

## 環境規制強化와 技術革新 - 韓國 製造業을 中心으로 -\*

曹 周 鉉\*\*

**논문초록**    본 논문은 1983~1997년 기간 동안 한국의 10개 산업을 대상으로 환경규제강화와 기술혁신과의 관계를 실증분석을 하였다. 실증분석 결과 기업유인 연구개발투자와 오염방지시설 자본비용에는 정(+)의 관계가 있다는 것을 알 수 있어 환경규제가 기술혁신을 유도하는 것으로 추정되었다. 한편 기술혁신의 산출물로 특허권을 이용한 모형에서는 추정계수의 추정치가 통계적으로 유의하지 않게 추정이 되어 환경규제와 기술혁신의 산출물 지표로서 특허권과는 연관이 없다는 것으로 나타났다. 일반적으로 연구개발투자는 생산성을 증가시키며 연구개발투자의 사회적 수익률이 사적 수익률 보다 큰 것으로 알려져 있다. 이러한 측면에서 생각할 때 환경규제와 연구개발투자가 정(+)의 관계가 있다는 것은 정책적으로 여러 가지 측면에서 시사하는 점이 크다고 볼 수 있다.

**핵심 주제어:** 환경규제, 기술혁신, 연구개발

**경제학문헌목록 주제분류:** Q0, Q2

---

\* 유익하고 친절한 논평을 해주신 익명의 심사위원들께 감사드리며, 본 논문의 오류는 전적으로 필자의 책임임을 밝힙니다.

\*\* 한국감정평가연구원, e-mail: bunggul@chollian.net

## I. 序 論

Porter(1991, 1995)는 기업의 경쟁력은 규모의 경제 등과 같은 정태적(static)인 관점이 아닌 동태적(dynamic)인 관점에서 생산효율성(경쟁사 보다 저렴한 가격), 가격차별화의 능력(제품의 고품질화로 프리미엄 가격을 설정할 수 있는 능력), 기술혁신(innovation)을 통한 생산성 우위에 있다고 규정하고, 환경규제의 강화는 환경규제를 준수하기 위한 비용을 상쇄할 수 있는 기술혁신을 유도하고 생산성 우위를 확보하여 기업의 경쟁력을 강화한다고 주장하고 있다. 이러한 환경규제와 경제행위의 관점을 Porter 가설이라고 하는데, Porter 가설이 주목을 받는 이유는 첫째, 환경규제강화가 환경기술에 대한 기술혁신을 가져올 수 있다는 것이다. 예를 들어 자동차 배기가스에 대한 규제가 강화됨에 따라 공기청정장치에 대한 기술이 발전되었고, 오존을 파괴시키는 CFC에 대한 규제는 듀폰사에게 다른 대체물질을 개발하게 하였다(Porter, 1991).

둘째, 환경규제강화에 대응하여 오염방지시설에 대한 기술개발을 경쟁사보다 앞서서 하게 되면 선구자적으로 오염배출에 대한 기업의 비용과 생산비용을 줄일 수 있게 되어 경쟁기업 보다 비교우위를 갖게 된다는 것이다. 또한 이러한 현상들이 광범위하게 일어난다면 환경규제에 대한 사회적 비용은 기업이 환경규제를 준수하기 위한 비용을 상쇄시킬 수 있을 뿐만 아니라 환경규제로 인한 사회적 편익이 비용보다 크게 나타날 수 있게 되어 궁극적으로 환경질의 개선을 비용 없이 달성할 수 있고 주장하고 있다<sup>1)</sup>.

반면 이러한 Porter 가설에 대해서 Jaffe et al. (1995), Palmer et al. (1995) 등은 다음과 같이 반박하고 있다. 첫째, 환경규제강화로 인한 기술혁신에 대한 보상이 이론적으로는 가능하지만 현실적으로는 일어나기 어려울 뿐만 아니라 그 효과가 작다고 주장한다. 이러한 이유는 신고전학파적인 경제학의 입장에서 기업은 생산경계(production frontier)에서 효율적으로 생산활동을 하기에 환경규제강화로 인해 이윤이 생길 수 있는 생산공정과 기술에 대해서 무관심하기 때문이다. 또한 환경규제자가 기업경영자 보다 효율적인 생산방법에 대해서 더 많이 알고 있는가 하는 것이다. 즉 기업경영자가 환경규제자 보다 생산을 효율적으로 하는 방법에 대해서 더

1) Porter(1995)는 'innovation offsets' 이라고 하고 있다.

많이 알고 있기 때문에 환경규제강화가 새로운 기술개발을 유도하는 것이 어렵다는 것이다.

둘째, 환경규제가 기업경쟁력을 항상 약화시킬 수 있다는 증거로 환경규제를 준수하기 위해 지불해야 하는 기업 비용이 실제로 지불하는 비용보다 크다는 것이다. 즉 환경규제를 준수하기 위해 기업이 지불하는 비용은 최종배출단계(end-of-pipe)에서의 오염처리 비용만 포함하고 청정기술 및 설비개체에 대한 비용은 측정하기 어렵기 때문에 실제로 기업이 지불하는 비용을 과소평가하고 있다는 것이다. 셋째 환경규제가 비록 기술혁신을 유인할지라도 환경규제는 잠재적으로 기술혁신을 위한 생산적인 투자를 구축(crowding out)하여 기업경쟁력을 약화시킨다는 것이다(Gray and Shadbegian, 1997).

환경규제강화가 기술혁신을 유발시킬 수 있는가 혹은 그렇지 않은가에 대한 논의는 아직까지 뚜렷하게 밝혀진 바가 없다. 이러한 환경규제와 기술혁신에 대한 기존의 연구는 대부분이 환경규제와 연구개발투자와의 관계를 이론적으로 규명하는 연구들이다. 이들 연구 중 대부분이 서로 다른 환경규제의 수단에서 환경규제를 준수하기 위한 비용 혹은 오염물질 배출 감소를 위한 기업의 기술개발투자 유인에 대한 연구들이다. 환경규제와 기술혁신에 대한 실증분석 연구는 이론분석 연구와 비교하여 많은 연구가 이루어지지 않았는데 비교적 최근의 연구는 Jaffe and Palmer(1997)가 있다. 국내에서는 환경규제와 기술혁신에 대한 실증분석 연구가 아직까지 없는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 환경규제와 기술혁신에 대한 국내연구가 없는 관계로 Jaffe and Palmer(1997)의 모형을 이용하여 실증분석을 하고자 한다. 본 연구의 연구방향은 다음과 같다. 조주현(2002)의 연구에 의하면 환경규제강화와 생산성(productivity), 효율성(efficiency) 분석결과에서 환경규제 또는 환경규제강화가 생산성의 간접효과<sup>2)</sup>와 효율성<sup>3)</sup>에 영향을 준다는 것을 밝히고 있다. 이러한 사실은 환경규제 혹은

2) 조주현(2002)은 환경규제의 생산성 효과에 대한 분석을 직접효과와 간접효과로 나누어서 분석하였다. 직접효과는 환경규제를 준수하기 위한 기업의 오염방지시설 설치가 생산성에 주는 영향을 나타내는 것으로 오염방지시설의 비용이 증가함에 따라 생산성이 감소하게 되고 오염방지시설의 비용이 감소함에 따라 증가하게 된다. 간접효과는 기업이 환경규제에 준수하기 위해 오염방지시설을 도입하는 경우 생산적 투입요소의 수요와 투입요소의 결합에 영향을 주게 되어 생산성의 변화를 가져오는데 생산성이 향상 될 수도 있고 생산성이 감소할 수도 있다. 실증분석 결과 산업별로 차이는 있지만 대부분 산업에서 환경규제로 생산성이 감소하는

환경규제강화가 생산성과 효율성에 부정적인 영향만을 주고 있지 않다는 의미에서 Porter 가설이 성립하고 있다는 것을 뒷받침한다고 볼 수 있다. 이러한 측면에서 생각할 때 본 연구는 환경규제강화가 기술혁신을 유도하여 생산성, 효율성에 영향을 주어 기업의 경쟁력을 강화시키는가 혹은 약화시키는가 더 나아가 환경규제의 편익이 비용보다 큰지 작은지에 대한 뚜렷한 증거를 제시하지 못하더라도 초보적인 단계에서 환경규제강화가 기술혁신과 연관성이 있는가 하는 것을 밝히는데 연구방향을 두고 있다. 이를 위해 II 장에서는 환경규제강화와 기술혁신에 대해서 설명하고 있으며, III 장에서는 추정모형과 분석에 필요한 자료에 대해서 설명하고 있다. IV 장은 추정결과를 설명하고 있으며, V 장은 요약 및 결론으로 끝을 맺는다.

## II. 環境規制強化와 技術革新

환경규제 혹은 환경규제강화는 생산성, 국제무역, 투자 등에 영향을 미칠 수 있고(Gollop and Roberts, 1983; Barbera and McConnell, 1990; Berman and Bui, 1998; Sorsa, 1994; Tobey, 1990; Beers et al., 1997; Low and Yeats, 1992; Keller and Levinson, 1999) 이는 정태적인 관점이 아닌 동태적(dynamic)인 관점에서 경제성장 변화와 연결될 수 있다. 요컨대 환경규제로 인한 사회적 비용변화는 종합적이고 장기적으로 나타날 수 있는데, 이들을 수량화하기 위해서는 일반균형 분석을 이용하는 것이 바람직하다. 이러한 이유는 환경규제로 인한 산업간 상호작용에 대한

---

것으로 나타났으며, 직접효과 보다 간접효과에 의해 생산성이 감소하는 것으로 밝히고 있다. 그러나 환경규제의 영향을 기간별로 나누어서 살펴본 결과 환경규제가 상대적으로 강화된 기간(1991년~1997년)에 환경규제로 인한 생산성의 부정적 영향이 화학·석유·석탄·고무·플라스틱, 전기·전자, 운수장비제조업 등에서 줄어드는 것으로 나타났으며, 이러한 영향이 간접효과에서 발생하고 있음을 밝히고 있다.

- 3) 효율성은 산출물을 생산하는 과정에서 투입물의 사용이나 결합이 얼마나 효과적으로 이루어지는가를 나타내는 개념으로 조주현(2002)은 환경규제강화가 투입물간의 결합이나 투입물의 효과적 이용에 어떠한 영향을 주고 있는가를 분석하였다. 환경규제와 효율성 추정결과 환경규제로 인해 대부분 산업에서 효율성이 감소하는 것으로 추정이 되었으나, 오염방지시설 투자가 생산규모에서 차지하는 비중이 작기 때문에 환경규제가 있는 경우와 없는 경우를 비교해볼 때 효율성 차이는 크게 나타나지 않는 것으로 추정하고 있다. 또한 환경규제 혹은 환경규제강화에 대한 영향이 산업별로 차이를 나타내지만, 전반적으로 환경규제로 효율성이 감소하는 것으로 추정이 되었다. 그러나 화학·석유·석탄·고무·플라스틱제품, 조립금속제품 등의 제조업은 환경규제강화로 효율성이 증가하는 것으로 추정하였다.

투자수준 변화의 영향을 누적적으로 살펴보아야 하기 때문이다.

Hazilla and Kopp(1990)는 미국의 대기질개선법안(clean air act)과 수질개선법안(clean water act)에 대한 비용분석에서 이러한 환경규제 법안이 노동투입과 투자에 영향을 줄 때 일반균형적인 조정과정을 고려했을 경우와 그렇지 않았을 경우의 사회적 비용을 비교하였다. 이들의 분석결과에 의하면 일반균형적인 조정과정을 고려하는 경우 단기에 있어서는 사회적 비용이 오염방지비용 보다 작게 추정이 되었지만 장기에 있어서는 투자와 노동의 감소로 사회적 비용이 더 크게 추정이 되었다.

Jorgenson and Wilcoxon(1990)은 기업부문을 35개 산업(정부기업 포함)으로 나누고 산업 간의 상호작용과 산업별로 서로 다른 환경규제를 고려한 일반균형 모형을 사용하여 오염방지투자, 자동차 배출량 규제 대응과 관련한 운영비용(operation cost)의 동태적 효과를 측정하였다. 이들의 연구결과에 의하면 환경규제의 효과는 산업 간에 크게 다르며 특히 화학, 석탄광업, 자동차, 정유, 1차금속, 펄프 및 제지 등의 산업에서 환경규제의 영향이 크게 나타났다. 또한 이들의 분석에 따르면 환경규제로 인한 미국의 GNP 성장률 하락은 1974년~1985년 기간 중 연평균 0.2%이며, 이러한 수치는 같은 기간 중의 GNP 성장률에 대한 총 감소 폭의 2.6%를 차지하는 것으로 밝히고 있다. 이러한 결과를 바탕으로 Jorgenson and Wilcoxon(1990)은 미국의 경제성장은 환경규제로 인해 커다란 영향을 받는다는 결론을 제시하였다.

이상의 논의는 환경규제가 비용을 상승시킨다는 전제를 바탕으로 하고 있다. 그러나 환경규제의 강화가 기업의 경쟁력을 촉진시킬 수 있다는 주장이 Porter(1991)를 중심으로 제기되었다. 이들은 환경규제의 강화는 기업으로 하여금 생산공정을 재검토하는 기회를 제공하고 이에 따라 기업은 오염저감, 비용감소 또는 산출량 증대를 위한 혁신적 방법을 발견하게 되어 환경규제의 강화가 기업의 경쟁력을 증대시킨다고 주장하였다. 또한 이들은 만일 이러한 현상이 사회 전반에 확산되고 기술혁신 효과가 충분히 크게 나타난다면 환경규제에 대한 총 사회적 비용이 환경규제를 준수하기 위한 비용보다 작게 되고 환경질의 개선을 비용 없이 달성할 수 있다고 주장하고 있다.

환경규제와 기술혁신에 대한 기존의 연구는 주로 환경규제와 연구개발투자와의 관계를 이론적으로 규명하는 연구들로, 대부분이 서로 다른 환경규제의 수단에서

환경규제를 준수하기 위한 비용 혹은 오염물질 배출 감소를 위한 기업의 기술개발 투자 유인에 대한 연구들이다. 이에 대한 연구로는 Downing and White(1986), Marin(1991), Milliman and Prince(1989, 1992) 등이 있다. 이들 연구는 경제적 유인에 기초한 환경규제 수단이 지시 및 통제(command and control)에 의한 수단보다 연구개발투자에 대한 유인이 높다고 밝히고 있다. 한편 Malueg(1989)는 기업이 새로운 오염방지에 대한 기술개발을 전후로 하여 배출권거래제(emission trading programs) 시장에서 차지하는 위치, 즉 수요자나 공급자나에 따라 배출권거래제가 지시 및 통제에 의한 수단보다 연구개발투자의 유인이 줄어들 수도 있고 증가할 수도 있음을 밝히고 있다.

그러나 이들 연구들은 잠재적으로 나타날 수 있는 시장실패(market failure) 문제를 간과하고 있다. 이에 대해 Parry(1995), Hackett(1995)는 연구개발투자에 참여하고 있는 기업들 간의 관계를 분석하고 이에 따라 나타날 수 있는 시장실패 문제를 동태적인 측면에서 분석하였다. 또한 Parry(1998), Parry et al.(1999, 2000)은 서로 다른 환경규제의 수단에서 유인된 환경기술 개발을 위한 연구개발투자의 후생효과를 분석하였다. 이 밖에 Oates et al.(1993)은 환경규제강화로 인한 연구개발투자 유인과 기술과급효과에 대한 분석을 완전경쟁시장의 기업을 대상으로 하였다. 이들에 의하면 완전경쟁시장에서 이윤극대화를 하는 기업은 환경규제가 강화됨에 따라 효율적인 오염저감시설을 개발하기 위한 유인이 증가함을 밝히고 있다.

한편 Porter 가설에 대한 이론적 연구로는 Xepapadeas and Zeeuw(1999)가 있다. 이들은 환경규제강화로 인해 자본량에 나타나는 효과를 총자본량이 줄어드는 규모축소효과(downsizing effect)와 오염배출량을 감소시킬 수 있는 새로운 시설의 교체를 통해 나타나는 현대화효과(modernization effect)로 구분하여 설명하였다. 이들의 연구에 의하면 환경규제강화의 효과로 생산성효과(productivity effect)와 이윤-오염배출효과(profit-emission effect)가 나타나는데, 생산성효과는 환경규제의 강화로 자본의 현대화효과를 수반하는 기업의 규모 축소로 생산성이 증가하는 것으로 나타내고 있다. 이윤-오염배출효과는 환경규제의 강화로 이윤과 오염배출이 감소함을 보이고 있어, 자본량에 현대화효과가 발생하여 새로운 기계(productive machine)와 오래된 기계(less productive machine)로 구성되어 있는 경우에 환경규제강화로 한계오염배출량 감소는 증가하고 한계이윤감소는 낮아지는 것으로 밝히고 있다. 즉 이들의 연구는 환경규제강화로 오염배출감소와 이윤감소라는 상반관계

(trade-off)가 존재하여 이윤 증가와 오염배출도 감소를 동시에 달성할 수 있다는 Porter 가설을 이론적으로 뒷받침한다고 볼 수 없다. 그러나 환경규제강화로 자본량에 규모축소효과와 현대화효과가 발생하는 경우에 한계오염배출량 감소가 증가하고 한계이윤감소가 낮아지게 되어 Porter 가설을 어느 정도 지지하는 것으로 밝히고 있다.

환경규제와 기술혁신에 대한 실증분석 연구는 이론분석 연구와 비교하여 많은 연구가 이루어지지 않았는데 비교적 최근의 연구는 Jaffe and Palmer(1997)가 있다. 이들은 1973년~1991년 사이의 산업별 패널자료를 이용하여 오염방지지출비용, 연구개발투자, 특허권 자료를 이용하여 환경규제와 기술혁신과의 관계를 분석하였다. 이들의 연구에 의하면 오염방지지출비용과 기술혁신의 투입물로 나타낼 수 있는 연구개발투자와는 정(+)의 관계가 있음을 밝힌 반면 기술혁신의 산출물로 나타낼 수 있는 특허권과는 아무런 연관관계를 찾지 못하고 있다.

### Ⅲ. 實證分析模型 및 資料의 利用

#### 1. 實證分析 模型

본 연구에서 사용하고 있는 자료는 시계열자료(time series data)와 횡단면자료(cross section data)를 결합한 패널자료(panel data)를 사용하고 있어 다음과 같은 실증분석 모형을 설정하였다<sup>4)</sup>.

$$Y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \epsilon_{it}, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} i &= 1, \dots, N \\ t &= 1, \dots, T \\ k &= 1, \dots, K \end{aligned}$$

여기서  $Y_{it}$ 와  $X_{it}$ 는 각각  $N$ 개의 횡단면자료와  $T$ 개의 시계열자료가 결합된 종속변수와 독립변수를 나타내며,  $\beta_{1i}$ 는 상수항을 나타낸다.  $\epsilon_{it}$ 는 임의오차

4) Hsiao(1986), 윤창호 외(2000) 참조

(random error)를 나타내며 평균이 0, 분산이  $\sigma_\epsilon^2$ 인 정규분포를 가정한다.

횡단면자료와 시계열자료를 결합한 패널자료를 이용하여 분석하는 것은 개별 횡단면자료와 연도별 자료의 특성을 모두 고려하고, 각각의 효과를 분리하기 위해서이다. 패널자료를 이용하여 식 (1)을 추정하는 방법은 상수항  $\beta_{1i}$ 를 어떻게 가정하는가에 따라 달라진다. 만약  $\beta_{1i}$ 가 임의적인 확률변수라면  $\beta_{1i}$ 는  $\beta_{1i} = \bar{\beta}_1 + u_i$ 로 다시 쓸 수 있다. 여기서  $\bar{\beta}_1$ 는 상수이고  $u_i$ 는 평균이 0, 분산이  $\sigma_u^2$ 이고 독립적인 정규분포를 갖는다고 가정한다. 이러한 가정 하에서 식 (1)을 일반화최소자승법 (generalized least square, GLS)으로 추정하는 것을 임의효과모형 (random effect model)이라고 한다. 이에 반해  $\beta_{1i}$ 가 고정된 계수라고 가정하면, 횡단면자료의 특성을 더미변수로 처리하여 최소자승법으로 추정하게 되는데 이를 고정효과모형 (fixed effect model)이라 한다.

본 연구의 목적은 환경규제강화와 기술혁신 간에는 어떠한 관계를 갖는가 하는 것을 밝히는데 있다. 이에 대한 실증분석을 위해 환경규제강화로 인해 기술혁신의 투입물과 산출물에 어떠한 영향을 줄 수 있는가라는 좁은 의미에서의 Porter 가설을 검증하기 위한 모형을 설정하면 식 (2)와 식 (3)과 같다.<sup>5)</sup>

$$\ln Frd_{it} = \beta_1 + \beta_2 \ln Adv_{it} + \beta_3 \ln Grd_{it} + \beta_4 \ln R_{it-1} + \epsilon_{it}, \quad (2)$$

여기서  $Frd$ 는 기업조달 연구개발투자,  $Adv$ 는 부가가치,  $Grd$ 는 정부조달 연구개발투자,  $R$ 은 환경규제 변수를 나타낸다.

$$\ln Dpr_{it} = \gamma_1 + \gamma_2 \ln Adv_{it} + \gamma_3 \ln Fpr_{it} + \gamma_4 \ln R_{it-1} + \epsilon_{it}, \quad (3)$$

여기서  $Dpr$ 은 내국인의 특허출원,  $Adv$ 는 부가가치,  $Fpr$ 는 외국인의 국내 특허출원,  $R$ 은 환경규제 변수를 나타낸다.

식 (2)는 기술혁신의 투입 측면에서 환경규제강화와 기술혁신과의 관계를 나타

5) 실증분석 모형은 Jaffe and Palmer(1997)의 모형을 이용하였다.



낸 것이다. 기술혁신의 투입을 나타내는 변수로는 연구개발투자를 이용하였다.  $Adv$ 는 부가가치 변수로 산업의 규모에 따라 발생할 수 있는 기업조달 연구개발투자와 환경규제변수<sup>6)</sup>의 가성회귀(spurious correlation)를 조정하기 위한 변수로써, 부가가치가 큰 산업은 그렇지 않은 산업과 비교하여 이윤이 더 크게 나타날 수 있기 때문에 기업조달 연구개발투자와는 정(+ )의 관계가 예상된다.<sup>7)</sup>  $Grd$ 는 산업별 정부조달 연구개발투자<sup>8)</sup>로서 기업조달 R&D투자와 보완(complement) 관계를 나타낼 것으로 예상된다.<sup>9)</sup>  $R$ 은 환경규제를 나타내는 변수로써 오염방지시설 자본비용을 이용하고 있으며<sup>10)</sup>, 환경규제가 연구개발투자에 주는 영향은 시차가 존재할 것이라고 생각하여 전기( $t-1$ )의 환경규제변수를 이용하였다<sup>11)</sup>.

식 (3)은 기술혁신의 산출 측면에서 환경규제강화와 기술혁신과의 관계를 나타낸 것이다. 기술혁신의 산출을 나타내는 변수로는 특허권을 이용하였으며  $Dpr$ 은 내국인의 특허출원 건수를 나타낸다.  $Adv$ 는 부가가치 변수로 식 (2)에서와 같은 이유에서 변수로 이용하고 있으며, 내국인의 특허출원 건수와는 정(+ )의 관계가 있을 것으로 예상된다.  $Fpr$ 은 산업별 외국인이 국내에 출원한 특허출원 건수를 나

- 
- 6) 본 연구에서 이용하는 환경규제변수는 오염방지시설 자본비용과 오염방지시설 투자액이다.
- 7) 실제 추정에 있어서는 부가가치 이외에 산업규모를 나타내는 변수로 생산액을 사용하여서도 추정하고 있다. 이러한 이유는 본 연구의 추정방정식이 단순한 행태방정식이기 때문에 여러 변수를 추가하여 추정하는 것이 적절하다고 판단되기 때문이다. 또한 산업규모가 크면 연구개발투자도 크게 나타나는데 강명현(1993)에 의하면 우리나라의 경우 연구개발투자가 화학, 조립금속, 전기·전자, 운송장비 등 규모가 큰 산업에 집중되어 있음을 밝히고 있다.
- 8) 연구개발활동에 대한 유인은 산업특성(industry characteristics)에 따라 다를 수 있다. 산업특성을 설명하는 것으로 기술적 기회(technological opportunity), 전유성(appropriability) 등이 있는데 정부조달 연구개발투자는 기술적 기회를 외생적으로 설명해 줄 수 있는 변수이다. 즉 정부는 정부자체의 연구개발, 기업연구개발에 대한 보조 내지 후원을 통해서 또는 기술 확산을 촉진시켜 기술혁신의 비용을 줄이거나 연구개발의 방향에 대해 영향을 주고 있다. 또한 정부조달 연구개발투자는 산업별로 편차가 심하게 나타나는데, 이러한 예로 특히 군수물자를 공급하는 산업과 같이 연구개발 지원을 받는 주요 산업은 정부의 지원이 큰 것으로 알려져 있다. 연구개발투자 수익이 큰 산업이 그렇지 않은 산업에 비해 정부조달 연구개발투자가 유인되며, 정부조달 연구개발투자가 많은 산업에 기업조달 연구개발투자가 유인되는 경우가 많다(Levin and Reiss, 1984; Jaffe, 1988; Cohen, 1995 참조).
- 9) Levin and Reiss(1984), David et al. (1999)는 기업조달 연구개발투자와 정부조달 연구개발투자와는 보완 관계가 있음을 밝히고 있다.
- 10) 실제 추정에 있어서는 환경규제 변수로 오염방지 투자액도 이용하였다.
- 11) 실제 추정에 있어서는 당해년도( $t$ 기)의 자료도 이용하여 추정하였다.

타낸다.  $Fpr$ 을 독립변수로 이용한 이유는 특허를 결정하는 요인들은 산업별로 다르게 영향을 주는데 이러한 요인들이  $Fpr$ 에 비례적으로 영향을 준다고 가정하면,  $Fpr$ 변수는 특허 결정에 대해 산업별로 차이가 나지만 관찰되지 않은 변수들을 조정해 줄 수 있기 때문이다.  $Fpr$ 과 내국인의 특허출원 건수와는 정(+)의 관계가 있을 것으로 예상된다. 이러한 이유는 해당산업에서 외국인의 특허출원 건수가 많아질수록 해당 산업에서의 특허권 보호를 위해 내국인의 특허권 출원이 증가할 것이기 때문이다.

본 연구에서는 식 (2)와 식 (3)을 추정하는데 다음과 같은 사항을 고려하여 추정하였다. 첫째, 전체기간(1983년~1997년)과 두 기간(1983년~1990년, 1991년~1997년) 모두 추정하였는데 이것은 환경규제의 강화에 대한 영향을 살펴보기 위한 것이다<sup>12)</sup>. 둘째, 식 (2)에서 연구개발투자에 대해 기술적 기회, 전유성이 연구개발투자에 영향을 주는데 만약 이러한 관찰되지 않는 변수를 고려하지 않고 추정하게 되면, 관찰되지 않는 변수와 환경규제변수가 독립적이지 못하게 되어 추정치에 편의(bias)가 생길 수 있다. 본 연구에서는 패널자료를 이용하여 고정효과모형과 임의효과모형으로 추정하고 있기 때문에 패널자료 사용으로 인한 편의를 제거하고 있다. 셋째, 연구개발투자에 대한 물가지수를 작성하기 어렵다는 것이다. 이러한 이유는 연구개발투자는 유형고정자산의 투자와는 성격이 다르기 때문에 적절한 물가지수 산정이 어렵기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 연구개발투자에 대한 명목변수, 실질변수 모두를 이용하여 추정하였다.

## 2. 實證分析 資料

### 1) 자료의 특성 및 산업분류의 일치

본 연구에서 사용하는 자료는 한국표준산업분류(Korean Standard Industry Classification, KSIC) 제조업 10개 산업의 횡단면자료와 1983년도부터 1997년까지

12) 조주현(2002)에서 밝히고 있듯이 1990년대 이후에 환경규제가 강화되었음을 알 수 있다. 1991년 낙동강 폐놀 오염사건을 계기로 환경규제에 대한 법적, 행정적인 규제가 강화되었으며 이와 함께 환경오염방지시설 대한 기초투자가 본격적으로 이루어졌다. 이러한 이유로 본 연구에서는 환경규제강화에 대한 영향을 고려하기 위해 1983년~1990년, 1991년~1997년의 두 기간으로 구분하였다.

지의<sup>13)</sup> 15년 동안의 시계열자료를 결합한 패널자료(panel data)이다. 실증분석에 사용된 자료는 생산액, 부가가치, 오염방지시설 자본비용, 오염방지시설 투자액, 기업조달 연구개발투자액, 정부조달 연구개발투자액, 내국인 특허출원 건수, 외국인 특허출원 건수이다.

생산액, 부가가치에 대한 자료는 통계청의 『광공업통계조사』를 이용하였다. 오염방지시설 투자액은 산업은행의 『설비투자계획조사』를 이용하였으며<sup>14)</sup>, 기업조달 연구개발투자와 정부조달 연구개발투자에 대한 자료는 과학기술부의 『과학기술연구개발활동조사보고』를 이용하였다. 또한 특허출원에 대한 자료는 『특허청 연보』에 수록되어 있으나, 국적의 구분 없이 수록되어 있어 내국인과 외국인의 특허출원에 대한 자료는 특허청으로부터 직접 입수하여 이용하였다. 1983년도부터 1997년까지의 연도별 『광공업통계조사』를 이용하는데 있어 발생할 수 있는 문제로 『광공업통계조사』의 산업분류는 한국표준산업분류 체계를 따르고 있는데 동 기간 동안 한국표준산업분류는 두 번(1984년, 1991년)의 개정이 이루어졌기 때문에 산업분류의 일관성을 유지하지 못한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 산업분류를 일치시키는 작업을 수행하였으며, 산업분류의 일관성을 유지하기 위해 1984년을 기준으로 재분류하였다<sup>15)</sup>. 1984년 기준 표준산업분류에서는 중분류 기준으로 제조업을 9개 산업으로 분류하고 있으며, 1991년 기준 표준산업분류에서는 제조업을 중분류 기준 23개 산업으로 분류하였다. 일반적으로 1984년 중분류 산업과 1991년 중분류 산업은 일치하였다. 그러나 몇몇 산업의 경우에는 1991년의 세세분류산업과 1984년의 중분류 산업을 일치

13) 분석대상 기간을 1983년~1997년으로 설정한 이유는 자료 이용의 한계 때문이다. 산업별 오염방지시설 자본량을 추계하기 위해 1983년 『광공업통계조사』의 자산총액과 1983년~1997년의 『설비투자계획조사』의 투자액을 이용하고 있다. 그런데 산업은행의 『설비투자계획조사』 자료는 1982년부터 집계하고 있다. 1982년 자료를 이용하지 않은 이유는 1982년 자료가 너무 부실하여 이에 대한 자료를 이용하지 않았으며, 이에 시작연도를 1983년으로 하였으며 1998년은 외환위기의 기간으로 이 기간을 포함하여 실증분석 하는 경우 자료상에 문제가 있을 것 같아 제외하고 추정하였다.

14) 환경오염방지지출 통계는 한국은행, 산업은행, 상공회의소에서 작성하고 있는데 한국은행과 상공회의소는 1992년부터 추계를 하고 있어 자료가 부족하다. 또한 한국은행의 환경오염방지지출 통계는 제조업을 세분화하여 공표하고 있지 않고 있어 이용 상에 어려움이 있다.

15) 1984년도를 기준으로 한 이유는 산업은행의 『설비투자계획조사』의 산업분류가 1984년도 개정 표준산업분류로 분류되어 있기 때문이다.

시켜야 했다.

예를 들어 1991년의 중분류 기준 재생재료가공 처리업(37) 중에서 섬유 및 종이 재료 가공 처리업(37201)은 1984년 중분류 기준 섬유·의복·가죽산업(32)에도 포함되고 나무 및 나무제품 산업(33)에도 포함되어 있어 섬유 및 종이재료 가공 처리업(37201) 산업을 분할하여 집계하였다. 또한 1991년의 중분류 기준 재생재료가공 처리업(37) 중에서 페플라스틱 및 고무재생재료 가공처리업(37202)과 비금속재생 재료 가공처리업(37209)은 1984년 중분류 기준으로 화학물과 화학·석유·석탄·고무 및 플라스틱 산업(35)으로 분류하였다. 이와 같은 방법을 이용하여 1984년과 1991년의 표준 산업분류를 산업별로 일치시켰다. 이에 대한 결과를 <표 1>에 제시하였다<sup>16)</sup>.

〈표 1〉『광공업통계조사』의 산업분류 일치

산 업	표준산업분류(1984)	표준산업분류(1991)
음식료품 및 담배 제조업	31	15, 16
섬유, 의복, 가죽 제조업	32	17, 18, 19, 37201(일부)
나무 및 나무제품 제조업(가구포함)	33	20, 36102, 36103, 36104 36105, 36109, 37201(일부)
펄프, 종이, 인쇄, 출판 제조업	34	21, 22
화학물과 화학, 석유, 석탄, 고무 및 플라스틱 제조업	35	23, 24, 25, 36106, 37202, 37209
비금속 광물제품 제조업	36	26
제1차 금속제품 제조업	37	27, 371
조립금속 제조업	381	28, 36101
기계 및 장비제조업	382	29(293 제외), 30
전기, 전자기기 제조업	383	31, 32, 293
운수장비 제조업	384	34, 35
의료, 정밀, 광학기기 및 시계제조업	385	33
기타제조업	39	369

16) 실제 추정에 이용된 자료 중에서 목재 및 나무제품 제조업, 의료, 정밀, 광학기기 및 시계제조업, 기타제조업의 경우 오염방지시설 투자액에 대한 자료가 많은 부분이 누락이 되어 이들 산업은 제외하고 추정하였다.

## 2) 자료의 구축

본 연구에서 이용한 자료는 다음과 같다.

### ① 부가가치

부가가치에 대한 자료는 『광공업통계조사』의 부가가치를 이용할 수 있다. 그러나 『광공업통계조사』의 부가가치는 국민계정의 부가가치와는 산출방법의 차이로 인해 일치하지 않는다<sup>17)</sup>. 따라서 『광공업통계조사』의 부가가치 자료를 이용하기에는 부적절하다고 생각되어, 『광공업통계조사』의 부가가치에 자영업주 및 무급가족 종사자의 보수를 더한 것으로 부가가치를 정의하여 이용하였다. 명목부가가치를 불변가격기준(1990=100)으로 실질화하기 위해 윤창호·이종화(1998)의 방법을 이용하였다<sup>18)</sup>.

### ② 생산액

생산액에 대한 자료는 실물단위(physical unit)가 좋겠지만 자료의 제약으로<sup>19)</sup> 화폐단위(monetary unit)인 『광공업통계조사』의 명목생산액을 이용하였다. 명목생산액을 실질화 하기 위해 한국은행의 산업별 생산자 물가지수(1990=100)를 이용하여 불변가격기준으로 환산하였다.

### ③ 환경규제변수(오염방지시설 비용, 오염방지시설 투자)

환경규제를 나타내는 변수로 오염방지시설 자본비용과 오염방지시설 투자액을 이용하였다. 오염방지시설비용을 구하기 위해 오염방지시설 자본량을 추계해야 한다. 오염방지시설 자본량의 추계는 영구재고법(perpetual inventory method)<sup>20)</sup>을

17) 『광공업통계조사』의 부가가치액은 생산액에서 원재료비, 연료비, 전력비, 용수비, 외주가공비 및 수선비 등 주요생산비를 공제한 것으로 간접생산비(급여총액, 퇴직금, 복리후생비, 임차료, 감가상각비, 세금공과금, 대손상각비, 기타비용)가 포함되어 있어 국민계정상의 부가가치와는 산출방법의 차이로 인해 일치하지 않는다.

18) 총생산 가격지수, 중간투입물 가격지수, 부가가치 가격지수를 각각  $P_g$ ,  $P_m$ ,  $P_v$ 라고 할 때 가격지수간의 관계를 Cobb-Douglas 함수형태로 가정하면  $P_g = P_m^\alpha P_v^{(1-\alpha)}$ 로 나타낼 수 있다. 여기서  $\alpha$ 는 총생산에서 투입된 중간투입물 비중을 나타낸다.  $P_g$ ,  $P_m$ ,  $\alpha$ 가 주어지면 부가가치 가격지수는  $P_v = [P_g P_m^{-\alpha}]^{(1/1-\alpha)}$ 로 구할 수 있다(윤창호·이종화 1998, pp. 32 인용).

19) 제품별 수량단위가 다르기 때문이다.

이용하여 추계하였다. 영구재고법으로 추계하기 위해서는 초기 오염방지시설 자본량이 필요하고 오염방지시설 투자액이 필요하다. 초기 오염방지시설 자본량은 1983년 『광공업통계조사』에 나타난 오염방지시설 자산총액(amount of pollution abatement and control assets)을 이용하였으며 투자액은 한국산업은행의 『설비투자계획조사』의 오염방지 설비투자액을 이용하였다.

한국산업은행의 『설비투자계획조사』와 통계청의 『광공업통계조사』를 같이 이용하는 경우 자료수집의 대상이 서로 다르기 때문에 오염방지시설 자본량이 과소하게 추정될 수 있다. 즉 『설비투자계획조사』는 제조업의 경우 100인 이상이 되는(산업부문에 따라 200이상) 1,215개의 기업체를 대상으로(1990년부터는 200인 이상 - 산업부문에 따라 100인 이상 - 1,926개의 기업체) 표본조사를 하지만, 『광공업통계조사』의 경우 5인 이상 사업체를 대상으로 전수조사를 한다. 따라서 『광공업통계조사』와 『설비투자계획조사』를 같이 이용하는 경우 자료수집 대상이 다르기 때문에 문제점이 발생할 수 있다.

그러나 한국산업은행(1995)에 의하면 『설비투자계획조사』의 제조업체 선정기준은 통계청의 『광공업통계조사』결과 업종별 연간 유형고정자산 취득액의 85% 이상을 점하는 선에서 사업체의 종업원 수를 기준으로 선정하고 있다. 또한 한국의 설비투자(1995)에 의하면 『설비투자계획조사』는 제조업 전체 투자의 약 90%를 차지하는 것으로 밝히고 있어 제조업의 경우 한국산업은행에서 조사한 설비투자 변수는 제조업 투자의 약 90%의 대표도를 갖는다고 할 수 있다.

따라서 『설비투자계획조사』와 『광공업통계조사』가 비록 자료수집 대상에 있어서 차이가 존재할지라도 『설비투자계획조사』가 제조업 투자의 평균적으로 90% 이상의 대표도를 갖고 있기 때문에 『설비투자계획조사』의 오염방지시설 투자액을 이용하여 오염방지시설 자본량을 추정하는데 있어 심각한 정도의 문제는 발생하지 않는다고 생각되어 『광공업통계조사』와 『설비투자계획조사』를 같이 이용하였다.

그런데 산업별 오염방지시설 자본량의 시계열을 구하는데 있어 문제가 되는 것은 『광공업통계조사』에서 발표되고 있는 경상가격기준 오염방지시설 자산총액과

20) 자본량 추계방법은 대표적인 방법으로 직접적인 방법인 실사법(survey method)이 있고 간접적인 방법으로는 영구재고법, 기준년도접속법(benchmark year method) 등이 있다. 각 추계 방법에 대한 설명과 장단점은 한국은행(2000) 참조.

『설비투자계획조사』의 경상가격기준 오염방지시설 투자를 어떤 방법으로 불변가격으로 환산할 수 있는가 하는 것이다. 즉 오염방지시설에 대한 환가지수(deflator)가 작성되어 있지 않고 오염방지시설에 대한 투자는 생산적인 투자와 성격이 다르다. 본 연구에서는 불변가격기준(1990=100)으로 실질화 하기 위해 오염방지시설 및 투자 행위도 기업의 생산활동의 일부라고 생각되어 생산적인 투자에 초점에 맞추어 실질화 하였다. 이를 위해 『건설교통통계연보』의 전국지가변동률을 이용한 토지에 대한 환가지수와 『국민계정』의 자본재형태별 총자본형성의 환가지수를 평균값으로 실질화 하였다<sup>21)</sup>.

연구재고법에 의한 오염방지시설 자본량을 추계하기 위한 방정식은 식 (4)와 같다.

$$K_{it} = K_{it-1} (1 - \delta_i) + I_{it} , \quad (4)$$

여기서  $K_{it}$ 는  $t$ 년도의  $i$ 산업의 오염방지시설 자본량,  $I_{it}$ 는  $t$ 년도의  $i$ 산업의 오염방지시설 투자액,  $\delta_i$ 는  $i$ 산업의 감가상각률을 나타낸다.

감가상각률에 대한 계산은 법인세법의 산업별 자산의 기준내용연수를 참조로 하여 정액법으로 산출하였다. 오염방지시설 자본량을 추계하기 위해서는 초기 오염방지시설 자본량이 필요한데 초기값은 1983년 『광공업통계조사』의 오염방지시설 자산총액을 이용하였다. 이렇게 구한 오염방지시설 자본량에 자본가격<sup>22)</sup>을 곱하여 오염방지시설 자본비용을 추계하였다.

#### ④ 연구개발투자 및 특허출원 건수

기업조달 연구개발투자와 정부조달 연구개발투자에 대한 자료는 과학기술부의 『과학기술연구개발활동조사보고』를 이용하였다. 『과학기술연구개발활동조사보고』의 연구개발투자는 명목값 이기에 불변가격(1990=100) 기준으로 실질화 하기

21) 한국산업은행의 『설비투자계획조사』와 한국은행의 『국민계정』에서의 설비투자의 대상은 다르게 정의되고 있다. 『설비투자계획조사』는 설비투자 대상을 설비투자를 목적으로 하는 토지의 취득을 포함하여 유형고정자산을 모두 포함(토지, 건물, 구축물, 기계기구, 운수장비 등)하고 있다. 『국민계정』에서는 총고정자본형성에 토지의 취득은 포함시키지 않고 있다.

22) 자본가격은 조주현(2002)에서 구한 것을 사용하였다.

위해 김적교·조병택(1989)의 방법을 이용하였다. 『과학기술연구개발활동조사보고』의 연구개발투자 자료는 비목별로 경상비, 자본적 지출로 구분되고 경상비는 인건비, 기타경상비로 자본적 지출은 기계, 장치와 토지, 건물로 세분화되어 있다. 본 연구에서는 비목별로 구분된 연구개발투자 자료를 이용하여 인건비, 기타경비, 토지건물, 기계장비에 대한 비목별 환가지수를 작성하였고, 이렇게 작성된 비목별 환가지수에 가중치를 부과하여 연구개발투자에 대한 환가지수를 추계하였다. 구체적인 방법은 다음과 같다. 인건비에 대한 환가지수를 작성하기 위해 소비자물가지수를 이용하였다. 기타경비는 한국은행의 생산자물가지수의 총지수를 이용하였으며, 토지·건물, 기계장비에 대해서는 한국은행 『국민계정』의 자본재형태별 고정자본형성의 환가지수를 이용하였다. 이렇게 구한 인건비, 기타경비, 토지·건물, 기계의 환가지수에 비목별로 전체 연구개발투자액에서 차지하는 비중을 가중치로 하여 연구개발 환가지수를 추계하였다<sup>23)</sup>. <표 2>에 연구개발투자의 비목별 환가지수와 전체 연구개발투자의 환가지수를 GDP 환가지수와 비교하여 나타내고 있다.

특허출원에 대한 산업별 자료는 특허청의 『특허청 연보』에 수록되어 있으나, 『특허청 연보』의 자료를 이용하는 경우 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 『특허청 연보』에서 분류하고 있는 산업분류와 표준산업분류가 다르다는 점이다. 『특허청 연보』에서는 산업을 기계, 화학일반, 섬유, 전기통신, 토목건설, 채광 금속, 음료위생, 사무용품·인쇄, 농림수산, 잡화, 기타로 구분하기 때문에 표준산업분류와는 많이 다르다. 이러한 이유로 본 연구에서는 표준산업분류와 어느 정도 일치하는 산업에 대한 자료만 이용하여 분석하고 있다. 일치하는 산업은 기계, 화학, 섬유, 전기 산업이다<sup>24)</sup>. 둘째, 『특허청 연보』에는 특허출원에 대한 자료가 국적의 구분 없이 수록되어 있다. 내국인과 외국인의 특허출원에 대한 자료는 특허청으로부터 직접 입수하여 이용하였다. <표 3>은 본 연구의 실증분석에서 사용된 주요변수의 기초통계량을 나타내고 있다.

23) 연구개발투자 환가지수는 산업별로 동일하다고 가정한다.

24) 특허통계를 이용하여 산업별 분석을 하는 경우 가장 큰 어려운 점은 특허분류 코드와 산업분류 코드를 일치시키는 일이다. 우리나라의 경우 이러한 작업이 이루어지지 않고 있다.



〈표 2〉 R&D 환가지수

연도	인건비	기타경비	토지건물	기계장비	R&D 환가지수	GDP 환가지수
1983	22.0	21.4	5.6	9.1	58.1	64.7
1984	19.7	27.0	4.6	11.8	63.0	68.3
1985	20.3	22.9	5.3	14.9	63.4	71.4
1986	20.0	23.2	5.8	18.4	67.4	75.1
1987	17.3	23.2	4.5	24.8	69.7	79.4
1988	25.7	22.5	4.3	28.3	80.9	85.4
1989	27.1	24.4	7.0	27.9	86.3	90.3
1990	31.8	30.7	7.0	30.5	100.0	100.0
1991	35.7	36.1	7.7	32.4	111.8	110.8
1992	41.1	36.7	9.3	30.4	117.5	119.3
1993	38.8	38.8	11.6	33.9	123.0	127.7
1994	40.3	39.8	13.0	44.5	137.7	137.4
1995	46.0	46.3	13.7	45.1	151.1	147.3
1996	48.2	50.7	13.1	51.3	163.3	153.0
1997	52.3	58.5	9.2	46.6	166.6	157.9

주: 인건비, 기타경비, 토지건물, 기계장비에 대한 환가지수는 가중치를 고려한 환가지수를 나타냄.

〈표 3〉 주요 사용변수들의 기초 통계량

변수	관측치	평균	표준오차	최소값	최대값
기업조달 R&D투자	150	11.414	1.334	8.713	14.431
정부조달 R&D투자	150	7.022	2.299	0	11.748
생산액	150	16.443	0.785	14.700	17.942
부가가치	150	15.613	0.776	14.002	17.481
오염방지자본비용(t기)	150	9.216	1.182	6.945	11.674
오염방지자본비용(t-1기)	140	9.161	1.167	6.945	11.465
오염방지투자(t기)	150	9.316	1.442	4.189	12.637
오염방지투자(t-1기)	140	9.278	1.441	4.189	12.637

주: 변수의 값들은 실제 추정에 투입된 자연로그 값이며, 실질값을 나타낸다..

#### IV. 實證分析 結果

##### 1. 研究開發投資의 推定結果

본 연구의 연구개발투자 모형에서 기업조달 연구개발투자는 부가가치, 정부조달 연구개발투자, 환경규제변수의 함수로 설정하였다. 본 연구에서는 부가가치뿐만

아니라 생산액도 이용하였으며, 환경규제 변수는 당해기간( $t$ 기)의 자료뿐만 아니라 전기( $t-1$ 기)의 자료도 이용하여 추정하였다. 한편 환경규제변수로는 오염방지시설 자본비용과 오염방지시설 투자액 모두를 이용하여 추정하였다. 또한 연구개발투자에 대한 물가지수는 정확하게 알려져 있지 않기 때문에 명목치와 실질치 모두를 이용하여 추정하였으며 환경규제의 강화에 대한 영향을 살펴보기 위해 기간을 두 기간으로 구분하여 추정하였다.

이와 함께 본 연구에서 이용하는 자료는 패널자료이기 때문에 실증분석 모형을 추정하는데 있어 고정효과모형으로 추정할 것인지 임의효과모형으로 추정해야 할 것인지 결정해야 한다. 일반적으로 고정효과모형으로 추정하게 되면 추정량이 일치 추정량(consistent estimator)을 만족하나 추정해야 할 계수 추정치가 많아 자유도에 문제가 생겨 추정치의 효율성(efficiency)에 문제가 발생할 수 있다. 이에 반해 임의효과모형으로 추정하면 추정해야 할 계수가 줄어들어 효율성을 개선할 수 있으나 독립변수  $X_i$ 가  $u_i$ 와 독립적이라는 가정 하에서 성립하는 것이므로 이러한 가정이 성립하지 않는다면 추정량은 일치추정량의 성질을 만족하지 못한다. 고정효과모형으로 추정할 것인지 임의효과모형으로 추정할 것인지에 대한 모형설정(model specification)에 대한 검정은 하우스만검정(Hausman's test)으로 알려져 있다. 하우스만검정을 위해 고정효과모형과 임의효과모형으로 각각 추정한 후  $X_i$ 와  $u_i$ 에 대한 상관관계를 검정하고 상관관계가 유의할 경우 고정효과모형을 사용하며, 유의하지 않을 경우 임의효과모형을 사용하였다.

〈표 4〉는 환경규제변수로 오염방지시설 자본비용을 이용한 하우스만검정 결과이다. 따라서 실증분석모형의 추정결과를 제시한 〈표 5〉, 〈표 6〉, 〈표 7〉에서는 〈표 4〉의 하우스만검정에 기초하여 귀무가설이 기각되면 고정효과모형을, 채택되면 임의효과모형으로 추정한 결과를 제시하였다. 〈표 5〉는 1983~1997년 기간에 대한 추정결과이다. 〈표 5〉에 제시하고 있는 바와 같이 자유도로 조정된 결정계수  $\overline{R}^2$ 는 0.37~0.53으로 패널자료를 이용함에도 불구하고 모형의 적합도 면에서 높게 추정되었다. 부가가치와 생산액 자료를 이용한 추정결과에서 몇몇 상수항을 제외하고는 모든 계수 추정치에서 통계적으로 의미가 있게 추정되었다.

부가가치와 생산액( $\beta_2$ )에 대한 계수 추정치는 모두 통계적으로 유의하며 양(+)의 값을 나타내어 부가가치가 클수록 혹은 생산규모가 클수록 연구개발투자에 대한

〈표 4〉 하우스만검정결과

구 분		$\chi^2(3)$ 검정통계량(1983년~1997년)			
		명목변수 이용		실질변수 이용	
		부가가치	생산액	부가가치	생산액
오염방지	$t$ 기 자료	0*	0*	0*	0*
자본비용	$t-1$ 기 자료	0*	0*	0*	0*

구 분		$\chi^2(3)$ 검정통계량(1983년~1990년)			
		명목변수 이용		실질변수 이용	
		부가가치	생산액	부가가치	생산액
오염방지	$t$ 기 자료	8.07	9.08	10.07	6.62
자본비용	$t-1$ 기 자료	1.88	2.08	2.71	1.26

구 분		$\chi^2(3)$ 검정통계량(1991년~1997년)			
		명목변수 이용		실질변수 이용	
		부가가치	생산액	부가가치	생산액
오염방지	$t$ 기 자료	0.01*	0.65	0.24***	0.68
자본비용	$t-1$ 기 자료	0.91	2.80	0.94	1.68

주:  $u_i$ 가 독립변수와 독립적이라는 귀무가설을 \*는 유의수준 1%, \*\*는 5%, \*\*\*는 10% 수준에서 통계적으로 채택함을 의미함.

〈표 5〉 R&D 추정결과(1983년~1997년)

구분	계수추정치(부가가치 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	0.28 (1.41)	0.55* (0.11)	0.74** (0.03)	0.22* (0.74)	0.50	-0.43 (1.35)	0.59* (0.11)	0.71** (0.03)	0.23* (0.71)	0.51
실질변수 이용	4.63* (1.23)	0.27* (0.10)	0.06** (0.02)	0.20** (0.08)	0.39	4.34* (1.14)	0.27* (0.95)	0.07* (0.02)	0.24* (0.79)	0.37

구분	계수추정치(생산액 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	-1.62 (1.71)	0.65* (0.13)	0.07** (0.03)	0.20* (0.07)	0.53	-2.36** (1.60)	0.68* (0.12)	0.06** (0.02)	0.21** (0.07)	0.53
실질변수 이용	3.45** (1.71)	0.34* (0.13)	0.05*** (0.03)	0.21** (0.08)	0.37	2.49 (1.59)	0.39* (0.03)	0.23** (0.08)	0.24* (0.79)	0.37

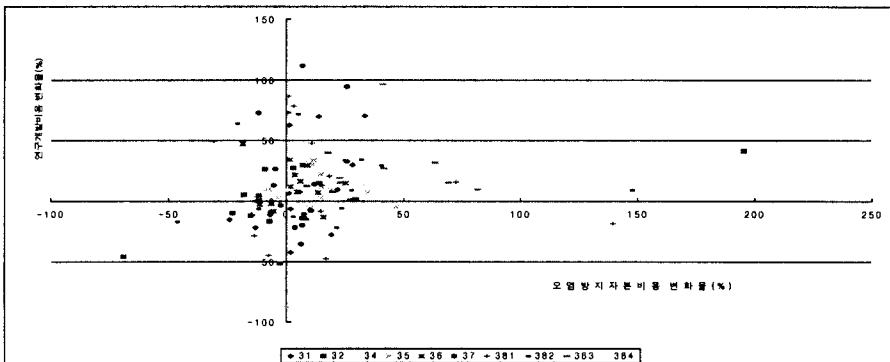
주: ( ) 내 숫자는 각 추정계수의 표준오차를 나타내고, \*는 1%, \*\*는 5%, \*\*\*는 10%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

유인이 큰 것으로 나타났다. 이것은 본 연구에서 예상한 부호와 일치한다. 정부조달 연구개발투자( $\beta_3$ )에 대한 계수 추정치 역시 통계적으로 유의하며 양(+)의 값으로 추정이 되어 기업조달 연구개발투자와 정(+)의 관계가 있음을 알 수 있다.

이러한 추정결과는 기업조달 연구개발투자와 정부조달 연구개발투자와는 보완재 관계가 있다는 것을 의미하며, 본 연구에서 예상한 부호와 일치하여 추정되었다. 환경규제변수( $\beta_4$ )의 계수 추정치는 명목변수, 실질변수, 부가가치, 생산액, 전기( $t-1$ 기)자료, 당기( $t$ 기)자료 모든 경우에 있어 통계적으로 유의하며 양(+)의 값으로 추정이 되었으며, 추정 계수의 값이 0.2~0.24로 추정치의 변동이 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 환경규제변수와 기업조달 연구개발투자 사이에 산업규모에 따라 생길 수 있는 가성회귀 문제가 해결되어 추정되고 있음을 나타낸다. 또한 본 연구에서는 패널자료를 이용하고 있어 횡단면의 특성 즉 산업간(inter-industry) 특성을 고려하여 추정하였다. 따라서 독립변수의 계수 추정치는 산업내(intra-industry) 변동에 따라 결정된다고 생각할 수 있어, 계수 추정치가 양(+)의 값으로 추정되었다는 것이 환경규제의 변화와 기업조달 연구개발투자의 변화가 시간의 변화에 따라 정(+)의 관계가 있는 것을 의미한다.

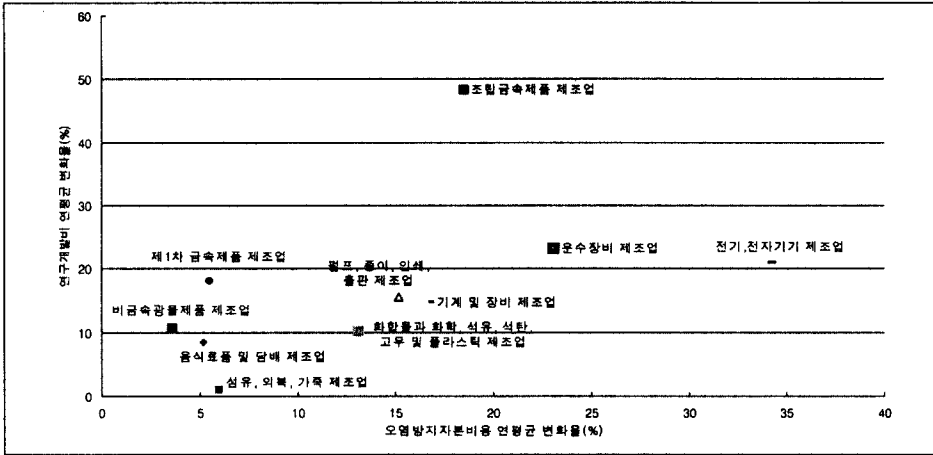
이러한 사실은 <그림 1>부터 <그림 4>에서 확인할 수 있다. <그림 1>과 <그림 2>는 산업별 기업조달 연구개발투자 증감률과 오염방지시설 자본비용 증감률( $t$ 기)과의 관계를 나타낸 것으로 <그림 1>은 전년대비 연평균 증감률을 나타내며 <그림 2>는 1983년~1997년 동안의 연평균 증감률을 나타내고 있다.

<그림 1> 산업별 R&D 증감률과 오염방지시설자본비용 증감률( $t$ 기)의 관계



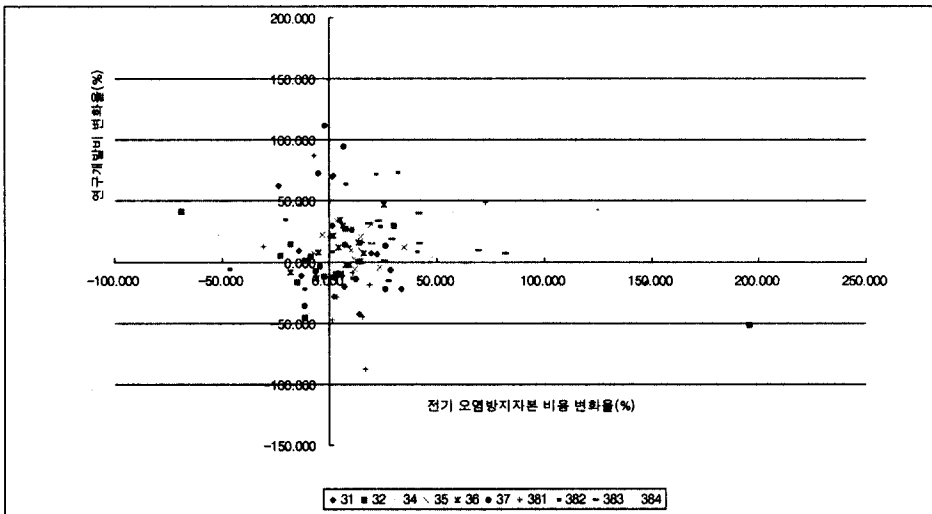
주: 전년대비 증감률을 나타냄

〈그림 2〉 산업별 R&D 증감률과 오염방지시설 자본비용 증감률(t기)의 관계



주: 1983~1997년 동안의 연평균 증감률을 나타냄.

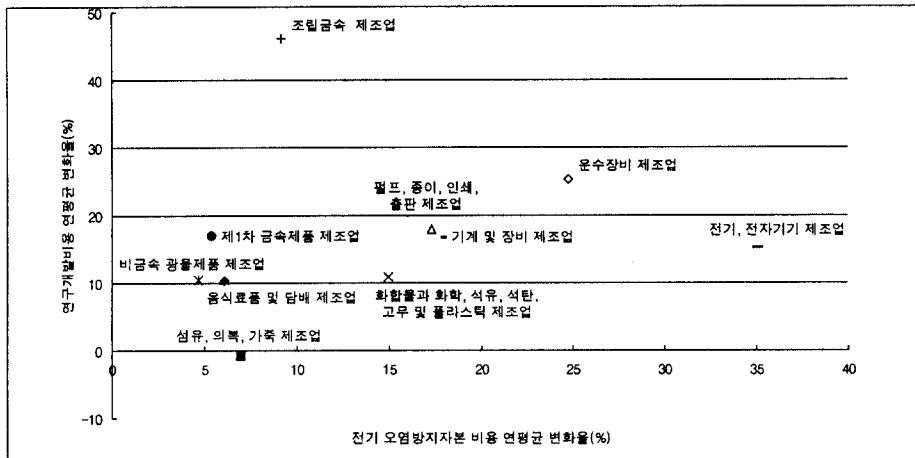
〈그림 3〉 산업별 R&D 증감률과 오염방지시설 자본비용 증감률(t-1기)의 관계



주: 전년대비 증감률을 나타냄

또한 <그림 3> 과 <그림 4>는 산업별 기업조달 연구개발투자 증감률과 오염방지 시설 자본비용 증감률(t-1기)의 관계를 나타낸 것으로 <그림 3>은 전년대비 연평균 증감률을 나타내며, <그림 4>는 1983년~1997년 동안의 연평균 증감률을 나타내고 있다. <그림 1>부터 <그림 4>를 통해서 알 수 있는 바와 같이 기업조달 연구개발투

〈그림 4〉 산업별 R&amp;D 증감률과 오염방지시설 자본비용 증감률(t-1기)의 관계



주: 1983년~1997년 동안의 연평균 증감률을 나타냄.

자 증감률과 오염방지시설 자본증감률은 정(+)의 관계가 있음을 확인 할 수 있다. 한편 산업별로는 조립금속, 운수장비, 전기·전자기기 제조업의 증가율이 높게 나타났으며, 섬유·의복·가죽, 음·식료품, 비금속광물제품 제조업의 증가율이 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 결과들로부터 알 수 있는 사실은 기업조달 연구개발투자자 오염방지시설 자본비용과는 정(+)의 관계가 있다는 것이다.

환경규제강화와 기업조달 연구개발투자자와의 관계를 살펴보기 위해 두 기간으로 나누어서 추정하고 있는데 이에 대한 추정결과는 <표 6>과 <표 7>에 제시하였다. 전체적으로 <표 6>과 <표 7>의 결과는 <표 5>의 결과와 비교하여 볼 때 추정계수의 통계적 유의성이 낮게 추정되고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 기간을 구분하여 추정하는 경우 이용할 수 있는 자료의 수가 상대적으로 작기 때문이라고 생각된다.

<표 6>과 <표 7>의 추정결과를 살펴보면 부가가치와 생산액( $\beta_2$ )에 대한 추정치는 1983년~1990년, 1991년~1997년 기간에 모두 양(+)의 값으로 추정이 되어 본 연구에서 예상하고 있는 부호의 방향과 일치하나, 1991년~1997년 기간의 추정계수는 부가가치와 해당연도 자료를 이용하여 추정한 경우를 제외하고는 통계적으로 유의하지 않게 추정되었다. 정부조달 연구개발투자( $\beta_3$ )에 대한 계수 추정치 역시 1983년~1990년, 1991년~1997년 기간에 모두 양(+)의 값으로 추정되어 본

〈표 6〉 R&D 추정결과(1983년~1990년)

구분	계수추정치(부가가치 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	-3.56*** (1.81)	0.96* (0.14)	0.03 (0.02)	-0.002 (0.14)	0.48	-5.43* (1.54)	0.97* (0.13)	0.01 (0.02)	0.20*** (0.12)	0.32
실질변수 이용	5.17* (1.82)	0.27** (0.12)	0.08* (0.02)	0.18 (0.14)	0.27	2.99*** (1.55)	0.26** (0.11)	0.07* (0.03)	0.46* (0.13)	0.10
구분	계수추정치(생산액 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	-6.34* (2.17)	1.10* (0.17)	0.03 (0.02)	-0.06 (0.14)	0.49	-7.63* (1.79)	1.07* (0.14)	0.01 (0.02)	0.17 (0.12)	0.34
실질변수 이용	-0.14 (2.20)	0.74* (0.17)	0.04 (0.03)	-0.06 (0.14)	0.48	-2.31 (1.79)	0.74* (0.14)	0.02 (0.02)	0.19 (0.13)	0.25

주: ( ) 내 숫자는 각 추정계수의 표준오차를 나타내고, \*는 1%, \*\*는 5%, \*\*\*는 10%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

〈표 7〉 R&D 추정결과(1991년~1997년)

구분	계수추정치(부가가치 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	3.77 (4.12)	0.30 (0.33)	0.07 (0.07)	0.28*** (0.17)	0.60	1.34 (3.82)	0.40 (0.29)	0.25* (0.07)	0.20*** (0.12)	0.78
실질변수 이용	6.26** (2.67)	0.16 (0.21)	0.05 (0.72)	0.24 (0.16)	0.56	1.25 (3.18)	0.41*** (3.18)	0.23* (0.08)	0.19 (0.13)	0.78
구분	계수추정치(생산액 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	3.54 (4.84)	0.30 (0.36)	0.07 (0.07)	0.30*** (0.17)	0.60	2.31 (4.71)	0.39 (0.37)	0.09 (0.08)	0.25 (0.17)	0.67
실질변수 이용	5.95 (4.03)	0.17 (0.30)	0.06 (0.75)	0.25 (0.17)	0.53	6.26 (4.13)	0.15 (0.31)	0.07 (0.08)	0.25 (0.17)	0.58

주: ( ) 내 숫자는 각 추정계수의 표준오차를 나타내고, \*는 1%, \*\*는 5%, \*\*\*는 10%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

연구에서 예상하고 있는 부호의 방향과 일치하였다. 그러나 부가가치와 생산액( $\beta_2$ )에 대한 추정치와 마찬가지로 추정치에 대한 통계적 유의성이 낮은 것으로 나

타났다.

한편 환경규제변수( $\beta_4$ )의 계수 추정치를 살펴보면 다음과 같다. 대체적으로 1983년~1990년 기간과 비교하여 1991년~1997년 기간의 추정치가 통계적 유의성을 가지며 양(+)의 값으로 추정이 되어 환경규제가 상대적으로 강화된 1991년~1997년 기간에 환경규제강화로 기업조달 연구개발투자가 증가했음을 알 수 있다. 특히 이러한 사실은 부가가치(명목변수), 전기변수를 이용하고 생산액(실질변수와 명목변수), 당기변수( $t$ 기)를 이용하여 추정한 결과를 기간별로 비교하면 알 수 있다. 즉 1983년~1990년 기간에는 추정치의 계수값이 통계적으로 유의하지 않은 음(-)의 값으로 추정되었으나, 1991년~1997년 기간의 추정치는 통계적으로 유의한 양(+)의 값으로 나타나 환경규제강화로 기업조달 연구개발투자가 증가했음을 알 수 있다. 한편 환경규제변수로 오염방지시설 투자에 대한 추정결과도 오염방지시설 자본비용의 추정 결과와 비슷하게 추정되었다. 이에 대한 추정결과는 <부표 1>부터 <부표 4>에 제시하였다.

## 2. 特許權의 推定結果

기술혁신의 산출물로 특허권을 이용한 모형에서는 내국인의 특허출원, 부가가치(생산액), 외국인의 특허출원, 환경규제변수( $t$ ,  $t-1$ 기)의 함수로 설정하여 자료의 부족으로 네 개의 산업만을 대상으로 추정한 결과를 <표 8>에 제시하였다. <표 8>은 고정효과모형을 이용한 추정결과이다. 이러한 이유는 임의효과모형으로 추정한 결과 횡단면 특성을 나타내는  $u_i$ 의 분산이 0으로 추정되어 임의효과모형으로 추정한 결과는 횡단면 특성을 고려하지 못하는 것으로 나타났다<sup>25)</sup>. 따라서 특허권을 이용한 추정은 고정효과모형을 이용한 추정결과이다.

<표 8>에 제시하는 바와 같이 부가가치 및 생산액( $\gamma_2$ )에 대한 추정계수는 통계적으로 유의하며 양(+)의 값으로 추정되어 본 연구에서 예상한 부호와 일치하였다. 그러나 외국인의 특허출원( $\gamma_3$ )에 대한 추정치는  $-0.08 \sim 1.32$ 로 추정되었으며, 변수에 따라 통계적 유의성이 다르게 추정이 되어 내국인의 특허출원을 보호하

25)  $var(u_i) = 0$ 이면 임의효과모형의 추정결과는 OLS(ordinary least square)의 추정결과와 같다.



기 위한 대리변수로 적절하지 않은 것으로 나타났다. 환경규제변수( $\gamma_4$ )에 대한 추정치는  $-0.08 \sim 0.12$ 로 추정되었으며, 모두 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이러한 환경규제변수에 대한 추정결과는 오염방지시설 자본 비용이 내국인 출원건수와는 관련성이 없다는 것을 나타낸다. 즉 환경규제로 인한 기술혁신의 산출물 지표로서 특허권과는 연관이 없다는 것을 의미한다. 그러나 본 연구의 추정결과로부터 환경규제와 기술혁신의 산출물 지표와는 아무런 관련이 없다고 단정하여 결론을 내리는 것은 무리라고 생각된다. 이러한 이유는 본 연구에서 이용하고 있는 특허권에 대한 자료는 단지 네 개의 산업에 대한 자료이고, 앞에서 설명한 바와 같이 특허 분류코드와 산업분류 코드를 일치시킨 자료가 없기에 본 연구의 추정결과를 가지고 단정적으로 결론 짓는 것은 무리라고 생각되기 때문이다.

〈표 8〉 특허권 추정결과(1983년~1997년)

구분	계수추정치(부가가치 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$\bar{R}^2$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	-15.67* (1.26)	1.42* (1.47)	0.01 (0.29)	0.03 (0.10)	0.43	-15.31* (1.09)	1.39* (0.15)	0.02 (0.25)	0.04 (0.09)	0.46
실질변수 이용	-15.95* (1.89)	0.80* (0.20)	1.31* (0.41)	0.06 (0.17)	0.73	-13.84* (1.66)	0.63* (0.20)	1.32* (0.34)	0.12 (0.17)	0.72
구분	계수추정치(생산액 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$\bar{R}^2$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	-20.43* (1.45)	1.66* (0.16)	-0.08 (0.28)	0.04 (0.09)	0.31	-19.46* (1.36)	1.58* (0.16)	0.07 (0.25)	0.07 (0.09)	0.34
실질변수 이용	-24.02* (1.80)	1.84* (0.21)	0.07 (0.35)	-0.04 (0.12)	0.42	-22.79* (1.78)	1.77* (0.21)	0.04 (0.30)	-0.08 (0.12)	0.42

주: ( ) 내 숫자는 각 추정계수의 표준오차를 나타내고, \*는 1%, \*\*는 5%, \*\*\*는 10%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

## V. 要約 및 結論

본 연구에서는 1983년~1997년 기간 동안 한국 산업을 대상으로 환경규제와 기술혁신의 관계를 고정효과모형과 임의효과모형을 이용하여 실증분석 하였다. 기술혁신을 나타내는 지표로 투입물 지표인 연구개발투자와 산출물 지표인 특허권을 이

용하였으며, 환경규제를 나타내는 지표로 오염방지시설 자본비용과 오염방지시설 투자액을 이용하였다. 또한 연구개발투자에 대한 물가지수는 정확하게 알려져 있지 않기 때문에 명목변수와 실질변수 모두를 이용하였으며, 환경규제의 강화에 대한 영향을 살펴보기 위해 기간을 두 기간(1983년~1990년, 1991년~1997년)으로 나누어서 실증분석 하였다. 본 연구의 실증분석 결과를 요약하여 제시하면 다음과 같다.

첫째, 기업조달 연구개발투자를 결정하는 변수의 계수 추정치는 통계적으로 유의하며 양(+)의 부호로 추정되어 본 연구에서 예상한 부호와 일치하였다. 즉 부가가치와 생산액에 대한 계수 추정치는 모두 통계적으로 유의하며 양(+)의 값을 나타내고 있어 부가가치가 클수록 혹은 생산규모가 클수록 연구개발투자에 대한 유인이 큰 것으로 나타났다. 또한 정부조달 연구개발투자에 대한 계수 추정치 역시 통계적으로 유의하며 양(+)의 값으로 추정이 되어 기업조달 연구개발투자와 정(+)의 관계가 있음을 알 수 있었다. 이러한 사실은 기업조달 연구개발투자와 정부조달 연구개발투자간에 보완 관계가 있다는 것을 나타낸다.

둘째, 환경규제변수의 계수 추정치는 명목변수, 실질변수, 부가가치, 생산액, 전기( $t-1$ 기)자료, 당기( $t$ 기)자료의 모든 경우에 있어 통계적으로 유의하며 양(+)의 값으로 추정이 되었으며, 추정 계수의 값이 0.2~0.24로 추정치의 변동이 거의 없는 것으로 나타났다. 이러한 사실은 환경규제변수와 기업조달 연구개발투자 사이에 산업규모에 따라 생길 수 있는 가성회귀 문제가 해결되어 추정되고 있음을 나타낸다.

셋째, 본 연구에서는 패널자료를 이용하고 있어 횡단면의 특성 즉 산업간 특성을 고려하여 추정하였다. 따라서 독립변수의 계수 추정치는 산업내 변동에 따라 결정된다고 생각할 수 있어 계수 추정치가 양(+)의 값으로 추정이 되었다는 것은 환경규제의 변화와 기업조달 연구개발투자의 변화가 시간의 변화에 따라 정(+)의 관계가 있는 것을 의미한다.

넷째, 환경규제와 기업조달 연구개발투자의 산업내 변동을 살펴본 결과 기업조달 연구개발투자 증가율과 오염방지시설 자본증가율간에는 정(+)의 관계가 있음을 확인할 수 있었다. 또한 산업별로는 조립금속, 운수장비, 전기·전자기기 제조업에서 증가율이 높게 나타나고 있으며, 섬유·의복·가죽, 음·식료품, 비금속광물 제품 제조업에서 증가율이 상대적으로 낮게 나타나고 있었다. 따라서 기업조달 연

구개발투자와 오염방지시설 자본비용간에는 정(+)의 관계가 있다는 것을 알 수 있었다.

다섯째, 환경규제강화와 기술혁신에 대한 연구를 위해 기간을 두 기간으로 나누어서 추정한 결과 대체적으로 1983년~1990년 기간과 비교하여 1991년~1997년 기간의 추정치가 통계적 유의성을 가지며 양(+)의 값으로 추정되어 환경규제가 상대적으로 강화된 1991년~1997년 기간에 환경규제강화로 기업조달 연구개발투자가 증가했음을 알 수 있었다. 특히 이러한 사실은 부가가치(명목변수), 전기변수를 이용하고 생산액(실질변수와 명목변수), 당기변수( $t$ 기)를 이용하여 추정한 결과를 기간별로 비교하면 알 수 있다. 즉 1983년~1991년 기간에는 추정치의 계수값이 통계적으로 유의하지 않은 음(-)의 값으로 추정되었으나, 1991년~1997년 기간의 추정치는 통계적으로 유의한 양(+)의 값으로 추정되어 환경규제강화로 기업조달 연구개발투자가 증가했음을 알 수 있었다.

그러나 환경규제변수 이외의 독립변수의 계수 추정치는 본 연구에서 예상한 부호와 일치하게 추정되었으나 대부분 통계적으로 의미가 없게 추정되었다. 이러한 추정결과는 기간을 두 기간으로 구분함에 따른 자료의 부족으로 통계적으로 유의성이 낮게 추정된 것으로 생각할 수 있다.

여섯째, 기술혁신의 산출물로 특허권을 이용한 모형에서의 추정계수의 추정치가 통계적으로 유의하지 않게 추정되어 환경규제와 기술혁신의 산출물 지표로서 특허권과는 연관이 없다는 것으로 나타났다. 그러나 본 연구에서 이용하고 있는 특허권에 대한 자료는 단지 4개의 산업에 대한 자료이고 특허 분류코드와 산업분류 코드를 일치시킨 자료가 없기 때문에 본 연구의 추정결과로부터 환경규제와 기술혁신의 산출물 지표와는 아무런 관련이 없다고 결론을 내리는 것은 무리라고 생각된다. 일곱째, 환경규제로 인한 연구개발투자가 기업의 생산성과 효율성을 증가시키는가에 대해서는 본 연구결과로부터 알 수 없다. 그러나 일반적으로 연구개발투자는 생산성을 증가시키며 연구개발투자의 사회적 수익률(social rate of return)이 사적 수익률(private rate of return)보다 큰 것으로 알려져 있다<sup>26)</sup>. 이러한 측면에서 생각할 때 환경규제와 연구개발투자가 정(+)의 관계가 있다는 것은 정책적으로 여러 가지 측면에서 시사하는 점이 크다고 볼 수 있다.

26) Griliches and Mairesse(1984), Jaffe(1986), Griliches(1991)

본 논문의 한계 및 앞으로의 연구방향은 다음과 같다. 첫째, 자료 이용과 분석 대상에 있어서의 문제이다. 먼저 자료이용의 문제로써 총연구개발투자액 중에 환경규제로 인한 연구개발투자액을 산출하여 실증분석 하는 것이 좀 더 의미 있는 연구라고 생각할 수 있다. 그러나 현실적으로 이에 대한 자료는 집계되어 있지 않아 자료를 이용하여 실증분석 하는 데에 한계가 있다. 또한 기업의 총연구개발투자액 중에 환경규제로 인한 연구개발투자액을 독립적인 항목으로 분리하여 추계하는 것은 많은 어려운 점이 있다.

이러한 문제와 연계하여 환경규제로 인한 연구개발에 대한 수행자와 사용자가 다를 수 있다. 요컨대 오염방지를 위한 시설을 개발하는 환경산업 업체의 연구 성과를 이용하는 경우 오염을 배출하는 산업은 오염방지를 위한 자체적인 연구개발을 하기보다 환경산업 업체의 연구 성과를 이용할 것이다. 본 연구에서는 이러한 문제를 다루지 못하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 연구를 위해서는 환경산업에 대한 연구와 어느 한 산업 또는 기업들을 대상으로 사례분석을 하는 것이 필요하다. 이에 따라 환경산업에 대한 체계적인 분석이 필요하다. 한편 특허권에 대한 코드별 분류와 산업별 분류를 일치시켜 놓은 자료가 없어 이에 대한 작업이 필요하다고 생각 할 수 있다.

다음으로 분석대상의 문제로써 본 논문에서는 산업별 자료를 이용하여 분석하고 있다. 그런데 환경규제와 기술혁신에 대한 분석을 위해서는 산업을 분석대상으로 하기보다 특정 산업을 선택하여 공장수준(plant level) 혹은 기업수준에서 환경규제로 인한 비용을 수집하여 분석하는 것이 좀 더 정확한 분석이 될 수 있다.

둘째, 본 논문에서는 환경규제와 기술혁신에 대한 연구에서 환경규제로 유도된 기술개발투자와 생산성, 효율성과의 관계를 분석하지 못하고 있다. 이러한 분석이 가능하기 위해서는 장기적인 관점에서의 연구가 필요하다고 생각한다. 이에 대한 연구는 추후 과제로 남긴다.

〈 附 表 〉

〈부표 1〉 하우스만검정결과

구분		$\chi^2(3)$ 검정통계량(1983년~1997년)			
		명목변수 이용		실질변수 이용	
		부가가치기준	생산액기준	부가가치기준	생산액기준
환경규제 변수	$t$ 기 자료	0*	0*	0*	0*
	$t-1$ 기 자료	0*	0*	0*	0*
구분		$\chi^2(3)$ 검정통계량(1983년~1990년)			
		명목변수 이용		실질변수 이용	
		부가가치기준	생산액기준	부가가치기준	생산액기준
환경규제 변수	$t$ 기 자료	0*	0*	0*	0*
	$t-1$ 기 자료	0*	0*	0*	0*
구분		$\chi^2(3)$ 검정통계량(1991년~1997년)			
		명목변수 이용		실질변수 이용	
		부가가치기준	생산액기준	부가가치기준	생산액기준
환경규제 변수	$t$ 기 자료	391.84	208.23	0*	0*
	$t-1$ 기 자료	42.96	49.57	0*	0*

주:  $u_i$ 가 독립변수와 독립적이라는 귀무가설을 \*는 유의수준 1%, \*\*는 5%, \*\*\*는 10%수준에서 통계적으로 채택함을 의미함.

〈부표 2〉 R&D 추정결과(1983년~1997년)

구분	계수추정치(부가가치 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\overline{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\overline{R}^2$
명목변수 이용	1.47 (1.56)	0.51* (0.12)	0.06** (0.03)	0.16* (0.05)	0.54	0.86 (1.51)	0.54* (0.12)	0.08* (0.03)	0.15* (0.04)	0.56
실질변수 이용	5.60* (1.34)	0.26* (0.10)	0.05** (0.02)	0.13** (0.05)	0.44	5.33* (1.23)	0.26* (0.09)	0.07* (0.02)	0.15* (0.04)	0.46
구분	계수추정치(생산액 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\overline{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\overline{R}^2$
명목변수 이용	-0.54 (1.85)	0.61* (0.13)	0.06** (0.03)	0.15* (0.05)	0.56	-1.18 (1.73)	0.64* (0.12)	0.07** (0.02)	0.15** (0.04)	0.58
실질변수 이용	4.62* (1.91)	0.31** (0.14)	0.04** (0.03)	0.14** (0.05)	0.43	3.67 (1.78)	0.36* (0.05)	0.05 (0.03)	0.14* (0.05)	0.45

주: ( ) 내 숫자는 각 추정계수의 표준오차를 나타내고, \*는 1%, \*\*는 5%, \*\*\*는 10%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

〈부표 3〉 R&amp;D 추정결과(1983년~1990년)

구분	계수추정치(부가가치 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	1.67 (2.12)	0.77* (0.16)	0.04*** (0.26)	0.08 (0.59)	0.47	-3.57 (2.29)	0.91* (0.13)	0.42 (0.27)	0.63 (0.63)	0.46
실질변수 이용	6.94* (1.76)	0.16 (0.13)	0.75* (0.25)	0.16* (0.05)	0.40	6.46 (1.66)	0.16 (0.12)	0.09* (0.02)	0.18* (0.05)	0.40

구분	계수추정치(생산액 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	-3.80 (2.51)	0.86* (0.17)	0.04 (0.02)	0.08 (0.05)	0.46	-5.35** (2.45)	0.96* (0.18)	0.04 (0.02)	0.07 (0.05)	0.44
실질변수 이용	1.81 (2.57)	0.52* (0.18)	0.04 (0.26)	0.09 (0.06)	0.41	-1.26 (2.49)	0.73* (0.18)	0.03 (0.02)	0.04 (0.06)	0.39

주: ( ) 내 숫자는 각 추정계수의 표준오차를 나타내고, \*는 1%, \*\*는 5%, \*\*\*는 10%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

〈부표 4〉 R&amp;D 추정결과(1991년~1997년)

구분	계수추정치(부가가치 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	-0.42 (3.45)	0.51 (0.25)	0.24 (0.07)	0.19*** (0.09)	0.79	-0.27 (3.23)	0.66** (0.23)	0.10 (0.07)	0.07 (0.08)	0.74
실질변수 이용	0.07 (3.12)	0.47** (0.22)	0.24 (0.08)	0.19*** (0.09)	0.79	-0.24 (3.08)	0.45** (0.22)	0.28* (0.07)	0.22* (0.08)	0.81

구분	계수추정치(생산액 이용)									
	계수( $t-1$ 기 자료이용)					계수( $t$ 기 자료이용)				
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\bar{R}^2$
명목변수 이용	-2.33 (3.79)	0.63** (0.26)	0.21* (0.07)	0.17*** (0.93)	0.79	-1.51 (3.71)	0.70* (0.25)	0.09 (0.07)	0.07 (0.08)	0.75
실질변수 이용	-1.76 (3.98)	0.58** (0.27)	0.20** (0.81)	0.17 (0.09)	0.78	-1.70 (3.93)	0.54** (0.27)	0.25* (0.08)	0.20** (0.08)	0.81

주: ( ) 내 숫자는 각 추정계수의 표준오차를 나타내고, \*는 1%, \*\*는 5%, \*\*\*는 10%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

■ 참 고 문 헌

1. 강명현, "경제력 집중과 기술혁신," 『경제학연구』, 41(3), 1993, pp. 3-25.
2. 건설교통부, 『건설교통통계연보, 2000』, 건설교통부, 2000.
3. 경제기획원, 『광공업통계조사보고서』, 경제기획원, 1982, 1984-1987.
4. \_\_\_\_\_, 『산업센서스보고서』, 경제기획원, 1983, 1988.
5. \_\_\_\_\_, 『한국표준산업분류』, 경제기획원, 1984.
6. 과학기술처, 『과학기술연구개발활동조사』, 과학기술처, 1984-1985.
7. \_\_\_\_\_, 『과학기술연구개발활동조사보고서』, 과학기술처, 1986-1991.
8. \_\_\_\_\_, 『과학기술연구개발활동조사보고』, 과학기술처, 1992-1998.
9. 김동석, "환경규제와 국제경쟁력," 『KDI 정책연구』, 19(4), 1998, pp. 98-158.
10. 김적교·조병택, 『연구개발과 시장구조 및 생산성』, 연구보고서 89-02, 한국개발연구원, 1989.
11. 유상희, 『국제환경규제와 산업경쟁력』, 연구보고서 제397호, 산업연구원, 1997.
12. 윤창호·이중화, 『한국제조업의 기술력과 무역경쟁력에 관한 연구』, 정책연구 98-11, 과학기술정책관리연구소, 1998.
13. 윤창호·이영수·김이영, "정보기술(IT)의 발전과 산업구조의 변화: 한국 제조업을 중심으로," 계량경제학보, 11(3), 2000, pp. 35-70.
14. 이공래, 『한국 산업의 기술 경쟁력』, 정책연구 97-07, 과학기술정책관리연구소, 1997.
15. 장정운, 『2000 세법학』, 제5판, 서울, 웅지경영아카데미, 2000.
16. 조주현, "환경규제강화와 경쟁력에 관한 3가지 소고: 생산성, 효율성, 기술혁신을 중심으로," 고려대학교 박사학위 논문, 2002.
17. 통계청, 『한국표준산업분류』, 통계청, 1992.
18. \_\_\_\_\_, 『광공업통계조사보고서』, 통계청, 1989-1992, 1994-1997.
19. \_\_\_\_\_, 『산업총조사보고서』, 통계청, 1993, 1998.
20. 한국산업은행, 『설비투자계획조사』, 한국산업은행, 1982-1998.
21. \_\_\_\_\_, 『한국의 설비투자』, 한국산업은행, 1995.
22. 한국은행, 『국민계정』, 한국은행, 1983-1998.
23. \_\_\_\_\_, "우리나라 자본스톡 시산: 1977~1997년," 『제간국민계정』, 제3호, 한국은행, 2000, pp. 77-118.
24. Barberra, Anthony J. and McConnell, Virginia D., "The Impact of Environmental Regulations on Industry Productivity: Direct and Indirect Effects," *Journal of Environmental Economics and Management*. 1990, 18(1), pp. 50-65.
25. Beers, C van., Jeroen, C.J.M. and Berghvan, van den, "An Empirical Multi- Country Analysis of the Impact of Environmental Regulations on Foreign Trade Flows," *Kyklos*, 50(1), pp. 29-46.
26. Berman, Eli. and Bui, T. M. Linda, "Environmental Regulation and Productivity: Evidence from Oil Refineries," Working Paper 6776, NBER, 1998.

27. Cohen, Wesley, "Empirical Studies of Innovative Activity," in Handbook of the *Economics of Innovation and Technological Change*. Ed.: Stoneman, Paul, Oxford, Blackwell Publishers, 1995, pp. 182-264.
28. David, Paul A.; Hall, Bronwyn, H. and Toole Andrew A., "Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D?: A Review of Econometric Evidence," Department of Economic Working Paper, Stanford University, 1999.
29. Freeman, C., *The Economics of Industrial Innovation*. Harmondsworth, 1974
30. Gollop, Frank M. and Mark J. Roberts, "Environmental Regulations and Productivity Growth: The Case of Fossil-fueled Electric Power Generation," *Journal of Political Economy*, 91, 1983, pp. 654-674.
31. Gray, Wayne B. and Shadbegian, Ronald J., "Environmental Regulation, Investment Timing, and Technology Choice," Working Paper 6036, Cambridge, MA: NBER, 1997.
32. Griliches, Zvi., "The Search for R&D Spillovers," *Scandinavian Journal of Economics*, 94, 1991, pp. 29-47.
33. Griliches, Zvi. and Mairesse, J., "Productivity and R&D at the Firm Level," in *R&D, Patents, and Productivity*, Ed. Griliches, Zvi. Chicago, The University of Chicago Press, 1984. pp. 339-374.
34. Hay, Donald A. and Morris, Derek J., *Industrial Economics and Organization: Theory and Evidence*, Oxford, Oxford University Press, 1991.
35. Hsiao, Cheng., *Analysis of Panel Data*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.
36. Jaffe, Adam B., "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firm's Patents, Profits and Market Value," *American Economy Review*, 76, 1986, pp. 984-1001.
37. ———, "Demand and Supply Influences in R&D Intensity and Productivity Growth," *Review of Economics and Statistics*, 70(3), 1988, pp. 431-437.
38. Jaffe, Adam B., Peterson, Steven R. and Portney, Paul R.; Stavins, Robert N., "Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?," *Journal of Economic Literature*, 33(2), 1995, pp. 132-163.
39. Jaffe, Adam B. and Palmer, Karen, "Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study," *Review of Economics and Statistics*, 1997, pp. 610-619.
40. Keller, Wolfgang. and Levison, Arik, "Environmental Compliance Costs and Foreign Direct Investment Inflows to U.S. States," Working Paper 7369, NBER, 1999.
41. Levin, Richard C., Reiss, Peter C., "Tests of a Shumpeterian Model of R&D and Market Structure," in *R&D, Patents, and Productivity*, Ed. Griliches, Zvi. Chicago, The University of Chicago Press, 1984. pp. 175-208.
42. Low, P. and Yeats, A., "Do Dirty Industries Migrate?," in *International Trade and the Environment*, Ed: Low, P. World Bank Discussion Paper No. 159, World Bank, 1992, pp. 89-103.
43. Malueg, David A., "Emission Credit Trading and the Incentive to Adopt New Pollution Abatement Technology," *Journal of Economics and Management*, 17, 1989, pp. 247-265.
44. Mansfield, E., "R&D and Innovation: Some Empirical Findings," in *R&D, Patents, and*



- Productivity*. Ed.: Griliches, Zvi. Chicago, University of Chicago Press, 1984, pp. 127-154.
45. Malueg, David A., "Emission Credit Trading and the Incentive to Adopt New Pollution Abatement Technology," *Journal of Economics and Management*, 17, 1989, pp. 247-265.
  46. Marin, A., "Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control: Comment," *Journal of Economics and Management*, 21, 1991, pp. 297-300.
  47. Milliman, Scott R. and Raymond, P., "Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control," *Journal of Economics and Management*, 17, 1989, pp. 247-265.
  48. \_\_\_\_\_, "Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control: Reply," *Journal of Economics and Management*, 22, 1992, pp. 292- 296.
  49. Oates, W.E., Palmer, K. and Portney, P.R., "Environmental Regulation and International Competitiveness: Thinking about the Porter Hypothesis," Discussion Paper 94-02, Resources for the Future, 1993.
  50. Parry, Ian W.H., "The Choice between Emission Taxes and Tradable Permits When Technological Innovation is Endogenous," Discussion Paper pp. 96-31, Resources for the Future, 1996.
  51. \_\_\_\_\_, "Pollution Regulation and the Efficiency Gains from Technological Innovation," Discussion Paper 98-04, Resources for the Future, 1998.
  52. Parry, Ian W.H., Fischer, Carolyn and Pizer, W. A., "How Important is Technological Innovation in Protecting the Environment?," Discussion Paper 00-15, Resources for the Future, 2000.
  53. Pavitt, Keith. and Paripatel, "The International Distribution and Determinants of Technological Activities," *Oxford Review of Economic Policy*, 4(4), 1988, pp. 35-55.
  54. Porter, Michael E., *The Competitive Advantage of Nations*, New York, The Free Press, 1990.
  55. \_\_\_\_\_, "America's Green Strategy," *Scientific American*, Apr. 1991, pp. 168.
  56. Porter, Michael E. and Claas van der Linde, "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship," *Journal of Economic Perspective*, 9(4), 1995, pp. 97-118.
  57. Rosenberg, N., *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984.
  58. Sorsa, P., *Competitiveness and Environmental Standards: Some Exploratory Results*, World Bank Policy Research Working Paper 1249, World Bank, 1994.
  59. Stoneman, P., "Introduction," in *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Ed.: Stoneman, P. Oxford, Blackwell Publishers, 1995, pp. 1-13.
  60. Symeonidis, G., "Innovation, Firm Size and Market Structure: Schumpeterian Hypotheses and Some New Themes," Economics Department Working Papers No. 161, Paris, OECD, 1996
  61. Tobey, J.A., "The Effects of Domestic Environmental Policies on Patterns of World

Trade: An Empirical Test," *Kyklos*, 43, 1990, pp. 191-209.

62. Xepapadeas, Anastasios. and Zeeuw, Aart de. "Environmental Policy and Competitiveness: The Porter Hypothesis and the Composition of Capital," *Journal of Environmental Economics and Management*, 37, 1999, pp. 165-182.

## Environmental Regulation Implementation and Innovation -Focusing on Korean Manufacturing Industries-

Joo-hyun Cho\*

### Abstract

The purpose of this paper is to analyse the relationship between stringency of environmental regulation and innovative activity by manufacturing firms using industry-level data over time. I find that environmental compliance expenditures have a significant positive effect on R&D expenditures. From this it might be deduced that environmental regulation encourage innovative activity. I find little evidence, however, that industries' inventive output (as measured by successful patents application) is related to environmental compliance expenditures. There is evidence that, in general, the social rate of return of R&D exceeds the private return, implying that an increase in R&D spending creates net social benefits. Seen from this point of view, positive relationship between environmental regulation and R&D is very suggestive.

**Key Words:** environmental regulation, innovation, R&D

---

\* Research Fellow, Korea Appraisal Research Institute, Korea Rep.