

## 폐기물재활용에 있어서 자발적 협약의 균형

박준우\*

### Equilibrium of Voluntary Agreements on Recycling Wastes

June-Woo Park\*

---

#### 국문요약

위협으로 뒷받침되는 강제된 자발적 협약은 정부가 원하는 재활용 목표를 최소비용으로 재활용할 수 있게 한다. 이 논문에서는 재활용에 관한 정부와 산업계의 자발적 협약을 경기(game)상황으로 이해하고 경기의 균형이 존재하는지 그리고 그 균형은 관련 산업 전체의 비용최소화를 보장하는지 검토하였다. 먼저 업계 전체를 당사자로 하여 대표인 협회와 정부 간의 쌍무 협약에 있어서 협약 참가자의 전략을 검토하고 업계의 비용최소화 전략이 Nash 균형 (SPNE)인지 여부를 판정함으로써 정부에서 기대하는 비용최소화 조건을 충족시키는지 검증하였다. 다음에는 협회와 회원 기업 간의 다자간 협약을 바탕으로 무임승차가 존재하는 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 개별 기업의 비용최소화 전략이 어떻게 균형을 가져오게 되는지 검토하였으며 마지막으로 이러한 이론적 분석결과가 현실의 정책평가에 어떻게 활용될 수 있는지 그 가능성을 검토하여 보았다.

**주제어** : 자발적협약, 위협, Nash균형, 부분게임완전균형, 비용최소화전략, 의무재활용제도

---

\* 상명대학교 경제통상학부 (wpark@smu.ac.kr)

**ABSTRACT**

The voluntary agreement between industries and government on the recycling of wastes has been analysed. The agreement is one of the threatened voluntary agreements. Theoretically these agreements make it possible to fulfill recycling goals with minimized cost. It is the objective of this paper to evaluate the efficiency of the voluntary agreement on recycling wastes by examining of Nash Equilibrium. In the first place, the equilibrium of a bilateral agreement between the representative of industries (association of firms) and government will be analysed to confirm if cost minimization strategies by the association result in a sub-game perfect Nash Equilibrium. This is followed by an analysis of a multilateral agreement among the members of the association to see how the equilibrium and efficiency conditions change. We tried to find some implications that the result of the analysis casts on the environmental policy matters.

**Keywords** : voluntary agreements, threatening, Nash equilibrium, sub-game perfect Nash equilibrium, cost minimization strategy, forced recycling program

## I. 서 론

많은 나라에서 환경정책 수단으로 규제보다 경제적 유인책이 더 선호되고 있다. 환경당국이 정책목표의 가측성과 집행의 단순성이라는 장점에도 불구하고 경제유인책을 선호하는 이유는 정책 피시행자인 기업의 자율을 보장함으로써 규제와 같은 정책목표를 달성하면서도 기업 스스로 비용최소화 전략을 선택하게 할 수 있기 때문이다. 기업의 자율 보장과 규제준수비용의 최소화는 새로운 환경정책의 수립과 시행에 대한 저항을 최소화하고 정치적 사회적 수용성을 높일 수 있다.

그런데 경제유인책이 추구하는 효율성은 정확한 정보를 전제로 한다. 일반적으로 환경정책의 적정 목표를 설정하기 위해서는 규제든 유인책이든 공히 정책시행의 사회적 편익과 비용에 대한 비교분석을 필요로 한다. 그러나 이러한 분석에 필요한 정보는 확보하기 쉬운 것이 아니다. 따라서 환경정책의 목표는 외생적으로 주어지는 것이 일반적이다. 이런 점에서 경제유인책의 규제에 대한 유리성은 주어진 정책목표를 최소비용으로 준수하게 하는 효율성에서 찾아져야 한다. 이러한 효율성을 유지하기 위해서는 주어진 정책목표를 달성하기 위하여 필요한 저감수준의 한계비용과 같은 수준에서 유인율(세율)을 정하여야 하지만 이에 필요한 정보조차도 확보하기 어려운 것이 우리의 현실이다. 이론적으로는 경제유인책이 규제정책보다 효율성 측면에서 더 유리하지만 부족하거나 불완전한 정보를 가지고 수립한 경제유인 정책은 주어진 목표 준수의 비용최소화를 기대할 수 없게 되기 때문에 규제에 대한 경제유인책의 유리성은 사라지게 된다.<sup>1)</sup>

경제유인책이 가지고 있는 정보부족의 문제점을 극복하고 최적세율을 인위적으로 결정해야 하는 데 대한 부담이 없이 최소비용으로 원하는 환경목표를 달성하고자 실험적으로 시도되고 있는 정책 중에 자발적 협약 형태가 있다. 자발적 협약은 환경당국이 원하는 목표를 기업이 스스로 달성하도록 하되 그 방법은 기업이 찾도록 함으로써 최소비용전략이 선택될 것을 기대하는 것이다. 자발적 협약이 유인책에 비하여 유리한 점은 규제준수 비용함수에 대한 정보가 부족한 정부가 일방적으로 세율을 정하지 않고도 정보가 있는 기업이 자발적으로 적정한 규제수준을 정하게 됨으로 기업과 정부 간의 정보의 비대칭성(asymmetric information) 문제를 우회할 수 있다는 것이다.<sup>2)</sup> 기업의 자발적 시행을 강제하기 위해서

1) 규제도 최적의 정책목표를 수립하기 위해서 오염비용과 편익 등에 대한 정보를 필요로 한다. 그러나 정책목표가 외생적으로 주어질 경우 이러한 정보필요성은 줄어든다. 그러나 경제유인책에 있어서는 정책목표가 외생적으로 주어지더라도 그 목표를 달성하기 위한 적정 세율을 결정하기 위해서는 기업의 비용함수에 대한 정보를 필요로 한다.

2) 기업의 자발적 규제 수준 결정을 통하여 기업이 진실된 정보를 제공(truth telling)하게 하는 것이

정부는 협약내용이 일정 기간 이행되지 못할 경우 강제적인 제도(예컨대 부과금 제도나 규제 등)를 시행한다는 것과 같은 위협의 방법을 사용한다. 이러한 위협은 협약에 명시적으로 표현되는 경우도 없지 않지만 이면계약이나 신사협정으로 이루어지는 것이 보통이다. 자발적 협약의 장점은 실제로 경제유인책(예컨대 오염에 대한 부과금 부과)을 실시하지 않으면서도 실시된 것과 같은 효과를 기대할 수 있다는 것이다.

자발적 협약에 대한 연구는 최근에 많이 이루어졌지만 대부분 수질과 대기오염에 한정되어 있으며 폐기물분야에 있어서의 자발적 협약에 대한 연구는 찾아보기 어렵다. 이 논문은 기존의 수질과 대기 분야 자발적 협약의 분석에 사용된 모형을 재구성하여 폐기물재활용 분야에서의 자발적 협약의 효율성을 이론적으로 검증하기 위한 것이다. 이 논문에서 기준으로 삼은 연구를 살펴보면 먼저 Segerson, K. and Miceli, T. J.(1998)은 자발적 협약이 효율적인 환경보존의 결과를 가져오는지 검증하기 위하여 단순한 모형을 개발하였는데 환경질에 대한 전반적인 영향은 협상력의 배분을 포함하여 위협의 크기, 기금의 사회적 비용을 포함한 여러 가지 요인들에 의하여 달라진다는 결론을 내렸다. Wu, J. and Babcock, B. A.(1995)에서는 농민들의 개별적인 사적비용 최소화 노력이 결과적으로 사회적 비용의 최소화조건을 충족시키기 위한 부분경기 균형의 조건을 제시하고 있으며 무임승차자의 존재를 염두에 둔 기업들의 제약 조건하에서의 비용최소화 전략도 내쉬 균형을 이룰 수 있음을 증명하였다. Wu, J. and Babcock, B. A.(1999)는 농업분야에 있어서 생산자들이 토지 보존조치를 취하고 정부가 기술적 재정적 지원을 하는 자발적 프로그램의 효율성을 검증하였으며 자발적 협약이 효율적이 되기 위한 필요충분조건을 제시하였다. Segerson, K. and Wu, J. J.(2006)에서는 비점 오염원을 통제함에 있어서 자발적 접근과 자발적 협약이 환경기준을 준수하지 못하는 경우 환경세를 부과한다는 위협을 결합하는 정책을 분석하는 경제모형을 개발하고 있다. Rabindran, Shanti-Gamper(2006)는 자발적 협약의 환경정책들이 실제로 얼마나 정책효과를 나타내는지 보기 위하여 미국 48개 주에 소재하고 있는 제조공장에 대하여 독자적으로 수집한 GIS-database를 가지고 오존층과피물질 배출량을 강제삭감하는 미국 EPA의 산업독성물질 프로그램의 유효성을 평가하였다. 이 연구는 제조업체에 있어서 법적 기준을 넘어 배출량을 줄이기 위한 자발적 프로그램이 환경보호를 위한 최소비용 전략으로 인정하는 그간의 연구결과와 상반되는 결론을 내리고 있다.

이번의 연구는 앞에서 소개된 기존의 연구에서 사용된 게임모형을 종합하여 폐기물재활용에 관한 자발적 협약의 효율성을 검증하기 위한 모형을 정립하는 데 목적이 있다. 기존의 모형 중에서도 주로 Segerson, K. and Wu, J. J.(2006)의 모형을 중심으로 하였으며

다른 연구에서 제시된 부가 조건들을 포함시켜 재활용분야의 분석에 맞도록 재구성하였다. 따라서 이 연구에서 사용된 모형은 기존 연구에서 사용되는 모형과 본질적으로 차이가 없으나 몇 가지 점에서 다른 특성을 가진다. 첫째로 대기나 수질 오염물질의 삭감에 대한 유인책이 주로 보조금이나 다른 형태의 지원이라는 재정도구를 사용하는 데 반하여 강제적인 재활용량을 부과하는 음의 보조금을 유인기제로 사용하는 점에서 협약의 성격이 차별성을 띤다. 다음으로 자발적 협약을 준수하게 하는 위협의 강제성이 수질이나 대기 분야에 비하여 더 크다는 점이 다른 특징으로 나타난다. 이는 정보의 비대칭성의 정도가 재활용분야에서 더 약하게 나타나는 데 기인한다. 재활용비용은 협약참가자에 의하여 수행되기보다 전문적인 재활용 사업자에 의하여 이루어지기 때문에 수질오염방지나 대기오염방지의 비용처럼 오염원인 기업의 특성에 따라 전적으로 달라지지는 않고 어느 범위에서는 정보가 정부와 기업 간에 공유되는 측면이 있기 때문이다. 따라서 자발적 협약을 뒷받침하는 위협은 다른 부문에서보다 더 정확한 정보에 기초를 두고 있고 그만큼 구속력이 강한 것으로 참여기업에게 인식된다. 이러한 점에서 이번 연구에서 사용되는 모형은 이전의 연구에서 사용되는 모형과 구성이 달라지고 분석방법도 차이를 보이게 된다.

이번 연구에서는 불완전한 정보 비대칭에 따른 비효율을 극복하는 방안으로 시도되는 (위협으로) 강제된 자발적 협약의 효율성을 검증하고자 하였는데 협약 참가기업에 대한 협약 준수를 유인하는 기제의 효율성과 협약상 목표량의 기업 간 할당의 효율성 여부를 분석하는데 집중하였다.<sup>3)</sup> 이 분석은 2단계 게임(two stage game)모형을 사용하였는데 특정업계를 일방 당사자로 하고 정부를 타방 당사자로 하는 자발적 재활용협약 상황을 설명할 수 있는 기본적인 간단한 게임모형을 제시하였다. 1단계로 협회와 환경당국 간의 쌍무협약의 균형을 분석하였는데 여기서는 자발적 협약을 준수하게 하는 유인기제로서의 정부 위협<sup>4)</sup>의 효율성을 분석하고(III) 2단계로 협회 내의 개별 기업 간 목표량 할당을 위한 게임을 다자간 협약하의 게임(IV)으로 상정하고 할당의 효율성과 할당량 준수 여부를 분석함으로써 자발적 협약의 세 번째 효율성 요소를 검증하였다. 게임의 분석은 참가기업들이 비용최소화 전략을 선택할 경우 시장 전체의 균형이 이루어지는지 그리고 이 균형은 부분게임완전균형(sub-game perfect Nash Equilibrium, SPNE라 함)이 되는지를 검증하였다. 이 검증은

- 3) 환경정책에서 자발적 협약의 효율성은 오염감축 목표의 효율성과 적절한 유인기제의 존재 여부 및 협약 산업에 속한 기업 간의 할당량 배분 및 준수 여부의 세 가지 요소에 의하여 결정되는데 이 논문에서는 재활용 목표는 외생적으로 정해지고 그 목표를 달성하는 정책수단으로 규제나 경제유인책에 대한 자발적 협약의 상대적 효율성을 검증하는 데 목적이 있으므로 나머지 두 가지 요소에만 집중한다.
- 4) 정부의 유인기제는 자발적 협약을 준수하는 것이 그렇지 않은 경우보다 유리하다는 인식을 기업에 주는 것이며 이는 목표 재활용량보다 높은 의무재활용량을 부과하는 것으로 가능하다.

무임승차가 존재하지 않는 경우와 무임승차가 존재하는 경우로 나누어 수행하였다. 여기서 전제가 되는 자발적 협약은 기업 스스로 재활용 목표를 정하고 이 목표를 이행하지 않을 경우 강제적으로 재활용하게 하는 의무재활용제도를 실시한다는 위협전략을 가정하였다.

## II. 기본 모형

### 1. 가정

$n$  기업들로 구성된 기업체들과 환경당국이 전자 폐기물 재활용에 대한 자발적 협약을 체결한다. 협약의 내용은 협약체결 연도( $t=0$ )에 발생하는 폐기물의 일정량(목표량,  $R_s$ )을 기업전체가 자발적으로 재활용하기로 하되 당해 연도의 재활용량이 이 목표량에 미달할 경우 다음 해부터 기업별로 의무재활용제도의 재활용량 의무를 부과한다는 것이다.<sup>5)</sup> 한번 이 제도가 시행되면 영원히 지속되며 의무량을 달성하지 못할 경우 미달량에 대하여 일정 요율의 부과금(재활용부과금)을 납부하는 것으로 한다. 일반적인 계약과의 차이는 계약의무(재활용 목표)가 공동의무인데 반하여 의무 위반에 대한 제재는 개별 기업에 대한 새로운 의무 부과라는 형태로 이루어진다는 것이다. 여기서 협약은 먼저 산업 전체를 협약의 일방 당사자로 하는 결과 산업체를 대표하는 협회가 실질적으로 협약 당사자로 나타나게 된다. 그리고 목표량은 협회가 회원사인 각 업체별로 할당하게 된다.<sup>6)</sup> 설명의 편의상 협약 당사자를 협회와 정부로 정의하고 협회를 구성하는 개별 업체들은 개별 기업으로 표시하기로 한다. 다만 산업체를 협약 당사자가 아닌 일반적으로 총칭할 경우는 산업 또는 산업체로 표시한다.

이 협약 상황에서 정부는 목표량을 결정하고 이를 협약에 반영하도록 한다. 1년 후에는 재활용 실적을 조사하고 목표량을 충족하는지 여부를 결정하며 충족할 경우 협약을 존속시키고 미달할 경우 바로 의무재활용제도를 시행한다. 즉 개별 기업별로 의무 재활용량을 부과한다.(여기까지는 1단계 경기가 진행된다) 협회는 재활용 목표량을 정부와 협의하고 결정된량을 회원사인 개별 기업 간에 할당한다. 개별 기업,  $i(i=1,2,\dots,n)$ 는 할당된 양을 재활용하기 위한 각종 활동의 수준을 결정한다. 이 과정에서 개별 기업은 할당된 양과 다른 양을 재

5) 목표 재활용량과 의무 재활용량 간의 차이가 클수록 위협의 정도가 커지고 따라서 유인효과도 커진다. 그러나 동시에 초과 재활용을 유인하는 부작용도 가지고 있다.

6) 자발적 협약의 효율성은 궁극적으로 기업 간 목표량의 할당의 적정성에 달려 있으며 이 할당이 적절하게 이루어지지 못하면 자발적 협약의 효율성은 많이 줄어들게 된다. 이에 대한 자세한 분석은 iv 다자간 협약 절에서 이루어진다.

활용하는 전략을 선택할 수도 있으며 궁극적으로 비용최소화를 위한 재활용량과 활동의 종류와 수준을 결정한다.(2단계 경기) 이제 재활용을 위한 기업  $i$ 의 활동을  $a_i=(a_i^1, a_i^2, a_i^j, \dots, a_i^m)$ 라고 하자. 여기서  $j=1,2, m$ 은 재활용을 위한 각종 기초 활동, 예컨대 수집, 운반, 재생, 재생품 판매, 관련 부대활동, 재활용 업무의 위탁, 각종 재활용 관련 시설의 투자 등을 망라한다. 기업의 비용최소화 전략은 기업의 전반적인 재활용 활동의 수준과 내용적인 개별 활동의 수준에 대한 결정까지 포함하여야 하지만 이번 연구에서 기업의 개별 활동의 내용까지 분석하기에는 범위가 너무 크기 때문에 재활용 수준만 분석하기로 하며 편의상 개별 활동을 하나로 묶어서 scalar 량으로 표시하여  $a_i$ 로 나타내기로 한다.

기업  $i$ 는 각종 재활용 활동의 수행에 따라 필요한 비용을 부담하게 되는데 기업의 재활용 비용은 기업의 특성에 따라 모두 다르게 나타난다. 이제 기업별로 재활용 비용의 차이를 가져오는 개별 기업의 특성을 나타내는 지표를 단일 지표인  $\theta_i$ 로 표시하자. 전자산업 전체의 재활용량을  $R$ 로 표시하고 개별 기업의 재활용량을  $R_i$ 로 표시하면 산업전체의 재활용량은  $R=\sum R_i$ 로 주어지며  $R_i$ 는 다시 기업의 재활용 활동의 함수,  $R_i=R_i(a_i)$ 로 나타나고 재활용 비용은 재활용 활동( $a_i$ )과 개별 기업의 특성을 나타내는 변수( $\theta_i$ )의 함수로 나타난다.  $C_i=C_i(a_i, \theta_i)$  기업의 재활용 비용은 재활용 활동의 증가함수로 나타나며 재활용을 하지 않을 경우 그 비용은 없다고 가정한다. 즉  $\partial C_i/\partial a_i > 0$  for all  $i$ , 그리고  $C_i(0, \theta_i)=0$  이다.

## 2. 재활용 비용 최소화 전략

여기서 재활용 비용 최소화는 개별 기업의 비용 최소화와 산업전체의 비용 합계의 최소화를 다 포함하는 것이지만 여기서는 정부 입장에서 주어진 재활용 목표량을 기업들이 달성함에 있어서 산업 전체가 지출하는 비용의 최소화를 의미하는 것으로 한정하고자 한다. 개별 기업의 비용최소화 전략에 있어서는 정부 입장에서의 바람직한 최소화 전략과 다른 다양한 전략이 나올 수 있으며 그런 다양한 전략 중에서도 국가적으로 바람직한 전략은 개별업체별로 목표량을 적정하게 할당하는 것을 전제로 개별 기업이 무임승차 없이 할당량을 재활용하는 경우의 비용최소화 전략이 해당된다. 현실적으로 목표량의 적정 할당은 실현이 어렵기 때문에 보다 현실적인 분석을 위해서는 개별 기업의 비용최소화 전략을 분석하는 것이 필요하나 이 연구는 보다 더 복잡한 모형을 필요로 하기 때문에 다음 연구로 미루고자 한다.<sup>7)</sup>

7) 여기서 비용최소화 전략은 기업 자체의 비용최소화 전략이라기보다 정부 입장에서 기업이 선택하여주기를 기대하는 비용최소화 전략이다. 어떤 상황에서도 이윤 극대화를 추구하는 기업은 무임승차를 통하여 이 최적전략보다 더 적은 비용의 전략을 선택할 수 있기 때문이다. 정부 입장과 달리 현실적으로 기업이 추구하는 전략을 파악하기 위하여 개별 기업의 반응함수를 도출하려면 최적화문제는 다음과

이제 환경당국이 기대하는 기업의 전략은 다음의 비용최소화 문제에 대한 해로서 주어진다.

$$\min C = \sum_1 C_i(a_i, \theta_i) \quad (1)$$

subject to

$$\begin{aligned} R &= \sum R_i(a_i, \theta_i) \geq R^s \\ \text{for all } a_i &> 0 \end{aligned} \quad (2) \quad 8)$$

이 문제에 대한 1계조건(FOC)을 구하면

$$\partial C / \partial a_i + \lambda^*(R^s, \theta_i) \partial R / \partial a_i \leq 0 \quad (3)$$

여기서  $\lambda^*(R^s, \theta) > 0$  는 Lagrange 승수의 최적치를 나타낸다.

로 주어지고 이는 다시 boundary solution으로

$$\partial C / \partial a_i + \lambda^*(a_i, \theta_i) \partial R / \partial a_i = 0 \quad (3')$$

로 주어진다.

(1), (2), (3')를 만족시키는 해를  $(a_i^*, \lambda_i^*)$ 로 나타내면, 기업  $i$ 의 최적 전략,  $a_i^*$  는

$$a_i^* = a_i[a_{-i}; (a_i, R^s, \theta_{-i}); R^s, \theta_i], \text{ 여기서 } \theta_{-i} = (\theta_1, \theta_{i-1}, \theta_{i+1}, \dots, \theta_n)$$

로 주어지며  $i$ 를 제외한 다른 기업의 전략,  $a_{-i}$  는  $R^s$  와  $\theta_{-i}$  의 함수로 주어지기 때문에 결국

$$a_i^* = a_i[\theta_{-i}, R^s, \theta_i]$$

같이 개별 기업의 비용최소화 문제로 수정하여야 할 것이다.

$$[\min C_i(a_i, \theta_i), \text{ s.t. } R_i(a_i, \theta_i) \geq R^s - R_{-i}(a_{-i}, \theta_{-i}), a_i \geq 0 \forall i]$$

8) 여기서 비용함수와 재활용량 함수는 같은 외생변수들의 영향을 받는 것으로 표시하였다. 그러나 반드시 이들 외생변수의 범위는 일치하는 것은 아니다. 같은 재활용량 함수(생산함수)를 가진 두 기업에 있어서도 생산요소에 지급하는 단위비용이 차이가 있으면 비용함수는 달라질 것이다. 다만 편의상 여기서는 이러한 차이를 가져오는 요인을 기업의 특성을 나타내는 변수,  $\theta$ 로 통일하여 표시하였다.



로 주어진다. 그리고 기업  $i$ 의 (최소화된) 재활용 비용은 다음과 같이 주어진다.

$$C_i^* = C_i[a_i^*(\theta_{-i}); R^s, \theta_i]$$

개별 기업  $i$ 가 선택하는 전략은 다른 기업이 어떤 전략을 선택하는가에 따라 달라지고 다른 기업의 선택은 기업의 특성( $\theta$ )에 따라 달라지기 때문에 전체적으로 다른 기업의 특성변수( $\theta_{-i}$ )에 영향을 받는다.

이제 어떤 조건에서 자발적 재활용이 비용최소화를 가져 오는가 살펴보자. 자발적 협약이 기업에 주는 기회나 여건을 다시 살펴보면 이 자발적 협약하에서 정부는 먼저 산업 전체에게 자발적으로(공동으로) 목표 재활용률( $R^s$ )을 달성할 기회를 준다. 만일 이 목표량이 충족되면 더 이상의 정책은 없다. 그러나 이 목표가 달성되지 않으면 정부는 개별 기업별로 의무 재활용량,  $R_i^r$ 을 부과하고 의무를 달성하지 못할 경우 미달량에 대하여 부과금을 징수한다. 부과금 요율은 산업 전체가 달성해야 할 의무량,  $R^r = \sum R_i^r$ 을 최소의 재활용 비용으로 달성할 경우 한계 재활용 비용(가장 높은 비용으로 재활용 의무를 이행하는 기업의 한계비용)과 같은 수준에서 책정한다. 그리고 이 의무 재활용량은 자발적 협약의 재활용 목표량과 반드시 일치하는 것은 아니며 협약 위반에 대한 징벌 차원에서 더 높일 수 있다. ( $R^r \geq R^s$ )<sup>9)</sup>

이제 기업이 직면한 여건을 정리하여 보면  $t=0$  시점에서 기업은 협회를 통하여 정부와 전체 목표량에 대한 자발적 협약을 맺게 되는데 개별 기업은  $t=0$ 시점에서 자발적으로 재활용을 할 수도 있고 아니할 수도 있다. 다만  $t=1$  시점에 가서 전체적인 재활용 실적이 목표에 미달할 경우 그 해부터 개별적으로 재활용 의무가 부과된다. 중요한 것은 개별 기업이  $t=0$  시점에서 어떤 전략을 선택하든  $t=1$  시점에서의 의무 부과여부나 의무량은 영향을 받지 않는다는 것이다. 다만 간접적으로 개별 기업의 전략이 전체 재활용 실적에 대한 영향을 통하여 자기 의무 부과여부에 영향을 미친다.

기업의 자발적 재활용 노력(전략)을  $a^v = (a_1^v, a_2^v, \dots, a_n^v)$ 로 표시하자. 그리고 이러한 자발적 재활용 노력에 의하여 이루어진 재활용 실적을  $R^v$ 이라 하면  $R^v = (a^v, \theta)$ 로 표시되며 만일  $t=0$  연도 말에 가서 이  $R^v \geq R^s$ 가 되면  $t=1$  시점에서도 자발적 협약이 유효하게 계속되어 새로운 게임이 시작된다. 협약 위반이 없는 한 이 게임은 무한히 지속된다. 만일  $R^v < R^s$ 가 되면 자발적 협약은 파기되고 의무재활용제도로 이행하게 된다. 정부의 부과금 부과 위협(이면계약이든 신사협정이든)이 신용을 얻기 위해서는 목표 미달 시 이제도를 실제로 시행하여야 하기 때문에 한번 시행된 제도는 지속될 수밖에 없다.

9) 목표량보다 높은 의무량이 자발적 협약 준수를 유인하는 정부의 위협수단(유인기제)이 된다.

의무재활용제도하에서 기업의 전략은  $a^t=(a_1^t, a_2^t, \dots, a_n^t)$ 이 되고 부과금  $T$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} T_i &= 0 && \text{if } R_i(a_i^t) \geq R_i^r \\ &= \tau^*[R_i^r - R_i(a_i^t)] && \text{if } R_i(a_i^t) < R_i^r \end{aligned}$$

여기서  $R_i^r$  은 의무재활용제도하에서 기업  $i$  에 부과되는 의무 재활용량을 나타낸다. 그리고 부과금 효율,  $\tau^*$  는 자발적 협약상의 전체 목표량(의무 재활용량이 아님)을 재활용하기 위해서 기업이 지불하는 비용 중 가장 높은 비용을 지불하는 기업의 한계비용과 같은 수준에서 결정된다.

### 3. 균형

우리는 여기서 SPNE의 존재여부를 살펴보고 이 균형하에서 기업들의 자발적 재활용을 살펴본다. 우리는 정부가  $t=0$ 에서의 위협이 신뢰도가 있고 기업의 특성에 관련된 정보를 수집하고 세율(부과금율)을 결정 시행하는 비용이 거의 들지 않는다고 가정하기 때문에 기업들의 전략에 초점을 맞추고자 한다.

#### 1) 명제 (proposition) 1

만일 협회 내에서 무임승차가 없고<sup>10)</sup> 부과금 효율을 목표 재활용률 달성에 소요되는 최소비용 수준에 결정한다면

$$\tau_i = \lambda^*(R_i^s, \theta) \equiv \tau^*$$

$a^t = a^* = (a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*)$ 는 과세 SPNE이 된다.

{증명}

만일 부과금 효율이  $\tau_i = \lambda^*(R_i^s, \theta) \equiv \tau^*$ 에서 결정되면

기업  $i$ 는  $C_i(a_i^t, \theta) + \tau^*[R_{ir} - R(a_i^t, a_{-i}^t, \theta)]$ 를 최소화하는  $a_i^t$ 를 선택할 것이다.

10) 무임승차가 존재하는 경우 개별 기업  $i$ 는 산업전체의 재활용비용보다는 자신의 재활용비용의 최소화를 추구하게 되기 때문에 다른 전략조합도 균형이 될 수 있다.

최소화를 위한 1계 조건은

$$\partial C(a_i^t, \theta) / \partial a_{ii} + \tau^* [\partial R(a_i^t, a_{-i}^t, \theta) / \partial a_i] \geq 0 \quad \text{for } i=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

로 주어지면 만일  $a^v = a^*$  이면 기업이 현재와 미래의 모든 시점에서 이 선택을 할 경우 지불하게 될 비용의 현재가치는 할인율을  $r$  이라고 하면  $C^*(1+1/r)$ 이 된다. 이 조건으로부터 기업  $i$ 의 비용최소화 문제를 해결하는 전략은

$$a_{-i}^t = a_{-i}^* = (a_1^*, a_2^*, a_{i-1}^*, a_{i+1}^*, \dots, a_n^*) \quad \text{일 때 } a_i^* = (a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*)$$

가 된다. 따라서  $a^t = a^* = (a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*)$ 는 Nash 균형이 된다.

이 부과금 요율에서 기업(전체)의 실제 재활용률은 목표 재활용률과 일치 ( $R(a^t, \theta) = R^s$ )하게 된다. 그리고 기업  $i$ 가  $t=2$  이후에 (무한한 기간 동안) 지급하게 되는 총비용의 현재가치는

$$(1/r)[C_i^* + \tau^*(R_i^t - R_i^s)] \text{가 된다.}$$

$t=0$  기간에 목표량을 충족시키는 수준의 재활용 활동을 한다면 그 비용은  $C_i(a_i^*, \theta_i)$ 가 되고 재활용 활동을 하지 않는다면 비용은 0이 되며  $t=1$  기간에 기업의 비용부담은 목표량 이행전략 선택 시  $C_i(a_i^*, \theta_i)$ , 재활용을 하지 않는다면  $\tau^* R_i^t$ 의 부과금을 납부하여야 하고 전기와 같은 수준의 재활용( $R_i^s$ )을 한다면 재활용비용  $C_i(a_i^*, \theta_i)$ 과 미달분에 대한 부과금 [ $\tau^*(R_i^t - R_i^s)$ ]의 합이 요구된다. 따라서 기업  $i$ 는 다음의 두 전략 중에서 한 가지를 선택하게 된다.

$$C_i(a_i^*, \theta_i) < \tau^* R_i^t / (1+r) \text{ 이면 } a_i = a_i^*$$

$$C_i(a_i^*, \theta_i) > \tau^* R_i^t / (1+r) \text{ 이면 } a_i = 0$$

만일 부과금의 현재가치가 목표량의 재활용비용보다 크면  $t=0$ 에서의 최적전략은 목표량의 재활용( $a_i = a_i^*$ )이고 반대인 경우 재활용을 하지 않는 것( $a_i = 0$ )이다.

명제 1이 시사하는 바는 정부는 부과금 요율을 목표량 달성에 필요한 최소비용의 단위당 비용과 같은 수준,  $\tau^* = (1+r)C_i(a_i^*, \theta_i)/R_i^s$  에 정함으로써 기업들의 비용최소화 재활용을 유도할 수 있다는 것이다. 부과금 요율은 모든 기업에 동일하며 기업에 따라 재활용량은 달라지지만 재활용의 한계비용은 이 부과금요율수준에서 동일하게 결정되는 것이다. 또 이것이 균형이 되기 위해서는 정부의 부과금 부과 위협이 신뢰를 가져야 하며 이렇기 위해서는 기업의 특성에 관한 정보를 수집하고 정책을 수립하는 비용이 지나치지 않아야 한다. 이러한 정책은 위협이 없는 자발적 협약에 비하여 강제성이 크며 바로 부과금제도를 시행하는 것에 비하여 정책비용이 들지 않는다는 장점이 있다.

### III. 쌍무 협약하에서의 정부와 협회 간 경기

먼저 1단계 경기로 정부와 전자업체 간의 게임을 분석한다. 일반적으로 자발적 협약은 관련 기업들이 공동으로 일방당사자로 참여하는 쌍무협약의 형태를 띄고 있어서 실제 협약 참여자는 다수이지만 정부 측으로 보면 당사자는 대표자인 1인으로 되어 있다. 따라서 우리는 먼저 일인 오염자의 경우( $n=1$ )를 상정한 모형을 분석한다.

#### 1. 부명제(Lemma) 1

- (i) If  $R(a^{v*}, \theta) < R^s$ , then  $a^{v*} = 0$ .
- (ii) If  $R(a^{v*}, \theta) > R^s$ , then  $a^{v*} = a^*$ .

(i) 이 의미하는 바는 기업이 목표 재활용량을 달성하지 않기로 하게 되면 재활용을 위한 투자를 일체 하지 않을 것이며 (ii)에 의하면 목표 재활용량을 달성하기로 결정한다면 기업은 마치 (1), (2), (3') (for  $n=1$ )의 해를 구하듯이 최소비용전략을 채택할 것이라는 것이다. 개별 기업의 비용최소화 전략은 산업전체의 비용최소화를 실현하게 되고 정부가 의도하는 바가 실현되는 것이다. 우리는 여기서 0 과  $a^*$ 의 두 가지 가능성만 고려하면 될 것이다. 만일 정부의 위협이 신뢰가 없다면 예컨대 목표 재활용량은 달성하지 못하여도 90% 달성할 경우 부과금 제도 시행을 유예하기로 한다면(적어도 기업 입장에서 그렇게 예측이 된다면) 기업의 자발적 재활용은 0과 목표량 사이의 적당한 수준으로 결정될 것이다, 이것은 기본적으로 정부위협이 신뢰도가 완전하지 못하기 때문이다.

또 만일  $t=1$ 에 있어서 기업의 (최적)전략이  $a^{v*}=0$ 라면  $t=2$  이후에 있어서는 EPR 제도에

반응하여  $a^v = a^*$ 의 전략을 선택하게 될 것이다. 같은 맥락에서  $t=1$ 에 있어서 기업의 최적 전략이  $a^v = a^*$ 가 되면 이후의 모든  $t \geq 2$ 에 있어서도 이 전략이 최적전략이 될 것이다.

## 2. 부명제(Lemma) 2

주어진 어떤 재활용 목표  $R^r$ , 그리고 모든  $t \geq 2$ 에 있어서 목표 재활용량은 최소비용으로 달성된다. 이제 우리가 알아야 할 것은 기업의 자발적 최소비용 재활용 전략이  $t=1$ 에서도 이루어질 것인가 하는 것이다. 명제 2가 이러한 전략이 이루어질 조건을 제시한다.

명제 (proposition) 2

전략  $\{a^v, a^r\} = \{a^*, a^*\}$ 가 최적전략이 되기 위한 필요충분조건은

$$R^r \geq R^s + (1+r)C^*/\tau^* \equiv R^c \quad (5)$$

로 주어진다.  $R^c$ 는 정부가 기대하는 상황을 이끌어 내기 위한 최소재활용량을 나타내는 것으로 의무재활용제도하의 의무재활용량이 된다.

이 결과로 부터 계 1과 2가 도출된다.

계 (Corollary) 1

만일  $R^r = R^s$ , 이면  $\{a^v, a^r\} = \{0, a^r\}$ 가 최적전략이 된다.

계 (Corollary) 2

만일  $R^r > R^s$ , 이면  $\{a^v, a^r\} = \{a^*, a^*\}$ 는 유일한 최적전략(the unique optimal response)이 된다.

이 결과는 의무재활용제도가 시행되면 비록 재활용 부과금이 재활용의 사회적 비용에 영향을 미치지 못하는 못하지만 기업의 재활용전략에는 영향을 미친다는 것이다. 이 경우에 있어서

의무 재활용량은 협약 참가의 유인책으로 활용이 가능하며 자발적 재활용을 보장하는 수단 이 된다. 의무 재활용량이 자발적 협약에 있어서의 목표 재활용량보다 높은 경우 기업은  $t=1$  에서의 전략 수립에 있어서 자발적 재활용에 소요되는 비용( $C^*$ )과 목표 재활용량을 재 활용하고도 의무 재활용량( $R^f$ )이 자발적 협약하의 목표 재활용량( $R^s$ )보다 늘어나서 추가 적으로 지급하여야 하는 부과금의 현재가치 [ $\tau^*(R^f - R^s)/(1+r)$ ]를 비교하게 되는데 의무 재활용량이 높을수록 부과금부담이 더 커지기 때문에  $t=0$ 에 있어서도 자발적 재활용 전략 을 선택할 확률이 높아진다.

다만 첫해의 자발적 재활용을 이행하지 않는 경우 이 불이행에 대해서는 제재수단이 없기 때문에 (제도 시행의 불소급) 기업들은 첫해는 자발적 이행을 하지 않고 다음 해부터 의무 재활용량을 자발적으로 이행할 가능성이 있다. 그러나 목표 재활용량보다 의무 재활용량이 많이 크면 이러한 유인은 적어지게 된다.<sup>11)</sup> 결국 정부는 목표 재활용량보다 상당히 높은 의무 재활용량을 제시함으로써(즉 협약 불참 또는 협약내용 불이행 시 더 많은 재활용의무를 부과한다는 위협을 함으로써) 기업들의 자발적 협약을 이끌어 낼 수 있다는 것을 시사한다.

#### IV. 다자간 협약하에서의 개별 기업 간의 경기

다음으로 정부와 협회 간의 경기의 다음 단계에서 일어나는 기업 간의 경기를 분석한다. 이 상황은 정부와 다수의 기업 간의 다자간 협약의 형태로 이해할 수도 있고 정부와 협회의 쌍무협약(1단계), 그리고 협회와 기업 간의 다자간 협약(2단계)의 이중형태로 이해할 수도 있다. 여기서 협회와 기업 간의 협약은 정부와의 협약에서 주어진 목표량을 각 개별 기업별 로 할당하는 협약이 될 것이다. 이 할당과 관련하여 기본 모형에서는 각 기업 간의 한계 재 활용 비용 균등화를 기준으로 목표량을 할당하는 것을 암묵리에 가정하였다. 그러나 현실적 으로는 이러한 할당이 어려울 뿐 아니라 지켜지기도 어렵다. 따라서 실질적인 할당은 회원사 간의 게임적 상황으로 진행된다. 그러나 이러한 게임 상황의 진행에 있어서도 협약조건 (bargaining mechanism)을 잘 선택하게 되면 협약에 참가하는 모든 기업의 자발적인 비 용최소화 전략을 유도해 낼 수 있다. 즉 모든 기업이 비용최소화 자발적 재활용 전략을 선택 하는 것이 SPNE가 될 수 있다.

이제 기업  $i$ '의 다른 기업전략에 대응한 최적전략을  $a_i^{**}(a_i^v)$  (여기서  $a_i^v=(a_1^v, a_2^v, \dots$

11) 정부 위협의 크기가 증가하여 자발적 협약 준수를 유인하는 효과도 커지게 되는 것이다.

.,  $a_{i-1}^v, a_{i+1}^v, a_n^v$ )라고 하면  $R(a_i^s, a_{-i}^v)=R^s$  가 되어야 한다. 따라서 자신을 제외한 다른 기업의 재활용 합이 목표량에 미달할 경우  $i$ 기업이 부족분을 모두 재활용하여야 한다.

부명제 (Lemma) 3

- (i)  $R(a_i^{v*}, a_{-i}^v, \theta) < R^s$  이면  $a_i^{v*}=0$
- (ii)  $R(a_i^{v*}, a_{-i}^v, \theta) > R^s$  이면  $a_i^{v*}=a_i^s(a^v, a_{-i}^v)$ .

다른 기업의 선택이 주어졌을 때 기업  $i$  는 0의 자발적 재활용 혹은 목표 재활용량을 달성할 수 있는 수준의 자발적 재활용 둘 중에서 하나를 선택할 것이다.

명제 (proposition) 3

전략  $(a_i^v, a_i^l)=(a_i^* a_i^*)$  for  $i=1, 2, \dots, n$  가 SPNE가 되기 위한 필요충분조건은

$$R^r \geq \max_{\theta} i[R^s + rC_i^*/\tau^*] \equiv \max_{\theta} i[R_i^c] \tag{6}$$

로 주어진다. 이 균형 상태에서는 목표량의 재활용이 최저비용 수준에서 자발적으로 이행된다. 자발적 달성을 보장하기 위해서 정부는 의무 재활용량을 충분히 높게 책정하여야 한다. 하한선,  $R^r = \max[R_i^c]$  에서는 재활용비용이 부과금 요율과 같은 한계 기업( $C_i^*/R^s = \tau^*$ )에 있어서는 자발적 이행이나 부과금 납부나 차이가 없지만 한계 내 기업( $C_i^*/R^s < \tau^*$ )은 자발적 이행을 선호하게 된다.

명제 3 이 시사하는 바는 신뢰할 수 있는 위협을 뒷받침한 자발적 협약은 정보비용이나 정책 수행비용이 없이도 각 기업으로 하여금 다른 기업이 같은 행동을 한다고 믿는 한 최소비용으로 재활용을 하도록 유도할 수 있다는 것이다. 다만 이 비용최소화 전략이 유일한 균형이라고 하기는 어렵다. 만일  $R^r \geq R_i^c$  이면 기업  $i$  는 자신을 포함하여 모든 기업이 자발적 재활용을 하는 것이 부과금제도가 시행되는 것보다 더 낫거나 적어도 같다. 만일  $R^r < R_i^c$ , 이면 자발적 재활용을 하지 않고 부과금제도가 시행되면 자기 기업에 주어진 의무량만을 재활용하는 것이 다른 기업 몫까지 포함하여 재활용하는 것보다 더 낫다. 이 조건하에서는 모든 기업이  $a_i$  를 초과하는 경우에도 기꺼이 목표 재활용량을 달성하기 위하여 필요한 수준

으로 자발적 재활용을 선택할 것이라는 점을 시사한다. 기업  $i$ 가 목표율을 달성하기 위하여 기꺼이 이행할 최대의 재활용 활동,  $a_i^{\max}$ 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$(1+1/r)C_i(a_i^{\max}, \theta) \equiv (1/r)[C_i^* + \tau^*(R_i^r - R_i^s)] \quad (7)$$

(7)식의 좌변은  $t=1$ 에서 협약 종료 시(무한대)까지 자발적 재활용을 하는 데 소요되는 비용의 현재가치를 나타내고 우변은 부과금제도하에서  $t=2$ 로부터 부과금제도 종료 시(무한대)까지 재활용비용과 부과금비용의 합의 현재가치를 나타낸다. 만일  $R_i^r > R_i^c$  이면  $a_i^{\max} > a_i^*$  이고  $R_i^r = R_i^c$  이면  $a_i^{\max} = a_i^*$  나아가 모든  $i$ 에 대해서  $\partial a_i^{\max} / \partial R^r > 0$ , 즉 의무재활용이 증가하면 개별기업의 자발적 재활용의 상한도 늘어난다.

명제 (proposition) 4

전략  $\{a_1^v, a_1^f\} = [a_1^v, a_1^*]$  for  $i=1, 2, \dots, n$  이 SPNE가 되기 위한 충분조건은

- (i)  $R(a_1^v, a_2^v, a_n^v; \theta_1, \theta_2, \theta_3) = R^r$
- (ii)  $a_i^v \leq a_i^{\max}$  for all  $i$ .

분명히 명제 3은 명제 4의 특수한 경우이다. 왜냐하면 최소비용전략은 항상 (i)을 충족시켜야 하며 (6)이 성립할 때는 기업들은 (ii)를 충족시킬 것이기 때문이다. 다만 명제 4에 의하면 목표재활용은 준수되지만 최소비용으로 이루어지지 않는 경우의 균형도 허용한다. (만일 어떤 기업  $i$ 에 있어서  $a_i^v \geq a_i^*$ 가 된다면  $a_i^v = 0$ , 이거나  $a_i^v \leq a_i^*$ 가 되는 다른  $j$ 가 존재한다) 즉 무임승차가 나타나는 경우도 균형이 된다는 것이다. 실제 재활용비용  $C_i^*$ 가 기업마다 다를 경우 무임승차가 나타나지 않도록 의무재활용률,  $R^r$ 을 정하는 것은 불가능하다.

명제 (proposition) 5

만일

- (i)  $R^r \geq R_i^c$ , for all  $i$  이고



(ii)  $R^i > R_i^c$ , for some  $i$  이면

재활용 목표는 항상 달성되지만 무임승차자가 나타나는 SPNE가 존재한다. 명제 5는 만일  $R^i$ 가 최소비용 재활용전략이 SPNE가 되도록 정해진다면 비용이 동일하지 않은 기업들에 있어서는 목표는 달성되지만 무임승차 때문에 최소비용으로 되지는 않는 균형이 존재한다는 것을 의미한다. 특히 어떤 기업이 부과금을 피하기 위해서 효율적인 수준 이상의 초과 재활용을 할 경우 다른 기업은 이를 이용하여 적은 수준의 재활용을 하기 때문에 결과적으로 일부 기업군에 의해서만 목표 재활용을 달성하기 위한 자발적 재활용이 이루어질 수 있다.<sup>12)</sup> 결과적으로 정부 위협의 정도가 커지면 기업으로 하여금 (공동으로) 자발적 협약을 준수하게 하는 유인의 효과는 커지지만 이는 동시에 무임승차를 통한 일부 기업의 초과 재활용을 유도하는 요소를 가지고 있기 때문에 정부 위협의 크기는 자발적 협약의 효율을 향상시키는 면과 감소시키는 양면성을 가지고 있다.<sup>13)</sup>

## V. 결론

이제 이 이론적 분석의 결과를 정리하여 보면 자발적 협약이 업계 전체를 대표하는 협회를 일방당사자로 하고 정부와의 협약을 체결하면 협회가 회원사에 대하여 적정한 목표량 할당을 하고 회원사들이 협조 전략을 선택하는 경우 효율적인 균형을 기대할 수 있다. 즉 목표 재활용량이 업계 전체 입장에서 최소비용으로 이루어진다. 이는 무임승차가 존재하지 않는 것을 전제로 한다. 이러한 효율성은 그 전제 조건의 어느 하나도 지켜지지 못할 경우 효율적인 균형을 기대할 수가 없다.

첫째로 협회가 회원사 간에 목표량을 적정하게 할당하지 못하는 경우 효율적인 균형은 기대할 수가 없다. 정부가 적정 재활용 목표량을 정하기 어렵듯이 협회가 목표량을 회원사 간에 적정하게 할당하는 것 역시 어렵다. 다만 협회가 회원사 간의 자유로운 재활용량 거래를 허용하는 방법 등을 사용하여 자율적으로 이루어지게 한다면 한계 재활용 비용 균등화를 기대할 수 있으며 이로써 결과적인 할당은 적정한 것으로 이루어질 수 있다.

둘째로 회원사인 기업들이 협조 전략을 선택하지 않는 경우 예컨대 협회가 할당량을 준수하지 않는 회원 기업에 대하여 이를 강제하거나 책임을 묻지 않는 경우(일반적으로 협회는

12) 자발적 협약의 단점인 감축활동(재활용 실적)에 불확실성(비효율적 할당)이 존재함을 나타낸다.

13) 정부 위협변수의 이러한 양면성은 위협변수의 크기에 적정한 수준이 존재함을 시사한다. 이에 대한 분석은 추후의 연구에서 자세하게 다루어질 수 있을 것으로 생각된다.

회원사에 대하여 강력한 통제력을 가지고 있지 못하다) 회원사는 자사 이윤극대화 원칙에 따라 가능한 할당량 이하로 재활용을 하려고 한다. 이러한 회원사의 미달분에 대하여 다른 회원사가 할당량 이상으로 재활용을 하더라도 자발적 협약을 준수하고자 하는 의지를 가지고 있다면 이를 이용한 무임승차를 막을 수가 없게 된다. 무임승차를 방지하려면 위협으로 사용하는 의무 재활용량이 자발적 협약상의 목표량과 같아야 한다. 이 경우 어떤 기업도 할당량을 초과하여 자발적 협약을 준수할 경제적 유인이 없기 때문이다. 초과재활용이 없으면 무임승차도 존재할 수가 없게 된다.

그러나 의무 재활용량이 목표 재활용량과 같아지게 되면 자발적 협약이 성립할 수 없다. 자발적 협약에 의한 최소비용 전략의 선택이 의무 재활용제도하에서 최소비용 전략을 선택하는 것에 비하여 유리한 점이 없기 때문이다. 자발적 협약하에서는 개별 기업이 지출하는 재활용 비용이나 칫해에 자발적 재활용을 하지 않고 1년 뒤 의무 재활용제도하에 편입된 뒤 지출하는 재활용 비용의 크기가 같기 때문이다. 오히려 자발적 협약을 이행하면 동일한 금액의 비용이 1년 먼저 들어가지만 협약사항을 이행하지 않는 경우 1년 늦게 소요되기 때문에 현재가치로 보면 자발적 협약을 이행하지 않는 것이 더 유리하다. 결국 무임승차와 효율성 간에는 상충관계가 존재한다. 의무 재활용량이 목표 재활용량에 근접할수록 효율성의 기회는 증가하나 자발적 협약의 성립 가능성이 줄어들고 의무 재활용량이 목표 재활용량과 차이를 보일수록 자발적 협약의 이행가능성은 높아지는 반면 효율성은 줄어든다.

이번 연구는 재활용 분야에 있어서 자발적 협약의 효율성을 이론적으로 검증하는 데 목적을 두고 있어서 현실적 응용에는 아직 어려움이 많다. 응용성을 높이기 위해서는 이론에 치우친 모형보다는 보다 현실에 근접한 모형 방정식을 제시하고 그 모형을 이용하여 해를 도출하는 것이 필요하다고 생각된다. 그럼에도 불구하고 처음의 연구이니만큼 이론적이고 형식적인 분석에 그쳐서 한계점을 가지고 있다. 이 연구가 이 분야의 처음 시도인만큼 많은 것을 기대하기보다 앞으로의 연구를 위한 문제제기 수준으로 만족하고자 하며 다음의 연구에서 보다 깊이 있게 다루어져야 할 것으로 생각한다.

## 참고문헌

- Dawson, N.L. and K. Segerson. 2002. "Voluntary Agreements with Industries' Participation Incentives with Industry-wide Targets" Working paper, Storrs, CT: *Department of Economics, University of Connecticut*.
- Laffont and Martimort, D. 2002. "The Theory of Incentives: The Principal-Agent Model" Princeton and Oxford: *Princeton University press*.
- McAfee, R.P. and J. McMillan. 1991. "Optimal Contracts for Teams" *International Economic Review*. 32: 561-577.
- Nalbantien, H. and A. Schotter. 1997. "Productivity under Group Incentives and Experimental Study" *American Economic Review* 87: 314-341.
- Norton, N.A., T.T. Phipps, and J.J., Fletcher, 1994. "Role of Voluntary Programs in Agricultural Nonpoint Pollution Policy", *Contemporary Economic Policies* 12: 113-121.
- Ogg, C.W. and P.J. Kuch. 1997. "Cost Sharing and Incentive Payments: the Use of Subsidies to Encourage Adoption of Environmentally Beneficial Agricultural Practices" Paper presented at conference on "*Flexible Incentives for the Adoption of Environmental Technologies in Agriculture*" Gainesville, FL, 1997.
- Rabindran, S.-G. 2006. "Did the EPA's Voluntary Industrial Toxics Program Reduce Emissions? A GIS Analysis of Distributional Impacts and By-media Analysis of Substitution" *Journal of Environmental Economics and Management* 36: 391-410.
- Ribaudo, M. and M. Caswell. 1997. "US Environmental Regulation in Agriculture and Adoption of Environmental Technology" Paper presented at conference on "*Flexible Incentives for the Adoption of Environmental Technologies in Agriculture*" Gainesville, FL.
- Segerson, K. and N.L. Dawson. 2001. "Environmental Voluntary Agreements with Industries' Participation and Free Riding." in Orts, I. and K. Deketlaere(eds.) *Environmental Contracts: Comparative Approaches to Regulatory Innovation in the United States and Europe*, Kluwer Law International.
- Segerson, K. and T.J. Miceli. 1998. "Voluntary Environmental Agreements: Good or Bad News for Environmental Quality?" *Journal of Environmental Economics and Management* 36: 109-130.
- Segerson, K. and J.J. Wu. 2006. "Nonpoint Pollution Control: Inducing First-best Outcomes

through the Use of Threats” *Journal of Environmental Economics and Management*, 51: 165-184.

praggon. 2002. “Exogenous Targeting Instruments as a Solution to Group Moral Hazards” *Journal of Public Economics* 84: 427-456.

Wu, J.J. and B.A. Babcock. 1995. “Optimal Design of a Voluntary Green Payment Program under Asymmetric Information” *Journal of Agricultural Resources Economics* 78: 935-945.

Wu, J.J. and B.A. Babcock. 1999. “The Relative Efficiency of Voluntary vs. Mandatory Environmental Regulations” *Journal of Environmental Economics and Management* 20: 113-126.

Xepapadeas, A.P. 1995. “Observability and Choice of Instrument Mix in the Control of Externalities” *Journal of Public Economics* 456: 485-498.