



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

경영학석사 학위논문

연안선박의 연료소비 및 온실가스 배출특성 분석에 관한 연구

A Study on the Fuel Consumption & Green Gas
Emission of Coastal Ships



2017년 2월

한국해양대학교 해양금융·물류대학원

해운항만물류학과

이은혜

本 論文을 이은혜의 經營學碩士 學位論文으로 認准함.

위 원 장 곽 규 석



위 원 김 환 성



위 원 남 기 찬



2016년 12월 20일

한 국 해 양 대 학 교 해 양 금 융 · 물 류 대 학 원

목 차

List of Tables	ii
List of Figures	iii
Abstract	iv
제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경과 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	4
제 2 장 선행연구 검토	6
2.1 연안선박 연료소비에 관한 선행연구	6
2.2 선박 온실가스 감축에 관한 선행연구	8
제 3 장 국내·외 온실가스 제도 및 국내 연안해운 현황 분석	11
3.1 국내·외 온실가스 제도	11
3.2 국내 연안해운 현황	31
3.3 연안해운과 온실가스 대응 문제점	35
제 4 장 실증분석	41
4.1 분석 방법	41
4.2 분석대상	41
4.3 에너지 소비 및 온실가스 배출 현황	52
4.4 실증분석	58
제 5 장 결론	61
참고문헌	63

List of Tables

Table 1	연안선박 연료소비에 관한 선행연구	8
Table 2	선박 온실가스 감축에 관한 선행연구	10
Table 3	유엔 기후변화협약의 국가	13
Table 4	교토의정서와 신 기후체제 비교표	20
Table 5	교토의정서와 파리협정의 비교	21
Table 6	기후변화협상의 쟁점과 파리협정의 주요 내용	23
Table 7	배출권 거래제 시행국가	28
Table 8	연도별 화물운송사업등록 현황	31
Table 9	선종별 화물운송사업등록 현황	32
Table 10	선령별 화물선등록업체 선박 현황	33
Table 11	톤수별 선박척수 분포	34
Table 12	선사의 규모에 따른 친환경관련 국제협약 이해도	39
Table 13	“A”선사의 선박 재원	42
Table 14	“A”선사의 선박 재원 (계속)	42
Table 15	“A”선사의 선박 재원 (계속)	43
Table 16	“A”선사의 선박 재원 (계속)	43
Table 17	선박별 특성	44
Table 18	선박별 기항항만	45
Table 19	선박별 기항항만(계속)	45
Table 20	항만별 방문 빈도 및 비율	46
Table 21	입항 목적 코드	46
Table 22	“A”선사 선박의 입항 목적별 분류	47
Table 23	입항 목적별 빈도 및 비율	47
Table 24	선박별 운항특성	48
Table 25	선박별 화물 특성	50
Table 26	“A”선사 온실가스 배출량 및 에너지소비량	56
Table 27	온실가스 배출량과 에너지소비량 상관관계 결과	58
Table 28	선박의 크기 및 선령에 관한 상관분석 결과	58
Table 29	선박의 크기 및 선령에 관한 회귀분석 결과	59
Table 30	선박의 속도 및 적재율에 관한 상관분석 결과	59
Table 31	선박의 속도 및 적재율에 관한 회귀분석 결과	60

List of Figures

Fig.1 온실가스 감축목표량 비교	3
Fig.2 연구 흐름도	5
Fig.3 유엔기후변화협약 흐름도(UNFCCC)	12
Fig.4 기후변화협약 관련 기구	16
Fig.5 연도별 선박척수	31
Fig.6 선종별 선박척수	33
Fig.7 선령별 선박척수	34
Fig.8 톤수별 선박척수	34
Fig.9 국내 연근해 선박 배출량 산정 Decision Tree	52
Fig.10 선박의 연료소비량 추정방법(IMO)	55
Fig.11 “A”선사 온실가스 배출량 및 에너지소비량	57



A Study on the Fuel Consumption & Green Gas Emission of Coastal Ships

Lee, Eunhye

Department of Shipping and Port Logistics
Graduate School of Marine Finance and Logistics
Korea Maritime and Ocean University

Abstract

One of the key tasks for human being to take seems to be the reduction of fossil fuel consumption in order to save our planet from the disaster caused by climate changes. World wide effort to reduce fossil fuel consumption seems to be enforced. Accordingly, Korean government implemented the basic law for low carbon green growth in January 2010, and detailed guideline followed in March 2011.

In the field of shipping industry the government launched a second stage pilot project of vessel green gas reduction in which 2 companies participated. In 2015 EEDI was applied to the newly building vessels to achieve the target of 37% green gas reduction up to 2030.

This study, therefore, tried to analyse the characteristics of fuel consumption and green gas emission of coastal vessels based on the empirical data gathered from a domestic company. For this vessel operating data containing sailing distance, port time, sailing time, speed, cargo loading ratio etc. were gathered for 12 vessels for the period of 5 years.

The analysis revealed some meaningful results and based on them some implication for the reduction of vessel green gas emission.

KEY WORDS: Fuel consumption, Green gas emission, Coastal vessels

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경과 목적

오늘날 전 인류의 숙제인 기후변화의 재앙으로부터 지구를 지키기 위해서 인류가 가장 먼저 해결해야 할 공통과제는 화석연료의 사용을 줄이는 것이다. 온실가스 배출을 감축하여 지구온난화를 방지하고, 이상기후 현상에 의한 경제적·사회적 피해를 방지해야만 한다.

이와 같은 사태의 심각성을 인지하고 세계의 각국이 노력한 결과로 1992년 5월 제5차 위원회의 기후변화협약 채택을 시작으로 같은 해 6월 브라질 리우 환경개발회의(UNCED, United Nations Conference on Environment and Development)¹⁾에서 세계의 각 정상들이 한자리에 모여 유엔기후변화협약(‘기후변화협약’ 약칭)에 서명하였다.

1992년 5월 9일 채택된 “기후변화에 관한 국제연합 기본협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)²⁾”은 2016년 5월 협약의 196개국 당사국(party)과 지역경제연합체 유럽연합(EU, European Union)을 더하여 총 197개국이 참여함으로써 대부분 국가가 기후변화협약의 당사국이

-
- 1) 환경 및 개발에 관한 유엔 회의는 1992년 6월 3일부터 6월 14일까지 브라질 리우데자네이루에서 열린 국제회의로, 전 세계 185개국 정부 대표단과 114개국 정상 및 정부 수반들이 참여하여 지구 환경 보전 문제를 논의한 회의이다. 이 회의에서는 선언적 의미의 ‘리우 선언’과 ‘의제 21(Agenda 21)’을 채택하고, ‘지구 온난화 방지 협약’, ‘생물다양성 보존 협약’ 등이 각각 수십 개국에 의해 별도 서명됨으로써 지구환경보호 활동의 수준이 한 단계 높아지는 성과를 낳은 회의로 볼 수 있다.
 - 2) 1992년 6월 리우에서 개최한 유엔환경개발회의(UNCED)에서는 생물다양성협약 등이 채택되었으며 1994년 3월 21일 발효되었다. 2001년 현재 가입국은 186개국이며 우리나라는 93년 12월 47번째로 이 협약에 가입, 94년 3월부터 적용받기 시작했다. 기후변화협약은 각국의 온실가스 배출, 흡수 현황에 대한 국가통계 및 정책이행에 관한 국가보고서 작성 온실가스 배출 감축을 위한 국내 정책 수립 및 시행 온실가스 배출량 감축 권고 등을 주요 내용으로 삼고 있다.

라고 볼 수 있다.

이처럼 전 세계적으로 지구온난화가 급증함에 따라 온실가스 배출량을 감축하기 위한 노력이 끊임없이 제기되고 있다. 이러한 대외 환경변화에 따라 2010년 1월 정부는 「저탄소 녹색성장 기본법」³⁾을 제정하였으며, 2011년 3월 온실가스·에너지 목표관리 운영에 관한 지침을 고시하였다.

2015년 정부도 2030년까지 국내 온실가스 감축목표를 BAU⁴⁾(851만 톤) 대비 37%로 확정하면서 신기후체제 출범에 대응하기 위하여 국제적으로 사회적 책임을 다하고 있다. 2012년 기준 한국은 이산화탄소 배출량 세계 7위, 온실가스 누적 배출 16위, 인당 배출량이 OECD 국가 중 6위이다. 따라서 사회적 공론화 과정의 국내 제조업체들이 구조적으로 온실가스 배출량 감축이 어려운 점과 국내 산업에 부담을 줄 것이라는 점 등을 감안해야 한다는 주장들이 제기되고 있다. 하지만, 2016년 우리나라는 녹색기후기금⁵⁾(GCF) 등의 당초 시나리오보다 감축 목표 수준을 상향 조정하여 녹색성장위원회는 기존 목표인 25.7%를 채택하되, 우리나라의 선도적 역할과 국제사회의 위상을 감안하여 11.3%를 추가하는 방법으로 최종 37% 온실가스 감축 목표를 확정하였다.

2015년 파리에서 개최되었던 제21차 유엔 기후변화협약 당사국총회(COP21)⁶⁾에서는 197개 국가 대표들이 모여 교토의정서 체제의 막을 내리고 ‘신기후체제’ 합의문인 파리협정(Paris Agreement)을 채택하였다. 또한, 2013년 1월 1일부터 국제해사기구⁷⁾인 IMO(International Maritime Organization)가 선박의 온실가스 배출을 규제하고자 에너지효율성지수⁸⁾(EEDI : Energy Efficiency Design

3) 경제와 환경의 조화로운 발전을 위하여 저탄소(低炭素) 녹색성장에 필요한 기반을 조성하고 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장동력으로 활용함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 저탄소 사회 구현을 통하여 국민의 삶의 질을 높이고 국제사회에서 책임을 다하는 성숙한 선진 일류국가로 도약하는 데 이바지함을 목적으로 한다.

4) BAU(Business As Usual)는 2030년 온실가스 배출전망치를 나타내는 것으로 온실가스 감축을 위한 인위적인 조치를 취하지 않을 경우 배출이 예상되는 온실가스의 총량을 뜻한다.

5) 개발도상국의 온실가스 감축과 기후변화 적응을 지원하기 위한 유엔(UN) 산하의 국제기구.

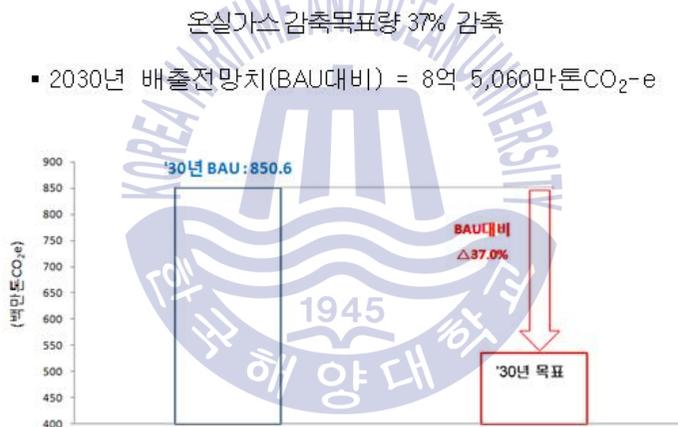
6) 신(新)기후체제 출범을 위하여 당사국 21개국 정상들이 모여 파리에서 개막된 기후변화 총회이다.

7) 국제해사기구(International Maritime Organization)는 선박의 항로, 교통규칙, 항만시설 등을 국제적으로 통일하기 위하여 설치된 유엔 전문기구이다.

8) EEDI는 선박의 연비효율을 나타내는 지수로 1톤의 화물을 1해상 마일(1해상 마일=1.852km)을 운반할 때 나오는 이산화탄소의 배출량을 말한다.

Index)를 도입하였다.

따라서 2015년 새로 건조하는 선박에 EEDI를 적용해 2030년까지 온실가스 배출량 37%를 감축하도록 하였다. 우리나라의 경우 2012년부터 선박부문 온실가스·에너지 목표관리제 적용 및 제도 연착륙을 위해 2차에 걸친 시범사업을 실시하였고, 두 개의 업체만이 선박 온실가스 감축을 위한 목표관리제 시범연구에 참여하고 있다. 2030년까지 목표량인 37% 달성을 위하여 더 많은 업체를 선정하여 온실가스·목표관리제를 시행해야 하는 현실에 직면해 있다. 하지만 타 산업부문 및 국제해운 대비 열위의 규모로 인해 실제 제도 이행이 어려운 실정이다. 이에 따라 해양수산부에서는 국내 온실가스 감축목표 달성제도를 위해 국내해운의 이행역량 강화를 목표로 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 온실가스 감축목표량은 아래 Fig.1과 같다.



자료 : 환경부 보도자료, 2015. 06. 30

Fig.1 온실가스 감축목표량 비교

따라서 본 연구에서는 국내 연안·해운 목표관리제 시행사업 대상인 A사의 선박 운항자료를 활용하여 연료 소비 및 온실가스 배출 특성을 분석하는 것을 목표로 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 시간적 범위는 2016년부터 2030년까지로 설정하고, 통계자료는 국내 A 해운사 선박 입출항정보를 바탕으로 2011년부터 2015년 기간을 대상으로 하였다. 내용적 범위로는 국내 연안·해운을 중심으로 목표관리제 추진현황 및 선박운영 현황 그리고 온실가스 감축을 위한 현재 배출량 현황을 조사하고, 실증 자료를 바탕으로 한 연안 선박 특성분석을 포함하였다.

연구 방법으로는 국내 연안·해운 A사의 2017년 온실가스 예상배출량을 살펴보고 12척 선박에 대한 지난 5년간의 온실가스 배출량을 입출항 거리, 항 내 시간, 항차 시간, 속도, 양·하 적재율, 총 적재율 등과 연계하여 분석하였다. 자료 수집은 선박안전기술공단, 해양수산부 부산지방해양수산청, 한국해양수산개발원, 국립환경과학원, 환경부, 교통안전공단, 에너지관리공단, 녹색성장위원회 등을 통하여 이루어졌다.

본 논문은 총 5개의 장으로 구성되어 있다.

제1장 서론에 이어 제2장에서는 본 연구에 활용할 수 있는 선행연구를 연안 선박 연료소비에 관한 선행연구, 선박온실가스 감축에 관한 선행연구로 구분하여 검토하였다. 제3장에서는 국내·외 온실가스 제도 및 국내 연안·해운 현황에 대한 이론적 배경을 기술하였으며, 제4장에서는 에너지 소비분석 및 온실가스 배출량 특성에 대해 분석하였고, 마지막 제5장에서는 결론을 도출하였다.

본 논문의 연구 흐름은 Fig.2와 같다.



Fig.2 연구 흐름도

제 2 장 선행연구 검토

2.1 연안선박 연료소비에 관한 선행연구

이계봉(2010)의 논문은 녹색물류를 위한 LNG ENGINE의 항만 예인선 적용에 관한 연구 및 항만의 대기오염 저감에 관한 연구이다. 먼저, 현재 육상에서 시행되고 있는 천연연료가스를 사용하는 차량에 대한 경제성과 환경에 대한 영향 및 정부의 지원책과 세계 각국의 천연연료가스 자동차 현황에 대해 검토하였다. 이를 통해 현재 항만의 대기오염실태, LNG 연료의 특성을 서술하고 LNG ENGINE을 항만에서 운항 중인 예인선에 적용할 경우 경제성 및 대기오염 저감 효과와 유사시 선박 연료 유출에 의한 해양오염 방지를 비롯하여 환경적인 편익을 제시하였다. 이외에 LNG 연료를 사용하기 위한 필수 요소인 공급인프라 구축 등의 정부 입법 지원이나 경제적인 지원 대책을 제시하였다.

유미성(2011)의 논문에서는 운항 중인 선박이 배출하는 유류사용 및 온실가스 배출량을 줄이기 위한 선박의 경제적 급유항구 및 운항 속도를 결정짓게 하는 선박의 연료관리에 대한 문제를 다루었다. 현실적인 제약을 고려한 선박의 CO₂ 배출량을 최소화할 수 있는 재급유 항구와 구간별 선박의 운항속도를 결정하는 수리계획 모형을 통하여 방법론을 제시하였다.

또한, 운항 중의 선박이 배출하는 유류소비 및 온실가스를 줄이기 위한 경제적 운항 속도를 결정하는 효율적인 연료관리에 관한 문제를 다루었다. 연료관리 문제는 연료 구매 및 환경비용, 선박의 시간 비용 등으로 이루어진 총비용을 최소화할 수 있는 급유항구와 각 항해 구간별 선박의 운항속도를 결정하는 문제이며 해운산업의 현실적인 상황을 고려하기 위해 선박이 주어진 시간 내에 각 항구에 도착해야 한다는 제약을 추가적으로 time window로 고려하였다.

윤범식(2012)의 논문에서는 연료 절감과 질소산화물 배출 감축을 위한 선박용

연료의 질적 개선에 관한 문제를 다루었다. 실제 선박에 사용되는 고점도 연료를 유화시키고, 슬러지를 적용하여 연료로 이용함에 따라 연소효율을 높여 주는 동시에 에너지 효율을 개선하고, 물을 공급시켜 연료의 연소온도를 낮게 하고, 불완전연소를 감소시켜 선박에 배출되는 오염물질의 배출을 감소시킴으로써 훗날 강화될 환경규제에 대응하기 위한 연구를 하였다.

특히 선박용 연료유 종류별 특성을 선박용 경유(Marine Light Oil), 선박용 A 증유(Bunker A Oil), 선박용 증유(Heavy Fuel Oil)로 나누어 분석하였다. 그 결과 연료 종류별 가격은 공급 항구, 생산지 및 생산자에 따른 차이가 발생하여 유종을 변경할 시 연료비를 절감할 수 있고, 혼합유인 MF급의 Bunker C와 MGO의 혼합 비율은 MF의 15와 180의 경우로 나누어 각각의 혼합유의 성분비 결과 값을 도출하였다.

정재호(2016)의 논문에서는 LNG 병커링 시장이 극복해 나가야 할 문제점을 도출하고 해결방안을 모색하기 위해 Chicken-Egg 문제, 표준의 미비 및 안전기준, LNG 가격경쟁력과 공급 안정성을 확보 및 병커링 기술개발 문제를 제시하였다. 그리고 해결방안을 도출하기 위해 시장의 LNG 병커링 경쟁분석을 실시하였고, 시장 참여자의 니즈에 대해 분석하여 시장 활성화를 위한 성공 요인으로 정부의 정책적 지원 및 연료 가격과 공급 안정성을 제시하였다.

또한, 사업모델과 추진전략을 도출하기 위해 4가지를 제안하였는데, 첫째 우리 정부가 국가 차원의 종합적 계획을 신속히 수립 및 시행하고, 재정적 지원과 더불어 세제 지원을 해야 한다는 점과 둘째, LNG Trading 사업에 진출하여 LNG를 조달할 것을 제안하였다.

그 이유는 아시아의 LNG 도입가격이 가장 값비싼 상태에서 병커링용 LNG를 기존의 방식으로 조달하는 것은 가격경쟁력을 확보할 수 없기 때문이다. 셋째, LNG 선박 수요만 기다리지 않고 천연가스 차량을 개조하여 항만에 출입하는 서비스용 차량을 통해 즉각적인 수요를 만들어 기반시설에 대한 투자비를 조기에 회수할 수 있음을 제안하였고 넷째, 이미 LNG 기지를 보유하고 있는 한국 가스공사의 통영, 인천, 평택의 인수기지를 중심으로 하여 조기 사업을 실시하는 제안을 하였다.

이상에서 살펴본 연안선박 연료소비에 관한 선행연구를 분석대상, 분석방법, 연구목적 등으로 구분하여 Table 1과 같이 요약하였다.

Table 1 연안선박 연료소비에 관한 선행연구

구분	분석대상	분석방법	연구목적
이계봉 (2010)	- 천연가스를 사용하는 차량	- 문헌 연구 분석	- 항만 예인선 적용할 경우 녹색물류를 위한 LNG ENGINE의 경제성, 대기오염 저감 효과, 환경적 편익 파악 및 항만 대기오염 저감
유미성 (2011)	- 항해 구간별 선박 운속 및 재급유 항구를 결정하는 두 개의 수리계획 모형	- 수리계획 모형	- 국내외 해운선사의 이산화탄소 배출량을 감소시키기 위한 효율적인 연료관리 방법론 제시
윤범식 (2012)	- 선박에 사용되는 고점도 연료	- 유류 블렌딩 및 무스 검출 시험	- 선박 기인 오염물질을 감소시켜 환경규제에 대응
정재호 (2016)	- LNG 병커링 사업의 특성	- LNG 병커링 시장의 경쟁분석	- LNG 병커링 사업 활성화를 위한 사업모델, 추진전략 경쟁력 확보방안 제시

2.2 선박 온실가스 감축에 관한 선행연구

최상진(2010)의 논문에서는 IMO에서 꾸준히 논의되고 있는 에너지효율운항 지표(EEOD)⁹⁾ 규제 및 에너지효율성지표(EEDI)를 통합하여 국제해운 선박에서 발생하는 선박 온실가스 감축 방안에 대한 준수를 규제할 것으로 제의하였다.

이를 위해 해운부문의 효율성 높은 배출량에 대한 목록을 기준으로 저감 목

9) 기존 선박의 운항 시 연비효율을 나타내는 지표. 국제해사기구(IMO)가 선박 운항 시 탄소배출을 줄이기 위해 검토 중인 것으로 탄소배출량에 따라 부담금을 부과하는 것이다.

표 실현을 위한 비용·편익분석과 더불어 온실가스 잠재성 평가가 필요하다고 주장하였다.

또한, 개별적인 선박을 기초로 한 선박에 대한 특성을 적용할 수 있는 방법과 실제로 반영할 수 있는 관련 요소와 활동자료를 새롭게 이용하였다. 또한, 선박의 배출량 측정에서 반드시 극복해야 할 과제로서 정합도 기준과 연구결과를 입증하는 정량화된 지표를 제시하였다.

최재성(2010)은 선박 기관에서 배출되고 있는 대기오염물질 중에서 CO₂ 배출과 관련하여 구체적인 동향을 조사하고 그 중 EEOI를 실선에 적용 및 연구하고 검증한 뒤 문제점에 대해 분석한 후 새로운 개념의 EEOI를 제시하였다.

이를 실제 선박에 적용하여 그 결과가 얼마만큼 운항선의 에너지효율을 효과적으로 표시하는지 Energy Efficiency Operational Indicator를 분석하고 이를 활용할 수 있는 방안에 대해 새로운 EEOI의 세부 요소를 제시하였다. 또한, 이들 새로운 지표들이 전반적인 연안해운산업의 에너지 효율성을 높임으로서 선박기인 온실가스 증가를 억제하거나, 느리게 할 수 있을 것으로 전망하였다.

고재균(2014)은 공정배출이 존재하는 온실가스·에너지 목표관리제의 업종에서 온실가스 감축 이행이 에너지 사용량과 온실가스 배출량 간 상관관계에 미치는 영향을 파악하여, 공정배출 감축에 의한 온실가스 배출량 감축 또는 에너지효율 개선에 의한 온실가스 배출량 감축에 대해 평가하였다.

박소민(2016)의 논문에서는 시장기반조치(MBM) 대응방안에 관하여 국내 해운 상황에 맞는 각각의 대안들을 평가할 수 있도록 AHP기법을 활용하였다. 실증적 연구에서는 AHP분석을 통해 설문 자료를 수집하여 국내 해운사 임직원을 대상으로 시장기반조치(MBM) 대응방안의 선정요인에 대한 평가를 실시하고 IMO 선박온실가스 감축방안을 구체적으로 제시하였다.

국내 해운부문의 국가 경쟁력을 높이고 국내 온실가스 정책의 문제점을 도출하기 위해 시장기반조치(MBM) 대안 및 IMO 온실가스 배출규제 동향을 분석하여 온실가스를 효과적으로 감축할 수 있는 방안을 모색하고 해운뿐만 아니라 금융업 및 조선업 등에서 탄소포인트제가 큰 효과를 볼 수 있는 국내 대응방안으로서 선정하였다.

이상에서 살펴본 선박 온실가스 감축에 관한 선행연구를 분석대상, 분석방법, 연구목적 등으로 구분하여 Table 2와 같이 요약하였다.

Table 2 선박 온실가스 감축에 관한 선행연구

구분	분석대상	분석방법	연구목적
최상진 (2010)	- 개별선박을 기초로 한 선박 특성	- 하향식 방법(TDA) - 상향식 방법(BUA)	- 해운부문 온실가스 산정방법과 이를 실행할 선박온실가스 배출량 산출 시스템 개발
최재성 (2010)	- 선박 기관에서 배출되는 대기오염 물질	- Energy Efficiency Operational Indication(EEOI)	- 선박의 CO ₂ 배출에 관한 구체적인 도향을 조사, 연구 - EEOI 실제선박 적용하여 검증 한 후 문제점 분석을 통해 EEOI 제시
고재균 (2014)	- 공정배출 감축에 의한 온실가스 감축량 - 에너지 효율 개선에 의한 온실가스 감축량	- 비교분석	- 온실가스 감축 이행을 위한 온실가스 목표관리제 실시 관리업체 온실가스 배출량 및 에너지 사용량의 상관관계 분석
박소민 (2016)	- 국내 해운상황에 맞는 시장기반조치 대응방안 모색	- 계층적분석(AHP)	- IMO 온실가스 배출규제 동향 및 MBM 대안 분석

제 3 장 국내·외 온실가스 제도 및 국내 연안해운 현황 분석

3.1 국내·외 온실가스 제도

3.1.1 유엔기후변화협약

국제사회는 최근 기온상승, 사막화 확대, 각종 기상이변 등 빈번히 발생하고 있는 현상이 급격한 기후변화에 따른 위협으로 지구상의 모든 생명체가 직면하고 있는 가장 큰 위험 중의 하나이다. 그 주요 원인은 인간의 활동으로부터 배출되는 온실가스로 볼 수 있다.

유엔 기후변화협약은 1992년 리우지구회의로 알려진 유엔환경개발회의에서 154개 당사국에 의해 공식적으로 채택되어 1994년 3월 발효되었다.

UNFCCC에서는 온실가스 감축을 위해 모든 국가는 기후변화 문제에 관한 협약이행 조치를 보고해야 하는 의무사항을 특별의무사항과 공동의무사항 두 가지로 규정하고 있으며¹⁰⁾, 기후변화를 막기 위한 국제사회의 주요 노력은 아래 Fig.3에 간략하게 요약하였다.

10) 오공균(2013), 선박배출온실가스 감축을 위한 기술·운항·시장 조치에 관한 법제 연구

기후변화 막기 위한 국제사회의 주요 노력



1972년	과학자들 국제적 법규 마련 촉구
1988년	유엔 기후변화정부간위원회(IPCC) 발족
1992년	각국의 자발적 온실가스 배출 감축 촉구하는 유엔기후변화협약(UNFCCC) 체결
1997년	선진국들은 온실가스를 2008~2012년에 1990년 대비 5.2% 감축해야 한다는 교토의정서 채택
2001년 3월	조지 W 부시 미국 정부, "불공평, 고비용" 이유로 교토의정서 탈퇴 선언
2005년 2월	교토의정서 발효
2009년 11월	한국, 온실가스 배출량을 2020년까지 2005년 대비 4% 줄이는 목표치 발표
2009년 12월	15차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP15)서 지구온도 상승을 2도 내로 제한하는 목표에 합의
2011년 12월	세계 195개국, 2015년까지 법적 구속력을 갖춘 새로운 기후변화체제 수립 목표에 합의
2014년 12월	페루 리마서 열린 COP20서 '공통적이지만 차별화된 책임 갖는다' 고 합의
2015년 12월	프랑스 파리에서 열린 COP21서 "지구온도 상승폭을 2100년까지 섭씨 2도 이하로 제한" 합의

자료 : 세계일보(<http://www.segye.com>), 2015. 12. 13

Fig.3 기후변화 막기 위한 국제사회의 주요 노력

「기후변화에 관한 국제연합 기본협약」 제2조에서 기후변화협약에 대한 목적을 다음과 같이 말하고 있다.

기후변화협약은 기후체제가 위험한 인위적 간섭(dangerous anthropogenic interference)을 받지 않을 수준으로 대기 중 온실가스 농도를 안정화하는 것을 궁극적 목표로 삼으며, 이를 위해 공통되지만, 차별화된 책임과 개별적 능력(the principle of common but differentiated responsibilities and respective capabilities)원칙에 의거하여 협상이 진행되고 있다. 이러한 원칙은 개도국과 선진국의 입장 차이를 보여주는 것으로, 개발도상국은 경제개발에 필요한 온실가스 배출에 관한 권리 보장으로 해석하고, 선진국의 역사적인 배출책임을 근거로 기후변화 대응에 앞장서서 선도적 역할을 할 것을 요구한다.

반면, 선진국은 공통적인 책임 및 개별적 능력과 관련하여, 개발도상국들은 이미 온실가스 배출량의 수치가 선진국의 온실가스 배출량을 추월하였고, 몇몇 개발도상국은 경제적 능력이 있음을 거론하면서, 주요 개발도상국(major economies)도 선진국과 마찬가지로 온실가스 감축의무를 부담해야 한다고 지속적으로 주장하고 있다.

또한, 선진국은 과거 및 현재의 온실가스 배출에 관하여 큰 책임이 있음을 분명히 하고 있으며, 이들 선진국의 선도적인 역할을 제안하고 있는 실정이다.

경제협력개발기구(OECD) 회원국과 동유럽 국가로 구성된 부속서 I 국가들이 2000년까지 온실가스 배출을 1990년대 수준까지 안정화하는 자발적 약속(voluntary commitment)을 하는 반면, 개발도상국(비부속서 I 국가)은 이러한 의무를 지지 않고 있는 현실이다.

이에 부속서 I 국가들은 비부속서 I 국가들에 온실가스 저감에 대한 행동을 위한 재정적 지원을 하고자 하였고, 이는 개도국에 현재 제공되고 있는 재정적 지원에 추가적(additional)이어야 함을 명시하고 있다. 유엔 기후변화협약 국가의 구분은 Table 3과 같다.

Table 3 유엔 기후변화협약의 국가

구분	부속서 I 국가	부속서 II 국가	비부속서 I 국가
국가	협약체결 당시 OECD 24개국, EU와 동유럽 국가 등 40개국	부속서 I 국가 중 동유럽 국가가 제외된 OECD 24개국 및 EU	우리나라 등, 부속서 I 에 포함되지 않은 국가
의무	온실가스 배출량을 1990년 수준으로 감축 노력, 강제성을 부여하지 않음	개발도상국에 재정지원 및 기술 이전 의무	국가보고서 제출 등의 협약상 일반적 의무

자료 : 산림청 홈페이지(<http://www.forest.go.kr>)

부속서 I 국가들은 국가 보고서에 온실가스 감축에 관한 정책 및 조치의 세부적인 설명과 그 정책 및 조치가 온실가스 배출에 미치는 영향에 관한 구체적인 예측을 포함해야 한다.

특히, 부속서 II 국가들은 개도국의 온실가스 배출 인벤토리 및 협약 이행 관련 조치에 대한 정보의 제출에 대한 재원 제공과 개도국의 적응비용 지원 등에 관한 상세 내용을 포함하도록 하고 있다.

부속서 I 국가들은 온실가스 감축 의무가 핵심이다. 하지만 제4조 공약에 해양환경 부문에 관련한 기후변화 논의가 제시되어 있다. 공약에는 해양환경 부문에 관한 논의로 기후변화 조사 및 관측, 온실가스 배출 흡수원과 저장소로 해양 및 연안 공간 활용 및 기후변화 영향에 대한 적응 등이 제시되어 있다.

구체적으로 살펴보면, 협약 제4조 1d¹¹⁾에서는 해양·연안 공간 및 생태계의 온실가스 흡수 및 저장기능에 주목하면서 각 국가가 협력하여 해양·연안 공간 및 생태계를 적극적으로 관리하고 보전할 필요가 있음을 규정하였다.¹²⁾

협약 제4조 1g¹³⁾는 기후변화 발생 원인과 그에 대한 불확실성에 우려를 최소화하기 위해 기후체계와 관측 및 조사에서 필수적인 요소가 해양임을 고려하면 이 조항 또한 해양환경 부문과 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다. 우리나라는 해양에서 기후변화에 관한 조사와 관측의 중요성을 초기 기후변화 대응정책을 시작으로 관련한 사업이 포함되어 추진되고 있다.

기후변화에 관한 논의에서 감축과 함께 중요시 다루어진 적용에 관해서는 협약 제4조 1b¹⁴⁾와 1e¹⁵⁾에 관련 내용이 제시되어 있다. 기후변화 협약이 채택된 당시 온실가스 감축에 관한 논의가 이루어진 상황이기 때문에 해양환경 부문과 밀접한 관계가 있는 경우 적용에 관련한 내용은 다소 간략하고 구체화 되어있지 못하다. 적용에 관련한 논의에서는 협약이 채택된 후 개최되었던 당사국회의에서 여러 가지 다양한 협의에 대한 계획이 제시되었고, 최근 활발한 움직임으로 추진되고 있다. 특히 우리나라에서는 협약 4조 1b에서 권고한바 2008년 ‘국가기후변화 적응 종합계획’을 마련하여 관련된 사업을 추진 중이다.

이에 부속서 I 국가가 어느 정도, 언제까지 온실가스를 감축할 것인가에 대한 구체적인 협상이 이루어지지 않아 1990년 초 수준으로 회복하는 것을 합의하였다. 온실가스 감축량은 1997년 교토에서 개최된 제3차 당사국회의에서 구체적

-
- 11) 생물자원·산림·해양과 그 밖의 육상·연안 및 해양 생태계 등 몬트리올의정서에 의해 규제되지 않는 온실가스 흡수원과 저장소의 지속가능한 관리를 촉진하고 또한 적절한 보전 및 강화를 촉진하며 이를 위해 협력한다(Article 4.1 d.) 기후변화협약 해양환경 부문 제4조 1d
 - 12) 박수진, 정지호, 2010. 해양환경 부문 기후변화정책의 개선방안 연구. 한국해양수산개발원.p.87
 - 13) 기후변화의 원인·결과·규모·시기 및 여러 대응전략의 경제적·사회적 결과에 대한 이해를 증진하고 또한 이에 관한 잔존 불확실성을 축소·제거하기 위하여 기후체계와 관련된 과학적·기술적·기능적·사회경제적 및 그 밖의 조사, 체계적 관측 그리고 자료보관소의 설치를 촉진하고 협력한다(Article 4.1 g.) 기후변화협약 해양환경 부문 제4조 1g
 - 14) 기후변화에 충분한 적응을 용이하게 하는 조치를 포함한 국가적 적절한 지역적 계획 수립·실시·공표하고 정기적으로 갱신한다(Article 4.1 b.) 기후변화협약 해양환경 부문 제4조 1b
 - 15) 기후변화의 영향에 대한 적응을 준비하는데 협력한다. 즉 연안관리·수자원 및 농업을 위한 계획 그리고 특히 아프리카 등 가뭄·사막화 및 홍수에 의하여 영향받는 지역의 보호와 복구를 위한 적절한 통합계획을 개발하고 발전시킨다.(Article 4.1 e.) 기후변화협약 해양환경 부문 제4조 1e

으로 결정되었다.

기후변화협약 발효에 따라 온실가스 감축 의무 국가들은 수송 분야의 온실가스 배출량을 감축하기 위해 다양한 정책들을 시행 중이며, 우리나라도 국가 비전으로 저탄소 녹색성장을 제시하고 온실가스 저감을 위한 정책을 추진 중이지만, 우리나라의 온실가스 배출량은 세계 6위 수준으로 매우 높은 수준이다. 수송부문의 온실가스 배출량 약 80%를 도로운송이 차지, 연안·해운 부분은 약 1.6%에 불과하다.

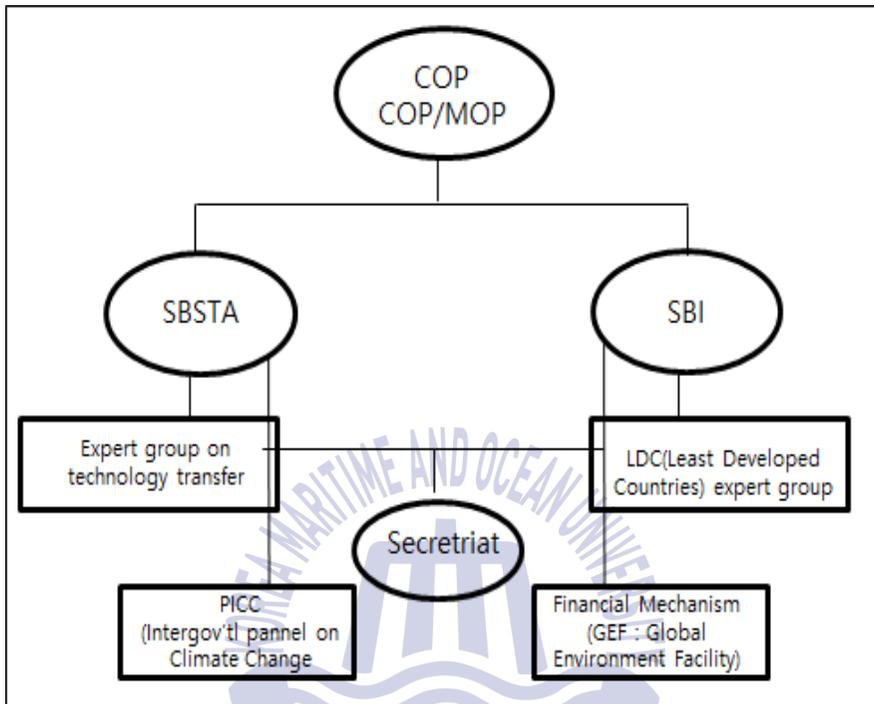
국내 기후변화의 심각성과 위기의 실현 가능성 등을 고려했을 때 국제정치경제 전문가들의 견해는 3가지로 정리할 수 있다. 첫째, 기후변화는 한 국가만의 노력으로 문제점을 해결하기 어렵고 국제공조가 필요한 국제적인 문제라는 현실과 둘째, 현재 노력의 결과가 미래시점에 발현되어 동시대의 정치인들의 행동 변화 등을 유인하면서 어려운 세대 간의 문제점이라는 점 셋째, 인간의 모든 영역의 온실가스 배출이 경제활동과 연관되어 있어 과거 전례 없는 수준의 기술·행동·제도변화를 요구한다는 점에서 비추어 볼 때 정치적으로 해결이 힘든 문제라고 지적하고 있다.

또한, 국제기후변화 협상이 진행되면서 협상 쟁점들이 다양하고 190개국 이상의 당사국들 이해관계가 복잡해졌다. 감축 목표량, 감축 부담의 공정한 배분, 개발도상국을 위한 기술 지원, 기후변화로 발생된 사회·경제적 영향에 대한 적응 등, 의견대립을 총의(Consensus)에 의해 결정되어야 하는 의사결정 방식은 합의를 어렵게 하고 있으며, 주권국가 간 합의를 바탕으로 국제공조는 본연의 자체로 쉽지 않고 문제가 복잡하여 장기간에 걸쳐 발생하며, 해결책을 도모하기 위해 사회·경제적 부담이 큰 경우, 문제를 해결하기 위한 공정한 의무부담 방식에 의한 당사 국가 간의 견해가 다를 때, 국제협력 간의 어려움은 더욱 커진다. 위 내용이 국제협력에 내재된 기후변화의 태생적 어려움이라고 할 수 있다.¹⁶⁾

한편, 아래의 Fig.4와 같이 기후변화협약은 다수의 기구를 통해 운영되고 있다. UNFCCC의 핵심기구는 당사국총회, 과학기술 자문기구, 이행기구로 구성되

16) 외교부, 파리협정과 POST-2020 신기후체제의 서막-유엔기후변화협약과 파리총회 주요 쟁점과 합의 결과를 중심으로(2016)

어있는데, 당사국총회는 제도 전반에 대한 논의와 당사국 의무를 정기적으로 집행하는 최고의결기구인데¹⁷⁾ 협약과 이행에 관한 법적 문서를 정기적으로 검토하고 협약의 효과적인 이행에 필요한 결정을 내린다.



자료 : 기획재정부 보도자료, 2008. 4. 29

Fig.4 기후변화협약 관련 기구

사무국은 당사국 총회와 부속기구의 회의를 준비하고, 제출된 보고서를 정리·전파하며, 사무국의 활동에 관한 보고서를 작성하여 당사국 총회에 제출하는 역할을 한다.

과학기술 자문부속기구는 당사국총회와 다른 부속기구에 협약 관련 과학·기술사항에 대한 정보와 자문을 제공하며, 모든 활동에 대해 효과적인 이행에 대한 평가와 검토에 있어서 당사국총회를 지원하고, 모든 활동에 대해 당사국총회에 정기적으로 보고하는 역할을 한다.

이행부속기구는 협약이행에 관한 정보 공개와 관련하여, 모든 당사국은 사무국을 통해 온실가스 배출에 관한 국가 인벤토리, 협약 이행을 위해 당사국이 취한 조치, 당사국이 협약 목적 달성을 위해 적절하다고 판단하거나, 국가보고서(Communication)에 포함

17) 박소민(2016), 선박온실가스 배출감축을 위한 시장기반조치 대응방안 평가 연구

하는 것이 적절하다고 판단되는 다른 정보를 당사국총회에 제출한다.

3.1.2 기후변화협약 채택 이전 논의사항

기후변화협약 체제는 1972년 스웨덴에서 개최되었던 인간 환경에 관한 유엔 총회(United Nations Conference on the Human Environment)¹⁸⁾에서 논의가 시작되어 1992년 유엔 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC)과 1997년 교토의정서가 채택되면서 일차적으로 완성되었다.

그 후 2007년 발리 행동계획과 2010년 칸쿤 합의를 거치면서 2012년 이후 기후체제(post-2012 climate regime)에 관한 협상이 진행되었다. 하지만, 교토의정서 이행방안에 관한 협상 지체와 Post-2012 체제 합의 도출에 실패하면서 각국에 온실가스 감축 의무를 강제한 것이 실패 원인이라는 비판이 이어졌다.

또한, 개발도상국도 온실가스 감축 노력에 동참해야 한다는 목소리가 높아짐에 따라 2010년 이후 ‘이행 가능한’ 새로운 기후변화체제를 도입하는 국제적 논의가 시작되어 전 세계 국가가 참여하는 자율감축 체제를 도입하는 데 의견이 모아졌다. 이를 통해 기후변화대응 국제체제는 교토의정서 상의 일부 국가 참여 및 강제의무 체제로부터 다수국가의 참여, 자발적 목표 및 투명성을 강조하는 체제의 방향으로 전환되었다.

국제기후변화 대응 협상은 국가별 기후변화를 일으켰던 역사적인 책임과 더불어 기후변화에 신속하게 대응할 수 있는지, 기후변화로 인해 받는 영향이 다르다는 점을 토대로 범지구적으로 필요한 부담을 국가 간에 어떻게 세분화하느냐 하는 문제로 집약될 수 있다. 그리고 기후변화에 대한 과학지식의 축적과 주요국의 기후변화에 관한 흐름에 따라 단계마다 논의의 중점 또는 합의 내용이 변화되어 왔다.

1972년 6월 스웨덴 스톡홀름에서 세계 113개국, 13개 국제기구, 257개의 비정

18) 1968년 제44차 유엔경제이사회에서 무계획적인 기술혁신이 빚어낸 인간환경의 위기를 국제적인 협조로 극복하자는 스웨덴의 제안에 따라 1972년 114개국의 3,000여 대표가 스톡홀름에서 인간환경선언과 행동계획을 채택하였는데 주요의제는 환경오염물질의 적발과 규제, 천연자원 관리의 환경적 측면, 국제기구 설치 문제 3가지이다.

부 단체의 대표들이 참석한 가운데 ‘인간 환경에 관한 유엔 총회’ (일명, 스톡홀름 총회)가 하나뿐인 지구라는 슬로건 아래 개최되었다.

이 총회는 세계기상기구(WMO)¹⁹⁾의 주관으로써 기후변화의 원인에 대한 연구 프로그램을 진행할 것을 권고하였다. 이에 따라 1979년 WMO는 기후변화와 관련하여 제1차 세계기후회의(World Climate Conference)를 통해 세계기후프로그램(World Climate Programme)이 설립되었다. 이 프로그램은 1988년 세계기상기구와 유엔환경계획(SUNEP)이 공동 후원하는 ‘기후변화에 관한 정부 간 패널²⁰⁾ (IPCC)’의 설립기반이 되었다.

1985년 오스트리아 빌라크(Villach)에서 세계기상기구와 유엔환경계획의 공동 주관으로 기후 총회와 후속적인 워크숍이 개최되었고, 참석자들은 21세기 전반의 지구 평균기온이 유례없이 상승할 것이고 이러한 상황을 회피하기 위해서는 온실가스 농도를 제한해야 한다는 결론에 이르렀다. 1988년 캐나다 토론토에서 개최되었던 ‘변화하는 대기에 관한 총회’에서는 2005년까지 1988년 대비 이산화탄소의 배출량을 20% 감축할 것을 촉구하는 합의를 도출하였다.

1990년 IPCC는 제1차 평가보고서에서 인간 활동을 통한 이산화탄소, 메탄 등 온실가스 배출이 지구표면을 추가적으로 덥히고 있으며, 별도의 감축 노력을 하지 않는 경우(BAU emissions scenario) 지구 평균기온이 10년마다 약 0.3°C씩 증가하여 21세기 말에는 3°C 상승할 것으로 전망하였다. 또한, 같은 가정 하에서 온도상승에 따른 바다의 팽창과 육상 빙하의 용해로 인하여 지구평균 해수면이 21세기에 10년마다 약 6cm 상승하여 2030년까지 약 20cm, 2세기 말에는 65cm 상승할 것으로 예상하였다.

이러한 다양한 논의내용을 기초로 하여 1992년 브라질 리우에서 개최되었던 유엔 환경개발회의(UNCED)에서 기후변화협약(UNFCCC)을 채택하였다.

19) 1873년 설립된 국제기상기구의 후속 기구로서 기상관측 또는 기상학과 관련된 지구물리학적 관측을 위한 관측망을 구성하는 데 필요한 범세계적인 협력관계를 도모하는 것을 목적으로 한다.

20) 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 기후 변화와 관련된 전 지구적 위험을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 공동으로 설립한 유엔 산하 국제 협의체

3.1.3 교토의정서

1995년 3월 독일 본에서 개최된 제1차 당사국 총회는 협약(4조)에 따라 당사국의 의무에 대한 적정성(adequacy)을 검토하였고, ‘베를린 만데이트(Berlin Mandate)’로 알려진 당사국총회 결정문²¹⁾(COP decision)을 채택하여 2000년 이후 기간에 대해 부속서 I 국가의 감축 목표 설정을 포함한 적절한 행동을 취하도록 하는 협상을 개시하였다.

베를린 만데이트에 따라 1995년 8월부터 협상그룹 회의(Ad Hoc Group on the Berlin Mandate:AGBM)가 수차례 개최되어 새로운 의정서 문안을 작성하였고, 1997년 일본 교토에서 개최한 제3차 당사국총회에서 교토의정서가 최종 채택되었다. 교토의정서에서는 기후변화협약에 보다 선진국의 온실가스 감축 의무가 명시적으로 설정되고, EU의 공동달성체제 온실가스 감축 활동에 유연성을 부여하는 ‘교토메커니즘’ 등이 추가되었으며, 교토의정서의 주요기구와 교토의정서 개정절차 등은 기후변화협약의 그것들과 유사하다. 2012년 이후 기후체제에 관한 협상은 교토의정서 연장 또는, 이를 바탕으로 새로운 협약 또는 의정서 채택에 관한 것이므로 교토의정서의 핵심적인 내용에 대해 더욱 자세히 검토하였다.

교토의정서(Kyoto Protocol)는 온실가스 감축을 위한 선진국들의 온실가스 감축 의무에 대해 제안하고, 모든 당사국의 실질적 이행방법 및 감축 목표 설정 등을 규정하는 중요한 협약이다. 교토의정서는 1997년 일본 교토 당사국총회로부터 채택되었고, 그 후 2001년 마라케쉬 합의를 통해 교토메커니즘의 상세한 규정을 구체화해 2005년 2월 교토의정서가 발효되었다.

교토의정서 협약의 실질적 이행을 위한 선진국들의 온실가스 의무감축에 대한 목표 설정과 이행방법에 관해 주요 내용으로 규정하고 있다. 구체적으로 선진국들은 2008년에서 2012년까지 1990년 배출량 대비 평균 5.2% 감축해야 하고, 온실가스 감축 효과를 위한 조치로 교토메커니즘을 제안한 것이다.(김우호

21) 기후변화협약 관련 최고 의사결정기구로 당사국들이 협약의 이행방법 등 주요 사안들을 전반적으로 검토하기 위해 매회 1회 개최한다. 1995년 3월 제1차 당사국총회(독일 베를린)를 시작으로 제3차 당사국총회(1997년 12월 일본 교토)에서 교토의정서(Kyoto Protocol)를 채택하였다.

외, 2012).

교토의정서는 당사국회의, 사무국, 보조기구, CDM 집행위원회, 사업관리로 구성되어 있는데 배출권거래제도, 청정개발체제도, 공동이행제도가 감축 의무에 신축성을 부여한 체제로 이를 ‘교토 메커니즘’이라 칭한다. 2008년부터 2012년 제1차 이행 기간에 선진국에 대해 1990년 기준 평균 5.2%의 자국의 온실가스 배출량을 감축하도록 조치하고, 국가별 온실가스 배출 할당량을 설정하였다.²²⁾

교토의정서와 신기후체제, 교토의정서와 파리협정의 비교를 아래 Table 4와 Table 5에 간략하게 요약하였다.

Table 4 교토의정서와 신 기후체제 비교표

구분	교토의정서	신기후체제
범위	온실가스 감축에 초점	감축을 포함한 포괄적 대응 (감축, 적응, 재정지원, 기술이전, 역량 강화, 투명성)
감축 대상 국가	37개 선진국* 및 EU (美, 日, 캐나다, 러시아, 뉴질랜드 불참)	선진·개도국 모두 포함
감축 목표 설정 방식	하향식(top-down)	상향식(bottom-up)
적용 시기	1차 공약 기간: 2008~2012년 2차 공약 기간: 2013~2020년	2020년 이후 발효 예상

자료 : 환경부(<http://www.me.go.kr>)

22) 오공균(2013), 선박배출온실가스 감축을 위한 기술·운항·시장 조치에 관한 법제 연구

Table 5 교토의정서와 파리협정의 비교

구분	교토의정서	파리협정
개최국	일본 교토 제3차 기후변화협약 당사국총회(COP3)	프랑스 파리 제21차 기후변화협약 당사국총회(COP21)
채택	1997년 12월	2015년 12월 12일
참여국가	주요 선진국 37개국과 유럽연합(EU)	개발도상국 포함 196개국
적용 시기	2008~2020년	2020년 교토의정서 만료 이후
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기후변화 주범인 온실가스를 이산화탄소, 메탄, 아산화질소 등 7개로 규정 ■ 온실가스 배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 감축 ■ 선진국에만 온실가스 감축 의무 부과 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 지구 평균기온 상승폭을 산업화 이전 대비 1.5도까지 제한하기로 노력 ■ 선진국은 2020년 이후 개도국에 매년 최소 1,000억 달러 지원 ■ 선진국과 개도국 모두 자발적 온실가스 감축목표(INDC)제출, 온실가스 저감에 참여 ■ INDC에 국제적 구속력 부여하지 않음 ■ 2023년부터 5년마다 이행상황 점검

자료 : 환경부(<http://www.me.go.kr>)

3.1.4 파리협정

2015년 당사국총회(COP21)를 통해 파리협정(Paris Agreement)에 합의하고 전 세계 국가의 감축 목표를 확보하였다. 파리협정은 신 기후체제의 근간이 될 협정으로 기후변화 대응에 적용되는 주요 원칙 및 방향을 담은 법적 구속력이 있는 합의의 결과물이다.²³⁾

파리협정은 산업화 이전 대비 기온 상승을 2°C 보다 매우 낮은 수준으로 유지하고, 1.5°C 이하로 제한하였는데 파리협정 제2조의 논의 과정에서 선진국들은 1.5°C 이하로 온도 상승을 제한할 것을 주장하였으나, 태평양 도서국가들(PSIDS)을 비롯한 개발도상국들이 2°C 제한할 것을 주장함에 따라 1.5°C 이하로 막기 위하여 노력을 추구하고 병기 결정하였다.

산업화 이전 대비 지구 평균 기온 상승이 2°C 이상 일 시 돌이킬 수 없는 결과를 초래한다는 점에는 과학적 연구결과가 밝혀졌으나, 1.5°C 상승의 경우 아직 밝혀진 바가 없으며 현재 연구가 진행 중인 것으로 알려져 있다. 전 지구적 차원에서 온실가스 배출이 정점에 조속하게 이르도록 할 것을 목표로 하되 개발도상국은 배출정점에 도달에 이르기까지 상대적으로 오랜 시간이 걸림을 인정하였다.

이에 목표달성에 있어 각국의 다양한 여건을 고려하고, ‘공동의 그러나 차별화된 책임(common but differentiated responsibility)’ 과 국가별로 상이한 역량을 고려하였다. 선진국들은 교토의정서에서 채택했던 기존의 절대량 감축 방식을 유지하고, 개도국은 경제발전 상황을 고려하여 감축 목표를 점진적으로 변경하여 채택하는 방식이다. 기후변화 협상의 쟁점과 파리협정의 주요 내용을 아래 Table 6에 간략하게 요약하였다.

23) 외교부, 파리협정 채택과 신(新) 기후체제의 출범

Table 6 기후변화협상의 쟁점과 파리협정의 주요 내용

쟁점	파리협정의 주요 내용
전문 (Preamble)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기후 변화에 취약한 국가와 최빈국의 수요, 특히 재정지원과 기술 이전의 필요성을 인식 ■ 식량안보, 기아 종식의 근본적 우선권과 기후변화의 영향에 대한 식량생산 시스템의 특별한 취약성을 인식 ■ 기후변화 대응에서 인권, 건강권, 원주민 권리, 지역공동체, 이주민, 아동, 장애, 취약계층, 개발권, 성 평등, 여성의 역량 강화, 세대 간 평등에 대한 당사국의 의무를 고려
장기목표 (Long-Term Target)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제2호 1항 : 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승폭을 2°C 훨씬 아래로 억제하고, 1.5°C 상승 억제를 위해 노력 ■ 제4조 2항 : 인위적인 온실가스 배출량과 흡수원에 의해 제거되는 양의 균형을 21세기 후반부에 달성
국가 기여 (Nationally Determined contribution)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제4조 3항 : 개별 국가가 제출하는 ‘국가 기여(NDC)’ 는 현재 수준의 기여보다 진전된 내용이어야 함 ■ 제4조9항 : 5년 주기로 유엔기후변화협약 사무국에 제출 ■ 제4조 13항 : 온실가스 배출/흡수량 중복 계산 방지 ■ 제6조 5항 : 한 국가의 ‘국가 기여(NDC)’ 에 적용된 감축 활동은 호스트 국가의 ‘국가 기여(NDC)’ 에 사용될 수 없음
손실과 피해 (Loss and Damage)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제8조 2항 : ‘기후변화 영향 관련 손실과 피해에 관한 바르샤바 메커니즘’ 은 파리협정 당사국총회의 권한과 지도의 대상
재정 (Finance)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제9조 5항, 7항 : 선진국은 개도국에 지원되는 공공재원 규모를 포함하는 정량적이고 정성적인 정보를 격년마다 제공
투명성 (Transparency)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제13조 1항 : 개선된 ‘투명성 프레임워크’ 설정 ■ 제13조 3항 : ‘투명성 프레임워크’ 는 국가 주권을 존중하고 개별 당사국에 과도한 부담을 지우지 않으면서 촉진적, 비간섭적, 비징벌적 방식으로 적용 ■ 제13조 7항 : 모든 당사국은 온실가스 배출과 흡수에 관한 인벤토리 보고서 및 ‘국가 기여(NDC)’ 의 진전을 추적할 수 있는 정보를 정기적으로 제공
종합 이행점검 (Global Stocktaking)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제14조 2항 : 2023년 첫 점검을 시작으로 5년마다 주기적으로 국제사회의 종합적인 이행을 점검을 추진 ■ 제14조 1항 : 종합 이행점검에는 완화, 적응, 기타 실행 및 지원수단 등을 포함

자료 : 외교부(<http://www.mofa.go.kr>)

3.1.5 국내 온실가스 제도

1) 온실가스·에너지 목표 관리제도

온실가스 목표 관리제는 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위한 「저탄소녹색성장 기본법」에 근거한 제도로서²⁴⁾, 2012년부터 많은 양의 온실가스를 배출하는 업체들을 관리 대상 업체로 지정하여 시행되고 있다. 우리 정부는 온실가스 목표 관리업체와 협의를 통해 온실가스 배출 및 에너지 목표를 정하는 과정에서, 인센티브와 페널티 등을 통해 목표 달성을 장려하고, 목표관리제 관리업체의 성공적인 목표 달성을 위한 이행계획과 관리체계를 마련하여 효율적인 정책 목표를 달성하기 위한 수단을 목적으로 목표관리제를 도입하였다.

환경부는 목표관리에 대한 전반적 기준과 절차 및 지침을 마련하여 점검과 평가를 수행하는 총괄을 하고 있으며, 관리업체의 집행은 소관 부문에 따라 분류할 수 있는데, 산업통상자원부(산업·발전), 국토해양부(건물·교통), 농림수산식품부(농업·축산) 및 환경부(폐기물)가 주관하고 있다.

온실가스 종합정보센터는 환경부 장관 소속기관으로 목표관리 프로세스 지원의 국가 및 지자체의 감축 계획 수립지원, 국가 및 부문 업종별 감축 목표의 설정 지원/감축, 국가 온실가스 인벤토리의 관리 등의 기능을 수행하는데, 관리업체의 기준 연도가 변함에 따라 2년 단위의 규제가 강화되고 있다.²⁵⁾

목표관리제의 관리업체는 업체와 업체 내 두 가지 사업장으로 구분할 수 있다. 먼저 업체 내에 각 사업장의 배출 총량을 합산시켜 연간 12만 5천tCO₂(에너지사용량 500TJ) 이상의 배출량인 업체 기준으로 관리업체를 지정한다. 이 기준 미달의 업체도 사업장에서 연간 2만 5천tCO₂(에너지사용량 100TJ) 이상의 배출량일 경우의 사업장도 사업장 기준의 관리업체로 선정된다.

목표설정을 받게 된 목표 관리제 업체는 이행계획서를 제출한다. 연차별 목표 및 이행계획, 온실가스 감축·흡수량, 온실가스 배출량 및 에너지 소비량의 산정방식, 제거 실적 등이다.²⁶⁾ 관장기관은 실적보고서의 정확성과 함께 배출량

24) 안해민(2016), LEAP 모델을 이용한 국내 발전부문 온실가스 감축 시나리오 연구

25) 최수영(2016), 공기업의 목표관리제도를 통한 온실가스 저감수단 분석에 관한 연구

의 산정(Measure)과 보고(Reporting) 후 검증(Verification)된 목표달성이 미달일 경우 개선명령을 내린다. 또한, 온실가스 배출량 및 에너지 소비량의 명세서 또한 별도 제출하여야 하며, 검증기관의 전문 검증을 거치는 방식으로 의무화되어 있다.

2) 온실가스배출권 거래제도²⁷⁾

온실가스배출권 거래제도는 1968년 J. H. Dales가 제안하였으며, 규제해야 하는 총량을 설정하고 이후 경제 주체 간 재산권을 배분하여 거래하게 하는 시장 경제에 따른 의사결정제도이다. 기업 간의 격차 등으로 인한 저감 비용의 차이가 있을 시 해당 기업은 이와 같은 제도를 통하여 상호 이익을 누릴 수 있는 Win-Win 전략이 가능한 제도이다.

즉, 배출 저감 비용이 더 많이 드는 기업체로부터 비용이 더 적게 드는 기업체로 배출 저감 책임을 이전함으로써 사회적 편익도 발생했다고 할 수 있다.(Cordes, 2002:255).

이 제도가 이루어지기 위해서는 전제조건이 뒷받침되어야 한다. 첫째, 확정된 수준의 배출량이 반드시 행해져야 한다는 것과 배출권의 배분 이후에는 자유로운 거래가 허용되어야 한다.

오염처리비용이 배출자 간 서로 달라야 한다는 것이 또 다른 전제조건이다. 한계감축 비용이 서로 차이가 있어야만 시장에서 거래가 형성될 것이다. 기업의 입장에서 보면 기업의 개별적 감축행위가 시장에서 거래되는 배출권 가격보다 더 비용이 적은 금액이라면 감축행위를 선택하게 되고, 감축행위가 배출권 구매가보다 더 많은 비용을 소요한다면 배출권을 구매하게 되는 원리이다.

따라서 배출권거래제가 제대로 시행되려면 구매자와 판매자의 거래가 수월토록 제도적 장치를 잘 마련하여 거래시장이 공정하고 활발하게 형성되도록 유지해야 한다.

결국, 잉여 감축 분은 기업 내부의 온실가스를 줄이기 위한 목적으로 사용할

26) 에너지 목표관리제 운영을 위한 검증지침 제2장

27) 최수영(2016), 공기업의 목표관리제도를 통한 온실가스 저감수단 분석에 관한 연구

수 있으며 기업의 자산이 되고 미래에 활용 또한 할 수 있다. 물론 낮은 가격에 배출권을 구매하여 높은 가격에 이윤을 남기려는 브로커뿐만 아니라 배출권을 구매해서 영구 폐기하려는 환경단체도 이러한 시장에서는 구매자가 될 수 있다. 또한, 주어진 상황의 환경목표를 기준으로 합당한 가격으로 자원배분의 더 큰 효율성을 추구할 수 있는 이 제도는 상호견제와²⁸⁾ 협력을 도모할 수 있으며 온실가스 감축 기술의 촉진을 유인할 수 있다.

그러나 시장을 통해 사회적으로 바람직한 행동을 유인하고자 하는 배출권거래제의 가장 큰 한계는 전체 오염수준의 감소에는 기여할 수 없다는 것이다. 대표적인 사례를 든다면 유럽에서 바이오디젤로 화석연료를 대체하기 위한 농장을 조성하기 위해 인도네시아에서 숲을 없애는 행위가 유럽에는 정당한 감축 노력으로 배출권을 확보하지만, 실제 지구 전체로 보면 인도네시아에서 발생한 대량의 온실가스로 인해 환경적 기여가 없음을 의미하는 것이다. 따라서 적절한 환경목표가 설정되어야 한다.

또한, 일반 기업이 아닌 공공기관의 경우 배출권 시장에서 자유로운 거래가 어려울 수 있으며 배출권거래제로부터 얻는 이익이나 손실에 대한 부담이 오히려 배출권거래제도에 무관심할 수 있다는 한계를 갖는다(Stavins, 1998).

국제 탄소거래 파트너십(International Carbon Action Partnership)이 발간한 「ICAP Status Report 2015」에 따르면 현재 39개 국가에서 17개의 탄소배출권 거래제를 운용 중인 것으로 조사되었다. 유럽연합(EU)은 현재 31개국(28개 회원국 및 노르웨이, 리히텐슈타인, 아이슬란드 3개 비회원국)을 대상으로 운영 중인 EU의 배출권거래제도는 2005년부터 EU-ETS를 시행하면서 여러 가지 문제점을 겪으며 경험을 바탕으로 제도적으로 안착하였다.

EU는 2013년부터 시작되는 제3기부터 배출권 할당방식을 기존의 국가별 할당계획을 폐지하고 EU 차원에서 배출권을 할당하도록 정책을 변경하였으며, 2020년 또는 그 이후까지 배출권 총량을 매년 1.74%(1억2,000만-1억 3,000만 톤)씩 감소하도록 설계했을 뿐만 아니라, 유상할당 비율을 점진적으로 높여 2027년에는 완전경매(100%)에 도달한다는 계획이다.²⁹⁾

28) 나태준(2008), 정책도구로서의 배출권 거래 제도의 작동기제와 적용사례에 관한 연구

29) 양우석(2012), 배출권거래제법안 쟁점분석 및 대안마련

미국은 지역 단위의 ETS를 운영하고 있으며 RGGI(Regional Green House Initiative)는 배출권 할당 수익을 친환경 사업에 재투자함으로써 온실가스 감축 목표를 조기 달성하였으며, 캘리포니아 주의 총량제한 배출량 거래제(Cap-and-Trade program)는 감축 목표를 1990년 배출수준으로 설정하고 2020년까지 달성할 계획으로 추진되고 있다.³⁰⁾

배출권거래제(ETS) 운용 국가들은 상호 연계방안을 지속적으로 모색하고 있는데, 대표적인 EU의 ETS는 스위스 ETS와 연계를 추진 중이고 캘리포니아 주는 2014년부터 캐나다 퀘벡 주의 총량제한 배출량 거래제와 연계하여 탄소 시장을 운영하고 있다.

교토의정서 체제에서 우리나라는 온실가스 의무감축국에 포함되지 않았으나 저탄소 녹색성장 비전선포('08년) 이후 코펜하겐에서 열린 제15차 당사국총회(COP15)를 계기로 2030년 기준 배출전망치(BAU) 대비 30%의 자발적 감축 목표를 발표하는 것에서 더 나아가 파리협정 이전에 국가 온실가스 목표를 37%까지 상향하였다. 또한, 시장 메커니즘을 통해 달성하기 위해 2015년부터 「온실가스배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」에 따라 국가 단위의 온실가스 배출권 거래를 시행하고 있다.

이러한 배출권거래제도가 파리협정과 직접적인 관계를 찾기 어려울 수도 있으나, 파리협정에 따른 우리나라의 감축 목표를 달성하기 위해서는 배출권거래제도가 주요 수단으로 활용될 것으로 예상되며 우리 정부가 제출한 국가별 기여방안(INDC)에도 이와 같이 서술되어 있다. 이렇듯 파리협정의 보다 상향된 감축 목표의 제시 의무, 온실가스 배출권거래제의 전 세계적인 정착으로 기업에 대한 온실가스배출할당량의 부과 및 온실가스 배출권거래제의 시행은 더욱 엄격하게 이루어질 가능성이 높고 이에 대한 준비를 하지 못할 경우 장기적으로 큰 부담을 갖게 될 수 있을 것이다.

30) 박상준(2014), 온실가스 배출권 거래제 및 신기후체제 도입 관련 대응방안 연구

Table 7 배출권 거래제 시행국가

연번	국가명(지역명)	도입연도 (년)	시행범위	2015할당총량 (tCO ₂)	대상 기업	ETS 적용비율
1	EU	2005	28개국	2,007,800,000	11,500 이상	45%
2	아이슬란드		전국			
3	리히텐슈타인					
4	노르웨이					
5	뉴질랜드	2008	전국	38,600,000	2,423	54%
6	스위스	2008	전국	5,400,000	55	11%
7	카자흐스탄	2013	전국	153,000,000	166	55%
8	캐나다(퀘벡)	2013	일부	65,300,000	80	85%
9	미국 동부 9개 주	2009	일부	89,100,000	168	20%
10	일본(도쿄)	2010	일부	10,800,000	1,325	20%
11	일본(사이타마)	2011	일부	11,400,000	581	26%
12	미국(캘리포니아)	2013	일부	394,500,000	350	85%
13	중국(광둥)	2013	일부	408,000,000	211	55%
14	중국(베이징)	2013	일부	50,000,000	543	40%
15	중국(선전)	2013	일부	32,000,000	832	40%
16	중국(텐진)	2013	일부	160,000,000	114	60%
17	중국(상하이)	2014	일부	160,000,000	191	50%
18	중국(충칭)	2014	일부	125,000,000	242	40%
19	중국(후베이)	2014	일부	324,000,000	138	32%

출처 : ICAP, 2015, ICAP Status Report 2015

3) 신·재생에너지 의무할당제도³¹⁾

재생에너지 지원정책은 신·재생에너지를 적정보급 수준으로 확대하기 위해 기술의 파급효과를 사회적 최적의 수준까지 끌어올려 간접적으로 온실가스 감축을 유도하기 위한 정책수단이다. 우리나라는 신·재생에너지원별로 차등 지원하는 발전차액지원제도(Feed-in Tariff, FIT)를 지난 2002년부터 시행하였다. 관련 설비의 산업화 기반을 조성하는 성과를 도출했으나 지원 대상 발전소가 급격히 증가함에 따라 정부의 재정 부담이 증가하여 2012년부터 신·재생에너지 공급 의무할당제를 도입하게 되었다.³²⁾

RPS제도³³⁾는 발전사업자에게 총 발전량의 일정 비율 이상을 신·재생에너지

31) 강희찬 외 15인(2013), 온실가스 감축정책 현황 및 개선방안 연구(I)

32) 최수영(2016), 공기기업의 목표관리제도를 통한 온실가스 저감수단 분석에 관한 연구

33) 대규모 발전 사업자에게 신·재생에너지를 이용한 발전을 의무화한 제도

로 공급을 의무화하는 제도로써 재생에너지원 간, 사업자 간의 경쟁을 통하여 생산비용을 절감할 수 있도록 유도한다.

RPS 제도에서 공급의무대상자는 국가 총발전량의 98.7%를 차지하는 500MW 이상의 발전사업자 및 한국수자원공사와 한국지역난방공사이며, 2012년에는 총 13개 발전사업자(한국수력원자력 등 발전 6사, 한국수자원공사, 한국지역난방공사, 포스코에너지 등 민간 발전사업자)가 지정되었다. 이들 13개 의무대상자는 총 6,420GWh의 공급 의무량을 부과 받았으며, 이 중 태양광은 별도 의무공급량으로 276GWh를 부과 받아 한 해 동안 의무를 이행하게 된다(에너지기후변화편람, 2012).

의무대상자는 신·재생에너지로부터 전력을 공급하거나 신·재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate, 이하 REC)를 구매하여 의무량을 달성할 수 있다. 의무공급량은 2012년 총 발전량의 2%에서 2022년에는 10% 이내로 정하고 있다(지식경제부, 2012). 또한, 태양광에 대해서는 연도별로 별도의 의무공급량을 할당하고, 신·재생에너지원별 발전원가 보급 잠재량, 산업효과 등 산업육성 측면을 고려하여 각기 다른 가중치를 부여하고 있다(지식경제부 보도자료, 2010). 그러나 RPS비율이 높은 발전회사들은 경기불황 및 신·재생에너지 개발에 난항을 겪고 있다. 신·재생에너지 의무할당 목표를 달성하지 못한 상황에서 신·재생에너지 공급인증서(REC)를 구매해야 하고, RPS공급량은 갈수록 늘어나 부담이 커지고 있다.

탄소배출권 시장 확대와 국제환경규제의 강화 등으로 오염물질의 관리에 대한 인식은 오늘날 환경적 문제에서 경제적 문제로 점점 사고의 변화가 이루어지고 있다.

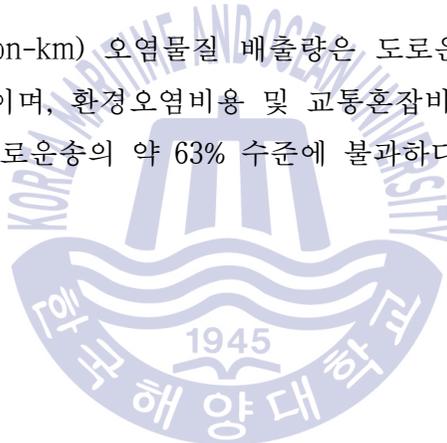
연안해운은 우리나라 전체 해상운송기업의 약 83%이며 이는 전체 해운기업의 약 27%의 비중을 차지하고 있다. 연안해운은 국내 항만 사이의 화물 및 여객 운송을 지칭하는 것으로 법률상으로는 내항운송업에 해당한다. 국내 항만 사이의 화물 및 여객 운송을 하는 선박을 연안선박이라고 한다. 크게 운항항로와 수송대상에 따라 구분하며, 운항항로를 기준으로 국내 항에서 국내 항으로 운항하는 것을 내항운송, 국내 항에서 해외 항으로 또는 해외 항에서 해외 항

으로 운항하는 것을 외항운송으로 구분한다. 수송대상을 기준으로서는 화물운송과 여객운송으로 구분한다.

연안선박의 경우 선박 수와 적재능력을 비교할 때 외항해운과 비교하면 대체로 선박으로 구성되어 있다. 연안해운업은 국내 선박의 선박 수를 기준으로 약 80% 정도 차지하고 있으며, 적재능력(톤)을 기준으로서는 약 10% 정도를 차지하고 있다. 연안해운 운송의 국내화물 수송 분담률은 도로운송, 즉 육상운송 다음으로 높은 기간 운송수단이다.

연안해운은 해상운송의 지역적인 특성으로 거점 간 수송이 용이한 화물 수송을 주로 한다. 주요 화물로는 원자재 화물로 석유, 모래, 광석, 화학제품, 시멘트 등으로 석유화학 제품이 가장 많은 비중을 차지하고 있으며 차례로 모래 및 광석, 시멘트가 많은 비중을 차지하고 있다.

연안해운의 단위당(ton-km) 오염물질 배출량은 도로운송과 철도운송에 비해 낮은 친환경 운송수단이며, 환경오염비용 및 교통혼잡비용 등을 고려하면 사회적 비용³⁴⁾ 유발액은 도로운송의 약 63% 수준에 불과하다.



34) 특정 재화 또는 서비스의 생산에 따라 사회 전체가 지불해야하는 비용으로 교통부문의 사회적 비용은 대기오염, 해양오염, 경관파괴, 교통체증, 소음 등을 포함. 사회적 비용은 해당 교통서비스로부터 발생하는 피해를 막기 위한 소비자 지불의 사액으로 추정함.

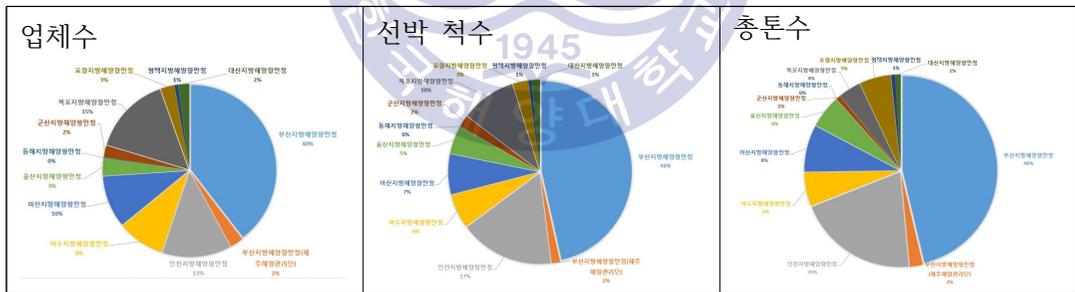
3.2 국내 연안해운 현황

연안해운은 유조선, 예부선, 기타선 등으로 구분되며 2015년 기준 총 업체 수는 3,127개, 선박 척수는 5,241척, 총 톤수는 3,991(ton)이다. 선박의 평균 톤수는 1,330톤으로 소형선이 주를 이루고 있다. 연도별 화물운송사업등록 현황은 아래 Table 8과 같다.

Table 8 연도별 화물운송사업등록 현황

구분		2013	2014	2015
합계	업체 수	1,053	1,027	1,047
	척수	1,760	1,749	1,732
	총톤수(천G/T)	1,435	1,281	1,275
유조선	업체 수	157	132	148
	척수	293	270	268
	총톤수(천G/T)	380	285	261
예부선	업체 수	884	886	894
	척수	1,455	1,469	1,459
	총톤수(천G/T)	1,031	976	1,009
기타선	업체 수	12	9	5
	척수	12	10	5
	총톤수(천G/T)	24	20	5

자료 : 2016년 연안해운통계연보



자료 : 2016년 연안해운통계연보

Fig.5 연도별 선박척수

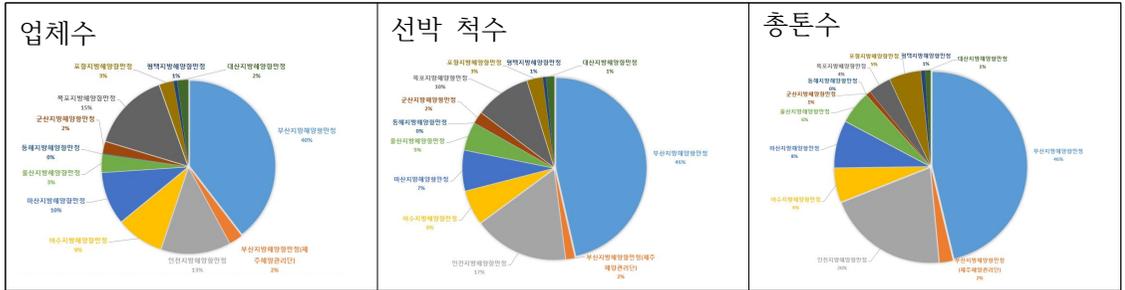
2015년 선종별로 세분화하면 화물선은 모래운반선 등 7종, 유조선은 가스선 등 5종, 부선은 공사 자재 및 장비 등 7종, 예선, 폐기물 운반선을 포함하는 기타선으로 구분된다.

화물선 가운데 가장 높은 비중을 차지하는 선종은 일반화물선으로 187척, 이어서 모래(재취)운반선과 차도선 각 19척으로 나눌 수 있다. Table 9 선종별 화물운송사업등록 현황에 세부내용이 명시되어 있다.

Table 9 선종별 화물운송사업등록 현황

선종		합계		
		업체 수	척수	총톤수(G/T)
합계		722	2,048	1,889,392
화물선	소계	242	316	613,542
	모래(재취)운반선	19	22	39,092
	시멘트전용선	5	29	143,946
	일반화물선	187	224	360,669
	차도선	19	21	3,565
	철강제품수송선	6	10	17,535
	컨테이너선	-	-	-
	Ro-Ro선	6	10	48,739
유조선	소계	148	268	260,739
	가스선	9	12	22,464
	석유제품 및 케미칼겸용선	9	13	34,903
	석유제품수송선	112	216	158,826
	케미칼수송선	18	27	44,546
	아스팔트전용선	-	-	-
부선	소계	511	813	944,977
	공사자재 및 장비운반선	223	380	271,782
	모래운반선	72	88	187,675
	석유제품운반선	10	11	8,036
	일반화물운반선	186	294	426,240
	철강제품운반선	18	38	50,427
	케미칼운반선	2	2	817
	폐기물운반선	-	-	-
예선	소계	383	646	64,920
	예인선	383	646	64,920
기타선	소계	5	5	5,214
	폐기물운반선	5	5	5,214
	기타선	-	-	-

자료 : MOF(해양수산부), 2015년 12월 31일 기준으로 저자 제작성



자료 : 2016년 연안해운통계연보

Fig.6 선종별 선박척수

5년 미만부터 25년 이상 화물선, 유조선, 부선, 예선, 기타선 총5가지 선령별로 세분화하면 화물선은 총 316척, 유조선은 268척, 부선은 813척, 예선은 646척, 기타선 5척으로 구분된다.

화물선 가운데 가장 높은 비중을 차지하는 선령은 25년 이상으로 152척. 이어서 20년에서 25년 미만 74척으로 나눌 수 있다. Table 10 선령별 화물선운송사업등록선박 현황에 세부내용이 명시되어 있다.

Table 10 선령별 화물선등록업체 선박 현황

선박종류	합계(척)	5년 미만	5년~10년 미만	10년~15년 미만	15년~20년 미만	20년~25년 미만	25년 이상
합계	2,048	109	142	156	262	521	858
화물선	316	9	12	25	44	74	152
유조선	268	33	20	11	39	105	60
부선	813	50	102	105	141	233	182
예선	646	17	7	15	38	109	460
기타선	5	-	1	-	-	-	4

자료 : 2016년 연안해운통계연보

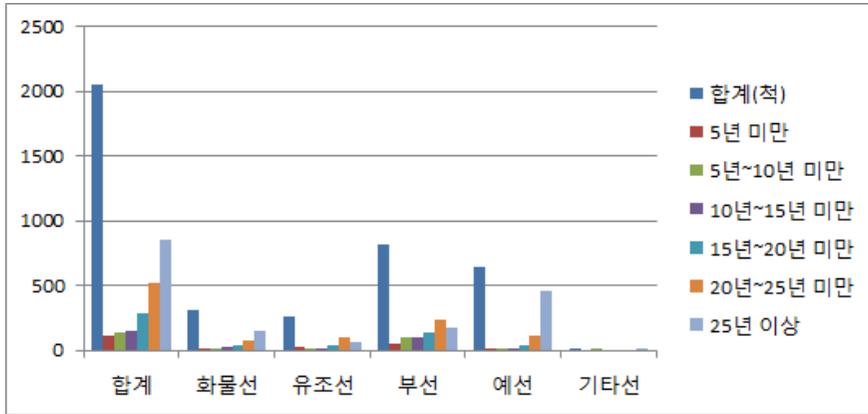


Fig.7 선령별 선박척수

Table 11 톤수별 선박척수 분포

선박 종류	합계 (척)	100톤 미만	100~ 300톤 미만	300~ 500톤 미만	500~ 1천톤 미만	1천~ 2천톤 미만	2천~ 3천톤 미만	3천~ 4천톤 미만	5천톤 이상
합계	2,048	603	434	261	313	198	82	96	61
화물선	316	144	22	8	15	40	16	39	32
유조선	268	20	86	36	63	35	13	5	10
부선	813	7	138	194	229	122	52	52	19
예선	646	430	188	23	5	-	-	-	-
기타선	5	2	-	-	1	1	1	-	-

자료 : 2016년 연안해운통계연보

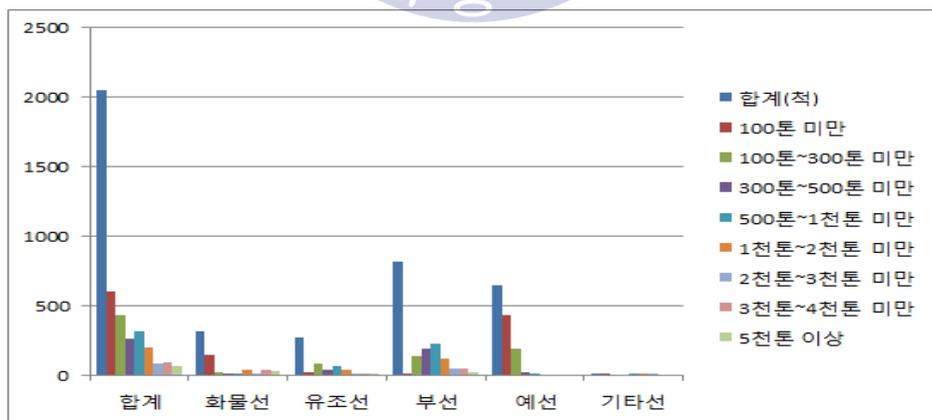


Fig.8 톤수별 선박척수

3.3 연안해운과 온실가스 대응 문제점

3.3.1 일반적인 연안해운의 문제점³⁵⁾

1) 선원 연령의 고령화

내항화물운송업체들의 또 다른 고민은 선원들의 노령화이다. 현재의 급여 수준과 복지 그리고 선내환경 등의 문제로 젊은 연령의 선원 승선이 거의 이루어지지 않고 있다.

질적인 성장보다는 양적인 성장에 치중하다 보니 노후 된 선박에 대한 대비가 거의 이루어지지 않고, 업체들의 영세성에 의해 운임의 구조가 화주들의 일방적인 결정에 의해 이루어져 실제 업체들의 수익성에 많은 문제가 발생하였고, 이에 따라 대대적인 보수나 개선사업이 제대로 진행되지 못하였다.

그래서 젊은 연령의 유능한 기사의 승선이라는 것은 상상도 못 하는 상황까지 이르렀고, 단순히 예전에 승선경험으로 4~5급 면허 정도 취득한 선원들이 주를 이루는 실정이라 대체인력의 확보에 어려움을 겪고 있는 것도 문제점으로 볼 수 있다. 또한, 인력의 여유를 가질 수 없는 구조상 외국인 채용도 사실상 불가능하여 향후 신규선원의 확보가 상당히 어려울 것으로 예측된다.

해운조합 또는 유관기관에 많은 협조를 요청하고 있으나 해양대학교 출신의 고급해기사들 말고는 배출되는 인원이 거의 없고, 앞으로도 힘든 일을 싫어하는 풍토상 신규인력의 대체는 쉽지 않을 전망으로 예상된다.

2) 선박의 노후화

기본적으로 내항화물업체들은 주로 특수벌크 화물을 취급하고 있어서 예인선과 바지선을 결합한 형태의 운송을 주로 진행하고 있다. 다시 말하면 무동력선인 바지선에 중량의 화물을 선적하고 예인선을 이용하여 운송하고 있고, 특히 개항부두가 아닌 일반부두에도 비교적 쉽게 접근할 수 있어서 육상운송이 어려

35) 장영진(2014), 내항화물운송사의 활성화 방안에 관한 연구

운 지역의 최근접지까지 해상을 통해 운송하는 일을 하고 있다.

그러나 1997년 이전까지 상대적으로 고가인 선박 엔진을 감당하기가 어려워 새로 선박을 건조하더라도 중고엔진의 탑재를 통해 그 비용을 충당하고 있었는데, 법 개정을 통해 새로 선박을 건조할 때에는 무조건 새로운 엔진을 탑재하게 되면서, 그 이후로 선박의 신조가 거의 이루어지지 않아 선박의 노후화가 상당히 빠르게 진행 되는 실정이다.

업체별로 평균 선령이 30년을 초과하여 향후에 그 노후화된 선박들의 대체선을 확보하기가 쉽지 않은 상황인데 주로 대체선은 일본의 중고선을 주로 매입하여 투입되는데, 일본의 선박리스가 주로 14년을 기한으로 이루어지다 보니 중고선의 도입이 빠르게 이루어져도 14년 이상의 선령을 가지게 되어서 임시방편의 대처밖에 되지 않는 현실이다.

실제로 4,000~5,000마력 급 예인선의 신조는 가끔 이루어지고 있으나 엔진의 가격뿐만 아니라 엔진 발주를 내더라도 엔진제작업체에서 워낙 많은 금액을 요구하고 그 기간도 오래 걸려서 제작하기 어렵고, 주로 내항운송에 많이 사용되는 1,000~2,000마력 급 엔진은 국내에서 제작 자체를 하지 않고, 일본에서 수입해야 하는데 그 비용과 시간은 상상을 초월하는 정도여서 미동인 상태이다.

상대적으로 바지선의 경우에는 제작 기간이 짧고 엔진이 없어도 되다 보니 새로 제작되는 비율이 상당히 높고, 추세에 따른 크기의 변화도 이루어지고 있다. 물론 노후화된 선박들도 상당하지만, 어느 정도는 신조 선박으로 대체되고 있다.

3) 유가의 급등

운송업체들의 영세성으로 인한 운송가격이 화주들에 의해서 거의 일방적으로 결정되고, 물량의 감소에 따른 업체들과의 경쟁으로 인해 유가의 급등에도 불구하고 운임은 오히려 떨어지는 결과가 발생하고 있다.

실제 중량물 업체들이 주로 사용하는 유종은 B/A(벙커 A)인데, 그 가격은 2010년과 비교해 현재는 거의 두 배의 수준까지 올라가면서 업체들의 원가 부담은 높아졌지만, 운임은 2010년 대비 80% 수준에 미치는 실정이라 업체들의 손해는 점점 늘어나고 있다. 또한, 외항운송업체에는 면세유를 공급하면서 내항

운송업체에는 경유에 대해서만 유가보조금을 지급하고 있어 화주뿐만 아니라 정부의 지원도 미약하여 어려움이 커지는 현실이다.

4) 업체의 영세성

가장 근원적인 문제는 자체적으로 경쟁력을 갖추지 못했기 때문에 생기는 문제라고 볼 수 있다. 항만을 이용하는 컨테이너선, 벌크선, 유조선 등 많은 선종이 있지만, 워낙 해운의 마이너파트로써 정책이나 지원에서 항상 소외되는지를 알 수 없는 분야라고 할 수 있다. 업계에 관련된 통계나 보고서도 미흡하여 전문가적인 자문을 의뢰할 인력도 드문 편이다. 그리고 사업의 규모도 개인사업체에 미치는 정도의 수준이라 그 전문성과 기술력을 가지기도 힘든 그런 영역인 것이 현실이다.

3.3.2 연안해운 업계의 온실가스 대응 문제점³⁶⁾

1) 연안해운 선박 관련 온실가스 기초자료 부족

연안해운의 온실가스 배출원 및 배출원별 온실가스 통계 등의 미흡한 수준의 자료 및 정책 수립으로 인해 온실가스 배출 현황 파악에 어려움이 크다. 현재까지 연안해운 선박에 대한 온실가스 배출량 조사를 전체 수송부문 온실가스 배출량과 에너지 소비량에 관한 것은 선박안전기술공단 및 부산지방해양수산청(PORT MIS)을 활용하여 참고하였다. 하지만 산업통상자원부 소속 에너지경제연구원에서 선박에 공급되는 연료 총량을 교통안전공단에 제공하고 이에 따라 교통안전공단은 연안해운 선박에 이 수치를 적용하여 온실가스 배출 총량을 계산하는 단계를 거치기 때문에 효율성이 떨어지고 자료의 활용도 및 신뢰성이 없다는 한계를 지닌다.

2) 연안해운 선사의 영세성

국내 연안 해역을 중심으로 운항하는 중형 및 소형 연안해운 선사의 경우, 선박의 규모가 작은 문제로 실질적인 온실가스 ‘목표 관리제’ 및 ‘배출권거

36) 부원찬(2015), 선박 온실가스 배출규제에 대한 국내 대응방안 연구

래제’를 적용할 만한 선사가 미비하거나 없어 온실가스 감축 정책의 적용에 어려움이 있다. 하지만, 한국교통연구원에 따른 결과 연안해운 부문은 2020년까지 배출전망치(BAU) 326만 톤(ton) 기준 5.6%인 18.1만 톤(ton)의 온실가스 감축 목표량을 할당받은 상황이다.

온실가스 목표관리제의 관리 대상 선사는 2개사이고 ‘배출권거래제’는 모든 연안해운 선사가 적용기준에 해당되지 않고 있다. ‘배출권거래제’의 경우 3년 평균 온실가스 배출량이 12.5만 톤(ton) 이상 업체가 해당되고 2015년 1월 이후부터 적용되었다. 2013년 연안해운 선사 중 S해운만이 최근 평균 온실가스 배출량 목표 관리제 3단계 적용기준에 해당되어 2014년부터 유일하게 적용 대상 선사가 되었고, ‘목표 관리제’ 및 ‘배출권 거래제’ 등의 강제적인 정책 수단을 통해서 온실가스 감축 목표 달성이 힘든 것이 실정이다.

3) 연안해운 선사 온실가스 대응방식 인식 부족

대형선박의 국제해운 선사들과 달리 중소형 선박의 연안해운 선사의 경우 온실가스 감축에 관해 관심과 인식도가 다소 부족하고 특히나 친환경 해운의 선박기자재 및 인증서 구비 수준의 편차가 크다. 이에 중소형 선사에 대한 친환경 선박의 인식 확산이 필요한 것이 현실이다. 특히 중소형 선사는 질소산화물 배출 기준 충족 및 황산화물을 충족을 위한 장비, 탄소배출량 저감 및 거래 등 온실가스 장비의 중요성 인식이 미흡하다. 선사의 규모에 따른 친환경 관련 국제협약 이해 정도를 보여주는 표를 Table 12에 정리하였다.

Table 12 선사의 규모에 따른 친환경관련 국제협약 이해도

구분		알지 못함	자세 히 모름	알고 있음	관심 도 높음	평균	
기 시행	MARPOL 인식 정도	대형선사(10)			30.0	70.0	4.7
		중형선사(10)		25.0	25.0	50.0	4.3
		소형선사(10)	5.0	15.0	50.0	30.0	4.1
시행 임박	BWM 협약	대형선사(10)		10.	40.0	50.0	4.4
		중형선사(10)	5.0		75.0	20.0	4.1
		소형선사(10)	20.0	25.0	40.0	15.0	3.5
	GHG 협약	대형선사(10)		20.0	40.0	40.0	4.2
		중형선사(10)		25.0	60.0	15.0	3.9
		소형선사(10)	10.0	40.0	40.0	10.0	3.5
계획 없음	재활용 협약	대형선사(10)	34.1	20.7	35.4	9.8	4.4
		중형선사(10)		20.0	40.0	40.0	4.1
		소형선사(10)	5.0	25.0	60.0	10.0	3.5

자료 : 한국해양수산개발원(2011), 미래 녹색선박산업 추진전략을 참고하여 저자 재작성

대형 국제해운 선사인 한진해운 및 현대상선 등은 온실가스 배출량을 관리하기 위한 녹색경영시스템을 도입·운영하여 가시적인 효과를 얻고 있는 반면에, 중소형 연안해운 선사는 자금, 정보, 중요성에 대한 인식 부족 등의 사유로 이러한 시스템 도입을 하지 못하고 있다.

이러한 이유로, 운영관리, 대형선사 및 중소형 선사의 친환경 선박 등의 편차가 발생하고, 또한 조선소, 대형선사 및 중소형 선사 간의 협력이 미비하여 우리나라 전체가 친환경 해운에 대한 수준이 낮아지는 결과로 이어지고 있다.

3) 연안해운 선박에 대한 온실가스 기초자료 부족

배출원별 온실가스 통계 및 연안해운의 온실가스 배출원 등의 각종 자료 미비로 정책 수립 및 온실가스 배출 현황 파악에 한계가 있다. 현재까지 연안해운 선박에 대한 온실가스 배출량 조사를 전체 수송부문 온실가스 배출량과 에너지 소비량에 관한 것은 국토해양부(구) 소속 교통안전공단에서 하고, 선사나 선박으로 별도로 분류하지는 않았다.

이와 더불어, 산업통상자원부 소속 에너지경제연구원에서 연안해운 선박에 공급하는 연료 총량을 교통안전공단에 제공하고 교통안전공단은 이 수치를 활용하여 연안해운 선박의 온실가스 배출 총량을 계산하기 때문에 자료의 신뢰성과 활용도가 낮다.

제 4 장 실증분석

4.1 분석 방법

두 연속변수 간의 관계를 평가하는 방법으로는 일반적으로 상관분석과 회귀분석이 사용된다. 두 변수의 관계는 방향과 강도로 설명되는데 방향은 양 혹은 음의 관계이고, 크기는 연관성의 정도를 나타낸다. 상관분석은 두 변수 간의 선형 연관성의 강도를 측정하는 반면 회귀분석은 관찰된 자료를 대표할 수 있는 최적의 선형 연관성을 수리모형으로 표현하는 기법이다.³⁷⁾

따라서 본 연구에서는 연안선박의 온실가스 배출 특성과 관련된 변수 간의 관계를 평가하기에 적합한 상관분석과 회귀분석을 활용하였다. 분석을 위한 통계패키지로는 SPSS 21을 활용하였다.

회귀분석에서는 선형성 가정이 존재하므로 분석에 활용하는 대부분 변수가 선형이지만 비선형 변수인 속도는 로그를 취하여 단위 속도 변화에 따른 온실가스 배출량의 변화를 살펴보는 회귀식을 도출하였다.

여기서 로그 치환된 종속변수의 모수 값은 곧 탄력성을 나타내기 때문에 설명변수에 미치는 영향을 보다 직접적으로 파악할 수 있다.

4.2 분석대상

분석 범위를 2011년부터 2015년 연안운송을 실시하고 있는 “A” 선사의 12개 선박을 대상으로 하였으며, 각 선박의 운항 정보 데이터를 표본으로 선정하여 분석을 실시하였다.

37) 박선일, 오태호(2010), pp.427

Table 13 “A” 선사의 선박 자원

Name	나	다	바
화물	Bulk Cement	Bulk Cement	Bulk Cement
대상 지역	Coastal	Coastal	Coastal
건조	1981.03	1986.03	1987.06
선박국적	Busan	Busan	Busan
선박길이	107	106	110
선박너비	17.8	17.8	19.2
선박 깊이	9.1	9.1	9.2



Table 14 “A” 선사의 선박 자원 (계속)

Name	라	마	아
화물	Bulk Cement	Bulk Cement	Bulk Cement
대상 지역	Coastal	Coastal	Great Coastal
건조	1988.08	1989.05	1996.03
선박국적	Busan	Busan	Busan
선박길이	106	106	115
선박너비	17.8	17.8	19
선박 깊이	9.1	9.1	10.3



Table 15 “A” 선사의 선박 재원 (계속)

Name	자	사	타
화물	Bulk Cement	Bulk Cement	Bulk Cement
대상 지역	Great Coastal	Great Coastal	Great Coastal
건조	1996.06	1997.04	1984.11
선박국적	Busan	Panama	Busan
선박길이	122	115	125
선박너비	19	19	19.6
선박 깊이	10.3	10.3	10



Table 16 “A” 선사의 선박 재원 (계속)

Name	가	카	차
화물	Bulk Cement	Bulk Cement	Bulk Cement
대상 지역	Coastal	Great Coastal	Great Coastal
건조	2003.02	2005.06	2005.12
선박국적	Busan	Busan	Busan
선박길이	96	116	115
선박너비	17	19.4	19
선박 깊이	8.9	10.4	10.4



분석에서 활용되는 선박은 총톤수 4천 톤급 5척, 5천 톤급 4척, 6천 톤급 3척이며, 선박별 특성은 다음과 같다.

Table 17 선박별 특성

구분	홀수 ³⁸⁾	총톤수	재화중량톤수
가	8	4,061	5,990
나	9	4,689	7,883
다	7	4,695	7,931
라	7	4,738	7,901
마	7.1	4,739	7,890
바	9.2	5,683	8,700
사	7.8	5,974	10,501
아	7.8	5,996	10,563
자	7.7	5,996	10,563
차	7.8	6,200	10,423
카	7.8	6,422	10,700
타	7.5	6,443	9,903

자료 : 'A' 선사 자료

4.2.1 기항특성

1) 기항항만

“A” 선사의 선박의 경우 인천, 평택, 군산, 목포, 여수, 광양, 마산, 부산, 울산, 포항, 삼척, 목호, 옥계항만을 대상으로 5년간 총 6,566회 항만을 방문하였다.

기항횟수가 가장 많은 선박으로는 나 (829회), 다(791회), 마(722회) 순으로 나타나며, 총톤수 4천 톤급 선박이 항만 기항 빈도가 높은 것을 알 수 있다.

38) 수중에 떠 있는 물체가 수면에 의해 구분되는 면에서 그 물체의 가장 깊은 점까지의 수심

Table 18 선박별 기항항만

구분	인천	평택	군산	목포	여수	광양	마산
가	0	1	0	0	0	1	80
나	0	0	87	0	1	85	74
다	160	8	17	24	2	59	20
라	59	4	20	30	1	41	24
마	0	21	54	48	2	65	64
바	167	2	20	26	3	29	12
사	7	0	49	41	2	91	13
아	0	0	17	10	2	37	10
자	2	0	8	11	3	56	6
차	0	0	18	12	2	67	11
카	102	3	30	24	2	46	16
타	0	0	75	52	4	99	19
합계	497	39	395	278	24	676	349

자료 : 부산지방해양수산청 Port Mis (<http://www.portbusan.go.kr/>)

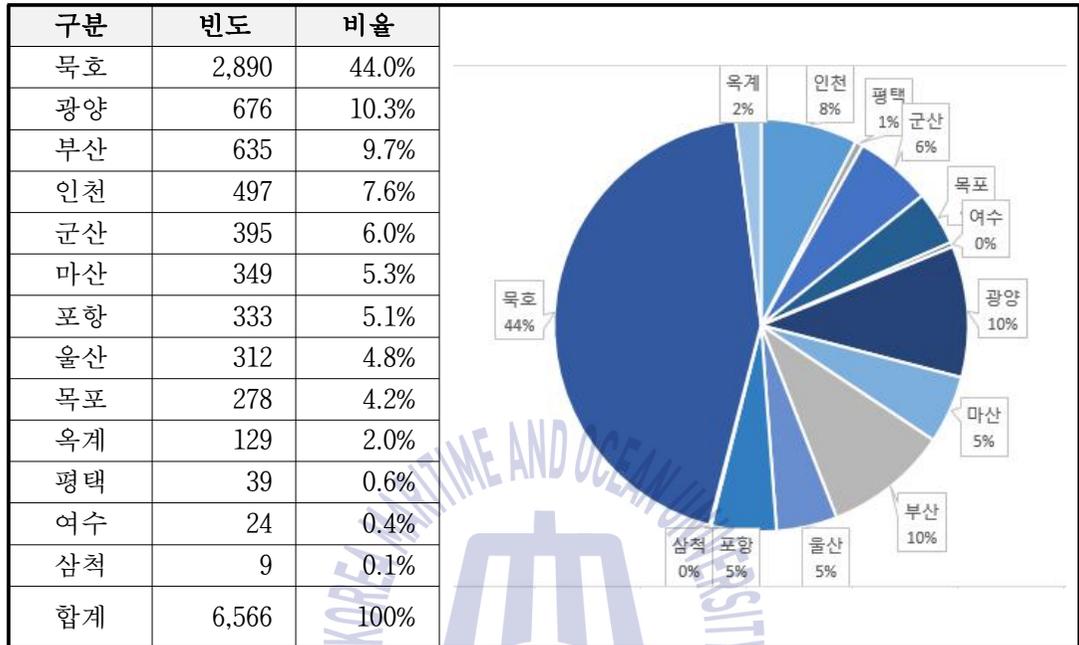
Table 19 선박별 기항항만(계속)

구분	부산	울산	포항	삼척	목호	옥계	합계
가	55	122	143	0	412	15	829
나	67	24	75	0	349	29	791
다	29	16	19	0	255	13	622
라	56	33	43	1	275	8	595
마	62	25	53	5	290	33	722
바	36	9	0	0	250	2	556
사	45	23	0	0	244	5	520
아	60	9	0	0	102	0	247
자	62	14	0	1	116	0	279
차	62	12	0	2	137	0	323
카	54	11	0	0	216	20	524
타	47	14	0	0	244	4	558
합계	635	312	333	9	2890	129	6,566

자료 : 부산지방해양수산청 Port Mis (<http://www.portbusan.go.kr/>)

항만별 방문 횟수를 보면 목포항이 2,890회(44.0%)로 가장 큰 비중을 차지하였으며, 그 뒤로 광양항(10.3%), 부산항(9.70%) 등의 순으로 나타난다.

Table 20 항만별 방문 빈도 및 비율



자료 : 부산지방해양수산청 Port Mis (<http://www.portbusan.go.kr/>)

2) 입항 목적

입항 목적은 Port Mis 통계자료를 활용하였으며, 각 분류 코드의 경우 아래 표와 같다.

Table 21 입항 목적 코드

입항 목적 코드	입항 목적	입항 목적 코드	입항 목적
1	양적하	7	여객상륙
2	양하	8	급유
3	적하	9	선용품적재
4	선박수리	10	단순경유
5	해난	99	기타
6	승무원교대		

자료 : 부산지방해양수산청 Port Mis 코드집 (<http://www.portbusan.go.kr/>)

Port Mis 통계자료를 기반으로 “A” 선사 선박의 입항 목적별 분류는 다음 표와 같다.

Table 22 “A” 선사 선박의 입항 목적별 분류

구분	양적하	양하	적하	급유	기타	합계
가	76	430	314	2	7	829
나	0	388	378	11	14	791
다	10	299	296	10	7	622
라	61	294	212	25	3	595
마	0	356	327	31	8	722
바	1	272	260	12	11	556
사	64	258	168	28	2	520
아	0	103	101	37	6	247
자	0	119	117	36	7	279
차	0	143	139	37	4	323
카	0	247	236	30	11	524
타	0	257	248	46	7	558
합계	212	3,166	2,796	305	87	6,566

자료 : 부산지방해양수산청 Port Mis (<http://www.portbusan.go.kr/>)

“A” 선사 선박의 입항 목적별 특성을 살펴보면 적하 및 양하 횟수가 각각 3,166회(48.2%), 2,796회(42.6%)로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 그다음으로는 급유, 양적하, 기타 순으로 나타난다.

Table 23 입항 목적별 빈도 및 비율

구분	합계	비율
양하	3,166	48.2%
적하	2,796	42.6%
급유	305	4.6%
양적하	212	3.2%
기타	87	1.3%
합계	6,566	100%

자료 : 부산지방해양수산청 Port Mis (<http://www.portbusan.go.kr/>)

4.2.2 운항특성

선박 운항 특성은 각각의 선박의 연도별 평균 항해 거리, 평균 항해시간, 평균 항해속도를 대상으로 분석하였다.

전체 선박의 평균 항해 거리는 약 523km, 평균 항해시간은 약 3,572분, 평균 항해속도는 약 17km/h로 나타났다.

Table 24 선박별 운항특성

구분	연도	평균 항해 거리(km)	평균 항해시간(m)	평균 항해속도(km/h)
가	2011	236	1,563	17.1
	2012	261	1,490	17.3
	2013	250	1,579	17.6
	2014	239	1,782	16.7
	2015	249	1,502	16.6
나	2011	490	1,590	18.7
	2012	485	1,530	19.5
	2013	406	1,330	19.0
	2014	453	1,489	18.8
	2015	390	1,343	18.7
다	2011	760	2,514	18.9
	2012	675	2,281	18.0
	2013	702	2,344	18.4
	2014	719	2,423	19.9
	2015	741	2,420	19.2
라	2011	515	2,803	17.1
	2012	558	2,375	18.7
	2013	474	2,489	18.0
	2014	456	2,432	18.0
	2015	542	2,536	17.7
마	2011	412	1,383	18.9
	2012	452	1,573	18.7
	2013	534	2,118	18.0
	2014	476	2,061	17.8
	2015	479	1,657	19.5

바	2011	875	3,410	19.3
	2012	807	2,496	19.8
	2013	729	2,777	18.6
	2014	844	2,642	20.2
	2015	759	2,395	19.4
사	2011	579	3,005	17.9
	2012	559	2,754	18.6
	2013	511	2,690	17.8
	2014	510	2,280	18.7
	2015	512	2,644	18.6
아	2011	443	7,661	14.0
	2012	460	7,531	14.7
	2013	464	6,903	15.1
	2014	445	8,619	13.8
	2015	345	10,821	13.4
자	2011	364	8,199	14.2
	2012	323	7,670	15.1
	2013	376	7,880	15.1
	2014	456	9,019	16.9
	2015	392	6,485	15.0
차	2011	505	3,842	19.8
	2012	455	3,876	19.3
	2013	427	5,150	18.5
	2014	421	5,915	16.9
	2015	407	4,869	17.9
카	2011	707	2,172	19.6
	2012	794	2,924	20.6
	2013	663	3,302	19.6
	2014	660	5,393	20.7
	2015	639	3,365	20.2
타	2011	505	2,966	15.5
	2012	576	3,336	17.6
	2013	588	3,714	17.2
	2014	533	3,145	16.0
	2015	560	3,910	17.9

자료 : 부산지방해양수산청 Port Mis (<http://www.portbusan.go.kr/>)

4.2.3 화물특성

화물 특성은 각각의 선박의 연도별 양하, 적하, 평균 양하화물, 평균적하화물, 항 내 시간, 연간입항 횟수를 대상으로 분석하였다.

전체 선박의 평균 양하 화물량은 약 7,859톤, 평균 적하 화물량은 8,253톤, 평균 항 내 시간은 1,847분, 평균 연간 입항회수는 109회로 나타났다.

Table 25 선박별 화물 특성

구분	연도	평균양하화물(톤)	평균적하화물(톤)	항 내 시간(분)
가	2011	4,893	5,327	1,820
	2012	5,050	5,408	1,516
	2013	4,949	5,375	1,609
	2014	4,794	5,380	1,523
	2015	5,004	5,347	1,502
나	2011	7,171	7,246	1,600
	2012	7,301	7,300	1,705
	2013	6,786	6,971	1,634
	2014	6,837	7,032	1,730
	2015	6,783	7,150	1,520
다	2011	7,179	7,470	1,811
	2012	7,160	7,108	1,771
	2013	7,158	7,338	1,929
	2014	7,295	7,424	1,810
	2015	7,108	7,257	1,838
라	2011	6,360	7,061	2,098
	2012	6,624	7,090	1,722
	2013	6,243	7,053	1,804
	2014	6,436	7,139	2,030
	2015	6,073	6,902	1,888
마	2011	6,827	7,082	1,703
	2012	6,910	7,073	1,749
	2013	6,772	7,183	1,592
	2014	6,420	6,990	1,518
	2015	6,799	7,129	1,491

바	2011	7,952	8,500	1,872
	2012	8,562	8,467	1,896
	2013	8,189	8,376	2,560
	2014	8,394	8,536	2,155
	2015	7,607	8,399	1,682
사	2011	8,567	9,498	2,242
	2012	9,045	9,830	2,010
	2013	8,935	9,781	2,239
	2014	8,428	9,285	2,286
	2015	8,107	9,688	1,954
아	2011	9,695	9,225	1,926
	2012	9,855	9,857	1,569
	2013	9,763	9,752	1,666
	2014	8,641	8,721	2,138
	2015	8,459	9,605	1,736
자	2011	9,374	9,803	2,326
	2012	9,248	9,808	1,501
	2013	9,577	9,601	1,734
	2014	9,606	9,610	2,244
	2015	9,412	9,684	1,756
차	2011	9,520	9,738	1,911
	2012	9,695	9,748	1,990
	2013	8,784	9,572	1,850
	2014	8,808	9,023	2,364
	2015	8,887	9,241	1,795
카	2011	8,820	9,535	1,814
	2012	9,341	9,272	1,695
	2013	8,833	9,300	1,901
	2014	8,704	9,099	1,867
	2015	7,977	9,132	1,601
타	2011	8,836	9,186	2,472
	2012	9,167	9,161	1,855
	2013	8,762	9,085	1,870
	2014	9,103	9,112	2,003
	2015	7,994	9,130	1,452

자료 : 부산지방해양수산청 Port Mis (<http://www.portbusan.go.kr/>)

4.3 에너지 소비 및 온실가스 배출 현황

4.3.1 국내 연근해 선박부문 배출량 산정 방법론³⁹⁾

국내 연근해 선박부문에 대한 대기오염물질 및 온실가스 배출량을 산정하기 위해 Fig.9에서 보이는 Decision Tree를 적용하여 크게 상향식 방법론과 하향식 방법론으로 구분한다.

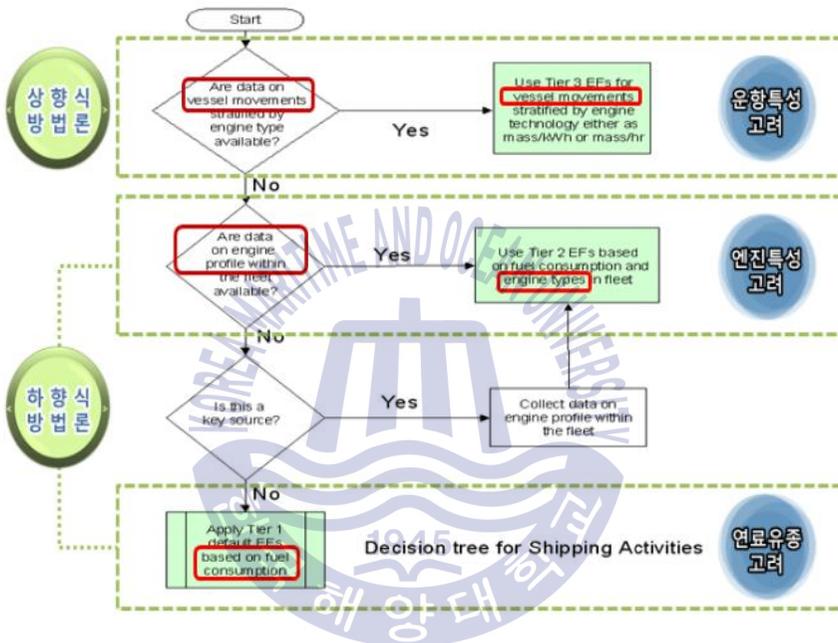


Fig.9 국내 연근해 선박 배출량 산정 Decision Tree

1) 하향식 배출량 산정 방법론

배출목록 작성 시 적용되는 배출량 산정의 가장 기본적인 원리는 ‘활동도 (Activity Level)’ 와 ‘배출계수(Emission Factor)’ 의 곱의 관계로 표현된다. 해당 배출원의 활동도를 통계적으로 지수화한 다음, 그 활동도에 활동도 수준별 배출계수를 곱함으로써 배출량을 산정하는 것이 일반적인 방법이다.

배출량 산정 시 활동도는 배출계수의 형태와 밀접하게 연결되기 때문에 활동

39) 국립환경과학원(2015), 국내 연근해 선박 오염물질 배출량 산정방법의 해당 내용 재정리

도의 선택과 취합은 사전에 합리성을 바탕으로 연구 및 측정되어야 하며, 하향식 배출량 산정 방법론(TDA)의 경우에는 Tier 1과 Tier 2로 구분하여 정리할 수 있다.

Tier1과 Tier 2는 배출량 산정 시 기본 활동도의 지표로 연료사용량 정보를 사용하고, 선박 종류별로 평균화된 특성을 가정하여 계산하는 방법으로 선박의 운항정보를 기초로 하여 배출량을 산정하는 방법이다.

아래의 수식은 하향식 배출량 산정 방법론 중 Tier 1에 대한 수식을 정리한 내용이다.

$$E_i = \sum_m (FC_m \times EF_{i,m})$$

E_i : 오염물질 i 의 배출량(tonnes)

FC_m : 선박분야의 연료 m 의 판매량(tonnes)

$EF_{i,m}$: 오염물질 i , 연료 m 에 대한 배출계수 [kg/tonne]

m : 연료종류 (Bunker Fuel Oil, Marine Diesel Oil, Marine Gas Oil)

선박과 관련된 구체적인 자료의 획득이 가능하다면 Tier 2 방법을 적용할 수 있으며, 이를 통해 다양한 요인분석과 향후 저감 대책 및 시나리오 분석이 용이할 수 있다.

Tier 2는 Tier 1과 같이 연료종류별 소비량 자료에 기초하지만, 연료별 소모가 발생하는 선박들의 엔진 제원(기본적으로 저속, 중속, 고속엔진)에 대한 분류가 필요하므로 “기술적 분류”에 의한 방법이라고 할 수 있으며, 아래 수식과 같이 정리된다.

$$E_i = \sum_m \left(\sum_j FC_{m,j} \times EF_{i,m,j} \right)$$

E_i : 오염물질 i 의 배출량(tonnes)

FC_m : 엔진형태 j 인 선박에 대한 연료 m 의 소비량(tonnes)

$EF_{i,m,j}$: 연료 m 을 사용하는 엔진형태 j 인 선박의 오염물질 i 에 대한 배출계수 [kg/tonne]

m : 연료종류(Bunker Fuel Oil, Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil)

j : 엔진형태

2) 상향식 배출량 산정 방법론

상향식 배출량 산정 방법론(BUA)은 선박 엔진에 대한 제원, 연료사용, 가동주기뿐만 아니라 선박의 상세한 운항정보에 대한 수집이 가능할 때 이용할 수 있으며, 개별 선박의 실제 운항이 고려되기 때문에 해당 선박에 대한 배출량을 산정할 수 있다.

이 방법론에 따라 선박 부문의 배출량을 산정할 때는 다른 배출 부분의 에너지 소비를 고려하여 국가 전체의 에너지 소비와 균형을 맞추어야 하므로 정합도 분석 등의 지속적인 에너지 소비 보정이 필요하다.

Tier 3 수준의 상향식 배출량 산정 방법론은 해당 선박의 개별 운항 모드에 따른 배출의 합으로 계산되며, 운항 모드는 크게 항해 모드(Crusing), 접안(Maneuvering), 정박(Hotelling)으로 구분할 수 있고, 그 내용을 계산식으로 표현하면 아래 식과 같다.

- 기본 산정식

$$E_{\text{voyage}} = E_{\text{Hotelling}} + E_{\text{Maneuvering}} + E_{\text{Crusing}}$$

- 개별 구간의 배출량 산정식

$$E_{\text{Phase}} = \text{Time}_{\text{Phase}}(\text{hours})/24 \times \text{Fuel_Consumption}_{\text{Phase}}(\text{tonne/day}) \times \text{EF}_{\text{pollutant}}(\text{kg/tonne})$$

Phase : Cruise, Hotelling, Manoeuvring

- 선박 이동시간(Cruising time)

$$\text{Time}_{\text{Cruising}}(\text{hours}) = \sum \frac{\text{Distance Cruised}(\text{km})}{\text{Average Cruising Speed}(\text{km/hr})}$$

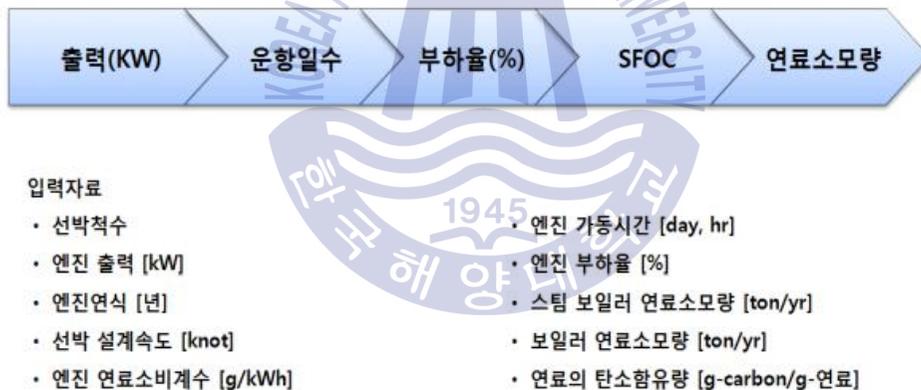
또한, 국가통계에서 활동도가 조사되지 않는 소형선박들은 선종, 연료 형태, 기관형태, 기술적 적용, 엔진부하에 대한 활동도, 연간 가동시간 등을 고려하여 연료사용량을 추정하고, 이를 통해 배출량을 산정할 수 있으며, 이를 수식화하여 정리하면 아래와 같다.

$$E_{b,m,j,y,z} = N_{b,m,j,y,z} \cdot HRS_{b,m,j,y,z} \cdot P_{b,m,j,y,z} \cdot LF_{b,m,j,y,z} \cdot EF_{b,m,j,y,z}$$

E=연료사용량/배출량, N=배척수, HRS=연간가동시간,
P=기관용량별 평균부하(kw), LF=연료사용/배출계수(g/kwh),
b= 선종, m=연료종류, j=기관종류, y=기관용량등급, z=기술적용등급

Prevention of Air Pollution from Ships(IMO, 2010)에서는 선박의 개별적인 제원이나 활동도(Activity Data)를 기본으로 하여 연료소비량을 추정하고 있으며, 엔진의 출력 및 운항일수(시간), 운항 시 엔진부하율(%) 등을 통해 엔진 연료소비계수(SFOC, Specific Fuel Oil Consumption)를 산정하고, 이를 토대로 연료소비량을 추정하고 있다.

IMO에서 연료소비량을 추정하는 방법은 다음과 같으며, 본 가이드라인에서도 동 방법론을 준용하여 상향식 배출량 산정 방법론에 필요한 활동자료 및 배출계수를 정리하였다.



출처: 국립환경과학원(2015), 국내 연근해 선박 오염물질 배출량 산정방법

Fig.10 선박의 연료소비량 추정방법(IMO)

4.3.2 “A” 선사 온실가스 배출량 및 에너지소비량 분석

본 연구에서 활용되는 온실가스 배출량은 하향식 배출량 산정 방법의 Tier 1 수준으로 계산 되었으며, 전체 선박의 평균 온실가스 배출량은 약 3,829 tCO₂-eq, 평균 에너지 소비량은 약 52TJ로 나타났다.

Table 26 “A” 선사 온실가스 배출량 및 에너지소비량

구분	연도	온실가스 배출량(tCO ₂ -eq)	에너지소비량(TJ)
가	2011	2,209.36	30.07
	2012	3,417.84	46.64
	2013	3,184.27	43.49
	2014	2,444.44	33.36
	2015	2,628.23	35.87
나	2011	3,857.06	52.6
	2012	4,656.21	63.57
	2013	3,420.83	46.71
	2014	4,426.26	60.45
	2015	4,492.53	61.36
다	2011	4,439.08	60.39
	2012	4,482.42	61.2
	2013	4,195.48	57.25
	2014	4,533.73	61.86
	2015	4,816.53	65.72
라	2011	3,105	42.23
	2012	4,662.3	63.56
	2013	4,464.05	60.83
	2014	3,787.83	51.64
	2015	3,683.11	50.2
마	2011	3,251.86	44.33
	2012	4,205.94	57.37
	2013	4,501.33	61.4
	2014	3,816.58	52.05
	2015	4,667.27	63.66
바	2011	5,122	69.64
	2012	5,275.69	71.9
	2013	4,631.18	63.21
	2014	5,361.27	73.11
	2015	5,960.49	81.25
사	2011	3,202.23	43.51
	2012	4,557.85	62.09
	2013	4,641.71	63.23
	2014	4,522.29	61.58
	2015	3,615.58	49.25

아	2011	1,556.98	21.16
	2012	2,958.97	40.3
	2013	2,805.57	38.24
	2014	1,676.13	22.85
	2015	674.11	9.19
자	2011	1,374.57	18.69
	2012	3,162.57	43.08
	2013	2,632.78	35.86
	2014	2,390.18	32.57
	2015	1,964.13	26.77
차	2011	2,934.53	39.94
	2012	2,987.8	40.76
	2013	2,874.39	39.22
	2014	1,768.72	24.15
	2015	1,313.19	17.92
카	2011	6,492.34	88.24
	2012	6,297.82	85.85
	2013	4,588.82	62.58
	2014	3,601.99	49.12
	2015	5,056.21	68.98
타	2011	4,305.11	58.87
	2012	5,986.53	81.82
	2013	4,710.86	64.33
	2014	4,007.49	54.75
	2015	7,389.88	101.04

자료 : “A” 선사 내부자료

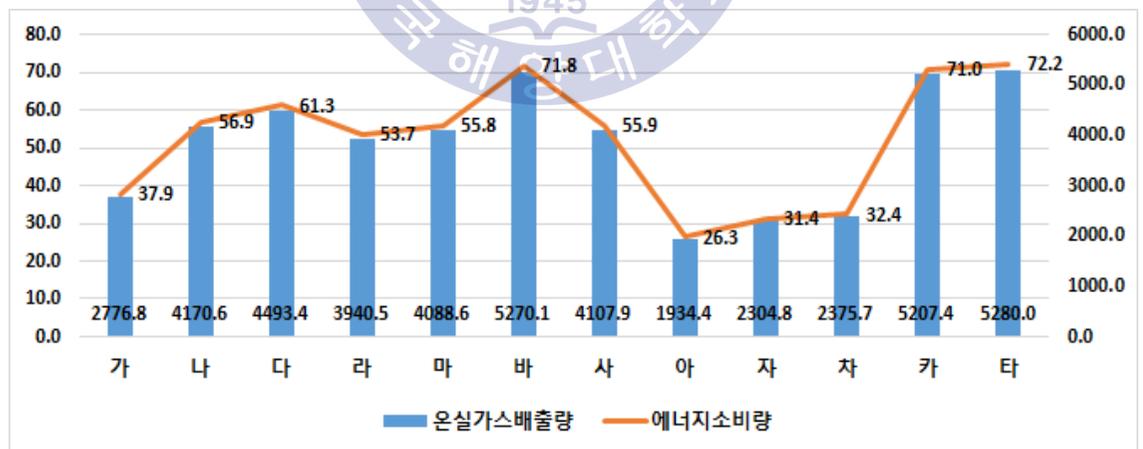


Fig.11 “A” 선사 온실가스 배출량 및 에너지소비량

4.4 실증분석

회귀분석을 실시하기 이전에 온실가스 배출량과 에너지 소비량 간의 상관관계와 독립성을 검증하기 위해 상관분석을 실시하였다. 실시한 결과 온실가스 배출량과 에너지 소비량은 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 에너지 소비량을 제외하고 온실가스 배출량에 대해서 선택의 크기 및 선형, 속도 및 적재율에 관한 상관관계와 회귀분석을 실시하였다.

Table 27 온실가스 배출량과 에너지소비량 상관관계 결과

		온실가스 배출량	에너지소비량
온실가스 배출량	Pearson 상관계수	1	1.000**
	유의확률 (양쪽)		.000
	N	60	60
에너지소비량	Pearson 상관계수	1.000**	1
	유의확률 (양쪽)	.000	
	N	60	60

** . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

4.4.1 선택의 크기 및 선형이 미치는 영향

온실가스 배출량을 종속변수로 사용하여 독립변수인 총톤수와 선형에 따라 미치는 영향을 살펴보기 위한 회귀분석에 앞서 상관분석을 실시한 결과 다음과 같으며, 온실가스 배출량은 선형과 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다.

Table 28 선택의 크기 및 선형에 관한 상관분석 결과

		온실가스 배출량	총톤수	선형
온실가스 배출량	Pearson 상관계수	1	-.184	.397**
	유의확률 (양쪽)		.159	.002
	N	60	60	60
총톤수	Pearson 상관계수	-.184	1	-.124
	유의확률 (양쪽)	.159		.346
	N	60	60	60
선형	Pearson 상관계수	.397**	-.124	1
	유의확률 (양쪽)	.002	.346	
	N	60	60	60

** . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

독립변수인 총톤수와 선령이 온실가스 배출량에 미치는 영향을 살펴보기 위해 회귀분석을 실시하였다. 분석 결과 모형 적합도를 나타내는 결정계수가 0.176으로 설명력이 낮게 나타났다.

Table 29 선박의 크기 및 선령에 관한 회귀분석 결과

모형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
		B	표준오차	베타		
1	(상수)	3792.526	1262.857		3.003	.004
	총톤수	-.234	.206	-.137	-1.131	.263
	선령	62.840	20.039	.380	3.136	.003
종속변수: 온실가스 배출량						
$R^2 : 0.176, F : 6.089,$						

4.4.2 선박의 속도 및 적재율이 미치는 영향

온실가스 배출량을 종속변수로 사용하여 독립변수인 속도와 적재율에 따라 미치는 영향을 살펴보기 위해 상관분석을 실시하였다.

상관분석 결과 온실가스 배출량과 항해속도는 피어슨 상관계수는 0.661, 온실가스 배출량과 적재율은 0.359로 양의 상관관계를 가지고 있으며, 두 독립변수 모두 종속변수와 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타난다.

Table 30 선박의 속도 및 적재율에 관한 상관분석 결과

		온실가스 배출량	ln_속도	적재율
온실가스 배출량	Pearson 상관계수	1	.661**	.359**
	유의확률 (양쪽)		.000	.005
	N	60	60	60
항해속도	Pearson 상관계수	.661**	1	.450**
	유의확률 (양쪽)	.000		.000
	N	60	60	60
적재율	Pearson 상관계수	.359**	.450**	1
	유의확률 (양쪽)	.005	.000	
	N	60	60	60
**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.				

독립변수인 항해 속도와 적재율이 온실가스 배출량에 미치는 영향을 살펴보기 위해 회귀분석을 수행하였다. 회귀 분석결과 모형 적합도를 나타내는 결정 계수가 0.442로 전반적으로 모형이 적합하며 항해속도는 온실가스 배출량에 정의 영향이 있는 것으로 나타났다.

항해속도의 유의확률 .000으로서 매우 높은 유의수준을 확보한 것으로 나타났다. 이는 항해 속도가 증가할수록 시간당 온실가스 배출량이 증가함을 의미한다.

Table 31 선박의 속도 및 적재율에 관한 회귀분석 결과

모형	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률	공선성 통계량		
	B	표준오차	베타			공차	VIF	
1	(상수)	-20484.525	3661.378		-5.595	.000		
	항해속도	8048.784	1423.623	.627	5.654	.000	.797	1.255
	적재율	1378.810	1993.006	.077	.692	.492	.797	1.255
중속변수: 온실가스 배출량								
$R^2 : 0.442, F : 22.560$								

제 5 장 결론

본 논문은 온실가스 배출 관리 제도를 적용하기가 어려운 연안 화물 선박을 대상으로 하여 연료 소모량과 온실가스 배출 특성을 분석하는 것을 목적으로 하였다. 분석에 앞서 관련 문헌을 연안선박 연료소비에 관한 선행연구와 선박 온실가스 감축에 관한 선행연구로 구분하여 살펴보았다. 이어서 국내·외 온실가스 제도 및 국내 연안해운 현황을 파악하기 위하여 국내·외 온실가스 제도, 유엔기후변화협약 등을 관련 문헌을 바탕으로 재정리하였다. 또한 국내 연안해운 현황, 연안해운과 온실가스 대응 문제점 등을 자료를 바탕으로 정리하였다.

실증 분석에 있어서 분석 범위를 2011년부터 2015년으로 하고 연안운송을 실시하고 있는 “A” 선사의 12개 선박을 대상으로 하고 각 선박의 운항 정보 데이터를 표본으로 선정하여 분석을 실시하였다. 분석 방법으로는 연안선박의 온실가스 배출 특성과 관련된 변수 간의 관계를 평가하기에 적합한 상관분석과 회귀분석을 활용하였다.

첫 번째 분석은 선박의 크기 및 선령이 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였으며, 회귀분석에 앞서 실시한 상관분석에서는 온실가스 배출량은 선령과 상관관계가 있는 것으로 나타났으나 회귀분석에서는 모형 적합도를 나타내는 결정계수가 0.176으로 모형이 부적합한 것으로 나타났다.

두 번째 분석으로는 선박의 속도 및 적재율이 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였으며, 상관분석 결과 온실가스 배출량과 선박의 속도 및 적재율 모두 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 회귀분석 결과 모형 적합도를 나타내는 결정계수는 0.442로 모형은 전반적으로 적합하였다. 온실가스 배출량과 항해속도는 정의 영향이 나타났으며, 이는 항해 속도가 증가할수록 시간당 온실가스 배출량이 증가함을 의미한다.

본 논문은 자료 입수의 어려움 등으로 인하여 한계점을 가지고 있다. 먼저,

실증 분석 대상의 표본 크기가 충분하지 못하다는 점이다. 이러한 이유로 인하여 회귀분석의 설명력이 낮게 나타나기도 했다. 이러한 점들을 보완하기 위해서는 향후 복수의 선사들을 대상으로 하여 충분한 표본 크기를 확보하여 연안 화물선의 온실가스 배출 특성을 파악하는 연구가 필요한 것으로 보인다.



참고문헌

- 고재균(2014), 온실가스·에너지 목표관리제 관리업체 온실가스 감축 이행의 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계에 관한 연구, 석사학위논문, 서울대학교.
- 곽영조(2003), 해양환경보호에 있어서 국제해사기구(IMO)의 역할에 관한 연구:73/78 MARPL을 중심으로, 석사학위논문, 한남대학교.
- 국토교통부(2014), 온실가스 배출권 거래제 및 신기후체제 도입 관련 대응방안 연구.
- 김갑모(2016), 녹색물류촉진을 위한 정책 개선방안 연구, 박사학위논문, 한남대학교.
- 김소형(2010), 우리나라의 녹색운송물류정책 개선방안, 석사학위논문, 경북대학교.
- 노범석(2010), 선박기인 온실가스 저감을 위한 에너지효율 운항지표에 관한 연구, 석사학위논문, 한국해양대학교.
- 박소민(2016), 선박온실가스 배출감축을 위한 시장기반조치 대응방안 평가 연구, 석사학위논문, 중앙대학교.
- 부원찬(2015), 선박 온실가스 배출규제에 대한 국내 대응방안연구, 석사학위논문, 인하대학교.
- 안해민(2016), LEAP 모델을 이용한 국내 발전부문 온실가스 감축 시나리오 연구, 호서대학교.
- 오공균(2013), 선박배출온실가스 감축을 위한 기술·운항·시장 조치에 관한 법제 연구, 박사학위논문, 한국해양대학교.
- 유미성(2011), 선박 운항속력을 고려한 선박의 연료관리에 관한 연구, 석사학위논문, 인하대학교.
- 윤범식(2012), 연료절감과 질소산화물 배출 저감을 위한 선박용 연료 질적 개선에 관한 연구, 석사학위논문, 강원대학교.
- 이계봉(2010), 항만의 대기오염 저감과 녹색물류를 위한 LNG ENGINE의 항만 예인선 적용, 석사학위논문, 한국해양대학교.

이연상(2012), *자발적 온실가스 감축사업(KVER)을 통한 온실가스감축 잠재력 및 비용효과 분석*, 박사학위논문, 동국대학교.

이호춘 외 3인(2016), *선박배출 대기오염물질의 체계적 관리방안 연구*

임종관(2013), *선박의 온실가스배출 감축을 위한 IMO 시장기반조치(MBM)에 관한 연구*, 박사학위논문, 서강대학교.

임태진 외 3인(2013), *기후변화 대응과 온실가스 저감*.

장영진(2014), *내항화물운송사업의 활성화 방안에 관한 연구*, 석사학위논문, 한국해양대학교.

정재호(2016), *LNG Bunkering사업 활성화 방안 연구*, 석사학위논문, 한양대학교.

최수영(2016), *공기업을의 목표관리제도를 통한 온실가스 저감수단 분석에 관한 연구*, 서울대학교.

한국해양수산개발원(2010), *해양환경 부문 기후변화정책의 개선방안 연구*.

한국환경정책·평가연구원(2013), *온실가스 감축정책 현황 및 개선방안 연구(I)*.

관계부처합동(<http://www.korcham.net>)

교통안전공단(<http://www.ts2020.kr>)

국립환경과학원(<http://www.nier.go.kr>)

녹색성장위원회(<http://www.greengrowth.go.kr>)

부산지방해양수산청(<http://www.portbusan.go.kr>)

산림청(<http://www.forest.go.kr>)

선박안전기술공단(<http://www.kst.or.kr>)

세계일보(<http://www.segye.com>)

외교부(<http://www.mofa.go.kr>)

한국법제연구원(<http://www.klri.re.kr>)

한국선박관리산업협회(<http://www.kosma2020.or.kr>)

한국선주협회(<http://www.shipowners.or.kr>)

한국에너지공단(<http://www.kemco.or.kr>)

한국해양수산개발원(<http://www.kmi.re.kr>)

한국환경공단(<https://keco.or.kr>)

해양수산부(<http://www.mof.go.kr>)

환경부(<http://www.me.go.kr>)