

국제 항만산업에서의 친환경기술과 공공정책

김승렬
강원대학교 글로벌인재학부

Eco-technology and public policy of the international port industry

Seung-Leul Kim
Division of Global Human Resources, Gwangwon National University

요약 본 연구는 항만오염을 고려한 국제경쟁모형에서 항만의 민영화 정책과 친환경기술의 도입이 국제경쟁과 사회후생에 미치는 영향을 분석한다. 특히, 두 국가 간 항만경쟁모형을 통해 친환경기술의 오염저감정도가 항만의 민영화와 친환경기술 도입 전략에 미치는 영향을 알아보려고 한다. 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 항만사용료와 환경세는 국영화보다 민영화일 때 더 높다. 둘째, 항만에 친환경시설이 도입될 때, 관세정책은 오염저감효과가 보통수준이면 민영화일 때 가장 높고, 오염저감효과가 매우 크면, 국영화일 때 가장 높다. 셋째, 국내 기업의 이윤은 오염저감효과에 관계없이 국영화보다 민영화인 경우 더 크다. 마지막으로, 사회후생을 고려할 때, 항만의 운영방식과 친환경기술 도입에 대한 전략은 오염저감효과의 크기에 따라 다르다. 즉, 국내항만은 오염저감효과가 보통수준이면, 민영화와 친환경시설을 도입하는 것이 가장 높은 후생 수준에 달성될 수 있으며, 오염저감효과가 비교적 크다면, 국영화 정책 아래 친환경시설을 도입하는 것이 바람직하다. 따라서 국가 간 항만경쟁에서 정부는 환경시설의 오염저감효과를 고려하여 항만의 민영화와 친환경기술의 도입을 결정해야 한다.

Abstract This study analyzes the strategic relation between port privatization policy and the introduction of eco-technology in an international competition model regarding port pollution. In particular, this port competition model between two countries analyzed the effect of the degree of pollution reduction from eco-technology on port privatization policies and eco-technology introduction strategies. The main results are as follows. First, port fees and emission taxes are higher from privatization compared to nationalization. Second, when eco-technology is introduced in a port, tariffs are highest in a privatized port if pollution reduction is moderate, but tariffs are highest in a nationalized port if the pollution reduction effect is large. Third, the profit of domestic firms is greater from privatization than from nationalization, regardless of the pollution reduction effect. Finally, with consideration for social welfare, operation of a port and its eco-technology strategy differ depending on the degree of the pollution reduction. For a domestic port, if the pollution reduction effect is moderate, privatization of the port and introduction of eco-technology can be attained at the highest welfare level, and if the pollution reduction effect is relatively large, it is desirable to introduce eco-technology with nationalization of the port. Therefore, in international port competition, governments should decide on privatization of ports and the introduction of eco-technology while considering the pollution reduction effect.

Keywords : Port Privatization, Port Nationalization, Eco-technology, Emission Tax, International Competition

이 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회분야 신진연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.
(NRF-2020S1A5A8043618)

*Corresponding Author : Seung-Leul Kim(Kangwon National University)

email: slkim@kangwon.ac.kr

Received March 29, 2023

Revised April 24, 2023

Accepted May 12, 2023

Published May 31, 2023

1. 서론

최근 세계교역의 증대로 공항 및 항만의 국제화물 물동량이 지속적으로 증가하고 있다. 2016년 인천공항은 2001년 개항 이후 물동량 최고치인 271만톤을 기록하였고, 이는 국제공항협회(Airport Council International)에 가입된 세계 177개 국가의 1,861개 공항 중 세계 2위 규모이다. 한편, 해상물동량의 경우 부산항은 2017년 개항 이후 처음으로 연간 물동량 2천만TEU시대를 열었고, 홍콩항을 제치고 세계 항만 중 5위에 올라섰다. 우리나라의 항만은 세계 최대규모로 국가 경제 및 지역 경제 활동의 중심지로 성장하고 있다. 한편 항만 거점지역의 성장과 국제화물의 증가는 지구온난화 문제와 항만 주변 지역에 환경오염의 주된 요인으로 인식되고 있다. 국제해사기구(International Maritime Organization)의 2014년 연구결과에 따르면, 세계 온실가스(CO₂, NO_x 및 SO₂ 포함)배출량의 상당한 비중을 해상운송이 차지하고 있으며, 2012년 기준 세계 이산화탄소 배출량(CO₂)의 약 2.2% 수준으로 선박에서 배출되는 질소산화물(NO_x)과 이산화황(SO₂)이 각각 전 세계 배출량의 15%와 4~9%를 차지한다고 보고하고 있다. 특히 항만에 정박한 선박에서 배출되는 대기오염량이 항만에서 발생하는 오염배출량보다 약 10배에 달하는 것으로 예측되고 있다[1]. 우리나라의 경우도, 국립환경과학원의 조사 결과에 따르면 부산과 인천지역의 대기오염이 내륙지역에 비해 더 심각하며, 항만도시에서 발생하는 미세먼지의 주된 요인은 선박인 것으로 조사되었다. 특히, 부산지역 미세먼지의 51.4%가 선박에서 발생하며, 울산과 인천에서도 각각 18.7%와 14.1%를 차지하고 있다.

이와 같이 항만과 선박에서 발생하는 오염이 심각해짐에 따라 국제적으로 환경오염에 대한 규제강화와 각종 조치들이 시행되고 있다. 그러나 대부분의 항구는 도시 지역에 위치하고 있어 선박의 대기오염원 배출은 항구와 지역사회에 공중보건 및 생태계 오염 등의 영향을 미치고 있으며, 특히 선박에서 배출된 배기가스는 암, 천식, 호흡기질환, 심장질환, 폐암 등 인체에 치명적인 질병을 발생한다고 보고되고 있다. 최근 국제해사기구(IMO)는 선박의 대기오염물질에 대한 배출규제협약을 국제적으로 시행하고 있으며, 일본, 미국, 유럽연합 등 환경 선진국들은 국제기준보다 높은 배출기준을 설정하여 환경오염을 적극적으로 방지하고 있다.

이미 선진국의 중앙정부와 지방정부에서는 선박이나 항만에 대한 환경 친화적 프로그램과 정책[2]을 시행하기

시작하였다. 예로, 미국의 LA항과 롱비치항에서는 대기오염 감소를 위해 '육상전원공급시설' 개발 및 설치를 법률로 강제화하였으며, 유럽연합에서도 오는 2025년까지 모든 항만과 선박에 연료 전환 장치 또는 오염저감 배출장비의 부착을 의무화하는 등 세계적으로 해상운송산업에서 발생하는 오염물질 배출 규제를 강화하고 있다.

최근 우리나라의 경우 인천항만공사를 중심으로 항만의 대기오염 물질 발생을 크게 줄일 수 있는 오염저감기술인 '육상전원공급시설'의 핵심 장치를 해외로부터 수입하고 있으며, 국산화를 위한 기술개발에 노력하고 있다.

이에 따라 국제적으로 항만의 환경문제가 날로 심각해지고 환경규제가 강화되는 상황에서 항만과 선박에 오염배출을 감축하는 환경시설의 적용이 세계 주요 항만 간의 경쟁에 미치는 효과와 기존의 환경정책과 비교하는 종합적인 연구가 필요한 상황이다. 또한, 오염저감기술의 개발과 적용에 관한 연구는 지구 환경문제를 해결하기 위한 중요한 하나의 방안이며, 지구 온난화에 대처하고 국제경쟁력과 사회 후생증진을 위해 공공 정책적으로 다양한 검토가 필요하다.

지금까지 항만 민영화와 관련된 기존 연구를 살펴보면, 비용 효율성 측면에서 국영항만의 민영화가 효율성 향상과 교역의 증가를 가져올 수 있다고 지적하였으며 [3,4], 이와 관련된 실증연구에서는 항만의 민영화가 효율성을 향상시키고 항만 물동량을 증가시킨다는 것을 보였다[5]. 최근 항만과 환경오염을 고려한 연구에서는 국가 간 차별화된 시장규모를 고려하여 오염세와 민영화정책의 전략적 관계를 분석하였다[6]. 한편, 지금까지 항만 산업과 관련된 기존연구에서 친환경기술의 도입과 관련된 분석은 찾아보기 어렵다. 따라서 항만의 오염을 줄이기 위한 친환경기술의 도입과 항만의 민영화 정책에 관한 연구의 중요성을 인식하고 항만사용료의 결정 요인과 수익성 및 사회후생효과에 대한 연구가 필요한 상황이다. 본 연구의 목적은 국제 항만경쟁시장에서 민영화와 친환경기술의 도입 전략의 정책연관성을 살펴보고 국제 경쟁과 사회후생에 미치는 영향을 분석하여 국가적·국제적으로 바람직한 사회후생 수준에 달성할 수 있는 정책 방향을 제시하고자 한다.

정책 차원에서 많은 정부는 항만의 국제경쟁력을 확보하기 위한 정책 대안으로 공공 항만의 민영화 또는 조직화를 고려하고 있다. 기존의 항만 관련 경제학 분야의 연구는 게임이론적 접근법을 사용하여 항만의 소유 구조가

항만비용, 투자, 이익 및 복지에 미치는 영향에 대해 분석하였다[7-11]. 그들은 항만의 민영화가 비용효율성과 기술효율성 측면에 긍정적인 효과가 있음을 발견하였다. 그러나 기존 연구에서는 항만에서 발생하는 오염 문제를 고려하지 않았다. 정부와 각국의 항만은 치열한 경쟁상황에서 항만의 민영화 절차와 인근 지역의 환경오염을 줄이는 정책수립 또한 중요하다. 한편 민영화와 환경문제를 다룬 연구는 다음과 같다. 항만의 민영화는 환경 면에서 부정적인 영향을 미칠 것이며[12], 공공영역에 의해 관리되는 것이 환경의 질적 측면에서 바람직함을 보였다. 한편, 공기업과 사기업이 경쟁하는 혼합시장에서 환경세가 순수과점시장보다 낫다는 것을 지적하고, 국유화 아래 환경피해가 더 크다고 설명하였다[13]. 또한, 제품 차별화시장에서는 차별화 정도는 환경오염에 영향을 미치며 민영화와 환경오염 간에 상호작용이 있음을 지적하였다[14-16]. 최근에는 항만의 오염량을 통제하기 위해 선박과 항만에 일정한 오염세가 부과될 때 국내의 두 항만의 산출량경쟁 (Cournot)과 가격경쟁 (Bertrand) 경쟁에 초점을 맞춘 연구가 이루어졌다[17].

따라서 본 연구에서는 외국의 친환경기술을 갖춘 선진항만과 경쟁하는 국내 항만의 전략으로 정부의 민영화정책과 친환경기술의 도입에 관해 분석한다. 본 연구를 통해 해외 선진 친환경기술의 도입과 국내 항만의 기술개발 간의 효과를 분석하고 최적 오염세(t)와 최적 관세(τ)를 통해 친환경기술의 오염저감정도(k)가 국제항만경쟁과 사회 후생에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 항만사용료와 환경세는 국영화보다 민영화일 때 더 높다. 둘째, 항만에 친환경시설이 도입될 때, 관세정책은 오염저감효과가 보통수준이면 민영화일 때 가장 높고, 오염저감효과가 매우 크면, 국영화일 때 가장 높다. 셋째, 국내 기업의 이윤은 오염저감효과에 관계없이 국영화보다 민영화인 경우 더 크다. 마지막으로, 사회후생을 고려할 때, 항만의 운영방식과 친환경기술 도입에 대한 전략은 오염저감효과의 크기에 따라 다르다. 따라서 국가 간 항만경쟁에서 정부는 환경시설의 오염저감효과를 고려하여 항만의 민영화와 친환경기술의 도입을 결정해야 한다.

본 연구의 구성은 제2장에서 분석을 위한 항만경쟁의 기본모형을 제시하고, 제3장에서는 민영화와 친환경기술의 도입에 대해 4가지 정책을 분석한다. 제4장에서는 각각의 정책의 균형결과를 비교한다. 제5장에서는 항만의 민영화 정책과 친환경기술에 대한 내생적 게임의 균형을 살펴본다. 끝으로 제6장에서는 결론을 제시한다.

2. 모형

두 국가의 항만경쟁모형으로 국내 항만은 국유화로 운영되고 있으며, 경쟁국의 항만은 민영화와 친환경시설을 보유하고 있다고 가정하자. 항만을 통해 상품을 수출입하는 국가 i (자국)와 국가 j (외국)에는 동일한 상품을 생산하는 각각 하나의 사기업이 있으며, 각 국가에 위치한 상품을 생산하는 사기업들은 국내와 해외로 항만을 통해 자유롭게 판매할 수 있으며, 항만을 이용할 때는 항만 사용료(f_i)와 운송료(s_i)가 발생된다. 이때 각 항만은 수출입 과정에서 오염이 발생하며, 정부는 발생하는 오염량에 대해 항만에 오염세를 부과하고 있다고 가정한다. 항만이 친환경기술을 보유하는 경우 오염저감정도 k 만큼 총오염량에서 오염을 감소하며, 범위는 $0 < k < 1$ 으로, 외생변수로 가정한다. 이때 각 국가의 시장수요함수는 $p_i = 1 - Q_i$ 과 $p_j = 1 - Q_j$ 인 선형함수로 주어지고, 각 국가의 상품 총소비량은 $Q_i = q_{hi} + q_{ej}$ 와 $Q_j = q_{hj} + q_{ei}$ 이며, q_{hi} (q_{hj})는 i (j)국가의 기업이 상품을 생산하여 국내에 공급하는 생산량을 의미하고, q_{ej} (q_{ei})는 j (i)국가의 기업으로부터 i (j)국가에 수입되는 공급량을 의미한다. 소비자 잉여는 $CS_i = (1/2)Q_i^2$ 로 정의된다. 분석의 편리를 위해 기업의 생산비용과 운송료(s_i)는 0으로 가정한다. 또한, 항만에서 발생되는 오염함수는 $ED = (q_{ei} + q_{ej})^2/2$ 으로 상품의 수출입이 증가하면 각 국가의 오염은 증가한다. 한편 두 국가의 각 정부는 항만을 통해 거래되는 수출입량에 비례하여 일정한 오염세(t)와 관세(τ)를 부과하며, 이때, 각 정부의 오염세와 관세수입은 $T_i = t_i(q_{ei} + q_{ej})$ 과 $\tau_i q_{ej}$ 이 된다.

각 국가에서 동일한 상품을 생산하는 기업 i 의 이윤함수는 다음과 같다.

$$\pi_i = p_i q_{hi} + (p_j - \tau_j - f_i - f_j) q_{ei} \quad (1)$$

다음으로, 친환경기술을 갖추지 않은 항만 i 와 친환경기술 시설을 갖춘 항만 j 의 각 이윤함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} R_i &= (f_i - t_i)(q_{ei} + q_{ej}) \\ R_j &= (f_j - t_j(1-k))(q_{ej} + q_{ei}) \end{aligned} \quad (2)$$

항만운영의 경우, 국가 i 는 국가 또는 민간이 운영할 수 있으며, 국가 j 는 민간이 운영하고 있다. 친환경시설을 갖춘 항만의 경우는 물동량의 오염저감정도(k)에 따라 항만의 오염량을 줄일 수 있다. 한편, 국가가 항만을 운영하는 경우는 사회 전체의 후생을 극대화하는 항만사용료(f_i)를 선택한다. 사회 전체의 후생은 각국의 소비자 잉여

와 기업이윤, 항만수입, 관세수입, 환경세 수입의 합에서 환경오염피해액을 뺀 값으로 정의된다.

$$W_i = CS_i + \pi_i + R_i + \tau_i q_{e,j} + T_i - ED \quad (3)$$

3. 모형분석

본 장에서는 민영화된 친환경시설을 갖춘 j 국(외국)과 경쟁하는 i 국(자국)의 민영화와 친환경시설 도입에 따른 3가지 정책을 분석한다. i 국가가 ① 항만 국유화 정책을 실시하는 경우 (NT case), ② 항만 국유화 정책과 친환경시설 도입한 경우 (ET case), ③ 항만 민영화 정책을 실시하는 경우 (PT case), ④ 항만 민영화 정책과 친환경시설 도입한 경우 (TT case)로 각각 나누어 분석한다.

본 모형은 3단계 게임으로 1단계에는 각 정부가 오염세(t)와 관세(τ) 수준을 결정하며, 2단계에는 각국의 항만은 항만사용료(f_i)를 결정한다. 마지막 3단계에서는 각국의 기업들은 상품의 국내 판매량과 수출량을 동시에 결정하고 경쟁기업과 꾸르노 경쟁을 한다. 게임의 균형은 후방 귀납법으로 부분게임완전균형(Subgame Perfect Nash Equilibrium)을 구한다.

먼저, 3단계에 각국의 기업은 국내와 외국에 공급할 생산량을 결정하며, Eq. (3)의 일계조건을 통해 구한 각국 기업의 균형생산량은 다음과 같다.

$$q_{hi} = \frac{a + \tau_i + f_i + f_j}{3}, \quad q_{ei} = \frac{a - 2\tau_j - 2f_i - 2f_j}{3},$$

$$q_{hj} = \frac{a + \tau_j + f_i + f_j}{3}, \quad q_{ej} = \frac{a - 2\tau_i - 2f_i - 2f_j}{3} \quad (4)$$

두 국가의 기업에서 생산하는 생산량은 항만사용료 f_i 와 f_j 에 따라 결정되며, 항만사용료가 증가하면, 국내 공급량이 증가하며, 수출량은 감소한다. 3단계에서 결정되는 각 기업의 균형생산량은 4가지 정책에서 Eq. (4)와 같다.

다음 2단계에서는 각국 항만의 목적함수에 따라 항만사용료를 결정하며 다르게 나타나므로 각 정책에 따라 구분하여 분석한다.

3.1 항만 국영화 정책을 실시하는 경우 (NT)

이제 i 국의 국영화만에서는 Eq. (3)의 사회 후생을 고려하여 f_i 를 결정하며, j 국의 민영화만은 Eq. (2) R_j 의 이윤함수를 극대화하는 f_j 를 결정한다. 각국의 항만사용료에 대한 최적 반응함수는 다음과 같다.

$$f_i(f_j) = \frac{1}{29}(10a - 17\tau_i - 6\tau_j - 17f_j),$$

$$f_j(f_i) = \frac{1}{4}(a - \tau_i - \tau_j - 2f_i + 2t_j(1-k)) \quad (5)$$

따라서 각국의 균형 항만사용료는 각각 다음과 같다.

$$f_i^{NT} = \frac{1}{82}(23a - 51\tau_i - 7\tau_j - 34t_j(1-k)),$$

$$f_j^{NT} = \frac{1}{82}(9a + 5\tau_i - 17\tau_j + 58t_j(1-k)) \quad (6)$$

이제, 1단계에서 각국은 후생을 극대화하는 최적 관세와 최적 환경세를 결정하며, 다음과 같다.

$$\tau_i^{NT} = \frac{a(9983 - 2296k)}{574(63 - 16k)}, \quad \tau_j^{NT} = \frac{a(9113 - 2296k)}{574(63 - 16k)},$$

$$t_i^{NT} = 0, \quad t_j^{NT} = \frac{a(1651 - 1148k)}{287(63 - 79k + 16k^2)} \quad (7)$$

두 국가 간 관세를 비교하면, $\tau_i^{NT} > \tau_j^{NT}$ 로 항만을 정부가 운영하는 경우 수입량에 대해 더 높은 관세를 부과하는 한편, 환경세의 경우는 친환경시설을 갖추지 않은 항만의 국가에서 오히려 낮은 환경세를 부과한다 ($t_i^{NT} < t_j^{NT}$).

위의 균형값을 이용하여 구한 균형가격과 생산량은 다음과 같다.

$$p_i^{NT} = \frac{2a(4413 - 1148k)}{287(63 - 16k)}, \quad p_j^{NT} = \frac{a(8681 - 2296k)}{287(63 - 16k)},$$

$$q_{hi}^{NT} = \frac{2a(4413 - 1148k)}{287(63 - 16k)}, \quad q_{ei}^{NT} = \frac{719a}{287(63 - 16k)},$$

$$q_{hj}^{NT} = \frac{a(8681 - 2296k)}{287(63 - 16k)}, \quad q_{ej}^{NT} = \frac{429a}{287(63 - 16k)}$$

상품의 가격은 $p_i^{NT} < p_j^{NT}$ 이며, 공급량을 비교하면 $q_{hi}^{NT} > q_{hj}^{NT} > q_{ei}^{NT} > q_{ej}^{NT}$ 순서로 국가별 기업의 총생산량은 $q_i^{NT} > q_j^{NT}$ 로 나타났다.

다음은 각 기업의 이윤을 나타낸다.

$$\pi_i^{NT} = \frac{a^2(5271616k^2 - 40528992k + 78415237)}{82369(63 - 16k)^2},$$

$$\pi_j^{NT} = \frac{2a^2(2635808k^2 - 19931576k + 37771901)}{82369(63 - 16k)^2}$$

기업의 이윤은 $\pi_i^{NT} > \pi_j^{NT}$ 로 i 국의 기업이 더 많은 이윤을 얻는다.

항만의 균형 항만사용료와 항만수입은 다음과 같다.

$$f_i^{NT} = \frac{1787a}{574(63 - 16k)}, \quad f_j^{NT} = \frac{4a(628 - 287k)}{287(63 - 16k)},$$

$$R_i^{NT} = \frac{2a(1787a - 36162t_a + 9184kt_a)}{287(63 - 16k)^2},$$

$$R_j^{NT} = \frac{12a^2}{(63 - 16k)^2}$$

각 국가의 항만의 사용료는 $f_i^{NT} < f_j^{NT}$ 로 친환경시설을 갖춘 민영항만이 더 높으며, 수입 또한 더 크다 ($R_i^{NT} < R_j^{NT}$).

마지막으로 사회 후생은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$W_i^{NT} = \frac{a^2(7907424k^2 - 62270964k + 123750889)}{82369(63 - 16k)^2}$$

$$W_j^{NT} = \frac{a^2(15814848k^2 - 12859832k + 250449499)}{164738(63 - 16k)^2} \quad (8)$$

사회후생을 비교하면 친환경시설 갖춘 민영화된 항만을 운영하는 j 국이 더 높은 후생에 달성된다. ($W_i^{NT} < W_j^{NT}$).

3.2 국영화 정책과 친환경시설 도입의 경우 (ET)

이제 i 국의 국영화항만에 오염을 저감하는 친환경시설을 도입하는 경우의 균형을 살펴보자. 즉, Eq. (3)의 사회 후생을 고려하여 f_i 를 결정하고, 오염저감 효과 k 만큼 환경세 지출을 줄일 수 있다.

따라서 각국의 균형 항만사용료는 각각 다음과 같다.

$$f_i^{ET} = \frac{\left[(23 - 16k)a - (32k^2 - 66k + 34)t_j \right] - (51 - 16k)\tau_i - (7 - 16k)\tau_j}{2(41 - 16k)}$$

$$f_j^{ET} = \frac{9a + (58 + 32k^2 - 90k)t_j + 5\tau_i - 17\tau_j}{2(41 - 16k)}$$

위의 결과에 따르면, 각국의 항만사용료는 관세와 음의 관계에 있으며, 환경세는 i 국에는 음의 관계에 있는 반면 j 국은 양의 관계에 있다.

이제, 1단계에서 각국은 후생을 극대화하는 최적 관세와 최적 환경세를 결정하며, 다음과 같다.

$$\tau_i^{ET} = \frac{a(9983 + 2688k^2 - 10936k)}{42(21 - 16k)(41 - 16k)}$$

$$\tau_j^{ET} = \frac{a(9113 + 2688k^2 - 10456k)}{42(21 - 16k)(41 - 16k)}$$

$$t_i^{ET} = 0,$$

$$t_j^{ET} = \frac{a(1651 + 896k^2 - 2952k)}{21(861 - 256k^3 + 1248k^2 - 1853k)(35 - 8k)} \quad (9)$$

관세의 경우 국영화항만을 운영하는 국가가 더 높게 부과되며 ($\tau_i^{ET} > \tau_j^{ET}$), 환경세의 경우는 국영화항만을 운영하는 국가는 더 낮게 설정한다. ($t_i^{ET} < t_j^{ET}$). 이는 국가가 결정하는 관세와 환경세는 대체관계에 있음을 의미한다.

위의 균형값을 이용하여 구한 균형가격과 생산량은 다음과 같다.

$$p_i^{ET} = \frac{2a(1471 + 448k^2 - 1724k)}{7(21 - 16k)(41 - 16k)},$$

$$p_j^{ET} = \frac{a(8681 + 2688k^2 - 10264k)}{21(21 - 16k)(41 - 16k)},$$

$$q_{hi}^{ET} = \frac{2a(1471 + 448k^2 - 1724k)}{7(21 - 16k)(41 - 16k)},$$

$$q_{hj}^{ET} = \frac{a(8681 + 2688k^2 - 10264k)}{21(21 - 16k)(41 - 16k)},$$

$$q_{ei}^{ET} = \frac{a(719 - 304k)}{21(21 - 16k)(41 - 16k)},$$

$$q_{ej}^{ET} = \frac{a(143 - 48k)}{7(21 - 16k)(41 - 16k)}$$

두 국가의 생산량을 비교하면, 항만을 국영화로 운영하는 i 국 기업의 국내 공급량, 수출량 모두 j 국의 생산량보다 크며 ($q_{hi}^{ET} > q_{hj}^{ET} > q_{ei}^{ET} > q_{ej}^{ET}$), 상품의 가격은 i 국의 경우 더 낮다 ($p_i^{ET} < p_j^{ET}$). 따라서, 두 국가에서 생산되는 상품의 총공급량은 i 국이 더 많다 ($Q_i^{ET} > Q_j^{ET}$).

다음은 각 기업의 이윤을 나타낸다.

$$\pi_i^{ET} = \frac{a^2 \left[78415237 + 7225344k^4 - 55609344k^3 \right] + 154539328k^2 - 183029440k}{441(41 - 16k)^2(21 - 16k)^2}$$

$$\pi_j^{ET} = \frac{2a^2 \left[37771901 + 3612672k^4 - 27589632k^3 \right] + 76019744k^2 - 89163560k}{441(41 - 16k)^2(21 - 16k)^2}$$

기업의 이윤은 민영항만보다 국영화항만을 운영하는 경우 상품의 생산량이 증가하여 기업의 이윤이 더 크며 항만의 오염저감효과 k 가 증가하면 기업의 수입은 점점 감소한다 ($\pi_i^{ET} > \pi_j^{ET}$).

항만의 균형 항만사용료와 항만수입은 다음과 같다.

$$f_i^{ET} = \frac{a(1787 + 896k^2 - 2888k)}{42(21 - 16k)(41 - 16k)},$$

$$f_j^{ET} = \frac{8a(314 + 112k^2 - 411k)}{21(21 - 16k)(41 - 16k)},$$

$$R_i^{ET} = \frac{2a \left[(1787 - 2888k + 896k^2)a - (36162 - 10752k^3 + 52416k^2 - 77826k)t_i \right]}{63(41 - 16k)(21 - 16k)^2},$$

$$R_j^{ET} = \frac{4a^2}{3(21 - 16k)^2}$$

항만사용료는 민영화의 경우 더 크며 ($f_i^{ET} < f_j^{ET}$), 오염저감효과가 증가하면 항만사용료 감소한다. 한편, 항만수입은 오염저감효과가 작은 경우 ($k < 0.029$) 국영화된 항만을 운영하는 경우 더 크며, 오염저감효과가 크면 ($k > 0.029$), 민영화로 운영되는 경우 더 크다.

마지막으로 사회 후생은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$W_i^{ET} = \frac{a^2 \left[123750889 + 10838016k^4 - 84094976k^3 \right] + 236326368k^2 - 284045172k}{441(41 - 16k)^2(21 - 16k)^2},$$

$$W_j^{ET} = \frac{a^2 \left[250449499 + 21676032k^4 - 168591360k^3 \right. \\ \left. + 475181248k^2 - 573074344k \right]}{882(41 - 16k)^2(21 - 16k)^2} \quad (10)$$

마지막으로 사회후생은 민영화만에 친환경시설을 갖춘 경우 더 크다. ($W_i^{ET} < W_j^{ET}$).

3.3 항만 민영화 정책을 실시하는 경우 (PT)

이제 i 국의 정부는 항만 민영화 정책을 실시한다고 가정하자. i 국은 Eq. (2)의 R_i 을 j 국은 Eq. (2)의 R_j 를 극대화하는 f_i 과 f_j 를 결정한다. 각국의 항만사용료에 대한 최적반응함수는 다음과 같다.

$$f_i(f_j) = \frac{1}{4}(a - \tau_i - \tau_j - 2f_i + 2t_i),$$

$$f_j(f_i) = \frac{1}{4}(a - \tau_i - \tau_j - 2f_i + 2t_j(1-k))$$

따라서 각국의 균형 항만사용료는 각각 다음과 같다.

$$f_i^{PT} = \frac{1}{6}(a - \tau_i - \tau_j + 4t_i - 2t_j(1-k)),$$

$$f_j^{PT} = \frac{1}{6}(a - \tau_i - \tau_j - 2t_i + 4t_j(1-k))$$

위의 결과에 따르면, 항만사용료는 관세에 음(-)의 방향으로 작용하며 환경세의 경우 자국의 환경세에는 양(+)의 관계에 있으며, 반면 경쟁국의 환경세에는 음(-)의 관계에 있음을 알 수 있다.

이제, 1단계서 각국은 후생을 극대화하는 최적 관세와 최적 환경세를 결정하며, 다음과 같다.

$$\tau_i^{PT} = \tau_j^{PT} = \frac{2a(5-k)}{(35-8k)},$$

$$t_i^{PT} = \frac{3a}{2(35-8k)},$$

$$t_j^{PT} = \frac{a(3-4k)}{2(1-k)(35-8k)} \quad (11)$$

관세의 경우 두 국가가 같으며, 환경세의 경우는 환경시설을 갖추지 못한 항만이 더 높다($t_i^{PT} > t_j^{PT}$).

위의 균형 값을 이용하여 구한 균형가격과 생산량은 다음과 같다.

$$p_i^{PT} = p_j^{PT} = \frac{a(17-4k)}{(35-8k)},$$

$$q_{hi}^{PT} = q_{hj}^{PT} = \frac{a(17-4k)}{35-8k}, \quad q_{ei}^{PT} = q_{ej}^{PT} = \frac{a}{35-8k}$$

두 국가가 민영화만을 운영하는 경우 상품가격은 같으며, 각각의 국내 공급량과 수출량은 같고, 수출량보다는 국내 공급량이 많다($q_{hi}^{PT} = q_{hj}^{PT} > q_{ei}^{PT} = q_{ej}^{PT}$). 따라서, 두 국가에서 생산되는 상품의 총공급량은 같다($Q_i^{PT} = Q_j^{PT}$).

다음은 각 기업의 이윤을 나타낸다.

$$\pi_i^{PT} = \pi_j^{PT} = \frac{2a^2(8k^2 - 68k + 145)}{(35-8k)^2}$$

항만의 균형 항만사용료와 항만수입은 다음과 같다.

$$f_i^{PT} = \frac{3a}{35-8k}, \quad f_j^{PT} = \frac{a(3-2k)}{35-8k},$$

$$R_i^{PT} = R_j^{PT} = \frac{3a^2}{(35-8k)^2}$$

항만사용료는 환경시설이 없는 항만이 더 높으며 ($f_i^{PT} > f_j^{PT}$), 항만수입은 같다. 이는 오염저감시설을 갖추지 않은 항만은 오염을 줄이기 위해 정부가 높은 환경세를 부과하고, 이는 항만사용료를 높이는 작용을 한다. 마지막으로 사회 후생은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$W_i^{PT} = \frac{2a^2(12k^2 - 105k + 233)}{(35-8k)^2},$$

$$W_j^{PT} = \frac{2a^2(12k^2 - 106k + 233)}{(35-8k)^2} \quad (12)$$

마지막으로 사회 후생은 친환경시설을 갖추지 않은 항만이 오히려 크다($W_i^{PT} > W_j^{PT}$).

3.4 민영화 정책과 친환경시설 도입의 경우 (TT)

이제 두 국가 i 와 j 는 민영화된 항만에 친환경시설을 갖추고 경쟁하는 경우를 고려하자. 각 항만은 Eq. (2) R_i 의 이윤함수를 극대화하는 f_i 와 f_j 를 각각 결정한다. 따라서 각국의 균형 항만사용료는 각각 다음과 같다.

$$f_i^{TT} = f_j^{TT} = \frac{1}{6}(a - \tau_i - \tau_j + 2(2t_i - t_j)(1-k))$$

이제, 1단계서 각국은 후생을 극대화하는 최적 관세와 최적 환경세를 결정하며, 다음과 같다.

$$\tau_i^{TT} = \tau_j^{TT} = \frac{2a(5-2k)}{(35-16k)},$$

$$t_i^{TT} = t_j^{TT} = \frac{a(3-4k)}{2(1-k)(35-16k)} \quad (13)$$

위의 균형값을 이용하여 구한 균형가격과 생산량은 다음과 같다.

$$p_i^{TT} = p_j^{TT} = \frac{a(17-8k)}{(35-16k)},$$

$$q_{hi}^{TT} = q_{hj}^{TT} = \frac{a(17-8k)}{35-16k}, \quad q_{ei}^{TT} = q_{ej}^{TT} = \frac{a}{35-16k}$$

다음은 각 기업의 이윤을 나타낸다.

$$\pi_i^{TT} = \pi_j^{TT} = \frac{2a^2(32k^2 - 136k + 145)}{(35-16k)^2}$$

항만의 균형 항만사용료와 항만수입은 다음과 같다.

$$f_i^{TT} = f_j^{TT} = \frac{a(3-2k)}{35-16k}$$

마지막으로 사회 후생은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$W_i^{TT} = W_j^{TT} = \frac{2a^2(48k^2 - 211k + 233)}{(35-16k)^2} \quad (14)$$

이 경우 두 국가 간 균형 값은 모두 동일하다.

4. 분석결과

다음으로 앞 장에서 구한 두 국가의 항만운영방식과 친환경기술 도입에 관한 결과를 비교해보자. 다음 설명된 Lemma와 정리는 k 값에 대한 각 균형의 간단한 비교 결과로서 증명은 생략하기로 한다. 그 결과는 다음과 같다.

Lemma 1. 항만사용료를 비교하면 다음과 같다.

- (i) $k < 0.816$ 이면, $f_i^{PT} > f_i^{TT} > f_i^{NT} > f_i^{ET}$,
- (ii) $k > 0.396$ 이면, $f_j^{ET} > f_j^{NT} > f_j^{TT} > f_j^{PT}$

위의 결과는 항만을 민간이 운영하는 경우 항만사용료가 가장 높고, 국가가 운영하는 경우 항만사용료가 낮음을 보여주고 있다. 특히, 친환경시설을 보유하지 않은 국내 항만은 민영화를 선택한 경우 가장 높은 항만사용료를 부과한다. 한편, 외국의 민영항만은 오염저감효과(k) 정도에 따라 낮으면, 상대국(i 국)이 국영항만에 환경시설을 도입하여 운영되는 경우 항만사용료가 높고, 오염저감효과가 크다면, 상대국(i 국)이 국영화와 더불어 친환경시설을 갖추는 경우가 가장 높은 항만사용료를 부과한다. 이는 국내 항만을 국가가 운영하는 경우 낮은 항만사용료로 인해 국내항만의 물동량이 증가하므로 교역과정에서 외국항만의 수입물량은 증가하고 이윤극대화를 위해 높은 항만사용료를 설정한다. 따라서, 국가 간 항만의 운영방식의 차이와 친환경시설의 도입이 항만사용료에 영향을 미친다.

Lemma 2. 환경세를 비교하면 다음과 같다.

- (i) $k < 0.75$ 이면, $t_i^{PT} > t_i^{TT} > t_i^{NT} = t_i^{ET} = 0$,
 $k > 0.75$ 이면, $t_i^{PT} > t_i^{NT} = t_i^{ET} = 0 > t_i^{TT}$,
- (ii) $k < 0.68$ 이면, $t_j^{NT} > t_j^{ET} > t_j^{TT} > t_j^{PT}$,
 $0.68 < k < 0.70$ 이면, $t_j^{NT} > t_j^{TT} > t_j^{ET} > t_j^{PT}$,

- $0.70 < k < 0.75$ 이면, $t_j^{NT} > t_j^{TT} > t_j^{PT} > t_j^{ET}$,
- $k > 0.75$ 이면, $t_j^{NT} > t_j^{PT} > t_j^{TT} > t_j^{ET}$

Lemma 2에 따르면, 환경세는 오염저감효과(k)에 영향을 받으며, 항만의 운영방식은 환경세에 영향을 미친다. 국내의 경우 오염저감효과가 작으면($k < 0.75$) 항만을 국영화한 경우 오염세가 가장 낮으며, 민영화인 경우 오염세가 가장 높다. 한편, 오염저감효과가 큰 경우에는 친환경시설을 갖춘 경우 오염세가 가장 낮다. 외국항만의 경우는 i 국 항만이 국영으로 운영되면 낮은 항만사용료로 인해 수출입물동량이 증가하고 이로 인한 j 국의 항만 오염이 증가하므로, i 국은 높은 환경세를 설정하여 오염피해액을 줄일 수 있다.

Lemma 3. 관세를 비교하면 다음과 같다.

- (i) $k < 0.58$ 이면, $\tau_i^{TT} > \tau_i^{PT} > \tau_i^{ET} > \tau_i^{NT}$,
 $0.58 < k < 0.84$ 이면, $\tau_i^{TT} > \tau_i^{ET} > \tau_i^{PT} > \tau_i^{NT}$,
 $k > 0.84$ 이면, $\tau_i^{ET} > \tau_i^{TT} > \tau_i^{PT} > \tau_i^{NT}$,
- (ii) $\tau_j^{TT} > \tau_j^{PT} > \tau_j^{ET} > \tau_j^{NT}$

관세의 경우, 오염저감효과가 $k < 0.84$ 이면 국내 항만에 민영화 정책과 친환경기술을 도입하는 경우 가장 높고, $k > 0.84$ 이면, 국영화된 항만에 친환경시설을 도입한 경우 가장 높다. 또한, 국영화된 항만을 운영하며 해외 친환경시설을 갖춘 경우 가장 낮은 관세를 부과한다. 외국 항만의 경우는 오염저감효과에 관계없이 친환경시설을 갖춘 민영화된 항만과 경쟁할 때 가장 높은 관세를 부과한다.

관세는 두 국가의 교역량에 영향을 주며 관세의 증가는 기업의 비용증가로 이어져 수출보다는 국내공급량을 증가시킨다. 따라서, 항만이 국영으로 운영되는 경우 수출을 증대시키기 위해 정부는 낮은 관세를 부과하고, 민영으로 운영되는 경우 높은 국내 항만사용료가 높아 상품의 가격을 상승시키므로 국내상품의 경쟁력을 위해 수입품에 높은 관세를 부과한다. 한편 항만의 오염저감효과가 커지면, 환경세는 낮아지고, 항만사용료를 하락시켜 물동량을 증가시킨다. 따라서, 증가한 물동량에 정부는 높은 관세를 부과하여 관세수입을 높일 수 있다. 따라서, 정부는 사회 후생을 극대화하기 위한 오염피해액과 관세수입을 조정하며, 국가 간 항만사용료에 대한 전략적인 관계를 반영하여 환경세와 관세를 결정하게 된다.

Lemma 4.

- (i) $Q_i^{ET} > Q_i^{NT} > Q_i^{TT} > Q_i^{PT}$,
- (ii) $k < 0.84$ 이면, $Q_j^{TT} > Q_j^{PT} > Q_j^{ET} > Q_j^{NT}$,
 $0.84 < k < 0.96$ 이면, $Q_j^{TT} > Q_j^{ET} > Q_j^{PT} > Q_j^{NT}$,
 $k > 0.96$ 이면, $Q_j^{ET} > Q_j^{TT} > Q_j^{PT} > Q_j^{NT}$

두 국가 간 총생산량을 비교하면, 국내 항만의 경우 국영항만에 친환경기술을 도입한 경우 가장 많은 상품을 생산하며, 외국항만의 경우는 오염저감효과가 매우 크면, 국내 항만이 친환경기술을 갖추고 국영으로 운영될 때 생산량이 가장 많으며, 그 외에는 친환경기술과 함께 민영으로 운영될 때 가장 크다. 이는 국영항만의 경우 정부가 항만의 사용료를 낮게 설정하기 때문에 상품의 수출량이 증가하게 되고, 여기에 친환경시설을 갖춘 경우 항만사용료를 더욱 하락시켜 총생산량은 증가하게 된다.

Lemma 5. 균형가격을 비교하면 다음과 같다.

- (i) $k < 0.444$ 이면, $p_i^{PT} > p_i^{ET} > p_i^{NT} > p_i^{TT}$,
 $0.444 < k < 0.66$ 이면, $p_i^{PT} > p_i^{NT} > p_i^{ET} > p_i^{TT}$,
 $k > 0.66$ 이면, $p_i^{PT} > p_i^{NT} > p_i^{TT} > p_i^{ET}$,
- (ii) $p_j^{NT} > p_j^{TT} > p_j^{PT} > p_j^{ET}$.

상품의 가격은 오염저감효과에 관계없이 국내 항만이 민영화 정책을 선택한 경우 가장 높으며, 외국의 상품가격은 국내 항만이 국영화 정책을 선택할 때 가장 높다. 민영화된 항만인 경우 항만사용료가 높기 때문에 기업의 상품 수출입량이 줄어들고, 이로 인해 공급량은 줄어 가격상승에 영향을 미친다. Czerny et al. (2014) 또한 항만 민영화는 기업의 이윤을 극대화하는 과정에서 상품의 가격상승을 유발하게 됨을 지적하였다. 한편, 상품의 가격은 외국의 오염저감효과 k 가 증가함에 따라 공급이 증가하여 상품의 가격하락을 가져온다. 따라서, 국내 항만이 친환경시설을 갖추는 경우 상품의 가격은 가장 낮다.

정리 1. 기업의 이윤을 비교하면 다음과 같다.

- (i) $k < 0.444$ 이면, $\pi_i^{PT} > \pi_i^{ET} > \pi_i^{NT} > \pi_i^{TT}$,
 $0.444 < k < 0.66$ 이면, $\pi_i^{PT} > \pi_i^{NT} > \pi_i^{ET} > \pi_i^{TT}$,
 $k > 0.66$ 이면, $\pi_i^{PT} > \pi_i^{NT} > \pi_i^{TT} > \pi_i^{ET}$.
- (ii) $\pi_j^{NT} > \pi_j^{TT} > \pi_j^{PT} > \pi_j^{ET}$

기업의 이윤은 국내 항만의 경우 외국 항만의 오염저

감효과에 관계없이 국영화 보다 민영화인 경우 더 크다. 이는 항만 민영화로 높아진 항만사용료는 국내 기업의 비용증가로 작용하여 수출을 감소시킨 반면 국내 공급량을 증가시켜 가격은 하락되고 이윤을 높이는 결과를 가져온다. 한편 외국 기업은 국내항만이 국영화 일 때 국내 항만의 낮아진 항만사용료로 인해 수출량을 크게 증가시켜 이윤을 극대화 할 수 있다.

정리 2. 항만의 수입을 비교하면 다음과 같다.

- (i) $k < 0.316$ 이면, $R_i^{NT} > R_i^{ET} > R_i^{TT} > R_i^{PT}$,
 $0.316 < k < 0.528$ 이면, $R_i^{NT} > R_i^{TT} > R_i^{ET} > R_i^{PT}$,
 $k > 0.528$ 이면, $R_i^{TT} > R_i^{NT} > R_i^{PT} > R_i^{ET}$.
- (ii) $k < 0.437$ 이면, $R_j^{ET} > R_j^{NT} > R_j^{TT} > R_j^{PT}$

국내 항만의 수입은 외국 항만의 오염저감효과(k)가 보통수준이면 국영화를 유지하는 경우 가장 큰 수입을 얻을 수 있으며, 오염저감효과가 크다면 민영화와 함께 친환경기술을 도입할 때 가장 높다. 반면, 외국 항만은 국내 항만이 친환경시설을 도입하고 국영운영 될 때 가장 많은 항만수입을 얻을 수 있다. 한편, 국내 항만이 민영화 정책을 선택할 때 두 국가는 모두 낮은 수입을 얻는다. 항만의 수입은 항만사용료, 관세, 환경세, 물동량에 따라 결정되며, 국내항만이 국영화를 선택하는 경우 정부는 낮은 관세와 환경세를 부과함으로써 수출을 증가시켜 항만수입을 높이는 데 영향을 준다.

정리 3. 사회 후생수준을 비교하면 다음과 같다.

- (i) $k < 0.529$ 이면, $W_i^{TT} > W_i^{PT} > W_i^{ET} > W_i^{NT}$,
 $0.529 < k < 0.645$ 이면, $W_i^{TT} > W_i^{ET} > W_i^{PT} > W_i^{NT}$,
 $k > 0.645$ 이면, $W_i^{ET} > W_i^{TT} > W_i^{PT} > W_i^{NT}$,
- (ii) $k < 0.79$ 이면, $W_j^{ET} > W_j^{NT} > W_j^{TT} > W_j^{PT}$.

사회후생은 오염저감효과의 크기와 항만의 운영방식에 따라 두 국가의 사회후생 수준에 영향을 미친다. 국내 항만의 경우 오염저감효과가 $k < 0.645$ 이면, 민영화와 친환경시설을 도입하여 운영하는 경우 가장 높은 후생수준에 달성 될 수 있으며, $k > 0.645$ 이면, 국영화 정책아래 친환경시설을 도입할 때 가장 높은 후생수준을 달성할 수 있다. 이는 오염저감효과가 커지면, 국영화를 통해 항만사용료를 낮춰 국내의 수출입량을 증가시키고, 수입

품에 대해 높은 관세를 부과하여 정부수입을 증가시켜 사회 후생을 높인다. 한편, 외국 항만의 경우는 국내 항만이 국영화 정책아래 친환경시설을 도입할 때 높은 후생을 얻는다. 따라서, 두 국가 간 항만운영 방식과 오염저감기술의 차이는 사회후생 수준에 영향을 미친다. 결론적으로 외국의 선진항만과 경쟁에서는 친환경시설의 오염저감도와 항만의 운영방식은 사회후생에 영향을 미친다.

5. 항만정책의 내생적 선택 게임

마지막으로, 두 국가 간 민영화 정책과 친환경시설 도입의 전략적 상황을 내생적 선택 게임으로 분석하고자 한다. 자국의 전략은 국영화 또는 민영화, 친환경시설 도입의 유무에 따라 4가지 전략이 가능하며, 외국항만은 민영화된 상황에서 친환경시설의 도입 유무에 따라 2가지 전략이 선택 가능하다. 외국 항만이 친환경기술을 갖추지 않을 때의 사회후생은 앞에서 구한 외국의 후생수준에 $k=0$ 을 대입하면 다음과 같이 정의된다.

$$W_j^{NP} = W_j^{NT}(k=0), W_j^{EP} = W_j^{ET}(k=0),$$

$$W_j^{PP} = W_j^{PT}(k=0), W_j^{TP} = W_i^{PT}$$

그러면, 각 정부의 선택게임으로 자국은 {국영화, 국영화와 친환경시설 도입, 민영화, 민영화와 친환경시설 도입} 전략을 외국은 {민영화, 친환경기술 도입}의 전략이 가능할 때의 선택균형을 살펴보자. 이에 대한 두 국가 간 전략형 게임은 다음과 같다.

Table 1. Endogenous Choice Game of Port Policy

Country i / j	Privatization	Privatization with Eco-tech
Nationalization	W_i^{NP}, W_j^{NP}	W_i^{NT}, W_j^{NT}
Nationalization with Eco-tech	W_i^{EP}, W_j^{EP}	W_i^{ET}, W_j^{ET}
Privatization	W_i^{PP}, W_j^{PP}	W_i^{PT}, W_j^{PT}
Privatization with Eco-tech	W_i^{TP}, W_j^{TP}	W_i^{TT}, W_j^{TT}

위 게임의 균형을 구하기 위해, 각국의 전략에 대한 후생수준을 살펴보자. j 국(외국)의 경우 i 국(자국)의 전략에 관계없이 $W_j^{NT} > W_j^{NP}$, $W_j^{ET} > W_j^{EP}$, $W_j^{PT} > W_j^{PP}$,

$W_j^{TT} > W_j^{TP}$ 이므로, 항만 민영화와 친환경기술을 도입하는 것이 강우월전략이다. 다음 i 국의 경우는 정리3에 따르면, 오염저감효과에 따라 $k < 0.645$ 이면, 항만 민영화와 친환경시설 도입 전략을 선택하고, $k > 0.645$ 이면, 국영화와 친환경시설 도입 전략을 선택한다. 위의 결과 두 국가 간 내생적 선택 게임에서는 각 국이 소유한 항만의 오염저감에 대한 기술적 차이와 민영화 정책이 균형에 영향을 미친다. 따라서, 위의 게임에서 2개의 균형이 존재하며, 오염저감효과가 작으면 ($k < 0.645$), $\{W_i^{TT}, W_j^{TT}\}$ 이 선택되며, 오염저감효과가 크면($k > 0.645$), $\{W_i^{ET}, W_j^{ET}\}$ 전략이 균형이 된다. 따라서 국내 항만의 경우 외국의 친환경 민영화항만과 경쟁하는 경우 오염저감효과의 정도가 작은 경우는 민영화 전략을 통해 항만사용료를 높이고 친환경시설을 도입하여 외국항만과 경쟁하는 것이 바람직하며, 오염저감효과가 큰 경우에는 민영화보다 국영화 정책을 고려하며 친환경시설을 도입하는 것이 사회 후생을 높일 수 있다. 이러한 결과는 항만에 오염을 저감하는 친환경기술 도입 문제를 다루지 않은 기존 연구와 다른 결과를 보인다. 그 이유는 항만시설의 오염저감효과가 큰 경우 친환경시설의 도입으로 인해 낮은 환경세를 부과하여 항만이 부담하는 환경세 지출 감소와 항만 국영화를 통해 항만사용료를 낮추어 국내 상품 수출량과 외국으로부터의 수입량 증가를 이끌어 항만의 수입은 증가되고, 정부는 전략적으로 수입량에 대해 관세를 조정하여 후생을 증대할 수 있다. 그러나, 기업은 항만사용료의 하락으로 상품 수출량을 늘리며, 공급량의 증가로 상품 가격은 하락하게 되어 이윤은 감소하게 된다. 그러나, 환경세와 관세를 전략적으로 활용하는 정책을 배제한 [8]의 연구에서는 국제경쟁에 놓여있는 두 국가의 항만 경쟁에서 민영화는 가속화될 가능성이 높고 이러한 정책 선택은 두 국가에게 사회후생의 감소를 가져온다고 설명하였다. 따라서, 본 연구에서는 환경오염에 따른 오염세 및 관세와 친환경시설의 도입에 관한 정부의 선택을 전략적으로 반영하고 있다는 점에서 차이가 있다.

6. 결론

본 연구는 항만오염을 고려한 국제경쟁모형에서 항만의 민영화 정책과 친환경기술의 도입이 국제경쟁과 사회 후생에 미치는 영향을 분석하였다. 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 항만사용료와 환경세는 국영화보다 민영화

일 때 더 높다. 둘째, 항만에 친환경시설이 도입될 때, 관세정책은 오염저감효과가 보통수준이면 민영화일 때 가장 높고, 오염저감효과가 매우 크면, 국영화일 때 가장 높다. 셋째, 국내 기업의 이윤은 오염저감효과에 관계없이 국영화보다 민영화인 경우 더 크다. 마지막으로, 사회후생을 고려할 때, 항만의 운영방식과 친환경기술 도입에 대한 전략은 오염저감효과의 크기에 따라 다르다. 즉, 국내항만은 오염저감효과가 보통수준이면, 민영화와 친환경시설을 도입하는 것이 가장 높은 후생수준에 달성될 수 있으며, 오염저감효과가 비교적 크다면, 국영화 정책 아래 친환경시설을 도입하는 것이 바람직하다. 따라서 국가 간 항만경쟁에서 정부는 환경시설의 오염저감효과를 고려하여 항만의 민영화와 친환경기술의 도입을 결정해야 한다.

특히 2050 탄소중립을 추진하고 있는 우리나라의 경우 항만의 수출입량의 증가로 인해 발생하는 심각한 환경오염을 해결하기 위해서는 환경정책 및 산업정책을 포함한 종합적인 효과에 대한 실증분석이 요구되며, 현재 추진 중인 항만의 친환경기술 도입 및 개발이 국내 항만 경쟁력과 사회후생을 높일 수 있도록 환경정책 및 산업정책의 복합적인 효과를 고려한 지속 가능한 정책수립이 필요하다. 이와 더불어 항만의 경쟁력 확보와 사회 후생의 증진을 위해서 선진항만의 운영방식인 항만의 민영화 정책에 대한 검토 또한 필요한 시기이다.

연구의 한계로는 정부의 항만 민영화와 친환경기술의 도입 또는 개발과정에서 발생하는 연구개발비용과 사회적 비용을 고려하지 않은 점이며, 이러한 부분을 고려하여 R&D 투자를 반영한 경쟁모형, 라이선싱 모형으로 확장이 가능하며, 또한 국가 간 기술 공유가 가능할 때 항만의 민영화 전략과 상품 차별화시장에서의 경쟁모형도 향후 중요한 연구가 될 수 있다.

References

- [1] M. Habibi, N. Rehmatulla, "Carbon Emission Policies in the Context of the Shipping Industry", London: CASS Business School: City University, 2009.
- [2] D. Gibbs, P. Rigot-Muller, J. Mangan, C. Lalwani, "The Role of Sea Ports in End-To-End Maritime Transport Chain Emissions", *Energy Policy* Vol. 64, pp. 337-348, 2014.
- [3] A. Baird, "Privatization Trends at the World's Top-100 Container Ports", *Maritime Policy and Management*, Vol. 29, pp. 271-284, 2002.
- [4] A. Baird, V. F. Valentine, "Port Privatization in the United Kingdom", *Research in Transportation Economics*, Vol. 17, pp. 55-84, 2007.
- [5] L. Trujillo, G. Nombela, "Privatization and Regulation of the Seaport Industry", World Bank, Policy Research Working Papers, No. 2181, 1999.
- [6] S. Lee, "Economic Modelling of Emission Tax and Port Privatization in an International Competition", *Journal of Economic Studies*, Vol. 37, No. 3, pp. 151-173, 2019.
- [7] Y. Xiao, A. K. Ng, H. Yang, X. Fu, "An Analysis of the Dynamics of Ownership, Capacity Investments and Pricing Structure of Ports", *Transportation Review*, Vol. 32, pp. 629-652, 2012.
- [8] A. Czerny, F. Hoffler, S. Mun, "Hub Port Competition and Welfare Effect of Strategic Privatization", *Economics of Transportation*, Vol. 3, pp. 211-220, 2014.
- [9] N. Matsushima, K. Takauchi, "Port Privatization in an International Oligopoly", *Transportation Research Part B*, Vol. 67, pp. 382-397, 2014.
- [10] D. J. Lee, S. Lim, K. Choi, "Port Privatization Under Cournot vs. Bertrand Competition: a Third-market Approach", *Maritime Policy & Management*, Vol. 44, pp. 761-778, 2017.
- [11] K. Choi, S. Lim, "Port Privatization and Strategic Trade Policy", *Journal of Korea Port Economic Association*, Vol.32, No.3, pp. 21-33, 2016.
- [12] H. Beladi, C. C. Chao, "Does Privatization Improve the Environment?", *Economics Letters*, Vol. 93, pp. 343-347, 2006.
- [13] J. C. Bárcena-Ruiz, M. B. Garzón, "Mixed Oligopoly and Environmental Policy", *Spanish Economic Review*, Vol. 8, pp. 139-160, 2006.
- [14] L.F. Wang, J. Wang, "Environmental Taxes in a Differentiated Mixed Duopoly", *Economic Systems*, Vol. 33, pp. 389-396, 2009.
- [15] R. Pal, B. Saha, "Pollution Tax, Partial Privatization and Environment", *Resource and Energy Economics*, Vol. 40, pp. 19-35, 2015.
- [16] L. Xu, S. Cho, S. H. Lee, "Emission Tax and Optimal Privatization in Cournot-Bertrand Comparison", *Economic Modelling*, Vol. 55, pp. 73-82, 2016.
- [17] H. Cui, T. E. Notteboom, "Modelling Emission Taxes in Port Areas and Port Privatization Levels in Port Competition and Co-operation Subgames", *Transportation Research Part D*, Vol. 56, pp. 110-128, 2017.

김 승 렬(Seung-Leul Kim)

[정회원]



- 2002년 6월 : 뉴욕주립대 버팔로 경제학과 (경제학석사)
- 2013년 8월 : 전남대학교 경제학과 (경제학박사)
- 2018년 3월 ~ 2020년 2월 : 원광대학교 경제학과 조교수
- 2020년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 글로벌인재학부 조교수

〈관심분야〉

환경정책, 기술정책, 산업조직