

기본연구

2023-03

공급망 안정화를 위한 항만의 대응방안 연구

A Study on the Port Countermeasures to Stabilize Supply Chain

이나영 · 안승현 · 이화섭 · 김영훈 · 김성기



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

공급망 안정화를 위한 항만의 대응방안 연구

A Study on the Port Countermeasures to Stabilize Supply Chain

이나영 · 안승현 · 이화섭 · 김영훈 · 김성기



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	이나영, 안승현, 이화섭, 김영훈, 김성기			
내부연구진	연구책임자	이나영	한국해양수산개발원	항만연구본부 전문연구원
	공동연구원	안승현	한국해양수산개발원	항만연구본부 부연구위원
	공동연구원	이화섭	한국해양수산개발원	항만연구본부 전문연구원
	공동연구원	김영훈	한국해양수산개발원	항만연구본부 전문연구원
외부연구진	공동연구원	김성기	경상국립대학교	조교수

연구기간 2023. 1. 1. ~ 2023. 10. 31.

보고서 집필내역

연구책임자	이나영 연구총괄, 제1장, 제2장 일부, 제3장 일부, 제4장 일부, 제5장 일부, 제6장
내부연구진	안승현 제5장 일부 이화섭 제2장 일부, 제3장 일부, 제5장 일부 김영훈 제2장 일부, 제3장 일부, 제5장 일부
외부연구진	김성기 제4장 일부

산·학·연·정 연구자문위원	이응혁 부산항만공사 국제물류지원부 부장 서영준 경북대학교 경제통상학부 교수 김형근 한국해양수산개발원 명예연구위원 추윤식 해양수산부 정책과 사무관
-------------------	---

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

최근 잇달아 발생한 코로나19 팬데믹, 미·중 무역 갈등, 러·우 전쟁 등으로 글로벌 공급망의 불확실성이 커지고 있다. 이러한 배경 아래 안정화된 공급망 구축 및 관리가 각국의 핵심 정책 목표로 떠오르고 있다. 우리나라는 부존자원 부족 및 내수시장 성장 한계 등으로 대외 무역 의존도가 높아 글로벌 공급망 악화에 영향을 크게 받는 국가이므로 리스크 관리가 필수적이다. 특히 2022년 수출입 화물 총중량의 96.3%가 항만을 통해 이루어지고 있는 만큼 항만은 공급망 내의 중요한 연결고리 역할을 담당하고 있다.

위와 같은 공급망 리스크는 항만 혼잡 등 운영상의 차질을 일으켜 항만을 통한 교역에서 추가적인 시간과 비용 등을 유발한다. 이는 항만 이용자들에게 경제적 손실을 발생시키며 궁극적으로는 국내 항만의 경쟁력 약화 요인으로 작용하게 된다. 따라서 항만이 주도적으로 공급망 리스크를 확인, 측정 및 평가하여 대응방안을 수립하는 것이 필요하다.

그러나 공급망 내 항만의 중요성에도 불구하고 현재까지는 개별 물류기업 및 화주 등을 중심으로 공급망 리스크 관리의 중요성 및 대응방안 관련 연구가 진행되어왔으며, 항만을 주체로 한 공급망 리스크 관리에 대한 연구는 부족한 실정이다. 또한 최근 발생하고 있는 공급망 리스크는 기업 차원의 대응범위를 넘어서고 있어 국정과제 등을 통한 국가 차원의 공급망 강화를 추진하고 있다. 정부는 원자재 및 반도체 등 첨단기술을 보유한 국가들과 공급망 연대를 강화하여 협력 파트너십을 구축하고자 한다. 그러나 이 같은 협력과 파트너십이 구축되더라도 상품을 유통하는 항만이 공급망 리스크 관리에 취약하다면 공급망 강화 전략 효과는 미미할 것이다. 따라서 항만의 입장에서 공급망 리스크를 관리하고 대응할 수 있는 체계 마련이 시급하다고 할 수 있다.

이에 본 연구는 항만에 영향을 미치는 공급망 리스크의 확인, 공급망 리스크 측정 및 평가, 공급망 리스크 대응방안 수립에 이르기까지 공급망 위험관리(SCRM, Supply Chain Mangle) 프로세스에 따라 연구를 수행했다. 항만의 공급망 리스크 확인을 위해 항만 운영 및 관리자 대상 설문조사 등을 통해 항만에 직간접적으로 영향을 크게 미치는 공급망 리스크를 도출하였다. 다음으로 항만의 공급망 리스크를 측정 및

평가하기 위해 경제 및 국제 무역 전문가를 대상으로 델파이 조사를 시행하여 리스크를 측정할 수 있는 적절한 대리변수를 선정하고 테스트 기법을 활용하여 해당 변수가 항만의 운영에 미치는 영향을 평가하였다. 이러한 영향평가 결과와 항만 운영 및 정부 관계자 등의 의견을 수렴하여 항만의 공급망 리스크 완화를 위한 대응방안을 제시하고 이에 기반한 추진 과제 및 정책 등을 제언하였다.

항만에 영향을 미치는 공급망 리스크를 적절하게 대리할 수 있는 데이터가 부족하며 항만 관계자 간에 이해관계가 충돌하는 등 연구를 수행하는 데 많은 애로가 있었으나 본 연구는 항만의 공급망 리스크와 관련하여 종합적인 관점에서 연구를 진행했다는 점에서 의미가 있다. 나아가 본 연구에서 제안한 대응방안과 정책 제언들이 국내 공급망 강화를 위한 정책적 노력에 활용되고, 국내 항만의 경쟁력 강화에 기여할 것으로 기대한다.

끝으로 본 연구의 책임을 맡은 이나영 전문연구원과 내부 연구진인 안승현 부연구위원, 이화섭 전문연구원, 김영훈 전문연구원 및 외부 연구진인 김성기 교수의 노고에 깊은 감사를 표한다. 아울러 본 연구에 감리와 조언을 통해 연구의 깊이를 더해주시는 우리 원의 김근섭 본부장을 비롯하여 해양수산부 추윤식 사무관, 부산항만공사 이응혁 부장, 경북대학교 서영준 교수, 그리고 우리 원의 김형근 명예 연구위원께도 깊은 감사를 드린다. 마지막으로 이 보고서가 출판하기까지 도움을 주신 윤남종 상무, 홍성장 본부장, 김세현 이사를 포함한 모든 분께 이 자리를 빌려 감사를 드린다.

2024년 1월
한국해양수산개발원
원장 김 종 덕

목차

정책제안 _ i

요약 _ iii

Executive Summary _xiii

01

서론 _1

제1절 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구 배경 및 필요성	1
2. 연구 목적	6
제2절 연구의 내용과 방법	8
1. 연구 범위 및 내용	8
2. 연구 방법	10
제3절 선행연구와 본 연구의 차별성 검토	12
1. 선행연구	12
2. 본 연구의 차별성	16

02

공급망 내 항만의 역할 및 영향 _19

제1절 공급망 내 항만의 역할	19
1. 공급망 개념 및 변화	19
2. 항만의 역할 변화	25
제2절 공급망 리스크 사례 분석	32
1. 미·중 무역갈등	33
2. 코로나19	37
3. 러시아-우크라이나 전쟁	39
4. 항만 및 운송노조 파업	42
제3절 공급망 리스크 대응방안 사례 및 한계점	44

1. 공급망 리스크 대응방안 사례	45
2. 한계점	48
제4절 소결	51

03 | 항만의 공급망 리스크 도출 _55

제1절 항만의 공급망 리스크 요인 선정	55
1. 1단계 : 일차 공급망 리스크 요인 선정 및 분류	56
2. 2단계 : 최종 항만에 영향을 미치는 리스크 요인 선정	62
제2절 항만의 공급망 리스크 식별	69
1. 항만의 공급망 리스크 측정지표 선정	69
2. 항만의 공급망 리스크 판단지표 선정	80
제3절 소결	83

04 | 항만의 공급망 리스크 영향 평가 _85

제1절 스트레스 테스트	85
1. 스트레스 테스트 개념	85
2. 스트레스 테스트 적용 사례	87
제2절 공급망 리스크 영향 평가	90
1. 스트레스 테스트 방법론	90
2. 스트레스 테스트 분석	92
제3절 소결	106

05 | 항만의 공급망 리스크 대응방안 _109

제1절 인프라 및 투자 관련 대응방안	109
1. 컨테이너 본선 작업 외 공간의 외부 배치	109

제2절 제도 및 운영 관련 대응방안	121
1. 공급망 리스크에 따른 추가비용 지원	121

06 결론 및 제언_131

제1절 결론	131
1. 연구의 요약	131
2. 연구의 한계점	136
제2절 제언	137
1. 신규 터미널 개발계획 4차 수정기본계획 반영 검토	137
2. 해양진흥공사와의 협력체계 마련	138
3. 항만 공급망 안정화 기금 조성	140
4. 항만 공급망 리스크 관리 체계 구축	141

참고문헌_151

부록_163

표 목차

〈표 1-1〉 OECD 주요국 무역의존도 및 제조업 비중	2
〈표 1-2〉 주요 컨테이너 항만 D&D 평균 비용	4
〈표 1-3〉 미국 트럭킹 및 창고 보관 비용 지수	5
〈표 1-4〉 본 연구의 흐름도	11
〈표 1-5〉 본 연구와 선행연구와의 차별성	17
〈표 2-1〉 공급망 개념	22
〈표 2-2〉 JIT과 JIC의 비교	24
〈표 2-3〉 세대별 항만의 구분 및 특성	30
〈표 2-4〉 러시아와 우크라이나 곡물 수출량	40
〈표 3-1〉 항만의 공급망 리스크 도출 요인 선정 과정	56
〈표 3-2〉 선행연구 공급망 리스크 재분류	57
〈표 3-3〉 일차 공급망 리스크 요인 및 개념	62
〈표 3-4〉 전국 12개 항만 컨테이너 반출입량(10시~17시 기준)	65
〈표 3-5〉 개방형 설문조사 결과 요약	71
〈표 3-6〉 폐쇄형 설문조사 결과 요약	72
〈표 3-7〉 한국 자연재난 및 감염병 현황	75
〈표 3-8〉 리스크 판단지표 수집 가능성 검토	83
〈표 4-1〉 측정지표(X) 변수 정보	92
〈표 4-2〉 판단지표(Y) 변수 정보	93
〈표 4-3〉 부산항 컨테이너 물동량 회귀분석 결과	95
〈표 4-4〉 부산항 컨테이너 물동량 스트레스 테스트 결과	96
〈표 4-5〉 부산항 컨테이너 물동량 회귀분석 결과(연도별 분석)	97
〈표 4-6〉 부산항 선석생산성 회귀분석 결과	98
〈표 4-7〉 부산항 선석생산성 스트레스 테스트 결과	100
〈표 4-8〉 부산항 선석생산성 로지스틱 회귀 분석 결과	100
〈표 4-9〉 부산항 선박 대기 시간 회귀분석 결과	102
〈표 4-10〉 부산항 선박 대기 시간 스트레스 테스트 결과	102
〈표 4-11〉 부산항 장치율 회귀분석 결과	103
〈표 4-12〉 부산항 장치율 스트레스 테스트 결과	104
〈표 4-13〉 부산항 장치율 로지스틱 회귀 분석 결과	105

〈표 5-1〉 진해신항 육상 ITT 운송비용 산정(2022년 기준)	113
〈표 5-2〉 부산항 ITT 물동량 전망	115
〈표 5-3〉 글로벌 기업들의 글로벌 공급망 재편 현황	116
〈표 5-4〉 항만시설 사용료에 관한 규정	122
〈표 5-5〉 해외 주요 항만 및 부산항 신항 터미널 선석길이	124
〈표 5-6〉 부산항 신항 부두별 장치능력	125
〈표 6-1〉 항만 공급망 기금 조성 관련 「항만공사법」 개정(안)	141
〈표 6-2〉 항만의 공급망 리스크 지침(안)	144
〈표 6-3〉 항만의 공급망 리스크 관리 시스템 구축 연구 단계	145
〈표 6-4〉 항만의 공급망 리스크 모니터링 시스템 구축·운영에 관한 조항 개정(안)	148
〈표 6-5〉 항만의 공급망 리스크 관리 시스템 구축·운영에 관한 규정 제정(안) 일부	150
〈부록 표 1〉 공급망 내 항만의 역할 관련 선행연구	163
〈부록 표 2〉 공급망 리스크 요인 도출 및 평가 관련 선행연구	165
〈부록 표 3〉 리스크 평가 관련 선행연구	169
〈부록 표 4〉 공급망 리스크 요인 정의	174

그림 목차

〈그림 1-1〉 컨테이너선(8,000TEU 급 이상) 평균 항만 대기 시간	3
〈그림 1-2〉 글로벌 컨테이너선 정시성 추이	3
〈그림 2-1〉 직접 공급망, 확장 공급망 및 최종 공급망 개념도	21
〈그림 2-2〉 본 연구에서 정의한 공급망 개념도	22
〈그림 2-3〉 세대별 항만의 기능 변천사	30
〈그림 2-4〉 중국의 수출 교역 추이	34
〈그림 2-5〉 미국의 수입 교역 추이	34
〈그림 2-6〉 부산항 미국↔중국 환적물동량 추이	36
〈그림 2-7〉 컨테이너선 항만 혼잡지수	38
〈그림 2-8〉 코로나19로 인한 항만 적체 및 물류비 증가	39
〈그림 2-9〉 우리나라의 對러시아 컨테이너 항만물동량	41
〈그림 2-10〉 천연가스 가격 추이	42
〈그림 2-11〉 미국 동안(NY/NJ항) 및 서안(LA·LB항) 항만 컨테이너 물동량 추이 ·	43
〈그림 2-12〉 SCRM 프로세스	53
〈그림 3-1〉 항만의 글로벌 공급망 리스크 요인도출 설문결과	63
〈그림 3-2〉 중국 항만 폐쇄에 따른 부산항 장치율 현황	64
〈그림 3-3〉 부산항 및 전 세계 항만 혼잡 지수	74
〈그림 3-4〉 한국 및 세계(23개 국가) EPU 추이	76
〈그림 3-5〉 사이버 위협 지수 추이 및 대표 사이버 공격 사건	77
〈그림 3-6〉 한국 임금근로자 1,000명당 근로손실일수	78
〈그림 3-7〉 글로벌 공급망 압력지수	79
〈그림 3-8〉 항만의 공급망 리스크	80
〈그림 4-1〉 측정지표와 판단지표간 영향 관계도	108
〈그림 5-1〉 부산항 ITT 내부통로 현황	112
〈그림 5-2〉 해외항만개발협력사업 진출 국가	117
〈그림 5-3〉 항만의 공급망 대응방안 마련을 위한 민관 협의체 구성(안)	127
〈그림 5-4〉 항만의 공급망 리스크 대응방안	130
〈그림 6-1〉 해외 거점 항만 확보를 위한 협력체계 마련	140
〈그림 6-2〉 항만 공급망 리스트 관리 체계 구축 추진 로드맵	142
〈그림 6-3〉 항만 공급망 리스크 관리(PSCRM, 가칭) 프로세스	143
〈그림 6-4〉 평가지표 위험기준에 따른 조치수준(예시)	147

정책제안

■ 분석 내용 및 방법

1. 항만의 영향을 미치는 공급망 리스크 요인 도출을 위해 항만 운영자 및 관리자를 대상으로 설문조사 실시
2. 공급망 리스크 요인을 측정할 수 있는 대리변수 선정을 위해 경제 및 국제무역 전문가를 대상으로 델파이 조사 시행
3. 공급망 리스크가 항만 운영에 미치는 영향분석을 위해 대표적인 리스크 평가방법인 스트레스 테스트 방법론 적용
4. 영향분석 결과 및 최근 공급망 리스크에 대한 관계자 인터뷰 등을 통해 공급망 안정화를 위한 대응방안 제시

■ 정책제안

1. 신규 터미널 개발계획 제4차 무역항 수정기본계획 반영 검토
2. 항만 공급망 안정화 기금 조성을 위한 「항만공사법」 개정(안) 제안
3. 항만의 공급망 리스크 관리 지침 및 모니터링 시스템 구축
4. 항만의 공급망 리스크 관리 체계 구축을 위한 「항만법」 개정(안) 제안
5. 해양진흥공사와의 협력체계 마련

요 약

공급망 안정화를 위한 항만의 대응방안 연구

이나영 · 안승현 · 이화섭 · 김영훈 · 김성기

1. 연구의 배경 및 목적

- 최근 몇 년간 글로벌 공급망을 위협하는 리스크가 잇달아 발생, 안정적인 공급망 구축 및 관리가 각국의 핵심 정책 목표로 떠오르고 있음
 - 특히 항만은 상품을 조달 및 유통하는 국가 물류의 핵심 인프라이자 국제 물류 복합운송의 노드로써 공급망 내에서의 중요성이 높음
 - 공급망 리스크는 항만의 혼잡을 유발하여 공급망 내 각종 물류비용을 상승시키는 등 항만에 미치는 영향이 큰 편임
 - 그러나 항만이 공급망 리스크를 관리하고 대응하기에는 현재의 체계가 미흡한 편임
- 따라서 본 연구의 목적은 항만의 입장에서 공급망 리스크를 완화할 수 있는 체계를 마련하는 데 있으며 세부적인 목적은 다음과 같음
 - 첫째, 공급망 내에서 항만의 역할 및 중요성 파악
 - 둘째, 항만에 영향을 미치는 공급망 리스크 요인 도출

-
- 셋째, 공급망 리스크가 항만에 미치는 영향을 계량적으로 평가
 - 넷째, 도출된 공급망 리스크 요인과 영향 분석을 바탕으로 리스크 완화 대응방안 제시

2. 연구의 방법

1) 연구의 방법

- 일차 공급망 리스크 도출을 위해 공급망 리스크 요인 도출과 관련된 문헌연구 검토
- 일차 공급망 리스크 요인을 대상으로 항만 관련 전문가를 통해 항만에 영향을 미치는 최종 공급망 리스크 도출
- 총 11개의 일차 공급망 리스크 중 항만에 영향을 미치는 주요한 공급망 리스크 총 5가지 선정
- 항만의 공급망 리스크를 측정할 수 있는 대리 변수 선정을 위해 경제 및 통상 전문가 대상 델파이 조사 실시
- 공급망 리스크 영향분석을 위한 스트레스 테스트 방법론 적용
- 영향분석 결과 등을 바탕으로 공급망 리스크의 완화와 항만의 대응방안 제시를 위해 업계 관계자 등과의 자문회의 실시

2) 선행연구 분석의 결과 및 연구의 차별성

- 본 연구의 선행연구는 크게 세 가지로 구분하여 검토하였으며, 검토 결과 공급망 내 항만의 중요성 연구 및 항만을 공급망 리스크 관리의

주체로 본 연구가 부족함

- 첫째, 공급망 내 항만의 역할과 관련된 선행연구
- 둘째, 공급망 리스크 요인 도출 및 평가와 관련된 선행연구
- 셋째, 리스크 평가 모형 관련 선행연구
- 따라서 본 연구와 선행연구와의 차별성은 다음과 같음
 - 첫째, 기존 정성적인 성과를 활용한 공급망 내 항만 중요성 연구와 달리 사례분석 등을 통해 공급망 내에서 항만의 중요성을 정량적으로 검토
 - 둘째, 물류기업 및 화주 등을 주체로 공급망 리스크 요인을 도출한 선행연구와 달리 항만을 공급망 리스크의 관리주체로 하여 리스크 요인을 도출
 - 셋째, 공급망 리스크가 항만에 미치는 영향을 분석하고 이를 완화하기 위한 대응 방안을 제시하는 등 종합적인 관점에서 항만의 공급망 리스크 연구를 진행

3. 연구 결과

1) 공급망 내 항만의 중요성

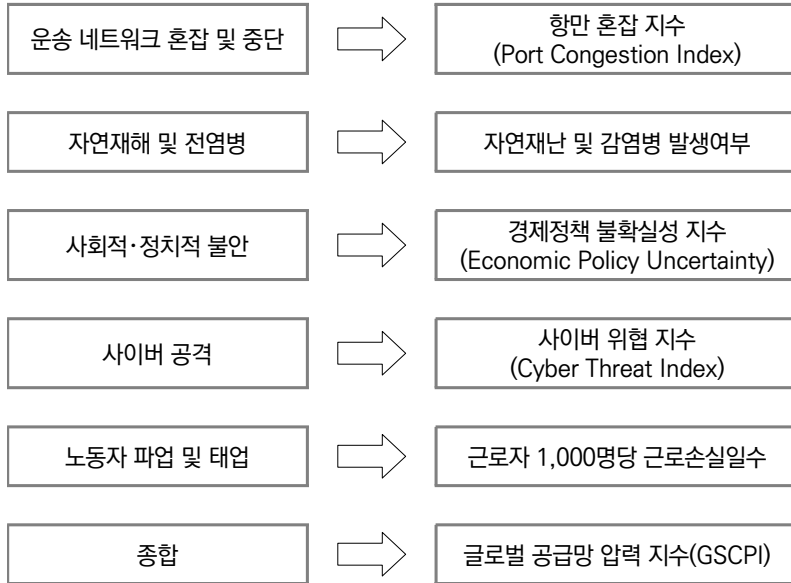
- 항만은 과거 단순한 운송 및 보관 역할에서 벗어나 공급망 내에서 중심 연결고리 역할을 담당하면서 공급망 내 영향력이 커짐
- 최근 발생한 코로나19, 미·중 무역전쟁, 러·우 전쟁, 화물연대 파업 등 글로벌 공급망 리스크는 항만의 적체 및 과부하 등 운영 기능에 문제를 일으킴
- 이러한 항만의 운영 기능 문제는 각종 물류비용 상승, 무역 수지 적자, 출하 차질에 따른 매출 피해 발생 등 국가적 경제 손실로 이어짐

-
- 항만의 입장에서 공급망 리스크 관리 체계를 마련하는 등 실질적인 대응방안 마련이 필요
 - 항만의 입장에서 공급망 리스크 확인, 측정 및 평가, 대응방안 수립 및 시행 등 종합적인 공급망 리스크 관리 체계 마련 필요
 - 특히, 최근 발생한 항만의 공급망 리스크는 항만의 공간 부족 등 단기 대응이 불가능한 문제 및 항만 리스크 대응체계 부족 문제 등에 따라 실질적인 대응방안으로 이어지지 못하는 한계점 발생

2) 항만의 공급망 리스크 요인 도출

- 항만에 직간접적으로 영향을 미치는 공급망 리스크 요인 도출
- 공급망 리스크 요인과 관련된 선행연구 검토를 통해 총 11개의 일차 공급망 리스크 요인 도출
- 항만 운영 및 이용 관리자를 대상으로 설문조사를 실시하여 ‘운송 네트워크 혼잡 및 중단’, ‘자연재해 및 전염병’, ‘사회적·정치적 불안’, ‘사이버공격’, ‘노동자 파업 및 태업’ 등 5개의 최종 요인 선정
- 총 5개의 공급망 리스크를 적절하게 측정할 수 있는 측정지표와 항만 운영상태를 판단할 수 있는 판단지표 선정
- 측정지표를 선정하기 위해서 경제 및 국제 무역 전문가를 대상으로 델파이 조사를 시행
- 판단지표는 항만 운영 전문가 의견과 함께 데이터 수집 가능성 등을 검토하여 최종 장치율, 선석생산성, 대기시간, 컨테이너 물동량 선정

〈요약 그림 1〉 항만의 공급망 리스크 측정지표



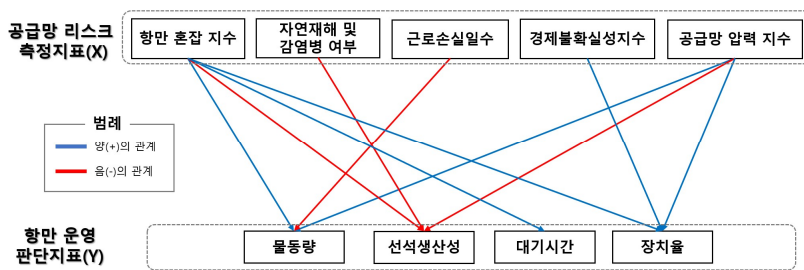
주: 사이버 위협지수는 최종 영향분석에서는 제외
자료: 저자 작성

3) 항만의 공급망 리스크 영향분석

- 항만의 공급망 리스크 측정지표와 항만 운영 판단지표와의 영향분석
시행을 위해 스트레스 테스트 기법 활용
 - 대표적인 리스크 관리기법인 스트레스 테스트 기법 활용 사례 등을 검토하
여 항만 분야의 적용성 검토
 - 스트레스 테스트 방법론에는 많은 통계적 기법이 있으나 항만의 공급망
리스크가 항만에 미치는 영향에 대해 구체적인 이론이 구축되어 있지 않아
이러한 상황에 활용하기 적합한 회귀분석 사용
 - 회귀분석 중에서 일반적인 OLS 회귀와 극단 분위수 추정이 가능한 분위수
회귀, 종속변수의 이항 변환을 통한 로지스틱 회귀분석을 사용

- 영향분석 결과는 대부분 사전 예상과 일치하는 방향으로 나타남
 - 항만 혼잡 지수와 공급망 압력지수의 증가는 물동량 증가를 유발하여, 선석생산성의 감소와 장치율 상승으로 이어짐
 - 자연재해 및 감염병이 발생하게 되면 물동량이 감소하며, 선석 작업의 어려움 등으로 생산성 또한 감소
 - 경제 불확실성 지수가 증가하면 장치율이 상승하는 방향으로 통계적 유의성이 나타남

〈요약 그림 2〉 측정지표와 판단지표간 영향 관계도



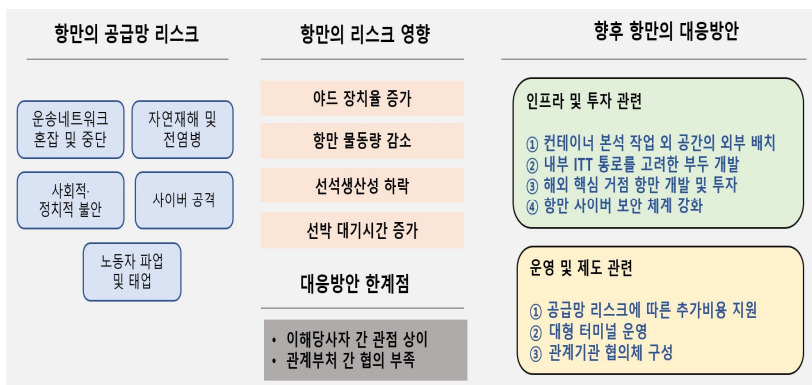
자료: 저자 작성

4) 항만의 공급망 리스크 대응방안

- 항만의 공급망 리스크 대응방안은 크게 인프라 및 투자 관련 대응방안과 제도 및 운영 관련 대응방안으로 구분하여 제시
 - 최근 발생한 공급망 리스크에 대한 대응방안의 한계점과 항만의 공급망 리스크 영향분석 결과를 토대로 제시
- 인프라 및 투자 관련 대응방안은 다음과 같음
 - 첫째, 컨테이너 공간 부족 문제를 해결하기 위해 컨테이너 본선 작업 외 공간(재유통 공컨테이너 장치공간 및 수리·세척 시설, 검·방역, 세관 시설 등)의 외부 배치를 통해 공간 효율성 확보

- 둘째, 향후 공급되는 터미널은 터미널 간 내부 통로를 고려한 설계를 적용하여 항만 운영 차질 발생 시 항만의 공간 활용에 유연성 확보
 - 셋째, 해외 핵심 거점 항만의 터미널과 물류시설 등의 개발 및 투자 활성화를 통해 안정된 공급망 구축 필요
 - 넷째, 항만의 디지털화를 고려하여 항만 터미널 및 하역기기 등 사이버 보안 시설 및 지침 마련 필요
- 제도 및 운영 관련 대응방안은 다음과 같음
- 첫째, 공급망 리스크 발생에 따른 추가 비용 발생 시 이를 지원할 수 있는 비용 마련 필요
 - 둘째, 국내 터미널은 해외 터미널 대비 터미널 당 선석길이가 짧은 편으로 대형 터미널 운영체제 도입을 통해 비상 시 활용 가능한 여유공간 확보 필요
 - 셋째, 항만을 통한 화물 운송은 육상에서부터 시작하여 관세선을 통과하기까지 다양한 이해관계자 및 관계부처의 영향을 받음에 따라 관계기관 협의체 구성을 통해 실질적인 대응방안 마련 필요

〈요약 그림 3〉 항만의 공급망 리스크 대응방안



자료: 저자 작성

5) 결론 및 정책 제언

- 본 연구는 항만의 공급망 리스크 관리 필요성 검토를 통해 공급망 리스크를 확인하고 측정 및 평가하여 대응방안을 제시함
- 실질적인 항만의 대응방안을 통해 공급망을 안정화하기 위한 정책 제언은 다음과 같음
 - 첫째, 컨테이너 본선 작업 외 공간의 외부 배치 및 터미널 간 내부 통로를 고려한 신규 터미널 개발계획의 제4차 무역항 수정 기본계획 반영 검토 필요
 - 둘째, 해외 거점 항만 터미널 및 물류시설 등의 확보를 위해 해양진흥공사와의 협력체계 마련
 - 셋째, 공급망 리스크 발생에 따른 추가 비용 지원을 위해 항만의 공급망 안정화 기금 조성
 - 넷째, 공급망 리스크 관리 지침 및 리스크 모니터링 시스템 구축 등을 통해 항만의 공급망 리스크 관리 체계 구축 필요

4. 기대효과

1) 정책적 기대효과

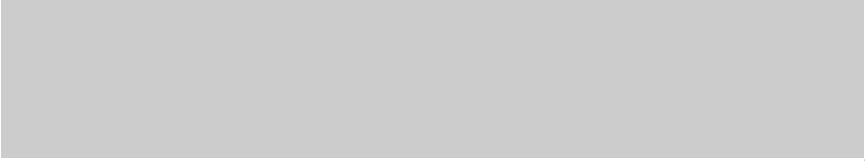
- 공급망 리스크 관리를 통해 세계를 선도하는 항만 구축
 - 국정과제인 ‘산업경쟁력과 공급망을 강화하는 新산업통상전략(20번)’은 원자재, 반도체 등 첨단기술 보유국들과 공급망 연대를 강화하고 협력 파트너십을 구축하는 것을 주요 내용으로 함
 - 이러한 원자재 및 반도체 등을 유통하는 항만이 공급망 리스크 관리에

취약하다면 新산업통상전략의 효과는 미미할 것으로 판단

- 따라서 항만의 공급망 리스크 관리하고 대응할 수 있는 체계적인 대응체계 마련을 통해 국정과제 지원이 가능할 것으로 기대

2) 사회·경제적 기대효과

- 공급망 리스크에 따른 각종 물류비용 등 추가 비용 발생 방지 및 항만 경쟁력 확보
- 공급망 리스크는 물류비용이 상승하는 등 항만 운영에 차질을 빚어 국가적 경제 손실 및 경쟁력 하락으로 이어짐
- 이러한 리스크를 완화하는 대응방안 시행을 통해 추가 비용 발생 방지 및 국내 항만의 경쟁력 확보 기대



EXECUTIVE SUMMARY

A Study on the Port Countermeasures to Stabilize the Supply Chain

Na-Young Lee · Seung-Hyun An · Hwa-Seop Lee · Young-Hoon Kim ·
Sung-Ki Kim

1. Background and Purpose

- Over the past few years, a series of risks have emerged, threatening the global supply chain, emphasizing the imperative of establishing and managing stable supply chains as a core policy goal for various nations.
- Ports, especially, play a critical role as multimodal transportation nodes within international logistics, serving as vital infrastructure for procurement and distribution in national logistics systems.
- Supply chain risks significantly impact ports, leading to congestion and increased logistical costs within the supply chain network, underscoring their substantial influence on ports.
- However, there's a lack of a robust system from the port's perspective to manage and address supply chain risks effectively.

-
- Hence, the primary aim of this study is to establish a framework to alleviate supply chain risks from the port's perspective. This involves:
 - First, comprehending the role and significance of ports within the supply chain.
 - Second, identifying factors influencing supply chain risks affecting ports.
 - Third, quantitatively assessing the impact of supply chain risks on ports.
 - Fourth, proposing risk mitigation strategies based on the identification and analysis of supply chain risk factors affecting ports.

2. Methodology

1) Methodology

- Literature review on supply chain risk factors for initial identification of supply chain risk factors
- Selection of factors impacting ports directly or indirectly among primary supply chain risk factors, targeting port experts in the 2nd stage
- Identified 5 significant supply chain risks out of a total of 11 primary supply chain risks that directly or indirectly impact ports.

- Conducted Delphi Survey among economic and trade experts to select proxy variables measuring supply chain risks in ports.
- Application of Stress Testing methodology for impact analysis of supply chain risks
- Advisory consultations with industry stakeholders conducted to propose port response strategies based on impact analysis results

2) Analysis of Prior Studies and Research Distinctions

- Previous studies categorized into three major segments; found limited research focusing on the importance of ports within the supply chain and risk management centered on ports.
 - First, previous research concerning the role of ports within the supply chain.
 - Second, previous research related to the identification and evaluation of supply chain risk factors.
 - Third, prior research on risk assessment models.
- Distinctiveness of this study compared to prior research
 - First, unlike previous qualitative studies on the importance of ports within the supply chain, this research quantitatively assesses the significance of ports within the supply chain through case analyses.

-
- Second, while previous studies focused on logistics companies and shippers in identifying supply chain risk factors, this study identifies risk factors with ports as the central managing entity for supply chain risks.
 - Third, this research takes a comprehensive perspective by analyzing the impact of supply chain risks on ports and proposing response strategies to mitigate these risks within port-centric supply chains.

3. Result

1) Importance of Ports in the Supply Chain

- Ports have evolved from their traditional role of mere transportation and storage to becoming pivotal connectors within the supply chain, significantly influencing operations.
- Recent global supply chain risks like the COVID-19 pandemic, US-China trade tensions, Russia-Ukraine conflict, labor strikes, etc., have caused operational issues such as congestion and overload in ports.
- Operational issues in ports result in increased logistics costs, trade deficits, and revenue losses due to shipment delays, leading to economic setbacks at a national level.
- Ports require substantial measures to manage supply chain risks effectively.
- There's a need for a comprehensive risk management

framework from the port's perspective encompassing risk assessment, measurement, response strategy formulation, and implementation.

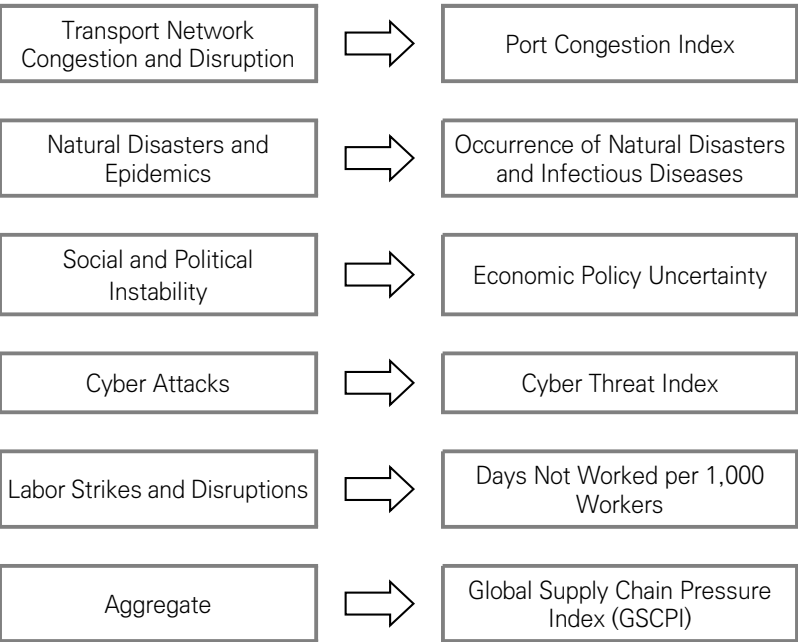
- Challenges arise in implementing practical responses to recent port-related supply chain risks due to issues such as spatial constraints in ports and inadequacies in risk response frameworks.

2) Identification of Supply Chain Risk Factors for Ports

- Determining supply chain risk factors that directly or indirectly impact ports.
 - Initial identification of a total of 11 primary supply chain risk factors through a review of existing literature related to supply chain risk factors.
 - Conducted a survey among port operators and managers to select five key factors: 'Transport Network Congestion and Interruptions,' 'Natural Disasters and Epidemics,' 'Socio-Political Unrest,' 'Cyber-Attacks,' 'Labor Strikes and Disputes.'
- Selection of appropriate indicators to effectively measure the five identified supply chain risks and indicators to assess port operational conditions affected by these risks.
 - Engaged economic and international trade experts through a Delphi survey to choose measurement indicators.
 - Criteria for indicator selection included input from port

operation specialists, assessable data, and feasibly measurable factors like yard occupancy ratio, berth productivity, waiting times, and container throughput

〈Summary Picture 1〉 Port Supply Chain Risk Measurement Indicators



Note: Cyber Threat Index is excluded from the final impact analysis.

Source: Prepared by the Authors

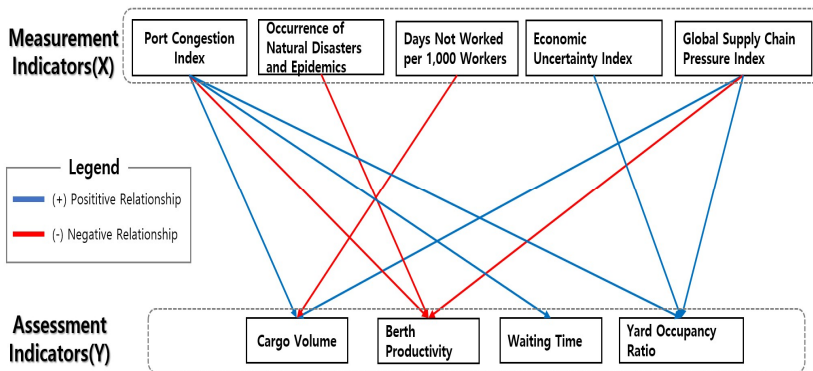
3) Impact Analysis of Port Supply Chain Risks

- Utilizing Stress Test techniques for impact analysis between Port Supply Chain Risk Measurement Indicators and Port Operational Assessment Indicators
- Reviewing exemplary applications of stress test techniques, a

prominent risk management method, to evaluate their applicability in the port domain.

- While numerous statistical techniques exist within stress test methodologies, due to the lack of established theories specifically addressing the impact of port supply chain risks on ports, regression analysis is deemed suitable for this scenario.
- Regression analysis methods include Ordinary Least Squares (OLS) regression, Quantile Regression capable of extreme quantile estimation, and Logistic Regression through binomial transformation of the dependent variable.
- **Impact analysis results mostly align with prior expectations.**
 - An increase in Port Congestion Index and Global Supply Chain Pressure Index leads to increased cargo volume, resulting in reduced berth productivity and increased yard occupancy ratio.
 - Occurrence of natural disasters and infectious diseases leads to reduced cargo volume and decreased berth productivity due to operational difficulties.
 - An increase in Economic Policy Uncertainty Index shows statistical significance towards increased yard occupancy ratio.

〈Summary Picture 2〉 The relationship between measurement indicators and assessment indicators



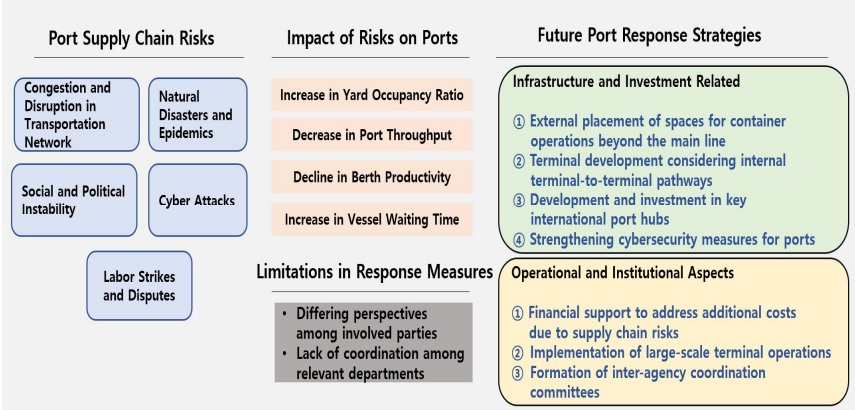
Source: Prepared by the Authors

4) Response Measures for Port Supply Chain Risks

- The measures to address supply chain risks in ports can be broadly categorized into infrastructure and investment-related approaches, as well as institutional and operational strategies.
- Recent limitations in responding to supply chain risks and the impact analysis of port supply chain risks serve as the basis for presenting solutions.
- Infrastructure and investment-related response measures include the following:
 - First, resolving container space scarcity issues by external placement of areas outside container handling (redistribution empty container space, container repair and cleaning facilities,

- quarantine, customs facilities, etc.) to ensure spatial efficiency.
- Second, designing terminals considering internal passages between terminals for future supplied terminals to secure flexibility in port utilization in case of operational disruptions.
 - Third, fostering the development and investment activation of overseas core hub ports' terminals and logistics facilities to establish a stable supply chain.
 - Fourth, establishing cyber security facilities and guidelines for terminal operations and handling equipment in line with the digitalization of ports.
- Institutional and operational-related response measures include the following:
- First, establishing provisions to support additional costs arising from supply chain risk occurrences.
 - Second, introducing a large terminal operation system compared to overseas terminals to secure available reserve space in emergencies due to the relatively shorter berth length per terminal in domestic terminals.
 - Third, setting up a coordinating body among various stakeholders and related agencies involved in cargo transportation starting from land-based operations up to crossing customs lines to formulate practical response measures.

〈Summary Picture 3〉 Port Supply Chain Risk Mitigation Strategies



Source: Prepared by the Authors

5) Result and Policy Suggestions

- This study confirms and evaluates the necessity of managing supply chain risks in ports, identifying, measuring, and assessing these risks, and presenting corresponding solutions.
- Through this study, policy suggestions required to effectively implement port responses for stabilizing the supply chain are as follows:
 - First, considering the inclusion of external placement of outside container main line operations and internal pathways between terminals in the 4th revised basic plan for port development.
 - Second, establishing a collaborative framework with the Korea Ocean Business Corporation to secure overseas hub port terminals and logistics facilities.
 - Third, creating a stabilization fund for port supply chains to

provide additional financial support in response to supply chain risk occurrences.

- Lastly, establishing guidelines for supply chain risk management and constructing a risk monitoring system to build a robust management framework for port supply chain risks.

4. Expected Outcomes

1) Policy effects

- Construction of a world-leading port through the management of supply chain risks
- The national task of enhancing industrial competitiveness and supply chains, as outlined in the "New Industry and Trade Strategy (No. 20)," emphasizes strengthening ties with raw material suppliers and semiconductor-producing countries and building cooperative partnerships.
- If ports involved in distributing materials like raw materials and semiconductors are vulnerable in managing supply chain risks, the effectiveness of the "New Industry and Trade Strategy" might be limited.
- Hence, establishing a systematic response mechanism for managing and addressing supply chain risks in ports could contribute to supporting national goals and strategies.

2) Social and economic effects

- Prevention of additional costs resulting from supply chain risks and enhancement of port competitiveness
- Supply chain risks disrupt port operations, leading to increased logistics costs and consequent economic losses and decreased competitiveness at a national level.
- Implementing measures to mitigate these risks is expected to prevent additional costs and secure the competitiveness of domestic ports.

01

서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구 배경 및 필요성

최근 몇 년간 미·중 무역전쟁 확대, 코로나19 팬데믹, 러시아-우크라이나 전쟁, 중국 제로 코로나 정책에 따른 주요 도시 봉쇄, 인플레이션에 따른 항만 노동자 파업 등 글로벌 공급망을 위협하는 리스크가 잇달아 발생하면서 공급망 불안이 가중되고 있다. 이러한 공급망 불확실성 확대 등으로 안정적인 공급망 구축 및 관리가 각국의 핵심 정책 목표로 떠오르고 있다. 특히 대외 무역의존도¹⁾가 높고 부존자원은 부족하나 제조업 중심의 산업 구조를 가진 우리나라는 글로벌 공급망 악화에 영향을 크게 받으므로 공급망 위험에 대한 관리가 필수적이라 할 수 있다.

1) 일정 기간 한 나라의 국민소득(GDP)에서 수출입 총액이 차지하는 비율

〈표 1-1〉 OECD 주요국 무역의존도 및 제조업 비중

단위: %

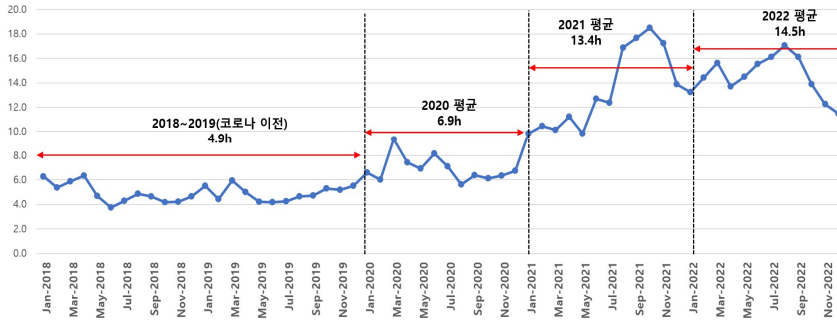
국가	무역의존도			제조업 비중		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
대한민국	63.3	61.7	59.6	27.5	27.1	27.9
미국	19.7	18.8	18.3	11.1	11.2	-
일본	27.8	26.8	25.3	20.1	19.7	-
독일	70.0	67.7	66.4	19.4	18.2	18.3
프랑스	44.9	42.6	40.7	10.0	9.4	9.2
영국	40.2	38.7	37.6	8.9	8.7	8.8
이탈리아	50.4	50.0	49.0	14.9	14.8	15.2

자료: 국가통계포털(검색일 : 2023.03.06.)

특히 이러한 대내외 리스크는 항만의 혼잡을 유발하여 공급망 내 각종 물류비용 등을 상승시켰다. 리스크로 인해 항만 적체가 발생하면서 전 세계 컨테이너선의 평균 대기 시간은 크게 증가하고 정시성은 크게 하락하였는데, 코로나 발생 이전('18~'19년) 컨테이너선 평균 대기 시간은 4.9시간이었으나 코로나19 팬데믹이 정점이었던 2021년에는 13.4시간으로 약 3배가량 증가했다. 이후 팬데믹의 영향이 채 가시기 전에 우크라이나 전쟁 등이 발발하면서, 컨테이너선 대기 시간이 2022년에는 14.5시간을 기록했다. 또한 컨테이너선 정시성이 코로나 발생 이전인 2019년 대비 2021년에는 약 40%p 감소하는 등 2021~2022년 기간 항만은 극심한 적체를 겪었다.

〈그림 1-1〉 컨테이너선(8,000TEU 급 이상) 평균 항만 대기 시간

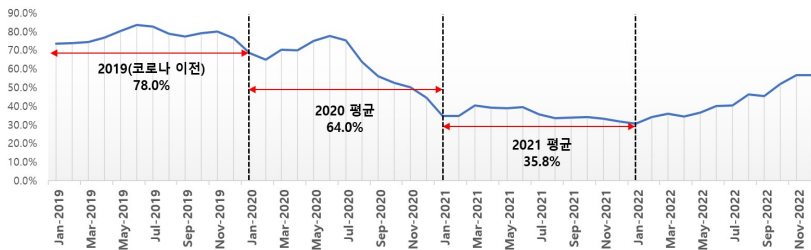
Average Port Waiting Time(Hour)



자료: Clarkson Research(검색일 : 2023.03.06.)

〈그림 1-2〉 글로벌 컨테이너선 정시성 추이

Global Schedule Reliability



자료: Sea-Intelligence(검색일 : 2023.03.06.)

이러한 항만 적체로 주요 컨테이너 항만의 체선료(Demurrage)·지체료(Detention) 등의 추가 비용이 증가하면서 국내 수출입 화주의 부담이 가중됐다. 체선료란 컨테이너가 터미널에서 허용된 기간(Free time)보다 늦게 반출되어 생기는 비용이며, 지체료는 반출된 컨테이너가 터미널로 늦게 반환되어 발생하는 비용을 의미한다.²⁾

2) ㈜희성로직스 홈페이지 내용을 바탕으로 저자 재정리, http://www.hsl21.com/homepage/gesi/content.asp?w_ID=47(검색일 : 2023.10.05.)

항만 적체가 발생하기 전, 전 세계 주요 60대 항만의 D&D 비용은 평균 586달러였으나 적체가 본격적으로 심화된 2021년 평균 비용은 868달러로 약 38% 비용이 증가했다. 2022년 들어 적체가 일부 완화되었지만 우크라이나 전쟁 및 상하이시 봉쇄 등이 잇달아 발생하면서 여전히 2020년 대비 12% 증가한 664달러 수준을 기록하였다.

〈표 1-2〉 주요 컨테이너 항만 D&D 평균 비용

단위: \$, %

항만	2020	2021	2022	비용 증가율 (‘20~’21)	비용 증가율 (‘21~’22)
LA항	1,826	2,594	2,673	42	3
LB항	1,736	2,638	2,730	52	3
로테르담항	539	756	617	40	-18
앤티워프항	494	709	546	44	-23
싱가포르항	122	615	619	404	1
칭다오항	62	183	202	195	10
부산항	90	133	114	48	-14
평균(60개 항만)	586	868	664	48	-24

주: 표준 컨테이너 기준 14일 이후 평균 비용임

자료: KMI 내부자료

원자료: Container Xchange, Demurrage&Detention Benchmark(2021, 2022), 저자 재작성

또한 항만 적체에 따른 병목 현상으로 미국 내 트럭킹 및 창고 비용 등의 물류비용도 증가했는데, 미국의 생산자물가지수(PPI, Production Price Index)에서 트럭킹 비용 지수는 코로나 이전인 2019년 147.9에서 2022년 174.8로 약 18% 이상 증가하였으며, 창고 보관 비용 역시 같은 기간 동안 21% 이상 증가하는 등 평균 물가상승률을 웃돈 수치를 기록하여, 국내 수출입 기업의 비용 경쟁력을 악화시켰다. 즉 공급망 리스크로 인해 항만의 적체가 발생하였으며 이로 인해 각종 물류비용 등이 증가하면서 인플레이션 상승을 가속화하였다. 그러나 여전히 공급망 리스크가 소폭 완화됐

음에도 불구하고 2022년까지 각종 물류비용 등이 높은 증가세를 유지하고 있는 실정이다.

〈표 1-3〉 미국 트럭킹 및 창고 보관 비용 지수

구분		2018	2019	2020	2021	2022
General Freight Trucking	Index	137.3	147.9	151.8	151.5	174.8
	전년대비(%)	7.7	2.6	-0.2	15.4	20.5
Warehouse and Storage	Index	108.9	108.7	108.6	115.4	132.3
	전년대비(%)	3.8	-0.1	-0.1	6.3	14.6

주: 트럭킹 비용 지수는 2003=100, 창고 보관 비용 비수는 2006=100

자료: KMI 내부자료

원자료: Federal Reserve Economic Data(검색일 : 2023.03.06.)

이렇듯 항만은 상품을 조달 및 유통하는 국가 물류의 핵심 인프라이며 국제물류 복합운송의 노드 역할로서 공급망 내에서 중요한 역할을 한다. 그러나 높은 중요성에도 불구하고 공급망의 리스크 관리의 기업 중심으로 진행되고 있으며 항만은 공급망 리스크와 관련하여 별다른 관리 체계가 없으며, 기업과 국가의 리스크 관리 전략에서 운송 수단으로서 수동적 역할만 담당하고 있었다. 이에 주요 물류서비스 제공자인 동시에 복합운송의 주요 노드인 항만이 공급망 내에서 주도적으로 리스크를 관리할 수 있도록 공급망위험관리(SCRM, Supply Chain Risk Management) 프로세스 구축을 통한 대응 마련이 필요하다. 특히 기존의 공급망 리스크 관리의 기업을 중심으로 진행되었으나 최근 발생하는 리스크는 기업 차원의 대응 범위를 넘어섬에 따라 국가 차원의 개입이 필요하다. 따라서 항만의 입장에서 공급망 리스크를 관리하고 대응할 수 있는 체계 마련이 시급하다고 할 수 있다.

또한, 본 연구는 ‘민간이 끌고 정부가 미치는 역동적 경제’를 이행하기 위한 국정과제인 ‘산업경쟁력과 공급망을 강화하는 新산업통상전략(20번)’, ‘세계를 선도하는 해상교통물류체계 구축(40번)’ 과제를 실천하기 위해 현

시점에서 필요한 과제라 할 수 있다.³⁾ ‘산업경쟁력과 공급망을 강화하는 新산업통상전략’은 산업-통상 간 연계 협력으로 글로벌 공급망 리스크를 선제적으로 대응하기 위해 원자재, 반도체 등 첨단기술 보유국들과 공급망 연대를 강화하고 협력 파트너십을 구축하는 것을 주요 내용으로 한다. 이 같은 연대와 파트너십이 구축되더라도 국가 간 상품을 유통하는 항만이 공급망 리스크 관리에 취약하거나 대응방안이 제대로 갖춰져 있지 않다면 산업통상전략 효과는 미미할 것이다. 따라서 산업에 대응하여 세계를 선도하는 항만으로 도약하기 위해 공급망 리스크를 관리하고 대응할 수 있는 체계적인 대응체계를 마련할 필요가 있다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 항만의 입장에서 공급망 안정화를 위해 공급망 리스크를 관리하고 대응할 수 있는 체계를 마련하는 데 있다. 이를 위해 항만에 직·간접적으로 영향을 미치는 공급망 리스크를 확인하고, 리스크를 측정 및 평가하여 해당 리스크를 완화하기 위한 대응방안을 제시하는 것이다. 특히 기존에 존재하고 있는 항만의 물리적 기능 유지를 위한 대응 방안이 아닌 항만의 운영적 기능 유지를 위한 대응 방안을 마련하는 것이 목적이다. 연구의 세부적인 목적은 다음과 같다.

첫째, 공급망 내에서 항만의 역할 및 중요성을 파악하는 것이다. 과거 항만은 해상과 육상을 연결하면서 단순히 상품을 운송하거나 보관하는 역할만 하였으나 산업화, 세계화로 인한 국제 무역의 발달로 생산활동의 주요 거점으로 부각되면서 경제에서 중요한 역할을 담당하게 됐다. 그러나 항만의 중요성이 높아졌음에도 불구하고 공급망 내에서 항만은 여전히 수동적

3) 대한민국 대통령실 홈페이지 내 120대 국정과제를 참고하여 저자 작성(검색일 : 2023.04.05.)

인 역할을 담당하고 있다. 이에 최근 발생한 공급망 리스크 사례 및 대응방안 검토 등을 통해 공급망 내에서 항만의 중요성을 강조하고 항만이 주도적으로 공급망 리스크를 관리할 필요성이 있다는 것을 도출할 것이다.

둘째, 항만에 영향을 미치는 공급망 리스크를 도출하는 것이다. 공급망이란 재료의 중간재, 제품의 생산 그리고 최종 소비자까지의 배송 등 일련의 기능을 수행하기 위한 설비와 유통채널의 네트워크를 의미하는 만큼 리스크의 종류는 다양하고 범위가 넓다. 광범위한 공급망 리스크 중 항만에 영향을 크게 미치는 리스크만을 도출할 것이다.

셋째, 공급망 리스크가 항만에 미치는 영향을 계량적으로 평가하는 것이다. 항만에 영향을 미치는 공급망 리스크 중에는 계량적으로 측정가능한 지표와 측정이 불가능한 지표가 있다. 본 연구에서는 계량적으로 측정할 수 있는 지표를 대상으로 해당 리스크가 항만의 운영적 측면에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이때, 하나의 리스크가 단독으로 영향을 미칠 수도 있고 다수의 리스크가 동시에 발생하여 영향을 미칠 수 있으므로 해당 부분을 반영할 수 있는 적합한 모형을 적용하여 평가할 것이다.

넷째, 항만의 공급망 리스크 요인 도출 및 영향 분석 결과 등을 바탕으로 항만의 대응 방안을 제시하고자 한다. 항만의 공급망 리스크가 항만의 운영에 영향을 미쳤을 때 이를 완화시킬 수 있는 대응 방안을 제시함으로써 장래 공급망 리스크 발생 시 선제적인 대응을 통해 리스크 영향을 완화시키고자 한다.

제2절 연구의 내용과 방법

1. 연구 범위 및 내용

본 연구의 주요 목적은 글로벌 공급망 리스크의 충격을 완화하기 위한 항만의 대응 방안을 제시하는 것이다. 그러나 항만의 구분 즉, 무역항인지 연안항인지에 따라 혹은 항만에서 처리하는 주요 화물 특징 등에 따라 같은 리스크가 발생했음에도 영향도가 다르게 나타날 수 있다. 모든 항만의 개별적인 특징을 고려한 리스크 도출 및 평가를 진행하기에는 시간적·물리적 한계가 존재하기 때문에 본 연구의 범위는 국내 최대 항만이자, 세계 글로벌 7위 컨테이너 항만인 부산항을 대상으로 한다. 부산항의 공급망 리스크를 측정 및 평가하고, 이에 따른 대응방안을 제시하되 개별 항만이 해당 공급망 리스크 관리 체계를 적용할 수 있도록 제6장의 정책 제언 부분에 항만의 공급망 리스크 관리 프로세스(안)을 제안하고자 한다.

또한 현재 ‘제1차 비상사태 등 대비 해운·항만 기능 유지에 관한 기본계획(안)’에 비상사태 발생 시 항만의 물리적 기능 유지에 대한 대응 방안이 제시되어 있으므로 본 연구의 범위는 항만의 운영적 기능 유지에 대한 대응 방안만을 범위로 한다. 본 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

제1장에서는 연구의 배경 및 필요성, 연구의 내용과 방법, 선행연구 검토 및 본 연구의 차별성을 제시했다. 선행연구는 크게 공급망 및 항만의 역할 변화 등에 관한 선행연구, 공급망 리스크 도출 및 분류에 관한 선행연구, 리스크 평가 모형에 관한 선행연구로 구분되며 각 선행연구 검토를 통해 본 연구의 차별성을 제시했다.

제2장에서는 공급망의 개념 및 변화, 항만의 역할 변화, 최근 발생한 공

공급망 리스크 사례 및 대응방안 검토 등을 통해 공급망 내에서의 항만의 중요성을 강조하여 항만의 공급망 리스크 관리의 필요성 및 한계점 등을 도출했다.

제3장에서는 항만에 직간접적으로 영향을 미치는 공급망 리스크 요인을 도출하여 해당 리스크를 측정 및 판단할 수 있는 지표를 선정했다. 선행연구에서 제시한 공급망 리스크 요인을 도출하고 선별된 리스크 중 항만에 영향을 미치는 리스크 요인을 전문가 설문 등을 통해 도출했다. 이때 도출된 리스크 요인을 측정할 수 있는 측정지표 및 해당 리스크 요인으로 인해 항만에 미치는 영향 정도를 판단할 수 있는 판단지표를 설정하였으며, 해당 지표 선정에 있어서도 전문가 델파이 조사 등을 수행하여 지표 선정의 객관성과 타당성을 확보했다.

제4장에서는 제3장에서 도출된 리스크 측정지표 및 판단지표를 활용하여 리스크 영향 평가를 시행했다. 리스크 평가는 대표적인 리스크 평가방법 중 하나인 스트레스 테스트 기법을 활용하였으며 본 연구 방법론에 대한 활용 사례 검토 등을 통해 항만 분야로의 적용 가능성 등도 함께 제시했다.

제5장에서는 제2장의 공급망 리스크 대응사례에서의 한계점 및 제4장의 분석결과 등을 활용하여 항만의 공급망 리스크 대응 방안 및 기대효과를 제시했다. 이를 위해 항만 관련 이해관계자 간의 인터뷰 등을 통해 실효성 있는 리스크 대응방안을 제시하였으며, 계량적으로 기대효과를 산출할 수 있는 부문에 대해서는 그 효과를 제시했다.

마지막 제6장에서는 본 연구의 내용을 종합적으로 요약하고 결론 및 정책 제언을 제시했다. 제5장에서 제안된 대응방안들이 추진되기 위해 필요한 법·제도를 포함하여 향후 후속 과제 등에 관해 제언했다.

2. 연구 방법

본 연구는 국내외 문헌조사, 항만에 영향을 미친 공급망 리스크 사례 분석, 전문가를 대상으로 한 자문회의 및 서면조사, 리스크 측정 및 평가를 위한 OLS 회귀분석, 분위수 회귀, 로지스틱 회귀 적용 등 실증분석을 주요 방법으로 했다.

문헌연구의 경우 공급망 내에서의 항만의 역할과 중요성을 도출하기 위해 공급망 및 항만의 역할 변화에 관한 선행연구를 면밀히 검토했다. 또한 공급망 리스크 도출을 위해 공급망 리스크 선정과 관련된 문헌연구 검토를 통해 일차 공급망 리스크 요인을 도출했다.

항만 관련 전문가 16명을 대상으로 한 자문회의 및 서면조사를 통해서 일차로 도출된 공급망 리스크 중 항만에 직간접적으로 영향을 미치는 요인을 선별하고, 선별된 리스크 요인을 측정 및 판단하는 지표에 대해서도 의견을 수렴했다. 특히 리스크 측정지표를 도출하는 과정에서는 경제 및 통상 전문가 11명을 대상으로 델파이 조사를 진행하여 항만의 공급망 리스크 요인을 적절하게 대변할 수 있는 지표를 선정했다. 리스크에 따른 항만의 운영 상태를 판단하는 판단지표에 대해서도 항만을 운영하고 이용하는 관계자 약 16명을 대상으로 의견을 수렴하여 자료 수집 가능성 등을 검토하여 지표를 최종 선정했다.

리스크 영향 분석에서는 스트레스 테스트 방법론을 검토하고, 해당 방법론을 적용하기 위해 가장 적합한 통계적 기법인 다양한 회귀분석 모형을 활용하여 영향분석을 진행했다. 스트레스 테스트 분석을 위해 역사적 사건을 바탕으로 시나리오를 설정하였으며, 판단지표별 영향 분석 수행을 통해 공급망 리스크가 항만에 미치는 영향을 계량적으로 검토했다.

마지막으로 공급망 리스크가 주는 영향을 완화하기 위한 항만의 다양한

대응 방안을 제안하기 위해 연구진 및 항만 정책 담당자, 항만 관련 이해관계자 등을 대상으로 대면·비대면·서면 자문회의 등을 통해 현실적인 대응 방안을 제시하고 이를 실행하기 위해 필요한 법률·제도 등을 검토했다. 특히 항만 관계자인 선사, 운영사, PA 등 이해관계자에 따라 대응방안에 대한 의견이 상이한 만큼 가능한 모든 이해관계자들의 의견이 반영될 수 있는 방안을 제시하기 위해 노력했다. 이상과 같이 본 연구를 수행하기 위한 연구 흐름도는 <표 1-4>와 같다.

<표 1-4> 본 연구의 흐름도

연구 절차	주요 연구 내용	연구 방법	예상 연구 결과
제1장	- 연구 배경 및 필요성 - 연구 범위와 방법 - 선행연구와 본 연구의 차별성	- 문헌 조사 - 사례 조사	항만의 공급망 리스크 관리 필요성 제시
제2장	- 공급망 개념 및 변화 - 항만의 역할 변화 - 공급망 내 항만의 중요도 분석	- 문헌 조사 - 사례 조사	- 과거 항만의 역할은 수동적이었으나 최근 능동적으로 변화함 - 공급망 내 항만이 중요도가 높아지면서 공급망 리스크가 항만 및 국민 경제에 미치는 영향력이 커짐
제3장	- 항만의 공급망 리스크 도출 - 항만의 공급망 리스크 식별	- 문헌조사 - 전문가 설문 - 실증분석	- 항만에 영향을 미치는 공급망 리스크 도출 - 해당 리스크를 측정 및 판단할 수 있는 지표 선정
제4장	- 스트레스 테스트 방법론 검토 - 항만의 공급망 리스크 영향 평가	- 문헌조사 - 전문가 자문 - 실증분석	공급망 리스크 발생은 항만의 운영에 차질을 일으켜, 국내 항만의 경쟁력 저하를 가져옴

연구 절차	주요 연구 내용	연구 방법	예상 연구 결과
제5장	• 현행 공급망 리스크 대응방안 사례 및 한계점 검토 • 공급망 리스크 완화를 위한 대응 방안 및 기대효과 분석	• 문헌 조사 • 사례 조사 • 전문가 자문	• 최근 발생한 리스크 사례에 따른 대응방안의 한계점 검토 • 공급망 리스크 완화를 위한 항만의 대응 방안 도출
제6장	• 요약 및 결론 • 정책 제언	• 연구진 및 전문가 자문	• 대응방안 실행을 위해 필요한 정부 정책 제언 • 항만의 공급망 리스크 관리 프로세스(안) 도출

자료: 저자 작성

제3절 선행연구와 본 연구의 차별성 검토

1. 선행연구

1) 공급망 내 항만의 역할⁴⁾

공급망(Supply Chain)이란 재료에서 중간재, 제품의 생산 그리고 최종 소비자까지의 배송 등 일련의 기능을 수행하기 위한 설비와 유통채널의 네트워크를 의미하며 이러한 공급망을 최적화하여 동일 공급망 상에 있는 모든 조직에 이익을 공유할 수 있도록 하는 경영전략방식을 SCM(Supply Chain Management)이라고 한다(양창호, 2016; Fan & Stevenson, 2018). SCM에서 발전된 방식인 SCRM(Supply Chain Risk Management)은 공급망에서 잠재적으로 영향을 미칠 수 있는 모든 위험을 식별하기 위해 설계된 프로세스, 전략 도구 등을 의미한다. SCM과 SCRM은 기업을 중심으로

4) 공급망 내 항만의 역할 관련 선행연구는 〈부록 표 1〉 참조

로 경영 환경이 글로벌화되면서 중요성이 높아지고 있다. 이때 항만은 글로벌 공급망과 지역 생산 및 소비 시장 간의 상호 작용을 지원하기 때문에 공급망의 연결고리라고 볼 수 있으며(Theo Notteboom et al, 2022) 단일 공급망 내에서 항만은 다수가 존재할 수 있다(Gabriela Costa Dias et al, 2019).

Ross Robinson(2002)는 빠르고 광범위하게 변화하는 공급망 내에서 항만의 역할은 단순히 화물을 전달하는 장소가 아닌 공급망의 주요 요소로 정의되어야 한다고 주장했다. Gabriela Costa Dias et al(2019)에서는 물류업체가 SCRM을 구축할 때 항만의 중요성 및 영향력을 고려해야 한다고 주장했다. 위와 같이 공급망 내에서 국제 복합물류의 중요한 노드 역할을 하는 항만의 중요성은 점차 높아지고 있음에도 이와 관련된 선행연구는 부족한 실정이며 대부분 공급망 내에서 항만의 성과 측정을 위한 방법 및 지표 등을 제안하는 데 그치고 있다.

Paixao et al(2003)은 4세대 항만은 글로벌 공급망 내에서 수동적이기 보다는 능동적인 역할을 해야 하며 이를 위해서는 항만의 민첩성이 필요하다고 주장하였으며 Marlow & Casaca(2003)은 민첩한 항만의 성과를 평가하기 위한 항만의 질적 성과 지표를 제안했다. Khalid Bichou & Gray(2007) 역시 전문가 패널을 활용한 설문조사 등을 통해 공급망 관리에서 항만의 역할 제고 및 항만 성능 평가를 위한 프레임워크를 도출했다.

공급망 혹은 SCM 내에서 항만의 성과를 측정한 국내 연구인 박명섭(2008)은 항만의 역할 변화 고찰 등을 통해 SCM 관점에서 항만 성과 측정을 개념화하였으며 김선구(2014)는 컨테이너 항만의 SCM 구성요인을 도출하고 해당 구성요인이 항만 성과에 미치는 영향을 다중회귀분석을 통해 분석했다. 한철환(2008)은 공급망 내 항만의 경쟁력을 확보하기 위해 두바이항의 사례분석 등을 통해 국내 광양항의 SCM을 제안했다.

2) 공급망 리스크 요인 도출 및 평가⁵⁾

공급망 범위가 광범위하고 공급망 리스크의 계량적 측정이 어려우므로 여러 연구는 관점에 따라 요인을 다양하게 도출하고 있다. 물류와 관련된 기업을 주체로 공급망 리스크를 도출한 선행연구로는 신창훈 외 (2006) 등이 있다. 신창훈 외(2006)는 물류센터의 입장에서 공급망 리스크 요인을 검토 및 도출하여 리스크 요인의 상대적 중요도를 도출하였으며, 김은수 외(2012)는 화주 및 물류업체를 주체로 공급망 리스크를 대분류(3개), 중분류(10개)로 구분하여 분류의 타당성 검증을 진행했다. 그 외 Chopra & Sodhi((2004)는 공급망 리스크 요인을 공급자, 기업, 소비자 관점에 따라 총 7가지 영역으로 구분하여 관점에 따라 공급망 리스크가 달라질 수 있음을 나타냈다. 그 외 대부분의 선행연구는 리스크 관리 주체를 기업으로 하여 공급망 리스크 요인을 도출했다. Gabriela Costa Dias et al(2019)에서는 역으로 항만의 리스크가 공급망 내 어떤 영향을 끼치는지에 대해 반구조적 면접 조사를 통해 항만 리스크를 식별하고 이를 관리 할 수 있는 프로세스에 대한 필요성을 도출했다.

리스크 요인을 도출하고 분류하는 방법은 크게 문헌연구(Sujeet Deshpande et al., 2017; Rangel D.A et al., 2013; Rao & Goldsby, 2009; Cavinato, J.L, 2004 등), 사례분석(천세학·박대현, 2011; Christine Harland et al., 2003; Zsidisin, G.A, 2006; Dan & Zan, 2007 등), 전문가 인터뷰(Jüttner, U. et al., 2003; Wanger & Bode, 2008; Wu, T. et al., 2006 등), 통계적 기법 (Bogataj, D & Bogataj, M, 2007; 이충배, 2020; 추봉성, 2020) 등을 활용하는 경우가 많았다.

또한 공급망 리스크 요인을 도출하고 분류하는 데서 나아가 해당 리스크를 관리 및 평가하기 위한 프레임워크 등을 제안한 선행연구로는 Christine

5) 공급망 리스트 요인 도출 및 평가 관련 선행연구는 <부록 표 2> 참조

Harland et al(2003), 천세학·박대현(2011), Dan & Zan(2007), Sujeet Deshpande et al(2017), 조성우(2017) 등이 존재한다.

3) 리스크 평가 모형⁶⁾

1990년대 후반 외환위기(1997), 금융위기(2008년) 등이 잇달아 발생하면서 리스크를 정의하고 이를 계량적으로 평가하여 선제적으로 대응하기 위한 연구들이 많이 진행되었다. 리스크에는 다양한 종류의 리스크가 존재하는데 일반적으로 리스크 평가는 금융 산업에서 선행연구가 많이 이루어져 왔다. 금융산업에서 대표적인 리스크 평가 수단으로 알려진 VaR(Value at Risk)⁷⁾를 추정하기 위해 다양한 통계적 기법인 GARCH 모형, 극단치 이론, 몬테카를로 시뮬레이션 등을 활용하여 평가 모형을 추정했다(Gencay & Selcuk, 2003; 유일성·이유태, 2004; 강상훈·윤성민, 2012; 권순일·김무환, 2019; Seyed Mohammad Sina Seyfi et al., 2021).

VaR는 리스크를 평가하기 위한 대표적인 방법이었으나 해당 방법론은 시장이 정상적으로 작동되고 있다는 것을 기본가정으로 하고 있어 예상치 못한 리스크가 발생한 경우 이를 적절하게 반영할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 예외적이나 발생 가능한 위기에 대해 평가가 가능한 스트레스 테스트 관리기법이 등장하게 됐다. 스트레스 테스트에 대한 선행 연구는 크게 세 가지로 구분된다. 첫째, 스트레스 테스트 방법론에 대한 검토 및 적용 현황 등에 관한 선행연구가 있으며(MAS, 2002; BIS, 2004; BIS, 2005; Foglia, A., 2008; 서정호, 2010) 둘째, 스트레스 테스트를 실제 금융업에 대해 적용 및 분석한 선행연구가 다수 존

6) 리스크 평가모형과 관련 선행연구는 <부록 표 3> 참조

7) VaR은 특정 금융자산의 포트폴리오에 대해 주어진 신뢰수준하에서 일정 기간 발생할 수 있는 최대 손실 금액을 통계적으로 표현한 수치로 J.P Morgan에 의해 소개된 이후 금융업 위험관리에 널리 이용되고 있음(김상환, 2009)

재한다(전홍배 외 2008; 신용상, 2011; Jimenez & Mencia, 2009; Wong J et al, 2009). 마지막으로 금융부문 외 다른 업계에 해당 방법론을 적용한 선행연구가 많아지고 있는 추세이다(박연우·방두완, 2011; 조만 외, 2013; 안세룡, 2016; 박성화 외, 2020).

이 밖에도 금융 부문이 아닌 리스크 평가 모형 선행연구로는 퍼지 이론을 활용하여 항공 운영 리스크 평가 모형을 구축한 박지현 외(2016)이 있으며, 곽동철(2013)은 중소기업의 리스크 평가 모형을 도출하기 위해 주성분 분석 방법론을 활용했다. 또한 공급망 리스크 평가에 대한 선행연구로 김영준·김창희(2023)에서 공급망 리스크가 해운 공급망 효율성에 미치는 영향을 분석하였는데 이는 해운 공급망 효율성을 DEA를 통해 측정하여 리스크와의 관계성을 토빗 회귀분석을 통해 분석한 연구로, 공급망 리스크를 정량적으로 평가하였다는 의의가 있다. 다만 국가 단위의 해운 공급망 효율성을 측정함에 있어 자료의 한계 등으로 물동량 변수 외 물류와 관계된 변수를 고려하지 못한 점이 다소 아쉬운 점으로 남는다.

2. 본 연구의 차별성

이상의 선행연구 검토를 바탕으로 본 연구의 차별성을 다음과 같이 제시한다.

첫째, 본 연구는 공급망 내에서 항만의 중요성을 공급망 리스크 사례 분석 등을 통해 제시함으로써 항만의 공급망 리스크 관리 필요성을 도출했다. 이는 현재 공급망 내에서 항만의 중요성에 대한 선행 연구 자체가 부족하고 대다수 연구가 공급망 내 항만의 성과 측정 개념화 및 성과 지표 제안에 초점을 맞추었다는 점에서 의의를 가진다. 선행연구 중 계량적인 방법으로 공급망 내 영향력을 검토한 김선구(2014)는 컨테이너 항만의 SCM 구성요

인을 도출하고 해당 요인들이 컨테이너항만의 성과에 미치는 영향을 다중 회귀분석을 통해 분석했다. 다만 해당 연구에서 활용한 항만 성과 지표는 응답자들의 주관적인 평가에 의해 측정된 정성적 성과이지만 본 연구는 사례 분석에서 양적 성과를 검토했다는 점에서 차별성을 지닌다.

둘째, 본 연구는 공급망 리스크 관리 주체를 항만으로 하여 리스크 요인을 도출하고 영향분석을 진행했다는 점에서 선행연구와 차별성을 가진다. 기존 선행연구는 물류기업, 화주 등을 주체로 한 공급망 리스크 요인 도출 연구가 다수를 이루었으며, 이를 통해 기업과 화주들에게 공급망 리스크 관리 필요성을 주장했다. 본 연구는 공급망 리스크 중 항만에 미치는 리스크를 선별하여, 해당 리스크가 항만에 미치는 영향을 계량적으로 분석하는 등 항만을 공급망 리스크 관리 주체로 한 연구라는 점에서 의미가 있다. 이때, 분석 방법으로 금융업에서 활용되는 대표적인 리스크 관리 기법인 스트레스 테스트 기법을 항만 산업에 적용했다는 점에서도 의의가 있다.

셋째, 본 연구는 공급망 리스크가 항만에 미치는 영향을 분석하고 이를 완화하기 위한 대응 방안을 제시하는 등 항만의 공급망 리스크를 종합적으로 바라보았다는 점에서 의미가 있다. 공급망 리스크 발생이 예상될 때 선제적으로 항만의 영향을 평가하고 리스크에 따른 영향을 완화하기 위한 대응 방안을 체계적으로 수행할 수 있도록 항만의 공급망 리스크 관리 프로세스(안)을 제시하고 이를 실행하기 위해 필요한 법과 제도 등도 함께 제안했다.

〈표 1-5〉 본 연구와 선행연구와의 차별성

구분	선행연구		본 연구
	요약	참고문헌	
목적	공급망 내 항만의 중요성에 대한 정성적인 평가 및 성과 측정을 위한 요인 도출	- Marlow & Casaca (2003) - Khalid Bichou &	- 공급망 내 항만의 중요성에 대한 정량적인 분석 - 항만 관점에서의 공급망 리스

구분	선행연구		본 연구
	요약	참고문헌	
	기업 관점에서의 공급망 리스크 요인 도출 및 평가를 통해 SCRM 필요성 제시	- Gray(2007) - 한철환(2008) - 박명섭(2009) - 김선구(2014)	- 크 요인 도출 및 평가를 통해 항만의 SCRM 필요성 도출 - 공급망 리스크에 따른 항만 영향을 완화하기 위한 대응 방안 제시
대상	개별 기업 및 화주를 대상으로 공급망 리스크 요인 도출 및 대응 방안 제시	- 김은수 외(2012) - Gabriela Costa Dias et al(2019)	항만을 대상으로 공급망 리스크 요인 도출 및 대응 방안 제시
범위	공급망 내 항만의 중요성 도출, 공급망 리스크 도출 및 평가, 공급망 위기에 따른 항만의 대응 방안 제시 등 크게 세 가지 목적에 대해 개별적으로 연구 진행	- Ross Robins(2002) - Gabriela Costa Dias et al(2019) - 한철환(2008) - 박명섭(2009) - 김선구(2014)	항만의 공급망 리스크 관련하여 공급망 내 항만의 중요성, 항만에 영향을 미치는 리스크 도출 및 평가, 리스크에 따른 영향을 완화하기 위한 대응 방안 제시 등 종합적인 관점에서 연구 진행
방법	- 문헌연구 및 전문가 설문 조사를 기반으로 공급망 내 항만의 역할 및 중요성 검토 - 공급망 리스크 요인 도출에 문헌연구, 설문조사 등 수행 - 은행 및 개별 기업의 재정적 안정성을 평가하기 위해 스트레스 테스트 기법 활용	- Ross Robins(2002) - Paixao et al(2003) - 김은수 외(2012) - Gabriela Costa Dias et al(2019) - BIS(2005) - 서정호(2010) - 박연우·방두완(2011) - 안세룡(2016)	- 사례 분석을 통해 정량적으로 공급망 내 항만의 중요성 검토 - 공급망 리스크 요인을 도출하는 방법은 유사함 - 항만의 운영적 안정성을 평가하기 위해 스트레스 테스트 기법 활용

자료 : 저자 작성

02

공급망 내 항만의 역할 및 영향

본 장에서는 문헌조사를 활용하여 공급망의 개념 및 변화를 검토하여, 공급망 내에서의 항만의 위치 및 역할 변화 등을 살펴보고자 한다. 또한 최근 발생한 공급망 리스크 사례 분석을 통해 공급망 리스크가 항만에 어떠한 영향을 미쳤는지 살펴봄으로써 공급망 내 항만의 중요성을 확인하고, 당시 항만 이해관계자들의 대응방안 검토를 통해 한계점 등을 도출하고자 한다.

제1절 공급망 내 항만의 역할

1. 공급망 개념 및 변화

본 절에서는 다양한 연구자들이 제시한 공급망(Supply chain)의 개념 및 정의를 검토하여 본 연구를 위한 포괄적인 개념의 공급망 범위를 재정립한다. 또한 본 연구는 공급망이 어떤 역할을 하는지 정의하기 위해 공급망의 특성 및 변화를 분석한다.

1) 공급망 개념

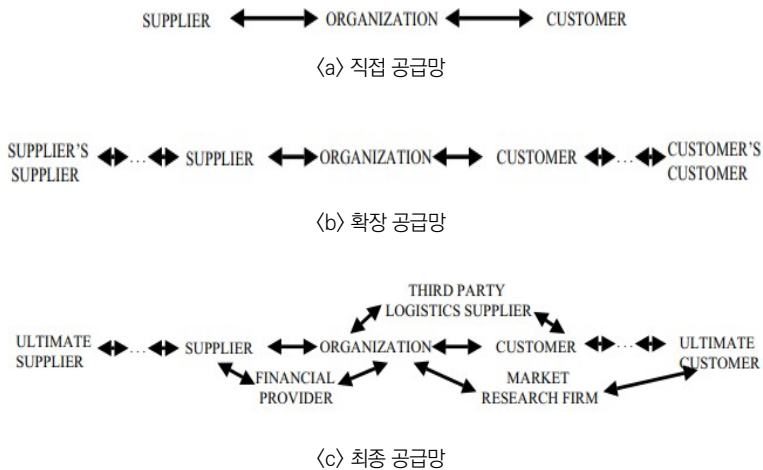
공급망은 다양한 연구자들에 의해 정의되었다. La Londe & Masters (1994)는 공급망은 “자재를 전달하기 위한 관련 기업들의 집합”으로 정의했다. 또한 공급망은 원자재 조달, 반제품·완제품 생산, 도·소매상인 및 운송회사로 구성된다고 정의했다.

Christopher(2016)는 공급망을 “전방산업(Upstream) 및 후방산업(Downstream)의 연결을 통해 제품과 서비스 가치를 창출하고 최종 소비자에게 전달하기 위한 다양한 프로세스와 활동으로 구성된 조직 간의 네트워크”로 정의한다. 따라서 공급망을 La Londe & Masters(1994)의 구성 요소에 더하여 원자재 수급, 생산 및 물류뿐만 아니라 제품 기획, 설계 및 마케팅까지 포함하는 넓은 의미로 정의했다. 또한 공급망을 구성하는 객체 간 연결이 단일 대 단일로 연결되는 사슬(chain)의 의미보다 다수 대 다수로 연결되는 네트워크(network)라는 점을 강조했다. 그 외에도 Cooper & Ellram(1993)은 “공급업체에서 최종 사용자에게 이르는 유통 채널의 전체 흐름”으로 공급망을 정의했으며 Lambert, Stock & Ellram (1998)은 공급망을 “제품이나 서비스를 시장에 내놓기 위한 기업들의 연결”로 정의하고 수요 사슬(demand chain) 혹은 가치사슬(value chain)과 동일시 하였다.

Mentzer et al(2001)는 기존의 연구자들이 정의한 공급망 개념을 확장하여 “전방산업과 후방산업의 제품, 서비스, 금융 및 고객 관련 정보 흐름에 직접적으로 관여하는 3개 이상의 개체 집합”으로 정의하였으며 공급망의 복잡성에 따라 ‘직접 공급망’, ‘확장 공급망’ 및 ‘최종 공급망’으로 구분했다. 직접 공급망은 Mentzer et al.,(2001)에서 정의한 협의의 공급망을 의미하며 3개의 개체는 공급업체, 기업 및 소비자를 의미한다(그림 2-1, <a> 참고). 확장 공급망은 직접 공급망과 직접적으로 관련된 공급업체의 공

급업체(Supplier's supplier), 고객의 고객(Customer's customer)을 구성요소로 포함한다(그림 2-1, 참고). 최종 공급망은 최초 공급업체에서 최종 수요자까지의 전방산업과 후방산업의 흐름과 관련된 모든 조직을 포함한다(그림 2-1, <c> 참고). 최종 공급망은 가장 복잡한 단계의 공급망을 뜻한다. 예를 들어 금융업체(financial provider)는 공급망 구성원에 재정적 조언을 통해 공급망에 기여하며, 물류업체(logistic supplier)는 제품 및 서비스 전달, 시장 조사 업체(market research firm)는 최종 고객에 대한 정보를 분석 및 제공하는 역할을 한다. Mentzer et al.(2001)의 개념은 기존 공급망 개념에서 고객 정보의 흐름에 직접적으로 관여하는 개체를 추가한 것이 특징이다.

〈그림 2-1〉 직접 공급망, 확장 공급망 및 최종 공급망 개념도



자료: Mentzer et al.(2001), p. 5.

〈표 2-1〉은 기존 연구자들이 정의한 공급망 개념을 요약한 것으로 연결 객체에 따라 개념이 조금씩 상이하지만 넓은 의미로 보면 제품 및 서비스

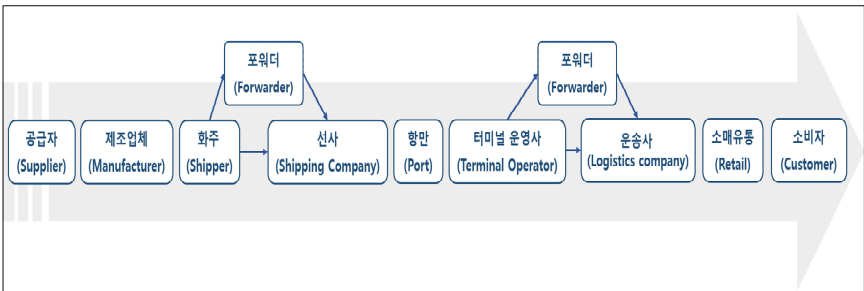
를 제공하는 공급자로부터 최종 고객에 이르기까지의 물류 흐름이라고 정의할 수 있다. 본 연구에서 제시하는 공급망의 개념도 아래와 같이 공급자에서부터 소비자에 이르기까지의 물류 흐름으로 정의하되 이들을 연결하는 주요 객체를 항만으로 정의하고, 항만이 공급망 내에서 어떤 역할과 중요성을 가지는지 분석 및 검토하여, 리스크 영향을 완화하기 위해 어떤 대응방안 등이 필요한지 연구를 수행하고자 한다.

〈표 2-1〉 공급망 개념

구분	선행연구에서의 정의
Christopher(2016)	전방산업 및 후방산업의 연결을 통해 제품과 서비스 가치를 창출하고 최종 소비자에게 전달하기 위한 다양한 프로세스와 활동으로 구성된 조직간의 네트워크
Cooper&Ellram (1993)	공급업체에서 최종 사용자에게 이르는 유통 채널의 전체 흐름
La Londe&Masters (1994)	자재를 전달하기 위한 관련 기업들의 집합
Lambert, Stock& Ellram(1998)	제품이나 서비스를 시장에 내놓기 위한 기업들의 연결
Mentzer et al.(2001)	제품, 서비스, 금융 및 고객 관련 정보의 전방산업과 후방산업의 흐름에 직접적으로 관여하는 3개 이상의 개체 집합

자료: 저자 작성

〈그림 2-2〉 본 연구에서 정의한 공급망 개념도



자료: 저자 작성

2) 공급망 변화

산업혁명 이전의 초기 공급망은 원자재 수급 비용 및 운송의 어려움으로 지역 내 공급망 형태였으며 생산도 원자재 공급처 근처에서 이뤄졌다. 산업혁명 이후 증기기관 및 내연기관이 개발되며 열차 및 트럭 운송을 통한 대륙 간 공급망 형태로 발전되었으나 선적 및 하역의 어려움으로 해상 무역을 통한 대륙 간 공급망은 발전이 어려웠다. 하지만 수에즈운하 및 파나마 운하 개통, 팔레트 및 컨테이너 사용 등의 표준화로 인해 저장, 선적 및 하역의 효율성이 증가하면서 해상운송이 발전되어 대륙 간 공급망으로 확장되었다.

1910년대 제조업체는 대부분 제품이나 공정의 유연성이 없는 소품종 대량생산으로 단위 생산 비용을 최소화하는 생산 방식인 ‘헨리 포드의 대량생산 시스템(Henry Ford’s Mass Production)’을 중시했다. 따라서 제조업체는 대량생산 체제를 유지하기 위해 재고를 증가시켰지만 저장 비용, 관리 비용 및 손실의 위험이 있었다. 그 후 통신 기술의 발달로 생산자의 요구사항을 원자재 공급자에게 사전에 명확하게 전달할 수 있게 되면서 원자재를 적시에 공급받아 재고를 최소화하는 생산 방식인 ‘린 생산방식(Lean Production)’으로 발전하였으며 대표적인 방식이 도요타 자동차의 JIT(Just-In-Time) 방식이다.

JIT 방식은 생산에 필요한 부품만을 적시에 납품받아 재고 비용을 줄이고 물류 효율성을 극대화하는 방식이다. JIT 방식은 재고 및 물류비용 등 원가 절감, 고객 요구에 대한 즉각적 반영, 적기 납품 등을 위해 생산거점 지역에 생산 시스템을 구축한다. 거점 생산 전략은 극도로 효율화된 분업 체계로 작동하는데 원자재 납품 및 생산 공정에 필요한 세부 작업을 각각의 전문업체가 수행하며 이 업체 간 긴밀한 협력관계와 높은 신뢰도가 요구된다. JIT 시스템은 낮은 재고 및 물류비용과 높은 생산 효율성을 가지고

있지만 공급망 의존성이 높아 공급망의 신뢰성과 안정성이 우선 확보되어야 하는 특징이 있다.

극도로 효율화된 JIT 시스템은 재고 및 물류비용 최소화 및 생산 효율성을 가져왔으나, 재고를 최소화하는 특징이 있어서 코로나19, 러시아-우크라이나 전쟁 및 미·중 무역전쟁과 같은 공급망 위기에 유연하게 대처하지 못했다. 또한 고효율을 추구하는 원자재 공급방식은 공급망 유연성과 회복탄력성을 확보하지 못했다. 이러한 물류 환경변화는 결과적으로 항만의 적체 및 물류 대란을 발생시켰다. 따라서 최근 기업들은 과거의 공급망 비용 최소화 및 고효율을 추구하는 방식에서 공급망 탄력성 및 복원력을 중시하는 방향인 JIC(Just-In Case) 방식으로 변화하고 있다. JIC 방식은 예상치 못한 상황에 대비하여 필요 재고 및 다양한 공급처를 보유하는 것이 특징이다. 예를 들어 반도체 수급 문제로 생산이 중지됐던 자동차 제조사들은 다양한 원자재 공급처를 확보해 공급망 불확실성을 줄이고 생산 지연을 사전에 방지하고자 노력한다(한국자동차연구원, 2021). JIC 방식은 예비 재고 보유, 공급처 확대를 통해 공급망 유연성과 안정성을 증가시키지만 재고 및 기회비용이 증가하는 단점이 있다. 따라서 기업들은 재고관리, 생산(니어쇼어링 및 리쇼어링) 및 비용 관리 전략을 마련하여 JIC 방식으로의 전환을 통해 공급망 탄력성과 복원력을 확보하고자 한다.

〈표 2-2〉 JIT과 JIC의 비교

구분	JIT	JIC
특징	• 생산 시 필요한 시점에 필요한 만큼의 재고를 확보하는 시스템	• 재고가 부족할 확률을 최소화하기 위해 필요 재고를 확보하는 시스템
장점	• 적시 재고의 효율적 운영을 통한 수익 창출 • 과잉 생산 방지 및 물류비용 최소화 • 수요 변동 및 제품 변경 시 민첩성 강화	• 항시적 수요 충족을 통한 경쟁력 강화 • 재고 부족으로 인한 매출 손실 감소 • 정확한 수요예측의 필요성 감소 • 원자재 가격에 따른 대량 구매로 직접 조달 비용 감소

구분	JIT	JIC
단점	• 공급업체의 적시성 및 일관성 요구 • 예상치 못한 수요 충족의 어려움 • 원자재 가격 변동에 대응 어려움	• 재고 유지를 위한 추가 재고 비용 발생 • 자본이 재고에 묶여 기회비용 증가 • 재고의 부패 및 손실 발생 가능성 증가

자료: Oracle, <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/just-in-time-vs-just-in-case.shtml>(검색일 : 2023.04.03.)를 바탕으로 저자 재작성

앞서 살펴본 바와 같이 최근 기업의 생산 방식이 공급망의 탄력성과 회복력을 중시하는 방향인 JIC로 변화하고 있는 만큼 공급망 리스크 관리의 중요성이 높아지고 있다. 기업들은 이러한 리스크 발생 확률과 영향을 완화하기 위해 수입선 다변화, 재고 비축 등 다양한 전략을 수립하고 있다. 따라서 공급망 내 물류 흐름을 원활하게 하기 위해 기업들의 전략 추진과 함께 공급망 내 중요한 연결 노드인 항만 역시 적절한 공급망 리스크 관리가 필요한 시점이라 판단된다.

2. 항만의 역할 변화

1) 개요

항만은 선박의 안전한 입출항을 통해 각종 물류 활동이 원활하게 이루어지는 해상운송의 기종점으로서, 국제 교역의 연결공간이라고 할 수 있다. 과거 항만은 단순 화물의 이동 기능을 담당하였으나, 시간이 지나면서 제조, 물류, 부가가치 창출 등 글로벌공급사슬관리(GSCM, Global Supply Chain Management)의 전략적 요충지로서 그 기능과 역할이 확대되고 있다. 특히 우리나라는 내수 소비보다 주로 원자재를 수입하여 제품을 제조하고 수출하는 수출지향형 산업구조를 가지고 있는데, 수출입 화물의 약 96.3%(‘22년, 중량 기준)⁸⁾가 항만을 통해 이루어지고 있으므로 항만의 역할은 매우 중요하다 할 수 있다. 항만은 시간에 따라 세대를 구분할 수 있

으며, 1세대는 1960년 이전, 2세대는 1960~1980년 이전, 3세대는 1980~1990년대, 4세대는 1990~2020년대, 5세대는 2020년에서 현재까지, 6세대는 장래로 구분할 수 있다. 세대별 항만의 특징을 검토하여 현재 글로벌 공급망 내에서 항만의 역할이 어떻게 변화해왔는지 살펴보고자 한다.

2) 항만의 세대별 정의 및 특징⁹⁾

(1) 1세대 항만(~1960년대)

1세대 항만은 시기적으로 1960년 이전을 의미하며, 단순 이동의 기능을 수행하는 역할을 하였다. 당시 항만은 육상운송과 해상운송을 연결시켜주는 중간적 장소의 기능을 수행하는 데 불과하였으며 운영 측면에서도 주로 벌크화물을 선박에 실어 단순 이동을 시켜주는 업무로 한정되어 있었다. 따라서 당시 항만에 대한 투자 자체도 많지 않았으며 일부 이루어지는 투자도 대부분 접안시설의 건설에만 집중되었으며 항만에서 창출되는 부가가치는 전무했다.¹⁰⁾

(2) 2세대 항만(1960년~1980년 이전)

2세대 항만은 1960년대 이후부터 1980년대 이전까지의 기간으로, 단순 운송 역할을 수행했던 1세대 항만의 기능에서 화물의 포장, 상표 부착서비스 등 부가적 서비스 영역이 확대되었다. 즉, 항만 기능 및 활동영역이 다소 확대되어 항만구역 내에서 수송, 산업, 상업 등 서비스중심지로 발전되었다.¹¹⁾ 또한 정부 및 항만당국도 항만을 수송거점을 넘어 상업기능을 수

8) 한국무역협회(검색일 : 2023.03.15.)

9) 국토교통부 정책정보(검색일 : 2023.04.04.) 내용을 바탕으로 저자 재작성

10) 쉬핑뉴스넷(2013.11.08.)<https://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=1760>(검색일 : 2023.04.04.)

11) 김태원 외(2006), 항만 경쟁구조 분석, 한국항해항만학회지 제30권 제6호, pp. 509-515.

행하는 공간으로 인식하면서 항만이용자인 선사, 화주 및 관련 기업들과의 협력관계의 중요성을 인식하여 일부 항만에서는 마케팅 활동을 펼치기도 하였다.

동기간 우리나라는 6·25 전쟁으로 파손된 항만의 복구와 동시에 60년대 초부터 추진된 경제개발계획에 따라 항만이 단순 화물의 운송 기능을 넘어 인근 지역의 산업을 지원하는 역할을 수행하였다. 일례로 포항항은 중화학 공업 중점 육성정책에 따라 건설된 포스코의 지원항 역할로 개발되었으며, 여수지역의 여천항은 화학공업단지를 지원하기 위해 조성되었다. 이에 따라 인근 산업을 지원하기 위해 필요한 원자재를 수송하는 등 항만은 단순 이동을 위한 결절점이 아니라 공급망 내의 연결고리로서 기능을 시작했다고 할 수 있다.

(3) 3세대 항만(1980년~1990년대)

1980년대 이후의 3세대 항만은 세계 교역이 확대되고 화물의 컨테이너 화와 복합운송이 발달함에 따라 본격적으로 생산 및 물류의 연결점(Node)으로 기능하기 시작했다. 항만 관련 모든 활동과 서비스업무가 다양한 목적을 지향할 수 있도록 시스템이 전환되었다. 이에 항만의 정보시스템 구축은 항만경쟁력 강화의 필수조건으로서 큰 비중을 차지하였다. 또한 기존의 하역기능 이외에 유통센터를 통해 화물의 분리배송, 라벨링, 조립, 포장 등 부가가치 산업의 역할을 더하였다.¹²⁾ 즉, 3세대 항만은 앞선 세대에서 항만의 역할에 비해 국제 교역을 위한 공급망 내에서 적극적인 역할을 수행하게 되었다.

1980~1990년대 우리나라의 항만은 국제 교역 측면에서 일본의 고베 대지진이라는 큰 이슈가 있었다. 당시 일본 고베항은 일본 내 3위에 해당하는

12) 김태원 외, (2006), 항만 경쟁구조 분석, 한국항해항만학회지 제30권 제6호, pp.509-515.

컨테이너 전용 항만으로서 부산항과 경쟁하고 있었으나 대지진 발생으로 항만의 폐쇄가 불가피했다. 그에 따라 부산항은 고베항의 대체항으로 급부상하여 컨테이너 물동량이 급증하게 되었고 국제 교역의 공급망 내에서 부산항의 경쟁력을 제고하는 계기가 되었다.

(4) 4세대 항만(1990년대 말 이후)

4세대 항만은 국가 간, 항만 간, 터미널 간 선사 및 화주 등 고객 유치경쟁이 치열해졌으며, 앞선 세대보다 항만의 기능과 서비스분야가 확대되었다. 또한 항만을 이용하여 배후단지에 반입 또는 반출되는 화물의 운송, 보관 등 기본적인 물류활동 외에도 조립, 가공, 분류, 라벨링, 수리, 검사, 포장 등 새로운 부가가치를 창출하는 공간으로 자리매김하며 연관 산업과의 연계성이 증대되었다. 그리고 항만을 세계물류 공급망(Global Supply Chain)의 시종점으로 인식하고 항만을 통한 물류활동이 활성화되었다. 더불어 정보화, 전산화 및 자동화를 통하여 항만의 경쟁력을 향상시키고, 세계 주요 항만과 연계하여 국제물류 거점확보를 위한 마케팅 전략을 수립하기도 하였다.

(5) 5세대 항만(2020년대)

5세대 항만은 2020년대 항만의 모습으로 항만 이용자, 즉 고객과 능동적으로 소통하며 니즈를 파악하고 대응하는 커뮤니티 항만의 성격을 가진다. 4차 산업혁명에 따른 정보통신기술(ICT)이 발달하여 항만과 인근 항만 도시, 타 항만들과 항만 이용자 및 비즈니스 요구사항 등에 대한 다양한 정보를 교환함으로써 항만 이용자에게 보다 나은 서비스를 제공하기 위한 노력을 수행한다. 이를 위해 항만 이해 관계자 간의 정보통합과 능동적 운영 프로세스 구축 등 노력을 수행하였다. 즉, 5세대 항만은 공급망 내에서

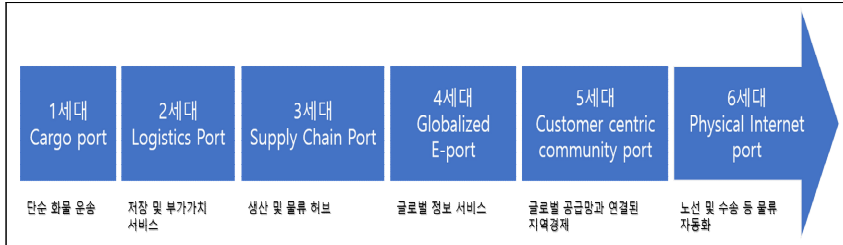
단순한 물질적인 상품의 물류활동을 수행할 뿐만 아니라 다양한 관련 정보 등을 연계하여 효율적인 물류 서비스를 제공하는 역할을 수행한다.

(6) 6세대 항만(Physical Internet Port)

6세대 항만은 물류의 효율적인 운송을 위해 상호 연결이 가능한 개방된 시스템 구축 등 물리적 인터넷을 추구하는 모습을 보일 것으로 전망된다. 물리적 인터넷 항만은 인터넷 통신망의 오픈 셰어링(Open Sharing) 특성을 항만물류 업계라고 하는 물리적 영역에 적용시키는 개념이다. 정보통신 기술을 기반으로 더욱 스마트하고 효율적인 물류환경을 조성하고, 다양한 시스템 간의 자유로운 통신을 통해 공급망 전체가 최적화될 수 있다. 대표적으로 네덜란드의 로테르담항은 글로벌 물류 시스템 자동화 등 물리적 인터넷 구축을 통해 6세대 항만이 되기 위해 노력을 지속하고 있다.

과거의 물류는 기술 개발 자체에 초점이 맞춰져 있었다면, 미래에는 ICT의 발달에 따라 새로운 기술을 현실에 응용하는 것이 중요하다. 특히 항만 물류산업은 운영적 측면이 중요하므로 개발된 기술을 현실에 맞게 수정 및 보완하고 운영하는 현장 적용성이 더욱 중요하다. 6세대 항만의 궁극적인 목표 및 비전은 실제 화물의 이동과 구매, 생산, 공급이 세계적으로 표준화되어 경제적, 환경적, 사회적 효율성과 지속가능성을 지니는 것이다. 즉, 장래 6세대 항만은 공급망 전반에 이르는 모든 과정을 최적화하는 역할을 담당하게 될 것이다.

〈그림 2-3〉 세대별 항만의 기능 변천사



자료: Portus, 'Rotterdam port and its Innovation roadmap'를 바탕으로 저자 재작성(검색일 : 2023.08.07.)

〈표 2-3〉 세대별 항만의 구분 및 특성

구분	1세대	2세대	3세대	4세대	5세대	6세대
시기	~1960년	1960~1980년	1980~1990년	1990~2020년	2020년~현재	장래
주요 컨셉 및 기능	Cargo port	Logistics port	Supply chain port	Globalized E-port	Customer centric community port	Physical Internet port
	화물처리	물류	물류공급망	글로벌 e항만	소비자중심 커뮤니티	물리적 인터넷
주요 화물	벌크화물	벌크화물 (건화물, 액체화물)	벌크화물, 컨테이너화물	화물 단위 화의 증가	벌크화물, 컨테이너 화물	벌크화물, 컨테이너 화물
항만 개발 방침	- 전통·보수적 - 여러 수송수단의 변화가 이루어지는 단순한 공간으로서만 항만을 파악	- 항만의 확충 - 수송의 거점 및 상공업의 중심지로서 항만을 인식	- 이익의 근원지로서 인식 - 복합운송체계의 중심지 및 국제물류거점으로서 항만을 인식	자동화의 정교한 사용	- 항만과 이용자 간 비즈니스 소통 - 능동적 운영 프로세스 구축	개방형 오픈 시스템 구축 및 자동화

구분	1세대	2세대	3세대	4세대	5세대	6세대
항만 활동 주요 범위	·부두하역이 주요 업무로, 대상항만의 범위가 협소	·화물형태의 변환, 선박 관련의 상공업 업무 ·항만의 범위 확대	·화물 및 정보 제공의 중심지 ·물류활동의 거점으로서의 역할 확대 ·터미널 기능의 강화 및 항만지역의 육역기능이 강조	·정보의 표준화	·이용자 비즈니스 요구사항에 따른 서비스 제공	-
제반 특성	·항만 내에서의 활동이 서로 독립적임 ·항만과 항만사용자간의 관계가 밀접하지 못함	·항만과 항만사용자간의 관계가 밀접 ·항만내의 제반 활동간의 관계가 상호 유기적이지 못함 ·항만과 지역사회 간의 관계 보통	·지역사회와 융합 ·항만·지역사회 간의 밀접한 관계 ·항만조직 및 기구의 확대 ·국제무역과 수송 망상에서의 항만의 개념 도입	·항만의 세계화 ·강력해진 환경 중심의 운영	·정보통합 및 능동적인 운영 시스템 구축	-
주요결정변수	노동/자본	자본	기술 및 노하우	정보기술	정보통합	정보기술의 현장 적용성

자료: 김태원 외(2006) 등을 참고하여 저자 재정리

3) 종합 및 시사점

항만의 기능 및 역할은 과거에서부터 현재까지 세대를 거듭하면서 빠르게 변화하고 있다. 항만은 과거 수송, 보관, 하역 등 단순한 화물 운송 기능을 담당해 왔으나, 산업의 고도화 및 국제 무역이 활성화되면서 공간적·기능적으로 통합 발전하는 형태를 보인다.

항만이 과거에는 화물 운송량을 늘리기 위한 양적 성장에 치중했다면, 현재는 소비자의 욕구 충족 및 사용자의 편의 제고 등 질적 서비스 수준을

향상시키는 방향으로 변화하였다. 또한 현재 세대의 항만은 글로벌 공급망 내에서 중심 연결고리 역할을 담당함으로써 산업·물류·비즈니스 공간인 동시에 물류 부가가치를 창출하는 종합물류거점으로 확대되었다. 특히 항만을 이용하는 선사(기업)의 글로벌 경영전략이나 국제물류 관리체계의 변화(러·우 전쟁, 코로나19로 인한 중국도시 봉쇄 등)에 따라 항만이 글로벌 차원의 비즈니스 거점으로 부각되고 있다.

따라서 항만은 단순 화물 운송을 담당하던 과거의 기능 및 역할에서 벗어나 글로벌 공급망 내에서 국제교역을 위한 적극적인 역할을 수행하고 있으며 그 중요성 역시 높아지고 있다.

제2절 공급망 리스크 사례 분석

항만은 글로벌 공급망에서 중요한 역할을 하며 다양한 운송 체계를 연결하고 국가 간 원활한 무역 흐름을 보장하는 필수 노드 역할을 한다. 최근 빈번하게 발생하고 있는 공급망 리스크는 국가 산업 및 경제에서 항만의 중요성을 강조하고 있다. 코로나19, 러시아-우크라이나 전쟁은 특정 화물 수급 부족, 항로 변경에 따른 허브 항만 기항 집중 현상을 야기했으며, 항만 및 화물연대 파업은 물류 운송망 마비 등을 야기했다. 본 절에서는 최근 발생한 공급망 리스크 사례 분석을 통해 항만, 물류 서비스 제공업체를 포함한 이해관계자에 대한 영향을 분석하여 공급망 내 항만의 중요성을 설명한다. 또한 이를 통해 항만에서 리스크 관리의 중요성을 강조하여 공급망 리스크를 관리하고 글로벌 무역 네트워크에서 상품의 원활한 흐름을 보장하기 위한 효과적인 전략 확보의 필요성을 제기한다.

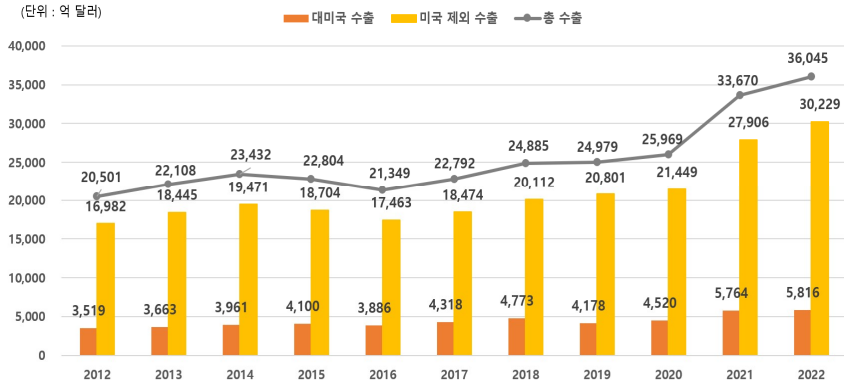
1. 미·중 무역갈등

미·중 무역갈등으로 인한 글로벌 공급망 위기는 전 세계 다양한 산업과 항만에 큰 영향을 미쳤다. 미·중 무역갈등은 2018년 미국이 중국과의 무역적 불균형 및 지적 재산권 침해 등의 문제를 해결하고자 자동차, 하드 디스크, 항공기 부품 등 약 340억 달러 규모의 중국산 수입품에 25%의 관세를 부과하면서 시작되었다. 이에 중국은 농산물, 자동차, 수산물 등 340억 달러 규모의 미국산 545개 품목에 25%의 관세를 부과하며 보복에 나섰다.¹³⁾ 이후 양국 간 수입품에 대해 관세를 상호 확대하여 양국과 전 세계 경제에 영향을 미쳤다. 그 결과 2019년 중국의 대미 수출은 전년 대비 12.5% 감소했으며 타 국가로의 수출은 3.4% 증가했다(〈그림 2-4〉 참고). 같은 기간 미국의 중국 수입은 16.2% 감소했으며 타 국가로의 수입은 2.1% 증가했다(〈그림 2-5〉 참고). 이로 인해 미국과 중국 모두 세계 경제 성장률을 저하시켰으며 2019년 세계 실질 GDP 성장률은 전년 대비 0.8%p 하락했다.¹⁴⁾

13) SCMP, <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3078745/what-us-china-trade-war-how-it-started-and-what-inside-phase>(검색일 :2023. 03. 15.)

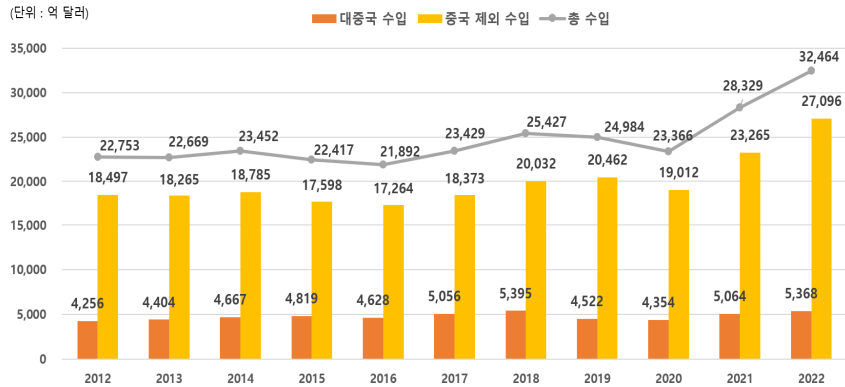
14) IMF, https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEO_WORLD(검색일 :2023. 03.15)

〈그림 2-4〉 중국의 수출 교역 추이



자료: 한국무역협회(검색일 : 2023.03.15.)

〈그림 2-5〉 미국의 수입 교역 추이



자료: 한국무역협회(검색일 : 2023.03.15.)

이러한 미·중 무역갈등은 2020년 1월 중국이 미국으로부터 약 2,000억 달러의 제품을 추가 수입하는 조건인 1단계 무역합의안에 정식 서명하면서 일단락되는 듯했다. 그러나 중국의 낮은 이행률로 양국 간 갈등이 교착상

태에 빠졌으며, 당시 코로나19 발생과 함께 바이든 행정부가 출범하면서 미국의 통상정책이 대중 무역적자 해소가 아닌 공급망에서 중국의 의존도를 낮추는 공급망 안정성 제고로 바뀌는 등 미·중 무역 갈등이 재심화되고 있다.¹⁵⁾

이러한 미·중 무역갈등은 세계 공급망 재편에 영향을 미치고 있는데, 초기에는 양국 간 교역량이 감소하면서 일부 제조업체 및 물류업체가 공급망을 재편하거나 다변화했다. 예를 들어 미국은 전 세계 반도체 생산량의 12%를 차지하고 있는 반면, 아시아는 75%를 차지하기 때문에 무역전쟁으로 인해 전자제품과 자동차에 쓰이는 반도체가 품귀 현상을 빚어 전체적인 공급 부족이 발생했다.¹⁶⁾ 그로 인해 일부 제조 기업들은 중국과 베트남, 인도네시아, 태국과 같은 동남아시아 국가로 생산을 분산하는 전략으로 전환했다. 현재 미국은 자국 내 생산기반 마련 및 중국 의존도 감소를 위해 리쇼어링, 프렌즈쇼어링, 인플레이션 감축법(IRA) 시행 등을 통해 공급망 내에서 중국을 견제하는 정책을 시행 중이다.

이러한 정책 시행으로 세계 공급망은 탈중국화 및 다변화로 바뀌고 있는데 이는 국내 항만에 위기와 기회를 동시에 가져왔다. 중국과 미국은 국내 컨테이너 교역 1·2순위 국가로 2022년 기준 각각 32.9%, 12.8% 비중을 차지하고 있다.¹⁷⁾ 특히 중국과 미국은 국내 환적컨테이너 물동량의 주요 기종점 국가로 부산항 환적물동량에서 약 18.1%(22년 기준) 높은 비중을 차지하면서 1위 자리를 고수하고 있다.¹⁸⁾ 부산항 환적 물동량에서 미·중 교역 비중이 높은 만큼 미국과 중국과의 교역량이 줄어들게 되면 국내 환적물동량도 영향을 받을 수밖에 없다. 실제로 미·중 무역전쟁이 2018년 하

15) 한국무역협회(2020), Trade Brief 10호를 바탕으로 저자 재작성

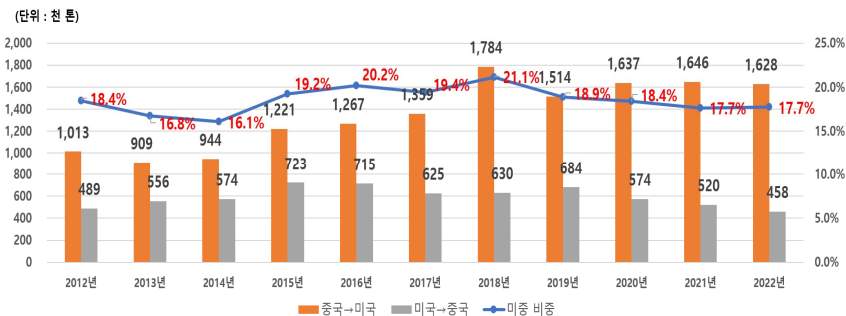
16) HBR, <https://hbr.org/2020/09/global-supply-chains-in-a-post-pandemic-world>(검색일 : 2023.03. 15.)

17) 해운항만물류정보시스템(검색일 : 2023.03.15.)

18) BPA(2023.02.15.), 환적 물동량 OD 자료(내부자료)

반기에서 2019년까지 심화되었는데 2019년 부산항 환적물동량은 전년 대비 1.8% 증가하였으나 전년도 증가율인 11.8%와 비교하면 큰 폭으로 감소하였다. 이때 미국과 중국을 종점으로 하는 환적물동량이 전년 대비 8.9% 감소하면서 물동량 증가세 둔화에 큰 영향을 미쳤다. 미국과 중국과의 무역 갈등이 지속된다면 국내 환적물동량에도 지속적으로 악영향을 미칠 것이다.

〈그림 2-6〉 부산항 미국↔중국 환적물동량 추이



자료: BPA(2023.02.15.), 환적 물동량 OD 자료(내부자료)

한편, 공급망 다변화에 따라 베트남, 인도네시아, 인도, 태국 등으로 생산기지를 활발히 이전한다면 해당 국가와의 교역량 증대를 기대할 수 있을 것으로 보인다. 실제 최근 베트남과의 컨테이너 교역량은 코로나19에도 불구하고 지난 10년간(2012~2022) 연평균 10.2%로 두 자릿수 이상 증가세를 기록하였으며 태국과의 교역량은 2012년 40만 TEU 수준에서 2017년 60만 TEU 이상을 돌파하면서 빠르게 증가했다.¹⁹⁾ 결과적으로 미·중 무역 갈등으로 글로벌 공급망이 변화되고 있으며 이는 국내 컨테이너 물동량에 영향을 미치면서 교역구조를 변화시키고 있다.

19) 해운항만물류정보시스템(2023.03.15. 검색)

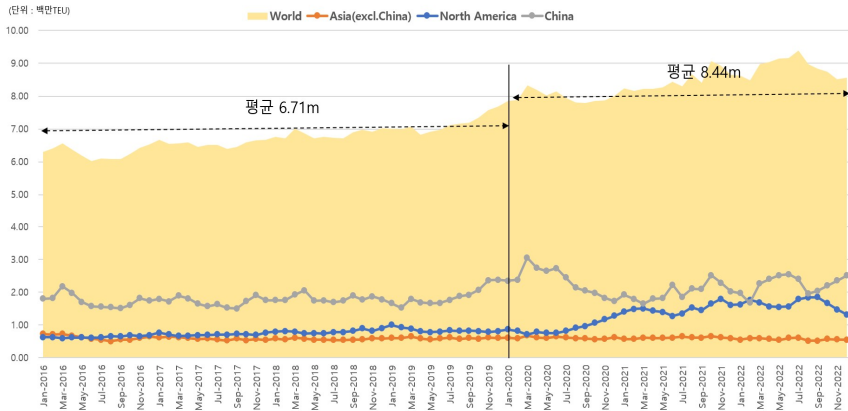
2. 코로나19

코로나19라는 새로운 감염병의 등장으로 전 세계는 현재까지도 이제껏 경험하지 못한 위기와 혼란을 겪고 있다. 코로나19는 2019년 말 중국 우한에서 발생한 바이러스성 질병으로 국내에서는 2020년 1월 처음 발생했다. 발생 초기에는 확진자가 약 30명 정도로 낮았으나 2020년 2월 대구에서 확진자가 급속도로 증가하면서 우리나라 누적 확진자수가 중국을 이어 전 세계 2위를 기록하기도 했다. 결국 세계보건기구(WHO)는 2020년 3월 코로나19 팬데믹을 선언하면서 전 세계가 해당 감염병에 대응하게 됐다.

바이러스 전파를 막기 위해 감염자에 대해 격리조치가 시행되었으며 이로 인해 물적·인적 자원의 이동 제한으로 공급과 수요 측면에서 모두 혼란을 가중시켰다. 공장 및 항만, 운송 노동자의 감염으로 공장과 항만 등이 봉쇄되면서 생산량이 감소하고, 생산의 이동이 지연되었으며 이는 공급의 감소로 이어지게 됐다. 이러한 공급 감소 상황에서 코로나19 지속에 따른 디지털 수요 증가 및 오랜 기간 반복된 락다운 등으로 억눌린 소비가 폭발하면서 공급과 수요의 불균형이 발생하였으며 이는 글로벌 공급망 붕괴로 이어졌다. 특히 이러한 불균형 상황 속에서 글로벌 공급망의 주요 노드인 항만의 적체로 인해 운송 시스템이 마비되면서 더 큰 경제적 피해가 발생했다.

코로나 이전 기간(2016~2019) 글로벌 컨테이너선의 항만 혼잡지수(Port Congestion Index)는 평균 671만 TEU를 나타냈으나 코로나 이후에는 평균 844만 TEU로 25.8% 증가하면서 항만 혼잡이 극심했다. 특히 북미지역의 경우 코로나 이전 74만 TEU에서 134만 TEU로 지수가 81.2% 증가하였으며, 중국 역시 같은 기간 23.5% 증가한 219만 TEU를 기록하면서 중국과 북미지역을 중심으로 항만 혼잡이 심화됐다.

〈그림 2-7〉 컨테이너선 항만 혼잡지수

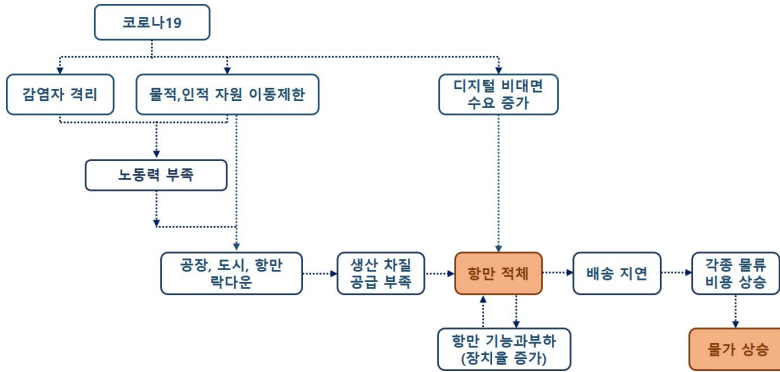


자료: Clarksons Research(2023.03.15. 검색)

항만의 혼잡으로 컨테이너 화물 운송이 지연되면서 무료 기간(Free Time) 초과로 체선료(Demurrage)와 지체료(Detention) 비용이 부과되거나, 화물 트럭 기사의 부족으로 운송 비용이 상승하는 등 각종 물류비용이 증가하여 국내 수출입 화주가 경제적 손실을 입었다. 이러한 물류비 상승은 최종적으로 소비자에게 일부 전가되면서 국내의 물가 상승으로 이어지게 됐다. 또한 항만의 운영적 측면에서 살펴보면 항만 적체는 항만의 기능 과부하를 일으켜 장치장 공간이 포화되는 등 항만의 운영상 문제점을 발생시켰다. 실제 평상시 부산항의 장치율은 평균 60~70% 수준을 유지하였으나 코로나19로 인한 극심한 항만 적체 당시 월평균 최대 87% 수준까지 기록한 바 있다.²⁰⁾ 결과적으로 코로나19라는 새로운 감염병이 글로벌 공급망의 충격 요인으로 작용하면서 항만의 적체 및 기능 과부하를 일으켰고 이는 결국 경제적 손실로 이어졌다.

20) BPA(2022.07.04.), 장치율 자료(내부자료)

〈그림 2-8〉 코로나19로 인한 항만 적체 및 물류비 증가



자료: 저자 작성

3. 러시아-우크라이나 전쟁

러시아-우크라이나 전쟁은 2022년 2월 24일, 러시아가 우크라이나를 침공하면서 발생했으며 현재까지 지속 중이다. 이러한 러시아-우크라이나 전쟁은 코로나19 대유행으로 이미 긴장 상태인 공급망 시스템을 더욱 혼란스럽게 만들었다. 러시아군은 운송 경로를 차단했으며 이로 인해 운송사들의 서비스가 중단됨에 따라 해상 및 항공 운송에 차질이 발생했다. 특히 에너지 및 식품 산업에 큰 영향을 미쳤는데 이는 러시아와 우크라이나가 세계 최고 곡물 및 천연가스 수출국이기 때문이다. 2021년 기준 전 세계 밀 수출량 1억 9,937만 톤 중 러시아 수출량은 3,910만 톤(19.6%), 우크라이나는 1,685만 톤(8.5%)으로 두 국가의 수출 비중이 약 28.1%를 차지했다. 보리 역시 러시아와 우크라이나 수출 비중이 약 28.7%로 매우 높은 비중을 차지하고 있다. 또한 러시아는 미국에 이어 천연가스 생산량 2위인 주요 천연가스 수출국으로 2021년 기준 전 세계 천연가스 생산량의 18.9%(791bcm) 비중을 차지했다.²¹⁾

〈표 2-4〉 러시아와 우크라이나 곡물 수출량

구분		세계	러시아	우크라이나
밀	수출량(천MT)	199,373	39,100	16,851
	수출비중(%)	100.0	19.6	8.5
보리	수출량(천MT)	37,372	5,691	5,053
	수출비중(%)	100.0	15.2	13.5
옥수수	수출량(천MT)	184,070	3,989	23,864
	수출비중(%)	100.0	2.2	13.0

주: TY(Trade Year) 2020/21 기준

자료: USDA, <https://www.fas.usda.gov/report-release-announcement/grains-world-market-s-and-trade>(검색일 : 2023.04.04.)

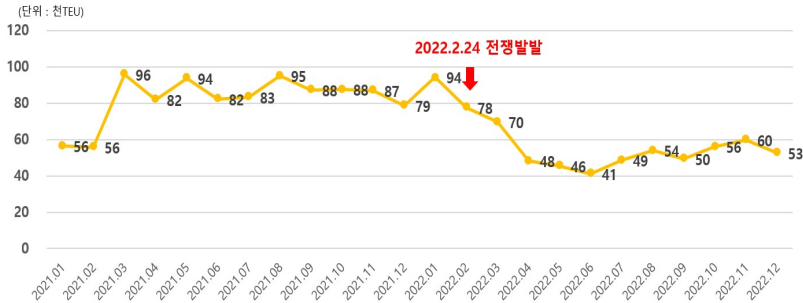
러시아군은 우크라이나의 모든 흑해 항구를 공격하고 봉쇄하여 곡물 수출을 방해하였으며 서방국가들은 제제의 일환으로 러시아를 향한 수출 금지 및 제한 조치를 시행했다. 이로 인해 러시아와 우크라이나에 약 1,350만 톤의 밀과 1,600만 톤의 옥수수가 적체되었으며 2021년 상반기 기준 주요 흑해항의 컨테이너 물동량은 전년 동기 대비 7.7%, 선적량은 11.1% 감소했다.²²⁾ 이 같은 항만 봉쇄 영향은 국내 항만의 물동량 감소로 이어졌다. 특히 러시아는 2021년 기준 국내 컨테이너 교역 6위 국가를 기록하였으나 전쟁 이후 전년 대비 물동량이 약 41% 이상 감소하면서 7위로 하락했다.²³⁾

21) Enerdata, <https://yearbook.enerdata.co.kr/natural-gas/world-natural-gas-production-statistics.html>(검색일 : 2023.03.15.)

22) Maritime-Executive, <https://www.maritime-executive.com/editorials/study-russia-s-black-sea-container-traffic-is-down-but-not-by-much>(검색일 : 2023.04.04.)

23) 해운항만물류정보시스템(검색일 : 2023.03.15.)

〈그림 2-9〉 우리나라의 對러시아 컨테이너 항만물동량

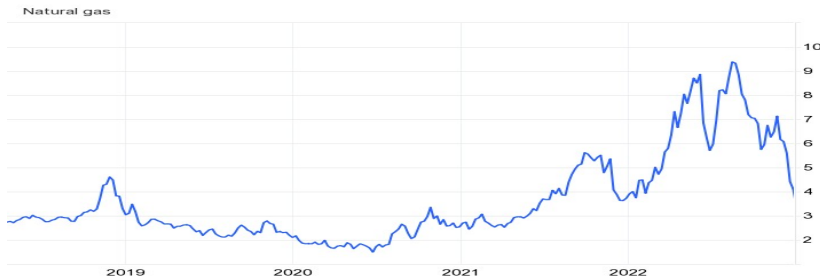


자료: 해운항만물류정보시스템(검색일 : 2023.03.15.)

또한, 전 세계 곡물과 천연가스 공급이 불안정해지면서 해당 상품 가격의 급등으로 이어졌다. 국제 밀 수출 평균 가격은 전쟁 직후인 2022년 3월 기준 전년 동월 대비 58.8%, 전월 대비 30.8% 급등한 바 있으며,²⁴⁾ 2022년 7월 흑해 곡물 협정 체결로 우크라이나 곡물 수출이 가능해지면서 가격 폭등세가 다소 완화되고 있으나 여전히 전쟁 이전 대비 높은 수준을 유지 중이다. 천연가스 가격 역시 전쟁 발발 이후 급속도로 가격이 치솟고 있으며 2022년 8월에는 MMBtu당 약 9.44달러로 전년 동월 3.19달러 대비 약 66% 이상 급등했다. 코로나19로 이미 상승한 물가에 러시아-우크라이나 전쟁의 영향까지 더해지면서 인플레이션은 전 세계적으로 확대되기 시작했다. 주요 국가들은 인플레이션을 완화하기 위해 고금리 정책을 시행하였으며 이는 투자심리 위축 및 소비 둔화 등으로 이어져 글로벌 경기침체를 불러왔다.

24) USDA, <https://www.fas.usda.gov/report-release-announcement/grains-world-markets-and-trade>(검색일 : 2023.04.04.)

〈그림 2-10〉 천연가스 가격 추이



자료: Trading Economics, <https://ko.tradingeconomics.com/commodity/natural-gas>(검색일 : 2023.03.15.)

4. 항만 및 운송노조 파업

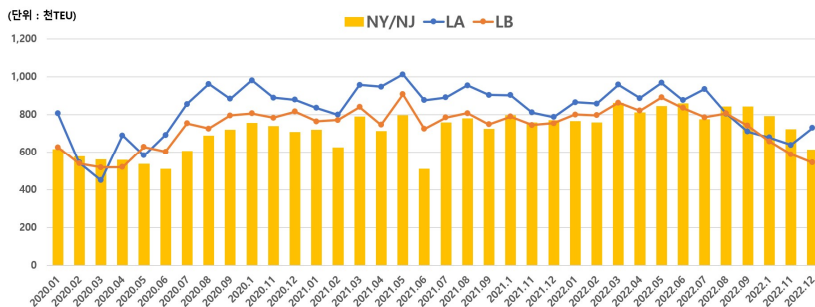
코로나19로 인한 인력부족 및 물가상승 등의 영향으로 글로벌 주요 항만에서 항만 및 운송 근로자의 근무환경 개선에 대한 요구사항 목소리가 높아지고 있다. 2022년에는 미국 서부 항만 노조(ILWU, International Longshore and Warehouse Union)와 태평양 해운협회(PMA, Pacific Maritime Association) 간의 중대한 노사 분쟁이 있었다. ILWU는 미국 해상 물동량의 44%를 차지하는 워싱턴, 오레곤 및 캘리포니아 29개 항만에서 근무하는 2만 2,000명 이상으로 구성된 항만 노동자 조합으로, 이들은 항만 자동화에 반대하고 근무환경 개선을 요구했다.²⁵⁾ 당시 물류 대란 등으로 미 서안 항만의 적체가 심각한 상황이었던 만큼 협상이 진행되는 동안에는 파업을 하지 않는 것으로 협의를 하였으며, 2023년 9월에 잠정 협의가 이루어지면서 해당 분쟁은 일단락되었다. 그러나 해당 기간 이미 일부 화주들은 미 서안 항만을 대신하여 미 동안 항만에서 화물을 처리하거나 항공을 통해 운송하려는 계획 등을 수립하였다. 실제 미 서안 항만은

25) Reuters(2022.12.02.), <https://www.reuters.com/world/us/biden-signs-bill-block-us-railroad-strike-2022-12-02/>(검색일 : 2023.03.15.)

지난 22년 동안 북미지역에서 가장 많은 물동량을 처리한 항만이었으나 2022년에는 롱비치(LB)항의 913만 TEU 처리실적을 제치고 뉴욕/뉴저지(NY/NJ)항이 949만 TEU로 더 많은 물량을 처리했다. 코로나19로 인해 지속된 물류대란에 항만 파업에 따른 불안감이 더해지면서 리스크를 헷지하려는 화주 및 선사들이 항로를 변경하는 등 공급망 구조가 변화한 것이다.

또 다른 사례로 2022년 8월에는 영국 최대 컨테이너항만인 펠릭스토우항이 노동조합원들의 파업으로 8일간 폐쇄된 적이 있다. 이 파업은 노동조합원들이 항만 운영사인 허치슨포트에 노동 조건 개선과 인건비 인상을 요구하면서 시작되었다. 이 파업으로 2022년 6~7월간 항계 밖에서 대기 중인 컨테이너 선박량은 2만~3만 TEU였으나 2022년 9월에는 6만 5천 TEU로 증가했다. 또한 파업기간 동안 선박 대기 시간은 1~2일에서 8일까지 늘어난 것으로 파악된다.²⁶⁾

〈그림 2-11〉 미국 동안(NY/NJ항) 및 서안(LA·LB항) 항만 컨테이너 물동량 추이



주: 2023년 3월 15일 검색 기준

자료: NY/NJ 항만공사(<https://www.panynj.gov/port-authority/en/index.html>), LA 항만청(<https://www.portoflosangeles.org/>), LB 항만청(<https://polb.com/>)

26) BBC News(2022.10.05.), <https://www.bbc.com/news/uk-england-suffolk-63063256>
(검색일 : 2023.03.15.)

국내의 경우 최근 화물 운송 노조 파업이 공급망 리스크 이슈로 떠올랐다. 2022년 6월 대한민국의 전국 민주노총 소속 화물연대본부는 연료비 정상화를 위해 8일간 파업을 진행하였으며 이후 같은 해 11월에는 안전운임제 법제화를 위해 16일간 파업에 돌입했다. 당시 전국 트럭 운전자의 약 6%에 해당하는 2만 5천 명의 조합원이 파업에 참여한 것으로 추정된다.²⁷⁾ 이번 두 차례 화물연대 파업에 따라 부문별 직접 피해규모는 자동차, 철강, 석유화학, 시멘트 및 타이어 등 5조 8천억 원, 간접적 경제손실 규모는 10조 4천억 원으로 GDP의 0.52% 수준의 직·간접 경제적 손실이 발생한 것으로 추정된다.²⁸⁾

결과적으로 항만 및 운송노조의 파업은 항만뿐만 아니라 전체 공급망에 파급효과를 일으켜 다양한 산업에서의 운송 지연과 생산 비용 증가에 따른 경제적 손실을 유발했다. 최근 이러한 파업의 빈도와 규모가 증가함에 따라 글로벌 공급망에 미치는 영향이 커질 것으로 전망된다.

제3절 공급망 리스크 대응방안 사례 및 한계점

앞서 살펴본 공급망 리스크 발생 시 항만공사, 운영사, 선사 등은 주체별로 대응방안을 마련하였다. 본 절에서는 이해관계자 인터뷰 등을 통하여 주체별 대응방안을 살펴보고, 한계점을 분석하여 대응방안 및 정책제언 마

27) Reuters(2022.11.24.), <https://www.reuters.com/markets/asia/south-korean-truckers-go-strike-posing-risk-supply-chain-2022-11-23/>(검색일 : 2023.03.15.)

28) 한국경제연구원 보도자료(2022.12.15.), http://www.keri.org/web/www/news_02?p_p_id=EXT_BBS&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_EXT_BBS_struts_action=%2Fext%2Fbbs%2Fview_message&_EXT_BBS_messageId=356428(검색일 : 2023.03.15.)

련의 근거 자료로 활용하고자 한다.

1. 공급망 리스크 대응방안 사례

1) 운행사 대응방안

부산항 신항 터미널 운행사 관계자들과의 인터뷰를 통하여 공급망 리스크 발생 시 어떻게 대응하였는지, 그리고 대응과정에서 제도적·현실적 문제로 한계에 직면한 경험 등 다양한 의견을 청취하였다.

터미널별로 시행된 대응방안은 수출 화물에 대한 반입 제한, 수입 화물에 대한 보관료 누진제 적용 등이다. 코로나19 확산에 따른 중국 항만의 운영 중단, 미국·유럽 항만 노동자 파업 등으로 선사의 선대 운영 일정에 문제가 발생하여 입항이 지연되었다. 이로 인해 환적 컨테이너의 장치일수가 급격하게 증가하고 결과적으로 컨테이너 장치장에 정체가 발생했다. 이에 터미널 운행사에서는 화주가 화물을 신속하게 반출하도록 수입 컨테이너 화물에 대한 보관료 누진제를 적용하였다. 이를 통해, 외부로 반출이 불가능한 환적 컨테이너를 보관할 수 있는 여유 공간을 확보하는 것으로 장치장 정체를 완화했다.

화물연대 파업 과정에서는 수입 컨테이너 반출에 지장이 발생하여 컨테이너 장치율이 급격하게 증가되고 모선 양하 화물처리에 지장을 초래하였다. 이에 일부 터미널 운행사에서는 수입 화물 반입 일수를 제한하는 조치를 시행했다. 또한, 화물연대 파업은 매년 반복되는 문제로 화물연대 파업이 예고되면 화주들은 미리 화물을 반출·입 하여 리스크에 따른 피해를 최소화했다.

또한, 터미널 운행사에서는 다양한 원인으로 인하여 화물이 원활하게 반

출·입되지 못하여 야드 장치율이 100%에 근접하게 되면 평상시 사용하지 않는 지역, 장비·차량 이동 통로 등을 비상 장치장으로 이용하는 등 내부적인 비상 계획을 마련하여 시행하고 있는 것으로 파악됐다.

2) 선사 대응방안

부산항을 기항하는 글로벌 선사 및 국적 선사 관계자들과의 인터뷰를 통하여 선사의 대응방안을 조사하였다. 앞서 살펴본 운영사의 대응방안은 주로 화물 장치공간을 확보하는 것이었다면, 선사에서는 선대 운영, 컨테이너 관리, 내륙 운송 연계, 고객 관리 등 다양한 문제에 대하여 대응하였다.

선대 운영 측면에서 살펴보면, 코로나19 확산에 따른 인력 문제로 야기되었던 항만 운영 차질, 방역 정책 등에 따른 항만 폐쇄, 처리화물 급증에 따른 항만 정체 등으로 예정되어있던 선대 운영에 심각한 문제가 발생함에 따라 선사는 선대 변경, 결항, 추가 선박 투입, 서비스 철수 등 시기별·원인별로 다양한 조치를 시행하였다.

컨테이너 야드의 혼잡도 등을 고려하여 수출 컨테이너 터미널 반입 시기를 유동적으로 조정하거나, 수입 컨테이너를 인근 항만으로 반출하여 관리하였다. 부산항의 혼잡도가 심각했을 당시 예측 불가능한 문제로 인한 피해를 완화하기 위하여 부산항에 환적 예정이던 컨테이너를 해외 타 항만으로 변경하여 환적을 하였다. 또한, 환적 화물의 물링현상을 방지하기 위하여 선적지에서 지연 선적을 하는 등 선제적인 대응을 하였다.

화물연대 파업 시기에는 화주에게 양해를 구하여 사전에 반출·입을 진행하거나, 화물로부터 화물의 우선순위를 받아 순차적으로 반출·입하였다. 긴급하게 운송이 필요한 중요화물의 경우, 특별 운송차량을 섭외하거나, 화물연대와 우호 관계인 비화물연대 차량을 섭외하여 운송하는 등의 조치를

시행했다.

또한, 고객 관리를 위하여 화주와 기업을 대상으로 항만 폐쇄 기간 컨테이너 무료장치기간을 연장하고 체화료를 일시적으로 감면하였다. 비상 선대 운영에 따라 발생한 반복적인 결항 조치 등으로 야기된 공컨테이너 수급 및 컨테이너 반출·입 차질을 해소하기 위하여 화주와의 협의를 통한 조속한 화물 반출·입, 신속한 공컨테이너 반납을 시행하였다. 한국해운협회 소속 15개 국적선사에서 화물연대 집단 운송 거부 피해를 본 중소기업을 대상으로 체화료 및 반환지연료를 감면하였다.

3) 항만공사(PA) 대응방안

부산항만공사는 터미널 운영사 및 선사, 화주 등의 컨테이너 보관장소 부족 및 보관에 따른 물류비 상승 등의 문제를 지원하기 위하여 부산항 신항 인근 항만배후단지 예정지역, 유희 부지 등을 활용한 임시장치장 운영을 통해 리스크 영향을 완화했다.

화물연대 파업으로 인한 부산항 북항과 신항의 육상 셔틀 문제를 해소하기 위하여 해양수산부, 관세청 등과 협조하여 한시적으로 부산항 북항과 신항 간 해상 셔틀을 허용하고 해상 셔틀 선박에 대한 예·도선료 등의 비용이 지원되었다. 또한, 부산항 신항 ITT 내부도로를 24시간 전면 운영체제로 전환하여 부두 간 환적화물과 긴급한 수출·입 화물을 처리할 수 있도록 하였다.

2. 한계점

1) 화물연대 관련 쟁점 해소방안 미흡

부산항 신항 운영사, 내·외국적 선사, 항만공사 등 이해관계자 인터뷰 과정에서 공통적인 의견은 제도 정비 또는 정책 대안을 통하여 화물연대 파업에 대한 제도적인 대응방안 구축이 필요하다는 것이다. 화물연대의 운송 방해 행위에 대한 적극적인 단속과 처벌이 필요하다는 주장도 있었다. 다만, 이러한 주장은 화물차 운송 노동자들의 주장과는 상반된다. 실제로 지난 2022년 11월 화물연대 파업에 대응하여 정부에서는 2004년 제정된 업무개시명령을 최초로 발동하였으나, 화물연대에서는 반헌법적 조치로 규정하며 반발하였다. 즉, 침예하게 대립하는 문제임에도 불구하고 뾰족한 대책이 마련되지 못하였다는 것이다.

또한, 화물연대와 관련된 업무는 국토교통부가 소관 부처이다. 따라서, 화물연대가 파업의 불모로 삼고 있는 항만 부문에서는 법적으로 또는 제도적으로 대응할 방법이 마땅치 않다. 물론 지난 화물연대 파업 과정을 살펴보면 주무부처인 국토교통부에서 해양수산부와 협조하여 적극적으로 사태 해결을 위하여 노력한 것은 사실이나, 실제 항만을 관리하는 부처 또는 관리기관에서 법적 권한 부족으로 취할 수 있는 조치가 제한적이라는 점은 앞으로 고민이 필요한 부분이다.

2) 외부 장치장 공간 확보에 대한 쟁점

운영사, 선사 등에서 공통적으로 토로하는 문제는 컨테이너 관리이다. 이에 대한 대응방안도 유사하다. 선사는 중국, 미국 등과 같이 항만 혼잡시 활용할 수 있는 외부 장치장 마련이 필요하다는 입장이며, 운영사에서

는 터미널 내부 공간 부족에 따른 운영효율 저하 방지, 공컨테이너 검역 효율화 등을 위한 외부 공컨테이너 장치공간 마련의 필요성을 주장하였다. 즉, 현재 부산항 신항 인근에 운영되고 있는 임시 장치장의 상시 운영이 필요하다는 것이다.

하지만, 항만당국과 항만공사에서는 크게 네 가지 근거로 즉각적인 외부 공컨테이너 장치장 확보 필요성이 부족하다고 판단하고 있다. 첫째, 부산항 신항 인근에 있는 부지의 대부분이 이미 개발이 되었거나 향후 용도가 지정되어있다는 점, 둘째, 터미널 운영사의 요구로 조성한 용동 공컨테이너 장치장도 한진해운 사태 등 특이 상황을 제외하고 수년간 이용률이 저조하였다는 점, 셋째, 대규모 공컨테이너 장치장 운영 시 반출·입에 따른 일대 교통 체증이 발생할 수 있다는 점, 넷째, 외부 공컨테이너 장치장을 별도로 운영함에 따른 운영 비효율과 추가 운송 비용이 발생하여 부산항 이용 선사의 물동량 이탈이 우려된다는 점이다. 따라서, 이해 주체들과 지속적인 협의를 통하여 외부 공컨테이너 장치장 확보에 대한 검토가 필요하다는 의견을 제시하였다.

일부 터미널 운영사들은 지속적인 터미널 공급에 따라 화물이 배분되어, 최근의 높은 장치율이 향후 적정 수준으로 낮아질 가능성을 제기하였다. 또한, 외부 공컨테이너 장치장 위치에 따라 셔틀 비용이 상이하여 일부 터미널이 반사 이익을 얻을 수 있다는 점을 지적하기도 하였다.

일부 선사들도 공컨테이너 셔틀에 따른 비용이 부담스럽다는 입장이다. 셔틀 비용과는 별도로 선사별 공컨테이너 취급 기준에 따라 검사·수리·세척 방법이 상이하고 선사와 수리·세척 업체가 별도로 계약하는 관행상 장치장 내 수많은 업체가 난립할 가능성이 높고, 작업 우선 순위 등에 따라 선사별 갈등 발생 가능성이 있다고 주장하였다.

결과적으로 관련 주체별로 외부 공컨테이너 장치장 확보의 필요성을 다

르게 판단하고 있다. 따라서 이러한 쟁점 사항을 고려한 대응방안 마련이 필요하다.

3) 관계기관 사전 협의 및 리스크 대응 체계 부족

화물연대 파업으로 내륙 운송에 차질이 발생했을 때 수출입화물의 원활한 운송을 지원하기 위해 2022년 12월 1일부터 한시적으로 외국적 선박에 대한 국내 연안운송을 허용한 바 있다. 그러나 실제로 해당 연안운송을 이용한 실적은 미미한 편이었다고 한다. 연안운송 외 기타 비용 지원 및 내부 ITT 도로 활용 등 다른 대응방안으로 해결이 가능한 점도 작용했겠지만, 현장에서는 보세운송과 관련된 법률인 「관세법」을 고려하지 못한 대응 방안이었다는 의견이 존재한다. 화물을 수출하기 위해서는 관세청에 수출 화물 신고를 하게 되는데, 이때 기존의 신고했던 화물이 파업 등의 이유로 육로 운송 거부 행위가 길어져 기존 방식으로 운송을 못하게 되면 「보세운송에 관한 고시」 제37조 6항에 따라 변경 신청을 해야 한다. 그러나 운송수단 변경을 신청하더라도 밀수 등의 위험이 있어 수락하는 비율이 그리 높지 않다고 한다.

결과적으로 외국적 선박에 대한 연안운송 일시 허용에 관한 대응방안은 실효성이 부족했다는 지적이 있었다. 우리나라의 모든 수출입 화물은 관세선을 통과하기 때문에 「관세법」 등에 따라 강력한 관리와 통제를 받고 있다. 따라서 항만 운송에 차질을 줄 수 있는 리스크 발생 시 법적으로 금지된 행위인지, 금지되지는 않았지만 협조가 필요한 부분이 존재하는지 등을 검토하여 실질적으로 도움이 될 수 있는 대응방안 마련이 필요하다.

추가적으로 이러한 관계기관 간의 사전 협의 등이 미흡했던 이유는 항만의 공급망 리스크 대응체계가 마련되어 있지 않아 사전 협의를 할 수 있는 물리적인 시간 등이 부족했기 때문이다. 선사와 운영사의 대응방안을 살펴

보면 개별 선사 및 운영사 등 민간 기업에서는 비상상황 발생에 따른 내부적인 컨틴전시 플랜(Contingency Plan)이 존재하고 있어 문제 발생 시 즉각적으로 대응할 수 있으나, 항만에서는 리스크 대응 체계가 부족하여 대응방안 마련 및 협의 등에 시간이 소요되면서 실질적인 대응방안 마련이 다소 미흡했다. 이에 따라 항만의 입장에서의 리스크를 관리하는 체계를 마련할 필요가 있다.

제4절 소결

글로벌 공급망은 해상운송이 발달함에 따라 지역 내 공급망 형태에서 대륙간 공급망으로 확장되었다. 이러한 공급망의 확장으로 제조업체는 생산에 필요한 부품을 적시에 공급받아 생산하여 재고를 최소화하는 JIT(Just-In-Time) 방식을 추구했다. 생산거점에 공장 및 창고를 구축하는 등 극도로 효율화된 분업체계는 재고 감소 및 물류 비용 감소로 이어져 생산 효율성을 극대화하였다. 그러나 해당 생산방식은 최근 잇달아 발생한 미·중 무역 갈등, 코로나19, 러시아-우크라이나 전쟁 등 글로벌 공급망 리스크에 유연하게 대처하지 못한다는 단점을 극명하게 드러냈다. 이후 기업들은 공급망의 탄력성과 회복성을 중시하는 JIC(Just-In-Case) 방식으로 변경하면서 공급망 리스크 관리를 시행하고 있다.

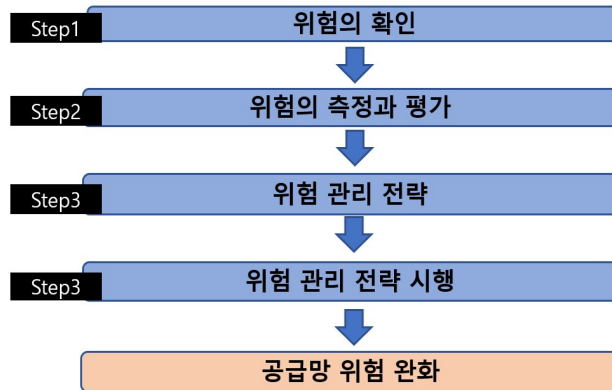
이러한 가운데 항만의 기능과 역할 역시 과거 수송, 보관, 하역 등 단순 화물 운송 기능을 벗어나 최근에는 부가가치를 창출하고 항만 이해관계자를 연결하여 더 나은 물류를 제공하는 등 글로벌 공급망 내에서 중심 연결고리 역할을 담당하고 있다. 이러한 항만의 중요성이 최근 발생한 글로벌

공급망 리스크 사례를 통해 명확하게 나타났다. 공급망 리스크 발생으로
항만의 적체 및 과부하 등 운영적 기능에 문제가 발생하면서 각종 물류
비용 상승, 무역 수지 적자, 출하 차질에 따른 매출 피해 발생 등 국가적인
경제 손실로 이어졌다.

항만 이해관계자들은 이러한 공급망 리스크가 발생하면 개별 기업이 보
유하고 있는 컨틴전시 플랜 등에 따라 대응체계를 진행하였으나, 일부 대
응방안에 대해서는 단기간에 대응할 수 없는 항만의 공간 부족 문제 및 항
만 리스크 대응체계 부족 등으로 실질적인 대응방안으로 이어지지 못하는
한계점이 존재했다.

이에 따라 공급망 리스크 관리 체계를 마련하여 항만이 실질적인 대응방
안을 마련할 수 있도록 해야 한다. 기업은 공급사슬위험관리(SCRM, Supply
Chain Risk Management) 프로세스 구축 및 강화를 통해 리스크 영향을
완화하는 다양한 전략을 수립하고 있다. SCRM이란 리스크의 발생 확률 및
영향을 최소화하고 공급망의 연속성을 보장하기 위한 목적으로 지속적으로
리스크를 평가하여 이를 관리하기 위한 전략을 도출하는 것을 의미한다
(Iris Heckmann, 2015). SCRM은 크게 리스크 확인, 리스크 측정 및 평
가, 리스크 관리 전략, 관리 전략 실행의 네 단계로 구성된다. 기업 관점에
서 공급망 리스크를 관리하기 위해 SCRM을 구축 및 강화 하는 것과 마찬가지로 공급망을 연결하는 주요 노드인 항만에서도 공급망 리스크에 따른
영향을 최소화하기 위해 항만을 주체로 한 SCRM 프로세스 구축이 필요하다.
이에 다음 3장에서는 SCRM 프로세스에 따라 항만에 영향을 미치는 공급
망 리스크를 도출하고 해당 리스크를 측정할 수 있는 측정지표 및 판단지
표 등을 선정하고자 한다.

〈그림 2-12〉 SCRM 프로세스



자료: Ila Manuj and John T. Mentzer, Global Supply Chain Risk Management(2008); 바탕으로 저자 재작성

03

항만의 공급망 리스크 도출

본 장에서는 공급망 리스크를 확인하기 위해 경제통상 전문가 및 항만 분야 전문가 등에게 설문조사를 진행하여 다양한 공급망 리스크 중 항만에 영향을 크게 미치는 리스크를 도출하고, 이를 측정 및 평가할 수 있는 적절한 지표를 산정하고자 한다.

제1절 항만의 공급망 리스크 요인 선정

항만에 영향을 미치는 공급망 리스크 요인은 총 2단계에 걸쳐 선정했다. 1단계에서는 공급망 리스크 요인과 관련된 선행연구를 검토하여 가장 많은 빈도수를 나타내는 리스크 요인을 일차 공급망 리스크 요인으로 선정했다. 2단계에서는 항만 관계자들을 대상으로 설문조사를 통해 일차 공급망 리스크 중 항만에 직·간접으로 영향을 미치는 공급망 리스크를 최종 도출했으며, 항만의 공급망 리스크 도출 요인 선정과정은 <표 3-1>과 같다.

〈표 3-1〉 항만의 공급망 리스크 도출 요인 선정 과정

구분	1단계	2단계
주요 목적	글로벌 공급망 리스크 요인 도출	항만의 영향을 미치는 공급망 리스크 요인 도출
연구 방법	선행연구 검토 연구진 브레인스토밍	항만관계자 대상 설문조사
도출 과정	· 선행연구의 공급망 리스크 요인 및 정의 검토 · 정의 등을 고려하여 공급망 리스크 요인을 재분류 · 재분류된 공급망 리스크 중 가장 많은 빈도를 나타내는 공급망 리스크 요인을 일차 공급망 리스크 요인으로 선정	· 설문 대상 선정(항만 운영 및 이용 관계자) · 일차 공급망 리스크 요인 중 항만에 영향을 미치는 공급망 리스크를 선택하는 설문조사 실시 · 설문대상의 50% 이상이 선택한 공급망 리스크를 항만의 최종 공급망 리스크로 선정

자료: 저자 작성

1. 1단계 : 일차 공급망 리스크 요인 선정 및 분류

항만에 영향을 미치는 공급망 리스크 요인을 선정하기 전에 공급망 리스크 요인 선정 및 분류에 관한 선행연구 검토 및 내부 연구진 브레인 스토밍을 통해 일차 공급망 리스크 요인을 도출했다. 같은 리스크 요인을 고려했는지라도 연구자의 관점과 목적에 따라 리스크 요인의 개념 및 정의 등에는 다소 차이가 있었다.²⁹⁾ 이에 본 연구에서는 선행연구에서 도출한 리스크 요인의 개념 및 세부 요인을 검토하여 리스크 요인을 재분류하고 가장 많은 빈도수를 나타내는 요인을 일차 공급망 리스크 요인으로 선정하고자 한다.

29) 〈부록 표 4〉 공급망 리스크 요인 정의 참고

〈표 3-2〉 선행연구 공급망 리스크 재분류

저자	리스크 요인	리스크 요인(재분류)	리스크 세부 요인
Jüttner, U. et al(2003)	환경 리스크 (Environmental)	환경 리스크 (Environmental)	자연재해 및 전염병
	조직 리스크 (Organisational)	조직 리스크 (Organisational)	노동자 파업 및 태업, 기계 결함
	네트워크 리스크 (Network)	조직 리스크 (Organisational)	신용 하락
Chopra & Sodhi((2004)	중단 리스크 (Disruptions)	중단 리스크 (Disruption)	자연재해 및 전염병, 사회적·정치적 불안, 생산 부족
	지연 리스크 (Delays)	운송 리스크 (Transportation)	국경 통관 절차 변경
	시스템 리스크 (System)	정보 시스템 리스크 (Information System)	데이터 및 통신 결함
	예측 리스크 (Forecast)	수요 리스크 (Demand)	수요 불확실성
	지적 재산 리스크 (Intellectual Property)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족
	조달 리스크 (Procurement)	공급자 리스크 (Supplier)	단일 소싱
	수취채권 리스크 (Receivables)	재무 리스크 (Financial)	재무 건전성
	재고 리스크 (Inventory)	재고 리스크 (Inventory)	재고 문제
	용량 리스크 (Capacity)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족
Jukka Hallikas et al(2004)	수요 리스크 (demand)	수요 리스크 (Demand)	수요 불확실성
	배송 리스크 (Delivery)	공급자 리스크 (Supplier)	단일 소싱
	자원 리스크 (Resource)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족
신창훈 외 (2006)	운송 리스크 (Transportation)	운송 리스크 (Transportation)	운송 네트워크(경로) 혼잡 및 중단
	재고 리스크 (Inventory)	재고 리스크 (Inventory)	재고 문제

저자	리스크 요인	리스크 요인(재분류)	리스크 세부 요인
	정보 리스크 (Information)	정보 시스템 리스크 (Information System)	데이터 및 통신 결함
	시장 리스크 (Market)	시장 리스크 (Market)	수요 불확실성
	공급자 리스크 (Supplier)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족
Zsidisin, G.A(2006)	제품 리스크 (Product)	제품 리스크 (Product)	제품 품질 저하
	시장 리스크 (Market)	시장 리스크 (Market)	수요 불확실성
	공급자 리스크 (Supplier)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족
Bogataj, D & Bogataj, M(2007)	공급 리스크(Supply)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족
	생산 리스크 (Production)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족
	수요 리스크 (Demand)	수요 리스크 (Demand)	수요 불확실성
	제어 리스크 (Control)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족, 단일 소싱
	환경 리스크 (Environmental)	환경 리스크 (Environmental)	자연재해 및 전염병, 사회적·정치적 불안
Rao & Goldsby(2 009)	환경 리스크 (Environmental)	환경 리스크 (Environmental)	자연재해 및 전염병, 사회적·정치적 불안
	산업 리스크 (Industry)	산업 리스크 (Industry)	수요 불확실성
	조직 리스크 (Organisational)	조직 리스크 (Organisational)	신용 하락
	의사결정자 리스크 (Decision-maker)	조직 리스크 (Organisational)	신용 하락
김은수 외 (2012)	운영 리스크 (Operation)	조직 리스크 (Organisational)	기계 결함
	관리 리스크 (Management)	조직 리스크 (Organisational)	기계 결함, 신용 하락
	제품 리스크 (Product)	제품 리스크 (Product)	제품 품질 저하

저자	리스크 요인	리스크 요인(재분류)	리스크 세부 요인
	재무 리스크 (Financial)	재무 리스크 (Financial)	재무 건정성
	운송 리스크 (Transportation)	운송 리스크 (Transportation)	운송 네트워크(경로) 혼잡 및 중단
	정보 리스크 (Information)	정보 시스템 리스크 (Information System)	데이터 및 통신 결함
	신뢰성 리스크 (Reliability)	신뢰성 리스크 (Reliability)	신용 하락
	환경 리스크 (Environmental)	환경 리스크 (Environmental)	경제적 불안
	자연재해 리스크 (Natural)	환경 리스크 (Environmental)	자연재해 및 전염병
	정치적 리스크 (Political)	환경 리스크 (Environmental)	사회적·정치적 불안
Sujeet Deshpande et al(2017)	제품 리스크 (Product)	제품 리스크 (Product)	제품 품질 저하
	정보 시스템 리스크 (Information System)	정보 시스템 리스크 (Information System)	사이버 공격
	운송 리스크 (Transportation)	운송 리스크 (Transportation)	운송 네트워크(경로) 혼잡 및 중단
	재무 리스크 (Financial)	재무 리스크 (Financial)	수요 불확실성
	제조 시설 리스크 (Manufacturing Facilities)	조직 리스크 (Organisational)	노동자 파업 및 태업, 기계 결함
	자원 리스크 (Resource)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족, 단일 소싱
	생산 리스크 (Production)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족
	배송 리스크 (Delivery)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족
	반환 리스크 (Return)	반환 리스크 (Return)	재고 문제
	계획 리스크(Plan)	공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족, 단일 소싱

저자	리스크 요인	리스크 요인(재분류)	리스크 세부 요인
	인적자원 리스크 (Human Resource)	조직 리스크 (Organisational)	노동자 파업 및 태업
	외부 환경 (External Environment)	환경 리스크 (Environmental)	자연재해 및 전염병, 사회적·정치적 불안
추봉성 (2020)	조달 리스크 (Procurement)	조달 리스크 (Procurement)	수요 불확실성
	생산 리스크 (Production)	조직 리스크 (Organisational)	노동자 파업 및 태업
	분배 리스크 (Distribution)	분배 리스크 (Distribution)	재고 문제
	소매 리스크(Retail)	시장 리스크(Market)	수요 불확실성
	소비자 리스크 (Customer)	소비자 리스크 (Customer)	수요 불확실성

자료: 선행연구를 바탕으로 저자 재작성

Chopra & Sodhi(2004)에서 지연 리스크(Delays)의 정의는 ‘공급자원의 유연성 부족, 국경 통과 및 운송 수단 변경에 따른 업무 증가로 인한 상품의 지연 리스크’로, 이는 신창훈 외(2016), 김은수 외(2012), Sujeet Deshpande et al(2017) 등에서 정의하고 있는 운송 리스크 정의인 ‘제품의 지연, 운송 도중 제품의 파손, 운송 수단 변경에 따른 지연’에 포함되는 정의임에 따라 운송 리스크로 재분류했다.

Zsidisin, G.A(2006)에서 공급자 리스크(Supplier)는 ‘공급자의 생산 능력, 공정률, 제품의 품질 등에 따라 발생할 수 있는 위험’으로 정의하였으며 Chopra & Sodhi(2004), Jukka Hallikas et al(2004), Bogataj, D & Bogataj, M(2007), Sujeet Deshpande et al(2017) 등에서는 공급, 생산, 용량 리스크 등으로 세분화하여 요인을 산정함에 따라 상위 개념인 공급자 리스크로 재분류했다.

대부분의 선행연구에서 환경 리스크(Environmental)는 ‘화재, 지진, 테러, 정치적·사회적·경제적 규제 및 불안 등에서 발생할 수 있는 위험’으로 유사하게 분류되었다. 반면, 김은수 외(2012)에서는 환경 리스크를 환경 정책에 따른 리스크, 자연재해에 따른 리스크, 정치적 리스크로 구분하여 살폈는데 본 연구에서는 환경 리스크로 재분류했다.

또한 조직 리스크(Organization) 역시 대부분의 선행연구에서 ‘노동자 파업, 기계 결함, 조직의 정책, 조직의 신용 등 조직 내 인적 자원과 물적 자원에서 발생할 수 있는 위험’으로 정의되는데 Sujeet Deshpande et al(2017)에서는 조직 리스크를 물리적 자원과 인적 자원으로 구분하여 세분화함에 따라 이를 결합하여 조직 리스크로 재분류했다.

Sujeet Deshpande et al(2017)의 정보 시스템 리스크(Information System)는 ‘IT 인프라 장애, 사이버 공격, 정보 지연 및 정보 왜곡에 따른 위험’으로 정의되며 신창훈 외(2006) 및 김은수 외(2012)에서는 정보 리스크라는 명칭으로 ‘데이터 결함, 통신 결함, 정보 시스템 손상, 정보의 부적합성과 관련된 위험’으로 정의하고 있다. Chopra & Sodhi(2004)에서는 ‘정보 및 시스템 고장으로 인한 위험’을 시스템 리스크라는 명칭으로 정의 내리고 있음에 따라 본 연구에서는 정보 시스템 리스크로 결합하여 분류하고자 한다.

위와 같이 선행연구의 공급망 리스크 정의 및 세부 요인 등을 참고하여 공급망 리스크를 재분류한 결과는 <표 3-2>와 같으며, 재분류한 결과 ‘공급자 리스크’, ‘조직 리스크’, ‘환경 리스크’, ‘운송 리스크’, ‘정보 시스템 리스크’ 등 총 5개의 요인이 가장 많은 빈도수를 나타냈으며 해당 요인에 대한 세부 요인은 총 11가지로 나타났다. 일차 공급망 리스크 요인과 세부 리스크 요인, 그리고 각 요인별 개념은 <표 3-3>과 같다.

〈표 3-3〉 일차 공급망 리스크 요인 및 개념

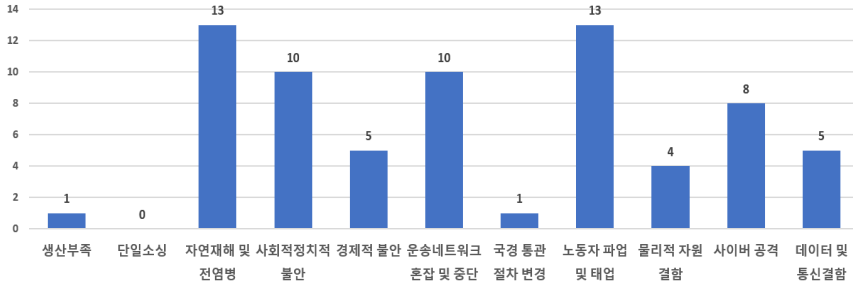
리스크 요인	세부요인	개념
공급자 리스크 (Supplier)	생산 부족	공급업체의 용량 제약 및 낮은 공장률 등으로 인한 생산 부족에 따른 위험
	단일 소싱	한정된 공급업체로 인한 높은 의존성
환경 리스크 (Environmental)	자연재해 및 전염병	지진, 태풍, 해일, 화산 등 자연재해 및 전염병에 따른 위험
	사회적·정치적 불안	전쟁, 테러, 국가 간 사회적·정치적 불안정에 따른 위험
	경제적 불안	GDP, 금리, 환율 변화 등에 따른 수요 변동 위험
운송 리스크 (Transportation)	운송 네트워크(경로) 혼잡 및 중단	운송 네트워크 혼잡 및 중단에 따른 제품의 지연, 파손 등과 관련한 위험
	국경 통관 절차 변경	국경 통관 절차 변경에 따른 업무 증가 등과 관련된 위험
조직 리스크 (Organisational)	노동자 파업	조직(항만) 내 근로자들의 파업에 따른 위험
	기계 결함	조직(항만) 내 물리적 자원의 결함 등에 따른 위험
정보 시스템 리스크 (Information System)	사이버 공격	항만 내 디지털 자산에 대한 사이버 공격에 따른 위험
	데이터 및 통신 결함	정보 시스템의 고장 등으로 인해 데이터 및 통신 결함과 관련한 위험

자료: 저자 작성

2. 2단계 : 최종 항만에 영향을 미치는 리스크 요인 선정

공급망 리스크 요인 선정 및 분류와 관련된 선행연구 검토를 통해 선정된 일차 공급망 리스크 중 항만 운영에 직간접적으로 영향을 미치는 공급망 리스크를 도출하기 위해 항만 운영 및 이용 관계자 30여 명을 대상으로 설문조사를 실시하였으며 이 중 16명의 관계자가 설문에 응답했다. 설문은 총 11개의 일차 요인 중에서 항만에 영향을 크게 미치는 요인을 최대 5개를 선택할 수 있는 복수응답으로 구성했으며 결과는 〈그림 3-1〉과 같다.

〈그림 3-1〉 항만의 글로벌 공급망 리스크 요인도출 설문결과



자료: 저자 작성

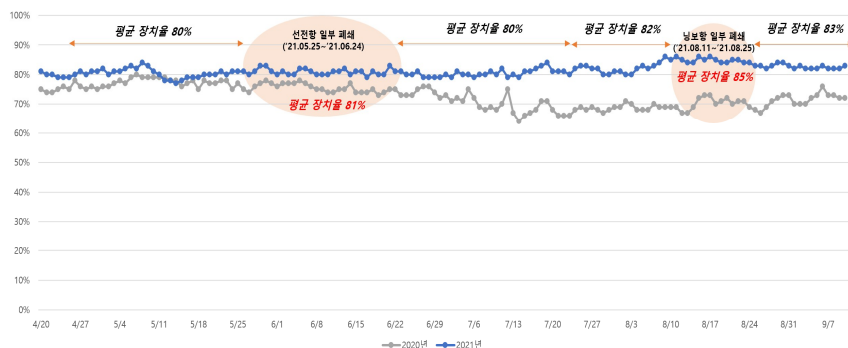
설문조사에 참여한 전문가 중 50% 이상이 항만에 영향을 미친다고 선택한 공급망 리스크는 총 5가지로 나타났으며, 가장 많이 선정된 요인은 ‘자연재해 및 전염병(13명)’, ‘노동자 파업 및 태업(13명)’으로 나타났다. 그 뒤를 이어 ‘사회적·정치적 불안(10명)’, ‘운송 네트워크 혼잡 및 중단(10명)’, ‘사이버공격(8명)’ 순으로 나타났다. 이러한 요인을 선택한 이유에 대해서 다음과 같이 서술했다.

‘자연재해 및 전염병’의 경우 항만은 정온도 확보가 중요한데 태풍 및 해일 등 자연재해가 발생하면 하역 작업 및 도선 서비스가 중단되면서 항만 운영에 영향을 받게 된다. 특히 동북아 지역은 계절성 태풍과 안개 등 기상 여건이 항만에 미치는 영향이 크다. 국내도 마찬가지인데, 예를 들면 2003년 태풍 매미 내습 당시 부산항 안벽 크레인 11기가 전복되거나 이탈되어 사실상 부두가 완전히 마비된 경험이 있었다. 이후 2022년 9월 태풍 힌남노 내습 당시에는 부산항 하역작업 조기 중단, 컨테이너 크레인 결박 상태 강화, 화물선 피항 등 비상 대응체제를 유지하여 피해를 사전에 예방하기도 했다.

또한 주요 자원을 보유하고 있는 국가에서 지진과 해일 등 자연재해가 발생하게 되면 원자재 수급이 불안정해지면서, 주요 원자재의 대부분을 항

만을 통한 수입에 의존하고 있는 국내에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다. 그리고 노동 집약적 산업인 항만에 감염병이 발생하면 근로자 집단감염의 위험이 높고 이로 인한 격리 등으로 항만 생산성 저하, 선박 대기 등 항만 운영에 차질이 크게 발생할 수 있다. 최근 감염병에 따른 항만 봉쇄는 중국에서 있었으며, 크고 작은 봉쇄 중에서도 주요 봉쇄 조치로는 2021년 5월 25일~30일 선전항 엔티엔터미널(YICT) 수출용 풀컨테이너 반입 금지, 2021년 8월 11일~20일 닝보-저우산항의 메이산 터미널 봉쇄 및 작업 중단 조치가 있었다. 두 항만의 봉쇄가 당시 부산항 컨테이너 장치율에 미친 영향을 살펴보면, 선전항 터미널 봉쇄는 수출용 풀컨테이너 반입만 제한하여 큰 영향이 없었으나, 닝보항의 경우 메이산 터미널의 모든 컨테이너 반출입 서비스가 일시 중단됨에 따라 부산항의 장치율은 봉쇄 전 대비 약 3%p 장치율이 상승했다(한국해양수산개발원, 2022).

〈그림 3-2〉 중국 항만 폐쇄에 따른 부산항 장치율 현황



자료: 한국해양수산개발원(2022), 동향분석 제182호, p. 6

‘노동자 파업 및 태업’의 요인도 항만에 미치는 영향이 크다. 특히, 현행 부두 운영 체계상 항만 근로자의 투입이 많은 비중을 차지하고 있기 때문이다. 미국의 경우 대규모 항만 근로자 파업 등으로 몇 차례 항만 운영이 중단된 적이 있다. 국내 항만 노동자는 항운노조인력과 일반노무공급사로

구분되는데 현재까지 국내 항만 근로자(항운노조) 파업이 발생한 적은 없다. 그러나 항만에서 내륙까지의 운송을 연결하는 화물연대 파업 등으로 시멘트, 컨테이너 등 화물의 반출입 지연이 발생하여 항만 운영에 차질이 발생한 바 있다. 2차 파업 당시인 2022년 11월 25일 평일 오전 10시~17시 기준 전국 12개 항만의 컨테이너 반출입량은 평시 대비 28% 수준까지 하락한 바 있으며 파업 종료 시점까지 일 평균 반출입량은 평시 대비 평균 50% 수준을 기록했다. 특히 최근 고물가 및 고유가 등으로 노동 환경이 악화되면서 파업·투쟁 가능성이 높아지고 있어 항만 운영의 불안감이 지속되고 있다.

〈표 3-4〉 전국 12개 항만 컨테이너 반출입량(10시~17시 기준)

구분	'11.24	'11.25	'11.26	'11.27	'11.28	'11.29	'11.30	'12.01
반출입량 (TEU)	14,695	10,451	6,929	2,788	11,928	13,630	15,490	18,007
평시대비 비율	40%	28%	19%	8%	33%	37%	42%	49%
구분	'12.02	'12.03	'12.04	'12.05	'12.06	'12.07	'12.08	'12.09
반출입량 (TEU)	20,812	16,346	6,315	25,591	30,446	38,271	36,432	36,488
평시대비 비율	57%	45%	17%	70%	83%	83%	99%	100%

주: 평시는 2022년 10월 반출입량인 36,655TEU

자료: 국토교통부, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_72/dtl.jsp?id=95087606(검색일 : 2023. 03.06.)를 바탕으로 저자 재정리

‘사회적·정치적 불안’ 요인은 2018년부터 지속된 미·중 무역갈등 및 2022년 발생한 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 항만 물동량 감소 등으로 항만산업 관계자들이 글로벌 공급망 리스크 요인으로 중요하게 생각하고 있다. 특히 러시아-우크라이나 전쟁으로 기존에 존재하던 물류 공급망 사용이 불가하게 되면서 선사들의 항로 철수 등으로 국내 항만물동량에 부정적인 영향을 미쳤다. 전쟁이 종료되더라도 항만 재건까지 장기간 소요될

것으로 예상됨에 따라 항만 운영에 미치는 영향력도 오랜 기간 지속될 가능성이 있다. 한편, 기존에는 약소국 간의 정치적 불안이 많이 발생하였으나 최근에는 미국, 중국, 유럽 등 글로벌 경제에 큰 영향력을 행사하는 강대국에서 정치적 불안이 발생함에 따라 사회적·정치적 불안에 대한 리스크가 커지고 있다. 일례로 전통적인 친미 국가였던 사우디아라비아의 경우 최근 미국에 전적으로 의존하는 안보 전략에 대해 의구심을 가지면서 정치적 태도가 바뀌었다. 지난 2022년 7월 중간선거를 앞두고 미국 대통령 후보였던 조 바이든은 사우디에 직접 방문하여 석유 증산을 요구하였지만 사우디는 오히려 감산을 결정하였으며, 이란과의 외교관계 정상화를 위해 중국을 협상 중재에 끌어들이는 등 미국과의 정치적 갈등을 이어가고 있다.

글로벌 물류 대란 발생 시 게이트웨이 화물을 많이 처리하는 주요항인 미국 LA/LB항의 극심한 체선으로 전 세계 정기선 운송 네트워크가 혼잡해졌다. 이러한 ‘운송 네트워크의 혼잡 및 중단’에 따른 공급망 붕괴는 컨테이너 운임 상승, 항만 체선에 따른 각종 비용 상승 등으로 이어지게 됐다. 또 다른 사례로 2021년 3월 23일 초대형 컨테이너선인 에버그린호가 수에즈 운하 내에서 좌초되는 사고가 발생하면서 약 6일간 운하 통행이 막혀 약 369척의 선박 통행이 지연된 바 있다.³⁰⁾ 수에즈 운하는 아시아와 유럽을 잇는 최단 항로로 2022년 기준 약 2만 2,032척³¹⁾의 선박이 통과하였으며, 수에즈 운하 항로를 통한 해상 물동량은 전 세계 해상 물동량의 약 12%에 달한다. 당시의 사고로 수에즈 운하를 통과하지 못하게 된 선박은 사고 수습까지 대기를 하거나 혹은 희망봉 등 우회항로를 선택했다. 다만, 우회항로를 선택하는 경우 운송 시간이 길어지면서 유류비 등이 추가적으로 소요되는 문제가 발생했다. 대기 선박의 경우 3월 29일 사고가 수습되

30) BBC News(2021.03.29.), <https://www.bbc.com/news/business-56559073>(검색일 : 2023.04.03.)

31) Statista, <https://www.statista.com/statistics/1252568/number-of-transits-in-the-suez-cana-annually/>(검색일 : 2023.04.03.)

면서 운하를 통과하게 되었으나 정체된 선박들이 한꺼번에 이동하면서 물류대란으로 이미 심각한 항만 혼잡이 더 심화되어 2021년 4월 기준 컨테이너선의 평균 대기 시간은 전월 대비 11.0% 증가한 11.2시간을 기록했다.³²⁾ 그리고 수에즈 운하를 주요 통로로 이용하고 있는 석유의 경우 해당 사고로 인해 수급이 불안정해지면서 3월 24일 기준 5월물 서부 텍사스산 원유(WTI) 가격은 전날보다 배럴당 5.9% 오른 61.18달러를 기록했다.³³⁾

또한 이집트 내 생산시설을 통해 수에즈 운하를 거쳐 유럽과 중동 등으로 화물을 수출하는 국내 기업도 수출에 영향을 받았다. 이러한 운송 네트워크의 혼잡 및 중단은 짧은 시간일지라도 공급 사슬에 미치는 파장이 크며 항만의 정시성을 하락시켜 해당 항만의 경쟁력을 낮춘다. 항만의 정시성은 화주 및 선사들에게 기항 항만 선택에 영향을 주는 중요한 요인으로 운송 네트워크 혼잡 및 중단에 따른 리스크를 중요하게 고려할 필요가 있다.

국내 항만 운송의 경우 선박의 내부적 운영정보를 포함하여 화주, 선사, 운송사, 항만 운영자 등 다양한 이해관계자들과의 의사소통이 필요하다(김영곤 외, 2021). 이러한 의사소통의 과정이 터미널 운영 시스템(TOS)으로 전산화되어 보관 및 운영되고 있어 사이버 공격으로 인한 서버 에러 발생 시 터미널 운영에 큰 영향을 미칠 수밖에 없는 구조이다.

그리고 최근 항만 개발의 주요 트렌드는 자동화·스마트항만 구축이다. 글로벌 주요 항만들은 4차 산업혁명 도래에 따라 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 정보통신기술(ICT) 등 혁신 기술을 적용한 자동화·스마트항만 구축에 박차를 가하고 있다. 국내 항만의 경우 부산항 신항 서컨테이너가 국내 최초 완전자동화 항만으로 2023년 10월 준공되었으며, 2024년 개장을 목

32) Clarksons Research, <https://www.clarksons.net/n/#/sin/timeseries/browse>(검색일 : 2023.03.15.)

33) 한국경제(2021.03.25.), <https://www.hankyung.com/finance/article/202103259266Y>(검색일 : 2023.04.03.)

표로 시범운행을 거치고 있다. 자동화 항만 구축에 따른 자동화 장비 도입, 운영의 디지털화 등이 확대되고 있는 상황에서 특히 주파수 대역이 높고 대역폭이 넓은 5G 통신망의 경우 다수 간 인터페이스 구축을 통해 연계되기 때문에 사이버 보안에 대한 취약성 문제가 발생할 가능성이 크다.

그러나 우리나라의 경우 해외와 대비하여 자동화 항만 구축에 따른 사이버테러 대책 등 보안 방안에 대한 연구는 현재 시작 단계 수준이다. 유럽 항만의 경우는 자동화·스마트항만을 고려한 OT(Operation Technology) 보안 기술과 TOS의 연계를 검토하고 있다.

항만의 사이버 보안 취약성과 대응 방안 필요성을 제시한 대표적인 사건으로는 2017년 세계 최대 선사인 머스크의 대규모 사이버 공격으로 인한 전산 시스템 마비가 있다. 당시 머스크 터미널의 자회사인 APM 터미널을 운영하는 미국, 유럽, 인도 등의 터미널에서 전산 시스템 이상으로 터미널을 폐쇄하는 등 화물 선적 및 하역 작업에 차질이 발생했다. 당시 해당 랜섬웨어의 공격으로 머스크는 약 3억 달러의 금전적 손실을 입은 것으로 알려졌다.³⁴⁾ 이 밖에도 MSC는 2020년 4월 맬웨어³⁵⁾ 공격을 받았으며, CMA CGM은 2020년 9월 랜섬웨어로 관측되는 사이버 공격을 받는 등 대형 컨테이너 선사들 대부분이 사이버 공격으로 피해를 입었다. 항만에 직접적으로 사이버공격이 발생한 사례로는 2023년 7월 4일 일본 최대 항만인 나고야항이 랜섬웨어 공격을 받은 사례가 있다.³⁶⁾ 나고야항의 모든 컨테이너 터미널을 제어하는 중앙 시스템인 ‘나고야항 통합 터미널 시스템(NUTS)’에 랜섬웨어가 감염된 것으로 파악되었으며, 이튿날인 6일 오전 해당 시스템에 대한 복구가 이루어졌다. 이번 사태가 나고야항의 주요 수

34) CNBC News(2017.08.16.), <https://www.cnn.com/2017/08/16/maersk-says-notpetya-cyberattack-could-cost-300-million.html>(검색일 : 2023.06.12.)

35) 컴퓨터 사용자 시스템에 침투하기 위해 설계된 소프트웨어를 뜻하는 컴퓨터 바이러스

36) 연합뉴스(2023.07.05), <https://www.yna.co.kr/view/AKR20230705109300073>(검색일 : 2023.08.07.)

출 품목인 자동차 생산과 처리에 큰 영향을 미치지 않았으나, 하역 작업이 중단되는 등 운영에 일정 부분 차질이 발생하였다.

이렇듯 항만물류업계 기업의 사이버 공격은 항만의 운영 시스템과 연계되어 항만의 폐쇄 등으로 이어질 수 있으므로 파급력이 크고 연쇄적이다. 4차 산업혁명 기술로 항만 내 모든 운영이 자동화되는 시점에 사이버 공격으로 인한 공급망 리스크에 대한 대응 마련은 반드시 필요하다.

제2절 항만의 공급망 리스크 식별

1. 항만의 공급망 리스크 측정지표 선정

본 절에서는 앞서 산정된 항만의 공급망 리스크 5개 요인에 대하여 해당 리스크를 측정할 수 있는 지표를 선정하고자 한다. 일부 리스크는 그 특성상 적절한 계량 지표를 선정하는 것은 매우 어렵다. 특히 최근에서야 공급망 리스크 관리 중요성이 대두됨에 따라 이를 관리하는 변수 집계 및 생성은 시작 단계에 있다. 따라서 본 연구는 국제 무역 및 경제 분야에서 공급망 관련 업무를 수행하는 전문가들을 대상으로 델파이 조사를 진행하여 리스크 측정지표를 선정하고자 한다.

1) 선정 방법 : 델파이 조사

델파이 조사 기법은 전문가들의 경험적 지식을 토대로 반복 설문을 통해 어떤 문제의 합의점을 찾아가는 정성적 분석 기법이다. 전문가들을 대면하

여 실시간으로 논의하지 않고 비대면 방법으로 익명으로 의견을 내고 취합된 의견에 대해서 다시 의견을 제시하는 방법으로 진행된다. 이를 통해 대면을 통한 토론 과정에서 발생할 수 있는 분위기에 휩쓸리는 문제점, 권위가 있는 사람의 의견이 강하게 반영되는 문제점 등을 보완할 수 있다.

델파이 조사는 먼저 전문가 패널을 구성하고 이들을 대상으로 합의점을 찾으려는 문제에 대해 개방형 설문조사를 진행한다. 개방형 설문조사의 결과를 전문가 패널과 공유하고 구조화된 폐쇄형 설문지를 통해 다른 전문가 의견과 본인의 의견을 비교 및 수정할 수 있는 기회를 부여한다. 델파이 조사 방식은 설문의 목적을 잘 파악하고 이해할 수 있는 전문가 패널 구성이 중요하며 응답 회신의 신속도가 요구되기 때문에 경제 및 통상 분야에서 글로벌 공급망과 관련한 업무 등을 수행한 전문가 소규모 그룹(11명)으로 패널을 구성했다. 통상 델파이 그룹은 소규모로 진행되기 때문에 최소 10명에서 15명이면 의미 있는 결과를 도출할 수 있다(Skulmoski et al., 2007; Okoli & Pawlowski, 2004).

개방형 설문조사에서는 제3장 제1절에서 선정된 항만의 공급망 리스크 요인 5개를 계량적으로 측정할 수 있는 변수를 자유롭게 질의하는 문항으로 구성했다. 개별 요인에 따른 변수 외 이들을 통합적으로 측정할 수 있는 변수에 대해서도 의견을 수렴했다.

2) 측정지표 선정

전문가 그룹 대상 개방형 설문조사를 통해 각 공급망 리스크 요인을 적절하게 측정할 수 있는 변수는 <표 3-5>와 같이 나타났다. 개방형 설문을 통해 집계된 측정변수를 활용하여 폐쇄형 설문지를 구성하였으며, 후보 측정 변수 가운데 해당 공급망 리스크를 가장 적절하게 대변하는 변수를 5점 척도 기준으로 평가한 결과는 <표 3-6>과 같다.

〈표 3-5〉 개방형 설문조사 결과 요약

공급망 리스크	측정 변수	출처	선정원인
운송 네트워크 혼잡 및 중단	항만 혼잡 지수	Clarkson Research	• 항만 적체에 따른 컨테이너 선박의 선복량 등으로 항만의 혼잡한 정도를 수치화하여 발표
	컨테이너 정시성 지표	Sea- Intelligence	• 예정된 운항 일정에 따라 입항한 컨테이너 선박의 비중을 나타낸 지표로 운송 네트워 크가 혼잡한 경우 컨테이너 정시성이 하락 하는 패턴을 보인 바 있음
	컨테이너 운임지수	Clarkson	• 운송 네트워크가 혼잡 및 중단하게 되면 국 제운송 요금에 반영됨
	GSCPI (공급망압력 지수)	뉴욕연방 준비은행	• GSCPI는 수요 영향을 통제하여 작성하기 때문에, 온전히 공급망 측면의 충격 결과로 해석할 수 있음
	컨테이너 평균 체류시간	미국 교통부	• 운송 네트워크가 혼잡 및 중단되게 되면 컨 테이너 체류시간이 길어지는 경향이 있음
자연재해 및 전염병	자연재난 및 감염병 발생 건수	EM-DAT	• 1990년부터 21,000여건의 국가-지역 수 준의 재난 상황을 기록한 데이터베이스로 재난 유형에 따라 세분화하여 통계 제공
	Infectious Disease EMV	EPUI	• 주요 언론사의 뉴스 키워드에서 전염병과 관련된 키워드 데이터 빈도수 등을 고려하 여 산정한 지수
	발병률	WHO	• 국가별 재해 및 감염병 발생률, 치명률 등 활 용 가능
	주요 농산물 가격	KREI	• 라니냐, 엘니뇨 등 기상 여건에 따라 농산물 가격에 빠르게 반영되는 특성을 가짐
사회적·정치적 불안	지역별 전쟁 및 내전 발생 통계	UCDP	• 전쟁, 테러 등 국가의 사회적·정치적 불안 정을 야기하는 조직적 폭력상황에 대한 포 괄적인 통계 자료 제공
	경제정책 불 확실성 지수 (EPUI)	EPUI	• 주요 언론사의 뉴스 키워드에서 경제, 정책, 불확실성과 관련된 텍스트 데이터 빈도수를 고려하여 산정한 지수
	지정학적 위 험 지수 (GPR)	Matteo Iacoviello	• 주요 언론사에서 위험요소(전쟁, 위협, 군 사력 증가, 핵, 테러 등) 텍스트 데이터 빈도 수를 고려하여 지정학적 위험 발생을 측정 하는 지수

공급망 리스크	측정 변수	출처	선정원인
	환율 및 금리	각국 중앙은행	• 환율과 금리는 특정 국가의 전반적인 상황에 대한 정보가 반영되는 특성이 있음
	원유가격	CBOT	• 중동 및 OPEC+ 지역에서의 지정학적 위험 요인 발생 시 원유 가격에 반영되는 특성이 있음
사이버 공격	사이버 위협 지수	Imperva	• 데이터 및 애플리케이션 전반에 걸친 글로벌 사이버 위협 수준을 측정하는 지표
노동자 파업 및 태업	1,000명당 근로손실일수	ILO	• 노동쟁의 수준을 비교하기 위해 임금근로자 1,000명당 근로손실일수를 산출
종합 지표	GSCPI	뉴욕연방 준비은행	• 운송 비용 및 각종 제조 지표 등을 통합하여 글로벌 공급망 상태에 대해 진단한 지표로 종합 지표로 적절할 것으로 판단
	컨테이너 운임지수	Clarkson	• 상품의 수요, 공급, 지정학적 리스크, 기후 변화 등 다양한 요인에 의해 해상운임이 변동되므로 종합적인 측정지표로 판단
	국제원자재 가격	IMF& KOIMA	• 글로벌 공급망을 대표하는 것이 국제원자재 거래로, 이들 모든 리스크가 국제원자재 가격에 반영되므로 종합 지표로 판단
	경제정책 불확실성 지수 (EPUI)	EPUI	• 주요국 국민계정 기준의 국부 데이터와 언론에서 언급하고 있는 경제 불확실성 요인들을 종합한 지수로 종합적으로 리스크를 대리할 수 있을 것으로 판단

자료: 설문조사 결과를 바탕으로 저자 작성

〈표 3-6〉 폐쇄형 설문조사 결과 요약

공급망 리스크	측정 변수	적정성 점수	순위
운송 네트워크 혼잡 및 중단	항만 혼잡 지수	51	1
	컨테이너 정시성 지표	43	2
	컨테이너 운임지수	36	4
	공급망 압력지수(GSCPI)	39	3
	컨테이너 평균 체류시간	30	5
자연재해 및 전염병	자연재난 및 감염병 발생건수	53	1
	Infectious Disease EMV	38	3

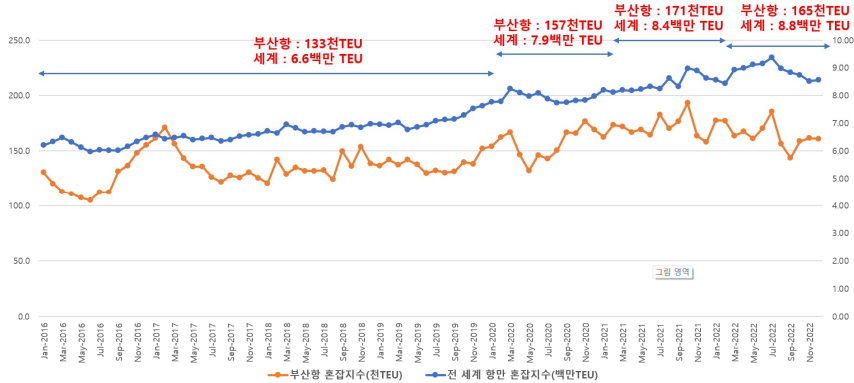
공급망 리스크	측정 변수	적정성 점수	순위
	자연재해 및 전염병 발병률	41	2
	주요 농산물 가격	29	4
사회적·정치적 불안	지역별 전쟁 및 내전 발생 통계	46	2
	경제정책 불확실성 지수(EPU)	48	1
	지정학적 위험 지수(GPR)	46	2
	환율 및 금리	30	4
	원유가격	28	5
	공급망 압력지수(GSCPI)	52	1
종합 지표	컨테이너 운임지수	45	2
	국제원자재 가격	38	4
	경제정책 불확실성 지수(EPU)	41	3

주: 후보 변수가 한 개인 경우(사이버 공격, 노동자 파업 및 태업) 폐쇄형 설문에서 제외하였으며, 이후 영향평가 모형에서 적정성 여부 판단

자료: 저자 작성

항만에 영향을 미치는 공급망 리스크 요인 중 ‘운송 네트워크 혼잡 및 중단’을 대리할 수 있는 측정지표로는 ‘항만 혼잡 지수’ 데이터가 가장 적합한 것으로 선정됐다. ‘항만 혼잡 지수’는 영국 해운분석기관인 클락슨 리서치(Clarkson Research)에서 항만 적체에 따라 항만에서 대기를 하는 컨테이너 선박의 선복량을 나타내는 지수이다. 코로나 이전(2016~2019)의 부산항 항만 혼잡 지수는 평균 13만 3천 TEU로 나타났으며, 코로나 발생 연도인 2020년은 코로나 이전 대비 17.8% 증가한 15만 7천 TEU, 가장 극심한 항만 적체가 발생한 2021년은 28.6% 증가한 17만 1천 TEU, 2022년도에는 24.3% 증가한 16만 5천 TEU를 기록하면서 운송 네트워크가 혼잡해질 경우 해당 혼잡 지수가 증가하는 패턴을 나타내고 있다. 전 세계 항만의 혼잡 지수 역시 코로나 이전에는 평균 660만 TEU를 기록했으나 2021년에는 코로나 이전 대비 19.0%, 2022년에는 26.5%, 2023년에는 33.1% 증가하였다.

〈그림 3-3〉 부산항 및 전 세계 항만 혼잡 지수



자료: Clarksons Research, <https://www.clarksons.net/n/#/sin/timeseries/browse>(검색일 : 2023.07.03.)

다음으로 ‘자연재해 및 전염병’을 측정할 수 있는 가장 대표성 있는 변수로 ‘자연재난 및 감염병 발생건수’가 선정되었다. EM-DAT(Emergency Events Database)는 1990년부터 현재까지 전 세계적으로 2만 6,000건 이상의 국가·지역 수준의 재난 상황을 기록한 데이터베이스로 지진, 화산, 태풍, 홍수, 전염병 등 재난 유형에 따라 세분화하여 재난 관련 통계를 제공한다. 해당 데이터베이스는 벨기에 브뤼셀의 루뱅 대학교의 재난역학연구센터(CRED)와 세계보건기구(WHO)의 공동 이니셔티브로 구축되었으며 UN, 비정부기구, 보험회사, 연구기관, 언론기관 등 다양한 출처를 통해 데이터를 수집하며, 네 가지 기준(10명 이상의 사망자, 100명 이상 영향, 비상사태 선포, 국제 원조 요청) 중 하나 이상을 만족하면 국가 차원의 재해로 판단하여 기록한다.³⁷⁾ 한국의 경우 전염병은 2015년 5월에 발생한 메르스와 2020년부터 발생한 코로나19가 유일하며, 대부분의 자연재난은 여름철 발생하는 태풍으로 자연재난 및 전염병 발생 건수가 많은 편은 아니다. 따라서 측정변수로 수치형 변수에 해당하는 ‘자연재난 및 감염병 발생

37) EM-DAT 홈페이지 내용을 바탕으로 저자 재작성(검색일 : 2023.07.03.)

건수'가 아니라 범주형 변수인 발생여부로 변환하여 영향 분석에 활용하고자 한다. 또한 EM-DAT는 종료된 자연재난 및 감염병에 대한 통계를 제공함에 따라 현재 진행중인 코로나19를 추가적으로 고려하여 영향분석을 진행하고자 한다.

〈표 3-7〉 한국 자연재난 및 감염병 현황

연도	월	재난 유형	재난명
2015	5~6	전염병	메르스(MERS)
2016	10	태풍	차바(Chaba)
2016	9	지진	-
2017	11	지진	-
2019	9	태풍	링링(Lingling)
2019	9	태풍	타파(Tapah)
2019	10	태풍	미탁(Mitag)
2020	8	태풍	하구핏(Hagupit)
2020	9	태풍	마이삭(Maisak)
2020	9	태풍	하이선(Haishen)
2021	8	태풍	오마이스(Omais)
2022	9	태풍	힌남노(Hinamnor)

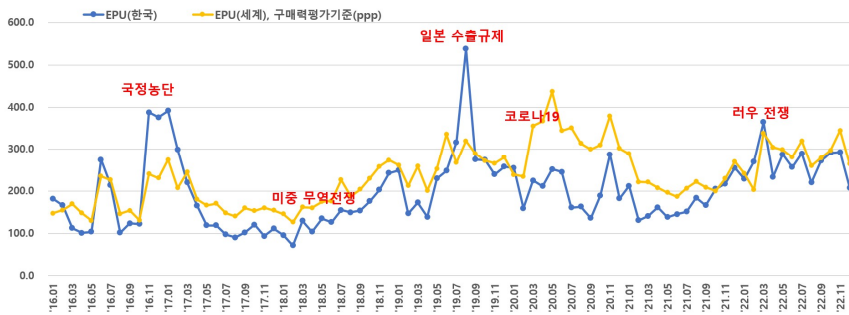
주: 코로나의 경우 아직 종료되지 않은 감염병임에 따라 본 데이터베이스에서 집계되지 않음
 자료: EM-DAT, <https://www.emdat.be/>(검색일 : 2023.07.03.) 내용을 바탕으로 저자 재정리

‘사회적·정치적 불안’ 리스크 측정 변수로는 ‘경제정책 불확실성(EPU, Economic Policy Uncertainty)’ 지수가 적합한 것으로 나타났다. 경제불확실성 지수는 Baker et al(2016)이 주요 언론사의 뉴스 기사 키워드에서 경제(Economic), 정책(Policy), 불확실성(Uncertainty)과 관련된 텍스트 데이터의 빈도수 등을 고려하여 산정한 지수로 미국, 프랑스, 독일, 일본 등 23개국에 대해서 월별로 산출하고 있다.³⁸⁾ 경제적 불안을 대리할 수 있는 변수이지만 지수 산정 시 불확실성이라는 단어를 포함하고 있고 사회

38) Economic Policy Uncertainty, <https://www.policyuncertainty.com/methodology.html>(검색일: 2023.07.03.)

적·정치적 불안 요소가 결국 경제적 불안으로 이어지는 경우가 대부분이기 때문에 해당 지수가 ‘사회적·정치적 불안’ 리스크를 적절하게 대리할 수 있는 변수로 판단된다. 실제로 한국 및 23개국 주요 국가의 평균 EPU 추이를 살펴보면 사회적·정치적 불안이 발생한 국정농단(2016.11), 미·중 무역전쟁(2018.03), 일본 수출규제(2019.08), 러시아-우크라이나 전쟁(2022.02) 전후로 EPU 추이가 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

〈그림 3-4〉 한국 및 세계(23개 국가) EPU 추이



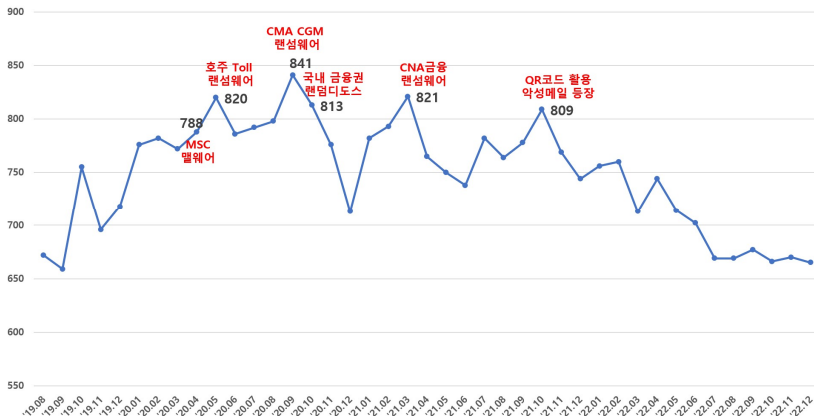
자료: Economic Policy Uncertainty, <https://www.policyuncertainty.com/methodology.html>(검색일 :2023.07.03.) 자료를 바탕으로 저자 재작성

후보 변수가 1개씩만 존재했던 ‘사이버 공격’과 ‘노동자 파업 및 태업’의 경우 전문가 그룹이 제시해준 1개의 후보 변수를 활용하여 영향평가 모형에서 적정성을 판단하고자 한다.

우선 ‘사이버 공격’ 리스크를 측정할 수 있는 변수로는 Imperva의 ‘사이버 위협 지수’가 선정되었다. Imperva는 사이버 공격에 대해 고객들의 주요 비즈니스 데이터 및 어플리케이션을 보호하는 미국의 다국적 기업으로, 본 지수는 데이터 및 어플리케이션 전반에 걸친 글로벌 사이버 위협 상황을 일자별로 측정하여 데이터를 제공한다. 해당 지수의 값이 0~400 사이면 사이버 위협 수준이 ‘매우 낮음’, 400~550 사이면 ‘낮음’, 550~700 사

이면 ‘보통’, 700~850 사이면 ‘높음’, 850~1,000 사이면 ‘심각’ 수준에 해당한다. 해당 지수가 집계된 이후 값이 800 이상을 기록한 경우는 다섯 차례로 나타났으며 당시 가장 대표적인 사이버 공격 사례는 <그림 3-5>와 같다. 이 중 해운·항만에 관계된 사이버 공격 사례는 2020년 5월 호주 글로벌 물류기업인 Toll 그룹이 호주 내 최대 랜섬웨어 공격을 받은 사건으로, 약 두 달 동안 200GB에 달하는 데이터를 갈취당한 것으로 추정됐다.³⁹⁾ 2020년 9월에는 프랑스 선사 CMA-CGM이 랜섬웨어 공격을 받아 2주 동안 정상적인 서비스를 지원하지 못하였다. 지수가 800을 넘지는 않았으나, 2020년 4월에는 덴마크 선사 MSC의 온라인 부킹 플랫폼이 맬웨어 공격을 받아 약 5일 만에 복구된 사례도 있었다. 이렇게 규모가 큰 사이버 공격이 발생하면 해당 지수가 높아지는 경향을 확인하였다. 다만, 해당 지수는 2019년 8월부터 집계 및 발표됨에 따라 다른 독립변수와의 데이터 집계 수 차이로 최종 영향분석에서는 제외하였다.

〈그림 3-5〉 사이버 위협 지수 추이 및 대표 사이버 공격 사건

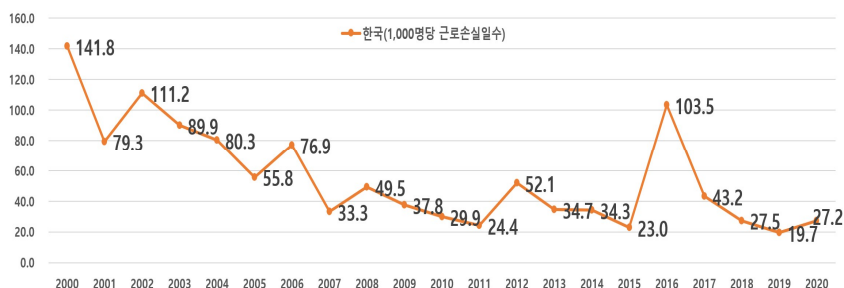


자료: Cyber Threat Index, <https://www.imperva.com/cyber-threat-index/>(검색일 : 2023.07.07.)
자료를 바탕으로 저자 작성

39) 대한무역투자진흥공사, https://dream.kotra.or.kr/dream/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=2&MENU_ID=2430&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNtSn=183979(검색일 : 2023.07.07.)

‘노동자 파업 및 태업’의 측정지표로는 국제노동기구(ILO, International Labour Organization)에서 발표하는 ‘근로자 1,000명당 근로손실일수’ 데이터가 해당 리스크를 가장 잘 대변하는 지표로 선정됐다. 근로손실일수란 노사분규가 직접적인 원인이 되어 발생한 사회적 손실을 근로일수로 측정한 지표로 1일 근로시간(8시간) 이상 조업이 중단된 노사분규발생사업장을 대상으로 산출한다.⁴⁰⁾ 국가별로 노사분규 산정 기준이 달라 ILO에서는 노동쟁의 수준의 국제 비교를 위해 ‘임금 노동자 1,000명당 근로손실일수’를 발표하고 있다. 우리나라의 경우 2016년 철도노조 및 현대·기아차 노조 파업 영향으로 103.5일까지 높아졌으나 지난 20년간 근로손실일수가 감소하는 추세를 보이고 있다. 그러나 해당 지표는 연도별로 발표됨에 따라 영향분석 시 다른 측정변수와 달리 연도별 데이터를 활용하여 우선 검토하고자 한다.

〈그림 3-6〉 한국 임금근로자 1,000명당 근로손실일수



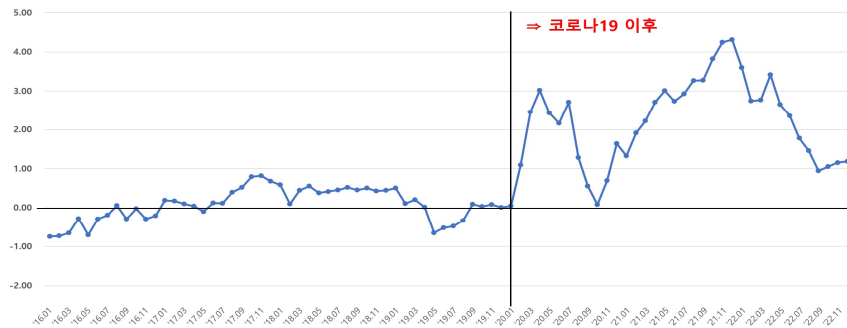
자료: 한국노동연구원 노동통계, https://www.kli.re.kr/board.es?mid=a10204000000&bid=0011&list_no=137999&act=view(검색일: 2023.07.10.)

40) e-나라지표, https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1512(검색일: 2023.07.07.)

마지막으로 공급망 개별 요인을 모두 대리할 수 있는 종합적인 측정지표로는 공급망 압력지수(GSCPI)가 가장 적절한 것으로 나타났다. 공급망 압력지수는 뉴욕 연방준비은행에서 개발한 지수로 운송 비용 데이터 및 각종 제조 지표들을 통합하여 글로벌 공급망 상태에 대해서 진단할 수 있는 지표이므로 글로벌 공급망 리스크를 적절하게 대변할 수 있는 종합적인 지표로 선정됐다. GSCPI는 코로나19가 발생한 2020년 이후 크게 증가하였으며 2021년에는 코로나19 완화에 따른 억눌린 수요 폭증으로 다시 한번 공급망이 압력을 받았다가 2022년 들어서 감소하는 추세이다.

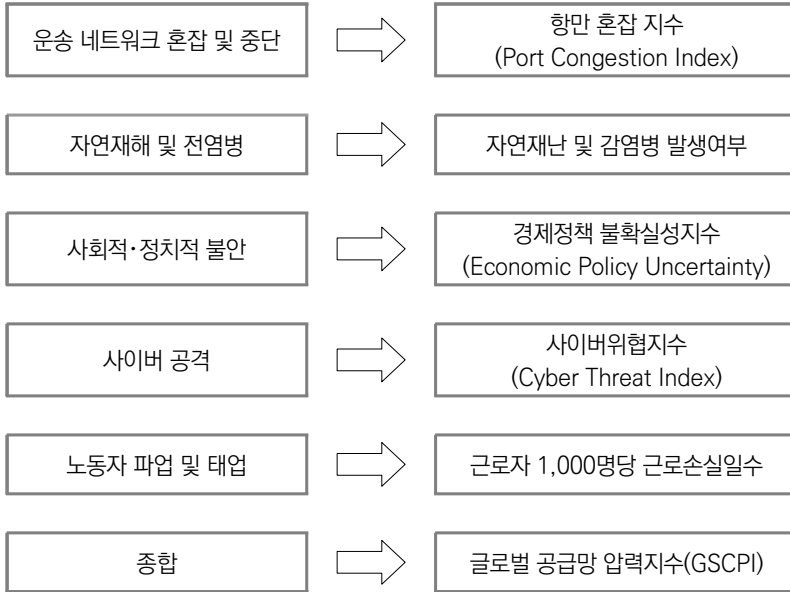
결론적으로 제3장 제1절에서 선정된 다섯 개의 항만 공급망 리스크를 종합적으로 대리할 수 있는 측정지표에 대한 전문가 그룹 델파이 조사 결과, 적절한 공급망 리스크 측정지표는 <그림 3-8>과 같이 나타났다.

<그림 3-7> 글로벌 공급망 압력지수



자료: Federal Reserve Bank of New York, <https://www.newyorkfed.org/research/policy/gscpi#/interactive>(검색일 : 2023.07.10.) 자료를 바탕으로 저자 재작성

〈그림 3-8〉 항만의 공급망 리스크



주: 사이버 위협지수는 최종 영향분석에서는 제외
자료: 저자 작성

2. 항만의 공급망 리스크 판단지표 선정

리스크 측정지표는 리스크를 계량적으로 측정할 수 있는 지표로 설명변수에 해당하며 판단지표란 공급망 리스크가 발생했을 때 항만에 어떤 영향을 미치는지 판단할 수 있는 지표로 종속변수에 해당한다.

판단지표는 항만을 운영 및 관리, 이용하는 전문가들을 대상으로 선정하는 것이 적절하다고 판단하여 제3장 제1절에서 항만의 공급망 리스크 요인을 선정하기 위한 설문조사를 진행한 전문가 패널에게 판단지표에 대해 응답을 구했다. 판단지표 선정과 관련해서는 두 차례에 걸친 델파이 조사 기법을 활용하지 않았는데 그 이유는 다음과 같다. 판단지표의 경우에는 전

문가들의 공통적인 지표 선정도 중요하지만 자료 수집 가능성에 초점을 맞추는 것이 중요하다고 판단했다. 항만의 운영을 판단하는 판단지표의 경우 대부분 터미널 운영사에서 집계하는 데이터로 기업 내부 정보를 활용한 경우가 많으며 선사 영업 자료가 포함된 경우가 대부분이다. 따라서 특정 항만에 대해서 해당 데이터를 집계하기 위해서는 각 항만의 터미널 운영사의 정보 제공 동의가 필요한 상황이라 자료 수집에 많은 시간과 어려움이 발생한다. 일부 지표의 경우에는 공공에게 오픈하거나 항만 공사 등에 제공하여 활용할 수 있는 경우가 있지만 이러한 지표도 극히 드문 편이다. 따라서 본 연구에서 판단지표 선정의 경우 전문가들이 제시한 판단지표 후보 중 자료의 수집이 가능한 지표를 검토하여 선정하고자 한다.

전문가들이 공통적으로 많이 제안한 판단지표로는 장치율, 생산성(총 장비생산성, 시간당 생산성), 대기 시간, 컨테이너 일일 반출입량(물동량) 등이 있다. 우선 장치율의 데이터 수집은 가능하나 부산항의 경우 코로나19 등으로 공급망 혼란이 시작된 2020년 2월부터 공식적으로 집계되기 시작하면서 영향 분석을 위해 종속변수로 활용하기에는 데이터 수가 부족하다는 한계점이 존재한다.

두 번째로 생산성 지표가 있는데 이때 생산성은 총 접안시간(Gross Berth Time)당 처리실적, 갠트리크레인당 처리실적, 크레인 작업 시간(Gross Crane Time)당 처리실적 등 각 부문별로 생산성을 평가하는 지표가 다양하다. 이러한 생산성 지표도 터미널 운영사들의 내부 정보를 통해 집계 가능하나, 글로벌 산업별 데이터 분석 기관인 IHS Markit에서 전 세계 주요 컨테이너 항만의 선박 입출항 데이터를 선사를 통해 일부 집계하여 유료로 제공하고 있으며, 현재 한국해양수산개발원에서 해당 데이터를 통해 총 접안시간당 처리실적인 선석생산성 지표를 이미 산정하고 있다. 따라서 본 연구에서는 해당 데이터를 활용한 선석생산성 데이터를 판단지표로 활용하고자 한다.

세 번째 판단지표로는 선박 대기과 관련한 대기 척수, 대기 선복량, 대기 시간, 대기율 등이 가장 많이 제시되었으며 그 중 대기시간이 가장 많이 제시됨에 따라 대기시간을 대기과 관련한 대표 지표로 활용하고자 한다. 선박의 대기과 관련된 지표를 선정하기 위해서는 우선 대기시간의 정의를 명확하게 할 필요가 있다. 선박의 대기 시간이란 선박이 묘박지에서 부두 접안을 위해 대기하는 시간을 의미한다(이기열 외, 2015). 대기시간은 선박의 실시간 좌표가 기록된 AIS(Auto Identification System) 데이터와 IHS Markit의 부두와 정박지 시설 위치에 대한 데이터 등을 종합적으로 고려하여 산정했다. 또한, 본 연구의 대상 범위가 부산항임을 감안하여 부산항 컨테이너선에 대한 대기시간 데이터를 도출하여 활용했다.

컨테이너 일일 반입·반출량의 경우 항만 운영 상태를 알 수 있는 대표적인 지표 중 하나로 평시 대비 일일 반출입량의 수준을 백분위로 판단하여 현재 항만의 운영 상태를 진단할 수 있다. 그러나 종속변수로 활용하기에는 설명변수인 리스크 측정지표가 일자별 데이터로 집계되는 경우가 드물기 때문에 월별 물동량을 리스크 판단지표로 활용하고자 한다.

그 외 일부 항만 관계자가 제안한 판단지표로는 장비 가동 시간, 리마살링 횟수, 하역 장비 고장 시간 등 컨테이너 터미널 운영사들의 내부 정보를 이용하여 비정기적으로 집계되는 지표가 있었다.

항만 운영 및 이용 관계자 의견과 더불어 자료 수집 가능성을 검토한 결과 본 연구에서는 항만의 공급망 리스크 판단지표로 장치율, 선석생산성, 컨테이너선 대기 시간, 컨테이너 물동량을 최종 선정하였으며 이를 이용하여 제4장에서 영향 분석을 진행하고자 한다.

〈표 3-8〉 리스크 판단지표 수집 가능성 검토

판단지표	자료 수집 가능성	비고
장치율	○	- 장치율 데이터는 공급망 혼란이 지속된 2020년 2월 부터 집계하면서 데이터 수가 부족하다는 단점 존재
총 접안시간당 생산성 (선석생산성)	○	- 부산항 IHS Markit 샘플 데이터 활용
컨테이너선 대기 시간	○	- AIS 데이터 활용
컨테이너 반입·반출량(물동량)	○	- 통합 항만운영정보시스템 데이터 활용
장비 가동 시간	X	- 터미널 운영 내부 정보
리마살링 횟수	X	- 터미널 운영 내부 정보
하역 장비 고장 시간	X	- 터미널 운영 내부 정보

자료: 저자 작성

제3절 소결

본 장에서는 항만의 공급망 리스크 요인을 선정하고 이를 계량적으로 측정 및 판단할 수 있는 지표를 선정했다. 우선 항만에 직간접적으로 영향을 미치는 공급망 리스크를 선정하기 위해 공급망 리스크 관련 선행연구 분석을 통해 1차로 산정한 11개 요인에 대해서 항만 운영 및 이용 관리자를 대상으로 설문조사를 실시하여 ‘자연재해 및 전염병’, ‘노동자 파업 및 태업’, ‘사회적·정치적 불안’, ‘운송 네트워크 혼잡 및 중단’, ‘사이버공격’ 5개 요인이 최종 선정됐다.

선정된 5개 공급망 리스크 요인에 대해서 리스크를 적절하게 측정할 수 있는 지표인 측정지표와 이러한 리스크에 따라 항만 운영 상태가 변화한 정도를 판단할 수 있는 판단지표를 선정했다. 우선 리스크를 계량적으로

판단할 수 있는 측정지표를 선정하기 위해 국제 무역 및 경제 분야에서 공급망 관련 업무를 수행하는 전문가들을 대상으로 델파이 조사를 진행했다. 그 결과 항만의 공급망 리스크를 측정할 수 있는 측정지표로 항만 적체 지수, 자연재해 및 전염병 여부, 경제불확실성 지수(EPU), 근로자 1,000명당 근로손실일수, 공급망압력지수(GSCPI)가 선정됐다. 항만 운영상태를 판단할 수 있는 판단지표의 경우 자료의 개방성이 낮아 항만을 운영 및 관리하는 전문가들을 대상으로 후보 지표를 받고 데이터 수집 가능성을 검토하여 최종적으로 장치율, 선석생산성, 대기 시간, 컨테이너 물동량을 선정했다.

최종 선정된 측정지표와 판단지표를 토대로 제4장에서는 스트레스 테스트 기법을 적용하여 공급망 리스크 요인이 항만에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

04

항만의 공급망 리스크 영향 평가

본 장에서는 앞선 제3장에서 선정된 항만에 영향을 미치는 공급망 리스크의 측정지표 및 판단지표를 활용하여 항만의 공급망 리스크 영향 평가를 진행하고자 한다. 이를 위해 우선 리스크 영향 평가에 많이 활용되는 스트레스 테스트 기법에 대해 살펴보고, 해당 방법론을 항만 분야에 적용하여 스트레스 테스트를 실시하였다.

제1절 스트레스 테스트

1. 스트레스 테스트 개념

스트레스 테스트란 극단적이지만 실현 가능성이 존재하는 사건이나 충격에 대해 시스템의 취약성을 평가하고 충격의 영향을 분석하는 리스크 관리 기법의 하나이다(박성화 외, 2020; 최준성과 노승한, 2023). 개별 금융기관의 위험관리를 위해 개발되었기 때문에(서정희와 김좌겸, 2005), 주로 금융시스템의 안정성 측정을 위한 기법으로 활용되어왔다. 스트레스 테스트

트 방법론은 1990년대 후반 아시아 금융위기 이후 국제통화기금과 세계은행이 ‘금융안정성 평가 프로그램’을 시행하며 체계를 갖추기 시작했고(조만 외, 2013), 2000년대 후반의 글로벌 금융위기 이후 국제금융기구와 주요국의 금융당국에서 시스템 안정성 평가의 중요성을 강조하면서 널리 사용되기 시작하였다. 기존에 금융 분야에서 많이 활용되던 리스크 관리 기법인 VaR(Value at Risk) 분석이 일정한 확률분포를 가정하고 발생 가능한 최대손실을 추정하여 개별 금융기관의 건전성을 측정하는 방법이라면 스트레스 테스트는 비정상적인, 극단적인 상황을 가정하고 이러한 예외적인 상황에서 시스템의 안정성을 측정하는 방법이라 할 수 있다. 따라서 위험에 대한 예방적인 측정이나 위기대응 정책의 마련에 유용한 역할을 하는 리스크 관리 방법론이라 할 수 있다(BIS, 2009).

스트레스 테스트는 기본적으로 종속변수와 독립변수의 관계를 분석하고, 독립변수의 극단적인 변화가 있을 때 종속변수의 변화를 측정함으로써 전체 시스템의 안정성을 판단한다. 따라서 시스템에 영향을 줄 수 있는 변수들을 선정하고, 어떠한 방식으로 충격이 발생하는지를 설정하는 것이 필요하다. 여기서 충격의 설정에 관한 방식은 단순 민감도 분석과 시나리오 분석의 두 가지로 나누어 볼 수 있다(서정의와 김좌겸, 2005).

단순 민감도 분석은 특정 독립변수에 가해지는 충격이 전체 시스템의 안정성에 미치는 영향을 분석하는 기법으로, 다른 변수의 변동이 없다고 가정하고 실시하는 방법이다. 일반적으로 특정 변수의 변화를 단계별로 나누어 분석한다. 예를 들어, 금리에 충격이 가해진다고 가정하면 금리를 1%, 3% 등 단계적으로 상승시켜 그 영향을 분석하는 것이다. 이 방법은 특정 변수의 영향에 대해 쉽게 파악할 수 있지만 분석 대상 변수 간의 연관성을 온전히 고려하지 못한다는 단점이 있다.

시나리오 분석은 변수 간의 파급효과를 고려하여 충격 발생 시 여러 변

수가 동시에 변화한다고 가정하여 시나리오를 설정하고, 시나리오별로 영향 분석을 시행하는 방법이다. 시나리오의 설정은 과거에 발생한 경제충격에 근거하여 설정하는 방식(역사적 시나리오)과 향후 시장에 큰 영향을 줄 수 있는 잠재적 충격을 고려하여 설정하는 방식(가상적 시나리오)으로 나뉜다. 시나리오 분석은 종합적인 측면에서 스트레스 테스트를 해 볼 수 있다는 장점이 있으나 최초에 발생하는 충격이 다른 변수에 어떠한 영향을 미치는지를 사전에 측정해야 하기 때문에 충분한 이론적 기반을 갖추고 분석을 수행해야 한다.

또한 시스템 전체의 안정성을 평가하기 위해서는 손실액의 집계가 필요한데, 여기에는 상향식(Bottom-Up) 방법과 하향식(Top-Down) 방법의 두 가지가 적용된다. 상향식 방법은 관련 당국이 거시경제충격에 대해 정의하고, 각 기관들이 충격의 영향을 개별적으로 추정한 후 이를 취합하는 방식이다. 하향식 방법은 관련 당국이 자체적으로 모형을 구축하여 전체 시스템에 미치는 영향을 분석하는 방식이다. 상향식 방법은 개별 기관의 손실을 비교적 정확하게 분석할 수 있으나 일관성 측면에서 문제가 생길 수 있으며, 하향식 방법은 반대로 모든 기관에 일관적인 기준을 적용해 분석을 시행하기 때문에 전체 시스템의 취약성 분석에는 적절하나 정교성이 떨어질 수 있다는 단점이 있다.

2. 스트레스 테스트 적용 사례

스트레스 테스트는 금융 분야에서 가장 활발하게 활용되고 있으며, 그 외에는 부동산 관련 분야, 기타 분야에서 널리 쓰인다.

금융 분야는 스트레스 테스트가 가장 많이 활용되는 분야이다. 국제결제은행(BIS, Bank for International Settlements)은 BIS(2009)에서 스트

레스 테스트와 감독규정에 대한 가이드를 제시하면서, 스트레스 테스트는 전사 수준의 위험을 고려해야 하며 사업 전반에 걸친 위험의 흐름을 반영하여 실시해야 한다고 하였다. 또한, 은행의 생존을 위협할 수 있는 사건들에 대한 미래 전망을 포함한 시나리오를 설정하여 테스트를 실시할 필요가 있으며, 위험 간의 상호작용을 고려하고 위험 완화 방안의 효율성에 대한 체계적 검증이 필요하다고 주장하였다. 국제통화기금(IMF, International Monetary Fund) 또한 취약부분 확인, 시나리오 구성, 수리 분석, 2차 효과 검증, 결과해석의 다섯 단계로 구성된 금융시스템 스트레스 테스트 절차를 제시한 바 있다(박천규 외, 2011).

우리나라에서는 2010년 금융감독원에서 금융투자회사의 위기상황 분석에 대한 스트레스 테스트 가이드라인을 제시한 바 있다.⁴¹⁾ 해당 가이드라인은 테스트를 반기마다 최소 1회 실시할 것을 요구하고 있으며, 환경분석 - 위기상황 시나리오 설정 - 시나리오별 분석 - 대응방안 마련 및 활용 - 분석결과 보고 - 시나리오와 모형의 검증 및 수정, 보완 등의 6단계 절차를 밟아 스트레스 테스트를 수행할 것을 권장하고 있다. 또한 금융투자회사의 생존 한계상황 설정이나 시나리오 작성에 있어 내외부 전문가의 심도 깊은 분석과 토론이 필요하다는 점을 강조하였다. 서정의와 김좌겸(2005)은 우리나라 은행을 대상으로 VAR 모형을 활용하여 외환위기 이전과 이후의 금융시스템 안정성을 비교 분석하였다. 분석 결과, 외환위기 이후에는 금리충격이 안정성에 미치는 영향이 증대되어 금리 조절 시에 금융시장에 충격을 최소화할 수 있도록 세심한 정책 운영이 필요하다고 주장하였다. 신용상(2011)은 일반은행의 고정이하여신비율⁴²⁾과 BIS 자기자본비율을 기초로 하여 실업률 상승, 금리 상승, 주택가격지수 하락 등의 영향이 금융안전성

41) 금융감독원 업무자료, <https://www.fss.or.kr/fss/bbs/B00000092/view.do?nttId=21167&menuNo=200121>(검색일 : 2023.09.25.)

42) e-나라지표(검색일 : 2023.09.25.), 고정여신비율이란 총여신에 대한 고정이하분류여신 비율로서 은행의 문제여신 보유수준을 나타내는 대표적인 건전성 지표

에 미치는 영향에 대한 스트레스 테스트를 실시하였다.

금융 외 타 분야의 경우 부동산 산업과 관련한 스트레스 테스트가 활발하게 이루어지고 있다. 조만 외(2013)는 부동산 시장 침체가 은행과 저축은행, 건설업 분야, 가계 건전성에 미치는 영향을 알아보기로 스트레스 테스트를 수행하였다. 특히, OLS 회귀와 분위수 회귀를 활용한 스트레스 테스트를 시행하고 각각의 결과를 비교함으로써 실증 분석모형의 설정이 스트레스 테스트에 있어서 중요함을 보였다. 박천규 외(2011)는 부동산 시장에서 발생하는 충격이 금융기관에 미치는 영향을 확인하기 위해 스트레스 테스트를 실시하였다. 금리 상승, 실업률 상승, 주택가격 하락, 도시근로자 소득 하락을 주요 충격 시나리오로 설정하고, 이에 따른 금융시장의 불건전 여신비율 변화를 측정하여 안정성을 테스트하였다. 최준성과 노승한(2023)은 건설업과 관련된 거시경제지표 변화에 따른 전문건설업체의 재무건전성 변동 분석을 위해 스트레스 테스트를 실시하였다. 실시 결과 전문건설업종은 금리 인상에 민감하게 반응하는 것으로 나타나 효과적인 금융정책이 건설업의 재무건전성 확보에 효과적이라고 주장하였다.

금융과 부동산 산업 외에 다른 분야에 스트레스 테스트를 적용한 사례를 살펴보면, 먼저 박성화 외(2020)은 거시경제 변화에 따른 우리나라 해운 및 조선 산업의 안정성에 대한 스트레스 테스트를 실시하였다. 먼저 우리나라 해운, 조선기업의 위험을 분석할 수 있는 지수를 개발하고, 이를 기반으로 퍼스로짓 회귀, 패널회귀, 통합적 접근방식을 활용하여 테스트한 결과 거시경제 충격은 우리나라 해운업과 조선업의 안정성을 크게 훼손할 수 있음을 밝혔다. 다음으로 김희재와 곽동철(2022)은 주성분분석과 다중회귀분석을 활용하여 중소기업의 부실 위험 정도를 나타내는 지수를 개발한 후, 산출한 지수와 다양한 거시경제지표 간 회귀분석을 시행하여 스트레스 테스트를 실시하였다. 2008년의 글로벌 금융위기를 바탕으로 시나리오를 구성하여 테스트를 시행한 결과, 거시경제 충격이 주어졌을 때 중소기업의

위험지수는 상승하며 경기에 민감한 게임서비스업, 임대서비스업, 숙박업, 음식점업 등이 큰 영향을 받을 수 있다고 주장하였다.

본 절에서는 항만의 공급망 리스크 영향 평가에 앞서 대표적인 리스크 관리 기법인 스트레스 테스트의 개념과 해당 개념을 적용한 사례를 검토했다. 이를 바탕으로 제3장에서 선정된 리스크 측정지표 및 항만 운영 판단지표를 활용하여 항만 산업 분야에 스트레스 테스트 기법을 적용하고자 한다.

제2절 공급망 리스크 영향 평가

1. 스트레스 테스트 방법론

본 연구에서는 다양한 스트레스 테스트 방법론 중 일반적인 회귀분석과 분위수 회귀, 로지스틱 회귀모형을 활용하여 민감도 분석을 통해 항만의 공급망 리스크에 대한 스트레스 테스트를 실시한다. 일반적으로 스트레스 테스트는 금융시스템에 대한 거시경제변수의 영향을 측정하기 위해 사용되므로, 기존에 검증된 거시경제 이론을 바탕으로 모형을 구성하는 경우가 많다. 예를 들어, 스트레스 테스트를 활용한 기존 연구에서는 주택시장에 대한 스트레스 테스트를 위해 주택가격의 장기균형 모형 등을 활용하였으며(조만 외, 2013), 가계부채의 연체율 변화를 나타내는 로지스틱 함수를 기반으로 취약성 분석을 진행하였고(홍기석과 최지원, 2018), 기업의 재무 건전성을 테스트하기 위해 Altman의 z-score를 사용(최준성과 노승한, 2023)하는 등의 사례가 있다. 하지만 공급망 리스크가 항만에 미치는 영향에 대해서는 구체적인 이론이 구축되어 있지 않아 독립변수가 종속변수에

미치는 영향을 측정하기 위한 모형을 이론에 기반하여 구축하기 어려운 상황으로, 이러한 상황에 활용하기 적합한 모형을 검토할 필요가 있다.

회귀분석은 통계적으로 독립변수와 종속변수의 관계를 검증하는 방법으로 변수 간 인과관계에 관한 가정만 성립한다면 가장 쉽게 스트레스 테스트를 수행할 수 있는 방법이다.

김희재와 곽동철(2022)이 중소기업의 위험지수를 산출한 뒤, 다중회귀분석을 활용하여 산출한 위험지수와 개별 거시경제 변수 간의 관계를 측정하는 방법으로 스트레스 테스트를 실시한 사례가 있다.

분위수 회귀는 종속변수의 조건부 분위수 값을 측정하는 분석 방법으로, 종속변수의 조건부 분포에 대한 극단 분위수 추정이 가능하다는 장점이 있어 실증분석에 많이 활용되는 방법이다(김명중과 박범조, 2013). 또한, 분위수 회귀는 그 개념 자체가 극단적인 상황의 파급효과에 관심을 두는 스트레스 테스트와 일맥상통하는 면이 있어 가장 간단하게 테스트를 실시할 수 있는 방법이다(최필선과 민인식, 2014). 분위수 회귀를 활용하여 스트레스 테스트를 실시한 사례를 보면 최필선과 민인식(2014)은 95% 분위수 회귀를 활용하여 은행권과 건설업의 스트레스 테스트를 실시하였으며, 일반적인 OLS 회귀 모형의 결과와 분위수 회귀의 결과를 비교 분석함으로써 일반적인 상황과 극단적인 상황에서 각 시스템의 안정성을 비교 분석하여 직관적인 스트레스 테스트 결과를 제시한 바 있다.

다음으로 로지스틱 회귀모형은 종속변수가 이항(binary)변수일 때 사건 발생에 대한 확률을 추정하기 위해 가장 많이 사용하는 모형으로(박성화 외, 2020), 스트레스 테스트에서는 기업의 부실이나 부도 발생과 같은 사건의 확률을 테스트하는데 널리 사용된다. 본 연구에서는 선박 대기 시간이나 장치유과 같은 일부 변수들을 이항형 변수로 변환하여 항만에서 체선이나 장치장 포화 등의 사건이 발생할 확률을 추정하고 안정성에 대한 민

감도 분석을 시행하기 위해 로지스틱 회귀모형을 사용했다.

2. 스트레스 테스트 분석

1) 변수 선정

본 연구의 제3장 제2절에서 항만에 영향을 미치는 공급망 리스크를 대리할 수 있는 측정지표로 항만 혼잡 지수, 자연재해 및 전염병 발생여부, 경제정책 불확실성지수(EPU), 사이버 위협지수, 근로자 1,000명당 근로손실일수, 공급망압력지수(GSCPI) 등 5개의 독립변수가 선정되었으며, 항만의 운영 상태를 판단할 수 있는 판단지표로는 컨테이너 물동량, 선석생산성, 선박 대기 시간, 장치율 등 4개의 종속변수가 선정됐다. <표 4-1>과 <표 4-2>는 영향 분석에 활용되는 변수 정보를 나타낸 것이다.

<표 4-1> 측정지표(X) 변수 정보

구분	항만 혼잡지수 (천TEU)	자연재해 및 전 염병 발생여부	EPU	GSCPI	근로손실일수
시계열 기간	2016.1~202 2.12(84기)	2016.1~202 2.12(84기)	2016.1~20 22.12(84기)	2016.1~202 2.12(84기)	1993~2020 (28기)
형태	등간형	범주형	등간형	등간형	등간형
평균	146.76	0.49	200.24	0.99	62.90
표준편차	2.21	0.05	83.37	1.31	6.94
중앙값	143.39	0.00	183.27	0.50	50.76
최소값	104.65	0.00	71.16	-0.75	19.70
최대값	193.35	1.00	538.18	4.32	141.81

주: 단, 근로손실 일수는 연간 자료임에 따라 별도의 영향 분석 진행 예정
자료: 저자 작성

〈표 4-2〉 판단지표(Y) 변수 정보

구분	부산항물동량 (천TEU)	부산항 선석생산성	부산항 대기 시간	부산항 장치율
시계열 기간	2016.1~2022.1 2(84기)	2016.1~2022.1 2(84기)	2016.1~2022.1 2(84기)	2020.2~2022.6 (29기)
형태	등간형	등간형	등간형	비율형
평균	1788.17	84.50	2.72	77.68
표준편차	118.78	8.63	0.11	4.95
중앙값	1795.76	86.97	2.46	77.71
최소값	1505.06	68.59	1.29	69.79
최대값	2016.80	104.46	5.32	87.87

자료: 저자 작성

공급망 리스크 영향 평가의 경우 항만의 지리적 특징 및 처리하는 화물의 특성 등에 따라 리스크의 영향도가 다르기 때문에 항만별로 리스크 영향 평가를 할 필요가 있다. 다만, 본 연구에서 모든 항만의 개별적인 특징을 고려하여 영향 분석을 진행할 수 없기에 서두인 제1장 연구 범위에서 언급한 바와 같이 부산항을 대상으로 영향을 분석하고자 한다.

독립변수인 항만 혼잡 지수는 영국 조선해운 분석기관인 Clarkson Research에서 제공하는 자료로 항만 적체에 따른 컨테이너 선복량을 나타낸 값을 활용했으며, 자연재해 및 전염병 발생건수는 국가별 재난 상황을 기록한 데이터베이스인 EM-DAT 통계를 활용했다. EPU는 Economic Policy Uncertainty의 데이터를 활용했으며 사이버 위협지수는 Imperva사에서 데이터 및 애플리케이션의 사이버 위협 수준을 측정된 지수를 활용했다. 근로자 1,000명당 근로손실일수는 국제노동기구 ILO 자료를 활용, GSCPI는 뉴욕연방준비은행에서 제공하는 데이터를 활용했다.

종속변수인 부산항 컨테이너 물동량은 해운항만물류정보시스템에서 수집하여 사용하였으며, 부산항 선석생산성 데이터는 IHS Markit의 글로벌

컨테이너 선박의 입출항 정보 데이터를 바탕으로 산정한 값으로, 총 선석
접안시간당 컨테이너 무브수를 나타낸다. 부산항 대기 시간의 경우
AIS(Auto Identification System) 데이터 등을 활용하여 5노트(Wenhao
Peng 외, 2023) 이하의 컨테이너선 기록을 이용하여 컨테이너 부두에 실
제로 정박한 선박의 정박지 대기 시간을 산정한 값이다. 마지막으로 부산
항 장치율의 경우 운영사 및 BPA 내부자료를 활용하였다.

스트레스 테스트는 데이터의 기본 시계열 수집 기간인 월간 단위 기준으
로 진행하되, 독립변수 가운데 ILO의 근로자 1,000명당 근로손실일수는
연간으로 집계 및 발표되는 자료이므로 종속변수 중 연간 데이터가 충분히
확보되는 물동량과의 분석만 추가적으로 진행하였다.

2) 스트레스 테스트 분석 결과

(1) 물동량

항만의 공급망 리스크가 물동량에 미치는 영향을 알아보기 위해 앞서 선
정한 독립변수 항만 혼잡 지수(PCI), 자연재해 및 전염병 발생여부
(DIS_EPI), EPU, 사이버 위협 지수(CTI), 공급망압력지수(GSCPI)를 고려
하였으며, GSCPI는 시차를 고려하여 직전 기의 GSCPI가 현재 물동량에
영향을 준다고 가정하였다. 최종 회귀모형 추정식은 다음 식 (4-1)과 같다.

$$\text{throughput}_t = \beta_1 + \beta_2 \cdot \text{PCI}_t + \beta_3 \cdot \text{DIS_EPI}_t + \beta_4 \cdot \text{EPU}_t + \beta_5 \cdot \text{GSCPI}_{t-1} + \varepsilon_t \quad \dots\dots (\text{식 4-1})$$

위의 식에서 t는 시점을 나타내며 throughput은 부산항 컨테이너 물동
량, PCI는 부산항 항만 혼잡 지수, DIS_EPI는 한국에서 발생한 자연재해
및 전염병 발생 여부를 나타내는 더미 변수, EPU는 세계 경제정책 불확실

성지수, GSCPI는 공급망압력지수를 나타낸다. 일반적인 OLS 회귀와 최악의 10% 확률로 발생 가능한 상황을 가정한 90% 분위수 회귀분석을 실시하여 결과를 비교했다. <표 4-3>는 분석결과를 정리하여 나타낸 것이다.

<표 4-3> 부산항 컨테이너 물동량 회귀분석 결과

구분	OLS 회귀 계수	90% 분위수 회귀 계수
상수항	1396.473*** (105.95)	962.248*** (173.118)
PCI	2.648*** (0.825)	6.374*** (1.281)
DIS_EPI	-27.4698 (33.142)	-97.689* (52.427)
EPU	-0.0165 (0.14)	0.279 (0.265)
GSCPI(t-1)	22.041* (12.574)	-2.321 (19.024)

주: ***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, *: $p < 0.1$, 괄호 안은 표준오차를 의미
자료: 저자 작성

OLS 회귀분석 결과 99% 신뢰수준 하에서 항만 혼잡 지수(PCI), 90% 신뢰수준 하에서 전기의 GSCPI가 유의하게 나타났으며 영향은 양(+)의 방향으로 나타났다. 이는 PCI와 전기의 GSCPI가 상승할 시 부산항 컨테이너 물동량이 상승한다는 의미로 해석할 수 있다. 즉, 부산항의 항만 적체 및 글로벌 공급망 압력이 높아지면 물동량은 증가한다는 것으로 이는 제2장 제2절의 공급망 리스크 사례에서 살펴본 바와 같이 항만의 과부하 현상과 어느 정도 일맥상통한다고 할 수 있다. 다만, 자연재해 및 전염병 발생 여부의 경우 국내의 자연재해 및 전염병이 발생하면 물동량에 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났지만, 통계적 유의성은 90% 분위수 회귀에서만 검증됐다. 또한 90% 분위수 회귀에서도 PCI가 통계적으로 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. 회귀계수를 비교해볼 때 90% 분위수 회귀에서 PCI 영향이 더 상승한 것을 알 수 있다.

다음으로 유의한 요인으로 나타난 PCI 변수에 대해 스트레스 테스트를 실시하고자 시나리오를 구성했다. 시나리오는 기준 시나리오를 바탕으로 하여 역사적 시나리오와 극단적인 예외 상황을 다룬 시나리오로 구성하였으며, 기준 시나리오는 PCI의 평균값을 활용했다. 역사적 시나리오 설정을 위해 과거 데이터를 분석하여 분석 대상 기간 중 가장 큰 폭의 상승을 기록했던 시점의 등락폭을 고려하였으며, PCI의 경우 2018년 8월에서 9월 사이 20.7% 상승(124.1→149.7)한 경우를 고려하였다. 극단적인 예외 상황의 충격은 이때까지 한 번도 발생한 적 없는 충격을 가정하는 것으로 2018년 8월과 9월 사이 증가세인 20.7% 보다 높은 30% 수준을 가정했다. 기준 시나리오에서 두 가지 시나리오가 발생했을 때 부산항 컨테이너 물동량의 변화를 계산하여 민감도를 분석한 결과는 <표 4-4>와 같다.

결과를 살펴보면, PCI가 역사적 시나리오에 따라 20.7% 상승 충격이 발생하면 OLS 회귀 모형에서는 물동량이 4.5% 증가하며, 최악의 10% 확률에서는 전기 대비 물동량이 10.2%까지 상승한다는 점을 보여준다. 예상외 충격인 PCI 30% 상승의 경우에는 분위수 회귀에서 물동량이 전기 대비 14.8%까지 상승할 수 있는 것으로 나타났다. 다만 물동량의 14.8% 상승은 통상 항만 운영에 영향을 큰 영향을 미칠 정도의 충격은 아니기 때문에 PCI가 항만 물동량에 미치는 영향은 거의 미미하다고 할 수 있다.

<표 4-4> 부산항 컨테이너 물동량 스트레스 테스트 결과

구분		OLS 회귀	90% 분위수 회귀
PCI	역사적 시나리오 (20.7% ↑)	4.5% ↑	10.2% ↑
	예상 외 충격 (30% ↑)	6.5% ↑	14.8% ↑

자료: 저자 작성

추가적으로 물동량 변수에 대해서는 연도별 데이터가 충분히 수집 가능함에 따라 연도별 통계만을 제공하는 근로자 1,000명당 근로손실일수가 컨테이너 물동량에 미치는 영향을 알아보기 위해 2016년부 집계된 PCI 지수를 제외하고 모형을 설정하였으며 수식은 (식 4-2)와 같다.

$$throughput_t = \beta_1 + \beta_2 \cdot ILO_t + \beta_3 \cdot DIS_EPI_t + \beta_4 \cdot EPU_t + \beta_5 \cdot GSCPI_{t-1} + \varepsilon_t \dots\dots (식 4-2)$$

위의 식에서 ILO은 근로자 1,000명당 근로손실일수를 나타내며, 나머지는 (식 4-1)과 동일하다. 연도별 자료를 활용함에 따라 데이터 수가 부족하여 일반적인 OLS 회귀분석만을 실시하였으며 결과는 <표 4-5>와 같다.

<표 4-5> 부산항 컨테이너 물동량 회귀분석 결과(연도별 분석)

구분	OLS 회귀 계수
상수항	12920.09*** (2997.937)
ILO	-83.922*** (24.149)
DIS_EPI	871.728 (1602.585)
EPU	44.705 (15.749)
GSCPI(t-1)	112.556 (2298.382)

주: ***: p<0.01, **: p<0.05, *: p<0.1, 괄호 안은 표준오차를 의미

자료: 저자 작성

OLS 회귀분석 결과 95% 신뢰수준 하에서 근로손실일수가 통계적으로 유의한 영향을 보이며, 영향은 음(-)의 방향으로 나타났다. 이는 근로자의 파업 등으로 인해 근로손실일수가 감소할수록 물동량은 감소한다는 의미로 어느 정도 예상 가능한 결과로 나타났다. 다만, 계수의 크기가 앞선 물동량

회귀분석 결과인 <표 4-3>과 비교하면 크게 나타나는데, 이는 근로손실일수가 항만물류 산업뿐만 아니라 전 산업의 근로손실일수가 포함됨에 따라 과대하게 영향을 미치는 것이 원인일 것으로 판단된다. 따라서 '노동자 파업 및 태업'이 항만 운영에 미치는 영향을 살펴보기 위해서는 항만물류 산업에 한정된 근로손실일수 등 추가적인 측정지표를 발굴할 필요가 있다.

(2) 선석생산성

항만의 공급망 리스크가 선석생산성에 미치는 영향을 알아보기 위해 앞서 물동량과 유사하게 모형을 설정하였으며 수식은 (식 4-3)와 같다.

$$BMPH_t = \beta_1 + \beta_2 \cdot PCI_t + \beta_3 \cdot DIS_EPI_t + \beta_4 \cdot EPU_t + \beta_5 \cdot GSCPI_{t-1} + \varepsilon_t \quad \dots\dots (식 4-3)$$

위 식에서 BMPH(Berth Move Per Hours)는 부산항의 선석생산성이며, 나머지는 물동량 분석과 동일하다. <표 4-6>는 OLS 회귀와 90% 분위수 회귀분석의 결과를 정리하여 나타낸 것이다.

<표 4-6> 부산항 선석생산성 회귀분석 결과

구분	OLS 회귀 계수	90% 분위수 회귀 계수
상수항	106.063*** (0.682)	130.627*** (10.743)
PCI	-0.098** (0.045)	-0.187** (0.074)
DIS_EPI	-7.072*** (1.799)	-5.758* (2.921)
EPU	-0.011 (0.008)	-0.029* (0.017)
GSCPI(t-1)	-1.503** (0.682)	-2.354*** (0.697)

주: ***: p<0.01, **: p<0.05, *: p<0.1, 괄호 안은 표준오차를 의미

자료: 저자 작성

일반적인 OLS 회귀결과 신뢰수준 95%에서 PCI, 자연재해 및 전염병 여부, GSCPI가 영향을 주는 것으로 나타났으며, 90% 분위수 회귀에서는 신뢰수준 90%에서 모든 변수가 통계적으로 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. 모든 변수에 대해 선석생산성은 음(-)의 방향으로 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 항만 혼잡 지수, 글로벌 공급망 지수의 상승이 선석생산성의 하락을 유발하는 요인임을 알 수 있다. 또한 자연재해 및 전염병 발생 시에도 선석생산성이 하락하는 것으로 나타났다.

다음으로 두 회귀모형에서 모두 유의한 요인으로 나타난 연속형 변수인 PCI와 GSCPI 충격에 따른 선석생산성 변화를 알아보기 위해 시나리오를 설정했다. PCI 시나리오는 물동량과 동일하며, GSCPI의 경우 지수이기 때문에 등락의 폭이 큰 편이다. GSCPI의 기준 시나리오는 코로나 이전 평균 값인 0.08로 설정하였으며, 역사적 시나리오의 경우 2020년 1월에서 2020년 2월 사이의 2,352% 상승(약 0.04 → 약 1.10)을 가정했다. 극단적인 충격은 가장 높은 값을 기록했던 2021년 12월의 4.32보다 높은 6,000% 상승(약 4.88)을 가정하였으며 이에 따른 스트레스 테스트 결과는 <표 4-7>과 같다.

분석 결과, PCI가 역사적 시나리오에 따라 20.7% 상승하면 부산항 선석생산성은 OLS 회귀모형에서는 3.3% 하락, 최악의 10% 확률하에서는 전기 대비 5.5% 하락하였다. PCI가 30% 상승하는 예상 외 충격 시나리오에서는 10% 확률로 전기 대비 최대 8.0% 선석생산성이 감소할 것으로 예상된다. GSCPI의 경우도 역사적 시나리오 발생 시 최대 전기 대비 3.4% 선석생산성이 감소할 수 있으며, 예상 외 충격이 발생하게 되면 8.7%까지 하락할 수 있는 것으로 나타났다. PCI와 GSCPI 충격이 함께 발생하면 최악의 10% 확률에서 선석생산성이 전기 대비 19.0% 감소할 수 있는데, 이는 역대 최대 전기 대비 감소폭인 10.4%보다 8.6%p 큰 값으로, 두 공급망 리스크 요인은 항만의 대표적인 서비스 평가지수인 선석생산성에 큰 영향을

미친다고 할 수 있다.

〈표 4-7〉 부산항 선석생산성 스트레스 테스트 결과

구분		OLS 회귀	90% 분위수 회귀
PCI	역사적 시나리오 (20.7% ↑)	3.3% ↓	5.5% ↓
	예상 외 충격 (30.0% ↑)	4.7% ↓	8.0% ↓
GSCPI	역사적 시나리오 (2,352% ↑)	2.7% ↓	3.4% ↓
	예상 외 충격 (6,000% ↑)	6.8% ↓	8.7% ↓
복합	역사적 시나리오 (PCI 20.7% ↑, GSCPI 2,352% ↑)	6.3% ↓	9.8% ↓
	예상 외 충격 (PCI 30.0% ↑, GSCPI 6,000% ↑)	12.6% ↓	19.0% ↓

자료: 저자 작성

추가적으로 선석생산성 관리에 대한 시사점을 도출하기 위해 생산성 데이터를 이항형 변수로 변환하여 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 측정 기간의 선석생산성 평균은 84.5로 측정되는데, 이를 반영하여 생산성이 84.0 미만일 경우를 생산성 저하 상황으로 판단하여 분석을 진행하였다. 〈표 4-8〉은 로지스틱 회귀 결과를 나타낸 것이다.

〈표 4-8〉 부산항 선석생산성 로지스틱 회귀 분석 결과

구분	로지스틱 회귀 계수
상수항	-1.932*** (0.315)
PCI	0.007*** (0.002)
DIS_EPI	0.332*** (0.099)
EPU	0.000 (0.000)
GSCPI(t-1)	0.106*** (0.037)

주: ***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, *: $p < 0.1$, 괄호 안은 표준오차를 의미

자료: 저자 작성

로지스틱 회귀 분석 결과 통계적 유의성에 대해서는 OLS 회귀와 동일하게 나타났다. 이는 PCI와 자연재해 및 전염병 여부, GSCPI가 상승할수록 부산항 선석생산성이 저하 상태에 있기 쉽다는 것을 의미한다. 구체적으로 GSCPI가 1이 상승하면 선석생산성 저하 상태가 될 확률이 11.0% 증가한다는 의미로 해석할 수 있다. 또한, 자연재해 및 감염병이 발생하면 선석생산성이 저하 상태가 될 확률이 38.0% 증가한다는 의미로 해석할 수 있다.

(3) 선박 대기 시간

컨테이너 선박의 대기 시간에 대한 분석도 앞선 분석과 동일하게 진행되었으며 수식은 (식 4-4)과 같다.

$$WT_t = \beta_1 + \beta_2 \cdot PCI_t + \beta_3 \cdot DIS_EPI_t + \beta_4 \cdot EPU_t + \beta_5 \cdot GSCPI_{t-1} + \varepsilon_t \quad \dots\dots (식 4-4)$$

이때, WT는 부산항 컨테이너 선박의 대기 시간을 나타내며, 나머지는 위의 분석과 동일하며 회귀분석 결과는 <표 4-9>와 같다. OLS 회귀분석 결과 신뢰수준 90%에서 PCI가 유의하게 나타났으며 영향은 양(+)의 방향으로 나타났다. 이는 PCI, 즉 항만 혼잡 지수가 증가하면 컨테이너 선박의 대기 시간이 증가한다는 것이므로 이는 예상할 수 있는 결과이다. 분위수 회귀에서도 PCI는 양(+)의 영향을 미치나 통계적으로 유의한 결과를 나타내지는 못했다. 앞서 항만 운영 상태를 나타내는 판단지표인 물동량과 선석생산성 결과와 달리 유의한 영향을 미치는 독립변수의 영향 크기와 수가 적게 나타난 이유를 살펴보면, 선박 대기 시간을 정박지에 머문 시간으로 산정함에 따라 실제 항만의 혼잡이 발생했을 시 정박지 외 항계선 내외부 등에서 대기하는 선박들은 고려되지 않아 혼잡의 영향도가 과소하게 반영된 것이 원인일 수도 있다.

〈표 4-9〉 부산항 선박 대기 시간 회귀분석 결과

구분	OLS 회귀 계수	90% 분위수 회귀 계수
상수항	1.153 (1.007)	1.717 (2.043)
PCI	0.014* (0.008)	0.021 (0.016)
DIS_EPI	-0.202 (0.315)	-0.666 (0.58)
EPU	-0.002 (0.001)	-0.001 (0.004)
GSCPI(t-1)	0.138 (0.119)	0.243 (0.207)

주: ***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, *: $p < 0.1$, 괄호 안은 표준오차를 의미
자료: 저자 작성

다음으로 OLS 회귀에서 유의미한 요인으로 나타난 PCI에 대해 스트레스 테스트를 실시하기 위해 시나리오를 구성했다. 시나리오는 물동량에서 설정한 시나리오와 동일하며 결과는 〈표 4-10〉과 같이 나타났다. 테스트 결과 PCI가 20.7% 증가하는 시나리오 가정 시 부산항 컨테이너 선박의 대기 시간은 4.5% 증가하며, 예상 외 충격인 30% 증가를 가정하면 선박 대기 시간이 전기 대비 6.5% 증가하는 것으로 나타났다.

〈표 4-10〉 부산항 선박 대기 시간 스트레스 테스트 결과

구분		OLS 회귀
PCI	역사적 시나리오(20.7% ↑)	4.5% ↑
	예상 외 충격(30% ↑)	6.5% ↑

자료: 저자 작성

(4) 장치율

항만의 공급망 리스크가 항만 장치율에 미치는 영향 분석도 앞선 분석과 동일한 형태로 진행되나, 데이터의 기간이 29기로 다른 데이터에 비해 짧

아 다른 독립변수의 데이터도 해당 기간의 데이터 일부만 활용하였으며, 자연재해 및 전염병 여부도 해당 기간 모두 코로나19 영향으로 같은 값을 가지면서 제외하여 분석을 시행했다.

$$occupancy_t = \beta_1 + \beta_2 \cdot PCI_t + \beta_3 \cdot EPU_t + \beta_4 \cdot GSCPI_{t-1} + \varepsilon_t \dots\dots (\text{식 4-5})$$

위 (식 4-5)에서 occupancy는 부산항 장치율을 나타내며, 나머지는 앞선 분석과 동일하다. <표 4-11>은 장치율에 대한 OLS 회귀와 90% 분위수 회귀분석의 결과를 정리하여 나타낸 것이다.

<표 4-11> 부산항 장치율 회귀분석 결과

구분	OLS 회귀 계수	90% 분위수 회귀 계수
상수항	37.339*** (6.182)	47.722*** (9.113)
PCI	0.169*** (0.035)	0.12** (0.046)
EPU	0.018** (0.008)	0.018 (0.018)
GSCPI(t-1)	3.531*** (0.42)	3.43*** (0.638)

주: ***: p<0.01, **: p<0.05, *: p<0.1, 괄호 안은 표준오차를 의미
자료: 저자 작성

결과를 살펴보면, 신뢰수준 95%의 OLS 회귀분석에서는 모든 변수가 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 분위수 회귀에서는 EPU를 제외한 PCI와 전기의 GSCPI만이 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 변수의 영향 방향을 살펴보면 모두 양(+)의 방향으로 영향을 주어 각 공급망 리스크 지표가 상승하면 장치율이 상승하는 것으로 나타났다. 즉, 항만 혼잡 지수, 경제불확실성 지수, 전기의 공급망 압력 지

수가 상승하면 부산항 장치율이 증가한다는 의미로 분석의 결과가 어느 정도 합리적이라고 할 수 있다.

다음으로 유의한 요인으로 나타난 PCI, GSCPI 충격에 따른 장치율의 변화를 테스트해 보았다. 시나리오에 앞선 물동량 테스트 결과와 같이 두 가지 시나리오로 구성하였으며, 기준 시나리오는 분석 기간의 해당 변수 평균값을 활용했다. 역사적 시나리오의 경우 해당 기간 가장 높은 값이 평균 대비 얼마나 증가했는지에 따라 설정했다. PCI의 경우 분석 기간에 가장 큰 값을 나타낸 시기는 2021년 10월의 193.4이며 이는 평균 165.3 대비 17.0% 증가한 수치이다. GSCPI의 경우는 2021년 12월 4.32로 가장 높았으며 이는 평균 대비 75.1% 증가한 값으로, 해당 증가폭을 역사적 시나리오의 기준으로 설정했다. 극단적인 상황을 가정하기 위해서 PCI는 전기 대비 20%, GSCPI는 80% 상승을 가정하여 테스트한 결과가 <표 4-12>와 같다. 분석 결과를 살펴보면, PCI가 17.0% 상승하면 장치율은 전기 대비 7.3% 증가할 수 있으며 20% 상승 충격이 발생하면, 전기 대비 최대 8.6%까지 증가할 수 있다는 것을 알 수 있다. GSCPI의 경우는 PCI 보다 영향의 크기가 크게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 두 변수 충격이 복합적으로 작용할 때 장치율에 최대의 영향을 주며, 최악의 시나리오 가정 시(PCI 75.1% 증가, GSCPI 80% 증가) 장치율은 전기 대비 최대 17.0% 증가할 수 있는 것으로 나타났다.

<표 4-12> 부산항 장치율 스트레스 테스트 결과

구분		OLS 회귀	90% 분위수 회귀
PCI	역사적 시나리오(17.0% ↑)	7.3% ↑	5.0% ↑
	예상 외 충격(20.0% ↑)	8.6% ↑	5.9% ↑
GSCPI	역사적 시나리오(75.1% ↑)	14.2% ↑	11.3% ↑
	예상 외 충격(80.0% ↑)	15.1% ↑	12.1% ↑
복합	역사적 시나리오 (PCI 17.0% ↑, GSCPI 75.1% ↑)	15.3% ↑	12.8% ↑

구분	OLS 회귀	90% 분위수 회귀
예상 외 충격 (PCI 20.0% ↑, GSCPI 80% ↑)	17.0% ↑	14.1% ↑

자료: 저자 작성

마지막으로 포화 상태에 대한 시사점을 도출하기 위해 로지스틱 회귀 분석을 실시했다. 장치율은 일반적으로 80%를 넘으면 포화상태로 간주하게 되는데, 장치율이 80% 미만인 경우를 정상 상태로 간주하여 0으로 변환하고, 80% 이상인 경우를 포화 상태로 간주하여 1로 변환하여 분석을 진행했다. <표 4-13>은 로지스틱 회귀 결과를 나타낸 것이다. 분석 결과를 살펴보면, OLS 회귀와 마찬가지로 PCI와 전기의 GSCPI가 신뢰수준 99%에서 통계적으로 유의하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 다만 PCI의 영향은 거의 미미한 것으로 나타났으며 전기의 GSCPI의 경우 1이 상승하면 장치율 포화상태(80% 이상)일 확률이 약 30.5% 증가한다는 것을 알 수 있다.

<표 4-13> 부산항 장치율 로지스틱 회귀 분석 결과

구분	로지스틱 회귀 계수
상수항	-3.512*** (0.841)
PCI	0.018*** (0.005)
EPU	0.001 (0.001)
GSCPI(t-1)	0.266*** (0.266)

주: ***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, *: $p < 0.1$, 괄호 안은 표준오차를 의미

자료: 저자 작성

제3절 소결

제4장에서는 제3장에서 선정된 항만의 공급망 리스크를 대리할 수 있는 측정지표와 항만의 운영 상태를 판단할 수 있는 판단지표를 활용하여 리스크 영향 분석을 진행했다. 이를 위해 대표적인 리스크 관리기법인 스트레스 테스트 기법의 개념과 활용 사례 등을 검토하여 항만 분야에 적용할 수 있는지 살펴보았다. 스트레스 테스트 방법론에는 많은 통계적 기법이 있으나 기존에 검증된 거시경제 이론 등을 방법론에 적용하는 경우가 많은데, 항만의 공급망 리스크가 항만에 미치는 영향에 대해서는 구체적인 이론이 구축되어 있지 않아 이러한 상황에 활용하기 적합한 회귀분석을 사용했다. 회귀분석 중에서도 일반적인 OLS 회귀와 극단 분위수 추정이 가능한 분위수 회귀, 종속변수의 이항 변환을 통한 로지스틱 회귀분석을 진행했다.

항만의 공급망 리스크가 항만에 미치는 영향을 분석하기 위해 네가지 변수인 물동량, 선석생산성, 선박 대기 시간, 장치율을 판단지표로 설정하였으며, 리스크 측정지표로는 항만 혼잡 지수(PCI), 자연재해 및 전염병 여부, 경제정책 불확실성 지수(EPU), 근로자 1,000명당 근로손실일수, GSCPI의 다섯 가지 변수를 활용하여 스트레스 테스트를 실시했다.

회귀분석을 활용한 스트레스 테스트 결과, ‘운송 네트워크 혼잡 및 중단’ 리스크의 측정 변수인 PCI 변수가 모든 평가지표에 영향을 미치는 것으로 나타났다. PCI의 상승은 물동량의 증가, 선석생산성의 하락, 장치율의 상승, 선박 대기 시간 증가 등을 유발하여 항만 운영에 전체적인 효율성을 저하시키는 것으로 나타났다.

‘자연재해 및 전염병’ 리스크 측정변수인 자연재해 및 전염병 여부는 선석생산성에 대해서만 통계적 유의성이 확인되었으며, 자연재해 및 전염병

이 발생한 시기에는 선석생산성이 하락하는 것으로 나타났다.

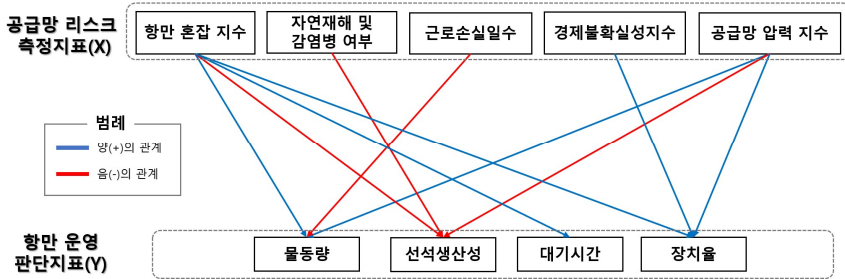
‘사회적·정치적 불안’ 리스크 측정지표인 EPU는 장치율에 대해서만 통계적 유의성이 나타났으며, EPU가 증가하는 경우 장치율이 상승하는 방향으로 영향을 미쳤다.

‘노동자 파업 및 태업’ 리스크 측정지표인 근로손실일수는 연도별 데이터에 따라 물동량에 대해서만 별도로 영향 분석을 진행하였으며, 그 결과 근로손실일수가 증가할수록 물동량이 감소하는 것으로 통계적 유의성이 검증되었다. 그러나 해당 측정변수의 영향력이 과대하게 추정됨에 따라 향후 항만산업 분야의 ‘노동자 파업 및 태업’을 적절하게 대리할 수 있는 추가 지표 선정이 필요할 것으로 보인다.

마지막으로 해당 공급망 리스크를 종합적으로 측정할 수 있는 변수인 GSCPI가 증가하면 물동량 증가, 선석생산성 하락, 대기 시간 증가, 장치율 증가 등 항만의 운영 효율성을 저하시키는 것으로 나타났으나 통계적인 유의성이 확인된 경우는 선석생산성과 장치율뿐이었다.

로지스틱 회귀를 통한 스트레스 테스트 결과는 항만 운영에서 PCI, 자연재해 및 감염병 여부, GSCPI의 상승이 선석생산성이 저하 상태일 확률을 증가시키는 것으로 나타났다. PCI, GSCPI는 추가적으로 장치율이 포화 상태에 놓일 확률 역시 크게 증가시키는 것으로 나타났다. 이와 같이 리스크 측정지표와 항만 운영의 판단지표 간의 영향 관계도를 나타내면 <그림 4-1>과 같다.

〈그림 4-1〉 측정지표와 판단지표간 영향 관계도



자료: 저자 작성

본 연구의 분석 결과는 대부분 사전 예상과 일치하는 방향으로 나타났다. 항만 혼잡 지수와 공급망 압력 지수의 증가는 물동량 증가를 유발하여, 선석생산성 감소와 장치율 상승으로 이어진다. 자연재해 및 감염병이 발생하게 되면 물동량이 감소하며, 선석 작업의 어려움으로 생산성 또한 감소한다. 즉, 측정지표와 판단지표 간의 연결성은 어느 정도 확인되었다고 할 수 있다. 일부 통계적 유의성이 확보되지 못한 것이 본 연구의 명확한 한계점이나 이는 공급망 리스크와 관련하여 가용할 데이터의 수가 부족한 것과 관련이 있을 가능성이 크다. 경제 및 공급망 관련 전문가를 대상으로 리스크 측정지표를 선정하였으나 공급망 리스크와 관련해서는 최근에서야 이슈가 크게 부각됨에 따라 이를 적절하게 대리할 수 있는 지표가 부족한 시점이며, 지표가 존재하더라도 시계열분석을 위한 충분한 데이터의 수가 확보되지 못한 경우가 있었다. 따라서 본 연구에서 설정한 측정지표와 판단지표를 장기적으로 모니터링하여 더 많은 데이터를 수집하고, 이 외 추가적인 리스크 측정지표 등을 발굴하여 스트레스 테스트를 실시할 필요가 있다. 추가적으로 향후 물동량, 선석생산성, 장치율 등의 개별 판단지표가 아닌 항만의 운영 상태를 종합적으로 판단할 수 있는 지표 생성 등을 통해 공급망 리스크에 따른 항만의 영향을 지속적으로 모니터링을 하면 효과적인 리스크 관리가 가능할 것이다.

05

항만의 공급망 리스크 대응방안

제5장에서는 제2장에서 살펴본 공급망 사례에 대한 항만의 대응방안의 한계점 및 제4장에서 도출된 분석결과를 토대로 공급망 리스크 발생 시 항만 운영 영향을 최소화시킬 수 있는 대응방안을 마련하고자 한다. 이때, 대응방안은 본 연구의 범위인 부산항 컨테이너 화물(항만) 관점에서 도출되었으나, 전국 항만에 적용할 수 있도록 확장성을 고려하여 제시했다. 또한 크게 인프라 및 투자 관련 대응방안과 제도 및 운영 관련 대응방안으로 구분하여 제시했다.

제1절 인프라 및 투자 관련 대응방안

1. 컨테이너 본선 작업 외 공간의 외부 배치

앞서 제5장 제1절에서 살펴본 리스크 대응 사례에서 알 수 있듯이, 코로나19 팬데믹 등에 따른 항만 폐쇄, 화물연대 파업 등 공급망 혼란이 발생하면 항만에서 야기되는 문제는 결국은 공간의 문제로 귀결된다. 화물을 보

관할 수 있는 공간 부족에 따라서 생산성과 효율성이 저하되고, 항만 운영에 심각한 차질이 발생한다. 이에 운영사, 선사 등 다양한 이해관계자를 인터뷰하고 사례를 분석한 결과, 현재 터미널 내부에 있는 재유통 공컨테이너 장치공간, 수리·세척 등 재유통 공컨테이너 관련 시설과 검·방역, 세관 시설 등을 외부에 조성하여 터미널의 화물 수용 능력을 강화할 수 있다면 적절한 대안이 될 수 있을 것이다. 즉, 위기 상황에서 활용할 수 있는 적절한 화물 보관 공간만 확보될 수 있다면 다양한 공급망 위기로 초래되는 항만의 문제를 어느 정도는 완화할 수 있을 것이다.

다만, 제2장 제3절에서 한계점으로 서술한 바와 같이, 적절한 화물 보관 공간을 확보하기 위해서는 현실적으로 해결해야 하는 다양한 쟁점이 있다. 부산항 신항 운영사 관계자에 따르면, 터미널에 장치되어있는 컨테이너 중 40~50%는 공컨테이너이다. 이 중 모선과 연계되어있는 공컨테이너는 20% 정도이고, 나머지 20~30% 정도는 재유통 공컨테이너로 외부 장치장에 보관하는 것이 터미널 운영의 관점에서는 효율적이다. 부산항이라는 공간을 한정하여 생각해보면 외부 공컨테이너 장치장 조성을 위한 부지확보가 쉽지 않고, 조성 비용, 셔틀 비용, 운영비용, 다수의 수리·세척업체 난립 등 이해관계의 충돌 문제처럼 단기적으로 해결이 어려운 쟁점이 다수 존재한다.

따라서, 진해신항 등 장래 개발 예정인 항만과 연계한 중·장기적인 계획을 수립하여 추진할 필요가 있다. 외부 공간 확보의 필요성을 검토하고, 장래 물동량 전망치를 통해 재유통 공컨테이너의 수요를 예측하여 필요한 부지의 규모를 산정해야 한다. 적절한 부지확보를 위해 해양수산부와 창원시가 협의하여 추진하되, 부산항만공사, 터미널 운영사, 주요 선사 등의 의견수렴을 통하여 최적의 입지를 결정해야 한다. 이러한 일련의 과정을 통하여 합리적인 방안을 마련하기 위해서는 정부, 지자체, 부산항만공사, 터미널 운영사, 선사, 연구기관 등으로 구성된 협의체를 구성하고 지속적으로

쟁점을 도출하고 해소방안을 검토할 필요가 있다.

핵심 쟁점은 조성비용의 조달, 운영주체, 운영비용 등이 될 것으로 생각된다. 외부 공간 마련의 목적은 부산항의 공급망 리스크 대응력을 강화하여 항만의 경쟁력을 한층 높이는 데 있다. 또한, 이러한 항만의 경쟁력 강화를 통하여 터미널 운영사는 수익의 증대를 기대할 수 있고, 선사의 경우 선대 운용의 안정성과 정시성 확보를 기대할 수 있다. 즉, 항만경쟁력 향상이라는 공공 목적과 민간 분야의 수익, 안정성 향상 목적을 동시에 가지고 있다.

따라서, 공공에서는 시설을 공급하고, 민간에서는 시설 활용에 따라 기대할 수 있는 개선 수익의 일부를 이용료로 지불하는 형태가 가장 적절할 것이다. 큰 틀에서 지자체는 부지를 제공하고, 해양수산부는 도로 등 공공시설을 설치하고, 부산항만공사 또는 부산항 시설관리센터가 시설의 운영·유지보수를 수행하고, 터미널 운영사와 선사는 공컨테이너 셔틀에 필요한 비용을 적절히 분담하는 방안이 적절할 것이다.

2. 내부 ITT 통로를 고려한 항만 개발

부산항 신항의 경우 다목적 부두를 포함하여 총 7개의 컨테이너 부두가 있으며, 부두별 운영사는 모두 다르다. 이러한 다수의 운영사 체제로 인해 부산항에서는 타 부두 환적이 많이 발생하는데, 특히 부산항 신항의 경우 2022년 기준 환적화물의 비중은 총 컨테이너 물동량의 약 60.8%에 달한다.⁴³⁾ 얼라이언스의 선대가 대형화되고, 선박 대형화에 따라 배 한 척당 평균 하역 물동량이 증가하여 단일 부두에서 환적화물을 수용하기 어렵다. 따라서, 외부트럭을 통한 타 부두 환적이 빈번하게 발생하고, 추가적인 비

43) 해운항만물류정보시스템(검색일 : 2023.03.15.)

용과 시간 등이 소요된다. 이에 부산항은 부두 간 환적화물 이송의 효율성을 높이기 위해 부두 간 펜스를 철거하고 부두 내 ITT 내부 통로를 만들었다. 그러나 해당 통로는 부두 내 작업동선 방해 및 안전사고 책임 문제 등으로 평상시에는 사용이 제한되어 있으며, 야간이나 비상시 등에만 활용하고 있다.

〈그림 5-1〉 부산항 ITT 내부통로 현황



자료: 국제신문(2022.06.20.), <http://www.kookje.co.kr/news2011/asp/newsbody.asp?code=0200&key=20220621.22012005218>(검색일 : 2023.09.25.)

다만, 앞서 제2장 제3절에서 살펴봤듯이 화물연대 파업 당시 부산항만공사는 ITT 내부 통행로를 24시간 운영체제로 전환했다. 화물연대 파업 당시(‘22.06.07~06.15) 해당 ITT 도로를 이용해 처리한 컨테이너는 총 6만 8천 개로 신항 컨테이너 총 수용 능력의 약 20%를 항만 내에서 처리하였다.⁴⁴⁾ 이를 통해 컨테이너 야드 공간의 포화를 피하는 등 비상사태에도 불구하고 안정적인 항만 운영을 진행하여 부산항의 경쟁력을 유지시킨 바 있다. 해당 사례를 통하여, 부산항 신항 ITT 내부 통로의 상시 개방의 필요성은 충분히 입증되었다 할 수 있다. 그러나 이러한 이점에도 불구하고 ITT 내부 통로를 상시개방 하지 않았던 이유는 운영사의 작업 공간 부족 문제

44) 국제신문(2022.06.20.), <http://www.kookje.co.kr/news2011/asp/newsbody.asp?code=0200&key=20220621.22012005218>(검색일 : 2023.09.25.)

와 더불어 부두 간 화물 운송 시 발생할 수 있는 안전사고에 대한 책임 문제 및 이에 수반되는 안전 관련 비용 때문이다. 이와 관련하여 운영사, 항만공사, 선사 등 다양한 이해관계자들과 인터뷰를 한 결과, 책임과 비용 부담에 대한 이해관계의 충돌 등으로 부산항 신항에 대해서는 현행과 같이 비상시에 작동할 수 있는 시스템을 유지하는 것이 적절하다는 의견을 확인하였다. 다만, 진해신항 등 향후 공급되는 부두에 대해서는 부두 간 내부 ITT 통로를 고려한 항만 개발이 필요할 것으로 판단된다. 부두 레이아웃 설계를 통해 부두 간 이동 공간을 사전에 고려하고, 안전사고에 대한 문제 등 쟁점사항에 대해서도 이해관계자 간 협의를 통해 부두 개발이 추진될 필요가 있다.

내부 ITT 통로를 고려한 항만 개발이 진행된다면, 화물연대 파업 등 화물 게이트가 폐쇄되어 항만 운영에 차질이 발생하더라도 항만의 공간을 유용하게 활용할 수 있을 것이다. 또한 부수적인 효과로 육상 도로를 통한 ITT 운송 비율이 감소하여 육상운송비용 및 도로 혼잡·파손, 환경오염 등 사회적 비용이 크게 감소할 것으로 기대된다. 육상 ITT에 따른 비용은 크게 직접 비용인 운송 비용과 간접 비용인 사회적 비용으로 구분되며, 사회적 비용은 육상도로파손비용, 교통사고비용, 대기오염비용, 육상소음비용 등으로 산정된다. 해당 비용을 고려하면, 진해신항 간 타 부두 환적에 따른 육상 ITT 운송비용은 2022년 기준 TEU당 37,569원 수준이다.

〈표 5-1〉 진해신항 육상 ITT 운송비용 산정(2022년 기준)

구분	비용(원/TEU)	산정 방식
운송비용	29,892	• 2022년 신항 ITT 육상 운송 비용(하역료 포함)을 참고
도로파손	3,267	• $BOX \times \text{화물차도로유지보수비용(원/1대-1회)} \times (1 + \text{공차율})$
교통사고	555	• $BOX \times \text{운송거리} \times \text{교통사고발생비용(대-km)} \times \text{교통사고비용원단위} \times (1 + \text{공차율})$
대기오염	3,301	• $BOX \times \text{운송거리} \times \text{운송거리당화물차대기오염비용} \times (1 + \text{공차율})$

구분	비용(원/TEU)	산정 방식
소음비용	554	• 운송거리×소음비용원단위(원/dB-km-년)×소음크기(dB)×화물차기여비율
합계		37,569

주: 진해신항 간 거리는 13km로 고려하였으며, 소비자물가지수 등을 고려하여 2022년 가격으로 산정
 자료: BPA 내부자료, 한국지방세연구원(2018), 항만지역 화물차량이 야기하는 외부불경제 내부화 방안; 한국개발연구원(2021), 예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구의 내용을 바탕으로 저자 재정리

개략적인 비용 절감 효과를 검토하기 위해 KMI의 부산항 환적 물동량 전망치를 활용하여 장래 ITT 물동량을 전망했다. 부산항 전체 환적 물동량에 ‘신항↔신항’간 육상 ITT 물동량의 최근 6년간 가중 평균값(19.6%)을 적용하여 장래 ITT 물동량을 산정했다. 그 결과 2035년 기준 179만 1천 TEU를 기록할 것으로 전망된다. 이 중 진해신항에서 발생할 것으로 예상되는 ITT 물동량을 산정하기 위해 진해신항이 부산항 신항과 같은 다수의 운영체제로 운영된다고 가정하였으며, 2035년 기준 진해신항과 부산항 신항 하역능력의 상대적 비중(30%)을 고려했다. 그 결과, 진해신항에서의 ITT 물동량은 약 54만 TEU를 기록할 것으로 전망된다. 이때, 육상 ITT 물동량이 내부 ITT 통로에 따른 운송으로 전환된다면 직접비용인 운송비용 절감효과는 약 161억 원, 간접비용인 사회적 비용 절감효과는 약 41억 원으로 전망된다.

이러한 직접비용인 운송 비용 절감 효과는 선사의 국내 항만 선택 요인으로 작용되어 물동량 증대 효과를 가져올 수 있으며, 이는 터미널 운송사의 수입 증대로도 이어지기 때문에 장기적인 관점에서 내부 ITT 도로를 고려한 부두 설계의 이점을 고려할 필요가 있다.

〈표 5-2〉 부산항 ITT 물동량 전망

단위: 천 TEU, %

구분	2022	2025	2030	2035
부산항 환적 물동량	5,881	6,854	8,151	9,153
신항↔신항	1,542	1,341	1,595	1,791
부산신항 간	396	556	1,396	1,254
진해신항 간	-	-	199	537

주: 1) 2022년은 실적치이며, Port-Mis 부산항 환적 물동량의 경우 각 부두별로 집계된 수치의 합으로 실제 물동량은 총 환적 물동량의 절반임에 따라 환적 물동량 예측치의 절반 값을 적용함

2) 부산신항과 진해신항 ITT 물동량은 고려하지 않음

자료: KMI, 2022년 품목별 항만물동량 예측보고서.

1. 해외 핵심 거점 항만 개발 및 투자 확대

세계의 공장이라 불리던 중국은 최근 제로 코로나 정책 등으로 글로벌 공급망의 혼란을 야기하였고, 이로 인해 글로벌 기업들의 생산기지 이전 움직임이 일어나고 있다. 여기에 2018년부터 지속된 미·중 무역전쟁 영향까지 겹치면서 글로벌 공급망 재편은 속도를 더하고 있다. 가장 대표적인 사례로 미국 기업인 애플은 중국 정저우에 위치한 폭스콘 공장에서 아이폰 생산의 70%를 의존하였으나, 코로나 사태에 따른 노동자 이탈 및 시위 등으로 생산기지를 분산시키고 있다. 실제로 2022년 회계기준, 인도에서 조립 및 생산된 아이폰은 약 70억 달러로 이는 총 아이폰 생산량의 7% 규모에 해당하며, 지난해 인도 생산 비중이 1%에 불과했던 것을 고려하면 빠르게 생산기지가 분산되고 있다는 것을 알 수 있다.⁴⁵⁾ 또한, 인도 최대 제조업체인 타타그룹은 2023년 말부터 아이폰 독점 생산업체 대열에 합류가 결정됐다. 애플 외에도 다양한 글로벌 기업들이 생산기지의 이전 및 확대 등을 검토하고 있으며 새로운 생산기지로 인도, 베트남, 태국, 인도네시아

45) Reuters(2023.04.13.), <https://www.reuters.com/technology/apple-now-makes-almost-7-its-iphones-india-bloomberg-news-2023-04-13/>(검색일 : 2023.08.07.)

등의 국가가 부상되고 있다.

〈표 5-3〉 글로벌 기업들의 글로벌 공급망 재편 현황

기업명	이전 경로	세부 내용
애플	중국→ 인도·베트남	• 애플 협력사 폭스콘 인도에 약 5억 달러 투자 공장 2곳 신설 • 애플 협력사 폭스콘 베트남 공장 확충을 위해 3억 달러 투자
구글	중국→인도	• 픽셀 스마트폰 생산 인도로 이전 검토
소니	중국→태국	• 카메라 공장의 90% 태국 이전
LG전자	중국→ 베트남	• 차량용 인포테인먼트 부품을 생산하는 중국 쿤산공장 정리 후 베트남 법인으로 일원화
LG에너지 솔루션	(신규) 인도네시아	• 니켈의 안정적인 원자재 확보를 위해 인도네시아에 니켈 제련소 구축

자료: Bloomberg(검색일 : 2023.08.07.), Petapixel(검색일 : 2023.08.07.), 한국경제(검색일 : 2023.08.07.), 헤럴드경제(검색일 : 2023.08.07.), 대한무역투자진흥공사(2022) 내용을 바탕으로 저자 재정리

이와 같이 산업계에서는 공급망 리스크 대응방안 중 하나로 생산거점 및 수입선을 다변화하기 위한 노력을 진행하고 있으며, 항만도 이에 대응하여 해외 핵심 거점 항만 및 물류센터 투자 확대 등을 통해 안정적인 공급망 구축이 필요하다. 특히 생산거점이 아시아 신흥국으로 이동할 가능성이 높기 때문에 해당 국가에 대한 항만 개발 및 투자 등을 적극적으로 진행해야 할 것이다.

한편, 해양수산부는 2008년부터 국내 기업의 해외 항만개발사업 진출을 지원하기 위해 국가와 업무협약을 체결하고, 해당 국가의 항만기본계획 수립 및 타당성 조사 등을 지원하는 ‘해외항만개발협력사업’을 추진하고 있다. 총 15년의 기간 동안 36개국, 그중에서도 특히 아시아(10개국, ASEAN&메콩강위원회)와 아프리카(10개국) 국가를 중심으로 협력사업을 추진하였다. 그러나 해당 개발사업이 국내 기업의 실제 수주로 이어진 경우는 단 세 건으로 2011년 투르크메니스탄 수리조선단지 개발, 2014년 알제리 젠젠항 컨테이너 터미널 개발, 2019년 방글라데시 파이라항만 설계

공급망 확보가 필요하다.

한편, 현재 해외 항만의 개발 및 투자 등은 컨테이너 터미널에 집중되어 있다. 우리나라는 부존자원의 대부분을 수입에 의존하고 있는 만큼 유류, 석탄 등 벌크화물 터미널에 대한 투자 확대를 통해 주요 자원에 대한 안정된 공급망 구축이 필요하다. 마지막으로 해외 항만의 터미널에 국한되지 않고 항만 인근 배후부지 물류센터 및 항만 하역설비(G/C, Y/T 등)에 대한 개발 및 투자의 지원을 확대한다면 해외 거점 항만 확보에 대한 효과가 증대될 것이다.

2. 항만 사이버 보안 체계 강화

4차 산업혁명 도래에 따라 최근 항만 및 해운·물류 업계에서는 디지털 기술을 활용한 스마트화 추세가 강화되고 있다. 이 같은 추세와 함께 사이버보안에 대한 중요성 역시 높아지고 있다. 본 연구에서도 사이버 공격이 주요 공급망 리스크 요인으로 꼽히기도 했다. 다만, 사이버 공격에 따른 영향은 리스크를 대리할 수 있는 적절한 변수의 부재로 계량적으로 확인하지는 못했다. 그러나 제3장 제1절에서 항만·해운기업을 대상으로 한 사이버 공격 사례 등을 검토하여, 이에 대한 대비책이 필요하다는 것을 확인했다.

이러한 항만 및 해운기업을 대상으로 한 사이버 공격 사례가 발생하고 있고 항만의 디지털 기술 의존성이 높아지는 만큼 항만의 사이버 보안 강화 필요성이 전 세계적으로 강하게 대두되고 있다. 특히 해운·항만에서의 사이버 위협에 대한 대응책이 부족하다는 사실에 따라 IAPH(국제항만협회)에서는 항만 사이버 보안 관련 지침(Cybersecurity Guidelines for ports and port facilities)을 발표하여, 사이버 공격으로부터 위협을 줄일 수 있는 가이드라인을 제시했다.

이러한 사이버 보안 중요성 및 필요성 대두에 따라 항만은 다음과 같이 대응하고 있다. 우선 해외 주요 항만의 사이버 보안과 관련된 대책 등을 살펴보면 LA항은 2014년 세계 최초로 사이버 보안 운영 센터(Cyber Security Operations Center, CSOC)를 설립했으며, 지속적인 발전을 통해 2019년에는 G2 CSOC를 성공적으로 완공했다. G2 CSOC는 기존 CSOC를 기반으로 업그레이드된 보안 기술, 새로운 사이버 공격 분석 및 5년간 자체 사이버 보안 운영 센터 노하우를 활용해 매월 2,000만~3,000만 건의 무단 접근, 침입 시도 및 사이버 테러에 대한 공격으로부터 고객 정보를 보호하고 있다. LA항은 G2 CSOC를 항만 커뮤니티(인근 항만 및 관련 항만)로 확장하고 이해관계자들의 협업과 참여를 유도해 항만 보안 생태계와 정보를 공유하여 사이버 테러에 대한 집단적 지식 및 방어력을 강화하고 있다.⁴⁶⁾

로테르담항은 해운사들의 사이버 보안 강화에 대한 요구가 높아짐에 따라 세 가지 핵심 원칙인 개인정보 보호, 보안 절차 준수 및 보안 플랫폼 구축을 기반으로 Port Community System (PCS) Portbase를 통한 데이터 공유 시스템을 2021년 8월에 런칭했다. PCS Portbase는 폐쇄형 체인(Closed chains) 형태의 데이터 공유 프로그램으로 항만 비즈니스 관계자 중 승인된 사용자만 접근이 가능하며 추가 인증 적용으로 보안 절차를 강화했다.⁴⁷⁾

싱가포르항은 2019년 Maritime Cybersecurity Operations Centre (MSOC)를 출범하였으며, MSOC는 잠재적인 사이버 공격에 대한 이상징후 감지, 사이버 공격에 대한 모니터링 및 분석을 통해 적절한 대응체계를 지원한다. 또한 2015년 설립된 네트워크인 Port Authorities Round

46) World port sustainability program, <https://sustainableworldports.org/project/port-of-los-angeles-2nd-generation-cyber-security-operations-center/>(검색일 : 2023.08.10.)

47) Port of rotterdam, Portbase, <https://www.portbase.com/en/securely-sharing-data-together-2/> (검색일 : 2023.08.10.)

table을 활용해 해상 사이버 보안 모범 사례 등 관련 정보를 공유하고, 싱가포르 해운협회, 싱가포르 폴리테크닉 및 싱가포르항이 협력해 항만 직원들을 위한 1일 사이버 보안 교육 과정 등을 개발했다.⁴⁸⁾

함부르크항은 보안 관련 전문업체인 XM cyber와 협력하여 사이버 공격 경로 관리 플랫폼을 개발했으며 데이터베이스의 접근 권한을 강화했다. 또한 시스템 중단 없는 공격 시뮬레이션 기능을 통해 지속적으로 IT 인프라의 취약점을 파악하고 해결 우선순위를 지정하여 즉각적인 보완이 가능하게 했다. 이러한 노력으로 현재 함부르크항 IT 인프라는 350km의 광케이블, 850개의 라우터 및 스위치, 두 개의 데이터 센터에 분산된 500대의 서버 및 600개 이상의 애플리케이션으로 구성되어 있다.⁴⁹⁾

국내의 경우 국가정보원 차원에서 중앙행정기관의 사이버 공격·위협에 대응하기 위해 정부보안관제체계를 구축·운영하고 있다. 각 중앙행정기관은 「사이버안보 업무규정」 제14조에 따라 정부보안관제체계와 연계된 자체 보안관제센터를 설치·운영해야 한다.

이에 해양수산부와 그 소속기관 및 산하기관(17개)은 “해양수산 사이버 안전센터”를 구축하고 이를 위탁운영하고 있으며, 해당 산하기관에는 항만 공사가 포함되어 있다. 다만, 앞서 살펴본 항만의 사이버 공격 사례에서 알 수 있듯이 대부분의 공격은 항만의 터미널이 대상이 된다. 터미널에 대한 사이버 공격으로 터미널 운영이 불가해지면, 해당 기업의 피해에서 그치지 않고, 국내 수출입 화물의 중단에 따라 국가 단위의 막대한 경제적 손실이 발생한다.

48) MPA , <https://www.mpa.gov.sg/media-centre/details/new-24-7-maritime-cybersecurity-operations-centre-to-boost-cyber-defence-readiness> (검색일 : 2023.08.11.)

49) XM cyber, <https://xmcyber.com/case-studies/when-one-of-europes-largest-seaports-needed-helpsecuring-its-vast-it-infrastructure-xm-cyber-deliveredits-attack-centric-exposure-prioritization-platform/> (검색일 : 2023.08.11.)

특히, 디지털 트윈 기반의 터미널운영시스템(TOS) 구축·운영이 확대되고 있는 상황에서 터미널 운영사의 사이버 보안에 대한 대응은 선택이 아닌 필수다. 그러나 현재 TOS에 대한 사이버 보안 지침이 부재한 상황이다. 따라서 TOS에 대한 사이버 보안 지침을 마련하여 공급망 안정화를 강화할 필요가 있다. 추가적으로 TOS뿐만 아니라, 자동화 터미널 구축에 따른 자동 하역장비 등에 대한 사이버 보안 규제 및 지침 마련도 필요할 것으로 판단된다.

제2절 제도 및 운영 관련 대응방안

1. 공급망 리스크에 따른 추가비용 지원

공급망 리스크 발생 등에 따라 항만 운영에 차질이 생겨 운영이 정상화하는 데 오랜 기간이 소요되면 화물이 이탈할 수 있다. 특히, 국내 컨테이너 화물 중 42%에 달하는 환적화물은 국내 항만 운영에 차질이 생기면 선사의 선택에 따라 언제든지 국외 타 항만 등으로 이탈할 수 있다. 이처럼, 대외 요인에 따른 항만 운영 차질이 발생하는 경우 선사들의 이탈을 막기 위해 리스크에 따라 접안·정박료와 예·도선료 등의 추가비용을 지원하는 방안을 고려할 수 있다.

항만 내 공급망 리스크로 발생할 수 있는 항만 운영 차질에는 크게 항만 적체 및 항만 게이트·터미널 부분 폐쇄 등이 있다. 항만이 적체되는 경우 선박은 정박지 등에서 대기하는 시간이 길어지게 된다. 이때, 정박지에 접안을 하게 되면 정박료가 발생하는데 기본 시간을 초과하는 경우 초과사

용료가 발생한다. 부산항을 기준으로 총 톤수 150톤 이상의 선박에 대한 정박료는 10톤·12시간당 외항선 187원, 내항선 61원이다(〈표 5-4〉 참고). 그러나 12시간이 넘어가게 되면 10톤·시간당 외항선은 15.7원, 내항선은 5.2원의 초과사용료가 부과된다. 2022년 부산항 입항 선박의 평균 선형이 30,564톤⁵⁰⁾인 점을 고려하면 외항선 기준 1시간 이상 초과 시 47,986원, 2시간 이상 초과 시에는 143,957원이 추가 정박료로 발생하게 된다. 한시적으로 이러한 비용을 지원하는 제도 등을 통해 선사들의 이탈 가능성을 어느 정도 낮출 수 있을 것이다.

〈표 5-4〉 항만시설 사용료에 관한 규정

사용료 종류	요율	비고
선박입출항료	1회 입항 또는 출항시(1톤당) : 135원	항로표지사용료 포함
접안료	(가) 총 톤수 150톤 이상 선박 또는 부선 ① 기본료(10톤·12시간당): 외항선 358원, 내항선 120원 ② 초과사용료(10톤·1시간당) : 외항선 29.9원, 내항선 10원 (나) 그 밖의 선박 ① 총톤수 150톤 미만 화물선 및 유조선 또는 기타선(총톤수 50톤 이하, 1척 1월 이하) : 3,691원 ② 항내운항선(총톤수 50톤 이하, 1척 1월 이하) : 6,781원 ③ 연안여객선(총톤수 50톤 이하, 1척 1월 이하) : 3,913원 (다) 할증료 대상 선박 ① 할증료 : 인근공시지가×선박면적×3/100×기준일수초과일/365 ② 기준일수 – 선적항(부산) : 14일 – 선적항(부산이외) : 7일	1) (나)의 사용료를 납부하는 선박은 (가)의 사용료를 납부하지 아니함 2) 그 밖의 선박 중 기준 톤수 이상의 선박은 50톤 초과마다 기본료의 50%를 가산 3) 할증료 대상선박은 부산항에 기준일수를 초과하여 계류하는 부선을 말함. 4) 할증료 대상 계류지는 봉래동·동삼동물량장, 청학안벽에 한함

50) 해운항만물류정보시스템(검색일 : 2023.08.04.)

사용료 종류	요율	비고
정박료	(가) 총톤수 150톤 이상의 선박 ① 기본료(10톤·12시간당) : 외항선 187원, 내항선 61원 ② 초과사용료(10톤·1시간당) : 외항선 15.7원, 내항선 5.2원	접안료 징수대상 선박중 그 밖의 선박 사용료를 납부하는 선박은 제외

자료: 무역항 등의 항만시설 사용 및 사용료에 관한 규정 별표 1(검색일 : 2023.08.04.)

또한, 항만 근로자 파업 및 자연재해 등으로 항만 게이트 내 진입이 불가하거나 일부 터미널을 이용할 수 없게 되는 경우가 발생할 수 있다. 이 경우 항만 간 이동(Two Calling) 및 항만 내에서의 선석 이동(Double Berthing) 등이 불가피하게 발생할 수 있으며 이는 추가적인 항만시설 사용료 및 예·도선료 발생으로 이어져 선사 비용 부담이 커지게 된다. 예를 들어, 화물연대 파업 당시 부산항에서는 선사의 지원방안으로 신규 Two Calling과 Double Berthing으로 인해 발생한 추가 접안료와 예·도선료를 지원한 바 있다.

접안료의 경우 외항선 기본료 기준, 2022년 부산항 입항 선박의 평균 선형이 30,564톤인 점을 고려하면, 적당 109만 원의 추가 비용이 발생한다. 도선료의 경우는 기본 요금, 톤수 초과료, 홀수 초과료, 여건할증요율 등이 포함되어 산정된다. 기타 할증요건 등을 제외하고 부산항 신항~북항 간 부두 이동 기준으로 3만 톤급 컨테이너선의 경우 도선선료를 포함하여 평균 713만 원 수준의 추가 비용이 발생하게 된다⁵¹⁾. 예선료의 경우도 기본요금과 할증요금 등이 포함되어 산정되는데 통상 3만 톤급 이상의 선박을 이동시키기 위해서는 3,000~4,000마력 규모의 예선을 사용해야 하며 현재 3,500마력 기준의 외항선 예선 비용은 1시간당 97만 원 수준이다.⁵²⁾

51) 부산항도선사협회 견적기준, <http://www.busanpilot.co.kr/information/estimate>(검색일 : 2023.08.04.)

52) 한국예선업협동조합, http://busantug.kr/sub02/sub03_01.php(검색일 : 2023.08.04.)

따라서 공급망 리스크가 발생하여 부득이하게 항만 간 및 항만 내 이동이 발생하게 되면 한시적인 비용 지원 제도 등을 통해 선사들의 환적 기항지 변경 및 이탈 등을 일정 부문 막아줄 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 이러한 비용 지원제도를 즉각적으로 실행할 수 있도록 사전에 관련 예산이 충분히 확보되어있어야 하며, 비용 관련 지원은 최대한 한시적으로 시행하고, 근본적인 원인을 파악하여 해결할 수 있도록 대응체계가 작동되어야 할 것이다.

2. 대형 터미널 운영

우리나라의 컨테이너 터미널은 대부분 3선식으로 구성되어 있다. 하나의 선석이 350m 기준으로 설계되는 것이 일반적임을 고려하면 하나의 터미널의 선석길이는 1,050m 전후가 될 것이다. 이는 주요 해외 터미널이 대부분 2,000m⁵³⁾ 이상인 점을 고려하면 작은 규모이다. 따라서, 컨테이너 야드 공간도 해외 주요 터미널 대비 협소할 수밖에 없다.

〈표 5-5〉 해외 주요 항만 및 부산항 신항 터미널 선석길이

단위: m

구분 (선석길이)	~1,000	1,000~ 1,500	1,500~ 2,000	2,000~ 2,500	2,500~ 3,000	3,000~ 4,000	4,000~ 5,000	5,000~
부산	-	5	-	1	-	-	-	-
싱가포르	-	-	-	4	1	3	-	-
홍콩	3	-	-	1	-	1	-	-
상하이	1	1	2	1	1	1	-	-
닝보· 저우산	3	1	1	-	-	1	-	-
선전	-	-	1	-	-	1	1	1

53) 해양수산부, 「선박 초대형화에 대응한 부산항 Mega-Port 전략 및 부두기능 재배치계획 수립용역」, 2017.

구분 (선석길이)	~1,000	1,000~ 1,500	1,500~ 2,000	2,000~ 2,500	2,500~ 3,000	3,000~ 4,000	4,000~ 5,000	5,000~
탄중 펠레파스	-	-	-	1	1	-	-	-
포트클랑	-	-	-	-	-	1	1	-
카오슝	2	1	1	-	1	-	-	1
제벨알리	1	-	2	-	1	1	-	-

주: 업데이트 일자는 2023년 8월 기준임

자료: 해양수산부(2017), 「선박 초대형화에 대응한 부산항 Mega-Port 전략 및 부두기능 재배치계획 수립
용역」 자료를 바탕으로 저자 업데이트

2022년 말 기준으로 부산항 신항 터미널의 평균 장치능력은 69,787TEU/일이다. 터미널별로 컨테이너 장치공간 이외에 장비운동을 위한 통로, 작업 공간 등이 있으며 비중은 터미널별로 다르나 평균적으로 20~30%⁵⁴⁾ 정도 된다. 이러한 공간은 비상시 컨테이너 장치공간으로 활용이 가능하다.

〈표 5-6〉 부산항 신항 부두별 장치능력

단위: TEU

구분	1부두 (PNIT)	2부두 (PNC)	3부두 (HJNC)	4부두 (HPNT)	5부두 (BNCT)	6부두 (BCT)	평균
장치능력	63,357	115,169	67,556	53,755	63,972	54,914	69,787

자료: 부산항만공사 내부자료를 활용하여 저자 재작성

소형 터미널은 장치공간과 여유공간이 대형 터미널 대비 상대적으로 협소하므로, 비상 상황에서 버틸 수 있는 기간이 짧을 수밖에 없다. 터미널 운영사 관계자에 따르면, 현재 부산항 신항 대부분의 터미널은 화물연대 파업과 같은 비상상황에서 최대 20일 정도는 버틸 수 있으며, 대형화를 통해 10~20% 정도의 여유공간을 추가 확보하면 50일까지도 충분히 버틸 수 있다고 한다.

따라서, 진해신항 등 장래 공급되는 터미널에 대형 터미널 운영체제를

54) 부산항 신항 터미널 운영사 자문에 근거한 수치임

도입하면 소형 터미널 운영체제 대비 비상시에 활용 가능한 여유공간을 더 많이 확보할 수 있다. 만일 6개의 선석을 하나의 터미널로 운영하면 기존 3선석 운영 대비 두 배 수준의 여유공간을 확보할 수 있는 셈이다. 여기에 앞서 얘기한 재유통 공컨테이너 장치장, 수리·세척장, 검·방역 및 세관 공간 등을 외부에 배치하면 터미널 내부에 더 많은 공간을 확보할 수 있을 것이다.

다만, 터미널의 작업 공간 확보에도 불구하고 국내의 경우 낮은 하역료 문제 등으로 부산항에서 터미널을 운영하려는 민간 사업자의 매력도가 낮은 문제점 등이 있어, 향후 국내 하역료 개선과 관련한 추가적인 연구를 통해 대형 터미널 운영이 가능한 환경을 조성할 필요가 있다.

3. 실질적 대응방안 마련을 위한 관계기관 협의체 구성

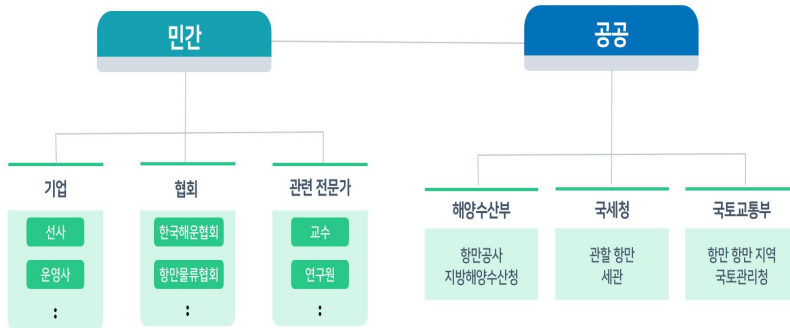
앞서 제2장 제3절 대응방안의 한계점에서 세관과의 사전 협의 등이 부족하여 실효성이 있는 대응방안을 마련하기 어려운 아쉬움이 있었다. 이를 위해 항만 관계기관 간의 협의체 구성 등을 통해 공급망 리스크에 따른 실질적인 대응방안을 마련하는 것이 중요하다.

항만의 공급망 리스크 대응방안을 마련하기 위한 협의체는 항만을 이용하는 민간기업인 선사, 운영사 등을 포함하여 협회, 관련 전문가와 함께 관계부처인 해양수산부, 국세청, 국토교통부 등 민·관이 함께 참여할 수 있도록 구성해야 한다.

협의체장은 해당 항만의 관리청에서 담당하고, 반기별 정기회의(필요시 수시)를 통해 이해당사자 및 관계부처 간의 협의·협조 등이 필요한 사항에 대해 논의를 해야 한다. 이를 통해 리스크 발생 시 즉각적이고 실효성 있는

대응방안을 시행하여 피해를 최소화하여야 한다

〈그림 5-3〉 항만의 공급망 대응방안 마련을 위한 민간 협의체 구성(안)



자료: 저자 작성

제3절 소결

제5장에서는 제2장 제3절의 최근 발생한 공급망 리스크 대응방안의 한계점과 제4장의 공급망 리스크가 항만 운영에 미치는 영향 등을 함께 고려하여 이를 완화할 수 있는 대응방안을 제시했다. 대응방안은 크게 인프라 및 투자 관련 대응방안과 제도 및 운영 관련 대응방안으로 구분하여 제시했다.

인프라 및 투자 관련 대응방안은 다음과 같다.

첫째, 공급망 리스크에 따른 가장 큰 문제점인 공간 부족을 해결하기 위해 컨테이너 본선 작업 외 공간을 외부로 배치하는 대응방안을 제시했다. 부산항 신항 기준 터미널에 장치된 컨테이너의 40~50%는 공컨테이너로,

이 중 모선과 연계되지 않은 재유통 공컨테이너가 20~30%를 차지한다. 이러한 재유통 공컨테이너와 관련된 시설을 외부에 조성하면 터미널 운영 관점에서 효율성이 발생할 것으로 판단된다. 다만, 현재 이미 조성된 부산신항의 경우 외부 공간의 부지확보 및 비용 문제 등과 관련하여 단기간에 해결방안을 찾기 어려운 만큼 향후 공급되는 진해신항 및 터미널 등에 해당 방안을 적용하는 것이 적절할 것이다.

둘째, 향후 공급되는 진해신항 터미널의 개발 단계에서 터미널 간 내부 통로를 고려한 레이아웃 설계가 필요하다. 터미널 간 이동 공간을 사전에 고려하고, 안전사고 등 쟁점사항에 대해서도 이해관계자 간 협의를 통해 터미널 개발이 추진될 필요가 있다. 이를 통해 항만 게이트 폐쇄 등 항만 운영에 차질이 발생할 때를 대비하여 항만의 공간 활용에 유연성을 확보할 필요가 있다.

셋째, 해외 핵심 거점 항만 확대 등을 통한 공급망 강화를 위해 해외 터미널 개발 및 투자 등을 활성화해야 한다. 기존의 항만건설 중심의 해외 투자로는 한계가 존재하기 때문에 해외 터미널의 지분 투자 및 운영권 확보 등을 통해 해외 항만시설 확보가 진행되어야 한다. 또한, 기존에 컨테이너 터미널에 집중된 개발 및 투자를 벌크 터미널에 대한 투자로 확대하여 국내에 부족한 부존자원의 안정된 공급망 구축이 필요하다.

넷째, 사이버 보안 체계에 대한 강화가 필요하다. 최근 항만의 디지털화로 인해 사이버 보안에 대한 중요성이 높아지고 있어, 공급망 리스크 중 사이버 공격에 대한 영향도를 크게 고려하고 있다. 국내의 경우 중앙행정기관(해양수산부 및 산하기관)의 사이버 보안에 대해서는 법적 근거를 토대로 관제센터 등이 구축·운영되고 있다. 그러나 사이버 공격은 항만의 터미널이 대상이 되는 경우가 많은데, 터미널운영시스템(TOS)에 대한 사이버 보안 지침이 부재한 상황이다. 따라서 TOS를 포함하여 자동 하역장비 등

항만시설에 사이버 보안 지침을 마련해야 한다.

다음으로 제도 및 운영 관련 대응방안은 다음과 같다.

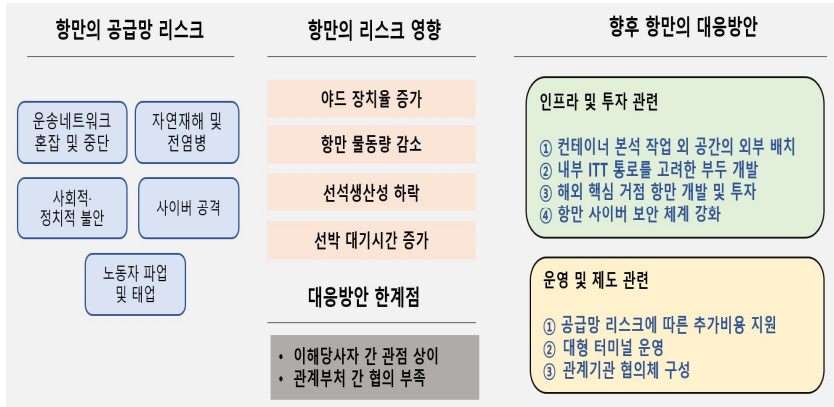
첫째, 공급망 리스크 안정화를 위한 비용 지원을 즉각적으로 실행할 수 있게 사전에 관련 예산을 충분히 확보해야 한다. 비용 마련이 필요하다. 공급망 리스크로 인해 항만의 정상적인 운영에 차질이 발생하는 경우 화물의 이탈로 이어질 수 있다. 이러한 항만의 화물(선사) 이탈을 방지하기 위해 공급망 리스크로 발생한 추가비용 지원을 한다면 리스크에 따른 항만 영향을 완화할 수 있을 것이다.

둘째, 장래 공급되는 터미널에 대해 대형 터미널 운영체제 도입이 필요하다. 국내 터미널은 해외 주요 터미널 대비 터미널 당 선석길이가 짧은 편이다. 상대적으로 작은 규모의 터미널 운영으로 장소가 협소하며, 공급망 리스크에 따른 장치공간 활용에 제약이 있다. 따라서 대형 터미널 운영체제를 통해 소형 터미널 운영체제 대비 비상시에 활용 가능한 여유공간을 더 많이 확보할 수 있도록 해야 한다.

셋째, 관계기관 협의체 구성을 통한 대응방안 도출이 필요하다. 항만을 통한 화물 운송의 경우 육상에서부터 화물운송이 시작되어 관세선을 통과하기까지 다양한 이해관계자 및 관계부처의 영향을 받는다. 따라서 항만의 소관 부처인 해양수산부가 단독으로 대응방안을 마련하기에는 한계가 존재한다. 또한 항만의 이해관계자마다 대응방안에 대한 관점 등이 상이할 수 있어, 이를 협의하는 과정이 반드시 필요하다

마지막으로 항만에 영향을 미치는 공급망과 이에 따른 항만의 영향 및 현재 대응방안의 한계점 등을 토대로 제시한 대응방안을 정리하면 <그림 5-4>와 같다. 다음과 같이 제시된 대응방안을 통해 제6장에서는 본 연구의 한계점 및 대응방안을 수행하기 위해 필요한 정책 제언 등을 제안한다.

〈그림 5-4〉 항만의 공급망 리스크 대응방안



자료: 저자 작성

06

결론 및 제언

제1절 결론

1. 연구의 요약

본 연구는 최근 잇달아 발생한 공급망 리스크가 항만 운영에 영향을 미치면서, 이로 인해 국가적 손실이 발생함에 따라 항만의 입장에서 공급망 리스크 영향을 완화하기 위한 대응방안과 이를 관리하기 위한 체계를 마련하는 것이 목적이다. 이를 위해 공급망 내 항만의 중요성을 검토하고, 항만에 영향을 크게 미치는 공급망 리스크를 선정하였다. 다음으로 선정된 리스크가 항만에 어떠한 영향을 미치는지 계량적으로 분석하였으며, 이를 통해 항만의 영향을 완화하기 위한 대응방안을 제시했다. 다음 네 가지 주요 연구 내용의 요약은 아래와 같다.

첫째, 제2장에는 공급망 내 항만의 중요성을 살펴보기 위해 글로벌 공급망 및 항만의 역할 변화 검토, 공급망 리스크 사례 및 이에 따른 항만의 대응방안 한계점 등을 제시했다. 글로벌 공급망은 과거 재고를 최소화하는 JIT(Just-In-Time) 방식에서 공급망의 탄력성과 회복성을 중시하는

JIC(Just-In-Case) 방식으로 변경됐다. 이 가운데 항만 역시 화물의 단순한 운송 및 보관 역할에서 벗어나 국가 물류의 핵심인프라로서 글로벌 공급망 내에서 중요한 역할로 변모하였다. 이러한 가운데 최근 잇달아 발생한 공급망 리스크가 항만의 적체 및 과부하 등 항만 운영에 영향을 미치면서, 국가의 경제적 손실로 이어져 항만 차원의 공급망 리스크 관리가 필요하다는 것을 확인했다.

둘째, 제3장에서는 항만에 영향을 미치는 공급망 리스크를 항만 운영 및 이용 관리자를 대상으로 한 설문을 통해 도출했다. 그 결과 최종적으로 ‘자연재해 및 전염병’, ‘노동자 파업 및 태업’, ‘사회적·정치적 불안’, ‘운송 네트워크 혼잡 및 중단’, ‘사이버공격’ 5개 요인이 선정됐다. 선정된 5개 공급망 리스크 요인에 대해서 리스크를 적절하게 측정할 수 있는 지표인 측정 지표와 이러한 리스크로 인해 항만 운영 상태를 판단할 수 있는 판단지표를 도출했다. 그 결과 측정지표는 항만 혼잡 지수, 경제정책 불확실성 지수, 우리나라 자연재난 및 감염병 발생여부, 공급망 압력지수가 선정됐다. 항만 운영상태를 판단할 수 있는 판단지표는 전문가 의견에 데이터 수집 가능성을 검토하여 최종적으로 장치율, 선석생산성, 선박 대기 시간, 컨테이너 물동량이 선정됐다.

셋째, 제4장에서는 제3장에서 선정된 측정지표와 판단지표 간의 영향분석을 진행했다. 영향분석은 대표적인 리스크 관리기법인 스트레스 테스트를 활용하여 진행했다. 분석 결과 항만 혼잡 지수와 공급망 압력지수의 증가는 물동량 증가를 유발하여, 선석생산성 감소와 장치율 상승으로 이어졌다. 자연재해 및 감염병이 발생하게 되면 물동량이 감소하며, 선석 작업의 어려움으로 생산성 또한 감소한다. 즉, 대부분 사전 예상과 일치하는 방향으로 나타났으며, 이를 통해 측정지표와 판단지표 간의 연결성을 어느 정도 확인 할 수 있었다.

마지막으로 제5장에서는 선사 및 운영사 등 주체의 입장을 바탕으로 현행 공급망 리스크 발생 대응방안 한계를 살핀 뒤, 제4장에서의 분석결과를 고려하여 항만의 대응방안을 제시하였다. 그 결과 항만의 대응방안은 다음과 같다.

1) 컨테이너 본선 작업 외 공간 외부 배치

공급망 리스크로 인해 항만에서 야기되는 가장 큰 문제점은 항만의 공간 부족이다. 이로 인해 장치율 증가, 대기 시간 증가, 생산성 하락 등항만 운영의 차질이 발생한다. 이러한 공간 부족 문제를 해결하기 위해 컨테이너 본선 작업 외 공간인 재유통 공컨테이너 관련 시설과 검·방역, 세관 시설 등을 외부에 조성하여 터미널의 화물 수용 능력을 강화하는 방안이 있다. 다만, 현재 이미 조성된 부산신항의 경우 외부 공간의 부지확보가 어렵고, 조성 비용, 운영 비용 관련 이해관계의 대립으로 단기간 해결이 어려울 것으로 판단된다. 따라서 향후 공급되는 진해신항 및 터미널 등에서 재유통 공컨테이너 수요를 고려하여 해당 공간을 외부로 조성하는 방안이 필요하다. 따라서 적절한 부지 선정과 쟁점 도출을 위해 터미널 운영사, 선사, 부산항만공사 등의 의견을 지속적으로 수렴하는 절차가 필요하다.

2) 내부 ITT 통로를 고려한 항만 개발

화물연대 파업 등 최근 발생한 공급망 리스크에 대해 부산항은 내부 ITT 통로를 24시간 전면 개방하는 대응방안으로 큰 효과를 보았다. 이를 통해 현재 신항 내 부두 ITT 통로를 상시 개방하여 운영할 수 있다면 리스크에 따른 영향을 사전에 방지하고, 최소화할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 통로 개방에 따른 공간 부족 문제, 안전사고 책임 및 비용 문제 등 쟁점에 대한 대립이 있어 협의점을 찾기가 어려운 상황이다. 이에 향후 조성되는

진해신항과 터미널에 대해서는 부두 간 내부 통로를 포함한 부두 레이아웃 설계를 통해 부두 간 이동 공간을 사전에 고려할 필요가 있다. 이를 위해 터미널 운영사 및 이를 이용하는 선사 등과의 지속적인 협의를 통해 사전에 쟁점 사항을 도출하고 해소방안을 마련해야 한다.

3) 해외 거점 항만 개발 및 투자 확대

최근 잇달아 발생한 공급망 리스크로 인해 글로벌 기업들은 생산거점을 다변화하고 있다. 이에 국내 항만은 해외 거점 항만의 투자 등을 통해 공급망을 강화할 필요가 있다. 그러나 기존의 해외 항만 투자 방식은 항만의 건설 사업에 집중되어 있어, 해외 항만시설 확보에 한계가 있다. 따라서 항만 건설과 함께 해당 터미널·물류센터·하역설비 등에 대한 지분 및 운영권 확보 등을 병행함으로써 공급망 리스크 발생 시 국적 선사의 화물을 우선 처리하도록 하여 대응력을 확보할 수 있을 것이다. 또한 석탄, 철광석, 유류 등 벌크 터미널에 대한 투자를 확대하여 주요 자원에 대한 안정적인 공급망을 구축해야 한다.

4) 항만 사이버 보안 체계 강화

항만의 디지털화에 따라 사이버 보안에 대한 중요도가 높아지고 있다. 이에 해양수산부는 「사이버안보 업무규정」 등에 근거하여 “해양수산 사이버안전센터”를 구축·운영하고 있다. 그러나 해당 안전센터는 해양수산부 및 그 산하기관에 대해서만 적용되고 있다. 그러나 과거 발생한 사이버 공격은 대부분 항만의 터미널을 대상으로 발생했다. 터미널 운영 중단에 따른 영향은 비단 해당 기업의 피해에서 그치지 않고 국가차원의 경제적 손실로 이어지게 된다. 특히, 디지털 트윈 기반의 TOS가 확대됨에 따라 사이버 보안에 대한 대응은 필수적이다. 그러나 현재 TOS에 대한 사이버 보안

지침이 부재한 상황이다. 따라서 TOS를 포함하여 자동 하역장비 등에 따른 사이버 보안 지침 마련을 통해 사이버 공격에 대한 공급망 안정화를 강화해야 한다.

5) 공급망 리스크에 따른 추가비용 지원

공급망 리스크로 인해 항만의 운영에 차질이 발생하면, 항만의 이용자는 추가적인 비용을 납부하게 된다. 이러한 비용 발생은 항만 이용자의 이탈을 가져오고, 결국 국내 항만물동량 감소 및 국내 항만의 경쟁력 저하로 이어지게 된다. 따라서 공급망 리스크로 인해 국내 항만의 운영에 차질이 발생한 경우, 한시적인 비용 지원을 통해 국내 항만을 이용하는 선사 등 항만 이용자의 이탈을 방지할 필요가 있다. 다만, 이러한 비용 지원을 위해서는 사전에 충분한 비용 확보를 통해 해당 지원이 즉각적으로 시행될 수 있도록 해야 한다.

6) 대형 터미널 운영

국내 터미널은 소규모 단위의 터미널이 독립적으로 운영되는 형태로, 해외 터미널 대비 규모가 작은 편이다. 따라서 야드 공간 및 이에 따른 여유 공간 등이 부족하여 해외 항만 대비 상대적으로 협소하고 공급망 리스크 발생 시 버틸 수 있는 기간이 상대적으로 짧다. 따라서 진해신항 등 향후 공급되는 터미널은 대형 터미널 운영체제를 도입하여 비상시에 활용 가능한 여유 공간을 더 많이 확보할 필요가 있다.

7) 대응마련을 위한 관계기관 협의체 구성

항만을 통한 모든 수출입 화물은 「항만법」뿐만 아니라 「관세법」등 다양

한 부처 법률에 영향을 받는다. 공급망 리스크로 인해 항만의 운영에 차질이 발생한 경우, 수출입 화물의 원활한 운송을 위해 「항만법」에 따른 제재를 일시적으로 완화하더라도, 해당 방안이 타 법률에서 허용되지 않거나 허용되더라도 시간이 많이 필요하여 실질적인 대응으로 이어지지 않을 가능성이 높다. 따라서 항만 이해관계자 등이 포함된 민·관·연 협의체를 구성하여, 정기적인 대응방안 검토를 통해 리스크 발생 시 즉각적이고 실효성 있는 대응방안이 시행될 수 있도록 해야 한다.

2. 연구의 한계점

본 연구는 항만 차원에서의 공급망 리스크 관리를 위한 필요성을 제안하기 위해 리스크 확인, 리스크 측정 및 평가, 리스크 대응방안 수립 등 공급망 리스크 관리 프로세스에 따라 연구를 진행하였다. 각 단계별 연구의 한계점은 다음과 같다.

리스크를 확인하는 과정에서 선행연구를 바탕으로 일차 공급망 리스크 요인을 선정하였는데, 선행연구가 과거의 공급망 리스크를 바탕으로 요인이 선정된 경우가 많아, 향후 미래에 발생할 수 있는 공급망 리스크 요인에 대한 내용은 다소 부족하다. 후속연구에서 미래 공급망 리스크에 대한 영향 분석이 추가적으로 진행된다면 실효성 있는 대응방안을 제시할 수 있을 것이다.

또한, 리스크를 측정 및 평가하는 과정에서 리스크를 적절하게 대리할 수 있는 변수의 데이터 수집 주기 등의 한계로 충분한 표본을 확보하지 못해 일부 통계적 유의성을 확인하지 못한 점도 있다. 따라서, 향후 본 연구를 바탕으로 공급망 리스크 관련 데이터를 충분히 확보하여 영향평가가 보완될 수 있기를 기대한다.

마지막으로 항만별로 공급망 리스크에 따른 영향도가 다르다는 점을 온전히 살피지 못했다. 항만에 따라 대응방안이 달라지겠지만 본 연구는 시간적·물리적 한계 등으로 연구 범위를 국내 최대 항만인 부산항으로 한정하여 진행하였다. 따라서, 본 연구의 리스크 영향도 및 대응방안 등이 국내 모든 항만에 적용하기에는 어려움이 있을 수 있어, 개별 항만에 따른 공급망 리스크 관리가 필요하다.

제2절 제언

본 절에서는 제5장에서 제시한 대응방안에 기반하여 향후 정부, 지자체, 관련 기관 등에서 추진할 필요가 있다고 판단되는 과제 및 정책 등에 대해 제언을 하고자 한다.

1. 신규 터미널 개발계획 4차 수정기본계획 반영 검토

제5장에서 제시한 터미널 관련 대응방안인 컨테이너 서비스 공간의 외부 배치 및 내부 ITT 통로 개설의 경우 터미널 설계 단계에서 미리 검토되어야 한다.

이를 위해 신규 컨테이너 터미널에서 본선 작업 외 서비스 공간에 대한 구체적인 면적 및 대상지를 검토해야 한다. 대상지를 결정하기 위해서는 해양수산부와 해당 항만의 관리청뿐만 아니라 해당 항만이 입지한 지자체 등과의 협의가 필수적이다. 또한 터미널 운영사, 선사, 검역본부 등 관계자

등을 대상으로 외부 배치 서비스의 범위 즉, 재유통 공컨테이너 장치공간, 수리·세척, 검·방역 등의 외부 배치에 관한 의견이 협의되어야 한다. 이해 당사자별 쟁점이 다르기 때문에 단기간 내 해결이 어려울 것이기에 추가적인 연구를 통해 ‘4차 무역항 수정기본계획(2025)’에 앞서 언급한 내용이 포함된 신규 컨테이너 터미널 개발계획 반영 검토가 필요하다.

추가적으로 내부 ITT 통로 역시 통로의 동선 및 차선 등 세부적인 시설 규모 검토가 필요한 부분으로 후속 연구를 바탕으로 기본계획에 반영해야 한다.

한편, 이처럼 터미널 내 작업공간을 확대하고 내부 ITT 통로를 개설하는 방식으로 컨테이너 터미널 개발이 이루어진다면, 운영사들에게 대형 터미널 운영을 위한 매력적인 유인책으로 다가올 것으로 기대된다. 따라서 개발과 운영측면을 모두 고려할 때 대응방안에 대한 후속 연구는 필요하다.

2. 해양진흥공사와의 협력체계 마련

해외 거점 항만시설을 확보하기 위해서 기존의 해외항만 타당성 조사 중심의 개발 및 지원사업은 한계가 있다. 항만건설 계획이 수립되더라도, 개발로 이어지기까지는 항만개발에 투입되는 막대한 비용 등의 문제로 쉽지 않다. 또한 개발 사업이 진행되더라도 건설사와 재무적 투자자를 중심으로 사업이 진행되면서 국내 운영사, 선사 등의 참여가 저조한 편이고, 특히 한진해운 파산 이후에는 국내 선사의 대규모 해외 터미널 확보 사례가 전무하다.

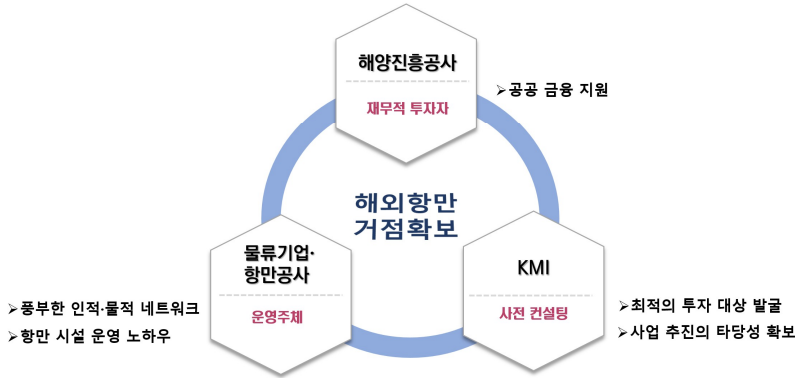
이러한 가운데 2020년 해양진흥공사는 해외 항만 터미널에 대한 직접 투자 및 재무적 투자자로서의 역할을 할 수 있도록 업무 범위를 넓혔다.

그러나 해외 항만 투자의 법적 근거 및 자금력 등이 확보되었음에도 해양진흥공사는 해외 터미널 투자에 대한 경험 부족 및 국내 기업의 터미널 운영 능력 미흡 등의 문제로 관련 투자를 활성화하지 못하고 있다.

이에 해양진흥공사의 공공 금융 투자 제도를 적극적으로 활용하기 위해 국내 물류기업과 더불어 국내외 풍부한 항만 네트워크 및 운영 노하우 등을 보유한 항만공사 및 항만 분야 전문 연구기관인 한국해양수산개발원(KMI) 등과의 협력 강화가 필요하다. 최근 부산항만공사 등은 해외 거점항만의 물류센터확보 등을 통해 국내기업의 화물을 우선 처리하고 저렴한 비용으로 물류서비스를 제공하면서, 해외 항만과의 네트워크를 강화를 통해 공급망 안정성을 확보하고 있다. 이러한 항만공사의 해외 물류센터 투자 경험과 국외 항만과의 인적·물적 네트워크 등을 활용하여 터미널 운영 주체 혹은 국내 물류기업과의 컨소시엄 구축 등 항만공사를 연계하는 방안을 고려할 필요가 있다. 또한 KMI는 국내외 항만 개발에 대한 수많은 기본계획 수립 및 타당성 조사를 비롯하여, 글로벌 항만 물동량 조사·분석 및 항만 분야 국제협력 사업 지원 등의 풍부한 경험을 보유하고 있다. 이를 통해 KMI는 사전 컨설팅 등을 통해 최적의 해외 투자 대상을 발굴하고, 투자에 따른 성과 확보 검토 등을 통해 사업의 추진의 타당성을 확보하는 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

이러한 협력체계 마련을 위해 우선 공동 TF 구성을 통해 국내 기업의 해외 항만 터미널 및 물류센터 확보를 위한 구체적인 정책방안을 강구해야 한다. 최적의 해외 투자 대상지 결정 및 해외 터미널 확보 등에 가장 큰 걸림돌로 거론되고 있는 국내 운영사의 해외 터미널 사업 능력 미흡, 투자 대비 물동량 등 수익 창출 부족 등에 대한 방안 마련이 필요하다.

〈그림 6-1〉 해외 거점 항만 확보를 위한 협력체계 마련



자료: 저자 작성

이러한 협력체계 구축을 통한 해외 항만시설 확보로 국내 항만은 안정적인 공급망 구축이 가능할 것으로 기대되며, 또한 정부의 주요 국정과제 중 '세계를 선도하는 해산물류체계 구축(40번)'의 핵심 추진 과제인 해외거점 항만 공동물류센터 및 항만 터미널 확보를 진행함에 있어 추진 동력을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 항만 공급망 안정화 기금 조성

항만의 공급망 리스크에 따른 영향을 완화하기 위한 대응방안으로 각종 비용 지원을 제시했다. 이러한 비용을 적시에 지원해주기 위해서는 항만 운영에 따른 수익금의 일부를 '항만 공급망 안정화 기금'으로 조성하여, 리스크 발생 시 해당 기금을 통해 지원할 수 있어야 한다. 항만 공급망 안정화 기금은 공급망 리스크에 영향을 크게 받을 수 있는 주요 수출입 대형 항만 위주 즉, 항만공사가 설립된 항만에 우선 적용하여 조성할 수 있도록 법적 근거를 마련하고, 이후 필요시 단계적으로 확대하는 방안을 고려해야 한다.

항만공사는 항만시설의 개발 및 관리 운영에 관한 업무의 전문성과 효율성을 높이기 위해 「항만공사법」 및 「공공기관 운영에 관한 법률」에 따라 운영된다. 이에 기금 조성·운영과 관련한 법적 근거를 「항만공사법」 내에서 마련하고, 기금의 재원은 손익금을 통해 조성할 수 있도록 하여, 공급망 리스크 발생 시 이를 통해 적절하게 비용이 지원되도록 해야 한다. 이를 위해 필요한 「항만공사법」 개정(안)은 <표 6-1>과 같다.

<표 6-1> 항만 공급망 기금 조성 관련 「항만공사법」 개정(안)

현행	개정(안)
<신설>	제○○조(항만 공급망 안정화 기금 조성) ① 공사는 공급망 리스크에 따른 항만 안정화를 위해 필요한 재원을 확보하기 위해 항만 공급망 안정화 기금(이하 “기금”이라 한다)을 설치·운영한다. ② 기금 설치·운영 등에 필요한 사항은 공사 정관으로 정한다.
제32조(손익금의 처리) ① 공사는 매 사업연도의 결산결과 이익이 생긴 경우에는 다음 각 호의 순서에 따라 처분하여야 한다. 1. 이월손실금의 보전 2. 자본금의 2분의 1이 될때까지 이익금의 10분의 2 이상을 이익준비금으로 적립 3. 출자자에 대한 배분 4. 사업확장 적립금으로 적립 ②~③ 생략	제32조(손익금의 처리) ① 현행과 같음 1. ~ 3. 현행과 동일 4. 기금으로 적립 5. 사업확장 적립금으로 적립 ②~③ 생략

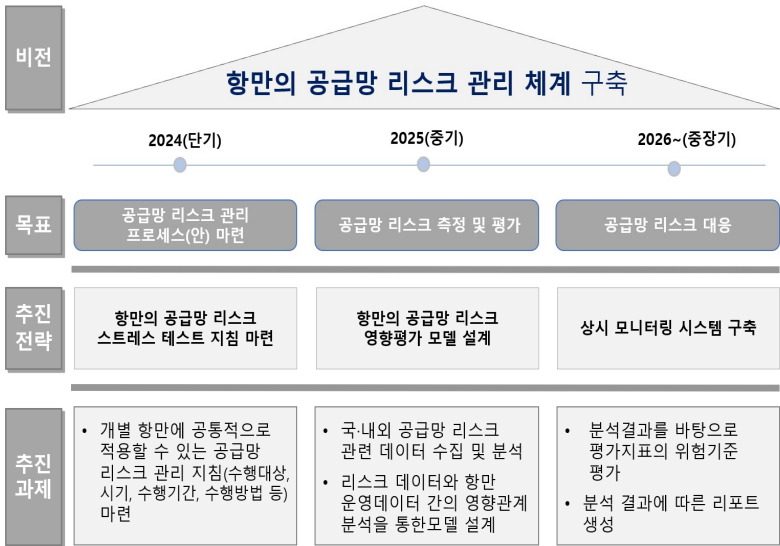
자료: 「항만공사법」 제32조를 바탕으로 저자 작성

4. 항만 공급망 리스크 관리 체계 구축

마지막으로 본 연구는 물리적인 시간 부족으로 부산항 컨테이너 화물만을 대상으로 공급망 리스크를 확인 및 평가하고 이에 대한 대응방안을 제시하였다. 그러나 항만에 따라 취급하는 화물 및 주요 교역 국가가 상이하

므로 항만별로 리스크의 요인 및 영향도가 다를 것이다. 따라서 모든 항만에 공통으로 적용할 수 있는 항만 공급망 관리 체계 구축이 필요하며 이를 실행시키기 위한 추진 로드맵을 <그림 6-2>와 같이 제시하고자 한다.

<그림 6-2> 항만 공급망 리스크 관리 체계 구축 추진 로드맵



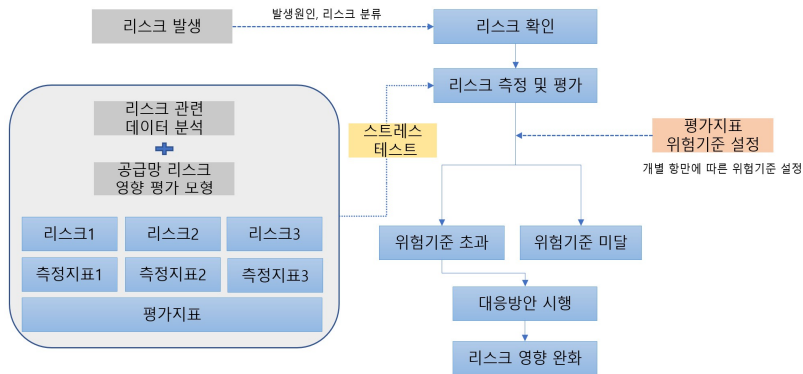
자료: 저자 작성

단기적으로는 개별 항만에 공통적으로 적용되는 리스크 관리 수행 대상, 수행 기간, 수행 방법 등이 포함된 공급망 리스크 관리 지침을 마련하고, 중장기적으로는 리스크를 측정 및 평가, 대응할 수 있는 모니터링 시스템을 구축하는 것을 목표로 한다. 단계별 목표에 따른 추진 전략 및 이를 수행하기 위해 필요한 조직, 인력, 법령 등에 대한 내용은 다음과 같다.

1) 공급망 리스크 관리 지침 마련

현재 전국 항만을 위한 종합적인 SCRM(공급망 리스크 관리)은 정립되어 있지 않으며, 리스크가 발생하면 개별 항만 차원에서 테스크포스(TF) 등을 구성하여 대응하고 있다. 향후 발생할 수 있는 공급망 리스크에 따른 항만의 영향을 완화하기 위해서는 항만의 SCRM 프로세스 구축이 선행되어야 한다. 앞서 제2장에서 항만을 주체로 한 SCRM 구축 필요성을 언급했으며 또한 본 연구도 전체적으로 SCRM 프로세스를 따라 진행하면서 항만의 입장에서 공급망 리스크를 확인 및 평가하고, 대응 전략을 세우는 것이 필요하다는 것을 제시했다. 이에 항만의 종합적인 SCRM을 <그림 6-3>와 같이 제안하고, 각 항만에서는 해당 프로세스를 적용한 리스크 관리를 실시할 필요가 있다.

〈그림 6-3〉 항만 공급망 리스크 관리(PSCRM, 가치) 프로세스



자료: '항공안전데이터 처리 및 활용에 관한 규정'을 바탕으로 저자 재작성

앞서 제시된 PSCRM에 따라 항만의 공급망 리스크 관리는 개별 항만의 특성에 따라 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 공급망 리스크 영향평가는 리스크 영향평가에서 가장 활발하게 적용되고 있는 방법 중 하나

이자 본 연구에서 적용한 스트레스 테스트 기법을 제안하고자 한다.

항만의 스트레스 테스트는 상향식⁵⁵⁾과 하향식⁵⁶⁾ 중 금융권에서 주로 활용하는 상향식이 더 적합한 것으로 보인다. 항만의 지리적 위치 및 주로 처리하는 취급 화물 등에 따라 영향을 받는 리스크의 종류 및 영향도가 상이하기 때문이다. 이에 스트레스 테스트 대상자는 전국 31개 무역항 중 국가관리무역항(14개)을 우선 대상으로 진행하며, 향후 대상을 확대할 것인지 검토할 필요가 있다. 스트레스 테스트는 1년마다 시행하며, 필요에 따라서는 비정기적으로도 실시할 수 있도록 한다. 스트레스 테스트는 각 항만의 관리청에서 수행하며, 각 항만청은 테스트 결과에 따라 적절한 대응방안을 마련하고, 해양수산부는 해당 자료를 취합하여 국가 항만의 개발 및 운영 정책과의 정합성 및 우선순위를 고려하여 항만별 최종 대응방안을 마련한다. 이러한 항만의 공급망 리스크 지침(안)은 ‘항만 업무편람’에 수립하는 것이 적절할 것이다.

〈표 6-2〉 항만의 공급망 리스크 지침(안)

대상항만	수행주기	수행방법	수행기관	감독기관
국가관리 무역항	매년 (주요 현안 발생 시 수행 가능)	PSCRM(가칭) 적용	관리청	해양수산부

자료: 저자 작성

다음으로 항만의 공급망 리스크 관리 지침이 마련되었다면, 중장기적으로 리스크 영향 평가 모형의 정교화 및 영향도 상시 모니터링을 위한 시스템을 구축해야 한다.

55) 관련 당국이 자체적으로 모형을 구축하여 전체 금융 시스템에 대한 리스크 영향 분석 방식

56) 각 금융기관들이 리스크 충격 영향을 개별적으로 추정 후 이를 취합하는 방식

2) 항만의 공급망 리스크 모니터링 시스템 구축

해당 시스템을 구축하기 위해 우선 사전 기획연구를 거쳐 본격적인 개발이 이뤄질 필요가 있다. 사전 기획연구에서는 이행 과제의 단계별 목표, 데이터 및 모델 구현 범위 등을 검토하여 총 사업의 소요 예산 및 개발 기간 등을 도출한다. 본 관리 시스템의 목적은 공급망 리스크 및 항만 운영 관련 데이터를 수집하고, 해당 데이터를 필요한 형태로 가공·정제하는 모듈을 구축하는 것이다. 또한 수집된 데이터를 기반으로 리스크 영향평가 모델을 설계하여 상시 모니터링 시스템을 구축하는 것이 최종 목표이다. 사전 기획연구에서 본연구에 걸친 연구 단계와 추진전략은 <표 6-3>과 같다.

<표 6-3> 항만의 공급망 리스크 관리 시스템 구축 연구 단계

구분	사전 기획연구	본 연구
목표	• 본 연구의 이행 목표 및 범위 등을 검토하여 예산 및 개발 기간 도출	• 항만의 공급망 리스크 관리 시스템 구축
주요 내용	• 본 연구의 비전 및 추진 전략 수립 • 추진 전략을 수행하기 위한 추진 과제 도출	• 공급망 리스크 및 항만 운영데이터 수집·가공·적재 • 공급망 리스크 데이터와 항만 운영 데이터 간 영향평가 모델 설계 • 상시 모니터링 시스템
소요 기간	• 2개월	• 15개월
비용	• 1,000만 원	• 3억 원

자료: 저자 작성

시스템 구축은 항만의 리스크 관리 프로세스인 <그림 6-3>에 따라 크게 3가지 목표인 리스크 확인, 리스크 측정 및 평가, 리스크 대응으로 구분하여 진행할 수 있다.

첫 번째 구축 목표인 리스크 확인 단계에서는 항만에 영향을 미치는 리스크 데이터의 지속적인 집계 및 모니터링을 통해 데이터 수집 체계를 마련한다. 공급망 리스크에 따른 중요성이 최근 대두되었으나 해당 리스크를

측정할 수 있는 데이터 수집 체계는 미흡한 실정이다. 본 연구에서 시간적 제약 등으로 인해 영향도가 높은 공급망 리스크를 도출하고 해당 리스크에 대한 데이터 등을 활용하였지만, 불안정하고 빠르게 변화하는 국내외의 환경 변화에 따라 다양한 공급망 리스크를 고려할 필요가 있다. 이에 방대한 공급망 리스크를 관리하고 대응하기 위해서는 공급망 리스크와 관련된 데이터를 수집·가공·적재하는 과정이 필요하다. 또한 평가지표로 활용할 수 있는 항만 운영과 관련된 데이터를 수집하여 영향분석 모형 구축을 위한 기초자료로 활용할 필요가 있다.

두 번째 구축 목표인 항만의 공급망 리스크 측정 및 평가와 관련해서는 개별 항만에 따라 리스크의 영향도가 다르고, 이에 따른 측정지표 및 평가지표를 다르게 설정할 필요가 있기에 각 항만의 특성을 고려하여 지정할 수 있도록 유연한 평가모형을 구축해야 한다. 즉, 사용자가 측정지표와 평가지표를 각 개별항에 맞게 선택할 수 있는 모형을 설정해야 한다.

세 번째 구축 목표인 리스크 대응에서는 분석결과를 토대로 평가지표가 어떤 기준을 벗어났을 때 대응방안에 대한 실행여부를 결정할 수 있는 상시 모니터링 시스템 구축이 필요하다. 이를 위해 평가지표의 위험기준 설정이 필요하다. 평가지표의 위험수준은 크게 4단계인 경미, 주의, 경계, 심각으로 구분하여 각 수준에 따른 조치사항을 <그림 6-4>와 같이 나타낼 수 있다. 평가지표가 경미한 수준이면 대응방안을 시행하지 않아도 항만 운영에 큰 무리가 없는 수준이며, 주의 단계에 들어가면 추가적인 모니터링 후 대응방안 수행 여부를 판단한다. 판단지표가 경계 수준에 진입하면 1단계 대응방안을 우선 적용하여 항만 운영 상태가 적정한 수준으로 회복되는지 판단하면서 단계적으로 대응방안을 수행하여야 한다. 마지막으로 심각 단계에 들어가게 되면 모든 대응방안을 즉시 수행하여 리스크 영향을 빠르게 완화하여 피해를 최소화할 수 있도록 모니터링 시스템이 작동되어야 한다.

〈그림 6-4〉 평가지표 위험기준에 따른 조치수준(예시)

구분	기준	조치사항
심각	Risk Level1 평시 대비 40% 이상 변동	모든 대응방안 즉시 수행
경계	Risk Level2 평시 대비 30% 이상 변동	대응방안 단계적 수행
주의	Risk Level3 평시 대비 20% 이상 변동	모니터링 후 대응방안 수행 여부 판단
경미	Risk Level4 평시 대비 10% 이하 변동	대응방안 미시행

자료: 저자 작성

3) 관련 법률 제정

항만의 공급망 리스크 모니터링 시스템 운영에 대한 법제화를 통해 항만의 공급망 리스크 관리 프로세스를 수행함에 있어 법적 근거를 마련할 필요가 있다. 이를 위해 「항만법」에 ‘항만 공급망 리스크 모니터링 시스템 구축·운영’에 대한 조항 신설이 필요하다. 해당 법률 조항을 신설하여 시스템을 운영하기 위해 필요한 자료를 요청할 수 있는 법적 근거를 마련하고, 공급망 리스크 관리 프로세스에 따라 공급망 리스크에 따른 위기 수준을 판단하고, 해당 수준에 따른 대응방안을 지체없이 수행될 수 있도록 하기 위함이다.

〈표 6-4〉 항만의 공급망 리스크 모니터링 시스템 구축·운영에 관한 조항 개정(안)

현행	개정(안)
〈신설〉	제○○조(항만의 공급망 리스크 관리 시스템의 구축·운영) ① 해양수산부장관은 공급망 리스크에 따른 항만의 위기를 신속하게 파악하고 대응하기 위해 공급망 리스크 모니터링 시스템(이하 “PSCRM”)을 구축·운영할 수 있다. ② 해양수산부장관은 제1항에 따라 PSCRM 구축을 위해 필요한 경우 중앙행정기관의 장, 지방자치단체의 장, 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관의 장, 「민법」 제32조에 따라 설립된 사업자단체 및 관련 사업자 등에게 정보 제출을 요청할 수 있다. 정보 제출을 요청받은 자는 정당한 사유가 없으면 이에 따라야 한다. ③ 해양수산부장관은 공급망 리스크에 따른 항만의 운영 위기 발생 시 위기 수준에 따른 대응방안을 마련하고 실행해야 한다. ④ 제1항부터 제3항까지에서 규정한 사항 외 항만 공급망 리스크 관리 시스템의 구축 운영 및 이용 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

자료: 「소재·부품·장비산업 경쟁력강화를 위한 특별조치법」 제23조의2 등을 참고하여 저자 재작성

추가적으로 항만의 공급망 리스크 관리 시스템 구축·운영 및 이용을 위한 전담 조직 및 인력 등 필요한 사항을 정하기 위해 ‘항만 공급망 리스크 관리 시스템 구축·운영 및 이용절차에 관한 규정’을 신설할 필요가 있다. 관련 규정에서는 해당 시스템에서 사용하는 용어 정의, 해당 시스템 운영을 위한 전담 조직 및 인력 구성에 관한 사항 등이 포함될 필요가 있으며 구체적인 내용은 다음과 같다.

첫째, 해당 시스템의 효율적인 운영을 위해 필요한 경우 전문기관에 위탁하여 운영 및 관리할 수 있도록 한다.

둘째, 항만별 특성을 고려한 리스크 대응방안 마련이 필요함에 따라 항만별 공급망 리스크 관리 전담 조직인 센터를 지정하여, 센터 내 전담 인력을 배치한다. 항만별 공급망 리스크 관리센터는 「항만법」 제2조 제6항에 따라 항만의 관리청(ex, 지방해양수산청)이 해당 역할을 수행한다. 앞서 항만의 공급망 리스크 관리 시스템 구축에서 언급했다시피 개별 항만에 따라 공급망 리스크의 영향도가 다르고 평가지표의 위험수준 등이 상이하기 때

문에, 해당 항만을 관리하는 관리청에서 시스템 내 변수들을 적절하게 활용할 수 있는 전담조직 및 인력이 필요하다. 또한 평가지표의 위험기준을 선정함에 있어 과거 운영 데이터 분석을 포함하여 해당 항만을 운영하는 관계자들의 경험에 따른 판단 등이 추가되어야 한다. 공급망 리스크 관리 센터에서는 항만 운영의 위험성 기준을 평가하는 평가위원회를 구성하여, 평가지표 및 해당 지표의 위험 기준에 대한 적절성을 심의할 수 있도록 한다. 이를 바탕으로 센터는 공급망 리스크 발생 시 위험 기준에 따른 단계별 대응방안 수립 및 시행을 통해 항만의 리스크 영향을 최대한 완화할 필요가 있다.

또한, 앞서 제5장의 항만의 공급망 리스크 대응방안 중 민관 협의체 구성을 통한 실효성 있는 대응방안 수립이 필요하다고 언급했다. 이를 위해 항만별 공급망 리스크 관리 센터는 공공에서 각 항만 구역의 해양수산부, 관세청, 국토교통부 산하기관을 포함하여 해당 항만의 선사, 운영사 및 협회 등을 포함한 협의체 구성 및 운영을 통해 실질적인 대응방안을 마련해야 한다.

〈표 6-5〉 항만의 공급망 리스크 관리 시스템 구축·운영에 관한 규정 제정(안) 일부

현행	제정(안)
	제1장 총칙 제1조(목적) 제2조(정의) 제2장 구축 및 운영 제1조(항만의 공급망 리스크 모니터링 시스템의 운영) 해양수산부장관은 항만 공급망 리스크 모니터링 시스템을 효율적으로 운영하기 위해 필요한 경우 전문기관에 위탁하여 운영·관리 할 수 있다. 제2조(항만별 공급망 리스크 관리 센터 지정 등) ① 해양수산부장관은 항만별 특성을 고려하여 공급망 리스크를 적절하게 관리하기 위해 항만별 공급망 리스크 관리 센터를 지정할 수 있으며, 관리 센터는「항만법」 제2조 6항의 관리청이 해당 역할을 수행한다. ② 공급망 리스크 관리 센터는 다음 각호의 사업 수행에 필요한 전담 조직 및 인력을 갖춰야한다. 1. 공급망 리스크 관련 정보 수집 및 분석 2. 평가지표 선정 및 위험수준 결정, 이를 위해 센터는 ‘항만 공급망 리스크 평가 위원회(이하 “평가위원회”)를 구성해야 한다. 3. 평가지표의 위험수준 단계에 따른 대응방안 수립 및 시행 4. 그 밖에 항만의 공급망 리스크 안정화를 위해 해양수산부령으로 정하는 사업 제3조(협의체 구성 및 운영) 제2조 제2항 제3호에 따른 항만별 공급망 리스크 대응방안에 관해 협의체를 구성 및 운영하여야 한다.

자료: 「소재·부품·장비산업 경쟁력강화를 위한 특별조치법」 제23조의2 등을 참고하여 저자 재작성

참고문헌

국내 문헌

- 강상훈·윤성민(2012), Value-at-Risk Analysis for the Chinese Stock Market, 산업경제연구, 25(1), pp.121-141.
- 김명중·박범조(2013). R을 이용한 분위수회귀 분석 : 경제외적 요인이 기대수명에 미치는 영향, 산업연구, 37(2), pp. 33-58.
- 김영곤 외(2021), 해운업계에서 사이버공격의 증가에 따른 사이버위험관리 방안에 관한 연구, 지역산업연구, 44(3), pp. 345-371.
- 김상환(2009), 포트폴리오위험의 추정과 분할방법에 관한 연구, 한국재무관리학회, 26(3), pp. 139-169.
- 김선구(2014), 컨테이너항만의 SCM 구성요인이 항만성과에 미치는 영향, 한국해운물류학회, 30(10), pp. 35-53.
- 김영준·김창희(2023), 공급망 리스크가 국가 해운 공급망에 미치는 영향에 대한 연구, 한국생산관리학회, 34(1), pp. 81-95.
- 김은수·송병준·이종연(2012), 공급사슬망에서 리스크 분류체계 연구, 한국정보처리학회, 19(3), pp. 257-262.
- 김태원 외(2006), 항만 경쟁구조 분석, 한국항해항만학회지, 30(6), pp. 509-515.
- 김희재·곽동철(2022). Stress Test를 통해 살펴본 코로나19 전후 중소기업 경영성과 분석, 경영컨설팅연구, 22(2), pp. 277-289.
- 곽동철(2013), 중소기업의 리스크평가모형에 관한 연구, 한국중소기업학회, 35(4), pp. 1-23.

-
- 권순일·김무환(2019), VaR(Value at Risk) 모형을 이용한 화재보험 손해 위험도 측정, 리스크관리연구, 30(1), pp. 31-58.
- 대한무역투자진흥공사(2022), 최근 중국 공급망 이슈의 영향 및 전망
- 박명섭(2008), 공급망사슬관리 관점에서의 전략적 항만성과측정, 한국무역상무학회지, 38, pp. 229-264.
- 박성화·김태일·권장한(2020). 스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운·조선기업의 안정성 분석, 한국해양수산개발원.
- 박지현 외(2016), Fuzzy-FMEA을 이용한 항공기 운영 리스크 평가 모형, 대한설비관리학회. 21(1), pp. 67-75.
- 박연우·방두완(2011), 건설업체의 재무건전성모형 추정과 건설업의 스트레스 테스트, 한국부동산분석학회, 17(3), pp. 105-119.
- 박천규·지대식·권수연(2011). 부동산금융시장의 스트레스테스트에 관한 연구, 지역개발연구, 43(1), pp. 85-105.
- 서정의·김좌겸(2005). 스트레스테스트를 이용한 우리나라 금융시스템의 안정성 분석, 한국은행 조사통계월보, 59(1), pp. 31-56.
- 서정호(2010), 국내은행의 스트레스 테스트 활용 현황과 개선방안, 한국금융연구원.
- 신용상(2011), 스트레스 테스트에 기초한 국내 금융시스템 안정성 분석, 한국금융연구원.
- 신창훈 외(2006), 공급사슬상의 리스크 요인에 관한 탐색적 연구. 한국항해항만학회, 30(1), pp. 67-71.
- 안세룡(2016), 공사에 적합한 스트레스 테스트 모형 개발 선행연구, 한국주택금융연구원.
- 양창호(2016). 물류와 SCM의 이해(2판), 박영사.
- 유일성·이유태(2004), VAR를 이용한 금융위험 측정, 재무관리논총, 10(1), pp. 191-214.
- 이충배(2020), 공급사슬관리 리스크 요인이 위험관리전략과 기업성과에 미치는 영향, 한국항만경제학회, 36(3), pp. 55-74.
- 전홍배 외(2008), 스트레스테스트를 활용한 은행 가계대출부문의 안정성 연구, 한국은행, 14(2), pp. 71-100.
- 조만 외(2013). 부동산시장 구조모형을 통한 스트레스테스트, 한국개발연구원.

- 조성우(2017), LNG 공급사슬 위험관리 방안에 관한 연구-항만 터미널을 중심으로-, 한국무역연구원, 13(5), pp. 691-711.
- 세학·박대현 (2011), 글로벌 SCM에서의 위험관리 프레임워크에 관한 연구 : A기업 사례를 중심으로, 한국상품학회, 29(2), pp. 137-146.
- 추봉성(2020), 텍스트마이닝 기법을 이용한 공급사슬 리스크 유발요인의 도출과 분석에 관한 연구, 한국물류학회, 30(3), pp. 89-99.
- 최준성·노승한(2023). 전문건설업체의 규모별, 업종별 재무건전성 모형 추정과 스트레스트 테스트, 부동산학연구, 29(1), pp. 91-105.
- 최필선·민인식(2014). 부동산 시장 침체에 따른 은행 및 건설업 스트레스 테스트, 사회과학연구, 40(1), pp. 65-84.
- 한국개발연구원(2021), 예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 도로·철도 부문 연구.
- 한국무역협회(2020), Trade Brief 10호.
- 한국자동차연구원(2021), 車 반도체 수급난 현황 진단과 향후 과제 산업동향.
- 한국지방세연구원(2018), 항만지역 화물차량이 야기하는 외부불경제 내부화 방안.
- 한국해양수산개발원(2022), 동향분석 제182호, p6.
- 한국해양수산개발원(2022), 2022년 품목별 항만물동량 예측보고서
- 한철환(2008), 항만의 성공적인 글로벌 공급사슬 전략-두바이항의 사례를 중심으로 -, 한국항만경제학회, 24(2), pp. 175-192.
- 해양수산부(2017), 선박 초대형화에 대응한 부산항 Mega-Port 전략 및 부두 기능 재배치계획 수립 용역
- 홍기석·최지원. (2018). 가계부채의 스트레스 테스트와 소득 충격, 국제경제연구, 24(1), pp. 1-24.

국외 문헌

- BIS(2004), Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies.
- BIS(2005), Stress Testing at Major Financial Institutions: Survey Results and Practice.

-
- BIS (2009). Principles for Sound Stress Testing Practices and Supervision.
- Bogataj, David & Bogataj, Marija(2007), Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space, *International Journal of Production Economics* 108(1), pp. 291-301.
- Cavinato, J.L(2004), Supply chain logistics risks : From the back room to the board room, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(5), pp. 383-387.
- Chitu Okoli & Suzanne D. Pawlowski(2004), The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications, *Information & Management* 42(1), pp. 15-29.
- Christine Harland et al. (2003), Risk in supply networks, *Journal of Purchasing and Supply Management* 9(2), pp. 51-62.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson Uk. p. 13.
- Container Xchange(2021), *Demurrage&Detention Benchmark 2021*.
- Container Xchange(2022), *Demurrage&Detention Benchmark 2022*.
- Cooper, M.C.& L.M. Ellram(1993). Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy, *The International Journal of Logistics Management*, 4(2), pp. 13-24.
- Foglia, A.(2008), Stress Testing Credit Risk: A Survey of Authorities' Approaches, *International Journal of Central Banking*, 5(3), pp. 9-45.
- Gabriel Costa Dias et al.(2019), Supply chain risk management at seaport container terminals terminals, *Gestão & produção*, 28(3). pp. 1-24.
- Gabriel Jiménez & Javier Mencia(2009), Modeling the Distribution of Credit Losses with Observable and latent Factors, *Journal of Empirical Finance*, 16(2), pp. 235-253.
- Gençay, Ramazan & Selçuk, Faruk(2003), Extreme value theory and Value-at-Risk: Relative performance in emerging markets, *International Journal of Forecasting*, 20(2), pp. 287-303.
- IAPH(2021), *Cybersecurity Guidelines for ports and port facilities*.
- Ila Manuj and John T. Mentzer(2008), *Global Supply Chain Risk Management*, pp.

133-156.

- Iris Heckmann et al.(2015), A critical review on supply chain risk-Definition, measure and modeling, *Omega*, 52, pp. 119-132.
- Jüttner, Uta et al. (2003), Supply Chain Management : Outlining an agenda for future research, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 6(4), pp. 197-210.
- Khalid Bichou & Richard Gray(2007), A Logistics and Supply Chain Management Approach to Port Performance Measurement, *Maritime Policy&Management*, 31(1), pp. 47-67.
- La Londe, Bernard J. and James M. Masters (1994), Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the Next Century, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 24(7), pp. 35-47.
- Lambert, D., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of logistics management*. McGraw-Hill/Irwin.
- Marlow & Paixão Casaca(2003), Measuring lean ports performance, *International Journal of Transport Management*, 1(4), pp. 189-202.
- MAS(2002), Consultative Paper : Credit Stress Testing
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001), Defining supply chain management. *Journal of Business logistics*, 22(2), pp. 1-25.
- Paixao et al.(2003), Fourth Generation Ports- A Question of Agility, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(4), pp. 355-376.
- Rangel, D. A et al. (2013), Supply chain risk classification: discussion and proposal, *International Journal of Production Research*, 53(22), pp. 6868-6887.
- Rao, Shashank & Goldsby, Thomas J(2009), Supply chain risks: a review and typology, *The International Journal of Logistics Management* 20(1), pp. 97-123.
- Ross Robinson(2002), Ports as elements in value-driven chain systems: the new paradigm, *Maritime Policy&Management*, 29(3), pp. 241-255.
- Skulmoski G. J., Harman F. T., & Krahn, J.(2007). The delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education*, 6(1), pp. 1-21.

-
- Seyed Mohammad Sina Seyfi et al.(2021), Portfolio Value-at-Risk and expected-shortfall using an efficient simulation approach based on Gaussian Mixture Model, *Mathematics and Computers in Simulation* ,190(1), pp. 1056-1079.
- Sujeet Deshpande 외(2017), Supply Chain Risk Classification Schemes : A Literature Review, *OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*, 10(4), pp. 182-199.
- Sunil Chopra & Manmohan S. Sodhi(2004), Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown, *MIT Sloan Management Review*, pp. 53-61.
- Theo Notteboom et al.(2022), *Port Economics, Management and Policy*, Routledge, https://porteconomicsmanagement.org/wp-content/uploads/10.4324_9780429318184_previewpdf.pdf(검색일 : 2023.03.15.)
- Wang Dan & Yang Zan(2007), Risk Management of Global Supply Chain, 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics, pp. 1150 – 1155.
- Wanger, S.M 외 & Bode, Chrisoph(2008), An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk, *Journal of Business Logistics* 29(1), pp. 307-325.
- Wenhao Peng et al.(2023), A deep learning approach for port congestion estimation and prediction, *Maritime Policy & Management*. 50(7), pp. 835-860.
- Wong, Jim et al.(2009), A Framework for Stress Testing Banks' Credit Risk, *The Journal of Risk Model Validation*, 2(1), pp.3 -23.
- Wu, T. et al.(2006), A model for inbound supply risk analysis, *Computers in Industry*, 57(4), pp. 350-365.
- Fan, Yiyi & Stevenson, Mark(2018), A review of supply chain risk management: definition, theory, and research agenda, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(1), pp. 205-230.
- Zsidisin, G.A(2006), Managerial Perceptions of Supply Risk, *Journal of Supply Chain Management* 39(1), pp. 14-26.

인터넷 자료

- 국가통계포털, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_2KAA806_OECD(검색일 : 2023.03.06.)
- 국제신문(2022.06.20.), <http://www.kookje.co.kr/news2011/asp/newsbody.asp?code=0200&key=20220621.22012005218>(검색일 : 2023.09.25.)
- 국토교통부, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_72/dtl.jsp?id=95087606(검색일 : 2023.03.06.)
- 국토교통부, http://www.molit.go.kr/USR/policyData/m_34681/dtl.jsp?search=&srch_dept_nm=&srch_dept_id=&srch_usr_nm=&srch_usr_titl=Y&srch_usr_ctnt=&search_regdate_s=&search_regdate_e=&psize=10&s_category=p_sec_4&p_category=&lcmepage=7&id=258(검색일 : 2023.04.04.)
- 금융위원회 보도자료, <https://www.fsc.go.kr/no010101/79615?srchCtgr=&curPage=&srchKey=sj&srchText=%EC%86%90%EC%8B%A4%ED%9D%A1%EC%88%98&srchBeginDt=&srchEndDt=>(검색일 : 2023.09.25.)
- 금융위원회 업무자료, <https://www.fss.or.kr/fss/bbs/B0000092/view.do?nttId=21167&menuNo=200121>(검색일 : 2023.09.25.)
- 대한무역투자진흥공사, https://dream.kotra.or.kr/dream/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=2&MENU_ID=2430&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=183979(검색일 : 2023.07.07.)
- 대한민국 대통령실, https://www.president.go.kr/affairs/gov_project(검색일 : 2023.04.05.)
- 부산항도선사협회, <http://www.busanpilot.co.kr/information/estimate>(검색일 : 2023.08.04.)
- 연합뉴스(2023.07.05.), <https://www.yna.co.kr/view/AKR20230705109300073>(검색일 : 2023.08.07.)
- shippingnews넷(2013.11.08.)<https://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=1760>(검색일 : 2023.04.04.)
- (주)희성로직스, http://www.hsl21.com/homepage/gesi/content.asp?w_ID=47(검색일 : 2023.10.05.)

한국경제(2021.03.25.), <https://www.hankyung.com/finance/article/202103259266Y>(검색일 : 2023.04. 03.)

한국경제(2023.06.20.), <https://www.hankyung.com/article/202306202066i>(검색일 : 2023.08.07.)

한국경제연구원 보도자료(2022.12.15.), http://www.keri.org/web/www/news_02?p_p_id=EXT_BBS&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_EXT_BBS_struts_action=%2Fext%2Fbbs%2Fview_message&_EXT_BBS_messageId=356428(검색일 : 2023.03.15.)

한국노동연구원 노동통계, https://www.kli.re.kr/board.es?mid=a10204000000&bid=0011&list_no=137999&act=view(검색일 : 2023.07.10.)

한국무역협회, <https://stat.kita.net/>(검색일 : 2023.03.15.)

한국예선업협동조합, http://busantug.kr/sub02/sub03_01.php(검색일 : 2023.08.04.)

해운항만물류정보시스템, <https://new.portmis.go.kr/portmis/websquare/websquare.jsp?w2xPath=/portmis/w2/main/intro.xml>(검색일 : 2023.03.15.)

해운항만물류정보시스템, <https://new.portmis.go.kr/portmis/websquare/websquare.jsp?w2xPath=/portmis/w2/main/intro.xml>(검색일 : 2023.08.04.)

해외항만개발정보서스, <https://www.coscop.or.kr/coscop/cooperativeProject.do?gotoMenuNo=03020100#none>(검색일 : 2023.08.07.)

헤럴드경제(2021.03.08.), <http://news.heraldcorp.com/view.php?ud=20210308000679>(검색일 : 2023.08.07.)

e-나라지표, https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1512(검색일 : 2023.07.07.)

e-나라지표, https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cgofjfemd=1094(검색일 : 2023.09.25.)

BBC News(2022.10.05.), <https://www.bbc.com/news/uk-england-suffolk-63063256>(검색일 : 2023.03.15.)

BBC News(2021.03.29.), <https://www.bbc.com/news/business-56559073>(검색일 : 2023.04.03.)

Bloomberg(2023.06.20.), <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-06-2>

- 0/google-seeks-suppliers-to-move-some-pixel-production-to-india#xj4y7vzkg(검색일 : 2023.08.07.)
- Bloomberg(2023.08.01.), <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-07-31/apple-supplier-foxconn-plans-500-million-india-component-plants#xj4y7vzkg>(검색일 : 2023.08.07.)
- Clarksons Research, <https://www.clarksons.net/n/#/sin/timeseries/browse>(검색일 : 2023.03.15.)
- Clarksons Research, <https://www.clarksons.net/n/#/sin/timeseries/browse>(검색일 : 2023.07.03.)
- CNBC News(2017.08.16.), <https://www.cnbc.com/2017/08/16/maersk-says-not-petya-cyberattack-could-cost-300-million.html>(검색일 : 2023.06.12.)
- Cyber Threat Index, <https://www.imperva.com/cyber-threat-index/>(검색일 : 2023.07.07.)
- Economic Policy Uncertainty, <https://www.policyuncertainty.com/methodology.html>(검색일 : 2023.07.03.)
- EM-DAT, <https://www.emdat.be/>(검색일 : 2023.07.03.)
- Enerdata, <https://yearbook.enerdata.co.kr/natural-gas/world-natural-gas-production-statistics.html>(검색일 : 2023.03.15.)
- Federal Reserve Bank of Newyork ,<https://www.newyorkfed.org/research/policy/gscpi#/interactive>(검색일 : 2023.07.10.)
- Federal Reserve Economic Data, <https://fred.stlouisfed.org/series/PCU48414841>(검색일 : 2023.03.06.)
- Federal Reserve Economic Data, <https://fred.stlouisfed.org/series/PCU49314931>(검색일 : 2023.03.06.)
- HBR, <https://hbr.org/2020/09/global-supply-chains-in-a-post-pandemic-world>(검색일 : 2023.03.15.)
- IMF, https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD(검색일 : 2023.03.15)
- Maritime-Executive(2022.09.22.), <https://www.maritime-executive.com/editorials/study-russia-s-black-sea-container-traffic-is-down-but-not-by-mu>

-
- ch(검색일 : 2023.04.04.)
- MPA , <https://www.mpa.gov.sg/media-centre/details/new-24-7-maritime-cyber-security-operations-centre-to-boost-cyber-defence-readiness> (검색일 : 2023.08.11.)
- Oracle, <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-managem-ent/just-in-time-vs-just-in-case.shtmls>(검색일 : 2023.04.03.)
- Petapixel(2023.01.30.), <https://petapixel.com/2023/01/30/sony-has-moved-90-of-its-camera-production-from-china-to-thailand/>(검색일 : 2023.08.07.)
- Port Authority New York&New Jersey, <https://www.panynj.gov/port/en/our-port/facts-and-figures.html>(검색일 : 2023.03.15.)
- Port of Long Beach, <https://polb.com/business/port-statistics#latest-statistics>(검색일 : 2023.03.15.)
- Port of Los Angeles, <https://www.portoflosangeles.org/business/statistics>(검색일 : 2023.03.15.)
- Port of Rotterdam, Portbase, <https://www.portbase.com/en/securely-sharing-data-together-2/> (검색일 : 2023.08.10.)
- PORTUS, <https://portusonline.org/rotterdam-port-and-its-innovation-roadmap/>(검색일 : 2023.08.07.)
- Reuters(2022.11.23.),<https://www.reuters.com/markets/asia/south-korean-truckers-go-strike-posing-risk-supply-chain-2022-11-23/>(검색일 : 2023.03.15.)
- Reuters(2022.12.02.), <https://www.reuters.com/world/us/biden-signs-bill-block-us-railroad-strike-2022-12-02/>(검색일 : 2023.03.15.)
- Reuters(2022.08.20.), <https://www.reuters.com/technology/apple-supplier-foxconn-invest-300-mln-more-northern-vietnam-media-2022-08-20/>(검색일 : 2023.08.07.)
- Reuters(2023.04.13.), <https://www.reuters.com/technology/apple-now-makes-almost-7-its-iphones-india-bloomberg-news-2023-04-13/>(검색일 : 2023.08.07.)

- SCMP(2020.04.13.), <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3078745/what-us-china-trade-war-how-it-started-and-what-inside-phase>(검색일 : 2023.03.15.)
- Statista, <https://www.statista.com/statistics/1252568/number-of-transits-in-the-suez-cana-annually/>(검색일 : 2023.04.03.)
- Sea-Intelligence, <https://www.sea-intelligence.com/press-room/185-schedule-reliability-continue-its-upwards-trend>(검색일 : 2023.03.06.)
- Trading Economics, <https://ko.tradingeconomics.com/commodity/natural-gas>(검색일 : 2023.03.15.)
- USDA, <https://www.fas.usda.gov/report-release-announcement/grains-world-markets-and-trade>(검색일 : 2023.04.04.)
- World port sustainability program, <https://sustainableworldports.org/project/port-of-los-angeles-2nd-generation-cyber-security-operations-center/>(검색일 : 2023.08.10.)
- XM cyber, <https://xmcyber.com/case-studies/when-one-of-europes-largest-sea-ports-needed-helpsecuring-its-vast-it-infrastructure-xm-cyber-deliver-edits-attack-centric-exposure-prioritization-platform/>(검색일 : 2023.08.11.)

법령 및 고시 자료

- 무역항 등의 항만시설 사용 및 사용료에 관한 규정(2023.01.01., 해양수산부고시 제2022-214호).
- 보세운송에 관한 고시(2021.02.03., 관세청고시 제2021-25호).
- 사이버안보 업무규정(2020.01.01., 대통령령 제31356호).
- 소재·부품·장비산업 경쟁력 강화를 위한 특별조치법(2023.06.13., 법률 제19438호).
- 항공안전데이터 처리 및 활용에 관한 규정(2020.04.03., 국토교통부훈령 제1290호).
- 항만공사법(2023.06.28., 법률 제19117호).

부 록

1. 선행연구 검토

〈부록 표 1〉 공급망 내 항만의 역할 관련 선행연구

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
1	• 논문명 : Ports as elements in value-driven chain systems: the new paradigm • 저자명(연도): Ross Robinson(2002) • 신속하고 광범위한 공급망 변화에 따른 항만 역할의 패러다임 정리	• 문헌연구	• 공급망 변화 검토 • 공급망 내에서 항만의 역할에 대한 패러다임 제시
2	• 논문명 : Fourth Generation Ports- A Question of Agility • 저자명(연도): Paixao et al(2003) • 높은 수준의 외부환경 불확실성에 대처하기 위해 4세대 항만의 민첩성 필요	• 문헌연구	• 세대별 항만의 역할 변화 검토 • 4세대 항만의 정의와 민첩성 항만의 개념을 구현하기 위한 방법론 제공
3	• 논문명 : Measuring lean ports performance • 저자명(연도): Marlow & Casaca(2003) • 항만의 민첩성 등을 포함한 항만 질적 성능 평가 지표 개발	• 문헌연구	• 항만의 역할 변화 검토 • 전통적인 항만 성능 평가 지표 검토 • 민첩한 항만의 성과를 평가하기 위한 질적 성과 지표 제안
4	• 논문명 : A Logistics and Supply Chain Management Approach to Port Performance Measurement	• 문헌연구 • 설문조사	• 문헌연구 및 전문가 패널을 활용한 설문조사를 통해 물류 및 공급망 관리의 관점에서 항만 시스템 개념화 및 항만의 성능을 측정할

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
	• 저자명(연도): Khalid Bichou & Gray(2007) • 물류 및 공급망 관리에서의 항만의 역할 제고 및 항만 성능 평가를 위한 프레임워크 도출		수 있는 프레임워크 제시
5	• 논문명 : 공급망사슬관리 관점에서의 전략적 항만성과측정 • 저자명(연도): 박명섭(2008) • 공급사슬관리 관점에서 항만의 성과측정을 개념화	• 항만의 역할에 관한 문헌연구 • 항만 성과 측정방법에 대한 이론적 고찰 및 한계점 파악 • 공급사슬성과(SCP)에 대한 문헌 검토	• 항만의 역할 변화 및 정보화시대의 항만의 주요 역할 고찰 • 항만의 성과측정방법 검토 및 공급사슬관리 관점에서의 항만의 성과측정을 위한 SCOR 모델 적용
6	• 논문명 :항만의 성공적인 글로벌 공급사슬 전략-두바이항의 사례를 중심으로- • 저자명(연도): 한철환(2008) • 공급사슬상에서 항만의 효율적인 서비스 제공 및 가치창출을 위한 전략 도출	• 문헌연구 • 사례분석	• 공급사슬 확대에 따른 공급사슬 내 항만의 역할 및 경쟁력 검토 • 두바이항의 사례 검토를 통해 광양항의 글로벌 공급사슬 전략(원스톱 서비스, 배후지역 활성화) 도출
7	• 논문명 : 컨테이너항만의 SCM 구성요인이 항만성과에 미치는 영향 • 저자명(연도): 김선구(2014) • 컨테이너항만의 공급사슬관리 구성요인 도출 및 항만성과에 미치는 영향력 검증	• 문헌연구 • 다중회귀분석 및 설문조사	• 컨테이너항만의 SCM 구성요인 도출 • -컨테이너항만의 SCM 구성요인 중 항만성과에 긍정적 영향을 미치는 요인을 다중회귀분석 및 설문조사를 통해 검증
8	• 도서명: 물류와 SCM의 이해(2판) • 저자명(연도): 양창호(2016) • 물류와 SCM의 기초 및 전반적인 내용이 담긴 이론서	• 물류와 SCM과 관련된 문헌 연구 및 사례연구	• 물류와 SCM의 개념 • 통합물류 • 물류의 구성요소 및 운송시스템 • 국제물류거점 • 공급사슬위험관리
9	• 논문명 : A review of supply chain risk management:	• SCRM과 관련된 약	• SCRM의 포괄적인 정의

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
	- definition, theory, and research agenda - 저자명(연도): Fan & Stevenson(2018) - SCRM에 대한 포괄적인 정의 및 개념 프레임워크 개발	354개 (2000~2016년)의 문헌 검토 - 사례연구	4단계의 SCRM 프로세스(위험 식별, 위험 평가, 위험 대응전략, 모니터링) 제시 - 제시된 프로세스를 적용한 사례 연구
10	- 논문명 : Supply chain risk management at seaport container terminals - 저자명(연도): Gabriel Costa Dias et al(2019) - SCRM에서 항만의 중요성 도출	- 전문가 인터뷰 - 문헌연구 - 사례 검토	- SCR, SCRM 개념 검토 - SCRM에서 항만의 중요성 검토
11	- 도서명 : Port Economics, Management and Policy - 저자명(연도): Theo Notteboom et al(2022) (Chapter 1.2) 공급망 내에서의 항만 역할 검토	문헌연구	글로벌 공급망 변화 및 공급망 내에서의 항만의 역할 검토

〈부록 표 2〉 공급망 리스크 요인 도출 및 평가 관련 선행연구

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
1	- 논문명 : Risk in supply networks - 저자명(연도): Christine Harland et al(2003) - 복잡하고 동적인 공급망 네트워크 상에서의 리스크 유형의 정의 및 분류를 통해 위험관리 도구 필요성 강조	- 문헌연구 - 사례조사	- 공급망 네트워크 리스크 유형 분류 - 네 가지 사례분석을 통해 리스크를 식별하고 평가하기 위한 프레임워크 소개
2	- 논문명 : Supply Chain Management : Outlining an agenda for future research - 저자명(연도) : Jüttner, U. et al(2003) - 공급망 위기 식별 및 공급망 위기 관리 전략 제안	- 문헌연구 - 전문가 인터뷰	- 공급망 위험 관리 개념을 명확히 하여 미래 발생할 공급망 위기 식별 - 발생가능한 공급망 위기를 크게 환경 요인, 네트워크 요인, 조직 요인으로 분류 - 해당 위험 관리에 대한 실무자 인터뷰를 통해 관리 전략 도출

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
3	• 논문명 : Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown • 저자명(연도): Chopra & Sodhi (2004) • 공급망 리스크 관리의 중요성 강조 및 리스크 대응을 위한 리스크 대응 방안 제시	• 문헌연구 • 사례연구	• 공급망 리스크 요인을 공급자-기업 내부-소비자 관점에 따라 총 7가지 영역(배송 지연, 주문 시스템, 재난, 정보처리, 지적 재산, 채권, 상품 조달)으로 구분 • 공급망 위험을 식별하기 위해 스트레스 테스트 권장 • 리스크 요인 및 스트레스 테스트 활용 등을 활용하여 리스크 완화 전략 도출
4	• 논문명 : Supply chain logistics risks : From the back room to the board room • 저자명(연도) : Cavinato, J.L(2004) • 공급망 네트워크 구분에 따른 공급망 리스크 분류	• 문헌연구	• 공급망 위험에 특별한 주의가 필요한 5개의 내부/외부 하위 네트워크 구분 • 네트워크에 따라 리스크는 총 4가지 범주에 따라 분류
5	• 논문명 : 공급사슬상의 리스크 요인에 관한 탐색적 연구 • 저자명(연도): 신창훈 외(2006) • 공급사슬상에서 발생하는 리스크를 물류센터의 입장에서 파악 후 해당 요인들의 중요도 측정	• 문헌연구 • 전문가 면접조사 • 설문조사 (AHP 기법)	• 기존 공급사슬 관련 리스크 요인 검토 • 전문가 면접조사를 통한 물류센터 관점에서 리스크 요인 도출 • AHP 기법을 이용하여 세부요인들의 상대적 중요도 도출
6	• 논문명 : A model for inbound supply risk analysis • 저자명(연도) : Wu, T. et al(2006) • 인바운드 공급 위험을 분류 및 관리, 평가하기 위한 통합 방법론 제시	• 문헌연구 • AHP 방법론 • 사례분석 • 프로토타입	• 인바운드 공급 위험 요인을 크게 내부 요인, 외부 요인으로 분류 • 제어할 수 있는 위험과 일정부분 제어 가능 위험, 제어 불가능 위험으로 세부 분류 • AHP를 통해 위험 요인의 상대적 중요도 도출 • 프로토타입 시스템 구현을 통해 산업 사례 적용
7	• 논문명 : Managerial Perceptions of Supply Risk • 저자명(연도): Zsidisin, G.A(2006) • 공급 위험 관리에 영향을 미치는 공급 특성 파악 및 공급 리스크 분류를	• 문헌연구 • 사례연구	• 7건의 사례검토를 통해 공급 위험 인식에 영향을 미치는 요인 검토 • 요인(품목, 시장, 공급업체 특성 등)에 따른 공급망 리스크를 영향도(High, Low)에 따라 분류 • 영향도에 따른 리스크 분류의 관

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
	통해 리스크 관리를 위한 프레임워크 도출		리인식 모델 제안
8	• 논문명 : Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space • 저자명(연도) : Bogataj, D & Bogataj, M(2007) • 프로그램밍을 통해 공급망 위험의 비용 측정	• 문헌연구 • 라플라스 변환 • MRP-DRP 모델링 • 순현재가치(NPV) 접근법	• 공급망 리스크 관리를 위험 식별, 평가, 측정 단계로 구분 • 공급망 위험을 총 5개로 분류하여 식별(공급, 생산 및 유통, 수요, 품질관리, 환경) • 공급망 위험을 평가하고 측정하기 위해 순현재가치 접근법 적용
9	• 논문명 : Risk Management of Global Supply Chain • 저자명(연도): Dan & Zan(2007) • 글로벌 공급망 리스크 관리를 위한 통합적인 프로세스 제안	• 문헌연구 • 사례연구	• 글로벌 리스크 특성 파악을 통해 리스크 종류를 크게 공급사슬 내부 요인과 외부 요인으로 분류 • 리스크 식별 및 평가 프로세스 제안 및 사례연구를 통한 검증 • 보편적인 위험 완화 수단 제시
10	• 논문명 : An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk • 저자명(연도) : Wanger & Bode(2008) • 공급망 리스크가 기업의 운영 성과와 주가에 미치는 영향 분석	• 문헌연구 • 설문조사	• 공급망 위험요인을 총 6가지 카테고리(수요, 공급, 법률, 규제, 인프라, 재해) • 독일에 진출한 기업 임원 760명을 대상으로 카테고리별 위험요인에 대해 기업 운영 성과 및 주가에 미치는 영향 관련 설문조사 실시
11	• 논문명 : Supply chain risks: a review and typology • 저자명(연도): Rao & Goldsby(2009) • 공급망위험관리(SCRM) 문헌연구를 통해 공급망 위험 유형 도출	• 문헌연구	• SCRM 관련 문헌 검토를 통해 공급망 리스크를 5가지 분류로 구분(환경 리스크, 산업 리스크, 조직 리스크, 경영진 리스크, 특별한 리스크)
12	• 논문명 : 글로벌 SCM에서의 위험 관리 프레임워크에 관한 연구 : A기업 사례를 중심으로 • 저자명(연도): 천세학·박대현(2011) • 위험관리를 정보시스템 분야에 적용하여 글로벌 SCM의 위험관리체계 프레임워크 제시	• 문헌연구 • 사례연구	• 글로벌 공급망 위험인식 요인 통합 조정 후 크게 4개의 영역(수요, 공급, 운영, 글로벌)으로 구분 • 위험요인을 평가하기 위한 위험 평가 척도 제시 • A기업 중심의 사례연구를 통해 리스크 요인 및 평가에 따른 리스크 관리 프레임워크 제시

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
13	• 논문명 : 공급사슬망에서 리스크 분류체계 연구 • 저자명(연도): 김은수 외(2012) • 화주 및 물류업체 공급사슬망에서 리스크 관리의 중요성과 리스크 분류 체계 도출	• 문헌연구 • 설문조사 (확인적 요인분석, 집중타당성, 판별타당성)	• 화주 및 물류업체 전문가 설문을 통해 글로벌 공급망 리스크를 대분류(3개), 중분류(10개)로 구분 • 리스크 분류의 타당성 검증을 위해 설문자료를 바탕으로 확인적 요인분석, 집중타당성, 판별타당성 검증 진행
14	• 논문명 : Supply chain risk classification: discussion and proposal • 저자명(연도): Rangel, D.A et al(2013) • 기존의 공급망 위험분류 관련 검토를 통해 신규 공급망 위험분류 제안	• 문헌연구	• 56가지 공급망 위험을 포함하는 16가지 위험 분류에 대한 문헌검토 • 공급망 위험 분류에 대한 저자들의 의견 격차를 해소하고자 14개의 신규 분류 체계 제안
15	• 논문명 : Supply Chain Risk Classification Schemes : A Literature Review • 저자명(연도): Sujeet Deshpande et al(2017) • 공급망 리스크 분류에 관한 문헌연구를 통해 새로운 위험 분류 프레임워크 도출	• 문헌연구	• 공급망 분류 관련 문헌연구 분석 및 검토 • 최종 12개의 카테고리 분류하여 리스크를 분류할 수 있는 포괄적인 프레임워크 도출
16	• 논문명 : LNG 공급사슬 위험관리 방안에 관한 연구-항만 터미널을 중심으로- • 저자명(연도): 조성우(2017) • LNG 항만 터미널의 공급사슬 위험관리 방안(SFRM) 제시	• 문헌연구	• LNG 특성, 산업 및 잠재위험 요소 등 검토 • 국제 선박 및 항만시설 보안규칙(ISPS)과 non-ISPS 보안 조치 관점에서 LNG항만 터미널 공급사슬 위험관리체계(SFRM) 제시
17	• 논문명 : Supply chain risk management at seaport container terminals • 저자명(연도): Gabriela Costa Dias et al(2019) • 항만의 공급망 리스크 식별 및 위험관리 프로세스 필요성	• 문헌연구 • 탐색조사 및 설문조사(반구조적 인터뷰)	• SCM 및 SCRM 내에서의 항만 역할 • 탐색조사를 통한 공급망 내 항만의 리스크 식별 • 브라질 항만 근로자들에게 반구조적 면접을 통해 설문조사 실시, 구조화된 공급망 리스크 관리 프로세스에 대한 필요성 도출
18	• 논문명: 공급사슬관리 리스크 요인이 위험관리전략과 기업성과에 미	• 문헌연구 • 설문조사	• 공급사슬위험관리 개념 및 특징 분석

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
	- 치는 영향 - 저자명(연도): 이충배(2020) - 공급사슬의 리스크 요인이 위험관리전략과 기업성과에 미치는 영향 실증분석	구조방정식	공급사슬위험요인 도출 및 위험관리전략과 기업성과와의 영향도 분석을 통해 리스크 요인별 위험관리 추진전략 제시
19	- 논문명: 텍스트마이닝 기법을 이용한 공급사슬 리스크 유발요인의 도출과 분석에 관한 연구 - 저자명(연도): 추봉성(2020) - 공급망에서의 효과적인 리스크 관리를 위한 리스크 측정 및 분류	- 문헌연구 - 텍스트마이닝 - GRI(Generalized Rule Induction) 분석 - 빈도분석	- 공급망관리와 관련된 68개 저널을 대상으로 텍스트마이닝 기법을 통해 총 133개 리스크 유발요인 도출 - 리스크 유발요인은 SCM과 일반적인 비즈니스 특성에 따라 분류 - 리스크 유발요인간 연관성과 연결강도 파악을 통해 요인별 출현빈도 분석

〈부록 표 3〉 리스크 평가 관련 선행연구

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
1	- 보고서명: Consultative Paper: Credit Stress Testing - 기관명(연도): MAS(2002) - 금융기관들에게 금융위기를 대비하기 위한 스트레스 테스트의 지침 제공	- 문헌연구 - 사례분석	- 스트레스 테스트 프로세스 검토 - 각 단계별 신용 위험과 관련된 스트레스 테스트 지침 제공
2	- 논문명: Extreme value theory and Value-at-Risk: Relative performance in emerging markets - 저자명(연도): Gencay & Selcuk(2003) - 신흥국 주식시장의 위험 모델 평가	- VaR - 극단치 이론	극단치 이론을 활용한 VaR 측정모형을 9개의 신흥국 주식시장에 적용하여 위험 추정치에 대한 성과 평가
3	- 보고서명 Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies - 기관명(연도): BIS(2004) - 스트레스 테스트 최신 방법론 검토	- 문헌연구 - 스트레스 테스트	- 스트레스 테스트 방법론의 변화 검토 - 개별요인 접근방식과 통합적 접근방식에 따른 스트레스 테스트 연구 검토

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
4	• 논문명 : VAR를 이용한 금융위험 측정 • 저자명(연도) : 유일성·이유태 (2004) • 극단치이론에 입각한 VaR 측정을 통해 RiskMetrics 방법과 비교	• 극단치 이론 • VaR • 실증분석	• 여러 방법을 활용한 VaR 추정을 통해 실무적으로 가장 의미있는 VaR 접근방식 도출
5	• 보고서명 : Stress Testing at Major Financial Institutions: Survey Results and Practice • 기관명(연도) : BIS(2005) • 은행들의 스트레스 테스트 현황 분석	• 문헌연구 • 설문조사 • 응답기업과의 인터뷰 조사	• 16개국 64개 은행 및 증권사의 스트레스 테스트 시행 유무 및 리스트 요인 검토 • 스트레스 테스트에 참여한 기관들과 후속 회의를 통해 스트레스 테스트 실무 논의
6	• 논문명 : 스트레스테스트를 활용한 은행 가계대출부문의 안정성 연구 • 저자명(연도) : 전홍배 외(2008) • 스트레스 테스트를 활용하여 거시경제 충격이 일반은행 가계대출 포트폴리오의 신용손실에 미치는 영향 분석	• 문헌연구 • CreditPortfolioView • 스트레스 테스트 • 다중회귀	• 일반은행의 가계대출 자료 대상, 부실의 대표지표로 연체율 고려 • 연체율과 연관된 거시경제변수를 총 5개의 카테고리(경기, 고용 및 소득, 가격, 금리 및 금융, 통화) 구분하여 설정 • 선정된 변수들을 활용하여 CreditPortfolioView에 기반으로 둔 스트레스 테스트 실시
7	• 논문명 : Stress Testing Credit Risk: A Survey of Authorities' Approaches • 저자명(연도) : Foglia, A.(2008) • 신용위험 관리를 위한 스트레스 테스트 방법론 검토	• 문헌연구 • 사례조사	• 중앙은행 및 금융 감독원의 입장에서 실시되고 있는 스트레스 테스트 방법론 검토
8	• 논문명 : Modeling the Distribution of Credit Losses with Observable and latent Factors • 저자명(연도) : Jiménez & Mencia(2009) • 은행의 대출 포트폴리오의 신용 손실 분포를 추정하기 위한 동적 모델 제안	• 문헌연구 • 신용평가 모형 • 손실분포 함수 • 스트레스 테스트	• 스페인 은행 시스템 자료를 토대로 대출유형을 가계대출, 기업대출로 구분하여 손실분포 도출 • 각 유형별 손실분포를 적용하여 스트레스 테스트 실시
9	• 논문명 : A Framework for Stress Testing Banks' Credit	• 문헌연구 • 몬테카를로	• 아시아 금융위기와 비슷한 수준의 다양한 충격 시나리오 설정

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
	- Risk • 저자명(연도) : Wong, J. et al (2009) • 스트레스 테스트를 활용한 홍콩 소매은행의 거시 경제 충격에 대한 신용위험 평가	- 시뮬레이션 • 스트레스 테스트	• 시나리오 스트레스 테스트를 통해 현재 홍콩 소매은행의 신용위험 수준 진단
10	• 보고서명 : 국내은행의 스트레스 테스트 활용 현황과 개선방안 • 기관명(연도) : 서정호(2010) • 국내 은행의 스트레스 테스트 활용 현황과 개선방안 도출	• 문헌연구 • 사례조사 • 전문가 인터뷰 및 설문조사	• 스트레스 테스트 도입 배경 및 의의 검토 • 국내 은행들을 대상으로 스크레스 테스트 현황과 관련된 설문조사 및 전문가 인터뷰 진행 • 국내 은행들의 스트레스 테스트 활용은 미진한 수준으로 위기관리분석능력 확대를 위해 개선방안 제시
11	• 논문명 : 건설업체의 재무건전성모형 추정과 건설업의 스트레스 테스트 • 저자명(연도) : 박연우·방두완 (2011) • 건설기업의 재무건전성 모형 추정을 통해 스트레스 테스트 적용	• 문헌연구 • 패널회귀분석(ARCH, GARCH, GSL) • 스트레스 테스트	• 2000~2009년 국내 건설업의 패널 데이터를 활용하여 거시경제 변수(주택가격, 금리, GDP)와의 재무건전성 모델 추정 • 추정된 재무건전성 모형을 사용하여 거시충격에 의한 스트레스 테스트 실시
12	• 보고서명 : 스트레스 테스트에 기초한 국내 금융시스템 안정성 분석 • 기관명(연도) : 신용상(2011) • 국내 거시경제 및 금융시스템의 안정성 진단	• 문헌연구 • 통합적 접근방식 스트레스 테스트 • VAR • 스트레스 테스트	• 국내외 주요 잠재리스크와 위기전이 메커니즘 파악 • 다양한 스트레스 테스트를 통해 한국 금융시스템의 위기상황분석 및 리스크별 정책 대응방안 도출
13	• 논문명 : 중국시장에 대한 VaR분석 • 저자명(연도) : 강상훈·윤성민 (2012) • 중국주식시장에 노출된 위험을 측정하기 위해 VaR 도출	• 실증분석 • VaR • Student-t	• 세 가지 오차항의 분포를 가정하여 표본 내, 표본 외 VaR 추정하여 중국주식시장의 위험관리자 및 투자자들에게 정확한 VaR 추정방법 제안
14	• 논문명 : 중소기업의 리스크평가모형에 관한 연구	• 실증분석 • 주성분분석	• 중소기업의 연간 재무제표 및 기업 정보 등을 바탕으로 주성분분석 방법을 활용하여 기업의 리스

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
	- 저자명(연도) : 광동철(2013) - 중소기업의 경영상태를 평가하기 위한 리스크 평가모형 도출		크 평가 등급 도출
15	- 보고서명 : 부동산시장 구조모형을 통한 스트레스 테스트 - 기관명(연도) : 조만 외(2013) - 부동산 시장에서의 위험관리를 위한 스트레스 테스트	- 문헌연구 - 실증분석 - VAR - 시나리오 스트레스 테스트(분위회귀)	- 역사적 사건 및 부동산 시장과 거시경제 간 내생성을 고려한 VAR 모형을 통해 6개의 내생변수를 고려하여 3개의 시나리오 설정 - 시나리오를 4개의 실증분석모형(거시경제, 주택시장, 산업건설성, 가계건설성)으로 구분하여 충격에 대한 스트레스 테스트 결과 도출 (OLS와 분위회귀 결과 비교)
16	- 논문명 : Fuzzy-FMEA를 이용한 항공기 운영 리스크 평가 모형 - 저자명(연도) : 박지현 외(2016) - RPN(Risk Priority Number)에 중요도 계수를 도입한 IRPN(Importance Risk Priority Number)을 활용하여 항공기 운영 리스크 평가	- 실증분석 - Fuzzy 이론	- 항공 운영 리스크 평가 모형으로 많이 활용되는 FMEA 분석 방식의 경우 전문가 집단의 주관적 평가에 의존 - FMEA에 Fuzzy 이론을 혼합한 Fuzzy-FMEA 방법을 적용하여 항공 운영 리스크의 중요도 순위 도출
17	- 보고서명 : 공사에 적합한 스트레스 테스트 모형 개발 선행연구 - 저자명(연도) : 안세룡(2016) - 한국주택금융공사의 리스크 관리를 위한 스트레스 테스트 모형 개발	- 문헌연구 - 실증분석 - 시나리오 스트레스 테스트	- 국내외 스트레스 테스트 적용사례 검토 - 금융시스템, 부동산시장, 건설업 등 산업별 스트레스 테스트 적용 사례 검토 - 공사에 적합한 스트레스 시나리오 설정 및 관리지표, 판단지표 설정
18	- 논문명 : VaR(Value at Risk) 모형을 이용한 화재보험 손해 위험도 측정 - 저자명(연도) : 권순일·김무환(2019) - VaR을 이용해 화재보험의 손해 위험도 측정	- VaR - 극단치 이론 - GARCH-EVT	- 리스크 측정지표로 많이 활용되는 VaR를 이용해 화재보험의 사고 손해액 분포 분석 - 가중 이동평균, 정규, 경험적 시뮬레이션, GARCH-EVT 모델을 적용하여 가장 적합한 모형 도출
19	논문명 : Portfolio Value-at-Risk and	- VaR - GMM(Ga	기존 몬테카를로 접근법을 활용한 VaR의 문제점을 보완할 수 있

구분	연구 개요	연구 방법	주요 연구 내용
	expected-shortfall using an efficient simulation approach based on Gaussian Mixture Model • 저자명(연도) : Seyed Mohammad Sina Seyfi et al(2021) • 가우시안 혼합 모형(GMM)을 활용한 VaR 추정	usian Mixture Models)	는 GMM 모델을 적용한 VaR 추정
20	• 논문명 : 공급망 리스크가 국가 해운 공급망에 미치는 영향에 대한 연구 • 저자명(연도) : 김영준·김창희 (2023) • 해운 공급망 성과 측정을 통해 공급망 리스크가 해운 공급망 성과에 미치는 영향 분석	• 문헌연구 • 자료포락분석 • 토빗회귀분석	• DEA 방법론을 활용하여 국가 해운 공급망의 성과 측정 • 공급망 리스크가 해운 공급망 효율성에 미치는 영향 분석
21	• 보고서명 : 스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운조선기업의 안정성 분석 • 기관명(연도) : 박성화 외(2020) • 거시 환경 변화에 따른 국내 해운·조선업 부실가능성 및 재무적 안정성 평가	• 문헌연구 • 그랜저 인과검정 • 축차적 구조형 VAR • 국소투영기법 • 알트만 부실예측 • 스트레스 테스트	• 해운·조선업에 경기변동 분석 및 재무적 통계 분석 • 부실 위험을 파악할 수 있는 부실지수 산출 • 스트레스 테스트를 통해 거시 환경적 시나리오별 부실지수 변화 검토 후 향후 모형 활용방안 제시

2. 공급망 리스크 요인 정의

〈부록 표 4〉 공급망 리스크 요인 정의

저자	리스크 요인	정의
Jüttner, U. et al(2003)	환경 리스크(Environmental)	• 화재, 지진, 해일, 사회정치적 활동 등에 따라 발생하는 위험
	조직 리스크(Organisational)	• 조직 내 파업, 기계 결함, IT 문제
	네트워크 리스크(Network)	• 공급망 내 조직 간의 상호작용에서 발생하는 위험
Chopra & Sodhi(2004)	중단 리스크(Disruptions)	• 자연 재해, 노동 분쟁, 전쟁, 테러, 공급업체 파산, 단일 공급원 의존 등
	지연 리스크(Delays)	• 공급원의 유연성 부족 및 국경 통과 및 운송 수단 변경으로 인한 업무 증가에 따른 지연 리스크
	시스템 리스크(System)	• 정보 및 시스템 고장으로 인한 위험
	예측 리스크(Forecast)	• 부정확한 수요 예측, 짧은 제품 수명, 판촉에 따른 정보 왜곡 등
	지적 재산 리스크(Intellectual Property)	• 지적 재산 리스크로 인해 주요 공급업체가 부품을 재설계하고 자체 제품을 만드는 위험
	조달 리스크(Procurement)	• 주요 제품 및 원자재의 단일 공급처 조달 비율, 공급업체와의 장단기 계약 여부
	수취채권 리스크(Receivables)	• 재무 건전성에 따른 위험
	재고 리스크(Inventory)	• 재고 보유 비용 증가, 제품 노후화 비용
	용량 리스크(Capacity)	• 제품의 생산 용량의 비용 및 유연성
Jukka Hallikas et al(2004)	수요 리스크(demand)	• 너무 낮거나 부적절한 수요 예측 문제 등
	배송 리스크(Delivery)	• 기업 및 하청 업체에 대한 품질 및 납기 시간 관리 문제
	자원 리스크(Resource)	• 공급업체의 낮은 개발 및 투자 비용 등
신창훈 외 (2006)	운송 리스크(Transportation)	• 제품의 지연, 운송 도중 제품의 파손 등 운송 중 생기는 위험 요인
	재고 리스크(Inventory)	• 재고관리 능력과 관련된 위험
	정보 리스크(Information)	• 발주 오류, 중복 발주, 임의 발주 등 정보의 적합성과 부적합성과 관련된 요인

저자	리스크 요인	정의
	시장 리스크(Market)	• 물가 상승, 소비자 불만
	공급자 리스크(Supplier)	• 공급자의 질적인 문제 혹은 재정적인 문제
Zsidisin, G.A(2006)	제품 리스크(Product)	• 제품의 수익성 및 제품 특성과 관련된 위험
	시장 리스크(Market)	• 글로벌 아웃소싱 변화, 시장 용량 제약, 시장 가격 상승 등
	공급자 리스크(Supplier)	• 공급자의 능력 제약, 품질 문제 등
Bogataj, D & Bogataj, M (2007)	공급 리스크(Supply)	• 제품 및 서비스 흐름의 활동이 제시간에 이루어지지 않거나 품질 수준에 못 맞출 위험
	생산 리스크(Production)	• 원하는 품질 및 수량이 제 시간에 생산되지 않을 위험, 리드 타임, 품질 및 파손 위험
	수요 리스크(Demand)	• 제품의 수요 감소 등
	제어 리스크(Control)	• 불충분한 품질 관리의 위험
	환경 리스크(Environmental)	• 물리적, 사회적, 정치적, 환경 관련 지침 및 규제
Rao & Goldsby(2009)	환경 리스크(Environmental)	• 정치적, 정책적, 거시경제적, 사회적, 자연적 위험
	산업 리스크(Industry)	• 제품의 품질과 양의 불확실성, 예상치 못한 수요 변화
	조직 리스크(Organisational)	• 기관의 신용, 책임, 운영 불확실성
	의사결정자 리스크 (Decision-maker)	• 조직의 의사결정자의 지식, 기술, 경험, 편견 등에 관한 위험
김은수 외 (2012)	운영 리스크(Operation)	• 사람에 의한 오류, 고장, 정보 전달 실패
	관리 리스크(Management)	• 예측 실패, 능력 초과, 스케줄 관리 실패, 공급자 관리 실패에 따른 기업 내부 리스크
	제품 리스크(Product)	• 제품 특성에 따른 위험, 생산 차질, 품질 저하, 화물의 도난 및 파괴
	재무 리스크(Financial)	• 비용처리 지연, 재무 건전성 저하, 회계 실패 등
	운송 리스크(Transportation)	• 리드타임 오류, 교통 혼잡, 운송 수단 변경, 오배송 등
	정보 리스크(Information)	• 데이터 결함, 통신 결함, 정보 시스템 손상 등
	신뢰성 리스크(Reliability)	• 물류 서비스 품질 관리 실패, 데이터 신뢰성 저하, 태업 등

저자	리스크 요인	정의
	환경 리스크(Environmental)	• 환경 정책, 환경변화, 관세정책 변화
	자연재해 리스크(Natural)	• 지진, 화산, 홍수 등 자연재해
	정치적 리스크(Political)	• 정치적 이슈, 테러, 전쟁
Sujeet Deshpande et al(2017)	제품 리스크(Product)	• 원자재, 포장, 라벨링, 지적재산, 제품 노후화 등
	정보 시스템 리스크 (Information System)	• IT 인프라 장애, 사이버 공격, 정보 지연, 정보 왜곡
	운송 리스크(Transportation)	• 운송 지연, 운송 네트워크 복잡성 등
	재무 리스크(Financial)	• 금리 변동, 시장 가격의 예상치 못한 변동, 계약 조건 변경 등에 관한 위험
	제조 시설 리스크 (Manufacturing Facilities)	• 설비 고장, 노동자 파업, 재고, 용량, 비용
	자원 리스크(Resource)	• 단일 소싱, 아웃소싱, 배송, 공급업체 품질 문제, 공급업체 낮은 공정률
	생산 리스크(Production)	• 용량 제약으로 인한 생산 부족
	배송 리스크(Delivery)	• 수량, 품질, 납기 등의 기준에 따른 배송 문제
	반환 리스크(Return)	• 반품 프로세스에서 재할용 및 재처리 불가로 인한 재고 보유 등 문제
	계획 리스크(Plan)	• 부적절한 용량 계획 및 통합 부족 등에 관한 위험
	인적자원 리스크(Human Resource)	• 직원 불만, 조직 정책
	외부 환경(External Environment)	• 자연 재해, 테러, 정치적 불안, 사회적 불안, 경제 불안 등
추봉성(2020)	조달 리스크(Procurement)	• 재원의 수준, 상품 조달의 안정성, 구매 세율 등
	생산 리스크(Production)	• 생산 유연성, 노동자 근무환경, 근로자 만족도 등
	분배 리스크(Distribution)	• 주문 리드타임, 생산과 유통망의 유통설계, 재고 비용, 구매 비용 등
	소매 리스크(Retail)	• 고객 선호도 변화, 시장 불확실성, 시장 가격 등과 관련된 위험
	소비자 리스크(Customer)	• 서비스에 대한 고객 기대, 고객 데이터베이스 정확성 등

기본연구보고서 발간목록

Ⅰ 2023

01	자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구	박상원
02	인공지능(AI)을 활용한 무역규범의 해양수산분야 영향 분석 연구	임병호
03	공급망 안정화를 위한 항만의 대응방안 연구	이나영
04	연안재해 정보 활용 개선 방안 연구	김찬웅
05	항만의 생활물류 기능 활성화 방안 연구	최석우
06	마을여장 이용·관리 개선방안 연구	마창모
07	해양생태계 복원정책 개선방안 연구 - 사회·생태복원 중심으로 -	최석문
08	주민행태기반 해양정책 수용성 제고 설계 방안 연구	이슬기
09	항만연관산업 고도화 방안 연구	김세원
10	탄소배출권 거래제가 해운선사에 미치는 영향 분석 연구	조아현
11	물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구 - 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -	서정용
12	어업분야 중대재해처벌법 대응방안 연구	고동훈
13	수산물의 디지털 수출 활성화 방안 연구	이상건
14	항만개발사업의 정책영향평가 연구	이수영
15	해운산업의 미래 변화 예측과 국내 대응 전략 연구	이호춘
16	어선현대화 촉진을 위한 금융제도 개선방안 연구	엄선희
17	연안도시의 쇠퇴와 대응방안 연구	강창우
18	해양범죄 실태 진단을 통한 대응체계 개선방안 연구	민영훈
19	민간기업의 해양환경분야 ESG 활성화 방안 연구	김지윤
20	식량안보를 고려한 수산물 수급관리 방안 연구	허수진
21	지방분권시대의 수산업·어촌분야 대응전략 연구	이호림
22	해운산업 고도화를 위한 선박투자 활성화 방안 연구	김한나
23	글로벌 공급망 리스크 대응 물류망 최적화 방안 연구 : 한국·북미 물류공급망 중심	이성우

2022년

01	선박투자 가치평가 및 위험관리 모형 연구	박성화
02	항만 컨테이너 반출입 예약시스템 가격결정 모형 연구	서정용
03	연안재해 대응을 위한 그린인프라 구축방안 연구	정지호
04	탄소중립이 해양수산업에 미치는 경제적 영향분석 연구	권장한
05	수산물 안전성 관리체계 개선방안 연구	조현주
06	준해양사고 통보제도 개선방안 연구	박상원
07	MZ세대 소비트렌드를 반영한 해양관광 추진방안 연구	최일선
08	연근해 어종별 어획쿼터제도 도입방안 연구	심성현
09	행위자기반 해양공간계획 시뮬레이션 개발 연구	조성진
10	항만분야 탄소중립 관리체계 개선방안 연구	안승현
11	탄소중립 시대 양식산업 대응전략 연구 - 육상 어류양식을 중심으로 -	마창모
12	수산식품산업의 탄소중립 대응방안 연구 - 가공업을 중심으로 -	김지연
13	해양환경보건정책 도입방안 연구	박수진
14	포스트 코로나 시대의 컨테이너 해운산업 대응방안 연구 - 디지털 플랫폼을 중심으로 -	최건우
15	항만분야 공공갈등 관리방안 연구	김세원
16	글로벌 가치사슬 변화와 국제물류 분야 대응방안 연구 - 전기자동차 산업을 중심으로 -	권보배
17	항만개발제도 개선방안 연구	이수영
18	클러스터 혁신을 통한 선박관리업 발전방안 연구	허성례
19	수입수산물 예방적 관리체계 도입방안 연구 - IUU 수산물을 중심으로 -	안지은
20	양식수산물 유통 빅데이터 구축방안 연구	이기영
21	글로벌 혁신성장을 위한 신남방·신북방 정책 연구 - 신남방 지역 ICT산업 가치사슬 변화에 따른 물류 공급사슬 대응방안	최나영환

수시연구보고서 발간목록

Ⅰ 2023년

01	양식어업 비과세 합리화 방안 연구	이정필
02	복합해양레저관광도시 개념정립 및 추진방안에 관한 연구	최일선
03	항만기술산업 육성을 위한 법제도 마련 연구	안승현
04	블루푸드테크 전문기관의 도입 필요성에 대한 연구	이동림
05	지방자치단체의 해양관할구역 설정 요인 연구	이혜영
06	양식장 내 어류 복지 기준 마련을 위한 연구	오서연
07	해양플라스틱 재활용산업 공급사슬 기반 조성 연구	이윤정
08	중소·중견 물류기업의 ESG경영 가이드라인 구축 연구	이재호
09	신항만건설사업의 민간투자 확대를 위한 제도개선 연구	김보경
10	해수욕장 이용객 집계·관리체계 개선방안 연구	이정아
11	유엔 플라스틱 협약의 주요쟁점 분석 및 대응방향 연구	박수진
12	어촌 활력 제고를 위한 제도 개선방안 연구	문지원
13	어선의 친환경에너지 전환방안 연구	고동훈

Ⅰ 2022년

01	항만의 탄소중립 이행·관리 표준안 연구	안용성
02	매립지 소유권 분리 제도화의 이해관계 분석과 관리방안	윤성순
03	글로벌 공급망 리스크별 영향분석 및 대응방안 연구 - 에너지·곡물을 중심으로	조지성
04	대북제재 강화와 코로나 팬데믹 이후 북한 해양수산 이슈와 대응 방안	윤인주
05	남극환경보호의정서 제6부속서의 국내 이행을 위한 법제 정비방안 연구	박예나
06	해양바이오산업 육성을 위한 해양생명자원법 정비 방안 연구	좌미라
07	우리나라 수산종자 관리체계 개선방안 연구	조현주
08	2050 신해양강국 미래비전 수립 연구	김민수

일반연구보고서 발간목록

Ⅰ 2023년

01	해양수산업 조기경보지수 개발 - 컨테이너 해운시장을 중심으로	권장한
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구(II) - 우리나라 주요 항만을 중심으로	강무홍
03	우리나라 수산식품 소비 활성화 방안 마련 연구	한기욱
04	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(II) - 유류, 철재, 모래, 목재, 양곡을 중심으로	이화섭
05	대기행렬모형을 활용한 선박대기비용 절감 편익 산정 연구	조아현
06	항만개발사업 정책효과 세부항목별 효과산정 방법 연구	이종필
07	해양 지속가능성 평가체계 구축 연구	최희정
08	국내 해운기업의 ESG 경영 확산 방안 연구	황진희
09	해운 경기순환 분석 및 예측 연구	황수진
10	수산물 공급 안정을 위한 수입수산물 전략품목 관리 방안 연구	박혜진
11	항만산업 여성인력 확대방안 연구	이지원
12	선사공동행위의 규제 및 행동 변화에 따른 영향 분석과 정책방안 연구	류희영

2022년

01	건화물선 시장 비용분석을 통한 해운시장 위험관리지표체계 구축	류희영
02	해상운임 예측모형 고도화 연구(Ⅰ)	황수진
03	IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향	김한나
04	연안지역발전지수(CoDI) 개발 연구	황재희
05	CGE 기반 국제통상환경 변화의 해양수산부문 파급효과 분석	임병호
06	글로벌 수산부문 이머징 이슈 분석 모델 개발 연구	한기욱
07	양식 수산물 중장기 수급전망모형 구축 연구 - 굴을 중심으로 -	김철현
08	Network DEA를 이용한 물류기업 경쟁력 비교 분석 연구	황선일
09	해양수산 사업체 성과 및 효율성 분석 연구	김주현
10	베이지안 방법을 이용한 양식 멧게 단수 추정방안 연구	천성훈
11	수입수산물과 국산 간의 대체관계 분석 연구 - 활·신선냉장품을 중심으로 -	박해진
12	국내 컨테이너 해운기업의 디지털 전환 활성화 방안 연구	전서연
13	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅰ) - 자동차, 석탄, 고철, 시멘트를 중심으로 -	최석우
14	해양수산 분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구(Ⅱ)	김찬호
15	항만개발사업의 정책효과 적용방안 연구	이종필
16	국가 해양전략 기본구상 연구	정현욱
17	선박대기시간 예측모형 개발을 위한 방법론 연구	조아현
18	안전항만 구축을 위한 비용 산정 및 지원체계 마련을 위한 연구	최상균

기본연구 2023-03

공급망 안정화를 위한
항만의 대응방안 연구

인쇄 2024년 1월 29일

발행 2024년 1월 31일

발행인 김 종 덕

발행처 한국해양수산개발원

주소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연락처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 ㈜디자인월드 (051-916-1533)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 15,000원

공급망 안정화를 위한 항만의 대응방안 연구

A Study on the Port Countermeasures to Stabilize Supply Chain

 **한국해양수산개발원**
KOREA MARITIME INSTITUTE

49111 부산광역시 영도구 해양로 301번길 26 (동삼동)
TEL. 051-797-4800 FAX. 051-797-4810

값 15,000원
93300

