

寡占市場의 環境汚染 規制를 위한 最適誘引制度에 관한 研究

金在哲\* · 李相鎬\*\*

An Optimal Regulation  
for Environmental Pollution Control  
in Oligopoly

Kim, Jae-Cheol and Lee, Sang-Ho

\* 韓國科學技術院 經營政策學科 副教授 \*\* 同 經營政策學科 博士課程  
(305-701) 대전시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 경영정책학과  
산업경제분석연구실 (Tel) 042-869-4356 (Fax) 042-869-2910

Abstract

This paper proposes an optimal incentive scheme for environmental pollution and output control in oligopoly markets under asymmetric information situation where the regulator has no information about each firm's technology on output productions and pollution abatements. We compare two interesting optimal incentive schemes (one is static model previously proposed and the other is dynamic model suggested in this paper), analyze features of these schemes, and carefully discuss its relevances to other schemes.

제1장 머릿말

기업이 생산활동을 하는데 있어서 필요불가결한 생산요소 중의 하나가 환경제라는 자원이다. 그러나, 사회의 공공재인 환경제는 그 소유권을 뚜렷하게 주장하고 나설 수 있는 경제주체가 존재하지 않은 까닭에, 기업은 이것을 사용할 때 노동, 자본, 토지 등의 소유주가 존재하는 사제화와는 다른 행태를 보이게 된다. 즉, 기업은 자신의 생산활동에서 오염이라는 외부불경제(마이너스 공공재)를 유발하여 환경제의 파괴, 손모등의 도덕적 위해행위(moral hazard)를 일으키는 것이다. 이러한 이유로 정부는 기업의 환경제 사용행위(구체적으로 오염배출행위)에 대한 소유권 행사를 대리해야 하는 당위성이 생기게 된다. 이는 환경오염을 줄이기 위해 정부가 시장기능의 실패를 극복하여 정책적 규제수단을 동원해야 함을 의미한다. 그러나, 생산활동은 환경제의 손모를 필연적으로 가져오는 상반관계를 가지고 있기때문에 산업을 발전시키는 문제와 환경파괴를 최소화하는 환경제 보존문제를 어떻게 균형적으로 조화시키느냐가 오염을 유발하는 산업에 대한 환경정책에 있어서 가장 중요한 사안이라고 할 수 있다.

대부분의 비경제학적 논의에서는 환경규제정책으로 환경보전법의 제정을 통한 오염배출기준의 강화, 제재규정의 강화, 기업의 사회적 책임의식 고취등의 법적, 사회적

대응을 강구하는 있다. 반면, 경제학자들은 환경오염을 방지하기 위한 방법으로 정부가 기업의 생산활동에 개입하여 최적산출물을 생산함과 아울러 최적의 오염량 배출하도록 규제하는 경제적 대안을 연구하고 있다. 많은 경제학자들은 최적 오염세(Pollution Tax)를 부과하는 방안을 제시하고 있는데, 이는 법규집행에 수반되는 사회적 비용을 절약하면서 기업의 오염발생량을 줄일 수 있기 때문이다. 즉, 오염세와 같은 가격규제로써 사회적으로 비용을 가장 적게들여 환경오염을 효과적으로 방지할 수 있다. 그러나, 현실적으로 기업의 산출물 생산함수나 오염배출억제 비용조건에 대한 정보의 부족으로 정부는 효과적인 오염세 기준을 마련하는데 많은 문제점이 발생하고 있다. 따라서, 최근의 환경경제학 연구는 이러한 정부와 규제기업간의 정보의 비대칭성에 대해 논의를 집중시키고 있으며, 이 정보의 비대칭성을 극복하기 위한 효과적인 방법으로 유인을 통한 자발적 규제수단을 강구하고 있다. Baron and Myerson(1982), Laffont and Tirole(1986)등은 기업들이 자신의 비용조건을 진실하게 보고하게 함으로써, 이를 바탕으로 정부가 사회적 최적을 달성하도록 규제하는 비용보고제(truth-telling mechanism)를 제시하였다. 특히 환경규제에 있어서 Dasgupta, Hammond, and Maskin(1980), Spulber(1988)등이 이러한 비용보고제를 활용하고 있다.

반면, Loeb and Magat(1979), Sappington and Sibley(1988)등은 독점기업의 비용조건에 대한 정보가 없는 상황하에서도 수요조건에 대한 정보만 있다면, 보조금을 이용해 사회적으로 최적의 산출량을 생산하게 할 수 있음을 보였다. 과점시장의 환경규제에 있어서 Shaffer(1989)는 생산량에 비례하는 오염배출이 일어날때 이차함수를 상정한 사회후생함수에 대해 비용조건에 상관없이 사회적 최적을 이룰 수 있는 오염세 제도를 제시하였다. 한편 Kim and Chang (1993)은 Loeb and Magat의 독점시장의 정태적 분석을 과점으로 확장시켜, 보조금 유인제도와 오염세 부과제를 사용하여 비용조건에 대한 정보와 상관없이 과점시장의 산출량과 오염배출량이 사회적 최적이 되도록 하는 유인규제제도를 제시하였다.

현실적으로 기업을 규제하는 정부의 입장에서 각 기업의 비용조건을 정확히 안다는 것은 불가능하며 또한 규제대상인 기업의 수가 증가할수록 각 기업으로부터 비용정보를 알아내는 것도 막대한 어려움이 따른다. 더군다나 기업의 입장에서 오염배출량에 따라 조세를 지불해야 하는 상황이라면 오염배출 억제비용(예를 들어 오염방지 시설비용)에 대한 정보를 정부에 정확히 보고하지 않는 도덕적 위해가 발생할 가능성도 크다. 이러한 측면에서 보았을 때, 비용정보가 더 이상 제약조건이 될 수 없는 Kim and Chang의 분석은 매우 유용한 제도가 될 수 있음을 알 수 있다. 그들의 규제제도하에서는 기업자체가 생산한

생산량에 의한 소비자 잉여(consumers' surplus)의 증가분을 보조금으로 주고, 반면 오염배출량에 의한 소비자 잉여의 감소분 (또는 사회적 손실의 증가분)을 조세로 부과하게 된다. 그러나, 그들의 분석은 정태적인 분석에 국한되어 매기마다 동일하게 생산량에 대한 보조와 오염배출량에 대한 조세를 징수해야 하는 한계가 있다. 즉, 그들이 사용한 "증가분"이란 개념은 한 기간에 그 기업이 다른기업에 비해 소비자 후생(사회적 손실)에 영향을 미친 기여분을 의미하는 것으로 기간별 기여분은 고려하지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 Kim and Chang의 모델을 다기간(multi-period)으로 분석하여 동태적인 측면을 고려해 보기로 한다. 실제로 각 기업의 생산량이나 오염배출량은 정부에 의해 주기적으로 관측되고 있으며, 이러한 사실에서 다기간 분석은 Kim and Chang 제도보다 더 적은 보조금 (혹은 더 적은 오염세)으로 사회적 최적을 얻을 수 있도록 함으로써 보조금 부담의 문제를 상대적으로 줄일 수 있다는 점에서 유용한 효과를 가져다 준다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저, 제2장에서는 최적유인제도가 실행될 수 있는 기본가정과 환경설정에 대해 언급하기로 한다. 그리고, 제3장에서는 논의의 편의성과 비교의 효과성을 위해 Kim and Chang의 규제제도를 재고해 보기로 한다. 제4장에서는 이 연구논문에서 제시하고자 하는 동태적 유인규제제도를 설명하고, 이 제도가 갖는 경제적 의미 및 그 특징을 살펴보기로 한다. 또한, 이를 바탕으로 기타 규제제도와 유사점등을 살펴보기로 한다. 마지막으로 제5장에서는 이 연구의 향후연구방향을 제시하며 이 글을 끝맺고자 한다.

## 제2장 기본적인 가정

### 1. 기업에 대한 가정

어떤 산업내에  $N$ 개 ( $\geq 1$ )의 기업이 매기간동안 동일한 생산물을 산출하고 있으며, 이 생산행위는 외부비경제인 오염을 배출한다. 이때 기간  $T(=0, \dots, \infty)$ 에서 기업  $i(=1, \dots, N)$ 의 생산량과 오염배출량은 각각  $Y_i^T$ 와  $X_i^T$ 로 정의한다. 또한 시장전체의 생산량과 오염배출량은  $Y^T(=\sum_{(i)} Y_i^T)$ 와  $X^T(=\sum_{(i)} X_i^T)$ 로 정의한다. 여기서, 각 기업의 오염배출량( $X_i^T$ )은 그 기업의 생산량( $Y_i^T$ )과 오염억제노력( $Z_i^T$ )에 의해 결정된다. 즉, 기업  $i$ 의 오염생산량은 다음과 같은 성질을 갖는다.

$$X_i = X_i(Y_i, Z_i)$$

$$\frac{\partial X_i}{\partial Y_i} > 0, \quad \frac{\partial X_i}{\partial Z_i} \leq 0, \quad X_i(0, Z_i) = 0.$$

각 기업의 비용조건은 매기간 동일하다고 가정하며, 기업 i의 비용조건은 다음과 같이 표현된다.<sup>1)</sup>

$$C_i = C_i(Y_i, Z_i)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial Y_i} > 0, \quad \frac{\partial C_i}{\partial Z_i} > 0, \quad C_i(0, 0) = 0.$$

한편, 각 기업들은 지속적으로 꾸르노-내쉬(Cournot-Nash)적인 기업행동을 한다. 즉, 각 기업은 자신의 행위(생산량이나 오염배출량)를 결정하는데 있어서 다른 기업의 행위는 고려하지 않는다.<sup>2)</sup> 또한 각기업은 생산활동을 결정하는 데 있어서 매기의 이윤을 할인율  $\delta (0 < \delta < 1)$ 에 따라 현재가치화한 총이윤  $(\pi_i \equiv \sum_{t=0}^{\infty} \delta^{t-1} \pi_i^t)$ 을 최대화하는 행위를 한다.

## 2. 소비자에 대한 가정

소비자의 효용은 매기간 동일하다고 가정하며, 기업의 생산물을 소비함으로써 얻는 소비자 후생(consumers' benefit)은 시장수요함수에 의해 표현된다.<sup>3)</sup> 즉,

$$P' = P(Y')$$

$$P' < 0.$$

한편, 기업의 오염배출행위에 의한 소비자 후생의 감소는 사회적 손실함수에 의해 나타난다. 즉,

$$D' = D(X')$$

$$D' > 0, \quad D'' \geq 0, \quad D(0) = 0.$$

## 3. 규제환경에 대한 가정

규제자는 정보의 비대칭적인 상황하에 놓여있다. 각 기업은 자신의 비용함수와 시장의 수요함수에 대해 완전정보를 가지고 있는 반면, 규제자는 기업의 비용조건에 대한 정보는

아무것도 가지고 있지 않으며, 시장의 수요함수와 오염에 의한 손실함수에 대해서는 알고 있다.

기간  $t$ 에서 규제자는 이번기와 지난기의 각 기업의 생산량과 오염배출량을 관찰할 수 있다. 또한, 규제자는 생산량과 오염배출량에 관한 각 기업의 비용함수는 모르지만 지난기의 전체적인 총지출액은 회계장부에 의해 관찰할 수 있다.

기간 0에서 각 기업은 임의의 규제(물론 규제가 없는 상황도 포함한다)에 적용받아 일정한 부과세(혹은 보조금)  $T_i^0$ 를 내고 있다. 이때 이 기업은 생산량과 오염배출량 그리고 총지출액을 각각  $Y_i^0$ ,  $X_i^0$ ,  $C_i^0$  만큼 산출하고 있으며, 비음의 이윤을 얻고 있다고 가정한다. 즉,

$$\pi_i^0 = P(Y^0)Y_i^0 - C_i^0 - T_i^0 \geq 0.$$

이제 정부는 1기에서부터 새로운 부과세를 각 기업에게 지속적으로 적용한다고 한다. 이때, 규제자는 소비자의 잉여와 생산자의 이윤을 합한 사회적 후생을 극대화하는 목적함수를 가지고 있다고 가정한다. 즉, 정부는 규제가 시행되는 1기부터 매기의 사회후생을 현재가치화한 사회전체후생  $W$ 를 최대화한다.

$$\text{Max}_{(Y_i, Z_i)_{i=1}^N} W = \sum_{t=1}^{\infty} \delta^{t-1} (CS^t + \sum_{i=1}^N R_i^t)$$

여기서,  $R_i^t$ 는 기업  $i$ 의  $t$ 기 이윤 즉,  $R_i^t = P(Y^t)Y_i^t - C_i^t$

$$CS^t \text{는 } t\text{기의 소비자 잉여 즉, } CS^t = \int_0^{Y^t} P(v)dv - D(X^t) - P(Y^t)Y^t$$

여기서, 사회적 최적해를 구하기 위한 일차조건을 구하면 다음의 (1)과 같다.

$$(1) \quad \frac{\partial W}{\partial Y_i^t} = \delta^{t-1} (P(Y^t) - D'(X^t)) \frac{\partial X_i}{\partial Y_i^t} - \frac{\partial C_i}{\partial Y_i^t} \leq 0,$$

$$Y_i^t \frac{\partial W}{\partial Y_i^t} = 0, \quad Y_i^t \geq 0.$$

$$\frac{\partial W}{\partial Z_i^t} = \delta^{t-1} (-D'(X^t)) \frac{\partial X_i}{\partial Z_i^t} - \frac{\partial C_i}{\partial Z_i^t} \leq 0,$$

$$Z_i^t \frac{\partial W}{\partial Z_i^t} = 0, \quad Z_i^t \geq 0.$$

만약, 유일한 최적해  $(Y_i^t, Z_i^t)_{i=1}^N$ 가 존재한다고 가정하면, 사회최적의 상황하에서는 각 기업의

생산량 ( $Y_i^*$ )과 오염배출 억제노력 ( $Z_i^*$ )은 일반적인 “한계비용 = 한계가치” 수준에서 결정됨을 알 수 있다.<sup>4)</sup> 즉,

$$(2) \quad \partial C_i(Y_i^*)/\partial Y_i^* = P(Y_i^*) - D'(X^*) \partial X_i/\partial Y_i^*,$$

$$\partial C_i(Z_i^*)/\partial Z_i^* = -D'(X^*) \partial X_i/\partial Z_i^*.$$

### 제3장 정태적 최적유인제도

#### 1. 정태적 유인규제제도

Kim and Chang (1993)에 의해 제시된 정태적 최적유인제도를 살펴보기로 한다. 이 규제제도하에 있는 기업은 다음의 식(3)과 같은 부과세를 지불하게 된다.

$$(3) \quad T_i^* = A_1(X_i^*, X_{-i}^*) + A_2(Y_i^*, Y_{-i}^*)$$

$$\text{여기서, } A_1(X_i^*, X_{-i}^*) = \int_0^{X_i^*} D'(u + X_{-i}^*) du$$

$$A_2(Y_i^*, Y_{-i}^*) = \int_0^{Y_i^*} u P'(u + Y_{-i}^*) du$$

식(3)에서 보는 바와 같이 정태적 규제제도는 두 부분으로 나뉘어져 있음을 알 수 있다. 먼저, 첫번째 부분은 환경오염량에 대한 것으로 다음의 식(4)와 같이 바꿔 쓸 수 있다. 이는 이번기의 자신의 오염배출량( $X_i^*$ )에 의한 사회적 총손실의 증가분만큼에 해당하는 오염세를 부담하게 됨을 의미한다.

$$(4) \quad \int_0^{X_i^*} D'(u + X_{-i}^*) du = D(X^*) - D(X_{-i}^*)$$

또한, 두번째 부분도 다음의 식(5)과 같이 바꿔 쓸 수 있다. 역시 이는 이번기의 자신의 생산량( $Y_i^*$ )에 의한 소비자 잉여의 증가분만큼에 해당하는 보조금을 받게 됨을 의미한다.

$$(5) \quad \int_0^{Y_i^*} u P'(u + Y_{-i}^*) du = - \left\{ \int_0^{Y_i^*} P(u + Y_{-i}^*) du - P(Y^*) Y_i^* \right\}$$

따라서, 이 유인제도하에서 각 기업은 이번기의 자신의 행위가 시장에 영향을 미친 소비자

후생에의 역기여분(오염에 따른 소비자 후생의 감소분 - 생산량에 따른 소비자 후생의 증가분)만큼에 해당하는 부과세를 내게된다. 이 경우 오염배출량에 대해서 부과되는 오염세와 산출된 생산물에 대해서 부과되는 보조금의 크기에 따라 부과세의 값이 음수인 조세이거나 양수인 보조금이 될 수 있어 서로 상쇄관계에 놓여있다.

여기서, (정리1)에서 보는 바와 같이 이 유인규제제도하에 있는 각 기업들은 사회적으로 최적인 오염배출량과 생산량을 산출함을 알 수 있다.

(정리1) 정태적 유인규제제도하에 있는 모든 기업은 다음과 같은 성질을 갖는다.

ㄱ) 각 기업은 매기마다 사회적으로 최적인 생산량과 오염배출량을 산출한다.

ㄴ) 각 기업은 매기마다 비음의 이윤을 얻게된다.

(증명) 정태적 규제제도하에 있는 기업의 매기의 이윤함수는 다음과 같다.

$$\pi_i^t = P(Y^t)Y_i^t - C_i^t - T_i^t = \int_0^{Y_i^t} P(u + Y_{-i}^t) du - \int_0^{X_i^t} D'(u + X_{-i}^t) du - C_i(Y_i^t, Z_i^t)$$

즉, 이 기업은 자신에 의한 사회적 후생에의 기여분(혹은 자신의 행위가 사회에 기여한 사회적 후생의 증가분)만큼에 해당하는 이윤을 얻게된다. 따라서, 이 기업에 의한 사회적 후생의 증가분이 양의 값인 이상 항상 이 기업은 매기마다 비음의 이윤을 얻게 된다. 즉, 이 기업이 생산활동에 참여하지 않으면( $Y_i^t = Z_i^t = 0$ ), 이 기업의 이윤은 0이 되므로, 총이윤을 극대화하는 생산량과 오염억제노력 수준하에서는 항상 양의 이윤을 얻게될 수 있다. 이때, 현재가치화한 총이윤을 극대화하려는 이 기업의 목적함수는 다음과 같다.

$$\text{Maximize}_{(X_i^t, Y_i^t)} \pi_i = \sum_{t=1}^{\infty} \delta^{t-1} \left\{ \int_0^{Y_i^t} P(u + Y_{-i}^t) du - \int_0^{X_i^t} D'(u + X_{-i}^t) du - C_i(Y_i^t, Z_i^t) \right\}$$

여기서, 총이윤을 극대화하는 일차조건을 구하면<sup>5)</sup>,

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial Y_i^t} = P(Y^t) - D'(X^t) \frac{\partial X_i^t}{\partial Y_i^t} - \frac{\partial C_i(Y_i^t, Z_i^t)}{\partial Y_i^t} = 0$$



$$\frac{\partial \pi_i}{\partial Z'_i} = -D'(X') \frac{\partial X'_i}{\partial Z'_i} - \frac{\partial C_i(Y'_i, Z'_i)}{\partial Z'_i} = 0$$

이는 식(2)의 사회적으로 최적인 결과와 일치한다.

(증명 끝)

## 2. 정태적 규제제도의 성질

식(3)에서 보듯이 위의 유인규제제도는 이번기에 행한 각 기업의 생산량과 오염배출량에 따라 부과세를 징수하고 있다. 즉, 지난기의 각 기업의 경제행위는 고려하지 않은 정태적 분석인 것이다. 사실 이러한 정태적 분석의 시발은 오염배출이 없는 독점기업을 대상으로 분석한 Loeb and Magat(1979)에서 찾을 수 있다. 그들의 규제제도하에서는 규제자가 총소비자 잉여를 독점기업에게 보조함으로써 독점기업으로 하여금 규제자의 목적함수를 해결하도록 유인하고 있다. 즉, 보조금의 양을 소비자 잉여와 같게 줌으로써 독점기업을 사회적 최적으로 유인할 수 있는 것이다.<sup>6)</sup> 따라서, 정태적 유인규제제도는 Loeb-Magat제도를 오염이 있는 과점시장으로 확장한 것이라고 볼 수 있다.

한편, 정태적 유인규제제도는 아직도 생산량에 대해 보조되는 보조금의 양적인 부담문제가 남아있는 것은 사실이지만, Loeb-Magat의 규제제도에서 발생하는 보조금의 부담문제를 크게 줄였다는 점에서 또다른 의의가 있다. 즉, 총사회적 후생을 독점기업이 갖게 되는 Loeb-Magat제도와는 달리 사회적 후생의 일부만을 과점기업들이 나누어 갖게 됨으로써 보조금에 의한 분배적 불균형을 다소나마 해결할 수 있다.<sup>7)</sup>

또한, 정태적 유인규제제도하에서 규제자는 기존의 환경문제 해결을 위한 경제학적 접근에서 필요로 하는 생산기술이나 환경오염 억제시설기술에 대한 정보에 대한 조건이 전혀 필요하지 않게 된다. 즉, 기업의 생산량에 대한 기술적 비용조건에 대한 정보의 수집비용이 전혀 들지 않고도 효율적으로 각 기업을 사회적 최적인 수준으로 행동하도록 유인할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 물론, 수요조건이나 환경오염에 따른 사회후생의 손실분이 정확하게 추정되어야 하는 조건이 있으나, 식(3)에서 보는 바와 같이 완전한 정보를 필요로 하지 않고 부분정보(편미분값)만을 필요로 한다는 점에서 심각한 문제는 아니라고 할 수 있다.

따라서, 이러한 정태적 유인규제제도의 장점을 흡수하면서 단점으로 볼 수 있는 보조금의 양을 최소로 줄일 수 있는 방안이 고려되어질 필요가 있다. 이러한 취지에서 식(3)을 살펴보면, 부과세를 설정할 때 기업의 현재기의 결정변수인  $X'_i, Y'_i$ 에 영향을 미치지 않는 총괄과세(lump-sum tax)를 부과함으로써 보조금의 양을 줄일 수 있다. 본연구에서는

현실적인 방안의 하나로 다음의 동태적 최적유인 규제제도를 제시하기로 한다. 즉 현재기의 생산물이나 오염배출량에만 근거하기보다는 진기의 행위를 반영함으로써 사회적 후생의 기간별 부분적 증가분에 대한 부과세를 징수함으로써 역시 사회적 최적의 달성될 수 있음을 보이고자 한다.

#### 제4장 동태적 최적유인제도

##### 1. 동태적 유인규제제도

동태적 유인규제제도하에서 규제자는 이 시장에 참여한 모든 기업의 이윤을 규제가 시작된 후 2기부터 완전경쟁시장에서의 결과와 같은 정상이윤만을 갖도록 만들 수 있다. 이와같은 이상적인 결과를 얻기위해 규제자는 각 기업으로 하여금 다음의 식(6)과 같은 부과세를 지불하게 한다.

$$(6) \quad T_i^t = B_1(X_i^t, X_{-i}^t, Y_i^t, Y_{-i}^t) + B_2(X_i^{t-1}, X_{-i}^{t-1}, Y_i^{t-1}, Y_{-i}^{t-1})$$

여기서,

$$B_1(X_i^t, X_{-i}^t, Y_i^t, Y_{-i}^t) = \int_0^{X_i^t} D'(u + X_{-i}^t) du + \int_0^{Y_i^t} u P'(u + Y_{-i}^t) du$$

$$B_2(X_i^{t-1}, X_{-i}^{t-1}, Y_i^{t-1}, Y_{-i}^{t-1}) = \int_0^{Y_i^{t-1}} P(u + Y_{-i}^{t-1}) du - \int_0^{X_i^{t-1}} D'(u + X_{-i}^{t-1}) du - C_i^{t-1}$$

위의 식(6)에서 첫째부분  $B_1$ 은 정태적 유인규제제도인 식(3)과 동일함을 알 수 있다. 즉  $B_1$ 은 이번기의 소비자 후생에의 역기여분이다. 한편, 둘째부분  $B_2$ 는 (다른 모든기업의 행위 변화분을 고려하지 않은 상태에서) 지난기 동안 이 기업의 사회적 후생에 대한 기여분이다. 따라서, 동태적 유인규제제도는 이 기업에 의한 이번기의 소비자 후생에의 역기여분에서 지난기의 사회적 후생에의 기여분 만큼을 더한 양만큼을 이 기업에게 부과세로 책정하는 제도이다. 이때, 각 기업의 이윤함수는 다음의 식(7)과 같이 변하게 됨을 알 수 있다.

$$(7) \quad \pi_i^t = P(Y^t)Y_i^t - C_i^t - T_i^t$$

$$= \left\{ \int_{Y_i^{t-1}}^{Y_i^t} P(u + Y_{-i}^{t-1}) du - (C_i^t - C_i^{t-1}) \right\} - \left\{ \int_{X_i^{t-1}}^{X_i^t} D'(u + X_{-i}^{t-1}) du \right\}$$

이는 식(6)을 다음과 같이 쓸 수 있기 때문이다.

$$T_i^t = \int_{X_i^{t-1}}^{X_i^t} D'(u + X_{-i}^t) du - \left\{ \int_{Y_i^{t-1}}^{Y_i^t} P(u + Y_{-i}^t) du - P(Y^t) Y_i^t \right\} - C_i^{t-1}$$

이제 식(7)에서 보는 바와 같이 동태적 규제제도하에 있는 기업의 이윤함수는 두 부문으로 나뉘어져 있음을 알 수 있다. 먼저, 첫번째 부문은 산출량의 증가분에 관한 것으로 지난기에 비해 이번기에 더 증가한 자신의 산출량( $Y_i^t - Y_i^{t-1}$ )에 의한 사회적 후생의 증가분만큼에 해당하는 이윤의 양(+ )적인 면을 의미한다. 또한, 두번째 부문은 환경오염량에 대한 것으로 지난기에 비해 이번기에 더 증가한 자신의 오염배출량( $X_i^t - X_i^{t-1}$ )에 의한 사회적 총손실의 증가분만큼에 해당하는 이윤의 음(-)적인 면을 의미한다. 따라서, 이러한 동태적 유인제도하에서 각 기업은 지난기에 비해 이번기에 자신의 행위가 추가적으로 시장에 영향을 미친 사회적 후생의 변화분(산출량에 따른 사회적 후생의 증가분 + 오염에 따른 사회적 후생의 감소분)만큼에 해당하는 이윤을 얻게 된다. 즉, 이 규제제도하에 있는 모든 기업은 자신에 의한 사회적 후생의 기간별 변화분을 이윤으로 얻게 된다. 이때, 이번기의 오염배출량이 지난기보다 작으면(이번기의 산출량이 지난기보다 적으면) 음의 조세(음의 보조금)를 얻을 수 있게 된다. 따라서, 이 유인제도하에서 각 기업은 오염배출량에 대해서 오히려 보조금을 받을 수 있으며, 산출된 생산량에 대해서도 오히려 조세를 낼 수도 있다. 이런 의미에서 정태적 분석의 상쇄관계와는 다른 의미가 있음을 알 수 있다.

## 2. 최적유인 규제

식(6)에서 보듯이 동태적 유인규제제도는 지난기에 비해 추가적으로 이번기에 더한 각 기업의 생산량과 오염배출량에 따라 부과세를 징수하고 있다. (정리2)에서는 동태적 유인규제제도하에 있는 각 기업들은 사회적으로 최적인 오염배출량과 생산량을 산출함을 보여주고 있다.

(정리2) 동태적 유인규제제도하에 있는 모든 기업은 다음과 같은 성질을 갖는다.

- ㄱ) 각 기업은 매기마다 사회적으로 최적인 생산량과 오염배출량을 산출한다.
- ㄴ) 각 기업은 규제시행 1기에만 비음의 이윤을 얻게된다.

(증명) 동태적 규제제도하에 있는 기업의 메기의 이윤함수는 식(7)에 나타나 있다. 즉, 이 기업은 자신에 의한 사회적 후생의 기간별 증가분만큼에 해당하는 이윤을 얻게된다. 따라서, 이 기업에 의한 사회적 후생의 기간별 증가분이 양의 값인 이상 항상 이 기업은 메기마다 비율의 이윤을 얻게 된다. 즉, 이 기업이 전기와 같은 생산활동을 하게 된다면 ( $Y'_i = Y_i^{-1}$ ,  $Z'_i = Z_i^{-1}$ ) 이 기업의 이윤은 0이 되므로, 총이윤을 극대화하는 생산량과 오염억제노력 수준하에서는 항상 양의 이윤을 얻게됨을 알 수 있다. 이때, 현재가치화한 총이윤을 극대화하려는 이 기업의 목적함수는 다음과 같다.

$$\text{Maximize}_{(X'_i, Y'_i)} \pi_i$$

여기서,

$$\pi_i = \sum_{t=1}^{\infty} \delta^{t-1} \left\{ \int_{Y'_i}^{Y'_i} P(u + Y'_{-i}) du - \int_{X'_i}^{X'_i} D'(u + X'_{-i}) du - [C_i(Y'_i, Z'_i) - C_i(Y_i^{-1}, Z_i^{-1})] \right\}$$

여기서, 총이윤을 극대화하는 일차조건을 구하면<sup>8)</sup>,

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial Y'_i} = (1-\delta) \left[ P(Y') - D'(X') \frac{\partial X'_i}{\partial Y'_i} - \frac{\partial C_i(Y'_i, Z'_i)}{\partial Y'_i} \right] = 0$$

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial Z'_i} = (1-\delta) \left[ -D'(X') \frac{\partial X'_i}{\partial Z'_i} - \frac{\partial C_i(Y'_i, Z'_i)}{\partial Z'_i} \right] = 0$$

이는 역시 사회적으로 최적인 결과와 일치한다. 또한, 2기부터는 기업의 행위가 항상 사회적 최적과 동일하기 때문에 추가적인 이윤의 증가는 발생하지 않는다. 즉,  $Y'_i = Y_i^{t+1}, Z'_i = Z_i^{t+1}$ 이면,  $\pi_i^{t+1} = 0$ . (증명 끝)

## 제5장 동태적 최적유인제도의 성질

식(6)에서 얻은 동태적 유인규제제도는 정태적인 유인규제인 Kim and Chang의 분석을 다기간으로 확장시킨 것으로 정태적 분석이 가지고 있는 성질을 그대로 유지하고 있다. 또한 각 기업의 동태적 행동변화 즉, 추가적인 사회적 후생의 손실(혹은 증진) 정도에 따라 이윤의 양을 결정함으로써 동태적 유인규제만이 갖는 특성도 나타나고 있다.

첫째, 동태적 유인규제하에 있는 모든 기업은 정태적 유인규제하에 있는 경우와 마찬가지로 매기간마다 사회적으로 최적인 생산량과 오염배출량을 산출하지만, 동태적 최적유인규제제도하에 있는 기업은 단지 규제가 시작되는 1기에서만 비율의 이윤을 얻을 수 있으며,

그 이후의 기간동안에는 모두 정상이윤(0)만을 얻게 된다. 특히, 2기에서부터는 각 기업이 사회 최적의 행위를 유지하기때문에  $T_i^* = P(Y^*)Y_i^* - C_i^*$ 만큼의 조세를 부과하게 될 수 있다는 특징이 있다. 따라서, 동태적 유인규제의 적용을 받는 기업은 정상이윤하에서 사회적 최적을 이루게 되는 완전경쟁시의 효과가 나타나게 된다.

둘째, 이 유인규제하의 각 기업은 추가적인 순사회적 후생의 증진(사회적 후생의 증진분 - 사회적 손실분) 정도만큼 이윤을 얻는다. 따라서, 이번기에 자신이 추가적으로 유발한 오염에 의한 피해비용만을 스스로 부담한다. 또한, 2기부터는 사회적 최적의 오염배출량을 배출하기때문에 이 기업에 의한 추가적인 오염이 발생하지 않아서, 모든조건이 안정적인 한 오염배출량에 따른 이윤의 변화는 발생하지 않는다. 이와같은 성질은 환경분야에 있어서 정태적 유인제도와 다른 특징이다. 식(4)에서 보듯이, 그들의 제도하에서는 매기마다 자신의 최적 오염배출에 의한 사회적 후생손실만큼을 지속적으로 지불하는 오염자 부담원칙(Polluters Pay Principle)이 지켜지는 반면, 산출된 생산량에 의해 오염세 지불이후에도 정상이윤이상의 이윤획득은 얼마든지 가능하다.<sup>9)</sup> 반면, 동태적 유인규제하에서는 기업의 이윤을 (완전경쟁시의) 정상이윤수준으로 만들어 놓고 이때 발생하는 사회최적 오염배출량에 의한 사회적 후생의 손실은 사회에서 감수하도록 하는 사회최적 오염의 사회부담(Social Burden)이 이루어지고 있다. 즉, 식(6)에서 2기 이후에는  $X_i^* = X_i^{*-1}$ 이 성립하기 때문에 오염량에 대한 조세부분은 없어진다.

셋째, 동태적 최적유인제도는 정태적인 경우보다 총조세액의 측면에서 더 적은 (혹은 보조금의 측면에서 더 적은) 액수를 받을 수 있기때문에 조세수입(보조금)의 지급이라는 측면의 정부규제의 부담을 경감시킬 수 있다. 즉, 동태적 유인규제하에서는 정태적인 유인규제와는 다른 조세와 보조금간의 상쇄관계에 놓여져 있다.<sup>10)</sup> 이는 규제전(0기)에 각 기업들의 생산 및 오염배출 행위가 어느정도 사회에 긍정적으로 기여하고 있었던 상황하에서는 동태적 유인규제제도의 실시로 추가적인 기여분만을 제재하기 때문에 보조되는 부문의 양이 감소할 수 있기때문이다.

넷째, 동태적 유인제도는 정태적 유인제도와 같이, 규제하에 있는 모든 기업에게 그 행위가 차이가 나지 않는 한 차별적인 부과세를 부과하지 않는다. 이는 규제의 비차별성으로 특히 과점시장에서 피규제기업간의 형평성/공정성을 유지해야 한다는 점에서 중요한 의의가 있다. 이 성질은 다음과 같은 사실을 유념하면 쉽게 알 수 있다. 즉, 위의 식(6)에서 보면 알 수 있듯이 최적유인제도는 각 기업의 생산량 ( $Y_i^*, Y_i^{*-1}$ )과 오염배출량 ( $X_i^*, X_i^{*-1}$ ), 그리고 진기의

총지출액 ( $C_i^{-1}$ )에만 의존하여 부과세를 징수하므로, 전기의 생산량, 오염배출량, 총지출액과 이번기의 생산량, 오염배출량이 동일한 기업들은 동일한 부과세를 징수받게 되므로 규제대상기업간의 형평성을 유지하기 위한 조건으로 과점시장의 규제제도가 반드시 가져야 하는 비차별성의 조건을 만족하고 있다.

다섯째, 최적유인제도라는 이름이 의미하듯이, 동태적 규제는 각 기업으로 하여금 자기자발적으로 사회최적을 유도시키는 제도이다. 따라서, 규제자와 기업간에 발생할 수 있는 규제제도 변화에서 오는 불신의 문제가 해결될 수 있다. 즉 새로운 규제를 시행하는데 있어서 2기부터 각 기업들은 정상이윤하에서 사회적 최적인 수준으로 자발적으로 행동하기 때문에 규제자는 사후적인 조치를 하지 않아도 된다. 또한 각 기업의 입장에서 자신들의 행위로 드러나게 되는 사회적 최적을 이루는 비용조건을 정부가 악용하지 않을 것이며 각 기업은 정상이윤만을 획득하기 때문에 규제자와의 관계에서 전략적인 행동을 취하지 않을 것이다.

여섯째, 이 유인규제제도는 모두 기업으로 하여금 생산기술과 오염배출기술의 효율화를 추구하게 만든다. 각 기업은 생산비가 감소하여 사회적 후생이 증가할수록 이윤의 증가가 일어나고, 오염배출비용의 증가하여 사회적 후생이 감소할수록 이윤이 감소하기 때문이다. 따라서, 기업들은 모든 유용한 비용기술 가운데 가장 효율적인 생산기술을 사용하게 될 것이며, 비용감소를 위한 기술혁신이 지속적으로 일어날 수 있다. 또한, 최적유인규제후 기업이 각자 최적의 행위를 함으로써 사회적으로 최적인 상태가 이루어져 있기 때문에 사회적으로 비효율적인 기업의 시장진입과 퇴출은 일어나기 힘들며 지속적으로 정태적인 균형이 이루어지게 된다. 즉 시장에 존재하는 기업보다 훨씬 뛰어난 기술과 능력을 가진 효율적인 기업이라야 이 시장에 진입할 수 있다.

일곱째, 이 유인제도하에서 각 기업은 자신의 행위의 결과뿐만 아니라, 다른 기업의 행위 ( $Y'_{-i}, X'_{-i}$ )에 의해서도 영향을 받는다. 이런점에서 시장내의 각 기업은 서로간에 보이지 않는 경쟁이 유도되며, 자신의 이윤은 타기업의 행동결과에 의해 결정되고 있기때문에 Shleifer(1985)의 잣대경쟁(Yardstick Competition)과 유사한 성격을 가지고 있다고 볼 수 있다.

마지막으로, Kim and Chang이 Loeb and Magat (1979)의 정태적 분석을 오염배출을 산출하는 과점시장으로 확장했다고 볼 때, 이 유인제도는 Sappington and Sibley (1988)가 제시한 동태적 분석을 오염배출을 산출하는 과점시장으로 확장한 것이라고 볼 수 있다.

사실 오염배출이 없는 독점상황하에서 각 기업이 사회적 후생의 변화정도만큼 얻도록 하는 규제제도가 Sappington and Sibley에 의해 제시된 바 있다. 즉 Sappington and Sibley의 ISS(Incremental Surplus Subsidy)규제하에서는 (독점)기업이 지난기의 생산량에 따른 사회적 후생에 비해 이번기의 생산량에 따른 사회적 후생의 변화분

$$\begin{aligned} W^i - W^{i-1} &= \left( \int_0^{Y^i} P(v)dv - C^i \right) - \left( \int_0^{Y^{i-1}} P(v)dv - C^{i-1} \right) \\ &= \left( \int_{Y^{i-1}}^{\infty} Y(v)dv + P(Y^i)Y^i - C^i \right) - \left( \int_{Y^{i-1}}^{\infty} Y(v)dv + P(Y^{i-1})Y^{i-1} - C^{i-1} \right) \end{aligned}$$

을 이윤으로 연계 된다. 이는 동태적 유인제도하에 있는 기업의 이윤 식(7)에서  $N=1$ 이고  $X'_i=0$  (즉,  $Y'_i=X'_i=0$ )으로 놓고 재정리하면 똑같은 형태임을 알 수 있다. 이러한 점에서 이 규제제도는 Sappington and Sibley의 규제제도를 오염을 배출하는 과점시장으로 2가지 방향에서 확장시킨 것이라고 볼 수 있다는 것이다.

## 제6장 맺음말

이상에서 우리는 정태적 최적유인제도를 확장시킨 동태적 최적유인제도가 갖는 성질과 기존 연구와의 연관성을 살펴보았다. 동태적 최적유인제도는 정태적 유인제도가 가지고 있는 특징을 그대로 유지하면서도 상대적으로 훨씬 효과적인 활용을 가능케 해 준다. 즉, 이러한 최적유인제도는 각 기업의 오염배출 억제비용이나 생산비용함수에 대한 정보가 전혀 없더라도 조세제도를 통하여 효과적으로 효율적인 사회적 최적을 유발시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이에 더하여 지난기의 기업의 행위를 근거로 조세량이 결정되기 때문에 각 기업은 매기간 사회적 최적에서 이탈하려는 유인이 발생하지 않는다.

그러나, 현실적으로 이러한 최적유인제도가 유용하고 효과적으로 활용되기 위해서는 다음과 같은 몇가지의 고려사항을 반드시 짚고 넘어가야 할 필요성이 있다.

첫째, 이러한 유인제도의 기본가정은 규제자가 시장의 수요함수와 사회적 손실함수에 대한 비교적 정확한 정보를 가지고 있다는 것이다. 그러나, 규제자는 기업에 비해 현실적으로 비용함수나 수요함수에 대한 정보력이 뒤떨어지는 게 사실이다. 따라서, 이러한 문제점을 해결하는 노력이 다방면으로 일어나야 할 것이다. 즉 시장의 수요함수나 사회적 후생의 손실함수에 대한 측정방법이 발달해야 할 필요성이 있다. 그럼에도 불구하고 불확실한 각 기업의 비용조건에 대한 정보를 얻는 것보다는 현실적으로 시장의 수요나 오염에 의한 손실의 추정

손쉬운 점을 감안하면 큰 문제는 아니라고 볼 수 있다. 이에더하여 시장의 조건이나 각 기업의 비용조건이 안정적이라는 가정도 제약점이 될 수 있다. 즉 환경의 변화가 심한 시장에 대해 동태적 최적유인제도를 실시하기 위해서는 시장조건에 대한 세심한 연구가 반드시 선행되어야 할 것이다.

둘째, 규제자가 제반 규제제도를 시행하는 데 있어서 직접적인 문제가 되는 것은 규제기업의 도덕적 위해(moral hazard)행위이다. 먼저, 규제기업은 규제자가 직접 관찰할 수 없는 자신의 오염배출량이나 오염억제노력에 대한 진실한 정보를 보고하지 않을 수 있다. 본 연구를 포함한 대부분의 연구에서는 각 기업의 오염배출량은 정확히 측정될 수 있다고 가정하여 기업에 대한 신뢰(faith)를 바탕으로 하고 있으나, 기업은 측정기간동안만 오염배출량을 줄이는 등의 부도덕적 행위를 현실적으로 실행하고 있다. 따라서 이러한 행위가 유발되지 않도록 강한 제재조치(enforcement)를 함께 강구해야 할 필요성이 있다.

또한 동태적 최적유인제도는 정태적 유인제도와는 달리 식(6)에서 보듯이 형태상 각 기업의 전기의 총지출을 보조해주고 있다. 이러한 점에서 규제기업은 총지출비용을 증가시킬려고 하는 도덕적 위해행위를 할 가능성이 발생한다. 대체로 규제기업의 도덕적 위해행위는 다음과 같이 두가지로 구분된다. 첫째, Sappington(1980)이 지적했듯이, 규제기업은 수익률규제에서와 같은 낭비(waste)의 행위를 할 가능성이 있다. 즉 이번기에 지출된 비용이 고스란히 다음기에 회수되기 때문에 기업은 최저의 비용으로 생산물을 생산하거나 오염배출량을 줄이려고 하는 행위를 하지 않고 방만한 기업활동을 할 가능성이 생긴다. 그러나, 동태적 유인규제하에서는 이러한 비용의 낭비현상이 발생할 소지가 전혀 없다. 즉, 이번기에 쓸데없이 지출한 낭비적 성격의 비용은 다음기에 할인되어 회수되기 때문에 이러한 낭비행위는 발생할 가능성은 없다고 볼 수 있다.<sup>11)</sup> 둘째, Blackmon(1992)이 지적했듯이, 기업은 전략적인 남용(abuse)을 할 가능성이 있다. 즉 기업이 전략적으로 총지출액을 증가시켜 자신의 수익에 도움을 줄 수 있는 비도덕적 행위(기업 상품의 초과광고행위, 초과설비행위 등)를 할 수 있다는 것이다. 이경우 비용의 남용을 방지하기 위해서 동태적 유인제도의 시행과 더불어 지난기 지출액의 보상에 있어서 보상률의 실시, 보상조건의 강화 등 규제자는 규제기업의 총지출액을 효과적으로 감시/조절할 수 있는 방안이 추후 지속적으로 강구되어야 할 것이다.<sup>12)</sup>



## 각주

- 1) 수학적으로 본 연구결과의 충분조건을 만족하기 위해서는 생산비용조건이 생산량과 오염 억제노력에 대해 볼록함수임이 보장되어야 한다.
- 2) 기업간의 상호행위분석은 conjectural variation 변수를 고려하면 된다. 본 연구는 이 값이 0인 푸르노 과점에 국한하고 있으나, 모델의 확장은 쉽게 이루어질 수 있다. Kim and Chang(1993) 참조. 푸르노 과점시장에서는 각 기업의 행위가 다른 기업에게 영향을 미치지 않으며, 각 기업은 모두 독립적으로 자신의 생산물이나 오염배출량의 수준을 결정한다. 즉

$$\partial Y'_{-i} / \partial Y'_i = \partial X'_{-i} / \partial X'_i = 0. \text{ 여기서, } Y'_{-i} = \sum_{j \neq i} Y'_j, \quad X'_{-i} = \sum_{j \neq i} X'_j.$$

- 3) 수학적으로 소비자의 선호가 생산량에 대해 볼록함수임을 가정한다.
- 4) 물론 사회적 최적해는 충분조건을 만족하고 있음을 알 수 있다.
- 5) 분석의 편의상 내부해가 존재한다고 가정한다. 즉,  $Y'_i > 0, Z'_i > 0$ . 또한 충분조건인 2차 조건도 만족함을 쉽게 알 수 있다.
- 6) 이는 부과세율  $\alpha$ 의 양만큼 부과하는 것과 같은 것으로 오염이 없고 독점기업인 경우, 즉 식 (3)에서  $N=1, X'_i = X'_{-i} = Y'_{-i} = 0$  인 경우와 같다. 이때, 부과세는 다음과 같다.

$$-T'_i = \int_0^{Y'_i} P(v)dv - P(Y)Y$$

- 7) 이에 대한 자세한 논의는 Kim and Chang (1993)의 논문을 참조하기 바람.
- 8) 분석의 편의상 내부해가 존재한다고 가정하면( $Y'_i > 0, Z'_i > 0$ ),  $t_i$  이후부터는 사회최적인 결과가 달성됨을 주지해야 한다. 즉,  $Y'^{i+1} = Y'_{-i}, X'^{i+1} = X'_{-i}$ . 따라서, 다음의 일차조건에서  $P(Y'_i + Y'^{i+1}) = P(Y'_i + Y'_{-i}) = P(Y')$ ,  $D'(X'_i + X'^{i+1}) = D'(X'_i + X'_{-i}) = D'(X')$ 이다. 또한 충분조건인 2차 조건도 만족함을 쉽게 알 수 있다.

- 9) 규제대상기업의 비움이윤조건은 Individual Rationality 라고 한다. 정태적 유인제도의 비움이윤조건은 Kim and Chang (1993) 참조.

- 10) 동태적 규제하의 상쇄관계는 정태적 규제하의 그것보다 더 포괄적인 의미를 지닌다. 즉, 정태적 규제하에서는 생산물에 대한 보조금과 오염배출량에 대한 조세간의 상쇄관계를 의미하지만, 동태적 규제하에서는 그러한 의미에 더하여, 전기의 행위(생산물과 오염배출량)와의 비교차이에 따른 보조금이나 조세가 발생하여 상쇄관계를 이루는 이중의 의미가 있다.

- 11) 물론, 할인율이 거의 1에 가까울 경우 이러한 낭비의 발생유인은 증가할 수 있지만, 우리의 분석모델( $0 < \delta < 1$ )에서는 배제되고 있다.

- 12) 소유와 경영이 분리된 경우, 경영자에 의한 남용은 극도로 제한되어질 것이다. 그러나, 소유주의 비용남용문제는 역시 심각한 문제가 될 수 있다. 이에 관해서는 Sappington and Sibley(1993) 참조.

## 참고문헌

- [1] Baron, D.P. and R.B. Myerson, "Regulating a Monopolist with Unknown Costs," *Econometrica*, Vol.50(1982), pp.911-930.
- [2] Blackmon, G.Jr., "The Incremental Surplus Subsidy and Rate-of-Return Regulation," *Journal of Regulatory Economics*, Vol.4(1992), pp.187-196.
- [3] Dasgupta, P.,P. Hammond and E. Maskin, "On Imperfect Information and Optimal Pollution Control," *Review of Economic Studies*, Vol.47(1980), pp.857-860.
- [4] Kim, J.C. and K.B. Chang, "An Optimal Tax/Subsidy for Output and Pollution Control under Asymmetric Information in Oligopoly Markets," *Journal of Regulatory Economics*, Vol.5 (1993) pp.183-197.
- [5] Laffont, J.J. and J. Tirole, "Using Cost Observation to Regulate Firms," *Journal of Political Economy*, Vol.94(1986), pp.614-641.
- [6] Loeb, M. and W.A. Magat, "A Decentralized Method for Utility Regulation," *Journal of Law and Economics*, Vol.22(1979), pp.399-404.
- [7] Sappington, D., "Strategic Firm Behavior under a Dynamic Regulatory Adjustment Process," *Bell Journal of Economics*, Vol.11(1980), pp.360-372.
- [8] Sappington, D. and D. Sibley, "Regulating without Cost Information : The Incremental Surplus Subsidy Scheme," *International Economic Review*, Vol.29(1988), pp.297-306.
- [9] Sappington, D. and D. Sibley, "Regulating Incentive Policies and Abuse," *Journal of Regulatory Economics*, Vol.5(1993), pp.131-141.
- [10] Shaffer,S., "A First-Best Regulatory Tax for Oligopoly," *Journal of Regulatory Economics*, Vol.1(1989), pp.373-389.
- [11] Shleifer, S., "A Theory of Yardstick Competition," *RAND Journal of Economics*, Vol.16(1985), pp.319-327.
- [12] Spulber, D.F., "Optimal Environmental Regulation under Asymmetric Information," *Journal of Public Economics*, Vol.35(1988), pp.163-181.