

우리나라 제조업의 환경지출비용과 R&D관계 실증분석

강만옥

1. 서 언

환경론자들과 보다 엄격한 환경규제를 지지하는 사람들은 환경규제가 보다 엄격해 짐으로써 기업으로 하여금 오염을 감소시킬 수 있는 비용효율적인 기술을 개발할 인센티브를 준다고 주장한다. 이러한 주장의 대표적인 사람이 Michael Porter로서, 환경규제와 경제행위간의 관계는 “Porter”의 가설로서 널리 알려지게 되었다.

이 가설을 지지하는데 사용된 증거는 보다 적은 VOC물질을 함유한 새로운 페인트와 코팅의 발달은 산업코팅의 사용자로부터 VOC 방출량을 제한하는 Clean Air Act 규제에 대응하여 일어났다(미국 EPA 보고서)는 식의 주로 일회성적인 것이다. 이러한 사례연구는 환경규제는 어떤 상황에서는 기술혁신에 대한 인센티브를 만들어 낼 수도 있다는 것을 나타내는 반면, 기술혁신에 대한 환경규제의 일반적 평가를 제공하지는 않는다.

환경규제와 R&D에 관한 기존의 많은 연구는 환경비용을 감소시키기 위하여 (또는 배출량을 감소시키기 위하여) 기업에는 R&D에의 인센티브가 존재한다는 데 초점을 둔다. 실제적으로 이 연구들 중 일부는 R&D에의 인센티브가 있는 환경정책하에서는 직접규제하에서보다 기술혁신이 발생할 가능성이 높다. 또한 환경규제의 엄격성과 R&D 증가에 대한 인센티브 사이에 관계가 있다는 것을 조사한 연구가 있었다. Oates, Palmer and Portney(1993)은 완전경쟁산업에서 환경세율수준의 인상은 기업이 보다 효율적인 저감 기술을 채택하도록 하는 인센티브를 증가시킨다는 것을 보였다. Schmalensee(1994)는 환경규제가 강화될수록 환경규제에 따른 R&D지출도 증가할 것이지만 이 증가는 이윤을 남길 수 있는 다른 연구 노력의 비용에서 올 가능성이 많다고 주장하였다. McCain(1978)은 규제받는 기업은 오염조절 효율성의 결과오염저감기술을 가 규제기준을 보다 엄격

1) 한국환경정책·평가연구원 연구위원

하게 할 것이라는 것이 예상된다면 보다 효율적인 채택하거나 기술혁신을 하는 것을 꺼려할 것이라고 주장하였다.

환경규제의 엄격성과 새로운 기술개발사이의 관계의 유일한 경험적 연구는 Lanjouw and Mody(1993)의 연구이다. 이 연구에서 Lanjouw and Mody는 환경규제와 환경특허에 대한 국제적인 데이터를 사용하면서 환경비용에서 환경기술의 특허에 대한 증가의 영향을 분석한다. Lanjouw and Mody는 환경비용에서의 증가는 1년 혹은 2년 시차의 새로운 환경기술의 특허에서의 증가를 가져온다는 것을 발견하였다. 이하에서 우리는 국내 제조업을 대상으로 오염방지 지출비용과 기업의 R&D와의 관계를 실증분석하고 정책적 시사점을 얻고자 한다.

2. 모 델

환경규제의 강도와 산업수준의 데이터를 사용하여 제조업의 기술혁신 사이의 관계를 살펴보자. 규제강도를 측정하기 위하여 환경규제에 따른 오염방지지출 데이터를 사용하고 기술혁신을 측정하기 위해서는 산업부문에 투자된 R&D 지출을 사용한다.

현재의 R&D는 이전년도 규제의 엄격성에 의해 영향을 받는 것으로 등식을 세우고 또한 R&D와 오염조절지출사이의 외생 상관관계를 배제하기 위하여 산업의 부가가치를 포함하며, 산업부문에의 정부지출 R&D의 측정을 포함한다. 정부지출 R&D를 포함한 것은 산업수준에서 R&D의 측정할 수 있는 외적 조정자(external driver)가 거의 없는데 정부지출 R&D는 그중 하나이기 때문이다. 구체적으로 함수식은 아래와 같이 가정한다.

$$(R\&D)_{it} = \alpha_i + \beta_1(\text{value added})_{it} + \beta_2(\text{Government R\&D})_{it} + \beta_3(\text{PACE})_{it-1} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, i: 산업,

t: 연도,

R&D: 각 산업의 R&D 지출액,

부가가치: 각 산업의 부가가치액,

정부지출 R&D: 각 산업의 정부지출 R&D 지출액,

PACE: 각 산업의 오염방지지출액

식 (1)은 OLS에서는 관측되지 않는 산업관련 고정효과를 고려한다. 기술적 변화와 시장수요에 기술적 특성의 중요성의 영향으로 산업이 변화하는 것처럼 산업효과는 R&D에서 매우 중요하다. 이러한 산업의 특성을 반영하는 고정효과 분석은 분석에서의 편의를 감소시킨다. 즉, 고정효과모형은 횡단면 자료와 시계열 자료가 함께 있는 경우 오차항이 OLS 추정 조건을 만족시키지 못하기 때문에 시간더미 혹은 기타더미를 이용하여 상수항이나 설명변수의 기울기가 변할 수 있음을 허용하는 것이다.

3. 자 료

우리나라 제조업에서 환경규제와 기술혁신의 관계를 살펴보기 위해서는 함수식을 앞의 식(1)로 가정하고 그 관계를 살펴보았다.

먼저, 산업부문에 투자된 R&D 지출과 산업부문에 투자된 정부의 R&D 지출은 과학기술부와 과학기술정책관리연구소에서 매년 발행하고 있는 『과학기술연구활동조사보고』를 이용하였다. 그리고 PACE(오염방지지출) 자료는 한국산업은행에서 제조업을 중심으로 한 우리나라 주요 국내기업의 설비투자동향 파악을 목적으로 반기에 한번씩 출판하는 『설비투자계획조사』 자료를 이용하였다. 마지막으로, 부가가치의 자료는 통계청에서 매년 나오는 『광공업통계조사보고서』를 참조하였다.

자료 수집 시 자료를 구할 수 있는 시작 연도가 모두 달라서 자료는 네가지 모두를 구할 수 있는 시점인 1982년부터 1997년까지를 분석기간으로 하였다. 그리고 분류기준의 차이에서 오는 것은 모두 데이터의 손질을 거쳤다. 예를 들어, 『광공업통계조사보고서』를 살펴보면, 1990년 이전은 음식료품에 담배가 포함되어 있고 1991년 이후에는 담배가 포함되어 있지 않은데 이러한 자료의 불일치는 모두 수정을 가하였다. 이렇게 해서 자료를 정리해 보면 자료는 산업별²⁾, 연도별로 나타나는 패널데이터 형식이다.

경제학에서 보면 시계열 자료와 횡단면 자료가 혼합되어 있는 데이터가 있는데 이를 패널데이터라 한다. 예를 들어, OECD의 통계들도 많은 나라들에 대해 많은 경제적 총계에 대해 해마다 나타내고 있는 패널데이터이다.

패널데이터는 미시적인 분석 뿐만 아니라 개별경제주체들의 시간에 따른 행

2) 산업은 음식료품, 섬유, 목재 및 나무제품, 종이 및 인쇄출판, 화학, 석유정제 및 기타석유석탄, 고무 및 플라스틱, 비금속광물, 제1차금속, 조립금속제품, 기계, 전기전자제품, 운수장비, 정밀기계, 기타제조업, 광업으로 분류하였다.

동양식들을 동태적으로 분석할 수 있게 해 준다는 점에서 횡단면 자료나 시계열 자료보다 더 포괄적인 정보를 갖고 있다. 패널 자료는 시계열적으로 부족한 자료에 대하여 횡단면적 자료까지 포함하기 때문에 자료가 풍부하지 않은 경우 효율적으로 이용된다는 장점을 가진다.

4. 분석 결과

R&D지출모델에서, 산업부문에 지원된 R&D는 정부지출 R&D, 산업의 부가가치, 래그를 준 PACE 변수를 가진 함수로서 고정효과모형으로 분석하였다. 산업부문에의 R&D지출은 기술혁신을 나타내는 값이므로 만약 환경규제가 강화될수록 기술혁신이 일어난다는 Porter의 가설과 같은 결과가 나오려면 환경규제의 강도를 나타내는 PACE의 상관계수는 양의 형태여야 할 것이다. 그리고 정부에서 산업에 지원되는 R&D 지출 역시 산업에의 R&D를 증가시키는 결과를 가져올 것이다. 부가가치에 대해서도 마찬가지로의 예상이 가능하다. 실제 추정된 상관계수와 관련 t-값은 <표 1>에서 보는 바와 같다. 조정된 결정계수(Adjusted R-squared)는 0.8999로 적합도도 패널데이터인 점을 고려하면 매우 높은 편이고 F-값도 유의하기 때문에 고정효과모형의 적합성이 검증되었다. 구체적으로 살펴보면, 상관계수는 예상과 같이 모두 양의 값을 갖았다. PACE에 대한 상관계수가 양(+)이므로 PACE가 증가할수록 R&D 지출이 증가한다 할 수 있다. 결론적으로 PACE가 환경규제의 강도를 대변하고 R&D가 기술혁신을 대변한다는 점을 감안하면 엄격한 환경규제가 기술혁신을 가져온다는 Porter의 가설이 본 연구의 모델을 사용해서는 우리나라의 제조업에서는 검증된 것이라 하겠다. 또한 정부의 R&D지출이 산업부문에의 R&D 지출을 촉진시키고 부가가치 역시 우리의 예상과 일관성이 있었다.

<표 1> 분석 결과

	계수값	t값
부가가치	0.029024	7.811
정부 R&D	8.921290	7.816
PACE	1.097902	3.694
F값	120.384	
Adjusted R-squared	0.8999	

5. 결 론

앞 절에서 실증분석을 통하여 환경규제와 R&D간에 존재하는 총괄적인 통계적 관계를 살펴보았다. 패널데이터를 이용하고 고정효과모형을 사용하여 이전년도에서의 환경규제에 따른 PACE(오염방지지출)에 의해 측정되는 환경규제의 엄격성의 변화가 규제받는 산업에서의 기술혁신과 관련이 있는지를 검증하였다. 결과적으로 이전년도의 환경지출이 R&D지출에 유의한 양의 상관관계를 갖음을 분석하였다. 이는 앞서 말한 바와 같이 보다 엄격한 환경규제가 오염을 감소시킬 수 있는 비용효과적인 기술혁신을 이끈다는 것을 지지한다.

부가적으로 주어진 독립변수의 상관계수를 살펴보면, 부가가치의 경우 0.029024, 정부지출 R&D는 8.921290, PACE는 1.097902로 정부지출 R&D에 대한 산업부문에의 R&D의 탄력성이 가장 크다. 즉, R&D를 증가시켜 기술혁신을 촉진시키기 위해서는 정부지출 R&D를 늘이는 것이 가장 효과적이라 하겠다.

참 고 문 헌

- 통계청, 『광공업통계조사보고서』, 각년도
- 한국산업은행, 『설비투자계획조사』, 각년도
- 통계청, 『광공업통계조사보고서』, 각년도
- 과학기술부/과학기술정책관리연구소, 『과학기술연구활동조사보고』, 각년도
- 강만옥, 환경규제가 경쟁력에 미치는 영향 연구, 한국환경정책·평가연구원, 1999. 12
- Barbera, A.J. and V.D. McConnell, "The Impact of Environmental Regulations on Industry Productivity : Direct and Indirect Effects," *Journal of Environmental Economics and Management*, January, 1990, vol.18(1), pp. 50-65
- Baumol W. J., S.B. Blackman and E. N. Wolf, "Productivity Yardsticks : Alternative Measures and Their Appropriate Uses," *Productivity and American Leadership, The Long View*, MIT Press, 1989
- Conrad, K. and C.J. Morrison, "The Impact of Pollution Abatement Investment on Productivity Change : An Empirical Comparison of the U.S., Germany and Canada", *Southern Economic Journal*. 1989, vol. 55, no.3, pp. 684-698
- Denison, E.F., "Accounting for Slower Economic Growth : The US in the 1970s", Washington, D.C., Brookings Institution, 1979
- Fabricant S., "Productivity Measurement and Analysis : An Overview," *Measuring Productivity*,

- New York, 1984
- Fare, R., S. Grosskopf, and C. Pasurka, "Effects on Relative Efficiency in Electric Power Generation Due to Environmental Controls", *Resources and Energy*, 1986, vol. 8, pp. 167-184
- Gladstone A. Hutchison and Ute Schumacher, "NAFTA's Threat to Central American and Caribbean Basin Exports : A Revealed Comparative Advantage approach", *Journal of International Studies and World Affairs*
- Gollop, F.M. and M.J. Roberts, "Environmental Regulations and Productivity Growth : The Case of Fossil-Fueled Electric Power Generation," *Journal of Political Economy*, August, 1983, vol. 91, pp. 654-74.
- Gramlich, Frederick W., "The Demand for Clean Water : The Case of the Charles river" , *National Tax Journal*, 1977, vol. 30, pp. 183-194
- Gray, W. B. and R. J. Shadbegian, "Pollution Abatement Costs, Regulation, and Plant-Level Productivity," NBER working paper no. 4994, January, 1995
- Havemann, R.F., and G.B. Christainsen, "Environmental Regulations and Productivity Growth", in Peskin, H.M., P.R., Portney and A.V. Kneese, "Environmental Regulation and the U.S. Economy", Washington D.C., Resources for the Future, 1981
- Jorgenson, D. W., "Productivity, Volume II: International Comparisons of Productivity", MIT Press, Cambridge, 1995
- Jorgenson D. W. , F. Gollop and B. Fraumeni, "Productivity and US Economic Growth", Harvard University Press, Cambridge, 1987
- Joshi, S., "Impact of Environmental Regulations on the US Steel Industry", Unpublished paper, February, 1995
- Low, P., and Yeats. A, "Do Dirty Industries Migrate?", in : P. Low(ed.) "International Trade and the Environment", World Bank Discussion Paper 159, pp. 89-104, 1992
- Luken, Ralph A. "Efficiency in Environmental Regulation:A Benefit-Cost Analysis of Alternative Approaches" in ed. W. Kip Viscusi, "Studies in Risk and Uncertainty", Kluwer Academic Publishers, 1990
- Mark J. A. and W. H. Waldorf, "Multifactor Productivity:a new BLS measure," *Monthly Labor Review*, December, 1983, pp. 3-15
- Nadiri M. I., "Some Approaches to the Theory and Measurement of Total Factor Productivity : A Survey," *Journal of Economic Literature*, 1970
- Nestor, D. V. and C. A. Pasurka, "Productivity Measurement with Undesirable Outputs : A Distance Function Approach", Washington D.C. : Economic Analysis and Reserach Branch, OPPE, U.S. Environmental Research Agency, 1994
- OECD, "Pollution Control and Abatement Expenditure in OECD Countries : A Statistical Compendium", No.38, Paris, 1990

- Pasurka, Carl, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Policy, Planning and Evaluation, personal communication, 1996
- Pittman, R. W., "Multilateral Productivity Comparisons with Undesirable Outputs," *Economic Journal*, vol.93, pp. 883-891, December, 1983
- Porter, M. E., "America's Green Strategies," *Scientific American*, April 1991, p. 168
- Porter, M. E., "The Competitive Advantage of Nations", New York, Free Press, 1990
- Repetto, R. "Shifting Taxes from Value Added to Material Inputs" In Carraro,C. & Siniscalco,D., "Environmental Fiscal Reform and Unemployment", Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1996
- Repetto, R., "Jobs, Competitiveness, and Environmental Regulation : What are the Real Issues?", World Resource Institute, 1995
- Repetto, R., "Has Environmental Protection Really Reduced Productivity Growth?", World Resource Institute, 1996
- Robinson, J. C., "The Impact of Environmental and Occupational Health Regulation on Productivity Growth in US Manufacturing," *The Yale Journal on Regulation*, 1995, vol. 12, pp. 346-387
- Sadrel Reza, "Revealed Comparative Advantage in the South Asian Manufacturing Sector : Some Estimates", *The Indian Economic Journal*, vol. 31, no. 2, 96-106
- Smith, V. Kerry, W. Desvougues, "Measuring Water Quality Benefits", in ed. M. Ray Perryman, "International Series in Economic Modelling", Boston, Kluwer Nijhoff Publishing, 1986
- Smith, V. Kerry, W. Desvougues and A. Fisher, "A Comparison of Direct and Indirect Methods for Estimating Environmental Benefits", Nashville, Vanderbilt University, 1984
- Sorsa, P., "Competitiveness and Environmental Standards, Some Exploratory Results", Policy research Working Paper, World Bank, 1994
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment, "Studies of the Environmental Costs of Electricity", OTA-ETI-134, Washington, D.C. Government Printing Office, September, 1994
- U.S. EPA, "The Benefits and Costs of the Clean Air Act," 1970-1990, 1996