자원 · 환경경제연구 제 25 권 제 3 호
Environmental and Resource Economics Review
Volume 25, Number 3, September 2016 : pp. 421~447
DOI: http://dx.doi.org/10.15266/KEREA.2016.25.3.421

탄소세 정책과 배출권거래제 정책에 대한 후생 분석: 경쟁 이론을 중심으로

이종화*

요 약 : 본 논문은 온실가스 저감 정책인 탄소세 정책과 배출권거래제 정책을 통해 창출되는 경제지대를 획득하기 위한 집단 간의 혹은 집단 내의 경쟁 상황을 분석한다. 집단 간의 경쟁 상황인 탄소세 정책에 대해 구성원들이 결정하는 성과보수를 공시하는 경우와 공시하지 않는 경우로 나누어 분석하여, 배출권거래제 정책과 후생을 비교한다. 본 논문에서 나타난 결과는 다음과 같다. 첫째, 본 논문은 집단들이 성과보수를 공시하는 경우 집단 간의 과열경쟁으로 인해 탄소세 정책이 배출권거래제 정책보다 항상 후생이 작게 된다. 둘째, 집단들이 성과보수를 공시하지 않을 경우, 탄소세 정책의 집단 간의 경쟁이 완화되어 탄소세 정책의 후생이 증가한다. 만약 배출권거래제 정책의 오염배출권 거래량이 상당히 많은 경우에는 오히려 탄소세 정책의 후생이 배출권거래제 정책보다 더 크게 된다는 것을 보였다.

주제어 : 경쟁, 지대추구, 탄소세, 배출권거래제, 후생분석

JEL 분류 : D72, Q52, Q58

접수일(2016년 5월 4일), 수정일(2016년 7월 5일), 게재확정일(2016년 7월 27일)

* 고려대학교 경제학과, 연구교수(e-mail: jonghwa31@korea.ac.kr)

Welfare Analysis of Carbon Taxes and Tradable Permit Allocations: A Contest Theory Model

Jong Hwa Lee*

ABSTRACT : I examine the situation in which the players compete to obtain economic rents which is generated by the market-based environmental regulation, such as carbon taxes or tradable permit allocations. Drawing on contest theory, I employ the sharing rules which is devised to motivate players best effort, and consider two models in carbon taxes: one model with observable sharing rules and the other model with unobservable sharing rules. I show that, first, the overall welfare of carbon taxes is always less than that of tradable permit allocations under the model with observable sharing rules. Second, depending on the share of the preassigned allocation in tradable permit allocations, the overall welfare of carbon taxes may be larger than that of tradable permit allocations under the model with unobservable sharing rules.

Keywords : Contest, Rent-seeking, Cap-and-trade, Carbon taxes, Welfare analysis

Received: May 4, 2016. Revised: July 5, 2016. Accepted: July 27, 2016.

* Research Professor, Department of Economics, Korea University(e-mail: jonghwa31@korea.ac.kr)

I. 서 론

지난 몇 년 동안 지구 온난화 방지를 위한 온실가스 저감 규제는 정부의 직접적인 규제, 자발적인 협약을 통한 규제, 배출권거래제를 통한 규제, 그리고 탄소세 등의 조세를 통한 규제 등 국가에 따라 다양하게 활용되고 있었다. 하지만 탄소세 정책과 배출권거래제 정책이 지니고 있는 경제적 효율성, 배출량 관리, 저감 비용 감소 등이 직접적인 규제보다 뛰어나다고 알려짐에 따라 온실가스 저감 정책의 추세는 전통적인 정부의 명령을 통한 규제 방식에서 탄소세 정책과 배출권거래제 정책 등의 시장 거래를 통하여 오염 배출을 규제하는 방식으로 점차 바뀌고 있다(최병철, 2011).[1)]

정부에게 수익을 창출하는 수익창출 도구 방식(revenue-raising instrument)인 탄소세 정책은 오염물질을 배출하는 화석연료에 포함된 탄소의 함유량에 비례하여 조세를 부과하는 방식이다. 오염물질 배출에 대한 부정적 외부효과의 내재화 수단인 탄소세 정책은, 정부에게 세수의 확보를 가져와 국가의 다양한 정책, 즉 각종 녹색 사업의 재원이나, 환경보호를 위한 투자, 혹은 다양한 기후변화의 대책의 재원으로 사용될 수 있다. 결국 탄소세 정책은 탄소세를 통해 얻은 세수입을 정부가 재분배 하는 방식이기 때문에 집단들은 로비(lobby)를 통한 경쟁을 통해 자신에게 유리한 방향으로 세수입의 정책적 효과를 얻으려 하게 된다. 예를 들어, 일본은 온실가스 저감을 통한 지구온난화 방지에 대한 재원을 마련하기 위해 탄소세를 사용하고 있지만, 이와 반대로 독일(german green tax reform), 스웨덴(swedish tax reform) 등은 탄소세를 통해 얻은 정부의 세수입을 사회보장 기여금의 부담을 줄이거나 근로소득세, 법인세 등을 인하하는데 사용하고 있다(김승래, 2009).

정부가 재정적인 수익을 창출하지 못하는 비수익창출 도구 방식(non-revenue-raising instrument)의 대표적인 정책 수단으로는 무상분배를 통한 배출권거래제가 있다.[2)] 기본

1) 대부분의 OECD 국가들은 탄소세를 도입하여 온실가스 저감 정책을 펴고 있으며, 이에 대한 대체 방식으로 배출권거래제가 여러 국가에서 다양한 관심을 끌고 있다. 우리나라도 온실가스 저감 정책의 하나로 2020년에 온실가스를 30% 감축하겠다는 목표를 설정하여 2011년부터 탄소세 정책의 도입 여부를 논의 중일 뿐더러, 2015년에 배출권거래제를 도입하였다.

2) 배출권거래제는 무상배분을 통한 배출권거래제와 경매를 통한 배출권거래제로 나누어지나, 경매를 통한 배출권거래제는 수익을 창출하는 배출도구로 본 연구에서는 논의 하지 않는다.

적으로 배출권거래제 정책은 개별 오염배출자에게 일정량의 오염배출권을 매매 할 수 있도록 하는 제도이다. 따라서 초기 할당량에 대한 분배 기준에 따라 다양하게 구분할 수 있게 된다. 초기 할당량에 대한 기준으로 과거의 배출 실적 대비 초기 할당량을 배분하는 그랜드파더링(grandfathering) 방식, 배출권 단위에 기초하여 배분하는 벤치마크(updating) 방식과 수익경매(auction) 방식으로 나눌 수 있게 된다. 본 논문은 배출권거래제 정책의 초기 할당량에 대한 다양한 방식 중에 가장 경제적으로 효율성이 가장 좋다고 평가받는 그랜드파더링(grandfathering) 방식을 가정하고 분석하였다.[3] 그랜드 파더링 방식의 배출권거래제 정책에선 다음 기의 초기 할당량을 더 많이 가져가기 위한 오염배출권에 대한 오염배출자들의 지대추구(rent seeking)이 일어나게 된다.

물론 탄소세 정책이나 배출권거래제 정책과 같이 하나의 특정한 상황을 분석하는 것도 흥미로운 주제이다. 하지만 전 세계적으로 환경 규제에 대한 방식이 기존의 전통적인 정부의 규제를 통한 방식에서 시장 거래를 통하는 방식으로 바뀜에 따라 두 가지 방식인 수익창출성 도구와 비수익창출성 도구 중에 어떠한 정책적 도구가 더욱 효율적인가 하는 것을 살펴보는 것도 또한 상당히 중요한 주제이다. 따라서 본 논문에서는 두 가지 방식의 환경 규제 정책을 모형화하여 사회 전체의 상황을 분석하여 비교하도록 하겠다.

본 논문의 목적은 환경 규제의 도구로써 두 가지 정책을 경쟁이론 관점에서 이론적으로 분석하는 데 있다. 경제학에서 경쟁상황은 경쟁참여자들이 상(prize)을 획득하기 위하여 노력을 투입하며 서로 경쟁하는 상황이라 정의한다. 이러한 경쟁상황을 분석하는 이론인 경쟁 이론은 경쟁을 통해 이윤을 얻을 때 상대방의 전략적 행동을 파악하고 그에 맞는 자신의 행동을 어떻게 균형 결정을 할 것인가를 분석하는 이론적 도구이다. 사회 여러 분야의 경쟁 상황을 분석하는 데 널리 쓰이는 이론이며, 경쟁 상황에 대한 예는 기업 간의 행동 뿐 아니라 법정 소송 문제, 지방자치 단체 간의 경쟁, 스포츠 경쟁, 군비 경쟁, 선거 경쟁 등에서 많이 찾아 볼 수 있다. 경쟁이론의 측면에서 두 정책을 살펴보면 다음과 같다. 탄소세 정책은 오염저감 정책인 탄소세를 통해 얻은 세수입에 대해 전적으로 오염배출 저감 정책으로 사용되기를 원하는 오염물질을 배출한 집단의 구성원들과 다른 정책의 지출로 쓰이기를 원하는 비배출집단의 구성원들이 로비를 통해 경쟁하는 상황

3) Crampton, and Kerr(2002)는 그랜드파더링(grandfathering)방식은 경제적인 이윤(rent) 대비 비용에 대한 유연성, 혁신에 대한 유인, 정치적인 논쟁의 감소의 효과가 뛰어난 방식이라고 설명하고 있다.

으로 나타낼 수 있다. 또한 비수익도구로서의 배출권거래제 정책은 오염배출을 배출한 집단 내의 구성원들끼리 오염배출권의 확보를 위한 경쟁상황으로 생각할 수 있다.

따라서 본 논문은 경쟁이론을 응용하여 정부가 결정하는 환경규제 정책을 통해 창출되는 지대를 얻기 위한 집단 간의 혹은 집단 내의 경쟁 상황(rent seeking)을 분석한다. 특히 환경 규제를 통해 수익을 창출하는 두 정책을 모형화하고, 이를 통해 경쟁 상황에서 발생하게 되는 집단 내의 구성원들의 전략적 행동을 살펴본다. 또한, 경쟁에 참여하는 각 집단의 효용과 사회 전체의 후생 분석을 비교 분석함으로써 어느 규제 방식이 더욱 효율적으로 시장에서 작동하는가를 살펴본다.

1. 선행연구

경쟁이론은 집단 간의 혹은 집단 내의 경쟁을 하는 상황에서 경쟁에 참여하는 구성원들의 전략적 행동이 어떻게 되는 가를 잘 설명해주는 이론이다. 따라서 탄소세 정책을 분석하는 경우 집단 간의 경쟁상황에서 흔히 사용하는 구성원들의 이윤에 대한 분배 법칙(sharing rule)을 이용하여 분석하였다. 구성원들이 결정하는 성과보수인 분배 법칙에 대한 논문들은 다음과 같다. Baik (2004)와 Baik and Lee (2001)에서는 모든 집단의 성과보수가 공시된 상황(observable sharing rules)에서 집단 안에서 성과보수로의 분배 법칙이 어떻게 작용했는지를 설명하고 균형에서의 분배 법칙을 구하였다. 이와 달리 Baik and Lee (2007)에서는 집단들이 성과보수를 공시하지 않는 상황(unobservable sharing rules)에서 경쟁참여자들의 전략적인 행동을 분석하였으며, 이 경우의 균형 노력투입량과 기대보수를 구하였다. 또한, Baik and Lee (2012)에서는 이러한 성과보수를 공시하는 경우와 공시하지 않는 경우를 집단들이 선택할 수 있게 함으로써 집단의 전략적인 선택과 행동을 분석하였다. 마지막으로 Baik (2016)에서는 분배 법칙이 알려져 있지 않는 상황에서 집단의 형성에 대해 고찰하였으며, 분배 법칙이 알려진 상황에서의 균형에서의 노력투입량과 기대보수를 비교하였다. 또한, 이 논문은 분배 법칙을 공시하는 경우에 오히려 과열경쟁으로 인해 그렇지 않은 경우보다 효율적이지 않다는 것을 밝힌 논문이다.

집단에서 결정하는 성과보수에 대해 집단들이 이를 공시하지 않는 경우의 예를 컨소시엄 들의 특허권 관련 R&D 경쟁 상황, 정당 간의 로비 경쟁 상황, 그리고 선거 경쟁 등

에서 찾을 수 있다. 특히 본 논문의 상황처럼 집단 간의 로비를 통한 정책 입안의 경우 집단 들이 구성원들의 성공보수를 모두 알리게 되는 경우도 존재하지만, 각 집단은 구성원들 즉, 로비스트(lobbist)들의 성공보수에 대해 다른 집단에게 밝히지 않는 경우도 존재하게 된다. 본 논문도 이러한 이유로 탄소세 정책 하에서의 경쟁에서 승리하기 위해 집단 내에서 결정하게 되는 구성원들의 성과보수에 대해 각 집단이 서로 공시하는 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어서 분석을 시도하였다.

또한, 온실가스 저감 정책인 탄소세와 배출권거래제 정책 들을 비교하는 논문들은 많이 있다(Fisher et al., 2003; Requate and Unold, 2003; Hepburn et al., 2006; Burtraw et al., 2009; 최병철, 2011). 여러 연구에선 환경 규제 정책으로의 두 정책을 비교하였으며, 대부분 논문에서 탄소세 정책이 가지고 있는 특성이 배출권거래제 정책보다 선호된다는 것을 보였다. 하지만 여러 연구에선 배출권거래제 정책은 오염배출자의 지대추구가 일어난다고 가정하고 분석하였지만, 탄소세 정책에 대해선 집단 간의 지대추구 방식으로 분석하지 않고 정책적 효과에 대해서 분석한 논문들이 많이 있다. 하지만 탄소세 정책에서 창출되는 정부의 재정 수입은 공금(public fund)으로 경제학적 이윤이 되어 집단 간의 지대추구가 일어나게 된다. 따라서 탄소세 정책을 분석하면서 집단 간의 지대추구 경쟁을 간과하고 분석하여서는 안 된다. 따라서 본 연구는 집단 간의 지대추구 경쟁을 통해 탄소세 정책을 분석하였다.

시장 도구 방식의 두 정책의 집단 간의 혹은 집단 내의 지대추구를 통한 연구는 다음과 같다. 우선 탄소세 정책하의 재정 수입의 재분배에 대해서는 Aidt (2010), Alesina and Passarelli (2014) 등이 있으며, 위의 논문들은 정당 간의 재정 수입을 얻기 위해 경쟁하는 상황을 분석하였다. 경쟁이론을 이용하여 배출권거래제 정책을 분석한 논문은 다음과 같다. Mackenzie et al. (2009)는 배출권거래제 정책의 초기 할당량에 대해 경쟁이론을 사용하여 기업 간의 경쟁상황을 분석하였다. Mackenzie (2012)도 경쟁이론을 이용하여 국제 배출권 시장에서 초기 할당량에 대해 순차게임을 통해 온실 저감 비용의 수준을 비교 분석한 논문이다.

지금까지 설명한 논문 이외에도 탄소세 정책과 배출권 정책의 논문들은 많이 있다. 여러 연구 중 본 논문은 두 정책의 경쟁이론을 통한 환경 이론의 접근을 시도한 Mackenzie and Ohndorf (2012)의 논문을 토대로 모형을 분석하였다. 하지만 본 논문과 달리

Mackenzie and Ohndorf (2012)의 연구에서는 탄소세 정책에서의 집단이 선택하는 분배 법칙을 외생적으로 주어진다고 가정하였을 뿐 아니라, 탄소세 정책에서 집단의 재정 수입에 대한 경쟁을 경쟁이론에서 흔히 사용하는 두 단계 게임으로 분석하지 않고, 집단 간의 경쟁 후에 생기는 기대보수에 대한 집단 내의 구성원들의 경쟁 상황으로 분석하였다.[4] 이와 달리 본 논문에서는 집단 간의 경쟁이론에서 자주 사용하는 집단 내 구성원들의 분배 법칙에 대한 모형을 탄소세 정책에 접목해 분석하였다. 이러한 이유는 경쟁하는 상황에서 집단 내의 구성원들은 집단의 분배 법칙을 먼저 설정하고, 이를 알게 된 구성원들이 경쟁에 참여하는 노력을 투입하는 상황이 일반적이기 때문이다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 제2장에서 먼저 배출권거래제 정책 모형을 설정하고 균형 노력투입량과 기대보수를 구하겠다. 제3장에선 배출권거래제 정책에서 성립한 시장 조건 하에서 집단 간의 성과보수가 공시된 상황과 그렇지 않은 상황에서의 탄소세 정책의 균형 노력투입량과 기대보수를 구하겠다. 제4장에선 두 정책의 후생을 분석하고, 마지막 장에선 본 논문의 연구결과를 요약하고 결론을 도출한다.

II. 배출권거래제 정책 모형

시장 거래를 통하는 온실가스 저감 방식의 두 가지 정책, 즉, 수익 창출 도구로서의 탄소세 정책과 비수익 창출 도구로서의 배출권거래제 정책에서 경쟁에 참여하는 주체들은 주어진 정책 하에서 발생하게 되는 경제학적인 이윤(rent)을 얻기 위한 경쟁을 할 것이다. 경쟁참여자들은 전략적인 상호의존성을 지니기 때문에 그들의 전략적 행동을 분석하기 위해서 게임 이론적 분석에 의존하여 모형화하였다. 자세히 설명하자면, 배출권거래제 정책은 오염배출자들이 배출권을 자유롭게 매매 할 수 있는 정책으로 오염배출자들은 배출권 매매를 통한 수익을 얻게 된다. 따라서 배출권 매매가 가능한 오염배출자 집단 내의 지대추구 상황만 고찰한다. 반면 탄소세 정책에서의 경쟁상황은 오염배출자 집단과 비배출자 집단이 탄소세 정책을 통해 창출된 세수입을 얻기 위해 경쟁하는 집단

4) Mackenzie and Ohndorf (2012) 연구에선 탄소세 정책에 대해 두 단계 게임을 고려하였다. 첫 번째 단계에서 집단들이 탄소세에 의해 창출된 재정 수입을 얻으려고 경쟁하고, 두 번째 단계에선 경쟁에서 승리한 집단의 구성원이 재정 수입을 나누어 가지려고 하는 상황을 분석하였다.

간의 지대 추구상황이다. 따라서 탄소세 정책은 오염배출자 집단과 비배출자 집단의 경쟁상황을 고찰한다. 본 논문은 두 정책을 비교하기 위해 배출권 거래제 정책을 분석하고, 오염배출자들의 시장상황을 바탕으로 탄소세 정책에서 나타난 균형을 서로 비교 분석하도록 하겠다. 또한, 집단 내의 구성원의 경쟁상황을 승자결정함수(contest success function)을 이용하여 구성원들의 노력 수준과 효용을 구하도록 하겠다.

두 정책 모두에서 정부가 원하는 국가의 오염수준 목표를 T라 한다. 각 정책하의 오염배출자들은 정부의 목표치인 T를 고려하여 오염 물질을 배출하게 된다. 오염배출자로 구성된 집단을 집단 P라 정의하며, m_P의 오염배출자로 구성되어 있다고 가정한다 ($m_P \geq 2$). 또한, 비배출자 집단을 집단 N이라 정의하며, 집단 N은 m_N의 구성원으로 이루어진다($m_N \geq 2$). 따라서 경쟁에 참여하는 전체 구성원의 수는 $m = m_P + m_N$이 된다. $\overline{e}_{Pk}$를 집단 P의 오염배출자 k에게 초기 할당된 오염배출권이라 하고, 집단 P의 오염배출자 k가 배출하는 오염배출량을 $e_{Pk} \in [0, \overline{e_{Pk}}]$라 정의한다. 초기 할당된 오염배출권 $\overline{e}_{Pk}$은 오염배출자들이 그동안 배출해 왔던 오염 배출량에 따라 구성원 모두 다르게 된다. 오염 물질을 배출함으로써 지불해야 하는 비용인 오염 저감비용을 $c(e_{Pk})$라 하고 $c(\bullet) > 0$과 $c'(\bullet) < 0$ 의 성질을 가진다고 가정한다.

오염배출자로 구성된 집단 P의 구성원들은 오염저감 비용을 최소화하는 오염 배출량을 결정하게 된다. 배출권거래제 정책에선 오염배출자가 자신에게 할당된 오염배출권 안에서 오염배출량을 제외한 나머지 배출량을 다른 오염배출자와 자유롭게 매매할 수 있게 된다. 다시 말하면, 오염배출자는 오염배출량 e_{Pk}에서 배출권 매매량인 T_{Pk}를 제외한 만큼의 오염물질을 배출하게 된다. 배출권거래제 정책 하에서 오염배출자의 오염 배출량을 정하기 위한 오염저감 비용 최소화 조건식은 다음과 같다.

$$\text{argmin } \sigma_{NR} \bullet (e_{Pk} - T_{Pk}) + c(e_{Pk})$$

여기서 σ_{NR}은 배출권거래제 정책에서 오염배출권에 대한 시장가격을 나타낸다. 구성원들의 비용최소화 조건을 통해 오염배출권 시장가격은 오염 저감의 한계비용이 된다는 것을 알 수 있다 ($\sigma_{NR} = -c'(e_{Pk})$). 시장청산 조건(market clearing condition)에 의해

전체 배출권 매매량과 전체 오염배출량은 정부 목표치와 같다($\sum_{k=1}^{m_p} T_{Pk} = \sum_{k=1}^{m_P} e_{Pk} = T$)고 가정한다.

배출권거래제 정책 하에선 오염물질 배출 집단(P) 안의 구성원들끼리 주어진 할당량 하에서 사용하고 남은 배출권 서로 매매하게 된다. 따라서 배출권거래제 정책 모형의 오염배출자는 정부 기준 오염물질 배출 목표치인 T하에서 초기 할당된 오염배출량 일부분을 다른 구성원들과 거래하는 상황을 가정한다. $\bar{e}_{Pk}$가 집단 P의 오염배출자 k에게 주어진 초기 할당량이기 때문에, 정부의 목표 배출량인 T는 오염배출자들의 모든 초기 할당량을 더한 값이라 할 수 있다($T = \sum_{k=1}^{m_P} \bar{e}_{Pk}$). 그랜드파더링 방식의 배출권거래제 정책에선 오염배출자가 기존에 오염 물질을 많이 배출했다면, 그 오염배출자는 그만큼 많은 초기 할당량을 배정받게 된다. 따라서 오염배출자가 작은 초기 할당량을 가지고 있지만, 배출권을 구매해서 오염 물질을 많이 배출했다면, 이 오염배출자는 다음에 더 많은 초기 할당량을 가져가게 된다. 결국 오염배출자들은 배출권을 많이 가져가게 될수록 더 많은 초기 할당량이 주어지기 때문에 배출권을 서로 가져가기 위한 경쟁을 하게 된다.

δ_{NR}을 사전에 할당된 오염배출률(the share of preassigned allocation)이라 한다면, 오염 배출 집단의 구성원이 배출하게 되는 배출량은 $\delta_{NR}\bar{e}_{Pk}$ 가 되고, $(1-\delta_{NR})T$ 만큼의 오염배출권을 구성원들은 경쟁을 통해 가져가게 된다. 오염배출자 집단의 구성원의 노력투입량을 x_{Pk}라 한다면($k = 1, \ldots, m_P$), 오염배출자 집단의 전체 노력투입량은 $X_p = \sum_{k=1}^{m_P} x_{Pk}$이 된다. 오염배출자 집단의 구성원 k가 경쟁에서 승리할 확률인 승자결정함수(contest success function)을 다음과 같이 가정한다.

$$P_{Pk} = \begin{cases} x_{Pk}/X_P & \text{for } X_P > 0, \\ 1/m_P & \text{for } X_P = 0. \end{cases}$$

승자결정함수는 오염배출자가 경쟁에서 승리하기 위해 노력투입량을 많이 할수록, 이를 가져가게 되는 확률이 증가한다는 것을 의미한다. 오염배출자 집단 P의 구성원 k

의 기대보수 함수식인 π_{Pk}^{NR} 을 나타내주면 다음과 같다.

$$\pi_{Pk}^{NR} = (1-\delta_{NR})\,T\,\sigma_{NR}\,P_{Pk} + \delta_{NR}\,\overline{e}_{Pk}\,\sigma_{NR} - e_{Pk}\,\sigma_{NR} - x_{Pk} - c(e_{Pk}) \tag{1}$$

기대보수 식의 첫 번째 항은 오염배출권을 가져가기 위한 오염배출자 집단 내의 경쟁을 나타낸 것이며, 두 번째 항은 구성원 k가 가져가게 되는 오염배출권이며, 세 번째 항은 실제 오염배출량의 비용, 네 번째 항은 오염배출권을 가져가기 위한 노력투입량, 마지막 항은 오염배출에 대한 저감 비용을 나타낸다. 배출권거래제 정책 하에서 오염배출자들은 집단 내에서 동일하게 주어진 할당 수준(δ_{NR})을 가지고 기대보수식 (1)을 극대화 하는 노력투입량을 정하게 된다. 주어진 오염 배출량에 대한 시장가격 하에서 주어진 초기 할당량($\overline{e}_{Pk}$)이 많은 구성원의 기대보수가 더 높게 되므로, 결국 배출권거래제 정책 하에서 오염배출자들은 다음 기에 주어지게 된 초기 할당량을 더 많이 받기 위해 이번 기에서 배출량을 늘리기 위한 경쟁을 하게 된다.[5] 기대보수식 (1)을 극대화 시키는 일계 미분 조건을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \pi_{Pk}^{NR}}{\partial x_{Pk}} = (1-\delta_{NR})\,T\,\sigma_{NR}\frac{X_P - x_{Pk}}{X_P^2} - 1 = 0 \tag{2}$$

오염배출자 집단의 구성원들이 모두 동일한 일계 미분 조건을 가지고 있으므로 대칭 균형 조건(symmetric equilibrium)을 이용하여 배출권거래제 정책 하에서 균형 노력투입량 (x_P^{NR})과 균형 기대보수 (π_P^{NR})를 구하면 다음과 같이 보조정리 1로 나타낼 수 있다.

5) 본 논문에선 일회게임(one-shot game)으로 가정하고 있기 때문에 주어진 초기 할당량에 대한 배출권에 대한 경쟁만 고려한다.

보조정리 1. 배출권거래제 정책 하에서 오염배출자 집단의 구성원의 균형 노력투입량 (x_P^{NR})과 균형 기대보수 (π_P^{NR})는 다음과 같다.

(1) $x_P^{NR} = \dfrac{(1-\delta_{NR})(m_P-1)T\sigma_{NR}}{m_P^2}$,

(2) $\pi_{Pk}^{NR} = \left\{\dfrac{(1-\delta_{NR})T}{m_P} + \delta_{NR}\bar{e}_{Pk} - e_{Pk}\right\}\sigma_{NR} - \dfrac{(1-\delta_{NR})(m_P-1)T\sigma_{NR}}{m_P^2} - c(e_{Pk})$

III. 탄소세 정책 모형

탄소세 정책과 배출권거래제 정책과의 후생 비교를 위해 배출권 거래제 정책에서 오염배출자 집단이 매매하고 있는 오염배출권 거래 시장이 충분히 효율적으로 작동하고 있다고 가정한다. 배출권거래제 정책과 같이 오염배출자들이 오염물질에 포함되어 있는 탄소함유량이 많을수록 오염물질 배출 비용이 늘어나므로, 오염배출자들의 오염배출량에 대한 비용 최소화 조건식은 다음과 같다.

$$\text{argmin } \sigma_R \cdot e_{Pk} + c(e_{Pk})$$

σ_R은 정부의 오염물질 배출 목표(T)를 달성하기 위한 오염물질의 탄소함유량에 대한 탄소세율을 나타낸다. 두 정책 모두에서 오염배출자의 비용최소화 조건을 만족시키는 오염 배출량에 대한 시장 균형가격을 구하면 다음과 같은 보조정리를 얻을 수 있다.

보조정리 2. 탄소세 정책과 배출권거래제 정책 하에서 오염 배출량에 대한 시장 균형가격은 두 정책 모두 같게 된다 ($\sigma_R = \sigma_{NR} = -c'(e_{Pk})$).

오염배출자 집단에 의해 오염배출권 시장이 제대로 작동하고 있는 상황의 오염배출권에 대한 시장가격(σ_{NR})과 탄소세 정책하의 탄소세율(σ_R)이 같게 된다. 따라서 오염배출자 시장의 오염배출량에 대한 균형 시장가격을 σ라 정의한다. 또한, 두 정책에서 나타나게 되는 오염배출량에 대한 시장 균형가격이 같으므로 집단 P의 전체 오염 배출량

에 대한 총비용은 $C(T) = \sum_{k=1}^{m_P} c(e_{Pk})$ 로 두 정책이 같게 된다.

탄소세 정책에선 두 집단이 오염배출자 집단에게서 오염물질 배출을 통해 창출된 재정 수입을 얻으려 경쟁을 하게 된다. 따라서 탄소세를 통해 얻는 재정 수입은 오염배출자들이 배출하는 총 오염배출량($\sum_{k=1}^{m_P} e_{Pk}$)과 오염물질을 배출시 지출해야하는 시장 균형가격(σ)의 곱이 됨을 알 수 있다. 재정 수입을 R이라 하고 다음과 같이 나타낸다.

$$R = \sum_{k=1}^{m_P} e_{Pk} \cdot \sigma = T \cdot \sigma$$

탄소세 정책으로 얻게 되는 재정 수입은 국가에서 설정한 총 오염물질 배출 목표인 T와 오염물질의 시장 균형가격인 σ의 곱이 된다. 앞에서 설명하였듯이, 탄소세 정책의 재정 수입은 오염물질을 배출하여 탄소세를 납부하게 되는 집단 P의 구성원에게만 재분배 되는 것이 아니라, 다른 집단들도 재정 수입을 얻으려 할 것이다. 본 연구는 탄소세 정책의 두 집단의 경쟁상황에 대해 집단의 구성원들이 정하게 되는 성과보수인 분배 법칙을 사용하여 이를 두 가지 경우로 나누어 분석한다. 우선 각 집단 안에서 집단의 구성원이 정하게 되는 성과보수인 구성원들의 분배 법칙을 다른 집단에 공시하는 경우(observable sharing rules)를 분석하고, 이어서 이를 다른 집단에 공시하지 않고 결정하는 경우(unobservable sharing rules)를 살펴보도록 하겠다. 두 경우의 모든 게임은 완전정보(complete information)이며, 두 경우 모두 두 단계 게임으로 후진 귀납방법(backward induction)을 사용하여 부분 게임 완전균형(subgame perfect Nash-equilibrium)을 구하도록 하겠다.

1. 집단의 성공보수가 공시되는 경우

두 집단이 성공보수를 공시하는 경우 게임은 두 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서 두 집단의 구성원들은 경쟁에서 승리할 경우 각 구성원이 가져가게 되는 재정 수입의 양을 나타내는 성공보수인 분배 법칙을 결정하게 된다. 결정이 끝난 뒤 모든 집단은 결정된

성공보수를 다른 집단에게 동시에 알리게 된다. 상대방의 분배 법칙을 알게 된 구성원들은 두 번째 단계에서 경쟁에서 승리하기 위하여 동시에 그리고 독립적으로 노력을 투입하게 된다. 분석을 시작하기 전에 다음과 같이 두 집단의 크기를 가정 한다.

가정 1. 비배출자 집단의 수가 오염배출자 집단의 수보다 많다($m_N > m_P$).

탄소세 정책의 모형의 성공보수는 경쟁이론 문헌에서 흔히 쓰는 집단 내의 분배 법칙을 사용한다. 집단 내의 분배 법칙에 대한 설명은 다음과 같다. 집단 $i(i = P, N)$ 에서 경쟁에서 승리한 구성원이 가져가는 재정 수입의 몫(fractional share)을 $\delta_i R$ 라 하고, 승리한 구성원을 제외한 나머지 구성원들은 재정 수입의 나머지를 균등 분배, $(1-\delta_i)R/(m_i-1)k$, 하여 가져가게 된다. 더욱 자세히 설명하기 위해 집단이 결정하는 수익의 할당량인 δ_i를 살펴보면 다음과 같다. 만약 구성원들이 분배 법칙인 δ_i를 $1/m_i$로 정한다면 이는 구성원들이 탄소세로 얻는 재정 수입을 모두 균등 분배하여 가져간다는 것을 의미하며, 분배 법칙을 $1 > \delta_i > 1/m_i$로 정한다면 경쟁에서 승리한 구성원이 재정 수입을 조금 더 많이 가져간다는 것을 의미하게 된다. 만약 $\delta_i \geq 1$이라면, 경쟁에서 승리한 구성원이 재정 수입을 모두 가져가게 될 뿐만 아니라, 구성원들이 오히려 보상을 지불하게 된다는 것을 의미한다.

배출권거래제 정책과 같이 오염배출자 집단의 구성원의 노력투입량을 x_{Pk}라 하고 $(k = 1, ..., m_P)$, 비배출자들의 집단 구성원들의 x_{Nh}이라 정의한다면$(h = 1, ..., m_N)$, 오염배출자 집단의 전체 노력투입량은 $X_p = \sum_{k=1}^{m_P} x_{Pk}$, 비배출자들의 집단의 전체 노력투입량은 $X_N = \sum_{h=1}^{m_N} x_{Nh}$이 된다. 이를 통해 두 집단의 전체 노력투입량은 따라서 $X = X_P + X_N$ 이 됨을 알 수 있다. 집단 $i(i = P, N)$ 의 구성원 k가 경쟁에서 승리할 확률인 승자결정함수(contest success function)을 다음과 같이 가정한다.

$$P_{ik} = \begin{cases} x_{ik}/X & \text{for } X > 0, \\ 1/m & \text{for } X = 0. \end{cases}$$

탄소세 정책 하에서 오염배출자 집단 P 의 구성원 k의 기대보수 함수를 π_{Pk}라 하고 다음과 같이 나타낸다.

$$\pi_{Pk} = \delta_P R P_{Pk} + \frac{(1-\delta_P)R}{(m_P-1)} \sum_{h \neq k}^{m_P} P_{Ph} - x_{Pk} - \sigma e_{Pk} - c(e_{Pk}) \tag{3}$$

기대보수식의 첫 번째 항은 구성원 k가 경쟁에서 승리할 경우 받게 되는 기대수익이며, 두 번째 항은 집단 안의 다른 구성원이 경쟁에서 승리할 경우 받게 되는 기대수익을 나타낸다. 나머지 항들은 경쟁에서 지출하게 되는 노력투입량과 오염 배출로 인한 비용인 오염배출의 비용과 배출에 대한 저감 비용 들을 나타낸다. 반면 비배출자들은 오염물질 배출을 하지 않으므로, 재정 수입을 가져가기 위한 비배출집단 N의 구성원 h 의 기대보수를 π_{Nh}라 하고 이를 나타내주면 다음과 같다.

$$\pi_{Nh} = R\delta_N P_{Nh} + \frac{R(1-\delta_N)}{(m_N-1)} \sum_{j \neq h}^{m_N} P_{Nj} - x_{Nh} \tag{4}$$

앞에서 설명하였듯이, 두 단계 게임이므로 부분게임 완전균형(subgame perfect Nash-equilibrium)을 풀기 위해 두 번째 단계부터 풀어주면 다음과 같다. 우선, 두 집단의 분배 조건인(δ_P, δ_N)와 비배출자들의 노력투입량(X_N)이 주어진 상황에서 오염배출 집단의 구성원 k의 기대보수식 (3)을 극대화 시키는 노력투입량을 나타내는 일계 미분 조건(first-order condition)을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \pi_{Pk}}{\partial x_{Pk}} = R\delta_P \frac{X - x_{Pk}}{X^2} + \frac{R(1-\delta_P)}{m_P - 1} \frac{-\sum_{h \neq k}^{m_P} x_{Ph}}{X^2} - 1 = 0 \tag{5}$$

마찬가지로 비배출집단의 구성원 h의 기대보수식 (4)를 극대화 시키는 노력투입량을 나타내는 일계 미분 조건(first-order condition)을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \pi_{Nh}}{\partial x_{Nh}} = R\delta_N \frac{X - x_{Nh}}{X^2} + \frac{R(1-\delta_N)}{m_N - 1} \frac{-\sum_{j \neq h}^{m_N} x_{Nj}}{X^2} - 1 = 0 \tag{6}$$

집단에 속한 구성원들이 모두 동일한 일계 미분 조건을 가지므로 모두 동일한 구성원이 된다. 따라서 대칭 균형(symmetric equilibrium) 조건을 이용하여 두 번째 단계의 두 집단의 구성원들의 노력투입량에 대한 반응 곡선을 구하게 되면 다음과 같다.

$$x_P(\delta_P; x_N) = \frac{R(\delta_P m_P - 1) - 2m_P m_N x_N + \sqrt{R^2(\delta_P m_P - 1)^2 + 4Rm_P m_N x_N}}{2m_P^2} \tag{7}$$

$$x_N(\delta_N; x_P) = \frac{R(\delta_N m_N - 1) - 2m_P m_N x_P + \sqrt{R^2(\delta_N m_N - 1)^2 + 4Rm_P m_N x_P}}{2m_N^2} \tag{8}$$

두 집단의 반응곡선들의 이용하여 두 번째 단계의 구성원들의 노력투입량을 나타내어 주면 다음과 같다.

$$x_P(\delta_P, \delta_N) = \frac{R(\delta_P m_P + \delta_N m_N - 1)(\delta_P m_N - \delta_N m_N + 1)}{(m_P + m_N)^2} \tag{9}$$

$$x_N(\delta_P, \delta_N) = \frac{R(\delta_P m_P + \delta_N m_N - 1)(\delta_N m_P - \delta_P m_P + 1)}{(m_P + m_N)^2} \tag{10}$$

두 번째 단계에서 구한 노력투입량을 구성원들의 기대보수 함수식에 대입하여 첫 번째 단계의 구성원들의 기대보수 식을 나타내어 주면 다음과 같다.

$$\pi_P(\delta_P, \delta_N) = R\frac{x_P(\delta_P, \delta_N)}{m_P x_P(\delta_P, \delta_N) + m_N x_N(\delta_P, \delta_N)} - x_P(\delta_P, \delta_N) - e_{Pk}\sigma - c(e_{Pk}) \tag{11}$$

$$\pi_N(\delta_P, \delta_N) = R\frac{x_N(\delta_P, \delta_N)}{m_P x_P(\delta_P, \delta_N) + m_N x_N(\delta_P, \delta_N)} - x_N(\delta_P, \delta_N) \tag{12}$$

첫 번째 단계에선 각 집단의 구성원들의 기대보수 식 (11)과 (12)를 극대화 시키는 분배 법칙인 $\delta_i(i = P, N)$을 정하게 된다. 따라서 일계 미분 조건(first-order condition)을 만족시키는 두 집단의 분배 법칙의 반응 함수를 나타내어 주면 다음과 같다.

$$\delta_P(\delta_N) = \frac{m_N(m_P + m_N) + (m_P - m_N)(\delta_N m_N - 1)}{2m_P m_N} \tag{13}$$

$$\delta_N(\delta_P) = \frac{m_P(m_P + m_N) + (m_N - m_P)(\delta_P m_P - 1)}{2m_P m_N} \tag{14}$$

두 집단의 반응 곡선 (13)과 (14)의 교점인 균형 분배 법칙(δ_P^{ob}, δ_N^{ob})를 구하고, 이를 두 번째 단계의 노력투입량의 균형인 (9)과 (10)에 대입하여 각 집단의 구성원들의 균형 노력투입량 (x_P^{ob}, x_N^{ob})을 구하겠다. 또한 두 균형 분배 법칙과 균형 노력투입량을 기대보수에 대입하여 균형 기대보수(π_P^{ob}, π_N^{ob})를 구하여 보조정리 3을 나타내면 다음과 같다.

보조정리 3. 탄소세 정책 하에서 두 집단의 성과보수를 서로 공시할 경우 두 집단의 균형 분배 법칙 (δ_P^{ob}, δ_N^{ob}), 균형 노력투입량 (x_P^{ob}, x_N^{ob}), 균형 기대보수 (π_P^{ob}, π_N^{ob})는 다음과 같다.

(i) $\delta_P^{ob} = \dfrac{2m_P m_N + (m_P - m_N)(m_P - 1)}{m_P(m_P + m_N)}$, $\delta_N^{ob} = \dfrac{2m_P m_N + (m_N - m_P)(m_N - 1)}{m_N(m_P + m_N)}$,

(ii) $x_P^{ob} = \dfrac{R\, m_N(m_P + m_N - 1)}{m_P(m_P + m_N)^2}$, $x_N^{ob} = \dfrac{R\, m_P(m_P + m_N - 1)}{m_N(m_P + m_N)^2}$,

(iii) $\pi_{Pk}^{ob} = \dfrac{R\, m_N}{m_P(m_P + m_N)^2} - e_{Pk}\sigma - c(e_{Pk})$, $\pi_N^{ob} = \dfrac{R\, m_P}{m_N(m_P + m_N)^2}$.

2. 두 집단이 성공보수를 공시하지 않는 경우

두 집단이 성공보수를 공시하지 않는 경우에 게임은 다음과 같이 다르게 구성된다. 두 집단의 구성원들은 경쟁에서 승리할 경우 각 구성원들이 가져가게 되는 재정 수입의 양을 나타내는 분배 법칙을 마찬가지로 결정하지만 이를 다른 집단에게 알리지 않게 된다. 따라서 상대방의 성공보수를 알지 못하는 상황에서 구성원들은 경쟁에서 승리하기 위하여 동시에 그리고 독립적으로 노력을 투입하게 된다. 이 경우의 게임은 두 단계로 이루어진 순차게임(sequential-move game)이 아니라 집단 내 분배 법칙을 포함한 노력투입량에 대한 동시게임(simultaneous-move game with sequential moves)으로 바뀌게 된다.[6)]

우선, 각 집단의 구성원의 노력투입량 반응 함수는 성공보수를 공시할 경우와 마찬가지로 구성원들의 기대보수 식을 극대화하는 일계 미분 조건(first-order condition)에서 구할 수 있으며, 이를 나타내 주면 식 (7)와 (8)과 같다.

$$x_P(\delta_P; x_N) = \frac{R(\delta_P m_P - 1) - 2m_P m_N x_N + \sqrt{R^2(\delta_P m_P - 1)^2 + 4Rm_P m_N x_N}}{2m_P^2} \tag{7}$$

$$x_N(\delta_N; x_P) = \frac{R(\delta_N m_N - 1) - 2m_P m_N x_P + \sqrt{R^2(\delta_N m_N - 1)^2 + 4Rm_P m_N x_P}}{2m_N^2} \tag{8}$$

두 집단이 서로의 성공보수를 공시하지 않을 경우 상대방의 분배 법칙을 알지 못하기 때문에 각 집단의 노력투입량의 반응함수를 가지고 집단의 분배 법칙을 구하게 된다. 따라서 식 (7)와 (8)을 기대보수 식에 대입하게 되면 다음과 같다.

$$\pi_P(\delta_P; x_N) = R\frac{x_P(\delta_P; x_N)}{m_P x_P(\delta_P; x_N) + m_N x_N} - x_P(\delta_P; x_N) - e_{Pk}\sigma - c(e_{Pk}) \tag{15}$$

6) Baik and Lee(2007)에서 이러한 게임을 simultaneous-move game with sequential moves라 명명하였으며, 이를 분석하기 위한 균형의 도출 방법을 자세히 설명하고 있다. 본 연구도 이를 이용하여 분석을 시도하였다.

$$\pi_N(\delta_N; x_P) = R\frac{x_N(\delta_N; x_P)}{m_P x_P + m_N x_N(\delta_N; x_P)} - x_N(\delta_N; x_P) \tag{16}$$

각 집단은 기대보수 식인 (15)과 (16)를 극대화 시키는 분배 법칙을 구하게 되므로 일계 미분 조건을 이용하여 이를 구하게 되면 다음과 같다.

$$\delta_P(x_N) = \frac{1}{m_P}(1 + (m_P - 1)\sqrt{\frac{m_N x_N}{R}}\ ) \tag{17}$$

$$\delta_N(x_P) = \frac{1}{m_N}(1 + (m_N - 1)\sqrt{\frac{m_P x_P}{R}}\ ) \tag{18}$$

위의 분배 법칙의 반응함수 (17)와 (18)을 노력투입량의 반응 함수인 (7)와 (8)에 대입하여 상대방 집단의 구성원의 노력투입량에 대한 구성원의 노력투입량 반응 함수 ($x_P(x_N)$,$x_N(x_P)$)를 구하게 되면 다음과 같다.

$$x_P(x_N) = \frac{1}{m_P}(-m_N x_N + \sqrt{R m_N x_N}) \tag{19}$$

$$x_N(x_P) = \frac{1}{m_N}(-m_P x_P + \sqrt{R m_P x_P}) \tag{20}$$

두 집단의 반응 곡선 (19)과 (20)의 교점인 균형 노력투입량 (x_P^{ub}, x_N^{ub})을 구하고 , 이를 각 집단의 분배 법칙의 반응 함수식인 (17)과 (18)에 대입하여 균형 분배 법칙 (δ_P^{ub}, δ_N^{ub})을 구한다. 또한 두 균형 분배 법칙과 균형 노력투입량을 기대보수에 대입하여 균형 기대보수 (π_P^{ub}, π_N^{ub})를 구하면, 다음과 같이 보조정리 4를 나타낼 수 있다.

보조정리 4. 탄소세 정책 하에서 두 집단의 성공보수를 서로 공시하지 않을 경우 두 집단의 균형 분배 법칙 (δ_P^{ub}, δ_N^{ub}), 균형 노력투입량 (x_P^{ub}, x_N^{ub}), 균형 기대보수 (π_P^{ub}, π_N^{ub})는 다음과 같다.

(i) $\delta_P^{ub} = \dfrac{m_P + 1}{2m_P}$, $\delta_N^{ub} = \dfrac{m_N + 1}{2m_N}$,

(ii) $x_P^{ub} = \dfrac{R}{4m_P}$, $x_N^{ub} = \dfrac{R}{4m_N}$,

(iii) $\pi_{Pk}^{ub} = \dfrac{R}{4m_P} - e_{Pk}\sigma - c(e_{Pk})$, $\pi_N^{ub} = \dfrac{R}{4m_N}$.

IV. 두 정책의 후생 분석

정부의 오염배출량에 대한 목표치(T)를 달성하고자 하는 집단 간의 혹은 집단 내의 경쟁 상황을 배출권거래제 정책과 탄소세 정책으로 나누어 분석하였다. 사회 전체의 후생을 분석하기 위해 정부의 오염배출량에 대한 목표치를 달성하면서 얻을 수 있는 사회 전체의 이익을 $B(T)$라 하고, 두 정책 하에서 오염배출자 집단의 오염배출 저감에 대한 총비용을 $C(T)$라 정의한다. 배출권거래제 정책의 총 후생을 W_{NR}이라 하고 이를 나타내주면 다음과 같다.

$$W_{NR} = B(T) + \sum_{k=1}^{m_P} \pi_{Pk}^{NR} \tag{21}$$

배출권거래제 정책 하에선 배출량에 대한 초기 할당량을 가져가기 위한 집단 내의 경쟁이 일어나게 된다. 따라서 정부의 목표 배출량을 이루면서 얻게 되는 이익인 $B(T)$와 오염배출자 집단의 총 기대보수를 더한 값이 배출권거래제 정책의 총 후생이 된다. 탄소세 정책하의 총 후생(overall welfare)을 W_R이라 하고 이를 나타내주면 다음과 같다.

$$W_R = B(T) + \sum_{k=1}^{m_P} \pi_{Pk} + \sum_{k=1}^{m_N} \pi_{Nk} \tag{22}$$

탄소세 정책의 총 후생은 정부의 오염물질 배출량의 목표치에 대한 외부효과인 $B(T)$와 두 집단의 기대 보수의 합으로 나타낼 수 있다. 모든 집단이 성과보수를 공시하는 경우의 탄소세 정책의 총 후생을 W_R^{ob}라 한다면, 두 정책의 총 후생의 차이는 $\Delta W^{ob} = W_R^{ob} - W_{NR}$이 된다. 모든 집단 들이 성과보수를 공시하는 경우 두 정책의 후생 차이를 정리해 주면, 다음의 보조정리 5를 얻을 수 있다.

보조정리 5. 성과보수를 공시하는 경우, 탄소세 정책의 총 후생과 배출권거래제 정책의 총 후생의 차이는 $\Delta W^{ob}(m_P, m_N, \delta_{NR}) = -m_N - (m_P + m_N)(m_P - 1)\delta_{NR}$ 이다.

다른 집단에 자신들의 성과보수를 공시하는 경우 총 후생의 차이(ΔW^{ub})는 사전에 할당된 오염배출률인 δ_{NR}와 관계없이 항상 음(-)의 값을 갖게 되므로, 이 경우 탄소세 정책의 총 후생(W_R^{ob})이 배출권거래제 정책의 총 후생(W_{NR})보다 항상 작다는 것을 알 수 있다.

정리 1. 탄소세 정책 하에서 집단 간에 성과보수를 공시하는 경우, 집단 간의 오염배출자들의 과잉경쟁으로 인해 탄소세 정책이 배출권거래제 정책보다 후생이 작게 된다.

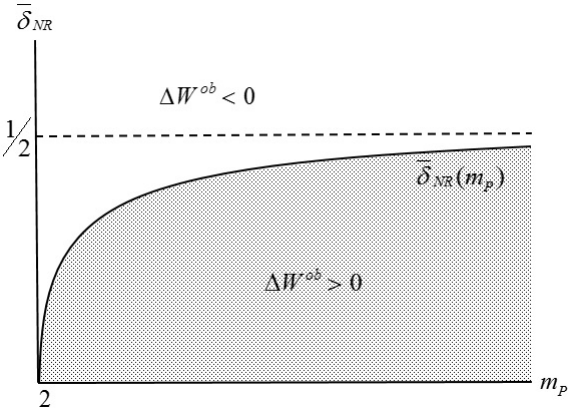
배출권거래제 정책의 지대추구 경쟁을 집단 내 구성원들의 경쟁상황이라 한다면, 탄소세 정책은 집단 간 구성원들이 주어진 재정 수입을 얻기 위해 경쟁하는 상황을 나타낸다. 따라서 탄소세 정책의 집단 간 경쟁상황에서 모든 집단의 성과보수가 동시에 공시된다면, 각 집단의 구성원들은 다른 집단과의 경쟁에서 승리하기 위해 승리에 대한 구성원의 성과보수(incentive)인 분배 법칙을 더 높게 설정하게 된다. 높은 분배 법칙으로 인해 구성원들은 과다한 노력을 투입하게 되고, 결국 과열된 집단 간의 경쟁으로 인해 탄소세 정책의 후생이 배출권거래제 정책보다 후생이 작게 된다.

이와 달리 집단 간에 성과보수를 공시하지 않는 경우의 탄소세 정책의 총 후생을 W_R^{ub}라 하고, 앞에서 구한 배출권거래제 정책과의 후생분석의 차이를 $\Delta W^{ub} = W_R^{ub} - W_{NR}$라 하면 다음의 보조정리 6을 얻을 수 있다.

보조정리 6. 두 집단이 성과보수를 공시하지 않은 상황에서 탄소세 정책의 총 후생과 배출권거래제 정책의 후생의 차이는 $\Delta W^{ub}(m_P, m_N, \delta_{NR}) = (m_P - 2)/(2m_P - 2) - \delta_{NR}$이 된다.

모든 집단이 성과보수를 공시하지 않는 경우의 총 후생의 크기는 배출량 거래제 정책의 초기 할당된 오염배출률(δ_{NR})의 크기에 따라 다르게 된다. 이를 자세히 살펴보기 위하여, 두 제도 하에서 총 후생의 차이인 $\Delta W^{ub}(m_P, m_N, \delta_{NR})$를 0으로 만드는 배출권거래제 정책의 초기 할당된 오염배출률을 $\bar{\delta}_{NR}$이라 하고, 이를 배출자 집단의 수(m_P)에 따라 나타내어 주면 그림 1과 같다.

〈그림 1〉 집단의 성과보수가 공시되지 않은 경우 두 정책의 후생 비교



<그림 1>은 상당히 흥미로운 결과를 가지고 있다. 오염배출자 집단의 크기가 증가할수록, 두 제도의 후생을 같게 만드는 초기 할당된 오염배출률인 $\bar{\delta}_{NR}$이 증가한다는 것이다. 따라서 오염배출자 집단의 크기가 증가할수록, 배출권거래제 정책의 오염배출자들의 배출권 매매량이 많다면(구성원의 초기 할당된 오염배출률이 낮을수록) 배출권거래제 정책보다 탄소세 정책의 후생이 크게 된다. 일반적으로 배출권 거래제 정책에서도 초기 할당된 오염배출률을 나타내는 분배 법칙에 따라 시장의 경쟁 정도가 결정된다고 알려졌다. 즉, 오염배출자들이 초기 할당된 오염배출률을 적게 할수록, 배출권거래제 정책에서 배출권을 매매하는 양이 증가하게 된다. 결국 배출권 거래량이 많아질수록 시장이

경쟁적으로 움직이게 되므로 배출권거래제 정책의 시장상황이 효율적이라고 알려져 있다(최병철, 2011). 이와 달리 본 모형에서는 오히려 배출권거래제 정책의 초기 할당된 오염배출률이 $(m_P-2)/(2m_P-2)$보다 낮다면, 오염배출자 집단 내의 구성원들의 배출권을 가져가기 위한 과잉경쟁이 일어나 일반적으로 알려진 사실과 달리 배출권거래제 정책이 탄소세 정책보다 후생이 떨어지게 된다. 따라서 배출권거래제 정책이 탄소세 정책보다 후생이 더 높아지려면 초기 할당된 오염배출률을 높여 배출권 거래량을 줄이는 것이 효율적이 된다.

정리 2. 탄소세 정책 하에서 집단 들이 성과보수를 공시하지 않을 경우, 초기 할당된 오염배출률이 $(m_P-2)/(2m_P-2)$보다 낮다면 집단 내의 과열 경쟁으로 인해 탄소세 정책이 배출권거래제 정책의 후생보다 항상 높게 된다. 하지만 초기 할당된 오염배출률이 $(m_P-2)/(2m_P-2)$보다 크다면 배출권거래제 정책의 후생이 더 크게 된다.

정리 2는 경쟁이론 문헌 측면에서 상당히 흥미로운 결과이다. Baik (2016)은 모든 집단이 분배 법칙을 공시하지 않은 경우 구성원들의 기대보수가 분배 법칙을 공시하는 경우보다 더 높게 나타난다는 것을 보였다. 이러한 이유는 분배 법칙을 공시하게 됨으로써 나타나는 과열 경쟁을 집단 내에서 제어할 수 있기 때문이라고 설명하였다. 본 논문에도 탄소세 정책 하에서 성과보수를 공시하지 않는 경우 과열된 집단 간의 경쟁 정도를 줄이게 됨으로써, 오히려 성과보수를 공시하는 경우와 비교하였을 때와 비교하여 후생이 증가한다. 이는 분배 법칙을 명확히 공시할 경우, 집단 간의 경쟁 정도는 과열되고 이로 인해 집단의 구성원들이 경쟁에서 승리하기 위해 과다한 노력을 투입하기 때문에 그렇지 않은 경우보다 구성원의 기대보수가 감소하기 때문이다. 결국 각 집단 내에서 결정하게 되는 성과보수를 집단들끼리 공시하지 않는 것이 집단 간의 과열 경쟁을 예방함과 동시에 배출권거래제 정책보다 더 높은 후생을 얻을 수 있게 된다.

또한, 정책입안자의 입장에서 집단 간의 과잉 경쟁을 막기 위해서는 탄소세 정책보다 배출권거래제 정책이 더 효율적일 수도 있다. 하지만 초기 할당량을 줄여 오염배출권 거래량을 상당히 늘린다면, 집단 내의 과잉 경쟁으로 인해 오히려 후생이 상당히 감소하게 된다. 결국, 정부의 적절한 초기 배출권 할당량에 대한 규제가 있다면 집단 내에서 이루

어진 배출권 매매의 경쟁이 적절히 조절되어 시장이 효율적으로 이루어지게 된다. 이로 인해 탄소세 정책의 후생보다 배출권거래제 정책의 후생이 더 증가한다.

V. 시사점 및 결론

본 논문은 분석의 도구로 경쟁 이론을 사용하여 시장 거래를 통하여 오염 배출을 규제하는 두 방식인 배출권거래제 정책과 탄소세 정책의 후생을 비교하였다. 배출권거래제 정책에서는 주어진 배출권 할당량 하에서 집단 내의 구성원들이 배출권을 더 가져가기 위한 경쟁 상황을 분석하였다. 반면, 탄소세 정책에선 두 집단의 구성원들이 탄소세로 얻을 수 있는 재정 수입에 대한 분배 법칙을 결정하고, 경쟁에 승리하기 위해 노력을 투입하는 상황을 분석하였다. 이를 더욱 자세히 분석하기 위해 분배 법칙의 공시 여부를 나뉘어 탄소세 정책을 비교하였다.

탄소세와 배출권거래제 정책은 여러 장점이 있지만, 서로 보완할 수 없는 정책적인 차이점이 존재한다. 따라서 어느 정책이 더 효율적인 정책이라고 단언하기는 쉽지 않다. 하지만 두 정책 모두 경쟁에 참여하는 구성원들에게 경제지대를 발생시키고 이를 다른 집단 혹은 구성원보다 더 얻기 위한 경쟁을 한다는 점에서, 경쟁이론을 이용하여 분석한 본 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

첫째, 집단 내의 성과보수가 모두 공시된다면, 집단 간의 경쟁을 나타내는 탄소세 정책보다 배출권거래제 정책이 더 효율적인 정책일 수 있다는 것을 보였다. 이러한 이유는 탄소세 정책 하에서 성과보수의 공시로 인해 집단 간의 과열된 경쟁이 일어날 수 있기 때문이다. 둘째, 탄소세 정책 하에서 집단 내의 구성원들의 성과보수를 다른 집단에게 공시하지 않는 경우, 탄소세 정책과 배출량 거래제 정책의 후생의 차이는 오염배출자들의 오염 배출량의 초기 할당률에 따라 달라진다. 배출권거래제 정책에서 오염배출자들이 주어진 초기 할당량을 모두 매매할 수 있다면, 오히려 배출권거래제 정책 하에서 집단 내의 경쟁이 심하게 일어나 탄소세 정책의 후생이 더욱 높게 된다. 따라서 정책 입안자의 입장에서 배출권거래제 정책 하에서 초기 할당량에 대한 적절한 규제가 필요하게 된다. 만약 규제가 없이 배출권에 대해 모두 매매가 가능할 경우, 탄소세 정책이 더 효율적인 정책이 될 것이다. 또한, 정책입안자의 입장에서 집단 내에서 결정하게 되는 성과보수를

공시하지 않게 한다면, 오히려 집단 간의 경쟁 정도가 공시하는 경우보다 낮게 되어 탄소세 정책이 후생을 높게 될 것이다. 결국, 정책입안자의 환경 규제 정책의 적절한 규제에 따라 두 정책의 후생의 결정된다고 할 수 있다.

경쟁 이론을 사용하여 환경 규제 정책 간의 후생을 비교하는 연구는 활발히 진행되고 있다. 본 논문은 오직 경쟁이론 측면에서 두 정책 간의 후생을 비교하는 것에 초점을 둔 논문이다. 따라서 현실적인 몇 가지 한계점들을 가지고 있다. 현실적으로 배출권거래제의 오염배출자들의 초기 할당량을 명확히 파악할 수 없게 된다. 따라서 오염배출자들이 잘못된 보고를 할 경우 할당량에 대한 경쟁 상황에서 배출권이 비효율적으로 배분 될 수 있다. 이러한 경우 정책입안자는 경쟁 상황을 잘못 판단할 수 있다. 따라서 정부의 입장에서 배출량에 대한 정확한 보고와 검증이 필요하게 된다. 또한, 환경 규제 정책에서 두 정책 모두 오직 재정 수입을 가져가기 위한 경쟁 상황이라고 보기 어렵다. 집단의 구성원들은 자신들의 수익 이외에도 오염 배출의 비용 저감, 오염을 줄이기 위한 신기술 개발 등 다양한 유인을 가지고 경쟁에 참여하고 있기 때문이다. 따라서 더욱 자세한 연구를 위해서는 본 논문에서 살펴본 재정 수입의 측면이 외에도 다양한 유인을 고려하여 분석하여야 한다.

[References]

김승래, “녹생성장을 위한 탄소세 도입방안”, 「재정포럼」, 제14권 제5호, 2009.

최병철, “탄소세와 배출권거래제의 정책 비교”, 「무역연구」, 제7권 제1호, 2011.

Alberto, A. and P, Francesco, 2014. “Regulation versus taxation”, *Journal of Public Economics*, Vol. 110, 2014, pp. 146~156.

Baik, K. H., “Endogenous group formation in contests: unobservable sharing rules”, *Journal of Economics and Management Strategy*, Vol. 25, No. 2, 2016, pp. 400~419.

Baik, K. H. and J. F. Shogren, “Strategic behavior in contests: comment”, *American Economic Review*, Vol. 82, 1992, pp. 359~362.

Baik, K. H. and S, Lee., “Strategic groups and rent dissipation”, Economic Inquiry, Vol. 39,

2001, pp. 672~684.

Baik, K. H. and S., Lee., "Collective rent seeking when sharing rules are private information", *European Jounal of Political Economy*, Vol. 12, No. 3, 2007, pp. 768~776.

Baik, K. H. and D, Lee., "Do rent- groups announce their sharing rules?" *Economic Inquiry*, Vol. 50, 2012, pp. 348~363.

Cramton, P. and S, Kerr., "Tradeable carbon permit auctions: How and why to auction not grandfather", *Energy policy*, Vol. 30, 2002, pp. 333~345.

Fischer, C., I, Parry., and W. A. Pizer, "Instrument choice for environmental protection when technological innovation is endogenous", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 45, 2003, pp. 523~545.

Hepburn, Cameron, et al., "Auctioning of EU ETS phase II allowances: how and why?", Climate Policy, Vol. 6, 2006, pp. 137~160.

MacKenzie, I., "Tradable permit allocations and sequential choice", *Resource and Energy Economics*, Vol. 33, 2012, pp. 268~278.

MacKenzie, I. and M, Ohndorf., "Cap-and-trade, taxes, and distributional conflict", *Journal of Envirionmental Economics and Management*, Vol. 63, 2012, pp. 51~65.

MacKenzie, I., H., Nick, and K, Tatiana., "Using contests to allocate pollution rights", *Energy Policy*, Vol. 37, 2009, pp. 2798~2806.

Requate, T. and W, Unold., "Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology: Will the true ranking please stand up?", *European Economic Review*, Vol. 47, 2003, pp. 125~146.

Aidt, T. S., "Green taxes: Refunding rules and lobbying", *Journal of Envirionmental Economics and Management*, Vol. 60, 2010, pp. 31~43.

[부록]

〈정리 1의 증명〉

$$\begin{aligned}\Delta W^{ob}(m_P, m_N, \delta_{NR}) &= W^{ob}_{RR} - W_{NR} \\ &= (B(T) - C(T) + \frac{R}{(m_P + m_N)} - R) \\ &\qquad - (B(T) - C(T) - \frac{R(1-\delta_{NR})(m_P - 1)}{m_P}) \\ &= \frac{R}{(m_P + m_N)} - R + \frac{R(1-\delta_{NR})(m_P - 1)}{m_P} \\ &\rightarrow -m_N - (m_P + m_N)(m_P - 1)\delta_{NR} < 0\end{aligned}$$

$m_P \geq 2$, 그리고 $1 \geq \delta_{NR} \geq 0$이므로 $\Delta W^{ob} = W^{ob}_{RR} - W_{NR} < 0$이 성립하여, 분배 법칙을 공시할 경우, 탄소세 정책의 후생이 배출권거래제 정책의 후생보다 항상 작게 된다.

〈정리 2의 증명〉

$$\begin{aligned}\Delta W^{ub}(m_P, m_N, \delta_{NR}) &= W^{ub}_{RR} - W_{NR} \\ &= (B(T) - C(T) + \frac{R}{2} - R) - (B(T) - C(T) - \frac{R(1-\delta_{NR})(m_P - 1)}{m_P}) \\ &= -\frac{R}{2} + \frac{R(1-\delta_{NR})(m_P - 1)}{m_P} \\ &\rightarrow -m_P + 2(1-\delta_{NR})(m_P - 1) > 0 \\ &\rightarrow m_P - 2 > 2(m_P - 1)\delta_{NR} \\ &\rightarrow \frac{m_P - 2}{2(m_P - 1)} > \delta_{NR}\end{aligned}$$

분배 법칙을 공시하지 않을 경우, 배출권거래제 정책에서 정하는 초기 할당률이 $\frac{m_P-2}{2(m_P-1)}$보다 작다면 배출권거래제 정책의 후생보다 탄소세 정책을 시행할 경우 후생이 더 크게 된다.