

수도권 환경오염과 지역경제발전에 관한 연구*

Relationship between Economic Development and Environmental Quality in Seoul Metropolitan Region

김지옥(서울시정개발연구원 부연구위원)

정의철(서울시정개발연구원 부연구위원)

박상후(서울시정개발연구원 위촉연구원)

목차

I. 서론 II. 선행연구검토

III. 추정모형의 설정 및 자료

IV. 분석결과 V. 요약 및 정책적 시사점

Abstract

While there is an extensive empirical literature on the relationship between economic development and environmental quality, most of the studies have focused on the cross-country comparisons of the relationship. In this paper, we investigated whether an inverted U relationship between pollution and economic development could be found in the Seoul metropolitan region using a panel data for the period of 1980-1995. The emissions of total suspended particulates, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, and carbon monoxide were selected as four major pollutants. We found that the emissions of these pollutants per capita exhibited inverted U shapes with per capita gross regional domestic product. We also attempted to find whether pollution intensity and per capita income have any systematic relationship. Three pollutants except carbon monoxide had negative relationships with per capita income, which may indirectly imply environmental Kuznets curves.

* 본 논문은 1998년 아태경제학회 추계학술대회에서 발표된 논문으로서 논평을 해주신 노상환박사(한국환경정책·평가연구원) 및 토론참가자에게 감사드린다. 또한 익명의 심의위원에게도 감사드린다.

1. 서론

환경오염과 국민소득간의 관계가 역U자형태를 가지고 있다는 실증분석이 지속적으로 나타나고

있다. 역U자형태란 경제발전이 진행됨에 따라 환경오염이 초기에는 상승하나 정점을 지나 감소하는 패턴을 말하며 이를 환경쿠즈네츠곡선(environmental Kuznets curve)이라 부른다.¹⁾ 환경쿠즈네츠곡선은 소득수준과 환경의 질 관계를 다음과 같이 설명한다. 산업화와 농업의 근대화 등에 따른 경제발전 초기에는 환경오염이 증가하게 되나, 국민소득수준이 증가함에 따라 국민의 환경질에 대한 요구수준이 증가하고 경제규모에 상응하는 환경투자가 이루어지게 된다. 환경투자자본이 증가하여 기업들의 공해방지시설이나 무공해기술개발이 이루어져 폐기물처리 기술, 오폐수 정화기술, 연료의 저공해화 기술개발 등으로 환경관련산업이 육성, 활성화되고 결과적으로 국민소득수준 증가와 함께 환경의 질도 개선된다는 것이다. 즉 경제가 성숙단계에 접어들게 되면 환경의 질에 대한 정(+)의 소득탄력성, 덜 오염적인 형태로의 생산과 소비 구성의 변화, 교육 및 환경에 대한 인식의 증대, 정부의 환경에 대한 규제정도의 변화 등이 주원인이 되어 경제발전과 환경의 질 개선이 동시에 이루지는 현상을 보일 수 있다는 것이다 (Selden and Song, 1994).

이러한 경제발전과 환경의 질과의 관계에 대한 이론적 분석은 Gruver(1976) 이후 Seldon and Song(1995) 등에 의해 더욱 정교화되었는데 이들은 동태모형을 통하여 사회후생함수, 환경오염정도, 오염방지비용, 자본의 생산성에 대한 다양한 가정하에서 경제발전과 환경오염 및 오염방지노력의 최적경로를 도출하고 있다. 한편 이에 대한 실증분석²⁾은 대부분 대기질 및 수질에 대한 측정치와 다양한 다항식형태의 1인당 국민소득을 회귀분석함으로써 이들간에 규칙적인(systematic) 관계가 존재하는지를 검증하고 있다. 과연 환경오염과 국민소득간에 환경쿠즈네츠곡선이 존재하고 있는지, 만일 존재한다면 정점을 의미하는 소득수준은 어느 정도인지, 소득수준에 따른 각 환경오염원의 진행경로는 어떻게 될 것으로 예측할 수 있는지, 그리고 모든 오염원이 같은 진행경로를 보이고 있는지 등이 실증분석의 주요 관심대상이었다.

외국의 대부분 실증분석은 주로 Global Environment Monitoring System(GEMS), Penn World Table, Worldwide Gasoline Survey, Oak Ridge National Laboratory 자료 등에 나타난 국가별 패널자료를 이용하고 있는데 이는 환경오염이 범지구적 문제이며 따라서 전세계차원에서의 대응방안 마련의 필요성을 인식하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 한편으로는 1992년 리우 유엔환경·개발회의에서 지속가능한 발전(Environmentally Sound and Sustainable

¹⁾ 쿠즈네츠는 소득의 분배균등도가 경제발전의 초기단계에는 점점 떨어지다가 경제가 성숙발전단계에 들어서면 다시 높아지는 현상을 국가별 시계열자료를 이용하여 발견한 바 있다. 이를 종축에 소득의 분배평등도를, 횡축에는 경제발전단계 즉 소득의 크기를 표시하여 도표로 그리게 되면 U자 형태가 되는데 종축을 소득의 분배의 불평등도로 변형하게 되면 역U자곡선(∩)이 되고 이를 쿠즈네츠 역U자 가설이라고 부르고 있다. 이러한 역U자 형태의 경제발전과 소득불평등도사이의 관계는 일부 선진국에서만 발견되고 나머지 국가에서는 확실한 증거가 발견되지 않아 가설에 머물러 있다. 김대식 외(1997), p. 417 참조.

²⁾ 기존의 실증분석 연구 결과는 제2장에서 구체적으로 설명되고 있다.

Development)이라는 개념이 도입되고 의제 21(Agenda 21)에 제시되어 있는 유엔의 요구사항을 각 국가별로 완성하여 제출하도록 하였으며, 1994년에는 환경문제의 대부분이 도시에서 발생하고 있고 2000년대에는 세계인구의 50%이상이 도시에서 살게될 것이라는 점에서 지역사회의 여건과 특수성을 고려한 실천가능한 정책을 수립하는 지방의제 21(Local Agenda 21)을 작성하는 지구환경회의가 열렸고, 국가별, 도시별 의제 21을 1996년까지 유엔의 지속가능발전위원회에 제출하도록 한 바 있음을 고려할 때 환경오염과 경제발전에 관한 논의는 지역차원에서도 반드시 이루어져야 할 주제라고 할 수 있다.

특히 우리나라에서는 지방자치제도가 성숙됨에 따라 각 지방자치단체별로 환경문제 해결이 주요 정책과제가 되고 있고 제반 정책방안들이 지역의 여건과 특성에 따라 수립되고 있으며 지역경제발전의 단계나 과정이 지역별로 차이가 있음을 고려할 때 환경오염과 지역경제발전과의 관계를 분석하는 것은 의미있는 작업이라고 할 수 있다. 왜냐하면 지역별로 지역경제를 구성하는 산업별 비중이 다르고 이에 따라 환경오염원별 구성비율도 다르게 나타날 것이므로 지방자치단체의 환경정책도 각기 다른 방향으로 추진되어야 하기 때문이다.

이러한 인식하에 이 연구에서는 서울을 비롯한 수도권에서의 환경오염과 지역경제발전과의 관계를 기존의 분석틀에 입각하여 분석하였다. 특히 이 연구에서는 다양한 환경오염원과 1인당 지역총생산사이에 역U자형태 존재하고 있는지를 실증적으로 분석하는 것뿐 아니라 만일 특정 오염원과 1인당 지역총생산사이에 역U자형태가 존재한다면 그 구체적인 원인이 무엇인지를 추가적으로 밝히고자 노력하였다.

이 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 제2장에서는 실증분석에 대한 선행연구를 검토하고 제3장에서는 분석모형의 설정과 오염지표 자료에 대한 기초 분석이 이루어진다. 제4장에서는 추정결과를 제시하고 제5장에서는 결론 및 정책적 의미를 도출한다.

2. 선행연구 검토

환경쿠즈네츠곡선의 존재여부를 밝히려는 최근의 실증분석 논문으로는 Shafik and Bandyopadhyay(1992), Seldon and Song(1994), Holtz-Eakin and Seldon(1995), Grossman and Krueger (1995), Hettige, Mani and Wheeler(1997), Hilton and Levinson(1998), Schmalensee, Stoker and Judson(1998) 등을 들수 있는데 이들 연구의 주요 내용은 <표 1>에 정리되어 있다.

Seldon and Song(1994)은 역U자형 쿠즈네츠곡선의 존재를 분석하기 위하여 30개국 12년간 대기오염배출량의 패널자료를 이용하였는데 분석결과에 따르면 부유분진(suspended particulate matter, SPM)과 아황산 가스(sulfur dioxide)의 배출량에 대해서는 일인당 소득 \$10,000 이전에서, 질소산화물(oxides of nitrogen, NO_x)과 일산화탄소(carbon monoxide, CO)의 배출량에 대해서

는 \$10,000 이후에서 정점이 이루어진다. 이들 연구의 주요 시사점은 정점이 대부분 국가의 일인당 소득보다 높으므로 이러한 대기오염의 배출량은 가까운 미래에도 증가할 것이라는 점이다. Grossman and Krueger(1995)는 대기오염(아황산 가스, 연기등) 및 수질오염지표(생화학적 산소요구량, 화학적 산소요구량등)의 수준변수를 종속변수로 하고 국내총생산, 국내총생산의 제곱항 및 세계제곱항, 국내총생산의 시차항, 시간추세항, 인구밀도등을 독립변수로 사용하였는데 14개 오염변수중에서 13개의 변수가 국민소득 \$1,887과 \$11,632사이에 정점을 갖고 역U자형을 나타내는 반면 소량먼지 허용한도에 대해서는 단조감소형태를 보였다. 이들은 일인당 국민소득 \$8,000(1985년 불변가격) 이전에서 환경문제의 전환점이 온다고 결론을 내리고 \$8,000이상에서는 환경오염지표가 소득이 증가함에 따라 감소한다고 보았다. Shafik and Bandyopadhyay(1992)는 자연대수를 취한 국민소득의 다항식과 다양한 오염수준과 관계를 실증분석하였는데 도시의 대기오염과 산림 황폐의 지표의 경우에는 역U자형을 발견하였으나 상수도의 질, 도시위생정화, 강물의 질등에 대해서는 발견치 못하였다.

Holtz-Eakin and Seldon(1995)은 국내총생산의 수준변수와 자연대수의 제곱항을 이용하여 이산화탄소의 배출량(carbon monoxide emissions)과의 관계에 대한 실증분석을 시도하였다. 지구온난화의 주요인으로 인식되고 있는 이산화탄소의 배출은 다른 대기오염의 배출과는 달리 각 나라의 오염이 전 지구에 영향을 미치는 외부효과가 발생한다. 각 나라들의 패널자료로 도출된 추정치는 일인당 국내총생산이 증가함에 따라 이산화탄소의 한계배출성향이 감소하고 있음을 제시했다. Schmalensee, Stoker and Judson(1998)은 47개 국가의 1950년부터 1990년까지 자료를 이용하여 2050년까지의 이산화탄소의 배출량을 예측하였으며, 일인당 이산화탄소의 배출량과 일인당 소득과의 관계에 역U자형이 존재함을 검증하였다. 일인당 이산화탄소의 배출과 에너지 소비의 소득탄력성이 높은 소득수준에서 음(-)임을 발견하였는데 이러한 결과에 대하여, 경제활동이 심화됨에 따라 이산화탄소배출량의 성장률이 감소하는 것이 높은 환경의식의 수준과 선진국에서의 강력한 규제에 의해서 기인하는 것인지 아니면 경제발전에서 탄소집중적 에너지원을 적게 쓰는 근본적인 경제구조의 변화에서 기인하는 것인지를 밝히는 작업이 필요하다고 보았다.

Hettige, Mani and Wheeler(1997)는 환경쿠즈네츠곡선의 존재여부를 검정하기 위해서 3가지의 오염에 대한 대리변수를 가지고 경제성장의 효과를 측정하였다. 대리변수로는 국내총생산에서 제조업이 차지하는 비중, 제조업상의 구성요소, 산업오염의 집중도 등을 사용하였는데 제조업비중에 대해서만 쿠즈네츠타입의 경로를 발견하였으며 오염집중도(pollution intensity)는 소득의 증가와 함께 지속적인 감소형태를 보였다. 산업오염의 집중도는 12년의 표본기간중 15%의 증가를 가져왔는데 경제개발이 지속적으로 추진되는한 수질부문에 있어서 쿠즈네츠곡선과 같은 현상은 요원하다고 보았다.

Hilton and Levinson(1998)은 개발도상국의 대도시에서 발생하는 가장 심각한 환경오염인 자동차배기오염(automotive lead emissions)과 국민소득간의 관계를 48개국의 20년간 패널자료를 이용하여 분석하였다. 이들 연구의 주요 결론은 자동차 유연배출(lead emissions)은 국민소득간에 역U형태를 보이고, 이 곡선의 정점은 함수의 형태나 기간설정에 매우 민감하며, 자동차 유연배출은 개솔린의 소비(오염활동)와 개솔린 1갤런당 배출량(오염집중도)에 의해 결정되는데 곡선의 하향부분은 개솔린 소비감소에 의한 것이 아니라 개솔린 유연성분의 감소에 기인한다는 것을 발견하고 환경쿠즈네츠곡선의 우하향부분은 오염집중도를 감소시키는 환경규제와 기술개발에 의존한다고 보았다.

환경쿠즈네츠 곡선에 대한 실증분석의 국내문헌으로는 이광수·이민원(1996)이 있다. 이들은 소득, 소득제곱, 물리적 공간적 변수나 지역더미 등을 사용하여 대기오염 및 수질오염지표와 성장에 관한 실증분석을 시도하였는데 소득수준이 환경오염에 결정적 영향을 주고 있음을 발견하였다. 전반적으로 소득수준이 높은 지역일수록 오염크기가 더 크게 나타나고 있으며 또한 소득수준이 높을수록 오염감소 효과가 큰 것으로 나타났다.

<표 1> 선행 실증연구 요약

	종속변수		국가	년도	특정형태	전환점	기타 독립변수
	오염원 (pollutants)	단위 (Units)					
Grossman&Krueger(1995)	SPM, SO ₂ , Water quality	허용농도	42(SO ₂) 29(SPM)	1977-1988	3제곱항의 수준변수	<\$8,000	시간추세, 인구밀도, 지리적 여건
Shafik&Bandyopadhyay (1994)	SPM, SO ₂ , Water quality, CO emission	SPM, SO ₂ 에 대한 허용농도	149	1972-1988 (SPM, SO ₂)	대수변수의 제곱항	\$3,670 (SO ₂), \$3,280 (SPM)	투자, 성장, 에너지보조, 자유무역, 부채, 시민 및 정치적 자유
Seldon&Song(1994)	SPM,SO ₂ , NOx, CO	배출량 (emissions)	30	1973-1984	수준변수의 제곱항	\$9,000-\$10,000 (NOx, SO ₂)	없음
Holtz-Eakin&Seldon(1995)	CO ₂	배출량	130	1951-1986	수준과 대수변수의 제곱항	없음	없음
Schmalensee, Stoker and Judson(1998)	CO ₂	배출량	47	1950-1990	대수 1차항	없음	없음
Hilton&Levinson(1998)	Automotive lead pollution	배출량	48	1972-1992	수준변수의 제곱항, 대수변수의 3제곱항	함수형태와 기간설정 에 따라 차이	인구밀도
Hettige,Mani& Wheeler(1997)	총산업대비 제조업비중, 제조업구성, 오염집중도	배출량	13	1975-1994	대수변수의 제곱항	\$7,000 (총산업대비 제조업비중)	없음

주: Hilton and Levinson(1998)의 Table 1내용 중 1995년 이후의 자료를 추가 · 보완함.

3. 추정모형의 설정 및 자료

1) 모형설정

지역경제발전과 환경오염과의 관계를 분석하기 위하여 선행연구와 유사하게 1인당(또는 단위당) 환경오염배출량(EM_{jt})과 1인당 실질지역총생산($RGDP_{jt}$)과의 관계를 다음의 식 (1)과 같이 축약방정식형태로 설정하였다.³⁾

$$EM_{jt} = \beta_0 + \beta_1 RGDP_{jt} + \beta_2 RGDP_{jt}^2 + \epsilon_{jt} , \quad (1)$$

여기서 j 는 지역을, t 는 시간을 의미하며 ϵ_{jt} 는 확률적 오차항(stochastic error)으로 0의 평균값과 유한분산을 가지고 독립적이며 동일하게 분산되어 있다고 가정한다.

환경쿠즈네츠곡선의 존재여부에 대한 검정은 β_1 과 β_2 의 부호에 의해 이루어지게 되는데 역U형태를 보이기 위해서는 $\beta_1 > 0$ 과 $\beta_2 < 0$ 을 보여야 할 것이다. 서론에서 언급한 바와 같은 교육수준이나 생산 및 소비구성의 변화, 환경규제 정도 등에 대한 변수를 설명 변수에 포함될 수 있으나 이러한 요인들이 경제발전에서 내생적 결과이며 경제발전의 환경오염에 대한 직·간접영향을 분석하는 것이 주목적인 한 분석에서 제외되는 것이 바람직하다는 선행연구의 주장⁴⁾을 받아들여 단순히 소득변수만을 설명변수에 포함하였다.

추정자료가 패널형태를 보일 경우 고정효과모형이나 랜덤효과모형을 사용할 수 있으나 이 연구에서는 랜덤효과모형을 선택하였다. 지역적 고정효과가 설명변수와 상관관계가 큰 경우에는 고정효과모형이 바람직할 수 있으나 이 연구에서 분석대상으로 하고 있는 서울, 인천, 경기도는 지역적으로 인접해 있고 동일한 경제권역에 속해 있으므로 지역적 고정효과와 1인당 소득수준과는 상관관계가 없는 것으로 판단하였다.

랜덤효과모형을 선택하는 경우 식 (1)은 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$EM_{jt} = \beta_0 + \beta_1 RGDP_{jt} + \beta_2 RGDP_{jt}^2 + \nu_{jt} ,$$

³⁾ Grossman and Krueger(1995)가 지적인 바와 같이 축약형 방정식을 통한 추정은 환경오염과 국민소득간의 관계가 어떠한 과정을 통하여 이루어지고 있는지, 즉 구조적 설명은 불가능하나 그 추정치를 통하여 환경오염에 대한 국민소득의 순효과(net effect)를 파악할 수 있으며 기술상태나 오염관련 규제 등과 같은 자료의 수집 없이도 추정 가능하게 한다는 장점을 가지고 있다.

⁴⁾ Seldon and Song (1994), p. 149.

(2)

여기서 $\nu_{jt} = \alpha_j + \epsilon_{jt}$ 이며 α_j 는 j 지역의 특성을 나타내는 오차항으로 시간에 따라 변하지 않는 것으로 가정한다.⁵⁾

2) 분석자료

환경오염으로는 대기 및 수질오염, 폐기물처리 및 토양오염등을 들 수 있으나 자료획득의 용이성과 대도시 내부에서 발생하는 환경오염의 실태 및 경제활동상황의 환경오염지표로 주로 이용되고 있는 대기오염을 선택하였다.⁶⁾ 제2장에서 살펴본 바와 같이 선행연구에서는 오염농도(ambient environmental quality)⁷⁾와 배출량(emissions)⁸⁾에 따른 지표가 사용된 바 있으나 이 연구에서는 배출량자료를 이용하였다. 사용된 오염항목은 아황산가스, 부유분진(먼지), 질소산화물, 일산화탄소

5) 랜덤효과모형의 오차항에 대한 추가적인 가정 및 추정방법(GLS)은 Greene(1993), pp. 623-629를 참조할 것.

6) 대기오염물질은 가스상의 물질과 입자상의 물질로 나눌수 있는데 전자는 연소합성 분해시 발생하거나 물리적 성질에 의해서 발생하는 기체상의 물질로서 황산화물, 질소산화물, 일산화탄소 및 오존등을 말하며 후자는 물질의 파쇄, 선별등 기계적 처리 또는 연소, 합성, 분해시에 발생하는 고체상 또는 액체상의 미세한 물질을 말한다. 대기오염물질의 인위적인 발생원으로 점오염원, 면오염원, 선오염원으로 나누는데 점오염원은 도시폐기물 소각로, 대규모공장과 같은 다량의 오염물질이 배출되는 것을 말하며, 면오염원은 일정지역내에 소규모 발생원이 모여 오염물질을 발생시키고, 선오염원의 대표적인 사례는 자동차로 도로를 중심으로 도로주변에 대기오염문제를 야기시킨다. 주요 발생원인 산업체의 총배출업소수는 1996년 현재 서울시에 841개소, 인천시에 1,648개소, 경기도에 4,890개소가 있는 것으로 보고되고 있다. 1996년말 현재 전체 자동차대수의 약 23%에 해당하는 217만대가 서울시에 등록되어 있어 자동차 배출가스에 의한 대기오염이 중요한 문제로 대두되고 있다. 자료: 환경백서(환경부, 1997), 서울의 환경(서울시, 1997), 한국의 환경 50년사(한국환경기술개발연구원, 1996).

7) 서울시 아황산가스 오염도는 1980년 0.094ppm으로 정점을 나타내다가 1988년에는 0.062ppm, 1996년에는 0.013ppm으로 까지 감소하였다. 먼지오염도를 보면 1986년도 183 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 1990년 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1996년에는 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 감소하고 있다.

8) 대기오염물질의 배출량 산출방법은 사업장에서 배출되는 오염물질을 실측하는 방법과 연료별 배출계수를 이용하여 이론적으로 계산하는 방법이 있다. 환경부에서는 연간 유류실적과 석탄소비실적을 토대로 미국 환경보호처에서 발표한 배출계수(AP-42) 및 국내에서 개발한 자동차배출계수를 적용한 대기오염물질 배출량을 측정하고 있다. 1995년도 대기오염물질 배출량 산정방식에 의하면 유류가 3,062천톤(70.4%), 석탄 1,095천톤(25.2%), 가스가 193천톤(4.4%)의 오염물질을 배출한 것으로 조사되었다. 1995년도 발생원별로는 수송부문이 전체의 48.8%인 2,122,272톤/년으로 나타나고 그 다음순으로 산업부문, 발전부문, 난방부문순으로 나타났다. 서울시의 경우 수송부문이 전체의 80.7%에 달하고 있다. 먼지와 아황산가스는 산업부문, 일산화탄소의 경우 수송 및 난방부문에서 높은 비중을 차지하고 질소산화물 및 탄화수소는 수송부문에서 주로 배출되고 있는 것으로 조사되었다. 자료: 환경백서(환경부, 1997), 서울의 환경(서울시, 1997), 한국의 환경 50년사(한국환경기술개발연구원, 1996).

이며 각각 총배출량, 산업부문 배출량, 수송부문 배출량을 구하여 추정에 이용하였다. 또한 인구수, 자동차 등록대수, 유류사용량, 제조업 생산액등을 추가적으로 이용하여 1인당 또는 단위당 배출량을 구하였다.

분석지역은 수도권의 서울시, 인천시, 경기도의 3개 지역이며 이들 3개지역을 동일 경제권역으로 가정하고 지역경제발전 및 오염발생원의 이동이 서로 밀접하게 관련되어 있는 것으로 보았다. 1980년부터 1995년까지 16년동안의 이들 3개지역의 시계열자료를 이용하였는데 주요변수들의 평균값, 표준오차, 최대값 및 최소값은 <표 2>에 제시되어 있다.

아황산가스 총배출량(MSO211)의 연간 평균치는 133,743톤으로 조사되었으며 최소 36,501톤, 최대 278,806톤인 것으로 나타났다. 부유분진 총배출량(MTSP11)에서 보는 바와 같이 대기오염 지표중에서는 적게 배출되는 것으로 나타났고 일산화탄소 총배출량(MCO11)이 가장 많은 평균 208,689톤 배출되고 있는 것으로 조사되었다.

<그림 1>에서 <그림 3>은 대기오염배출량을 지역별 배출원별로 보여주고 있다. 서울시 아황산가스 총배출량의 경우 1988년까지는 증가추세에 있다가 급격한 감소추세를 보이고 있다. 반면 경기도 총배출량의 경우는 1988년까지 감소추세를 보이다 다시 증가추세를 보였다. 1992년을 정점으로 감소추세에 있지만 감소정도는 서울시에 비하여 미미하다. 경기도의 경우 산업부문에서 배출되는 아황산가스량이 증가추세에 있어 이에 대한 대책이 필요한 것으로 보인다.

부유분진(TSP)의 경우 서울시에서는 1987년을 고비로 감소추세에 있으나 경기도는 오히려 증가추세에 있다. 양 지역에서 공통적으로 수송부문에서 배출되는 부유분진의 배출량 및 비중이 커지고 있다. 일산화탄소(CO)의 경우도 마찬가지로 서울지역에서는 1990년이후 감소추세에 있으나 경기도지역의 경우 감소추세가 거의 없음을 주목할 필요가 있다. 일산화탄소의 경우에도 수송부문이 큰 배출비중을 보이고 있다.

도표를 이용한 분석 및 계량분석을 위해서 이 자료들을 1인당 또는 단위당 오염지표로 환산하였다. 대부분의 선행실증분석에서는 일인당 지표를 사용하여 역U자형의 환경쿠즈네츠곡선을 도출하고 있으나 이 연구에서는 1인당 지표뿐만아니라 오염집중도(pollution intensity)를 볼 수 있는 단위사용량당 오염지표도 함께 사용하였다. 예를 들어 아황산가스는 산업, 난방, 수송 및 발전부문에서 배출되고 있는데 산업부문에서 배출되고 있는 아황산가스를 지역내총생산에 추계되는 제조업생산액을 나누어 제조업단위당 산업부문 아황산가스배출량(FMSO212)으로 환산하였다. 수송부문에서 배출되는 아황산가스의 경우에는 자동차 총등록대수를 나누어 차량 단위당 수송부문 아황산가스배출량(AMSO213)으로 환산하였다.

<표 2> 사용된 환경오염지표 및 경제일반지표

오염지표	지표의 정의 및 단위		평균	표준편차	최소값	최대값
RGPD	지역총생산(1990년 불변가격, 단위: 십억원)		22,372.92	16,979.16	2,865.0	62,166.0
POP	인구수(단위: 천명)		5,750.73	3,547.95	1,084.0	10,969.0
MANUF	제조업 생산액(단위: 십억원)		6,776.13	4,874.98	1,486.0	23,401.0
AUTO	자동차 등록대수(전차종, 단위: 대)		497,357.43	564,398.64	17,332.0	2,043,458.0
OILS	유류사용량(단위: 천배럴)		37,105.83	21,404.31	8,872.0	84,839.0
MSO211	아황산가스(SO ₂)	총배출량(단위: 톤/년)	133,743.87	64,201.80	36,501.0	278,806.0
MSO212		산업부문 배출량(단위: 톤/년)	38,251.10	26,353.52	7,788.0	99,683.0
MSO213		수송부문 배출량(단위: 톤/년)	12,555.45	13,077.43	1,351.0	70,230.0
MTSP11	부유분진(TSP)	총배출량(단위: 톤/년)	25,493.37	15,317.07	7,650.0	55,000.0
MTSP12		산업부문 배출량(단위: 톤/년)	3,394.87	2,312.41	645.0	8,670.0
MTSP13		수송부문 배출량(단위: 톤/년)	6,075.25	5,294.36	530.0	18,221.0
MNO211	질소산화물 (NO ₂)	총배출량(단위: 톤/년)	104,034.89	48,396.92	25,403.0	219,331.0
MNO212		산업부문 배출량(단위: 톤/년)	7,050.89	4,826.17	1,513.0	20,104.0
MNO213		수송부문 배출량(단위: 톤/년)	74,603.52	39,731.02	20,003.0	180,305.0
MCO11	일산화탄소(CO)	총배출량(단위: 톤/년)	208,689.60	175,128.17	37,532.0	639,600.0
MCO12		산업부문 배출량(단위: 톤/년)	1,609.89	863.04	449.0	3,793.0
MCO13		수송부문 배출량(단위: 톤/년)	89,482.43	85,460.29	6,820.0	355,540.0

자료: 각 년도 지역별 통계연보, 환경부 대기정책과 내부자료, 석유개발공사 내부자료.

물론 아황산가스의 경우 주로 경유자동차에서 배출되고 있으나 지역별, 연도별, 차량별 세부적인 자료를 확보할 수 없었다⁹⁾. 유류사용량에서는 산업이나 수송부문에서 공히 사용되고 있으므로 아황산가스 총배출량을 에너지사용량으로 나누어 에너지사용 단위당 배출량(OMSO211)으로 환산하였다. 또한 총배출량에 대하여 자동차대수당(AMSO211), 제조업단위당(FMSO211)등의 자료로도 분석하였다. 다른 대기오염지표의 경우에도 동일하게 적용되었는데 구체적인 1인당 또는 단위당 오염지표 산정방식은 아래의 <표 3>에 나타나 있다.

오염지표	오염지표 산정식	지표설명	
PMSO211	MSO211/MANUF	아황산가스	일인당 총 배출량
AMSO213	MSO213/AUTO		차량단위당 수송부문 배출량
FMSO212	MSO212/MANUF		제조업단위당 산업부문 배출량
OMSO211	MSO211/OILS		유류사용단위당 총배출량
FMSO211	MSO211/MANUF		제조업단위당 총배출량
AMSO211	MSO211/AUTO		차량단위당 총배출량
PMTSP11	MTSP11/POP	부유분진	일인당 총 배출량
AMTSP13	MTSP13/AUTO		차량단위당 수송부문 배출량
FMTSP12	MTSP12/MANUF		제조업단위당 산업부문 배출량
OMTSP11	MTSP11/OILS		유류사용단위당 총배출량
FMTSP11	MTSP11/MANUF		제조업단위당 총배출량
AMTSP11	MTSP11/AUTO		차량단위당 총배출량
PMNO211	MNO211/POP	질소산화물	일인당 총 배출량
AMNO213	MNO213/AUTO		차량단위당 수송부문 배출량
FMNO212	MNO212/MANUF		제조업단위당 산업부문 배출량
OMNO211	MNO211/OILS		유류사용단위당 총배출량
FMNO211	MNO211/MANUF		제조업단위당 총배출량
AMNO211	MNO211/AUTO		차량단위당 총배출량
PMCO11	MCO11/POP	일산화탄소	일인당 총배출량
AMCO13	MCO13/AUTO		차량단위당 수송부문 배출량
FMCO12	MCO12/MANUF		제조업단위당 산업부문 배출량
OMCO11	MCO11/OILS		유류사용단위당 총배출량
FMCO11	MCO11/MANUF		제조업단위당 총배출량
AMCO11	MCO11/AUTO		차량단위당 총배출량

<표 3> 분석에 이용된 오염지표 산정방법

⁹⁾ 서울시 1996년말 현재 사용연료별 보유현황을 살펴보면 휘발유차가 전체 자동차의 73%인 160만대, 경유차는 32.6%인 51만대, LPG택시는 3.4%인 7만3천대로 나타나고 있다.

4. 분석결과

1) 일인당 배출량을 사용하는 경우

<그림 4>와 <그림 5>에서는 일인당 지역총생산액과 일인당 환경오염지표들과의 관계를 보여주고 있다. 아황산가스와 부유분진의 경우 일인당 지역총생산액의 700만원~800만원 수준에서 오염배출의 정점을 보이다 소득이 증가할수록 감소하는 추세를 보여 환경쿠즈네츠곡선형태를 나타내고 있다. 일산화탄소의 경우 1,500만원 수준까지 증가현상을 보이다 그후 감소하는 역U자형태를 볼 수 있다. 질소산화물의 경우에는 일인당 소득 1,300만원~1,400만원수준에서 정점을 보이다 급속한 감소후 소득이 증가함에 따라 다시 소폭 증가하는 추세를 보인다.

한편 일인당 배출량을 사용한 실증분석 결과가 <표 4>에 나타나 있다. 모형의 설명력(BAR R²)은 대부분 낮지만 타 모델에 비해 일산화탄소의 경우가 높게 나타났다. 분석결과 수준향 및 제곱향의 추정계수가 1%수준에서 통계적으로 모두 유의한 것으로 나타났다. 특히 일인당 지역총생산의 제곱향이 모두 음(-)로 판명되어 환경쿠즈네츠곡선을 만족시키는 것으로 분석되어 기존의 연구 결과와 별 다른 차이점을 발견하지 못하였다. 추정결과에 따른 정점은 오염지표에 따라 차이가 있으나 일반적으로 1,000만원에서 1,500만원정도에서 나타나고 있는 것으로 분석되었다.

	PMSO211	PMTSP11	PMNO211	PMCO11
수준향 (표준오차)	24.046* (5.193)	2.504* (0.466)	10.424* (1.626)	10.689* (1.351)
제곱향 (표준오차)	-1.181* (0.256)	-0.104* (0.024)	-0.402* (0.080)	-0.347* (0.072)
BAR R ²	0.296	0.432	0.534	0.783

<표 4> 추정결과 (1인당 지표를 이용한 경우)

주: * 유의수준 1%에서 통계적으로 유의적

2) 단위당 배출량을 사용하는 경우

이상에서 분석한 바와 같이 1인당 지역총생산과 선택된 1인당 오염지표사이에는 역U자형태를 가지고 있다. Hilton and Levinson(1998)이 지적한 바와 같이 이러한 관계는 오염지표를 환경오염 유발활동과 오염의 집중도로 분리할 수 있는 경우에는 환경오염유발활동이 1인당 소득수준에 따라 증가하더라도 오염의 집중도가 1인당 소득수준에 따라 감소하게 되면 1인당 소득수준과 1인당 오염지표사이에는 역U자형태를 보일 수 있게 된다. 즉 1인당 오염지표를 (오염배출량/인구수)로 측정하면 이는 (배출원사용량/인구수)×(오염배출량/배출원사용량)과 같게 되므로 오염유발활동인 (배출원사용량/인구수)가 1인당 소득수준에 따라 증가한다 하더라도 오염집중도인 (오염배출량/배출원사용량)이 소득수준에 따라 감소한다면 역U자형태가 성립될 수 있다는 것이다.¹⁰⁾ 이 연구에서는 오염집중도인 (오염배출량/배출원사용량)은 단위당 배출량을 의미한다.

<그림 6>과 <그림 7>에서 단위당 배출량과 일인당 소득과의 관계를 보여주고 있다. <그림 6>의 상단부문에서 보여주고 있는 유류사용(에너지)사용단위당 아황산가스의 배출경우에도 소득수준의 증가에 따라 감소하고 있음을 보이고 있는데 소득의 증가에 따라 유류단위당 오염물질배출 저감기술개발이 이루어지고 있는 것으로 추측해 볼 수 있다. <그림 6>의 하단부문은 유류사용(에너지)사용단위당 질소산화물의 배출량인데 대체로 소득이 증가할수록 감소하고 있음을 볼 수 있다.

<그림 7>의 상단부문은 일산화탄소 총배출량을 총유류사용량으로 나눈 경우로 오히려 일정수준까지는 감소추세를 보이다 다시 상승하는 U자형태를 나타내는데 일인당 지역총생산 1,500만원 수준까지 증가현상을 보이고 있다. 하단부문은 수송부문에서 배출되는 일산화탄소의 양을 자동차등록대수로 나눈 단위당 배출량의 경우로 유사한 형태를 보이고 있다.

<표 5>에서 <표 8>은 사용량 단위당 오염배출지표를 사용한 계량분석의 결과를 보여 주고 있다.

(1) 아황산가스(SO₂)

등록차량 단위당 수송부문 아황산가스 배출량에 대한 일인당 지역총생산의 회귀분석 결과 수준향 및 제곱항의 추정계수들이 10%수준에서도 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다. 제조업단위당 산업부문 아황산가스 배출량의 경우에도 추정값이 유의하지 않는 것으로 나타나 환경쿠즈네츠곡선을 만족시키지 않음을 보이고 있다. 단지 제조업단위당 아황산가스 총배출량의 경우 제곱항의 추정계수가 10%수준에서 유의한 것으로 판명되지만 수준향의 추정계수가 유의하지 못하

¹⁰⁾ Hilton and Levinson은 자동차의 유연배출량의 경우 이러한 관계가 성립됨을 실증적으로 분석한 바 있다.

였다.

그러나 제곱항을 제외한 수준항만을 독립변수로 하여 회귀분석한 결과 추정계수가 5% 또는 10%수준에서 통계적으로 유의적이었으며 추정계수의 부호가 음(-)으로 나타나 우하향하는 직선을 나타내고 있다. 이는 일인당 소득수준이 증가함에 따라 차량단위당, 제조업단위당, 유류사용단위당 아황산가스의 배출량이 감소하고 있다고 볼 수 있는데 이러한 결과는 저황유공급 확대 및 배연탈황시설의 강화때문으로 해석할 수 있다.¹¹⁾

오염지표	수준항(표준오차)	제곱항(표준오차)	BAR R^2
AMSO213	-0.003(0.005)	-0.00005(0.0002)	0.068
	-0.004(0.001)*	-	0.094
FMSO212	-0.248(0.484)	-0.0002(0.024)	0.027
	-0.261(0.139)**	-	0.050
OMSO211	0.028(0.280)	-0.010(0.015)	0.056
	-0.156(0.076)*	-	0.063
FMSO211	1.926(1.896)	-0.173(0.103)**	0.114
AMSO211	0.090(0.163)	-0.011(0.008)	0.100
	-0.099(0.046)*	-	0.071

<표 5> SO₂ 추정결과

주: * 5% 유의수준에서 통계적으로 유의적; ** 10% 유의수준에서 통계적으로 유의적

(2) 부유분진(TSP)

부유분진의 경우에도 차량단위당 수송부문 배출량, 제조업단위당 산업부문 배출량, 유류사용단위당 총배출량 등을 오염지표(종속변수)로 사용하고 독립변수에 1인당 지역총생산의 수준항뿐 아니라 제곱항을 포함시키게 되면 추정계수가 통계적으로 유의하지 못하나 수준항만을 독립변수로 사용한 경우 FMTSP12를 제외하고는 추정계수 모두 음의 부호를 갖고 5% 유의수준에서 통계적으로 유의적이었다.

¹¹⁾ 1981년에 연료용유류의 황함유기준을 강화하기 시작하여 B-C유의 경우 4.0%에서 1.6%이하, 경유의 경우 1.0%에서 0.4%이하로 공급하기 시작하였다. 여러 기준을 거쳐 1997년 7월부터 B-C유의 경우 0.5%, 2001년부터는 0.3%까지 강화할 예정이다. 경유의 경우에도 1997년 7월부터 0.1%를 사용하도록 전국으로 강화하였다. 1995년 저황유 공급량은 전체 공급량의 82%를 차지하고 있다. 현재 국내정유사의 등경유 탈황시설규모는 LG정유 일산 19만배럴, SK(주) 16만 7천배럴, 쌍용정유 11만 5천배럴, 현대정유 9만 9천배럴, 한화에너지 8만 8천배럴등이다. 최근 완공된 LG정유의 7만배럴규모의 시설은 유황함량 0.04%의 초저유황 경유 및 유황함량 20ppm의 초저유황 실내등유를 생산하게 된다.(한국경제신문, 9월 29일).

오염지표	수준향(표준오차)	제곱향(표준오차)	BAR R^2
AMTSP13	0.000(0.001)	-0.000(0.000)	0.060
	-0.001(0.000)*	-	0.075
FMTSP12	-0.077(0.056)	0.003(0.003)	0.029
	-0.026(0.016)	-	0.033
OMTSP11	-0.050(0.047)	0.001(0.002)	0.102
	-0.037(0.013)*	-	0.122
AMTSP11	0.003(0.016)	-0.001(0.001)	0.116
	-0.011(0.004)*	-	0.108
FMTSP11	-0.416(0.326)	0.003(0.016)	0.215
	-0.424(0.099)*	-	0.155

<표 6> TSP 추정결과

주: * 5% 유의수준에서 통계적으로 유의적

(3) 질소산화물(NO₂)

질소산화물의 경우에도 유사한 결과를 얻었다. 차량단위당 수송부문 배출량, 제조업단위당 산업부문 배출량, 유류사용단위당 총배출량 등을 오염지표로 사용한 회귀분석에서 수준향 및 제곱향의 추정계수가 통계적으로 유의적이지 못하였으나 수준향만을 독립변수로 사용한 경우에는 모든 오염지표에서 음의 부호를 갖고 5%수준에서 통계적으로 유의적이었다. 지역별로 서울시의 경우 1990년 이후 질소산화물 총배출량의 감소현상이 미미하게 나타나고, 인천시의 경우 지속적인 증가 추세를 보이다 2~3년전부터 감소현상을 보이고 있다. 특히 질소산화물의 생성과정을 살펴보면, 질소를 함유치 않은 휘발유를 자동차의 연료로 사용하지만 엔진속에서 휘발유가 고온연소될 때 공기중의 질소가 연소하기 때문에 배기가스에 질소화합물이 많이 포함되어 있는 것이다. 대기오염물질 배출허용기준의 강화를 통하여 저공해자동차 보급 및 오염물질저감장치 부착을 유도하는 방안이 강구된다고 볼 수 있다.

오염지표	수준항(표준오차)	제곱항(표준오차)	BAR R^2
FMNO212	-0.013(0.045)	-0.001(0.002)	0.110
	-0.040(0.013)*	-	0.145
OMNO211	-0.003(0.116)	-0.003(0.006)	0.050
	-0.065(0.031)*	-	0.067
AMNO211	0.011(0.057)	-0.003(0.003)	0.134
	-0.044(0.016)*	-	0.118
FMNO211	-0.391(0.780)	-0.035(0.039)	0.306
	-1.266(0.242)*	-	0.360
AMNO213	0.003(0.033)	-0.002(0.002)	0.131
	-0.026(0.009)*	-	0.121

<표 7> NO₂ 추정결과

주: * 5% 유의수준에서 통계적으로 유의적

(4) 일산화탄소(CO)

유류사용단위당 일산화탄소 총배출량과 제조업단위당 일산화탄소 총배출량을 오염지표로 사용한 회귀분석에서 수준항 및 제곱항의 추정계수가 5%수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 그런데 각 제곱항의 추정계수 0.257과 0.041의 부호가 양(+)으로 나타나 U자형태를 보여 단위당 배출량으로는 일정소득 수준이후 지속적으로 증가하고 있다는 것을 보인다. 일인당 총배출량을 지표로 사용한 경우에는 역U자 형태를 보였었다. 제조업단위당 산업부문 배출량(FMCO12), 차량단위당 수송부문 배출량(AMCO13)등을 오염지표로 사용한 회귀분석에서 수준항 및 제곱항의 추정계수가 통계적으로 유의하지 못하였고 수준항만을 독립변수로 사용한 경우 FMCO12 및 AMCO11의 추정계수만 음(-)의 부호를 갖고 5%수준에서 통계적으로 유의적이었다.

오염지표	수준항(표준오차)	제곱항(표준오차)	BAR R^2
FMCO11	-7.866(2.450)*	0.257(0.107)*	0.229
AMCO13	0.007(0.010)	-0.001(0.001)	0.056
	-0.004(0.003)	-	0.038
FMCO12	-0.037(0.024)	0.001(0.001)	0.181
	-0.021(0.006)*	-	0.189
OMCO11	-1.113(0.428)*	0.041(0.020)*	0.125
AMCO11	-0.041(0.054)	-0.000(0.003)	0.159
	-0.046(0.014)*	-	0.177

<표 8> CO 추정결과

주: * 5% 유의수준에서 통계적으로 유의적

(5) 계량분석 종합

일인당 대기오염지표를 사용한 계량분석에서 오염지표 모두에서 국민소득과의 관계가 역U자의 형태가 나타나 환경쿠즈네츠곡선을 발견하였다. 오염집중도(단위당 오염지표)를 사용하여 환경쿠즈네츠곡선을 간접적으로 분석한 결과 아황산가스, 부유분진, 질소산화물의 경우에는 우하향하는 형태를 보임으로써 일인당 지표의 경우와 동일한 결과를 얻고 있으나 일산화탄소의 경우에는 지표에 따라 U자형을 보이기도 하고 또한 하나의 지표만 우하향하는 직선을 보여 환경쿠즈네츠곡선을 발견할 수 없었다.

5. 요약 및 정책적 시사점

본 연구에서는 서울시, 인천시 및 경기도 등 수도권지역의 환경오염지표와 경제일반지표에 대한 1980년부터 1995년까지의 패널자료를 사용하여 지역경제에서도 소득이 증가함에 따라 환경오염이 초기에는 상승하고 정점을 지나 하향하게 되는 환경쿠즈네츠곡선이 존재하는지를 실증분석하였다. 환경오염지표는 대기오염의 배출량을 기준으로 하였는데 기존의 실증연구는 일인당 오염배출량 또는 대기오염농도의 자료를 이용하여 분석하고 있으나 본 연구에서는 오염배출원의 단위당 배출량을 사용하여 오염집중도를 분석함으로써 간접적으로 환경쿠즈네츠곡선을 발견해 보고자 하였다.

분석을 통하여 밝혀진 분석결과와 정책적인 시사점을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 1인당 국민소득과 1인당 대기오염배출량과의 관계는 수도권지역에서 역U자형의 환경쿠즈네츠곡선을 만족시키고 있음을 발견하였다. 1인당 소득수준에 따라 오염수준이 감소하는 전환점은 아황산가스와 분진, 질소산화물, 일산화탄소의 순으로 높게 나타났다. 오염집중도를 나타내는 에너지사용 단위당, 차량등록단위당 및 제조업단위당 대기오염배출량과의 일인당 소득과의 관계에서는 아황산가스와 분진, 질소산화물의 경우 우하향하는 추세를 보여 단위당 오염배출량이 감소하고 있음을 보였다. 그러나 일산화탄소의 경우 일정한 소득수준이후 지속적으로 증가하는 U자형의 형태를 보이기도 하였다. 따라서 1인당 대기오염배출량과 단위당 오염배출량의 지표를 동시에 고려할 때 일산화탄소의 경우에는 환경쿠즈네츠곡선이 나타난다고 볼 수가 없다.

둘째, 환경쿠즈네츠곡선이 나타나는 원인에 대해서는 소득이 증가함에 따라 단위당 오염배출량의 지속적인 감소현상에 기인한다고 볼 수 있다. 즉 경제활동의 증가에 의해 오염배출원의 총량사용은 지속적으로 증가하고 있으나 저황유공급확대, 배연탈황시설강화, 대기오염물질 배출허용기준 강화, 기술개발 등으로 단위당 오염배출량이 줄어들고 있기 때문으로 보인다.

셋째, 수도권지역중 서울시 지역내총생산액의 제조업비중이 현저히 감소추세에 있어 산업부문

에서 배출되는 대기오염량은 감소현상을 보이고 있으나 자동차운행상에서 배출되는 대기오염의 비중이 날로 증가추세에 있어 이에 대한 대책이 요구된다. 특히 역U자 곡선현상이 나타나지 않는 일산화탄소의 경우 총배출량중 수송부문의 배출량이 대부분을 차지하고 있어 문제의 심각성이 있다고 볼 수 있다.

일반적으로 1인당 국민소득과 1인당 대기오염배출량과의 역U형관계는 서론에서 언급한 바와 같이 소득수준의 증가에 따른 보다 나은 환경의 질에 대한 욕구 증대, 덜 오염적인 형태로의 생산과 소비 구성의 변화, 교육 및 환경에 대한 인식의 증대, 정부의 환경에 대한 규제정도의 변화, 오염저감기술개발 등이 주원인으로 나타난다고 볼 수 있다. 그러나 우리나라의 수도권지역에서는 그동안 수도권정비계획법이나 공업배치및공장설립에관한법률 등에 의거하여 서울시 소재 제조업체가 경기도지역으로 꾸준히 이전되어 온 것이 사실이다. 이러한 입지규제는 위의 원인과는 별개로 대기오염의 발생원 구성비율을 변화시키고 또한 환경쿠즈네츠곡선의 존재에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 예를 들어 <그림 8>에서 보이는 바와 같이 아황산가스의 총배출량중 산업부문에서 발생하는 비중이 1980년대 20%수준에서 서울시는 1987년까지 9%대까지 감소현상을 보이다 현재 20%수준으로 증가되는 현상을 보이고 있는 반면 경기도의 경우 서울시의 배출비중이 감소하는 동안 60%수준까지 급격하게 증가하는 현상을 보이고 있다. 이러한 제조업 입지규제가 역U자형 환경쿠즈네츠곡선에 미치는 효과 분석은 향후 흥미있는 연구과제가 될 것으로 생각된다.

참고문헌

경기통계연보, 각 연호.

김대식 외(1997), 『현대경제학원론』.

서울통계연보, 각 연호.

서울특별시, 서울의 환경, 각 연호.

이광수 · 이민원 (1996), “환경을 고려한 지역경제의 성장평가” 『환경경제연구』 Vol. 5, No 1, 143-188.

인천통계연보, 각 연호.

통계청, 지역내총생산, 각 연호.

한국환경기술개발연구원 (1996), 한국의 환경50년사.

환경부, 환경백서, 각 연호

____, 환경통계연감, 각 연호.

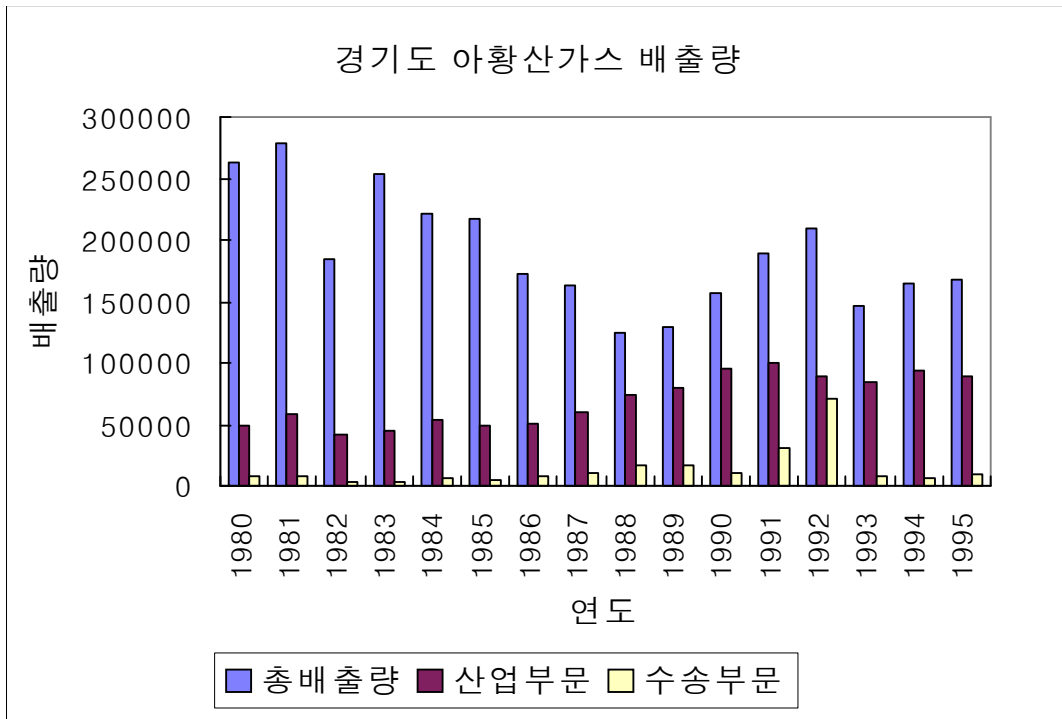
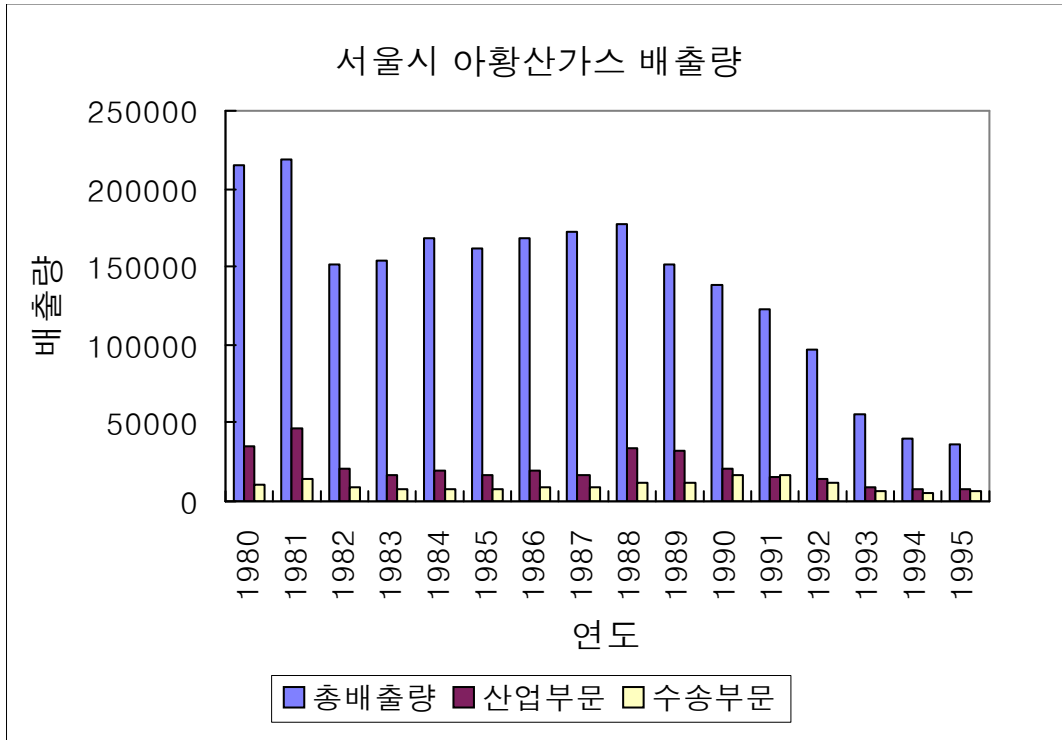
Beckerman, W. (1992) "Economic growth and environment: Whose growth? Whose environment?" *World Development* 20, 481-496.

Greene, William H. (1993), *Econometric Analysis*, Third Edition, Prentice-Hall International, Inc.

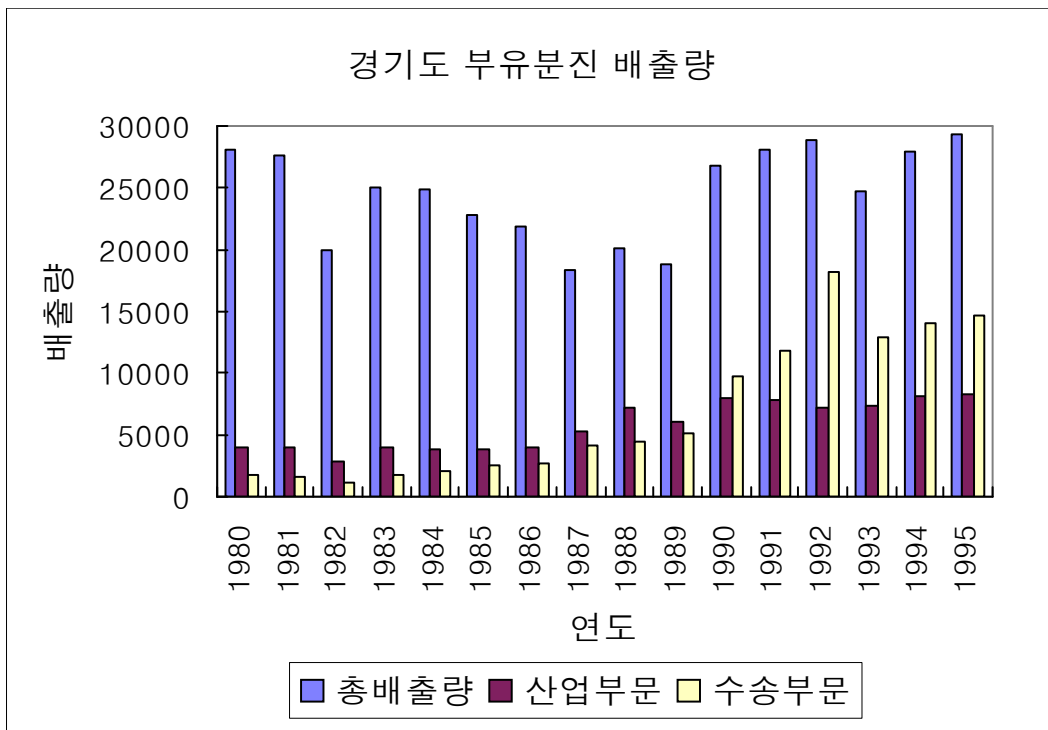
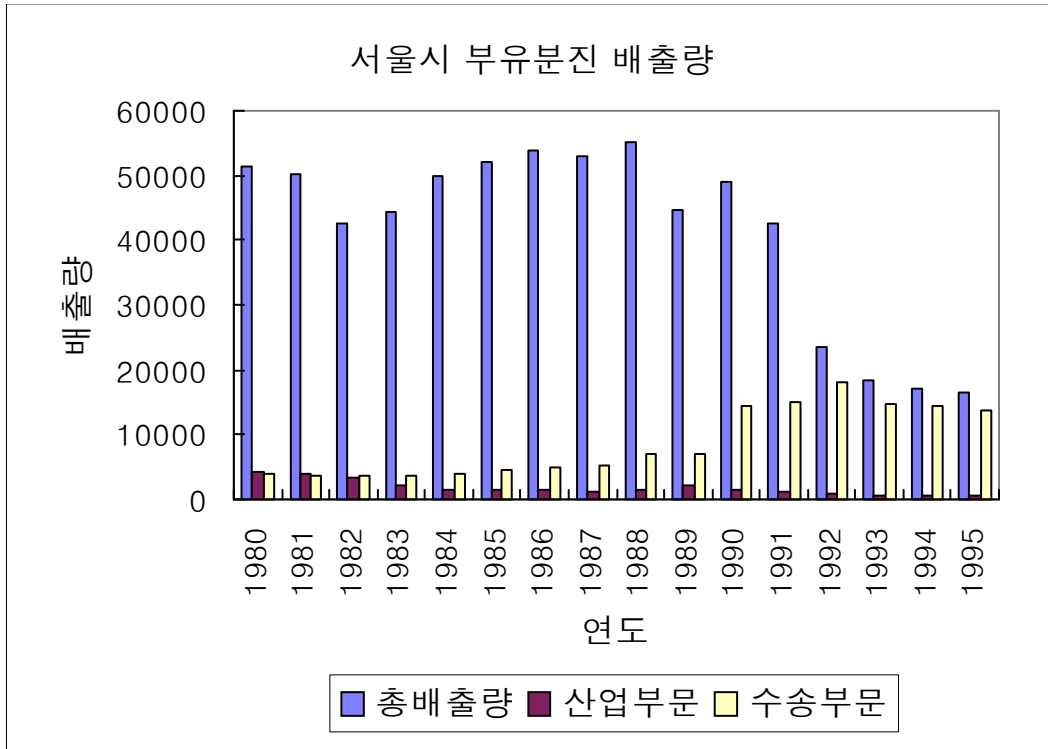
Grossman G., and Krueger, A. (1995), "Economic growth and the environment" *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.

Gruver, W. (1976), "Optimal investment in pollution control capital in a neoclassical growth context", *Journal of Environmental Economics and Management* 5, 165-177.

- Hettige, H., Mani, M. and Wheeler, D. (1997), "Industrial pollution in economic development: Kuznets revisited" *Development Research Group Working Paper*, The World Bank, Washington D. C.
- Hilton, F.G. and A. Levinson (1998), "Factoring the environmental Kuznets curve: evidence from automotive lead emissions" *Journal of Environmental Economics and Management* 35, 126-141.
- Holtz-Eakin, D. and T. Seldon (1995), "Stocking the fires? CO₂ emissions and economic growth", *Journal of Public Economics* 57, 85-101.
- Schmalensee, R., Stoker, T. and Judson, R. (1998), "World carbon dioxide emissions: 1950-2050" *Review of Economics and Statistics*, MIT, 15-27.
- Selden, T. and Song D. (1994), "Environmental quality and development: Is there a Kuznets curve air pollution emissions?" *Journal of Environmental Economics and Management* 27, 147-162.
- _____ (1995), "Neoclassical growth, the J curve for abatement, and the inverted U curve for pollution" *Journal of Environmental Economics and Management* 29, 162-168.
- Shafik, N. and A. Bandyopadhyay (1992), "Economics growth and environmental quality: Time series and cross-section evidence," *World Bank Policy Research Working Paper* #WPS904. The World Bank, Washington D. C.

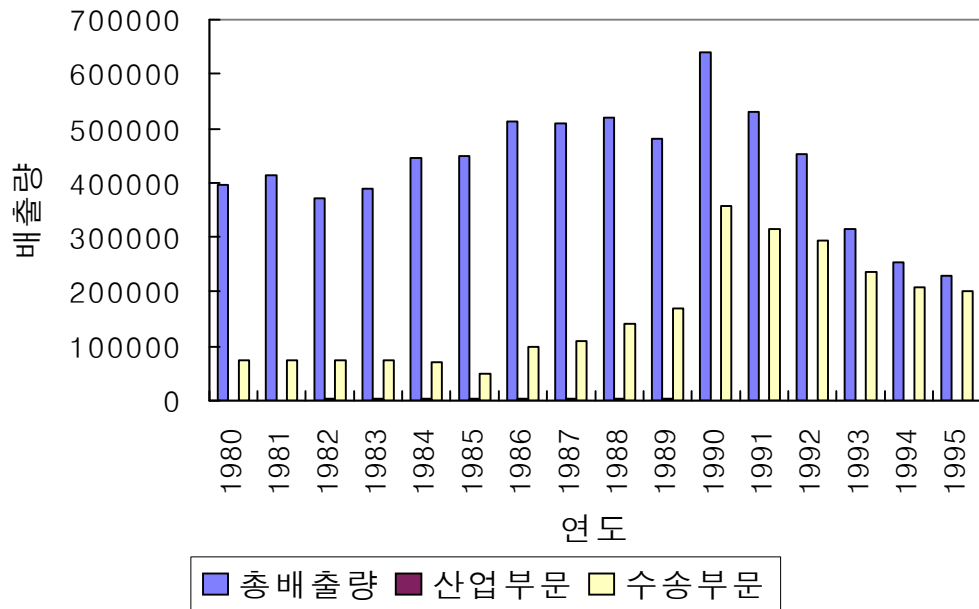


<그림 1> SO₂ 배출원별 구성(서울시, 경기도)

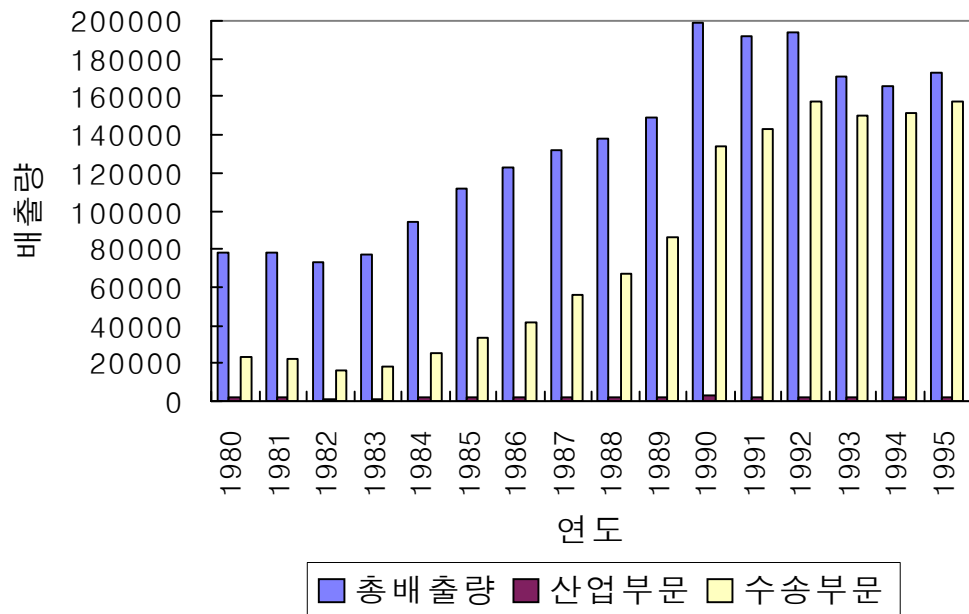


<그림 2> TSP 배출원별 구성(서울시, 경기도)

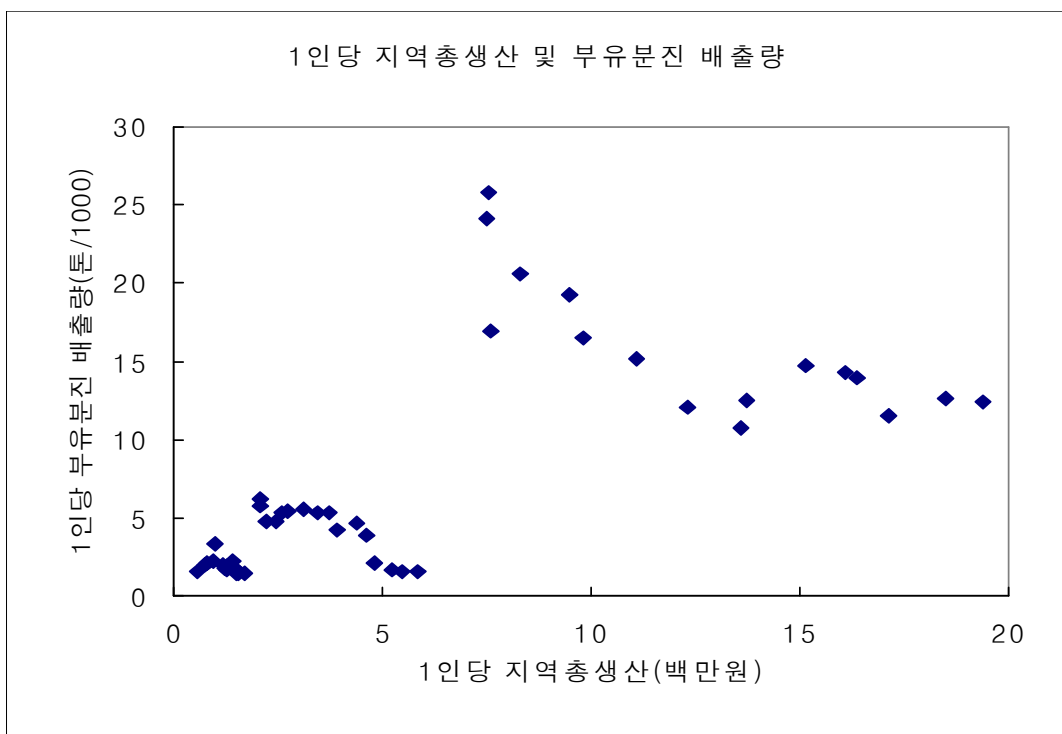
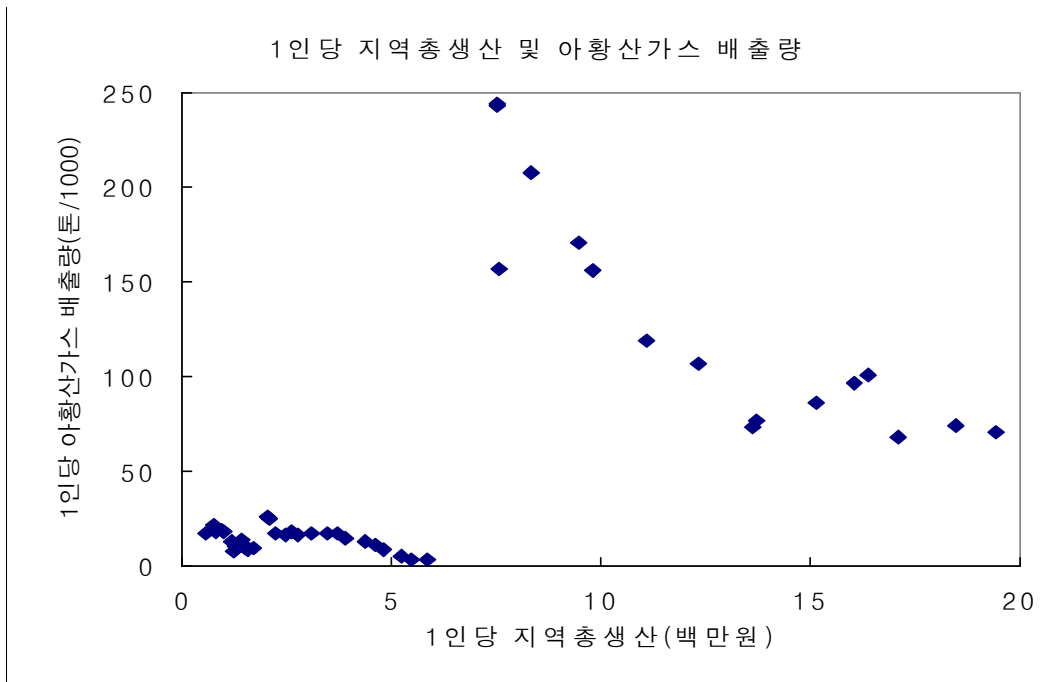
서울시 일산화탄소 배출량



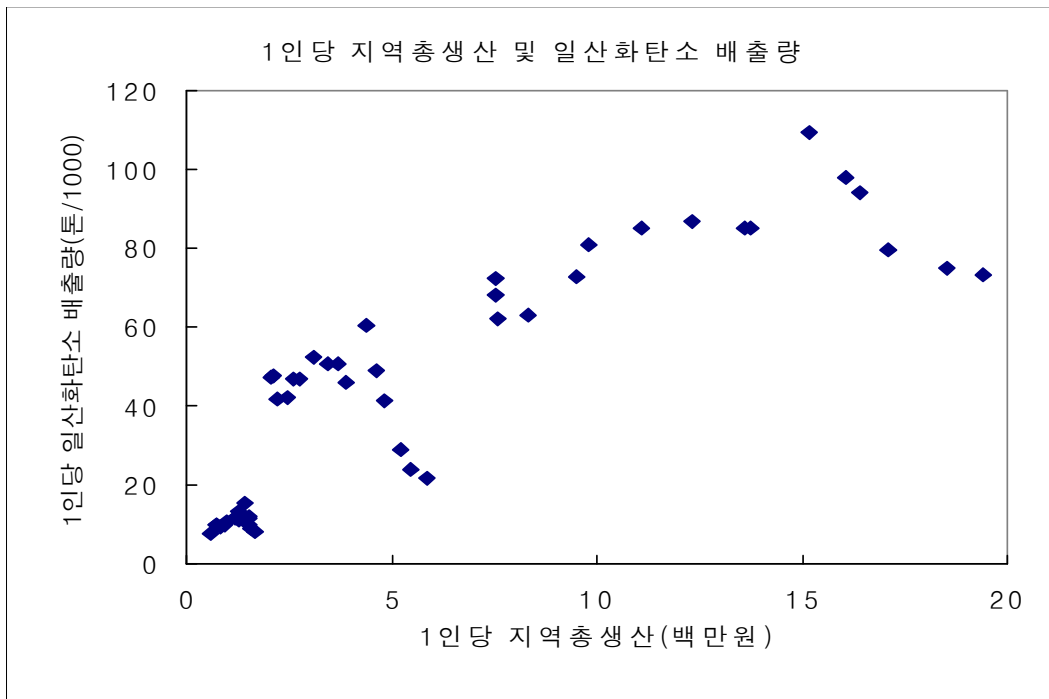
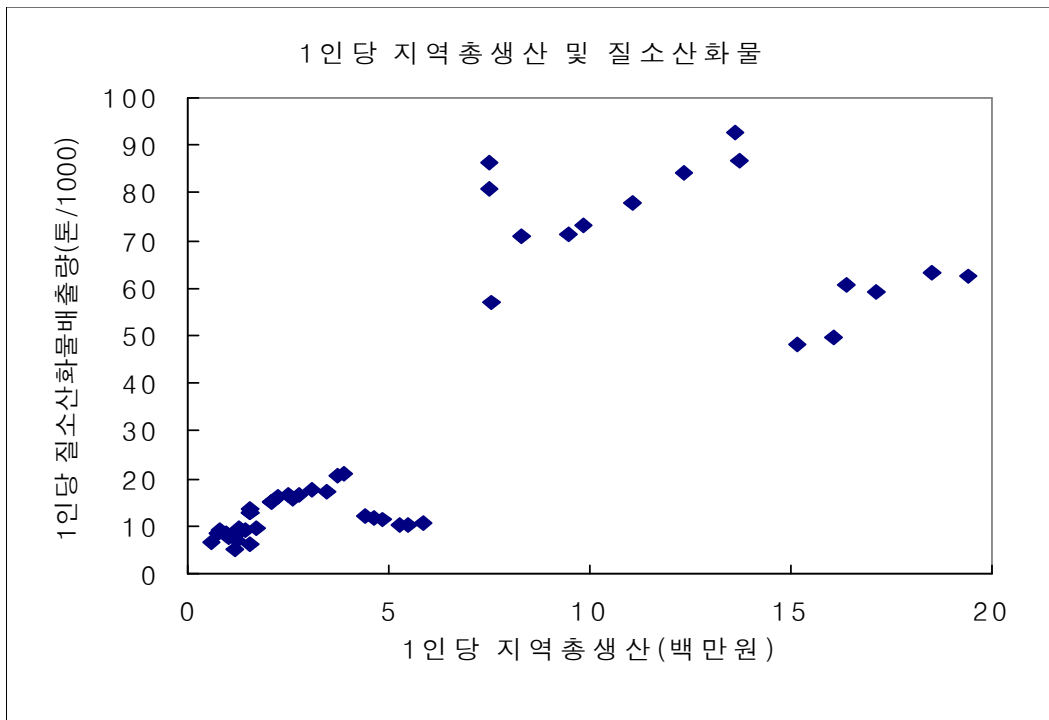
경기도 일산화탄소 배출량



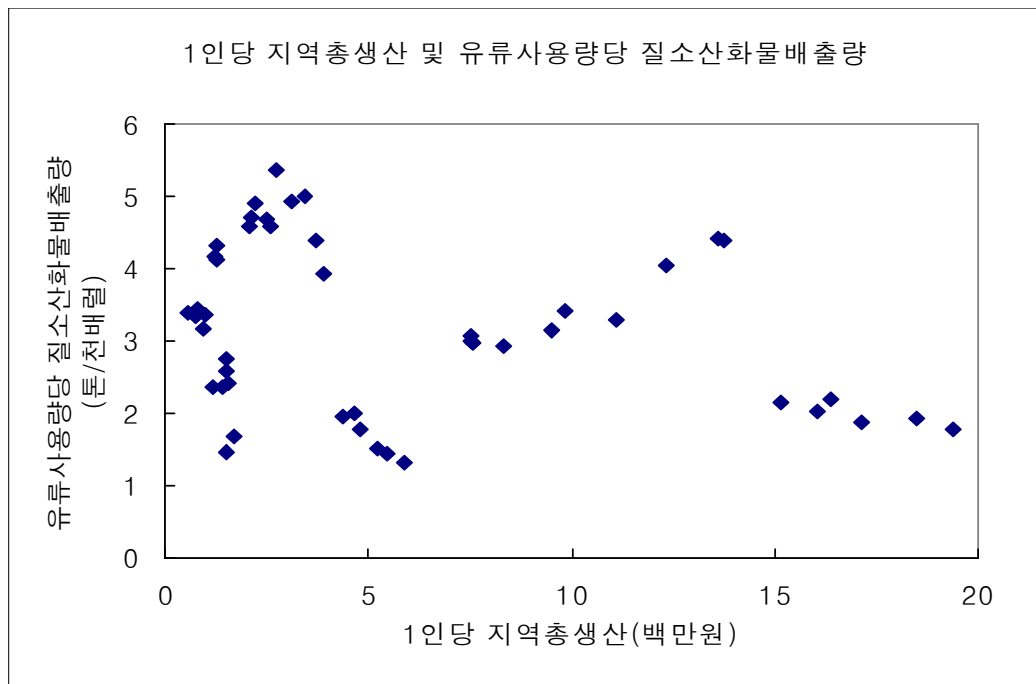
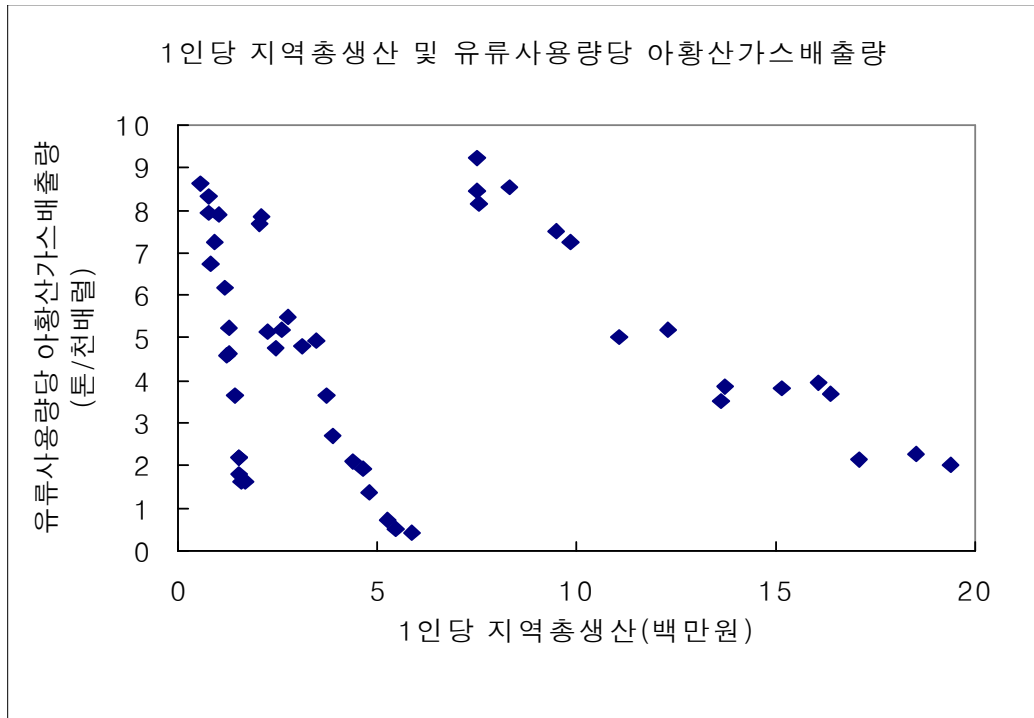
<그림 3> CO 배출원별 구성(서울시, 경기도)



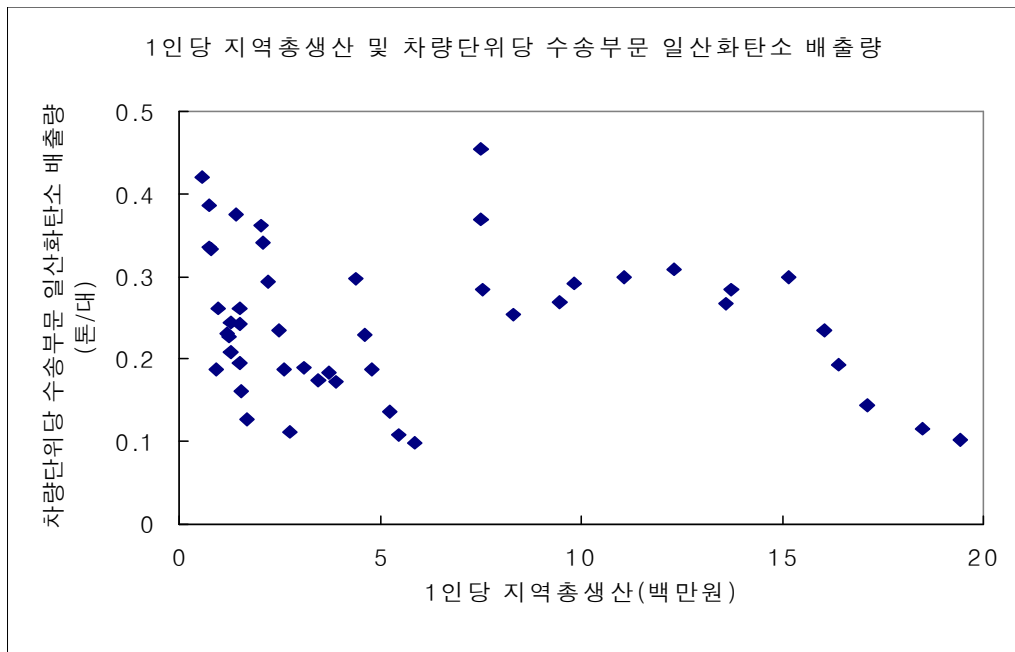
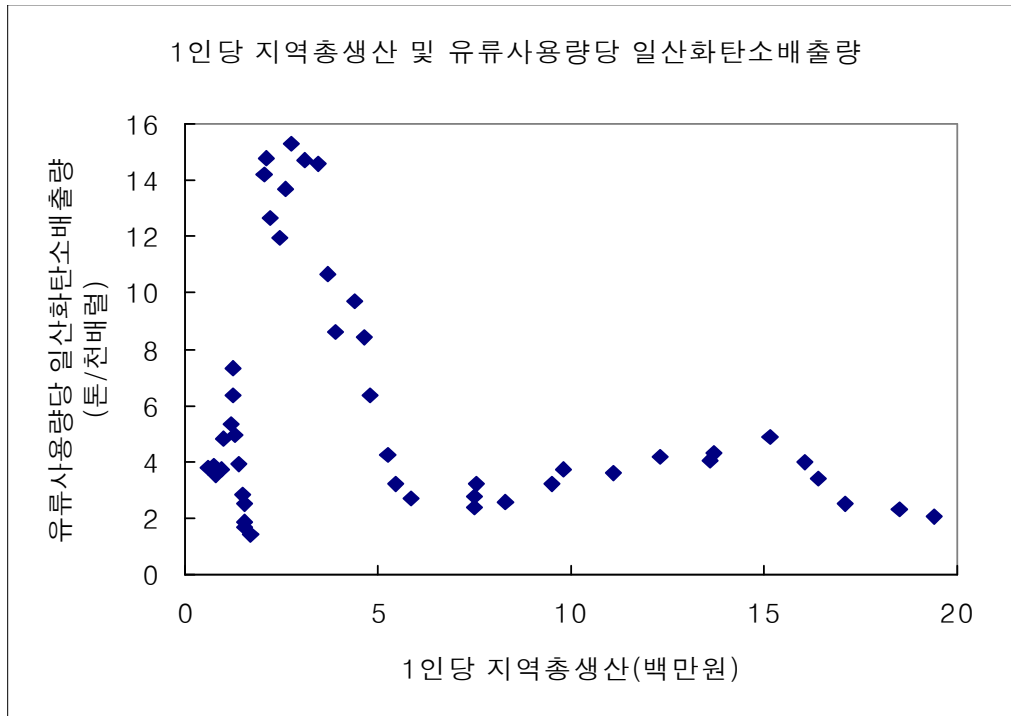
<그림 4> 1인당 지역총생산과 일인당SO₂ 및 TSP 배출량



<그림 5> 1인당 지역내총생산과 일인당 CO 및NO₂ 배출량

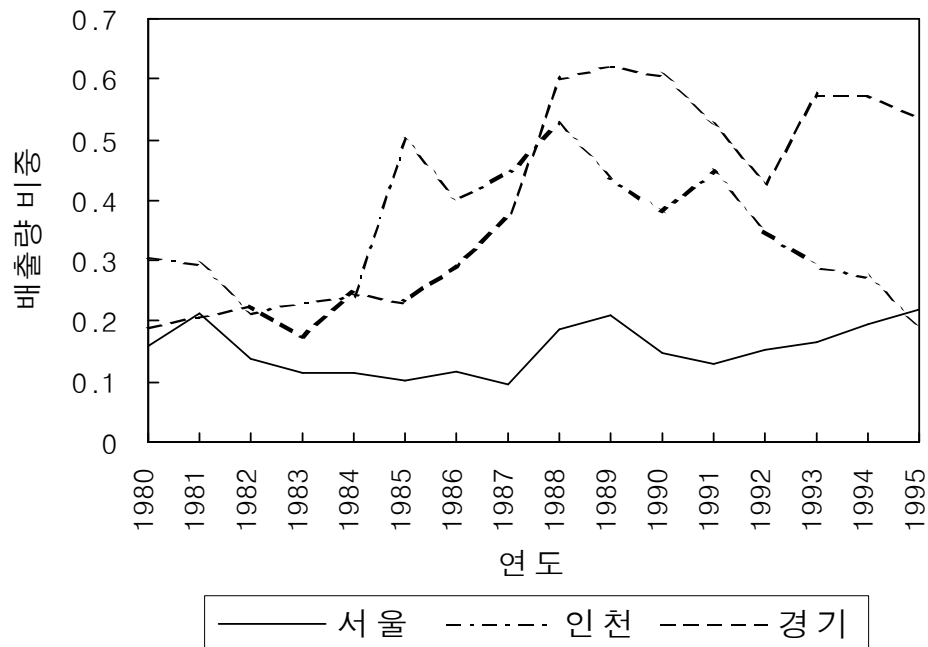


<그림 6> 1인당 지역총생산과 유류사용량당 SO₂ 및 NO₂



<그림 7> 유류사용량 CO배출량과 차량대수당 수송부문 CO배출량

산업부문이 차지하는 아황산가스 배출량 비중



<그림 8> 산업부문이 차지하고 있는 SO₂ 배출량 비중의 시간추세(서울, 인천, 경기)