

환경비용을 고려한 수출입컨테이너 화물의 운송경로 선택에 관한 연구

김 상 현* · 고 창 두*

* 한국해양연구원 해양시스템안전연구소

Study on the Selection of Transport Route for Import-export Container Cargo based on the Environmental Cost

Sang-Hyun Kim* · Chang-Doo Koh*

* Korea Research Institute of Ships & Ocean Eng. /KORDI, Taejeon, 305-343. Korea

요 약 : 본 논문에서는 운송시간과 운송비용으로 구성된 희생량 모델과 운송경로의 환경비용을 이용한 수출입 컨테이너화물의 운송경로 선택에 관하여 고찰한다. 먼저 희생량 모델, 운송의 환경비용, 수출입 컨테이너화물의 물동량과 운송경로별 분담율에 대하여 간단히 살펴본다. 그리고 부산항의 수출입 컨테이너화물을 서울로 운송하는 경우를 가정하고 운송시간과 운송비용, 화물의 운송에 의하여 발생하는 환경비용에 대하여 고찰한다. 또한 환경비용을 고려한 희생량 모델을 이용하여 각 운송경로별 희생량을 계산한다. 마지막으로 계산된 운송경로의 희생량에 기초하여 수출입컨테이너 화물의 운송경로를 결정한다. 본 연구의 결과, 운송의 환경비용을 고려하는 경우 수출입컨테이너의 육상운송 분담율이 감소하며 연안운송 분담율이 증가하는 것을 확인하였다.

핵심용어 : 환경비용, 희생량 모델, 운송경로 선택, 수출입컨테이너화물, 친환경선박 설계

Abstract : In this paper, we investigate the selection of transport route for import-export container cargo based on the sacrifice model and environmental cost of transport route. At first, the sacrifice model, environmental cost of transport, the volumes and the transport share of import-export container cargo are investigated briefly. And next, the transport time and cost, the environmental cost which is caused by cargo transport are investigated for the transport of import-export container cargo from Busan Port to Seoul. And also we calculate the sacrifice of each route by using the sacrifice model including the environmental cost. Finally we decide the transport route of import-export container cargo by using the sacrifice of each transport route. From the research results, we confirm that the road transport share decreases and the coastal transport share increases when the environmental cost of transport is considered.

Key words : environmental cost, sacrifice model, transport route selection, import-export container cargo, design of environmental-friendly ship

1. 서 론

세계적으로 지구환경 보전의 중요성이 갈수록 강조되고 있으며 국제해사기구(IMO)에서도 선박에 대한 각종 환경규제 협약을 잇달아 채택하여 발효시키고 있다. 국내에서도 환경보전과 환경오염에 대한 사회적 관심이 높아지고 있으며 특히 국내 화물 수송량의 약 70%를 담당하는 도로운송에 의한 대기오염물질 배출, 교통체증, 도로 확장에 따른 자연파괴 등이 사회문제가 되고 있다. 수출입 컨테이너화물의 국내 운송의 경우에도 도로운송 의존율이 매우 높아, 2001년 기준으로 부산항을 이용하는 수출입 컨테이너화물 약 513만TEU의 87%인 약 446만TEU가 트럭을 이용한 도로운송에 의하여 운반되고 있어(한국컨테이너부두공단, 2002), 도로 혼잡에 따른 교통

정체 심화와 물류비용의 증가, 대기오염물질(NOx, SOx, 미세먼지, CO₂ 등) 배출에 의한 환경 오염 등의 문제를 발생시키고 있다. 그러나 대량장거리 운송에 있어서 도로운송보다 대기오염배출량이 적으며 교통체증 등을 발생시키지 않는 장점을 가진 연안운송(日本運輸省, 2000)의 수출입 컨테이너화물 운송 분담율은 극히 저조한 현실이다.

본 연구에서는 운송시간과 비용뿐만 아니라 화물 운송에 의해서 발생하는 환경 비용도 고려한 희생량 모델을 도입하여, 환경에 대한 사회적인 비용을 고려한 경우의 수출입 컨테이너화물의 운송경로 변화에 대하여 고찰한다. 또한 수출입 컨테이너화물의 국내운송에 있어서 친환경적인 연안운송의 운송 분담율을 증대시키기 위한 방안을 제안한다.

* 정회원, kimsh@kriso.re.kr 042)868-7232

* 정회원, cdkoh@kriso.re.kr 042)868-7212

2. 운송수단의 환경오염과 환경비용

2.1 운송수단의 환경오염 현황

육상운송(도로운송)에 의해서 야기되는 환경오염은 대기질 악화, 소음, 자연경관 훼손, 생태계 파괴 등이며 해상운송(연안운송)에 의해서 야기되는 환경오염은 대기질 및 수질 악화, 해양생태계 파괴 등이다. 특히 두 운송수단에서 공통으로 배출하는 대기오염물질에 의한 대기질 악화는 운송수단에 의한 환경오염의 대표적인 사례이다. 아래에서는 운송수단의 대기오염현황을 간단히 살펴본다.

우리나라의 경우 운송부분에서 발생하는 대기오염물질의 배출량은 1998년 기준으로 191만톤으로 총 배출량 377만톤의 약 51%를 차지하고 있는 것으로 알려져 있다(환경부, 2000). 또한 도로운송을 포함한 육상운송에서 발생하는 대기오염물질 배출량은 전체 운송부분 배출량의 약 81%인 155만톤이며, 연안운송의 대기오염물질 배출량은 전체 운송부분 배출량의 약 19%인 36만톤인 것으로 추정되고 있다. 도로운송의 경우는 대형트럭이 전체 자동차 대기오염물질 배출량의 약 35%를 차지하고 있어 국내 대기오염의 주요 원인으로 추정된다. 또한 연안운송의 경우는 도로운송에 비하여 대기오염이 심각한 수준은 아니나 다량의 유황이 함유된 저질연료의 사용에 따른 다량의 질소산화물(NOx) 배출이 문제가 되고 있다. 대표적인 도로운송수단인 트럭과 연안운송수단인 선박의 대기오염물질 배출량을 Table 1에 나타낸다(환경부, 2000).

또한 선박과 자동차 등의 운송수단에 의해서 발생하는 환경오염의 피해는 인체에 미치는 피해, 자연환경에 미치는 피해, 생활환경에 미치는 피해로 나눌 수 있다. 인체에 미치는 피해로는 대기오염에 의한 호흡기 관련 질환환자 증가, 소음에 의한 스트레스 증가, 순환기 및 소화기 장애, 수면장애, 청각장애 유발 등이 있다. 자연환경에 미치는 피해로는 대기오염물질에 의한 산림의 생육지연 및 고사현상, 농작물의 생육지연 및 결실 실패 등이 있다. 또한 생활환경에 미치는 피해로는 대기오염물질에 의한 건축재료의 수명 감소, 광화학스모그에 의한 가시거리의 감소 등이 있다.

Table 1 Air pollution exhaust emission of truck and ship in Korea (1998)

Unit: 1,000ton/year

	SO ₂	NOx	TSP	CO	HC	Total
Truck	5	296	54	325	41	721
Ship	290	46	9	12	8	365
Total	295	342	63	337	49	1086

2.2 운송수단의 환경비용

도로운송이나 연안운송의 경우, 화물을 운송하는데 소요되는 직접적인 비용(장비운행비, 연료비, 인건비 등)뿐만이 아니

라 환경오염비용, 교통혼잡비용 등과 같은 많은 사회적 비용도 유발한다. 유럽교통장관협의회에 따르면 교통부분의 사회적 비용은 차량운행비용, 교통시설비용, 교통사고비용, 환경(환경오염)비용, 교통혼잡비용 등으로 구분된다. 운송수단의 환경비용은 운송수단에 의해서 발생하는 소음, 대기오염 등에 의한 환경오염 피해, 인체 및 재산상의 피해를 화폐가치로 환산한 것이다.

운송수단의 환경비용은 운송으로 발생하는 환경오염물질 배출 및 환경오염이 인체, 동식물, 자연환경에 미치는 영향을 화폐적인 가치로 평가한 것으로 정의할 수 있다. 환경비용에 관한 연구는 미국과 유럽을 중심으로 활발하게 추진되어져 왔으나(Gregory *et al.*, 1993), (Dale *et al.*, 1996), 국내에서는 아직 이에 대한 논의가 활발하지 않은 상태이며 최근에 교통의 환경비용 추정에 관한 연구가 시작된 단계이다(이·이, 2000), (유 등, 1999), (홍, 1999). 유럽에서 수행한 운송수단별 오염비용의 추정 결과를 Table 2에 나타낸다(Emile, 1994). 이 결과는 환경비용을 톤-km당 운임으로 나타낸 것이며 트럭을 이용한 도로운송이 철도와 해상운송에 비해 국가별로 1~5배정도 높은 환경비용을 가지는 것을 나타내고 있다.

Table 2 Pollution cost of each transport mode

Unit: 0.01ECU

Country	year	Pollution cost		
		Road	Train	Ship
Swiss	1990	0.55~1.53	0	0
Germany	1986	0.07~0.17	0.01~0.02	0.01~0.02
Sweden	1986	0.18~0.82	0.05~0.20	0.06~0.25

본 연구에서는 국내의 운송수단별 환경비용을 다속성효용평가법을 이용하여 추정한 결과를 운송수단의 환경비용으로 이용하는 것으로 하였다(한국해양수산개발원, 2001). 다속성효용평가법은 환경비용의 속성을 산림피해, 농업피해, 어업피해, 재료피해, 가시거리피해, 사망률, 질병률, 수질오염, 소음, 지구온난화의 10개로 결정하고 각 속성별 가중치, 화폐가치 등을 결정하여 환경비용을 추정하는 것이다. 속성, 속성별 가중치 및 화폐가치 등은 전문가의 설문조사 결과를 기초로하여 결정하였다. 다속성효용평가법을 이용하여 추정한 도로운송과 연안운송의 연간 환경비용을 Table 3에 나타낸다. Table 3의 톤당 환경비용은 연간 환경비용을 연간 수송된 화물의 톤수로 나눈 것이며 톤-km당 환경비용은 연간 수송된 화물의 톤-km로 나눈 것이다. Table 3의 결과로부터 1톤의 화물을 1km 운송하는데 소요되는 환경비용은 도로운송이 연안운송에 비하여 약 8.8배 이상 높은 것을 알 수 있다. 본 연구에서 수출입 컨테이너화물의 운송경로 선택에 있어서 Table 3에 나타난 운송수단별 환경비용이 미치는 영향에 대하여 고찰한다.

Table 3 Environmental cost of road transport and coastal transport

	Road transport	Coastal transport
Total environmental cost	2.4317trillion won	1.0222trillion won
Environmental cost per ton	6,062won	8,271won
Environmental cost per ton-km	264won	30won

3. 환경비용을 고려한 희생량 모델

3.1 희생량 모델

(1) 기본 희생량 모델

화물이 발생하여 발생점에서 종착점까지 운송되며 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 평가치로 이용되는 것이 희생량 모델이다(赤木新介, 1995). 아래에 희생량 모델에 관하여 간단히 설명한다.

화물운송에 있어서 J 개의 운송경로가 존재할 경우 화물의 시간가치, 운송경로의 운송비용과 운송시간을 이용하여 식(1)과 같이 각 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 식(1)을 이용하면 화물운송에 있어서 존재하는 복수의 운송경로에 대하여 경제성 평가와 경합의 문제를 취급하는 것이 가능하다. 즉 화물운송에 있어서 최적의 운송경로 선택식은 식(2)와 같이 주어진다.

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

식(2)가 화물의 운송경로 선택에 이용되어지는 희생량 모델이다. 식(2)는 J 개의 운송경로중에서 화물의 시간가치 R_i 에 있어서 희생량이 최소인 운송경로가 시간가치 R_i 인 화물의 운송경로로 선택되어지는 것을 의미한다. Fig. 1에 희생량 모델을 이용한 운송경로 선택의 개념을 나타낸다.

(2) 환경비용을 고려한 희생량 모델

본 연구에서는 화물의 운송에 따라 발생하는 환경오염을 화폐적인 가치로 표현한 환경비용을 포함하는 희생량 모델을 식(3)과 같이 도입한다. 환경비용을 고려한 경우의 수출입 컨테이너화물의 운송경로 선택에는 식(3)이 사용된다.

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

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

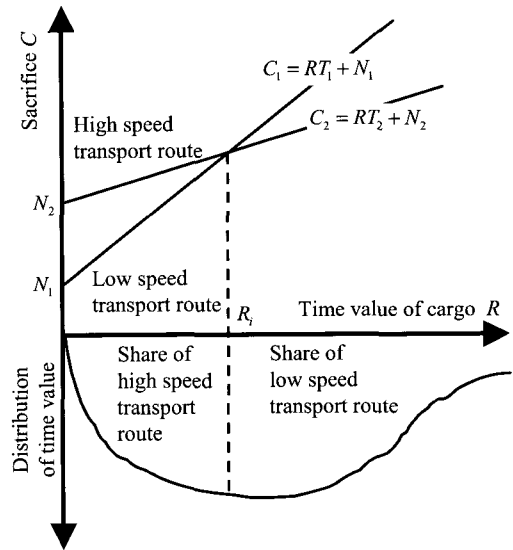


Fig. 1 Concept of the selection of transport route by using sacrifice model

3.2 수출입화물의 시간가치

희생량 모델을 이용한 화물의 운송경로 선택에 있어서 각 운송경로별 운송분담율을 결정하기 위해서는 화물의 시간가치 분포를 정확히 파악하는 것이 필수적이나 화물의 시간가치에 대한 조사 및 연구는 극히 적다. 일반적으로 화물의 시간가치는 상품원가, 금리, 감가상각비, 운송 중 시간경과에 따른 손실액 등의 복잡한 요소를 포함하고 있으며 또한 화물의 종류에 따라 그 분포가 달라지는 등 수치적으로 표현하기 매우 어려운 문제이다. 화물의 시간가치 분포를 추정하기 위해서는 각 운송경로의 운송비용, 운송시간 및 운송량, 화주의 운송경로 선택기준에 대한 설문조사, 화물의 물동량 데이터 등을 이용하여 종합적으로 분석하는 것이 필요하다.

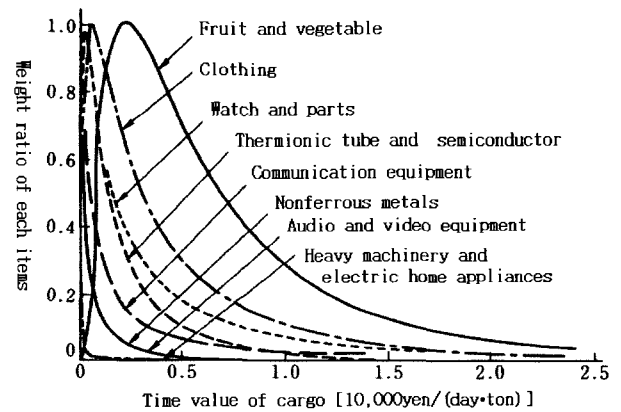


Fig. 2 Example of time value of import-export cargo

아시아 신흥공업국(한국, 대만, 홍콩, 싱가포르)과 일본과의 수출입 화물의 항공운송 실적치로부터 화물의 시간가치 분포를 조사한 결과를 Fig. 2에 나타낸다(赤木新介, 1995). Fig. 2로부터 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.

3.3 국내 수출입 화물의 시간가치

본 연구에서는 국내 수출입컨테이너 화물의 시간가치 분포에 대한 구체적인 검토는 수행하지 않으나 4.2절의 운송경로 선택에서 계산된 운송경로 교차 시간가치의 이해를 돕기 위하여 Fig. 2에 나타난 수출입 화물의 시간가치 분포를 이용하여 국내 수출입컨테이너 화물의 시간가치 범위를 Table 4와 같이 결정하였다. 각 종류별 화물의 시간가치 범위 결정에서는 100엔을 1,000원으로 환산하였으며 Fig. 2에서 화물 시간가치 분포가 집중된 영역을 이용하여 화물의 시간가치 범위를 개략적으로 결정하였다. 또한 Fruit and vegetable을 제외한 모든 화물의 경우, Fig. 2에서 알 수 있듯이 시간가치 분포의 정점이 0 yen/(day · ton)에 부근에 있어 이들 화물의 시간가치 범위를 Table 4와 같이 0 Won/(TEU · h)에서 시작하는 것으로 가정하였다.

Table 4 Range of time value of domestic import-export cargo

Import-export cargo	No. of cargo type	Range of time value (Won/TEU · h)
Fruit and vegetable	1	9,000 ~ 88,000
Clothig	2	0 ~ 58,000
Watch and parts	3	0 ~ 48,000
Thermionic tube and semiconductor	4	0 ~ 39,000
Communication equipment	5	0 ~ 27,000
Nonferrous metals	6	0 ~ 13,000
Audio and video equipment	7	0 ~ 13,000
Heavy machinery and electric home appliances	8	0 ~ 5,000

또한 운송경로 교차 시간가치의 변화에 따라 연안운송으로 전환이 가능한 수출입 화물의 구체적인 사례를 알아보기 위하여 본 연구에서 부산항과 일본과의 수출입 화물에 대하여 고찰하였다. Table 5는 2000년에 부산항을 이용하여 일본으로 수출입된 화물의 주요 품목별 구성비와 시간가치 범위를 나타낸다(한국해양연구원, 2001). Table 5로부터 알 수 있듯이 부산항과 일본 사이의 수출입 화물은 섬유류 및 의류, 환적 화물, 기계류 및 그 부품, 비철금속 및 그 제품 등의 순서로 많

다. 또한 Table 5의 주요 품목별 시간가치 범위는 Table 4의 결과를 이용하여 개략적으로 결정하였다.

Table 5 Import-export cargo between Busan port and Japan

Import-export cargo	Cargo traffic(R/T)	Share ratio(%)	Range of time value (Won/TEU · h)
Clothig and textile goods	2,804,954	33.6	0 ~ 58,000
T/S cargo	2,802,496	33.5	-
Machinery and parts	1,254,253	15.0	0 ~ 5,000
Nonferrous metals and goods	387,816	4.7	0 ~ 13,000
Electric machinery and parts	244,792	2.9	0 ~ 5,000
Plastic and rubber goods	153,314	1.8	0 ~ 39,000
Fish and marine products	151,064	1.8	9,000 ~ 88,000
Food and beverage	110,827	1.3	9,000 ~ 88,000
Etc	448,221	5.4	-
Total	8,357,727	100.0	

본 연구에서는 Table 5와 같이 수출입 화물의 시간가치를 부산항과 일본과의 수출입 화물에 한정하여 개략적으로 검토하였으나 향후의 연구에서 모든 수출입 화물을 적당한 품목으로 나누어 각 품목별 화물의 시간가치 분포를 추정하는 것도 필요하다. 또한 각 품목별 화물의 시간가치 분포 추정에는 대수정규분포 등을 이용하여 시간가치 분포를 표현하는 방법이 유효할 것으로 판단되며 각 품목에 따라 시간가치 분포 형태도 차이가 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 국내 수출입 화물의 시간가치 분포 및 운송경로별 분담율 계산 등에 관한 검토가 충분하지 못하나 향후 다른 논문을 통하여 구체적인 고찰을 수행할 예정이다.

4. 환경비용을 고려한 수출입 컨테이너화물의 운송경로 선택

4.1 컨테이너화물의 운송시간, 운송비용 및 환경비용

서울과 부산항사이의 수출입 컨테이너 운송경로는 Fig. 3과 같이 도로운송, 철도운송, 연안운송의 세 가지 운송 경로가 있다. 또한 Fig. 4에 부산항을 이용하는 수출입 컨테이너화물의 운송경로별 분담율을 나타낸다. Fig. 4로부터 2001년 기준으로 수출입 컨테이너화물의 도로운송 분담율이 86.9%, 철도운송 분담율이 10.7%, 연안운송 분담율이 2.3%로 도로운송 의존도가 매우 높은 것을 알 수 있다(해양수산부, 2002), (한국컨테이너부두공단, 2002), (한국해양수산개발원, 2002).

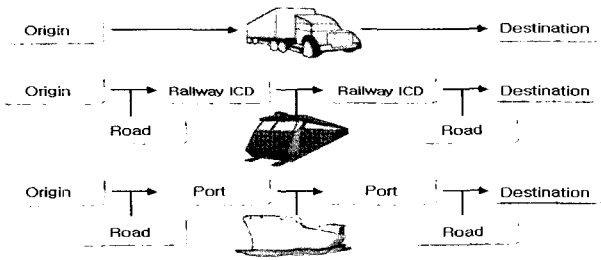


Fig. 3 Transport route of import-export container cargo between Seoul and Busan port

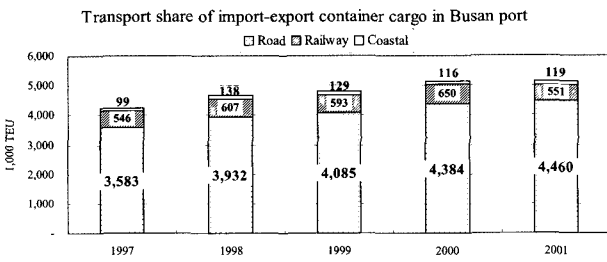


Fig. 4 Transport share of import-export container cargo in Busan port

(1) 운송 비용

도로운송과 연안운송의 운송비용(편도)을 조사한 결과를 Table 6에 나타낸다(운송닷컴, 2002), (한진해운, 2002). Table 6에서 부산항과 인천항에서의 비용은 선내하역료, 마살링료 등을 포함한다. 이 결과에 따르면 연안운송이 도로운송에 비하여 운송경로가 복잡함에도 불구하고 도로운송에 비하여 20FT 컨테이너의 경우 약 17만원, 40FT 컨테이너의 경우 약 15만원 운송비용이 적게되는 것을 알 수 있다. 도로운송과 연안운송의 운임의 차이에도 불구하고 도로운송이 수출입 컨테이너화물 화주들에게 선호되는 것은 운송시간과 정시성에서 장점을 가지고 있기 때문이다.

Table 6 Transport cost of road transport and coastal transport

Unit: won

	Road transport		Coastal transport	
	20FT	40FT	20FT	40FT
Cost in Busan port	43,804	62,580	43,804	62,580
Cost of road transport	446,000	496,000	249,000	298,000
			Cost in Inchen port	25,634 46,141
Sum of cost	489,804	558,580	Sum of cost	318,438 406,721

(2) 운송 시간

수출입 컨테이너화물을 부산항에서 서울까지 운송하는 경

우에 소요되는 운송시간의 추정은 도로운송의 평균 속도, 항만에서의 소요 시간 등을 고려하여 결정하여야하며 그 추정 방법에 따라 소요 운송시간의 계산 결과가 달라진다. 본 연구에서는 한국해양수산개발원의 자료를 기초로 하여 경인권 화물의 운송에 필요한 최소 운송시간을 계산하는 것으로 하였다 (한국해양수산개발원 2000). Table 7에 최소 운송시간을 나타낸다. 도로운송은 부산에서 서울까지 직송할 경우 약 12시간이 소요되며, 의왕 ICD 등을 경유할 경우에는 약 32시간 소요된다. 그러나 연안운송의 경우는 중간기착지에서의 적하역 시간을 제외하고 선박운항시간만 28시간 소요되며, 전체로는 약 62시간 소요되어 도로운송에 비하여 2~5배의 시간이 더 소요된다. 또한 의왕ICD를 경유하는 도로운송의 경우에는 하역소요시간 14시간에서 ICD내 장치장 보관후 구내이송의 소요시간도 포함된다.

Table 7 Minimum transport time of each transport route

Unit: hour

	Road transport		Coastal transport
	Direct	Using Uiwang ICD	
Transport request etc.	1.5	1.5	1.5
Road transport	10	15	7
Coastal transport	-	-	28
Loading	0.5	14	14(Loading)
Transport in yard	-	1	1
Custody in yard	-	-	10(Unloading)
Total	12	31.5	61.5

(3) 환경 비용

1 TEU의 컨테이너를 부산항에서 서울으로 운송하는 경우에 발생하는 환경 비용을 Table 8에 나타낸다. Table 8의 결과로부터 1 TEU의 수출입컨테이너 화물의 운송에 의하여 발생하는 환경비용이 도로운송은 약 191만원, 연안운송은 약 52만원으로 도로운송을 연안운송으로 전환 할 경우 사회적인 관점에서는 약 139만원 상당의 환경오염 및 환경파괴가 발생하지 않는 것을 알 수 있다. Table 8의 환경비용계산에서 1 TEU의 무게는 수입화물의 평균 톤수인 17톤을 적용하였으며 도로운송거리는 서울-부산간 고속도로 거리인 426.3Km를 적용하였으며 연안운송거리는 서울-인천간 도로운송거리 23.9Km와 연안운송거리 435해리(805.6Km)를 적용하였다.

Table 8 Environmental cost of each transport route

	Road transport	Coastal transport
1 TEU	17Ton	17Ton
Environmental cost per TEU-Km	4,480Won	516Won
Transport distance (Seoul-Busan)	426.3Km	Road: 23.9Km Coastal: 805.6Km
Environmental cost per 1 TEU	1,909,945Won	522,495Won

4.2 희생량 모델에 의한 운송경로 선택 결과

(1) 환경비용을 고려하지 않은 경우

환경비용을 고려하지 않은 경우의 도로운송과 연안운송의 희생량을 계산한 결과를 Fig. 5에 나타낸다. 도로운송과 연안운송의 희생량이 교차하는 화물의 시간가치는 3,462원이다. 이 결과는 1 TEU당 3,462원이하의 시간가치를 가지는 화물은 국내 운송의 운송경로로 연안운송이 선택되어지며 3,462원 이상의 시간가치를 가지는 화물은 국내 운송의 경로로 도로운송이 각각 선택되어지는 것을 의미한다.

이 결과를 부산항과 일본 사이의 수출입 화물에 대하여 고찰하면, 0~5,000원/TEU·h의 시간 가치를 가지는 기계류 및 부품류와 전기기기 및 부품류의 화물 일부가 연안운송을 이용하는 것으로 추정되며 5,000원/TEU·h 이상의 시간 가치를 가지는 그 외 대부분 품목의 화물은 도로운송이 이용되어지는 것으로 추정된다.

이상의 결과로부터 연안운송이 선택되어지는 수출입 화물은 아주 낮은 시간가치를 가지는 화물에 한정되며 연안운송이 도로운송에 비하여 매우 낮은 운송 경쟁력을 가지는 것을 알 수 있다. 또한 부산항을 이용하는 수출입 화물의 연안운송 분담율이 2.3%로 매우 낮은 현실과도 일치하는 것으로 판단 된다.

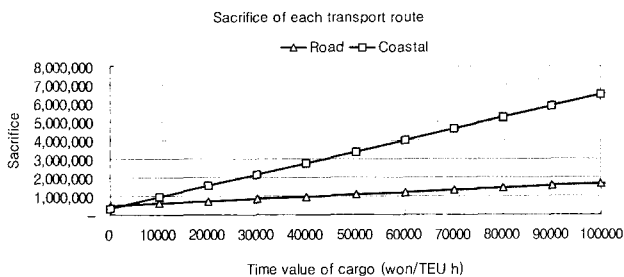


Fig. 5 Sacrifice value of road transport and coastal transport

(2) 환경비용을 고려한 경우

환경비용을 고려하는 경우의 도로운송과 연안운송의 희생량을 계산한 결과를 Fig. 6에 나타낸다. 도로운송과 연안운송의 희생량이 교차하는 화물의 시간가치는 31,491원이다. 이 결과는 TEU당 31,491원이하의 시간가치를 가지는 화물은 국내 운송의 운송경로로 연안운송이 선택되어지며 31,491원 이상의 시간가치를 가지는 화물은 국내 운송의 경로로 도로운송이 각각 선택되어지는 것을 의미한다.

이 결과를 부산항과 일본 사이의 수출입 화물에 대하여 고찰하면, 0~5,000원/TEU·h의 시간 가치를 가지는 기계류 및 부품류와 전기기기 및 부품류, 0~13,000원/TEU·h의 시간 가치를 가지는 비철금속 및 그 제품, 0~38,000원/TEU·h의 시간 가치를 가지는 플라스틱 및 고무 제품류의 화물이 연안운송을 이용할 것으로 추정되며 또한 의류 및 방직제품, 수산물, 식료품 및 음료제품의 일부도 연안운송을 이용할 것으로

추정된다.

이상의 결과로부터, 화물의 운송비용뿐만이 아니라 운송에 따른 사회적 환경비용도 고려하는 경우, 연안운송이 선택되어지는 화물의 시간가치 범위가 증가하며 연안운송의 운송 경쟁력이 상대적으로 증가하며 도로운송의 경쟁력이 상대적으로 감소하는 것을 알 수 있다.

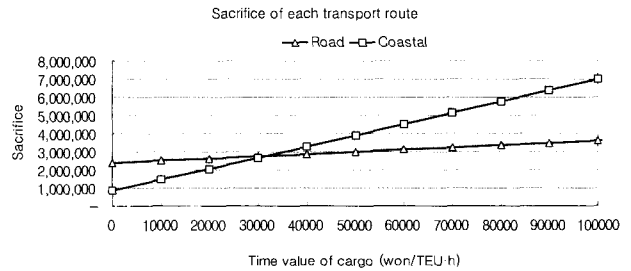


Fig. 6 Sacrifice value of road transport and coastal transport(In case of including environmental cost)

(3) 연안운송시간을 변화시킨 경우

Table 5에서 알 수 있듯이 도로운송에 비하여 5~6배인 연안운송의 운송시간을 1/2로 단축(약 31시간)한 경우의 도로운송과 연안운송의 희생량을 계산한 결과를 Fig. 7에 나타낸다. 연안운송의 운송시간을 단축시킴에 따라 운송경로간의 교차 시간가치는 9,140원으로 증가되어 국내 운송의 경로로 연안운송이 선택되어지는 화물의 시간가치 범위가 다소 넓어진 것을 알 수 있다.

이 결과를 부산항과 일본 사이의 수출입 화물에 대하여 고찰하면, 0~5,000원/TEU·h의 시간 가치를 가지는 기계류 및 부품류와 전기기기 및 부품류의 화물과 0~13,000원/TEU·h의 시간 가치를 가지는 비철금속 및 그 제품의 화물 일부가 연안운송을 이용할 것으로 추정된다.

이상의 결과로부터, 연안운송의 운송시간을 단축시키는 경우, 연안운송이 선택되어지는 화물의 시간가치 범위가 다소 증가하나 여전히 도로운송의 경쟁력이 연안운송에 비하여 상대적으로 높은 것을 알 수 있다. 따라서, 연안운송의 경쟁력을 높이기 위해서는 운송시간을 도로운송과 대등한 수준인 20시간 이내로 단축시키는 것이 필요하다고 판단된다.

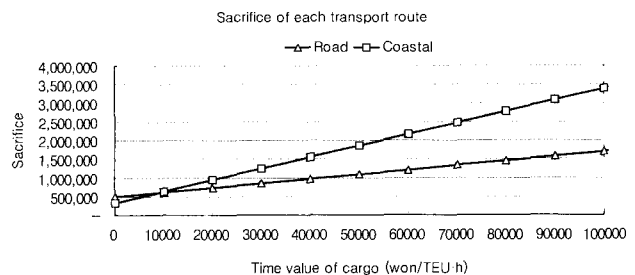


Fig. 7 Sacrifice value of road transport and coastal transport(In case of reducing transport time)

(4) 연안운송비용을 변화시킨 경우

Table 4에서 알 수 있듯이 도로운송의 운송요금이 연안운송에 비하여 다소 높은 가격이다. 그러나 도로운송의 경우는 많은 운송업체가 난립하고 있으며 운송차량의 수급상황에 따라 매일 운송비용이 변화하고 있으며 실제로는 고시된 운송비용의 약 60% 수준에서 운송가격이 형성되기도 한다. 연안운송의 운송비용을 1/2로 감소(약 16만원)시킨 경우의 도로운송과 연안운송의 희생량을 계산한 결과를 Fig. 8에 나타낸다. 연안운송의 운송비용을 감소시키기에 따라 운송경로간의 교차 시간가치는 6,678원으로 증가되어 국내 운송의 경로로 연안운송이 선택되어지는 화물의 시간가치 범위가 다소 넓어진 것을 알 수 있다.

이 결과를 부산항과 일본 사이의 수출입 화물에 대하여 고찰하면, 연안운송시간을 단축시킨 경우와 마찬가지로 0~5,000원/TEU·h의 시간 가치를 가지는 기계류 및 부품류와 전기기기 및 부품류의 화물과 0~13,000원/TEU·h의 시간 가치를 가지는 비철금속 및 그 제품의 화물 일부가 연안운송을 이용할 것으로 추정된다.

이상의 결과로부터, 연안운송의 요금을 감소시키는 경우, 연안운송이 선택되어지는 화물의 시간가치 범위가 다소 증가하나 여전히 도로운송의 경쟁력이 연안운송에 비하여 상대적으로 높은 것을 알 수 있다. 따라서, 연안운송의 경쟁력을 높이기 위해서는 운송비용을 더욱 더 감소시키는 것을 생각할 수 있으나 현실적으로는 어려운 방법으로 판단된다.

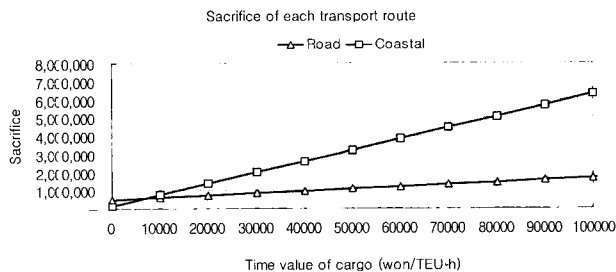


Fig. 8 Sacrifice value of road transport and coastal transport(In case of reducing transport cost)

4.3 연안운송 부담을 증대 방안

4.2장의 결과로부터 컨테이너의 운송에 따른 사회적인 환경비용을 고려하는 경우, 연안운송이 선택되어지는 화물의 시간가치 범위가 높아지는 것을 알 수 있었다. 그러나 각 운송경로의 운송요금에 사회적인 환경비용이 전혀 포함되고 있지 않는 현실을 고려하면 현 시점에서는 연안운송이 도로운송에 비하여 친환경적인 운송경로라는 이유만으로 연안운송의 부담을 높이는 것은 거의 불가능하다고 판단된다. 따라서 연안운송의 경쟁력을 높이고 운송 부담을 높이기 위한 방안으로 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

① 환경오염에 대한 규제 또는 환경비용의 부가를 통하여 화물의 국내운송에서 적절한 수준의 도로운송과 연안운송 분

담을을 정책적으로 유도한다.

- ② 환경비용외에도 교통혼잡비용, 도로파괴비용, 교통사고비용 등의 사회적 비용을 고려하여 도로운송을 이용하는 화물중에서 연안운송으로 전환이 가능한 화물을 우선적으로 전환한다.
- ③ 기존의 컨테이너선(144~225TEU, 15노트)보다 대형·고속의 컨테이너선(300~500TEU, 30노트)을 투입하여 연안항해시간 단축, 운항원가 절감을 통하여 연안운송 경쟁력을 높인다.
- ④ 항해시간 단축, 항만 적하역 시간 단축 등을 통한 연안운송 시간의 단축과 정시성의 확보를 통하여 연안운송 서비스의 질을 향상시킨다.

5. 결 론

본 연구에서는 화물의 운송으로 발생하는 사회적 환경비용과 희생량 모델을 이용하여 부산항과 서울간의 수출입컨테이너 화물의 운송경로 선택에 대하여 고찰하였다.

본 연구의 결론은 다음과 같다.

- ① 희생량 모델을 이용한 수출입컨테이너 화물의 운송경로 선택의 결과, 연안운송이 선택되어지는 화물의 시간가치가 매우 낮으며 부산항을 이용하는 수출입컨테이너 화물의 낮은 연안운송 부담을 경향과 일치하였다.
- ② 도로운송과 연안운송의 교차 시간가치가 환경비용을 고려하지 않는 경우 3,462원, 환경비용을 고려하는 경우 31,491원으로 환경 비용을 고려함에 따라 연안운송이 선택되어지는 화물의 시간가치가 높아져 연안운송 경쟁력이 향상되는 것을 확인하였다.
- ③ 연안운송의 운송시간 또는 운송비용을 감소시킨 경우, 도로운송과 연안운송의 교차 시간가치 상승폭이 낮아 연안운송의 경쟁력을 향상시키기 위해서는 운송에 따른 사회적인 환경비용이 고려하는 것이 가장 유효한 방법이라고 판단된다.
- ④ 화물의 운송에 따른 사회적인 환경비용을 고려한 수출입컨테이너 화물의 운송경로 선택의 결과로부터 연안운송이 친환경적인 운송수단임을 확인하였다.
- ⑤ 환경비용의 고려, 연안운송의 운송시간 및 운송비용 변화 등에 따른 운송경로간의 교차 시간가치 변화 결과를 부산항과 일본 사이의 수출입 화물에 적용하여 연안운송으로 전환이 가능한 수출입 화물의 구체적인 품목에 대하여 고찰하였다.
- ⑥ 운송시간 또는 운송비용에 따른 연안운송의 경쟁력 변화에 대한 이론적인 고찰을 통하여 친환경 내항선의 기본설계를 위한 기초 자료를 확보하였다.

앞으로의 주요 연구과제로는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 운송경로별 부담을 계산을 위한 수출입컨테이너 화물의 시간가치 분포에 관한 연구

- ② 화물의 운송에 따른 환경비용뿐만이 아니라 도로혼잡, 도로파손 등의 사회적인 비용도 고려한 희생량 모델의 구성 및 운송경로 선택에 관한 연구
- ③ 연안운송 분담을 제고를 위한 연안운송비용과 연안운송시간의 저감, 육상운송과의 연계를 통한 운송서비스 향상, 경제성 평가 등에 관한 연구
- ④ 친환경운송수단인 연안운송을 담당하는 친환경 내항선 및 친환경 추진시스템의 설계 및 개발에 관한 연구

참 고 문 헌

- [1] 유승훈, 광승준, 김태유(1999), "서울시 대기질 속성의 가치측정-다속성효용이론에 근거한 조건부 가치측정법", 환경경제연구, 제7권 제2호, 한국환경경제학회
- [2] 이성원, 이영미(2000), "교통관련 사회적 비용의 계량화(1단계)", 교통개발연구원
- [3] 한국컨테이너부두공단(2002), "2001년도 컨테이너화물 유통추이 및 분석"
- [4] 한국해양수산개발원(2002), "해운통계", 한국해양수산개발원
- [5] 한국해양수산개발원(2001), "운송수단별 환경비용 추정과 시사점", 한국해양수산개발원 기본연구보고서.
- [6] 한국해양수산개발원(2000), "컨테이너화물의 연안운송 제약요인", 한국해양수산개발원 기본연구보고서.
- [7] 한국해양연구원(2001), "차세대 중소형 고속 컨테이너선 개발(Ⅲ)", 한국해양연구원 연구보고서

- [8] 해양수산부(2002), "2001년도 컨테이너화물 유통추이 및 분석"
- [9] 해양수산부 해양정책국 해양정책과(2001), "해상화물량 실적 및 전망".
- [10] 환경부(2000), "환경백서 2000"
- [11] 홍갑선(1999), "교통관련 사회환경비용의 내재화 방안", 교통개발연구원
- [12] 赤木新介(1995), "新 交通機關論", コロナ社
- [13] Dale V., C. Russel etc(1996), "Applying Multi-Attribute Utility Techniques to Environmental Valuation: A Forest Ecosystem Study", Paper Presented at the Southern Economic Association Meetings, Washington D. C.
- [14] Emile Quient(1994), "The Social Costs of Transport: Evaluation and Links with International Policies", Internalising the Social Costs of Transport, ECMT
- [15] Gregory, R., S. Lichtenstein and P. Slovic(1993), "Valuing Environmental Resources: A Constructive Approach", Journal of Risk and Uncertainty, Vol. 7
- [16] 운송닷컴(2002), "<http://www.woonsong.com>"
- [17] 한진해운(2002), "<http://www.hanjin.co.kr>"

원고접수일 : 2003년 1월 7일
 원고채택일 : 2003년 6월 4일