일반연구 2024-04

# Scope 3 기준 원양산업 탄소배출추정 및 대응방안 연구

## - 원양저연승어업을 중심으로

A Study on the Carbon Emission Estimation and Response of the Distant-Water Industry

: A Scope 3-Focused Analysis on Bottom Longline Operations

조헌주 · 김은지 · 윤미경 · 홍혜수

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

일반연구 2024-04

# Scope 3 기준 원양산업 탄소배출추정 및 대응방안 연구
## - 원양저연승어업을 중심으로

A Study on the Carbon Emission Estimation and Response of the Distant-Water Industry
: A Scope 3-Focused Analysis on Bottom Longline Operations

조헌주 · 김은지 · 윤미경 · 홍혜수

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

| | |
|---|---|
| **저자** | **조헌주, 김은지, 윤미경, 홍혜수** |
| **내부연구진** | 연구책임자 조헌주 한국해양수산개발원 수산연구본부 전문연구원<br>공동연구원 김은지 한국해양수산개발원 수산연구본부 연구원<br>공동연구원 윤미경 한국해양수산개발원 수산연구본부 전문연구원<br>공동연구원 홍혜수 한국해양수산개발원 수산연구본부 전문연구원 |



| | |
|---|---|
| **연구기간** | 2024. 1. 1. ~ 2024. 10. 31. |


## 보고서 집필내역

| | |
|---|---|
| **연구책임자** | 조헌주 연구총괄, 제1장, 제3장 일부, 제4장 일부, 제5장 일부, 제6장 |
| **내부연구진** | 김은지 제3장 일부, 제4장 일부, 제5장 일부<br>윤미경 제3장 일부, 제5장 일부<br>홍혜수 제2장, 제3장 일부 |

| | |
|---|---|
| **산·학·연·정 연구자문위원** | 이우성 시라이프사이언스랩 과장<br>이해준 홍진실업 부장<br>조양식 티엔에스 이사<br>지건웅 정일산업 과장<br>진호정 한국원양산업협회 부장<br>김지웅 국립부경대학교 교수<br>박수봉 국립부경대학교 교수<br>이성일 국립부경대학교 교수<br>장호근 국립부경대학교 교수<br>이재봉 국립수산과학원 서해수산연구소 기후환경자원과 과장<br>정상덕 국립수산과학원 원양자원과 연구사<br>한인성 국립수산과학원 기후변화연구과 과장<br>양동곤 해양수산부 어촌양식정책과 사무관 |

※ 순서는 산·학·연·정 순임

# 발간사

산업혁명 이후 기술력이 노동력을 급속히 대체하게 되었다. 제조업 공장이 우후죽순 생겨났고, 굴뚝에서는 연기가 계속 발생했다. 화석연료를 기반으로 한 공장 운영으로 전례 없는 생산성 향상이 지속되었고, 선진국은 제조업 생산에서 비교우위를 달성하면서 공장에서 생산된 제품을 개도국과 거래하게 되었다. 과거에는 생산기술과 생산시설, 그리고 온실가스 배출이 한 국가에서 이루어졌다. 따라서 온실가스 배출 주체와 감축 이행 주체가 동일하였다. 즉, 기후변화 원인인 온실가스 배출 저감 노력의 공간이 분리되어 있지 않았다.

최근에는 선진국에 기반을 둔 기업이 개도국, 신흥 성장국의 상대적으로 저렴한 노동력과 지대를 활용하고 있다. 다시 말해 미국, EU 등 제조업 강국이 동남아시아, 아프리카 등지에 공장을 짓고 운영해서 제품을 생산하고, 본국으로 유통하거나, 산지에서 타국으로 무역 거래를 하고 있다. 이때 신흥 성장국의 공장은 소유가 다른 공간에 있다. 여기에서 해당 공장의 온실가스 배출 책임과 감축 이행 노력의 주체는 어디에 있는지가 온실가스 전과정평가, Scope 3 개념 적용의 시작점이다. 배출 주체를 모두 고려하여 감축에 대한 이행 촉구를 하는 것이 최근 기후변화 대응을 위한 국제적 노력이라고 볼 수 있다. 즉 온실가스가 배출되는 공장, 공장 소유의 기업, 그 기업에서 생산된 제품을 소비하는 곳까지 모든 과정에서 배출되는 온실가스 저감 노력이 필요한 것이다.

이 시점에서 온실가스 전과정평가에 대한 논의를 우리 수산업 분야인 원양저연승어업에 적용해 보면, 그 생산 지역이 공해라는 특수성이 있어 논의가 다양해진다. 공해는 각 해역별 국제수산기구가 있다. 이 국제수산기구 관할 해역에서 어업활동을 하는 다양한 국가들은 수산자원보호, 수산업 지속성의 목적으로 보존조치를 이행하면서 어업활동을 하고 있다. 이제 이 공해에서 어업활동 시 온실가스 배출 저감 노력은 어선을 보유한 기업, 국가와 어획물을 유통하는 유통기업과 해당 국가까지 그 논의가 확대될 것이다.

이에 본 연구는 Scope 3 개념이 원양저연승어업과 원양산업으로 확대될 가능성이 있는 시점에서 온실가스 배출량을 산정하고, 배출량을 평가할 때 정확한 방법론을 파악하고자 수행되었다. 그리고 GHG 프로토콜 기준에 따라 원양저연승어업의 Scope 3 활동을 정의하였다. 나아가 원양저연승어업과 원양산업이 기후변화에 대응하기 위한 방안을 제시하였다. 이를 통해 현재 활발하게 논의되고 있는 Scope 3 수준의 배출량을 공개 권고하는 상황에서 정확한 자료를 기반으로 한 온실가스 배출량 추정치와 대응 방안으로 다양한 국가가 활동 중인 각 국제수산기구에서 우리나라가 기후변화 대응의 이니셔티브를 가지고 올 것으로 기대한다.

마지막으로 본 연구의 책임을 맡은 수산연구본부의 조헌주 전문연구원과 함께 연구한 김은지 연구원, 윤미경 전문연구원, 홍혜수 전문연구원의 노고에 깊은 감사를 표한다. 또한 본 연구를 수행함에 있어 적극적인 조사 협조와 대응 방안에 조언을 주신 산·학·연·정 관계자분들에게 이 자리를 빌려 감사를 전한다. 마지막으로 이 보고서 출판에 도움을 주신 분들에게 깊은 감사의 말씀을 전한다.

2024년 12월
한국해양수산개발원
**원장 김 종 덕**

# 목차

**정책제안 _ i**

**요약 _iii**

**Executive Summary _ v**

**01 서론 _1**

제1절 연구의 배경 및 목적 1
1. 연구 배경 및 필요성 1
2. 연구의 목적 5

제2절 연구 내용 및 방법 6
1. 연구 범위 6
2. 연구 내용 7
3. 연구 방법 10

제3절 선행연구와 본 연구의 차별성 12
1. Scope 3 배출량 추정 연구 12
2. 수산업 분야 온실가스 배출 연구 16
3. Scope 3 한계를 지적한 선행연구 18
4. 연구의 차별성 20

**02 기후변화대응 국내외 논의동향 _23**

제1절 기후변화 대응 국제사회 동향 23
1. 유엔기후변화협약과 교토의정서 23
2. 파리협정 26
3. 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회 30

제2절 주요 산업별 Scope 3 대응 동향 33
1. GHG 프로토콜 33
2. 주요 산업 대응 동향 36
3. 해운업 대응 동향 38
4. 수산업 대응 동향 40
제3절 소결 42

03 원양저연승어업 현황 및 생산효율성 분석 _45

제1절 국내외 생산 및 시장 동향 45
1. 국내 생산 및 수출 동향 45
2. 이빨고기 교역 분석 47
제2절 원양저연승어업 특성 54
1. 원양저연승어업 방법 54
2. 원양저연승어업 조업대상 해역 56
3. 원양저연승 목표종 및 어선 정보 58
제3절 원양저연승어업 생산효율성 분석 60
1. 분석방법 및 자료 60
2. 분석 결과 66
제4절 소결 68

04 원양저연승어업 Scope 3 구조 분석 및 배출량 추정 _71

제1절 원양저연승어업 가치사슬 분석 71
1. 원양저연승어업 가치사슬 구조 71
2. 원양저연승어업 연관활동과 투입요소 73
제2절 Scope 3 온실가스 배출량 추정 75
1. Scope 3 구조 분석 및 추정 방법 75
2. Scope 3 온실가스 배출량 추정 82
제3절 소결 89

05 원양저연승어업 Scope 3 대응방안 _93

제1절 기본방향 93

제2절 대응방안 96

1. 기후변화에 대한 이해 96
2. 기후변화에 대한 원양저연승어업 적응 102
3. 저연승어업의 온실가스 배출 완화 108

제3절 소결 121

06 결론_125

제1절 결론 및 연구 한계점 125

1. 요약 및 결론 125
2. 한계점과 향후 과제 128

제2절 정책제언 129

1. 수산분야 기후변화 대응 부서 신설 필요 129
2. 국제수산기구별 기후변화 대응 논의 확대 131
3. 원양산업 분야 기후변화 대응을 위한 제언 132

참고문헌 _135

부록 _147

# 표 목차

〈표 1-1〉 주요 수산물 대미 수출실적 ····· 4
〈표 1-2〉 본 연구의 포괄적 범위 ····· 7
〈표 1-3〉 연구의 주요 내용 ····· 9
〈표 1-4〉 Scope 3 추정 선행연구 ····· 14
〈표 1-5〉 수산업 분야 온실가스 배출 선행연구 ····· 18
〈표 1-6〉 Scope 3 한계를 지적한 선행연구 ····· 19
〈표 1-7〉 선행연구와 본 연구의 차별성 ····· 21
〈표 2-1〉 교토의정서와 파리협정의 차이점 ····· 27
〈표 2-2〉 아랍에미리트 합의 ····· 32
〈표 2-3〉 GHG 프로토콜 Scope 범의 ····· 34
〈표 2-4〉 SEC 기후 관련 정보 공개 요구사항 ····· 35
〈표 2-5〉 유니레버 농업 공급망 탄소 배출 감소 프로그램 ····· 37
〈표 2-6〉 IMO 온실가스 감축 규제 ····· 38
〈표 2-7〉 기후변화 논의와 분야별 대응 동향 ····· 44
〈표 3-1〉 이빨고기 수출 물량 및 금액(2021~2023년) ····· 46
〈표 3-2〉 세계 이빨고기 생산량(2018~2022년) ····· 47
〈표 3-3〉 세계 이빨고기 교역량(2020~2022년) ····· 48
〈표 3-4〉 세계 이빨고기 교역금액(2020~2022년) ····· 49
〈표 3-5〉 이빨고기 교역 네트워크 중심성 분석 ····· 52
〈표 3-6〉 우리나라 저연승 선박 정보 ····· 59
〈표 3-7〉 기초통계량 ····· 65
〈표 3-8〉 콥-더글라스를 이용한 SFA 생산함수 추정 결과 ····· 66
〈표 3-9〉 원양저연승어업 연도별 어선별 생산효율성 추정 결과 ····· 67
〈표 3-10〉 원양저연승어업의 특성 ····· 70
〈표 4-1〉 이빨고기 생산 및 유통단계의 주요 활동과 항목 ····· 74
〈표 4-2〉 전문가 델파이 조사 개요 ····· 76
〈표 4-3〉 원양저연승어업(이빨고기) 카테고리별 온실가스 추정 가능 항목 ····· 78
〈표 4-4〉 원양저연승어업 Scope 3 카테고리 정의 ····· 80
〈표 4-5〉 Scope 3 기준 온실가스 배출량 추정을 위한 방법 ····· 81
〈표 4-6〉 원양저연승어업의 에너지 사용량 ····· 83

〈표 4-7〉 선박 부문 경유의 기본 배출계수 및 지구온난화지수(GWP) ····· 84
〈표 4-8〉 원양어업통계조사 기반 원양저연승어업 온실가스 배출량 ····· 85
〈표 4-9〉 저연승업계 조사 기반 원양저연승어업 온실가스 배출량 ····· 85
〈표 4-10〉 Scope 3 활동별 국가(항구) 간 이동 거리 ····· 87
〈표 4-11〉 Scope 2, 3 추정 방법 ····· 88
〈표 4-12〉 우리나라 저연승어업 Scope 3 활동별 온실가스 배출량 추정 결과 ····· 88
〈표 4-13〉 우리나라 저연승어업 Scope 3 기준 온실가스 배출량 추정 결과 ····· 89
〈표 4-14〉 원양저연승어업 Scope 3 구조 분석 결과 요약 ····· 92
〈표 5-1〉 원양산업 온실가스 인벤토리 구축 ····· 99
〈표 5-2〉 온실가스 산정등급(Tier) 최소적용기준 ····· 99
〈표 5-3〉 원양산업 이해관계자를 대상으로 한 기후변화 인식 개선 교육 및 홍보 필요 내용 ····· 102
〈표 5-4〉 이빨고기류 자원분포 조사 강화 ····· 104
〈표 5-5〉 이빨고기류 신규 어장 개척 사업 ····· 107
〈표 5-6〉 원양어선 현대화 지원 펀드 지원 고도화 내용 ····· 111
〈표 5-7〉 선박 대기오염 배출 저감기술 정보 ····· 113
〈표 5-8〉 원양저연승어업 온실가스 배출 저감 노력 ····· 115
〈표 5-9〉 원양저연승어업 생분해성 어구 지원 ····· 118
〈표 5-10〉 냉각 시스템 개선 사업 내용 ····· 121
〈표 5-11〉 원양저연승어업 기후변화 대응 추진 로드맵 ····· 124

# 그림 목차

〈그림 1-1〉 연구 배경 및 필요성 ····· 4
〈그림 1-2〉 원양산업 어업별 생산량(우), 생산금액(좌) ····· 5
〈그림 1-3〉 저연승어업 관련 연구 범위 ····· 6
〈그림 1-4〉 연구 추진체계 및 방법 ····· 11
〈그림 2-1〉 파리협정의 구조 ····· 28
〈그림 2-2〉 BTR 구조와 제출 주체 ····· 29
〈그림 2-3〉 당사국총회 체계 ····· 30
〈그림 2-4〉 기업 가치사슬 전반에 걸친 Scope 구분 ····· 34
〈그림 3-1〉 원양저연승어업 이빨고기 생산량(2018~2022년) ····· 46
〈그림 3-2〉 이빨고기 교역 네트워크 ····· 52
〈그림 3-3〉 미국 중심의 이빨고기 교역 네트워크 ····· 54
〈그림 3-4〉 트롯 라인(Trot line) 모식도 ····· 55
〈그림 3-5〉 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR) 해역 ····· 56
〈그림 3-6〉 CCAMLR 해역 시험어업을 위해 항해하는 우리나라 저연승 선박(좌) 및 과학조사 수행(우) ····· 57
〈그림 3-7〉 남서대서양(FAO41) 조업 해역 ····· 57
〈그림 3-8〉 CCAMLR 주요 어획 어종 ····· 58
〈그림 4-1〉 이빨고기 가치사슬 구조 ····· 72
〈그림 4-2〉 이빨고기 가공 처리 후 사진 ····· 73
〈그림 4-3〉 항구 간 거리 측정 ····· 87
〈그림 4-4〉 국내 주요 기업 탄소배출량 ····· 91
〈그림 4-5〉 글로벌 수산식품 유통사 기준 Scope 3 관점에서 어업활동 배출량 산정 한계 ····· 92
〈그림 5-1〉 각 장별 구성과 주요 내용을 바탕으로 한 기후변화 대응 원양저연승어업 대응 방안 ····· 95
〈그림 5-2〉 국가 온실가스 인벤토리 작성 조직도 ····· 96
〈그림 5-3〉 온실가스 인벤토리 구축의 필요성 및 중요성 ····· 97
〈그림 5-4〉 원양산업 분야 온실가스 인벤토리 구축의 의의 ····· 99
〈그림 5-5〉 기후변화 관련 교육자료 포함 예시 ····· 101
〈그림 5-6〉 CCAMLR 조사해역 ····· 103

〈그림 5-7〉 파타고니아이빨고기의 장거리 이동 경로 및 이동 거리 ····· 106
〈그림 5-8〉 파타고니아이빨고기 서식처 ····· 107
〈그림 5-9〉 이빨고기 신규어장 개척 사업 대상 해역 ····· 108
〈그림 5-10〉 원양어선 현대화 사업 대상 어선 ····· 109
〈그림 5-11〉 현행 원양어선 현대화 펀드 구조도 ····· 110
〈그림 5-12〉 선박 대기오염 배출 저감기술 ····· 113
〈그림 5-13〉 선박용 DPF 원리 ····· 114
〈그림 5-14〉 연근해어업 생분해성 어구 ····· 115
〈그림 5-15〉 생분해성 어구의 수중 분해 장면 ····· 116
〈그림 5-16〉 참치연승선(원양어선) 냉동보관 모습 ····· 119
〈그림 6-1〉 연구 요약 및 결론 ····· 127

# 약어 목록

- BGI(청색성장 이니셔티브): Blue Growth Initiative
- BTR(격년투명성보고서): Biennial Transparency Report
- CCAMRL(남극해양생물자원보존위원회): Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living. Resources
- CDM(청정개발체제): Clean Development Mechanism
- CII(탄소집약도 지표): Carbon Intensity Indicator
- DEA(자료포락분석): Data Envelopment Analysis
- EEDI(신조선 에너지효율 설계지수): Energy Efficiency Design Index
- ESG(환경, 사회, 기업 지배구조): Environmental, Social, Governance
- ETC(배출권거래제): Emission Trading System
- EU(유럽연합): European Union
- FAO(유엔식량농업기구): Food and Agriculture Organization
- G7(주요 7개국): Group of Seven
- GHG(온실가스): Greenhouse Gas
- GST(전 지구적 이행점검): Global Stocktake
- IATTC(전미열대다랑어위원회): Inter-American Tropical Tuna Commission
- ICCAT(대서양참치보존위원회): International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas
- IMO(세계해사기구): International Maritime Organization
- IPCC(기후변화에 관한 정부간협의체): Intergovernmental Panel on Climate Change
- IRA(인플레이션 감축법): Inflation Reduction Act
- IUU(불법·비보고·비규제 어업): Illegal, Unreported and Unregulated fishing
- JI(공동이행제도): Joint Implementation
- LCA(전과정평가): Life Cycle Assessment

- LED(발광 다이오드): Light Emitting Diode
- LNG(액화천연가스): Liquefied Natural Gas
- LULUCF(토지이용, 토지이용 변화 및 임업): Land Use, Land-Use Change and Forestry
- NDC(국가 결정 기여 온실가스 감축 목표): Nationally Determined Contribution
- SEAFO(남동대서양수산기구): South East Atlantic Fisheries Organisation
- SEC(미국 증권거래위원회): U.S. Securities and Exchange Commission
- SEEMP(선박 에너지효율 관리계획서): Ship Energy Efficiency Management Plan
- SEM(선박대기오염물질관리시스템): Ship Emission Management System
- SFA(확률프론티어분석): Stochastic Frontier Approach
- SIOFA(남인도양수산협정): Southern Indian Ocean Fisheries Agreement
- SPRFMO(남태평양지역수산관리기구): South Pacific Regional Fisheries Management Organisation
- UN(정부간 국제기구): United Nations
- UNEP(유엔환경계획): United Nations Environment Program
- UNFCCC(기후변화에 관한 유엔기본협약): United Nations Framework Convention on Climate Change
- WBCSD(세계지속가능발전기업협의회): World Business Council for Sustainable Development
- WCPFC(중서부태평양수산위원회): Western and Central Pacific Fisheries Commission
- WRI(미국 세계자원연구소): World Resources Institute
-

## 정책제안

**▌분석 내용 및 방법**

1. 문헌조사, 원양선사 직접 조사, 통계청 활용, 국제기구 홈페이지, 전문가 자문 등을 통해 기후변화 논의 동향, 원양저연승어업 현황 분석
2. 원양저연승어업 주요 생산물인 이빨고기의 연결망 분석을 통해 글로벌 공급망 분석
3. 생산효율성(SFA) 분석을 통해 원양저연승어업의 어법 특징을 분석
4. 전문가 델파이 조사를 기반으로 원양저연승어업 Scope 3 구조를 분석하고, 통계청과 원양선사 직접 조사 자료 기반 온실가스 배출량 추정

**▌정책제안**

1. 원양저연승어업의 기후변화 대응 과제뿐만 아니라, 연근해어업, 양식산업 등 수산업 분야 기후변화 대응 전략을 수립하고 이행할 수 있는 신설 조직 필요성 제안
2. 국제수산기구별 기후변화 대응 필요성에 대한 이니셔티브를 주도하여, 원양산업 분야 기후변화 달성 선도국으로 지위 전환

요 약

# Scope 3 기준 원양산업 탄소배출추정 및 대응방안 연구
## - 원양저연승어업을 중심으로

조헌주 · 김은지 · 윤미경 · 홍혜수

## 1. 연구 목적

- **Scope 3 기준 온실가스 배출량 권고 배경하에 수산업 분야 미국 내 수출을 주도하는 이빨고기 품목의 배출량 추정이 목적**
  - Scope 3 기준 추정을 위해 이빨고기 조업 전, 조업, 조업 후의 모든 활동을 정의하고, 각각의 연료 투입과 전기사용량 자료 활용 가능 여부를 판단한 후 현실성 있는 추정치 제시
  - Scope 1(화석연료 사용) 수준 추정 시 통계청 자료를 기반으로 한 추정과, 선사 직접 조사 자료를 기반으로 한 추정을 동시에 진행 및 비교하여, 향후 온실가스 배출량 산정에 있어 보다 정확한 기준을 마련하고자 함
- **조업활동에 있어 Scope 1 기준인 연료 저감이 가능한지 여부를 판단하고, Scope 3 활동인 조업과 연관된 직·간접 활동에 대한 온실가스 배출 저감 방안을 제시**
  - 연료 사용량 감소 여부를 판단하기 위해 생산효율성(SFA) 분석을 활용
  - 이외 간접 활동에 대한 온실가스 저감 방안은 전문가 델파이 조사 활용

## 2. 연구 방법 및 특징

### 1) 연구 방법

- **본 연구는 우선 문헌 연구를 활용하여 Scope 3 관련 선행연구 분석과 기후변화 국제 논의 동향에 대해 살펴봄**
  - 원양산업과 유사하게 공해에서 활동하는 해운산업의 사례와 농업, 축산업, 국외 주요 대기업의 Scope 3 대응 동향에 대해 살펴봄
  - 수산업을 포함한 다양한 산업을 대상으로 한 국내외 선행연구 분석을 통해 연구방법론을 점검하고, 연구 차별성을 도출하며, 본 연구 수행의 필요성을 제시함
- **통계청 자료, 국제수산기구 자료 분석을 통해 원양저연승어업 현황을 분석하고, 원양저연승어업 전문가 자문을 통해 어업 방법에 대한 구체적 내용 제시**
  - 원양저연승어업 주요 현황 분석과 더불어 ITC Trademap 자료를 바탕으로 한 사회연결망 분석을 수행하여 이빨고기의 글로벌 공급망을 도식화하고, 미국의 영향력을 분석함
  - 이를 통해 Scope 3 영향이 미국뿐만 아니라 다른 주요 선진국으로 확대될 가능성을 파악함
- **자본, 노동, 연료사용량을 투입변수로 한 콥-더글라스 생산함수 기반 생산효율성 분석을 통해 연료 사용량 감소로 온실가스 배출량 감축이 가능한지를 판단**
  - 실증분석은 STATA 통계 패키지를 활용하여 패널 SFA 모형을 추정함
  - 추정된 모형을 활용하여 이빨고기의 조업 특성을 분석하고, 각 DMU(어선)별, 연도별 생산효율성을 제시함

- **이빨고기 가치사슬을 분석한 후, 전문가 델파이 조사를 활용하여 가치사슬에 기반한 Scope 3 활동을 분석함**
  - Scope 3 활동별 온실가스 배출 가능 여부를 파악한 후 추정 시도
  - Scope 1의 경우 통계청 자료를 기반으로 한 추정과 선사 직접 조사 자료를 기반으로 한 추정을 동시에 진행 및 비교하여 적합한 방법론을 제시
- **원양산업 업계, 연구계, 정책입안자 등으로 구성된 자문단을 활용하여 원양저연승어업 기후변화 대응 방안 조사**

## 2) 연구의 특징

- **본 연구의 가장 큰 의의는 원양저연승어업의 Scope 3 활동 구분을 처음 수행하였다는 것임**
  - 원양저연승어업의 조업 연관 활동을 모두 파악하여, GHG 프로토콜 Scope 3 업스트림, Scope 3 다운스트림 활동에 연계하였음
  - 이때 각 활동별 온실가스 배출과 연관된 활동을 파악하여, 가용 자료로 추정할 수 있는 수준의 Scope 3 온실가스 배출량을 추정하였음
- **선사자료 기반 원양저연승어업 Scope 1(직접배출) 수준 배출량 추정**
  - 통계청 원양산업통계조사에서 조업비용 중 연료비를 연료사용량으로 환산하여 추정하였으나, 과다 추정 우려로 인해 선사의 연료사용량을 직접 조사하여 온실가스 배출량을 추정하는 것이 바람직함을 제시함
- **업계(원양협회 등) 대상 현실성 있는 온실가스 저감 방안 조사 수행**
  - Scope 3 논의 확대에 대응하여 원양업계를 대상으로 필요한 방안 제시
  - 이때 기존에 수행된 다양한 정책(원양어선 현대화 펀드 등)의 필요성에 경제적 논리와 더불어 온실가스 직·간접 감소 필요성을 추가 제시하여 정책 이행

력을 추가적으로 제시하였음

- 이외에 온실가스 배출 인벤토리 구축, 원양산업계 대상 교육 등 신규 정책을 추가 제시

## 3. 연구 결과

### 1) 연구 결과 요약

▪ **기후변화에 대한 국제 논의 동향은 교토의정서, 파리협약 등에서 에너지 부문 화석연료 감축과 전환을 주요 골자로 지속 중임**

- 최근 GHG 프로토콜에서 Scope 1(화석연료), Scope 2(전기), Scope 3(생산 전후)로 논의가 확대됨
- 2022년 미국 SEC의 IRA 방안에서 미국 내 공시기업과 유통망을 가진 기업의 Scope 3 수준의 온실가스 배출량 공개 권고를 제시함
- 이에 따라 주요 제조업을 비롯해 유통산업까지 영향을 미칠 수 있고, 미국 내 식품 원료로 이빨고기를 제공하는 저연승어업까지 영향을 미칠 우려 존재

〈요약 표 1〉 기후변화 논의와 분야별 대응 동향

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 국제 동향 | • 유엔기후변화협약, 교토의정서, 파리협약 등<br>• (기존 협약 논의 사항): 에너지 부문에서 화석연료 감축(전환)<br>• (논의 확장): Scope 1(화석연료), Scope 2(전기), Scope 3(생산 전후 단계) |
| 주요 기업 대응 | • 애플: 2030년까지 모든 제품과 공급망에서 탄소중립 목표<br>• 유니레버: 스페인, 미국, 이탈리아 농업 지속가능성 ↑ |
| 유사사례 대응 | • 해운: 2030 IMO 규제, GHG 전략 준수, LNG와 같은 저탄소 연료 사용<br>• 수산: Mowi社 – 지속가능한 양식기술, 재생 에너지, 동원社 – 에너지 효율성 ↑ |
| 시사점 | • 해운업의 경우 IMO 규제 기반 직접 배출 관리 중, 수산업의 경우 직접 배출과 가공 및 유통 과정에서 발생하는 온실가스 배출 ↓ 고려 필요 |

자료: 저자 작성

▪ **이빨고기는 프랑스, 칠레, 아르헨티나, 호주, 한국 등이 주요 생산국이고, 네트워크 분석 결과 미국이 글로벌 공급망에 높은 영향력을 행사**

- 현재 우리나라는 남극해역에서 주로 생산 중인데 남극해역의 경우 해양환경 보전에 큰 노력을 기울이고 있는 지역임. 따라서 남극지역 내 조업 부분 온실가스 배출량 확인과 저감 방안에 선제적 대응이 필요함
- 미국 내 거대유통사들의 온실가스 배출량 공시 권고에 따라 타 교역국들이 영향을 받을 수 있음

▪ **생산효율성 분석 결과 낚시수와 연료사용량이 직접적인 영향을 미침**

- 특히 직관적인 온실가스 배출 저감 방안으로 우선 언급되는 연료사용량 저감을 위해 연료사용을 제한하는 방안은 부적합한 것으로 판단됨
- 이외에 조업과 관련된 간접적인 활동(Scope 3)의 온실가스 배출 저감 활동 논의가 필요하고, 직접 배출 감소(Scope 1)를 위해서는 현재 추진 중인 어선 현대화 사업을 강화해서 친환경 연료 사용으로 전환을 추진해야 함

〈요약 표 2〉 원양저연승어업 특성

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 주요 동향 | • 주요 생산국: 프랑스, 칠레, 아르헨티나, 호주, 한국(전 세계 생산량 75% 차지)<br>• 네트워크 분석 결과: 미국은 연결 중심성이 모두 상위에 있어 이빨고기 교역에 큰 영향력을 미침<br>• 네트워크 분석 시사점: 미국 내 거대유통사의 온실가스 배출량 공시 권고에 타 교역국들이 영향을 받을 수 있음 |
| 생산 해역 | • 남극해역, FAO 41 해역<br>• 남극해역의 경우 해양환경 보전에 큰 노력을 기울이고 있는 지역임<br>• 남극지역 내 조업 부분 온실가스 배출량 확인과 저감 방안의 선제적 대응 필요 |
| 생산 효율성 | • 이빨고기 생산은 낚시수와 유류사용량이 직접적 영향을 미침<br>• 유류사용량 제한은 선사 경영에 직접적 타격을 미치므로 현재 수준의 유류 사용량을 기반으로 간접적 조업활동(Scope 3)의 온실가스 배출 저감 활동 논의 필요<br>• Scope 1 활동의 온실가스 배출 저감을 위해서는 원양어선 현대화 사업을 확대 추진하여 친환경 연료 사용으로 전환을 추진해야 함 |

자료: 저자 작성

▪ **원양저연승어업의 가치사슬은 생산 전, 생산단계, 생산 후 단계로 나눌 수 있음**

- 이때 생산단계는 Scope 1, Scope 2 활동으로, 생산 전, 생산 후 단계가 Scope 3의 다운스트림, 업스트림 활동과 연관됨
- 원양저연승어업의 Scope 1 수준 배출량은 2022년 기준 5년 평균 약 2만여 톤으로 추정됨
- 다만, Scope 3 배출량은 선용품 및 무역을 위한 컨테이너 개수에 대한 배출량 산정 근거 외 타 분야는 정확한 근거를 도출하지 못하는 한계점이 있음

〈요약 표 3〉 원양저연승어업 Scope 3 구조 분석 결과 요약

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 가치사슬 | • 생산 전 단계: 조업 전 선용품, 연료수급, 선원수급, 미끼, 어구, 수리 등 조업 준비 일련의 단계<br>• 생산 단계: 투승, 양승, 어획물처리, 어획물보관, 선상폐기물 등 조업 단계<br>• 생산 후 단계: 하역항에서 하역, 하역 이후 주요국 수출을 위한 항해 |
| Scope 3 구조 및 배출량 | • Scope 1: 생산단계의 연료사용량<br>• Scope 2: 생산단계의 전기사용량(추정 한계)<br>• Scope 3: 이외 활동(컨테이너 활용 선용품 선적 외 추정 한계)<br>• 시사점: Scope 1 배출량 추정의 경우 선사 대상 직접 연료사용량 조사 필요<br>• 한계점: Scope 2, 3 활동의 온실가스 배출량의 정확한 근거 부재가 추정 한계로 작용함 |

자료: 저자 작성

## 2) 정책대안 제시 내용 및 정책화 활동

▪ **위의 결과를 바탕으로 원양저연승어업의 기후변화 대응 전략을 '이해, 적응, 완화' 세 가지 큰 카테고리 아래 8개 추진과제로 제시함**

- 이해와 적응 부분은 온실가스 인벤토리 구축, 이해관계자 교육, 자원조사 고도화, 신규 어장 개척으로 제시

- 완화 부분은 원양어선 현대화 지원 강화, 온실가스 배출 저감 노력, 생분해성 어구 개발 및 지원, 냉각시스템 개선으로 제시

〈요약 표 4〉 원양저연승어업 기후변화 대응 추진 로드맵

| 추진 과제 | | 기간 | 추진주체 | 주요 내용 및 추진방법 |
|---|---|---|---|---|
| • 이해 | • 온실가스 인벤토리 구축 | • 2024~28 | • 해양수산부 | • 기후변화 대응 정책 기초자료 수집<br>• 연별로 실시되는 원양산업통계조사 진행 시 추가 조사 진행<br>• 이후 분야별 불확도 연구 추진 및 고도화 진행 |
| | • 탄소중립 관련 이해관계자 교육 | • 2024~28 | • 해양수산부<br>• 국립수산과학원<br>• 원양산업계 | • 온실가스 배출 전과정평가에 대한 이해와 친환경 어업 전환의 필요성 환기<br>• 업계 및 선원 출항 전후 온실가스 저감 이행에 관한 교육 진행 |
| • 적응 | • 이빨고기 자원조사 고도화 | • 2024~28 | • 해양수산부<br>• 국립수산과학원<br>• 한국수산자원공단<br>• 원양산업계 | • 어업 효율화 달성 및 수산자원 이해<br>• CCAMLR 해역 88.1 해구 외 다른 해구에 대한 조사 확대 참여<br>• FAO 41 국제수산기구 설립 시 CCAMLR 수준의 조사 적극 참여<br>• 국제 옵서버 활용 자원조사 진행 고도화 |
| | • 신규 어장 개척 | • 2024~28 | • 해양수산부<br>• 국립수산과학원<br>• 원양산업계 | • 기후변화에 따른 어장 생산 불확실성 최소화<br>• 남극, 남서대서양 외 남인도양(SIOFA), 남태평양(SPRFMO) 신규 어장 개척 |
| • 완화 | • 원양어선 현대화 지원 강화 | • 2024~28 | • 해양수산부<br>• 세계로선박금융 | • 어선현대화로 온실가스 배출 저감<br>• 세계로선박금융 그룹 활용 현대화 펀드 지속 추진 |
| | • 온실가스 배출 저감 노력 | • 2024~28 | • 해양수산부 | • 현대화 사업 적용 전 배출 저감 방안<br>• R&D 추진 |
| | • 생분해성 어구 개발 및 지원 | • 2024~28 | • 해양수산부<br>• 국립수산과학원 | • 친환경 원양저연승어업 전환<br>• R&D 추진 |
| | • 냉각시스템 개선 | • 2024~28 | • 해양수산부 | • 프레온 가스 배출 감소<br>• R&D 추진 |

자료: 저자 작성

### 3) 정책적 기여 등 기대효과

- **원양산업 온실가스 인벤토리 구축 시 선사 조사 기반 자료 활용 근거 제시**
  - 선사 직접 조사 외 통계청 자료 내 원양산업통계조사 조업비용 중 연료비 항목 활용 시 과다 추정 우려 문제를 본 연구를 통해 확인
- **기존 원양산업 분야 정책사업의 추진 필요성을 기후변화 대응 관점에서 재해석**
  - 원양어선 현대화 지원, 국제수산기구의 자원조사 사업 등 노동인권, 비용 절감, 수산자원 회복 및 보존 관점에서 기후변화 대응과 연관된 필요성을 본 연구를 통해 제시하여 정책 이행력 추가 담보 기대
- **해양수산부 내 수산 분야 기후변화 전담 부서 신설 필요성 제기**
  - 수산업과 같이 1차 산업인 농업 분야의 경우 농림부 산하 기관인 '농식품 기후변화 대응센터'를 신설하여 기후변화에 체계적으로 대응할 계획
  - 일찍이 기후변화 대응센터의 법적 근거를 마련하여 농업 분야 기후변화 대응 사업의 안정성과 연속성을 확보
  - 수산 분야의 경우 해양수산부 내 양식업 분야는 어촌양식정책과, 어선어업 분야는 어업정책과가 소관이며, 원양산업의 경우 전담 조직이 부재하고 국립수산과학원 조직 내 기후변화연구부가 존재하는 것으로 파악
  - 국립수산과학원은 기후변화에 적응 및 대응하기 위한 분야별 R&D를 추진하는 기관으로 R&D 역량에 집중하고, '(가칭)수산업 기후변화 대응센터'를 신설하여 분야별로 분산된 기후변화 대응 전략을 집중하고, 신규사업을 발굴하여 사업의 안정성과 연속성을 확보해야 할 것으로 판단됨

EXECUTIVE SUMMARY

# A Study on the Carbon Emission Estimation and Response of the Distant-Water Industry

## : A Scope 3-Focused Analysis on Bottom Longline Operations

Heonju Jo · Eunji Kim · Mikyeong Yoon · Hyesu Hong

## 1. Purpose

- To estimate greenhouse gas emissions for the Patagonian toothfish, a leading export item in the U.S. fisheries sector, following Scope 3 guidelines for greenhouse gas emissions.
  - Define all pre-fishing, fishing, and post-fishing activities to estimate Scope 3 emissions, assess the availability of data on fuel input and electricity usage for each phase, and present realistic estimates.
  - For estimating Scope 1 emissions (fossil fuel use), apply a dual approach by using both Statistics Korea data and direct survey data from shipping companies to establish more accurate

standards for future greenhouse gas emission calculations.

- To evaluate the feasibility of reducing Scope 1 emissions from fuel usage in fishing activities and propose greenhouse gas reduction strategies for both direct and indirect Scope 3 activities related to fishing.
  - Utilize Stochastic Frontier Analysis (SFA) to assess the potential for reducing fuel consumption.
  - Use the Delphi method with experts to develop greenhouse gas reduction strategies for indirect activities.

## 2. Methodology and Features

### 1) Methodology

- This study begins with a literature review to examine prior studies related to Scope 3 and trends in international climate change discussions.
  - It examines case studies from the shipping industry, which operates in international waters like the distant-water fishing industry, and reviews Scope 3 response trends across agriculture, livestock, and leading international corporations.
  - By analyzing previous studies on various industries, including fisheries, both domestically and internationally, the study establishes its methodology, identifies unique contributions, and highlights the necessity of this research.

- This study analyzes the current state of the distant-water longline fishing industry by utilizing data from Statistics Korea and international fisheries organizations, presenting insights from specific fishing methods through expert consultations.
  - Alongside the analysis of key statistics of the distant-water longline industry, a social network analysis using ITC Trademap data is conducted to map the global supply chain of Patagonian toothfish and assess the influence of the U.S.
  - This helps identify the potential expansion of Scope 3 impacts not only to the U.S. but also to other major advanced countries.
- A production efficiency analysis based on a Cobb-Douglas production function is conducted, using capital, labor, and fuel consumption as input variables, to determine the feasibility of reducing greenhouse gas emissions through decreased fuel usage.
  - Empirical analysis is performed using the STATA statistical package to estimate a panel Stochastic Frontier Analysis (SFA) model.
  - This model is used to analyze fishing characteristics of Patagonian toothfish and to present production efficiency by vessel (DMU) and year.
- Following the analysis of the Patagonian toothfish value chain, a Delphi study with experts is conducted to analyze Scope 3 activities based on the value chain.

- The feasibility of greenhouse gas emissions for each Scope 3 activity was assessed, and estimation attempts were undertaken.
- For Scope 1, estimates based on Statistics Korea data and direct survey data from shipping companies are compared to propose the most appropriate methodology.

▪ A consultation panel comprising industry experts, researchers, and policymakers in the distant-water fishing industry convened to examine climate change response strategies for the distant-water longline industry.

## 2) Features

▪ The primary significance of this study lies in being the first to categorize Scope 3 activities for the distant-water longline fishing industry.

- By identifying all fishing-related activities within the distant-water longline industry, this study maps these to GHG Protocol Scope 3 upstream and downstream activities.
- Greenhouse gas emissions were estimated for each activity based on available data, focusing on activities directly linked to greenhouse gas emissions.

▪ Estimation of Scope 1 (direct emissions) levels for distant-water longline fishing based on shipping company data.

- Initially estimated by converting fuel costs from the Statistics Korea distant-water industry statistics into fuel consumption,

this study suggests that a direct survey of fuel usage by shipping companies would yield more accurate emissions estimates, mitigating the risk of overestimation.

- Feasibility study on realistic greenhouse gas reduction measures targeted at industry stakeholders (e.g., distant-water fisheries associations).

- In response to the expansion of Scope 3 discussions, the study provides necessary measures tailored to the distant-water industry.
- Additionally, it reinforces the need for ongoing policies, such as the Distant-Water Vessel Modernization Fund, by adding the perspective of direct and indirect greenhouse gas reduction, strengthening the case for policy implementation.
- This study further proposes new policies, including the establishment of a greenhouse gas emissions inventory and the implementation of educational programs for the distant-water industry.

## 3. Result

### 1) Summary

- Trends in international climate change discussions, such as the Kyoto Protocol and Paris Agreement, have consistently focused on reducing and transitioning away from fossil fuels in the energy sector.

- The Greenhouse Gas (GHG) Protocol recently broadened its discussion to include Scope 1 (fossil fuel), Scope 2 (electricity), and Scope 3 (pre- and post-production) emissions.
- In 2022, the U.S. SEC recommended the disclosure of Scope 3 greenhouse gas emissions for companies listed in the U.S. and companies with supply chains under the IRA (Inflation Reduction Act) proposal.
- Consequently, this disclosure requirement could affect not only major manufacturing industries but also distribution sectors, with potential impacts on the distant-water longline fishing industry, which supplies Patagonian toothfish as a food source in the U.S.

〈Summary Table 1〉 Climate Change Discussions and Response Trends by Sector

| Classification | Main Content |
|---|---|
| International Trends | • UN Framework Convention on Climate Change, Kyoto Protocol, Paris Agreement<br>• (Topics in existing agreements): Reduction of and transition away from fossil fuels in the energy sector<br>• (Expanded discussion): Scope 1 (fossil fuels), Scope 2 (electricity), Scope 3 (pre- and post-production stages) |
| Responses by Major Companies | • Apple: Carbon neutrality goal across all products and supply chain by 2030<br>• Unilever: Improved agricultural sustainability in Spain, the U.S., and Italy |
| Similar Cases | • Shipping: Compliance with 2030 IMO regulations, adherence to GHG strategy, use of low-carbon fuels such as LNG<br>• Fisheries: Mowi – sustainable aquaculture technology and renewable energy; Dongwon – enhanced energy efficiency |
| Implications | • For the shipping industry, GHG emissions are managed directly under IMO regulations; for the fisheries sector, it is essential to consider reducing GHG emissions from direct emissions as well as processing and distribution stages. |

Source: Prepared by the Authors

- Patagonian toothfish is predominantly produced by France, Chile, Argentina, Australia, and South Korea, and network analysis reveals that the U.S. has significant influence over the global supply chain.

- Currently, South Korea primarily produces Patagonian toothfish in Antarctic waters, a region dedicated to marine environmental conservation. Consequently, there is a need for proactive measures to monitor and reduce greenhouse gas emissions from fishing activities in this region.
- Other trading countries may be affected by greenhouse gas disclosure recommendations from major U.S. distributors.

- Production Efficiency Analysis indicates that fishing effort and fuel consumption directly affect emissions.

- Limiting fuel consumption as an intuitive greenhouse gas reduction measure appears unsuitable.
- Discussions should focus on decreasing reducing indirect greenhouse gas emissions (Scope 3) related to fishing activities, while direct emission reductions (Scope 1) should focus on strengthening ongoing fishing vessel modernization efforts to promote eco-friendly fuel use.

〈Summary Table 2〉 Characteristics of Distant-Water Longline Fishing

| Classification | Main Content |
|---|---|
| Key Trends | • Main Producing Countries: France, Chile, Argentina, Australia, and South Korea (accounting for 75% of global production).<br>• Network Analysis Result: The U.S. holds high centrality, indicating a significant influence on the Patagonian toothfish trade. |

| Classification | Main Content |
|---|---|
| | • Implications of Network Analysis: Greenhouse gas disclosure recommendations from major U.S. distributors could affect other trading countries. |
| Production Areas | • Antarctic waters, FAO Area 41<br>• The Antarctic region places a high emphasis on marine environmental conservation.<br>• Proactive measures are required to monitor and reduce greenhouse gas emissions from fishing activities in the Antarctic region. |
| Production Efficiency | • Patagonian toothfish production is directly impacted by fishing effort and fuel consumption.<br>• Limiting fuel usage could have a direct negative impact on the management of shipping companies, so discussions are needed on reducing greenhouse gas emissions from indirect fishing activities (Scope 3) while maintaining current fuel levels.<br>• To reduce greenhouse gas emissions from Scope 1 activities, expansion of the distant-water vessel modernization project is recommended to facilitate a transition to eco-friendly fuels. |

Source: Prepared by the Authors

▪ The value chain of distant-water longline fishing can be divided into pre-production, production, and post-production stages.

- The production stage encompasses Scope 1 and Scope 2 activities, while pre- and post-production stages are associated with Scope 3 downstream and upstream activities.
- The average Scope 1 emissions for distant-water longline fishing over the past five years is estimated to be approximately 20,000 tons. (As of 2022)
- However, data to estimate Scope 3 emissions remain limited, with current estimates based only on the number of supplies

and containers used in trade, underscoring the need for further research in this area.

〈Summary Table 3〉 Summary of Distant-Water Longline Fishing Scope 3 Structure Analysis

| Classification | Main Content |
|---|---|
| Value Chain | • Pre-Production Stage: Preparation steps before fishing, including supplies, fuel procurement, crew recruitment, bait, fishing gear, and repairs.<br>• Production Stage: Fishing activities, including setting lines, hauling, catch processing, catch storage, and onboard waste management.<br>• Post-Production Stage: Unloading at the port and voyages for export to key countries after unloading. |
| Scope 3 Structure and Emissions | • Scope 1: Fuel consumption during the production stage.<br>• Scope 2: Electricity usage during the production stage (with estimation limitations).<br>• Scope 3: Other activities (limitations on estimates for container usage and supply shipment).<br>• Implications: For accurate Scope 1 emissions estimation, a direct survey of fuel usage by shipping companies is necessary.<br>• Limitations: Lack of precise data for greenhouse gas emissions from Scope 2 and Scope 3 activities poses challenges for estimation accuracy. |

Source: Prepared by the Authors

## 2) Policy Suggestions and Policy-making Activities

▪ Based on these findings, a climate change response strategy for distant-water longline fishing was proposed under three main categories—Understanding, Adaptation, and Mitigation—with eight key initiatives.

- The Understanding and Adaptation categories emphasize

building a greenhouse gas inventory, educating stakeholders, enhancing resource surveys, and exploring the development of new fishing grounds.

- The Mitigation category focuses on strengthening support for distant-water vessel modernization, implementing measures to reduce greenhouse gas emissions, developing and promoting biodegradable fishing gear, and improving cooling systems onboard vessels.

〈Summary Table 4〉 Climate Change Response Roadmap for Distant-Water Longline Fishing

| Initiative | | Duration | Lead Agency | Key Content and Implementation Methods |
|---|---|---|---|---|
| Understanding | Greenhouse Gas Inventory Development | 24~28 | • Ministry of Oceans and Fisheries | • Collect Baseline Data for Climate Change Response Policies<br>• Conduct additional surveys during annual distant-water industry statistical surveys<br>• Subsequently, advance and enhance research on uncertainty in specific areas |
| | Stakeholder Education on Carbon Neutrality | 24~28 | • Ministry of Oceans and Fisheries<br>• National Institute of Fisheries Science<br>• Distant-Water Industry | • Raise awareness of Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions and the need to transition to eco-friendly fisheries<br>• Provide training on implementing greenhouse gas reduction measures for industry and crew members pre- and post-departure |
| Adaptation | Enhanced Resource Survey for Patagonian | 24~28 | • Ministry of Oceans and Fisheries<br>• National Institute of | • Achieve fisheries efficiency and understanding of fisheries resources<br>• Participate in expanded surveys of CCAMLR area 88.1 and other |

| Initiative | | Duration | Lead Agency | Key Content and Implementation Methods |
|---|---|---|---|---|
| | Toothfish | | Fisheries Science<br>• Korea Fisheries Resources Agency<br>• Distant-Water Industry | fishing grounds<br>• Actively engage in resource surveys at CCAMLR standards when establishing FAO 41 international fisheries organizations<br>• Enhance resource surveys through the use of international observers |
| | Development of New Fishing Grounds | 24~28 | • Ministry of Oceans and Fisheries<br>• National Institute of Fisheries Science<br>• Distant-Water Industry | • Minimize uncertainties in fishing ground productivity resulting from climate change<br>• Develop new fishing grounds in the Southern Indian Ocean (SIOFA) and South Pacific (SPRFMO) beyond the Antarctic and Southwestern Atlantic |
| Mitigation | Strengthening Support for Distant-Water Vessel Modernization | 24~28 | • Ministry of Oceans and Fisheries<br>• Global Ship Financing | • Reduce greenhouse gas emissions through vessel modernization<br>• Continue fund modernization projects through Global Ship Financing |
| | Efforts to Reduce Greenhouse Gas Emissions | 24~28 | • Ministry of Oceans and Fisheries | • Identify emission reduction measures before modernization initiatives<br>• Conduct R&D |
| | Development and Support of Biodegradable Fishing Gear | 24~28 | • Ministry of Oceans and Fisheries<br>• National Institute of Fisheries Science | • Transition to eco-friendly distant-water longline fishing<br>• Conduct R&D |

| Initiative | | Duration | Lead Agency | Key Content and Implementation Methods |
|---|---|---|---|---|
| | Improvement of Cooling Systems | 24~28 | • Ministry of Oceans and Fisheries | • Reduce Freon Gas emissions<br>• Conduct R&D |

Source: Prepared by the Authors

### 3) Policy Contributions and Expected Outcomes

- Provides a foundation for utilizing data from direct surveys of shipping companies when building a greenhouse gas inventory for the distant-water industry
  - This study identifies the risk of overestimation when relying on fuel cost data from Statistics Korea's distant-water industry statistics other than direct surveys with shipping companies.
- Reinterprets the need for existing policy initiatives in the distant-water industry from a climate change response perspective
  - This study highlights importance of climate-focused support for modernizing distant-water vessels, conducting resource surveys by international fisheries organizations, promoting labor rights, achieving cost savings, and conserving and restoring fishery resources, thereby adding momentum to policy implementation.
- Emphasizes the need for establishing a climate change department within the Ministry of Oceans and Fisheries focused on the fisheries sector

- The Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs has outlined plans to establish a "Climate Change Response Center for Agriculture and Food" to systematically address climate change within the agricultural sector, a critical industry.
- The early establishment of legal grounds for the climate change response center has ensured stability and continuity in agricultural climate initiatives.
- In the fisheries sector, aquaculture is administered by the Fisheries and Aquaculture Policy Division, while offshore fisheries fall under the Fisheries Policy Division. However, there is no dedicated organization for the distant-water industry, and climate change research is currently managed by the Climate Change Research Division within the National Institute of Fisheries Science.
- Given the National Institute of Fisheries Science's role in R&D for climate change adaptation, maintaining a dedicated focus on enhancing research capabilities is essential. Concurrently, a new "(Tentative) Fisheries Climate Change Response Center" should be established to consolidate the sector's climate change response strategies and develop new projects, ensuring stability and continuity in initiatives.

# 01
# 서론

## 제1절 연구의 배경 및 목적

### 1. 연구 배경 및 필요성

기후변화에 대응하기 위한 국제사회의 노력은 1972년 스톡홀름 회의에서 시작되었다. 그 후 1992년 브라질 리우에서 유엔(UN)기후변화협약, 1997년 교토의정서 실행, 2001년 남아공 더반에서 더반 결정문, 2015년 프랑스 파리에서 파리기후변화협약이 진행되었다. 비교적 최근에는 2022년 G7 국가의 기후클럽 출범, 2023년 12월 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회까지 이루어졌다. 대부분의 내용은 '에너지 부문에서 화석연료로부터의 전환'이 그 골자다. 우리나라도 이에 대응하여 문재인 정부의 탄소중립 2050 선언, 윤석열 정부의 탄소중립 관련 국정목표[1] 실현을 제시하고 있고, 2022년 12월 과기정통부는 제1차 기후변화 대응 기술개발 기본계획(2023~32)을 수립·발표하였다.

1) 대한민국정부(2022) 윤석열정부 120대 국정과제, p.8 "국정목표 4, 자율과 창의로 만드는 담대한 미래, ⑯ 탄소중립 실현으로 지속가능한 미래를 만들겠습니다".

이와 같은 탄소중립으로 대변되는 기후변화 완화 정책은 전 세계적 관심으로 지금까지는 온실가스 배출 원인 분석, 배출 저감 노력에 초점이 맞추어져 있었다. 최근에는 온실가스 배출 원인 분석, 배출 저감 노력이 하나의 제품이 생산되는 공간에서 제품을 생산하기 위한 준비, 제품이 소비자까지 흘러 들어가는 모든 흐름으로 확장되고 있다. Scope 3이라는 개념은 온실가스 배출관리에 있어 기존 제품 생산 공간의 관리 집중을 생산 준비 공간, 생산 공간, 유통 공간, 소비 공간 모두로 확장해 전 분야에 책임 있는 관리를 부여하는 것이다.

예를 들면, 미국의 유명 스마트폰 제조업체 A사의 경우 중국 내 제조공장을 가지고 있고, 일본의 유명 의류업체 B사의 경우 베트남과 인도네시아 등 동남아에 제조공장을 가지고 있다. 미국 스마트폰 A사와 일본 의류업체 B사가 각 생산물을 제조할 때 투입한 화석연료에 의한 온실가스 배출은 중국과 동남아에서 이루어졌으나, 제조업체는 미국과 일본 소속이다. 이러한 상황에서 온실가스 배출에 의한 온난화 책임과 저감 노력의 의무는 어디에 있는지에 대한 물음이 Scope 1, Scope 2, Scope 3 논의의 시작점이다.

원양산업의 경우 공해상에서 다양한 국가의 어선이 공동으로 어획 활동을 하는 것이 특징이다. 수산자원의 지속가능성을 위해 어법별, 해역별 다양한 국제수산기구가 설치되었다. 그리고 각 기구의 특징에 맞게 수산자원 평가를 수행하고 해양환경 보호를 위한 다양한 조치가 수립되어 이행 중이다.

Scope 3 개념을 원양산업에 적용해 본다면 태평양, 대서양, 인도양, 남극에서 어획 활동에 사용되는 연료를 통한 온실가스 배출과 이들 어획 활동에 필요한 미끼, 선용품, 어선원 승선, 어획물 수출입 활동에서 온실가스 배출로 인한 온난화의 책임 소재가 어디에 있는지가 논의의 시작이다. 반도체 산업, 자동차 산업, 의류 산업은 온실가스 배출을 하는 공장과 그 회사 소속 국가 두 가지만 고려하면 되지만, 원양산업은 그렇지 않다. 공해상

에서 어획 활동이 있기 때문이다. 공해상에서 다양한 국적을 가진 어선이 존재하고 각 어선 보유 국가, 어선을 통해 생산되는 물품의 이동, 최종 판매의 유통기업 등을 모두 고려한다면, 온실가스 배출 주체는 모호하다.

원양산업은 공해상에서 수산자원을 어획하는 산업이기 때문에 국제적인 규범 적용이 엄격하다. 공해상에 다양한 국제수산기구가 존재하고, 지역수산기구는 다양한 국가의 해양이라는 공동의 재산에서 산업을 지속적으로 영위하려는 목적이 있기 때문이다. 즉 하나의 국가에서 단독으로 규범을 이행하는 것이 아니라 국제적으로 합의가 필요한 산업인 것이다. 이미 같은 공해라는 공간을 사용하는 해운산업에서는 탄소중립 이행 노력이 국가별 무역·유통 공간의 개념으로 선제적으로 이루어져 있다. 원양산업은 지구상의 모든 국가가 공해상에서 조업 활동을 하며, 생산된 물품은 전 세계로 공급된다. 원양산업계 또한 기후변화 대응 관점에서 온실가스 배출량 추정과 저감 노력을 확장할 시점이 되었다고 생각한다.

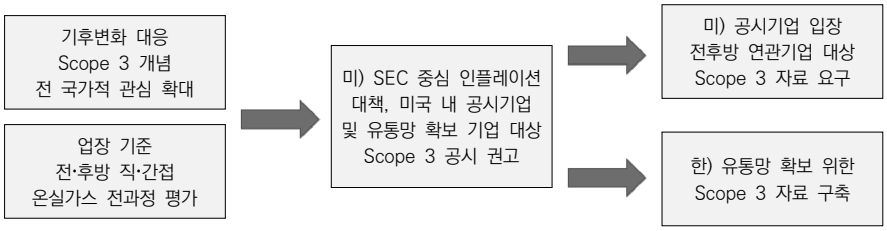
최근 미국 증권거래위원회(SEC: U.S. Securities and Exchange Commission)는 기후 관련 정보공개 강화 표준 규칙을 발표하였는데, 이 중 미국 내 공시기업과 미국 내 유통망을 가진 기업에 Scope 3 수준의 온실가스 배출량을 공시하는 것을 권고하고 있다.

우리나라 원양저연승어업으로 생산되는 이빨고기는 주로 미국으로 수출된다. 미국 한정 수산물 수출금액 기준으로 2020~2022년 동안 가장 많이 수출되었다. 최근 5년 기준으로는 원양산업 중 생산량 대비 생산금액이 가장 높은 고부가가치 산업으로 확인된다. 미국 기후 관련 정보공개 강화 표준 규칙에 Scope 3 기준을 적용한다면 크게 두 가지 입장에서 우리나라 원양산업의 영향을 고려할 수 있다.

첫째는 미국 내 상장기업인 월마트, 아마존 등 거대 유통기업의 온실가스 배출량 공개 권고이다. 원양저연승어업으로 이빨고기가 미국으로 수출 및 판매된다면, 미국 유통사 입장에서는 이빨고기가 판매 재료가 되고, 이 재료가 생산되는 모든 과정이 Scope 3 활동이 된다. 즉 우리나라 원양저연승어업의 생산활동은 미국 유통사 기준의 Scope 3 활동이 되므로, 온실가스 배출량 추정과 함께 감축 방안을 제시할 필요가 있다.

둘째는 우리나라 저연승어업 선사 기준으로 미국 내 유통망을 가지고 있어 제품 판매를 위한 공시 권고가 가능하다는 점이다. 이때 원양저연승어업을 기준으로 Scope 1, 2, 3 배출량을 파악해야 하고, 감축 방안을 제시할 필요가 있다.

〈그림 1-1〉 연구 배경 및 필요성




자료: 저자 작성

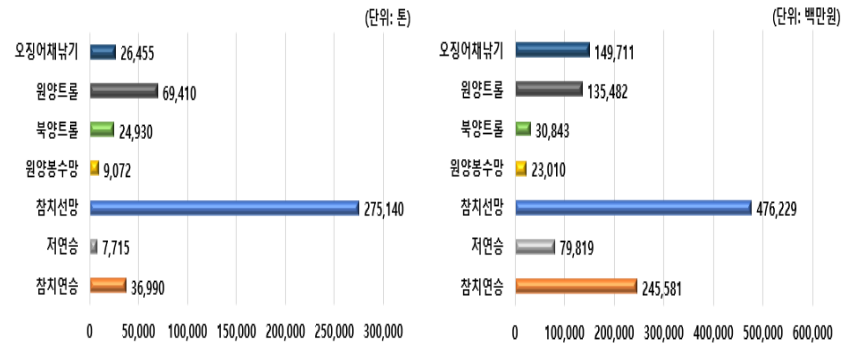
〈표 1-1〉 주요 수산물 대미 수출실적

단위: 달러, kg

| 구분 | 2020 | | 2021 | | 2022 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 금액 | 물량 | 금액 | 물량 | 금액 | 물량 |
| 이빨고기 | 26,973,708 | 1,194,799 | 31,635,354 | 1,188,617 | 66,079,597 | 2,045,542 |
| 조미김 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48,159,703 | 5,372,496 |
| 굴 | 17,043,288 | 2,340,038 | 24,731,876 | 3,425,659 | 28,862,994 | 3,952,338 |
| 해조류 | 18,842,548 | 1,382,636 | 22,856,122 | 1,738,538 | 25,808,663 | 1,937,849 |
| 다랑어 | 11,360,864 | 1,166,141 | 14,375,025 | 1,177,546 | 19,109,404 | 1,318,868 |

주: 2022년 상위 금액을 기준으로 나열
자료: 수산물수출정보포털(2020~2022). 검색일 : 2024.5.15.) 바탕 저자 재작성

〈그림 1-2〉 원양산업 어업별 생산량(우), 생산금액(좌)




자료: 통계청(어업생산동향조사, 2019~2023), 검색일 : 2024.5.15 활용 저자 재작성

## 2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 기후변화에 적극적인 대응을 위한 Scope 3 기준 온실가스 배출량 공개 권고 배경 아래, 수산업 분야에서 미국 내 수출을 주도하는 이빨고기 품목의 온실가스 배출량을 Scope 3 수준으로 추정하는 것이다. Scope 3 수준을 추정하기 위해 조업 전, 조업 중, 조업 후의 모든 활동을 Scope 3 활동으로 정의하고, 각각 연료 투입 및 전기 사용량 자료 활용이 가능한지 여부를 파악한 후 현실성 있는 추정치를 제시하고자 한다.

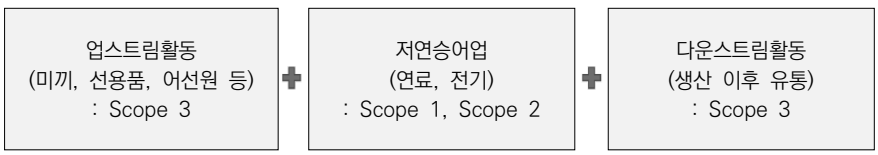
그리고 Scope 1의 온실가스 배출량은 통계청, 국립수산과학원, 원양저연승업계의 공신력 있는 자료를 바탕으로 추정할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 그뿐만 아니라 조업활동과 관련된 활동에 있어 온실가스 배출을 저감할 수 있는 방안을 파악하여, 정책입안자에게 원양저연승어업의 온실가스 배출 저감 정책에 기초자료로 제시하고자 한다. 미국 내 유통망 기업의 Scope 3 수준 공시에 선제적으로 대응하는 것이 주요 목적이다.

## 제2절 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 범위

본 연구의 범위는 저연승어업의 생산뿐만 아니라 전·후방까지 포함한다. 구체적으로 저연승어업 준비 과정인 미끼 운반, 선용품 운반, 선원 이동 등 Scope 3 활동의 업스트림 활동과 저연승어업의 생산물을 미국으로 유통하는 Scope 3 활동의 다운스트림 활동까지 모두 포함한다. 그리고 저연승어업 활동에 있어 사용되는 연료(Scope 1)와 전기(Scope 2) 사용까지 포함한다. 다만, 미끼 생산활동, 선용품 생산활동, 어선 수리 과정에서 온실가스 발생 등과 같이 정확한 근거자료가 없는 활동에 대한 온실가스 배출은 연구 범위에서 제외하였다. 그 이유는 현재까지는 Scope 3 기준 배출량 수준을 점검하는 것이 반드시 온실가스 감축 요구로 이어지는 것이 아니고, 산업 특성별 Scope 3 수준으로 카테고리를 구분하고 배출량을 추정하는 것에 한계점이 존재하는 것을 인정하고 있기 때문이다. 그리고 온실가스 배출에 필요한 객관적 자료가 담보되는 수준에서 공시를 권고하고 있다. 따라서 본 연구에서도 객관적 자료가 확보되는 수준에서 Scope 3 기준 배출량을 추정할 것이다.

〈그림 1-3〉 저연승어업 관련 연구 범위




자료: 저자 작성

기후변화 관련 국제논의 동향 분석을 위한 다양한 국제기구, 원양저연승 어업의 온실가스 배출 활동 및 어업활동과 관련한 정확한 실태 파악을 위해 원양저연승업계 및 원양협회, 국립수산과학원, 동해어업관리단을 연구 대상으로 하였다. 그리고 기후변화 대응, 에너지 관련 정책 개발과 연관된 환경부, 에너지경제연구원 등 관련 기관까지 연구범위를 확대하였다. 그뿐만 아니라 정책화 진행을 위해 해양수산부 원양산업과를 정부조직 대상으로 진행하였다.

〈표 1-2〉 본 연구의 포괄적 범위

| 구분 | 연구 대상 |
|---|---|
| 국외동향 | • IPCC, FAO, CCAMRL |
| 수산관련 조직 | • 국립수산과학원 원양자원과<br>• 원양산업협회<br>• 동해어업관리단 |
| 기후변화 대응 조직 | • 환경부<br>• 에너지경제연구원 |
| 정책화 조직 | • 해양수산부 원양산업과 |

자료: 저자 작성

## 2. 연구 내용

이와 같은 연구 범위에서 각 장의 내용 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 기후변화 대응을 위한 국제와 국내 논의 동향을 살펴본다. 이를 위해 국제적으로 주로 논의되었던 교토의정서, 파리협정문을 면밀히 살펴보고, 최근 유엔기후변화협약 당사국총회까지 살펴본다. 그리고 최근 논의 중인 Scope 3 관점에서 주요 산업별로 논의와 대응 동향을 확인한다. 특히 유사성 측면에서 수산업과 같이 바다라는 공간을 활용하는 해운 분야의 동향을 살펴보는 등 주요 산업별 Scope 3 대응 동향 파악을 통해 시사점을 도출하였다.

제3장에서는 본 연구의 주제이기도 한 원양저연승어업 특성을 분석하였다. 이를 위해 국내외 생산과 교역 현황을 분석하였다. 이때 이빨고기 교역에 대한 면밀한 검토를 위해 네트워크 분석을 수행하여 교역 중심국가를 도출하였다 그리고 주요 생산해역의 특징과 국제기구의 주요 내용을 점검하였다. 원양저연승어업의 특성을 분석하기 위해 어선 특성과 생산량 자료를 수집하여 생산효율성 분석을 진행하여, 원양저연승어업의 생산효율성에 미치는 요인에 대해 알아보았다. 특히 생산함수 추정에 있어 전통적으로 투입요소로 사용되는 자본과 노동에서 자본, 노동, 에너지 투입요소로 나누어 에너지 투입이 원양저연승어업 생산량에 어떠한 영향을 미치는지 직접 분석하여, 대응 방안과 연결하는 작업을 하였다.

제4장에서는 원양저연승어업의 Scope 3 구조 분석과 배출량을 추정하였다. Scope 3 구조 분석을 위해 이빨고기의 가치사슬에 대한 분석을 진행하고, 이를 토대로 Scope 1, Scope 2, Scope 3 활동에 대해 정의하였다. 그리고 이를 기반으로 하여 온실가스 배출량을 추정 가능한 수준의 활동을 재정립하고, 배출량 추정을 시도하였다. 온실가스 배출량 추정을 위해 우선 공신력 있는 자료인 통계청의 '원양어업통계조사' 어업비용에서 연료비를 통해 추정하고, 산업계를 통해 어선별 유류사용량을 직접 조사 및 추정하여 그 결과치를 비교하였다. 그 이유는 본 연구 결과를 통해 향후 Scope 1 수준의 원양저연승어업의 온실가스 배출량 추정이 통계청 자료를 기반으로 활용 가능한지 점검하기 위함이다. 그리고 본 연구에서 정립한 Scope 3 기준으로 Scope 1, 2, 3의 온실가스 배출량을 각각 추정하여 결과치를 제시하였다.

제5장에서는 제2장, 제3장, 제4장에서 분석한 결과를 바탕으로 원양저연승어업 기후변화 대응 방안에 대해 도출하였다. 크게 기후변화 적응과 대응 부분으로 나누고 6개의 세부과제를 제안하였고, 이 대응방안의 기대효과를 작성하였다.

제6장에서는 연구를 요약함과 동시에 본 연구에서 제시한 세부과제를 이행하기 위한 방안에 대해 서술하였다. 그리고 공해상에서 해양환경과 수산자원을 보존하는 국제수산기구가 추가적으로 기후변화에 대한 논의를 현시점에서 본격적으로 시작해야 하는 이유에 대해 서술하면서 본 연구를 마무리하였다.

〈표 1-3〉 연구의 주요 내용

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 제1장 서론 | • 연구 배경 및 목적<br>• 연구 범위 및 내용<br>• 선행연구 검토 및 본 연구의 차별성<br>• 연구 수행 방법론 |
| 제2장 기후변화 대응 국내외 논의 동향 | • 기후변화 대응 국제 동향<br>• 주요 산업별 Scope 3 대응 동향 |
| 제3장 원양저연승어업 현황 및 생산효율성 분석 | • 국내외 생산 및 시장 동향<br>• 원양저연승어업 특성<br>• 원양저연승어업 생산효율성 분석 |
| 제4장 원양저연승어업 Scope 3 구조 분석 및 배출량 추정 | • 원양저연승어업 가치사슬 분석<br>• Scope 3 온실가스 배출량 추정 |
| 제5장 원양저연승어업 Scope 3 대응방안 | • 기본방향<br>• 대응방안<br>• 기대효과 |
| 제6장 결론 | • 연구 요약<br>• 정책제언 |

자료: 저자 작성

## 3. 연구 방법

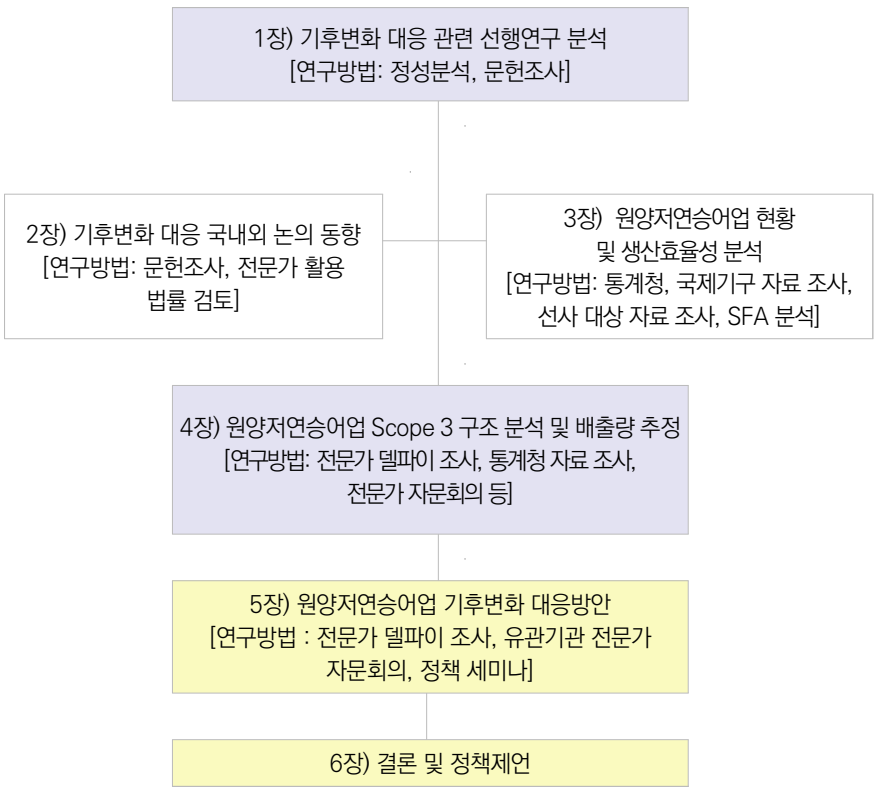
본 연구의 내용과 품질향상, 논리체계를 강화하기 위해 다양한 연구방법론을 활용하였다. 기후변화 대응과 관련한 다양한 산업의 Scope 3, 전과정평가에 의한 온실가스 배출량, 감축 필요성, 감축 수준과 Scope 3 수준 검토에 대해 근본적인 문제점을 제시한 국내외 선행연구를 검토하였다. 이를 위해 인터넷 검색, 문헌 연구를 수행하였다. 국제적인 기후변화 대응동향 분석, 국내 법·정책 동향 분석, 주요 산업별 Scope 3 대응동향 분석을 위해서는 문헌 연구, 현지 전문가 자문이 이루어졌다.

원양저연승어업 현황과 가치사슬 분석을 위해 국립수산과학원 저연승어업 관련 생물학자, 어구어법 관련 과학자, 국제 옵서버, 원양저연승업계 등 전문가 델파이 조사를 진행하였고, 통계청 및 국립수산과학원 내부자료, CCAMRL 홈페이지 등 인터넷 조사를 병행하였다. 특히 가치사슬 분석을 위해 원양저연승업계과 수출입 업계를 대상으로 대면 심층면담 조사를 진행하였다.

원양저연승어업 Scope 3 구조 분석과 대응방향 분석을 위해 위의 전문가를 활용하여 워크숍을 진행하였다. 이때 통계청의 원양어업통계조사 결과를 활용할 수 있게 Scope 3 활동을 업스트림 활동과 다운스트림 활동으로 구분하고자 하였다. 그 이유는 본 연구결과를 활용하여 Scope 3 수준의 온실가스 배출량을 추정하는 데 공신력 있는 자료를 활용하기 위함이다. 그리고 연구를 진행함에 있어 계량경제학적 분석을 시도하였다. 생산함수에서 가장 일반적인 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 생산함수를 기반으로 한 SFA 생산효율성 분석을 통해 원양저연승어업 생산 효율성에 미치는 요인과 어선별 생산효율성을 추정하였다.

위의 결과들을 종합하여 우리나라 저연승어업의 Scope 3 수준의 온실가스 배출량을 추정하고, 각 장의 시사점을 바탕으로 대응방안을 제시하였다. 마지막으로 연구를 요약하면서 결론을 제시하였으며, 대응방안을 이행할 수 있는 정책제언을 작성한 후 연구를 마무리하였다.

〈그림 1-4〉 연구 추진체계 및 방법




자료: 저자 작성

## 제3절 선행연구와 본 연구의 차별성

### 1. Scope 3 배출량 추정 연구

기후변화 대응과 관련된 국내외 선행연구는 많이 존재한다. 일찍이 전 세계적으로 각국의 온실가스 인벤토리 구축을 위한 연구를 수행하여 현재에 이르렀고, 우리나라도 국제기준에 부합한 온실가스 통계 구축 체계를 갖추고 있다. 또한 각 분야별 대응 연구도 진행되어 각 분야별 기후변화 대응 체계를 갖추고 있다.

온실가스 배출과 관련한 전과정평가, Scope 3까지 확대된 최근의 연구 동향은 다음과 같다. 노대용 외(2012)는 국내외 기업의 Scope 3 카테고리 15개 항목에 대해 적용하였다. 국내기업의 Scope 3 관리수준은 10개 수준이고 해외기업은 13개 수준으로 국내기업이 다소 부족하다는 결과를 도출하였고, 제품 판매 이후, 즉 다운스트림 활동에서 Scope 3 관리가 상대적으로 부실하다는 것을 제시하였다.

황대중(2019)은 선박 온실가스 배출량에 Tier 1과 Tier 3 방법론을 각각 적용하였는데, Tier 3 방법론을 통해 산정한 온실가스 배출량이 Tier 1보다 높게 나타남을 확인하였고, 다양한 선종 및 크기에 따른 선박 부분의 정확한 온실가스 배출량 산정 방법이 필요함을 제시하였다.

이종석 외(2022)는 탄소발자국 국제표준화 및 정책 동향 분석을 통해 탄소중립 기술을 대상으로 LCA(전과정평가) 중심의 온실가스 배출량 산정 시뮬레이터 개발과 활용 방안에 대해 제시하였다. 특히 국제 탄소발자국 규제에 대응하기 위해 정부 주도로 해외와 상호인정이 가능하도록 환경성적 표지 작성 지침을 확대하고, 산업계의 경우 온실가스 배출권거래제 대

응을 위해 Scope 3까지 관리할 수 있는 체계 마련이 필요하다고 주장하였다.

정영서(2022)는 제조 공급망 Scope 3 배출과 지속가능 공시 공급망 고시 간 연관성 연구에서 Scope 3 배출량이 많은 기업일수록 지속가능한 공급망의 공시 수준이 높은 것을 확인하였으며, 윤성아 외(2023) 또한 배출량이 많은 기업일수록 Scope 3 산정 및 공개 수가 많으며, 이는 기업 내 관심의 정도와 연관되어 효과적인 배출량 관리와 감축 활동이 가능할 것으로 예상하였다.

Y.Annyhuang et al.(2009)은 미국 경제부문의 Scope별 온실가스 배출량을 추정하기 위해 기업이 가치사슬에서 발생시키는 Scope 3 배출량 평가방법을 제시하였다. 산업별 온실가스 배출을 추정하였으며 온실가스 배출 관리를 위해 Scope 3의 중요성을 주장하였다. Downie and Stubbs(2013)은 호주 기업의 Scope 3 온실가스 배출 현황을 평가하였다. 그리고 기업별로 Scope 3 인식 차이를 제시하였다.

Hertwich and Wood(2018)는 주요국의 산업부문별(에너지 공급, 수송, 건설, 농림업 등) Scope 3 온실가스 배출량을 추정하였다. 1995~2015년 패널 자료를 기반으로 레온티예프 투입산출 모형을 기초로 한 다지역 투입산출 모델을 제시하여 분석하였다. Li, Wiedmann, and Hadjikakou(2019)는 글로벌 다지역 투입산출모형을 활용하여 전 세계 부문별 Scope 3 배출량 감출 목표를 설정하였다. 구체적 결과로 2035년 GHG 배출량 감축목표 달성을 위해 업스트림 단계에서 54% 감축 필요, 에너지, 운송, 재료 부문 58~67%, 기술, 서비스 부문 50~52%, 농업 등 39% 감축목표 설정, 실행 가능한 Scope 3 배출량 감축 기준 설정 및 비정부 주도의 비즈니스 모델 구축 필요 등을 제시하였다.

Asif et al.(2022)은 식품 공급망 Scope 3 평가 및 녹색 생애주기 모델을 개발하였다. 이를 위해 월마트 환경 이니셔티브 사례 연구를 진행하고 Scope 3 배출 평가 프레임워크를 제시하였다. Stenzel and Waichman(2023)은 공급망 데이터 공유를 통한 Scope 3 배출량 산정 방안을 모색하여 데이터 공유를 통한 측정의 이점과 공유 저해 요인을 검토하였다.

〈표 1-4〉 Scope 3 추정 선행연구

| 연구 제목 및 목적 | 주요 연구내용 |
|---|---|
| • 과제명: Tier 1과 Tier 3 방법론에 따른 선박 온실가스 배출량 산정에 관한 고찰<br>• 연구자(년도): 황대중(2019)<br>• 연구 목적: Tier 1과 Tier 3 방법론에 따른 선박 부문의 온실가스 배출량 산정 및 비교 | • Tier 3 방법론을 통해 산정한 온실가스 배출량이 Tier 1보다 높게 나타남<br>• 다양한 선종 및 크기에 따른 선박 부문의 정확한 온실가스 배출량 산정방법이 필요 |
| • 과제명: 제조 공급망 Scope 3 배출과 지속가능 공급망 공시 간 연관성 연구<br>• 연구자(년도): 정영서(2022)<br>• 연구 목적: 글로벌 자동차 산업과 식품 산업의 Scope 3 배출 실적과 지속가능 공급망 공시 수준 간 연관성 분석 | • Scope 3 배출량이 많은 기업일수록 지속가능 공급망 공시 수준이 높음 |
| • 과제명: 탄소발자국 국제표준화 및 정책 동향<br>• 연구자(년도): 이종석, 임윤진, 김지예, 신종석(2022)<br>• 연구 목적: 탄소중립 기술 대상 LCA 중심의 온실가스 배출량 산정 시뮬레이터 개발 및 활용 방안 제시 | • 국제 탄소발자국 규제에 대응하기 위해 정부 주도로 해외 상호인정이 가능하도록 환경성 적표지 작성 지침 확대 등 다양한 노력 필요<br>• 산업계는 온실가스 배출권거래제 대응을 위해 관리하고 있는 Scope 1, 2와 함께 Scope 3까지 관리할 수 있는 체계 마련 필요 |
| • 과제명: CDP 정보를 활용한 국내외 온실가스 관리 우수기업의 Scope 3 관리수준 분석<br>• 연구자(년도): 노대용, 이재형, 김용상, 이우균(2012)<br>• 연구 목적: 국내외 기업의 Scope 3 관리 현황 분석 | • Scope 3 항목 15개 중 국내 기업이 관리하고 있는 항목은 10개, 해외 기업은 13개임<br>• 국내 기업의 Scope 3 관리수준은 CDP Global 500 평가에서 CDLI 제3자 검증, 온실가스 관리항목 수, 제품 판매 이후의 Scope 3 관리가 상대적으로 낮은 것으로 나타남 |
| • 과제명: Categorization of Scope 3 Emissions for Streamlined Enterprise Carbon Footprinting<br>• 연구자(년도): Y.Annyhuang et al.(2009) | • 산업별 온실가스 배출 추정<br>• 미국 경제 부문별·Scope별 온실가스 배출 추정<br>• 온실가스 배출 관리를 위한 Scope 3 중요성 |

| 연구 제목 및 목적 | 주요 연구내용 |
|---|---|
| • 연구 목적: 기업 가치사슬에서 발생하는 Scope 3 배출량 평가 방법 제시 | |
| • 과제명: Evaluation of Australian companies' scope 3 greenhouse gas emissions assessments<br>• 연구자(년도): Downie and Stubbs(2013)<br>• 연구 목적: 호주 기업의 Scope 3 온실가스 배출 현황 평가 | • 기업별 온실가스 배출원 현황<br>• 기업별 Scope 3 인식 차이에 따른 배출량 평가 차이점 |
| • 과제명: The Growing Importance of Scope 3 Greenhouse Gas Emissions from Industry<br>• 연구자(년도): Hertwich and Wood(2018)<br>• 연구 목적: 산업 부문별 Scope 3 온실가스 배출량 추정 | • 1995~2015년 Scope별 온실가스 배출량 추정<br>• 산업 부문별(에너지 공급, 수송, 건설, 농림업 등) 온실가스 간접 배출량과 직접 배출량 추정<br>• 주요국의 Scope별 온실가스 배출량 추정 |
| • 과제명: Case study research of green life cycle model for the evaluation and reduction of scope 3 emissions in food supply chains<br>• 연구자(년도): Asif, Muhammad Salman et al.(2022)<br>• 연구 목적: 식품 공급망 Scope 3 평가 및 녹색 생애주기 모델 개발 | • 월마트 환경 이니셔티브 사례 연구<br>• Scope 3 배출 평가 프레임워크 개발 |
| • 과제명: Supply-chain data sharing for scope 3 emissions<br>• 연구자(년도): Stenzel and Waichman(2023)<br>• 연구 목적: 공급망 데이터 공유를 통한 Scope 3 배출량 산정 방안 모색 | • 공급망 데이터 공유를 통한 Scope 3 배출량 측정 이점<br>• 데이터 공유 저해 요인 검토 |
| • 과제명: Enabling Full Supply Chain Corporate Responsibility: Scope 3 Emissions Targets for Ambitious Climate Change Mitigation<br>• 연구자(년도): Li, Wiedmann, and Hadjikakou(2019)<br>• 연구 목적: 글로벌 다지역 투입산출모형을 활용한 전 세계 부문별 Scope 3 배출량 감축 목표 설정 | • 2035년 GHG 배출량 감축 목표 달성을 위해 업스트림 단계에서 54% 감축 필요<br>• 에너지, 운송, 재료 부문 58~67%, 기술, 서비스 부문 50~52%, 농업 등 39% 감축 목표 설정<br>• 실행 가능한 Scope 3 배출량 감축 기준 설정 및 비정부 주도의 비즈니스 모델 구축 필요 |

자료: 저자 작성

## 2. 수산업 분야 온실가스 배출 연구

수산업 분야에서도 농림수산식품 분야 온실가스 인벤토리 관리를 위한 데이터베이스 설계(2012), 어선 분류체계별 온실가스 배출량 추정방법에 관한 연구(2014), 연근해어업 온실가스 배출량에 관한 기초 연구(2015)를 시작으로 근해어업의 온실가스 배출 탈동조화 분석(2022), 온실가스 배출량 저감을 고려한 근해어업의 최적 생산 분석(2022), 탄소중립시대 양식산업 대응방안 연구(2023)까지 다양한 분야에서 진행 중이다.

Kroodsma et al.(2018)은 AIS를 활용하여 전 세계 어업의 온실가스 배출량을 추정하였다. 2012년부터 2016년까지 70,000척 이상의 상업용 어선에서 발생하는 220억 개의 자동 식별 메시지를 분석하여 해역 공간별, 시간별로 어업을 추적하였다. 어업 패턴 분석 결과 태평양, 인도양, 대서양에서 어업활동이 주를 이루고 있었고, 극지의 경우 어업활동을 제한하고 있었다. 시간별로는 엘니뇨, 라니냐 등 이상 해양 발생 시간에 구애받지 않고 어업활동을 진행하였는데, 흥미로웠던 점은 크리스마스 기간이나 휴가기간에 어업활동이 확연히 줄어들었다는 점이다. 그리고 시간별로 어업활동이 가장 크게 줄어들어 온실가스 배출이 줄어든 패턴은 중국의 설날과 크게 연관되어 있었다.

Sala et al.(2022)의 지중해 트롤어업의 연료소비량과 온실가스 배출량을 추정하였다. midwater pair trawl, bottom otter trawl, and Rapido trawl 세 가지 유형을 구분하여 추정하였다. 각 트롤 유형별 목표수심, 목표종과 어획 패턴이 달라 연료소비량과 온실가스 배출량에 차이가 있었다. 이 연구에서의 시사점은 어법별로 같은 어종을 어획한다고 가정하더라도 어획량 한 단위당 온실가스 배출 수준이 다르다는 점이다. 즉 온실가스 배출 수준으로 어획물 가치를 판단하기에는 어획 방법별 차이점을 인지해야 한다는 것이다. Muñoz et al.(2023)은 지중해 스페인 어업의 온실

가스 배출량을 추정하였다. 저인망, 선망 등 업종별 탄소발자국 추정을 통해 온실가스 배출량을 경제적 비용으로 가정하여 어업 순이익을 분석하였다. 이를 바탕으로 업종별 어업 지속가능성을 평가하였다.

수산업에 있어 전과정평가와 관련한 연구는 Tan and Culaba(2010)의 필리핀 참치어업 Scope 3 온실가스 배출량 추정 연구가 있다. 이 연구에서는 참치 어법별로 온실가스 전과정평가를 위해 레온티예프 투입 산출 모형을 활용하였다. 어업-도매-가공-소매로 이어지는 참치 유통에서 각 단계별 참치 생산, 가공, 유통에 소요되는 투입요소를 바탕으로 온실가스가 산출된다는 논리에 기반한 분석이다. 선망, 연승어업을 비롯한 4개 어업에서 생산되어 냉동과정을 거친 뒤 통조림 가공 시 발생하는 온실가스 배출량을 추정하였다. 그 결과 어업 활동, 통조림 가공, 운송, 냉동과정 순으로 배출량이 많은 것으로 분석되었다.

위 두 가지 선행연구를 면밀히 검토한 결과 그 시사점은 다음과 같다. 같은 어종이라고 하더라도 어법별로 그 차이점을 인정해야 한다는 점이다. 최근 유통업계는 ESG 경영 차원에서 수산물 마케팅을 위해 저탄소배출 친환경어업을 강조하고 있다. 하지만 이것은 소비자들과 제품 판매자의 시각이다. 생산자의 입장은 다르다. 일시 다획이 가능한 선망어업과 낚시당 한 마리의 참치를 어획하는 연승어업의 경우 참치 1kg당 온실가스 배출량은 선망어업이 낮을 수 있다. 이와 비교하여 연승어업의 어획물보다 친환경적으로 다가올 수 있지만 이는 어법에 대한 차이에 기인한다. 따라서 어느 어종이 낮은 온실가스 배출량을 가진다는 인식보다 현재 어느 정도 온실가스가 배출되는지 정확하게 추정하고, 어법별로 이를 줄이기 위한 노력이 마련되고 있는지에 대한 가치가 우선시되어야 한다는 것을 위 두 가지 선행연구를 통해 알 수 있다.

〈표 1-5〉 수산업 분야 온실가스 배출 선행연구

| 연구 제목 및 목적 | 주요 연구내용 |
|---|---|
| • 과제명: Tracking the global footprint of fisheries<br>• 연구자(년도): Kroodsma et al.(2018)<br>• 연구목적: 어업 탄소발자국 이해 및 목표 설정 | • AIS를 활용한 업종별 순생산량(NPP), 어업 노력량 현황<br>• 중국 어선 어업활동 현황<br>• 어업 노력량 변화에 따른 환경변화 영향 (모라토리엄 등) |
| • 과제명: Energy audit and carbon footprint in trawl fisheries<br>• 연구자(년도): Sala et al.(2022)<br>• 연구목적: 지중해 트롤어업 탄소발자국 평가 | • 트롤 어업 유형별(중층 쌍끌이, 외끌이 등) 연료 소비량 및 이산화탄소 배출량 추정 |
| • 과제명: Carbon footprint, economic benefits and sustainable fishing: Lessons for the future from the Western Mediterranean<br>• 연구자(년도): Muñoz, M, et al.(2023)<br>• 연구목적: 지중해 스페인어업 이산화탄소 배출량 및 저인망 어업 온실가스 배출량 추정 | • 저인망, 선망 등 주요 업종별 탄소발자국 추정<br>• 업종별 어업 지속가능성 평가<br>• 이산화탄소 배출량과 어업 순이익 비교 |
| • 과제명: Estimating the Carbon Footprint of Tuna Fisheries<br>• 연구자(년도): Tan and Culaba(2010)<br>• 연구목적: 참치 어업 탄소 발자국 추정 | • 필리핀 참치어업 생산량 대비 탄소발자국 추정<br>• 참치어업 Scope 3 이산화탄소 배출량 추정 |

자료: 저자 작성

## 3. Scope 3 한계를 지적한 선행연구

Scope 3 수준의 배출량 추정 실효성에 대한 비판적인 연구도 존재한다. Patchell(2018) 는 GHG 프로토콜의 Scope 3 표준 실효성 검토를 통해 주요 기업의 Scope 3 범위 설정, 데이터 한계, 비교 제한 등 자료 부족 및 중복으로 보고서 작성의 한계를 제시함과 동시에 Scope 3 공시를 통한 이익보다 거래 비용, 즉 Scope 3 추정을 위한 데이터 수집 비용이 크다는 점을 지적하였다. 그리고 분석의 복잡성, 정보 품질의 신뢰도, 책임, 경쟁

등의 이유를 추가로 제시하며 실효성이 낮음을 지적하였다.

Ducoulombier(2021)는 Scope 3 배출량 추정의 한계와 제한사항을 확인하였는데, 기업은 GHG 배출량 감축 인센티브를 위해 가치사슬에 위험을 전가하는 것으로 평가하였다. 그리고 간접배출 보고는 대부분 자발적이며, 데이터 가용성이 낮고, 배출량 기업 간 산업 간 비교가 불가능한 점을 지적하였다.

Teske and Nagrath(2022)은 농업과 입업의 글로벌 넷제로 달성을 위한 Scope 1, 2, 3의 배출량 산정을 시도하였다. 연구를 진행하는 동안 전 산업의 Scope 1, 2, 3의 온실가스 배출량 중복계상의 우려를 지적하면서 방지 방안이 필요하다는 점을 도출하였다. 임업의 경우 온실가스 흡수원 등으로 넷제로 달성이 가능할 것으로 예상하면서 농업의 경우 Scope 3 활동의 구분과 배출원, 배출량 추정이 어려워 넷제로 달성이 어려울 것으로 예상했다. 그리고 2050년까지 친환경 발전 확대를 통해 직접적인 에너지 사용에 대한 배출은 감소할 것으로 추정하였다.

〈표 1-6〉 Scope 3 한계를 지적한 선행연구

| 연구 제목 및 목적 | 주요 연구내용 |
|---|---|
| • 과제명: Can the implications of the GHG Protocol's scope 3 standard be realized?<br>• 연구자(년도): Patchell(2018)<br>• 연구 목적: GHG 프로토콜의 Scope 3 표준 실효성 검토 | • 주요 기업의 Scope 3 보고서 작성 한계(범위 설정, 데이터, 비교 제한 등)<br>• Scope 3 공시를 통한 이익보다 거래 비용(Scope 3 추정 및 추정을 위한 데이터 수집)이 클 것으로 추정<br>• 분석의 복잡성, 정보 품질 신뢰도, 책임, 경쟁 등을 이유로 실효성이 비교적 낮음<br>• GHG 프로토콜보다 LCA 분석을 추천 |
| • 과제명: Understanding the Importance of Scope 3 Emissions and the Implications of Data Limitations<br>• 연구자(년도): Ducoulombier(2021)<br>• 연구 목적: Scope 3 배출량 추정의 한계와 | • 기업은 GHG 배출량 감축 인센티브를 위해 가치사슬에 위험 전가<br>• 간접배출 보고는 대부분 자발적이며, 데이터 가용성이 낮음<br>• 배출량 기업 간 산업 간 비교 불가능 |

| 연구 제목 및 목적 | 주요 연구내용 |
| --- | --- |
| 제한사항 확인 | • 그린워싱 조장 방지를 위한 노력과 정책, 지표 등을 통한 구체적인 가이드라인 필요 |
| • 과제명: Global sector-specific Scope 1, 2, and 3 analyses for setting net-zero targets: agriculture, forestry, and processing harvested products<br>• 연구자(년도): Teske, Sven & Nagrath, Kriti(2022)<br>• 연구 목적: 농업 및 임업의 글로벌 넷제로 달성을 위한 Scope 1, 2, 3 배출량 산정 | • 전 산업 Scope 1, 2, 3 GHG 배출량 중복계상 방지 방안 필요<br>• 2050년까지 친환경 발전 확대를 통해 에너지 사용에 대한 배출은 감소할 것으로 전망<br>• Scope 1, 2 배출량 대비 3의 배출량이 많음<br>• 임업은 넷제로 달성이 가능하나, 농업은 Scope 3으로 인해 불가능할 것으로 추정 |

자료: 저자 작성

## 4. 연구의 차별성

최근 국제사회의 큰 화두라고 볼 수 있는 기후변화에 대응하기 위한 산업별 온실가스 전과정평가(LCA), 산업별 Scope 3 카테고리 분석 및 온실가스 배출량 수준 파악 등 다양한 선행연구들이 존재한다. 제조업, 철강, 농업 등 주요 산업은 물론이고, 개별 단위 기업까지 Scope 3 수준으로 온실가스 배출량을 확대하고 있다. 다만 최근 Scope 3 보고의 한계점을 지적하는 연구들도 수행되고 있는 사실을 확인할 수 있었다.

본 연구는 우리나라 수산업 분야 중 잡는 어업에서 Scope 3 수준 카테고리를 제시하고 온실가스 배출량을 추정한다는 데 의의가 있다. 특히 미국으로 전량 수출하는 이빨고기, 저연승어업을 대상으로 최근 미국의 Scope 3 온실가스 배출량 공시 의무화 시행에 대한 사전대응적 성격의 연구 수행으로 시의적절성이 있다고 판단된다. 그뿐만 아니라 연구 수행 중 구축된 자료를 바탕으로 계량경제학적 분석을 통해 원양저연승어업의 생산효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하여 이를 기반으로 한 대응방안을 도출하였다는 데 차별성이 있다.

〈표 1-7〉 선행연구와 본 연구의 차별성

| 구분 | 선행연구 | | 본연구 |
|---|---|---|---|
| | 요약 | 참고문헌 | |
| 연구목표 | • Scope 별 온실가스 배출 추정<br>• 산업부문별 온실가스 간접 배출량과 직접배출량 추정<br>• Scope 3 배출량 추정의 한계와 제한사항 확인<br>• GHG 프로토콜의 Scope 3 표준 실효성 검토 | • Y.Annyhuang et al. (2009)<br>• Meinrenken et al. (2020)<br>• Hertwich and Wood (2018)<br>• Ducoulombier(2021) | • 원양저연승어업 Scope 3 카테고리 분석 및 온실가스 배출량 추정<br>• 원양저연승어업 Scope별 탄소저감 가능성 확인<br>• 원양저연승어업 Scope 3 프로토콜의 한계점 확인 |
| 연구대상 | • 참치 어업 탄소발자국 추정<br>• 금속 및 광업 GHG 배출량 추정(scope 3) 및 개선 방안 도출<br>• 낙농업 Scope 3 GHG 배출량 산출모형 개발(단순화)<br>• 식품 공급망 Scope 3 평가 및 녹색 생애주기 모델 개발<br>• 정유산업의 Scope 3 배출원 식별 및 배출량 추정 | • Tan and Culaba (2010)<br>• Greene(2018)<br>• Siegl et al.(2023)<br>• Asif et al.(2022) | • 한국 원양저연승어업의 Scope 3 온실가스 배출 요인<br>• 한국 원양저연승어업 전·후방 산업 |
| 연구범위 | • 지중해 스페인어업 이산화탄소 배출량 및 저인망 어업 온실가스 배출량 추정<br>• 지중해 트롤어업 탄소발자국 평가 | • Muñoz et al.(2023)<br>• Sala et al.(2022) | • 공간적 범위: 남극해역, 대서양 해역<br>• 연구 대상: 한국 원양저연승어업<br>• 시간적 범위 : ~2022년 |
| 연구방법 | • 인터뷰, 실태조사, 사례조사<br>• Trans-log 비용함수 추정 (SUR 모형)<br>• 생산요소 간 탄력성 분석(알렌편대체탄력성) | • 윤성아 외(2023)<br>• 신용민, 정겨운(2018)<br>• 조헌주 외(2019) | • 원양저연승어업 전문가 풀 구성 및 세미나 진행<br>• Scope 1, 2, 3별 범주화 및 온실가스 배출량 추정<br>• SFA 생산효율성 분석 |

자료: 저자 작성

# 02
# 기후변화 대응 국내외 논의 동향

기후변화 위기가 지속됨에 따라 국제사회는 효과적인 대응책을 마련하기 위해 다양한 노력을 기울이고 있다. 특히 2018년 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)의 '지구온난화 1.5℃ 특별보고서(Special Report on Global Warming of 1.5 °C)' 발간 이후 많은 정부 및 글로벌 기업, 환경단체 등을 중심으로 기후변화 대응 논의가 활발해지고 있다. 이에 본 장에서는 기후변화 대응을 위한 국제사회의 동향을 검토하고, 탄소배출 저감을 위한 Scope 3 감축 노력을 살펴보고자 한다.

## 제1절 기후변화 대응 국제사회 동향

### 1. 유엔기후변화협약과 교토의정서

국제사회의 기후변화 논의는 기후변화에 관한 유엔기본협약(United Nations Framework Climate Change Convention; 이하 유엔기후변화협약) 출범으로 본격화되었다. 1970년대 국제연합(United Nations, 이하

유엔)은 유엔환경계획(United Nations Environment Program; 이하 UNEP)을 통해 국제적 환경 협력의 기반을 다졌다. 이를 토대로 1992년 유엔기후변화협약이 설립되었으며, 유엔은 이 과정에서 주요한 역할을 수행하였다.[2)]

유엔기후변화협약은 국제사회가 기후변화 문제의 심각성을 인식하고 이에 대응하기 위해 마련한 첫 번째 국제협정으로 1992년 리우지구정상회의(Earth Summit)에서 체결되었다. 전 세계 114개국 정상과 186개국 정부 대표단이 참여한 동 협약은 기후변화가 전 세계적 문제임을 공식적으로 인정하고, 이에 대응하기 위한 국제협력의 시작점이다.

동 협약은 기후변화를 자연적 기후 변동성과 더불어 인간 활동이 직·간접적으로 지구 대기 조성에 변화를 끼치는 현상으로 정의[3)]하고, 대기 중 온실가스 농도 안정화를 목적[4)]으로 한다. 제2조에 명시된 동 목적은 당사국총회(United Nations Climate Change Conference, 이하 당사국총회)가 채택하는 모든 관련 법적 문서의 궁극적 목적으로, 이후 당사국총회에서 채택된 교토의정서(Kyoto Protocol), 파리협정(PARIS AGREEMENT) 등도 같은 목적을 지향한다.[5)]

2) 소병천(2023), p. 100.

3) UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE Article 1. 2
"Climate change" means a change of climate which is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and which is in addition to natural climate variability observed over comparable time periods. (검색일 : 2024.5.19)

4) UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE Article 2
The ultimate objective of this Convention and any related legal instruments that the Conference of the Parties may adopt is to achieve, in accordance with the relevant provisions of the Convention, stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system. Such a level should be achieved within a time frame sufficient to allow ecosystems to adapt naturally to climate change, to ensure that food production is not threatened and to enable economic development to proceed in a sustainable manner. (검색일 : 2024.5.19)

5) 소병천(2023), p. 106.

유엔기후변화협약은 구체적 감축 목표를 제시하지 못하고, 교토의정서에 이르러 각국에 구속력 있는 온실가스 감축 목표를 설정하였다. 즉 1997년 채택된 교토의정서는 2008년부터 2012년까지 기준연도인 1990년 대비 온실가스 배출량을 평균 5.2% 감축하는 것을 목표로 하였다.

교토의정서는 최초로 국제사회에서 개별국 온실가스 감축 의무 목표를 규정하였을 뿐만 아니라 해당 국가의 의무 불이행 시 제재 조치를 마련한 것에 의의가 있다.[6] 다만, 의정서에 명시된 구체적 감축 목표와 불이행 시 강제적 제재는 당사국의 참여 의지를 저해하였고,[7] 2차 공약기간 전 미국, 일본, 캐나다 등 상당수 국가의 이탈을 초래하였다.

또한 교토의정서는 모든 당사국에 적용되는 일반 공약(commitments)과 주요 선진국으로 구성된 부속서 I 및 II 국가에만 적용되는 차등화된 공약[8]으로 구성되어, 개발도상국이지만 주요 온실가스 배출국인 중국, 인도, 대한민국 등을 교토의정서의 직접적 의무 부담국 지위에서 제외하는 근거가 되었고 동시에 미국이 교토의정서에 비준하지 않은 가장 큰 이유가 되기도 하였다.[9]

이러한 한계점에도 불구하고, 교토의정서는 시장원리에 입각한 새로운 온실가스 감축 수단으로 공동이행제도(JI: Joint Implementation), 청정개발체제(CDM: Clean Development Mechanism), 배출권거래제(ETS: Emission Trading System)를 제시하며 국제 탄소시장 형성에 기여하였

6) 박시원(2016), p. 290.
7) 박시원(2016), p. 291.
8) 부속서 I 국가는 경제협력개발기구(OECD) 회원국 등 선진국을 중심으로 구성되고 국가 온실가스 배출량을 1990년도 수준으로 되돌리는 것을 목표로 제시하고 있다. 부속서 I에 기재되지 않은 비(非) 부속서 I (non-Annex I) 국가는 일반 의무 외에 구체적 감축의무는 부과되지 않는다. 부속서 I 국가 중에서도 경제성장을 이룬 국가를 부속서 II에 별도로 명시하여 개발도상국의 기후변화 대응을 위한 재원 및 기술 지원 의무를 부과하고 있다.
소병천(2023), p. 107.
9) 소병천(2023), p. 107.

다.[10] 제6조 공동이행제도는 국가 간 협력을 통해 비용 효율적으로 온실가스 배출량을 줄이기 위한 선진국 간 협력이다. A선진국이 B국가에 투자하여 발생한 감축된 온실가스 배출량(ERUs: Emission Reduction Units) 일정분을 A국가의 배출 저감 실적으로 인정하는 제도이다. 제12조 청정개발체제는 선진국인 부속서 I 국가와 개발도상국인 비부속서 I 국가 간 협력으로, A선진국이 개발도상국 B국가에 투자하여 발생한 감축된 온실가스 배출량(CERs: Certified Emission Reductions)을 A국가 감축 실적에 반영할 수 있는 제도이다. 제17조 배출권거래제는 온실가스 감축의무가 있는 국가가 배출 쿼터를 부여한 후 해당 국가 내 배출 쿼터 거래를 허용하는 제도이다. 특히 배출권거래제도는 우리나라를 비롯한 유럽연합(EU: European Union), 미국, 뉴질랜드 등 여러 국가에서 도입·운영되고 있다.

## 2. 파리협정

2001년 최대 온실가스 배출국인 미국이 교토의정서 비준을 거부함에 따라 국제사회는 교토의정서의 한계를 극복한 새로운 기후변화 대응 방안을 마련해야 했다. 이에 2015년 제21차 당사국총회에서 195개국은 파리협정을 채택하며 새로운 기후변화 대응 체계를 마련하였다.

파리협정은 유엔기후변화협약의 이행협정인 동시에 교토의정서의 계승적 조약 또는 후조약(successive treaties)으로서 기후변화협약-교토의정서 체제가 기후변화-파리협정 체제로 변경된 것으로 볼 수 있다.[11] 다만, 교토의정서와 파리협정 사이에는 목표와 감축의무 국가 등에서 많은 차이가 존재한다(표 2-1 참고). 일례로, 교토의정서는 '공통의 그러나 차별화된

10) 에너지경제연구원(검색일: 2024.5.15.)
11) 소병천(2023), p. 109.

책임(common but differentiated responsibility)' 원칙에 따라 선진국에 감축의무를 부여한 반면, 파리협정은 모든 당사국에 감축의무를 부여한다. 또한 파리협정은 모든 당사국이 자발적으로 설정한 국가별 기여 목표(NDC: Nationally Determined Contribution)를 통해 기후변화에 대응하도록 규정하고 있다.

〈표 2-1〉 교토의정서와 파리협정의 차이점

| 구분 | 교토의정서 | 파리협정 |
|---|---|---|
| 목표 | 온실가스 배출량 감축<br>(1차: 평균 5.2%, 2차: 평균 18%) | 산업화 이전 대비 지구<br>평균온도 2℃보다 현저히 낮은 수준<br>유지 및 1.5℃ 상승 억제 노력 |
| 범위 | 주로 온실가스 감축에 초점 | 온실가스 감축만이 아닌<br>적응, 재원, 기술이전,<br>역량배양. 투명성 등을 포괄 |
| 감축 의무국가 | 주로 선진국 | 모든 당사국 |
| 목표 설정방식 | 기준연도 배출량 및 국별 여건 고려 | 진전원칙<br>(다음 NDC는 현재 NDC보다<br>높은 수준 설정) |
| 목표 불이행 시 징벌 여부 | 징벌적<br>(미달성량의 1.3배를 다음 공약기간 할당량에서 차감) | 비징벌적 |
| 지속가능성 | 공약기간 종료 시점이 있어<br>지속가능성 의문 | 종료 시점을 규정하지 않아<br>지속가능한 대응 가능 |
| 행위자 | 국가 중심 | 다양한 행위자의 참여 독려 |

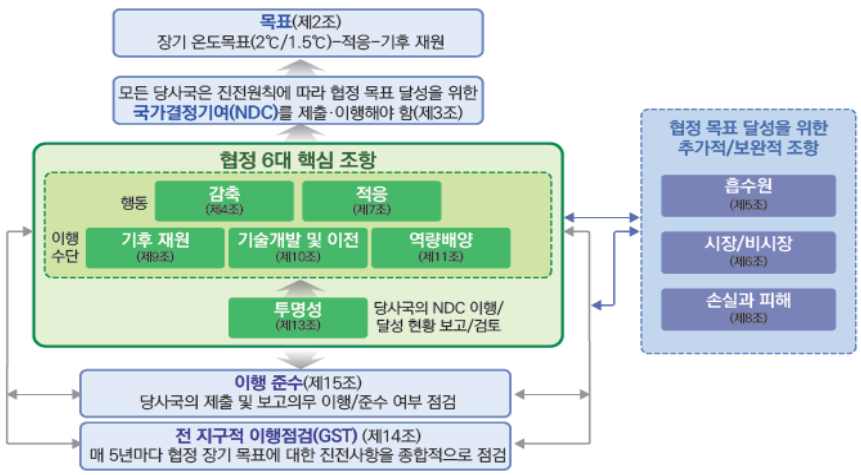
자료: 환경부(2022), p. 7

파리협정 당사국들은 첫째, 지구 평균온도를 산업화 시기와 비교하여 2.0℃ 이상 상승시키지 않되, 가능한 최대 1.5℃ 이상 상승시키지 않도록 노력하고, 둘째, 기후변화 부작용에 대한 적응성을 향상하고, 셋째, 저탄소 배출과 기후 회복력 증진을 위한 재정적 조치 및 투자 활성화 여건 마련을 장기적 목표로 합의하였다.[12)]

12) 소병천(2023), p. 108.

파리협정의 장기 온도 목표는 IPCC 논의를 바탕으로 한다. 2007년 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 제4차 종합평가 보고서는 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승 수준 목표를 2℃로 설정할 것을 주장하였고, 이를 바탕으로 파리협정은 2℃보다 훨씬 아래(well below)로 유지하고, 나아가 1.5℃로 억제하기 위해 노력해야 한다는 목표를 설정하였다.[13] 또한 IPCC는 2018년 10월 우리나라 인천 송도에서 개최된 제48차 IPCC 총회를 통해 「지구온난화 1.5℃ 특별보고서」를 승인하여,[14] 파리협정 채택 시 합의된 1.5℃ 목표의 과학적 근거를 마련했다.[15]

〈그림 2-1〉 파리협정의 구조




자료: 환경부(2022), p. 9

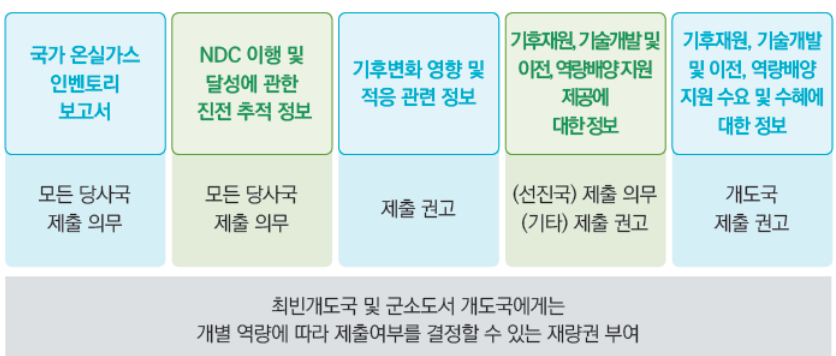
파리협정은 서문(preamble)과 29개 조항으로 구성되어 있으며, 6대 핵심 조항으로 제4조 감축, 제7조 적응, 제9조 기후 재원, 제10조 기술개발 및 이전, 제11조 역량배양, 제13조 투명성 체계가 있다.[16]

13) 대한민국 정책브리핑(검색일: 2024.5.16.)
14) 2015년 파리협정 채택 시 합의된 1.5℃ 목표의 과학적 근거 마련을 위해 유엔기후변화협약 당사국총회가 IPCC에 공식적으로 요청하여 작성
15) 대한민국 정책브리핑(검색일: 2024.5.16.)

제3조에 규정된 NDC는 장기 온도 목표 달성을 위해 각 국가가 스스로 결정하여 제출한 기후변화 대응 및 온실가스 감축 목표로 각 국가는 NDC를 자율적으로 설정할 수 있으나 장기 목표 달성을 위해 장기 목표 '진전 원칙(progression over time)'을 수반한다.[17] NDC는 감축 외에도 적응, 기후 재원, 기술 개발 및 이전 등 핵심 조항 내용을 포함하고, 제출된 국가별 NDC는 유엔기후변화협약 홈페이지[18]를 통해 확인할 수 있다.

각 국가의 자율성을 보장한 NDC는 교토의정서의 이탈 사례를 고려한 것으로 각 국가의 목표 유형이나 수준, 달성 여부 등을 강제하지 못한다. 그럼에도 각 국가는 가장 높은 수준의 목표를 반영하고, 차기 NDC는 기존 NDC보다 진전된 목표를 수립하고, 국가 전체를 포함한 절대량 감축 목표 설정이라는 공통 지향점을 공유하고, 2020년부터 매 5년마다 NDC 수립·제출 의무를 이행한다.[19]

〈그림 2-2〉 BTR 구조와 제출 주체




자료: 환경부(2022), p. 40

16) 환경부(2022), p. 9.
17) 환경부(2022), p. 20.
18) UN Climate Change(검색일: 2024.5.22.)
19) 환경부(2022), p. 23.

자율성이 강조된 파리협정 체제가 원활하게 이행되기 위해서는 제13조 투명성도 중요하다. 모든 당사국은 2024년부터 2년마다 국가 온실가스 인벤토리 보고서 포함 〈그림 2-2〉와 같이 다섯 가지 정보를 취합한 '격년투명성보고서(BTR: Biennial Transparency Report)'를 의무적으로 제출해야 한다. 이 중 국가 온실가스 인벤토리 보고서는 자국 내 모든 온실가스 배출원과 흡수원을 규명하고, 여기에서 발생하는 온실가스 배출량과 흡수량을 산정·보고하는 것으로 Scope 추정과도 밀접한 관련이 있다.

## 3. 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회

당사국총회는 유엔기후변화협약 최고 의사결정기구로 매년 말 1회 개최되고, 각 조약이 관장하는 주요 내용에 대한 의사결정을 실시한다.[20] 즉 당사국총회는 유엔기후변화협약의 이행 상태를 점검하고, 필요한 조치를 취할 수 있으며, 교토의정서와 파리협정과 같은 구속력 있는 문서를 채택·수정할 수 있다.

〈그림 2-3〉 당사국총회 체계

자료: 환경부(2022), p. 15

20) 환경부(2022), p. 15.

2023년 12월 두바이에서 개최된 제28차 당사국총회는 기후금융 개선, 청정에너지 전환 가속화 및 온실가스 배출 감축, 기후변화 적응, 포용성 강화라는 4대 목표를 바탕으로 진행되었다.[21]

제28차 당사국총회는 파리협정 이행 정도를 평가하는 파리협정 제14조 '전 지구적 이행점검(GST: Global Stocktake)'을 최초 시행하고, 제8조 '손실과 피해(Loss & Damage)' 기금을 공식 출범하였다. 특히 GST를 통해 지구 온도 상승 억제 1.5℃ 목표를 달성하기 위해서는 2050 탄소중립 이행이 중요함을 다시 한번 확인하였고, 이를 위한 방안으로 '아랍에미리트 합의(UAE Consensus)'를 채택하였다.[22] 아랍에미리트 합의는 크게 GST와 감축, 적응, 손실과 피해, 재원, 정의로운 전환으로 구분할 수 있으며, 화석연료로부터 에너지 체계 전환 추진, 재생에너지 확대, 기후탄력성을 갖춘 식량 생산·공급·유통 달성 등의 내용을 명시하였다.

이번 총회에서는 파리협정의 투명성 이행을 위한 논의도 이루어졌다. 2024년 12월 1차 BTR 제출이 예정됨에 따라 원활한 이행을 위해 개도국에 필요한 재원과 역량배양 지원 현황을 확인하고 2025년 6월까지 구체적인 지원 계획을 담은 결정문을 채택하였다.[23] 이러한 투명성 논의는 기업의 ESG 공시와도 밀접한 관련이 있으며, 미국, EU 등 각국에서는 기후정보를 포함한 ESG 정보 공시를 의무화하는 추세로 우리나라도 환경정보 공개제도 개편이 진행됨에 따라 산업계는 ESG 공시 동향을 파악하고 대응방안을 모색할 필요가 있다.[24] 또한 화석연료로부터의 에너지 체계 전환에 대응하기 위해 산업계의 무탄소·저탄소 기술 활용 등과 같은 적극적 대응이 필요하다.

21) 황준석(2023), p. 2.
22) 외교부(검색일: 2024.5.15.)
23) 외교부(검색일: 2024.5.15.)
24) 법무법인(유)세종(2023), p. 4.

〈표 2-2〉 아랍에미리트 합의

| 분야 | 주요 내용 |
|---|---|
| GST/감축 | • 2050 탄소중립 달성을 위해 **화석연료로부터의 에너지 체계 전환 추진**<br>• 2030년까지 전 세계 재생에너지 용량 3배 증대, 연평균 에너지 효율 2배 개선<br>• 저감장치 없는 석탄 발전의 단계적 감축<br>• 공정한 전환을 저해하는 비효율적 화석연료 보조금 단계적 폐지<br>• 무탄소·저탄소 연료 활용을 통한 온실가스 배출 제로 에너지시스템 구축 노력<br>• 재생에너지, 원자력, 탄소 포집·저장·활용기술(CCUS), 저탄소 수소 생산 등 무탄소·저탄소기술 활용 가속화<br>• 2030년까지 메탄을 포함한 비이산화탄소 배출 감소<br>• 무탄소·저탄소 차량의 신속한 배치 등을 통한 운송 부문 배출 감축<br>• 삼림 벌채 및 황폐화 중단, 해양 및 해안 생태계 보존 및 복원 등 |
| 적응 | • GSA 구축 논의에 따라 아랍에미리트 기후회복력 체계 도입 및 부문별, 정책주기별 목표지 제시<br>– 부문별: 기후로 인한 물 부족을 줄이고 물 관련 위험에 대한 기후 탄력성 향상<br>**기후 탄력성을 갖춘 식량 및 농업 생산·공급·유통 달성**<br>기후변화로 인한 건강 영향에 대한 회복탄력적 의료 서비스 촉진<br>**생태계와 생물다양성에 대한 기후영향 감소 노력**<br>– 정책주기별: (영향위험·취약성 평가) 2030년까지 기후변화로 인한 영향 및 위험도 평가 및 국가적응계획 반영<br>(계획) 2030년까지 모든 당사국은 국가적응계획, 전략 마련(생태계, 인간, 지역사회 포괄)<br>(이행) 2030년까지 동 계획을 이행, 이를 통해 주요 기후위험의 사회경제적 영향 감소<br>(모니터링 및 평가) 2030년까지 모니터링 및 평가 시스템을 구축, 제도적 역량 마련<br>• 측정 지표를 구체화하고 진전 사항을 평가하기 위한 2개년 작업 프로그램 출범 |
| 손실과 피해 | • **기후 변화로 파생된 개도국 피해보상을 위한 '손실과 피해' 기금 공식 출범**<br>– 잠정기간(4년) 동안 세계은행에서 기금 유치<br>– 선진국 재원 공여 촉구 및 기타 당사국 자발적 지원 독려 |
| 재원(이행 수단) | • 2024년 말까지 2025년 이후 신규재원조성목표(NCQG)* 수립 목표 재확인 및 COP29 이전 당사국 간 협상문 초안 마련 목표<br>• 공공자금 역할에 주목, 다양한 출처를 통한 기후자금 확대 노력<br>• 2025년까지 적응 분야 재정을 2019년 대비 2배 이상 수준으로 증대 노력<br>• 2025년까지 기후기금 연간 1,000억 달러 규모 조성을 위해 노력 |
| 정의로운 전환 | • 정의로운 전환 작업 프로그램(JTWP) 착수<br>– 에너지, 사회경제적, 노동 등 분야에서 공평하고 정의로운 전환 추진<br>– 2026년 당사국총회에서 효율성과 효과성을 평가하고 존속 여부 결정 |

주: * New Collective Quantified Goal on Climate Finance. COP21(2015)에서 2025년 이전까지 개도국의 필요와 우선순위를 감안하여 1,000억 달러 이상의 새로운 재원을 조성하기로 합의
자료: 환경부(2022), p. 7

# 제2절 주요 산업별 Scope 3 대응 동향

## 1. GHG 프로토콜

'GHG 프로토콜(Greenhouse Gas Protocol)'은 1998년 미국 세계자원연구소(WRI: World Resources Institute)와 세계지속가능발전기업협의회(WBCSD: World Business Council for Sustainable Development)가 공동으로 개발하였으며, 기업과 정부가 온실가스 배출을 측정, 관리, 보고할 수 있도록 하는 국제적으로 인정된 표준을 제공한다. 이 프로토콜은 1997년 교토의정서가 체결된 이후 전 세계적으로 기후변화 대응에 대한 관심이 높아지면서 탄소 배출량을 체계적으로 측정하고 관리할 필요성이 대두됨에 따라 탄생했다. GHG 프로토콜은 기업이 온실가스 배출을 체계적으로 관리하고, 기후변화 대응 전략을 수립하며, 투명하게 정보를 제공하는 데 중요한 역할을 하며, 국제 및 국가 차원의 정책·규제의 기반이 되고, 기업 간 비교와 평가를 용이하게 한다.

GHG 프로토콜은 온실가스 배출량 산출 대상 및 주제에 따라 총 7개 지침서를 제시하고 있으며, 지침서 외에도 배출량 산정을 세부적으로 안내하는 가이드는 Scope 2, Scope 3, 농업 분야 배출량 등을 포함한 총 9개이다.[25] 이러한 GHG 프로토콜은 국제적으로 신뢰도가 높고, 여러 정부와 다국적 기업, NGO 등에서 광범위하게 사용되는데, 이는 산정 수단 개발에 다양한 이해관계자가 참여하였고, 해당 기준이 확실하고 현실적인 기준으로서 많은 전문가와 실무자의 전문적 지식에 의해 작성되었기 때문이다.[26]

25) Kicpa-alldemy(검색일: 2024.5.22.)
26) Kicpa-alldemy(검색일: 2024.5.22.)

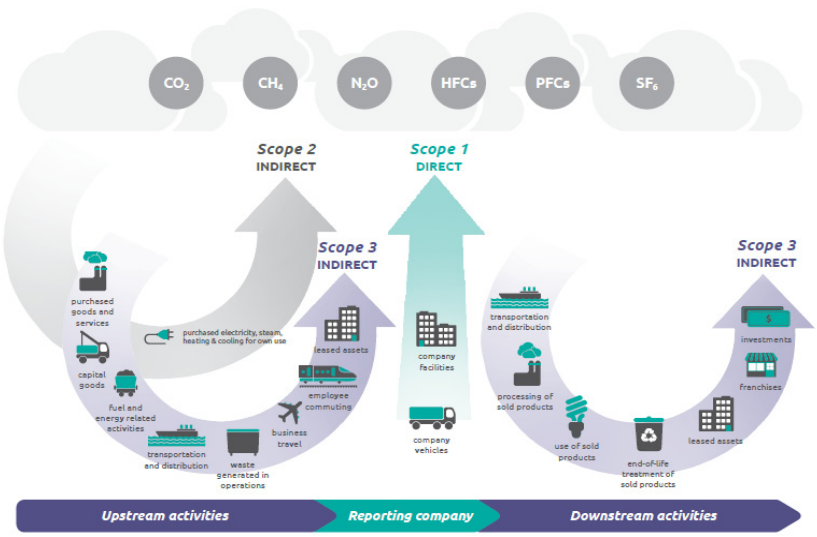
GHG 프로토콜 기업 배출량 산정 기준서(A Corporate Accounting and Reporting Standard)는 기업의 배출량 보고 경계를 설정하고, 온실가스 배출량 산출영역(Scope)을 구분할 수 있는 기준을 제시한다. Scope 1은 기업이 산업 활동을 하면서 직접적으로 배출하는 온실가스로 공장 운영, 차량 사용 등을 들 수 있다. Scope 2는 기업 활동을 위해 구입한 전기 등으로 인해 발생하는 간접 배출을 의미하며, Scope 3은 기업의 가치사슬 전반에서 발생하는 간접 배출로 제품 사용 후 폐기 등까지 포함한다.

〈표 2-3〉 GHG 프로토콜 Scope 범의

| 분야 | 내용 |
|---|---|
| Scope 1 | 기업이 직접 배출하는 온실가스 |
| Scope 2 | 기업이 구매한 에너지(전기, 열 등)로 인해 발생하는 간접 배출 |
| Scope 3 | 기업의 가치사슬 전체에서 발생하는 기타 간접 배출 |

자료: WBCSD & WRI(2002), pp. 26-33

〈그림 2-4〉 기업 가치사슬 전반에 걸친 Scope 구분




자료: WBCSD & WRI(2011), p. 5

2022년 12월 미국 증권거래위원회(SEC: Securities and Exchange Commission)는 IRA의 기후변화 대응 및 온실가스 배출 저감 노력에 발맞추어 '기후 관련 정보공개 강화 표준화 규칙(The Enhancement and Standardization of Climate-Related Disclosures for Investors)'을 발표하며 기업의 온실가스 배출 정보 공개를 요구하였으며, 2024년 3월 최종 채택되었다.[27] 동 규칙은 기업이 기후 관련 정보를 체계적으로 보고하여 투자자들이 기후 위험을 이해하고 평가할 수 있도록 돕는 것을 목표로 한다. 보다 세부적으로, 기업의 재무 상태에 영향을 미치는 기후 관련 위험을 공개하고, 온실가스 배출량 공개, 재무제표 공개, 지배구조 및 전략 공개를 요구한다.

〈표 2-4〉 SEC 기후 관련 정보 공개 요구사항

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 기후 관련 위험 | • 기후 관련 위험이 사업 전략, 운영 결과, 재무 상태 등에 미치는 실제적·잠재적 영향 공개 |
| 온실가스 배출 | • 모든 등록기업은 Scope 1, Scope 2 배출량 보고<br>• Scope 3 배출량은 기업이 보고 목표를 설정하였거나, 배출량이 물질적일 경우에만 보고(기업은 추정치와 그 이유를 공개할 수 있음) |
| 재무제표 공개 | • 재생 에너지 크레딧, 기후변화로 인한 손실 등 기후 관련 비용을 재무제표 주석에 포함 |
| 지배구조 및 전략 | • 이사회 감독 및 경영진 역할, 기후 관련 목표 및 목표 달성 계획 공개 |

자료: SEC(검색일: 2024.5.18.)

이러한 SEC의 기후 관련 정보공개 규칙은 IRA와 밀접한 관련이 있다. IRA는 기후변화 대응을 위해 대규모 재생에너지 프로젝트와 친환경 기술에 대한 투자를 포함하고 있다. 나아가 기업들이 재생에너지 사용을 확대하고 온실가스 배출을 줄이도록 인센티브를 제공함에 따라 SEC 공시 요구와 시너지 효과를 발휘할 수 있을 것으로 보인다.

27) SEC(검색일: 2024.5.18.)

## 2. 주요 산업 대응 동향

본 단락에서는 제조업 및 농업 분야 글로벌 기업의 Scope 3 대응 전략을 살펴보고자 한다. SEC의 영향을 받는 글로벌 기업들을 중심으로 Scope 3 대응이 활발하게 이루어지고 있으며, 이는 크게 공급망 관리, 재생에너지 사용, 순환경제 등으로 구분할 수 있다.

애플(Apple)은 2030년까지 전체 공급망과 제품 수명주기에서 탄소중립을 달성하고자 하며, 자사 공급업체들에 재생에너지 사용을 촉진하여 2020년에만 110여 개 공급업체가 재생에너지로 전환하였다.[28] 또한 제품 설계 단계에서 재활용이 가능하고 지속가능한 소재를 사용하여 순환경제를 달성할 수 있도록 노력하고 있다. 이러한 활동에 힘입어 애플은 2020년에 1,430백만 미터톤의 Scope 3 배출량을 감축하였다고 밝혔다.

삼성전자는 주요 공급업체들을 대상으로 탄소 배출량을 측정하고 감축 목표를 설정하도록 요구한다. 재생에너지 사용도 확대하며, 주요 공급업체들에게도 재생에너지 사용을 촉진하고 있다. 특히, 제품의 설계, 제조, 사용, 폐기 등 제품 전 단계에서 온실가스 배출량을 분석하고, 저탄소 제품 개발을 추진한다. 이에 삼성전자는 2020년에 Scope 3 배출량을 700만 톤 줄였으며, 2030년까지 전 사업장에서 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 수립하였다.[29]

LG화학은 공급업체들의 탄소 배출량을 평가하고, 이를 바탕으로 감축 목표를 설정하고 있다. 폐기물 재활용 및 자원 순환을 통해 온실가스 배출을 감소 노력을 하고 있으며, 전기차 배터리 등 저탄소 제품의 비중을 확대하며 친환경 제품 개발에 주력하고 있다. 이러한 노력을 바탕으로 LG화학

28) Apple(검색일: 2024.5.18.)
29) sustainability-news(검색일: 2024.5.18.)

은 2021년까지 Scope 3 배출량을 10% 감축하였다.[30]

유니레버(Unilever)는 2039년까지 전체 공급망에서 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 설정하였다. 재활용이 가능하고 지속가능한 포장재 사용을 확대하고, 농업 분야에서 지속 가능한 농업 관행을 도입하여 농업 공급망에서 탄소 배출 감소 프로그램을 운영한다. 이를 통해 유니레버는 2021년까지 Scope 3 배출량을 15% 감축했다고 발표했다.[31]

〈표 2-5〉 유니레버 농업 공급망 탄소 배출 감소 프로그램

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 스페인 토마토 | • 협력 대상: 유니레버, Knorr 브랜드, 스페인 토마토 공급업체 Agraz<br>• 목표: 기후변화로 인한 강우량 감소와 지하수 고갈 문제 대응<br>• 방법: 첨단 센서와 토양 프로브 사용<br>• 효과: 물 절약 및 생산 시스템 회복력 증가, 온실가스 배출량 37% 감소, 토양 유기물 및 비옥도 증가, 수분 매개체(벌) 수 173% 증가, 야생화 다양성 27% 증가 |
| 미국 쌀 | • 협력 대상: Knorr, 미국 아칸소 대학, 쌀 공급업체 Riviana<br>• 목표: 물 절약 및 메탄 배출 감소<br>• 방법: 새로운 관개 방식 도입(고랑 관개 및 건조 및 습윤 방식)<br>• 효과: 메탄 배출 76% 감소, 쌀 단위 무게당 온실가스 배출량 48% 감소 |
| 이탈리아 쌀 | • 협력 대상: Knorr, 이탈리아 Parboriz<br>• 목표: 물 오염 및 온실가스 배출 감소, 생물다양성 증진<br>• 방법: 900헥타르의 4개 실험 농장에서 새로운 관행 테스트 및 평가<br>• 효과: 살충제 잔류물 78% 감소, 제초제 잔류물 62% 감소, 살균제 잔류물 78% 감소, 온실가스 배출 감소, 생물다양성 향상 |

자료: 유니레버(검색일: 2024.5.18.)

30) LG화학(2021), p. 5.
31) Unilever(검색일: 2024.5.22.)

## 3. 해운업 대응 동향

세계해사기구(IMO: International Maritime Organization)는 해운업계의 탄소 배출 저감을 위해 다양한 규제와 지침을 마련하고 있다. IMO 2020(International Maritime Organization 2020)은 2020년 1월부터 시행한 규제로 황산화물(SOx) 배출 억제를 주요 내용으로 한다. 동 규제는 선박 연료유의 황 함유량을 0.5%로 제한, 황산화물 배출을 약 77% 줄여 연간 800만 톤 이상의 황산화물 배출 감소를 목표로 한다.[32] IMO 2020 시행 이후 대부분의 선박들은 기준에 맞는 저황유를 사용하거나 스크러버를 설치하였으며, 황산화물 배출도 크게 줄어든 것으로 평가된다.[33] IMO는 보다 성공적인 규제 시행을 위해 각국에 자국 영해 내에서 규제를 집행하고 모니터링하도록 요구하고 있다.

이 외에도 온실가스 감축을 위한 규제는 기술적 규제와 운항상 규제, 시장기반 조치로 구분할 수 있다.

〈표 2-6〉 IMO 온실가스 감축 규제

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 기술적 규제 (Technical Measures) | • EEDI(Energy Efficiency Design Index): 특정 연비 이상의 선박은 건조 금지, 신조선 설계 단계에서부터 에너지 효율성 규제<br>• EEXI(Energy Efficiency Exist Ship Index): 기존 운항 선박에 대한 에너지 효율성을 관리 |
| 운항상 규제 (Operational Measures) | • 실제 선박의 원단위 운항효율지표(CII: carbon intensity indicator) 도입<br>• 선박 에너지 효율 관리계획서(SEEMP: Ship Energy Efficiency Management Plan) 강제화 |
| 시장기반 조치(Market Based Measures) | • 기술적, 운영상 조치를 보완하는 수단<br>• 국제온실가스 펀드(온실가스 Fund), 배출권 거래제도(ETS) 등 인센티브제도 |

자료: 한국해양수산개발원(2021), p. 2,

32) IMO(검색일: 2024.5.18.)
33) IMO(검색일: 2024.5.18.)

신조선 에너지효율 설계지수(EEDI: Energy Efficiency Design Index)는 신조 선박의 에너지 효율성을 높이기 위한 기준으로 선박 건조 단계에서부터 에너지 효율 지수를 설정하고, 2013년부터 신규 건조 선박에 적용하였다. 2013년부터 적용된 선박 에너지효율 관리계획서(SEEMP: Ship Energy Efficiency Management Plan)는 기존 선박의 에너지 효율성 개선을 위한 관리 계획으로, 선박 운영의 에너지 효율성을 관리·감독하기 위한 계획 수립을 의무화한 것이다. 탄소집약도 지표(CII: Carbon Intensity Indicator)는 선박의 탄소배출 강도를 줄이기 위해 도입된 지표로, 선박 운항 중 발생하는 탄소 배출량을 관리하고 연료 소비량에 따라 등급을 부여한다.

2023 IMO GHG 전략(2023 IMO GHG Strategy)은 2050년까지 국제해운업의 탄소 순배출량을 제로로 만드는 것을 목표로 한다. 이를 위한 단계적 계획으로 2030년까지 2008년 대비 온실가스 배출량을 40% 감축, 2050년까지 최소 70% 감축 계획을 수립하였다. 구체적 이행 계획으로는 EED와 CII 등 기존 온실가스 감축 규제 강화, 원료 전환, 기술 혁신, 운항 최적화 등이 있다. 원료 전환으로는 액화천연가스(LNG), 메탄올, 암모니아, 수소 등 저탄소 또는 무탄소 연료 사용 확대를 들 수 있고, 기술 혁신으로는 선박 설계 개선, 공기 윤활 시스템, 추진기 효율성 향상 등을 통해 연료 효율 극대화 및 하이브리드 전기 추진 시스템 도입 등이 있다. 운항 최적화로는 디지털 기술을 활용한 최적 항로 계획과 에코-스피드 운항을 통한 연료 소비와 탄소 배출 감소를 들 수 있다.[34]

주요 선사인 머스크(Maersk)는 2040년까지 탄소중립 달성을 목표로 설정하고, LNG와 바이오연료를 사용한 친환경 선박을 도입하고 있다. 또한 공급망 전반에서 Scope 3 배출을 줄이기 위해 협력사와 함께 지속가능한

34) engine i(검색일: 2024.5.18.)

연료 사용을 확대하고 있다.[35] CMA CGM도 2050년까지 탄소중립 달성을 목표로 설정하고, 약 150억 달러를 투자해 2028년까지 대체 연료를 사용할 수 있는 120척의 선박을 확보할 계획이다.[36] Hapag-Lloyd는 2045년까지 탄소중립 달성을 목표로 한다. 이를 위해 대체 연료 사용을 위한 메탄올 이중 연료 선박 24척을 주문하고, 기존 선박의 탄소 배출 감소를 위한 다양한 레트로핏 프로그램을 추진하고 있다.[37]

IMO는 해운업계 온실가스 배출량을 줄이기 위해 다양한 규제와 지침을 마련하고, 주요 선사들도 이를 준수하며, 탄소 배출 저감을 위해 지속가능한 연료 사용과 기술 혁신을 도입하고 있다. IMO는 Scope 3 배출과 관련한 직접적 지침은 마련하지 않았으나, 전체 해운업계 탄소 배출 저감 전략을 추진함에 따라 간접 배출까지 감소할 것으로 기대된다.

## 4. 수산업 대응 동향

노르웨이 모위(Mowi)[38]는 글로벌 수산업계의 지속가능성을 선도하는 기업으로 2030년까지 35%, 2040년까지 73% 탄소 배출 감축을 목표로 하고 있다.[39] 이를 위해 에너지 효율 개선을 위해 양식장 히트펌프, 인버터 등 에너지 절감 장비를 도입하여, 양식장에서 발생하는 온실가스 배출을 줄이고자 한다. 또한 양식장과 가공 공장에서 재생에너지를 적극 사용하여 운영 과정에서 발생하는 온실가스 배출을 최소화하고, Scope 2 배출을 줄이고자 한다. Scope 3 배출 저감을 위해서는 지속가능한 사료를 사용하여 사료 생산 및 공급 과정에서 발생하는 온실가스 감소를 도모하고 있다.

35) MAERSK(검색일: 2024.5.18.)
36) World Shipping Council(검색일: 2024.5.18.)
37) World Shipping Council(검색일: 2024.5.18.)
38) 2019년 마린하베스트(Marine Harvest)에서 사명 변경
39) MOWI(검색일: 2024.5.18.)

동원은 2030년까지 Scope 3 배출량을 42% 감축하고, 2050년까지 넷 제로(Net Zero)를 달성하는 것을 목표로 설정하였다. 이를 위해 2020년 기준 연간 총배출량의 4.2% 감축을 목표로 하고, 나아가 2030년까지 총배출량의 42%를 감축할 계획이다.[40] 또한 IMO 2020 규정을 준수하여 고유황 연료유를 저유황 연료유로 전환하고, 프레온(R22) 대신 천연 및 대체 냉매 사용으로 전환하였다.[41] 나아가 2027년까지 선박에서 프레온 사용을 완전히 중단할 계획이며, 각 사업장 LED 조명 교체, 전기 히터 설치 등 다양한 시설 개선을 통해 에너지 사용을 절감하고 있다. 나아가 태양광 발전소 운영을 통해 연간 1,300MW의 전기를 생산하여 온실가스 배출 저감에 기여하고 있다.[42]

FAO도 청색성장 이니셔티브(BGI: Blue Growth Initiative)를 통해 지속가능한 수산업, 지역사회 경제성장과 생태계 보전 등을 목표로 기후변화에 대한 회복력 강화 노력을 다룬다. 다만, IMO와 달리 탄소 배출에 관한 직접적 규제나 산업 전반에 대한 지침이 마련되지 않은 점은 아쉬움으로 남는다. 이에 일부 글로벌 선도 기업들은 자발적으로 기후변화 대응 노력을 이어나가고 있으며, 향후에는 보다 종합적인 지침과 계획 등이 마련될 필요가 있다.

40) 동원산업(2022), p. 21.
41) 동원산업(2022), p. 22.
42) 동원산업(2022), p. 23.

## 제3절 소결

기후변화 대응은 전 세계적으로 중요한 과제가 되었다. 유엔기후변화협약과 교토의정서는 국제사회의 기후변화 대응을 위한 첫걸음이 되었으며, 이후 파리협정을 통해 보다 구체적이고 강력한 온실가스 감축 목표가 설정되었다. 이러한 국제적 노력은 기업과 정부가 온실가스 배출을 체계적으로 측정, 관리, 보고할 수 있도록 GHG 프로토콜과 같은 표준을 마련하는 데 기여했다. GHG 프로토콜은 Scope 1, 2, 3 배출 개념을 통해 기업의 배출량을 체계적으로 관리하고, 기후변화 대응 전략을 수립하는 데 중요한 역할을 한다.

각국에서도 기후변화 대응을 위해 다양한 법적 제도를 마련하고 있다. 우리나라는 「탄소중립기본법」과 「탄소중립·녹색성장 국가전략」 등을 수립하며 온실가스 감축 목표를 설정하고, 기후변화에 따른 피해를 최소화하고, 지속가능한 발전을 추구하고 있다. 미국은 IRA를 통해 기후변화 대응을 강화하고 있다. IRA는 대규모 재생에너지 프로젝트와 친환경 기술 투자를 포함, 기업들이 재생에너지 사용을 확대하고 온실가스 배출을 줄이도록 인센티브를 제공한다. 또한 SEC는 기업이 기후 관련 정보를 공시하도록 규제하고 있으며, 이는 Scope 1, 2, 3 배출량을 포함한 탄소배출 보고 의무를 강화하고 있다. EU는 '그린딜'을 통해 2050년까지 탄소중립을 목표로 하며, '기후법'을 통해 법적 구속력을 강화하였다. 또한 EU는 'Horizon 2020'과 그 후속 프로그램인 'Horizon Europe'을 통해 지속가능한 농업과 수산업, 해양연구 및 바이오경제를 지원하고 있다.

글로벌 대기업들도 기후변화 대응을 위해 다양한 노력을 기울이고 있다. 애플은 2030년까지 모든 제품과 공급망에서 탄소 중립을 달성하겠다는 목표를 설정하고, 재생에너지 사용 확대 및 제품 재활용을 촉진하고 있다. 유니레버는 스페인, 미국, 이탈리아에서 농업의 지속가능성을 높이고 온실가

스 배출량 감소를 실현하였다. 일례로, 스페인에서는 Knorr 사와 협력하여 첨단 센서와 토양 프로브를 사용한 관개 시스템을 도입하여 물을 절약하고 온실가스 배출량을 감소시켰다. 미국 아칸소에서는 새로운 관개 방식을 활용하여 메탄 배출을 76% 감소시켰다.

해운업계는 2023 IMO GHG 전략 등 IMO 규제와 지침을 준수하며, 탄소 배출을 줄이기 위해 LNG와 같은 저탄소 연료 사용, 기술 혁신을 도입하고 있다. 주요 선사들은 탄소중립 목표를 설정하고, 지속가능한 연료 사용을 확대하고 있으며, 디지털 기술을 활용한 항로 최적화와 에코-스피드 운항을 통해 연료 소비와 탄소 배출을 동시에 감소시키고 있다. 해운업은 선박 운항 중 직접 배출되는 Scope 1을 중심으로 탄소 배출을 관리하고 있다.

수산업계에서도 지속가능한 양식 기술과 재생에너지 사용을 통해 온실가스 배출을 줄이기 위해 노력하고 있다. Mowi는 에너지 효율 개선을 위해 히트펌프와 인버터를 도입하고, 양식장과 가공 공장에서 재생에너지를 적극적으로 사용하여 Scope 2 배출을 줄이고 있다. 또한 지속가능한 사료를 사용하여 Scope 3 배출을 줄이는 데 주안점을 두고 있다. 동원은 에너지 효율성을 높이고, 재생 가능 에너지 사용 등을 통해 온실가스 배출을 줄이고 있다.

해양을 이용하는 해운업과 수산업은 모두 기후변화에 대응하기 위해 다양한 노력을 기울이고 있지만, 그 접근 방식과 배출 관리의 초점이 다르다. 해운업은 IMO 규제를 기반으로 주로 선박 운항 중 발생하는 직접 배출을 관리하는 반면, 수산업은 선사의 경우 IMO 규제를 따름과 동시에 양식업과 가공 과정에서 발생하는 탄소 배출을 줄이기 위해 에너지 효율 개선에 집중하고 있다. 이러한 차이점은 산업 활동에 따른 산업별 탄소 배출량의 차이가 반영된 것으로 보인다. 이처럼 기후변화 대응 노력은 국제사회의 노력과 더불어 국가 차원, 기업 차원, 업계 차원의 노력으로 확산되고, 각기 다른 접근 방식을 통해 온실가스 배출을 줄이는 데 중요한 기여를 하고 있다.

〈표 2-7〉 기후변화 논의와 분야별 대응 동향

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 국제동향 | • 유엔기후변화협약, 교토의정서, 파리협약 등<br>• (기존 협약 논의 사항): 에너지 부문에서 화석연료 감축(전환)<br>• (논의 확장): Scope 1(화석연료), Scope 2(전기), Scope 3(생산 전후 단계) |
| 주요 기업 대응 | • 애플: 2030년까지 모든 제품과 공급망에서 탄소 중립 목표<br>• 유니레버: 스페인, 미국, 이탈리아 농업 지속가능성 ↑ |
| 유사사례 대응 | • 해운: 2030 IMO 규제, GHG 전략 준수, LNG와 같은 저탄소 연료 사용<br>• 수산: Mowi社 – 지속가능한 양식기술, 재생에너지, 동원社 – 에너지 효율성 ↑ |
| 시사점 | • 해운업의 경우 IMO 규제 기반 직접 배출 관리 중, 수산업의 경우 직접 배출과 가공 및 유통과정에서 발생하는 온실가스 배출 ↓ 고려 필요 |

자료: 저자 작성

# 03
# 원양저연승어업 현황 및 생산효율성 분석

이번 장에서는 연구대상인 이빨고기의 현황과 조업방법, 조업해역 특성을 면밀히 검토하고, 수출입 네트워크 분석을 통해 이빨고기의 상업적 가치를 논의한다. 이를 통해 원양저연승어업의 Scope 3 구조 분석과 온실가스 배출 저감의 필요성을 재확인한다. 그뿐만 아니라 조업 특성을 고려하여 투입변수를 활용한 콥-더글라스 생산함수 기반 생산효율성 분석을 통해 연료사용량을 중심으로 이빨고기 생산에 어떻게 영향을 미치는지 확인한다. 이 결과를 통해 선사 입장에서 연료사용량을 줄여서 온실가스 배출 저감에 대응이 가능한지 여부를 파악하고자 하였다.

## 제1절 국내외 생산 및 시장 동향

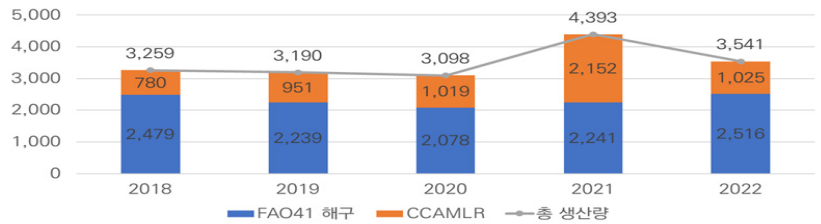
### 1. 국내 생산 및 수출 동향

우리나라 원양저연승어업의 목표어종인 이빨고기 생산량은 2022년 기준 3,541톤으로 2013년 대비 연평균 1.2% 증가한 수준이다. 전체 이빨고기 생산량 중 71.1%가 FAO 41해구, 28.9%가 CCAMLR 해역에서 조업된

다. 이 중 82.5%에 달하는 물량이 수출된다.[43] 2022년 기준 생산금액은 755억 원으로 단위당 금액은 해역과 관계없이 1kg당 약 21,300원이다.

이빨고기는 최근 3년(2021~2023년) 평균 2,473톤 수출되었으며, 이는 6,797만 달러(한화 약 880억 원)의 가치이다. 수출 비중이 가장 높은 국가는 미국으로 2023년 수출 통계에 따르면 물량 기준 79.5%, 금액 기준 80.8%가 미국으로 수출된다. 다음으로 대중국 수출 비중이 각 17.5%, 16.3%로 높았다.

〈그림 3-1〉 원양저연승어업 이빨고기 생산량(2018~2022년)




자료: KOSIS, 원양어업통계조사, 해역별 생산현황(검색일: 2024.5.14.)

〈표 3-1〉 이빨고기 수출 물량 및 금액(2021~2023년)

| 구분 | 2021년 | | 2022년 | | 2023년 | | 비중(2023년) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 금액(천$) | 물량(M/T) | 금액(천$) | 물량(M/T) | 금액(천$) | 물량(M/T) | 금액(%) | 물량(%) |
| 전체 | 45,161 | 2,191 | 90,211 | 2,924 | 68,548 | 2,305 | 100.0 | 100.0 |
| 미국 | 33,532 | 1,565 | 70,821 | 2,210 | 55,373 | 1,833 | 80.8 | 79.5 |
| 중국 | 6,279 | 308 | 14,842 | 542 | 11,188 | 404 | 16.3 | 17.5 |
| 싱가포르 | 4,436 | 250 | 4,433 | 166 | 1,539 | 51 | 2.2 | 2.2 |
| 말레이시아 | 898 | 67 | 0 | 0 | 448 | 17 | 0.7 | 0.7 |
| 괌 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 일본 | 0 | 0 | 111 | 5 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 캐나다 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 필리핀 | 13 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |

자료: 수산물수출정보포털, 국내통계, 국내교역(품목별), 이빨고기,
https://www.kfishinfo.co.kr/kor/view.do?no=626#none(검색일: 2024.5.14.)

43) KOSIS, 원양어업통계조사, 해역별 생산현황(검색일: 2024.5.14.)를 바탕으로 작성

## 2. 이빨고기 교역 분석

### 1) 전 세계 이빨고기 생산량

전 세계 이빨고기 생산량은 2022년 기준 24,592톤이다. 2018년 27,909톤이었으나 최근 5년간 감소하는 추세를 보였다. 2018년부터 2022년까지 연평균 3.1%의 감소세를 보이고 있으며, 이는 우루과이, 뉴질랜드 등 주요 연안 어획국의 생산량 감소로 인한 것으로 분석된다. 우루과이는 2018년 1,193톤을 생산하였으나, 2022년 238톤으로 연평균 33.2%의 감소세를 보였고, 뉴질랜드는 동 기간 1,208톤에서 99톤으로 연평균 46,5% 감소했다. 반면 이빨고기 생산량 상위 5개국의 생산량은 최근 5년간 고르게 나타났다.

2022년 기준 프랑스는 전 세계 이빨고기 생산량의 22.4%에 달하는 5,625톤을 생산했다. 뒤를 이어 칠레, 아르헨티나, 호주, 한국 순으로 생산량이 많았다. 이빨고기 생산 상위 5개국은 최근 5년 평균 생산량 기준 전체의 74.4%를 생산한 것으로 분석되었다.

〈표 3-2〉 세계 이빨고기 생산량(2018~2022년)

단위: 톤

| 구분 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 5년 평균 | 비중(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 합계 | 27,909 | 27,387 | 25,143 | 26,651 | 24,592 | 26,336 | 100.0 |
| 프랑스 | 6,089 | 5,905 | 5,980 | 5,848 | 5,625 | 5,889 | 22.4 |
| 칠레 | 3,010 | 3,415 | 3,243 | 1,861 | 4,357 | 3,177 | 12.1 |
| 아르헨티나 | 3,705 | 3,919 | 3,785 | 3,701 | 3,638 | 3,750 | 14.2 |
| 호주 | 3,465 | 3,679 | 3,140 | 3,658 | 3,219 | 3,432 | 13.0 |
| 한국 | 2,980 | 3,232 | 3,097 | 4,393 | 3,020 | 3,344 | 12.7 |
| 그 외 | 8,659 | 7,236 | 5,898 | 7,191 | 4,732 | 6,743 | 25.6 |

자료: Fishstat J, Global capture production 1950–2022, 2018~2022년 데이터 조회 (검색일: 2024.5.10.)

## 2) 전 세계 이빨고기 교역량

전 세계 이빨고기 교역량은 최근 3년 동안 연평균 수출 17,497톤, 수입 24,579톤을 기록했다. 교역 금액은 동 기간 수출이 연평균 2.8억 달러, 수입이 4.8억 달러였다. 주요 수출 상위 5개국은 한국, 칠레, 아르헨티나, 포클랜드 제도, 호주로 나타났다. 한국은 2022년 2,924톤, 9,021만 달러를 수출하며 물량 기준 21.0%, 금액 기준 25.0%의 비중을 차지했다. 수출 상위 5개국의 수출 비중은 물량 기준 66.2%, 금액 기준으로 75.0%로, 이들 국가가 대부분의 수출을 차지하는 것으로 분석되었다.

반면 수입은 미국, 중국, 싱가포르, 스페인, 모리셔스 순으로 많았다. 이 중에서도 미국은 2022년 전체 수입 물량의 49.6%에 해당하는 11,727톤을 수입했으며, 이는 37,220만 달러(전체 수입금액의 58.5%)에 달한다. 이를 통해 이빨고기 교역이 주요 소비 시장인 미국을 중심으로 이루어지고 있음을 알 수 있다.

〈표 3-3〉 세계 이빨고기 교역량(2020~2022년)

단위: 톤

| 수출 | | | | 수입 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 구분 | 2020 | 2021 | 2022 | 구분 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 합계 | 22,357 | 16,220 | 13,915 | 합계 | 28,968 | 21,136 | 23,634 |
| 한국 | 1,735 | 2,191 | 2,924 | 미국 | 6,471 | 9,876 | 11,727 |
| 칠레 | 1,702 | 2,647 | 2,849 | 중국 | 5,757 | 3,741 | 3,645 |
| 아르헨티나 | 1,562 | 1,709 | 2,002 | 싱가포르 | 1,481 | 1,571 | 1,594 |
| 포클랜드 제도 | 736 | 1,010 | 761 | 스페인 | 642 | 688 | 1,158 |
| 호주 | 676 | 617 | 674 | 모리셔스 | 9,416 | 811 | 1,145 |

자료: Fishstat J, Global Aquatic Trade – All partners aggregated 1976–2021, 2019~2021년 데이터 조회(검색일: 2024.5.10.)

〈표 3-4〉 세계 이빨고기 교역금액(2020~2022년)

단위: 천 달러

| 수출 | | | | 수입 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 구분 | 2020 | 2021 | 2022 | 구분 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 합계 | 198,312 | 287,565 | 360,209 | 합계 | 393,625 | 430,067 | 636,452 |
| 한국 | 30,695 | 45,161 | 90,210 | 미국 | 147,698 | 241,654 | 372,198 |
| 칠레 | 32,509 | 56,710 | 86,986 | 중국 | 123,044 | 78,370 | 108,199 |
| 아르헨티나 | 28,997 | 26,393 | 54,108 | 싱가포르 | 28,119 | 34,862 | 47,126 |
| 포클랜드제도 | 15,765 | 22,220 | 17,500 | 스페인 | 6,271 | 4,165 | 10,287 |
| 호주 | 15,648 | 15,105 | 21,403 | 모리셔스 | 10,343 | 900 | 1,281 |

자료: Fishstat J, Global Aquatic Trade - All partners aggregated 1976-2021, 2019~2021년 데이터 조회(검색일: 2024.5.10.)

### 3) 사회 연결망 분석

이는 사회 연결망 분석(Social Network Analysis)과 중심성 분석(Centrality Analysis)을 통한 수산물 교역 네트워크 분석을 통해 더욱 상세하게 분석할 수 있다. 사회 연결망 분석은 노드(개인, 조직, 자원 등)와 링크(이들 간의 상호 연결 관계)를 기반으로 네트워크 구조를 파악하고 상호작용을 시각화하여 분석하는 방법론이다. 이빨고기 전체 교역 참여국들의 교역 네트워크를 도출한 뒤, 미국과 일대일 교역 관계에 있는 국가들을 대상으로 한 미국 중심의 교역 네트워크를 제시하였다.[44] 이를 통해 이빨고기 교역에서 미국의 중요도와 미국과 한국의 연결 관계를 살펴보았다.

중심성 분석은 네트워크에서 특정 노드가 가지는 중요도나 영향력을 측정하는 방법으로 연결 중심성, 근접 중심성, 아이겐벡터 중심성, 매개 중심성 등이 있다. 연결 중심성(Degree Centrality)은 한 노드가 직접적으로 연결된 다른 노드의 수와 연결 크기를 기반으로 중요도를 측정하며, 네트워크 내에서 활동성을 나타낸다. 이빨고기 교역 네트워크에서는 교역의 방

44) HS 030383, HS 030446, HS 030455, HS 030485, HS030492 기준으로 작성함

향성에 따라 외향 연결 중심성(수출 측면), 내향 연결 중심성(수입 측면)으로 구분되고, 연결 중심성이 높은 국가는 네트워크에서 많은 교역 국가와 직접적으로 연결되어 교역 네트워크에서 활동성이 높은 국가로 볼 수 있다.

근접 중심성(Closeness Centrality)은 한 노드가 네트워크 중앙에 위치하여 다른 모든 노드에 얼마나 가까운지 측정하는 지표이다. 이빨고기 네트워크에서 근접 중심성이 높은 국가는 네트워크 내에서 다른 교역 국가들과 짧은 경로로 연결되어, 이빨 고기를 빠르게 수출(외향 근접 중심성)하거나 수입(내향 근접 중심성)할 수 있는 위치에 있다.

아이겐벡터 중심성(Eigenvector Centrality)은 단순히 한 노드에 연결된 노드의 수를 고려하는 연결 중심성과는 달리, 연결된 노드들의 중요도까지 함께 고려한다. 즉 연결 관계의 양뿐만 아니라 질도 함께 평가하는 것이다. 이는 이빨고기 교역 네트워크에서 영향력이 큰 교역 국가를 식별하는 데 유용하다.

매개 중심성(Betweenness)은 특정 노드가 다른 노드 간의 최단 경로에서 얼마나 자주 등장하는지 측정하는 지표로, 노드가 네트워크 내에서 연결을 매개하고 중재할 수 있는 능력을 의미한다. 매개 중심성이 높은 노드는 네트워크 내에서 다른 노드 간의 연결을 중재하고 연결성을 높이는 중요한 역할을 하며, 이는 네트워크 내에서의 교역 통제력으로 해석될 수 있다. 따라서 이빨고기 교역 네트워크에서 매개 중심성이 높은 국가는 다른 국가 간의 교역을 중재하고 조정하는 중요한 역할을 할 수 있기에 네트워크 내에서의 영향력이 크다.

이빨고기 교역 네트워크는 총 88개의 국가와 229개의 연결로 구성되어 있다. 미국, 스페인, 칠레, 프랑스, 싱가포르, 호주 등이 네트워크 중심부에 위치하여 네트워크에서 높은 영향력을 발휘하는 것으로 나타났다. 특히 미국은 한국, 칠레, 뉴질랜드, 포클랜드 등 여러 국가에서 이빨고기를 수입하

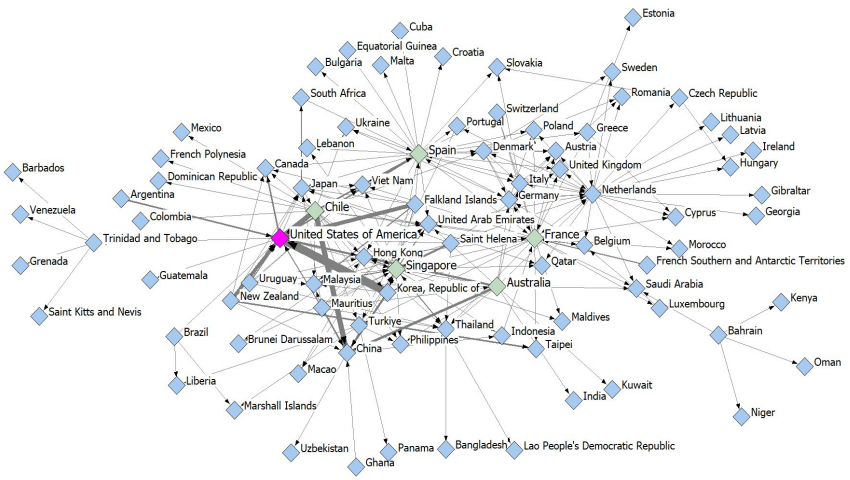
고 있으며 연결 강도가 높은 것으로 분석되었다.

미국은 내향 연결 중심성, 아이겐벡터 중심성, 매개 중심성 측면에서 상위에 위치한 국가로 나타났다. 이는 미국이 이빨고기 네트워크에서 많은 국가와 교역 관계를 형성하고 있을 뿐만 아니라 중요도가 높은 국가들과도 직·간접적으로 연결되어 있음을 의미한다. 특히 내향 연결 중심성 최상위 국가로 도출된 미국은 이빨고기 네트워크 내에서 수입 측면에서 가장 중요한 국가로 평가된다. 또한 미국은 여러 교역 국가 간의 최단 경로 사이에 위치하여 매개성이 높은 구조적 이점을 바탕으로 영향력이 높을 것으로 추정된다.

미국 외에도 이빨고기 교역에서 칠레, 호주, 스페인, 싱가포르, 프랑스가 중요한 국가로 나타났다. 칠레와 호주, 스페인은 미국과 달리 외향 연결 중심성 및 외향 근접 중심성에서 상위 국가로 분류되어 네트워크 내 공급자 측면에서 높은 영향력을 갖는 것으로 보인다. 이들 국가는 네트워크 중심에 위치하며 많은 수입국가와 직접적인 연결 관계를 바탕으로 이빨 고기를 빠르게 수출할 수 있는 높은 확산력을 보유한 것으로 판단된다.

싱가포르는 내향 근접 중심성과 내향 연결 중심성에서 상위에 위치한 국가로, 네트워크 중심에서 여러 수출국가로부터 신속하게 이빨고기를 공급받을 수 있어 미국과 함께 이빨고기 교역 네트워크에서 중요한 소비 시장으로 해석된다. 프랑스는 매개 중심성에서 최상위 국가로, 근접 중심성 상위 국가로 분석되어 네트워크 내에서 확산력과 통제력 측면에서 영향력이 높을 것으로 예상된다.

〈그림 3-2〉 이빨고기 교역 네트워크




주: HS 030383, HS 030446, HS 030455, HS 030485, HS030492 기준
자료: ITC Trademap(검색일: 2024.8.26.)을 바탕으로 저자 작성

〈표 3-5〉 이빨고기 교역 네트워크 중심성 분석

| 순위 | 외향 연결 중심성 | | 내향 연결 중심성 | |
|---|---|---|---|---|
| | 국가 | 값 | 국가 | 값 |
| 1 | 칠레 | 0.007 | 미국 | 0.013 |
| 2 | 한국 | 0.005 | 중국 | 0.006 |
| 3 | 뉴질랜드 | 0.002 | 싱가포르 | 0.001 |
| 4 | 포클랜드 제도 | 0.002 | 스페인 | 0.001 |
| 5 | 호주 | 0.002 | 말레이시아 | 0.001 |
| 순위 | 외향 근접 중심성 | | 내향 근접 중심성 | |
| | 국가 | 값 | 국가 | 값 |
| 1 | 호주, 스페인 | 0.164 | 싱가포르 | 0.139 |
| 2 | | | 홍콩, 아랍에미리트 | 0.139 |
| 3 | 칠레 | 0.164 | | |
| 4 | 프랑스 | 0.163 | 베트남 | 0.139 |
| 5 | 포클랜드 제도 | 0.163 | 프랑스 | 0.138 |

| 순위 | 아이겐벡터 중심성 | | 매개 중심성 | |
|---|---|---|---|---|
| | 국가 | 값 | 국가 | 값 |
| 1 | 미국 | 0.646 | 프랑스 | 0.03 |
| 2 | 한국 | 0.486 | 싱가포르 | 0.02 |
| 3 | 칠레 | 0.395 | 스페인 | 0.02 |
| 4 | 중국 | 0.273 | 네덜란드 | 0.02 |
| 5 | 포클랜드 제도 | 0.213 | 미국 | 0.02 |

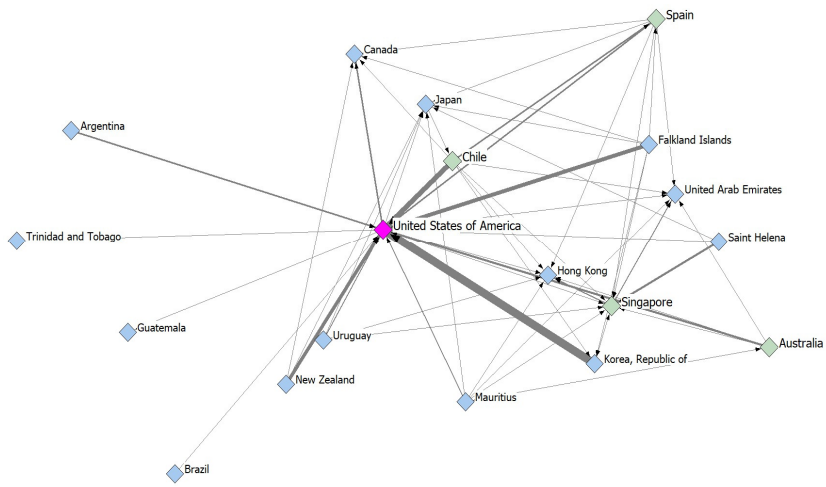
자료: ITC Trademap(검색일: 2024.8.26.)을 바탕으로 저자 작성

미국 중심의 네트워크에서 미국은 18개 국가와 일대일 교역을 진행하고 있었다. 그중 한국, 칠레, 포클랜드 제도와는 높은 강도로 연결되어 있었으며 이들 국가에 대해 미국은 이빨고기 품목의 주요 수요 국가로서 중요도가 높을 것으로 추정된다.

특히 한국의 경우 냉동이빨고기(HS 030383) 품목에 대하여 미국으로의 수출 의존도가 매우 높았다. 2022년 한국의 냉동이빨고기 전체 수출금액 6,800만 달러 중 5,500만 달러(80.9%)가 미국으로 수출되었으며, 이는 한국이 미국 시장에 크게 의존하고 있음을 보여준다.[45]

45) ITC Trademap(검색일: 2024.8.26.)

〈그림 3-3〉 미국 중심의 이빨고기 교역 네트워크




주: HS 030383, HS 030446, HS 030455, HS 030485, HS030492 기준
자료: ITC Trademap(검색일: 2024.8.26.)을 바탕으로 저자 작성

## 제2절 원양저연승어업 특성

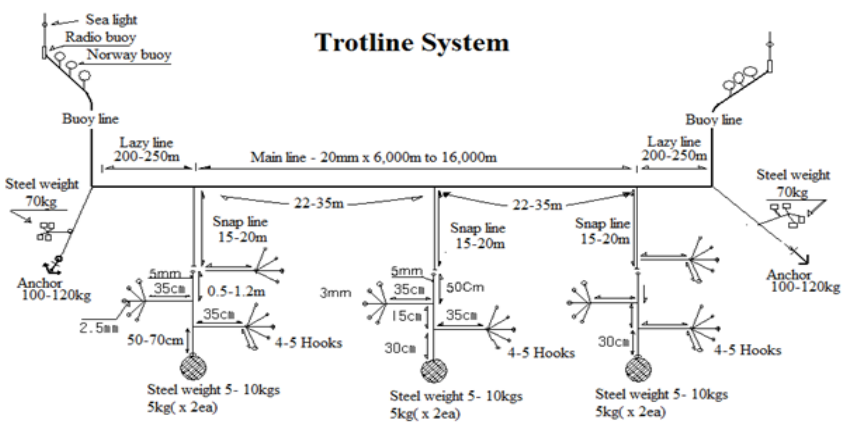
### 1. 원양저연승어업 방법

원양저연승어업은 다수의 낚시가 달린 줄에 닻을 연결하여 해저 바닥에 늘어뜨려 조업하는 어법이다.[46] 남극과 남극 인근 해역의 수심 1,000m 이상 해저에 서식하는 이빨고기류를 어획한다. 저연승어구는 트롯 라인(Trot line), 오토 라인(Auto line), 스패니시 라인(Spanish line)으로 구분되며, 우리나라는 트롯 라인으로 조업한다.

46) 국립수산과학원, 해외어장정보 시스템, 원양저연승어업(검색일: 2024.4.29.)

트롯 라인은 메인라인 길이가 6,000~25,000m로 어구당 3,000~20,000개의 낚시가 설치된다. 브랜치 라인은 메인라인에 22~35m 간격으로 설치되며, 그 하단에는 5~10kg의 추가 연결되어 있다. 브랜치 라인에는 3~5개의 낚시묶음(Cluster)이 있으며, 각 낚시묶음에는 4~5개의 낚시가 설치되어 있어 총 12~25개의 낚시가 하나의 브랜치 라인에 설치된다. 연결 라인(Connect Line)에는 작은 부이를 설치해 낚시 장비를 수직으로 움직일 수 있으며, 저연승 어구가 취약해양생태계(VMEs)에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 바닥과 접촉하지 않도록 설치한다. 800~1,500m 수심 기준 투승시간에는 약 30분, 양승에는 2.5시간이 소요된다. 어획 수심 및 조업상황에 따라 투승에 최대 약 2시간, 양승에 최소 약 1시간이 소요되며, 침적 시간은 최대 수일이 소요되기도 한다.

〈그림 3-4〉 트롯 라인(Trot line) 모식도

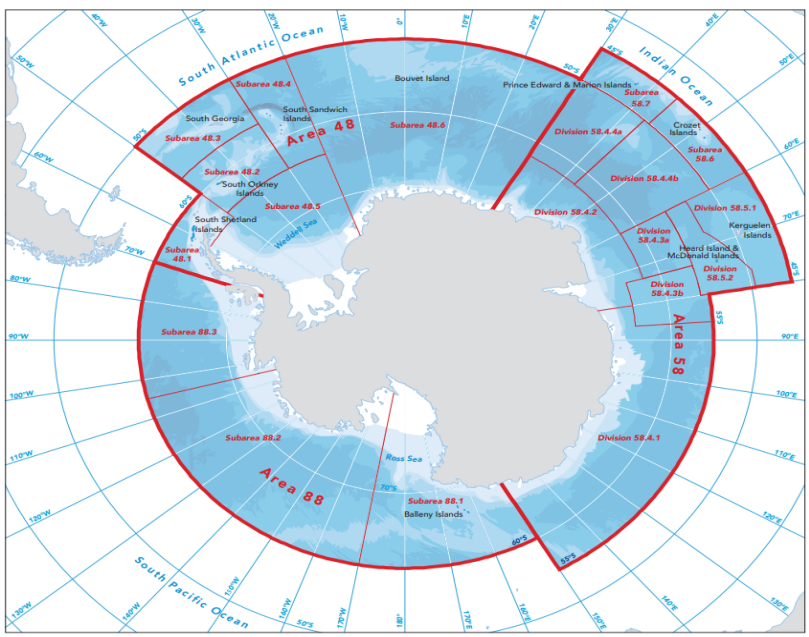



자료: CCAMLR 홈페이지, (검색일: 2024.4.15.)

## 2. 원양저연승어업 조업대상 해역

우리나라 저연승어업은 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR: Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources) 해역과 FAO 41해구에서 조업이 이루어진다. CCAMLR 회원국은 남극해역 48해구(대서양 측 남극해), 58해구(인도양 측 남극해) 및 88해구(태평양 측 남극해)의 각 소해구별 지정된 어업 및 조사 해역에서만 조업할 수 있다. 우리나라는 로스해(88.1해구, RSR open) 및 아문젠해(88.2해구)에서 시험어업을, 벨링스하우젠해(88.3해구)에서 과학조사를 수행 중이다. 그 외 남극해역 48.6해구 및 58.4.1해구에서도 시험어업 조사를 추진하고 있다.

〈그림 3-5〉 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR) 해역



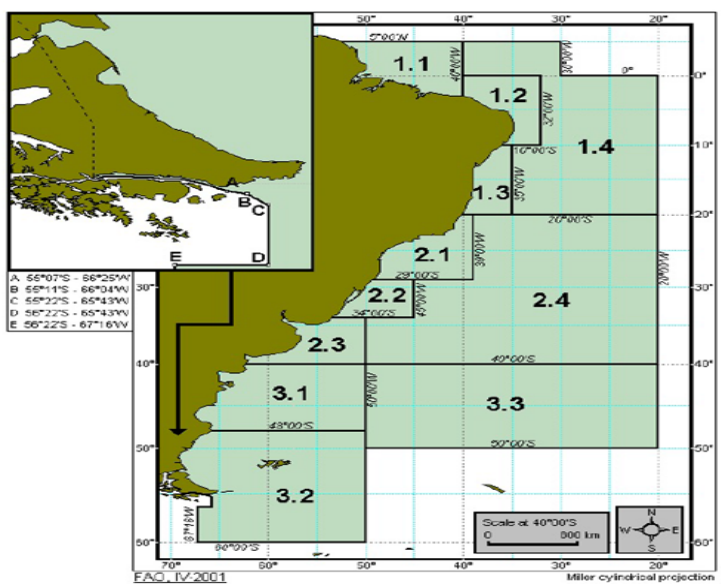

자료: CCAMLR 홈페이지, https://www.ccamlr.org/en/system/files/CCAMLR-Convention-Area-Map.pdf(검색일: 2024.4.15.)

〈그림 3-6〉 CCAMLR 해역 시험어업을 위해 항해하는
우리나라 저연승 선박(좌) 및 과학조사 수행(우)

자료: 국제 옵서버 제공(촬영일: 2018.3.2., CCAMLR 시험어업선)

그리고 남서대서양 41.3.1 및 41.3.2 해역에서 조업이 이루어진다. FAO 41해구는 RFMO가 구성되지 않은 공해상이며, CCAMLR 해역에서 조업하는 어선이 어기 종료 후 FAO 41해구로 이동해 조업한다.

〈그림 3-7〉 남서대서양(FAO41) 조업 해역

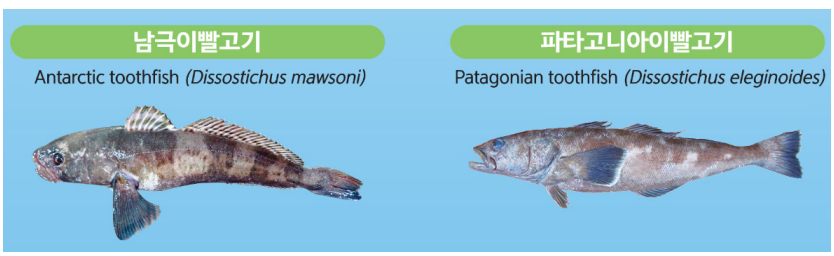



자료: FAO, FAO Major Fishing Areas,(검색일: 2024.4.15.)

## 3. 원양저연승 목표종 및 어선 정보

CCAMLR 해역 내 어업은 생태계 기반 및 예방적 접근법을 통해 어업자원 보존 및 합리적 이용의 균형을 맞추고 기존 생태계 유지를 목적으로 관리된다. 예방적 접근법과 합리적 이용을 원칙으로 신규어업, 시험어업 및 과학조사 세 가지로 구분되며, 우리나라는 시험어업을 통해 대부분을 어획한다. 지속적이고 안정적인 시험어업을 위해 국제공동과학조사를 통한 과학적 기여로 추가 조사 쿼터를 확보하였으며, 2024년에는 101톤을 받아 2018년부터 누적 675톤의 쿼터를 확보했다. CCAMLR 저연승어업 주요 어획 어종은 남극이빨고기(Dissostichus mawsoni)와 파타고니아이빨고기(D. eleginoides)이다.

〈그림 3-8〉 CCAMLR 주요 어획 어종




자료: 국립수산과학원, 해외어장정보 시스템, 원양저연승어업, (검색일: 2024.4.29.)

선박은 CCAMLR로부터 승인을 득한 후 조업이 가능하며, 모든 조업 활동 시 최소한 2명의 과학 옵서버가 승선하여야 한다. 이 중 1명은 CCAMLR 과학 옵서버 제도에 따라 지정된 옵서버여야 하며, 조업 기간 중 전체 조업활동 중에 승선하고 있어야 한다. 통상적으로 과학 옵서버 2명(타국 옵서버 1명 및 자국 옵서버 1명)이 승선하며, 옵서버로부터 수집된 자료는 CCAMLR 사무국에 제출되어야 한다. 어업 모니터링은 실시간 및 기타 짧은 간격으로 사무국에 보고된 정보를 활용하여 수행되며, 매년 과학위원회 및 작업반 회의에서 어업 및 과학조사 정보를 사용하여 어업관리에 활용된다[47].

FAO 41해구 내 조업에서는 주로 파타고니아이빨고기가 목표 어종이다. 「공해 저층어업에 관한 UN 결의사항 이행에 관한 고시」에 따라 옵서버 1명이 승선하여 과학자료를 수집하며, 수집항목 등은 CCAMLR 기준에 준하여 조사를 수행한다.

우리나라 저연승 조업선은 495~836톤으로 마력은 1,200~1,600ps이며, 건조년도는 1986~2015년으로 선박별 차이가 크다.

〈표 3-6〉 우리나라 저연승 선박 정보

| 신호부자 | 톤수 | 마력 | 건조년도 | 승선인원 |
|---|---|---|---|---|
| 6KCE9 | 584t | 1,600 ps | 1995 | 42 |
| 6KST | 836t | 1,600 ps | 2002 | 42 |
| 6KCB | 628t | 1,600 ps | 2001 | 42 |
| 6KCD4 | 573t | 1,600 ps | 1989 | 40 |
| 6KSN | 694t | 1,400 ps | 1990 | 42 |
| DTBT2 | 587t | 1,500 ps | 1986 | 42 |
| 6KCD8 | 684t | 1,600 ps | 2015 | 42 |
| DTBZ9 | 534t | 1,600 ps | 2001 | - |
| DTBX5 | 495t | 1,200 ps | 2001 | - |
| DTBZ8 | 628t | 1,600 ps | 1989 | - |

자료: CCAMLR 홈페이지, (검색일: 2024.3.14.)

우리나라가 조업하는 CCAMLR는 남극 수산자원에 대한 보전뿐만 아니라 남극의 빙하 그리고 크릴 등 수산자원의 탄소흡수원으로서 역할하고, 기후조절 기여에 대한 과학적 연구를 수행하고 있다.[48] 또한 2023년 제42차 과학위원회에서는 탄소 배출량을 고려한 다양한 어업 시스템에 대한 접근에 대해 언급하였다. 어획 효율과 단위 어획량당 탄소 배출량을 줄일 수

47) 해외수산협력센터(2024), pp. 557-559.
48) CCAMLR, Meetings, Antarctic Blue Carbon, https://meetings.ccamlr.org/en/ccamlr-41/29(검색일: 2024.5.2.)

있는 기술에 대해 논의가 필요하다는 의견이 공감을 얻었다.[49] 이를 근거로 향후 CCAMLR 해역 내에서의 조업에 있어 탄소 배출량 관련 논의와 과학연구가 확대될 것으로 전망된다. 과학조사 기여를 통한 쿼터 확보를 위해서도 조업 과정 중 발생하는 탄소배출 관련 데이터를 축적할 필요성이 높아지고 있는 것이다.

## 제3절 원양저연승어업 생산효율성 분석

### 1. 분석방법 및 자료

#### 1) SFA 모형[50]

2023년을 기준으로 우리나라 원양저연승어업 조업선은 10척이 활동 중이다. 본 절에서는 각 어선의 크기, 낚시 수, 어선원 수, 그리고 유류사용량 투입과 생산량 자료를 바탕으로 생산효율성 분석을 진행하여 생산 특성을 분석해 보고자 한다. 이를 바탕으로 어떤 투입요소가 생산에 직접적인 영향을 미치는지, 어선별로 생산효율성 차이가 존재하는지 여부를 파악하고자 한다.

구체적으로 온실가스 직접 배출을 줄이기 위해서는 직관적으로 연료 사용량을 줄이는 방식을 고려할 수 있는데, 투입변수에 연료 사용량을 사용하고 자본, 노동으로 구성된 생산함수를 기반으로 한 SFA 분석을 통해 연료 사용량이 이빨고기 생산에 어떤 영향을 미치는지, 그리고 업계가 연료사용량을 줄일 수 있는지를 생산효율성 분석을 통해 알아보고자 하였다.

49) CCAMLR(2023), p. 3.
50) SFA 모형에 대한 설명은 강동현, 박철형(2022)의 pp. 119~122 내용을 발췌 수정한 것임을 밝힘

효율성을 추정하는 방법에는 선형계획법(Linear Programming)을 이용해 비모수적인 방법론을 이용하는 자료포락분석(DEA: Data Envelopment Analysis)과 모수적 접근방법을 활용하는 확률변경분석(SFA: Stochastic Frontier Analysis)이 있다.[51] 확률변경분석은 Aigner, Lovell and Schmidt(1977)의 연구에서 처음 도입된 이후로 지금까지도 계량경제학에서 널리 사용되고 있는 분석방법이다.[52]

하나의 경영체가 생산활동을 하고 있을 경우, 생산 과정에서 비효율성을 포함하여 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y_{it} = f(X_{it}, \beta)\xi_{it} \quad \text{식 (1)}$$

식 (1)에서 $Y_{it}$는 i번째 생산 주체가 $t$시점에 $X_{it}$만큼의 투입요소를 투입했을 때 생산할 수 있는 최대 생산물을 의미하며, 강정 부호(strictly positive)를 가진 것으로 가정한다.[53] 따라서 기술적 효율성의 추정치 역시 강정 부호를 갖는 것으로 간주한다.[54] $\xi_{it}$는 $i$번째 생산 주체의 $t$시점에서의 효율성을 뜻하며 (0, 1)의 범위에서 존재한다.[55] 추정치가 1인 경우 생산기술을 최대로 활용하여 최적 생산량을 생산함과 동시에 생산변경 위에 위치한다.[56] 반면 생산기술을 최대한으로 활용하지 못해 생산과정에서 비효율성이 발생할 경우 추정된 $\xi_{it}$는 1보다 작은 값을 가진다.[57] 상기의 생산함수 식 (1)은 무작위로 발생하는 확률적 충격($\upsilon_{it}$)에도 노출될 것이므로 이를 포함한 생산함수는 다음 식 (2)와 같다.[58]

51) 강동현, 박철형(2022), p.119
52) 강동현, 박철형(2022), p.119
53) 강동현, 박철형(2022), p.120
54) 강동현, 박철형(2022), p.120
55) 강동현, 박철형(2022), p.120
56) 강동현, 박철형(2022), p.120
57) 강동현, 박철형(2022), p.120
58) 강동현, 박철형(2022), p.120

$$Y_{it} = f(X_{it}, \beta)\xi_{it}\exp(\nu_{it}) \quad \text{식 (2)}$$

양변에 자연 대수를 적용하여 모형을 재설정하면 다음 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln Y_{it} = \ln f(X_{it}, \beta) + \ln\xi_{it} + \nu_{it} \quad \text{식 (3)}$$

생산함수 추정시 k개의 투입요소를 가정 후, $\ln\xi_{it} = -\mu_{it}$라고 변환하고 자연로그에 대해 선형 생산함수 형태로 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_j \ln X_{it} + \nu_{it} - \mu_{it} \quad \text{식 (4)}$$

복합확률오차항을 구성하고 있는 상호독립인 $\nu_{it}$와 $\mu_{it}$의 확률분포는 $\nu_{it}$가 전형적인 선형회귀모형에서 확률오차항이 가지는 분포인 $\nu_{it} \sim iidN(0, \sigma_\nu^2)$를 따른다고 가정한다.[59] 반면 $\mu_{it}$의 확률분포에는 기술적 비효율성의 시간불변성과 시간가변성의 유무를 고려해야 하며 그 분포에는 반정규분포(Half Normal Distribution), 절삭 정규분포(Truncated Normal Distribution), 지수분포(Exponentially Distribution) 등이 존재한다.[60] 본 연구에서는 모형의 확장성을 고려해 절삭 정규 분포인 $\mu_{it} \sim iidN^{+}(\mu, \sigma_\mu^2)$를 가정하였다.[61] Battese and Coelli(1992)는 기술적 비효율성의 시간 가변성을 모형화하기 위해 시점에 대한 함수식에 절삭 정규분포를 곱하는 형태로 $\mu_{it}$의 분포를 가정해 시간가변쇠퇴모형(Time-Varying Decay Model)을 설정하였으며 이는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.[62]

59) 강동현, 박철형(2022), p.121
60) 강동현, 박철형(2022), p.121
61) 강동현, 박철형(2022), p.121
62) 강동현, 박철형(2022), p.121

$$\mu_{it} = \exp - \eta(t - T_i)\mu_i \quad \text{식 (5)}$$

여기서 $T_i$는 $i$번째 패널 개체의 마지막 시기를 의미하고, $\eta$는 시간 쇠퇴 모수(Time Decay Parameter)를 의미한다.[63] 이후 Kumbhakar, Ghosh, and Mcguckin(1991), Huang and Liu(1994), Battese and Coelli(1995)은 기술적 비효율성에 영향을 줄 수 있는 결정요인을 포함한 분석 모형으로 SFA 모형을 확장하였다.[64] 이는 절삭 정규 분포의 평균이 외생변수들에 의해 모수화되는 형태로, 다음 식 (6)과 같이 기술적 비효율성의 분포를 나타낼 수 있다.[65]

$$\mu_{it} \sim iidN^{+}(\mu_{it}, \sigma_{\mu}^{2}), \mu_{it} = z_{it}^{'}\psi \quad \text{식 (6)}$$

식 (6)에서 $z_{it}^{'}$는 기술적 비효율성을 결정하는 외생변수들의 벡터를 의미하며, $\psi$는 추정되어야 할 모수인 비효율성 효과를 나타낸다.[66]

## 2) 콥-더글라스 생산함수

SFA 모형으로 원양저연승어업 어선별 생산효율성과 결정요인 분석을 하기 위해서는 사전에 경제학적 생산함수 모형을 가정해야 한다. 본 연구에서는 SFA 생산함수를 추정하는 데 있어 경제학에서 일반적으로 사용되는 콥-더글라스 생산함수(1928)를 이용하였다. 콥-더글라스 생산함수는 1차 동차(Homogeneous) 함수로 생산함수의 가장 기본적인 형태이며 자본과 노동 투입으로 생산이 결정되는 $Q = AK^{\alpha}L^{\beta}$ 형태로 표현된다.

63) 강동현, 박철형(2022), p.121
64) 강동현, 박철형(2022), p.121
65) 강동현, 박철형(2022), p.121
66) 강동현, 박철형(2022), p.121

이 외에 일반적으로 사용되는 Trans-log 생산함수는 투입요소의 교차항과 제곱항을 도입하여 규모 수익성과 탄력성을 분석할 수 있는 장점이 있지만, 많은 변수를 사용할 때 다중공선성이 발생하는 문제점이 존재한다.[67] 본 연구에서 Trans-log 형태로 생산함수 추정을 시도하였으나, 다중공선성 문제가 발생하였다.

변수 선정의 경우 종속변수로는 원양저연승어업의 생산량을 이용하였다. 그리고 원양저연승어업의 투입요소는 조헌주 외(2017)와 김학수·박철형(2019)의 선행연구를 바탕으로, 자본변수로는 낚시 수, 어선톤수를, 노동변수로는 승선원 수에 조업일수를 곱한 값을 사용하였다. 추가적으로 투입변수에 유류사용량을 활용하였는데 그 이유는 생산활동과 온실가스 배출의 직접적 연관관계 유무를 판단하고자 함이다. 그리고 이는 위 두 가지 선행연구와 분석상의 차별성이다. 이를 고려하여 본 연구 추정에 사용된 모델은 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다. 이때 $Q$는 원양저연승어업 생산량, $H$는 낚시 수, $T$는 어선톤수, $L$은 승선원 수와 조업일수의 곱, $E$는 유류사용량을 뜻한다.

$$Q = f(H, T, L, E) \quad \text{식 (7)}$$

이렇게 설정된 함수를 바탕으로 $Q = AK^{\alpha}L^{\beta}$로 표현한 후 SFA 분석을 위해 식 (4)와 같이 자연로그에 대한 선형 생산함수로 포현하면 식 (8)과 같이 전개할 수 있다.

$$\ln Q = \alpha + \beta_1 \ln H_{it} + \beta_2 \ln T_{it} + \beta_3 \ln L_{it} + \beta_4 \ln E_{it} + \nu_{it} - \mu_{it} \quad \text{식 (8)}$$

여기서 $i$는 $i$번째 어선을 나타내고, $t$는 어획 해당 연도를 의미하며, $v_{it}$와 $\mu_{it}$는 앞서 설명한 바와 같이, 확률오차항과 비효율성과 관련된 비음수 변수를 각각 나타낸다.

67) 홍의연 외(2006), 조하은·김의준(2018)

### 3) 분석자료

원양저연승어업 업계를 대상으로 2018년에서 2022년까지 조업활동에 대한 실태조사를 진행하였다. 2024년 4월, 7월에 총 2차에 걸쳐 개별 면접조사 및 전화 조사로 진행되었다. 조사에 응답한 선사는 총 3개 선사이며, 이는 우리나라 원양저연승어업의 전체 선사로 조사 결과 자체로 우리나라 원양저연승어업의 대표성을 띤다.

DMU는 총 10개로 각 선사별 개별 어선 수를 의미한다. 그리고 2018년부터 2022년까지 패널 자료가 구축되어 관측 수는 10X5=총 50개이다. 분석에 사용된 변수의 평균, 최솟값, 최댓값 등 기초통계량은 〈표 3-7〉과 같이 정리하였다. 이때 낚시 수와 승선원*조업일수의 경우 국립수산과학원과 업계의 요청에 따라 비공개 처리하였다. 생산량의 경우 평균 3만 6천 톤이고, 표준편차는 약 1만 2천 톤, 최솟값은 3,500톤, 최댓값은 6만 3천 톤 수준이다. 어선톤수의 경우 평균 624.3톤, 유류사용량은 평균 886.3톤을 사용하는 것으로 나타났다.

〈표 3-7〉 기초통계량

| 변수 | | 단위 | 평균 | 표준편차 | 최솟값 | 최댓값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 산출변수 | 생산량 | 천 톤 | 36.4 | 11.9 | 3.5 | 63.0 |
| 투입변수 | 낚시 수 | 개 | * | * | * | * |
| | 어선톤수 | 톤 | 624.3 | 91.5 | 495.0 | 836.0 |
| | 승선원*조업일수 | – | * | * | * | * |
| | 유류사용량 | 톤 | 886.3 | 162.9 | 367.0 | 1,293.0 |

자료: 원양저연승어업 업계 대상 조사 결과를 바탕으로 저자 재작성

## 2. 분석 결과

앞서 정의한 콥-더글라스 생산함수를 기반으로 한 SFA 분석 결과는 〈표 3-8〉과 같이 정리하였다. 그 결과 어선톤수, 선원 수를 제외한 낚시 수와 유류사용량의 계수가 1.059, 0.436으로 각각 1%, 5% 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 낚시 수 계수가 가장 큰 것은 조업 활동 특성을 반영한 것으로 판단된다.

이때 톤수는 어선에서 주어진 고유한 고정변수로 가정한다면, 가변변수인 낚시 수와 유류사용량 차이에 따라 생산량과 생산효율성 차이가 존재하는 것으로 분석할 수 있다. 이는 원양연승어업의 생산효율성을 추정한 조헌주 외(2017)의 선행연구와 어느 정도 일치하는 결과이다. 그리고 선원수와 조업일수로 구성된 노동변수는 원양저연승어업 생산량에 영향을 미치지 못하는 것으로 분석되었다.

〈표 3-8〉 콥-더글라스를 이용한 SFA 생산함수 추정 결과

| 변수 | | Coef. | Std.Err. | Z | P |
|---|---|---|---|---|---|
| 투입변수 | 상수항 | -1.826 | 3.105 | -0.59 | 0.556 |
| | 낚시 수 | 1.059*** | 0.386 | 2.74 | 0.006 |
| | 어선톤수 | -0.250 | 0.326 | -0.76 | 0.446 |
| | 승선원*조업일수 | -0.288 | 0.382 | -0.75 | 0.451 |
| | 유류사용량 | 0.436** | 0.218 | 2.00 | 0.045 |
| | | | | Prob 〉 $\chi^2$ = 0.0000 | |
| | | | | Log likelihood = -7.7834 | |
| | | | | Wald $\chi^2$ = 75.95 | |

주: *** 99% 통계적 유의성, *** 95% 통계적 유의성을 확보함
자료 : 저자 작성

위 SFA 분석 결과를 토대로 DMU(어선별)별 연도별 기술효율성 분석을 실시한 결과를 〈표 3-9〉와 같이 정리하였다. 연도별 생산효율성은 2018년부터 2022년까지 0.979, 0.916, 0.653, 0.931, 0.991이었다. 어선별 연

도별 평균은 최소 0.703에서 최대 0.963까지 분포하고 있었고, 평균을 고려하지 않고 최소 0.304에서 최대 0.997까지 분포하고 있었다.

〈표 3-9〉 원양저연승어업 연도별 어선별 생산효율성 추정 결과

| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | DMU별 평균 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DMU1 | 0.995 | 0.993 | 0.732 | 0.997 | 0.993 | 0.942 |
| DMU2 | 0.993 | 0.398 | 0.474 | 0.653 | 0.995 | 0.703 |
| DMU3 | 0.958 | 0.949 | 0.582 | 0.994 | 0.996 | 0.896 |
| DMU4 | 0.979 | 0.984 | 0.696 | 0.736 | 0.988 | 0.877 |
| DMU5 | 0.996 | 0.997 | 0.393 | 0.995 | 0.991 | 0.875 |
| DMU6 | 0.946 | 0.870 | 0.955 | 0.984 | 0.985 | 0.948 |
| DMU7 | 0.973 | 0.988 | 0.304 | 0.992 | 0.997 | 0.851 |
| DMU8 | 0.988 | 0.991 | 0.678 | 0.987 | 0.983 | 0.925 |
| DMU9 | 0.994 | 0.994 | 0.855 | 0.981 | 0.992 | 0.963 |
| DMU10 | 0.971 | 0.993 | 0.857 | 0.994 | 0.993 | 0.962 |
| 연도별 평균 | 0.979 | 0.916 | 0.653 | 0.931 | 0.991 | |

주: SFA 분석결과 기반으로 효율성 분석 결과
자료 : 저자 작성

이렇게 어선별 연도별로 생산효율성이 차이 나는 이유는 원양저연승어업은 주로 남극해역에서 이빨고기를 생산하는데 해당 국제수산기구인 CCAMRL에서는 남극이빨고기에 대해 어획한도량을 설정한 뒤 올림픽 방식으로 관리하고 있기 때문이라 판단된다. 즉 어선별로 동일한 어획한도량이 설정되어 있지 않아 경쟁적으로 조업을 진행하고 있어 각 어선별, 그리고 연도별로 생산효율성이 차이 나는 것으로 파악된다. 다만, DMU별 평균 효율성은 약 90% 수준으로 10% 정도 수준의 비효율성이 존재하는 것으로 분석된다.

다만, 생산효율성 분석 시 CCAMRL 해역의 모든 어선을 고려하지 못한 한계점이 존재한다. CCAMRL 해역에서는 총 28개 회원국 중 10개국에 대해 조업을 승인하고 있다. 본 분석 진행 시 10개국의 어선 자료와 생산량

자료를 확보하였다면, 우리나라 어선의 생산효율성이 다른 국가에 비해 어느 정도 수준인지 정확하게 파악할 수 있었을 테지만, 이를 고려하지 못한 한계점이 있다.

## 제4절 소결

이번 장에서는 원양저연승어업의 현황과 국제 교역형태를 자세히 살펴보고, 원양저연승어업의 조업 특성과 해당 어장이 가진 특성에 대해 확인해 보았다. 그리고 원양저연승어업 어선정보 자료와 유류사용량, 어획량 자료를 바탕으로 생산효율성 분석을 진행하였다.

우선 이빨고기의 주요 생산국은 프랑스, 칠레, 아르헨티나, 호주, 한국 5개국으로 최근 5년 평균 생산량 기준 약 75%를 생산하고 있었다. 주요 수출국은 한국, 칠레, 아르헨티나이고, 주요 수입국은 미국, 중국, 싱가포르였다. 사회연결망과 중심성 분석으로 수산물 교역 네트워크를 상세하게 분석한 결과 미국, 스페인, 칠레, 프랑스, 싱가포르 등이 네트워크 중심부에 위치하여 높은 영향력을 미치고 있었다. 특히 미국은 내향 연결 중심성, 아이겐벡터 중심성, 매개중심성 측면에서 모두 상위에 위치한 국가로 나타나 이빨고기 교역에 가장 큰 영향력을 미치고 있음을 알 수 있었다. 달리 해석한다면 미국 내 거대 유통사들에 영향을 미치는 추가 관세 부과, 온실가스 배출량 공시 의무화 같은 직·간접적 정책이 수행된다면, 미국과 연결되어 있는 국가들에도 영향을 미칠 수 있음을 예상할 수 있다.

두 번째로 이빨고기 조업 대상 해역은 크게 남극해역과 FAO 41해역으로 구분되며, 남극해역의 경우 CCAMLR라는 국제기구가 설치되어 있고,

FAO 41해구에는 아직 국제기구가 설치되어 있지 않다. Scope 3는 제조업을 기준으로 공장을 설치하여 운영하는 지역과 본사가 분리되어 있을 때 온실가스 배출에 의한 지구온난화의 원인이 공장이 위치한 지역에 있는지, 그 본사에 있는지에 대한 논의가 시발점이다. 이 관점을 확장하여 원양산업에 적용한다면, 조업구역인 남극에서 온실가스가 주로 배출되는데, 배출감소를 위한 주체가 어선을 보유한 선사가 되어야 하는지 해당 조업해역이 되어야 하는지, 주로 소비하는 국가가 되어야 하는지에 대한 것이다. 해답을 내리기엔 아직 곤란하지만, 세 가지 주체가 모두 노력해야 할 것으로 보인다. 어선의 직접 배출을 줄이기 위한 선사의 노력과 수산자원 관리, 해양환경 보전과 더불어 기후변화에 대응하기 위한 국제기구의 노력, 유통과 소비 과정에서 배출되는 온실가스를 저감하기 위한 유통과 소비 주체의 노력 등이 동시에 이루어져야 한다.

세 번째로 원양저연승어업의 이빨고기 생산효율성 분석을 위해 생산량을 산출변수로 하고 낚시 수, 어선톤수, 승선원과 조업일수를 투입변수로 하는 콥-더글라스 생산함수 기반 SFA 모델을 활용하였다. 그 결과 낚시 수와 유류사용량이 직접적인 영향을 미치고, 어선 크기, 어선 성능, 노동 투입량 등 외적인 투입 요소는 큰 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다. 이때 유류사용량이 생산에 직접적인 영향을 미치는 만큼 온실가스 배출량을 줄이기 위해 유류사용량을 억제하는 방안은 생산량 하락의 원인이 되어 개별 선사별 영업이익이 감소할 우려가 있기 때문에, 현 투입 수준을 유지하는 채로 온실가스 배출량을 줄일 수 있는 대책이 필요함을 알 수 있다.

즉 원양저연승어업의 어업활동에 있어 기후변화 대응은 어업 주체인 어선과 보유 선사, 선사 해당 국가에서 온실가스 배출량을 줄이기 위해 유류사용량 제한과 같은 무리한 방안보다는 어선 현대화, 효율적 어획활동 개발, 대체연료 개발, 온실가스 배출 저감장치 개발 등과 같이, 현재 수준의 유류사용량을 기반으로 온실가스 배출을 줄일 수 있는 방안이 필요하다.

〈표 3-10〉 원양저연승어업의 특성

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 주요 동향 | • 주요 생산국 : 프랑스, 칠레, 아르헨티나, 호주, 한국(전 세계 생산량 75% 차지)<br>• 네트워크 분석 결과: 미국은 연결 중심성이 모두 상위에 있어 이빨고기 교역에 큰 영향력을 미침<br>• 네트워크 분석 시사점: 미국 내 거대유통사의 온실가스 배출량 공시 권고에 타 교역국가들이 영향을 받을 수 있음 |
| 생산 해역 | • 남극해역, FAO 41해역<br>• 남극해역의 경우 해양환경 보전에 큰 노력을 기울이고 있는 지역임<br>• 남극지역 내 조업 부분 온실가스 배출량 확인과 저감 방안의 선제적 대응 필요 |
| 생산 효율성 | • 이빨고기 생산은 낚시 수와 유류사용량이 직접적 영향을 미침<br>• 유류사용량 제한은 선사 경영에 직접적인 타격을 미치므로 현재 수준의 유류 사용량을 기반으로 간접적 조업활동(Scope 3)의 온실가스 배출 저감활동 논의 필요<br>• Scope 1 활동의 온실가스 배출 저감을 위해서는 원양어선 현대화 사업을 확대 추진하여 친환경 연료 사용으로 전환을 추진해야 함 |

자료: 저자 작성

# 04
# 원양저연승어업 Scope 3 구조 분석 및 배출량 추정

이번 장에서는 원양저연승어업 Scope 3 구조를 분석하고 배출량을 추정하였다. 우선 이빨고기의 가치사슬 분석을 수행하였다. 이를 기초자료로 활용하여 산업계, 학계, 연구계 등으로 구성된 전문가 패널 조사로 Scope 3의 활동을 구분하여 제시하였다. 그리고 구분된 Scope 3 활동에 따라 온실가스 배출량 추정을 시도하였다. Scope 1의 경우 공신력이 확보된 통계청 자료를 활용한 방법과 산업계 연료사용량 직접 조사를 통한 자료를 활용한 방법을 모두 사용하였다. 이유는 향후 온실가스 배출 인벤토리 조사 시 산업계 직접 조사가 필요한지, 또는 현재 구축된 통계청 자료를 활용할 수 있는지 여부를 판단하기 위함이다.

## 제1절 원양저연승어업 가치사슬 분석

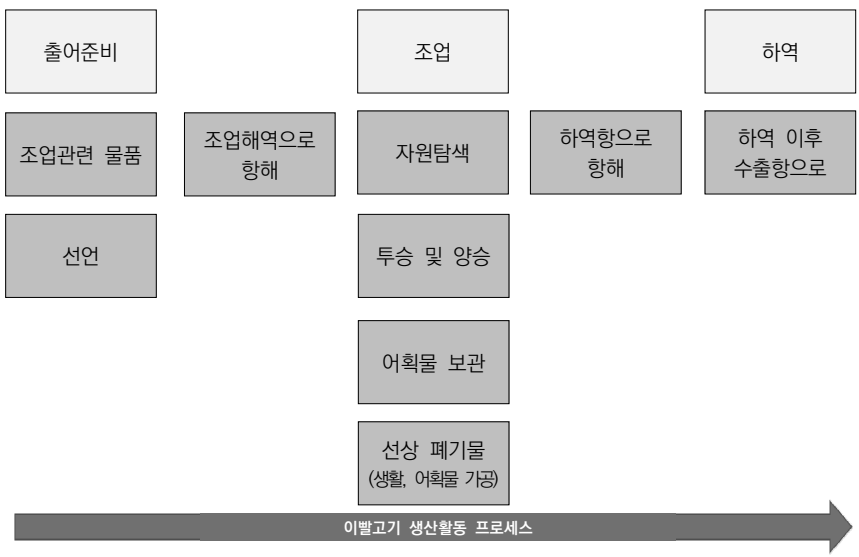
### 1. 원양저연승어업 가치사슬 구조

우리나라 원양저연승어업은 이빨고기를 목표 어종으로 하므로 원양저연

승어업의 가치사슬 구조는 이빨고기의 가치사슬 구조와 유사하다. 따라서 본 연구에서는 이빨고기 가치사슬 구조 분석을 통해 원양저연승어업의 가치사슬 분석을 진행하였다.

이빨고기의 가치사슬 구조는 생산단계와 전처리 및 가공, 유통 및 판매 영역으로 나누었다. 생산(어획)의 주요 단계는 출어준비-어선운항-자원탐색 및 조업준비-어획작업-어획물 보관 및 전처리-어획물 운반 및 하역이다.

〈그림 4-1〉 이빨고기 가치사슬 구조




자료: 저자 작성

어획 후 어획물을 전처리하면서 가공 후 급속 냉동하여 보관한다. 냉동 보관한 어획물은 칠레 푼타아레나스 항에서 미국 주요 항으로 컨테이너를 활용하여 수출하고, 일부는 한국으로 유통한다. 이후 미국에서 유통망을 거쳐 주요 유통사를 통해 소비되고, 한국으로 유통되는 경우 1차 도매업체를 통해 가공공장 혹은 지역 도소매상 및 대형 소매업체를 통해 소비자에게 유통되거나 재수출된다.

〈그림 4-2〉 이빨고기 가공 처리 후 사진

몸통부위

머리부위

턱살

스테이크

자료: 원양산업협회 서면 자문 결과 바탕(시행일: 2024.8.22.) 저자 작성

## 2. 원양저연승어업 연관활동과 투입요소

이빨고기의 주요 생산단계에서 발생하는 주요 활동과 관련 항목을 살펴보면 크게 생산 전 단계와 생산 단계로 나눌 수 있다.

생산 전 단계의 주요 활동에는 시설 및 설비 구축, 어업용 기자재 및 소모품 구매활동이 있다. 시설 및 설비 구축으로 어선, 어선부분품의 구매와 설치활동이 있으며, 조업활동과 연관된 설비를 고려한다. 그리고 어업용 기자재 및 소모품 구매활동으로 어업용 기자재와 기타 어업 용 소모품, 연료 구매 및 관리 활동이 있다. 마지막으로 설비 및 기자재 등 운송 및 보관 활동이 있다.

생산 단계에서 주요 활동은 출어준비, 조업, 어획물 운송, 폐기물 처리, 기타 관리 활동이 있다. 출어준비 활동에서 고려할 사항은 어업용 기자재 구매 및 정비. 기타 어업용 소모품 구매관리, 선원 조달 및 교육이 있다.

조업 단계에서 주요 활동은 운항, 어획이다. 활동별 연관항목으로 운항과 어획에 사용되는 연료와 에너지, 어구 및 어구 소모품, 미끼 등을 고려한다. 원양저연승어업에서 이빨고기 어획 후 처리 및 가공 보관·동결 과정에서 냉매와 에너지를 사용한다. 마지막으로 어획물 운송 단계에서 전재 및 하역, 보관, 운송 단계가 있다. 각 단계별로 운송 및 하역 등에 연료와 에너지, 냉매 등을 사용한다. 이 외에도 폐기물 처리와 인력관리, 영업활동, 기타 사무관리 등의 사항을 고려한다. 폐기물 처리는 생산 단계에서 발생하는 폐기물(어획부산물, 폐어구, 폐유 등) 수거와 처리 과정을 고려한다. 인력관리 부분에서 선원 이동 및 숙소뿐만 아니라 선원 조달 및 교육과 관련한 투입요소가 있으며, 영업활동으로 발생하는 연료사용, 사무용품과 금융거래에서 발생하는 투입요소 또한 존재한다.

〈표 4-1〉 이빨고기 생산 및 유통단계의 주요 활동과 항목

| 구분 | 주요 활동 | | 항목 |
|---|---|---|---|
| 생산 전 단계 | 시설 및 설비 구축 | 어선 | 저연승 어선, 냉동운반선 |
| | | 어선 부분품 | 주기(엔진 등), 보기(발전기) |
| | 어업용 기자재 및 소모품 구매 | 어업용 기자재 | 어업용 기자재(어구, 미끼 등) |
| | | 기타 어업용 소모품 | 선용품(식량, 식수 등), 연료 및 냉매, 기타 소모품 |
| | | 연료 | 어선 및 설비 운용 연료(경유, 휘발유, 윤활유 등) |
| | 운송 및 보관 | | 운송차량(기자재, 어획물 등), 상하차 장비, 창고 등 |
| 생산 및 유통 | 출어준비 | 어업용 기자재 | 연료(운송 및 보관) |
| | | 기타 어업용 소모품 | |
| | | 수리 및 정비 | 선박 및 어업용 기자재 등 수리 및 정비 |
| | | 선원 | 선원 조달 및 교육 |
| | 조업 | 운항 | 연료(엔진 및 발전기), 에너지(어선 설비) |
| | | 어획 | 연료 및 에너지(어선), 어구 및 어업 소모품 사용 |
| | 어획물 선상 전처리 | 선별 | 에너지 및 연료(전처리 설비) |
| | | 지느러미 | |

| 구분 | 주요 활동 | | 항목 |
|---|---|---|---|
| | | 절단 | |
| | | 내장 및 아가미 제거 | |
| | | 수세 및 탈수 | |
| | | 전처리 | |
| | | 동결 | 예냉수, 브라인액, 에너지(냉동고), 냉매 |
| | 어획물 선상 보관 | | 에너지(냉동고), 냉매 |
| | 어획물 운송 | 전재 하역 | 연료 및 에너지(운송, 하역작업 등) |
| | | 운송 | 컨테이너 활용 수출(칠레-미국, 칠레-한국) |
| | | 현지 유통 | 현지 주요 항구에서 소비거점으로 운반 |
| | 폐기물 처리 | | 폐기물 수거 및 처리 과정과 운송 |
| | 기타 관리 | 인력 관리 | 연료 및 에너지(직원 출퇴근 및 숙소), 선원 조달 및 교육 |
| | | 영업 활동 | 연료(영업 및 출장 등) |
| | | 기타 사무관리 | 사무용품, 금융거래 |

자료: 저자 작성

## 제2절 Scope 3 온실가스 배출량 추정

### 1. Scope 3 구조 분석 및 추정 방법

#### 1) 조사방법론

저연승어업의 Scope 1, 2, 3 카테고리 분석을 위해 저연승어업 조업 전 준비단계, CCAMLR 해역과 FAO 41해역에서의 조업활동, 조업 이후 유통 단계에 대한 정의가 필요하다. 앞서 원양저연승어업의 가치사슬 분석 결과를 바탕으로 전문가 델파이 조사를 진행하였다.

전문가 구성은 다음과 같다. 산업계인 원양저연승업계는 현재 세 군데 업계로 구성되어 있고, 한국원양산업협회가 존재한다. 그리고 관련 연구를 수행하는 기관은 국립수산과학원 원양자원과, 한국해양수산개발원 수산 관련 연구 분야 전문가가 존재한다. 이들을 전문가 패널로 구성하여 3차 질문을 통해 원양저연승어업의 활동을 Scope 3 기준으로 구성하였다. 이때 연구의 주요 목적 중 하나인 원양저연승어업의 Scope 3 기준 온실가스 배출량 추정을 위한 항목을 도출하였다.

우선 원양선사를 대상으로 구조화된 설문지를 바탕으로 1차 조사를 진행한 뒤, 조사 결과를 바탕으로 전문가 패널을 통해 총 3차에 걸친 전문가 델파이 조사를 통해 Scope 3 카테고리를 정의하였다. 설문지 문항 구성은 원양저연승어업 가치사슬 설명자료, 선사가 보유한 연간 어선활동, 어획량, 연료사용량, 어선원 현황, 선용품 및 소모품 컨테이너 운반 개수 등 카테고리 분석자료를 기반으로 하였다.

〈표 4-2〉 전문가 델파이 조사 개요

| 구분 | 정의 |
|---|---|
| 전문가 패널 | • 산업계 3개 업체, 원양산업협회, 국립수산과학원 자연과학전문가(수산자원, 어법), 한국해양수산개발원 사회과학 분야 전문가(수산경제) 총 10명으로 구성 |
| 조사방법 | • 구조화된 설문지 및 면담조사 3차 실시<br>• 설문지 구성 항목: 어선 현황, 어획량, 연료사용량, 어선원 현황, 선용품 및 소모품 운반 횟수, 양륙항, 양륙항에서 미국 수출에 사용하는 컨테이너 개수 |
| 비고 | • Scope 3 기준 온실가스 배출량 추정 가능 수준으로 논의<br>• Scope 3 기준 탄소배출량 추정을 위한 추가 조사 개념 |

자료: 저자 작성

## 2) 원양저연승어업 Scope 3 정의 결과

GHG 기준에 따르면 Scope 1은 직접연료 사용, Scope 2는 간접연료 사용, Scope 3은 전과정평가에 해당하고, 기업활동 준비와 생산물의 유통 과정을 아우르며, 이를 각각 업스트림 및 다운스트림 활동으로 구분하였다.

앞선 1절에서 정의한 원양저연승어업 가치사슬을 바탕으로 전문가 델파이 조사를 수행하였으며, 각각의 Scope별 활동은 다음과 같다. Scope 1은 조업활동에 사용되는 연료이며, Scope 2는 조업활동에 사용되는 전기로 정의할 수 있다.

그리고 Scope 3 가운데 업스트림 활동은 어선원 보험, 보호종 탈출장치, 어업 보조장치, 어창 내 냉동장비, 어업 관련 장비 운송, 미끼, 페어구, 수리, 부수어획물, 선상폐기물, 어선원 수송 등 다양한 의견이 있었다. 이를 〈표 4-3〉과 같이 정리하였다.

〈표 4-3〉 원양저연승어업(이빨고기) 카테고리별 온실가스 추정 가능 항목

| 영역 | | 카테고리 | 주요 활동 | 온실가스 추정 가능 항목 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| Scope 1 | | 직접 에너지(연료) 사용 | • 조업활동 시 사용하는 유류 | • 조업활동 시 사용하는 유류 | • 대다수 사용으로 추정 |
| Scope 2 | | 간접 에너지(전기) 사용 | • 전기(접안체항/수리 시 육전 사용) | • 조업활동에 사용되는 전기(배터리 등) | • 전기사용량 확인의 어려움 및 배터리 형식으로 추정 한계 |
| Scope 3 | 업스트림 | ① 구매한 제품 및 서비스 | • 보험, 어구(낚시, 로프, 부이, 무게추 등), 미끼, 탈출장치(엄브렐라, 고래류), 어업보조장치, 선용품(식량, 식수 등) | • 배출량 추정 한계 | |
| | | ② 자본재 (투자 및 구매) | • 조업선, 저연승 어선, 냉동운반선, 냉동설비 (현지 및 한국) | • 배출량 추정 한계 | |
| | | ③ 연료 및 에너지 관련 활동 | • 해당 없음 | • 해당 없음 | |
| | | ④ 제품 및 서비스 운송 · 유통 | • 어업 관련 장비 운송(어구, 미끼, 선용품 등) | • 어업 관련 장비 운송(어구, 미끼, 선용품 등) | • 한국 또는 중국에서 컨테이너선을 활용하여 조업선으로 운반 |
| | | ⑤ 운영 과정 중 발생 폐기물 | • 미끼, 폐어구, 선상생활 폐기물, 폐유 | • 배출량 추정 한계 | |
| | | ⑥ 구성원의 출장 | • 어선원 수송(비행기) | • 배출량 추정 한계 | |
| | | ⑦ 구성원의 통근 | • 해당 없음 | • 배출량 추정 한계 | |
| | | ⑧ 임차 자산 | • 국내 냉동창고, 현지 냉동창고 | • 배출량 추정 한계 | |

| 영역 | | 카테고리 | 주요 활동 | 온실가스 추정 가능 항목 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 다운 스트림 | ⑨ 판매제품의 운송 · 유통 | • 어획물의 운송 · 수출 | • 어획물 운송 · 수출 | • 칠레에서 미국으로 컨테이너선을 활용하여 운반 |
| | | ⑩ 판매제품의 가공 | • 선상 단순 가공(절단, 냉동), 필렛 | • 배출량 추정 한계 | |
| | | ⑪ 판매제품의 사용 | • 해당 없음 | • 해당 없음 | |
| | | ⑫ 판매제품의 폐기 처리 | • 미가공 원료의 폐기/유통기한 경과로 인한 폐기 | • 배출량 추정 한계 | |
| | | ⑬ 임대 자산 | • 해당 없음 | • 해당 없음 | |
| | | ⑭ 프랜차이즈(가맹점 영업권) | • 해당 없음 | • 해당 없음 | |
| | | ⑮ 투자 | • 해당 없음 | • 해당 없음 | |

자료: 저자 작성

### 3) 온실가스 배출량 추정 방법

원양저연승어업의 Scope 3 기준 탄소배출량 배출량 추정은 각각 Scope 1에 해당하는 직접 연료사용량, Scope 2에 해당하는 전기, Scope 3 카테고리에 해당하는 활동의 온실가스 배출량을 추정하였다.

〈표 4-4〉 원양저연승어업 Scope 3 카테고리 정의

| 구분 | | 정의 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Scope 1 | | • 조업활동에 사용되는 연료 | • 대다수 사용으로 추정 |
| Scope 2 | | • 조업활동에 사용되는 전기 (배터리 등) | • 추정에 명확한 한계 존재 |
| Scope 3 | 업스트림 | • 어구, 미끼, 어창 내 냉동장비, 선용품 및 소모품 운송, 어선원 수송 | • 한국 또는 중국에서 컨테이너선을 활용하여 조업선으로 운반 |
| | 다운스트림 | • 어획물 운반, 원료 폐기 | • 칠레에서 미국으로 컨테이너선을 활용하여 운반 |

자료: 저자 작성

이때 Scope 1의 온실가스 배출량 추정을 위해 두 가지 방법을 사용하여 비교하였다. 첫 번째 방법으로는 공신력 있는 자료인 통계청 원양어업통계조사의 어로원가 자료를 활용하였다. 원양어업통계조사는 「통계법」제18조에 따라 승인된 일반통계 제114048호의 법적 근거를 바탕으로 「원양산업발전법」 제2조, 제6조에 따라 해양수산부로부터 원양어업 허가를 받은 모든 어선과 그 어선을 보유한 단독 기업체를 대상으로 수행하는, 공신력이 확보된 자료이다. 조사 내용 중 연간어로원가의 '연료비'와 '주부식비', '어구비' 항목을 사용하였다.

두 번째 방법으로는 앞서 원양저연승어업의 가치사슬, Scope 3 구조 분석을 위한 전문가 델파이 조사를 진행할 때 산업계를 대상으로 어선별 연료사용량, 어선원 수, 선용품 구입 및 운반, 어획물 운반 등에 대한 투입량과 비용자료를 수집하여 활용하였다.

Scope 2 활동인 전기 사용의 경우에는 어선활동에 국한되고, 자체 배터리 사용 등으로 정확한 수치 산정에 한계가 있어 제외하였다.

Scope 3의 경우 조업활동과 관련된 미끼와 소모품, 선용품, 그리고 어획물을 미국으로 수출하기 위해 운반하는 컨테이너 개수를 파악하여 선행연구 기준으로 곱하여 사용하였다. 이때 업스트림 활동은 소모품, 미끼 및 선용품 운반, 다운스트림 활동은 어획물 운반으로 하였다.

〈표 4-5〉 Scope 3 기준 온실가스 배출량 추정을 위한 방법

| 구분 | 통계청 | 산업계 대상 직접조사 |
|---|---|---|
| Scope 1 | • 통계청의 연간 연료비(백만 원) 항목을 이용하여 추정<br>• 비용자료를 연료사용량 및 배출량으로 산정 | • 산업계를 대상으로 조사한 연간 연료사용량(톤)을 이용하여 추정<br>• 유류사용량으로 배출량 산정 |
| Scope 2 | • 조업활동 시 전기사용량 거의 없음 | • 조업활동 시 전기사용량 거의 없음 |
| Scope 3 | • 주부식비, 어구비 항목 기준 0.3 가중치 부여(직접조사 기반) | • 선용품 운반, 어획물 수출 운반 컨테이너 개수 직접조사<br>• 컨테이너 1개당 온실가스 배출량 적용(선행연구 활용) |

자료: 저자 작성

본 연구에서는 산업계를 대상으로 한 연료사용량을 조사하였으며, 이에 기반하여 온실가스 배출량을 추정하였다. 이렇게 두 가지 방식을 통해 온실가스 배출량을 추정하는 이유는 공신력 있는 자료를 기반으로 온실가스를 추정하는 방법이 가능한지 여부를 판단하기 위함이다. 업계조사 기반 배출량 분석자료와 통계청 기반 배출량 분석 기반 자료를 비교하여, 그 차이가 크지 않다면, 원양저연승어업의 온실가스 배출량은 추가 조사 없이 통계청 자료로 추정 가능하고, 이후 원양산업 전반의 배출량 또한 통계청 자료를 기반으로 확인 가능할 것이다. 다만, 그 차이가 유의미하게 크다면 온실가스 배출량 확인을 위해서 현재 조사 중인 원양어업통계조사 진행 시 연료사용량을 추가로 조사해야 한다는 근거자료로 본 연구 결과를 사용할 수 있다.

## 2. Scope 3 온실가스 배출량 추정

### 1) Scope 1 온실가스 배출량 추정

#### (1) 추정 방법론

##### 가. 자료 분석

앞서 언급한 바와 같이 두 가지 방법으로 조사한 자료를 이용하여 원양저연승어업의 온실가스 배출량을 추정하였다. 단, 배출량을 분석하기 위해서는 온실가스 배출계수에 부합하는 형태로 에너지 사용량의 단위를 변환해 줄 필요가 있다. 온실가스 배출계수는 통상적으로 TJ(테라 줄) 단위의 순발열량당 온실가스 배출량(kg/TJ)이므로 TJ 단위로 에너지 사용량을 변환하였다.

우선, 비용자료인 원양어업통계조사는 백만 원에서 톤으로 환산하기 위하여 원/달러와 국제유가(달러/배럴) 자료를 활용하였다. 한국은행 경제통계시스템의 원/달러 자료를 활용하여 각 연도의 연료비를 달러로 변환하였으며, 국제유가자료 중 경유를 사용하여 배럴로 변환하였다. 이후 경유 1톤은 7.5배럴에 해당하므로 톤 단위로 환산하였다.

여기서 국제유가 가운데 경유를 사용한 이유는 전문가 자문을 통해 원양저연승어업의 에너지 사용 종류가 선박가스오일(Marine Gas Oil)로 조사되었기 때문이다. 이때 선박가스오일은 선박용경유를 말하며,[68]자동차용 경유보다 유황 함량 등이 더 높고 점도 등에서 차이가 다소 있으나 본질적으로는 경유에 해당한다.[69] 따라서 한국석유공사(2024)에서 발표한 경유(황함량 0.05%)의 국제유가자료를 활용하여 배럴 단위의 연료사용량으로 환산하였다.

68) 경기평택항만공사(2020.6.16.)(검색일: 2024.8.13.)
69) 한국석유공사(검색일: 2024.8.13.)

다음으로 저연승업계 조사 자료와 원양어업통계조사 자료는 톤에서 TJ로 환산하였다. 에너지경제연구원(2022)에 따르면, 경유 1톤은 7.5배럴에 해당하며, 다시 1배럴은 158.988리터에 해당하므로 이를 이용해서 에너지 사용량을 리터(liter) 단위로 변환시켜 주었다. 「에너지법 시행규칙」에 수록된 에너지 열량 환산기준에 따르면, 경유 1리터의 순발열량은 기간별로 각각 2012~2016년 35.3MJ(메가 줄), 2017~2021년 35.2MJ, 2022~2026년 35.3MJ에 해당함을 알 수 있다.[70] 이러한 변환계수를 이용하여 원양저연승어업의 TJ 단위 에너지 사용량을 산출하였다.

$$\text{발열량단위에너지사용량}(TJ) = \begin{array}{l}\text{경유연료사용량}(t) \\ \times 7.5(bbl/t) \times 158.988(l/bbl) \\ \times \text{순발열량}(MJ/l) \times 10^{-6}\end{array} \quad (1)$$

〈표 4-6〉 원양저연승어업의 에너지 사용량

| 연도 | 원양어업통계조사 기반 | | 저연승업계 조사 기반 | |
|---|---|---|---|---|
| | 사용량(톤) | 사용량(TJ) | 사용량(톤) | 사용량(TJ) |
| 2018년 | 13,699 | 575 | 9,079 | 381 |
| 2019년 | 13,596 | 571 | 8,673 | 364 |
| 2020년 | 19,497 | 818 | 8,527 | 358 |
| 2021년 | 13,776 | 578 | 8,925 | 375 |
| 2022년 | 14,338 | 604 | 9,111 | 384 |

자료: 자료: 에너지경제연구원(2022), pp. v; 에너지법 시행규칙 [별표] 에너지열량 환산기준(제5조제1항 관련)에 기반해 저자 작성

## 나. 온실가스 추정 방법

단위(TJ)가 통일된 두 가지 자료를 이용하여 온실가스를 추정하는 방법론은 다음과 같다. 원양저연승어업의 선박가스오일 사용 시 이산화탄소($CO_2$), 메탄($CH_4$), 아산화질소($N_2O$) 세 가지 온실가스가 발생한다. 이에

70) 에너지법 시행규칙 [별표] 에너지열량 환산기준(제5조제1항 관련).

각각의 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 온실가스 배출계수가 필요하다. 환경부는 온실가스 배출권거래제에서 이용되는 선박부문 기본 배출계수로 IPCC(2006)에 제시된 기본 온실가스 배출계수를 활용하였다.[71] 본 연구에서도 IPCC(2006)에 제시된 기본 배출계수를 사용하였다.

단, 세 가지 온실가스 배출량은 각각 지구온난화 효과가 다르기에 합산을 위해서는 지구온난화지수(GWP)를 적용해야 하므로, 파리협정에 따라 채택된 IPCC 제5차 평가보고서(IPCC, 2013)의 지구온난화지수를 적용해 주었다.

$$\text{온실가스 배출량}(tCO_2e) = \sum_i \left[ TA \times EF_i \times GWP_i \times 10^{-3} \right] \quad (2)$$

$TA$ : 활동자료로 에너지사용량($TJ$)을 의미
$EF$ : 배출계수($kg/TJ$)
$GWP$ : 지구온난화지수(배)
$i$ : 온실가스종류($CO2, CH4, N2O$)

〈표 4-7〉 선박 부문 경유의 기본 배출계수 및 지구온난화지수(GWP)

| 구분 | $CO_2$ | $CH_4$ | $N_2O$ |
|---|---|---|---|
| 배출계수(kg/TJ) | 74,100 | 7 | 2 |
| 지구온난화지수(배) | 1 | 28 | 265 |

자료: 에너지경제연구원(2022), pp. v; 에너지법 시행규칙 [별표] 에너지열량 환산기준(제5조제1항 관련)에 기반해 저자 작성

### (2) 추정 결과

〈표 4-7〉과 〈표 4-8〉을 활용하여 산정한 온실가스 배출량을 〈표 4-9〉와 〈표 4-10〉에 제시하였다. 온실가스 추정 결과, 원양어업통계조사와 업계조사 간의 온실가스 배출량은 2배 이상의 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 공신력 있는 자료인 통계청 비용자료의 단위 변환 시

71) 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침 [별표 10] 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침

최초로 유통될 때의 가격인 국제유가 가격 자료를 이용하였다. 그러나 실제로 업계는 세금과 유통 마진 등이 포함된 가격으로 연료를 이용하고 있으므로 업계가 사용하는 가격과 차이가 발생한다. 따라서 원양어업통계조사 진행 시 유류비뿐만 아니라 연료사용량을 추가로 조사할 필요성을 시사하고 있다.

〈표 4-8〉 원양어업통계조사 기반 원양저연승어업 온실가스 배출량

| 연도 | $CO_2$ 배출량(톤) | $CH_4$ 배출량(톤$CO_2$e) | $N_2O$ 배출량(톤$CO_2$e) | 합계(톤$CO_2$e) |
|---|---|---|---|---|
| 2018년 | 42,604 | 113 | 305 | 43,021 |
| 2019년 | 42,283 | 112 | 302 | 42,697 |
| 2020년 | 60,639 | 160 | 434 | 61,233 |
| 2021년 | 42,847 | 113 | 306 | 43,267 |
| 2022년 | 44,725 | 118 | 320 | 45,163 |

자료: 저자 작성

〈표 4-9〉 저연승업계 조사 기반 원양저연승어업 온실가스 배출량

| 연도 | $CO_2$ 배출량(톤) | $CH_4$ 배출량(톤$CO_2$e) | $N_2O$ 배출량(톤$CO_2$e) | 합계(톤$CO_2$e) |
|---|---|---|---|---|
| 2018년 | 20,490 | 54 | 147 | 20,691 |
| 2019년 | 19,305 | 51 | 138 | 19,494 |
| 2020년 | 18,033 | 48 | 129 | 18,210 |
| 2021년 | 19,849 | 53 | 142 | 20,044 |
| 2022년 | 20,651 | 55 | 148 | 20,853 |

자료: 저자 작성

## 2) Scope 2, 3 온실가스 배출량 추정

### (1) 추정 방법론

원양저연승어업의 Scope 2와 Scope 3 온실가스 배출량 추정은 산업계 조사를 기반으로 하였다. 우선 Scope 2는 어선 활동으로 자체적으로 전력을 생성하거나 배터리를 활용하고 있어 원료사용량이 거의 전무한 수준이

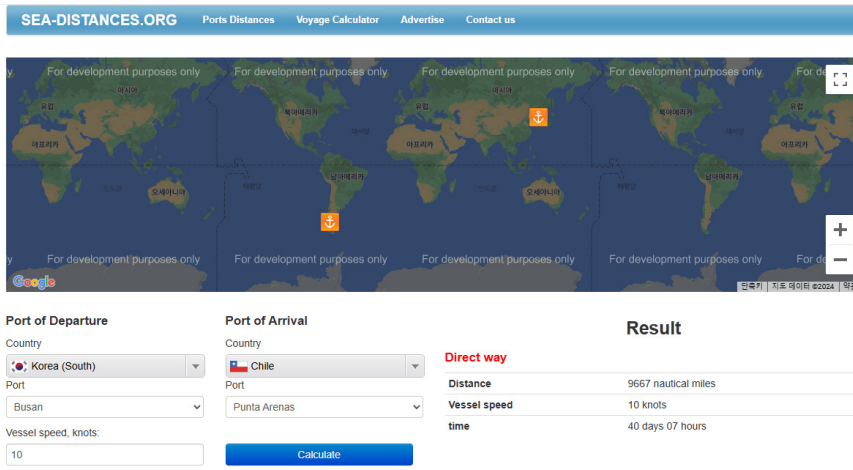
다. 때문에 Scope 2의 온실가스 배출량은 추정하지 않았다. Scope 3의 경우에는 엄밀한 기준에서 제3장에서 조업을 위한 사전 활동, 조업 이후의 유통활동 등 전·후방에서 발생하는 모든 온실가스 배출량을 추정해야 하지만, 미끼, 어구, 부식 등 선용품 및 소모품은 다른 산업(제조업, 어업, 농업 등)에 의해 생산되는 제품이며, 그 유통과정이 매우 복잡하여 온실가스 배출량 추정 시 정확성을 확보하는 데 어려움이 존재한다.

이러한 한계로 인해 바다에서 이루어지는 원양저연승어업의 업스트림, 다운스트림 활동만으로 제한하여 배출량을 추정하였다. 업스트림에 해당하는 조업 활동 또는 어선원에게 필요한 선용품 및 미끼와 다운스트림에 해당하는 어획물 운반 등은 모두 컨테이너선을 통해 이루어지고 있다. 이에 Scope 3의 온실가스 배출량을 추정하기 위해 저연승 업계를 통한 컨테이너 운임 개수와 Scope 3 활동이 이루어지는 항구를 조사 및 활용하였다. 이 외에 컨테이너 개당 탄소 배출량, Scope 3 활동이 이루어지는 항구 간의 거리(km)를 이용하였다.

연도별·선박별 컨테이너 운임 개수는 저연승 업계조사를 통해 확보하였다. 컨테이너 개당 배출량은 국내 원양해운업체인 에이치엠엠의 분석 결과를 통해 컨테이너 1TEU(6m 길이 컨테이너 1개 크기)를 1㎞ 이동할 때 발생하는 이산화탄소량이 2021년 29.05g임을 확인하였다.[72] Scope 3 활동이 이루어지는 항구 간의 거리(km)는 SEA-DISTANCES 사이트를 활용하였다.

72) 한겨레신문, (검색일: 2024.5.22.)

〈그림 4-3〉 항구 간 거리 측정




자료: SEA-DISTANCES, https://sea-distances.org/(검색일: 2024.5.22.)

업스트림 활동은 미끼와 선용품 공급으로 구분되며, 다운스트림에는 수출·유통을 위한 활동이 있다. 저연승 업계를 통해 미끼와 부식의 이동은 각각 상하이항, 부산항에서 칠레 푼타아레라스항으로 이동하며, 어획된 이빨고기는 칠레 푼타아레라스항에서 미국 Newrak항으로 주로 운반되는 것으로 조사되었다. 활동별로 출발 및 도착하는 항구가 다르기 때문에 SEA-DISTANCES를 통해 해상 마일(Nautical Miles)을 구한 뒤 km 단위로 변환하였다.

〈표 4-10〉 Scope 3 활동별 국가(항구) 간 이동 거리

| 구분 | | 국가(항구명) | | 거리(km) |
|---|---|---|---|---|
| Scope3 | 활동명 | 출발 | 도착 | |
| 업스트림 | 미끼 | 중국(상하이) | 칠레(푼타아레아스) | 18,090.34 |
| | 선용품 | 한국(부산) | 칠레(푼타아레아스) | 17,903.28 |
| 다운스트림 | 수출·유통 | 칠레(푼타아레아스) | 미국(Newrak) | 12,813.99 |
| | 국내 유통 | 칠레(푼타아레아스) | 한국(부산) | 17,903.28 |

자료: 저자 작성

〈표 4-11〉 Scope 2, 3 추정 방법

| 구분 | | 방법 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Scope 2 | | 추정 불가<br>(어선 자체 전력 생산 또는 배터리 활용) | - |
| Scope 3 | 업스트림 | 컨테이너 운임 개수 X<br>컨테이너 개당 탄소 배출량 X<br>Scope 3 활동 항구 간 거리 | • 상하이항-푼타아레라스항<br>• 부산항-푼타아레라스항 |
| | 다운스트림 | | • 분타아레라스항-Newrak항<br>• 푼타아레라스항-부산항 |

자료: 저자 작성

## (2) 추정 결과

앞서 조사한 컨테이너 운임 개수와 컨테이너 개당 탄소 배출량, Scope 3 활동이 이루어지는 항구 간의 거리(km)를 활용하여 Scope 3의 온실가스 배출량을 추정하였다. 산출된 항구 간 거리와 1TEU를 1km 이동할 때 발생하는 이산화탄소량(29.05g)과 선박별 컨테이너 수를 곱하여 추정된 연도별·활동별 온실가스 배출량은 〈표 4-12〉와 같다. 추정 결과, 2018년부터 2022년까지 총배출량은 연평균 7.5% 증가하는 모습을 보였으며, 이 중 업스트림 활동이 6.1%, 다운스트림 활동의 수출이 연평균 6.6%의 증가세를 기록하였다. 업스트림과 다운스트림 활동이 지속적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 활동별 비중은 2022년 Scope 3 기준 총배출량에서 업스트림이 67.8%를 차지하였으며, 미끼와 선용품 배출량이 각각 24.4%, 43.4%로 나타났다.

〈표 4-12〉 우리나라 저연승어업 Scope 3 활동별 온실가스 배출량 추정 결과

단위: kg

| 연도 | 업스트림 | | | 다운스트림 | | | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 미끼 | 선용품 | 소계 | 수출 | 국내 | 소계 | |
| 2018년 | 52,027 | 91,016 | 143,043 | 21,218 | 29,125 | 50,343 | 193,386 |
| 2019년 | 65,165 | 86,335 | 151,500 | 28,291 | 33,286 | 61,577 | 213,077 |
| 2020년 | 50,976 | 80,094 | 131,070 | 23,452 | 35,886 | 59,338 | 190,408 |
| 2021년 | 59,910 | 89,456 | 149,365 | 29,780 | 35,885 | 65,666 | 215,031 |
| 2022년 | 57,808 | 102,978 | 160,786 | 36,480 | 40,047 | 76,527 | 237,313 |

자료: 저자 작성

위의 분석결과를 바탕으로 우리나라 저연승어업의 Scope 3 기준 온실가스 배출량 총합은 최근 5년 평균 약 2만 톤으로 추정된다. 각 Scope별로는 Scope 1이 약 19,860톤으로 약 99%를 차지하고, Scope 2는 선박 사용 전기로 한정하여 추정에 한계가 있고, Scope 3은 약 210톤으로 약 1% 수준을 차지하는 것으로 추정된다.

〈표 4-13〉 우리나라 저연승어업 Scope 3 기준 온실가스 배출량 추정 결과

단위: 톤, %

| 연도 | Scope 1 | | Scope 2 | | Scope 3 | | 배출량 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 배출량 | 비중 | 배출량 | 비중 | 배출량 | 비중 | |
| 2018년 | 20,691 | 99.1 | - | - | 193 | 0.9 | 20,884 |
| 2019년 | 19,494 | 98.9 | - | - | 213 | 1.1 | 19,707 |
| 2020년 | 18,210 | 99.0 | - | - | 190 | 1.0 | 18,400 |
| 2021년 | 20,044 | 98.9 | - | - | 215 | 1.1 | 20,259 |
| 2022년 | 20,853 | 98.9 | - | - | 237 | 1.1 | 21,090 |
| 평균 | 19,858 | 99.0 | - | - | 210 | 1.0 | 20,068 |

자료: 저자 작성

## 제3절 소결

본 장에서는 원양저연승어업의 가치사슬 분석과 이를 바탕으로 한 Scope 3 구조 분석, Scope 3 기준 온실가스 배출량을 추정하였다. 원양저연승어업의 가치사슬 구조는 생산 전 단계와 생산단계, 생산 이후 단계로 크게 나눌 수 있다. 생산 전 단계의 경우 조업 준비를 위한 일련의 단계가 포함되고, 생산단계에서 투승, 양승, 전처리, 가공, 보관 등의 활동이 진행된다. 그리고 생산 이후 컨테이너를 통해 미국 등지로 수출되고 현지에서 유통되는 과정을 거친다.

해당 활동을 Scope 3 기준으로 대입해 보면, 생산 전 단계가 Scope 3의 다운스트림 활동, 생산 이후 활동이 Scope 3의 업스트림 활동, 생산단계에서 조업 활동이 Scope 1, 생산단계에서 보관 처리에 필요한 냉동고 전기 사용이 Scope 2에 해당한다. 이를 토대로 Scope 3 기준 온실가스 배출량을 추정하고자 하였으나, 다양한 활동에 의한 정확한 배출원 자료 수집에 한계가 있었다. 따라서 본 연구에서는 비교적 정확하게 추정할 수 있는 컨테이너를 활용한 해양 운반에 초점을 맞추어 온실가스 배출량 추정을 시도하였다.

우선, 통계청 자료를 활용한 결과 2022년 기준으로 Scope 1은 4만여 톤, 산업계 직접 조사 자료를 활용한 결과 Scope 1은 2만여 톤으로 추정되었다. 이처럼 차이가 나는 이유는 통계청 자료는 국제 유가 자료를 이용하여 환산하게 되는데, 활용되는 국제유가가 '산지가격', '최초유통가격', '기준가격'으로 볼 수 있기 때문이다. 반면에 업계는 '세금', '유통가격' 등이 부과된 가격을 지불하고 있으므로 통계청 자료를 활용하면 과대 추정될 수밖에 없는 구조인 것이다. 즉 정확한 배출량을 추정하기 위해서는 원양어업통계조사 진행 시 어선별 '연료투입량'을 추가로 조사하여야 할 것으로 판단된다.

다음으로 Scope 2는 추정에 한계가 있었고, Scope 3 활동은 약 210톤으로 추정되었다. 5개년 평균 산업계 조사 기반으로 Scope 3 기준 배출량 비중을 확인해 본 결과 Scope 1이 약 99%, Scope 3가 약 1% 수준의 배출량을 차지하고 있었다.

최근, 미국을 중심으로 미국 내 상장기업 및 유통망을 가진 기업에 대해 Scope 3 수준의 온실가스 배출량 공시를 권고하고 있다. 이에 우리나라 주요 대기업들은 회계자료와 자체 연구를 통해 Scope 3 기준으로 온실가스 배출량을 추정하였고, 기존 배출량에 비해 적게는 약 8배, 많게는 약 22

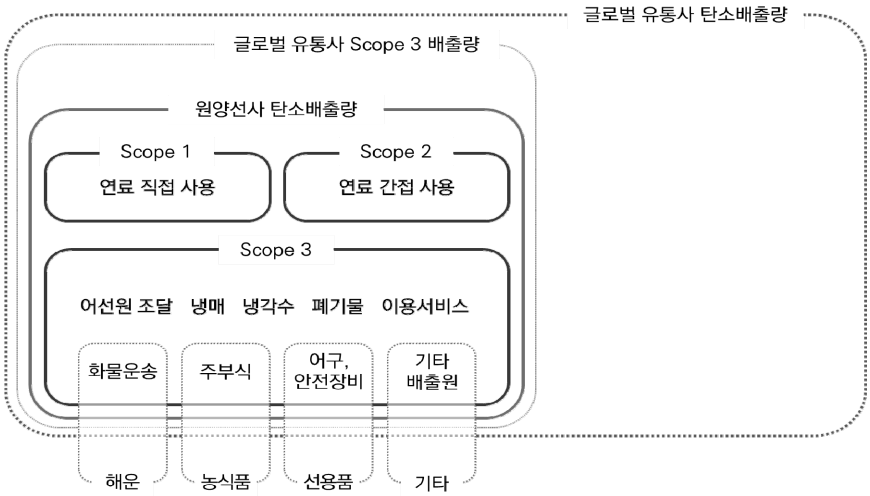
배라는 결과를 확인하였다. 이들 기업은 협력사, 유통사 등 관련 업계의 자료가 비교적 투명하기 때문에 Scope 3 기준 온실가스 배출량 추정이 '어느 정도'는 가능할 것으로 판단된다.

〈그림 4-4〉 국내 주요 기업 탄소배출량

자료: 서울경제(2024.2.20.)(검색일: 2024.5.19.)

이러한 대기업의 경우 협력사, 유통사에 대한 관리가 상대적으로 용이하고 그 거래품에 대한 온실가스 배출량이 어느 정도 추정 가능한 구조라고 예측된다. 하지만 어업활동에 있어 어업 투입요소에 대한 온실가스 배출량은 각각 완제품이 활용되고 있다. 또한 이들의 유통망도 복잡·다양하기 때문에 전 과정에 대한 온실가스 배출량 확인은 상대적으로 어렵고, 타 산업과의 중복 추정이 우려된다. 다만, 바다에서의 활동으로 제한한다면, 선용품을 운반하는 컨테이너선에 대한 온실가스 배출량을 환산하여 추정 가능하고, 본 연구 결과에도 제시하였으나, 해운업계의 Scope 1 배출량과 정확하게 중복되는 한계점 또한 동시에 존재한다.

〈그림 4-5〉 글로벌 수산식품 유통사 기준 Scope 3 관점에서 어업활동 배출량 산정 한계




자료: 저자 작성

〈표 4-14〉 원양저연승어업 Scope 3 구조 분석 결과 요약

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 가치사슬 | • 생산 전 단계: 조업 전 선용품, 연료수급, 선원수급, 미끼, 어구, 수리 등 조업 준비 일련의 단계<br>• 생산 단계: 투승, 양승, 어획물처리, 어획물보관, 선상폐기물 등 조업 단계<br>• 생산 후 단계: 하역항에서 하역, 하역 이후 주요국 수출을 위한 항해 |
| Scope 3 구조 및 배출량 | • Scope 1: 생산단계의 연료사용량<br>• Scope 2: 생산단계의 전기사용량(추정 한계)<br>• Scope 3: 이외 활동(컨테이너 활용 선용품 선적 외 추정 한계)<br>• 시사점: Scope 1 배출량 추정의 경우 선사 대상 직접 연료사용량 조사 필요<br>• 한계점: Scope 2, 3 활동의 온실가스 배출량의 정확한 근거 부재로 추정에 한계로 작용함 |

자료: 저자 작성

# 05
# 원양저연승어업 Scope 3 대응 방향

이번 장에서는 앞서 논의한 기후변화 논의 동향, 원양저연승어업 현황 및 특성, Scope 3 구조 분석 결과를 바탕으로 한 원양저연승어업 Scope 3 대응 방향을 제시하였다. 이때 기후변화 대응은 크게 온실가스 감축(완화)과 기후변화에 대한 적응으로 구분된다[73]. 따라서 크게 적응과 완화의 범주와 함께 원양저연승어업의 탄소배출량 수준 확인과 기후변화로 인한 원양저연승어업 종사자들의 교육을 기후변화 '이해'의 범주로 추가하여 각 대응방안을 서술하였다.

## 제1절 기본방향

산업혁명 이후 공업화가 진행되고 노동력이 기술과 자본으로 급격하게 대체되기 시작하면서 화석연료 사용이 증가하게 되었다. 화석연료 사용에 의한 온실가스 배출은 지구온난화의 직접적인 원인으로 지목되어 전 지구적으로 대응책에 나서게 되었다. 기후변화에 대응하기 위한 국제사회의 노력은 1972년 스톡홀롬 회의부터 시작되어 1992년 브라질 리우에서 UN

73) 행정안전부, 국가기록원, 기후변화대응, https://www.archives.go.kr/next/newsearch/listSubjectDescription.do?id=009315&pageFlag=&sitePage=(검색일: 2024.10.21.)

기후변화 협약, 1997년 교토의정서 실행, 2001년 남아공 더반 결정문, 2015년 파리기후협약, 2023년 두바이에서 지속되었다. 이들 대부분의 내용은 '에너지 부문에서 화석연료 사용 감축 또는 신재생에너지로의 전환'이다.

제2장을 통해 기후변화 대응 논의가 Scope 3 개념으로 확장되고 있음을 확인하였다. 최근 논의되고 있는 '탄소발자국 추적', '온실가스 전과정 평가'는 제조공장, 제조된 제품의 유통까지 모두 고려하는 개념으로 Scope 3 배출량 관리 개념으로 논의되고 있다. 이에 애플, 삼성, LG, 유니레버 등 국제 물류 공급망을 가진 대기업을 중심으로 단순히 넷제로(Net Zero) 달성뿐만 아니라 경제·사회 구조 전반에서 탄소중립 전환에 적응하는 전사적인 경영 전략 관점에서 접근 중이다. 그리고 농축산 분야와 바다를 사용하는 수산업과 해운산업에서도 이에 대한 대응책을 모색 중인 것으로 확인하였다.

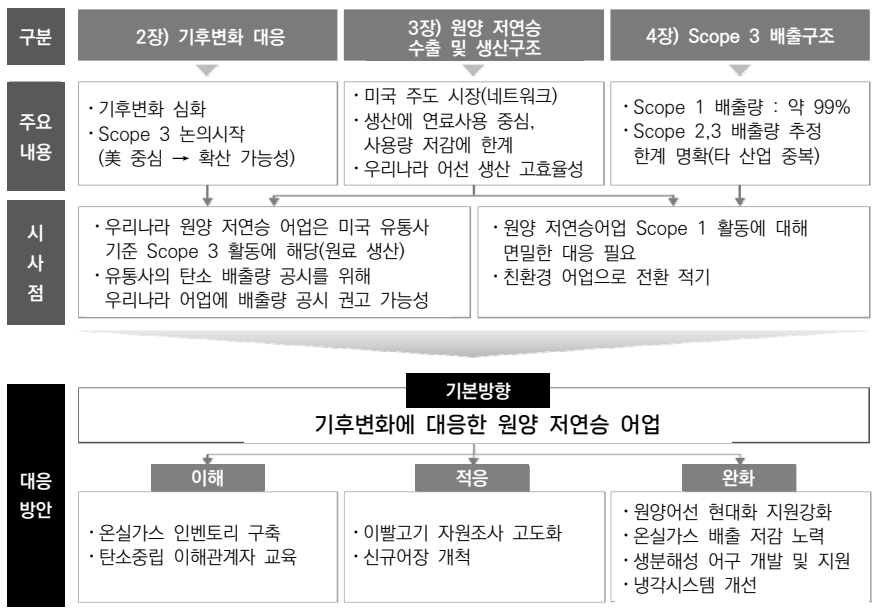
제3장을 통해 원양저연승어업의 특징, 글로벌 공급망 관점에서 중요성을 확인하였다. 그리고 자본, 노동, 연료사용량을 기반으로 한 생산함수 추정을 통해 현재 시점에서 연료사용량을 직접 줄여나갈 수 있는 대응책이 적합한지 파악하고자 하였다. 원양저연승어업은 남극과 남서대서양 해역에서 이빨고기를 주로 어획한다. 이빨고기의 교역 네트워크 분석을 진행한 결과 미국 중심의 연결망을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. Scope 3 개념을 적용한다면 미국 내 유통망을 활용해 원료를 공급하는 산업 전반에 영향을 미칠 우려가 있다. 그 이유는 미국 내 대형 유통 체인인 월마트, 아마존 등은 미국 공시기업이고 이들 기준에서 판매되는 물품을 생산하는 과정에서 온실가스 배출이 Scope 3 활동으로 정의되기 때문이다. 우리나라 원양저연승어업은 미국으로 수출하고 있어 그 영향이 매우 클 수 있다. 그리고 계량경제학적 분석을 통해 Scope 3 논의에 대응하여 직접적으로 연료사용량을 줄이는 대응책은 적절하지 않아 간접적인 활동의 온실가스 배출 저감 대응이 필요한 것을 확인하였다.

제4장을 통해 우리나라 원양저연승어업의 온실가스 배출량 수준을 확인하였

다. Scope 1 수준의 배출량을 확인하기 위해 통계청 자료와 선사 직접 조사 자료를 통해 각각 추정한 결과 통계청 자료를 기반으로 온실가스를 추정한다면 과다 추정될 우려가 있음을 확인하였다. 그리고 Scope 3 활동에 대한 배출량 추정의 한계점을 확인하였다. 원양저연승어업을 둘러싼 조업 이전 활동에 대한 각 투입요소에 대한 유통 흐름의 복잡성과, 투입요소를 생산하는 생산업체의 영세성으로 인한 온실가스 배출원에 대한 집계방식의 한계가 있었다. 그리고 Scope 3의 활동이 각 투입요소 생산업체의 Scope 1에 해당하는 활동과 중복되는 한계가 있다. 이는 앞서 1장 선행연구에서 언급한 Scope 3 구조 분석에 대한 복잡성과 중복성의 문제와 일치하고, 비단 원양저연승어업뿐만 아니라 타 산업의 Scope 3 적용에도 발생하는 문제점이라고 볼 수 있다.

이렇게 각 장별 시사점과 내용을 바탕으로 기후변화에 대응한 원양저연승어업의 대응 방안을 이해, 적응, 완화 부분의 큰 범주로 구분하여 제시하였다.

〈그림 5-1〉 각 장별 구성과 주요 내용을 바탕으로 한 기후변화 대응 원양저연승어업 대응 방안




자료: 저자 작성

## 제2절 대응방안

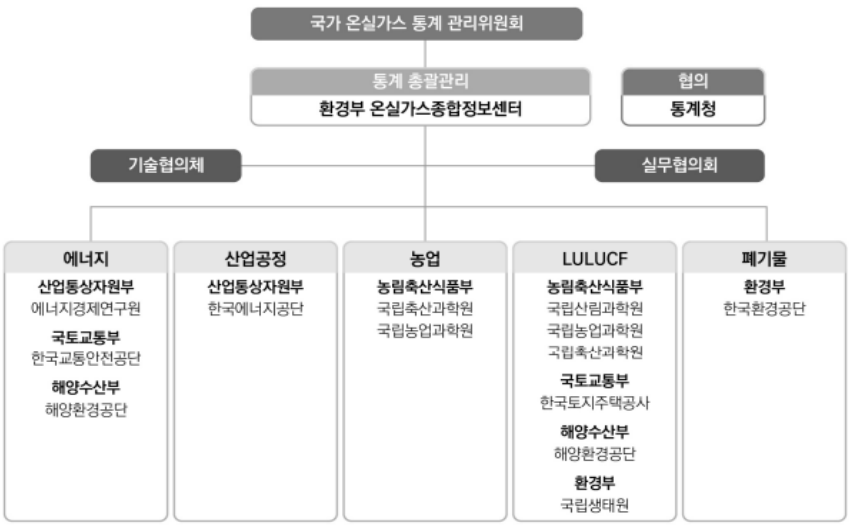
### 1. 기후변화에 대한 이해

#### 1) 온실가스 인벤토리 구축

(1) 필요성

우리나라의 경우 분야별 온실가스 통계관리는 「탄소중립기본법 시행령」에서 정하는 분야별 관장기관이 담당하고, 관장기관은 해당 분야 통계의 전문성을 확보한 기관을 산정기관으로 지정하여 온실가스 인벤토리 구축을 위한 자료를 수집 중이다. 현재까지 에너지, 산업공정, 농업, LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry; 토지이용, 토지이용 변화 및 임업), 폐기물 분야로 나누어져 분야별 온실가스 인벤토리를 구축 중이다.

〈그림 5-2〉 국가 온실가스 인벤토리 작성 조직도



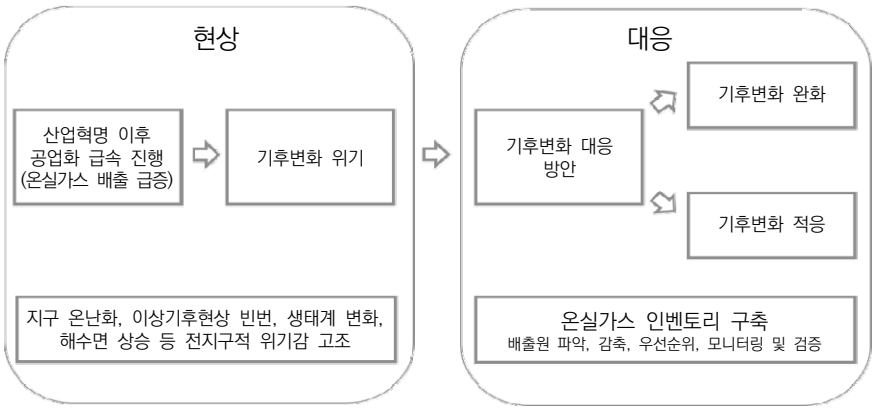

자료: 환경부(2023), p.41

원양산업의 경우 수산업으로 분류될 수 있는데, 수산업은 현재 농업 분야의 세부 분야로 나누어져 인벤토리 자료를 수집·구축 중이다. 국내 수산업의 경우 어업 분야에서만 온실가스가 배출된다고 판단되어 그 관심도가 타 산업군 대비 부족하고, 실제 2018년 기준 온실가스 배출량이 농축수산업 합계 3.4%로 배출량 수준 또한 낮다.[74]

그 이유를 살펴보면 원양산업의 경우 수산업의 일부인 데다가, '공해상의 활동, 국외 활동'이라는 인식으로 그 관심도가 낮은 것으로 추측된다. 하지만 공해상의 활동의 시각에서 다시 살펴본다면, 다양한 국가가 조업활동을 진행 중이기 때문에 각 국가 간 공동으로 기후변화에 대응하기 위한 인벤토리 구축이 필요하기도 하다.

앞서 4장에서는 통계청 자료를 기반으로 온실가스 배출량을 추정하고, 원양저연승어업 선사별 유류사용량을 기반으로 수행하여 비교하였다. 비교 결과 통계청 자료를 기반으로 추정하면 과대 추정될 가능성이 존재하므로, 원양저연승어업의 경우 선사 직접 조사를 통한 온실가스 인벤토리 구축이 필요하다.

〈그림 5-3〉 온실가스 인벤토리 구축의 필요성 및 중요성




자료: 저자 작성

74) 관계부처 합동(2021), p.11.

### (2) 세부 내용

원양저연승어업 온실가스 인벤토리 구축 방법은 첫째, 우리나라 해양수산부 주도로 수산업과 원양산업 분야에 적용하는 방법과 둘째, 국제수산기구에서 주도적으로 진행하는 방법 두 가지를 고려해 볼 수 있다. 이 모두를 고려해 본다면 우리나라 해양수산부에서 주도적으로 인벤토리를 구축하는 것이 바람직하다. 그 이유는 국제수산기구에서 주도적으로 온실가스 인벤토리 구축을 시도할 때, 해당 해역에서 조업을 진행 중인 국가별로 통계자료를 제출하는 절차가 있고, 이는 결국 해양수산부가 주도적으로 진행해야 되는 구조이기 때문이다.

원양저연승어업 온실가스 인벤토리 구축, 나아가 우리나라 원양산업 온실가스 인벤토리 구축을 위해서는 현시점부터 각 선사별로 조업 중인 어선의 연도별로 유종과 유류사용량 자료를 확보하고 수집하는 것이 바람직하다. 이때 온실가스 통계의 정확성을 향상하기 위해 상위방법론을 적용해야 한다.

기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)에서는 온실가스 인벤토리 산정지침을 지속적으로 개선하고자 하며, 상위의 방법론은 활용한 인벤토리 작성을 권고하고 있다. 우리나라 타 분야 산정방법론의 경우 대부분 Tier 1 수준이며, 자세한 활동자료나 국가 고유 배출계수가 개발된 일부 부문에 대해 Tier 2 방법론 또는 Tier 3 방법론을 적용하고 있다.[75] 이러한 지침에 따라 원양산업 온실가스 인벤토리 구축이 필요하며, 조사 방법은 연 단위로 시행되는 원양산업 통계조사 시 선사별 어선별 유종과 유류사용량을 바탕으로 Tier

75) 배출량 산정방법론은 Tier 1~Tier 4까지 존재하며, Tier 1과 Tier 2의 차이는 추정방법론은 동일하나, 투입자료의 연료사용량의 측정불확도 차이에서 기인함(Tier 1: 사업자 또는 연료공급자에 의해 측정된 측정불확도 ±7.5% 이내의 연료 사용량 자료를 활용, Tier 2: 측정불확도 ±5.0% 이내의 연료 사용량 자료를 활용); 환경부 온실가스 배출권거래의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침 [별표 6]

2~Tier 3 수준으로 조사를 진행해야 한다.

〈표 5-1〉 원양산업 온실가스 인벤토리 구축

| 구분 | 인벤토리 구축 주체 | 방법론 |
|---|---|---|
| 국제수산기구 주도 | 해양수산부 | Tier 2~3 수준 개발 |
| 해양수산부 주도 | 해양수산부 | Tier 2~3 수준 개발 |
| 내용 | 원양산업통계조사 진행 시 원양산업 선사별 유종 및 유류사용량 조사 추가 진행 | |

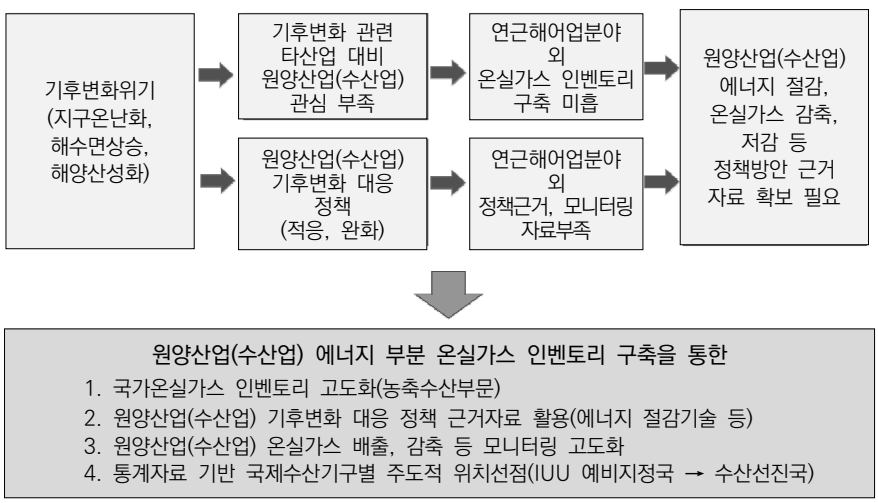
자료: 저자 작성

〈표 5-2〉 온실가스 산정등급(Tier) 최소적용기준

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| Tier 1 | 활동자료, IPCC 기본 배출계수(기본 산화계수, 발열량 등 포함)를 활용, 배출량 산정 |
| Tier 2 | Tier 1보다 더 높은 정확도를 갖는 활동자료, 국가 고유 배출계수 및 발열량 등 일정 부분 시험·분석을 통하여 개발한 매개변수값을 활용하는 배출량 산정방법론 |
| Tier 3 | Tier 1, 2보다 더 높은 정확도를 갖는 활동자료, 사업자가 사업장·배출시설 및 감축기술 단위의 배출계수 등 상당 부분 시험·분석을 통하여 개발하거나 공급자로부터 제공받은 매개변수값을 활용하는 배출량 산정방법론 |
| Tier 4 | 굴뚝자동측정기기 등 배출가스 연속측정방법을 활용한 배출량 산정방법론 |

자료: 법제처, 국가법령정보센터, 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침, 별표 5 (검색일: 2024.8.27.)

〈그림 5-4〉 원양산업 분야 온실가스 인벤토리 구축의 의의




자료: 저자 작성

## 2) 저연승어업 이해관계자 대상 탄소중립 이행 교육 및 홍보

### (1) 필요성

본 연구를 수행함에 있어 원양저연승어업 종사자, 협회, 과학자 등 이해관계자들과 다양한 의견을 나눌 수 있었다. 대다수는 기후변화의 위기와 대응에 공감하고 있었으나, 세밀한 부분까지 이해하는 관계자는 드물었다. 그 이유는 첫 번째, 수산업까지 영향을 미치진 않을 것이고, 두 번째, 우리나라 이외 다른 국가에서 규정하면 그때 움직이면 된다는 의견이 있었다. 마지막으로, 현재에도 국제수산기구에서 보존조치만 이행을 잘하면 조업에 큰 영향을 미치지 않을 것이라고 생각하기 때문으로 보인다.

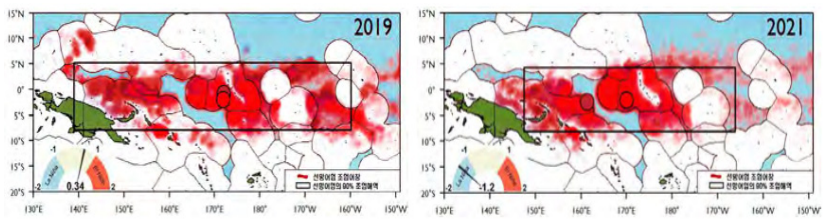
원양저연승어업 선사는 경영체로서 이익 창출이 기본적 목표이다. 그리고 어선원 및 사관급(선장, 1, 2, 3항해사 등) 선원은 이익 창출을 위해 조업활동을 하는 주체로서 조업에 의한 이익 창출에 집중한다. 따라서 이외 이슈에 대해 관심이 덜할 수도 있다. 다만, 공해상에서 조업 활동을 위해 국제수산기구의 보존조치를 충실히 이행하는데, 그 이유는 선사와 어선원 입장에서 해당 어장에서의 조업활동을 지속하기 위함이고, 대의적으로는 후세에 지속가능한 수산자원을 물려주기 위함이다.

현재 기후변화 대응 논의는 '전과정평가', 'Scope 3'으로 범위가 확대되고 있다. 식품산업으로 확장하면 '원료'를 생산하는 농업, 수산업까지 곧 영향을 미칠 것으로 판단되며, 기후변화에 대한 정확한 이해와 대응 방안에 대한, 종사자를 중심으로 한 교육과 홍보를 통해 인식 개선이 필요하다. 기후변화 위기 속에 저연승어업의 지속가능성을 위해서는 어업활동의 변화와 온실가스 저감의 필요성에 대한 깊은 공감이 전제되어야 선사의 이윤 창출이 보장되는 시기이기 때문이다.

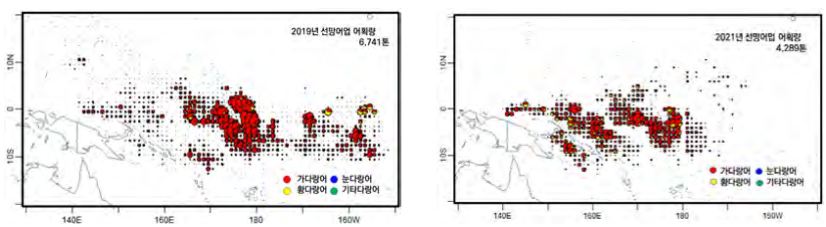
### (2) 세부 내용

원양산업 전반에 있어 교육자료 개발이 필요하다. 교육자료에 포함될 내용은 최근 기후변화 관련 동향, 기후변화가 수산업에 미치는 영향, 기후변화 완화를 위한 원양산업의 노력과 같은 전반적인 내용을 다루는 한편, 본 연구에서 제안하는 여러 대응책에 관한 내용도 포함되어야 한다. 그리고 조업 중 쓰레기 소각, 조업 폐기물 처리(어획물 처리, 폐어구), 생활 폐기물 처리 등과 같이 세부적인 내용 또한 다루는 것이 바람직하다.

〈그림 5-5〉 기후변화 관련 교육자료 포함 예시




중서부태평양수산위원회 선망조업 엘니뇨(좌), 라니냐(우) 영향 어장분포 변화




중서부태평양수산위원회 수역 내 우리나라 선망조업 연도별 종별 어획량 변화

자료: 국립수산과학원(2023), p. 46

이해관계자들에게 반기 혹은 연도별 교육 진행이 필요하며, 사관급 인원을 포함한 승선원을 대상으로 승선 전후 교육을 진행할 필요성이 있다. 이때 외국인 선원의 이해도를 높이기 위해 각국별 언어 형태로 팸플릿을 제작해야 한다. 그리고 국제 옵서버 교육과 동시에 국제 옵서버 승선 시 어선원을 대상으로 기후변화 대응 이행 노력을 환기시키도록 하는 것이 바람직하다.

〈표 5-3〉 원양산업 이해관계자를 대상으로 한 기후변화 인식 개선 교육 및 홍보 필요 내용

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 목적 | • 원양산업 종사자의 기후변화 대응 인식 개선<br>• 온실가스 배출 저감 노력에 따른 기후변화 대응에 대한 원양산업 기여 |
| 교육내용 | • 기후변화가 원양산업에 미치는 영향<br>• 온실가스 배출 전과정평가(Scope 3)에 대한 이해<br>• 원양산업 기후변화 대응책 증진, 대응책 이행 필요성 환기<br>• 조업어장 분석 자료 공유, 어업효율성↑(연료사용량 저감)<br>• 조업 활동 중 간접적으로 배출되는 온실가스 저감 노력(폐기물, 쓰레기 등)<br>• 지속가능한 산업을 영위하기 위한 노력으로 인식 개선 |
| 비고 | • 승선 전후 교육 진행<br>• 외국인 선원 맞춤형 팸플릿 제작(외국어 제작)<br>• 국제 옵서버를 통한 어선원 대상 기후변화 대응 이행 노력 환기 |

자료: 저자 작성

## 2. 기후변화에 대한 원양저연승어업 적응

### 1) 이빨고기류 자원분포 조사

#### (1) 필요성

원양저연승어업의 주요 목표종인 이빨고기는 남극과 FAO 41해구에서 어획되고 있다. 남극의 경우 국제수산기구인 CCAMLR에서 지속가능한 수산업을 위해 자원량 조사를 진행 중이지만, FAO 41해구는 아직 국제수산기구가 설치되지 않아, 수산자원 평가가 이루어지지 않고 있으므로 강도 높은 어획노력량이 투입될 경우 수산자원의 지속성을 담보할 수 없다.

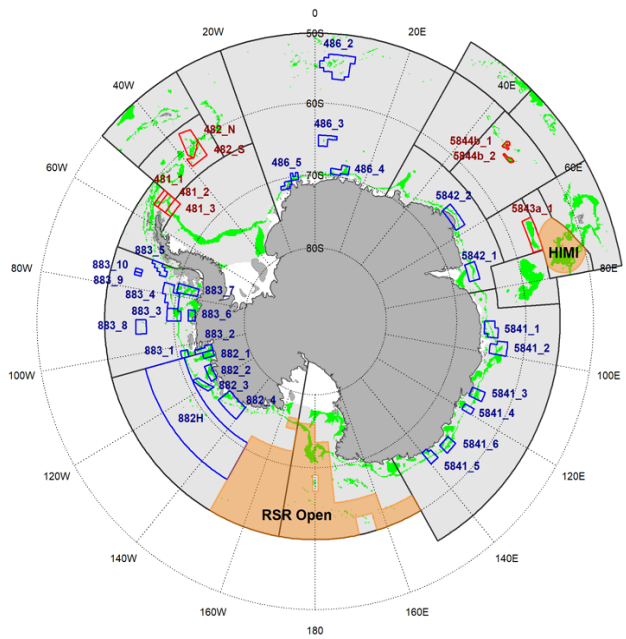
앞서 3장에서 원양저연승어업의 생산은 낚시 수에 직접적인 영향을 받는 것으로 나타났다. 이빨고기 자원량 조사 및 자원 분포를 바탕으로 과도한 낚시를 투입하지 않고 효율적인 어업이 이루어질 수 있도록 이빨고기류 자원분포 조사

가 필요하다. 또한 최근 기후변화에 따른 수온 변화 영향에 이빨고기 서식지 변동이 이루어지는지에 대한 자연과학적인 검토가 필요한 시점이다.

### (2) 세부 내용

CCAMLR는 이빨고기류의 자원상태를 평가하고 어획 한도 설정을 위해 최신의 과학적 자료를 활용하는 것이 중요하다고 강조한다. 현재 이빨고기류의 자원상태와 어획 한도 결정 과정은 최고의 과학적 과정에 근거한 것으로 평가된다. 다만, 관할 국제수산기구가 없는 FAO 41해구의 이빨고기에 대한 지속가능한 이용과 관리를 위해서는 자원조사와 평가가 CCAMLR 수준에 근거하여 이행될 필요가 있다.

〈그림 5-6〉 CCAMLR 조사해역




자료: CCAMLR 홈페이지, (검색일: 2024.4.15.)

다만, CCAMLR에서도 해역별로 자원조사와 평가의 수준 차이가 존재하므로, CCAMLR 전 해역에 대한 자원조사 체계 수립이 필요하며, 우리나라 상업선의 적극적인 참여를 독려해야 한다. 현재 기준으로 88.1해구에서 회원국이 어획량, 표지방류 및 재포획자료, 연령과 체장 등 생물학적 자료를 수집하여 이를 바탕으로 자원평가를 수행하고 있다. 이외 48.6, 58.4.1, 58.4.2, 58.4.3, 58.4.4, 88.2해구의 경우 자료부족 해역으로 어획 조언이 필요하다. 〈그림 5-6〉에서 주황색 부분은 자원평가 수행해역 88.1해구이고, 파란색은 자료가 부족한 해구를 뜻한다.

88.3해구는 이빨고기류의 직접 어획이 금지된 해역으로, 현재까지 자원평가가 이루어지지 않은 해역이다. 2016년에 우리나라가 조사를 시작하여 뉴질랜드와 우크라이나가 공동으로 조사를 수행 중으로 2024년 10월 세계 최초로 동 해역의 생물학적 특성, 계군 구조 등에 대한 자원조사 결과가 발표될 예정이다. 이후 지속적인 자원조사를 위해 매년 CCAMLR 과학위원회에서 조사계획서의 검토 및 승인을 받고 있으며, 향후 예비자원평가를 시도하고 있는 해역이다.

이와 같이 CCAMLR 해역에서 자원조사 해역을 점차 늘려나갈 필요가 있으며, FAO 41해구 또한 국제수산기구가 설립된다면 이를 벤치마킹해서 자원분포 조사를 매년 시행해야 한다. 이때 우리나라가 적극 참여하여 수행할 필요가 있다. 그리고 기후변화에 따른 이빨고기류 서식환경 변화가 효율적인 어업활동에 영향을 미칠 수 있으므로, 수온 및 해양여건 변화에 따른 수산자원 분포 조사 개발을 수행해야 한다.

〈표 5-4〉 이빨고기류 자원분포 조사 강화

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 목적 | • 이빨고기 자원분포 조사를 통한 어업 효율성 강화<br>• 기후변화가 이빨고기 서식환경 변화에 미치는 영향 확인 |

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 조사내용 | • CCAMLR: 88.1 해구 외 자료 부족 해역 조사 확대 적극 참여<br>• FAO 41해구 국제기구 신설 시 CCAMLR 해역 조사 벤치마킹<br>• 기존) 어획량, 표지방류 및 재포획자료, 연령-체장, 생물학적 자료 수집<br>→ 추가) 수온, 해양환경 변화 자료수집 추가 |
| 비고 | • FAO 41해구 국제기구 신설 이전 온실가스 인벤토리, FMC* 자료 바탕 어획량, 어획 위치 등 구축된 자료를 바탕으로 주도적인 위치 선점 노력 |

주: FMC(동해어업관리단)-원양산업의 실시간 어획량 수집 시스템 보유
자료: 저자 작성

## 2) 이빨고기류 신규 원양어장 개척

### (1) 필요성

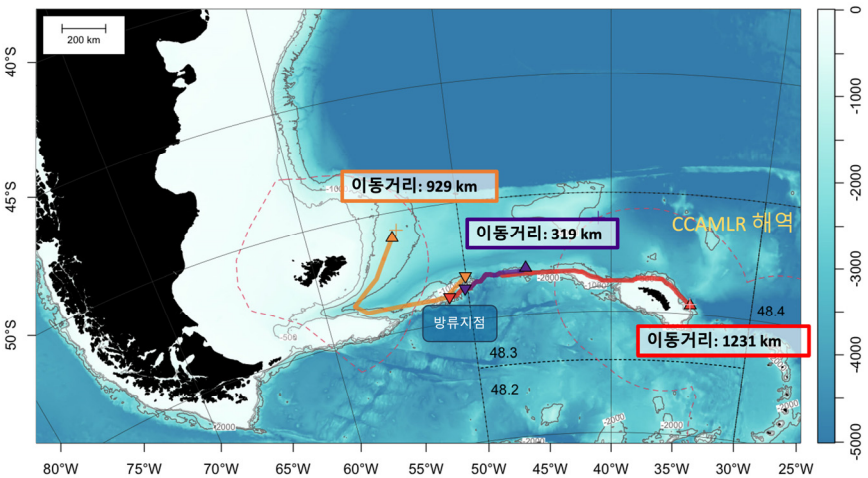
현재 우리나라 이빨고기는 CCAMLR 해역과 FAO 41해구에서 어획 중이다. 조업 패턴의 경우 CCAMLR 해역에서 우선 조업을 실시하고, 보존조치에 따라 어획한도량에 도달할 경우 FAO 41해구에서 조업을 한다. 그리고 칠레, 페루 등 근처 항구에서 하역 후 컨테이너선을 통해 미국 주요 항으로 수출한다.

이빨고기는 크게 파타고니아이빨고기(*Dissostichus eleginoides*)와 남극이빨고기(*Dissostichus mawsoni*) 두 종류가 있으며, 이 어류는 CCAMLR 해역과 FAO 41해구 이외에도 서식한다. 기후변화가 이들 해역에 영향을 미쳐 조업활동에 영향을 미칠 가능성이 존재한다. 2018년 국립수산과학원은 위성전자표지자료를 이용하여 인공위성 분석을 통해 CCAMLR 회원국 중 최초로 남극이빨고기의 행동 특성을 파악했다.[76] 당시에는 남극이빨고기의 해역 간 이동은 거의 없는 것으로 연구결과를 발표하였다.[77] 이후 2023년에는 남서대서양의 파타고니아이빨고기의 장거리

76) 해양수산부 보도자료(2018.12.18.), (검색일: 2024.9.5.)
77) 위의 자료(검색일: 2024.9.5.)

이동을 최초 확인하였다.[78]

〈그림 5-7〉 파타고니아이빨고기의 장거리 이동 경로 및 이동 거리




자료: 국립수산과학원, 보도자료, 남서대서양 파타고니아이빨고기, 장거리 이동 최초 확인 (검색일: 2024.9.5.)

기후변화에 따른 해양환경 변화는 이빨고기류의 서식 환경에 영향을 미쳐 서식지가 이동될 가능성이 있다. 그리고 현재 두 군데에 집중된 이빨고기류 생산지역을 확대하여 안정적인 조업 여건을 만들 필요가 있다.

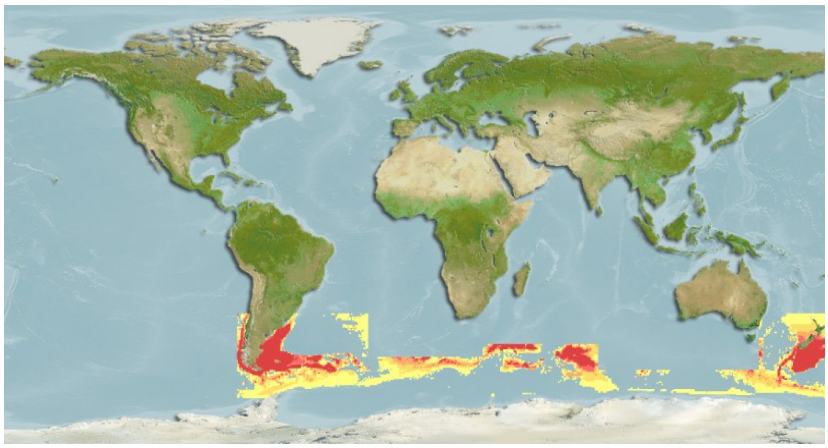
### (2) 세부 내용

이빨고기류는 CCAMLR 해역과 FAO 41해구 외 남동대서양(SEAFO: South East Atlantic Fisheries Organization), 남태평양(SPRFMO: South Pacific Regional Fisheries Management Organization), 남인도양(SIOFA: Southern Indian Ocean Fisheries Agreement) 해역에서 어획되고 있는 것으로 알려져 있다.[79] 이들 해역에는 국제수신기구와 국제협정이 존재한다. 그리고 우리나라의 경우 이들 모두 회원국 위치에 있다.[80]

78)국립수산과학원, 보도자료(2023.9.15.) (검색일: 2024.9.5.)
79) Fishbase, (검색일: 2024.9.5.)

이들 해역을 중심으로 원양저연승어선을 활용하여 신규어장 조사사업을 진행한다. 그리고 경제성 평가, 사업성 여부를 파악하여 각 국제수신기구와 협의를 거쳐 우리나라가 조업을 할 수 있는 여건을 만들어야 한다.

〈그림 5-8〉 파타고니아이빨고기 서식처



자료: Fishbase, (검색일: 2024.9.5.)

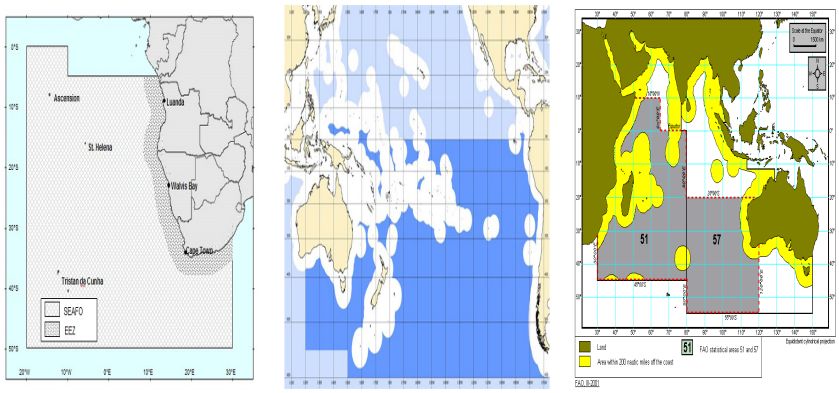
〈표 5-5〉 이빨고기류 신규 어장 개척 사업

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 목적 | • CCAMLR, FAO 41 외 신규 어장 개척으로 안정적 조업 여건 마련<br>• 기후변화에 따른 이빨고기 서식환경 변화에 사전 대응 |
| 사업 내용 | • 남동대서양(SEAFO), 남태평양(SPRFMO), 남인도양(SIOFA) 해역 대상 조사선 투입<br>• 사업성, 경제성 평가 후 각 국제수산기구 협상 진행 |
| 비고 | • 노후어선 활용 방안 검토(현대화 지원사업 대상 어선 폐선 전 안전성 확보 후 활용) |

자료: 저자 작성

80) 해양수산부, 부서별 사전공표정보, 국제기구현황, (검색일: 2024.9.5.)

〈그림 5-9〉 이빨고기 신규어장 개척 사업 대상 해역




자료: 해양수산부, 부서별 사전공표정보, 국제기구현황, (검색일: 2024.9.5.)

## 3. 저연승어업의 온실가스 배출 완화

### 1) 원양어선 현대화 지원강화

#### (1) 필요성

2024년 9월 현재 기준 우리나라 원양저연승어선의 선령은 최소 9년에서 최대 38년으로 평균 27년이다.[81] 어선의 노후화가 진행될수록 연료효율성이 떨어지기 때문에 어선현대화가 필요하다. 특히 본 연구 3장에서 분석한 결과에 따르면, 원양저연승어업의 생산에는 낚시 수와 연료사용량이 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고 현재 우리나라 대부분의 어선이 생산효율성을 달성하고 있는 것으로 나타나 연료사용량에 제한을 두는 등의 강력한 제재는 현실적으로 선사와 해당 국가가 받아들일 수 없는 조치이다. 즉 어선 현대화를 통해 연료효율성을 높이고, 어획능력을 극대화하는 방안이 필요한 것이다. 이 외에 어선현대화 사업을 통해 최근 불

81) CCAMLR 홈페이지, (검색일: 2024.3.14..) 바탕 저자 재작성

거지고 있는 국제적인 노동인권 이슈에 대응하여 어선원의 휴식공간 부여, 안전한 조업환경으로 개선 등과 같은 효과를 동시에 누릴 수 있다.

〈그림 5-10〉 원양어선 현대화 사업 대상 어선

자료: 시사미래신문(2023.4.24.), (검색일: 2024.9.5.)

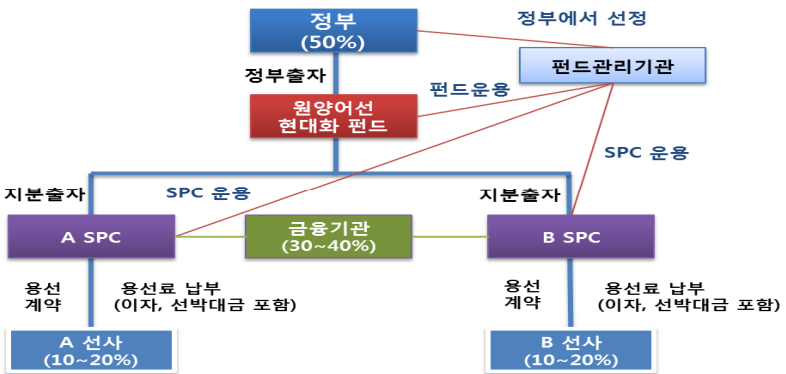
### (2) 세부 내용

해양수산부에서는 원양어선의 노후도와 선박복지, 조업 안전 개선을 위한 원양어선안전펀드 사업을 진행 중이다. 구체적으로는 선령 40년을 기준으로 노후원양어선을 대체하기 위한 원양어선 안전 펀드를 조성하기 위한 제도를 2019년 2월부터 도입하여 운영 중이다. 최초에는 선령이 30년 이상 된 어선 중에 국내외 조선소에서 신조가 가능하고, 대중성 어종을 공급하는 채낚기(오징어), 봉수망(꽁치) 업종을 대상으로 지원하다가 최근에 전 업종으로 확대하였다. 이에 따라 대미 수출의존도가 높은 이빨고기 원양저연승업종에 대해서도 적용 가능하다.[82]

82) 실제 2024년에 저연승어선 1척이 신조사업자로 선정됨

현재 제도는 정부 출자를 통해 원양어선 현대화 펀드를 조성하고, 금융기관과 선사 부담을 결합하여 SPC를 설립한 후 선박을 건조한다. 이때 신조자금을 정부출연금 50%로 3년 거치 12년 분할 상환 조건으로 무이자 대출 지원하는 내용으로 SPC가 선주가 되어 원양선사와 15년 장기 용선계약을 체결하고, 선사는 선박운영 수입으로 용선료를 지불하는 운영형태를 따른다.

〈그림 5-11〉 현행 원양어선 현대화 펀드 구조도




자료 : 원양산업협회 서면 자문 활용(2024.8.22.)

원양저연승어업을 포함한 원양산업의 원양어선 현대화 사업 활성화를 위해 현재 고금리 상황과 업계 경영난 상황을 고려하여 추가적인 지원책을 모색해야 한다. 우선 조업 관련 활동 및 어획량 일시 부진 등 긴급상황 발생 대응 프로그램을 도입하여 신조선 운영체에 상환기한을 연장하는 방안과 고금리에 대응하여 펀드선납금 담보인정으로 원양어업경영자금 대출 지원, 금리선택 옵션제(2년 단위, 고정 또는 변동)를 도입한다. 대형 선박투자회사제도를 이용하여 원양어선의 선박을 건조하고 소유하도록 하고, 원양중소기업자는 용선주로 용선료만 부담하여 신조선을 장기 운용하는 제도 운영을 검토해야 한다. 마지막으로, 지속적인 신조 대체를 위해 정부 직접 보조금의 우회 지원방안을 검토할 필요성이 있다.

〈표 5-6〉 원양어선 현대화 지원 펀드 지원 고도화 내용

| 구분 | | 지원 내용 |
|---|---|---|
| 현행 | 지원 용도 | • 노후원양어선 신조대체를 위한 자금 지원 |
| | 펀드 재원 | • 정부(해수부) 출자금 |
| | 펀드 규모 | • (펀드규모) 420억 원(2021) → 570억 원(2022, 150억 증자) → 660억 원(2023, 90억 원 증자) |
| | 지원 방식 | • 선가 50% 후순위 무이자 대출 |
| | 지원 기간 | • 선박 인도 후 15년(인도 후 3년 거치 12년 분할상환) |
| | 지원 통화 | • 원화(해외조선소의 경우도 원화지급, 환차손은 선주부담) |
| 추가(고도화) | | • 긴급상황(조업여건 악화 등) 발생 대응 프로그램 도입<br>• 선순위은행 대출금리 조정, 금리선택 옵션제(2년 단위, 고정 또는 변동) 도입<br>• 펀드선납금 담보인정(예금담보 성격)으로 원양어업경영자금 대출 지원<br>• 대형 선박투자회사제도를 이용한 원양어선의 선박 건조 및 소유, 원양중소기업자는 용선주로 용선료만 부담 후 신조선 장기운용제도 도입<br>• 지속적인 신조 대체를 위한 정부 직접보조금의 우회적인 지원방안 강구 |

자료: 세계로선박금융 홈페이지 내 공지사항, (검색일: 2024.9.3.) 바탕 저자 재작성

## 2) 온실가스 배출 저감 노력

### (1) 필요성

현재 원양저연승어업의 주요 어장은 남극해역으로 전 세계적으로 기후변화, 환경보존의 관점에서 관심이 큰 지역이다. 원양산업과 마찬가지로 공해상을 활용하는 상선의 경우 IMO의 온실가스 배출 규제[83] 이행을 위해 신조선 건조와 함께 온실가스 배출 저감 장치 개발 및 보급을 병행하고 있다.[84]

83) 2023년 1월 시행된 기존 선박 대상 에너지 효율성 지수(EEXI: Energy Efficiency Existing Ship Index)로 국제항해에 종사하는 총톤수 400톤 이상의 선박 중 EEXI 미충족 선박들은 종전보다 탄소배출량을 약 20% 정도 감축하도록 요구함

84) 해사신문, (검색일: 2024.8.30.)

원양저연승어선의 온실가스 배출을 저감하기 위한 가장 효과적인 방법으로는 앞서 언급한 노후어선 현대화를 들 수 있다. 그러나 신조선 건조에는 상당한 시간과 예산이 소요됨에 따라 즉각적인 온실가스 배출 저감에 한계를 갖는다. 온실가스 배출 저감장치 보급은 신조선 건조에 비해 시간과 비용 측면에서 효율적이며, 기존 선박의 수명을 연장시킨다는 점에서 환경적 이점도 제공한다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 어선 분야에서는 규모의 제약, 기술적 한계, 인식 부족 등으로 인해 온실가스 배출 저감장치의 보급이 활발히 이루어지지 않고 있다.

다만, 어선은 상선에 비해 규모가 작아 온실가스 배출 저감장치를 설치할 공간이 부족하고, 현존하는 배출 저감장치들도 주로 상선에 맞춰 설계되어 어선에 적합하지 않은 경우가 많다. 일부 연안어선의 경우 전기 추진, 하이브리드 어선 등 친환경 에너지 절감형 어선 개발을 추진하고 있으나 원거리 조업을 특징으로 하는 원양어선의 경우 육상에 전기 등의 연료를 원활하게 공급하기 어려워 적용하기가 어렵다.[85]

### (2) 세부 내용

어선의 온실가스 배출 저감 노력을 위해서는 상선에 비해 상대적으로 규모가 작고 어창 등에서 염분과 같은 극한 환경에 노출되는 특성과 운용 패턴을 고려한 에너지 효율적인 추진 시스템 개발이 병행되어야 한다.

선박대기오염물질관리시스템(SEM: Ship Emission Management System)의 기술정보에 따르면, 연안해운어선의 에너지 절감기술은 크게 추진효율 향상기술, 저항감축기술, 엔진/축 출력 제한기술, 대체연료 사용기술, 에너지 절감기술이 있다.[86] 이때 원거리 조업 특성을 보유한 원양저연승어업의 경우 정기적·부정기적으로 육상과 육상을 이동하는 연안선, 상

85) 원양산업협회 서면 자문(2024.8.22.)
86) 선박대기오염물질관리시스템, (검색일: 2024.9.5.)

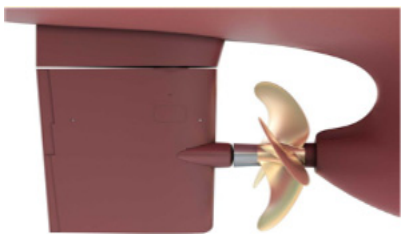
선과 운영 패턴이 다르고, 선박 크기, 엔진 재원 등이 다르기 때문에 아래 기술 중 적합한 기술 개발과 보급이 필요하다. 다만, 대체연료 사용의 경우 운영 특성, 선박 크기 등을 제외하고 모든 선박에 적용 가능할 것으로 판단된다.[87]

〈표 5-7〉 선박 대기오염 배출 저감기술 정보

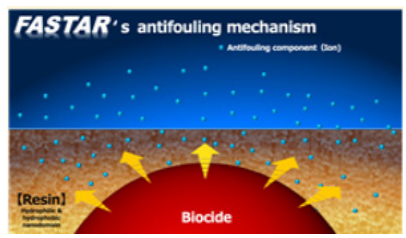
| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 추진효율 향상기술 | • 추진기 회전 방향 운동에너지 손실 최소화로 추진효율 향상 |
| 저항감축기술 | • 선박 마찰을 줄여 에너지 효율을 향상(저마찰 도료 코팅, 선체 아래 기포층 생성 |
| 엔진/축 출력 제한기술 | • 엔진 출력제한, 축 출력제한으로 선속 감소에 따른 연비 개선 효과 |
| 대체연료 사용기술 | • LNG, 바이오연료, 메탄올, 암모니아, 수소연료 등 대체연료 개발 |
| 에너지 절감기술 | • 배기가스 폐열 활용 전기 생산, 풍력 활용 등으로 에너지 절감 도모 |

자료: 선박대기오염물질관리시스템 자료(검색일 : 2024.9.5,활용 저자재작성

〈그림 5-12〉 선박 대기오염 배출 저감기술



추진효율 향상기술




저항감축기술(저마찰도료)

축 출력제한

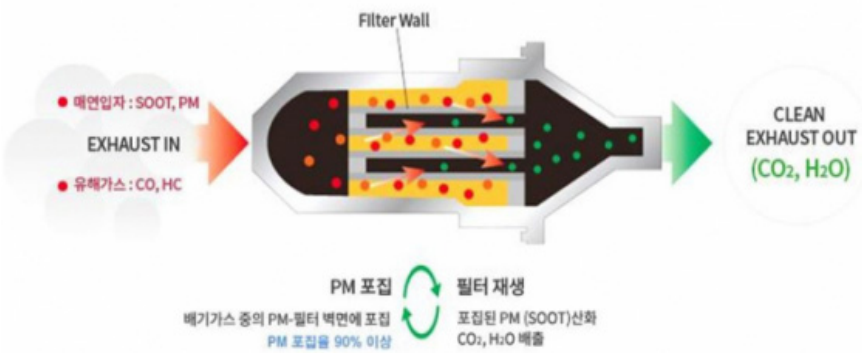
에너지 절감기술(풍력, 연)

자료: 선박대기오염물질관리시스템, (검색일: 2024.9.5.)

87) 2006년 원양어선에서 사용되는 경유보다 상대적으로 값이 싼 마린퓨얼30유를 개발 보급한 사례가 있음.농수축산신문(2006.6.14.), 어선 연료비 절감장치 급속 확산 (검색일: 2024.9.6.)

또한 연근해 어선에 적용 가능한 배출가스 저감창지도 개발 중이다. 600마력급 어선에 미세먼지 저감장치(DPF: diesel particulate filter)와 질소산화물 저감장치(SCR: selective catalytic reduction)를 개발하였다.[88] 당시 연근해 어선의 운항 속도, 배기가스 온도, 압력, 매연 농도 등의 데이터를 바탕으로 기술개발을 수행하였다. 이를 기반으로 HC(탄화수소) 분사 방식의 강제 재생 DPF를 개발하였다.

〈그림 5-13〉 선박용 DPF 원리




자료: 이투데이(2021.08.26), 선박도 배기가스 저감장치(DPF)단다. 관공선 80여 척에 우선 설치, 검색일: 2024.9.6.)

비록 상선과 연근해어선에 적용하기 위해 개발된 기술이지만 원양저연승어선에 도입 가능한 부분을 검토하여 맞춤형 기술개발, 시제품 제작, 경제성 분석, 정책화 검토, 법·제도 기반 마련, 기술 보급 순으로 사업을 진행해야 한다.

88) 연근해 어선에 적용 가능한 배출가스 저감장치 개발. 김현준·강정호(2021), 한국에너지기후변화학회 추계학술대회 초록집

〈표 5-8〉 원양저연승어업 온실가스 배출 저감 노력

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 목적 | • 신조선 건조에는 상당한 예산과 시간이 소요. 이외 온실가스 저감 노력 필요 |
| 사업 내용 | • 상선과 연근해어선에 개발된 기술 중 원양저연승어업 적용 가능 기술개발 추진 |
| 비고 | • 기술개발 → 시제품 제작 → 경제성 분석 → 정책화 검토 → 기반 마련 → 보급 |

자료: 저자 작성

### 3) 생분해성 어구 지원

#### (1) 필요성

우리나라는 어업활동 중 유실되어 해저에 침적된 폐어구로 인해 수산자원 피해와 해양오염 및 선박사고 등 사회·경제적 피해 발생을 줄이기 위해 생분해성 어구를 개발하고 있다. 2005년에 세계 최초로 PBS 원료의 생분해 그물을 개발하였으며,[89] 2007년부터 현재까지 24종의 생분해 자망·통발을 개발하여 이 중 10종을 보급하고 있다.[90]

〈그림 5-14〉 연근해어업 생분해성 어구

생분해성 통발

생분해성 연안자망

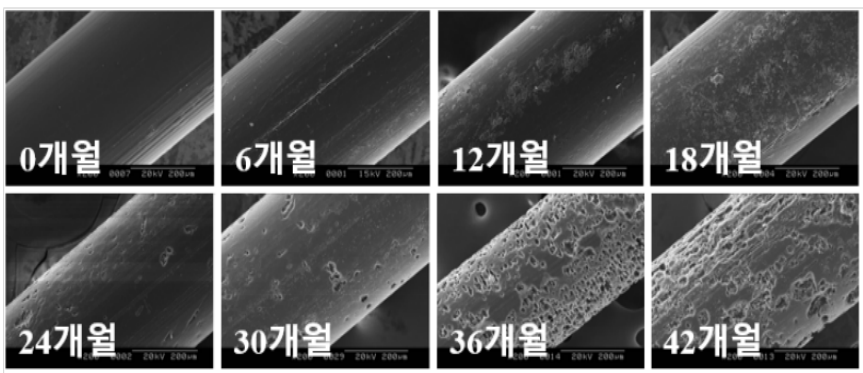
자료: KMI FTA 이행지원센터(2022), 2022년 수산분야 국내보완대책,(검색일: 2024.9.6.)

89) 국립수산과학원 보도자료(2020.12.16.), 어업인 마음에 쏙 드는 생분해성 그물 나온다!(검색일: 2024.9.3.)

90) 해양수산부 보도자료(2024.1.16.), 올해 생분해 어구 보급 확대 위해 49억 원 투입한다(검색일: 2024.9.3.)

현재 생분해 어구는 연근해 자망 및 통발어업에 보급되고 있으나, 연승에서 발생하는 어구 유실 문제도 심각한 수준이다. 특히 저연승어업의 어획 특성상 여러 개의 낚시를 아릿줄에 매달아 해저 바닥에 늘어뜨려 조업함에 따라 양승 중 아릿줄 탈락이 빈번하게 발생하고 있다. 또한 어획 대상종인 이빨고기류는 심해성 어종으로, 남극과 남극 주변수역 1,000m 이상의 해저에 서식하고 있어[91] 어구가 유실될 경우 수거가 불가능하다. 이러한 문제로 인하여 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR)에서도 남극이빨고기의 자원관리를 위한 여러 가지 보존 조치를 채택하고 있다. 따라서 환경친화적 어업 실현을 목표로 원양저연승어업 어구의 생분해 어구 교체에 대한 개발 및 보급 지원이 필요한 실정이다.

〈그림 5-15〉 생분해성 어구의 수중 분해 장면




자료: 국립수산과학원, 내부자료, 심성현 외(2020), 생분해성 어구 사용 활성화 방안 연구, p. 28 재인용

### (2) 세부 내용

원양저연승어업 Scope 3 대응 방향 중 하나로 '생분해성 어구의 개발 및 보급 지원'을 설정하였으며, 생분해성 어구의 개발 및 현장 적용을 위한 구체적인 방안을 다음과 같이 도출하였다. 세부 방안은 '연구 및 기술 개발

91) 월간중앙(2020.7.17.), 권오길이 쓰는 생명의 비밀] 남획으로 50년 수명 못 채우는 메로(검색일: 2024.9.3.)

에 따른 생분해성 어구의 적용 가능성 평가', '생분해성 재질의 아릿줄 지원 · 보급 방안'을 제시하였다.

우선, '연구 및 기술 개발에 따른 생분해성 어구의 적용 가능성 평가'가 필요하다. 이를 위해 첫째, '실태조사'를 통해 어구의 사용량, 유실량 등 어구 사용 실태 파악이 선행되어야 한다. 둘째, '어구 성능 검증'으로 파단강도 등 물리적 특성을 분석하여 기존 아릿줄과 동등한 어구 성능을 가진 생분해 어구를 개발해야 한다. 특히 이빨고기는 심해에 서식하며 최대 체장 215cm까지 성장하기 때문에 어구어법적 특징 및 목표종의 개체 크기를 고려하여 물성(파단강도, 유연도 등)이 높은 생분해 어구개발이 필요할 것으로 판단된다. 셋째, '어획 성능 검증'으로 기존의 아릿줄을 사용할 때와 동등한 어획 성능을 가진 생분해 어구 개발이 필요하다. 이를 위해 모릿줄에 기존 아릿줄과 생분해 어구를 교차 배열하여 어획 성능 시험을 실시해야 한다.

다음으로 원양저연승 업계가 생분해성 어구를 이용하도록 하는 유인책을 마련하기 위한 '생분해성 재질의 아릿줄 지원 · 보급 방안'은 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, '재정적 지원'으로 생분해 어구를 사용하는 원양저연승 업체에 기존 어구와의 차액을 보조금으로 지원하거나 세금 인센티브를 제공하여 비용 부담을 완화해 줄 필요가 있다. 특히나 생분해 재질의 특성상 분해로 인한 내구성 저하가 발생하여 어구 교체 주기가 짧아질 우려가 있으므로 어구 구매비용 증가로 어업 경제성이 감소할 가능성이 크기 때문이다. 둘째, '생분해성 어구 홍보'를 통해 생분해 어구의 환경적 이점을 널리 알리고, 어획 성능 시험 결과를 원양어업 업체와 공유하여 새로운 어구에 대한 어획 및 어구 성능을 가시적으로 보여주어야 한다. 셋째, '네트워크 구축'을 통해 원양어업 업계, 정부, 연구기관이 협력하여 생분해 어구개발 및 보급을 위한 공동 네트워크를 구축하고 국제적으로 대응해야 한다.

〈표 5-9〉 원양저연승어업 생분해성 어구 지원

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 목적 | • 원양저연승어업 친환경 어구개발 및 실용화를 통해 Scope 3 폐기 부문 저감 이행 |
| 어구개발 방향 | • (어구개발) 기존 원양저연승어업에서 사용하는 아릿줄과 동등한 어구 성능 및 어획 성능을 갖춘 생분해 어구 개발<br>• (실태조사) 원양저연승어업에서 사용하는 어구에 대한 전반적인 실태조사 및 현장 적용 가능성 검토<br>• (내구연한) 생분해 어구는 분해도에 따라 어구 성능 저하가 발생하므로, 생분해 어구의 사용기간(내구연한)을 결정하고 검증<br>• (어구 성능) 파단강도 등 물리적 특성을 분석하여 기존 아릿줄과 동등한 어구 성능을 가진 생분해 어구 개발<br>• (어획 성능) 기존 원양저연승어업의 아릿줄을 사용할 때와 동등한 어획 성능을 가진 생분해 어구개발 |
| 원양저연승어업 어구 지원·보급 방안 | • (재정적 지원) 생분해 어구를 사용하는 원양어업 업체에 기존 어구와의 차액을 보조금으로 지원하거나 세금 인센티브를 제공하여 비용 부담을 완화<br>• (네트워크 구축) 원양어업 업계, 정부, 연구기관이 협력하여 생분해 어구 개발 및 보급을 위한 공동 네트워크 구축 및 국제적 대응<br>• (홍보) 생분해 어구의 환경적 이점을 널리 알리고, 어획성능시험 결과를 원양어업 업체와 공유하여 새로운 어구를 쉽게 받아들일 수 있도록 지원 |
| 비고 | • 생분해 어구 사용에 따른 내구성 및 경제성을 면밀히 판단해서 어업 현장에 적용 필요<br>• 또한 원양저연승어구를 생분해 어구로 교체한다고 하더라도 어구 생산과정에서 탄소 발생 저감 효과는 거의 없을 것으로 판단되기에 탄소중립 효과보다는 환경친화적 어업 실현을 목표로 접근하는 것이 적절하다고 판단됨 |

자료: 국립수산과학원, 부경대학교 자문의견(2024.9.2.) 바탕 저자 재작성

### 4) 냉각 시스템 개선

#### (1) 필요성

원양어선 냉각 시스템에 일반적으로 사용되는 냉매는 R-22(CHClF2)이다. R-22는 독성이 적고, 폭발성이 낮으며, 가격이 비교적 저렴하여 에어컨, 히트펌프, 상업용·산업용 냉동장치, 제습기 등 다방면에 활용되는 냉매이다. 그러나 R-22는 프레온 계열로, 프레온 가스는 대표적인 오존층 파괴 물질이자 온실가스이다. 1987년 몬트리올 의정서 채택에 따라 오존층 파

괴 물질 사용이 금지되고 있으며[92], 우리나라 역시 R-22 사용을 2030년부터 전면 금지할 계획이다.[93] UNEP(2016)는 2016년 기준 전 세계 어선의 70%가 R-22를 사용하고 있다고 발표했다.

이처럼 R-22는 어선 냉각 시스템에서 주요 냉매로 사용되었으나 현재 전환을 마주하고 있다. 이에 따라 국내 원양선사에서는 R-404a, R-508 등 대체 냉매로 전환하고 있으나, 미국 환경보호청은 2025년부터 R-404a를 비롯한 일부 냉매를 사용하는 제품의 생산을 금지할 예정이다.[94]

〈그림 5-16〉 참치연승선(원양어선) 냉동보관 모습

자료: 부산MBC(2020.1.29.)(검색일: 2024.9.6.)유튜브 화면 캡처(4:31)

기존에 사용되던 R-22를 R-404a 및 R-508 등 대체 냉매로 전환함은 물론, 대체재로 사용되던 냉매로 사용 금지 조치가 확대될 것을 고려하여 냉각 시스템 전환 계획이 필요한 시점이다. 그러나 단순히 같은 시설에 냉매만 바꾸어서는 교체할 수 없다. 냉매마다 적정 압력과 온도가 다르기 때문이다. 일례로 R-404a 냉매의 배기 압력은 R-22의 약 1.2배이고, 질량 유량은 R-22의 약 1.5배이며, 배기 유량이 증가하고 저항이 증가함에 따

92) 국가기록원, 오존층파괴물질에 관한 몬트리올의정서(검색일: 2024.8.30.)
93) 냉동공조저널(2017.11.3.), 한국 등 137개국 2024년부터 HFC 사용 규제…2045년까지 HFC 80% 감축해야(검색일: 2024.8.30.)
94) EPA(2022), pp. 1-2, p. 8.

라 일반적으로 응축기의 열 교환 용량은 R-22보다 20~30% 증가한다.[95] 따라서 대체 냉매를 사용하기 위해서는 어선의 냉각 시스템 교체가 동반되어야 한다.

### (2) 세부 내용

#### 가. 대체 냉매 및 시스템 개발

단기적으로는 R-22, 중장기적으로는 R-404a와 R-508을 대체하기 위한 냉매가 개발되어야 한다. 먼저 기존 개발된 냉매 간 에너지 및 냉각 효율성, 온실가스 배출 저감효과, 안전성, 경제성 비교분석을 통해 환경영향이 적은 최적의 냉매를 발굴해야 한다. 또한 그에 맞는 어선용 냉각 시스템을 설계함으로써 향후 어선으로 기술이전 시 현장 적용 가능성을 높일 수 있도록 해야 한다.

#### 나. 냉각 시스템 교체 지원

대체 냉매로 교체하기 위해서는 냉매의 특성에 따라 배관, 주입장치, 냉각기·응축기·발산기 등 전반적인 냉각 시스템이 교체되어야 한다. 그러나 원양선사는 담보력이 적고, 경영 안정성이 낮아 신조 및 어선 현대화에 제약이 있는 실정이다. 이에 효과적으로 친환경 냉매로 전환하기 위해서는 냉각 시스템 교체 지원 등의 정책 방안이 필요하다.

2030년 완전 퇴출 예정인 R-22 사용 선사를 중심으로 우선 냉각 시스템 교체 지원사업을 실시하고, 향후 사용이 금지될 예정인 대체 냉매에 대한 신규 냉각 시스템 보급을 확대하는 등 재정적·기술적 지원 방안을 마련해야 한다.

95) CBFI(검색일: 2024.8.30.)

〈표 5-10〉 냉각 시스템 개선 사업 내용

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 목적 | • 원양저연승어업 포함 원양선사 냉동보관 냉매 전환으로 온실가스 배출 저감 이행 |
| 사업 내용 | • 단기: R-22 냉매 대체<br>• 중장기: R-404a 및 R-508 냉매 대체<br>• 대체 냉매로 교체하기 위한 주입장치, 냉각기, 응축기, 발신기 등 냉각 시스템 개선 |
| 비고 | • 2030년 완전 퇴출 예정인 R-22 사용 선사 중심 우선 냉각 시스템 교체 지원사업 실시 |

자료 : 저자 작성

## 제3절 소결

이번 장에서는 앞서 논의된 기후변화 대응 국제 동향과 Scope 3 논의 사항, 원양저연승어업의 특성과 국제 교역 분석, 생산효율성 분석, Scope 3 기준 온실가스 배출량 결과를 바탕으로 원양저연승어업의 기후변화 대응 방안에 대해 논의하였다. 3개 카테고리에 8개의 추진전략으로 구성된 대응 방안에 대한 기대효과는 다음과 같다.

첫째, 원양산업 온실가스 배출 인벤토리 구축으로 인해 원양저연승어업에 의한 온실가스 배출량 수준을 정확히 파악할 수 있다. 그리고 기후변화에 대응한 정책 기초자료로 활용 가능하다. 이 외에 기후변화 완화와 연관된 사업들의 성과 분석에 사용될 수 있다. 본 연구에서 추가로 제안된 원양어선 현대화 지원강화, 온실가스 배출 저감장치 개발, 냉각 시스템 개선에 대한 정확한 근거와 성과 진단이 가능하며, 향후 국제기구를 중심으로 한 새로운 기후변화 대응 사업에도 기초자료로 활용 가능하다.

둘째, 이빨고기에 대한 지속적인 자원조사 수행을 통해 생물학적 정보를 바탕으로 수산자원 분포에 대한 변화를 이해할 수 있어 자원관리 전략의 고도화와 더불어 어업활동의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 그뿐만 아니라 최근 CCAMLR을 중심으로 기후변화에 따른 수온변화로 해양환경이 자원 생산성에 미치는 영향을 연구하기 위한 지속적인 자료 수집과 연구의 필요성을 인지하고 있어, 기후변화에 적응하기 위한 국제수산기구의 큰 방향성에 우리나라 저연승 상업선이 적극 참여하도록 독려함으로써 원양산업 선진국으로서 인정받을 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 원양어선 현대화 지원 펀드 고도화를 통해 원양저연승어업을 포함한 원양산업 어선 노후화를 개선하여 연료 효율성을 높이고 온실가스 직접 배출량 감소에 기여할 것으로 기대된다. 추가적으로 국제사회에서 요구하는 선원의 노동복지 여건을 개선하여 노동인권 문제에 대응하고, 원양산업 인력난을 해소하는 데 기여할 것으로 판단된다.

넷째, 온실가스 배출 저감장치 도입은 환경 보호와 국제 규제 대응 측면에서 긍정적 효과를 가져올 것으로 기대된다. 우선, 원양어선의 온실가스 배출량 감소는 우리나라의 국가 탄소배출 감축 목표 달성과 파리협정 이행에 기여할 수 있다. 특히, 신조선 건조에 소요되는 시간 동안 기존 선박의 배출량을 줄일 수 있어 온실가스 감축의 연착륙을 가능하게 할 것이다.

국제 규제 대응 측면에서는 원양저연승어업뿐만 아니라 전체 어업 분야에서 향후 강화될 환경 규제에 선제적으로 대응할 수 있는 여건을 마련함으로써 미래 규제 리스크를 효과적으로 관리할 수 있을 것이다. 또한 이러한 적극적인 온실가스 감축 노력은 원양어업에서 책임 있는 어업국으로서 우리나라의 위상을 제고하는 데 기여할 수 있을 것이다.

다섯째, 원양저연승어업은 양승 작업 중 아릿줄의 꼬임이나 어획물 처리를 위한 아릿줄 제거 등 연승 어구 중에 유실된 가능성이 높다. 이에 어구의 아릿줄을 생분해 어구로 교체할 경우, 어구 유실로 인해 발생하는 해양생태계 파괴 및 산란·서식장 피해를 사전에 방지할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 생분해 어구의 단점인 유연성 부족 현상이 오히려 아릿줄 꼬임 현상을 억제할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 생분해 어구 사용에 따른 내구성 및 경제성을 면밀히 판단해서 어업 현장에 적용하는 것이 적절하다고 판단된다.

마지막으로, 냉각 시스템 개선을 위한 기술 개발 및 정책 지원을 통해 원양어선에서 사용하는 냉매를 성공적으로 전환하고, 이를 통해 온실가스 배출을 저감할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 국가 탄소중립 기본계획과 방향을 함께한다.

〈표 5-11〉 원양저연승어업 기후변화 대응 추진 로드맵

| 추진 과제 | | 기간 | 추진주체 | 주요 내용 및 추진방법 |
|---|---|---|---|---|
| 이해 | • 온실가스 인벤토리 구축 | 2024 ~28 | • 해양수산부 | • 기후변화 대응 정책 기초자료 수집<br>• 연별로 실시되는 원양산업통계조사 진행 시 추가 조사 진행<br>• 이후 분야별 불확도 연구 추진 및 고도화 진행 |
| | • 탄소중립 관련 이해관계자 교육 | 2024 ~28 | • 해양수산부<br>• 국립수산과학원<br>• 원양산업계 | • 온실가스 배출 전과정평가에 대한 이해와 친환경 어업 전환 필요성 환기<br>• 업계 및 선원 출항 전후 온실가스 저감 이행에 관한 교육 진행 |
| 적응 | • 이빨고기 자원조사 고도화 | 2024 ~28 | • 해양수산부<br>• 국립수산과학원<br>• 한국수산자원공단<br>• 원양산업계 | • 어업효율화 달성 및 수산자원 이해<br>• CCAMLR 해역 88.1해구 외 다른 해구에 대한 조사 확대 참여<br>• FAO 41 국제수산기구 설립 시 CCAMLR 수준의 조사 적극 참여<br>• 국제 옵서버 활용 자원조사 진행 고도화 |
| | • 신규어장 개척 | 2024 ~28 | • 해양수산부<br>• 국립수산과학원<br>• 원양산업계 | • 기후변화에 따른 어장 생산 불확실성 최소화<br>• 남극, 남서대서양 외 남인도양(SIOFA), 남태평양(SPRFMO) 신규 어장 개척 |
| 완화 | • 원양어선 현대화 지원강화 | 2024 ~28 | • 해양수산부<br>• 세계로선박금융 | • 어선현대화로 온실가스 배출 저감<br>• 세계로선박금융 그룹 활용 현대화 펀드 지속 추진 |
| | • 온실가스 배출 저감 노력 | 2024 ~28 | • 해양수산부 | • 현대화 사업 적용 전 배출 저감 방안<br>• R&D 추진 |
| | • 생분해성 어구 개발 및 지원 | 2024 ~28 | • 해양수산부<br>• 국립수산과학원 | • 친환경 원양저연승어업 전환<br>• R&D 추진 |
| | • 냉각 시스템 개선 | 2024 ~28 | • 해양수산부 | • 프레온 가스 배출 감소<br>• R&D 추진 |

자료: 저자 작성

# 06
# 결론

## 제1절 결론 및 연구 한계점

### 1. 요약 및 결론

1992년 유엔기후변화협약과 1997년 교토의정서 채택 이후 최근까지 국제적으로 수많은 이해관계자의 노력으로 기후변화 대응 체제가 지속적으로 개선·발전되어 왔다. 최근에는 기후변화에 대한 이해와 적응의 관점에서 기후위기에 적극적으로 대응하는 시대로 전환되었다. 이러한 과정에서 Scope 3 기준이 논의되기 시작한다. 구체적인 개념은 하나의 경영체가 가진 전 과정의 가치사슬에서 발생하는 온실가스 배출원과 배출량을 측정하여 감축이 가능한 부분은 적극적으로 감축하는 이행 과정을 요구하는 것이다.

이는 미국 기후 관련 정보공개 강화 표준 규칙 대응 방안에 수록되어 있는 내용으로 미국 내 대기업은 물론 미국 내 유통 체인을 가진 기업으로 확장하여 온실가스 배출량 수준을 Scope 3으로 권고한다. 이때 미국 내 주요 글로벌 유통사들에 '제품' 형태로 제공되는 식품 중 우리나라 원양저연승어업으로 어획되는 이빨고기는 미국 내 교역구조가 강하고, 전량 미국

으로 수출한다고 해도 과언이 아니다. 즉 Scope 3 공시에 따라 미국 내 주요 글로벌 유통사들은 각 제품별 온실가스 배출량 자료를 요구할 것이고, 이에 우리나라가 미국으로 주로 수출하는 반도체, 자동차 산업, 철강, 조선과 더불어 식품 산업까지 그 영향을 미칠 것이다. 이때 각 분야별 온실가스 배출량 점검이 필요한데, 원양저연승어업의 경우 Scope 3 수준의 자료 구축에 한계점이 존재하며, Scope 1 수준의 배출량은 약 2만여 톤으로 추정할 수 있었다.

콥-더글라스 생산함수를 기반으로 한 생산효율성 분석을 통해 낚시 수와 연료사용량이 생산에 영향을 미치는 것을 확인하였고, 우리나라 대부분의 어선이 95% 수준의 생산효율성을 확보하고 있는 것으로 분석되었다. 즉, 이빨고기 어획을 위한 낚시투입량과 연료사용량 투입은 현재 수준이 가장 이상적임을 뜻한다. 특히 기후변화 대응을 위해서는 연료사용이 온실가스 배출의 원인이 되어 투입량을 제한하는 등 단순한 대응책을 고민하기 마련인데, 이와 같은 대응책을 마련한다면 우리나라 원양선사의 경영 악화에 직접적 원인이 된다. 그러므로 원양어선 현대화 펀드 사업 강화, 온실가스 배출 저감장치 개발 등의 정책이 바람직하다.

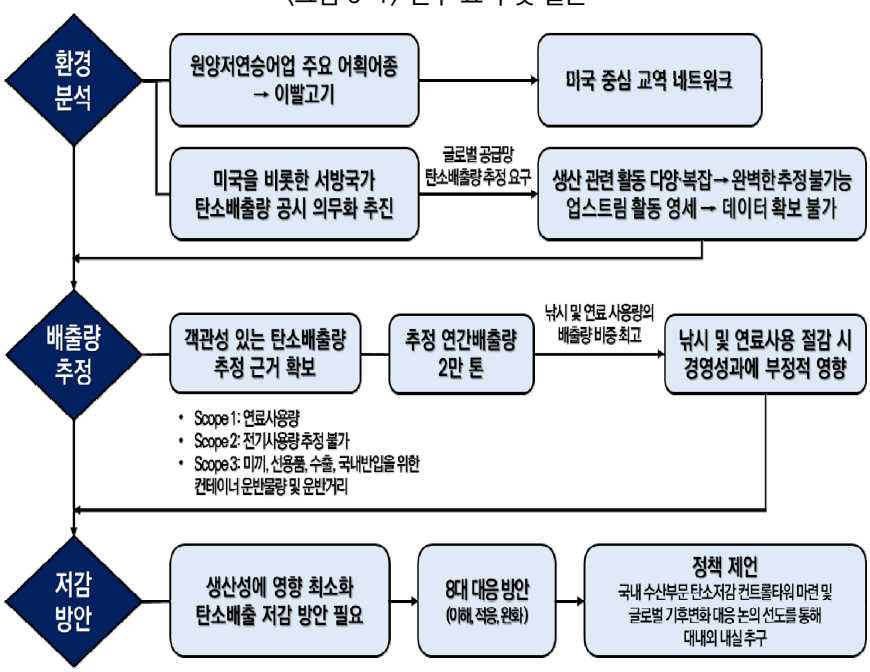
이와 같은 현황과 분석, 고찰을 바탕으로 미래 글로벌 유통기업의 Scope 3 권고 사항에 따라 우리나라 원양저연승어업의 대응 방안은 이해, 적응, 완화의 세 가지 큰 카테고리 하에서 '온실가스 인벤토리 구축', '이빨고기 자원조사 고도화', '어선 현대화 사업 강화', '온실가스 배출 저감장치 개발', '생분해성 어구 지원', '냉각 시스템 개선' 등의 8개 세부 추진 과제를 제시하였다.

과거 1970년대 우리나라 수출산업을 견인했던 우리 원양산업은 2010년 중반에 예비 IUU 어업국으로 지정되는 위기가 있었다. 하지만 「원양산업발전법」 개정을 중심으로 원양선사의 적극적인 노력과 해양수산부의 뒷받

침으로 2020년 초반 예비 IUU 어업국 지정이 공식 해제되어 현재 원양산업에 이르고 있다. 최근에는 국제 노동인권 이슈가 또 하나의 큰 숙제로 다가오는 가운데 Scope 3이라는 기후변화 패러다임 변화를 맞이하고 있다.

본 연구에서 제시한 기후변화에 대응한 8개의 과제를 우선적으로 검토하고, 이행 가능한 부분은 이행하여 국제수산기구에서 기후변화에 선제적으로 대응하고 있는 원양산업 선진국으로 발돋움 하기를 기대한다.

〈그림 6-1〉 연구 요약 및 결론




자료: 저자 작성

## 2. 한계점과 향후 과제

본 연구는 기후변화에 대응하기 위한 국제적 논의가 Scope 3 개념으로 확장됨에 따라 수산업 분야 중 목표종 생산의 대부분이 미국으로 유통되는 이빨고기에 대한 온실가스 배출량을 점검하고, 이에 대한 대응책을 선제적으로 마련하고자 하였다. 다만, 연구를 수행함에 있어 다음과 같은 한계점이 존재한다.

첫째, Scope 3 기준 배출량 산정에 있어 선용품 운반과 생산품 운반에 대한 컨테이너 운송 관련 배출량만 고려했다는 점이다. 4장을 통해 원양저연승어업의 Scope 3 기준 온실가스 배출량 추정을 시도하였는데, 어업활동을 위해 투입되는 요소가 복잡·다양하여 추정하기가 어려웠다. 그 예로 어구, 미끼, 선용품, 부식, 피복, 선원 등을 지속적으로 보급하게 되는데 이들 활동이 Scope 3의 업스트림 활동에 포함된다. GHG 기준대로라면 이들을 생산하고 유통하는 과정에서 발생하는 모든 온실가스 배출량에 추가되어야 하나, 이들을 모두 포함하기엔 한계점이 있는 것으로 판단된다.

둘째, 이빨고기 생산 주요 지역인 CCAMRL 해역에서 활동하는 국가별 어법별 투입요소를 고려하지 못하였다. 생산효율성 분석 시 다양한 국가와 어법에 대한 변수를 동시에 활용하여 우리나라 저연승어업의 생산효율성은 물론 타 국가의 다른 어법에 대한 생산효율성을 동시에 분석하였다면, 올림픽 조업 방식의 한계점을 도출함과 동시에 국가별 또는 어법별 어획한도량 설정에 대한 논의를 할 수 있었을 것이다. 그뿐만 아니라, 온실가스 배출량 추정에 있어서도 일시 다획 어법(그물류)과 저연승 어업과의 배출량 비교분석을 하였다면, 다양한 시사점을 도출할 수 있었을 것이다. 특히 생산효율성 분석 결과 낚시 수와 연료사용량을 줄일 수 없는 구조임을 강조하였다면, 현재 작성된 어선현대화 펀드 사업 추진의 필요성보다 설득력 있는 논리를 제공할 수 있었을 것이라 생각한다.

마지막으로는 우리나라 원양산업의 일부인 저연승어업을 연구 대상으로 하였다는 점이다. 본 연구의 배경과 필요성에 있어 미국으로 주로 수출하는 이빨고기만을 분석 대상으로 하였으나, Scope 3 논의 확대에 따라 원양연승, 원양선망, 꽁치봉수망 등 다양한 어법에 영향을 미칠 가능성이 있다. 다만, 연구 진행 시 시간 제약으로 우리나라 원양산업 전체를 대상으로 하지 못하였다.

향후에는 우리나라 전체 원양산업을 대상으로 Scope 3 기준을 살펴보고, 조업 전후 모든 과정을 포함한 온실가스 배출량 산정에 대한 연구로 확대하여, 우리나라 원양산업의 기후변화 대응 방안을 수립할 필요성이 있다. 그리고 각 국제수산기구별 다양한 나라와 다양한 어법을 고려한 온실가스 배출 추정 연구를 수행하여, 우리나라가 원양산업 분야에서 기후변화 대응과 관련한 이니셔티브를 가져오는 데 기여할 필요성이 있다.

## 제2절 정책제언

### 1. 수산분야 기후변화 대응 부서 신설 필요

앞서 제시한 원양저연승어업 분야 온실가스 인벤토리를 포함하여 원양산업과 더불어 수산업 전반에 걸친 온실가스 인벤토리를 구축할 필요가 있다. 그리고 수산업 분야에서 기후변화에 대응하기 위한 부서 신설이 필요해 보인다. 현재 해양수산부 내 조직구조를 살펴보면 수산업 분야에서는 어촌양식정책과, 어업정책과에서 각각 양식산업과 연근해어업을 대상으로 기후변화 대응 정책을 수립 및 이행하고 있고, 원양산업은 그 기능이 없는 것으로

파악된다.

해양수산부 소속 기관의 경우 국립수산과학원, 해양환경공단, 한국어촌어항공단, 한국수산자원관리공단에서 양식산업과 연근해어업 분야에 대한 기후변화 대응 관련 R&D 추진, 고수온 대응 전략 등을 각각 추진 중이다. 다만, 이와 같은 수산업 분야의 기후변화 대응 추진과제와 연구개발 등을 총망라한 컨트롤타워 기능을 부여한 부서 조직은 없는 실정이다.

수산업과 같이 1차 산업인 농업 분야의 경우 농림축산식품부 산하 기관인 '농식품 기후변화 대응센터'를 신설하여 기후변화에 체계적으로 대응할 계획이다. 일찍이 기후변화 대응센터의 법적 근거를 마련하여 농업 분야 기후변화 대응 사업의 안정성과 연속성을 확보하는 한편 농식품부 소속 기관으로서 지위를 가질 수 있도록 건의 중이다. 이를 위해 농식품부는 법률안 마련을 위한 연구용역을 진행 중이다. 위 조직은 정책지원부, 기후데이터부, 첨단인프라관리부, 홍보관 등이 들어서며 전남 해남에 들어설 예정이다.

원양저연승어업, 원양산업 분야의 기후변화 대응 정책과 더불어 양식산업 기후변화 대응 전략, 연근해어업 기후변화 대응 전략, 수산업·어촌 분야 기후변화 대응 전략과 같이 수산업 분야의 기후변화 대응 전략을 수립하고 이행하는 전담 부서가 필요하다. 이를 통해 수산 분야 인벤토리 구축을 담당하고, 수산업 분야 기후변화 대응에 적극적으로 나서야 할 것으로 보이고, 농식품부와 마찬가지로 '수산업 기후변화 대응센터' 신설을 검토해야 한다. 그리고 본 보고서에서 제시한 8개 추진 과제와 더불어 수산업 분야 기후변화 대응 전략을 수립, 이행하는 주체가 되어야 한다.

본 연구의 경우 주제를 원양저연승어업으로 한정하여 미국 내 이빨고기 유통에 있어 기후변화 대응에 관한 내용을 분석, 정리하였지만, 양식산업으로 생산되는 굴과 최근 수출이 급증하고 있는 김의 경우 Scope 3 논의에서 주요 품종이 될 가능성이 다분하다. 다시 말해 '수산업 기후변화 대응

전담 조직' 신설을 통해 종합적이고 다각적인 정책 수립과 이행 기반이 조속히 마련되어야 한다.

## 2. 국제수산기구별 기후변화 대응 논의 확대

원양산업의 주요 생산지는 공해로 각 선사, 각 국가의 공동의 노력에 의해 수산자원과 해양환경을 보호하며 지속가능한 어업활동을 하고 있다. 현재 태평양, 대서양, 인도양, 남극 등 해역별로 각 어법별, 목표종별로 다양한 국제기구가 존재한다. 2024년 9월 현재 기준 남극해양생물보존위원회(CCAMLR), 중서부태평양수산위원회(WCPFC), 전미열대다랑어위원회(IATTC), 대서양참치보존위원회(ICCAT) 등을 포함한 총 20개 국제수산기구가 있고, 우리나라의 경우 총 15개에 가입되어 있고, 추가로 2개 기구에 가입을 추진 중이다.[96]

현재 각 국제수산기구는 그 설립 목적과 기능에 맞게 고래자원의 보존 및 관리(국제포경위원회), 남극해양생물자원 보존 이용(남극해양생물보존위원회), 대서양 참치자원 보존 및 이용(대서양참치보존위원회) 등을 주로 수행하고 있다. 그리고 각 해역별 주요 수산자원의 자원평가, 자원평가 기반 어획한도량 및 할당량 설정, 수산자원 및 해양환경 보존조치 개발, 국제멸종위기종 보호, 해양포유류 보호 등 해양과 수산업을 보호함과 동시에 지속가능한 이용을 위한 활동을 하고 있다.

최근 남극해양생물보존위원회는 기후변화의 심각성을 인지하고, 기후변화를 고려한 수산자원 분포, 수산자원량 추정을 위한 자연과학 기반의 연구를 수행 예정인 것으로 파악된다.[97] 다만, 이러한 논의는 현재 각 수산기

96) 외교부, 경제협정체결동향(검색일: 2024.9.3.)
97) 국립수산과학원 서면자문 결과(수행일: 2024.9.2.)

구별 주요 기능인 '수산자원 보존'에 목적이 있는 듯하다. 즉 기후변화 적응에 그 초점이 맞추어진 것이다.

기후변화 대응 논의는 전과정평가, Scope 3 기준으로 확장되고 있다. 이 논의의 핵심은 생산 주체와 생산 수단, 소비 주체가 공간적으로 분리되어 있을 때 온실가스 배출의 원인 제공 문제와 직결된다. 원양산업의 경우 생산 주체와 생산 수단뿐만 아니라 소비 주체와 생산 수단의 활동 공간이 분리되어 그 논의가 복잡해진다. 국제수산기구가 이 생산 수단의 활동 공간을 관할하는 기구로서 수산업 분야 기후변화 적응과 동시에 대응 수단에 대한 논의를 진행해야 될 시점으로 판단된다. 이는 각 국제수산기구별로 연료사용량에 근거한 온실가스 배출량 수준을 점검하는 데에서 시작할 수 있다. 다만, 어업 활동상 연료를 줄인다거나 어획노력량을 줄인다거나 하는 조치 방안은 각 선사별로 경영 악화와 직결되는 문제이므로 지양해야 한다. 각 기구별 주요 보존조치 대상 어종의 생물학적 정보를 바탕으로 연료효율성을 확보할 수 있는 어업성능과 대체연료 개발이 필요하며, 이는 강력한 보존조치와 연관되어 진행되는 것이 바람직하다.

## 3. 원양산업 분야 기후변화 대응을 위한 제언

앞서 5장에서 논의한 원양저연승어업의 Scope 3 기준 대응을 위한 이해, 적응, 완화 세 가지 카테고리 하에 8개 추진 과제를 이행하기 위해서는 기술 개발, 인식 개선, 정책 지원, 협력 체계 구축에 대한 종합적인 접근이 필요하다. 그리고 이는 공해상에서 조업활동을 하고 있는 원양연승어업, 원양선망어업을 비롯한 원양산업의 기후변화에 대응하고 적응하기 위한 것이기도 하다.

첫째, 기술 개발 측면에서는 상선에 비해 상대적으로 규모가 작고 어창 등에서 염분과 같은 극한 환경에 노출되는 어선의 특성을 고려한 온실가스 배출 저감장치에 대한 연구가 진행되어야 한다. 이와 함께 어선의 운용 패턴을 고려한 에너지 효율적 추진 시스템 개발도 병행되어야 한다.

둘째, 인식 개선 측면에서는 온실가스 배출 저감의 필요성과 국제사회의 규제 동향에 관한 어업인 대상 교육 프로그램을 통해 온실가스 배출 저감장치에 대한 수용성을 제고할 필요가 있다. 또한 장치 사용에 대한 실질적인 기술 교육도 함께 제공되어야 할 것이다.

셋째, 정책 지원 측면에서는 정부 주도의 R&D 투자 확대가 필요하며, 상선 사례를 참고하여 배출 저감장치 설치 시 보조금 지원이나 세제 혜택, 친환경 어업에 대한 인센티브 제도 등 다양한 유인책을 마련해야 한다. 더불어 단계적 의무화 정책을 통해 장기적 전환을 유도하는 방안도 고려되어야 할 것이다.

추가적으로, 온실가스 배출 저감 노력을 어업의 부가가치 창출과 연결시키는 전략도 필요하다. 예를 들어, 친환경 인증 제도를 통해 저탄소 어업으로 생산된 수산물에 프리미엄을 부여하거나, 탄소 발자국 정보를 제공하여 소비자의 선택을 유도하는 방안을 고려할 수 있다. 이는 어업인들의 자발적 참여를 유도하고, 환경 보호와 경제적 이익을 동시에 추구할 수 있는 방안이 될 것이다.

나아가 국제적으로 이러한 방안을 필두로 온실가스 배출 저감 규제에 대한 선제적 대응과 지역수산관리기구에서 온실가스 배출 저감 이니셔티브 선점을 통해 우리나라 주도적인 정책 여건을 마련할 필요가 있다.

# 참고문헌

## 국내 문헌


강동현, 박철형(2022), 수산식품 가공업체의 기술적 효율성 및 생산성 추정에 관한 연구 –훈제·조리업을 중심으로-, 해양정책연구, 37(1), pp.115-138.

국립수산과학원(NIFS)(2023), 2023 수산분야 기후변화 영향 및 연구보고서.

김수로 외(2022), 탄소중립 전략을 위한 광해방지사업 탄소배출량 산정 기법 연구, 한국자원공학학회지, 59(6), pp. 619-633.

김현준·강정호(2021), 연근해 어선에 적용 가능한 배출가스 저감장치 개발, 한국에너지기후변화학회 추계학술대회 초록집

김학수·박철형(2019). SFA를 이용한 원양참치어업의 어선별 생산성분석, 수산해양교육연구, 31(2), pp.426-437.

관계부처 합동(2021), 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안

노대용 외(2012), CDP 정보를 활용한 국내외 온실가스 관리 우수기업의 Scope 3 관리 수준 분석, 한국기후변화학회지, 3(4), pp. 225-234.

대한민국정부(2022), 윤석열정부 120대 국정과제

동원산업(2022), 지속가능경영보고서 2022.

박동학 외(2010), K-Water 온실가스 인벤토리 구축 사례 연구, 한국기후변화학회지, 1(1), pp. 85-95.

박시원(2016), 파리협정과 Post-2020 신기후체제의 서막 - 유엔기후변화협약 파리총회의 주요 쟁점과 합의 결과를 중심으로 -, 환경법과 정책, 제16권, pp. 285-322.

박유진 외(2022), 환경산업연관분석(EEIOA)을 이용한 경제 부문별 온실가스 배출량 특성분석, 대한환경공학회지, 44(9), pp. 308-335.

_____, COP 28 주요 내용과 시사점, 법무법인(유)세종.

소병천(2023), 기후위기 대응을 위한 실질적 법적 대안, 국제법학회논총, 제68권 제4호, pp. 99-134.

심성현 외(2020), 생분해성 어구 사용 활성화 방안 연구, 한국해양수산개발원, 수시연구과제

에너지경제연구원(2022). 2023 에너지통계연보.

에너지법 시행규칙 제5조(산업통상자원부령 제485호, 2022. 11. 21.).

온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2024-155호, 2024. 8. 9., 일부개정) 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침.

윤성아·김홍관·천영우(2023), CDP 비교 분석을 통한 기업의 GHG Scope 3 배출관리 현황 연구, 한국재난정보학회논문집, 19(3), pp. 554-561.

이종석 외(2022), 탄소발자국 국제표준화 및 정책 동향, 국가녹색기술연구소.

정겨운·신용민(2018), 우리나라 근해어업의 CO2 배출 저감비용함수 추정, 자원환경경제연구, 27(3), pp.399-420.

정영서(2022), 제조 공급망 Scope 3 배출과 지속가능 공급망 공시 간 연관성 연구(석사학위, 한국과학기술원).

정영진 외(2014), 저탄소 그린캠퍼스 조성을 위한 온실가스 인벤토리 구축 및 감축잠재량 분석 -대구대학교를 중심으로, 대한환경공학회지, 36(7), pp. 506-513.

정준희(2023), IFRS 지속가능성 공시기준이 중소기업에 미치는 영향; IFRS S2를 중심으로, 중소기업연구, 45(1), pp. 35-53.

조하은·김의준(2018), 도 단위 농촌지도정책이 농가 소득에 미치는 영향, - 원예・특작 농가지도사업을 중심으로 -, 농촌지도와 개발, 25(4), pp. 175-184.

조헌주 외(2017), SFA를 이용한 태평양 원양연승어업의 어선별 생산효율성 분석, 수산해양기술연구, 53(4), pp. 357-362.

조헌주 외(2019), 초월대수 비용함수 추정을 통한 IATTC 해역 원양연승어업의 생산요소 간 대체성 분석, 해양정책연구, 34(2), pp.1-22.

통계청, 원양어업통계조사(2018~2022).

한국무역협회(2023), 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP28) 주요 성과 및 시사점, TRADE BRIEF, No 21.

한국해양수산개발원(2021), IMO의 온실가스 배출규제에 따른 대응기술 개발 현황, 글로벌 물류 현지시장 동향, Vol. 11.

홍의연 외(2006), 고추 생산농가의 기술적 효율성 분석, 농업경영정책연구, 33(1), pp. 139-155.

해외수산협력센터(2024), 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR) 보존조치 1984-2023

환경부(2022), 파리협정 함께보기, 환경부.

환경부(2023), 2022 국가 온실가스 인벤토리 보고서

황대중(2019), Tier 1과 Tier 3 방법론에 따른 선박 온실가스 배출량 산정에 관한 고찰, 한국마린엔지니어링학회지, 43(4), pp. 292-298.

황준석(2023), 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP28) 주요 성과 및 시사점, TRADE BRIEF, No. 21, 한국무역협회 국제무역통상연구원, pp. 1-16.

LG화학(2021), 2021 ESG Performance Data

## 국외 문헌

Ahlin Sellgren, Elvira & Lundblad, Lovisa(2023), Applicability of the Greenhouse Gas Protocol to Estimate Scope 3.11 and 3.12 for Product Systems: A case study at DeLaval, a dairy equipment company, School of Industrial Engineer ingand Management (ITM), pp. 1-82.

Asif, Muhammad Salman et al.(2022), Case study research of green life cycle model for the evaluation and reduction of scope 3 emissions in food supply chains, Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 29(4), p p.1050-1066.

Downie, John & Wendy Stubbs(2013), Evaluation of Australian companies' scope 3 greenhouse gas emissions assessments, Journal of Cleaner Production, 56 (2013), pp. 156-163.

CCAMLR(2023), Report of The Forty-Second Meeting of the Scientific Committee.

Clief J. Huang & Jin-Tan Liu(1994), Estimation of a non-neutral stochastic frontier production function, Journal of Productivity Analysis, 5, pp. 171-180.

Dennis Aigner, C.A.Knox Lovell & Peter Schmidt(1977), Formulation and estimatio n of stochastic frontier production function models, Journal of Econometric s, 6(1), pp. 21-37.

Ducoulombier, Frédéric(2021), Understanding the Importance of Scope 3 Emission s and the Implications of Data Limitations, The Journal of Impact and ESG Investing, 1(4), pp. 63-71.

EPA(2022), Protecting our Climate by Reducing Use of Hydrofluorocarbons.

G. E. Battese & T. J. Coelli(1992), Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India, Journal of Produ ctivity Analysis, 3, pp.153-169.

G. E. Battese & T. J. Coelli(1995), A model for technical inefficiency effects in a stoch astic frontier production function for panel data, Empirical Economics, 20, pp. 325-332.

Greene, Suzanne E.(2018), What are we missing? Scope 3 greenhouse gas emissions accounting in the metals and minerals industry, Matériaux & Techniques, 105, 503, pp. 1-8.

Haden, Van R. et al.(2012), Use of local greenhouse gas inventories to prioritise opp ortunities for climate action planning and voluntary mitigation by agricultu ral stakeholders in California, Journal of Environmental Planning and Mana gement, 56(4), pp. 553-571.

Hertwich, Edgar G. & Wood, Richard(2018), The growing importance of scope 3 greenhouse gas emissions from industry, Environmental Research Letters, 13, pp. 1-11.

IPCC(2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

_____(2013), Climate Change 2013: The Physical Science Basis.

Jerry Patchell(2018), Can the implications of the GHG Protocol's scope 3 standard be realized?, Journal of Cleaner Production, 185, pp.941-958

Kroodsma, David A. et al.(2018), Tracking the global footprint of fisheries, Science, 359, pp. 904-908.

Li, Mo, Wiedmann, Thomas, & Hadjikakou, Michalis(2019), Enabling Full Supply Chain Corporate Responsibility: Scope 3 Emissions Targets for Ambitious Climate Change Mitigation, Environmental Science & Technology, 54.

Meinrenken, Christoph J. et al.(2020), Carbon emissions embodied in product value chains and the role of Life C ycle Assessment in curbing them, Scientific Rep orts, 10, pp. 1-12.

Muñoz, M. et al.(2023), Carbon footprint, economic benefits and sustainable fishin g: Lessons for the future from the Western Mediterranean, Science of The Total Environment, 865, pp. 1-16.

Parker, Robert W. R. et al.(2018), Fuel use and greenhouse gas emissions of world fisheries, Nature Climate Change, 8, pp. 333-337.

Patchell, Jerry(2018), Can the implications of the GHG Protocol's scope 3 standard be realized?, Journal of Cleaner Production, 185, pp. 941-958.

Sala, Antonello et al.(2022), Energy audit and carbon footprint in trawl fisheries, Scientific Data, 9, pp. 1-20.

Siegl, Sonja et al.(2023), Addressing dairy industry's scope 3 greenhouse gas emissio ns by efficiently managing farm carbon footprints, Environmental Challeng es, 11, https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100719.

Siveter, Robert, Irvin, Dan, & Grice, Lisa Nelowet(2016), Exploring Indirect "Scope 3" Greenhouse Gas Emissions for Oil and Gas, SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Security, Environment, and Social Respon sibilility, pp. 1-13

Stenzel, Aurel & Israel Waichman(2023), Supply-chain data sharing for scope 3 emi ssions, Climate action, 7, pp. 1-7.

Subal C. Kumbhakar, Soumendra Ghosh & J. Thomas McGuckin(1991), A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms, Journal of Business & Economic Statistics, 9(3), pp. 279-286.

Tan, Raymond R. & Culaba, Alvin B.(2010), Estimating the Carbon Footprint of Tuna Fisheries, WWF, https://www.researchgate.net/publication/237712293_Estimating_the_Carbon_Footprint_of_Tuna_Fisheries.

Teske, Sven & Nagrath, Kriti(2022), Global sector-specific Scope 1, 2, and 3 analyses for setting net-zero targets: agriculture, forestry, and processing harvested products, SN Applied Sciences, 4(221), https://doi.org/10.1007/s4.

UNEP(2016), Report of the technology and economic assessment panel

WBCSD & WRI(2002), A Corporate Accounting and Reporting Standard REVISEDEDITION,

_____(2011), Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard.

Y.annyhuang, Christopherl. Weber & Scorttmatthews, H.(2009), Categorization of Scope 3 Emissions for Streamlined Enterprise Carbon Footprinting, ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, 43(22), pp. 8509-8515.

## 인터넷 자료

경기평택항만공사, 해운 물류 용어 정리(MFO, MGO), https://blog.naver.com/gppcgppc/222002712696(검색일: 2024.8.13.)

국가기록원, 오존층파괴물질에 관한 몬트리올의정서, https://www.archives.go.kr/next/newsearch/listSubjectDescription.do?id=003897&subjectTypeId=07&pageFlag=C&sitePage=1-2-2(검색일: 2024.8.30.)

국립수산과학원 보도자료(2023.9.15.), 남서대서양 파타고니아이빨고기(메로), 장거리 이동 최초 확인, https://www.nifs.go.kr/news/actionNewsView.do?MENU_ID=M0000307&NEWS_SEQ=4355&NEWS_D_DATE_BEGIN=2022-10-17&NEWS_D_DATE_END=2023-10-17&PARENT_NEWS_HG_CODE=&NE

WS_D_SUBJECT=&selectPage=2 (검색일 : 2024.9.5.)

국립수산과학원 보도자료(2020.12.16.), 어업인 마음에 쏙 드는 생분해성 그물 나온다!, https://www.nifs.go.kr/news/actionNewsView.do?MENU_ID=M0000307&NEWS_SEQ=3723&selectPage=36&NEWS_D_DATE_BEGIN=2010-01-01&NEWS_D_DATE_END=2023-06-01&PARENT_NEWS_HG_CODE=&NEWS_D_SUBJECT= (검색일 : 2024.9.3)

국립수산과학원, 해외어장정보 시스템, 원영저연승어업, https://www.nifs.go.kr/distantwater/webPage/oceanic/oceanic.jsp?lm=01_26&tab=1(검색일: 2024.4.29.)

농수축산신문(2006.6.14.), 어선 연료비 절감장치 급속 확산, https://www.aflnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=44196 (검색일 : 2024.9.6.)

냉동공조저널(2017.11.3.), 한국 등 137개국 2024년부터 HFC 사용 규제…2045년까지 HFC 80% 감축해야, https://www.hvacrj.co.kr/news/articleView.html?idxno=843(검색일: 2024.8.30.)

대한민국 정책브리핑, 정책자료, 2050 탄소중립, https://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html?open&p=%2Fweb_keei%2Fpendingissue.nsf%2Fxmlmain%2F4249E124BC3EA2B54925787A0027661C&s=%3FOpenDocument%26menucode%3DS1(검색일: 2024.5.16.)

부산MBC(2020.1.29.), 참치연승선(원양어선)의 냉동창고 온도는 영하55-60도/참치 하역사들은 그야말로 극한직업이다. 돌덩이같은 참치를 옮기다보면 어느새 눈섭까지 얼어버린다(그 곳, 그 사람), 유튜브, https://www.youtube.com/watch?v=Eo6aanCQThw(검색일: 2024.9.6.)

서울경제(2024.2.20.), 기업은 그대로인데 탄소 배출량은 수십배 껑충… '스코프 3'가 뭐기에, https://www.sedaily.com/NewsView/2D5FKVQHS4(검색일 : 2024.5.19.)

법제처, 국가법령정보센터, 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침, 별표 5,https://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000229302 (검색일: 2024.8.27.)

선박대기오염물질관리시스템, https://www.sem.go.kr/portal/plcTch/prtnImprvm.do(검색일: 2024.9.5.)

세계로선박금융 홈페이지 내 공지사항, http://www.globalmarifin.com/gboard/bbs/board.php?bo_table=notice(검색일: 2024.9.3.)

수산물수출정보포털, https://www.kfishinfo.co.kr/kor/ (검색일 : 2024.5.15.)

수산물수출정보포털, 국내통계, 국내교역(품목별), 이빨고기, https://www.kfishinfo.co.kr/kor/view.do?no=626#none(검색일: 2024.5.14.)

유니레버, https://www.unilever.co.kr/news/2023/impact-results-from-unilevers-first-set-of-regenerative-agriculture-projects/(검색일: 2024.5.18.)

시사미래신문(2023.4.24.), 해양수산부, 노후 원양어선 대체 건조할 사업대상자 모집, https://www.sisamirae.com/news/article.html?no=101349(검색일: 2024.9.5.)

외교부 보도자료(2023.12.13.), 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회 폐막, https://www.mofa.go.kr/www/brd/m_4080/view.do?seq=374485(검색일: 2024.5.15.)

외교부, 경제협정체결동향, 국제수산기구 현황, https://www.mofa.go.kr/www/brd/m_4060/view.do?seq=340489&srchFr=&amp%3BsrchTo=&amp%3BsrchWord=&amp%3BsrchTp=&amp%3Bmulti_itm_seq=0&amp%3Bitm_seq_1=0&amp%3Bitm_seq_2=0&amp%3Bcompany_cd=&amp%3Bcompany_nm= (검색일 : 2024.9.3.)

에너지경제연구원, 주요정책이슈, 교토의정서에 대해, https://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html?open&p=%2Fweb_keei%2Fpendingissue.nsf%2Fxmlmain%2F4249E124BC3EA2B54925787A0027661C&s=%3FOpenDocument%26menucode%3DS1(검색일: 2024.5.15.)

월간중앙(2020.7.17.), 권오길이 쓰는 생명의 비밀] 남획으로 50년 수명 못 채우는 메로,https://www.m-joongang.com/news/articleView.html?idxno=330747 (검색일: 2024.9.3.)

이투데이(2021.08.26), 선박도 배기가스 저감장치(DPF)단다. 관공선 80여 척에 우선 설치, http://sebo-ltd.com/board/bbs/board.php?bo_table=notice&wr_id=282&page=4(검색일: 2024.9.6.)

통계청, 어업생산동향조사, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EW0005&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=K2_7&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252

FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do (검색일 : 2024.5.15)

한겨레신문, 원양해운 업체 HMM, 10년 새 탄소배출량 절반 감축, https://www.hani.co.kr/arti/economy/marketing/1087614.html(검색일: 2024.5.22.)

한국석유공사, 석유의 정의, https://www.knoc.co.kr/sub11/sub11_7_1_5.jsp(검색일: 2024.8.13.)

한국은행 경제통계시스템, 원화의 대미달러, https://ecos.bok.or.kr/#/SearchStat (검색일: 2024.8.16.)

해사신문, 선박 온실가스 배출 저감 장치 설치 비용 10% 지원, http://www.haesanews.com/news/articleView.html?idxno=104435(검색일: 2024.8.30.)

해양수산부 보도자료(2018.12.18.), 남극이빨고기의 행동 특성, 인공위성으로 밝혀냈다, https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=24177&menuSeq=971&bbsSeq=10, (검색일 : 2024.9.5.)

해양수산부 보도자료(2024.1.16.), 올해 생분해 어구 보급 확대 위해 49억 원 투입한다, https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=54987&bbsSeq=10&menuSeq=971 (검색일 : 2024.9.3.)

해양수산부, 부서별 사전공표정보, 국제기구현황, https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=46215&menuSeq=427&bbsSeq=2(검색일: 2024.9.5.)

행정안전부, 국가기록원, 기후변화대응, https://www.archives.go.kr/next/newsearch/listSub jectDescription.do?id=009315&pageFlag=&sitePage=(검색일: 2024.10.21.)

Apple, https://www.apple.com/newsroom/2021/03/apple-powers-ahead-in-new-renewable-energy-solutions-with-over-110-suppliers/(검색일: 2024.5.18.)

CBFI, https://www.icesourcegroup.com/8-issues-considering-when-replacing-r22-with-r404a-in-cold-storage(검색일: 2024.8.30.)

CCAMLR 홈페이지, https://ccamlr.org/en/node/120842#quicktabs=vessel_tabs=7(검색일: 2024.3.14.)

CCAMLR 홈페이지, https://meetings.ccamlr.org/en/wg-fsa-2023/05(검색일: 2024.4.15.)

_____, https://www.ccamlr.org/en/node/102989(검색일: 2024.4.15.)

_____, https://www.ccamlr.org/en/system/files/CCAMLR-Convention-Area-Map.pdf(검색일: 2024.4.15.)

_____, Meetings, Antarctic Blue Carbon, https://meetings.ccamlr.org/en/ccamlr-41/29(검색일: 2024.5.2.)

engine I, https://www.enginei.co.uk/news/new-ecospeed-efms-algorithm-identifies-optimum-vessel-speed-for-maximum-fuel-efficiency(검색일: 2024.5.18.)

FAO, FAO Major Fishing Areas, https://www.fao.org/fishery/en/area/41/en(검색일: 2024.4.15.)

Fishstat J, Global Aquatic Trade - All partners aggregated 1976-2021, 2019~2021년 데이터 조회(검색일: 2024.5.10.)

_____, Global capture production 1950-2022, 2018~2022년 데이터 조회(검색일: 2024.5.10.)

Fishbase, https://fishbase.se/summary/Dissostichus-eleginoides.html, (검색일: 2024.9.5.)

IMO, https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/34-IMO-2020-sulphur-limit-.aspx(검색일: 2024.5.18.)

ITC Trademap, HS 030383, HS 030446, HS 030455, HS 030485, HS030492, https://www.trademap.org/Index.aspx(검색일: 2024.8.26.)

Kicpa-alldemy, GHG 프로토콜: 온실가스 배출량 산정, https://kicpa-alldemy.com/wp-content/uploads/2023/05/28%EA%B0%95-GHG-%ED%94%84%EB%A1%9C%ED%86%A0%EC%BD%9C-1.pdf(검색일: 2024.5.22.)

KMI FTA 이행지원센터(2022), 2022년 수산분야 국내보완대책, https://fta.kmi.re.kr/data/pubMatrl/8fb8bf19541692321672.pdf(검색일: 2024.9.6.)

KOSIS, 원양어업통계조사, 해역별 생산현황, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=146&tblId=DT_MLTM_5002626&conn_path=I3(검색일: 2024.5.14.)

MAERSK, https://www.maersk.com/news/articles/2022/01/12/apmm-accelerates-net-zero-emission-targets-to-2040-and-sets-milestone-2030-targets

(검색일: 2024.5.18.)

MOWI, https://mowi.com/news/leading_the_blue_revolution/, (검색일: 2024.5.18.)

SEA-DISTANCES, https://sea-distances.org/(검색일: 2024.5.22.)

SEC, https://www.sec.gov/newsroom/press-releases/2022-46(검색일: 2024.5.18.)

sustainability-news, https://sustainability-news.net/news/samsung-unveils-strategies-for-a-sustainable-future-in-2023-sustainability-report/(검색일: 2024.5.18.)

Unilever, https://www.unilever.com/sustainability/climate/our-climate-transition-action-plan/(검색일: 2024.5.22.)

UN Climate Change, https://unfccc.int/NDCREG(검색일: 2024.5.22.)

United Nations Framework Convention on Climate Change, ARTICLE 1(검색일: 2024.5.19.)

DEFINITIONS, https://unfccc.int/resource/ccsites/zimbab/conven/text/art01.htm (검색일 : 2024.5.19.)

United Nations Framework Convention on Climate Change, ARTICLE 2 OBJECTIVE, https://unfccc.int/resource/ccsites/zimbab/conven/text/art02.htm(검색일 : 2024.5.19.)

World Shipping Council, https://www.worldshipping.org/news/ux4y5j4dfjnpjn36ls5r52gfsl33uy(검색일: 2024.5.18.)

## 서면 자문 및 업계 조사

국립수산과학원 서면 자문(시행일 : 2024.9.2.)

국제 옵서버 제공(촬영일: 2018.3.2., CCAMLR 시험어업선)

부경대학교 서면 자문(시행일 : 2024.9.2.)

한국해양수산개발원 수산연구본부(2024.8.22.), 원양산업협회 서면 자문 결과(내부자료).

# 부 록

## 1. 선행연구 목록

〈부록 표 1〉 주요 선행연구

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| 국외선행연구 | 1 | • 과제명: Categorization of Scope 3 Emissions for Streamlined Enterprise Carbon Footprinting<br>• 연구자(년도): Y.ANNYHUANG et al.(2009)<br>• 연구목적: 기업 가치사슬에서 발생하는 Scope 3 배출량 평가 방법 제시 | • 문헌조사<br>• 경제적 투입산출 생애주기 평가(EIO-LCA) | • 산업별 온실가스 배출 추정<br>• 미국 경제 부문별·Scope별 온실가스 배출 추정<br>• 온실가스 배출 관리를 위한 Scope 3의 중요성 |
| | 2 | • 과제명: Evaluation of Australian companies scope 3 greenhouse gas emissions assessments<br>• 연구자(년도): John Downie et al.(2013)<br>• 연구목적: 호주 기업의 Scope 3 온실가스 배출 현황 평가 | • 문헌조사<br>• 설문조사<br>• 인터뷰 | • 기업별 온실가스 배출원 현황<br>• 기업별 Scope 3 인식 차이에 따른 배출량 평가 차이점 |

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| | 3 | • 과제명: The Growing Importance of Scope 3 Greenhouse Gas Emissions from Industry<br>• 연구자(년도): Hertwich and Wood(2018)<br>• 연구목적: 산업 부문별 Scope 3 온실가스 배출량 추정 | • 다지역 투입 산출 모델(MRIO)<br>• 산업연관분석(IOA, 레온티예프 투입산출모형 활용) | • 1995~2015년 Scope별 온실가스 배출량 추정<br>• 산업 부문별(에너지 공급, 수송, 건설, 농림업 등) 온실가스 간접 배출량과 직접 배출량 추정<br>• 주요국 Scope별 온실가스 배출량 추정 |
| | 4 | • 과제명: Carbon emissions embodied in product value chains and the role of Life Cycle Assessment in curbing them<br>• 연구자(년도): Christoph J. Meinrenken et al.(2020)<br>• 연구목적: 가치사슬 전반에 걸친 온실가스 배출 요인 분석 및 생애주기 평가 | • 문헌조사<br>• 생애주기평가(LCA) | • Scope별 온실가스 배출량 추정<br>• 기업별 온실가스 배출량 추정 |
| | 5 | • 과제명: Case study research of green life cycle model for the evaluation and reduction of scope 3 emissions in food supply chains<br>• 연구자(년도): Asif, Muhammad Salman et al.(2022)<br>• 연구목적: 식품 공급망 Scope 3 평가 및 녹색 생애주기 모델 개발 | • 문헌조사<br>• 사례연구<br>• 생애주기평가(LCA) | • 월마트 환경 이니셔티브 사례 연구<br>• Scope 3 배출 평가 프레임워크 개발 |
| | 6 | • 과제명: Supply-chain data sharing for scope 3 emissions | • 문헌조사<br>• 법·제도 분석 | • 공급망 데이터 공유를 통한 Scope 3 배출량 측정 이점<br>• 데이터 공유 저해 요인 검토 |

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| | | • 연구자(년도): Stenzel and Waichman(2023)<br>• 연구목적: 공급망 데이터 공유를 통한 Scope 3 배출량 산정 방안 모색 | | |
| | 7 | • 과제명: Estimating the Carbon Footprint of Tuna Fisheries<br>• 연구자(년도): Tan and Culaba(2010)<br>• 연구목적: 참치 어업 탄소 발자국 추정 | • 문헌조사<br>• 산업연관분석(IOA, 레온티예프 투입산출모형 활용) | • 필리핀 참치어업 생산량 대비 탄소발자국 추정<br>• 참치어업 Scope 3 이산화탄소 배출량 추정 |
| | 8 | • 과제명: Tracking the global footprint of fisheries<br>• 연구자(년도): David A. Kroodsma et al.(2018)<br>• –연구목적: 어업 탄소발자국 이해 및 목표 설정 | • 문헌조사<br>• 컨벌루션 신경망(CNN) | • AIS를 활용한 업종별 순생산량(NPP), 어업 노력량 현황<br>• 중국어선 어업 활동 현황<br>• 어업 노력량 변화에 따른 환경변화 영향(모라토리엄 등) |
| | 9 | • 과제명: Energy audit and carbon footprint in trawl fisheries<br>• 연구자(년도): Antonello Sala et al.(2022)<br>• 연구목적: 지중해 트롤어업 탄소발자국 평가 | • 문헌조사<br>• 현장 및 인터뷰 조사<br>• 에너지 성능 지표 추정 | • 트롤 어업 유형별(중층 쌍끌이, 외끌이 등) 연료 소비량 및 이산화탄소 배출량 추정 |
| | 10 | • 과제명: Carbon footprint, economic benefits and sustainable fishing: Lessons for the future from the Western Mediterranean<br>• 연구자(년도): M. Muñoz et al.(2023)<br>• 연구목적: 지중해 스페인어업 이산화탄소 배출량 및 저 | • 문헌조사<br>• 순생산량(NPP) 추정<br>• 시나리오 분석 | • 저인망, 선망 등 주요 업종별 탄소발자국 추정<br>• 업종별 어업 지속가능성 평가<br>• 이산화탄소 배출량과 어업 순이익 비교 |

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| | | 인망 어업 온실가스 배출량 추정 | | |
| | 11 | • 과제명: Understanding the Importance of Scope 3 Emissions and the Implications of Data Limitations<br>• 연구자(년도): Frédéric Ducoulombier(2021)<br>• –연구 목적: Scope 3 배출량 추정의 한계와 제한사항 확인 | • 문헌조사<br>• 현황분석<br>• 사례조사 | • 기업은 GHG 배출량 감축 인센티브를 위해 가치사슬에 위험 전가<br>• 간접배출 보고는 대부분 자발적이며, 데이터 가용성 낮음<br>• 기업 간 산업 간 배출량 비교 불가능<br>• 그린워싱 조장 방지를 위한 노력과 정책, 지표 등을 통한 구체적인 가이드라인 필요 |
| | 12 | • 과제명: Enabling Full Supply Chain Corporate Responsibility: Scope 3 Emissions Targets for Ambitious Climate Change Mitigation<br>• 연구자(년도): Mo Li, Thomas Wiedmann, and Michalis Hadjikakou(2019)<br>• 연구 목적: 글로벌 다지역 투입산출모형을 활용한 전 세계 부문별 Scope 3 배출량 감축 목표 설정 | • 문헌조사<br>• 투입–산출 시계열 분석 (GMRIO) | • 2035년 GHG 배출량 감축 목표 달성을 위해 업스트림 단계에서 54% 감축 필요<br>• 에너지, 운송, 재료 부문 58~67%, 기술, 서비스 부문 50~52%, 농업 등 39% 감축 목표 설정<br>• 실행 가능한 Scope 3 배출량 감축 기준 설정 및 비정부 주도의 비즈니스 모델 구축 필요 |
| | 13 | • 과제명: Use of local greenhouse gas inventories to prioritise opportunities for climate action planning and voluntary mitigation by agricultural stakeholders in California<br>• 연구자(년도): Van R. | • 문헌조사<br>• 데이터 수집 및 통계 분석 | • 16개 작물, 6개 가축 대상 1990~2008년 시계열 활동 데이터 수집, 배출계수를 활용해 배출량 추정<br>• 농업 주요 간접 배출원으로 질소계 비료, 작물 폐기물, 분변, 거름 등이 있으며, 직접배출원은 농기계, 관개 펌프 등이 있음(인벤토리)<br>• 최근 약 20년간 질소 배출 |

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| | | Haden, Michael Dempsey, Stephen Wheeler, William Salas and Louise E. Jackson(2012)<br>• 연구 목적: GHG 인벤토리 구축을 통한 농업부문 기후 행동계획 및 우선순위 지정 | | 량 10.4% 감소, 도시 대비 1/70배 적은 양 배출<br>• 자발적 참여, 인센티브, 시장 이니셔티브를 통해 배출량 저감 가능, 기후정책을 통한 공동 이익 발굴 필요 |
| | 14 | • 과제명: What are we missing? Scope 3 greenhouse gas emissions accounting in the metals and minerals industry<br>• 연구자(년도): Suzanne E. Greene(2018)<br>• 연구 목적: 금속 및 광업 GHG 배출량 추정(scope 3) 및 개선 방안 도출 | • 문헌조사<br>• CDP 데이터 분석 | • 금속 및 광업은 산업구조로 인해 전후방산업 GHG 배출 비중이 높아 배출량 추정에 한계<br>• 자발적 보고 자료인 CDP(Carbon Disclosure Project) 데이터 활용 가치사슬의 부문별 배출량 산정, 과소평가 위험이 있는 부문 개선 방안 도출 |
| | 15 | • 과제명: Addressing dairy industry's scope 3 greenhouse gas emissions by efficiently managing farm carbon footprints<br>• 연구자(년도): Sonja Siegl, Steffen Hagenbucher, Urs Niggli, Judith Riedel(2023)<br>• 연구 목적: 낙농업 Scope 3 GHG 배출량 산출모형 개발(단순화) | • 문헌조사<br>• 배출량 추정(BEK 모듈) | • 기존 BEK 작업반에서 개발한 낙농업 GHG 배출량 추정에는 467개 변수를 사용해 자료 수집에 한계<br>• 변수를 57개로 축소한 간소화 모형에서 R2가 99.7%로 우수 |
| | 16 | • 과제명: Applicability of the Greenhouse Gas Protocol to Estimate Scope 3.11 and 3.12 for Product Systems: A case study at DeLaval, a | • 문헌조사<br>• 사례연구 | • GHG 프로토콜 Scope 3 항목 중 3.11(판매된 제품의 사용), 3.12(판매된 제품의 폐기처리)에 대한 데이터 식별 필요<br>• 사례분석을 통해 3.11 일 |

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| | | dairy equipment company<br>• 연구자(년도): Ahlin Sellgren, Elvira and Lundblad, Lovisa(2023)<br>• 연구 목적: 낙농업의 GHG 프로토콜 상 간접배출(3.11, 3.12) 산출 방안 마련 | | 부와 3.12 데이터 식별 가능성 확인 |
| | 17 | • 과제명: Fuel use and greenhouse gas emissions of world fisheries<br>• 연구자(년도): Robert W. R. Parker, Julia L. Blanchard, Caleb Gardner, Bridget S. Green, Klaas Hartmann, Peter H. Tyedmers & Reg A. Watson(2018)<br>• 연구 목적: 세계 어업 연료 사용 및 GHG 배출 추정 | • 문헌조사<br>• 통계자료 분석<br>• GHG 배출량 추정 | • 2011년 세계 수산업 GHG 배출량은 1억 7,900만 톤 $CO_2$<br>• 1990~2011년 사이 GHG 배출량 28% 증가(양륙량당 21% 증가)<br>• 갑각류 통발어업 등에서 배출량이 많아 저탄소 어업 및 수산물에 대한 소비 확대 필요 |
| | 18 | • 과제명: Exploring Indirect "Scope 3" Greenhouse Gas Emissions for Oil and Gas<br>• 연구자(년도): Robert Siveter, Dan Irvin, Lisa Nelowet Grice(2016)<br>• 연구 목적: 정유산업의 Scope 3 배출원 식별 및 배출량 추정 | • 문헌조사<br>• 통계자료 분석 | • Scope 3 범위 설정 시 기업 활동에 있어 중요도 우선 파악 필요<br>• GHG 프로토콜상 13개 범주 중 판매된 제품의 사용(3.11), 구매한 상품 및 서비스(3.1)가 중요<br>• 회계처리 시 해당 관련성이 높은 부문에 집중 필요 |
| | 19 | • 과제명: Global sector-specific Scope 1, 2, and 3 analyses for setting net-zero targets: agriculture, forestry, and | • 문헌조사<br>• 통계자료 분석<br>• OECM 2.0 | • 전 산업 Scope 1, 2, 3 GHG 배출량 중복계상 방지 방안 필요<br>• 2050년까지 친환경 발전 확대를 통해 에너지 사용에 |

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| | | processing harvested products<br>• 연구자(년도): Sven Teske and Kriti Nagrath(2022)<br>• 연구 목적: 농업 및 임업의 글로벌 넷제로 달성을 위한 Scope 1, 2, 3 배출량 산정 | | 대한 배출은 감소할 것으로 전망<br>• Scope 1, 2 배출량 대비 3의 배출량이 많음<br>• 임업은 넷제로 달성이 가능하나, 농업은 Scope 3으로 인해 불가능할 것으로 추정 |
| | 20 | • 과제명: Can the implications of the GHG Protocol's scope 3 standard be realized?<br>• 연구자(년도): Jerry Patchell(2018)<br>• 연구 목적: GHG 프로토콜의 Scope 3 표준 실효성 검토 | • 문헌조사<br>• 현장조사 | • 주요 기업의 Scope 3 보고서 작성 한계(범위 설정, 데이터, 비교 제한 등)<br>• Scope 3 공시를 통한 이익보다 거래 비용(Scope 3 추정 및 추정을 위한 데이터 수집)이 클 것으로 추정<br>• 분석의 복잡성, 정보 품질의 신뢰도, 책임, 경쟁 등을 이유로 실효성이 비교적 낮음<br>• GHG 프로토콜보다 LCA 분석을 추천 |
| 국내선행연구 | 21 | • 과제명: Tier 1과 Tier 3 방법론에 따른 선박 온실가스 배출량 산정에 관한 고찰<br>• 연구자(년도): 황대중(2019)<br>• 연구 목적: Tier 1과 Tier 3 방법론에 따른 선박 부문의 온실가스 배출량 산정 및 비교 | • 문헌조사<br>• 통계자료 분석 | • Tier 3 방법론을 통해 산정한 온실가스 배출량이 Tier 1보다 높게 나타남<br>• 다양한 선종 및 크기에 따른 선박 부문의 정확한 온실가스 배출량 산정방법이 필요 |
| | 22 | • 과제명: CDP 비교 분석을 통한 기업의 GHG Scope 3 배출관리 현황 연구<br>• 연구자(년도): 윤성아 외(2023)<br>• 연구 목적: 사업장 내 온실가스 배출량에 Scope 3의 공개 적극성이 주는 영향 파 | • 문헌조사<br>• 통계자료 분석 | • Scope 3 공개 수와 기업 등급, 총배출량이 비례함에 따라 Scope 3 공개 수 및 GHG 배출량이 많은 기업일수록 Scope 3 관리 수준이 높은 것으로 확인<br>• 배출량이 많은 기업일수록 Scope 3 산정 및 공개 수 |

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| | | 악 | | 가 많으며, 이는 기업 내 관심의 정도와 연관되어 효과적인 배출량 관리 및 감축 활동이 가능할 것으로 예상 |
| | 23 | • 과제명: 환경산업연관분석(EEIOA)을 이용한 경제 부문별 온실가스 배출량 특성 분석<br>• 연구자(년도): 박유진, 김준범, 경대승, 박흥석(2022)<br>• 연구 목적: 산업연관표를 이용한 경제활동별 온실가스 배출 특성 분석 | • 문헌조사<br>• 사례연구<br>• 통계자료분석 | • Scope 1 대비 Scope 3에서 배출 비중이 50%를 넘는 산업이 많음을 확인<br>• 따라서 Scope 3에 의해 발생하는 온실가스를 고려한 공급망 및 가치사슬에 대한 감축대책이 필요함을 확인 |
| | 24 | • 과제명: 저탄소 그린캠퍼스 조성을 위한 온실가스 인벤토리 구축 및 감축잠재량 분석 – 대구대학교를 중심으로<br>• 연구자(년도): 정영진, 이개초, 김태오, 황인조(2014)<br>• 연구 목적: 대구대학교를 대상으로 온실가스 인벤토리를 구축하고, 감축잠재량을 분석 | • 문헌조사<br>• 사례연구<br>• GHG 배출량 추정 | • 대구대학교의 온실가스 배출량을 산정하여 Scope 2(60.4%), Scope 1(22.6%), Scope 3(17.0%) 순으로 높은 배출량을 확인<br>• 재실센서 설치, 태양열 시설 도입 등의 시나리오를 통해 약 15% 온실가스 감축 가능 |
| | 25 | • 과제명: 제조 공급망 Scope 3 배출과 지속가능 공급망 공시 간 연관성 연구<br>• –연구자(년도): 정영서(2022)<br>• 연구 목적: 글로벌 자동차 산업과 식품 산업의 Scope 3 배출 실적과 지속가능 공급망 공시 수준간 연관성 분석 | • 문헌조사<br>• 사례연구<br>• 통계자료분석 | • Scope 3 배출량이 많은 기업일수록 지속가능 공급망 공시 수준이 높음 |
| | 26 | • 과제명: K-Water 온실가스 인벤토리 구축 사례 연구<br>• 연구자(년도): 박동학, 고영환, 장문성, 김덕제(2010) | • 문헌조사<br>• 사례연구<br>• GHG 배출량 추정 | • 2005~2008년 온실가스 인벤토리 구축을 통해 매년 약 3.65%씩 온실가스 배출량이 증가하고 있음을 확 |

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| | | • 연구 목적: K-water 57개 사업장에 대한 온실가스 인벤토리 구축 및 배출량 산정 | | 인<br>• 신재생에너지 개발 등을 통한 온실가스 배출량을 상쇄시키는 방안 마련 필요 |
| | 27 | • 과제명: IFRS 지속가능성 공시기준이 중소기업에 미치는 영향; IFRS S2를 중심으로<br>• 연구자(년도): 정준희 (2023)<br>• 연구 목적: ISSB의 기후 관련 공시기준인 IFRS S2의 도입이 국내 중소기업에 미치는 영향 분석 및 대응방안 제시 | • 문헌조사<br>• 사례연구 | • 온실가스 배출 고위험 산업군(화학, 정유 등)은 IFRS S2 도입 이후 금융규제 및 관련 비용이 더욱 커질 것으로 전망<br>• 글로벌 규제인 IFRS S2에 대해 정부 및 규제당국의 적극적인 지원과 더불어 중소기업 스스로 적극적 역량 제고 필요 |
| | 28 | • 과제명: 탄소중립 전략을 위한 광해방지사업 탄소배출량 산정 기법 연구<br>• 연구자(년도): 김수로, 박관인, 곽인호, 위대형, 백승한 (2022)<br>• 연구 목적: 광해방지사업의 탄소배출량 시범분석 및 탄소중립을 위한 저감 기술의 적용 가능성 검토 | • 문헌조사<br>• 현장조사 | • 광해방지사업은 직접적인 탄소배출량은 적으나 소비되는 자재로 인한 탄소배출량이 높게 나타남<br>• 광해방지사업의 계획 단계에서부터 최대 허용 탄소배출량을 제시하고 관리방안에 대한 전략 수립 필요 |
| | 29 | • 과제명: 탄소발자국 국제표준화 및 정책 동향<br>• 연구자(년도): 이종석, 임윤진, 김지예, 신종석(2022)<br>• 연구 목적: 탄소중립 기술 대상 LCA 중심의 온실가스 배출량 산정 시뮬레이터 개발 및 활용방안 제시 | • 문헌조사<br>• 사례연구 | • 국제 탄소발자국 규제에 대응하기 위해 정부 주도로 해외 상호인정이 가능하도록 환경성적표지 작성지침 확대 등 다양한 노력 필요<br>• 산업계는 온실가스 배출권 거래제 대응을 위해 관리하고 있는 Scope 1, 2와 함께 Scope 3까지 관리할 수 있는 체계 마련 필요 |
| | 30 | • 과제명: CDP 정보를 활용한 국내외 온실가스 관리 우수기업의 Scope 3 관리수 | • 문헌조사<br>• 사례연구 | • Scope 3 항목 15개 중 국내 기업이 관리하는 항목은 10개, 해외 기업은 13개임 |

| 구 분 | | 선행연구 현황 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 연구목적 | 연구방법 | 주요 연구내용 |
| | | 준 분석<br>• 연구자(년도): 노대용, 이재형, 김용상, 이우균(2012)<br>• 연구 목적: 국내외 기업의 Scope 3 관리 현황 분석 | | • 국내 기업의 Scope 3 관리 수준은 CDP Global 500 평가에서 CDLI 제3자 검증, 온실가스 관리항목 수, 제품 판매 이후의 Scope 3 관리가 상대적으로 낮은 것으로 나타남 |

# 기본연구보고서 발간목록

## 2024

| | | |
|---|---|---|
| 01 | 섬·바다·강 연계 관광 네트워크 구축방안 연구 | 최일선 |
| 02 | 해양 스타트업 실패 자산화 방안 연구 | 좌미라 |
| 03 | 시민친화적 바닷가 공간 조성에 관한 연구 | 정지호 |
| 04 | 연안이용 관리 법제 정비방안 연구 | 최석문 |
| 05 | 특별관리해역 관리제도 재편 방안 연구 | 최수빈 |
| 06 | 해양관할구역 과세권한의 체계적 배분방안 연구 | 이혜영 |
| 07 | 어업인의 디지털 전환 수용성 제고방안 연구 | 오서연 |
| 08 | 수산물 무역(수출입) 단기 전망모형 구축 연구 | 한기욱 |
| 09 | 어촌소멸에 따른 사회경제적 영향분석과 대응전략 연구 | 이상규 |
| 10 | 어촌다움에 기반한 어촌공간관리 방안 연구 | 이승혜 |
| 11 | 파생상품을 이용한 해운선사의 위험관리에 관한 연구<br>- 운임선도거래(FFA)를 중심으로 - | 김한나 |
| 12 | 내항상선 해양사고 경감방안 연구 | 허성례 |
| 13 | 항만재개발사업 공공성 강화 방안 연구 | 김세원 |
| 14 | 해외 항만터미널 확보 전략 연구 | 김근섭 |
| 15 | 항만 하역능력의 서비스 수준 개선 연구 | 이화섭 |
| 16 | 국내 무역항 거버넌스 체계 개편방안 연구 | 김근섭 |
| 17 | 선박의 원격운항을 위한 제도 개선방안 연구 | 박혜리 |
| 18 | 국제물류기업 육성을 위한 법제 개선방안 연구 | 최나영환 |
| 19 | 글로벌 공급망 리스크 대응 정책효과 분석 모형 개발 연구 | 강무홍 |
| 20 | 한-북미 무역구조 분석 및 물류공급망 변화 대응방안 연구 | 이성우 |

## 2023년

| | | |
|---|---|---|
| 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 | 마을어장 이용·관리 개선방안 연구 | 마창모 |
| 07 | 해양생태계 복원정책 개선방안 연구<br>- 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<br>- 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<br>: 한국-북미 물류공급망 중심 | 이성우 |

# 수시연구보고서 발간목록

## 2024년

| | | |
|---|---|---|
| 01 | 해양정보산업 진흥을 위한 제도 개선 방안 연구 | 김찬웅 |
| 02 | 한-아프리카 국제수산협력 체계 개선 연구 | 이채령 |
| 03 | 해양안보 MDA 체계 협력적 운용 방안 연구 | 민영훈 |
| 04 | 인천항 자유무역지역의 효과적 운영을 위한 전략 방안 | 한장협 |
| 05 | 해양문화자원을 활용한 연안도시활력 증진 방안 연구 | 이슬기 |
| 06 | 부산항 물동량 유치방안 연구 | 김은우 |
| 07 | 국제사회의 대북제재 동향과 우리의 대응:해양수산분야를 중심으로 | 채수란 |
| 08 | 국내 연안여객선 관광·이용 활성화 방안 연구 | 이정아 |
| 09 | 내수면어업 허가·신고 제도 개선방안 연구 | 최순 |
| 10 | 어업선진화를 위한 어업관리체계 개편방안 | 심성현 |
| 11 | 글로벌 공급망 변동에 따른 해운물류 지원방안 | 황수진 |
| 12 | 국내 중소선사의 탄소중립 달성을 위한 친환경정책 지원방안 | 류희영 |
| 13 | 항만기술산업 활성화를 위한 법제도 정비 방안 연구 | 김보경 |
| 14 | 해양모태펀드 투자활성화 방안 연구 | 한기원 |
| 15 | 특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화방안 | 장원근 |
| 16 | 중대재해처벌법 대응 양식장 안전성 개선 방안 연구 | 윤미경 |
| 17 | 국가관리연안항 발전전략 수립체계 연구 | 신정훈 |
| 18 | 글로벌 공급망 대응 해운항만물류 전문인력 양성 발전방안 연구 | 권보배 |
| 19 | 해양수산 국제개발협력 중장기 전략 연구 | 전혜은 |

## 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 |

# 일반연구보고서 발간목록

## 2024년

| | | |
|---|---|---|
| 01 | 한-북극권 청색경제 협력사업 추진 방안 | 김엄지 |
| 02 | 전환기 글로벌 해양환경규범의 대응력 강화 연구 | 박수진 |
| 03 | 해양 지속가능성 시범 평가 연구 | 최희정 |
| 04 | Scope 3 기준 원양산업 탄소배출추정 및 대응방안 연구<br>- 원양저연승어업을중심으로 | 조헌주 |
| 05 | 수산물 공급망 관리 개선방안 연구(한태 무역을 중심으로) | 한기욱 |
| 06 | 신통상규범 확대에 따른 수산분야 영향 및 대응방안 | 박혜진 |
| 07 | 탄소배출 규제 대응을 위한 컨테이너 선대 교체 수요 추정연구 | 최건우 |
| 08 | 연안항개발사업의 경제적 편익에 관한 연구 | 김성아 |
| 09 | 한국과 미동부 항만 간 녹색해운항로 구축방안 연구 | 김가현 |
| 10 | 비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅲ)<br>- 철광석,화학공업생산품,기타광석,잡화를중심으로 | 이나영 |
| 12 | 접안 대기시간 감소에 따른 탄소집약도지수(CII) 변화 분석 | 김보람 |

## 2023년

| | | |
|---|---|---|
| 01 | 해양수산업 조기경보지수 개발<br>- 컨테이너 해운시장을 중심으로 | 권장한 |
| 02 | AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구(II)<br>- 우리나라 주요 항만을 중심으로 | 강무홍 |
| 03 | 우리나라 수산식품 소비 활성화 방안 마련 연구 | 한기욱 |
| 04 | 비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅱ)<br>- 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 | 황진회 |
| 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 |

일반연구 2024-04

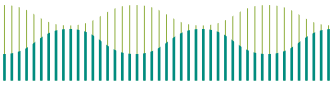
**Scope 3 기준 원양산업 탄소배출추정 및 대응방안 연구 – 원양저연승어업을 중심으로**

**인 쇄** 2024년 12월 29일
**발 행** 2024년 12월 31일

**발 행 인** 김 종 덕
**발 행 처** 한국해양수산개발원
**주 소** 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)
**연 락 처** 0517974800 (FAX 0517974810)
**등 록** 1984년 8월 6일 제31319841호

**조판·인쇄** 갭스앤디 컴퍼니 (0519119890)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 023940337
정가 6,000원



# Scope 3 기준 원양산업 탄소배출추정 및 대응방안 연구
## - 원양저연승어업을 중심으로

A Study on the Carbon Emission Estimation and Response of the Distant-Water Industry
: A Scope 3-Focused Analysis on Bottom Longline Operations

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

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

ISBN 979-11-6866-224-7 값 6,000원