

경제·인문사회연구회 미래사회협동연구총서 09-06-44	
정책연구 2009-06	기본연구

기후변화 대응 연구

항만분야 기후변화협약 대응방안

2009. 12.

김범중 · 김우선 · 김운수 · 김찬호 · 김근섭

경제인문사회연구회 미래사회협동연구총서

“기후변화 대응 연구”

◆ 협동연구총서 시리즈

협동연구총서 일련번호	연구보고서명	연구기관
09-06-44	항만분야 기후변화협약 대응방안	한국해양수산개발원

◆ 참여 연구진

연구기관		연구책임자	참여연구진
주관 연구기관	한국해양수산개발원	김범중 연구위원	김우선 책임연구원 김운수 책임연구원 김찬호 책임연구원 김근섭 책임연구원
협력 연구기관	한국해양대학교	김환성 교수	

◆ 보고서 집필 내역

● 연구책임자

- 김 범 중 : 제1장, 제6장

● 연구진

- 김 우 선 : 제3장
- 김 운 수 : 제4장, 제5장(1절, 2절)
- 김 찬 호 : 제2장, 제5장(3절)
- 김 근 섭 : 제4장, 제5장(1절, 2절)

● 외부 집필진

- 김 환 성(한국해양대학교 물류시스템공학과 교수)
: 제4장

◆ 산·학·연·정 연구자문위원

- 류 경 부(한국선급 환경플랜트팀 책임검사원)
- 남 재 현(국토해양부 서기관)

* 연구자문위원은 산·학·연·정 순임

◆ 연구감리자

- 김 형 태(한국해양수산개발원 연구감리역)

머 리 말

기후변화는 전 세계 최대의 화두로서, 특히 2009년은 포스트 교토협약의 탄생 여부가 결정되는 해이다. 또한 우리나라에도 2009년은 2013년부터 온실가스 의무 감축 대상국에 포함되는지의 여부가 결정되는 해로서 최근 2020년까지의 중기 감축 목표를 발표하면서 국제사회에서의 위상을 제고하고 있다.

아울러 유럽을 중심으로 해운, 항공 등 국제병커링에 대해서도 탄소배출량 규제에 대한 논의가 활발하게 진행되고 있어 향후 항만분야까지 확대 될 것으로 전망되고 있다. 따라서 세계항만협회(International Association of Ports and Harbours : IAPH)와 주요 항만도시가 중심이 되어 2008년 7월 ‘World Ports Climate Declaration’에 서명하는 등 국제사회의 움직임도 매우 활발하게 진행되고 있다.

이러한 대내외적인 환경 변화에 따라 우리나라 정부도 전 산업분야에 걸쳐 기후변화 대응 정책을 수립하고 있으며, 온실가스 배출 비중이 높은 수송 분야도 예외는 아니다. 항만분야 역시 저탄소 항만 구축을 위한 Green Port 정책이 수립·추진되고 있다. 그러나 항만분야의 기후변화 대응 정책은 그 범위가 제한적이며, 실천적 정책 추진 이전에 필수적으로 검토되어야 할 항만부문의 이산화탄소 배출 통계 작성, 배출량 산정, 저감목표치 설정 등 기반 연구가 부족하다는 문제점이 제기되고 있다.

따라서 본 연구에서는 기후변화협약에 대처하기 위한 우리나라 항만부문의 체계적인 대책 마련을 위해 항만부문의 이산화탄소 배출량 산정방법 제시, 배출량 산정 및 2020년 기준 저감목표치를 설정하고 이를 달성하기 위한 탄력적이며 실행가능한 대안과 로드맵을 제시하였다. 더불어 항만부문의

저탄소 정책이 실효성 있게 추진될 수 있도록 다양한 정책들을 제언하였다.

우리나라 항만부문의 2008년 이산화탄소 배출량은 188만 톤CO₂인 것으로 분석되었으며, 2020년 기준 저감목표치인 BAU(Business As Usual) 대비 30%를 달성하기 위해서는 선박부문, 하역부문, 시스템 정비 부문 등에서 가능한 저감대안이 시행되어야 할 것으로 나타났다. 또한 저감대안의 비용 효과는 부정적으로 나타났지만, 기후변화 대응은 선택이 아닌 필수로서 국민의 편익과 국제사회에서의 우리나라 위상 제고를 위해서는 비용 부담과 편익에 대한 공감대 형성을 통해 추진되어야 할 것으로 제시되었다.

이와 같은 항만 부문 정책들의 실효성을 높이기 위해서는 항만 인벤토리(Port Inventory) 구축, 이산화탄소 배출량의 정확한 산정을 위한 3개년 조사 시행, 해운 및 하역분야에 다양한 인센티브 제공으로 자발적 참여 유도, 법·제도 개선을 통한 강력한 규제 적용, 해운부문과 연계한 정책 추진, 항만분야에 적용 가능한 신재생에너지 적극 검토, 항만분야 편익 도출을 통한 사회적 합의 유도 등의 필요성을 제안했다.

본 연구는 우리 원의 김범중 연구위원이 김우선 책임연구원, 김운수 책임연구원, 김찬호 책임연구원 그리고 김근섭 책임연구원과 공동으로 수행하였다.

본 연구보고서가 간행되기까지 많은 분들의 도움이 있었다. 한국선급 류경부 팀장님은 선박의 기후변화 대응에 대한 폭넓은 내용을 자문해 주셨고, 국토해양부 남재현 서기관은 정책 실무자의 관점에서 정책 반영을 위한 유익한 자문을 해 주었다. 한국해양대학교 김환성 교수님은 협동연구자로서 본 연구의 일익을 담당하였다. 또한 우리 원의 김형태 연구감리역은 전체적인 내용 검토와 자문을 통해 완성도 높은 보고서 작성에 많은 도움을 주셨으며, 정봉민 물류항만연구단장, 임종관 물류항만연구본부장께서도 많은 도움을 주었다. 그리고 본 보고서가 출판되도록 행정 및 편집업무를 수행한 홍수

진 행정원의 많은 도움도 있었다. 끝으로 본 보고서가 출판되기까지 많은 도움을 주신 모든 분들께 이 자리를 빌려 심심한 감사를 표하는 바이다.

2009년 12월

한국해양수산개발원
원 장 강 종 희

차 례

Executive Summary	i
-------------------	---

제1장 서론	1
--------	---

1. 연구의 배경 및 필요성	1
2. 연구의 목적	2
3. 연구의 범위와 방법	3
1) 연구의 내용 및 범위	3
2) 연구의 방법	5

제2장 기후변화협약 및 국내외 대응 동향	6
------------------------	---

1. 기후변화협약	6
1) 개요	6
2) 기후변화협약 진행 경과	7
2. 주요 국가의 대응 동향	13
1) 주요 국가의 입장	13
2) 향후 전망	16
3. 우리나라의 대응 동향 검토	17
1) 기후변화협약 대응 종합대책	18
2) 국토해양분야 기후변화 대응 종합대책(2008)	24
3) 기후변화협약 관련 법률 검토	27
4. 시사점	36
1) 기후변화에 신속 대응 필요	36
2) “Post-2012” 신속하고 적극적인 대응	37
3) 항만 관련 기후변화 대응방안은 미약	38

4) 법률적 근거 마련이 시급	38
------------------------	----

제3장 항만분야 국내외 대응 동향 40

1. 해운부문 동향	41
1) 선박 대기오염물질 배출규제협약	41
2) 시장적 제도(탄소세, 배출권거래) 도입 검토	48
2. 항만부문 동향	51
1) IAPH : C40 World Ports Climate Conference(WPCC)	51
2) EU	54
3) 일본	56
4) 주요 항만 동향	58
5) 글로벌 터미널 운영업체 동향	67
3. 우리나라 항만의 대응방안 및 동향	70
4. 시사점	71

제4장 항만의 이산화탄소 배출량 산정 73

1. 우리나라 온실가스 배출량 현황 및 전망	73
1) 온실가스 배출 현황	73
2) 온실가스 배출 전망	77
2. 항만분야 이산화탄소 배출량 산정방법 검토	77
1) 이산화탄소 배출량 산정 이유	77
2) 선행연구 검토	78
3) 본 연구의 산정방법	85
3. 항만분야 이산화탄소 배출량 산정	87
1) 항만의 이산화탄소 배출량 산정 범위	87
2) 부두 유형화	87

3) 이산화탄소 배출량 산정	88
4) 이산화탄소 배출량 전망	111

제5장 항만분야 이산화탄소 저감목표 및 정책 추진 로드맵 ——— 113

1. 이산화탄소 배출량 저감목표치 설정	113
1) 우리나라 국가총량 감축목표	113
2) 해외 주요 국가의 감축목표	114
3) 해외 주요 항만의 감축목표	115
4) 항만분야 이산화탄소 감축목표 설정 및 감축량 산정	116
2. 부문별 이산화탄소 배출 저감대안 설정	118
1) 부문별 저감대안	118
2) 적용 가능 대안 선정	118
3. 저감효과 분석	120
1) 선행연구	120
2) 분석의 범위 및 방법	123
3) 분석 결과	127
4) 감축비용	129
5) 소결	130
4. 정책 로드맵	133

제6장 결론 및 정책제언 ————— 134

1. 요약 및 결론	134
1) 항만분야 이산화탄소 배출량 저감에 대한 논의 활발	135
2) 기후변화협약에 적극 대응해야 할 시기	135
3) 우리나라 항만분야는 이산화탄소 저감을 위한 기반 여건 미흡	136

4) 우리나라 항만의 이산화탄소 배출량은 189만 톤CO ₂	137
5) 항만분야 이산화탄소 감축목표는 BAU 대비 30% 설정	138
6) 저감대안의 비용효과는 부정적이나 지속적 추진 필요	138
7) 항만분야 이산화탄소 배출량 저감정책은 2013년 이전 완료	139
2. 정책제언	139
1) 이산화탄소 배출량 산정을 위한 3개년(2010~2012년) 조사 시행	140
2) 다양한 인센티브 제공을 통한 자발적 참여 유도	142
3) 강력한 규제 마련 및 적용	149
4) 해운 부문과 연계한 정책 추진	151
5) 항만분야에 적용 가능한 신재생에너지 적극 검토	152

참 고 문 헌	155
---------------	-----

표 차례

표 2-1. 기후변화협약 당사국총회의 주요 진행 경과	8
표 2-2. 교토의정서에 의한 선진국의 온실가스 감축 비율	12
표 2-3. 영국의 Climate Change Levy	14
표 2-4. 녹색성장의 3대 요소	18
표 2-5. 기후변화대응 종합계획 10대 중점과제	21
표 2-6. 기후변화대응 종합기본계획 추진정책	23
표 2-7. 직·간접적 항만 관련 종합대책	25
표 2-8. 기후변화 대응 법안 비교	30
표 3-1. 신조선 기준선 공식에 사용되는 계수	45
표 3-2. LA & LB 청정대기 행동계획 추진 전략	58
표 3-3. 북서항만 청정대기 전략의 주요내용	61
표 3-4. ECO RTG 도입 현황(Siemens사)	66
표 3-5. 각국의 친환경 항만 구축 사례	66
표 4-1. 우리나라 온실가스 배출량 추이	73
표 4-2. 온실가스 배출 관련 주요 지표	74
표 4-3. 우리나라 부문별 온실가스 배출량	75
표 4-4. 에너지 부문 온실가스 배출량 추이	76
표 4-5. 수송 부문 온실가스 배출량 추이	76
표 4-6. 우리나라 온실가스 배출량 전망	77
표 4-7. 항만부문 분야별 CO ₂ 발생량	81
표 4-8. 우리나라 항만별 CO ₂ 발생량	82
표 4-9. 화물 및 하역 형태에 따른 부두 유형화	88
표 4-10. 선박부문 CO ₂ 배출량 산정 요소	89
표 4-11. 하역부문 CO ₂ 배출 결정 변수	91

표 4-12. 트럭 운송부문 CO ₂ 배출 결정 변수	92
표 4-13. 항만배후단지 운송부문 CO ₂ 배출 결정 변수	94
표 4-14. 연료별 순발열량 및 석유환산계수	95
표 4-15. IPCC의 탄소배출계수	96
표 4-16. 각 연료별 CO ₂ 배출계수	96
표 4-17. 우리나라 예선마력별 현황	98
표 4-18. 컨테이너부두 CO ₂ 원단위 산정 사례	99
표 4-19. 2008년 항만별 화물별 처리물동량	101
표 4-20. 항만별 화물별 CO ₂ 발생량 산정(IPCC 기준, 2008년)	102
표 4-21. 항만물류 기능별 CO ₂ 발생량 산정(IPCC 기준, 2008년)	104
표 4-22. 물류기능상 배출 비중(IPCC 기준)	105
표 4-23. 화물별 CO ₂ 발생량 산정(IMO 기준, 2008년)	107
표 4-24. 항만물류 기능별 CO ₂ 발생량 산정(IMO 적용, 2008년)	109
표 4-25. 물류기능상 배출 비중(IMO 기준)	110
표 4-26. 산전기준별 CO ₂ 배출량 산정 결과 및 비중 비교(2008년)	111
표 4-27. 주요 품목별 물동량 전망	111
표 4-28. 우리나라 항만내 CO ₂ 발생량 전망	112
표 4-29. 물류기능상 배출 비중(2020년 기준)	112
표 5-1. 우리나라 국가총량 감축목표	113
표 5-2. 세계 주요국가 온실가스 감축목표	114
표 5-3. 해외 주요 항만의 감축목표	115
표 5-4. 항만분야 이산화탄소 감축목표치 설정	116
표 5-5. 2020년 항만분야 CO ₂ 감축량 산정결과	117
표 5-6. 항만 부문별 CO ₂ 배출 저감대안	118
표 5-7. 우리나라 항만에 적용 가능한 대안 선정 기준	119
표 5-8. 항만부문의 저감대안 선정	119
표 5-9. 하드웨어 부분 온실가스 저감 구축요소	120
표 5-10. 소프트웨어 부분 온실가스 저감 구축요소	121

표 5-11. 네트워크 부분 온실가스 저감 구축요소	122
표 5-12. 선박분야의 CO ₂ 저감효과 분석	125
표 5-13. 하역분야의 CO ₂ 저감효과 분석	126
표 5-14. 시스템 정비의 CO ₂ 저감효과 분석	127
표 5-15. CO ₂ 감축 가능량 분석 결과	127
표 5-16. CO ₂ 감축목표량 대비 배출량	128
표 5-17. CO ₂ 감축 비용	130
표 6-1. 저탄소 녹색성장 기본법안 중 지원정책	143
표 6-2. 무역항의 항만시설 사용 및 사용료에 관한 규정 개정(안)	146
표 6-3. 선박 AMP 설치에 따른 톤세 지원 방안	147
표 6-4. 저탄소 녹색성장 기본법안 중 규제정책	150
표 6-5. 주요 국가별 신재생에너지 공급 추이	152
표 6-6. 우리나라 항만구역내 적용 가능한 신재생에너지원	153

그림 차례

그림 1-1. 연구 흐름도	4
그림 2-1. 국토해양분야 기후변화 대응정책의 비전과 전략	24
그림 3-1. 신조선 기준선과 규제 값의 개념도	46
그림 3-2. 탄소발자국	62
그림 3-3. Barge & Cruise AMP	63
그림 4-1. 우리나라 온실가스 배출량 추이	74
그림 4-2. 우리나라 항만의 온실가스 배출량 산정방법 선정	86
그림 4-3. 항만의 이산화탄소 배출량 산정 범위	87
그림 4-4. 항해계수 및 접안계수 비교	98
그림 4-5. 항만별 CO ₂ 발생량 산정(IPCC 기준, 2008년)	105
그림 4-6. 항만물류기능별 CO ₂ 발생량 및 비중(IPCC 기준, 2008년)	106
그림 4-7. 항만별 CO ₂ 발생량 산정(IMO 기준, 2008년)	108
그림 4-8. 기능별 CO ₂ 발생량 및 비중(IMO 기준, 2008년)	110
그림 5-1. 2020년 항만분야 이산화탄소 배출전망과 감축 시나리오	117
그림 5-2. 기능별 저감방안 도입 전·후 탄소배출량 비교	132
그림 5-3. 저탄소 항만 구축 정책 로드맵	133
그림 6-1. 항만 이산화탄소 배출량 산정을 위한 조사 체계	141
그림 6-2. 항만 인벤토리 구축 예시	142
그림 6-3. 운영사 지원 체계(안)	148

Executive Summary

Port Areas' Response to the Climate Change Regime

- **An active international discussion is under way to cut carbon emissions in port areas**
 - Port areas didn't take priority so far when it comes to reducing carbon emissions. However, as Europe strengthens regulations on greenhouse gases, particularly in the shipping and aviation field, port areas are pursuing similar policies.
 - For example, the C40 World Ports Climate Change Conference was held in Rotterdam, the Netherlands in 2008 with IAPH (The International Association of Ports and Harbors) playing the key role. At the conference, 55 ports from around the world agreed on the C40 WPCC Action Plan.
- **It is time to actively respond to the international climate regime**
 - When the Kyoto Protocol took effect in 1997, Korea was categorized as a non-Annex 1 country; however, Korea is possibly to be included among the Annex 1 countries under the post Kyoto climate regime which will become effective from 2013.
 - As a result, the Korean government has been pursuing various policies under the grand banner "Low Carbon Green Growth." Recently the government pledged to cut carbon emissions by 30 percent from its business-as-usual (BAU) level forecast for 2020.

■ Port areas don't have sound foundation to cut carbon emissions

- The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM) presented the vision of “the realization of low carbon, green land and safe sea.” For that goal, detailed action plans were prepared in 5 areas such as building, transportation, land/city, sea and maritime resources.
- However, action plans for port areas only included the conversion to LNG freight cars and the employment of E-RTGC. Although basic plans for “Green Port” are in the pipeline, the timing is still late.

■ Korean ports were estimated to emit 1.89 million tons of CO₂ in 2008

- For the accurate estimation of CO₂ emitted by Korean ports, this study categorized port areas by their functions, such as those of ships, loading/unloading, vehicles and hinterland. Appropriate methods were selected to estimate the basic CO₂ unit for each function.
- The total CO₂ produced in port areas stood at 1.89 million tons in 2008. By function, ships took up the biggest chunk with 34.8 %, followed by vehicles (33.9%), and loading/unloading (31.3%). Hinterland accounted for a minimal percentage.

■ Port areas set the target of cutting greenhouse gas emissions by 30% from its BAU level forecast for 2020

- Port areas are estimated to emit 2,768,021 tons of CO₂ by 2020.
- Each scenario sets different emission target for 2020. Scenario 1 aims for 21% reduction from the BAU level (2,186,737 tons), Scenario 2 for 27% cut (2,020,656 tons) and Scenario 3 for 30% (1,937,615 tons).

■ **The study proposed possible plans to cut CO₂ emissions in port areas**

- In order to present plans to cut emissions, the study considered 4 factors, such as emission percentage, the plan's easy accessibility, costs and its applicability.
- The study proposed plans for each area. Ships need to install AMP (Alternative Maritime Power) and to reduce speed in the port area. E-RTGC and the Idling Control System need to be used to cut emissions during loading and unloading. Vehicles should install the Idling Control system. Education and training system for human resources in the port industry and the real time statistics system and the official disclosure system for green house gas emission should be in place.

■ **The cost effectiveness of these plans is negative. However, they should be pursued constantly**

- The plans are estimated to cut 934,171 tons of CO₂ from the BAU level for 2020. However, the Cost-Effectiveness Analysis shows that their effectiveness stands at only 12.3%.
- CO₂ cut in port areas is a must and not a choice. Therefore, those plans should be pursued for national benefit and international competitiveness, regardless of their cost-effectiveness.

■ **The plans to cut emission in port areas should be implemented before 2013**

- Korea is expected to be categorized as an Annex 1 country under the post Kyoto Protocol which takes effect from 2013. Therefore, these plans need to

be employed before 2013.

- Long term plans should be in place, of course; however, the government should first carry out possible plans such as the establishment of databases, the greenhouse gas inventory, emission factors, laws and regulations.
- The following takes precedence for the effective implementation of “Low Carbon Policies” for port areas
 - “The Port Inventory” to build low carbon ports
 - 3 Year Analysis to estimate CO₂ emissions (2010~2012)
 - Voluntary participation motivated by various incentives
 - To apply stringent regulations by improving laws and regulations
 - Policies coordinated between ports and the shipping industry
 - To review new renewable energy for port areas
 - To reach social consensus by generating benefits for port areas

제 1 장 서 론

1. 연구의 배경 및 필요성

유엔 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC)은 1992년 6월 브라질의 리우환경회의에서 지구온난화에 따른 이상기후 현상을 예방하기 위한 목적으로 채택되었다. 이후 1995년 독일 베를린에서 열린 제1차 당사국총회(Conference of Parties : Cop)에서 2000년 이후의 온실가스 감축을 위한 협상그룹을 설치하였고, 지속적으로 당사국총회를 개최하기 시작하였다. 2007년 12월 인도네시아 발리에서 열린 제 13차 기후변화협약 당사국총회에서는 교토의정서(1997년)가 만료되는 2012년 이후 기후변화 대응체제 로드맵을 채택하였는데, 이 로드맵에 의거하여 당사국들은 향후 2년간 온실가스 감축에 참여하는 방안을 논의하게 되고, 2009년 당사국총회에서 의무감축량이 최종 결정된다.

우리나라의 경우 1차 공약기간(2008~2012년) 동안은 의무감축국은 아니지만 2013년부터는 의무감축 대상국에 포함될 것이 확실시되고 있다. 이에 따라 정부에서도 2006년에 ‘기후변화협약 대응 제3차 종합대책’을 마련하고 부문별로 대응방안 및 전략을 수립 중이다.

항만분야의 경우 국가별 탄소배출량 감소 계획에서 제외되어 있으나, 최근 EU를 중심으로 항공 및 해운에 대한 탄소배출량 규제 압력이 증가하고 있어 향후 항만 부문에도 탄소배출량 규제가 이루어질 것으로 전망된다. 이 같은 경향이 생긴 이유는 최근 해운분야에서 배출되는 온실가스의 실제 규모가 이전에 예측된 것보다 3배 정도 더 높다는 사실이 유엔 보고서에서 밝혀졌기 때문에 항만분야의 온실가스 배출 규모도 상당히 높을 것으로 판단되기 때문이다.

또한 C40 Cities(Climat Leadership Group)는 2008년 7월 네덜란드 로테르담에서 C40 World Ports Climate Conference를 개최하여 ‘World Ports Climate Declaration’에 서명하는 등 항만도시를 중심으로 항만분야의 온실가스 저감을 위한 국제적인 움직임이 활발하다. 주요내용은 해운에서의 이산화탄소 배출 감소, 항만운영 및 개발에서의 이산화탄소 감소, 배후수송에서의 이산화탄소 배출 감소, 재생에너지 사용 촉진, 이산화탄소 배출량 모니터링 시스템 개발 등을 포함하고 있다.

이와 같이 항만, 해운 및 항공에 대한 온실가스 저감 정책이 전 세계적으로 이슈화되고 각국에서 대응 정책을 수립하고 있다. 우리나라의 경우 기후변화협약 대응 국가보고서에서 교통부문에 대한 온실가스 저감 대책을 수립한 바 있으나, 항만부문은 제외되고 있어 아직까지 구체적인 대응책이 수립되지 않고 있다. 현재 국토해양부에서는 컨테이너부두에 대한 온실가스 저감정책을 수립 중에 있으나, 극히 제한적인 정책으로 항만 권역 내 전 분야로 확대가 필요하다.

따라서 항만 권역 내에서 발생하는 온실가스 배출량을 측정하고, 경제적 효과 분석을 통해 지속가능한 저감정책을 제안하여 당사국 회의 또는 World Port Climate Conference에서의 주도권을 확보해야 할 필요성이 있다.

2. 연구의 목적

이러한 상황에서 본 연구는 기후변화협약에 대처하기 위한 우리나라 항만 부문의 체계적인 대책 수립 마련과 장래 추진전략 수립 방안 제시를 목적으로 하고 있다. 이를 위해 다음 3가지 핵심 연구 목적을 설정하였다.

첫째, 항만부문의 이산화탄소 배출량 산정방법을 제시하며, 이를 통해 우리나라의 이산화탄소 배출량을 산정하고 전망한다.

둘째, 2013년 이후 온실가스 의무감축국으로 편입될 경우에 대비하여 우리나라 항만의 이산화탄소 저감목표치를 설정한다. 또한 이를 달성하기 위한 부문별 저감대안을 선정하고 그 추진을 위한 로드맵을 제시한다.

셋째, 향후 우리나라가 기후변화협약에 탄력적으로 대응할 수 있도록 항만분야에서 실행 가능한 정책을 종합적으로 제안하고자 한다.

3. 연구의 범위와 방법

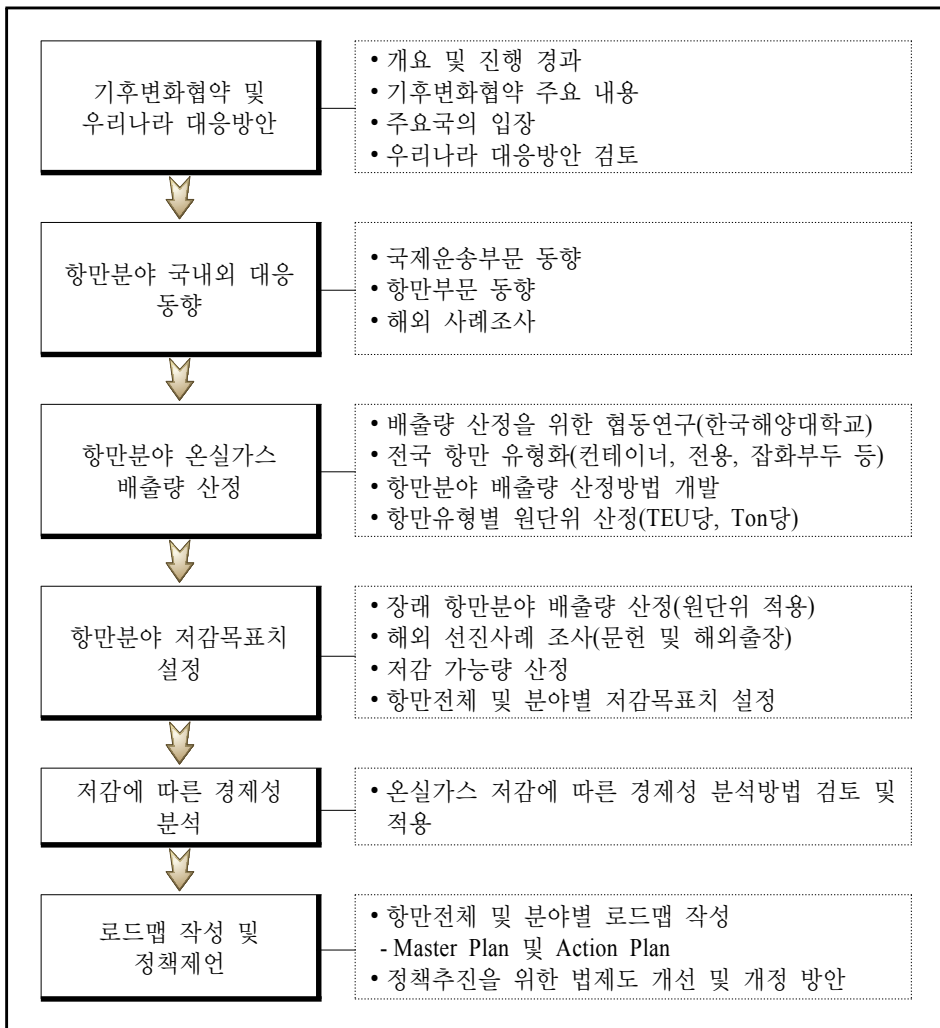
1) 연구의 내용 및 범위

본 연구의 주요 내용은 항만에서의 이산화탄소 배출량 산정¹⁾과 그 저감목표치 설정 및 저감방안 제시이다. 따라서 이산화탄소 배출량 산정의 범위 설정이 매우 중요하기 때문에 산정 범위와 단계를 결정하여야 한다. 지리적 범위로는 항만 항계 내의 선박과 하역 및 운송활동, 배후단지까지의 수송활동을 포함하였다. 또한 선박은 화물운송을 위한 입출항 선박과 그 이·접안을 지원하는 예인선으로 한정하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제1장에서는 연구배경 및 목적과 연구추진방법에 대해 검토하였고, 제2장에서는 기후변화협약 및 우리나라의 대응방안에 대해 검토하였다. 구체적으로 기후변화협약의 개요와 진행 경과, 주요국의 입장, 그에 따른 우리나라의 대응방안을 검토하였다. 제3장에서는 국제운송부문과 항만 부문의 대응 동향에 대해 살펴보고, 또한 해외 항만의 이산화탄소 저감대책에 대한 사례조사를 실시하였다. 제4장에서는 이산화탄소 배출량 산정과 관련한 선행연구를 검토하고, 국제적인 방법론을 적용하

1) 온실가스에는 CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ 등 6가지가 있으나, 본 연구에서는 양적으로 가장 많고 일반적인 관심이 높은 CO₂에 한정하였다.

여 우리나라 항만의 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 제5장에서는 항만의 이산화탄소 저감목표치를 국내외 사례를 바탕으로 설정하고, 저감대안을 선정하였으며, 설정된 대안 추진을 위한 소요 비용과 감축 효과를 비교·분석하였다. 또한 저감대안을 추진하기 위한 정책 로드맵을 제시하였다. 제6장에서는 상기 전체 연구의 요약 및 결론과 정책제언을 제시하였다.



| 그림 1-1 | 연구의 흐름도

2) 연구의 방법

본 연구는 문헌조사, 전문가 자문 및 인터뷰, 계량분석 및 사례조사 등을 이용하여 수행하였다. 기존 기후변화와 관련된 유엔 기후변화협약 등 주요 국제적인 문헌조사 및 온실가스 배출 데이터베이스(DB)를 활용하였다. 구체적으로 주요 이슈 분석 및 당사국별 입장을 정리하고, 우리나라 정부의 분야별 대응방안 및 장래 추진 전략에 대한 문헌을 조사하였다. 또한 지속가능한 대응방안 수립을 위해 해외사례 조사 및 전문가 자문과 인터뷰를 실시하여 유럽, 미국, 아시아 등 주요 항만의 대응방안을 조사하였다.

우리나라 항만의 항만별 기초자료는 전국 무역항을 대상으로 국토해양부, 지방청, 항만공사 및 운영사를 통해 수집하였다. 항만별 기초자료는 온실가스 산정을 위해 가장 중요한 부문으로, 실제 데이터의 정확성을 기하기 위해 방문조사를 동시에 실시하였다. 연구의 한계에서도 밝혔듯이 실제 자료의 수집에 한계가 많았다. 향후 우리나라 항만 부문에서 인벤토리 작성을 위해 가장 역점을 두어야 할 부문이다.

항만 부문의 이산화탄소 배출량 산정은 에너지 소비량에 따른 이산화탄소 배출량 측정 방법을 항만분야에 적용하며, 국제적인 기준에 부합되는 산정방법 적용을 위해 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 산정방법론을 적용하고, 선박부문은 IMO(International Maritime Organization)의 계수를 적용하였다.

제 2 장 기후변화협약 및 국내외 대응 동향

1. 기후변화협약

1) 개요

(1) 기후변화 정의

기후변화는 우리가 살고 있는 지구의 기후환경이 자연적인 요인과 인위적인 요인에 의해 변화하는 것을 말한다. 자연적인 요인은 다시 내적요인과 외적요인으로 구분된다. 내적요인은 대기가 해양, 바다얼음, 육지 등 다른 기후 시스템과의 상호작용에 의해 발생하는 것을 말하며, 외적요인은 화산 분화에 의한 성층권의 에어로졸²⁾ 증가, 태양 활동의 변화, 태양과 지구의 천문학적 상대위치 관계 등이 있다.³⁾

한편 인위적 요인에는 화석연료, 질소비료, 냉매, 세척제 및 스프레이 등의 사용으로 인해 대기 중에 CO₂, CH₄, 또는 N₂O와 같은 온실효과를 발생시키는 가스(Greenhouse Gas)가 장기간 대기 중에 남아 대기의 온도가 현저하게 증가하는 온실효과 또는 에어로졸 효과가 대표적이다. 이외에도 삼림 파괴를 유발시키는 토지의 과잉사용도 인위적 요인에 포함된다.

(2) 주요 기후변화 현상

지구온난화는 기후변화의 대표적인 현상으로, “석유에너지 사용으로

2) 지구 대기 중을 떠도는 미세한 입자 또는 액체 방울로, 연기, 해무, 대기오염, 스모그 등이 있음.

3) 기후변화정보센터(www.climate.go.kr), 2009.

발생하는 이산화탄소, 축산폐수 등에서 발생하는 메탄, 질소비료의 과잉사용으로 발생하는 아산화질소 등과 같은 온실가스가 대기에 잔류하면서 대류권의 기온이 상승하는 현상”을 일컫는다. 이로 인해 삼림 분포 지역 축소, 수자원 부족, 식량 생산 변화, 빙하의 해빙으로 인한 해수면 상승, 온도 상승으로 인한 질병 발생률이 높아지는 등의 결과가 초래되고 있다.

이러한 지구온난화로 인한 기후변화에 대처하기 위해 국제사회는 UN 결의에 따라 1988년 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)에 기후변화에 관한 정부 간 패널(IPCC)을 설치하였고, 1992년 6월에는 유엔환경개발회의(UNCED)에서 기후변화협약(UNFCCC)을 채택하였다.

(3) 기후변화협약(UNFCCC)

기후변화협약의 목적은 인류의 활동으로 인한 기후 시스템의 변화를 방지하기 위해 대기 중 온실가스의 농도를 안정화시키는 것이다. 이에 따라 기후변화협약은 기후변화의 예측·방지를 위한 예방 조치 시행, 모든 국가의 지속가능한 성장 보장 등을 기본 원칙으로 하고 있다. 특히 과거 급속한 성장을 이룬 선진국은 기후변화에 대한 책임을 가지고 기후변화에 적극 대처하기 위한 국제사회의 노력을 선도해 나가야 하며, 개발도상국은 현재의 개발 상태를 고려하여 선진국과 차별되는 책임과 의무를 부담하도록 하고 있다.⁴⁾

2) 기후변화협약 진행 경과

(1) 진행 경과

1992년 6월 브라질 리우에서 개최된 리우환경회의에서 기후변화협약이

4) Article 3, *United Nations Framework Convention of Climate Change*. 2006.

채택된 이후, 협약의 최고기구인 당사국총회(Conference of Parties : COP)에서는 협약의 효과적인 이행을 촉진하기 위한 법적인 이행상황을 정기적으로 검토하였으며, 그 경과는 다음과 같다.

표 2-1 | 기후변화협약 당사국총회의 주요 진행 경과

일자	내용
1994. 03	○ 기후변화협약 발효 - 우리나라 비준(1993. 12)
1995. 03	○ 제1차 당사국총회(COP1) - 2000년까지 온실가스 배출을 1990년 수준으로 되돌리는 것을 목표로 하는 조치를 채택하기로 한 선진국의 의무사항이 협약의 목적에 타당한지를 검토 - 의무사항이 필요하다는 데 동의(Berlin Mandate 채택)
1996. 07	○ 제2차 당사국총회(COP2) - 기후변화협약을 강화할 방법에 대한 논의를 가속화할 필요성 강조
1997. 12	○ 제3차 당사국총회(COP3) - 교토의정서 채택 - 선진국 등이 2008~2012년 사이에 여섯 가지 온실가스의 총 배출량을 5%까지 감축하기로 한 협정으로 법적 구속력을 가짐
1998. 11	○ 제4차 당사국총회(COP4) - 교토의정서의 주요 쟁점 사항들을 합의하기 위한 2년 행동계획 채택 - 아르헨티나, 카자흐스탄 자발 감축의사 표명
1999. 11	○ 제5차 당사국총회(COP5) - 교토의정서의 주요 쟁점 사안과 관련된 실질적인 문제에 대한 합의 진전에 실패 - 다만, 6차 COP회의에서 협상 종결한다는 일정에만 합의 - 경제성장에 연동된 온실가스 배출 목표 설정 - 우리나라는 자발적, 비구속적 전제하에 참여할 수 있음을 표명
2000. 11	○ 제6차 당사국총회(COP6) - 교토의정서의 상세 규정화 협상 결렬
2001. 07	○ 제6차 당사국총회(COP6-속개회의) - EU와 개발도상국의 양보로 미국을 배제하고 교토의정서 체제 합의

| 표 2-1 | 기후변화협약 당사국총회의 주요 진행 경과(계속)

일자	내용
2001. 10	○ 제7차 당사국총회(COP7) - 6차 총회 시 미해결 사항에 대한 최종 합의 - 마라케쉬 합의문(Marrakesh Accord)채택 • 의무 준수 체제에서는 의무 불이행에 대한 대응조치에 법적 구속력을 부여 • 협조 분과위(Facilitative Branch)가 의무이행 사항 상황에 대한 정보 검토 문제를 다루되, 강제분과위(Enforcement Branch)에서 관여할 여지를 남기는 것으로 합의 • 당사국의 의무이행에 대해 타 당사국이 문제 제기권을 가지며 의무 불이행상태 해소를 위해 100일의 유예기간을 부여 • 교토체제의 공동이행 감독위원회는 동구권 3명, 기타 선진국 3명, 개도국 3명, 도서국가 1명으로 결정하고 이로부터 발생하는 감축분에 대해서는 2008년 발생분부터 인정하고 차기년도 이월은 발생 사업에 따라 상이하게 계산하는 것으로 합의 • 조림부분의 인정범위를 1,700만 톤에서 3,300만 톤으로 확대
2002. 10	○ 제8차 당사국총회(COP8) - 뉴델리 각료선언 채택 - CDM의 절차규정 채택
2003. 12	○ 제9차 당사국총회(COP9) - 러시아의 조기비준 촉구 - CDM의 조림 및 재조림의 규정과 절차 결정
2004. 12	○ 제10차 당사국총회(COP10) - 기후변화의 완화 및 적응 문제 및 교통의정서체제 이후 의무부담 논의
2005. 11	○ 제11차 당사국총회(COP11) - 마라케시 합의문 공식채택 - 우리나라의 국제의무 부담 가중 예상 - 선진국 의무 부담 논의를 위한 임시작업반 구성
2006. 11	○ 제12차 당사국총회(COP12) - 선진국의 1차 온실가스 저감기간(2013~2017년) 동안의 온실가스 감축량 설정을 위한 논의 일정에 합의 - 개도국의 의무감축 참여를 당사국총회를 거쳐 결정할 수 있도록 합의
2007. 12	○ 제13차 당사국총회(COP13) - 선진국 및 개발도상국 등 모든 국가들은 측정·기록·검증 가능한 방법으로 온실가스 감축을 수행토록 하는 발리로드맵을 채택 - 2009년 말을 목표로 협상 진행에 합의함

자료 : 유엔환경계획 한국위원회, “기후변화협약”, 2002 및 기후변화정보센터의 내용 재정리

(2) 주요내용

① 의무 이행 사항

기후변화협약의 당사국은 당사국총회에서 합의한 비교가능한 방법론을 사용하여 모든 온실가스의 배출과 제거에 대한 국가통계를 작성하여 정기적으로 갱신·공표하여 당사국총회에 통보해야 하는 의무를 가진다. 아울러 당사국은 온실가스의 배출과 제거에 대한 효율적인 대응을 위해 국가 계획 또는 지역계획을 수립·시행하여야 하며, 온실가스의 배출을 규제 또는 감축하기 위한 기술, 관행, 공정을 개발하고 이의 확산을 촉진시켜야 하는 의무를 가진다.

아울러 선진국은 이산화탄소를 포함한 온실가스의 인위적 배출을 1999년 말까지 종전 수준으로 회복시키는 것이 장기적 배출 추세의 조정에 기여함을 인식하고 각 당사국의 기준연도, 접근방법, 경제구조, 자원 기반의 차이, 강력하고 지속가능한 경제성장의 필요성, 활용 가능한 기술, 기타 개별적 상황과 아울러 각 당사국이 이 목적에 대한 범세계적 노력에 공평하고 적절하게 기여할 수 있도록 적절한 경제수단 및 행정수단을 활용해야 하는 의무를 가진다.

② 교육, 훈련 및 인식 제고

기후변화협약의 당사국은 의무사항을 이행함에 있어, 당사국 국내법령에 따라 기후변화와 그 영향에 관한 교육 및 인식 제고, 계획의 개발과 수행, 기후변화와 그 영향에 관한 정보에 대한 공공의 접근, 기후변화와 그 영향에 적절한 대응책을 개발하는 데 대한 공공의 참여, 과학·기술 및 관리요원의 양성에 노력해야 한다. 이와 함께 국외에서는 기존 기구를 활용하여 기후변화와 그 영향에 관한 교육 및 홍보 자료의 개발과 교환은 물론 개발도상국을 위한 기후변화 관련 전문가 양성기관의 강화와 전문가의 교류 또는 파견 등의 교육 및 훈련계획을 수립하여 수행해야 한다.

③ 관련 기구의 설치

기후변화협약의 효율적 이행을 위해 당사국총회를 설치하는데, 당사국총회는 협약의 최고기구로 협약 및 당사국총회가 권한의 범위 내에서 협약의 효과적인 이행을 촉진하기 위해 필요한 결정을 채택하거나 작성하는 관련 법적문서의 이행 상황을 정기적으로 검토할 수 있다. 이를 위해 당사국총회는 매년 개최하며, 특별 총회가 필요할 경우 당사국의 서면 요청에 따라 사무국이 이를 당사국에게 통보한 후 6개월 이내에 당사국 1/3의 지지를 받을 경우 특별회기 또는 총회가 개최된다. 아울러 당사국총회의 준비와 이에 필요한 지원업무를 수행할 상설 사무국을 설치·운영하도록 하고 있다.

한편 기후변화협약과 관련하여 과학·기술 문제에 관한 정보와 자문을 제공받기 위한 과학기술자문부속기구(Subsidiary Body for Science and Technological Advice : SBSTA)와 당사국총회에 협약의 이행에 관한 문제 사항을 조언해 주기 위한 이행자문부속기구(Subsidiary Body for Implementation : SBI)를 설치·운영하도록 하고 있다.

(3) 교토의정서(Kyoto Protocol)

기후변화협약의 이행을 위해 1997년 제3차 당사국총회에서 채택된 교토의정서는 37개 선진국과 EU의 구속력 있는 온실가스 배출량 감축목표를 설정하였다. 37개 선진국과 EU가 2008~2012년까지 감축해야 할 온실가스량은 1990년 온실가스 배출 수준의 5% 수준이며, 감축 대상 온실가스는 CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ 등으로 대부분 화석연료의 연소, 산업공정, 농축산물 또는 폐기물 등으로부터 발생되는 가스이다.

교토의정서에서는 온실가스를 효과적이고 경제적으로 감축시키기 위해 공동이행⁵⁾, 청정개발체제(CDM)⁶⁾, 배출권거래제(ET)⁷⁾ 등 시장원리에 입각한

온실가스 감축수단을 도입하고, 국가 간 연합을 통한 공동 감축목표 달성을 허용하는 내용을 포함하는 교토메커니즘(Kyoto Mechanism)을 도입하였다.

한편, 교토의정서에 의한 선진국의 온실가스 감축 비율은 다음과 같다.

| 표 2-2 | 교토의정서에 의한 선진국의 온실가스 감축비율

1990년 대비 감축비율	국 가
-8%	○ EU 15개국 (오스트리아 -13%, 벨기에 -7.5%, 덴마크 -21%, 핀란드 0%, 프랑스 0%, 독일 -21%, 그리스 +25%, 아일랜드 13%, 이탈리아 -6.5%, 룩셈부르크 -28%, 네덜란드 -6%, 포르투갈 +27%, 스페인 +15%, 스웨덴 +4%, 영국 -12.5%) ○ 불가리아, 체코, 에스토니아, 라트비아, 리히텐슈타인, 스위스, 리투아니아, 모나코, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아
-7%	미국
-6%	캐나다, 헝가리, 일본, 폴란드
-5%	크로아티아
0%	뉴질랜드, 러시아, 우크라이나
+1%	노르웨이
+8%	호주
+10%	아이슬란드

자료 : 국토해양부, 「외국의 기후변화 대응 현황과 정책적 시사점」, 2008. 4.

- 5) 공동이행제도(Joint Implementation) : 국가들 사이에서 온실가스 감축 사업을 공동으로 수행하는 것을 인정하는 것으로 한 국가가 다른 국가에 투자하여 감축한 온실가스 감축량의 일부분을 투자국의 감축 실적으로 인정하는 체제를 말함.
- 6) 청정개발체제(Clean Development Mechanism : CDM) : 선진국이 개발도상국에서 온실가스 감축사업을 수행하여 달성한 실적의 일부를 선진국의 감축량으로 허용하는 체제를 말함.
- 7) 배출권거래제(Emissions Trading : ET) : 온실가스 감축의무 보유국가가 의무감축량을 초과하여 달성하였을 경우 이 초과분을 다른 부속서 국가와 거래할 수 있도록 허용하는 제도,

2. 주요 국가의 대응 동향

1) 주요 국가의 입장

(1) EU

유럽연합은 미국을 포함한 주요 온실가스 배출국이 기존 교토의정서 방식에 의한 감축목표를 채택할 것을 주장하고 있다. 또한 유럽연합은 교토의정서의 감축목표 보다 더 강력한 산업화 이전 대비 지구 평균온도 2℃ 이내 상승 억제를 목표로 하고 있다.

이를 위해 유럽연합은 EU 배출권 거래시장⁸⁾을 2005년 1월부터 개설하고 있으며, 2007년 3월에는 유럽지역의 온실가스 배출량을 2020년까지 1990년 수준의 20%, 2050년까지 60~80% 수준까지 감축하는 것을 목표로 기후변화 장기 대응정책 방향(Climate Change & Energy Package)을 채택하였다. 특히 2011년부터 역내 항공기에 대해서도 배출가스 거래제를 적용하기로 결정하였다.

각 국가별로 주요 특징을 살펴보면, 영국은 2001년에 감축목표를 달성한 기업에게 부담금의 80%를 면제하는 내용의 “Climate Change Levy(CCL)”를 제정하였으며, 2007년에는 “Climate Change Bill”을 제정하여 온실가스 배출량을 1990년 기준으로 2020년까지 26%, 2050년까지 60%까지 감축할 것을 계획하였다.

8) 2006년 유럽연합 배출권 거래시장의 46% 점유.

| 표 2-3 | 영국의 Climate Change Levy

구분	내용
전기	○ 0.0043파운드/kW · hour
가스	○ 0.0015파운드/kW · hour
석유	○ 0.0096파운드/kg
기타 에너지	○ 0.0117파운드/

자료 : HR Revenue & Customs

영국에 앞서 독일도 1999년에 환경세(Ecotax)를 제정하면서 온실가스 감축을 유도하고 기후변화에 대응하기 위해 필요한 재원을 마련하고 있다. 또한 네덜란드와 프랑스 등 북유럽국가들은 녹색교통 정책을 추진하면서 자전거 보유율을 높이는 한편, CO₂ 배출 할인·할증제(프랑스의 경우)를 도입하여 CO₂ 배출량이 대형차에 비해 상대적으로 적은 소형차 사용을 유도하고 있다.

(2) 미국

미국은 아직까지 교토의정서에 대한 비준은 하지 않고 있는데, 이는 교토의정서에 의한 의무감축보다는 기술개발 등을 통한 자발적 감축을 주장하고 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 미국은 2003년부터 시카고기후거래소(Chicago Climate Exchange : CCX)를 통해 배출권을 거래하고 있다.

또한 2007년 발표한 “Fourth Climate Action Report to the UNFCCC”에 의하면 2020년까지 온실가스 감축목표를 1990년 대비 최대 18.6%에서 최소 14.3%(미국 경제가 현 상태를 유지한다고 가정할 경우)로 설정하고 있다. 아울러 2017년까지 석유 소비량을 20% 감축하고 재생에너지 비중을 3%에서 15%로 확대·사용할 계획을 수립하고 있다.

(3) 일본

일본의 온실가스 감축의무량은 1990년 대비 6%였으나, 현재의 배출량은 오히려 6.5% 증가하여 감축의무 달성에 대한 강력한 규제가 필요한 상태이다. 일본은 이를 해결하기 위해 자국 내에서 달성 가능한 목표를 설정하고 나머지는 타국으로부터 배출권을 구매하여 감축의무량을 달성하는 계획을 수립한 상태이다. 또한 일본정부는 “1인, 1일, 1kg(1person, 1day, 1kg)” 모토로 온실가스 감축을 위한 국민적인 노력을 제안하고 있다.

특히 일반국민의 온실가스 사용 감축을 위해 가정에서 절약한 CO₂량에 따라 은행으로부터 포인트를 지급받고 포인트만큼 상점에서 상품을 구매할 수 있도록 하는 CO₂ 삭감은행 제도와 더불어 태양열 주택 등 에코 주택 건설을 위해 대출을 받은 사람에게 CO₂ 배출권을 구입해 주는 친환경 대출 등을 실행하고 있으며, 환경산업을 육성하기 위해 지구환경보험제도를 도입, 운영하고 있다.

아울러 일본 정부는 2007년 “Cool Earth 50”을 수립하면서 2050년까지 전 세계적으로 온실가스 배출량을 현재의 50% 수준으로 낮추자고 제안하고 있다.

(4) 중국

중국은 2007년 “National Climate Change Programme”을 발표하면서, 2010년까지 GDP에서 차지하는 에너지 소비량의 20%를 감축하고 2020년까지 30%를 추가감축하는 목표를 설정하였다.

이를 달성하는 방안의 일환으로 재생에너지 사용을 2010년까지 10%까지 확대하고, 수력·원자력 발전의 확대 및 에너지 효율 개선을 통해 14억 5,000만 톤CO₂을 저감하고, 산림면적을 전 국토의 20%까지 확대하여 5,000만 톤CO₂을 흡수하는 계획을 수립하여 시행하고 있다.

2) 향후 전망

전 세계적으로 기후변화로 인한 지구환경 및 대기 시스템의 변화에 따른 피해의 심각성을 인식하고 있으며, 이로 인해 1992년 채택된 기후변화협약에서 규정하고 있는 온실가스 의무감축 대상국 및 각 국가별 온실가스 감축량을 확대하는 추세이다.

특히 2005년 제11차 당사국총회에서는 교토의정서의 1차 의무이행기간 이후에 대한 논의 필요성이 제기되었다. 이에 따라 2007년 12월에 열린 제13차 당사국총회에서 “발리로드맵”을 채택하여 선진국 및 개도국을 광범위하게 참여시키는 방안이 실질적으로 논의되면서 2012년 이후(Post-2012)의 기후변화에 대한 세계적인 대응 체제를 마련하였다.

발리로드맵에서는 교토의정서의 Annex I 국가의 경우 2020년까지 1990년 대비 25~40%의 온실가스 배출량 감축을 확인하는 동시에 추가감축을 위한 작업반을 운영하고, 2012년 이후부터는 1차 의무이행기간에 불참한 우리나라를 포함한 미국, 중국, 멕시코 등의 참여방안에 대해서도 논의되었다.

Post-2012체제는 2009년을 시한으로 유럽연합(EU)이 주도하는 유엔프로세스와 미국이 주도하는 주요국 회의 프로세스에서 협상이 진행되고 있는데, 유엔프로세스에서는 구속적 감축목표 설정을, 주요국 회의 프로세스에서는 비구속적이고 자발적인 방식의 감축목표 설정을 주요 안건으로 논의하고 있다. 물론 두 프로세스 간의 협력적인 조화가 필요할 것이라 판단되지만, 유엔이 주도하는 내용이 주요국 회의 프로세스에 일부 포함될 경우에는 Post 2012체제에서는 1차 의무이행기간보다 더욱 강력한 감축목표가 설정될 것으로 전망되고 있다.

3. 우리나라의 대응 동향 검토

1992년 6월 기후변화협약이 채택되면서 전 세계적으로 협약에 대한 관심이 높아지고, 교토의정서의 발효로 인해 일부 국가에서 온실가스 배출 저감목표가 설정되는 등 기후변화협약과 관련한 국제사회의 요구가 높아지는 가운데 우리나라는 1998년 국무총리를 위원장으로 하는 “기후변화협약 범정부대책기구”를 구성하였으며, 1999년에는 범정부대책기구에서 「기후변화협약 대응 종합대책」을 발표하면서 기후변화에 따른 국제적인 움직임에 대응하기 위한 정부정책을 마련하기 시작하였다.

이후 우리나라는 2005년 환경부와 UNESCAP이 주최한 “아·태 환경과 개발에 관한 장관회의(5th Ministerial Conference on Environment and Development in Asia and the Pacific 2005 : MECD 2005)”에서 환경을 훼손하지 않고 보호하는 경제성장, 환경을 새로운 동력으로 하는 경제성장의 내용을 담은 서울이니셔티브(Seoul Initiative : SI)를 주창하였다. 서울이니셔티브는 기후변화에 대응한 아시아·태평양 지역의 협력을 제안하는 것으로 기후변화에 따른 우리나라의 대응방안인 녹색성장(Green Growth)을 기반으로 하고 있다.

녹색성장은 “환경과 경제의 선순환 구조를 통해 양자의 시너지를 극대화하고 이를 새로운 동력으로 삼는 것”⁹⁾으로 에너지자원의 최소 사용을 통한 경제성장, 동일 에너지자원을 사용하되 CO₂ 배출은 최소화, 신성장동력의 개발을 목적으로 하고 있다.

9) 녹색성장위원회(www.greengrowth.go.kr).

| 표 2-4 | 녹색성장의 3대 요소

3대 요소	내용
① 견실한 성장을 하되, 에너지, 자원 사용량은 최소화	- 에너지 저소비형 산업구조 개편(제조업 중심 → 지식서비스업 중심) - 에너지 소비절약/사용 효율화 - 생태효율성 제고 정책
② 동일한 에너지, 자원을 사용 하되, CO ₂ 배출 등 환경부하를 최소화	- 신재생에너지 보급 확대 - 원자력 등 청정에너지 개발 - CO₂ 배출 규제 - 저탄소, 친환경 인프라 구축 - 소비자 녹색제품 구매 활성화
③ 신성장동력으로 개발	- 녹색기술에 대한 R&D 투자 - 신재생에너지 등 녹색산업 육성 및 수출산업화 - 세계시장 선점 지원

자료 : 녹색성장위원회(www.greengrowth.go.kr)

또한 우리나라 정부는 2008년 8월 저탄소 녹색성장을 국가비전으로 선언하고, 동년 9월에는 “범지구적 기후변화대응 노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소사회”를 구현하기 위한 「기후변화대응 종합기본계획」을 수립하였다. 아울러 2009년에는 저탄소 녹색성장기본법 정부안을 확정하기도 하였다. 이 법안에는 녹색경제·녹색산업의 창출 및 단계적 전환 촉진, 녹색산업투자회사 설립, 기후변화·에너지 목표관리제 도입, 총량제한 배출권 거래제 등 도입, 녹색국토 조성, 저탄소 교통체계 구축 등이 포함되어 있어 기후변화협약 및 교토의정서에 대한 우리나라의 대응방안을 법률적으로 뒷받침하고 있다.

1) 기후변화협약 대응 종합대책

(1) 기후변화협약 대응 1차 종합대책(1999)

「기후변화협약 대응 1차 종합대책」에서는 교토의정서에서 38개 선진국에 부과된 온실가스 저감 의무부담에 대해 자발성·차별성·실현가능성 등

의 원칙에 따라 기준년도 및 배출제한목표를 우리나라가 스스로 선택하고, 선진국과 달리 지속가능한 성장을 보장하며, 우리의 성장목표에 적합한 증가목표를 허용하도록 노력하였다. 이를 위해 기후변화협약 당사국총회, OECD 등 다자간 회의 및 선진국과 개도국간의 양자간 회의에서도 기후변화에 관한 우리나라의 원칙과 입장을 적극 개진하는 데 주력하였다.

특히 「기후변화협약 대응 1차 종합대책」에서는 에너지부문, 산업공정부문, 농축산부문, 토지이용 변화 및 임업부문, 폐기물부문 등 6개 부문에 대한 우리나라의 온실가스 배출량이 1990년 기준으로 8,330만 톤CO₂에서 1997년 1억 4,133만 톤CO₂로 연평균 7.8% 증가하고 있으며, 2010년에는 1억 9,960만 톤CO₂, 2020년에는 2억 4,930만 톤CO₂로 증가할 것이라 분석하였다.

이에 대해 「기후변화협약 대응 1차 종합대책」에서는 i) 에너지 다소비 업체와의 자발적 협약 추진, ii) 기술지원 및 정보제공 강화, iii) 에너지절약 투자지원을 위한 기금 확대 등을 골자로 하는 36개 추진과제를 설정하였다.

특히 우리나라의 온실가스 배출량이 가장 큰 폭으로 증가하고 있는 수송부문의 에너지 소비를 억제하기 위해 i) 연비 개선 자동차 보급(자동차 CO₂ 배출기준 마련, 경차 보급 확대, 선진국 연비제도 도입 검토, 대체연료 자동차 도입 등), ii) 물류합리화, iii) 대중교통대책, iv) 교통수요관리(Traffic Demand Management : TDM) 시책의 강화 및 지능형 교통시스템(Intelligent Transportation System : ITS)의 도입, v) 환경보전형 교통정책 및 국토·도시계획의 수립 등의 추진 필요성을 인식하고 추진주체 및 추진일정을 정하였다.

(2) 기후변화협약 대응 2차 종합대책(2002)

2002년에는 교토의정서 이행방안의 타결 및 우리나라의 경제·산업 여건변화 등을 반영하여 국무총리를 위원장으로 하는 기후변화협약대책위원회에서 「기후변화협약 대응 2차 종합대책」을 수립하였다. 2차 종합대책에서

는 온실가스 감축기술 및 친환경에너지 개발 촉진, 온실가스 감축대책 강화, 국민참여 및 협력 유도 등 3개 부문에 대해 84개 세부실천과제를 설정하였다.

(3) 기후변화협약 대응 3차 종합대책(2006)

1999년 1차 종합대책 이후 우리나라는 2002년 10월 교토의정서를 비준하고 개도국(non-Annex I) 지위를 확보하여 1차 의무이행기간 동안 온실가스 감축의무는 없으나, 에너지절약과 온실가스 감축이 우리나라 경제의 장기 발전방향과 부합된다는 인식 하에 정부종합대책을 수립하였다.

3차 종합대책에서는 지구온난화 문제에 대응하기 위한 국제적 노력에 적극 동참하고, 온실가스 저배출형 경제구조로의 전환을 위한 기반을 구축하며, 기후변화가 국민생활에 미치는 부정적 영향을 최소화한다는 목표 아래 3개 부문에 92개 실천과제를 설정하고 2005~2007년 3년간 총 16조 6,024억 원을 투자할 계획을 수립하였다.

한편 수송·교통부문 에너지 관리에서는 공차율 저감시스템 구축, 통행료 전자지불시스템 구축, 첨단도로교통체계 구축, 간선급행버스 도입, 자동차공회전 규제 강화, 하이브리드 등 무·저공해 자동차 보급 확대, 경차 보급 확대 등의 세부사업을 추진하였다.

(4) 기후변화대응 종합계획(2008)

이상과 같은 정부의 3차에 걸친 기후변화협약 대응 종합대책의 실행에도 불구하고 2005년 OECD 국가 중 우리나라의 온실가스 배출량은 6위를 차지하였고, 배출량 증가율 또한 1위를 차지하면서 우리나라의 온실가스 감축 노력에 대한 국제사회의 평가는 매우 낮은 문제점이 발생하였다.¹⁰⁾

10) CAN(Climate Action Network)에서는 우리나라의 기후변화 대응 수준을 평가대상 56개국 중 48위로 평가.

또한 유럽연합, 미국 등 주요 기후변화협약 국가들은 우리나라에 선발개도국으로써 온실가스 저감을 위한 적극적인 역할을 주문하는 한편, 국제사회에서는 1차 의무감축기간이 끝나는 2012년 이후에 우리나라가 중국, 멕시코, 인도, 브라질 등과 함께 의무감축국(Annex I)으로 편입될 가능성이 가장 큰 것으로 평가하기도 하였다. Post-2012 체제에서 의무부담을 회피할 수 없는 상황 속에서, 우리나라 정부는 2008년 「기후변화대응 종합계획(2008~2012)」을 수립하였다.

「기후변화대응 종합계획」에서는 “Low Carbon, Green Korea”라는 비전하에 지자체 중심, 국민실천 위주, 비산업 부문 역점, 적응역량 강화라는 5대 추진방향을 설정하였다. 아울러 지자체 기후변화 대응 강화, 탄소포인트제 등의 실시, 폐기물 에너지 자원화, 저탄소형 자동차 보급 확대, 저탄소형 소비·생산문화 확산, 온실가스 감축 실천프로그램, 취약성 평가 및 지도 작성, 인공위성 이용 기후변화 감시, 유전자원 확보 및 취약종 보전, 환경성 평가 기후요소 강화 등 10대 중점 과제와 동시에 5대 일반 추진과제와 66개 세부실천과제를 설정하였다.

| 표 2-5 | 기후변화대응 종합계획 10대 중점과제

중점과제	세부과제
지자체 기후변화 대응역량 강화	① 온실가스 배출량 산정 지원 ② 감축목표 수립 유도 ③ 대책 가이드라인 보급 ④ 우수실천사례집 배포 ⑤ 시범도시 지원사업
탄소포인트제도 및 지역단위 배출권거래제(ET) 시범 실시	① 탄소포인트제도 실시 ② 탄소은행 설립 ③ 지자체단위 ET 시범 실시
폐기물 에너지 자원화	① 소각열 이용 ② RDF(Refuse Derived Fuel) 연료화 ③ 매립가스 에너지화 ④ 음식물폐기물 바이오가스화 ⑤ 폐기물 에너지타운 건설

| 표 2-5 | 기후변화대응 종합계획 10대 중점과제(계속)

중점과제	세부과제
저탄소형 자동차 보급 확대 및 운전문화 개선	① 자동차 온실가스 배출기준 마련 ② 친환경자동차 보급 확대 ③ 공회전제한장치 부착 ④ Eco-driving 문화 확산
저탄소형 소비·생산문화 확산	① 탄소 라벨링제 도입 ② 기업 온실가스 배출정보 공개제도 도입
온실가스 감축 시민 실천프로그램 확산	① 온실가스 감축 실천운동 추진체계 구축 ② 시민 실천수칙 보급 ③ 여성계 파트너십
기후변화 취약성 평가 및 지도 작성	① 취약성 분석도구 도입 ② 취약성 지도 작성 단계적 추진
인공위성 이용 기후변화 감시	① 지구환경위성(센서) 도입 기획연구 ② 지구환경위성 도입
유전자원 확보 및 기후변화 취약종 보전	① 유전자원의 확보 및 관리 ② 기후변화 취약종(멸종위기종) 보전·관리
환경성 평가 시 기후변화영향 고려 강화	① 기후변화요소 평가방안 마련·이행 ② 친환경건축물 인증제도 강화

자료 : 환경부, 「기후변화대응 종합계획」, 2008.

(5) 기후변화 대응 종합기본계획(2008)

「기후변화대응 종합계획」을 실천하기 위한 기본계획으로 국무총리실 산하 기후변화대책기획단에서는 2008년 「기후변화대응 종합기본계획」을 수립하여 발표하였다. 종합기본계획에서는 이를 추진하기 위한 정책 수단으로, i) 금융·재원 배분 정책 지원 및 R&D 투자 확대, ii) 저탄소 소비 생산 패턴의 촉진을 위한 점진적 가격 구조 조정, iii) 주요 사회간접자본 시설의 탄소 집약도와 생태효율성 개선, iv) 법적 제도적 기반 강화, v) 대국민 홍보 강화 및 참여제고 등의 방안을 마련하였다.

| 표 2-6 | 기후변화대응 종합기본계획 추진정책

추진정책	세부과제
금융·재원 배분 정책 지원 및 R&D 투자 확대	○ 공공부문(장단기) - 기후변화 대응기금 설치(총 31조 원, 공공 15조 원, 민간 16조 원) - R&D 부문 투자 확대 ○ 민간부문(장단기) - 녹색 경영 및 기술개발 등에 대한 민간투자 확대를 위한 금융·세제상 인센티브 마련
저탄소 소비 생산 패턴의 촉진을 위한 점진적 가격 구조 조정	○ 저탄소 친화적 세제 개편 - 탄소세 도입 검토 ○ 오염자 부담 원칙 확대로 소비자의 친환경 선택을 유도하는 녹색 소비양식으로 전환 유도(단기) - 자동차 CO₂ 배출 규제, 혼잡통행료 부과 등 수요관리를 통해 저탄소형 생활양식(life style) 유도
주요 사회간접자본 시설의 탄소집약도와 생태효율성 개선	○ 교통부문 : 교통혼잡비용 감축 및 지속가능성 제고(장단기) - 철도시스템 확충, 대중교통에 대한 투자 확대, 자전거 이용 교통환경 조성 등 ○ 건물부문 : 에너지 절약·친환경 건축 및 에너지 절감 역량 강화(장단기) - 설계기준 강화 및 에너지 절약형 건물 개발 보급 ○ 자원 순환형 인프라 구축 : 폐기물을 줄이거나 자원순환을 위한 사회간접자본 시설 확충 및 법적·제도적 기반 마련(장단기) - 권역별 자원순환단지 조성사업 추진, 지자체 기반시설 확충 및 재활용제품에 대한 녹색소비 촉진 등
법적 제도적 기반 강화	○ 기후변화 대응을 위한 법체계 정비(단기) - 정부 : 정부업무평가기본법(기후변화 대응 점검 및 평가 실시) - 민간 : 환경영향평가에 탄소 집약도 및 생태효율성 등 개념 및 기준 마련 ○ 국가 배출통계 시스템 구축(장단기) - 배출통계에 대한 관리체계 마련 - 온실가스 배출/흡수계수 개발 및 관리 ○ 신·재생 에너지 보급 관련 규제 합리화(단기) ○ 배출권 거래제 도입 검토(장단기) - 배출권 거래제 기본계획(안) 마련(2008~2009년)
대국민 홍보 강화 및 참여 제고	○ 대국민 홍보 강화(단기) ○ 교육과정 반영(단기)

자료 : 환경부, 「기후변화대응 종합기본계획」, 2008.

2) 국토해양분야 기후변화대응 종합대책(2008)

우리나라 정부는 “저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현”을 목적으로 2008년 「국토해양분야 기후변화대응 종합대책」을 마련하였다. 이를 실현하기 위해 건축물, 교통, 국토·도시, 해양, 수자원 등 5개 분야에 대한 세부실천과제를 설정하였다.



자료 : 국토해양부, 「국토해양분야 기후변화대응 종합대책」, 2008.

| 그림 2-1 | 국토해양분야 기후변화대응정책의 비전과 전략

「국토해양분야 기후변화대응 종합대책」에서 항만과 관련한 내용을 정리하면 다음과 같다. 그러나 항만시스템과 직접적으로 연계되는 대책 방안은 저공해형 물류장비의 보급 확대로 LNG화물차로의 전환과 e-RTGC¹¹⁾ 전환 등이 있다.

11) ‘Electronic-Rubber Tyre Gantry Crane’의 약어로 기존의 디젤방식의 RTGC를 전기방식으로 변환하는 것

| 표 2-7 | 직·간접적 항만 관련 종합대책

추진전략		세부내용
국토/도시 공간의 재편	저탄소 도시조성을 위한 도시공간계획 수립	○ 도시의 공간 및 산업구조 특성을 고려한 온실가스 저감 및 에너지계획 수립을 제도화 - 도시기본계획의 「환경보전계획」, 「공원·녹지계획」 부문에 탄소배출량, 온도 및 풍향에 대한 조사·분석을 포함
	건물·주택의 에너지 절약·효율화	○ 건축허가 시 연간에너지 실제 사용 총량을 평가하여 총량한도 내에서 설계하도록 하는 에너지소비총량제도 도입 - 신기술 도입 등을 통해 소비총량 이내로 절감할 경우 다른 항목에서 완화를 허용하는 Trade-off 인센티브 방식 도입 ○ 건축기계·전기설비·조명기기 등 건축물에 내장되는 각종 설비나 기기를 고효율 제품으로 사용토록 권장 또는 의무화 ○ 에너지절약형 건축물 확대를 위한 인증제 활성화 - 에너지절약 성능이 높은 건축물에 대해 높이제한, 용적률 완화 등의 인센티브를 제공하여 건축물 에너지효율 등급 인증제 활성화
	친환경 교통·물류 시스템의 구축	○ 기후변화 대응 교통물류정책 추진 기반 조성 - 교통·물류의 에너지 절감과 온실가스 감축을 위한 제도 마련을 위한 「지속가능 교통물류 발전법」 제정(2008년) - 지속가능 교통물류 기본계획·시행계획 수립(2009년) ○ 교통물류 온실가스 관측·보고·검증시스템 구축 - 교통분야 온실가스 배출계수, 배출량 관리 DB 구축(2009~2012년) ○ 자발적 협약에 의한 자동차 통행량 관리제도 도입 - 지자체장이 국토부장관과 자발적 협약에 의해 통행량 총량관리를 하는 경우 재정 지원 등 인센티브 제공(2010) ○ 친환경 교통수단으로 전환교통 추진 - 연안해운의 활성화를 위해 연안화물선 유가보조금 계속 지원(2008. 7~), 선박 담보조건부 지급보증제도 마련(2008. 12) ○ 기업의 CO₂ 감축을 위한 자발적 유대 촉진 - 화주·물류기업, 환경단체, 지자체, 정부 합동의 「녹색물류 파트너십(그린물류합동회의)」을 구축(2009) - 화주·물류기업간 파트너십을 통해 오염 감소가 명확히 예견되는 사업을 인증(녹색물류 인증제)하고 보조금 등 지원

| 표 2-7 | 직·간접적 항만 관련 종합대책(계속)

추진전략		세부내용
국토/도시 공간의 재편	친환경 교통·물류 시스템의 구축	○ 저공해형 물류장비의 보급 확대 - 경유차를 CO₂ 배출량이 약 30% 절감되는 LNG화물차로 전환할 경우 비용(대당 2,000만원)을 2008년 하반기부터 지원 - 기존 RTGC보다 연료비를 80% 정도 절감할 수 있는 e-RTGC 전환비용을 2009년부터 지원(2009년 42억 원, 24대) ○ 화물차 운행횟수 감소 및 적재효율 향상 - 의왕 ICD 등 주요물류거점에 RFID기반 물류거점정보시스템(차량에 전자태그, 게이트에 리더기 부착)을 구축, 신속한 진출입 도모 - 육상·해상·항공, 통관 등 민·관의 물류정보망을 종합연계한 「국가물류통합정보센터」 구축(2011) - 공동 수배송 확대를 위해 2010년까지 현재 3개 권역(수도·부산·호남권)에서 운영 중인 내륙물류기지를 5대 권역(중부·영남권 추가)으로, 3개 물류단지(대전, 부산, 울산)도 13개로 확대
	에너지 절약적인 생활교통체계 확립	○ 중장기적으로 교통량 감축을 위한 종합 교통수요관리 추진 - 실제 교통혼잡을 유발하는 정도에 따라 교통유발부담금 부과 및 기업체의 적극적인 교통량 감축 유도 - 불법 주정차 단속 강화, 도심주차장 상한제 확대, 공공주차장 유료화 전환 등 주차제도 개선
	철도물류 활성화	○ 6×6 격자형 국가간선철도망 구축 - 남북 6축, 동서 6축의 간선철도망을 구축하여 네트워크 효율성 제고를 통한 철도의 여객·화물 수송분담률 제고 ○ DMT(Dual Mode Trailer) 시스템 개발 - 철도화물의 경쟁력 강화를 위해 철도-도로를 연계 운송할 수 있는 DMT 시스템 개발추진(2011년) ○ 철도물류시설 확충 및 운영시스템 개선 - 철도화물 취급시설을 확충하고, 화물수요에 따라 열차 및 인력을 배치하는 화차운용 최적화 시스템 구축(2009) ○ 장대 화물열차 편성·운행 - 경부선 등 주요 노선의 측선 확대 등 시설개량을 통해 열차 1편성당 연결화차 수 확대 (현재 28량 → 장대화 37량)

| 표 2-7 | 직·간접적 항만 관련 종합대책(계속)

추진전략		세부내용
국토/도시 공간의 재편	해양분야 첨단기술을 이용한 온실가스 저감·흡수	○ 해양에너지 기술개발 확대 - 조력·조류 및 파력 등 해양에너지 실용화기술 개발을 통하여 청정에너지 공급 및 에너지 자급도 제고 ○ CO₂ 해양 처리기술 개발 - 발전소·제철소 등에서 포집된 CO₂를 해양 퇴적층(가스전, 대수층 등) 등에 저장하여 대규모 온실가스 감축 추진 ○ 해조류를 이용한 CO₂ 흡수원 상용화를 통하여 신규 해양 CDM(청정개발체제) 사업으로 개발 ○ 선박부분 연료효율 향상 및 온실가스 저감방안 마련 - 해운수송에서 선박부분에 대한 온실가스 산정방식 설정 및 배출저감 기술 개발(2008~2012) - 이산화탄소 배출통계 구축 및 저감 잠재량 산정을 위한 기초자료 제공 - 선박의 온실가스 발생 메커니즘 규명 및 선박 규모별 최적 배출 저감방안 수립 - 선박에서 발생되는 CO₂ 포집기술 개발로 온실가스 저감(2010~2014) - 에너지 절약형 선박(Energy Saving Ship) 기술 개발(2010~2014)
기후변화 적용	국토·도시 적응체계 구축	○ 기후변화에 대응한 도시계획 제도 개편 - 신도시계획 수립지침에 바람길, 생태면적률 확대, 옥상 및 벽면 녹화, 친수공간 활용을 통한 미기후 조성을 강화하여 기후변화에 대응한 쾌적한 도시공간 조성
	안전한 해양공간 조성	○ 기후변화대응 해양분야 시나리오 마스터플랜 구축 - 해양의 기후조절 역할을 정량적·정성적으로 정립하여 기후변화 적응에 필요한 최적의 해양분야 중장기계획 수립 - 기후변화에 따른 영향을 평가하고 분야별 시나리오 개발(2010)

자료 : 국토해양부, 「국토해양분야 기후변화대응 종합대책」, 2008.

3) 기후변화협약 관련 법률 검토

현재까지 우리나라에는 기후변화협약과 직접적 관련이 있는 법률이 없으나, 기후변화협약이 언급되어 있는 법률은 2008년 제정된 「지속가능발전기본법」이 유일하다. 그러나 2009년 들어 3건의 국회의원 발의안과 1건의

정부안이 기후변화협약과 관련한 법안으로 국회에 상정되어 있는 상태이다.

(1) 지속가능발전 기본법(2008. 2. 4)

2008년 2월 4일 시행된 「지속가능발전 기본법」은 “지속가능발전을 이룩하고, 지속가능발전을 위한 국제사회의 노력에 동참하여 현재 세대와 미래 세대가 보다 나은 삶의 질을 누릴 수 있도록 함”을 목적으로 한다. 이 법에 의하여 정부는 20년 단위의 “국가지속가능발전 기본전략”을 수립하며, 지방자치단체는 같은 단위로 “지방지속가능발전 기본전략”을 수립해야 한다. 아울러 지방자치단체장은 5년마다 “지방이행계획”을 수립해야 한다.

“국가지속가능발전 기본전략”은 에너지·교통·국토이용·농업, 빈곤·건강·교육, 생태·물·해양·산림 등 경제·사회·환경 분야를 모두 균형 있게 고려하여 수립하여야 하며, 매 5년마다 경제적, 사회적, 환경적 여건 변화를 고려하여 국가기본전략을 전반적으로 재검토하여야 한다.

(2) 기후변화협약 관련 법률안

2008년과 2009년에 의원 발의된 3건의 기후변화협약 관련 법률은 i) 김성곤 의원 외 33인이 발의한 ‘기후변화대책기본법안’, ii) 배은희 의원 외 21인이 발의한 ‘기후변화 대응 및 온실가스 감축지원에 대한 기본법안’, iii) 이인기 의원 외 25인이 발의한 ‘기후변화대책기본법안’이 있다. 또한 2009년 정부에서 발의한 ‘저탄소 녹색성장 기본법안’이 있다.

의원 발의된 3건의 법률안은 기후변화협약과 Post-2012에 대비한 국가적 차원의 기후변화 대책계획 수립 및 시행을 목표로 하고 있으며, 이인기 의원이 제출한 법률안을 제외한 나머지 2건의 의원 발의 법률은 국가의 온실가스 감축목표량이나 사업자의 감축목표량을 자발적으로 설정하도록 하되 다량의 온실가스를 배출하는 사업자는 매년 관계기관에 신고하도록 규

정하고 있다. 아울러 관계부처(환경부, 지식경제부 등)는 온실가스의 총배출량과 총 흡수량을 산정하여 통계를 작성하고 그 결과를 공포하도록 하고 있다. 한편 이인기 의원의 법률안에서는 2050년까지 온실가스 배출량을 2010년 대비 60% 이상 감축할 것을 설정하고 있으며, 사업자에게도 정부가 배출 허용량을 할당하여 제한하도록 하고 있다. 한편 3건의 의원 발의안 모두 기업에 대한 기후변화 대응을 지원하도록 규정하고 있다.

정부가 발의한 ‘저탄소 녹색성장 기본법안’은 기후변화협약과 관련하여 다수 부처에서 개별 법률을 통해 부분적으로 실시하고 있는 녹색성장 국가전략, 기후변화대응 기본계획, 에너지 기본계획, 지속가능발전 기본계획 등의 유기적인 연계·통합을 통해 효율적인 기후변화협약 관련 국가적 대응방안과 국가전략을 수립하는 데 목적을 두고 있다. 이 법률안도 이인기 의원의 법률안과 마찬가지로 온실가스 배출의 중장기 감축목표를 설정하고 있기는 하나 정확한 감축목표량은 설정되어 있지 않다. 그러나 최근 정부에서는 2020년 기준 감축목표를 선언하고, 정부의 ‘저탄소 녹색성장 기본법’은 국회 기후특위에서 통과된 바 있다(2009. 11. 9).

이상에서 언급한 4건의 법률안을 비교해 보면 다음과 같다.

표 2-8 | 기후변화 대응 방안 비교

구분	기후변화대책기본법안 (김성곤 의원안)	기후변화 대응 및 온실가스 감축 지원에 대한 기본법안 (배은희 의원안)	기후변화대책기본법안 (이인기 의원안)	저탄소 녹색성장 기본법안 (정부안)
기본 계획	○ 기후변화대책 국가종합계획 수립 · 시행 (§9) - 5년마다 수립 - 기후변화대책실무 위원회의 심의 · 의결	○ 기후변화대책 종합계획 수립 · 시행 (§9) - 5년마다 수립 - 기후변화대책실무 위원회의 심의를 거친 후, 기후변화 대책위원회의 심의 · 의결	○ 기후변화대응 종합계획 수립 · 시행 (§8) - 5년마다 수립 - 국회의 심의를 거친 후 이를 시행	○ 녹색성장 국가전략 (§9) - 수립기간 없음 - 녹색성장위원회 심의를 거쳐 국무회의 심의 · 의결 ○ 기후변화대응 기본계획 (§40) - 20년을 계획기간으로 5년마다 수립 - 녹색성장위원회 심의를 거쳐 국무회의 심의 · 의결 ○ 에너지 기본계획 (§41) - 20년을 계획기간으로 5년마다 수립 - 녹색성장위원회 심의를 거쳐 국무회의 심의 · 의결 ○ 지속가능발전 기본계획 (§51) - 20년을 계획기간으로 5년마다 수립
중앙행 정기관 추진 계획	○ 국가기후변화 종합계획에 따라 매년 필요한 시행계획 수립 · 시행 (§9④) - 필요한 사항은 대통령령으로 위임	○ 종합계획에 따라 연차별 실행계획 수립 · 시행 (§10) - 필요한 사항은 대통령령으로 위임	○ 기후변화대응 종합계획에 따라 연차별 시행계획 수립 · 시행 (§9) - 필요한 사항은 대통령령으로 위임	○ 녹색성장국가전략에 따른 중앙추진계획 수립 · 시행 (§10) - 필요한 사항은 대통령령으로 위임

표 2-8 | 기후변화 대응 법안 비교(계속)

구분	기후변화대책기본법안 (김성곤 의원안)	기후변화 대응 및 온실가스 감축 지원에 대한 기본법안 (배은희 의원안)	기후변화대책기본법안 (이인기 의원안)	저탄소 녹색성장 기본법안 (정부안)
지방자치단체 추진 계획	- 지역기후변화종합 계획 및 실행계획 수립·시행(§10) - 필요한 사항은 조례로 위임	- 지방종합계획 및 지방실행 계획의 수립·실행(§11) - 필요한 사항은 조례로 위임	- 지방종합계획 및 지방시행계획 수립·시행(§10) - 필요한 사항은 조례로 위임	- 녹색성장국가전략에 따른 지방추진계획 수립·시행(§11) - 필요한 사항은 대통령령으로 위임 - 지방녹색성장위원회 심의
위원회	- 대통령 소속 하에 기후변화대책위원회 설치(§13) - 위원장 및 부위원장 각 1인을 포함한 25인 이내의 위원으로 구성 - 위원장은 대통령, 부위원장은 국무총리 - 간사위원을 환경부장관	- 기후변화대책 위원회의 설치(§13) - 위원장 및 부위원장 각 1인을 포함한 25인 이내의 위원으로 구성 - 위원장은 대통령, 부위원장은 국무총리 - 간사위원은 지식경제부장관	- 기후변화위원회의 설치(§11) - 위원장 및 부위원장 각 1인을 포함한 25인 이내의 위원으로 구성 - 위원장은 대통령, 부위원장은 국무총리 - 위원회 산하에 기후변화실무위원회 설치(§14) - 위원장은 국무총리실장, 위원은 대통령이 정하는 바에 따라 민간전문가를 포함한 25명 이내의 위원으로 구성	- 대통령 소속하에 녹색성장위원회의 설치(§14) - 위원장은 2인으로 국무총리와 위촉위원 중에서 대통령이 지명하는 사람 - 간사위원은 대통령실의 녹색성장 담당 수석비서관 - 위원회에 분과위원회 설치(§17) - 지방녹색성장위원회 설치(§20) - 사무기구로 녹색성장기획단 설치(§18)

표 2-8 | 기후변화 대응 방안 비교(계속)

구분	기후변화대책기본법안 (김성곤 의원안)	기후변화 대응 및 온실가스 감축 지원에 대한 기본법안 (배은희 의원안)	기후변화대책기본법안 (이인기 의원안)	저탄소 녹색성장 기본법안 (정부안)
주관 부서	- 정부 - 환경부 - 국가보고서 작성, 기후변화 감시·예측, 온실가스 배출량 및 흡수량 산정, 온실가스 배출량 보고 및 관리 담당 - 국무총리실 - 기금의 관리 운용	- 정부 - 지식경제부 - 공공기관의 기후변화 추진 실적 평가, 온실가스 배출량 보고 및 관리, 온실가스 배출 실적 평가하여 공인인증서 발급, 중소기업의 기후변화 대응 지원, 전문기업의 취소, 기후변화대응 실태 조사, 기후변화대응 지수의 산정 및 공표, 기후변화대응 우수기업의 선정 및 지원, 기후변화 대응 전문인력의 양성, 국가보고서 작성, 온실가스 감축 기술 개발, 기금의 관리 운용	- 정부 - 환경부 - 대기 중의 온실가스 농도 수집 - 국무총리실 - 기금의 관리 운용	정부
국가 감축 목표 설정	없음	없음	2050년 온실가스 배출량을 2010년 대비 60% 이상 감축 (§7)	기후변화대응 기본계획에 온실가스 배출 증장기 감축 목표 설정 (§40)
사업자 감축 목표 설정	사업자의 배출량 감축목표를 자발적으로 설정한 후 정부와 협약을 체결하여 수행 (§26)	사업자의 배출량 감축목표를 자발적으로 설정한 후 지식경제부 장관과 협약을 체결하여 수행 (§26)	정부가 사업자의 배출허용량을 할당하여 제한 (§20)	정부는 온실가스 배출 사업자와 미리 협의하여 사업자의 온실가스 배출량 목표 설정

| 표 2-8 | 기후변화 대응 법안 비교 (계속)

구분	기후변화대책기본법안 (김성곤 의원안)	기후변화 대응 및 온실가스 감축 지원에 대한 기본법안 (배은희 의원안)	기후변화대책기본법안 (이인기 의원안)	저탄소 녹색성장 기본법안 (정부안)
배출량 보고	○ 대통령령으로 정하는 기준 이상의 온실가스를 배출하는 자와 다량의 온실가스를 배출하는 자는 매년 온실가스 배출량을 정부에 보고하고, 환경부장관은 온실가스 배출량을 집계·관리·검증(§24)	○ 대통령령으로 정하는 바에 따라 다량의 온실가스 배출자는 매년 온실가스 배출량을 관찰 시도지사에게 보고, 단 에너지이용합리화법(지식경제부)에 따라 신고한 자는 면제(§18) ○ 관찰 시도지사는 보고를 받은 후 1월 이내에 지식경제부장관에게 보고(§18)	○ 대통령령으로 정하는 일정기준 이상의 온실가스 배출자는 매년 온실가스 배출량을 정부 또는 대통령령에서 정하는 행정기관에 보고(§24)	○ 일정기준 이상의 온실가스 다배출 및 에너지 다소비업체는 대통령령으로 정하는 공신력 있는 기관의 검증을 거쳐 온실가스 배출량을 정부에 보고(§44) - 필요한 사항은 대통령령으로 위임
통계 관리	○ 환경부장관이 매년 온실가스의 총배출량과 총 흡수량을 산정하여 통계를 작성하고 그 결과를 공표(§23)	○ 지식경제부장관은 매년 온실가스 배출통계를 분석·검증하여 그 결과를 공표(§17)	○ 정부는 매년 대통령령이 정하는 바에 따라 온실가스 총배출량 통계를 작성하고 이를 분석·검증하여 그 결과를 공표(§16)	○ 정부는 매년 대통령령이 정하는 바에 따라 온실가스 총배출량 통계를 작성하고 이를 분석·검증하여 그 결과를 공표(§45)
배출권 거래제	○ 정부는 온실가스 배출권의 거래를 촉진하고, 절차 및 방법 등에 대해 준비 실시(§27)	○ 시장기능에 기반을 둔 배출권 거래제를 도입하되, 실시에 관해서는 따로 법률로 정함(§22)	○ 온실가스 배출량을 제한하고 대통령령이 정하는 바에 따라 온실가스 배출자에게 배출허용량을 할당·거래하되, 배출권 거래의 실시에 관해서는 따로 법률로 정함(§20, 21) - 총량제한 배출권 거래제로 한정	○ 총량제한 배출권 거래제를 포함한 배출권 거래제를 도입하되, 할당방법, 도입 시기 등은 따로 법률로 정함(§46)

표 2-8 | 기후변화 대응 법안 비교 (계속)

구분	기후변화대책기본법안 (김성곤 의원안)	기후변화 대응 및 온실가스 감축 지원에 대한 기본법안 (배은희 의원안)	기후변화대책기본법안 (이인기 의원안)	저탄소 녹색성장 기본법안 (정부안)
국가보 고서 작성	○ 환경부 장관은 기후변화협약에 따른 국가보고서를 작성하고, 기후변화대책위원회 심의·의결을 거쳐 당사국 총회 제출 한 달 이전에 국회에 보고(§12)	○ 지식경제부 장관은 기후변화협약에 따른 국가보고서를 작성(§34)	○ 정부는 기후변화협약에 따른 국가보고서를 작성하고, 이를 제출(§23)	○ 정부는 기후변화협약에 따른 국가보고서를 작성하고, 녹색성장위원회 심의·의결을 거쳐 당사국 총회 제출(§64)
산업계 지원	○ 청정개발체제 사업의 수행 지원(§30)	○ 중소기업의 기후변화대응 지원(§21), 온실가스감축전문기업의 지원(§24), 기후변화대응 우수기업 선정 및 지원(§28), 재정지원(§31)	○ 배출량 산정을 위한 기술적 조언 및 지원(§17), 재원 확보 및 재정지원(§26)	○ 기업의 녹색경영 촉진(§25), 녹색기술의 연구개발 및 사업화 등의 촉진(§26), (§27), 금융의 지원 및 활성화(§28), 녹색산업투자회사의 설립과 지원(§29), 녹색기술·녹색산업에 대한 지원·특례(§31), 녹색기술·녹색산업 집적지 및 단지 조성 지원(§35), 온실가스 관리를 위한 재정·세제 등의 지원(§42), 하이브리드자동차등 저탄소 고효율 교통수단을 위한 재정·세제 등의 지원(§47), 원자력 산업 육성 지원(§49)

| 표 2-8 | 기후변화 대응 법안 비교 (계속)

구분	기후변화대책기본법안 (김성곤 의원안)	기후변화 대응 및 온실가스 감축 지원에 대한 기본법안 (배은희 의원안)	기후변화대책기본법안 (이인기 의원안)	저탄소 녹색성장 기본법안 (정부안)
지속가 능발전	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 녹색생활 및 지속가능발전의 기본원칙(\$50조) ○ 지속가능발전기본 계획의 수 립 · 시행 (\$51)
국회 보고	○ 정부는 매년 시행계획 및 그 시행결과 보고서를 다음해 3 월까지 국회에 제출(\$11)	○ 정부는 매년 연차별 실행계 획 및 그 실행결과 보고서 를 국회에 제출(\$12)	○ 정부는 매년 전년도 국회에 연차별 시행계획 시행결과 및 자년도 연차별 시행계획에 관 한 보고서를 세입세출결산서 제출 이전에 제출(\$22) - 국회는 평가후 결과를 공표 - 필요한 사항은 대통령령으로 위임	○ 중앙행정기관의 장은 중앙추 진계획을 수립하여 소관 상 임위에 보고하고, 그 이행결 과를 다음해 2월말까지 소관 상임위에 보고(\$63)
부칙	○ 공포 후 6개월 경과 후 시행 ○ 다른 법률의 개정 - 에너지기본법 제19조제3항 삭제 - 대기환경보전법 제12조 삭제 - 국가재정법 별표2에 63. 기후 변화대책기본법 추가 ○ 다른 법률과의 관계 - 에너지기본법 및 대기환경보 전법에 해당규정이 있는 경 우 기본법으로 인용	○ 공포 후 6개월 경과 후 시행 ○ 다른 법률의 개정 - 국가재정법 별표2에 63. 기 후변화대책기본법 추가	○ 공포 후 3개월 경과 후 시행, 다만 온실가스 배출량 제한, 배출허용량의 거래, 사업활동 에 따른 온실가스 배출량 보 고는 시행령이 정하는 날부 터 시행	○ 공포 후 3개월 경과 후 시행 ○ 다른 법률의 개정 - 대기환경보전법, 에너지기본법, 지속가능발전기본법 등 13건

자료 : 기후변화대책특별위원회, 「기후변화대책 및 녹색성장 관련 제정 법률안 4건에 대한 검토보고서」, 2009. 4.

한편 2009년 11월 5일에 국회의 기후변화대책특위에서는 상기 언급된 4개 법률안에 대해 논의한 후, 국회의 기후변화대책특별위원장의 제안으로 정부가 제출한 ‘저탄소 녹색성장 기본법안’을 단일안으로 채택하여 전체회의에 상정하고, 현재 국회통과를 기다리고 있는 상태이다. 이번에 채택된 법률안은 기존 정부가 제출한 법률안을 토대로 온실가스 배출허용총량을 설정하고 배출권거래제 도입을 허용한 반면, 자동차 분야에서 온실가스 규제를 선택적으로 할 수 있도록 완화하고 원자력산업 육성 정책을 삭제하였다.

하지만 ‘저탄소 녹색성장 기본법안’에서 다루어지지 않은 온실가스 배출허용총량 설정, 배출권거래제 할당방법, 운영 및 도입 시기 등에 대해서는 앞으로 많은 논의가 필요할 것이다.

4. 시사점

1) 기후변화에 신속 대응 필요

세계는 지구온난화에 따른 기후변화에 대처하기 위해 UN 결의에 따라 1988년부터 대응하기 시작하였으며, 그 결과로 1992년 6월 브라질 리우에서 개최된 유엔환경개발회의(UNCED)에서는 기후변화협약을 채택하였다. 이후 1997년 제3차 당사국총회에서는 교토의정서를 채택하여 37개 선진국과 EU에 구속력 있는 온실가스 배출량 감축목표를 설정하였다. 교토의정서 채택으로 인해 2012년까지 선진국의 온실가스 감축 비율이 정해지자, 이에 대한 선진국의 대응방안이 수립되기 시작하였다. 그 예로 1998년 독일은 환경세(Ecotax)를 제정, 2001년 영국은 “Climate Change Levy”를 제정, 2003년 미국은 시카고기후거래소(CCX) 설립 및 배출권 거래, 2007년 유럽연합은 기후변화 장기 대응정책 방향(Climate Change & Energy Package)을 채택, 일본은 “Cool Earth 50” 등을 수립하였다. 특히 이들 법률에는 자국의 이산화

탄소 감축목표년도와 감축목표량이 포함되어 있어, 감축 목표를 달성하기 위한 정부의 노력과 대응 방안 마련이 뒤따랐다. 그러나 우리나라는 교토 의정서의 의무감축국으로 포함되지 않으면서 기후변화에 대한 국제사회의 움직임에 늦게 대응책을 마련하기 시작하였다. 우리나라의 기후변화협약에 대한 첫 번째 대응방안 마련은 1998년 국무총리를 위원장으로 하는 ‘기후 변화협약 범정부대책기구’를 구성하면서 시작되었으나, 아직까지도 기후변화에 대응하기 위한 법률안이 국회에 계류 중에 있어 기후변화에 효과적으로 대응하기 위한 종합적인 법률 마련이 시급한 실정이다.

2) “Post-2012” 신속하고 적극적인 대응

기후변화에 의한 지구환경 및 대기 시스템 변화에 따른 환경피해의 심각성이 고조되면서 온실가스 1차 감축의무국을 중심으로 감축목표량을 확대하고 있는 가운데, 2007년 12월 개최된 13차 당사국총회에서는 “발리로드맵”이 채택되어 1차 감축의무기간인 2012년 이후의 기후변화에 대한 세계적인 대응체제가 마련되었다. 발리로드맵에서 우리나라를 비롯하여 미국, 중국, 멕시코, 인도, 브라질 등을 온실가스 의무감축국으로 포함시키는 것이 논의되면서 1차 의무이행기간보다 더욱 강력한 감축 목표가 설정될 것으로 전망되고 있다.

특히 2009년 12월 7일 제15차 유엔기후변화협약 당사국총회가 코펜하겐에서 개최되어 각국의 정상 간에 “Post-2012”에 대한 심도 깊은 논의가 진행되고 있는 가운데, 세계 각국의 언론, 시민단체들은 기후변화를 최소화하기 위한 강력한 각국의 행동을 촉구하고 있기도 하다. 이러한 논의가 국제사회에서 급속하게 진행되고 있는 가운데 우리나라도 온실가스 저감목표를 발표하는 등 노력하고 있으나, “Post-2012”체제에 대비한 실질적인 대응방안을 신속히 수립해야 한다.

3) 항만 관련 기후변화 대응방안은 미약

1999년 수립한 “기후변화협약 대응 종합대책”에 연이어 우리나라 정부는 2002년 “기후변화협약 대응 2차 종합대책,” 2006년 “기후변화협약 대응 3차 종합대책,” 2008년 “기후변화대응 종합계획” 및 “기후변화대응 종합기본계획” 등을 수립하였다. 이들 종합대책에서는 범정부적 차원에서의 기후변화협약에 따른 대응책 등을 마련하였다. 또한 2005년 우리나라는 i) 견실한 성장을 하되, 에너지 및 자원 사용량 최소화, ii) 동일한 에너지 및 자원을 사용하되 CO₂의 배출 등 환경부하 최소화, iii) 신성장동력으로 개발 등을 주요 골자로 하는 녹색성장 정책을 수립하였으며, 2008년에는 “저탄소 녹색성장”을 국가비전으로 선언하기도 하였다.

이러한 가운데 국토해양부에서는 “저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현”을 목적으로 2008년 “국토해양분야 기후변화대응 종합대책”을 마련하였다. 이 종합대책에서는 건축물, 교통, 국토·도시, 해양, 수자원 등 5개 분야에 걸쳐 세부실천과제를 설정하였다. 그러나 항만분야와 직접적으로 연계되는 세부실천과제는 저공해형 물류장비 보급 확대의 일환으로 추진 중인 LNG화물차로의 전환과 e-RTGC 전환에 불과한 실정이다. 따라서 항만분야의 온실가스배출량 감축 방안 수립 등 적극적인 기후변화 대응방안 수립이 필요하다.

4) 법률적 근거 마련이 시급

우리나라에는 기후변화협약과 직접적 관련이 있는 법률이 제정되어 있지 않으며, 2008년 제정된 “지속가능발전 기본법” 일부에서 기후변화협약을 언급하고 있는 실정이다. 이를 보완하고 국정비전인 “저탄소 녹색성장”을 실현하기 위한 범정부적 법률 근거 마련을 위해 현재 국회에서는 국회의원이 발의한 “기후변화대책기본법안,” “기후변화 대응 및 온실가스 감축지원

에 대한 기본법안,” “기후변화대책기본법안”을 비롯하여 정부에서 발의한 “저탄소 녹색성장 기본법안” 등에 대해 심의·검토를 거쳤고 최종적으로 지난 11월 5일 정부가 발의한 “저탄소 녹색성장 기본법안”은 12월 29일 국회를 통과하여 공포를 앞두고 있다. 하지만 “저탄소 녹색성장 기본법안”에서도 온실가스 배출허용총량이 설정되어 있지 않으며, 배출권 거래제를 허용하는 내용을 포함하고 있어도 할당방법, 도입 시기, 운영방법 등은 차후에 논의할 사항으로 남겨져 향후에도 그 기준 설정에 많은 어려움이 예상된다.

제 3 장 항만분야 국내외 대응 동향

1. 해운부문 동향

1) 선박 대기오염물질 배출규제협약

선박 대기오염물질 배출규제협약은 IMO에서 1973년에 제정한 해양오염 방지협약(MARPOL 73/78)의 제VI부속서 형태로 작성되었다. 선박에 의한 대기오염물질 배출규제협약은 선박의 운항과정에서 발생하는 대기오염물질의 배출 통제를 목적으로 한다.

선박 대기오염물질 배출규제협약에 따라 선박에서 발생하는 이산화탄소에 대한 배출 규제도 추진 중이다. IMO 해양환경보호위원회(Marine Environment Protection Committee : MEPC)에서 주관하여 1998년부터 선박의 이산화탄소 배출 통제 문제를 다루기 시작하였다. 2000년에는 선박에서 발생하는 온실가스에 관한 연구보고서를 발간하였고, 2004년에는 선박 온실가스 배출통제 관련한 IMO 기본정책을 담은 총회 결의서를 채택하였다.

지난 2005년 10월 개최된 해양환경보호위원회 제53차 회의에서 회원국들에게 3년간 선박의 이산화탄소 배출량 조사를 요청한 바 있다. 2005년부터는 현존하는 선박의 이산화탄소 배출량 측정을 위한 공식을 임시기준으로 채택하여 시험적으로 사용토록 하였다. 또한 2006년(MEPC 제55차 회의, 2006년 10월 9~13일)에는 선박 온실가스 논의 일정을 작성하였다. 회원국이 제출한 이산화탄소 배출량을 검토해 향후 선박의 이산화탄소 배출 기준을 제정한다는 입장을 취하고 있다.

2008년 6월 23~27일까지 노르웨이 오슬로에서 제1차 선박 온실가스 배출 감축 국제회의를 개최하여 집중 논의하였다. 2008년 10월 6~10일까지

영국 IMO 본부에서 개최된 제58차 해양환경보호위원회(MEPC)에서도 선박의 이산화탄소 배출 감축문제를 중요 이슈로 다루었다.

2009년 7월 제59차 해양환경보호위원회(MEPC)에서 국제항해 선박의 이산화탄소 배출규정 제정 작업을 마무리한다는 목표를 가지고, 선박의 여러 가지 이산화탄소 배출 감축방안을 논의하였으나 확정적인 결론에 도달하지 못했다. 2010년 제60차 MEPC회의에서 기술 및 운항 관련 조치 부문의 세부적인 방안이 나올 것으로 예상된다.

선박에서 이산화탄소 배출을 규제, 감축, 통제한다는 것은 결국 선박에서 사용하는 연료를 줄인다는 뜻이다. 선박에서는 추진에 사용되는 엔진연료의 연소과정에서 이산화탄소가 발생하고, 그 발생량은 연료 사용량에 비례하기 때문이다. 따라서 연료 사용량을 줄이는 ‘에너지효율’과 ‘이산화탄소 발생량(지수, 인덱스)’이 중요한 용어로 사용되고 있다.

선박에서 발생하는 이산화탄소를 감축하기 위해 IMO가 논의하고 있는 내용을 주요 주제별로 나누어 보면, 다음과 같이 크게 다섯 가지이다. 첫째, 기후변화 관련 규정의 적용대상 선박, 둘째, 신조선 에너지효율 설계지수(EEDI) 기준 제정, 셋째, 현존선 에너지효율 운항지수(EEOI)기준 제정, 넷째, 시장적 제도(탄소세, 배출권거래) 도입 검토, 다섯째, 선박 이산화탄소 배출저감을 위한 운항방법이다.

전 세계적으로 배출되고 있는 이산화탄소 배출량은 2007년 약 310억 톤 정도로 추정된다. 그 중에서 전 세계 모든 선박에서 배출되는 이산화탄소 배출량은 총 10억 1,900만 톤으로 전 세계 배출량의 3.3%를, 이 중 국제항해 선박의 배출량은 8억 4,300만 톤으로 2.7%를 차지한다.

IMO의 논의 및 결정사항이 국제협약으로 채택되어 시행되면 우리나라의 해운업계, 조선업계, 선박기관 제조업체 등에 직접 관련된다.

(1) 기후변화 관련 국제규정의 적용 대상 선박

IMO에서 논의 중인 내용 중 중요한 점은 이산화탄소 배출 규정을 모든 국가의 선박에 적용할 것인지 아니면 기후변화협약의 부속서 I 국가(영국 등 선진국가 38개국)에만 적용할 것인지에 관한 문제이다.

이것은 정식 의제는 아니나 가장 논쟁이 심한 쟁점사항이다. 기후변화협약(교토의정서 포함)에 따라 온실가스 의무감축국가인 선진 38개국과 감축의무가 없는 개발도상국 간의 논쟁이다. 즉, 선진국과 개발도상국 간에 의견이 대립되고 있는 것이다. 유럽을 중심으로 한 선진국은 국제 항해선박에 대한 IMO의 온실가스 감축에 관한 규정은 모든 국가의 선박에 적용되어야 한다고 주장하고 있다. 반면 중국, 인도, 사우디아라비아, 브라질 등의 국가는 IMO의 온실가스 감축에 관한 규정은 기후변화협약에 따른 부속서 I 국가에만 적용해야 한다고 주장하고 있다.

이 문제의 근원은 기후변화협약의 기본원칙에서부터 발생하고 있다. 기후변화협약의 제3조 기본원칙에는 온실가스 감축에 관한 공동부담·차별책임이 규정되어 있다. 지금까지 이산화탄소를 많이 배출해 온 선진국은 큰 책임을 지고, 거의 배출하지 않았거나 조금 배출한 개발도상국은 공동부담은 하지만 책임은 능력에 따라 조금만 진다는 뜻이다.

또한 기후변화협약을 시행하기 위한 보조 협약인 교토의정서 제2조 제2항에는 국제항해 선박에 대한 온실가스 감축을 정하고 있다. 내용은 “기후변화협약의 부속서 I 국가는 국제민간항공기구 및 국제해사기구의 활동을 통하여 항공기용 및 선박용 연료로부터 각각 발생하는 온실가스 배출량을 제한·감축한다”라고 되어 있다.

따라서 개발도상국은 국제 항해선박에서 발생하는 온실가스 감축은 선진 38개국만이 시행해야 한다고 주장하고 있는 것이다. 지금까지 진행되어 온 경과를 보면 논쟁이 심하여 쉽게 결말이 날 것으로 보이지 않는다. 결

국, 이 문제는 지난 MEPC 제59차 회의까지 합의에 이르지 못했고, 앞으로 계속 논의될 예정이다.

우리나라는 IMO의 규정은 모든 국가의 선박에 적용되어야 한다는 입장이다. 이러한 입장은 기후변화협약과는 다소 상충된다고 할 수 있으나 선박은 전 세계를 항해하면서 이산화탄소를 배출하므로 기후변화협약과는 약간 다른 차원에서 다루어져야 한다는 생각이다.¹²⁾

(2) 신조선 에너지효율 설계지수(EEDI) 기준 제정

신조선에 대한 이산화탄소 배출 규제 논의는 신조선 에너지효율 설계지수(Energy Efficiency Design Index : EEDI, 이하 신조선 설계지수)를 어떻게 산정할까 하는 것이고, 그에 필요한 신조선 설계지수 공식을 만드는 것과 기준선¹³⁾ 감축량을 구하는 공식에 관한 것이 주요 논의사항이다.

신조선 설계지수 공식은 2008년 10월에 개최된 제58차 MEPC 회의에서 임시로 완성하여, 각국에 시험적으로 사용을 권고한 상태이다. 신조선 설계지수의 정의는 신조선이 화물 1톤을 싣고 1마일을 항해하는 데 발생하는 이산화탄소 발생량($\text{gCO}_2/\text{ton} \cdot \text{mile}$)이다.

$$= \frac{\text{기관의 시간당 연료소모량에 따른 이산화탄소 발생 총량(gCO}_2\text{)}}{\text{선박의 재화 중량톤(ton) } \times \text{속력(knot)}}$$

기본적으로는 위와 같은 식으로 나타낼 수 있으나 식을 만드는 과정은 쉽지 않았고, 아직 완성되지 않은 상태이다. 네덜란드와 일본의 전문가들이 식을 만들어 제안하여 두 번의 국제회의에서 토론을 거쳐 임시로 식을 완

12) 이기상, “IMO의 선박 온실가스 배출규제 국제동향”, 「해양한국」, 한국해사문제연구소, 2009. 5.

13) Baseline, 신조선 설계지수의 경향을 나타내는 곡선

성하여 시험적으로 사용해보기로 했다. 신조선에 대한 온실가스 감축에 관한 논의는 첫째, 신조선 설계지수 공식 만들기, 둘째, 기준선 공식 만들기, 셋째, 이산화탄소 배출 감축량 정하기로 진행된다.

① 신조선 설계지수 공식

신조선 설계지수에 관한 논의 목적은 신조선의 이산화탄소 배출량(지수)을 산정할 수 있는 공식을 제정하는 것이다. 2008년에는 주로 신조선 설계지수와 기준선에 대하여 논의되었다. 그래서 공식이 만들어지면 어떤 배의 설계 시 그 배의 신조선 설계지수(이산화탄소 발생량)를 구할 수 있다. 신조선 설계지수는 기관출력을 75%로 잡고, 화물은 만재로 신고, 최고 속력으로 운항 시의 이산화탄소 배출량(g)이다.

지난 제58차 회의에서 승인된 임시공식은 다음과 같다.

$$\frac{\left[\prod_{j=1}^M \left[\sum_{i=1}^{nME} C_{FMR} SFC_{MR} P_{MB} \right] + P_{AE} C_{FAE} SFC_{AE} + \left[\sum_{i=1}^{nPT} P_{PTk} - \sum_{i=1}^{nWHR} P_{WHR} \right] C_{FAE} SFC_{AE} - \left[\sum_{i=1}^{neff} f_{eff} P_{eff} C_{Feff} SFC_{MB} \right] \right]}{f_i \cap acity V_n f_w}$$

분자는 시간당 선박에서 배출되는 이산화탄소 총량을 나타내고, 주기관, 보조기관에서 사용한 연료사용량으로 계산한 것이다. 신생에너지 또는 재생에너지를 이용하는 경우에는 총배출량에서 빼(-) 주고 있다. 분모는 선박이 시간당 할 수 있는 최대의 일량 즉, 몇 톤을 몇 마일 운송할 수 있는지를 나타낸다.

② 신조선 이산화탄소 발생량 기준선(Baseline)

IMO는 신조선 이산화탄소 발생량 기준선을 선박의 종류별로 만들려 한다. 여기서 기준선이란, 여러 선박의 이산화탄소 배출량들의 경향을 나타내는 곡선이다. 이 기준선에 의해 어떤 선박의 이산화탄소 발생량이 기준선 이하인지 또는 이상인지를 알 수 있다. 이 기준선의 신뢰성을 높이기 위

해서는 가능한 한 많은 선박의 자료를 가지고 기준선을 구해야 한다.

IMO에서 논의된 자료에 의하면, 기준선을 구하기 위해 지난 10년(1995~2004년) 동안 신조선 자료¹⁴⁾를 근거로 각 선박의 이산화탄소 배출량을 계산하였다. 이산화탄소 배출량 수치들을 가능한 많이 수집해야 추세선이 더 정확해지므로 선박의 종류별로 나누어 자료를 수집하였다. 도표상에 경향을 나타내는 곡선을 식으로 표시하면 다음과 같다. 다음 식은 신조선 기준선의 일반적인 식이다.

$$\text{신조선 기준선(BaseLine)} = a \times \text{Capacity}^{-c}$$

<표 3-1>은 1995년부터 2004년 10년 동안 건조된 신조선 기준선의 각 선박종류별 계수이다.

| 표 3-1 | 신조선 기준선 공식에 사용되는 계수

선박종류	α	Capacity	c	표본수	제외	R2
건화물선	2,503.2	DWT	0.5601	995	28	0.92
유조선	2,401.1	DWT	0.5400	1,209	58	0.97
가스운반선	1,649.7	Tank Volume	0.4855	178	10	0.96
컨테이너선	105.77	DWT	0.1761	188	9	0.42
일반화물선	280.85	DWT	0.3051	238	8	0.62
로로화물선	20792	GT	0.7223	205	33	0.87
여객선	1,517	GT	0.4092	192	73	0.79

자료 : IMO MPEG 58/4/8, "Methodology for Design CO₂ Index Baselines and Recalculation there of Submitted by Denmark", 2008. 7.

③ 신조선의 이산화탄소 발생 감축량 공식

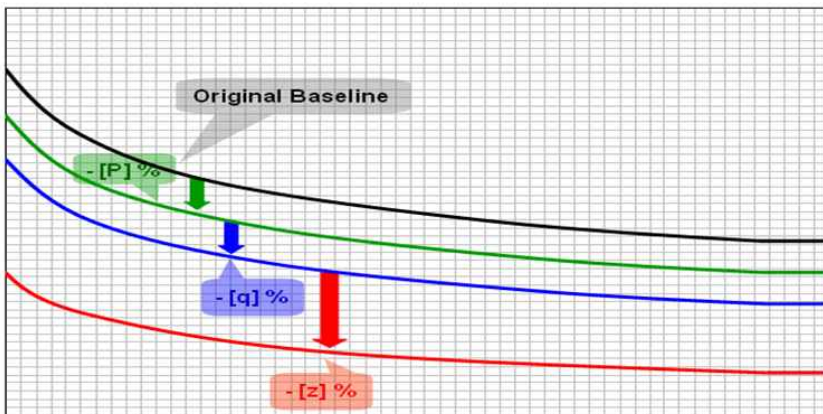
14) IMO에서는 전 세계적으로 건조된 선박의 제원을 확보하기 위해 LRFP(Lloyd Register Fair Play)의 데이터베이스를 사용하였다. LRFP 데이터베이스는 전 세계에서 건조되는 모든 선박의 제원이 입력되어 있다. 이는 IMO의 선박식별번호 부여체계인 IMO번호 부여 시 LRFP가 IMO를 대행하기 때문이다.

신조선의 이산화탄소 배출 감축 관련 논의는 기준선을 기본으로 해서 얼마만큼 감축할 것인가를 결정하는 것이다. 국제규정을 만들 때, 위 기준선 정립에서 얻어진 기준선의 몇 %로 신조선이 이산화탄소를 배출하도록 정할 수 있다. 그러면 신조선은 이 기준을 만족하도록 건조되어야 한다.

끊임없는 기술의 발전으로 인하여 보다 에너지효율이 높은 선박 즉, 예상 CO₂ 배출량이 낮은 선박이 개발되고 있기 때문에 결정된 기준선은 시간이 경과함에 따라 변경할 필요가 있다. 신조선의 이산화탄소 배출량을 감축하기 위해 위의 신조선 기준선을 기본으로 하여 다음과 같은 공식이 제안되었다.

$$\text{배출 규제값}(Required\ Index) = \left(1 - \frac{X}{100}\right) \times Baseline$$

X값은 기준선과 비교하여 신조선에 대하여 어느 정도 배출을 감축할 것인가를 정하는 값이고, IMO 회의에서 정책적으로 결정될 것이다. 예를 들면, 기준선에서 10%를 감축한다고 결정하면, X는 10이 되고, 기준선 값의 0.9배 이하로 배출할 수 있도록 선박을 건조해야 한다.



자료 : MEPC 58/23, Annex 11, 2008. 10.

| 그림 3-1 | 신조선 기준선과 규제 값의 개념도

(3) 현존선 에너지효율 운항지수(EEOI) 기준 제정

현재 운항 중인 어떤 선박이 이산화탄소를 발생시키는량을 현존선 에너지효율 운항지수(Energy Efficiency Operational Index : EEOI, 이하 ‘현존선 운항지수’)라고 한다. 즉, 현존선 운항지수 개념은 신조선 설계지수와 같이 화물 1톤을 싣고, 1마일 항해 시 시간당 이산화탄소 발생량(g)을 말한다. 현존선 운항지수를 다르게 표현하면 다음과 같고, 단위는 $\text{gCO}_2/\text{ton} \cdot \text{mile}$ 이다.

$$= \frac{\text{선박의 일정기간 이산화탄소 총배출량(gCO}_2\text{)}}{\text{선박이 일정기간 운송한 총화물량과 총거리의 곱(ton} \cdot \text{mile)}}$$

현존선 이산화탄소 배출규제 논의는 운항 중인 선박에서 이산화탄소 발생량이 얼마인지를 알아내기 위한 것으로 중요하다.

① 현존선 운항지수 공식

IMO는 2005년에 현존선 운항지수를 계산하는 임시 공식을 IMO에서 결의서로 채택하여 각국 정부에게 시험적으로 사용해 보도록 권고하였다. 2008년에 그 공식을 사용하여 얻은 결과를 가지고 공식의 타당성에 대해 논의하였는데, 시험 결과의 편차가 아주 심하게 나타났다. 그래서 이 임시 공식을 정식으로 채택할지 논의하고 있다.

$$EEOI = \frac{\sum_i FC_i \times C_{CARBON_i}}{\sum_i m_{CARGO_i} \times D_i}$$

- FC_i : 연료유 소모량, i 는 연료유의 종류
- C_{CARBON_i} : 연료유 CO_2 배출계수, i 는 연료유의 종류
- m_{CARGO_i} : 화물의 중량, i 는 항차별 화물의 무게를 의미
- D_i : 운항거리, i 는 항차를 의미

② 현존선 운항지수(EEOI)의 사용 목적

현존선 운항지수에 대한 IMO의 논의는 새로운 수식의 개발 또는 개정이 아니라 상기 수식의 적용 문제에 초점이 맞추어져 있다. 왜냐하면 실제 운항 중인 현존선(Existing Ship)에서는 선종별로 운항 조건이 상이하기 때문이다.

사용 목적에 관한 논의는 IMO에서 현존선 운항지수를 만들어 어떤 목적으로 사용할 것인가에 관한 것이다. 즉, 신조선 설계지수와 같이 기준선을 구해 강제적으로 배출량을 감축하는 데 사용할 것인지, 아니면 회사들이 자율적으로 선박의 운항효율을 점검하는 데 사용토록 할 것인지에 관한 논의이다. 2008년 6월 오슬로에서 개최되었던 선박 온실가스 국제회의에서는 강제규정이 아닌 권고규정으로 사용기로 하였다.

③ 현존선의 기준선 구하는 방법

현존선 운항지수의 기준선을 구하는 방법으로 선주에게 선박의 운항 중 연료사용량, 즉 이산화탄소 발생량을 강제로 보고토록 할 것인가에 관한 논의이다. 작년 오슬로에서 있었던 선박 온실가스 국제회의에서는 행정적인 일거리가 너무 많아지므로 강제보고가 적당한 방법은 아니라고 논의된 바 있다. 이 문제에 대해서는 계속 논의가 진행될 예정이다.

2) 시장적 제도(탄소세, 배출권거래) 도입 검토

이산화탄소 배출 감축을 위해 배출기준을 제정하는 방법 이외에 경제적·시장적 방안이 논의되고 있다. 경제적·시장적 방안은 신조선 운항지수 또는 현존선 운항지수보다는 후순위로 논의되고 있다. 경제적, 시장적 방안 중 하나는 선박에서 사용하는 연료에 탄소세를 부과하는 방안이고, 다른 하나는 선박의 이산화탄소 배출권거래제도이다.

(1) 탄소세(levy)

탄소세는 선박에 사용하는 연료에 세금을 부과하고, 징수된 세금을 육상에서 시행되고 있는 이산화탄소 배출권 구입과 후진국 기술 지원에 사용하는 것이다. 그러나 전 세계 선박에서 세금을 거둘 경우, 후진국에게 더욱 불리해지는데, 등록 기준으로 전 세계 선박의 75%가 개발도상국에 등록되어 있기 때문이다. 이산화탄소 감축 문제는 선진국이 부담을 더 진다는 것이 기후변화협약의 기본원칙이다. 따라서 국제해운업계 입장에서 보면, 선박 운항에 필요한 연료비 증가로 해운업계에는 부담을 주는 반면 선박에서 직접적이고 가시적인 이산화탄소 저감효과는 미미하다.

탄소세 도입에 찬성하는 국가는 네덜란드, 일본, 스페인, 호주, 벨기에, 덴마크, 네덜란드, 스웨덴, 영국, 노르웨이이며, 계속해서 공개적으로 토론하여 도입을 추진하고 있다. 도입 반대 국가는 인도, 사우디아라비아, 브라질, 중국, 남아공화국, 그리스, 바하마이다. 탄소세는 국제세금을 의미하며, 더 정확히는 국제무역에 대한 세금 부과이다. 유엔 기후변화협약의 원칙인 공동책임 및 차별부담의 원칙에 어긋나므로 도입에 반대하고 있다. 우리나라는 위에 예시된 문제점 때문에 탄소세 제도 도입에 반대한다는 입장이다.

(2) 이산화탄소 배출권거래제도(ETS)

이산화탄소 배출권거래제도(Emission Trading Scheme : ETS)는 선박별로 연간 배출 허용량을 정하는 것이다. 허용량 초과 배출시 배출권을 구입하고, 그 이하로 배출 시는 배출권을 팔 수 있도록 하는 제도이다. 시행할 경우에는 선박의 배출량을 정해 매년 배출량을 보고하는 절차가 필요하고, 허위 보고에 대한 대책도 수립하게 된다.

이 제도의 도입에 찬성하는 국가는 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 스웨덴, 영국, 일본이다. 이 제도의 도입에 반대

하는 국가는 인도, 중국, 바하마, 사우디아라비아였고, 그들의 주장은 이 제도를 도입한다면 선진국(Annex I 국가)에만 적용해야 하고, 모든 국가에 적용하는 것은 기후변화협약의 원칙에 위반된다는 것이다.

이 제도와 관련하여 한 가지 추가로 논의하고 있는 사항은, 이 제도를 해운업계에만 적용할지 아니면 육상의 산업과 연결시켜 시행할지에 관한 것인데, 여기에도 의견이 나뉘고 있다.

2008년 오슬로에서 개최된 선박온실가스 국제회의에 육상에서 시행하고 있는 유럽연합(EU)의 배출권거래제도에 관한 문서(GHG-WG 1/5/3)가 제출되었다. 주요한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

EU는 2005년 1월 1일부터 육상의 1,000여 곳(CO₂ 배출업소의 약 50%)의 대량배출 산업체를 대상으로 이산화탄소 배출권거래제도를 시행하였다. 시행방식은 총량제한거래방식(cap and trade system)이다. 이 방식은 모든 업체들이 전체적으로 배출할 총량을 먼저 정하고, 그 총량에서 개별업체가 배출할 수 있는 배출량(할당량)을 할당받아서 그 범위 내에서 배출토록 하는 것이다. 이에 따라 각 업체의 배출 실적을 보고토록 하고 있다.

개별업체들은 할당량 이하로 CO₂ 배출 시 잉여분을 팔 수 있다. 1톤의 CO₂를 1배출권(European Union Allowances : EUA)이라 하고, 거래단위가 된다. 1배출권은 20~25 유로(Euro) 정도의 가격으로 거래되고 있다. 거래량은 2005년 72억 유로, 2006년 181억 유로, 2007년 115억 유로로 증가 추세를 보이고 있다.

EU의 탄소배출권거래제도에는 EU 27개국이 모두 참여하고 있고, 그 외에 노르웨이, 아이슬란드도 참여하고 있다. 2006년 12월 20일에 유럽위원회(European Commission : EC)는 항공분야도 EU 배출권거래제도에 포함할 것을 제안하여 검토 중이다. EU로 오가는 모든 항공기는 2012년까지 여기에 포함될 것으로 기대되고 있다. 또한 EU는 2007년 10월 10일에 선박의 온실가스 배출 감축을 새로운 전략으로 채택하여 검토 중이며, 2008년 1월

23일에는 더 많은 산업분야(알루미늄 및 암모니아 생산자)를 포함할 것을 제안하여 검토 중이다.

이 밖에 선박의 이산화탄소 배출 감축을 위해 국제협약에서 정하는 사항 외에 선박에서 자율적으로 시행할 수 있는 사항들도 논의되고 있다. 논의되고 있는 주요 내용은 선박 운항 시 연료 사용량을 줄일 수 있는 방법에 관한 것들이다. 즉, 운항 중 연료를 줄이기 위한 방법으로 9개의 항목을 제시하고 있고, 구체적인 설명이 추가되어 결의서로 채택될 예정이다. 9개의 항목은 첫째, 항해계획 및 항해, 둘째, 적절한 선박조종, 셋째, 선체 관리, 넷째, 추진계통 관리 및 개선, 다섯째, 선대 관리 개선, 여섯째, 화물 관리 개선, 일곱째, 에너지 관리(선내 전기 사용 절약), 여덟째, 연료(대체 연료 등), 아홉째, 기타 풍력, 태양전지, 항만에서 육상전원 이용 등이다.

2. 항만부문 동향

1) IAPH¹⁵⁾ : C40 World Ports Climate Conference(WPCC)

(1) 개요

C40(C40 Cities Climate leadership group, C40 도시 기후 리더십 그룹)은 세계 온실가스의 80% 이상을 배출하고 있는 대도시들이 기후변화에 적극 대응하기 위해 2005년 발족시킨 세계 대도시 협의체로, 런던·뉴욕·파리 등 40개 정회원 도시¹⁶⁾와 16개 협력회원 도시¹⁷⁾로 구성되었다.

15) International Association of Ports & Harbor, 세계항만협회.

16) 델리, 다카, 도쿄, 뭄바이, 방콕, 베이징, 상하이, 서울, 자카르타, 카라치, 하노이, 홍콩, 뉴욕, 로스앤젤레스, 리마, 리우데자네이루, 멕시코시티, 보고타, 부에노스아이레스, 상파울로, 시카고, 카라카스, 토론토, 필라델피아, 휴스턴, 런던, 로마, 마드리드, 모스크바, 바르샤바, 베를린, 아테네, 이스탄불, 파리, 라고스, 아디스아바바, 요하네스버그, 카이로, 멜버른, 시

C40은 2005년 10월 케네스 리빙스턴 전 런던시장의 제안에 따라 기후 변화에 대응하는 대도시 그룹(Large Cities Climate Leadership Group)이라는 이름으로 결성되었다. 2005년 전 세계의 18개 대도시 대표자가 런던에 모여 제1차 총회를 개최하였으며, 2006년 8월 클린턴 재단과 파트너십을 체결하고 C40로 개칭하였다. 2007년 5월 뉴욕에서 제2차 총회를 개최하여 51개 도시에서 참가하였으며, 2009년 5월 18일~21일 서울에서 제3차 총회가 개최되었다.

C40은 초기에는 대도시를 중심으로 실시되었으나, 항만 및 항만도시의 온실가스를 줄이고, 대기질을 개선하기 위한 책임을 가지고 항만 및 항만도시로 확장·분리하였다. 제1회 C40 World Ports Climate Conference¹⁸⁾는 네덜란드 로테르담에서 2008년 7월 9~11일까지 3일간 개최되었다.

(2) 선언문 주요내용

제1회 로테르담 C40 WPCC에서는 다음의 7가지 항목에 대해서 전 세계 55개 항만에서 합의하였다. 합의 내용은 C40 WPCC의 행동강령을 다루고 있으며, 구체적인 내용은 아래와 같다.

- i) 전 세계 항만은 대기질 향상과 지구온난화 방지에 함께 협력한다.
모든 확인 가능한 CO₂ 저감방안에 대해서 전적으로 동의한다.
- ii) WPCC 선언문은 필요한 모든 노력의 가이드로 이용한다.
- iii) 모든 항만들은 변화의 필요성을 깨닫고, 더 이상 정부와 국제적인

드니.

-
- 17) 창원, 요코하마, 오스틴, 쿠리치바, 뉴올리언스, 포틀랜드, 솔트레이크시티, 샌프란시스코, 시애틀, 암스테르담, 바르셀로나, 코펜하겐, 하이델베르크, 로테르담, 스톡홀름, 바젤.
 - 18) 2008년 7월 로테르담에서 개최된 “C40 World Ports Climate Conference”에서는 항만 및 항만도시에서의 온실가스 감축을 위한 방안이 논의되었음. C40은 기후변화에 대응하는 대도시들의 모임으로 정회원 도시가 40개이기 때문에 붙여진 이름임. 이들 도시에서 전 세계 온실가스 배출량의 80%가 배출되고 있기 때문에 온실가스감축에 대한 행동과 협조를 위한 방안 마련에 주력하고 있음.

규제를 기다리지 않고 능력범위 내에서 협력을 시작한다.

iv) 모든 항만들 사이에서는 다음을 결정한다.

- IMO, 선주, 화주들은 클린 선박 도입에 따른 인센티브를 제공한다.
- 육상전원장치 적용을 위한 개발과 실행을 노력한다.
- 각 항만들은 더 많은 경험을 얻고 중복된 행위를 피하기 위해서 지식을 공유한다.
- CO₂ 발자국의 감시와 양을 정하기 위한 장비와 정보를 교환한다.
- IMO, 정부기관의 변화를 위한 규제와 절차의 효율을 높이기 위해서 상호협력한다.

v) CCI(Clinton Climate Initiative)는 새로운 법령 및 기존 장비의 개보수를 통한 에너지 절감을 위한 도구를 지원한다.

vi) 합의된 행동은 IAPH와 ESPO(European Sea Port Organization), AAPA(The American Association of Port Authorities)와 같은 지역연합이 조율한다.

vii) 선도항만을 포함하는 지부는 2009년 11월 LA항에서 다시 만나서 법령과 주체적인 향후 행동을 점검한다.

(3) 향후 방향

향후 지속적인 노력을 기울이기 위해서 IAPH, IMO 등의 국제기구와 클린턴 재단 등의 민간기구와 긴밀한 협조를 수행한다. 또한, C40 WPC의 선도 항만, 지역 항만 연합과 긴밀한 협조체계를 구축하여 기후변화에 대응한다.

2) EU

개별 항만 차원이 아닌 유럽연합 차원의 기후변화협약 대응전략은 선박 배출가스 저감 전략, Marco Polo I 프로그램, Marco Polo II 프로그램이 있다.

(1) 선박배출가스 저감 전략

2005년 7월 EU 내를 운항하는 모든 선박에 대한 병커의 유황 함유량을 제한하는 전략이다. 선박배출가스 저감 전략에 따라 병커의 유황 함유량이 0.2%를 초과하는 연료는 사용할 수 없도록 하였다. 향후 2010년 1월부터는 0.1%로 강화할 예정이다.

선박배출가스 저감 전략에 따라 2006년 발틱해를 통과하는 선박에 대해서 1.5% 이상의 유황 함유량을 갖는 연료유의 사용을 금지하고 있다. 2007 년도에는 북해 및 영국 해협으로 확대되었다.

또한, 바이오연료의 사용 비율을 의무화하여 2010년까지 5.75%, 2015년까지 8% 이상 사용할 것을 제시하고 있다.

(2) Marco Polo I

EU는 2003년~2006년 동안 시행한 Marco Polo I 프로그램은 Modal Shift 정책을 지속적으로 추진하기 위해서 수송모드 전환사업(Modal Shift Action), 복합운송 촉진사업(Catalyst Action), 정보 공유사업(Common Learning Action) 등 세 가지 사업을 추진하였다. 수송모드 전환사업은 최소 50만 유로를 투입하여 새로운 서비스나 연계 수단을 구축하여 터미널과 국경에서의 화물 통과효율을 증대시키고, IT 기술 및 차량 개선 기술을 개발하여 환적장비를 개발하는 것이다. 복합운송 촉진사업은 물류시장의 구조 및 장애물을 극복하기 위한 혁신사업으로서 복합운송의 고속화 및 논스톱 서비스를 지향하

고 있다. 또한 신뢰할 수 있는 수송 및 물류 정보시스템을 구축하고, 수송모드 간 연계를 가능하게 하는 혁신적인 적재단위를 개발하고자 하였다. 정보 공유사업은 수송모드 전환 및 교통혼잡 해소에 관한 기업의 노하우를 공유하고, 투자자의 이해를 위한 사업의 타당성 검토를 제공하며, 환적 절차의 간소화 방안을 연구하였다.

(3) Marco Polo II

2007년부터 시행 중인 Macro Polo II 사업은 기존 3가지 사업 이외에 해상 고속도로사업(Motorways of the Sea Action), 교통혼잡 해소사업(Traffic Avoidance Actions), 철도 시너지사업(Rail Synergy)을 추가하였다. 2007년에 제안된 사업 중에서 최종적으로 예산지원을 받은 사업은 22개 사업, 4,867만 유로이다.

해상 고속도로 사업은 서비스의 횟수 및 품질이 고도화된 복합운송서비스의 실현을 목적으로 한다. 중소형 항만을 이용한 유연한 환적 서비스를 구축하고 내륙 수송수단과의 효율적 연계를 도모한다. 철도 시너지 사업은 철도역 및 플랫폼의 동시 수용을 목적으로 기존 수송인프라의 이용효율을 증대시킨다. 도로수송을 최소화하여 door-to-door 서비스시스템을 구축한다. 교통 혼잡 해소 사업은 차량의 수송밀도를 낮추고, 무적재 수송을 최소화하는 것이다. 생산지와 분배지의 재배치를 통해 물류사슬의 효율화를 추구하고, 화물의 부피 또는 중량을 최소화할 수 있는 제품 설계 및 포장을 개선하고자 하는 것이다. Marco Polo II의 사업별 기대효과는¹⁹⁾ 대기오염, 지구온난화, 소음, 교통안전, 혼잡, 교통인프라 개선 등으로 인해 약 49억 8,000만 유로의 간접 효과가 나타날 것으로 보고되고 있다.

19) ECORYS TRANSPORT, 2004.

3) 일본

일본에서도 친환경 물류정책인 “해운 그린화” 정책을 시행하고 있다. 2007년 「21세기 환경 입국전략」에 의거하여 2050년까지 현 수준의 1/2가량의 온실가스를 줄이는 장기적인 계획을 가지고 있다. 그 일환으로 배출량의 약 20%에 이르는 운송부문에 대해 철도화물로의 Modal Shift, 트럭운송 효율증대, 국제화물 운송거리 단축 등으로 친환경 항만구축을 실현하고 있다.

(1) 수퍼 에코선박의 건조

수퍼 에코선박은 2001년 개발에 착수하여 2009년 현재 6척을 건조하였다. 선박의 크기는 492~1,100GT이며, 연비를 20% 개선하여 CO₂ 20%, NO_x 40% 절감할 수 있는 청정선박이다. 수퍼 에코선박의 건조비용이 다른 선박에 비해서 10~15% 비싸기 때문에 철도·운수기구가 건조비를 지원하고 있다. 또한, 수퍼 에코선박의 건조를 위한 공유선박제도도 정비하였으며, 출자기업(내항선사)에게 저리 용자로 인센티브를 제공하고 있다.

(2) Modal Shift 추진

Modal Shift 추진을 위해 히토쓰바시 대학, 일본 로지스틱스시스템협회, 일본 물류단체 연합회, 경제산업성, 국토교통성, 일본경제단체연합회 등에 의한 민관학 협동기관으로 그린 파트너십 회의를 결성하였다. 그린 파트너십 회의에서는 Modal Shift, 수송공동화, 물류거점집약화 설비투자비의 1/3(5억 엔 상한)을 화주·물류기업의 CO₂ 절감 프로젝트에 지원하고 있다. 또한 에코선박마크 인증제도를 2008년 7월에 도입하여 Modal Shift 추진 우수기업을 선정하여 표창하고 인증마크를 부여하고 있다.

(3) 항만 부문

일본 항만에서는 항만에 정박하는 선박에 육상전력공급으로 배출가스 저감을 도모하고 있다. 또한 Modal Shift를 추진하고 있는 물류기업이 항만 이용 시 지자체가 지원금을 제공하는 우대정책을 시행하고 있다.

온실가스 배출량이 많은 항만하역장비 분야에서는 나고야 컨테이너터미널(NUCT)에서 하이브리드형 RTGC²⁰⁾ 3기를 2007년도에 도입하였다. 운영정책으로는 RTGC를 대상으로 Idling Stop²¹⁾ 정책을 실시하고 있다. 또한 다기능 IC Tag²²⁾를 도입하여 차량의 게이트 통과시간을 단축하고 있다. 일본에서 주장하고 있는 정맥물류 실현을 위해서 21개 항만을 지정하여 자원순환형 항만(Recycling Port)²³⁾ 프로젝트도 실시하고 있다.

(4) 운수 부문

일본의 경우 운수 부문에서는 주로 Modal Shift를 통해서 대응하고 있다. 이외에 환경보전 우수 사업자에게 그린경영인증을 해주고 있으며, 저리용자, 인증마크 부여, 고객 홍보 등의 인센티브를 제공하고 있다. 자동차 운송의 효율화를 위해서는 대형화, 3PL 차량 이용 촉구, 적재효율 향상을 추진하고 있다. 컨테이너 화물의 육상운송거리를 단축하기 위해서 근거리 항만 이용을 장려하고 있으며, 지방항만에 컨테이너부두 및 국제물류거점을 정비하고 있다.

20) 디젤엔진과 전기모터를 사용하여 연료사용량을 줄이는 방식의 크레인.

21) 차량의 정차 시 시동을 끄고, 주행 및 작업시 시동을 켜서 대기시간 동안의 연료사용량을 줄이는 정책.

22) 차량에 적재된 컨테이너정보를 무선 태그에 입력하여 게이트에서의 통과시간을 줄이는 기술.

23) 육상에서 발생하는 생활 및 건설 폐기물을 해상 투기장을 마련하여 투기하여 매립한 후 항만부지로 재활용하는 방식.

4) 주요 항만 동향

(1) LA/LB 항만

미국 남부 연안의 산 페드로(San Pedro)만 안에 남북으로 맞닿아 있는 로스엔젤레스 항만(Port of Los Angeles : LA)과 롱비치 항만(Port of Long Beach : LB)은 항만의 대기오염물질을 감소시켜 청정 항만을 실현한다는 목표아래 캘리포니아 대기자원국/환경보호청과 협력하여 청정대기행동 5개년 계획을 추진하고 있다.

본 추진사업은 회계연도 2006/2007부터 2010/2011년까지 5개년 동안 항만을 이용하는 항해선박, 중장비 차량, 하역장비 및 철도 기관차 등에 대해 대기오염물질의 방출제한기준을 수립한다. 그리고, 자발적 유도과 각종 인센티브 및 통제정책을 통해 청정 항만을 실현하는 정책을 추진하고 있다.

표 3-2 | LA & LB 청정 대기 행동 계획 추진 전략

구분	추진 내용	
중장비 트럭/장비	• 노후화된 시설 교체 및 업그레이드 • 대체 연료 및 청정 연료 사용 권장 • 대체 연료 개발을 위한 예산 지원	 
해양선박 /예인선	• 항내 선박 운항속도 감소 • 정박 중 육상전기 공급 지원 • 저유황 연료 사용(주·보조엔진)	 
항만 하역장비	• 기존 1단계에서 2단계 엔진 장착	

자료 : 김우선 외, 「친환경 항만운영기술 적용 및 실행방안 연구」, 한국해양수산개발원, 2008. 12

중장비 차량 통제 정책의 경우 2011년까지 2007년 배출기준을 충족시키는 것을 의무화하고 있으며 차량 교체 및 개조 시 NOx 배출을 최소화하

도록 하고 있다. 또한 기준 미달 트럭의 항만 접근을 금지시켜 자발적으로 차량의 교체를 유도한다. 또한, 1만 6,000대를 대상으로 노후차량의 교체계획을 수립하여 2012년까지 교체를 완료할 계획을 수립하였다. 재원 조달을 위해 2009년 2월부터 화주를 대상으로 TEU당 35달러, FEU당 79달러의 청정트럭 부담금을 부과하고 있다.

선박의 경우 운항속도 감속 규제를 실시하여(2005년 1월) 항만의 항계 내에서는 운항속도를 20마일 이내, 12노트 이하로 제한하고 있다. 초기에는 20마일 이내로 한정하였으나, 효과가 높아 40마일로 확대할 계획이다. 또한, 선박의 정박 중에 육상에서 선박에 전기를 공급하는 육상전원장치²⁴⁾를 구축하여 선박자체동력 가동 시 발생하는 배기가스 방출을 억제하는 방안도 동시에 추진하고 있다.

예인선의 경우 배출가스 삭감을 의무화하여 2008년까지 EPA(Environmental Protection Agency)의 Tier 2²⁵⁾ 기준을 충족하도록 하였다. 또한 수리·개조선박은 2011년까지 NOx, PM(Particulate Matter) 배출 삭감 기술로 대체하도록 하고 있다. 2011년까지는 Tier 3의 엔진을 구입하여 설치하도록 하고 있다. 선박 자체로 배기가스를 100% 흡수할 수 있는 바지선을 개발하고, 오염도를 44% 저감시킬 수 있는 하이브리드 예선을 2009년 1월에 도입한 바 있다.

항만하역장비의 경우 2007년 이후 배출가스 저감 엔진구입을 의무화하고 있으며, 청정 디젤 배출통제장치 부착을 통한 저감도 지속적으로 추진하고 있다. 야드트럭의 경우 2010년, 포크리프트, 리치스태커, 야드크레인, 스트레들 캐리어 등의 하역장비는 2012년까지 시행할 예정이다.

24) 선박 접안 시 냉동컨테이너, 가전제품 등의 전기수요를 육상전원장치를 연결하여 선박의 보조엔진을 사용하지 않도록 하는 장치.

25) PM 0.01g/bhp-hr 0.1g/dhp-hr(Tier 2 2004년 기준).

(2) 뉴욕 · 뉴저지항

뉴욕 · 뉴저지항의 CO₂ 배출저감환경정책의 내용은 첫째, PM, SO_x 3%, CO₂ 5%씩 매년 감축을 의무화, 둘째, 정박선박을 대상으로 청정 저유황연료 이용 의무화, 셋째, 정박선박의 육상전원공급, 넷째, 하역장비의 현대화, 다섯째, 트럭 교체 촉진, 여섯째, 항내 선박 엔진 개량, 일곱째, 향후 10년 내 90억 달러 투자 결정, 여덟째, 하이브리드 장비 투자 · 소유(325대), 아홉째, 에이피엠 터미널 및 뉴욕 컨테이너터미널에 하이브리드 트럭 설치 등이다.

(3) 시애틀항

시애틀항에서는 2005년 해상대기환경개선 결의를 채택하였다. 결의의 내용은 첫째, Puget Sound Maritime Air Forum 결성 및 정박 크루즈선에 1개의 AMP(Alternative Maritime Power)로 2척에 동시 육상전원공급이 가능한 배출가스 저감시설 설치 완료, 둘째, 디젤 구동식 겐트리 크레인의 전기 구동식 전환 완료, 셋째, 바이오디젤, 디젤 산화촉매제를 사용하는 디젤 배출 저감프로그램 실시, 넷째, 트럭 배기가스 배출기준 강화²⁶⁾ 및 공회전(Idling) 시간 최소화이다.

한편 미국의 북서부 시애틀항, 타코마항은 캐나다 벤쿠버항과 공동으로 “북서항만 청정대기전략(Northwest Ports Clean Air Strategy)”을 추진하고 있다(표 3-3 참조).

(4) 오클랜드항

오클랜드항에서는 2008년 노후트럭 교체계획을 수립하여 2008년에 200만 달러를 공급하였으며, 2007년 배출가스 기준의 충족을 요구하고 있다.

26) EPA의 제시기준인 Tier 2 → Tier 3 → Tier 4 수준으로 상향.

또한, 항만뿐만 아니라 항만배후지역 화물운송 프로그램을 실시하여 항만 당국이 대기관리위원회와 파트너십을 결성하였으며, 청정기술을 활용한 화물운송차량에 인센티브를 제공하고 있다.

| 표 3-3 | 북서항만 청정대기전략의 주요내용²⁷⁾

구분	단기(2010)		장기(2015)	
	저감목표	시행방안	저감목표	시행방안
외항선박	- 정박중 보조엔진 가동시 최대항함유량 0.5%인 정제연료 사용을 통해 PM감축 - 정박중 주엔진 가동시 최대 항함유량 1.5%인 정제연료 사용을 통해 PM감축	- 대체연료, 청정연료 사용 - 엔진개조 및 후처리장치 - 인센티브 프로그램 - 선박속도저감 프로그램	- 연안지역 내 NOx 배출량 80% 삭감을 위해 0.1%저유황연료 사용	- 선측 또는 육상전원공급장치 설치 - 사후처리장치(정박중) - 환경친화형 선형개발
하역장비	- 초저유황디젤유 또는 바이오디젤 사용을 통해 PM 감축	- 경량 및 에너지효율적 장비로 현대화 - 배출가스처리장치 설치 - 초저유황디젤유 및 바이오디젤의 표준화 - 재생에너지 기술검토	- 하역장비 80%에 대해 Tier 4 엔진 기준 충족 - 신규장비 구입	- 기존 하역장비의 개조 - 하이브리드 혹은 전기동력형 하역장비 사용 - 터미널 디자인 최적화
철도	- SmartWay 프로그램 시행(시애틀,타코마)	- 청정엔진으로 전환, 후처리장비 개조 - 초저유황 및 바이오연료 사용 - 공회전 통제교육 실시	- 미국 EPA 2007 엔진규정 준수	- 하역장비 동력의 전기화 - 모든 기관차의 공회전 통제기술개발·적용
트럭	- 1994년 수준으로 PM배출량 삭감	- 트럭 현대화 - DPF ²⁸⁾ 및DOC ²⁹⁾ 장착 - 웹기반부킹시스템과 RFID를 활용한 Paperless 게이트 시행 - 게이트 운영시간 연장 - 웹기반 예약시스템도입	- 중량트럭 80%에 대해 2007년 PM 수준 준수 (2017년100%시행)	- 트럭 라이선싱 프로그램 시행 - 트럭 전기화 및 하이브리드화 - 터미널 내 RFID 기술 적용
항만선박	-	- 초저유황디젤유 혹은 대체연료 사용 - 연료효율성 개선 - 도선의 하이브리드화	-	- 육상전원공급장치 설치 - 엔진 개조

27) 물류혁신네트워크 연구소, 「해운·항만산업의 미래신조류」, 2009, p. 216.

(5) 로테르담

유럽의 최대 터미널인 로테르담 항만의 경우 CO₂ 저감을 위해 다양한 노력을 기울이고 있다. 로테르담 항만의 경우 CO₂ 절감 목표를 1990년 대비 2025년까지 50% 절감으로 설정하고 저감 계획을 추진하고 있다. 저감을 위한 구체적인 활동에는 탄소발자국(Carbon Footprint), 육상전원장치 등의 방법이 있다.

① 탄소발자국

탄소발자국이란 우리가 살아가는 데 있어서 활동이나 하나의 상품을 생산, 소비하는 데 직·간접적으로 발생하는 이산화탄소의 총량을 말한다. 다시 말하면 우리가 일상 생활에서 환경에 미치는 영향을 수치로 나타낸 것이라고 할 수 있다. 우리가 땅을 걸을 때 발자국을 남기듯 우리 눈에는 보이지 않지만 지구 환경에도 또 하나의 발자국을 더 남기는 셈인 것이다. 이 단어는 지난 2006년 영국의회 과학기술처(POST)에서 만들어 냈다. 우리가 특정 제품을 소비하기까지 이산화탄소가 얼마나 발생하는지를 탄소 발자국으로 표시하도록 한 것으로, 표시 단위는 무게 단위인 kg 또는 우리가 심어야 하는 나무그루의 수로 나타낸다.



자료 : <http://blog.coway.co.kr/438>

| 그림 3-2 | 탄소발자국

28) Diesel Particulate Filter.

29) Diesel Oxidation Catalyst.

항만에서의 탄소발자국은 항만에서 컨테이너 1TEU를 처리할 때 발생하는 CO₂의 양을 표시하는 것으로 배출원별로 탄소 배출량을 추적 관리하는 시스템이다. 로테르담, 오슬로 항만에서 시범적으로 추진하고 있다. 이러한 탄소발자국은 항만 이용자로 하여금 환경에 대한 관심을 높이고, 항만간의 비교를 통하여 경쟁을 촉진할 수 있다. 로테르담 항만에서는 2011년 말까지 2007년 대비 35%까지 CO₂를 절감할 계획이다.

② 육상전원장치

육상전기장치 기술은 선박이 항만에 접안하는 동안에 필요한 동력을 육상으로부터 공급받는 방식이다. 기존에는 선박이 항만에 접안하는 동안 선박의 자체 발전기를 통해 전기를 사용하였으며 이로 인해 각종 유해물질이 방출되고 항만 대기환경을 악화시키는 원인으로 작용했다. 이러한 유해물질을 근본적으로 차단하기 위해 선박이 접안하는 동안에 사용하는 전기를 육상전원장치에서 공급하여 항만 내 대기오염을 줄이는 방법이 효과적인 기술 대안으로 평가되어 적용되고 있다.

로테르담 항만의 경우 2008년까지 흑 터미널에서 육상전원장치 도입에 관련된 협약을 체결하였으며, 2009년 3월까지 자금, 법률 관련 내용을 확정하여 시행하였다. 현재 내수로 바지 터미널인 Stena Line에서 로테르담 최초로 육상전원장치를 설치하여 시행하고 있다.³⁰⁾



| 그림 3-3 | Barge & Cruise AMP

30) 로테르담 항만청, “로테르담 연차보고서”, 2008.

③ 기타

해운부문에서는 1994년부터 그린선박 인증제도를 실시하여 선원 고용, 선박 부품, 선박 관리 우수 선박에 인증서를 부여하고 있다. 인증 선박은 45개 항만에서 대상선박의 입항료 감면, 예·도선·선용품 기업 이용료 감면 등을 시행하고 있다. 또한, 네덜란드의 발달한 내수로 바지에 청정엔진 사용을 의무화하고 있으며, 특정 지역 통과 시 운항속도를 감속하도록 하고 있다. 로테르담 항만청에서 운영하고 있는 관공선은 저유황연료형으로 개조하고 있다.

항만부문에서는 Maasvlakte 2단계 임대조건에 트럭킹 운송비율 인하, 환경부하 저감형 하역장비 활용을 포함하여 계약하였다. 또한, 시·항만당국·중앙정부와 함께 항만대기오염방지 합의서에 서명(2008)하였다. 합의서에는 2025년까지 CO₂ 배출량을 1990년 기준 50% 삭감, 바이오매스 연료 사용, CO₂ 포획·수장 실시 등의 내용을 담고 있다.³¹⁾

(6) 상해항

상해항의 경우 2009년 교통운수부에서 수립한 산업 에너지 절약 및 오염 배출 감축목표에 따라 단계적으로 친환경 정책을 진행할 계획이다. 중국 당국의 목표는 2020년까지 에너지 절약 및 오염 배출 감축의 구조적/기술적 두 측면 모두에서 눈에 띄는 효과를 거두는 것이 목표이다.

구체적인 저감목표로는 2010년까지, 그리고 2020년까지, 운송업체는 에너지 소모를 각각 2005년보다 5%, 16%, 선사는 운송량 에너지 소모를 각각 2005년보다 10%, 20% 줄이도록 하였다. 이 중 해운 선박의 경우 11%, 20%, 하천 선박의 경우 각각 20%, 80% 줄이기로 하였다. 항만하역업체의 물동량

31) 한국해양수산개발원, “해운항만부문의 글로벌 녹색물류 추진동향과 전망”, 2009 해양물류 전망대회 자료집, 2009. 2. 참조.

종합 에너지 소모는 2005년에 비해 각각 5%, 10% 줄이기로 하였다.

항만의 친환경 정책 추진을 위해 ‘친환경 생태형 항만’ 건설 계획을 수립하고 있다. 이를 위해 <상하이 항 전체 계획>, <상하이 시 하천 항구 배치 계획 2007-2020>등을 제정할 때 환경 영향 평가를 실시하도록 하였다. 이를 통해 계획 제정과 환경 영향 평가가 동시에 진행되고, 상호보완이 될 수 있도록 하는 것을 목표로 하고 있다.

해외 협력부문에서는 상해항과 미국 LA/LB항 간 기술공유 및 정보교류를 목적으로 PPCAO(Pacific Port Clean Air Organization)를 2005년 설립하였다. 2006년 제1회 대회를 개최하였으며, 2008년 2회 대회를 개최하여 전 세계 30여개 항만의 대표가 참여하였다.

또한, 실질적인 온실가스 저감을 위해서 e-RTGC를 외고교(外高橋)항에 도입하였으며, 양산항에서는 하이브리드 방식을 도입하여 사용하고 있다. 또한, 선박에 육상전원을 공급하는 육상전원공급장치의 도입을 위한 연구를 진행하여 먼저 선전항에 시범운영하여 좋은 성과를 거두었다. 이러한 성과를 바탕으로 외고교항 6기 터미널에 육상전원공급장치를 설치할 계획이다.

(7) 기타 항만

세계 여러 국가의 항만에서 친환경 구축을 위한 노력을 추진 중에 있다. 스페인의 알헤시라스항, 모로코의 탕헤르항, 중국의 샤먼항, 인도의 구자라트 피파바프항, 지부티의 지부티항, 베트남의 사이공항 등 많은 국가에서 e-RTGC를 도입하고 있다.

| 표 3-4 | ECO RTG 도입 현황(Simens사)

터미널	국가	도입대수	도입년도
Algeciras, Maersk Espana S.A.	Spain	1	2004
		17	2006
		3	2007
		4	2008
Tangiers, APMT	Morocco	15	2006
		11	2008
Xiamen, Xiamen Songyu C.T.	China	8	2007
		8	2008
Gujarat Pipavav Port Ltd (GPPL)	India	10	2007
Djibouti, DPWorld	Djibouti	6	2008
Saigon, DPWorld	Vietnam	13	2009
Total		96	2004~2009

자료 : 김우선 외, 「친환경 항만운영기술 적용 및 실행방안 연구」, 한국해양수산개발원, 2008. 12

마찬가지로 홍콩 허치슨 터미널의 경우에도 육상전원공급장치가 도입되어 있으며, e-RTGC 보급 강화, 하이브리드 컨테이너 트럭, 바이오 디젤 차량의 보급률을 높이고 있다. 이와 더불어 기존 차량의 연료를 대체연료인 CNG/LNG로 교체하고 있다. 또한 태양광 에너지, 풍력발전 등을 이용한 친환경 에너지를 개발하여 항만 환경 개선에 노력을 기울이고 있다.

이외에도 노르웨이의 오슬로 항만, 독일의 HHLA³²⁾항만에서도 e-RTGC, ATC 등의 전기식 하역장비를 도입하여 항만 환경을 개선한 사례를 찾아볼 수 있다.

| 표 3-5 | 각국의 친환경 항만 구축 사례

구분	추진 내용
홍콩 (중국)	• 육상전기공급장치 구축 • e-RTGC, 하이브리드 차량 도입 • 바이오디젤, 재생에너지, CNG, LNG 대체연료 사용
오슬로(노르웨이)	• Zero Emission RTG, 전기 트랙터 도입 • INRS(Impact Noise Reduction System) 도입
CTB(독일)	• ASC(Automatic stacking crane) • Battery AGV(Automated Guided Vehicle) 시험적용
알제시라스(스페인)	• ECO-RTGC, Tandem-lifts crane

자료 : 상계서.

32) Hamburger Hafen und Logistik AG.

5) 글로벌 터미널 운영업체 동향³³⁾

(1) DPW(Dubai Port World)

아랍에미레이트 두바이를 본거지로 하고 있는 DPW의 환경오염 대책은 두바이 본국에서 시행하고 있는 대책과 DPW가 운영하는 세계 주요 컨테이너터미널에서 시행하고 있는 대책으로 구분할 수 있다.

두바이항의 운영권을 가지고 있는 두바이 항만공사(Dubai Port Authority : DPA)는 2003년부터 환경, 보건, 안전정책을 추진하면서 EHS-Trakhees라는 해운항만 분야의 안전 및 환경업무를 관장하는 규제기구를 설립하였다. 이 기구의 주요 업무는 환경, 보건, 안전에 관한 규제의 도입 및 시행, 선박 및 항만시설의 환경안전검사, 오염통제, 환경안전교육 등을 수행하고 있다. 특히 2008년부터는 에너지 절감 및 배출가스 감축을 위해 그린건축규제(Green Building Regulation)를 시행해 오고 있다. 두바이항의 주요 환경대책으로는 항만 내를 운항하는 예인선에 대해 육상전원공급장치를 설치하여 전원을 공급한다는 것이다. 또한 ‘종이 없는 사무실(Paperless Office)’라는 캠페인을 통해 연간 500톤의 종이를 절약하고 있다.

또한 DPW가 운영하는 세계 주요 항만에서 도입하고 있는 환경대책으로는 대체에너지의 사용을 들 수 있다. 인도 첸나이 컨테이너터미널과 뭄바이에 위치한 문드라 국제컨테이너터미널에서 야드크레인의 연료를 바이오 연료로 대체하여 연료소비량을 7.4%가량 줄였다. 연료 절감의 영향으로 탄소배출량을 약 1,000만 톤가량 줄이는 효과를 거두고 있다. 또한 영국 킬버리 컨테이너터미널에서는 풍력터빈 시설을 설치하여 전력소비량을 줄여 연간 24만 파운드의 비용 절감효과를 거두고 있다.

DPW의 또 다른 주요 대책은 터미널에서 사용되는 조명시설을 개조하

33) 물류혁신네트워킹 연구소, 「해운·항만산업의 미래신조류」, 2009.

여 에너지 절감 및 환경오염을 줄이는 효과를 거두고 있다. 영국 사우스햄튼 컨테이너터미널의 경우 PLS(Prismalence Lighting System)를 도입하여 전등의 사용수명과 가시성을 획기적으로 개선하여 상당한 에너지 비용 절감 효과를 거두고 있다. 또한 홍콩 CT3³⁴⁾에서는 갠트리크레인의 자동소등장치를 도입하였다. 이 시스템은 크레인이 작업 중일 때는 점등이 되고 작업이 없어 크레인 붐이 세워져 있을 때는 붐 아래 위치한 전등이 자동적으로 소등된다. 이 시스템을 통해 조명등의 수명 연장과 크레인당 14kWh 정도의 전력 절감효과를 거두고 있다.

그리고 인도네시아 수라바야터미널에서는 눈부심이 적은 빛을 360도 방향으로 발산할 수 있는 조명시스템인 ‘Lumi Air Lighting System’을 도입하여 재래식 조명에 비해 25~30% 정도의 에너지 절감효과를 거두고 있다.

DPW는 항만에서 발생하는 대기오염 방지를 위해 탄소배출총량관리(Carbon Footprint Management), 고효율 에너지 절감형 조명시설의 설치, 재생에너지 개발을 위한 투자 및 환경친화적 건물 운영을 강화해 나갈 계획이다.

(2) PSA(Port of Singapore Authority)

PSA에서는 직원들을 대상으로 한 교육 및 홍보 캠페인, 건물 및 항만 인프라 측면, 에너지 절약형 하역장비의 도입이라는 세 가지 측면에서 에너지 절약 및 환경보호 전략을 추진하고 있다.

첫째, PSA에서는 직원들을 대상으로 한 에너지 절약 캠페인으로 사옥 및 항만장비 곳곳에 에너지 절약 포스터와 스티커를 부착하여 에너지 절약의 필요성을 강조하고 있다. 또한 사원들에게 매주 이메일을 발송하여 에너지 절약을 사원 모두가 작은 것부터 적극적으로 실천하도록 권장하고 있다.

둘째, 건물 및 인프라 측면에서도 에너지 절약 및 환경오염 방지대책

34) Container Terminal 3.

을 시행하고 있다. PSA는 모든 건물의 에어컨 및 전열기구를 대상으로 추가적인 에너지 절약 방안을 모색하기 위해 에너지 검사를 시행하고 있다. 또한 외부의 햇빛을 모아 내부 작업장과 창고의 조명으로 활용하는 “Solatube Day Lighting System”을 도입하였으며, 기존 터미널 내 조명등의 배열을 재배치하여 에너지를 절약하고 있다. 이 외에도 파지르판장 터미널에 육상전원공급시설을 설치하여 선박으로부터 발생하는 배출가스를 줄이고 있다.

셋째, 에너지 절약형 하역장비의 활용은 갠트리크레인, 야드크레인, 야드트랙터 세 가지 측면에서 추진되고 있다. 갠트리크레인에서는 크레인 붐 조명의 자동소등장치를 도입하였다. 다음으로 야드크레인의 경우 e-RTGC와 하이브리드 RTGC를 구비하여 연료 소비를 20~50%까지 절약하고 있다. 야드트랙터에 대해서는 바이오디젤이나 압축천연가스(CNG) 등 대체연료를 사용하거나 야드트랙터의 트랜스미션 효율성을 제고하여 연료 소비를 절감하고 있다. 이 밖에도 항만에서 발생하는 배출가스 통제를 위해 싱가포르 항만 내 사용되는 모든 기계류 및 차량에 초저유황연료(Ultra Low Sulfur Diesel : ULSD)를 사용하고 있으며, 신형 야드크레인과 트랙터에 대해서는 전자식연료분사엔진을 사용하고 있다.

(3) HPH(Hutchson Ports Holdings)

HPH의 환경친화적 항만운영전략은 하역장비의 현대화이다. HPH사는 야드크레인 엔진의 운행속도를 줄여서 SOx 배출량을 90% 감소시켰다. 또한 하역장비의 배출가스를 줄이기 위해 하역장비에 공기필터와 오일필터의 설치, 야드크레인 동력원이 디젤에서 전기로의 전환, 에너지 소비량 절감을 위한 야드크레인의 조명 현대화, 윤활유 및 유압오일 재활용을 위한 오일정화시스템의 구축 등 하역장비 개선을 통해 터미널 운영에 따른 환경

오염 저감에 노력하고 있다.

또한 폐기물 처리과정의 효율화를 도모하기 위해 터미널에서 사용되는 석탄보일러를 전기보일러로 대체하고, 위험화물 적재장소에 오염물질 제거를 위한 정화처리시스템(Rinsewater Recycling System)을 설치하는 등 항만 내 환경 개선은 물론 인근 해역에 대한 이차적 오염 방지에 노력하고 있다.

3. 우리나라 항만의 대응방안 및 동향

우리나라는 국내 전체 수출입 화물의 99.8%를 항만에서 처리하고 있으며 도로 위주의 배후수송 체계와 항만 내에서의 선박, 하역·운송장비로 인한 탄소배출량은 지속적으로 증가하는 추세이다. 또한, 기후변화로 인한 해수면 상승, 해일 및 이상 파랑, 강력한 태풍의 발생으로 항만시설 및 연안지역의 재난 발생 위험이 우려되고 있다.

이에 따라 정부에서도 국내 항만을 저탄소, 친환경 항만으로 전환하기 위해 GREEN Port 구축을 주요 국정과제로 선정, 종합추진계획 수립 및 실천을 통해 저탄소 녹색성장에 적합하게 추진하기로 하였다.

GREEN Port의 주요 추진방향은 항만 진·출입 화물의 철도 및 연안해운 이용 확대를 통한 저탄소 항만배후수송 체계 확립, 항만 내 탄소 배출 저감, 하역시스템 동력장치 개선 및 신재생에너지 도입 등 저탄소·에너지 고효율 항만으로 전환, 준설토 등 해양폐기물의 친환경적 처리와 재활용을 위한 자원순환형 항만시스템 구축, 녹지공간 조성 등 워터프론트 추진을 통한 항만공간의 활용도 제고, 기후변화·재해에 안전한 항만·임항권역 구축, 관련 녹색기술 개발 및 녹색산업 육성 지원 등이다.

특히, 하역시스템 동력장치 개선사업은 2007년 자성대터미널에서 2기의 e-RTGC 시범설치 이후 지속적으로 부산항에 확대 적용하여 개조작업을 완료하였다. 또한, 배후단지를 포함하는 항만지역에 대한 친환경 항만물류

기본계획을 수립하였다.

국토해양부에서는 저탄소 녹색성장 및 녹색뉴딜사업 정책목표와 연계할 수 있도록 GREEN Port구축 종합계획을 수립하여 단계별로 사업을 추진하기로 하였다. 특히 광역권 컨테이너 화물을 처리하는 부산신항, 광양항의 항만진·출입 철도 및 철송장 개발사업은 2011년까지 완료토록 하고, 항만 내 대형선박 육상전원공급시설 계획 및 항만 내 에너지 고효율 전환 계획 등은 2009년 말까지 기본계획을 수립하여 2010년부터 추진할 계획이다.³⁵⁾

4. 시사점

본 연구에서는 IMO, IAPH 등의 국제기구와 EU, 일본, 미국, 기타 항만, 글로벌 항만운행사 등의 CO₂ 절감 동향을 살펴보았다. 전 세계적으로 CO₂ 배출 감축을 위해 유럽의 Marco Polo 계획, 일본의 해운 그린화 종합대책, 미국의 대기청정계획 등 각 국가별로 체계적인 계획이 수립되어 추진되고 있다.

선박 측면에서는 IMO에서 적용대상 선박, 신조선 에너지 효율 설계지수 기준 제정, 현존선 에너지 효율 운항지수, 시장적 제도, 이산화탄소 배출저감 운항 방법 등을 논의하였다.

항만 측면에서는 일부 선진항만에서 외항선박에 대체연료 또는 청정연료를 사용하도록 하고 있으며, 인센티브 등을 지원하고 있다. 또한, 하역장비의 배출가스 저감을 위해서 바이오디젤, e-RTGC의 도입, 장비현대화 등을 추진하고 있다. 트럭의 경우 트럭 현대화(전기화, 하이브리드화), 공회전 최소화, 운영생산성 증가 등을 추진하고 있다.

우리나라에서도 지속적인 관리·추진을 위해서 빠른 시간 내에 국가

35) 국토해양부 보도자료, “녹색성장, 기후변화 대비 그린포트 추진” 참조.

차원에서 주도하는 “GREEN Port 구축 종합계획”을 수립·시행하여야 한다. 뿐만 아니라 개별 항만 차원에서 적용 가능한 친환경 대안의 실천을 위해서 각 항만의 현재 상황을 면밀히 분석할 필요가 있다. 현재 국가에서 제시하고 있는 2005년 대비 30%의 저감량은 상당히 높은 수준이다. 특히 수송 부문의 저감량은 33~38%가 될 것으로 예상된다. 이러한 목표치를 달성하기 위해서는 정부의 강력한 의지를 바탕으로 온실가스 저감정책을 지속적이고 효과적으로 추진해야 한다. 정책 추진을 위한 기반으로 항만에서의 온실가스 배출계수 산정은 필수사항이다.

현재 국내에서 사용가능한 배출계수는 Tier 1 수준으로 이런 방식으로 는 정부의 정책개발 및 지원, 탄소거래제도, 국제인증을 위한 기초자료로 많은 한계를 갖는다. 따라서 국제적으로 인증이 가능한 배출계수를 산정해야 한다. 이를 위해서 항만공사, 지자체, 중앙정부에 친환경 추진 현황을 홍보하고, 지원 방안 및 협조 체제를 구축해야 한다. 항만운영사에서도 항만에서의 CO₂ 절감이 곧 비용 절감이며 이익 창출이라는 사실을 인지하고 적극적인 실천계획을 수립하여 추진하여야 할 것이다.

제 4 장 항만의 이산화탄소 배출량 산정

1. 우리나라 온실가스 배출량 현황 및 전망

1) 온실가스 배출 현황

(1) 연도별 배출 현황

우리나라 온실가스 배출량은 1990년 2억 9,810만 톤CO₂에서 2006년에는 5억 9,950만 톤CO₂를 기록하여 연평균 4.5%의 증가율을 기록하였으며, 1990년 대비 101.1%(3억 140만 톤CO₂) 증가하였다. 2004년에는 전년대비 1.4%의 높은 증가율을 기록하였으나, 2006년에는 전년대비 0.9% 증가하는데 그쳤다. 온실가스별 비중에서는 이산화탄소(CO₂)가 1990년 86.4%에서 2006년 88.8%의 비중을 기록하여 과거부터 현재까지 온실가스 배출의 대부분을 점유하고 있는 것으로 나타났다.

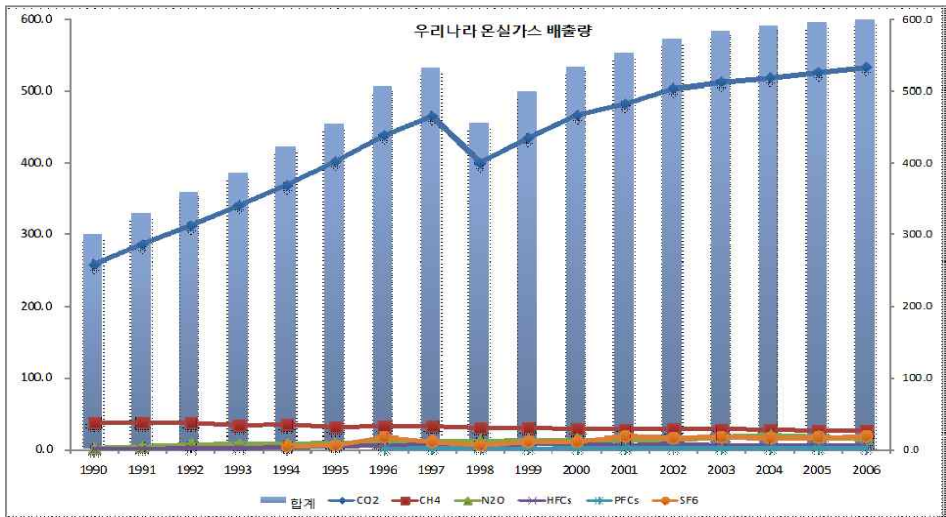
| 표 4-1 | 우리나라 온실가스 배출량 추이

단위 : 백만 톤CO₂, %

부 문	1990	2000	2004	증가율	2005	증가율	2006	증가율	1990-2006 증가율
총배출량	298.1 (100.0)	531.0 (100.0)	590.4 (100.0)	1.4	594.4 (100.0)	0.7	599.5 (100.0)	0.9	4.5
CO ₂ (이산화탄소)	257.7 (86.4)	466.3 (87.8)	518.0 (87.7)	1.2	525.1 (88.3)	1.4	532.2 (88.8)	1.3	4.6
CH ₄ (메탄)	36.6 (12.3)	28.0 (5.3)	27.2 (4.6)	-0.8	25.2 (4.2)	-7.3	25.3 (4.2)	0.3	-2.3
N ₂ O (아산화질소)	2.9 (1.0)	14.4 (2.7)	20.1 (3.4)	16.2	18.0 (3.0)	-10.4	15.5 (2.6)	-13.9	11.1
HFCs (수소불화탄소)	1.0 (0.3)	8.3 (1.6)	6.4 (1.1)	1.8	6.5 (1.1)	0.6	5.9 (1.0)	-9.1	11.8
PFCs (과불화탄소)	n.a.	2.3 (0.4)	2.8 (0.5)	21.1	2.9 (0.5)	3.7	2.9 (0.5)	-2.4	11.5
SF ₆ (육불화황)	n.a.	11.7 (2.2)	15.9 (2.7)	-8.6	16.7 (2.8)	4.7	17.8 (3.0)	6.9	11.0

자료 : 지식경제부, 2009

주 : PFCs는 1996~2006, SF6는 1994~2006년 증가율임



| 그림 4-1 | 우리나라 온실가스 배출량 추이

우리나라의 온실가스 주요 지표를 살펴보면, 인구 1인당 온실가스 배출량은 1990년 6.95 톤CO₂에서 2006년 12.41 톤CO₂로서 연평균 3.7% 증가세를 보이고 있다. GDP 대비에서는 백만 원당 1990년 0.93 톤CO₂에서 2006년에는 0.79 톤CO₂로 감소하여 연평균 -1.0%의 증가율을 보이고 있다.

| 표 4-2 | 온실가스 배출 관련 주요 지표

구분	1990	1995	2000	2005	2006	1990~2006 증가율(%)
온실가스 총배출량 (A) (백만 톤CO ₂ eq)	298.1	453.2	531.0	594.4	599.5	4.5
인구 (B) (천명)	42.9	45.1	47.0	48.1	48.3	0.7
GDP (C) (10억, 2000 PPP 기준)	320,696	467,099	578,665	723,127	760,251	5.5
1인당 온실가스 (A/B) (톤CO ₂ eq/인)	6.95	10.05	11.30	12.35	12.41	3.7
온실가스/GDP (A/C) (톤CO ₂ eq/백만 원, 2000)	0.93	0.97	0.92	0.82	0.79	-1.0

자료 : 지식경제부, 2009

(2) 부문별 배출 현황

우리나라의 부문별 온실가스 배출량 추이를 살펴보면, 2006년 기준 에너지 부문이 84.3%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 그 다음으로 산업공정이 10.6%, 폐기물이 2.6%, 농업이 2.5%를 차지하는 것으로 나타났다. 에너지 부문은 1990년 83.1%에서 1996년 81.0%까지 감소하였으나, 이후 2006년까지 지속적인 증가세를 보이고 있다. 이는 발전 설비 증설(당진 50만kW, 남제주 80만kW, 광양 99만kW)과 수송 부문 에너지 소비(자동차 등록대수 : 2005년 1,540만 대 → 2006년 1,590만 대) 증가 등에서 기인하는 것으로 분석되었다. 폐기물 부문의 증가는 생활폐기물 소각처리량 증대와 IPCC 가이드 적용에 따른 신규 배출항목이 추가되었기 때문인 것으로 분석되었다. 산업공정 부문은 배출량이 지속적으로 감소하고 있는데 이는 화학업종의 배출량 감소와 청정개발체제 사업에 따른 배출량 감소 때문인 것으로 분석되었다. 농업 부문의 경우에는 비료 시비량 및 벼 재배 면적의 감소에서 기인하는 것으로 분석되었다(기획재정부, 2009).

| 표 4-3 | 우리나라 부문별 온실가스 배출량

구분	1990	2000	2004	증가율	2005	증가율	2006	증가율	1990~2006 증가율
에너지	247.7 (83.1)	438.5 (82.6)	489.0 (82.8)	1.6	498.5 (83.9)	1.9	505.4 (84.3)	1.4	4.6
산업공정	19.9 (6.7)	58.3 (11.0)	68.5 (11.6)	0.4	64.8 (10.9)	-5.3	63.7 (10.6)	-1.8	7.5
농업	13.5 (4.5)	17.0 (3.2)	16.4 (2.8)	2.6	16.1 (2.7)	-1.9	15.1 (2.5)	-6.4	0.7
토지이용/ 임업	-23.7	-37.2	-31.5	-6.7	-32.0	1.5	-31.2	-2.5	1.7
폐기물	17.0 (5.7)	17.2 (3.2)	16.5 (2.8)	-3.3	14.9 (2.5)	-9.5	15.4 (2.6)	2.9	-0.6
총배출량	298.1 (100)	531.0 (100.0)	590.4 (100.0)	1.4	594.4 (100.0)	0.7	599.5 (100.0)	0.9	4.5
순배출량	274.4	493.8	559.0	1.9	562.4	0.6	568.4	1.1	4.7

자료 : 지식경제부, 2009

우리나라에서 가장 높은 온실가스 배출 비중을 차지하고 있는 에너지 부문의 배출 추이를 살펴보면 1990년에는 산업 부문이 35.4%로서 가장 높은 비중을 차지하였으나, 2006년에는 전환(발전) 부문이 35.5%로 가장 높은 비중을 점유하는 것으로 나타났다. 수송 부문의 온실가스 비중은 1990년 기준 17.1%에서 2006년에 19.98%로 연평균 5.5%의 높은 증가 추이를 기록하고 있다.

| 표 4-4 | 에너지 부문 온실가스 배출량 추이

단위 : 백만 톤CO₂, %

부 문	1990	2000	2004	증가율	2005	증가율	2006	증가율	1990-2006 증가율
전환 (발전)	38.0 (15.3)	125.9 (28.7)	165.3 (33.8)	9.3	171.1 (34.3)	3.5	179.6 (35.5)	5.0	10.2
산업	87.6 (35.4)	153.1 (34.9)	157.8 (32.3)	-2.0	156.9 (31.5)	-0.5	158.3 (31.3)	0.9	3.8
수송	42.4 (17.1)	87.1 (19.9)	97.1 (19.9)	-0.8	98.1 (19.7)	1.0	99.8 (19.8)	1.8	5.5
가정상업	67.2 (27.1)	64.0 (14.6)	58.5 (12.0)	-4.7	61.6 (12.4)	5.3	57.2 (11.3)	-7.2	-1.0
공공기타	7.0 (2.2)	4.0 (0.9)	4.7 (1.0)	-3.1	4.9 (1.0)	4.9	4.3 (0.9)	-12.8	-3.0
합계	247.7	438.5	489.0	1.6	498.5	1.9	505.4	1.4	4.6

자료 : 지식경제부, 2009

수송 부문이 우리나라 온실가스 배출량 전체에서 차지하는 비중은 1990년 14.2%에서 꾸준히 증가하여 2006년에는 16.7%를 차지하고 있다. 수송 부문의 온실가스 배출량 비중은 향후에도 지속적인 증가가 예상되고 있다.

| 표 4-5 | 수송 부문 온실가스 배출량 추이

단위 : 백만 톤CO₂, %

부 문	1990	2000	2004	2005	2006	1990-2006 증가율
전체	298.1	531.0	590.4	594.4	599.5	4.5
수송	42.4 14.2	87.1 16.4	97.1 16.4	98.1 16.5	99.8 16.7	5.5

자료 : 지식경제부, 2009

2) 온실가스 배출 전망

우리나라의 온실가스는 2020년에 2000년 대비 70%가 증가할 것으로 전망되었다. 즉, 2000년을 지수 100으로 설정하면, 2020년에는 170까지 증가한다는 것이다. 이는 우리나라의 현재 산업구조가 지속되고, 추가적인 온실가스 감축 노력을 하지 않는다는 것을 전제로 한 것이다.

| 표 4-6 | 우리나라 온실가스 배출량 전망

지수 : 2000년=100

구분	2000년	2005년	2010년	2015년	2020년
전망	100	120	142	154	170

자료 : 대한민국 정부, 기후변화협약에 의거한 제2차 대한민국 보고서, 2003

부문별로 간략하게 살펴보면 에너지와 농업 부문은 2000년 대비 배출량이 지속적으로 증가하고 폐기물 및 흡수원은 소폭 감소할 것으로 전망되었다.

2000년 기준 우리나라 전체 온실가스에서 93.5%를 차지하였던 이산화탄소 배출량은 2020년 기준 96.8%로 더욱 증가할 것으로 전망되었다. 반면 메탄은 2000년 4.6%에서 2020년 1.8%로 대폭 감소하고, 아산화질소도 2000년 1.4%에서 2020년에도 1.4% 수준을 유지할 것으로 전망되었다.

2. 항만 분야 이산화탄소 배출량 산정방법 검토

1) 이산화탄소 배출량 산정 이유

항만 부문에서 배출되는 온실가스 중 이산화탄소 배출량을 산정하는 이유는 다음과 같다.

첫째, 2006년 기준 우리나라 전체 온실가스 배출량 중 이산화탄소가 차

지하는 비중은 88.8%로 대부분을 차지하고 있으며, 이산화탄소의 비중은 2020년 96.8%까지 증가할 전망이다.

둘째, 온실가스 중 이산화탄소 배출이 항만운영을 위해 사용되는 에너지 중에서 절대적으로 많은 경유 및 전기를 사용하고 있다.

셋째, IPCC에 제출하는 국가보고서의 온실가스 배출량은 톤CO₂를 기준으로 산정한다.

따라서 본 연구에서는 항만에서 배출되는 온실가스 중 절대적으로 그 비중이 높으며, 향후에도 지속적인 증가가 전망되고 있는 이산화탄소 배출량을 산정하여, 저감정책을 제시하였다.

2) 선행연구 검토

(1) 국내 선행연구

항만의 이산화탄소 배출량 산정과 관련한 국내 연구는 국토해양부의 「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」(2008. 12)가 유일하다. 이 연구는 전국 28개 항만, 257개 부두를 대상으로 하였으며, 온실가스 중 가장 많은 비중을 차지하는 이산화탄소 배출량 산정을 위해 항만 내 발생원을 선박, 하역장비, 외부차량 3가지로 구분하였다. 철도의 경우 철송화물의 대부분이 부두 외부 철송장에서 하역작업이 이루어지기 때문에 연구범위에서 제외하였다. 항만 내 이산화탄소 발생 범위는 육지에서는 안벽에서 게이트까지를, 해상에서는 항계점에서 안벽 접안까지를 포함하였다.

각 단계별 이산화탄소 배출량 산정방법을 살펴보면 다음과 같다.

하역장비의 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_{2\text{하역}} = \sum_i^4 E_i C_i$$

여기서, J = 연료 종류

C_J = J 연료 소비량

E_J = 연료에 따른 CO_2 배출계수

선박에서 발생하는 이산화탄소는 항계 내 선박 이동에서 발생하는 이산화탄소와 안벽 접안 시 발생하는 이산화탄소로 구분하여 산정하였다. 우선 항계 내의 선박 이동으로 발생하는 이산화탄소는 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_{2\text{선박항해}} = S_n \times D_s \times S_D \times S_{Si}$$

여기서, S_n = 입항선박 척수

D_s = 항계점에서 부두까지 거리(km)

S_D = 선박평균 톤수

S_S = 선박항해계수(항해 시 CO_2 배출계수)

부두 접안시 발생하는 이산화탄소는 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_{2\text{선박정박}} = \begin{cases} \text{보조발전사용시, } S_n \times M_t \times S_M \\ \text{AMP사용시, } C_{AMP} \times E_4 \end{cases}$$

여기서, M_t = 선박접안시간(h)

S_M = 선박접안계수(시간당 CO_2 배출계수)

C_{AMP} = AMP 사용전력량

E_4 = 전기의 이산화탄소 배출계수

따라서 항계 내에 들어온 선박으로부터 배출되는 총 이산화탄소는 다음과 같이 산정되었다.

$$CO_{2\text{선박}} = CO_{2\text{선박항해}} + CO_{2\text{선박정박}}$$

컨테이너트럭 및 일반트럭에 대해서는 다음과 같이 산정하였다. 외부 차량이 항만의 게이트로 들어와 다시 게이트로 나갈 때까지의 배출량과 트럭이 정지했을 때의 배출량을 합산하여 계산하였다. 우선 게이트로 진출입하는 트럭에 대한 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 계산하였다.

$$CO_{2\text{트럭이동}} = \sum_{i=1}^3 \{T_{\exists} \times F_R \times T_i \times E_j\}$$

여기서, $T_{\exists}$ = 차량대수

F_R = 부하시 연료 소비량

T_i = 이동시간

E_j = CO₂ 배출계수

다음으로 트럭이 정지할 때 발생하는 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 계산하였다.

$$CO_{2\text{트럭정지}} = \sum_{i=1}^3 \{T_{\exists} \times F_W \times (T_W - T_i) \times E_j\}$$

여기서, F_W = 무부하시 연료 소비량

T_w = 부두 내 체류시간

단, i 는 3가지 차량으로써 컨테이너 트럭, 일반 트럭 및 기타로 구분하며, 부두 내 정체시간이 2시간 이상인 경우에는 엔진을 정지하여 공회전을 하지 않은 것으로 고려하였다.

각 연료별 CO₂ 배출량 관련 계수는 다음의 식을 사용하였다.

$$\text{CO}_2 \text{ 배출량} = \text{연료소모량[kg]} \times \text{순발열량[MJ/kg]} \times \text{배출계수[kgCO}_2\text{/MJ]} \times \text{산화계수}$$

이상의 산정방법을 통해 산출된 우리나라 항만의 2007년 이산화탄소 배출량은 총 282만 2,148톤CO₂로 산정되었다. 항만의 발생원별 배출량에서는 선박이 63.2%로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 다음으로 하역 21.2%, 외부차량 15.6% 순이었다.

| 표 4-7 | 항만부문 분야별 CO₂ 발생량

구분	하역	선박	외부차량	합계
배출량(톤CO ₂)	599,398	1,782,898	439,852	2,822,148
비중	21.2%	63.2%	15.6%	100.0%

자료 : 국토해양부, 「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」, 2008. 12

항만별로는 광양항이 48만 1,767톤CO₂로 전국대비 17.1%를 점유하여 가장 높은 비중을 차지하였으며, 다음으로 부산항 16.6%, 인천항 13.0%, 울산항 11.8%으로 이들 4개 항만이 전체 58.5%를 배출하는 것으로 산정되었다. 이들 4개 항만은 우리나라 물동량 처리비율 68.5%에 비해 다소 적게 산정된 것으로 판단되는데, 화물의 품목별로 산정되는 이산화탄소가 각각 다르고 하역, 선박, 외부차량 등에 따른 산정량이 상이하기 때문이다.

| 표 4-8 | 우리나라 항만별 CO₂ 발생량

권역	처리화물량(천톤)	CO ₂ 발생량(톤CO ₂)	CO ₂ 발생비율(%)
고현	2,494	10,261	0.4%
광양	198,189	481,767	17.1%
군산	17,686	66,349	2.4%
대산	53,516	95,645	3.4%
동해	22,168	91,069	3.2%
마산	13,193	48,858	1.7%
목포	14,203	55,655	2.0%
목호	2,236	8,778	0.3%
보령	9,213	38,350	1.4%
부산	243,565	469,709	16.6%
삼척	6,801	28,367	1.0%
삼천포	20,644	85,930	3.0%
서귀포	328	950	0.0%
속초	253	698	0.0%
여수	8,344	12,342	0.4%
옥계	6,463	26,157	0.9%
옥포	1,642	6,699	0.2%
완도	608	2,195	0.1%
울산	168,652	332,844	11.8%
인천	138,139	366,952	13.0%
장승포	0	0	0.0%
장항	1,384	5,755	0.2%
제주	2,071	5,788	0.2%
진해	850	3,512	0.1%
태안	11,346	47,244	1.7%
통영	228	732	0.0%
평택.당진	48,093	120,367	4.3%
포항	61,875	256,225	9.1%
기타	39,295	152,949	5.4%
합계	1,093,479	2,822,148	100.0

자료 : 국토해양부, 저탄소 항만 구축방안에 관한 연구, 2008. 12

(2) 해외 선행연구

일본의 국토교통성에서는 2009년 전국 항만의 이산화탄소 배출량 감축을 위해 부문별 이산화탄소 배출량 산정방법을 표준화하였다.³⁶⁾ 배출계수 및 원단위는 일본 고유의 계수를 사용하였다. 고유 계수 산정방법은 물동량을 가장 많이 처리하는 항만인 요코하마항과 가장 적은 시미즈항의 조사 자료를 평균하여 계산하였다.

항만에서 이산화탄소 발생원은 선박 정박, 하역, 항내 이송, 배후지 수송, 관리동 등으로 구분하여 제시하였다. 세부적인 산정방법은 다음과 같이 제시되었다.

정박 중인 선박의 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_2\text{배출량} = \text{연료사용량}(kg) \div \text{비중}(kg/\ell) \times 10^{-3} \times \text{배출계수}(t - CO_2/k\ell)$$

하역장비의 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다. 연료사용량이 kg인 경우에는 연료사용량(kg) ÷ 비중(kg/ℓ) = 연료사용량(ℓ)의 변환식을 이용하여 산정하였다.

$$CO_2\text{배출량(연료)} = \text{연료사용량}(\ell/\text{연}) \times 10^{-3} \times \text{배출계수}(t - CO_2/k\ell)$$

$$CO_2\text{배출량(전력)} = \text{전력사용량}(kwh/\text{연}) \times \text{배출계수}(t - CO_2/kwh)$$

$$CO_2\text{배출량} = CO_2\text{배출량(연료)} + CO_2\text{배출량(전력)}$$

항내 이송, 배후지 운송 등 차량이동에 대한 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_2\text{배출량} = \text{연료사용량}(\ell/\text{연}) \times 10^{-3} \times \text{배출계수}(t - CO_2/k\ell)$$

36) 국토교통성, 「항만에서의 온실가스 효과, 가스배출 삭감계획 작성 가이드라인(안)」, 2009. 6.

관리동에 대한 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_2\text{배출량} = \text{관리동 연면적}(m^2) \times CO_2\text{배출원단위}(t - CO_2/m^2)$$

(3) 선행연구의 한계

① IPCC의 국제표준 적용에 제한적

선행연구에서 적용된 온실가스 배출계수는 IPCC에서 국가 고유 배출 계수가 없는 경우 적용하도록 권고하고 있는 배출계수를 적용하지 않고 현재 검증단계에 있는 배출계수를 적용하였다. 이는 우리나라의 표준화된 온실가스 배출량 산정과 부합되지 않는 문제점을 가진다. 또한 우리나라 정부에서 정기적으로 제출하는 국가보고서 작성 시에도 IPCC의 가이드라인을 적용하고 있어 본 연구에서는 IPCC에서 권고하는 배출계수 및 산정방법을 적용하였다. IPCC에서는 2006년에 1996년의 수정판 이후 새로운 가이드라인을(2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) 제시하였다.

② 선박부문에서 예선 제외

기존 선행연구의 선박부문 이산화탄소 배출량은 우리나라의 경우 입출항하는 선박에 대해서만 산정하였으며, 일본은 항계 내 운항 선박에 대한 이산화탄소 배출량은 산정하지 않았다. 그러나 선박 입출항 시 선박 접·이안을 위해 예선이 의무적으로 붙게 되어 있다. 예선 선박의 운항 척수 및 빈도는 입출항 선박 척수보다 많으며, 마력수도 높기 때문에 선박부문의 이산화탄소 배출량 산정 시 포함되어야 한다. 이는 예선의 배출량이 제외될 경우 항만에서의 이산화탄소 배출량이 적게 산정될 수 있기 때문에 정부정책 수립에 있어 오류가 발생할 수 있기 때문이다.

③ 항만배후단지 제외

항만배후단지는 항만을 직접적으로 지원하는 구역으로서 배출량 산정 범위에 포함되어야 하나, 자료의 수집 및 작성에 어려움이 있어 기존 연구에서는 제외되었다. 그러나 터미널에서 항만배후단지 간 컨테이너 운송을 위한 차량 이동이 많으며, 항만배후단지가 활성화될수록 더 많은 이산화탄소 배출이 이루어지게 된다. 따라서 본 연구에서는 터미널에서 항만배후단지 간 차량 이동에 따른 이산화탄소 배출량을 적재 시와 공차 시로 구분하여 포함하였다.

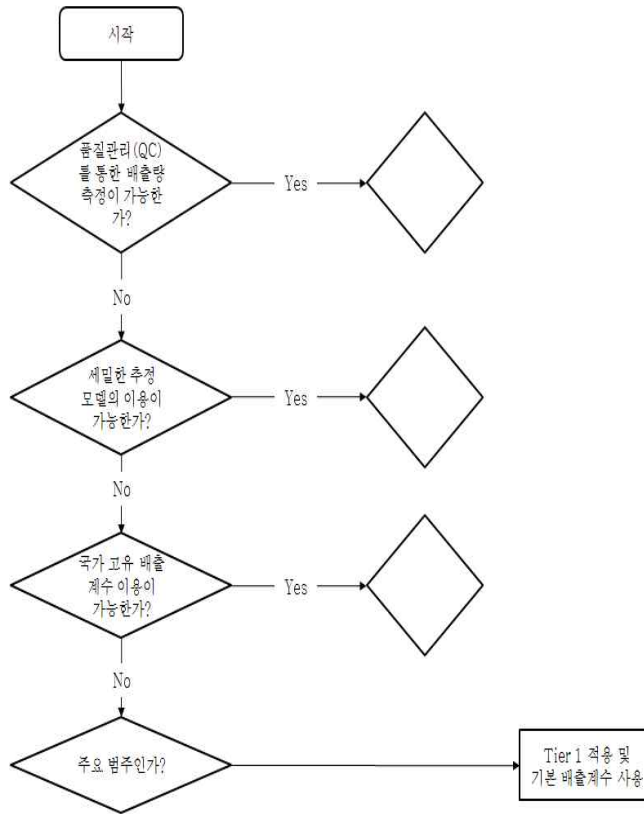
3) 본 연구의 산정방법

본 연구에서는 기존 연구의 한계점을 보완하고, 우리나라 이산화탄소 배출량 산정 체계 등을 반영하여 2006 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 산정방법을 사용하였다.

2006 IPCC 가이드라인에서는 Tier 1, Tier 2, Tier 3의 3가지 산정방법론을 제시하고 있다. Tier 1은 국가 고유 배출계수가 없을 때 사용하는 방법이며, Tier 2는 국가 고유 배출계수가 있을 때 사용하는 방법이다. Tier 3은 연료 종류, 연소 기술, 작동 조건, 통제 기술, 유지관리 방법, 장비 연식 등에 대하여 국가 고유 자료가 있을 때 사용 가능한 방법이다.

IPCC에서는 배출량 산정방법 선정을 위한 일반화된 의사결정나무를 제공하고 있다. 이 의사결정나무를 기준으로 우리나라 항만분야 배출량 산정방법을 선정하면, Tier 1만이 사용가능하다.

또한 현재 우리나라는 인벤토리 작성에 필요한 에너지 부문의 배출계수를 개발하여 검증하고 있는 단계로, 아직 확정되지 않아 IPCC에서 제공하는 기본 배출계수를 이용하고 있는 것이다.



| 그림 4-2 | 우리나라 항만의 온실가스 배출량 산정방법 선정

따라서 본 연구에서는 국가보고서 작성을 위한 항만분야의 지침으로서 IPCC에서 제공하는 기본 배출계수를 이용하는 Tier 1 방법을 사용하기로 하였다. Tier 1 방법은 연료별 소비량에 연료별 배출계수를 곱하여 계산한다.

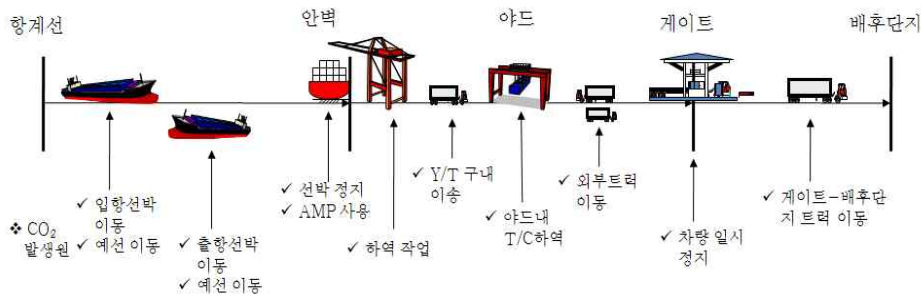
$$CO_2\text{배출량} = \text{연료소비}_{\text{연료}} \times \text{배출계수}_{CO_2\text{연료}}$$

3. 항만 분야 이산화탄소 배출량 산정

1) 항만의 이산화탄소 배출량 산정 범위

항만의 이산화탄소 배출량을 산정하는 범위는 국토해양부에서 관리하는 항계선부터 항만을 배후에서 지원하는 항만배후단지까지로 설정하였다. 즉, 항계 내로 들어오는 선박의 배출량부터 항만배후단지까지의 화물 운송을 위해 트럭에서 배출하는 양까지를 포함하였다.

이 범위를 단계별로 살펴보면 항계선~안벽 선박운항, 안벽에서의 선박접안, 안벽하역, 야드 이송 및 보관, 외부 트럭 운송, 게이트, 게이트~항만배후단지 운송 등으로 구분할 수 있다.



[그림 4-3] 항만의 이산화탄소 배출량 산정 범위

2) 부두 유형화

항만에는 여러 가지 형태의 화물을 처리하는 부두가 동시에 운영되고 있다. 예를 들면 부산항의 경우 주로 컨테이너부두가 운영되고 있지만, 일반부두, 양곡부두 등도 혼재되어 운영되고 있다. 인천항의 경우 잠화부두가 주를 이루고 있지만, 컨테이너부두 또한 동일한 비중을 차지하고 있다. 광양항 또한 컨테이너부두의 비중이 높지만, 포스코부두 등도 포함되어 운영

되고 있다. 따라서 부두 유형별 장비 및 운영 특성을 반영해야 대상 항만에
서 배출되는 이산화탄소량을 보다 정확하게 산정할 수 있다. 이는 부두별
로 사용하는 장비, 하역 과정, 이에 따른 이산화탄소 배출원이 다르기 때문
이다. 국토해양부(2008)의 연구에서도 부두를 유형별로 구분하였으나, 화물
취급 비율에 따라 컨테이너, 일반화물, 유류 3가지로만 구분하여 부두의 운
영 특성을 충분히 반영하지 못한 한계점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 부두를 취급 화물 형태에 따라 8가지 유형으로
구분하였다. 이는 부두에서 취급하는 화물 형태에 따라 사용되는 장비 및
하역 형태가 상이하기 때문이다. 본 연구에서는 하역 및 장비 형태에 따라
컨테이너부두, 유류부두, 자동차부두, 고철·철재·목재부두, 모래부두, 양
곡부두, 시멘트·석탄·철광석부두, 잡화부두 등으로 구분하였다.

【 표 4-9 】 화물 및 하역 형태에 따른 부두 유형화

부두	하역 형태 및 장비
컨테이너부두	• G/C, T/C, Y/T 등 컨테이너 전용 하역장비 사용
유류부두	• 돌핀에 접안하여 파이프라인을 이용하여 하역
자동차부두	• 하역장비 없이 수출 자동차 운전을 통해 하역
고철·철재·목재부두	• 쥘 크레인 등을 설치하여 하역
모래부두	• 포크레인 등을 이용하여 안벽 하역
양곡부두	• 언로더(Un-loader) 등을 이용하여 하역, 컨베이어로 운송
시멘트·석탄·철광석부두	• 언로더 등을 이용하여 하역, 컨베이어로 운송
잡화부두	• 쥘 크레인 등을 이용하여 하역, 일반트럭 직접 운송

3) 이산화탄소 배출량 산정

(1) 부문별 산정식

① 선박 운항 부문

항계 내로 들어온 선박의 이동에 따라 발생하는 이산화탄소 배출량은

3단계로 구분하여 산정한다. 첫째, 입항선박의 이동에 따른 배출량 산정이다. 입항선박이 항계선에 들어와 안벽에 접안할 때까지 배출하는 이산화탄소를 산정하는 것이다. 둘째, 입·출항선박의 이·접안을 지원하는 예선의 운송에 따른 배출량 산정이다. 셋째, 선박이 접안하여 하역하는 동안 발생하는 배출량 산정이다. 각 단계별 결정변수는 다음과 같다.

이 중 선박 톤급별·엔진별·연료별 이산화탄소 배출량은 IPCC, IMO 등에서 표준(안)을 제시하고 있다. 보편적인 경우는 우리나라 정책 반영을 위해서 IPCC 표준 배출계수를 적용하나 선박 운항의 경우에는 IMO 배출계수를 적용한다. 이와 같이 선박 운항 시 온실가스 감축 문제를 IMO에서 논의하는 이유는 교토의정서 제2조 제2항에 명시되어 있다. 교토의정서 제2조 제2항에서는 Annex I 국가에 포함되는 당사자는 IMO에서의 활동을 통하여 선박용 연료로부터 발생하는 온실가스 배출량의 제한 감축을 추구한다고 명시되어 있다.³⁷⁾

표 4-10 | 선박부문 CO₂ 배출량 산정 요소

구분		내용
입항 선박운항	선박입항척수	• 선박의 연간 입항 척수(척)
	항계점-안벽거리	• 항만별 항계선에서 안벽까지 총 이동 거리(km)
	평균 운항속도	• 항만별 선박의 평균 이동 속도(노트)
	입항선박톤수	• 항만별 연평균 입항선박 톤수(dwt)
	연료소비량(L)/시간	• 평균 규모 선박의 시간당 연료 소비량
예선 운항	예선 마력수	• 예선의 평균 마력 수
	예선대상 선박수	• 항만별 예선 대상 선박 수
	예선연료소비량(L)/시간	• 항만별 예선의 평균 연료 소비량(liter)
	예선 이동거리	• 항만별 예선의 평균 이동 거리(km)
선박정지	선박접안시간	• 하역을 위한 선박의 평균 접안 시간(h)
	연료소비량/시간	• 평균 규모 선박의 시간당 연료 소비량
CO ₂ 배출계수/L		• IPCC 및 IMO 표준 배출계수 적용

37) 국토해양부, 「IMO의 선박 온실가스 배출 규제 공식 및 감축량에 관한 아국 대응방안 연구」, 2009. 7.

이상의 단계별 결정변수를 기반으로 한 항계내 선박의 운항에 따른 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다.

입항선박에서 배출되는 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_{2\text{입항선박}} = S_n \times S_d \times S_{at} \times C_i \times EF_i$$

여기서, $CO_{2\text{입항선박}}$ = 입출항선박의 이산화탄소 배출량

S_n = 입출항선박 척수

S_d = 항계점에서 부두 안벽까지 거리(km)

S_{at} = 입항선박의 평균 톤수(t)

C_i = 평균 톤수 입항선박에 사용되는 연료 i 의 소비량(ℓ)

EF_i = 연료 i 의 이산화탄소 배출계수

예선에서 배출되는 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_{2\text{예선}} = S_n \times T_d \times C_i \times EF_i$$

여기서, $CO_{2\text{예선}}$ = 예선의 이산화탄소 배출량

S_n = 입항선박 중 예선 대상선박 수

T_d = 예선 이동 거리(km)

C_i = 평균 마력 당 예선에 사용되는 연료 i 의 소비량(ℓ)

EF_i = 연료 i 의 CO_2 배출계수

항계 내에서 선박의 운항에 따라 배출되는 총 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정된다.

$$CO_{2\text{선박운항}} = 2(CO_{2\text{입항선박}} + CO_{2\text{예선}})$$

여기서, 2 = 입항+출항을 고려한 수치임

선박의 부두 접안 시 발생하는 이산화탄소는 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_{2\text{선박정박}} = \begin{cases} \text{보조발전사용시, } S_n \times M_t \times S_M \\ \text{AMP사용시, } C_{AMP} \times M_t \end{cases}$$

여기서, M_t = 평균 선박접안시간

S_M = 선박접안계수(접안시 CO₂ 배출계수)

C_{AMP} = AMP 사용전력량

따라서 항계 내에 들어온 선박의 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 계산하였다.

$$CO_{2\text{선박}} = CO_{2\text{선박운항}} + CO_{2\text{선박정박}}$$

② 하역부문

하역장비는 부두 형태별 또는 취급 품목별로 상이하게 사용하지만, 산정방법은 연료소비량 × 배출계수로 동일하게 적용 가능하다. 하역부문에서 이산화탄소 배출량을 결정하는 변수는 다음과 같다.

| 표 4-11 | 하역부문 CO₂ 배출 결정 변수

구분	내용
장비종류	• 부두형태 및 취급품목별 하역장비 종류
장비별 연료 종류	• 장비별 사용하는 연료 종류
장비별 연간 소비량[L]	• 장비별 연간 연료 소비량
연료별 CO ₂ 배출계수/[L]	• 연료별 IPCC 표준 배출계수

장비의 연간 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_{2\text{하역장비}} = \sum_{e=1}^n \sum_{i=1}^n C_{ei} EF_i$$

여기서, e = 장비 종류

i = 연료 종류

C_{ei} = e 장비 i 연료의 연간 소비량

EF_i = i 연료의 CO₂ 배출계수

③ 트럭운송부문

트럭운송부문은 부두 형태별로 구분하여 산정하여야 한다. 이는 각 부두 형태별로 이용하는 트럭의 종류와 운영 형태가 다르기 때문이다. 특히, 컨테이너부두의 경우에는 외부에서 들어오는 트럭과 야드 내에서 움직이는 야드트랙터(Yard Tractor)로 구분하여 산정해야 한다. 트럭운송부문에서 이산화탄소 배출량을 결정하는 변수는 다음과 같다.

표 4-12 | 트럭운송부문 CO₂ 배출 결정 변수

구분	내용
트럭 종류	• 부두 형태 및 취급품목별 트럭 종류
트럭 대수	• 연간 진출입하는 트럭 대수 - 컨테이너부두의 경우 야드트랙터 대수
부두 체류 시간	• 트럭의 부두 내 평균 체류 시간
운행 시간	• 트럭의 부두 내 평균 운행 시간 - 야드트랙터의 경우 평균 운행 시간
트럭별 연료 종류	• 트럭별 사용하는 연료 종류
트럭 연료 소비량[L]/시간	• 시간 당 트럭의 평균 연료 소비량 - 부하 시, 무부하시 구분
연료별 CO ₂ 배출계수[L]	• 연료별 IPCC 표준 배출계수

그러나 야드트랙터와 일반 트럭의 경우에도 연료소비량 × 배출계수의 형태로 동일한 방법을 적용하여 산정 가능하다.

트럭의 이동에 따른 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정한다.

$$CO_{2\text{트럭이동}} = \sum_{j=1}^n \{T_{nj} \times F_{Rji} \times T_j \times EF_i\}$$

여기서, j = 트럭종류(야드트랙터, 일반트럭, 기타 등)

T_{nj} = j 트럭 대수

F_{Rji} = 부하시 트럭 j 의 i 연료 소비량

T_j = 트럭 j 의 평균 이동시간

EF_i = i 연료의 CO_2 배출계수

다음으로 트럭이 정지할 때 발생하는 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 계산한다.

$$CO_{2\text{트럭정지}} = \sum_{j=1}^n \{T_{nj} \times F_{Wji} \times (T_w - T_j) \times EF_i\}$$

여기서, F_{Wji} = 무부하 시 트럭 j 의 i 연료 소비량

T_w = 부두 내 체류시간

T_j = 부두 내 이동시간

따라서 항만내 트럭의 이동에 따른 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정하였다.

$$CO_{2\text{트럭}} = CO_{2\text{트럭이동}} + CO_{2\text{트럭정지}}$$

④ 항만-배후단지 운송부문

항만-배후단지 운송부문은 트럭의 이산화탄소 배출량을 산정하고, 공차율을 적용하여 부하 시, 무부하 시로 구분하여 산정한다. 항만-배후단지

부문에서 이산화탄소 배출량을 결정하는 변수는 다음과 같다.

표 4-13 | 항만배후단지 운송부문 CO₂ 배출 결정 변수

구분	내용
트럭 종류	• 부두형태 및 취급품목별 트럭 종류
트럭 대수	• 연간 운송하는 트럭 대수
이동 시간	• 항만-배후단지 이동 시간
공차 비율	• 트럭의 무부하 운행 비율
트럭별 연료 종류	• 트럭별 사용하는 연료 종류
트럭 연료 소비량[L]/시간	• 시간 당 트럭의 평균 연료 소비량 - 부하시, 무부하시 구분
연료별 CO ₂ 배출계수/[L]	• 연료별 IPCC 표준 배출계수

화물 적재 시 항만과 배후단지를 운송하는 트럭에서 발생하는 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정한다.

$$CO_{2\text{항만-배후단지(full)}} = \sum_{j=1}^n \{T_{(1-e)nj} \times F_{Rji} \times T_j \times EF_i\}$$

여기서, j = 트럭 종류(일반트랙터, 기타 등)

e = 공차 비율

T_{nj} = j 트럭 대수

F_{Rji} = 부하 시 트럭 j 의 i 연료 소비량

T_j = 트럭 j 의 평균 이동시간

EF_i = i 연료의 CO₂ 배출계수

공차 시 항만과 배후단지를 운송하는 트럭에서 발생하는 이산화탄소 배출량은 다음과 같이 산정한다.

$$CO_{2\text{항만-배후단지(empty)}} = \sum_{j=1}^n \{T_{enj} \times F_{Wji} \times T_j \times EF_i\}$$

(2) 원단위 산정

① 배출계수 산정

본 연구에서는 IPCC 배출계수 적용을 위해 다음과 같은 배출계수를 산정하였다. 우선 물류활동에서 사용하는 에너지원에 따른 석유환산톤(ToE)³⁸⁾으로 산정한다. 즉, 각각 에너지원에 대하여 원유 1톤이 발열하는 칼로리 기준으로 표준화하는 것이다.

| 표 4-14 | 연료별 순발열량 및 석유환산계수

연료	단위	순발열량		석유환산계수 (TOE)
		kcal	MJ 환산	
실내등유	리터(L)	8,200	34.3	0.820
보일러등유	리터(L)	8,350	35.0	0.835
경유	리터(L)	8,450	35.4	0.845
B-A유	리터(L)	8,750	36.6	0.875
B-B유	리터(L)	9,100	38.1	0.910
B-C유	리터(L)	9,350	39.1	0.935
프로판	kg	10,900	45.7	1.090
도시가스(LPG)	Nm³	13,800	57.8	1.380
도시가스(LNG)	Nm³	9,550	40.0	0.955
천연가스(LNG)	kg	11,750	49.2	1.175
전력	kWh	2,150	9.0	0.215

자료 : 지식경제부, 친환경물류관리매뉴얼.

- 비고 : 1. “순발열량”이라 함은 총발열량에서 수증기의 잠열을 제외한 발열량
 2. 최종에너지 사용기준으로 전력량을 환산하는 경우에는 1kWh=860kcal를 적용
 3. 에너지별 실측결과는 50kcal에서 반올림
 4. 1cal = 4.1868J
 5. MJ = 10⁶J
 6. Nm³은 0℃, 1기압 상태의 체적
 7. TOE=연료발열량(kcal)/(107 kcal)

다음으로 IPCC에서 만든 배출계수를 적용한다.

38) TOE(Ton of Oil Equivalent)란 국제에너지기구(IEA)에서 정한 석유환산톤 단위이다.

| 표 4-15 | IPCC의 탄소배출계수

연료구분		탄소배출계수	
		kg C/GJ	Ton C/TOE
액체화석연료	경유	20.20	0.837
	중유	21.10	0.875
	등유	19.60	0.812
	LPG	17.20	0.713
기체화석연료	LNG(dry)	15.30	0.637

자료 : 에너지관리공단, 탄소중립프로그램 이산화탄소 배출량산정 지침

위의 각 연료별 이산화탄소 배출계수를 산출하면 다음과 같다

| 표 4-16 | 각 연료별 CO₂ 배출계수

연료별(E_i)	경유 (E_1)	LPG (E_2)	LNG (E_3)	중유 (E_4)	전기 (E_5)
배출량 [kgCO ₂]	2.5933/[L]	3.6078/[Nm ³] 1.9779/[kg] ^{a)}	2.744/[kg] 1,960/[Nm ³] ^{b)}	2.9998/[L]	0.424/[kWh]

자료 : 에너지관리공단 및 한국가스공사.

주 : E_i 는 각 연료별 CO₂ 배출계수를 나타냄³⁹⁾

a) LPG [L] 환산계수 1.824[kg]/[Nm³] (기체상태로 환산)

b) LNG[kg]에서 [Nm³] 환산계수 = 714.286 [kg]/[Nm³] (출처: 한국가스공사)

선박의 평균 연료소비량으로부터 이산화탄소 발생량 산출방법은 각 선종에 따른 1일 운항 시 연료소비량(IPCC, 2006)을 기준으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\text{연료 [ton]}}{\text{[day]}} = a + b \times GT \quad (1)$$

즉, 선박의 톤수(GT)에 계수 b 를 곱하여 a 를 더한 값이 선박톤수(GT)에 대한 1일 항해 시 소비되는 연료(Ton)가 된다. 여기서 연료소비량[L]

39) 에너지관리공단 자료(www.kemco.or.kr).

는 연료소비량(Ton)에 비중으로 나누어 구할 수 있다.

$$\text{연료소비량 (Liter)} = \text{연료소비량(Ton)} \times 1000 \div \text{비중} \quad (2)$$

(1)식의 1일당 연료소비량(톤)에 단위를 곱하면 정리하면, 선박톤수 (GT)에 대해 1km 항해할 때 발생하는 이산화탄소량[kgCO₂]의 단위로서 (3) 식과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} & \frac{\text{연료[ton]}}{\text{[day]}} \times \frac{1,000[\text{kg}]}{\text{연료[ton]}} \times \frac{\text{연료[L]}}{0.96[\text{kg}]} \times \frac{1[\text{day}]}{24[\text{hr}]} \times \frac{\text{연료배출계수}[\text{kgCO}_2]}{\text{연료[L]}} \times \frac{[\text{hr}]}{\text{항해거리[해리]}} \\ & \times \frac{[\text{해리}]}{1.852[\text{km}]} = \{a + b \times GT\} \times \frac{1,000 \times \text{연료배출계수}}{0.96 \times 24 \times 1.852 \times \text{항해속도}} \frac{[\text{kgCO}_2]}{[\text{km}]} \end{aligned} \quad (3)$$

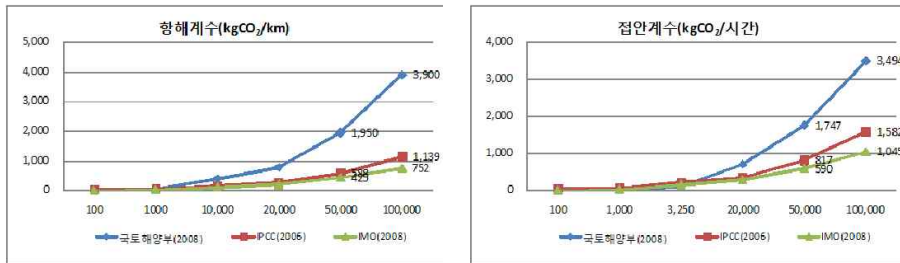
따라서 (3)식에 항해보정계수 및 왕복계수를 이용하면 다음 식으로 표현된다.

$$\{a + b \times GT\} \times \frac{1,000 \times \text{연료배출계수} \times \text{항해보정계수} \times \text{왕복계수}}{0.96 \times 24 \times 1.852 \times \text{항해속도}} \frac{[\text{kgCO}_2]}{[\text{km}]} \quad (4)$$

여기서 왕복계수 2, 항계선 항해보정계수 0.5로 하며, 항해속도는 각 선종에 따라 다르게 한다.

그리고 선박의 입항 시 항내 항해계수와 정박 시 접안계수를 산정하면 다음과 같다. 선박 항해 시 연료 사용은 주로 중유(B-C)이며, 탄소발생계수⁴⁰⁾는 3.128kgCO₂/kg이다. 여기에서 연료효율과 거리를 감안하면 항해계수는 0.039kgCO₂/톤으로 산정된다. 그리고 IMO 적용 기준에 의한 접안계수는 15노트 항해시를 기준으로 5% 부하율을 적용하면 0.0349kgCO₂/톤 · 시간으로 산정된다.

40) 중유(B-C)비중은 0.96kg/L를 적용.



|그림 4-4| 항해계수 및 접안계수 비교

컨테이너선 2만 톤급의 경우, 선박항해계수가 IMO 기준보다 IPCC 및 국토해양부(2008)에서는 각각 29% 및 291% 증가를 보이고 있으며, 10만 톤급 선박에서는 51% 및 419% 증가를 보이고 있다.

예선 부문에서의 산정계수의 적용은 다음과 같은 절차에 따라 기초자료가 수집되었다. 우리나라의 예선 현황은 환경관리공단과 민간업체에서 제공하는 총 185척에 이르고 있으며 주요 마력별 현황은 3,000마력급이 30.8%, 57척으로 가장 많다. 예선 부문 산정계수는 환경관리공단의 실제 항만별, 마력별 예선서비스 현황을 토대로 다음과 같이 예선의 시간당 평균 연료소모량과 선박당 평균 서비스 시간을 예선 마력별 가중치를 고려하여 산정하였다.

|표 4-17| 우리나라 예선마력별 현황

단위 : L, 시간, 척수

구 분	합계	1,000마력급	2,000마력급	3,000마력급	4,000마력급
연료 소모량/척 · 시간	136*	70	104	154	203
평균서비스 시간	1.687*	2.173	2.335	1.070	1.197
우리나라 예선척수	185	49	44	57	35
비율	100.0%	26.5%	23.8%	30.8%	18.9%

자료 : 예선 척수는 국토해양부의 예선 현황(2009)임

주 : *은 마력별 가중치를 고려한 평균 개념임

② 원단위 산정

산정된 배출계수를 기준으로 항만에서의 단계별 원단위는 다음과 같이 산정하였다.

첫째 각 부두 형태별 · 단계별 이산화탄소 배출량과 그 평균값을 산정한다.

둘째, 부두 전체의 표준편차를 계산하고 표준편차의 최소값을 산정한다. 이때 데이터의 신뢰도는 0.5로 가정하여 적용한다.

셋째, 부두별 평균값과 최소값의 표준편차를 산정하여 0과 1로 표시한다.

넷째, 보정값을 계산하여 원단위로 적용한다.

이상의 부두별 · 단계별 원단위 산정 사례 중 컨테이너부두의 선박항해시의 경우는 다음과 같다.

[표 4-18] 컨테이너부두 CO₂ 원단위 산정 사례

부두			선박항해시 1톤당 CO ₂ 발생량(kg/TON)		
부두유형	항만명	부두명	평균	표준편차	보정값
컨테이너부두	북항	2부두	0.955	-	-
		중앙부두	0.391	1	0.391
		자성대	0.343	1	0.343
		7부두	0.288	1	0.288
		우암부두	0.225	-	-
		감만부두	0.285	1	0.285
		신감만부두	0.329	1	0.329
		신선대부두	0.276	1	0.276
	감천항	7부두	0.000	-	-
	신항	PNC부두	0.252	-	-1
원단위 산정값			0.372	0.225	0.319
			-	Min. 0.259	Max. 0.484

이상의 과정을 거쳐 산정된 항만부문별 원단위는 부두 형태별 주요 항만의 실적 자료를 바탕으로 제시하며, 현재 및 미래의 이산화탄소 배출량 산정에 활용한다. 또한 부두별 이산화탄소 저감 우선순위 산정에도 활용 가능하다.

이산화탄소 배출량 산정은 두 가지 사례를 검토하였다. 즉, 앞서 산출된 계수에서 항해계수와 접안계수를 IPCC⁴¹⁾와 IMO⁴²⁾ 자료를 활용하여 대안별로 산정하였다.

먼저 IPCC 기준 화물별 원단위는 고철·철재가 5.537kgCO₂/톤으로 가장 많은 이산화탄소를 배출하며, 다음으로 잡화 4.356kgCO₂/톤, 컨테이너 2.255kgCO₂/톤 등의 순인 것으로 나타났다. 반면에 IMO 기준 화물별 원단위는 고철·철재 2.966kgCO₂/톤, 잡화 2.514kgCO₂/톤, 컨테이너 1.894kgCO₂/톤 등의 순인 것으로 나타났다. 이산화탄소 배출이 가장 낮은 화물은 모래·화물로 1.022kgCO₂/톤으로 산정되었다.

(3) 이산화탄소 배출량 산정

① 2008년 항만 물동량

우리나라의 2008년 항만물동량은 11억 4,412만 톤으로, 그 중 유류·화물이 3억 3,703만 톤으로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 컨테이너가 2억 8,044만 톤, 시멘트·석탄·철광석 1억 9,635만 톤의 순으로 나타났다. 항만별로는 부산항이 2억 4,271만 톤으로 가장 많고, 광양항이 2억 1,146만 톤, 울산항 1억 8,078만 톤으로 그 뒤를 잇고 있다.

41) Techne(1997) 자료를 인용함.

42) 1995년부터 2004년까지 10년 동안 건조된 선박의 이산화탄소 배출량을 선종별로 조사하여 덴마크에서 IMO에 제안함.

| 표 4-19 | 2008년 항만별 · 화물별 처리물동량

단위 : 천RT

구분	컨테이너	유류	자동차	고철, 철제	모래	양곡	시멘트, 석탄, 철광석	잡화	총계
전체	280,449	337,034	36,249	85,150	62,890	8,756	196,357	137,238	1,144,123
고현	0	58	0	1,971	476	0	4	814	3,323
광양	26,520	84,421	8,240	13,589	316	0	51,316	27,054	211,456
군산	389	1,881	3,231	2,656	644	469	1,130	10,395	20,794
대산	195	45,043	0	2	41	0	11,804	3,910	60,994
동해	38	442	1	154	165	30	14,197	8,053	23,080
마산	294	1,689	866	3,438	1,965	0	1,646	6,648	16,547
목포	439	853	2,183	5,546	2,322	409	1,596	3,346	16,693
목호	0	93	0	0	177	0	1,410	1,017	2,697
보령	0	60	0	0	1	0	11,029	164	11,254
부산	213,622	7,653	1,023	8,527	977	1,193	1,416	8,295	242,706
삼척	0	21	0	2	0	0	6,349	720	7,093
삼천포	0	125	0	78	0	0	19,837	1,066	21,106
서귀포	133	26	0	2	90	0	0	22	273
속초	62	9	188	0	0	0	0	214	473
여수	0	13,142	1	63	142	24	127	552	14,052
옥계	0	366	0	0	0	0	6,004	670	7,040
옥포	0	47	0	953	0	0	0	895	1,895
완도	131	16	0	0	2	0	0	18	167
울산	5,483	112,014	10,469	5,065	754	460	4,063	42,475	180,783
인천	27,217	43,236	4,792	12,594	20,840	6,375	12,244	19,309	146,607
장승포	0	0	0	0	0	0	0	0	0
장항	0	6	0	13	579	0	414	296	1,309
제주	266	733	0	409	259	0	152	109	1,928
진해	0	11	4	596	472	0	7	377	1,467
태안	0	82	0	0	0	0	11,889	224	12,195
통영	0	52	0	73	4	0	0	100	229
평택·당진	5,662	21,709	6,753	8,476	2,274	3	9	12,590	57,476
포항	0	814	2	20,645	163	0	39,120	6,916	67,659
기타	0	2,698	37	1,861	30,186	0	863	9,893	45,538

자료 : 국토해양부, SP-IDC

② IPCC 기준 배출량 산정

앞서 산정된 원단위와 항만물동량을 기준으로 2008년 우리나라 항만의 이산화탄소 배출량 산정 결과는 다음과 같다. 2008년 우리나라 무역항 전체의 이산화탄소 배출량은 IPCC 기준으로 산정 시 270만 3,938 톤CO₂로 산정되었다. 주요 품목별로는 컨테이너화물이 63만 톤CO₂로 가장 많고, 다음으로 잡화 60만 톤CO₂, 시멘트·석탄·철광석 52만 톤CO₂, 고철 47만 톤CO₂ 순으로 나타났다.

항만별로 살펴보면 CO₂ 발생량 기준에서는 부산항이 58만 1,528 톤CO₂로 가장 높으며, 그 다음으로는 광양항 48만 8,690 톤CO₂, 울산항 36만 9,306 톤CO₂, 인천항 32만 2,244 톤CO₂ 순으로 산정되었다. 항만별 이산화탄소의 배출량 역시 선박입출항과 화물 취급량이 많은 항만에서 높은 비중을 차지하고 있다.

표 4-20 | 항만별·화물별 CO₂ 발생량 산정(IPCC 기준, 2008년)

단위: 톤CO₂

구분	배후 단지	컨테 이너	유류	자동차	고철, 철제	모래	양곡	시멘트, 석탄, 철광석	잡화	총계
전체	284	632,322	352,836	49,305	471,515	64,297	15,838	519,686	597,853	2,703,938
고현	0	0	60	0	10,916	487	0	11	3,546	15,020
광양	65	59,793	88,379	11,208	75,250	323	0	135,815	117,858	488,690
군산	0	877	1,970	4,395	14,707	658	848	2,990	45,285	71,728
대산	0	440	47,155	0	13	41	0	31,240	17,033	95,921
동해	0	86	463	1	851	169	54	37,575	35,081	74,281
마산	0	663	1,769	1,178	19,038	2,009	0	4,355	28,961	57,973
목포	0	989	892	2,970	30,709	2,374	740	4,224	14,574	57,473
목호	0	0	97	0	1	180	0	3,732	4,431	8,442
보령	0	0	62	0	1	1	0	29,191	713	29,968
부산	219	481,648	8,012	1,391	47,219	999	2,158	3,747	36,135	581,528
삼척	0	0	22	0	13	0	0	16,804	3,137	19,976
삼천포	0	0	131	0	430	0	0	52,501	4,645	57,708
서귀포	0	300	27	0	11	92	0	0	97	526

| 표 4-20 | 항만별·화물별 CO₂ 발생량 산정(IPCC 기준, 2008년)(표 계속)

구분	배후 단지	컨테 이너	유류	자동차	고철, 철계	모래	양곡	시멘트, 석탄, 철광석	잡화	총계
속초	0	139	9	256	0	0	0	0	930	1,336
여수	0	0	13,758	1	349	146	44	337	2,407	17,041
옥계	0	0	383	0	0	0	0	15,891	2,919	19,193
옥포	0	0	49	0	5,279	0	0	0	3,897	9,226
완도	0	295	17	0	1	2	0	0	79	393
울산	0	12,362	117,266	14,239	28,045	771	832	10,754	185,037	369,306
인천	0	61,365	45,263	6,518	69,739	21,306	11,531	32,405	84,115	332,244
장승포	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
장항	0	0	6	0	74	592	0	1,096	1,292	3,060
제주	0	599	767	0	2,263	265	0	404	477	4,774
진해	0	0	11	5	3,303	482	0	18	1,641	5,461
태안	0	0	85	0	0	0	0	31,467	976	32,528
통영	0	0	54	0	403	4	0	0	437	898
평택·당진	0	12,766	22,727	9,185	46,938	2,325	5	23	54,846	148,815
포항	0	0	852	2	114,322	166	0	103,536	30,127	249,007
기타	0	0	2,824	50	10,304	30,861	0	2,285	43,096	89,420

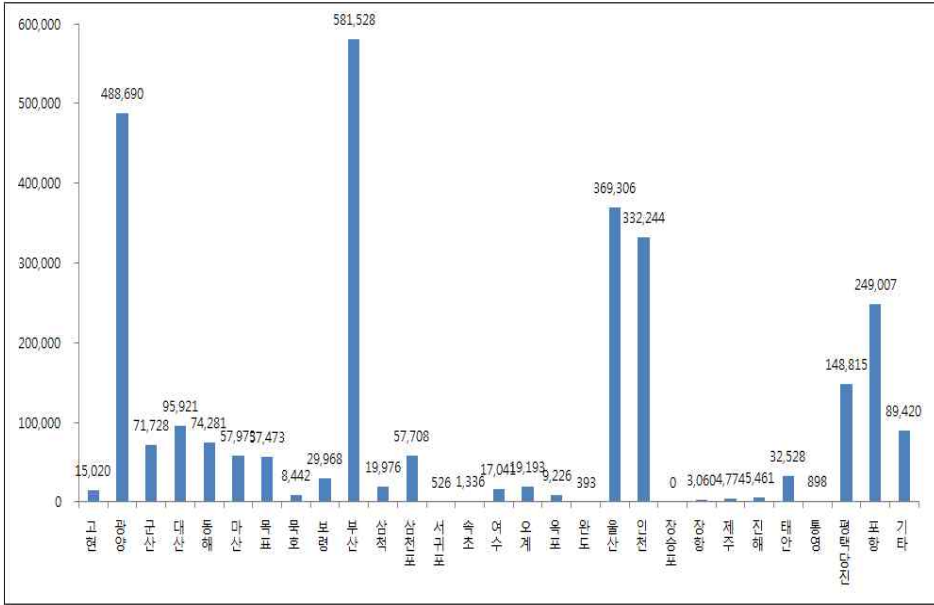
항만별로 항계선에서부터 게이트를 통과하여 항만터미널을 벗어날 때까지의 항만물류 흐름상에서의 세부 부문별 이산화탄소 배출량에 대한 산정 결과는 <표 4-21>과 같다. 항만배후단지 부문은 2008년 기준 운영되고 있는 광양항⁴³⁾과 부산항 신항⁴⁴⁾을 대상으로 산정하였다.

43) 광양항 항만배후단지 물동량은 업체 인터뷰 결과 2만 5,000TEU를 처리함. 그리고 항만배후단지에서 터미널까지의 거리는 최소 2km에서 4km까지 다양함. 2008년에는 화물연대파업으로 인해 삼성전자와 LG화학물동량이 일시적으로 증가하였음. 그러나 본 연구에서는 처리된 화물 기준으로 계산함.

44) 부산항 신항 배후단지는 2008년 6만 3,000TEU(부산일보, 2009. 3. 11)를 처리하였고, 터미널까지의 거리는 2km에서 6km까지임.

| 표 4-21 | 항만물류 기능별 CO₂ 발생량 산정(IPCC 기준, 2008년)단위 : 톤CO₂

항만	하역부문	선박부문	예인	외부 차량	배후 단지	합계
전체	590,165	750,592	716,250	646,647	284	2,703,938
고현	1,603	4,378	5,778	3,262	0	15,020
광양	94,624	133,469	131,190	129,343	65	488,690
군산	9,326	22,195	25,946	14,261	0	71,728
대산	23,376	26,627	20,334	25,584	0	95,921
동해	9,150	18,476	21,511	25,144	0	74,281
마산	7,601	17,183	20,425	12,764	0	57,973
목포	6,802	17,924	20,259	12,487	0	57,473
목호	1,092	2,187	2,471	2,691	0	8,442
보령	3,273	6,453	6,176	14,066	0	29,968
부산	208,863	141,489	124,973	105,985	219	581,528
삼척	2,249	4,485	4,606	8,637	0	19,976
삼천포	6,386	12,683	12,576	26,063	0	57,708
서귀포	173	163	101	89	0	526
속초	191	476	459	210	0	1,336
여수	5,554	5,335	3,307	2,846	0	17,041
옥계	2,254	4,340	4,389	8,211	0	19,193
옥포	1,007	2,602	3,635	1,981	0	9,226
완도	137	98	88	70	0	393
울산	77,943	113,373	109,628	68,361	0	369,306
인천	72,078	100,885	91,029	68,252	0	332,244
장승포	0	0	0	0	0	0
장항	478	969	748	865	0	3,060
제주	913	1,396	1,408	1,057	0	4,774
진해	660	1,686	1,970	1,144	0	5,461
태안	3,563	7,019	6,740	15,206	0	32,528
통영	116	256	339	187	0	898
평택·당진	26,037	46,626	48,586	27,566	0	148,815
포항	25,627	63,127	78,727	81,526	0	249,007
기타	17,186	34,580	21,631	16,023	0	89,420

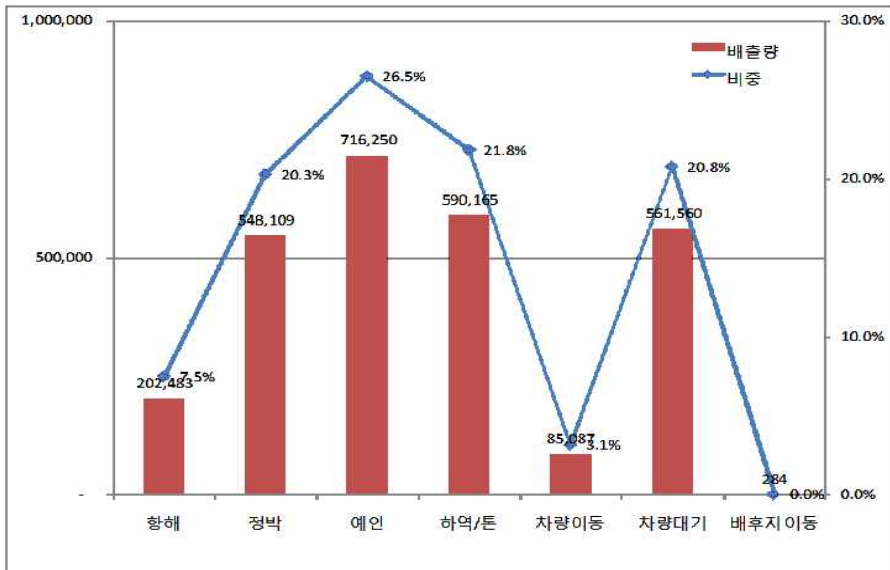


[그림 4-5] 항만별 CO₂ 발생량 산정(IPCC 기준, 2008년)

항만물류기능상으로 분류하면 항해+정박+예인부문을 합한 선박부문이 전체 54.3%를 점유하고 있는 것으로 분석되었다. 그 중 선박의 예인부문은 전체의 26.5%인 71만 6,250 톤CO₂가 배출되는 것으로 산정되었다. 이는 IPCC 기준 배출계수에서 예인선의 연료소모량이 다른 선박에 비해 높게 책정되어 있기 때문인 것으로 파악되었다. 그 다음으로는 차량부문 23.9%, 하역부문 21.8%의 순으로 나타났다.

[표 4-22] 물류기능상 배출 비중(IPCC 기준)

구분	선박부문				하역부문	차량부문			배후단지 부문	합계
	항해	정박	예인	소계		이동	대기	소계		
비중	7.5%	20.3%	26.5%	54.3%	21.8%	3.1%	20.8%	23.9%	0.0%	100.0%



| 그림 4-6 | 항만물류기능별 CO₂ 발생량 및 비중(IPCC 기준, 2008년)

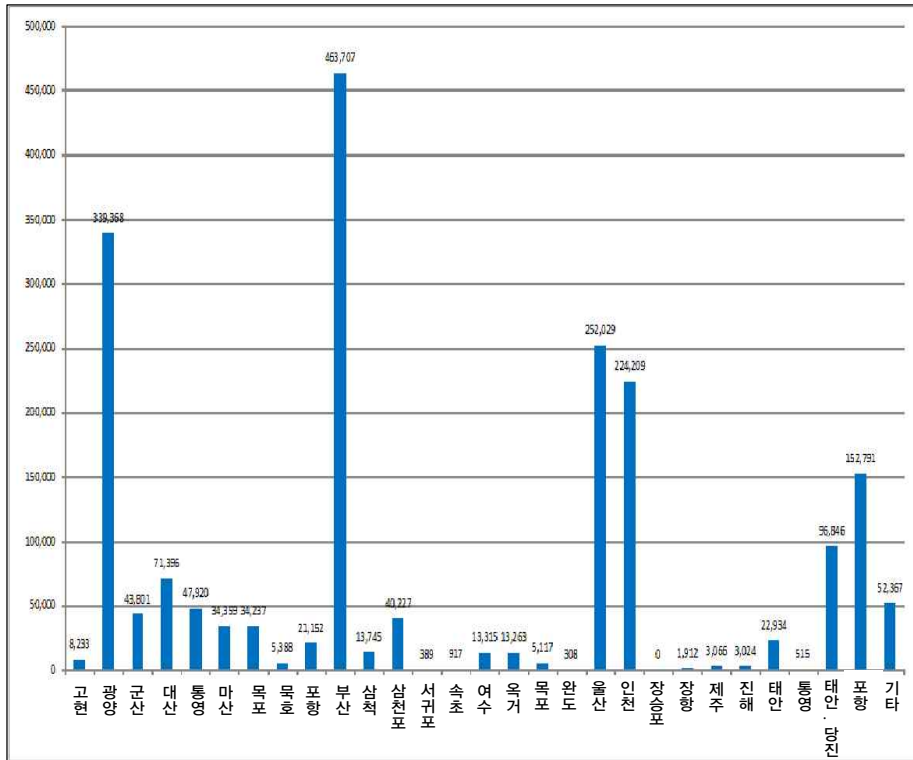
③ IMO 기준 배출량 산정

본 소절에서는 앞서 교토의정서에서 규정한 선박부문의 계수를 IMO 기준으로 설정하고 그 외 부문은 IPCC 기준으로 계수를 적용하여 2008년 우리나라의 온실가스 배출량을 산정하였다. 2008년 우리나라 무역항 전체의 이산화탄소 배출량은 IPCC 기준보다 작은 188만 6,196 톤CO₂로 산정되었다. 주요 품목별로는 컨테이너화물이 53만 톤CO₂로 가장 많고, 다음으로 석탄·시멘트·철재가 36만 8,304 톤CO₂, 잡화 34만 5,012 톤CO₂ 순으로 산정되었다.

| 표 4-23 | 화물별 CO₂ 발생량 산정(IMO 기준, 2008년)단위 : 톤CO₂

	배후 단지	컨테 이너	유류	자동차	고철, 철제	모래	양곡	시멘트, 석탄, 철광석	잡화	총계
전체	284	531,307	292,017	49,108	252,514	37,443	10,207	368,304	345,012	1,886,196
고현	0	0	50	0	5,846	283	0	8	2,046	8,233
광양	65	50,241	73,145	11,163	40,299	188	0	96,253	68,014	339,368
군산	0	736	1,630	4,377	7,876	383	546	2,119	26,133	43,801
대산	0	369	39,027	0	7	24	0	22,140	9,830	71,396
동해	0	72	383	1	456	98	35	26,630	20,244	47,920
마산	0	557	1,464	1,173	10,196	1,170	0	3,086	16,713	34,359
목포	0	831	739	2,958	16,446	1,382	477	2,994	8,411	34,237
목호	0	0	81	0	0	105	0	2,645	2,557	5,388
보령	0	0	52	0	0	1	0	20,687	412	21,152
부산	219	404,703	6,631	1,385	25,287	582	1,391	2,656	20,853	463,707
삼척	0	0	18	0	7	0	0	11,909	1,810	13,745
삼천포	0	0	109	0	230	0	0	37,208	2,681	40,227
서귀포	0	252	22	0	6	53	0	0	56	389
속초	0	117	8	255	0	0	0	0	537	917
여수	0	0	11,387	1	187	85	28	239	1,389	13,315
옥계	0	0	317	0	0	0	0	11,262	1,684	13,263
옥포	0	0	41	0	2,827	0	0	0	2,249	5,117
완도	0	248	14	0	0	1	0	0	45	308
울산	0	10,387	97,052	14,183	15,019	449	536	7,621	106,782	252,029
인천	0	51,562	37,461	6,492	37,348	12,408	7,431	22,966	48,542	224,209
장승포	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
장항	0	0	5	0	40	345	0	776	745	1,912
제주	0	504	635	0	1,212	154	0	286	275	3,066
진해	0	0	9	5	1,769	281	0	12	947	3,024
태안	0	0	71	0	0	0	0	22,301	563	22,934
통영	0	0	45	0	216	2	0	0	252	515
평택·당진	0	10,727	18,810	9,148	25,137	1,354	4	16	31,651	96,846
포항	0	0	705	2	61,224	97	0	73,377	17,386	152,791
기타	0	0	2,337	50	5,518	17,972	0	1,619	24,870	52,367

항만별로는 여전히 부산항이 46만 3,707 톤CO₂로 가장 높으며, 그 다음으로는 광양항 33만 9,368 톤CO₂, 울산항 25만 2,029 톤CO₂ 순으로 산정되었다. IPCC 기준과 마찬가지로 이산화탄소의 배출량 역시 선박입출항과 화물 취급량이 많은 항만의 비중이 높은 것으로 나타났다.



| 그림 4-7 | 항만별 CO₂ 발생량 산정(IMO 기준, 2008년)

항계선에서부터 게이트를 통과하여 항만터미널을 벗어날 때까지의 항만물류 흐름상에서의 세부 부문별 이산화탄소 배출량에 대한 항만별 산정 결과는 <표 4-24>와 같다. 항만배후단지 부문은 IPCC 기준과 같이 2008년 운영되고 있는 광양항과 부산항 신항을 대상으로 산정하였다.

항만물류기능상으로 분류하면 IMO 기준에서도 선박부문이 34.8%로 가장 높은 65만 6,380 톤CO₂가 배출되는 것으로 산정되었다. 그 다음으로 차량 부문이 33.9%로 63만 9,036 톤CO₂, 하역부문이 33.3%로 59만 495 톤 CO₂인 것으로 산정되었다. IMO 기준에서는 IPCC 기준과 비교하여 선박 부문이 50%를 넘지 않는 34.8%를 차지하였다.

| 표 4-24 | 항만물류 기능별 CO₂ 발생량 산정(IMO 적용, 2008년)

(단위 : 톤CO₂)

구분	하역부문	선박부문		차량 부문	배후 단지 부문	합계
		항해+정박	예인			
전체	590,495	485,877	170,503	639,036	284	1,886,196
고현	1,603	2,369	1,059	3,203	0	8,233
광양	94,655	81,419	33,930	129,299	65	339,368
군산	9,327	15,345	4,947	14,182	0	43,801
대산	23,376	13,378	9,062	25,579	0	71,396
동해	9,150	9,678	3,969	25,124	0	47,920
마산	7,602	10,312	3,919	12,526	0	34,359
목포	6,803	11,440	3,790	12,205	0	34,237
목호	1,092	1,165	461	2,670	0	5,388
보령	3,273	2,681	1,131	14,066	0	21,152
부산	209,114	124,849	23,662	105,863	219	463,707
삼척	2,249	2,018	841	8,637	0	13,745
삼천포	6,386	5,474	2,304	26,063	0	40,277
서귀포	173	116	21	79	0	389
속초	192	431	85	210	0	917
여수	5,554	2,767	2,166	2,828	0	13,315
옥계	2,254	1,957	843	8,211	0	13,263
옥포	1,007	1,461	667	1,981	0	5,117
완도	137	83	18	70	0	308
울산	77,950	72,523	33,288	68,268	0	252,029
인천	72,110	64,645	21,717	65,737	0	224,209
장승포	0	0	0	0	0	0
장항	478	502	137	795	0	1,912
제주	913	783	344	1,026	0	3,066
진해	660	917	360	1,087	0	3,024
태안	3,563	2,929	1,237	15,206	0	22,934
통영	116	145	68	187	0	515
평택.당진	26,044	32,085	11,429	27,288	0	96,846
포항	25,627	31,238	14,429	81,497	0	152,791
기타	17,186	18,535	4,259	12,386	0	52,367

표 4-25 | 항만물류기능별 CO₂ 배출 비중(IMO 기준)

구분	선박부문				하역부문	차량부문			배후단지 부문	합계
	항해	정박	예인	소계		이동	대기	소계		
비중	6.9%	18.9%	9.0%	34.8%	31.3%	4.1%	29.8%	33.9%	0.0%	100.0%

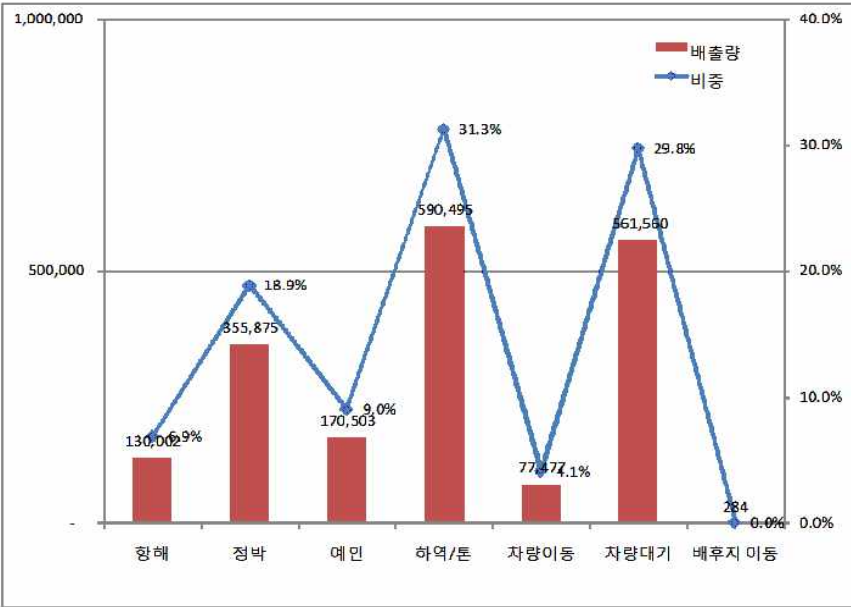


그림 4-8 | 기능별 CO₂ 발생량 및 비중(IMO 기준, 2008년)

이상 두 가지 기준(IPCC, IMO)의 검토 결과 IMO 기준이 IPCC 기준보다 항만의 이산화탄소 배출량이 낮은 것으로 산정되었다. 이는 IMO 기준의 선박 관련 배출계수가 IPCC 기준의 배출계수보다 낮기 때문이다. 그러나 앞서 언급된 바와 같이 선박부문에는 IMO 기준을 적용하는 것이 국제적으로 타당하기 때문에 본 연구에서는 IMO 기준의 산정값인 188만 6,196톤CO₂를 적용하였다.

| 표 4-26 | 산정 기준별 CO₂ 배출량 산정 결과 및 비중 비교(2008년)

구분	2008년 이산화탄소 배출량	부문별 배출량				
		선박부문	하역부문	차량부문	배후단지부문	합계
IPCC	270만 톤CO ₂	54.3%	21.8%	23.9%	0.0%	100.0%
IMO	188만 톤CO ₂	34.8%	31.3%	33.9%	0.0%	100.0%

4) 이산화탄소 배출량 전망

(1) 2020년 항만물동량 전망

2020년 우리나라 항만물동량 전망은 2009년 3월 항만수요검토위원회에 제출된 물동량을 기준으로 적용하였다. 이에 따르면 2020년 기준 우리나라 총 물동량은 16억 4,914만 톤으로 전망되었다. 품목별로는 컨테이너가 5억 1,949만 톤으로 가장 높은 비중을 차지하고, 그 다음으로 유류가 4억 1,261만 톤일 것으로 전망되었다.

| 표 4-27 | 주요 품목별 물동량 전망

단위 : 천RT톤

구분	컨테이너	유류	자동차	고철, 철제	모래	양곡	시멘트, 석탄, 철광석	일반잡화	총계
2008년	280,449	337,034	36,249	85,150	62,890	8,756	196,357	137,238	1,144,123
2015년	404,719	381,538	41,258	94,466	98,407	12,335	252,827	160,357	1,445,907
2020년	519,485	412,617	47,991	106,139	106,697	12,386	265,534	178,294	1,649,143

자료 : 한국해양수산개발원 항만수요예측센터, “전국 항만물동량 예측 결과”, 2009. 3

배후단지 경유물동량은 전국무역항 항만배후단지 개발 종합계획(2006) 적용

(2) 이산화탄소 배출량 전망

이산화탄소 배출량의 전망은 앞서 산정된 IMO 기준 원단위에 물동량

전망치를 곱하여 산정한다. 그 결과 우리나라 항만내 이산화탄소 배출량은 2015년 239만 8,798 톤CO₂, 2020년 276만 8,021 톤CO₂가 될 것으로 산정되었다.

| 표 4-28 | 우리나라 항만내 CO₂ 발생량 전망단위 : CO₂톤

구 분	입항부문			하역	외부차량		배후 단지	소계
	항해	정박	예인		이동	대기		
2008년	130,002	355,875	170,503	590,495	77,477	561,560	284	1,886,196
2009년	133,867	368,001	174,799	612,649	80,223	579,153	-	1,948,692
2010년	137,883	380,642	179,230	635,808	83,089	597,386	-	2,014,038
2011년	142,056	393,825	183,802	660,023	86,079	616,285	10,916	2,092,986
2012년	146,394	407,574	188,520	685,348	89,201	635,876	11,843	2,164,757
2013년	150,905	421,919	193,391	711,839	92,459	656,188	12,850	2,239,551
2014년	155,598	436,888	198,419	739,555	95,863	677,250	13,941	2,317,514
2015년	160,480	452,512	203,612	768,558	99,417	699,093	15,126	2,398,798
2016년	164,860	466,651	208,366	794,240	102,672	713,959	16,352	2,467,098
2017년	169,391	481,349	213,263	821,016	106,066	729,283	17,679	2,538,046
2018년	174,081	496,631	218,310	848,938	109,605	745,085	19,112	2,611,762
2019년	178,935	512,526	223,511	878,062	113,296	761,384	20,662	2,688,375
2020년	183,961	529,059	228,872	908,445	117,147	778,199	22,338	2,768,021

2020년 기준 세부 부문별 배출량은 선박부문이 94만 2,000 톤CO₂로 가장 많고, 다음으로 하역부문 90만 8,000 톤CO₂, 차량부문 89만 5,000 톤CO₂로 전망되었다.

| 표 4-29 | 물류기능상 배출 비중(2020년 기준)

구분	선박부문	하역부문	차량부문	배후단지부문	합계
배출량(천톤CO ₂)	942	908	895	22	2,768
비중(%)	34.0	32.8	32.3	0.8	100.0

제 5 장 항만분야 이산화탄소 저감목표 및 정책 추진 로드맵

1. 이산화탄소 배출량 저감목표치 설정

1) 우리나라 국가총량 감축목표

최근 EU는 교토체계상 의무감축국이 아닌 개도국에 대해서도 온실가스 배출량 전망치(Business As Usual : BAU) 대비 15~30%의 감축을 요구하고 있다. 따라서 우리나라도 2020년을 목표연도로 하는 중기 감축 목표치를 3가지 시나리오를 기준으로 설정하였다. 시나리오 1은 2005년 기준 대비 8% 증가된 수치로서 BAU 대비 21%를 감축하는 것이다. 시나리오 2는 2005년 기준 대비 동결하는 시나리오로서 BAU 대비 27%를 감축하는 것이다. 시나리오 3은 2005년 대비 4% 절감하는 시나리오로서 BAU 대비 30%를 감축하는 것이다. 최종적으로는 시나리오 3의 BAU 대비 30% 감축하는 대안을 선정하였다.

표 5-1 | 우리나라 국가총량 감축목표

시나리오	감축목표		감축정책 선택기준	주요 감축수단(예시) (각각은 이전 시나리오의 정책수단 포함)
	BAU대비	'05년기준		
1	△21%	+8%	비용 효율적 기술 및 정책 도입	• 건물/주택의 녹색화 • 고효율 설비 보급 등 수요관리 강화 • 저탄소 교통체계 개편 • 신재생에너지 및 원자력 비중 확대 • 스마트그리드 추진
2	△27%	동결	국제적 기준의 감축비용 부담	• 지구온난화지수가 높은 불소계가스 제거 • 바이오연료 혼합비율 확대 • CCS(이산화탄소 포집 및 저장) 일부 도입
3	△30%	△4%	개도국 최대 감축수준	• 차세대 그린카(전기차·연료전지차 등) 보급 • 고효율제품 가전제품 보급 확대 • 강력한 수요관리정책 추진

자료 : 녹색성장위원회, 「국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표의 설정방안」, 2009. 11. 5

2) 해외 주요 국가의 감축목표

세계 주요 국가의 온실가스 감축목표를 살펴보면 대부분의 국가에서 2020년을 목표연도로 설정하고 특정년도 대비 감축목표를 설정하고 있다. 또한 대부분의 국가에서는 국제사회에서의 위상을 강화하기 위해 온실가스 감축목표를 지속적으로 상향 조정하고 있는 것을 알 수 있다.

| 표 5-2 | 세계 주요국가 온실가스 감축목표

국가	감축목표
일본	• 2009.06(아소총리) : 2020년까지 2005년 대비 15%(1990년 대비 8%) 감축 • 2009.09(하토야마 총리) : 2020년까지 2005년 대비 30%(1990년 대비 25%) 감축
EU	• 2020년까지 1990년 대비 20% 감축(범세계 동참 시 30% 감축) - 국가별 감축량은 GDP를 고려하여 각국이 결정하도록 권고
영국	• 2008.11(기후변화법) : 1990년 대비 최소 26% 감축 • 2009.04(재무부) : 1990년 대비 34% 감축 • 2009.07(저탄소전환계획) : 1990년 대비 36% 감축
독일	• 2007 : 1990년 대비 40% 감축
스웨덴, 노르웨이	• 2009 : 1990년 대비 40% 감축
미국	• 2009.06(Waxman-Markey법안) : 2020년까지 2005년 대비 17% 감축(1990년 대비 4%) • 2009.09(Kerry-Boxer법안) : 2020년까지 2005년 대비 20% 감축
호주	• 2020년까지 2005년 대비 5-15% 감축(범세계 동참 시 25% 감축)
캐나다	• 2020년까지 2006년 대비 20% 감축
인도네시아	• BAU 대비 26% 감축(선진국 지원 시 40% 감축)
브라질	• 현재 수준 대비 20~40% 감축 발표 예정(09년 12월 코펜하겐 회의 이전)
중국	• 2009.09(후진타오) : 2020년까지 2005년 대비 원단위(GDP Intensity)를 현저한 수준으로 감축(UN 정상회의 발표)
러시아	• 2009.06(메드베데프) : 2020년까지 1990년 대비 5~15% 감축
대만	• 2008.06(지속에너지정책강령) : 2025년까지 2000년 수준 복귀

자료 : 녹색성장위원회, 국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표의 설정방안, 2009. 11. 5

3) 해외 주요 항만의 감축목표

해외 주요 항만에서도 항만 내에서 발생하는 이산화탄소 배출량 감축을 위한 다양한 정책을 추진 중에 있다. 조사 결과 항만의 이산화탄소 배출총량 기준으로 감축목표를 설정하여 추진하는 항만과 부문별로 감축 목표를 설정하여 추진하는 항만으로 구분된다. 뉴욕·뉴저지항, 로테르담항의 경우에는 총량 기준 감축 목표를 설정하였으며, 그 외 미국 주요 항만은 부문별로 감축목표를 구체적으로 설정하여 추진 중에 있다. 그러나 항만은 물동량의 증감에 따라 온실가스 배출량 또한 변동이 크기 때문에 특정 연도의 물동량을 기준으로 산정된 배출량 대비 감축목표를 설정하는 것은 항만물동량의 변화를 반영하지 못해 적절하지 않은 것으로 판단된다.

| 표 5-3 | 해외 주요 항만의 감축목표

항만	감축목표
뉴욕·뉴저지항	• 2050년까지 매년 미립자, Nox, SOx는 3%, CO₂는 5%씩 감축하여 2006년 수준의 80% 감축
로테르담항	• 2025년까지 1990년도 대비 50% 수준으로 감축 • 2011년까지는 2007년 대비 35% 수준으로 감축
시애틀·타코마·벤쿠버항 등	• 2010년까지 정박 중인 선박은 80%, 하역장비는 30% 감축
LA/LB	• 2007~2011년 기간 동안 항해선박, 중장비차량, 하역장비 등에 대한 대기오염물질 방출 제한 - 항해선박 : 운항속도 제한(20마일 이내 12노트 → 40마일로 확대 예정), 저유황연료사용 의무화(2010년 이후 유황함유량 0.1% 이상 선박 사용 금지) - 정박선박 : 유류연료 사용금지(AMP 사용) - 하역장비 : 배출가스 저감 엔진 구입 의무화(2007년 이후) - 중장비차량 : 2012년까지 16,000대 교체, 육상 미립자 배출 기준을 2007년 기준으로 충족 의무화
일본	• 장기체류 선박 배출가스 삭감 • 육상전력공급장치(AMP) 사용 • 에코드라이빙 도입으로 RTG 기기당 월 5,000ℓ 절감

자료 : 한국해양수산개발원 조사

4) 항만분야 이산화탄소 감축목표 설정 및 감축량 산정

(1) 항만분야 이산화탄소 중기 감축목표 설정

항만분야의 이산화탄소 감축목표를 설정하는 방법은 크게 두 가지가 있다. 첫 번째는 우리나라 온실가스 감축목표를 설정한 방법론⁴⁵⁾과 동일한 절차를 거쳐 항만분야의 감축목표를 설정하는 방법이며, 두 번째는 우리나라의 감축목표와 동일하게 항만분야의 감축목표를 설정하는 방법이다. 검토 결과 첫 번째 방법을 사용하는 것은 항만분야 고유의 감축목표를 설정할 수는 있으나 국가의 중기 목표와 배치될 수 있으며, 향후 감축 전략을 수립함에 있어서도 여러 가지 어려움이 있을 수 있어 본 연구에서는 정책 수립의 일관성 유지를 위해 우리나라의 중기 감축목표를 적용하는 것으로 하였다. 시나리오 1은 2020년 BAU 대비 21% 감축, 시나리오 2는 2020년 BAU 대비 27% 감축, 시나리오 3은 2020년 BAU 대비 30% 감축을 목표로 하는 것이다. 이 중 시나리오 3을 최종 감축목표로 설정하였다.

표 5-4 | 항만분야 이산화탄소 감축목표지 설정

구분	시나리오	감축목표(2020년 기준)
항만분야 감축목표	시나리오 1	• 2020년 BAU 대비 21% 감축
	시나리오 2	• 2020년 BAU 대비 27% 감축
	시나리오 3	• 2020년 BAU 대비 30% 감축

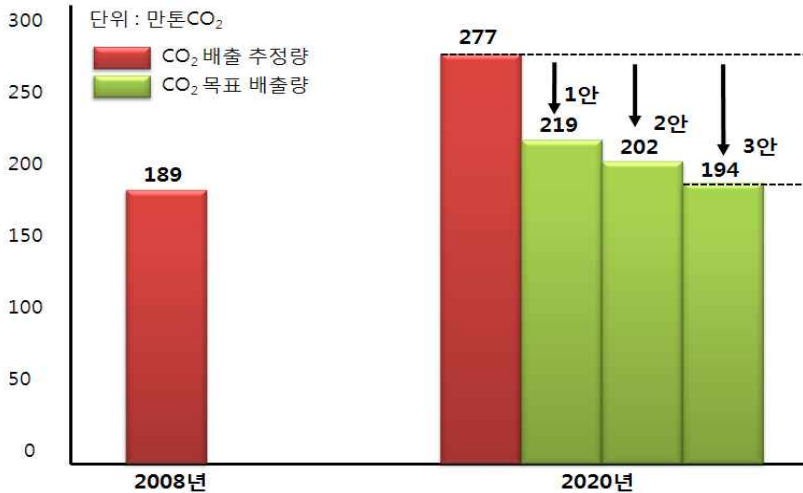
45) 우리나라의 온실가스 감축목표는 장래 온실가스 배출량(BAU)을 전망 → 감축 수단별로 상향식 모델인 마칼(MARKAL) 모형을 활용하여 감축 잠재량을 분석 → 온실가스 감축 수준별로 거시경제에 미치는 영향(GDP, 소비 등) 분석 → 감축목표 시나리오 설정 등의 과정을 통해 설정되었다.

(2) 항만분야 이산화탄소 중기 감축량 산정

2020년 배출량 전망치에 시나리오별 감축목표치를 적용하여 각 시나리오별 감축량을 산정하면 다음과 같다. 시나리오 1은 58만 1,284 톤CO₂, 시나리오 2는 74만 7,366 톤CO₂, 시나리오 3은 83만 406 톤CO₂가 감축되어야 하는 것으로 산정되었다.

| 표 5-5 | 2020년 항만분야 CO₂ 감축량 산정결과

구분	시나리오 1 (2020년 BAU 대비 21% 감축)	시나리오 2 (2020년 BAU 대비 27% 감축)	시나리오 3 (2020년 BAU 대비 30% 감축)
2020년 배출 추정량(톤CO ₂)(A)	2,768,021(100%)		
2020년 배출 목표량(톤CO ₂)(B)	2,186,737(-21%)	2,020,656(-27%)	1,937,615(-30%)
2020년 목표 감축량(톤CO ₂)(A-B)	581,284	747,366	830,406



| 그림 5-1 | 2020년 항만분야 이산화탄소 배출 전망과 감축 시나리오

2. 부문별 이산화탄소 배출 저감대안 설정

1) 부문별 저감대안

본 절에서는 단계별로 설정된 저감목표치를 달성하기 위한 대안을 정리하였다. 국내외 사례를 참고하여 부문별로 실행 가능한 모든 대안을 정리하면 다음과 같다.

| 표 5-6 | 항만 부문별 CO₂ 배출 저감대안

구분		저감대안
선박 부문	항계내 선박 항해	• 항내 선박 청정 저유황 연료 이용 의무화 • 항내 선박(Harbour Craft) 엔진 개량 및 하이브리드 예선 도입 • 항내 입항선박 속도 저감(동참 선박에 대해 접안료 감면) ⁴⁶⁾
	선박 정박 (접안)	• 육상전력공급시설(AMP) 설치 • 항내 정박 시 청정연료 사용체제 전환
하역부문		• 하역장비 현대화 및 초저유황 연료사용 의무화 • 전기식 하역장비 교체 • 에코 드라이빙 도입
차량부문		• 하이브리드 야드 트랙터(Yard Tractor) 사용 • 노후트럭 교체 촉진 • 트럭의 공회전(Idleing Time) 최소화
기타		• 부두내 건물 및 장비 조명 교체 • 신재생에너지 개발을 통한 에너지 자급능력 향상

자료 : 한국해양수산개발원 조사

2) 적용 가능 대안 선정

전 세계적으로 다양하게 적용되고 있는 이산화탄소 저감대안 중 우리나라에 우선적으로 적용 가능한 대안을 선정하였다. 적용 가능 대안의

46) LB항은 20마일 이내의 선박에 대해 12노트 이하로 설정하고, 동참선박에 대해서는 Green Flag을 부여하며 접안료를 감면하고 있음. 2007년 말 기준 93%의 선박이 참여함(김형태, “해양물류 동향과 전망”, 2009. 2).

선정 기준은 배출 비중, 정책 추진의 용이성, 예산 소요 비용, 정책의 실현 가능성 등 4개 요소를 기준으로 하였다.

| 표 5-7 | 우리나라 항만에 적용 가능한 대안 선정 기준

구분	저감대안
배출 비중	• 부문별 이산화탄소 배출량 비중 - 가장 많은 양을 배출하는 부문 우선 추진
정책 추진의 용이성	• 현재 추진 중에 있거나 또는 정책 추진이 용이하여 단기간에 실행할 수 있는지에 대한 여부
소요 비용	• 비용이 저렴하여 신속하게 추진이 가능한지 여부
정책 실현 가능성	• 항만관리 당국에서 정책을 추진하여 실현할 수 있는 가능성 여부

이상의 선정 기준으로 세부 대안을 검토하여 선정한 결과는 다음과 같다.

| 표 5-8 | 항만부문의 저감대안 선정

구분		저감대안	대안선정				
			배출 비중	정책 용이	소요 비용	실현 가능	종합
선박 부문	선박 항해	• 청정 저유황 연료 사용 의무화	58.6%	☁	☁	☀	
		• 선박 연료 소모량 감소 장비		☁	☀	☁	
		• 엔진 개량 및 하이브리드 도입		☁	☀	☀	
		• 항내 선박 속도 감소		☀	☀	☀	√
	선박 정박	• AMP 설치(육상, 입항선박 등)		☀	☀	☀	√
하역 부문	• 초저유황 연료사용 의무화 • 하역장비 개조 및 교체(전기식) • 에코 드라이빙 도입		21.5%	☁	☁	☀	
				☀	☀	☀	√
				☀	☀	☀	√
차량 부문	• 하이브리드 야드 트랙터 사용 • 노후트럭 교체 촉진 • 트럭 공회전(Idling Time) 최소화 • 에코 드라이빙 도입		19.9%	☀	☀	☀	√
				☀	☀	☀	
				-	-	-	
				☀	☀	☀	√
기타	• 시스템 정비 • 신재생에너지 활용		-	☀	☀	☀	√
				☁	☀	☁	

3. 저감효과 분석

1) 선행연구

항만부분의 온실가스 저감에 따른 효과를 분석하기 위해서는 저감 목표치를 달성하기 위해 필요한 저탄소 항만 구축요소를 살펴보아야 한다. 2008년 국토해양부가 보고한 「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」에 따르면 저탄소 항만 구축요소는 크게 6개 분야 44개 세부항목으로 구성된다.

(1) 하드웨어 부분

하드웨어 부분은 선박, 하역장비, 통제시설, 트럭, 건물, 신재생에너지, CO₂ 흡수시설 등과 관련 25개 세부항목으로 구성되며, 각 세부항목별 CO₂ 절감효과는 다음과 같다.

표 5-9 | 하드웨어 부분 온실가스 저감 구축요소

항목	내용	CO ₂ 절감효과	근거
선박	고효율형 선체구조 개선	2%~15%	저항 감소
	고효율형 엔진 탑재	15%	하이브리드형 고려
	CO ₂ 포집 및 해수 내 저장	-	
	Sailing Kite 탑재	10%~30%	
	AMP(육상전력) 사용	30%~44%	사용량에 의거
하역 장비	고효율 엔진 교체	35% 이상	하이브리드형 고려
	T/C의 전력화	55% 이하	에너지 개선
	Y/T의 전력화	73% 이하	에너지 개선
	Double Stacking Y/T	30% 이하	
	Multi-트레일러형 Y/T	30% 이하	
	장비의 구조개선으로 인한 에너지 사용감소	5%~30%	장비 무게감소
	캐패시턴스 사용으로 회생전력 이용	5%~40%	위치에너지 이용
통제 시설	무정차 게이트 시스템	-	게이트 대기시간
	게이트 장치장 연계시스템	-	

| 표 5-9 | 하드웨어 부분 온실가스 저감 구축요소(표 계속)

항목	내용	CO ₂ 절감효과	근거
트럭	고효율형 엔진 탑재	20% ~ 40%	하이브리드형 엔진
	저중량형 샤시 탑재	2% ~ 5%	중량감소 비율에 비례
건물	LED 조명 교체	50% ~ 80%	
	열순환 및 단열구조형 건물 설계	-	
신재생 에너지	항만내 풍력시설	-	설치장소 제한적
	항만내 건물 측면 및 옥상의 태양광 발전시설	-	설치면적 고려
	항만내 주차시설 상부의 태양광 발전시설	-	설치면적 고려
	항만 안벽의 해수온도차를 이용한 냉난방시설	-	냉방에 적합
	선박의 표면 해수온도차를 이용한 발전시설	-	수심 및 계절 고려
	안벽과 선박사이의 압력변화에 의한 발전 시설	-	
CO ₂ 흡수시설	항만내 녹지공간 조성	-	녹지공간 면적에 비례

자료 : 국토해양부, 「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」, 2008. 12. p. 78

(2) 소프트웨어 부분

소프트웨어 부분은 하역작업과 선박의 속도 제어프로그램과 같이 설비를 구축하기보다 항만과 선박의 운영을 제어하는 프로그램 개선을 통한 저탄소 항만 구축요소로서, 작업 계획과 선박 운항속도 제어프로그램 등이 있다.

| 표 5-10 | 소프트웨어 부분 온실가스 저감 구축요소

항목	내용	CO ₂ 절감효과	근거
작업 플래닝	선박 작업 듀얼사이클	25% 이내	양적하 동시작업
	Non re-handling 계획	5% 이내	알고리즘 개선
	Y/T 폴링 시스템	5% 이내	알고리즘 개선
	Tandem 플래닝	15% 이내	알고리즘 개선
	Y/T 듀얼 사이클	20% 이내	알고리즘 개선
선박	최적속도 제어프로그램	10% 이상	최적속도 구현

자료 : 국토해양부, 「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」, 2008. 12. p. 79

(3) 네트워크 부분

네트워크 부분은 운송시스템 간의 네트워크 연계를 통한 저탄소 항만 구축으로 운송방식을 철도와 트럭으로 전환하는 모달쉬프트와 연안운송의 세부항목으로 구성된다.

표 5-11 | 네트워크 부분 온실가스 저감 구축요소

항목	내용	CO ₂ 절감효과	근거
시스템	Modal Shift(철도, 트럭 등)	80%	일본사례
	연안운송	25%	

자료 : 국토해양부, 「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」, 2008. 12. p. 80

(4) 시스템 부분

시스템 부분은 실시간 통계시스템과 온실가스 배출량 공시시스템 구축을 통한 저탄소 항만 구축을 목표로 하며 CO₂ 절감에 간접적으로 영향을 주는 부분이다. 시스템 부분 구축을 통한 CO₂ 절감 효과는 실시간 통계시스템 구축으로 인해 5% 이내, 온실가스 배출량 공시시스템 구축으로 5% 이상 발생할 것으로 예상된다.

(5) 법규 및 규제 부분

「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」에서는 Eco-Driver 인센티브, 항만별 최대 에너지 사용 규제화, CO₂ 발생 총량제도, CO₂ 거래제도, 항만별 CO₂ 등급제 등 에너지합리화법과 관련된 부분과 Euro 5 배출규제⁴⁷⁾ 등 대기환경보전법 관련 부분으로 법규 및 규제 부분에서의 CO₂ 절감효과를 고

47) European Emission Standards로 유럽연합 소속 국가 내에서 판매되는 신차에 대한 배출가스 규제로 유럽연합 Directive 70/220/EEC를 근거로 하는 제도임. 1993년 Euro 1을 시작으로 2008년 9월 Euro 5가 설정되었으며, 2014년에는 Euro 6가 설정될 예정임(2007/715/EC).

려하고 있다. 각 세부항목별 CO₂ 절감효과는 Eco-Driver 인센티브가 3% 이내, Euro 5 배출규제가 30% 이상의 효과를 가질 것으로 예상하고 있으며, 나머지 제도에서는 CO₂ 절감효과가 발생하지 않는 것으로 판단하고 있다.

(6) 인력교육 및 훈련 부분

저탄소 항만을 구축하기 위해서는 항만산업에 종사하고 있는 인력에 대한 교육 및 훈련이 중요하다. 이에 「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」에서는 효율적인 에너지 사용 및 관리교육, 환경보존 및 관리교육, 장비 운전 패턴 훈련 등을 제안하고 있으며, 이러한 교육의 효과로 CO₂가 각각 3% 이내, 1% 이내, 10% 정도를 절감할 수 있다고 예상하고 있다.

2) 분석의 범위 및 방법

본 연구에서는 선박, 하역, 차량 및 시스템 정비 등 4개 분야에 대한 저탄소 설비 구축으로 인한 CO₂ 저감효과를 분석하고자 한다.

(1) 선박

선박에서 배출되는 CO₂를 감축하기 위한 장비로는 육상전력(AMP)의 사용과 선박 자체적으로 항계 내에서 감속하는 방안을 모색할 수 있다.

우선 육상전력(AMP)은 선박이 항만에서 선박에 장치되어 있는 보조발전기를 사용하기보다, 육상에서 공급하는 전력에 의해 선박에 필요한 전기를 공급하는 것을 말한다. 우리나라에는 현재 부산신선대컨테이너터미널, 부산항 신항 2-2, 인천 ICT, 광양 3-1 등 4곳에 설치되어 있다. 이들 부두에 육상전력을 설치한 비용은 부산 신선대가 1억 4,449만 원, 부산항 신항 2-2가 1억 1,097만 원, 인천 ICT가 1억 1,328만 원, 광양 3-1이 1억 2,908만 원으로 평균 선석당 1억 2,446만 원이 소요되었다. 육상전력을 통해 선박에 전력을 공

급할 경우 발생하는 CO₂ 절감 효과는 정박하는 동안 선박에서 발생하는 CO₂ 량의 49.1%에 이른다.⁴⁸⁾

한편 선박이 육상으로부터 전원을 공급받기 위해서는 전원설비를 선박 내에 장착해야 하는데, 아직까지 우리나라 국적선에 설치된 경우는 없다. 하지만, 2006년 미국의 LA/LB 항만청은 China Shipping Terminal에 기항하는 선박 15척에 대해 선박용 AMP 설치를 지원하였는데, 이 때 선박 1척 당 AMP 설치비용은 32만 달러(1달러 당 1,150원 적용 시 3억 6,800만 원)에 이른다. 그러나 국내 조선사는 선박용 AMP 설치비용이 선종, 선박 규모 등에 따라 상이하나 평균적으로 척당 20억 원 정도 소요될 것으로 판단하고 있다.

예선의 경우에는 건조 시 육상전력을 사용할 수 있는 AMP 시설을 장착하고 있기 때문에 별도로 선박용 AMP를 장착할 필요는 없다. 그러나 우리나라의 예선이 노후된 경우가 있기 때문에 극히 일부 예선에서는 정박 중에 보조발전기를 이용하여 정박에 필요한 전원을 자체적으로 공급하고 있다.

한편 CO₂를 감축하기 위한 선박 자체의 노력은 항계 내에서 운항속도를 감속하는 방법이 있다. 덴마크 선사인 머스크사가 지난 2007년과 2008년에 자사선 110척에 대해 선속 감속 프로그램을 실시한 결과 선속을 50% 감속할 경우 연료비는 10%, CO₂ 배출량은 30% 정도 감소하는 것으로 발표하고 있다.⁴⁹⁾

이상에서 언급하고 있는 육상전력 사용과 항계내 감속을 이용하여 항만에서 발생하는 선박의 CO₂ 저감량을 산정하는 방법을 정리하면 다음과 같다.

48) 국토해양부, 「대형 선박 육상 전원 공급 설비 타당성 조사 및 기본 계획 용역 보고서」, 2009.

49) “컨테이너선 감속으로 1척 4조”, 「한국해운신문」, 2009. 11. 26.

| 표 5-12 | 선박분야의 CO₂ 저감효과 분석

분석 범위	분석방법
① 육상전력(AMP)	○ 항계 내 선박의 항해 vs 접안 비율 - 항해 : 접안 = 0.347 : 0.663 ○ 접안시 CO₂배출량 = 선박의 항계내 CO₂배출량 × 접안 비율 ○ 접안시 CO₂배출량 × AMP 사용에 따른 저감비율(49.1%)
② 항계내 감속	○ 머스크사의 경우 선속을 50% 감속할 경우 CO₂배출량은 30% 절감된다고 하나, 이는 항해 시와 정박 시를 모두 포함하고 있기 때문에 본 연구에서는 항계내 감속으로 인한 CO₂배출량 저감율은 15% 수준으로 산정함 ○ 항계 내 선박의 항해 vs 접안 비율 - 항해 : 접안 = 0.347 : 0.663 ○ 항해시 CO₂배출량 = 선박의 항계내 CO₂배출량 × 항해 비율 ○ 선박 항해시 CO₂발생량 × 15%

(2) 하역

하역 분야에서의 CO₂ 저감방안은 트랜스퍼크레인(T/C)의 전력 사용과 야드트렉터(Y/T)의 공회전방지장치를 설치하는 방안을 고려하였다.

e-RTGC는 트랜스퍼크레인(T/C)의 에너지 공급 체계를 유류에서 전기로 전환한 것으로, 전환비용은 대당 3억 6,000만 원 정도 소요되며, 이에 따른 CO₂ 저감율은 배출량의 38.9% 수준인 것으로 나타나고 있다.⁵⁰⁾

한편 공회전방지장치는 차량의 엔진이 일정시간 공회전 되면 자동으로 엔진이 정지되고 출발 클러치를 밟으면 시동이 다시 켜지는 장치로, 현재 서울시에서는 시내버스 950대와 관용차량 50대에 시범적으로 설치 운영하고 있다. 화물트럭용 공회전방지장치의 설치비용은 트럭 1대 당 90만 원 정도이며, 이에 따른 CO₂ 저감율은 배출량의 25% 수준인 것으로 나타나고 있다.⁵¹⁾

50) 김우선 · 최상희 · 하태영, 「컨테이너터미널 에너지비용 절감방안 연구」, 2007. 12. p. 66.

51) 서울시 대기관리담당관 및 (주)세이브어스 담당자 인터뷰.

| 표 5-13 | 하역분야의 CO₂ 저감효과 분석

분석 범위	분석방법
① e-RTGC ⁵²⁾	○ 하역시 장비별 CO₂배출 비율 - C/C : T/C : Y/T = 0.1396 : 0.6619 : 0.1985 ○ T/C의 CO₂배출량 × 38.9% ※ C/C의 경우 기존에 전력을 사용하고 있기 때문에 CO₂ 저감량 산정에서 제외함
② 공회전방지장치	○ 하역시 장비별 CO₂배출 비율 - C/C : T/C : Y/T = 0.1396 : 0.6619 : 0.1985 ○ Y/T의 CO₂배출량 × 25%

(3) 차량

배후단지 이동을 포함한 차량분야의 CO₂ 저감방안은 전술한 공회전방지장치를 설치하는 것과 같다.

(4) 시스템 정비

시스템 정비 분야에서의 CO₂ 저감방안은 앞서 설명한 선박, 하역 및 차량 부분의 CO₂ 저감방안과는 달리 운영시스템 구축과 항만인력에 대한 현장 교육 등에 의한다. 본 연구에서 고려하는 시스템 정비 방안은 항만인력에 대한 CO₂ 저감 교육과 훈련, 실시간 통계시스템 구축을 통한 항만내 운송장비, 하역장비, 선박운항 등에 대한 효율성 제고, 온실가스 배출량 공시시스템 구축을 통한 CO₂ 저감 강제화 등이 있다.

「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」(2008)에 의하면, 이들 시스템 정비로 인한 CO₂ 저감효과는 각각 CO₂ 배출량의 5% 수준이나, 장비를 설치하여 CO₂를 저감하는 것과는 달리 인력의 노력에 의해 CO₂를 저감하는 것이기

52) 전기식과 디젤 중 어느 에너지가 더 효율적인지에 대한 논란은 끊임없이 제기되고 있으나, 항만의 대기오염, 대량생산을 통한 효율성 제고 측면을 감안하여 전기식으로 전환하는 것이 가장 타당할 것으로 판단되어 전기식 하역장비를 제안함.

때문에 매우 유동적일 것으로 판단하여 3개 방안 모두를 합해 CO₂ 저감효과는 5% 발생할 것으로 전제하기로 한다.

| 표 5-14 | 시스템 정비의 CO₂ 저감효과 분석

분석 범위	분석방법
1. 항만인력 교육 및 훈련 2. 실시간 통계시스템 구축 3. 온실가스 배출량 공시시스템 구축	○ 연도별 CO ₂ 배출 총량 × 5%

3) 분석 결과

전술한 4개 분야에 대하여 저감방안을 실시할 경우 CO₂ 저감량은 2010년 67만 3,658 톤CO₂로 2010년 발생하는 CO₂ 배출량의 33.4%를 차지할 것으로 전망된다. 아울러 2020년 항만분야에서의 CO₂ 저감량은 93만 4,171 톤CO₂로 전망된다.

| 표 5-15 | CO₂ 감축 가능량 분석 결과

년도	배출 추정량(A)	하역부문 감축 가능량	선박부문 감축 가능량	차량부문 감축 가능량	시스템 정비부문 감축 가능량	감축 가능량 합계(B)
2005	1,589,228	154,752	164,068	133,115	79,461	531,396
2006	1,681,351	163,070	173,407	141,374	84,068	561,919
2007	1,780,063	171,920	183,444	150,238	89,003	594,605
2008	1,886,196	181,343	194,235	159,830	94,310	629,718
2009	1,948,692	188,147	200,769	164,844	97,435	651,194
2010	2,014,038	195,259	207,578	170,119	100,702	673,658
2011	2,092,986	202,696	214,676	178,320	104,649	700,341
2012	2,164,757	210,473	222,078	184,230	108,238	725,019
2013	2,239,551	218,609	229,798	190,374	111,978	750,759
2014	2,317,514	227,120	237,852	196,763	115,876	777,611
2015	2,398,798	236,027	246,256	203,409	119,940	805,632
2016	2,467,098	243,914	253,854	208,246	123,355	829,369
2017	2,538,046	252,137	261,751	213,257	126,902	854,047
2018	2,611,762	260,712	269,958	218,451	130,588	879,709
2019	2,688,375	269,656	278,490	223,836	134,419	906,401
2020	2,768,021	278,987	287,362	229,421	138,401	934,171

한편 연도별 CO₂ 배출추정량에서 CO₂ 감축량을 뺀 향후 연도별로 항만 분야에서 배출되는 CO₂량은 2010년 134만 톤CO₂이며, 2020년에는 183만 톤 CO₂로 전망된다. 아울러 우리나라의 CO₂ 감축목표량이 2020년 배출가능량의 30%인 점을 감안하면 항만분야에서의 CO₂ 배출목표량은 193만 7,615 톤CO₂로 산정된다. 따라서 2010년부터 시작하여 2012년까지 단계별 온실가스 저감 방안을 실행할 경우 2013년부터는 배출추정량에서 감축가능량을 뺀 배출가능량이 2020년의 배출목표량보다 적어진다. 이 경우 2012년 이후 항만 분야에서는 탄소거래제를 통해 절감한 탄소배출량을 판매할 수 있을 것으로 판단된다.

| 표 5-16 | CO₂ 감축목표량 대비 배출량

년도	배출추정량 (A)	감축가능량 합계 (B)	배출가능량 (A-B)	탄소배출권 판매수익(달러)
2005	1,589,228			
2006	1,681,351			
2007	1,780,063			
2008	1,886,196			
2009	1,948,692			
2010	2,014,038			
2011	2,092,986			
2012	2,164,757			
2013	2,239,551	750,759	1,488,793	10,885,999
2014	2,317,514	777,611	1,539,903	11,275,362
2015	2,398,798	805,632	1,593,166	11,681,659
2016	2,467,098	829,369	1,637,729	12,025,854
2017	2,538,046	854,047	1,683,998	12,383,684
2018	2,611,762	879,709	1,732,053	12,755,782
2019	2,688,375	906,401	1,781,974	13,142,816
2020	2,768,021	934,171	1,833,850	1,504,591

주 : 1) 탄소배출권 거래비용(2013~2019년) = 감축가능량 × 14.5달러

2) 탄소배출권 거래비용(2020년) = (감축목표량 - 배출가능량) × 14.5달러

따라서 2009년 2월 기준으로 유럽연합의 탄소배출권이 1톤CO₂ 당 11.29 유로(약 14.5달러)로 거래되는 것을 감안하면, 우리나라는 탄소거래를 통해

2013년부터 2020년까지 총 8,565만 달러(985억 410만 원)의 수익이 발생하게 된다.

그러나 감축방안을 도입하지 않고 감축 노력을 하지 않을 경우에는 2020년에 배출추정량이 감축목표량에 비해 830,406 톤CO₂가 많아 이를 탄소 거래제를 통해 탄소배출권을 구입해야 하며, 이 때 소요되는 비용은 1,204만 893달러로 138억 4,703만 원이 소요될 것으로 추정된다.

4) 감축비용

앞서 선정한 CO₂ 배출량을 감축하기 위한 방안 도입에 소요되는 비용은 총 5,208억 5,454만 원으로 산정된다(<표 5-17>참조).

육상전력을 도입하기 위해 BBCHP(국적취득조건부 나용선)을 포함한 우리나라의 국적선은 2008년 기준으로 816척으로, 선박용 AMP 1기당 단가 3억 6,800만 원을 고려하면 선박에 대한 AMP 설치비용은 3,003억 원이 소요된다. 그러나 BBCHP를 제외하고 순수 국적선만(2008년 기준 592척)을 고려할 때에는 2,179억 원이 소요된다.

한편 우리나라 28개 무역항에 있는 744개의 선석에 대해 육상 부문 AMP를 모두 설치한다고 가정하여 육상전력 설치비용 선석당 1억 2,446만 원을 곱하면 926억 원이 소요될 것으로 산정된다. 따라서 선박 부문에서 발생하는 CO₂ 배출량을 감축하기 위해 3,929억 원(BBCHP 제외시 3,105억 원)이 소요될 것이다.

하역부문에서 발생하는 CO₂ 배출량을 감축하기 위한 e-RTGC(전력화)의 도입은 우리나라 무역항에 설치되어 있는 트랜스테이너와 육상크레인(고정식)에 대한 e-RTGC 전환비용으로 산정할 수 있는데, 2008년 현재 우리나라의 10대 무역항에는 총 131대의 트랜스테이너와 196대의 육상크레인(고정식)이 설치되어 있어 이들 장비에 대한 전력화 비용은 총 1,177억 2,000만 원이

소요된다.

전국 10대 무역항에 있는 트랙터 1,617대와 항만에 등록되어 있는 운송 차량 대수 9,770대를 고려한 공회전방지장치 설치비용은 102억 4,830만 원이 소요된다.

| 표 5-17 | CO₂ 감축 비용

구분		단위(대)	단가(만원)	투자비용(만원)
AMP	선박	816 (596)	36,800	30,028,800 (21,785,600)
	선석	744	12,446	9,259,824
전기식 장비	트랜스레이너	131	36,000	4,716,000
	육상크레인	196		7,056,000
공회전 방지시설	트랙터	1,617	90	145,530
	운송차량	9,770	90	879,300
합계				52,085,454 (43,842,254)

- 주 : 1) 선박용 AMP 설치비용 : 국적선대(BBCHP 포함) × 단가
 2) 육상전력 설치비용 : 전국 무역항의 총 선석 수 × 단가
 3) e-RTGC 설치비용 : 전국 무역항의 트랜스레이너 총 수 × 단가
 4) 공회전방지장치 설치비용 : 전국 항만별 등록 운송차량 × 단가
 5) 선박의 ()은 BBCHP를 제외한 순수 국적선에 대한 비용

5) 소결

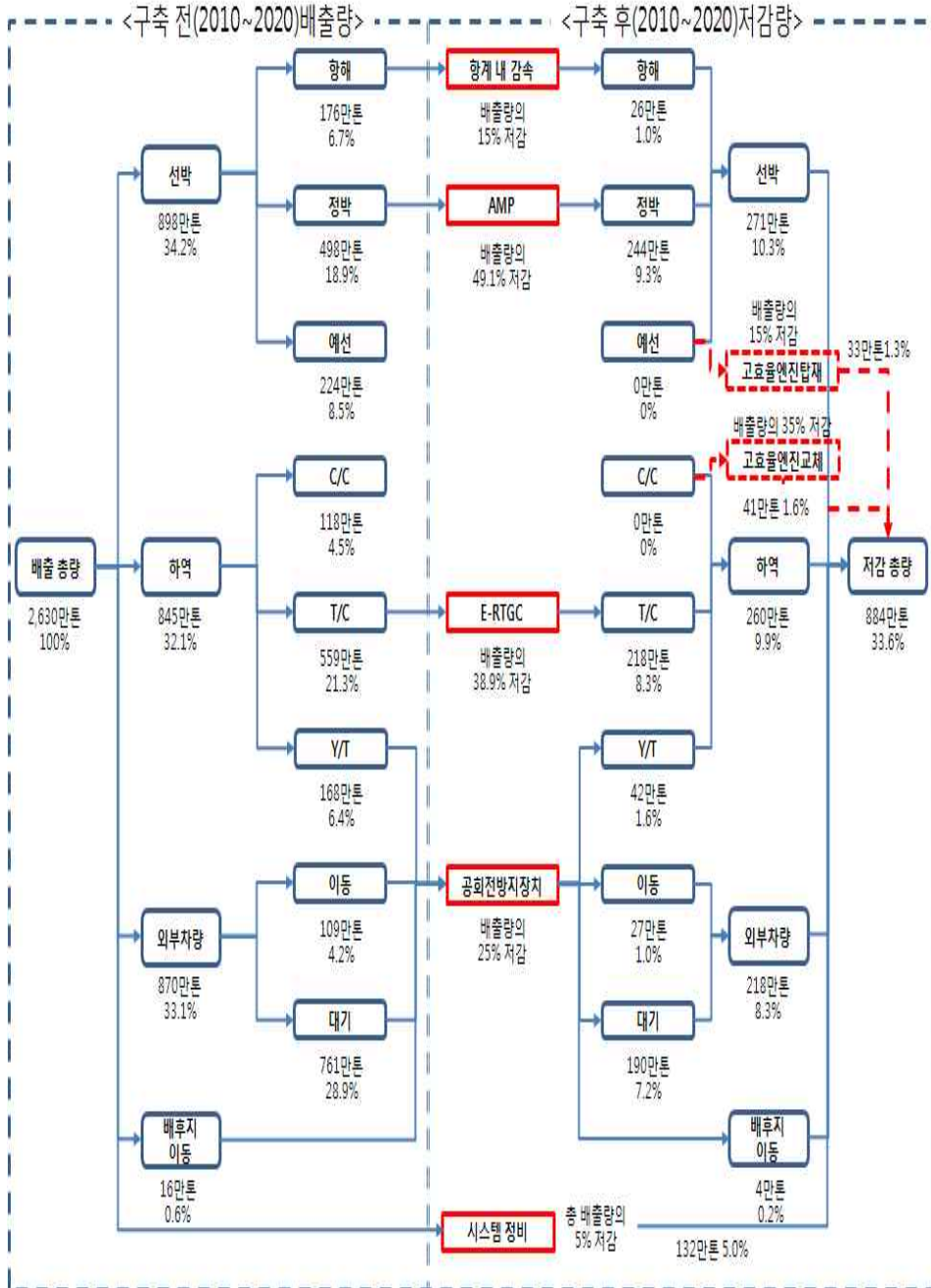
우리나라 항만에서 배출되는 CO₂ 배출량은 2008년 현재 188만 6,196톤 CO₂으로 산정되었다. 아울러 2010년부터 2020년까지 항만 분야에서 발생할 수 있는 총 CO₂ 배출누적량은 2,630만 톤CO₂으로 추정되었다.

이러한 CO₂ 배출량을 저감시키기 위해 비용이 저렴한 인력교육 및 훈련에서부터 CO₂ 감축방안을 2010년부터 실행하기 시작하여, 공회전방지장치 설치, e-RTGC(크레인의 전력화)로의 전환, AMP 설치 등을 우리나라가 탄소 배출 감축의무국으로의 편입이 확실시되고 있는 2013년 이전까지 단계적으

로 실시하게 된다면, 2013~2020년 동안 감축할 수 있는 총 CO₂ 감축량은 674만 톤CO₂으로 감축률은 33.6%에 달할 것으로 전망된다.

이로 인해 2013년부터는 항만분야에서 배출되는 CO₂ 배출가능량이 배출 목표치에 미달되기 때문에 이를 탄소거래제를 통해 판매한다고 하면 2013년부터 2020년까지 총 8,565만 달러(985억 410만 원)의 수익이 발생되나, 감축에 대한 노력이 없을 경우에는 2020년에 항만분야에서 배출되는 CO₂ 배출가능량이 감축목표량을 상회하여 탄소거래제를 통해 2020년 한 해에만 83만 톤CO₂를 구입해야 하며, 이에 소요되는 비용은 1,204만 893달러(138억 4,703만 원)가 전망된다.

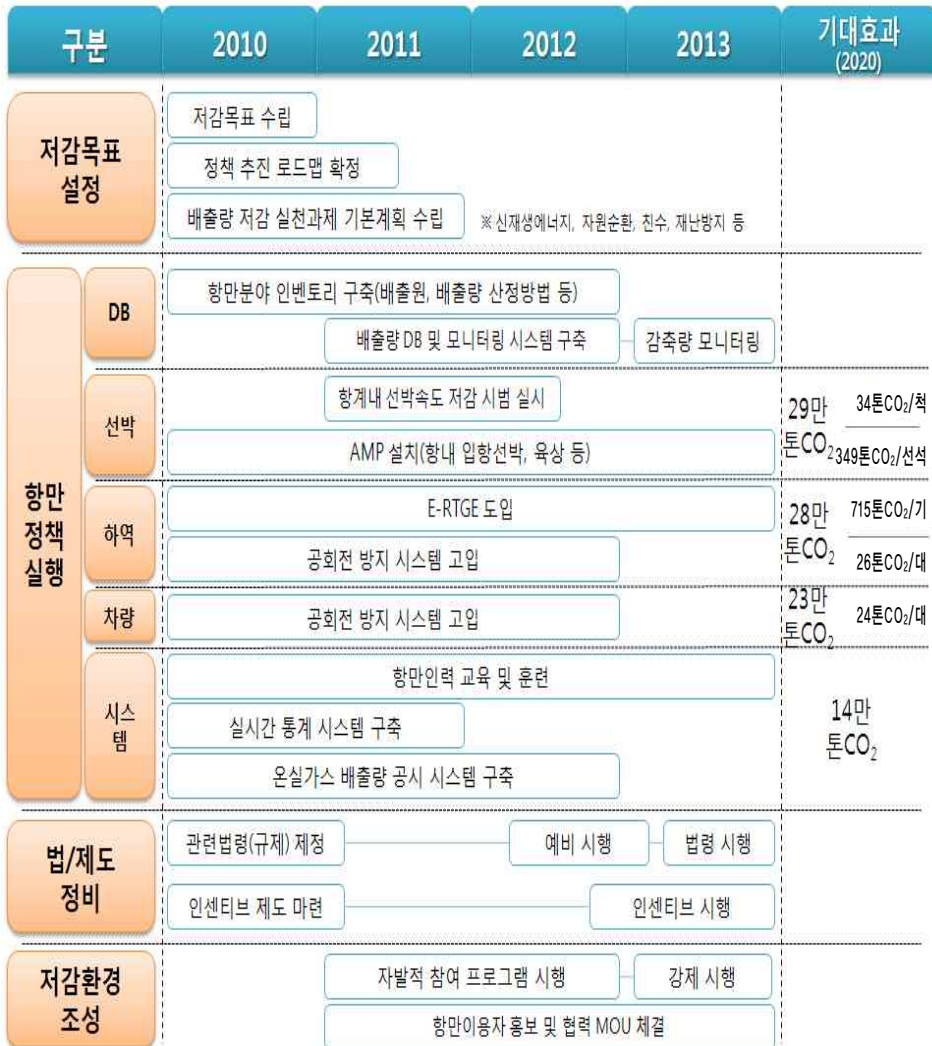
한편 CO₂ 배출량을 감축하기 위한 방안 도입에 소요되는 비용은 총 5,208억 5,454만 원으로 산정되어 수익 대비 비용이 현저히 높다. 따라서 단순하게는 온실가스배출량 저감을 위한 방안 도입이 경제성이 없어 보이나, 지구의 환경을 지키고 국민의 건강을 증진시키는 것으로 그 의미가 크기 때문에 단계적 접근을 통해 CO₂ 배출을 감축시키기 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다. 또한 비록 항만분야에서 CO₂ 저감방안 실행으로 인해 2020년 배출되는 이산화탄소량이 감축목표치에 미달한다 해도 항만분야에서 예선에 대한 고효율엔진 탑재나 C/C에서 사용하는 엔진을 고효율 엔진으로 교체하는 등의 방안도 고려하여 우리나라 항만분야에서 배출되는 CO₂량을 추가감축시키기 위해 노력을 경주해야 할 것이다.



[그림 5-2] 기능별 저감방안 도입전 · 후 탄소배출량 비교

4. 정책 로드맵

우리나라 항만의 이산화탄소 배출량, 저감목표량, 저감대안, 저감효과 등을 종합한 저탄소 항만 구축의 정책과제 로드맵은 다음과 같다.



| 그림 5-3 | 저탄소 항만 구축 정책 로드맵

제 6 장 결론 및 정책제언

1. 요약 및 결론

최근 기후변화는 전 세계 최대의 화두로서 특히, 2009년은 국제사회의 가장 광범위한 기후변화협약인 포스트 교토협약의 탄생 여부를 결정하는 해이다. 2009년 당사국총회에서는 교토의정서(1997년 채택)가 만료되는 2012년 이후의 의무감축량이 최종 결정된다. 이에 따라 우리나라 정부에서도 ‘기후변화협약 대응 종합대책’ 등을 마련하고 분야별로 대응방안 및 전략을 수립 중에 있다.

최근 EU를 중심으로 항공 및 해운에 대해서도 탄소배출량 규제에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다. 따라서 현재 항만분야는 국가별 탄소배출량 규제대상에는 제외되어 있으나, 향후 항공 및 해운에 대한 규제가 시작되면 항만에서도 배출량 규제가 이루어질 것으로 전망되고 있다. 이에 따라 항만분야에서도 온실가스 저감을 위해 항만 관리기관 및 국가 차원의 대책이 추진되고 있다. 그러나 우리나라에서는 수송 분야의 기후변화협약 대응방안이 대부분 도로 및 교통부문에 한정되어 수립되고 항만분야는 제외되거나 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 기후변화협약을 위한 항만 부문의 체계적인 대응전략 마련을 위해 항만 부문의 이산화탄소 산정방법을 제시하고, 이를 토대로 이산화탄소 배출량 및 저감량을 산정하였으며, 설정된 저감목표치를 달성할 수 있는 구체적 방안과 로드맵을 수립하였다. 본 보고서의 주요내용을 요약하면 다음과 같다.

1) 항만분야 이산화탄소 배출량 저감에 대한 논의 활발

전 세계적인 화두인 이산화탄소 저감에서 항만분야는 크게 부각되지 않았다. 그 이유는 항만분야는 해운과 밀접한 연관을 가지고 있으나, 해운 분야가 아직까지 국가의 이산화탄소 배출량 산정에 포함되지 않았기 때문이다. 그러나 최근 EU를 중심으로 해운, 항공 등에 대한 이산화탄소 배출량 규제가 강화되면서 항만분야에서도 이산화탄소 배출량 저감을 위한 정책 등이 추진되고 있다.

특히, 2008년에는 C40 도시 기후 리더십 그룹과 IAPH가 주관하여 ‘C40 World Ports Climate Change Conference(WPCC)’를 네덜란드에서 개최하고 세계 55개 항만에서 C40 WPCC 행동강령에 합의하였다. 또한 세계 주요 항만에서도 자체적으로 이산화탄소 저감을 위해 입항선박, 하역장비, 트럭 등을 대상으로 각종 제도와 규제를 적용하고 있다.

2) 기후변화협약에 적극 대응해야 할 시기

1992년 6월 브라질 리우에서 기후변화협약이 채택되고, 1997년 12월에는 선진국 37개국에 대해 2008년부터 2012년 사이 6가지 온실가스의 배출량을 1990년 배출 수준의 5%까지 감축할 것을 요구하는 교토의정서가 채택되었다. 그러나 우리나라는 교토의정서가 채택되던 1997년 금융위기에 따른 피해 등을 감안하여 의무감축국에서 제외되어 오늘에 이르렀다.

그 사이 의무감축국에 포함된 선진국은 온실가스 배출 감축목표량 설정, 배출권 거래시장 도입, 온실가스 배출 관련 세제 마련, 배출량 감축을 위한 각종 지원정책 등 실질적으로 온실가스 배출량을 줄이기 위한 방안을 마련하는 데 경주하여 왔다. 물론 우리나라도 교토의정서에 포함되지는 않았으나, 1998년 “기후변화협약 범정부대책기구”를 구성하면서부터, 기후변화협약 대응 1차 종합대책(1999), 기후변화협약 대응 2차 종합대책(2002),

기후변화협약 대응 3차 종합대책(2006), 기후변화대응 종합계획(2008) 등을 수립하고, 각 분야에 대한 기후변화협약 대응방안 등을 마련하면서 ‘저탄소 녹색성장’을 최대 국정과제로 삼아오고 있다.

한편 2007년 발리로드맵이 채택되면서 교토의정서의 1차 의무감축국에 포함되지 않는 국가를 대상으로 Post-2012에 대비한 논의가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 세계는 우리나라를 포함한 비의무감축국에 대해 2020년 BAU 대비 30% 감축을 요구하고 있어 Post-2012에 대응한 실질적인 감축 노력이 필요해졌다.

그러나 우리나라는 2009년 12월 29일 ‘저탄소 녹색성장 기본법안’이 국회를 통과하여 정부에 이송된 상태에 있으나, 이 법률조차 온실가스 배출 허용총량을 설정하지 않고 있으며, 배출권 거래제를 허용하고 있지만 할당 방법, 도입 시기, 운영방법 등은 결정되지 않아 Post-2012에 대비한 실질적인 대응방안 마련이 미흡한 상태이다. 따라서 Post-2012에 대응하기 위한 시간이 3년밖에 남지 않은 지금 우리나라는 기후변화협약과 Post-2012체제에 대비한 적극적이고 실질적인 온실가스 감축 노력을 위한 대안 마련과 그 실행을 서둘러야 할 것이다.

3) 우리나라 항만분야는 이산화탄소 저감을 위한 기반 여건 미흡

외국 항만의 경우, 항만에서 발생하는 온실가스 배출량을 감축하기 위해 선박배출가스 저감 전략, Marco Polo I 프로그램, Marco Polo II 프로그램, 수퍼 에코선박 건조, Modal Shift 추진, 선박에 대한 육상전력공급, 운항속도 감속 규제, 예인선에 대한 배출가스 삭감 의무화, 항만에서의 온실가스 배출 감축목표량 설정, 정박선박에 대한 청정저유황연료 의무 사용, 하역장비의 현대화, 노후 트럭의 교체 촉진, 선박의 엔진 개량 등 매우 구체적인 온실가스 저감을 위한 방안을 실행에 옮기고 있다.

그러나 우리나라는 1999년 ‘기후변화협약 대응 종합대책’, 2008년 ‘기후변화대응 종합계획’ 및 ‘기후변화대응 종합기본계획’은 물론 2008년 국토해양부가 ‘저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현’을 목적으로 세운 ‘국토해양분야 기후변화 대응 종합대책’에 이르기까지 항만분야의 온실가스 배출 저감을 위한 대응방안 수립은 미흡한 실정이다. 이 종합대책에서는 건축물, 교통, 국토·도시, 해양, 수자원 등 5개 분야에 걸쳐 세부실천과제를 설정하고 있으나, 항만분야와 직접적으로 연계되는 세부실천과제로는 저공해형 물류장비 보급 확대의 일환으로 추진 중인 LNG화물차로의 전환과 e-RTGC전환에 불과한 실정이다. 또한 국토해양부에서는 현재 GREEN Port 구축을 위한 기본계획 수립과제를 추진 중에 있으나 그 시기 또한 다른 주요 항만에 비해 매우 늦어 있는 것이 사실이다.

4) 우리나라 항만의 이산화탄소 배출량은 189만 톤CO₂

본 연구에서는 우리나라 항만의 이산화탄소 배출량 산정을 위해 항만의 물류기능을 선박, 하역, 차량, 배후단지로 구분하고, 부문별 산정방법과 이를 기준으로 한 원단위를 산정하였다. 또한 이산화탄소 배출계수 결정을 위해 IPCC 기준과 IMO 기준을 검토하였다. 최종적으로 국제적인 기준에 부합하기 위해 선박부문은 IMO 기준을, 그 외 부문은 IPCC 기준을 적용하였다. 이와 같은 기준을 토대로 산정된 2008년 우리나라 항만분야의 이산화탄소 배출량은 189만 톤CO₂인 것으로 추정되었다. 부문별 비중은 선박부문이 34.8%로 가장 높은 비중을 점유하는 것으로 산정되었으며, 그 다음으로 차량부문 33.9%, 하역부문 31.3%로 산정되었고, 항만배후단지 부문은 매우 미미한 것으로 나타났다.

5) 항만분야 이산화탄소 감축목표는 BAU 대비 30% 설정

항만물동량 증가를 감안한 2020년 기준 우리나라 항만분야 이산화탄소 배출 추정량은 276만 8,021 톤CO₂인 것으로 산정되었다. 한편 2020년 기준 이산화탄소 배출량 감축 시나리오는 정부정책의 일관성 유지를 위해 우리나라 전체의 시나리오별 감축목표를 준용하였다. 즉, 시나리오 1은 2020년 BAU 대비 21% 감축, 시나리오 2는 27% 감축, 시나리오 3은 30% 감축하는 것으로 적용하였다. 따라서 2020년 기준 우리나라 항만의 시나리오별 배출 목표량은 시나리오 1은 218만 6,737 톤CO₂, 시나리오 2는 202만 656 톤CO₂, 시나리오 3은 193만 7,615 톤CO₂인 것으로 산정되었다. 시나리오 3을 기준으로 할때 항만분야에서는 2020년 기준 83만 406 톤CO₂를 감축해야 하는 것으로 산정되었다.

6) 저감대안의 비용효과는 부정적이나 지속적 추진 필요

본 연구에서는 부문별 이산화탄소 배출 비중, 정책 추진의 용이성, 소요 비용, 정책 실현 가능성 등 4가지 측면을 고려하여 항만 분야의 이산화탄소 배출량 감축을 위한 저감대안을 선정하였다. 본 연구에서 제시하고 있는 감축 방안은 항계내 선박의 속도 저감, 육상전원공급장치 설치, e-RTGC 교체, 공회전방지시스템 장착, 항만인력 교육 및 훈련, 실시간 통계 시스템 구축, 온실가스 배출량 공시시스템 구축 등이다. 이러한 방안을 실행하였을 경우, 2020년 기준으로 항만에서 발생하는 온실가스 93만 4,171 톤CO₂가 저감될 것으로 산정되었다. 비용 효과 분석 결과 저감대안들을 실행하기 위해서는 총 5,208억 5,454만 원이 소요되는 것으로 산정되었으며, 이에 따른 효과(배출권거래 기준)는 985억 410만 원인 것으로 산정되었다. 즉, 집적적인 비용 대비 효과가 18.9%에 불과한 것으로 나타났다.

그러나 항만분야의 이산화탄소 배출 저감은 선택이 아닌 필수이기 때

문에 국민의 편익과 국제 사회에서 우리나라 및 항만의 경쟁력 제고를 위해서는 비용 효과와 상관없이 추진되어야 할 것이다. 이러한 추진을 위해서는 항만이용자에게 부담과 편익에 대한 공감대를 형성하는 홍보를 적극적으로 수행함은 물론 예선에 대한 고효율엔진 탑재 및 컨테이너 크레인에 대한 고효율엔진 탑재 등과 같은 실질적인 온실가스 저감방안을 이행해야 할 것이다.

7) 항만분야 이산화탄소 배출량 저감정책은 2013년 이전 완료

항만분야의 이산화탄소 배출량 저감정책은 Post-2012가 시작되는 2013년 이전까지 구축되어야 할 것이다. 물론 항만인력 교육 및 훈련, 실시간 통계시스템 구축, 온실가스 배출량 공시시스템 구축은 물론 국민에 대한 공감대 형성을 위한 홍보활동 등은 장기간에 걸쳐 수행되어야 할 대안이지만, 인벤토리 구축, DB 구축, 배출계수 확정, 법·제도, 규제 사항 등은 정부 주도의 추진이 가능하기 때문에 신속하게 추진되어야 한다. 이는 항만분야에서 발생하는 온실가스를 저감시키기 위한 실질적인 대안을 실행할 수 있도록 하는 기반을 마련하여 2020년에는 저감목표량을 달성할 수 있도록 해야 하기 때문이다.

2. 정책제언

본 연구에서는 상기 도출된 결론을 바탕으로 우리나라 저탄소 항만의 조기 구축과 정책의 실효성 제고를 위해 다음의 5가지 정책을 건의하고자 한다.

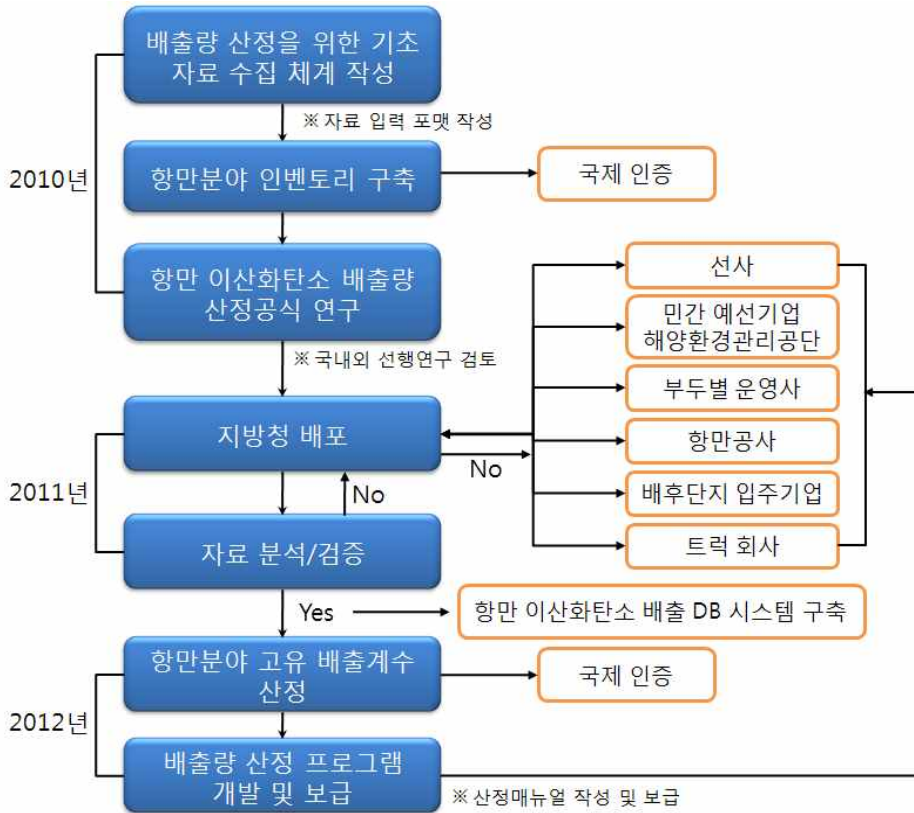
1) 이산화탄소 배출량 산정을 위한 3개년(2010~2012년) 조사 시행

항만분야에서 배출되는 이산화탄소량을 정확하게 산정하는 것은 GREEN Port 정책 추진에 있어 가장 우선적으로 수행해야 할 과제이다. 이는 모든 정책의 추진에 있어 근간이 되는 정확한 기준 정보가 필요하며, 이를 통해 정책 수립과 추진에 있어 잘못된 판단을 최소화하고 실효성을 제고할 수 있기 때문이다.

항만분야의 이산화탄소 배출량 산정을 위해서는 정확한 기초 자료 수집과 이를 기반으로 하는 항만 인벤토리(Inventory) 구축이 선행되어야 하지만, 현실에서는 오히려 가장 어려운 문제로 남아 있다. 그 이유는 항만분야의 부문별·작업별 세부 절차, 장비 현황, 작업시간, 연료 소모량, 연료 소모 시간, 배출계수, 기타 주요 변수 등에 대한 체계적인 자료 수집 및 분석이 현재까지 거의 이루어지지 않고 있기 때문이다. 또한 자료 수집 과정 자체에서도 항만이용자, 운영자, 관리자 등 조사 대상자의 필요성 인식 부족, 협조 부족 등으로 매우 어려운 실정이다. 아울러 2009년 현재 GREEN Port 구축을 위한 정책연구가 수행되고 있지만, 에너지자립, 신재생에너지, 자원순환, 친수 공간, 재난방지 등 여러 분야가 적은 예산으로 동시에 진행되고 있어 이산화탄소 배출량 산정을 위한 집중적이며 체계적인 연구는 수행되지 못하고 있다.

따라서 2010년부터는 항만분야 이산화탄소 배출량 산정을 위한 기초자료 조사 및 인벤토리 구축을 집중적으로 시행하고, 분석 및 검증을 통해 최종적으로는 우리나라 고유의 배출계수를 만들 수 있도록 해야 할 것이다. 이러한 과정을 통해 도출된 결과는 향후 매뉴얼화를 통해 지방항만청, 항만이용자 및 관리자들이 자체적으로 배출량을 관리하고, 모니터링하는 것을 가능하게 할 것이다. 이 연구는 최소 10억 이상의 예산과 3년 이상의 준비를 통해 추진되어야 바람직할 것으로 판단되며, 본 연구에서 제안하는

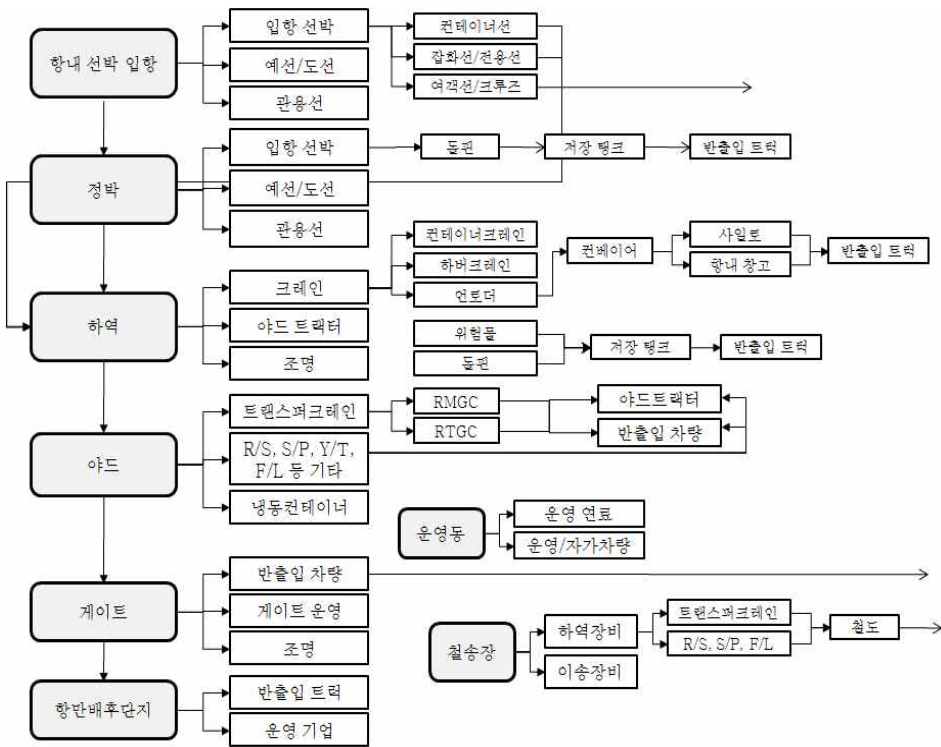
개략적인 조사체계는 다음의 <그림 6-1>과 같다. 이러한 모든 연구 결과를 통해 도출된 정책들은 포스트 교토 협약이 시작되는 2013년부터는 즉시 시행될 수 있도록 진행해야 할 것이다.



| 그림 6-1 | 항만 이산화탄소 배출량 산정을 위한 조사 체계

그 중 항만분야 이산화탄소 인벤토리 구축을 위한 연구는 가장 세밀하게 추진해야 할 것이다. 이 인벤토리는 이산화탄소 배출원, 배출량 산정방법, 배출량, 저감 가능량, 데이터 관리 절차, DB 구축 등 항만분야 이산화탄소 배출의 모든 정보를 체계적으로 포함하는 것이다. 나아가 향후 이산

화탄소 저감을 추진하는 항만이용자에 대한 인센티브 제공의 공통기준이 될 수 있다. 본 연구에서 우리나라 항만의 개략적인 인벤토리 구축(안)을 제시 하면 다음의 <그림 6-2>와 같다. 향후 연구에서는 부문별로 더욱 세밀한 인벤 토리 구축이 필요하다. 또한 이렇게 구축된 항만 인벤토리를 정부의 국가인 벤토리 시스템에 반영할 수 있도록 해야 할 것이다.



| 그림 6-2 | 항만 인벤토리 구축 예시

2) 다양한 인센티브 제공을 통한 자발적 참여 유도

이산화탄소 저감을 위한 정책은 필연적으로 기업 및 관련 주체의 비용 부담을 수반하게 된다. 따라서 이러한 주체들이 자발적으로 동참할 수도 있지만, 동참을 꺼리는 경우도 많을 것으로 예상된다. 따라서 우리나라의 저

탄소 향만 구축을 위해서는 관련 주체의 자발적인 참여가 가능하도록 다양한 인센티브 제도를 도입하여 실행해야 한다. 그러나 기존 향만 관련 법률 및 최근의 저탄소 녹색성장 기본법에서도 구체적인 지원정책이 체계화되어 있지 않은 상황이다.

| 표 6-1 | 저탄소 녹색성장 기본법안 중 지원정책

구분	내용
지원정책	제23조(녹색경제·녹색산업의 육성·지원) ① 정부는 녹색경제를 구현함으로써 국가경제의 건전성과 경쟁력을 강화하고 성장잠재력이 큰 새로운 녹색산업을 발굴·육성하는 등 녹색경제·녹색산업의 육성·지원 시책을 마련하여야 한다. ② 제1항에 따른 녹색경제·녹색산업의 육성·지원 시책에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. 5. 전기·정보통신·교통시설 등 기존 국가기반시설의 친환경 구조로의 전환에 관한 사항
	제25조(기업의 녹색경영 촉진) ① 정부는 기업의 녹색경영을 지원·촉진하여야 한다. ② 정부는 기업의 녹색경영을 지원·촉진하기 위하여 다음 각 호의 사항을 포함하는 시책을 수립·시행하여야 한다. 3. 중소기업의 녹색경영에 대한 지원 4. 그 밖에 저탄소 녹색성장을 위한 기업활동 지원에 관한 사항
	제28조(금융의 지원 및 활성화) 정부는 저탄소 녹색성장을 촉진하기 위하여 다음 각 호의 사항을 포함하는 금융 시책을 수립·시행하여야 한다. 1. 녹색경제 및 녹색산업의 지원 등을 위한 재원의 조성 및 자금 지원 2. 저탄소 녹색성장을 지원하는 새로운 금융상품의 개발 3. 저탄소 녹색성장을 위한 기반시설 구축사업에 대한 민간투자 활성화 4. 기업의 녹색경영 정보에 대한 공시제도 등의 강화 및 녹색경영 기업에 대한 금융지원 확대 5. 탄소시장(온실가스를 배출할 수 있는 권리 또는 온실가스의 감축·흡수 실적 등을 거래하는 시장을 말한다. 이하 같다)의 개설 및 거래 활성화 등
	제30조(조세 제도 운영) 정부는 에너지·자원의 위기 및 기후변화 문제에 효과적으로 대응하고 저탄소 녹색성장을 촉진하기 위하여 온실가스와 오염물질을 발생시키거나 에너지·자원 이용효율이 낮은 재화와 서비스를 줄이고 환경친화적인 재화와 서비스를 촉진하는 방향으로 국가의 조세 제도를 운영하여야 한다.

| 표 6-1 | 저탄소 녹색성장 기본법안 중 지원정책(표 계속)

구분	내용
지원정책	제33조(중소기업의 지원 등) 정부는 중소기업의 녹색기술 및 녹색경영을 촉진하기 위하여 다음 각 호의 시책을 수립·시행할 수 있다. 1. 대기업과 중소기업의 공동사업에 대한 우선 지원 2. 대기업의 중소기업에 대한 기술지도·기술이전 및 기술인력 파견에 대한 지원 3. 중소기업의 녹색기술 사업화의 촉진 4. 녹색기술 개발 촉진을 위한 공공시설의 이용 5. 녹색기술·녹색산업에 관한 전문인력 양성·공급 및 국외진출 6. 그 밖에 중소기업의 녹색기술 및 녹색경영을 촉진하기 위한 사항 제54조(녹색건축물의 확대) ① 정부는 에너지이용 효율 및 신·재생에너지의 사용비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물(이하 “녹색건축물”이라 한다)을 확대하기 위하여 녹색건축물 등급제 등의 정책을 수립·시행하여야 한다. ② 정부는 건축물에 사용되는 에너지소비량과 온실가스 배출량을 줄이기 위하여 대통령령으로 정하는 기준 이상의 건물에 대한 중장기 및 기간별 목표를 설정·관리하여야 한다. ③ 정부는 건축물의 설계·건설·유지관리·해체 등의 전 과정에서 에너지·자원 소비를 최소화하고 온실가스 배출을 줄이기 위하여 설계기준 및 허가·심의를 강화하는 등 설계·건설·유지관리·해체 등의 단계별 대책 및 기준을 마련하여 시행하여야 한다. ④ 정부는 기존 건축물이 녹색건축물로 전환되도록 에너지 진단 및 「에너지이용 합리화법」 제25조에 따른 에너지절약사업과 이를 통한 온실가스 배출을 줄이는 사업을 지속적으로 추진하여야 한다. ⑤ 정부는 신축되거나 개축되는 건축물에 대해서는 전력소비량 등 에너지의 소비량을 조절·절약할 수 있는 지능형 계량기를 부착·관리하도록 할 수 있다. ⑥ 정부는 중앙행정기관, 지방자치단체, 대통령령으로 정하는 공공기관 및 교육기관 등의 건축물이 녹색건축물의 선도적 역할을 수행하도록 제1항부터 제5항까지의 규정에 따른 시책을 적용하고 그 이행사항을 점검·관리하여야 한다. ⑦ 정부는 대통령령으로 정하는 일정 규모 이상의 신도시의 개발 또는 도시 재개발을 하는 경우에는 녹색건축물을 확대·보급하도록 노력하여야 한다. ⑧ 정부는 녹색건축물의 확대를 위하여 필요한 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라 자금의 지원, 조세의 감면 등의 지원을 할 수 있다.

자료 : 「저탄소 녹색성장 기본법안」에서 발췌 정리

따라서 본 연구에서는 항만분야에서 가장 중요한 주체인 선사(해운분야), 하역사(하역분야) 및 운송사(차량운송분야)를 대상으로 한 실질적인 지원방안에 대하여 살펴본다.

(1) 해운분야

해운분야는 항만당국에서 직접적으로 규제하기가 어려운 부분이다. 항만의 가장 큰 이용자이지만, 국가별·관리주체별 규정보다는 세계해사기구의 규정을 가장 우선적으로 따르기 때문에 항만 자체의 규제로서는 이산화탄소 감축 정책을 추진하기 어렵다. 그렇지만 다음 사항에 대한 인센티브 제공으로 자발적인 참여를 유도할 수 있을 것이다.

첫째, 미국의 Green Flag, 우리나라 자체 규칙, 국제 규칙, Eco-Ship 등 국내외적으로 Green과 관련된 인증을 받은 선박이 입항할 경우 선박입·출항료, 접안료 및 정박료 등을 면제하는 정책을 추진해야 한다.

둘째, 육상전원공급장치의 설치에 선박에 수전시설이 설치되어 있지 않으면 실효성이 없는 정책이기 때문에 국내 항만에 입항하는 외항선에 AMP 수전 시설이 장착되어 있는 경우 선박입·출항료, 접안료 및 정박료 등을 감면 또는 면제한다. 이러한 정책 추진을 위해서는 「무역항의 항만시설 사용 및 사용료에 관한 규정」 제9조와 이에 의거한 [별표 2]의 항만시설 사용료 감면 대상에 상기 대상 선박을 포함시켜야 할 것이다. 적용 대상 항만은 전국 모든 항만을 대상으로 하는 것이 바람직하며 개정(안)을 제시하면 다음 <표 6-2>와 같다.

| 표 6-2 | 무역항의 항만시설 사용 및 사용료에 관한 규정 개정(안)

구분	현행	개정안
규정 제9조 제3항 제2호	2. 항만의 활성화, 항만간의 균형발전 또는 화물의 유통촉진 등을 위하여 별표 2에서 정하는 경우에 해당하는 자	2. 항만의 활성화, 항만간의 균형발전, 화물의 유통촉진 및 녹색 성장 등을 위하여 별표 2에서 정하는 경우에 해당하는 자
[별표2]	1.선박료 가. 선박입출항료 100% (1)~(6)	1.선박료 가. 선박입출항료 100% (1)~(7) (7) 국내외 탄소저감 인증 선박, 육상전원 수전시설을 갖춘 선박
	1.선박료 나. 접안료 및 정박료 100% (1)~(9)	1.선박료 나. 접안료 및 정박료 100% (1)~(10) (10) 국내외 탄소저감 인증 선박, 육상전원 수전시설을 갖춘 선박

셋째, BBCHP를 포함하여 우리나라 국적선사가 국적선에 육상전원공급장치를 설치할 경우 톤세제도와 연계하여 육상전원공급장치 설치비용을 보전해주는 방안을 추진해야 한다. 이는 국적선사의 육상전원공급장치 설치비용은 3,003억 원으로 추산되며, 수익자 부담 원칙에 따라 선사가 부담해야 하지만 전적으로 부담하기에는 높은 비용이라 판단되기 때문이다. 현재 우리나라의 톤세제는 우리나라 등록선박이 해운서비스를 제공함으로써 발생하는 소득에 대해 과세표준($NT \times \text{운항일수} \times \text{톤세율}$)에 법인세율을 곱해서 산정하고 있는데, 1일 운항 톤세율은 선박의 순톤수(NT)로 구분하여 1,000NT 미만은 14원, 1,001NT에서 10,000NT는 11원, 10,001NT에서 25,000NT사이 7원, 25,001NT 이상은 4원이 책정되어 있다.⁵³⁾ 따라서 본 연구에서는 척당 AMP 설치비용 3억 6,000만 원과 2008년 우리나라 국적선사의 신규 선박 건조 평균가격 528억 원을 고려하여 1일 운항 톤세율은 다음과 같이 제안하고자 한다.

53) 조세특례제한법시행령.

| 표 6-3 | 선박 AMP 설치에 따른 톤세 지원 방안

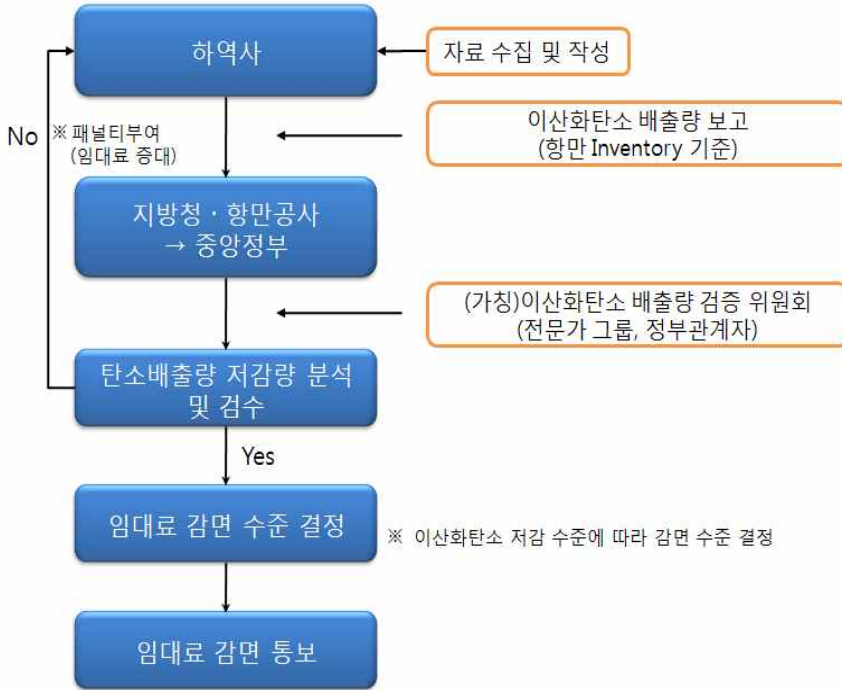
NT 구분	기존 톤세율	수정 톤세율
~1,000	14	13.9
1,001~10,000	11	10.9
10,001~25,000	7	6.9
25,001~	4	3.9

주 : 평균 인하 톤세율 = 기존 톤세율 - [기존 톤세율 × (AMP 설치비용 / 신규 선박 건조 평균 가격 = 0.7%)]

(2) 하역 분야

하역 분야에서 적용할 수 있는 인센티브는 TOC 부두 운영사를 대상으로 임대료 감면 제도를 시행하는 것이 가능할 것이다. 운영사는 하역 및 이송장비에 대한 개조, 변경을 통해 비용 부담이 발생하기 때문에 항만관리청에서는 이와 관련한 임대료 감면 규정의 신설을 고려해야 할 것이다.

그러나 이러한 임대료 감면 제도는 운영사가 설비에 투자한 비용과 이를 통해 실질적으로 감축한 이산화탄소 배출량 모두를 기준으로 해야 할 것이다. 왜냐하면 투자비용만을 기준으로 하게 되면 여러 가지 문제점이 발생할 수 있으며, 이산화탄소 감축이 실제 이루어졌는지에 대한 검증도 어렵기 때문이다. 따라서 이 제도는 항만 인벤토리, DB, 모니터링 시스템, 검증 시스템 등을 구축하여 매뉴얼화한 이후에 추진해야 할 것이다. 즉, 운영사는 설비 투자 전후의 이산화탄소 배출량을 비교 제시하고, 항만관리청에서는 이의 검증을 실시하여 적절한 수준에서의 임대료 감면을 시행해야 할 것이다. 본 연구에서 제안하는 운영사 인센티브 지원 시스템은 다음 <그림 6-3>과 같다.



| 그림 6-3 | 운영사 지원 체계(안)

현재 “물류정책기본법” 제59조 2항에서는 “국토해양부장관은 물류기업 또는 화주기업이 환경친화적 물류활동을 위하여 다음 각 호의 활동을 하는 경우에는 행정적·재정적 지원을 할 수 있다”고 규정하고 있으며, 각 호는 i) 환경친화적인 운송수단 또는 포장재료의 사용, ii) 기존 물류시설·장비의 환경친화적인 물류시설·장비로의 변경, iii) 그 밖에 대통령령으로 정하는 환경친화적 물류활동 등이다. 따라서 법률적으로 친환경적 장비 전환에 대해 정부 또는 항만당국 차원에서 지원할 수 있는 근거는 마련되어 있다. 그러나 이를 “저탄소 녹색성장 기본법안”의 시행령 또는 시행규칙에도 삽입하여 근거를 확실히 할 필요가 있다.

(3) 차량운송 분야

화물차에 대한 공회전 방지시설 장착은 “대기환경보전법” 제59조 2항에서는 “시·도지사는 대중교통용 자동차 등 환경부령으로 정하는 자동차에 대하여 공회전으로 인한 대기오염 및 연료 손실을 방지하기 위하여 시·도 조례에 따라 공회전을 제한하는 장치의 부착을 명령할 수 있다”라고 규정하고 있으며, 3항에서는 “국가나 지방자치단체는 제2항에 따른 부착 명령을 받은 자동차 소유자에 대하여는 예산의 범위에서 필요한 자금을 보조하거나 융자할 수 있다”라고 규정하고 있다.

특히 시행규칙 제79조에서는 「여객자동차 운수사업법 시행령」 제3조 제1호 가목에 따른 시내버스운송사업에 사용되는 자동차, 「여객자동차 운수사업법 시행령」 제3조 제2호 다목에 따른 일반택시운송사업에 사용되는 자동차, 「화물자동차 운수사업법 시행령」 제3조에 따른 화물자동차운송사업에 사용되는 최대적재량이 1톤 이하인 밴형 화물자동차로서 택배용으로 사용되는 자동차에 대해 공회전방지장치를 설치해야 한다고 규정하고 있다.

그러나 컨테이너를 운송하는 일반화물자동차에 대해서는 공회전방지장치 설치 의무에서 제외하고 있다. 따라서 컨테이너를 운송하는 일반화물자동차에 대해서도 설치 의무를 지게하고, “대기환경보전법” 시행규칙 제59조 3항에 의해 예산의 범위에서 필요한 자금을 지원하거나 융자할 수 있도록 해야 할 것이다.

3) 강력한 규제 마련 및 적용

지원제도는 모든 관련 기관 또는 사업자가 법이 정한 범위 내에서 온실가스 배출량을 저감하기 위해 노력할 경우에 한해 시행되어야 한다. 그러나 지원제도만으로는 온실가스 발생 원인자로 하여금 저감 노력을 기울이도록 하기에는 역부족이다. 따라서 그에 따르는 규제제도를 두어야 할

것이다. 그러나 최근의 저탄소 녹색성장 기본법에서는 지원정책과 마찬가지로 규제에 대한 구체적인 내용도 포함하지 않고 있어 항만분야에 현실적으로 적용 가능한 대안을 모색해야 할 것이다.

표 6-4 | 저탄소 녹색성장 기본법안 중 규제정책

구분	내용
규제정책	제36조(규제의 선진화) ① 정부는 자원을 효율적으로 이용하고 온실가스와 오염물질의 발생을 줄이기 위한 규제를 도입하려는 경우에는 온실가스 또는 오염물질의 발생 원인이자 스스로 온실가스와 오염물질의 발생을 줄이도록 유도함으로써 사회·경제적 비용을 줄이도록 노력하여야 한다. ② 정부는 온실가스와 오염물질의 발생을 줄이기 위한 규제를 도입하려는 경우에는 민간의 자율과 창의를 저해하지 않도록 하고, 기업의 규제에 대한 국내의 실태조사 등을 하여 산업경쟁력을 높일 수 있도록 규제의 중복을 피하는 등 규제 체계를 선진화하여야 한다. 제37조(국제규범 대응) ① 정부는 외국 정부 또는 국제기구에서 제정하거나 도입하려는 저탄소 녹색성장과 관련된 제도·정책에 관한 동향과 정보를 수집·조사·분석하여 관련 제도·정책을 합리적으로 정비하고 지원체제를 구축하는 등 적절한 대책을 마련하여야 한다. ② 정부는 제1항의 동향·정보 및 대책에 관한 사항을 기업·국민들에게 충분히 제공함으로써 국내 기업과 국민들이 대응역량을 높일 수 있도록 하여야 한다.

자료 : 「저탄소 녹색성장 기본법안」에서 발췌 정리

이러한 규제제도는 온실가스 발생 원인이자 저감 노력을 기울일 수밖에 없도록 규정해야만 그 실효성을 가질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 각 분야별 ‘최소 저감 수준’을 정해서 이를 준수하도록 하는 방안을 제시하고자 한다. ‘최소 저감 수준’은 반드시 분야별 배출허용량이 할당돼야만 시행될 수 있다. 그러나 “저탄소 녹색성장 기본법안” 제46조 4항에서는 온실가스 배출허용총량 제도의 실시를 위해 배출허용량의 할당방법, 등록·관리 방법 및 거래소 설치·운영 등은 따로 법률로 정한다고 규정하고 있어 ‘최소 저감 수준’ 제도를 시행하기 위해서는 향후 온실가스 배출허용총량 제도와 관련된 법률이 마련되어야 할 것이다.

이 법률은 ‘Post-2012’체제 도입 이전인 2012년까지 마련되어야 할 것이

며, 이를 위해서는 선사, 하역사, 트럭운송회사 등은 물론 정부 및 학계 등으로 구성된 협의체를 통해 규제방안을 마련해야 할 것이다. 그러나 법률에서는 반드시 할당된 배출허용량을 지키지 못할 경우에 대비한 규제조항을 두어야 할 것이며, 배출허용량을 지키지 못한 온실가스 배출 원인자가 배출허용량을 구입하고자 할 때에는 반드시 높은 비용에 매입할 수 있도록 해야 할 것이다.

4) 해운 부문과 연계한 정책 추진

항만분야에서 배출량이 가장 많으며 직접적으로 영향을 미치는 분야는 해운분야이지만 항만에서 개선을 주도할 수 있는 부문은 매우 제한적이다. 따라서 항만의 이산화탄소 배출량 저감을 위해서는 해운분야의 정책과 필수적으로 연계 추진되어야 한다. 그러나 현재 정책 수립 과정은 해운과 항만이 개별적으로 추진되고 있어 향후 정책 실효성 제고가 어려울 가능성도 있다. 또한 저탄소 녹색항만 구축을 위한 정책에도 연안 해송 전용선석 확충을 제외하면 해운과 연계된 정책 추진 검토가 없는 실정이다.

따라서 항만과 해운의 이산화탄소 저감정책은 통합적으로 추진되어야 하며, 이를 통해 항만과 해운 정책이 시너지 효과를 거둘 수 있도록 해야 한다. 또한 다른 교통수단의 정책과도 연계 수립을 확대해야 한다. 특히, 연안운송 활성화 등과 같은 정책은 해운 및 항만분야뿐만 아니라 도로, 철도 등 교통 분야 전체가 연계된 정책이기 때문이다. 일례로 도로 부문의 이산화탄소 저감은 해운 및 항만에는 이산화탄소 증가로 이어지기 때문이다. 따라서 향후에는 물류산업의 종합적인 대응정책과 인벤토리 구축이 이루어져야 할 것이다. 즉, 해운업을 포함한 기존의 교통분야 온실가스 저감방안과 항만분야의 온실가스 저감방안을 종합하고, 각 분야별 인벤토리를 구축하여 인벤토리에 따른 온실가스 배출허용량을 할당하며, 각 분야별 온실가스 배출 저감방안 등을 종합하는 “종합물류 온실가스 배출 저감 계획”을 수립하여 실행에 옮겨야 할 것이다.

5) 항만분야에 적용 가능한 신재생에너지 적극 검토

현재 항만 내에서는 경유 및 전기 사용이 대부분으로 신재생 에너지 개발을 통한 에너지 자급능력 향상이 필요하다. 즉 대체 및 신재생에너지의 활용으로 온실가스 저감 실현이 필요하다. 하지만 우리나라의 신재생에너지 분야 관련 기반은 전반적으로 취약하며, 국제표준의 활용도도 미진한 상태이다. 특히 화석에너지의 의존도가 높아 기후변화 대응에 취약하며, 신재생에너지 보급도 초기단계 수준으로 2007년 기준 1차 에너지원별 비중은 석유 43.6%, 석탄 24.3%, 원자력 15.9%, LNG 13.7% 그리고 신재생에너지 등은 2.5%에 지나지 않는다.⁵⁴⁾

또한 우리나라 신재생에너지 공급원은 2007년 기준 폐기물 77%, 수력 13.9%, 바이오 6.6%, 풍력 1.4%, 기타 0.9% 등이다. 이와 같은 신재생에너지 생산량은 2007년 2.37%를 기록하여 아직까지 선진국에 비해 신재생에너지의 생산량 점유 비율은 극히 낮은 실정이다. 따라서 신재생에너지 공급원의 다양화와 신재생에너지 공급 비중을 선진국 이상으로 확대할 필요가 있다.

표 6-5 | 주요 국가별 신재생에너지 공급 추이

단위 : %

국가	1990	1995	2000	2005	2006
호주	6.0	6.1	5.9	5.8	5.6
캐나다	16.1	16.7	16.9	15.5	15.4
덴마크	6.7	7.7	10.9	13.1	14.6
프랑스	7.0	7.4	6.7	6.3	6.3
독일	1.8	2.2	3.1	3.9	4.3
일본	3.5	3.2	3.2	3.5	3.4
네덜란드	1.4	1.6	2.4	2.6	2.9
영국	0.5	0.9	1.1	1.4	1.6
미국	5.2	5.3	4.8	4.5	4.5

자료 : IEA 2008 Edition, *Energy Balances of OECD Countries*, 2008

54) 에너지관리공단 신재생에너지센터, 「신재생에너지 가이드」, 2009.

항만분야는 신재생에너지원 중에서 풍력, 조력, 파력, 태양력 등을 활용할 수 있는 여건이 다른 분야에 비해 입지적으로 매우 우수하다 할 수 있다. 따라서 항만분야도 다른 산업 분야와 마찬가지로 신재생에너지 개발을 통해 에너지 자립형 항만 구축을 달성할 수 있도록 여건 마련을 준비해야 할 것이다.

우리나라 항만지역에 도입할 수 있는 신재생에너지원에 대해 간단히 살펴보면, 항만시설을 이용한 방법이 최우선적으로 검토 될 수 있다. 방파제와 같은 외곽시설 등에 풍력 및 파력을 이용하며, 항로보조시설 등에 태양광 시설의 도입이 즉시 적용 가능한 사례로 볼 수 있다. 또한 항만내 건물 측면, 옥상 및 주차장 등에 태양광 발전시설의 설치도 가능할 것이다. 특히 최근 부산항 신항 항만배후단지에 입주하고 있는 물류센터 지붕에 태양광 발전 시설을 설치하려는 계획이 좋은 사례이다.

표 6-6 | 우리나라 항만구역내 적용 가능한 신재생에너지원

신재생에너지	항만 적용 가능시설	도입 가능성
풍력	외곽시설, 하역시설, 항만인접지역	매우 높음
태양광	항로보조시설, 보관시설, 여객시설	매우 높음
파력	외곽시설, 계류시설	높음
조력	항만시설 중 조수간만의 차가 크고, 조성면적이 넓으며 만 입구가 좁은 곳이면 적용 가능	보통
태양열	항만구역내 건물은 자원, 소유 부지 등의 제약 요소가 많이 따르며, 주로 온수급탕을 중심으로 진행되어 왔음	낮음
해수 온도차	항만구역에 설치할 수 있는 지역이 극히 제한적이며, 유지보수비가 많이 드는 단점이 있음	낮음

이러한 항만분야의 신재생에너지 도입을 위해서는 먼저 항만별 기상자료(온도, 풍속, 일사량, 강수량, 풍향 등)를 바탕으로 한 신재생에너지 가능

기본설계를 2010년 내에 실시하고, 이를 통해 시범항만구역에서의 발전설비를 2012년까지 구축해야 할 것이다. 1단계로 적용가능성이 높은 태양광, 풍력발전시설 구축을 2015년까지, 2단계로 2020년까지 풍력, 파력발전시설을 도입하며, 장기적으로 전체 항만에 걸쳐 에너지 자립형 항만을 구축하는 것으로 계획해야 할 것이다.

참 고 문 헌

<국내 문헌>

- 국무총리실, 「기후변화협약 대응 1차 종합대책」, 1999.
- _____, 「기후변화대책위원회, 기후변화협약 대응 2차 종합대책」, 2002.
- _____, 「기후변화협약 대응 제3차 종합대책」, 2006.
- _____, 「기후변화협약 대응 제4차 종합대책」, 2007.
- 국무총리실 기후변화 대책기획단, “기후대응 종합기본계획”, 2008. 9. 19.
- 국토해양부, 「국토해양분야 기후변화대응 종합대책」, 2008.
- _____, 「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」, 2008. 12.
- _____, 「IMO의 선박 온실가스 배출 규제 공식 및 감축량에 관한 아국 대응방안 연구」, 2009. 7.
- _____, 외국의 기후변화 대응 현황과 정책적 시사점, 보도참고자료, 2008. 4.
- _____, 녹색물류 인증제도 도입방안 연구, 2009. 5.
- _____, SP-IDC.
- 기후변화대책특별위원회, 「기후변화대책 및 녹색성장 관련 제정법률안 4건에 대한 검토보고서」, 2009. 4.
- 김우선 · 최상희 · 하태영, 「컨테이너터미널 에너지비용 절감방안 연구」, 한국 해양수산개발원, 2007. 12.
- 김환성 · 조민지, “Green Port를 지향한 대응전략에 관한 연구”, 한국항해항만 학회, 2008.
- 녹색성장위원회, 「국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표의 설정방안」, 2009. 11. 5.
- 대외경제정책연구원, 「EU의 기후변화 대응정책과 시사점」, 2008.
- 로테르담 항만청, “로테르담 연차보고서”, 2008.

- 물류혁신네트워킹 연구소, 「해운·항만산업의 미래신조류」, 2009.
- 배이열, 「배출권거래제 활용을 위한 해외인벤토리 사례 분석」, 2005.
- 삼성경제연구소, “포스트 교토의정서 논의와 한국의 대응”, *CEO Information*, 2006. 3. 8.
- 에너지관리공단, 「탄소중립프로그램 이산화탄소 배출량산정 지침」, 2008.
- 에너지경제연구원, 「기후변화협약 대응 국가온실가스 IPCC 신규 가이드라인 적용을 위한 기획연구」, 제1권, 제2권, 2008.
- 장정희, “Trends on Green Port in Korea”, The 9th Northeast Asia Port Symposium, 2008. 11.
- 지식경제부, 「친환경물류관리매뉴얼」, 2008.
- _____, 「온실가스감축, 자원생산성 등 신산업환경이슈 제도화 및 국내 환경기술 분류·분석 연구」, 2008. 11.
- 유엔환경계획 한국위원회, “기후변화협약”, 2002.
- 윤상하, “포스트 교토 체제의 예상 시나리오”, 「LG Business Insight」, 2008. 2.
- 이기상, “IMO의 선박 온실가스 배출규제 국제동향”, 「해양한국」, 2009. 2.
- 한국환경정책평가원, 「육상교통수단의 환경성 비교분석」, 2002.
- _____, 「국가 기후변화 대응 로드맵 작성 연구」, 2007. 5.
- 한국해양수산개발원 항만수요예측센터, 「전국 항만물동량 예측 결과」, 2009. 3.
- 해양수산부, 「기후변화 대응 해양수산부문 종합대책연구」, 2007. 11.
- _____, 「고효율 항만하역시스템 개발사업 기획연구」, 2007. 12.
- 환경부, 「기후변화대응 종합기본계획」, 2008.

<해외 문헌>

Article 3, United Nations Framework Convention of Climate Change, 2006.

Bally, D., G. Solomon, "Pollution prevention at port clearing the air", *Environmental Impact Assessment Prevent*, Vol. 24, 2004.

ECORYS TRANSPORT, 2004.

European Environment Agency, *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guide-book -2009*.

IAPH, *Tool Box for Port Clean Air Programs*, 2008.

IPCC, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 2006.

Port of LA, Port of LB, *SanPedro Bay Port Clean Air Action Plan(Final)*, 2006.

「我が国産業の国際競争力強化等を図るための今後の港湾政策のあり方」, 交通政策審議会、2008. 4. 11.

国土交通省, 総合物流施策推進会議 「総合物流施策大綱(2005～2009) 第2回フォローアップ」, 2007. 12. 28.

財団法人 シップ・アンド・オーシャン財団, 船舶からの温室効果ガス(CO₂等)の排出削減に関する調査研究報告書, 2001. 6.

<온라인 자료>

www.climate.go.kr : 기후변화정보센터

<http://www.mlit.go.jp/index.html> : 일본 국토교통성

<http://blog.coway.co.kr/438> : 웅진코웨이 탄소발자국

항만분야 기후변화협약 대응방안

김범중(bjkim@kmi.re.kr)

한국해양수산개발원 물류항만연구본부 국제물류투자분석센터장
경영학 박사(항만, 물류)

저서 및 논문

「세계 물류 환경변화와 대응방안(V) -종합편-」 (2008. 12)

「하천 항해 시 선박 마스트 높이에 관한 연구」 (2009. 10)

김우선(firstkim@kmi.re.kr)

한국해양수산개발원 물류항만연구본부 책임연구원
물류시스템 박사

저서 및 논문

「친환경 항만운영기술 적용 및 실행방안 연구」 (2008. 12)

「컨테이너터미널 에너지비용 절감방안 연구」 (2007. 12)

김운수(luck@kmi.re.kr)

한국해양수산개발원 물류항만연구본부 책임연구원
공학 박사

저서 및 논문

「수도권 수출입 화물의 중국항만 환적 가능성 연구」 (2009. 10)

「글로벌 항만경쟁 구조변화와 해외 신흥거점 선정 연구」 (2008. 12)

김찬호

물류항만연구본부책임연구원
경영학 박사 수료

저서 및 논문

“우리나라 물류산업의 현황 및 경쟁력 분석”, 「경영정보논총」 (2009. 12)

“글로벌 아웃소싱이 대기업 - 중소기업의 상생협력에 미치는 영향에 대한 연구”,
「중소기업연구」 (2007. 12)

김근섭(gskim@kmi.re.kr)

한국해양수산개발원 물류항만연구본부 책임연구원

공학 박사

저서 및 논문

「Ports in Proximity - Port Challenge in Northeast Asia: Korea's 2-hub port strategy」
(2009. 10)

「동북아지역 항만간 경쟁에서 부산항의 포지셔닝 분석」 (2008. 4)

기후변화 대응 연구
항만분야 기후변화협약 대응방안

2009年 12月 29日 印刷
2009年 12月 31日 發行

編輯兼 發行人	姜 淙 熙
發行處	韓國海洋水產開發院 서울특별시 마포구 상암동 1652
전 화	2105-2700 FAX : 2105-2800
등 록	1984년 8월 6일 제16-80호
