

지식기반경제로의 이행에 따른 환경영향과 대응방안(1)

한국환경정책·평가연구원 장기복

지식의 중요성이 날로 커지고 있는 가운데 그 활용 범위 역시 상당한 폭으로 좋아하고 있다.

환경분야도 예외일 수 없는 데, 다양한 영향에 대한 충분한 고려를 바탕으로 지식기반 경제 발전 전략과 관련 분야의 정책이 균형있게 추진되어야 할 필요성이 제시되고 있는 가운데 지난해 말 한국 환경정책·평가연구원에서 『지식기반경제로의 이행에 따른 환경영향과 대응 방안』에 대한 연구서가 나왔다.

본지는 동 보고서 내용 중 환경관리에 필요 한 부분을 발췌, 게재하고자 한다.

「편집자주」

목 차

- I. 서론
 - II. 지식기반경제로의 이행
 - III. 지식기반경제로의 이행과 환경영향
 - 1. 자원이용 및 환경오염 발생특성의 변화
 - 1.1 경제활동의 지식집약화에 따른 탈물화 현상 확대
 - 1.2 지식기반산업의 성장과 탈산업화
 - 1.3 지식활동의 디지털화에 따른 지식·정보매체의 전자화
 - 2. 환경관리 및 환경정책 측면의 변화
 - 2.1 지식의 성장과 지속가능발전역량 제고
 - 2.2 개별 경제주체의 환경지식 공유·활용역량 제고
 - IV. 지식기반경제시대의 환경정책 방향
 - 1. 지식기반 정책수단의 활용 확대
 - 2. 수요관리정책 강화
 - 3. 서비스산업에 대한 환경관리체제 구축
- 참고문헌

I. 서론 [생략]

II. 지식기반경제로의 이행 [생략]

III. 지식기반경제로의 이행과 환경영향

1. 자원이용 및 환경오염 발생특성의 변화

1.1 경제활동의 지식집약화에 따른 탈물화 현상 확대

지식이 경제적 가치(value) 창출의 핵심 요인으로 작용하는 지식기반경제로의 이행에 따라 경제활동에서 지식활동의 비중 즉 경제활동의 지식집약화 현상이 확대될 것이다. 과학기술과 정보통신기술의 발달에 힘입어 지식의 창출·확산·활용 등 지식활동의 비용이 획기적으로 저감되고 있을 뿐 아니라 수요의 고급화·다양화에 따라 제품에 내재한 지식·정보 등 무형의 지적 요소에 대한 소비자의 욕구가 증대하고 있기 때문이다.⁷⁾

이에 따라 환경적으로 적지 않은 변화가 나타날 것으로 예상된다. 특히 자원으로써 지식의 역할이 중요해지고 경제활동에서 지식 투입이 증가하면서 상대적으로 물적 자원의 활용이 감소할 가능성이 높다. 즉 지식에 의해 물적 자원이 대체되면서 동일한 경제적 가치를 창출하기 위해 필요로 하는 물적 자원의 양이 감소하는 탈물화(脫物化; Dematerialization) 현상⁸⁾이 확대될 수 있다는 것이다.

선진국경제의 경우 이미 오래 전부터 이와 같은 탈물화 현상이 나타나고 있는 것으로 확인된다.

Joseph(1999)에 따르면, 미국의 경우 상품 무게 단위(1파운드)당 GDP의 경우 1972년 3.64달러에서 1999년 6.52달러로 약 79% 증가한 것으로 나타나고 있으며, 지난 20년 동안 미

국 GDP가 70% 증가한 데 반해 GDP를 구성하는 상품의 총 무게는 오히려 약간 감소한 것으로 조사되고 있다. 이는 미국의 경우 이미 오래 전부터 상품의 소형화와 서비스화가 진행되면서 보다 적은 양의 자원으로 종전 이상의 가치를 창출하는 경제의 탈물화가 이루어지고 있음을 보여주는 단적인 사례라 할 수 있다.

Ehrlich(1999)는 미국, 독일, 일본, 네덜란드 등의 자연자원 사용 추이를 분석한 결과, 1975년 이후 이들 4개국 모두에서 GDP 단위당 자원사용량이 꾸준히 감소, 자연자원 이용 측면에서의 경제활동의 탈물화가 진행되고 있음을 밝힌 바 있다.

특히 미국과 독일의 경우 이와 같은 탈물화 효과에 따라 GDP의 지속적인 성장에도 불구하고 자원이용의 총량이 일정하게 유지되고 있는 것으로 분석되었다. 이 같은 현상은 자연자원 이용과 관련한 지식의 투입 증가로 GDP 단위당 자원사용량 즉 동일한 가치 창출을 위한 자원사용량이 감소한 반면 인구 단위당 자원사용량이 일정하게 유지될 수 있었기 때문에 나타나는 것으로 이해된다. 반면에 일본과 네덜란드의 경우 GDP 단위당 자원이용량은 꾸준히 감소하는 추세를 보이고 있으나 이와 동시에 인구 단위당 자원사용량이 지속적으로 증가하고 있어 전체적인 자원사용의 총량은 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 경제 전체적으로 지식집약화가 진행됨에 따라 자원집약도의 저하 뿐 아니라 1인당 자원 소비 증가 효과 즉 지식집약화의 반향효과(rebound effect)가 동시에 나타났으나, 탈물화 효과가 반향효과를 상쇄할 만큼 충분하지 못했거나 반향효과 즉 소비증가효과가 적절하게 억제되지 못했기 때문에 나타난 현상으로 볼 수 있다.

탈물화 효과는 에너지사용 측면에서도 확인되고 있는데, 경제활동과 에너지사용량 간의 일반적인 정(正)의 관계에도 불구하고, 1990년대 이후 미국 경제는 장기적인 고성장을 유지

7) Coyle(1999)은 최근의 선진국경제를 특징짓는 가장 중요한 변화로서 상품의 가치를 결정하는 데 있어서 공간적, 물질적 특성이 갖는 중요성이 점차 감소하고 있는 반면 브랜드, 편의성 등 상품에 내재한 무형의 지식요소 역할이 점차 중요해지고 있다는 점을 지적한 바 있다.

8) 탈물화(dematerialization)는 경제적 기능을 수행하기 위해 요구되는 물질의 양이 절대적 혹은 상대적으로 감소하는 현상으로 정의된다.(Iddo K. et. al, 1997)

함과 동시에 에너지 사용량은 거의 증가하지 않은 것으로 나타났다. 1990년대 들어 GDP 단위당 에너지소비량은 매년 1%이하의 비율로 하락하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 1997년과 1998년의 경우 GDP는 4% 이상씩 성장했으며 에너지 가격이 낮게 유지되었음에도 불구하고 GDP단위당 에너지사용량이 각각 3.4%, 3.9%씩 낮아지는 현상이 나타났다. 1999년의 경우도 약 2% 이상 에너지집약도가 낮아질 것으로 추정되고 있다. 이에 따라 1998년 전체 온실가스배출량은 경제 불황기였던 1991년 이후 가장 낮은 수치인 0.2%에 그친 것으로 조사되고 있다.

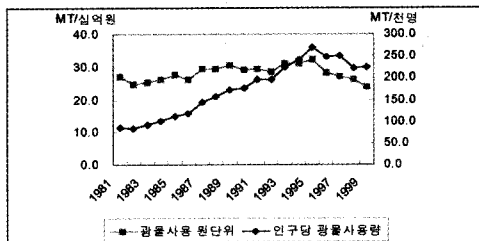
이와 같은 결과에 대해 대부분의 연구들은 미국경제가 지식기반경제로 이행함에 따라 경제 전체적으로 에너지 사용의 효율이 제고되고 정보통신기술을 중심으로 한 지식기반산업의 발달에 기인한 것으로 해석하고 있다. 미국 EPA의 분석에 의하면 에너지원단위 절감의 약 1/3은 지식기반산업으로의 산업구조 변화에 의한 것이고, 나머지 2/3은 전반적인 에너지 효율성 개선으로부터 잉여가 발생한 것으로 분석하고 있다. EPA 이와 같은 에너지 효율성 개선은 향후에도 지속될 것으로 보면서 IT산업의 빠른 성장에 의한 구조적 효율성 개선 효과를 감안할 경우, 미국 경제의 이산화탄소 배출이 2010년까지 5% 증가할 것이라는 주요 전망들이 과다 추정된 것이라고 주장하고 있다.⁹⁾

우리나라의 경우에도 자연자원 사용 측면에서 지식집약화에 따른 탈물화 효과로 파악되는 현상이 부분적으로 확인된다. 다음의 <그림 III-1>과 <그림 III-2>는 우리나라의 GDP 및 인구 단위당 광물자원 사용량과 광물자원 총 사용량을 각각 나타내고 있다. GDP 단위당 광물자원 사용량은 완만한 증가세를 보이다가 1996년을 기점으로 하락하는 추세에 있는 것으로 나타났다.

이 같은 결과만을 놓고 볼 때, 1996년 이후 광물자원의 사용과 관련한 경제활동에서 지식집약화에 따른 탈물화가 구체화

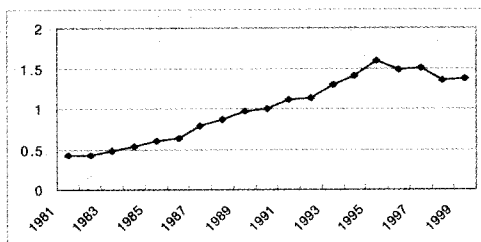
되고 있다고 추론해 볼 수 있다고 본다. 인구 단위당 광물자원 사용량의 경우 역시 GDP 단위당 사용량과 유사한 추이를 보이고 있는데, 이는 광물자원의 사용과 관련한 지식집약화가 이루어짐에 따라 광물자원 관련 상품의 소비증가 효과 즉 반향효과가 구체화되지 않았다는 것을 의미한다.

<그림 III-1> 우리나라 GDP 및 인구 단위당 광물자원 사용량



주 1) GDP는 1995년 불변가격, 금, 은 제외.
 2) 텡스텐 94년 이후, 황연 93년 이후, 안티모니광 92년 이후 비소광 84년-92년 자료가 없음.
 자료: 에너지경제연구원(2000), 2000 에너지통계연보.

<그림 III-2> 우리나라 광물자원의 총 사용량 추이(1991년 = 1)



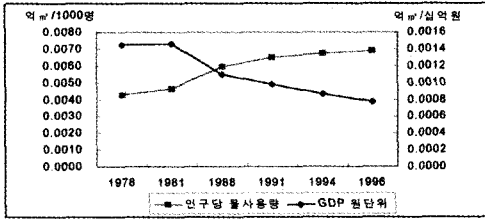
주: 금, 은 제외
 자료: 에너지경제연구원(2000), 2000 에너지통계연보.

다음의 <그림 III-3>과 <그림 III-4>는 우리나라의 GDP 및 인구 단위당 물 사용량과 물의 총 사용량을 나타낸다. GDP 단위당 물 자원의 사용량은 1980년대 이래 지속적으로 하락하는 추세로서 물의 사용과 관련된 경제활동에서 지식집약화가 촉진되면서 동일한 가치 창출을 위한 물의 사용량이 상대적으로 하락하는 탈물화 효과가 나타나고 있다고 볼 수 있다. 그러나 물 자원의 경우 광물자원에서와는 달리 물 자원의 사용상의 효율성 제고에도 불구하고 인구 단위당 사용량이 지

9) 미국의 에너지이용구조에 대한 자세한 내용은 Joseph(1999) 참조

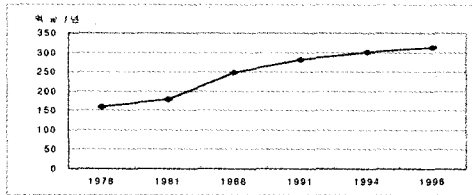
속적으로 증가, 경제 전체적인 물의 총 사용량은 지속적으로 증가하고 있다. 지식집약화에 따른 탈물화 효과가 소비증가 등의 반향효과에 의해 상쇄되고 있는 것이다.

〈그림 Ⅲ-3〉 우리나라 GDP 및 인구 단위당 물자원 사용량



자료 : 환경부(1999), 1999 환경통계연감.

〈그림 Ⅲ-4〉 우리나라 물자원 총 사용량 추이



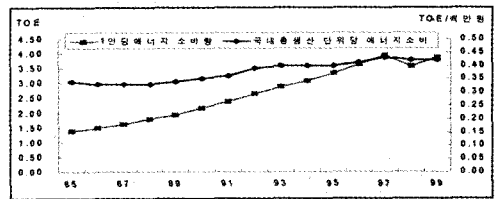
자료 : 환경부(1999), 1999 환경통계연감.

그러나 에너지 사용과 관련하여서는 우리나라의 경우 미국 등에서 나타나는 지식집약화에 따른 탈물화 효과가 분명하게 나타나지 않고 있다. 〈그림 Ⅲ-5〉에 나타난 바와 같이 경제 전체적인 GDP 단위당 에너지 소비량은 꾸준히 증가하는 추세를 보이다가 1998년에 일시적으로 낮아졌으나 1999년 다시 종전 수준으로 상승한 것을 알 수 있다. 1998년에 에너지 원단위가 일시적으로 낮아진 데에는 1997년말 이후 환율상승에 따른 에너지가격 상승에 따른 소비 위축 즉 1인당 에너지소비량 감소에 따른 효과가 컸던 것으로 풀이된다. 또한 1인당 에너지소비량의 경우 역시 1998년을 제외하고는 지속적으로 상승하는 추세이다.

따라서 우리나라의 경우 경제 전체적인 에너지 효율성 향상이나 에너지 다소비형 산업구조의 개선 등 에너지 사용 관련

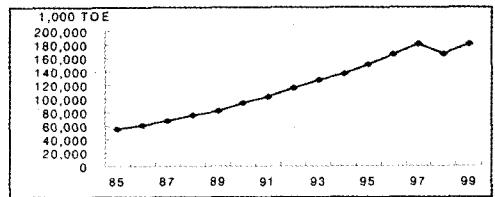
지식활동(예: 에너지가격구조의 합리적 조정, 에너지효율개선을 위한 기술개발 등)이 충분히 이루어지지 않았던 것으로 평가해 볼 수 있다. 다만 부분별로 볼 때, 제조업의 에너지원단위는 1990년대 들어 지속적인 하락 추세를 보이고 있어 산업부문에서 에너지사용 측면에서는 부분적으로 탈물화 효과가 나타나고 있는 것으로 볼 수 있다.

〈그림 Ⅲ-5〉 우리나라 GDP 및 인구 단위당 에너지소비량 추이



자료 : 에너지경제연구원(2000), 2000 에너지통계연보.

〈그림 Ⅲ-6〉 우리나라 에너지 총 소비량 추이



자료 : 에너지경제연구원(2000), 2000 에너지통계연보.

이 같은 결과를 종합해 볼 때 경제활동의 지식집약화에 따라 경제적 가치 창출을 위한 물적 자원의 사용량 감소 즉 경제의 탈물화 현상이 촉진될 가능성이 높은 것으로 판단된다. 이와 같은 탈물화는 경제활동에서의 자원의 효율적 이용을 내포하는 것으로서 환경친화적인 변화로 파악될 수 있다. 이와 관련하여 Chichilnisky(1998) 등은 지식혁명을 농업혁명과 산업혁명에 비견되는 사회경제적 혁명으로 파악하고 산업혁명이 산업기계 등 물적 자원을 토지를 대체하는 핵심 생산요소화한 것과 유사하게 지식혁명에 의해 지식이 토지와 기계를 대체 하면서 더 적은 물적 자원의 투입에 의해 더욱 많은 경제산출을 가능하게 할 것이라고 주장한 바 있다.¹⁰⁾

10) Ehtich(1999)의 내용에서 인용

그러나 일본과 네덜란드의 자연자원 이용 및 우리나라에서의 물 자원 사용 추이에서 나타난 바와 같이 지식집약화에 의한 탈물화 효과가 지식집약화에 의한 1인당 소비 증가 등의 반향효과에 의해 상쇄되는 경우가 나타날 가능성도 배제하기 어렵다. 또한 반향효과에 비해 탈물화 효과가 더욱 크게 나타난다고 하더라도 양적 측면에서의 자원집약도 저하가 질적인 측면에서의 환경친화성을 담보하지 못한다는 것도 주목할 필요가 있다. 예컨대 GDP 단위당 자연자원의 양이 감소한 것으로 나타날 경우 알루미늄이나 플라스틱에 의한 철강의 대체 등과 같이 특정 자연자원간의 대체에 기인하는 경우가 있을 수 있다. 대체되는 자원과 대체하는 자원간의 환경적 특성에 따라 탈물화의 환경 영향은 매우 다른 양상을 보일 수 있다.

따라서 지식기반경제로의 이행이 자원 및 에너지 이용의 효율성 증진을 내용으로 하는 경제의 탈물화를 촉진, 친환경적 경제발전으로 구체화되기 위해서는 지식집약화에 따른 소비 증가 등의 반향효과가 적절하게 억제되어야 할 필요가 있으며, 탈물화 자체가 환경친화성을 담보할 수 있도록 지식집약화 자체가 환경친화적인 방향에서 이루어지는 것이 전제되어야 할 것이다.

1.2 지식기반산업의 성장과 탈산업화

산업구조의 측면에서도 지식집약도가 높은 첨단기술제조업 및 지식기반서비스업 등 지식기반산업이 성장을 주도하는 새로운 양상이 나타나고 있다. 지식기반산업 중심의 이와 같은 산업구조 변화는 산업화시대를 이끌어 왔던 철강, 펄프제지, 섬유 등 전통적인 산업부문의 상대적 약화 즉 '탈산업화'를 의미할 수 있다. 이하에서는 이와 같은 탈산업화가 환경적으로 어떠한 의미를 갖는가에 대해 검토해 보기로 한다.

1.2.1 지식기반산업의 환경영향

일반적으로 지식기반산업은 전통적인 제조업이나 서비스업에 비해 자원집약도가 낮고 환경오염물질 배출량이 작은 것으로 알려져 있다. 그러나 같은 제조업이나 서비스업에 포함

되어 있다 하더라도 원재료의 이용과 사업장 구조, 폐기물 및 오염물질 배출 특성이 매우 상이할 뿐 아니라 다양한 업종이 다양한 형태의 가치사슬(value chain)에 따라 복잡하게 연계되어 있기 때문에 업종간 환경부하의 단순비교는 의미를 갖기 어렵다.

따라서 업종별 환경영향을 보다 체계적으로 검토하기 위해서는 각 업종별 투입요인과 산출물의 소비 후 폐기 문제까지 종합적으로 고려할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 산업연관표 상의 세부 업종별로 자원 및 에너지 이용과 오염물질 배출에 관한 정보를 토대로 투입-산출 인과관계를 감안하는 산업연관분석 등 산업 수준의 LCA(Life Cycle Assessment) 분석이 요구된다.

본 연구에서는 업종별 자원이용 및 오염물질 배출 정보의 부족 등 자료의 한계를 감안, 김승우(1998)에 의해 제시된 업종별 대기오염물질 배출자료를 토대로 업종간 환경오염유발효과를 비교해 보기로 한다.

다음의 <표 Ⅲ-1>은 우리나라 업종별 생산액 단위당 대기오염물질 배출효과를 해당 업종의 생산과정에서 야기되는 직접효과와 중간투입단계까지를 감안한 총 효과에서 직접효과가 차지하는 비율을 구분하여 나타내고 있다. 업종별 생산액 단위당 대기오염물질배출 직접효과는 오염물질에 따라 다소의 차이를 보이고 있으나 전력부문을 제외할 경우 지식기반서비스, 지식기반제조, 일반제조, 일반서비스업의 순서로 작게 나타나는 것을 알 수 있다. 이 같은 결과는 지식기반산업의 생산과정에서 유발되는 환경영향이 '굴뚝산업'으로 알려져 있는 일반 산업에 비해 작을 것이라는 일반적인 인식과 일치하는 것으로 볼 수 있다. (표 Ⅲ-1 참조)

그러나 투입단계까지를 고려한 총 유발효과 중 직접효과가 차지하는 비중을 보면 지식기반제조업 및 지식기반서비스업 모두 직접효과의 비중이 상대적으로 낮게 나타나고 있다. 따라서 직접효과 측면에서의 지식기반산업의 환경부하가 낮은

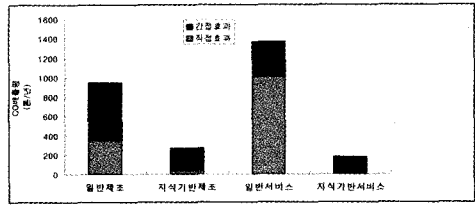
사실만으로 지식기반산업에 의한 총 대기오염물질 배출효과가 낮다고 속단하기는 어렵다. 지식기반산업에서 활용되고 있는 투입물의 생산과 관련된 업종에서의 대기오염물질배출 효과가 그만큼 높다는 것을 의미하기 때문이다.

〈표 Ⅲ-1〉 업종별 생산액 단위당 대기오염배출 효과

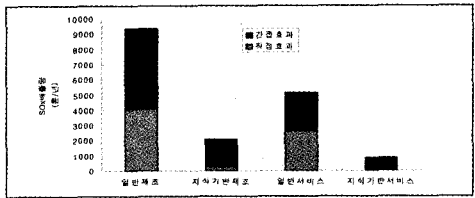
(단위 : 톤/천원, %)

	SOx		CO		NOx		TSP		HC	
	직접 효과	직접 효과 비중	직접 효과	직접 효과 비중	직접 효과	직접 효과 비중	직접 효과	직접 효과 비중	직접 효과	직접 효과 비중
농림수산업	1.661	53.48	0.178	64.73	0.505	54.36	0.099	32.04	0.019	57.58
광산업	0.284	11.54	0.445	72.95	0.36	30.64	0.19	24.17	0.062	72.94
음식료품	1.413	32.28	0.08	27.68	0.364	29.91	0.113	21.99	0.008	21.62
담배	0.405	36.08	0.013	16.46	0.071	22.61	0.031	21.68	0.002	18.18
섬유제품	2.841	46.11	0.067	27.57	0.523	34.66	0.212	27.33	0.008	25.81
의류 및 장신품	0.15	6.12	0.066	32.84	0.063	8.58	0.015	3.90	0.009	30.00
가죽제품 및 모피	1.676	47.18	0.007	42.92	0.35	36.50	0.121	26.30	0.012	36.71
목재 및 나무제품	0.623	24.49	0.11	33.85	0.159	18.68	0.055	12.30	0.015	27.78
펄프 및 종이	4.706	55.67	0.11	35.37	0.611	42.48	0.358	32.63	0.012	31.58
제조업	0.067	2.12	0.062	26.50	0.049	5.54	0.009	1.83	0.009	25.71
인쇄, 출판 및 복제	12.28	93.22	0.198	77.04	2.029	87.23	0.923	82.93	0.019	67.86
석유, 석탄제품	0.74	19.97	0.037	17.45	0.143	11.94	0.055	7.69	0.004	14.29
고무 및 플라스틱제품	5.809	56.61	0.239	38.67	3.849	65.87	1.776	59.60	0.031	35.63
비금속광물제품	7.401	47.47	0.212	36.87	6.044	53.33	2.913	50.36	0.027	36.99
제1차금속	0.301	4.51	0.075	20.00	0.101	2.36	0.023	1.03	0.01	19.61
금속제품	0.065	1.79	0.041	17.23	0.038	1.70	0.007	0.60	0.006	17.14
일반	0.16	5.81	0.104	36.11	0.1	8.18	0.019	2.97	0.015	33.33
제조업	2.07	90.56	0.052	21.49	0.577	34.99	0.259	27.21	0.006	16.75
화학제품	0.06	2.81	0.008	5.93	0.017	1.48	0.005	0.79	0.001	5.00
전기, 전자기기	0.024	2.08	0.008	8.08	0.009	1.65	0.002	0.69	0.001	5.86
정밀기기	0.747	33.57	0.037	24.50	0.148	12.70	0.055	13.00	0.005	20.83
제조업	0.111	5.34	0.026	15.95	0.038	3.74	0.008	1.42	0.003	12.50
정밀기기	0.308	9.85	0.02	10.99	0.067	4.17	0.023	2.66	0.003	11.54
지문착 및 부품	0.016	0.69	0.003	2.14	0.005	0.37	0.001	0.14	0	0.00
전반	29.529	87.25	2.172	88.69	11.927	87.72	11.973	90.99	0.172	84.73
일반	1.421	29.01	0.24	50.10	2.862	65.48	0.134	11.08	0.032	50.14
서비스업	0.096	2.69	0.039	15.06	0.048	2.32	0.008	0.76	0.005	12.82
도소매	0.961	4.74	0.04	33.61	0.024	5.29	0.005	1.85	0.001	5.00
음식 및 숙박	1.737	65.70	0.083	39.91	0.682	38.10	0.109	16.90	0.01	37.04
운수 및 보관	8.315	78.86	2.073	90.88	3.299	83.27	0.554	65.48	0.498	92.22
공공행정 및 국방	0.371	18.73	0.016	10.74	0.087	11.71	0.021	5.13	0.001	4.35
제조업	0.04	5.01	0.002	2.94	0.012	3.90	0.002	0.93	0	0.00
서비스업	0.031	3.79	0.002	2.30	0.014	4.59	0.001	0.60	0	0.00
제조업	0.004	0.35	0	0.00	0.001	0.21	0	0.00	0	0.00
서비스업	0.05	6.26	0.002	3.39	0.016	5.30	0.004	2.13	0	0.00
교육, 보건 및 사회복지	0.235	11.83	0.009	7.56	0.06	8.88	0.014	3.46	0.001	6.25
서비스업	0.123	7.85	0.006	5.04	0.029	5.12	0.012	3.38	0.001	5.88

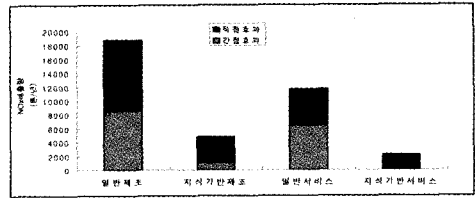
다음의 <그림 Ⅲ-7>에서 <그림 Ⅲ-11>은 대기오염물질별로 일반 제조업, 지식기반제조업, 일반 서비스업, 지식기반서비스업 등 산업 그룹별 대기오염물질배출량을 직접효과와 간접효과로 구분하여 나타내고 있다. 간접효과까지를 감안하는 경우에도 오염물질별 차이 없이 지식기반산업이 일반 산업에 비해 총 배출량에 미치는 영향이 낮은 것으로 나타나고 있다. 업종별로는 지식기반서비스업이 지식기반제조업에 비해 오염물질배출 기여도가 상대적으로 낮은 것으로 나타나고 있으나 일반 제조업과 일반 서비스업은 오염물질에 따라 상대적인 기여도가 달라지고 있음을 알 수 있다.



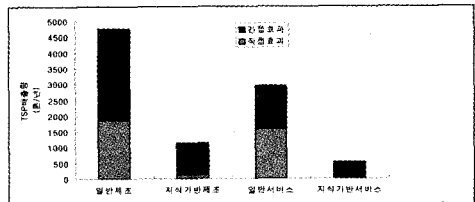
〈그림 Ⅲ-7〉 산업별 SOx 배출량



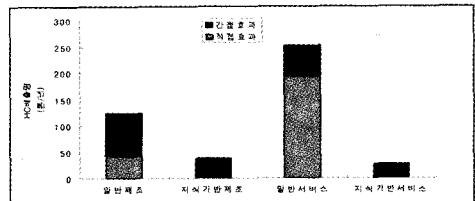
〈그림 Ⅲ-8〉 산업별 CO 배출량



〈그림 Ⅲ-9〉 산업별 NOx 배출량



〈그림 Ⅲ-10〉 산업별 TSP 배출량



〈그림 Ⅲ-11〉 산업별 HC 배출량

다음호에 계속