

주요 운송수단별 사회적 비용 내부화 비교 연구*
- 한국 광양항과 미국 오대호연안을 대상으로 -

신승식**

Comparision Study of Social Costs Internalization for the Main
Transportation Modes; Between Kwangyang Port and US Great Lakes

Seungsik Shin

Abstract : The purpose of this study is to evaluate the social costs of inland trucking and maritime transport between Kwangyang Port in Korea and the Great Lakes in US. Also, this study compares these social costs each other, and finds the way how to internalize them for the efficiencies of national logistics policies. This study uses the Contingent Valuation Method to evaluate the social costs for the two transport modes in each country.

The final result is that the social cost difference between inland trucking and maritime transport around US Great Lakes area is not so significant that there are not many chances to enhance the maritime transport in the region. However, in case of Korea, there is significant difference in social costs between the two transport modes, so that Korea government may have a lot of chances to improve the seaborne trade by way of various internalization policies.

Key Words : Social Cost, CVM, Inland Trucking, Environmental Costs, Internalization

▷ 논문접수: 2011.04.30 ▷ 심사완료: 2011.06.23 ▷ 게재확정: 2011.06.24

* 이 논문은 2008년도 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-013-B00045)

** 전남대학교 물류교통학전공 교수, shin2han@chonnam.ac.kr, 061)659-7354

I. 머리말

우리나라 화물 운송의 도로의존도는 지속적인 증가세를 보이고 있다. 특히 컨테이너 화물의 경우 화물의 신속성과 높은 시간가치로 인해 정부의 지속적인 「운송수단 전환(modal shift)」 정책에도 불구하고 도로수송 의존율은 지속적으로 증가하여왔다. 한국컨테이너부두공단(2010)에 따르면 부산항의 경우 전체 입출항 컨테이너 가운데 도로수송 점유율이 2005년의 88.4%(589TEU)에서 2009년에는 91.1%(602TEU)로 5년만에 2.7%포인트나 증가하였다. 또한 광양항의 경우에도 컨테이너 화물의 도로수송 점유율은 2005년의 79.4%(91만TEU)에서 2009년에는 90.6%(132만TEU)로 5년만에 무려 10%포인트 이상 상승하였다. 반면 같은 기간 동안 부산항의 철도운송은 10.3%에서 8.3%로, 부산항의 연안해송은 1.3%에서 0.6%로 크게 위축되었다. 특히 철도운송과 연안해송의 물동량은 증가율 뿐 아니라 절대적인 수량에서도 감소세를 지속하고 있어 수출입 화물의 도로수송 편중현상이 급속도로 증가하고 있음을 알 수 있다.

일반적으로 도로수송은 해상운송이나 철도수송에 비해 대기오염, 지구온난화, 생태계 파괴, 도로파손, 해양오염, 교통사고 등 많은 사회적 비용(social cost)을 야기한다. 특히 환경부분의 경우 도로와 철도 등 이동오염원은 전체 일산화탄소(CO)의 84.3%, 전체 미세먼지(PM10)의 59.0%, 전체 질소화합물(NOx)의 49.5% 등 많은 대기오염물질을 배출하고 있다(www.me.go.kr). 이와 같은 대기오염물질은 인체 뿐 아니라 동·식물, 지구온난화 등에도 악영향을 미쳐 다양한 사회적 비용을 유발하고 있다. 따라서 우리나라를 비롯한 미국, 유럽 등에서는 운송수단별 사회적 비용의 발생을 측정하고 이의 내부화(internalization)를 통해 바람직한 운송수단의 유인을 도모하고 있다.

이러한 정책은 흔히 「운송수단 전환」 혹은 「모달시프트(modal shift)」라 불리며, 주로 도로수송을 해상운송 또는 철도수송 등 대량화물 운송체계로 전환하는 것을 말한다. 그러나 많은 사람의 생각과 달리 이러한 운송수단 전환 정책이 사회적으로 반드시 바람직한 결과를 유도하지는 않을 수도 있다. 이를 판단하기 위해서는 먼저 두 운송수단간 사회적 비용을 추정하고 그 차이를 운임에 내부화할 수 있는지의 여부를 검토해 보아야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 전 세계적으로 대표적 운송수단인 도로수송과 해상운송에 대해 각각의 운송수단이 야기하는 사회적 비용을 추정하고 내부화 가능성에 대해 비교 검토해 보고자 한다. 이를 위해서는 컨테이너 화물에 대해 도로수송, 철도수송, 해상운송 및 항공수송이 모두 가능한 항만을 선택하고, 각 항만별로 각각의 운송수단이 야기하는 사회적 비용을 추정한 후, 이들의 차이를 내부화하여 한 운송수단에서 다른 운송수단으로 운송수단 전환이 가능할 것인가 여부를 판단하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 우리나라와 미국의 두 항만을 선택하여 운송수단 전환의 사회적 비용을 추정하고 이를 내부화시킬 가능성이 어느 정도인지를 비교한다. 우리나라의 경우 상기된 입지여건을 만족하고 선행 연구의 활용이 가능한 광양항을 선정하였으며, 미국의 경우 내륙 연안운송과 철도, 고속도로 및 공항이 완비된 미국 오대호 연안의 톨리도 항을 선정하였다. 비록 두 지역은 경제적 여건이나 배후산업, 인종 및 문화적 차이 등에 의해 사회적 비용의 수평적 비교는 불가능하지만, 각 지역에서 운송수단별 사회적 비용을 수직 비교하여 해당 지역에서 운송수단 전환 정책의 적용 가능성 여부는 상호 비교 가능할 것으로 판단된다.

사회적 비용은 통상 시장에서 거래되지 않는 다양한 비시장적 속성에 대한 국민들의 지불의사액(WTP)을 추정하는 것으로 이를 통해 국민들이 지불하려는 운송수단별 사회적 비용의 규모를 추정할 수 있다. 본 연구에서는 도로운송과 해상운송 각각에 대하여 우리나라와 미국의 사회적 비용을 추정하고, 이들의 비교를 통해 양국의 사회적 물류비용의 내부화 정도를 검토해보고자 한다. 우리나라의 경우 광양항을 중심으로 한 신승식(2007)의 연구 결과를 준용하며, 미국의 경우 5대호 연안의 중심항만인 오하이오주 톨리도(Toledo)항을 중심으로 추정한 2009년의 조사 결과를 적용토록한다. 다만, 2007년의 연구에서는 운송수단으로 도로운송, 철도운송, 해상운송 등 3개 운송수단에 대한 사회적 비용을 추정하였으나, 2009년 미국 톨리도항에 대한 조사에서는 조사비 등 제반 연구여건의 한계로 인해 도로운송과 해상운송에 대해서만 추정하였다. 따라서 한국과 미국의 운송수단별 사회적 비용 및 내부화 정도의 비교도 도로운송과 해상운송에 국한하였다.

이를 위해서 본 연구에서는 먼저 2장에서는 사회적 비용을 정의하고 운송수단의 사회적 비용 추정 선행연구를 검토한다. 3장에서는 미국 5대호 연안의 운송 현황을 살펴보고, 5대호 지역을 광양항 지역과 비교하기 위한 연구방법론을 제시한다. 이 연구에서는 2007년 광양항의 연구 결과와의 연결을 위해 동일한 형태의 조건부가치추정법(CVM)을 이용하였으며, 추정 모델도 Hanemann(1984, 1989)이 제시한 효용차이모형(Utility Difference Model)을 적용하였다. 4장에서는 이 모형을 통해 미국 5대호 연안에 대한 실증분석을 수행하여 도로운송과 해상운송의 사회적 비용을 추정하고 한국의 결과와 비교하였으며, 5장에서는 우리나라와 미국 오대호 연안의 사회적 비용과 내부화의 정도에 대해 설명하였다. 그리고 6장에서는 본 연구의 요약 및 결론을 제시하였다.

II. 국내외 연구 사례

사회적 비용(social cost)이란 특정 경제주체가 특정 재화 또는 서비스의 생산에 따라 해당 경제주체를 포함하여 사회 전체가 지불해야 하는 비용을 의미한다(신승식, 2007). 이는 통상 개인 또는 개별 기업이 서비스의 생산과정에서 지불하는 인건비, 원자재 구입비 등 사적 비용(private cost)과 함께 환경오염 및 비시장적 비용을 모두 포괄하는 개념이다. 따라서 통상적으로 사회적 비용은 사적 비용을 초과하게 된다.

운송시장에서 유발되는 사회적 비용은 1996년에 유럽교통장관협의회(European Conference of Ministers of Transportation; ECMT)의 정의에 따른다. ECMT는 운송 부문에서 발생하는 사회적 비용으로 차량운행비용, 교통시설비용, 교통사고비용, 환경오염비용, 교통혼잡비용 등으로 구분하였다. 또한 이러한 사회적 비용은 교통서비스의 제공자 또는 이용자 등 시장참여자가 직접 비용을 지불하는 내부비용(internal cost)과 시장참여자가 직접 비용을 지불하지 않는 외부비용(external cost)으로 구분하였다(ECMT, 1996).

<표 1> 교통부문의 사회적 비용

구 분	사회적 비용	
	내부비용	외부비용
차량운행비용	유류비, 차량비, 통행료	타인부담비용(무료주차 등)
교통시설비용	도로이용료, 차량세, 유류소비세	회수되지 않는 시설비용(매몰비용)
교통사고비용	보험료, 교통사고 피해비용	타인의 정신적·육체적교통
환경오염비용	환경오염 피해비용	소음, 대기오염 등으로 인한 인체 및 재산상의 피해
교통혼잡비용	시간비용	타인에 대한 교통지체비용

자료: ECMT, *Toward Fair and Efficient Pricing in Transport*, 1996.

운송부문의 사회적 비용에 대한 추정은 1990년대 유럽과 미국을 중심으로 많은 연구가 이루어졌다. 이와 같은 연구는 도로운송과 철도운송, 그리고 해상운송 간의 「운송수단 전환(modal shift)」을 위한 기본 자료 확보 차원에서 이루어진 것이다. 도로운송의 사회적 비용이 철도운송 및 해상운송에 비해 높으며, 이를 절감하기 위해서는 대량화물 운송수단인 철도운송과 해상운송으로의 운송수단 전환이 필요하다는 점을 강조하기 위

한 것이었다.

유럽에서는 독일과 스위스에서 운송수단별로 오염발생비용 추정이 수립되었다.

Quient(1994)는 1980년대에 독일과 스위스의 각 연구기관에서 수행된 운송수단의 오염발생비용 메타 연구를 통해 도로운송이 철도나 해상운송에 비해 1~5배 정도 높은 사회적 비용이 발생하는 점을 밝혀냈다. 또한 Quient(2004)에서도 메타 연구를 통해 유럽의 운송수단별 오염발생비용을 추정하였다. 그러나 Quient(1994, 2004)의 연구는 다양한 사회적 비용 가운데 환경비용에만 치중되었다는 문제점이 있다.

<표 2> 운송에 의한 오염발생비용

(단위 : 0.01ECU)

연구기관	국 가	연도	톤-km당 오염 비용		
			공 로	철 도	해 운
Marbuger	독 일	1985	0.05~0.12	0.01~0.02	0.01~0.02
Planco	독 일	1986	0.07~0.17	0.01~0.02	0.01~0.02
Henz et al.	독 일	1984	0.04~0.20	0.01~0.03	0.01~0.03
Pillet	스위스	1985	0.78~1.25	0	0
Infras	스위스	1990	0.55~1.53	0	0
EcoPlan	스위스	1989	4.66	-	-
Planco92	독 일	1985	1.33	0.06	0.16

자료: Emile Quient, "The Social Costs of Transport : Evaluation and Links with International Policies", *Internalising the Social Costs of Transport*, ECMT, 1994.

한편 Kageson(1994)은 독일에서 트럭, 전철, 철도 등 육상운송수단별로 오염의 사회적 비용을 추정하였다. 그의 연구에 따르면 트럭이 유발하는 사회적 비용이 전철의 3배, 철도의 2배 높은 것으로 나타났다. 트럭의 경우 교통사고 부문에서 가장 높은 비용을 유발하였으며, 대기오염 부문에서는 철도가 트럭보다 더 높은 사회적 비용을 유발하는 것으로 연구되었다. Kageson(1994)의 연구는 해상운송에 대해 사회적 비용을 추정하지 않아 우리의 연구와 수평적으로 적용하기 어려운 한계점이 있다.

미국의 Delucchi(2000)는 피해함수기법을 이용하여 자동차에 의한 사회적 비용을 추정하였다. Delucchi(2000)는 자동차에 의해 발생하는 총 사회적 비용 가운데 3~16%가 환경오염에 의해 발생되며, 순수 외부비용만을 고려할 경우 36~64%가 환경부문에서 발생한다는 점을 지적하였다.

<표 3> 독일에서 육상교통수단의 사회적 비용

(단위 : ECU/천톤)

운송수단	대기오염	CO2	소 음	교통사고	계
트럭	5.6	2.5	0.6	3.5	12.2
전철	0.8	1.9	0.3	1.4	4.4
철도	6.0	0.6	0.0	0.1	6.7

자료: Transport Canada, US Army Corps of Engineers, and US DoT, Great Lakes St. Lawrence Seaway Study, 2007, p106.

<표 4> 미국에서 자동차에 의한 사회적 비용

(단위 : 10억달러)

오염구분	최저	최고
1. 환경의 외부비용	34	527
2. 화폐적 외부비용(사고와 체증의 화폐적 비용 등)	41	212
3. 비화폐적 외부비용(사고의 고통비용, 체증의 비시장 비용 등)	44	98
4. 정부 인프라 및 서비스(고속도로, 고속도로 순찰 등)	131	247
5. 민간부문 무료 재화와 서비스(무료 주차 등)	76	279
6. 민간부문 재화와 서비스(자동차, 연료 등)	821	970
7. 사적 비시장 비용(개인의 사고위험감수 등)	527	968
합계	1,675	3,301

자료: Delucchi, M., "Environmental Externalities of Motor-Vehicle Use in the U.S.", *Journal of Transport Economics and Policy*, 2000.

이들 외에도 Safirova 등(2007)은 운송부문의 사회적 비용에 한계적 개념을 도입하여 차량의 총주행거리(VMT)를 중심으로 사회적 한계비용의 각 속성이 변화하는 비율에 따라 사회적 비용의 변화율을 추정하였으며, Parry 등(2007)은 차량의 총주행거리에 대해 각각의 외부비용을 구분하여 마일당 발생하는 사회적 비용을 추정하였다. Parry 등(2007)의 추정 결과에 따르면 혼잡비용과 교통사고 발생비용이 가장 높은 것으로 나타났다.

그러나 이들의 연구는 모두 자동차에 대해 연구가 국한되었으며, 철도와 선박 등 운송수단별 사회적 비용 추정이 수반되지 않았다는 한계점이 있다. 또한 자동차의 경우에도 화물수송과 인적 수송, 트럭과 자가용 등 물류부문에 적용하기 어려운 점이 한계로 제시된다.

<표 5> 도로수송의 한계 외부비용

(단위 : 센트/마일)

속성	대기오염	교통사고	기후변화	석유의존	소음	혼잡
외부비용	2.02	2.64	0.35	0.53	0.053	3.08

자료: Parry, I., Walls, M., and Harrington, W., "Automobile Externalities and Policies", *Journal of Economic Literature*, 2007..

또한 본 연구의 비교대상인 5대호 연안의 운송수단에 대해서도 그동안 많은 연구가 이루어졌다. Taylor(2006)는 5대호 운송에 대한 비용-편익분석을 통해 선박을 통한 운송이 트럭이나 철도 등 육상운송수단에 비해 톤당 4.47달러의 사회적 비용을 절감한다고 분석하고, 이를 통해 얻을 수 있는 연간 편익은 5,490만달러에 달하는 것으로 연구되었다. 그러나 이러한 이점에도 불구하고 선박에 의한 수출입 운항은 발라스트 및 선저부착 생물 등에 의한 5대호 생태계 교란의 가능성이 있어 종합적인 사회적 편익은 오히려 감소할 것이라고 주장하였다. 캐나다 교통부와 미육군 공병단, 미국 교통부 등이 발간한 「Great Lakes; St. Lawrence Seaway Study」(2007)에서도 북미지역에서 5대호 화물운송의 경제적 편익에 대해 언급하는 한편, 환경적 피해의 가능성도 검토하고 있다.

한편, 국내에서도 운송수단의 사회적 비용 추정에 대해서는 많은 연구가 이루어졌다. 운송부문의 사회적 비용 추정과 관련하여 홍갑선(1999)은 「교통 관련 사회환경비용의 내재화 방안」을 통해 교통관련 사회적 비용을 처음 추정하였다. 홍갑선(1999)은 운송부문의 사회환경비용을 ECMT(1995)의 구분에 따라 교통사고, 소음, 교통혼잡, 교통시설 공급 등으로 나누고 조준모(1996)의 연구 결과를 활용하여 1997년의 교통관련 사회적 비용을 간접적으로 추정하였다.

또한 이성원·이영미(2000)는 교통부문에서 발생하는 대기오염 및 소음 등 여러 가지 환경피해의 화폐적 환산을 위한 방법론을 분석하고, 이 가운데 포괄적인 의미의 환경피해 추정이 가능하고 상대적으로 적은 자료수집비용이 요구되는 헤도닉가격모형(Hedonic Price Model)을 통해 시범 추정을 시도하였다.

이외에도 손의영 등(2001)은 비용발생법에 의해 자동차의 소유와 운행에 따른 사적 비용과 사회적 비용을 추정하였으며, 김준순 등(2002)은 육상운송수단인 도로와 철도를 대상으로 대기오염, 온실가스, 소음, 토지이용, 교통사고, 교통혼잡 등 6개 항목으로 사회적 비용을 추정하였다. 한편, 이영준 등(2004)은 철도사업의 환경평가를 위해 철도와 도로를 에너지 효율성과 사회적 비용 등 환경비용 측면에서 비교하였다. 이들의 연구 결과 철도는 도로보다 우수한 것으로 확인되었으며, 이러한 철도의 친환경성에 관한 분

석내용은 환경친화적 교통시스템 구축과 교통수요 관리, 배출가스 저감 등 측면에서 교통정책을 구현하는 데 철도투자를 장려하게 되는 근거가 되고 있다. 또한 심기섭(2003)은 조건부가치추정법(CVM)을 이용하여 항만개발의 환경비용을 추정하였으며, 그동안 경제적 측면만을 고려한 항만건설 정책을 지양하고 항만의 건설에 따른 환경적 피해에 대해서도 고려되어야 함을 지적하였다.

운송수단별 환경비용의 추정 및 비교는 신승식(2002, 2007)의 연구가 있다. 신승식(2002)에서는 다속성효용이론(MAUT/CVM)을 이용하여 도로수송, 철도운송, 해상운송에 대해 환경비용을 추정하여 비교하였다. 이 연구에서는 환경비용 유발 속성을 7개로 구분하고 각 속성별 가중치를 산출하여 비교 운송수단별로 비교분석하였다. 또한 신승식(2007)에서는 연구의 범위를 넓혀 환경비용 뿐 아니라 운송수단별 사회적 비용을 추정하고 비교하였다. 이 연구에서는 철도운송이 가장 효율적인 운송수단으로 연구하였다.

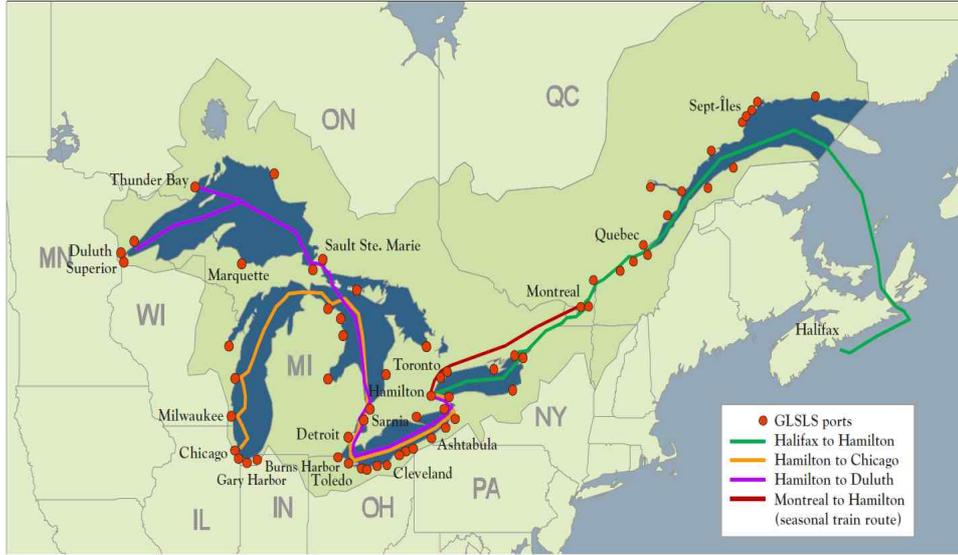
그러나 국내의 연구 결과는 우리나라에 한정되어 있을 뿐 Quient(1994, 2004)의 예와 같이 다른 나라와의 운송수단별 사회적 비용의 비교는 수행되지 않았다. 이는 그동안의 연구가 운송수단의 사회적 비용 추정 불모지인 국내에서 올바른 사회적 비용을 추정하는 방법론의 정립에 주력한 결과로 판단되며, 현 시점에서 동일한 연구 관점에서 외국의 경우와 비교 분석할 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

Ⅲ. 연구 내용 및 분석 방법론

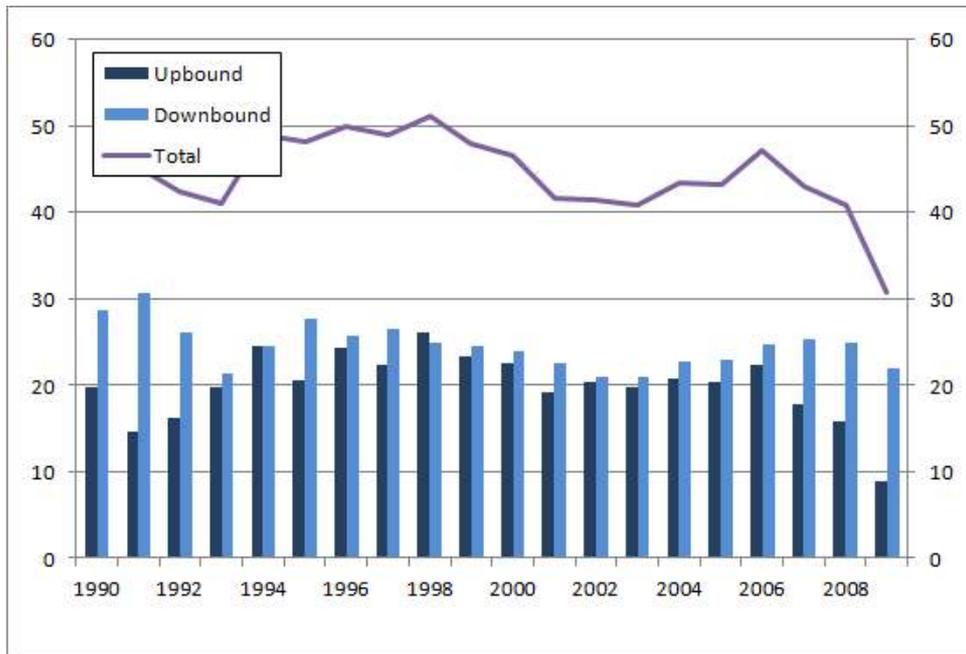
1. 미국 5대호의 화물 운송 현황

미국 5대호는 북미지역의 내륙과 대서양을 연결하는 중요한 운송수단의 하나이다. 미국 5대호는 북미 공업지역의 심장부에 위치하고 있으며, 북미 인구의 25%가 거주하는 한편 미국 제조업과 서비스업의 55%를 점유하는 지역이다(Transport Canada, US Army Corps of Engineers, and US DoT: 2007). 주요 운송 품목은 자동차와 철강산업에 필수적인 철광석과 석탄이며, 인근 공업단지에서 많은 컨테이너 반출입이 이루어지고 있다. 미국 5대호 지역은 미국과 캐나다 16개 주에 걸쳐있으며, 약 50개의 내륙 항만이 연결하여 많은 수송을 이루고 있는 지역이다.

<그림 1> 미국 5대호 연안의 주요 항로



<그림 2> 미국 5대호 연안의 물동량 변화 추이

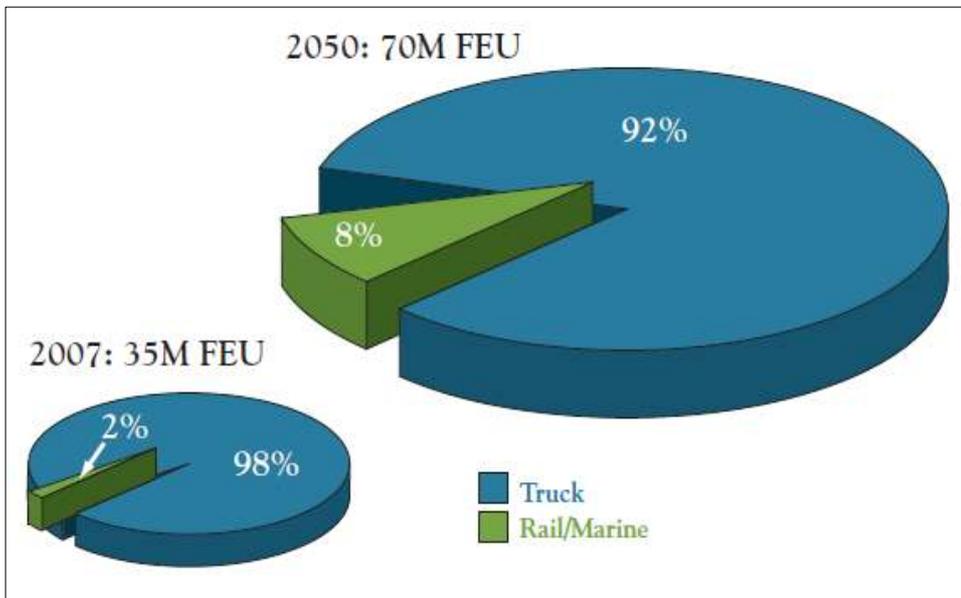


자료: The St. Lawrence Seaway Management Corp., *The St. Lawrence Seaway Traffic Report 2009 Navigation Season*, 2010.

그러나 미국 5대호 지역의 화물 수송량은 지속적으로 감소하고 있다. 1998년에 5,113만톤에 이르렀던 5대호 센트로렌스 수로 통과화물의 물동량이 2009년에는 3,071만톤으로 11년만에 2,000만톤 이상 급감하였다. 이와 같은 감소는 2008년 이후 미국내 금융위기에 따른 경기 침체의 영향이 크지만, 중장기적으로 미국내 고속도로(Intercity highway)의 건설에 따른 도로수송의 확대 때문으로 판단된다.

앞서 언급한 바와 같이 5대호 지역은 미국 산업의 중심지가 위치해 있기 때문에 많은 컨테이너 물동량이 발생한다. 2007년에 5대호 연안에서 발생한 컨테이너 물동량은 총 3,500만FEU에 달했으나 이 가운데 5대호를 이용한 해상수송은 2%에 불과했다. 미국 정부는 늘어나는 도로 수송으로 인해 도로의 정체가 야기될 것이며, 이는 해상운송과 철도운송 등 다른 운송수단으로 전환을 촉진하여 트럭에 의한 컨테이너 운송 비율이 2007년의 98%에서 2050년에는 92%까지 감소시킬 전망이다.

<그림 3> 미국 5대호 연안 지역의 컨테이너 발생량 및 해상 점유율 현황 및 전망



자료: Lake Carriers' Association

2. 연구방법론

본 연구는 2007년에 우리나라 광양항에서 추정한 우리나라 컨테이너 화물의 도로운송과 해상운송의 사회적 비용과 2009년에 미국 5대호 최대의 항만인 오하이오주 톨리

도(Toledo) 항만에서 추정된 컨테이너 화물의 사회적 비용을 비교하고 이의 내부화(internalization)가 운송수단 전환(modal shift)에 미치는 영향을 분석하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 2007년에 우리나라 광양항에서 추정된 운송수단별 컨테이너 화물의 사회적 비용 추정 방법론을 그대로 적용하여 2009년 7월에 미국 오하이오주 톨리도항에서 컨테이너 화물의 도로수송과 해상운송의 사회적 비용을 추정하였다.

기본적인 연구 방법론은 해당 재화의 구입 또는 해당 재화로부터 발생하는 피해를 막기 위한 소비자의 지불의사액(WTP)을 추정하는 것이다. 본 연구에서는 도로운송, 해상운송 등 화물운송의 2대 운송수단 각각에서 발생하는 사회적 피해를 제시하고 이에 대한 소비자의 지불의사액을 추정한다. 이러한 목적의 달성을 위해서 본 연구에서는 한국에 대한 연구인 신승식(2007) 연구와 비교하기 위해 이 연구에서 채용했던 조건부가치추정법(CVM)이라는 서베이 접근방법을 사용한다. 조건부가치추정법은 설문 응답자들로부터 특정의 비시장적 재화나 서비스에 대한 최대의 지불의사액(WTP)을 유도하고 이를 통해 해당 재화의 비시장적 가치를 직접 도출하는 것이다(Mitchell and Carson, 1989). 조건부가치추정법(CVM)에서 사용되는 지불의사액 유도방법에는 개방형 질문법(open-ended question)과 폐쇄형 질문법(closed-ended question)이 있다. 본 연구에서는 폐쇄형 질문의 하나로 응답자의 응답 편의성을 확보하고 출발점 편향(starting point bias)과 응답자의 전략적 응답 가능성을 크게 줄임으로서 분석의 정밀성을 확보할 수 있는 양분선택형 질문법(dichotomous choice question)을 채택하여 분석한다.

일반적으로 폐쇄형 자료의 후생분석은 Hanemann(1984), Sellar et al.(1985) 등이 제시한 효용차이모형(utility difference model)과 Cameron and James(1987), Cameron(1988)이 제시한 지불의사함수차이모형으로 나뉜다. 그러나 McConell(1990)은 Cameron(1988)의 지불의사함수차이모형과 Hanemann(1984) 등의 효용차이모형을 비교하였으며, 두 모델이 동일하게 기본적인 효용이론의 구성으로부터 유도될 수 있고, 후생을 결정하는 공식에서 두 모형은 행위와 선택에 대해 동일한 예측치를 제공함을 보였다. 이러한 배경에 따라 본 연구에서는 효용차이모형만을 고려하여 지불의사액을 추정하는 모형을 고려한다.

IV. 실증분석 : 미국 5대호 연안의 운송수단별 사회적 비용 추정

본 연구에서는 미국 5대호 연안의 최대 물동량 처리 항만인 오하이오주 톨리도(Toledo) 항을 중심으로 도로수송과 해상운송의 사회적 비용을 추정하였다. 이를 위해 도로수송과 해상운송 각각에 대해 조건부가치추정법(CVM)을 적용하였으며, 따라서 총

2회의 조건부가치추정법을 시도하였다. 설문 결과의 객관성 확보를 위해 설문의 표본 집단도 도로운송과 해상운송 각각에 대해 독립적으로 구성하였다. 그리고 이의 결과를 2007년 한국에 대한 추정 결과와 비교하였다.

1. 설문의 방법 및 내용

1) 설문의 방법

이 연구에서는 조건부가치추정법(CVM)을 이용하여 도로수송과 해상운송이 유발하는 사회적 비용의 추정을 위해 2009년 7월 20일부터 7월 25일까지 6일간 오하이오주 톨리도 항의 배후지역인 톨리도 시내(Toledo downtown), 페리스버그(Perrysburg), 볼링그린(Bowling Green)의 시민들을 대상으로 설문조사를 수행하였다. 조사대상을 톨리도 항 배후지역으로 정한 이유는 앞서 언급한 바와 같이 동 지역이 해당 항만에서 도로운송, 해상운송, 철도운송, 항공운송이 모두 가능한 지역기 때문이다. 즉, 다양한 운송수단이 접근 가능하고 실제 서비스가 이루어지고 있어야 컨테이너화물의 운송수단 전환이 가능하며, 이를 가치화할 수 있기 때문이다.

톨리도항은 5대호 연안운송의 최대 물동량 처리 항만으로 인근 톨리도 철도역에서 톨리도항까지 철도가 연결되어 있으며, 인근 디트로이트(Detroit)의 자동차 부품 공급지로서 75번 및 80번 고속도로(highway)가 교차되고 인근에 톨리도 공항이 있어 풍부한 물동량으로 도로운송, 철도운송, 해상운송 및 항공운송이 이루어지는 곳이다. 즉, 이 지역의 주민들은 도로와 철도, 해상운송의 장·단점을 모두 이해하고 있으며, 이에 따른 차이를 명확히 구분할 수 있는 집단으로 판단되었기 때문이었다.

그러나 무엇보다 중요한 점은 이 지역이 도로수송, 철도운송, 해상운송, 항공운송 등이 구비된 광양항의 입지와 매우 유사한 측면이 있어 2007년의 우리나라 분석 결과와 5대호의 분석 사례를 동일한 수준에서 비교 가능하다고 판단하였기 때문이다. 본 조건부가치추정(CVM)에서는 대상 집단을 2개로 구분하여 도로운송과 해상운송의 사회적비용 추정에 각각 132개의 표본을 조사하였다.

2) 설문의 내용

먼저 각각의 운송수단이 미치는 사회적 비용의 올바른 추정을 위해서 볼링그린주립대학(Bowling Green State University) 소속 미국인 학생 10명을 설문자로 추출하여 이들을 대상으로 설문 교육을 실시하였다. 설문자들은 1차적으로 응답자들이 도로수송

과 해상운송의 특징 및 이의 사회적 비용 구성에 대해 거의 지식이 없다고 가정하고, 응답자를 대상으로 설문에 앞서 먼저 이들의 의미를 설명토록 교육하였다. 개별 운송수단이 미치는 사회적비용은 크게 대기오염, 도로파손, 소음, 경관파괴, 교통체증, 해양오염, 운송시간비용 등 7개로 구분하여 각각의 운송수단이 야기하는 사회적 비용의 수준을 상·중·하로 구분하였다¹⁾. 그리고 정부가 가칭 「크린모드 프로젝트(Clean Mode Project)」를 통해 개별운송수단의 사회적비용을 도로, 철도, 해운 등 3개 운송수단의 가장 낮은 수준으로 수렴시켜 각각의 운송수단이 야기하는 환경비용이나 제반 사회적비용의 극소화를 유지할 때 국민의 생활수준은 크게 제고될 것이라는 내용을 제공하였다. 그리고 이와 같은 가상적 상황에서 국민들이 국세나 지방세 등을 통해 일정액의 사업비용을 지불할 용의가 있는가를 폐쇄형(closed-ended)으로 질문하였다²⁾.

이 외에 조건부가치추정(CVM)에 있어서 공변량의 영향을 고려하기 위해 2개의 표본집단에 대해 공통적으로 응답자 개인의 출생년도(BIRTH), 성별(SEX), 결혼여부(MAR), 물류관련업체 종사여부(LOGIS), 교육수준(EDU), 가구 월소득(INCOME) 등을 질문하였다. 이러한 설명변수의 선정은 지불의사액이 결혼이나 성별 등 제반 사회경제적 지표에 의해 변동되는지의 여부를 판단하기 위한 것으로, 대부분의 이중경계 CVM에서는 이러한 공변량을 포함하고 있다. 또한 이러한 질문의 내용은 2007년에 광양항을 대상으로 한 조건부가치추정(CVM) 조사와 전적으로 일치하는 수준으로 구성되었다.

3) 추정 모형 : 이중경계 양분선택 모형(double-bounded dichotomous choice; DBDC)

2개 운송수단의 사회적비용을 추정하기 위해 본 연구에서는 양분선택형 질문법(dichotomous choice question; DC)에 의한 Hanemann(1984)의 효용차이모형을 이용하였다. 통상 양분선택형 질문법(DC)에는 Bishop and Heberlein(1979)이 제시한 단일경계 양분선택형(single-bounded dichotomous choice; SBDC) 모형과 Hanemann(1985)에 의해 제시된 이중경계 양분선택형(double-bounded dichotomous choice; DBDC) 모형이 많이 쓰인다. SBDC의 경우 설문은 쉽지만 통계적 효율성이 낮아 많은 표본이 필요하다는 문제점이 있으며, DBDC의 경우 표본은 작지만 설문자에게 이중의 질문을 하는 점이 문제점으로 지적된다. 본 연구에서는 예산제약에 의한 표본의 한계로 인해 궁극적으로 DBDC 모형을 채택하였다.

DBDC의 모형에서는 두 번의 지불의사금액에 대한 피설문자의 응답을 통해 지불의

1) 비용이 높으면 상, 비용이 낮으면 하로 하였다.

2) CVM의 추정을 위해서는 비이용자인 일반국민이 판단하는 존재가치나 옵션가치의 추정을 위해 조사범위를 확대해야 하나 본 조사에서는 개별 운송수단의 사회적비용이 일반국민에게 인식되는 부분이 높지 않다고 판단하여 비이용자의 존재가치 등은 추정하지 않았다.

사액(WTP)를 결정한다. 즉, 첫 번째 제시금액 A_i 에 대해 응답자가 '예'라고 대답한 경우 두 번째 제시금액을 A_i 보다 큰 A_i^u 를 제시하고, 첫 번째 제시금액 A_i 에 '아니오'라고 응답한 경우의 두 번째 제시금액은 A_i 보다 작은 A_i^d 를 제시한다. 따라서 얻을 수 있는 4개의 결과는 ① 예-예(YY), ② 아니오-아니오(NN), ③ 예-아니오(YN), ④ 아니오-예(NY)인데, 이들 각각의 확률을 π^{yy} , π^{nn} , π^{yn} , π^{ny} 이라고 가정한다. 응답자가 효용을 극대화한다는 가정 하에서 이들 확률은 다음과 같이 유도된다. 우선 π^{yy} 에 대하여 $A_i^u > A_i$ 이므로 $\Pr\{A_i \leq \text{최대 WTP} \mid A_i^u \leq \text{최대 WTP}\} = 1$ 인 사실을 이용하면 각각의 확률은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi^{yy}(A_i, A_i^u) &= \Pr\{A_i \leq \text{최대 WTP} \text{ and } A_i^u \leq \text{최대 WTP}\} \\ &= \Pr\{A_i \leq \text{최대 WTP} \mid A_i^u \leq \text{최대 WTP}\} \Pr\{A_i^u \leq \text{최대 WTP}\} \\ &= \Pr\{A_i^u \leq \text{최대 WTP}\} = 1 - G_C(A_i^u) \end{aligned} \quad (6)$$

마찬가지로 $A_i^d < A_i$ 이므로 $\Pr\{A_i^d \leq \text{최대 WTP} \mid A_i \leq \text{최대 WTP}\} = 1$ 인 사실을 이용하면, π^{nn} , π^{yn} , π^{ny} 의 확률을 구하고 다음과 같은 로그우도함수를 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln L &= \sum_{i=1}^N \{I_i^{yy} \ln \pi^{yy}(A_i, A_i^u) + I_i^{nn} \ln \pi^{nn}(A_i, A_i^d) \\ &\quad + I_i^{yn} \ln \pi^{yn}(A_i, A_i^u) + I_i^{ny} \ln \pi^{ny}(A_i, A_i^d)\} \\ &= \sum_{i=1}^N \{I_i^{yy} \ln [1 - G_C(A_i^u)] + I_i^{nn} \ln [G_C(A_i^u) - G_C(A_i)] \\ &\quad + I_i^{yn} \ln [G_C(A_i) - G_C(A_i^d)] + I_i^{ny} \ln [G_C(A_i^d)]\} \end{aligned} \quad (7)$$

Hanemann(1984)에 따르면 지불의사금액(WTP)이 0보다 크거나 같을 경우의 절단된(truncated) 평균 지불의사액(WTP)는 다음과 같이 유도될 수 있다.

$$WTP^T = \frac{1}{b} \ln [1 + \exp(a)] \quad (8)$$

반면, 수요자들이 정부의 운송수단에 대한 가칭 「크린모드(Clean Mode) 프로젝트」에 의해 오히려 피해를 본다고 생각한다면 지불의사액은 0보다 작을 수도 있다. 즉, 소비자가 돈을 지불하는 것이 아니라 정부로부터 피해를 보상받아야 된다고 생각한다는 것

이다. 이 경우 평균 WTP는 (8)식과 같이 절단된 평균 WTP에 비해 크게 작아진다. 현실적인 측면에서 정부의 사업은 이해당사자가 아닌 사람에게 부담을 줄 수 있으므로 이를 고려할 경우 음의 WTP를 인정하는 것이 합리적이며, 보수적인 추정치라고 할 수 있다.

$$WTP^{NT} = \frac{a}{b} \quad (9)$$

한편, 응답자들의 사회·경제적 특성이 자신의 지불의사액(WTP)에 미치는 영향을 반영하기 위해서 각 속성의 공변량(covariate)을 포함하여 모형을 분석할 필요도 있다. 공변량의 변화를 반영할 경우 위의 모형에서 a 는 $a + x_i'\beta$ 로 변형되며, 이 경우 β 는 추정되어야 할 모수 벡터에 해당한다.

3. 추정 결과

미국 5대호에서 도로수송과 해상운송의 사회적 비용을 추정하기 위해 도로운송, 해상운송 각각에 대해 조건부가치추정법(CVM)을 수행하였다. 운송수단별 추정 결과는 다음과 같다.

1) 변수의 설명

도로운송의 사회적비용을 추정하기 위해 숙련된 미국 대학원생 설문조사원이 일대일 개별면접을 통해 수행한 150개의 설문결과 중에서 공변량을 포함한 모형의 추정에 반드시 필요한 가구소득자료 등이 누락된 자료 18개를 제외하고 총132개의 이용 가능한 자료를 얻었다.

한국에 대한 조사에서와 마찬가지로 오하오주 톨리도(Toledo)항에 대한 조사에서도 도로운송의 사회적 비용을 추정하는 한편, 응답자의 경제사회적 통계를 위해 나이(AGE), 성별(SEX), 결혼여부(MAR), 물류업 종사여부(LOGIS), 교육수준(EDU), 가계소득(INC) 등을 조사하였다. 이 통계 가운데 AGE, LOGIS, EDU, INC 등의 변수는 CVM 추정에 있어서 공변량을 포함하는 모형에 적용하였다.

응답자의 나이를 알기 위한 조사에서 응답자는 분포는 18세에서 73까지로 평균은 30.727세였다. 성별(SEX)은 여자의 경우 0, 남자의 경우 1로 응답토록 하였으며, 평균치는 0.439이었다. 이는 응답자의 43.9%가 남자임을 의미한다. 응답자의 73.5%가 기혼

(MAR)이었으며, 물류관련 종사자(LOGIS)의 비율은 15.9%였다. 응답자의 평균 교육수준(EDU)은 15.167년(대학 3년 중퇴)이었으며, 가구당 월평균 소득 수준(INCOME)은 평균치가 3.432(약 3,432달러)였다.

<표 6> 도로수송의 사회적비용 추정을 위한 표본의 기본 통계

변수명	평균	표준편차	최대치	최소치
제시가격(BIDPRI)	6.5	2.631	10	2
나이(AGE)	30.727	15.253	73	18
성별(SEX)	0.439	0.498	1	0
결혼여부(MAR)	0.735	0.443	1	0
물류관련(LOGIS)	0.841	0.367	1	0
교육수준(EDU)	15.167	2.112	21	8
소득(INCOME)	3.432	2.794	11	1

한편 본 연구에서는 Hanemann(1984)의 효용차이모형을 이용하여 도로수송의 사회적비용 추정을 위해서는 응답자에게 제시가격(BIDPRI)을 부여하는데, 여기에서는 각 응답자에 대해 월 2달러에서 10달러원까지 2달러단위로 5개의 값 가운데 하나를 무작위로 제시하였다. 여기에서 제시된 가격은 설문 작성 및 수정을 위한 예비조사를 통해 결정되었다³⁾.

2) 5대호 연안 도로수송의 사회적 비용

도로수송의 사회적 비용을 추정하기 위해 이중경계 양분선택형(DBDC) 모형을 최우추정법(maximum likelihood estimation)으로 추정하였다. 모형의 정확성을 위해 공변량을 포함하지 않은 모형과 공변량을 포함한 모형으로 각각 추정하였다. 공변량을 포함한 모형의 경우 앞에서 조사한 6개의 경제사회변수 가운데 응답자의 행동을 가장 잘 반영한다고 생각되는 물류산업 종사여부(LOGIS), 교육수준(EDU), 출생년도(BIRTH), 소득(INCOME) 등 4개의 변수만을 반영하였다.

3) 예비조사는 본조사에 앞서 지역의 주민들을 대상으로 적정 제시가격 산정을 위해 조사하였다. 본 연구에서는 본조사에 앞서 20명의 주민에 대한 지불의사를 개방형(open-ended)으로 설문하였으며, 그 중앙값을 선택하였다.

<표 7> 도로운송의 모형 추정결과

변수	추정계수	
	공변량 포함하지 않음 (t-통계량)	공변량 포함 (t-통계량)
상수	0.8136 (4.0138)**	5.7531 (3.9464)**
물류산업 종사여부(LOGIS)	-	-1.1510 (2.4713)*
교육수준(EDU)	-	-0.1409 (1.5967)
나이(BIRTH)	-	-0.0512 (3.5458)**
소득(INCOME)	-	-0.3030 (0.4000)
제시금액(BIDPRI)	0.1911 (8.6697)**	0.2257 (8.7236)**
관측치 개수	132	
로그-우도값(log-likelihood)	-181.0588	-164.7447
Wald 통계량 (p-value)	25.1132 (0.0000)**	5.5609 (0.01837)*

주: **는 유의수준 1%에서, *는 유의수준 5%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

공변량을 포함하지 않은 모형의 경우, Wald 통계량으로 볼 때 추정방정식 내 추정 계수들의 값이 0이라는 귀무가설은 유의수준 1%에서 통계적으로 기각되었다. 한편 제시금액에 대한 계수는 0.1911로 예상값을 가지며, 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의했다.

한편 공변량을 포함한 모형의 경우 Wald 통계량으로 볼 때 추정방정식에 있는 모든 추정 계수들의 값이 0이라는 귀무가설은 유의수준 5%에서 통계적으로 기각되었다. 그러나 추정계수의 부호는 예상과 일치하지 않았으며, 계수의 유의성도 낮은 것으로 판단되었다. 따라서 본 추정치는 공변량을 포함한 경우 통계적 유의성은 낮았으며, 공변량을 포함하지 않은 모형이 통계적으로 매우 우수한 것으로 판단되었다.

<표-7>의 추정 결과를 이용하면 도로운송의 사회적비용을 절감하기 위한 정부 프로젝트에 대한 가구당 연평균 WTP를 계산할 수 있다. 본 연구에서는 공변량의 포함여부에 따라 2개의 모형을 고려하였으므로 총 4개의 평균 WTP와 절단된 WTP를 구할 수 있었다. 또한 이들의 95% 신뢰구간을 제공함으로써 모형의 안정성을 높였다. 여기에서

신뢰구간의 추정은 Krinsky and Robb(1986)의 Monte Calro⁴⁾기법을 이용하였다.

<표-8>에 의하면 도로운송의 사회적 비용을 절감하기 위한 가구당 평균 지불의사액(WTP)은 4.2568달러~6.1766달러인 것으로 나타났다. 이때 추정된 평균 WTP와 절단된 평균 WTP는 모두 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하였다.

<표 8> 도로운송의 사회적비용(WTP) 추정결과

구분	이중경계 양분선택형 모형(DBDC)	
	절단되지 않은 추정치 (t-통계량)	절단된 추정치 (t-통계량)
평균WTP	4.2568달러 (5.0113)**	6.1766달러 (9.7685)**
95%신뢰구간	1.8423달러 ~ 6.4942달러	4.7269달러 ~ 8.2021달러

3) 5대호 연안 해상운송의 사회적 비용

5대호 연안의 해상운송이 야기하는 사회적 비용을 추정하기 위해 도로수송과 마찬가지로 이중경계 양분선택형(DBDC) 모형을 최우추정법(maximum likelihood estimation)으로 추정하였다. 모형의 정확성을 위해 공변량을 포함하지 않은 모형과 공변량을 포함한 모형으로 각각 추정하였다. 공변량을 포함한 모형의 경우 앞에서 조사한 6개의 경제사회변수 가운데 응답자의 행동을 가장 잘 반영한다고 생각되는 물류산업 종사여부(LOGIS), 교육수준(EDU), 출생년도(BIRTH), 소득(INCOME) 등 4개의 변수만을 반영하였다.

공변량을 포함하지 않은 모형의 경우, Wald 통계량으로 볼 때 추정방정식 내 추정 계수들의 값이 0이라는 귀무가설은 유의수준 1%에서 통계적으로 기각되었다. 한편 제시금액에 대한 계수는 0.2038로 예상값을 가지며, 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의했다.

한편 공변량을 포함한 모형의 경우 Wald 통계량으로 볼 때 추정방정식에 있는 모든 추정 계수들의 값이 0이라는 귀무가설은 유의수준 1%에서 통계적으로 기각되었다. 그

4) 여기서 사용한 Krinsky and Robb(1986)의 Monte Calro기법은 ①parameter vector β 추정, ②variance-covariance vector Σ 를 추정, ③새로운 parameter vector β 를 만들기 위해 결합 확률분포 $N(\beta, \Sigma)$ 로부터 임의의 값을 추출, ④이를 이용하여 지불의사를 재계산, ⑤이러한 과정을 10,000회 반복, ⑥10,000개의 지불의사값 정렬 후 위와 아래에서 2.5%를 제거하는 방식이다.

리나 추정계수의 부호는 예상과 일치하지 않았으며, 계수의 유의성도 낮은 것으로 판단되었다. 따라서 본 추정치는 도로 수송과 마찬가지로 공변량을 포함한 경우 통계적 유의성은 낮았으며, 공변량을 포함하지 않은 모형이 통계적으로 매우 우수한 것으로 판단되었다.

<표 9> 해상운송의 모형 추정결과

변수	추정계수	
	공변량 포함하지 않음 (t-통계량)	공변량 포함 (t-통계량)
상수	0.8381 (4.1106)**	3.6300 (4.0031)**
물류산업 종사여부(LOGIS)	-	-0.5967 (1.7739)
교육수준(EDU)	-	-0.5139 (0.9576)
나이(BIRTH)	-	-0.0491 (2.9681)**
소득(INCOME)	-	-0.1295 (1.8297)
제시금액(BIDPRI)	0.2038 (8.7243)**	0.2335 (8.8002)**
관측치 개수	132	
로그-우도값(log-likelihood)	-181.4431	-168.0053
Wald 통계량 (p-value)	26.6296 (0.0000)**	30.9916 (0.0000)**

주: **는 유의수준 1%에서, *는 유의수준 5%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

<표-9>의 추정 결과를 이용하면 해상운송의 사회적비용을 절감하기 위한 정부 프로젝트에 대한 가구당 연평균 WTP를 계산할 수 있다. 본 연구에서는 공변량의 포함여부에 따라 2개의 모형을 고려하였으므로 총 4개의 평균 WTP와 절단된 WTP를 구할 수 있었다. 또한 이들의 95% 신뢰구간을 제공함으로써 모형의 안정성을 높였다. 여기에서 신뢰구간의 추정은 Krinsky and Robb(1986)의 Monte Carlo기법을 이용하였다.

<표-10>에 의하면 해상운송의 사회적 비용을 절감하기 위한 가구당 평균 지불의사액(WTP)은 4.1091달러~5.4984달러인 것으로 나타났다. 이때 추정된 평균 WTP와 절단된 평균 WTP는 모두 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하였다.

<표 10> 해상운송의 사회적비용(WTP) 추정결과

구분	이중경계 양분선택형 모형(DBDC)	
	절단되지 않은 추정치 (t-통계량)	절단된 추정치 (t-통계량)
평균WTP	4.1091달러 (5.5670)**	5.4984달러 (10.0950)**
95%신뢰구간	1.8313달러 ~ 5.9998달러	4.2048달러 ~ 7.1718달러

V. 운송수단별 사회적 비용 및 내부화 가능성의 비교

우 리나라 광양항 지역과 미국 5대호 연안 지역의 운송수단별 사회적 비용 및 내부화 정도를 비교하기 위해 위의 추정 결과와 신승식(2007)의 연구 결과와 비교한 결과는 다음 표와 같다.

<표 11> 한국(광양항)과 미국(5대호 연안)의 운송수단별 사회적 비용 추정 결과

구 분	한국(광양항)	미국(5대호 연안)
도로운송	2,253원 (1,062.3원 ~ 3,041.2원)	4.2568달러 (1.8423달러 ~ 6.4942달러)
철도운송	967원 (-654.2원 ~ 1,700.3원)	-
해상운송	1,409원 (502.7원 ~ 1,978.1원)	4.1091달러 (1.8313달러 ~ 5.9998달러)

주: 한국(광양)의 경우 2007년 금액 기준, 미국(5대호 연안)의 경우 2009년 금액 기준
 자료: 신승식, “주요 운송수단의 사회적 물류비용 추정 및 비교연구-도로, 철도, 연안해운을 중심으로,” 『해양정책연구』, 한국해양수산개발원, 2007.12.

위의 연구결과에 따르면 시점의 차이는 있지만 1달러를 1,000원으로 가정할 때 도로수송의 경우 가구당 월 2,003원, 해상수송의 경우 가구당 월 2,700원의 지불의사액 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 차이는 광양항과 5대호 연안의 운송거리, 한국과 미국의 소득수준 등에 의한 것으로 일률적인 비교는 의미 없는 것으로 보인다.

그러나 중요한 점은 한국의 경우 도로수송과 해상운송의 경우 가구당 월 844원으로

비교적 큰 차이가 발생하는 반면, 미국의 경우 0.1477달러(약 148원)로 비교적 적은 차이가 발생한다는 점이다. 한국의 경우 해상운송의 사회적 비용에 대한 95% 신뢰구간이 502.7원 ~ 1,978.1원인 점에 비추어 도로운송의 사회적 비용 2,253원은 해상운송의 사회적 비용과 통계적으로 명백한 차이를 발생하는 것으로 판단된다. 그러나 미국의 경우 도로수송과 해상운송의 사회적 비용이 크게 다르지 않아 추정치의 95% 신뢰구간에 서로 겹쳐 사실상 통계적인 차이를 발생한다고 볼 수 없다. 이는 우리나라의 경우 도로운송에 대해 다양한 방법으로 사회적 비용을 내부화할 경우 도로수송이 억제되고 해상운송이 증가되는 운송수단 전환(modal shift) 효과가 발생할 수 있지만, 미국 5대호 연안의 경우 도로수송과 해상운송의 사회적 비용 구분이 어려워 사실상 「운송수단 전환(modal shift)」 효과가 거의 발생하지 않는다는 것을 의미한다. 환경경제학에서는 이러한 효과를 「비구분효과(embedded effect)」로 부른다.

실제로 Taylor(2006)의 5대호 운송에 대한 비용편익 분석에서도 이러한 사실을 확인할 수 있다. 그는 5대호 연안지역이 육상운송을 해상운송으로 전환할 경우 톤당 4.47달러, 연간 5,490만달러의 경제적 이익이 발생할 것으로 예측하였다. 그러나 이는 경제적 이득만을 계산한 것이며, 실제로 5대호 지역이 해상운송 선박의 발라스트와 선저 부착 생물체 등에 의한 외래 생태계의 유입으로 담수호의 환경이 크게 악화되는 것으로 알려졌다. 따라서 이러한 환경비용을 금액으로 환산하면 연간 2억달러에서 수십억 달러의 사회적 비용이 발생하는 것으로 예측하였다.

따라서 이러한 점을 고려할 때 5대호 연안에서 내부화를 통한 사회적 비용의 개선은 낮은 수준인 것으로 판단된다. 반면, 우리나라의 경우 도로수송과 해상운송의 사회적 비용 차이가 통계적으로 유의한 수준으로 크기 때문에 이를 내부화할 경우 운송수단간 효율적 자원배분 효과가 발생할 것으로 판단된다.

VI. 맺음말

본 연구는 물류분야의 대표적 운송수단인 도로수송과 해상운송 각각에 대해 한국과 미국을 대상으로 사회적 물류비용을 추정하고 이의 내부화 정도를 비교하는 것이다. 그동안 우리나라에서는 운송수단별로 환경유발비용이나 사회적 물류비용을 지속적으로 추정하고 이의 비교를 통해 「운송수단 전환(modal shift)」 정책의 자료로 활용하여 왔다. 그러나 우리나라의 사회적 물류비용이 외국의 경우와 어떻게 다른 양상을 나타내고, 우리의 사회적 물류비용은 외국에 비해 내부화할 여지가 충분한가에 대한 물류비 비교 연구는 거의 이루어지지 않은 것이 사실이다. 이에 따라 본 연구에서는 시범적으

로 한국과 미국 5대호 연안 지역을 대상으로 운송수단별 사회적 물류비를 추정·비교하고 사회적 물류비용의 내부화 가능성 검토를 통해 운송수단 전환 등 물류정책의 적용 가능성을 비교하는 것이 목적이다. 그 첫 단계로 본 논문에서는 2007년에 광양항에서 우리나라의 운송수단에 대해 수행된 사회적 물류비용의 추정 결과를 바탕으로 이와 동일한 조건하에서 미국 오대호 연안에서의 운송수단별 사회적 물류비용을 추정하였다. 그리고 이를 2007년 국내 연구 결과와 비교하여 한·미간의 운송수단별 사회적 물류비용을 비교하고, 국가별로 사회적 물류비용의 내부화 가능성의 정도를 비교하였다. 사회적 물류비용의 추정은 2007년의 연구결과와 마찬가지로 조건부가치추정법(CVM)에 의해 수행되었으나, 미국의 경우 예산 제약에 따른 조사 표본의 부족을 보완하기 위해 추정방법은 이중경계 양분선택형(double-bounded dichotomous choice; DBDC) 모형을 선택하였다. 미국의 응답자들은 전반적으로 조건부가치추정법(CVM)에 의해 구성된 가상적 시장을 잘 받아들였으며, 운송수단별로 사회적 비용의 감소를 위해 어느 정도 금액을 지불할 의사를 나타내었다.

본 연구 결과 우리나라는 도로수송과 해상운송의 사회적 물류비용이 각각 가구당 2,253원과 1,409원으로 도로수송의 사회적 비용이 해상운송보다 통계적 의미에서 훨씬 큰 것으로 나타났다. 반면, 미국 5대호 연안은 우리나라와 달리 도로수송과 해상운송의 사회적 물류비용이 각각 4.257달러와 4.109달러로 운송수단간 사회적 비용이 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 도로수송의 사회적 비용이 해상운송의 160%에 달하는 우리나라의 모습과는 상당히 다른 양상이었다. 미국 5대호의 경우 그동안 비용편익분석 연구를 통해 해상운송의 경제적 효과를 지속적으로 연구하였음에도 불구하고 해상운송 시간의 장기화에 따른 화물 기회비용의 상실⁵⁾, 발라스트에 의한 해양 외래 생태계의 유입 등에 의한 해상운송의 높은 기회비용과 환경비용으로 인해 사회적 물류비용도 크게 높아진 것으로 판단된다. 이러한 추세에 따라 2007년에 5대호 연안의 해상 및 철송 컨테이너 점유율은 2%에 불과한 실정이며, 미국 정부에서 2050년까지 대량운송수단의 컨테이너 운송점유율을 8%대로 확대할 계획이지만 이 역시 해상운송보다는 주로 철도운송에 의존할 것으로 판단된다.

반면, 우리나라의 경우 해상운송과 도로운송간 사회적 비용이 크게 발생하고 있어 이 차이를 내부화할 경우 국가 물류비 절감 등에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 즉, 도로수송에서 발생하는 사회적 물류비용을 운임 또는 세금 등 다양한 수단으로 내부화할 경우 도로 수송화물이 해상 및 철도로 전환되어 도로운송의 수송 부담 감소가 이루어진다는 것이다. 이는 추가적인 도로 건설수요의 감소와 국가 기간물류망의 구축 등 국가 전반의 물류 효율화가 크게 개선될 수 있다는 점을 암시한다고 할 수 있다.

5) 정상적인 운항시간을 가정할 경우 톨리도~뉴욕간 5일 18시간 소요

이와 같은 연구 결과에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 한계점이 있다. 우선 본 연구는 화물의 운송측면에 대한 사회적 물류비용만을 측정했을 뿐 실제로 운송시설의 건설로 야기되는 생태계 파괴 등 다양한 사회적 비용은 추정하지 못했다는 점이다. 이는 2007년의 연구 결과에서도 지적된 것으로, 자료의 부족과 함께 2009년의 미국 연구에서도 2007년의 연구 방식을 적용한 결과 때문이다. 향후에는 보다 과학적으로 개선된 추정방법을 통해 운영상의 사회적 비용 뿐 아니라 건설상의 사회적 비용까지 고려하고, 이를 우리나라 뿐 아니라 선진 각국의 제반 비용구조와 비교하여 우리나라 물류정책의 올바른 방향성을 확보하는데 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 고려대학교 경제연구소, 『해양자원의 사회적 가치추정에 관한 연구』, 해양수산부, 2001.12.
- 곽승준·전영섭, 『환경의 경제적 이해』, 비봉출판사, 1996.
- 김준순·한화진·박현숙·이선하, 『육상교통 수단의 환경성 비교분석』, 한국환경정책평가연구원, 2002.12.
- 박병인, 배종욱, 김창현, 신승식, “중국 동북3성의 물류현황 및 시사점”, 『한국항만경제학회지』, 한국항만경제학회, 제23권 제2호, 2007.6, 145-172.
- 반영길, 신승식, “우리나라와 중국, 일본 물류산업의 상호 파급효과 비교 분석”, 『한국항만경제학회지』, 한국항만경제학회, 제24권 제4호, 2008.12, 173-197.
- 손의영·황기연, 『자동차 소유, 운행의 사적·사회적 비용 비교연구』, 시정연 2001-R-11, 서울시정개발연구원, 2001.
- 송계의·한철환, “항만의 환경오염 저감에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 한국항만경제학회, 제23권 제1호, 2007.3, 95-112.
- 신승식·이호춘, 『운송수단별 환경비용 추정과 시사점』, 한국해양수산개발원, 2001.11
- 신승식, “주요 운송수단의 사회적 물류비용 추정 및 비교연구-도로, 철도, 연안해운을 중심으로”, 『해양정책연구』, 한국해양수산개발원, 2007.12.
- 심기섭, “조건부가치추정법을 이용한 항만개발의 환경비용 추정”, 『월간 해양수산』, 한국해양수산개발원, 2003.
- 이성원·이명미, 『교통관련 사회적 비용의 계량화(1단계)』, 교통개발연구원, 2000.
- 이영준·이현우·박영민·이정호·유한석·이영수·최진권·윤미경, 『철도건설사업의 주요 환경 영향에 관한 연구』, 한국환경정책평가연구원, 2004.12.
- 홍갑선, 『교통관련 사회환경비용의 내재화방안』, 교통개발연구원, 1999.
- Cameron, T. A. and M. D. James, “Efficient Estimation Methods for Contingent

- Valuation Surveys,” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 69, No. 2, 1987, 269-276.
- David J. Forkenbrock, Comparison of External Costs of Rail and Truck Freight Transportation, *Transportation Research Part A* 35, 2001, 321-337.
- Delucchi, M., “Environmental Externalities of Motor-Vehicle Use in the U.S.,” *Journal of Transport Economics and Policy*, 2000.
- ECMT, *Toward Fair and Efficient Pricing in Transport*, 1996.
- Elena Safirova, Sebastien Houde, Winston Harrington, Marginal Social Cost Pricing on a Transportation Network; *A Comparison of Second-Best Policies*, 2007.
- Hanemann, W.M., “Some Issues Continuous and Discrete Response Contingent Valuation Studies” *Northeastern Journal of Agricultural Economics*, Vol. 14, 1985, 5-13.
- Hanemann, W. M., “Three Approach to Defining ‘Existence’ or ‘Non-Use’ Value under Certainty,” *Working Paper* No. 691, Giannini Foundation of Agricultural and Resource Economics, University of California, Berkely. 1988.
- Hanemann, W. M., “Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses”, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 66, 1984, 332-341.
- Kageson, P., “Effects of Internalisation on Transport Demand and Modal Split”, *Internalising the Social Costs of Transport*, ECMT, 1994.
- Krinsky, I. and A. Robb, “The approximating the Statistical Properties of Elasticities”, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 66, 1986, 715-719.
- Mitchell, R. C. and R. T. Carson, *Using Surveys to Public Goods: the Contingent Valuation Method*, *Resource for the Future*, 1989.
- Parry, I., Walls, M., and Harrington, W., “Automobile Externalities and Policies”, *Journal of Economic Literature*, 2007.
- Quient, Emile, “The Social Costs of Transport : Evaluation and Links with International Policies”, *Internalising the Social Costs of Transport*, ECMT, 1994.
- Quinet, Emile. *A Meta-Analysis of Western European External Cost Estimates. Transportation Research D9*, 2004, 465-476.
- Ricci, A. and Black, I., “The Social Costs of Intermodal Freight Transport,” *Research in Transportation Economics*, Vol. 14, 245-285.
- Safirova, E., Houde, S., and Harrington, W., “Marginal Social Cost Pricing on a Transportation Network: A Comparison of Second-Best Polices”, *Resources for the Future*, 2007.
- Taylor, C. John, The Cost-Benefits of Ocean Vessel Shipping in the Great Lakes: Value

to Industry vs. Environmental Damage, *Seidman Business Review*, Vol. 12-1, 2006.

The St. Lawrence Seaway Management Corp., *The St. Lawrence Seaway Traffic Report 2009 Navigation Season*, 2010.

Transport Canada, U.S. Army Corps of Engineers, U.S. DoT et al, Great Lakes: *St. Lawrence Seaway Study*, 2007.

국문 요약

주요 운송수단별 사회적 비용 내부화 비교 연구 - 한국 광양항과 미국 오대호연안을 대상으로

신승식

본 연구는 한국과 미국의 운송수단별 사회적 물류비용을 추정하고 운송수단별 사회적 비용의 차이가 운송비에 내부화될 수 있는 개연성이 있는가를 비교하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 사회적 물류비용 추정에 조건부가치추정법(CVM)을 사용하였다. 한국의 경우 2007년의 신승식(2007) 연구 결과를 준용하였으며, 미국의 경우 신승식(2007)과 일치하는 조사양식을 유지한 채 2009년에 미국 오하이오주 툼리도항에서 조사를 수행하고 신승식(2007)과 비교하였다.

조사결과 우리나라는 도로수송과 해상운송의 사회적 비용이 각각 가구당 2,253원과 1,409원으로 도로수송의 사회적 비용이 해상운송보다 통계적 의미에서 훨씬 큰 것으로 나타났으나, 미국 오대호 연안의 경우 도로수송과 해상운송의 사회적 비용이 각각 4.257달러와 4.109달러로 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 우리나라의 경우 향후 도로수송의 사회적 비용을 내부화할 경우 운송수단 전환(modal shift) 등 다양한 정책이 효과를 볼 수 있을 것으로 판단되나, 미국의 경우 두 운송수단간 사회적 비용의 차이가 거의 없어 사회적 비용의 내부화가 물류부문 운송수단 전환 정책에 큰 영향을 미치지 못할 것으로 판단된다.

핵심 주제어 : 사회적 비용, 조건부가치추정법(CVM), 도로수송, 해상운송, 환경비용, 내부화