



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



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](#)

物流學碩士 學位論文

운송수단별 내륙운송의
CO₂ 배출량 산출 및 비용분석

**A study on the CO₂ Emission and Logistics Cost Analysis
in Inland Transportation**



指導教授 金 煥 成

2009 年 12 月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템學科

曹 敏 智

목 차

ABSTRACT

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 필요성	1
1.2 연구의 내용	2
제 2 장 기후변화 및 물류 환경변화	4
2.1 기후 변화에 따른 환경변화	4
2.2 국내 · 외 물류환경변화	6
1) 일본 Modal Shift	6
2) 유럽 마크로폴로 정책	8
3) 국내 동향	11
제 3 장 컨테이너 내륙운송현황 및 CO₂ 배출현황	12
3.1 컨테이너 내륙운송 현황	12
1) 공로운송	14
2) 철도운송	16
3.2 내륙운송에 따른 CO ₂ 배출현황	18
1) 공로운송	18

2) 철도운송	21
3.3 운송 수단별 물류비 비교 · 분석	23
1) 공로 운송의 운송비	23
2) 철도 운송의 운송비	27
3) 운송수단에 따른 총 물류비 비교 · 분석	31
제 4 장 내륙운송비 Case Study 분석	35
4.1 내륙운송 평가 모델	35
4.2 Case별 분석	38
1) Case 설정	38
2) Case별 분석결과	39
4.3 고찰	40
제 5 장 결론 및 한계점	41
참고 문헌	43



표 목 차

<표 2-1> 기후변화 협약 진행과정	5
<표 2-2> 2008년 국가별 CO ₂ 배출량 순위	6
<표 2-3> 물류부문의 Modal Shift 촉진정책	7
<표 2-4> 철도부문의 Modal Shift 촉진정책	8
<표 2-5> Marco Polo I 프로그램의 지원사업 구분 및 내용	9
<표 2-6> Marco Polo II 프로그램의 지원사업 구분 및 내용	10
<표 3-1> 국내화물 수송수단별 분담률	12
<표 3-2> 부산항 수송수단별 물동량	13
<표 3-3> 국내 기종점 분석	14
<표 3-4> 공로 운송에 의한 국내 기종점 분석	15
<표 3-5> 철도화물 품목별 수송실적	16
<표 3-6> 컨테이너 철도 수송 추이	17
<표 3-7> CO ₂ 배출계수	18
<표 3-8> 부산항과 지역별 거리와 소요 시간	19
<표 3-9> 공로 운송에 의한 국내 기종점 분석	20
<표 3-10> 공로 운송에 의한 CO ₂ 배출 현황	21
<표 3-11> 컨테이너 철도 수송에 의한 CO ₂ 발생량	22
<표 3-12> 컨테이너 물동량, CO ₂ 배출계수, CO ₂ 발생량 비교	23
<표 3-13> 공로운송에 의한 컨테이너 운임	24
<표 3-14> 공로운송에 의한 탄소배출비용	25
<표 3-15> 공로운송에 의한 총물류비	26
<표 3-16> 철도 운임 산정기준	27
<표 3-17> 컨테이너 철도 운임	28

<표 3-18> 철도운송에 의한 탄소배출비용	29
<표 3-19> 철도운송에 의한 총물류비	30
<표 3-20> 공로운송에 의한 발생비용	32
<표 3-21> 철도운송에 의한 발생비용	33
<표 4-1> 목적함수에 따른 총 물류비 산출 결과	36
<표 4-2> Case 설정	39
<표 4-3> Case 분석 결과	39



그림 목 차

<그림 2-1> 교토의정서 포함 국가	4
<그림 3-1> 공로운송과 철도운송의 비교	34
<그림 4-1> P거점에서의 운송모드 변경 개념도	37
<그림 4-2> Case별 비용 분석	40



A study on the CO₂ Emission and Logistics Cost Analysis in Inland Transportation

Jo Min Ji

Department of Logistics Graduate
School of Korea Maritime University



ABSTRACT

As the quantity of goods transported, port industry and inland transport industry have developing still, but almost 80% of inland transport industry consists of ground transport. According to issue "global warming", many regulations and agreements with countries in the world are becoming necessary and it is being fulfilled now. It is sure that Korea will have duty to

reduce CO₂ emission from 2013. And inland transport have to cut CO₂ emission down. Therefore, this paper will address that calculation method CO₂ emission under route of transportation container at Korea by using O/D analysis. And then, it will predict routes of transportation containers which can reduce CO₂ emission.



제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 필요성

부산항은 2008년도 연간 물동량이 1,300만TEU를 처리하면서 세계 5위를 차지하였고 작년까지 연간 10%이상의 성장률을 보이고 있다. 이렇듯 우리나라의 항만 산업은 비약적인 발전을 하였고 이는 세계경제의 발전과 더불어 국내의 무역량의 증가에 의한 것이다.

이에 따라 국내의 내륙운송 또한 발전하게 되었으며 항만은 내륙과 연결되는 거점으로써의 역할이 중요하게 되었다. 따라서 항만과 각 지역들과의 물동량 움직임에 대한 기종점 분석 연구가 활발하게 진행되어져왔다.

정태원의 1명(2006)은 화주의 입장에서 O/D분석을 활용하여 인천항의 유치 가능한 물동량의 특성을 분석하여 인천항에 물동량 유치를 위한 전략을 제시하였고 조수원의 4명(2007)은 일반화물 수출입 O/D분석을 통해 군장항이 중국 교역항으로 특화 할 수 있는 방안을 제시하였다.

종래의 O/D 분석에 관한 연구는 항만의 발전전략을 모색하기 위한 수단으로 O/D 분석 자료를 활용하고 있다. 항만이 내륙과 국외의 연결점인 것을 감안하였을 때 내륙과 항만사이의 화물 흐름을 종합적인 관점에서 파악할 필요가 있고 아직 국내에서는 O/D 분석 자료를 통한 내륙운송에 대한 연구가 미흡하다.

우리나라의 내륙운송의 특성을 살펴보면 내륙운송 물동량의 80% 이상이 공로 운송에 편중되어 있다. 그래서 교통혼잡 문제, 환경오염 문제등의 다양한 사회적 문제를 야기 하고 있다. 특히 1997년 12월 교토의정서가 채택되면서 온실가스 배출량 규제는 강화되고 있으며, 2013년부터는 우리나라도 온실가스 의무 감축국에 포함 될 것으로 예상된다. 이는 우리나라 대부분의 산업이 온실가스 배출에 대한 규제를 받게 될 것이고 물류 산업 또한 예외는 아니므로 이

에 대한 대처 방안을 빠른 시일 내에 강구해야만 한다.

따라서 본 연구에서는 종래의 기종점 분석 자료를 바탕으로 하여 내륙운송에 의한 CO₂ 배출량을 산출하고 CO₂ 배출비용을 고려하여 내륙운송의 총 물류비를 산정하고 각 운송수단별 CO₂ 배출비용, 총 물류비를 분석하였다.

1.2 연구의 내용

본 논문의 구성을 살펴보면, 우선 1장에서는 연구의 배경 및 본 논문의 연구 내용을 설명하였고 2장에서는 기후변화에 따른 환경변화와 특히 기후변화에 따른 물류산업의 환경변화에 대하여 서술하였다. 이미 선진국에서는 물류산업에 관한 정책들이 친환경 정책으로 변화하고 있다. 특히 일본의 Modal Shift 정책과 유럽의 마크로폴로 정책으로 90년대 말부터 내륙운송모듈을 철도나 연안운송으로 전환하고 있어 친환경정책의 선두두자로 꼽히고 있다. 이에 우리나라에서도 시사점이 많을 것으로 사료된다.

3장에서는 국내의 O/D 분석 자료를 이용하여 현재 컨테이너 내륙운송현황을 알아보고 운송수단에 따른 CO₂ 배출량을 산정하였다. 이를 기본으로 CO₂ 배출비용을 고려하여 총 운송비용을 산정하였으며 운송모듈별로 총 물류비를 비교·분석하였다.

4장에서는 3장에서 산정된 총 물류비 산정 결과를 기본으로 하여 총 물류비를 줄이기 위한 Case Study를 하였다. 부산항에서 화물 운송량이 많은 상위 3곳을 기준으로 그 지역 공로 운송 화물을 철도로 전환 하였을 때 총 물류비 절감정도를 비교·분석하였다. 마지막으로 5장에서는 결론과 논문의 한계점으로 구성되어 있다.

현재 내륙운송에 대한 CO₂ 배출량 통계 구축이 제대로 이루어지지 않았고 CO₂ 배출량을 고려한 국내의 내륙 운송비 산정 연구는 전혀 없었다. 따라서 본

연구는 향후 내륙운송수단별로 CO₂ 배출량 산정 시 기초통계자료로 이용 가능하다. 뿐만 아니라 향후 포스트 교토의정서 체제가 발효 되면 내륙운송비용을 산정할 때 CO₂ 배출 비용이 중요하게 고려되어야 할 요소가 될 것이다. 따라서 본 연구가 CO₂ 배출 비용 연구에 관한 시발점이 될 것으로 기대되어 진다.

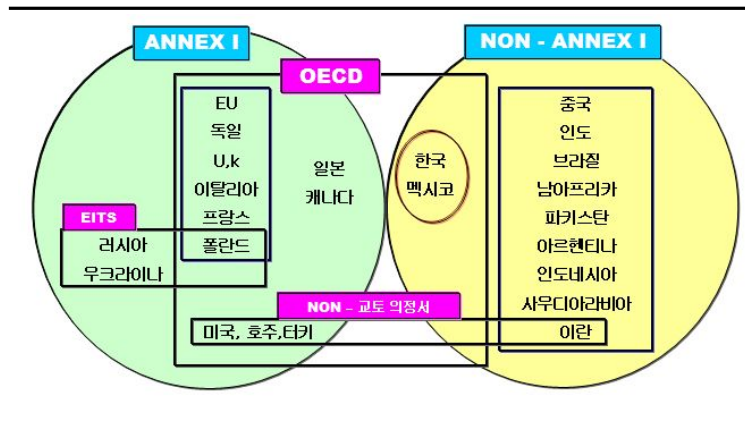


제 2 장 기후변화 및 물류 환경변화

2.1 기후 변화에 따른 환경변화

최근 전 세계적으로 지구의 온난화 현상과 기후변화에 대한 관심이 고조되고 있다. 실제 지난 산업혁명 이후 지속적인 대량의 온실가스를 대기로 배출함에 따라 지구대기 중에 온실가스 농도가 증가하고 이에 따라 지구의 표면 온도가 증가하였다. 이로 인하여 온실가스 배출을 줄이기 위한 여러 협약과 규제들이 생겨나고 있다. 특히 기후 변화 문제는 여러 세대에 걸친 장기적인 문제이므로 기후변화에 심각성을 인지하여, 세계 각국은 92년 6월 리우 지구환경회의에서 “유엔기후변화협약”을 채택했으며, 95년 4월 베를린에서 제 1차 가입국총회가 개최되었고 97년 12월 교토에서 제3차 총회에서 법적 구속력을 가진 교토의정서(Kyoto Protocol)가 채택되었다. 기후변화협약은 지구 온난화에 대응하기 위한 국제적인 공동 대응의 기반을 조성했다는 점에서 커다란 의의를 가지고 있다.

<그림 2-1> 교토의정서 포함 국가



교토의정서는 2008년부터 발효되었는데 전 세계 55개국 이상이 참여하였다. 이들 국가들의 CO₂ 배출량은 전 세계 CO₂ 배출량의 55%이상 차지한다. 이에 따라 의무적으로 온실가스 배출량을 감축하는 국가들의 집단이 형성되었고 이들 집단을 ‘부속서 1(ANNEX I)’이라고 정하였다. 부속서 I에 포함되는 39개국은 2008년부터 2012년 사이에 온실가스 총 배출량을 1990년 수준보다 평균 5.2% 정도 감축할 의무를 갖게 되었다.

2008년 12월, 제 13차 기후변화협약당사국 총회에서는 2013년부터 적용할 기후변화대응체제 로드맵을 채택하였고, 2009년 말, 당사국총회에서 포스트교토의정서의 의무감축국에 포함될 국가를 선정, 의무감축량을 결정할 예정이다.

<표 2-1> 기후변화 협약 진행과정

	1992년 6월	1997년 12월	2001년 3월	2005년 2월	2008년 12월	2009년
내용	기후변화 협약체결	교토의정서 채택	미국 교토의정서 탈퇴표명	교토의정서 발효	기후변화 협약당사국 총회 (포스트교토 의정서)	포스트 교토의정 서 협의

한국은 2002년 11월 교토의정서를 비준하였으나 온실가스 배출을 의무적으로 감축하는 ANNEX I에 속하지 않았다. OECD(경제협력개발기구) 소속 국가 중 개발도상국가로 인정받아 멕시코와 함께 온실가스 의무 감축국에서 제외 되었다.

그러나 한국은 교토의정서 공약기간(2008년 ~ 2012년)이 끝난 뒤 포스트교토의정서(2013년~2017년)에서는 온실가스 배출 감축 의무를 갖게 될 것으로 예상된다. 현재 한국의 경제 수준은 선진국과 견줄 수준으로 높아졌기 때문에 개발도상국 지위를 계속 유지할 수 없을 것으로 전망되고 또한 대표적인 온실가스인 CO₂ 배출량도 세계 7위에 달하기 때문이다.

<표 2-2> 2008년 국가별 CO₂ 배출량 순위

순위	배출량 (만Ton/CO ₂)	18년간 증감률(%)	
1	중국	680,970	178
2	미국	636,980	17
3	러시아	168,760	-29
4	인도	140,850	125
5	일본	139,150	18
6	독일	85,730	-17
7	한국	66,350	158
8	캐나다	65,830	44
9	영국	58,180	-7
10	이란	51,350	158

자료 : 독일재생가능에너지산업연구소(IWR)

2.2 국내 · 외 물류환경변화



1) 일본 Modal Shift

국토교통성은 2004년 교통 및 물류정책에서 환경오염을 방지하기 위한 ‘국토교통성 환경행동계획’을 수립하였다. 이는 국가의 모든 교통과 물류 정책을 환경 배려형으로 전환하기 위한 것이며, 이를 위해 네 가지 기본목표를 세웠다. 첫째, 환경의 보전 · 재생 · 창조를 위하여 정책을 계획하는 단계부터 최종단계에 이르기까지 교통행정 전반에 환경부하를 저감하는 것이다. 둘째, 광역과 지역을 동시에 고려한 종합적인 관점에서의 환경부하를 저감하는 것이다. 셋째, 정부시책을 종합적인 측면에서 수립하고 이를 집중적으로 추진한다는 것이다. 넷째, 국민 각계각층과의 연계 및 협동과 정보의 공유화를 촉진하는 것이다. 이러한 네 가지 목표에 따라 일본은 교통 물류 체계를 친환경방향으로 전환시키

고 있다. 이를 촉진하기 위해 해운·항만, 내륙운송 등 여러 가지 분야로 나누어서 다양한 연구 개발 및 지원정책을 시행 중에 있다.

물류 분야에서는 크게 화주나 물류업체가 CO₂ 배출 저감 효과가 높은 사업을 추진할 때 그 사업에 대한 보조금을 지원해주는 ‘실증실험 보조금’ 제도를 시행하고 있다. 이는 일본의 그린물류종합프로그램에 근거하여 환경오염을 최대한 방지하는 물류체계를 구축하는 것에 그 의의가 있다.

또한 2005년에 일본 경제산업성과 국토교통성의 주체로 일본경제단체 연합회, 일본물류단체 연합회, 일본 로지스틱스시스템협회와 함께 ‘그린물류 파트너십 회의’를 창단하였다. 화주와 운송업자간의 파트너십을 강화하여서 화물의 운송과정에서 CO₂ 배출을 최대한 줄이는데 취지가 있다. 특히 이 회의를 통하여 선정된 프로젝트는 국가의 전폭적인 지원을 받게 된다.

<표 2-3> 물류부문의 Modal Shift 촉진정책

추진 과제	목적	내용	비고
실증실험 보조금	환경부하가 작은 물류체계 구축을 목표로 하는 실증 실험 지원제도 (CO ₂ 배출 감소)	· 시설, 설비, 정보시스템 구축 등에 소요된 사업비의 1/3 지원 (상한 1억 엔) · 보조대상기간은 1년	국토교통성 담당
그린 물류 파트 너십	신 규 사 업 화주와 물류기업 간 파트너십에 의한 CO ₂ 배출 감소	· 물류시스템에서 CO ₂ 저발생화에 필요한 추가적 경비(인건비, 설비기기의 구입, 시스템개발비, 기타 경비 등이 포함) · 보조대상 경비의 1/2지원 (상한은 1억 엔)	경제산업성의 보조제도
	보 급 형 사 업 화주와 물류기업 간 파트너십에 의한 에너지 고효율화	· 물류시스템의 에너지 고효율화에 필요한 경비(시설, 설비, 시스템 구축 등이 포함) · 보조대상 경비의 1/3지원 (상한은 5억 엔)	신에너지·산업 기술종합개발 기구(NEDO)

자료 : 국가 친환경 물류체계 구축을 위한 Modal Shift 활성화 방안(2008)

또한 일본은 내륙화물의 운송수단을 철도로 전환하여 철도운송을 활성화시키

기 위해 다방면에서 노력을 기울이고 있다. 철도운송의 CO₂ 배출을 줄이기 위하여 2007년 7월 친환경 연료전지로 움직이는 '키하E200'열차를 시범운행하였으며, 저연비, 저공해 하이브리드 열차에 대한 연구도 지난 2005년 11월부터 추진하고 있다. 뿐만 아니라 트럭으로 운송되어진 화물을 철도로 전환시키기 위하여 사업비를 보조사업도 추진 중이다. 특히 산요선에서 수송량이 많은 도쿄~후쿠오카 간 열차증설사업에 대한 지원을 하고 있다.

<표 2-4> 철도부문의 Modal Shift 촉진정책

추진 과제	목적	내용	비고
연구 개발	환경부하를 저감하는 열차 '키하E200'개발	· 디젤엔진과 연료전지를 이용한 하이브리드 열차 개발 · 기존열차에 비해 연비 10% 향상과 배출량 60% 감소	일본철도
	전력 리사이클 차량 개발	· 브레이크 시 발생하는 전기에너지를 재활용하는 연구	일본철도
정책	철도운송 활성화 사업비 보조	· 수송수요가 많은 구간의 수송력 증강 사업 (변전설비 확충, 대피선연장 등) · 보조 대상 경비의 30%를 지원	일본철도

자료 : 국가 친환경 물류체계 구축을 위한 Modal Shift 활성화 방안(2008)

2) 유럽 마크로폴로 정책

EU는 1980년대 후반 TEN(Trans-European Networks)이란 개념을 구축하였다. TEN은 교통, 에너지, 통신분야에 대하여 회원국 간의 공통된 가이드라인을 규정하고 있다. TEN 개념을 바탕으로 교통과 에너지 분야에서 친환경 운송체계를 구축하기 위하여 Marco Polo 프로젝트를 수행하였다. 이 프로젝트는 도로 중심의 화물수송체계를 해운, 철도, 및 내륙수로로 전환하는 것이다.

마크로폴로 1단계 사업의 기간은 2003년부터 2006년이었으며, 철도, 내륙수로, 연안운송의 활성화를 목표로 내륙운송 수단을 친환경 운송수단으로 전환하

는 기업에게 지원하는 것이 주된 내용이다. 마르코폴로 1단계 사업에서 지원하는 사업은 크게 3가지 종류가 있다. 직접적인 Modal Shift 지원사업, 도로운송이 대신 친환경적 운송사업으로 전환에 대한 지원사업, 화물운송분야에서의 지식 또는 협력을 강화하는 사업으로 나누어진다.

<표 2-5> Marco Polo I 프로그램의 지원사업 구분 및 내용

구분	사업의 내용	기타
Modal Shift Action	<ul style="list-style-type: none"> · 현재의 시장 조건에서 경제적으로 의미있는 많은 물동량이 도로운송에서 근해 운송, 철도, 내륙수운으로 전환되는 사업 · 새로이 시작하는 사업이 현재 사업을 현격히 개선하는(significantly enhance)사업 	<ul style="list-style-type: none"> · 최대지원액 : 500tkm당 1€K · 최소 지원기준 : 500,000€또는 전환물동량 250백만 tkm · 최장 지원기간 : 36개월
Catalyst Action	<ul style="list-style-type: none"> · 도로운송이 아닌 화물운송의 방법을 혁신하는 사업 · EU 화물운송시장에서 구조적인 시장의 장애 (structural market barriers)를 극복하는 사업 · 획기적인 변화(real break-through)를 일으킬 수 있는 사업 	<ul style="list-style-type: none"> · 보조금지원 비율 : 35%
Common Learning Action	<ul style="list-style-type: none"> · 화물물류부문에서 지식을 개선하고 화물운송 시장에서 협력절차나 선진기법을 풍부히 하는 사업 · 협력 및 노하우의 공유를 개선시키는 사업 	<ul style="list-style-type: none"> · 보조금지원 비율 : 50% · 최소 지원기준 : 250,000€ · 최장 지원기간 : 24개월

자료 : Anne Barseth, "Innovative with Marco Polo ", 2006 및 EU 홈페이지 참조함

마르코폴로 2단계 프로그램은 2007년부터 2013년까지 계획되었으며, 지원되는 사업의 총예산은 4억유로(2004년 가격 기준)로 예상된다. 마르코폴로 1단계에 비해 규모와 범위가 넓어져서 기존 마르코폴로 1단계 프로그램의 3가지 지원 사업에서 2가지 사업을 추가하여 총 5가지 사업 분야에 지원을 할 예정이다. 새로이 추가되는 사업으로는 도로운송과 근해 해운을 포함하는 복합운송사업에 대한 지원과 도로운송 서비스 수요를 감소시키기 위한 정책이다. 마르코폴로 2

단계 프로그램을 통하여 1,400억 톤/km의 도로운송화물을 철도나 연안운송 등으로 전환하고, 840만 톤의 CO₂ 배출을 감축시킬 것으로 기대되어지고 있다.

<표 2-6> Marco Polo II 프로그램의 지원사업 구분 및 내용

구분	사업의 내용	기타
Modal Shift Action	<ul style="list-style-type: none"> · 현재의 시장 조건에서 경제적으로 의미 있는 많은 물동량이 도로운송에서 근해 운송, 철도, 내륙수운으로 전환되는 사업 · 새로이 시작하는 사업이 현재 사업을 현격히 개선하는(significantly enhance) 사업 	<ul style="list-style-type: none"> · 최대 지원액 :500tkm당 1€ · 최소지원기준 :500,000€또는 250백만 tkm · 보조금 지원 비율 :35%(신규) · 최장 지원 기간 :36개월
Catalyst Action	<ul style="list-style-type: none"> · 도로운송이 아닌 화물운송의 방법을 혁신하는 사업 · EU 화물운송시장에서 구조적인 시장의 장애 (structural market barriers)를 극복하는 사업 · 획기적인 변화(real break-through)를 일으킬 수 있는 사업 	<ul style="list-style-type: none"> · 보조금 지원 비율 :35% · 최소지원기준 :2,000,000€(신규) · 최장지원기간 :60개월(신규)
Common Learning Action	<ul style="list-style-type: none"> · 화물물류부문에서 지식을 개선하고 화물운송 시장에서 협력 절차나 선진기법을 풍부히 하는 사업 · 협력 및 노하우의 공유를 개선시키는 사업 	<ul style="list-style-type: none"> · 보조금 지원 비율 : 50% · 최소지원기준 :250,000€ · 최장지원기간 :24개월
Motorways of the Sea Action	<ul style="list-style-type: none"> · 장거리 도로운송을 근해 해운 서비스를 포함하는 복합운송 서비스로 전환하면서, door-to-door 서비스를 제공하는 사업 	<ul style="list-style-type: none"> · 최대 지원액 : 500tkm당 1€ · 최소지원기준 :2.5백만€ 또는 전환물동량 12억 5천만 tkm · 보조금 지원 비율 :35% · 최장 지원 기간 :5년
Traffic Avoidance Actions	<ul style="list-style-type: none"> · Reducing freight transport demand by road with a direct impact on emissions 	<ul style="list-style-type: none"> · 보조금 지원 비율 : 35% · 최대 지원액 : 500tkm당 1€ · 최장 지원 기간 : 5년

자료 : Anne Barseth, "Innovative with Marco Polo ", 2006 및 EU 홈페이지 참조함

3) 국내 동향

최근 이명박 정부가 출범을 계기로 전 세계적인 환경규제와 관련하여 녹색성장 산업이 활발히 진행 중이고, 국내의 물류발전 방향 또한 저탄소 녹색물류로 규명하였다. 또한 정부는 2020년까지 국내 온실가스 배출량을 배출전망치(BAU)를 대비하여 30% 감축할 계획을 밝힌 바 있다. 이는 2005년 온실가스 배출량 대비하여 4% 감축된 양으로 개발도상국에게 권고되어지는 온실가스 배출량의 최대 감축 수준이다. 세부적인 사항은 아직 정해지지 않았지만 늦어도 2010년 초까지는 업종별 감축 목표까지 세워질 전망이다.¹⁾

이렇듯 온실가스 감축목표가 세워짐에 따라 온실가스를 줄이기 위한 여러 가지 지원책 또한 마련하고 있다. 최근 ‘지속가능 교통물류발전법’을 제정하고, 녹색물류인증제도, 녹색물류 파트너십 등 법적 체계 구축등의 법적인 근거를 제정하고 있으며, 국토해양부를 중심으로 친환경 물류정책을 계획하고 있다.

현재 정부가 준비 중인 법안 중 녹색성장기본법(안) 46조에는 ‘항공 및 해운 부분에서 배출되는 온실가스를 줄이기 위한 국제기준 및 동향 등을 감안하여 온실가스 배출허용기준을 정하여 그 배출량을 제한할 수 있다.’는 조항이 포함되어 있다. 또한 ‘구체적인 온실가스 배출허용기준, 인증절차 및 방법 등은 대통령령으로 정한다.’라고 명시되어 있다. 뿐만 아니라 12월 10일부터 시행되는 ‘지속가능 교통물류 발전법’ 20조에 명시되어 있는 ‘대형중량화물의 운송대책’과 30조 ‘자동차 운행의 제한’ 규정을 통해 화물차의 통행량, 온실가스 배출량 등을 제한할 수 있게 되었다.²⁾

또한 얼마전 국토해양부가 내륙운송 수단을 친환경 수단으로 전환하기 위하여 Modal shift를 추진할 예정임을 밝혔다. 이 방안에 따르면 현재 7%수준인 철도의 수송 부담률을 15%까지 끌어올릴 계획이며, 이를 위해 정부차원에서 운송체계 전환을 위한 방안을 적극적으로 모색하고 있는 중이다.³⁾

1) 국제신문(2009.11.18)

2) 한국해운신문(2009.11.04)

3) 한국해운신문(2009.10.16)

제 3 장 컨테이너 내륙운송현황 및 CO₂ 배출현황

3.1 컨테이너 내륙운송 현황

항만 산업은 몇 십년간의 비약적인 발전으로 인하여 컨테이너 물동량은 비약적으로 증가 하였다. 그러나 국내의 화물의 내륙운송은 86% 이상이 공로 운송에 의존하고 있어 물동량이 증가할수록 국내의 컨테이너 운송에 의하여 발생하는 교통 혼잡 등의 도시문제와 환경오염문제가 심각해지고 있다.

<표 3-1> 국내화물 수송수단별 분담률

단위: 천톤, %

수송수단	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년
철도	45,733 (5.9)	47,110 (6.2)	44,512 (6.6)	41,669 (6.1)	43,341 (6.3)
공로	584,573 (75.7)	565,456 (74.6)	518,856 (76.4)	526,000 (76.5)	529,278 (76.6)
해운	141,706 (18.3)	145,327 (19.2)	115,636 (17)	119,410 (17.4)	117,805 (17.1)
항공	433 (0.1)	423 (0.1)	409 (0.1)	372 (0.1)	355 (0.1)
합계	772,445 (100)	758,316 (100)	679,413 (100)	687,451 (100)	690,779 (100)

자료 : 국토해양부 건설통계연보(2007)

국내 화물의 수송수단별 수송량 추이를 살펴보면 공로운송 수송량은 2003년에 565,456천톤으로 전체 수송량의 74.6%이르며 2006년도에 2% 상승하여 529,278천톤을 수송하였다. 철도수송은 2002년부터 2006년까지 운송 비율이 5.9%~6.6%로 공로 운송 보다 상대적으로 수송 부담률이 작으며 연안 운송은 2002년 18.3%에서 2006년 17.1%을 수송하여 점차 감소 추세에 있다. 이와 같이 화물 수송 대부분 공로 수송이 우위를 차지하고 있으며 이는 공로에서의

교통체증을 유발하여 최종 목적지까지 화물 인도가 지연되고 환경오염문제 등을 일으킨다.

<표 3-2> 부산항 수송수단별 물동량

단위 : 천TEU, %

구분	2003년		2004년		2005년		2006년		2007년	
합계 비중	6,157 (100)	10.6	6,700 (100)	8.8	6,664 (100)	△0.5	6,831 (100)	2.5	7,444 (100)	9.0
연안 비중	122 (2.0)	177.3	105 (1.6)	△13.9	85 (1.3)	△19.0	28 (0.4)	△67.1	7 (0.1)	△75.0
철도 비중	636 (10.3)	9.7	631 (9.4)	△0.8	696 (10.3)	10.3	750 (11.0)	7.8	801 (10.8)	6.8
도로 비중	5,399 (87.7)	9.2	5,964 (89.0)	10.5	5,893 (88.4)	△1.2	6,053 (88.6)	2.7	6,636 (89.1)	9.6

자료 : 부산항만공사

<표 3-2>은 부산항의 컨테이너 물동량에 대한 내륙운송수단별 수송량이다. 2007년도 공로와 철도 운송은 전년대비 9.6% 및 6.8% 증가하였으나, 연안운송은 전년대비 75% 감소하였음을 알 수 있다. 철도운송을 살펴보면 2004년도를 제외하면 증가 추세를 보이고 있다. 이는 공로운송의 교통체증유발과 물류비 상승으로 연안수송과 철도수송 처리량이 소폭 증가하고 있음으로 해석이 가능하다. 컨테이너 공로수송 분담률(89.1%)이 우리나라 전체 화물의 공로수송 분담률(76.6%)보다 많은 비중을 차지하고 있다.

위의 두 표에서 우리나라는 전체적으로 공로운송의 비중이 상대적으로 높고 철도와 해운의 비중이 저조함에 따라 내륙운송의 운송 분담률 조정이 필요함을 알 수 있다. 향후 국가 경쟁력 제고 측면에서 공로 운송의 분담률을 줄이고 연안과 철도 운송의 운송 분담률 능력을 향상시키는 방안이 추진되어야 함을 알 수 있다.

1) 공로운송

공로운송은 우리나라 전체 내륙운송 중 80% 이상의 점유율을 차지하고 있는

화물운송방법이다. 공로운송은 DOOR TO DOOR 서비스가 가능하며 단거리 운송에서는 다른 운송수단보다 높은 경쟁력을 갖고 있기 때문에 국토 면적이 좁은 우리나라에서는 가장 적합한 운송수단이다. 그러나 최근 도로의 극심한 체증과 화물 자동차의 도심에서 운행 및 화물 중량의 문제, 고속도로 통행료 상승 원유값의 폭등으로 인한 운임 상승이 공로운송의 경쟁력을 약화시키고 있다. 또한 앞 절에서 언급하였듯이 우리나라는 공로운송 부담률이 타 운송수단보다 상당히 높은 편이기 때문에 다양한 문제점이 야기되고 있다.

본 논문에서는 공로 운송에 의하여 운반되어지는 화물량을 산정하기 위하여 해운항만물류정보센터(SP-IDC)에 공개되어 있는 국내의 컨테이너 기종점 데이터를 이용하였다.

<표 3-3> 국내 기종점 분석

단위 : 천TEU

구분	수입			수출			전체		
	적	공	합계	적	공	합계	적	공	합계
서울	58	7	64	56	8	64	114	14	128
인천	70	14	85	100	6	106	171	21	191
경기도	422	90	512	387	53	440	810	142	952
부산	225	107	333	91	67	158	317	175	491
울산	155	292	447	427	85	512	582	377	959
경남	470	311	781	584	193	777	1,054	504	1,558
대구	63	55	118	79	30	109	143	85	227
경북	264	259	523	443	97	540	707	356	1,063
광주	29	53	82	114	11	125	143	64	207
전남	41	68	109	89	19	109	131	87	218
전북	58	61	118	106	18	123	164	78	242
대전	21	23	44	56	8	64	78	31	108
충남	68	32	100	122	15	137	190	47	237
충북	83	16	98	66	25	91	149	40	189
강원도	5	9	14	16	2	18	21	11	32
합계	2,034	1,395	3,429	2,738	636	3,374	4,772	2,032	6,803

자료 : 해운항만물류정보센터(SP-IDC),

주 : 2006년 부산항을 기점으로한 전국 화물 흐름량

현재 해운항만물류정보센터에 공개되어 있는 자료는 운송모듈별로 나누어 있지 않기 때문에 본 논문에서는 2006년 부산항에서 공로 운송에 의하여 수송

되어진 화물의 비율(88.6%)을 적용하여 공로에 의한 화물량을 재산정하였다. 부산항에서 가장 많이 컨테이너가 운반되어 있는 지역은 경남지역으로 총 2,666천TEU가 운송되어 졌고 경북 지역은 1,143천TEU, 경기도 지역은 1,125천TEU 이다.

<표 3-4> 공로 운송에 의한 국내 기종점 분석

단위 : 천TEU

구분		수입			수출			전체		
		적	공	합계	적	공	합계	적	공	합계
경기	서울	51	6	57	50	7	56	101	13	113
	인천	62	13	75	89	5	94	151	18	169
	경기도	374	79	453	343	47	390	717	126	843
	소계	487	98	585	482	59	540	969	157	1,125
경남	부산	200	95	295	81	60	140	280	155	435
	울산	138	258	396	378	76	454	516	334	850
	경남	417	276	692	517	171	688	934	447	1,381
	소계	755	629	1,383	976	307	1,282	1,730	936	2,666
경북	대구	56	48	104	70	27	97	126	75	201
	경북	234	229	463	392	86	478	626	315	942
	소계	290	277	567	462	113	575	752	390	1,143
전남	광주	26	47	72	101	10	111	127	56	183
	전남	37	60	97	79	17	96	116	77	193
	소계	63	107	169	180	27	207	243	133	376
전북	전북	51	54	105	94	16	109	145	69	214
	소계	51	54	105	94	16	109	145	69	214
충남	대전	19	20	39	50	7	57	69	27	96
	충남	61	28	89	108	13	121	169	42	210
	소계	80	48	128	158	20	178	238	69	306
충북	충북	73	14	87	59	22	81	132	36	168
	소계	73	14	87	59	22	81	132	36	168
강원	강원도	4	8	13	14	2	16	18	10	28
	소계	4	8	13	14	2	16	18	10	28
	합계	1,802	1,236	3,038	2,426	564	2,989	4,228	1,800	6,028

자료 : 해운항만물류정보센터(SP-IDC),

주 : 2006년 부산항을 기점으로한 전국 화물 흐름량

2) 철도운송

우리나라 전체 화물에 철도 수송 부담률은 3% 내외지만 컨테이너 수송은 12 ~ 15%를 철도로 수송되고 있다. 이는 선적 시간을 정확하게 지킬 수 있다는 장점과 이중으로 컨테이너를 조작하는데 드는 비용의 부담을 철도청이 운송비 할인등의 방법으로 어느 정도 보상을 해 주기 때문이다.

2009년 철도화물 수송실적은 전년 대비 82.5% 수준으로 많이 미진한 면을 보이고 있다. 9월까지 철도로 운송되어진 총 화물은 25,826 천톤으로 작년 같은 기간 33,130 천톤보다 18.5% 감소하였다. 컨테이너 경우에는 5,542 천톤으로 철도 수송 화물 중에서 두번째로 화물량이 많았으나 전년도의 수송되어진 8,805 천톤에 비해 37.1%나 감소한 실적을 보였다.⁴⁾

<표 3-5> 철도화물 품목별 수송실적

단위 : 천Ton

품목		'09년 8월 누계	'08년 8월누계	전년 동기대비
양회	포대	223	249	89.56%
	벌크	10,134	10,379	97.64%
	크랑카	305	698	43.70%
	소계	10,662	11,326	94.14%
석탄	무연탄	2,252	2,344	96.08%
	유연탄	1,716	1,922	89.28%
	경석	313	388	80.67%
	소계	4,291	4,654	92.20%
컨테이너		5,542	8,805	62.94%
유류		1,245	1,286	96.81%
광석		1,310	1,278	102.50%
철강		700	1,379	50.76%
비료		123	215	57.21%
건설		161	127	126.77%
사업용		348	383	90.86%
기타		1,444	1,857	77.76%
합계		25,826	31,310	82.48%

자료 : 한국해운신문

4) 한국해운신문기사(2009.10.16)

부산항을 기점으로 하여 컨테이너 처리 취급 역까지 각각의 물동량은 <표 3-6>과 같다. 부산에서 철도로 운송되어지는 컨테이너 물량 중 경기지역이 428,105 TEU로 전체의 57.09%를 차지하였다. 충남지역이 95,095TEU를 운송되어 12.68%이고 그 다음 경북지방이 67,665TEU를 운송하여 전체 9.02%에 해당하였다. 이는 경기지역과 충남지역이 부산지방에서 출발하는 컨테이너 공로 운송운임이 상대적으로 높아 철도 운송 부담율이 다른 지역에 비해 많은 것으로 추정되어진다.

<표 3-6> 컨테이너 철도 수송 추이

단위 : TEU, 천Ton, %

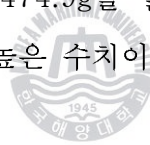
	구분	컨테이너 처리 물량			컨테이너 처리 물량			비율
		상행	하행	합계	상행	하행	합계	
경기도	오봉역	233,515	194,590	428,105	4,087	3,405	7,492	57.09
	부곡역	0	0	0	0	0	0	0
	소 계	233,515	194,590	428,105	4,087	3,405	7,492	57.09
경남	울산역	828	13,630	14,458	14	239	253	1.93
	신창원역	15,159	799	15,958	265	14	279	2.13
	남창원역	402	50	452	7	1	8	0.06
	소 계	16,389	14,479	30,868	286	254	540	4.12
경북	약목역	31,310	30,733	62,043	548	538	1,086	8.27
	아포역	2,309	3,313	5,622	40	58	98	0.75
	소 계	33,619	34,046	67,665	588	596	1,184	9.02
전남	송정리역	2,400	2,107	4,507	42	37	79	0.60
	임곡역	2,477	2,808	5,285	43	49	92	0.70
	광양항역	12,067	5,219	17,286	211	91	303	2.31
	홍국사역	1,969	11,056	13,025	34	193	228	1.74
	소 계	18,913	21,190	40,103	330	370	702	5.35
전북	동익산역	6,610	8,471	15,081	116	148	264	2.01
	북전주역	624	1,903	2,527	11	33	44	0.34
	동산역	736	1,195	1,931	13	21	34	0.26
	대야역	3,319	8,373	11,692	58	147	205	1.56
	소 계	11,289	19,942	31,231	198	349	547	4.17
충남	신탄진역	8,512	12,346	20,858	149	216	365	2.78
	삽교역	12,280	21,340	33,620	215	373	588	4.48
	조치원역	8,854	9,572	18,426	155	168	322	2.46
	두정역	8,458	7,840	16,298	148	137	285	2.17
	소정리역	2,009	3,884	5,893	35	68	103	0.79

	소 계	40,113	54,982	95,095	702	962	1,663	12.68
충북	부강역	5,803	8,669	14,472	102	152	253	1.93
	청주역	12,934	11,089	24,023	226	194	420	3.20
	옥천역	3,413	4,928	8,341	60	86	146	1.11
	소 계	22,150	24,686	46,836	388	432	819	6.24
	기타	2,692	7,222	9,914	47	126	173	1.32
합계		378,680	371,137	749,817	6,627	6,495	13,122	100

자료 : KMI, 해운통계요람
주 : 2006년도 자료임.
1TEU당 17.5 Ton 적용함

3.2 내륙운송에 따른 CO₂ 배출현황

본 논문에서는 부산항을 기점으로 컨테이너 수송량에 대한 CO₂ 배출량을 살펴보고자 한다. CO₂ 배출량을 계산하기 위하여 CO₂ 배출계수를 사용하였다. 공로 운송은 1ton이 1km를 갈 때 474.9g을 발생하고, 이는 연안운송 보다 5.53배, 철도운송 보다는 13.34배가 높은 수치이다.



<표 3-7> CO₂ 배출계수

구분	배출계수
공로운송	474.9 g/ton-Km
연안운송	85.9 g/ton-Km
철도운송	35.6 g/ton-Km

자료 : 건교부 발표자료(2006)

1) 공로운송

공로운송에 의하여 배출하는 CO₂ 배출량을 산정하기 위하여 앞에서 언급한 CO₂ 배출계수와 부산항에서 각 지역까지의 거리, 운반되어지는 화물량의 총 무게가 필요하다.

부산항에서 지역별 거리를 구하기 위해서 각 지역별 시청과 도청에서 부산항까지의 최단거리를 이용하였고 그 노선길이는 <표 3-8>와 같다.

<표 3-8> 부산항과 지역별 거리와 소요 시간

지 역		시간(분)	거리(Km)
경기권	서울특별시	280	397.817
	인천광역시	288	411.545
	경기도	272	370.096
경상권	부산광역시	15	8.763
	울산광역시	62	65.064
	경상남도	51	49.023
	대구광역시	94	109.896
전라권	경상북도	92	111.817
	광주광역시	190	268.287
	전라남도	246	340.237
	전라북도	195	261.288
충청권	대전광역시	193	263.468
	충청남도	189	260.278
	충청북도	209	276.167
강원권	강원도	291	407.034

자료 : 한국도로공사 (www.ex.co.kr)

주 : 거리는 각 지역 시청과 도청까지의 최단거리를 이용

마지막으로 공로운송에 의하여 운송되어지는 컨테이너의 무게를 산정하기 위하여 앞 절에서 언급한 공로운송에 의하여 운반되어지는 컨테이너의 기종점 데이터를 이용하였다. 또한 TEU를 무게로 환산하기 위하여 공 컨테이너 경우는 컨테이너 자체 무게인 2.3ton을 이용하였고, 적컨테이너 경우는 평균 화물의 무게 16.5ton과 컨테이너 자체의 무게 2.3ton의 합산한 수치를 이용하였다.

<표 3-9> 공로 운송에 의한 국내 기종점 분석

단위 : 천Ton

		수입			수출			전체		
		적	공	합계	적	공	합계	적	공	합계
경기	서울	958	14	971	933	15	949	1,891	29	1,920
	인천	1,172	29	1,201	1,670	12	1,683	2,842	42	2,884
	경기도	7,031	183	7,213	6,454	108	6,561	13,485	290	13,775
	소계	9,161	226	9,385	9,057	135	9,193	18,218	361	18,579
경남	부산	3,755	219	3,973	1,518	137	1,655	5,272	356	5,628
	울산	2,586	594	3,180	7,112	174	7,286	9,697	768	10,465
	경남	7,832	634	8,466	9,727	393	10,120	17,559	1,027	18,586
	소계	14,173	1,447	15,619	18,357	704	19,061	32,528	2,151	34,679
경북	대구	1,051	111	1,163	1,324	61	1,385	2,375	172	2,548
	경북	4,401	527	4,928	7,374	198	7,572	11,775	725	12,500
	소계	5,452	638	6,091	8,698	259	8,957	14,150	897	15,048
전남	광주	486	107	593	1,904	22	1,927	2,390	130	2,520
	전남	687	139	825	1,487	40	1,527	2,174	178	2,352
	소계	1,173	246	1,418	3,391	62	3,454	4,564	308	4,872
전북	전북	961	123	1,084	1,763	36	1,799	2,724	159	2,883
	소계	961	123	1,084	1,763	36	1,799	2,724	159	2,883
충남	대전	358	46	404	937	16	953	1,295	63	1,357
	충남	1,140	65	1,206	2,030	31	2,060	3,170	96	3,266
	소계	1,498	111	1,610	2,967	47	3,013	4,465	159	4,623
충북	충북	1,377	32	1,409	1,107	50	1,157	2,484	82	2,566
	소계	1,377	32	1,409	1,107	50	1,157	2,484	82	2,566
강원	강원도	83	19	102	265	4	269	347	23	370
	소계	83	19	102	265	4	269	347	23	370
합계		33,876	2,843	36,720	45,604	1,296	46,900	79,480	4,140	83,620

주 : 2006년 부산항을 기점으로한 전국 화물 운송량을 Ton단위로 전환

부산항을 기점으로 하여 공로운송에 의한 CO₂ 배출량은 <표3-10>과 같다. 국내의 내륙운송에 의한 CO₂ 배출량은 총 6,964천Ton이다. 특히 경기도 지역이 2,421천Ton으로 가장 높았고, 경기도 지역이 포함된 경기 지역은 총 3,348천Ton을 배출하고 다음으로는 경북, 경남, 전남, 충남 순이다.

<표 3-10> 공로 운송에 의한 CO₂ 배출 현황

단위 : 천Ton CO₂, %

		수입			수출			전체			
		적	공	합계	적	공	합계	적	공	합계	비율
경기	서울	181	3	184	176	3	179	357	6	363	48.07
	인천	229	6	235	326	2	329	555	8	564	0.34
	경기도	1,236	32	1,268	1,134	19	1,153	2,370	51	2,421	4.64
	소계	1,646	41	1,687	1,636	24	1,661	3,282	65	3,348	53.05
경남	부산	16	1	17	6	1	7	22	1	23	11.19
	울산	80	18	98	220	5	225	300	24	323	1.91
	경남	182	15	197	226	9	236	409	24	433	9.53
	소계	278	34	312	452	15	468	731	49	779	22.63
경북	대구	55	6	61	69	3	72	124	9	133	11.44
	경북	234	28	262	392	11	402	625	38	664	4.61
	소계	289	34	323	461	14	474	749	47	797	16.05
전남	광주	62	14	76	243	3	245	305	17	321	10.07
	전남	111	22	133	240	6	247	351	29	380	5.14
	소계	173	36	209	483	9	492	656	46	701	15.21
전북	전북	119	15	135	219	4	223	338	20	358	5.14
	소계	119	15	135	219	4	223	338	20	358	5.14
충남	대전	45	6	51	117	2	119	162	8	170	5.80
	충남	141	8	149	251	4	255	392	12	404	8.24
	소계	186	14	200	368	6	374	554	20	574	14.04
충북	충북	181	4	185	145	7	152	326	11	337	4.83
	소계	181	4	185	145	7	152	326	11	337	4.83
강원	강원도	16	4	20	51	1	52	67	4	72	1.03
	소계	16	4	20	51	1	52	67	4	72	1.03
합계		2,886	181	3,068	3,816	80	3,896	6,703	261	6,964	100

2) 철도운송

<표 3-11>는 철도에 의한 컨테이너 수송의 CO₂발생량을 나타내고 있다. 철도운송에 의하여 발생되는 총 CO₂발생량은 171,455톤CO₂이다. CO₂ 발생비율이 가장 높은 지역은 경기도 지역으로 총 109,458톤CO₂을 발생하여 전체의 63.84%를 차지하고 있었다. 그 다음은 충남, 충북, 전북 순으로 나타났고, 각

각 16.16%, 5.77%, 4.69%로 경기도 지역에 비해서는 비율이 현저히 낮지만 이는 경기도 지역에 비해 물동량이 작기 때문이다.

<표 3-11> 컨테이너 철도 수송에 의한 CO₂ 발생량

단위 : TonCO₂, %

	구분	CO ₂ 발생량			
		상행	하행	합계	비율
경기도	오봉역	59,705	49,753	109,458	63.84
	부곡역	0	0	0	0.00
	소 계	59,705	49,753	109,458	63.84
경남	울산역	37	616	654	0.38
	신창원역	771	41	811	0.47
	남창원역	22	3	24	0.01
	소 계	830	660	1,489	0.87
경북	약목역	2,934	2,880	5,813	3.39
	아포역	246	352	598	0.35
	소 계	3,179	3,232	6,411	3.74
전남	송정리역	69	61	130	0.08
	임곡역	699	792	1,492	0.87
	광양항역	1,741	753	2,494	1.45
	홍국사역	655	3,680	4,336	2.53
	소 계	3,165	5,287	8,452	4.93
전북	동익산역	1,496	1,917	3,413	1.99
	북전주역	148	451	599	0.35
	동산역	174	282	456	0.27
	대야역	1,014	2,558	3,572	2.08
	소 계	2,832	5,209	8,040	4.69
충남	신탄진역	6,099	10,599	16,698	9.74
	삽교역	1,713	1,852	3,566	2.08
	조치원역	1,825	1,691	3,516	2.05
	두정역	416	805	1,221	0.71
	소정리역	1,085	1,621	2,706	1.58
	소 계	11,138	16,568	27,706	16.16
충북	부강역	2,595	2,225	4,819	2.81
	청주역	547	790	1,338	0.78
	옥천역	1,527	2,215	3,742	2.18
	소 계	4,669	5,230	9,899	5.77
합계		85,518	85,937	171,455	100

자료 : KMI, 해운통계요람

주 : 2006년도 자료임.

1TEU당 17.5 Ton 적용함

공로운송에 의하여 발생하는 CO₂발생량은 6,964천톤인 것에 비해 철도 운송에 의하여 발생하는 CO₂발생량은 171,455톤으로 공로 운송에 비해 약 40.62배가 작다. 이는 철도로 운송되어지는 물동량이 공로운송에 비해 8.04배가 작고, CO₂배출계수는 공로운송에 비해 13.34배가 작은 것에 비하면 상당히 큰 차이이다.

<표 3-12> 컨테이너 물동량, CO₂배출계수, CO₂발생량 비교

단위 : TEU, g/ton-Km, TonCO₂

	물동량	CO ₂ 배출계수	CO ₂ 발생량
공로운송	6,028,000(8.04배)	474.9(13.34배)	6,964,000(40.62배)
철도운송	749,817	35.6	171,455

3.3 운송 수단별 물류비 비교·분석

1) 공로 운송의 운송비



(1) 화물운임

본 논문에서는 공로 운송비를 산정하기 위해 현재 국내에 적용되고 있는 컨테이너 육상운송요율을 적용하였다. 이를 위해 부산항과 각 지역의 거리는 CO₂배출량 산정시 이용한 데이터를 사용하였다.

부산항과 전국을 오가는 컨테이너의 공로운송의 총 운임은 3,025,830백만원이다. 차지하는 비율을 보면 경기도, 경남, 경북 지역 순이고 각각 39.10%, 20.97% 및 16.51%이다. 이는 앞서 살펴본 물동량 비율과는 조금 차이가 있다. 물동량 비율은 경남, 경북 경기도순 이었다. 컨테이너 공로 운임은 대부분 물동량보다 부산항과의 거리에 영향을 더 많이 받고 있음을 알 수 있다.

<표 3-13> 공로운송에 의한 컨테이너 운임

단위 : 천원, 백만원, %

지역	운송요율	운송비용	비율	
경기도	서울	1,014	114,864	26.56
	인천	1,102	186,648	6.55
	경기도	981	827,347	5.99
	소계		1,128,859	39.10
경남	부산	164	71,375	11.35
	울산	269	228,593	7.34
	경남	256	353,415	2.29
	소계		653,383	20.97
경북	대구	450	90,595	13.60
	경북	450	423,696	2.91
	소계		514,291	16.51
전남	광주	615	112,816	4.20
	전남	677	130,737	3.62
	소계		243,553	7.82
전북	전북	699	149,654	4.80
	소계		149,654	4.80
충남	대전	627	60,235	1.93
	충남	627	131,825	4.23
	소계		192,061	6.17
충북	충북	664	111,461	3.58
	소계		111,461	3.58
강원도	강원도	1,148	32,568	1.05
	소계		32,568	1.05
전국 합계			3,025,830	100

자료 : 컨테이너 육상운송요율표, 국토해양부(2008)
 주 : 육상운송요율은 컨테이너 20ft요율을 적용하였음.
 각 시도 시청, 도청 소재지와 부산항 사이의 운임

(2) CO₂ 배출비용

본 논문에서 CO₂ 배출비용을 계산하기 위해 현재 EU연합의 탄소 배출권 제도에서 공식적으로 사용하고 있는 €20/TonCO₂를 이용하였다. 공로 운송에 의한 CO₂배출 비용은 <표 3-14>과 같다. 경기도 지방이 48.07%로 가장 높았

고 경남, 경북 지역이 각각 11.19%, 11.44%로 비슷한 수준이다.

<표 3-14> 공로운송에 의한 탄소배출비용

단위 : 백만원, %

지역		배출비용	비율
경기도	서울	12,493	5.21
	인천	19,406	8.09
	경기도	83,364	34.76
	소계	115,263	48.07
경남	부산	807	0.34
	울산	11,135	4.64
	경남	14,900	6.21
	소계	26,841	11.19
경북	대구	4,578	1.91
	경북	22,857	9.53
	소계	27,435	11.44
전남	광주	11,054	4.61
	전남	13,086	5.46
	소계	24,140	10.07
전북	전북	12,319	5.14
	소계	12,319	5.14
충남	대전	5,848	2.44
	충남	13,900	5.80
	소계	19,748	8.24
충북	충북	11,590	4.83
	소계	11,590	4.83
강원도	강원도	2,464	1.03
	소계	2,464	1.03
전국 합계		239,799	100

주 : 1톤 CO2는 20유로로 산정 및 1 유로는 1721.69원으로 환산('09.10)

(3) 총물류비

부산항을 기점으로 국내에 운송되어지는 컨테이너의 공로 운송비는 총 3,265,628백만원으로 산정되었다. 이중 경기도 지방이 1,244,122백만원으로 가

장 높았고, 경남지역이 680,224백만원으로 20.83%, 경북지방이 541,726백만원으로 16.59%이다. 나머지 전북, 충남, 충북, 강원도 지방은 8% 미만으로 그 비율이 아주 작은 편이다.

<표 3-15> 공로운송에 의한 총물류비

단위 : 백만원, %

지역		운임비	CO ₂ 배출비	총물류비	비율
경기도	서울	114,864	12,493	127,356	3.90
	인천	186,648	19,406	206,054	6.31
	경기도	827,347	83,364	910,711	27.89
	소계	1,128,859	115,263	1,244,122	38.10
경남	부산	71,375	807	72,181	2.21
	울산	228,593	11,135	239,728	7.34
	경남	353,415	14,900	368,315	11.28
	소계	653,383	26,841	680,224	20.83
경북	대구	90,595	4,578	95,173	2.91
	경북	423,696	22,857	446,553	13.67
	소계	514,291	27,435	541,726	16.59
전남	광주	112,816	11,054	123,870	3.79
	전남	130,737	13,086	143,823	4.40
	소계	243,553	24,140	267,693	8.20
전북	전북	149,654	12,319	161,972	4.96
	소계	149,654	12,319	161,972	4.96
충남	대전	60,235	5,848	66,083	2.02
	충남	131,825	13,900	145,725	4.46
	소계	192,061	19,748	211,808	6.49
충북	충북	111,461	11,590	123,051	3.77
	소계	111,461	11,590	123,051	3.77
강원도	강원도	32,568	2,464	35,032	1.07
	소계	32,568	2,464	35,032	1.07
전국 합계		3,025,830	239,799	3,265,628	100

주 : 1톤 CO₂는 20유로로 산정 및 1 유로는 1721.69 원으로 환산('09.10)

2) 철도 운송의 운송비

(1) 화물운임

철도운송의 운임은 크게 5가지로 구성된다. 화주에서 ICD(가령, 의왕)까지의 트럭 셔틀수송비용, ICD에서의 상/하차료, 역에서의 상/하차료, 철도운송비용, 그리고 부산항셔틀비로 구분된다. 상차료 ICD에서의 상/하차료와 철도운송비용은 현재 철도공사에서 적용하고 있는 단가를 적용하였고 역에서의 상/하차료는 현재 부산진역에서 적용하고 있는 단가를 기준으로 하였다. 철도 운임 산정기준을 정리하면 <표 3-16>과 같다.

<표 3-16> 철도 운임 산정기준

구분	요금 산정 기준
셔틀비	100,000원/40Km, 이후 900원/Km
ICD	상차료:29,200원/1TEU, 31,500원/2TEU
역	하차료:12,000원/1TEU, 15,000원/2TEU
운송비	1TEU449원/Km, 2TEU741원/Km
부산항셔틀비	20ft:48,000원, 40ft:60,000원

<표 3-17>는 컨테이너 철도 운임을 보여준다. 경기도 지역의 운임비가 302,598백만원으로 62.96%를 차지하였고 충남이 16.41%, 충북이 5.33%순 이었다. 공로 운임비와는 다르게 경상지역의 운임비가 상대적으로 낮고 충청지역의 비율이 높았다.

<표 3-17> 컨테이너 철도 운임

단위 : 백만원, %

		셔틀비	ICD	역	운임	부산항내 셔틀비	총운임비	비율
경기도	오봉역	185,524	12,501	5,137	78,887	20,549	302,597	62.96
	부곡역	0	0	0	0	0	0	0
	소계	185,524	12,501	5,137	78,887	20,549	302,598	62.96
경남	울산역	1,870	422	173	471	694	3,631	0.65
	신창원역	2,193	466	191	585	766	4,201	0.02
	남창원역	64	13	5	17	22	122	3.98
	소계	4,127	901	369	1,073	1,482	7,952	4.65
경북	약목역	12,369	1,812	745	4,190	2,978	22,093	3.98
	아포역	1,224	164	67	431	270	2,156	0.40
	소계	13,593	1,976	812	4,621	3,248	24,250	4.38
전남	송정리역	477	132	54	94	216	973	0.14
	임곡역	2,493	154	63	1,075	254	4,039	0.86
	광양항역	4,709	505	207	1,798	830	8,049	1.55
	홍국사역	7,097	380	156	3,125	625	11,383	2.46
	소계	14,776	1,171	480	6,092	1,925	24,444	5.01
전북	동익산역	5,896	440	181	2,460	724	9,701	2.01
	북전주역	1,027	74	30	432	121	1,684	0.35
	동산역	782	56	23	328	93	1,283	0.27
	대야역	5,909	341	140	2,574	561	9,526	2.04
	소계	13,614	911	374	5,794	1,499	22,192	4.67
충남	신탄진역	6,741	609	250	2,697	1,001	11,299	2.27
	삼교역	26,273	982	403	12,034	1,614	41,306	9.20
	조치원역	6,330	538	221	2,570	884	10,543	2.14
	두정역	6,123	476	196	2,534	782	10,111	2.08
	소정리역	2,141	172	71	880	283	3,546	0.73
	소계	47,608	2,777	1,141	20,715	4,564	76,805	16.41
충북	부강역	4,835	423	174	1,950	695	8,076	1.63
	청주역	8,499	701	288	3,473	1,153	14,115	2.87
	옥천역	2,466	244	100	964	400	4,174	0.83
	소계	15,800	1,368	562	6,387	2,248	26,365	5.33
전국합계		295,042	21,605	8,879	123,569	35,515	484,609	100

(2) CO₂ 배출비용

<표 3-18>은 철도운송에 의한 CO₂ 배출비용표이다. 산정 방법은 공로 운송의 CO₂ 배출 비용방식과 같다.

경기도 지방이 64.81%이고 충남이 16.40%, 충북이 5.86% 이다. 철도운송에 의한 지역별 운임과 탄소배출비용의 비율은 비슷한 경향을 가지고 있었다. 비교적 부산항에서 단거리 지역은 CO₂ 배출량이 작은 편이다. 이동거리에 따라서 CO₂ 배출량이 비례하는 경향을 보이며 이는 공로 운송과는 차이점이다.

<표 3-18> 철도운송에 의한 탄소배출비용

단위 : 백만원, %

	지역	배출비용	비율
경기도	오봉역	3,769	64.81
	부곡역	0	0
	소 계	3,769	64.81
경남	울산역	23	0.39
	신창원역	28	0.48
	남창원역	1	0.01
	소 계	51	0.88
경북	약목역	200	3.44
	아포역	21	0.35
	소 계	221	3.80
전남	송정리역	4	0.08
	임곡역	51	0.88
	광양항역	86	1.48
	홍국사역	149	2.57
	소 계	291	5.01
전북	동익산역	118	2.02
	북전주역	21	0.35
	동산역	16	0.27
	대야역	123	0.60
	소 계	277	3.25
충남	신탄진역	575	9.89
	삼교역	123	2.11

	조치원역	121	2.08
	두정역	42	0.72
	소정리역	93	1.60
	소 계	954	16.4
충북	부강역	166	2.85
	청주역	46	0.79
	옥천역	129	2.22
	소 계	341	5.86
	합계	5,904	100

(3) 총물류비

<표 3-19>는 철도 운송에 의한 총 물류비를 나타내며 컨테이너 운임비와 CO₂ 배출 비용의 합산으로 산정되었다. 그래서 여전히 경기도 지역이 62.46%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 또한 충청도 지방의 총물류비가 경기도 다음으로 높을 것을 알 수 있었다.



<표 3-19> 철도운송에 의한 총물류비

단위 : 백만원, %

		운송비	CO ₂ 배출비용	총물류비	비율
경기도	오봉역	302,597 (98.77)	3,769 (1.23)	480,793	62.46
	소 계	302,598 (98.77)	3,769 (1.23)	480,793	62.46
경남	울산역	3,631 (99.37)	23 (0.63)	4,968	0.74
	신창원역	4,201 (99.34)	28 (0.66)	173	0.86
	남창원역	122 (99.19)	1 (0.81)	30,157	0.03
	소 계	7,952 (99.36)	51 (0.64)	35,297	1.63
경북	약목역	22,093 (99.10)	200 (0.90)	30,356	4.54
	아포역	2,156 (99.04)	21 (0.96)	3,042	0.44
	소 계	24,250 (99.10)	221 (0.90)	33,398	4.99
전남	송정리역	973 (99.59)	4 (0.41)	1,045	0.20
	임곡역	4,039 (98.75)	51 (1.25)	6,540	0.83
	광양항역	8,049 (98.94)	86 (1.06)	11,868	1.66

	홍국사역	11,383 (98.71)	149 (1.29)	18,805	2.35
	소 계	24,444 (98.82)	291 (1.18)	38,259	5.04
전북	동익산역	9,701 (98.80)	118 (1.20)	15,328	2.00
	북전주역	1,684 (98.77)	21 (1.23)	2,684	0.35
	동산역	1,283 (98.77)	16 (1.23)	2,039	0.26
	대야역	9,526 (98.73)	123 (1.27)	15,586	1.97
	소 계	22,192 (98.77)	277 (1.23)	35,636	4.58
충남	신탄진역	11,299 (95.16)	575 (4.84)	17,776	2.4
	삽교역	41,306 (99.70)	123 (0.30)	69,799	8.45
	조치원역	10,543 (98.87)	121 (1.13)	16,314	2.17
	두정역	10,111 (99.59)	42 (0.41)	15,779	2.07
	소정리역	3,546 (97.44)	93 (2.56)	5,602	0.74
	소 계	76,805 (98.77)	954 (1.23)	125,270	15.85
충북	부강역	8,076 (97.99)	166 (2.01)	12,532	1.68
	청주역	14,115 (99.68)	46 (0.32)	21,804	2.89
	옥천역	4,174 (97.00)	129 (3.00)	6,383	0.88
	소 계	26,365 (98.72)	341 (1.28)	40,719	5.44
	합계	484,609 (98.80)	5,904 (1.20)	763,599	100

3) 운송수단에 따른 총 물류비 비교 · 분석

<표 3-20>과 <표 3-21>은 공로운송과 철도운송에 의해서 운반되는 물동량과 CO₂ 배출량, 컨테이너 운송비 CO₂ 배출비용, 총 물류비를 종합한 표이다. 공로운송에서 경기도 지방은 물동량이 전체의 18.68% 밖에 되지 않지만 운송비와 총 물류비가 각각 37.31%, 38.10%로 물동량에 비해 운임이 다른 지방에 비해 높았다. 또한 CO₂ 배출량과 CO₂ 배출비용은 48.07%로 전체 CO₂ 배출량의 절반정도를 차지하였다. 반면 부산항이 포함되어 있는 경남지방은 물동량은 전체의 44.22%로 부산항의 컨테이너가 제일 많이 운송되지만 컨테이너 운송비와 CO₂ 배출비용의 비율은 21.59%, 11.19% 밖에 되지 않는다. 물동량에 비해 운송비용이 적게 들고 특히 CO₂ 배출량이 현저히 작음을 알 수 있다.

이를 통해 공로운송에서는 운임비와 CO₂ 배출량은 운송되어지는 물량과 거리의 영향을 모두 받고 있지만 특히 거리에 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있었다.

<표 3-20> 공로운송에 의한 발생비용

단위 : TEU, Ton, 백만원, %

	물동량	CO ₂ 배출량	운송비	CO ₂ 배출비용	총물류비
경기도	1,126,021 (18.68)	3,347,379 (48.07)	1,128,859 (37.31)	115,263 (48.07)	1,244,122 (38.10)
경남	2,665,528 (44.22)	779,492 (11.19)	653,383 (21.59)	26,841 (11.19)	680,224 (20.83)
경북	1,142,869 (18.96)	796,749 (11.44)	514,291 (17.00)	27,435 (11.44)	541,726 (16.59)
전남	376,553 (6.25)	701,052 (10.07)	243,553 (8.05)	24,140 (10.07)	267,693 (8.20)
전북	214,097 (3.55)	357,746 (5.14)	149,654 (4.95)	12,319 (5.14)	161,972 (4.96)
충남	210,248 (3.49)	403,674 (5.80)	192,061 (6.35)	13,900 (5.80)	205,961 (6.31)
충북	263,932 (4.38)	506,411 (7.27)	111,461 (3.68)	17,438 (7.27)	128,899 (3.95)
강원도	28,370 (0.47)	71,546 (1.03)	32,568 (1.08)	2,464 (1.03)	35,032 (1.07)
합계	6,027,617 (100)	6,964,048 (100)	3,025,830 (100)	239,799 (100)	3,265,629 (100)

철도운송 같은 경우에는 경기도 지방으로 428,105TEU의 물동량이 운송되어진다. 이는 부산항이 국내로 운송되어지는 물동량 중 절반이 넘는 수치이다. 충남 지방으로는 95,095TEU가 운송되어 전체 13% 정도의 물동량이 운송되어졌다. 이는 부산항에서 거리가 비교적 먼 지방일 경우는 철도 운송을 이용하고 있음을 알 수 있다. 비용적인 측면에서는 경기도 지역이 운송비와 총물류비, CO₂ 배출량과 CO₂ 배출비용 모두 63%로 수준을 유지하고 있다. 또한 충남 지방도 비용적인 면은 전국에서 약 17%를 차지하였다.

즉 CO₂ 배출량은 보통 물동량과 물량이 운송되어지는 거리에 영향을 받는데 철도 수송은 거리에 많은 영향을 받는 것으로 사료된다.

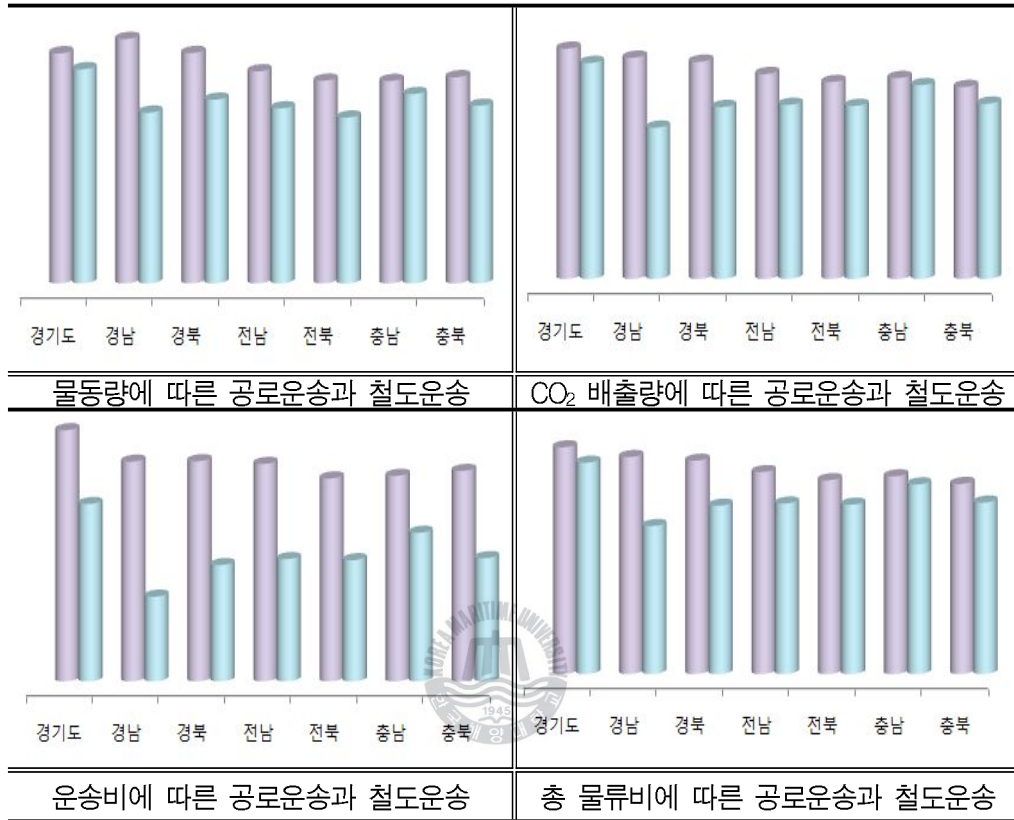
<표 3-21> 철도운송에 의한 발생비용

단위 : TEU, Ton, 백만원, %

	물동량	CO ₂ 배출량	운송비	CO ₂ 배출비용	총물류비
경기도	428,105 (58.52)	109,458 (64.81)	302,597 (62.44)	3,769 (63.84)	306,366 (62.96)
경남	30,868 (4.22)	1,489 (0.88)	7,954 (1.64)	51 (0.87)	8,254 (1.67)
경북	67,665 (9.25)	6,411 (3.80)	24,249 (5.00)	221 (3.74)	25,055 (5.08)
전남	40,103 (5.48)	8,452 (5.00)	24,444 (5.04)	291 (4.93)	25,100 (5.09)
전북	22,858 (3.12)	5,482 (3.25)	22,194 (4.58)	277 (4.69)	22,814 (4.62)
충남	95,095 (13.00)	28,742 (17.02)	76,805 (15.85)	990 (16.76)	78,741 (15.96)
충북	46,836 (6.40)	8,862 (5.25)	26,365 (5.44)	305 (5.17)	27,095 (5.49)
합계	731,530 (100)	168,897 (100)	484,609 (100)	5,904 (100)	493,426 (100)

<그림 3-1>은 물동량, CO₂ 배출량, 운송비, 총물류비를 기준으로 공로운송과 철도운송을 비교한 그림이다. 공로운송과 철도운송의 물동량 차이비율은 CO₂ 배출량 차이 비율, 총물류비 차이와는 비슷하지만 운송비 같은 경우에는 차이가 많이 나는 것을 알 수 있었다.

<그림 3-1> 공로운송과 철도운송의 비교



제 4 장 내륙운송비 Case Study 분석

4.1 내륙운송 평가 모델

본 논문에서는 부산항을 기점으로 국내에 운송되어지는 컨테이너의 기종점 분석 데이터를 이용하여 철도와 공로의 운송비를 산정하여 우리나라의 총 물류비용 관점에서 공로 운송과 철도 운송시의 물류비용을 비교하였다. 또한 향후 2013년에 우리나라가 포스트 교토의정서에 포함되어 국내의 내륙 운송 산업이 CO₂배출량에 대한 규제 대상이 될 것이라는 전제 아래 컨테이너 운송비 산정시 CO₂배출비용까지 고려하였다. 모델 구축을 위하여 다음과 같은 6가지 가정을 하였다.

- (1) 각 운송모드에서 매일 운송량은 연간 총 물동량에 비례한다.
- (2) 각 권역지역내의 평균공로 운송거리는 권역 내 행정지역위치를 기준으로 한다.
- (3) 각 권역지역내의 평균 셔틀 운송거리는 권역 내 행정지역위치와 철도역간의 거리를 기준으로 한다.
- (4) 공로운송의 경우 1일 최대 운송량은 무한으로 한다.
- (5) 철도운송의 경우 1일 최대 운송량은 철도차량 편수에 비례한다.
- (6) 각 운송에서의 운송단위는 1일내로 하며, 수송시간을 기준으로 한다.

또한 본 논문에서는 이용하는 기호는 다음과 같다.

i = 운송모드(1: 육송, 2:철송)

j = 발송 거점

k = 도착 거점

n = 공로 거점의 개수

m = 철송 거점의 개수

C_{ijk} = 거점 j 에서 거점 k 까지 i 운송모드를 이용하는 경우 운임비용

E_{ijk} = 거점 j 에서 거점 k 까지 i 운송모드를 이용하는 경우 탄소발생비용
 $= dist(j,k) \times O_i \times TEU$ 당 평균 화물톤수 $\times 34,433$ (원)⁵⁾

$dist(j,k)$ = 거점 j 에서 거점 k 사이의 거리[km]

O_i = i 운송모드에서 톤키로당 탄소 발생계수

Q_{jk} = 거점 j 에서 거점 k 로 운송되는 물동량[TEU]

위의 계수를 이용하면, 각 운송모드에 따른 총 비용은 다음과 같이 산출된다.

$$J = \sum_{i=1}^2 \left\{ \sum_{j=1}^{t-1} \sum_{k=j+1}^t E_{ijk} + C_{ijk} + E_{ikj} + C_{ikj} \right\} \quad (4-1)$$

$$\text{단, } t = \begin{cases} n, & i=1 \\ m, & i=2 \end{cases}$$

CO₂배출비용까지 고려하여 부산항과 각 지역별로 총 물류비를 계산한 결과 총 물류비는 3,759,055백만원이 소요되며 그중 경기도 지방이 1,550,488 백만원으로 41.25%을 차지한다.

<표 4-1> 목적함수에 따른 총 물류비 산출 결과

단위 : TEU, TonCO₂, 백만원, %

	물동량	CO ₂ 배출량	운송비	CO ₂ 배출비용	총물류비
경기도	1,554,126	3,456,837	1,431,456	119,032	1,550,488
경남	2,696,396	780,981	661,337	26,892	688,478
경북	1,210,534	803,160	538,540	27,656	566,781
전남	416,656	709,504	267,997	24,431	292,793
전북	236,955	363,228	171,848	12,596	184,786
충남	305,343	432,416	268,866	14,890	284,702
충북	310,768	515,273	137,826	17,743	155,994
합계	6,730,778	7,132,945	3,510,439	245,703	3,759,055

5) 1톤CO₂는 20유로로 산정 및 1유로는 1721.69원으로 환산('09.10).

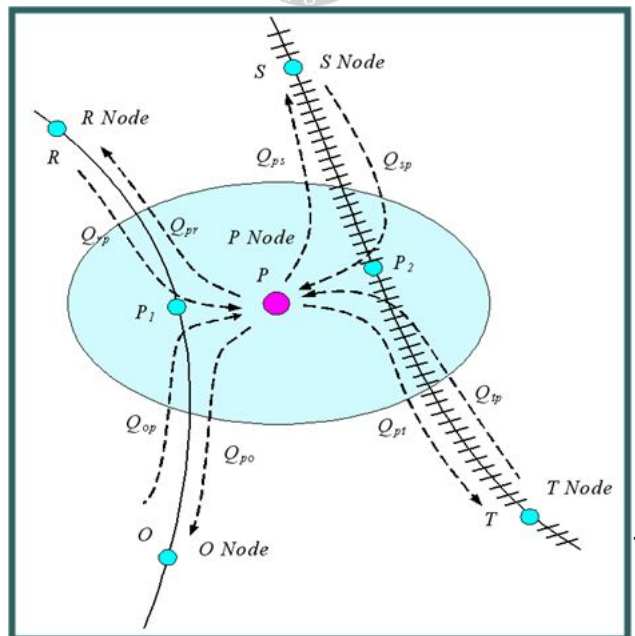
다음으로 기존의 물류비를 절감시키기 위한 방안으로 본 논문에서는 운송수단 변경을 제시한다. 위의 목적함수에서 운송수단의 변경하는 경우의 판별은 다음과 같이 생각할 수 있다.

먼저 공로에서 철송으로 운송수단을 변경하는 경우를 가정한다. <그림 4-1> 개념도의 P 거점에서 공로운송을 이용한 화물 운송량 Q_{RS} 를 철도운송으로 변경하는 경우, 공로운송시의 물류비용이 철도운송시의 물류비용보다 크다면, 운송모드를 철도운송으로 변경하는 것이 바람직하다.

$$C_{1RS} + E_{1RS} > C_{1RP} + C_{2RP} + E_{1RP} + E_{2RP} \quad (4-2)$$

식 (4-2)을 만족하는 경우는, R거점에서 S거점으로 화물 운송량 Q_{RS} 를 운송할 때 철도운송이 유리함을 알 수 있다.

<그림 4-1> P거점에서의 운송모드 변경 개념도



즉 P 거점이 부산항이고 S거점이 컨테이너의 목적지 일 경우 공로운송 일 때보다 철도 운송시, 총 내륙운송의 물류비가 더 저렴하다면 운송업자 입장에서 운송수단을 바꾸는 것이 경제적일 것이다.

4.2 Case Study

1) Case 설정

내륙운송비 절감을 위하여 본 논문에서는 공로운송에서 친환경수단인 철도운송의 변경을 제시하였다. 따라서 철도로 운송수단을 전환하기 위하여 부산항에서 운송되는 물동량이 가장 많은 상위 3개 지역의 물동량을 철도로 전환시키는 Case를 설정하였고 각 Case별 물류비의 저감 정도를 비교 분석 하였다.

컨테이너 물동량은 앞 절에서 언급한 부산항 기종점 분석 데이터를 이용하고 경남지역 같은 경우는 부산, 울산, 경남 3개의 지역이 포함되어 있는데 부산은 부산항을 포함하는 지역이므로 시나리오에서 제외시켰다. 또한 각각의 공로화물 물동량을 분담할 기차역은 각 지역 도청, 시청 소재지에서 도로상의 거리가 가장 가까운 기차역으로 선택하였다.

그래서 부산을 제외한 경남지역, 경기도 지역, 경북 지역과 부산항 사이의 각각의 공로운송 물동량을 철도 운송으로 전환했을 시, CO₂ 배출량 및 내륙 운송의 총 물류비 증감여부를 분석하였다.

<표 4-2> Case 설정

단위 : TEU

구분	공로 운송지역	공로화물분담 기차역	화물량	
			수입	수출
Case 1	경남 지역	신창원역, 울산역	수입	1,088,271
			수출	1,142,045
Case 2	경기도 지역	오봉역	수입	585,358
			수출	540,663
Case 3	경북 지역	약목역	수입	567,97
			수출	575,172

2) Case별 분석결과

각 시나리오별 결과를 분석하면 운송비 같은 경우 Case1, Case2, Case3는 각각 0.15%, 9.48%, 3.06%로 감소하였다. 또한 CO₂ 배출비용 경우에는 Case2에서 감소하였지만 Case1, Case3에서는 4%, 27%로 증가함을 알 수 있었다. 특히 Case1, Case 3에서 CO₂ 배출비용이 증가한 것으로 보아 이는 부산항과 비교적 단거리일 경우는 공로운송이 더 효율적임을 알 수 있었다.

각각의 Case 모두 총 물류비가 모두 절감되었고 그 비율은 0.11%, 9.45%, 2.80%이고 경기도 지방의 물동량의 운송 수단을 변경했을 시 334억원을 절감하여 가장 경쟁력이 있는 것으로 분석 되었다.

<표 4-3> Case Study 분석 결과

단위 : 억원, %

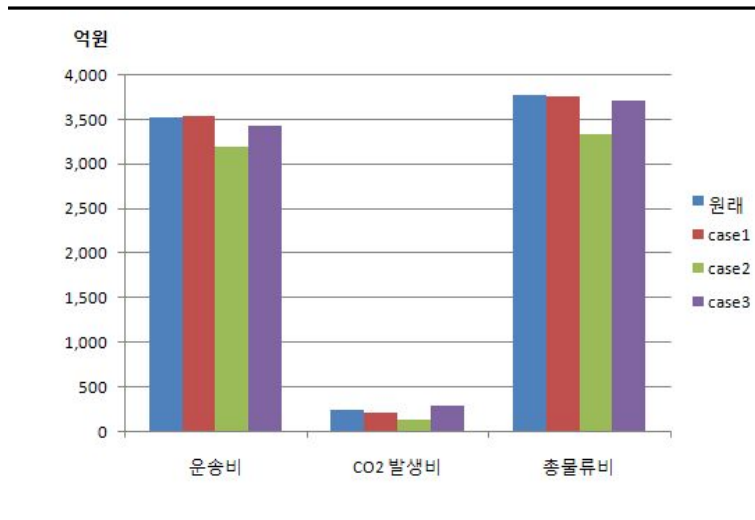
	운송비	저감율	CO2 발생비	저감율	총물류비	저감율
기존	3,510		30		3,540	
Case1	3,505	0.15	31	-4	3,536	0.11
Case2	3,177	9.48	28	5	3,206	9.45
Case3	3,403	3.06	38	-27	3,441	2.80

4.3 고찰

각 시나리오별로 컨테이너 운송비와 CO₂ 배출비용, 총 물류비의 구성을 살펴 보면 총 물류비 중 컨테이너 운송비의 비중이 90% 이상 차지하고 있어 각 시나리오 별 총 물류비 차이 비율과 컨테이너 운송비 비율은 비슷한 양상을 보이고 있다. 앞서 본 운송수단 별 총 물류비 구성 그래프를 보면 대부분 컨테이너 운송비가 98%이고 CO₂ 배출비용은 1% 내외로 구성되어 있다. 이 구성 비율로 보면 총 물류비에서 CO₂ 배출비용의 비중이 상당히 작아 큰 고려 대상이 되지 않는다. 하지만 향후 2013년 포스트 교토의정서의 발효에 따라 우리나라가 CO₂ 배출 의무 감축국이 되면 EU의 기준이 아니라 우리나라 상황을 고려한 기준이 적용되기 때문에 CO₂ 배출비용의 비중이 지금보다는 높아질 것이다. 그러므로 CO₂ 배출부분에 대하여는 환경규제측면 뿐 아니라, 총 물류비용 관점에서 고려되어야 할 중요한 요소가 될 것이다.



<그림 4-2> Case별 비용 분석



제 5 장 결론 및 한계점

우리나라 물류산업은 항만산업의 발전과 더불어 급격하게 성장해왔다. 하지만 국내 내륙 운송산업은 우리나라의 국토 면적의 협소함과 도로의 발달로 인하여 공로 운송의 76% 정도 차지하고 있다. 특히 부산항을 기점으로 하는 컨테이너 내륙운송의 89% 이상을 차지하고 있어 교통 체증문제 뿐 만 아니라 많은 양의 CO₂을 발생시켜, 환경적인 문제를 야기시키고 있다. 또한 우리나라는 향후 2013년 포스트 교토의정서 발효에 따라 내륙 운송 산업의 CO₂ 배출에 관한 규제 및 관리가 필요한 실정이다.

본 논문에서는 국내 컨테이너 내륙운송에서 CO₂ 배출량을 감소시키기 위한 방안으로 운송수단을 철도로 전환시키는 것에 관하여 고찰하였다.

먼저 총비용으로 물류비용과 CO₂ 발생비용을 고려하였으며, 시나리오 분석 결과, 부산항을 기점으로 물동량 흐름이 많은 상위 3개 지역의 물동량을 철도 운송으로 전환했을 때 총 물류비가 평균 4.12% 정도 감소될 수 있었다. 그러나 경남 지역물량의 운송수단을 철도로 전환했을 때는 총 물류비는 0.11% 밖에 감소되지 않았고, CO₂ 발생 비용은 오히려 -3.80% 증가하였다. 또한 경북 지역의 물량의 운송수단을 변경하였을 때는 총 물류비는 2.80% 감소하였고 컨테이너 운송비는 3.06% 감소하였지만, CO₂ 발생비용이 26.87%나 증가함을 알 수 있었다. 절대적인 값으로 보았을 때는 철도 운송이 공로 운송보다 비용적인 측면에서는 경쟁력이 있지만 거리와 화물량에 따라서는 오히려 공로 운송이 더 경쟁력이 있음을 시사한다. 즉 총 물류비를 절감시키기 위해서는 화물의 수송 거리, 물동량, 지역의 특성 등을 파악하고 고려하여 운송수단을 선택하여야 한다.

본 연구의 한계점으로는 각 운송별 정확한 타임 스케줄 및 운송시간을 고려

하지 않았으며, 이를 위해서는 보다 복잡한 수리적 해법을 필요로 한다. 또한, 실제 적용을 위해서는 실시간으로 발생하는 물동량 예측이 어려울 뿐만 아니라, 효율적 관리를 위해서는 온라인상 통제가 필요로 한다.



참 고 문 헌

- 김경중(2009), “광역권별 컨테이너 화물 내륙운송수단의 경쟁력에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위논문
- 김재진, “강원도 물류효율화를 위한 철도사업 조기추진의 필요성”, 강원발전연구원
- 김진영(1999), “컨테이너운송 합리화 방안에 관한 연구”, 한양대학교 경영대학원 석사학위논문
- 김성태(2009), “광양항 활성화를 위한 철도물류 효율화에 관한 연구”, 순천대학교 행정대학원 석사학위논문
- 조정래(2008), “한반도 대운하 물동량분석”, 환경과 공해연구회 63호 pp. 22~52
- 김환성, 조민지(2008), “Green port를 지향한 대응 전략에 관한 연구”, 2008년 한국항해항만학회 춘계학술대회논문집
- 정태원, 최세경(2006), “인천항 컨테이너 화물 유치방안에 대한 연구”, 한국항해항만학회지, 제30권, 제6호, pp.471-481
- 전형진, 고현정(2008), "국가 친환경 물류체계를 위한 Modal Shift 활성화 방안", 한국해양수산개발원

조수원, 장우준, 김태원, 곽규석, 남기찬(2007), “군장항 일반화물O/D에 관한 연구”, 항만경제학회지, 제23권, 제4호, pp.115-137

신승식(2002), “우리나라 해상 수출입 컨테이너의 내륙 기 · 종점과 환경비용 비교분석”, 국토연구지, 제35권, pp.81-96

홍선의(2008), “우리나라 내륙철도를 이용한 무역화물 운송 활성화 방안에 관한 연구”, 한국관세학회지, 제9권, 제1호, pp.355-373

한국철도영업거리표(2008), 한국철도공사

2008 해운통계요람 컨테이너 철도수송 추이, 한국해양수산개발원

컨테이너 육상운송 요율표(2008), 국토해양부

철도공사 홈페이지(2009), <http://korail.com>

한국도로공사 홈페이지(2009), <http://ex.co.kr>