

희생량 모델과 CO₂배출량에 기초한 수출입 컨테이너화물의 운송경로 선택에 관한 연구

김상현, 고창두⁽¹⁾

Study on the selection of transport route for import-export container cargo based on the sacrifice model and CO₂ emission

by

S. H. Kim and C. D. Koh⁽¹⁾

요 약

본 논문에서는 운송시간과 운송비용으로 구성되는 희생량 모델과 각 운송경로별 CO₂배출량을 고려한 수출입 컨테이너화물의 운송경로 선택에 관하여 고찰한다. 먼저 부산항을 이용하는 수출입 컨테이너화물의 물동량과 운송경로별 분담, 국내의 CO₂배출량 현황, 희생량 모델, 수출입 컨테이너화물의 시간가치에 대하여 간단히 살펴본다. 그리고 서울에서 발생한 수출입 컨테이너화물을 부산항으로 운송하는 경우를 가정하고 희생량 모델을 이용하여 계산한 각 운송경로별 희생량에 기초한 운송경로의 선택에 대하여 고찰한다. 또한 화물의 운송에 의하여 발생하는 CO₂배출량을 고려하여 결정된 환경부하 희생량을 추가한 희생량 모델을 이용한 운송경로의 선택에 대해서도 고찰한다. 본 연구의 결과, 희생량 모델에 기초한 컨테이너화물의 운송경로 선택이 수출입 컨테이너화물의 국내 수송 현황을 잘 나타내고 있는 것을 확인하였다. 또한 연안운송의 운송분담율을 높이기 위해서는 운송시간의 단축이 가장 효과적인 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, the selection of transport route for import-export container cargo based on the sacrifice model and CO₂ emission was investigated. At first, the transportation of import-export container cargo, the transport share of each transport route, the CO₂ gas emission, the sacrifice model and the time value of import-export container cargo were investigated. And next, the selection of transport route based on the sacrifice model was investigated for the transport of import-export container cargo from Seoul to Pusan Port. Finally, the transport route was also selected by using the sacrifice model including the effect of CO₂ emission. The research results show that the transport route selection results of import-export container cargo based on the sacrifice model represents the present status of the transportation of import-export container cargo very well. And also the research results show that the reduction of transport time was very effective to

(1) 해양시스템안전연구소, 한국해양연구원

increase the share of coastal transportation.

Keywords: Sacrifice model, CO₂ emission, Import-export container cargo transport, Transport route selection, Green house effect gas

1. 서 론

한국의 경우 수출입화물의 99.7%가 선박을 이용하여 해외로 운송되고 있으며 2001년 국내 수출입 컨테이너화물의 물동량은 약 659만TEU로 1997년의 470만TEU에 비하여 약 40% 증가하였으며 2011년에는 약 1,260만TEU로 증가할 것으로 예상되고 있다. 또한 광양항 등의 타 항만에 서의 수출입 컨테이너화물의 처리량이 증가하고 있음에도 불구하고 수출입 컨테이너화물의 부산항 이용량은 2001년 기준으로 약 513만TEU, 전체 물량의 약 78%에 이르고 있다. 한편 부산항을 이용하는 수출입 컨테이너화물의 국내 수송은 도로운송이 약 87%를 차지하고 있어 도로 혼잡에 따른 교통정체 심화와 물류비용의 증가, CO₂ 등의 각종 배기가스 배출에 의한 환경 오염 등의 문제를 일으키고 있다.

한편 기후변화협약 당사국회의(COP7)에서 교토의정서의 구체적인 실행방안이 타결되면서 현재 세계 9위의 온실가스 배출국이며 OECD회원국 중 1인당 CO₂배출량 증가율이 가장 높은 한국에 대한 선진국의 온실가스 감축 압력은 앞으로 더 가중될 전망이다. 현재 한국은 온실가스 배출 감축의무를 면제받는 “개발도상국” 지위를 유지하고 있어 2018년부터의 감축 대상국이나 한국의 경제 규모나 온실가스 배출량, 선진국의 조 기 의무 부담 압력 등을 미루어 볼 때 2013년부터 감축 의무가 주어질 것이라는 전망이 강하다. 한편 정부도 지구온난화 방지를 위한 기후변화협약(교토의정서) 대책위원회를 열고 2002년 상반기 중에 기후변화협약에 대한 국회 비준동의를 추진하고 국내 산업별, 기업별 온실가스 배출량 규모를 파악하고, 감축목표를 설정하는 등 온실 가스를 규제하려는 국제적인 움직임에 적극 대처 할 예정이다.

저자들은(김상현 외[2002], 김상현 외[2001]) 컨테이너선 및 RORO선을 이용한 수출입 컨테이너 화물의 연안운송이 트럭을 이용한 도로운송보다

CO₂ 및 NO_x 배출량이 적은 친환경적인 운송 형태임을 고찰하였다. 그러나 수출입 컨테이너화물 의 운송 경로가 운송비용과 운송시간에 의해서 선택되어지는 현실을 고려하면 CO₂ 및 NO_x 배 출량의 계산에 이용되어진 연안운송의 부담율은 비현실적인 것이었다. 본 연구에서는 운송시간과 운송비용으로 구성되는 희생량 모델과 화물운송 에 의한 CO₂ 배출량에 기초하여 결정한 환경부 하 희생량도 포함하는 희생량 모델을 이용하여 운송경로 선택에 대하여 고찰하는 것을 목적으로 한다. 또한 선박에 의한 연안운송을 증대시키기 위하여 필요한 연안운송의 요구조건을 희생량 모 델을 이용한 운송경로 선택에 기초하여 도출하는 것을 목적으로 한다.

먼저 국내 수출입 컨테이너화물의 물동량과 운 송경로별 부담, 국내의 CO₂배출량 현황, 희생량 모델, 수출입 컨테이너화물의 시간가치에 대하여 간단히 살펴본다. 그리고 서울 중심부 종로구에서 수출 컨테이너화물이 발생하여 부산항으로 운 반하는 경우를 가정하여 각 운송경로별 희생량을 계산하고 그 결과에 기초한 운송경로 선택에 대 해서 살펴본다.

2. 수출입 컨테이너화물의 수송 현 황과 CO₂ 배출 현황

2.1 국내 수출입 컨테이너화물의 수송 현황

Fig. 1의 국내 수출입 컨테이너화물 물동량의 변 동추이(해양수산부[2002])에서 알 수 있듯이 수출 입 컨테이너화물 물동량은 1991년부터 2001년까지 지속적으로 증가하고 있으며 2001년에는 약 6,591천TEU에 이르고 있다. 또한 해양수산부의 자료(해양수산부[2001])에 의하면 수출입 컨테이 너화물 물동량은 2011년에는 약 12,648천TEU, 2020년에는 약 21,596천TEU에 이를 것으로 예측 되고 있어 국내 수출입 컨테이너화물 물동량은 향후 20년간 년 평균 5% 이상의 성장을 지속할

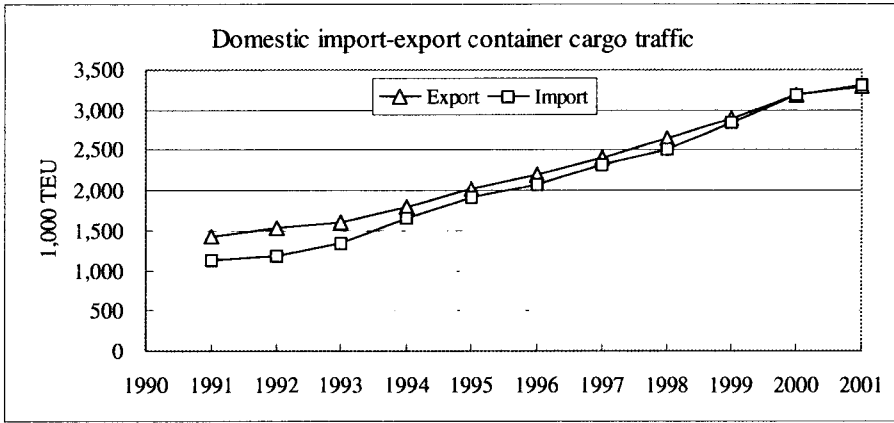


Fig. 1 Domestic import-export container cargo traffic

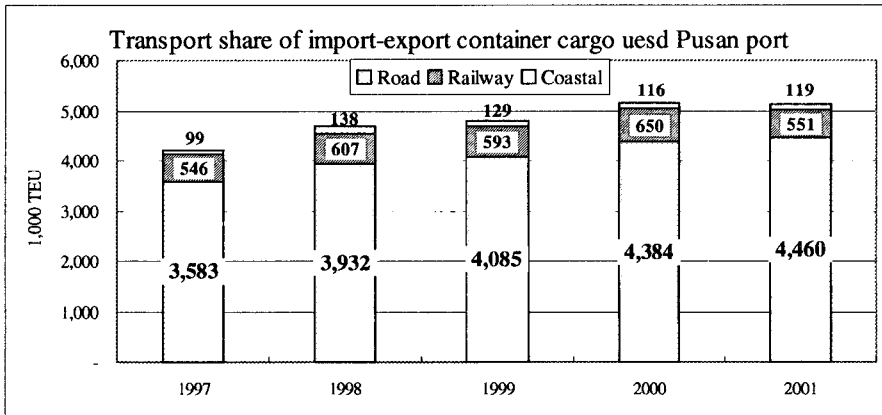


Fig. 2 Transport share of import-export container cargo used Pusan port

것으로 예상되고 있다.

국내 수출입 컨테이너화물의 약 78%인 5,130 천TEU를 처리하고 있는 부산항을 이용하는 수출입 컨테이너화물의 국내 운송경로별 물동량을 Fig. 2에 나타낸다. Fig. 2의 결과에서 부산항을 이용하는 수출입 컨테이너화물의 경우, 트럭을 이용하는 도로운송이 압도적으로 많은 것을 알 수 있다. 2001년 기준으로 트럭운송의 비중이 86.9%, 철도운송의 비중이 10.7%, 선박운송이 2.3%이다. 또한 1999년 기준으로 부산항을 이용하는 수출입 컨테이너화물의 약 40%가 경인권에 발생(한국해양수산개발원[2000])하고 있는 것을 고려하면 수출입 컨테이너화물의 트럭운송에

따른 경인 지역과 부산항을 축으로 하는 도로의 혼잡을 쉽게 추측할 수 있다.

2.2 CO₂ 배출 현황

한국의 온실가스 CO₂ 배출량은 1999년 기준으로 세계전체의 약 1.8%를 차지하고 있으며 2012년에는 세계 7위의 배출국이 될 것으로 예상되고 있다. 또한 1980년 이후의 CO₂ 배출량과 에너지 사용량 증가율은 30개 경제협력개발기구(OECD) 회원국중에서 가장 높은 것으로 나타나고 있으며, 온실가스 및 CO₂ 배출량도 1981년 이후 약 3 배 이상 증가하였다. 한국의 경우 1997년 기준으

Table 1 CO₂ emission of each country (1999)

Ranking	Country	Emission (Million ton)	Emission per one person(Ton)
1	U.S.A.	5,584.8	20.46
2	China	3,051.1	2.42
3	Russia	1,486.3	10.17
4	Japan	1,158.5	9.14
5	India	903.8	0.91
6	Germany	821.7	10.01
7	U.K.	535.3	9.00
8	Canada	489.2	16.04
9	Italy	420.5	7.30
10	Korea	410.4	7.97
11	Ukraine	379.0	7.59
12	France	361.4	6.00
13	Mexico	358.2	3.68

로 운송부분(이동배출원, 자동차 등)이 약 20%를 차지하고 있다. Table 1에 세계 주요국가의 CO₂ 배출량을 나타낸다. 또한 Table 2에 1990년에서 1999년까지의 한국의 CO₂ 배출량을 나타낸다(환경부[2001]).

3. 희생량 모델과 수출입 화물의 시간 가치

3.1 희생량 모델

화물이 발생하여 발생점에서 종착점까지 운송하며 또한 복수의 운송경로가 선택 가능한 경우 각각의 운송경로에 대하여 어떤 평가치가 계산 가능하여 그 평가치에 근거하여 화물의 운송경로를 선택하는 것을 생각할 수 있다. 이 경우 평가치

로 이용되는 것이 희생량 모델이다(赤木新介[1995]).

화물운송에 있어서 J 개의 운송경로가 존재할 경우 화물의 시간가치, 운송경로의 운송비용과 운송시간을 이용하여 식(1)과 같이 운송경로의 희생량 C_j 를 표현할 수 있다.

$$C_j = RT_j + N_j, \quad j=1,2,\dots,J \quad (1)$$

단, R : 화물의 시간 가치, T_j : 운송시간, N_j : 운송비용

따라서 (1)식을 이용하면 화물운송에 있어서 존재하는 복수의 운송경로에 대하여 경제성 평가와 경합의 문제를 취급하는 것이 가능하다. 즉 화물운송에 있어서 최적의 운송경로 선택식은 (2)식과 같이 주어진다.

$$C_{\min} = \min_{R,j} C_j = \min_{R,j} [RT_j + N_j] \quad (2)$$

(2)식이 화물의 운송경로 선택에 이용되어지는 희생량 모델이다. 이 관계식에 의하면 J 개의 운송경로중에서 화물의 시간가치 R 에 있어서 희생량이 최소인 운송경로가 시간가치 R 인 화물의 운송경로로 선택되어 진다.

또한 화물의 시간가치는 상품원가, 금리, 감가상각비, 운송중 시간경과에 따른 손실액 등의 복잡한 요소를 포함하고 있으며 또한 화물의 종류에 따라 그 분포가 달라지는 등 수치적으로 표현하기 어렵다. 그러나 일반적으로 고액의 전자제품, 패션제품, 생선 및 식료품 등이 높은 시간가치를 가지고 있다.

3.2 수출입 화물의 시간 가치

화물의 운송경로 선택에 있어서 화물의 시간가치

Table 2 CO₂ emission of Korea (1990 ~ 1999)

Country	1990		1999		Rate of increase (%)
	Emission (Million ton)	Share (%)	Emission (Million ton)	Share (%)	
Korea	233.8	1.1	410.4	1.8	6.5
OECD	11,094	52.1	12,239	52.8	1.1
World	21,279	100.0	23,172	100.0	1.0

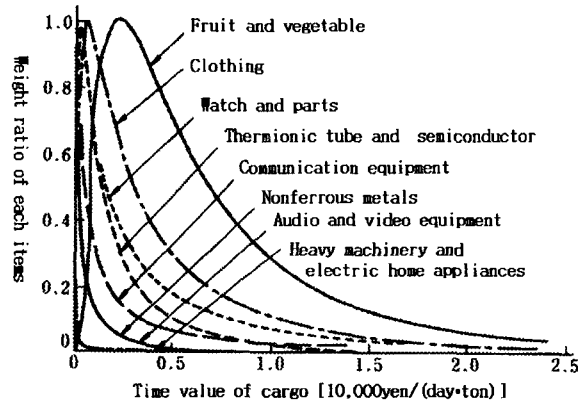


Fig. 3 Example of time value of import-export cargo

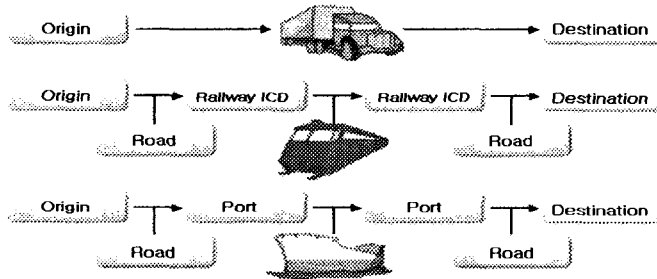


Fig. 4 Transport route of import-export container cargo

분포를 파악하는 것은 매우 중요하나 화물의 시간가치에 대한 조사 연구는 대단히 적다. 아시아 신흥공업국(한국, 대만, 홍콩, 싱가포르)과 일본사이의 수출입 화물의 항공운송 실적치로부터 화물의 시간가치 분포를 조사한 결과예(赤木新介 [1995])를 Fig. 3에 나타낸다. Fig. 3의 결과에서 화물의 품목에 따라 화물의 시간가치에 많은 차이가 있으며 과일 및 야채, 의류는 시간가치가 높고 중기계 및 가전제품, 비철금속 등은 시간가치가 비교적 낮은 것을 알 수 있다.

4. 희생량 모델을 이용한 수출입 화물의 운송경로 선택

4.1 수출입 화물의 운송경로

본 연구에서는 서울 종로구 공장에서 1TEU의 수출화물이 발생하여 부산항으로 운송하는 경우를 가정하여 화물의 운송경로 선택 문제를 고찰한다. 구체적으로 화물의 운송경로는 트럭, 철도, 선박을 주 운송수단으로 하는 Fig. 4와 같은 도로운송, 철도운송, 연안운송의 세 가지 경우를 가정한다.

도로운송의 경우는 수출화물을 서울 종로구의 공장에서 부산 수출입항만까지 트럭만을 이용하는 운송경로를 선택하였으며 트럭의 평균 속도를 70km/h로 가정하였다. 또한 철도운송의 경우는 수출화물을 서울 종로구의 공장에서 의왕 철도

ICD까지는 트럭을 이용한 운송을 의왕 철도ICD에서 부산진ICD까지는 철도를 이용한 운송을 부산진ICD에서 부산항 수출입항만까지는 트럭을 이용하는 운송경로를 선택하였다. 연안운송의 경우는 서울 종로구의 공장에서 인천항까지는 트럭을 이용한 운송을 인천항에서 부산항 연안항만까지는 소형 컨테이너선을 이용한 운송을 부산항 연안항만에서 부산항 수출입항만까지는 트럭을 이용하는 운송경로를 선택하였다. 모든 운송경로

에 있어서 도심에서의 도로정체에 따른 운송시간의 증대를 고려하였다. 각 운송경로별 운송시간과 운송비용을 조사한 결과를 Table 3에 나타낸다. 운송시간 및 운송비용의 계산에서는 운송회사, 철도청, 물류서비스 회사 등의 홈페이지 자료(운송닷컴 홈페이지[2002], 한진해운 홈페이지[2002], 철도청 홈페이지[2002]) 등의 조사 결과를 이용하였다. 운송비용의 경우는 운송회사가 타 업체와의 경쟁 때문에 공시한 운송비용보다 많이

Table 3 Transportation time and cost of each transport route

Transport route	Detail transport route	Means of transportation	Distance (km)	Transportation time (hour)	Transportation cost (won/1TEU)
Road	Factory in Seoul~Pusan port(International)	Truck	444.3	6.3	446,000
	Total		444.3	6.3	446,000
Railway	Factory in Seoul~Uiwang ICD	Truck	24.4	1.5	76,500
	Uiwang ICD~Pusanjin ICD	Train	413.0	8.0	142,900
	Pusanjin ICD~Pusan port(International)	Truck	4.0	0.5	37,000
	Total		441.4	10.0	256,400
Coastal	Factory in Seoul~Inchon port	Truck	33.9	1.5	79,000
	Inchon port~Pusan port(Domestic)	Ship	725.0	34.5	196,000
	Pusan port(Domestic)~Pusan port(International)	Truck	4.0	0.5	37,000
	Total		762.9	36.5	312,000

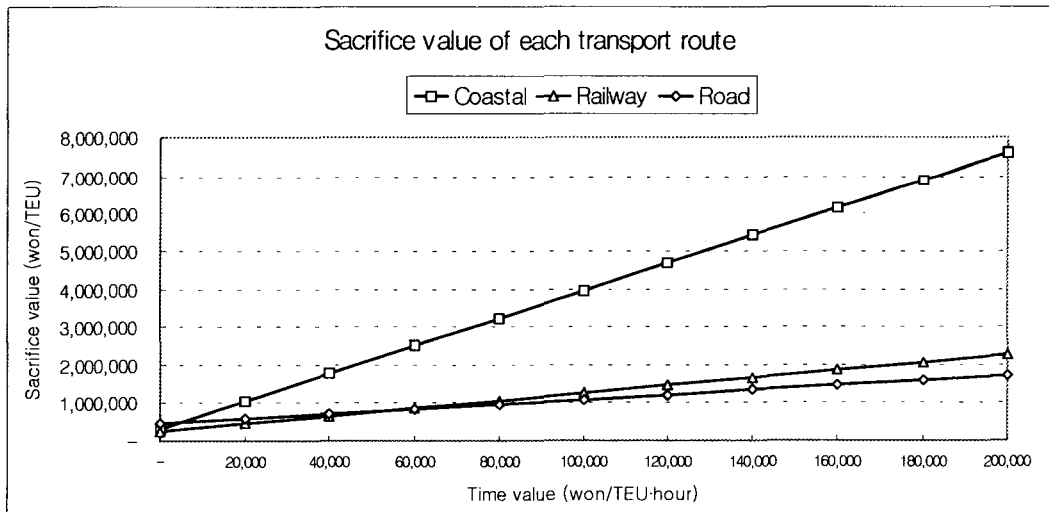


Fig. 5 Sacrifice value of each transport route

할인된 가격으로 시장이 형성되어져 있는 것이 현실이다. 특히 트럭을 이용한 도로운송의 운송비용 할인 경쟁은 매우 심하다. 본 연구에서는 할인된 운송비용이 아닌 운송회사에서 공식적으로 공시하고 있는 운송비용을 이용하였다.

4.2 운송경로의 희생량 계산 및 최적 운송 경로 선택

희생량 모델을 이용하여 각 운송경로의 희생량을 계산하고 그 계산결과에 기초한 최적 운송경로의 선택 결과에 대하여 고찰한다.

1) 희생량 모델에 의한 최적 운송경로 선택

Table 3의 결과와 (2)식의 희생량 모델을 이용하여 수출입 컨테이너화물의 시간가치에 따른 각 운송경로의 희생량을 계산한 결과를 Fig. 5에 나타낸다. 수출입 컨테이너화물의 시간가치는 원/TEU·시간의 단위로 결정하였으며 그 범위는 200,000원/TEU·시간까지로 하였다.

운송경로별 희생량 계산 결과를 살펴보면 철도운송과 도로운송의 교차 시간가치인 51,905원을 기준으로 51,905원보다 낮은 시간가치의 화물은 희생량이 가장 낮은 철도운송이 최적 운송경로이며 51,905원보다 높은 시간가치의 화물은 희생량이 가장 낮은 도로운송이 최적 운송경로인 것을 알 수 있다. 또한 연안운송의 경우는 철도운송과의 교차 시간가치가 -2,098원으로 화물의 모든 시간가치에 대하여 다른 운송경로 보다 높은 희

생량을 가져 최적 운송경로로는 선택되지 않아 운송경로로써 경쟁력을 가지지 못하는 것을 알 수 있다. 그리고 연안운송과 도로운송의 교차 시간가치는 4,444원으로 화물의 거의 모든 시간가치에서 도로운송이 연안운송에 대하여 유리한 것을 알 수 있다.

각 운송경로의 운송 분담율을 계산하기 위해서는 정확한 화물의 시간가치 분포가 필요하나, Fig. 5의 결과가 부산항을 이용하는 수출입 컨테이너화물의 운송수단별 분담율(2001년 기준, 트럭운송 86.9%, 철도운송 10.7%, 선박운송 2.3%) 경향을 비교적 잘 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

2) 연안운송의 운송비용 및 운송시간 삭감에 따른 최적 운송경로 선택

선박을 이용한 연안운송을 활성화하여 수출입 화물의 운송 분담율을 증대시키기 위해서는 연안운송의 운송시간과 운송비용을 삭감시키는 것이 필요하다. 연안운송의 운송시간과 운송비용을 현재의 수준에서 50%까지 각각 삭감시켰을 때의 연안운송과 다른 운송경로간의 교차 시간가치를 조사한 결과를 Table 4와 Table 5, Fig.6과 Fig.7에 각각 나타낸다.

Table 4의 결과에서 알 수 있듯이 연안운송의 운송비용을 감소시킴에 따라 연안운송과 다른 운송경로와의 교차 시간가치가 증대하여 연안운송의 경쟁력이 향상되는 것을 확인할 수 있다. 연안운송의 운송비용이 50% 감소함에 따라 연안운

Table 4 Variation of cross time value by reduction of coastal transport cost

Unit: won/TEU·hour

	Transport cost 0% reduction	Transport cost 10% reduction	Transport cost 20% reduction	Transport cost 30% reduction	Transport cost 40% reduction	Transport cost 50% reduction
Cross time value between coastal and railway	-2,098	-921	257	1,434	2,611	3,789
Cross time value between railway and road	51,905	51,905	51,905	51,905	51,905	51,905
Cross time value between road and coastal	4,444	5,479	6,513	7,548	8,583	9,618

Table 5 Variation of cross time value by reduction of coastal transport time

Unit: won/TEU · hour

	Transport time 0% reduction	Transport time 10% reduction	Transport time 20% reduction	Transport time 30% reduction	Transport time 40% reduction	Transport time 50% reduction
	36.5 hour	32.9 hour	29.2 hour	25.6 hour	21.9 hour	18.3 hour
Cross time value between coastal and railway	-2,098	-2,433	-2,896	-3,576	-4,672	-6,739
Cross time value between railway and road	51,905	51,905	51,905	51,905	51,905	51,905
Cross time value between road and coastal	4,444	5,056	5,864	6,978	8,616	11,258

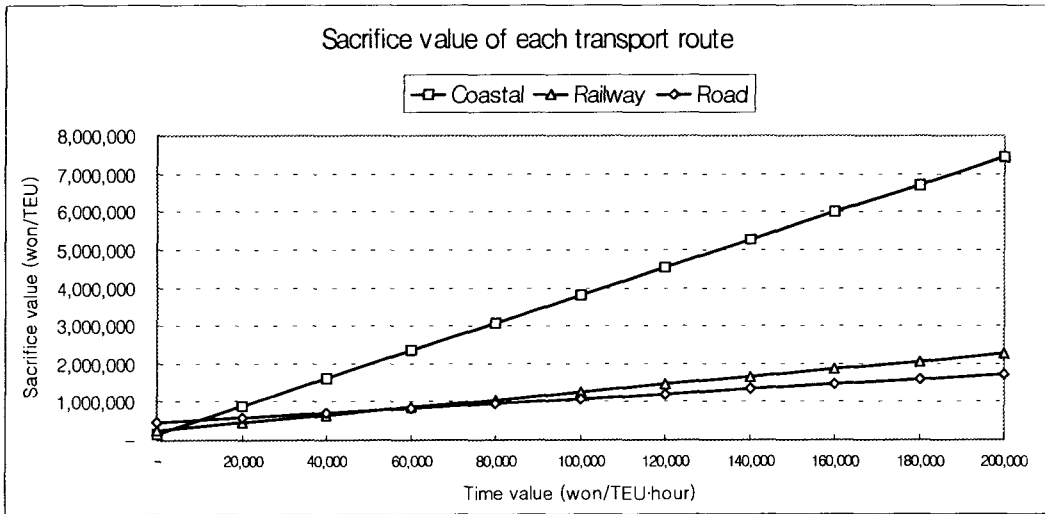


Fig. 6 Sacrifice value of each transport route (In case of coastal transport cost 50% reduction)

송과 철도운송과의 교차 시간가치가 -2,098원에서 3,789원으로 약 2.81배 증가하는 것을, 연안운송과 도로운송과의 교차 시간가치가 4,444원에서 9,618원으로 약 1.16배 증가하는 것을 알 수 있다. 이 결과는 운송비용의 감소에 의해서 연안운송이 경쟁력을 가지는 화물의 시간가치 범위가 넓어진 것을 의미한다. Fig. 6에 운송비용을 50% 감소시킨 경우의 희생량 계산 결과를 나타낸다.

또한 Table 5의 결과에서 알 수 있듯이 연안운송의 운송시간을 감소시킴에 따라 연안운송과 도로운송과의 교차 시간가치가 증대하여 연안운송의 경쟁력이 향상되거나 연안운송과 철도운송과의 교차 시간가치는 감소하여 연안운송의 경쟁력이 감소되는 것을 확인할 수 있다. 연안운송의 운송시간이 50% 감소함에 따라 연안운송과 도로운송과의 교차 시간가치가 4,444원에서 11,258원으로 약 1.53배 증가하는 것을, 연안운

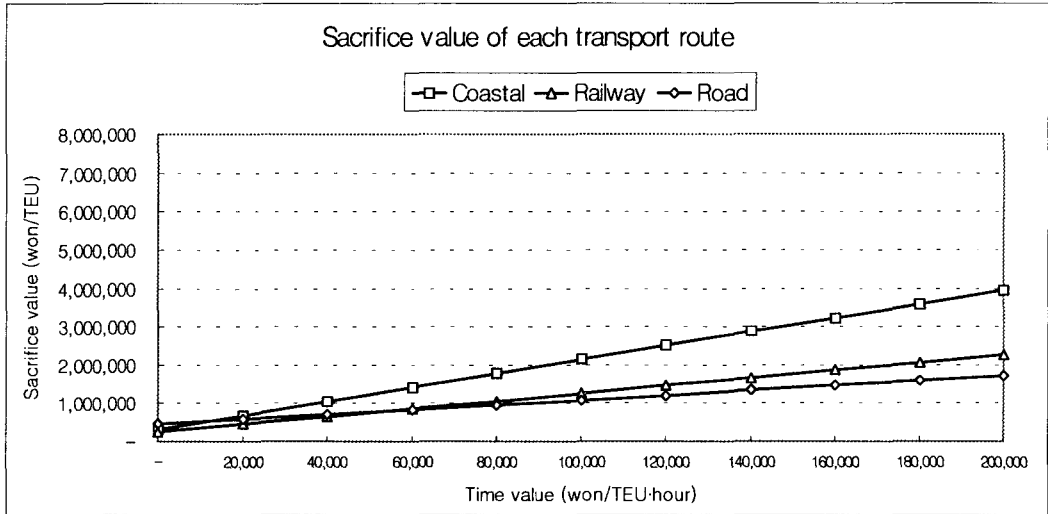


Fig. 7 Sacrifice value of each transport route (In case of coastal transport time 50% reduction)

Table 6 Environmental load sacrifice value of each transport route

	Transport time (hour)	Transport cost (won/TEU)	Environmental load sacrifice value (won/TEU)
Road	6.3	446,000	135,253
Railway	10.0	256,400	16,907
Coastal	36.5	312,000	28,178

Table 7 CO₂ emission and Weight of each transport route

	Road (Truck)	Railway (Train)	Coastal (Ship)
CO ₂ emission (g/ton-km)	48	6	10
Weight of environmental load sacrifice	8.0	1.0	1.7

Table 8 Cross time value in case of including environmental load sacrifice value

Unit: won/TEU · hour

	No including environmental load sacrifice value	Including environmental load sacrifice value
Cross time value between coastal and railway	-2,098	-2,523
Cross time value between railway and road	51,905	84,303
Cross time value between road and coastal	4,444	7,995

송과 철도운송과의 교차 시간가치가 -2,098원에서 -6,739원으로 약 2.21배 감소하는 것을 알 수 있다. 이 결과는 운송시간의 감소에 의해서 연안운송이 도로운송에 대하여 경쟁력을 가지는 화물의 시간가치 범위가 넓어진 것을 의미한다. 그러나 연안운송과 철도운송과의 교차 시간가치는 더욱 더 낮아져 연안운송의 운송시간 단축이 철도운송에 대한 경쟁력 향상에 큰 효과를 가지지 못하는 것을 알 수 있다. Fig. 7에 운송시간을 50% 감소시킨 경우의 희생량 계산 결과를 나타낸다.

4.3 CO₂ 배출량을 고려한 희생량 모델에 의한 최적 운송경로 선택

본 연구에서는 화물운송에 따라 발생하는 CO₂ 배출에 의한 환경오염을 고려하는 환경부하 희생량을 도입하고 환경부하 희생량을 포함하는 희생량 모델을 (3)식과 같이 정의한다.

$$C_{\min} = \min_{R,j} C_j = \min_{R,j} [RT_j + N_j + E_j] \quad (3)$$

단, R : 화물의 시간 가치, T_j : 운송시간, N_j : 운송비용, E_j : 환경부하 희생량

환경부하 희생량 E_j 는 화물의 시간가치가 0원인 경우의 각 운송경로 희생량(연안운송 312,000원/TEU, 철도운송 256,4000원/TEU, 도로운송 446,000원/TEU)의 평균치인 338,133원/TEU의 5%인 16,290원/TEU를 기준치로 설정하고 각 운송경로의 CO₂배출에 따른 가중치를 적용하여 계산하였다. 각 운송경로별 환경부하 희생량을 Table 6에 나타낸다. 각 운송경로의 대표 운송수단인 트럭, 철도, 내항 화물선의 CO₂배출량 기준치(日本國土交通省[2000])와 환경부하 희생량에 대한 가중치를 Table 7에 나타낸다. 각 운송경로의 가중치는 CO₂배출량이 가장 적은 철도를 1로

설정하고 운송수단간의 CO₂배출량 기준치의 비를 이용하여 결정하였다. 대형트럭에 의한 대기오염, 도로정체, 도로파손 등을 고려할 때 도로운송이 다른 운송경로에 비하여 높은 환경부하 희생량을 가지는 것이 타당하다고 생각되나 환경부하 희생량이 운송비용의 약 30%인 135,253원으로 매우 높은 수치를 나타내고 있어 앞으로 환경부하 희생량에 대한 고찰이 더 필요할 것으로 생각된다.

환경부하 희생량을 포함하는 (3)식의 희생량 모델을 이용하여 각 운송경로의 희생량을 계산한 결과를 Fig. 8, 각 운송경로별 교차 시간가치를 Table 8에 각각 나타낸다. 환경부하 희생량을 고려함에 따라 도로운송과 다른 운송경로와의 교차 시간가치가 기존의 희생량 모델을 이용한 경우보다 약 1.5배 이상 높아져 도로운송이 경쟁력을 가지는 화물의 시간가치 범위가 좁아진 것을 알 수 있다. 특히 환경부하 희생량을 고려할 경우 철도운송에 의한 화물운송의 범위가 가장 넓어지는 것으로부터도 철도운송이 가장 친환경적인 운송경로임을 알 수 있다. 그러나 철도운송의 경우 운송능력 및 인프라 시설의 한계 때문에 철도운송이 담당해야 하는 화물운송의 많은 부분을 연안운송이나 도로운송이 대신해야 하는 현실이다. 이 경우 환경부하 희생량의 고려에 따른 도로운송과 연안운송의 교차 시간가치 증가에 의해서

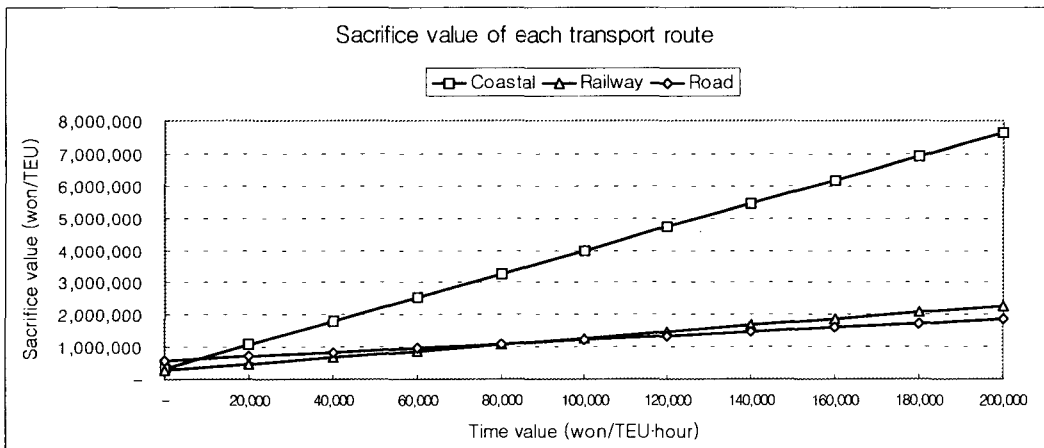


Fig. 8 Sacrifice value of each transport route (In case of including environmental load sacrifice value)

연안운송이 경쟁력을 가지는 화물의 시간가치 범위가 넓어져 연안운송의 운송 분담율이 높아지는 것을 예상할 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 희생량 모델과 화물운송에 따른 CO₂배출에 기초한 수출입 화물의 운송경로 선택에 대하여 고찰하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 희생량 모델을 이용한 수출입 컨테이너화물의 운송경로 선택 결과는 부산항을 이용하는 수출입 컨테이너화물의 운송수단별 분담율 경향과 비교적 잘 일치하였다.
- 2) 연안운송의 운송비용을 50% 감소시킨 경우 연안운송과 도로운송의 교차 시간가치는 9,618원, 운송시간을 50% 감소시킨 경우 연안운송과 도로운송의 교차 시간가치는 11,258원으로 운송시간 단축이 도로운송에 대한 연안운송의 경쟁력 향상에 효과가 높았다.
- 3) 환경부하 희생량을 고려하는 경우, 도로운송과 다른 운송경로와의 교차 시간가치가 약 1.5배 이상 높아지고 철도운송·연안운송이 경쟁력을 가지는 화물의 시간가치 범위도 넓어져 철도운송·연안운송이 친환경적인 운송수단임을 확인하였다.

앞으로의 과제로서는 희생량 모델을 이용한 운송경로 선택뿐만 아니라 운송경로별 분담율 계산을 위하여 수출입 컨테이너화물의 시간가치 분포에 관한 연구가 필요하다. 또한 본 연구에서 도입한 환경부하 희생량은 CO₂배출량만을 고려한 것으로 유해 배기가스 배출, 운송경로 정체, 도로 파손 등과 같은 환경관련 유해요소들의 종합적인 평가에 기초한 환경부하 희생량 설정에 관한 연구가 필요하다.

그리고 연안운송이 운송경로로써 경쟁력을 가지는데 필수적인 조건인 운송시간 단축과 친환경성 제고를 위하여 내항선의 고속화, 배기가스 경감장치 및 친환경 추진시스템을 갖춘 친환경형 선박 개발 등에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 김상현·고창두, 2002, “RORO선을 이용한 수출입컨테이너화물의 연안운송에 의한 온실가스 배출량 삭감에 관한 연구”, 한국해양환경공학회 2002년도 춘계학술대회 논문집.
- [2] 김상현·고창두·조용진·반석호, 2001, “수출입컨테이너화물의 연안운송에 의한 이산화탄소(CO₂)와 질소산화물(NO_x) 배출량 삭감에 관한 연구”, 한국해양환경공학회지, 제4권 4호.
- [3] 한국해양수산개발원, 2000, “컨테이너화물의 연안운송 제약요인”, 한국해양수산개발원 기본연구보고서.
- [4] 해양수산부, 2002, “2001년도 컨테이너화물 유통추이 및 분석”.
- [5] 해양수산부 해양정책국 해양정책과, 2001, “해상화물량 실적 및 전망”, Internet자료.
- [6] 환경부, 2001, “환경통계연감 2001”.
- [7] 日本國土交通省, 2000, “交通關係エネルギー-要覽 平成12年度版”.
- [8] 赤木新介, 1995, “新 交通機關論”.
- [9] 운송닷컴 홈페이지, 2002, “<http://www.woonsong.com>”, Internet자료.
- [10] 철도청 홈페이지, 2002, “<http://www.korail.go.kr>”, Internet자료.
- [11] 한진해운 홈페이지, 2002, “<http://www.hanjin.co.kr>”, Internet자료.