

배출권거래제 하에서 내생적 입지선택 분석*

이 종 화** · 강 판 상***

논문 초록

본 논문은 배출권거래제를 실행하고 있는 국가에 입지한 기업들이 배출권거래제와 간접규제 정책을 실행하는 국가 중 입지를 선택할 수 있는 경우, 배출권거래제 실행국의 후생극대화를 위한 초기 배출권 할당률 결정과정을 분석한다. 각 산업에 속한 기업들이 자유롭게 입지선택을 할 수 있는 경우 초기 배출권 할당률 설정에 따라 배출권거래제 실행국의 산업구성이 다르게 나타날 수 있다. 본 논문의 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 배출권거래제 실행국의 후생을 극대화하기 위해서는 규모가 큰 산업을 자국에 입지시키고, 규모가 작은 산업을 해외로 이전시킬 수 있도록 초기 배출권 할당률을 설정해야 한다. 둘째, 배출권거래제 실행국의 후생은 산업 간 경쟁이 일어나는 경우보다 산업 내 경쟁이 일어나는 경우 더 크게 된다.

핵심 주제어: 경쟁, 배출권거래제, 내생적 입지선택

경제학문헌목록 주제분류: D72, Q52, Q58

투고 일자: 2017. 10. 23. 심사 및 수정 일자: 2018. 4. 3. 게재 확정 일자: 2018. 5. 18.

* 본 논문의 작성과정에서 유용한 제안과 조언을 해주신 익명의 심사위원들께 감사의 말씀을 드립니다.

** 제1저자, 한국국방연구원 선임연구원, e-mail: jonghwa31@kida.re.kr

*** 교신저자, 성균관대학교 경제학과 박사과정, e-mail: vonpansang@gmail.com

I. 서론

지난 10여 년간 UN기후변화협약을 통해 OECD 회원국들과 개발도상국들은 지구온난화 방지를 위한 온실가스의 효율적 저감 방안에 대해 활발한 논의를 진행해 왔다. 선진국들은 탄소배출량의 효율적 저감을 위해 직접적 규제, 자발적 협약을 통한 규제, 배출권거래제를 통한 규제 그리고 탄소세를 통한 조세정책 등을 주요 정책수단으로 활용하고 있다. 이 같은 다양한 정책수단들 중, 정부의 직접적 규제 수단들에 비해 오염배출 당사자들의 시장거래를 통해 오염배출을 규제하는 수단인 배출권거래제의 경제적 효율성이 부각됨에 따라 지난 10여 년간 세계 탄소시장의 배출권 거래규모는 매년 가파른 성장세를 보이고 있다(최병철, 2011).

반면 기업경영진에게 위와 같은 오염배출 규제정책들은 생산비용의 증가를 의미한다. 과거에 비해 최근 국제시장은 무역 및 해외직접투자가 활발히 진행되어 국가 간 시장 경계가 허물어지는 시장통합이 이루어지고 있다. 이 같은 세계시장의 통합과 해외기업에 대한 규제의 완화는 기업경영진에게 상대적으로 규제가 약한 국가로 생산시설을 이전시킬 유인을 제공한다. 또한 각 국가가 실행하는 오염배출 규제정책들은 오염배출 기업들에게 생산비용을 감소시키기 위해 전략적으로 생산시설의 입지를 선택하게 할 유인을 제공하고 있다. 따라서 기업의 경영진은 생산시설의 자유로운 이전이 가능한 경우, 생산비용을 최소화 할 수 있는 오염배출 규제정책을 실행하고 있는 국가로 생산시설을 이전하고자 할 것이다.

오염배출 기업들이 자국의 엄격한 오염배출 규제정책을 피해 상대적으로 오염배출 규제정책이 관대한 국가로 생산시설을 이전하는 위와 같은 현상을 오염처리비용 회피가설이라 하며, 최근의 많은 연구들이 오염처리비용 회피가설을 지지하는 결과를 밝혀내고 있다. 예를 들어, List and Co (2000) 과 Xing and Kolstad (2002) 에 따르면 미국의 경우 오염배출 산업인 중화학 및 철강 산업에 속한 기업들이 1970년 The Clean Air Act 개정 이후 해외직접투자 비중을 증가시켰고, 각 주에서도 오염배출 규제정책이 엄격한 주일수록 다국적 기업의 해외직접투자가 감소하는 현상이 나타나고 있다. 또한, Dean, Lovely and Wang (2009) 에 따르면 중국의 경우 역시 오염배출 규제정책이 상대적으로 엄격한 지역일수록 해외직접투자가 감소하는 현상이 나타나고 있다. 따라서 환경규제 정책을 입안하는 정책입안자는 자국에 입지해 있는 다국적 기업들의 생산시설 이전에 따른 사회적 손실과 오염배출 저감에 따른 사회적 편익

을 고려해 사회후생을 증가시킬 수 있는 환경규제 정책을 실행해야 할 것이다.

이 같은 논의를 고려해 본 논문은 오염배출 기업들이 자유롭게 입지 국가를 선택할 수 있는 경우, 배출권거래제 실행국의 사회후생 극대화를 위한 초기 배출권 할당률 결정과정을 경쟁이론을 활용해 분석하고자 한다. 경쟁이론이란 개인 또는 집단이 외생적으로 주어진 상을 획득하기 위해 자원을 전략적으로 투입하며 경쟁하는 상황을 분석하는 게임이론의 한 분야이다. 경쟁상황의 예로는 공항과 같은 지역공공재를 유치하기 위한 지방정부간 지역공공재 유치경쟁, 개인 또는 집단 간 법정소송 및 이익집단들이 정책입안자를 상대로 벌이는 로비경쟁 등이 있다. 이 같은 예와 유사하게 배출권거래제 실행국에 입지한 오염배출 기업들은 오염배출권을 많이 획득할수록 오염배출권 거래를 통해 경제적 지대를 얻게 되므로 오염배출권 획득을 위한 경쟁에 참여하게 된다.

따라서 본 논문은 배출권거래제 실행국에 입지한 오염배출 기업들의 오염배출권 획득을 위한 자원투입 결정을 경쟁이론을 통해 분석한다. 또한 배출권거래제 실행국에 입지한 오염배출 기업들이 배출권거래제를 실행하는 국가와 간접규제 정책을 실행하는 국가 중 생산시설의 입지를 선택할 수 있을 때, 기대이윤을 극대화하기 위한 기업들의 전략적 입지선택을 살펴본다. 다음으로 오염배출 기업들의 전략적 입지선택이 가능한 경우 배출권거래제 실행국의 사회후생 극대화를 위한 최적 초기 배출권 할당률(the optimal share of preassigned permits) 조건을 도출하고, 배출권거래제 실행국의 최적 초기 배출권 할당률 하에서 배출권거래제 실행국의 산업구성이 갖는 특징과 정책적 함의에 대해 살펴보도록 하겠다.

1. 선행연구

배출권거래제 실행국에서 오염배출권을 보유한 기업들은 오염배출권의 시장거래를 통해 발생하는 경제적 지대를 얻을 수 있으므로, 오염배출권 획득을 위한 기업 간 경쟁에 참여해 자원을 지출하게 된다. 따라서 주어진 경제적 지대 획득을 위한 개인 또는 집단 간 전략적 자원지출을 분석하는 경쟁이론은 위의 상황을 분석하기 적합한 이론이라 볼 수 있다. 경쟁상황에서 일어나는 개인 또는 집단의 전략적 자원지출을 분석한 연구들은 다수 있었다. Dixit (1987)은 상에 대한 가치가 다른 개인들이 상을 획득하기 위해 경쟁하는 상황에서 사전적인 약속(commitment)이 균형

노력투입량에 미치는 효과를 분석하였다. 이와 달리 Baik (1993)은 두 집단이 집단 한정공공재를 획득하기 위해 경쟁하는 상황에서 개인 및 각 집단의 전략적인 노력투입을 분석해, 개인 및 각 집단의 균형 노력투입량을 도출하였다. 또한 Baik (2008)은 이를 n 개의 집단이 집단한정공공재를 획득하기 위해 경쟁하는 상황으로 일반화시켜 개인 및 각 집단의 균형 노력투입량을 도출하였다.

또한 오염배출 기업들이 각 국가의 공해배출세 설정에 따라 생산시설의 입지를 선택할 때, 각 국가의 사회후생을 증가시키기 위한 공해배출세 설정을 분석한 연구들은 Markusen et al. (1993, 1995), Motta and Thisse (1994), Rauscher (1995), Hoel (1997), Ikefuji et al. (2016) 등이 있다. 이 연구들에서는 오염배출 기업들이 초래하는 사회적 비용이 매우 큰 경우 높은 공해배출세를 부과해 오염배출 기업들을 해외로 이전 시키고, 사회적 비용이 낮은 경우 낮은 공해배출세를 부과해 오염배출 기업을 자국에 유지시키는 것이 사회후생을 증가시킬 수 있음을 게임이론을 통해 분석하였다. 하지만 위의 연구들은 정책입안자가 활용할 수 있는 환경규제 정책 수단이 공해배출세 한 가지만 존재한다는 가정 하에서 오염배출 기업들의 입지 선택과 사회후생을 증가시키기 위한 공해배출세 설정 문제를 다루고 있다. 이 같은 가정은 오염배출 기업들의 입지선택이 자유로운 경우, 각 국의 정책입안자가 다양한 환경규제 정책 중 어떤 정책을 사용하는 것이 사회후생을 증가시킬 수 있는지에 대해서는 결론을 내릴 수 없다는 한계를 지닌다. 따라서 정책입안자가 사용할 수 있는 다양한 환경규제 정책 수단 중 오염배출 기업들의 입지선택이 자유로운 경우, 어떤 정책을 사용하는 것이 더 높은 사회후생을 주는지 살펴보는 것은 환경규제 정책 결정에 있어 매우 중요한 문제라고 생각된다. 이 같은 논의를 고려해 본 논문에서는 양 국가가 배출권거래제와 간접규제정책을 실행하고 있다고 가정하고 기업들이 자유롭게 입지를 선택할 수 있을 때, 배출권거래제 실행국의 사회후생을 극대화하기 위한 초기 배출권 할당률 결정과정을 분석하였다.

마지막으로 본 논문과 같이 경쟁이론을 활용해 배출권거래제의 경제적 효율성을 평가한 연구들은 다음과 같다. Mackenzie et al. (2009)는 오염배출권 획득을 위한 오염배출 기업 간 경쟁이 있을 때, 정책입안자는 기업의 사회적 책임과 같은 제2정책 목표에 대한 기업들의 투자량을 기준으로 기업들에게 오염배출권을 할당하는 것이 전통적인 경매나 그랜드프라이징 방식에 비해 더 높은 사회후생을 달성할 수 있음을 보였다. 또한 이종화(2016)는 탄소세 정책과 배출권거래제 하에서 사회후생을

비교하기 위해, 탄소세 정책 실행 시 발생하는 집단 간 경쟁상황에서 성과보수를 공시하는 경우와 공시하지 않는 경우의 사회후생과 배출권거래제 실행 시의 사회후생을 비교하였다. 이 연구에서는 성과보수의 공시여부가 탄소세 정책과 배출권거래제의 상대적 효율성을 결정짓는 요인임을 알 수 있다. 이외에도 배출권거래제의 도입 및 경제적 효과에 관한 국내외 연구들은 Kverndokk(1995), Stavins(1995), Cramton and Kerr(2002), 노상환(2009), 공성용·김이진·김용건(2015) 등이 있으며, 오염배출 기업들의 경제적 지대추구가 일어나는 경우 오염배출 규제정책들의 경제적 효율성이 일반적인 인식과 달라질 수 있음을 보인 대표적인 연구들은 MacKenzie et al. (2008 a, b), Hanley and MacKenzie(2010), Mackenzie and Ohndorf(2012) 등이 있다.

본 논문은 배출권거래제 실행 시 사회후생을 극대화 하는 최적 초기 배출권 할당률 설정과정을 경쟁이론을 통해 살펴봤다는 점에서 Hanley and MacKenzie(2010)와 유사하지만, 오염배출 기업들의 자유로운 입지선택을 허용해 최적 초기 배출권 할당률 조건을 도출한 점에서 큰 차이가 있다. 앞서 논의 했듯, 오염배출 기업들의 해외이전은 배출권거래제 실행국의 사회후생에 상충되는 효과를 가져 올 수 있다. 구체적으로, 오염배출 기업들의 해외이전은 오염배출 총량을 감소시켜 배출권거래제 실행국의 사회후생을 증가시키는 반면, 기업들의 해외이전에 따른 소득감소는 사회후생을 감소시킨다. 이 경우 오염배출 기업들의 자유로운 입지선택을 고려하지 않고 초기 배출권 할당률을 설정하게 되면, 모형의 예측과 달리 배출권거래제 실행국의 사회후생이 감소하는 결과가 초래될 수도 있다. 이러한 논의에 비추어 볼 때, 배출권거래제 실행국의 사회후생을 극대화 하는 초기 배출권 할당률을 설정하기 위해서는 초기 배출권 할당률 설정에 따른 오염배출 기업들의 입지선택을 고려하는 것이 더 적절하다고 판단된다. 따라서 본 논문에서는 오염배출 기업들의 자유로운 입지선택을 고려해 배출권거래제 모형을 설정하고, 배출권거래제 실행국의 최적 초기 배출권 할당률 결정을 분석하도록 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 제Ⅱ장에서는 배출권거래제 모형을 설정하고 오염배출 기업들의 입지선택에 따른 사회후생을 정의하도록 하겠다. 제Ⅲ장에서는 배출권거래제 실행국에 입지한 오염배출 기업들이 오염배출권 획득을 위한 경쟁에 참여하는 경우, 균형에서의 노력투입량과 기대보수를 구하겠다. 또한 오염배출 기업들의 자유로운 입지선택을 허용해 배출권거래제와 간접규제 정책을 실

행하는 국가 중, 배출권거래제 실행국의 초기 배출권 할당률에 따른 오염배출 기업들의 입지선택을 분석한다. 제Ⅳ장에서는 오염배출 기업들이 입지를 선택할 수 있을 때, 배출권거래제 실행국의 사회후생을 극대화하기 위한 최적 초기 배출권 할당률 결정을 분석한다. 제Ⅴ장에서는 본 논문의 연구결과를 요약하고 연구결과를 통해 얻을 수 있는 정책적 시사점과 향후 연구 과제를 논의하겠다.

Ⅱ. 배출권거래제 기본 모형

배출권거래제를 실행하는 국가 H와 간접규제 정책을 실행하는 국가 F가 존재하는 상황을 고려한다. 국가 H에는 배출권거래제 하에서 오염물질을 배출하는 산업 1과 산업 2가 입지하고 있으며, 각 산업의 크기는 산업 1에 속한 기업들의 수가 산업 2에 속한 기업들의 수보다 많다고 가정 한다($m_1 > m_2$). 또한 국가 F는 목표수준보다 오염물질을 저감한 경우 보조금을 지급하고, 오염물질을 많이 배출한 경우 공해배출세를 부과하는 간접규제 정책을 실행하고 있다고 가정한다. 본 논문은 국가 H에 입지해 있는 각 산업의 기업들이 국가 H에서 결정하는 배출권거래제 정책을 확인한 후, 국가 H에 계속 입지할지, 혹은 국가 F로 이전할지 여부를 분석한다.

따라서 본 논문의 기본모형은 다음의 세 단계 게임으로 이루어진다. 첫 번째 단계에서 배출권거래제를 실행하고 있는 국가 H는 초기 배출권 할당률인 δ^H 를 결정한다. 두 번째 단계에서는 초기 배출권 할당률 δ^H 를 확인한 산업 1과 산업 2의 기업들이 국가 H에서 오염물질을 배출할지, 또는 간접규제 정책을 실행 중인 국가 F로 이전해 오염물질을 배출할지를 내생적으로 결정하게 된다. 세 번째 단계에서는 오염물질을 배출할 국가를 H로 결정한 기업들이 오염배출권을 획득하기 위한 경쟁에 참여해 노력을 투입하고 오염물질을 배출하게 된다.

국가 H에 입지를 결정한 산업의 기업들은 배출권거래제 하에서 오염물질을 배출하게 된다. 따라서 국가 H에 계속 입지해 있는 기업들은 배출권거래제를 통해 발생하는 경제적 지대를 획득하기 위해 경쟁하게 될 것이다. 이를 자세히 설명하면 다음과 같다. 배출권거래제 하에서 기업들은 초기 오염배출권 할당량 보다 더 많은 오염물질을 배출하기 위해 오염배출권을 매매하게 된다.¹⁾ 기업들은 과거 오염배출

1) 배출권거래제는 개별 오염배출자에게 일정량의 오염배출권을 시장을 통해 매매 할 수 있도록

량을 기준으로 초기 오염배출권을 할당 받기 때문에 과거 오염배출량이 많은 기업들은 상대적으로 더 많은 초기 오염배출권을 할당 받을 수 있다.²⁾ 하지만 초기 오염배출권을 적게 보유한 기업들 역시 오염배출권을 구매해 오염물질을 많이 배출했다면, 다음 기에 더 많은 초기 오염배출권을 할당 받을 수 있다. 결국 기업들은 상대적으로 오염배출권을 많이 가져가게 될수록 오염물질을 더 많이 배출하게 되고, 이로써 다음 기에 더 많은 초기 오염배출권을 할당 받게 되는 경제적 지대를 얻을 수 있다. 따라서 배출권거래제를 실행하고 있는 국가 H에 입지한 기업들은 초기 오염배출권 할당량을 제외한 나머지 오염배출권을 획득하기 위해 경쟁하게 된다. 이 경우 경쟁에 참여하는 기업들의 전략은 상호의존적 이므로 이들의 전략적인 행동을 분석하기 위해 게임이론을 활용한 모형설정을 시도 하였다.

국가 H의 정부가 원하는 산업 1과 산업 2의 목표 오염배출량을 각각 T 라 가정한다. 일반성을 잃지 않기 위해 국가 F의 정부가 원하는 각 산업의 목표 오염배출량 역시 T 라 가정한다. 따라서 국가 i ($i = H$ 혹은 F)에 두 산업이 모두 존재한다면 전체 오염배출량의 목표 수준은 $2T$ 가 되며, 국가 i ($i = H$ 혹은 F)에 하나의 산업만 존재한다면 전체 오염배출량의 목표 수준은 T 가 된다.

그랜드파더링 방식의 배출권거래제를 실행하고 있는 국가 H의 사전에 결정된 초기 배출권 할당량을 δ^H 라 가정한다. 또한 $\overline{e_{ik}}$ 는 국가 H에 입지한 산업 i 의 구성 기업 k 에게 할당된 목표 오염배출량이라 정의하고, 산업 i 의 구성 기업 k 가 배출하는 오염배출량을 $e_{ik} \in [0, \overline{e_{ik}}]$ 라 정의하자. 그랜드파더링 방식에서 각 기업별 목표 오염배출량 $\overline{e_{ik}}$ 는 기업들의 과거 오염배출량에 따라 차이가 존재하게 된다. 따라서 오염물질 배출 산업 i 의 구성 기업들은 사전에 주어진 목표 오염배출량($\overline{e_{ik}}$)과 그랜드파더링 방식에서 초기 배출권 할당률(δ^H)을 통한 오염배출량($\delta^H \overline{e_{ik}}$)을 배출하고, 남아있는 오염배출권($(1 - \delta^H) \overline{e_{ik}}$)을 경쟁을 통해 획득해 경제적 지대를 얻으려고 한다. 마지막으로, 국가 H와 국가 F에서 산업 i 의 구성 기업 k 가 오염 물

하는 제도이며, 초기 배출권 할당량에 대한 분배 기준에 따라 그랜드파더링 방식, 벤치마크(updating) 방식 그리고 수익경매 방식으로 구분할 수 있다. 그 중 그랜드파더링 방식은 과거의 오염배출 실적을 기준으로 초기 배출권 할당량을 분배 하는 방식이다.

2) 특히 본 논문은 배출권거래제의 초기 배출권 할당량에 대한 다양한 분배 방식 중 경제적 효율성이 가장 우수 하다고 평가되는 그랜드파더링 방식을 가정하고 분석하였다.

질을 배출함에 따라 지불해야 하는 오염저감 비용을 균일하게 $c(e_{ik})$ 라 하고 $c(\cdot) > 0$ 과 $c'(\cdot) < 0$ 의 성질을 가진다고 가정한다.

배출권거래제 하에서 국가 H에 입지한 산업 i 의 구성 기업 k 의 오염 배출량을 결정하기 위한 오염저감 비용 최소화 조건식은 다음과 같다.

$$e_{ik} = \operatorname{argmin} \sigma^H \cdot (e_{ik} - \overline{e_{ik}}) + c(e_{ik}) \quad (1)$$

여기서 σ^H 는 배출권거래제 하에서 오염배출권의 균형 시장가격을 나타낸다.³⁾ 반면 국가 F는 각 산업의 구성 기업들에게 균일한 목표 오염배출량($\widehat{e_{1k}} = \widehat{e_{2k}} = \widehat{e}$ ⁴⁾, $k = 1, \dots, m_i$, 단, $i = 1$ 혹은 2)을 설정하고, 오염물질 단위당 균일 가격(σ^F)을 책정해 목표치 보다 오염물질을 저감하면 보조금을 지급하거나, 오염물질을 많이 배출하면 공해배출세를 부과하는 간접규제 정책을 실행한다고 가정한다. 따라서 국가 F에 입지할 경우, 산업 i 의 구성 기업 k 의 오염저감 비용 최소화 조건식은 다음과 같다.

$$e_{ik} = \operatorname{argmin} \sigma^F \cdot (e_{ik} - \widehat{e}) + c(e_{ik}) \quad (2)$$

식 (1) 과 (2)로부터 오염물질 배출의 단위당 시장가격은 오염저감 한계비용과 같다는 것을 알 수 있다($\sigma^H = \sigma^F = -c'(e_{ik})$). 즉, 기업들의 오염저감 한계비용은 어느 국가를 선택하든지 동일하기 때문에 완전경쟁시장 조건에 의해 양국에서 오염물질 배출의 단위당 시장가격은 환경규제 정책과 관계없이 같아지게 된다($\sigma_H = \sigma_F = \sigma$). 이를 다르게 해석해보면, 국가 F에 입지한 기업들은 오염물질을 목표 오염배출량 보다 한 단위 초과(미만) 배출할 경우 σ^F 의 공해배출세(보조금)를 부과(지급) 받게 됨을 의미한다. 또한 시장청산 조건에 의해 전체 오염배출권 거래량과 기업들에게 할당 된 목표 오염배출량의 합은 정부의 목표치와 같게 된다

3) 본 논문에서는 오염배출권 시장이 완전 경쟁적이며, 시장청산이 항상 이루어진다고 가정하고 분석을 시도하였다.

4) 이는 간접규제 정책 하에서는 산업 1과 산업2에 속한 모든 기업들에게 동일한 목표 오염배출량 \widehat{e} 이 주어짐을 의미한다.

$$\left(\sum_{k=1}^{m_i} \overline{e_{ik}} = \sum_{k=1}^{m_i} \widehat{e_{ik}} = \sum_{k=1}^{m_i} e_{ik} = T, \quad i = 1 \text{ 혹은 } 2 \right).$$

앞서 설명한 바와 같이 배출권거래제를 실행하는 국가 H에서는 사전에 각 기업들에게 할당된 오염배출권을 제외한 나머지 오염배출권을 획득하기 위한 경쟁이 일어나게 된다. 따라서 만약 국가 H에 하나의 산업 i 만 존재한다면, 국가 H에 입지한 산업 i 의 구성 기업 k 가 사전에 할당받은 오염배출권은 $\delta^H \overline{e_{ik}}$ 가 되고, $(1 - \delta^H) T$ 만큼의 오염배출권은 구성 기업들이 경쟁을 통해 가져가게 된다. 오염배출권 획득 경쟁에서 지출하게 되는 산업 i 의 구성 기업 k 의 노력투입량을 x_{ik} 라 한다면 ($k = 1, \dots, m_i$), 오염배출산업 i 에 속한 구성 기업 전체의 노력투입량은 $X_i = \sum_{k=1}^{m_i} x_{ik}$ 이 된다. 산업 i 의 구성 기업 k 가 경쟁에서 승리할 확률은 승자결정함수를 통해 아래와 같이 결정된다고 가정한다.

$$P_{ik} = \begin{cases} x_{ik}/(X_i + X_j) & \text{for } X_i + X_j > 0, \\ x_{ik}/X_i & \text{for } X_i > 0, X_j = 0, \\ 1/(m_i + m_j) & \text{for } X_i = X_j = 0, \end{cases} \quad (3)$$

여기서 $i \neq j$, $i = 1$ 혹은 2 그리고 $j = 1$ 혹은 2가 된다. 승자결정함수는 오염배출기업이 오염배출권 획득 경쟁에서 노력투입량을 증가시킬수록 오염배출권을 획득하게 될 확률이 증가함을 나타낸다. 또한 국가 H에 하나의 산업만 존재한다면 승자결정함수는 산업 내 경쟁을 나타내는 함수로 바뀌게 된다. 국가 H에 하나의 산업 i 만 입지하는 경우 산업 i 의 구성 기업 k 의 기대보수함수는 다음과 같다.

$$\pi_{ik}^H = (1 - \delta^H) T \sigma P_{ik} + \delta^H \overline{e_{ik}} \sigma - e_{ik} \sigma - x_{ik} - c(e_{ik}) \quad (4)$$

식 (4)의 첫 번째 항은 기업 k 가 오염배출권 획득경쟁에서 승리하는 경우 얻게 되는 기대수익이며, 두 번째 항은 사전에 할당받은 오염배출권의 시장가치, 세 번째 항은 실제 오염배출량의 비용, 네 번째 항은 오염배출권을 획득하기 위한 노력투입량, 마지막 항은 오염배출에 대한 저감 비용을 나타낸다.

반면, 산업 i 가 국가 F로 이전한 경우 구성 기업 k 의 기대보수함수를 나타내면 다음과 같다.

$$\pi_{ik}^F = \sigma(\hat{e} - e_{ik}) - c(e_{ik}) - f_{ik} \quad (5)$$

여기서 f_{ik} 는 산업 i 의 구성 기업 k 가 국가 H에서 국가 F로 이전할 경우 발생하는 고정 비용이라 정의한다. 또한 오염저감 비용 최소화 조건을 만족시켜, 국가 F로 이전해 오염물질을 배출할 경우 각 기업의 수익은 고정비용보다 크다고 가정한다.

위의 정의에 의해 산업 1이 국가 F로 이전하는 경우 산업 1의 총 고정비용은 $F_1 = \sum_{k=1}^{m_1} f_{ik}$, 산업 2가 국가 F로 이전하는 경우 산업 2의 총 고정비용은 $F_2 = \sum_{k=1}^{m_2} f_{2k}$ 가 된다. 이를 다르게 해석하면, 국가 H는 산업 i 의 이전으로 F_i 만큼의 기회비용인 사회적 효용을 잃게 된 것을 의미한다. 국가 F에서는 기업들에게 동일한 목표 오염배출량(\hat{e})을 설정해 공해배출세를 부과하거나 보조금을 지급하는 간접규제 정책을 실행하고 있기 때문에 오염배출권 획득을 위한 기업 간 경쟁이 일어나지 않으며, 식 (5)에는 오염배출권 획득시의 수익과 노력비용이 포함되지 않게 된다.

국가 H는 재정수입을 창출하지 않는 비수익창출 도구방식의 대표적인 정책 수단인 무상분배를 통한 배출권거래제를 실행하고 있다. 국가 H가 목표 오염배출량(T)을 달성했을 경우 얻게 되는 편익 수준을 나타내기 위해 목표 오염배출량 달성 시 순편익($B(T) - C(T)$)을 목표 오염배출량(T)과 오염배출권의 시장 균형가격(σ)의 곱으로 정의하고 다음과 같이 나타낸다.

$$R = B(T) - C(T) = T \cdot \sigma \quad (6)$$

여기서 $B(T)$ 는 하나의 산업이 목표 오염배출량(T)을 달성했을 경우 얻게 되는 사회 전체적인 편익의 수준이며, $C(T)$ 는 이 경우 기업들이 지출하게 되는 총 오염저감비용을 나타낸다.⁵⁾ 식 (6)을 자세히 설명하면 다음과 같다. 국가 H는 사전적으로 설정한 목표 오염배출량(T) 달성 시 $B(T)$ 만큼의 편익을 얻을 수 있다. 이는 목표 오염배출량이 설정되지 않았을 경우 발생했던 외부불경제가 감소함으로써 국

5) 예를 들어, $C(T)$ 는 두 산업 모두 한 국가에 입지할 경우 $C(T) = \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^{m_i} c_k(e_{ik})$ 가 된다.

가 H가 얻게 되는 편익이다. 반면 기업들은 정부의 목표 오염배출량 설정으로 오염 물질 배출시 오염 저감비용을 지출해야 하며, 이는 $C(T)$ 만큼의 총 오염저감 비용을 초래한다. 결국 오염배출권의 거래를 통해 기업들이 얻게 되는 수익, 오염 배출 비용 및 오염배출권 획득을 위한 노력투입량을 제외하면 배출권거래제 실행국에서 목표 오염배출량 달성 시 얻게 되는 순편익은 $B(T) - C(T)$ 가 된다. 또한 국가 H의 정부는 순편익의 가치를 목표 오염배출량의 시장가치를 통해 평가 한다고 가정한다. 따라서 배출권거래제 실행국의 사회후생은 목표 오염배출량 달성 시의 순편익, 오염배출권 거래를 통해 기업들이 얻게 되는 수익, 오염 배출비용 그리고 기업들의 오염배출권 획득을 위한 노력투입량에 의해 결정된다.

위를 바탕으로, 각 산업의 내생적 입지선택에 따른 국가 H의 후생 함수를 W^{HH} 는 두 산업 모두 국가 H를 선택했을 경우, W^{HF} 는 산업 1만 국가 H를 선택했을 경우, W^{FH} 는 산업 2만 국가 H를 선택했을 경우 그리고 W^{FF} 는 두 산업 모두 국가 H를 떠날 경우의 국가 H의 후생으로 정의하면 다음과 같다.

$$W^{HH} = 2B(T) + \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^{m_i} \left[(1 - \delta^H) 2T\sigma P_{ik} + \delta^H \overline{e_{ik}}\sigma - e_{ik}\sigma - x_{ik} - c(e_{ik}) \right] \quad (7)$$

$$W^{HF} = B(T) + \sum_{k=1}^{m_1} \left[(1 - \delta^H) T\sigma P_{1k} + \delta^H \overline{e_{1k}}\sigma - e_{1k}\sigma - x_{1k} - c(e_{1k}) \right] \quad (8)$$

$$W^{FH} = B(T) + \sum_{k=1}^{m_2} \left[(1 - \delta^H) T\sigma P_{2k} + \delta^H \overline{e_{2k}}\sigma - e_{2k}\sigma - x_{2k} - c(e_{2k}) \right] \quad (9)$$

$$W^{FF} = 0 \quad (10)$$

본 논문은 먼저 배출권거래제 실행국 H에 입지한 기업들이 오염배출권 획득 경쟁에서 지출하게 되는 균형 노력투입량을 승자결정함수를 이용해 도출하고, 균형에서의 기대보수를 구하겠다. 또한 각 오염배출 산업이 배출권거래제 실행국 H와 간접규제 정책 실행국 F 중에서 입지를 선택할 수 있을 때, 각 산업의 기대보수 극대화를 위한 전략적 입지선택을 살펴본다. 마지막으로 위와 같은 각 산업의 입지선택을 고려할 때, 배출권거래제 실행국 H의 사회후생을 극대화하는 초기 배출권 할당량(δ^H)이 만족해야 하는 조건과 이때의 산업구성이 갖게 되는 특징을 살펴보고록 하겠다.

Ⅲ. 기업들의 선택: 세 번째 단계와 두 번째 단계

1. 세 번째 단계

본 논문은 세 단계 게임으로 구성되어 있기 때문에 후방귀납법을 이용해 분석한다. 세 번째 단계는 각 산업에 속한 기업들이 입지국가를 결정한 뒤, 국가 H에 입지한 기업들은 오염배출권을 획득하기 위한 경쟁에 참여해 노력을 투입하고 오염물질을 배출하는 단계이다. 따라서 두 산업 모두 국가 H에 입지할 경우, 산업 1만 국가 H에 입지할 경우, 산업 2만 국가 H에 입지 할 경우 그리고 두 산업 모두 국가 H를 떠나 국가 F로 이전할 경우로 나누어 분석하게 된다.

먼저 두 산업 모두 국가 H에 입지할 경우 두 산업에 속한 기업들이 획득을 위해 경쟁하게 되는 오염배출권 총량은 $(1 - \delta^H)2T$ 가 된다 $((1 - \delta^H)2T = (1 - \delta^H) \sum_{k=1}^{m_1} \bar{e}_{1k} + (1 - \delta^H) \sum_{k=1}^{m_2} \bar{e}_{2k})$. 또한 산업 1의 구성 기업 k 의 기대보수함수는 다음과 같다.

$$\pi_{1k}^{HH} = (1 - \delta^H)2T\sigma \frac{x_{1k}}{X_1 + X_2} + \delta^H \bar{e}_{1k}\sigma - e_{1k}\sigma - x_{1k} - c(e_{1k}) \quad (11)$$

기대보수함수 (11)의 첫 번째 항은 오염배출권 획득 시 기대수익, 두 번째 항은 산업 1의 구성 기업 k 가 사전에 할당 받은 오염배출권의 시장가치, 세 번째 항은 오염배출량의 비용, 네 번째 항은 오염배출권을 획득하기 위한 노력투입량, 마지막 항은 오염배출에 대한 저감 비용을 나타낸다.

국가 H에 입지한 산업 1의 구성 기업 k 는 사전에 주어진 초기 배출권 할당량 (δ^H) 하에서 기대보수함수 (11)을 극대화 하는 노력투입량을 결정하게 된다. 기대보수함수 (11)을 살펴보면, 오염물질 배출의 단위당 시장가격(σ) 하에서 사전에 할당 받은 초기 오염배출권(\bar{e}_{1k})이 많은 기업의 기대보수가 더 크게 된다. 결국 배출권거래제 실행국에 입지한 기업들은 사전에 할당 된 초기 오염배출권을 제외한 나머지 오염배출권 $(1 - \delta^H)2T$ 을 획득하기 위해 경쟁하게 되며, 이를 통해 다음 기에 할당 받게 될 초기 오염배출권의 양을 증가시키고자 할 것이다.⁶⁾

두 산업 모두 국가 H에 입지한 경우 산업 1에 속한 기업들의 균형 노력투입량을 도출하기 위해 식 (11)을 극대화 하는 일계 미분 조건을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \pi_{1k}^{HH}}{\partial x_{1k}} = 2(1 - \delta^H) T\sigma \frac{X_1 + X_2 - x_{1k}}{(X_1 + X_2)^2} - 1 = 0 \quad (12)$$

산업 1의 구성 기업들은 모두 대칭적인 일계미분조건을 가지고 있으므로, 대칭균형을 통해 반응함수를 구하면 다음과 같다.⁷⁾

$$x_1(x_2) = \frac{2(1 - \delta^H) T\sigma(m_1 - 1) - 2m_1 m_2 x_2 + \sqrt{2(1 - \delta^H) T\sigma(4m_1 m_2 x_2 + 2(1 - \delta^H) T\sigma(m_1 - 1)^2)}}{2m_1^2} \quad (13)$$

마찬가지로, 산업 2의 구성 기업 k 의 기대보수함수는 다음과 같다.

$$\pi_{2k}^{HH} = (1 - \delta^H) 2 T\sigma \frac{x_{2k}}{X_1 + X_2} + \delta^H \overline{e_{2k}} \sigma - e_{2k} \sigma - x_{2k} - c(e_{2k}) \quad (14)$$

따라서 산업 2에 속한 기업들의 균형 노력 투입량을 결정하는 일계미분조건은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \pi_{2k}^{HH}}{\partial x_{2k}} = 2(1 - \delta^H) T\sigma \frac{X_1 + X_2 - x_{2k}}{(X_1 + X_2)^2} - 1 = 0 \quad (15)$$

같은 방법으로, 산업 2에 속한 구성 기업들의 반응함수는 다음과 같다.

6) 본 논문에서는 일회게임을 가정하고 있기 때문에, 사전에 각 기업들이 할당 받은 오염배출권을 제외하고 남은 오염배출권에 대한 기업들의 경쟁만 고려한다.

7) 본 논문에서는 기업들이 양의 노력투입량을 투입하는 경우를 살펴보기 위해 내부해가 존재하는 경우만 고려하도록 한다.

$$x_2(x_1) = \frac{2(1-\delta^H)T\sigma(m_2-1) - 2m_1m_2x_1 + \sqrt{2(1-\delta^H)T\sigma(4m_1m_2x_1 + 2(1-\delta^H)T\sigma(m_2-1)^2}}{2m_2^2} \quad (16)$$

두 반응곡선 (13)과 (16)의 교점을 통해 두 산업 모두 국가 H에 입지하게 될 경우 산업 i 에 속한 기업의 노력투입량을 x_i^{HH} 그리고 산업 i 의 기대보수를 π_i^{HH} 로 놓으면, 다음과 같은 균형 노력투입량과 기대보수를 구할 수 있다.

보조정리 1. 배출권거래제를 실행하는 국가 H에 산업 1과 산업 2가 입지하는 경우, 두 산업에 속한 기업들의 균형 노력투입량 (x_1^{HH} , x_2^{HH})과 각 산업의 기대보수 (π_1^{HH} , π_2^{HH})는 다음과 같다.

$$(1) \quad x_1^{HH} = \frac{2(1-\delta^H)T\sigma(m_1+m_2-1)}{(m_1+m_2)^2}, \quad x_2^{HH} = \frac{2(1-\delta^H)T\sigma(m_1+m_2-1)}{(m_1+m_2)^2}$$

$$(2) \quad \pi_1^{HH} = \frac{2(1-\delta^H)T\sigma m_1}{(m_1+m_2)^2} - (1-\delta^H)T\sigma - C(T),$$

$$\pi_2^{HH} = \frac{2(1-\delta^H)T\sigma m_2}{(m_1+m_2)^2} - (1-\delta^H)T\sigma - C(T)$$

두 번째로 국가 H에는 산업 1이 입지하고, 국가 F로 산업 2가 이전하는 경우를 살펴보자. 이 경우는 국가 H에 입지하고 있는 산업 1에 속한 기업들만 오염배출권을 획득하기 위해 경쟁하게 된다. 따라서 승자결정함수는 산업 1에 속한 기업들만 경쟁하는 상황을 나타내는 함수로 바뀌게 된다($P_{ik} = x_{ik} / X_i$). 국가 H에 입지한 기업 k 의 기대보수함수를 다시 나타내 보면 다음과 같다.

$$\pi_{1k}^{HF} = (1-\delta^H)T\sigma \frac{x_{1k}}{X_1} + \delta^H \overline{e_{1k}}\sigma - e_{1k}\sigma - x_{1k} - c(e_{1k}) \quad (17)$$

식 (17)을 극대화 하는 일계 미분 조건을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \pi_{1k}^{HF}}{\partial x_{1k}} = 2(1-\delta^H)T\sigma \frac{X_1 + X_2 - x_{1k}}{(X_1 + X_2)^2} - 1 = 0 \quad (18)$$

앞에서 분석한 바와 같이, 산업 1에 속한 기업들은 모두 대칭적인 일계미분조건을 가지고 있다. 따라서 식 (18)을 풀어주면 산업 1에 속한 기업들의 균형 노력투입량을 도출할 수 있다. 반면, 국가 F로 이전한 산업 2에 속한 기업들은 오염배출권을 획득하기 위한 경쟁을 하지 않으므로 노력투입량은 0이 된다. 또한 산업 2의 기대보수는 구성 기업들의 기대보수를 모두 더한 것이므로, 산업 i 에 속한 기업들의 노력투입량을 x_i^{HF} 그리고 산업 i 의 기대보수를 π_i^{HF} 로 놓으면, 다음과 같은 균형 노력투입량과 기대보수를 구할 수 있다.

보조정리 2. 배출권거래제를 실행하는 국가 H에 산업 1이 입지하고, 간접규제 정책을 실행하는 국가 F에 산업 2가 입지하는 경우 두 산업에 속한 기업들의 균형 노력투입량 (x_1^{HF} , x_2^{HF})과 각 산업의 기대보수 (π_1^{HF} , π_2^{HF})는 다음과 같다.

$$(1) \quad x_1^{HF} = \frac{(1 - \delta^H) T \sigma (m_1 - 1)}{m_1^2}, \quad x_2^{HF} = 0$$

$$(2) \quad \pi_1^{HF} = -\frac{(1 - \delta^H) T \sigma (m_1 - 1)}{m_1} - C(T), \quad \pi_2^{HF} = -C(T) - F_2$$

같은 분석방법으로 국가 H에 산업 2가 입지하고 국가 F로 산업 1이 이전 할 경우, 산업 i 에 속한 기업들의 노력투입량을 x_i^{FH} 그리고 산업 i 의 기대보수를 π_i^{FH} 로 놓으면, 다음과 같은 균형 노력투입량과 기대보수를 구할 수 있다.

보조정리 3. 배출권거래제를 실행하는 국가 H에 산업 2가 입지하고, 간접규제 정책을 실행하는 국가 F에 산업 1이 입지하는 경우, 두 산업에 속한 기업들의 균형 노력투입량 (x_1^{FH} , x_2^{FH})과 각 산업의 기대보수 (π_1^{FH} , π_2^{FH})는 다음과 같다.

$$(1) \quad x_1^{FH} = 0, \quad x_2^{FH} = \frac{(1 - \delta^H) T \sigma (m_2 - 1)}{m_2^2}$$

$$(2) \quad \pi_1^{FH} = -C(T) - F_1, \quad \pi_2^{FH} = -\frac{(1 - \delta^H) T \sigma (m_2 - 1)}{m_2} - C(T)$$

마지막으로, 국가 F로 산업 1과 산업 2가 모두 이전하는 경우를 분석한다. 이 경

우 오염배출권 획득을 위한 경쟁이 일어나지 않으므로, 두 산업의 노력투입량은 0이 된다. 또한 각 산업의 기대보수는 구성 기업들의 기대보수를 더한 값이 된다. 앞에서 분석한 것과 같이 산업 i 에 속한 기업들의 노력투입량을 x_i^{FF} 그리고 산업 i 의 기대보수를 π_i^{FF} 로 놓으면, 다음과 같은 균형 노력투입량과 기대보수를 구할 수 있다.

보조정리 4. 간접규제 정책을 실행하는 국가 F에 산업 1과 산업 2가 입지하는 경우, 두 산업에 속한 기업들의 균형 노력투입량 (x_1^{FF}, x_2^{FF}) 와 각 산업의 기대보수 (π_1^{FF}, π_2^{FF}) 는 다음과 같다.

- (1) $x_1^{FF} = 0, x_2^{FF} = 0$
- (2) $\pi_1^{FF} = -C(T) - F_1, \pi_2^{FF} = -C(T) - F_2$

2. 두 번째 단계

두 번째 단계는 국가 H의 초기 배출권 할당량(δ^H)을 확인한 뒤, 각 산업에 속한 기업들이 국가 H에 입지해 오염배출권을 획득하기 위한 경쟁을 할 것인지 혹은 간접규제 정책을 실행하는 국가 F로 이전해 오염물질을 배출할 것인지를 내생적으로 결정하는 단계이다. 각 산업에 속한 기업들은 상대방의 전략을 고려해 자신의 최적 전략을 결정하게 된다. 두 번째 단계에서 각 산업에 속한 기업들의 전략을 나타내면 다음과 같이 전략 H(국가 H에 남을 경우)와 전략 F(국가 F로 이전할 경우)로 나타낼 수가 있다. 따라서 각 산업에 속한 기업들의 전략에 따라 기대보수를 구한 보조정리 1, 2, 3 그리고 4에 따른 보수함수 행렬을 나타내 보면 다음의 〈Table 1〉과 같다.⁸⁾

8) Since this paper focuses on the symmetric equilibrium, all firms in the same industry choose the same location. For expositional convenience, we denote the payoff matrix using each industry's expected payoff.

<Table 1> Payoff Matrix

		산업 2	
		H	F
산업 1	H	(π_1^{HH}, π_2^{HH})	(π_1^{HF}, π_2^{HF})
	F	(π_1^{FH}, π_2^{FH})	(π_1^{FF}, π_2^{FF})

각 산업에 속한 기업들이 전략 H와 전략 F를 선택할 수 있는 상황인 두 번째 단계에서, 균형 전략은 $\{(H, H), (H, F), (F, H), (F, F)\}$ 중에서 나타나게 된다. 여기서 (H, H)는 산업 1과 산업 2가 국가 H를 선택하는 경우, (H, F)는 산업 1만 국가 H에 입지하고, 산업 2는 국가 F로 이전하는 경우, (F, H)는 산업 2만 국가 H에 입지하고, 산업 1은 국가 F로 이전하는 경우 그리고 (F, F)는 두 산업 모두 국가 F로 이전하게 되는 경우를 나타낸다. 각 균형이 나타날 수 있는 조건을 구하기 위해 위의 보수함수 행렬 비교를 통해 우월전략을 살펴보도록 한다.

첫 번째로 산업 1에 속한 기업들이 국가 F로 이전할 경우, 산업 2에 속한 기업들은 국가 H에 입지하게 되는 조건을 살펴보면 다음과 같다.

$$\pi_2^{FH} - \pi_2^{FF} > 0 \Leftrightarrow \delta^H > \delta_1^H = 1 - \frac{m_2 F_2}{(m_2 - 1) T \sigma} \quad (19)$$

산업 1에 속한 기업들이 국가 F로 이전할 경우, δ_1^H 을 산업 2에 속한 기업들을 국가 F로 이전시키는 국가 H의 초기 배출권 할당량의 임계점(threshold)이라고 하자. 이 경우 국가 H의 초기 배출권 할당량(δ^H)이 δ_1^H 보다 크다면, 산업 2에 속한 기업들은 국가 H에 입지하게 된다.

두 번째로 산업 1에 속한 기업들이 국가 H에 입지하는 경우, 산업 2에 속한 기업들이 국가 H에 입지하게 되는 조건을 살펴보면 다음과 같다.

$$\pi_2^{HH} - \pi_2^{HF} > 0 \Leftrightarrow \delta^H > \delta_2^H = 1 - \frac{(m_1 + m_2)^2 F_2}{((m_1 + m_2)^2 - 2m_2) T \sigma} \quad (20)$$

산업 1에 속한 기업들이 국가 H에 입지하는 경우, δ_2^H 을 산업 2에 속한 기업들을 국가 F로 이전시키는 국가 H의 임계점이 되는 초기 배출권 할당량이라 한다면, 국가 H의 초기 배출권 할당량(δ^H)이 δ_2^H 보다 큰 경우, 산업 2에 속한 기업들은 국가 H에 입지하게 된다.

세 번째로 산업 2에 속한 기업들이 국가 H에 입지하는 경우, 산업 1에 속한 기업들 역시 국가 H에 입지하게 되는 조건은 다음과 같다.

$$\pi_1^{HH} - \pi_1^{FH} > 0 \Leftrightarrow \delta^H > \delta_3^H = 1 - \frac{(m_1 + m_2)^2 F_1}{((m_1 + m_2)^2 - 2m_1)T\sigma} \quad (21)$$

위의 조건들과 같이 국가 H의 초기 배출권 할당량(δ^H)이 δ_3^H 보다 크다면, 산업 1에 속한 기업들은 국가 H에 입지하게 된다.

마지막으로 산업 2에 속한 기업들이 국가 F로 이전할 경우, 산업 1에 속한 기업들이 국가 H에 입지하게 되는 조건을 구하면 다음과 같다.

$$\pi_1^{HF} - \pi_1^{FF} > 0 \Leftrightarrow \delta^H > \delta_4^H = 1 - \frac{m_1 F_1}{(m_1 - 1)T\sigma} \quad (22)$$

마찬가지로, 국가 H의 초기 배출권 할당량(δ^H)이 δ_4^H 보다 크다면, 산업 1에 속한 기업들은 국가 H에 입지하게 된다. 위의 식 (19), (20), (21), (22)들은 모두 각 산업에 속한 기업들의 수인 m_1 과 m_2 의 크기와 고정비용 F_1 과 F_2 의 크기에 따라 비교 결과가 다르게 된다. 따라서 위의 조건들에서 나오는 초기 배출권 할당량의 임계점의 크기를 비교해 보면 다음과 같다.

$$\delta_1^H > \delta_2^H \Leftrightarrow m_1^2 + 2m_1m_2 - m_2^2 > 0 \quad (23)$$

$$\delta_2^H > \delta_3^H \Leftrightarrow \frac{F_1}{F_2} > \frac{(m_1 + m_2)^2 + 2m_2}{(m_1 + m_2)^2 + 2m_1} \quad (24)$$

$$\delta_2^H > \delta_4^H \Leftrightarrow \frac{F_1}{F_2} > \frac{(m_1 - 1)(m_1 + m_2)^2}{m_1[(m_1 + m_2)^2 - 2m_2]} \quad (25)$$

$$\delta_4^H > \delta_1^H \Leftrightarrow \frac{m_2(m_1 - 1)}{m_1(m_2 - 1)} > \frac{F_1}{F_2} \quad (26)$$

$$\delta_4^H > \delta_3^H \Leftrightarrow -(m_1 - m_2)^2 + 2m_2^2 \quad (27)$$

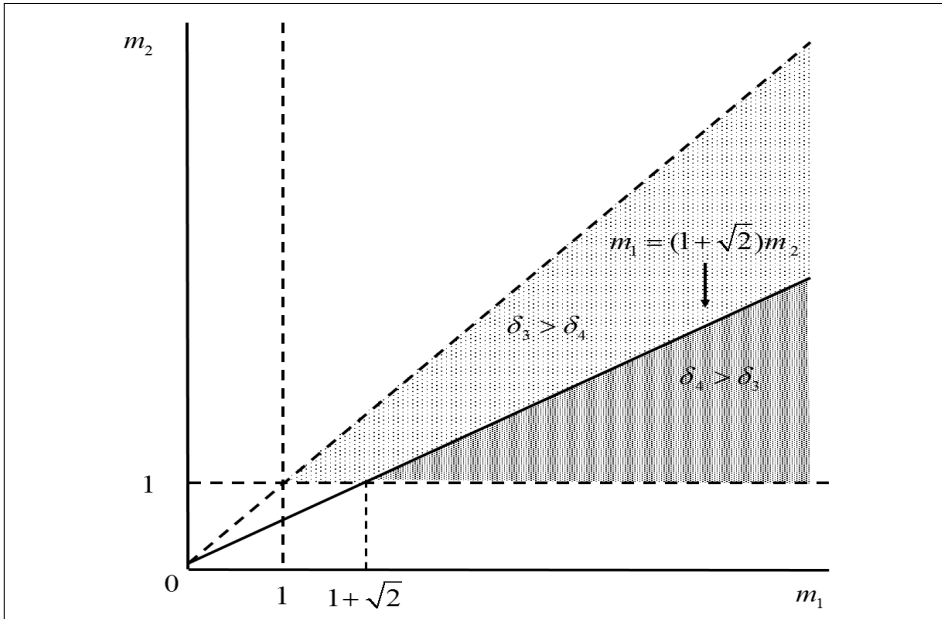
$$\delta_3^H > \delta_1^H \Leftrightarrow \frac{m_2[(m_1 + m_2)^2 - 2m_1]}{(m_2 - 2)(m_1 + m_2)^2} > \frac{F_1}{F_2} \quad (28)$$

본 논문에서는 분석의 편의를 위해 다음과 같은 가정을 추가한다.

가정 1. 각 산업의 고정비용의 크기를 다음과 같이 가정한다.

- (1) $\frac{m_2(m_1 - 1)}{m_1(m_2 - 2)} > \frac{F_1}{F_2} > \frac{(m_1 - 1)(m_1 + m_2)^2}{m_1[(m_1 + m_2)^2 - 2m_2]}$ if $m_1 > (1 + \sqrt{2})m_2$
- (2) $\frac{m_2[(m_1 + m_2)^2 - 2m_1]}{(m_2 - 1)(m_1 + m_2)^2} > \frac{F_1}{F_2} > \frac{(m_1 - 1)(m_1 + m_2)^2}{m_1[(m_1 + m_2)^2 - 2m_2]}$
if $m_1 \leq (1 + \sqrt{2})m_2$

〈Figure 1〉 Size of Preassigned Permit regarding Each Industry Size



가정 1을 통해 위의 조건들을 살펴보면, δ_3^H 과 δ_4^H 의 차이를 제외한 나머지 조건들은 모두 일관성을 가지므로 $-(m_1 - m_2)^2 + 2m_2^2$ 을 그림으로 나타내면 (Figure 1)과 같고, 다음의 보조정리 5와 6을 얻을 수가 있다.

보조정리 5. 기업들의 수가 $m_1 > (1 + \sqrt{2})m_2$ 의 조건을 만족하는 경우, 국가 H의 초기 배출권 할당률에 따른 각 산업의 균형 입지선택은 다음과 같다.

- (i) $1 > \delta^H > \delta_2^H$ 인 경우, 균형은 (H, H)이다.
- (ii) $\delta_2^H > \delta^H > \delta_4^H$ 인 경우, 균형은 (H, F)이다.
- (iii) $\delta_4^H > \delta^H > \delta_3^H$ 인 경우, 균형은 존재하지 않는다.
- (iv) $\delta_3^H > \delta^H > \delta_1^H$ 인 경우, 균형은 (F, H)이다.
- (v) $\delta_1^H > \delta^H > 0$ 인 경우, 균형은 (F, F)이다.

보조정리 6. 기업들의 수가 $m_1 \leq (1 + \sqrt{2})m_2$ 의 조건을 만족하는 경우, 국가 H의 초기 배출권 할당률에 따른 각 산업의 균형 입지선택은 다음과 같다.

- (i) $1 > \delta^H > \delta_2^H$ 인 경우, 균형은 (H, H)이다.
- (ii) $\delta_2^H > \delta^H > \delta_3^H$ 인 경우, 균형은 (H, F)이다.
- (iii) $\delta_3^H > \delta^H > \delta_4^H$ 인 경우, 균형은 (F, H)이다.
- (iv) $\delta_4^H > \delta^H > \delta_1^H$ 인 경우, 균형은 (F, H)이다.
- (v) $\delta_1^H > \delta^H > 0$ 인 경우, 균형은 (F, F)이다.

따라서 만약 국가 H가 결정하는 초기 배출권 할당률의 크기가 크다면 ($1 > \delta^H > \delta_2^H$), 두 산업 모두 국가 H에 입지해 오염배출권을 획득하기 위한 경쟁을 하게 된다. 반면 초기 배출권 할당률의 크기가 매우 작다면 ($\delta_1^H > \delta^H > 0$), 오히려 두 산업은 배출권거래제 하에서 과도한 경쟁으로 인해 노력을 지나치게 많이 투입하게 되므로 두 산업 모두 간접규제 정책을 실행하는 국가 F로 이전하게 된다. 마지막으로 초기 배출권 할당률이 $\delta_2^H > \delta^H > \delta_1^H$ 에 존재하게 되면, 국가 H에는 두 산업에 속한 기업들의 수인 m_1 과 m_2 에 따라 하나의 산업만 입지하거나 혹은 균형이 존재

하지 않게 된다.⁹⁾ 따라서 국가 H가 첫 번째 단계에서 결정하는 초기 배출권 할당률(δ^H)에 따라 국가 H에는 두 산업이 모두 입지하게 될지 (H, H), 하나의 산업만 입지하게 될지 ((H, F) 혹은 (F, H)), 아니면 두 산업 모두 이전하게 될지 (F, F)가 결정된다.

IV. 정부의 후생분석: 첫 번째 단계

국가 H는 자국의 후생을 가장 크게 만드는 초기 배출권 할당률(δ^H)을 결정하게 될 것이다. 하지만 국가 H의 후생은 국가 H에 존재하는 산업들의 입지선택에 따라 다르게 된다. 또한 두 산업들은 보조정리 5에 의해 국가 H가 결정하는 초기 배출권 할당률에 따라 자신들의 입지국가를 내생적으로 결정하게 될 것이다. 산업들의 내생적 입지선택에 따른 국가 H의 후생을 정의하면 다음과 같다. W^{HH} 는 두 산업 모두 국가 H를 선택했을 경우, W^{HF} 는 산업 1만 국가 H를 선택했을 경우 그리고 W^{FH} 는 산업 2만 국가 H를 선택했을 경우, 마지막으로 W^{FF} 를 두 산업 모두 국가 F로 이전하는 경우로 국가 H의 후생을 나타내면 각 산업의 입지선택에 따라 식 (29), (30), (31), (32)과 같이 나타내 줄 수 있다.

$$W^{HH} = 2B(T) + \pi_1^{HH} + \pi_2^{HH} = 2R - \frac{2(1-\delta^H)R(m_1+m_2-1)}{(m_1+m_2)} \quad (29)$$

$$W^{HF} = B(T) + \pi_1^{HF} = R - \frac{(1-\delta^H)(m_1-1)R}{m_1} \quad (30)$$

$$W^{FH} = B(T) + \pi_2^{FH} = R - \frac{(1-\delta^H)(m_2-1)R}{m_2} \quad (31)$$

$$W^{FF} = 0 \quad (32)$$

각 산업에 속한 기업들이 선택할 수 있는 네 가지 상황에서, 국가 H는 각 산업에 속한 기업들의 입지선택을 고려해 자국의 후생을 가장 크게 만드는 초기 배출권 할당률을 결정할 것이다. 국가 H의 후생이 가장 큰 각 산업의 위치를 찾기 위해 위의

9) 균형이 존재하지 않는 경우는 두 산업에 속한 기업 모두에게 우월 전략이 존재하지 않으므로 본 논문에서는 고려하지 않는다.

식 (29), (30), (31), (32)의 크기를 비교하도록 한다. 먼저 각 산업에 속한 기업들이 국가 H에 입지할 경우(H, H)와 국가 F로 이전할 경우(F, F), 국가 H의 후생을 비교하면 다음과 같다.

$$W_1^{HH} > W_1^{FF} \Leftrightarrow \delta_5^H = \frac{1}{(m_1 + m_2 - 1)} > \delta^H \quad (33)$$

이 경우 국가 H가 결정하는 초기 배출권 할당률(δ^H)이 δ_5^H 보다 작다면, 두 산업에 속한 기업들 모두 국가 H에 입지하는 경우의 후생이 더 크게 된다.

다음으로 각 산업에 속한 기업들 모두 국가 H에 입지하는 경우와 산업 1에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 경우, 국가 H의 후생을 비교하면 다음과 같다.

$$W_1^{HH} > W_1^{HF} \Leftrightarrow \delta_6^H = \frac{m_1 - m_2}{m_1(m_1 + m_2) - 3m_1 - m_2} > \delta^H \quad (34)$$

이 경우에는 국가 H가 결정하는 초기 배출권 할당률(δ^H)이 δ_6^H 보다 작다면, 두 산업에 속한 기업들 모두 국가 H에 입지하는 경우의 후생이 더 크게 된다.

다음으로 각 산업에 속한 기업들이 국가 H에 입지하는 경우와 산업 2에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 경우, 국가 H의 후생을 비교하면 다음과 같다.

$$W_1^{HH} > W_1^{FH} \Leftrightarrow \delta_7^H = \frac{m_2 - m_1}{(m_2 - 1)(m_1 + m_2) - 2m_2} > \delta^H \quad (35)$$

이 경우에는 δ_7^H 이 0보다 작게 된다($m_1 > m_2$). 따라서 국가 H가 결정하는 초기 배출권 할당률(δ^H)이 0 이상일 경우, 산업 2에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 것이 더 큰 후생을 줄 수 있다.

마지막으로, 산업 1에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 경우와 산업 2에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 경우, 산업 1에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 경우와 두 산업에 속한 기업들 모두 국가 F로 이전하는 경우 그리고 산업 2에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 경우와 두 산업에 속한 기업들 모두 국가 F로 이전하

는 경우의 후생을 비교하면 다음과 같다.

$$W_1^{HF} > W_1^{FH} > W_1^{FF}$$

국가 H의 후생은 산업 1에 속한 기업들만 국가 H에 계속 입지하는 경우가 산업 2에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 경우보다 항상 크게 된다. 또한 하나의 산업에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 경우가 두 산업 모두 국가 F로 이전하는 경우보다 더 큰 후생을 갖게 된다. 위의 결과들을 바탕으로 후생의 크기를 비교하면 다음의 보조정리 6을 얻을 수 있다.

보조정리 7. 국가 H가 초기 배출권 할당률의 범위를 (1) $1 > \delta^H > \delta_5^H$ 로 결정한다면, 국가 H의 후생의 크기는 $W_1^{HF} > W_1^{FH} > W_1^{FF} > W_1^{HH}$ 가 된다. (2) $\delta_5^H > \delta^H > \delta_6^H$ 로 결정한다면, 국가 H의 후생의 크기는 $W_1^{HF} > W_1^{FH} > W_1^{HH} > W_1^{FF}$ 가 된다. (3) $\delta_6^H > \delta^H > 0$ 로 결정한다면, 국가 H의 후생을 가장 크게 만드는 산업들의 균형 위치는 존재하지 않게 된다.

여기서 $\delta_5^H = 1/(m_1 + m_2 - 1) > \delta_6^H = (m_1 - m_2)/[m_1(m_1 + m_2) - 3m_1 - m_2]$ 이다. 따라서 국가 H가 초기 배출권 할당률을 $1 > \delta^H > \delta_6^H$ 범위에서 결정한다면, 국가 H의 후생을 가장 크게 만드는 각 산업의 위치는 산업 1에 속한 기업들만 국가 H에 입지하는 경우인 것을 알 수 있다. 또한 두 번째 단계에서 산업 1에 속한 기업들만 국가 H에 입지하고, 산업 2에 속한 기업들은 국가 F로 이전하는 경우의 균형 조건인 $m_1 > (1 + \sqrt{2})m_2$ 에서의 $\delta_2^H > \delta^H > \delta_4^H$, $m_1 \leq (1 + \sqrt{2})m_2$ 에서의 $\delta_2^H > \delta^H > \delta_3^H$ 과 보조정리 6의 $1 > \delta^H > \delta_6^H$ 을 비교해 국가 H가 첫 번째 단계에서 초기 배출권 할당률을 결정해야 국가 H에는 산업 1이, 국가 F에는 산업 2가 입지하는 균형이 존재하게 된다.

각 산업이 국가 F로 이전할 경우 발생하는 총 고정비용에 대한 가정 1을 통해 위의 조건들을 비교하면 각 상황에서 초기 배출권 할당률의 크기는 $\delta_2^H > \delta_4^H (\delta_3^H) > \delta_5^H > \delta_6^H$ 이 된다. 따라서 국가 H의 후생을 극대화하는 최적 초기 배출권 할당률

을 δ^* , 각 산업의 균형노력 투입량을 (x_1^*, x_2^*) 그리고 기대보수를 (π_1^*, π_2^*) 라 하면 다음의 정리 1을 구할 수 있다.

정리 1. 산업 1이 국가 H에 입지하고 산업 2는 국가 F로 이전하게 되는 국가 H의 초기 배출권 할당량의 범위는 다음과 같다.

(i) 기업들의 수가 $m_1 > (1 + \sqrt{2})m_2$ 인 경우, 초기 배출권 할당량의 범위는 $1 - (m_1 + m_2)^2 F_2 / ((m_1 + m_2)^2 - 2m_2) T\sigma > \delta^* > 1 - m_1 F_1 / (m_1 - 1) T\sigma$ 이다.

(ii) 기업들의 수가 $m_1 \leq (1 + \sqrt{2})m_2$ 인 경우, 초기 배출권 할당량의 범위는 $1 - (m_1 + m_2)^2 F_2 / ((m_1 + m_2)^2 - 2m_2) T\sigma > \delta^* > 1 - (m_1 + m_2)^2 F_1 / ((m_1 + m_2)^2 - 2m_1) T\sigma$ 이다.

이 경우, 산업 1과 산업 2의 균형 노력투입량과 기대보수는 각각 $(x_1^*, x_2^*) = ((1 - \delta^H) T\sigma(m_1 - 1) / m_1^2, 0)$, $(\pi_1^*, \pi_2^*) = (-(1 - \delta^H) T\sigma(m_1 - 1) / m_1 - C(T), -C(T) - F_2)$ 가 된다.

정리 1을 설명하면 다음과 같다. 각 산업에 속한 기업들이 자유롭게 입지선택을 할 수 있는 경우, 배출권거래제를 실행하는 국가 H는 구성 기업들의 수가 많은 산업 1만 자국에 입지하게 함으로써 가장 높은 후생수준을 달성할 수 있다. 따라서 국가 H는 산업 1만 자국에 입지하게 만들기 위해 초기 배출권 할당량을 두 산업 모두 자국에 입지하게 만드는 조건보다 높게 설정하게 된다. 반면 국가 H에 두 산업이 모두 입지하게 된다면, 두 산업에 속한 기업들은 오염배출권을 획득하기 위해 과열 경쟁을 하게 되고, 경쟁을 통해 얻게 되는 각 산업의 기대이윤은 감소하게 된다. 그 결과 산업 1만 국가 H에 입지하는 경우보다 두 산업 모두 국가 H에 입지하는 경우, 국가 H의 후생은 더 낮아지게 된다. 또한 국가 F로 두 산업이 모두 이전하게 되면, 국가 H는 오염물질 저감을 통해 얻게 되는 후생을 얻지 못하게 된다. 따라서 각 산업에 속한 기업들이 자유롭게 입지 국가를 선택할 수 있는 경우, 국가 H는 오염배출권 획득을 위한 적정 수준의 경쟁을 만들기 위해 초기 배출권 할당량을 $\delta_2^H > \delta^H > \delta_3^H$ 혹은 $\delta_2^H > \delta^H > \delta_4^H$ 에서 결정해 구성 기업의 수가 많은 산업 1만 자국에 입지하게 만들게 된다.

또 다른 예로서 각 산업에 속한 기업들은 자유롭게 입지선택을 할 수 없고 외생적으로 국가 H에 입지해 있으며, 국가 H는 배출권거래제를 실행할지 간접규제 정책을 실행할지 여부를 결정하는 상황을 고려해본다. 모형과 가정은 본 논문의 기본 모형과 가정을 따른다고 가정한다. 국가 H가 간접규제 정책을 실행할 경우의 상황은 본 논문에서 분석한 국가 F에 두 산업이 모두 입지하는 상황과 같게 된다. 따라서 보조정리 1과 4를 바탕으로 국가 H의 후생을 비교하면 다음의 식 (36)과 같다

$$W_1^* > W_1^{**} \Leftrightarrow \delta^{**} = \frac{1}{(m_1 + m_2 - 1)} > \delta^* \quad (36)$$

여기서 W_1^* 는 기업들의 입지선택이 불가능한 경우 배출권거래제 실행 시 국가 H의 후생, W_1^{**} 는 간접규제 정책을 실행할 경우의 국가 H의 후생이다. 따라서 두 산업 모두 외생적으로 국가 H에 입지하고 있다면, 국가 H가 결정하는 초기 배출권 할당률이 δ^{**} 보다 낮은 경우에만 배출권거래제가 간접규제 정책보다 국가 H의 후생을 더 크게 만들 수 있다.

하지만 두 산업에 속한 기업들이 내생적으로 입지선택을 할 수 있다면, 국가 H는 더 높은 초기 배출권 할당률($\delta_2^H > \delta_4^H$ (δ_3^H) $> \delta^{**}$)을 선택해 산업 1에 속한 기업들만 국가 H에 입지하게 만들고 오염물질을 배출시키게 된다. 즉, 국가 H는 초기 배출권 할당률을 낮게 설정해 산업 간 경쟁을 유도하는 것 보다, 초기 배출권 할당률을 높게 설정해 산업 내 경쟁을 유도함으로써 자국의 후생을 더 크게 만들 수 있다. 위의 분석을 바탕으로 다음의 정리 2를 구할 수 있다.

정리 2. 각 산업에 속한 기업들이 내생적으로 입지 국가를 선택할 수 있는 경우, 배출권거래제를 실행하는 국가는 산업 간 오염배출권 경쟁보다 산업 내 오염배출권 경쟁을 유도함으로써 자국의 후생을 더 크게 할 수 있다.

정리 2는 경쟁이론의 관점에서 흥미로운 시사점을 제공해 준다. 먼저 자유로운 입지선택이 불가능한 경우는 초기 배출권 할당률을 낮게 설정해 오염배출 기업들에게 충분한 경제적 지대를 보상해 주어야만 배출권거래제 실행 시 후생이 간접규제 정책 실행 시 후생보다 크게 된다. 하지만, 이 경우 기업들은 과열경쟁을 일으켜

지대의 소진이 일어나므로 사회 전체적인 측면에서는 낭비가 초래된다. 반면 기업들의 자유로운 입지선택이 가능하다면 배출권거래제를 실행하고 있는 국가는 초기 배출권 할당량을 조절해 이 같은 지대의 소진을 줄일 수 있다. 즉 배출권거래제 실행 시 발생하는 과열 경쟁을 방지하기 위해 초기 배출권 할당량을 높게 설정한다면, 배출권거래제 하에서 손실을 입게 되는 기업들은 자발적으로 해외로 이전하게 된다. 또한 산업 간 과열 경쟁으로 인한 지대의 소진 역시 줄어들게 되므로 배출권거래제 실행 시 후생이 간접규제 정책 실행 시 후생보다 커질 수 있다. 따라서 국가 H가 간접규제 정책을 대신해 배출권거래제를 실행한다면, 초기 배출권 할당량을 높게 설정해 산업 내 경쟁을 유도하는 경우에 후생을 증가시킬 수 있을 것이다.

V. 시사점 및 결론

본 논문은 오염배출 기업들이 자유롭게 생산시설의 입지를 선택 할 수 있는 경우, 배출권거래제 실행국의 사회후생을 증가시키기 위한 최적 초기 배출권 할당량 결정을 경쟁이론을 활용해 분석하였다. 각 산업에 속한 기업들의 내생적 입지선택은 배출권거래제 실행국에 입지하는 경우 얻게 되는 기대보수와 간접규제 정책 실행국에 입지하는 경우 얻게 되는 기대보수의 크기 비교를 통해 분석하였다. 또한 위의 분석 결과를 고려해 배출권거래제 실행국이 최적 초기 배출권 할당량을 결정하게 되는 경우, 배출권거래제 실행국의 산업구성이 갖는 특징을 분석하였다. 마지막으로 기업들의 내생적인 입지선택이 가능한 경우 배출권거래제의 실행방안을 논의하기 위해 기업들의 자유로운 입지선택이 불가능한 경우와 가능한 경우 배출권거래제 하에서 후생을 비교하고, 내생적 입지선택이 가능한 경우의 최적 초기 배출권 할당량이 갖게 되는 특징을 통해 정책적 시사점을 도출하였다.

각 산업에 속한 기업들의 내생적 입지선택이 가능한 경우 배출권거래제 실행국에서는 초기 배출권 할당량 결정에 따라 오염배출권 거래에서 발생하는 경제적 지대가 자국에 귀속될 수도 있고, 외부로 유출될 수도 있다. 따라서 배출권거래제 실행국의 정책입안자는 이를 고려해 효율적인 수준의 초기 배출권 할당량을 결정해야 할 것이다. 각 산업에 속한 기업들의 내생적 입지선택이 가능한 경우 배출권거래제의 실행이 후생에 미치는 효과를 분석한 본 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

첫째, 배출권거래제 실행국은 상대적으로 규모가 큰 산업을 자국에 입지시키고

규모가 작은 산업을 해외로 이전시키는 수준의 초기 배출권 할당률을 설정함으로써 후생을 증가시킬 수 있다. 앞의 결과들에서 알 수 있듯이 이 경우 초기 배출권 할당률 수준은 두 산업 모두 국내에 입지하는 경우보다 크게 된다. 그 이유는 초기 배출권 할당률을 낮게 설정하게 되면, 두 산업 모두 국내에 입지해 과도한 경쟁을 함으로써 기대이윤이 감소하게 되는 지대의 소진이 일어나기 때문이다. 둘째, 배출권거래제 실행국은 오염배출권 획득을 위한 산업 간 경쟁을 유도하는 것보다 산업 내 경쟁을 유도함으로써 후생을 증가시킬 수 있다. 그 이유는 각 산업에 속한 기업들의 자유로운 입지선택이 불가능한 경우와 가능한 경우를 비교해 봄으로써 알 수 있다. 전자의 경우는 기업들에게 오염배출권 획득경쟁 참여 시 충분한 기대수익을 보장해 주기 위해 초기 배출권 할당률을 낮게 설정해야 하고, 이로 인해 각 산업에 속한 기업들은 과도한 경쟁을 하게 된다. 반면 후자의 경우는 주어진 초기 배출권 할당률 수준에서 손실을 입게 되는 산업에 속한 기업들은 자발적으로 해외이전을 선택하게 되므로, 산업간 과도한 경쟁으로 인한 지대의 소진이 나타나지 않는다. 요약하면 배출권거래제 실행국의 정책입안자는 규모가 상대적으로 작은 산업이 자발적으로 해외로 이전할 수 있는 초기 배출권 할당률을 설정해, 오염배출권 획득을 위한 산업 내 경쟁이 가능하도록 함으로써 자국의 후생을 증가시킬 수 있다.

본 논문은 오염배출 기업들의 자유로운 입지선택이 가능한 경우 배출권거래제 하에서 사회후생을 증가시킬 수 있는 초기 배출권 할당률에 대해 논의하였다. 그러나 다음과 같은 한계점을 지니고 있다. 먼저 배출권거래제의 여러 방식 중 그랜드파더링 방식에 초점을 맞추어 분석한 점이다. 실제 배출권거래제는 그랜드파더링 방식 뿐만 아니라 유상할당 방식인 경매방식 및 벤치마킹 방식 등이 활용되고 있다. 따라서 향후 연구에서는 오염배출 기업들의 자유로운 입지선택이 가능한 경우 각 정책 하에서 사회후생을 비교 분석하는 것이 보다 많은 정책적 시사점을 제공할 수 있을 것이라 생각된다. 마지막으로 본 논문에서는 각 국가가 설정하는 목표 오염배출량을 외생적으로 주어진 것으로 가정하고 사회후생을 증가시키기 위한 초기 배출권 할당률에 대한 논의를 진행하였다. 하지만 정부가 설정하게 되는 목표 오염배출량 역시 오염배출 기업들이 초래하는 편익과 피해를 감안해 내생적으로 결정되는 것이 더 현실적인 모형이라고 생각된다. 따라서 향후 연구에서는 기업들의 생산 활동에 따른 편익과 피해를 반영해 목표 오염배출량을 설정하고, 이 같은 목표 오염배출량 하에서 배출권거래제를 분석하는 것이 배출권거래제의 효율성에 대해 보다 많은 정

보를 제공해 줄 수 있을 것이라 생각된다.

■ 참 고 문 헌

1. 공성용 · 김이진 · 김용건, 『배출권거래제도의 벤치마크 사례 국제비교 연구』, 한국환경정책 · 평가연구원, 2015.
(Translated in English) Gong, Sung Yong, Lee Jin Kim and Yong-Gun Kim, *A Comparative Case Study of Benchmark-based Allocation Methodologies for Emissions Trading Scheme*, Korea Environment Institute, 2015.
2. 노상환, “우리나라 온실가스 배출권거래제도의 도입에 관한 연구,” 『환경정책연구』, 제8권 제4호, 2009, pp. 95-124.
(Translated in English) Lho, Sang-Whan, “A Study on Introduction of Greenhouse Gas Emission Trading Scheme in Korea,” *Journal of Environmental Policy*, Vol. 8, No. 4, 2009, pp. 95-124.
3. 이종화, “탄소세 정책과 배출권거래제 정책에 대한 후생분석: 경쟁 이론을 중심으로,” 『자원 · 환경경제연구』, 제25권 제3호, 2016, pp. 421-447.
(Translated in English) Lee, Jong Hwa, “Welfare Analysis of Carbon Taxes and Tradable Permit Allocations: A Contest Theory Model,” *Environmental and Resource Economics Review*, Vol. 25, No. 3, 2016, pp. 421-447.
4. 최병철, “탄소세와 배출권거래제의 정책 비교,” 『무역연구』, 제7권 제1호, 2011, pp. 159-182.
(Translated in English) Choi, Byong-Cheol, “The Comparative Analysis of Carbon Taxes and Emission Trading System,” *The Journal of International Trade & Commerce*, Vol. 7, No. 1, 2011, pp. 159-182.
5. Baik, K. H., “Effort Levels in Contests: The Public-Good Prize Case,” *Economics Letters*, Vol. 41, No. 4, 1993, pp. 363-367.
6. ———, “Contests with Group-specific Public-good Prizes,” *Social Choice and Welfare*, Vol. 30, No. 1, 2008, pp. 103-117.
7. Cramton, P. and S. Kerr, “Tradeable Carbon Permit Auctions: How and why to Auction not Grandfather,” *Energy Policy*, Vol. 30, 2002, pp. 333-345.
8. Dean, J. M., M. E. Lovely, and H. Wang, “Are Foreign Investors Attracted to weak Environmental Regulation? Evaluating the Evidence from China,” *Journal of Development Economics*, Vol. 90, No. 1, 2009, pp. 1-13.
9. Dixit, A., “Strategic Behavior in Contests,” *American Economic Review*, Vol. 77, No. 5, 1987, pp. 891-898.

10. Hanley, N. and I. MacKenzie, "The Effects of Rent Seeking over Tradable Pollution Permits," *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, Vol. 10, Iss. 1(Topics), 2010, Article 56.
11. Hoel, M., "Environmental Policy with Endogenous Plant Locations," *The Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 99, No. 2, 1997, pp.241-259.
12. Ikefuji, M., J. Itaya, and M. Okamura, "Optimal Emission Tax with Endogenous Location Choice of Duopolistic Firms," *Environmental and Resource Economics*, Vol. 65, No. 2, 2016, pp.463-485.
13. Kverndokk, S., "Tradeable CO2 Emission Permits: Initial Distribution as a Justice Problem," *Environmental Values*, Vol. 4, No. 2, 1995, pp.129-148.
14. List, J. A. and C. Y. CO, "The Effects of Environmental Regulations on Foreign Direct Investment," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 40, No. 1, 2000, pp.1-20.
15. MacKenzie, I. and M. Ohndorf, "Cap-and-trade, Taxes, and Distributional Conflict," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 63, No. 1, 2012, pp.51-65.
16. MacKenzie, I., N. Hanley, and T. Kornienko, "The Optimal Initial Allocation of Pollution Permits: A Relative Performance Approach," *Environmental and Resource Economics*, Vol. 39, 2008 a, pp.265-282.
17. _____, "A Permit Allocation Contest for a Tradable Permit Market," Center of Economic Research at ETH Zurich, working paper, 2008 b.
18. _____, "Using Contests to Allocate Pollution Right," *Energy Policy*, Vol. 37, No. 7, 2009, pp.2798-2806.
19. Markusen, J. R., E. R. Morey, and N. Olewilder, "Environmental Policy when Market Structure and Plant Location Are Endogenous," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 24, No. 1, 1993, pp.69-86.
20. _____, "Competition in Regional Environmental Policies when Plant Locations are Endogenous," *Journal of Public Economics*, Vol. 56, No. 1, 1995, pp.55-77.
21. Motta, M. and J. F. Thisse, "Does Environmental Dumping Lead to Delocation?" *European Economic Review*, Vol. 38, 1994, pp.563-576.
22. Rauscher, M., "Environmental Regulation and the Location of Polluting Industries," *International Tax and Public Finance*, Vol. 2, No. 2, 1995, pp.229-244.
23. Stavins R. N., "Transaction Costs and Tradeable Permits," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 29, No. 2, 1995, pp.133-148.
24. Xing, Y. and C. D. Kolstad, "Do Lax Enviornmental Regulations Attract Foreign Investment?" *Environmental and Resource Economics*, Vol. 21, No. 1, 2002, pp.1-22.

Endogenous Location Choice of Two Industries in Tradable Permit Contests*

Jong Hwa Lee** · Pan Sang Kang***

Abstract

This paper explores the determination of an optimal value of preassigned permit when polluting firms strategically choose their location. The composition of industry under the tradable permit system could be different by the value of preassigned permit. The results of this paper are summarized as follows. First, the social welfare of the tradable permit system implementing country is maximized when the bigger industry is located in the country while, the smaller industry is relocated to another country. Next, the social welfare of the country could be maximized by encouraging within industry competition for the permit rather than between industry competition.

Key Words: contests, tradable permit system, endogenous location choice

JEL Classification: D72, Q52, Q58

Received: Oct. 23, 2017. Revised: April 3, 2018. Accepted: May 18, 2018.

* We thank two anonymous referees for useful comments and suggestions.

** First Author, Research Fellow, Korea Institute for Defense Analyses, 37, Hoegi-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 02455, Korea, Phone: +82-2-961-1319, e-mail: jonghwa31@kida.re.kr

*** Corresponding Author, Ph.D. Candidate, Department of Economics, Sungkyunkwan University, 25-2, Sungkyunkwan-ro, Jongno-gu, Seoul 03063, Korea, e-mail: vonpansang@gmail.com