일반연구 2021-11

해양수산분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구

A Study on the Identification of Future Risks and Impact Analysis of the Oceans and Fisheries Sector

박광서 · 최석우 · 김주현 · 장정인 · 권장한 · 김태한 · 박동아
장원근 · 최희정 · 조성진 · 마창모 · 이동림 · 조헌주 · 이호춘
김병주 · 류희영 · 김찬호 · 김성기 · 최상균 · 김가현 · 윤정현
최강화 · 정창권 · 안남성 · 엄재근 · 나진성 · 김창희 · 김영준

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	**박광서, 최석우, 김주현, 장정인, 권장한, 김태한, 박동아, 장원근, 최희정, 조성진, 마창모, 이동림, 조헌주, 이호춘, 김병주, 류희영, 김찬호, 김성기, 최상균, 김가현, 윤정현, 최강화, 정창권, 안남성, 엄재근, 나진성, 김창희, 김영준**
내부연구진	연구책임자 박광서 한국해양수산개발원 경제전망연구부 연구위원 공동연구원 최석우 한국해양수산개발원 경제전망연구부 부연구위원 공동연구원 김주현 한국해양수산개발원 경제전망연구부 전문연구원 공동연구원 장정인 한국해양수산개발원 경제전망연구부 연구위원 공동연구원 권장한 한국해양수산개발원 경제전망연구부 전문연구원 공동연구원 김태한 한국해양수산개발원 경제전망연구부 연구원 공동연구원 박동아 한국해양수산개발원 경제전망연구부 연구원 공동연구원 장원근 한국해양수산개발원 해양연구본부 연구위원 공동연구원 최희정 한국해양수산개발원 해양연구본부 부연구위원 공동연구원 조성진 한국해양수산개발원 해양연구본부 전문연구원 공동연구원 마창모 한국해양수산개발원 수산연구본부 연구위원 공동연구원 이동림 한국해양수산개발원 수산연구본부 전문연구원 공동연구원 조헌주 한국해양수산개발원 수산연구본부 전문연구원 공동연구원 이호춘 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 부연구위원 공동연구원 김병주 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 연구원 공동연구원 류희영 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 연구원 공동연구원 김찬호 한국해양수산개발원 항만연구본부 연구위원 공동연구원 김성기 한국해양수산개발원 항만연구본부 전문연구원 공동연구원 최상균 한국해양수산개발원 항만연구본부 전문연구원 공동연구원 김가현 한국해양수산개발원 항만연구본부 전문연구원
외부연구진	공동연구원 윤정현 과학기술정책연구원 선임연구원 공동연구원 최강화 한성대학교 교수 공동연구원 정창권 시스템리더십교육센터 대표 공동연구원 안남성 시스템리더십교육센터 고문 공동연구원 엄재근 덕성여자대학교 대우교수 공동연구원 나진성 단국대학교 부교수 공동연구원 김창희 인천대학교 조교수 공동연구원 김영준 인천대학교 석사과정

연구기간	2021. 3. 29. ~ 10. 31.

보고서 집필내역

연구책임자	박광서 연구총괄, 제1장 제1절, 제2절, 제3절, 제3장 2절, 제4장 1절, 제5장 1절, 2절
내부연구진	최석우 제2장 제1절, 제3절, 제3장 제1절 김주현 제1장 제3절, 제2장 제1절, 제3절, 제3장 1절, 2절 장정인 제2장 제2절, 제3절, 제3장 제1절 권장한 제2장 제2절, 제3절 김태한 제3장 제1절 박동아 제3장 제3절 장원근 제4장 제2절 최희정 제4장 제2절 조성진 제4장 제2절 마창모 제4장 제3절 이동림 제4장 제3절 조헌주 제4장 제3절 이호춘 제4장 제4절 김병주 제4장 제4절 류희영 제4장 제4절 김찬호 제4장 제5절 김성기 제4장 제5절 최상균 제4장 제5절 김가현 제4장 제5절
외부연구진	윤정현 제2장 제1절 최강화 제4장 제2절 정창권 제4장 제3절 안남성 제4장 제3절 엄재근 제4장 제3절 나진성 제4장 제4절 김창희 제4장 제5절 김영준 제4장 제5절

산·학·연·정 연구자문위원	정영인 시라이프사이언스랩 소장 권봉오 군산대학교 교수 김도훈 부경대학교 교수 김봉태 부경대학교 교수 오치옥 전남대학교 교수 이헌동 부경대학교 교수 장운재 목포해양대학교 교수 윤정현 과학기술정책연구원 선임연구원 박성원 국회미래연구원 연구위원 임운혁 한국해양과학기술원 남해연구소장 류지호 해양수산부 사무관

※순서는 산·학·연·정 순임

발간사

2019년이 저무는 시점에 중국에서 발생한 코로나19가 지금까지 전 세계 경제는 물론 사회 전반에 이르기까지 막대한 영향을 미치고 있다. 2020년 세계 GDP는 마이너스 성장을 했고, 세계 교역량도 10% 가까이 감소했다. 2021년 10월 15일 현재 코로나19 누적 확진자는 약 2억 3,900만 명, 사망자는 488만 명을 넘어섰다. 코로나19 팬데믹은 금세기 들어 전 세계가 처한 극단적 위험, 즉 리스크의 대표적인 사례로 기록될 것이다.

주지하다시피 현대 사회가 복잡해짐에 따라 리스크는 거대화·일상화·복잡화하고 있다. 특히 예전의 경험만으로는 예측이 어렵거나 거의 불가능해진 점도 특징이다. 9·11 테러, 글로벌 금융위기, 후쿠시마 원전 사고 등 세상을 놀라게 한 리스크가 끊이지 않았다. 해양수산분야 역시 BP사의 멕시코만 기름 유출 사고, 머스크(Maersk)를 대상으로 한 랜섬웨어 공격, 에버기븐호 사고로 인한 수에즈 운하 봉쇄 등 리스크 발생에서 예외가 아니다. 이렇듯 세계를 위협하는 위험 요소는 매우 다양하게 존재하며, 언제 어디서든 발생할 수 있다.

이처럼 예측하기 어려운 리스크로부터 피해를 최소화하기 위한 사회적 대응책을 마련하기 위해 미래전략 연구의 필요성이 크게 부각되었다. 경제협력개발기구(OECD)의 경우 1990년부터 국제미래프로그램(International Futures Programme)을 통해 미래사회 예측과 대응 방향에 관한 연구를 시작했고, 세계경제포럼(WEF)은 2006년부터 경제·지리·정치·환경·사회·기술 분야에 대한 글로벌 리스크를 평가해오고 있다. 국가 차원에서는 핀란드 정부가 2011년에 국제응용시스템분석연구소(IIASA)와 공동으로 핀란드가 향후 겪을 수 있는 일곱 개의 쇼크(7 Shocks)를 발굴하였는데, 그중 네 개가 7년 만에 유사한 모습으로 현실화되었다. 우리나라에서는 과학기술정책연구원(STEPI)이 선도적으로 한국적 맥락에서의 리스크를 발굴해오고 있다.

반면에 해양수산분야는 리스크에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 선행연구 자체가 적을 뿐만 아니라 대부분 미래 리스크를 발굴하기보다는 이미 제기된 리스크의 정책대안 마련에 초점을 두고 있다. 특히 발생 가능성이 낮은 리스크를 연구하고, 예견적으로 대비해야 한다는 인식 자체가 부족한 편이다. 코로나19 팬데믹은 역설적으로 해양수산

분야에서도 미래 리스크 연구의 중요성을 일깨웠다. 코로나19 팬데믹이 글로벌 공급사슬 변화 등 해양수산분야에 미친 충격이 컸던 데다 사회경제의 구조적 변화가 예고되는 상황에서 이에 따른 해양수산분야의 정책방향을 모색하는 것이 필요하기 때문이다. 따라서 해양수산분야도 체계적으로 미래 리스크를 발굴하고 파급효과를 분석할 수 있는 기반 마련이 시급하다.

이에 본 연구는 크게 두 가지 목적에서 수행되었다. 첫째, 해양수산분야에서 발생 가능한 미래 리스크를 발굴하는 방법과 파급효과를 분석하는 연구 방법론을 정립하고자 하였다. 모든 연구 방법론을 적용하는 것은 불가능하기에 최신의 연구 방법론과 현실적인 여건 등을 고려하였다. 둘째, 앞서 검토한 방법론에 기반하여 해양수산분야의 미래 리스크를 발굴하고, 분야별로 선정한 대표 리스크의 사회경제적 파급효과를 시범적으로 분석하였다. 이를 통해 궁극적으로 해양수산분야에도 미래 리스크 연구를 확산하고자 하였다. 향후에도 미래 리스크 연구 방법론을 고도화하고 정책당국과 국민들의 인식을 제고해서 정부 정책 수립에 이바지하게 되길 기대한다.

끝으로 본 연구는 경제전망연구부의 박광서 연구위원이 연구책임을 맡았으며, 20명의 KMI 연구진과 8명의 외부 전문가가 공동으로 수행하였다. 아울러 시라이프사이언스랩 정영인 소장, 군산대학교 권봉오 교수, 부경대학교 김도훈 교수, 김봉태 교수, 이헌동 교수, 전남대학교 오치옥 교수, 목포해양대학교 장운재 교수, 과학기술정책연구원 윤정현 선임연구원, 국회미래연구원 박성원 연구위원, 한국해양과학기술원 임운혁 남해연구소장, 해양수산부 류지호 사무관 등 각계각층의 전문가들이 자문해주었다. 또한 데이터 솔루션과 한국리서치가 각각 빅데이터 분석과 설문조사에 참여하였고, 김대영 기획조정본부장은 연구 수행 전 과정에 걸쳐 많은 조언을 아끼지 않았다. 내·외부 연구진과 전문가분들께 필자를 대신하여 감사드린다.

2021년 12월
한국해양수산개발원
원장 김 종 덕

목차

정책 제안 _ i

요약 _ iii

Executive Summary _xix

01 서론 _1

제1절 연구 배경 및 목적 ····· 1
1. 연구 배경 ····· 1
2. 연구 목적 ····· 5
제2절 연구 내용 및 방법 ····· 6
1. 연구 내용 ····· 6
2. 연구 방법 ····· 8
제3절 선행연구 검토 및 차별성 ····· 12
1. 선행연구 분석 ····· 12
2. 선행연구와 차별성 ····· 20

02 미래 리스크 연구 방법론 검토 _23

제1절 미래 리스크 발굴 방법론 검토 ····· 23
1. 미래 리스크의 개념 ····· 23
2. 미래 리스크 발굴 방법론 검토 ····· 49
3. 소결 및 시사점 ····· 60
제2절 미래 리스크 분석 방법론 검토 ····· 63
1. 미래 리스크 분석의 개념 ····· 63
2. 미래 리스크 분석 방법론 검토 ····· 64
3. 소결 및 시사점 ····· 79
제3절 미래 리스크 발굴 및 분석 방법 수립 ····· 80

1. 미래 리스크 발굴 방법 ····· 80
2. 미래 리스크 분석 방법 ····· 85

03 해양수산분야 미래 리스크 발굴 _91

제1절 해양수산분야 예비 리스크 도출 ····· 91
1. 빅데이터 분석 개요 ····· 91
2. 빅데이터 분석 과정과 방법 ····· 92
3. 예비 리스크 도출 결과 ····· 107

제2절 해양수산분야 미래 리스크 발굴 ····· 132
1. 설문조사 개요 ····· 132
2. 미래 리스크 인식도 조사 결과 ····· 134
3. 분야별 미래 리스크 평가 결과 ····· 137
4. 미래 리스크 발굴 결과 ····· 146

제3절 해양수산분야 10대 미래 리스크 개요 ····· 150

04 해양수산분야 미래 리스크 파급효과 분석 _157

제1절 개요 ····· 157
1. 분석 대상 ····· 157
2. 분석 방법 ····· 159

제2절 대형 선박 사고에 따른 해양환경 피해 예측 ····· 161
1. 분석 배경 및 목적 ····· 161
2. 분석 방법 ····· 163
3. 파급효과 분석 결과 ····· 177
4. 소결 ····· 185

제3절 원전 오염수 방류에 따른 수산물 수급 예측 ····· 187
1. 분석 배경 및 목적 ····· 187
2. 분석 방법 ····· 192
3. 파급효과 분석 결과 ····· 201

4. 소결 ····· 226
제4절 컨테이너선 운임변동 요인과 예측 가능성 고찰 ····· 228
1. 분석 배경 및 목적 ····· 228
2. 분석 방법 ····· 231
3. 파급효과 분석 결과 ····· 236
4. 소결 ····· 270
제5절 항만 보안 리스크 발생에 따른 항만 운영 효율성 평가 ····· 274
1. 분석 배경 및 목적 ····· 274
2. 분석 방법 ····· 275
3. 파급효과 분석 결과 ····· 278
4. 소결 ····· 285

05 결론 및 정책제언 _289

제1절 요약 및 결론 ····· 289
1. 요약 ····· 289
2. 결론 ····· 291
제2절 정책제언 ····· 293
1. 미래 리스크 발굴 및 분석 방법론 고도화 ····· 294
2. 미래 리스크 인식도 제고 및 변화 추이 분석 ····· 295
3. 미래 리스크 관련 국내외 네트워크 구축 ····· 296
4. 미래 리스크 조기경보시스템 구축 ····· 296

참고문헌 _301

부록 _315

표 목차

〈표 1-1〉 2020년 세계 경제성장률 현황 ····· 1
〈표 1-2〉 주요 선행연구의 연구 범위 및 연구 방법 ····· 12
〈표 1-3〉 본 연구 관련 선행연구 현황 ····· 14
〈표 1-4〉 본 연구와 선행연구의 차별성 ····· 21
〈표 2-1〉 선행연구를 통해 살펴본 '극단적 미래사건(X이벤트)'의 의미 ····· 38
〈표 2-2〉 주요 용도와 변화의 크기·지속 시간에 따른 분류 ····· 51
〈표 2-3〉 기술적 형태에 미래예측 방법론 분류 ····· 53
〈표 2-4〉 주요 미래 리스크 발굴 방법 ····· 61
〈표 2-5〉 미래 리스크 분석 단계별 방법론 ····· 64
〈표 2-6〉 최근 기후·환경분야 CGE 연구 사례 ····· 69
〈표 2-7〉 해양수산분야 DEA 및 토빗회귀분석 연구 사례 ····· 72
〈표 2-8〉 비시장가치 분석 모형 ····· 73
〈표 2-9〉 비시장가치 분석 모형의 적용 가능성 ····· 74
〈표 2-10〉 주요 기관 스트레스 테스트 모형 개발 현황 ····· 75
〈표 2-11〉 시나리오 설정(예시) ····· 76
〈표 2-12〉 다기준 의사결정방법론의 특징과 적용분야 ····· 79
〈표 2-13〉 본 연구의 분야별 미래 리스크 분석 방법 ····· 85
〈표 2-14〉 SD 적용 절차 ····· 87
〈표 2-15〉 DEA(2단계 분석법) 적용 절차 ····· 88
〈표 2-16〉 다기준 의사결정방법론(MAUT) 적용 절차 ····· 89
〈표 3-1〉 해양수산 및 미래 분야 주요 이슈 분석 개요 ····· 93
〈표 3-2〉 데이터 수집 대상 해양수산 및 미래 관련 저널 현황 ····· 93
〈표 3-3〉 언론매체별 수집 키워드 및 수집 문서 수 ····· 94
〈표 3-4〉 빅데이터 분석 환경 설정 ····· 97
〈표 3-5〉 불용어 사전 작성(일부) ····· 99
〈표 3-6〉 사용자 사전 작성(일부) ····· 99
〈표 3-7〉 LDA 문서 생성 과정 ····· 100
〈표 3-8〉 해양수산 미래 리스크 문헌 LDA 결과 예시 ····· 103
〈표 3-9〉 해양수산분야 미래 리스크 문헌 연관성 분석 결과(일부) ····· 105
〈표 3-10〉 해양수산분야 예비 리스크(정책·전략_토픽모델링) ····· 108

〈표 3-11〉 해양수산분야 예비 리스크(국문 논문_토픽모델링) ····· 111
〈표 3-12〉 해양수산분야 예비 리스크(영문 논문_토픽모델링) ····· 115
〈표 3-13〉 해양분야 30대 예비 미래 리스크 ····· 122
〈표 3-14〉 수산분야 30대 예비 미래 리스크 ····· 124
〈표 3-15〉 해운물류분야 30대 예비 미래 리스크 ····· 127
〈표 3-16〉 항만분야 30대 예비 미래 리스크 ····· 129
〈표 3-17〉 설문조사 개요 ····· 132
〈표 3-18〉 응답자 특성 ····· 133
〈표 3-19〉 해양분야 예비 리스크 평가 결과 ····· 138
〈표 3-20〉 수산분야 예비 리스크 평가 결과 ····· 140
〈표 3-21〉 해운물류분야 예비 리스크 평가 결과 ····· 142
〈표 3-22〉 항만분야 예비 리스크 평가 결과 ····· 144
〈표 3-23〉 해양수산분야별 10대 미래 리스크 ····· 147
〈표 3-24〉 해양수산분야 10대 미래 리스크 ····· 149
〈표 4-1〉 분야별 파급효과 분석 대상 리스크 ····· 159
〈표 4-2〉 분야별 파급효과 분석 방법 ····· 160
〈표 4-3〉 해양분야 미래 리스크 선정 결과 ····· 161
〈표 4-4〉 분석 대상 자료 현황 ····· 164
〈표 4-5〉 SD 모델링 구성 요소 및 인과 관계 ····· 170
〈표 4-6〉 전문가 의견 요약 ····· 171
〈표 4-7〉 해양 사고 현황 ····· 173
〈표 4-8〉 고등어 생산 및 수출입 현황 ····· 202
〈표 4-9〉 명태 생산 및 수출입 현황 ····· 218
〈표 4-10〉 네트워크 텍스트 분석 절차 ····· 236
〈표 4-11〉 단어 노드 연결중심성 (2020년도 1월~6월) ····· 240
〈표 4-12〉 토픽별 주요 단어 (2020년도 1월~6월) ····· 242
〈표 4-13〉 단어 노드 연결중심성 (2020년도 7월~9월) ····· 247
〈표 4-14〉 토픽별 주요 단어 (2020년도 7월~9월) ····· 248
〈표 4-15〉 단어 노드 연결중심성 (2020년도 10월~12월) ····· 253
〈표 4-16〉 토픽별 주요 단어 (2020년도 10월~12월) ····· 254

〈표 4-17〉 단어 노드 연결중심성 (2021년도 1월~2월) ····· 258
〈표 4-18〉 토픽별 주요 단어 (2021년도 1월~2월) ····· 259
〈표 4-19〉 단어 노드 연결중심성 (2021년도 3월~4월) ····· 264
〈표 4-20〉 단어 노드 연결중심성 (2021년도 5월~7월) ····· 267
〈표 4-21〉 토픽별 주요 단어 (2021년도 5월~7월) ····· 268
〈표 4-22〉 투입 및 산출 요소의 기술통계량 ····· 279
〈표 4-23〉 항만 리스크 데이터의 기준 ····· 280
〈표 4-24〉 DEA 결과에 따른 항만별 효율성 ····· 281
〈표 4-25〉 항만시설에 정박 중인 선박 공격에 의한 항만 효율성 영향 ····· 282
〈표 4-26〉 폭동에 의한 항만 효율성 영향 ····· 282
〈표 4-27〉 수역시설의 항만 효율성 영향 ····· 282
〈표 4-28〉 외곽시설의 항만 효율성 영향 ····· 283
〈표 4-29〉 하역시설의 항만 효율성 영향 ····· 283
〈표 4-30〉 항만의 관제, 정보통신, 홍보, 보안에 관련된 시설의 항만 효율성 영향 283
〈표 4-31〉 공해방지시설의 항만 효율성 영향 ····· 284
〈표 4-32〉 배후유통시설의 항만 효율성 영향 ····· 284
〈표 4-33〉 해양수산부령 항만지원시설의 항만 효율성 영향 ····· 284
〈표 4-34〉 보안 및 감시통제실, 선박통행관제실 등의 항만 효율성 영향 ····· 285
〈표 5-1〉 해양수산분야 미래 리스크 정책과제 추진 로드맵 ····· 299

그림 목차

〈그림 1-1〉 세계 코로나19 누적 확진자 및 사망자 현황(2021. 10. 15. 기준) ····· 2
〈그림 1-2〉 연구 목적 ····· 5
〈그림 1-3〉 연구 세부내용 및 방법론 ····· 9
〈그림 1-4〉 협동연구 수행 내역 ····· 11
〈그림 2-1〉 미래연구의 차별적 연구 영역 ····· 27
〈그림 2-2〉 추세 전망을 넘어: 네 가지 미래시나리오의 전제 ····· 29
〈그림 2-3〉 위험 관리, 위기관리, 재난 관리의 과정적 정의 ····· 34
〈그림 2-4〉 일상적 환경과 X-events의 발생 범위를 포괄하는 분포 비교 ····· 36
〈그림 2-5〉 극단적 미래사건(X이벤트)의 세 가지 구성 요소 ····· 38
〈그림 2-6〉 극단적 미래사건의 유형화와 주요 특징 ····· 48
〈그림 2-7〉 미래예측에 활용되는 평균 방법론의 수 ····· 50
〈그림 2-8〉 미래예측방법론 분류 기준과 유형화 ····· 51
〈그림 2-9〉 미래예측 과정에 따른 분류 ····· 52
〈그림 2-10〉 계량정보분석 기법의 수행 절차 ····· 56
〈그림 2-11〉 델파이 기법의 수행 절차 ····· 58
〈그림 2-12〉 WEF(2021)의 글로벌 리스크 발굴 결과 ····· 63
〈그림 2-13〉 해양레저관광에 대한 코로나19의 영향 인과지도 ····· 66
〈그림 2-14〉 CGE 모형의 구축 및 분석 과정 ····· 68
〈그림 2-15〉 규모의 효율성 측정논리 ····· 70
〈그림 2-16〉 RPM의 효율적 포트폴리오 구성 ····· 77
〈그림 2-17〉 해양수산분야 미래 리스크 발굴 절차 ····· 82
〈그림 2-18〉 토픽모델링을 위한 LDA 분석 방법 ····· 83
〈그림 3-1〉 데이터 분석 전체 프로세스 ····· 96
〈그림 3-2〉 텍스트 분석 모델링 개념도 ····· 97
〈그림 3-3〉 토픽 모델링 개념도 ····· 101
〈그림 3-4〉 연관성 분석 결과 시각화 예시 ····· 106
〈그림 3-5〉 해양수산분야 예비 리스크(정책·전략_연관성 분석) ····· 110
〈그림 3-6〉 해양수산분야 예비 리스크(국문 논문_연관성 분석) ····· 115
〈그림 3-7〉 해양수산분야 예비 리스크(영문 논문_연관성 분석) ····· 121
〈그림 3-8〉 최근 10년 내 리스크 발생 빈도 증가 여부 ····· 134

〈그림 3-9〉 최근 10년 내 리스크 발생 강도 증가 여부 ····· 135
〈그림 3-10〉 리스크 관리의 중요성 여부 ····· 136
〈그림 3-11〉 리스크 관리 수준 향상 여부 ····· 137
〈그림 3-12〉 해양분야 상위 10개 미래 리스크 ····· 139
〈그림 3-13〉 수산분야 상위 10개 미래 리스크 ····· 141
〈그림 3-14〉 해운물류분야 상위 10개 미래 리스크 ····· 144
〈그림 3-15〉 항만분야 상위 10개 미래 리스크 ····· 146
〈그림 3-16〉 해양수산분야 10대 미래 리스크 도출 결과 ····· 149
〈그림 4-1〉 해상 기름 유출 사고 사례 ····· 163
〈그림 4-2〉 분석 대상 지역 ····· 164
〈그림 4-3〉 선박 사고 기름 유출의 생태계 영향 개념도 ····· 167
〈그림 4-4〉 선박 사고 기름 유출의 해양 생태계 영향에 대한 인과지도(초안) ····· 168
〈그림 4-5〉 선박 사고 기름 유출의 갯벌 생태계 영향에 대한 인과지도(수정) ····· 169
〈그림 4-6〉 저량-유량도(안) ····· 176
〈그림 4-7〉 해양 사고 관련 관측 데이터와 시뮬레이션 결과 비교 ····· 178
〈그림 4-8〉 해양 사고 관련 주요 지표의 변동 ····· 179
〈그림 4-9〉 해양 사고 관련 주요 지표의 민감도 분석(1): 조간대의 퇴적물 오염도 181
〈그림 4-10〉 해양 사고 관련 주요 지표의 민감도 분석(2): 수산자원 어획량 ····· 182
〈그림 4-11〉 정책 시나리오 분석 결과(1) ····· 183
〈그림 4-12〉 정책 시나리오 분석 결과(2) ····· 185
〈그림 4-13〉 수산분야 미래 리스크 분석 체계도 ····· 188
〈그림 4-14〉 우리나라와 일본 주변 및 전 지구 규모의 해류도 ····· 191
〈그림 4-15〉 수산물 유통구조 3단계 간소화 구조 ····· 193
〈그림 4-16〉 원전수 방류에 따른 영향 분석 모델 구조 ····· 194
〈그림 4-17〉 소비자의 기억 모델 ····· 195
〈그림 4-18〉 사건이 소비자 기억에 미치는 영향 ····· 196
〈그림 4-19〉 소비자의 기억 모델과 가격-수요-공급 구조 모델의 결합 ····· 197
〈그림 4-20〉 사건 발생 전의 시장 균형 상태 ····· 198
〈그림 4-21〉 사건 발생 후의 시장 변화 ····· 199
〈그림 4-22〉 소비 촉진을 위한 소통 정책 효과 ····· 200

〈그림 4-23〉 고등어 물류 구조 – 시장 결정 조건 ····· 203
〈그림 4-24〉 사건 발생 전 시장 균형 상태 ····· 204
〈그림 4-25〉 사건 발생 후 균형을 찾아가는 구조 – 시장 균형 조건 ····· 205
〈그림 4-26〉 고등어의 비탄력적 공급 구조의 특징 ····· 206
〈그림 4-27〉 비탄력적 공급 특성에 따른 전방 물류 재고 부담 ····· 208
〈그림 4-28〉 고등어에 대한 정책 믹스 ····· 210
〈그림 4-29〉 수매 정책 효과와 정부의 부담 ····· 211
〈그림 4-30〉 금어기 정책 시나리오 비교 ····· 212
〈그림 4-31〉 수매 정책과 금어기 정책 결합 시나리오 비교 ····· 213
〈그림 4-32〉 소비 정책, 수매 정책, 금어기 정책 결합 시나리오 비교 ····· 214
〈그림 4-33〉 현실적인 고등어 정책 믹스 ····· 215
〈그림 4-34〉 현실적인 정책 믹스 비교 ····· 216
〈그림 4-35〉 명태 유통 모델의 특징 ····· 219
〈그림 4-36〉 사건 전후의 명태 유통 변화 – 시장 결정 조건 ····· 219
〈그림 4-37〉 명태의 비탄력적 공급 구조의 특징 ····· 220
〈그림 4-38〉 사건 발생 시 비탄력적 공급에 따른 전방 재고의 변화 ····· 221
〈그림 4-39〉 명태에 대한 정책 믹스 ····· 222
〈그림 4-40〉 명태 수매 정책 효과 및 정부의 부담 ····· 223
〈그림 4-41〉 명태에 대한 소비 정책과 수매 정책 결합 결과 ····· 224
〈그림 4-42〉 명태 정책 비교 ····· 225
〈그림 4-43〉 해운·물류분야 미래 리스크 분석 체계도 ····· 229
〈그림 4-44〉 SCFI 및 주요 항로별 운임 추이 ····· 230
〈그림 4-45〉 워드 클라우드 (2020년도 1월~6월) ····· 238
〈그림 4-46〉 단어-단어 네트워크 (2020년도 1월~6월) ····· 239
〈그림 4-47〉 LDA 모델링 ····· 242
〈그림 4-48〉 Topic1 (2020년도 1월~6월) ····· 243
〈그림 4-49〉 Topic2 (2020년도 1월~6월) ····· 244
〈그림 4-50〉 Topic3 (2020년도 1월~6월) ····· 245
〈그림 4-51〉 워드 클라우드 (2020년도 7월~9월) ····· 246
〈그림 4-52〉 워드 네트워크 (2020년도 7월~9월) ····· 247

〈그림 4-53〉 Topic1 (2020년도 7월~9월) ····· 249
〈그림 4-54〉 Topic2 (2020년도 7월~9월) ····· 250
〈그림 4-55〉 Topic3 (2020년도 7월~9월) ····· 251
〈그림 4-56〉 워드 클라우드 (2020년도 10월~12월) ····· 252
〈그림 4-57〉 워드 네트워크 (2020년도 10월~12월) ····· 252
〈그림 4-58〉 Topic1 (2020년도 10월~12월) ····· 254
〈그림 4-59〉 Topic2 (2020년도 10월~12월) ····· 255
〈그림 4-60〉 Topic3 (2020년도 10월~12월) ····· 256
〈그림 4-61〉 워드 클라우드 (2021년도 1월~2월) ····· 257
〈그림 4-62〉 워드 네트워크 (2021년도 1월~2월) ····· 257
〈그림 4-63〉 Topic1 (2021년도1월~2월) ····· 260
〈그림 4-64〉 Topic2 (2021년도 1월~2월) ····· 260
〈그림 4-65〉 Topic3 (2021년도 1월~2월) ····· 261
〈그림 4-66〉 워드 클라우드 (2021년도 3월~4월) ····· 262
〈그림 4-67〉 워드 네트워크 (2021년도 3월~4월) ····· 263
〈그림 4-68〉 워드 클라우드 (2021년도 5월~7월) ····· 265
〈그림 4-69〉 워드 네트워크 (2021년도 5월~7월) ····· 266
〈그림 4-70〉 Topic1 (2021년도 5월~7월) ····· 268
〈그림 4-71〉 Topic2 (2021년도 5월~7월) ····· 269
〈그림 4-72〉 Topic3 (2021년도 5월~7월) ····· 270
〈그림 5-1〉 조기경보시스템 구조도(안) ····· 298

약어 목록

- 3V(데이터의 양, 속도, 다양성): Volume, Velocity, Variety
- ABM(회피행동분석법): Averting Behavior Method
- AHP(계층화 분석법): Analytic Hierarchy Process
- ALPS(다핵종제거설비): Advanced Liquid Processing System
- AR5(제5차 평가보고서): Fifth Assessment Report
- BCC(BCC 모형): Banker, Charnes, and Cooper
- BCI(케이프선 운임지수): Baltic Capesize Index
- BDI(발틱운임지수): Baltic Dry Index
- BFFP(플라스틱으로부터 해방): Break Free from Plastic
- BIS(국제결제은행): Bank for International Settlements
- BOKST-07(한국은행 금융시스템 스트레스 테스트 모형): Bank of Korea stress testing
- BOT(시나리오에 따른 모델의 행태): Behavior Over Time
- BP(영국석유회사): The British Petroleum Company
- CA(컨조인트 분석): Conjoint Analysis
- CAWI(구조화된 설문지에 의한 온라인 조사): Computer Aided Web Interview
- CCR(CCR 모형): Charnes, Cooper, and Rhoes
- CE(실험선택법): Choice Experiment
- CGE(연산가능일반균형): Computable General Equilibrium Model
- CIQ(시아이큐): Customs, Immigration, Quarantine
- CLD(인과지도 다이어그램): Causal Loop Diagram
- CRS(규모수익불변): Cconstant Returns to Scale
- CPTPP(포괄적·점진적 환태평양경제동반자협정): Comprehensive and Progressive Agreement for Trans-Pacific Partnership
- CVM(조건부가치측정법): Contingent Valuation Method

- DEA(자료포락분석): Data Envelopment Analysis
- DMU(의사결정개체): Decision Making Unit
- DRS(규모수익감소): Decreasing Returns to Scale
- EWS(조기경보시스템): Early Warning System
- FAO(유엔식량농업기구): Food and Agriculture Organization
- FSAP(금융부문 평가 프로그램): Financial Sector Assessment Program
- FTA(자유무역협정): Free Trade Agreement
- GBS(신개념 선박구조 기준): Goal-Based New Ship Construction Standards
- GDP(국내 총 생산): Gross Domestic Product
- GEM(일반균형모형): Global Economy Model
- GRPS(글로벌 리스크 인식 조사): The Global Risks Perception Survey
- GTAP-E(글로벌 무역분석 프로젝트-에너지 환경): Global Trade Analysis Project-Energy and Environmental substitution Model
- HPM(헤도닉가격기법): Hedonic Price Model
- IAEA(국제원자력 기구): International Atomic Energy Agency
- IIASA(국제응용시스템 분석연구소): International Institute for Applied Systems Analysis
- IMF(국제통화기금): International Monetary Fund
- IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체): Intergovernmental Panel on Climate Change
- IRS(규모수익체증): Iincreasing Returns to Scale
- ITOPF(국제유조선선주오염연맹): International Tanker Owners Pollution Federation
- IUCN(국제자연보전연맹): International Union for Conservation
- JTWC(미국 합동태풍경보센터): Joint Typhoon Warning Center
- KIOST(한국해양과학기술원): Korea Institute of Ocean Science & Technology

- KISTEP(한국과학기술기획평가원): Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning
- KMI-GEM(KMI 글로벌 경제 효과분석 모형): KMI General Equilibrium Model
- LDA(잠재 디리클레 할당): Latent Dirichlet Allocation
- MAUT(다속성 효용이론): Mmulti-Attribute Utility Theory
- NAFI(국회미래연구원): National Assembly Futures Institute
- NIR(신규 점검제도): New Inspection Regime
- NOAA(미국 해양대기청): National Oceanic and Atmospheric Administration
- NRC(미국 국가연구위원회): National Research Council
- ODP(심해시추계획): Ocean Drilling Program
- OECD(경제협력개발기구): Organisation for Economic Co-operation and Development
- OLS(최소제곱법): Ordinary Least Squares
- PAHs(조간대 퇴적물 오염도): Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
- PSS78(실용염분단위): Practical Salinity Scale 1978
- RCEP(역내포괄적경제동반자협정): Regional Comprehensive Economic Partnership
- RPM(강건한 포트폴리오 모델): Robust Portfolio Modeling
- SCFI(상하이컨테이너운임지수): Shanghai Containerized Freight Index
- SD(시스템다이내믹스): System Dynamics
- SFD(저량-유량흐름도): Stock and Flow Diagram
- SNS(소셜 네트워크 서비스): Social Networking Service
- SSE(상하이해운거래소): Shanghai Shipping Exchange
- STARS-I(거시건전성 스트레스 테스트 모형 I): Stress Test for Assessing Resilience and Stability of financial system (version I)
- STEEP(거시환경분석): Social, Technological, Environmental, Economic,

Political

- STEPI(과학기술정책연구원): Science and Technology Policy Institute
- SWOT(강점, 약점, 기회, 위협 분석): Strength, Weakness, Opportunity, Threat
- TCM(여행비용평가법): Travel Cost Method
- TF-IDF(정보검색 및 텍스트 마이닝의 가중치): Term Frequency-Inverse Document Frequency
- UN(국제연합): United Nations
- UNEP(유엔환경계획): UN Environment Programme
- V-PASS(어선위치발신장치): Vessel-Pass
- VTS(해상교통관제): Vessel Traffic Service
- WEF(세계경제포럼): World Economic Forum
- WHO(세계보건기구): World Health Organization
- WTO(세계무역기구): World Trade Organization

정책제안

▌분석 내용 및 방법

1. (미래 리스크 발굴) 토픽모델링 기법을 활용한 빅데이터 분석을 통해 1차 예비 리스크 발굴→연구진 브레인스토밍 및 분야별 전문가 자문을 통해 키워드의 적정성을 검토해 해양수산 네 개 분야별로 각각 30개의 2차 예비 리스크 발굴→전문가와 일반 국민을 대상으로 설문조사를 통해 최종 리스크 도출

- 발생 가능성, 영향력, 통제 가능성을 토대로 해양, 수산, 해운물류, 항만 각 분야별 10대 리스크와 종합한 상위 10개의 리스크 도출

2. (리스크 파급효과 분석) 해양분야와 수산분야는 시스템다이내믹스(SD) 모형, 해운물류분야는 텍스트 마이닝 기법, 항만분야는 부트스트랩 자료 포락분석(DEA) 모형과 Tobit Regression 모형을 활용하여 앞에서 선정한 대표 리스크의 파급효과를 계량적으로 분석

- 분석 대상 리스크로 해양분야는 '대형 선박 사고에 따른 해양환경 및 생태계 피해 예측', 수산분야는 '원전 오염수 방류에 따른 수산물 재고 예측', 해운물류분야는 '컨테이너선 운임변동 요인과 예측 가능성 고찰', 항만분야는 '항만 보안 리스크 발생에 따른 항만 운영 효율성 평가'를 대상으로 선정

▌정책 제안

1. (미래 리스크 발굴 및 분석 방법론 고도화) 해양수산분야에서 활용 가능하고 효과적인 리스크 발굴 방법론을 구축해 주기적으로 리스크를 발굴, 리스크 유형별로 파급효과 분석 방법론을 구축하고 관련 데이터를 DB화

2. (미래 리스크 인식도 제고 및 변화 추이 분석) 미래 리스크 연구의 중요성을 지속적으로 홍보, 정부 정책 수립 시 예견되는 리스크를 반드시 고려, 리스크에 대한 인식의 변화, 리스크의 우선순위를 장기적으로 추적

3. (미래 리스크 관련 국내외 네트워크 구축) 미래 리스크 연구기관 간 학술세미나 개최, 공동연구 수행 등을 통해 연구 방법론을 고도화하고 리스크 관련 정보를 교환, 조기경보시스템 구축 운용기관 간 교류 추진

4. (미래 리스크 조기경보시스템 구축) 조기경보 대상별 우선순위를 정해 조기경보시스템을 개발하고, 이후 관련 분야로 확대 및 통합

요약

1. 연구 배경 및 목적

1) 연구 배경

- **현대 사회가 복잡·다양화됨에 따라 재난의 거대화일상화복합화로 예측이 매우 어렵거나 불가능해져 어느 때보다 불확실성과 사회·경제적 손실이 급증하고 있는 상황**
  - 특히 과거의 경험만으로는 예측이 매우 어렵거나 불가능해져 그 어느 때보다 불확실성과 사회경제적 손실이 급증하고 있는 실정
  - 코로나19 팬데믹은 금세기 들어 전 세계가 처한 극단적 위험, 즉 리스크의 대표적인 사례
- **해양수산분야 역시 적조, 지진해일, 태풍 등과 같은 자연재해는 물론 선박 사고, 작업장 재해 등 산업재해 및 인재 등 경제적·사회적 위험요소가 상존**
  - 국내에서 발생한 리스크로는 세월호 침몰 사고, 씨프린스호와 허베이스피릿호 기름 유출 사고, 한진해운 파산 등을 들 수 있음
- **예측하기 어려운 리스크로부터 피해를 최소화하기 위한 사회적 대응책**

마련을 위해 미래전략 연구의 필요성이 크게 부각되고 있음

- 경제협력개발기구(OECD), 세계경제포럼(WEF), 핀란드의 연구 사례가 대표적

▪ **일반 국민과 전문가 대상 설문조사 결과에서도 리스크 발생 빈도와 강도가 증가하고 있는 반면에 리스크 관리 수준은 크게 향상되지 못한 것으로 평가됨**

- 해양수산분야에서 최근 10년 내 '리스크 발생 빈도가 증가했다'라는 응답은 75.9%, '강도가 증가했다'라는 응답은 74.9%인 데 비해 '리스크 관리 수준이 향상되었다'라는 응답은 44.5%에 그침
- 또한 '해양수산분야의 리스크 관리가 중요하다'라는 응답은 93.8%에 달함

▪ **그러나 해양수산분야는 위험 요소를 체계적으로 분석하여 강건성을 높일 수 있는 대응체계 마련을 위한 연구는 아직 미흡한 실정**

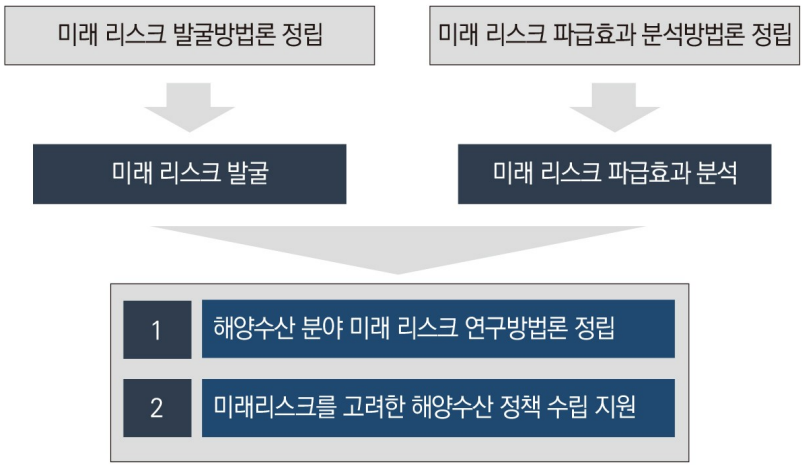
- 선행연구가 많지 않고, 대부분 미래 리스크를 발굴하기보다는 이미 제기된 리스크의 정책대안 발굴에 초점을 두고 있음

2) 연구 목적

▪ **해양수산분야에서 발생 가능한 미래 리스크를 발굴하고 파급효과 분석 모델을 개발하는 것을 목적으로 하고, 궁극적으로는 해양수산분야에 미래 리스크 연구를 확산해서 정책 수립 시 이를 적극 반영할 수 있는 여건을 조성하고자 함**

- 미래 리스크 발굴 방법과 파급효과 분석 방법 등 연구 방법론 검토
- 발굴된 리스크 중 발생 가능성, 시급성, 정책적 유용성 등을 고려하여 대표적인 리스크를 선정하여 사회경제적 파급효과를 분석

〈요약 그림 1〉 연구의 목적



자료: 저자 작성

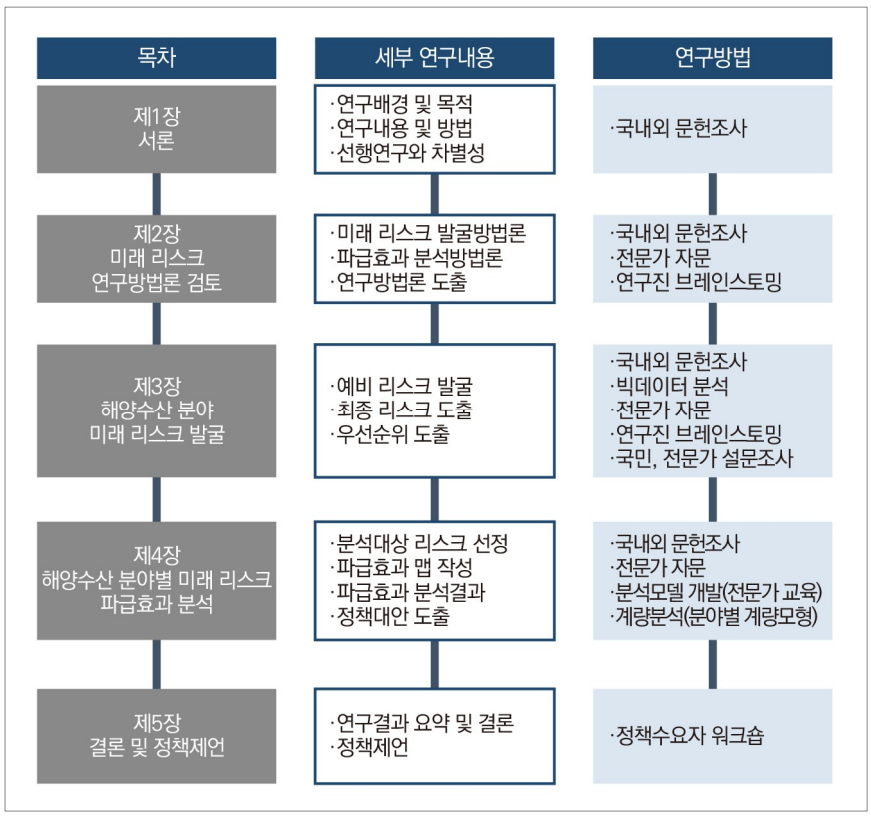
2. 연구 방법 및 특징

1) 연구 방법

- (방법론 정립) 다양한 보고서, 학술논문 등 문헌자료를 중심으로 연구 방법론을 검토하고, 해양수산분야의 특성과 연구 여건을 고려해 적합한 방법론을 정립하기 위해 전문가 자문과 연구진 브레인스토밍 실시
- (리스크 발굴) 방대한 문헌자료와 학술논문, 뉴스를 분석하기 위해 토픽 모델링 기법을 활용한 빅데이터 분석을 실시, 전문가 자문과 연구진 브레인스토밍을 실시, 일반 국민(2,000명)과 전문가를 대상으로 설문조사를 실시해 최종 리스크와 분야별 우선순위를 도출
- (파급효과 분석) 선행연구에서 사용한 분석 방법을 고찰하고 해당 리스크의 파급효과 분석에 적합한 분석 방법론에 대해 전문가 자문을 실시,

분석 방법론의 정교화를 위해 전문가 초청교육 실시 및 공동연구 수행, 전문가 자문을 실시해 완성도를 제고

〈요약 그림 2〉 연구 세부내용 및 방법론



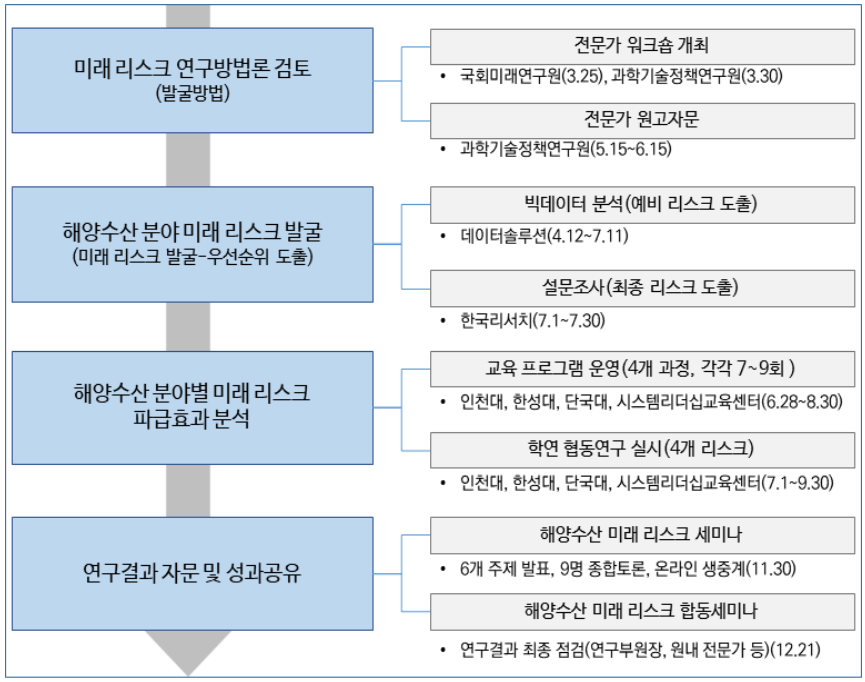
자료: 저자 작성

- **(협동연구 실시) 특히 연구 품질제고를 위해 외부 전문기관 및 전문가들과 다양한 방식으로 협동연구를 시행**

  - 미래 리스크 개념 이해 및 발굴 방법 습득을 위해 국회미래연구원, 과학기술정책연구원 전문가 초청 워크숍 개최 및 원고자문 실시

- 미래 리스크 발굴을 위해 ㈜데이터솔루션과 빅데이터 분석을 통해 예비 리스크를 도출하고, ㈜한국리서치에 설문조사를 의뢰하여 우선순위 및 최종 리스크 도출
- 해양수산 4개 분야별로 각각 7~9회 과정의 교육 프로그램을 통해 내부 연구진의 분석 역량을 강화하고, 학연 협동연구를 통해 분석모델 개발 및 파급효과 분석 실시
- 해양수산 미래 리스크 세미나와 연구부원장 주재 합동 세미나를 개최하여 연구성과 공유 및 연구자문을 통해 보고서 수정 보완 실시

〈요약 그림 3〉 협동연구 수행 내역



자료: 저자 작성

2) 본 연구의 특징

- 연구주제의 범위를 해양수산 전 분야를 대상으로 하되, 해양수산 내부에서 발생 가능한 리스크뿐만 아니라 타 분야에서 발생하지만 해양수산분야에 영향을 미칠 만한 리스크를 포함하였고, 발생 가능성, 파급효과, 통제 가능성 등을 토대로 리스크의 우선순위를 도출
- 통상적인 문헌 조사와 전문가 자문, 연구진 브레인스토밍 외에도 토픽 모델링을 활용한 빅데이터 분석을 주된 분석 방법으로 예비 리스크를 발굴하고, 일반 국민과 전문가를 대상으로 설문조사를 통해 최종 리스크를 발굴
- SD, 텍스트 마이닝, DEA 등 파급효과 분석 시 시나리오에 기반한 계량분석을 실시

〈요약 표 1〉 본 연구의 특징

구분	선행연구	본 연구
연구 대상 범위	• 해양, 수산, 해운, 항만 등 특정 분야의 특정 이슈 중심	• 해양수산 전 분야 포괄 • 해양수산 이외 분야도 포함
리스크 발굴 방법	• 리스크 발굴 과정 없이 리스크를 미리 선정하고 분석한 연구가 대다수 • 문헌연구, 전문가 자문, 설문조사, 워크숍, 모델링 등 기법 적용	• 선행연구 방법론 적용 • 설문조사는 전문가 외 일반 국민으로 대상 확대 • 빅데이터 분석 실시
파급효과 분석 방법	• 정성분석 위주 • SD, 산업연관분석, 공간통계분석 등 일부 계량분석 실시	• SD, 텍스트 마이닝, DEA 등 계량분석 실시

자료: 저자 작성

3. 연구 결과

1) 연구 결과 요약

(1) 미래 리스크 발굴

가. 미래 리스크 발굴 절차 및 방법

- 토픽모델링 기법을 활용한 빅데이터 분석을 통해 1차 예비 리스크 발굴→연구진 브레인스토밍 및 분야별 전문가 자문을 통해 키워드의 적정성을 검토해 해양수산 네 개 분야별로 각각 30개의 2차 예비 리스크 발굴→전문가와 일반 국민을 대상으로 설문조사를 통해 최종 리스크 우선순위 도출

〈요약 그림 4〉 해양수산분야 미래 리스크 발굴 절차

자료: 저자 작성

나. 미래 리스크 발굴 결과

- 해양분야에서는 해양환경 악화와 해양 기인성 자연 재난 관련 리스크가 도출, 수산분야의 경우 원전 폐수에 의한 수산물의 방사능 오염 이슈가 1위를 차지한 가운데, 해양환경 변화가 수산분야에 미칠 악영향과 관련한 이슈가 선정
- 해운물류분야의 경우 물류공급망을 둘러싼 글로벌 경쟁과 자연 재난에 따른 마비, 환경오염 등의 이슈가 부각, 항만분야는 글로벌 경쟁과 함께 자연재해, 환경오염 등의 이슈와 함께 일자리 감소, 사이버 보안 등 스마트화에 따른 부정적 영향도 상위권을 차지

〈요약 표 2〉 해양수산분야별 상위 10개 미래 리스크 발굴 결과

순위	해양분야	수산분야
1	지구 온난화 가속화	수산물 원전 폐수 방사능 오염
2	초대형 태풍 발생	수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동
3	해양 플라스틱 쓰레기 증가	기후변화에 따른 수산업 악영향
4	월경성 해양 쓰레기 증가	수산 생물종 감소
5	해양 및 바닷가 쓰레기 증가	근해어업 생산량 급감
6	대규모 해저지진 발생	양식어류 대량 폐사
7	연근해 해수수질 오염 증가	수산 서식지 훼손
8	해수면 상승에 따른 연안도시 범람	기름 유출에 따른 수산업 피해 발생
9	북극항로 환경 변화	내수면 고유어종 감소
10	해저 퇴적물 오염 증가	불법어업에 따른 수산자원 감소
순위	**해운물류분야**	**항만분야**
1	중국의 글로벌 물류인프라 선점	중국 항만과 경쟁 격화
2	전염병 등으로 인한 글로벌 공급망 마비	기후변화 대응역량 부족
3	자연재해 등으로 인한 물류인프라 파손	항만 환경오염 증가
4	선박배출 대기오염물질 증가	스마트화에 따른 일자리 감소
5	자연재해 등으로 인한 내륙물류망 마비	자연재해로 인한 항만 폐쇄
6	선원 감염병 발생	블록체인 기반 거대 물류플랫폼 회사 등장
7	해운운임 급등락	항만종사자 감염병 발생
8	선박평형수에 의한 오염 증가	항만 비용 상승 및 경제성 저하
9	선박 바이오파울링 증가	항만운영사 경영난 심화
10	해운물류기업 경영난 심화	항만 사이버 보안 취약성

자료: 저자 작성

- **해양, 수산, 해운물류, 항만 전 분야를 대상으로 발생 가능성, 파급력, 통제 불가능성을 종합한 결과 상위 10개는 다음과 같음**
  - 가장 발생 가능성이 높고, 통제 불가능하며 파급력이 큰 항목으로는 해양 분야의 '지구 온난화 가속화'로 나타남
  - '해양 플라스틱 쓰레기 증가'는 초대형 태풍 대비 발생 가능성과 파급력이 크나 통제 불가능성이 낮아 3위에 랭크
  - 통제 불가능 부문에서는 '대규모 해저지진 발생'이 1위를 차지

〈요약 표 3〉 해양수산분야 10대 미래 리스크

순위	미래 리스크	발생 가능성	파급력	통제 불가능성
1	지구 온난화 가속화	8.70	8.80	5.20
2	초대형 태풍 발생	8.09	8.43	5.67
3	해양 플라스틱 쓰레기 증가	8.63	8.49	4.66
4	월경성 해양 쓰레기 증가	8.38	8.24	4.90
5	수산물 원전 폐수 방사능 오염	7.90	8.42	5.01
6	수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동	8.05	7.94	5.31
7	해양 및 바닷가 쓰레기 증가	8.52	8.33	4.40
8	기후변화에 따른 수산업 악영향	7.99	7.95	5.30
9	대규모 해저지진 발생	7.15	8.06	5.94
10	연근해 해수수질 오염 증가	8.14	8.10	4.45

주: 색깔이 진할수록 순위가 높음
자료: 저자 작성

(2) 미래 리스크 파급효과 분석

가. 분석 대상 및 분석 방법 선정

- **전문가 및 일반 국민 대상 설문조사 결과를 일차적으로 고려하되, 분석 필요성과 가능성에 대해 연구진 브레인스토밍과 전문가 자문을 거쳐 최종 선정**

- 해양분야는 '대형 선박 사고에 따른 해양환경 피해 예측'을 선정
- 수산분야는 '원전 오염수 방류에 따른 수산물 수급 예측'을 선정
- 해운물류분야는 '컨테이너선 운임변동 요인과 예측 가능성 고찰'로 선정
- 항만분야는 '항만 보안 리스크 발생에 따른 항만 운영 효율성 평가'를 대상으로 선정

▪ **앞에서 선정한 리스크의 파급효과를 계량적으로 분석하기 위해 주제별로 적합한 분석 방법을 채택**

- 해양분야와 수산분야는 동일하게 SD를 적용
- 해운물류분야는 텍스트 마이닝 기법을 활용하고, 항만분야는 부트스트랩 DEA 모형과 Tobit Regression 모형을 활용

〈요약 표 4〉 해양수산분야별 미래 리스크 파급효과 분석 대상 및 분석 방법

분야	분석 대상	분석 방법
해양	• 대형 선박 사고에 따른 해양환경 피해 예측	• SD
수산	• 원전 오염수 방류에 따른 수산물 수급 예측	• SD
해운물류	• 컨테이너선 운임변동 요인과 예측 가능성 고찰	• 텍스트 마이닝 기법
항만	• 항만 보안 리스크 발생에 따른 항만 운영 효율성 평가	• 부트스트랩 DEA 모형+Tobit Regression 모형

자료: 저자 작성

나. 분석 결과

▪ **(해양분야) 과거 데이터와 시나리오를 기반으로 해양 사고 빈도, 갯벌 오염, 갯벌의 수산자원 영향을 예측하고, 정책별 효과 예측**

- 해양 사고 빈도는 사고 예방을 위한 예산의 증가세와 지속적인 선박 및 해양시설 지도 점검(관할 해양경찰)으로 2021년 이후로 감소세로 추정되며, 갯벌 오염은 해양 사고 빈도와 유사

- 갯벌 수산자원은 지속적으로 증가세를 보이며 해양 사고가 감소하는 시점을 전후로 가파른 증가 경향

〈요약 표 5〉 대형 선박 사고에 따른 해양환경 피해 예측 결과

구분	영향
해양 사고 빈도	• 사고 예방을 위한 예산의 증가세와 지속적인 선박 및 해양시설 지도 점검(관할 해양경찰)으로 2021년 이후로 감소세로 추정
갯벌 오염	• 해양 사고 빈도와 유사한 패턴
갯벌 수산자원	• 지속적으로 증가세를 보이며 해양 사고가 감소하는 시점을 전후로 가파른 증가 경향
구분	정책 시사점
해양 유출 사고와 방재 예산	• 해양 유출 사고가 증가할수록 조간대 퇴적물 오염도는 증가하는 반면에, 방재 예산이 함께 증가할 때 잠시 오염도가 상승하다가 일정 기간이 지나면 감소하여 안정세 유지
방재 예산과 갯벌 생태계 회복 시간	• 갯벌 생태계의 회복력(회복 시간)을 개선하기 위한 환경보전 노력과 더불어 적정한 방재 노력을 더할 때 갯벌에 서식하는 대형저서생물의 건강성(개체 수 및 종 다양성)은 더욱 빠르게 상승

자료: 저자 작성

▪ **(수산분야) 원전 오염수 방류 사건이 0 시점에서 발생했고, 부정적인 여론이 재생산되는 기간을 두 달로 가정하여 재고 예측**

- 사건 발생 시점인 0 시점에 소비 감소, 입고 지속으로 인해 재고가 급증하나 둘째 달 전후로 수요 감소 회복, 판매량의 입고량 초과로 인해 재고가 감소하기 시작
- 단기간에 최대한 많이 수매해야 충격을 흡수해 균형 회복이 가능하며, 소비와 수매 정책을 같이 하면 수매 정책만 했을 때보다 정부 수매량 60% 감소 효과 유발
- 고등어의 경우 소비 정책과 수매 정책만 동시에 추진했을 때보다 금어기를 추가했을 때 훨씬 효과가 크며, 금어기는 한 달 정도면 충분

〈요약 표 6〉 원전 오염수 방류에 따른 수산물 수급 예측 결과

구분	고등어	명태
영향	• 사건 발생 시점인 0 시점에 소비 감소, 입고 지속으로 인해 재고 급증 • 수요 감소 회복, 판매량의 입고량 초과로 인해 둘째 달 전후로 재고가 감소하기 시작	• 사건 발생 시점인 0 시점에 소비 감소, 입고 지속으로 인해 재고 급증 • 입고량 감소로 둘째 달 전후로 재고가 감소하기 시작해 넷째 달에 최저치에 도달
시사점	• 단기간에 최대한 많이 수매해야 충격을 흡수해 균형 회복 가능 • 소비와 수매 정책을 같이 하면 수매 정책만 했을 때보다 정부 수매량 60% 감소 효과 • 소비 정책과 수매 정책만 동시에 추진했을 때보다 금어기를 추가했을 때 훨씬 효과가 크며, 금어기는 한 달 정도면 충분	• 단기간에 최대한 많이 수매해야 충격을 흡수해 균형 회복 가능 • 소비와 수매 정책을 같이 하면 수매 정책만 했을 때보다 정부 수매량 60% 감소 효과 • 소비 정책과 수매 정책을 동시에 추진 필요

자료: 저자 작성

▪ **(해운물류분야) 컨테이너선 관련 기사를 취합하여 2020년 1월부터 2021년 7월까지 컨테이너선 운임지수 상승의 변곡점이 되는 구간을 고려하여 총 여섯 개의 기간으로 구분하여 네트워크 텍스트 분석 시행**

- 2020년 상반기부터 전방위적으로 코로나19의 영향으로 글로벌 공급사슬 불확실성 증가
- 2020년도 하반기부터는 미국을 중심으로 이른바 보복 소비가 시작되면서 물동량에 대한 수요가 급증함에 따라 컨테이너의 부족과 맞물리면서 해운운임의 가파른 상승 야기
- 2021년 3월 말에는 에버기븐(Ever Given)호 좌초 사고가 컨테이너의 부족과 터미널의 혼잡, 항만 근로자들의 근무 여건 악화 등으로 해운운임은 사상 최고치를 경신

〈요약 표 7〉 컨테이너선 운임변동 원인 예측 결과

구분	주요 키워드	주요 사항
2020년 1~6월	China, Coronavirus Pandemic, US, Trade, Effect, Supply Chain, Capacity, Demand, Europe, Terminal, Government, Cma Cgm, Dp World, Operations	• 코로나19 팬데믹 상황에서 중국과 미국 무역갈등 심화 • 글로벌 공급사슬의 불확실성 증대 • 주요 선사와 항만들의 운영방식 변화
2020년 7~9월	Terminal, Supply Chain, Trade, Us, Singapore, Uk, Beirut, China, Hong Kong, Capacity, Cost, Coronavirus Pandemic, Maersk, Demand	• 주요 항만의 물류 이슈 • 중국 수출 감소와 홍콩 터미널 환적 감소 • 주요 선사의 실적 발표
2020년 10~12월	Asia, Uk, Us, Capacity, China, Cost, Trade, Demand, High, Equipment, Supply Chain, Terminal, Congestion	• 아시아에서 미국이나 유럽으로 향하는 물동량에 비해 컨테이너 회수 어려움 • 혼잡심화와 소비 상승으로 해운운임 상승 • 공컨테이너 부족으로 해운공급사슬 단절 역대 최대 수준
2021년 1~2월	Us, Los Angeles, Trade, West Coast, Coronavirus Pandemic, China, Terminal, Production, Maersk, Crew, Fuel, Demand, Singapore	• 미국 LA항과 롱비치항의 체선 현상 악화 • 컨테이너 회수가 일정 부분 이뤄지며 회복 가능성 언급 • 항만 근로자와 선원들의 코로나19 감염과 자가격리 등으로 인한 물류 지연 • Maersk 4분기 성과 최대
2021년 3~4월	Coronavirus Pandemic, Demand, China, Capacity, Supply Chain, Us, Order, Ever Given, Seafarer, Owner, Crew	• 에버기븐호가 수에즈 운하를 가로막으면서 선박들이 대기 • 선박들이 한꺼번에 항만에 몰리면서 적체 현상이 심화 • 공컨테이너와 컨테이너선의 부족
2021년 5~7월	Coronavirus Pandemic, Supply Chain, Demand, Disruption, Order, China, US, Yantian, Capacity, Ever Given, Suez Canal, Crew, Seafarer	• 운임 상승세가 쉽게 진정되지 않고 공급사슬 단절의 심화 가능성 제기 • 중국 선전시 옌톈(Yantian)항의 부분 폐쇄로 운임 강세 • 수에즈 운하 폐쇄 여파 지속 • 근로자의 확진 사례 증가

자료: 저자 작성

▪ **(항만분야) 각각의 항만 보안 리스크가 발생했을 경우 항만의 효율성에 미치는 파급효과**

- DEA로 국내 26개 항만의 효율성을 평가한 결과 고현항, 광양항, 대산항, 부산항, 속초항, 옥포항, 완도항, 울산항, 제주항 등 9개 항의 효율성이 1로 타 항만보다 상위 차지
- 토빗회귀분석으로 각각의 항만 보안 리스크가 발생했을 경우 항만의 효율성에 미치는 영향 분석 결과

〈요약 표 8〉 항만 보안 리스크 발생에 따른 항만 운영 효율성 파급효과 분석 결과

구분	세부 항목	정(+)의 영향	부(-)의 영향
영향력	항만시설에 정박 중인 선박 공격 발생	인명 손실, 공공 안전	상징적 영향
	폭동 발생	인명 손실, 환경 영향	경제 손실, 상징적 영향
취약성	수역시설		이용성
	외곽시설		이용성
	하역시설		이용성
	관련 시설	접근 용이성	
	공해방지시설		접근 용이성
	배후유통시설	접근 용이성	이용성
	해양수산부령으로 정해지는 시설	접근 용이성	이용성
	선박통행관제실 등	접근 용이성	

주: p 〈0.05인 경우만 정리
자료: 저자 작성

4. 정책제언

▪ **(미래 리스크 발굴 및 분석 방법론 고도화) 해양수산분야에서 활용 가능하고 효과적인 리스크 발굴 방법론을 구축해 주기적으로 리스크**

를 발굴, 리스크 유형별로 파급효과 분석 방법론을 구축하고 관련 데이터를 DB화

- (미래 리스크 인식도 제고 및 변화 추이 분석) 미래 리스크 연구의 중요성을 지속적으로 홍보, 정부 정책 수립 시 예견되는 리스크를 반드시 고려, 리스크에 대한 인식의 변화, 리스크의 우선순위를 장기적으로 추적
- (미래 리스크 관련 국내외 네트워크 구축) 미래 리스크 연구기관 간 학술세미나 개최, 공동연구 수행 등을 통해 연구 방법론을 고도화하고 리스크 관련 정보를 교환, 조기경보시스템 구축 운용기관 간 교류 추진
- (미래 리스크 조기경보시스템 구축) 조기경보 대상별 우선순위를 정해 조기경보시스템을 개발하고, 이후 관련 분야로 확대 및 통합

EXECUTIVE SUMMARY

1. Purpose and Background

1) Background

- With an increasingly diversified and complicated modern society, disasters have become more extreme, more commonplace and more complex. This has ultimately led to forecasting becoming an almost impossible task. Therefore, uncertainty as well as the ensuing social and economic loss has grown rapidly.
  - In particular, making predictions based on information from past experiences has become almost impossible, which is exponentially increasing the amount of uncertainty as well as social and economic loss.
  - The COVID-19 pandemic is a prime example of once in a century extreme risk that the world must confront.
- The oceans and fisheries sector also possess a number of social and economic risks as it struggles with natural disasters

such as red tides, tsunamis and typhoons along with industrial accidents and man-made disasters including ship accidents and workplace accidents.

- Risks that took place in South Korea include the Sewol ferry disaster, Sea Prince and Hebei Oil Spill cases, and the bankruptcy of Hanjin Shipping.

▪ The Necessity of research on future strategies aiming to prepare social countermeasures has been highlighted in order to minimize the damage resulting from unpredictable risks.

- Representative cases include studies conducted by the OECD, the WEF and Finland.

▪ According to a survey targeting the general public and experts, risks are occurring with increasing frequency and intensity, while the level of risk management is assessed to remain stagnant.

- To be specific, those who responded that the frequency of risks taking place has increased in the oceans and fisheries sector within a recent decade reached 75.9%, while 74.9% responded the intensity of risks have inclined. However, those who responded that the level of risk management has increased recorded a mere 44.5%.

- Furthermore, those who responded that 'the risk management in the oceans and fisheries sector is important' stood at 93.8%.

▪ There is a lack of research for systematically analyzing risk

factors and coming up with countermeasures to enhance the robustness of the oceans and fisheries sector.

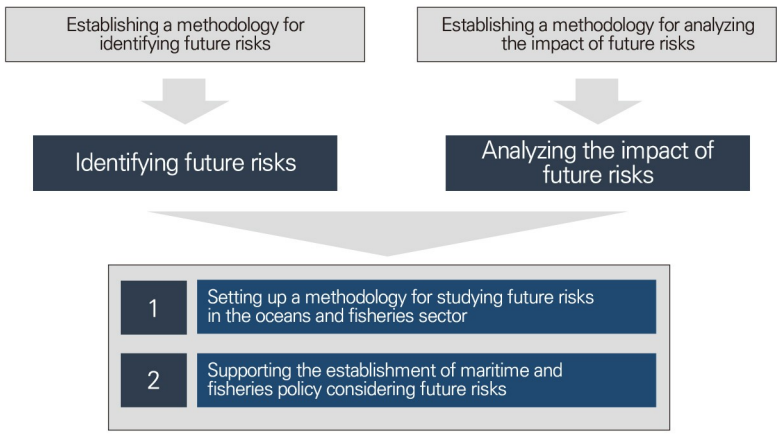
- With an insufficient amount of preceding studies, most of them are focusing on the development of policy measures for risks that have already been put on the table, rather than discovering future risks.

2) Purpose

- The purpose of this study is to identify probable future risks in the oceans and fisheries sector and to develop a scientific model for analyzing the socio-economic impacts of these risks. This study ultimately intends to spread research on future risks in the oceans and fisheries sector, laying a solid ground for applying results in establishing relevant policies.

- Research methodologies were reviewed including those for future risk identification and impact analysis
- After selecting representative risks from among identified risks, social and economic impact was reviewed by taking the probability and urgency of risks as well as its policy effectiveness.

〈Summary Picture 1〉 This study's purpose



Source: Prepared by the author

2. Methodology and Features

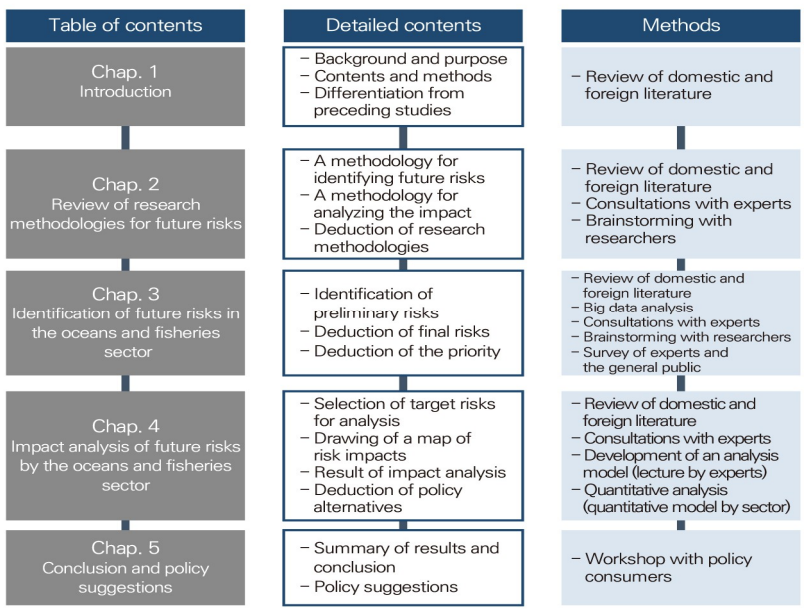
1) Methodology

- (Establishment of a methodology) A variety of literature was reviewed including reports and academic journals. Considering features and conditions of research in the field of the oceans and fisheries, this study includes consultations with experts as well as brainstorming with researchers for the purpose of establishing an effective methodology.
- (Risk identification) A big data analysis was conducted utilizing topic modeling in an effort to review an extensive amount of literature, academic journals, and news. After conducting consultations with experts and brainstorming

with researchers as well as a survey targeting the general public (2,000 people) and experts, this study extracted a final list of future risks and the priority in each sector.

- (Impact analysis) After delving into analysis methods conducted in preceding studies, this study utilizes a number of consultations with experts on analysis methodologies befitting to analyzing the impact of specific risks. In addition, this study further elaborates on the analysis methodology by conducting lectures with experts, joint research, and consultations with experts.

〈Summary Picture 2〉 Detailed contents and methodology



Source: Prepared by the author

2) Features

- Primarily targeting the whole sectors of the oceans and fisheries, this study not only includes potential internal risks but also contains risks taking place in other areas but having a potential impact on the oceans and fisheries sector. Following this, the priority of risks was extracted based on the possibility of occurrence, its impact and controllability.
- Together with traditional methods such as literature review, consultation with experts, and brainstorming with researchers, major methods undergone for this study include big data analysis utilizing topic modeling for deriving preliminary risks. After conducting a survey of the general public as well as experts, this study was able to extract a list of final risks.
- The impact of these risks were evaluated with a scenario-based quantitative analysis such as System Dynamics, text mining, and Data Envelopment Analysis (DEA).

〈Summary Table 1〉 Features of this study

Category	Preceding studies	This study
Scope of the study	• Focusing on specific issues in specific sectors including maritime, fishery, shipping and port sectors	• Encompassing the whole sectors of the oceans and fisheries • Including areas other than the oceans and fisheries
Methods of risk identification	• The majority of preceding studies being carried out by selecting risks in advance and conducting the analysis without the process	• Applying methodologies of preceding studies • Survey being expanded to the general public other

Category	Preceding studies	This study
	of risk identification. • Applying methods including literature review, consultations with experts, survey, workshops and modeling	than experts • Conducting big data analysis
Methods of impact analysis	• Centering on qualitative analysis • Partially conducting quantitative analysis such as System Dynamics, input-output analysis and spatial data analysis	• Conducting quantitative analysis such as System Dynamics, Data Envelopment Analysis (DEA) and test mining

Source: Prepared by the author

3. Results

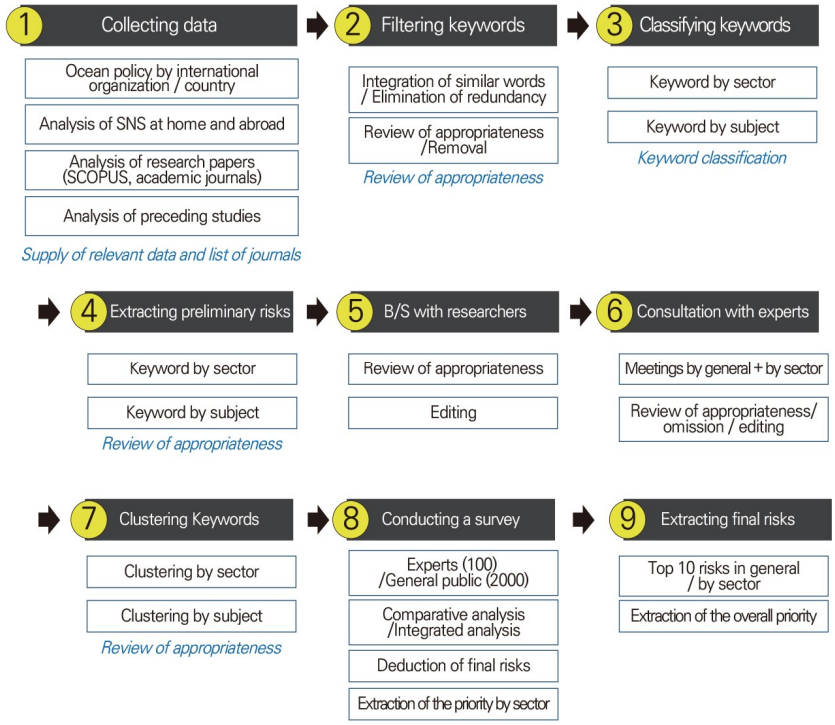
1) Summary

(1) Identification of future risks

A. Process and methods of identifying future risks

▪ The first list of preliminary risks was extracted based on big data analysis utilizing topic modeling → The adequacy of keywords was reviewed based on consultations with experts as well as brainstorming with researchers. → These processes result in extracting the second list of 30 preliminary risks were derived in four major sectors in the oceans and fisheries. → A survey targeting experts and the general public produced the priority of final risks.

〈Summary Picture 3〉 Process of identifying future risks in the oceans and fisheries sector



Source: Prepared by the author

B. Results of future risk identification

- Potential future risks in the maritime sector include risks related to deteriorating marine environment and ocean-originated natural disasters. In the fisheries sector, the issue of contaminating marine products resulting from wastewater of nuclear power plants topped the list.
- Potential risks in the shipping and logistics sector include the

risk of paralysis resulting from global competition surrounding global logistics and supply chains and natural disasters as well as environmental pollution. The ports sector is expected to witness potential risks such as global competition, natural disasters and environmental pollution as negative impacts of smartization such as declining the number of jobs and cybersecurity were among upper rank in the list.

〈Summary Table 2〉 Results of identifying Top 10 future risks by sectors

Rank	Maritime Sector	Fishery
1	Acceleration of global warming	Radioactive pollution of fishery products from nuclear waste water
2	Generation of super typhoons	Change of distribution in microscopic organisms resulting from sea level rise
3	Increase of ocean plastic waste	Negative impact on the fishery industry due to climate change
4	Increase of transboundary marine waste	Decrease of aquatic organism species
5	Increase of marine and coastal waste	Sharp decline in the production of coastal fishing
6	Occurrence of large undersea earthquakes	Mass death of farmed fish
7	Deterioration of water pollution at short seas	Damage of fish habitats
8	Coastal urban flooding due to sea level rise	Damage of the fishery industry following oil spill accidents
9	Environmental change of the northern sea route	Decline of endemic species in inland waters
10	Increase of underwater deposit pollution	Decrease of fishery resources due to illegal fishing
Rank	Shipping and Logistics	Ports
1	China's prior occupation of global	Intensive competition with Chinese

	logistics infrastructures	ports
2	Paralysis of global supply chain due to the outbreak of infectious diseases	Insufficient capacity to respond against climate change
3	Damage to logistical infrastructures resulting from natural disasters	Increase of environmental pollution at ports
4	Increase of ship-emitting pollutants	Decline in employment due to smartization
5	Paralysis of inland logistical networks resulting from natural disasters	Port closure due to natural disasters
6	Outbreak of infectious disease on ships	Advent of Blockchain-based large logistics platforms
7	Sharp decline of ocean freight rates	Outbreak of infectious diseases among port workers
8	Increase of ballast water-led pollution	Increase of port costs and declining economic viability
9	Increase of ship biofouling	Heightened financial difficulty of port operators
10	Heightened financial difficulty of shipping & logistics companies	Vulnerability of port cybersecurity

Source: Prepared by the author

- While considering whole sectors including maritime, fishery, shipping and logistics and ports, the top 10 risks are listed as follows, taking the possibility of occurrence, impact and controllability into consideration.

- The acceleration of global warming topped the list in the maritime sector as the risk is considered the most likely to happen, most uncontrollable and poses the highest impact.
- As for the 'increase of marine plastic waste', the possibility of occurrence and its resulting impact was higher than that of the 'generation of super typhoons', but sat on the 3rd spot due to

its low uncontrollability.

- The occurrence of a large undersea earthquake is listed No. 1 as the most uncontrollable risk.

〈Summary Table 3〉 Top 10 future risks in the oceans and fisheries sector

Rank	Future risk	Possibility of occurrence	Impact	Uncontrollability
1	Acceleration of global warming	8.70	8.80	5.20
2	Generation of super typhoons	8.09	8.43	5.67
3	Increase of ocean plastic waste	8.63	8.49	4.66
4	Increase of transboundary marine waste	8.38	8.24	4.90
5	Radioactive pollution of fishery products from nuclear waste water	7.90	8.42	5.01
6	Change of distribution in microscopic organisms resulting from sea level rise	8.05		5.31
7	Increase of marine and coastal waste	8.52	8.33	4.40
8	Negative impact on the fishery industry due to climate change	7.99	7.95	5.30
9	Occurrence of large undersea earthquakes	7.15	8.06	5.94
10	Deterioration of water pollution at short seas	8.14	8.10	4.45

Footnote: The darker the color, the higher the rank
Source: Prepared by the author

(2) Impact analysis of future risks

A. Selection of analysis targets and analysis methods

- Preliminarily considering the result of a survey of experts and the general public, this study finally selected the analysis

targets after going through brainstorming of researchers and consultation with experts on the necessity as well as possibility of analysis.

- The maritime sector selected ‘forecasting the damage of the marine environment and the ecosystem following a large maritime accident’
- The fisheries sector selected ‘predicting the stock of fishery products after the discharge of radioactive waste water’ as an analysis target.
- As for the shipping and logistics sector, ‘factors affecting the container freight rates and its predictability’ was selected for the analysis.
- The ports sector selected ‘assessing the effectiveness of port operation following a risk at port security’ as the target.

▪ This study adopted an analysis method suitable for quantitatively analyzing the impact of risks selected beforehand.

- The maritime and fisheries sector equally applied System Dynamics (SD).
- The shipping and logistics sector utilized a text mining methodology, while the ports sector selected Bootstrap-DEA (Data Envelopment Analysis) as well as Tobit Regression models.

〈Summary Table 4〉 Subjects and methods of analyzing the impact of future risks by sector

Sector	Analysis subjects	Analysis methods
Maritime	Forecasting the damage of the marine environment and the ecosystem following a large maritime accident	System Dynamics (SD)
Fishery	Predicting the stock of fishery products after the discharge of radioactive waste water	System Dynamics (SD)
Shipping and logistics	Factors affecting the container freight rates and its predictability	Test mining approach
Ports	Assessing the effectiveness of port operation following a risk at port security	Bootstrap DEA model+ Tobit Regression model

Source: Prepared by the author

B. Analysis results

- (Maritime sector) Based on historical data and scenarios, this study forecasted the frequency of maritime accidents, pollution of tidal flats, and the impact of fishery resources at mudflats while predicting the impact by policy.
  - Due to an increasingly growing budget allocated for accident prevention as well as continued guidance and monitoring of maritime facilities (by marine police under jurisdiction), the frequency of maritime accidents is expected to decline after 2021, and the frequency of the pollution of tidal flats showed a similar pattern.
  - Fishery resources at mudflats showed a continuously increasing trend while displaying a sharp growth around the time when maritime accidents began to decline.

〈Summary Table 5〉 Forecasting the damage on the marine environment and the ecosystem following a large maritime accident

Category	Impacts
Frequency of maritime accidents	It is expected to decline after 2021, due to an increasingly growing budget allocated for accident prevention as well as continued guidance and monitoring of maritime facilities (by marine police under jurisdiction)
Pollution of tidal flats	It shows a similar pattern to the frequency of maritime accidents
Fishery resources at mudflats	Fishery resources showed a continuously increasing trend while displaying a sharp growth around the time when maritime accidents began to decline
Category	**Policy implications**
Marine spill accident and budget for disaster prevention	As marine spill accidents increase, the pollution of intertidal mudflats also increases. If the budget for disaster prevention grows, however, the pollution levels started to decline and stabilize after a temporary surge.
Budget for disaster prevention and time for ecosystem recovery	When the effort for environmental preservation for boosting the resilience (time for recovery) of the ecosystem of mudflats combines with the effort for appropriate disaster prevention, the health of megabenthos (the number of species and diversity) is expected to grow fast.

Source: Prepared by the author

- (Fishery sector) This study forecasted the inventory of fishery products under the assumption that the accident of discharging radioactive waste water takes place at the point of '0' and the duration for reproducing the negative public opinion as 2 months.

  - At the point of 0, when an accident takes place, the inventory of fishery products sharply increases due to declining consumption and increasing storage. Around 2 months after the accident, however, the inventory starts to decline thanks due

to the recovery of consumption decline as well as the sales volume surpassing the storage.

- A balanced recovery is available when the government purchases as much as it can in a short period of time to absorb the shock from the declining consumption and increasing storage. When the purchase policy coincides with the consumption policy, the amount of government purchase can decline by 60% than only when the purchase policy is implemented.
- In the case of mackerel, the policy is much more effective when the government adds the policy of a closed fishing season compare to only when the consumption and purchase policies are implemented. One month is enough in terms of duration for the closed fishing season.

〈Summary Table 6〉 Predicting the stock of fishery products after discharge of radioactive waste water

Category	Mackerel	Pollack
Impacts	At the point of 0, when an accident takes place, the inventory of fishery products sharply increases due to declining consumption and increasing storage. Around 2 months after the accident, however, the inventory starts to decline thanks due to the recovery of consumption decline as well as the sales volume surpassing the storage.	At the point of 0, when an accident takes place, the inventory of fishery products sharply increases due to declining consumption and increasing storage. The inventory starts to decline around the second month after the accident due to decreasing the amount of warehousing storage, and reaches the lowest point at the 4th month after the accident.
Implications	A balanced recovery is available when the government purchases as much as it can in a short period of time by absorbing the shock from	A balanced recovery is available when the government purchases as much as it can in a short period of time by

Category	Mackerel	Pollack
	the declining consumption and increasing storage. When the purchase policy coincides with the consumption policy, the amount of government purchase can decline by 60% than only when the purchase policy is implemented. It is much more effective when the government adds the policy of a closed fishing season compare to only when the consumption and purchase policies are implemented. One month is enough in terms of duration for the closed fishing season.	absorbing the shock from the declining consumption and increasing storage. When the purchase policy coincides with the consumption policy, the amount of government purchase can decline by 60% than only when the purchase policy is implemented. It is necessary to implement the consumption as well as the purchase policy simultaneously.

Source: Prepared by the author

- (Shipping and logistics sector) After collecting new articles related to containerships, this study conducted network text analysis by classifying them into 6 periods after considering points of inflection for increasing the container freight rates from January of 2020 to July of 2021.

- Starting from the first half of 2020, the impact of COVID-19 has increased the uncertainty of global supply.
- Centering on the United States, revenge spending began from the second half of 2020 which sharply increased the demand for container traffic volume. As it coincided with the shortage of containers, ocean freight rates have skyrocketed.
- In March 2021, ocean traffic rates recorded all-time highs due to a shortage of container boxes, congestions at port terminals and a deteriorating work environment for port workers, coupled

with the blockage of the Suez Canal after the grounding of the Ever Given.

〈Summary Table 7〉 Forecasting causes of changes in containership freight rates

Classification	Major keyword	Issues
2020. Jan ~ Jun	• China, Coronavirus Pandemic, US, Trade, Effect, Supply Chain, Capacity, Demand, Europe, Terminal, Government, Cma Cgm, Dp World, Operations	• Intensifying trade conflict between China and the US under the COVID-19 pandemic • Increasing uncertainty of global supply chain • Changing operational methods of major shipping companies and ports
2020. Jul ~ Sep	• Terminal, Supply Chain, Trade, Us, Singapore, UK, Beirut, China, Hong Kong, Capacity, Cost, Coronavirus Pandemic, Maersk, Demand	• Logistics issues of major ports • Declining China's export and decreasing transshipment of Hong Kong terminals • Earnings announcement of major shipping companies
2020. Oct ~ Dec	• Asia, UK, Us, Capacity, China, Cost, Trade, Demand, High, Equipment, Supply Chain, Terminal, Congestion	• Difficulties of retrieving containers compared to the traffic volume bound to the US and Europe from Asia • Surging ocean freight rates due to heightened congestion and increasing consumption • All-time high level of disruptions in shipping supply chain due to the shortage of empty containers
2021. Jan ~ Feb	• Us, Los Angeles, Trade, West Coast, Coronavirus Pandemic, China, Terminal, Production, Maersk, Crew, Fuel, Demand, Singapore	• Deteriorating demurrage at LA and Long Beach ports • Raising the possibility of recovery following the retrieval of a certain amount of containers • Delaying logistics due to the infection of coronavirus as well as self-quarantine of port works and sea crews

Classification	Major keyword	Issues
		• Maersk hitting the record high Q4 earnings
2021. Mar ~ Apr	• Coronavirus Pandemic, Demand, China • Capacity, Supply Chain, Us, Order, Ever Given, Seafarer, Owner, Crew	• Causing a backlog of ships in the Suez Canal due to the Ever Given running aground • Exacerbating congestion as ships flocked to ports • The shortage of empty containers and containerships
2021. May ~ Jul	• Coronavirus Pandemic, Supply Chain, Demand, Disruption, Order, China, US, Yantian, Capacity, Ever Given, Suez Canal, Crew, Seafarer	• Raising the possibility of supply chain disruption with the increasing trend of freight rates going on • High ocean freight rates due to the partial closure of China's Yantian port • Prolonging impact resulting from the closure of the Suez Canal • Increasing reports of port workers infected with COVID-19

Source: Prepared by the author

▪ (Port sector) This study estimated the impact on the efficiency of port operation when each risk to port security takes place.

- According to the result of data envelopment analysis (DEA) on 26 Korean ports, the efficiency of 9 ports recorded 1, positioning high ranks than other ports. These 9 ports include Gohyeon Port, Gwangyang port, Deasan Port, Busan Port, Sokcho Port, Okpo Port, Wando Port, Ulsan Port, and Jeju Port.
- Utilizing Tobit regression analysis, the study utilizes an analysis of the impact on ports when each port security risk takes place, and the results are as follows:

〈Summary Table 8〉 Impact on port efficiency following the occurrence of a port security risk

Category	Detailed item	Positive impact	Negative impact
Influence	Ships being attacked while at berth	Loss of life, Public safety	Symbolic impact
	Outbreak of riots	Loss of life, Environmental impact	Economic loss, Symbolic impact
Vulnerability	Harbor facilities		Availability
	Outer port facilities		Availability
	Loading and discharging facilities		Availability
	Relevant facilities	Easy accessibility	
	Pollution prevention facilities		Easy accessibility
	Distribution facilities at hinterlands	Easy accessibility	Availability
	Facilities designated by the decrees of the MOF	Easy accessibility	Availability
	Vessel traffic control room	Easy accessibility	

Footnote: Includes in this table only when $p<0.05$
Source: Prepared by the author

4. Policy suggestions

- (Identification of future risks and advancement of analysis methodologies) It is necessary to establish a risk identification methodology applicable and effective in the oceans and fisheries sector and find risks on a regular basis. Following this, impact analysis methodologies were established by type of risk and then build relevant data into a database.
- (Promoting the awareness of future risks and analyzing

changing patterns) The importance of studying future risks should be continuously promoted, while considering potential risks in establishing governmental policies. In addition, it is important to change the perception of risks as well as to monitor the priority of risks.

- (Building domestic and international networks relevant to future risks) Research methodologies on future risks should be advanced by holding an academic conference or joint study among future risk-related research institutes. Relevant organizations should promote exchange by sharing information relevant to risks while enhancing the communication between operators of early warning systems.
- (Setting up an early warning system regarding future risks) It is necessary to develop an early warning system after setting up the priority of risks, and then gradually expanding and integrating the system into relevant fields.

01
서론

제1절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경

2020년에 세계를 강타한 코로나19 팬데믹은 세계 경제에 막대한 피해를 입혔다. 국제통화기금(IMF)(2021. 1.)에 따르면, 세계 경제성장률은 2019년 2.8%였으나 2020년에는 -3.5%로 급락했고, 경제협력개발기구(OECD)(2020. 12.)는 IMF 추정치보다 낮은 -4.2%로 추정했다. 세계보건기구(WTO) 등(2021. 1.)은 2020년 세계 교역량이 전년 대비 9.6% 감소한 것으로 추정했다.

〈표 1-1〉 2020년 세계 경제성장률 현황

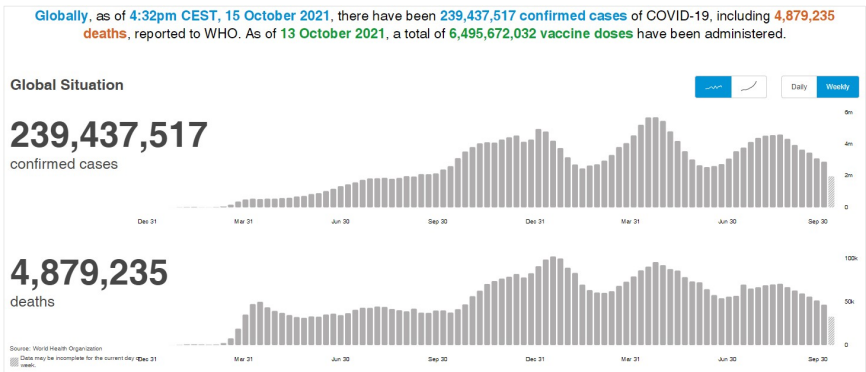
단위: %

		세계	선진국	미국	유로존	일본	한국
IMF	2019	2.8	1.6	2.2	1.3	0.3	2.0
	2020	-3.5	-4.9	-3.4	-7.2	-5.1	-1.1
OECD	2020	-4.2	-3.8	-3.7	-7.5	-5.3	-1.1

자료: IMF(2021. 1.); OECD(2020. 12.)(검색일: 2021. 2. 15)

이렇듯 코로나19는 20세기 초 세계 대공황 당시보다 더 깊은 사회경제적 고통을 안겼다. 문제는 언제 종식될지 모른다는 점이다. 올해 들어 백신 접종이 증가하고 있음에도 불구하고 1일 신규 확진자 수가 세계적으로 40만 명을 넘고 있다. WHO에 따르면, 2021년 10월 15일 현재 전 세계적으로 코로나19 확진자는 우리나라 인구의 네 배 정도인 약 2억 3,900만 명, 사망자는 부산 인구보다 많은 488만 명을 넘어섰다.[1)]

〈그림 1-1〉 세계 코로나19 누적 확진자 및 사망자 현황(2021. 10. 15. 기준)



자료: WHO COVID-19 Dashboard(검색일: 2021. 10. 18)

코로나19 팬데믹은 금세기 들어 전 세계가 처한 극단적 위험, 즉 리스크의 대표적인 사례라고 할 수 있다. 현대 사회가 복잡화·다양화됨에 따라 재난이 거대화·일상화·복합화하고 있는 실정이다. 특히 과거의 경험만으로는 예측이 매우 어렵거나 불가능해져 그 어느 때보다 불확실성과 사회경제적 손실이 급증하고 있는 실정이다.

일례로 2011년 발생한 동일본 대지진으로 16개 항만이 폐쇄(1개월)되고 일본 동북 지역 입지 항만이용기업의 글로벌 공급사슬망이 붕괴되었다. 자동차, 전기·전자제품 제조기업의 생산 중단 사태로까지 확대되었으며, 이

1) WHO COVID-19 Dashboard(검색일: 2021. 10. 18)

로 인한 항만 부분의 피해액은 최소 400억 달러로 추산된 바 있다.[2] 특히 일본 정부가 우리나라를 비롯한 주변국들의 반대에도 불구하고 원전 오염수를 해양에 방류하기로 결정함에 따라 피해 발생 여부와 규모를 두고 국제적 갈등이 심해지고 있다.

해양수산분야도 리스크 발생에서 예외가 아니다. 2017년에 머스크(Maersk)를 대상으로 한 랜섬웨어 공격으로 인해 뉴욕, LA, 로테르담, 뭄바이 등 네 개 컨테이너터미널의 IT 시스템이 마비되어 3억 달러의 피해를 입은 것으로 추정되었다.[3] 2021년 3월에는 컨테이너선 에버기븐(Ever Given)호가 수에즈 운하에서 좌초되어 6일간 통행이 마비되었다. 이 사건으로 200척이 넘는 선박이 운항을 하지 못해 1,690만 톤의 화물을 운송하는 데 직접적인 타격을 입은 것으로 추정되었다. 사고 발생 11일 만에 정상화되었지만 10억 달러(약 11조 원)에 달하는 배상금을 선주와 운용사 가운데 어느 곳에 청구할지 여전히 해결되지 않고 있다.[4]

이렇듯 세계 경제를 위협하는 잠재적인 위험 요소는 매우 다양하게 존재하며, 언제 어디서든 발생할 수 있다. 해양수산분야 역시 적조, 지진해일, 태풍 등과 같은 자연재해는 물론 선박 사고, 작업장 재해 등 산업재해 및 인재 등 경제적·사회적 위험 요소가 상존하고 있다. 국내에서 발생한 리스크로는 세월호 침몰 사고, 씨프린스호와 허베이스피릿호 기름 유출 사고, 한진해운 파산 등을 들 수 있다.

이처럼 예측하기 어려운 리스크로부터 피해를 최소화하기 위한 사회적 대응책 마련을 위해 미래전략 연구의 필요성이 크게 부각되고 있다. 대표적으로 OECD는 1990년 국제미래프로그램(International Futures Programme)을 통해 미래사회 예측과 대응 방향에 관련한 연구를 시작했다. 21세기 들

2) 이민규 외(2014), p. 29.
3) 매일경제(2017. 8. 17)
4) 위키백과(검색일: 2021. 6. 15)

어서는 지구적 규모의 미래 충격, 공간 활용 문제, 해양 관련 경제활동 문제 등 예상하지 못하는 글로벌한 사회적 리스크와 관련한 위기 대응 연구를 해오고 있다. 세계경제포럼(WEF)은 2000년대 초 발생한 인도해 쓰나미, 멕시코만 허리케인, G8 회의 시 런던 폭탄 테러, 파키스탄 지진 등을 경험하면서 글로벌 리스크를 연구하기 시작했다. 2006년부터는 경제·지리·정치·환경·사회·기술 분야에 대한 리스크를 평가하고, 이에 대한 사회적 대응책을 마련하기 위해 글로벌 리스크(Global Risks)를 발간하고 있다.

국가 차원에서는 핀란드의 연구 사례가 대표적이다. 핀란드 정부는 2011년에 국제응용시스템분석연구소(IIASA)와 공동으로 핀란드가 향후 겪을 수 있는 일곱 개의 쇼크(7 Shocks)를 발굴하였다.[5] 일곱 개 쇼크 중 네 개가 불과 7년 만에 유사한 모습으로 현실화되었다.[6] 국내에서는 과학기술정책연구원(STEPI)이 미래 리스크 연구를 선도해왔다. 그동안 한국적 맥락에서의 리스크를 발굴했는데, 그중 인터넷 단절, 동북아 원전 사고, 팬데믹 등은 예측이 거의 일치할 정도로 현실화되었다.

그럼에도 불구하고 해양수산분야는 위험 요소를 체계적으로 분석하여 강건성을 높일 수 있는 대응체계 마련을 위한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 앞선 선행연구들이 많지 않은 데다 대부분 미래 리스크를 발굴하기보다는 이미 제기된 리스크의 정책대안 마련에 초점을 두고 있다. 최석우 외(2019)의 연구는 해양수산분야의 미래 리스크 연구의 시발점이라고 할 만하지만 후속연구가 진행되지 못했다.

코로나19 팬데믹은 역설적으로 해양수산분야에서 미래 리스크 연구의 중요성을 각인시키고 있다. 코로나19로 인해 글로벌 공급사슬 변화 등 사회경제의 구조적 변화가 예고되는 상황에서 이에 따른 해양수산분야의 정

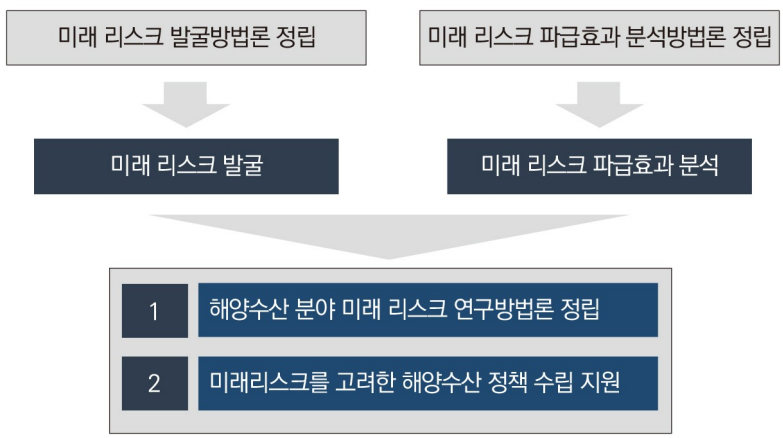
5) 최석우 외(2019), p. 41.
6) 유럽통화 붕괴, 노키아 인수합병, 에너지 가격 90% 급락, 인터넷 붕괴(윤정현(2021. 3. 30))

책방향을 모색하는 것이 필요하기 때문이다. 따라서 해양수산분야도 체계적으로 미래 리스크를 발굴하고 파급효과를 분석할 수 있는 기반 마련이 시급하다.

2. 연구 목적

본 연구는 해양수산분야에 발생 가능한 미래 리스크를 발굴하고 파급효과 분석 모델을 개발하는 것을 목적으로 한다. 궁극적으로는 해양수산분야에 미래 리스크 연구를 확산해서 정책 수립 시 이를 적극 반영할 수 있는 여건을 조성하고자 한다.

〈그림 1-2〉 연구 목적



자료: 저자 작성

이를 위해 우선 미래 리스크 발굴 방법과 파급효과 분석 방법 등 연구방법론을 정립하고자 한다. 모든 연구 방법론을 적용하는 것은 불가능하기에 해양수산분야의 특성과 코로나19 팬데믹이라는 현실적 여건, 그리고 최신의 방법론을 적용하는 것을 원칙으로 삼았다. 이어서 본 연구에서 정립

된 방법론에 기반하여 해양수산분야의 미래 리스크를 발굴하고, 이를 계량적으로 분석하고 정책 대응 방안을 제시하고자 한다. 리스크는 발생 예상 시기, 파급효과 크기 등에 따라 무수히 많을 수 있으므로 전문가를 포함해 일반 국민 대상 조사 결과를 토대로 순위를 도출하고자 한다. 아울러 발굴된 리스크 중 발생 가능성, 시급성, 정책적 유용성 등을 고려하여 대표적인 리스크를 선정하여 사회경제적 파급효과를 분석하고자 한다.

제2절 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 연구는 총 다섯 개의 장으로 구성되어 있다. 제1장은 본 연구의 배경과 목적, 연구 범위 및 내용, 선행연구 검토 및 차별성, 연구수행 방법 등 연구개요를 기술하였다.

제2장에서는 미래 리스크 발굴 방법론과 분석 방법론을 구분하여 연구 방법론을 검토하였다. 발굴 방법론과 관련해서는 우선 미래 리스크의 개념과 범위를 정립하고, 미래 리스크를 발굴하는 이론과 개별 사례를 검토하였다. 분석 방법론은 선행연구 사례를 토대로 다양한 파급효과 분석 방법을 검토하고 해양수산분야에 적용 가능한 최적의 방법론을 도출하고자 하였다. 본 연구에 적합한 연구 방법론을 도출하기 위해 각종 문헌 및 선행연구 조사, 전문가 자문, 연구진 브레인스토밍 등을 진행하였다.

제3장에서는 제2장에서 도출한 발굴 방법론을 토대로 해양수산분야의 미래 리스크를 발굴하였다. 이를 위해 각종 문헌과 인터넷 자료, 선행연구 사례,

나아가 뉴스를 토대로 빅데이터 분석을 실시해 예비 리스크를 도출하고, 이를 일반 국민과 전문가를 대상으로 설문조사를 실시해 최종 리스크를 발굴하였다. 미래 리스크는 해양수산 전 분야를 대상으로 하되 내생적 리스크와 외생적 리스크, 즉 해양수산분야에서 발생해 타 분야로 영향을 끼치는 리스크(예, 수에즈 운하 컨테이너 선박 좌초)와 해양수산 이외의 분야에서 발생해 해양수산분야에 영향을 끼치는 리스크(예, 코로나19 팬데믹)를 동시에 고려하여 발굴하였다. 특히 해양수산분야별로 리스크의 순위를 도출해서 WEF가 매년 수행하는 것처럼 향후 순위 변화를 측정할 수 있는 기반을 마련하였다.

제4장에서는 앞의 제3장에서 도출한 미래 리스크 중 대표적인 리스크를 선정하여 파급효과를 분석하였다. 이를 위해 우선 해양수산분야별로 시급성, 중요성, 정책적 수요 등을 고려하여 대표적인 리스크를 선정하였다. 선정된 리스크에 대해 각각 외부 전문가와 공동으로 파급효과 분석을 진행하였다. 파급효과 분석은 해양수산분야별 특수성을 고려하여 각 연구팀에서 최적의 계량모델을 선정하여 분석하였다. 다만 올해에는 제3장에서 발굴한 리스크 중 분야별로 한 개의 리스크를 선정하여 총 네 개를 분석하였다. 다음 연도부터 분석 대상을 늘려나갈 예정이다.

마지막 제5장은 본 연구의 분석 결과를 요약하고 한계점, 그리고 향후 계획을 제시하였다. 특히 해양수산분야에도 미래 리스크 예측 연구를 확산하고, 연구 방법론의 체계화와 함께 정책적 활용성을 높이기 위한 방안을 제시하였다. 이를 위해 해양수산부, 해양수산 유관기관 등 정책수요자 및 이해 관계자의 의견을 최대한 수렴하였다.

2. 연구 방법

본 연구의 주요 연구 방법론은 〈그림 1-3〉과 같다. 먼저 제1장은 연구개요를 설명하는 장으로 주로 국내외 선행연구를 분석하였다.

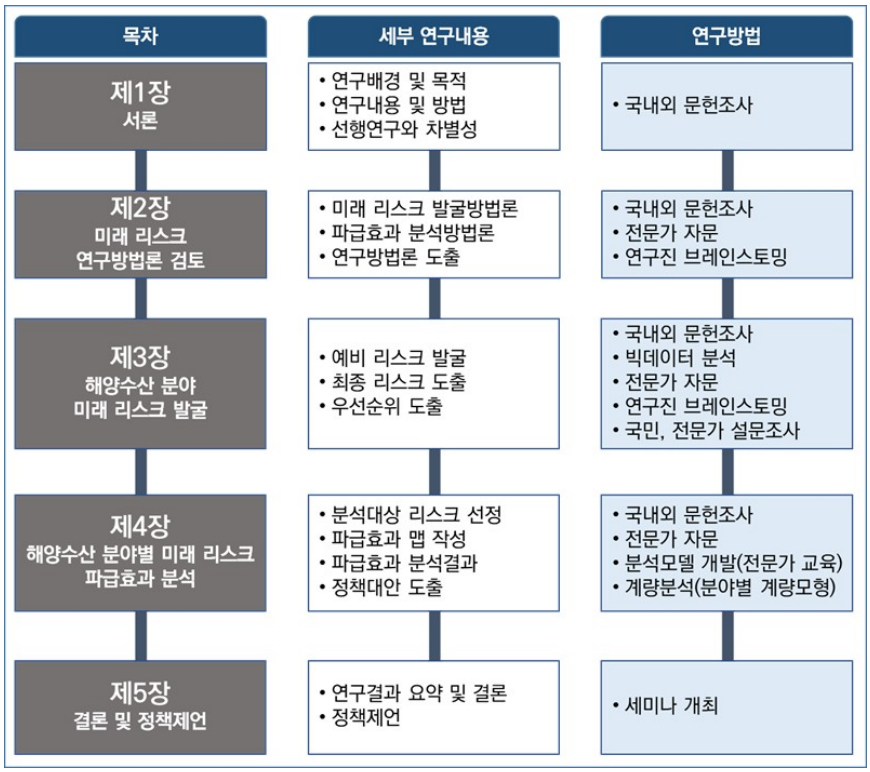
제2장에서는 다양한 보고서, 학술논문 등 문헌자료를 중심으로 연구 방법론을 검토하였다. 문헌자료는 미래예측과 파급효과 분석 방법과 관련해 방대한 자료를 수집하였다. 또한 미래예측 방법론 중 해양수산분야의 특성과 연구 여건을 고려해 적합한 방법론을 정립하기 위해 전문가 자문과 연구진 브레인스토밍을 방법을 이용하였다.

제3장에서는 미래 리스크를 발굴하기 위해 국내외 문헌 조사와 함께 빅데이터 분석을 실시하였다. 해양수산분야의 미래를 예측하고 리스크를 발굴할 목적으로 우선 국제연합(UN), OECD, IMF 등 국제기구의 해양 정책과 미국, 중국, 일본, 영국 등 해외 주요 국가의 해양 정책, 우리나라의 해양 정책 등을 수집하였다. 아울러 SCOPUS 등재 학술지와 한국연구재단 등재 학술지 중 해양수산분야 또는 미래연구와 관련한 대표 저널을 선정해 학술지에 게재된 논문을 분석 대상으로 삼았다. 또한 최근 사회적인 이슈를 탐색할 목적으로 주요 중앙지와 지방지, 해양수산분야 전문지 등 언론 뉴스도 포함하였다. 방대한 문헌자료와 학술논문, 뉴스를 분석하기 위해 토픽모델링 기법을 활용한 빅데이터 분석을 실시해 1차 예비 리스크를 도출하였다. 이어서 1차 예비 리스크를 검증·보완할 목적으로 전문가 자문과 연구진 브레인스토밍을 실시하여 2차 예비 리스크를 도출하였다. 마지막으로 일반 국민(2,000명)과 전문가를 대상으로 설문조사를 실시해 최종 리스크와 분야별 우선순위를 도출하였다.

제4장에서는 제3장에서 발굴한 미래 리스크 중 대표적인 리스크를 선정하여 사회경제적 파급효과를 분석하게 된다. 이를 위해 선행연구에서 사용

한 분석 방법을 고찰하고 해당 리스크의 파급효과 분석에 적합한 분석 방법론에 대해 전문가 자문을 실시하였다. 아울러 분석 방법론의 정교화를 위해 전문가 초청교육을 실시해 연구팀의 분석역량을 제고하고, 공동연구를 수행해 분석 결과의 품질을 제고하였다. 해양수산분야를 크게 해양, 수산, 해운물류, 항만 등 네 개 분야로 나누고, 분야별로 한 개씩의 리스크를 분석해서 분야별로 적합한 모델을 선정하였다. 분야별 분석모델에 대한 상세 설명은 제4장에서 제시하고자 한다. 한편 파급효과 분석 전반에 걸쳐 전문가 자문을 실시해 완성도를 높이고자 하였다.

〈그림 1-3〉 연구 세부내용 및 방법론



자료: 저자 작성

제5장에서는 미래 리스크에 대응한 해양수산 전략 수립을 지원하기 위해 해양수산부, 해양수산 유관기관 등 정책수요자 및 이해 관계자의 의견을 수렴하는 과정을 거쳤다.

특히 본 연구를 수행하는 과정에서 외부 전문기관 및 전문가들과 다양한 방식으로 협력하였다. 먼저 미래 리스크를 이해하고 정의하기 위해 국회미래연구원(2021. 3. 25), 과학기술정책연구원(2021. 3. 30)의 전문가와 두 차례 워크숍을 개최하였다. 이 과정에서 해양수산분야의 미래 리스크를 발굴하는 실습을 하고, 이후에는 원고자문을 통해 전문가의 의견을 반영하였다.

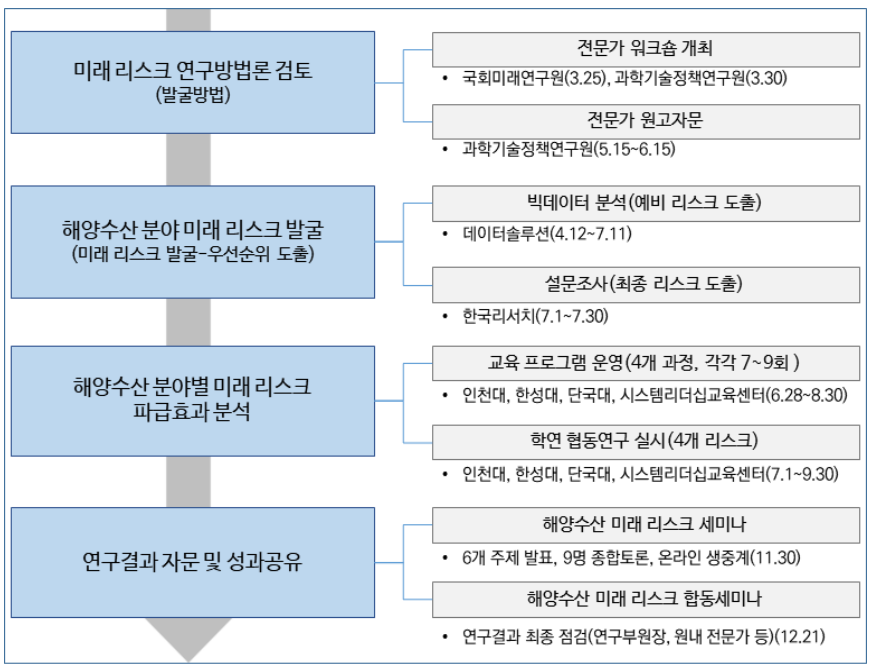
본격적으로 해양수산분야의 미래 리스크를 발굴하기 위해 전문기관과 공동으로 빅데이터 분석과 설문조사를 시행하였다. 예비 리스크를 도출하기 위한 빅데이터 분석은 ㈜데이터솔루션과 함께 진행하였다. 전반적인 분석은 데이터솔루션이 진행하되 관련자료 수집, 키워드 정리, 라벨링 등 해양수산분야의 지식을 필요로 하는 부분은 내부 연구진이 수행하였다. 이 과정에서 해양수산분야 전문가 의견을 수렴하는 등 피드백을 반복하여 분석결과의 완성도를 높이고자 하였다. 최종 리스크는 전문조사기관인 ㈜한국리서치에 의뢰하여 일반국민과 전문가를 대상으로 설문조사를 실시했다. 내부 연구진이 설문지 초안을 구성해 한국리서치와 충분한 협의 및 사전조사를 통해 최종 설문지를 확정하였으며, 조사 이후 분석은 연구목적에 맞게 분석 및 도식화를 하였다.

해양수산 분야별 주요 리스크의 파급효과를 분석하기 위해 2단계의 과정을 거쳤다. 먼저 각 분야별로 주제에 맞는 분석모델을 선정하고 해당분야의 전문가를 초청해 교육프로그램을 진행하였는데, 네 개 주제별로 매주 1회, 총 7~9회에 걸쳐 모델링 교육과 실습을 통해 내부 연구진의 분석역량을 키웠다. 교육 종료 후에는 이들 전문가들과 협동연구계약을 체결하고 본격

적인 분석에 들어갔다. 내부 연구진은 모델링 전문가에게 분석대상 리스크에 대한 정보와 변수, 데이터를 제공함과 동시에 시나리오 구성, 인과지도 작성, 파급효과 분석 등 분석 전반에 걸쳐 지속적인 피드백을 수행하였다.

이후 2021년 11월 30일에는 '해양수산 미래 리스크 세미나'를 개최하여 연구성과를 공유하고 연구결과 자문의견을 받아 연구 보고서를 수정 보완하였다.[7] 동년 12월 21일에는 연구부원장을 비롯하여 KMI 전문가들이 참여하는 함동세미나를 개최하여 최종적으로 연구 보고서를 보완하였다.

〈그림 1-4〉 협동연구 수행 내역



자료: 저자 작성

7) 2021년 11월 30일에 벡스코에서 개최하였으며 유튜브를 통해 온라인 생중계 함. 여섯 건의 주제발표 이후 아홉 명의 전문가들이 종합토론을 실시함

제3절 선행연구 검토 및 차별성

1. 선행연구 분석

해양수산분야에서 리스크를 주제로 연구한 사례는 국내외적으로 그리 많지 않은 편이다. 대부분의 연구가 특정 리스크를 선정하여 파급효과를 분석하고 정책방안을 제시하고 있다. 연구주제와 관련해서는 항만과 해운 분야가 많았고, 기후변화에 따른 해양도시 범람, 인구소멸에 따른 어촌사회 변화, 해상유류 유출 사고 등의 연구도 수행되었다. 리스크 발굴 방법은 주로 문헌연구와 전문가 자문, 설문조사에 의존하였고, 모델링 기법을 사용한 사례는 일부에 그쳤다. 리스크 파급효과 분석 방법은 정성분석을 위주로 이루어졌고, 일부 연구에서는 산업연관분석, 공간통계분석, 시스템리스크 분석, 시스템다이내믹스분석(SD) 등의 계량분석이 시도되었다.

〈표 1-2〉 주요 선행연구의 연구 범위 및 연구 방법

구분		국내	해외
연구 범위	해양수산 전체	●	
	해양	●	●●
	수산	●	●●
	해운·물류		●●●●●●
	항만	●●●●	
연구 방법	문헌연구	●●●●●●	●●●●●●
	전문가 자문	●●●●●	●●
	설문조사/워크숍	●●●●	●●
	모델링/계량분석	●●●●	●●●●
	시나리오 분석	●●	●●
	사례 분석	●●●●●	●

자료: 저자 작성

국내 연구를 살펴보면, 이민규 외(2014)는 SD와 산업연관분석을 토대로 항만의 공급지장(shutdown)에 따른 파급효과를 분석하였다. 리스크의 파급효과를 계량적으로 분석했다는 점에서 본 연구에 시사하는 바가 크다. 그러나 항만이라는 특정 분야에서 발생 가능한 리스크를 처음부터 선정해 분석하였고, 리스크 파급효과도 경제적 측면에서만 다룸에 따라 사회 전반에 미치는 파급효과 분석에는 한계를 보였다. 그 밖에 항만 내 위험물 관리 체계 등 항만의 재난 및 재해 관련 연구(김우선·최나영환·김대현(2016), 김형근 외(2012), 최상희 외(2008))와 어촌 지역의 인구소멸(박상우 외(2018)), 해양도시 복합범람 위험도(홍성진 외(2013))가 연구주제로 다루어졌다. 연구 방법에 있어 대부분 문헌 조사와 연구진 브레인스토밍, 설문조사, 전문가 워크숍, 심층면접, 현장조사 등의 기법을 사용하고 있으며, 일부 연구에서는 공간통계분석, SD, 산업연관분석 등 계량적인 분석 방법을 사용하였다.

해외 연구의 경우에도 국내 연구에서와 마찬가지로 특정 리스크를 미리 선정하여 분석한 사례가 대부분이다. 해운분야에서는 해상물류 및 공급사슬 네트워크 혼란(Kwesi-Buor, Menachof, and Talas(2019), Pierre *et al.*(2016)), 해사안전 및 선박 충돌(Haapasaari *et al.*(2015), Silveira, Teixeira, and Soares(2013), Gasparotti and Rusu(2012)), 해운시장 리스크(Goulielmos(2015))의 연구가 있었고, 수산분야에서는 수산업 공동체의 미래(Rizal and Nurruhwati(2019))와 인도양 다랑어 선망어업의 미래(Davies, Mees, and Milner-Gulland(2015))에 대한 연구가 있었다. 이 밖에 해양의 지속 가능한 발전계획 수립을 위한 미래예측(ABPmer & Barnes(2020))과 기름 유출 사고 리스크 평가(Liu *et al.*(2014)) 연구가 수행되었다. 계량적인 연구 방법론으로는 SD, 시계열 분석, 유류 유출 리스크 평가 모형, 선박 충돌 리스크 모델링(Pedersen's model) 등이 사용되었다.

그럼에도 최석우 외(2019)의 연구는 본 연구와 가장 유사하다. 최석우 외(2019)는 우리나라 해양수산 전 분야를 대상으로 발생 가능성은 낮지만 발생 시 파급효과는 매우 큰 극단적 위험의 예견적 분석 기반을 구축할 목적으로 수행되었다. 각종 문헌 조사를 통해 예견적 위험 분석의 개념을 정의하고, 미래 워크숍, 전문가 설문조사 등을 통해 해양수산분야의 10대 리스크를 발굴하였다. 이 중에서 두 개를 선정하여 사회경제적 파급효과와 예방·완화·회복적 차원의 정책과제를 도출하였다. 그러나 경제적 파급효과는 계량분석 대신 참고 사례를 토대로 정성적인 분석에 그친 아쉬움이 있다.

〈표 1-3〉 본 연구 관련 선행연구 현황

NO	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
국내 선행연구			
1	• 과제명: 해양수산분야 예견적 위험 분석 기반구축 연구 • 연구자(연도): 한국해양수산개발원 최석우 외(2019) • 연구 목적: 우리나라 해양수산분야에서 발생 가능성은 낮지만 발생 시 파급효과는 매우 큰 극단적 위험에 대해 예견적 위험 분석 기반을 구축해서 위험에 대한 사회의 회복력 향상	• 문헌 조사 • 연구진 브레인스토밍 • 참여형 미래워크숍 • 전문가 설문조사 • 전문가 패널 • 사례 분석	• 예견적 위험 분석의 개념을 정의하고, 이를 토대로 해양수산분야 예견적 위험 분석 체계 구축 • 해양수산분야 예견적 위험 분석 체계를 실제 적용하여 열 가지 해양수산분야 극단적 위험 발굴 • 그중 '해상 선박 사고', '수산자원 고갈'을 선택하여 사회·경제적 파급효과와 예방·완화·회복적 차원의 정책과제 도출
2	• 과제명: 인구소멸 시대의 어촌사회 정책연구 • 연구자(연도): 한국해양수산개발원 박상우 외(2018) • 연구 목적: 어촌사회가 직면하고 있는 지역소멸의 실태를 진단하고, 미래 전망을 통해 어촌사회의 지속 가능성을 확보하기 위한 종합적·체계적 대응 전략 수립	• 문헌 조사 • 설문조사 • 자문회의 • 현장조사 • 워크숍 • 공간통계분석 • 세미나 발표 및 토론	• 인구절벽과 지방소멸의 이론적 검토 • 인구절벽과 지방소멸의 전망 및 실태분석 • 인구절벽과 지방소멸의 대응 전략 도출

NO	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
3	• 과제명: 국내 항만위험물 안전 관리체계 개선방안 • 연구자(연도): 한국해양수산개발원 김우선·최나영환·김대현(2016) • 연구 목적: 우리나라 항만위험물 관리체계 문제점 분석과 개선방안 제시를 통한 항만위험물 관리의 선진화	• 문헌 조사 • 사례 조사 • 전문가 대상 심층면담 및 회의 • 설문조사	• 항만위험물 관리 현황조사 및 문제점 분석 • 항만위험물 관리 해외사례 조사 및 시사점 도출 • 개선방안 우선순위 분석 및 항만위험 발생요인에 따른 위험도 분석 • 항만위험물 관리의 법적·정책적·기술적 개선방안
4	• 과제명: 항만 shutdown(공급 지장)의 파급효과 분석 • 연구자(연도): 한국해양수산개발원 이민규 외(2014) • 연구 목적: 항만 shutdown에 따른 파급효과 분석 및 대응을 위한 정책대안 제시	• 문헌 조사 • 사례 분석 • 전문가 워크숍 • SD • 산업연관분석	• 국내외 항만 피해 사례와 정책적 대응 방안 • 파급효과 맵과 인과지도 작성을 통한 항만 shutdown의 파급효과 분석 • 산업연관분석을 통한 경제적 파급효과 계측 • 항만 위기관리 매뉴얼의 개선 강구
5	• 과제명: 기후변화를 고려한 해안도시 복합범람 위험도 분석(I) • 연구자(연도): 국립재난안전연구원 홍성진 외(2013) • 연구 목적: 해안 저지대에서의 해수범람과 하천범람에 의한 복합적인 해안재해를 예측할 수 있는 통합적 범람예측 시스템 구축	• 현장조사 • 위험요인 분석 • 사례 조사	• 해안 지역 상습수해 지역 현황조사 및 원인 분석 • 해수면 상승에 따른 재해 발생 변화 • 기후변화에 따른 해일 빈도 및 규모 변화분석 • 폭풍해일-하천범람 수치 모형 연계방안 제시
6	• 과제명: 항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응 방안 연구 • 연구자(연도): 한국해양수산개발원 김형근 외(2012) • 연구 목적: 항만시설의 재난 대응 체계를 분석하고, 재난 피해 이후의 비즈니스 연속성 확보를 위한 효율적인 대처방안 수립	• 문헌 조사 • 통계자료 조사 • 국내외 사례 분석 • 전문가 면담조사	• 항만시설의 재난 및 재해 사례 분석 • 국내외 현행 항만 재난 및 재해 대응 체계 분석 및 평가 • 새로운 항만 재난 대응 접근 전략으로의 비즈니스 연속성 관리 사례 분석 • 국내 항만의 항만 비즈니스 연속성 관리 분석 및 평가와 개선방안

NO	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
7	• 과제명: 국내 컨테이너터미널 리스크 관리방안 –항만시설, 운영 및 전략을 중심으로– • 연구자(연도): 한국해양수산개발원 최상희 외(2008) • 연구 목적: 항만운영에서 발생 가능한 리스크 분석을 통한 리스크 관리방안 도출, 이를 통한 컨테이너터미널의 경쟁력 강화	• 문헌 및 각종 자료조사 • 현장조사 • 시스템리스크분석 • 리스크로직트리 수립 방법 • 설문조사 및 인터뷰 • 손실노출 매트릭스 모델 • 요인 간 관계 분석	• 항만물류서비스의 환경 변화 • 항만 리스크 요인과 비용 간 관계 분석 • 국내 컨테이너터미널 리스크 실태 및 리스크 평가·관리 모델 수립 • 국내 컨테이너터미널 리스크 분석 • 컨테이너터미널 운영사의 리스크 관리방안 수립
해외 선행연구			
8	• 과제명: Marine Foresight Study • 연구자(연도): ABPmer & Barnes(2020) • 연구 목적: 아일랜드 정부의 새로운 후속 계획(통합된 해양 지속 가능 발전 계획) 수립을 지원하기 위해 해양분야의 기존 계획 점검, 현황 파악, 미래예측 수행	• 문헌 분석 기반 '증거 데이터베이스(Evidence database)' 개발 • 산·학·정 이해 관계자(이메일)서면 자문	• 핵심 미래 변화 동인 분석(사회, 기술, 환경, 경제, 정치) • 주제별 변화 양상 분석 • 현황 파악 및 미래 변화 예측(주제: 양식, 국방안보, 환경(생물다양성, MPAs, 대기질, 기후변화, 수질), 에너지(탄소 포집/저장, 해양플랜트 가스, 석유, 해양재생에너지), 수산업, 해양광물, 항만과 해운, 해상안전, 해조류, 사회(접근, 문화유산, 연안 및 섬 공동체, 전경, 사회 후생), 스포츠와 휴양, 통신, 관광, 폐기물)
9	• 과제명: New Methodological Approaches for Change in Traditional Sectors: The Case of the West Java Fisheries Socio Economic System • 연구자(연도): Rizal and Nurruhwati(2019) • 연구 목적: 서부 자바 지역 수산업 공동체의 대안적 미래를 모색하기 위해 실시된 연안	• 전문가 델파이 조사 2회(2016, 2017) • 델파이 조사 후속 세미나 • 미래 변화 시나리오 구축(해당 지역 중등학교 학생들 대상 설문 및 인근 대학, 공공 기관에서 수행한 해양 R&D 활동의 사회경제적 평가를 통한 시나리오 구축용 정보 수집)	• 서부 자바 지역 수산업 공동체의 사회경제적 여건 분석 • 서부 자바 지역 수산업 공동체의 변화 분석을 위한 연구 • 서부 자바 지역 수산업에 영향을 미치는 정책기획 및 전략 분석 • 연안 프로젝트 수행절차 및 주요 결과 분석

NO	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	프로젝트의 방법론과 결과 분석 및 시사점 도출		
10	• 과제명: Scenario analysis and disaster preparedness for port and maritimelogistics risk management • 연구자(연도): Kwesi-Buora, Menachof, and Talas(2019) • 연구 목적: 업계 행위자의 리스크 경감을 위한 대응과 해상물류 및 공급사슬 네트워크 혼란으로부터의 회복을 위한 정책 개입의 영향 분석	• 문헌자료 분석 • 시스템다이내믹스(SD) 분석(피드백 루프 다이어그램 작성: 리스크 예방 태도, 해상물류 활동, 환경/여건 안정성, 기술적 변화, 재해 예방) • 주요 항만 관계자 심층, 구조화된 문항 기반 인터뷰	• 재해와 예방에 관한 선행연구 분석 • SD 모델링 • 모델 테스트(예측)
11	• 과제명: Seventh framework programme theme7. Transport (including Aeronautics) • 연구자(연도): Pierre *et al.*(2016) • 연구 목적: 해상운송업에 관한 2030년까지의 시장, 사회 및 정책 트렌드와 영향을 파악하고 관련 정보를 제공	• UN, IEA, IMO 등 국제기구 예측자료 조사	• 글로벌 트렌드 예측 • 개별 트렌드 변화에 따른 해상운송업 영향 예측(인구 증가, 식량 및 물 수급, 보건 및 안전에 관련 사회적 기대, 환경 및 안보. 경제 및 해상교역량 증가, 에너지 수급, 기후변화 및 환경 훼손, ICT의 영향)
12	• 과제명: Second-guessing uncertainty: Scenario planning for management of the Indian Ocean tuna purse seine fishery • 연구자(연도): Davies, Mees, and Milner-Gulland(2015) • 연구 목적: 시나리오 기법(scenario planning)을 통한 미래 인도양 다랑어 선망어업의 불확실한 미래예측 및	• 시나리오 플래닝 scenario planning) 기법(어선의 조업 행위와 어업 전략의 변화 및 영향) • 해양보호 활동의 증가 • 지속 가능한 수산물 소비에 대한 선호 증가 • 다랑어 어족자원의 감소(고갈)	• 시나리오 플래닝 기법 개관(중점 이슈 식별, 시스템 측정, 대안적 미래 식별, 스토리라인 설정, 시나리오 비교) • 인도양 다랑어 선망어업 시스템 평가(운영/지리학/역사적 맥락, 어선의 조업행위 및 어업 전략) • 대안적 미래의 식별 • 시나리오 스토리라인 설정 및 시나리오별 비교 분석 • 인도양 다랑어 선망어업을

NO	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	잠재적 정책 개입(안) 제시		위한 잠재적 정책 개입(안)
13	• 과제명: A proactive approach for maritime safety policy making for the Gulf of Finland • 연구자(연도): Haapasaari *et al.*(2015) • 연구 목적: 해사안전이 공식 안전평가(FSA)를 통해 국제적으로 합의된 규정에 따라 통제되고 있는 상황에서 핀란드 만에 적합한 지역 수준의 사전적 리스크 평가를 위한 모범 사례 분석 및 관리를 위한 틀 제안	• 문헌자료 분석 • 사례 분석	• 핀란드 만의 안전규정 분석 • 타 산업 및 지역의 안전관리 규정 및 사례 분석 • 원자력 산업의 사전적 안전관리, 수산업 부문의 구조화된 정보흐름 관리, Prince William 곶 이해 관계자 위원회의 해사 리스크 관리 • 핀란드 만에 적합한 해사 리스크 관리 틀
14	• 논문명: The Multi-faceted Character of Risk in Maritime Freight Markets (Panamax) 1996-2012 • 연구자(연도): Goulielmos, A. M. (2015) • 연구 목적: 변동성이 큰 해운시장에서는 표준편차를 이용하여 리스크를 분석하는 것은 한계가 있기에 다양한 분야에서 사용하는 리스크 방법론을 분석하고 인덱스를 고안해서 extreme event 관련 리스크를 예측	• 문헌 조사 • 시계열 분석 • 수학적 모델링 • 인덱스 고안	• 다양한 분야에서 사용되는 리스크 방법론 리뷰 • 파나막스선 운임시장의 리스크에 관한 실증 연구 • 단기적, 장기적 대재앙 리스크 예측
15	• 과제명: Assessing oil spill risk in the Chinese Bohai Sea: A case study for both ship and platform related oil spills • 연구자(연도): Liu *et al.*(2014) • 연구 목적: 해양석유 개발 및 해상운송의 증가로 중국 보하이해에서 유류 유출 사고가	• 문헌자료 분석 • 위성 이미지 및 사고 데이터 분석 • 유류 유출 리스크 평가 모형(확률적 모형) • 설문조사	• 잠재적 유류 유출 사고발생 구역 식별 • 유류 사고 리스크 평가 확률적 모형 수립 및 예측 • 변수 설정(선박/해양석유개발 발생 가능성, 유출량, 선박 및 해양플랫폼 밀집도, 유류 유출 영향), 모수 추정

NO	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	증가함에 따라 보하이해의 유류 유출 리스크를 평가하기 위한 확률적 모형 개발		
16	• 과제명: Use of AIS data to characterise marine traffic patterns and ship collision risk off the coast of Portugal • 연구자(연도): Silveira, Teixeira, and Soares(2013) • 연구 목적: AIS 데이터를 활용하여 포르투갈 연안의 해상교통 패턴과 선박 충돌 리스크를 분석하고 선박 충돌 횟수를 예측하는 알고리즘 개발 및 실증	• AIS 데이터 분석 • 선박 충돌 리스크 모델링 (Pedersen's model)	• AIS 메시지 정보의 복호화 및 시각화 • 포르투갈 연안의 해상교통 패턴 분석 • 선박 충돌 모델 기반 포르투갈 연안 선박 간 충돌 계산 및 예측
17	• 과제명: Methods for the risk assessment in maritime transportation in the Black sea basin • 연구자(연도): Gasparotti and Rusu(2012) • 연구 목적: 흑해 분지에서 이뤄지는 해상운송 활동에 따른 사고의 리스크를 측정하고 평가하는 방법을 제시	• 문헌자료 분석	• 흑해 분지에서 발생하는 주요 해양 사고의 원인과 유형 분석 • 해양 사고 경감 및 안전 향상을 위한 전략 개선과 리스크 평가 과정 분석 • 위험 식별, 리스크 측정, 리스크 경감 및 통제 대안, 예방/보호/경감 방안 후보군 평가
본 연구			
18	• 과제명: 해양수산 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 • 연구자(연도): 한국해양수산개발원 박광서 외(2021) • 연구 목적: 해양수산분야의 미래 리스크 발굴 및 분석 방법론을 정립하고, 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석	• 문헌 조사 • 전문가 자문 • 연구진 브레인스토밍 • 빅데이터 분석 • 설문조사 • 파급효과 계량분석(SD, DEA 등) • 정책수요자 워크숍	• 미래 리스크 발굴방법 및 파급효과 분석 방법 정립 • 해양수산분야 미래 리스크 발굴 • 대표 리스크의 사회경제적 파급효과 분석(4건) • 리스크에 대응한 정책방안 도출

자료: 저자 작성

2. 선행연구와 차별성

본 연구는 해양수산 전 분야를 대상으로 리스크를 발굴하고 우선순위를 도출함과 동시에 도출된 리스크를 파급효과 분석모델을 개발해 정량적인 분석을 실시할 예정이다. 본 연구가 해양수산분야의 미래 리스크를 발굴하고, 그에 따른 파급효과를 분석한다는 점에서 선행연구와 유사성이 있으나 다음 세 가지 측면에서 차별성을 가진다.

첫째, 연구주제의 범위를 해양수산 전 분야를 대상으로 하였다. 특히 해양수산 내부에서 발생 가능한 리스크뿐만 아니라 타 분야에서 발생하지만 해양수산분야에 영향을 미칠 만한 리스크를 포함하였다. 해양수산분야가 대외적인 환경 변화에 민감하게 영향을 받기 때문이다. 그리고 발생 가능성, 파급효과, 통제 가능성 등을 토대로 리스크의 우선순위를 도출하였다. 이는 연차별 순위변동을 측정하기 위함이기도 하다.

둘째, 빅데이터 분석, 일반 국민 대상 설문조사 등 다양한 방법론을 활용해 리스크를 발굴하였다. 즉 통상적인 문헌 조사와 전문가 자문, 연구진 브레인스토밍 외에도 토픽모델링을 활용한 빅데이터 분석을 주된 분석 방법으로 예비 리스크를 발굴하였다. 아울러 일반 국민과 전문가를 대상으로 설문조사를 수행해 최종 리스크를 발굴하였다.

셋째, 파급효과 분석 시 정성적인 분석 외에도 시나리오에 기반한 계량분석을 실시하였다. 특히 시나리오에 따른 파급효과 분석 결과를 제시해서 수준에 따른 대안 적용이 가능케 하고자 한다. 분석 방법으로는 SD, 텍스트마이닝, DEA 등의 모형을 적용하였다.

〈표 1-4〉 본 연구와 선행연구의 차별성

구분	선행연구	본 연구
연구 대상 범위	• 해양, 수산, 해운, 항만 등 특정 분야의 특정 이슈 중심	• 해양수산 전 분야 포괄 • 해양수산 이외 분야도 포함
리스크 발굴 방법	• 별도의 발굴 과정 없이 리스크를 미리 선정하고 분석한 연구가 대다수 • 문헌연구, 전문가 자문, 설문조사, 워크숍, 모델링 등 기법 적용	• 선행연구 방법론 적용 • 설문조사 대상을 전문가 외 일반 국민으로 확대 • 빅데이터 분석 실시
파급효과 분석 방법	• 정성분석 위주 • SD, 산업연관분석, 공간통계분석 등 일부 계량분석 실시	• SD, 텍스트 마이닝, DEA 등 계량분석 실시

자료: 저자 작성

02
미래 리스크 연구 방법론 검토

제1절 미래 리스크 발굴 방법론 검토

1. 미래 리스크의 개념

1) 미래연구의 개념 및 특성

(1) '미래연구'의 개념

최근 국내에서는 'Foresight', 'Forecasting', 'Future Research', 'Futures Studies', 'Futurology' 등 미래를 탐구하는 용어들이 많은 관심을 끌고 있다. 그러나 이들 개념은 서로 의미가 명확히 구분되기보다는 불분명하게 혼용되어 사용되는 경우가 대다수이다. 이 중 'Foresight'는 미래에 대한 예측에 전략적 행위가 수반되는 보다 구체적인 목적성을 갖는 개념으로, 정책 현장에서 자주 활용된다. 특히, Foresight에는 체계적이고 참여적인 방법으로 미래에 대한 정보를 수집·분석하여 중장기 비전을 설정하는 과정들이 포함된다.[8)]

8) Miles. and Keenan (2003), p. 13.

이처럼 전략적 미래연구를 의미하는 'Foresight'는 1990년대 이후 정부, 국제기구, 기업 등의 차원에서 의사결정을 개선하기 위한 접근방법으로 널리 활용되어 왔다. Foresight의 수행 과정에는 몇 가지 핵심 요소가 포함되어 있다. 첫째, 장기적인 사회 · 경제 · 기술적 발전과 니즈에 대한 구조화된 전망, 둘째, 여러 이해당사자 간의 상호작용 및 참여, 셋째, 새로운 사회적 네트워크 형성, 넷째, 산출물을 네트워킹 과정에서 공유할 수 있는 비전 형성 등이다. 따라서 전략적 미래연구의 역할은 정책결정자들에게 정보의 폭과 분석의 깊이를 확대하고, 참여적 요소를 통한 새로운 네트워크를 창출하는 것이다. 이런 이유로 고도화된 지식 기반 사회에서 미래연구는 사회발전과 떼어놓을 수 없는 중요한 활동이라고 할 수 있다.[9)]

미래연구는 미래를 결정론적인 시각에서 예측(predict)하거나 예언(prophecy)하지 않는다. 오히려 우리가 원하는 미래를 창조하기 위한 도구적 기능을 수행한다. 다시 말해 미래를 우리의 의지로 새롭게 바꾸고, 원하는 방향으로 이끌어나갈 수 있다는 가능성을 전제한다. 따라서 미래연구는 '과거 및 현재의 경험과 자료를 기초로 사회 구성원의 바람과 혜안(insight)을 결합하여, 원하는 미래를 만들 수 있는 구체적인 대안을 체계적으로 발굴하는 과정'인 것이다.[10)] 이처럼 미래지향적인 의사결정을 내리는 데 일조하는 미래연구의 가치는 현재와 같이 급속도로 변화하는 시대에 합리적 정책판단의 도구로서 더 큰 의미를 가진다.

전략적 미래연구(Foresight)의 본질을 좀 더 살펴보면 다음과 같다. 첫째, '실행지향적(action oriented)'이다. 단순하게 미래에 대해 분석하거나 미래사회 모습에 대해 의견을 제시하는 것을 넘어서, 사회 구성원이 바람직한 미래사회를 만들어 가는 것을 체계적으로 지원하는 것이 주된 목적이다. 따라서 바람직한 미래를 만들기 위한 구체적인 행동 계획의 도출이 없이

9) 송종국(2009), pp. 14~15.
10) 박병원(2012), p. 11.

단순하게 가능한 미래(possible future)에 대한 분석적 연구만을 위한 미래연구(future study)는 정책적 활용성을 중요하게 고려하는 전략적 미래연구(Foresight)와 구별된다고 볼 수 있다.[11]

둘째, '다학제적(multidisciplinary)'이다. 전략적 미래연구의 프로세스에는 우리가 당면하고 있는 현재나 미래의 도전을 일차원적으로 환원하거나 단순하게 규정하지 않는다. 반대로 모든 변수들을 총체적으로 고려할 때 문제의 실체를 좀 더 사실적으로 이해할 수 있다고 믿는다. 이 점이 미래연구의 과정에서 사회를 복잡계적응시스템(complex adaptive system)으로 정의하는 이유이기도 하다.[12] 즉, 파편화된 접근을 넘어 복잡계 사고방식과 시스템 사고의 관점으로 접근하기 위해 다학제적 시각을 견지하는 것이다.

셋째, '참여적(participatory)'이다. 이미 언급한 것처럼 전략적 미래연구는 실천성을 중시하므로 소수의 전문가 그룹에 의해서만 수행되는 것이 아니라, 다루고 있는 주제나 이슈와 관련이 있는 다양한 이해 관계자(actors)의 참여를 유도한다.[13] 또한 예측과 비전의 결과물은 결국 사회의 다양한 구성원들에게 수용되어야 하기 때문에 적극적인 공유와 피드백의 과정을 거치게 된다.

이를 종합하면 전략적 미래연구 활동을 통해 우리는 사회 변화에 대해 종합적으로 이해할 수 있다. 나아가 미래 기회와 위험, 상존하는 불확실성, 정책으로부터 직간접적으로 영향을 받는 다양한 이해당사자들과 적극적으로 교감하고 정책의 질과 효과성을 확보하는 기회를 얻을 수 있다. 따라서 주요 정책결정자들은 미래연구가 가져다주는 의사결정의 중장기적 파급효과 및 범위에 대해 충분히 이해하고 있어야 하며, 어떻게 실현할 수 있는가도 고민해야 한다.

11) 박병원 외(2015), p. 7.
12) 위의 책, p. 8.
13) 위의 책, p. 8.

(2) 정책연구와 구별되는 미래연구의 연구초점

미래연구의 전망과 일반적인 의미의 전망은 방법론과 접근방법에 있어서 차이를 보인다. 일반적인 전망은 경제·과학·사회 등 특정 학문분야 내에서 축적된 경험적 데이터에 기반하여 현재의 트렌드가 지속될 것을 가정한다. 즉, '추세 전망'의 형태를 보이며, 시뮬레이션 기반의 계산과 예측을 통해 정량적 결과를 도출하는 데 초점을 둔다. 반면, 미래연구의 전망은 복잡시스템을 구성하는 이해 관계자 간의 상호작용을 어느 한 분야로 통제하여 엄밀히 측정하기 어렵다는 점을 인정한다. 마찬가지로 미래의 변화 모습 또한 수치상으로 그려내기 어렵다는 사실을 전제하고 다학제 간 토론을 통해 정성적 형태의 전망과 탐색활동을 펼쳐나간다. 따라서 미래연구의 결과물은 주로 '복수의 시나리오' 형태로 구현된다. 5년마다 「과학기술기본법」에 근거를 두고 수행되는 우리나라의 과학기술 예측조사는 사회경제적 이슈에 대한 분석, 빅데이터 활용 등 추진방법과 절차를 개선하면서 추진되고 있다. 하지만 특히 최근에는 기술의 급속한 발전과 융합, 새로운 위험과 불확실성의 증가와 같은 환경 변화를 고려하여 미래연구 방법론을 접목한 기술예측으로 보완되고 있다.

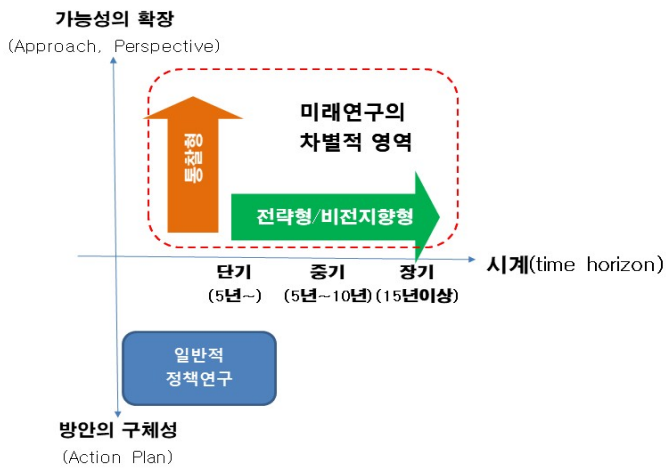
미래연구의 연구 범위와 초점은 일반적인 정책연구와 뚜렷한 차이를 보인다. 미래학의 권위자 짐 데이토(Jim Dator)는 미래연구가 예측하는 것이 아닌 발명(invent)하는 것임을 강조하며 미래(future)는 하나가 아니라 여러 개라는 것을 강조한 바 있다.[14] 아이디어와 미래상이 각기 다르고, 예산과 정책에 따라 결과 역시 달라지므로 결국 미래는 우리가 만드는 것일 수밖에 없다. 따라서 미래학이라는 말은 'future study'가 아니라 복수인 'futures studies'가 된다. 이처럼 불확실성을 기본적으로 전제하는 미래연구는 결국 발생 가능한 다양한 미래상을 보여주는 것에서 시작하므로, 변수의 영향을

14) 블록체인 AI뉴스(2012. 7. 24)

폭넓게 조망할 수 있도록 시계(time horizon)를 길게 설정하게 된다. 적어도 10년, 15년 이상의 중장기 미래를 고려하는 것이며, 전략형·비전형 미래연구가 여기에 해당한다. 또한 다학제 간 접근을 통해 시스템 전반의 거시적 변화의 흐름을 탐색하므로 통찰형 연구도 하나의 축을 구성한다.

반면에 일반적인 정책연구는 단기적이고 제한된 범위를 설정하여 분석한 결과를 토대로 '실행계획(action plan)' 수준의 구체적인 정책방안을 도출하는 것을 목표로 한다고 볼 수 있다. 기존의 이 같은 결과물에 익숙한 관료 및 조직의 주요 의사결정자들은 미래연구의 성과물에 대해서도 지나치게 구체적인 것을 기대하는 경향을 보인다. 그러나 미래연구의 통찰을 토대로 후속될 정책연구의 연결고리를 제공하는 것 이상의 구체성을 요구하는 것은 미래연구가 가진 본연의 차별적 가치를 약화시킬 위험도 존재한다.

〈그림 2-1〉 미래연구의 차별적 연구 영역



자료: 윤정현(2021. 3. 30), p. 7

미래연구가 가진 미래지향적 전략은 빙산을 앞에 두고 항해하고 있는 배의 상황에 비유할 수 있다. 수면 위의 빙산을 현시점에 직면한 도전 과제라 한다면, 수면 아래 빙산은 중장기 관점에서 다양한 이슈들과 간접적으로 연계된 사안으로 볼 수 있는 것이다. 구체적으로 파도, 거품 등은 언제 도화선이 되어 터질지 모르는 시스템을 위협하는 폭발력을 내재한 난제에 해당된다. 우리는 미래연구적 관점을 통해 아직 본격화하지 않은 트렌드의 미세신호(weak signal)를 감지하고, 보이지 않거나 과소평가된 도전이슈에 대해서도 준비할 수 있다.

미래연구에서의 '불확실한 미래'에는 인지적(cognitive) 불확실성이 중요하다. 인지적 불확실성은 달리 말하면 내일 무슨 일이 벌어질지 확실하지 않은 상황을 의미한다.[15] 그 원인으로 사회의 역동성, 미래에 대한 개인들의 서로 다른 예측, 트렌드(trends, 흐름 혹은 경향)의 지속적인 단절을 짚어볼 수 있다. 트럼프 미국 대통령의 당선은 이 같은 단절과 불확실성의 과정에서 도출된 사건으로 평가되고 있다. 반면 주가(株價) 예측이 어려운 이유나 2008년 미국 경제 위기를 예측하지 못했던 이유는 인지적 불확실성 때문이기도 하다.[16]

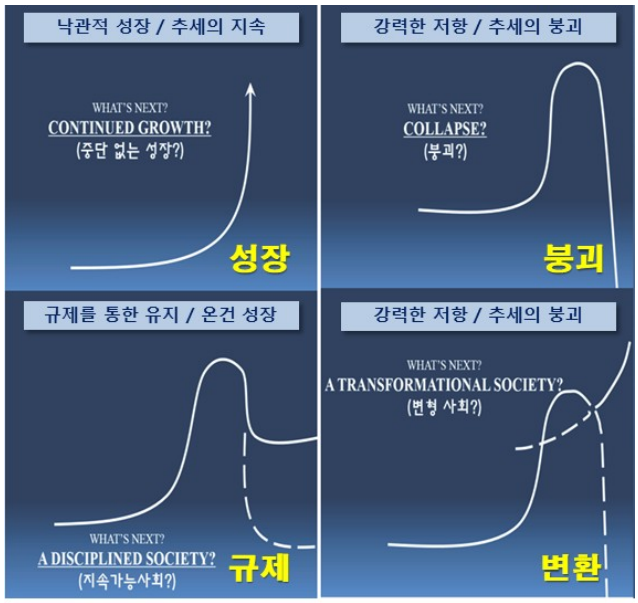
(3) 미래예측을 위한 기본적인 네 가지 형태의 시나리오

미래학계에서는 미래의 불확실성에 적응하는 방법으로 미래워크숍을 개발해왔다. 참여자들이 모여서 사회를 변화시키는 동력(driving forces)을 이해하고, 이들이 어떻게 사회를 변화시킬지 예측하는 한편, 자신이 바라는 미래사회상을 찾아가는 일련의 과정을 말한다. 미래연구 학과가 설치된 하와이대학교의 짐 데이토는 세계 각지의 사람들이 미래예측을 할 때 어떤 미래 이미지를 사용하는지 연구한 바 있으며, 연구 결과를 바탕으로 〈그림 2-2〉와

15) 박성원·황윤하(2013), p. 27.
16) 위의 책, p. 27.

같이 최종 네 개의 이미지로 압축하였다. 네 가지의 미래 이미지는 계속 성장(Continued Growth), 붕괴(Collapse), 규제 또는 훈육 사회(Disciplined Society), 그리고 변환의 사회(Transformative Society)이다. 미래학자 이나야툴라(Sohail Inayatullah) 역시 이 네 가지 이미지를 역사적으로 반복되는 패턴으로 설명한 바 있다.[17]

〈그림 2-2〉 추세 전망을 넘어: 네 가지 미래시나리오의 전제



자료: 박성원·황윤하(2013), p. 33

가. 성장

이 미래에선 우리 사회가 경제적으로 계속 성장한다고 가정한다. 사실상 지구상의 모든 정부나 회사가 계속 성장의 미래를 원한다고 볼 수 있다. 계속 성장의 미래를 예상하려면 예측의 대상이 사회에 막강한 영향을 미치는 요소로 성장한다고 가정해야 한다. 예를 들어 서울의 미래를 첫째 미래

17) Inayatullah(2009), pp. 81-92.

그림에 넣는다면 서울이 정치, 경제, 사회를 변화시키는 중심으로 성장하는 논리와 증거를 찾아야 한다. 서울이 끝없이 진화하는 중심 고리를 찾는 것이다. 한국의 20년 뒤 미래를 예측한다면 한국이 이미 선진국이 돼 있음을 가정하기에, 이 미래에선 또 따른 사회적 비전이 제시되어야 한다. 이런 점에서 이 미래를 선호하기는 쉽지만 상상하기는 쉽지 않다.[18]

나. 붕괴

이 미래는 우리 사회가 조만간 붕괴될 것으로 가정한다. 붕괴라는 단어가 주는 느낌은 일단 부정적이지만, 2008년 미국에서 일어난 금융위기와 코로나19 팬데믹을 계기로 최근 관심을 많이 받고 있는 미래다. 하지만 어떤 현상의 붕괴는 바람직한 미래를 위한 준비로 볼 수도 있다. 중요한 것은 사람과 자연 모두에게 이로운 가치를 실현하는 것이다. 이를 위해 사회가 멈춰주기를 원하는 것이다. 붕괴의 미래를 예측하려면 예측의 대상이 미래의 어느 시점에서 그의 기능이나 역할이 사라질지 설득력 있게 논거를 제시해야 한다.[19]

다. 규제

이 미래는 우리 사회가 붕괴 직전에 회생하지만 과거처럼 급격한 경제성장은 할 수 없다고 가정한다. 이 미래를 예상하는 사람들은 소비중심의 계속 성장은 지속 가능(sustainable)하지 않다고 생각한다. 과거의 경제개발 방식이 환경을 파괴하고 사회적 경제적 약자를 배려하지 못하고 있어서다. 우리가 사는 자연이 파괴되고 사회적 격차로 갈등이 커진다면 사회는 지속할 수 없다. 이런 상황을 사전에 막으려면 새로운 방식의 모델이 필요한데, 바로 일정 수준의 규제와 지속 가능한 행동양식을 사회에 부여하는 것이다.[20]

18) 박성원(2012), p. 6.
19) 박성원·황윤하, 앞의 책, p. 32.
20) 위의 책, p. 33.

라. 변환

이 미래는 우리 사회가 과거나 현재와는 전혀 다른 모습으로 탈바꿈한다고 가정한다.[21] 언뜻 흥미로워 보이지만 설득력 있는 미래를 예측하기 힘들다. 이유는 예측의 대상이 현재로선 상상하기 쉽지 않기 때문이다.[22] 비유를 들자면 애벌레가 나비가 되는 과정을 생각해볼 수 있다.[23] 현재의 관점에서는 상상하기 어려운 패러다임의 전환, 새로운 모델을 제시하는 미래이며 전환 과정에서 불연속적인 지점이 존재하게 된다. 이상 살펴본 네 가지의 미래시나리오는 전략적 미래연구의 관점에서 고려해야 할 최소한의 미래시나리오의 출발점이 된다고 볼 수 있다.

2) 극단적 리스크(X-event)의 개념 및 특성

(1) 리스크의 개념

학계에서는 인명과 재산상의 피해를 주는 요인, 그리고 그것이 발생할 가능성 및 상황을 지칭하는 다양한 용어들을 사용하고 있으며, 대표적으로 위험(risk), 위기(crisis), 사고(accident), 위해(hazard), 재난(disaster) 등이 있다. 미래연구와 마찬가지로 이들 용어 또한 명확한 정의에 따라 구분되어 사용되지 않는다. 이 중에서 우리가 미래연구의 도전 이슈를 전제할 때 사용하는 위험은 어떠한 부정적인 사건의 결과를 낳을 수 있는 가능성(재난 발생의 확률)에 중심을 두고 있는 개념으로, 재난에 대한 예측(anticipation)을 의미한다.[24] 다시 말해 위험은 위태롭고 험난한 '상태' 자체가 아니라 우리가 이러한 무서운 상태에 빠질 '가능성'을 뜻한다는 점이다. 그리고 불확실성과 복잡성이 두드러진 탈근대 시대에서 위험은 그

21) 네이버 블로그, 「2019_7 우리는 어떤 미래를 원하는가」(검색일: 2021. 5. 15)
22) 박성원·황윤하, 앞의 책, p. 32.
23) 위의 책, p. 32.
24) 윤정현(2020), p. 31.

어느 때보다도 높아지고 있다.

어원적으로 risk는 '뱃심 좋게 도전하다(to dare)'라는 의미를 지닌 초기 이탈리아어 'risicare'에서 유래되었는데, 이는 근대의 출발과 함께했던 '대항해 시대'가 갖는 의미와 관련이 있다. 당시 유럽인들에게 미지의 바다로 향한다는 것은 엄청난 불확실성과 위험을 감수해야 하는 일이었기 때문이다.[25] 초기의 위험 연구는 일반적으로 '위험=사고의 확률×사고당 손실'이라는 공학적 정의에 바탕을 둔 접근을 시도하였다. 경제학이나 경영학 역시 비슷한 관점에서 위험을 투자 혹은 투기의 조건으로 보고 확률적으로만 다루어왔다고 볼 수 있다. 그러나 이렇게 공학적 관점을 암묵적으로 수용하고 전개되었던 학제 간 위험 연구는 점차 위험을 끊임없이 생산하는 시스템으로서 현대 사회가 내포하고 있는 구조적 문제에 관심을 전환하게 되었다. 특히 1979년의 스리마일 핵 발전소 방사능 누출 사고와 1986년 체르노빌 원전 폭발과 같은 초대형 사고를 경험하면서 거시적 사회체계에 초점을 맞춘 서구의 위험 연구는 더욱 활기를 띠게 된다.[26]

Ulrich Beck(1992)은 현대 사회를 '위험사회'로 규정하며 산업사회가 거대한 풍요를 생산하는 가운데 엄청난 위험도 배태하게 되었음을 지적하였다. 그는 현대 사회에 대한 관점 자체를 근본적으로 다시 세워야 할 필요성을 제기하며 특히, 기술적 위험뿐만 아니라 사회적 위험에 깊은 관심을 가져야 함을 강조한 바 있다.[27] 1990년대를 전후하여 서구 사회학계에서 논의되기 시작한 '위험사회론'은 이러한 인식으로부터 출발한다. 오존층의 파괴, 신종 전염병의 증대와 원전 사고로 인한 대형 재난 등은 서구사회 전체에서 근대성의 성취물이 가져온 충격과 불안을 반영하는 것이다. 위험사회는 단순한 '위험 정도의 증가'를 의미하지 않는다. 그것은 과거에 경험

25) Bernstein, 안진환 번역(2008). p. 19.
26) 서지영 외(2014), pp. 4~5.
27) Beck(1992), pp.1-260.

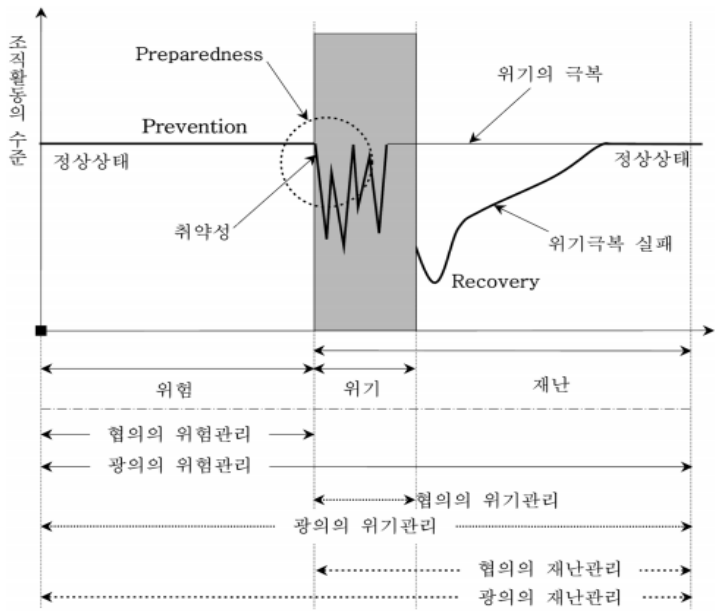
할 수 없었던 새로운 형태의 위험이 대두되었음을 의미한다. 그동안 발전과 문명을 가져온 합리성과 계산성의 '성과'라고 찬사받던 것들이 어느 날 갑자기 인류의 생존을 심각하게 위협하는 위험의 원천이 되었다는 당혹감이 자리 잡고 있는 것이다.[28]

기든스(Anthony Giddens) 또한 위험이란 용어는 근대와 와서야 비로소 출현한 개념으로 인류가 예기치 않았던 결과들을 신의 섭리나 자연의 숨겨진 의미로 보기보다는 그들 자신의 활동과 결정에 의해 얻어진 것으로 이해하는 가운데 나타난 개념임을 설명한 바 있다.[29]

재난 관리 중심으로 볼 때, 위험 관리(risk management)의 영역은 재난이라는 위기 상황의 발생을 중심으로 상황 발생 이전의 관리와 이후의 관리로 구분된다.[30] 통상적 재난으로서의 위기관리 4단계는 다음과 같다. 먼저, 재난의 발생을 예방(prevention)하고, 위기 상황에 대한 평시의 대비(preparation)체제를 구축하며, 재난 발생 시 대비하고 있는 시나리오에 맞추어 적절하게 긴급한 대응(response)을 통하여 재난이 초래하는 피해를 최소화하고, 상황종료 후 피해를 복구(recovery)하는 모든 과정을 포함하는 것이다.[31] 이처럼 위험 관리, 위기관리, 재난 관리 프로세스를 위험이 위기로, 위기가 재난으로 발전하는 단계에 따른 조직 활동의 수준과 함께 비교하면 〈그림 2-3〉과 같다.[32]

28) 서지영 외, 앞의 책, p. 4.
29) 홍성태(2007), p. 20.
30) 정지범·김은성(2009), p. 31.
31) 구경완 외(2011), pp. 58~59.
32) 강호권(2020), p. 27. 재인용: 정지범·김은성(2009), p. 32.

〈그림 2-3〉 위험 관리, 위기관리, 재난 관리의 과정적 정의



자료: 정지범·김은성(2009), p. 32

위 그림에서 볼 수 있듯이, 위험의 개념은 가능성의 의미를 가지고 있는 이른바 '배아(胚芽)적 상태'로 아직 위기로 현실화된 상태가 아니기 때문에 조직의 활동 수준은 평상시 상태가 유지되며, 이때 조직의 활동은 위험을 관리하는 예방 활동(prevention)을 수행할 수 있다. 그러나 이러한 위험 상황은 외부의 어떤 위해 요인(hazards)과 해당 조직이 가지고 있는 취약성(vulnerability)에 따라 위기(crisis)로 진화하게 되며, 이때의 위기는 위험 요인이 현실화된 인지된 혼란의 상황으로 정의가 가능하다. 이 상태에서 조직은 혼란의 상황을 겪게 되며, 만일 이 위기의 상황을 슬기롭게 극복한다면 조직의 활동 수준은 정상을 찾을 수 있지만, 그렇지 못한다면 조직의 활동 수준은 급격하게 저하되며 결국 재난으로 귀결된다.[33]

33) 정지범(2009), p. 64.

오늘날 우리는 일상적으로 수많은 기술 시스템과 함께 살아가고 있다. 이들 안에는 수많은 규칙과 제도들이 상호작용하며 복잡하게 작동한다. 또한 에너지시스템, 교통시스템, 정보통신시스템과 같은 거대기술시스템은 나날이 발전하는 기술로 인해 더욱 긴밀히 연결된 네트워크 사회로 진화하는 중이다.[34] 네트워크 사회에서는 어느 한 곳에서 발생한 피해가 연쇄적 파급효과를 가져올 가능성이 매우 크다.[35] 그러나 위험의 요인과 피해의 발생 시기, 범위를 예측하기가 더욱 어려워지고 있기 때문에 피해를 최소화하는 대안을 모색하게 된다.

(2) 극단적 미래사건의 개념 및 일반적 위험과 차이

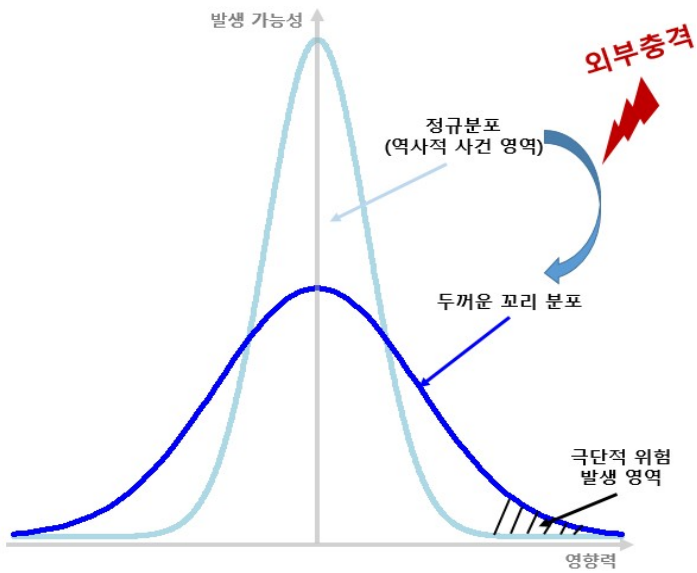
위험사회의 도래는 최근 들어 발생 가능성이 거의 없다고 생각했던 엄청난 규모의 재난들을 촉발하고 있다. 여기에 발생 가능성은 적지만 엄청난 파급력을 미치는 극단적 사건의 징후들이 나타나고 있다. 자연재해뿐만 아니라 탈근대 사회의 복잡성이 결합하여 일반적으로 예상할 수 있는 범위를 뛰어넘어 발현되는 재난들을 빈번히 목도하고 있는 것이다.[36] 특히 코로나19, 금융위기, 후쿠시마 원전 사고 등 최근의 극단적 사건들은 기존의 상식과 데이터로는 충격과 파급효과를 가늠하기 힘들고, 어떠한 맥락에서 발생하는가에 대해 인과 관계를 명확히 단정하기 어렵기 때문에 예측 또한 거의 불가능하다.

존 카스티(John Casti)는 이 같은 최근의 복합적 대형사건들을 'X이벤트'라 명명하고, 이를 시스템의 차원에서 살펴보고자 하였다.[37] X이벤트의 가장 큰 특징은 '희귀성(rarity)'이다. 따라서 정확한 예측이 불가능하고 일

34) 서지영 외, 앞의 책, 발간사
35) 위의 책, 발간사
36) 이민규 외, 앞의 책, p. 63.
37) Casti and Ilmola(2012)(검색일: 2021. 8. 5)

반적으로 예상할 수 있는 범위 바깥에 존재한다. 또한 X이벤트의 발생에서 파급효과가 나타나기까지의 기간은 긍정적(benevolent) X이벤트냐 부정적 X이벤트냐에 따라 큰 차이를 보인다는 점이다. 전자의 경우에는 후자의 경우에 비해 발생 기간이 훨씬 길다. 예를 들어 산업, 국가, 기술에서 혁신이 나타나기까지는 수십 년에서 수백 년이 소요될 수도 있다.[38] 대부분의 일반적인 사건들은 '역사적 경험을 기반으로 상식적으로 발생 가능하다고 생각되는 범위' 안에 한정된다고 볼 수 있다.

〈그림 2-4〉 일상적 환경과 X-events의 발생 범위를 포괄하는 분포 비교



자료: 최석우 외(2019), p. 23

즉, 〈그림 2-4〉에서 하늘색의 정규 분포 안에 포함된다. 반면 X이벤트를 살펴보기 위해서는 두꺼운 꼬리 분포의 영역까지 포함해야 하는데, 이는 역사적으로 한 번도 발생하지 않았거나 상식적으로 일어나지 않을 것 같은 낮은 확률의 조건까지도 염두에 두어야 한다는 의미이다. 일반적으로 기업

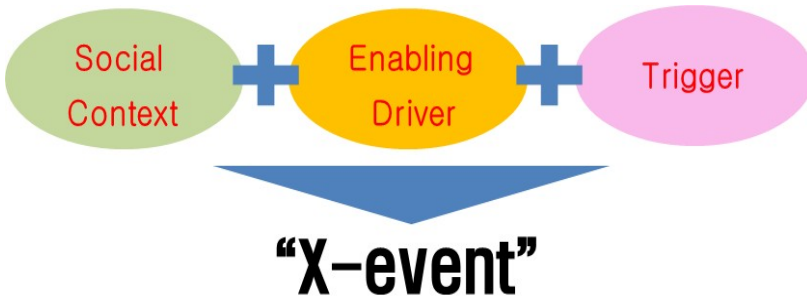
38) 박병원 외(2012), pp. 50~51.

에서 말하는 '최악의 시나리오'는 사실상 정규 분포 안에 포함된다. 즉, 최악의 시나리오라 하더라도 경험적으로 인지 가능한 범위 내에서 현재의 상식에 맞게 설계된 범위 안에서의 시나리오인 것이다. 예를 들어 1970년대에 건설된 후쿠시마 원전의 경우, 쓰나미로 인한 피해를 막기 위해서 그 지방에서 발생했던 최대의 지진효과를 기준으로 해안가에 10m의 방벽을 쌓았다. 그 당시로서는 '최악의 시나리오를 고려한 설계'라고 할 수 있다. 그러나 2011년 3월 일본 역사상 최대인 9등급 지진이 발생하고, 14m짜리 해일이 들이닥쳤을 때는 속수무책으로 당할 수밖에 없었다.[39]

즉 X이벤트가 갖는 파급력의 크기와 범위는 그것을 둘러싼 환경에 의해 좌우되는데, 이는 사회마다 적응력이 다르기 때문이다. 따라서 보편적 의미에서 어디까지가 X이벤트인지를 명확하게 객관화하기는 매우 어렵다. 또한 X이벤트는 어떠한 사건의 즉각적인 촉발요인이 될 뿐만 아니라 시간적·공간적으로 점차 확대되어 후속 사건들을 연속하여 일으키는 원동력으로 작용하기도 한다.[40] 결국 X이벤트의 발생 가능성을 높이는 거시적 흐름과 원동력(Enabling Driver), 사건을 점화하는 촉발 요인(trigger), 그리고 사건발생 시, 극단적 결과로 귀결시키는 변화에 취약한 환경, 즉, '사회적 맥락(social context)'이 상호작용하여 X이벤트를 체감하게 만든다.

39) BBC뉴스 코리아(2021. 3. 11)
40) Casti and Ilmola(2012)(검색일: 2021. 8. 5)

〈그림 2-5〉 극단적 미래사건(X이벤트)의 세 가지 구성 요소



자료: 윤정현(2021. 3. 30), p. 22

이미 미국, 영국, 호주, 핀란드, 싱가포르 등 미래연구 선진국들은 체계적인 위험예측 활동을 통해 국가 차원에서 미래를 전망해 도전 요소를 주기적으로 발간하고 있으며, 글로벌 트렌드에 내재된 극단적 위험 요소들을 자국의 맥락에서 재해석한 연구 또한 활발히 진행하고 있다. 각국에서 수행한 미래 리스크 연구를 토대로 살펴본 X이벤트에 대한 개념들은 다음과 같이 정리할 수 있다.

〈표 2-1〉 선행연구를 통해 살펴본 ‘극단적 미래사건(X이벤트)’의 의미

- ‘X이벤트(extreme events)’는 자연이나 인간에 의해 유발되는, 발생 가능성은 매우 작으나 엄청난 파급효과를 지닌 사건을 의미한다. 하지만 어느 사건이 X이벤트인가를 객관적으로 판단하기는 어렵다. 이는 사건의 발생 가능성 및 파급효과의 크기와 범위가 사회 환경에 크게 좌우되기 때문인데, 이는 사회마다 대응력과 적응력의 차이에 기인한다.
- 최근 발생한 글로벌 차원의 유의미한 X이벤트의 주요 사례로는 코로나19, 후쿠시마 원전 사고, 금융시스템의 붕괴와 대혼란, 브렉시트 등을 수 있다. X이벤트는 막대한 재산 및 인명 손실을 초래하는 부정적 효과뿐만 아니라 긍정적 효과를 낳는 사건까지를 모두 포함한다. X이벤트는 즉각적으로 후속 사건의 원인이 되기도 하며, 시간적·공간적으로 순차적으로 확대되어 후속 사건들을 일으키는 원동력으로 작용하기도

한다.

- X이벤트의 가장 큰 특징은 '희귀성(rarity)'이다. 따라서 정확한 예측이 불가능하다. 예를 들어 '검은 백조(black swan)'는 사람들이 일반적으로 예상할 수 있는 범위 바깥에 존재한다. 실제로 9·11과 같은 방식의 테러조차도 한 번쯤 상상해보는 것은 가능했지만 그러한 사건이 발생한 전례가 없었으므로 언제 어떻게 피해를 입힐지는 전혀 예측할 수 없었다. 따라서 이러한 미래에 대해 완벽하게 'forecasting'하는 것은 불가능하다.
- X이벤트가 발생하고 나서 파급효과가 나타나기까지의 기간은 긍정적(benevolent) X이벤트냐 부정적 X이벤트냐에 따라 큰 차이를 보인다는 점이다. 전자의 경우에는 후자의 경우에 비해 발생 기간이 훨씬 길다. 예를 들어 산업·국가·기술에서 혁신이 나타나기까지는 수십 년에서 수백 년이 소요될 수도 있다(예: 마셜플랜). 하지만 파괴적인 X이벤트는 사건발생에서 파급효과가 나타나는 기간이 훨씬 짧다(예: 원전 사고, 쓰나미 등)

자료: 박병원(2012)를 참고하여 저자 작성

(3) 극단적 미래사건에 대한 준비를 가로막는 장벽들

X이벤트의 공통화, 대형화 추세를 가속하는 요인들로는 패러다임의 전환, 레버리지와 불균형, 도시화, 기술의 발전 등을 들 수 있다. 세계는 점점 네트워크화되어 상호 긴밀한 연계를 맺고 있다. 또한 어느 때보다도 개방성이 높은 오늘날 X이벤트는 한 사회에서 다른 사회로 매우 빠른 속도로 파급력이 확산되는 경향을 보인다. 따라서 어떤 사회가 직접적인 충격을 받지 않더라도 2차 시장 매개 효과(secondary market mediated effects) 등을 통해 결과적으로 영향을 받게 되었다. 그런데 우리는 왜 여전히 X이벤트를 촉발하는 시점이 아닌 파급력이 확산되고 나서야 비로소 깨닫게 되는 것일까? 그것은 다음과 같은 아홉 가지 익숙한 습관들이 합리적 판단을 막기 때문이다.[41]

41) Casti and Ilmola(2012)(검색일: 2021. 8. 5)

하나, 산업화 이후 벌어진 최근 몇십 년간의 양상을 변하지 않는 보편적인 맥락으로 간주하기 때문이다. 장기적 관점에서 돌이켜볼 때, 지난 200년 동안 산업화 이후의 폭발적인 변화는 매우 예외적인 경우였으며 글로벌화 역시 1980년대 이후가 되어서야 보편적으로 나타난 현상이다.[42]

둘, 같은 맥락에서 현재의 추세가 지속적으로 확대·발전될 것으로 기대하기 때문이다. 지속적 경제성장, 글로벌화의 심화, 서구민주주의의 확산, 유비쿼터스, 인터넷의 확장, 공동의 글로벌 가치와 거버넌스의 심화, 세계 인구의 폭발적 증가, 에너지 가격의 증가, 지구 온난화 완화 해법 발견 등은 현대인들의 무의식에 존재하는 현 추세에 대한 굳은 신념의 사례들이라고 할 수 있다.[43]

셋, 우리가 사회를 하나의 분절된 기계체로 이해하는 습관도 전체적 시각에서의 변화 흐름을 놓치게 하는 요소로 작용한다. 다양한 행위자들이 다양한 사안에서 복합적으로 상호작용하는 사회를 통제된 조건에서 분석·예측하는 것은 불가능하다.[44] 이와 같은 환원적 관점은 시스템 차원의 이해를 가로막는다.

넷, 사회 변화를 마치 날씨를 예측하는 방법으로 이해할 수 있다고 착각한다. 기상예측은 상당 부분 정교하고 폭넓은 데이터 수집, 계산 등을 통해 가능한 사안이다. 그러나 앞서 강조한 'unknown unknowns'의 영역에서는 이와 같은 방법으로 예측하기가 불가능하다.[45]

다섯, 이른바 '나비효과'를 무시한다. 특정한 사건의 발생에는 수많은 변화와 추동력이 존재하며 당장은 아무 관련이 없는 것처럼 인식되더라도 카오스 이론과 나비효과와 같이 앞으로 잠재적으로 엄청난 결과를 유발하게

42) 박병원 외, 앞의 책, p. 51.
43) 위의 책, p. 51.
44) 위의 책, p. 52.
45) 위의 책, p. 52.

될 수도 있다.[46]

여섯, '평형(equilibrium)' 유지에 경도되는 경향이 있다. 일상적인 상황에서와 같이 사건 발생 후 평균회귀(mean-reverting) 경향을 보이는 X이벤트도 있지만 그렇지 않은 경우도 빈번하다.[47]

일곱, 정상 범위의 트렌드에 순응하기 때문이다. 변화에 흔들리지 않고 상황을 주시하며 기다리는 전략으로, 이는 대부분의 일상적 상황에서는 합리적일 수 있으나 돌발적인 X이벤트 상황에서는 전혀 맞지 않는다.[48]

여덟, 우리 관념의 틀을 바꾸지 못하고 무의식적으로 일관된 최적화(optimization) 노력을 하기 때문이다. 불확실성에 맞닥뜨렸을 때 사람들은 역사 속의 유사 사례를 찾으려 애쓸 뿐 현재 상황에 부합하는 교훈을 도출하는 데는 보통 실패한다. 또한 암묵적으로 과거의 경험·합의가 지속될 것으로 기대하지만 이들은 변화될 수밖에 없다.[49]

아홉, 우리는 무언가 하나의 틀로서 명쾌하게 상황을 설명하고 싶어 하기 때문이다. 하지만 어떤 X이벤트라도 그 상황에 딱 들어맞는 '묘책(silver bullet)'은 존재할 수가 없다. 어떤 하나의 이론과 학문도 X이벤트 전체를 담아낼 수 없다는 뜻이다. 때문에 다양한 접근법과 모델들을 혼합하는 것이 현실적인 대안이다. 이 같은 고정관념과 습관들은 우리가 X이벤트를 그 자체로 보지 못하게 하고 편향된 접근으로 오인하게끔 만든다.

46) 위의 책, p. 52.
47) 위의 책, p. 52.
48) 위의 책, p. 52.
49) 위의 책, p. 52.

3) 미래 리스크 연구의 의의

(1) 미래 리스크 연구의 중요성과 의의

인간은 정보를 수용, 처리, 기억하거나 추론 및 판단, 예측을 하는 과정에서 시스템상의 오류를 발생시키는 심리적 경향을 보인다. 이른바 '인지적 편향성(cognitive bias)'이 나타나는 것이다. 정보를 처리함에 있어 무의식적으로 활용하게 되는 경험적 지식(heuristics)이나 고정관념(mental shortcuts)은 다양한 인지적 편견을 만들어 낸다. 일반적으로 이러한 경험적 지식은 단순한 일상적 결정을 하는 데에는 유용하나, 보다 복잡한 상황에서는 실제 확률 값에 비해 과대 혹은 과소 추정을 만들어 낼 우려가 있다. 이것이 심각한 문제가 될 수 있는 이유는 현대 사회의 시스템은 각각의 요소가 복잡시스템의 형태를 유지하고 있다는 사실이다.

'복잡계(complex systems)'는 많은 수의 구성 요소들이 상호작용을 통해 구성 요소 하나하나의 특성과는 사뭇 다른 새로운 복잡성을 나타내는 동시에 그 속에서 어떤 질서를 보여주는 체계이다. 복잡성(complexity)은 단순히 복잡한(complicated) 것과는 구별되는 개념이다. 복잡한 시스템(complicated system)은 각 구성 요소가 서로 다른 역할을 하면서 긴밀하게 연결되어 있지만, 구성 요소 간의 적응과 반응의 과정은 없다. 따라서 일정 변수에 의해 통제되고 예측 가능하다. 반면, 복잡성을 내포한 시스템에서는 행위자들 간 상호작용에서 적응과 반응이 나타나며 이는 피드백을 발생시켜 새로운 패턴의 창발(emergence) 및 자기조직화(self-organization) 과정을 야기한다. 이런 변화는 무작위적이거나 단절적이고, 통제 및 예측이 어렵다. 따라서 복잡계에서는 단순명료한 인과 관계를 바탕으로 하는 점진적이거나 순차적인 패턴을 기대할 수 없게 된다.

독일 생물학자인 리비히(Liebig)는 '최소량 법칙(Law of Minimum)'에서 주요 성분이 아무리 풍족해도 가장 소량으로 존재하는 무기성분이 부족

하면 식물의 생육이 제한받는다고 말했다.[50] 우리가 살아가는 복잡한 사회 시스템 역시 같은 논리로 접근이 가능하다. 단계 요소 열 개 중 아홉 개가 뛰어나더라도 전체 고리에서 단 한 개가 기능을 멈추면 시스템 전체가 다운된다. 사회가 정상적으로 기능하기 위해서는 어떠한 부분이라도 멈추어서는 안 되는 것이다. 그러므로 예기치 못한 충격이 가해졌을 때, 전체 역량 중 '가장 취약한 고리(weakest link)'의 대응력 유무가 시스템 전체의 성패를 좌우하게 된다.[51] 즉, 개별 요소 총합이 아닌, 모든 요소가 일정 수준을 유지해줄 수 있는 시스템 역량이 핵심인 것이다.

우리가 미래연구의 관점에서 리스크를 바라보아야 하는 이유가 여기에 있다. 희귀한 미세신호적 위험이 시스템 전체에 갖는 잠재적 파괴력을 고려할 때, 극단적 사건으로 귀결되는 것을 막기 위한 최소한의 준비가 필요하기 때문이다. 오늘날의 사회는 과거와 비교할 수 없을 만큼[52] 고도화되고 '복잡성(complexity)'이 증가한 시스템으로, 다양하고 예측 불가능한 위험 요소를 안고 있다. 특히, 코로나19와 같이 전례 없는 복합·대형 위기에 선제적으로 대응할 수 있는[53] 국가 차원의 전략적 미래연구를 통해 예측 불가능한 리스크에 대한 사회적 충격을 최소화할 수 있는 지식 기반과 매뉴얼이 필요하다.

현대 사회에서 매 순간 벌어지는 새로운 상황에 대한 불확실한 미래에 능동적으로 대처하기 위해서는 결국 예기치 못한 미래 리스크를 그려보고 선제적인 대응 기반을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다.[54] 팬데믹 외에도 향후 이상기후, 국제정세 변화에 따른 선도산업 위축 등 다양한 분야에 걸쳐 기존에 경험하지 못한[55] 양상의 위험 발생이 가능한 환경에서 새로운 위기

50) 티스토리(검색일: 2021. 5. 15)
51) 과학기술정책연구원(2016), p. 7.
52) 네이버 블로그, 「코로나19 확산 이후 우리 사회에 나타난 새로운 사회현상」, (검색일: 2021. 5. 15)
53) 한국과학기술기획평가원(2021)
54) 윤정현(2018), p. 14.

의 등장에도 효과적으로 대응할 수 있는 회복력이 높은 사회 시스템을 마련해야 한다. 이를 위해서는 사회 구성원에 대한 '위험 발신'과 '경각심' 제고를 위한 극단적 미래 리스크에 대한 연구가 무엇보다 요구되는 시점이라고 할 수 있다.

(2) 극단적 미래 리스크의 유형과 이론적 전제

사회 시스템의 전환 속도가 빨라지고 민감성이 커지면서 21세기의 인류는 이른바 '탈정상성(postnormalcy)'이 제기하는 도전에 직면하고 있다. 이들이 제기하는 새로운 형태의 위험들은 결국 증대된 '불확실성(uncertainty)'에 기인한다. 지식의 한계로 인해 현재 상태를 정확하게 이해하는 것이 어려워지고, 미래의 결과 역시 예측하는 것이 불가능한, 다시 말해 의사결정에 필요한 적절한 정보가 부족한 상황이 심화되고 있기 때문이다.[56]

불확실성은 일반적으로 관찰이 불가능하거나 부분적인 관찰만 가능할 경우, 또는 추계적 환경(stochastic environments)이 존재할 경우에 발생한다. 많은 학자들이 불확실성의 유형화를 시도하였다. 특히 브리스(De Vries) 등은 불확실성을 자연과 사회 과정의 '미결정성(indeterminacy)'으로 인한 존재론적 불확실성과 경험과 지식의 결핍에서 비롯된 인식론적 불확실성으로 분류하였는데, 이 같은 관점에서 불확실한 미래 위험은 종종 발생 경로와 파급력에 대한 예측이 어려운 '블랙박스'에 비유되기도 한다. '검은 백조(Black Swan)', '검은 코끼리(Black Elephant)', '검은 해파리(Black Jellyfish)'는 모두 현재의 관점에서는 보이지 않으나 발생할 경우, 취약한 시스템이 직면할 충격적 사건양상을 의미하는 은유적 표현인 것이다.[57]

'검은 백조'는 지극히 드문 확률을 가지고 있거나 예상 범위를 넘어선

55) 한국과학기술기획평가원(2021)
56) 윤정현(2018), pp. 39~40.
57) Sweeney(2015), pp. 107-123.

깜짝 놀랄 만한 사건을 지칭하는 용어이다. 검은 백조는 원래 서양 고전에서 실제로는 존재하지 않고 상상 속에서나 존재하는 것을 나타낼 때 사용하던 표현이었다.[58] 그러나 1697년 네덜란드 탐험가 윌리엄 드 블라밍(Willem de Vlamingh)이 오스트레일리아에서 기존에 없었던 검은 백조를 발견하면서 검은 백조라는 용어의 의미 또한 실제로 존재하지 않는 것에서 전혀 예상할 수 없었던 일이 실제 발생하는 것으로 변경되었다.[59] 이와 더불어 철학, 사회학, 심리학 등에서는 검은 백조의 발견이 '백조는 흰색'이라는 굳건한 믿음을 무너뜨린 것에 착안하여 관찰과 경험을 통해 학습한 인간 지식의 연약함과 한계를 묘사하는 용어로도 사용되었다.[60]

검은 백조가 보다 일상적인 용어로 등장하게 된 것은 미국의 투자 전문가인 탈레브(Nassim Nicholas Taleb)가 2007년 출간한 저서 「블랙스완(The Black Swan)」을 통해 검은 백조가 월스트리트를 강타할 것이라고 경고하고, 그 경고대로 글로벌 금융위기가 발생하면서부터이다.[61] 탈레브는 이 책에서 희소성, 심각한 영향, 후향적 예측 가능성(retrospective predictability) 등 세 가지 속성을 지닌 사건을 검은 백조라 명명했다. 즉, 검은 백조의 특징은 첫째, 일반적인 예상 범위의 바깥에 존재하는 이상치(outlier)로, 과거의 어떤 경험으로도 이를 예측할 수 없을 만큼 예외적으로 일어난다. 둘째, 일단 발생하면 사회에 엄청난 충격과 파장, 변화를 몰고 온다. 셋째, 분명히 예측할 수 없었던 이상치였음에도 불구하고 발생한 이후에는 여러 가지 발생 원인에 대한 설명이 등장하여 결국 사람들이 사전에 예측할 수 있었던 사건이라고 받아들인다.[62]

이와 달리 '검은 코끼리'는 '검은 백조'와 '방 안의 코끼리(모두가 알고

58) 최병삼 외(2018), p. 227.
59) 위의 책, p. 227.
60) 위의 책, p. 227.
61) 위의 책, p. 228
62) 위의 책, p. 228.

있으나 아무도 언급하지 않는 문제를 가리키는 용어)'의 합성어로, 실현 가능성이 높아 파장을 예측할 수 있음에도 불구하고 다루기를 기피하거나 존재하지 않는 것처럼 무시하는 문제들을 말한다. 검은 백조는 예상하지 못해서 대비하지 못하는 사건인 반면, 검은 코끼리는 충분히 눈에 보이는데도 관성·부정·두려움 등 다양한 이유에 의해 코끼리가 온 집안을 풍비박산 낼 때까지 모른 척한다는 차이가 있다.[63] 검은 코끼리의 대표적인 예로 언급되는 현상은 기후변화이다. 이미 오래전부터 과학자들이 인간의 경제활동에 의한 이산화탄소 증가가 심각한 기후변화를 야기할 것이라고 예측했음에도 불구하고 여전히 인간 활동에 의한 기후변화를 부인하는 사람들이 많이 있다. 2015년 대기 중 이산화탄소 농도가 인류역사상 처음으로 400ppm을 넘어섰으며 2016년에도 역대 최고치를 기록하였다. 이처럼 기후변화가 이미 방 안의 코끼리처럼 눈앞에 와 있는데도 검은 백조처럼 존재하지 않는 것같이 무시한다면, 기후변화가 검은 코끼리가 되어 사회에 더욱 심각한 영향을 미치게 될 것이라는 설명이다.[64]

한편 '검은 해파리'는 검은 백조 및 검은 코끼리와 같이 큰 영향력을 지닌다는 점에서는 유사하지만, 검은 백조나 검은 코끼리처럼 사건 자체가 정상 범위를 벗어난 것이 아니라 정상적인 현상들이 모여 탈정상적인 영향력을 지니게 된 사건이라는 점에서 차이가 있다. 검은 해파리는 해파리 급증에 의한 원자력 발전소 폐쇄 사건에서 유래되었다. 2013년 9월 말, 노르딕 지역 최대 원자력 발전시설인 스웨덴 오스카샴 원자력 발전소 3호기의 가동이 중단되었다. 거대한 해파리 군집이 원자로에 냉각수를 공급하는 취수관을 막았기 때문이었다. 해파리 떼가 발전기의 가동을 중단시킨 것은 비단 이 경우만이 아니었다. 미국, 이스라엘, 스코틀랜드, 일본 등의 원자력 발전소도 비슷한 상황을 겪은 바 있으며, 1999년 필리핀에서는 해파리

63) 위의 책, p. 229.
64) 위의 책, p. 229.

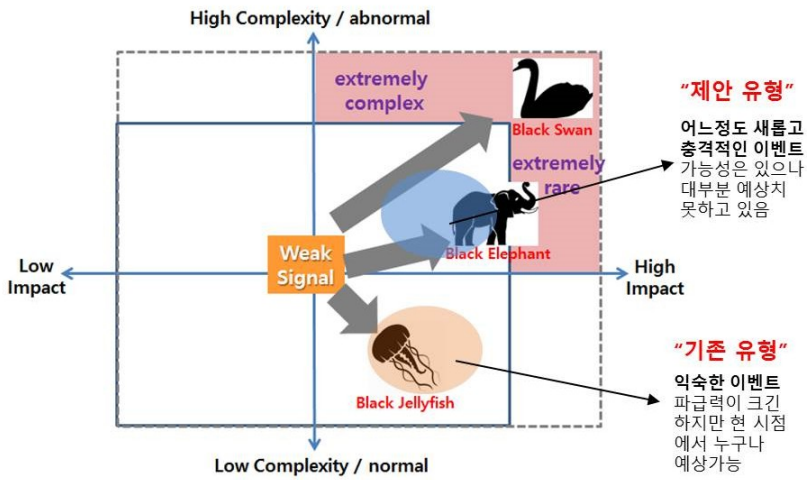
떼에 의한 석탄화력 발전소 가동 중단으로 4,000만 명의 사람들이 약 10분간 정전을 겪기도 했다. 기후변화로 인한 해수 온도와 산성도의 상승이 해파리가 생장할 수 있는 완벽한 조건으로 작용했고, 이에 더하여 어류 남획으로 각종 어류와 어족의 세력이 약화되면서 해파리가 급증하게 되었다. 결국 누구나 예상할 수 있는 정상적인 상황들이 모여 원자력 발전소 가동 중단이라는 예상하지 못했던 큰 영향력을 발휘하게 된 것이다.[65]

(3) 극단적 미래 리스크 사례 선정을 위한 전략적 접근

'검은 코끼리' 이슈에 해당되는 미래 리스크는 우리 사회가 미뤄왔던 사회적 취약성과 밀접한 사안이라고 할 수 있다. 우리 사회는 성공적인 경제발전의 이면에서 발생한 사회 다양한 부분의 양극화, 사회적 자본(신뢰)의 부족, 환경문제 등으로 그간 후순위로 미뤄왔던 구조적 난제들의 도전에 직면해있다.[66] 어떠한 기술적 발전이 있더라도 이를 효과적으로 통제·관리할 제도적 수단과 행동양식의 변화가 뒤따르지 못한다면 우리의 환경은 더 위험해질 수 있다.[67] 비로소 우리 사회의 '검은 코끼리'에 대해 가감 없이 사회적 차원에서 공유하고 근본적인 대안을 마련하기 위한 논의가 필요한 시점인 것이다.

65) 위의 책, pp. 229~230.
66) 위의 책, pp. 229~230.
67) 위의 책, pp. 229~230.

〈그림 2-6〉 극단적 미래사건의 유형화와 주요 특징



자료: 윤정현(2018), p. 43을 참고하여 저자 재구성

최근 급격히 통용되고 있는 X이벤트에 대한 관심으로 많은 연구기관에서 미래지향적인 극단적 사건에 대한 연구가 수행되기 시작했다. 엄청난 파괴력을 가진 다양한 미래 리스크들에 대해 상상하고 탐색을 시도하는 일은 매우 바람직한 추세이다. 비로소 우리 사회 역시 눈앞의 명확한 위협요소뿐만 아니라 장기적 시각에서 안전을 우선으로 도전에 대비하고자 하는 변화를 보여주기 때문이다. 이는 그만큼 우리 사회의 시스템이 성숙해 가고 있음을 의미한다. 그러나 이러한 시도가 자칫 공허하지 않으려면 '사회적 이슈화'와 '정책적 대안 모색'을 균형적으로 추진할 수 있는 주제에 초점을 맞출 필요가 있다. 다시 말해 충격적이고 새로운 주제이면서도 시스템의 보완과 발전에 이바지할 수 있는 난제와도 맞닿아 있어야 한다는 의미이다. 이러한 맥락에서 한국적 차원의 검은 코끼리에 대해 우선적으로 탐색할 필요성이 제기된다.

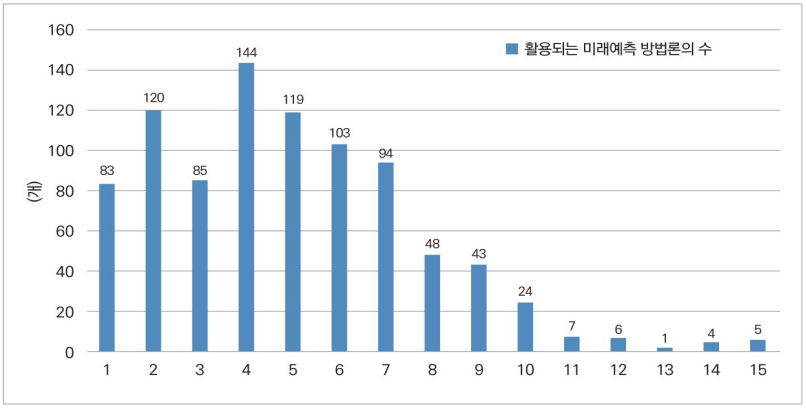
2. 미래 리스크 발굴 방법론 검토

앞 절에서 살펴본 바와 같이 미래연구에서 일반적으로 정의하는 위험은 어떠한 부정적인 사건의 결과를 낳을 수 있는 '가능성'에 중심을 두고 있는 개념이다. 발생 가능성은 적지만 엄청난 파급력을 미치는 극단적 미래사건들 역시 미래 리스크의 중요한 한 부류로서 최근 들어 우리 사회에 큰 영향을 미치고 있다. 예측이 어려운 극단적 사건이 발생하였을 때 사회의 회복력을 향상시키기 위해서는 미래사회에 영향을 미치는 리스크를 선제적으로 식별하고 예견하는 것이 무엇보다 중요하다. 미래 리스크는 미래에 발생할 것을 염두에 두고 있는바, 다양한 미래예측 방법론을 통해 발굴할 수 있다.

미래예측에 관한 방법론은 1900년대 초반 코럼 길피란(Colum Gilfiran)에 의해 도입된 이후 1960년대 들어 허먼 칸(Herman Kahn)에 의해 하나의 학문으로 확립되어 현재까지 계속해서 발전해오고 있다.[68] 미래예측 방법론은 다양한 분류 기준에 따라 구분할 수 있으며, 개별 방법론을 단독으로 또는 결합하여 연구에서 활용될 수 있다. Popper(2008)의 연구 결과에 따르면 일반적으로 미래예측 연구에 활용되는 방법론의 수는 평균 여섯 가지로 나타났으며, 극단적인 미래사건에 대한 연구까지 포함하는 경우 평균 다섯 가지 방법론이 혼용되는 것으로 나타났다.

68) 국제미래학회(2014), p. 19.

〈그림 2-7〉 미래예측에 활용되는 평균 방법론의 수



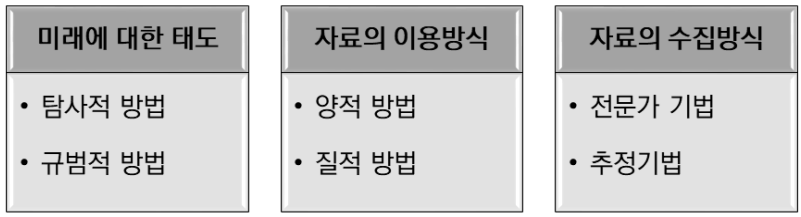
자료: Popper(2008), p. 70

1) 미래 리스크 발굴 방법론의 유형화

권기헌(2008)은 미래예측방법론의 유형을 크게 미래에 대한 태도, 자료의 이용방식, 자료의 수집방식 등 세 가지 기준에 따라 분류하고 있다. 미래를 바라보는 태도에 따라서는 탐사적 방법(exploratory methods)과 규범적 방법(normative methods)으로 구분할 수 있는데, 전자는 현재의 시점에서 가능한 노력을 통해 발생 가능한 상황을 예측하고자 하는 전방향(forward)의 특성을 지닌다. 반면 후자는 바람직한 미래를 설정한 후 미래의 시점에서 현재까지 후방향(backward)으로 예측하는 기법이다.

자료의 이용방식에 따라서는 양적 방법과 질적 방법으로 구분되는데, 양적 방법은 가용한 데이터를 바탕으로 추세나 경향을 통해 미래를 예측하는 방법이며, 질적 방법은 브레인스토밍과 같이 주관적 판단이나 사고를 통해 미래를 예측하는 방법이다. 마지막으로 자료의 수집방법에 따라서는 전문가의 판단에 기초한 전문가 기법과 이론적 추정 및 가정에 기초하여 모형설정과 통계분석을 통한 추정 기법이 있다. 이를 정리하면 〈그림 2-8〉과 같다.

〈그림 2-8〉 미래예측방법론 분류 기준과 유형화



자료: 권기헌(2008), p. 119를 토대로 저자 작성

글로벌 미래연구 싱크탱크인 밀레니엄 프로젝트에서 발간한 미래연구 방법론 3.0(Futures Research Methodology)은 구체적인 방법론과 방법론의 범주를 37개로 제시하고 있다. 국제미래학회(2014)는 미래예측 방법론을 사회, 기술, 산업, 환경, 정책, 동양 등 주요 용도에 따라 34개로 구분하고 있으며, 예측하고자 하는 변화의 크기와 지속 시간에 따라 여덟 가지로 방법론을 범주화하고 있다. 주요 용도와 변화의 크기 및 지속 시간을 기준으로 34개의 방법론을 맵핑하면 〈표 2-2〉와 같다.

〈표 2-2〉 주요 용도와 변화의 크기·지속 시간에 따른 분류

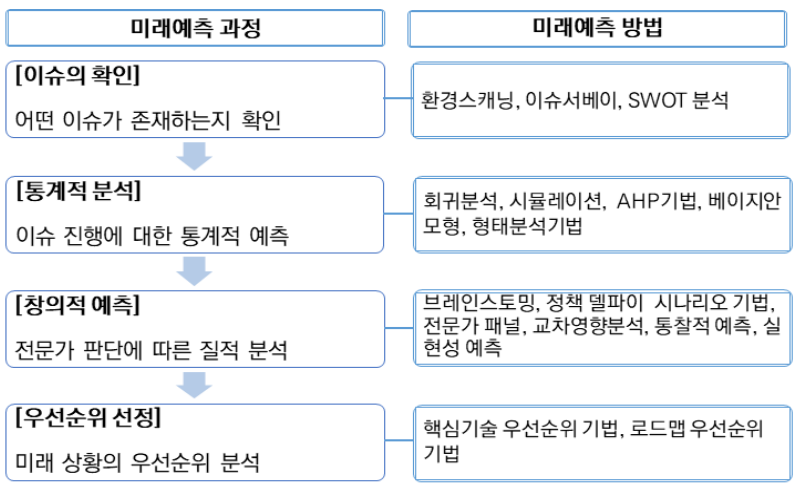
	사회	기술	산업	환경	정책	동양
유행		텍스트 마이닝	빅데이터 기법	이머징 이슈기법	패널 기법	
트렌드	퓨처스휠	계층화 분석법	리얼타임 델파이법	환경스캐닝법	형태학적 분석 방법	
메가트렌드		로드맵	델파이 기법	트렌드 생태계 예측법	표준 예측기법	
불확실성	시나리오 기법	계량정보 분석법	질적추세 분석법	비저닝 워크숍	팬시나리오 기법	
빅체인지			교차 영향력 분석법		시나리오 기획의 툴박스 기법	
불편성	의사결정나무 방법		미래지수 기법		게임이론	상학 (관찰에 의

	사회	기술	산업	환경	정책	동양
						한 예측방법)
법칙	에이전트 모델링 기법	기술 발전 단계 예측 방법	통계학적 모델링 방법	다층적 시스템 시나리오 기법		명학 (규칙에 의 한 예측방법)
패러다임	천재적 예측 기법	STEEP 분석법	세차주기 미래예측법	생태학적 사회구조 분석 기법		점학 (직관에 의 한 예측방법)

자료: 국제미래학회(2014), p. 21

또한 미래예측의 과정에 따라 방법론을 범주화하면 '①이슈의 확인→ ②통계적 분석 및 창의적 예측→ ③우선순위 선정'의 네 가지 유형으로 구분할 수 있다. 이슈의 확인과 통계적 분석의 일부 방법 및 창의적 예측은 미래 리스크를 발굴하는 과정에서 직접적으로 활용 가능하며, 우선순위 선정의 경우 발굴된 미래 리스크의 크기와 발생 시기를 예측하는 데 활용할 수 있다.

〈그림 2-9〉 미래예측 과정에 따른 분류



자료: 권기헌(2008), p. 145를 토대로 저자 작성

Popper(2008)는 기술적 형태(type of technique)에 따라 미래예측 방법론 33개를 질적 방법(qualitative), 양적 방법(quantitative), 반(半)양적 방법(semi-quantitative)으로 구분하였다. 질적 방법은 주관성과 창의성이 강조되는 방법들로 브레인스토밍, 면담 등 사건에 대한 의미 부여와 인지를 위해 활용된다. 양적 방법은 경제적 지표와 같이 신뢰성과 타당성이 높은 데이터를 통해 변수를 측정하고 통계적 분석을 시도하는 방법들이다. 마지막으로 반(半)양적 방법은 전문가의 견해와 판단에 따른 예측의 주관성을 수량화하기 위해 활용되는 방법들을 포함한다.

〈표 2-3〉 기술적 형태에 미래예측 방법론 분류

질적 방법	양적 방법	반(半)양적 방법
• Backcasting • Brainstorming • Citizens panels • Conferences/Workshops • Essays/Scenario writing • Expert panels • Genius Forecasting • Interviews • Literature review • Morphological analysis • Relevance trees/Logic charts • Role play/Acting • Scanning • Scenario/Scenario Workshop • Science fictioning • Simulation gaming • Surveys • SWOT analysis • Weak signals/Wild cards	• Benchmarking • Bibliometrics • Indicators/Time series analysis • Modeling • Patent analysis • Trend extrapolation/ Impact analysis	• Cross-Impact/ Structural analysis • Delphi • Key/Critical technologies • Multi-criteria analysis • Polling/Voting • Quantitative scenarios/Smic • Roadmapping • Stakeholder analysis

자료: Popper(2008), p. 54

2) 주요 미래 리스크 발굴 방법론의 특징

다양한 미래예측 방법론 중에서도 미래 리스크 발굴에 적합한 방법론은 미래에 영향을 미치는 주요 변수와 요인 등을 식별하고 향후 발생 가능한 이슈와 추세를 파악하는 방법론들이다. 이 절에서는 비교적 최신의 미래 리스크 발굴 방법론인 텍스트 마이닝, 계량정보분석, 이머징 이슈 분석, 환경스캐닝, 델파이, 패널 기법 등의 특징과 장단점을 간략히 살펴본다.

(1) 양적 방법

자료의 이용방식을 기준으로 데이터를 통해 추세나 경향을 파악하는 양적 방법에는 대표적으로 빅데이터 분석과 계량정보분석 기법이 있다. 빅데이터 분석은 방대한 양과 속도 및 다양성의 3V(Volume, Velocity, Variety)를 특성으로 하는 데이터를 이용하여 패턴, 상관관계 등의 유용한 가치를 찾아내는 분석 기법으로 최근 많은 연구가 이루어지고 있다. 주요 빅데이터 분석의 기법으로는 텍스트 마이닝, 웹 마이닝, 소셜네트워크분석, 연관관계분석, 의사결정나무, 군집분석 등이 있다.

가. 텍스트 마이닝 기법

빅데이터 분석 기법 중에서도 텍스트 마이닝은 최근 소셜 네트워크 서비스, 전자상거래 등 다양한 웹페이지 이용자들을 통해 생성되는 비정형화된 형태의 새로운 텍스트 데이터를 기반으로 패턴이나 지식을 추출하는 기법이다. 텍스트 마이닝은 '데이터 검색→ 특정 정보 추출→ 특정 정보의 패턴 찾기→ 패턴의 해석'의 단계로 이루어진다. 텍스트 데이터 분석은 SNS 데이터 분석을 통한 주가 예측, 뉴스기사 데이터를 통한 미래기술 예측 등 다방면의 예측에 활용되고 있다. 국내에서는 조민수 외(2017)가 공공기관에서 생성된 공공데이터를 활용하여 고용보험의 가입을 예측하는 모델을

개발하는 연구를 수행하였으며, 장준규·이규현·이준기(2016)는 투자전략 보고서 제목에 대한 텍스트 마이닝을 통해 재무 분석가의 재무예측 정확도와 달성도를 측정하는 연구를 수행하였다.

텍스트 마이닝 기법은 구조화된 데이터들만 처리 가능한 데이터 마이닝 기법과 달리 비구조화된 데이터를 처리할 수 있어 기존의 방법으로는 분석이 어려웠던 데이터의 활용이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 데이터 마이닝 분석 대비 정보추출의 정확성이 떨어지는 경향이 있고, 소셜미디어를 통해 수집된 데이터가 특정 인물이나 기관의 의견만을 주로 담고 있거나 편향성을 지니고 있다면 데이터의 질적 측면에서 문제가 발생한다는 단점도 존재한다.

나. 계량정보분석 기법

계량정보분석 기법은 논문과 특허 등의 데이터를 DB로 구축하여 계량적인 분석을 통해 미래를 예측하는 방법으로, 1960년대 미국 학자인 프라이스(Price)에 의해 도입되어 미국 조지아 공대의 알란 포터 교수 등을 통해 유망기술을 발굴하는 데 활용되기 시작하였고, 우리나라에서는 한국과학기술정보연구원이 2005년부터 연구 분야 탐색에 활용하기 시작했다.[69] 초기에는 과학기술을 대상으로 전망과 예측이 실시되었으나 점차 사회·경제적 이슈로 확장되어 활용되기 시작했다.

계량정보분석 기법은 SCOPUS와 같은 해외 저널 논문 DB를 활용하여 피인용률이 높은 논문을 추출하고, 인용 관계의 유사도 등에 따라 군집 관계를 확인한 후 클러스터링을 실시한다. 클러스터링 과정을 통해 형성된 군집은 관련 분야 전문가의 검토를 통해 유의성과 타당성을 점검하고, 마지막으로 기술성이나 시장성 등을 평가하여 최종 유망기술을 선정하는 단계로 이루어진다. 계량정보분석 기법은 확립된 데이터 범위와 모델을 기반

69) 위의 책, p. 139.

으로 신속하고 객관적인 분석이 가능한 경제적인 방법일 뿐만 아니라 전문가가 소속된 분야에 치우치지 않고 융복합적 이슈와 기술을 탐색할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 사회의 트렌드와 사회 환경의 변화를 계량정보분석을 통해 곧바로 이해하고 수용할 수 없기 때문에 최종 단계에서 전문가의 검토와 검증이 수반되어야 하는 단점이 있다.

〈그림 2-10〉 계량정보분석 기법의 수행 절차

자료: 저자 작성

(2) 질적 방법

주관적 판단이나 사고를 통해 미래를 예측하는 질적 방법으로는 크게 문헌분석과 인터뷰 등을 통해 대외 환경의 변화와 주요 이슈들을 스캐닝하고 분석하는 기법과 전문가 패널을 활용하는 전문가 기법이 있다.

가. 이슈 스캐닝 기법

미래의 이슈를 전반적으로 파악하고 식별하기 위한 목적에서 활용되는 방법으로는 이머징 이슈 분석, 환경스캐닝, 이슈 서베이 등의 방법이 있다. 이머징 이슈 분석(emerging issue analysis)은 미래를 진단하는 초기 과정에서 미래의 트렌드가 될 수 있거나 미래에 큰 영향을 미칠 요인들을 찾아내기 위해 활용되는 기법으로 '자료 수집→ 요인 분석→ 의견 교환→ 모니터링'의 과정으로 이루어진다. 먼저 다양한 정보에 대한 지속적인 자료 수집을 바탕으로 이머징 이슈 후보안을 구성하여 영향력과 기회 요인 및 위험 요인을 분석하고, 전문가와 의견 교환 및 해석을 바탕으로 후보안에 대한 지속적인 관찰과 모니터링을 실시한다. 이머징 이슈분석은 미래의 초

기 이슈를 발굴할 수 있다는 점에서 빠른 전략 수립이나 문제에 대한 초기 대응을 효과적으로 지원하며 많은 비용과 시간을 줄여준다는 장점이 있다. 그러나 미래의 확고한 이슈와 트렌드로 발전하는 과정에 영향을 미치는 다양한 변수가 존재하고, 지속적인 추적과 관찰이 필요하다는 단점이 있다. 또한 조짐이 전혀 없거나 과거와 현재의 상황에서 예측이 불가능한 천재지변이나 X이벤트는 발굴이 어렵다는 한계가 있다.

환경스캐닝 기법은 이슈의 확인을 목적으로 데이터, 하드웨어 및 소프트웨어, 인간의 감각과 지식 등 활용 가능한 모든 자료를 최대한 활용하는 기법으로 조기에 중요한 가능성을 찾아 대응 시간을 늘리고자 한다. 따라서 환경스캐닝 미래예측은 조기경보 예측, 미래 지능 시스템, 집단 지성이라고도 불린다. 환경스캐닝은 '분야를 구분하여 변화가 발생하는 지점 확인 → 신문, 잡지, 방송 등의 매체를 중심으로 일반적인 이슈 도출→ 심도 깊은 영역의 선정 후 전문지, 심층 보도자료 등을 통해 전문적 이슈 분석→ 특정 주제에 집중하여 자료 수집과 이슈 파악'의 과정으로 이루어진다.

대대적으로 이루어지는 환경스캐닝은 12~15명으로 구성된 운영위원회를 구성하여 스캐닝 절차와 방법론을 제시하며, 스캐닝 할 자료와 정보의 목록을 정리한 후 환경스캐닝 워크숍을 통해 분석을 실시하고 보고서를 작성하는 절차로 이루어진다.[70]

넓은 의미의 환경스캐닝 기법으로 이슈 서베이(Issue survey) 또한 미래예측을 위한 초기 환경 탐색의 기법으로 활용된다. 이슈 서베이는 주로 전문가들의 의견 수렴을 통해 미래예측의 핵심이 되는 이슈를 확인하는 방법으로 정책델파이, 전문가 패널, 시나리오 워크숍 등을 통해 이루어진다. 그

70) 미래학자인 테드 고든과 제롬 글렌은 지속적으로 운용할 수 있는 환경스캐닝 시스템의 개발을 제안하면서 투입 요소로서 '활동 중인 전문가, 온라인에서 수집한 자료검토, 인터넷, 수집된 정기간행물 검토, 전문가 에세이, 주요 인사 추적 및 회의 모니터링'의 여섯 가지를 제시하였다. (박영숙·제롬 글렌·테드 고든 (2007), p. 346.)

뿐만 아니라, 산업이나 경영분야에 자주 활용되는 SWOT 분석이나 STEEP 분석 또한 거시적인 외부 환경 변화나 대내적 환경 변화를 이해하기 위한 목적에서 실시된다. 그러나 이러한 방법들은 초기 분석에 유용한 것으로 다른 미래 리스크 발굴을 보완하는 역할을 하거나 새로운 토의나 논의를 시작하기 위한 기초 자료의 역할이 크다.

나. 전문가 기법

델파이 기법(Delphi Method)은 미국의 민간 싱크탱크인 랜드연구소(RAND Corporation)에 의해 개발된 기법으로, 관련 분야 전문가의 견해와 지식을 바탕으로 두세 차례의 반복 설문을 통해 문제를 해결하거나 미래예측에 관한 합의된 의견을 도출하기 때문에 전문가 합의법이라고도 불린다. 델파이 기법은 우선 전문가 패널의 선정과 설문의 질문 작성, 분석 등을 담당하는 10명 내외로 구성된 모니터링 팀이 필요하다. 모니터링 팀의 구성 이후 연구주제와 계획 등의 전반을 결정하고 연구주제에 의미 있는 답변을 제시할 수 있는 전문가 패널을 선정한다. 선정된 전문가 패널에게 설문을 몇 차례에 걸쳐 어떠한 형태로 요청할지 설문에 대한 전반적인 설계를 결정하고 설문지를 작성한 이후, 반복된 설문과 인터뷰의 최종 결과를 정리하여 평가 및 분석한다.

〈그림 2-11〉 델파이 기법의 수행 절차

자료: 저자 작성

델파이 기법은 전문가들의 적극적이고 솔직한 답변을 이끌어내기 위해 익명성을 바탕으로 하며 수차례에 걸친 반복 설문을 통해 전문가들이 스스로 의견을 수정하거나 합의에 이를 수 있는 특성을 지닌다. 이러한 특성은 제시된 주제에 관해 전문가의 다양한 의견을 수집할 수 있도록 해주며 특정 인물의 의견이나 편향으로부터 영향을 받지 않도록 도와준다. 또한 모니터링 팀과 연구총괄 팀의 구성을 통해 설문의 진행과 분석이 체계적으로 이루어지고 일관성 있는 결과 도출이 가능하다는 장점이 있다.

그러나 델파이 기법은 모니터링 팀 구성, 전문가 패널 선정, 수차례의 설문과 피드백 등 많은 시간과 노력이 투입되며 반복된 과정에서 회수율이 감소하는 리스크도 존재한다. 또한 패널 전문가 선정에 문제가 있을 경우 합의된 의견일지라도 조사 결과의 신뢰성을 보장할 수 없기 때문에 패널 전문가 선정에 많은 노력이 필요하다. 2004년에 UN 미래포럼과 테드 고든은 조사 결과를 얻기까지 많은 시간이 소요되는 기존의 델파이 기법의 단점을 극복하기 위해 온라인을 통해 실시간으로 자료를 수집하는 리얼타임 델파이 기법을 개발하였다.

또한 패널 기법은 다양한 미래예측에서 핵심적으로 활용되는 기법으로, 델파이의 전문가 패널을 통한 비대면의 설문조사뿐만 아니라 세미나, 심포지엄, 워크숍, 포럼 등의 다양한 대면 토론의 형태로도 수행된다. 패널의 구성은 전문 분야에 대한 식견을 지닌 전문가뿐만 아니라 공공기관이나 시민단체의 구성원, 일반 시민 또한 균형을 고려하여 포함할 수 있다. 패널 기법은 참여하는 전문가들과 구성원의 다양한 견해와 지식을 폭넓게 활용할 수 있다는 점이 장점이지만, 패널이 논의의 과정에서 특정 의견에 휩쓸리거나 외부의 영향을 강하게 받는 경우 왜곡된 결과가 나올 수 있어 이러한 단점을 보완하기 위한 노력이 필요하다.

3. 소결 및 시사점

미래연구의 도전 이슈를 전제할 때 사용하는 위험은 어떠한 부정적인 사건의 결과를 낳을 수 있는 가능성(재난 발생의 확률)에 중심을 두고 있는 개념으로, 위태롭고 험난한 '상태' 자체가 아니라 우리가 이러한 무서운 상태에 빠질 '가능성'을 뜻한다.[71] 최근 우리 사회는 코로나19, 금융위기, 후쿠시마 원전 사고 등 최근 들어 발생 가능성이 거의 없다고 생각했던 엄청난 규모의 재난들이 실제로 발생하고 있으며, 또 다른 극단적 미래사건의 징후들이 지속적으로 나타나고 있다.

이와 더불어 최근 급격히 통용되고 있는 X이벤트에 대한 관심으로 많은 연구기관에서 미래지향적인 극단적 사건에 대한 연구가 수행되기 시작했다. 이는 엄청난 파괴력을 가진 다양한 미래 리스크들을 상상하고 탐색을 시도해서 눈앞의 명확한 위협 요소뿐만 아니라 장기적 시각에서 안전을 우선으로 도전에 대비하고자 하는 변화가 우리 사회에서 발생하고 있음을 보여주는 것이다. 새로운 상황에 대한 불확실한 미래에 능동적으로 대처하기 위해서는 미래연구의 관점에서 리스크를 바라보고 선제적으로 리스크를 발굴하여 대응 방안을 강구하는 것이 무엇보다 중요하다.

본 절에서는 미래 리스크를 발굴하기 위한 주요 방법을 크게 양적 방법과 질적 방법으로 구분하여 그 특징을 살펴보았다. 〈표 2-4〉에 정리된 바와 같이 각 방법에는 뚜렷한 장단점이 존재한다. 이슈식별의 단계에서 활용되는 이머징 이슈 분석과 환경스캐닝 등은 미래의 초기 이슈를 발굴하는 데 유리하고 빠른 전략의 수립과 초기 대응을 효과적으로 지원할 수 있지만, 사전에 조짐이 없거나 과거와 현재의 상황에서 예측이 불가한 이슈는 발굴이 불가하다는 한계가 있다.

71) 윤정현(2019), p. 31.

한편, 양적 방법인 빅데이터 분석, 텍스트 마이닝, 계량정보분석 기법 등은 다양한 형태의 방대한 데이터를 처리할 수 있으며 신속하고 객관적인 분석을 통해 경제성이 높다는 장점이 있다. 그뿐만 아니라 질적 방법에서 나타나는 전문가 선정의 어려움이나 패널의 소속에 따른 한정된 이슈 또는 특정 주제에 국한되지 않고, 융복합적 이슈의 탐색이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 양적 분석은 최종 단계에서 분석된 결과를 검증하기 위한 전문가의 개입과 검증이 필요하며, 양적 방법으로는 포착되지 않는 대외 환경의 변화와 트렌드에 대해 질적 방법을 통해 보완하는 것이 필요하다.

마지막으로 델파이 기법, 패널 기법으로 대표되는 전문가 기법은 패널 구성원의 다양한 견해와 지식 및 경험을 폭넓게 활용할 수 있다는 장점이 있으나 적합한 패널 선정에 실패할 경우 분석 결과의 왜곡이 발생할 가능성이 있다는 단점이 있다. 그뿐만 아니라 패널을 관리하고 운용하여 분석에 이르기까지 많은 시간과 노력이 필요하다는 한계가 있다.

〈표 2-4〉 주요 미래 리스크 발굴 방법

	양적 방법	질적 방법	
		이슈 스캐닝 기법	전문가 기법
주요 기법	• 빅데이터 분석 • 텍스트 마이닝 기법 • 계량정보분석 기법	• 이머징 이슈 분석 • 환경스캐닝 • 이슈 서베이	• 델파이 기법 • 패널 기법
장점	• 정형/비정형 데이터 등 다양한 형태의 방대한 데이터 분석 가능 • 확립된 데이터 범위와 모델을 기반으로 신속하고 객관적인 분석 가능 • 융복합적 이슈와 기술의 탐색 가능	• 미래 초기 이슈 발굴에 유리 • 빠른 전략 수립 및 초기 대응을 효과적으로 지원	• 참여 전문가와 구성원의 다양한 견해 및 지식을 폭넓게 활용
단점	• 최종 단계에서 전문가의 검토와 검증 필요 • 자체적으로 트렌드와 사회	• 이슈와 트렌드 발전에 영향을 미치는 변수의 통제 어려움	• 패널 선정의 어려움 • 많은 시간과 노력 필요 • 특정 의견과 외부의 영향

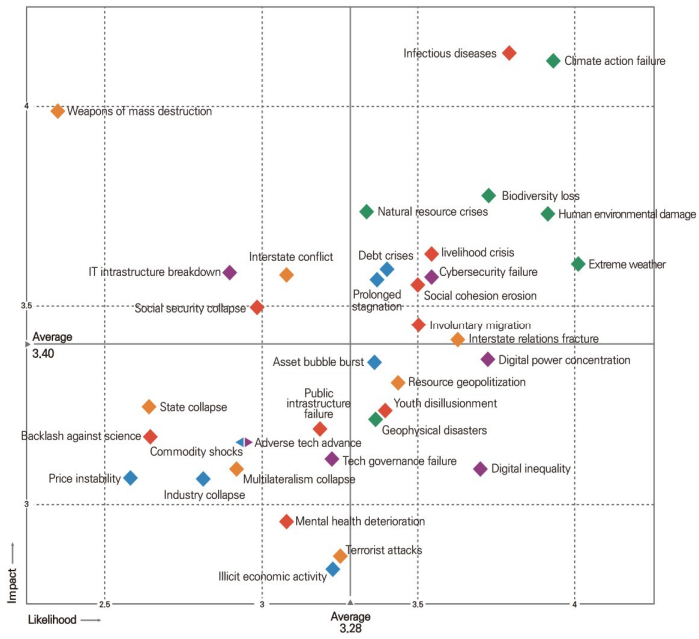
	양적 방법	질적 방법	
		이슈 스캐닝 기법	전문가 기법
	환경 변화 수용 불가	• 지속적인 추적과 관찰 필요 • 조짐이 없거나 예측이 불가한 X이벤트 발굴이 어려움	에 따른 편향된 결과 배제의 어려움

자료: 저자 작성

각 방법론의 장단점을 상호보완하기 위해 미래 리스크 발굴 과정에서는 다양한 기법을 함께 사용한다. WEF(2021)는 글로벌 리스크 발굴을 위해 매년 글로벌 이슈 및 트렌드 분석과 함께 글로벌 리스크 인식 조사(GRPS: The Global Risks Perception Survey)를 병행하여 실시하고 있다. WEF는 매년 관찰되는 경제적·지정학적·사회적·기술적 트렌드를 조사하여 분석하고 향후 리스크로 발전할 가능성이 높은 트렌드를 추가적으로 분석하여 글로벌 리스크를 도출한다.

이러한 과정을 통해 2021년 보고서에는 12개의 신규 리스크가 발굴되었다. 이와 더불어 WEF는 최종 발굴된 35개 리스크의 발생 가능성(likelihood of each global risk)과 발생에 따른 영향(impact)을 WEF 이해 관계자 커뮤니티와 자문위원회 전문 네트워크 등의 구성원을 대상으로 설문조사를 시행하였다. 그뿐만 아니라 35개의 리스크 중에서 잠재적 영향이 크지 않은 리스크 세 개, 국제적 협력과 조정을 통해 경감이나 예방이 가능한 리스크 세 개를 선정해서 시기, 발생 가능성, 영향력 등에 따라 체계적으로 리스크를 발굴하였으며 최종 발굴된 결과는 〈그림 2-12〉에 나타난 바와 같다.

〈그림 2-12〉 WEF(2021)의 글로벌 리스크 발굴 결과



자료: WEF(2021), p. 12

제2절 미래 리스크 분석 방법론 검토

1. 미래 리스크 분석의 개념

미래 리스크 분석은 앞서 발굴된 해양수산분야의 미래 리스크의 파급경로와 영향 분석을 통해 대응 방안을 도출하는 일련의 단계를 포함한다. 1단계는 분석 대상 리스크를 정의하고 리스크의 공간적 범위와 촉발동인을 식별한다. 2단계는 리스크 발생 시나리오를 작성하고 사회·경제·환경적 파급

효과 맵을 작성한다. 3단계는 시스템 분석 모형, 경제 효과 분석 모형 등을 활용하여 리스크의 파급효과를 분석한다. 마지막 4단계는 적절한 의사결정 방법론을 적용하여 효율적인 정책대안을 도출하는 단계이다.

〈표 2-5〉 미래 리스크 분석 단계별 방법론

분석 단계	내용	방법론
1. 분석 대상 리스크 정의	리스크의 정의, 범위, 촉발동인	• 델파이, 브레인스토밍, 워크숍
2. 파급효과 맵 작성	시나리오 작성 파급효과 맵 작성	• 시나리오 기법 • 시스템 분석, 사회네트워크분석
3. 파급효과 분석	해양수산업 생산, 고용, GDP 손실 및 피해액 항만물동량 및 수출입 변화 해양레저관광 수요 변화 수산물 수요 변화	• 시스템 분석 모형 : SD 모형 • 경제 효과 분석 모형 (사회적 후생 변화 평가) : CGE 모형, DEA 모형 스트레스 테스트 모형 비시장가치 평가 모형
4. 정책대안 도출	정책대안 리스트 도출 대안별 평가, 최적 대안 제시	• RPM • 다기준 의사결정방법론

주: SD(시스템다이내믹스), CGE(연산가능일반균형), DEA(자료포락분석), RPM(Robust Portfolio Modelling)
자료: 저자 작성

2. 미래 리스크 분석 방법론 검토

미래 리스크의 영향은 리스크가 물리적인 사건으로 실현되었을 때 이로 인해 발생하는 피해를 측정하여 분석할 수 있다. 리스크의 영향은 관계자의 삶의 질, 환경영향 등과 같은 정성적인 가치와 시장경제 내에서 평가 가능한 정량적인 가치로 구분할 수 있는데, 연구의 범위와 목적에 따라 다양한 방법론들이 리스크 영향을 평가하는 데 사용되고 있다. 본 소절에서는 리스크 영향을 평가하는 방법론을 소개하고자 한다.

1) 시스템 분석 모형

(1) SD

SD는 시스템의 역동적인 변화를 비선형적 피드백 시스템으로 파악하고, 시뮬레이션 분석을 통해 시스템의 진화 과정을 분석하는 방법이다.[72] SD 방법론은 시간의 경과에 따른 시스템의 장기적·비선형적 변화 행태, 즉 시스템의 동태적 행태(dynamic behavior)의 변화를 분석·예측하는 것이 주요 목적이다.[73] SD는 동태적 행태 변화의 원인을 요인들 사이의 상호작용에 의한 시스템 전반적인 구조에서 찾아서 피드백 구조(feedback structure)를 강조한다는 특징을 지닌다.[74] 따라서 SD는 모델 파라미터의 정확한 추정보다는 시간의 흐름에 따른 관심 변수의 동태적 변화에 주목하기 때문에 종속 변수와 독립 변수의 구분이 의미를 갖지 못한다는 특징이 있다.[75]

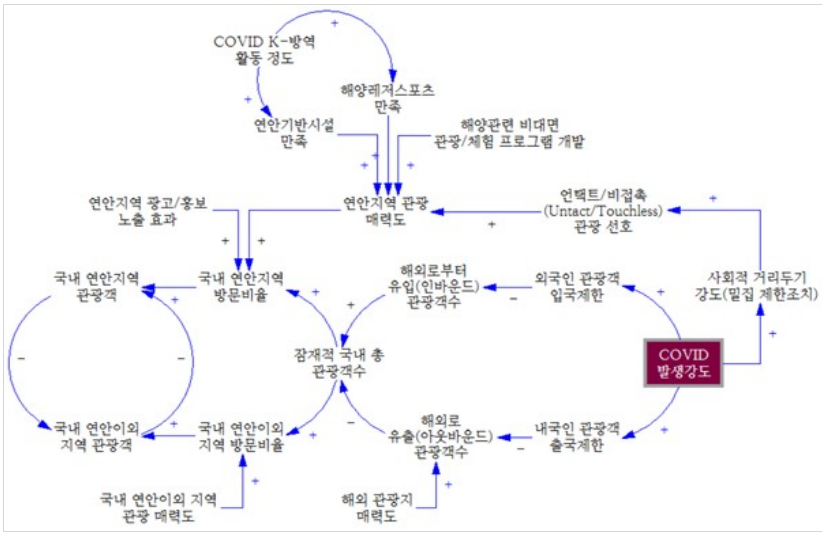
SD 모델링을 수행하기 위해서는 시스템과 환경을 구분하고 시스템의 피드백 구조를 파악하여야 한다. 인과지도는 이러한 피드백 구조를 2차원 평면에 표현한 것으로 SD 모형의 가장 기초적인 설계도라고 할 수 있다. 인과지도에서 변수 간 인과 관계는 화살표로 표현된다. 이때 +나 − 부호를 사용하여 변수 간 상관관계를 나타내기도 한다. + 부호는 두 요인이 같은 방향으로 변화할 때 사용하며, - 부호는 한 변수의 증가가 다른 변수의 감소로 이어질 때 사용한다.

인과지도 작성의 궁극적인 목표는 피드백 루프를 확인하는 것이다. 피드백 루프란 여러 변수 간의 인과 관계들이 하나의 폐쇄된 원을 형성하는 것을 의미하는데, 피드백 루프를 통해 시스템의 내생 변수 간 상호작용이 시스

72) 최남희(2003), p. 2.
73) 최영출(2017), p. 29.
74) 박광서 외(2020), p. 212.
75) 채여라 외(2016), pp. 2~4.

템의 동태적으로 변화를 유발한다.[76]

〈그림 2-13〉 해양레저관광에 대한 코로나19의 영향 인과지도



자료: 박광서 외(2020), p. 216

SD는 시간의 흐름에 따른 동태적인 변화를 분석하고, 시스템 구성 요소들의 관계를 도식화하여 시스템의 메커니즘을 파악하는 데 용이하다는 장점으로 인해 시장이나 산업에 대한 기업의 전략 혹은 정책 시뮬레이션 분석에 다양하게 활용되고 있다.[77]

2) 경제효과 분석 모형

미래 리스크의 경제적인 효과는 특정 리스크가 물리적인 사건으로 실현되었을 때 이로 인해 발생하는 모든 사회경제적인 영향을 사회후생의 변화분으로 계산하여 화폐단위로 평가한 결과물을 의미한다. 경제 효과는 시장

76) 최기열(2009), pp. 21~24.
77) 박상원(2015), p. 77.

경제 내에서 평가 가능한 시장가치와 그 외 비시장적인 경제효과를 평가하는 비시장가치의 변화분으로 구분해서 평가할 수 있다. 본 소절에서는 시장가치 변화분을 평가하는 모형으로 연산가능일반균형모형, 효율성분석모형, 기타 계량모형을 소개하고 몇 가지 비시장가치 분석 모형들을 소개하고자 한다.

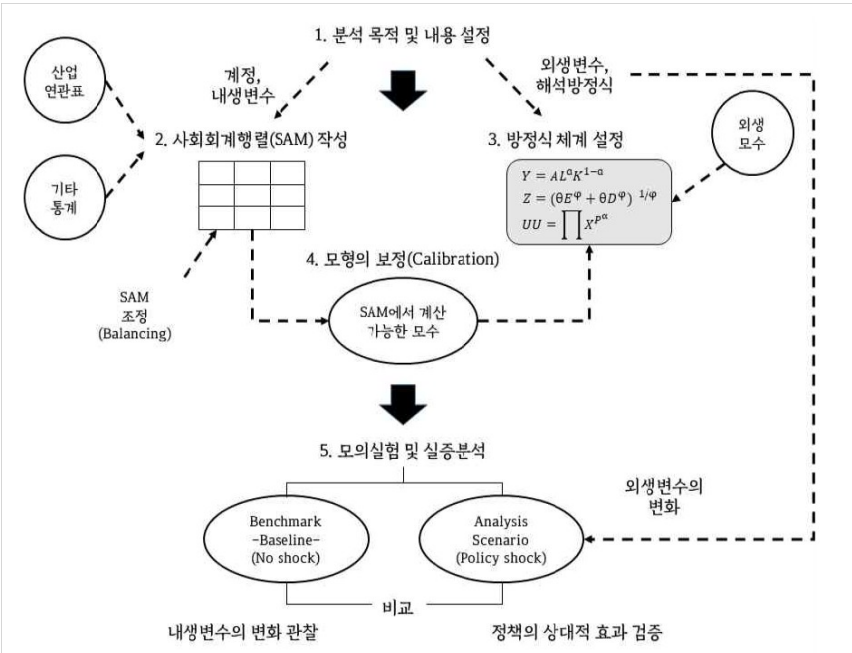
(1) 연산가능일반균형모형

연산가능일반균형모형(CGE: Computable General Equilibrium Model)은 경제주체의 최적화 행위와 재화 및 생산 요소의 흐름을 방정식 체계로 표현하여 계량적으로 균형을 도출하는 모형이다.[78] 기준 시점의 일반균형은 현재의 경제상황을 의미한다. 경제 정책 또는 경제 환경의 변화를 모형에 반영하면 국민경제는 변화에 따른 조정 과정을 거친 후 새로운 균형상태에 도달하게 되는데, 이때 초기균형과 새로운 균형을 비교해서 변화에 따른 경제적 효과를 정량적으로 비교할 수 있게 된다.[79]

CGE 모형은 연구의 목적과 범위에 따라 특수한 형태로 구축되는 경우가 대부분이다. 가령 우리나라 주요 산업과 해양수산분야 간의 연계성 및 글로벌 외부 충격의 영향을 분석하기 위해 고안된 해양수산분야 글로벌 경제효과 분석 모형(KMI-GEM)은 해양수산 부문을 세분화하여 모형을 구축하였으며, 조세제도 변화의 경제적 효과를 분석하는 연구들은 세금 부분을 세분화하여 분석하였다.

78) 김군수 외(2013), p. 81.
79) 최환(2002), p. 178.

〈그림 2-14〉 CGE 모형의 구축 및 분석 과정



자료:강승규(2020), p. 79

CGE 모형을 통한 분석은 경제 환경을 변화시키는 충격이 발생할 경우 새로운 일반균형을 계산하여 충격 발생 이전의 균형점과 비교한다는 점에서 경제적 효과를 일반균형적 관점으로 분석할 수 있는 유용한 도구로 평가받고 있다.[80]

80) 강승규(2020), p. 82.

〈표 2-6〉 최근 기후·환경분야 CGE 연구 사례

연구자(연도)	제목	주제
이효창·김금수(2018)	폐기물 처분 부담금 부과가 산업별 생산과 고용에 미치는 일반균형효과	• 폐기물 처분 부담금 효과분석
Babatunde, Begum, and Said(2017)	Application of computable general equilibrium (CGE) to climate change mitigation policy: a systemic review	• 기후 정책 영향 분석
Winchester and Rausch(2013)	A numerical investigation of the potential for negative emissions leakage	• 탄소배출 정책 효과분석
Guo *et al.*(2014)	Exploring the impacts of a carbon tax on the Chinese economy using a CGE model with a detailed disaggregation of energy sectors	• 탄소세 도입 효과분석
Schaefer and Jacoby(2005)	Technology detail in a multisector CGE model: transport under climate policy	• 기후 정책 영향 분석
Nijkamp, Wang, and Kremers(2005)	Modeling the impacts of international climate change policies in a CGE context: The use of the GTAP-E model	• 기후 정책 영향 분석

자료: 저자 작성

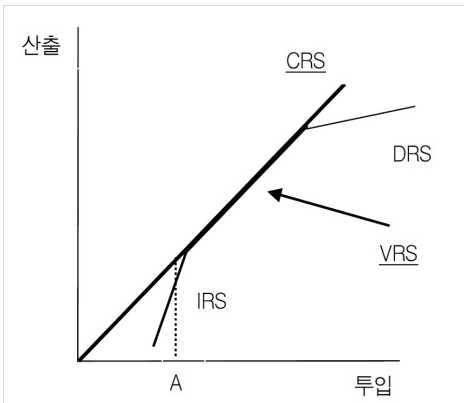
(2) DEA 및 토빗회귀분석 모형

DEA(Data Envelopement Analysis)는 유사한 복수산출물을 가진 의사결정개체(DMU: Decision Making Unit)들의 상대적 효율성을 평가하기 위한 방법이다.[81] DEA 모형은 기준에 따라 여러 분류가 존재하지만 대표적으로 규모의 효율성을 기준으로 한 CCR(Charnes, Cooper, and

81) 김건위·최호진(2005), p. 215.

Rhoes, 1978) 모형과 BCC(Banker, Charnes, and Cooper, 1984) 모형이 있다. CCR 모형은 규모에 대한 수익불변을 가정한 모형이고, BCC 모형은 규모에 따른 수익가변을 가정한다.

〈그림 2-15〉 규모의 효율성 측정논리



주: IRS는 increasing returns to scale, CRS는 constant returns to scale, DRS는 decreasing returns to scale을 의미함
자료: 김건위·최호진(2005), p. 218

DEA는 비모수적 기법(non-parametric approach)으로 다수의 산출물이 생산되는 복잡한 생산구조에서 생산함수형태를 가정하지 않더라도 DMU 간의 효율성을 비교할 수 있다는 장점이 있다. 게다가 특정 조직의 효율성을 그와 유사한 조직과 비교하기 때문에 집단 간의 격차를 분석할 수 있고, 효율성을 향상시키기 위한 투입·산출분에 대한 정보를 얻을 수 있다.[82] 하지만 DEA의 효율성은 통계적 가정이 없는 상대적인 개념이기 때문에 DMU의 수가 변할 때마다 효율성 값이 변화한다는 단점 역시 존재한다. 이러한 단점을 극복하기 위해 Simar and Wilson(1998)[83]은 부트스트랩 기법을 적용하여 효율성의 신뢰 구간과 표준 오차를 구하는 방법을

82) 위의 책, pp. 220~221.
83) Simar and Wilson(1998), pp. 49-61.

제시하였다. 이를 통해 효율성의 통계적 유의미성을 판단이 가능하게 되었고, 효율적으로 판정된 DMU가 다수 존재할 경우 효율적 DMU 간의 차이점을 설명할 수 있게 되었다.[84]

DEA의 목적은 유사한 DMU 간의 효율성을 비교하고, 효율성을 개선하기 위한 전략을 마련하는 데 있다.[85] DEA는 상대적으로 효율성이 낮은 DMU가 효율성을 개선하기 위해 얼마만큼의 투입량과 산출량을 조정하여야 한다는 정보는 제공하지만 효율성의 차이를 유발하는 원인에 대한 분석은 불가능하다. 따라서 효율성 산출에 사용되는 투입·산출 요소 외에도 다른 외부 요인이 효율성에 미치는 영향을 분석하기 위해서 케이스 스터디, 구조적 방법론, 회귀분석법이 주로 사용되는데 대표적인 회귀분석법으로 토빗회귀분석(Tobit regression analysis)을 들 수 있다.

토빗회귀분석은 토빈(Tobin)이 제안한 방법으로, 종속 변수가 일부는 단일 값을, 일부는 연속적인 값을 갖는 경우 사용되는 모형이다. DEA의 효율성은 0에서 1의 제한된 범위를 갖기 때문에 최소제곱법(OLS: Ordinary Least Squares)을 사용할 경우, 편의(bias)가 발생할 우려가 있다.[86] 따라서 효율성 결정 요인을 분석할 때는 효율성을 종속 변수로, 효율성에 영향을 줄 것으로 생각되는 외부 요인을 독립 변수로 설정한 토빗 모형을 활용하여 회귀분석을 수행한다.

효율성 결정 요인 분석은 DEA를 통해 효율성의 척도를 측정하고, 회귀분석을 통해 효율성의 결정 요인을 분석하기 때문에 2단계 분석법(two-stage approach)이라고도 한다.

84) 박만희(2015), p. 477.
85) 조아현·조성현(2020), p. 120.
86) 방승원 외(2007), p. 212.

〈표 2-7〉 해양수산분야 DEA 및 토빗회귀분석 연구 사례

연구자(연도)	제목	주제
Roll and Hayuth(1993)	Port performance comparison applying DEA	• 항만 생산성
Wu, Yan, and Liu(2010)	DEA models for identifying sensitive performance measures in container port evaluation	• 컨테이너 항만 생산성
Li, Weng, and Fu(2021)	Bootstrap-Tobit model for maritime accident economic loss considering underreporting issues	• 해상 사고의 경제적 영향 분석
Chao and Yeh(2020)	Comparing the productivity of major shipyards in China, South Korea, and Japan-an application of a metafrontier framework	• 조선업 생산성 분석

자료: 저자 작성

(3) 비시장가치 평가 모형

특정 미래사건이 거래 시장이 존재하지 않는 해양 생태계나 해양공간의 변화를 유발할 때 그로 인한 사회후생의 변화를 측정하기 위해서는 비시장가치 평가법을 적용하는 것이 가능하다. 이 분석 모형은 대리시장이나 시장의 거래행위를 관찰한 후 사후 평가하는 현시선호기법과 가상시장을 이용하여 사전적으로 평가하는 진술선호기법으로 구분할 수 있다.

현시선호기법으로는 여행비용평가법, 헤도닉가격기법, 회피행동 모형 등이 있다. 여행비용평가법(TCM: travel cost model)은 비시장재의 여가·오락 기능에 관한 가치평가 방법이다. 헤도닉가격기법(HPM: hedonic price model)은 일반적으로 시장에서 거래되는 상품에 비시장재의 가치가 포함되었는지에 대해 간접적으로 그 가치를 추정하기 위해 사용되는 기법이다. 회피행동 모형은 비시장재와 시장재의 상호작용을 분석해 공급재의 편익을 추정하는 것으로, 주로 질병, 수질오염 등 인간보건과 관련된 환경가치를

측정하는 기법이다.[87]

〈표 2-8〉 비시장가치 분석 모형

구분	방법론	내용 및 적용 분야
현시선호기법	TCM	• 휴양지 방문에 따른 비용을 기반으로 휴양에 대한 가치 유도
	HPM	• 시장재에 내재하는 환경재적 특성에 관한 암묵적 가격 도출 • 주로 주거환경과 관련된 비시장재의 가치평가에 활용
	ABM	• 오염이나 재해로 인한 피해를 회피하기 위한 비용 추정, 주로 인간의 건강에 미치는 영향 분석에 활용
진술선호기법	CVM	• 설문기법을 사용한 가상적 시장의 구축
	CA	• 설문기법을 적용하여 다양한 편익의 속성 수준별 가치 유도

자료: 윤성순·장정인(2011), p. 23을 토대로 저자 재구성

진술선호기법으로는 조건부 가치측정법(CVM: contingent valuation method)과 컨조인트 분석법(CA: conjoint analysis) 또는 실험선택법(CE: choice experiment) 등이 사용된다. 컨조인트 분석법은 CVM과 달리 비시장재가 지닌 하나 이상의 속성 대안들로 구성된 선택 집합을 제시하고 그들 간의 선택 결과로부터 응답자의 효용함수를 추정하여 속성에 대한 화폐가치를 추정한다. 진술선호기법은 가치측정 범위가 현시선호기법에 비해 다양하고 적용성이 높은 편이다. 미래 리스크의 경제효과 분석을 위해서는 비시장가치 평가 모형을 재해, 재난, 시설파괴 등으로 인한 사회적 후생 감소분을 평가하는 데 적용할 수 있다.[88]

87) 윤성순·장정인(2011), p. 23.
88) 위의 책, pp. 26~27.

〈표 2-9〉 비시장가치 분석 모형의 적용 가능성

미래 리스크	후생 변화 예시 (사회적 비용)	적용 가능 방법론
재해 재난 시설파괴	생물종, 생물 개체 수 감소	• CVM, CA
	습지, 사구 등의 연안환경 훼손	• CVM, CA, TCM
	유류 유출로 인한 해양오염	• CVM, CA, ABM
	해수질 악화로 인한 건강영향	• CVM, CA, ABM
	정주환경 파괴로 인한 사회적 비용	• CVM, CA, HPM
	폐기물로 인한 해양오염	• CVM, CA, ABM
	연안 접근성 제한, 레저관광 기회 제한	• CVM, CA, TCM
	연안 생태환경 교육 기회 상실	• CVM, CA, TCM
	문화유산 훼손의 사회적 비용	• CVM, CA, TCM

자료: 저자 작성

(4) 스트레스 테스트

스트레스 테스트(stress test)는 예외적이지만 발생 가능한(exceptional but plausible) 사건에 대한 잠재적 취약성을 측정하는 다양한 기법을 통칭하는 용어이다.[89] 스트레스 테스트는 1990년대 초부터 국제투자은행들이 고안하여 사용하기 시작했으며 극단적 위기 상황으로 인해 투자은행들이 직면하게 되는 영업중단 위험을 계량화하는 리스크 관리수단으로 활용되었다.[90] 1997년 아시아 외환위기, 2008 글로벌 금융위기를 겪으면서 전 세계적인 경제위기가 거시건전성 및 금융시스템의 불안정에 기인하였고, 그로 인해 막대한 사회·경제적 비용이 요구된다는 문제의식 아래 IMF, BIS와 같은 국제금융기구 및 각국 정책당국은 금융시스템 스트레스 테스트를 개발하였다. 금융시스템 스트레스 테스트는 금융시스템 전반의 리스크 노출 정도를 파악하여 금융시스템 안정성을 평가하는 데 활용되고 있다.

89) 한국은행 보도자료(2007. 12. 24), p. 1.
90) 김주철(2003), p. 3.

〈표 2-10〉 주요 기관 스트레스 테스트 모형 개발 현황

기관	모형	분석 대상
IMF, 세계은행	FSAP	• 금융시스템
한국은행	BOKST-07	• 금융시스템
금융감독원	STARS-I	• 전 권역 금융회사
예금보험공사	은행업권 스트레스 테스트 모형	• 금융권별 금융회사

자료: 저자 작성

스트레스 테스트는 외부 환경의 예상치 못한 변화가 금융기관에 미치는 영향을 분석한다. 따라서 거시경제지표와 금융시스템 간의 인과 관계를 모형화하여 외부충격에 대한 금융시스템의 안정성을 평가하는 것이 주요 목적이다. 스트레스 테스트 방법으로는 단순 민감도 분석(simple sensitivity analysis), 시나리오 분석(scenario analysis), 최대 손실 접근법(maximum loss approach), 그리고 극단치 이론(extreme value theory)이 있다.[91]

단순 민감도 분석은 다른 경제 변수들이 변하지 않을 때 특정 거시 변수의 변화가 금융시스템의 안정성에 미치는 영향을 분석하는 방법이다. 시나리오 분석은 거시경제 변수들이 일정 기간 상호적으로 변화할 때를 가정하여 충격의 영향을 분석한다. 시나리오는 주요 경제위기 기간의 실제 변수의 변화를 적용하는 역사적 시나리오(historical scenario)와 가상적 시나리오(hypothetical scenario)로 구분될 수 있다.[92] 최대 손실 접근법은 금융기관 포트폴리오에 최대 손실을 가져올 것으로 예상되는 리스크 조합을 찾아내는 방법이며, 극단치 이론은 위기 발생 시 포트폴리오의 가치 변화를 분석하는 방법이다.

91) 김정기(2015), p. 7.
92) 위의 책, p. 7.

〈표 2-11〉 시나리오 설정(예시)

변수	시나리오(증감률)	출처	시기
발틱운임지수(BDI)	-59.3%	Clarksons	2009년
세계 GDP	-1.6%	World Bank	
벙커유 가격	-26.4%	Clarksons	

자료: 박성화·김태일·권장한(2020), p. 98

스트레스 테스트 방법론은 거시건전성 및 금융시스템을 중심으로 연구가 이루어졌으나 최근에는 건설업, 해운·조선업 등 특정 산업 분야에서도 널리 활용되는 추세이다.

3) 정책대안 도출 모형

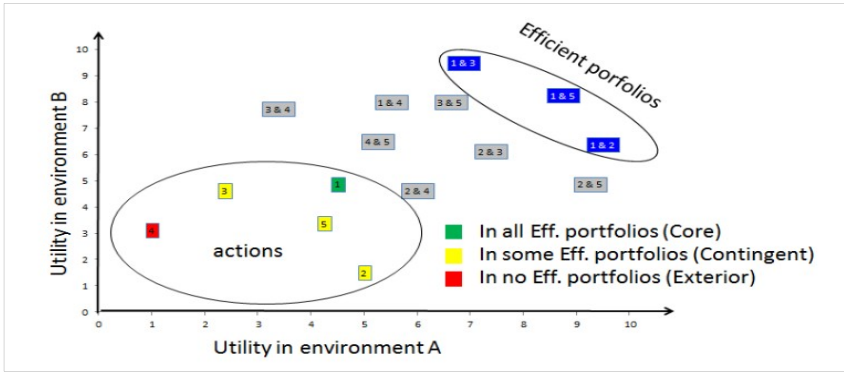
(1) RPM

RPM은 Liesiö, Mild, and Salo(2007)가 개발한 의사결정방법론으로 행위(action)별로 존재하는 불완전 정보를 처리하여 효율적인 포트폴리오를 탐색하는 방법이다. 여기서 불완전 정보란 행위마다 상이한 발생 가능성, 의사결정권자의 선호도 등이 될 수 있다.[93]

RPM은 다기준 가중치 모형(multi criteria weighting model)의 일종으로 주어진 목적과 제약조건하에서 가치함수(value function)와 가중치를 산출한다. 가중치를 산출하는 과정에서 불완전 정보를 반영한다는 점이 RPM의 특징이라고 할 수 있다.[94] 소프트웨어를 통해 행위별 가중치가 시산되면 행위별 효율성을 얻을 수 있는데 RPM은 불완전 정보를 사용하는 특성으로 인하여 효율적인 포트폴리오가 한 가지가 아닌 여러 가지 조합으로 나타나게 된다.

93) Casti and Ilmola(2012)(검색일: 2021. 8. 5)
94) Häyrynen(2020), p. 17.

〈그림 2-16〉 RPM의 효율적 포트폴리오 구성



자료: Casti and Ilmola(2012)(검색일: 2021. 8. 5)

RPM을 통해 평가된 행위는 효율성에 따라 핵심적(core), 예비적(contingent), 외적(exterior) 행위로 분류된다. 핵심적 행위는 효율적인 포트폴리오에 반드시 포함되어야 하고, 예비적 행위는 효율적 포트폴리오에 포함될 수 있으며, 외적 행위는 포트폴리오 구성에 사용될 수 없다.

〈그림 2-16〉은 RPM을 통해 산출된 효율적 포트폴리오의 프런티어(frontier)를 나타낸다. 그림에서 행위4는 외적 행위로 다른 행위에 비해 낮은 효율성을 보여주고, 행위2, 3, 5는 예비적 행위이다. 행위1은 핵심 행위로 다른 행위들에 비해 우월한 효율성을 지닌다. RPM의 효율적 포트폴리오는 핵심 행위1과 예비적 행위들의 조합으로 표현되며, 외적 행위인 행위 4는 포트폴리오에 포함되지 않는 것을 확인할 수 있다. RPM을 활용하여 정책대안을 도출한 대표적인 사례로 Casti and Ilmola(2012)의 'the Seven Shocks and Finland'가 있다. 보고서는 일곱 개 시나리오(충격)에 대한 245개의 대응책과 전략을 웹 기반 설문조사를 통해 수집하였으며, 설문조사와 RPM을 활용하여 25개의 대응책을 선발하였다.[95]

95) 최석우 외, 앞의 책, p. 43.

(2) 다기준 의사결정방법론

다기준 의사결정방법론으로는 대표적으로 다속성 효용이론(MAUT: multi-attribute utility theory), 계층화 분석법(AHP: analytic hierarchy process), 퍼지집합이론 등이 해당된다. 의사결정방법론은 최종점수를 구성하는 각 평가지표에 대해 점수라는 개념을 사용하여 전문가와 이해당사자의 견해를 이끌어내고 이것을 수치로 변환하여 각 평가지표의 가중치를 산출하는 방식을 취한다. 의사결정방법론은 잘 만들어진 구조화된 설문지를 이용하여, 이해당사자를 대상으로 설문조사를 하는 과정이 필요하다.[96]

정책대안을 도출하는 과정에는 속성들 간의 상충 때문에 자연히 선호의 상충(trade-off) 문제가 발생하게 되는데, 이를 해결하기 위해 MAUT가 개발되었다.[97] AHP는 복잡한 문제를 계층화하여 주요 요인과 세부 요인들로 분해하고 이러한 요인들에 대한 이원비교를 통해 중요도를 도출하는 방법론으로 T. Saaty가 개발했다.[98] 퍼지집합이론은 모호성과 불확실성을 체계적으로 의사결정과정에 반영하여 모형화할 수 있는 의사결정기법이다.[99] 방법론이 태동한 시기는 MAUT, AHP, 퍼지집합이론 순이다. 방법론별 의사결정 질문의 양과 응답자에게 요구하는 인식상의 부담(cognitive burden)은 MAUT의 경우가 AHP나 퍼지집합이론보다 훨씬 작다.[100] AHP의 경우 이원비교 결과로부터 가중치를 도출하기 위해 기하평균, 고유치(eigenvalue) 등을 계산하는 과정이 요구되며, 퍼지집합이론의 경우도 중요도 가치판단 결과와 확신도 가치판단 결과를 종합화하여 가중치를 도출하는 과정에서 복잡한 수학적 절차가 요구된다.[101]

96) 김우호·심기섭·장정인(2008), p. 29.
97) 위의 책, p. 29.
98) 김희규 외(2009), p. 70.
99) 김수엽 외(2009), p. 91.
100) 김우호·심기섭·장정인, 앞의 책, p. 29.
101) 위의 책, p. 29.

〈표 2-12〉 다기준 의사결정방법론의 특징과 적용분야

구분	특징	적용 분야
MAUT	대안의 속성에 대한 선호 상충 관계 고려	• 경쟁력 등 각종 지수개발 • 공공사업 평가, 정책대안 우선순위 결정
AHP	복잡한 문제를 계층화, 이원비교	• 국내 공공투자사업 예비타당성조사 정책성 분석 • 정책대안 우선순위 결정
퍼지집합이론	대안의 모호성과 불확실성을 모형화	• 리스크 관리 • 공공투자 의사결정

자료: 저자 작성

3. 소결 및 시사점

지금까지 미래 리스크 분석 방법론이 지닌 특징과 장단점에 대해 살펴보았다. 본 소절에서는 분석 방법론 고찰을 통해 미래 리스크 분석을 위한 시사점을 도출하고 적용 가능성을 모색하고자 한다.

첫째, 제1절에서 언급한 바와 같이 미래연구와 정책연구는 방법론과 접근방식에 있어 구분된다. 정책연구가 비교적 단기간과 제한된 범위를 전망하고 이에 따른 구체적인 정책방안을 제시한다면, 미래연구는 비교적 장기간에 걸친 포괄적이고 종합적인 범위를 다루면서 거시적인 변화상을 조망한다. 이에 따라 본 연구는 미래연구와 정책연구의 성격을 어느 정도 동시에 갖게 될 것이다.

둘째, 미래 리스크의 특성을 고려한 분석 방법론이 적용되어야 할 것이다. 해양수산분야의 미래 리스크는 생태계 교란, 해수면 상승 등과 같은 자연재해의 성격을 지닌 사건과 외교 갈등, 경제 위기와 같은 사회·경제적인 사건이 있을 수 있다. 사건의 발생 원인과 성격에 따라 사건의 영향을 받는 개체와 사건의 결과가 다를 수 있으므로 리스크 분석 방법론 적용은 사건의 특성을 고려하여 적용해야 할 것이다. 해양환경 분야에 영향을 미칠 수

있는 미래 리스크의 예를 들어보면, 시스템을 구성하는 요소 간 유기적인 상호 관계와 환류(feedback)가 사건 결과에 주요하게 작용될 경우라면 SD를 통한 시뮬레이션 분석이 적합할 것이다. 그러나 복합적인 사건이 아닌 단일 요인의 변화로 인한 영향 분석이 주요 목적이라면 DEA가 적합할 것이다.

셋째, 리스크 영향의 분석 대상에 따른 방법론 적용이 요구된다. 리스크 영향평가의 주요 목적이 리스크 발생으로 인한 정량적인 경제적 손실이라면 CGE 모형, 스트레스 테스트와 같은 경제학적 모형이 분석에 적합할 것이다. 리스크로 인한 피해가 시장가치로 측정하기 어려운 경우라면 비시장가치 모형의 적용이 가능할 것이다.

넷째, 분석 결과의 활용과 관련하여 미래 리스크에 대한 선제적 대응을 위해서는 다양한 분야의 의견을 수렴하여 대응 방안을 마련하여야 할 것이다. 각계의 대응 방안을 종합하고, 의사결정방법론을 적용하여 효율적인 정책대안을 발굴해서 위기를 기회로 삼는 전략을 수립하여야 할 것이다.

제3절 미래 리스크 발굴 및 분석 방법 수립

1. 미래 리스크 발굴 방법

1) 미래 리스크 발굴 절차

제2절에서 검토한 바와 같이 미래 리스크 발굴 기법은 저마다 나름의 장단점을 지니고 있기 때문에 WEF(2021) 사례에서와 같이 양적, 질적 방법의 적절한 혼용을 통한 상호보완이 필요하다. 이에 본 연구에서는 1차적으

로 정형·비정형 데이터 기반의 빅데이터 분석을 통해 예비 미래 리스크를 키워드의 형태로 도출(①~④ 단계)하고, 다음으로 연구진 브레인스토밍 및 분야별 전문가 자문을 통해 키워드의 적정성을 검토(⑤~⑥ 단계)한 후 클러스터링 과정을 통해 키워드를 문구(文句)의 형태로 군집화하고 카테고리를 설정(⑦ 단계)하였다. 예비 리스크 도출은 빅데이터 전문 분석업체인 ㈜데이터솔루션에 의뢰하여 진행하였다.

군집화된 키워드는 최종적으로 분야별 미래 리스크를 도출하고 리스크의 발생 가능성, 영향력, 통제 가능성을 고려하여 우선순위를 설정(⑧ 단계)하기 위해 전문 조사기관((주)한국리서치)에 의뢰하여 전문가와 일반 국민을 대상으로 설문조사를 실시였다. 마지막으로 이러한 8단계의 과정을 거쳐 도출된 미래 리스크에서 총괄 분야 및 해양수산분야별 10대 리스크를 도출(⑨ 단계)하였다. 이를 통해 미래 리스크의 분석 과정에 필요한 기초 정보를 제공하고, 발굴된 리스크와 분석이 유기적으로 연결될 수 있도록 하였다.

앞서 설명한 미래 리스크의 발굴을 위한 주요 방법론과 수행 절차를 도식화하여 간략히 나타내면 〈그림 2-17〉과 같다.

〈그림 2-17〉 해양수산분야 미래 리스크 발굴 절차

자료: 저자 작성

2) 적용 방법론별 세부 내용

(1) 빅데이터 분석(텍스트 마이닝 및 키워드 클러스터링)

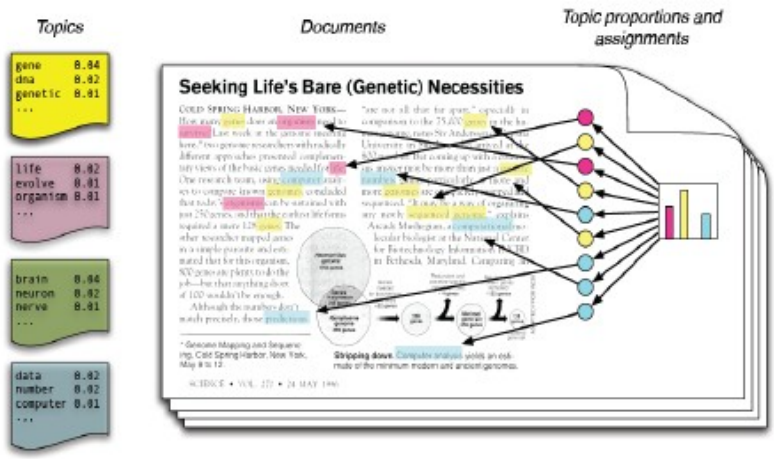
본 연구에서 활용되는 빅데이터 분석은 텍스트 마이닝 기법과 LDA 기반의 토픽모델링 기법으로 예비 미래 리스크 도출의 목적으로 활용된다. 주요 과정을 정리하면, '분석 대상 텍스트 수집→ 텍스트 변환→ 텍스트 적재→텍스트 전처리→키워드 분석→ 키워드 클러스터링 및 연관성 분석'의 6단계로 이루어져 있다.

분석 대상 텍스트는 문헌 및 인터넷 자료를 통해 수집하고, 추가로 뉴스 검색 서비스를 제공하는 온라인 플랫폼 '빅카인즈(BIG KINDS)' 등을 통해

뉴스기사 데이터를 수집한다. 수집된 데이터는 텍스트 분석이 가능한 형태로 변환하여 적재하고, 분석을 위한 주요 키워드군으로 활용할 해양수산 용어 사전 및 분석에 제외되는 키워드를 불용어 사전으로 구축한다. 사전 구축 이후 Python 또는 KNIME 등의 텍스트 분석 플랫폼을 사용하여 형태소 단위로 텍스트를 전처리하고 자연어 처리를 진행하며, 예비 미래 리스크로 활용 가능한 형태의 키워드를 추출한다.

도출된 키워드들은 플랫폼에서 제공하는 Gensim, NetworkX, Priori Rule 등의 패키지를 통해 키워드 군집화와 연관성 분석을 수행해서 문구 형태의 예비 미래 리스크(안)과 시각화된 형태의 분석 결과를 제시한다.

〈그림 2-18〉 토픽모델링을 위한 LDA 분석 방법



자료: 데이터솔루션(2021), p. 5

(2) 연구진 브레인스토밍 및 전문가 자문

양적 방법인 빅데이터 분석을 통해 수행되는 텍스트 마이닝과 클러스터링은 확립된 데이터 범위와 모델을 기반으로 신속하고 객관적인 분석 결과를 도출해주지만 도출된 결과의 적절성과 정확성은 사람의 경험과 지식,

직관을 통해 판단될 수밖에 없다. 따라서 미래 리스크 발굴은 빅데이터 분석을 기반으로 예비안을 도출한 후 질적 방법을 통해 보완되어야 한다. 본 연구에서는 분석 결과의 적정성을 연구진 브레인스토밍을 통해 검토하고 토픽모델링의 결과물인 문구를 정리하였다.

이후, 정리된 예비안을 바탕으로 해양수산 세부 분야별 전문가와 미래예측 또는 리스크 관련 분야의 전문가들을 대상으로 자문회의를 실시하였다. 자문회의에서는 예비안에는 포함되지 않았지만 전문가의 경험과 지식을 통해 추가·보완이 필요한 리스크를 발굴하고, 포함된 리스크 중에서 부적절한 리스크는 제외하거나 수정하는 과정을 거쳤다. 연구진 브레인스토밍과 전문가 자문을 거쳐 최종적으로 도출된 미래 리스크 예비안은 해양수산분야에서 발생하여 일반 사회경제로 퍼져나가는 리스크와 타 분야에서 발생하여 해양수산분야에 영향을 미치는 리스크로 재분류하고 경제, 기술, 사회, 정치 등 카테고리를 설정하여 매칭시켰다.

(3) 설문조사

카테고리별로 유형화된 예비 미래 리스크는 전문가 100명과 일반 국민 2,000명을 대상으로 설문조사를 통해 최종 미래 리스크로 확정키로 하였다. 설문조사에서는 예비 리스크의 발생 가능성, 발생 시기, 영향력 등을 질의해서 전문가와 일반 국민이 생각하는 분야별 주요 미래 리스크를 도출하고 우선순위를 파악하였다.

설문조사를 통해 도출된 10대 미래 리스크와 우선순위는 향후 발생 시 우리 사회에 큰 영향을 미칠 수 있고 시급성이 높은 것들이기 때문에 우선적으로 분석할 필요가 있다.[102] 따라서 토픽모델링의 과정에서는 설정되지 않은 우선순위를 전문가와 일반 국민 대상의 설문을 통해 집단지성을 활용

102) 다만 분야별 특성을 고려하여 10대 리스크에 포함되지 않더라도 필요한 경우 분석 대상으로 선정하였음

해서 보완하는 과정이 반드시 필요하다. 이 과정을 통해 선정된 미래 리스크는 사회에서 관심도가 높은 대상으로 분석의 필요성과 당위성을 확보할 수 있으며, 일반적으로 빅데이터 기반 방법론이 가지는 단점을 보완하여 보다 중요한 정보들을 얻을 수 있다.

2. 미래 리스크 분석 방법

1) 분야별 리스크 분석 범위

본 연구에서는 해양, 수산, 해운, 항만분야에 대해 리스크 분석을 수행한다. 델파이 기법, 브레인스토밍 기법 등을 활용하여 발굴된 리스크를 정의하고, 시나리오 기법 및 SD 모형을 활용하여 리스크를 구체화하며 파급효과 맵을 작성하고자 한다. 파급효과분석 단계에서는 수산물 가격변화 요인과 해양환경 및 생태계 영향을 SD 모형을 적용하여 분석하고, 항만생산성 예측을 위해 DEA-토빗 모형을 적용한다. 또한 텍스트 마이닝 기법을 적용하여 리스크 요인이 해운운임 변화에 미치는 영향을 분석한다.

〈표 2-13〉 본 연구의 분야별 미래 리스크 분석 방법

분석 단계	분석 대상	방법론
1. 분석 대상 리스크 정의	리스크의 정의, 범위, 촉발동인	• 델파이, 브레인스토밍, 워크숍
2. 파급효과 맵 작성	시나리오 작성 파급효과 맵 작성	• 시나리오 기법 • SD
3. 파급효과 분석	수산물 가격 변화 해양환경 및 생태계 영향 항만생산성 예측 해운운임 변화	• SD • SD • DEA-토빗 모형 • 텍스트 마이닝
4. 정책대안 도출	정책대안 도출 및 평가	• 다기준 의사결정방법론

자료: 저자 작성

2) 적용 방법론별 추진 절차

(1) SD

SD는 시스템 사고에 기반하여 모형을 구축한다. 시스템 사고란 시스템을 구성하는 상호의존적 변수 간의 관계를 고찰하여 이들 사이의 순환 고리를 이해하는 사고체계라고 할 수 있다.[103] SD에서 변수 간 순환고리는 원형의 피드백 구조를 지니는데, 이는 변수들이 일방향의 단선적인 영향을 주는 것이 아니라 원형의 인과 관계에서 동태적인 상호작용을 하는 것을 의미한다.[104]

SD 모형의 구축 과정은 개념화(conceptualization), 모델링(formulation), 검증(testing), 활용(implementation) 등 총 4단계를 거친다.[105] 개념화 단계에서는 연구 대상을 정하고 분석 기간과 연구 대상에 영향을 미치는 변수들을 설정한다. 이 과정에서 변수 간 피드백 구조를 설명하고, 시스템의 기본적인 구조를 인과지도로 표현한다. 또한 변수 간 상호작용의 동태적인 움직임의 기준이 되는 준거 모드를 작성한다. 모델링 단계는 모형을 구축하고, 변수의 파라미터 값을 결정한다. 검증 단계에서는 변수 간 피드백 구조의 타당성을 검증한다. 모델의 활용은 시뮬레이션 분석의 결과를 제시하며 시사점을 도출한다.

103) 최기열, 앞의 책, p. 20.
104) 채여라 외, 앞의 책, p. 3.
105) 위의 책, p. 5.

〈표 2-14〉 SD 적용 절차

개념화	1. 문제의 이해 2. 연구주제의 구체화 3. 시스템 경계 설정 4. 준거 모드 작성 및 피드백 구조 설명 5. 인과지도 작성
↓	
모델링	1. 모델 구축 2. 저량 변수와 유량 변수의 구분 및 파라미터 값 설정
↓	
검증	1. 모델의 결과와 준거 모드 간의 비교 2. 가정 검증 3. 변수 간 관계 및 파라미터 값 타당성 검증
↓	
활용	1. 모델 형태의 검증 2. 분석 결과를 바탕으로 시사점 도출

자료: 채여라 외(2016), p. 5, 〈표 2-2〉를 바탕으로 저자 재작성

(2) DEA 및 토빗회귀분석

DEA 및 토빗회귀분석의 연구 수행절차는 다음과 같은 세 개의 단계를 거친다. 1단계로 상대적 효율성을 평가할 대상을 설정한다. 그리고 DEA 적용을 위한 투입·산출 변수를 결정한다. 2단계로 DEA 모형을 통해 DMU들의 효율성을 분석한다. 이때 투입량과 생산량의 관계를 고려하여 CCR, BCC 모형 등 어떤 DEA 모형을 적용할지 결정하며, 효율성의 통계적 유의성 검정이 필요한 경우 부트스트랩 DEA를 적용하기도 한다. 마지막 3단계로 효율성 결정 요인을 분석하기 위해 2단계에서 산출된 효율성을 종속 변

수로 한 회귀분석을 수행한다. 회귀분석모형은 단절회귀분석모형이 사용되며 주로 토빗회귀모형을 사용한다.

〈표 2-15〉 DEA(2단계 분석법) 적용 절차

평가 대상 및 투입·산출 변수	1. 분석 대상 설정 2. 투입 변수 및 산출 변수 결정
↓	
효율성 분석	1. DEA 모형을 통한 효율성 분석
↓	
효율성 결정 요인 분석	1. 효율성을 종속 변수로 한 회귀분석 수행 2. 회귀분석 결과를 바탕으로 효율성 결정 요인을 분석

자료: 박만희(2015), p. 479를 바탕으로 저자 재작성

(3) 다기준 의사결정방법론

다기준 의사결정방법론의 적용 절차는 크게 3단계로, 준비 단계, 적용 단계, 평가 및 선택 단계로 구분된다. 본 소절에서는 MAUT를 예를 들어 적용 절차를 설명하고자 한다. 준비 단계에서는 이해 관계자의 범위를 설정하고 미래 리스크 정책대안 도출 목적과 범위를 정한 후 평가 대안 정책들의 집합을 구성한다. 적용 단계에서는 개별 대안이 지닌 속성을 결정하고 속성의 척도를 구성하고 속성의 효용을 도출할 기법을 선택한다. 평가 및 선택 단계에서는 개별 정책대안을 평가하고 최적의 정책대안을 선택한다.

〈표 2-16〉 다기준 의사결정방법론(MAUT) 적용 절차

준비 단계	1. 이해 관계자 범위 설정 2. 문제의 범위와 목적 제시 3. 평가 대안 집합 구성
↓	
적용 단계	4. 개별 대안의 속성 결정 5. 개별 속성의 척도 개발 6. 개별 속성의 효용도출 기법 선택 7. 개별 속성에 대한 개별 대안 효용 부여
↓	
평가 및 선택 단계	8. 효용함수모형 선택 9. 개별 정책대안 평가 10. 최선의 정책대안 선택

자료: 김우호·심기섭·장정인(2008), p. 37을 바탕으로 저자 재작성

03
해양수산분야 미래 리스크 발굴

제1절 해양수산분야 예비 리스크 도출

1. 빅데이터 분석 개요

본 절에서는 빅데이터 분석을 활용하여 해양수산분야에서 중요하게 다루어지고 있는 미래 리스크 키워드를 도출하기 위한 절차와 방법을 살펴본다. 본 연구에서는 다양한 빅데이터 분석 방법 중에서도 해양수산분야 전문가들이 저술한 논문과 보고서 등의 문헌자료와 뉴스기사 데이터를 이용한 비정형 데이터 분석 방법을 활용하였다. 구체적으로 해양수산분야 및 미래분야의 대표적인 국내외 저널에 게재된 논문 데이터와 중앙지 및 지역지에 실린 뉴스기사를 수집하여 분석에 활용하였다. 그뿐만 아니라 각국 정부와 국제기구, 그리고 우리나라 정부에서 발표한 관련 계획과 전략 등의 문헌자료 역시 미래 리스크 키워드 발굴을 위한 텍스트 데이터로 수집 대상에 포함했다.

현윤진 외(2013)에 따르면, 텍스트 데이터는 현실 세계에서 정보를 교환하고 자신의 의사를 표현하는 방법으로 가장 널리 사용된다. 많은 연구자는 풍부한 정보를 담고 있는 텍스트 데이터에 대한 분석을 통해 의미 있는

지식을 발견하기 위해 노력하고 있다. 방대한 텍스트로부터 유용한 정보를 추출하는 텍스트 마이닝은 데이터 마이닝, 자연어 처리, 정보 검색, 전산언어학, 토픽 추적 등 여러 분야의 기술을 종합적으로 활용된다.[106] 자연어 처리 기술은 텍스트 마이닝의 성패를 좌우하는 핵심 기술이라고 할 수 있으며, 자연어 처리의 대상이 되는 텍스트는 분석 목적에 따라 행렬, 계층, 벡터 등 다양한 형태로 표현된다. 분석의 최소 단위는 각 문서이며, 여기서 문서란 제목, 요약, 본문, 문서 전체 등 텍스트로 기술된 모든 데이터를 일컫는 폭넓은 개념으로 사용된다.[107]

본 연구에서는 해양수산 및 미래학문의 전문가들이 작성한 문헌정보와 언론매체의 기사 정보를 분석함으로써 해당 분야의 전문가의 의견들을 데이터로 반영한 것이며, 텍스트 데이터 분석을 통해 해양수산분야의 미래에 대한 다양한 시그널을 찾을 것으로 기대된다. 종합하면 일차적으로 데이터의 수집과 분석을 통해 해양수산분야 및 미래분야에서 다루어지고 있는 리스크 관련 주요 키워드를 도출하고, 토픽모델링을 통한 키워드 군집(클러스터링)을 바탕으로 이슈 키워드 간의 연관 관계를 도출하여 최종적으로 미래 리스크를 도출하는 것이 목적이다.

2. 빅데이터 분석 과정과 방법

1) 개요

본 연구에서는 2018년도부터 2021년도 1/4분기까지 발표된 논문 정보 및 언론매체 기사를 수집하였다. 논문은 저널을 기반으로 해당 기간에 발표된 논문을 수집, 언론매체 기사는 해양수산분야 키워드 수요조사를 통해

106) 현윤진 외(2013), pp. 231~257.
107) 유은지 외(2012), pp. 137~161.

선정된 키워드를 중심으로 빅카인즈에서 제공하는 데이터를 활용하였다.[108]

수집된 데이터 수는 논문 8,209건, 언론매체 기사 38만 315건, 해양수산부분 정책·전략 문서 78건을 수집하였으며, 상세 수집 대상 저널 및 언론매체 검색 키워드는 〈표 3-1〉, 〈표 3-2〉, 〈표 3-3〉과 같다.

〈표 3-1〉 해양수산 및 미래 분야 주요 이슈 분석 개요

구분	분석 개요
대상 기간	2018년 1/4 분기 ~ 2021년 1/4 분기
대상	논문 및 언론 기사(중앙지 5종, 지방지 15종)
문서 건수	논문: 8,209건 기사: 380,315건 정책·전략: 78건
수집 사이트	저널별 홈페이지 및 한국언론진흥재단 빅카인즈
분석 방법	토픽모델링 및 연관성 분석

자료: 저자 작성

〈표 3-2〉 데이터 수집 대상 해양수산 및 미래 관련 저널 현황

저널명	수집 문서 수	저널명	수집 문서 수
한국수산경영학회지	37건	Marine and Coastal Fisheries	116건
한국수산과학회지	308건	Marine Fisheries Review	23건
한국해양환경·에너지학회지	99건	Maritime Economics and Logistics	7건
해양환경안전학회지	273건	Technological Forecasting and Social Change	1,192건
한국해양학회지	59건	Maritime Policy and Management	206건
한국항만경제학회지	101건	International Journal of Forecasting	184건

108) BIGKinds(검색일: 2021.7.22)

저널명	수집 문서 수	저널명	수집 문서 수
한국항해항만학회지	148건	Long Range Planning	180건
한국해사법학회지	100건	Transport Review	180건
해양물류연구	95건	Fisheries Management and Ecology	210건
수산경영론집	71건	Marine Pollution Bulletin	1,536건
해양정책연구	64건	Marine Environmental Research	692건
미래산업연구소	11건	Marine policy	1,352건
The Asian Journal of Shipping and Logistics	99건	Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review	738건
Journal of Futures Studies	128건	합계	8,209건

자료: 저자 작성

〈표 3-3〉 언론매체별 수집 키워드 및 수집 문서 수

해양	수산	해운	항만
해양	수산	해운	항만
해양관광	어촌	해사	부산항
해양 쓰레기	어민	선원	인천항
섬 or 도서	어항	선사	광양항
북극	낚시	선박	국제물류
독도	어업	컨테이너	물류
해양수산	양식업	해사안전	물동량
해양정책	원양어업	항만운영	
해양환경	수산물	항만개발	
해양안보	해산물	자율운항선박	
해양영토	수산식품	등대	
해양공간정보	수산보조금	선박금융	
극지	수산자원	여객선	
해양산업	수산시장	LNG 선박	
해양자원개발	수산물 원산지	LNG 벙커링	

해양	수산	해운	항만
해양과학기술	위판장	항로	
해상풍력	어선	항만자동화	
해양생물	어촌뉴딜300	항만배후단지	
크루즈	관상어	해운 수산 4차산업혁명	
연안	활어차	해난사고	
해양문화	수산물위생	현대상선	
해수면 상승	수산물가격		
무인도			
어촌계			
해양에너지			
해양심층수			
미세플라스틱			
천일염			
소금			
문서 수: 111,628건	문서 수: 95,713건	문서 수: 60,412건	문서 수: 112,562건

자료: 저자 작성

수집된 문서를 기반으로 텍스트 데이터를 정제하는 단계를 수행한다. 텍스트 데이터 정제 수준 설정을 위해 지속적으로 결과 확인과 데이터 정제를 반복적으로 수행하며 적정 수준을 탐색한다. 과도하게 정제되는 경우 이미 알려진 사실만이 나타나게 되고, 정제 수준이 낮을 경우 다듬어지지 않은 어휘가 그대로 결과에 포함되어 분석의 신뢰성을 저하시킨다. 일반적으로 실무에서 높은 정제 수준이 필요한 분석의 경우에 용어 사전(Start List)을 사용하고, 다양한 어휘를 결과에서 제시하고 싶은 경우에는 제한된 수준의 불용어 사전(Stop List)을 사용하게 된다.[109] 이때 용어 사전을 사용한 분석에서 용어 사전이 충분히 많은 수의 어휘를 포함하지 않으면 분석 결과가 상투적으로 나타나게 되며, 불용어 사전을 사용한 분석에서는 불용

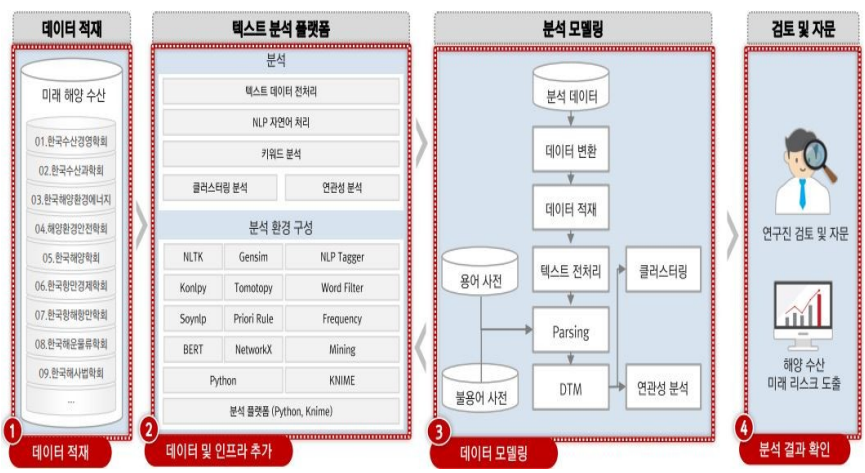
109) 김다솜 외(2015), pp. 33~48.

어 사전이 충분히 많은 수의 어휘를 포함하지 않으면 분석 결과에 덜 다듬어진 어휘가 나타나게 된다.[110] 본 연구에서는 불용어 사전을 지속적으로 개선하여 결과를 개선하는 방향으로 진행하였다.

2) 분석 절차 및 방법

해양수산 및 미래 리스크 관련 문서를 수집한 후 이를 분석하기 위해서 텍스트 데이터 분석 플랫폼을 구성하였으며, 키워드 클러스터링 및 연관성 분석을 통해 해양수산분야의 미래 리스크를 도출하였다. Python을 이용한 Jupyter Notebook 환경에서 분석을 수행하였다. 분석에 활용한 주요 Python 패키지 및 수행 환경과 분석 프로세스는 〈그림 3-1〉과 같다

〈그림 3-1〉 데이터 분석 전체 프로세스



자료: 저자 작성

110) 위의 책, pp. 33~48.

〈표 3-4〉 빅데이터 분석 환경 설정

구분	설명
CPU	12 core
Memory	32 GB
HDD	1 TB
Python	Version: 3.7.9 주요 패키지: apriori, gensim, JPype1, konlpy, lxml, nltk, numpy, openpyxl, pandas, scikit-learn, stanza, xlrd 등

자료: 저자 작성

① 데이터 적재: 미래 해양수산 데이터 수집 및 적재

② 데이터 및 인프라: Python 환경 또는 KNIME을 이용한 텍스트 데이터 분석 환경 구축

③ 데이터 모델링: 분석에 주요 키워드군으로 활용할 해양수산 용어 사전 및 분석에 제외되는 키워드를 불용어 사전으로 정리하여 주요 키워드 도출 및 클러스터링(토픽분석), 연관성 분석 결과 도출

④ 분석 결과 확인: 연구진 검토 및 자문 단계에서 해양수산 관련 미래 리스크 및 일반 리스크를 도출

3) 텍스트 분석 모델링

수집된 데이터를 분석하기 위해 다음과 같은 순서로 진행하였다.

〈그림 3-2〉 텍스트 분석 모델링 개념도

자료: 저자 작성

데이터 변환 및 적재 단계에서는 분석 플랫폼에 적용하기 위해 PDF, MS-Word, HWP 파일을 TXT 파일로 변환하며, 이 과정에서 이미지 데이터는 제거하였다. 이미지가 제거된 파일의 공백으로 인해 이후 단계에서 발생할 오류들 제거하기 위해 TXT 파일 크기가 0인 문서는 최종적으로 분석에 제외하였으며, 이미지 데이터 제거로 생성된 공백은 모두 변환하여 문서에서 공백을 최소화한 분석 데이터를 생성, 적재하였다.

데이터 전처리 단계에서는 분석 단위를 문서 단위로 지정하고, 사용자 용어 사전과 불용어 사전을 생성하여 분석에 적용하였다. 갖고 있는 데이터에서 유의미한 단어 토큰(Token)만을 선별하기 위해서는 큰 의미가 없는 단어 토큰을 제거하는 작업이 필요하다. 큰 의미가 없는 단어란 자주 등장하지만 분석하는 데 있어서는 크게 도움되지 않는 단어를 의미한다.[111] 대상 데이터에서 예를 들면 '그간', '이날', '마련' 등과 같은 단어는 문장에서는 자주 등장하지만 실제 의미 분석을 하는 데는 거의 이바지하는 바가 없는 단어를 불용어 사전에 반영하였다.[112] 사용자 용어 사전은 사전에 정의된 해양수산용어 사전을 이용하여 키워드를 적용하였다. 해양수산 용어 사전은 국문과 영문에 적용될 두 개의 용어 사전을 구축하였으며, 각각 영문 약어, 복합 명사를 사전에 정의하였다. 이를 통해 문서를 파싱(Parsing)하여도 키워드가 서로 나눠지지 않게 하여 분석 결과 해석 시 왜곡이 적도록 하였다.

111) WikiDocs(검색일: 2021. 11. 1)
112) 위의 자료(검색일: 2021. 11. 1)

〈표 3-5〉 불용어 사전 작성(일부)

기타 키워드	인명 키워드	장소 키워드
사업	이씨	국정원
지역	노무현	서향1교
추진	조동호	부림시장번영회
한국	진호일	한국수영교육협회
기업	이정목	시라큐스
예정	박철진	태권도원
세계	장기영	부산시인협회
그간	김향식	광주기상청
000만	박환주	오정동농수산물시장
냉장고	차인혁	㈜KSS해운

자료: 저자 작성

〈표 3-6〉 사용자 사전 작성(일부)

국문 용어 사전	영문 용어 사전
시아이큐	C.I.Q., Customs, Immigration, Quarantine, CIQ
식물성플랑크톤	Phytoplankton
신개념선박구조기준	GBS, Goal-Based New Ship Construction Standards
신규 점검제도	NIR, New Inspection Regime
신호홍염	Hand Flare
실용염분단위	Practical Salinity Scale 1978, PSS78
심해시추계획	ODP
심해어	Deep sea fish
심해어장	Demersal fishing ground
심해파	deepwater wave

자료: 저자 작성

이와 같은 절차를 통해 원문 문서 즉, 비정형 데이터가 키워드로만 나열된 분석데이터를 다시 정형 데이터로 변경해, 이를 분석하였다.

분석은 크게 두 가지 방법을 사용하였다. 키워드 군집화 방법 중 하나인 토픽모델링과 연관성 분석을 활용하였다. 토픽모델링은 문서에서 존재하는 토픽을 추출하는 기법으로 토픽은 문서의 주제를 뜻한다.[113] 문서 분석의 경우 어떤 단어가 특정하게 분포하는 것을 토픽이라고 한다. 예를 들어 '해양안전'에 대한 단어가 다른 단어보다 많이 나오면 그 문서의 토픽은 해양안전과 관련되었다고 볼 수 있다. 토픽모델링은 문서가 토픽들로부터 생성된 단어로 이루어진다. 문서가 토픽에 기반하여 생성된다고 가정하면 문서 내용을 단순히 단어가 아니라 토픽이라는 큰 의미 단위를 통해 파악할 수 있다. 일반적으로 토픽에 따라서 단어가 나오는 비율만 달라질 뿐 단어의 순서는 고려하지 않는다.[114]

대표적인 토픽 모델링 알고리즘인 LDA(Latent Dirichlet Allocation, 잠재 디리클레 할당)는 문서의 집합에서 주제 키워드를 찾아내는 방법이다. LDA는 문서 안의 개별 토픽들이 모두 디리클레 분포(Dirichlet Distribution)를 따른다. LDA 문서 생성 과정은 〈표 3-7〉과 같다.[115]

〈표 3-7〉 LDA 문서 생성 과정

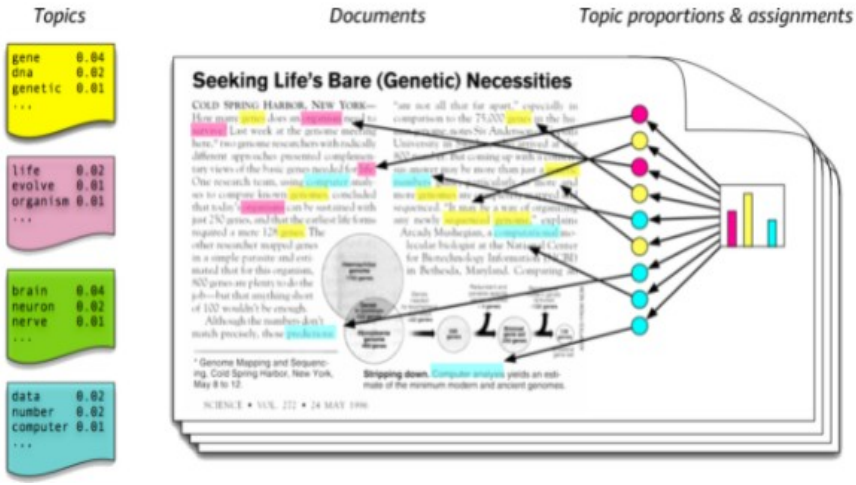
- 문서에 단어가 몇 개 있는지 결정한다.
- 문서마다 토픽이 어떻게 분포되어 있는지, 토픽마다 단어 분포가 어떤지 디리클래 분포(Dirichlet Distribution)에 따라 정의한다.
- 문서의 제일 첫 단어부터 끝 단어까지 다음 과정을 수행한다.
- 현재 위치의 단어가 어떤 토픽과 관계있는지 정한다.
- 현재 위치의 토픽에 따라 단어의 분포를 결정하고 그중에서 가장 높은 확률의 단어를 선택한다.

자료: 김승연·정용주(2017)를 토대로 저자 작성

113) 정인수(2020), p. 2.
114) lee79ho 블로그(검색일: 2021. 11. 1)
115) 김승연·정용주(2017)

결과적으로 이것은 문서가 어떤 토픽을 가질 확률, 각 위치의 단어가 어떤 토픽에 해당할지의 확률, 그 토픽에 따라 단어가 어떤 확률로 생성될지 정의해서 문서를 확률 모델로 설명한 것이다. LDA를 통해 각 토픽이 어떤 단어로 이루어져 있는지 문서가 어떤 토픽을 가지고 있는지 알 수 있으며 추출한 토픽 정보를 이용한 분류에 사용된 피처(Feature)를 만들기도 하고, 문서를 요약하거나 군집화에 이용한다.[116] 〈그림 3-3〉에서 노란색 토픽에는 gene이라는 단어가 등장할 확률이 0.04, dna는 0.02, genetic은 0.01임을 알 수 있다.

〈그림 3-3〉 토픽 모델링 개념도[117]



자료: ratsgo 블로그, 「Topic Modeling, LDA」(검색일: 2021. 7. 5)

토픽 모델링은 김남규 외(2013)에 따라 총 네 단계의 과정으로 진행하였다. 우선 첫 단계에서 분석이 가능한 형태로 전처리된 텍스트 데이터를 입력으로 받고, 2단계에서 텍스트 데이터를 각각의 토큰으로 분리하는 파싱

116) lee79ho 블로그(검색일: 2021. 11. 1)
117) ratsgo 블로그(검색일: 2021. 7. 5)

을 수행한다. 3단계에서는 파싱된 키워드를 특정 조건에 따라 필터링하며, 마지막 4단계에서 각 키워드의 출현 패턴에 따라 주요 토픽을 구성하고 토픽 구성 어휘를 발굴한다.[118] 토픽 모델링은 주로 TF-IDF 가중치에 근거하여 수행된다. TF-IDF(Term Frequency-Inverse Document Frequency)는 한 문서 안에 출현하는 단어의 중요도를 산술적인 수치로 계량화하여 나타내는 방법이다. 여기서 TF란 문서 내 특정 단어가 얼마나 출현했는지를 나타내는 수치이며, IDF는 문서 내 추출된 용어의 중요도를 나타내는 수치이다. 이들 각각은 다음과 같은 식에 의해 계산되며, 다음 식에서 d와 t는 각각 특정 문서와 용어를, |d|는 전체 문서의 수를, |dt|는 용어 t를 포함하는 문서의 수를 나타낸다.

$$TF-IDF(d,t) = TF(d,t) \times IDF(t)$$

$$TF(d,t) = \begin{cases} 0 & \text{if } freq(d,t) \\ 1+\log(1+\log(freq(d,t))) & otherwise \end{cases}$$

$$IDF(t) = \log \frac{1+|d|}{|d_t|}$$

토픽 모델링을 수행하여 얻은 초기 결과에서 도출된 키워드에는 접두사, 접미사, 혹은 단일 음절 등이 상당히 많이 포함되어 있었다. 이는 분석 도구가 가진 품사 인식의 한계로 보이며, 이러한 한계를 극복하기 위해 본 연구에서는 불용어 사전을 지속적으로 보완하면서 토픽 모델링을 수차례 수행하여 결과를 도출하였다.[119]

118) 김남규 외(2013), p. 29.
119) 위의 책, p. 29.

〈표 3-8〉 해양수산 미래 리스크 문헌 LDA 결과 예시

토픽 ID	키워드	라벨링
1	서식, 환경, 갯벌, 식생, 변화, 갈대, 정점, 서식지, 인자, 바지락	갯벌 생태
2	연안, 여객, 터미널, 여객선, 선박, 항로, 운항, 국제, 개선, 투입	연안여객터미널 경영 효율성 평가 및 개선
3	회수, 어촌, 장치, 소멸, 기계, 위험, 해저, 주택, 성능, 물질	항만 해저침적 위험유해물질(HNS) 회수용 기계장치
4	중국, 남중국해, 해양, 필리핀, 분쟁, 군도, 인공, 관할권, 참조, 영유	중국의 남중국해 해양관할권 강화 정책, 남중국해 분쟁
5	방제, 오염, 해양, 배치, 방제선, 해양환경, 녹색, 기름, 필요, 선박	해양오염 방제
6	원자력, 안전, 수산물, 시설, 오염, 사고, 법령, 물질, 법제, 피해	원자력시설 안전관리
7	폐기물, 해양, 순환, 오염, 파리, 물질, 발생, 재활용, 해양환경, 폐기물관리법	해양 폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법
8	패류, 대장균, 해역, 시료, 세균, 위생, 오염, 채취, 자란만, 검출	패류양식장의 세균학적 수질, 대장균의 함량
9	상조, 인신매매, 난자, 공의무, 원제, 방지, 협약, 해상, 선원, 보호	인신매매 방지법
10	물질, 농도, 시험, 동형, 채집, 독성, 오염물질, 노출, 유용, 생물	생태독성시험, 화학물질 또는 유해 환경오염물질

자료: 저자 작성

연관성 분석은 항목 간의 상호 관계 혹은 종속 관계를 찾아내는 분석이다. 연관성 분석을 장바구니 분석이라고도 한다. 연관성 분석을 신뢰할 수 있는 지표는 지지도, 신뢰도, 향상도가 있다.[120]

'지지도'는 빈발 아이템의 집합을 판별하는 데 활용되는 것으로, 다음의 식과 같이 조건절(A)이 발생할 확률로 정의한다.

$$For\,the\,rule\,A \rightarrow B,$$
$$support(A) = P(A)$$

120) 이하의 내용은 ratsgo의 블로그 「연관규칙분석(A Priori Algorithm)」을 토대로 정리하였음(검색일: 2021. 7. 5)

아이템 집합 간의 연관성 강도를 측정할 수 있는 신뢰도는 다음과 같이 조건절(A)이 주어졌을 때 결과절(B)이 발생할 조건부확률로 정의한다.

$$Confidence\,(A \rightarrow B) = \frac{P(A,B)}{P(A)}$$

생성된 규칙이 실제 효용가치가 있는지를 판별하는 데 사용되는 향상도는 다음의 식과 같이 조건절과 결과절이 서로 독립일 때와 비교해 두 사건이 동시에 얼마나 발생하는지를 비율로 나타난다. 예를 들어, 향상도가 1이면 조건절과 결과절은 서로 독립임을 뜻한다. 향상도가 2라면 두 사건이 독립이라는 걸 가정했을 때와 비교해서 두 배로 긍정적인 연관 관계를 의미한다.[121]

$$Lift(A \rightarrow B) = \frac{P(A,B)}{P(A) \cdot P(B)}$$

일반적으로 규칙의 효용성은 지지도, 신뢰도, 향상도 세 가지를 모두 반영해 평가한다. 임의의 규칙1이 규칙2보다 효과적인 규칙이라는 이야기를 하려면 세 지표가 모두 클 경우에만 그렇다고 결론을 내릴 수 있다.[122]

정제된 문서의 용어 사이의 연관 관계는 지지도와 신뢰도로 표현되며, 지지도에 기반을 둔 연관 규칙은 '전체 품목 중에서 항목 A와 항목 B가 발생할 확률은 xx%이다'와 같은 형태로 기술할 수 있으며, 신뢰도에 기반을 둔 연관 규칙은 '항목 A가 발생했을 때 항목 B가 발생할 확률이 xx%이다'와 같은 형태로 기술된다.[123] 연관성 분석 결과는 확률과 기댓값에 기반하고 있다. 텍스트 분석에 적용되는 연관성 분석은 문서를 단위에 포함된 키워드 대상으로 분석을 진행한다. 텍스트 분석에서 연관성 분석을 활용할 때에는 원인과 결과의 직접적인 인과 관계로 해석해서는 안 되며, 항목 간

121) ratsgo 블로그, 「연관규칙분석」(검색일: 2021. 7. 5)
122) 위의 자료(검색일: 2021. 7. 5)
123) 현윤진 외, 앞의 책, p. 242.

의 상호 관련성이 있는 것으로 해석하는 것이 바람직하다. 연관성 분석 결과는 〈표 3-9〉와 같다. 결과를 보면 '선박' – '사고', '책임' – '선박', '선박' – '해양', '선박' – '안전' 등 관련 키워드가 서로 연관되어 있음을 확인할 수 있으며, 이를 통해 해양 선박 사고 안전 관련 내용이 해양수산분야의 하나의 미래 이슈임을 확인하였다.

〈표 3-9〉 해양수산분야 미래 리스크 문헌 연관성 분석 결과(일부)

규칙 ID	발생 키워드	결과 키워드
757	선원	선박
698	선박	안전
711	책임	선박
655	책임	해상
414	기관	선박
287	선박	사고
610	안전	사고
174	선박	해양
175	안전	해양

자료: 저자 작성

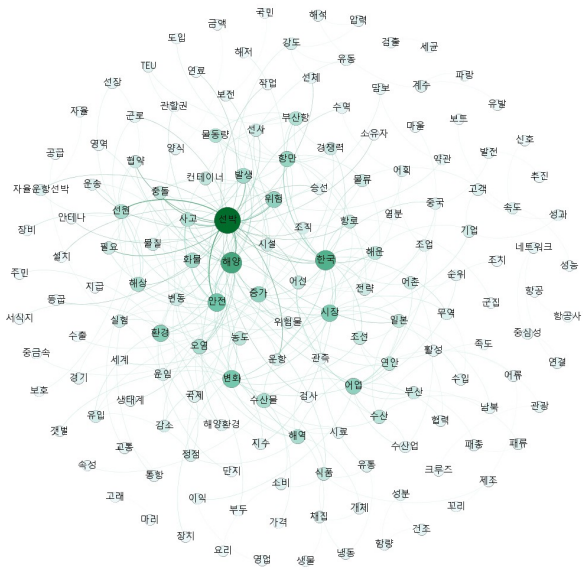
연관성 분석의 경우 위와 같은 케이스가 여러 개 생성되며, 모든 결과를 한 번에 확인하기 어렵다는 단점이 있다. 이와 같은 단점은 키워드 간 연결관계를 시각화하여 연관성 분석 결과를 확인할 수 있다.

데이터 시각화는 연관성 분석 결과를 네트워크 분석(network analysis)을 이용하여 시각화하였다. 네트워크 분석은 주어진 구성 요소(node) 간의 관계(Edge)를 그래프화하였다. 본 연구에서는 키워드를 Node로, 동시 출연 여부를 Edge로 설정하여 시각화하였으며, 시각화 도구로는 오픈소스인 Gephi[124]를 이용하였다. Graph Type은 키워드 간의 방향성 정보를 제외한 Undirected를 선택하였다. Node 간의 연결강도에 따라 사이즈 및

124) Bastian, Heymann, and Jacomy(2009)

색상을 달리 했다. Gephi를 통해 분석 결과를 시각화한 결과는 다음 〈그림 3-4〉와 같다.

〈그림 3-4〉 연관성 분석 결과 시각화 예시



자료: 저자 작성

토픽모델링의 과정에서 한 토픽을 구성하는 초기 키워드는 20개로 설정하였다. 각 토픽모델링 결과에 대해서는 연구진 검토와 브레인스토밍을 통해 토픽에 포함된 키워드의 적절성 여부를 확인하고, 불필요한 키워드는 제외해 최종적으로 한 토픽을 구성하는 키워드를 10개로 수정하였다. 그뿐만 아니라 토픽을 구성하는 키워드 간의 연관성을 고려하여 토픽명을 결정하는 라벨링을 수행하였다. 라벨링은 1차적으로 한 토픽을 대표할 수 있는 하나의 '명사' 또는 형용사가 부가된 '형용사+명사'의 형태로 수행하였다. 1차 라벨링 결과의 타당성과 해양수산분야와의 연관성을 연구진 회의를 통해 검토하여 라벨링 가능한 토픽과 불가능한 토픽으로 분류하였다.

1차 라벨링 이후 라벨링이 가능한 토픽군에 한정하여 각 토픽을 구성하고 있는 키워드 중에서 구체적인 리스크를 의미하거나 리스크 요인으로 판단되는 키워드를 토픽명과 연관 지어 2차 라벨링을 수행하였다. 2차 라벨링 결과에 대해서도 1차 라벨링과 마찬가지로 해양, 수산, 해운물류, 항만의 분야별 연구진들을 통해 적절성을 검토하고, 최종적으로 미래 리스크에 해당하는 토픽을 분야별로 30개씩 선정하였다.

3. 예비 리스크 도출 결과

1) 출처별 도출 결과

해양수산분야 미래 리스크 발굴을 위해 1차적으로 수집된 데이터를 논문, 언론기사 및 해양수산분야 정책·전략 등 출처별로 구분하여 예비 리스크 결과를 도출하였다. 출처별로 도출된 결과는 다시 해양, 수산, 해운물류, 항만의 네 개 분야로 분류하였다. 논문 데이터는 국내 저널과 해외 저널의 두 가지 채널을 통해 수집하였기 때문에 논문 데이터에 한해서는 토크닝(Tokening)을 위해 국문과 영문이라는 언어적 특성별로 나누어 분석을 수행하였다. 언론 기사는 수집 과정에서 이미 '해양', '수산', '해운', '항만'의 분야별로 데이터를 수집하였기 때문에 결과 또한 분야별로 도출하였다. '정책·전략', '국문 논문', '영문 논문', '해양', '수산', '해운', '항만' 일곱 개 부분에 대해 결과를 정리하였다. '국문 논문', '영문 논문'은 100개의 토픽을 도출하였으며, '정책·전략', '해양', '수산', '해운', '항만' 부분은 50개의 토픽을 도출하였다. 또한 분야별로 연관성 분석을 수행하였다.

토픽모델링의 결과에 대해서 토픽별로 묶인 문서의 내용을 비교 및 검토하여 라벨링을 작성하였으며, 이를 통해 해양수산분야 예비 미래 리스크를 도출하고 최종 결과를 정리하였다.

〈표 3-10〉 해양수산분야 예비 리스크(정책·전략_토픽모델링)

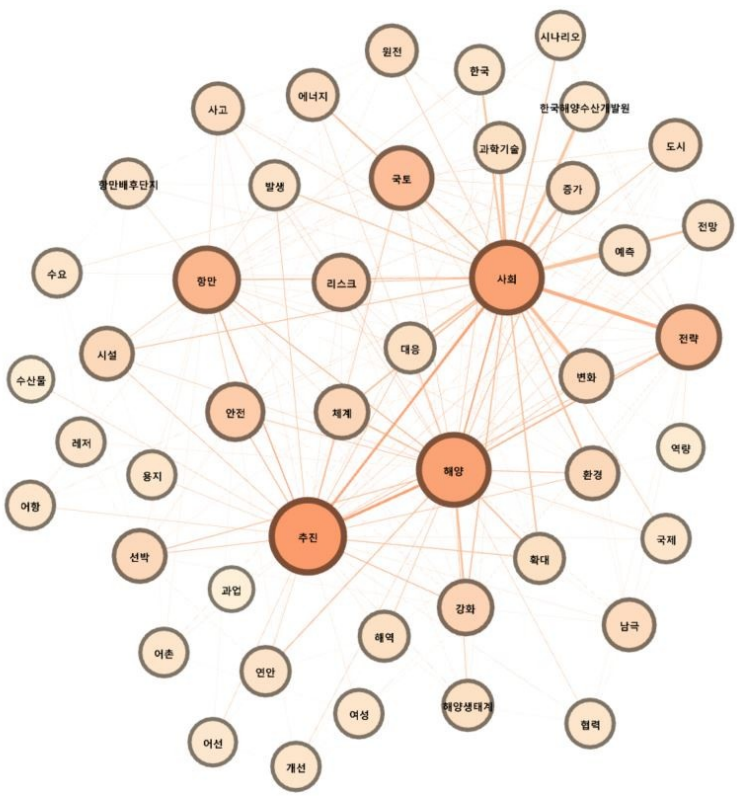
토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
1	해양, 사회, 증가, 리스크, 변화, 체계, 추진, 강화, 어업, 공간	리스크 증가
2	해역, 연안, 환경, 해양, 환경관리해역, 해양환경, 오염, 추진, 해양수산부, 마산만	환경 관리 해역
3	사회, 항만, 시설, 과학기술, 전략, 한국, 공급, 변화, 부두, 에너지	항만시설
4	사회, 한국해양수산개발원, 글로벌, 위기, 변화, 예측, 시나리오, 확산, 전략, 대응	위기 예측, 대응
5	사회, 혁신, 과학기술, 변화, 한국해양수산개발원, 전략, 확산, 혁명, 지식, 도시	혁신
6	전략, 시나리오, 한국해양수산개발원, 과학기술, 방법론, 관점, 지식, 패널, 사회, 전문가	집단 지성
7	추진, 확대, 어촌, 강화, 어업, 해운, 수산물, 양식, 체계, 수산	수산 체계 강화
8	사회, 변화, 전략, 과학기술, 고령, 에너지, 혁신, 대응, 전망, 증가	-
9	전략, 변화, 환경, 해양, 사회, 추진, 강화, 정치, 체계, 증가	정치
10	사회, 해양, 체계, 추진, 대응, 강화, 증가, 과학기술, 변화, 환경	과학기술
11	사회, 변화, 예측, 한국해양수산개발원, 전략, 어항, 도시, 고령, 과학기술, 환경	고령화 대응
12	사회, 대응, 고령, 전략, 증가, 변화, 에너지, 중국, 전망, 일본	-
13	사회, 전략, 증가, 변화, 항만, 한국, 한국해양수산개발원, 시설, 체계, 강화	-
14	용지, 시설, 준공, 어항, 항만, 매립, 지구, 공유수면매립법, 경남, 면허	공유수면 매립
15	안전, 선박, 해양, 강화, 사고, 추진, 체계, 해사안전, 어선, 국제	해사안전
16	해양, 공간, 해양수산, 체계, 추진, 해역, 강화, 수립, 확보, 생명자원	생명자원
17	리스크, 기후변화, 증가, 발생, 피해, 전담, 위험, 상업, 재난, 연구개발	기후변화, 재난
18	여성, 어업, 추진, 육성, 확대, 강화, 복지, 단체, 전문, 어촌	수산 복지
19	항만, 위험, 정상, 투입, 산출, 벤치마킹, 이용한, 해양, 산출물, 출항	항만 생산
20	사회, 증가, 예측, 국토, 변화, 여객선, 과학기술, 추진, 전망, 전략	-
21	해양, 추진, 항만, 강화, 체계, 선박, 부두, 확대, 확보, 시설	-
22	원전, 사고, 인터넷, 에너지, 한국, 과학기술, 전략, 발생, 사례, 원자력	원자력 발전, 에너지
23	남극, 극지, 환경, 협력, 추진, 국제, 기지, 북극, 인프라, 변화	극지 협력

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
24	사회, 변화, 예측, 도시, 국토, 증가, 추진, 과학기술, 실현, 확대	국토와 도시 변화
25	역량, 정치, 그룹, 부처, 환경, 경험, 전략, 관점, SWOT분석, 상시	-
26	해양, 해양환경, 강화, 연안, 추진, 국토, 보전, 해역, 환경, 확대	해양환경
27	항만배후단지, 시설, 항만, 배후, 단지, 공급, 물류, 폐기물, 오수, 발생	항만배후단지
28	어선, 연안, 어업, 업종, 추진, 근해어업, 조업, 금액, 어획, 개선	근해어업
29	국토, 예측, 증가, 도시, 주택, 트렌드, 주거, 공간, 메가트렌드, 변화	주거 공간 트렌드
30	리스크, 기후변화, 증가, 사회, 발생, 안전, 피해, 변화, 위험, 체계	기후변화 리스크
31	해양생태계, 해양, 보호, 보전, 지정, 생물, 추진, 강화, 복원, 해양생물	해양 생태계
32	항만, 시설, 부두, 선석, 공급, 배후, 건설, 부지, 물류, 물동량	항만 공급
33	사회, 그룹, 적응력, 부정, 긍정, 한국, 인식, 이미지, 한국해양수산개발원, 변화	이미지
34	해양, 강화, 사회, 변화, 해양환경, 대응, 국토, 예측, 환경, 과학기술	-
35	레저, 마리나, 마리나항만, 시설, 해양, 구역, 선박, 관광, 조성, 예정	해양관광레저
36	사회, 증가, 전략, 과학기술, 전망, 대응, 고령, 변화, 체계, 시나리오	고령화
37	항만, 사회, 변화, 강화, 대응, 시설, 에너지, 증가, 과학기술, 환경	-
38	사회, 한국해양수산개발원, 과학기술, 변화, 예측, 전략, 비전, 위험, 실현, 증가	비전
39	추진, 용지, 시설, 어항, 항만, 체계, 해양, 전략, 강화, 대응	어항 시설 및 용지
40	추진, 사회, 대응, 변화, 체계, 도시, 해양, 환경, 선원, 강화	-
41	해양, 사회, 추진, 체계, 강화, 시설, 안전, 선박, 증가, 에너지	선박 안전 시설
42	국토, 전략, 사회, 체계, 변화, 증가, 추진, 시설, 예측, 항만	-
43	항만, 발생, 피해, 재난, 파급, 사고, 대응, 안전, 사례, 공급	항만 재난 안전
44	과업, 갯벌, 보안, 발주, 용역, 복원, 이행, 성과물, 행자, 시행	-
45	한국해양수산개발원, 저작물, 저작권, 과학기술정책연구원, 사회, 파급, 발행, 시나리오, 저작자, 누리미디어	-
46	수산물, 유통, 추진, 산지, 위판장, 수급, 위생, 시장, 시설, 가격	수산물 유통
47	도시, 실현, 국토, 예측, 도시권, 변화, 공간, 농촌, 수도권, 전망	-
48	선박, 여객선, 연안, 건조, 항로, 추진, 선사, 현대, 운항, 운송	연안 여객선 현대화

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
49	추진, 강화, 해양, 체계, 안전, 사회, 확대, 증가, 연안, 항만	-
50	해양, 목표, 해양산업, 강화, 전략, 국제, 혁신, 발전, 어업, 보호	해양산업 강화

자료: 저자 작성

〈그림 3-5〉 해양수산분야 예비 리스크(정책·전략_연관성 분석)



자료: 저자 작성

〈표 3-11〉 해양수산분야 예비 리스크(국문 논문_토픽모델링)

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
1	양갱, 조약, 협약, 분말, 해도, 동의, 국회, 체결, 선박, 첨가	-
2	위험물, 위험, 리스크, 화재, 사고, 발생, 안전, 물질, 폭발, 거주	위험물 안전사고
3	수산, 운송, 부가가치, 해양산업, 부산, 물류, 계수, 특허, 자산, 철도	해양산업 부가가치
4	운임, 지수, 해운, 변동, 변화, 시장, 예측, 검정, 위기, 경기	해운 운임
5	양식, 등급, 선별, 무게, 생존, 의료, 명란, 의사, 사료, 변동	-
6	단백질, 건조, 수분, 함량, 어류, 성분, 시료, 식품, 활성, 아미노산	수산물 단백질
7	운송, 화물, 약관, 해석, 해상, 선하증권, 인도, 조항, 사건, 미국	해상 운송 약관
8	가치, 바다숲, 생태계, 편익, 해양, 연간, 갯벌, 방재, 연안, 회수	해양 생태계 편익
9	훈련, 고등어, 수산물, 위생, 품질, 어획물, 경매, 어획, 시장, 선도	어획물 위생, 품질
10	해운, 수산, 어업, 프로젝트, 선급, 선호, 검사, 협력, 선박, 훈련	-
11	해양, 관광, 수산, 부산, 해양관광, 만족도, 관광객, 관광지, 중국, 섬	해양수산 관광
12	자치, 지방, 단체, 구역, 참치, 김, 행정, 헌법재판소, 상경, 체결	-
13	선박, 화물, 검사, 해양, 운송, 해운, 컨테이너, 중국, 용선, 공급	선박 화물 검사
14	활성, 첨가, 농도, 추출, 세포, 실험, 시료, 추출물, 항산, 반응	-
15	조성, 편익, 산란, 어업, 서식, 주꾸미, 대게, 낚시, 축제, 생태	산란지 조성
16	피해, 양식, 발생, 자연재해, 정밀, 수산물, 어업, 질병, 조류, 재난	수산업 자연재해
17	화물, 항공, 운송, 물동량, 공항, 물류, 특허, 예측, 성공, 계절	항공 운송 물동량
18	선박, 충돌, 사고, 해양, 안전, 어선, 항법, 발생, 어로, 면허	어선 충돌 사고
19	패총, 패류, 부산, 서식, 해역, 어류, 고둥, 해양, 바다, 조개	부산 패총
20	전복, 어초, 유역, 물량, 하천, 양성, 감소, 유입, 증가, 시설	수산자원 유입
21	선원, 선박, 승선, 안전, 제도, 외국인, 개선, 복지, 해운, 근로	선원 복지 및 안전제도
22	해역, 수온, 조류, 연안, 출현, 변화, 플랑크톤, 발생, 식물, 적조	해수온 상승
23	대응, 기름, 증가, 회수, 유출, 유황, 선사, 요율, 방제, 공간	선박 화학물질 유출과 방제
24	항만, 물동량, 화물, 부산항, 중국, 컨테이너, 인천항, 한국, 수출, 운송	컨테이너 항만 물동량
25	유통, 어묵, 오프라인, 쇼핑, 시장, 연어, 소매업, 업태, 점포, 상품	수산물 유통 업태 변화
26	정점, 하구, 출현, 군집, 동물, 금강, 밀도, 염분, 환경, 서식	하구 서식 환경

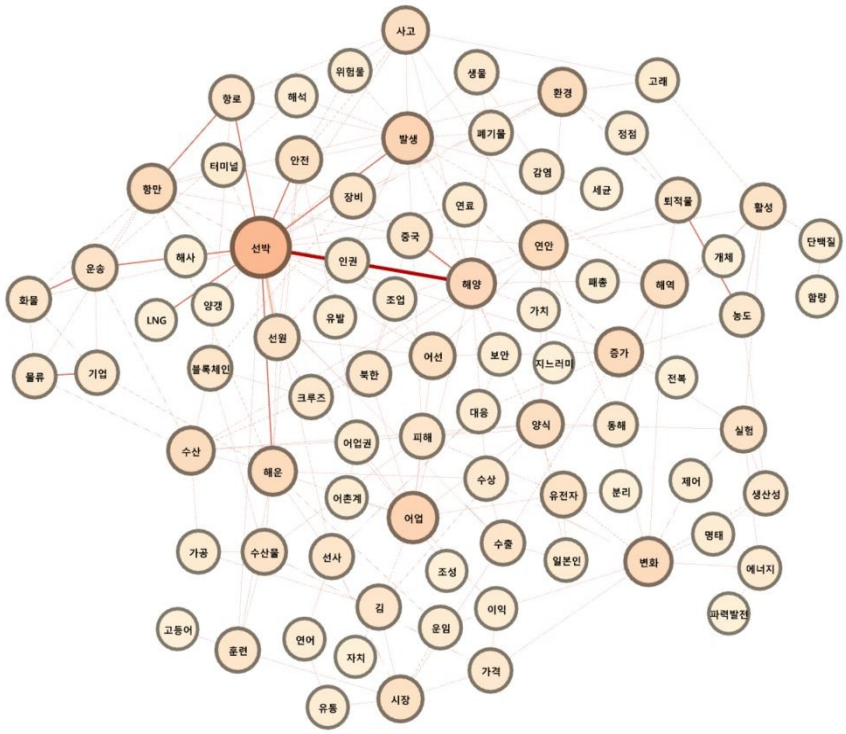
토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
27	어업, 보호, 조치, 미국, 해양, 해저, 보존, 협정, 위원회, 어족	미국 어업 보호 조치
28	증가, 주파수, 신호, 간장, 음향, 검출, 실험, 세포, 활성, 감소	-
29	터미널, 컨테이너, 작업, 부산항, 야드, 항만, 장비, 하역, 이송, 선박	부산항 컨 터미널
30	블록체인, 크루즈, 장비, 수산물, 성능, 모니터링, 수산, 계측, 기항지, 붉바리	-
31	연어, 컨테이너, 광어, 그룹, 고객, 취급, 인출, 소비, 선사, 여성	-
32	폐기물, 해양, 먹이, 순환, 생물, 발생, 전장, 재활용, 환경, 오염	해양 폐기물
33	수출, 무역, 시장, 인증, 항공, 한국, 증가, 관세, 원산지, 수입	수출입 원산지
34	수상, 운송업, 부가가치, 예측, 해양, 수출, 해운, 조선, 연관, 변화	해운조선업
35	유발, 계수, 보건, 안전, 보호, 안전배려의무, 선내, 작업, 위기, 멸종	선내 안전
36	동해, 표층, 수온, 연안, 해류, 변화, 관측, 해역, 변동, 수심	수온, 해류 변화
37	선박, 수산보조금, 보조금, 생식, 대형, 위험, 광양항, 과잉, 증가, 협상	해양수산 보조금
38	물류, 기업, 콜드체인, 업체, 물류센터, 혁신, 전략, 공유, 의약품, 기능	콜드체인
39	지느러미, 수산업, 꼬리, 어류, 부화, 오류, 발달, 전장, 배, 조선	-
40	항만, 울릉도, 네트워크, 항로, 중심성, 연결, 목포항, 컨테이너, 운항, 순위	컨테이너 항만 중심성
41	개체, 산란, 성숙, 어류, 지불, 금액, 의사, 채집, 암컷, 출현	-
42	일본인, 일본, 넙치, 울릉도, 어장, 배, 유전자, 수출, 부이, 양식	한일 어장
43	가공, 만족도, 속성, 방제, 수산, 선택, 수산물, 점수, 식품, 오염	-
44	중국, 해양, 수역, 공해, 연안, 국제법, 한국, 관할권, 영해, 협약	해양관할권
45	항만, 스마트, 물류, 자동화, 연계, 도입, 해운, 추진, 컨테이너, 기능	해운항만물류 스마트화
46	시장, 관광, 관광객, 체험, 섬, 유형, 지리, 방문, 수집, 추자도	섬 관광 체험
47	생산성, 배양, 먹이, 배지, 실험, 농도, 서식, 영양, 수조, 변화	-
48	선박, 오염, 해양환경, 협약, 배출, 해양, 환경, 방지, 훈련, 국제	선박배출 오염 방지 국제협약
49	농도, 오염, 산소, 중금속, 도로, 입자, 수질, 유입, 퇴적물, 증가	-
50	보안, 해양, 협약, 국제, 경계, 제도, 대응, 획정, 당사국, 이행	해양경계획정
51	감염, 양식, 질병, 검출, 넙치, 발생, 세균, 생물, 폐사, 증상	양식 질병 감염
52	선박, 항로, 통항, 교통, 해상, 운항, 회수, 교통량, 시뮬레이션, LNG	해상 교통량 시뮬레이션
53	선박, 작업, 선체, 침몰, 존유, 시뮬레이션, 성능, 조세, 예선, 회수	선박 침몰

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
54	생물, 부착, 선체, 선박, 국제, 오손, 유입, 예방, 환경, 운반선	선체 생물부착
55	함량, 제조, 첨가, 시료, 성분, 아미노산, 식품, 조미, 관능, 통조림	-
56	명태, 생산성, 학습, 변화, 해조류, 감소, 수산자원, 지수, 물량, 산출	수산자원 감소
57	퇴적물, 농도, 해역, 연안, 정점, 중금속, 오염, 표층, 환경, 수질	해양 오염퇴적물
58	선박, 배출, 부하, 추진, 배출량, 물질, 구난, 오염물질, 엔진, 발생	선박배출과 오염
59	고래, 관광, 전략, 환경, 생태, 축제, 울산, 전문가, 영역, 활성	울산 고래 관광
60	파력발전, 장치, 입사, 운동, 젓갈, 에너지, 파워, 플랫폼, 발전, 전력	파력 발전
61	세균, 패류, 대장균, 검출, 식품, 공정, 시료, 위생, 식중독, 소멸	수산식품 위생
62	선박, 개정, 상법, 운송, 용선, 소유자, 해상, 정기용선, 일본, 국제	해상법 개정
63	실험, 사료, 사육, 공급, 어류, 양식, 수온, 넙치, 어분, 생존	양식 어류 생존 조건 실험
64	제어, 실험, 터빈, 전압, 온도, 장치, 출력, 전류, 변화, 성능	-
65	안전, 선박, 태풍, 용선, 등록, 사건, 위험, 담보, 발생, 마샤	태풍과 선박 안전
66	유전자, 어업, 수준기, 감소, 변화, 발생, 피해, 발현, 생산량, 된장	어업 피해
67	어업권, 어촌계, 어업, 파급, 어촌뉴딜300, 붕장어, 분배, 유발, 보상금, 계수	어업권
68	해사, 선박, 접안, 속도, 사건, 학습, 관할, 알고리즘, 스택, 예측	-
69	선박, 자율운항선박, 운항, 자율, 원격, 선원, 국제, 선장, 협약, 등급	자율운항선박
70	크루즈, 연안, 일수, 출어, 선원, 여객선, 수익, 여객, 어구, 어업	여객운송
71	고등어, 연령, 어획, 연화, 역량, 가입, 산란, 저감, 체중, 가공품	고등어 산란과 어획
72	농도, 동형, 채집, 도선, 도선사, 창업, 물질, 유용, 시료, 오염물질	-
73	김, 어업, 수산자원, 업체, 가공, 수협, 양식, 투입, 대형, 생산량	수산 가공양식
74	안전, 수산물, 원자력, 시설, 배, 법령, 식품, 오염, 법률, 법제	원자력과 수산물 안전
75	가격, 검정, 변동, 시장, 수입, 산지, 수산물, 비대칭, 변화, 넙치	수산물 시장 비대칭
76	분리, 내성, 약관, 항생제, 유전자, 항균제, 담보, 보험자, 라스트, 마일	-
77	해역, 개체, 예측, 학습, 수산업협동조합, 산란, 증가, 지구, 건강증진, 업종	개체 증가
78	인권, 선원, 어선, 선박, 인신매매, 통발어업, 보호, 금액, 공무원, 발생	선원 인권 증진
79	어선, 어업, 연안, 생산량, 감소, 증가, 시행, 연안어업, 어획, 마력	연안어업 생산량 감소

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
80	연안, 기능, 여객, 프레임, 관광, 여객선, 활성, 공익, 운항, 인식	연안여객 활성화
81	북한, 협력, 남북, 중국, 어업, 어선, 수역, 조업, 국제, 추진	남북 어업협력
82	수산물, 외식, 소비, 낚시, 추구, 요리, 라이프, 스타일, 연령, 건강	수산물 소비 트렌드
83	장비, 선박, 시설, 해양치유, 환경, 치유, 해양, 복원성, 위험	해양치유
84	양식, 어업, 수산, 수산업, 어촌, 지표, 시설, 환경, 패류, 전문가	-
85	연료, 시험, 증가, 선박, 배출, 장치, 물질, 유황, 발생, 생성	선박 배출물질
86	사고, 해양, 발생, 안전, 고래, 연안, 위험, 혼획, 예방, 항목	고래 혼획 예방
87	수산, 협력, 일본, 대게, 북한, 남한, 동해, 규소, 어획, 원료	-
88	기업, 물류, 성과, 운송, 해운, 공급사슬, 화물, 한국, 플랫폼, 역량	물류기업 역량
89	이익, 어업, 어촌, 민간, 보조, 체험, 자본, 건설, 가격, 공사	어촌 개발
90	항로, 표지, 사고, 선박, 혁신, 군집, 발생, 항만, 저항, 블록체인	-
91	선사, 해운, 협력, 북극, 선박, 한국, 선박금융, 전략, 시장, 일본	-
92	선박, 해양, 헌법, 관할권, 법률, 영해, 언급, 수역, 영토, 레저	해양 관할권 법률
93	에너지, 공기, 시험, 투여, 실험, 기포, 장치, 변화, 계수, 변동	-
94	김, 조미, 해조류, 베트남, 소비, 시장, 식품, 미역, 제조, 김밥	김, 해조류 수출과 소비
95	어촌계, 유형, 어촌, 어업, 진술, 계원, 마을, 기구, 표본, 수용	어촌
96	조업, 횡단, 수로, 통항, 연안, 선박, 금지, 용선, 보존, 방해	해양공간 활용
97	해석, 관측, 운동, 계수, 소용돌이, 수치, 발생, 풍속, 성능, 속도	소용돌이 발생
98	항만, 부두, 환경, 시설, 해상풍력, 하역, 선박, 조석, 녹색, 단지	해상풍력, 녹색 시설
99	LNG, 선박, 증서, 전자, 정박, 정비, 벙커링, 정박지, 운항, 저항	LNG 선박 정박
100	선원, 임금, 어선, 보장, 지급, 선박, 채권, 특수, 해상, 경비	선원 임금 지급

자료: 저자 작성

〈그림 3-6〉 해양수산분야 예비 리스크(국문 논문_연관성 분석)



자료: 저자 작성

〈표 3-12〉 해양수산분야 예비 리스크(영문 논문_토픽모델링)

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
1	credit, payment, scheme, bank, tax, transaction, trading, equilibrium, pattern, revenue	-
2	licence, pca, satisfies, loading, hafezalkotob, concavity, efa, bunker, rotation, mmo	-
3	ice, arctic, nsr, scr, speed, norway, shipping, vessel, hfo, northern	북극항로
4	phytoplankton, bloom, nutrient, nitrogen, algae, cell, diatom, biomass, plankton, chlorophyll	플랑크톤
5	haul, parcel, usd, rmp, suzuki, caregiver, ofdi, slc, rub, condensate	택배

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
6	region, impact, food, population, estimation, land, demand, province, gdp, increase	지역 경제 파급 효과
7	temperature, treatment, water, experiment, control, effect, test, salinity, seawater, larva	해양생물자원 생존조건
8	diffusion, hospital, ict, device, patient, phone, healthcare, mobile, logic, change	–
9	resource, effect, network, partner, change, interaction, creation, industry, trust, control	–
10	abundance, diversity, composition, taxon, isotope, food, trait, richness, change, ecosystem	생태계 다양성
11	river, site, bay, estuary, water, lagoon, salinity, wetland, soil, estuarine	–
12	airport, air, airline, delay, flight, passenger, aircraft, aviation, departure, entry	항공 여객
13	integration, merger, variability, bullwhip, effect, lead, agent, throughput, simulation, disney	–
14	reef, ecosystem, island, habitat, conservation, site, australia, mpas, impact, biodiversity	해양보호구역 (MPA)
15	industry, export, worker, employment, import, labor, manufacturing, certifcation, labour, wage	산업 발전 영향 요인
16	occupation, ssim, ism, nns, tmc, diffusivity, sap, specialist, task, talent	–
17	health, safety, covid, disease, home, care, risk, cdc, outbreak, virus	코로나19
18	material, surface, chemical, polymer, water, extraction, polyethylene, wastewater, sorption, spectrum	–
19	forecast, volatility, spot, error, test, demand, series, shock, option, transportation	운송수요 예측
20	subsidy, mode, intervention, welfare, disclosure, material, monopoly, stability, enterprise, region	기업 경쟁 여건
21	bangladesh, sarkar, mda, hilsa, chakraborty, buitrago, welsh, bengal, matte, incheon	–
22	sarima, svr, forecasting, series, arima, noise, numerator, white, forecast, traffic	수송량 예측
23	subsidiary, crp, unemployment, parent, headquarters, inflation, mnc, gdp, ccr, spf	–

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
24	analytics, big, maturity, cloud, ghana, visualisation, vrps, resource, generation, adoption	-
25	supply, logistics, transportation, manage, inventory, transport, logist, food, distribution, operat	공급망 관리
26	venture, startup, incubator, start, ups, spin, ecosystem, incubation, tenant, guerrero	스타트업, 벤처
27	farm, farmer, food, resistance, dairy, feed, tsa, agriculture, trader, cooperative	농업
28	diversifcation, portfolio, bitcoin, ppm, currency, gold, cryptocurrencies, asset, fsi, markowitz	암호화폐, 자산 다양화
29	change, climate, impact, adaptation, vulnerability, effect, acidifcation, lock, option, budget	기후변화, 산성화
30	fish, population, river, eel, egg, migration, bass, atlantic, mortality, adult	배스 개체
31	ebfm, courier, jabali, bim, erdoan, marxan, spline, zambrano, totalcost, doce	-
32	plastic, beach, litter, debris, pollution, pollute, environment, waste, abundance, density	해양 플라스틱
33	mgp, marketshare, developer, equalto, bvarsv, rom, vasi, becerra, santalo, houanda	-
34	csr, ingestion, collaboration, ability, intensity, responsibility, eriksen, lebreton, gut, infuences	-
35	shark, mexico, conservation, tsm, galapagos, elasmobranch, ecotourism, cortes, california, atlantic	생태관광
36	robot, drone, mission, speed, robotics, amazon, automation, altitude, ground, plaque	아마존 자동화
37	mussel, oyster, shell, bivalve, clam, mytilus, crassostrea, gigas, toxin, mollusc	연체동물
38	plant, baltic, root, mcd, finland, salt, leaf, iron, middle, desalination	담수화
39	mediterranean, spain, european, italy, coast, adriatic, directive, impact, portugal, region	지중해
40	predator, bird, prey, seabird, diet, stomach, juvenile, adult, breeding, forage	바다새 먹이 섭취
41	japan, korea, tokyo, south, tsunami, fukushima, busan, ministry, pacific, north	환태평양 쓰나미

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
42	disruption, resilience, risk, facility, failure, congestion, protection, robustness, attack, supply	공급망 혼란과 복원력
43	liberation, tigris, euphrates, medicorobots, cafaro, getz, pomfret, kopnina, overpopulation, forcasting	–
44	oil, spill, accident, gas, petroleum, hydrocarbon, deepwater, crude, horizon, roughness	기름 유출 사고
45	transition, regime, mobility, change, pathway, forecasting, roadmap, experiment, experimentation, car	경로변화 예측 실험
46	road, region, transport, infrastructure, maritime, europe, railway, construction, speed, corridor	일대일로
47	premium, guarantee, neg, anfis, volume, smb, kctf, tacc, positive, meza	–
48	mkt, soe, smei, immigration, stimulus, dialecticism, vech, hout, mspe, awardees	–
49	patent, droplet, change, network, forecasting, centrality, inventor, evolution, convergence, invention	발명과 진화
50	aquaculture, food, fish, seafood, tuna, turtle, shrimp, fao, atlantic, fishery	대서양 어업과 양식
51	vessel, boat, noise, permit, owner, sound, observer, pilot, whale, source	선박소음과 고래
52	effect, buyer, store, sale, concern, manage, revenue, fairness, advantage, impact	–
53	chile, hawaii, chilean, peru, ecuador, glass, universidad, gtx, maui, expansion	–
54	risk, platform, blockchain, contract, wholesaler, averse, aversion, industry, covar, remanufacturing	물류 플랫폼과 블록체인
55	crime, accessibility, audit, pioneer, auditor, liaodong, police, walkability, dyke, pedestrian	–
56	investor, effect, asset, ownership, industry, shipping, finance, test, announcement, control	해운자산 및 투자
57	vehicle, travel, station, train, transport, demand, passenger, transportation, transit, car	육상운송 수요
58	entropy, efsa, csp, eigenfactor, saltmarsh, osa, fyp, ngd, fyps, cda	–
59	contract, fee, operator, welfare, proposition, bot, revenue, concession, duration, requirement	–

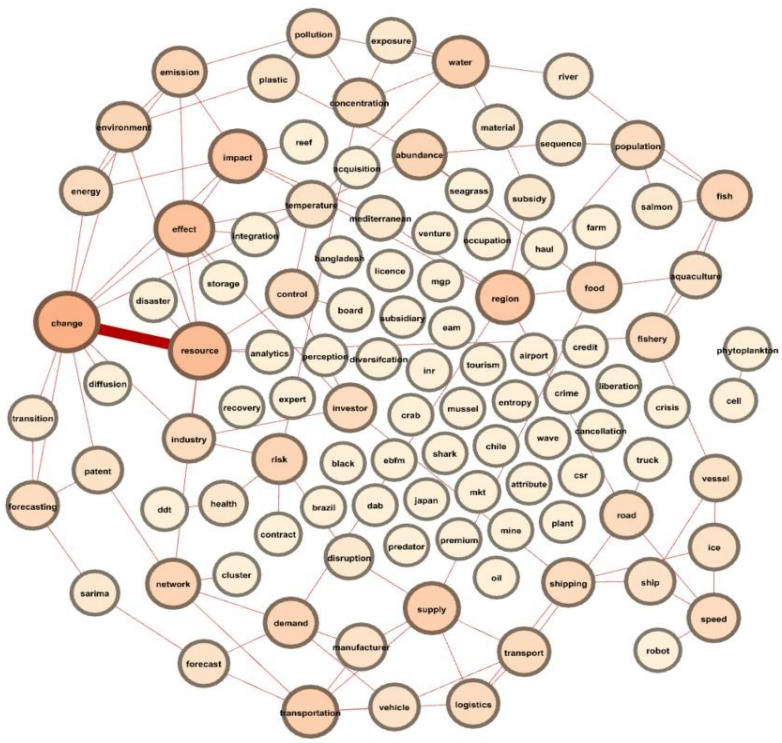
토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
60	change, barrier, challenge, participation, place, environment, concern, nature, public, communication	공공참여, 소통
61	brazil, wind, janeiro, universidade, federal, collision, turbine, bahia, grande, brasil	브라질 풍력 발전
62	network, transportation, hub, node, constraint, demand, path, link, facility, optimization	운송 네트워크 최적화
63	vehicle, delivery, constraint, window, depot, load, pickup, schedule, heuristic, gap	차량배송
64	truck, platoon, link, road, fuel, trailer, commodity, county, platooning, trucking	트럭운송
65	oil, holguin, veras, tanker, pipeline, ballast, kuwait, charter, aframax, vlcc	유조선
66	water, surface, pollution, source, concentration, station, distribution, coast, depth, shelf	해양 오염원
67	dab, mmse, shv, fkdlq, thevariance, exvlqhvv, virtanen, cegarra, buhlmann, mississauga	-
68	wave, wwtp, acculturation, sludge, ascidian, pinna, cfc, menor, host, pillar	폐수처리
69	storage, warehouse, machine, batch, picker, pick, assignment, situation, effect, travel	창고 배치
70	seagrass, habitat, biomass, seaweed, site, density, abundance, meadow, zooplankton, restoration	생태계 복원
71	ddt, blood, liver, compound, pesticide, pop, drug, occurrence, health, antibiotic	각종 화학물
72	attribute, preference, utility, insurance, valuation, willingness, hov, experiment, heterogeneity, replacement	-
73	crisis, topic, twitter, stc, tweet, facebook, sentiment, word, news, communication	SNS
74	recovery, paint, geochem, spectroscopy, spectrometry, epr, srm, burnout, symmetric, barium	-
75	crab, antarctic, antarctica, radiation, crustacean, biome, gamma, callinectes, pagurus, carapace	남극 갑각류
76	energy, change, impact, fuel, gas, electricity, environment, environmental, generation, wind	에너지 생산
77	salmon, canada, whale, pcb, seal, cod, population, fish, california, mammal	북미지역 수산자원

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
78	eam, yangzhou, chaparro, locker, corrigendum, inconvenience, klopp, accelerometer, qcrn, yrdc	-
79	cell, gst, signal, buer, nanoparticles, chromatography, transporter, tio, perna, antioxidant	세포 구성성분 분리
80	mine, tailing, force, pml, officers, captain, maru, rest, duck, heap	-
81	black, geochemistry, germination, saudi, app, tpp, african, amenity, red, espirito	-
82	sequence, atp, abundance, bacteria, colony, dna, diversity, genus, population, microbiology	미생물학
83	logistics, transportation, transport, carrier, cargo, shipper, shipping, shipment, consolidation, container	해상물류
84	cancellation, pvc, octopus, tnt, sps, vulgaris, nap, holmes, hemprichii, fleet	-
85	cluster, feature, network, rfid, prediction, technique, machine, ieee, smart, accuracy	추적, 예측기술
86	concentration, metal, pollution, contamination, tissue, risk, pollute, mangrove, mercury, toxicology	맹그로브 오염
87	inr, career, rca, auriol, holder, cfl, zellers, jpy, brl, taleb	-
88	tourism, cruise, luxury, tourist, destination, urchin, passenger, tour, iata, itinerary	크루즈 관광
89	disaster, relief, emergency, alliance, uavs, uav, evacuation, detection, resource, position	무인항공기 (uav)
90	expert, collection, output, waste, priority, selection, rank, fuzzy, hybrid, door	-
91	exposure, stress, protein, toxicity, acid, concentration, expression, water, compound, treatment	스트레스 화학 반응
92	resource, ocean, convention, conservation, agreement, protection, nation, environment, security, united	해양 보존 협약
93	emission, carbon, reduction, effect, environment, pollution, energy, adsorption, impact, intensity	탄소배출 감소
94	change, forecasting, enterprise, collaboration, resource, industry, source, transfer, productivity, tech	기업/산업 경쟁력
95	perception, attitude, adoption, intention, satisfaction, acceptance, trust, norm, benefit, influence	인식과 만족도

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
96	board, inspection, ceo, director, tmt, violator, meeting, enforcement, tenure, control	-
97	fishery, fishing, catch, fisher, fish, vessel, gear, resource, shing, quota	어업
98	manufacturer, demand, profit, supply, proposition, quantity, pricing, equilibrium, transportation, proof	운임 영향 요인
99	ship, container, vessel, speed, shipping, fuel, maritime, terminal, tugboat, cargo	해상운송
100	acquisition, auction, bid, coverage, deal, acquirer, provision, low, proof of proposition, divestiture	-

자료: 저자 작성

〈그림 3-7〉 해양수산분야 예비 리스크(영문 논문_연관성 분석)



자료: 저자 작성

2) 해양수산분야별 예비 리스크 도출 결과

앞서 빅데이터 분석과 토픽모델링을 통해 출처별로 도출한 토픽을 분야별 연구진 브레인스토밍과 전문가 자문을 통해 해양, 수산, 해운물류, 항만으로 재분류하였다. 이어서 미래 리스크 또는 해당 분야와 연관성을 지니는 토픽과 연관성을 지니지 않는 토픽으로 구분하였다. 그 결과 일곱 개 분야의 350개 토픽은 다음과 같이 네 개 분야로 재분류되었으며 토픽별로 1차 라벨링과 2차 라벨링의 과정을 거쳐 최종 30개의 리스크를 선정하였다. 1차 라벨링은 연구팀에서 브레인스토밍을 통해 정리하였으며, 2차 라벨링은 전문가 자문을 통해 1차 라벨링을 수정·보완하는 방식을 택했다. 이어서 설문조사를 위해 유사 라벨링의 통합과 제거, 분리 등의 과정을 거쳐 분야별로 30개씩 예비 리스크를 도출하였다.

먼저 해양분야는 총 131개의 토픽이 1차적으로 분류되었으며 이 중에서 토픽명을 부여할 수 있는 토픽의 개수는 93개였다. 93개 중에서 미래 리스크로서의 성격을 갖는 토픽은 67개로 분류되었으며, 중요성과 발생 가능성을 고려해 상위 30개를 〈표 3-13〉과 같이 선정하였다.

〈표 3-13〉 해양분야 30대 예비 미래 리스크

	토픽 키워드	최종 라벨링
1	잠재력, 접경지역, 환경적, 섬의날, 역사학자, 건축학, 국무총리상, 해상수색, 새터민, 항생물질, 기술지원	남북 접경수역 군사적 충돌 발생
2	온난화, 이상기후, 최고기온, 집단행동, 치유식품, 프로바이오틱스, 치사율, 경제상황, 재평가, 유지관리, 치유식품	지구 온난화 가속화
3	해양생태계, 지구온난화, 양식업, 대륙붕, 프로바이오틱스, 유지관리, 사고위험, 치유식품, 집단행동, 치사율, 해독작용	해양 기인성 질병 발생
4	전문기관, 재탄생, 경계선, 지정학, 해상경계, 국가관리연안항, 항속거리, 지정학적, 연합훈련, 해상경계선, 세종과학기, 유지관리, 생산유발효과	주변국 해상경계 설정 분쟁
5	여행객, 운항, 게시판, 가속화, 주거지, 일반인, 공학과, 주거시설, 사고위험	해양에서의 안전사고 증가
6	당국자, 구축함, 구조단, 전환점, 계도활동, 배, 구조활동, 생존자, 국제법상, 진료, 원격제어, 뇌혈관질환, 기술지원	해상사고 구조활동 애로

	토픽 키워드	최종 라벨링
7	위기종, 소규모, 체계화, 운영자, 오징어, 히포캄푸스, 통제기, 치유식품, 유지관리, 기술지원, 상황대처	해양생물자원 관리 실패
8	퇴적물, 안전성, 오염물질, 경제성, 산업체, 원천기술, 미세조류, 사고위험, 해독작용, 치사율, 프로바이오틱스, 잠복기, 기술지원, 치유식품	해저 퇴적물 오염
9	해양쓰레기, 황산화물, 실태조사, 실시계획, 수익금,화합물, 대기오염, 증강현실, 간편식, 유기성, 폐기물, 일산화탄소, 유지관리, 해양항노화, 치유식품, 생산유발효과	해양 및 바닷가 쓰레기 증가
10	해역, 연안, 환경, 해양, 환경관리해역, 해양환경, 오염, 추진, 해양수산부, 마산만, 과제, 부산, 울산, 보전, 인천, 수질, 개선	연근해 해수수질 오염 증가
11	해양, 추진, 항만, 강화, 체계, 선박, 부두, 확대, 확보, 시설, 환경, 안전, 개선, 증가, 변화, 사회, 공급, 사고, 연안	해양재해에 따른 항만 및 부두 파손
12	남극, 극지, 환경, 협력, 추진, 국제, 기지, 북극, 인프라, 변화, 확대, 해양, 공동, 생태계, 세계, 진출, 확보, 기후변화	극지 환경 훼손
13	river, site, bay, estuary, water, lagoon, salinity, wetland, estuarine, harbor, freshwater, marsh, catchment, load, coastal	해양생물 서식지 훼손
14	change, climate, impact, adaptation, vulnerability, effect, acidification, budget, surge, increase, ipcc, prolifera, risk, temperature, segment	해수산성화(해수의 PH 감소 현상) 심화
15	plastic, beach, litter, debris, pollution, environment, waste, abundance, ocean, coast, source, fragment, island, micro, accumulation	해양 플라스틱 쓰레기 증가
16	japan, korea, tokyo, south, tsunami, fukushima, busan, ministry, pacific, north, earthquake, osaka, prefecture, watanabe, kobe, japanese, tohoku	대규모 해저지진 발생
17	vessel, boat, noise, permit, owner, sound, observer, pilot, whale, source, frequency, quota, impact, detection, mammal, mitigation, pollution	선박소음에 따른 해양생물 피해 발생
18	water, surface, pollution, source, concentration, distribution, coast, bay, region, environment, ocean, discharge, matter	선박 기름 유출로 인한 해양오염 증가
19	wave, acculturation, sludge, nourishment, rockfish, eba	미처리된 폐수의 해양 유입 증가
20	energy, change, impact, fuel, gas, electricity, environment, wind, infrastructure, resource, green, construction, industry	해양에너지 개발에 따른 환경피해 발생
21	수온, 목포항, 활성, 변화, 정점, 상승, 변동, 주기, 연계, 기온, 환경, 동해, 중유, 열량, 영역, 확대, 증가, 하강, 해양, 연안	해수면 상승에 따른 연안도시 범람
22	해양, 시추, 섬, 해저, 경계, 위험, 탐사, 국제, 발생, 수역, 독도, 사건	해저 유전/가스전 폭발사고 발생

	토픽 키워드	최종 라벨링
23	관측, 해양, 풍속, 태풍, 유의파고, 바람, 위성, 예측, 기상, 부이, 리스크, 파고, 어도, 발생, 기지, 조석, 계수, 변화	초대형 태풍 발생
24	해양, 중국, 선박, 영역, 해운, 군사, 남중국해, 공간, 수역, 재개, 국제, 공급,영해, 은행, 인도네시아	해상교통로 안보 취약성 증가
25	갈등, 바다, 육지, 군락, 이식, 새우말, 장소, 연안, 생산성, 수온, 자연, 해안, 생육, 증가, 인간	해양 이용자 간 갈등 증가(예:어업-골재 채취)
26	해양, 기능, 가치, 관할권, 바다숲, 어촌, 수산업, 공익, 영해, 언급, 영토, 생태계, 수역, 법률, 연안, 배타, 대륙붕, 바다, 아시아	국제 해양법 분쟁 증가
27	북극, 접안, 조석, 계류, 변화, 하구, 부두, 선박, 증가, 북극항로, 환경, 감소, 거버넌스, 안전, 수심	북극항로 환경 변화
28	폐기물, 해양, 발생, 무역, 오염, 국제, 순환, 불확실성, 쓰레기, 의존, 배출, 물질, 환경, 재활용, 환경오염, 해양환경	국경을 초월한(월경성) 해양 쓰레기 증가
29	바닷물, 보양식, 붕장어, 자산어보, 문화공간, 도시인, 연관성, 계획안, 생태관광, 추가경정예산안, 소외계층, 구직자	해양레저관광/문화 소외계층 발생
30	서비스업, 어업활동, 물놀이, 신규사업, 숙박시설, 유통업, 교통망, 역사관, 안전수칙, 출어선, 체장	해양관광인프라 노후화로 인한 안전사고

자료: 저자 작성

수산분야는 총 122개의 토픽이 1차적으로 분류되었으며 이 중에서 토픽명을 부여할 수 있는 토픽의 개수는 77개였다. 이 중 미래 리스크로서의 성격을 갖는 토픽은 61개로 분류되었으며, 중요성과 발생 가능성을 고려한 상위 30개의 리스크는 〈표 3-14〉와 같다.

〈표 3-14〉 수산분야 30대 예비 미래 리스크

	토픽 키워드	최종 라벨링
1	부작용, 판매량, 배출량, 종업원, 군락지, 이산화탄소, 이물질, 주파수, 쾌속선, 식물플랑크톤, 열화상	수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동
2	단맛, 미생물, 산업구조, 응급환자, 생물체, 방역소독, 정밀분석, GMO, 유전자변형생물체	수산물 유전자 변형식품 공급 확대
3	어항시설, 접근성, 출동, 이용객, 최적화, 근거지, 사회복지시설, 운항통제	전염병 방역 강화로 인한 조업 감소
4	시범사업, 농특산물, 현실화, 특성화, 숙원사업, 수면, 샤워장, 합동점검, 수익성, 교부금, 복합단지	전국 어촌 소멸 현실화

	토픽 키워드	최종 라벨링
5	소득증대, 신고자, 낚시객, vts, 자연자원, 행정당국, 발달, 사전준비, 기증, 레저, 시화방조제, 수산자원회복, 지역공동체	불법어업에 따른 수산자원 감소
6	상승세, 장바구니, 형평성, 고부가가치, 온라인몰, 어선위치발신장치	수산물 가격 변동성 심화
7	낚시어선, 폐어구, 경비단, ICT, 운항, 지구온난화, 출항, 잠수사, 의식, 낚시객, GPS, 점검반, 승선자, 위험요소	폐어구 다량 발생
8	접안시설, 특별단속, 바지선, 출입항, 안정성, 유기물, 안전의식, 악천후, 운영중, 부과, 사고위험, 민낯	낚시어선 안전사고 급증
9	어선, 연안, 어업, 업종, 추진, 근해어업, 조업, 금액, 어획, 개선, 허가, 어구, 어획량, 오징어, 어종, 감소	근해어업 생산량 급감
10	리스크, 기후변화, 증가, 사회, 발생, 안전, 피해, 변화, 위험, 대응, 가공, 환경, 해양, 에너지, 추진, 사고, 전담, 강화	기후변화에 따른 수산업 악영향
11	수산물, 유통, 추진, 산지, 위판장, 수급, 위생, 시장, 시설, 가격, 소비지, 냉장, 도매, 전통, 냉동, 어상자	대규모 수산물 위생문제 발생
12	abundance, diversity, composition, food, trait, richness, ecosystem, pattern, site, polychaete, ecology,	수산생물종 감소
13	industry, export, worker, employment, import, labor, manufacturing, wage, volume, equipment, processing, tariff, impact, producer, employee, association, output	수산종사자 감소
14	fish, population, river, eel, egg, migration, bass, mortality, adult, effect, habitat, ecology, biology, stream, juvenile, spawn, freshwater, trout, water	내수면 고유어종 감소
15	emission, carbon, reduction, effect, environment, pollution, energy, adsorption, impact, intensity, gaci, change, gas, air, coefficient, lusher, contam, pollutants	어선 탄소배출 증가
16	perception, attitude, adoption, intention, satisfaction, acceptance, trust, norm, benefit, influence, measurement, loyalty, test, validity, psychology, commerce, environment	수산업에 대한 부정적 인식 증가
17	fishery, fishing, catch, fisher, fish, vessel, gear, resource, quota, fisherman, landing, harvest, trawl, bycatch, biomass, distribution, net, water, limit	노후된 어구 및 어선 증가
18	수산물, 외식, 소비, 추구, 요리, 라이프, 스타일, 생선, 시장, 연령, 건강, 초밥, 새우, 순위, 희소성, 횟집, 참치	수산물 소비 급감
19	수산, 일본, 등급, 인권, 인신매매, 사이버, 보안, 축제, 방지, 수산물, 보호, 침해, 정상	수산종사자 인권 침해 급증

	토픽 키워드	최종 라벨링
20	가치, 조성, 편익, 대게, 바다숲, 의사, 어업, 서식, 산란, 수산자원, 생태계, 연간, 보호, 생태	수산 서식지 훼손
21	생물, 감염, 어류, 먹이, 개체, 발생, 질병, 세포, 배양, 양식, 채집, 출현, 검출, 섭식, 세균, 내성, 바이러스	수산물 기인 대규모 감염병 발생
22	실험, 사료, 공급, 사육, 넙치, 어류, 어분, 단백질, 양식, 생존, 첨가, 증가, 함량, 수조, 수온, 혈액, 소화, 원료, 식물	양식어류 대량 폐사
23	패널, 미국, 조치, 수입, 지구, 업종, 피치, 수산물, 해양, 금지, 확률, 증가, 보호, 포유류, 다랑어. 가변, 어업	불법·비보고·비규제(IUU) 어업 위반국가로 지정
24	어업, 어업권, 어촌계, 분배, 보상금, 어선, 면허, 결의, 조업, 수산업, 어구, 오징어, 소멸, 권리, 어장, 양식, 조합	어민 간 어업권 분쟁 발생
25	어업, 이익, 유역, 회수, 유출, 작업, 기름, 잔존유, 감소, 분산, 어업권, 생산자, 어선, 영업	기름 유출에 따른 수산업 피해 발생
26	연어, 광어, 음식, 브랜드, 인공지능, 인식, 가치, 시장, 어종	전통적 수산물 유통체계 붕괴
27	김, 업체, 수출, 가공, 기능, 물류, 콜드체인, 유통, 수입, 냉장, 증가, 가격, 공급, 보관, 냉동	수산물 수출 감소
28	안전, 수산물, 원자력, 연안, 시설, 방재, 사고, 오염, 법령, 도시, 발생, 법률, 검출, 피해, 방사능, 국민, 일본, 위험	수산물 원전 폐수 방사능 오염
29	구조조정, 경영난, 산업통상자원부, 접안시설, 필기시험, 관리사, 집하장, 신청기간, 기술협력, 인구감소, 항바이러스, 협조관계, 도시재생뉴딜사업, 디젤오일, 환경변화, 시설공사	경영난에 따른 수산기업 대규모 도산
30	무역, 국제, 운송, 수출, 화물, 원산지, 협정, 체결, 한국, 운임, 관세, 참치, 교역, 감염병, 상대국	수산물 수출규제 확대

자료: 저자 작성

다음으로 해운물류분야는 총 130개의 토픽이 1차적으로 분류되었으며 이 중에서 토픽명을 부여할 수 있는 토픽의 개수는 95개였다. 95개 중에서 미래 리스크로서의 성격을 갖는 토픽은 53개로 분류되었으며, 중요성과 발생가능성을 고려한 상위 30개를 〈표 3-15〉와 같이 선정하였다.

〈표 3-15〉 해운물류분야 30대 예비 미래 리스크

	토픽 키워드	최종 라벨링
1	효율성, 안전성, 세분화, 촉진법, 드론산업, 무인기, 안전운임, 운수사업자, 복합운송, 안전위탁운임, 수출실적, 안전운송운임, 국제교류	해운운임 급등락
2	영업이익, 민간사업자, 순이익, 당기순이익, 선적량, 화물노동자, 생산직, 비상사태, 매입, 협력체제	해운기업 파산
3	조직개편, 상승세, cctv, 해양사고, 스마트화, 효율화, 자율운항선박, 통항로, 신성장동력, 국가계획, 환경적, 통계자료, 방위적, 경쟁사	선박 사고로 인한 인적/물적 피해 발생
4	건설사업, 차별화, 신성장, 장애물, 사업성, 가속화, 안정성, 공급망, 물류망, 통행량, 무인화, 택배비, 연구역량, 순환철도망, 품질검사	자연재해 등으로 인한 내륙물류망 마비
5	인공지능, 위험물, 기반시설, 해안선, 유지보수, 자율주행, 저장소, 핵심사업, 스마트그리드, 수변도시, 규제개혁, 기술수단	자연재해 등으로 인한 물류인프라 파손
6	취약계층, 물류업, 원동력, 수출업체, 지원대책, 사후관리, 불안정, 협력체제, 국제교류	해운물류 전문인력 공급 부족
7	다변화, 해양도시, 재생사업, 컨테이너항, 운수업, 실시설계용역, 연안화물, 감면액, 경쟁항, 냉장화물, 품질검사	전염병 등으로 인한 글로벌 공급망 마비
8	환적, 물동량, 외항선, 재취업, 인천경제자유구, 전용선, 교육프로그램, 고용보험, 고속화, 지속가능성, 물량장, 실무교육, 대처법, 냉장, 품질검사	수출입/연안/환적 화물 물동량 급감
9	생산유발효과, 선복량, 무역분쟁, 전자제품, 수입액, 유럽항로, 인플레이션, 무탄소, 판로개척	선박 사고로 인한 항만 및 항로 폐쇄
10	입주기업, 사업체, 경제협력, 북방경제, 운송업, 공급업, 돌파구, 시베리아횡단철도, 창고업, 수출기업, 관광거점, 불공정, 국가경제	북방물류 중단
11	이산화탄소, 질소산화물, 항만개발, 하역장비, 해상운송, 평형수, 발생량, 투자처, 정보공유, 감염경로, 연료비, 낙찰자, 물류기업	선박배출 대기오염물질 증가
12	지역발전, 친수공간, 구축사업, 친수시설, 내륙운송, 위험성, 품목별, 포워딩서비스, 보세운송, 방제작업, 국제교류	항만 터미널 및 물류센터 위험물 폭발 사고 발생
13	occupation, specialist, task, talent, bonin, substitution, complex, competitiveness	숙련된 해기사(선원) 부족
14	health, safety, covid, disease, home, care, risk, cdc, outbreak, virus, pandemic, prevention, mask, coronavirus, worker, infection, fatality, face, medicine, emergency	선원 감염병 발생
15	analytics, big, maturity, cloud, visualisation, resource, generation, adoption, source, segment, infrastructure, ability, compute, nem, assimilation	해운물류 기술 경쟁력 저하

	토픽 키워드	최종 라벨링
16	supply, logistics, transportation, manage, inventory, transport, logist, food, distribution, manufacturing, traceability, procurement, tariff, material, control, delivery	글로벌 공급망 변화 대응 능력 부족
17	transition, regime, mobility, change, pathway, forecasting, roadmap, experiment, car, forecast, landscape, cybersecurity, network, incumbent, cyber, lab	해운선사 사이버 공격 취약
18	region, transport, infrastructure, maritime, europe, construction, speed, corridor, network, belt, connectivity, initiative, centrality, impact	중국의 글로벌 물류인프라 선점
19	investor, effect, asset, ownership, industry, shipping, finance, control, leverage, shareholder, debt, firm, liquidity, financial, threat	금융기관의 선박 투자 회피
20	vehicle, travel, transport, demand, passenger, transportation, transit, driver, stop, congestion, pattern	연안해운 이용객 급감
21	contract, fee, operator, welfare, proposition, revenue, concession, surplus, finance, reward, regime, operators, fund, deregulation, operate, demand	선원 인권 복지 문제 발생 증가
22	network, transportation, hub, node, constraint, demand, path, link, facility, optimization, distribution, pair, allocation, assignment, destination, formulation, penalty, integer, iteration	해운 얼라이언스 강제 퇴출
23	oil, tanker, pipeline, ballast charter, aframax, vlcc, suezmax, arabian, layer, ows, friction, strait	선박평형수에 의한 오염 증가
24	emission, carbon, reduction, effect, environment, pollution, energy, adsorption, impact, intensity, gas, air, ghg, mtns, pollutants	탄소배출 저감 국제규제 기준 부합 실패
25	해적, 지표, 소매업, 쇼핑, 자산, 해사, 증가, 증대, 부채, 판매, 파급	해적 등 선박 통항로 안전성 위협 증가
26	생물, 부착, 선체, 증가, 오손, 외래, 유입, 응답, 패턴	선박 밑바닥 생물 부착(바이오파울링) 증가
27	해운, 지수, 운임, 예측, 변동, 시장, 변화, 위기, 경기, 장기, 선박, 수요, 유가, 추세, 선복량, 지표	국적선사 유동성 위기 심화
28	업황, 기업체, 재산피해, 선주, 다중이용시설, 안전도, 유통업, 체선율, 기술경쟁력, 관련업, 리뉴얼사업, 신속성, 관심도, 디젤오일, 인구감소, 협조관계	친환경/디지털 지연으로 국적선사 글로벌 경쟁력 약화

	토픽 키워드	최종 라벨링
29	구조조정, 경영난, 산업통상자원부, 접안시설, 필기시험, 관리사, 집하장, 신청기간, 기술협력, 인구감소, 항바이러스, 협조관계, 도시재생뉴딜사업, 디젤오일, 환경변화, 시설공사	해운물류기업 경영난 심화
30	환경오염, 재개발, 운송업, 고부가가치, 안전수칙, 교통비, 청항선, 경부고속도로, 분쟁, 철도망, 순찰활동, 플래카드, 고속철, 조선소, 순찰대	미래 고부가가치 해운물류업 육성 부족

자료: 저자 작성

마지막으로 항만분야는 1차적으로 총 95개의 토픽이 항만의 키워드로 분류되었으며 이 중에서 토픽명을 부여할 수 있는 토픽의 개수는 62개였다. 62개 중에서 미래 리스크로서의 성격을 갖는 토픽은 60개로 분류되었으며, 중요성과 발생 가능성을 고려한 상위 30개를 〈표 3-16〉과 같이 선정하였다.

〈표 3-16〉 항만분야 30대 예비 미래 리스크

	토픽 키워드	최종 라벨링
1	바지선, 안전교육, 행정절차, 활용방안, 확장사업, 활용도, 보안구역, 단일냉매, 안전승인, 변동사항, 환경변화	항만 안전/보안 위기
2	황산화물, 운항, 환경규제, 이산화탄소, 배출량, 대응방안, 질소산화물, 지구온난화, 공급업체, 혁파, 인구감소, 도시재생뉴딜사업, 제품화, 시설공사, 환경변화, 디젤오일	항만 환경오염 증가
3	효율성, 시범사업, 정보시스템, 대응책, 상생발전, 선박안전, 전문기관, 저탄소, 소형어선, 가시거리, 통항선박, 정보교류, 조사선, 데크길, 공동사업, 협조관계	선박안전사고 증가
4	시운전, 관공선, 기반시설, 배후부지, 정책방향, 취약지역, 주요사업, 주관기관, 국내총생산, 환경개선, 일상화, 선도사업, 이익금, 도시재생뉴딜사업, 인구감소, 시설공사, 디젤오일	항만 기반시설 개선 지연
5	항만시설, 경제성, 기상악화, 용역비, 거부감, 하역장비, 종합계획, 투자비, 소형선, 통항로, 행정조치, 잡화부, 사업법, 관광활성화, 취급항, 저장시설, 협조관계, 환경변화, 공동사업	항만 비용 상승 및 경제성 저하
6	관리법, 최적화, 특별점검, 추진기, 위험요인, 특별안전점검, 사고위험, 총생산, 투기, 안전조업, 실명, 이익금, 환경변화, 시설공사, 도시재생뉴딜사업	항만 안전관리 실패

	토픽 키워드	최종 라벨링
7	물동량, 의료진, 지원자, 호흡기, 신성장, 전문인력, 합동점검, 하역능력, 정부혁신, 재구성, 응급처치, 추락사고, 중동호흡기증후군, 심정지, 항바이러스	항만 작업자 안전사고 발생
8	운영사, 블록체인, 환적, 자율운항선박, 구명조끼, 스마트화, 철광석, 대합실, 화물창, 진입도로, 도로망, 교육훈련, 기준치, 공동사업, 불가항력, 변동사항, 기업	스마트화에 따른 일자리 감소
9	안정성, 비상근무, 목표량, 현장조사, 제작자, 실용성, 단순화, 역동성, 본보기, 소모품, 협조관계, 항바이러스, 시설공사	항만 작업자 안전사고 발생
10	투자자, 위험물, 정보통신기술, 연락망, 폐쇄회로, 부표, 등명기, 실수요자, 비상연락망, 관리체계, 시설공사, 공동사업, 협조관계	항만 내 위험 관리조직 구축 미흡
11	항만, 시설, 전략, 공급, 변화, 부두, 에너지, 원전, 전망, 선석, 예측, 추진, 증가, 강화	항만 내 에너지 공급 차단
12	리스크, 기후변화, 증가, 발생, 피해, 전담, 위험, 상업, 재난, 성과물, 홍수, 사회, 시설, 대응	항만배후단지 재해 발생
13	항만, 위험, 투입, 산출, 벤치마킹, 출항, 여수, 사고, 부산, 수출입, 태안, 울산, 층화, DEA	자연재해로 인한 항만 폐쇄
14	사회, 증가, 전략, 과학기술, 전망, 대응, 고령, 변화, 체계, 시나리오, 에너지, 발생, 시설, 혁신, 시장, 중국, 사고, 예측	중국 항만과 경쟁 격화
15	항만, 사회, 변화, 강화, 대응, 시설, 에너지, 과학기술, 환경, 체계, 어촌, 발생, 전략, 어항, 시나리오, 안전	항만의 미래 변화 대비 미흡
16	항만, 발생, 피해, 재난, 파급, 사고, 대응, 안전, 공급, 사회, 시설, 지장, 체계, 지진, 해양, 매뉴얼, 사건, 위험	항만 재난 대응체계 미흡
17	region, impact, food, population, estimation, demand, province, gdp, increase, grain, change, household, transport, distribution, generation, density	항만의 지역 경제 기여도 감소
18	health, safety, covid, disease, home, care, risk, cdc, outbreak, virus, pandemic, prevention, mask, coronavirus, worker, infection, fatality, face, medicine, emergency	항만종사자 감염병 발생
19	supply, logistics, transportation, manage, inventory, transport, logist, food, distribution, manufacturing, traceability, procurement, tariff, material, control, delivery	글로벌 공급망 변화 대응 미흡
20	venture, startup, incubator, ecosystem, incubation, specialization, entrepreneurial, accelerator, entrepreneur, entrepreneurship, ventur	항만 연관산업 육성 부족

	토픽 키워드	최종 라벨링
21	change, climate, impact, adaptation, vulnerability, effect, acidification, budget, surge, increase, ipcc, prolifera, risk, temperature, segment	기후변화 대응역량 부족
22	risk, platform, blockchain, contract, wholesaler, industry, remanufacturing, transaction, impact, manage, coefficient, coordination, utility	블록체인 기반 거대 물류플랫폼 회사 등장
23	change, forecasting, enterprise, collaboration, resource, industry, source, transfer, productivity, tech, smes, oecd, intensity, advantage, forecast, impact, ability, manufacturing	항만운영사 경영난 심화
24	perception, attitude, adoption, intention, satisfaction, acceptance, trust, norm, benefit, influence, measurement, loyalty, test, validity, psychology, commerce, environment	항만 개발과 운영을 둘러싼 지역주민 갈등 심화
25	물동량, 화물, 중국, 운송, 항만, 컨테이너, 환적, 전자, 수출입, 수출, 상거래, 물량, 부산항, 수입, 증가, 한국, TEU, 해상, 물류, 양성	전자상거래 수요증가 대비 부족
26	항만, 물류, 스마트, 부산항, 한국, 컨테이너, 네트워크, 부두, 전략, 선박, 인천항, 시설, 해운, 항로, 물동량, 환경, 터미널	항만 네트워크 약화
27	크루즈, 부산, 부가가치, 항만, 관광, 운송, 대산, 물류, 기항지, 경쟁력, 해양산업, 공급, 인천, 유발	크루즈 관광객 감소
28	컨테이너, 터미널, 장비, 장치, 크레인, 자동화, 야드, 선사, 선박, 이송, 인출, 하역, 안전, 시뮬레이션	컨테이너 하역생산성 약화
29	잠재력, 하역작업, 투자비, 산업체, 통행료, 출항, 항만보안, 특성화, 하드웨어, 원격제어	항만 사이버 보안 취약성
30	불개미, 붉은불개미, 접안시설, 방역당국, 재검토, 행정절차, 지하화, 살충제, 지하차도, 수개미, 특송화물, 급성장, 살수, 저장시설, 침출수	항만 방역방제 체계 미구축

자료: 저자 작성

제2절 해양수산분야 미래 리스크 발굴

1. 설문조사 개요

코로나19로 인해 대면으로 하는 워크숍이나 설문조사 등을 현실적으로 수행하기 힘든 상황이 되어, 빅데이터 분석을 토대로 도출한 최종 라벨링을 예비 리스크로 설정하여 설문조사를 시행하였다.

당초 일반 국민 2,000명, 전문가 100명을 목표로 하였으나 실제 조사에 응답한 표본은 일반 국민 2,000명, 전문가 37명으로 총 2,037명이었다. 본 설문은 전국 만 19세 이상 성인 남녀를 대상으로 하였으며, 일반 국민의 경우 성별, 연령, 지역 인구비례 할당표본방식(Quota Sampling)으로 표본을 추출하였고, 전문가는 국내 해양수산분야 및 미래 리스크 연구 분야 전문가 풀을 활용하였다. 전문조사기관인 한국리서치에 의뢰하여 2021년 7월 19일부터 7월 31일까지 구조화된 설문지에 의한 온라인 조사방식으로 수행하였다. 표본 오차는 95% 신뢰 수준에서 최대 허용 표본 오차 ± 2.17%Point이다.

〈표 3-17〉 설문조사 개요

구 분	세부 내용
조사 대상	• 전국 만 19세 이상 성인 남녀
표본 크기	• 2,037명(일반인 2,000명, 전문가 37명)
표본 오차	• 95% 신뢰 수준에서 최대 허용 표본 오차 ± 2.17%Point
조사 방법	• 구조화된 설문지에 의한 온라인 조사 • (CAWI: Computer Aided Web Interview)
표본 추출	• 성별, 연령, 지역 인구비례 할당표본 추출
조사 기간	• 2021. 7. 19. ~ 2021. 7. 31.

자료: 저자 작성

본 설문조사의 응답자 특성은 〈표 3-18〉과 같다.

〈표 3-18〉 응답자 특성

구분		사례 수(명)	비율(%)
전체		2,037	100.0
구분	일반인	2,000	98.2
	전문가	37	1.8
성별	여성	1,009	49.5
	남성	1,028	50.5
연령	19~29세	314	15.4
	30대	315	15.5
	40대	392	19.2
	50대	420	20.6
	60대 이상	596	29.3
지역	서울	390	19.1
	인천/경기	626	30.7
	충청권	217	10.7
	전라권	200	9.8
	대구/경북	196	9.6
	부산/울산/경남	323	15.9
	강원/제주	85	4.2
직업	농/임/어업	29	1.4
	블루칼라	422	20.7
	화이트칼라	919	45.1
	주부	372	18.3
	학생	140	6.9
	무직/기타	155	7.6
바닷가 거주 경험	있음	830	40.7
	없음	1,207	59.3

자료: 저자 작성

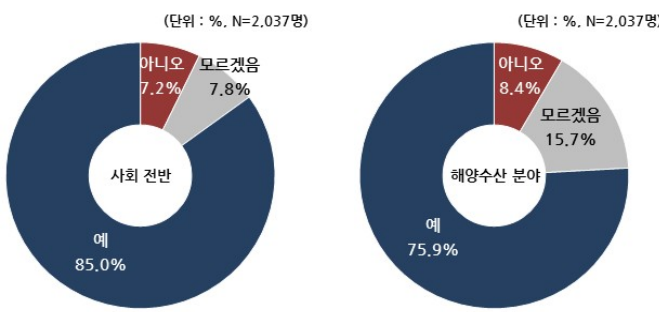
한편 해양수산분야의 리스크 후보군에 대한 평가에 앞서 리스크에 대한 인식 수준을 조사하였다. 조사 결과를 제시하면 다음과 같다.

2. 미래 리스크 인식도 조사 결과

1) 리스크 발생 빈도 증가 여부

먼저 사회 전반 및 해양수산분야를 구분하여 리스크(위험) 인식도를 살펴본 결과, 최근 10년 내에 응답자의 85.0%가 사회 전반의 리스크 발생 빈도가 증가했다고 답했으며, 75.9%가 해양수산분야의 리스크 발생 빈도가 증가했다고 응답했다. 해양수산분야의 리스크 발생 빈도 증가 여부에 대해 '모르겠다'라는 응답은 15.7%로, 사회 전반(7.8%)의 두 배 이상이었다. '사회 전반의 리스크 발생 빈도가 증가했다'라는 응답은 전문가 집단(94.6%)에게서 특히 높았던 반면에, '해양수산분야의 리스크 발생 빈도가 증가했다'라는 응답은 전문가 집단(91.9%), 50대(81.2%), 전라권(82.5%), 바닷가 거주 경험자(80.5%)에서 비교적 높게 나왔다.

〈그림 3-8〉 최근 10년 내 리스크 발생 빈도 증가 여부

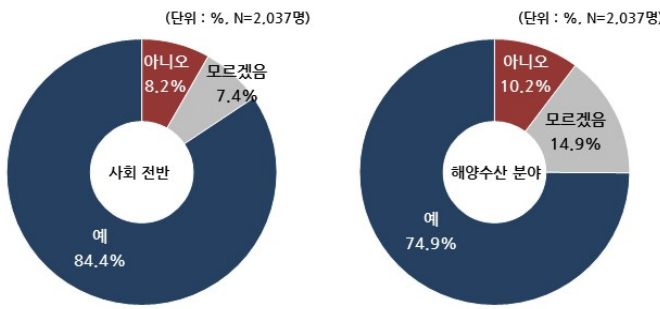


자료: 저자 작성

2) 리스크 발생 강도 증가 여부

최근 10년 내에 과거 대비 리스크 발생 강도가 증가했다고 생각하는지 여부에 대해서는 응답자의 84.4%가 사회 전반의 리스크 발생 강도가 증가했다고 답했고, 74.9%가 해양수산분야의 리스크 발생 강도가 증가했다고 답했다. '사회 전반의 리스크 발생 강도가 증가했다'라는 응답은 전문가 집단(91.9%), 전라권(89.0%), 강원/제주(89.4%)에서 비교적 높았고, '해양수산분야의 리스크 발생 강도가 증가했다'라는 응답은 전문가 집단(91.9%), 40~50대(40대 80.9%, 50대 79.5%), 전라권(80.5%)에서 비교적 높았다.

〈그림 3-9〉 최근 10년 내 리스크 발생 강도 증가 여부

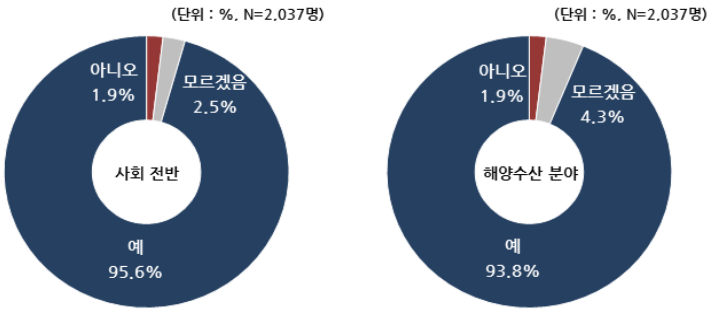


자료: 저자 작성

3) 리스크 관리의 중요성

사회 전반 및 해양수산분야의 리스크 관리의 중요성 여부를 질문한 결과, 응답자의 95.6%가 사회 전반의 리스크 관리가 중요하다고 응답했으며, 93.8%가 해양수산분야의 리스크 관리가 중요하다고 응답했다. 조사에 참여한 모든 전문가는 '사회 전반' 및 '해양수산분야'의 리스크 관리의 중요하다고 응답했으며, 대부분의 집단에서 95% 전후로 리스크 관리가 중요하다고 응답했다.

〈그림 3-10〉 리스크 관리의 중요성 여부



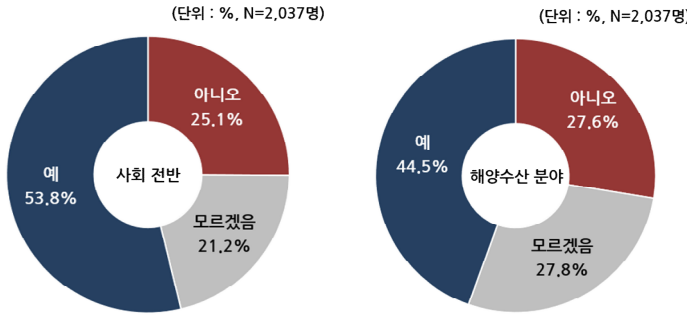
자료: 저자 작성

4) 리스크 관리 수준 향상 여부

최근 10년 내에 리스크 관리 수준이 높아졌다고 생각하는지에 대해서는 응답자의 53.8%가 사회 전반의 리스크 관리 수준이 향상되었다고 답했고, 25.1%가 향상되지 않았다고 응답했다. 한편 전체 응답자의 44.5%가 해양수산분야의 리스크 관리 수준이 향상되었다고 답했고, 27.6%가 향상되지 않았다고 응답해 해양수산분야의 리스크 관리 수준이 조금 더 부족한 것으로 나타났다.

'사회 전반의 리스크 관리 수준이 향상되었다'라는 응답은 전문가(70.3%), 충청권(59.4%), 전라권(61.0%), 바닷가 거주 경험자(58.6%)에게서 비교적 높게 나타났다. 반면에 '해양수산분야의 리스크 관리 수준이 향상되었다'라는 응답은 전문가 집단(62.2%), 50~60대(50대, 60대 각각 49.3%), 충청권(52.5%), 전라권(52.0%), 바닷가 거주 경험자(49.6%)에게서 비교적 높았다.

〈그림 3-11〉 리스크 관리 수준 향상 여부



자료: 저자 작성

3. 분야별 미래 리스크 평가 결과

1) 해양분야

해양분야 미래 리스크 30개 후보군의 발생 가능성, 파급력, 통제 불가능성[125] 세 가지 부문의 평균으로 순위를 〈표 3-19〉와 같이 정리했다.[126] 해양분야의 미래 리스크 30개의 후보군 중 가장 발생 가능성이 높고 파급력이 크며 통제가 불가능한 리스크는 평균 7.57점을 기록한 '지구 온난화 가속화'로 나타났다. 다음으로 '초대형 태풍 발생', '해양 플라스틱 쓰레기 증가', '월경성 해양 쓰레기 증가', '해양 및 바닷가 쓰레기 증가', '대규모 해저지진 발생', '연근해 해수수질 오염 증가', '해수면 상승에 따른 연안도시 범람', '북극항로 환경 변화', '해저 퇴적물 오염 증가' 순으로 나타났다.

125) 당초 설문조사에서는 응답자 편의를 위해 '통제 가능성'으로 질문하였으나, 분석에서는 (10-통제 가능성)으로 계산하여 '통제 불가능성'으로 제시

126) 발생 가능성: 각 미래 리스크가 향후 10년 이내에 발생할 가능성, 파급력: 각 리스크가 발생할 경우 사회에 미칠 파급효과의 크기, 통제 가능성: 각 리스크가 발생했다는 가정하에 현재 우리 사회의 준비 및 대응체계 수준

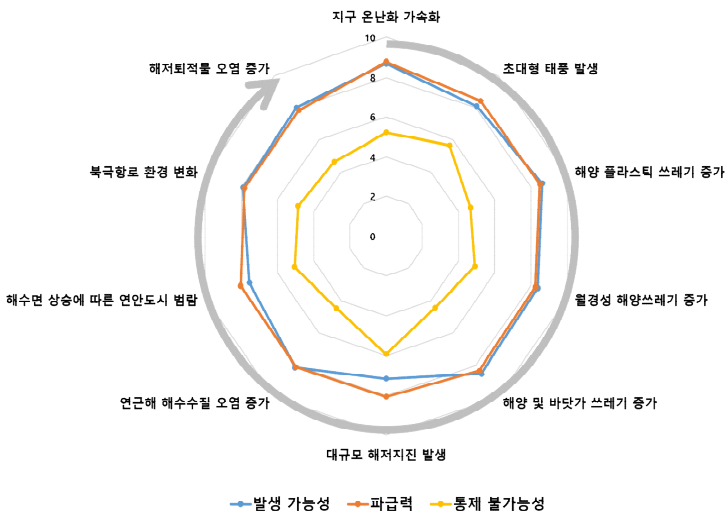
〈표 3-19〉 해양분야 예비 리스크 평가 결과

순위	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 불가능성	평균
1	지구 온난화 가속화	8.70	8.80	5.20	7.57
2	초대형 태풍 발생	8.09	8.43	5.67	7.40
3	해양 플라스틱 쓰레기 증가	8.63	8.49	4.66	7.26
4	월경성 해양 쓰레기 증가	8.38	8.24	4.90	7.17
5	해양 및 바닷가 쓰레기 증가	8.52	8.33	4.40	7.08
6	대규모 해저지진 발생	7.15	8.06	5.94	7.05
7	연근해 해수수질 오염 증가	8.14	8.1	4.45	6.90
8	해수면 상승에 따른 연안도시 범람	7.56	8.04	5.06	6.89
9	북극항로 환경 변화	7.92	7.83	4.87	6.87
10	해저 퇴적물 오염 증가	8.01	7.82	4.65	6.83
11	해양생물 서식지 훼손	8.04	7.86	4.55	6.82
12	극지 환경 훼손	7.82	7.77	4.77	6.79
13	미처리된 폐수의 해양 유입 증가	7.94	8.13	4.26	6.78
14	해수산성화(해수의 PH 감소 현상) 심화	7.62	7.72	4.77	6.70
15	주변국 해상경계 설정 분쟁 발생	7.74	7.77	4.24	6.58
16	선박 기름 유출로 인한 해양오염 증가	7.49	8.11	4.04	6.55
17	해양생물자원 관리 실패	7.38	7.54	4.49	6.47
18	해양에너지 개발에 따른 환경피해 발생	7.56	7.52	4.26	6.45
19	국제 해양법 분쟁 증가	7.59	7.47	4.17	6.41
20	해양 기인성 질병 발생	7.09	7.44	4.69	6.41
21	해양 공간 이용자 간 갈등 증가	7.49	7.03	3.98	6.17
22	해저 유/가스전 폭발 사고 증가	6.53	7.47	4.47	6.16
23	남북 접경수역 군사적 충돌 발생	6.92	7.48	4.05	6.15
24	해양재해에 따른 항만 및 부두 파손	7.14	7.13	4.12	6.13
25	해양에서의 안전사고 증가	7.25	7.04	3.76	6.02
26	해양관광인프라 노후화로 인한 안전사고 발생	7.12	7.03	3.75	5.97
27	해상교통로 안보 취약성 증가	6.90	6.97	4.02	5.96
28	선박소음에 따른 해양생물 피해 발생	6.95	6.59	4.25	5.93
29	해상 사고 구조활동 애로	7.00	6.94	3.78	5.91
30	해양레저관광/문화 소외계층 발생	6.81	6.01	4.25	5.69

자료: 저자 작성

해양분야 리스크 중 '지구 온난화 가속화'는 발생 가능성과 파급력이 가장 높게 나타났다. '초대형 태풍 발생', '대규모 해저지진 발생', '해수면 상승에 따른 연안도시 범람'의 경우 리스크가 발생하면 파급력이 클 것으로 예상하고 있다. '대규모 해저지진 발생'의 경우 통제 불가능성이 30개 항목 중 가장 높게 나타나 다른 리스크와 비교할 때 일단 발생하면 통제가 어려워 큰 파장을 가져올 것으로 보인다.

〈그림 3-12〉 해양분야 상위 10개 미래 리스크



자료: 저자 작성

2) 수산분야

수산분야 미래 리스크 30개 후보군의 평가 결과는 〈표 3-20〉과 같다. 수산분야에서 리스크가 가장 큰 것은 평균 7.11점으로 '수산물 원전 폐수 방사능 오염'인 것으로 나타났다. 이어서 '수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동', '기후변화에 따른 수산업 악영향, 수산생물종 감소', '근해어업 생산량

급감, 양식어류 대량 폐사', '수산 서식지 훼손', '기름 유출에 따른 수산업 피해 발생', '내수면 고유어종 감소', '불법어업에 따른 수산자원 감소' 순으로 나타났다.

〈표 3-20〉 수산분야 예비 리스크 평가 결과

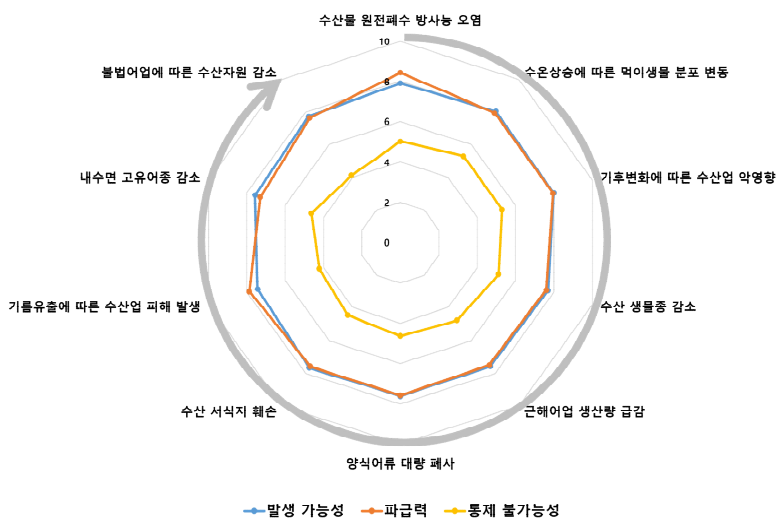
순위	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 불가능성	평균
1	수산물 원전 폐수 방사능 오염	7.90	8.42	5.01	7.11
2	수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동	8.05	7.94	5.31	7.10
3	기후변화에 따른 수산업 악영향	7.99	7.95	5.30	7.08
4	수산 생물종 감소	7.69	7.6	5.11	6.80
5	근해어업 생산량 급감	7.58	7.5	4.76	6.61
6	양식어류 대량 폐사	7.61	7.57	4.65	6.61
7	수산 서식지 훼손	7.67	7.58	4.44	6.56
8	기름 유출에 따른 수산업 피해 발생	7.44	7.87	4.22	6.51
9	내수면 고유어종 감소	7.57	7.3	4.64	6.50
10	불법어업에 따른 수산자원 감소	7.73	7.64	4.13	6.50
11	폐어구 다량 발생	7.64	7.47	4.28	6.46
12	수산물 유전자 변형 식품 공급 확대	7.40	7.46	4.32	6.39
13	수산물 가격 변동성 심화	7.46	7.38	4.28	6.37
14	전국 어촌 소멸 현실화	7.05	7.27	4.72	6.35
15	수산종사자 감소	7.35	6.94	4.67	6.32
16	불법·비보고·비규제(IUU) 위반국가 지정	7.47	7.34	4.09	6.30
17	수산물 기인 대규모 감염병 발생	6.81	7.50	4.59	6.30
18	대규모 수산물 위생문제 발생	7.19	7.51	4.11	6.27
19	수산물 수출 감소	7.00	6.88	4.48	6.12
20	어선 탄소배출 증가	7.26	7.13	3.94	6.11
21	전염병 방역 강화로 인한 조업 감소	6.93	6.95	4.27	6.05
22	수산물 수출규제 확대	7.02	6.99	4.03	6.01
23	경영난에 따른 수산기업 대규모 도산	6.66	6.85	4.40	5.97
24	전통적 수산물 유통체계 붕괴	6.83	6.73	4.27	5.94
25	수산업 어구 및 어선 증가	6.83	6.68	4.08	5.86
26	어민 간 어업권 분쟁 발생	7.00	6.58	3.90	5.83

순위	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 불가능성	평균
27	수산물 소비 급감	6.30	6.58	4.57	5.82
28	낚시어선 안전사고 발생	7.03	6.33	3.70	5.69
29	수산업에 대한 부정적 인식 증가	6.19	6.26	4.33	5.59
30	수산종사자 인권 침해 급증	6.33	6.19	4.01	5.51

자료: 저자 작성

'수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동'의 발생 가능성(평균 8.05점)과 통제 불가능성(평균 5.31점)이 가장 높은 점수를 기록하였다. 또한, 파급력 부문은 '수산물 원전 폐수 방사능 오염'이 평균 8.42점으로 다른 후보군 대비 가장 높게 나타났다.

〈그림 3-13〉 수산분야 상위 10개 미래 리스크



자료: 저자 작성

3) 해운물류분야

해운물류분야의 경우 '중국의 글로벌 물류인프라 선점'이 평균 6.53점으로 1위를 차지했고, 다음으로 '전염병 등으로 인한 글로벌 공급망 마비', '자연재해 등으로 인한 물류인프라 파손', '선박배출 대기오염물질 증가', '자연재해 등으로 인한 내륙물류망 마비' 등이 뒤를 이었다. 이어서 '선원 감염병 발생', '해운운임 급등락', '선박평형수에 의한 오염 증가', '선박 바이오파울링 증가', '해운 물류기업 경영난 심화' 순으로 나타났다.

〈표 3-21〉 해운물류분야 예비 리스크 평가 결과

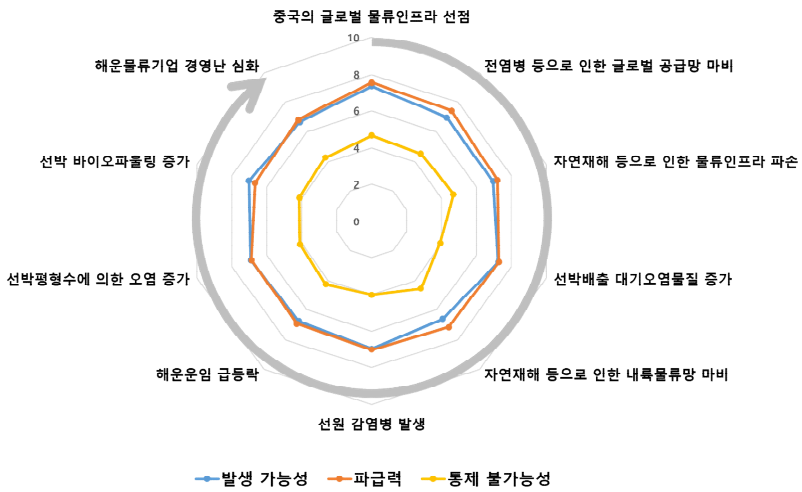
순위	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 불가능성	평균
1	중국의 글로벌 물류인프라 선점	7.36	7.57	4.66	6.53
2	전염병 등으로 인한 글로벌 공급망 마비	6.96	7.41	4.55	6.31
3	자연재해 등으로 인한 물류인프라 파손	6.96	7.21	4.69	6.29
4	선박배출 대기오염물질 증가	7.26	7.28	3.93	6.16
5	자연재해 등으로 인한 내륙물류망 마비	6.60	7.15	4.56	6.10
6	선원 감염병 발생	6.96	7.00	4.04	6.00
7	해운운임 급등락	6.75	6.93	4.25	5.98
8	선박평형수에 의한 오염 증가	6.91	6.89	4.11	5.97
9	선박 바이오파울링 증가	7.03	6.68	4.14	5.95
10	해운물류기업 경영난 심화	6.65	6.80	4.29	5.91
11	선박 사고로 인한 인적/물적 피해 발생	6.80	6.92	3.98	5.90
12	해운기업 파산	6.51	6.87	4.31	5.90
13	해운선사 사이버 공격 취약	6.74	6.88	3.98	5.87
14	국적선사 유동성 위기 심화	6.61	6.76	4.19	5.85
15	탄소배출 저감 국제규제 기준 부합 실패	6.59	6.91	4.06	5.85

순위	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 불가능성	평균
16	미래 고부가가치 해운물류업 육성 부족	6.66	6.75	4.08	5.83
17	해적 등 선박 통항로 안전성 위협 증가	6.69	6.82	3.97	5.83
18	수출입/연안/환적 화물 물동량 급감	6.46	6.74	4.23	5.81
19	숙련된 해기사(선원) 부족	6.61	6.67	3.97	5.75
20	글로벌 공급망 변화 대응 능력 부족	6.43	6.73	4.06	5.74
21	해운물류 전문인력 공급 부족	6.59	6.60	4.02	5.74
22	연안해운 이용객 급감	6.52	6.45	4.23	5.73
23	금융기관의 선박 투자 회피	6.37	6.53	4.25	5.72
24	선박 사고로 인한 항만 및 항로 폐쇄	6.27	6.77	4.08	5.71
25	선원 인권 복지 문제 발생 증가	6.71	6.44	3.87	5.67
26	북방물류 중단	6.21	6.41	4.37	5.66
27	항만 터미널 및 물류센터 위험물 폭발 사고 발생	6.15	6.91	3.92	5.66
28	친환경/디지털 지연으로 국적선사 글로벌 경쟁력 약화	6.28	6.55	4.04	5.62
29	해운 얼라이언스 강제 퇴출	6.10	6.43	4.24	5.59
30	해운물류 기술 경쟁력 저하	6.12	6.51	3.94	5.52

자료: 저자 작성

해운물류분야 미래 리스크 후보군 중 '중국의 글로벌 물류인프라 선점'은 발생 가능성과 파급력 점수가 각 7.36점, 7.57점으로 가장 높게 나타났다. '자연재해 등으로 인한 물류 인프라 파손'은 통제 불가능성이 4.69점으로 가장 높게 나타났다. 해운물류분야 역시 자연재해에 관한 항목인 '전염병 등으로 인한 글로벌 공급망 마비', '자연재해 등으로 인한 물류 인프라 파손', '자연재해 등으로 인한 내륙물류망 마비'는 파급력이 발생 가능성보다 크면서 통제가 어려울 것으로 나타났다.

〈그림 3-14〉 해운물류분야 상위 10개 미래 리스크



자료: 저자 작성

4) 항만분야

항만분야에서 가장 발생 가능성이 높고 통제가 불가능하며 파급력이 큰 것은 '중국 항만과 경쟁 격화'로 나타났다. 이어서 '기후변화 대응역량 부족', '항만 환경오염 증가', '스마트화에 따른 일자리 감소', '자연재해로 인한 항만 폐쇄', '블록체인 기반 거대 물류플랫폼 회사 등장' 등의 순이었다. '항만종사자 감염병 발생', '항만 비용 상승 및 경제성 저하', '항만운영사 경영난 심화', '항만 사이버 보안 취약성'도 10위권 내에 있었다.

〈표 3-22〉 항만분야 예비 리스크 평가 결과

순위	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 불가능성	평균
1	중국 항만과 경쟁 격화	7.49	7.50	4.36	6.45
2	기후변화 대응역량 부족	7.12	7.44	4.74	6.43
3	항만 환경오염 증가	7.49	7.46	4.15	6.37

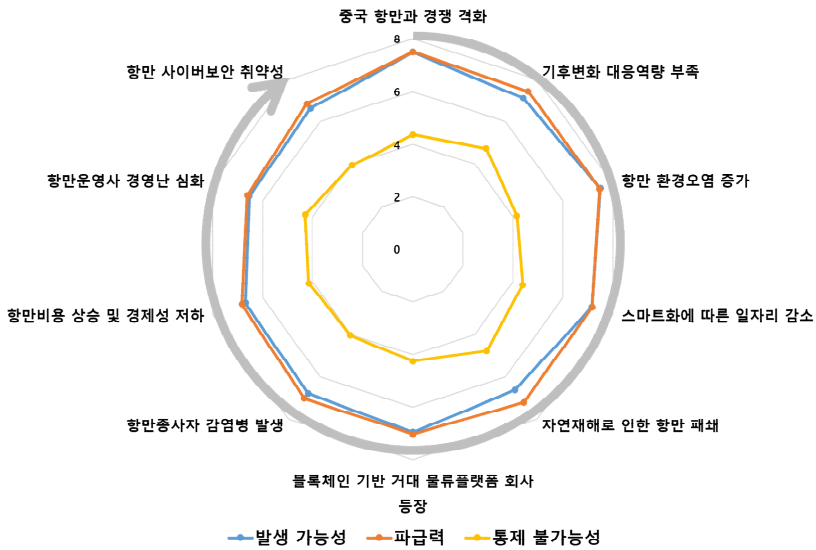
순위	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 불가능성	평균
4	스마트화에 따른 일자리 감소	7.15	7.16	4.39	6.23
5	자연재해로 인한 항만 폐쇄	6.61	7.19	4.78	6.19
6	블록체인 기반 거대 물류플랫폼 회사 등장	6.97	7.05	4.27	6.10
7	항만종사자 감염병 발생	6.77	7.01	4.04	5.94
8	항만 비용 상승 및 경제성 저하	6.68	6.82	4.16	5.89
9	항만운영사 경영난 심화	6.53	6.61	4.30	5.81
10	항만 사이버 보안 취약성	6.62	6.84	3.94	5.80
11	항만 재난 대응체계 미흡	6.54	6.87	3.98	5.80
12	항만배후단지 재해 발생	6.46	6.71	4.18	5.78
13	항만의 미래 변화 대비 미흡	6.55	6.66	4.03	5.75
14	항만 작업자 안전사고 발생	6.79	6.57	3.85	5.74
15	항만 개발과 운영을 둘러싼 지역주민 갈등 심화	6.64	6.48	4.04	5.72
16	선박 안전사고 증가	6.53	6.75	3.87	5.72
17	항만 안전/보안 위기	6.49	6.79	3.86	5.71
18	글로벌 공급망 변화 대응 미흡	6.41	6.64	4.02	5.69
19	항만 방역방제 체계 미구축	6.37	6.79	3.91	5.69
20	항만 비상사태 대응 매뉴얼 부재	6.36	6.78	3.89	5.68
21	항만 연관산업 육성 부족	6.48	6.42	4.06	5.65
22	항만 내 위험 관리조직 구축 미흡	6.39	6.58	3.97	5.65
23	항만의 지역 경제 기여도 감소	6.22	6.43	4.25	5.63
24	크루즈 관광객 감소	6.40	5.95	4.50	5.62
25	항만 기반시설 개선 지연	6.38	6.33	3.97	5.56
26	항만안전관리 실패	6.19	6.61	3.86	5.55
27	컨테이너 하역 생산성 약화	6.19	6.41	3.99	5.53
28	전자상거래 수요 증가 대비 부족	6.24	6.4	3.93	5.52
29	항만 내 에너지 공급 차단	5.92	6.68	3.90	5.50
30	항만 네트워크 약화	6.03	6.39	3.89	5.44

자료: 저자 작성

항만분야 미래 리스크 후보군 중 발생 가능성과 파급력이 가장 높은 항목은 '중국 항만과 경쟁 격화'로 각 7.49점, 7.5점으로 나타났다. 가장 통

제가 불가능할 것으로 나타난 항목은 '자연재해로 인한 항만 폐쇄'로 4.78점으로 나타났다. 앞서 보였던 해양, 수산, 해운과 같이 항만분야 역시 자연재해에 관한 항목인 '기후변화 대응역량 부족', '자연재해로 인한 항만 폐쇄', '항만종사자 감염병 발생'은 파급력이 발생 가능성보다 커 통제가 어려울 것으로 나타났다. 그 외 '항만 사이버 보안 취약성'도 약간의 차이로 파급력이 발생 가능성보다 크나 다른 항목 대비 리스크 통제에 다소 긍정적일 것으로 나타났다.

〈그림 3-15〉 항만분야 상위 10개 미래 리스크



자료: 저자 작성

4. 미래 리스크 발굴 결과

앞서 분석한 결과를 토대로 해양수산분야별 상위 미래 리스크를 정리하면 〈표 3-23〉과 같다. 해양분야에서는 해양환경 악화와 해양 기인성 자연

재난 관련 리스크가 도출되었다. 수산분야의 경우 최근 들어 사회적, 국제적 이슈로 부상한 원전 폐수에 의한 수산물의 방사능 오염 이슈가 1위를 차지한 가운데, 해양환경 변화가 수산분야에 미칠 악영향과 관련한 이슈들이 선정되었다. 해운물류분야의 경우 물류공급망을 둘러싼 글로벌 경쟁과 자연 재난에 따른 마비, 환경오염 등의 이슈가 부각되었다. 항만은 글로벌 경쟁과 함께 자연재해, 환경오염 등의 이슈와 함께 일자리 감소, 사이버 보안 등 스마트화에 따른 부정적 영향도 상위권을 차지하였다.

〈표 3-23〉 해양수산분야별 10대 미래 리스크

분야	순위	미래 리스크	발생 가능성	파급력	통제 불가능성
해양	1	지구 온난화 가속화	8.70	8.80	5.20
	2	초대형 태풍 발생	8.09	8.43	5.67
	3	해양 플라스틱 쓰레기 증가	8.63	8.49	4.66
	4	월경성 해양 쓰레기 증가	8.38	8.24	4.90
	5	해양 및 바닷가 쓰레기 증가	8.52	8.33	4.40
	6	대규모 해저지진 발생	7.15	8.06	5.94
	7	연근해 해수수질 오염 증가	8.14	8.1	4.45
	8	해수면 상승에 따른 연안도시 범람	7.56	8.04	5.06
	9	북극항로 환경 변화	7.92	7.83	4.87
	10	해저 퇴적물 오염 증가	8.01	7.82	4.65
수산	1	수산물 원전 폐수 방사능 오염	7.90	8.42	5.01
	2	수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동	8.05	7.94	5.31
	3	기후변화에 따른 수산업 악영향	7.99	7.95	5.30
	4	수산 생물종 감소	7.69	7.6	5.11
	5	근해어업 생산량 급감	7.58	7.5	4.76
	6	양식어류 대량 폐사	7.61	7.57	4.65
	7	수산 서식지 훼손	7.67	7.58	4.44
	8	기름 유출에 따른 수산업 피해 발생	7.44	7.87	4.22
	9	내수면 고유어종 감소	7.57	7.3	4.64
	10	불법어업에 따른 수산자원 감소	7.73	7.64	4.13

분야	순위	미래 리스크	발생 가능성	파급력	통제 불가능성
해운 물류	1	중국의 글로벌 물류인프라 선점	7.36	7.57	4.66
	2	전염병 등으로 인한 글로벌 공급망 마비	6.96	7.41	4.55
	3	자연재해 등으로 인한 물류인프라 파손	6.96	7.21	4.69
	4	선박배출 대기오염물질 증가	7.26	7.28	3.93
	5	자연재해 등으로 인한 내륙물류망 마비	6.60	7.15	4.56
	6	선원 감염병 발생	6.96	7.00	4.04
	7	해운운임 급등락	6.75	6.93	4.25
	8	선박평형수에 의한 오염 증가	6.91	6.89	4.11
	9	선박 바이오파울링 증가	7.03	6.68	4.14
	10	해운물류기업 경영난 심화	6.65	6.80	4.29
항만	1	중국 항만과 경쟁 격화	7.49	7.50	4.36
	2	기후변화 대응역량 부족	7.12	7.44	4.74
	3	항만 환경오염 증가	7.49	7.46	4.15
	4	스마트화에 따른 일자리 감소	7.15	7.16	4.39
	5	자연재해로 인한 항만 폐쇄	6.61	7.19	4.78
	6	블록체인 기반 거대 물류플랫폼 회사 등장	6.97	7.05	4.27
	7	항만종사자 감염병 발생	6.77	7.01	4.04
	8	항만 비용 상승 및 경제성 저하	6.68	6.82	4.16
	9	항만운영사 경영난 심화	6.53	6.61	4.30
	10	항만 사이버 보안 취약성	6.62	6.84	3.94

주: 색깔이 진할수록 순위가 높음
자료: 저자 작성

한편 해양, 수산, 해운물류, 항만 전 분야를 대상으로 발생 가능성, 파급력, 통제 불가능성을 종합한 결과 상위 10개는 〈표 3-24〉와 같다. 가장 발생 가능성이 높고, 통제 불가능하며 파급력이 큰 항목으로는 해양분야의 '지구 온난화 가속화'로 나타났다. 특히 발생 가능성과 파급력 각 항목에서도 가장 높은 점수로 나타났다. 이는 지구 온난화를 피할 수 없고, 이에 따른 파급력도 매우 크다고 인식하고 있음을 의미한다. '해양 플라스틱 쓰레기 증가'는 초대형 태풍 대비 발생 가능성과 파급력이 크나 통제 불가능성이 낮아 3위에

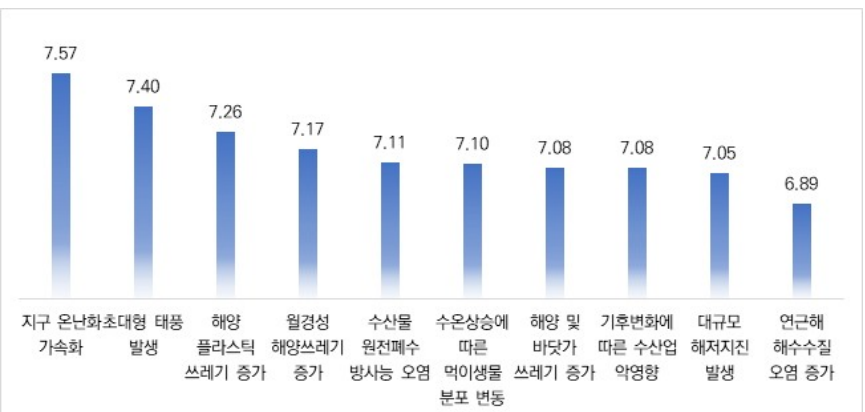
랭크되었다. 통제 불가능 부문에서는 '대규모 해저지진 발생'이 1위를 차지하였다.

〈표 3-24〉 해양수산분야 10대 미래 리스크

순위	미래 리스크	발생 가능성	파급력	통제 불가능성
1	지구 온난화 가속화	8.70	8.80	5.20
2	초대형 태풍 발생	8.09	8.43	5.67
3	해양 플라스틱 쓰레기 증가	8.63	8.49	4.66
4	월경성 해양 쓰레기 증가	8.38	8.24	4.90
5	수산물 원전 폐수 방사능 오염	7.90	8.42	5.01
6	수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동	8.05	7.94	5.31
7	해양 및 바닷가 쓰레기 증가	8.52	8.33	4.40
8	기후변화에 따른 수산업 악영향	7.99	7.95	5.30
9	대규모 해저지진 발생	7.15	8.06	5.94
10	연근해 해수수질 오염 증가	8.14	8.10	4.45

주: 색깔이 진할수록 순위가 높음
자료: 저자 작성

〈그림 3-16〉 해양수산분야 10대 미래 리스크 도출 결과



자료: 저자 작성

제3절 해양수산분야 10대 미래 리스크 개요

(1) 지구 온난화 가속화

지구 온난화는 지구의 온실 효과가 과도하게 일어난 현상으로 산업혁명 이후 대기 중 온실가스의 농도가 진해지면서 발생하였다. 온실 효과는 이산화탄소, 메탄 등과 같은 온실가스가 에너지를 흡수하여 지표면을 보온하여 지구 대기 온도를 상승시키는 것으로, 적당한 온실 효과는 필요하나 과도하게 온도가 올라가는 현상이 지구 온난화를 야기한다. 이에 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)는 제5차 평가보고서(AR5, 2014)에서 인간이 기후시스템에 영향을 미치고 그 정도가 심해지고 있어 지구 온난화가 진행되고 있음을 확신하였고, 특히 인위적인 이산화탄소 배출을 주원인으로 분석하였다.[127] IPCC(2018)에 따르면, 2003~2052년 사이 평균 1.5℃ 상승할 확률이 높아 앞으로 온난화 추세가 지속될 것으로 예측했다.[128]

(2) 초대형 태풍 발생

태풍이란 날씨 변화에 영향을 주는 태양의 열에너지의 불균형이 발생하여 날씨의 변화가 생기고 적도 부근 바다에서 생성되는 대류구름이 모여 만들어지는 거대한 저기압시스템으로, 강한 바람과 많은 비를 동반한 기상현상이다. 초대형 태풍이란 풍속 15m/s 이상의 강풍 반경이 800km 이상을 말한다. 태풍으로 인해 침수, 건물 및 시설 붕괴, 농수축산품 생산 효율성 저하, 산사태 등의 피해가 발생한다. 우리나라는 자연재해 피해액 중 태풍으로 인한 피해액이 2019년 기준 98%를 차지하며,[129] 특히 2020년에

127) IPCC(2014), p. 2-9.
128) IPCC(2018), p. 6.
129) 국민안전처(2019), p. 12.

는 태풍 마이삭과 하이선이 연달아 상륙하면서 매우 큰 피해가 발생했다. 2000년대에는 1980년대에 비해 태풍으로 인한 인명피해는 감소하였지만 재산피해는 증가한 것으로 나타났다.[130] 우리나라 주위의 태풍의 수, 규모, 경로 기압 등을 이용한 폭풍해일을 분석한 Yang *et al.*(2018)에 따르면, 태풍의 수는 감소하지만 태풍의 규모는 계속 커질 것으로 전망했다.[131]

(3) 해양 플라스틱 쓰레기 증가

국제자연보전연맹(IUCN)은 해양 쓰레기의 80%를 플라스틱이 차지하고 있으며, 해양생물과 생태계를 위협하여 식품안전과 품질, 건강 그리고 해양 관광에도 부정적인 영향을 미치며 이는 기후변화에도 기여하는 것으로 밝혔다. Plastics Europe(2017)에 따르면, 전 세계 플라스틱 생산량은 1950년 100만 톤 정도에서 2002년에는 2억 톤, 2015년에는 3억 톤을 넘어섰으며,[132] 최근에는 매년 800만 톤의 해양 플라스틱이 발생하고 있다. 이러한 해양 플라스틱은 해양생물이 섭취하여 질식하거나, 열상, 감염, 수영속도 감소 등의 손상을 유발하고, 생태계를 교란시키는 박테리아 확산에 기여한다. 또한 플라스틱은 각종 자연 요인인 자외선, 바람, 해류 등에 의해 미세 또는 나노플라스틱으로 파편화되는데, 이는 소금과 전 세계 바다 샘플에서 발견되었다.[133]

해양수산부의 분석자료에 의하면, 우리나라의 해양 쓰레기 중 플라스틱이 평균 83%로 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 이에 2021년에 2050년까지 해양 플라스틱 폐기물 발생량 제로화 달성을 선언하고, 플라스틱 중 54%를 차지하는 폐어구·부표를 줄이기 위해 2022년에 '어구·부표

130) 환경부(2020), pp. 222~223.
131) Yang *et al.*(2018), p. 7.
132) Plastics Europe(2017); Our World in Data, p.12.-심원준 (2019) 세미나 자료 참고, p.4.
133) IUCN Issue brief(2021)

보증금제'를 시행할 예정이다.[134] 전 세계적으로 플라스틱 제로, BFFP(Break free from plastic) 캠페인 등 다양한 활동들이 있지만, 최근 코로나19로 일회용품 사용이 증가하여 플라스틱 사용량이 증가하고 있다. Lau *et al.*(2020)는 현재 상태로 플라스틱을 계속 사용할 경우에는 2040년에는 약 13억 톤의 플라스틱 쓰레기가 발생할 것으로 분석했다.[135]

(4) 월경성 해양 쓰레기 증가

월경성 해양 쓰레기는 국경을 넘어 이동하는 쓰레기를 의미하며, 국가 간 해양환경에 피해를 입힐 수 있는 요인이 된다. 해양수산부에 따르면, 우리나라 해양 쓰레기 중 외국 기인 쓰레기가 4.1%(무게 기준)를 차지하고 있는 것으로 나타났다.[136] 특히 서해안에 월경성 해양 쓰레기가 많이 유입되는데, 이는 해양환경의 특성인 해상풍으로 인해 유입된 쓰레기와 도서지역의 지형적 영향을 받은 것으로 분석되었으며,[137] 오랜 시간 중국의 해양 쓰레기 유입이 지속되었던 것으로 확인된다. 최근에는 중국발 괭생이모자반으로 인한 피해가 심해졌는데, 한국해양수산개발원(KMI)은 2017년도에 괭생이모자반에 대한 대응이 필요한 것을 이미 언급했다. 괭생이모자반은 특유의 악취로 관광산업에 피해를 주고 근해어업까지 그 피해가 발생하며 특히 방제작업에 많은 비용과 시간이 투자된다.[138]

(5) 수산물 원전 폐수 방사능 오염

방사능에 의한 해양오염은 최근 가장 뜨거운 이슈로 떠올랐다. 2011년 3월에 일본 후쿠시마 원전 사고로 다량의 방사능이 해양으로 유입됨에 따

134) 해양수산부 보도자료(2021. 3. 10)
135) Lau et al.(2020), pp.1455-1461.
136) 해양수산부 보도자료(2021. 3. 10)
137) 장선웅 외(2012), p. 99.
138) 한국해양수산개발원(2017), p. 1.

라 국내에서 방사능 오염 및 위험에 대한 관심이 증가하였다. 특히 2021년 4월 일본 정부가 후쿠시마 제1원전 오염수를 해양에 방류할 것으로 결정하면서 세계적으로 큰 이슈가 되었다. 미국과 국제원자력 기구(IAEA)는 일본을 지지하고 있고, 특히 IAEA(2021)는 9월부터 일본의 원전 오염수 해양 방류 진행을 위한 검사 및 모니터링을 위한 기술지원을 할 예정이라고 밝혔다.[139] 이에 태평양 중심 국가들은 원전 오염수 여파를 우려하여 여전히 반대하고 있다. 일본은 충분한 검사와 안정성을 확보한 후 방류할 계획이라고 밝혔으나 그린피스에서는 방사성 핵종(核種) 위험성을 경고하고, 전문가들도 특정 핵종이 생태계를 변형시킬 것이라는 점을 강조하고 있다. 수산물의 안전성이 완전히 확보되었다는 결론이 없는 상태에서 원전 오염수의 해양 방류가 진행될 경우 생태계와 인간에게 미치는 영향을 상당할 것으로 예상된다.[140]

(6) 수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동

수온 상승은 먹이망 구조, 어획어종 및 해역을 변화시켜 해양 생태계에 위협을 주고 있다. 국립수산과학원에 따르면, 한반도 연근해의 수온은 100년 전보다 약 1.11℃가 상승한 것으로 나타났는데, 이는 전 세계 해양 표층 수온이 지난 100년간 약 0.57℃ 상승한 것에 비하면 약 두 배 수준의 상승률을 보인다.[141] 한편 기상청은 수온 증가율이 향후 지속적으로 상승할 것으로 예측했다.[142] 특히 해양 표층 수온은 2100년에 현재보다 3~6℃ 상승할 것으로 예상했다.[143] 이로 인해 먹이망 구조에서 저차영양 단계의 생물인 식물 플랑크톤과 동물 플랑크톤 개체 수와 다양성의 변화가 해양 생태

139) IAEA, Press releases(2021. 8. 19)
140) 그린피스(2020), pp. 14~23.
141) IPCC(2014), pp. 1-3
142) 기상청(2020), pp. 22~23.
143) 환경부, 앞의 책, pp. 202~204.

계 먹이사슬에 변화를 일으켜 상위영양 단계, 즉 먹이연쇄가 약해지는 현상이 발생한다.[144] Jonkers, Hillebrand & Kucera(2019)는 170년 동안의 플랑크톤 생태계 변화를 연구해왔고, 수온 상승이 플랑크톤 소멸에 큰 영향을 미쳤고, 수온 상승이 지속될 경우 향후 해양 생태계가 붕괴하고, 특히 양식 수산물의 집단폐사의 주요 원인이 될 가능성이 있다고 예측했다.[145] 그러므로 기후변화에 대응하기 위하여 수온관측시스템 구축을 확대할 필요가 있으며, 기후변화가 지속되거나 심해질 경우를 대비하여 기후적응을 위한 기술 개발 또는 산업 육성이 필요하다.[146]

(7) 해양 및 바닷가 쓰레기 증가

유엔환경계획(UNEP)은 해양 쓰레기를 해양 및 연안에 버려지는 모든 가공된 물질로 정의하고 있다. 미국 해양대기청(NOAA)은 해양 쓰레기가 생명을 위협하고, 항해 안전과 인간의 건강도 위협하는 것으로 규명하고 있다. 연안의 쓰레기는 육지에서 발생한 쓰레기가 하수구, 빗물 등을 통해 바다로 흘러 들어오거나 관광객이 버리고 간 쓰레기의 경우가 대부분인데, 이를 해결하기 위해서 미국은 NOAA에서 Marine Debris Program을 진행하고 있다. 우리나라는 해양 쓰레기 수거를 꾸준히 진행하고 있다. 해양수산부 자료에 의하면, 2020년 우리나라 해양 쓰레기 수거량은 13.8만 톤으로 2018년(9.5만 톤)보다 45% 많은 양을 수거했지만[147] 여전히 근본적인 쓰레기 방지 대책이 필요하다.

144) 환경부, 앞의 책, pp. 78~79.
145) Jonkers, Hillebrand & Kucera(2019)
146) 환경부, 앞의 책, pp. 215~216.
147) 해양수산부 보도자료(2021. 3. 10)

(8) 기후변화에 따른 수산업 악영향

기후변화가 다양한 요인으로 작용하여 수산업에 악영향을 미치고 있다. 환경부에 의하면 기후변화로 인한 수산업의 피해는 먼저 기후변화와 해수면 상승으로 수산 생물종과 해양 및 갯벌 생물의 서식 변화, 외래생물 유입 등으로 인한 수산업 생산성 감소 등이 발생하고 있다. 또한 수온 상승으로 연안 양식 수산물의 질병 발생 가능성이 증가하고 있다. 기후변화가 생물의 서식 공간을 변화시켜 수산업에 부정적인 영향을 미칠 것으로 분석되었고, 이러한 기후변화가 계속된다면 해양생물의 생태가 꾸준히 악화되어 종 다양성 감소의 원인이 될 수 있다.[148] NOAA는 기후변화가 수산업에 영향을 미치고 있다는 것을 발견했는데, 어종들이 대서양 연안을 따라 북쪽으로 이동하고 있으며,[149] 특히 기후변화로 인한 태평양 참치 자원량 감소를 예측했다.[150]

(9) 대규모 해저지진 발생

해저지진은 지각변동으로 인한 파동이 해저에서 발생한 것으로, 지역의 단층에 어긋남으로 인해 지진해일을 유발한다. 해저지진이 발생하면 지진으로 인한 피해와 해일로 인한 피해를 동시에 입을 수 있기 때문에 적절한 위기 대처가 필요하다. 해저지진이 발생하면 가장 먼저 큰 피해를 입는 지역은 연안 지역이다. 우리나라의 연안인구는 전국 인구의 27.3%를 차지하고 있다.[151] 2016년 경주에서 발생한 규모 5.8 지진과 2017년 포항에서 발생한 규모 5.4 지진은 1978년 이후 우리나라 최대 규모의 지진으로 꼽힌다.[152] 이로 인해 우리나라에서도 지진의 위험성에 대한 인지도가 높아

148) 환경부, 앞의 책, pp. 192~209.
149) NOAA News(2021. 6. 17)
150) NOAA News(2019. 7. 19)
151) 해양수산부 연안포털(검색일: 2021. 8. 27)
152) 기상청(검색일: 2021. 8. 26)

졌다. 경주와 포항을 포함한 우리나라 전역에서 모두 해저지진으로 인한 피해를 입었는데, 지진에 대한 이해가 부족한 까닭에 대응이 미흡하고 피해가 컸다.

이후 기상청에서 지진대응보고서를 발간하고 지진전문가를 양성하였으며, 기상청 및 일곱 개의 유관기관으로 운영되는 지진관측기관을 확대하였다.[153] 한국지질자원연구원은 지진의 흐름과 이동 특성 등을 연구하기 위해 2018년 활성지구조연구단을 신설하였다. 자연재해는 예방할 수는 없지만 사전 대응을 할 수 있도록 현황을 파악하고 발생 시에도 피해를 최소화하고 즉각적으로 복구하기 위해 철저한 조기경보 및 후속 조치가 필요하다.

(10) 연근해 해수수질 오염 증가

연근해 해수수질 오염은 해양 쓰레기, 기후변화, 해양산성화 등 수질오염의 원인이 된다. 기후변화는 수온 상승, 해수면 상승 등을 유발하고,[154] 해양산성화는 대기의 이산화탄소 증가로 인해 발생한다.[155] 이러한 해양수질의 오염은 해양자원 손실과 해양 생태계의 균형을 무너트리는 요인이 되어 연근해 양식을 비롯한 수산자원과 해양생물에 직접적인 영향을 미치게 된다. 해양수산부에 따르면, 우리나라의 연근해 수질은 현재 1~2단계(총 5단계)로 높은 등급인데, 반면에 상대적으로 여름철에는 수질이 나빠지는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 우리나라는 연간 해양수질과 해저 퇴적물 오염 현황을 분석하고 있기 때문에 해수수질 개선에 도움을 주는 것으로 확인할 수 있다.

153) 기상청(2019), pp. 1~6.
154) 환경부, 앞의 책, pp. 192~199.
155) 유옥환(2016), p. 110.

04
해양수산분야 미래 리스크 파급효과 분석

제1절 개요

1. 분석 대상

본 장에서는 제3장에서 발굴한 미래 리스크 중 분야별로 대표적인 리스크를 선정하여 제2장에서 제시한 분석 방법론을 활용해 파급효과를 분석하고자 한다. 이를 위해 먼저 해양, 수산, 해운물류, 항만 등 분야별로 분석 대상 리스크를 선정하였다. 특히 분석을 위해 보다 구체화된 미래 리스크를 선정하였다. 선정방법은 전문가와 일반 국민 대상 설문조사 결과를 일차적으로 고려하되, 분석 필요성과 데이터 확보 등 분석 가능성에 대해 연구진 브레인스토밍과 전문가 자문을 거쳐 최종 선정하였다.[156]

먼저 해양분야는 '대형 선박 사고에 따른 해양환경 및 생태계 피해 예측'을 선정하였다. 국내에서는 매년 평균 280건의 기름 유출 사고가 발생하고 있다. 우리나라에서는 1995년 씨프린스호와 2007년 허베이스피릿호 선박 사고로 인해 기름 유출 사고가 발생했다. 세계적으로는 2020년에 일본의

156) 국민들이 평가한 분야별 순위에서는 10위권 밖이더라도 연구진 브레인스토밍과 전문가 자문을 통해 현시점에서 분석할 필요성이 있는지, 분석할 데이터가 있는지 등을 고려하여 선정함

벌크선 와카시오호가 모리셔스 섬 인근에서 산호초에 좌초되면서 기름 유출 사고가 발생했다. 선박에 의한 해상 기름 유출 사고는 언제든지 발생할 수 있으며, 선박 규모가 대형화됨에 따라 선박 사고로 인한 해양환경 및 생태계 피해 규모 역시 커지고 있다.

수산분야는 '원전 오염수 방류에 따른 수산물 수급 예측'을 선정하였다. 일본이 2023년부터 후쿠시마 원전 오염수를 해양에 방류하겠다는 계획을 발표함에 따라 눈앞에 다가온 위협으로 인식되고 있기 때문이다. 또한 수산물의 특성상 안전성이 무엇보다 중요하며, 수산물 수급에 지대한 영향을 미칠 것이라는 점을 고려하였다. 수산분야의 예비 리스크 중 국민들이 1위로 뽑은 리스크이기도 하다. 본고에서는 국내 소비 대표어종인 고등어와 명태를 대상으로 분석하였다.

해운물류분야는 '컨테이너선 운임변동 요인과 예측 가능성 고찰'로 선정하였다. 지난 2021년 3월 이집트 수에즈 운하에서 발생한 컨테이너선 에버기븐호의 좌초에서 보듯이 주요 통항로의 폐쇄는 해운 경기에 막대한 영향을 끼친다. 이러한 사례와 같이 해협과 운하 등 주요 수송로가 폐쇄되거나 코로나19와 같은 신종 전염병처럼 미처 예측하지 못한 리스크로 인해 글로벌 공급망에 장애가 발생하는 경우 해운 운임이 어떠한 영향을 받는지 파악하고자 한다. 우리나라 수출입 물동량의 99.7%가 해상으로 수송되는 만큼 주요 수송로의 폐쇄와 전염병으로 인한 글로벌 공급망 마비는 해운을 넘어 국가경제 전반으로 영향을 미칠 수 있다는 점을 고려하였다.

항만분야는 '항만 보안 리스크 발생에 따른 항만 운영 효율성 평가'를 대상으로 선정하였다. 사이버 보안 전문가인 Robert Rizka는 2018년부터 2020년까지 지난 3년간 해양산업 운영기술(OT) 시스템에 대한 사이버 공격이 900% 증가했다고 밝혔다.[157] 이렇듯 항만이 자동화됨에 따라 2017

157) 해양한국(2020. 8. 14)

년 머스크를 대상으로 발생한 랜섬웨어 공격 등 외부로부터의 사이버 공격이 빈번하게 발생하고 있는 점을 고려하였다. 이 밖에도 항만시설 또는 항만구역에서 다양한 보안 리스크가 발생할 수 있다. 항만에서 발생 가능한 보안 리스크를 구분하여 이들 리스크가 발생할 경우 항만 운영 효율성에 어떤 영향을 줄지 분석하고자 한다.

〈표 4-1〉 분야별 파급효과 분석 대상 리스크

분야	분석 대상	관련 미래 리스크	분야별 평가 순위
해양	대형 선박 사고에 따른 해양환경 및 생태계 피해 예측	연근해 해수수질 오염 증가	7위
		해저 퇴적물 오염 증가	10위
수산	원전 오염수 방류에 따른 수산물 재고 예측	수산물 원전 폐수 방사능 오염	1위
		수산 서식지 훼손	7위
해운물류	컨테이너선 운임변동 요인과 예측 가능성 고찰	전염병 등으로 인한 글로벌 공급망 마비	2위
		컨테이너 운임 급등락	7위
		해적 등 선박 통항로 안전성 위협 증가	17위
항만	항만 보안 리스크 발생에 따른 항만 운영 효율성 평가	자연재해로 인한 항만 폐쇄	5위
		항만 사이버 보안 취약성	10위

자료: 저자 작성

2. 분석 방법

앞에서 선정한 리스크의 파급효과를 계량적으로 분석하기 위해 주제별로 적합한 분석 방법을 채택하였다. 먼저 해양분야와 수산분야는 동일하게 SD를 적용하였다. SD는 시스템 사고를 하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션 기반으로 직관적인 사고방식을 추출하여 체계화한 분석 방법론으로, 동태적인 변화와 시스템의 메커니즘을 파악하는 데 용이하다. 해양분야에서는 대형 선박의 좌초 및 침몰에 따른 기름 유출 규모에 따라 해양환경 및 생태계에 미치는 피해 규모를 다양하게 시뮬레이션하고자 하며, 수산분야에서는 원전

오염수의 방류 규모와 기간에 따라 대표어종을 중심으로 재고량에 어떻게 영향을 미치는지 예측하였다.

해운물류분야는 컨테이너선을 중심으로 선박의 주요 통항로 좌초 및 폐쇄에 따라 글로벌 공급망 마비 시 해운운임 변동을 예측하기 위해 텍스트 마이닝 기법을 활용하였다. 이를 위해 문헌과 키워드 노드를 활용해 이원모드(two mode) 및 일원모드(one mode) 키워드 네트워크를 구축하고, 주요 토픽을 탐색하기 위해 LDA를 활용한 토픽 모델링 분석을 시행하였다.

항만분야는 항만 보안 리스크의 운용 효율성에 미치는 파급효과를 분석하기 위해 부트스트랩 DEA 모형과 Tobit Regression 모형을 활용하였다. 이들 모형을 활용한 분석 결과를 비교해 최적의 분석 모형과 결과를 도출하고자 하였다.

〈표 4-2〉 분야별 파급효과 분석 방법

분야	분석 대상	분석 방법
해양	대형 선박 사고에 따른 해양환경 및 생태계 피해 예측	SD
수산	원전 오염수 방류에 따른 수산물 수급 예측	SD
해운물류	컨테이너선 운임변동 요인과 예측 가능성 고찰	텍스트 마이닝 기법
항만	항만 보안 리스크 발생에 따른 항만 운영 효율성 평가	부트스트랩 DEA 모형+ Tobit Regression 모형

자료: 저자 작성

제2절 대형 선박 사고에 따른 해양환경 피해 예측

1. 분석 배경 및 목적

1) 분석 배경

해양분야[158] 연구자를 대상으로 의견을 수렴한 결과, 해양분야에서 미래 발생 가능한 리스크로 연안 침식, 항만 대기오염, 해양 기인 질병, 유해물질 유출, 기후변화, 해양 쓰레기 등으로 나타났으며, 세부적인 내용은 다음과 같다.[159]

해양분야의 미래 리스크는 앞서 대국민 설문조사 결과와 유사하게 나타났으며, 특히 기후변화(지구 온난화), 태풍·호우(초대형 태풍), 해양(플라스틱) 쓰레기, 선박 유류 유출 등이 해양분야에서 중요한 위협 요소로 일반인과 전문가 모두에게 인식되고 있음을 알 수 있다.

〈표 4-3〉 해양분야 미래 리스크 선정 결과

• 기상이변에 따른 연안 지역 침수
• 항만 대기오염에 의한 호흡기계 및 알레르기 질환 발생
• 해양시설물 기인 위험물질 누출
• 해양 기인 질병 발생 및 확산
• 해수면 상승으로 인한 연안 침식
• 연안 지역 중화학 산업단지 폭발 사고로 인한 유해물질 해양 유출
• 대형 선박 충돌 및 좌초에 따른 해양환경 및 생태계 피해
• 기후변화로 인한 급작스러운 생태계 및 자연환경 변화
• 태풍·호우로 인한 육상 기인 쓰레기 해양 유입
• 자연재해 발생 시 연안 원전 사고로 인한 방사선 물질 유출

자료: 저자 작성

158) 여기서 '해양'은 해양환경·생태계, 해양공간·자원, 국제 관계 등의 영역을 포괄함
159) KMI 해양연구본부 소속 연구자를 대상으로 해양분야 미래 리스크에 대한 의견을 수렴함

해양분야는 수산, 해운물류, 항만 등 타 분야와 달리 인문적 요소 외에 해양환경 및 생태계를 포함한 자연적 요소에 대한 리스크를 포함한다. 따라서 미래 리스크 파급효과 분석을 위한 해양분야의 대표 리스크를 선정하는 데 있어서 이러한 특이점을 고려하였고, 또한 실제 정량적 분석이 가능하도록 데이터 가용성, 이론적 타당성, 사회적 인식 등을 종합적으로 검토하였다. 이러한 기준에 따라 해양분야 10대 리스크 중에서 '대형 선박 충돌 및 좌초에 따른 해양환경 및 생태계 피해'를 미래 리스크 파급효과 분석을 위한 연구주제로 최종 선정하였다.

2) 분석 목적

우리나라를 비롯해 세계 여러 지역에서 대형 선박 사고가 발생하고 있으며, 특히 선박 사고 시 선체로부터 유출된 기름이 바다로 유입되는 경우에 그 피해가 심각하다. 대표적으로 2007년 12월 충남 태안군 해역에서 발생한 홍콩 선적 유조선(허베이스피릿호)의 충돌 사고로 인해 약 8만 배럴의 원유가 해양으로 유출되어 해양 생태계는 물론 지역 경제에 영향을 미쳤다. 최근에는 2020년 7월 모리셔스 해안에서 일본 선적 벌크선(와카시오호)이 좌초되어 약 1,000톤의 연료가 유출되어 물고기, 게, 돌고래 떼가 집단 폐사하는 등 해양환경과 관광산업에 악영향을 미칠 것으로 예상하고 있다. 이러한 사례에서 보듯이 대형 선박의 사고로 인한 원유 유출은 해양 생태계뿐만 아니라 바다를 터전으로 하는 지역 어민들의 삶에도 지대한 영향을 미친다. 최근 해상 물동량이 증가하고 해상풍력 발전, 해양레저관광 등 해양공간의 이용 수요가 늘면서 미래에 선박 사고로 인한 원유 유출의 피해 가능성이 높아지고 있는 실정이다.

〈그림 4-1〉 해상 기름 유출 사고 사례

주: 좌측은 충남 태안, 우측은 모리셔스 기름 유출 사고 장면
자료: 태안군청 제공

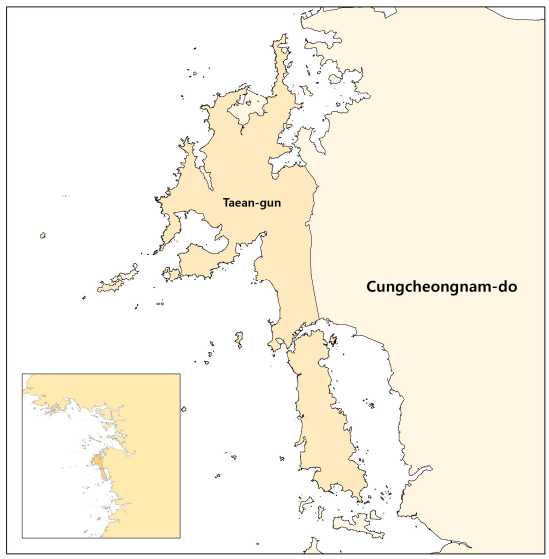
본 연구는 해양분야의 미래 대표 리스크로 선정된 대형 선박 사고의 기름 유출로 인한 자연적·인문적 영향을 종합적으로 검토하여 해양환경 및 생태계 측면에서 파급효과를 분석하고자 한다. 향후 연구 성과를 토대로 미래 해양의 위협 요소에 대한 대응전략을 수립하고, 불확실성을 해소하기 위한 객관적 자료로 활용하고자 한다.

2. 분석 방법

1) 분석 대상

구체적인 분석 대상은 2007년 12월 충남 태안군 만리포해수욕장 북서쪽 5마일 해상에서 홍콩 선적의 허베이스피릿호가 좌초되면서 원유 1만여 톤이 바다로 유출되어 인근 해역 및 해안가, 도서 지역이 극심한 오염 피해를 입었던 사건이다. 사후에 선박 사고, 기름 유출, 해양오염에 대한 다양한 조사 및 연구가 수행되었으며 관련 정보 및 데이터가 비교적 체계적으로 수집 및 보관되었다. 따라서 SD를 이용해 대형 선박 사고의 기름 유출로 인한 해양 생태계 영향을 예측하기 위한 본 연구의 목적상 태안군 기름 유출 사고 당시 수집된 선박 사고, 기름 유출, 해양오염 관련 데이터를 이용하여 분석을 수행하였다.

〈그림 4-2〉 분석 대상 지역



자료: 저자 작성

대형 선박 사고의 기름 유출로 인한 해양 생태계 피해 예측을 위한 연구의 공간적 범위는 충남 태안군 갯벌을 포함한 해역으로 설정하였고, 시간적 범위는 데이터 가용성을 고려하여 2007년 태안 기름 유출 사건 시점으로부터 2019년까지를 대상으로 지정하였다. 〈표 4-4〉와 같이 시스템다이내믹스 분석에 사용된 자료(통계연보, 해양경찰백서, 현장 조사 자료 등)는 월간 또는 연간 데이터를 적용하였으나, 일부 자료(생태계조사연보 등)의 경우 격년 또는 비정기로 수집된 정보를 포함하고 있다.

〈표 4-4〉 분석 대상 자료 현황

구분	명칭	기간	자료 출처	비고
선박 사고	최근 5년간 연안 사고 발생 현황	15~19년	해양경찰백서	-
	최근 10년간 해양오염발생 현황	10~19년	해양경찰백서	-
	해상조난 사고 발생 현황	15~19년	해양경찰백서	월별

구분	명칭	기간	자료 출처	비고
	해양오염 사고 발생 현황 (유출량, 건수)	10~19년	해양경찰백서	오염원별
	해양오염 사고 발생 현황	10~19년	해양경찰백서	오염원별 원인별 해역별 유출량별
	유형별 해양 사고 현황	10~19년	해양수산 통계연보	-
	선종별 해양 사고 현황	10~19년	해양수산 통계연보	-
	선박 톤수별 해양 사고 현황	10~19년	해양수산 통계연보	-
환경 · 생태계	퇴적환경	07~20년	생태계조사 (조사연보)	비정기
	대형저서생물	07~20년	생태계조사 (조사연보)	비정기
	염생식물	07~20년	생태계조사 (조사연보)	비정기
	연안수질 현황 (환경관리해역환경측정망)	10~19년	해양수산 통계연보	연안별
	연안수질 현황 (연근해환경측정망)	10~19년	해양수산 통계연보	연안별
방재 · 조치	재난 사고 발생 및 피해 현황	05~19년	태안통계연보	-
	일반회계 세출 예산(환경보호)	05~19년	태안통계연보	-
	관제구역 내 선박 통항량 및 교신량	15~19년	해양경찰백서	-
	수난 대비 기본훈련 실적	17~19년	해양경찰백서	-
	화학 사고 대응 전문교육 실시	10~19년	해양경찰백서	횟수, 인원
	연도별 지도 점검 현황	15~19년	해양경찰백서	-
	해상교통관제(VTS) 확대 구축 계획	18~25년	해양경찰백서	-
	V-PASS 구조건수 현황	14~19년	해양경찰백서	-
	방제 조치 현황	10~19년	해양경찰백서	-
	해양오염신고 실적	15~19년	해양경찰백서	해역별
	선박·해양시설 지도 점검	15~19년	해양경찰백서	-
	해양오염물질 감식·분석	15~19년	해양경찰백서	-

구분	명칭	기간	자료 출처	비고
사회·경제	세대 및 인구	05~19년	태안통계연보	-
	어가 및 어가인구	05~19년	태안통계연보	-
	주요관광지 방문객 수	05~19년	태안통계연보	-
	지방세 부담·징수	05~19년	태안통계연보	-
수산	수산물 어획고	05~19년	태안통계연보	-
	어업종사가구원 및 어업경영주	10~19년	해양수산 통계연보	주종사부문별
	어선 현황 및 조업활동	12-19년	해양수산 통계연보	-
	양식방법에 따른 어가 현황	10~19년	해양수산 통계연보	시도별
	어선 보유	05~19년	태안통계연보	-
항만·항행	화물수송 추이	08~19년	항만통계	-
	국적선 등록선박 추이	85~19년	항만통계	-
	화물 입출항 추이	08~19년	항만통계	-
	선박 입출항 추이	08~19년	항만통계	-
	화물수송 총괄	10~19년	해양수산 통계연보	-

자료: 저자 작성

분석에 사용된 자료는 크게 선박 사고와 관련된 현황 데이터(해양경찰백서, 해양수산 통계연보), 갯벌 및 연안 환경 및 생태계 자료(생태계조사연보, 해양수산 통계연보), 방재 및 조치 현황(해양경찰백서, 태안통계연보), 사회 및 경제 현황(태안통계연보), 수산물, 어선 등 수산 현황(태안통계연보, 해양수산 통계연보), 그리고 물동량 및 선박 현황(항만통계, 해양수산 통계연보)을 포함한다.

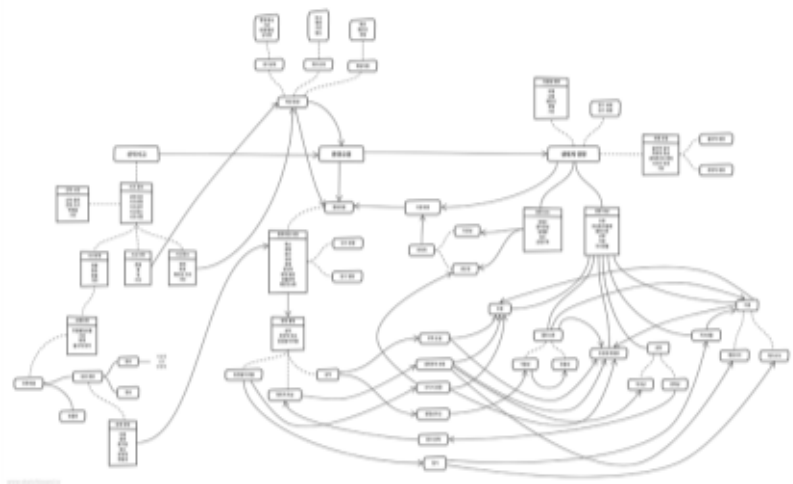
2) 모델 구축

(1) 개념모델 작성

국내외 문헌연구를 토대로 선박 사고 기름 유출의 환경·생태학적 파급효과를 분석하기 위한 이론적 배경, 모델링 요소에 대한 개념도를 작성하였

다. 개념도는 〈그림 4-3〉과 같이 전체 모델링 요소, 즉 선박 사고(사고 선박과 시점·장소), 환경오염(풍화작용과 주변 환경), 생태계 영향(생태계 피해 대상 및 요소)과 모델링 요소 간 인과 관계를 고려하였다.

〈그림 4-3〉 선박 사고 기름 유출의 생태계 영향 개념도

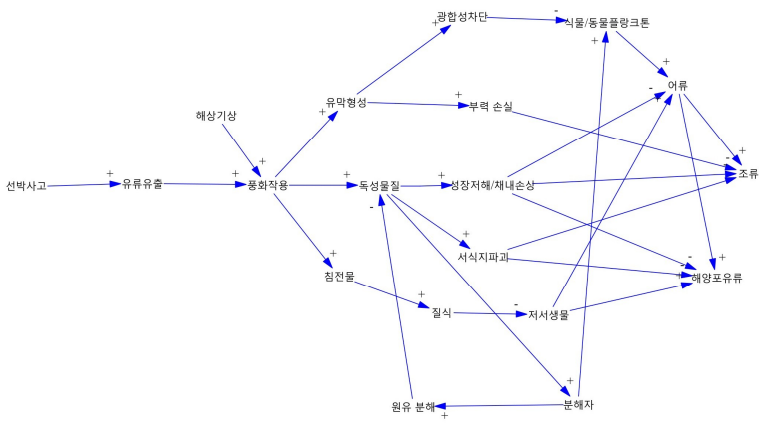


자료: 저자 작성

(2) 인과지도 작성

다음으로 SD를 이용한 시뮬레이션 분석에 앞서 모델링 요소의 시간에 따른 변화 과정과 요소 사이의 인간관계를 토대로 인과지도(초안)를 〈그림 4-4〉와 같이 작성하였다. 선박 사고로 인한 기름 유출, 해상기상 등 주변 환경에 의한 풍화 과정, 그리고 유막 형성, 독성물질, 침전물 등에 따른 생태계 영향을 생물종별로 그 원인과 함께 피드백 구조를 구성하였다.

〈그림 4-4〉 선박 사고 기름 유출의 해양 생태계 영향에 대한 인과지도(초안)



자료: 저자 작성

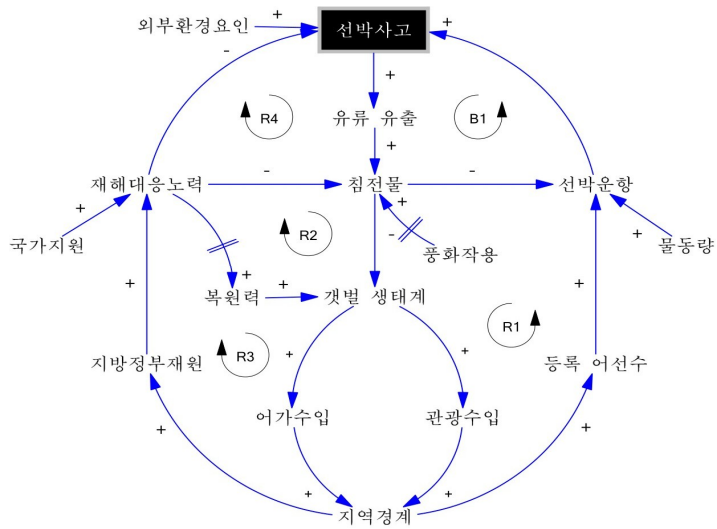
시스템다이내믹스 분석을 위한 모델링의 완성도를 높이기 위해서 본 연구에서 작성한 인과지도(초안)에 대해 전문가 검토를 의뢰하였다.[160] 검토 결과, 전체적으로 선박 사고-풍화작용-생태계 영향 간 단방향적 인과 관계로 구성되어 SD를 적용할 만한 피드백 구조의 보완이 필요하였다. 따라서 선박 사고 혹은 풍화작용에 대한 피드백 구조를 추가하기 위해서 해양 생태계의 상위 포식자로 선박 사고 기름 유출에 의한 생태계 피해에 직·간접적 영향을 받는 지역 어민을 모델링 구성 요소로 추가하였다. 선박 사고에 의한 기름 유출이 생태계를 통해서 어민에게 영향을 미칠 것으로 보고, 이에 지자체 및 관계기관(해양경찰 등)은 선박 사고를 예방하고 사고 발생 시 대응 능력을 이용해 피해를 축소해서 선박 사고와 풍화작용에 순환적 인과관계를 형성하도록 인과지도를 수정하였다.

유사 사고 사례와 문헌에 따르면, 해양의 기름 유출 사고로 인한 실제 피해는 대부분 연안에서 발생하며, 또한 모델의 복잡성과 모델 구성 요소

160) 한성대학교 경영학과 최강화 교수에게 의뢰함

간 명확한 인과 관계, 분석 데이터의 가용성 등을 종합적으로 고려하여 분석 대상 공간을 갯벌로 한정하였다. 따라서 선박 사고 기름 유출의 영향은 갯벌 생태계로 한정하였으며, 갯벌 생태계와 연관된 연안 지역사회를 분석 대상으로 조정하였다.

〈그림 4-5〉 선박 사고 기름 유출의 갯벌 생태계 영향에 대한 인과지도(수정)



자료: 저자 작성

〈그림 4-5〉와 같이 보완된 인과지도는 어가 수입, 관광 수입을 통해 갯벌 생태계와 지역 경제(수준)를 피드백 인과 관계로 구성하였고, 지역 경제는 다시 지방 정부 재원과 지역의 등록어선 수에 영향을 미치는 것으로 설정하였다. 먼저 지방 정부 재원은 선박 사고 기름 유출과 같은 재해에 대응하기 위한 (국가지원을 포함한) 자원(노력)의 규모를 결정하는 요소로 설정하고, 이것은 다시 선박 사고 자체를 예방, 유출 사고 시 대응, 갯벌 생태계의 복원력을 개선하기 위한 자원(노력)으로 설정하였다. 다른 한편으로 지역 경제 여건에 따라 지역에 등록된 어선, 무역선 등 선박 규모(수)는 물동

량과 더불어 해역의 선박 운항 여건에 영향을 미치고, 이것은 또 다른 선박 사고를 유발할 수 있는 요인으로 작용한다. 이러한 선박 사고 기름 유출과 연관된 모델링 요소 간 피드백 루프 구조를 수정하여 SD를 이용한 시뮬레이션 분석이 가능하도록 보완하였다.

(3) 전문가 자문

본 연구에서 다루는 모델링 요소와 요소 간 인과 관계에 대한 데이터 및 이론적 근거(메커니즘, 함수식)를 확보하기 위해서 다음의 네 영역으로 모델링 구조를 분할하고, 영역별로 전문가 의견을 수렴하여 필요한 정보를 수집·활용하였다.

〈표 4-5〉 SD 모델링 구성 요소 및 인과 관계

• 선박 사고 → 유류 유출 → 침전물
• 침전물 → 갯벌 생태계
• 갯벌 생태계 → 어가 수입 · 관광 수입 → 지역 경제
• 재해 대응력 → 선박 사고 · 침전물 처리 · 갯벌 복원력

자료: 저자 작성

위의 모델링 구성 요소(인과 관계)에 대한 전문가 의견은 다음과 같다. 요약하자면 첫째, 기름 유출로 인한 생태계 영향은 복잡한 현상으로 모델의 단순화가 필요하며, 생태계 피해는 생활사 초기 혹은 소형생물에만 나타난다. 둘째, 유류로 인한 생태계 영향은 풍화 과정을 통해 개체와 군집에 따라 다양하게 나타난다. 셋째, 기름 유출로 인한 사회·경제적 피해에 대한 자료 구득과 시계열 자료의 대표성 문제가 있을 수 있다. 넷째, 관광 수입의 변화는 갯벌 방문객 수 데이터를 활용할 수 있다. 마지막으로, 대형 선박 사고의 발생 빈도가 희박하여 데이터 확보에 어려움이 있으며, 모델 변수 중 등록어선에 대한 검토가 필요하다. 본 연구에 대한 보다 자세한 전문가 의견은 〈표 4-6〉과 같다.

〈표 4-6〉 전문가 의견 요약

전문가	자문 의견
임운혁 소장 (KIOST)	• 유류 유출 사고로 인한 생태계 영향은 고려 요소가 너무 많아 시범적으로 적용하기에 무리가 있으므로 모델 단순화가 필요하며 목적을 명확하게 할 필요가 있음. • 유류 유출 사고에 따른 장기적 생태계 영향 검토 필요 • 국내는 미국과 달리 해안 이용도가 높아 조류와 해양포유류 피해가 제한적으로 나타나며, 대부분 생태계 피해는 생활사 초기 단계 혹은 소형 생물에만 나타남. • 인체위해성은 주로 사고 초기 발생하며, 오염 수산물 섭취로 인한 위해성은 예상보다 낮음.
권봉오 교수 (군산대)	• 선박 사고 시 원유 대량 유출로 인한 사고 발생 시 갯벌에 미치는 영향은 기질(니질, 사니질, 사질, 암반 등)에 따라 달라지고, 양식장 지역과 비양식장 지역에 따라 달라질 수 있음. • 유류가 해양환경 내로 유출되면 증발, 용해, 분산, 에멀션화, 광산화, 생분해 등 복잡한 풍화 과정을 거치며, 다양한 형태로 생태계에 영향 미침 • 침전물이 갯벌 생태계에 미치는 영향은 개체와 군집에 따라 다르게 나타남.
오치옥 교수 (전남대)	• 선박 사고 기름 유출로 인한 피해는 물리·환경적 피해와 사회경제적 피해로 나눌 수 있는데 물리·환경적 피해와 사회경제적 피해 정도의 측정 단위가 다르고 이에 대한 변수 설정과 자료 수집의 어려움이 예상됨 • 사회경제적 피해의 경우 시계열적 자료(time series data)가 필요할 것으로 예상되는데, 시계열 분석에서 해양선박 사고와 같은 이벤트에 의한 사회, 경제적 피해는 피해 정도가 크고 오래 지속되지 않는 한 통계적으로 의미 있는 영향이라는 결과가 나오기가 힘들다는 특성이 있음. • 선박 사고의 피해가 갯벌 생태계에 미치는 영향으로 한정하고 어가 수입, 관광 수입에 영향을 미쳐 지역 경제에 대한 영향으로 인과지도를 작성하였는데, 이들 변수에 대한 영향을 쉽게 보여주는 방법으로 어가 수입은 영향 지역 내 어획량으로, 관광 수입은 갯벌 방문객 수 데이터를 이용할 수 있을 것으로 생각됨. 또한 갯벌 방문객 수의 경우 평균 1인당 방문객 지출액을 통해 관광 수입 변수로 용이하게 전환 가능할 것으로 판단됨. • 또한 시계열 분석을 통한 영향은 분석적 어려움과 자료 수집의 한계 등으로 힘들 듯한데, 대안은 선박 사고 이전 연도 관광객 수와 선박 사고 이후 관광객 수와 관광 수입의 비교를 통해 선박 사고가 얼마만큼 영향을 주었는지에 대한 평가가 가능할 것으로 사료됨.
장운재 교수 (목포해양대)	• 데이터를 대형 선박 사고로 한정할 경우 대형 오염 사고는 몇 년에 한 번씩 발생하므로 시계열 데이터를 확보할 수 없으며, 시계열 데이터 분석 시 노이즈로 인식되어 유의미한 통계치를 얻을 수 없을 것임. 따라서 정책 실험 단계에서 대형 사고가 발생하는 상황을 만들 것을 추천함(예를 들면, 오염량을 현재보다 10% 또는 20% 올리는 정책을 사용하여 대형 사고와 같은

전문가	자문 의견
	형태를 만들 수 있을 것으로 판단됨) • 인과지도가 우수하더라도 이에 상응하는 적절한 데이터가 없으면 모델화가 불가능하리라 생각됨. 인과지도 피드백을 구성하고자 하는 루프로는 등록어선이 적당하나 어선은 정책적으로 감척사업을 진행 중이므로 인과 관계가 맞지 않을 수 있어 낚시어선 등록 척수로 하여 구성하는 것도 생각해보았으나 6만여 척 등록어선 중 낚시어선은 4천여 척으로 약 6% 정도라서 대표성이 있을까 하는 생각이 듦. • 등록어선 척수를 삭제하거나 정성적 변수로 대체하는 것을 고려해볼 것을 제안함. 경우에 따라 어선만으로 정책이 협소해질 수도 있으므로 전체 해양사고를 별도의 루프로 하나 더 연결하면 어떨까 하는 생각을 함. • 모델링 시 해양 사고 예방 데이터와 해양 사고 대응 데이터를 분리하는 것이 손쉬울 것으로 생각됨. 또 시스템의 흐름이 증가 또는 감소의 어떤 일관된 패턴을 그리는 것이 정책 실험 시 유의미한 정책 효과가 나타날 것으로 생각됨.

자료: 저자 작성

(4) 저량-유량도 작성

대형 선박 사고의 기름 유출로 인한 해양환경·생태계 문제를 분석하기 위해서 작성한 인과지도를 토대로 실제 시뮬레이션 분석을 위한 저량-유량도를 작성하였다. 인과지도와 달리 저량-유량도는 실제 시스템다이내믹스 분석을 위해서 변수 간의 인과 관계 및 상관계수가 명확하게 설정되어야 하므로 기저이론 및 관련 자료를 참고하여 정의하였다. 다양한 경제활동 증가와 그에 따른 해양을 통한 수출입의 증가와 같은 외부 경제 요인들의 변화는 해상에서의 물동량을 증가시키는 요인이 된다. 이와 같이 해상에서 운송되는 물동량 증가는 대형 및 중·소형 선박의 이동량 증가를 촉발하게 되고, 〈표 4-7〉과 같이 다양한 해양 사고가 지속적으로 증가하게 된다. 즉 해상에서 통제 가능한 범위를 벗어난 해상 물동량 증가는 선박 간 충돌, 전복 및 침몰 등 다양한 형태의 해양 사고를 유발한다.

〈표 4-7〉 해양 사고 현황

단위: 건, 척, 명, %

		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
해양 사고 건수	계	1,330	2,101	2,307	2,582	2,671	2,971	3,156
	어선	896	1,461	1,646	1,778	1,846	1,951	2,100
	(구성비)	67.4	69.5	71.3	68.9	69.4	65.7	66.5
	비어선	434	640	661	804	825	1,020	1,056
해양 사고 발생 척수	계	1,565	2,362	2,549	2,882	2,968	3,274	3,535
	어선	1,029	1,621	1,794	1,939	2,013	2,134	2,331
	(구성비)	65.8	68.6	70.4	67.3	68.1	65.2	65.9
	비어선	536	741	755	943	955	1,140	1,204
인명피해	계	710	395	411	523	455	547	553
	어선	309	267	324	352	303	450	451
	(구성비)	43.5	67.6	78.8	67.3	66.6	82.3	81.5
	비어선	401	128	87	171	152	97	102

주: 비어선은 여객선, 화물선, 유조선, 예인선, 기타 선박(부선 등)을 포함
자료: 해양경찰청, 해양사고 현황

해양오염 사고의 85~90% 이상을 차지하는 선박에 의한 기름(원유) 유출 사고의 경우에는 관련 해양 지역뿐만 아니라 지자체의 해양 생태계에도 부정적 영향을 크게 미친다. 특히, 선박의 기름 유출은 조간대(갯벌) 퇴적물 오염도(PAHs)를 증가시키는 주요 요인 중의 하나로, 이러한 PAHs 증가는 조간대 지역에 서식하는 대형저서생물의 개체 수나 출현 종수, 서식 밀도 등 부정적인 영향을 야기하는 원인이 된다. 또한 대형저서생물은 인산염의 순환과 이에 연계된 산소 순환에 영향을 미쳐 지구 대기의 산소량 조절뿐만 아니라 해양 생태계의 먹이사슬에 지대한 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 선박에 의한 기름 유출 사고의 직간접적인 영향을 받는 PAHs와 조간대에 사는 대형저서생물의 개체 수 및 종 다양성을 저량(stock) 변수로 설정하여 다음과 같은 수식을 사용하였다.

조간대(갯벌) 퇴적물 오염도(PAHs) =
INTEG (조간대 퇴적물 오염도 증가
- 조간대 퇴적물 오염도 감소, Initial 오염도)

대형저서생물 개체 수 및 종 다양성 =
INTEG (대형저서생물 증가
- 대형저서생물 감소, Initial 저서동물)

조간대(갯벌) 퇴적물 오염도(PAHs) 감소 =

$$\frac{\text{조간대(갯벌) 퇴적물 오염도}(PAHs)}{\text{해양오염 방제조치 노력}}$$

대형저서생물 증가 =

$$\left(\frac{\text{대형저서생물개체수및종다양성}}{\text{갯벌생태계회복시간}}\right)\times \text{환경보전노력}$$

한편 대형저서생물의 개체 수나 출현 종수, 서식 밀도 등의 감소는 수산자원의 증가 시간을 변화시켜 어패류 등과 같은 수산자원의 어획량 순변동에도 영향을 미치며, 중장기적으로 어민의 수입에도 상당히 부정적인 영향을 미친다. 즉 PAHs는 대형저서생물의 개체 변동 및 수산자원의 변화, 그리고 더 나아가서 어촌경제의 성장에도 많은 영향을 미치게 된다. 특히 본 연구에서는 대형저서생물 개체 수 및 종 다양성의 저량 변수가 수산자원 증가의 유량 변수에 영향을 미치는 과정에 대한 변동을 포함하기 위해 Pulse Train 함수를 이용하여 수산자원이 증가하는 시간의 변동을 토대로 수산자원이 증가하고 있음을 다음 수식을 통해 모형화하였다.

수산자원 = INTEG (수산자원 증가 - 수산자원 어획량, Initial 수산자원)

수산자원 증가 =
수산자원 증가 시간
×대형저서동물개체수및종다양성
×저서동물대비수산자원증가율

수산자원 증가 시간 = $0.5+0.5\times PULSE\,TRAIN(0,2,6,30)$

또한 다양한 수산자원의 판매량 변동을 통한 어촌경제 성장은 관련 어촌 지자체의 지방세수 증감을 가져오며, 이러한 지방세수는 해양 관련 방제 예산의 변동을 유발한다. 일반적으로 방재 관련 예산은 크게 해양 사고 사전 오염방지(prevention and preparedness) 비용과 해양 사고 사후방제(response) 비용으로 구분할 수 있다. 첫째, 사전적인 해양 사고 오염방지 비용은 해상교통관제(VTS: Vessel Traffic Service)와 같은 시스템 구축을 통해 해양 사고를 미연에 방지하는 정책적 운영방안을 의미하고, 해양 사고의 감소뿐만 아니라 선박의 기름 유출 사고를 조기에 방지할 수 있는 선제적 대응 방안이다. 따라서 이러한 시스템 구축은 해양 사고의 빈도를 감소시키는 역할을 하게 된다. 둘째, 해양 사고 사후방제 비용은 해양 사고 발생 시 해양 사고에 즉각적으로 대응할 수 있는 다수의 방제선이나 유출유를 제거하기 위한 다양한 방제 장비를 확보하는 것과 다양한 훈련을 통해 해양 사고에 효율적으로 방제할 수 있는 대응체계를 구축하는 것으로, 해양 유출 사고 시 특히 조간대의 퇴적물 오염도를 감소시키는 데 매우 중요한 역할을 하게 된다. 이와 같은 해양 사고 방제를 위한 다양한 대응 방안은 해양 사고로부터 발생하는 다양한 생태계 변화를 사전·사후적으로 관리해서 해양 생태계의 선순환적 변화를 야기하는 전략적 운영방안이다. 따라서 본 연구에서는 지자체의 방재 관련 예산의 다양한 투자 비율 조정을 분석하기 위해 전체 방제 관련 예산을 방제 예산 투자 비율을 통해 해양 사고 사전 방지 비용과 해양 사고 사후 관리 비용으로 구분하였고, 해양 사고 사후 관리 비용은 또다시 사후 관리 비용 조정을 통해 해양오염 방제 노력과 갯벌 생태계 환경보전 예산으로 구분하여 다음 수식으로 모형화하였다.

$$\text{해양 사고 사전 방지 비용} = \text{방제관련 예산사용} \times \text{방제예산 투여 비율}$$

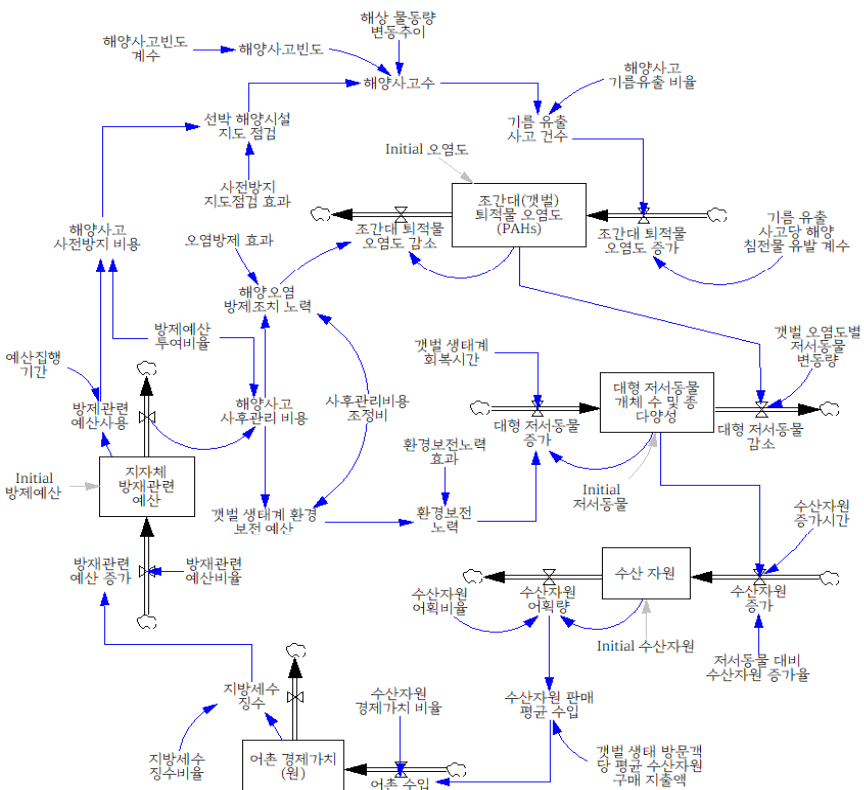
$$\text{해양 사고 사후 관리 비용} = \text{방제관련 예산사용} \times (1 - \text{방제예산 투여 비율})$$

해양오염 방제 조치 노력 =
오염방제효과(해양사고사후관리비용×사후관리비용조정비)

갯벌 생태계 환경보전 예산 =
DELAY1(30000+해양사고사후관리비용
×(1−사후관리비용조정비), 2)

앞서 작성한 인과지도를 기반으로 한 SD 시뮬레이션 최종 모형(저량-유량도)은 〈그림 4-6〉과 같다.

〈그림 4-6〉 저량-유량도(안)



자료: 저자 작성

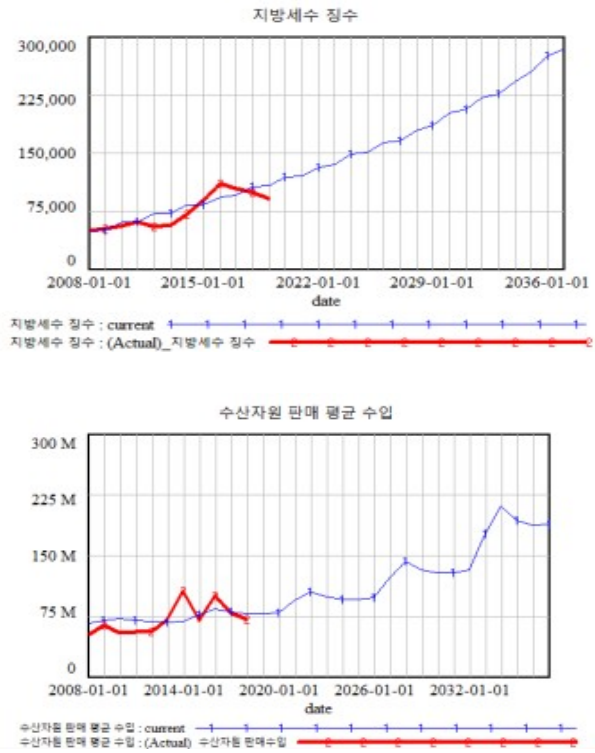
본 연구에서는 2008년부터 2037년까지 약 30년간을 분석 기간으로 설정하여 SD를 이용한 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 실제 데이터를 보유하고 있는 기간은 2008년부터 2019년까지로 이 기간에 태안군에서 발생했던 지방세수 변화 및 수산물 평균 판매 수익의 연도별 데이터를 활용하여 시뮬레이션 모형의 적합도 최적화를 위한 캘리브레이션(calibration)을 수행하였다.

3. 파급효과 분석 결과

1) 모형 최적화 결과

모형의 최적화를 위한 결과는 〈그림 4-7〉과 같다. 지방세수 징수의 경우에는 연도별로 톱니 모양의 변동을 보여주는 반면, 본 시뮬레이션 결과에서는 비선형적으로 증가하는 패턴을 보인다. 또한 수산자원 판매 수입의 경우에도 실제 데이터는 계절적 요인과 수산자원 어획량의 변동에 따라 증가와 감소를 반복하는 형태로 변화하였고, 시뮬레이션 결과도 실제 데이터와 비슷한 패턴으로 증가와 감소를 반복하는 톱니 모양의 변동을 보인다.

〈그림 4-7〉 해양 사고 관련 관측 데이터와 시뮬레이션 결과 비교



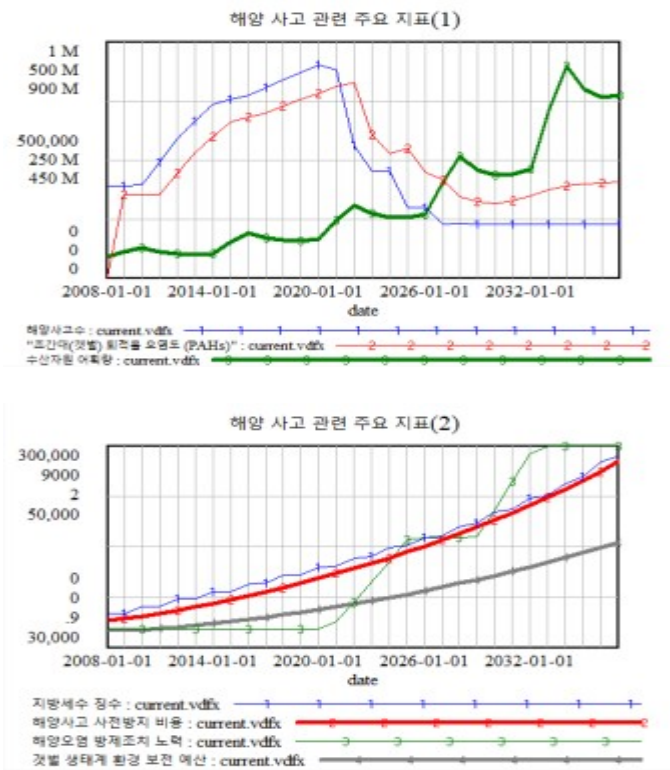
주: (상단) 지방세 징수, (하단) 수산물 평균 판매 수입
자료: 저자 작성

2) 모델 변수의 변동 패턴

SD 시뮬레이션의 분석 결과를 토대로 주요 변수들의 시계열 변동 패턴을 살펴보면, 해양 사고 수는 2021년을 전후하여 급격한 감소세를 보인다. 분석 데이터에 따르면 해양 사고 사전 방지 예산의 지속적인 증가와 선박·해양 시설 지도 점검의 증가로 인하여 급격한 감소 추세를 보이며, 2029년부터는 안정적인 추세를 보이는 것으로 분석되었다. PAHs는 〈그림 4-8〉과 같이 일정한 시차를 두고 해양 사고 수와 비슷한 패턴을 보이는 것으로 나타났다.

한편 수산자원(어획)량은 지속적으로 증가하는 행태를 보이는데, 특히 해양 사고 수가 급감하는 시기를 전후로 큰 폭의 증가세를 보인다. 이러한 수산자원 어획량의 증가세는, 해양 사고 빈도가 높은 경우에 PAHs 증가가 대형저서생물 개체 수 및 종 다양성에 부정적 영향을 미쳐 수산자원량을 감소시키는 주요 요인이 되지만, 반대로 해양 사고 빈도가 감소하면서 수산자원량은 급격하게 증가하는 것으로 분석할 수 있다. 또한 해양 사고 수와 PAHs가 증가하는 시기에는 〈그림 4-8〉과 같이 수산자원의 어획량이 일부 증가하고 있지만, 그 증가세가 둔화함을 알 수 있다.

〈그림 4-8〉 해양 사고 관련 주요 지표의 변동



자료: 저자 자성

추가적으로 해양 사고 관련 주요 지표를 살펴보면, 대부분의 지표(예를 들어, 지방세수, 해양 사고 사전 방지 비용, 그리고 갯벌 생태계 환경보전 예산 등)는 증가 폭은 다르지만, 지속적으로 증가세를 보인다. 다시 말해 지방세수의 지속적 증가로 인하여 해양 사고와 관련한 예산이 증가하게 되고, 이러한 예산 증가는 해양 사고를 미연에 방지하고 사후적으로 관리할 수 있는 다양한 정책적 투자를 야기한다. 특히 해양오염 방제 조치 노력은 오염방제 효과의 비선형적 특성으로 인하여 계단식의 증가 경향을 보인다.

3) 주요 정책 지표의 민감도 분석

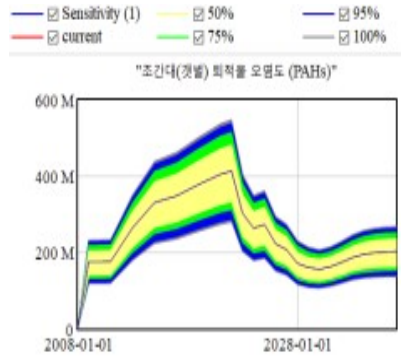
본 연구에서는 SD 시뮬레이션의 주요 정책 지표(상수값)의 변동에 따른 핵심 변수들의 민감도를 측정하기 위해 〈그림 4-9〉, 〈그림 4-10〉과 같은 SD의 몬테카를로 다변량 시뮬레이션을 수행하였다. 이러한 민감도 분석은 모형의 불확실한 상수(uncertain constants)에 대해 일정 범위의 난수를 발생시켜 최종적인 결과값의 변화를 살펴보는 것으로, 모델에 사용된 상수값(입력값)들에 대한 통계적 가정(조건)을 변화시켜 그 결과의 변화량을 검증해보는 과정이다.

먼저 PAHs에 영향을 미칠 것으로 예상되는 세 가지의 주요 변수에 대한 민감도 분석을 수행하였다. 우선 해양 사고 기름 유출 비율과 PAHs별로 대형저서생물의 변동량은 〈그림 4-9〉의 좌측에서 보는 바와 같이 Random Uniform 형태의 일양 분포를 가정하였고, 갯벌 생태계의 회복 시간은 정규 분포 형태인 Random Normal 함수를 사용하였다. SD의 50%, 75%, 95%, 그리고 100%의 구간을 중심으로 한 민감도 분석 결과에 의하면, PAHs는 비교적 안정적인 구간의 범위 내에서 통제되고 있는 것으로 확인할 수 있다. 즉 PAHs는 2021년까지는 민감도 분석 범위가 다소 넓어지는 추세를 보이다가 이후 기간에는 그 변동 폭이 일정한 수준으로

유지되는 안정된 변동 패턴을 보인다. 〈그림 4-9〉에서 보는 바와 같이, 시뮬레이션의 그래프 결과가 발산하지 않고 일정한 패턴을 보이는 경우에는 시뮬레이션의 결과가 타당하다고 판단할 수 있으며, 특히 해양 사고 기름 유출 비율과 PAHs별 대형저서생물의 변동량, 그리고 갯벌 생태계 회복 시간 등의 변수들은 미래의 PAHs에 제한적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 4-9〉 해양 사고 관련 주요 지표의 민감도 분석(1): 조간대의 퇴적물 오염도

(A) 민감도 분석(1): 입력 자료



(B) 민감도 분석(1): 출력 결과

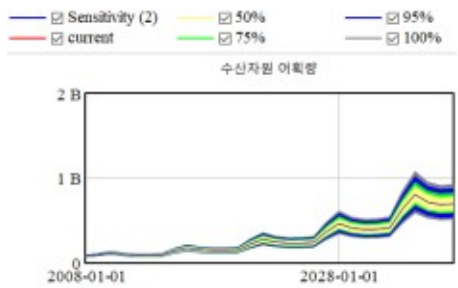
자료: 저자 자성

추가적으로 〈그림 4-10〉의 민감도 분석은 기존의 해양 사고 기름 유출 비율과 갯벌 오염도별 대형저서생물의 변동량, 그리고 갯벌 생태계 회복 시간 이외에 추가적으로 수산자원 어획 비율 및 대형저서생물 대비 수산자원량 증가율의 상수 값에 대한 변동을 추가한 모형이다. 수산자원 어획 비율은 Random_Normal 함수를 이용하여 최댓값 0.6, 최솟값 0.4 그리고 표준편차를 0.02로 분석하였으며, 대형저서생물 대비 수산자원량 증가율은 Random_Normal 함수를 이용하여 0.002의 범위 값을 이용하였다. 민감도 분석 결과를 살펴보면, 수산자원의 변동 폭은 시간의 증가에 따라 지속적으로 변동 폭이 확대되는 것을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고, 변동

폭의 확대는 그다지 크지 않아 시뮬레이션에서 사용된 불확실한 상수 값에 대한 민감도 분석은 큰 문제가 되지 않음을 확인할 수 있다. 특히, 대형저서생물 대비 수산자원량의 증가율과 관련한 불확실한 변수는 차후 추가적인 자료 축적과 데이터 분석을 통한 보다 정교한 분석이 요구된다.

〈그림 4-10〉 해양 사고 관련 주요 지표의 민감도 분석(2): 수산자원 어획량

(A) 민감도 분석(1): 입력 자료



(B) 민감도 분석(1): 출력 결과

자료: 저자 자성

4) 정책 시나리오 분석

시뮬레이션 분석 결과를 토대로 관련된 변수들의 조정을 통한 두 가지 시나리오 분석을 시도하였다. 첫째는 해양 사고 기름 유출 비율과 방제 예산 투입 비율의 변동을 통한 PAHs 값의 변동을 분석한 시나리오 분석이다. 둘째는 방제 관련 예산 비율과 갯벌 생태계 회복 시간의 조정을 통한 대형저서생물의 개체 수 및 종 다양성의 변동을 분석한 것이다.

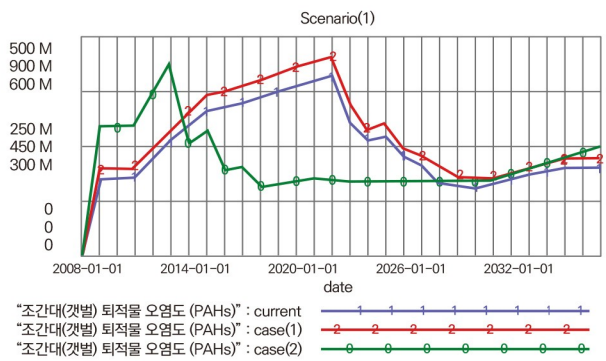
(1) 시나리오 분석(1) - 해양 유출 사고 vs. 방제 예산

첫째 분석에서 구체적인 변수들의 변동을 살펴보면, Current 분석은 기본 모형에서 사용된 바와 같이 해양 사고 기름 유출 비율이 0.015이고, 방제

예산 비율은 0.3이다. 여기서 Case(1)은 해양 사고 기름 유출 비율이 두 배로 증가한 경우이고, Case(2)는 해양 사고 기름 유출 비율이 두 배로 증가한 것과 동시에 방제 예산 비율을 기존에 0.3에서 0.6으로 두 배가 증가시킨 상황을 가정한 것이다.

시뮬레이션 분석 결과는 〈그림 4-11〉과 같이 해양 사고 기름 유출 비율이 0.015에서 0.03으로 두 배로 증가한 Case(1)의 PAHs 값은 전반적으로 증가한 양상을 보인다. 한편, Case(1)의 조건에 추가적으로 방제 예산 비율을 기존에 0.3에서 0.6으로 증가한 Case(2)의 결과는 PAHs가 초기에는 해양 사고 사후 관리 비용의 상대적 감소로 인하여 유량 변수인 PAHs 감소의 폭이 줄어들고, 이를 통해 저량 변수인 PAHs가 초기에 증가하는 양상을 보인다. 그러나 방제 예산 비율의 증가로 인하여 해양 사고 사전 방지 예산이 증가하고 이를 통해 선박·해양시설 지도 점검이 빈번해지면서 궁극적으로 해양 사고 빈도가 감소한 결과이다. 결과적으로 전반적으로 PAHs가 일정 시간 이후로는 지속적으로 감소하는 경향을 보여주고 있다.

〈그림 4-11〉 정책 시나리오 분석 결과(1)



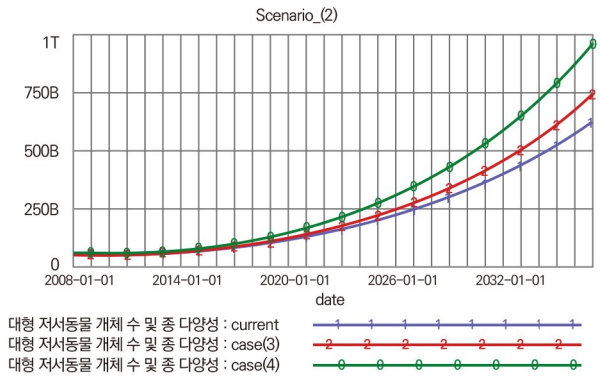
주: Current: 해양 유출 사고 비율(0.015), 방제 예산 비율(0.3)
Case(1): 해양 유출 사고 비율(0.030), 방제 예산 비율(0.3)
Case(2): 해양 유출 사고 비율(0.030), 방제 예산 비율(0.6)
자료: 저자 자성

(2) 시나리오 분석(2) - 방재 예산 vs. 갯벌 생태계

둘째 시나리오는 방제 예산 비율과 갯벌 생태계 회복 시간의 조정을 통한 대형저서생물의 개체 수 및 종 다양성의 패턴을 분석한 것이다. 방제 예산 비율의 조정은 방제를 위한 투입 예산을 결정하며, 방제와 관련한 다양한 활동들에 영향을 미친다. 따라서 Case(3)과 같이 기존의 방제 예산을 0.15에서 0.3으로 증가시키면, 사전적으로 해양 사고 빈도를 감소시킬 뿐만 아니라, 사후적으로 PAHs를 낮추거나 대형저서생물의 개체 수 및 종 다양성을 개선하는 다양한 생태 보전활동을 야기한다. 따라서 〈그림 4-12〉의 결과에서 보는 바와 같이 방제 관련 예산의 증가로 저량 변수인 대형저서생물 개체 수 및 종 다양성은 지속적으로 증가하게 된다.

한편 유량 변수인 대형저서생물의 증가는 갯벌 생태계의 특성 변수인 회복 시간에 많은 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 Case(4)와 같이 갯벌 생태계의 회복 시간을 기존의 7.5에서 6.5로 1년만큼 감소한 시나리오 분석을 시도하였다. 분석 결과를 비교하면, Current 모형에 비해 대형저서생물의 개체 수 및 종 다양성이 매우 크게 증가되고 있음을 알 수 있다. 즉 방제 관련 예산의 비율 조정을 통한 대형저서생물의 변동보다 훨씬 높은 비율로 증가함을 알 수 있다. 따라서 갯벌 생태계의 회복 시간에 대한 정확한 분석을 통해 해양 사고의 예방 및 방재를 위한 노력과 더불어 이러한 갯벌 생태계의 회복 시간을 개선시킬 수 있는 다양한 정책적 대안이 필요함을 시사한다.

〈그림 4-12〉 정책 시나리오 분석 결과(2)



주: Current: 방제 예산 비중(0.15), 갯벌 생태계 회복 시간(7.5)
Case(3): 방제 예산 비중(0.30), 갯벌 생태계 회복 시간(7.5)
Case(4): 방제 예산 비중(0.15), 갯벌 생태계 회복 시간(6.5)
자료: 저자 자성

4. 소결

본 연구는 미래 리스크 대응 해양수산 대전략 구축 사업의 일환으로 해양분야의 10대 리스크를 발굴하고, 리스크 파급효과 예측을 위한 방법론으로 SD를 이용하여 대표 리스크, 즉 대형 선박 사고에 따른 해양환경 및 생태계 피해를 예측하였다. 분석을 위해서 대형 선박 사고에 의한 기름 유출 현상과 조간대에 서식하는 대형저서생물의 영향에 포커스를 두고 관련 자료를 수집하고, SD 모형을 구성하여 주요 변수들의 시계열 변화 예측과 정책 지표별 시나리오 분석을 수행하였다.

먼저 시뮬레이션 결과에 따른 해양 사고의 빈도는 사고 예방을 위한 예산의 증가세와 지속적인 선박 및 해양시설 지도 점검(관할 해양경찰)으로 2021년 이후로 감소세를 보인다. 선박 사고로 인한 갯벌 오염, 즉 PAHs는 해양 사고 빈도와 유사한 패턴을 보인다. 반면, 갯벌로부터 생산되는 수산

자원은 지속적으로 증가세를 보이며 해양 사고가 감소하는 시점을 전후로 가파른 증가 경향을 보인다. 이러한 결과는 해양 사고가 갯벌 수산자원에 미치는 영향이 지대함을 방증한다. 그 외에도 지방세수, 방재 예산, 그리고 환경보전 예산 등 사고의 예방 및 방재를 위한 예산은 꾸준한 증가세를 나타내며, 이는 사고 예방 및 방재 역량에 영향을 미친다.

다음 정책 시나리오 분석은 해양 유출 사고(비율)와 방재 예산(비율), 그리고 방재 예산(비중)과 갯벌 생태계(회복 시간)의 설정에 따른 미래 상황을 가정하여 각각 PAHs와 대형저서생물의 변화를 살펴보았다. 첫째 시나리오 분석에 따르면, 해양 유출 사고가 증가할수록 PAHs는 증가하는 반면에, 방재 예산이 함께 증가할 때 잠시 오염도가 상승하다가 일정 기간이 지나면 감소하여 안정세를 보인다. 따라서 유출 사고의 증가세에도 적정한 방재 예산의 투입은 방재 역량을 강화시켜 결과적으로 갯벌 오염을 최소화할 수 있음을 시사한다. 둘째 시나리오 분석의 경우, 갯벌 생태계의 회복력(회복 시간)을 개선하기 위한 환경보전 노력과 더불어 적정한 방재 노력을 더할 때에 갯벌에 서식하는 대형저서생물의 건강성(개체 수 및 종 다양성)은 더욱 빠르게 회복하는 것을 보여준다. 그러므로 해양 유출 사고에 따른 갯벌 생태계의 피해는 사고 예방 및 방재 노력과 더불어 기초적인 생태계 회복력을 개선시킬 수 있는 노력이 병행되어야 함을 시사한다.

한편 해양 사고와 생태계 영향에 대한 SD를 이용한 본 연구는 많은 부분에서 시사점을 주었으며, 연구 과정에서 모형 설계, 데이터 수집, 시뮬레이션 분석 등 여러 어려움에도 불구하고 해양분야의 예측 방법론으로의 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

제3절 원전 오염수 방류에 따른 수산물 수급 예측

1. 분석 배경 및 목적

1) 분석 배경

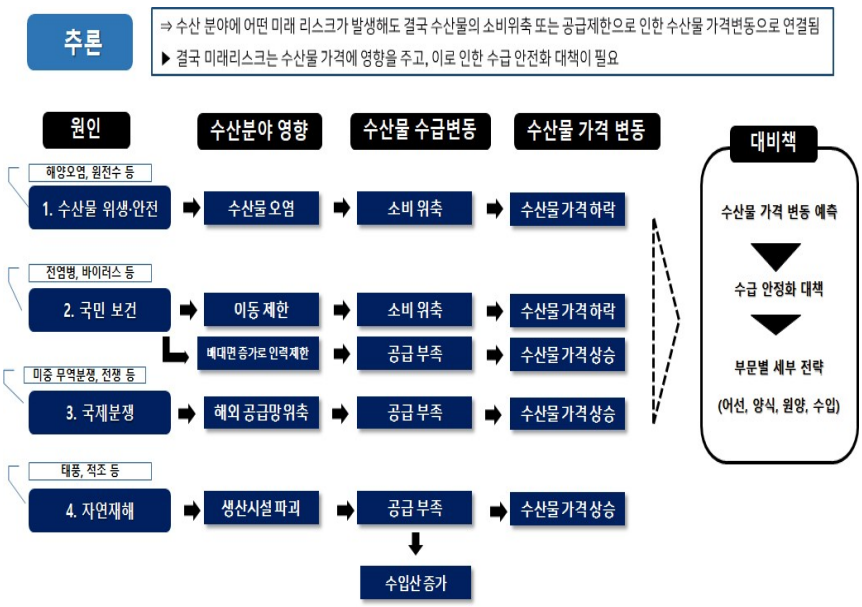
우리는 재난이 일상화된 현대 사회에 살고 있다. 거미줄처럼 복잡하게 연결된 현대 사회에서는 재난이 발생하면 복잡한 경로를 통해 영향을 미친다. 기존 선형적 사고로 재난의 복잡성과 그 영향을 정확하게 파악하는 것은 불가능에 가깝다. 수산업에 발생하는 재난은 수산물을 생산하는 현장에서 발생하는 자연재해가 대부분이다. 그러나 국민의 먹거리를 책임지는 수산업의 특성상 전염병, 바이러스 등 국민 보건의 문제로 발생하는 사회적 재난에 의해서도 영향을 받는다.

재난의 개념에 한정하지 않고 좀 더 넓은 의미의 리스크 차원에서 수산업을 살펴보면 더 넓고 다양한 차원에서 여러 요인이 수산업에 영향을 준다는 사실을 알 수 있다. 기후변화, 무역자유화, 미국과 중국의 갈등, 보호무역주의 강화, 탄소중립 요구 강화, 어촌 고령화와 지방소멸, 일본 원전 오염수 방류 등 다양한 문제의 발생은 직간접적으로 시차를 두고 수산업에 영향을 미친다. 수산물은 세계적으로 교역규모가 가장 큰 식품 중 하나이므로 교역에 영향을 미치는 국제 이슈도 예외일 수 없다.

수산업을 둘러싼 대내외 환경 변화와 관련된 리스크는 결과적으로 수산물 가격에 영향을 미친다. 수산물 공급망 붕괴로 발생할 수 있는 수산물 가격 폭등은 물가 상승으로 이어져 소비자, 국민의 실생활에 영향을 미친다. 반대로 수산물 소비 위축으로 발생할 수 있는 수산물 가격폭락은 어업인을 포함한 유통·가공업계 등 수산업계 전반에 영향을 미친다. 결과적으로 수

산업에 발생할 수 있는 다양한 위험 요소들은 국내 수산물 수급의 변화에 영향을 미치고, 이는 수산물 가격변동으로 연결된다.

〈그림 4-13〉 수산분야 미래 리스크 분석 체계도



자료: 저자 작성

2016년 여름, 3주 동안 전국 연안에 고수온 현상이 발생하였다. 당해 고수온 현상으로 수협중앙회 추산 전국 465개 양식장 3,595만 마리가 집단 폐사하면서 563억 원의 큰 피해를 남겼다.[161] 2019년 9월에는 링링, 타파, 마탁 등 연이은 태풍의 영향으로 조업일수가 감소하면서 당시 연근해 어업생산량이 7만 7천 톤을 기록하였는데, 이는 직전 연도 동일시기에 생산한 13만 6천 톤 대비 44%나 줄어들었다.[162]

직접적인 자연재해가 아니더라도 전염병에 의한 사회적 재난도 다수 발

161) 경남신문(2016. 9. 12)
162) KBS NEWS(2019. 12. 4)

생하였다. 수산물과 관련된 대표 식중독균인 비브리오균 3종(비브리오패혈증균, 비브리오콜레라, 장염비브리오)은 어패류 섭취나 상처 부위를 통해서 감염된다. 최근 5년 동안 비브리오패혈증 환자는 261명, 비브리오 콜레라 환자는 12명 그리고 장염비브리오 환자는 848명 발생했으며, 환자 75% 이상은 여름철(7월~10월)에 발생하였다.[163] 전염병, 바이러스 등 국민 보건과 관련된 이슈들도 수산업에 영향을 미치며 수산물 소비 급감에 수시로 영향을 미친다.

일반적인 재난 외에도 수산물은 교역의 비중이 높아 무역자유화에 의한 영향도 수산업계의 큰 리스크로 작용한다. 2004년 칠레를 시작으로 EU, 미국, 중국 등 다양한 국가 및 연합들과 자유무역협정(FTA: Free Trade Agreement)을 체결하면서 우리나라의 수출입이 활발해졌다.[164] 그러나 수산물의 경우, 수출보다는 수입이 월등히 많아 매년 약 30억 달러의 무역수지 적자를 기록하면서 최근 5년(2016~2020)간 총 약 17조 원의 무역수지 적자를 기록하였다.[165] 2018년에는 포괄적·점진적 환태평양경제동반자협정(CPTPP) 발효, 2019년에는 역내포괄적경제동반자협정(RCEP)이 타결되면서 Mega-FTA 시대로 돌입하였다. 이에 따라 지금보다 더욱 거대한 경제권역이 형성되면서, 국산 수산물과 수입산 수산물의 경쟁이 더 치열해질 것으로 예상된다.

2020년도에는 코로나19가 전 세계 수산업에 큰 타격을 안겨주었다. 수산물 자체가 코로나19 바이러스를 전염시키면서 위협을 가하는 것은 아니지만, 수산물 유통망에 가해지는 봉쇄·제한 조치는 수산물 수급에 많은 영향을 줬다. 실제로 2020년에는 코로나19로 인해 전 세계 어류의 공급, 소비, 무역이 감소했으며, 양식 생산량의 경우 수년간 처음으로 감소세를 보

163) 식품안전의약처 보도자료(2021. 7. 13)
164) KMI FTA 이행지원센터(검색일: 2021. 11. 2)
165) 뉴시스(2021. 10. 7)

일 것으로 예상된다. 코로나19로 인한 봉쇄·제한 조치는 수산물의 생산, 공급 그리고 소비를 제한하면서 어업과 양식업계에 광범위한 변화가 발생했으며, 상당 부분 장기적 지속이 예상된다.[166]

위에서 언급한 다양한 위험 요소들은 이미 수산업계에 반복적으로 크고 작은 영향을 미치고 있다. 그러나 최근 일본 정부가 발표한 일본 원전 오염수 방류 발표는 새로운 유형의 복합적 재난으로 전개될 우려가 있다. 수산물 안전 문제, 국민 보건 문제, 국제분쟁 등의 문제와 모두 관련되어 있으며, 일본산 수산물뿐만 아니라 수입 수산물, 국산 수산물의 안전 문제로 확산될 가능성도 있다. 최근 시행한 대국민 설문조사에서도 우리 국민은 일본 원전 오염수 방류 문제를 가까운 미래에 발생 가능한 가장 중대한 리스크로 인식하고 있다.[167]

2011년 동일본 대지진 여파로 발생한 방사능 오염수 유출은 국산 수산물의 소비 심리도 크게 위축시켰으며,[168] 정부가 일본산 수산물 수입을 금지한 바 있다. 우리나라의 WTO 승소로 지금도 일본 일부 지역에서 생산되는 수산물의 수입을 금지하고 있다. 그만큼 일본산 수산물의 국내 유입은 일본산뿐만 아니라 국내에 유통되는 수산물 전반의 소비 심리를 위축시킬 수 있다는 우려감이 크다. 최근 일본의 관련 동향을 살펴보면, 일본의 원전 오염수 방류는 기정사실로 받아들여지고 있다. 일본 원전 오염수 방류는 그 사실 자체로 지난 2011년 동일본 대지진보다 큰 영향을 미칠 것으로 업계는 우려하고 있다.

따라서 본 연구에서는 미래 수산업에 영향을 미칠 수 있는 잠재 위험 요소 중 현실화 가능성이 큰 일본 원전 오염수 방류에 따른 영향과 대응 방향을

166) FAO News(2021. 2. 2)

167) 본 과제에서 수행한 대국민 설문조사에서 '수산물 원전 폐수 방사능 오염'이 수산분야 1위, 해양수산 전체 10대 미래 리스크 5위로 선정됨

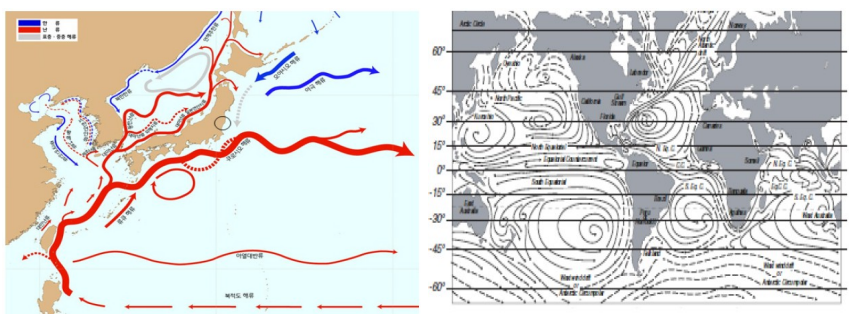
168) 각 연구별 조사 대상, 조사 시기는 상이하지만 수산물 소비에 77.5% ~ 80.0% 수준으로 악영향을 미칠 것으로 예상(허덕 외(2013), 강종호(2015))

우선 분석할 필요가 있다.

2) 분석 목적

2021년 4월 13일 일본 정부는 2023년 이후 후쿠시마 제1원전 오염수를 30여 년에 걸쳐 바다로 약 125만 톤을 방류한다는 방침을 발표했다. 일본 후쿠시마 제1원전에서 오염수가 배출되면 구로시오 해류를 따라 태평양으로 이동한 후, 미국과 적도를 지나 시계 방향으로 한 바퀴 돌아 아시아로 돌아온 뒤 대마 난류를 타고 제주도와 한반도로 유입된다. 오염수가 우리나라 해양에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 정확한 방출량과 시점, 농도, 오염수 내 핵종 등 핵심 정보가 필요한데 일본 정부에서 정확하게 제공하고 있지 않아 정확한 분석은 어려운 상황이다.

〈그림 4-14〉 우리나라와 일본 주변 및 전 지구 규모의 해류도



자료: 국회입법조사처(2021), p. 2

현재까지 제시된 다양한 시나리오들은 모두 실제 데이터에 근거한 자료가 아닌 이론적 가설에 의한 것으로 정확하지 않다. 따라서 방류 시점 200일 뒤에 제주 해안에 영향을 미친다는 관측부터 4~5년 정도 걸릴 수 있다는 전망까지 다양한 의견이 존재한다. 특히 후쿠시마 원전 오염수에는 삼중수소(트리튬)와 세슘 134, 세슘 137, 스트론튬 90 등 방사성 핵종 물질이 포함

되어 있는데, 이 중에서 다핵종제거설비(ALPS)를 거쳐도 제거할 수 없는 삼중수소에 대한 우려가 크다.[169] 자연과학적인 정확한 데이터를 근간으로 일본 원전 오염수가 수산물에 직접적인 영향을 미친다는 결론에 도달하지 못하더라도, 국민들이 각종 방송, 인터넷, 신문사 등을 통해 원전 오염수 방류 소식을 접할 경우 사회 심리학적으로 수산물 소비 심리가 위축되는 것은 불가피해 보인다.

따라서 본 연구에서는 과거 유사 사례를 바탕으로 SD 모델을 통한 일본 방사능 오염수 배출 시 소비 심리 위축과 이에 따른 국내산 및 수입산 수산물 관련 업계의 피해, 회복에 필요한 시간 등에 대해 시나리오 분석을 진행하고자 한다. 특히 일본 원전 오염수 방류의 문제는 초기 소비자의 소비 심리에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 소비 심리 위축과 수산물 유통에서의 재고의 변화 이에 따른 가격변동 예측을 통해 복잡계 내에서의 현실적인 정책대안을 제시하고자 한다. 이를 통해 수산업과 관련된 업계종사자, 수산물을 소비하는 주체인 국민, 그리고 정책입안자들의 의사결정에 객관적인 자료를 제공하고자 한다.

2. 분석 방법

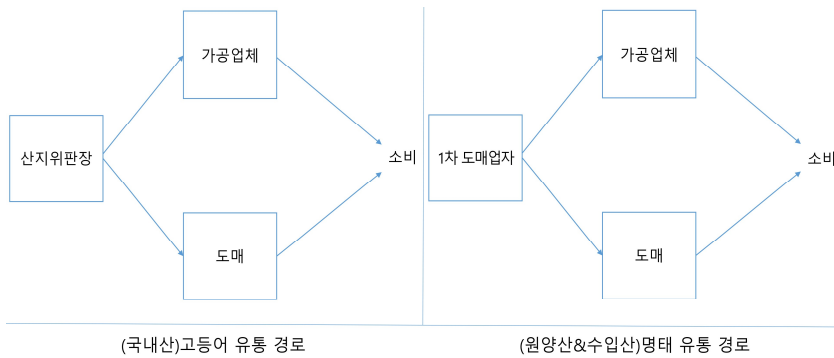
일본 방사능 오염수 배출이 우리나라 수산업에 미치는 영향을 분석하기 위해 그 대상을 전체 어종, 전체 어법으로 해야 할지에 대한 고민이 필요했다. 분석의 구체화를 위해 어종을 두 가지로 선택하였는데, 국내산의 경우 우리나라의 대표적인 대중성 어종이라고 할 수 있는 고등어를 대상으로 하고, 수입산은 명태를 대상으로 하였다.

이후 유통구조를 단순화하였는데, 그 이유는 우리나라 수산물 유통구조

169) 네이버 지식백과(검색일: 2021. 10. 15)

가 '생산자→산지 위판장→산지 중도매인→소비지 도매시장→소비지 중도매인→소매상→소비자'로 이어지는 여섯 단계[170] 이상의 복잡·다양한 구조를 갖고 있어 현실적으로 수산물 리스크 발생에 따른 각각의 유통 단계별 가격변동 모델을 짧은 시간에 만들기가 불가능하기 때문이다. 복잡한 유통구조의 단순화를 위해 전문가 자문을 통해 아래와 같이 세 단계로 간소화하였다.

〈그림 4-15〉 수산물 유통구조 3단계 간소화 구조



자료: 저자 작성

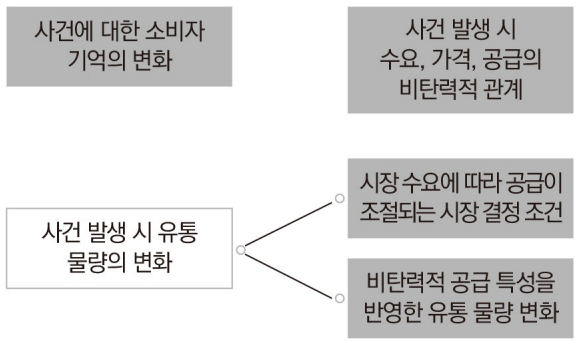
수산 관련 재난 발생에 따른 유통 단계별 수산물 가격변동 파급효과 분석을 위해 크게 두 가지 이슈에 대한 모델링이 필요하다. 첫째로는 수산물 관련 리스크 발생 시, 사건에 대한 소비자의 기억에 대한 모델링이 이루어져야 한다. 일본 방사능 오염수 유출과 관련된 내용이 언론에 보도되면, 자연과학적인 정밀한 데이터에 근거하지 않더라도 일본을 포함한 주변국 수입 수산물에 대한 소비 심리의 위축은 불가피할 것이다. 그리고 이러한 현상은 더 나아가 국내 위생·안전 문제로 연계되어 국내산 수산물 소비 심리까지 위축될 것으로 보인다. 그리고 관련된 위험이 실제로 사라져도 소비자는 사건에 대한 기억을 제거하는 데 시간이 필요하고, 이는 수산물 소비

170) 연합뉴스(2013. 7. 10)

량에 계속 영향을 주므로 이에 대한 분석이 선행되어야 한다. 둘째로는 사건에 대한 소비자 기억 모델을 활용하여 리스크에 따른 수산물 공급량, 수요량 그리고 가격을 적용한 모델을 만들었고, 이를 대상 어종에 특성별로 적용하였다.

본 연구의 목적은 대표 어종으로 고등어와 명태를 선정하여 원전수 방류에 따른 영향을 분석하고 정책별 시나리오를 분석하는 것이다. 이를 위하여 먼저 모델을 만들고 모델에 따른 다양한 시나리오를 도출하여 적절한 정책을 도출하는 절차로 진행된다.

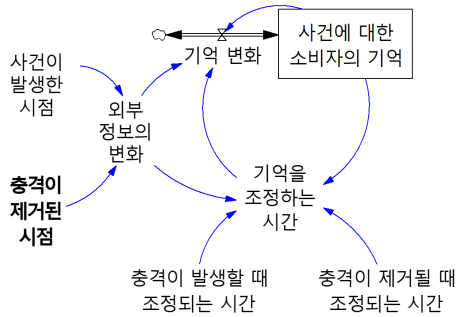
〈그림 4-16〉 원전수 방류에 따른 영향 분석 모델 구조



자료: 저자 작성

먼저 모델은 크게 소비자의 심리·기억의 변화를 모델링 하는 것과 이런 심리·기억이 영향을 미쳐 수요에 미치는 영향을 모델링 하는 것, 마지막으로 유통 물량 변화를 모델링 하는 것으로 나눈다. 유통 물량 변화 모델링은 다시 시장 수용 따라 공급이 조절되는 시장 결정 조건과 수산물의 특성인 비탄력적 공급이 반영한 유통 물량의 변화를 살펴본다.

〈그림 4-17〉 소비자의 기억 모델



자료: 저자 작성

〈그림 4-17〉의 SD에서 일반적으로 많이 활용하는 인지 부조화 조정 모델을 응용한 것이다.[171] 전체 equation의 핵심적인 내용은 다음과 같다.[172]

사건에 대한 소비자의 기억= INTEG (기억 변화,0)

Units: 1/Month

기억 변화=(외부 정보의 변화-사건에 대한 소비자의 기억)/기억을 조정하는 시간

Units: 1/Month/Month

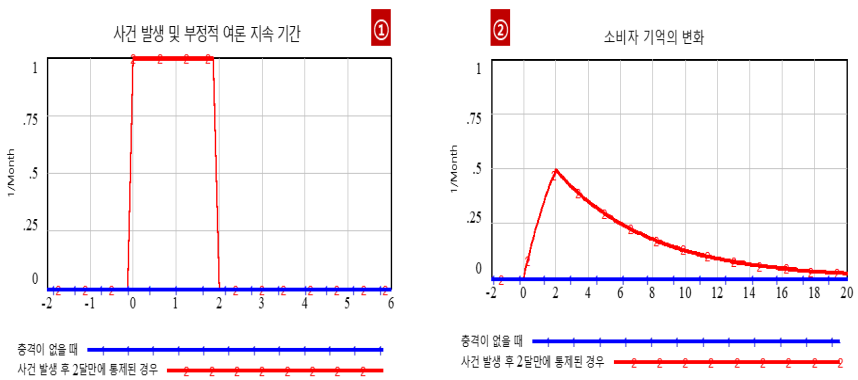
기억을 믿음으로 대체해도 무방하다. 그리고 기억의 변화 표시는 양방향으로 표현되어 있다. 기억 또는 믿음이 강화되거나 줄어드는 것을 논리적으로 표현한 것이다. 소비자의 기억 모델에서 주목해야 할 점은 첫째, 기억을 누적의 개념으로 처리했으며 단위(Units)가 1/시간이라는 점이다. 이 모델에서는 시간이 Month로 되어 있기 때문에 기억을 한 달에 기억하는 총량으로 계산한다. 둘째, 현실과 기억의 차이가 발생하더라도 이 차이를 조정하는 시간에 따라 기억 또는 믿음으로 반영되는 속도와 양이 달라진다는 점이다. 따라서 현대처럼 변하는 속도가 빠른 세상에서 생각·믿음·인식이

171) Sterman(2000), pp. 428-437.
172) 자세한 사항은 부록 참조

많이 바뀌려면 새로운 정보를 많이 입력하거나 받아들이는 속도를 높여야 한다.

주지하다시피 본 모델에서 언급하는 사건과 충격은 원전수 방류 소식이다. 사건이 발생한 시점은 원전수 방류에 따른 부정적 소식이 발생한 시점을 의미하고, 충격이 제거된 시점은 원전수 방류에 따른 부정적 여론이 사라진 시점을 의미한다.

〈그림 4-18〉 사건이 소비자 기억에 미치는 영향

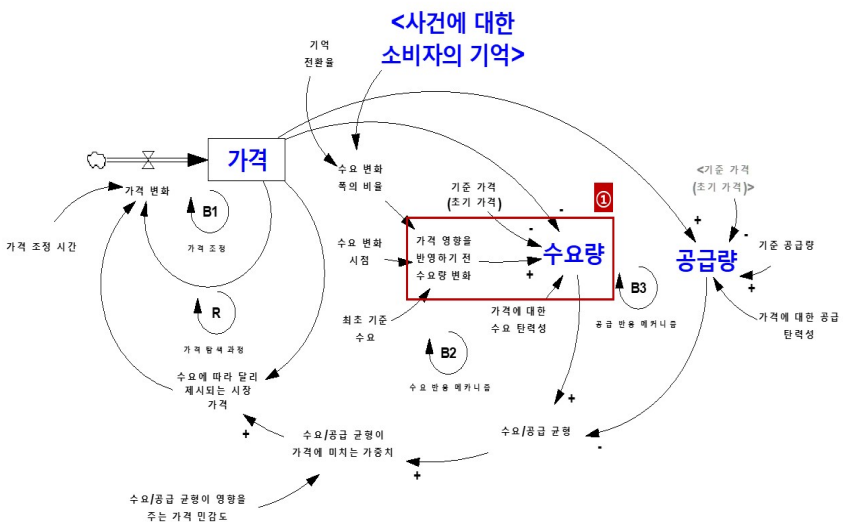


자료: 저자 작성

〈그림 4-18〉은 소비자의 기억 모델 결과를 보여준다. ①번 그래프에서 볼 수 있듯이 사건 발생 여부를 0과 1로 표현했기 때문에 사건이 발생하면 1이고 이 사건에 대한 부정적 여론이 지속하면 1의 값이 유지되며, 정부의 노력으로 또는 자연적으로 부정적인 여론이 사라지면 0의 값이 된다. 하지만 ②번 그래프는 소비자의 기억은 부정적인 여론의 존재 여부와 같이 변하지 않는다는 점을 보여준다. 마치 객관적인 사실이 사라지더라도 기억마저 사라지지 않은 것처럼 부정적인 여론이 사라진다고 하더라도 잔상으로 남아서 기억을 감가상각하면서 지속한다.

흥미로운 점은 사건이 발생했다고 하더라도 소비자의 기억에 1만큼 바로 반영되지 않는다는 점이다. 기억을 조정하는 시간 때문이다. 이는 인지하기까지의 시간 지연, 즉, 정보 지연을 의미한다. 이 모델에서 정보 지연은 두 가지 시사점을 제공한다. 하나는 우리가 인지하는 사건의 실재는 더 심각할 수 있다는 점이다. 이런 현상이 잘 나타나는 분야가 바로 정보 지연이 심각한 기후·환경분야다. 다른 하나는 소셜미디어 등 정보 기술의 발달로 정보 지연이 짧아질수록 시장에 미치는 충격은 더 커질 수 있다는 점이다.

〈그림 4-19〉 소비자의 기억 모델과 가격-수요-공급 구조 모델의 결합



자료: 저자 작성

〈그림 4-19〉는 SD 분야에서 검증된 모델인 가격-수요-공급 구조[173]와 소비자의 기억 모델(〈그림 4-17〉)을 결합한 것이다. 〈그림 4-18〉의 ②번 그래프 '사건에 대한 소비자의 기억'을 역수로 취해서 수요 변화 폭의 비율로 반영하여 결합하였다.

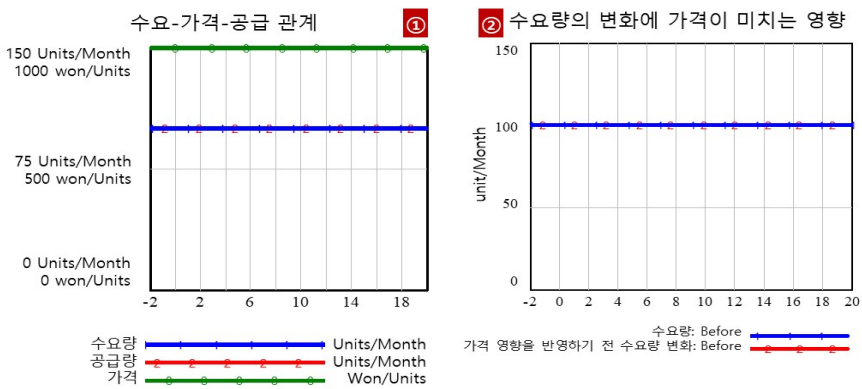
173) Sterman, op. cit., pp. 537-544.

기억 전환율=-1 Units: Month

*수요 변화 폭의 비율=사건에 대한 소비자의 기억*기억 전환율 Units: Dimensionless*

이를 통해 가격 영향을 반영하기 전 수요량이 50% 정도 감소한 효과를 보이는 것을 알 수 있으며, 이는 김지웅·장영수(2016) 연구 결과와 일치한다. 김지웅·장영수는 소비자 군집별 어류 구매 행동 특성을 설문조사를 통해 분석한 결과 수산물에 대한 부정적 보도의 영향으로 모든 수산물 구매를 중지하겠다는 반응이 33%에서 47%까지 나타나며 기타 조건과 결합하면 50%를 상회하기 때문이다. 흥미로운 점은 SD에서 강조하는 피드백 관점에서는 인과 관계의 선후 관계 경계가 없어지는데, 원전수 방류와 같은 외부의 충격이 간섭할 때는 수요량의 변화부터 시작해서 영향을 미친다는 점이다.

〈그림 4-20〉 사건 발생 전의 시장 균형 상태



자료: 저자 작성

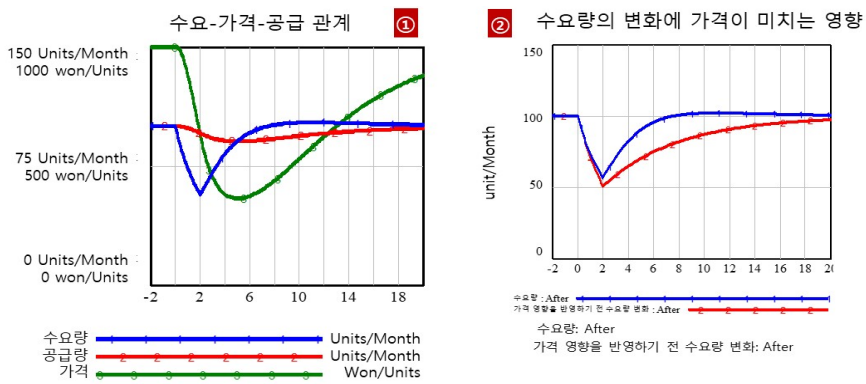
〈그림 4-20〉은 사건이 발생하지 않았을 때 시장 균형이 이뤄진 모습을 보여주는데, ①번 그래프에서 수요량과 공급량은 같은 값을 보여주고 있다. 한편, 수요량은 〈그림 4-19〉에서 보듯이 네 가지 변수로부터 영향을 받는다. 그 수식은 아래와 같다.

수요량=가격 영향을 반영하기 전 수요량 변화
**(가격/"기준 가격 (초기 가격)")^가격에 대한 수요 탄력성*

Units: Units/Month

②번 그래프는 위 네 가지 변수 중에서 '가격 영향을 반영하기 전' 수요량 변화와 '가격의 영향을 받은' 실제 수요량과의 차이를 보여준다.

〈그림 4-21〉 사건 발생 후의 시장 변화



자료: 저자 작성

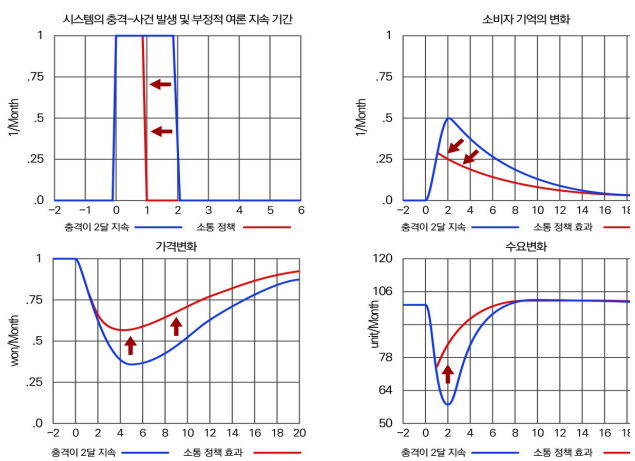
〈그림 4-21〉의 ①번 그래프에서 눈여겨봐야 할 점은 두 가지다. 하나는 공급 탄력성이 낮다는 수산물의 특성으로 인해 실제 공급량의 변화 폭이 적게 나타났다는 점이다. 다른 하나는 가격 변화 폭이다. 〈그림 4-19〉에서 화살표로 영향의 순서를 볼 수 있듯이, 원전수 방류와 같은 부정적인 사건이 발생하면 제일 먼저 수요가 줄어든다. 문제는 다음 단계에서 벌어지는 현상들이다. 수요가 줄어들 때 바로 수요량 감소로 나타나지 않고 가격 조정을 받는다. 이는 실제 소비자의 사건에 대한 기억을 통해서 소비 심리가 위축되었다고 하더라도 가격 조정을 받으면서 달라질 여지를 보여주는 것이다. 말하자면 마음 같아서는 불안해서 안 사고 싶은데 가격이 훨씬 싸다면 구매할 수 있음을 의미한다. 따라서 가격은 소비와 균형을 맞추기 위해서 하락한다. 사건 발생 이후의 상황이기 때문에 소비 감소 이후에 가격

하락이 일어난다.

문제는 그다음이다. 가격이 내려가면 공급량도 떨어져서 균형을 만들기 시작하는데 수산물의 특성상 가격이 내려간다고 하더라도 공급이 동반 하락하지 않기 때문에 가격이 더 내려가는 결과를 초래한다. 안 팔리는 상품이 많기까지 한 셈이다. 결국 팔리기 위해서는 가격이 더 내려가야 한다. 이런 과정을 거쳐서 시장 균형이 이루어진다.

한편, ②번 그래프는 흥미로운 점을 보여준다. 가격이 영향을 받기 전에는 안 살 것처럼 말하더라도 영향을 받으면 구매할 여지를 보여준다. 이런 소비자의 심리와 행동의 차이를 보여주는 대표적인 사례가 설문조사 결과와 구매 행위의 차이다. 설문조사는 심리 상태만 반영할 가능성이 높기 때문에 '가격 영향을 받기 전'의 수요량 변화를 감지할 수 있다. 하지만 설문조사에서 구매하지 않겠다는 사람의 구매 행동은 '가격 영향을 받은' 실제 수요량으로 확인할 수 있다. ②번 그래프에서 수요량이 '가격 영향을 받기 전 수요량의 변화'에 비해서 덜 감소하고 더 빨리 증가하는 이유다.

〈그림 4-22〉 소비 촉진을 위한 소통 정책 효과



자료: 저자 작성

원전수 방류와 같은 큰 충격은 부정적인 여론을 반복해서 재생산한다. 따라서 이 부정적인 여론을 정부가 관리하지 않으면 소비 심리는 계속 위축될 것이다. 〈그림 4-22〉는 정부가 원전수 방류라는 외부의 충격에 대해 적극적으로 소통하고 소비를 촉진하기 위해 노력해서 부정적인 여론이 지속하는 기간을 절반으로 줄였을 때의 효과를 보여준다. 본고에서는 이런 정부의 노력을 소비 정책이라고 하였고, 〈그림 4-17〉의 변수인 충격이 제거된 시점을 두 달에서 한 달로 줄인 것으로 모델에 반영하였다.

그 결과 수요 감소 폭과 가격 하락 폭이 감소하였다. 따라서 정부의 적극적인 소비 정책은 유의미한 결과를 만든다. 하지만 이 결과에서 하나 더 주목해야 한 점은 정부가 열심히 소비 정책을 펼친다고 하더라도 외부충격에 따른 수요 감소는 급격하게 나타난다는 점이다. 수요 급락이 만드는 또 다른 결과인 과잉 재고 문제는 정부가 여전히 풀어야 할 숙제로 남는다. 본 연구에서 활용한 대표 어종인 고등어 모델과 명태 모델은 바로 이 과잉 재고 문제를 집중 조명한다. 물론 고등어 정책과 명태 정책에 정부의 소비 정책은 공통으로 적용된다.

3. 파급효과 분석 결과

1) 고등어

국내산 고등어의 경우 자원 관리의 목적으로 시행되는 4~6월 중 금어기 정책, 생물학적 특성에 따른 월별 체장의 다양성 등으로 꾸준한 물량과 일정한 품질(크기)의 공급이 어렵다는 단점이 있다. 따라서 우리나라 주요 냉동 및 유통가공 공장 등과 일부 소비자층에서는 연중 꾸준한 물량 공급과 일정한 품질을 유지하는 수입산을 선호하는 현상이 나타나고 있다.

〈표 4-8〉은 고등어의 최근 5년(2016~2020)간 국내 생산과 수출입 현황이 정리되어 있다. 국내생산량의 경우 2019년에 비해 2020년에 급감하였으나, 생산금액은 오히려 크게 증가하였다. 2020년의 경우 고등어를 주로 어획하는 대형선망어업의 휴어기로 인해 조업활동이 축소되어 국내 생산량이 줄어들었다. 하지만, 어획된 고등어의 크기가 2019년에 비해 커서 상품가치가 상승하였고,[174] 공급량이 줄어들어 생산금액이 늘어나는 현상이 있었다. 이와 더불어 코로나19 극복을 위한 해양수산부의 소비촉진행사 등 여러 현상이 복합적으로 나타나 생산금액이 크게 상승한 것으로 보인다.

수출의 경우, 2018년 증가한 후 점차 감소하고 있는 현상을 보이며, 수입은 연중 꾸준한 물량 공급, 일정 품질 유지 등에 따른 선호 현상으로 수입량과 수입금액이 꾸준히 상승하고 있다.

〈표 4-8〉 고등어 생산 및 수출입 현황

단위: 백만 원, 천 톤

	국내		수출		수입	
	생산금액	생산량	수출금액	수출량	수입금액	수입량
2016	167,203	133	27,595	21	73,991	45
2017	130,142	104	22,363	17	75,748	45
2018	156,416	142	75,336	70	73,572	42
2019	129,608	101	57,724	45	83,493	43
2020	163,637	77	41,940	36	88,031	46

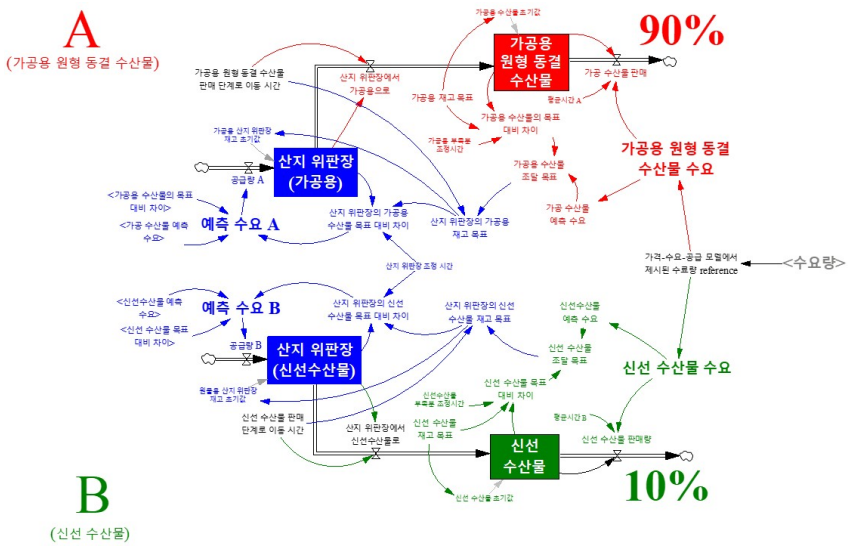
주: 수출금액과 수입금액의 경우 당해 연도 환율을 적용하여 환산하였음
자료: 국내-통계청 어업생산동향조사. 수출입 – 수산정보포털, 환율 – 한국은행 경제통계시스템

〈그림 4-23〉은 Sterman의 공급망 모델[175]에 〈그림 4-19〉에서 도출된 수요량을 연결하였다. 한편 〈그림 4-17〉에서 도출한 원전수 방류에 따른 소비자의 기억을 〈그림 4-19〉의 수요 감소로 연결한 바 있다. 따라서 위에

174) 부산일보(2021. 8. 12)
175) Sterman, op. cit., pp. 661-706.

제시한 고등어 물류 구조는 원전수 방류로 인해 급감한 수요를 반영한 기본 모델이다. 이 기본 모델은 수산물의 특성인 공급의 비탄력성을 반영한 〈그림 4-26〉 모델의 토대가 된다.

〈그림 4-23〉 고등어 물류 구조 – 시장 결정 조건



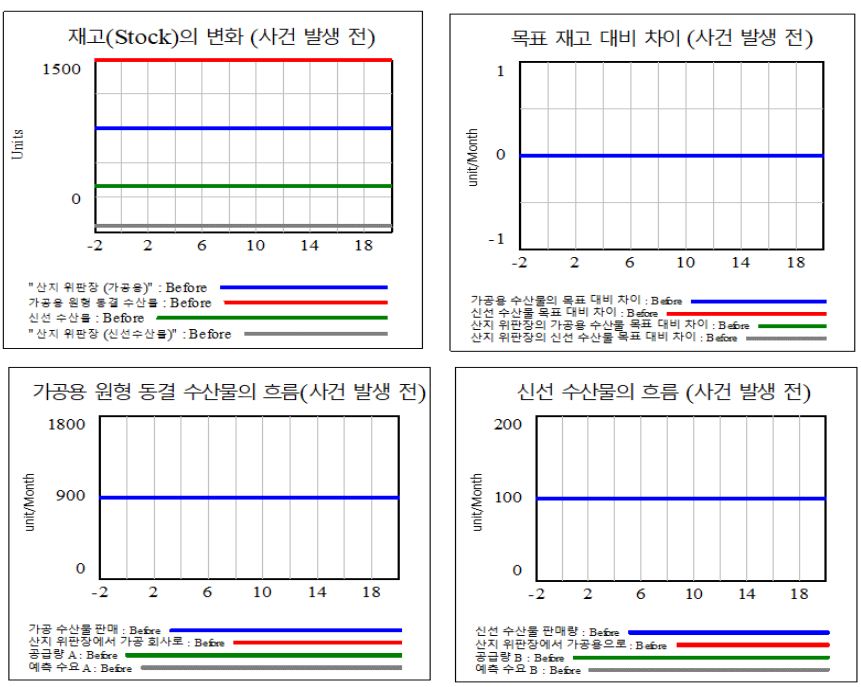
자료: 저자 작성

이 구조에서 산지 위판장을 두 가지로 구분했다. 이는 물리적으로 산지 위판장을 구분한 것이 아니라 역할에 따른 구분으로 봐야 한다. 즉 가공용 원형 동결 수산물로 처리되는 고등어와 소비자에게 직접 신선 수산물로 판매되는 고등어의 흐름을 구분한 것이다. 앞서 〈그림 4-19〉에서 살펴봤던 수요량의 변화는 고등어 물류 구조에 충격을 줬지만 가공용 원형 동결 수산물에 미치는 영향의 크기와 신선 수산물에 미치는 영향의 크기는 90:10의 비율로 다르다. 따라서 산지 위판장을 둘로 나눈 것은 원전수 방류로부터 받는 영향의 크기가 다른 고등어를 구분하기 위해 논리적으로 구분한 것이다.

또한 각 산지 위판장은 다음 물류 단계로서 각각 '가공용 원형 동결 수산물'과 '신선 수산물' 저량(stock)과 연결했다. 결과적으로 본 모델에서 사용한 Stock은 총 네 개다. 이 네 개의 저량 중에서 '가공용 원형 동결 수산물'과 '신선 수산물'은 전방 물류라는 개념으로 묶었으며 이 개념은 〈그림 4-26〉부터 사용한다.

앞서 두 개의 산지 위판장은 물리적인 구분이 아니라고 밝힌 것처럼 전방 물류 역시 물리적인 물류 창고가 아니다. 전방 물류는 산지 위판장으로 밀려들어 온 수산물이 최종 소비자에게 다양한 형태로 넘어가기 전에 어딘가에 쌓이고 있는 개념을 통칭한다. 이에 대한 자세한 설명은 〈그림 4-27〉에서 다룰 것이다.

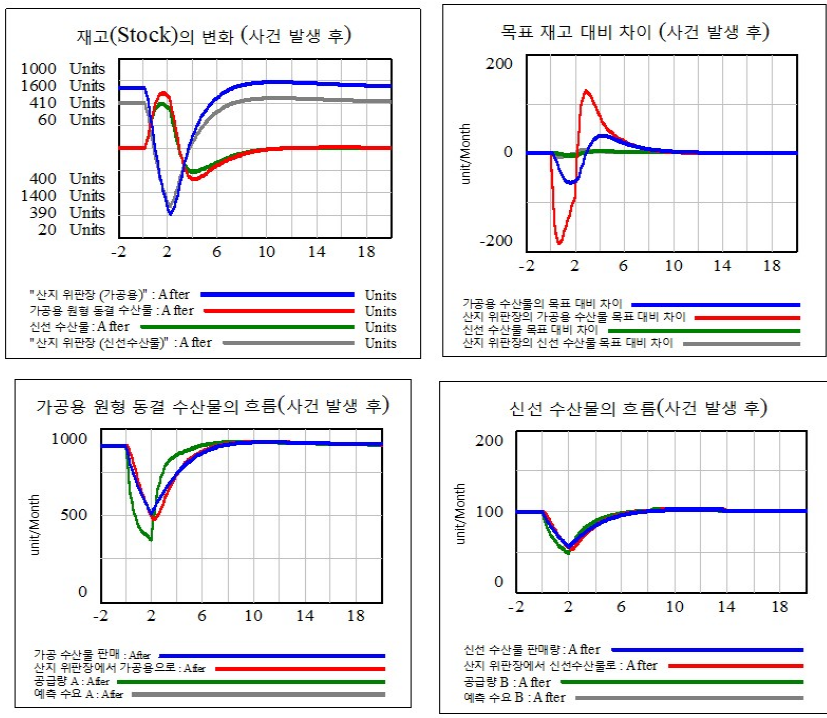
〈그림 4-24〉 사건 발생 전 시장 균형 상태



자료: 저자 작성

〈그림 4-24〉는 사건이 발생하지 않았을 때의 시장 균형 상태를 보여준다.

〈그림 4-25〉 사건 발생 후 균형을 찾아가는 구조 – 시장 균형 조건



자료: 저자 작성

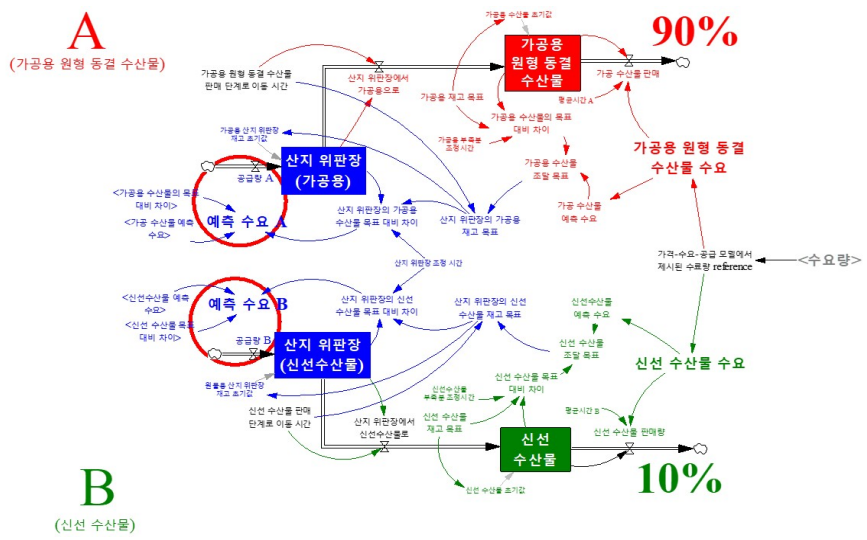
〈그림 4-25〉는 원전수 방류에 따라 수요가 급감한 상황에서 고등어 공급망에서 일어나는 변화를 보여준다. 이 패턴은 전형적으로 외부의 충격으로 시스템 기능이 일시에 낮아졌다가 다시 회복하는 회복성(resilience)을 보여준다. 하지만 이 결과에서 주목해야 할 것은 회복되었다는 점이 아니라 단기간에 급격한 변동이 발생한다는 점이다.

각 그림이 보여주는 네 가지 변수 중에 가공용 원형 동결 수산물(빨간색)을 중심으로 변화를 설명하고자 한다. 〈그림 4-18〉에서 상황을 설정한 것

처럼 사건이 0 시점에서 발생했고, 부정적인 여론이 재생산되는 기간을 두 달로 가정했다.

사건 발생 시점인 0 시점부터 재고는 치솟는다. 그 이유는 수요의 감소로 안 팔리는데 이전부터 약속된 입고량은 계속 들어오기 때문이다. 재고가 치솟아 과잉 재고가 쌓이고 있기 때문에 절대 비축량 목표(≒목표 재고)와 현실의 차이는 음의 값으로 계속 커진다. 목표와 현실의 차이는 발주량에 영향을 주기 때문에 음의 값이라는 뜻은 추가 발주량이 없다는 의미다. 하지만 둘째 달 전후로 치솟은 과잉 재고는 감소하기 시작한다. 수요 감소가 회복되면서 판매량이 올라가고 있는데 입고량을 초과하고 있기 때문이다. 그런데 재고가 사건 발생 시점 이전보다 낮은 수준으로 계속 떨어진다. 이는 판매량이 입고량보다 많아지는 시점이 계속 진행되기 때문이다. 그 원인은 시간이다. 물류를 조정하고 이동하는 데에 시간이 소요되기 때문이다. 균형점 이하로 재고 수준이 떨어지게 된다.

〈그림 4-26〉 고등어의 비탄력적 공급 구조의 특징



자료: 저자 작성

〈그림 4-26〉은 농산물과 같이 수산물의 비탄력적 공급의 특징을 재현한 구조다. 앞서 〈그림 4-23〉과 다른 점은 단 하나다. 앞선 구조는 고등어 예측 수요에 따라 고등어 공급량이 결정되며 장기적으로 시장의 수요-가격-공급의 메커니즘에서 균형점을 찾아가는 것을 보여줬다면 〈그림 4-26〉은 예측 수요와 공급량과의 연결고리를 끊은 것이다. 따라서 다음 예시와 같이 수식이 달라진다.

BEFORE

공급량 A=Max(0,예측 수요 A) Units: Units/Month

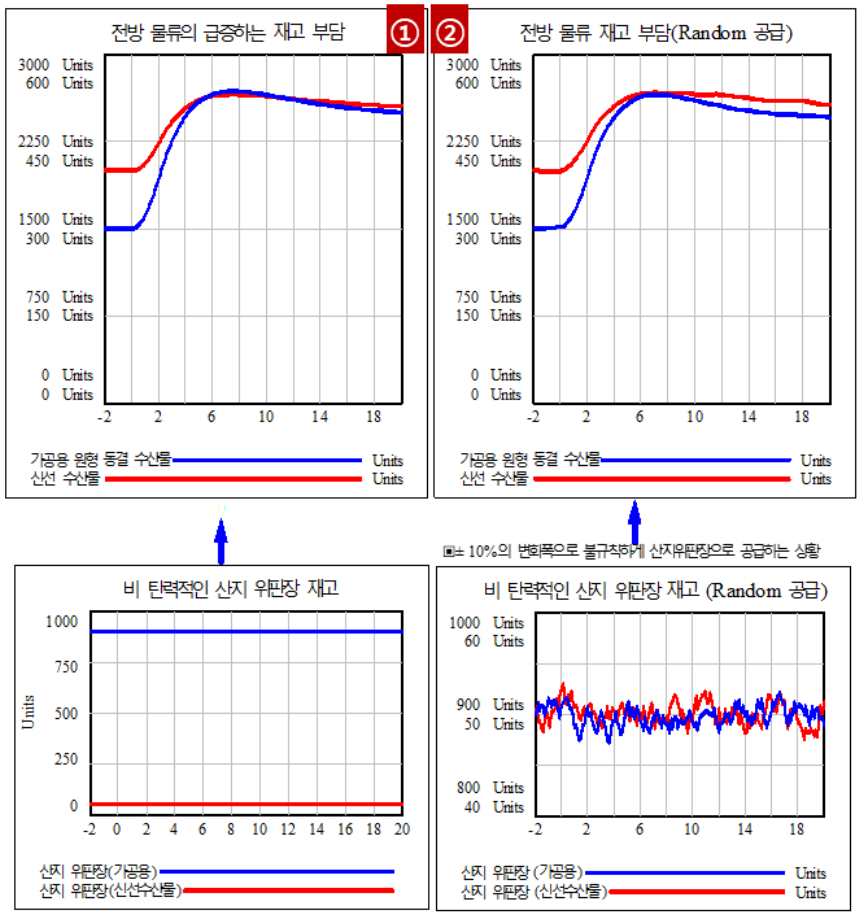
예측 수요 A=
가공용 수산물의 목표 대비 차이
+산지 위판장의 가공용 수산물 목표 대비 차이
+가공 수산물 예측 수요 Units: Units/Month

AFTER

공급량 A=900 Units: Units/Month

위 예시와 같이 두 변수 간의 연결고리를 끊고 공급량 A(가공용 고등어)를 상수 값(900 Units/Month)으로 처리했다. 이를 통해 시장 수요와 관계없는 비탄력적 구조를 구성했다.

〈그림 4-27〉 비탄력적 공급 특성에 따른 전방 물류 재고 부담



자료: 저자 작성

〈그림 4-27〉은 원전수 방류로 인해 수요량이 급감하는 상황에서 최종 소비와 맞닿아 있는 전방 물류, 즉 가공용 원형 동결 수산물을 담당하는 주체와 신선 수산물을 담당하는 주체 모두 이중고에 시달리고 있는 모습을 잘 보여주고 있다. 이들 전방 물류는 앞으로는 안 팔리고 뒤로는 공급이 줄어들지 않고 있기 때문이다. 따라서 이 모델에서 언급하는 전방 물류는

특정 회사나 도매시장을 지칭하는 것이 아니다. 전방 물류는 산지 위판장으로 밀려들어 온 수산물이 최종 소비자에게 다양한 형태로 넘어가기 전에 어딘가에 쌓이고 있는 개념을 통칭한다. 전방 물류라는 개념을 사용해야만 하는 이유는 물리적인 공간을 염두에 두고 특정 수산물 가공회사나 특정 신선 수산물 도매시장을 생각하면 오류가 발생하기 때문이다. 즉 이들 주체 입장에서는 과잉 재고를 막기 위해서 추가 구매하지 않으면 그만이기 때문이다. 따라서 특정 주체의 문제로 귀결되는 순간 산지 위판장을 떠났으나 소비가 되지 않는 재고 물량을 설명할 방법이 없게 된다. 하지만 이 물량은 폭탄 돌리기식으로 누군가에게는 부담이 되기 때문에 정부는 전방 물류라는 개념으로 그 특징을 이해하고 대처해야 한다.

〈그림 4-27〉은 전방 물류의 특징을 잘 드러내고 있다. 우리가 관심을 보여야 하는 내용은 세로축 단위가 아니라 급증하는 폭과 시간이다. 핵심은 단기간이라는 점이다. 이렇게 단기간의 변화를 경험하게 되면 종합적인 사고를 하기 힘들고 누구를 탓하거나 음모론이 대두되면서 우왕좌왕하게 된다. 그 결과 적절한 정책 타이밍을 놓치게 된다. 따라서 정부는 전방 물류가 단기간에 급증하는 것을 피할 수 없을지라도 그 변화의 폭을 낮추는 방향으로 정책 목표를 설정해야 한다.

〈그림 4-27〉에서 주목해야 할 또 다른 점은 하단 좌우 그래프의 차이점이다. 둘 다 공급 탄력성이 없거나 거의 없다는 것을 표현하고 있지만, 왼쪽은 비현실적인 일정한 값(900 Units, 100 Units)을 보여주고, 오른쪽은 마치 현실의 불규칙성을 보여주는 것 같은 모습을 보여준다. 불규칙성을 보여주기 위해서 900과 100의 ±10% 범위 내에서 무작위로 호출하는 Random Uniform 함수를 사용하였다.

*공급량 A(가공용)=RANDOM UNIFORM(900*0.9, 900*1.1, 900)*

Units: Units/Month

산지 위판장 (가공용)= INTEG (-산지 위판장에서 가공용으로+공급량 A,
가공용 산지 위판장 재고 초기 값)

Units: Units

산지 위판장 (신선 수산물)= INTEG (공급량 B-산지 위판장에서 신선 수산물로,
원물용 산지 위판장 재고 초기 값)

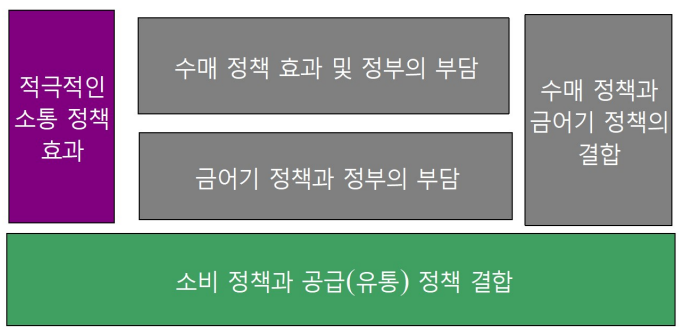
Units: Units

*공급량 B(신선 수산물)=RANDOM UNIFORM(100*0.9, 100*1.1, 100)*

Units: Units/Month

위와 같은 수식의 차이와 이 수식이 만드는 결과(〈그림 4-27〉)는 모델링의 지향점을 보여준다. SD 학문 체계를 세운 포리스터도 언급했듯이 모델링은 미래의 특정 시점에서 특정 값의 변화를 예측하는 것이 아니라 시스템에 내재된 특징을 보다 더 잘 이해하는 용도로 사용해야 한다.[176] 따라서 현실을 반영한 듯한 불규칙성을 제시한 것은 현실을 정확하게 반영하려고 노력했다는 의미가 아니라 현실과 비슷한 불규칙성을 보일지라도 그 불규칙성을 관통하는 패턴이 동일하다는 것을 제시하기 위한 것이다.

〈그림 4-28〉 고등어에 대한 정책 믹스

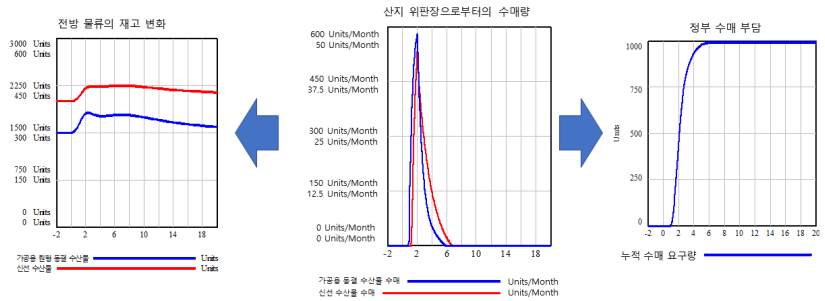


자료: 저자 작성

176) Forrester(1961), p. 54.

지금까지 원전수 방류에 따른 국내 수산업계에 미치는 파장을 표현할 수 있는 대표 어종인 고등어의 비탄력적 공급망의 주요 특징을 살펴봤다. 〈그림 4-28〉은 이런 특징을 고려해서 취할 수 있는 정부의 다양한 정책 옵션을 보여준다. 지금부터는 각 정책의 특징과 두 개 이상의 정책을 결합했을 때의 특징을 자세히 설명한다. 이러한 고등어에 대한 정책 믹스를 나열식으로 검토한 뒤에는 〈그림 4-33〉에서 현실적으로 정부가 취할 수 있는 또는 취할 수밖에 없는 정책 믹스를 소개한다.

〈그림 4-29〉 수매 정책 효과와 정부의 부담



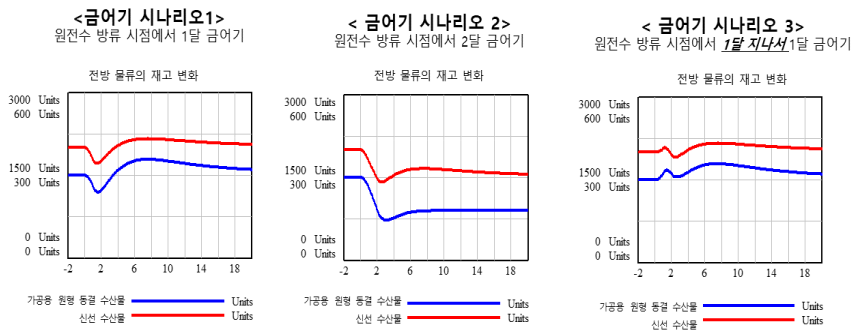
자료: 저자 작성

〈그림 4-29〉는 공급 탄력성이 매우 낮은 물류 구조에서 수요가 급격하게 줄어드는 상황을 대처하는 전형성을 보여준다. 공급 탄력성이 낮고 수요가 급감하는 경우 과잉 공급량이 치솟게 되기 때문에 이 과잉 공급량을 흡수하기 위해서는 가운데 그림처럼 단기간에 물량을 흡수해야 한다. 공급 탄력성이 낮은 수산물 공급망 구조에서 원전 오염수 방류와 같은 외부의 충격으로 인해 수요가 급감하는 상황이 발생했을 때 정부는 수매 정책을 통해 과잉 공급을 흡수해야 한다. 〈그림 4-29〉는 정부 입장에서 수매 정책을 할 때 필요한 가이드 역할을 할 수 있는데 두 가지 시사점을 제시한다.

먼저 가운데 그림과 같이 단기간에 최대한 많은 양을 수매해야 시장의 충격을 흡수해서 왼쪽 그림처럼 단기간에 균형을 찾을 수 있다는 점이다.

〈그림 4-24〉의 그림과 〈그림 4-30〉의 왼쪽 그림과 비교하면 정책 효과를 확인할 수 있다. 다음 시사점은 누적 수매 요구량을 해결해야 하는 정부의 부담 역시 급격하게 증가한다는 점이다. 따라서 수매 정책만 했을 때의 누적 수매 요구량을 이후 〈그림 4-31〉과 〈그림 4-32〉에서 제시한 누적 수매 요구량과 비교해서 최선의 정책을 도출하도록 해야 한다.

〈그림 4-30〉 금어기 정책 시나리오 비교



자료: 저자 작성

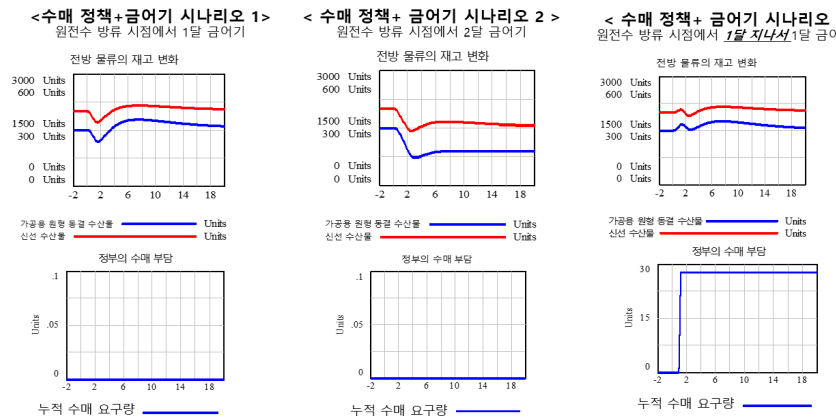
〈그림 4-30〉은 세 가지의 금어기 정책 시나리오 결과를 보여준다. 세 가지 시나리오 모두 빠른 시간 안에 균형을 찾아간다. 하지만 시나리오1과 시나리오3에 비해 두 배나 긴 금어기를 적용한 시나리오2는 다른 시나리오에 비해서 낮은 수준으로 균형을 이룬다. 균형을 찾는다는 점은 환영할 만하나 이왕이면 사건 발생 이전 수준과 비슷하게 균형을 찾도록 하는 것이 바람직하다.

그 이유는 두 가지다. 하나는 물류 시스템이 사건 이전 환경에서 맞춰졌기 때문에 별도의 시스템을 재구축할 필요가 없다. 시나리오2처럼 사건 이전 대비 낮은 수준으로 균형을 이루게 되면 기존 시스템의 자원들은 과잉이 된다. 따라서 불필요한 자원을 조정하는 또 다른 절차를 밟게 된다. 결재, 인원, 예산 등 모두 바뀌기 때문이다. 또 다른 이유는 시스템의 충격이 왔

을 때 일시적으로 떨어진 시스템의 기능을 다시 복원시키는 힘(resilience)을 키우려면 시스템의 충격을 흡수할 능력을 키워야 하며 이는 stock의 값을 높여서 해결할 수 있다.

따라서 시나리오1과 시나리오3이 선택되는 것이 타당하다. 한편 시나리오 1과3 중의 어느 것을 선택할지는 몇 가지 기준에 따라 달라진다. 이에 대한 자세한 설명은 현실적인 정책 믹스 비교(〈그림 4-31〉)에서 자세히 밝혔다.

〈그림 4-31〉 수매 정책과 금어기 정책 결합 시나리오 비교

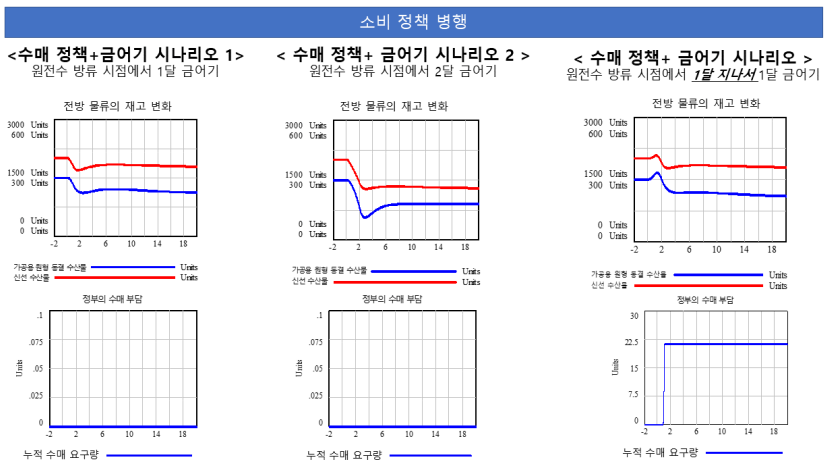


자료: 저자 작성

〈그림 4-31〉은 수매 정책과 금어기 정책을 결합한 종합적인 공급 정책이다. 여기서 공급 정책이란 시장에 고등어를 공급하는 물량을 조정하는 정책을 뜻한다. 그런데 수매 정책과 금어기 정책을 결합한 세 가지 시나리오의 결과가 흥미로운 것은 앞서 〈그림 4-28〉에서 살펴봤던 금어기 정책의 전방 물류의 재고 변화 패턴과 거의 유사하다는 점이다. 이런 결과가 발생한 원인은 누적 수매 요구량이 제공한다. 시나리오1, 시나리오2에서 정부의 누적 수매 요구량은 없다. 반면, 시나리오3에서 30 Units에 육박하는 누적 수매 요구량이 나타나지만 수매 정책만 고려한 〈그림 4-26〉에서

최곳값 1000 Units과 비교하면 무시해도 좋을 수준으로 미약하다. 〈그림 4-31〉의 시사점은 금어기 정책이 강력한 효과를 만든다는 점이다.

〈그림 4-32〉 소비 정책, 수매 정책, 금어기 정책 결합 시나리오 비교



자료: 저자 작성

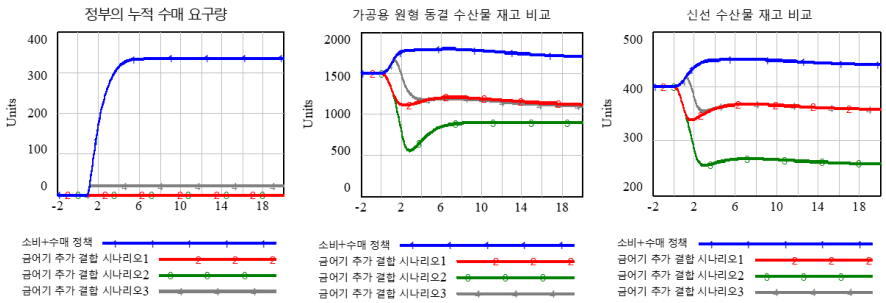
〈그림 4-32〉는 소비 정책과 공급 정책을 결합한 시나리오 결과물이다. 소비 정책은 〈그림 4-20〉에서 살펴본 바와 같이 원전수 방류라는 부정적인 메시지가 빨리 사라지게 하는 모든 전방위 소통 전략이다. 이 모델에서는 빨리 사라지는 시기를 절반으로 줄인 것을 가정했다. 이 소비 정책과 함께 공급 정책을 결합한 것인데 공급 정책은 수매 정책과 금어기 정책을 말한다. 전반적으로 수매 정책과 금어기 정책을 결합한 〈그림 4-32〉와 같은 패턴을 보이나 세로축의 값들이 하향 조정된 것을 볼 수 있다.

〈그림 4-33〉 현실적인 고등어 정책 믹스

자료: 저자 작성

〈그림 4-33〉은 정부 입장에서 취할 수 있는 현실적인 정책을 제시하고 있다. 정부는 소비 정책과 수매 정책을 양자 중 하나를 취사선택할 입장이 아니다. 정부 입장에서는 언론이 먼저 주목하는 소비 심리 위축 문제를 해결하지 않을 수 없다. 즉 언론이 드러낸 문제를 외면할 수 없다. 또한 언론이 주목하지 않는다고 하더라도 수매 정책 역시 외면할 수 없다. 물류 문제는 소비 심리 위축보다 늦게 나타나겠지만, 언론도 주목하게 될 문제이기 때문이다. 결국 정부는 소비 정책과 수매 정책을 동시에 펼칠 수밖에 없다. 소비 정책과 수매 정책을 동시에 추진하는 것이 선택 사항이 아니라 필수 정책이라면 금어기 정책을 추가하는 것은 선택 사항이다. 금어기 정책에 반감이 있어서 정부와 수산업 종사자 사이에 충분한 신뢰가 형성되지 않으면 실패하는 정책이기 때문이다. 따라서 사전준비를 해야 한다는 점에서 추가 선택적 정책이라고 할 수 있다.

〈그림 4-34〉 현실적인 정책 믹스 비교



자료: 저자 작성

〈그림 4-34〉는 소비 정책과 수매 정책만 동시에 추진했을 때보다 금어기를 추가했을 때 훨씬 효과가 크다는 점을 보여준다. 하지만, 금어기는 전가의 보도(傳家之寶)처럼 아무 때나 쓸 수 있는 만병통치약이 아니다. 어업 종사자들이 자신의 피해를 감수하면서 정부의 정책에 따라줄 것인지를 세심하게 살펴야 하기 때문이다. 따라서 정부 보조금의 적절성과 정책을 안 따랐을 때 얻게 되는 이익 때문에 나타나는 심리전 양상까지 고려해야 한다.

정부의 누적 수매 요구량 관점에서 보면 소비와 수매 정책의 결합 정책 믹스는 수매 정책만 적용했을 때보다 60% 가까이 정부의 부담이 감소하는 효과를 보여주기 때문에 충분히 고려할 만한 가치가 있다. 하지만, 금어기 정책을 추진할 상황이라면 시나리오1과 시나리오2는 누적 수매 요구량이 전무할 정도 수준으로 낮다. 그리고 시나리오3처럼 누적 수매 요구량이 있다고 하더라도 30 이하 수준이기 때문에 무시할 수준으로 볼 수 있다.

같은 맥락으로 가공용 원형 동결 수산물 재고와 신선 수산물의 재고 관점에서 살펴보면 소비 정책과 수매 정책만 추진했을 때 성과가 유의미하다고 볼 수 있다. 하지만 금어기 정책을 추가할 때는 시나리오1, 2, 3 중에 기대 효과가 낮은 것은 시나리오2라고 할 수 있다. 금어기 정책은 시장의 물동량에 큰 영향을 주는 효과를 내기 때문에 금어기를 두 달이나 지속하

는 시나리오2는 지속 기간 대비 효과가 비례하지 않는다. 게다가 균형 재고를 형성하는 수준이 다른 선택지 중에서 가장 낮다. 균형점이 낮다는 것은 관리 비용이 낮아진다는 이점도 있지만, 외부의 충격이 있을 때 대처 능력 또는 충격 흡수 능력이 떨어진다는 것을 의미한다. 따라서 시스템의 복원력(resilience) 관점에서는 바람직하지 않다고 평가할 수 있다.

이제 남은 것은 시나리오1과 시나리오3 중에서 선택해야 한다. 유일한 차이는 '사건 발생과 동시에 금어기를 시행할 것이냐' 아니면 '사건 발생 후 추이를 지켜보면서 약 한 달 뒤에 시행할 것이냐'이다. 각각 일장일단이 있다. 먼저 사건 발생과 동시에 금어기를 시행하는 시나리오1의 경우 원전수 방류 시점이 사전에 고지된다는 점을 고려한다면 정부는 미리 수산업 종사자들과 충분한 교류를 통해 금어기를 준비할 수 있다. 따라서 정부와 한마음으로 신속하게 난국을 극복한다는 의미를 유도할 수 있다. 반면 사건 발생 이후 경과를 지켜보면서 금어기를 정하는 시나리오3의 경우는 금어기에 대한 심리적인 거부감이 앞설 수 있다는 점을 고려한다면 언론에서 원전수 방류 이후 소비 심리가 급격하게 감소하는 사태를 조명하는 것을 오히려 금어기 정책의 명분으로 삼을 수 있다. 또한 고등어의 경우 매년 산란기에 맞춰서 한두 달 금어기를 적용하기 때문에 원전수 방류 시점과 연례행사처럼 시행하는 금어기를 연동하기 위한 시간 벌기 차원에서도 고려할 필요가 있다. 시나리오1과 시나리오3을 고려할 때 공통적으로 염두에 둘 것은 금어기 기간이 길 필요가 없다는 점이다. 한 달 정도면 충분할 수 있다.

2) 명태

명태는 1940년에 20만 톤 이상이 우리나라 동해에 잡히면서, 총 어획량의 30% 가까이 차지했을 정도로 흔했다. 그러나 남획, 기후변화 등으로

1990년부터는 어획량이 1만 톤 아래로 떨어지고, 현재는 국내 연안에서 거의 자취를 감춰버렸다. 이제는 우리나라 원양어선들이 베링해 등 먼 바다로 나가서 조업해서 국내로 공급하고 있다.

아래의 〈표 4-9〉는 명태의 최근 5년(2016~2020)간 국내 생산과 수출입 현황이 정리되어 있다. 국내 생산량의 경우 2019년에 비해 2020년에 10% 이상 증가하면서, 최근 5년 동안 가장 많은 생산량을 기록하였다. 수출의 경우 2019년까지 약 1만 톤 전후의 수출량을 유지하다가, 2020년도에는 약 5,000톤으로 감소되었으며, 동태, 황태, 북어 등 다양한 형태로 명태를 섭취하는 국민의 높은 수요를 충족시키기 위해 연평균 20만 톤 이상을 수입에 의존하는 것을 볼 수 있다.

〈표 4-9〉 명태 생산 및 수출입 현황

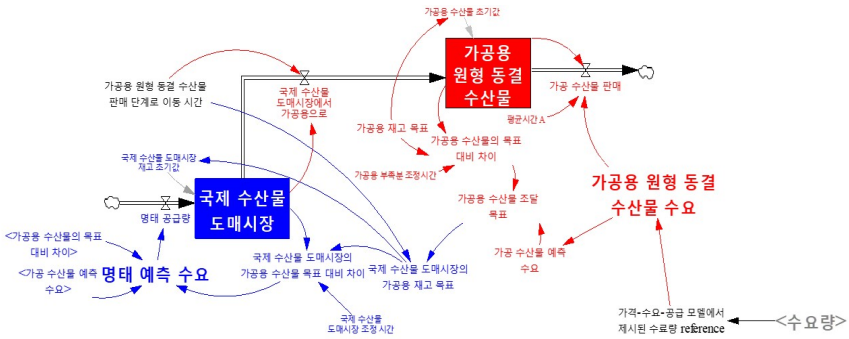
단위: 백만 원, 천 톤

	국내(원양)		수출		수입	
	생산금액	생산량	수출금액	수출량	수입금액	수입량
2016	26,066	20	23,184	15	419,173	256
2017	25,024	23	15,833	8	420,285	259
2018	25,553	24	19,883	10	428,736	254
2019	27,335	24	27,538	13	371,560	180
2020	31,085	27	16,757	5	407,758	210

주: 수출금액과 수입금액의 경우 당해 연도 환율을 적용하여 환산하였음
자료: 국내(원양), 수출입 – 수산정보포털, 환율 – 한국은행 경제통계시스템

이제부터는 베링해에서 조업해서 국내에 공급되는 명태의 유통구조를 살펴볼 것이다. 명태를 선정한 이유는 국내 조업이 거의 없으며 지리적으로 일본과 가까운 곳에서 조업이 일어나기 때문에 소비자가 민감하게 반응할 수 있는 어종이기 때문이다.

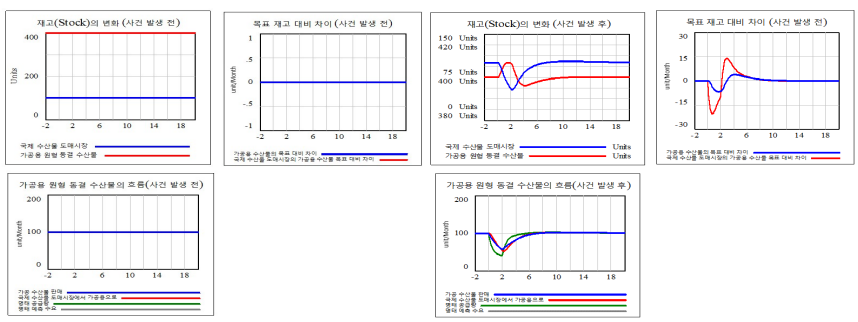
〈그림 4-35〉 명태 유통 모델의 특징



자료: 저자 작성

〈그림 4-35〉가 보여주는 명태의 유통 모델은 앞선 고등어의 유통 모델과 비교하면서 그 특징을 살펴봐야 한다. 첫째, 고등어 유통 모델과 달리 신선 수산물 즉, 베링해에서 잡아서 국내에 유통하는 명태는 신선 수산물로 유통된다고 하더라도 무시할 정도로 유통량이 매우 적으며 대신 냉동 상태로 보관해서 사료와 다른 가공식품으로 사용된다. 이에 따라 신선 수산물로서 유통되는 단계를 생략했다. 둘째, 국제 수산물 도매시장으로 들어오기 때문에 정부의 금어기 정책이 미치지 못한다. 따라서 향후 논의할 정부의 정책 믹스에서 고등어와 달리 금어기 정책을 생략한다.

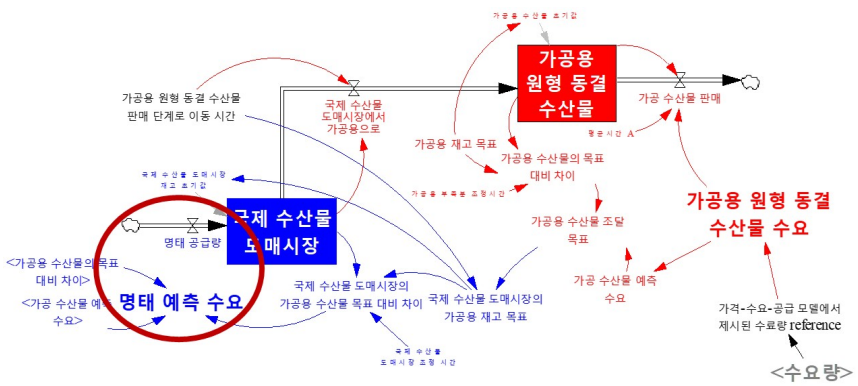
〈그림 4-36〉 사건 전후의 명태 유통 변화 – 시장 결정 조건



자료: 저자 작성

〈그림 4-36〉은 사건이 발생한 뒤 명태 유통구조가 어떻게 균형을 찾아가는지를 보여준다. 여기서 주목해야 할 점은 단기간에 큰 변동 폭을 보였지만 균형을 찾아간다는 것이다. 따라서 공급이 비탄력적일 때 변동 폭이 훨씬 크게 나타난다는 점을 비교해야 한다. 가공용 원형 동결 수산물의 경우 바로 다음 단계가 소비자의 소비 심리 위축으로 인해 수요가 떨어지는 것을 보여주기 때문에 안 팔리는 재고가 급증하게 된다. 그런데 급증한 양상과 다시 줄어들어서 균형을 찾아 변하는 양상이 공급량을 시장이 결정하는 경우(〈그림 4-34〉)와 공급량을 시장이 결정하지 않는 비탄력적인 공급구조의 경우(〈그림 4-38〉)를 비교해야 한다. 따라서 〈그림 4-35〉와 〈그림 4-36〉은 현실을 모델링 한 것이 아니라 기준점을 제시하는 역할을 한다고 보면 된다.

〈그림 4-37〉 명태의 비탄력적 공급 구조의 특징



자료: 저자 작성

〈그림 4-37〉은 농산물과 같이 수산물의 비탄력적 공급의 특징을 재현한 구조다. 〈그림 4-35〉와 다른 점은 단 하나다. 앞선 구조는 명태 예측 수요에 따라 명태 공급량이 결정되며 장기적으로 시장의 수요-가격-공급의 메커니즘에서 균형점을 찾아가는 것을 보여줬다면 〈그림 4-37〉은 명태 예측 수요와 명태 공급량과의 연결고리를 끊은 것이다. 따라서 다음과 같이 수

식이 달라진다.

명태 예측 수요=
가공용 수산물의 목표 대비 차이
+국제 수산물 도매시장의 가공용 수산물 목표 대비 차이
+가공 수산물 예측 수요
Units: Units/Month

▣ 시장 결정 조건

명태 공급량=Max(0,명태 예측 수요) Units: Units/Week

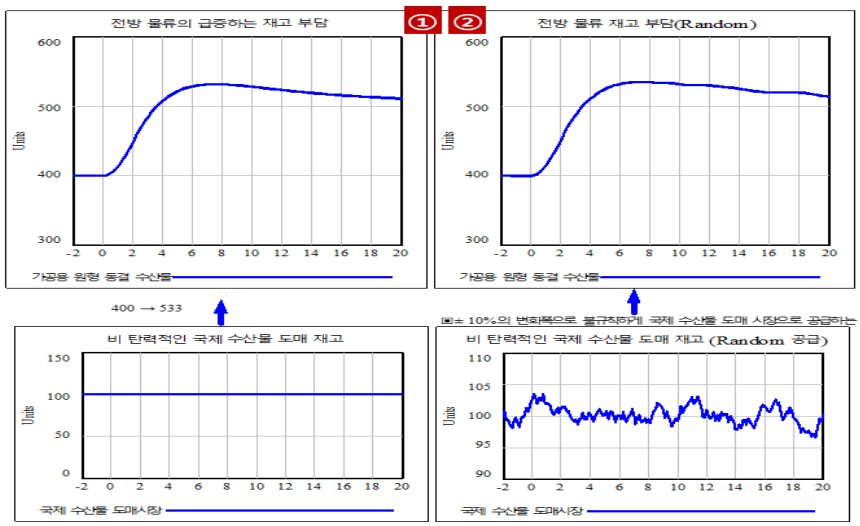
▣ 비탄력적 공급 구조

*명태 공급량=RANDOM UNIFORM(100*0.9, 100*1.1, 100) Units: Units/Month*

또는 명태 공급량=100 Units: Units/Month

위 수식에서 비탄력적 공급 구조에서의 명태 공급량 수식을 두 종류로 제시한 이유는 하나는 단순화된 비탄력성을 상수 값으로 제시한 것이고, 다른 하나는 현실과 같은 불규칙한 비탄력성을 재현했기 때문이다. 그 이유는 〈그림 4-38〉에서 설명한다.

〈그림 4-38〉 사건 발생 시 비탄력적 공급에 따른 전방 재고의 변화



자료: 저자 작성

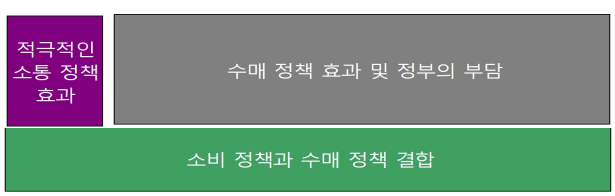
〈그림 4-38〉은 앞서 고등어 모델링에서 밝힌 것처럼 모델과 현실 재현에 대한 문제제기를 하면서 모델링 연구에 대한 올바른 활용 전략을 제시한다. 하단은 사건이 일어나지 않았을 때의 평상시의 모습을 보여주는 것으로 하단 왼쪽은 국제 수산물 도매시장에서의 일정한 값(본 모델에서는 100 Units)으로 공급 비탄력성을 극단적으로 제시한 반면, 하단 오른쪽은 다음 random 함수를 이용하여 보다 더 현실감 있는 공급의 비탄력성을 보여준다.

*명태 공급량=RANDOM UNIFORM(100*0.9, 100*1.1, 100)*

Units: Units/Month

하지만 이런 Random 함수를 이용하는 목적은 현실 재현을 더 잘하기 위해서가 아니라 현실에서 불규칙한 변화를 직면하더라도 변화를 꿰뚫는 패턴을 강조하기 위해서라는 점을 놓치지 말아야 한다. 바로 상단의 양쪽 그래프가 이를 방증한다. 상단의 그래프 결과물은 원전수 방류로 인해 수요가 급감했을 때 발생하는 재고 급증을 보여준다. 이런 변화 패턴이 Random 함수를 사용 여부와 상관없이 비슷한 패턴을 보여주고 있다는 점을 주목해야 한다. 이런 급증하는 재고 부담은 물류 단계에 있는 모든 이해관계자들에게는 고통이기 때문에 정부는 이를 해결하는 정책을 실행해야 한다. 다음은 이런 소비 급락과 재고 급증에 대해서 정부가 취할 수 있는 정책들을 살펴보고 가장 현실적인 대안은 무엇인지 도출하고자 한다.

〈그림 4-39〉 명태에 대한 정책 믹스

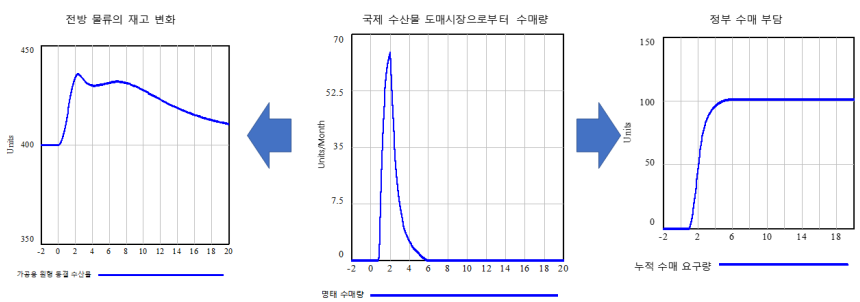


자료: 저자 작성

〈그림 4-39〉는 원전수 방류로 인해 주로 베링해에서 잡히는 명태에 대한 수요가 급락할 때 할 수 있는 정부의 정책을 나열한 것이다. 적극적인 소통 정책은 가짜 뉴스에 대한 적극 대처와 수산물의 안전에 대한 홍보 그리고 정부의 의지에 대한 신뢰도를 높일 수 있는 전방위 소통 전략을 의미하며, 궁극적인 목적은 소비 진작에 있다. 수매 정책은 명태 유통망에서 수요가 급락해서 안 팔리는 상황에서 명태 공급을 줄일 수 없는 수산업의 낮은 공급 탄력성 때문에 발생하는 재고 폭증을 해결한다. 적정 수매가와 수매량 및 수매 시기와 기간, 그리고 수매 물량을 보관해야 하는 보관 장소의 공간과 관리 비용이 중요한 정책 변수가 될 수 있다.

본 연구에서는 구체적인 수매가와 보관 장소의 관리 비용을 구체적으로 적시하는 것보다 수매 물량의 급변과 단기간에 일어나야 하는 수매 기간, 그리고 수매에 따른 급격한 정부의 누적 수매 요구량의 변화 패턴을 강조한다. 이는 시뮬레이션의 목적이 미래 특정 시점에 특정 물량의 변화를 예측(predict)하는 것이 아니라 정책의사결정에 참고할 수 있는 변화 패턴을 제공하는 것이기 때문이다. 마지막 정책 믹스는 앞서 소개한 대국민 소통 전략을 통한 소비 진작 정책과 수매 정책을 결합한 것이다. 이 마지막 정책 믹스는 현실성이 높은 정책이다. 이에 대해서는 정책 비교를 보인 〈그림 4-40〉 해설에서 자세히 다룬다.

〈그림 4-40〉 명태 수매 정책 효과 및 정부의 부담



자료: 저자 작성

〈그림 4-40〉은 수매 정책만 실행했을 때의 결과를 보여준다. 수매 정책은 〈그림 4-37〉에서 시장 균형을 되찾기 위해 필요한 예측 수요량에 따라 역으로 정부가 수매하는 것을 의미한다. 이에 대한 수식은 다음과 같다.

명태 예측 수요=
가공용 수산물의 목표 대비 차이
+국제 수산물 도매시장의 가공용 수산물 목표 대비 차이
+가공 수산물 예측 수요
Units: Units/Month

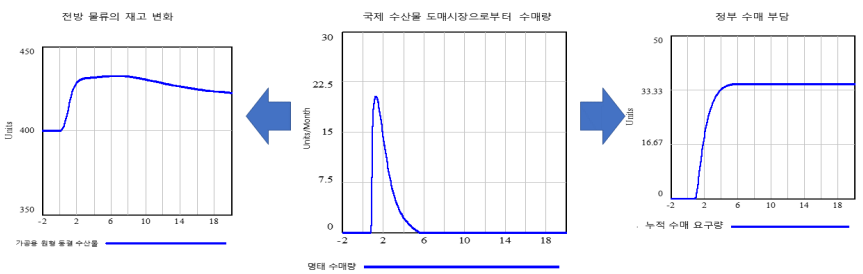
명태 수매량=Max(0, -"명태 예측 수요-ep") Units: Units/Month

정부의 누적 수매 요구량= INTEG (명태 수매량,0) Units: Units

즉 시장에서 덜 팔리게 되면 불필요한 공급량이 많아지면서 예측 수요는 음수 값이 된다. 따라서 이 불필요한 공급량을 정부가 수매하는 논리로 수매 요구량을 결정한 것이다. 이 수매 요구량은 순간 변화량으로 이에 대한 누적량이 '누적 수매 요구량'이 된다.

또한 〈그림 4-40〉은 수매 요구량 변화의 특징을 잘 보여주고 있다. 즉, 급격한 수요의 감소는 불필요한 공급량이 급증하는 것을 의미하며 이는 곧 정부 수매 요구량이 단기간에 급증한다는 것을 뜻한다. 따라서 정부는 원전수 방류와 같은 사건이 터졌을 때 단기간에 많은 양의 수매를 할 준비를 해야 한다는 시사점을 얻을 수 있다.

〈그림 4-41〉 명태에 대한 소비 정책과 수매 정책 결합 결과

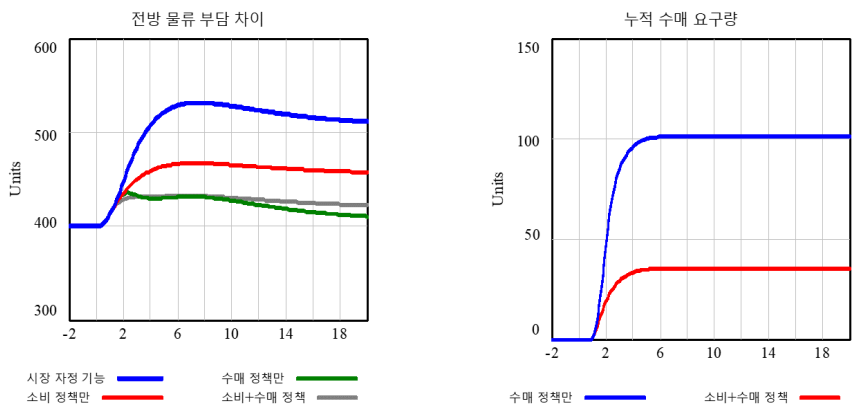


자료: 저자 작성

한편 〈그림 4-41〉은 앞서 살펴본 수매 정책에 정부의 적극적인 대국민 소통을 통해 소비 진작 정책을 병행했을 때의 효과를 보여주고 있다. 본 모델에서 제시하는 소통 정책의 계량적 목표는 앞서 고등어 모델에서처럼 사건에 대한 충격이 사라지는 시기를 절반으로 줄였을 때를 가정한다.

〈그림 4-41〉에서 주목해야 할 점은 두 가지다. 하나는 소비 진작 정책 유무와 관계없이 패턴은 유사하다는 점이고, 또 하나는 소비 정책 효과를 가시적으로 보여주고 있다는 점이다. 소비 정책 덕분에 정부의 누적 수매 요구량은 수매 정책만 실행했을 때보다 60% 가까이 줄어든 효과를 보여준다. 소비 정책을 통해 대국민 신뢰라는 정성적인 성과를 얻었다면 수매 정책을 통해서 실질적인 성과를 얻을 수 있을 것으로 볼 수 있다.

〈그림 4-42〉 명태 정책 비교



자료: 저자 작성

〈그림 4-42〉는 소비 정책과 공급량을 조절하는 수매 정책이 가장 좋은 결과를 가져옴을 보여준다. 시장 자정 기능에 맡겨 균형을 이루는 것과 소비 정책만을 강조한다거나 수매 정책만 하는 선택은 현실에서는 일어나지 않는다. 정부 입장에서는 언론이 먼저 주목하는 소비 심리 위축 문제를 해결하지 않을 수 없다. 즉 언론이 드러낸 문제를 외면할 수 없다. 또한 언론이

주목하지 않는다고 하더라도 수매 정책 역시 외면할 수 없다. 물류 문제는 소비 심리 위축보다 늦게 나타나겠지만, 언론도 주목하게 될 문제이기 때문이다. 결국 정부는 고등어 사례와 마찬가지로 소비 정책과 수매 정책을 동시에 펼칠 수밖에 없다. 다만 〈그림 4-42〉가 보여주는 다른 정책 결과는 비교 기능을 하는 것이지 정책으로 제안하는 것은 아니다.

4. 소결

본 연구가 집중한 것은 원전 오염수 배출이 생태계에 미치는 영향에 대한 과학적 논증이 아니다. 원전 오염수 배출이 미래 리스크로 평가받는 이유는 과학적 근거와 데이터와 관계없이 사회 심리학적으로 미치는 급격한 소비 심리 위축 때문이다. 이 급격한 소비 심리는 결국 수산업에 광범위하게 영향을 미치며 수산업 전반에 큰 충격을 준다.

대상 어종은 국내산과 원양산·수입산으로 구분하여 각각 고등어와 명태를 선정하였다. 각각의 유통 단계는 수산업의 특징을 가장 잘 대변할 수 있도록 3단계로 정의하여 모델링을 하였다. 즉, 고등어의 경우는 산지 위판장에서 가공용 원형 동결 수산물의 단계를 거쳐 소비자로 이어지는 단계와 산지 위판장에서 신선 수산물의 유통 단계를 거쳐 소비자로 이어지는 단계로 구분하였고, 명태의 경우는 국제 수산물 도매시장에서 가공용 원형 동결 수산물 단계를 거쳐 소비자로 이어지는 것으로 정의하여 모델링을 하였다. 분석에 활용한 모델은 SD 모델이며, 사건이 0 시점에서 발생했고, 부정적인 여론이 재생산되는 기간을 두 달로 가정하였다.

분석 결과, 고등어의 경우 사건 발생 시점인 0 시점부터 재고가 급증하였는데, 수요 감소로 안 팔리는데 이전부터 약속된 입고량이 계속 들어오기 때문이다. 그러나 둘째 달 전후로 재고가 감소하기 시작한다. 수요 감소가

회복되면서 판매량이 올라가는데 입고량을 초과하고 있기 때문이다. 정부 대책으로 크게 세 가지를 고려했는데, 소비 촉진 정책과 수매 정책을 같이 했을 때 수매 정책만 했을 때보다 정부 수매량이 60% 감소하는 효과가 있었다. 그리고 단기간에 최대한 많이 수매해야 충격을 흡수해 단기간 균형 회복이 가능한 것으로 나타났다. 또한 소비 촉진 정책과 수매 정책만 동시에 추진했을 때보다 금어기를 추가했을 때 훨씬 효과가 크며, 금어기는 한 달 정도면 충분한 것으로 나타났다.

명태의 경우 고등어와 유사하게 사건 발생 시점인 0 시점에 소비는 감소하는 반면 입고는 지속됨에 따라 재고가 급증하게 되나, 둘째 달 전후로 입고량 감소로 재고가 줄기 시작해 넷째 달에 최저치에 도달하는 것으로 예측되었다. 국내 조업이 거의 없는 명태의 경우 금어기를 설정할 수 없는데, 소비와 수매 정책 효과는 고등어와 거의 유사하게 나타났다.

지금까지 대표 어종을 예시로 원전 오염수 배출에 따른 소비 심리 위축과 수산업에 미치는 파장, 그리고 이에 대한 정부의 다양한 정책을 시뮬레이션을 통해 실험했다. 특정 시점에 특정 규모의 영향을 예측한 연구는 아니지만 미래연구의 특성상 상황에 따른 패턴과 시나리오를 과학적인 논리로 보여주었다. 이 연구는 사회 심리적 요인의 영향을 반영하여 수산물의 가격 변동 및 수산물의 공급망 변화를 시뮬레이션하고 이 시뮬레이션을 토대로 과학적인 시나리오를 도출한 것으로 수산업 연구에서는 최초의 시도이다. 이 연구는 향후 보다 합리적인 정책의사결정에 대한 과학적 근거의 토대가 될 것이다.

제4절 컨테이너선 운임변동 요인과 예측 가능성 고찰

1. 분석 배경 및 목적

1) 분석 배경

해운·물류분야에서 발생 가능한 미래 리스크는 지진, 해일, 슈퍼태풍, 코로나19와 같은 바이러스에 의한 신종 전염병 발생, 전쟁 발발, 그리고 선박의 좌초와 침몰 등에 의한 항만 및 통항로 폐쇄, 선박에 의한 대기오염과 수질오염의 증가, 미래 자율운항선박의 등장으로 인한 사이버 테러 등 매우 다양한 리스크가 존재한다.

해운·물류분야 미래 리스크를 원인별로 구분해보면 크게 자연재해, 질병 위험, 운하봉쇄 위험, 환경오염, 기타[177] 등으로 구분 가능하다(〈그림 4-43〉 참조). 해운·물류분야의 리스크는 국제 해운시장의 수급 변수로 작동하여 해운 운임의 가격변동으로 귀결된다. 즉 해운·물류분야에서 발생 가능한 모든 미래 리스크는 수송화물의 수요와 수송선박의 공급에 영향을 미쳐 해운 운임의 급등락에 영향을 주고, 이는 결국 해운 운임의 가격변동으로 연결된다.

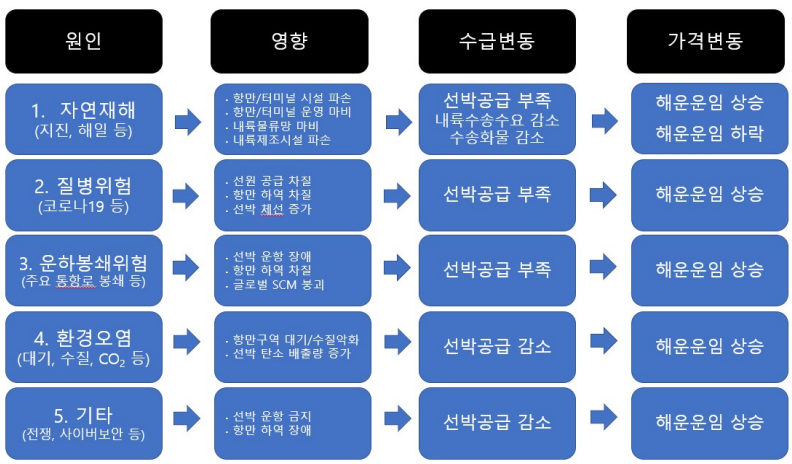
전문가 및 일반 국민을 대상으로 수행한 설문조사에서 해운·물류분야 미래 리스크 가운데 상위 순위에 선정된 리스크를 보면 '중국의 글로벌 물류인프라 선점', '전염병 등으로 인한 글로벌 공급망 마비', '자연재해 등으로 인한 물류인프라 파손', '선박배출 대기오염물질 증가', '자연재해 등으로 인한 내륙물류망 마비', '선원 감염병 발생' 등이 있다. 이 가운데 '중국의 글로벌 물류인프라 선점'을 제외하면 대부분 자연재해, 질병 위험, 환경오

177) 전쟁 위험, 사이버 보안 위험 등이 있음

염 등과 관련이 깊다. 특히 2020년 초에 발생한 코로나19가 컨테이너 시장에서 수급의 불안정성을 증폭시켜 고운임 상황을 초래한 이후 지금까지 계속해서 고운임 상황을 증폭시켜 나가는 모습은 코로나19 발생 이전에는 아무도 예측하지 못한 사건이었다.

따라서 본 연구에서는 현재의 컨테이너 고운임 상황에 초점을 맞추어 코로나19 발생 이후부터 지금까지 해운·물류분야에서 발생한 주요 사건들 가운데 예측하지 못했거나 정확하게 예측하지 못한 사건을 중심으로 현재의 컨테이너 고운임 상황에 미친 영향을 분석하고자 한다.

〈그림 4-43〉 해운·물류분야 미래 리스크 분석 체계도



자료: 저자 작성

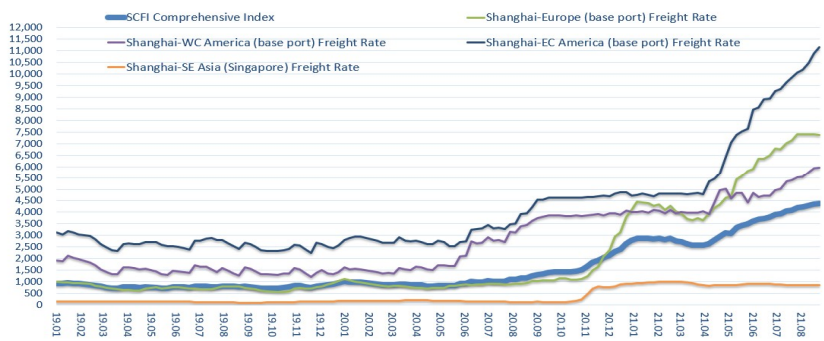
2) 분석목적

2019년 12월에 중국 우한에서 시작된 코로나19 사태는 2020년 3월 WHO가 팬데믹 선언을 해야 할 정도로 이미 전 세계에 급속하게 전파된 상태였다.[178] 코로나19 팬데믹 사태는 전 세계적으로 이동 금지, 도시 봉

쇄, 공장 출입제한 등의 제한적 조치를 발생시켜 사회경제적 관점에서 볼 때 1929년 대공황 이후 가장 심각한 상황을 초래하게 되었다.

해운물류분야 또한 전 세계 국내총생산(GDP)이 빠르게 감소하면서 해상 물동량 증가율이 급속하게 하락하였다. 이로 인해 건화물선 운임지수(BDI)는 2020년 상반기 동안 1,000포인트 아래에 머물러 있었고 케이프선 운임지수(BCI)는 2020년 2월~3월 2개월 동안 마이너스(-)를 기록하기도 했다. 반면 컨테이너 시장은 건화물선 시장에 비해 상대적으로 운임의 추가 하락이 크게 나타나지 않았으며, 2020년 3분기 말부터는 오히려 컨테이너 운임이 상승하기 시작해 지금까지 계속해서 상승 곡선을 그리면서 고운임 상태를 유지하고 있다.

〈그림 4-44〉 SCFI 및 주요 항로별 운임 추이



자료: 상하이해운거래소(검색일: 2021.11.5) 자료를 바탕으로 저자 작성

2020년 말부터 시작된 컨테이너 시장의 고운임 상황은 코로나19 확산이라는 과거에 경험해보지 못한 리스크 상황을 맞이하여 선사, 화주, 터미널, 운송사, 정부 등 컨테이너 시장의 다양한 주체들이 위기 상황을 극복하기 위한 조치를 동시에 진행하면서 발생한 결과이다. 글로벌 선사들의 선제적

178) 코로나19의 우한 기원설은 아직 과학적으로 입증된 사실은 아니다. 하지만 코로나19 초기 확진자들이 중국 우한시에서 다수 나온 사실을 고려할 때 코로나19가 중국 우한시에서 발생했을 가능성이 매우 큼

인 선복량 조절, 이동이 금지된 소비자들의 보복 소비 욕구, 터미널과 내륙 물류망 마비로 인한 공컨테이너 부족 현상, 선박의 체선 증가로 인한 선박 회전율 하락, 수에즈 운하 선박 좌초 사건, 중국 항만 노무자들의 코로나19 확진으로 인한 옌톈항, 닝보항 일시 폐쇄 사건 등, 코로나19를 계기로 컨테이너 시장에 큰 영향을 미치는 일련의 사건들이 계속해서 발생해왔으며 컨테이너 시장의 고운임 상황은 이러한 사건들과 매우 밀접한 관계가 있다.

이에 따라 본 연구에서는 코로나19 발생 이후 컨테이너선 운임에 영향을 크게 미친 사건들을 중심으로 텍스트 마이닝 기법을 적용해 키워드 네트워크 분석, 중심성(centrality) 및 클러스터(cluster) 분석, 토픽 모델링 분석 등을 진행하고자 한다. 빅데이터의 한 형태인 비정형 텍스트 자료를 활용해 최근의 컨테이너선 고운임 상황에 대한 과학적인 네트워크 분석을 진행하고, 그 결과를 통해서 컨테이너선 고운임 사태의 해결을 위한 정부의 정책 마련에 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 분석 방법

본 연구에서는 컨테이너선과 관련한 기사를 대상으로 최근의 컨테이너선 운임 상승의 요인들을 텍스트 마이닝 기법의 하나인 네트워크 텍스트 분석을 통해 파악하고 향후 컨테이너선 운임변동의 예측에 필요한 제언을 하고자 한다. 컨테이너선 산업 분야의 동향을 파악하기 위해서 본 연구에서는 컨테이너선 운임 상승의 변곡점들을 기준으로 2020년도 1월부터 2021년도 7월까지의 기간을 총 여섯 개의 시기로 구분하여 분석을 시행하였다. 마지막으로 소결에서는 연구 결과를 요약하고 연구의 시사점들과 향후 연구의 방향을 제시한다.

본 연구에서는 텍스트 마이닝 분석을 위해서 네트워크 텍스트 분석과 토

픽 모델링을 시행한다. 네트워크 텍스트 분석은 기존의 텍스트 마이닝 분석에 네트워크 분석을 결합한 방법이다. 텍스트라는 비정형 데이터로부터 주요 단어를 추출하여 기사-단어 이원모드 네트워크, 단어-단어 네트워크를 구축하여 연결중심성 분석, 네트워크 응집구조 분석 등 다양한 분석이 가능하다.[179] 이를 통해 해당 텍스트에 숨겨져 있는 의미론적 사실들을 파악하고, 주요 핵심 및 하위 주제를 분석할 수 있다. 분석 대상 문헌으로 해운 전문지인 Lloyd's List에 게재된 기사를 활용하였다. 네트워크를 구축하면서 출현 빈도에 따른 기사-단어의 인접행렬을 구축할 수 있기 때문에 이를 활용하여 LDA 토픽 모델링 분석을 시행하였다. 토픽 모델링을 통해서 토픽별로 속할 확률이 높은 단어와 기사를 파악하여 컨테이너선 산업의 동향에 대해서 시기별로 분석하였다. 본 연구에서 네트워크 텍스트 분석과 토픽 모델링 분석을 위해서 NetMiner4를 활용하였다.

본 연구에서는 컨테이너선과 관련한 기사를 대상으로 최근의 컨테이너선 운임 상승 요인들을 파악하기 위해서 네트워크 텍스트 분석을 시행하였다. 네트워크 텍스트 분석은 텍스트 마이닝과 네트워크 분석을 결합한 방법론으로 분석하고자 하는 텍스트 전문을 구성 단어로 해체하고, 이들을 노드로 하여 다양한 네트워크를 구축하여 분석하는 방법이다. 네트워크 텍스트 분석을 통해서 네트워크상의 단어 노드들의 위치와 연결패턴을 통해서 주요 주제를 유추하고, 텍스트의 의미를 이해할 수 있다.[180] 텍스트 내의 단어 간 의미론적 연관성을 분석하는 데 주에하는 방법이다. 기존의 주제 동향 분석 연구들이 사전에 분류한 카테고리를 기반으로 하여 텍스트들을 구분하여 관련한 주제 동향을 분석하는 데 중점을 두었다면, 네트워크 텍스트 분석은 여러 개의 텍스트의 분석을 통해 주제 간 상호 관련성, 구조적 관계 및 중심성, 클러스터 등을 네트워크 맵(Network Map)을 통해서 확인한다.

179) Pyun and Rha(2021), p. 6.
180) Rha(2020), p. 4.

키워드에 기반한 네트워크 텍스트 분석을 통해서 텍스트들의 핵심주제와 하위주제를 파악할 수 있다.[181] 네트워크 맵을 도식화하기 위해서 단어 간 공출현(Co-Occurrence) 빈도수에 기반한 인접행렬을 구축하도록 한다.

본 연구에서 네트워크 텍스트 분석은 다음의 절차를 따른다. 첫째, 분석 대상 문헌자료를 선정한다. 문헌분석 단위는 제목, 초록, 본문 모두 가능하다. 본 연구에서는 컨테이너선의 운임변동과 관련한 기사 자료들을 분석하기 위해 2020년도 1월부터 2021년도 7월까지 Lloyd's List에 게재된 기사를 검색하였으며 기사 본문을 분석 대상으로 삼았다.

둘째, 수집된 기사로부터 기사-단어의 이원모드(Two Mode) 네트워크를 구축하기 위해 단어를 추출하였다. 분석의 명확성을 위해서 추출 단어의 품사는 명사로 한정하였다. 텍스트의 모든 단어를 추출할 수 없기 때문에 분석에 유의미한 단어를 구축하기 위한 사전을 구축하였다. 사전에는 분석에서 제외하기 위한 '제외어', 동일한 의미를 지닌 단어를 하나의 단어로 통일하는 '유의어', 복합명사인 단어를 구분하기 위한 '복합어'를 포함하였다. 제외어는 'Month', 'Time', 'Year', 'Lloyd's List Intelligence' 등과 같이 일반적으로 기사에서 많이 출현하는 단어로서 분석에서 특이점을 찾기 어려운 단어를 지정하였다. 제외어를 선정하기 위해서 TF-IDF 분석을 시행하였다. TF-IDF 분석을 통해서 특정 문서에서 단어의 중요성을 계산할 수 있다. TF(d, t)는 특정 문서 d에서 특정 단어 t가 얼마나 자주 등장하는지를 계산한 값이고, IDF(t)는 특정 단어 t가 등장한 문서 수를 의미하는 DF(t)에 반비례하는 수로 계산한 값이다.[182] TF-IDF는 TF와 IDF의 곱으로 정의할 수 있으며, 값이 작아질수록 불용성의 단어일 가능성이 높다.[183] 본 연구에서는 다수의 문서에서 TF-IDF 값이 0.5 이하인 단어를

181) Shin, Jung, and Rha(2021), p. 5.
182) Salton and Buckley(1988), pp. 513-523.
183) Aizawa(2003), p. 45.

불용성의 단어로 판단하여 제외어 사전에 포함하였다. 유의어는 전문가들의 자문을 통해 구성하였다. 예를 들어 'Equipment Shortage', 'Box Shortage', 'Container Shortage' 등은 유사한 의미를 지니고 있기 때문에 모두 'Container Shortage'로 통일하였다. 복합어를 구성하기 위해서는 단어 가 서로 근접하여 출현하였는지를 확인하였다. 예를 들어 'Supply'와 'Chain'은 전체 기사에서 200번 이상 바로 근접하여 출현하였다. 이와 같은 경우에 단어 간 근접성이 상당히 높다고 판단하여 단어 추출 시에 'Supply Chain'의 복합어로 추출되도록 하였다.

셋째, 추출한 단어를 활용하여 기사-단어 이원모드 네트워크를 구축하였다. 네트워크는 이원모드이기 때문에 기사노드와 단어노드로 구성되어 있다. 기사-단어 네트워크에서는 직접적으로 개별 단어의 영향력을 분석할 수 없다. 본 연구에서는 분석의 정확성을 위해서 개별 단어가 두 편 이상의 기사에 출현한 경우에만 이원모드 네트워크에서 링크가 형성되도록 하였다. 기사-단어 네트워크에서는 개별 단어가 기사에 출현한 빈도수를 확인할 수 있다. 빈도수에 기반하여 워드 클라우드를 작성하였으며, 빈도수가 높을수록 글자 크기가 커진다.

넷째, 기사-단어 이원모드 네트워크를 단어-단어 일원모드(One Mode) 네트워크로 변환하였다. 일원모드 네트워크로의 변환은 단어 간 인접 관계를 기준으로 하였다. 텍스트에서 단어가 서로 근거리에 있는 경우 공출현의 관계에 있고 상호 연관성이 높다고 할 수 있다. 본 연구에서는 단어 간 인접거리(Word Distance) 기준을 '4'로 하여 공출현 여부를 판단하고 공출현 횟수가 2 이상인 경우에 네트워크에서 단어노드 간 링크를 형성하였다.

다섯째, 단어-단어 일원모드 네트워크에서 각 단어의 영향력을 분석하기 위해서 중심성을 파악하였다. 중심성의 종류는 연결중심성, 매개중심성, 위세중심성, 근접중심성 등이 있다. 본 연구에서는 연결중심성(Degree Centrality)을 분석하였다. 연결중심성은 하나의 개별 노드가 얼마나 많은 노드들과 링크로 연결되어 있는지 파악하는 것이다. 특정 노드의 연결중심성은 다음 식과 같이 특정 노드가 다른 노드들과 연결된 링크 수를 전체 노드들과 연결 가능한 링크 수로 나누어주는 것이다. 단어 네트워크에서 연결중심성이 높은 단어 노드들은 텍스트에서 가장 활발히 언급되는 주제와 관련이 깊은 단어로 볼 수 있으며, 다른 하위주제와도 밀접한 관련이 있다. 시기별 텍스트 단어는 다음 식과 같이 연결중심성 변화를 파악하면 해당 분야의 동향에 대해서 파악할 수 있다.

$$Deree\ Centrality = \frac{\sum Weight\ of\ Links}{Number\ of\ Nodes - 1}$$

여섯째, 단어-단어 일원모드 네트워크의 구조적 특성을 기반으로 노드들 간 클러스터가 형성되는지 분석한다. 이는 네트워크의 응집성(Cohesion)을 분석하는 것이다. 본 연구에서는 일원모드 네트워크의 주요 컴포넌트(Giant Component)를 먼저 추출하고 이후에 커뮤니티 분석을 시행하여 네트워크에서 노드들 간 클러스터를 파악한다. 또한 클러스터 분석을 참고하여 LDA 토픽 모델링을 시행하였다. 토픽 모델링 분석을 통해 토픽별로 관련성이 높은 단어와 기사를 선정하여 텍스트를 분석하였다. 토픽모델링에 설명은 결과 분석에서 하도록 한다. 〈표 4-10〉은 본 연구의 네트워크 텍스트 분석 절차를 요약한 것이다.

〈표 4-10〉 네트워크 텍스트 분석 절차

분석 절차	설명
1. 분석 대상 문헌자료 선정	• 컨테이너선 운임의 상승 배경에 대해서 파악하기 위해서 해운 전문지인 Lloyd's List에 2020년도 1월부터 2021년도 7월까지 게재된 컨테이너 관련 기사 수집함.
2. 사전 구성과 단어 추출	• 유의미한 분석을 위해 '제외어', '유의어', '복합어'로 구성된 사전을 구축하고 품사가 명사인 단어만을 기사로부터 추출, 단어 추출 시 TF-IDF 고려하여 불용성의 단어 제거함.
3. 기사-단어 이원모드 네트워크 구축	• 기사노드와 단어노드로 구성된 행렬을 기반으로 이원모드 네트워크를 구축함. 두 편 이상의 기사에 출현한 단어를 대상으로 함.
4. 단어-단어 일원모드 네트워크 구축	• 단어 간 인접성을 기반으로 단어 간 거리를 계산하여 단어-단어 일원모드 네트워크 구성함. 단어 간 거리 기준은 '4'로 하고 두 편 이상의 기사에서 출현한 단어 간 링크 형성함.
5. 연결중심성 계산	• 단어 네트워크에서 단어의 영향력을 파악하기 위해 연결중심성을 파악함.
6. 네트워크 응집구조 파악	• 커뮤니티 분석을 통해 단어 네트워크 응집구조를 파악하고 클러스터 수 파악함. 파악한 클러스터 수를 활용하여 LDA 토픽 모델링 시행함.

자료: 저자 작성

3. 파급효과 분석 결과

본 연구에서는 최근의 컨테이너선 운임의 급격한 상승세를 분석하기 위해서 네트워크 텍스트 분석을 시행하였다. 네트워크 텍스트 분석을 통해서 컨테이너선 운임이 급상승하는 동안 있었던 주요 사건과 요인을 기사자료들로부터 파악하고자 한다. 분석 시기는 컨테이너선 운임 상승의 주요 변곡점을 기준으로 구분하였다.

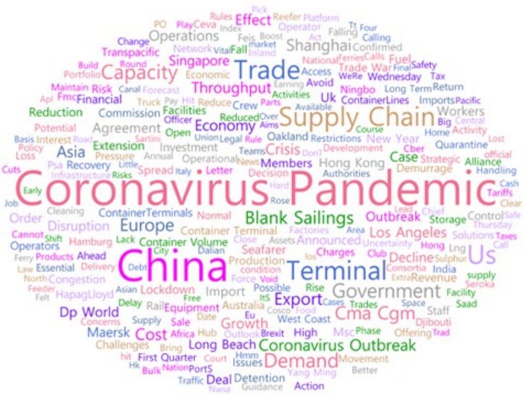
1) 2020년도 1월~6월 기사분석

2020년도 1월부터 6월까지의 Lloyd's List에 게재된 컨테이너선 관련 기사 수는 총 187편이다. 본 연구에서는 기사의 내용을 분석하기 위해서 기사로부터 단어를 추출하여 기사-단어 이원모드 네트워크를 구성한다. 추출하는 단어 품사는 '명사'로 한정하였다. 분석의 정확성을 위해서 불용성의 단어를 분석에서 제외할 필요가 있다. 다수의 기사에 빈출현하는 단어는 의미가 관용적이거나 특별한 이슈를 설명하기에는 적합하지 않다. 불용성의 단어를 파악하기 위해 TF-IDF 분석을 하여 0.5 이하인 단어는 분석에서 제외하였다. 복합어, 제외어, 유의어를 지정하여 추출한 단어 수는 총 7,463개이다.

(1) 기사-단어 이원모드 네트워크 분석

네트워크 텍스트 분석을 시행하기 위해서 기사-단어 이원모드 네트워크를 구성하였다. 기사와 단어 모드 사이에는 총 2만 3,757개의 링크가 형성되었다. 이 기간에 가장 많이 출현한 단어는 'Coronavirus Pandemic'과 'China'이다. 2019년도 연말부터 코로나19 바이러스의 전파에 대한 우려가 커진 가운데, 2020년도 상반기에 코로나19 팬데믹의 영향력이 지속되었음을 알 수 있다. 또한 이와 관련하여 중국의 항만, 공장 가동 상황이 컨테이너선의 운임과 산업에 상당한 영향을 주고 있음을 유추할 수 있다. 단어의 출현 빈도에 따라서 〈그림 4-45〉와 같이 워드 클라우드를 작성하였다. 워드 클라우드의 글자 크기가 클수록 단어의 출현 빈도가 높다.

〈그림 4-45〉 워드 클라우드 (2020년도 1월~6월)

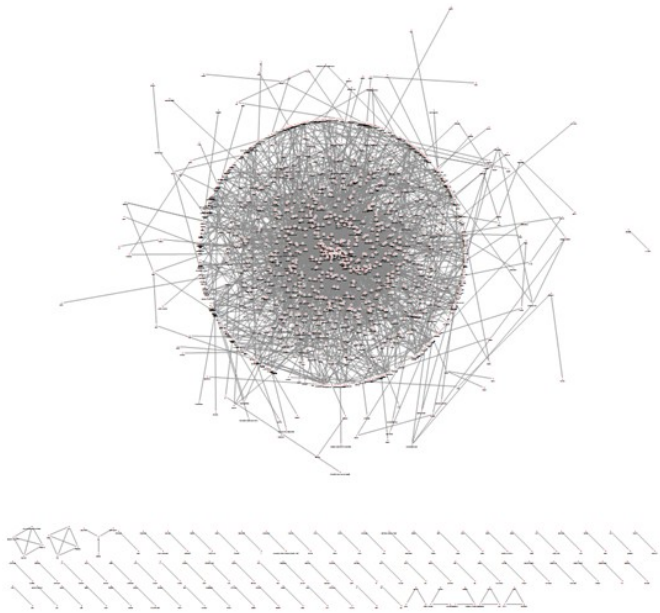


자료: 저자 작성

(2) 단어-단어 일원모드 네트워크 분석

기사-단어의 이원모드 네트워크만으로는 직접적인 네트워크 텍스트 분석이 불가능하기 때문에 이원모드 네트워크를 단어-단어 일원모드 네트워크로 변환하였다. 변환 방법은 단어 간의 인접성을 기준으로 하였으며, 한 문장 내에서 단어 간의 거리가 '4' 이하인 경우 단어 간의 공출현으로 인정하고, 두 편 이상의 기사에서 공출현하는 경우에 해당 단어 노드 간의 링크가 형성되도록 하였다. 이와 같은 방법으로 〈그림 4-46〉과 같이 단어-단어 일원모드 네트워크를 구성하였으며, 총 2,425개의 링크가 형성되었다.

〈그림 4-46〉 단어-단어 네트워크 (2020년도 1월~6월)



자료: 저자 작성

개별 단어 노드의 영향력을 파악하기 위해서 본 연구에서는 연결중심성을 계산하였다. 연결중심성은 개별 노드들이 다른 노드들과 얼마나 많이 링크로 연결되었는지를 상대적으로 계산한 지표 값이다. 연결중심성이 높을수록 네트워크에서 활발히 다른 노드들에 영향을 준다. 단어-단어 네트워크에서 연결중심성이 높은 단어 노드들은 해당 시기에 중심적인 기사의 주제와 밀접한 관련이 있는 단어로 파악할 수 있다. 연결중심성 분석 결과는 〈표 4-11〉과 같다.

연결중심성 분석 결과 이 기간에 가장 영향력 있는 단어는 'Coronavirus Pandemic', 'China', 'Trade', 'Supply Chain', 'Us', 'Demand', 'Blank Sailings', 'Capacity' 등이었다. 이러한 단어가 중심성이 높아진 이유는

코로나19 이후 미국과 중국의 무역분쟁으로 인한 물동량의 감소, 중국의 춘절로 인한 휴업 및 생산 감소로 인한 컨테이너 가용 감소, 이로 인한 글로벌 공급사슬의 불확실성 증대 등의 기사의 내용과 관련이 깊다. 또한 다수의 기사가 글로벌 선사들이 글로벌 공급사슬의 불확실성에 대응하기 위해 임시결항(Blank Sailings)을 통해 대비하고 있음을 전하고 있다.

〈표 4-11〉 단어 노드 연결중심성 (2020년도 1월~6월)

단어 노드	연결중심성
Coronavirus Pandemic	0.089312
China	0.083455
Trade	0.046852
Supply Chain	0.036603
Us	0.035871
Terminal	0.035139
Demand	0.027818
Europe	0.024890
Government	0.022694
CmaCgm	0.020498
Capacity	0.019034
Shanghai	0.018302
Economy	0.017570
Agreement	0.016837
Cost	0.016837
Workers	0.016105
Blank Sailings	0.014641
DpWorld	0.014641
Maersk	0.013909
Oakland	0.013909
Singapore	0.013909

자료: 저자 작성

기사 토픽들의 그룹을 파악하기 위해 네트워크 구조의 응집성을 파악하였다. 본 연구에서는 네트워크의 응집구조를 통해 적합한 토픽 그룹의 수를 응집성 분석을 통해 도출하고, 세부적인 토픽 그룹과 그룹에 해당하는 기사에 대한 분석은 LDA 토픽 모델링을 통해 시행한다. 응집성 분석을 위해서 우선 단어 네트워크에서 중심이 되는 주요 컴포넌트를 파악하였다. 주요 컴포넌트에 해당하는 노드들만을 대상으로 커뮤니티 분석을 통해 클러스터 수를 파악하였다.[184] 적합한 클러스터의 수는 NetMiner4에서 계산되는 Modularity Index 값을 참고하였으며, Modularity Index 값이 1.5 이상인 경우들을 고려하여 적합한 클러스터의 수를 정하였다. 이 기간의 단어 네트워크의 응집성을 분석한 결과 세 개의 클러스터가 형성됨을 확인하였다.

(3) LDA 토픽 모델링

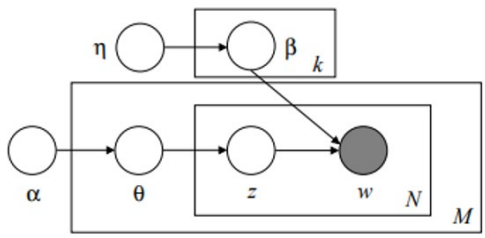
주요 토픽 그룹들을 파악하기 위해서 토픽 모델링을 시행하였다. 본 연구에서 토픽 모델링을 위해 LDA 기법을 활용하였다. LDA에서는 기사-단어 이원모드를 구축하기 위해 구성한 인접행렬을 활용한다. 기사-단어 행렬을 기사-토픽 그리고 토픽-단어의 행렬의 곱으로 가정하고, 각 토픽에 단어와 기사가 속할 확률을 계산하게 된다. 순서는 기사-토픽 그리고 토픽-단어의 행렬의 곱을 먼저 가정하고 원본인 기사-단어 행렬을 얼마나 잘 구현할 수 있는지를 평가한다. 따라서 LDA 토픽모델링을 통해서 토픽 그룹별로 주요 단어와 기사를 파악할 수 있다.

LDA에서는 크게 세 가지 변수를 지정해야 한다. 〈그림 4-47〉과 같이 α, β, k 값을 지정해주면 문서-토픽 비중 확률인 θ와 토픽-단어 비중확률인 φ를 계산하여 원본을 잘 재현하는지를 구하게 된다.[185] k는 토픽의 수이며,

184) Girvan and Newman(2002), p. 7826.
185) Blei, Ng, and Jordan(2003), p. 998.

α와 β는 모델링을 위한 하이퍼 파라미터이다.

〈그림 4-47〉 LDA 모델링



자료: Blei, Ng, and Jordan(2003), p. 1006

선행연구에 따라 α는 50/k로 가정하고 β는 0.1로 지정하였다.[186] 토픽의 수인 k는 단어 네트워크 응집성 분석 결과를 참고하여 3으로 지정하였다. 토픽 모델링 분석을 한 결과, 〈표 4-12〉와 같이 토픽별로 단어가 분포하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 4-12〉 토픽별 주요 단어 (2020년도 1월~6월)

토픽 그룹	주요 단어 (속할 확률이 높은 순으로 정렬)	설명
Topic1	China, Coronavirus Pandemic, US, Trade, Effect	• 코로나19 팬데믹 상황에서 중국/미국 무역갈등 심화
Topic2	Supply Chain, Coronavirus Pandemic, Capacity, Demand, Europe	• 글로벌 공급사슬의 불확실성 증대
Topic3	Terminal, Government, Cma Cgm, Dp World, Operations	• 주요 선사와 항만들의 운영 방식 변화

자료: 저자 작성

Topic1의 주요 단어는 'China', 'Coronavirus Pandemic', 'US', 'Trade', 'Effect', 'Blank Sailings' 등이었다. 주요 단어를 〈그림 4-48〉과 같이 워드 클라우드로 구성하였다. 글자 크기가 클수록 단어가 토픽에 포함될 확률이 커짐을 의미한다. Topic1에 속하는 주요 기사의 내용을 살

186) Griffiths and Steyvers(2004), p. 5230.

펴보면, 코로나19가 팬데믹으로 확산하고 중국과 미국의 무역 갈등이 심화하면서 글로벌 선사들이 물동량 감소를 예측하여 기항 횟수를 줄이고 있으며, 중국을 비롯한 전 세계 공장의 가동이 중단되는 상황과 경기가 침체되는 상황에 대비하여 각국의 항만당국이 통제를 시작하였음을 알 수 있다.

〈그림 4-48〉 Topic1 (2020년도 1월~6월)

자료: 저자 작성

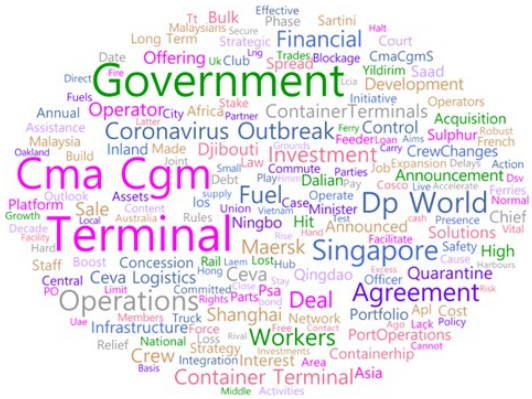
Topic2의 주요 단어는 'Supply Chain', 'Capacity', 'Demand', 'Risk', 'Crisis' 등이다. 주요 단어의 워드 클라우드는 〈그림 4-49〉와 같다. Topic2에 속하는 주요 기사의 내용은 전 세계적으로 지역봉쇄가 계속되고, 중국 정부의 경제 정상화 주문으로 공장이 재가동되면서 글로벌 공급사슬의 물동량 증가와 감소에 대한 정확한 예측이 어렵다는 것이다. 공급사슬의 불안정성이 증폭됨에 따라서 공급사슬 단절 현상이 이 시기에 많이 발생했다. 공급사슬 단절이란 갑작스러운 재해 또는 사고에 의해서 공급사슬을 통해 자재들이 공급되지 못하고 일시에 중단되는 상황을 의미한다. 이에 따라서 선사들이 선제적으로 기항 횟수를 줄이게 된다.

〈그림 4-49〉 Topic2 (2020년도 1월~6월)

자료: 저자 작성

Topic3의 주요 단어는 'Terminal', 'Government', 'Cma Cgm', 'Singapore', 'Dp World', 'Operations' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-50〉과 같다. Topic3에 속하는 주요 기사의 내용은 물동량이 계속 줄어드는 가운데 Cma Cgm, Maersk 등의 글로벌 선사들은 해운운임의 상승세 속에 실적을 개선하면서 터미널을 인수하는 등 공격적으로 투자를 진행하고 있으며, 터미널의 혼잡(Terminal Congestion)이 증가하고 공컨테이너(Empty Container)의 확보가 어려워서 임시결항과 일괄운임인상(General Rate Increase) 등의 방법으로 수익성을 강화하기 시작했다는 것이다. 기항 횟수의 감소로 인한 여파가 이 시기부터 시작되었음을 기사를 통해 파악할 수 있다.

〈그림 4-50〉 Topic3 (2020년도 1월~6월)



자료: 저자 작성

2) 2020년도 7월~9월 기사분석

2020년도 7월부터 9월까지의 Lloyd's List에 게재된 컨테이너선 관련 기사 수는 총 93편이다. TF-IDF 값이 0.5 이하인 불용성의 단어를 제거하고 복합어, 제외어, 유의어를 지정하여 추출한 단어 수는 총 4,855개이다.

(1) 기사-단어 이원모드 네트워크 분석

이 시기의 기사에서 단어를 추출하여 기사-단어 이원모드 네트워크를 구축하였다. 이원모드의 링크 수는 총 1만 2,199개이다. 기사에서 가장 많이 출현한 단어는 'Coronavirus Pandemic', 'Supply Chain', 'Maersk', 'Terminal', 'Beirut' 등이었다. 출현 빈도에 따라 〈그림 4-51〉과 같이 워드클라우드를 작성하였다. 이전 시기에 비해서 상대적으로 'Blank Sailings', 'Congestion', 'Delays' 등의 단어의 빈도수가 증가하였음을 알 수 있다. 터미널의 혼잡 상황이 악화되었음을 유추할 수 있다.

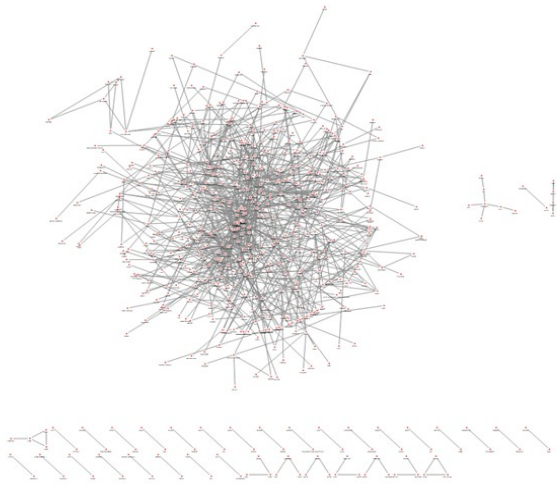
〈그림 4-51〉 워드 클라우드 (2020년도 7월~9월)

자료: 저자 작성

(2) 단어-단어 일원모드 네트워크 분석

기사-단어 이원모드 네트워크를 〈그림 4-52〉와 같이 단어-단어 일원모드 네트워크로 변환하였으며, 링크 수는 총 920개였다. 단어 노드의 영향력을 파악하기 위해서 연결중심성을 분석하였으며 결과는 〈표 4-13〉과 같다. 연결중심성 분석 결과 베이루트항 폭발 관련 키워드들이 중심성이 높았다. 또한 지난 시기에 비해서 터미널의 혼잡, 임시결항과 관련한 키워드들의 중심성이 높아졌다. 싱가포르의 경우 유연성과 탄력성을 기반으로 화물 컨테이너 물동량 변동에 안정적으로 대처하고 있다는 기사가 나오면서 관련한 단어의 중심성도 높아졌다.

〈그림 4-52〉 워드 네트워크 (2020년도 7월~9월)



자료: 저자 작성

네트워크의 응집성 분석을 위해서 주요 컴포넌트를 찾고 커뮤니티 분석을 시행하였다. Modularity Index를 고려하여 세 개의 클러스터가 형성되는 것으로 파악하였다.

〈표 4-13〉 단어 노드 연결중심성 (2020년도 7월~9월)

단어 노드	연결중심성
Coronavirus Pandemic	0.069074
China	0.042386
Trade	0.042386
Supply Chain	0.039246
Hong Kong	0.037677
Uk	0.037677
Terminal	0.036107
Demand	0.025118
Feeder	0.023548
DpWorld	0.021978

단어 노드	연결중심성
Europe	0.021978
Maersk	0.021978
Singapore	0.021978
Beirut	0.020408
Cost	0.020408
Export	0.018838
Import	0.018838
Operations	0.018838
Blank Sailings	0.018838
Capacity	0.017268
Unifeeder	0.017268
Hub	0.015699
Booking	0.014129
Congestion	0.014129

자료: 저자 작성

(3) LDA 토픽 모델링

네트워크 응집구조를 참고하여 토픽의 수를 3으로 하여 토픽 모델링 분석을 시행하였다. 토픽별 주요 단어는 〈표 4-14〉와 같다.

〈표 4-14〉 토픽별 주요 단어 (2020년도 7월~9월)

토픽 그룹	주요 단어 (속할 확률이 높은 순으로 정렬)	설명
Topic1	Terminal, Supply Chain, Trade, Us, Singapore, Uk, Beirut	• 주요 항만의 물류 이슈
Topic2	China, Hong Kong, Capacity, Cost	• 중국 수출 감소와 홍콩 터미널 환적 감소
Topic3	Coronavirus Pandemic, Maersk, Demand	• 주요 선사의 실적 발표

자료: 저자 작성

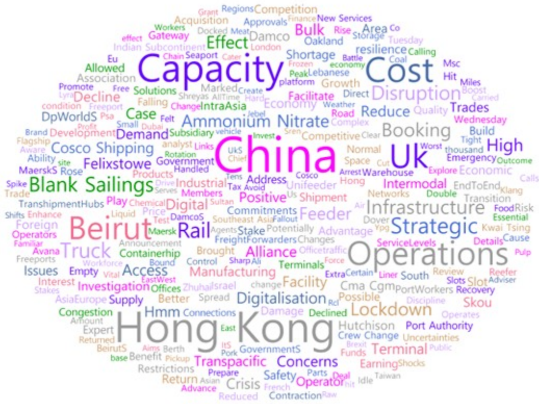
Topic1의 주요 단어는 'Terminal', 'Supply Chain', 'Trade', 'Us', 'Singapore', 'Uk', 'Beirut' 등이다. 워드 클라우드는 <그림 4-53>과 같다. Topic1에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 베이루트항의 폭발과 관련한 이슈들과 영국의 Felixstowe 터미널은 혼잡하다는 이유로 공컨테이너의 보관을 거부하고 있는데, 그 이유는 늘어나는 수요에 비해 근로자의 수가 매우 부족하다는 것이다. 반면에 싱가포르항은 유연성과 탄력성을 기반으로 화물 컨테이너 물동량을 안정적으로 확보하고 있다는 내용의 기사도 중심을 이루고 있다.

〈그림 4-53〉 Topic1 (2020년도 7월~9월)

자료: 저자 작성

Topic2의 주요 단어는 'China', 'Hong Kong', 'Capacity', 'Cost' 등이다. 워드 클라우드는 <그림 4-54>와 같다. Topic2에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 중국의 수출 감소와 이로 인해 홍콩 터미널의 환적이 감소하고 있다는 것이다. Hutchison Port Holdings Trust의 물동량이 8% 감소하고 아시아에서 미국의 물동량이 전반적으로 감소하고 있다는 내용의 기사도 있다. 이로 인해 임시결항의 비율도 여전히 높음을 유추할 수 있다.

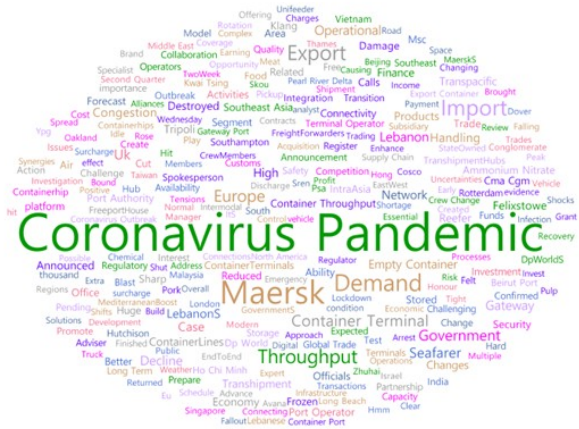
〈그림 4-54〉 Topic2 (2020년도 7월~9월)



자료: 저자 작성

Topic3의 주요 단어는 'Coronavirus Pandemic', 'Maersk', 'Demand' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-55〉와 같다. Topic3에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 글로벌 선사들이 코로나19 팬데믹의 여파로 물동량의 감소를 예상하고 수익성 개선을 위해 선복량을 감소시키는 데 주력하고 있다는 것과 Maersk의 경우 2분기에 깜짝 실적을 달성한 가운데 이러한 고공행진이 3분기에도 이어질 것으로 전망하고 있다는 것이다. 이는 컨테이너선 운임의 가파른 상승세가 글로벌 선사의 운영전략과 실적에 상당한 영향을 주고 있음을 알 수 있는 대목이다.

〈그림 4-55〉 Topic3 (2020년도 7월~9월)



자료: 저자 작성

3) 2020년도 10월~12월 기사분석

2020년도 10월부터 12월까지의 Lloyd's List에 게재된 컨테이너선 관련 기사 수는 총 67편이다. 불용성 단어를 제거하고 복합어, 제외어, 유의어를 지정하여 추출한 단어 수는 총 3,657개이다.

(1) 기사-단어 이원모드 네트워크 분석

총 8,918개의 링크로 구성된 기사-단어 이원모드를 구축하였다. 이 시기의 빈출단어는 'Congestion', Coronavirus Pandemic', 'Supply Chain'. 'Demand', 'Equipment' 등이었다. 〈그림 4-56〉과 같이 워드 클라우드를 작성하였다. 빈출단어를 종합하면 터미널 혼잡에 대한 단어의 빈도가 증가하고 있고, 공급사슬의 단절 현상의 심화, 컨테이너 부족(Equipment Shortage) 관련 키워드가 새롭게 등장하고 있음을 알 수 있다.

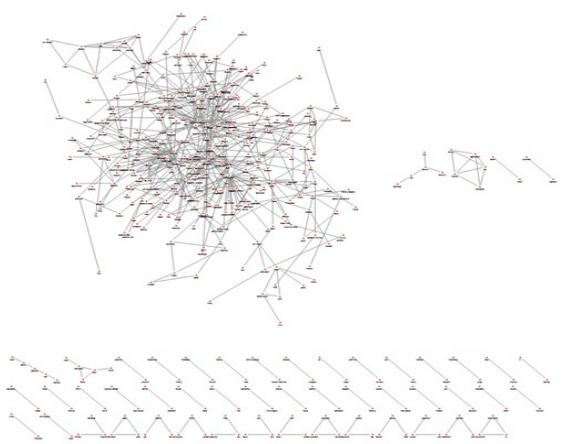
〈그림 4-56〉 워드 클라우드 (2020년도 10월~12월)

자료: 저자 작성

(2) 단어-단어 일원모드 네트워크 분석

〈그림 4-57〉과 같이 총 632개의 링크로 이루어진 단어-단어 일원모드 네트워크를 구축하였다.

〈그림 4-57〉 워드 네트워크 (2020년도 10월~12월)



자료: 저자 작성

연결중심성 분석 결과는 〈표 4-15〉와 같다. 공급사슬의 단절 현상과 관련한 키워드들의 중심성이 높아졌음을 확인할 수 있다. 또한 터미널의 혼잡이 전 세계적으로 본격화되면서 관련한 단어의 중심성이 높아지고, 컨테이너의 부족 현상에 대한 키워드들이 네트워크에서 주도적인 역할을 하고 있었다. 2020년도 하반기로 접어들면서 컨테이너 물동량의 감소와 이로 인한 글로벌 선사들의 임시결항과 같은 선제적인 조치가 시차를 두고 공급사슬 단절과 컨테이너 부족과 같은 현상을 심화시키고, 컨테이너선 운임이 상승되었음을 알 수 있다. 네트워크의 응집성 구조를 파악하기 위해서 커뮤니티 분석을 시행하였으며 세 개의 클러스터가 형성되었다.

〈표 4-15〉 단어 노드 연결중심성 (2020년도 10월~12월)

단어 노드	연결중심성
Supply Chain	0.061441
Coronavirus Pandemic	0.057203
Demand	0.050847
Uk	0.046610
Congestion	0.042373
Asia	0.040254
Cost	0.038136
Trade	0.038136
Terminal	0.033898
Felixstowe	0.031780
Us	0.031780
China	0.027542
Equipment	0.023305
High	0.023305
Shortage	0.023305
London	0.021186
Disruption	0.019068
Gateway	0.019068
Lockdown	0.019068
Operational	0.019068
Southampton	0.019068

자료: 저자 작성

(3) LDA 토픽 모델링

네트워크 응집구조에 따라 토픽의 수를 3으로 하여 토픽 모델링 분석을 시행하였다. 토픽별 주요 단어는 〈표 4-16〉과 같다.

〈표 4-16〉 토픽별 주요 단어 (2020년도 10월~12월)

토픽 그룹	주요 단어 (속할 확률이 높은 순으로 정렬)	설명
Topic1	Asia, Uk, Us, Capacity, China	• 아시아에서 미주향, 유럽향 공컨테이너 회수 어려움
Topic2	Cost, Trade, Demand, High, Equipment	• 혼잡 심화와 소비 상승으로 해운운임 상승
Topic3	Supply Chain, Terminal, Congestion	• 공컨테이너 부족으로 해운공급사슬 단절 역대 최대 수준

자료: 저자 작성

Topic1의 주요 단어는 'Asia', 'Uk', 'Us', 'Capacity', 'China' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-58〉과 같다. Topic1에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 아시아에서 미국이나 유럽으로 향하는 물동량은 계속 증가하고 있으나 돌아오는 백홀(Back Haul) 물동량이 부족하여 컨테이너를 회수하는 데 상당한 어려움이 있음을 알 수 있다. 영국의 Felixstowe 터미널 혼잡은 어느 정도 해소되었으나 만족할 만한 유연성이나 탄력성을 보여주지 못하고 있다는 기사도 다수 있었다.

〈그림 4-58〉 Topic1 (2020년도 10월~12월)

자료: 저자 작성

Topic2의 주요 단어는 'Cost', 'Trade', 'Demand', 'High', 'Equipment' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-59〉와 같다. Topic2에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 터미널의 혼잡이 해운운임의 상승으로 계속 이어지고 있으며, 특히 영국의 Felixstowe 터미널 혼잡은 London Gateway와 Port of Southampton에 연쇄적으로 영향을 주는 동시에 근로자들의 근무환경과 불만과 임금인상 요구로 이어지고 있음을 알 수 있다.

〈그림 4-59〉 Topic2 (2020년도 10월~12월)

자료: 저자 작성

Topic3의 주요 단어는 'Supply Chain', 'Terminal', 'Congestion' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-60〉과 같다. Topic3에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 공컨테이너의 부족으로 해운 공급사슬의 단절과 불확실성이 역대 최고 수준이며, 이에 따른 공급사슬의 탄력적 운영과 관리가 선사와 항만을 중심으로 잘 이루어지고 있지 않음을 지적하고 있다. 탄력적 공급사슬은 수요와 공급의 급격한 변화와 단절 속에서도 빠른 시간 내 위험 관리와 협력을 통해 민첩하게 본래대로 정상 운영이 가능한 공급사슬을 의미한다.

〈그림 4-60〉 Topic3 (2020년도 10월~12월)

자료: 저자 작성

4) 2021년도 1월~2월 기사분석

2021년도 1월부터 2월까지의 Lloyd's List에 게재된 컨테이너선 관련 기사 수는 총 151편이다. TF-IDF 값이 0.5 이하인 불용성의 단어를 제거하고 복합어, 제외어, 유의어를 지정하여 추출한 단어 수는 총 7,289개이다.

(1) 기사-단어 이원모드 네트워크 분석

추출한 단어를 대상으로 기사-단어 이원모드를 구축하였으며 링크의 수는 총 1만 9,436개이다. 이 기간에 가장 많이 기사에서 언급한 단어는 'Coronavirus Pandemic', 'Maersk', 'Supply Chain', 'Demand', 'China', 'Crew' 등이었다. 빈출단어로 'Crew'가 새로 추가되었으며, 이는 선원들의 코로나 19 감염과 자가격리 등으로 인한 물류 지연 현상과 무관해 보이지 않는다. 또 중국의 춘절이 다가옴에 따라 급증한 운임이 중국공장들의 생산 감소로 운임 상승세가 약화될 것이라는 전망도 있었다. 빈출단어를 중심으로 〈그림 4-61〉과 같이 워드 클라우드를 작성하였다.

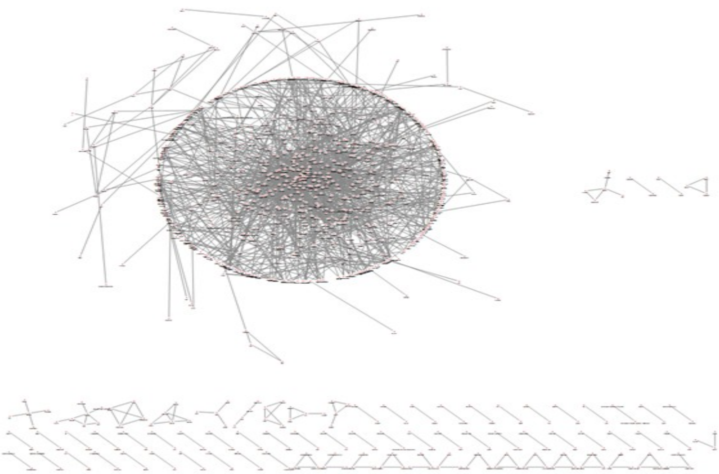
〈그림 4-61〉 워드 클라우드 (2021년도 1월~2월)

자료: 저자 작성

(2) 단어-단어 일원모드 네트워크 분석

기사-단어의 이원모드 네트워크를 〈그림 4-62〉와 같이 총 1,422개의 링크로 이루어진 단어-단어 일원모드 네트워크로 변환하였다.

〈그림 4-62〉 워드 네트워크 (2021년도 1월~2월)



자료: 저자 작성

이 기간에 연결중심성이 높은 단어는 〈표 4-17〉과 같다. 이 시기에 미국의 LA항과 롱비치항에서 코로나19 집단감염이 일어나면서 컨테이너 화물 처리가 적시에 이뤄지지 못하고 이에 따라 컨테이너와 컨테이너선이 부족해 미국 서부 해안의 항만의 적체율이 최고 수준으로 다다르고 있는 상황과 관련한 단어가 중심성이 높아졌다. 또한 국제해사기구의 환경규제에 따른 LNG 연료 사용, 탈황 등과 같은 키워드의 중심성이 높아졌으며 이는 모두 운임 상승으로 이어질 수 있는 요소들이다.

〈표 4-17〉 단어 노드 연결중심성 (2021년도 1월~2월)

단어 노드	연결중심성
China	0.039961
Coronavirus Pandemic	0.036062
Demand	0.031189
Us	0.028265
Maersk	0.026316
Lng	0.024366
Cost	0.020468
Terminal	0.020468
Singapore	0.019493
Crew	0.017544
Fuel	0.017544
Debt	0.015595
West Coast	0.01462
Los Angeles	0.013645
Supply Chain	0.013645
Trade	0.013645
Capacity	0.012671
Deal	0.012671
Order	0.012671
Piracy	0.012671
Decarbonisation	0.011696
New Year	0.011696

자료: 저자 작성

단어 네트워크의 응집구조를 파악하기 위해서 커뮤니티 분석을 시행하였으며, 세 개의 클러스터가 형성되는 것을 확인하였다.

(3) LDA 토픽 모델링

네트워크 응집구조 분석에 따라 주요 토픽의 수를 3으로 하여 토픽 모델링 분석을 시행하였다. 토픽별 주요 단어는 〈표 4-18〉과 같다.

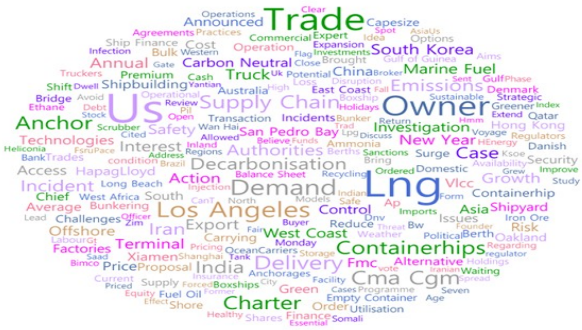
〈표 4-18〉 토픽별 주요 단어 (2021년도 1월~2월)

토픽 그룹	주요 단어 (속할 확률이 높은 순으로 정렬)	설명
Topic1	Us, Los Angeles, Trade, West Coast	• 미국 LA항과 롱비치항의 체선 현상 악화
Topic2	Coronavirus Pandemic, China, Terminal, Production	• 컨테이너 회수가 일정 부분 이뤄지며 회복 가능성 언급
Topic3	Maersk, Crew, Fuel, Demand, Singapore	• 항만 근로자와 선원들의 코로나19 감염과 자가격리 등으로 인한 물류 지연 • Maersk 4분기 성과 최대

자료: 저자 작성

Topic1의 주요 단어는 'Us', 'Los Angeles', 'Trade', 'West Coast' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-63〉과 같다. Topic1에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 미국의 서부 해안의 로스앤젤레스와 롱비치항에서 항만 작업자 수백 명이 코로나19에 감염되면서 체선(Demurrage) 현상이 심화되고 있으며 이는 운임 상승으로 이어질 수 있다는 것이다. 또한 환경규제에 따른 탈황연료, LNG 연료로의 전환이 광범위하게 논의되고 있음을 기사를 통해 알 수 있다. 이는 모두 컨테이너선 운임 상승의 기폭이 될 수 있는 요인들이다.

〈그림 4-63〉 Topic1 (2021년도1월~2월)



자료: 저자 작성

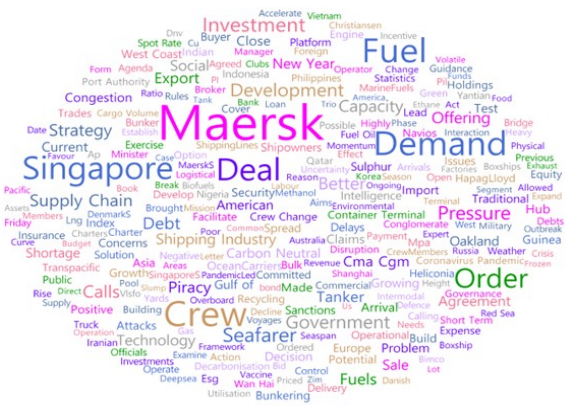
Topic2의 주요 단어는 'Coronavirus Pandemic', 'China', 'Terminal', 'Production' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-64〉와 같다. Topic2에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 터미널과 관련된 이슈로 컨테이너의 회수가 일정 부분 진행되고 있고, 이에 따라 선박사용률(Vessel Utilisation Levels)이 증가하고 있다는 것이다. 이는 중국의 춘절로 인해 물동량이 줄어들 것이라는 전망과 맥락을 같이한다. Topic1이 해운운임 상승을 예견한 내용이라면 Topic2는 이와는 달리 운임의 상승세가 안정세로 접어들 수 있음을 전망한 내용이다.

〈그림 4-64〉 Topic2 (2021년도 1월~2월)

자료: 저자 작성

Topic3의 주요 단어는 'Maersk', 'Crew', 'Fuel', 'Demand', 'Singapore' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-65〉와 같다. Topic3에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 글로벌 선사인 Maersk의 2020년 4분기 성과가 최대치이며 이는 지속적으로 컨테이너 운임을 인상한 결과로 분석한 것이다. 즉 컨테이너가 부족해짐에 따라 유지 비용이 증가한 것으로 분석하고 있다. Maersk는 옌톈항을 비롯한 주요 터미널의 혼잡도의 지속적인 증가를 전망하여 컨테이너선 운임이 지속적으로 상승할 것으로 전망했다. 또한 싱가포르, 미국 등을 비롯한 주요 항만의 근로자와 선원들의 코로나19 감염 또는 자가격리 등으로 인한 물류 지연을 언급하는 기사가 있었다.

〈그림 4-65〉 Topic3 (2021년도 1월~2월)



자료: 저자 작성

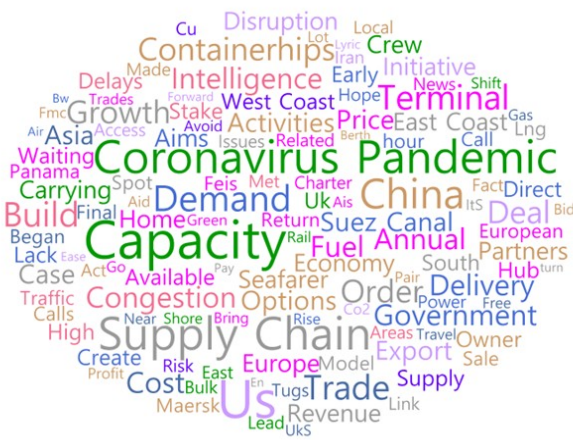
5) 2021년도 3월~4월 기사분석

2021년도 3월부터 4월까지의 컨테이너선 관련 기사 수는 총 59편이다. 불용성의 단어를 제거하고 복합어, 제외어, 유의어를 지정하여 추출한 단어 수는 총 3,875개이다.

(1) 기사-단어 이원모드 네트워크 분석

총 7,794개의 링크로 구성된 기사-단어 이원모드를 구축하였다. 이 시기의 빈출단어는 'Coronavirus Pandemic', 'Supply Chain'. 'Capacity', 'Suez Canal', 'Disruption' 등이었다. 이 시기에 대만 해운사 에버그린(Evergreen) 소속의 선박이 좌초하여 수에즈 운하를 봉쇄하면서 이와 관련한 단어가 다수 출현하였다. 단어의 출현 빈도에 따른 워드 클라우드는 〈그림 4-66〉과 같다.

〈그림 4-66〉 워드 클라우드 (2021년도 3월~4월)



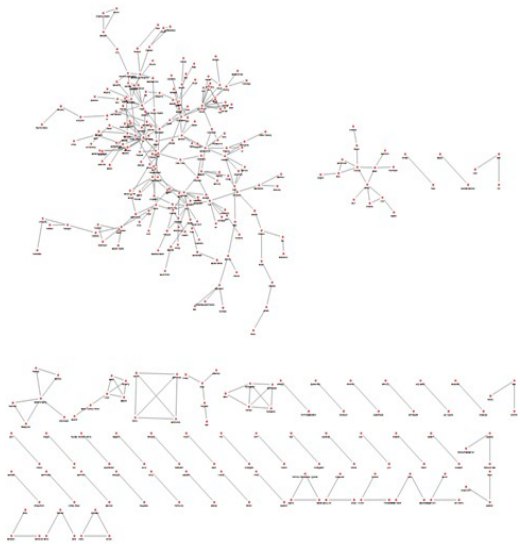
자료: 저자 작성

(2) 단어-단어 일원모드 네트워크 분석

단어-단어 일원모드 네트워크를 〈그림 4-67〉과 같이 구축하였으며, 링크의 수는 총 352개가 형성되었다. 이 기간 단어 네트워크의 연결중심성을 〈표 4-19〉와 같이 분석하였다. 연결중심성이 높은 단어는 주로 수에즈 운하 봉쇄와 관련한 것들이다. 초대형 선박 에버기븐호가 수에즈 운하를 가로막으면서 선박들이 대기하면서 하루에 수십억 달러의 손실이 발생하였고,

수에즈 운하의 사용이 재개되면서 선박들이 한꺼번에 항만에 몰리면서 적체 현상이 심화되고 있다는 내용의 키워드들이 주를 이루고 있다. 수에즈 운하 봉쇄로 인해서 급격한 운임 상승세에서 벗어나 조정세에 접어들 것으로 전망되었던 컨테이너선의 운임이 몇 주 동안 상승세를 지속하게 된다.

〈그림 4-67〉 워드 네트워크 (2021년도 3월~4월)



자료: 저자 작성

수에즈 운행 통행이 재개되면서 그동안 적체되어 있던 선박들이 항만으로 향하고, 미국에서는 소비 증가로 인한 물동량 증가에 따른 공컨테이너와 컨테이너선의 부족은 이 시기에 더욱 심각해졌다. 선박과 컨테이너의 부족으로 선박과 컨테이너에 대한 발주량은 역대 최고치에 이를 것으로 전망되었다. 또한 영국에서는 브렉시트(Brexit)로 인해 재고비축 차원에서 공컨테이너를 계속 쌓아두면서 컨테이너 가용지수가 0.5를 상회하는 0.90으로 상승하는 등 해운운임 증가에 지속적으로 영향을 주고 있었다.

〈표 4-19〉 단어 노드 연결중심성 (2021년도 3월~4월)

단어 노드	연결중심성
Us	0.057751
Ever Given	0.036474
Suez Canal	0.033435
Lng	0.030395
Terminal	0.030395
Container ship	0.027356
Trade	0.024316
Demand	0.021277
Fuel	0.021277
Indicates	0.021277
Asia	0.018237
East Coast	0.018237
Export	0.018237
Hub	0.018237
Import	0.018237
Australia	0.015198
Capacity	0.015198
China	0.015198
Coronavirus Pandemic	0.015198
Cosco Shipping	0.015198
Disruption	0.015198
Involved	0.015198
Safety	0.015198
Supply Chain	0.015198

자료: 저자 작성

네트워크의 응집구조를 커뮤니티 분석을 통해 파악하였다. 전체 네트워크가 하나의 클러스터를 이루고 있음을 알 수 있었다. 이는 수에즈 운하 봉쇄라는 파급력이 큰 재난 사고가 있었기 때문으로 분석된다. 따라서 이 시기의 기사에 대한 토픽모델링 분석은 별도로 시행하지 않았다.

6) 2021년도 5월~7월 기사분석

2021년도 5월부터 7월까지의 Lloyd's List에 게재된 컨테이너선 관련 기사 수는 총 263편이다. TF-IDF 값이 0.5 이하인 불용성의 단어를 제거하고 복합어, 제외어, 유의어를 지정하여 추출한 단어 수는 총 1만 39개이다.

(1) 기사-단어 이원모드 네트워크 분석

추출한 단어를 대상으로 기사-단어 이원모드를 구축하였으며 링크의 수는 총 3만 4,176개이다. 이 기간 가장 많이 기사에서 언급한 단어는 'Coronavirus Pandemic', 'Supply Chain', 'Demand', 'China', 'Suez Canal', 'Yantian' 등이었다. 다른 시기와는 달리 빈출단어로 'Yantain'이 나타났다. 이는 중국 선전시 옌톈항의 근로자 네 명이 코로나19 양성반응을 보이면서 터미널이 부분적으로 폐쇄된 것과 관련이 있어 보인다. 이 시기 주로 출현한 단어의 워드 클라우드는 〈그림 4-68〉과 같다.

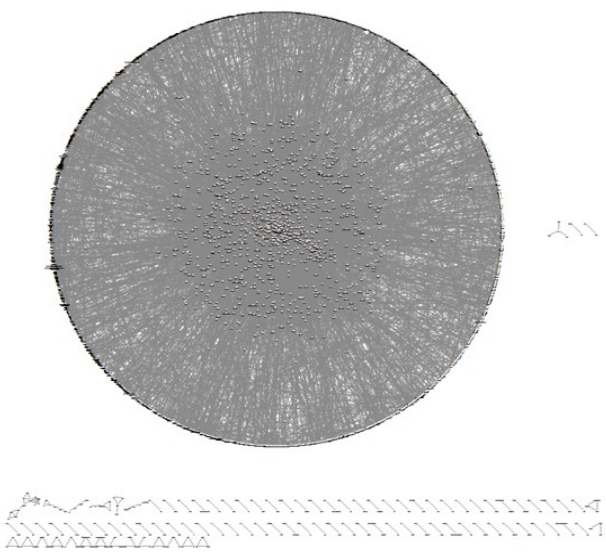
〈그림 4-68〉 워드 클라우드 (2021년도 5월~7월)

자료: 저자 작성

(2) 단어-단어 일원모드 네트워크 분석

기사-단어의 이원모드 네트워크를 〈그림 4-69〉와 같이 총 3,629개의 링크로 이루어진 단어-단어 일원모드 네트워크로 변환하였다. 단어 네트워크의 연결중심성 분석 결과는 〈표 4-20〉과 같다. 연결중심성 분석 결과에 따르면 중국 옌톈항의 부분 폐쇄와 관련한 단어가 중심성이 높은 것을 확인할 수 있다. 옌톈항의 부분 폐쇄가 2주 정도 지속되는 경우 그 여파는 거의 없으나, 장기화되는 경우 처리량의 부족을 심화시켜 유럽과 북미 물동량에 심각하게 영향을 줄 것으로 전망하고 있었다. 또한 선원들의 코로나19 감염 사례가 증가하면서 선박이 목적지까지 이르지 못하고 중간 지점에서 다른 항구에 정박하여 선원을 교체하는 상황까지 발생하면서 근무자의 코로나19 감염에 대한 키워드의 중심성이 높아지고 있음을 확인할 수 있다.

〈그림 4-69〉 워드 네트워크 (2021년도 5월~7월)



자료: 저자 작성

단어-단어 일원모드 네트워크의 응집구조를 파악하기 위해서 커뮤니티 분석을 시행하였으며 세 개의 클러스터가 형성되는 것을 확인하였다.

〈표 4-20〉 단어 노드 연결중심성 (2021년도 5월~7월)

단어 노드	연결중심성
Coronavirus Pandemic	0.036474
Demand	0.034954
China	0.030395
Capacity	0.026849
Supply Chain	0.026849
Us	0.026849
Order	0.024823
Ever Given	0.018744
Seafarer	0.018744
Owner	0.018237
Crew	0.017730
Emissions	0.016717
Yantian	0.015704
Congestion	0.015198
Export	0.015198
Container ships	0.013171
Lng	0.013171
Claim	0.012665
Fmc	0.012665
Loss	0.012665
Terminal	0.012665
Container ship	0.012158
Fuel	0.012158
Government	0.012158

자료: 저자 작성

(3) LDA 토픽 모델링

네트워크 응집구조에 따라 토픽의 수를 3으로 하여 토픽 모델링 분석을 시행하였다. 토픽별 주요 단어는 〈표 4-21〉과 같다.

〈표 4-21〉 토픽별 주요 단어 (2021년도 5월~7월)

토픽 그룹	주요 단어 (속할 확률이 높은 순으로 정렬)	설명
Topic1	Coronavirus Pandemic, Supply Chain, Demand, Disruption	• 운임 상승세가 쉽게 진정되지 않고 공급사슬 단절 심화
Topic2	Order, China, US, Yantian, Capacity	• 중국 선전시 옌톈항의 부분 폐쇄로 운임 강세
Topic3	Ever Given, Suez Canal, Crew, Seafarer	• 수에즈 운하 폐쇄 여파 지속 • 근로자의 확진 사례 증가

자료: 저자 작성

Topic1의 주요 단어는 'Coronavirus Pandemic', 'Supply Chain', 'Demand', 'Disruption' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-70〉과 같다. Topic1에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 전문가들이 공급사슬의 단절 현상이 안정세에 접어들 것이라는 전망을 했지만 2021년도 들어서 공급사슬의 단절 현상이 더욱 악화되고 있다는 것이다. 기사는 주요 터미널의 혼잡으로 화물의 절반 이상이 예정된 일정을 따르지 못하고 다음 선박으로 이월되고 있다고 전하고 있다.

〈그림 4-70〉 Topic1 (2021년도 5월~7월)

자료: 저자 작성

Topic2의 주요 단어는 'Order', 'China', 'US', 'Yantian', 'Capacity' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-71〉과 같다. Topic2에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 중국 선전시 옌톈항에서 근로자들의 집단감염으로 부분 폐쇄가 이뤄졌고 다시 정상적으로 운영이 재개되었지만, 누적된 컨테이너가 2만 개를 넘어서면서 물류망을 회복하기까지 최소 두 달 정도 걸릴 것으로 전망하고 있다는 것이다. 또한 향후 계절적인 성수기에 접어들면서 해운운임 상승세가 지속되리라는 전망을 전하는 기사도 있었다.

〈그림 4-71〉 Topic2 (2021년도 5월~7월)

자료: 저자 작성

Topic3의 주요 단어는 'Ever Given', 'Suez Canal', 'Crew', 'Seafarer' 등이다. 워드 클라우드는 〈그림 4-72〉와 같다. Topic3에 속하는 주요 기사의 내용을 살펴보면, 수에즈 운하의 여파에 대한 분석들이 주를 이루고 있다. 일반적으로 중국의 춘절을 전후하여서는 운임의 하락이 예상되지만 2021년도에는 공급사슬의 단절, 수에즈 운하 폐쇄 등으로 사상 최고치를 기록했다. 수에즈 운하 운행 재개 이후 상승세가 잠시 멈추었으나 아시아 항만의 공컨테이너 부족이 심화되면서 다시 상승 국면에 접어들었음을 기

사가 전하고 있다. 또한 터미널 적체 현상이 심화되면서 근로자들의 근무 여건 개선과 임금 상승에 대한 요구도 이어지고 있어 물류 지연과 운임 상승은 당분간 지속될 것으로 전망되었다.

〈그림 4-72〉 Topic3 (2021년도 5월~7월)

자료: 저자 작성

4. 소결

본 연구에서는 2020년도부터 시작된 컨테이너선 운임지수의 급격한 상승세와 관련한 요인들을 파악하고 향후 컨테이너선 운임 예측 모형 개발을 위한 기초 분석 자료들을 제공하고자 하였다. 이를 위해서 컨테이너선과 관련한 문헌을 대상으로 텍스트 마이닝 분석을 시행하였다.

분석 대상 문헌은 대표적인 해운 전문지인 Lloyd's List에 2020년 1월부터 2021년 7월까지 게재된 컨테이너선 기사였다. 컨테이너선 관련 기사를 취합하여 2020년 1월부터 2021년 7월까지 컨테이너선 운임지수의 상승의 변곡점이 되는 구간을 고려하여 총 여섯 개의 기간으로 구분하고 네

트워크 텍스트 분석을 시행하였다. 네트워크 텍스트 분석은 주어진 문헌자료들을 개별 단어로 해체해서 네트워크를 구성해 연결중심성, 응집성 등과 같은 다양한 네트워크의 특성을 분석하여 텍스트에 숨겨져 있는 의미들을 파악하는 방법이다. 본 연구에서는 기사-단어의 이원모드를 먼저 구축한 후에, 이를 단어 간 인접성을 고려하여 단어-단어 일원모드로 변환한 뒤에 다양한 네트워크 분석을 시행하였다. 네트워크 텍스트 분석을 한 후에는 기사-단어의 인접행렬을 기반으로 LDA 토픽 모델링을 시행하여 해당 기간의 주요 이슈들과 관련한 기사의 내용을 종합하였다.

텍스트 마이닝 분석 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 코로나19 팬데믹이 본격화한 2020년 상반기부터 컨테이너선 산업은 전방위적으로 코로나19의 영향을 받았다. 이로 인해 2020년도 상반기부터 공급사슬의 단절 현상이 발생하였으며, 이는 중국과 미국의 무역마찰과 코로나19로 인한 중국 공장들의 생산 감소를 예측한 글로벌 선사들의 급격한 기항 횟수의 감소와 임시결항의 증가로 이어졌고, 그리하여 글로벌 공급사슬의 불확실성은 2021년도 7월까지 더욱 심화되었다. 싱가포르와 같이 항만 운영의 지능화를 통해 공급사슬의 유연성과 탄력성을 어느 정도 확보한 경우에는 비교적 안정적으로 터미널을 운영할 수 있었으나, 대부분의 글로벌 터미널의 경우 혼잡 상황을 피하지 못하고 컨테이너 처리율이 급감했다. 또한 미국을 중심으로 2020년도 하반기부터 이른바 보복 소비가 시작되면서 물동량에 대한 수요는 급증하고 이것이 컨테이너의 부족과 맞물리면서 해운운임의 가파른 상승을 이끌게 된다. 이와 같은 사실은 대부분의 단어 네트워크에서 'Congestion', 'Supply Chain', 'Disruption', 'Blank Sailings', 'Demand', 'High' 등의 키워드가 연결중심성이 높은 것과 토픽모델링 분석 결과 주요 이슈로 확인된 것으로 알 수 있다.

둘째, 수에즈 운하 봉쇄와 옌톈 터미널의 부분 폐쇄와 같은 사건 및 사고들이 컨테이너선의 운임 상승에 상당한 영향을 주었음을 알 수 있다. 2021

년 3월 말 발생한 에버기븐호 좌초 사고는 전 세계 물동량의 30% 이상이 움직이는 수에즈 운하를 봉쇄하면서 하루에 수십억 달러의 배송 지연 손실을 발생시키고 500여 척의 달하는 선박들의 적체를 야기하였다. 이로 인한 컨테이너의 부족과 터미널의 혼잡, 항만 근로자들의 근무 여건 악화 등으로 해운운임은 사상 최고치를 경신하게 된다. 중국 옌톈항의 항만과 미국 서부 LA항만의 근로자 집단감염 사례는 터미널의 부분 폐쇄나 처리율의 급감으로 이어지면서 컨테이너의 적체 현상을 심화시키게 된다. 터미널의 용량부족 상황은 항만 근로자의 근무 여건도 악화시켜서 항만 운영 관리에도 상당한 부담을 주며, 내륙 유통망의 지연도 물류대란에 영향을 주고 있었다. 예기치 않은 사건과 사고로 인해 2021년 2월부터 컨테이너선 운임은 가파른 상승세를 보인다. 이와 같은 사실은 단어 네트워크에서 'Suez Canal', 'Yantian', 'Capacity', 'Empty Container', 'Crew', 'Throughput', 'Resilience' 등의 키워드가 2021년도부터 연결중심성이 높아진 것을 통해 확인할 수 있다. 또한 토픽모델링의 단어 및 기사 확률 분포 결과도 이를 뒷받침한다.

셋째, 컨테이너선 운임이 지속적인 상승세를 보이는 가운데 글로벌 선사들의 실적은 역대 최고치를 기록하고 있으며, 주가 역시 가파르게 상승하고 있었다. 화주들은 선사들과 계약을 맺을 때 컨테이너 부족으로 장기계약을 선호하는 추세이고, 선사들은 장기고정계약과 스팟(Spot) 물량 조절에 대해서 전략적으로 접근하고 있다. 글로벌 선사들은 빠른 시일 내 컨테이너선 운임이 안정세로 접어들기는 어려울 것으로 전망하였다. 이는 주요 항만의 병목 현상이 장기화되고 있고, 추수감사절과 연말시즌 등 계절적 요인으로 인한 물동량 증가가 예상되기 때문으로 전망하고 있다. 이는 토픽별 주요 기사의 내용을 통해 확인할 수 있다.

본 연구의 시사점은 다음과 같다. 첫째, 컨테이너선의 운임과 관련한 문헌들을 대상으로 하는 네트워크 텍스트 분석 방법론을 체계화하여 분석하

였다. 기존의 해운 관련 텍스트 마이닝 연구들이 단어의 추출과 출현 빈도를 중심으로 분석을 해왔으나, 본 연구에서는 기사-단어 네트워크, 단어-단어 네트워크 등을 구성하여 텍스트에 숨겨져 있는 의미들을 체계적으로 분석하였다. 본 연구에서는 Lloyd's List에 게재된 기사만을 대상으로 네트워크 텍스트 분석을 시행하였으나, 다양한 국내외의 문헌들을 동시에 분석할수록 텍스트 마이닝 분석의 의의가 있다고 할 수 있다. 제시한 방법론이 향후 다양한 해운운임 관련 문헌분석에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

둘째, 2020년부터 지속되고 있는 컨테이너선의 운임 상승과 관련한 요인들을 시기별로 구분하여 분석했으므로 컨테이너선 운임 상승과 관련한 향후 연구들에 활용될 수 있다. 본 연구에서는 컨테이너선 운임지수의 변곡점에 따라 여섯 개의 시기로 구분하여 기사-단어, 단어-단어 등의 네트워크를 구축하여 분석을 시행하였고, 시기별로 빈출단어와 단어노드의 연결중심성이 변화하는 것을 보여주었다. 또한 LDA 토픽 모델링 기법을 활용하여 토픽 그룹에 속하는 기사의 내용 변화를 시간의 흐름에 따라 제시해서 향후 텍스트 마이닝 분석 결과를 토대로 운임지수의 변동과 관련지어 시계열 분석 및 다양한 데이터 마이닝 분석이 가능하다.

셋째, 텍스트라는 비정형 데이터를 활용하여 2020년 이후의 가파른 컨테이너선 운임의 상승세를 분석하였다. 기존의 연구들이 정형적이고 정량적인 데이터를 활용하여 수치 관계 분석을 주로 시행하였다면, 본 연구에서는 비정형 데이터인 텍스트를 그대로 활용하여 다양한 분석을 시도하였다. 향후 컨테이너선 운임과 관련한 다양한 비정형 데이터들이 활용될 수 있기를 기대한다.

제5절 항만 보안 리스크 발생에 따른 항만 운영 효율성 평가 –

1. 분석 배경 및 목적

1) 분석 배경

우리나라는 지형적인 특성상 삼면이 바다로 둘러싸여 있으며 분단국가라는 특성도 함께 가지고 있어 항만 보안의 중요성이 타 국가에 비해 높다고 할 수 있다(이정훈·이민형·김성우(2014)). 특히 2001년 미국의 9·11 테러로 인해 항만 및 선박 역시 테러의 대상이 될 수 있다는 인식 하에 항만 보안의 중요성이 강조되어 왔다(방호삼·주종광(2013)). 이처럼 지형적인 특성, 정치적인 특성만을 고려해도 국내 항만 보안의 중요성은 국가 차원에서 관리해야 할 큰 주제라고 할 수 있다.

또한 우리나라는 수출과 수입이 활발하게 일어나는 교역 국가이다. 교역국가의 특성상 항만 수출입 물류는 우리나라의 경제에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다. 이러한 측면에서 보안 문제가 발생하여 항만의 기능이 정상적으로 작동하지 못할 경우, 국가 전체에 경제적으로 큰 손실을 발생시킬 수 있다(강재영(2013)). 지형적·정치적 특성 외에도 경제적 특성에서도 항만 보안은 국가적인 중요성을 가진다고 할 수 있는 것이다.

이처럼 항만 보안의 중요성은 갈수록 커지고 있으며, 이에 따라 우리나라에서도 2007년 「국제항행선박 및 항만시설 보안에 관한 법률」을 제정해 시행하고 있다. 이는 미국을 중심으로 한 국제사회의 항만 물류 보안에 대한 인식 강화에 발맞춘 것뿐만 아니라, 우리나라 주도의 항만 보안에 대한 기준 및 산업 발전의 필요성 제기에 따른 것이라고 할 수 있다(김수엽 외(2009)).

이에 따라 국내 항만 보안의 평가 요인으로 강민구·김화영(2019)은 항만 보안 향상을 목적으로 항만 보안 업무 종사자 등의 전문가를 구성하여 평가 요인을 선정 후 분류하는 시도를 하기도 하였다. 이 외에도 이민형(2014)은 항만 보안 인력운용시스템을 개선하기 위한 방안을 제시하기도 하였으며, 강민구·김화영(2019)에서는 주요 평가 요인들을 식별하기도 하였다.

다양한 국내 연구들에서 항만 보안 리스크와 관련된 연구가 수행되어 왔지만, 해당 리스크를 정량적으로 평가하는 연구는 드문 실정이다. 또한 항만 및 관련 업체들은 해당 항만의 보안 리스크를 줄이기 위해 많은 노력(투입)을 하고 있으나, 국내 연구에서는 이러한 리스크의 투입 대비 성과와 관련된 측정은 전무한 상황이다.

2) 분석 목적

본 연구에서는 항만 보안 리스크를 투입-산출의 관계로 파악하여 분석하고자 한다. 이는 보안 리스크를 줄이기 위해 투입된 투입 요소가 산출 요소에 미치는 영향을 분석하고, 나아가 산출 효율성을 높이기 위한 투입 요소의 적절성을 판단하기 위함이다.

2. 분석 방법

1) DEA

본 연구에서 항만 보안 리스크를 평가하기 위해 DEA와 토빗회귀분석을 적용하였다. 먼저 DEA는 Charnes, Cooper, and Rhoes(1978)에서 처음 제시되었으며, 이후 Banker, Charnes, and Cooper(1984)에서 규모수익을 고려한 BCC 모델이 제시되는 등 30여 년간 많은 연구에 활용되어

왔다. DEA는 시스템을 분석하기 위해 해당 시스템의 투입 요소와 산출 요소로 분리하고, 그 변환 과정의 효율성을 측정하는 선형 계획법의 일종이라고 할 수 있다.

Charnes, Cooper, and Rhoes(1978)에서 고려된 CCR 모형은 규모가치 불변(CRS: Constant Returns to Scale)의 가정을 하고 있어 CRS 모형으로도 불린다. 아래 수식은 규모수익불변을 가정한 input-oriented CCR 모형이다. 이를 살펴보면 각 의사결정단위(DMU: Decision Making Units)의 산출물 가중 합계 및 투입물 가중 합계의 비율이 1을 초과해서는 안 된다는 제약조건이 포함된 선형계획 식임을 알 수 있다.

$$Minimize\ E_{j0} = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj0}$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ri} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0, j = 1, ..., j_0, ..., n$$

$$u_r \ge \varepsilon > 0, \quad r = 1, ..., s$$

$$v_i \ge \varepsilon > 0, \quad i = 1, ..., m$$

다음으로 아래 식은 input-oriented BCC 모형을 수식화한 것으로, 가중치의 합계가 1이라는 규모 수익의 가정이 제약 조건식으로 추가되었다는 특징을 가지고 있다.

$$Minimize\ E_{j0} = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj0}$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ri} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, ..., j_0, ..., n \ , \ \sum_{i=1}^{m} v_i = 1$$

$$u_r \geq \varepsilon > 0, \quad r = 1, ..., s$$

$$v_i \geq \varepsilon > 0, \quad i = 1, ..., m$$

이 외에도 output-oriented CCR 모형 및 output-oriented BCC 모형의 수식은 아래와 같다.

$$Maximize \ \theta_j$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ri} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, ..., j_0, ..., n$$

$$U_r \geq \varepsilon > 0, \quad r = 1, ..., s$$

$$v_i \geq \varepsilon > 0, \quad i = 1, ..., m$$

$$Maximize \ \theta_j$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ri} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, ..., j_0, ..., n$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i = 1$$

$$U_r \geq \varepsilon > 0, \quad r = 1, ..., s$$

$$v_i \geq \varepsilon > 0, \quad i = 1, ..., m$$

2) 토빗회귀분석

일반적으로 통계는 모수 통계와 비모수 통계로 나뉜다. 이때 DEA의 결과로 얻어진 효율성 추정치는 비모수라는 특성이 있으므로 비모수 통계를 적용하는 것이 적절하다. 본 연구에서는 Wilcoxon이 개발한 Wilcoxon Ranked Test를 활용한 Mann-Whitney U Test, Kruskal Wallis H Test를 활용하여 항만의 차이를 분석하고자 한다. 각각의 항만을 쌍대 비교할 때는 Mann-Whitney U Test를 사용하고, 여러 항만을 한꺼번에 비교할 때는 Kruskal Wallis H Test를 사용한다.

또한 DEA 결과로 얻을 수 있는 효율성 추정치는 0에서 1까지의 값을 가지는 특수한 형태를 지닌다. 이러한 경우 일반적인 회귀분석이 아닌 토빗회귀분석(Tobit Regression)이나 절삭/절단 회귀분석(Truncated Regression)을 이용해 분석할 것을 권고하고 있다.

3. 파급효과 분석 결과

1) 분석 모형 및 변수

본 연구에서 활용될 항만은 그 수가 많지 않아 Simar and Wilson(2007)

에서 추천한 Truncated Regression을 활용하지 않고, 적은 자료로 분석할 경우 Tobit Regression을 권고한 Honma and Hu(2012)의 연구 결과와 같이 토빗회귀분석을 활용하여 분석을 진행하였다.

〈표 4-22〉는 본 연구의 분석에 활용한 변수의 기술통계량이다. 항만 효율성 측정을 위한 투입 요소는 접안 능력과 하역 능력이며, 산출 요소는 컨테이너 및 화물 운송 실적이다. 데이터는 통계청 국가통계포털을 통하여 2019년 기준 항만시설 및 능력 현황, 화물 운송 실적 통계자료에서 추출하였다.

〈표 4-22〉 투입 및 산출 요소의 기술통계량

단위: 척, 천 톤, TEU, 천R/T

	접안 능력	하역 능력	컨테이너 운송 실적	화물 운송 실적
최댓값(Max)	137	354,015	468,760,569	21,992,000
최솟값(Min)	1	400	115,075	0
평균(Mean)	33	44,241	61,351,803	1,270,679
표준편차(SD)	40	78,185	109,610,464	4,484,569
중간값(Median)	16	12,454	12,114,413	35,229

자료: 통계청 국가통계포털(검색일: 2021.9.15)을 활용하여 저자 작성

그리고 발생 가능성, 발생 결과 중 영향력, 발생 결과 중 복원 능력, 취약성 등의 항만 리스크 관련 데이터는 2018년~2019년 기간 동안 전국의 항만 보안시설을 대상으로 설문을 통해 수집한 데이터를 활용하였다. 본 연구에서는 최종적으로 국내 26개 항만을 대상으로 분석을 진행하며, 항만 리스크 데이터의 기준은 〈표 4-23〉과 같다. 또한 토빗회귀분석에 있어 항만 리스크 데이터는 평균값을 취하여 사용했다. 그러나 발생 가능성 항목과 발생 결과 중 복원 능력의 경우 설문 응답자의 응답 결과가 지나치게 유사하여 토빗회귀분석을 수행하기에 적합하지 않아 분석에 반영하지 못하였다.

〈표 4-23〉 항만 리스크 데이터의 기준

발생 가능성 항목					
값	발생 가능성	값	시간적 지속성	값	공간적 분포
0.01	매우 낮음	1	하루 이내	1	항만 인근 지역
0.25	낮음	2	1주일 이내	2	광역시도 단위
0.5	보통	3	한 달 이내		
0.75	높음				
1	매우 높음				

발생 결과 중 영향력					
값	인명손실	경제손실	환경영향	공공안전	상징적 영향
0.01	사망자나 부상자 없음	10억 원 미만	매우 낮음	매우 낮음	매우 낮음
0.25	1명에서 10명 이내의 사망자나 부상자	10억 원에서 100억 원 미만	낮음	낮음	낮음
0.5	10명에서 100명 이내의 사망자나 부상자	100억 원에서 1,000억 원 미만	보통	보통	보통
0.75	100명에서 1,000명 이내의 사망자나 부상자	1,000억 원에서 1조 원 미만	높음	높음	높음
1	1,000명 이상	1조 원 이상	매우 높음	매우 높음	매우 높음

발생 결과 중 복원 능력	
0.01	매우 좋음
0.25	좋음
0.5	보통
0.75	나쁨
1	매우 나쁨

취약성		
값	접근 용이성	이용성
0.01	매우 어려움	매우 드묾
0.25	어려움	드묾
0.5	보통	보통
0.75	용이	노출
1	매우 용이	매우 노출

자료: 저자 작성

2) 분석 결과

항만의 효율성을 평가하기 위하여 DEA를 실시한 결과는 〈표 4-22〉와 같다. 고현항, 광양항, 대산항, 부산항, 속초항, 옥포항, 완도항, 울산항, 제주항 등 9개 항의 효율성이 1로, 접안 능력과 하역 능력을 투입 요소로 두고 컨테이너 및 화물수송 실적을 산출 요소로 하여 분석한 효율성이 타 항만보다 높은 것으로 나타났다.

〈표 4-24〉 DEA 결과에 따른 항만별 효율성

항만	효율성	항만	효율성
경인항	0.1212	옥계항	0.2000
고현항	1.0000	옥포항	1.0000
광양항	1.0000	완도항	1.0000
군산항	0.1468	울산항	1.0000
대산항	1.0000	인천항	0.5122
동해/묵호항	0.4173	장항항	0.8102
마산항	0.2452	제주항	1.0000
목포항	0.2975	진해항	0.2306
부산항	1.0000	통영항	0.6897
삼척항	0.1663	평택/당진항	0.5458
삼천포항	0.1052	포항항	0.3506
서귀포항	0.8265	하동항	0.5500
속초항	1.0000	호산항	0.3903

자료: 저자 작성

발생 결과 중 영향력의 항목별 토빗회귀분석 결과, 선박 및 보트를 이용해 항만시설에 정박 중인 선박을 공격할 경우 인명 손실과 공공 안전은 0.05 유의 수준하에서 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치나, 상징적 영향은 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

〈표 4-25〉 항만시설에 정박 중인 선박 공격에 의한 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
인명 손실	46.083	23.092	1.996	0.046*
경제 손실	-40.184	21.022	-1.912	0.056
환경 영향	16.868	8.690	1.941	0.052
공공 안전	2.743	1.394	1.968	0.049*
상징적 영향	-19.665	9.755	-2.016	0.044*

주: * p 〈 .05
자료: 저자 작성

폭동에 따른 인명 손실과 환경 영향은 0.05 유의 수준하에서 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 경제 손실과 상징적 영향은 부(-)의 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

〈표 4-26〉 폭동에 의한 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
인명 손실	1231.698	540.424	2.279	0.023*
경제 손실	-54.224	26.689	-2.032	0.042*
환경 영향	36.537	17.058	2.142	0.032*
공공 안전	-1.855	1.280	-1.449	0.147
상징적 영향	-15.951	6.616	-2.411	0.016*

주: * p 〈 .05
자료: 저자 작성

취약성의 항목별 토빗회귀분석 결과, 항로, 정박지, 선회장 등 수역시설에 대한 이용성은 0.05의 유의 수준에서 항만 효율성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

〈표 4-27〉 수역시설의 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
접근 용이성	2.604	1.736	1.500	0.134
이용성	-3.767	1.847	-2.039	0.041*

주: * p 〈 .05
자료: 저자 작성

외곽시설에 대한 이용성은 0.05의 유의 수준에서 항만 효율성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

〈표 4-28〉 외곽시설의 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
접근 용이성	0.747	0.468	1.596	0.110
이용성	-1.104	0.560	-1.973	0.049*

주: * p < .05
자료: 저자 작성

고정식 또는 이동식 하역장비, 화물이송시설, 배관시설 등 하역시설에 대한 이용성은 0.05 유의 수준하에 항만 효율성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

〈표 4-29〉 하역시설의 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
접근 용이성	3.566	1.988	1.794	0.073
이용성	-4.523	1.767	-2.560	0.010*

주: * p < .05
자료: 저자 작성

항만의 관제, 정보통신, 홍보, 보안 관련 시설에 대한 접근 용이성은 0.05 유의 수준하에 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

〈표 4-30〉 항만의 관제, 정보통신, 홍보, 보안에 관련된 시설의 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
접근 용이성	3.449	1.621	2.128	.033*
이용성	-1.569	.922	-1.702	.089

주: * p < .05
자료: 저자 작성

방음벽, 방진망, 수림대 등 공해방지시설에 대한 접근 용이성은 0.05 유의 수준하에서 항만 효율성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

〈표 4-31〉 공해방지시설의 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
접근 용이성	-1.243	.454	-2.738	.006**
이용성	.275	.459	.598	.550

주: ** p 〈 .01
자료: 저자 작성

보관창고, 집배송장, 복합화물터미널, 정비고 등 배후유통시설에 대한 접근 용이성은 0.05 유의 수준하에 항만의 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 반면, 이용성은 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

〈표 4-32〉 배후유통시설의 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
접근 용이성	6.054	2.522	2.401	.016*
이용성	-7.450	2.394	-3.111	.002**

주: * p 〈 .05, ** p 〈 .01
자료: 저자 작성

그 밖의 항만 기능을 지원하기 위해 해양수산부령으로 정해지는 시설에 대한 접근 용이성은 0.5 유의 수준하에서 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치나, 이용성은 부(-)의 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

〈표 4-33〉 해양수산부령 항만지원시설의 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
접근 용이성	61.645	26.272	2.346	.019*
이용성	-62.962	26.609	-2.366	.018*

주: * p 〈 .05
자료: 저자 작성

보안 및 감시통제실을 비롯한 선박통행관제실, 항로표지 및 항만 통제빌딩에 대한 접근 용이성은 0.05의 유의 수준에서 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

〈표 4-34〉 보안 및 감시통제실, 선박통행관제실 등의 항만 효율성 영향

구분	Coefficient	Std. Error	z Value	Sig.
접근 용이성	4.529	2.038	2.222	.026*
이용성	-.479	1.246	-3.84	.701

주: * p〈.05
자료: 저자 작성

4. 소결

본 연구에서는 항만 효율성 측정을 위한 투입 요소로 접안 능력과 하역 능력을, 산출 요소로 컨테이너 및 화물 운송 실적을 활용하여 국내 26개 항만의 항만 효율성을 평가하였다. 해당 기준은 접안 능력과 하역 능력 대비 실적을 얼마나 달성하는지를 측정한 것으로, 분석 결과 고현항, 광양항, 대산항, 부산항, 속초항, 옥포항, 완도항, 울산항, 제주항 등 9개 항의 효율성이 1로 나타났다.

다음으로, 분석된 효율성에 항만 리스크가 얼마나 큰 영향을 끼치는지를 분석하였다. 분석은 발생 결과 중 영향력과 취약성 등이 효율성에 어떤 영향을 미치는지를 분석하였다. 영향력의 경우, 항만시설에 정박 중인 선박에 대해 선박 및 보트를 이용한 공격, 폭동에 따른 발생 영향력을 사용하였고, 각각 인명 손실, 경제 손실, 환경 영향, 공공 안전, 상징적 영향에 대해 분석하였다. 취약성의 경우, 수역시설, 외곽시설, 하역시설, 항만의 관제, 정보통신, 홍보, 보안에 관련된 시설, 공해방지시설, 배후유통시설, 해양수산부령 항만지원시설, 보안 및 감시통제실, 선박통행관제실, 항로표지, 항만통제빌딩 등의 접근 용이성과 이용성에 대해 분석하였다.

먼저 발생 결과 중 각 리스크의 영향력이 항목별로 항만의 효율성에 미치는 효과를 분석한 결과는 다음과 같았다. 항만시설에 정박 중인 선박에 대해 선박 및 보트를 이용한 공격에 따른 인명 손실과 공공 안전은 0.05 유의 수준하에서 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치나, 상징적 영향은 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 폭동에 따른 인명 손실과 환경 영향은 0.05 유의 수준하에서 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 경제 손실과 상징적 영향은 부(-)의 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

취약성의 항목별 분석 결과, 항로, 정박지, 선회장 등 수역시설에 대한 이용성은 0.05의 유의 수준에서 항만 효율성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 또한, 방파제, 방사제, 파제제, 방조제, 도류제, 갑문, 호안 등 외곽시설에 대한 이용성은 0.05의 유의 수준에서 항만 효율성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 고정식 또는 이동식 하역장비, 화물이송시설, 배관시설 등 하역시설에 대한 이용성은 0.05 유의 수준하에 항만 효율성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

또한, 항만의 관제, 정보통신, 홍보, 보안 관련 시설에 대한 접근 용이성은 0.05 유의 수준하에 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 방음벽, 방진망, 수림대 등 공해방지시설에 대한 접근 용이성은 0.05 유의 수준하에서 항만 효율성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 보관창고, 집배송장, 복합화물터미널, 정비고 등 배후유통시설에 대한 접근 용이성은 0.05 유의 수준하에 항만의 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 반면, 이용성은 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 그 밖의 항만 기능을 지원하기 위해 해양수산부령으로 정해지는 시설에 대한 접근 용이성은 0.5 유의 수준하에서 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치나, 이용성은 부(-)의 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 마지막으로 보안 및 감시통제실을 비롯한 선박통행관제실, 항로표지 및 항만 통제빌딩에 대한 접근 용

이성은 0.05의 유의 수준에서 항만 효율성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 연구는 국내에서 항만의 효율성에 보안 리스크의 발생 가능성(영향력), 취약성이 미치는 파급효과를 분석한 연구는 찾아보기 힘들다는 점에서 기반 연구로서의 의의를 지닌다. 그러나 본 연구는 한 가지의 항만 효율성을 측정하고, 각 항만 보안 리스크가 해당 항만 효율성에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였다. 또한 개별 시설이나 선박이나 폭동 등에 대한 공격의 가능성만 측정하였고, 복원 능력이나 발생 가능성 항목 등의 설문조사 결과가 지나치게 동질성을 보여 이를 측정하지 못하였다는 한계가 있다.

05
결론 및 정책제언

제1절 요약 및 결론

1. 요약

현대 사회가 복잡·다양화됨에 따라 리스크가 거대화·일상화·복합화되어 가고 있다. 특히 과거의 경험만으로는 예측이 매우 어렵거나 불가능해져 그 어느 때보다 불확실성과 사회경제적 손실이 급증하고 있는 실정이다. 코로나19 팬데믹은 금세기 들어 전 세계가 처한 극단적 위험, 즉 리스크의 대표적인 사례라고 할 수 있다.

해양수산분야 역시 적조, 지진해일, 태풍 등과 같은 자연재해는 물론 선박사고, 작업장 재해, 산업재해 등 사회경제적 위험 요소가 상존하고 있다. 국내에서 발생한 리스크로는 세월호 침몰 사고, 씨프린스호와 허베이스피릿호 기름 유출 사고, 한진해운 파산 등을 들 수 있다.

코로나19 팬데믹을 계기로 예측하기 어려운 리스크로부터 피해를 최소화하기 위한 사회적 대응책 마련을 위해 미래전략 연구의 필요성이 크게 부각되고 있다. 그럼에도 해양수산분야는 위험 요소를 체계적으로 분석하

고, 강건성을 높일 수 있는 대응체계 마련을 위한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 특히 선행연구가 많지 않은 데다 대부분 미래 리스크를 발굴하기보다는 이미 제기되었거나 예측 가능한 리스크의 정책대안 발굴에 초점을 두고 있다.

이에 본 연구는 해양수산분야에서 발생 가능한 미래 리스크를 발굴하고 파급효과 분석 모델을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 즉 미래 리스크 발굴 방법과 파급효과 분석 방법 등 연구 방법론을 정립하고, 발굴된 리스크 중 대표적인 리스크를 선정하여 사회경제적 파급효과를 분석하였다. 궁극적으로 해양수산분야에 미래 리스크 연구를 확산해서 정책 수립 시 이를 적극 반영할 수 있는 여건을 조성하고자 하였다.

먼저 미래 리스크를 발굴하기 위해 다양한 문헌과 SNS 텍스트를 바탕으로 토픽모델링 빅데이터 분석을 통해 1차 예비 리스크를 발굴하였다. 이어서 연구진 브레인스토밍 및 분야별 전문가 자문을 통해 키워드의 적정성을 검토하고 해양수산분야별로 각각 30개의 2차 예비 리스크를 발굴하였다. 마지막으로 전문가와 일반 국민을 대상으로 설문조사를 실시해 최종 리스크 우선순위를 도출하였다.

그 결과 해양분야에서는 해양환경 악화와 해양 기인성 자연 재난 관련 리스크가 도출되었다. 수산분야의 경우 '원전 폐수에 의한 수산물의 방사능 오염' 이슈가 1위를 차지한 가운데, 해양환경 변화가 수산분야에 미칠 악영향과 관련한 이슈들이 선정되었다. 해운물류분야의 경우 물류공급망을 둘러싼 글로벌 경쟁과 자연 재난에 따른 마비, 환경오염 등의 이슈가 부각되었으며, 항만분야는 글로벌 경쟁과 함께 자연재해, 환경오염 등의 이슈와 함께 일자리 감소, 사이버 보안 등 스마트화에 따른 부정적 영향도 상위권을 차지하였다.

해양, 수산, 해운물류, 항만 전 분야를 대상으로 발생 가능성, 파급력, 통제

불가능성을 종합한 결과 상위 1위는 '지구 온난화 가속화'로 나타났다. '해양 플라스틱 쓰레기 증가'는 초대형 태풍 대비 발생 가능성과 파급력이 크나 통제 불가능성이 낮아 3위에 랭크되었으며, 통제 불가능 부문에서는 '대규모 해저지진 발생'이 1위를 차지하였다. 상위 10개는 '지구 온난화 가속화', '초대형 태풍 발생', '해양 플라스틱 쓰레기 증가', '월경성 해양 쓰레기 증가', '수산물 원전 폐수 방사능 오염', '수온 상승에 따른 먹이생물 분포 변동', '해양 및 바닷가 쓰레기 증가', '기후변화에 따른 수산업 악영향', '대규모 해저지진 발생', '연근해 해수수질 오염 증가' 순이다.

앞서 발굴한 리스크 중에서 분석 대상을 선정하기 위해 전문가 및 일반 국민 대상 설문조사 결과를 일차적으로 고려하되, 분석 필요성과 가능성에 대해 연구진 브레인스토밍과 전문가 자문을 거쳤다. 그 결과 해양분야는 '대형 선박 사고에 따른 해양환경 피해 예측'을 선정하고, 수산분야는 '원전 오염수 방류에 따른 수산물 수급 예측'을 선정하였다. 해운물류분야는 '컨테이너선 운임변동 요인과 예측 가능성 고찰'로, 항만분야는 '항만 보안 리스크에 따른 항만 운영 효율성 평가'를 대상으로 선정하였다. 앞에서 선정한 리스크의 파급효과를 계량적으로 분석하기 위해 주제별로 적합한 분석 방법을 채택하였다.

2. 결론

해양분야는 사고 예방을 위한 예산의 증가세와 지속적인 선박 및 해양시설 지도 점검(관할 해양경찰)으로 2021년 이후로 해양 사고 빈도가 감소세로 추정되었으며, 갯벌 오염은 해양 사고 빈도와 유사한 패턴을 보일 것으로 추정되었다. 아울러 갯벌 수산자원은 지속적으로 증가세를 보이며 해양 사고가 감소하는 시점을 전후로 가파르게 증가하는 경향을 보였다. 해양 유출

사고가 증가할수록 PAHs는 증가하는 반면에, 방재 예산이 함께 증가할 때 잠시 오염도가 상승하다가 일정 기간이 지나면 감소하여 안정세를 유지할 것으로 나타났다. 갯벌 생태계의 회복력(회복 시간)을 개선하기 위한 환경 보전 노력과 더불어 적정한 방재 노력을 더할 때에는 갯벌에 서식하는 대형저서생물의 건강성(개체 수 및 종 다양성)이 더욱 빠르게 상승할 것으로 예측되었다.

수산분야는 원전 오염수 방류 사건이 0 시점에서 발생했고, 부정적인 여론이 재생산되는 기간을 두 달로 가정하여 고등어와 명태의 재고 변화를 예측하였다. 먼저 고등어의 경우, 사건 발생 시점인 0 시점에 소비 감소, 입고 지속으로 인해 재고가 급증하고, 둘째 달 전후로 수요 감소 회복, 판매량의 입고량 초과로 인해 재고가 감소하기 시작하는 것으로 분석되었다. 명태의 경우는 사건 발생 시점인 0 시점에 소비 감소, 입고 지속으로 인해 재고가 급증하고, 둘째 달 전후로 입고량 감소로 재고가 감소하기 시작해 넷째 달에 최저치에 도달하는 것으로 나타났다. 두 품목 모두 단기간 균형 회복이 가능해지려면 단기간에 최대한 많이 수매해야 하고, 소비와 수매 정책을 같이 하면 수매 정책만 했을 때보다 정부 수매량을 60% 감소시키는 효과가 나오는 것으로 분석되었다. 고등어의 경우 금어기를 추가했을 때 훨씬 효과가 크며, 금어기는 한 달 정도면 충분한 것으로 추정되었다.

해운물류분야는 컨테이너선 관련 기사를 취합하여 2020년 1월부터 2021년 7월까지 컨테이너선 운임지수의 상승의 변곡점이 되는 구간을 고려하여 총 여섯 개의 기간으로 구분하여 네트워크 텍스트 분석을 시행하였다. 코로나19 팬데믹이 본격화한 2020년 상반기부터 컨테이너선 산업은 전방위적으로 코로나19의 영향을 받았다. 2020년도 하반기부터는 미국을 중심으로 이른바 보복 소비가 시작되면서 물동량에 대한 수요가 급증함에 따라 컨테이너의 부족과 맞물리면서 해운운임의 가파른 상승을 이끌었다. 2021년 3월 말에는 에버기븐호 좌초 사고가 컨테이너 부족과 터미널 혼

잡, 항만 근로자들의 근무 여건 악화 등으로 해운운임은 사상 최고치를 경신하는 데 일조했다. 이와 같이 문헌자료들을 대상으로 감성분석이나 토픽 모델링 결과를 활용한다면 컨테이너 운임지수의 상승과 하락을 예측하는 모형을 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

항만분야의 경우 DEA로 국내 26개 항만의 효율성을 평가한 결과 고현항, 광양항, 대산항, 부산항, 속초항, 옥포항, 완도항, 울산항, 제주항 등 9개 항의 효율성이 1로 타 항만보다 상위를 차지하였다. 각각의 항만 보안 리스크가 발생했을 경우 항만의 효율성에 어떠한 영향을 미치는지 토빗회귀분석을 실시한 결과, 부(-)의 영향을 보이는 항목은 항만시설에 정박 중인 선박 공격 시 '상징적 영향', 폭동 발생 시 '경제 손실'과 '상징적 영향'이었다. 취약성의 경우에는 수역시설, 외곽시설, 하역시설, 배후유통시설, 해양수산부령으로 정해지는 시설에서 '이용성'과 공해방지시설의 '접근 용이성'에서 부(-)의 영향을 보였다.

제2절 정책제언

본 연구에서는 국내외 논문, 보고서, SNS 등을 토대로 빅데이터 분석을 통해 예비 리스크를 발굴하고, 전문가와 일반 국민을 대상으로 설문조사를 통해 해양수산분야의 미래 리스크를 도출하였다. 또한 우선순위를 토대로 해양수산분야별 10대 리스크와 종합 10대 리스크를 도출하였다. 나아가 분야별로 대표적인 리스크를 한 개씩 도출하여 구체화하고, 각각의 특성을 고려하여 SD 모형과 텍스트 마이닝 기법, 부트스트랩 DEA 모형과 Tobit Regression 모형으로 파급효과를 분석하였다.

본 연구는 국내에서 해양수산분야 전반에 걸쳐 리스크를 도출하고, 계량모형을 활용하여 파급효과를 분석한 최초의 시도라는 점에서 의미가 크다고 할 수 있다. 그러나 미래 리스크의 발생 가능성이 점점 더 커지는 상황을 고려할 때 본 연구가 지닌 한계점을 극복할 필요가 있다.

1. 미래 리스크 발굴 및 분석 방법론 고도화

본 연구 제2장에서는 미래 리스크 발굴과 분석 시 활용되는 방법론을 정리하였다. 미래 리스크 발굴 시에는 경험도 중요하지만 직관이 매우 중요하며, 특히 집단지성을 활용하는 것이 중요하다. 본고에서는 각종 문헌과 SNS를 바탕으로 빅데이터 분석을 실시하고 연구진 검토와 전문가 자문, 그리고 일반 국민을 대상으로 설문조사를 시행하여 미래 리스크를 발굴하였다. 그러나 이러한 방법 외에도 최석우 외(2019)의 사례에서와 같이 전문가와 일반인이 참여하는 워크숍을 시행하는 것도 좋은 방법이다. 향후에는 해양수산분야에서 활용 가능하고 효과적인 리스크 방법론을 구축해 주기적으로 리스크를 발굴할 필요가 있다.

발굴된 미래 리스크의 파급효과를 분석하는 방법론도 체계화하는 것이 필요하다. 특히 리스크 유형에 따라 파급경로와 효과가 다르기 때문에 리스크를 유형화하기 위한 작업이 선행되어야 한다. 가령 발생원인에 따라 자연적 원인, 인문·사회적 원인, 복합적 원인으로 구분 가능하며 해양수산 내부 요인과 외부 요인으로도 구분할 수 있다. 특히 해양수산분야는 외부적인 요인에 의해 큰 영향을 받는데, 일례로 미중 무역갈등, 코로나19 팬데믹 등을 들 수 있다. 본고에서는 SD 모형과 텍스트 마이닝, 부트스트랩 DEA 모형, Tobit Regression 모형으로 분석을 시도하였다. 탄소 국경세와 같은 관세 변동의 경우 일반균형모형(GEM)을 활용할 수 있다. 따라서

리스크별로 파급효과 분석 방법론을 구축하고 관련 데이터를 DB화해 놓아야 시의적절한 분석이 가능하다.

2. 미래 리스크 인식도 제고 및 변화 추이 분석

사회가 복잡해짐에 따라 리스크의 빈도와 강도가 더욱 증가하고 있다. 코로나19 팬데믹을 계기로 우리 사회도 리스크에 대한 관심과 연구가 증가하고 있다. 그러나 지금까지 리스크에 관한 연구는 당면한 이슈를 중심에 두는 경향이 강해 미래에 발생할지도 모를 리스크에 대한 관심은 적은 것이 현실이다. 현재를 살아가는 국민들에게 미래 리스크는 관심 대상에서 멀리 있고, 정책담당자와 예산당국은 먼 훗날의 리스크인 데다 발생할지 안할지도 모르는 상태에서 선뜻 예산을 투입하겠다는 의사결정이 쉽지 않기 때문이다. 따라서 미래 리스크 연구의 중요성을 지속적으로 홍보하고 설명하는 노력이 필요하다. 가령 해양수산분야의 리스크를 발굴하고, 유사 사례, 대응 방안 등에 대한 정보를 제공하는 방안도 고려할 수 있다.

아울러 정부 정책 수립 시 예견되는 리스크를 반드시 고려할 필요가 있다. 즉 해양수산분야의 법정계획 등을 수립할 때 향후 발생 가능한 리스크를 예측하고, 이를 예방하고, 완화 및 회복하기 위한 전략을 포함하는 것이 바람직하다.

한편 WEF와 OECD는 매년 리스크를 조사하여 우선순위를 공표하고 있다. 본고에서는 금번에 분야별로 30개의 예비 리스크를 도출하고 발생 가능성, 파급효과, 통제 가능성에 대해 리스크별로 일반 국민 2,000명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 향후에도 우리나라 국민들의 리스크에 대한 인식의 변화, 리스크의 우선순위를 장기적으로 추적하는 시도가 필요하다. 시계열 데이터를 기반으로 우선순위에 따라 리스크별로 파급효과를 분석한다면 향후 리스크가 발생했을 때 효과적인 대응이 가능하다.

3. 미래 리스크 관련 국내외 네트워크 구축

세계 각국이 세계화를 추구함에 따라 현재 인류는 서로 떼려야 뗄 수 없는 상호의존 관계를 형성하고 있다. 이는 어느 한 곳에서 발생한 리스크가 해당 지역 또는 해당 국가에서 끝나는 것이 아니라 다른 지역 및 국가, 나아가 전 세계에 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 코로나19도 세계가 지금처럼 촘촘하게 연결되어 있지 않았다면 세계적인 팬데믹으로 확산하지 않았을 것이며, 2008년 리먼 브러더스 파산 역시 세계 금융위기로 연결되지 않았을 것이다. '지구촌'이라 불릴 만큼 세계가 가까워진 지금 리스크 공조 체제가 필요한 이유이기도 하다.

따라서 미래 리스크를 사전에 예견하고 대응하기 위해서는 관계기관 및 전문가의 협력체계 구축이 필요하다. 가령 매년 글로벌 리스크를 조사·공표하고 있는 OECD와 WEF, 그리고 핀란드의 IIASA가 대표적이고, 국내 기관으로는 STEPI, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 국회미래연구원(NAFI) 등을 들 수 있다. 미래 리스크 연구기관 간 학술세미나 개최, 공동연구 수행 등을 통해 연구 방법론을 고도화하고 리스크 관련 정보를 교환할 필요가 있다. 아울러 조기경보시스템을 구축하여 운용 중인 기관과 교류해 상호 시스템을 보완·발전시켜 나가는 것도 필요하다.

4. 미래 리스크 조기경보시스템 구축

리스크는 상시 존재하나 언제 어떻게 발생할지 모르기 때문에 일단 발생하면 그 이상의 충격을 받기 쉽다. 반면에 리스크를 사전에 감지할 수 있다면 종합적이고 체계적인 대응이 용이하며 파급효과 역시 감소시킬 수 있다. 즉 사전적 예방 활동으로 리스크 발생 가능성을 억제하거나 리스크 발생 시

복구 비용을 감소시킬 수 있다.

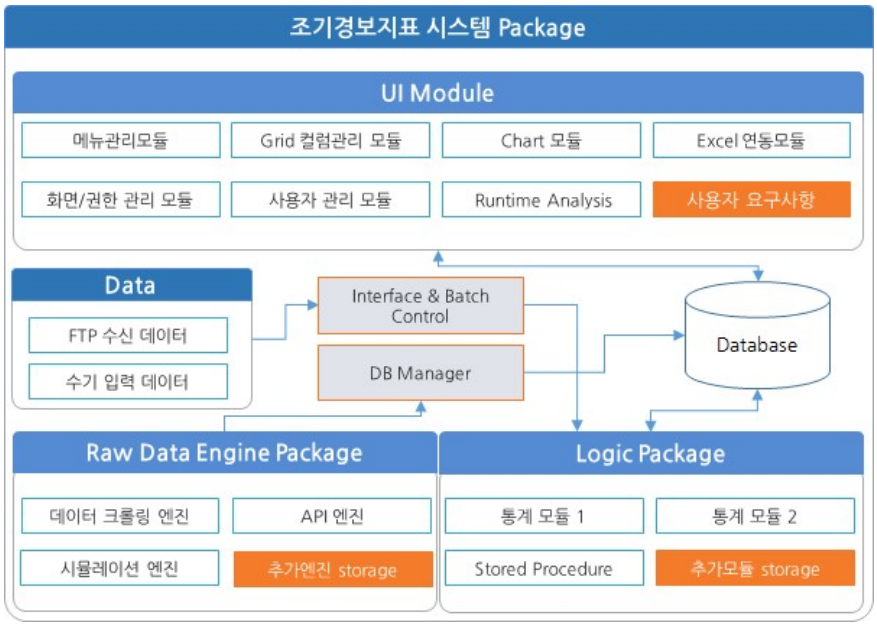
이러한 이유로 많은 기관에서 조기경보시스템(EWS: Early Warning System)을 구축하여 운용하고 있다. 가령 금융위원회는 1997년 외환위기 및 2003년 발생한 카드사태를 계기로 개별 금융기관의 파산 가능성과 금융산업 전반의 위기 징후를 포착하기 위해 '금융기관 조기경보시스템'을 개발하였다. 국제금융센터는 외환위기 이후 발생한 카드버블 등의 새로운 위기의 가능성을 감지하고 다양한 양상의 대외적 위기 가능성에 대응하기 위해 국내위기예측모형, 국제금융시장 위험평가모형, 국내 금융시장 위험평가모형, 단기위기예측모형 등 네 개의 모형으로 구성된 '외환위기 조기경보시스템'을 운용 중이다. 이 밖에도 국토연구원의 '부동산시장 조기경보시스템', 산업연구원의 '일반 원자재 조기경보시스템', 노동연구원의 '노동시장 조기경보시스템', 한국농촌경제연구원의 '국제곡물 조기경보시스템', 한국석유공사의 '석유위기 조기경보시스템' 등 다양한 기관에서 다양한 분야를 대상으로 조기경보시스템을 운용하고 있다. 한국해양진흥공사의 경우 해운시장 환경 변화를 사전에 파악하고 선제적인 위기 예방 정책을 지원할 목적으로 '해운시장 조기경보시스템'을 운용하고 있다.

따라서 해양수산분야도 상시 모니터링을 수행하고 즉각적으로 대처 가능하도록 효율적인 조기경보 서비스 체계를 구축할 필요가 있다. 즉 리스크와 관련된 다양한 지표를 고려하여 일정 수준 이상의 변동을 사전에 감지, 관리 및 대응하도록 체계화할 필요가 있다. 다만 해양수산분야는 해양, 수산, 해운물류, 항만 등 다양한 분야가 존재하고 상호 연결성이 부족한 부분이 존재하므로 조기경보 대상별 우선순위를 정해 조기경보시스템을 개발하고, 이후 관련 분야로 확대 및 통합해 나가는 방식이 효율적이라고 판단된다.

통상 조기경보시스템 개발은 'DB 설계(DB 구조 및 프로시저 생성)→데이터 수집→시스템 인프라 구축(시스템 레이아웃, 사용자 권한 설정, 통계

프로그램 탑재)→시스템 화면 구성(입력화면, 조회화면 등)→테스트(화면 기능 테스트, 지표 값 테스트, 피드백)→유지보수'의 과정을 거친다. 시스템 개발 시 빅데이터 수집 및 데이터 관리방식, 리스크 대상 확대에 따른 시스템 확장성과 유지보수 용이성을 함께 고려해야 한다.

〈그림 5-1〉 조기경보시스템 구조도(안)



자료: 저자 작성

본 연구에서는 해양수산분야의 미래 리스크를 발굴하고, 분야별로 대표적인 리스크를 선정하여 파급효과를 시범적으로 분석하였다. 이를 통해 해양수산분야에 적합한 미래 리스크 발굴 및 분석 방법론을 도출하고자 하였다. 본 연구는 기초연구의 성격을 가지지만 향후 미래 리스크 연구를 확대하고, 이를 정책적으로 활용하기 위해 네 가지의 정책과제를 제언하였다. 여기에서 제시한 정책제언 추진방안을 제시하면 〈표 5-1〉과 같다.

〈표 5-1〉 해양수산분야 미래 리스크 정책과제 추진 로드맵

구분		추진일정			추진주체
		’22	’23	’24	
미래 리스크 발굴 및 분석 방법론 고도화	리스크 발굴론 및 분석 방법론 구축				KMI
	주기적으로 리스크 발굴				KMI
	관련 데이터 DB화 및 연차별 분석 실시				KMI
미래 리스크 인식도 제고 및 변화 추이 분석	미래 리스크 연구 중요성 지속 홍보				KMI
	정부 정책 수립 시 리스크를 반드시 고려				해양수산부
미래 리스크 관련 국내외 네트워크 구축	학술세미나 개최, 공동연구 수행 등				KMI
	연구 방법론 고도화, 리스크 관련 정보를 교환,				KMI
미래 리스크 조기경보 시스템 구축	우선순위 선정 및 조기경보시스템 개발				KMI
	관련 분야로 확대 및 통합				KMI

자료: 저자 작성

참고문헌

국내 문헌

강민구·김화영(2019),「항만보안 강화를 위한 평가요인과 상대적 중요도 분석」,『한국항해항만학회지』, 43(1), pp. 49~56.

강승규(2020),「연산일반균형 모형을 활용한 지식기반사회의 기술혁신과 경제발전의 관계 연구」, 건국대학교 대학원 박사학위 논문, pp. 2~314.

강재영(2013),「항만물류보안관리 시스템의 체계화 및 일원화 방안」,『법과 정책연구』, 13(2), pp. 389~436.

강종호(2015),「방사능 관련 안전정보의 수산물 소비 영향에 관한 연구」,『수산경영론집』, 46(1), pp. 145~155.

강호권(2020),「한국의 복합재난 대응을 위한 위기관리시스템 운영에 관한 연구」, 수원대학교 대학원 박사학위 논문, p. 27.

과학기술정책연구원(2016),「국민안전혁신 과학기술지원전략 기획연구」, pp. 1~500.

구경완 외(2011),「민방위사관과정 개발 및 교육시설 구축 방안 연구」, 소방방재청, pp. 58~59.

권기헌(2008),「미래예측학」, 법문사, pp. 1~398.

국민안전처(2019),「2019 재해연보」

국제미래학회(2014),「전략적 미래예측 방법론」, 두남, pp. 1~560.

국회입법조사처(2021),「후쿠시마 원전 오염수 해양 방출 영향 및 대응 방안」, pp. 1~4.

그린피스(2020),「2020년, 오염수 해양 방류를 차단하라, 후쿠시마 방사성 오염수 위

기의 현실」, pp. 1~34

기상청(2019), 「지진관측자료 공동 활용 전략 마련을 위한 연구」, pp. 1~344.

_____(2020), 「한국 기후변화 평가 보고서 2020(기후변화 과학적 근거)」, pp. 1~362.

김건위·최호진(2005), 「DEA기법 적용상의 유의점에 관한 연구 - 지방행정분야를 중심으로」, 『지방행정연구』, 19(3), pp. 213~244.

김군수 외(2013), 「경기도 정책 시뮬레이션 모형 개발 연구」, 『정책연구』, pp. 1~412.

김남규 외(2013), 「국가현안 대응 R&D 정보 패키지 방안 연구」, 한국과학기술정보연구원, pp. 1~75.

김다솜 외(2015), 「텍스트 분석을 활용한 과학기술이슈 여론 분석 방법론」, 『한국 IT 서비스학회지』, 14(3), pp. 33~48.

김수엽 외(2009), 「우리나라 항만 및 배후물류단지의 친환경 물류체계 구축에 관한 연구」, 한국해양수산개발원, pp. 1~217.

김승연·정용주(2017), 「처음 배우는 머신러닝: 기초부터 모델링, 실전 예제, 문제 해결까지」, 한빛미디어, pp. 1~377.

김우선·최나영환·김대현(2016), 「국내 항만위험물 안전관리체계 개선방안」, 한국해양수산개발원, pp. 1~193.

김우호·심기섭·장정인(2008), 「항만의 경쟁력 평가모형 구축과 활용방안에 관한 연구」, 한국해양수산개발원, pp. 1~161.

김정기(2015), 「역위기상황분석을 통한 사전적 위기대응체제 수립방안에 대한 소고」, 『주택금융월보』, 130, pp. 2~21.

김주철(2003), 「금융시스템의 스트레스 테스트 방안: 신용위험을 중심으로」, 『금융경제연구』, 142, pp. 1~35.

김지웅·장영수(2016), 「수산물 선호도에 의한 시장세분화와 친숙시장 형성과정에 관한 연구」, 『수산경영론집』, 47(3), pp. 1~14.

김형근 외(2012), 「항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응방안 연구」, 한국해양수산개발원, pp. 1~192.

김희규 외(2009), 「특정관리대상시설의 안전검사 체크리스트 개발 및 안전등급제도 적용성 연구」, 국립방재교육연구원 방재연구소,, p. 70.

데이타솔루션(2021),「미래 리스크 발굴을 위한 데이터 분석」, pp. 1~9.

박광서 외(2020),「포스트 코로나19 해양수산분야 정책방안」, 한국해양수산개발원, pp. 1~514.

박만희(2015),「부트스트랩 DEA를 이용한 공기업 효율성 분석」,『한국콘텐츠학회논문지』, 15(5), pp. 475~487.

박병원(2012),「체계적인 미래연구(foresight) 방법의 필요성」,『Future Horizon』, 12, p. 10.

박병원 외(2012),「과학기술기반의 국가발전 미래연구 Ⅳ」, 과학기술정책연구원, pp. 1~336.

박병원 외(2015),「과학기술기반의 국가발전 미래연구 Ⅶ」, 과학기술정책연구원, pp. 1~342.

박상우 외(2018),「인구소멸 시대의 어촌사회 정책 연구」, 한국해양수산개발원, pp. 1~318.

박상원(2015),「정책사례에 적용된 시스템 사고의 유용성」,『사회과학 담론과 정책』, 8(2), pp. 71~89.

박성원(2012),「오늘의 한국인이 꿈꾸는 대한민국의 미래상」,『Future Horizon』, 11, pp. 6~7.

박성원·황윤하(2013),「과학기술기반 국가발전 미래연구 Ⅴ: 한국인의 미래인식과 미래적응력 측정」, 과학기술정책연구원, pp. 1~190.

박성화·김태일·권장한(2020),「스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운, 조선기업의 안정성 분석」, 한국해양수산개발원, pp. 1~221.

박영숙·제롬 글렌·테드 고든(2007),「전략적 사고를 위한 미래예측」, 교보문고, pp. 1~386.

방승원 외(2007),「생물다양성의 사회·경제적 가치평가 기법의 도출 및 적용」, 환경부, pp. 1~511.

방호삼·주종광(2013),「우리나라 항만보안법제 개선에 관한 연구」,『해사법연구』, 25(1), pp. 153~178.

서지영 외(2014),「과학기술기반 국가발전 미래연구 Ⅵ: 미래위험과 회복력」, 과학기술정책연구원, pp. 1~178.

송종국(2009),「포사이트 방법론」,『Future Horizon』, 1, pp. 14~15.

심원준(2019. 11. 22),「미세플라스틱: 신종오염우려물질」,『국회미래연구원 브라운백 세미나』, 해양과학기술원, pp. 1~42.

유옥환(2016),「국내 해양산성화에 의한 해양생태계 관리 방안 연구 고찰」,『해양과학기술협의회 공동학술대회』, 한국해양과학기술협의회, p. 110.

유은지 외(2012),「시맨틱 텍스트 마이닝을 위한 온톨로지 활용 방안」,『정보시스템연구』, 21(3), pp. 137~161.

윤성순·장정인(2011),「연안정비사업의 경제적 효과 분석 연구」, 한국해양수산개발원, pp. 1~115.

윤정현(2018),「디지털 위험사회의 극단적 사건(X-event) 사건 전망과 시사점」,『신안보연구』, 3(1), pp. 1~178.

_____(2019),『신흥안보 거버넌스: 아세안의 초국가적 위험이슈에 대한 싱가포르의 전략』, 서울대학교 대학원 박사학위 논문, pp. 1~264.

_____(2020),「초국가적 난제와 네트워크 거버넌스」,『한국정치학회보』, 54(4), pp. 31.

_____(2021. 3. 30.),「극단적 미래사건 연구와 정책적 활용의 시사점」,『KMI 미래예측전문가 워크숍』, 한국해양수산개발원, pp. 1~55.

이민규 외(2014),「항만 shutdown(공급 지장)의 파급효과 분석」, 한국해양수산개발원, pp. 1~160.

이민형(2014),「항만보안 인력운용시스템 개선방안: 민간경비를 중심으로」,『한국해양경찰학회보』, 4(2), pp. 87~104.

이정훈·이민형·김성우(2014),「항만보안 인력의 전문화를 위한 교육시스템 개선방안」,『융합보안논문지』, 14(6), pp. 13~21.

이효창·김금수(2018),「폐기물처분부담금 부과가 산업별 생산과고용에 미치는 일반균형효과: ORANI CGE모형을 통한 시나리오 분석」,『환경정책』, 26(4), pp. 21~44.

장선웅 외(2012),「서해안 일대 외국기인 해양쓰레기의 유입과 계절적 특성 연구」,『한국해양환경공학회지』, 15(2), pp. 89~100.

장준규·이규현·이준기(2016),「투자전략 보고서의 제목이 주가 예측에 미치는 영향: 텍스트마이닝 중심으로」,『한국빅데이터학회지』, 1(2), pp. 21~34.

정인수(2020),『LDA알고리즘을 활용한 국내 기록관리학의 연구동향 분석』, 중부대

학교 대학원 석사학위 논문

정지범(2009), 「광의와 협의의 위험, 위기, 재난관리의 범위」, 『한국방재학회논문집』, 9(4), pp. 61~66.

정지범·김은성(2009), 「자연재해 및 국가위기 발생시 국가적 종합위기 관리방안 연구(II)」, 한국행정연구원, pp. 1~338.

조민수 외(2017), 「공공데이터 기반 고용보험 가입 예측 모델 개발 연구」, 『한국빅데이터학회지』, 2(2), 17~31.

조아현·조성현(2020), 「DEA 기반 효율성 분석」, KMI 강의노트.

채여라 외(2016), 「기후변화 대응역량 강화를 위한 시스템다이내믹스 모델 개발」, 한국환경정책·평가연구원, pp. 1~121.

최기열(2009), 「시스템 다이나믹스를 이용한 공간정보의 평가모형에 관한 연구」, 명지대학교 대학원 박사학위 논문, pp. 1~109.

최남희(2003), 「시스템다이내믹스 기법을 이용한 서울시 도시동태성 분석과 정책지렛대 탐색: 인과순환구조와 시스템 형태 분석을 중심으로」, 『한국행정학보』, 37(4), pp. 329~359.

최병삼 외(2018), 「과학기술기반 미래연구사업」, 『과학기술정책연구원』, pp. 1~620.

최상희 외(2008), 「국내 컨테이너터미널 리스크 관리방안 -항만시설, 운영 및 전략을 중심으로」, 한국해양수산개발원, pp. 1~225.

최석우 외(2019), 「해양수산 분야 예견적 위험분석 기반구축 연구」, 한국해양수산개발원, pp. 1~257.

최영출(2017), 「시스템다이내믹스를 활용한 정부출연연구기관의 위상강화 방안: K 연구기관 사례」, 『한국시스템다이내믹스 연구』, 18(1), pp. 23~56.

최환(2002), 「연산일반균형(CGE) 모형에 관한 고찰」, 『연세경제연구』, IX(2), pp. 177~217.

한국과학기술기획평가원(2021), 「2021년도 과학기술혁신정책지원사업 연구과제 정정공모」

한국해양수산개발원(2017), 「바다의 불청객 괭생이모자반, 다각적인 대응 방안 수립 시급」, 동향분석, 44, pp. 1~15.

해양경찰청, 해양사고 현황(승인번호: 제123020호)

허덕 외(2013),「일본 방사능 오염수 유출이 육류 시장에 미치는 영향」,『한국농촌경제연구원 농정포커스』, 77, pp. 1~19.

현윤진 외(2013),「텍스트 분석을 활용한 국가 현안 대응 R&D 정보 패키징 방법론」,『Journal of Information Technology Applications & Management』, pp. 231~257.

홍성진 외(2013),「기후변화를 고려한 해안도시 복합범람 위험도 분석(I)」, 국립재난안전연구원, pp. 1~148.

홍성태(2007),「대한민국 위험사회」, 당대, pp. 1~367.

환경부(2020),「한국 기후변화 평가보고서 2020:기후변화영향 및 적응」, pp. 1~362.

국외 문헌

ABPmer & M. D. Barnes(2020), "Marine Foresight Study", Marine Institute

Aizawa, A.(2003), "An information-theoretic perspective of tf–idf measures.", *Information Processing & Management*, 39(1), pp. 45-65.

Anderson, C. (2006). "The long tail: Why the future of business is selling less of more", Hachette Books, pp. 1-282.

Babatunde, K. A., R. A. Begum & F. F. Said(2017), "Application of computable general equilibrium (CGE) to climate change mitigation policy: A systematic review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, pp. 61-71.

Banker, R. D., A. Charnes & W. W. Cooper(1984), "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis", *Management science*, 30(9), pp. 1078-1092.

Bastian, M., S. Heymann & M. Jacomy(2009), "Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks", International AAAI Conference on Weblogs and Social Media.

Beck, U.(1992), "Risk society: Towards a new modernity", pp.1-260.

Bernstein, Peter L.,「위험, 기회, 미래가 공존하는 리스크」, 안진환 역(2008), 한국경

제신문사, pp. 1~534.

Blei, D. M., A. Y. Ng & M. I. Jordan(2003), "Latent dirichlet allocation.", *The Journal of Machine Learning Research*, 3, pp. 993-1022.

Chao, S. L. & Y. H. Yeh(2020), "Comparing the productivity of major shipyards in China, South Korea, and Japan—an application of a metafrontier framework", *Maritime Business Review*, 5(2), pp. 1-18.

Charnes, A., W. W. Cooper & E. Rhodes(1978). "Measuring the efficiency of decision making units", *European journal of operational research*, 2(6), pp. 429-444.

Davies, T. K., C. C. Mees & E. J. Milner-Gulland(2015), "Second-guessing uncertainty: Scenario planning for management of the Indian Ocean tuna purse seine fishery", *Marine Policy*, 62, pp. 169-177.

Forrester, J. W. (1961). "Industrial Dynamics", Productivity Press.

Gasparotti, C. & E. Rusu(2012), "Methods for the risk assessment in maritime transp ortation in the Black sea basin", Journal of Environmental Protection and Ecology, 13(3-A), pp. 1751-1759.

Girvan, M. & M. E. Newman(2002), "Community structure in social and biological networks.", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12), pp. 7821-7826.

Goulielmos, A. M.(2015), "The Multi-faceted Character of Risk in Maritime Freight Markets (Panamax) 1996-2012", *Journal of Economics and Business*, 65(1/2), pp. 67-86.

Griffiths, T. L. & M. Steyvers(2004), "Finding scientific topics.", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(suppl 1), pp. 5228-5235.

Guo, Z. *et al.*(2014), "Exploring the impacts of a carbon tax on the Chinese economy using a CGE model with a detailed disaggregation of energy sectors", *Energy Economics*, 45, pp. 455-462.

Haapasaari, P. *et al.*(2015), "A proactive approach for maritime safety policy makin g for the Gulf of Finland: Seeking best practices", *Marine Policy*, 60, pp. 107-118.

Häyrynen, H.(2020), "Robust portfolio modeling in environmental decision making",

Master's thesis, Aalto University, pp. 1-72.

Honma, S. & J. L. Hu(2012), "Analyzing Japanese hotel efficiency", *Tourism and Hospitality Research*, 12(3), pp. 155-167.

IAEA Press releases(2021. 8. 19.), "Japan Agree to Begin Implementing Project to Monitor and Review Water Release at Fukushima Daiichi"

IMF(2021), "World Economic Outlook Update"

Inayatullah, S.(2009), "Questioning Scenarios.", *Journal of Futures Studies*, 13(3), pp. 81-92.

IPCC(2014), "AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014", pp.1-175.

_____(2018), "Global Warming of 1.5℃: Summary for Policymakers", pp. 1-24.

IUCN Issue brief(2021), "Marine Plastic pollution"

Jonkers, L., Hillebrand, H. & Kucera, M.(2019), "Global change drives modern plankton communities away from the pre-industrial state", *Nature*, 570(7761), pp. 372-375.

Kwesi-Buor, J., D. A. Menachof & R. Talas(2019), "Scenario analysis and disaster preparedness for port and maritimelogistics risk management", Accident Analysis & Prevention, 123, pp. 433-447.

Lau, Winnie W. Y. *et al.*(2020), "Evaluating scenarios toward zero plastic pollution", *Science*, 369(6510), pp. 1455-1461.

Li, G., J. Weng & S. Fu(2021), "Bootstrap-Tobit model for maritime accident economic loss considering underreporting issues", Transportmetrica A: *Transport Science*, 17(4), pp. 1055-1076.

Liesiö, J., P. Mild & A. Salo(2007), "Preference programming for robust portfolio modeling and project selection", *European Journal of Operational Research*, 181(3), pp. 1488-1505.

Liu, X. *et al.*(2014), "Assessing oil spill risk in the Chinese Bohai Sea: A case study for both ship and platform related oil spills", *Ocean & Coastal Management*, 108, pp. 140-146.

Miles, I. D. & M. P. Keenan(2003). "Practical guide to regional foresight in the United Kingdom", EUR 20478, pp. 1-212

Nijkamp, P., S. Wang & H. Kremers(2005), "Modeling the impacts of international climate change policies in a CGE context: The use of the GTAP-E model", *Economic Modelling*, 22(6), pp. 955-974.

Pierre, C. *et al.*(2016), "Seventh framework programme theme7. Transport (including Aeronautics)"

Plastics Europe(2017), "plastic the fact 2017", pp. 1-44.

Popper, R.(2008), "How are foresight methods selected?", *Foresight*, 10(6), pp. 62-89.

Pyun, J. & J. S. Rha(2021), "Review of research on digital supply chain management using network text analysis.", *Sustainability*, 13(17), 9929, pp. 1-24.

Rha, J. S.(2020), "Trends of research on supply chain resilience: A systematic review using network analysis.", *Sustainability*, 12(11), 4343, pp. 1-27.

Rizal, A. & I. Nurruhwati(2019), " New Methodological Approaches for Change in Traditional Sectors: The Case of the West Java Fisheries Socio Economic System", World News of Natural Sciences, 22, pp. 41-51.

Roll, Y. & Y. Hayuth(1993), "Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA)", Maritime policy and Management, 20(2), pp. 153-161.

Salton, G. & C. Buckley(1988), "Term-weighting approaches in automatic text retrieval.", Information Processing and Management, 24(5), pp. 513-523.

Schaefer, A. & H. D. Jacoby(2005), "Technology detail in a multisector CGE model: transport under climate policy", Energy Economics, 27(1), pp. 1-24.

Shin, M. M., S. Jung & J. S. Rha(2021), "Study on business ecosystem research trend using network text analysis.", Sustainability, 13(19), 10727 pp. 1-17.

Silveira, P.A.M., A. P. Teixeira & C. G. Soares(2013), "Use of AIS Data to Characterise Marine Traffic Patterns and Ship Collision Risk off the Coast of Portugal", The Journal of Navigation, 66(6), pp. 879-898.

Simar, L. & Wilson, P. W. (1998). "Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models". Management science, 44(1), pp. 49-61.

Simar, L. & P. W. Wilson(2007), "Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes", Journal of econometrics, 136(1),

pp. 31-64.

Sterman, John D.(2000), "BUSINESS DYNAMICS Systems Thinking and Modeling for a Complex World", McGraw-Hill Education

Sweeney, J. A.(2015), "Infectious connectivity: Affect and the internet in postnormal times", Winter, Jennifer and Ono, Ryota(eds.), *The Future Internet*, pp. 107-123.

Wilcoxon, F. (1992). Individual comparisons by ranking methods. In Breakthroughs in statistics (pp. 196-202). Springer, New York, NY.

Winchester, N. & S. Rausch(2013), "A numerical Investigation of the Potential for Negative Emissions Leakage", American Economic Review, 103(3), pp. 320-325.

WEF(2021), "The Global Risks Report 2021", 16th Ed., pp. 1-97.

Wu, J., H. Yan & J. Liu(2010), "DEA models for identifying sensitive performance measures in container port evaluation", Maritime Economics & Logistics, 12(3), pp. 215-236.

Yang, Jung-A. *et al.*(2018), "Assessment of long-term impact of storm surges around the Korean Peninsula based on a large ensemble of climate projections", Coastal Engineering, 142, pp. 1-8.

인터넷 자료

경남신문(2016. 9. 12.), 「자연재해와 어업인의 피해」, http://www.knnews.co.kr/news/articleView.php?idxno=1191458 (검색일: 2021. 11. 2.)

기상청, 「실시간 지진감시 지진통계」 https://www.weather.go.kr/w/eqk-vol/archive/stat/trend.do (검색일: 2021. 8. 26.)

네이버 블로그, 「2019_7 우리는 어떤 미래를 원하는가」, https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=miphy&logNo=221507725812 (검색일: 2021. 5. 15.)

네이버 블로그, 「코로나19 확산 이후 우리 사회에 나타난 새로운 사회현상」, https://blog.naver.com/PostView.nhn?isHttpsRedirect=true&blogId=sonbc&logNo=222114847205 (검색일: 2021. 5. 15.)

네이버 지식백과, 시사상식사전, 「일본 후쿠시마 오염수 해양 방류」, https://terms.naver.com/entry.naver?docId=6416799&cid=43667&categoryId=43667 (검색일: 2021. 10. 15.)

뉴시스(2021. 10. 7.), 「수산물 무역 적자 '눈덩이'…최근 5년간 적자 17조142억」, https://newsis.com/view/?id=NISX20211007_0001605639 (검색일: 2021. 11. 2.)

매일경제(2017. 8. 17.), 「글로벌 1위 해운사 머스크, 랜섬웨어 공격 한 번에 날린 돈이…」, https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2017/08/552334/ (검색일: 2021. 6. 15.)

부산일보(2021. 8. 12), 「대형선망 휴어기 덕분? 씨알 굵은 고등어 비중 는다」, http://www.busan.com/view/busan/view.php?code=2021081218595822244 (검색일: 2021. 11. 2.)

블록체인 AI뉴스(2012. 7. 24.), 「방한한 세계적 미래학자 짐 데이토의 한국을 향한 조언은?」, http://blockchainai.kr/client/news/newsView.asp?nIdx=9675 (검색일: 2021. 7. 24.)

상하이해운거래소, 「Shanghai Containerized Freight Index」, https://en.sse.net.cn/indices/scfinew.jsp(검색일: 2021. 11. 5.)

식품안전의약처 보도자료(2021. 7. 13.), 「바닷가 주변 횟집 등 비브리오균 오염 여부 특별점검」(검색일: 2021. 8. 17.)

연합뉴스(2013. 7. 10.), 「수산물 유통에 경쟁 도입·위생관리 강화」, https://www.yna.co.kr/view/AKR20130710052600030 (검색일: 2021. 10. 14.)

위키백과, 「2021년 수에즈 운하 마비 사고」, https://ko.wikipedia.org/wiki/2021년_수에즈_운하_마비_사고 (검색일: 2021. 6. 15.)

통계청 국가통계포털, 「어업생산동향조사」, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EW0004&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=K2_7&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE(검색일: 2021. 9. 15.)

_____, 「항만시설 및 능력현황, 화물운송실적자료」, https://meta.narastat.kr/metasvc/index.do?confmNo=123016&inputYear=2020(검색일: 2021. 9. 15.)

티스토리, 「최소량의 법칙」, https://reksai.tistory.com/archive/201811?page=1 (검색일: 2021. 5. 15.)

한국은행 경제통계시스템, https://ecos.bok.or.kr/, (검색일: 2021. 9. 15)

한국은행 보도자료(2007. 12. 24.), 「한국은행 금융시스템 스트레스테스트 모형(BOKST-07) 구축 및 스트레스 테스트 실시결과」(검색일: 2021. 8. 17.)

해양수산부 보도자료(2021. 3. 10.), 「지난해 해양쓰레기 13.8만 톤 수거, 2018년보다 약 45% 많아」(검색일: 2021. 8. 17.)

해양수산부 연안포털, 「연안 시도별 연평균 인구」, https://coast.mof.go.kr/coastAdmin/research/socialNeconomy.do (검색일: 2021. 8. 27.)

해양수산부 수산정보포털 , https://www.fips.go.kr/p/S020704/, (검색일: 2021. 10. 15.)

해양한국(2020. 8. 14.), 「2018-20년, 해양산업 OT 사이버공격 900% 증가… 올 연말 최고 기록 예측」, http://www.monthlymaritimekorea.com/news/articlePrint.html?idxno=27754 (검색일: 2021. 8. 30.)

BBC뉴스 코리아(2021. 3. 11.), 「동일본대지진: 10년 전 후쿠시마에서 무슨 일이 벌어졌을까?」, https://www.bbc.com/korean/international-56344646(검색일: 2021. 5. 15.)

BIGKinds, https://www.bigkinds.or.kr/ (검색일: 2021. 7. 22.)

Casti, J. L. & L. Ilmola(2012), “7 Shocks and Finland”, Project Report, IIASA, http://p

ure.iiasa.ac.at/id/eprint/10111/(검색일: 2021. 8. 5.)

FAO News(2021. 2. 2.), “Global fisheries and aquaculture hard hit by COVID-19 pandemic, says FAO report”, https://www.fao.org/news/story/en/item/1372095/icode/ (검색일: 2021. 11. 2.)

KBS NEWS(2019. 12. 4), 「10월 연근해 어업 생산량 30% 감소」, https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4336556 (검색일: 2021. 11. 2.)

KMI FTA 이행지원센터, https://fta.kmi.re.kr/html/index.asp (검색일: 2021. 11. 2.)

lee79ho 블로그, http://lee79ho.blogspot.com/2018/03/ (검색일: 2021. 11. 1.)

NOAA News(2019. 7. 19.), “Preserving Poke in a Changing Climate” (검색일: 2021. 9. 15.)

_____(2021. 6. 7), “Climate Change: NOAA Fisheries Supports Coastal Communities” (검색일: 2021. 9. 15.)

OECD, GDP projections,(2020. 12.)(https://www.oecd.org/economic-outlook/december-2020/) (검색일: 2021. 2. 15.)

ratsgo 블로그, 「연관규칙분석」, https://ratsgo.github.io/machine%20learning/2017/04/08/apriori/ (검색일: 2021. 7. 5.)

_____, 「Topic Modeling, LDA」, https://https://ratsgo.github.io/from%20frequency%20to%20semantics/2017/06/01/LDA/ (검색일: 2021. 7. 5.)

WHO COVID-19 Dashboard, https://covid19.who.int/ (검색일: 2021. 10. 18.)

WikiDocs, 「딥러닝을 이용한 자연어 처리입문-불용어」, https://wikidocs.net/22530 (검색일: 2021. 11. 1.)

부록

1. 토픽모델링 초기 분석 결과

1) 세계 각국 및 국제기구의 정책·전략

토픽 ID	토픽 키워드
1	해양, 사회, 증가, 리스크, 변화, 체계, 추진, 강화, 어업, 공간, 기후변화, 대응, 과학기술, 도시, 전망, 한국해양수산개발원, 확대, 전략, 연안, 예측
2	해역, 연안, 환경, 해양, 환경관리해역, 해양환경, 오염, 추진, 해양수산부, 마산만, 과제, 부산, 울산, 보전, 인천, 수질, 개선, 주관, 체계, 상해역
3	사회, 항만, 시설, 과학기술, 전략, 한국, 공급, 변화, 부두, 에너지, 발생, 원전, 전망, 선석, 예측, 추진, 증가, 사례, 고령, 강화
4	사회, 한국해양수산개발원, 글로벌, 위기, 변화, 예측, 시나리오, 확산, 전략, 대응, 그룹, 사람, 쇼크, 발전, 과학기술, 국제, 관점, 차원, 적응력, 정치
5	사회, 혁신, 과학기술, 변화, 한국해양수산개발원, 전략, 확산, 혁명, 지식, 도시, 글로벌, 한국, 예측, 트렌드, 지능, 센터, 용어, 국제, 전문가, 발전
6	전략, 시나리오, 한국해양수산개발원, 과학기술, 방법론, 관점, 지식, 패널, 사회, 전문가, 의사, 결과물, 혁신, 전망, 사람, 행위자, 연계, 공공, 확산, 변화
7	추진, 확대, 어촌, 강화, 어업, 해운, 수산물, 양식, 체계, 수산, 어선, 수산업, 어항, 마련, 안전, 시장, 선박, 조성, 유통, 협력
8	사회, 변화, 전략, 과학기술, 고령, 에너지, 혁신, 대응, 전망, 증가, 추진, 세계, 한국해양수산개발원, 체계, 한국, 시장, 시나리오, 위험, 확대, 발생
9	전략, 변화, 환경, 해양, 사회, 추진, 강화, 정치, 체계, 증가, 역량, 협력, 에너지, 발전, 남극, 사고, 장기, 대응, 예측, 부처
10	사회, 해양, 체계, 추진, 대응, 강화, 증가, 과학기술, 변화, 환경, 한국, 안전, 전략, 확대, 사고, 원전, 전망, 국제, 해양생태계, 고령

토픽 ID	토픽 키워드
11	사회, 변화, 예측, 한국해양수산개발원, 전략, 어항, 도시, 고령, 과학기술, 환경, 증가, 대응, 시나리오, 그룹, 실현, 어촌, 정치, 전망, 시설, 강화
12	사회, 대응, 고령, 전략, 증가, 변화, 에너지, 중국, 전망, 일본, 과학기술, 시장, 발생, 세계, 확대, 스마트, 위험, 체계, 추진, 환경
13	사회, 전략, 증가, 변화, 항만, 한국, 한국해양수산개발원, 시설, 체계, 강화, 예측, 항만배후단지, 과학기술, 전망, 에너지, 환경, 발생, 확대, 전문가, 수립
14	용지, 시설, 준공, 어항, 항만, 매립, 지구, 공유수면매립법, 경남, 면허, 전남, 추진, 면적, 어촌, 공공, 공공시설, 충남, 법률, 인천, 부산
15	안전, 선박, 해양, 강화, 사고, 추진, 체계, 해사안전, 어선, 국제, 대응, 선원, 운항, 이행, 개선, 확대, 점검, 제도, 항만, 마련
16	해양, 공간, 해양수산, 체계, 추진, 해역, 강화, 수립, 확보, 생명자원, 연계, 확대, 해양수산부, 해양공간계획, 과제, 전략, 연안, 해양공간정보, 현황, 가치
17	리스크, 기후변화, 증가, 발생, 피해, 전담, 위험, 상업, 재난, 연구개발, 성과물, 원문, 동의, 가공, 한국과학기술정보연구원, 영리, 홍수, 사회, 시설, 대응
18	여성, 어업, 추진, 육성, 확대, 강화, 복지, 단체, 전문, 어촌, 맞춤, 수산, 설립, 프로그램, 홍보, 문화, 친화, 센터, 개선, 제도
19	항만, 위험, 정상, 투입, 산출, 벤치마킹, 이용한, 해양, 산출물, 출항, 여수, 사고, 부산, 지향, 수출입, 태안, 울산, 한국, 층화, DEA
20	사회, 증가, 예측, 국토, 변화, 여객선, 과학기술, 추진, 전망, 전략, 도시, 환경, 에너지, 대응, 강화, 한국, 고령, 확대, 한국해양수산개발원, 수요
21	해양, 추진, 항만, 강화, 체계, 선박, 부두, 확대, 확보, 시설, 환경, 마련, 안전, 개선, 증가, 변화, 사회, 공급, 사고, 연안
22	원전, 사고, 인터넷, 에너지, 한국, 과학기술, 전략, 발생, 사례, 원자력, 단절, 사회, 비전, 과제, 안전, 작성, 가격, 파급, 차원, 촉발
23	남극, 극지, 환경, 협력, 추진, 국제, 기지, 북극, 인프라, 변화, 확대, 해양, 공동, 생태계, 강화, 빙하, 세계, 진출, 확보, 기후변화
24	사회, 변화, 예측, 도시, 국토, 증가, 추진, 과학기술, 실현, 확대, 전략, 체계, 리스크, 전망, 환경, 한국해양수산개발원, 해양, 시나리오, 위험, 대응
25	역량, 정치, 그룹, 부처, 환경, 경험, 전략, 관점, SWOT 분석, 상시, 이행, 초기, 변화, 시행, 기구, 이해관계자, 성숙, 증대, 장기, 문화
26	해양, 해양환경, 강화, 연안, 추진, 국토, 보전, 해역, 환경, 확대, 오염, 기후변화, 예산, 양부, 대응, 해양생태계, 선박, 체계, 협력, 수립
27	항만배후단지, 시설, 항만, 배후, 단지, 공급, 물류, 폐기물, 오수, 발생, 복합, 제조업, 면적, 공공시설, 수요, 편의, 제조, 에너지, 토지, 도로
28	어선, 연안, 어업, 업종, 추진, 근해어업, 조업, 금액, 어획, 개선, 허가, 연근, 마력, 어구, 어획량, 오징어, 직권, 어종, 감소, 자망

토픽 ID	토픽 키워드
29	국토, 예측, 증가, 도시, 주택, 트렌드, 주거, 공간, 메가트렌드, 변화, 수요, 시나리오, 교통, 사회, 아파트, 문화, 동의, 전문가, 감소, 환경
30	리스크, 기후변화, 증가, 사회, 발생, 안전, 피해, 변화, 위험, 체계, 대응, 가공, 환경, 해양, 에너지, 추진, 동의, 사고, 전담, 강화
31	해양생태계, 해양, 보호, 보전, 지정, 생물, 추진, 강화, 복원, 해양생물, 갯벌, 체계, 생태, 해역, 현황, 예산, 해양보호구역, 마련, 협력, 생태계
32	항만, 시설, 부두, 선석, 공급, 배후, 건설, 부지, 물류, 물동량, 추진, 화물, 기능, 항만배후단지, 도로, 설치, 예정, 단지, 전기, 선박
33	사회, 그룹, 적응력, 부정, 긍정, 한국, 인식, 이미지, 한국해양수산개발원, 변화, 노랑, 세대, 선택, 한국인, 세계, 사람, 워크숍, 참가자, 선호, 정치
34	해양, 강화, 사회, 변화, 해양환경, 대응, 국토, 예측, 환경, 과학기술, 추진, 확대, 증가, 전략, 연안, 에너지, 체계, 전망, 개선, 글로벌
35	레저, 마리나, 마리나항만, 시설, 해양, 구역, 선박, 관광, 조성, 예정, 요트, 체험, 개소, 여건, 계류, 현황, 권역, 수요, 어항, 일원
36	사회, 증가, 전략, 과학기술, 전망, 대응, 고령, 변화, 체계, 시나리오, 에너지, 발생, 시설, 혁신, 시장, 한국해양수산개발원, 관점, 중국, 사고, 예측
37	항만, 사회, 변화, 강화, 대응, 시설, 에너지, 증가, 과학기술, 환경, 체계, 추진, 어촌, 발생, 전략, 해양, 어항, 시나리오, 안전, 한국
38	사회, 한국해양수산개발원, 과학기술, 변화, 예측, 전략, 비전, 위험, 실현, 증가, 시나리오, 의료, 선호, 방법론, 전력, 에너지, 발전, 한국, 가치, 환경
39	추진, 용지, 시설, 어항, 항만, 체계, 해양, 전략, 강화, 대응, 환경, 준공, 변화, 확대, 발생, 연안, 안전, 사회, 매립, 과제
40	추진, 사회, 대응, 변화, 체계, 도시, 해양, 환경, 선원, 강화, 예측, 전략, 증가, 과학기술, 발생, 항만, 전망, 확대, 시설, 연계
41	해양, 사회, 추진, 체계, 강화, 시설, 안전, 선박, 증가, 에너지, 전략, 과학기술, 사고, 확대, 대응, 국제, 환경, 한국, 해양생태계, 보호
42	국토, 전략, 사회, 체계, 변화, 증가, 추진, 시설, 예측, 항만, 강화, 과학기술, 선박, 전망, 에너지, 고령, 수요, 확대, 연안, 환경
43	항만, 발생, 피해, 재난, 파급, 사고, 대응, 안전, 사례, 공급, 사회, 시설, 지장, 체계, 지진, 해양, 감소, 매뉴얼, 사건, 위험
44	과업, 갯벌, 보안, 발주, 용역, 복원, 이행, 성과물, 행자, 시행, 지정, 추진, 제출, 수행자, 지시서, 조치, 보전, 작성, 제반, 구역
45	한국해양수산개발원, 저작물, 저작권, 과학기술정책연구원, 사회, 파급, 발행, 시나리오, 저작자, 누리미디어, 보증, 무단, 위반, 차원, 복제, 한국, 전송, 구독, 구매자, 소속
46	수산물, 유통, 추진, 산지, 위판장, 수급, 위생, 시장, 시설, 가격, 소비지, 냉장, 안정, 전국, 온유, 개소, 도매, 전통, 냉동, 어상자

토픽 ID	토픽 키워드
47	도시, 실현, 국토, 예측, 도시권, 변화, 공간, 농촌, 수도권, 전망, 증가, 대도시권, 활성, 사례, 발전, 주택, 발달, 대도시, 주변, 호남
48	선박, 여객선, 연안, 건조, 항로, 추진, 선사, 현대, 운항, 운송, 해상, 해운, 여객, 확보, 운임, 체계, 시장, 도입, 수요, 강화
49	추진, 강화, 해양, 체계, 안전, 사회, 확대, 증가, 연안, 항만, 선박, 대응, 시설, 발생, 사고, 국토, 국제, 예측, 어업, 환경
50	해양, 목표, 해양산업, 강화, 전략, 국제, 혁신, 발전, 어업, 보호, 조치, 협력, 안보, 추진, 영국, 촉진, 선박, 건설, 달성, 해운

2) 국문 논문

토픽 ID	토픽 키워드
1	신호, 바다, 변화, 건조, 중량, 가치, 완도, 패널, 해삼, 체인, 측위, 한국, 벌크화물, 수신, 포화, 수신기, 신국, 해양학, 양식, 안테나
2	해운, 한국, 조선, 전략, 중국, 시장, 경쟁력, 일본, 선박, 강화, 글로벌, 추진, 세계, 회사, 선박금융, 설립, 투자, 해양, 해외, 선사
3	물품, 강도, 통관, 신고, 보강, 부재, 수입, 식생, 해외직구, 절차, 용접, 발생, 재료, 항복, 복어, 관세, 전자, 안전, 제도, 전선
4	수출, 운송업, 수상, 부가가치, 증가, 변화, 세계, 한국, 투입, 비중, 계수, 수요, 수입, 도선, 도선사, 경쟁력, 유발, 무역, 연관, 국제
5	음향, 해역, 대장균, 크릴, 주파수, 변계, 밀도, 카메라, 아연, 양식, 배, 오염, 연안, 위자, 유기, 산란, 파이프, 보름달, 시료, 에코
6	선박, 사고, 충돌, 안전, 발생, 위험, 거리, 관제, 해양, 속력, 설치, 예방, 경보, 운항, 벌칙, 정비, 소형, 정박, 근접, 관제사
7	유발, 계수, 기니, 해적, 지표, 소매업, 쇼핑, 행위, 자산, 포자, 업태, 종합, 점포, 해사, 증가, 흐름, 증대, 부채, 판매, 파급
8	항로, 위험, 표지, 선박, 사고, 발생, 복원성, 소멸, 선회, 설치, 위험도, 운항, 항해, 항목, 지수, 시뮬레이션, 기능, 위험성, 어촌, 사회
9	패류, 상어, 독소, 바다, 그룹, 해역, 동해, 부화, 용승, 배, 잡종, 마비, 수정, 해양, 심폐소생술, 연안, 태평양, 검출, 발생, 구명뗏목
10	연안, 물류, 여객선, 내륙, 운송, 여객, 어묵, 항만, 한국, 훈춘, 운항, 항로, 중국, 화물, 발전, 수송, 제주, 활성, 국제, 대안
11	장비, 해양, 시설, 분류군, 해양산업, 체계, 관측, 서산, 베트남, 환경, 제조업, 산업 클러스터, 표준, 대산, 장치, 잡음, 시험, 제안, 발생, 분리

토픽 ID	토픽 키워드
12	기업, 수산, 항만배후단지, 자산, 입주, 단지, 성과, 배후, 무형, 중소기업, 우수, 산출, 매출액, 부가가치, 창출, 군집, 물동량, 이익, 시설, 투입
13	해양치유, 해양, 치유, 연육, 항공, 유황, 스낵, 연료, 위그선, 시설, 항목, 혼합, 공항, 단지, 성공, 환경, 해양관광, 활성, 스택, 동남권
14	수산물, 외식, 소비, 추구, 요리, 라이프, 스타일, 생선, 시장, 연령, 건강, 초밥, 새우, 순위, 희소성, 횟집, 참치, 입자, 검정, 지출
15	양식, 선별, 생존, 생산량, 사료, 변동, 어류, 의사, 시설, 개체, 무게, 성장률, 면적, 예선, 어장, 중량, 발생, 치어, 환경, 이익
16	지느러미, 블록체인, 어류, 혁신, 꼬리, 저항, 개체, 채집, 자치, 배, 흑색, 소포, 형질, 모양, 전장, 도입, 동정, 가슴, 표본, 계수
17	수온, 목포항, 활성, 변화, 정점, 상승, 변동, 주기, 연계, 기온, 환경, 동해, 중유, 열량, 영역, 확대, 증가, 하강, 해양, 연안
18	농도, 실험, 물질, 변화, 시료, 증가, 노출, 영양, 회수, 감소, 독성, 질소, 반응, 시험, 화학, 생물, 제거, 산소, 탄소, 표준
19	어촌계, 어촌, 수산물, 어장, 어업, 블록체인, 유형, 수산, 위생, 품질, 고등어, 콜드체인, 준수, 원칙, 경매, 시설, 수산업, 일대일로, 어획물, 시장
20	해양, 시추, 섬, 해저, 경계, 보험자, 약관, 획정, 담보, 위험, 탐사, 국제, 발생, 수역, 독도, 사건, 운전, 주장, 손해, 피보험자
21	해석, 운동, 성능, 에너지, 계수, 장치, 실험, 수치, 속도, 변화, 발생, 유체, 구조물, 파력발전, 유동, 형상, 시험, 회전, 입사, 영역
22	해역, 수온, 동해, 표층, 연안, 수심, 관측, 조류, 변동, 변화, 염분, 해류, 플랑크톤, 발생, 식물, 출현, 저층, 계절, 밀도, 해양
23	유통, 기업, 청각, 식품, 인증, 오프라인, 신선, 규소, 노르웨이, 하구, 변화, 성변화, 두부, 중국, 미국, 해양에너지, 코로나, 생산성, 의사, 매장
24	첨가, 생물, 부착, 분말, 선체, 발효, 다시마, 주파수, 증가, 양갱, 오손, 음향, 부레, 신호, 외래, 유입, 된장, 실험, 응답, 패턴
25	시장, 관광, 수입, 항공, 관광객, 냉동, 체험, 항공사, 유형, 섬, 고객, 항균제, 지리, 상품, 경쟁, 무역, 내항, 마케팅, 선택, 키워드
26	수산, 일본, 등급, 인권, 인신매매, 명란, 사이버, 보안, 축제, 방지, 무성, 농상, 수산물, 보호, 전습소, 침해, 정상, 편찬, 의정서, 울산고래축제
27	터미널, 여객, 연안, 경로, 피난, 충돌, 국제, 부산항, 투입, 회피, 이용객, 예측, 수입, 발생, 컨테이너 터미널, 증대, 항만, 선박, 인력, 선사
28	생산성, 명태, 변화, 감소, 산출, 투입, 증가, 법인, 업종, 염분, 기업, 지수, 매출액, 요율, 발생, 어업, 이익, 연도, 인건비, 도매
29	가치, 조성, 편익, 지불, 대게, 금액, 바다숲, 의사, 어업, 서식, 산란, 수산자원, 선택, 응답, 생태계, 연간, 보호, 생태, 응답자, 시장

토픽 ID	토픽 키워드
30	물동량, 화물, 중국, 운송, 항만, 컨테이너, 환적, 전자, 수출입, 수출, 상거래, 물량, 부산항, 수입, 증가, 한국, TEU, 해상, 물류, 양성
31	울릉도, 선원, 선박, 내항, 근로, 상선, 정규, 비정규직, 근로자, 일본인, 안테나, 일본, 소형, 사회, 용어, 울릉군, 제도, 수급, 안정, 해운
32	관측, 해양, 풍속, 태풍, 유의파고, 바람, 위성, 예측, 기상, 부이, 리스크, 파고, 어도, 발생, 기지, 재현, 기법, 조석, 계수, 변화
33	가격, 변동, 시장, 검정, 비대칭, 산지, 변화, 도매, 수산물, 넙치, 유통, 도매가격, 원유, 충격, 제주, 전이, 시차, 안정, 증가, 하락
34	어업, 수산자원, 어선, 선원, 수협, 금액, 지급, 통발어업, 임금, 대형, 수준기, 분배, 선급금, 꽃게, 조업, 어구, 경비, 인건비, 감소, 수단
35	선박, 충돌, 통항, 항법, 어로, 안전, 행위, 교통, 종사, 횡단, 해양, 해사안전, 사고, 방해, 발생, 항행, 해상, 사건, 과실, 국제
36	항만, 물류, 스마트, 부산항, 한국, 컨테이너, 네트워크, 부두, 전략, 선박, 인천항, 시설, 해운, 항로, 물동량, 연계, 환경, 추진, 연결, 터미널
37	무역, 국제, 운송, 수출, 화물, 원산지, 협정, 체결, 한국, 운임, 관세, 참치, 포트폴리오, 교역, 감염병, 상대국, 지수, 증가, 거리, 항공
38	배, 유전자, 발현, 전복, 여객선, 연안, 고수, 안전, 발생, 여객, 임금, 그룹, 자극, 유전, H2, 유도, 증가, 췌장, 안정, 세월호
39	사고, 해양, 선박, 오염, 방제, 발생, 사건, 지방, 해사, 자치, 해양환경, 단체, 법률, 구역, 미국, 관할, 협약, 행정, 배치, 관할권
40	운송, 약관, 해상, 화물, 선하증권, 미국, 해상풍력, 준거, 국제, 중국, 철도, 철강, 단지, 해석, 법리, 한국, 명시, 이면, 송인, 지정
41	퇴적물, 농도, 해역, 오염, 정점, 수질, 중금속, 환경, 연안, 유입, 표층, 금속, 하구, 유기물, 입자, 해양환경, 변화, 시료, 물질, 증가
42	선박, 운항, 자율운항선박, 선원, 국제, 자율, 협약, 원격, 선장, 해상, 안전, 해사, 해양, 한국, 발생, 등급, 육상, 승선, 무인, 상조
43	어업, 어선, 추진, 조선, 얼음, 어족, 개선, 연근, 빙고, 빙장, 구조조정, 수산물, 도입, 보호, 수산, 목표, 감소, 체계, 증가, 운반
44	선박, 안전, 선원, 승선, 제도, 면허, 검사, 사고, 근로, 소유자, 보건, 해양, 자격, 선장, 개선, 감독, 공인, 시행, 해사안전, 직원
45	정점, 출현, 하구, 군집, 서식, 환경, 동물, 밀도, 해역, 금강, 계절, 공간, 분류군, 변화, 생태계, 우점, 모니터링, 함량, 대형, 우점종
46	운송, 마일, 화물, 라스트, 인도, 네트워크, 역내, 창고, 아시아, 항생제, 보세, 수단, 선하증권, 물류, 송인, 해상, 연결, 장치, 유입, 마리나항만
47	선원, 임금, 협약, 보장, 어선, 채권, 보호, 지급, 선박, 제도, 기금, 이행, 보상, 소유자, 국제, 법률, 근로, 당사국, 회원국, 위원회

토픽 ID	토픽 키워드
48	생물, 감염, 어류, 먹이, 개체, 발생, 분리, 적조, 질병, 세포, 배양, 양식, 채집, 출현, 검출, 섭식, 배지, 세균, 내성, 바이러스
49	부화, 수정란, 파장, 배양, 생장, 밀도, 공급, 먹이, 수정, 수조, 특허, 붉바리, 수온, 초기, 수송, 속도, 출원, 영양, 강화, 흡수
50	선박, 제도, 세제, 학습, 한국, 해운, 조세, 선원, 혜택, 선사, 거품, 등록, 거래, 프랑스, 일본, 국제, 평생, 투자자, 도입, 아일랜드
51	어선, 연안, 어업, 시행, 마력, 연안어업, 생산량, 증가, 어획노력, 균형, 감소, 어획, 함수, 복합, 수산자원, 유무, 자망어업, 경로, 투입, 계수
52	프레임, 관광, 갈등, 인식, 활성, 특구, 동위, 크루즈, 리버, 수영강, 메탄, 농산물, 품질, 주민, 원소, 이해관계자, 주문, 비브리오, 해운대, 인터뷰
53	크루즈, 부산, 부가가치, 항만, 관광, 운송, 대산, 물류, 변이, 한국, 기항지, 계수, 경쟁력, 어촌, 어항, 할당, 해양산업, 공급, 인천, 유발
54	산란, 성숙, 개체, 생식, 암컷, 어획, 변화, 산란기, 감소, 전장, 수컷, 출현, 증가, 중량, 어획량, 난소, 체중, 환경, 서식, 물류센터
55	만족도, 속성, 가공, 선택, 수산, 수산물, 식품, 품질, 인증, 점수, 구매, 위생, 안전, 만족, 완전, 가공식품, 포장, 가격, 선도, 범주
56	실험, 사료, 공급, 사육, 넙치, 어류, 어분, 단백질, 양식, 생존, 첨가, 대체, 증가, 함량, 수조, 수온, 혈액, 소화, 원료, 식물
57	운송, 상법, 선박, 개정, 협약, 원칙, 공동, 국제, 인정, 해석, 해상, 조항, 선주, 사건, 발생, 일본, 화물, 손해, 배제, 인류
58	패류, 패총, 지표, 양식, 수산자원, 부산, 조개, 환경, 시설, 어업, 소득, 고둥, 어류, 품종, 과제, 발굴, 수산, 전문가, 가리비, 해안
59	함량, 활성, 시료, 김, 첨가, 추출물, 추출, 식품, 수분, 농도, 세포, 세균, 분리, 증가, 배양, 항산, 성분, 효소, 실험, 저장
60	항만, 광양항, 클러스터, 군집, 컨테이너, 평택, 부두, 물류, 시설, 계층, 한국, 증가, 연결, 혼합, 강원, 경쟁력, 화물, 인천항, 컨테이너 터미널, 부산항
61	선박, 선사, 해운, 항로, 검사, 선급, 대응, 시장, 운항, 한국, 협약, 컨테이너, 국적, 유황, 환경, 운송, 아시아, 연료, 화주, 협력
62	해양, 중국, 선박, 선박금융, 영역, 해운, 군사, 남중국해, 공간, 한국, 사례, 수역, 재개, 국제, 공급, 영해, 은행, 인도네시아, 국의, 제도
63	기업, 물류, 성과, 해운, 고객, 신뢰, 전략, 공급사슬, 환경, 혁신, 플랫폼, 공유, 한국, 보안, 재무, 화물, 화주, 영업, 항만, 실증
64	갈등, 거머리말, 생장, 주민, 광량, 바다, 육지, 군락, 이식, 새우말, 학술지, 장소, 연안, 생산성, 수온, 자연, 해안, 생육, 증가, 인간
65	패널, 미국, 조치, 수산업협동조합, 수입, 지구, 업종, 피치, 수산물, 해양, 금지, 확률, 증가, 보호, 포유류, 다랑어, 블레이드, 가변, 역외, 어업

토픽 ID	토픽 키워드
66	용선, 선박, 등부표, 소유자, 연료, 다이빙, 레저, 약관, 안전, 정기용선, 계약서, 서식, 발생, 지급, 표준, 사고, 인도, 명시, 조항, 접촉
67	어업, 어업권, 어촌계, 분배, 보상금, 어선, 면허, 결의, 조업, 보상, 손실보상, 수산업, 어구, 오징어, 소멸, 권리, 어장, 양식, 비용함수, 조합
68	피해, 양식, 발생, 보조, 민간, 어업, 건설, 자연재해, 공사, 증가, 정밀, 사업자, 수산물, 수산, 보조금, 친환경, 사업비, 지자체, 질병, 천장
69	어업, 이익, 유역, 회수, 유출, 작업, 기름, 존유, 자본, 감소, 분산, 어업권, 생산자, 유처리제, 하천, 어선, 영업, 가격, 증가, 침몰
70	변환, 제어, 수산업, 전압, 전력, 전류, 넙치, 입력, 갯장어, 조선, 장치, 연령, 풍속, 수산, 제안, 스위칭, 파력발전, 변화, 출력, 벡터
71	관광, 수산, 해양, 부산, 관광지, 관광객, 만족도, 중국, 일수, 투여, 출어, 해양관광, 방문, 어업, 수익, 체험, 의사, 이직, 어구, 선원
72	증서, 고래, 전자, 혼획, 국제, 유통, 발급, 포획, 검사, 포경, 조제, 고시, 북방, 불법, 선박, 상괭이, 추적, 시행, 보안, 승인
73	선박, 화물, 운항, 안전, 적재, 컨테이너, 해상, 통항, 연안, 차량, 출항, 선체, 운송, 교통, 여객선, 항만, 개선, 대형, 항해, 총톤수
74	낚시, 소비, 해양, 협의, 무역, 역이용, 환경, 문화, 제도, 창업, 증가, 환경영향평가, 레크리에이션, 개선, 전문, 여가, 고등어, 수출, 중소기업, 항목
75	연어, 광어, 그룹, 소비, 여성, 남성, 윤리, 이미지, 면접, 음식, 브랜드, 인공지능, 표적, 인식, 가치, 시장, 어종, 응답, 주행, 응답자
76	해운, 지수, 운임, 예측, 변동, 시장, 변화, 검정, 위기, 경기, 장기, 회귀, 선박, 수요, 적분, 유가, 추세, 설명, 선복량, 지표
77	선박, 배출, 연료, 부하, 장치, 발생, 엔진, 증가, 오염물질, 동형, 물질, 추진, 채집, 배출량, 온도, 실험, 출력, 압력, 배기가스, 감소
78	LNG, 소용돌이, 운반선, 선박, 난수, 연료, 가스, 증가, 공정, 저항, 회수, 벙커링, 공급, 발생, 울릉, 수소, 부가, 압력, 고도계, 예인
79	해양, 환경, 갯벌, 해양생태계, 수송, 중국, 국민, 생태계, 해양환경, 보전, 변화, 건강증진, 전략, 유입, 발전, 의식, 건강, 사회, 영역, 투자
80	어촌계, 전략, 진술, 기구, 유형, 수용, 계원, 표본, 가중치, 항목, 추진, 과제, 의견, 설문, 체선, 실행, 텍스트, 관성, 우선순위, 수입
81	어업, 조업, 어획, 연안, 수역, 협력, 공해, 보존, 일본, 협정, 조치, 어족, 전략, 한국, 이익, 국제, 수산, 중국, 위원회, 어획량
82	승선, 임시, 해석, 선박, 화물, 일본인, 안전, 해양, 일본, 차량, 울릉도, 운송, 의료, 수산업, 부산, 여객, 여객선, 화물선, 시행, 도움
83	인권, 소음, 선원, 노동, 압력, 고령, 공동, 유동, 선박, 국제, 상선, 증가, 날개, 기법, 보호, 음향, 격자, 공급, 발생, 해양

토픽 ID	토픽 키워드
84	김, 업체, 수출, 가공, 기능, 물류, 콜드체인, 유통, 투입, 수입, 냉장, 증가, 가격, 시설, 능력, 공급, 보관, 수제, 냉동, 연식
85	해양, 기능, 헌법, 가치, 관할권, 바다숲, 어촌, 수산업, 공익, 영해, 언급, 영토, 생태계, 수역, 법률, 연안, 배타, 대륙붕, 바다, 아시아
86	편익, 조성, 산란, 주꾸미, 어업, 서식, 낚시, 축제, 태안군, 연간, 해조류, 기대, 어선, 산호, 부산물, 전복, 어촌, 생태, 해양, 보전
87	시험, 조석, 관측, 다슬기, 예측, 간극, 발달, 조위, 해양, 분조, 골격, 노즐, 연속, 여학생, 산출, 입력, 부화, 교환, 생산량, 화분
88	선원, 외국인, 복지, 승선, 선박, 직업, 문화, 근무, 개선, 인식, 상선, 제도, 한국, 설문, 직무, 추진, 사회, 부원, 외항, 국적
89	역량, 해상, 특수, 협력, 승선, 해도, 공급사슬, 보안, 능력, 향상, 선박, 경비, 해사, 항해, 내부, 해적, 문항, 그룹, 업체, 침몰
90	함량, 조미, 제조, 김, 식품, 성분, 단백질, 아미노산, 수분, 원료, 시료, 첨가, 관능, 건조, 시판, 기호, 가공, 어류, 한편, 질소
91	해조류, 김, 베트남, 소비, 체험, 시장, 간장, 조미, 한국, 어촌, 미역, 김밥, 건강, 식품, 소득, 요리, 경험, 여성, 구매, 태국
92	관광, 고래, 환경, 생태, 울산, 문화, 전문가, 활성, 화염, 공공, 주민, 봉사, 장생포, 영역, 하위, 시설, 공무원, 해양경찰, 지표, 변인
93	안전, 자극, 용선, 제거, 담보, 전기, 선주, 사건, 먹이, 유집, 정상, 선체, 정기용선, 유탕, 본선, 사실, 영국, 발생, 항이, 항소
94	컨테이너, 작업, 터미널, 장비, 장치, 크레인, 취급, 자동화, 야드, 선사, 선박, 이송, 발생, 인출, 하역, 교착, 기대, 베이, 안전, 시뮬레이션
95	북한, 협력, 수산, 어업, 양식, 남북, 추진, 수산업, 대게, 프로젝트, 일본, 가공, 어선, 수산물, 동해, 남한, 선호, 남북한, 발전, 대북
96	훈련, 위험물, 대응, 사고, 안전, 파급, 물질, 유발, 어촌뉴딜300, 비상, 계수, 인적, 액체, 항목, 개선, 해양, 위험, 장비, 투입, 연관
97	안전, 수산물, 원자력, 연안, 시설, 식품, 방재, 사고, 오염, 법령, 도시, 발생, 법률, 검출, 피해, 법제, 방사능, 국민, 일본, 위험
98	학습, 어초, 오류, 통조림, 피조개, 사고, 검출, 화재, 해양, 실험, 이미지, 확률, 예측, 소스, 조미가공품, 시험, 식별, 확산, 인공어초, 영상
99	북극, 접안, 조석, 계류, 변화, 해상풍력, 하구, 부두, 선박, 발전단지, 증가, 북극항로, 환경, 감소, 거버넌스, 안전, 계선주, 수심, 구역, 영국
100	폐기물, 해양, 발생, 무역, 오염, 국제, 순환, 불확실성, 쓰레기, 의존, 배출, 물질, 환경, 재활용, 연도, 환경오염, 해양환경, 관리법, 모수, 미국

3) 영문 논문

토픽 ID	토픽 키워드
1	credit, payment, scheme, bank, tax, transaction, trading, equilibrium, pattern, revenue, bankruptcy, welfare, incentive, constraint, property, money, finance, transfer, pay, default
2	licence, pca, satisfies, loading, hafezalkotob, concavity, efa, bunker, rotation, mmo, dockless, emh, money, resellers, cfpr, makui, mining, wsud, principal, varimax
3	ice, arctic, nsr, scr, speed, norway, shipping, vessel, hfo, northern, tanker, transit, russia, navigation, polar, barents, fee, fuel, icebreaker, water
4	phytoplankton, bloom, nutrient, nitrogen, algae, cell, diatom, biomass, plankton, chlorophyll, eutrophication, phosphorus, tide, din, temperature, change, yellow, concentration, ulva, mol
5	haul, parcel, usd, rmp, suzuki, caregiver, ofdi, slc, rub, condensate, conflict, krw, nagoya, fuelcost, manatee, falck, hsc, ccfi, jik, porgy
6	region, impact, food, population, estimation, land, demand, province, gdp, increase, grain, change, household, silo, transport, distribution, generation, construction, density, encroachment
7	temperature, treatment, water, experiment, control, effect, test, salinity, seawater, larva, exposure, change, increase, density, organism, oxygen, interaction, tank, stress, measurement
8	diffusion, hospital, ict, device, patient, phone, healthcare, mobile, logic, change, bass, communication, forecasting, performativity, network, icts, adoption, doctor, telecommunication, provider
9	resource, effect, network, partner, change, interaction, creation, industry, trust, control, employee, environment, success, outcome, exchange, impact, organ, partnership, attention, focus
10	abundance, diversity, composition, taxon, isotope, food, trait, richness, change, ecosystem, pattern, site, matter, differences, isotopic, polychaete, permanova, test, ecology, similarity
11	river, site, bay, estuary, water, lagoon, salinity, wetland, soil, estuarine, harbor, freshwater, land, marsh, catchment, yangtze, load, coastal, yellow, south
12	airport, air, airline, delay, flight, passenger, aircraft, aviation, departure, entry, schedule, carrier, frequency, flight, congestion, demand, , fare, crew, revenue
13	integration, merger, variability, bullwhip, effect, lead, agent, throughput,

토픽 ID	토픽 키워드
	simulation, disney, lws, symmetry, impact, rival, place, airfare, token, discount, charge, metric
14	reef, ecosystem, island, habitat, conservation, site, australia, mpas, impact, biodiversity, ocean, region, change, reserve, protection, conserve, population, coast, cover, pacific
15	industry, export, worker, employment, import, labor, manufacturing, certification, labour, wage, norway, volume, equipment, processing, tariff, impact, producer, employee, association, output
16	occupation, ssim, ism, nns, tmc, diusivity, sap, specialist, task, talent, bonin, duque, substitution, complex, highly, philosophy, decoder, dengler, competitiveness, encoder
17	health, safety, covid, disease, home, care, risk, cdc, outbreak, virus, pandemic, prevention, mask, coronavirus, worker, infection, fatality, face, medicine, emergency
18	material, surface, chemical, polymer, water, extraction, polyethylene, wastewater, sorption, spectrum, environment, property, residue, removal, degradation, laboratory, air, separation, pet, digestion
19	forecast, volatility, spot, error, test, demand, series, shock, option, transportation, copula, distribution, forecasting, statistic, dependence, trading, note, bulk, rmse, mape
20	subsidy, mode, intervention, welfare, disclosure, material, monopoly, stability, enterprise, region, priority, benefit, adjustment, cohen, benefit, ernment, expenditure, maker, intensity, renegotiation
21	bangladesh, sarkar, mda, hilsa, chakraborty, buitrago, welsh, bengal, matte, incheon, hossain, desiccation, emf, ddf, ulsan, pcp, jeju, etm, flms, gpt
22	sarima, svr, forecasting, series, arima, noise, numerator, white, forecast, traffic, turnover, ruiz, decomposition, international, denominator, vector, volume, accuracy, pattern, industry
23	subsidiary, crp, unemployment, parent, headquarters, inflation, mnc, gdp, ccr, spf, cvm, mncs, ambo, recession, euribor, attention, buoyant, tallman, clements, conformance
24	analytics, big, maturity, cloud, ghana, visualisation, vrps, resource, generation, adoption, source, segment, infrastructure, inf, bene, ability, compute, nem, assimilation, satisfies
25	supply, logistics, transportation, manage, inventory, transport, logist, food, distribution, operat, manufacturing, traceability, impact, procurement, tariff, material, tier, requirement, control, delivery

토픽 ID	토픽 키워드
26	venture, startup, incubator, start, ups, spin, ecosystem, incubation, tenant, guerrero, wsf, specialization, entrepreneurial, accelerator, entrepreneur, entrepreneurship, ventur, decreto, proximity, mbc
27	farm, farmer, food, resistance, dairy, feed, tsa, agriculture, trader, cooperative, animal, waste, welfare, productivity, street, arr, crop, producer, fcfs, disease
28	diversifcation, portfolio, bitcoin, ppm, currency, gold, cryptocurrencies, asset, fsi, markowitz, sebastiao, bear, cryptocurrency, petrobras, bibri, leirvik, gsci, weg, uhi, junttila
29	change, climate, impact, adaptation, vulnerability, effect, acidification, lock, option, budget, surge, increase, szeto, ipcc, prolifera, clim, risk, global, temperature, segment
30	fish, population, river, eel, egg, migration, bass, atlantic, mortality, adult, effect, habitat, ecology, biology, stream, juvenile, spawn, freshwater, trout, water
31	ebfm, courier, jabali, bim, erdoan, marxan, spline, zambrano, totalcost, doce, explicitness, fdt, wendt, compensation, entreprise, cruijssen, landward, blm, theproblem, hippurus
32	plastic, beach, litter, debris, pollution, pollute, environment, waste, abundance, density, ocean, coast, source, fragment, island, micro, accumulation, pellet, bag, distribution
33	mgp, marketshare, developer, equalto, bvarsv, rom, vasi, santaloandbecerra, santalo, houanda, sappstore, telang, totalwithin, brandnotoriety, googleplay, becerra, categoryhhi, categorymarket, ifany, ghoseandhan
34	csr, ingestion, collaboration, ability, intensity, responsibility, eriksen, lebreton, gut, influences, detection, cleanup, violation, region, dbp, nylon, terephthalate, siegler, phthalate, cause
35	shark, mexico, conservation, tsm, galapagos, elasmobranch, ecotourism, cortes, california, atlantic, sex, meat, baja, ocean, dogsh, carcharhinus, gmr, skate, south, blue
36	robot, drone, mission, speed, robotics, amazon, automation, altitude, ground, plaque, revolution, blablacar, launch, battery, wfp, schwab, contactless, news, fourth, forbes
37	mussel, oyster, shell, bivalve, clam, mytilus, crassostrea, gigas, toxin, mollusc, food, aquaculture, edulis, scallop, tissue, gastropod, shellfish, alexandrium, cockle, stw
38	plant, baltic, root, mcd, finland, salt, leaf, iron, middle, desalination, sweden, poland, munition, helsinki, ijl, cflp, bdi, stem, gdansk, weapon

토픽 ID	토픽 키워드
39	mediterranean, spain, european, italy, coast, adriatic, directive, impact, portugal, region, europe, atlantic, greece, pressure, nep, union, ireland, environment, commission, colombia
40	predator, bird, prey, seabird, diet, stomach, juvenile, adult, breeding, forage, predation, nest, interaction, island, gull, food, feed, penguin, ecology, north
41	japan, korea, tokyo, south, tsunami, fukushima, busan, ministry, pacific, north, earthquake, osaka, prefecture, watanabe, kobe, japanese, tohoku, jpn, nakamura, miyagi
42	disruption, resilience, risk, facility, failure, congestion, protection, robustness, attack, supply, inventory, recovery, configuration, backup, impact, dro, shortage, situation, mitigation, attacker
43	liberation, tigris, euphrates, medicorobots, cafaro, getz, pomfret, kopnina, overpopulation, forcasting, yenandt, lalao, ramboarison, nycyk, engelman, gannouni, nfwo, teststat, favi, pilgrimage
44	oil, spill, accident, gas, petroleum, hydrocarbon, deepwater, crude, horizon, roughness, incident, dispatcher, risk, surface, pollution, mexico, wind, injury, weather, water
45	transition, regime, mobility, change, pathway, forecasting, roadmap, experiment, experimentation, car, forecast, landscape, mlp, cybersecurity, network, netherlands, cutting, incumbent, cyber, lab
46	road, region, transport, infrastructure, maritime, europe, railway, construction, speed, corridor, network, rail, belt, connectivity, initiative, singapore, cluster, msr, centrality, impact
47	premium, guarantee, neg, anfis, volume, smb, kctf, tacc, positive, meza, feps, bwe, chatterjee, robust, hvz, sen, acc, charnes, verma, buckman
48	mkt, soe, smei, immigration, stimulus, dialecticism, vech, hout, mspe, awardees, nisbett, demarkers, belitski, buccheriandf, orac, falahat, frg, abosag, rodgers, boucher
49	patent, droplet, change, network, forecasting, centrality, inventor, evolution, convergence, invention, forecast, publication, tpt, document, pii, industry, tech, emulsion, engineering, tda
50	aquaculture, food, fish, seafood, tuna, turtle, shrimp, fao, atlantic, fishery, ocean, msc, impact, coast, lobster, seamount, animal, feed, pacific, demersal
51	vessel, boat, noise, permit, owner, sound, observer, pilot, whale, source, frequency, quota, impact, detection, alaska, mammal, grid, mitigation, itq, pollution

토픽 ID	토픽 키워드
52	effect, buyer, store, sale, concern, manage, revenue, fairness, advantage, impact, firm, marketing, purchase, peer, competitor, environment, entry, advertising, allocation, ofine
53	chile, hawaii, chilean, peru, ecuador, glass, universidad, gtx, maui, expansion, typhoon, lagos, los, sdm, internationalization, episode, voter, correa, castilla, facultad
54	risk, platform, blockchain, contract, wholesaler, averse, aversion, industry, covar, remanufacturing, transaction, impact, manage, tier, coefficient, luxury, coordination, utility, attitude, asian
55	crime, accessibility, audit, pioneer, auditor, liaodong, police, walkability, dyke, pedestrian, multimarket, mover, compactness, entry, ewing, sprawl, ldw, lieberman, arakawa, fraud
56	investor, effect, asset, ownership, industry, shipping, finance, test, announcement, control, leverage, shareholder, dummy, column, debt, drobetz, firm, liquidity, financial, threat
57	vehicle, travel, station, train, transport, demand, passenger, transportation, transit, car, mode, taxi, road, driver, stop, highway, equilibrium, ride, congestion, pattern
58	entropy, efsa, csp, eigenfactor, saltmarsh, osa, fyp, ngd, fyps, cda, menkes, cpc, jif, nef, gmos, gmo, fairclough, alf, theil, tropy
59	contract, fee, operator, welfare, proposition, bot, revenue, concession, duration, requirement, surplus, finance, reward, regime, operators, proof, fund, deregulation, operate, demand
60	change, barrier, challenge, participation, place, environment, concern, nature, public, communication, focus, perception, lack, outcome, theme, engagement, principle, interviewee, reason, position
61	brazil, wind, janeiro, universidade, federal, collision, turbine, bahia, grande, brasil, nacional, bra, neve, amazon, avoidance, soares, pereira, chick, ciencias, carvalho
62	network, transportation, hub, node, constraint, demand, path, link, facility, optimization, distribution, pair, allocation, assignment, bound, destination, formulation, penalty, integer, iteration
63	vehicle, delivery, constraint, window, depot, load, pickup, schedule, heuristic, gap, rout, request, tour, formulation, inventory, experiment, node, avg, bound, procedure
64	truck, platoon, link, road, fuel, trailer, commodity, county, platooning, trucking, pair, florida, save, formation, rest, edge, profitability, faroe, error, percentage

토픽 ID	토픽 키워드
65	oil, holguin, veras, tanker, pipeline, ballast, kuwait, charter, aframax, vlcc, beta, suezmax, arabian, layer, ryerson, qatar, ows, friction, waf, strait
66	water, surface, pollution, source, concentration, station, distribution, coast, depth, shelf, bay, region, environment, ocean, core, discharge, matter, column, layer, north
67	dab, mmse, shv, fkdlq, thevariance, exvlqhvv, virtanen, cegarra, buhlmann, mississauga, demetrescu, xsso, titova, frpshwlwlyh, wzr, nid, pdlqo, terasvirta, golosnoyanda, kauppiandt
68	wave, wwtp, acculturation, sludge, ascidian, pinna, cfc, menor, host, pillar, glyphosate, nourishment, rockfish, eba, sscs, huelva, bilbao, herbicide, pva, otaku
69	storage, warehouse, machine, batch, picker, pick, assignment, situation, effect, travel, turnover, retrieval, rack, tardiness, date, completion, earliness, block, integrate, poverty
70	seagrass, habitat, biomass, seaweed, site, density, abundance, meadow, zooplankton, restoration, ecosystem, copepod, disturbance, substrate, bed, algae, macroalgae, plant, kelp, prog
71	ddt, blood, liver, compound, pesticide, pop, drug, occurrence, health, antibiotic, congener, pharmaceutical, pollutants, muscle, dioxin, embryo, dehp, detection, mdl, plasma
72	attribute, preference, utility, insurance, valuation, willingness, hov, experiment, heterogeneity, replacement, sav, card, task, option, rule, heuristic, purchase, logit, abou, module
73	crisis, topic, twitter, stc, tweet, facebook, sentiment, word, news, communication, aparch, message, united, dataset, comment, mining, public, opinion, koza, relate
74	recovery, paint, geochem, spectroscopy, spectrometry, epr, srm, burnout, symmetric, barium, bioanal, kershaw, rac, spectro, voice, ceh, spectrum, noda, clavata, measurement
75	crab, antarctic, antarctica, radiation, crustacean, biome, gamma, callinectes, pagurus, carapace, setala, portunus, contreras, colonization, dose, andez, copycat, gonz, minutum, chilensis
76	energy, change, impact, fuel, gas, electricity, environment, environmental, generation, wind, infrastructure, european, resource, green, construction, industry, cycle, source, building, challenge
77	salmon, canada, whale, pcb, seal, cod, population, fish, california, mammal, north, atlantic, region, bioaccumulation, bay, alaska, affinity, ocean, dfo, columbia

토픽 ID	토픽 키워드
78	eam, yangzhou, chaparro, locker, corrigendum, inconvenience, klopp, accelerometer, qcrn, yrdc, yrdt, eau, rdx, prati, mchale, imu, irritation, hendriksen, rasanen, shackel
79	cell, gst, signal, buer, nanoparticles, chromatography, transporter, tio, perna, antioxidant, paes, receptor, iso, elimination, usa, nano, agent, change, sigma, prr
80	mine, tailing, force, pml, officers, captain, maru, rest, duck, heap, dearest, lpd, vmax, today, letter, morning, god, sailor, board, yokohama
81	black, geochemistry, germination, saudi, app, tpp, african, amenity, red, espirito, seed, arv, celis, film, tiller, act, coopetitors, burial, lcl, diaspora
82	sequence, atp, abundance, bacteria, colony, dna, diversity, genus, population, microbiology, pcr, spp, site, dit, bleaching, primer, pattern, tolerance, coli, resistance
83	logistics, transportation, transport, carrier, cargo, shipper, shipping, shipment, consolidation, container, express, hinterland, distribution, mode, volume, agent, selection, inland, seaport, delivery
84	cancellation, pvc, octopus, tnt, sps, vulgaris, nap, holmes, hemprichii, fleet, agent, lure, cephalopod, cancel, medrano, codex, afternoon, sternberg, tca, kirstein
85	cluster, feature, network, rfid, prediction, technique, machine, ieee, smart, accuracy, gps, simulation, conference, international, fulfllment, sensor, pattern, layer, error, record
86	concentration, metal, pollution, contamination, tissue, risk, pollute, mangrove, mercury, toxicology, contaminant, accumulation, health, organism, environment, soil, toxicity, chemical, copper, pollutants
87	inr, career, rca, auriol, holder, cfl, zellers, jpy, brl, taleb, yoy, melas, bullhead, kuhn, ribot, inegi, vwudwhjlf, frvwv, tartu, veryhigh
88	tourism, cruise, luxury, tourist, destination, urchin, passenger, tour, iata, itinerary, hotel, travel, industry, insecurity, cabin, impact, baggage, ewr, fageda, accommodation
89	disaster, relief, emergency, alliance, uavs, uav, evacuation, detection, resource, position, coopetition, demand, facility, rescue, procurement, earthquake, ambidexterity, exploration, path, ambiguity
90	expert, collection, output, waste, priority, selection, rank, fuzzy, hybrid, door, technique, population, workload, weee, maker, frontier, impact, procedure, rating, moghaddam
91	exposure, stress, protein, toxicity, acid, concentration, expression, water, compound, treatment, degradation, seawater, control, hydrocarbon, bacteria, test, organism, enzyme, biodegradation, chemical

토픽 ID	토픽 키워드
92	resource, ocean, convention, conservation, agreement, protection, nation, environment, security, united, international, marpol, act, authority, mining, water, woman, maritime, national, commission
93	emission, carbon, reduction, effect, environment, pollution, energy, adsorption, impact, intensity, gaci, change, gas, air, coefficient, lusher, contam, ghg, mtns, pollutants
94	change, forecasting, enterprise, collaboration, resource, industry, source, transfer, productivity, tech, novation, smes, oecd, economics, intensity, advantage, forecast, impact, ability, manufacturing
95	perception, attitude, adoption, intention, satisfaction, acceptance, trust, norm, benefit, influence, measurement, loyalty, sem, test, validity, pls, psychology, commerce, environment, hair
96	board, inspection, ceo, director, tmt, violator, meeting, enforcement, tenure, control, diversity, succession, compensation, spc, executive, fraud, hambrick, seeker, intensity, effect
97	fishery, fishing, catch, fisher, fish, vessel, gear, resource, shing, quota, fisherman, landing, harvest, trawl, bycatch, biomass, distribution, net, water, limit
98	manufacturer, demand, profit, supply, proposition, quantity, pricing, equilibrium, transportation, proof, impact, increase, contract, inventory, manage, option, effect, utility, theorem, lemma
99	ship, container, vessel, speed, shipping, fuel, maritime, terminal, tugboat, cargo, transportation, voyage, foot, liner, transport, impact, emission, drayage, repair, carrier
100	acquisition, auction, bid, coverage, deal, acquirer, provision, low, proof of proposition, divestiture, synergy, bidding, merger, bidder, establishment, analyst, similarity, relatedness, audience, seller

4) SNS(해양분야)

토픽 ID	토픽 키워드
1	성명서, 지원청, 의무화, 다양성, 방역수칙, 활주로, 입장문, 내용물, 법제화, 상시적, 방송사, 저장소, 온라인몰, 특성상, 수작업, 외교정책, 여행기, 유지관리, 주민자치위원장, 기술지원
2	의약품, 후원금, 벤치마킹, 공휴일, 협력방안, 휴대폰, 생활용품, 결정적, 기조강연, 재창조, 교통편, 재산피해, 해상사고, 물탱크, 대비책, 음악가, 가맹점주, 살수차, 소

토픽 ID	토픽 키워드
	비심리, 적립금
3	주변국, 차별화, 교통망, 최적지, 소생술, 응급처치, 응급환자, 취약지, 응급실, 전문의, 영상자료, 사망률, 중회의실, 돌솥밥, 협력업체, 상황대처, 잠복기, 치유식품, 창업기업, 기술지원
4	해안선, 경제적, 생물종, 가시화, 개별적, 전통문화, 서명운동, 국가기념일, 홍보대사, 제국주의, kaist, 고무적, 외교학, 연예인, 대중적, 집단행동, 활어차, 상황대처, 현장중심, 중회의실
5	잠재력, 접경지역, 총동원, 세계인, 일, 환경적, 작가, 섬의날, 예술가, 역사학자, 건축학, 국무총리상, 해상수색, 조명탄, 전자제품, 새터민, 항생물질, 기술지원, 유지관리, 주민자치위원장
6	관광자원, 중앙부처, 미생물, 관광산업, 학술대회, 화학물질, 안정성, 소비량, 적응력, 대사량, 해독작용, 치유식품, 기술지원, 현장중심, 창업기업, 상황대처, salt, 잠복기, 치사율, 집단행동
7	부표, 발생량, kimst, 장기화, 휴양지, 취약계층, 기상악화, 악천후, led, 올여름, 천연물, 여행자, 상관관계, 희토류, 창업기업, 치유식품, 승부수, 기술지원, 유지관리, salt
8	유전자, 연구팀, 군락지, 유전체, 치료제, 성어기, 환경변화, dna, 연관성, 악조건, 심혈관, 식물플랑크톤, 브로, 협력업체, 유지관리, 기술지원, 치유식품, 집단행동, 사후관리, 상황대처
9	특산품, 환경영향평가, 발생원, 교통수단, 생물체, 내실화, 지역상생, 생태체험, 관측망, 축제장, 집주인, 행정소송, 저지대, 상승률, 관측소, 관측지점별, 구성성분, 중회의실, 기술지원, 주민자치위원장
10	과학기술, 지부장, 단체, 원동력, 협의회장, 참가비, 보건복지부, 금지법, 토론자, 브리핑룸, 핵심과제, 사전등록, 발표자, 문제해결, 접수기간, 기술혁신, 방위적, 최첨단, 등록금, 등록자
11	대규모, 동반자, 사명감, 장병, 방향성, 사절단, 군사력, 요소, 단거리, 준비기간, 역대급, 중거리, 사진제공, 재진입, 치유식품, 승부수, 재평가, salt, 사고위험, 잠복기
12	재개발, 눈높이, 인명피해, 원스톱, 이동경로, 산업계, 재개발사업, 품격, 안전조치, 불안정, 정치인, 변동성, 박진감, 물폭탄, 폭염특보, 평화체제, 승부수, 창업기업, 중회의실, 잠복기
13	온난화, 이상기후, 영상관, 피항지, 최고기온, 활동지, 집단행동, 상황대처, 치유식품, 현장중심, 사실관계, 프로바이오틱스, 치사율, 경제상황, 재평가, 부자재, 유지관리, 잠복기, 치유식품, 승부수
14	천연기념물, 사무국장, 행사장, 여행지, 진정성, 수출규제, 청소기, 현장중심, 오렌지색, 중회의실, 사고위험, 잠복기, 치사율, 해독작용, 주민자치위원장, 부자재, 상황대처, salt, 집단행동, 협력업체
15	국무회의, 섬, 유적지, 수강생, 세계사, 희귀종, 국제법적, 북서부, 당사자, 다목적실,

토픽 ID	토픽 키워드
	플루, 쇠창살, salt, 중회의실, 상황대처, 치유식품, 승부수, 뇌혈관질환, 해독작용, 잠복기
16	업사이클링, 이산화탄소, 일회용품, 자연경관, 관광명소, 영향력, 학술, 형상화, 작품, 급부상, 대외적, 심사위원, 복원력, 대인관계, 주민자치위원장, 상황대처, 생산유발효과, 협력업체, 해양항노화, 활어차
17	해양생태계, 지구온난화, 양식업, 공직생활, 대륙붕, 보전연맹, 탐방로, 북동쪽, 공직선거법, 소독약, 보좌진, salt, 상황대처, 프로바이오틱스, 유지관리, 사고위험, 치유식품, 집단행동, 치사율, 해독작용
18	신성장동력, 체험존, 발열체크, 방역관리, 분포, 탐방객, 투숙객, 온도, 유지관리, 치유식품, 영상통화, 집단행동, 돌솥밥, 합주곡, 잠복기, 사고위험, 기술지원, 상황대처, 주민자치위원장, 재평가
19	특성화, 지역별, 전염병, 조사선, 탑승객, 수급자, 진료소, 미래상, 노약자, 기착지, 학자, 인프라, 탑승자, 도전장, 신진대사, 고고학자, 발생지, 인사이트, 치유식품, 사고위험
20	국토교통부, 계획서, 기념사진, 이해관계, 제막식, 시간당, 브랜드화, 이슈화, 양조장, 전통주, 제작자, 네티즌, 역사학, 민족주의, 네티즌, 생산유발효과, 기술지원, 집단행동, 치유식품, 현장중심
21	전문기관, 재탄생, 신뢰도, 신뢰성, 전투기, 경계선, 지정학, 해상경계, 국가관리연안항, 항속거리, 지정학적, 시외버스, 연합훈련, 군용기, 전성기, 해상경계선, 세종과학기, 주민자치위원장, 유지관리, 생산유발효과
22	경비함정, kriso, 정체성, 편의성, 다방면, 행정구역, 항생제, 순찰, 출동, 국제정세, 건설현장, 소셜네트워크서비스, 불매운동, 전화번호, 경제보복, 운동선수, 집단행동, 재평가, 치유식품, 치사율
23	kiost, 과학적, 산업화, 인공위성, 대기질, 데이터베이스, 연구비, 전시물, 자국민, 생활상, 성과물, 공급원, 쇄빙연구선, 독립적, 인포그래픽, 단각류, 강풍주의보, 유지관리, 주민자치위원장, 치유식품
24	여행객, 운항, 게시판, 가속화, 주거지, 일반인, 지도교수, 공학과, 주거시설, 굴착기, 덤프트럭, 박사학위, 신분증, 의기투합, 정보교환, 협력업체, 사고위험, 잠복기, 해독작용, 재평가
25	방문객, 입장료, 상상력, 체험프로그램, 계층, 계류장, 피해액, 기탁, 방문자, 관심사, 일정액, 모범사례, 사유지, 보금자리, 위문품, 여객기, 모집기간, 불이익, 수중드론, 전기료
26	구명조끼, 기부금, 생태관광, 방사선, 특수성, 결과적, 환영식, 민간인, 물리적, 문화공간, 꽃길, 거짓말, 월북자, 도시인, 현장중심, 집단행동, 해양항노화, 생산유발효과, 협력업체, 주민자치위원장
27	공모사업, 잠수사, 재조명, 웹툰, 운동가, 생존권, 해운사, 일환, 구독자, 독립운동가, 근육질, 활어차, 상황대처, 생산유발효과, 현역의원, 할인쿠폰, 협력업체, 주민자치위원장, 해양항노화, 중회의실

토픽 ID	토픽 키워드
28	당국자, 구축함, 구조단, 수의사, 전환점, 계도활동, 배, 구조활동, 생존자, 비공개, 국제법상, 진료, 소외감, 유지관리, 원격제어, 뇌혈관질환, 승부수, 자생력, 주민자치위원장, 기술지원
29	양식장, 단백질, 위험성, 지방정부, 경제수역, 사회관계망서비스, 상징성, 창립, 특별재난지역, 소극적, 관공서, 파도소리, 유의미, 깃발, 단일팀, 농촌일손, 집단행동, 뇌출혈, 자생력, 치유식품
30	보행자, 궁금증, 북서쪽, 성폭력, 기생충, 연체동물, 외국어, 두족류, 바닥, 법령, 가시거리, 안전거리, 집단행동, 치유식품, salt, 사고위험, 잠복기, 상황대처, 협력업체, 지원
31	혼획, 기념품, 자부심, 가상현실, 사진전, 스토리텔링, 대량생산, 강도다리, 생동감, 비수기, 수험생, 자기소개, 인공종자, 강우량, 협력업체, 주민자치위원장, 치유식품, 기술지원, 유지관리, 집단행동
32	환경오염, 생물자원, 실용화, 예술가, 수료자, 실생활, 권위자, 국가, 이용자, 메시지, 비일비재, 연장선, 대표작, 바닷고기, 식이섬유, 혹한기, 협력업체, 현장중심, 창업기업, 재평가
33	연구자, 우수상, 특별전, 전시실, 연구자, 우리말, 거주민, 안내소, 현실성, 상대국, 삼국사기, 기본권, 천신만고, 다중빔, 수송선, 집단행동, 유지관리, 활어차, 생산유발효과, 창업기업
34	해양도시, 대학원장, 부원장, 과장급, 책임감, 대학장, 관리과장, 일대일, 부처장, 감사실장, 경제활동, 주소지, 인재, 기술자, 매개체, 상품, 창업기업, 잠복기, 유지관리, 기술지원
35	실시간, 기업체, 실효성, ocean, 다문화, 사업, 증명서, 최적화, 예비창업자, 역사관, 보도자료, 상호작용, 확산세, 시작점, 무력화, 모바일, 기후, 주민자치위원장, 기술지원, 해양항노화
36	위기종, 자긍심, 소규모, 흰색, 게시물, 체계화, 운영자, 체험학습, 모양새, 기득권, 오징어, 히포캄푸스, 통제기, 잠복기, 치유식품, 승부수, 집단행동, 유지관리, 기술지원, 상황대처
37	장기간, 해결책, 대기오염물질, 기후위기, 유해물질, 빗물, 농경지, 도전정신, 해외여행, 청정지역, 전력망, 자급률, 권력자, 계곡물, 주민자치위원장, 잔칫상, 해양항노화, 생산유발효과, 유지관리, 승부수
38	사용량, 잠수함, 하이선, 조사원장, 정확도, 출발점, 핵심기술, 추진기, 움직, 국립해양조사원, 교차로, 영수증, 공개적, 경제발전, 사단법인, 산업적, 현장중심, 중회의실, 집단행동, 기술지원
39	홍보활동, 남동쪽, 소방관, 사진작가, 집단감염, 고립, 강제, 수칙, 전수검사, 사생활, 협력업체, 창업기업, 상황대처, 승부수, 유지관리, salt, 해독작용, 잠복기, 치유식품, 사고위험
40	퇴적물, 안전성, 오염물질, 경제성, 산업체, 우수성, 유권자, 원천기술, 미세조류, 교육시설, 정치학, 사고위험, 해독작용, 치사율, 프로바이오틱스, 잠복기, 상황대처, 기술지원, 현장중심, 치유식품

토픽 ID	토픽 키워드
41	접근성, 인공지능, ict, 안전교육, 소화기, 측정기, 연구활동, 유학생, 일평균, 전시공간, 일본식, 필수품, 방본부, 치유식품, salt, 해독작용, 치사율, 프로바이오틱스, 창업기업, 잠복기
42	제로화, 사회공헌활동, 체험활동, 당선작, 경제성장, 여름휴가, 독창성, 발암물질, 숨구멍, 식민지, salt, 사고위험, 해독작용, 치사율, 잠복기, 집단행동, 치유식품, 현장중심, 협력업체, 유지관리
43	봉사활동, 대표발의, 접안시설, 현행법, 역임, 이웃, 다변화, 해양주권, 의료진, 배우자, 선순환, 발의, 구매자, 활력소, 퇴직금, 동해해양경찰, 맞벌이, 집단행동, 재평가, 유지관리
44	조성사업, 지원금, 시제품, 시내버스, 간접적, 우여곡절, 목적지, 해저지형, 건설사업, 생활속, 필수, 제작비, 방역지침, 취업난, 탐험가, 자구책, 냉동고, 주민자치위원장, 유지관리, 협력업체
45	천연가스, 물범, 공지사항, 해양학, 통신망, 안쪽, 부소장, 재정비, 현장조사, 직무, 목표액, 합성어, 탐사선, 재택근무, 거래량, 경쟁자, 웨델물범, 전쟁터, 거래액, 사냥감
46	배출량, 보조금, 해양영토, 요충지, 설문조사, 해양관광자원, 응답자, 대장정, 화석연료, 외국인, 정거장, ucc, 미기록종, 연령층, 유지관리, 뇌혈관질환, 승부수, salt, 사고위험, 잠복기
47	견인차, 출장소, 생명력, 비행단, 유명무실, 동계올림픽, 금융기관, 친구, 영업점, 삶터, 손바닥, 비바람, 설명절, 대중문화, 묵묵부답, 새소리, 현장중심, 상황대처, 해양항노화, 치유식품
48	바닷물, 서식처, 처리장, sw, 취약종, 아열대화, 스타트업, 양극화, 고정관념, 영향권, 경력, 중심기압, 범죄자, 치유식품, 중회의실, 뇌혈관질환, 뇌출혈, 사고위험, 집단행동, 기술지원
49	아열대, 방사성, 자원화, 소재지, 어린이날, 몸속, 미래지향적, 직장인, 무동력, 후원물품, 발자국, 항적, 치료법, 라틴어, 베스트셀러, 사고방식, bastion, 프랑스어, 치유식품, 주민자치위원장
50	해양쓰레기, 폐그물, 황산화물, 실태조사, 실시계획, 수익금, 체험행사, 화합물, 대기오염, 증강현실, 인증샷, 간편식, 유기성, 폐기물, 일산화탄소, 휘발성, 유지관리, 해양항노화, 치유식품, 생산유발효과

5) SNS(수산분야)

토픽 ID	토픽 키워드
1	부작용, 판매량, 연구팀, 배출량, 종업원, 군락지, 이산화탄소, 이물질, 목적지, 신분증, 추진기, 빨간색, 자판기, 구독자, 주파수, 입구, 쾌속선, 식물플랑크톤, 열화상, 현장감
2	단맛, 미생물, 배, 사무국장, 시행착오, 검은색, 생동감, 계절별, 가시화, 공무원, 지부장, 북동쪽, 모터보트, 산업구조, 응급환자, 생물체, 방역소독, 정밀분석, lmo, 유전자변형생물체
3	관리법, 공공시설, 요충지, 상품성, 일원화, 운동장, 피고인, 징역, 해소, 근무자, 입장료, 금지기간, 청정지역, 질서, 복합어선, 긴급체포, 연안복합어선, 이전재원, 내부거래, 공통공시
4	바닷물, 보양식, 붕장어, 자산어보, 문화공간, 도시인, 구속, 연관성, 계획안, 생태관광, 추가경정예산안, 밑거름, 소외계층, 구직자, 음료수, 착공식, 무단이탈, 구속영장, 출연금, 특정인
5	작업장, 고령자, 사업, 지역내, 체험활동, 사진작가, 생태자원, 사진전, 단편, 방문자, 한국인, 생활비, 대출금, lpg, 근무지, 관세청, 다, 대표작, 수입액, 체험거리
6	재활용, 취약계층, led, 폐어망, 이웃, 수색작업, 흰색, 유통기한, 재검토, 성장세, 사회공헌활동, 독거노인, 그다음, 전달식, 꽃길, 정책, 과학자, 악순환, 승합차, 인도주의
7	어항시설, 접근성, 출동, 사무장, 이용객, 최적화, 근거지, 안내문, 사회복지시설, 솔선수범, 방역수칙, 썰물, 대유행, 대원, 발열체크, 고립, 숙박료, 손상, 쇄빙연구선, 운항통제
8	체험장, 캠핑장, 시범사업, 농특산물, 현실화, 특성화, 개장식, 식료품, 작품, 무게, 숙원사업, 수면, 샤워장, 합동점검, 수익성, 교부금, 캠핑장, 복합단지, 허심탄회, 붕어빵
9	집중호우, 한시적, 소화기, 식생활, 공휴일, 현행법, 안전교육, 훈련장, 가속화, 입법예고, 연승어선, 종사자, 낚시객, 낚시객, 재추진, 상수도관, 지속가능성, 일산화탄소, 한국해양교통안전, 해단식
10	소득증대, 신고자, 낚시객, 생태탕, vts, 자연자원, 행정당국, 진단검사, 육성장, 발달, 사전준비, 피뿔고둥, 기증, 레저, 시화방조제, 수산자원회복, 해수청장, 이슈화, 천적어종, 지역공동체
11	보조금, 의무화, 지원대상, 최적지, 상상력, 보호자, 불이익, 당선작, 빗물, 자격요건, 골칫거리, 항로표지, 창의력, 생활고, 동호인, 판매업, 포렌식, 수의사, 종착역, 개인별
12	식재료, 차별화, 음식물, 중도매인, 증가, 강물, 바닷바람, 궁금증, 교통수단, 교통비, 교통편, 재지정, 최고치, 관리체계, 위법행위, 뱃삯, fish, 운항통제, 할인혜택, 온누리상품권
13	사회간접자본, 해외여행, 관광인프라, 농민, 체험존, 탑승자, 환경변화, 차박, 편집자, 꽃밭, 학교생활, 업로드, 어촌해양관광, 자국민, 협업체계, 소셜네트워크서비스,

토픽 ID	토픽 키워드
	특별관, 행사, 안전벨트, 창립자
14	상승세, 장바구니, 형평성, 추경예산, 성폭력, 기부금, 고부가가치, 관광업, 온라인몰, 수칙, 어선위치발신장치, 불균형, 예방활동, 기부자, 내용물, 부문별, 제조사, 손소독제, 운전기사, 유예기간
15	경제성, 운영비, 경력, 재정비, 해상서, 특별교부세, 소극적, 선망어업, 계도기간, 이용자, 행정예고, 살처분, 투기, kdi, 예고, 준수여부, 기상정보, 수상레저, 기선권현망, 정치망어업
16	특산물, 여행지, 전통시장, 여행객, 여행자, 일상생활, 응답자, 전시실, 유적지, 대형마트, 진행중, 체험비, 근대식, 숙박비, 고갯길, 추락사, 재포획률, 정치망어업, 강도다리, 인구감소
17	장기화, 특별재난지역, 호흡곤란, 아열대, 사무처장, 부적합, 범죄, 관광자원화, 기록적, 시발점, 사고예방, 지평선, 원천기술, 문제해결, 산란, 먹이, 현무암, 저수심, 지하차도, 기계실
18	관광자원, 농기계, 부유물, 항만시설, 남동쪽, 배후부지, 위험물, 허가증, 부가세, 천연가스, 생계비, 독자적, 해난사고, 대비책, 관리사, 어로행위, 조업시간, 포화상태, 위기상황, 경험자
19	양식업, 판매장, 횟감, 홍보활동, 장애물, 합동단속, 재산피해, 연안정, 역세권, 지자체, 전공자, 굴착기, 유통과정, 지방질, 운동화, 신조어, 세부사항, 해양수산부장관상, 요리쇼, 상습
20	의약품, 피서객, 성장률, 여름휴가, 종합계획, 우여곡절, 의존도, 탐방로, 포항해양경찰서, 사명감, 그물망, 막국수, 사법처리, 하드웨어, 도전장, 용의자, 서민경제, 출입통제, 정박중, 책임의식
21	단백질, 유전자, 면역력, 의료기관, 과학적, sim, dna, 세분화, 원가량, 수사기관, 항적, 김장김치, 사회단체장, 집행유예, 업자, 쓰레기통, 체험학습, 소득감소, 방역활동, 유전물질
22	지도선, 간편식, 비닐봉지, 영향력, 해결책, 야간, 증가율, 행정기관, 붉은색, 개소, 텀블러, 개방형, 연휴기간, 낚시배, 선풍기, 관세법, 손실, 보편화, 수입업체, 이동경로
23	조성사업, 음식점, 다기능, 행사장, 노후화, 품격, 작가, 론칭, 청신호, 반려견, 외부인, 수개월, 현실성, 종이컵, 작업복, 대학교수, 구조활동, 기능성, 모집공고, 사전대비
24	특산품, 봉사활동, 일본식, 거래량, 의료진, 한동안, 소형어선, 거주지, 판매액, 시내버스, 동반자, 출연자, 생활권, 방송사, 거래액, 계도활동, 펌프장, 대조적, 침수피해, 단체
25	고령화, 축산업, 행정처분, 운영자, 해양사고, 환경정화, 퇴적물, 행정선, 제로화, 경영난, 간호사, 자원관리, 시상금, 중국인, 재해석, 자릿수, 조사중, 교육기관, 금융기관, 물건
26	가을철, 안쪽, 성어기, 수수료, 우수상, 신제품, 떡국, 휴대폰, 전자레인지, 협력단, 야외활동, 징검다리, 완제품, 인명사고, 무기력, 이방인, 근거리, 입상작, 미신고, 위치정보

토픽 ID	토픽 키워드
27	소규모, 농작물, 환경오염, 천연기념물, 대규모, 휴식공간, 음식문화, 보호종, 부침개, 뒤쪽, 방류수, 랜선, 성폭행, 인공위성, 관련부서,번식력, 정확도, 전원주택, ppm, 자진철거
28	산업화, 직장인, 기본법, 안정자금, 발걸음, 친구, 농경지, 자긍심, 손바닥, 상품화, 항소심, 의사소통, 돼지열병, 예방접종, 적극행정, 노약자, 바위틈, 해권, 자존감, 연락
29	휴양지, 재사용, 설계비, 교육과정, 연구자, 안전조치, 소방관, 편의성, 시행규칙, 연구자, 정부부처, 유해물질, cnn, 도시화, 최고기온, 외줄낚시, 기능사, 시간표, 문구, 여행업계
30	실시간, 전문점, 재탄생, 재래시장, 길거리, 안내판, 입국자, 농업용수, 세계인, 사업가, 완성도, 산업통상자원부, 오염물질, 자율주행, 설상가상, 독립적, 자생종, 공항경제권, 인구감소, 기선권현망
31	낙후, 전염병, 해양쓰레기, 호흡기, 경제적, 현장점검, 관절염, 소득세, 형상화, 배우자, 심혈관, 지인, 생활쓰레기, 열대어, 집중력, 망둥어, 일평균, 반투명, 비상근무체제, 불법유통
32	낚시터, 잠재력, 발돋움, 기상악화, ktx, 직격탄, 실생활, 미설치, 선박사고, 소상공인, 상춘객, 주정차, 위반사항, 방역지침, 상춘객, 면허증, 일상화, 임호기자, 관계당국, 하천변
33	시간대, 폐그물, 자동화, 건의사항, 긴장감, 폐비닐, 손질, 출장소, 정보통신기술, 단말기, 생활화, 지능화, 계약서, 보호구역, 점검대상, 안전지대, 정화사업, 배전반, 환경단체, 내부거래
34	방문객, 입소문, 의정활동, 투자자, 북서쪽, 영화관, 대중적, 투명성, 가상현실, 근절, 생명력, 입장문, 소외, 재확산, 순찰, 시험대, 연료, 창립, 증강현실, 합동조사
35	장기간, 한약재, 체험행사, 발전기, 저소득층, 시범운영, 어린이날, 네티즌, 게시물, 바닷, 고속도, 농번기, 후속조치, 연탄불, 직선거리, 안정세, 예당내수면어업계, 재외동포, 콘테스트, 책임성
36	양식장, 해안선, 보험료, 해설사, 섬, 사용자, 대합실, 연말연시, 항만물, 합성어, 논설위원, 일자리사업, 측정, 온도, 주관기관, 선박운항, 음주측정, 업데이트, 운항통제, 지역공동체
37	어패류, 발병, 질환자, 비브리오패혈증, 비브리오패, 국토교통부, 관광산업, 혈증균, 비브리오패혈증균, 생산성, 위반행위, 주거시설, 장관상, 예방법, 전문지식, 아프리카돼지열병, 아이디어, 상금, 역사학자, 근무시간
38	기반시설, 직거래, 통합개발, 건너편, 벤치마킹, 봄날, 남, 전통어업, 하수관, 다중이용시설, 판매자, 비정규직, 대책회의, 한차례, 대로, 연락처, 적재적소, 문자메시지, 해변길, 행락철
39	서비스업, 어업활동, 물놀이, 신규사업, 숙박시설, 기관실, 유통업, 교통망, 역사관, 안전수칙, 소회의실, 활력소, 부주의, 사용법, 비상시, 공통점, 출어선, 건강상태, 체장, 사통팔달

토픽 ID	토픽 키워드
40	친수공간, 낚시꾼, 정화활동, 시가지, 서식처, 추락, 소생술, 심폐소생술, 개별적, 응급처치, 동물, 보증금, 다목적실, 실습, 줄무늬, 위험지역, 외래종, 보행로, 안내방송, 파충류
41	cctv, 어항법, 사용료, 주무관, 책임감, 안전망, 진술, 모범적, 신중년, 출입문, 업무보고, 폐쇄회로, 징역형, 선고, 조회수, 소금구이, 불편사항, 상실감, 의구심, 재판장
42	실효성, 우수성, 정체성, 주거지, 대표발의, 접촉자, 공사장, 불합리, 역학조사, 추진력, 진료소, 자가격리, 위반자, 소형선박, 해빙기, 탑승객, 발의, 응급조치, 심사위원, 네트워킹
43	낚시어선, 폐어구, 경비단, ict, 운항, 지구온난화, 출항, 잠수사, 의식, 된장국, 낚시객, gps, 점검반, 승선자, 심정지, 위험요소, 시설, 벚나무, 전쟁, 무전기
44	접안시설, 특별단속, 바지선, 마중물, 출입항, 안정성, 유기물, 안전의식, 봄바람, 중심부, 악천후, 운영중, 부과, 사고위험, 민낯, 여행상품, 출발지, 소독제, 잠수함, 개점휴업
45	어획물, 관광명소, 자부담, 신성장, 정주환경, 집중단속, 민간인, 탐지기, 전수조사, 급부상, 맞은편, 중심도시, 일반인, 관련법, 대응책, 소형선, 곰팡이, 앞뒤, 번호판, 어군탐지기
46	벌금형, 안내소, 경제활동, 위기종, 협력체계, 맞벌이, 고정관념, 샤워실, 후유증, 인명구조, 최첨단, 해사안전법, 자료집, 살충제, 생존기, 구석기, 사회학자, 위탁운영, 연예인, 합동훈련
47	지원금, 건축물, 자연경관, 구조정, 인공지능, 어업권, 조수간만, 원거리, 가입자, 통신망, 폐업지원금, 휘발유, 단속활동, ais, 연안통발, 알코올농, 탐사선, 실용성, 내구성, 사전점검
48	여행객, 환자, 현수막, 인플루엔자, 구체화, 깃발, 내실화, 거주자, 첨가물, 예술가, 전파, 행정명령, 제품, 우편물, 급속도, 사회문제, 농장, 원이하, 개회사, 열병
49	구명조끼, 경비함정, 인명피해, 성수기, 월평균, 위험성, 부상자, 표지판, 동료, 준수, 불감증, 부상, 제보자, 세척기, 안전장비, 안전시설물, 안전대책, 위험천만, 행락객, 안전불감증
50	국가어항, 안전시설, 수산업법, 지역별, 불법행위, 물동량, 지원책, 환경적, 실직자, 바닷모래, 위험요인, 취업률, 소방헬기, 활용성, 해상사고, 공공일, 핸드폰, 땅속, 문제점, 경고등

6) SNS(해운물류분야)

토픽 ID	토픽 키워드
1	효율성, 안전성, 제안서, 세분화, 건의안, 촉진법, 정치인, 공휴일, 드론산업, 무인기, 안전운임, 운수사업자, 복합운송, 산업용, 신청자격, 안전위탁운임, 수출실적, 안전운송운임, 연착륙, 국제교류
2	영업이익, 민간사업자, 순이익, 번호판, 비행장, 백지화, 당기순이익, 정치력, 녹산선, 직선거리, 사회생활, 선적량, 화물노동자, 격려금, 트레일블레이저, 생산직, 비상사태, 매입, 제습기, 협력체제
3	물류비용, 감소세, 해결책, 편의성, 사업부장, 운송비, 국제기준, 휘발유, 금융업, 지역산업, 국제정세, 참여도, 발전산업, 제노레이, 국제교류, 마을기업, 소터, 물류사업본부장, 공조체계, 충전기
4	관세청, 전자상거래, 관리법, 항만물동량, 폭발사고, 회의장, 전문기관, 내실화, 컨트롤타워, 사회공헌활동, 행정사무감사, 정화사업, 지급액, 삶터, 돌봄, 통행, 국제교류, 공조체계, 물류사업본부장, 참여도
5	사용료, 요충지, 지원책, 작업자, 현장점검, 입주업체, 항계, 경영난, 건의사항, 북방항로, 작업환경, 수소충전소, 작업자, 악천후, 경제활성화, 예산실장, 상관관계, 병원선, 정밀도, 국제교류
6	실시계획, 항공화물, 분양가, 국무회의, 구조조정, 입지조건, 화합물, 종사자, 수출지원, 하역사, 선거전, 유권자, 설상가상, 부주의, 연면적, 자이언트, 근거지, 지식서비스산업, 우선, 컴퓨터학부
7	잠재력, 하역작업, 기준치, 투자비, 산업체, 통행료, 출항, 항만보안, 교육과정, 특성화, 하드웨어, 연락망, 시민운동, 지원대상, 적정성, 수소연료전지, 원격제어, 성과물, 내구성, 주원인
8	조직개편, 상승세, cctv, 해양사고, 스마트화, 효율화, 자율운항선박, 의정활동, 과징금, 통항로, 인사말, 사업실, 모범적, 신성장동력, 국가계획, 대행업체, 환경적, 통계자료, 방위적, 경쟁사
9	불개미, 붉은불개미, 접안시설, 방역당국, 재검토, 행정절차, 지하화, 살충제, 지하차도, 수개미, 특송화물, 첫해, 지원서, 공고문, 급성장, a사, 살수, 저장시설, 침출수, 등기우편
10	조성사업, 대규모, 서비스업, fta, 협력체계, 관계부처, 숙원사업, ipa, 회복세, 해외직구, 교차로, 안전시설물, 동해고속도로, 기후위기, 무기직, 식량안보, 종합직무능력평가, 무동력, 지장물, 원료
11	건설사업, 차별화, 신성장, 장애물, 사업성, 가속화, 안정성, 공급망, 물류망, mice, 통행량, 연구팀, 기념촬영, 합의문, 무인화, 현지인, 택배비, 연구역량, 순환철도망, 품질검사
12	인공지능, 위험물, 기반시설, 해안선, 유지보수, 자율주행, 저장소, 핵심사업, 스마트그리드, 수변도시, 볼륨인센티브, 관심사, 조사용역, 규제개혁, 지출예산, 전성기, 집중점검, 기술수단, 아열대, 물류사업본부장

토픽 ID	토픽 키워드
13	교통망, 지방세, 부두시설, 사통팔달, 가상현실, 항공권, 감소폭, 해상케이블카, 길잡이, zone, 빨간색, 진로탐색, 매립호안, 계획수립, 밑바닥, 기반조성, 수확량, 국제교류, 공조체계, 충전기
14	로드맵, 상용차, 현실화, 중간보고회, 민간기업, 정부정책, 기계류, 원재료, 중심부, 노하우, 엑시언트, 직무, 대집행, 콘셉트카, 대량생산, 참여도, 농업회사법, 협력체제, 판로개척, 국제교류
15	고속도, 취약계층, 물류업, 교육생, 개별적, 농기계, 우편물, 원동력, 휴대폰, 수출업체, 지원대책, 벌금형, 시행규칙, 사후관리, 불안정, 졸음운전, 서부내륙고속도, 농업회사법, 협력체제, 국제교류
16	기술자, 후속조치, 당위성, 생산품, 시범운영, 원거리, 특별법안, 물리적, 증진, 불균형, 결과적, 평가서, 핸드폰, 중증장애인, 제노레이, 참여도, 공조체계, 판로개척, 물류사업본부장, 충전기
17	종합계획, 인명피해, 시가지, 건의문, 이용객, 소유자, 시무식, 업무보고, 기탁, 사고발생, 금융위기, 지역업체, 생활화, 선순환, 도시화, 복구비, 전국택배, 농업회사법, 참여도, 공조체계
18	항만업계, 콜드체인, 산업통상자원부, 상생발전, 불투명, 형평성, 경제발전, 중견기업, 출발점, 사업대상지, 취업준비생, 적임자, 유인책, 전국항, 자부담, 농민, 제자리걸음, 배우자,신규직원, 농수축산물
19	다변화, 성명서, 해양도시, 재생사업, 상대국, 보험료, 긴장감, 해외여행, 컨테이너항, 운수업, 포상금, 실시설계용역, 현장행정, 연안화물, 하락세, 교통편, 감면액, 경쟁항, 냉장화물, 품질검사
20	환적, 물동량, 외항선, 재취업, 인천경제자유구, ocean, 전용선, 교육프로그램, 수료증, 고용보험, 고속화, 지역본부, 지원비, 교통비, 지속가능성, 물량장, 실무교육, 대처법, 냉장, 품질검사
21	보조금, 지방정부, 증가율, 원자재, 재정비, 건설업계, 연관산업, 중소기업, 철광석, 협력체, 설명절, 규제완화, 부양책, 동서고속화, 택배노동자, 세척장, 역수입, 비상사태, 국제교류, 판로개척
22	스마트시티, 역사관, 금지법, 작업장, 관광자원, 비정규직, 시내버스, 사용량, 제로화, 불합리, 차입금, 기부금, 설계용역, 악순환, 고무적, 캠핑장, 관광자원화, 매장량, 배당금, 복원사업
23	책임감, 전통시장, 항만시설사용료, 실무자, 관광벨트, 해소, 국정과제, 식료품, 행정관, 운영중, 민간자본, 입찰공고, 창립, 행정기관, 정책과, 저지연, 선임행정관, 무기력, 식생활, 중소화주
24	물동량, 환적화물, 환적, 처리량, 관광산업, 원양항로, 마중물, 성장동력, 제조업체, 교역국, 견인차, 배후지, 수돗물, 대조적, 일정액, 후반대, 무역환경, 비상사태, 매입, 물류사업본부장
25	생산성, 발돋움, 상업시설, 전용부두, 진행중, 육상전원공급설비, 사업시행자, 비상근무, 시행사, 시발점, 현판식, 연매출, 업로드, 가이드북, 근무조, 국가차원, 선진국,

토픽 ID	토픽 키워드
	국제교류, 협력체제, 컴퓨터학부
26	환경오염, 사업계획, 자유무역지역, 렌터카, 사회단체, 경영본부장, 재배치, 항로표지, 외국어, 저수심, 최고치, 목표치, 악조건, 업무처리, 공업용수, 해설사, 신뢰관계, 경영관리, 지역화폐, 학과장
27	물동량, 국토교통부, 공헌, 체선율, 젊은이, 유학생, 정책성, 대학교수, 굴삭기, 전철화, 비수기, 관리주체, 모기업, 운영업, 안전도, 리뉴얼사업, 장학증서, 운행시간, 국제교류, 매입
28	해운업, 접근성, 지원금, 노후화, 해운업계, 교역량, 중심축, 선박수리, 수출품, 선복량, 급경사지, 추정치, 기자실, 복선화, 대기업, 국가기관, 컴퓨터학부, 벤처기업, 국제교류, 농업회사법
29	경제성, 다중이용시설, 근무자, 수수료, 최적지, 고용창출, 대응책, 관세법, 전문인력, 인턴십, 공지사항, 용역결과, 압수수색, 시민사회단체, 종합발전계획, 경제활동, 주민설명회, 경제효과, 청항만공사, 교육기관
30	기업체, 도로망, 계획안, 진입도로, 고부가가치, 활주로, 부지조성, 소재지, 협조체제, 기본계획안, 직무교육, 구직자, 국제교류, 공조체계, 충전기, 참여자, 자원봉사자, 협력체제, 물류사업본부장, 스타트업
31	청사진, 사업화, 재활용, 저탄소, 사용자, 경량화, 교통수단, 조사결과, 안내문, 독자적, 일회용품, 생산액, 불이익, 포장재, 거점시설, 저장탱크, 위생용품, 손세정제, 규격화, bdi
32	우선협상대상자, 계획서, 수출액, 지방자치, 구체화, 사업계획서, 성장세, 수출량, 계류장, 취업률, 핵심부품, 신규사업, 실습선, 정례화, 사회관계망서비스, 소방공무원, 글로컬, 신기록, 국가직, 재정자립도
33	주거지, 시민사회, 폐쇄회로, 수주액, 배기가스, 졸업생, 특별단속, 안전망, 권역별, 배후지역, 행정처분, 선주, 조선업계, kriso, 조성계획, 공급자, 컨테이너물동량, 신북방경제협력, 우수관, 인사담당자
34	유해화학물질, 일상생활, 생산유발효과, 선복량, 해양플라스틱, 무역분쟁, 전세기, 중간재, 직격탄, 과학적, 전자제품, 특별세션, 입찰정보, 정확도, 수입액, 소득주도성장, 유럽항로, 인플레이션, 무탄소, 판로개척
35	ict, 중앙부처, 소방관, 위촉식, 정보통신기술, 대학원장, 위험요소, 인명구조, 방사선, 대기환경, 감독관, 입주기업, 조사단, 기술사, 가공업, 설치사업, 자생력, 화재진압, 독립적, 관계부서
36	경제적, 철도망, 최적화, 운항, 오염물질, 투자금, 생활권, 정거장, 인력난, 참여율, 대응방안, 일본어, 취항식, 사후활용, 광역철도, 순환철도망, 협력체제, 국제교류, 참여도, 공조체계
37	거점항, 항차, 현안사업, 해운사, 접경지역, hmm, 검역관, 집중호우, 해빙기, 화객선, 현장중심, 장려금, 인력양성, 공공재, 해운사, 거점역, 시험대, 육상운송, 지원정책, 임시선박
38	입주기업, 사업체, 경제협력, 북방경제, 실태조사, 지부장, 운송업, 공급업, 돌파구,

토픽 ID	토픽 키워드
	기본법, 성장률, 시베리아횡단철도, 창고업, 진입도, 수출기업, 운영방안, 관광거점, 불공정, 불편사항, 국가경제
39	지역균형발전, 인프라, 신뢰성, 증명서, 급부상, 대상사업, 투명성, 조기착공, 블루오션, 민간투자, 취업박람회, 운전사, 입주자, 독거노인, 자기소개, 책임성, 자기소개서, 테마거리, 취준, 판로개척
40	이산화탄소, 질소산화물, 항만개발, 하역장비, 해상운송, 평형수, 발생량, 투자처, 연구자, 탐지기, 정보공유, 감염경로, 발전법, 연료비, 낙찰자, 사전점검, 교육시설, 연구자, 물류기업, 시험실
41	지역발전, 친수공간, ktx, 원스톱, 구축사업, 구명조끼, 비철금속, 친수시설, 내륙운송, 위험성, 품목별, 축산업, 조직개편안, 개회식, 재사용, 포워딩서비스, 보세운송, 방제작업, 국제교류, 농업회사법
42	황산화물, 대기질, 연료유, 대기오염, 공사장, 계류시설, 점유율, 발생량, 항구도시, 저감대책, 지역위원장, 개선책, 신용등급, 은행장, 수송망, 현장실사, 접수기간, 선교사, 부행장, 위기관리체제
43	대기오염물질, 실효성, 액체화물, 벤치마킹, 인입철도, 구축계획, 하역능력, 추진중, 제조시설, 점검단, 공동건의문, 순천대학교, 식음료, 산업국, 업무형, 협력체제, 충전기, 농업회사법, 매입, 국제교류
44	천연가스, 국가어항, 양식장, 시범사업, 유지관리, 총연장, 역점사업, 국가사업, 바닷모래, 지자체, 항컨테이너, 연말연시, 집하장, 소상공인, 가입자, 구조정, 답보상태, 지역기업, 시너지효과, 택배사
45	재개발, 배출량, 공공시설, 의무화, 진료소, 호흡기, 용역비, 가시화, 재개발사업, 경제권, 입법예고, 공시지가, 협조체계, 소득세, 석회석, 지정학, 지정학적, 국가관리연안항, 중요도, 성과금
46	upa, 물류비, 이해관계자, 추진선, 주변지역, 화주, 개선사업, 의존도, 탑승객, 발전량, 대응력, 매입비, 국민권익위원회, 유가족, 중앙행정기관, 일부개정안, 무역갈등, 안전한국훈련, 세풍일반산업단지, 공조체계
47	항만시설, 신북방정책, 관공선, 해권, 주력산업, 북방경제협력, 기상악화, 이해관계, 지방협력포럼, 전수조사, 미래성장동력, 관리부두, 민간개발, 절실, 전공자, 교통체증, 지원액, 반세기, 소비량, 이해관계자
48	자동화, 건축물, iot, 재추진, 임대차, 항만기능, 여객기, 우수성, 역세권, 진출입로, 지능형, 산업구조, 해상물류, 기공식, 행정구역, 신입생, 특성화고, 공개경쟁, 인구유입, 역할분담
49	실시간, 항만물류, 블록체인, 장기화, 자부심, 해양산업클러스터, 디지털화, 수출, 의사결정, 지원방안, 자율성, 데이터베이스, 적극행정, 해양관광산업, 형상화, 학교생활, 판로개척, 참여도, 공조체계, 충전기
50	유연탄, 사회간접자본, 숙박시설, 부작용, 바지선, 지구온난화, 연계성, 고속철도, 선언문, 모래부두, 학술대회, 환경변화, 지능화, 유류비, 목격자, 지방채, 개회사, 전담팀, 일거리, 인공위성

7) SNS(항만분야)

토픽 ID	토픽 키워드
1	바지선, 구체화, 유적지, 안전교육, 행정절차, 활용방안, 최대치, 위기종, 확장사업, 활용도, 보안구역, 부담감, 단일냉매, 안전승인, 변동사항, 투표권, 핸들바, 환경변화, 디젤오일, 항바이러스
2	스마트팩토리, 벤치마킹, 물놀이, lng벙커링, 사업성, 불꽃놀이, 선풍기, 조타수, 체험활동, 잿더미, 차광막, 도시재생뉴딜사업, 호소문, 이익금, 인구감소, 시설공사, 환경변화, 제품화, 부처별, 협조관계
3	기숙사, 간호사, 행락철, 속도감, 실향민, 소독, 배관망, 무인기, 수소산업, 최전선, 전시물, 안전벨트, 가격경쟁력, 보전가치, 시설공사, 도시재생뉴딜사업, 핸들바, 제품화, 환경변화, 어획
4	황산화물, 운항, 환경규제, 이산화탄소, 배출량, 대응방안, 질소산화물, 대형마트, 지구온난화, 공급업체, 혁파, 장인정신, 어획, 인구감소, 투표권, 도시재생뉴딜사업, 제품화, 시설공사, 환경변화, 디젤오일
5	인명피해, 차별화, 배출량, ict, 판매량, 관광산업, 휘발유, 총면적, 산업구조, 화재예방, 화재진압, 실증사업, 충전기, 안내소, 선박수리, 역점적, 사업영역, 판매자, 변동사항, 공동사업
6	운영비, 요충지, 계층, 솔선수범, 관광명소, 산업화, 축산물, 구석구석, 안전지대, 생활공간, 조감도, 디젤오일, 도시재생뉴딜사업, 시설공사, 인구감소, 항바이러스, 협조관계, 확보액, 전세임대주택, 부처별
7	금융지원, 협력업체, 특수성, 소유권, 발전사, 상호협력, 메시지, 논설위원, 비공개, 기념물, 관리인, 인력양성, 모금액, 저금통, 시설공사, 강사진, 항바이러스, 디젤오일, 인구감소, 도시재생뉴딜사업
8	iot, 자율주행, 진상규명, 분향소, 유가족, 불합리, 고용창출, 육상전원공급설비, 조직문화, 관광도시, 공직사회, 거점도시, 관광시설, 소도시, 폐지, 항바이러스, 제품화, 인구감소, 도시재생뉴딜사업, 시설공사
9	자동화, 외항선, 자율운항, 안전운항, 경쟁사, 핵심기술, 경기침체, 블루오션, 해양플라스틱, 육상전원, 재배치, 설계용역, system, 레저선박, 관측소, 공약사업, 시설공사, 도시재생뉴딜사업, 디젤오일, 항바이러스
10	탑승객, 항만개발, 현장점검, 대책회의, 실직자, 서류심사, 소규모, 고용위기지역, 역무선, 군산해수, 단백질, 사전교육, 밀물, 양측, 무기질, 협조관계, 도시재생뉴딜사업, 시설공사, 인구감소, 환경변화
11	예술가, 안전시설, 우여곡절, 추진, 친수공간, 분수대, 구심점, 모양새, 신혼부부, 공예품, 쓰레기통, 재단장, 재생과, 디젤오일, 인구감소, 항바이러스, 행정예고, 도시재생뉴딜사업, 이익금, 도전재
12	효율성, 시범사업, 정보시스템, 대응책, 상생발전, 선박안전, 전문기관, 저탄소, 소형어선, 가시거리, 통항선박, 정보교류, 조사선, 급경사지, 안내판, 슬럼화, 조명탑, 데

토픽 ID	토픽 키워드
	크길, 공동사업, 협조관계
13	건축물, 인수합병, 원자재, 투자자, 잠수함, 가을철, 목표치, 점검단, 우수기업, 시민사회, 체계화, 공동주최, global, 도시재생뉴딜사업, 이익금, 항바이러스, 협조관계, 어획, 제품화, 호소문
14	방문객, 바닷물, 연말연시, 등탑, 기적, 공개모집, 항바이러스, 디젤오일, 인구감소, 시설공사, 도시재생뉴딜사업, 이익금, 전세임대주택, 확보액, 요구액, 활물질, 상여금, 해양정책실장, 일평균수출액, 포근
15	공사장, 친환경선박, 배, 전통시장, 관계부처, 안내선, 수송선, 취득세, 모집분야, 지역주도, 시상금, 설계사, 현관문, 공동주관, 산업분야, 도시재생뉴딜사업, 협조관계, 환경변화, 시설공사, 인구감소
16	시운전, 관공선, 기반시설, 배후부지, 정책방향, 취약지역, 주요사업, 주관기관, 국내총생산, 환경개선, 일상화, 비상벨, 교육환경, 선도사업, 이익금, 도시재생뉴딜사업, 인구감소, 전세임대주택, 시설공사, 디젤오일
17	의무화, 선생님, 진단검사, 의료기관, 상징물, 손소독제, 신성장동력, 조합원, 건의안, 해상케이블카, 전향적, 세계문화유산, 관광인프라, 근대식, 건물, 방파제등대, 폐지, 감안, 협조관계, 행정예고
18	해운업, 해운업계, 천연가스, 항만업계, 건의문, 신북방정책, 인명구조, 선박유, 분량, 텀블러, 장바구니, 수용성, 분리배출, 국제정세, 환경친화적, 연예인들, 공동사업, 협조관계, 변동사항, 환경변화
19	사업들, 입장문, 협조관계, 항바이러스, 디젤오일, 인구감소, 시설공사, 주거시설, 이익금, 전세임대주택, 확보액, 요구액, 활물질, 상여금, 해양정책실장, 상층부, 공개모집, 환경변화, 도시재생뉴딜사업, 후유증
20	연료유, 한진중공업, 수출액, 교육과정, 내항선, 용의자, 인생, 식료품, 자유토론, 방안, 사기진작, 이익금, 도전재, 전세임대주택, 확보액, 도시재생뉴딜사업, 인구감소, 협조관계, 항바이러스, 부처별
21	계획서, 방호복, 위험요소, 생활용품, 불편사항, 협조체제, 구조활동, 노약자, 운영방안, 해빙기, 점검대상, 분무기, 정부기관, 시설개선, 안전난간, 미래형, 환경변화, 협조관계, 도시재생뉴딜사업, 시설공사
22	항만시설, 경제성, 기상악화, 용역비, 거부감, 하역장비, 종합계획, 투자비, 소형선, 통항로, 행정조치, 잡화부, 사업법, 관광활성화, 묵묵부답, 취급항, 저장시설, 협조관계, 환경변화, 공동사업
23	업황, 기업체, 재산피해, 소화기, 선주, 다중이용시설, 심폐소생술, 소생술, 안전도, 유통업, 상임이사, 체선율, 기술경쟁력, 관련업, 리뉴얼사업, 신속성, 관심도, 디젤오일, 인구감소, 협조관계
24	관리법, 최적화, 특별점검, 성어기, 추진기, 우울증, 위험요인, 특별안전점검, 사고위험, 총생산, 워터제트, 투기, 안전조업, 대인관계, 스티커, 실명, 이익금, 환경변화, 시설공사, 도시재생뉴딜사업
25	물동량, 의료진, 지원자, 낚시객, 동반자, 호흡기, 신성장, 공직생활, 전문인력, 합동

토픽 ID	토픽 키워드
	점검, 하역능력, 정부혁신, 재구성, 응급처치, 야외공연장, 진두지휘, 추락사고, 중동호흡기증후군, 심정지, 항바이러스
26	led, 설문조사, 악천후, 환자, 소외계층, 선박사고, 건의서, 장려금, 병원장, 주차난, 소외, 재산권, 지능, 시너지효과, 영상관, 행정예고, 항바이러스, 감안, 폐지, 협조관계
27	항로표지, 장애물, 하이선, lng운반선, 등부표, 팽목, 무인화, 정기검사, 간출암, 어업활동, 생활상, 신문사, 대행사, 치료법, 도시재생뉴딜사업, 항바이러스, 디젤오일, 이익금, 시설공사, 전세임대주택
28	해양사고, 지원금, 무역분쟁, 현실화, 소형선박, 사용량, 시범운영, 시제품, ship, 해양생태계, 시행계획, 대중음악, 중계기, 미세플라스틱, 잠수기, 섬의날, 도시재생뉴딜사업, 시설공사, 협조관계, 환경변화
29	양식장, lpg, 연관산업, 보상금, 연구팀, 현안사항, 수요조사, 의견수렴, 신규사업, 승강장, 요소, 전화기, ok, 기준점, 소득향상, 인구감소, 디젤오일, 협조관계, 공동사업, 환경변화
30	네트워킹, 저수심, 투명성, 인공위성, 어항시설, 국제회의장, 항로상, 권력자, 답보상태, 유리병, 판매점, 감면액, 수면, 헤드셋, 탐방객들, 변동사항, 공동사업, 파급효과, 환경변화, 협조관계
31	조선업계, lng선, 화학제품, 구조정, 어획물, 해결책, 후원자, 공판장, 학습, 위문품, 전세임대주택, 도시재생뉴딜사업, 이익금, 디젤오일, 환경변화, 인구감소, 협조관계, 시설공사, 항바이러스, 변동사항
32	운영사, 블록체인, 환적, 자율운항선박, 구명조끼, 스마트화, 철광석, 대합실, 화물창, 진입도로, 도로망, 교육훈련, 액화가스, 기준치, 현무암, 공동사업, 불가항력, 변동사항, 기업, 강연료
33	보조금, 제조사, 성장세, 상업시설, 성장률, 굴삭기, 안개, 지역내, 일출, 주거지역, 성숙기, 관광수요, 국고보조금, 환경변화, 미스트리스, 폐지, 항바이러스, 협조관계, 디젤오일, 도시재생뉴딜사업
34	회복세, 작업장, 수주액, 남동쪽, 해안선, 휴게실, 여름, 예방법, 승선권, 최일선, 동남쪽, 소식지, 과자봉지, 공통적, 시설공사, 도시재생뉴딜사업, 인구감소, 항바이러스, 협조관계
35	환경오염, 재개발, 운송업, 고부가가치, 안전수칙, 교통비, 청항선, 경부고속도로, cnn, 분쟁, 철도망, 통발, 관광거점, 순찰활동, 플래카드, 고속철, 영상물, 조선소, 순찰대, 점박이물범
36	해운사, oil, 영향력, 연료비, 숙박시설, 편백, 모범사례, 파급력, nox, 생태관광, 증강, 스타리안, 항바이러스, 이익금, 인구감소, 시설공사, 도시재생뉴딜사업, 협조관계, 환경변화, 변동사항
37	중추적, 활용가치, 예술가, 준수, 집, 무탄소, 사설, 안전문화, 발명품, 선박용, 순기능, 이중연료, 뒷날, 도전재, 이익금, 도시재생뉴딜사업, 협조관계, 확보액, 항바이러스, 전세임대주택
38	안정성, 비상근무, 퇴직금, 목표량, 보좌관, 미국인, 현장조사, 강의실, 제작자, 부통

토픽 ID	토픽 키워드
	령, 실용성, 단순화, 조선족, 지지층, 역동성, 본보기, 소모품, 협조관계, 항바이러스, 시설공사
39	불필요, 폐플라스틱, 홍보활동, 발생량, 역부족, 일회용품, 포장재, 맞벌이, 분리수거, 포장지, 변동사항, 도시재생뉴딜사업, 도전재, 이익금, 환경변화, , 공동사업, 항바이러스, 협조관계, 시설공사
40	구조조정, 경영난, 산업통상자원부, 접안시설, 필기시험, 관리사, 집하장, 교재비, 신청기간, 기술협력, 대학생활, 수강료, 인구감소, 항바이러스, 협조관계, 도시재생뉴딜사업, 디젤오일, 환경변화, 시설공사
41	차도선, 뱃머리, 이용자, 기념사진, 유지보수, 공지사항, 게시물, 목포해수, 교육기관, 발전기금, 감소폭, 애물단지, 등록문화재, 개발비, 영양가, 인구감소, 디젤오일, 공동사업, 시설공사, 항바이러스
42	디지털화, 구축사업, 대기질, 가시화, 계획안, 방향성, 위원, 가스선, 확산세, 연료, 신뢰성, 지정학, 저소득층, 기념비, 지정학적, 자료, 이익금, 인구감소, 도시재생뉴딜사업, 시설공사
43	항만물, 노후화, 청사진, 관광자원, kriso, 소매물, 스토리텔링, 해양문화공간, 특화사업, 교육프로그램, 상징성, 회복기, 설치사업, 활동비, 기술지원, 시설공사, 도시재생뉴딜사업, 환경변화, 인구감소, 협조관계
44	상한선, 산업계, 네비게이션, 천연기념물, 선박연료유, 표지판, 영수증, 대항해, 무질서, 골목상권, 붉은빛, 도시재생뉴딜사업, 인구감소, 디젤오일, 이익금, 협조관계, 항바이러스, 시설공사, 어획, 제품화
45	중견기업, 취업률, 운영자, 길거리, 항구도시, 응시자, 점심시간, 상시적, 소방시설, 인재양성, 기능사, 사례, 소화전, 상설, 출입통제, 인구감소, 협조관계, 환경변화, 도시재생뉴딜사업, 시설공사
46	투자자, 위험물, 정보통신기술, 연락망, 폐쇄회로, 부표, 등명기, 시외버스, 실수요자, 비상연락망, 관리체계, 조망권, 지역축제, 해양관광자원, 시설공사, 인구감소, 공동사업, 협조관계, 이익금, 항바이러스
47	추진선, 배기가스, 고유황유, ktx, 전용선, 길목, 탈황, 항만시설사용료, 출입항, 골목길, 정유업계, 범죄, 진출입로, 안전시설물, 협조관계, 디젤오일, 시설공사, 항바이러스, 인구감소, 이익금
48	교통망, 북방항로, 소방관, 관련자, 민간인, 희생자, 부두시설, 해설사, 역세권, 자원봉사자, 소방공무원, 위기상황, 국도비, 경제상황, 직무, 도시재생뉴딜사업, 이익금, 시설공사, 항바이러스, 디젤오일
49	인공지능, 생산성, 국가별, 근무자, 원격제어, 끝단, 기술혁신, lte, 재사용, 근무환경, 스타트업들, 공업용수, 디젤오일, 인구감소, 전세임대주택, 확보액, 도전재, 항바이러스, 이익금, 도시재생뉴딜사업
50	사용료, 여행지, 표준화, 체험장, 유지관리, 국제표준화, 입학식, 상호교류, 스마트자율운항선박, 구명튜브, 이익금, 전세임대주택, 도시재생뉴딜사업, 협조관계, 기업, 강사진, 제품화, 부처별, 항바이러스, 인구감소

2. 해양수산분야별 리스크 1차 토픽모델링 결과

1) 해양분야 토픽모델링

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
1	성명서, 지원청, 의무화, 다양성, 방역수칙, 활주로, 입장문, 내용물, 법제화, 상시적	–
2	의약품, 후원금, 벤치마킹, 공휴일, 협력방안, 휴대폰, 생활용품, 결정적, 기조강연, 재창조	–
3	주변국, 차별화, 교통망, 최적지, 소생술, 응급처치, 응급환자, 취약지, 응급실, 전문의	응급처치
4	해안선, 경제적, 생물종, 가시화, 개별적, 전통문화, 서명운동, 국가기념일, 홍보대사, 유치원생	–
5	잠재력, 접경지역, 총동원, 세계인, 일, 환경적, 작가, 섬의날, 예술가, 소외	–
6	관광자원, 중앙부처, 미생물, 관광산업, 학술대회, 화학물질, 안정성, 소비량, 적응력, 대사량	–
7	부표, 발생량, kimst, 장기화, 휴양지, 취약계층, 기상악화, 악천후, led, 올여름	–
8	유전자, 연구팀, 군락지, 유전체, 치료제, 성어기, 환경변화, dna, 연관성, 악조건	어족자원 군락지
9	특산품, 환경영향평가, 발생원, 교통수단, 생물체, 내실화, 지역상생, 생태체험, 관층망, 축제장	–
10	과학기술, 지부장, 단체, 원동력, 협의회장, 참가비, 보건복지부, 금지법, 토론자, 브리핑룸	–
11	대규모, 동반자, 사명감, 장병, 방향성, 사절단, 군사력, 요소, 단거리, 준비기간	–
12	재개발, 눈높이, 인명피해, 원스톱, 이동경로, 산업계, 재개발사업, 품격, 안전조지, 불안전	재개발사업
13	온난화, 이상기후, 영상관, 피항지, 최고기온, 활동지, 집단행동, 상황대처, 치유식품, 현장중심	이상기후
14	천연기념물, 사무국장, 행사장, 여행지, 진정성, 수출규제, 청소기, 현장중심, 오렌지색, 중회의실	–
15	국무회의, 섬, 유적지, 세계사, 희귀종, 국제법적, 북서부, 당사자, 다목적실, 플루	–
16	업사이클링, 이산화탄소, 일회용품, 자연경관, 관광명소, 영향력,	환경보호

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
	학술, 형상화, 작품, 급부상	
17	해양생태계, 지구온난화, 양식업, 공직생활, 대륙붕, 보전연맹, 탐방로, 북동쪽, 공직선거법, 소독약	–
18	신성장동력, 체험존, 발열체크, 방역관리, 분포, 탐방객, 투숙객, 온도, 유지관리, 치유식품	–
19	특성화, 지역별, 전염병, 조사선, 탑승객, 수급자, 진료소, 미래상, 노약자, 기착지	–
20	국토교통부, 계획서, 기념사진, 이해관계, 제막식, 시간당, 브랜드화, 이슈화, 양조장, 전통주	–
21	전문기관, 재탄생, 신뢰도, 신뢰성, 전투기, 경계선, 지정학, 해상경계, 국가관리연안항, 항속거리	해상경계
22	경비함정, kriso, 정체성, 편의성, 다방면, 행정구역, 항생제, 순찰, 출동, 국제정세	–
23	kiost, 과학적, 산업화, 인공위성, 대기질, 데이터베이스, 연구비, 전시물, 자국민, 생활상	해양과학
24	여행객, 운항, 게시판, 가속화, 주거지, 일반인, 지도교수, 공학과, 주거시설, 첫해	–
25	방문객, 입장료, 상상력, 체험프로그램, 계층, 계류장, 피해액, 기탁, 방문자, 관심사	해양체험관광
26	구명조끼, 기부금, 생태관광, 방사선, 특수성, 결과적, 환영식, 민간인, 물리적, 문화공간	–
27	공모사업, 잠수사, 재조명, 웹툰, 운동가, 생존권, 일환, 해운사, 독립운동가, 구독자	–
28	당국자, 구축함, 구조단, 수의사, 전환점, 계도활동, 배, 구조활동, 생존자, 비공개	–
29	양식장, 단백질, 위험성, 지방정부, 경제수역, 사회관계망서비스, 상징성, 창립, 특별재난지역, 소극적	–
30	보행자, 궁금증, 북서쪽, 성폭력, 기생충, 연체동물, 외국어, 두족류, 바닥, 법령	–
31	혼획, 기념품, 자부심, 가상현실, 사진전, 스토리텔링, 대량생산, 강도다리, 생동감, 비수기	–
32	환경오염, 생물자원, 실용화, 예술가, 수료자, 실생활, 권위자, 선진국, 국가, 이용자	–
33	연구자, 우수상, 특별전, 전시실, 연구자, 우리말, 거주민, 안내소, 현실성, 상대국	–
34	해양도시, 대학원장, 부원장, 과장급, 책임감, 대학장, 관리과장, 일	–

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
	대일, 부처장, 감사실장	
35	실시간, 기업체, 실효성, ocean, 다문화, 사업, 증명서, 최적화, 예비창업자, 역사관	–
36	위기종, 자긍심, 소규모, 흰색, 게시물, 체계화, 운영자, 체험학습, 모양새, 기득권	–
37	장기간, 해결책, 대기오염물질, 기후위기, 유해물질, 빗물, 농경지, 도전정신, 해외여행, 청정지역	–
38	사용량, 잠수함, 하이선, 조사원장, 정확도, 출발점, 핵심기술, 추진기, 움직, 국립해양조사원	–
39	홍보활동, 남동쪽, 소방관, 사진작가, 집단감염, 고립, 강제, 수칙, 전수검사, 사생활	–
40	퇴적물, 안전성, 오염물질, 경제성, 산업체, 우수성, 유권자, 원천기술, 미세조류, 현장중심	오염물질
41	접근성, 인공지능, ict, 안전교육, 소화기, 측정기, 연구활동, 유학생, 일평균, 전시공간	제4차 산업혁명 기술
42	제로화, 사회공헌활동, 체험활동, 당선작, 경제성장, 여름휴가, 독창성, 발암물질, 숨구멍, 식민지	–
43	봉사활동, 대표발의, 접안시설, 현행법, 역임, 이웃, 다변화, 해양주권, 의료진, 배우자	해양주권
44	조성사업, 지원금, 시제품, 간접적, 우여곡절, 목적지, 해저지형, 건설사업, 생활속, 필수	–
45	천연가스, 물범, 공지사항, 해양학, 통신망, 안쪽, 부소장, 재정비, 현장조사, 직무	–
46	배출량, 보조금, 해양영토, 요충지, 설문조사, 해양관광자원, 응답자, 대장정, 화석연료, 외국인	–
47	견인차, 출장소, 생명력, 비행단, 유명무실, 동계올림픽, 금융기관, 친구, 영업점, 삶터	–
48	바닷물, 서식처, 처리장, sw, 취약종, 아열대화, 스타트업, 양극화, 고정관념, 영향권	–
49	아열대, 방사성, 자원화, 소재지, 어린이날, 몸속, 미래지향적, 직장인, 무동력, 후원물품	–
50	해양쓰레기, 폐그물, 황산화물, 실태조사, 실시계획, 수익금, 체험행사, 화합물, 대기오염, 증강현실	해양쓰레기, 해양환경

2) 수산분야 토픽모델링

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
1	부작용, 판매량, 연구팀, 배출량, 종업원, 군락지, 이산화탄소, 이물질, 목적지, 신분증	-
2	단맛, 미생물, 배, 사무국장, 표고버섯, 시행착오, 검은색, 생동감, 계절별, 가시화	-
3	관리법, 공공시설, 요충지, 상품성, 일원화, 피고인, 징역, 해소, 금지기간, 입장료	-
4	바닷물, 보양식, 붕장어, 자산어보, 문화공간, 도시인, 구속, 연관성, 계획안, 생태관광	해양문화자원
5	작업장, 고령자, 사업, 지역내, 체험활동, 사진작가, 생태자원, 사진전, 방문자, 접경지역	-
6	재활용, 취약계층, led, 폐어망, 이웃, 수색작업, 유통기한, 재검토, 사회공헌활동, 독거노인	-
7	어항시설, 접근성, 출동, 사무장, 이용객, 최적화, 근거지, 안내문, 사회복지시설, 솔선수범	어항시설
8	체험장, 캠핑장, 시범사업, 농특산물, 현실화, 특성화, 개장식, 식료품, 작품, 숙원사업	-
9	집중호우, 한시적, 소화기, 식생활, 공휴일, 현행법, 안전교육, 훈련장, 가속화, 입법예고	-
10	소득증대, 신고자, 낚시객, 생태탕, vts, 자연자원, 행정당국, 진단검사, 발달, 사전준비	-
11	보조금, 의무화, 지원대상, 최적지, 상상력, 보호자, 불이익, 당선작, 빗물, 자격요건	-
12	식재료, 차별화, 음식물, 중도매인, 증가, 강물, 바닷바람, 교통수단, 교통비, 교통편	해상교통
13	사회간접자본, 해외여행, 관광인프라, 농민, 체험존, 탑승자, 환경변화, 차박, 학교생활, 편집자	어촌관광
14	상승세, 장바구니, 형평성, 추경예산, 성폭력, 기부금, 고부가가치, 관광업, 어선위치발신장치, 예방활동	-
15	경제성, 운영비, 경력, 재정비, 해상서, 특별교부세, 소극적, 선망어업, 계도기간, 행정예고	-
16	특산물, 여행지, 전통시장, 여행객, 여행자, 일상생활, 응답자, 전시실, 유적지, 근대식	-
17	장기화, 특별재난지역, 호흡곤란, 아열대, 사무처장, 부적합, 범죄, 관광자원화, 기록적, 사고예방	재해재난

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
18	관광자원, 농기계, 부유물, 항만시설, 남동쪽, 배후부지, 위험물, 허가증, 촬영지, 독자적	–
19	양식업, 판매장, 횟감, 홍보활동, 장애물, 합동단속, 재산피해, 연안정, 역세권, 유통과정	수산물 판매 홍보
20	의약품, 피서객, 성장률, 여름휴가, 종합계획, 의존도, 탐방로, 포항해양경찰서, 그물망, 사법처리	–
21	단백질, 유전자, 면역력, 의료기관, 과학적, dna, 세분화, 원가량, 항적, 수사기관	–
22	지도선, 간편식, 비닐봉지, 영향력, 해결책, 야간, 증가율, 행정기관, 개발형, 연휴기간	–
23	조성사업, 음식점, 다기능, 행사장, 노후화, 품격, 작가, 론칭, 반려견, 외부인	–
24	특산품, 봉사활동, 일본식, 거래량, 의료진, 한동안, 소형어선, 거주지, 판매액, 시내버스	–
25	고령화, 축산업, 행정처분, 운영자, 해양사고, 환경정화, 퇴적물, 행정선, 제로화, 경영난	해양사고
26	가을철, 안쪽, 성어기, 수수료, 우수상, 신제품, 올여름, 떡국, 휴대폰, 우리말	–
27	소규모, 농작물, 환경오염, 천연기념물, 대규모, 휴식공간, 외지인, 음식문화, 보호종, 방류수	–
28	산업화, 직장인, 기본법, 안정자금, 발걸음, 친구, 농경지, 자긍심, 손바닥, 상품화	–
29	휴양지, 재사용, 설계비, 교육과정, 연구자, 안전조치, 소방관, 편의성, 친숙, 시행규칙	–
30	실시간, 전문점, 재탄생, 재래시장, 길거리, 안내판, 입국자, 농업용수, 산업통상자원부, 세계인	–
31	낙후, 전염병, 해양쓰레기, 호흡기, 경제적, 현장점검, 소득세, 형상화, 배우자, 다문화	–
32	낚시터, 잠재력, 발돋움, 기상악화, ktx, 직격탄, 실생활, 미설치, 선박사고, 소상공인	–
33	시간대, 폐그물, 자동화, 건의사항, 긴장감, 폐비닐, 손질, 출장소, 정보통신기술, 단말기	–
34	방문객, 입소문, 의정활동, 투자자, 북서쪽, 영화관, 대중적, 투명성, 가상현실, 근절	–
35	장기간, 한약재, 체험행사, 발전기, 저소득층, 시범운영, 어린이날, 네티즌, 게시물, 이웃	–

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
36	양식장, 해안선, 보험료, 해설사, 섬, 사용자, 대합실, 항만물, 몸값, 합성어	–
37	어패류, 발병, 질환자, 비브리오패혈증, 비브리오패, 국토교통부, 관광산업, 혈증균, 비브리오패혈증균, 위반행위	비브리오패혈증
38	기반시설, 직거래, 통합개발, 건너편, 벤치마킹, 봄날, 남, 전통어업, 하수관, 다중이용시설	–
39	서비스업, 어업활동, 물놀이, 신규사업, 숙박시설, 기관실, 유통업, 교통망, 역사관, 안전수칙	–
40	친수공간, 낚시꾼, 정화활동, 시가지, 서식처, 추락, 소생술, 심폐소생술, 응급처치, 보증금	친수공간
41	cctv, 어항법, 사용료, 주무관, 책임감, 안전망, 진술, 모범적, 업무보고, 폐쇄회로	–
42	실효성, 우수성, 정체성, 주거지, 대표발의, 접촉자, 공사장, 불합리, 역학조사, 추진력	–
43	낚시어선, 폐어구, 경비단, ict, 운항, 지구온난화, 출항, 잠수사, gps, 점검반	안전 및 환경 점검
44	접안시설, 특별단속, 바지선, 마중물, 출입항, 안정성, 유기물, 안전의식, 악천후, 중심부	–
45	어획물, 관광명소, 자부담, 신성장, 정주환경, 집중단속, 민간인, 일, 탐지기, 전수조사	–
46	벌금형, 안내소, 경제활동, 위기종, 협력체계, 맞벌이, 고정관념, 후유증, 우울증, 피로감	–
47	지원금, 건축물, 자연경관, 구조정, 인공지능, 어업권, 조수간만, 원거리, 폐업지원금, 휴발유	–
48	예술가, 여행객, 환자, 현수막, 조류인플루엔자, 구체화, 깃발, 내실화, 첨가물, 행정명령	–
49	구명조끼, 경비함정, 인명피해, 성수기, 월평균, 생필품, 위험성, 영업시간, 부상자, 표지판	해양사고
50	국가어항, 안전시설, 수산업법, 지역별, 불법행위, 물동량, 지원책, 환경적, 위험요인, 취업률	법률과 제도

3) 해운물류분야 토픽모델링

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
1	효율성, 안전성, 제안서, 세분화, 촉진법, 정치인, 공휴일, 드론산업, 무인기, 안전운임	–
2	영업이익, 민간사업자, 순이익, 번호판, 비행장, 백지화, 당기순이익, 정치력, 녹산선, 직선거리	기업경영
3	물류비용, 감소세, 해결책, 편의성, 사업부장, 운송비, 국제기준, 휘발유, 지역산업, 금융업	–
4	관세청, 전자상거래, 관리법, 항만물동량, 폭발사고, 회의장, 전문기관, 내실화, 컨트롤타워, 사회공헌활동	–
5	사용료, 요충지, 지원책, 작업자, 현장점검, 입주업체, 항계, 경영난, 건의사항, 북방항로	–
6	실시계획, 항공화물, 분양가, 국무회의, 구조조정, 입지조건, 화합물, 종사자, 수출지원, 하역사	–
7	잠재력, 하역작업, 기준치, 투자비, 산업체, 통행료, 출항, 항만보안, 교육과정, 특성화	–
8	조직개편, 상승세, cctv, 해양사고, 스마트화, 효율화, 자율운항선박, 의정활동, 과징금, 통항로	스마트화
9	불개미, 붉은불개미, 접안시설, 방역당국, 재검토, 행정절차, 지하화, 살충제, 지하차도, 수개미	붉은불개미
10	조성사업, 대규모, 서비스업, fta, 협력체계, 관계부처, 숙원사업, ipa, 회복세, 해외직구	수출입 이슈
11	건설사업, 차별화, 신성장, 장애물, 사업성, 가속화, 안정성, 공급망, 물류망, mice	물류공급망
12	인공지능, 위험물, 기반시설, 해안선, 유지보수, 자율주행, 저장소, 핵심사업, 스마트그리드, 수변도시	기반시설 스마트화
13	교통망, 지방세, 부두시설, 사통팔달, 가상현실, 항공권, 감소폭, 해상케이블카, 길잡이, zone	–
14	로드맵, 상용차, 현실화, 중간보고회, 민간기업, 정부정책, 기계류, 원재료, 노하우, 엑시언트	–
15	고속도로, 취약계층, 물류업, 교육생, 개별적, 농기계, 우편물, 원동력, 휴대폰, 수출업체	–
16	기술자, 후속조치, 당위성, 생산품, 시범운영, 원거리, 특별법안, 물리적, 증진, 불균형	–
17	종합계획, 인명피해, 시가지, 건의문, 이용객, 소유자, 시무식, 업무보고, 기탁, 사고발생	–

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
18	항만업계, 콜드체인, 산업통상자원부, 상생발전, 불투명, 형평성, 경제발전, 중견기업, 출발점, 사업대상지	항만업계 발전
19	다변화, 성명서, 해양도시, 재생사업, 상대국, 보험료, 긴장감, 해외여행, 컨테이너항, 운수업	해양도시 재생사업
20	환적, 물동량, 외항선, 재취업, 인천경제자유구역, ocean, 전용선, 교육프로그램, 수료증, 고용보험	–
21	보조금, 지방정부, 증가율, 원자재, 재정비, 건설업계, 연관산업, 중소기업, 철광석, 협력체	지역 경제
22	스마트시티, 역사관, 금지법, 작업장, 관광자원, 비정규직, 시내버스, 사용량, 제로화, 불합리	–
23	책임감, 전통시장, 항만시설사용료, 실무자, 관광벨트, 해소, 국정과제, 식료품, 행정관, 운영중	–
24	물동량, 환적화물, 환적, 처리량, 관광산업, 원양항로, 마중물, 성장동력, 제조업체, 교역국	물동량
25	생산성, 발돋움, 상업시설, 전용부두, 진행중, 육상전원공급설비, 사업시행자, 비상근무, 시행사, 시발점	–
26	환경오염, 사업계획, 자유무역지역, 렌터카, 사회단체, 경영본부장, 재배치, 항로표지, 외국어, 저수심	–
27	물동량, 국토교통부, 공헌, 체선율, 젊은이, 유학생, 정책성, 대학교수, 굴삭기, 전철화	–
28	해운업, 접근성, 지원금, 노후화, 해운업계, 교역량, 중심축, 선박수리, 수출품, 선복량	해운업 경쟁력
29	경제성, 다중이용시설, 근무자, 수수료, 최적지, 고용창출, 대응책, 관세법, 전문인력, 인턴십	해운인력
30	기업체, 도로망, 계획안, 진입도로, 고부가가치, 활주로, 부지조성, 소재지, 협조체제, 기본계획안	–
31	청사진, 사업화, 재활용, 저탄소, 사용자, 경량화, 교통수단, 조사결과, 안내문, 생산액	저탄소
32	우선협상대상자, 계획서, 수출액, 지방자치, 구체화, 사업계획서, 성장세, 수출량, 계류장, 취업률	–
33	주거지, 시민사회, 폐쇄회로, 수주액, 배기가스, 졸업생, 특별단속, 안전망, 권역별, 배후지역	–
34	유해화학물질, 일상생활, 생산유발효과, 선복량, 해양플라스틱, 무역분쟁, 전세기, 중간재, 직격탄, 과학적	–
35	ict, 중앙부처, 소방관, 위촉식, 정보통신기술, 대학원장, 위험요소, 인명구조, 방사선, 대기환경	정보통신기술

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
36	경제적, 철도망, 최적화, 운항, 오염물질, 투자금, 생활권, 정거장, 인력난, 참여율	–
37	거점항, 항차, 현안사업, 해운사, 접경지역, hmm, 검역관, 집중호우, 해빙기, 화객선	해운기업
38	입주기업, 사업체, 경제협력, 북방경제, 실태조사, 지부장, 운송업, 공급업, 돌파구, 기본법	–
39	지역균형발전, 인프라, 신뢰성, 증명서, 급부상, 대상사업, 투명성, 조기착공, 블루오션, 민간투자	–
40	이산화탄소, 질소산화물, 항만개발, 하역장비, 해상운송, 평형수, 발생량, 투자처, 연구자, 탐지기	–
41	지역발전, 친수공간, ktx, 원스톱, 구축사업, 구명조끼, 비철금속, 친수시설, 내륙운송, 위험성	–
42	황산화물, 대기질, 연료유, 대기오염, 공사장, 계류시설, 점유율, 발생량, 항구도시, 저감대책	항구도시 대기오염물질
43	대기오염물질, 실효성, 액체화물, 벤치마킹, 인입철도, 구축계획, 하역능력, 추진중, 제조시설, 점검당	–
44	천연가스, 국가어항, 양식장, 시범사업, 유지관리, 총연장, 역점사업, 국가사업, 바닷모래, 지자체	–
45	재개발, 배출량, 공공시설, 의무화, 진료소, 호흡기, 용역비, 가시화, 재개발사업, 경제권	재개발 사업
46	upa, 물류비, 이해관계자, 추진선, 주변지역, 화주, 개선사업, 의존도, 탑승객, 발전량	–
47	항만시설, 신북방정책, 관공선, 해권, 주력산업, 북방경제협력, 기상악화, 이해관계, 지방협력포럼, 전수조사	–
48	자동화, 건축물, iot, 재추진, 임대차, 항만기능, 여객기, 우수성, 역세권, 진출입로	–
49	실시간, 항만물류, 블록체인, 장기화, 자부심, 해양산업클러스터, 디지털화, 수출, 의사결정, 지원방안	제4차 산업혁명 기술
50	유연탄, 사회간접자본, 숙박시설, 부작용, 바지선, 지구온난화, 연계성, 고속철도, 선언문, 모래부두	에너지 연료, 지구 온난화

4) 항만분야 토픽모델링

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
1	항만물, 실효성, 대합실, 우수상, 특산물, 관광자원, 해외여행, 교통약자, 휴양지, 캠핑장	해양관광자원
2	경비함정, 구조정, 낚시객, 신뢰도, 연구팀, 보호자, 활용방안, 불이익, 시민사회, 손맛	낚시와 안전
3	재산피해, 가을철, 신호등, 유적지, 출입항, 수익금, 휴게실, 국가어항, 현안사항, 관광산업	-
4	해양사고, 경제적, 노후화, 청사진, 소형선박, 접경지역, 원동력, 과학자, 대유행, 사업가	해양사고
5	금융지원, 협력업체, 교육생, 안전망, 용역비, 실직자, 고부가가치, 농특산물, 종합계획, 총생산	경쟁력 강화 방안
6	디지털화, 전용선, 기숙사, 네트워킹, 보좌관, 연락망, 친환경선박, 이용자, 미국인, 뒤편	-
7	철광석, 최적지, 폭격기, 분쟁, 등명기, 길잡이, 현장조사, 신뢰성, cnn, 해양문화공간	-
8	양식장, 비상근무, 여행지, 목표량, 환자, 공동위원장, 안내문, 위원, 안전지대, 병원	-
9	바지선, 유전자, 설문조사, 진단검사, 저장소, 분향소, 희생자, 팽목, 안내선, 입장문	세월호 사고
10	실시간, 구축사업, 대기질, 대기오염물질, 가상현실, 계획안, 발생량, 증강현실, 만족감, 물건	-
11	지원금, 다각화, 다변화, 안정성, 해권, 지역발전, 작품, 재조명, 성장동력, 진입도로	-
12	목적지, 봉사활동, 목격자, 이웃, 기탁, 부상자, 노인, 비상사태, 의견수렴, 학자금	-
13	가속화, 신성장, 기부금, 생중계, 독거노인, 선순환, 자기소개, 속도감, 생활비, 확산세	-
14	여행객, 장기간, lpg, 전달식, 추진기, 여행객, 용의자, 신고자, 학교, 조합원	-
15	해운업, 해운업계, 연료비, 가시화, 취업자, 성장세, 서비스업, 전통시장, 민간기업, 성장률	해운기업 성장세
16	항로표지, 인수합병, 장애물, 안전운항, 안전시설, 목표치, 잠수함, 형상화, 등부표, 행락철	해상운송 안전
17	보조금, 관공선, 상한선, 요충지, 수여식, 게시판, 예정자, 네비게이션, 휴발유, 선박연료유	-

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
18	접촉자, 자가격리, 소방관, 품격, 블루오션, 확인서, 점검단, 항공권, 친수공간, 수송선	코로나19
19	장기화, 안전성, 생필품, 무역분쟁, 현실화, 상상력, 정체성, 소외계층, 투명성, 소외	무역분쟁
20	운영사, 위험물, 재활용, 음식점, gps, 역사관, 지원청, 섬, 등대지기, 감수성	–
21	탑승객, 의약품, 치료제, 차도선, 작업자, 낙후, 주거지, 전환점, 추진중, 자치분권	–
22	방문객, 투자자, 휴대전화, 교통비, 임차료, 수사대, 베스트셀러, 합성어, 어항시설, 어획물	–
23	해운사, 천연가스, 환경규제, 추진선, 연관산업, 구체화, oil, 전문기관, 행정절차, 총면적	환경규제
24	선복량, 제조사, 바닷물, 불필요, 운영비, 배, 호흡기, 해양플라스틱, 무탄소, 여름휴가	–
25	구조조정, 회복세, 자부심, 작업장, 수주액, 선언문, 사업, 협조체제, 행정조치, 달러	회복세
26	책임감, 전시실, ktx, 발걸음, 사명감, 민원인, 완성도, 문자, 과학기술, 자연경관	–
27	항만업계, 운송비, 대규모, 대응책, 탈황, 거주지, 특별점검, 일평균, 신제품, 내항선	탈탄소 대응
28	접근성, 필기시험, 편의성, 돌파구, 체험장, 조립식, 보금자리, 진정성, 정류장, 불감증	–
29	이산화탄소, 배기가스, 발전기, 조성사업, 자신감, 성료, kriso, 일, 야간, 전문의	대기오염물질
30	상생발전, 선박안전, 천연기념물, 합동점검, 메시지, 안전수칙, 부두시설, 고령화, 정보교류, 조사선	항만시설 안전 점검
31	upa, 벤치마킹, 주무관, 불합리, 표준화, 신사업, 결과적, 산업화, 국제표준화, 최고점	표준화
32	다중이용시설, 방향성, 전문인력, 안전교육, 시범운영, 인명구조, lng벙커링, 동료, 사용법, 서류심사	–
33	외항선, 활주로, 뱃머리, 비행장, 현수막, 계류장, 관련자, 민간인, 진상규명, 하역장비	–
34	농기계, 진료소, 취약계층, 운동장, 눈높이, 솔선수범, 시간당, 보험금, 롤모델, 취업률	–
35	수익성, 교육과정, 출입구, 특수성, 대기오염, 징검다리, 사실관계, 가스선, 항구도시, 의료서비스	–

토픽 ID	토픽 키워드	라벨링
36	투자자, 인명피해, lng선, 시운전, 항만개발, led, 개소식, 화물창, 보험료, 저탄소	–
37	성수기, 지원자, 기반시설, 접안시설, 하이선, 중견기업, 배후부지, 특산품, 협력단, 연구자	–
38	차별화, 원자재, iot, 스마트팩토리, 경쟁사, 자율주행, 시제품, 누리꾼, 동료, 시행계획	–
39	지원책, 평형수, 고속도로, 계획서, lng운반선, 사업주, 대리인, 수급자, 인공위성, 불편사항	–
40	인공지능, 기업체, 경영난, 영향력, 생산성, 국가별, 산업통상자원부, 경쟁자, 신규사업, 공통점	기업체 경영난
41	방호복, 항만시설사용료, 해안선, 경기침체, 관광명소, 신성장동력, 표지판, 밑바닥, 상징물, 표지판	–
42	운항, 항만시설, 로드맵, 의료진, ict, 기상악화, 원스톱, 간호사, 주력산업, 폐플라스틱	–
43	물동량, 한진중공업, 수출액, 시내버스, 일상생활, 보상금, 지방세, 교통질서, 하역능력, 승강장	–
44	배출량, 건축물, 경제성, 의무화, 정보통신기술, 부표, 악천후, 연료전지, 현장점검, 육상전원	–
45	환적, 블록체인, 구명조끼, 스마트화, 산업계, 관계부처, 유지보수, 고령자, 활용가치, 업무수행	–
46	환경오염, 궁금증, 화학제품, 사무국장, 해결책, 연주자, 과학적, 운송업, 관심사, 장려금	–
47	황산화물, 연료유, 조선업계, 환경규제, 고유황유, 선주, 질소산화물, 폐쇄회로, 대응방안, 판매량	대기오염물질
48	업황, 당국자, 사업계획, 근무자, 자긍심, 공사장, 응급환자, 장병, 공직생활, 성어기	–
49	자동화, 자율운항선박, 효율성, 시범사업, 자율운항, 정보시스템, 핵심기술, 사용량, ship, 대중문화	자율운항기술
50	재개발, 잠재력, 관리법, 연주회, 수수료, 지휘자, 조직개편, 부작용, 준공식, 방역수칙	–

3. 수산분야 SD 모델 Equations

모델 세팅

INITIAL TIME = -2

FINAL TIME = 20

Time Units: Month

TIME STEP = 0.125

소비자의 기억 모델

기억 변화=(외부 정보의 변화-사건에 대한 소비자의 기억)/기억을 조정하는 시간

Units: 1/Month/Month

기억을 조정하는 시간=IF THEN ELSE(외부 정보의 변화>=사건에 대한 소비자의 기억, 충격이 발생할 때 조정되는 시간, 충격이 제거될 때 조정되는 시간)

Units: Month

사건에 대한 소비자의 기억= INTEG (기억 변화,0)

Units: 1/Month

사건이 발생한 시점=0

Units: Month

외부 정보의 변화=STEP(1, 사건이 발생한 시점)-STEP(1, 충격이 제거된 시점)

Units: 1/Month

충격이 발생할 때 조정되는 시간=3

Units: Month

충격이 제거된 시점=2

Units: Month

충격이 제거될 때 조정되는 시간=6

Units: Month

기억 변화=(외부 정보의 변화-사건에 대한 소비자의 기억)/기억을 조정하는 시간

Units: 1/Month/Month

기억을 조정하는 시간=IF THEN ELSE(외부 정보의 변화>=사건에 대한 소비자의 기억, 충격이 발생할 때 조정되는 시간, 충격이 제거될 때 조정되는 시간)

Units: Month

사건에 대한 소비자의 기억= INTEG (기억 변화,0)

Units: 1/Month

사건이 발생한 시점=0

Units: Month

외부 정보의 변화=STEP(1, 사건이 발생한 시점)-STEP(1, 충격이 제거된 시점)

Units: 1/Month

충격이 발생할 때 조정되는 시간=3

Units: Month

충격이 제거된 시점=2

Units: Month

충격이 제거될 때 조정되는 시간=6

Units: Month

소비자의 기억 모델과 가격-수요-공급 구조 모델의 결합

가격= INTEG (가격 변화,1000)

Units: won/Units

가격 변화=(수요에 따라 달리 제시되는 시장 가격 - 가격)/가격 조정 시간

Units: won/Units/Month

가격 영향을 반영하기 전 수요량 변화=최초 기준 수요(1+STEP(수요 변화 폭의 비율, 수요 변화 시점))*

Units: Units/Month

가격 조정 시간=1

Units: Month

가격에 대한 공급 탄력성=0.1

Units: Dimensionless

가격에 대한 수요 탄력성=-0.25

Units: Dimensionless

*공급량=기준 공급량 * (가격/"기준 가격 (초기 가격)")^가격에 대한 공급 탄력성*

Units: Units/Month

기억 전환율=-1

Units: Month

"기준 가격 (초기 가격)"=1000

Units: won/unit

기준 공급량=100

Units: Units/Month

사건에 대한 소비자의 기억= INTEG (기억 변화,0)

Units: 1/Month

수요 변화 시점=0

Units: Month

*수요 변화 폭의 비율=사건에 대한 소비자의 기억*기억 전환율*

Units: Dimensionless

"수요/공급 균형"=수요량/공급량

Units: Dimensionless

"수요/공급 균형이 가격에 미치는 가중치"="수요/공급 균형"^"수요/공급 균형이 영향을 주는 가격 민감도"

Units: Dimensionless

"수요/공급 균형이 영향을 주는 가격 민감도"=1

Units: Dimensionless

수요량=가격 영향을 반영하기 전 수요량 변화(가격/"기준 가격 (초기 가격)")^가격에 대한 수요 탄력성*

Units: Units/Month

수요에 따라 달리 제시되는 시장 가격=가격"수요/공급 균형이 가격에 미치는 가중치"*

Units: won/unit

최초 기준 수요=100

Units: unit/Month

고등어 물류 구조 – 시장 결정 조건

"가격-수요-공급 모델에서 제시된 수료량 reference"=수요량

Units: Units/Month

가공 수산물 예측 수요=가공용 원형 동결 수산물 수요

Units: Units/Month

가공 수산물 판매=MIN(가공용 원형 동결 수산물 수요, 가공용 원형 동결 수산물/평균시간 A)

Units: Units/Month

가공용 부족분 조정시간=1

Units: Month

가공용 산지 위판장 재고 초기 값=산지 위판장의 가공용 재고 목표

Units: Units

가공용 수산물 조달 목표=가공용 수산물의 목표 대비 차이+가공 수산물 예측 수요

Units: Units/Month

가공용 수산물 초기 값=가공용 재고 목표

Units: Units

가공용 수산물의 목표 대비 차이=(가공용 재고 목표-가공용 원형 동결 수산물)/가공용 부족분 조정시간

Units: unit/Month

가공용 원형 동결 수산물= INTEG (산지 위판장에서 가공용으로-가공 수산물 판매,

가공용 수산물 초기 값)

Units: Units

*가공용 원형 동결 수산물 수요="가격-수요-공급 모델에서 제시된 수료량 reference"*9*

Units: Units/Month

가공용 원형 동결 수산물 판매 단계로 이동 시간=1

Units: Month

가공용 재고 목표=1500

Units: Units

공급량 A=Max(0,예측 수요 A)

Units: Units/Month

공급량 B=Max(0,예측 수요 B)

Units: Units/Month

"산지 위판장 (가공용)"= INTEG (-산지 위판장에서 가공용으로+공급량 A,

가공용 산지 위판장 재고 초기 값)

Units: Units

"산지 위판장 (신선 수산물)"= INTEG (공급량 B-산지 위판장에서 신선 수산물로,

원물용 산지 위판장 재고 초기 값)

Units: Units

산지 위판장 조정 시간=0.5

Units: Month

산지 위판장에서 가공용으로="산지 위판장 (가공용)"/가공용 원형 동결 수산물 판매 단계로 이동 시간

Units: Units/Month

산지 위판장에서 신선 수산물로="산지 위판장 (신선 수산물)"/신선 수산물 판매 단계로 이동 시간

Units: unit/Month

산지 위판장의 가공용 수산물 목표 대비 차이=(산지 위판장의 가공용 재고 목표-"산지 위판장 (가공용)")/산지 위판장 조정 시간

Units: Units/Month

*산지 위판장의 가공용 재고 목표=가공용 수산물 조달 목표*가공용 원형 동결 수산물 판매 단계로 이동 시간*

Units: Units

산지 위판장의 신선 수산물 목표 대비 차이=(산지 위판장의 신선 수산물 재고 목표-"산지 위판장 (신선 수산물)")/산지 위판장 조정 시간

Units: Units/Month

*산지 위판장의 신선 수산물 재고 목표=신선 수산물 조달 목표*신선 수산물 판매 단계로 이동 시간*

Units: Units

수요량=가격 영향을 반영하기 전 수요량 변화(가격/"기준 가격 (초기 가격)")^가격에 대한 수요 탄력성*

Units: Units/Month

신선 수산물= INTEG (산지 위판장에서 신선 수산물로-신선 수산물 판매량,

신선 수산물 초기 값)

Units: Units

신선 수산물 목표 대비 차이=(신선 수산물 재고 목표-신선 수산물)/신선 수산물 부족분 조정시간

Units: Units/Month

신선 수산물 수요="가격-수요-공급 모델에서 제시된 수료량 reference"

Units: Units/Month

신선 수산물 재고 목표=400

Units: Units

신선 수산물 조달 목표=신선 수산물 목표 대비 차이+신선 수산물 예측 수요

Units: Units/Month

신선 수산물 초기 값=신선 수산물 재고 목표

Units: Units

신선 수산물 판매 단계로 이동 시간=0.5

Units: Month

신선 수산물 판매량=MIN(신선 수산물 수요, 신선 수산물/평균시간 B)

Units: Units/Month

신선 수산물 부족분 조정시간=1

Units: Month

신선 수산물 예측 수요=신선 수산물 수요

Units: unit/Month

예측 수요 A=가공용 수산물의 목표 대비 차이+산지 위판장의 가공용 수산물 목표 대비 차이+가공 수산물 예측 수요

Units: Units/Month

예측 수요 B=신선 수산물 목표 대비 차이+산지 위판장의 신선 수산물 목표 대비 차이+신선 수산물 예측 수요

Units: Units/Month

원물용 산지 위판장 재고 초기 값=산지 위판장의 신선 수산물 재고 목표

Units: Units

평균시간 A=1

Units: Month

평균시간 B=1

Units: Month

명태 유통 모델의 특징

"가격-수요-공급 모델에서 제시된 수료량 reference"=수요량

Units: Units/Month

가공 수산물 예측 수요=가공용 원형 동결 수산물 수요

Units: Units/Month

가공 수산물 판매=MIN(가공용 원형 동결 수산물 수요, 가공용 원형 동결 수산물/평균시간 A)

Units: Units/Month

가공용 부족분 조정시간=1

Units: Month

가공용 수산물 조달 목표=가공용 수산물의 목표 대비 차이+가공 수산물 예측 수요

Units: Units/Month

가공용 수산물 초기 값=가공용 재고 목표

Units: Units

가공용 수산물의 목표 대비 차이=(가공용 재고 목표-가공용 원형 동결 수산물)/가공용 부족분 조정시간

Units: unit/Month

가공용 원형 동결 수산물= INTEG (국제 수산물 도매시장에서 가공용으로-가공 수산물 판매,가공용 수산물 초기 값)

Units: Units

가공용 원형 동결 수산물 수요="가격-수요-공급 모델에서 제시된 수료량 reference"

Units: Units/Month

가공용 원형 동결 수산물 판매 단계로 이동 시간=1

Units: Month

가공용 재고 목표=400

Units: Units

국제 수산물 도매시장= INTEG (-국제 수산물 도매시장에서 가공용으로+명태 공급량, 국제 수산물 도매시장 재고 초기 값)

Units: Units

국제 수산물 도매시장 재고 초기 값=국제 수산물 도매시장의 가공용 재고 목표

Units: Units

국제 수산물 도매시장 조정 시간=0.5

Units: Month

국제 수산물 도매시장에서 가공용으로=국제 수산물 도매시장/가공용 원형 동결 수산물 판매 단계로 이동 시간

Units: Units/Month

국제 수산물 도매시장의 가공용 수산물 목표 대비 차이=(국제 수산물 도매시장의 가공용 재고 목표-국제 수산물 도매시장)/국제 수산물 도매시장 조정 시간

Units: Units/Month

*국제 수산물 도매시장의 가공용 재고 목표=가공용 수산물 조달 목표*가공용 원형 동결 수산물 판매 단계로 이동 시간*

Units: Units

명태 공급량=Max(0,명태 예측 수요)

Units: Units/Month

명태 예측 수요=가공용 수산물의 목표 대비 차이+국제 수산물 도매시장의 가공용 수산물 목표 대비 차이+가공 수산물 예측 수요

Units: Units/Month

수요량=가격 영향을 반영하기 전 수요량 변화(가격/"기준 가격 (초기 가격)")^가격에 대한 수요 탄력성*

Units: Units/Month

평균시간 A=1

Units: Month

4. 해양수산분야 미래 리스크 발굴을 위한 설문조사표

KMI 한국해양수산개발원 KOREA MARITIME INSTITUTE

ID

해양수산 분야 미래 리스크(위험) 발굴을 위한 설문조사

안녕하십니까?

사회가 복잡·다원화해지고 변화속도가 빨라짐에 따라 과거에는 예상할 수 없었던 사건들이 발생하고 있습니다. 대표적으로 2011년 동일본 대지진 막대한 경제적, 환경적 피해를 안겼고, 2020년 코로나19 펜데믹은 사회경제적 구조변화를 야기할 정도로 막대한 영향을 끼치고 있습니다. 이렇듯 현대사회는 과거의 경험과 데이터로는 예측하기 힘든 다양한 위험에 노출되어 있습니다.

한편 국제기구 및 선진국들은 오래 전부터 미래의 불확실성에 대비하고 글로벌 생존전략을 수립하기 위해 미래연구를 수행해 오고 있습니다. 우리나라에서도 여러 기관에서 미래사회의 핵심 이슈 발굴 및 선제적 대응방안 도출을 위한 연구를 수행하고 있습니다. 해양수산 분야의 경우 개별 위험에 대한 분석은 시도하였으나, 해양수산 전반에 걸친 종합적이고 선제적인 예측과 분석은 미흡한 실정입니다.

이에 국무총리실 산하 정부출연연구기관인 한국해양수산개발원(KMI)은 해양수산 분야에서 발생가능한 미래 위험을 발굴하고 평가하기 위해 본 조사를 시행하게 되었습니다. 선생님의 답변은 해양수산 분야의 미래 위험을 발굴하는 데 귀중한 참고자료로 활용될 예정입니다. 본 설문은 정답이 있는 것이 아니기에 생각하시는 바를 솔직히, 그리고 가급적 모든 문항에 응답해 주시기를 부탁드립니다.

응답해주시는 정보는 법률 제11690호 개인정보보호법 제15조(개인정보 수집/이용)에 의거하여 보호받을 수 있으며, 동법 제21조(개인정보의 파기)에 의거하여 조사종료 후 파기되오니 원활한 연구가 진행될 수 있도록 가급적 모든 문항에 응답해 주시기를 부탁드립니다. 또한 본 설문의 결과와 내용은 연구관련 목적 이외에는 사용되지 않음도 함께 알려드립니다.

본 설문과 관련한 추가적인 문의사항은 아래의 연락처를 참조하여 주시기 바랍니다. 감사합니다.

2021년 7월

문의 사항				
	- 설문 문의	한국해양수산개발원	김주현 전문연구원	(051-797-4636)
			박동아 연구원	(051-797-4783)
	- 조사 문의	한국리서치	이태훈 부장	(02-3014-1074)

SQ1	귀하의 성별은 무엇입니까?	① 여성 ② 남성
SQ2	귀하의 나이는 올해 만으로 어떻게 되십니까?	만 ( ) 세
		① 19~29세 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대이상 ☞ **만 19세 미만 설문중단**
SQ3	귀하의 주된 거주 지역은 어디입니까?	① 서울 ② 부산 ③ 대구 ④ 인천 ⑤ 광주 ⑥ 대전 ⑦ 울산 ⑧ 경기 ⑨ 강원 ⑩ 충북 ⑪ 충남 ⑫ 세종 ⑬ 전북 ⑭ 전남 ⑮ 경북 ⑯ 경남 ⑰ 제주
SQ4	귀하는 바닷가 거주 경험이 있습니까?	① 예 ② 아니오
SQ5	귀하의 직업은 무엇입니까?	① 농/임/어업 ② 자영업 ③ 사무직 ④ 판매/영업서비스직 ⑤ 생산/노무직 ⑥ 기능/숙련직 ⑦ 경영/관리직 ⑧ 전문/자유직 ⑨ 가정주부 ⑩ 학생 ⑪ 무직 ⑫ 기타 ( )

PART Ⅰ. 리스크(위험) 인식도

A01-1. 귀하는 최근10년 내에 사회 전반적으로 과거 대비 리스크 발생 빈도가 증가했다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

A01-2. 귀하는 최근10년 내에 해양수산 분야에서 과거 대비 리스크 발생 빈도가 증가했다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

A02-1. 귀하는 최근10년 내에 사회 전반적으로 과거 대비 리스크 발생 강도가 증가했다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

A02-2. 귀하는 최근10년 내에 해양수산 분야에서 과거 대비 리스크 발생 강도가 증가했다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

A03-1. 귀하는 사회 전반적으로 리스크 관리가 중요하다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

A03-2. 귀하는 해양수산 분야에서 리스크 관리가 중요하다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

A04-1. 귀하는 최근10년 내에 과거 대비 사회 전반적으로 리스크 관리 수준이 높아졌다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

A04-2. 귀하는 최근10년 내에 과거 대비 해양수산 분야에서 리스크 관리 수준이 높아졌다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

A05-1. 귀하는 최근10년 내에 과거 대비 사회 전반적으로 리스크 대응체계가 잘 갖춰졌다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

A05-2. 귀하는 최근10년 내에 과거 대비 해양수산 분야에서 리스크 대응체계가 잘 갖춰졌다고 생각하십니까?

① 예 ② 아니오 ③ 모르겠음 ④ 기타( )

PART Ⅱ. 해양수산 분야 미래 리스크 발굴

1 해양수산 분야 리스크 후보군 평가

[해양 분야]

B01. 다음은 해양 분야에서 발생할지도 모를 미래 리스크 후보군 30개를 도출한 것입니다. 각 리스크 별로 귀하께서 생각하시는 발생가능성, 영향력, 통제가능성을 0점부터 10점까지 부여해 주시기 바랍니다.(낮을수록 0점, 높을수록 10점으로 부여하되 상대점수가 아닌 개별 리스크별로 절대점수 부여)

▶ **발생가능성** : 각 미래 리스크가 향후 10년 이내에 발생할 가능성
▶ **파 급 력** : 각 리스크가 발생할 경우 사회에 미칠 파급효과의 크기
▶ **통제가능성** : 각 리스크가 발생했다는 가정 하에 현재 우리 사회의 준비 및 대응체계 수준

NO	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 가능성
1	남북 접경수역 군사적 충돌 발생			
2	지구 온난화 가속화			
3	해양기인성 질병 발생			
4	주변국 해상경계 설정 분쟁 발생			
5	해양에서의 안전사고 증가			
6	해상사고 구조활동 애로			
7	해양생물 자원 관리 실패			
8	해저퇴적물 오염 증가			
9	해양 및 바닷가 쓰레기 증가			
10	연근해 해수수질 오염 증가			
11	해저 유/가스전 폭발사고 증가			
12	극지 환경 훼손			
13	해양재해에 따른 항만 및 부두 파손			
14	선박 기름유출로 인한 해양오염 증가			
15	해양생물 서식지 훼손			
16	해수산성화(해수의 PH 감소현상) 심화			
17	해양 플라스틱 쓰레기 증가			
18	대규모 해저지진 발생			
19	선박소음에 따른 해양생물 피해 발생			
20	초대형 태풍 발생			
21	미처리된 폐수의 해양 유입 증가			
22	해양에너지 개발에 따른 환경피해 발생			
23	해수면 상승에 따른 연안도시 범람			
24	해상교통로 안보 취약성 증가			
25	해양공간 이용자간 갈등 증가(예: 어업-골재채취)			
26	국제 해양법 분쟁 증가			
27	북극항로 환경 변화			
28	국경을 초월한(월경성) 해양쓰레기 증가			
29	해양레저관광/문화 소외계층 발생			
30	해양관광인프라 노후화로 인한 안전사고 발생			

[수산 분야]

B02. 다음은 수산 분야에서 발생할지도 모를 미래 리스크 후보군 30개를 도출한 것입니다. 각 리스크 별로 귀하께서 생각하시는 발생가능성, 영향력, 통제가능성을 0점부터 10점까지 부여해 주시기 바랍니다.(낮을수록 0점, 높을수록 10점으로 부여하되 상대점수가 아닌 개별 리스크별로 절대점수 부여)

▶ **발생가능성 :** 각 미래 리스크가 향후 10년 이내에 발생할 가능성
▶ **파 급 력 :** 각 리스크가 발생할 경우 사회에 미칠 파급효과의 크기
▶ **통제가능성** : 각 리스크가 발생했다는 가정 하에 현재 우리 사회의 준비 및 대응체계 수준

NO	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 가능성
1	불법·비보고·비규제(IUU)[1] 어업 위반국가로 지정			
2	근해어업 생산량 급감			
3	기름유출에 따른 수산업 피해 발생			
4	기후변화에 따른 수산업 악영향			
5	수산물 수출 감소			
6	전통적 수산물 유통체계 붕괴			
7	낚시어선 안전사고 급증			
8	내수면[2] 고유어종 감소			
9	불법어업에 따른 수산자원 감소			
10	수산생물종 감소			
11	경영난에 따른 수산기업 대규모 도산			
12	수산 서식지 훼손			
13	수산물 가격 변동성 심화			
14	수산물 기인 대규모 감염병 발생			
15	수산물 소비 급감			
16	수산물 수출규제 확대			
17	수산물 원전폐수 방사능 오염			
18	대규모 수산물 위생문제 발생			
19	수산물 유전자 변형식품 공급 확대			
20	수산업에 대한 부정적 인식 증가			
21	노후된 어구[3] 및 어선 증가			
22	수산종사자 감소			
23	수산종사자 인권 침해 급증			
24	수온상승에 따른 먹이생물 분포 변동			
25	양식어류 대량 폐사			
26	어민간 어업권 분쟁 발생 증대			
27	전염병 방역 강화로 인한 조업 감소			
28	어선 탄소배출 증가			
29	전국 어촌 소멸 현실화			
30	폐어구 다량 발생			

1) 불법·비보고·비규제(IUU) 어업 : 해당국가의 허가없이 조업하거나 법규를 위반한 조업 활동

2) 내수면(內水面) : 하천, 댐, 호수, 늪, 저수지와 그 밖에 인공적으로 조성된 담수나 기수(바닷물과 민물이 섞인 물)의 물흐름 또는 수면

3) 어구(漁具) : 수산동식물을 포획 또는 채취하는 데에 직접 사용하는 도구

[해운물류 분야]

B03. 다음은 해운물류 분야에서 발생할지도 모를 미래 리스크 후보군 30개를 도출한 것입니다. 각 리스크 별로 귀하께서 생각하시는 발생가능성, 영향력, 통제가능성을 0점부터 10점까지 부여해 주시기 바랍니다. (낮을수록 0점, 높을수록 10점으로 부여하되 상대점수가 아닌 개별 리스크별로 절대점수 부여)

▶ **발생가능성 :** 각 미래 리스크가 향후 10년 이내에 발생할 가능성
▶ **파 급 력 :** 각 리스크가 발생할 경우 사회에 미칠 파급효과의 크기
▶ **통제가능성** : 각 리스크가 발생했다는 가정 하에 현재 우리 사회의 준비 및 대응체계 수준

NO	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 가능성
1	해운운임 급등락			
2	해운기업 파산			
3	선박사고로 인한 인적/물적 피해 발생			
4	자연재해 등으로 인한 내륙물류망 마비			
5	자연재해 등으로 인한 물류인프라 파손			
6	해운물류 전문인력 공급 부족			
7	전염병 등으로 인한 글로벌 공급망 마비			
8	수출입/연안/환적 화물 물동량 급감			
9	선박사고로 인한 항만 및 항로 폐쇄			
10	북방물류 중단			
11	선박배출 대기오염물질 증가			
12	항만 터미널 및 물류센터 위험물 폭발사고 발생			
13	숙련된 해기사(선원) 부족			
14	선원 감염병 발생			
15	해운물류 기술 경쟁력 저하			
16	글로벌 공급망 변화 대응능력 부족			
17	해운선사 사이버 공격 취약			
18	중국의 글로벌 물류인프라 선점			
19	금융기관의 선박 투자 회피			
20	연안해운[1] 이용객 급감			
21	선원 인권 복지 문제 발생 증가			
22	해운 얼라이언스 강제 퇴출			
23	선박평형수[2]에 의한 오염 증가			
24	탄소배출 저감 국제규제 기준 부합 실패			
25	해적 등 선박 통항로 안전성 위협 증가			
26	선박 밑바닥에 생물 부착(바이오파울링)[3] 증가			
27	국적선사 유동성 위기 심화			
28	친환경/디지털 지연으로 국적선사 글로벌 경쟁력 약화			
29	해운물류기업 경영난 심화			
30	미래 고부가가치 해운물류업 육성 부족			

1) 연안해운 : 바다를 항로로 이용한 국내의 선박 여객 및 화물의 운송

1) 선박평형수 : 선박이 운항할 때 무게중심을 유지하기 위해 선박의 좌우 또는 밑바닥에 설치된 탱크에 채워넣는 바닷물을 말하며, 외래 생물종 유입의 원인으로 작용

2) 바이오파울링(Biofouling) : 선박의 바닥에 홍합, 따개비 등 부착생물이 붙는 현상으로 선박운항 속도와 외래 생물종 유입의 원인으로 작용

[항만 분야]

B04. 다음은 항만 분야에서 발생할지도 모를 미래 리스크 후보군 30개를 도출한 것입니다. 각 리스크 별로 귀하께서 생각하시는 발생가능성, 영향력, 통제가능성을 0점부터 10점까지 부여해 주시기 바랍니다.(낮을수록 0점, 높을수록 10점으로 부여하되 상대점수가 아닌 개별 리스크별로 절대점수 부여)

▶ **발생가능성 :** 각 미래 리스크가 향후 10년 이내에 발생할 가능성
▶ **파 급 력 :** 각 리스크가 발생할 경우 사회에 미칠 파급효과의 크기
▶ **통제가능성** : 각 리스크가 발생했다는 가정 하에 현재 우리 사회의 준비 및 대응체계 수준

NO	미래 리스크 후보군	발생 가능성	파급력	통제 가능성
1	항만 안전/보안 위기			
2	항만 환경오염 오염 증가			
3	선박안전사고 증가			
4	항만기반시설 개선 지연			
5	항만비용 상승 및 경제성 저하			
6	항만 안전관리 실패			
7	항만 작업자 안전사고 발생			
8	스마트화에 따른 일자리 감소			
9	항만 비상사태 대응 매뉴얼 부재			
10	항만 내 위험관리조직 구축 미흡			
11	항만 내 에너지 공급 차단			
12	항만배후단지[1] 재해 발생			
13	자연재해로 인한 항만 패쇄			
14	중국 항만과 경쟁 격화			
15	항만의 미래 변화대비 미흡			
16	항만 재난 대응체계 미흡			
17	항만의 지역경제 기여도 감소			
18	항만종사자 감염병 발생			
19	글로벌 공급망 변화 대응 미흡			
20	항만 연관산업 육성 부족			
21	기후변화 대응역량 부족			
22	블록체인 기반 거대 물류플랫폼 회사 등장			
23	항만운영사 경영난 심화			
24	항만 개발과 운영을 둘러싼 지역주민 갈등 심화			
25	전자상거래 수요증가 대비 부족			
26	항만 네트워크 약화			
27	크루즈 관광객 감소			
28	컨테이너 하역[2] 생산성 약화			
29	항만 사이버보안 취약성			
30	항만 방역방제 체계 미구축			

1) 항만배후단지 : 항만구역 내 또는 항만 주변에서 항만과 연계하여 물류 및 제조활동이 이루어지는 공간
2) 하역(荷役) : 선박에 짐을 싣거나 내리는 행위(화물의 상하차 작업)

2 해양수산분야 리스크 추가의견

B05. B01~B04에서 제시한 리스크에는 빠졌지만, 귀하께서 추가하고 싶은 리스크를 자유롭게 기재하여 주시기 바랍니다. 마찬가지로 각 리스크 별로 귀하께서 생각하시는 발생가능성, 영향력, 통제가능성을 0점부터 10점까지 부여해 주시기 바랍니다.(낮을수록 0점, 높을수록 10점으로 부여하되 상대점수가 아닌 개별 리스크별로 절대점수 부여)

▶ **발생가능성 :** 각 미래 리스크가 향후 10년 이내에 발생할 가능성
▶ **파 급 력 :** 각 리스크가 발생할 경우 사회에 미칠 파급효과의 크기
▶ **통제가능성** : 각 리스크가 발생했다는 가정 하에 현재 우리 사회의 준비 및 대응체계 수준

NO	해양수산분야 리스크 추가의견	발생 가능성	파급력	통제 가능성
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

♣ 설문에 참여해 주셔서 대단히 감사합니다 ♣

기본연구보고서 발간목록

2021년

01	시민참여형 해안돌봄 정책 도입방안 연구	정지호
02	해양 플라스틱 쓰레기가 선박 운항에 미치는 영향분석 연구	김보람
03	여성어업인 노동정책 방향 연구	홍혜수
04	순환경제 시스템을 활용한 어업폐기물의 자원화 방안 연구	고동훈
05	1conomy 시대, HMR 시장 확대에 따른 수산부문 대응전략 수립 연구	마창모
06	AIS 데이터 기반 해상교통 안전 평가모델 개발 연구	황선일
07	항만 에너지 관리시스템 도입을 위한 로드맵 구축 연구 - 부산항 신항 전기에너지 소비를 중심으로 -	김근섭
08	해양분야 리빙랩 활성화 방안 연구	좌미라
09	빅데이터의 연계·활용을 통한 선박의 배출량 산정체계 고도화 방안 연구	안용성
10	해양공간계획 집행체계 고도화 방안 연구	최희정
11	수산식품산업 푸드테크 환경분석 및 적용전략 연구	이상건
12	AIS데이터기반 해상물동량 추정 연구	황수진
13	항만부문 정책의사결정 지원 빅데이터 플랫폼 구축 방안 연구	이기열
14	항만 컨테이너 물류 프로세스 디지털화 모형 연구	서정용
15	해양수산 분야 국제산업연관표 구축기반 연구	정수빈
16	해양수산 과학기술 정책평가모형 연구 - 해양수산 R&D를 중심으로 -	전형모
17	글로벌 경제위기와 해운산업 대응체계 연구	박성화
18	항만산업 경기진단체계 구축 연구 - 경기동행지수 개발을 중심으로 -	김성아
19	전국 무역항 부두 분류 체계 개선방안 연구	이수영
20	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 新해사산업의 육성 및 지원을 위한 법제화 연구(5차년도) -	박한선
21	수소에너지 거점 구축을 위한 항만의 대응방안 연구	신수용

2020년

01	해양수산업의 지역 간 연관구조 분석	장정인
02	해양수산 분야 기술 대외의존도 분석연구 - 스마트항만을 중심으로 -	전형모
03	지역 해양수산 오픈 플랫폼 구축방안 연구	최지연
04	갯벌 거버넌스 개선방안에 관한 연구	육근형
05	해양환경정책의 능동적 추진을 위한 재원체계 개선 방안 연구	박수진
06	항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구	안용성
07	해양수산분야 사회문제해결형 R&D 기반 구축 연구	좌미라
08	해양 유입 하천쓰레기 관리체계 개선방안	이윤정
09	수산식품 품질·안전관리 제도 개선방안 연구	이헌동
10	국제법 변화에 대응한 어선원 안전 및 권리 제고방안 연구	한덕훈
11	스마트 양식 클러스터 추진 방안 수립 연구	이상철
12	해양포유류 보호에 관한 수산업 대응 방안 연구	정명화
13	수산물 수급통계 개선 방안 연구	김수현
14	IMO 온실가스 규제 대응 정책방향 연구	박한선
15	퇴직전문가 활용을 통한 해운업 경쟁력 강화방안 연구	안영균
16	글로벌 선사들의 물류통합화 전략에 대한 국적선사의 대응방안	전형진
17	내항여객운송항로 정책 발전방안 연구	김태일
18	블록체인 기술기반 식품콜드체인 체계 구축 연구	조지성
19	항만자동화 도입 관련 노무 갈등 해소 방안 연구	김찬호
20	스마트항만과 스마트도시 연계 발전 방안 연구	이언경
21	항만의 회복탄력성 측정 모형 구축에 관한 연구	김성기
22	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 新해사산업의경제적파급효과분석연구(4차년도) -	박한선
23	국내 항만연계 산업의 가치사슬 및 공급사슬 연계성 강화방안 - 자동차 산업을 중심으로	신수용

수시연구보고서 발간목록

2021년

01	해양환경산업 육성 방안 연구	한기원
02	선원의 인권 및 근로여건 향상을 위한 선원근로감독관 제도 개선 방안 연구	허성례
03	포스트 코로나 시대를 대비하는 지역 해양축제 활성화 연구	최일선
04	회복탄력성 개념을 적용한 항만 위기관리 시스템 구축 연구	김성기
05	중대재해처벌법 시행에 따른 항만에서의 대응방안 연구	최상균
06	크루즈산업 COVID-19 방역체계 구축방안 연구	황진회
07	한국형 선주사의 최적 운영방안 연구	고병욱
08	어촌형 생활서비스 전달체계 개선 연구	이호림
09	원양산업의 ESG 도입 기초 연구	윤미경
10	수상레저활동 관리체계 개선방안 연구	홍장원
11	연안지역 자연성 회복을 위한 정책 방향_간척지·담수호 중심으로	정지호
12	스마트항만 구축에 따른 탄소저감 효과 연구 - 동력전환을 중심으로 -	김가현

2020년

01	포스트 코로나 19 해양수산 분야 정책방안	박광서
02	생분해성 어구 사용 활성화 방안 연구	심성현
03	해양법 전문인력 양성 방안 연구	박영길
04	무인도서 해양주권 강화와 이용 활성화를 위한 제도 개선방안	정지호
05	지역 해양수산 재정분권 대응방향	황재희
06	데이터 3법 개정에 따른 항만·물류 데이터 활용도 제고 방안	이기열
07	양식 활어 유통 효율화 방안 연구	마창모
08	해양레저관광사업 추진을 위한 제도정비 방안	홍장원
09	해양바이오기업의 규제 정비 방안 연구	최석문
10	비상체제 시 선원의 안전을 위한 선박-항만-항공 이동경로 구축방안	이혜진

일반연구보고서 발간목록

2021년

01	해양수산 정책영향평가를 위한 기초 연구	김주현
02	해양교육의 사회·경제적 가치 평가 연구	이슬기
03	해양수산업 경기진단체계 기초연구 - 해운업을 중심으로	권장한
04	선박 기술진보를 고려한 탄소 배출량 추정 연구	최건우
05	서포트벡터머신(SVM) 기법을 활용한 해운시황 예측 연구	김병주
06	크루즈 여객 수요 전망 모형 구축 연구	안승현
07	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅲ)	서정용
08	수출용 전복의 유통경로 분석 연구	이정필
09	인공지능기반 해상운임 예측 연구(3차년도)	황수진
10	인공신경망모형을 이용한 양식수산물 단수 전망에 관한 연구 - 김 양식을 중심으로 -	천성훈
11	해양수산분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구	박광서

2020년

01	지역 해양관광 경쟁력 지수 체계화 연구	최일선
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구	강무홍
03	김 중기 수급전망모형「Gim-MFoS」구축 연구	허수진
04	중앙 북극 공해 비규제어업방지협정 이행방안 연구	김민수
05	동해 평화관광구역 조성 방안 연구	윤인주
06	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅱ) - 일반 수출입 컨테이너 정보교환방식 중심 -	이언경
07	스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운·조선 기업의 안정성 분석	박성화
08	인공지능기반 해상운임예측 연구	황수진
09	국제물류주선업 실태분석 및 경쟁력 제고 방향 연구	최나영환
10	디지털화에 따른 개별 직업의 대체 가능성 추정 연구	박희대
11	시계열 분석을 통한 해운시장 분석 및 예측 연구	고병욱
12	해양수산분야 글로벌 경제효과 분석모형(KMI-GEM) 시범 구축 연구	임병호
13	해운항만물류 인력양성사업 관리운영 제도 개선 방안 연구	이자연

일반연구 2021-11

해양수산분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구

인 쇄 2021년 12월 29일

발 행 2021년 12월 31일

발 행 인 김 종 덕

발 행 처 한국해양수산개발원

주 소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 ㈜디자인월드 (051-916-1533)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 6,000원