KEI
사업보고서
2018-10-02

녹색경제협동연구

경제 · 인문사회연구회 협동연구 총서 18-70-02

한국 제조업의 환경경제효율성 분석

김종호 · 김호석 · 공현숙 · 이수일

KEI 한국환경정책·평가연구원
Korea Environment Institute

연구진

연구책임자 김종호 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)
참여연구원 김호석 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)
공현숙 (한국환경정책·평가연구원 연구원)
외부연구진 이수일 (KDI국제정책대학원 교수)

연구자문위원 (가나다 순)

강희찬 (인천대학교 경제학과 교수)
노상환 (경남대학교 경제금융학과 교수)
신동원 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)
이미숙 (창원대학교 경제학과 교수)
장기복 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)
홍한움 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)

ⓒ 2018 한국환경정책·평가연구원

발행인 윤 제 용
발행처 한국환경정책·평가연구원
(30147) 세종특별자치시 시청대로 370
세종국책연구단지 과학·인프라동
전화 044-415-7777 팩스 044-415-7799
http://www.kei.re.kr
인 쇄 2018년 12월 26일
발 행 2018년 12월 31일
등 록 제 2015-000009호 (1998년 1월 30일)
ISBN 979-11-5980-283-6 93530
인쇄처 디자인크레파스 02-2267-0697

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처를 표시해 주십시오.
김종호 외(2018), 「한국 제조업의 환경경제효율성 분석」, 한국환경정책·평가연구원.

값 5,000원

경제·인문사회연구회 협동연구 총서

“녹색경제협동연구”

- 한국 제조업의 환경경제효율성 분석 -

1. 협동연구 총서 시리즈

협동연구 총서 일련번호	연구보고서명	연구기관
18-70-01	[총괄] 녹색경제협동연구 성과확산	한국환경정책·평가연구원
18-70-02	한국 제조업의 환경경제효율성 분석	한국환경정책·평가연구원
18-70-03	녹색경제 전환을 위한 지속가능한 환경재정 구축 방안	한국환경정책·평가연구원
18-70-04	환경기반시설·사업 투자의 타당성·효과성 평가사업(II)	한국환경정책·평가연구원
18-70-05	국가 친환경 에너지전환 추진을 위한 총괄연구	한국환경정책·평가연구원
18-70-06	녹색사회로의 전환을 위한 정책평가 기반마련 연구	한국환경정책·평가연구원

2. 참여연구진

연구기관		연구책임자	참여연구진
주관 연구기관	한국환경정책·평가연구원	김종호 선임연구위원 (총괄책임자)	김호석 연구위원 공현숙 연구원
협력 연구기관	KDI국제정책대학원		이수일 교수

서 언

2012년 리우+20 회의에서 지속가능발전 달성을 위한 핵심적인 수단이자 전략으로 녹색경제가 주목을 받은 바 있으며, 2015년 UN에서 2030 발전의제로 지속가능발전목표(SDGs)가 통과됨으로써 녹색경제의 중요성이 새롭게 부각되고 있습니다.

녹색경제로 전환하기 위한 체계적인 정책이나 전략을 수립하기 위해서는 국내 산업의 녹색화 현황 및 수준에 대한 진단과 분석이 필요합니다. 본 연구는 한국 경제의 회색화에 가장 크게 영향을 미친 제조업을 대상으로 환경경제효율성 개념 및 지표를 이용해서 한국 경제의 녹색화 현황에 대한 진단과 분석을 수행하였습니다. 특히 본 연구는 기존의 연구에서 주목받지 못했던 대기오염물질, 수질오염물질, 폐기물에 초점을 맞추어 환경경제효율성 분석을 수행하였습니다. 나아가 대기, 수질, 폐기물 영역별로 기업의 오염저감 활동이 환경경제효율성이나 오염물질 배출에 어느 정도 영향을 미쳤는지를 통합적으로 분석하였습니다. 본 연구의 이러한 시도는 대기, 폐수, 폐기물 각 영역의 오염물질 저감 정책을 수립하는 데에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대합니다.

연구의 책임을 맡은 김종호 선임연구위원과 연구에 참여한 김호석 연구위원, KDI국제정책대학원의 이수일 교수, 공현숙 연구원에게 감사를 표합니다. 아울러 바쁘신 중에도 지속적인 관심과 조언으로 도움을 주신 인천대학교 강희찬 교수, 경남대학교 노상환 교수, 창원대학교 이미숙 교수께 감사의 말씀을 드립니다. 더불어 내부 자문위원으로 도움을 주신 신동원 부연구위원, 장기복 선임연구위원, 홍한움 부연구위원께도 고마움을 전합니다.

2018년 12월

한국환경정책·평가연구원

원장 **윤 제 용**

국문요약

우리나라는 1960년대부터 수출과 성장 중심의 경제 개발에 박차를 가하면서 다양한 종류의 환경문제를 겪어 왔다. 2000년대 들어 '환경과 경제의 상생'을 화두로 기존의 '회색성장'을 '녹색성장'으로 전환하기 위한 논의가 본격적으로 이루어지기 시작했고, 2000년대 후반에는 녹색성장을 핵심 국정과제 중의 하나로 설정하기까지 했다. 하지만 녹색성장을 적극적으로 추진하던 정권이 물러난 후에 '녹색'에 대한 관심이 급속히 퇴조하였다.

반면 국제적으로는 2012년 리우+20 회의에서 지속가능발전 달성을 위한 핵심적인 수단이자 전략으로 녹색경제(green economy)가 주목을 받은 바 있으며, 2015년에는 UN에서 2030 발전의제로 지속가능발전목표(SDGs)가 통과됨으로써 녹색경제의 중요성이 새롭게 부각되고 있다.

녹색경제로 전환하기 위한 체계적인 정책이나 전략을 수립하기 위해서는 국내 산업의 녹색화 현황 및 수준에 대한 진단과 분석이 중요하다. 본 연구는 기존에 국내에서 주목받지 못했던 잔폐물(오염물질)에 대한 분석에 집중하면서, 녹색경제의 맥락에서 잔폐물 문제를 분석하기 위해 환경경제효율성(eco-efficiency) 개념과 지표를 이용하였다. 지금까지 한국경제의 '회색화'에 가장 크게 영향을 미친 것이 제조업이며 이로 인해 한국 경제의 녹색전환을 위해서도 제조업의 녹색화가 중요하다. 따라서 본 연구는 제조업의 환경경제효율성 문제에 집중하였다. 그리고 환경보호지출 정보를 이용해서 기존의 오염저감 활동이 환경경제효율성이나 오염물질 배출에 어느 정도 영향을 미쳤는지를 통합적으로 분석하였다.

먼저 한국 제조업의 특성을 살펴본 결과, 여타 선진국과 달리 한국은 국민경제에서 제조업이 차지하는 비중이 줄어들기는커녕 오히려 지속적으로 늘어나고 있다. 한국 제조업은 현재 경제 총산출의 50% 이상, 총부가가치의 30% 이상을 담당하고 있다. OECD 기준에 따른 저기술업종(음식료, 섬유가죽, 목재종이인쇄)의 산출 비중이 1980년대 51.3%에서 2016년 13.2% 수준으로 줄어든 대신 고기술업종(전기 및 전자기기, 정밀기기)과 중고기술업종(화학제품, 기계 및 장비, 운수장비)의 비중이 각각 24.3%p, 14.5%p 증가하였다. 그런

데 중저기술업종(석유제품, 비금속광물, 1차금속, 금속제품)의 비중이 여전히 상당 수준으로 유지되고 있으며, 이로 인해 제조업의 에너지 소비가 꾸준히 증가하고 있다. 한편 제조업 전체로 볼 때 에너지믹스에는 큰 변화가 없는데, 이 점 역시 에너지다소비업종인 중저기술업종의 비중이 일정 수준으로 유지되고 있는 제조업 구조 변화의 특이성과 관련된다.

대기, 폐수, 폐기물 영역의 잔폐물을 대상으로 환경경제효율성의 변화 추세를 살펴보고, 잔폐물 배출량 변화의 원인을 추적하기 위해 분해분석을 수행하였다.

먼저 대기 영역의 경우 질산화물(NO_X), 황산화물(SO_X), 미세먼지(PM_{10}) 배출량을 대상으로 분석을 수행하였다. 질산화물(NO_X)을 배출하는 주 업종은 비금속광물업과 1차금속업인데, 이 두 업종의 환경경제효율성은 다른 업종에 비해 특히 낮은 수준일 뿐 아니라 시간이 지나도 개선되지 않은 상황이다. 질산화물(NO_X) 배출량에 대한 분해분석 결과 저감투자(=환경보호지출/산출)가 배출량 감소에 가장 큰 영향을 미친 것으로 파악되었다. 황산화물(SO_X) 배출량에 대한 분석 결과는 질산화물(NO_X)의 경우와 대체로 유사하다(비금속광물과 1차금속 외에 석유화학의 비중이 상당히 크다는 것 정도가 차이점임). 미세먼지(PM_{10})의 경우에도 질산화물(NO_X)이나 황산화물(SO_X)의 경우와 동일하게 배출량 비중이 압도적으로 높은 '비금속광물-1차금속업'의 환경경제효율성이 여타 업종에 비해 매우 낮은 것으로 나타났다. 반면 질산화물(NO_X)이나 황산화물(SO_X)과 달리 제조업의 구조 변화가 미세먼지(PM_{10})의 배출량 감소에 가장 크게 기여한 것으로 나타났다. 이는 과거 대기오염물질 배출 저감을 위한 기업의 환경투자가 주로 질산화물(NO_X)이나 황산화물(SO_X) 저감에 집중되어 있었던 것과 관련이 있다.

다음으로 폐수 영역의 경우 폐수방류량과 BOD 방류부하량을 대상으로 분석을 수행하였다. 제조업의 폐수방류량은 대체로 증가하고 있으며, 대기오염물질 배출의 경우와 달리 특정한 업종이 압도적인 비중을 차지하지 않는다. 폐수방류량에서 상대적으로 높은 비중을 차지하는 조립금속 및 기계장비업의 환경경제효율성은 제조업 평균보다 낮은 수준이지만, 조금씩 개선되고 있다. 분해분석 결과 다른 경우와 마찬가지로 생산규모 효과는 폐수방류량을 증가시키는 주된 요인이며, 폐수방류량을 감소시키는 주된 요인은 환경보호지출인 것으로 나타났다. 2000년대에는 저감투자(=환경보호지출/산출)가 방류량 감소에 주로 기여했는데, 2010년대 들어서 저감효율(=방류량/환경보호지출)이 방류량 감소에 기여하였다.

BOD 방류부하량 역시 폐수방류량과 마찬가지로 업종 간 비중 차이가 크지 않다. BOD 방류부하량 비중이 높은 조립금속 및 기계장비업과 석유화학업의 환경경제효율성은 제조업 평균보다 높은 수준을 유지하는 반면, 방류부하량 비중이 가장 높은 음식료품 및 담배의 경우 제조업 평균보다 낮은 것으로 파악되었다. 분해분석 결과에서는, BOD 방류부하량 증가를 초래한 주된 요인은 생산규모이고 감소를 초래한 주된 요인은 저감효율(=방류부하량/환경보호지출)인 것으로 나타났다.

마지막으로 폐기물 영역에서는 사업장배출시설계폐기물 처분량을 대상으로 분석을 수행하였다. 제조업의 사업장배출시설계폐기물 처분량은 조금씩 줄어들고 있으며, 대기나 폐수 영역과 달리 목재, 종이, 출판 및 인쇄업의 비중이 상대적으로 높다. 그런데 목재, 종이, 출판 및 인쇄업의 환경경제효율성은 제조업 중에 제일 낮으며, 시간이 지나도 개선되지 않는 상황이다. 잔폐물 비중이 높은 업종의 환경경제효율성이 상대적으로 낮은 것은 대기, 폐수, 폐기물 모든 영역에서 흔히 나타나는 현상이다. 폐수의 경우와 마찬가지로 처분량 감소에 기여한 것은 환경보호지출(저감투자 및 저감효율)이다.

제조업 업종별 잔폐물 배출량에 대한 환경경제효율성 분석 및 분해분석을 통해 대기, 폐수, 폐기물 각각에 대한 오염물질 저감 정책을 수립하는 데에 유용한 정보 제공이 가능하다. 다만, 이를 위해서는 데이터의 시계열 일관성 유지, 오염물질 배출량 데이터와 경제 데이터의 연계 강화, 업종 분류 통일 등 정확한 데이터에 기초한 세밀하고 다차원적인 분석 방법을 개발하고 적용하는 것이 필요하다.

주제어: 녹색경제, 환경경제효율성, 제조업, 부가가치, 환경보호지출

차례

제1장 서론 ····· 1
1. 연구의 배경 및 목적 ····· 1
2. 연구의 범위 및 내용 ····· 3

제2장 환경경제효율성 개념과 분석 사례 ····· 5
1. 환경경제효율성 개념 ····· 5
2. 국내 연구 현황 ····· 10

제3장 한국 제조업의 구조 변화 ····· 15
1. 한국 경제와 제조업 ····· 15
2. 제조업의 구조 변화 ····· 18
3. 제조업의 에너지 소비 ····· 31

제4장 한국 제조업의 환경경제효율성 분석 ····· 40
1. 개요 ····· 40
2. 대기 ····· 45
3. 폐수 ····· 55
4. 폐기물 ····· 62

제5장 요약 및 시사점 ····· 66
1. 요약 ····· 66
2. 시사점 및 향후 과제 ····· 68

참고문헌 ····· 71

Abstract ····· 75

표차례

〈표 2-1〉 국민경제 차원의 산출 지표와 투입 지표 예시 ····· 7
〈표 2-2〉 환경경제효율성지표(EEI)의 체계 및 사례 ····· 8
〈표 2-3〉 한국의 에너지 소비 분해분석 연구 비교 ····· 10
〈표 2-4〉 주요 분석변수의 시계열 추세 ····· 13
〈표 2-5〉 국가청정생산지원센터의 환경경제효율성 통계 구축현황 ····· 14
〈표 3-1〉 산업별 산출 비중 추이 ····· 16
〈표 3-2〉 산업별 부가가치 비중 추이 ····· 17
〈표 3-3〉 통계자료 간 제조업 분류 연계 ····· 19
〈표 3-4〉 기술수준별 그룹 분류 ····· 20
〈표 3-5〉 제조업 업종별 연평균 산출 증가율 변화 ····· 21
〈표 3-6〉 제조업 업종별 산출 비중 변화 ····· 22
〈표 3-7〉 제조업 업종별 연평균 부가가치 증가율 변화 ····· 24
〈표 3-8〉 제조업 업종별 부가가치 비중 변화 ····· 25
〈표 3-9〉 제조업 업종별 부가가치율 변화 ····· 27
〈표 3-10〉 제조업 업종별 1인당 부가가치 변화 ····· 29
〈표 3-11〉 제조업 업종별 에너지 소비량 추이 ····· 33
〈표 3-12〉 제조업 업종별 에너지 소비량 비중 변화 ····· 35
〈표 4-1〉 분석에 사용한 자료 ····· 43
〈표 4-2〉 분석 대상기간 및 업종 분류 ····· 44
〈표 4-3〉 NO_X 배출량 변화의 업종별 누적효과(2001~2015년) ····· 48
〈표 4-4〉 SO_X 배출량 변화의 업종별 누적효과(2001~2015년) ····· 51
〈표 4-5〉 PM_{10} 배출량 변화의 업종별 누적효과(2007~2015년) ····· 54
〈표 4-6〉 폐수방류량 변화의 업종별 누적효과(2001~2015년) ····· 58
〈표 4-7〉 BOD 방류부하량 변화의 업종별 누적효과(2009~2015년) ····· 61
〈표 4-8〉 사업장배출시설계폐기물 최종처분량 변화의 업종별 누적효과(2010~2015년) ····· 64

| 그림차례 |

〈그림 1-1〉 경제와 환경 간의 물적 흐름(physical flows) ····· 2
〈그림 2-1〉 기업 지속가능성에 관한 이정표 ····· 6
〈그림 2-2〉 한국의 자원생산성 변화 추세 ····· 12
〈그림 3-1〉 G7, 세계, 한국의 총부가가치 대비 제조업 비중 추이 ····· 15
〈그림 3-2〉 제조업과 서비스업의 산출 비중 추이 ····· 17
〈그림 3-3〉 제조업과 서비스업의 부가가치 비중 추이 ····· 18
〈그림 3-4〉 제조업 기술수준 그룹별 산출 비중 변화 ····· 23
〈그림 3-5〉 제조업 기술수준 그룹별 부가가치 비중 변화 ····· 26
〈그림 3-6〉 제조업 기술수준 그룹별 부가가치율 변화 ····· 28
〈그림 3-7〉 제조업 기술수준 그룹별 1인당 부가가치 변화 ····· 30
〈그림 3-8〉 제조업 업종별 에너지 소비 비중 변화 ····· 32
〈그림 3-9〉 제조업 기술수준 그룹별 에너지 소비량 비중 변화 ····· 36
〈그림 3-10〉 에너지믹스 변화 ····· 37
〈그림 3-11〉 제조업 업종별 에너지생산성 ····· 38
〈그림 3-12〉 제조업 기술수준 그룹별 에너지생산성 ····· 39
〈그림 4-1〉 환경과 경제 사이의 물리적 흐름 ····· 40
〈그림 4-2〉 업종별 NO_X 배출량 ····· 45
〈그림 4-3〉 주요 업종의 환경경제효율성(NO_X 배출량) ····· 46
〈그림 4-4〉 NO_X 배출량 변화 분해분석 ····· 47
〈그림 4-5〉 업종별 SO_X 배출량 ····· 49
〈그림 4-6〉 주요 업종의 환경경제효율성(SO_X 배출량) ····· 49
〈그림 4-7〉 SO_X 배출량 변화 분해분석 ····· 50
〈그림 4-8〉 업종별 PM_{10} 배출량 ····· 52
〈그림 4-9〉 주요 업종의 환경경제효율성(PM_{10} 배출량) ····· 53

〈그림 4-10〉 PM_{10} 배출량 변화 분해분석 ····· 54
〈그림 4-11〉 업종별 폐수방류량 ····· 56
〈그림 4-12〉 주요 업종의 환경경제효율성(폐수방류량) ····· 56
〈그림 4-13〉 폐수방류량 변화 분해분석 ····· 57
〈그림 4-14〉 업종별 BOD 방류부하량 ····· 59
〈그림 4-15〉 주요 업종의 환경경제효율성(BOD 방류부하량) ····· 60
〈그림 4-16〉 BOD 방류부하량 변화 분해분석 ····· 61
〈그림 4-17〉 업종별 사업장배출시설계폐기물 최종처분량 ····· 62
〈그림 4-18〉 주요 업종의 환경경제효율성(사업장배출시설계폐기물 최종처분량) ····· 63
〈그림 4-19〉 사업장배출시설계폐기물 최종처분량 변화 분해분석 ····· 64

제1장

서 론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1960년대부터 수출과 성장 중심의 경제 개발에 박차를 가하면서 다양한 종류의 환경문제를 겪어 왔다. 2000년대 들어 '환경과 경제의 상생'을 화두로 기존의 '회색성장'을 '녹색성장'으로 전환하기 위한 논의가 본격적으로 이루어지기 시작했고, 2000년대 후반에는 녹색성장을 핵심 국정과제 중의 하나로 설정하기까지 했다. 하지만 녹색성장을 적극적으로 추진하던 정권이 물러난 후에 '녹색'에 대한 관심이 급속히 퇴조하였다.

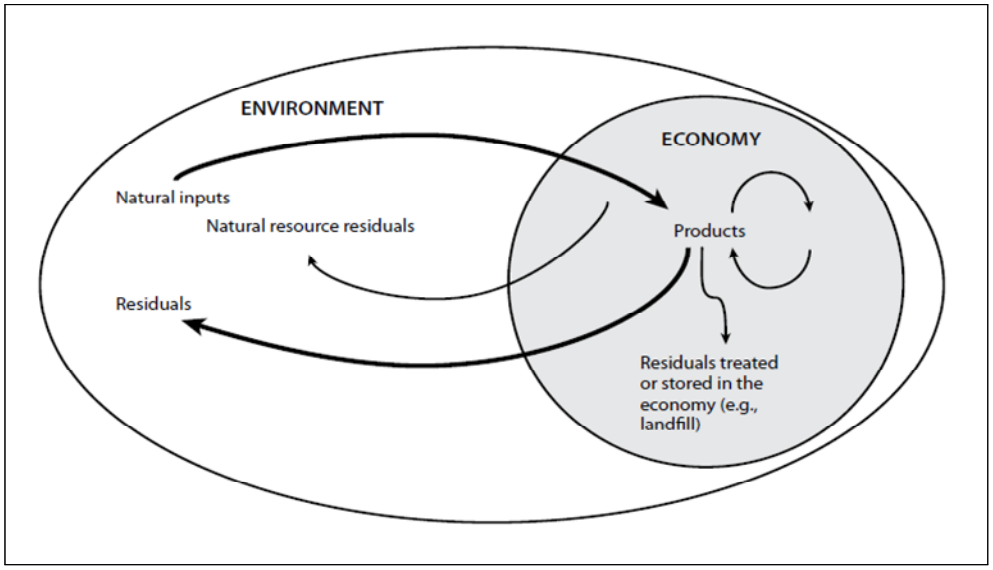
반면 국제적으로는 2012년 리우+20 회의에서 지속가능발전 달성을 위한 핵심적인 수단이자 전략으로 녹색경제(green economy)가 주목을 받은 바 있으며, 2015년에 UN에서 2030 발전의제로 지속가능발전목표(SDGs)가 통과됨으로써 녹색경제의 중요성이 새롭게 부각되고 있다. OECD의 녹색성장, UNEP의 녹색경제, 세계은행(World Bank)의 포용적 녹색성장 등 주요 국제기구들도 녹색경제 또는 경제의 녹색화의 중요성을 더욱 강조한다.

우리나라도 이러한 국제적 흐름에 부응할 필요가 있는데, 녹색경제로 전환하기 위해서 또는 좀 더 좁은 의미에서 기존 산업의 녹색화를 위한 체계적인 정책이나 전략을 수립하기 위해서는 국내 산업의 녹색화 현황 및 수준에 대한 진단과 분석이 중요하다.

그런데 일국 경제의 녹색화에 대한 종합적이고 체계적인 진단과 평가를 위한 수단으로 유용한 것이 환경경제통합계정(SEEA: System of Environmental-Economic Accounting)이다. 환경경제통합계정은 리우회의에서 국제적으로 합의된 사항에 근거하여 1993년부터 개발되기 시작한 환경계정체계인데, UN, EC, FAO, IMF, OECD, World Bank가 공동으로 작업한 SEEA 핵심체계(central framework)가 2012년에 유엔통계위원회에서 국제통계표

준으로 채택됨으로써 SEEA는 국민계정(SNA: System of National Accounts)과 동일한 수준의 표준적 지위를 얻게 되었다.

SEEA 2012의 핵심 주제 중의 하나는 경제와 환경 사이의 물리적 상호작용을 분석하는 것이다. 이러한 상호작용은 크게 자연투입물(natural inputs), 제품(products), 잔폐물(residuals)로 구분된다(그림 1-1 참조). 자연투입물은 다시 에너지, 물질, 물 등으로 구분되고, 잔폐물은 대기오염물질, 폐수, 폐기물 등으로 구분된다.



자료: UN et al.(2014), p.40.

〈그림 1-1〉 경제와 환경 간의 물적 흐름(physical flows)

녹색경제와 관련되는 기존의 분석들은 대부분 자연투입물 중의 하나인 에너지와 잔폐물 중의 하나인 온실가스(특히 이산화탄소)에 초점을 맞추고 있다. 하지만 경제와 환경 사이의 상호작용에 대한 종합적인 파악을 위해서는 기존에 주목받지 않았던 자연투입물(물질, 물)과 여타 잔폐물에 대한 분석이 필요하다.[1)]

1) 독일, 네덜란드, 덴마크 등을 중심으로 유럽 선진국들은 이미 2000년대 중반부터 이러한 이슈들에 대한 분석을 수행하고 있다.

산업의 녹색화를 분석하기 위해 많이 이용하는 것이 환경경제효율성(eco-efficiency) 지표인데, 환경경제효율성 분석과 관련한 기존 연구들은 주로 에너지 소비나 이와 직접 연결되어 있는 이산화탄소 배출량에 초점을 맞추고 있다. 따라서 대기, 폐수, 폐기물 등 오염물질 배출에 관한 환경경제효율성 분석 사례가 드물고 오염물질 배출이 에너지 소비나 온실가스 배출과 달리 오염저감 활동(환경보호지출)의 영향을 직접적으로 받는 특성은 분석에 반영되어 있지 못하다.

본 연구는 기존에 국내에서 주목받지 못했던 잔폐물(오염물질)에 대한 분석에 집중한다. 녹색경제의 맥락에서 잔폐물 문제를 분석하기 위해 환경경제효율성 개념과 지표를 이용한다. 지금까지 한국 경제의 '회색화'에 가장 크게 영향을 미친 것이 제조업이며 이로 인해 한국 경제의 녹색전환을 위해서도 제조업의 녹색화가 중요하다. 따라서 본 연구는 제조업의 환경경제효율성 문제에 집중한다.[2] 그리고 환경보호지출 정보를 이용해서 기존의 오염저감 활동이 환경경제효율성이나 오염물질 배출에 어느 정도 영향을 미쳤는지를 통합적으로 분석한다.

2. 연구의 범위 및 내용

국내 제조업의 환경경제효율성 분석을 위한 세부적인 내용은 다음과 같다.

제2장에서는 녹색경제와 환경경제효율성의 관계를 파악하기 위하여 환경경제효율성 개념에 관한 국제적 논의를 정리하고 이와 관련한 국내 사례를 정리한다. 특히 환경경제효율성에 대한 국제적 논의는 OECD, WBSCD, UN, UNESCAP 등 주요 관련 국제기구의 논의를 위주로 파악한다.

제3장에서는 제조업의 구조 변화를 살펴본다. 구조 변화 파악을 위해서는 한국 경제에서 제조업이 차지하는 비중의 변화, 업종별 산출, 부가가치 변화 추세를 살펴본다. 그리고 제조업의 구조 변화 파악을 위해 기술수준별 산출, 부가가치, 부가가치율, 1인당 부가가치에 대해 파악한다. 마지막으로 제조업의 에너지 소비 비중에서는 업종별 비중, 기술수준별 비

2) 물론 국민경제 전체 차원에서 종합적인 분석을 위해서는 제조업만이 아닌 전체 산업(특히 한국의 경우 전환부문)을 대상으로 한 분석이 필요하다. 본 연구는 여러 가지 현실적인 제약조건을 감안해서 분석 대상을 제조업으로 한정하였다.

중, 에너지믹스 변화, 기술수준별 환경경제효율성을 살펴본다.

제4장에서는 제조업의 환경경제효율성에 대해 분석한다. 대기(NO_X, SO_X, PM_{10}), 폐수(폐수방류량, BOD 방류부하량), 폐기물(사업장배출시설계폐기물 최종처분량)을 대상으로 업종별 환경경제효율성의 변화를 살펴보고, 오염물질 배출 및 환경경제효율성 변화 원인 파악의 맥락에서 분해분석을 실시한다. 분해분석에서는 기존의 분석들에서 전혀 고려하지 않았던 환경보호활동(환경보호지출)을 별도의 요소로 고려한다.

제5장에서는 이상의 분석 내용을 종합하여 정리하고, 시사점 및 향후 과제를 제시한다.

제2장

환경경제효율성 개념과 분석 사례

1. 환경경제효율성 개념

환경경제효율성(eco-efficiency)[3]은 통상 경제적 성과와 환경적 부하의 비율을 의미한다. 이 용어가 국제사회에서 공식적으로 사용되기 시작한 계기는 1992년에 발간된 「Changing Course」이다. 이 책자는 지속가능발전기업협의회(BCSD: Business Council for Sustainable Development)가 스위스 기업가인 Stephan Schmidheiny와 공동으로 작성한 것으로, 기업과 산업이 환경오염의 유발자가 아니라 지속가능발전을 달성하기 위한 핵심적인 행위자로 인식을 전환해야 함을 강조한다.[4] 이러한 맥락에서 환경경제효율성이 기업의 지속가능성 수준을 측정하기 위한 핵심 개념으로 도입된다. 1992년 리우회의에서 환경경제효율성은 민간부문에서 『의제21』을 이행하기 위한 새로운 비즈니스 개념이자 수단임을 인정받았다.

〈그림 2-1〉은 기업 또는 산업 차원의 지속가능성 맥락에서 환경경제효율성 개념이 갖는 위상을 보여 준다. 기업들은 초기에 규제준수(compliance)를 통해 오염문제를 다루다가, 다음 단계로 청정생산(cleaner production)을 통해 오염을 선제적으로 예방하는 방향으로 나아갔다. 이러한 단계부터 환경경제효율성 개념이 부각되기 시작했는데, 이는 환경경제효율성이 환경 개선과 경제적 편익 간의 연결고리를 확립했기 때문이다. 그 다음은 사회적 책임경영(responsible entrepreneurship)을 통해 사적 부문(기업 또는 산업)이 지속가능

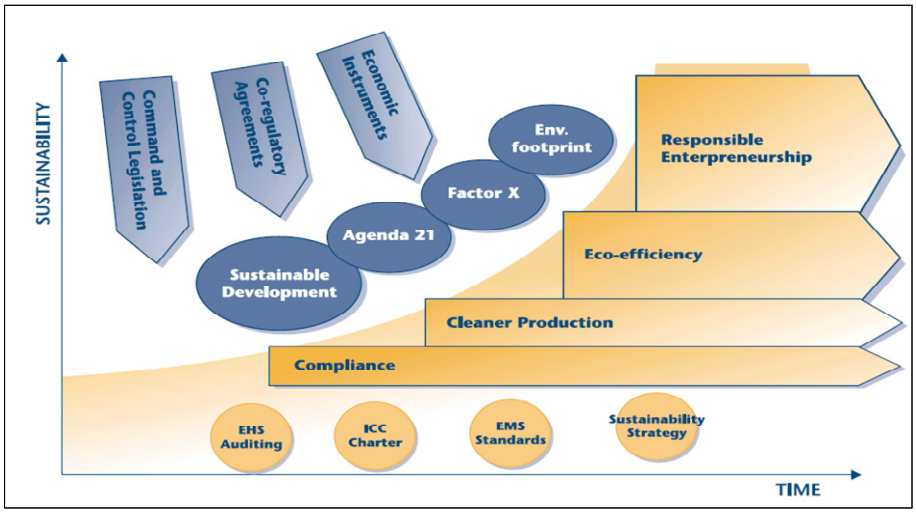
3) eco-efficiency는 생태효율성으로 번역하기도 한다. 본 연구에서는 환경적 영향과 경제적 효과를 함께 묶어서 비교하는 개념이라는 점을 강조하는 맥락에서 환경경제효율성으로 번역한다.

4) 이 책자를 계기로 지속가능발전기업협의회(BCSD)는 세계산업환경협의회(World Industry Council for the Environment)와 1995년에 통합하여 현재의 세계지속가능발전협의회(WBCSD: World Business Council for Sustainable Development)가 되었다.

발전의 세 가지 기둥(사회적 정의, 경제적 번영, 생태적 균형) 모두의 균형을 추구하는 단계이다.

〈그림 2-1〉의 아래쪽 동그라미는 기업이 환경, 보건 및 안전(EHS) 관리 분야, 국제상공회의소(ICC: International Chamber of Commerce)의 지속가능한 발전을 위한 비즈니스 헌장, 환경경영시스템(EMS) 표준을 포함한 개념들을 이행하기 위해 수많은 비즈니스 전략을 다루어 왔고 현재 지속가능성을 달성하기 위한 비즈니스 전략 개발 및 구현을 위해 노력을 기울이고 있는 것을 나타낸다.

그리고 우상향 방향의 타원형은 정책의제에 대한 주요 진전 사항을 나타낸다. 먼저 지속가능발전 개념은 『의제21』이 채택되면서 보다 구체적인 행동지침이 되었고, 경제 전체에 걸친 부정적 영향을 줄이고 환경경제효율성 개선과 관련된 정량적 목표를 설정하는 것을 요구하는 'Factor X' 개념이 등장하였다. 이후 인간 활동에 필요한 공간이 제한적이고 이것이 좀 더 공평하게 분배되어야 한다고 주장하는 '환경발자국' 개념이 등장하였다(WBCSD, 2000, pp.10-11).



자료: WBCSD(2000), p.10.

〈그림 2-1〉 기업 지속가능성에 관한 이정표

기업과 산업의 친환경적 활동을 촉진하는 맥락에서 사용되기 시작한 환경경제효율성은 경제 전체 차원에도 적용되는 개념으로 범위가 확장된다. 1996년 OECD 환경장관회의에서 환경경제효율성을 개선하는 전략이 경제활동과 오염배출·자원사용 간의 탈동조화(decoupling)를 가져올 수 있음이 강조되었다. OECD(1998)는 환경경제효율성을 인간의 필요를 충족시키기 위해 사용되는 생태자원과 관련된 효율성으로 정의하는데, 이는 투입(input) 대비 산출(output)의 비율을 의미한다. 여기서 투입은 기업, 부문 또는 경제 전체에 의해 야기되는 환경압력을 말하며, 산출은 기업, 부문 또는 경제 전체에 의해 생산되는 재화와 서비스의 가치를 말한다(OECD, 1998, p.7).

환경경제효율성 개념을 현실에 적용하여 실제적인 분석을 수행할 때에는 투입이나 산출에 다양한 종류의 데이터(지표)가 사용될 수 있다. 〈표 2-1〉은 국민경제 차원의 산출 지표와 투입 지표에 대한 예시를 나타낸다. 산출 지표에는 전통적인 경제적 지표 외에도 삶의 질(quality of life)이나 인간의 욕구(human needs)와 관련된 지표가 포함될 수 있다. 한편 투입 지표의 경우 기업이나 부문 차원의 환경경제효율성을 분석할 때에는 통상 환경압력(environmental pressure)과 관련된 지표를 사용하지만, 국민경제 차원에서는 환경상태(environmental state)와 관련된 지표도 중요한 의미를 지닐 수 있다.

〈표 2-1〉 국민경제 차원의 산출 지표와 투입 지표 예시

산출 지표			투입 지표	
복지	기본 욕구	고차원 욕구	환경압력	환경상태
- GDP - '녹색 GDP'를 포함한 잠재가격에 기초한 국민 계정 - 소득분배 - 소비자잉여	- UN 인간개발지수(소득, 교육 및 평균수명 기준) - 순 이주 - 기본적인 필요에 소비되는 소득 비율	- 평균 여가 시간 - 출판된 도서의 수 - 대학 졸업생 수 - 첨단통신기술에 대한 접근성	- 다양한 형태의 오염물질 배출 - 석탄, 석유, 가스, 광물의 소비 - 재생가능자원의 소비(바이오매스 제품, 토지, 담수) - 환경피해의 경제성 평가 - 환경 '서비스'의 이용	- 잔존 광물자원 - 대기, 물, 생물군에 존재하는 오염물질 농도 - 산업 또는 농업에 사용되는 토지 - 생물다양성 지표 - 생태발자국 - 환경 '자본'

자료: OECD(1998), pp.40-41.

ESCAP 역시 환경경제효율성을 경제 전체 차원의 개념으로 확장해서 사용한다. ESCAP은 환경경제효율성을 한 사회가 자원을 생산하고 소비하는 방식에서의 근본적인 변화를 촉진하는 핵심 요소로 파악하며, 이러한 맥락에서 ESCAP이 강조하는 녹색성장(green growth)의 발전 정도를 측정하는 핵심 요소로 간주한다. ESCAP은 어떤 경제의 환경경제효율성의 상태와 진전 정도를 측정하기 위해 환경경제효율성지표(EEI: Eco-Efficiency Indicators)를 개발하려고 노력하였다(UNESCAP, 2009, pp.1-2).

〈표 2-2〉 환경경제효율성지표(EEI)의 체계 및 사례

	자원사용 집약도 (resource-use intensity)	환경영향 집약도 (environmental impact intensity)
경제 전체 지표		
	- 물 집약도 [m^3/GDP] - 에너지 집약도 [J/GDP] - 토지이용 집약도 [km^2/GDP] - 물질 집약도 [DMI/GDP]	- 수질 배출 집약도 [t/GDP] - 대기 배출 집약도 [t/GDP] - 온실가스 배출 집약도 [t/GDP]
부문 지표		
농업	- 물 집약도 [m^3/GDP] - 에너지 집약도 [J/GDP] - 토지이용 집약도 [km^2/GDP]	- CO_2 집약도 [t/GDP] - CH_4 집약도 [t/GDP]
산업	- 에너지 집약도 [J/GDP] - 물 집약도 [m^3/GDP] - 물질 집약도 [DMI/GDP]	- CO_2 집약도 [t/GDP] - 폐기물 집약도 [t/GDP]
제조업	- 에너지 집약도 [J/GDP] - 물 집약도 [m^3/GDP] - 물질 집약도 [DMI/GDP]	- CO_2 집약도 [t/GDP] - BOD 집약도 [t/GDP] - 폐기물 집약도 [t/GDP]
공공 및 서비스 부문	- 에너지 집약도 [J/GDP] - 물 집약도 [m^3/GDP] - 토지이용 집약도 [km^2/GDP]	- CO_2 집약도 [t/GDP] - 폐수 집약도 [m^3/GDP] - 도시생활 폐기물 집약도 [t/GDP]
수송 부문	- 연료 집약도 [J/GDP]	- CO_2 집약도 [t/GDP]

자료: UNESCAP(2009), p.9.

ESCAP은 환경경제효율성지표(EEI)가 녹색성장을 현실화하는 핵심 개념이라고 강조한다. 환경경제효율성지표(EEI)는 소비 및 생산(자원사용)의 관점에서 경제활동의 효율성을 측정함으로써 경제성장의 생태적 효율성을 파악하도록 고안된 것으로, 경제적 성과에 대한 단일지수가 아니라 일련의 지표세트로 구성되어 있다. 환경경제효율성지표(EEI)는 한 국가 내의 상이한 부문의 환경경제효율성을 측정하거나, 상이한 국가의 경제성장의 환경경제효율성을 비교하거나, 시간 경과에 따른 환경경제효율성의 추세 변화를 추적하거나, 경제적 편익을 달성하는 데에서 개선이 필요한 정책 영역을 식별하는 데 사용될 수 있다 (UNESCAP, 2009, p.3).

환경경제효율성지표(EEI)는 경제적 산출과 환경적 비용 간의 비율로 정의된다. 경제적 산출은 부가가치나 재화·서비스의 양으로 측정되고, 환경적 비용은 오염물질 배출량이나 자원 사용량으로 측정된다. 환경경제효율성지표(EEI)는 경제 전체 차원에서 적용될 수도 있고 특정 부문에 대해 적용될 수도 있다. 〈표 2-2〉는 주제(자원사용 vs. 환경영향)와 범위(경제 전체 vs. 부문)의 구분을 이용한 환경경제효율성지표(EEI)의 전반적인 체계 및 실제로 사용될 수 있는 지표에 대한 예시를 보여 준다.

국제적 논의 동향을 통해 살펴본 환경경제효율성 개념은 결국 경제적 성과와 환경적 영향을 비교하는 개념이라고 할 수 있다. 다만 ESCAP의 환경경제효율성지표(EEI)에 관한 논의에서도 드러나듯이, 환경경제효율성 개념을 구체적으로 현실에 적용할 때에는 몇 가지 이슈가 존재한다. 경제적 성과를 무엇으로 측정할지(부가가치, 산출, 사회적 편익 등등), 그리고 환경적 영향을 어떻게 측정할지 등이 중요한 문제이다. 특히 후자의 문제와 관련하여, 자원사용이나 환경영향은 자원이나 오염물질의 종류에 따라 측정 단위가 다를 뿐 아니라, 물질별 환경영향의 정도도 상이하다. 따라서 특정 오염물질이나 특정 매체만을 대상으로 환경경제효율성을 측정할 경우 경제적 성과와의 비교에서 문제가 발생할 수도 있다. 예컨대, 특정 산업의 물 집약도가 개선되었으나 이산화탄소 집약도는 악화된 경우 해당 업종의 전반적인 환경경제효율성이 개선되었는지 악화되었는지를 평가하기 어려울 수 있다.

2. 국내 연구 현황

국내에서는 1990년대부터 환경경제효율성에 관한 연구가 시작되었다. 초기 환경경제효율성 관련 연구는 대부분 자원사용의 일종인 에너지 소비에 집중되어 있었으며, 2000년대 들어서는 에너지 소비와 직접 연관되어 있는 온실가스(특히 이산화탄소) 배출에 대한 분석이 많이 이루어졌다. 나아가 에너지 소비나 온실가스 배출의 경우 소비량(배출량)의 변화에 대한 원인 분석을 위해 분해분석 방법이 많이 이용되었다(표 2-3 참조).

〈표 2-3〉 한국의 에너지 소비 분해분석 연구 비교

연도	저자	분석 대상	분석기간	방법론	분해요인
1988	신정식	전력 (제조업)	1970 ~1987	Fisher	생산, 집약도, 구조
1992	신의순 민영상	최종에너지 (제조업)	1971 ~1991	Laspeyres, Divisia	생산, 집약도, 구조
1994	정태용 외	최종에너지 (제조업)	1981 ~1992	Divisia	생산, 집약도, 구조(집약도/연료대체)
2001a	박희천	1차에너지 (제조업)	1992 ~1997	AVE-PDM 2	생산, 집약도, 구조
2001b	박희천	1차에너지 (에너지다소비 산업)	1992 ~2000	AVE-PDM 2	생산, 집약도, 구조
2001	송종은	최종에너지 (전 산업)	1985 ~1995	SDA(polar)	수요, 생산성, 대체
2003	오진규 외	최종에너지 (제조업)	1981 ~2001	LMDI	생산, 집약도, 구조
2005	김진수 허은녕	최종에너지 (전 산업)	1980 ~2000	SDA(polar)	수요, 집약도, 생산성, 대체
2005	정한경	최종에너지 (전 산업)	1975 ~2004	LMDI	연료대체, 연료효율, 생산성, 수요구조, 수출구조
2006	박희천	1차에너지 (가정)	1990 ~2000	AVE-PDM 2	생산, 효율, 구조

〈표 2-3〉의 계속

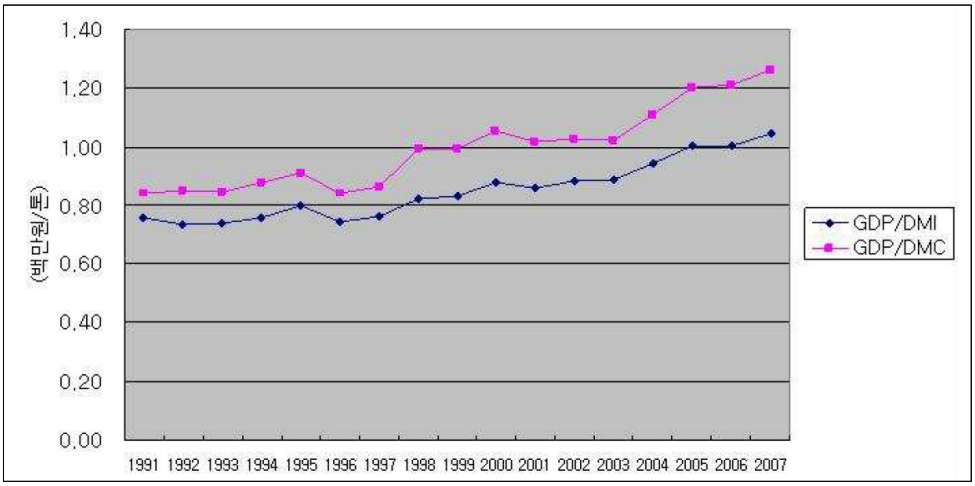
연도	저자	분석 대상	분석기간	방법론	분해요인
2007	Park and Heo	1차에너지 (가정)	1980 ~2000	AVE-PDM 2	생산, 효율, 구조
2008	김화영 김지효	에너지유 (전 산업)	1981 ~2006	7개 IDA 방법론	생산, 집약도, 구조
2008	나인강 이성근	최종에너지 (전 산업)	1990 ~2005	LMDI	생산, 집약도, 구조
2008	이성근 이성인	최종에너지 (가정상업)	1990 ~2006	LMDI	성장, 집약도, 구조
2010	Kim	1차에너지 (전 산업)	1985 ~2005	RL, LMDI, SDA(ideal)	생산/최종수요, 집약도, 구조
2011	김수이 김현석	최종에너지 (제조업)	1991 ~2007	LMDI	생산, 집약도, 구조
2011	김윤경 장운정	1차에너지 (전 산업)	2000 ~2008	SDA(D&L)	부가가치액, 비중, 집약도, 구조
2012	Kim and Heo	1차에너지 (전 산업)	1980 ~2007	LMDI	생산, 집약도, 구조
2013	임재규 김종익	최종에너지, 전력 (전 산업, 제조업)	1990 ~2011	LMDI	생산, 집약도, 구조
2014	박성준 김진수	1차, 최종에너지 (전 산업, 제조업)	1981 ~2011	RL, LMDI	생산, 집약도, 구조
2015	박년배 심성희	최종에너지 (전 산업)	2004 ~2011	LMDI	생산, 집약도, 구조

자료: 김진수(2015), p.276.을 바탕으로 저자 재구성.

에너지 소비나 온실가스 배출 외의 환경영향에 대한 환경경제효율성 분석 연구는 매우 드문 편이다. 한국환경정책·평가연구원(2009)은 물질흐름과 관련된 주요 지표(국내채취량, 직접물질투입량, 국내물질소비량, 물적교역수지, 물질집약도/자원생산성 등)의 변화 추세를 파악하고 대기배출계정(NAMEA-air) 편제 방법 및 분석 결과(경제활동 부문별 배출량, 환경경제효율성, 환경경제프로필, 분해분석)를 설명하였다. 이 보고서에는 기존에 거의 연구되지 않았던 자원생산성과 업종별 대기오염물질 집약도에 대한 분석이 포함되어 있다.

자원생산성은 통상 물질사용량 대비 GDP로 측정되며, 물질사용량은 생산 기준 지표인

직접물질투입량(DMI: Direct Material Input)이나 소비 기준 지표인 국내물질소비량(DMC: Domestic Material Consumption)이 사용된다. 한국환경정책·평가연구원(2009)에 따르면 1991~2007년 동안 한국의 물질생산성은 꾸준히 향상되는 추세이다(그림 2-2 참조).



자료: 한국환경정책·평가연구원(2009), p.30.

〈그림 2-2〉 한국의 자원생산성 변화 추세

이미숙, 김종호(2013)는 환경경제효율성과 관련된 좀 더 포괄적인 분석을 수행하였다. 동 연구는 한국 경제의 구조 변화와 관련된 지속가능성을 평가하기 위한 작업의 일환으로 주요 경제변수, 사회변수, 환경변수의 변화 추세를 살펴보면서, 한국 경제의 견인차 역할을 수행한다고 평가받는 석유화학, 금속(철강), 기계전자(반도체), 운수장비(자동차) 업종에 대한 심도 있는 분석을 수행하였다. 2000~2010년을 대상으로 한 분석 결과, 2000년 이후 한국 경제의 성장과 발전 과정이 사회적 측면(고용)이나 환경적 측면(자원사용, 오염물질 배출)에 많은 부정적인 영향을 끼친 것으로 파악되었다(표 2-4 참조).

〈표 2-4〉 주요 분석변수의 시계열 추세

구분	제조업 전체	석유화학	금속	기계전자	운송장비
부가가치 비중	+	-	-	++	+
고용 비중	-	0	+	+	+
에너지 원단위	-	0	0	-	-
CO_2 배출 비중	0	-	++	-	0
CO_2 배출 집약도	0	0	+	-	-
SO_X 배출 비중	0	+	-	0	-
SO_X 배출 집약도	-	0	-	-	-
NO_X 배출 비중	0	0	+	0	-
NO_X 배출 집약도	-	-	0	-	-
PM_{10} 배출 비중	0	+	+	-	0
PM_{10} 배출 집약도	-	-	-	-	-
VOC 배출 비중	0	+	+	-	+
VOC 배출 집약도	-	0	0	-	-
폐수방류량 비중	0	-	0	+	0
폐수 방류 집약도	-	-	0	+	0
지정폐기물 발생량 비중	0	0	0	0	0
지정폐기물 발생원단위	-	-	-	-	-

주: 1) '+'와 '-': 분석 대상기간(주로 2000~2010년) 동안 비중이나 원단위의 증감(추세가 특히 두드러진 경우 2개로 표시).
2) '0': 변화가 거의 없거나 일정한 추세 없이 진폭만 있는 경우.
자료: 이미숙, 김종호(2013), p.47.

산업통상자원부 산하의 국가청정생산지원센터는 산업별 환경경제효율성 분석을 위한 통계 구축 작업을 추진하고 있다. 국가청정생산지원센터는 환경경제효율성을 성장을 추구하는 데 있어 자원 및 에너지와 같은 환경자원의 효율적인 사용으로 경제적 성과를 창출하는

동시에 환경영향을 최소화하는 것으로 정의한다. 환경경제효율성은 부정적 영향을 최소화하면서 더 많은 가치를 창출하는 것을 의미하며, 환경영향 대비 경제적 가치로 측정된다.

국가청정지원센터는 환경경제효율성 관련 통계 구축을 위하여 26개 산업군과 6개의 환경경제효율성지표에 대한 10년 기간의 통계를 구축하였다고 한다. 산업군은 9차 한국표준산업분류에 맞춰 제조업을 중분류 기준의 24개 산업군으로 구분하였고 「환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」에 명시된 광업, 전기, 가스 증기 및 수도 사업 등을 포함한 26개의 산업군으로 분류하였다. 그리고 지표의 대표성, 통계조사 가능성, 가공가능성 등을 고려하여 공업용수, 광물자원 소비량 및 온실가스, 대기오염물질, 폐수, 폐기물 발생량에 대한 6개의 환경경제효율성지표를 설정하였다(표 2-5 참조).[5)]

〈표 2-5〉 국가청정생산지원센터의 환경경제효율성 통계 구축현황

분야	분석지표	환경성인자	환경경제효율성 수식
공업용수 사용수준	RP-Water	공업용수 사용량	산업별 부가가치 [백만원] / 산업별 공업용수 사용량 [m^3]
자원 사용수준	RP-Resource	광물자원 사용량	산업별 부가가치 [백만원] / 산업별 자원 사용량 [ton]
환경 친화수준	EE-Carbon	온실가스 배출량	산업별 부가가치 [백만원] / 산업별 탄소 배출량 [ton CO_2 eq.]
	EE-Airborne	대기오염물질 배출량	산업별 부가가치 [백만원] / 산업별 대기오염물질 배출량 [kg]
	EE-Waterborne	폐수 배출량	산업별 부가가치 [백만원] / 산업별 폐수 배출량 [m^3]
	EE-Waste	폐기물 발생량	산업별 부가가치 [백만원] / 산업별 폐기물 발생량 [ton]

자료: 국가청정생산지원센터, "환경경제효율성 통계 구축현황", 검색일: 2018.6.2.

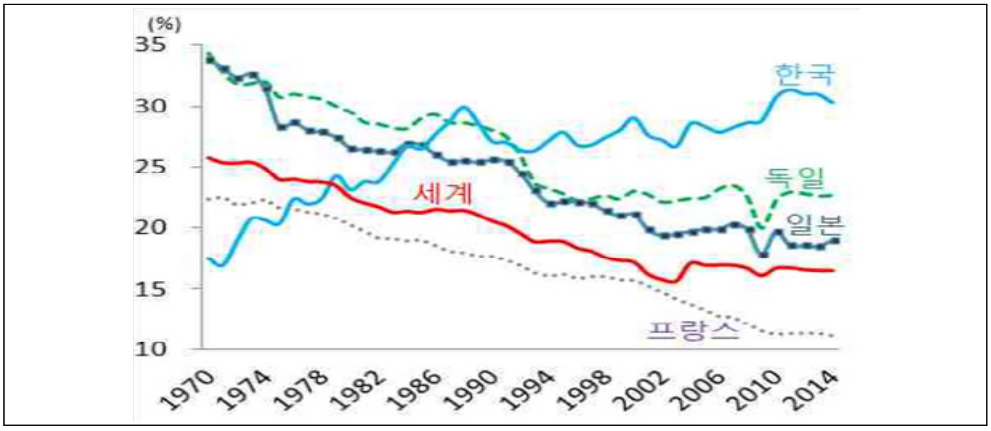
5) 국가청정생산지원센터의 환경경제효율성지표 통계는 비공개여서 구체적인 정보를 확인하기는 불가능하다.

제3장

한국 제조업의 구조 변화

1. 한국 경제와 제조업

선진국의 일반적인 산업구조 변화 패턴과 달리 한국의 산업구조 변화에는 매우 특이한 점이 있다. 그중 하나는 제조업 비중이 지속적으로 증가하면서 이른바 '탈산업화'와 반대의 현상이 나타나고 있다는 점이다. 세계 총부가가치 대비 제조업 비중은 1970년 25.7%에서 2014년 16.5%로 9.2%p 감소한 반면, 한국은 동 기간 동안 17.5%에서 30.3%로 12.8%p 증가하였다(그림 3-1 참조).



자료: 현대경제연구원(2016), p.2.

〈그림 3-1〉 G7, 세계, 한국의 총부가가치 대비 제조업 비중 추이

2000년 이후 한국 경제에서 제조업이 차지하는 위상의 변화를 파악하기 위해 산출과 부가가치 측면에서 농림어업, 광업, 제조업, 전기가스수도사업, 건설업, 서비스업의 산업별 비중 변화를 살펴보았다.[6)]

〈표 3-1〉은 2000년 이후 산출(2010년 기준 실질가치)에서 각 산업이 차지하는 비중의 추이를 정리한 것으로, 제조업의 산출 비중은 2000~2016년 동안 5.0%p 증가, 서비스업의 비중은 0.8%p 증가하였으며, 동 기간 중 농림어업의 비중은 1.9%p 감소하였고 건설업의 비중은 3.7%p 감소한 것으로 나타났다.

〈표 3-1〉 산업별 산출 비중 추이

(단위: %)

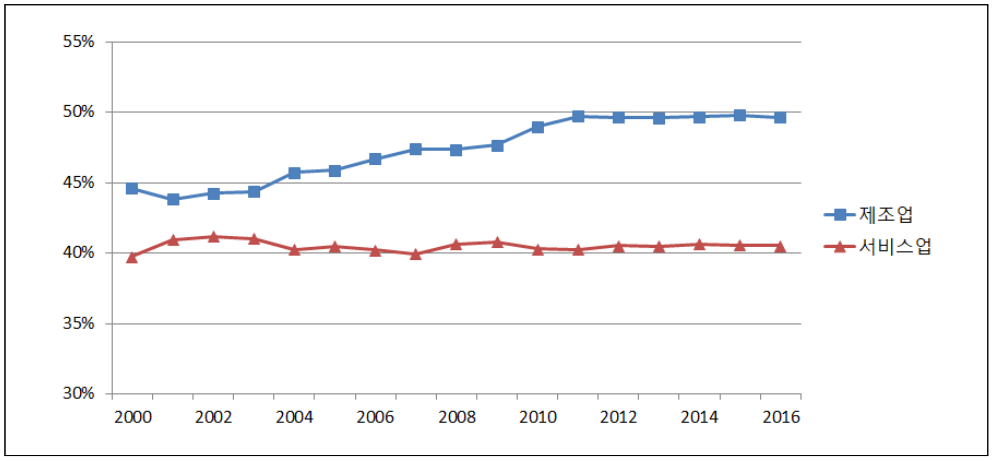
구분	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	'00~'16 증감분(%p)
농림어업	3.3	2.2	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.4	-1.9
광업	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-0.2
제조업	44.6	45.9	49.0	49.7	49.7	49.6	49.7	49.8	49.6	5.0
전기가스 수도사업	2.9	3.0	2.9	3.0	3.0	3.0	2.9	2.7	2.8	-0.1
건설업	9.1	8.2	5.9	5.3	5.1	5.1	5.0	5.2	5.5	-3.7
서비스업	39.7	40.5	40.3	40.3	40.5	40.5	40.6	40.6	40.5	0.8

자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

그런데 제조업과 서비스업의 산출 비중 추이를 보면(그림 3-2 참조), 서비스업 비중은 40% 수준에서 대체로 안정적인 모습을 보이는 가운데 제조업 비중이 2000년대 중반 이후 지속적으로 증가하면서 2000년 당시 5%p 수준이었던 제조업과 서비스업 간 비중 격차가 2011년에는 9%p 수준까지 확대되는 모습을 보인다.

---

6) 산출과 부가가치의 산업별 비중은 한국은행의 국민계정 자료를 활용하여 산정하였다. 국민계정에서 제조업은 13개 업종으로 분류되어 있다. 한국은행의 국민계정 자료는 명목가치이므로 산업별 생산자물가지수를 통해 실질가치로 전환하였다.



자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-2〉 제조업과 서비스업의 산출 비중 추이

2000~2011년 동안 제조업 산출 비중은, 제조업 산출이 연평균 6.9%로 증가하고 전 산업 평균인 5.8%를 상회하면서 지속적으로 증가하였으나, 2011년 이후 연평균 증가율이 2.4%로 급락하고 전 산업 평균과 유사해지면서 49% 후반대에서 안정화된 모습을 보인다. 서비스업 산출 비중도 2011년 이후 더욱 안정화된 것으로 나타난다.

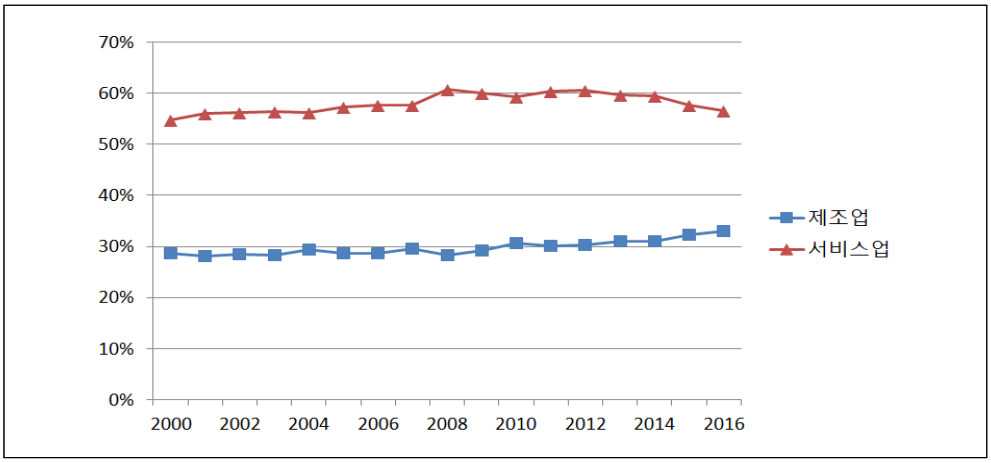
〈표 3-2〉 산업별 부가가치 비중 추이

(단위: %)

구분	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	'00~'16 증감분(%p)
농림어업	5.0	3.3	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.0	-3.0
광업	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-0.2
제조업	28.6	28.7	30.7	30.2	30.3	31.0	31.0	32.3	33.0	4.4
전기가스 수도사업	3.1	2.9	2.2	2.0	2.0	2.0	2.3	2.8	3.3	0.1
건설업	8.0	7.5	5.1	4.7	4.6	4.6	4.6	4.8	5.0	-3.0
서비스업	54.8	57.3	59.3	60.5	60.6	59.8	59.5	57.7	56.5	1.8

자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

산업별 부가가치 비중의 경우 산출 비중과는 약간 다른 모습을 보인다. 〈표 3-2〉는 2000년 이후 총부가가치(2010년 기준 실질가치)에서 각 산업이 차지하는 비중의 추이를 정리한 것으로, 제조업의 부가가치 비중은 2000~2016년 동안 4.4%p 증가, 서비스업 비중은 1.8%p 증가하였으며, 동 기간 중 농림어업과 건설업의 비중은 각각 3.0%p 감소하였다.



자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-3〉 제조업과 서비스업의 부가가치 비중 추이

2. 제조업의 구조 변화

가. 개요

산업구조의 변화 문제를 제조업으로 분석 범위를 좁혀 살펴본다. 제조업 내 업종을 국민계정의 분류방식에 맞춰 13개(음식료품 및 담배제조업; 섬유 및 가죽제품 제조업; 목재, 종이, 인쇄 및 복제업; 석탄 및 석유제품 제조업; 화학제품 제조업; 비금속광물제품 제조업; 1차 금속제품 제조업; 금속제품 제조업; 기계 및 장비 제조업; 전기 및 전자기기 제조업; 정밀기기 제조업; 운송장비 제조업; 기타 제조업)로 구분하여 업종별 분석을 수행하였다.

〈표 3-3〉 통계자료 간 제조업 분류 연계

제9차 표준산업분류 중분류 기준	한국은행 국민계정 기준
식료품 제조업	음식료품 및 담배 제조업
음료 제조업	
담배 제조업	
섬유제품 제조업; 의복 제외	섬유 및 가죽제품 제조업
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	
가죽, 가방 및 신발 제조업	
목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	목재, 종이, 인쇄 및 복제업
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	
인쇄 및 기록매체 복제업	
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	석탄 및 석유제품 제조업
화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	화학제품 제조업
의료용 물질 및 의약품 제조업	
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	
비금속 광물제품 제조업	비금속광물제품 제조업
1차 금속 제조업	1차 금속제품 제조업
금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	금속제품 제조업
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	전기 및 전자기기 제조업
전기장비 제조업	
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	정밀기기 제조업
기타 기계 및 장비 제조업	기계 및 장비 제조업
자동차 및 트레일러 제조업	운송장비 제조업
기타 운송장비 제조업	
가구 제조업	기타 제조업
기타 제품 제조업	

자료: 저자 작성.

업종별 산출, 부가가치에 관한 자료는 통계청의 광업제조업조사를 통해서도 얻을 수 있으며, 제조업이 24개 업종으로 분류되어 있어 국민계정의 13개 업종 분류보다 세세한 업종별 분석이 가능하다는 장점이 있지만, 가능한 분석기간이 1999년 이후이며 종사자 수 10인 이상 사업체만 통계 집계 대상에 포함되어 있어서 종사자 수 규모별 사업체 분포가 상이한 업종들의 성과를 비교함에 있어 왜곡이 발생할 소지가 크다는 단점이 있다.

1인당 부가가치 산정에 필요한 종사자 수 자료는 전국사업체조사를 활용하였으며, 제9차 한국표준산업분류 기준에 따라 24개 업종으로 분류되어 있는 종사자 수 자료를 〈표 3-3〉과 같이 국민계정의 13개 업종으로 재분류하였다.

업종별 분석과 더불어 제조업 내 기술수준별 분포의 변화를 살펴보기 위하여, OECD의 R&D 집약도에 따른 기술수준별 산업군 분류방식을 준용, 제조업 내 13개 업종을 저기술 업종, 중저기술 업종, 중고기술 업종, 고기술 업종의 네 가지 그룹으로 분류하여 그룹별 분석을 수행하였다.

〈표 3-4〉 기술수준별 그룹 분류

고기술 업종	전기 및 전자기기 제조업; 정밀기기 제조업
중고기술 업종	화학제품 제조업; 기계 및 장비 제조업; 운송장비 제조업
중저기술 업종	석탄 및 석유제품 제조업; 비금속광물제품 제조업; 1차 금속제품 제조업; 금속제품 제조업
저기술 업종	음식료품 및 담배 제조업; 섬유 및 가죽제품 제조업; 목재, 종이, 인쇄 및 복제업; 기타 제조업

주: 화학제품 제조업은 중고기술 업종인 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)과 고기술 업종인 의료용 물질 및 의약품 제조업, 중저기술 업종인 고무제품 및 플라스틱제품 제조업을 포괄하고 있어서, 본 보고서에서는 임의로 화학제품 제조업을 중고기술 업종으로 분류함.
자료: OECD(2011), p.1.

나. 산출

〈표 3-5〉의 제조업 전체의 산출은 1980~1998년 동안 연평균 9.7%씩 증가하다가 이후 2009년까지는 연평균 7.0%, 그 이후 2016년까지는 연평균 4.2%로 증가하여, 증가율이 점차 하락하는 추세를 보인다.

〈표 3-5〉 제조업 업종별 연평균 산출 증가율 변화

(단위: %)

구분	전체 (1980~2016)	1980~1998	1998~2016		
			전체	'98~'09	'09~'16
제조업 전체	7.8	9.7	5.9	7.0	4.2
음식료품 및 담배 제조업(1)	3.4	5.3	1.4	1.0	2.1
섬유 및 가죽제품 제조업(1)	3.1	4.1	2.1	2.3	1.9
목재, 종이, 인쇄 및 복제업(1)	5.5	7.8	3.2	3.9	2.1
기타 제조업(1)	8.1	7.1	9.2	9.4	8.8
석탄 및 석유제품 제조업(2)	7.6	11.5	3.8	2.6	5.7
비금속광물제품 제조업(2)	7.0	9.2	4.9	5.9	3.5
1차 금속제품 제조업(2)	7.6	13.5	2.1	0.8	4.2
금속제품 제조업(2)	8.4	10.1	6.8	9.5	2.7
화학제품 제조업(3)	7.5	9.8	5.3	5.4	5.2
기계 및 장비 제조업(3)	11.1	13.8	8.5	11.1	4.5
운송장비 제조업(3)	13.7	19.7	8.0	11.3	3.0
전기 및 전자기기 제조업(4)	16.4	19.0	13.7	19.7	5.0
정밀기기 제조업(4)	11.1	11.3	10.9	12.3	8.8
저기술 제조업(1)	3.8	5.3	2.4	2.2	2.5
중저기술 제조업(2)	7.7	11.9	3.7	3.3	4.2
중고기술 제조업(3)	9.4	12.2	6.8	8.4	4.2
고기술 제조업(4)	15.6	17.8	13.5	19.2	5.2

주: 괄호 안의 숫자 1, 2, 3, 4는 해당 업종이 각각 저기술 제조업, 중저기술 제조업, 중고기술 제조업, 고기술 제조업에 속함을 의미함.
자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

기술수준별 분류에 따른 그룹별 산출의 연평균 증가율을 비교하면, 저기술 < 중저기술 < 중고기술 < 고기술 제조업의 순서가 뚜렷하게 보인다. 1998년 이전에는 석탄 및 석유제품, 금속제품 제조업 등 중저기술 제조업 산출의 연평균 증가율이 상대적으로 높았다면, 1998년 이후에는 모든 그룹에 걸쳐 산출 증가율이 하락하는 가운데 중저기술 제조업과 중고기술 제조업 간, 중고기술 제조업과 고기술 제조업 간 격차가 확대되어 왔다.

1998년 이후 관찰되는 그룹 간 격차 확대는 주로 2009년까지 두드러지게 나타나며, 2009년 이후에는 오히려 그룹 간 격차가 대폭 축소되는 모습을 보인다.

〈표 3-6〉 제조업 업종별 산출 비중 변화

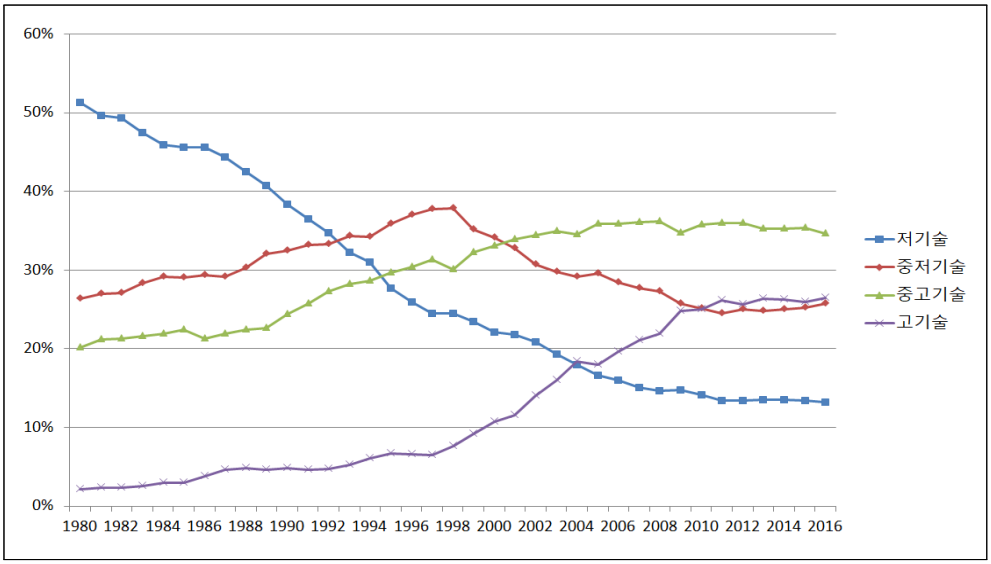
구분	업종별 비중(%)				업종별 비중 변화(%p)		
	1980	1998	2009	2016	'80~'98	'98~'09	'09~'16
음식료품 및 담배 제조업(1)	25.8	12.4	6.6	5.7	-13.4	-5.9	-0.9
섬유 및 가죽제품 제조업(1)	19.3	7.6	4.6	3.9	-11.7	-3.0	-0.7
목재, 종이, 인쇄 및 복제업(1)	5.1	3.7	2.7	2.3	-1.4	-1.1	-0.4
기타 제조업(1)	1.1	0.7	0.9	1.3	-0.4	0.2	0.3
석탄 및 석유제품 제조업(2)	8.4	11.3	7.1	7.9	2.9	-4.2	0.8
비금속광물제품 제조업(2)	3.2	2.9	2.6	2.5	-0.3	-0.3	-0.1
1차 금속제품 제조업(2)	10.2	18.8	9.8	9.7	8.6	-9.0	0.0
금속제품 제조업(2)	4.5	4.8	6.2	5.6	0.3	1.4	-0.6
화학제품 제조업(3)	16.0	16.4	13.8	14.8	0.3	-2.6	1.0
기계 및 장비 제조업(3)	2.2	4.2	6.3	6.4	2.0	2.1	0.1
운송장비 제조업(3)	2.0	9.5	14.6	13.5	7.6	5.1	-1.2
전기 및 전자기기 제조업(4)	1.6	6.9	23.6	24.9	5.3	16.7	1.3
정밀기기 제조업(4)	0.5	0.7	1.2	1.6	0.2	0.5	0.4
저기술 제조업(1)	51.3	24.5	14.8	13.2	-26.9	-9.7	-1.6
중저기술 제조업(2)	26.4	37.9	25.7	25.7	11.5	-12.1	0.0
중고기술 제조업(3)	20.2	30.1	34.7	34.7	9.9	4.6	-0.1
고기술 제조업(4)	2.1	7.6	24.8	26.4	5.5	17.2	1.7

주: 괄호 안의 숫자 1, 2, 3, 4는 해당 업종이 각각 저기술 제조업, 중저기술 제조업, 중고기술 제조업, 고기술 제조업에 속함을 의미함.
자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

전체 산출에서 각 업종이 차지하는 비중의 변화를 보면, 전체적으로 저기술 제조업의 비중이 급격히 줄어들고 그 자리를 중고기술 제조업과 고기술 제조업이 채우는 모습이 꾸준히 관찰된다. 중저기술 제조업의 경우에는 1998년을 전후로 발생한 1차 금속제품 제조업의 급격한 비중 변화로 인해 1998년까지는 산출 비중의 증가(11.5%p)가 가장 큰 그룹이었던 반면, 1998년 이후에는 비중의 감소(12.1%p)가 가장 큰 그룹으로 나타난다.

1998년 이후 관찰되는 중저기술, 저기술 제조업의 비중 축소, 중고기술, 고기술 제조업의

비중 확대는 주로 2009년까지 두드러지게 나타나며, 2009년 이후에는 그룹 간 비중 변화가 크게 둔화된 모습을 보인다(표 3-6 참조).



자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-4〉 제조업 기술수준 그룹별 산출 비중 변화

다. 부가가치

〈표 3-7〉에서 1980~1998년 동안 연평균 12.1%씩 증가하던 제조업 부가가치는 1998~2016년에는 연평균 증가율이 6.0%로 급락하였으나, 2009년 이전과 이후를 비교하면 2009년 이후 부가가치 증가율이 다소 회복되는 추세이다.

기술수준별 분류에 따른 그룹별 부가가치의 연평균 증가율을 비교하면, 저기술 < 중저기술 < 중고기술 < 고기술 제조업의 순서가 뚜렷하게 보인다. 1998년 이전에는 중저기술, 중고기술, 고기술 제조업 간 부가가치의 연평균 증가율에 큰 차이가 없었다면, 1998년 이후에는 모든 그룹에 걸쳐 부가가치 증가율이 하락하는 가운데 전기 및 전자기기, 정밀기기 제조업을 포함하는 고기술 제조업과 여타 제조업 간 격차가 급격히 확대되어 왔다.

1998년 이후 관찰되는 그룹 간 격차 확대는 주로 2009년까지 발생한 것이며, 2009년 이후에는 그룹 간 격차가 다시 축소되는 모습을 보인다.

〈표 3-7〉 제조업 업종별 연평균 부가가치 증가율 변화

(단위: %)

구분	전체 (1980~2016)	1980~1998	1998~2016		
			전체	'98~'09	'09~'16
제조업 전체	9.0	12.1	6.0	5.9	6.2
음식료품 및 담배 제조업(1)	5.2	8.8	1.8	0.8	3.2
섬유 및 가죽제품 제조업(1)	3.9	5.4	2.5	3.2	1.5
목재, 종이, 인쇄 및 복제업(1)	6.4	10.0	3.0	3.4	2.3
기타 제조업(1)	7.2	10.1	4.4	5.1	3.2
석탄 및 석유제품 제조업(2)	6.5	12.3	0.9	-7.0	14.7
비금속광물제품 제조업(2)	7.0	10.0	4.2	4.2	4.2
1차 금속제품 제조업(2)	8.2	13.7	3.0	0.9	6.3
금속제품 제조업(2)	11.1	16.6	5.9	6.0	5.8
화학제품 제조업(3)	8.7	12.8	4.8	2.9	7.8
기계 및 장비 제조업(3)	10.9	14.4	7.6	9.0	5.4
운송장비 제조업(3)	13.2	19.9	6.8	9.2	3.1
전기 및 전자기기 제조업(4)	17.5	20.6	14.5	18.4	8.6
정밀기기 제조업(4)	11.1	12.2	10.0	11.0	8.4
저기술 제조업(1)	5.1	7.7	2.5	2.6	2.4
중저기술 제조업(2)	8.2	13.2	3.5	1.4	6.8
중고기술 제조업(3)	10.2	14.6	6.0	6.4	5.4
고기술 제조업(4)	16.4	18.8	14.1	17.8	8.6

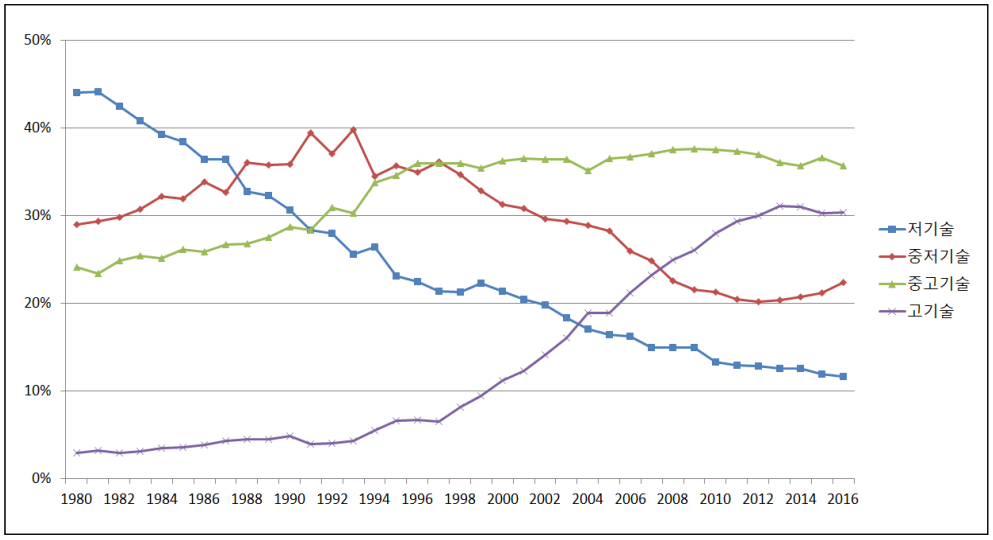
주: 괄호 안의 숫자 1, 2, 3, 4는 해당 업종이 각각 저기술 제조업, 중저기술 제조업, 중고기술 제조업, 고기술 제조업에 속함을 의미함.
자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

〈표 3-8〉의 전체 부가가치에서 각 업종이 차지하는 비중의 변화를 보면, 1998년까지는 저기술 제조업의 비중이 급격히 줄어들고 그 자리를 여타 그룹이 채우는 모습이었다면, 1998년 이후에는 중고기술 제조업의 비중에 변화가 없는 가운데, 저기술, 중저기술 제조업에서 줄어드는 비중을 고기술 제조업이 그대로 흡수하면서 비중이 급격히 확대되는 모습을 보인다. 이와 같은 모습은 1998년 이후부터 2009년까지 두드러지게 나타나며, 2010년대에는 중고기술 제조업 비중이 반등하면서 고기술 제조업의 비중 확대가 정체되는 모습을 보인다.

〈표 3-8〉 제조업 업종별 부가가치 비중 변화

구분	업종별 비중(%)				업종별 비중 변화(%p)		
	1980	1998	2009	2016	'80~'98	'98~'09	'09~'16
음식료품 및 담배 제조업(1)	14.1	8.2	4.8	3.9	-5.9	-3.5	-0.9
섬유 및 가죽제품 제조업(1)	21.4	7.0	5.3	3.8	-14.4	-1.8	-1.4
목재, 종이, 인쇄 및 복제업(1)	6.1	4.3	3.3	2.6	-1.8	-1.0	-0.8
기타 제조업(1)	2.4	1.7	1.5	1.3	-0.7	-0.1	-0.3
석탄 및 석유제품 제조업(2)	7.9	8.2	2.0	3.3	0.3	-6.2	1.4
비금속광물제품 제조업(2)	5.8	4.1	3.4	3.0	-1.7	-0.7	-0.4
1차 금속제품 제조업(2)	11.7	15.1	8.8	8.9	3.4	-6.3	0.1
금속제품 제조업(2)	3.6	7.3	7.3	7.1	3.7	0.0	-0.2
화학제품 제조업(3)	16.7	18.8	13.7	15.2	2.1	-5.1	1.5
기계 및 장비 제조업(3)	4.1	5.8	8.0	7.6	1.7	2.2	-0.4
운송장비 제조업(3)	3.4	11.4	15.9	13.0	8.0	4.6	-3.0
전기 및 전자기기 제조업(4)	1.9	7.2	24.4	28.6	5.2	17.3	4.1
정밀기기 제조업(4)	0.9	0.9	1.6	1.8	0.0	0.6	0.2
저기술 제조업(1)	44.0	21.3	14.9	11.6	-22.8	-6.4	-3.3
중저기술 제조업(2)	29.0	34.7	21.5	22.3	5.7	-13.2	0.8
중고기술 제조업(3)	24.1	35.9	37.6	35.7	11.8	1.6	-1.9
고기술 제조업(4)	2.9	8.1	26.0	30.4	5.3	17.9	4.4

주: 괄호 안의 숫자 1, 2, 3, 4는 해당 업종이 각각 저기술 제조업, 중저기술 제조업, 중고기술 제조업, 고기술 제조업에 속함을 의미함.
자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.



자료: 한국은행 경제통계시스템, “국민계정”, 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-5〉 제조업 기술수준 그룹별 부가가치 비중 변화

라. 부가가치율

〈표 3-9〉의 우리나라 전체 제조업 부가가치율 추이를 보면, 1980년부터 1993, 1994년까지 급속하게 개선되었다가 그 이후 2002, 2003년까지 완만하게 하락, 2011, 2012년까지는 급속하게 하락하였으며, 그 이후에는 다시 개선되어 2016년의 경우 2002, 2003년의 부가가치율을 거의 회복한 상태이다. 2002, 2003년 이후의 부가가치율 변동 추이는 (비록 변동 규모에 차이는 있지만) 전 업종에 걸쳐 공통적으로 발생하였다.

2002, 2003년부터 2011, 2012년까지 부가가치율 하락은 고기술 제조업종에서 가장 작게, 중저기술 제조업종에서 가장 큰 폭으로 발생하였다. 2011, 2012년 이후의 개선은 저기술 제조업종을 제외한 중저기술, 중고기술, 고기술 제조업종에서 고르고 양호하게 발생함에 따라, 2016년 고기술 제조업종의 부가가치율은 2002, 2003년 수준을 크게 상회하는 반면, 중저기술 제조업종의 부가가치율은 여전히 2002, 2003년 수준을 크게 하회한다.

2016년 부가가치율을 2002~2003년 수준과 비교할 때 가장 큰 개선이 발생한 업종은 전기 및 전자기기 제조업(3.9%p↑)이며, 가장 큰 하락이 발생한 업종은 기타 제조업

(23.2%p↓), 정밀기기 제조업(5.2%p↓), 1차 금속제품 제조업(4.4%p↓) 목제, 종이, 인쇄 및 복제업(4.4%p↓) 순이다.

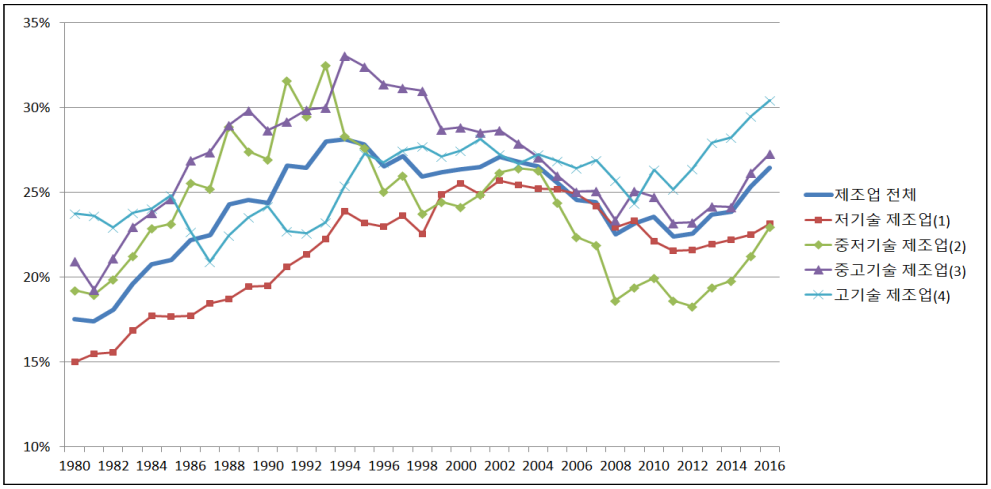
〈표 3-9〉 제조업 업종별 부가가치율 변화

구분	부가가치율(%)					부가가치율 변화(%p)					업종별 순위	
	'80 (A)	'93, '94 (B)	'02, '03 (C)	'11, '12 (D)	'16 (E)	A~B	B~C	C~D	D~E	C~E	C	E
제조업 전체	17.5	28.1	26.9	22.5	26.5	10.6	-1.1	-4.4	4.0	-0.5	-	-
음식료품 및 담배 제조업(1)	9.6	17.3	19.3	16.5	18.3	7.7	2.0	-2.9	1.8	-1.1	12	12
섬유 및 가죽제품 제조업(1)	19.5	23.6	28.1	24.2	25.8	4.1	4.5	-3.8	1.5	-2.3	8	9
목재, 종이, 인쇄 및 복제업(1)	20.9	35.7	33.5	26.7	29.1	14.8	-2.2	-6.7	2.4	-4.4	5	6
기타 제조업(1)	35.9	40.7	49.3	25.4	26.1	4.8	8.7	-23.9	0.7	-23.2	1	8
석탄 및 석유제품 제조업(2)	16.4	25.9	12.2	6.4	11.2	9.5	-13.6	-5.8	4.8	-1.0	13	13
비금속광물제품 제조업(2)	31.6	35.6	35.5	28.7	31.8	4.0	-0.1	-6.8	3.1	-3.7	4	2
1차 금속제품 제조업(2)	20.1	32.5	28.6	19.4	24.2	12.4	-4.0	-9.2	4.8	-4.4	7	11
금속제품 제조업(2)	13.9	29.5	35.7	29.1	33.7	15.7	6.2	-6.6	4.6	-2.0	2	1
화학제품 제조업(3)	18.2	29.8	27.1	20.8	27.2	11.6	-2.7	-6.4	6.4	0.1	10	7
기계 및 장비 제조업(3)	33.0	34.4	33.3	27.3	31.2	1.4	-1.1	-5.9	3.8	-2.1	6	3
운송장비 제조업(3)	29.9	33.5	27.3	23.5	25.5	3.6	-6.2	-3.8	2.0	-1.8	9	10
전기 및 전자기기 제조업(4)	21.5	22.7	26.5	25.6	30.4	1.2	3.8	-0.9	4.9	3.9	11	4
정밀기기 제조업(4)	30.6	34.9	35.5	29.8	30.3	4.3	0.6	-5.7	0.5	-5.2	3	5

〈표 3-9〉의 계속

구분	부가가치율(%)					부가가치율 변화(%p)					업종별 순위	
	'80 (A)	'93, '94 (B)	'02, '03 (C)	'11, '12 (D)	'16 (E)	A~B	B~C	C~D	D~E	C~E	C	E
저기술 제조업(1)	15.0	23.1	25.6	21.6	23.2	8.0	2.5	-4.0	1.6	-2.4	-	-
중저기술 제조업(2)	19.2	30.4	26.3	18.5	23.0	11.2	-4.1	-7.8	4.5	-3.3	-	-
중고기술 제조업(3)	21.0	31.5	28.3	23.2	27.3	10.6	-3.3	-5.0	4.1	-1.0	-	-
고기술 제조업(4)	23.7	24.3	27.0	25.8	30.4	0.6	2.6	-1.2	4.6	3.5	-	-

주: 괄호 안의 숫자 1, 2, 3, 4는 해당 업종이 각각 저기술 제조업, 중저기술 제조업, 중고기술 제조업, 고기술 제조업에 속함을 의미함.
자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.



자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-6〉 제조업 기술수준 그룹별 부가가치율 변화

마. 1인당 부가가치

〈표 3-10〉의 우리나라 제조업의 1인당 부가가치는 2010년까지 꾸준히 높은 증가세를

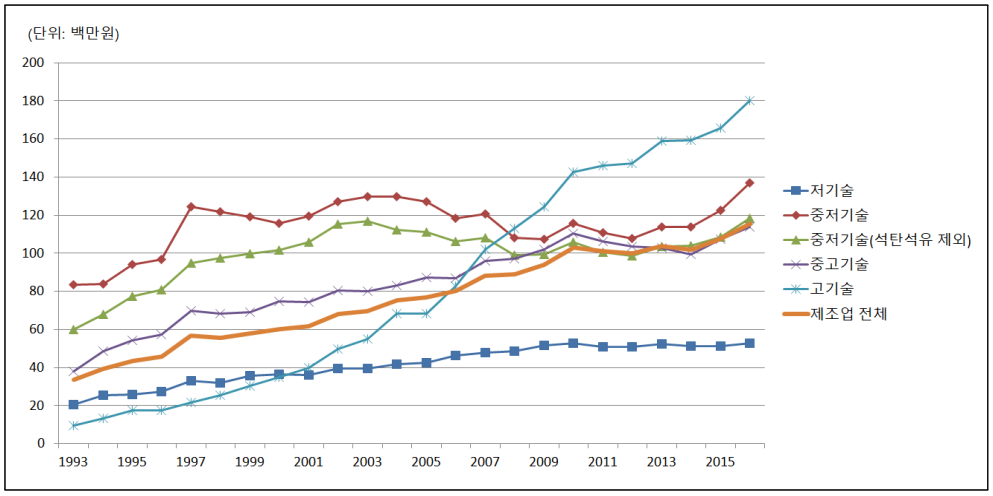
유지하다가 2014년까지 조정기를 거친 후 다시 상승하는 추이를 보인다. 연평균 증가율(%)은 1993~2010년 6.8%이었으며 2011~2016년 2.0%로 나타난다.

〈표 3-10〉 제조업 업종별 1인당 부가가치 변화

구분	1인당 부가가치(백만원)				연평균 증가율(%)	
	1993	2003	2010	2016	'93~'10	'11~'16
제조업 전체	34	70	103	116	6.8	2.0
음식료품 및 담배 제조업(1)	35.2	53.0	53.1	53.4	2.5	0.1
섬유 및 가죽제품 제조업(1)	13.2	28.2	53.9	53.6	8.6	-0.1
목재, 종이, 인쇄 및 복제업(1)	32.6	54.5	57.6	60.4	3.4	0.8
기타 제조업(1)	13.9	26.7	41.8	39.4	6.7	-1.0
석탄 및 석유제품 제조업(2)	1,024.6	655.4	651.1	1,309.0	-2.6	12.3
비금속광물제품 제조업(2)	41.5	84.6	106.9	118.7	5.7	1.8
1차 금속제품 제조업(2)	126.5	272.4	221.0	254.8	3.3	2.4
금속제품 제조업(2)	28.6	62.7	63.1	70.6	4.8	1.9
화학제품 제조업(3)	61.2	98.8	120.0	145.1	4.0	3.2
기계 및 장비 제조업(3)	20.7	55.3	78.8	77.7	8.2	-0.2
운송장비 제조업(3)	29.5	83.3	128.2	115.5	9.0	-1.7
전기 및 전자기기 제조업(4)	8.4	56.6	153.3	200.9	18.6	4.6
정밀기기 제조업(4)	19.2	39.7	68.2	68.6	7.7	0.1
저기술 제조업(1)	20.5	39.5	52.7	52.8	5.7	0.0
중저기술 제조업(2)	83.4	129.9	115.7	136.9	1.9	2.8
중저기술 제조업(2) (석탄·석유제품 제조업 제외)	60.0	116.7	106.0	118.2	3.4	1.8
중고기술 제조업(3)	37.8	80.2	110.3	113.6	6.5	0.5
고기술 제조업(4)	9.5	55.1	142.6	180.3	17.3	4.0

주: 괄호 안의 숫자 1, 2, 3, 4는 해당 업종이 각각 저기술 제조업, 중저기술 제조업, 중고기술 제조업, 고기술 제조업에 속함을 의미함.
자료: 국가통계포털, "전국사업체조사", 검색일: 2018.6.8.을 바탕으로 저자 재구성.

업종별로 1인당 부가가치의 변화를 비교하면, 고기술 제조업종의 1인당 부가가치 증가세가 매우 현저함을 알 수 있다.



자료: 국가통계포털, "전국사업체조사", 검색일: 2018.6.8.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-7〉 제조업 기술수준 그룹별 1인당 부가가치 변화

고기술 제조업종의 1인당 부가가치는 1993년만 해도 저기술 제조업종의 1인당 부가가치인 20.5백만 원을 크게 하회하는 9.5백만 원에 불과하였으나, 이후 급속히 증가하여 2001년에 저기술 제조업종을 추월하고, 2006년에 제조업 평균을 넘어선 뒤에도 상대적으로 높은 증가세를 지속하여, 2016년 기준 제조업 평균의 1.56배에 해당하는 180.3백만 원의 1인당 부가가치를 기록한다. 특히 전기 및 전자기기 제조업의 증가세는 압도적으로, 1993~2010년 기간 동안 1인당 부가가치의 연평균 증가율은 제조업 평균인 6.8%의 3배에 근접하는 18.6%에 달하며, 2011~2016년 기간 동안의 연평균 증가율도 제조업 평균의 2배가 넘는 4.6%를 기록하고 있다.

중고기술 제조업종의 1인당 부가가치 변동 추이는 전체 제조업의 변동 추이와 매우 유사하며, 중저기술 제조업종의 경우에는 1인당 부가가치가 2003년까지 급속히 증가하였다가 2008, 2009년까지 상당히 감소한 이후 수년간의 정체기를 거쳐 2014년부터 다시 상승하

는 추이를 보인다.

대규모 장치산업의 특성을 보이는 석탄 및 석유제품 제조업의 경우 1인당 부가가치가 제조업 평균과 비교하여 적게는 6배, 많게는 30배에 달함을 감안하여, 중저기술 제조업종에서 석탄 및 석유제품 제조업을 제외한 분석도 수행하였으나, 모든 분석연도에 걸쳐 1인당 부가가치가 큰 폭으로 감소한다는 점을 제외하면, 1인당 부가가치의 변동 추이는 석탄 및 석유제품 제조업을 분석에 포함한 경우와 매우 유사하게 나타난다.

저기술 제조업종의 1인당 부가가치는 1993년 당시 제조업 평균과 비교하여 61% 수준이었으나, 이후 격차가 지속적으로 확대되어 2016년에는 1인당 부가가치가 제조업 평균의 46%에 불과하다.

특히 2014년 이후 1인당 부가가치가 다시 상승하기 시작한 다른 제조업종과 달리 저기술 제조업종은 그러한 반등 없이 정체 상태가 지속되어 다른 제조업종과의 1인당 부가가치 격차가 최근 수년간 크게 확대되었는데, 감소세에 있던 저기술 제조업종의 종사자 수가 2009년을 기점으로 증가세로 전환된 점도 상기 현상의 발생에 일조했을 것으로 판단된다.

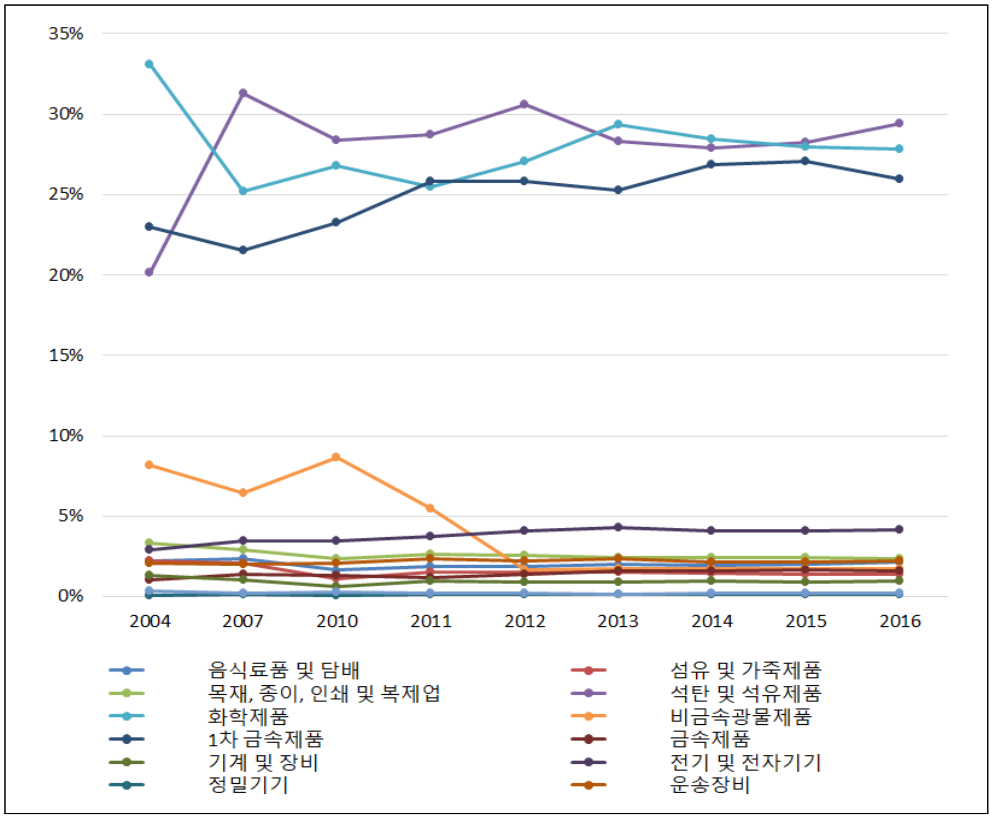
3. 제조업의 에너지 소비

업종별 에너지 소비량, 산출액당 에너지 소비량 산정에 필요한 자료는 한국에너지공단에서 작성하는 「연도별 산업부문 온실가스 배출량 조사보고서」를 활용하였으며, 22개 업종으로 분류되어 있는 에너지 소비량 자료를 〈표 3-11〉과 같이 국민계정의 13개 업종으로 재분류하였다. 에너지경제연구원이 작성하는 「에너지통계연보」의 '에너지밸런스'에는 1990년부터 2016년까지 관련 연간자료가 수록되어 있으나, 제조업이 기타 에너지 포함 11개 업종으로 분류되어 있어 다른 통계자료와의 연계에 어려움이 있다. 유사한 자료가 「에너지총조사」에도 수록되어 있으나 분석기간이 2001년, 2004년, 2007년, 2010년, 2013년의 5개 연도로 제한된다.

가. 업종별 비중

〈표 3-11〉의 제조업 전체 에너지 소비는 2004~2016년 기간 동안 연평균 3.3%씩 증가

하였으나, 에너지 소비량이 대폭 증가한 2004~2007년을 제외하고 2007년 이후만 보면 연평균 2.6%씩 증가한 것으로 나타난다.



자료: 산업자원부, 에너지관리공단(2005); 지식경제부, 에너지관리공단(2008, 2011, 2012); 산업통상자원부, 에너지관리공단(2013, 2014, 2015); 산업통상자원부, 한국에너지공단(2016, 2017)을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-8〉 제조업 업종별 에너지 소비 비중 변화

2004~2007년 기간 중 에너지 소비 증가는 석탄 및 석유제품 제조업에 의해 주도되었으며, 동 기간 중 석탄 및 석유제품 제조업의 에너지 소비량 증가가 제조업 전체 에너지 소비량 증가의 96.2%를 설명한다. 그리고 2007년 이후 에너지 소비 증가는 1차 금속제품 제조업과 화학제품 제조업이 주도하였으며, 2007년 이후 각각 연평균 4.8%, 3.7%씩 에너지

소비량이 증가한 것으로 파악된다.

우리나라 제조업의 에너지 소비는 석탄 및 석유제품 제조업, 1차 금속제품 제조업, 화학제품 제조업에 집중되어 있는바, 제조업 전체 에너지 소비에서 이들 3대 업종이 차지하는 비중은 2004년 76.3%에서 2016년 83.2%로 상승하였다(표 3-12 참조). 참고로, 이들 3대 업종이 제조업 산출, 부가가치에서 차지하는 비중은 2016년 기준 각각 32.4%, 27.4%이다.

2010년까지는 제조업 전체의 에너지 소비량에서 각 업종이 차지하는 비중에 유의미한 변화가 관찰되지만, 2010년 이후로는 상당히 안정적인 모습을 보인다. 한 가지 예외는 비금속광물제품 제조업으로서, 해당 업종의 에너지 소비량 비중은 2011, 2012년을 거치면서 급격히 축소되었다.

〈표 3-11〉 제조업 업종별 에너지 소비량 추이

(단위: 천toe)

구분	2004	2007	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	연평균 증가율 (%)
제조업 전체	81,323	95,243	102,388	112,742	111,959	112,962	117,804	116,702	119,900	3.3
음식료품 및 담배 제조업(1)	1,802	2,236	1,663	2,096	2,115	2,226	2,281	2,329	2,539	2.9
섬유 및 가죽제품 제조업(1)	1,782	2,005	1,131	1,680	1,733	1,700	1,738	1,634	1,673	-0.5
목재, 종이, 인쇄 및 복제업(1)	2,714	2,739	2,439	2,957	2,831	2,754	2,829	2,809	2,817	0.3
기타 제조업(1)	293	200	294	214	204	186	239	266	278	-0.4
석탄 및 석유제품 제조업(2)	16,398	29,796	29,060	32,396	34,245	32,011	32,890	33,002	35,278	6.6

〈표 3-11〉의 계속

구분	2004	2007	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	연평균 증가율 (%)
비금속광물 제품 제조업(2)	6,657	6,126	8,844	6,158	1,861	1,932	2,045	2,055	2,059	-9.3
1차 금속제품 제조업(2)	18,717	20,497	23,823	29,138	28,902	28,521	31,664	31,583	31,158	4.3
금속제품 제조업(2)	854	1,313	1,376	1,298	1,541	1,780	1,861	1,912	1,911	6.9
화학제품 제조업(3)	26,921	23,998	27,431	28,734	30,326	33,126	33,560	32,673	33,329	1.8
기계 및 장비 제조업(3)	1,090	985	623	1,066	988	1,032	1,152	1,056	1,124	0.3
운송장비 제조업(3)	1,684	1,937	2,102	2,618	2,504	2,667	2,553	2,479	2,618	3.7
전기 및 전자기기 제조업(4)	2,340	3,291	3,514	4,246	4,566	4,860	4,825	4,744	4,967	6.5
정밀기기 제조업(4)	71	121	88	140	142	165	167	161	149	6.4
저기술 제조업(1)	6,591	7,180	5,527	6,948	6,884	6,866	7,088	7,038	7,307	0.9
중저기술 제조업(2)	42,626	57,732	63,103	68,991	66,549	64,245	68,460	68,552	70,405	4.3
중고기술 제조업(3)	29,694	26,920	30,156	32,417	33,818	36,826	37,265	36,207	37,071	1.9
고기술 제조업(4)	2,411	3,412	3,602	4,386	4,708	5,025	4,992	4,905	5,117	6.5

주: 괄호 안의 숫자 1, 2, 3, 4는 해당 업종이 각각 저기술 제조업, 중저기술 제조업, 중고기술 제조업, 고기술 제조업에 속함을 의미함.

자료: 산업자원부, 에너지관리공단(2005); 지식경제부, 에너지관리공단(2008, 2011, 2012); 산업통상자원부, 에너지관리공단(2013, 2014, 2015); 산업통상자원부, 한국에너지공단(2016, 2017)을 바탕으로 저자 재구성.

〈표 3-12〉 제조업 업종별 에너지 소비량 비중 변화

(단위: %)

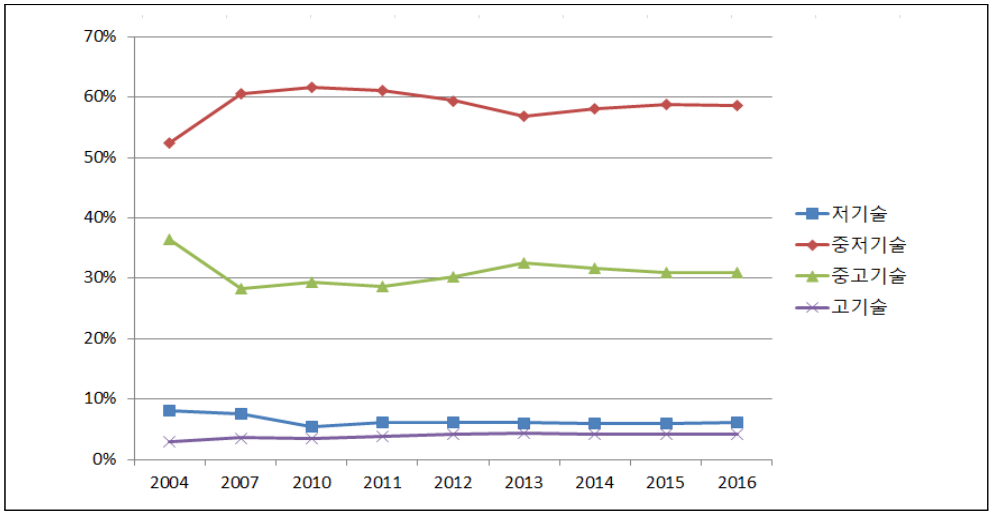
구분	2004	2007	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	변화량 ('04~'16)(%p)
음식료품 및 담배 제조업(1)	2.2	2.3	1.6	1.9	1.9	2.0	1.9	2.0	2.1	-0.1
섬유 및 가죽제품 제조업(1)	2.2	2.1	1.1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	-0.8
목재, 종이, 인쇄 및 복제업(1)	3.3	2.9	2.4	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	-1.0
기타 제조업(1)	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-0.1
석탄 및 석유제품 제조업(2)	20.2	31.3	28.4	28.7	30.6	28.3	27.9	28.3	29.4	9.3
비금속광물제품 제조업(2)	8.2	6.4	8.6	5.5	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	-6.5
1차 금속제품 제조업(2)	23.0	21.5	23.3	25.8	25.8	25.2	26.9	27.1	26.0	3.0
금속제품 제조업(2)	1.0	1.4	1.3	1.2	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	0.5
화학제품 제조업(3)	33.1	25.2	26.8	25.5	27.1	29.3	28.5	28.0	27.8	-5.3
기계 및 장비 제조업(3)	1.3	1.0	0.6	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	-0.4
운송장비 제조업(3)	2.1	2.0	2.1	2.3	2.2	2.4	2.2	2.1	2.2	0.1
전기 및 전자기기 제조업(4)	2.9	3.5	3.4	3.8	4.1	4.3	4.1	4.1	4.1	1.3
정밀기기제조업(4)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
저기술 제조업(1)	8.1	7.5	5.4	6.2	6.1	6.1	6.0	6.0	6.1	-2.0
중저기술 제조업(2)	52.4	60.6	61.6	61.2	59.4	56.9	58.1	58.7	58.7	6.3
중고기술 제조업(3)	36.5	28.3	29.5	28.8	30.2	32.6	31.6	31.0	30.9	-5.6
고기술 제조업(4)	3.0	3.6	3.5	3.9	4.2	4.4	4.2	4.2	4.3	1.3

주: 괄호 안의 숫자 1, 2, 3, 4는 해당 업종이 각각 저기술 제조업, 중저기술 제조업, 중고기술 제조업, 고기술 제조업에 속함을 의미함.

자료: 산업자원부, 에너지관리공단(2005); 지식경제부, 에너지관리공단(2008, 2011, 2012); 산업통상자원부, 에너지관리공단(2013, 2014, 2015); 산업통상자원부, 한국에너지공단(2016, 2017)을 바탕으로 저자 재구성.

나. 기술수준별 비중

기술수준 그룹별로는 2004~2016년 기간 동안 고기술 제조업종의 에너지 소비량이 가장 크게 증가하였으나, 이는 전기 및 전자기기 제조업을 중심으로 해당 업종의 산출이 급격히 확대된 데에 기인한다(표 3-11 참조).



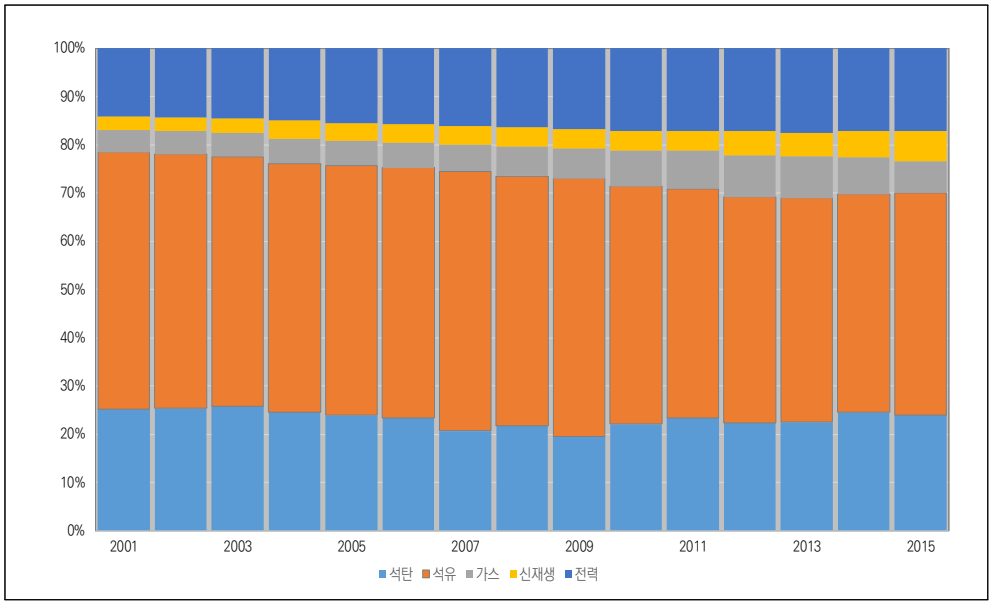
자료: 산업자원부, 에너지관리공단(2005); 지식경제부, 에너지관리공단(2008, 2011, 2012); 산업통상자원부, 에너지관리공단(2013, 2014, 2015); 산업통상자원부, 한국에너지공단(2016, 2017)을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-9〉 제조업 기술수준 그룹별 에너지 소비량 비중 변화

다. 에너지믹스

제조업의 에너지 소비량은 꾸준히 증가하는데, 제조업 전체로 볼 때 에너지믹스에는 큰 변화가 없는 것으로 나타난다. 2001~2015년 에너지믹스에서 가장 큰 비중을 차지하는 석유는 2001년 53%에서 2015년 46%로 감소하였다. 석탄의 비중은 2001년(25%) 이후 감소하여 2009년 20%였으나 이후 증가 추세로 전환되었고, 가스의 비중은 2001년(5%) 이후 2013년(9%)까지 증가 추세를 보이다가 이후 감소하여 2015년 6% 수준을 보인다.

반면 신재생과 전력은 2001년 이후 증가하는 추세를 보여 2015년 기준 각각 6%와 17%의 비중으로 나타난다(그림 3-10 참조).

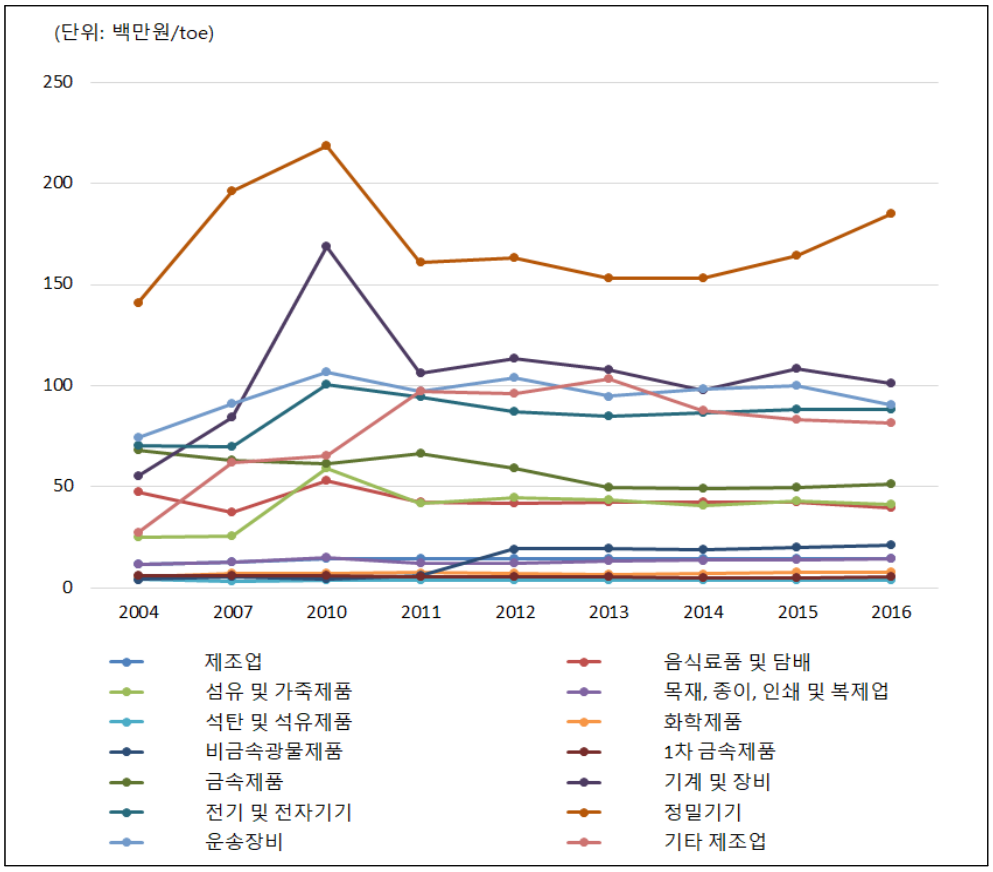


자료: 산업통상자원부, 에너지경제연구원(2017), pp.318-347.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-10〉 에너지믹스 변화

라. 에너지생산성

제조업 전체적으로는 2004~2016년 기간 동안 에너지 소비량 대비 산출액(백만 원/toe)이 11.7에서 14.7로 증가한 것으로 나타난다. 2004~2016년 동안 에너지생산성 변화가 가장 큰 업종은 기타 제조업(54.1백만 원/toe)이다. 동 기간 기계 및 장비 제조업(46.2백만 원/toe)과 정밀기기 제조업(44.3백만 원/toe)은 변화량이 높은 만큼 2016년 기준 에너지생산성 상위 2개 업종을 차지하는 것으로 나타났다(그림 3-11 참조).



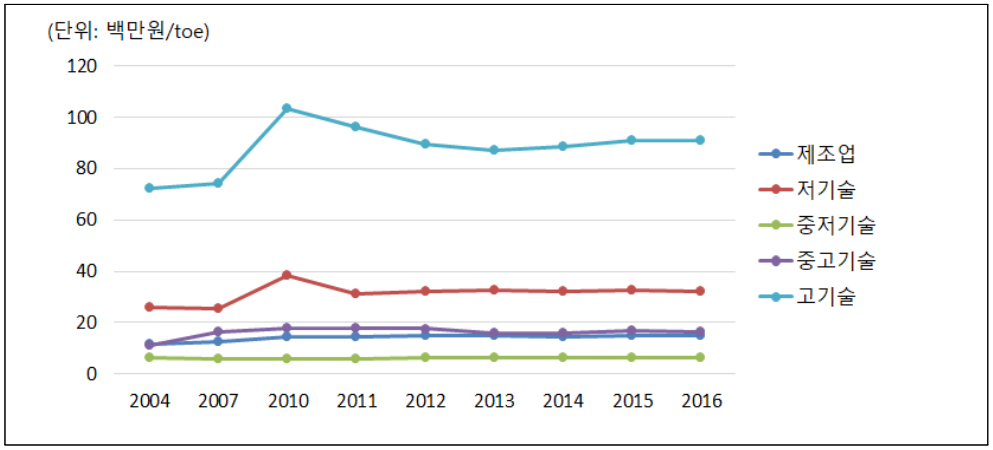
자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.; 산업자원부, 에너지관리공단(2005); 지식경제부, 에너지관리공단(2008, 2011, 2012); 산업통상자원부, 에너지관리공단(2013, 2014, 2015); 산업통상자원부, 한국에너지공단(2016, 2017)을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 3-11〉 제조업 업종별 에너지생산성

에너지생산성을 기술수준 그룹별로 보면, 고기술 그룹의 에너지생산성이 상대적으로 매우 높은 수준이다. 그런데 에너지생산성이 가장 낮은 그룹은 저기술 그룹이 아니라 중저기술 그룹이다. 이는 1차금속, 석유제품, 비금속광물 등 에너지다소비 업종이 중저기술 그룹에 몰려 있기 때문에 나타나는 현상이다.

저기술 제조업의 에너지생산성은 2004년 25.8백만 원/toe에서 2016년 32백만 원/toe로 6.2백만 원/toe 증가한 것으로 나타난 반면, 중저기술 제조업의 경우 등락을 반복하다가

2016년에는 2004년과 비슷한 수준을 나타낸다. 중고기술 제조업은 2004년 11백만 원/toe에서 2016년 16.5백만 원/toe로 증가하였는데 기계 및 장비 제조업의 에너지효율 향상 패턴에 기인한다. 마지막으로 고기술 제조업은 2004년 72.4백만 원/toe에서 2016년 91.2백만 원/toe로 가장 큰 변화량(18.8백만 원/toe)를 보이는데, 이는 주로 정밀기기 제조업에 기인한다(그림 3-12 참조).



자료: 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4.; 산업자원부, 에너지관리공단(2005); 지식경제부, 에너지관리공단(2008, 2011, 2012); 산업통상자원부, 에너지관리공단(2013, 2014, 2015); 산업통상자원부, 한국에너지공단(2016, 2017)을 바탕으로 저자 재구성.

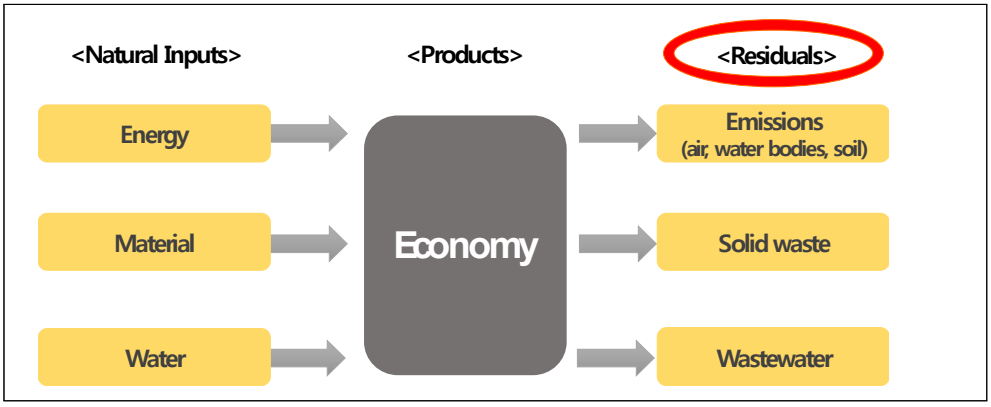
〈그림 3-12〉 제조업 기술수준 그룹별 에너지생산성

제4장

한국 제조업의 환경경제효율성 분석

1. 개요

2012년에 유엔통계위원회에서 국제통계표준으로 채택된 환경경제통합계정 핵심체계(SEEA-CF: System of Environmental-Economic Accounting-Central Framework)에 따르면, 환경과 경제 사이의 물리적 흐름(physical flows)은 크게 자연투입(natural inputs)과 잔폐물(residuals)로 구분된다. 자연투입은 환경에서 경제로 들어가는 흐름을 말하며, 이 흐름은 크게 에너지, 물질, 물의 세 가지 범주로 구분된다. 잔폐물은 경제에서 환경으로 나가는 흐름을 말하며, 오염물질, 고형폐기물, 폐수 등으로 구분된다(그림 4-1 참조).



자료: 저자 작성.

〈그림 4-1〉 환경과 경제 사이의 물리적 흐름

본 연구에서는 환경경제효율성의 관점에서 기존에 별로 분석되지 않았던 잔폐물에 초점을 맞춘다. 대기, 폐수, 폐기물 3개 영역을 대상으로 환경경제효율성의 변화 추세를 살펴보고, 분해분석 방법을 이용해서 잔폐물 발생량 및 환경경제효율성 변화의 원인을 분석한다. 특히 분해분석 과정에서 환경보호지출 정보를 이용함으로써, 환경경제효율성에 영향을 미치는 잔폐물 발생량의 변화와 오염저감 활동을 연계하여 분석한다.

환경경제효율성은 생산성 방식(=경제성과/환경영향)으로 표현할 수도 있고 집약도 방식(=환경영향/경제성과)으로 표현할 수도 있다. 본 연구에서는 생산성 방식을 사용하며, 이 경우 지표 값이 클수록 효율성이 높은 것을 의미한다. 경제적 성과의 경우 통상 부가가치나 산출을 사용하는데, 본 연구에서는 물리적 변수와의 연계성 측면에서 상대적으로 장점을 지닌 산출을 사용한다.[7)]

본 연구에서는 잔폐물 배출량의 변화 원인을 추적하는 데에 분해분석 방법을 적용한다. 분해분석은 에너지 소비나 온실가스 배출 요인 분석을 위해 많이 이용되는 방법으로 크게 구조분해분석(SDA: Structural Decomposition Analysis)과 지수분해분석(IDA: Index Decomposition Analysis)으로 구분된다. 구조분해분석은 지수분해분석에 비해 기술효과와 최종수요효과를 구분할 수 있으며 간접수요효과를 분석할 수 있다는 장점을 가진다. 반면 지수분해분석은 구조분해분석에 비해 간단하고 명료하여 계산과 해석이 용이하다는 장점을 갖고 있다(한국환경정책·평가연구원, 2009, p.88).

지수분해분석 방법에서는 비교 대상기간에 대한 가중치 선택의 문제가 있는데, 어떠한 가중치를 선택하느냐에 따라 라스파리에스 방식, 파쉐 방식, 디비지아 방식, 로그평균디비지아 방식 등으로 구분된다. 로그평균디비지아지수(LMDI: Log Mean Divisia Index) 방식은 잔차 문제가 발생하지 않아 최근 에너지 소비나 온실가스 배출의 분해분석에 많이 이용된다. 본 연구에서는 분해분석 방법으로 지수분해분석을 적용하고, 가중치 선택과 관련해서는 로그평균디비지아지수를 이용한다.

본 연구에서는 대기, 폐수, 폐기물 관련 잔폐물(NO_X, SO_X, PM_{10}; 폐수방류량, BOD

7) 반면 부가가치와 달리 산출의 경우 분석 범위나 세분화에 따라 중복성(산출에는 중간소비가 포함되어 있음)의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제 때문에 경제 전체 차원에서 환경경제효율성을 분석할 때에는 산출보다는 부가가치를 사용하는 것이 일반적이며 타당하다.

방류부하량; 사업장배출시설계폐기물 최종처분량)을 대상으로 분해분석을 수행하였다. 본 연구에서 사용한 분해분석 산식은 식(4-1)과 같이 정의된다.

- 분해분석 산식

$$Residual_i = \frac{Residual_i}{EPE_i} \times \frac{EPE_i}{Output_i} \times \frac{Output_i}{Output_M} \times Output_M \qquad \text{식(4-1)}$$

$Residual_i$: i 업종의 잔폐물(NO_X, SO_X, PM_{10}; 폐수방류량, BOD 방류부하량; 사업장배출시설계폐기물 최종처분량)

EPE_i : i 업종의 환경영역별 환경보호지출(대기, 폐수, 폐기물 영역별로 구분)

$Output_i$: i 업종의 산출

$Output_M$: 제조업 총산출

이상의 분해분석 산식에서 분해요인은 다음과 같은 의미를 지닌다.

① $Residual/EPE$: 환경보호지출 단위당 오염물질 배출량

② $EPE/Output$: 산출 대비 환경보호지출 비율

③ $Output_i/Output_M$: 제조업 전체 산출 대비 해당 업종 산출 비율

④ $Output_M$: 제조업 전체 산출

각 요인이 갖는 의미를 간략히 나타내기 위해 ①은 '저감효율', ②는 '저감투자', ③은 '구조 변화', ④는 '생산규모'로 명명한다.

분해분석의 적용을 위해 다양한 종류의 경제적 정보와 환경정보가 필요하다. 산출은 한국은행의 국민계정 자료를 사용한다(13개 업종). 국민계정의 산출이 명목치이므로 생산자물가지수를 이용하여 실질치로 환산한 값을 분석에 이용하였다. 환경보호지출은 기업부문의 조사결과자료를 이용한다(10개 업종). 산출과 마찬가지로 환경보호지출도 생산자물가지수를 이용하여 실질치로 환산하였다. 대기배출량은 국립환경과학원의 대기오염물질 배출량 통계자료를 이용한다. 배출원 대분류의 '제조업 연소' 및 '생산공정' 배출량 데이터를 배출

원 중분류 및 소분류 정보를 이용해서 표준산업 중분류 업종으로 배분하였다. 이렇게 집계된 업종별 배출량은 업종별 직접 배출량을 의미한다(이동오염원 배출량 포함 안 됨). 폐수는 산업폐수 발생 및 처리 현황 자료에서 폐수방류량과 BOD 방류부하량 자료를 이용한다(19개 업종). 폐기물은 전국 폐기물 발생 및 처리 현황 자료에 있는 사업장배출시설계폐기물의 최종처분량(=매립+소각+해역배출)을 이용한다(24개 업종). 이상의 설명을 정리한 것이 〈표 4-1〉이다.

〈표 4-1〉 분석에 사용한 자료

구분	자료명	자료내용	분류	기간	출처	비고
산출	국민계정	총산출	13개	2001 ~2016	한국은행[8]	· 생산자물가지수를 이용하여 실질치로 환산
환경보호 지출	환경보호 지출계정	기업부문 환경보호지출	10개	2001 ~2016	내부자료[9]	· 생산자물가지수를 이용하여 실질치로 환산
대기 배출량	대기오염 물질 배출량	NO_X, SO_X 배출량	21개	2001 ~2015	국립환경과학원	· 배출원 대분류의 '제조업 연소' 및 '생산공정' 배출량 데이터 이용 · 업종별 직접 배출량 데이터 사용 [수송부문(도로이동오염원) 배출량은 제외]
		PM_{10} 배출량		2007 ~2015		
폐수	산업폐수의 발생 및 처리 현황	폐수방류량	19개	2001 ~2016	환경부	
		BOD 방류부하량				
폐기물	전국 폐기물 발생 및 처리 현황	사업장배출 시설계폐기물 최종처분량 (매립 +소각 +해역배출	24개	2010 ~2016	환경부	

자료: 저자 작성.

8) 한국은행 경제통계시스템, "국민계정", 검색일: 2018.6.4. 이하 국민계정과 관련된 자료는 상기의 출처를 참고하여 작성하였다.

9) 한국환경정책·평가연구원(2016). 이하 환경보호지출계정과 관련된 자료는 상기의 출처를 참고하여 작성하였다.

이들 자료에 대한 분석 연도는 대기오염물질 배출량 정보의 최신 데이터 제공 연도 제약으로 2015년까지로 설정하였으며, 업종은 환경보호지출 통계에서 제공하는 업종이 제한적이어서 9개로 분류하였다. 환경보호지출 통계의 업종이 10개로 분류되기는 하나, 2001~2004년 기간 동안 석유정제화학과 고무 및 플라스틱 업종 구분이 되지 않고, 한국은행 국민계정의 업종에는 석탄 및 석유제품 제조업과 화학제품 제조업으로 분리되어 구분이 어려워서, 각각의 자료에서 석유 관련 업종은 석유화학업으로 묶어서 처리하였다. BOD 방류부하량은 통계 작성 기준 변경으로 2007~2009년 기간 동안 부하량이 급격히 감소된 후 안정화된 경향을 보임에 따라 2009년부터 분석기간으로 설정하였다. 그리고 2001~2006년 배출량 통계 이상치가 있는 PM_{10}의 경우 비금속광물과 1차금속업을 하나의 업종으로 분류하였고, 시작 연도도 2001년이 아닌 2007년으로 변경하였다(표 4-2 참조).

〈표 4-2〉 분석 대상기간 및 업종 분류

대상		자료명	업종	기간	비고
대기	NO_X, SO_X	대기오염물질 배출량	9개	2001~2015	
	PM_{10}		8개	2007~2015	· 비금속광물업과 1차금속업을 하나의 업종으로 묶음
폐수	폐수발생량	산업폐수 발생 및 처리 현황	9개	2001~2015	
	BOD 방류부하량			2009~2015	
폐기물	사업장폐기물최종처분량	사업장배출시설계 폐기물	9개	2010~2015	

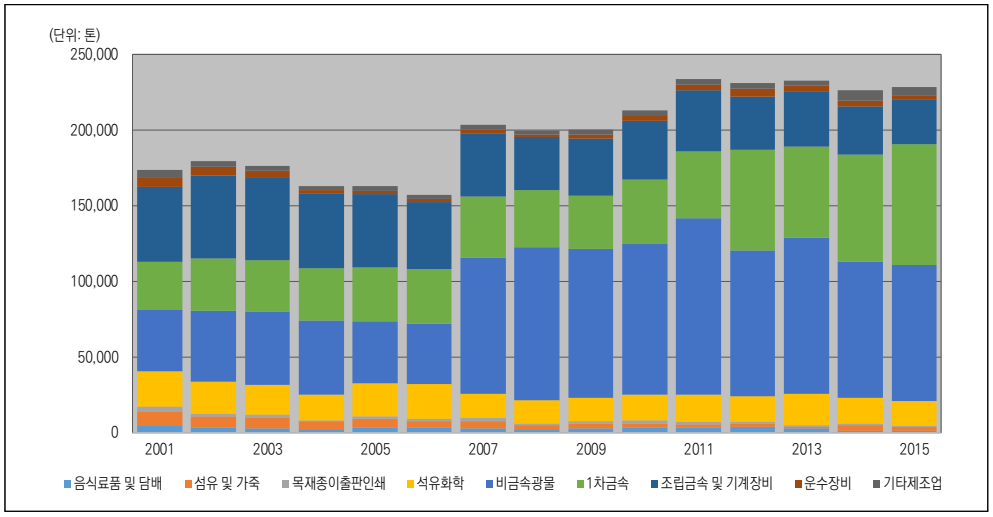
자료: 저자 작성.

2. 대기

가. 질산화물(NO_X)

국내에서 질산화물(NO_X)은 연간 100만~120만 톤 정도가 배출되며, 이 중 절반 이상이 이동오염원에서 배출된다. 제조업(연소+생산공정)에서 배출되는 질산화물(NO_X)은 연간 20만 톤 내외 수준으로, 전체 고정오염원 배출량의 절반 정도를 차지한다.

제조업의 질산화물(NO_X) 배출량은 〈그림 4-2〉와 같이 계단식으로 증가하는 모습을 보여왔는데, 2007년에 이후 특히 비금속광물업의 비중 증가가 두드러지게 나타난다. 2015년 기준으로 배출량 비중 상위 업종은 비금속광물업(39%), 1차금속업(35%), 조립금속 및 기계장비업(13%)으로 이들 세 업종이 전체 배출량의 87%를 차지한다.

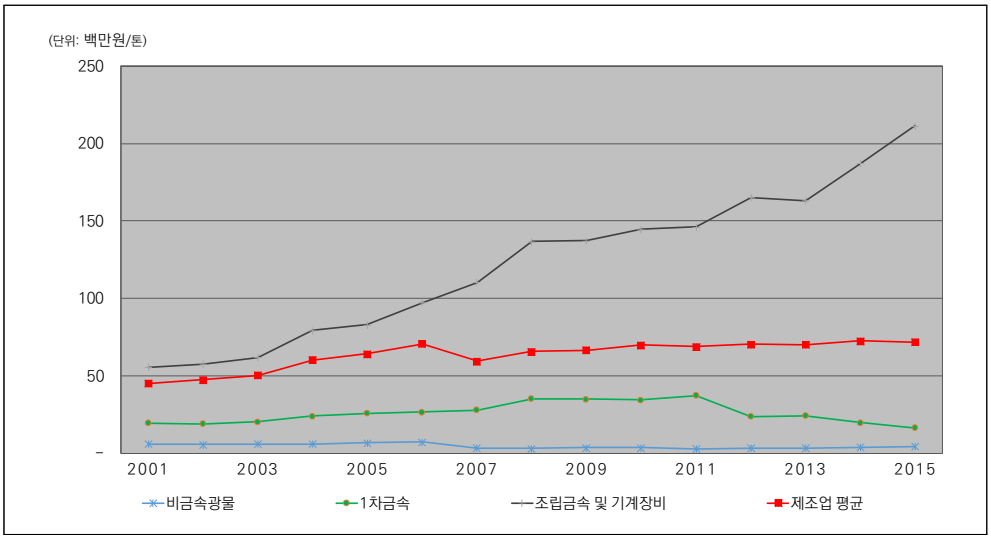


자료: 국립환경과학원 국가 대기오염물질 배출량 서비스, "대기오염물질배출량", 검색일: 2018.9.28.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 4-2〉 업종별 NO_X 배출량

질산화물(NO_X)을 배출하는 주 업종인 비금속광물업의 환경경제효율성(=산출/배출량)은 5백만 원/톤 수준으로, 제조업 평균(약 70백만 원/톤)보다 현저하게 낮은 수준이다. 1차금

속업의 환경경제효율성도 20백만 원/톤 내외 수준으로, 제조업 평균보다 훨씬 낮다. 더욱이 두 업종 모두 2001~2015년 동안 환경경제효율성이 별로 개선되지 않았다. 반면, 조립금속 및 기계장비업의 환경경제효율성은 2001년 이후 꾸준히 개선되고 있으며, 2015년에 211백만 원/톤으로 제조업 평균보다 훨씬 높은 수준을 달성하였다(그림 4-3 참조).

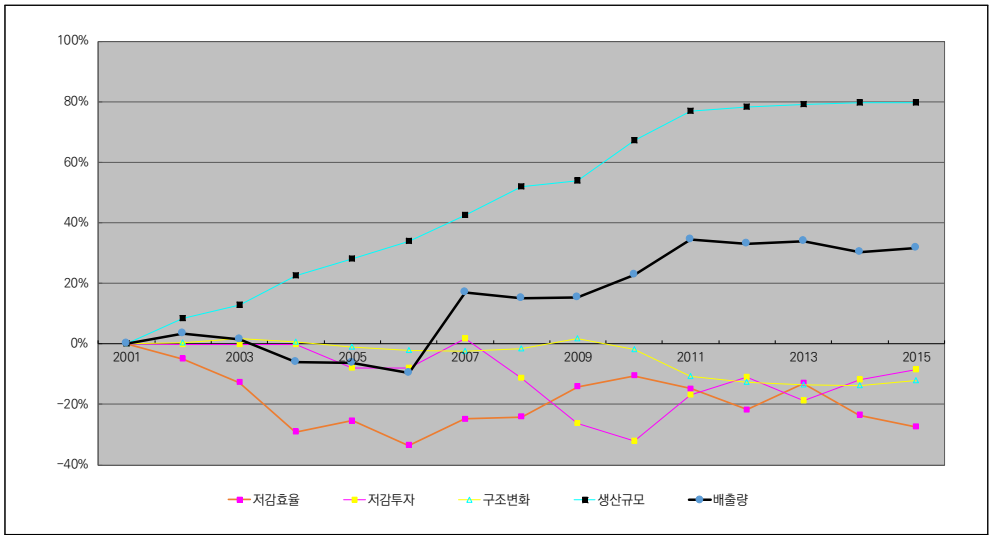


자료: 저자 작성.

〈그림 4-3〉 주요 업종의 환경경제효율성(NO_X 배출량)

〈그림 4-4〉는 질산화물(NO_X) 배출량(이하 배출량)에 대한 지수분해분석 결과를 보여 준다. 다른 분해분석의 경우와 마찬가지로 생산규모 효과(=제조업 전체 산출 규모의 변화로 인한 배출량 변화)는 전반적으로 배출량을 증가시키는 방향으로 작용하고 있다. 다만 2011년 이후에는 생산규모 효과가 배출량 변화에 별로 영향을 미치지 않고 있다. 구조 변화 효과(=업종별 산출 비중의 변화로 인한 배출량 변화)는 2010~2012년에 배출량을 감소시키는 방향으로 작용하였으나, 다른 효과들에 비해 배출량 변화에 미치는 영향의 크기가 제한적이다. 저감투자 효과(=산출 대비 오염방지 투자 비율의 변화로 인한 배출량 변화)는 2008~2010년에 뚜렷하게 배출량 감소에 기여하였으나, 그 후 오히려 배출량 증가 방향으

로 작용하는 모습을 보이고 있다. 저감투자와 연계되어 있는 저감효율 효과(=오염방지 투자 대비 오염물질 배출 저감효율의 변화로 인한 배출량 변화)의 경우, 2000년대 전반에 배출량 저감에 기여하였으나, 저감투자 효과와 유사하게 2000년대 후반에는 오히려 배출량 증가 방향으로 작용하고 있다(그림 4-4 참조).



자료: 저자 작성.

〈그림 4-4〉 NO_X 배출량 변화 분해분석

한편 질산화물(NO_X) 배출량 변화에 대한 분해분석 결과를 업종별로 살펴본 결과가 〈표 4-3〉이다. 2001~2015년에 제조업의 질산화물(NO_X) 배출량은 약 5.5만 톤 증가하였는데, 비금속광물업과 1차금속업이 이러한 배출량 증가에 가장 큰 영향을 미쳤다. 반면 조립금속 및 기계장비업은 배출량 증가를 억제하는 데 가장 큰 기여를 했음을 알 수 있다. 배출량 증가에 영향을 미친 비금속광물업 및 1차금속업과 배출량 감소에 기여한 조립금속 및 기계장비업의 두드러진 차이 중 하나가 저감효율 효과의 방향이다. 비금속광물업과 1차금속업의 경우 저감효율 효과가 배출량 증대 방향으로 작용한 반면, 조립금속 및 기계장비업의 경우에는 저감효율 효과가 뚜렷하게 배출량을 감소시키는 방향으로 작용하였다.[10]

〈표 4-3〉 NO_X 배출량 변화의 업종별 누적효과(2001~2015년)

(단위: 톤)

구분	저감효율	저감투자	생산규모	합계
음식료품 및 담배	-3,975	-1,103	1,216	-3,862
섬유 및 가죽	-4,010	-3,127	589	-6,548
목재, 종이, 출판 및 인쇄	-3,697	684	537	-2,476
석유화학	-26,781	5,920	14,019	-6,843
비금속광물	36,724	-21,910	34,434	49,249
1차금속	31,260	-4,629	21,815	48,447
조립금속 및 기계장비	-69,035	12,062	36,621	-20,351
운수장비	-7,174	241	3,255	-3,679
기타 제조업	-940	-2,858	4,809	1,011
합계	-47,628	-14,719	117,295	54,948

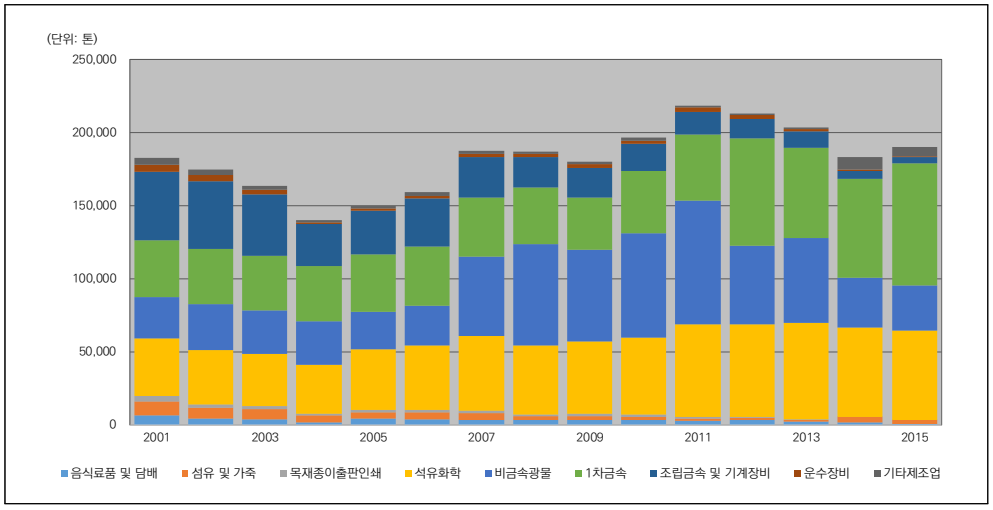
자료: 저자 작성.

나. 황산화물(SO_X)

국내 황산화물(SO_X)은 연간 35만 톤 정도가 배출되고 있으며, 이 중 80%가 생산공정, 에너지산업, 제조업 연소에서 배출된다. 제조업(연소+생산공정)에서 배출되는 황산화물(SO_X)은 연간 약 20만 톤으로 전체 배출량의 50% 이상을 차지한다.

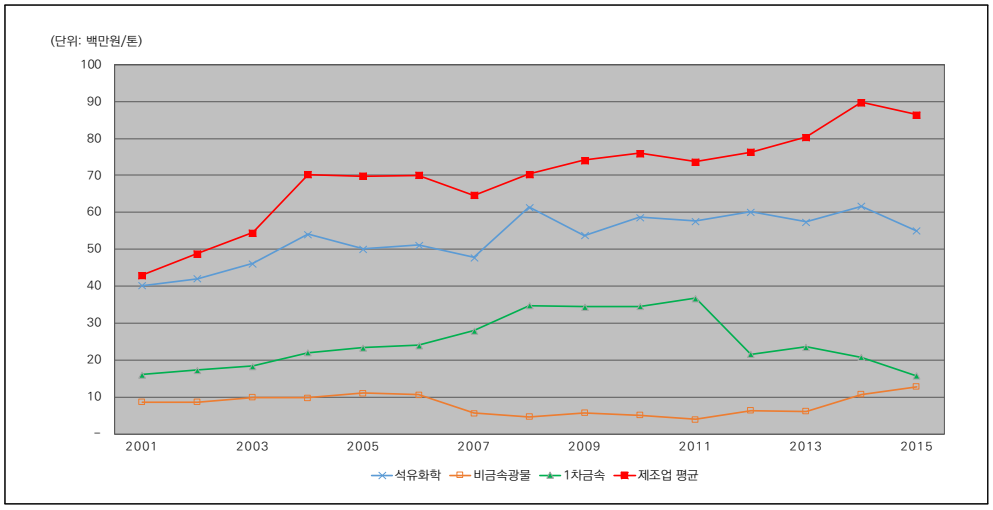
〈그림 4-5〉와 같이 제조업의 황산화물(SO_X) 배출량(이하 배출량)은 질산화물(NO_X) 배출량과 유사한 양상을 보인다. 다만, 비금속광물업과 1차금속업 비중이 높게 나타난 질산화물(NO_X)과 달리 황산화물(SO_X) 배출량에서는 석유화학업의 비중이 2013년 이후 30~35% 수준으로 높게 나타난다. 2015년 기준 배출량 비중 상위 업종은 1차금속업(44%), 석유화학업(32%), 비금속광물업(16%) 순이다.

10) 업종 간에 저감효율 효과의 방향성이 다르게 나타나는 원인을 정확하게 분석하기 위해서는 업종별 오염저감 설비나 오염저감 기술에 대한 세부적인 정보가 필요하다. 이는 상태에 대한 진단에 초점을 맞추는 본 연구의 분석 범위를 벗어나는 문제이다.



자료: 국립환경과학원 국가 대기오염물질 배출량 서비스, “대기오염물질배출량”, 검색일: 2018.9.28.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 4-5〉 업종별 SO_X 배출량

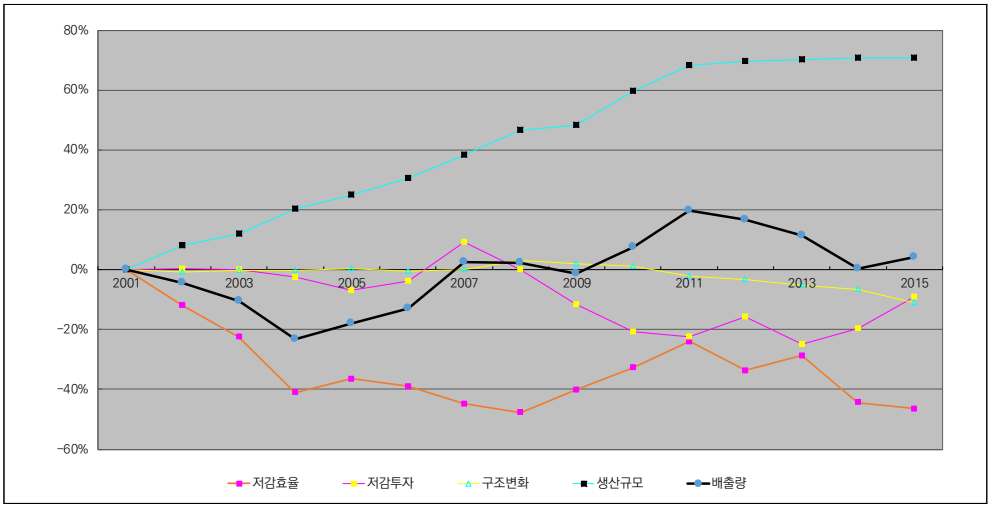


자료: 저자 작성.

〈그림 4-6〉 주요 업종의 환경경제효율성(SO_X 배출량)

황산화물(SO_X)의 환경경제효율성은 2015년 기준 제조업 평균이 86백만 원/톤으로 2001년(43백만 원/톤) 대비 2배 이상 증가하여 개선되었지만, 배출량 비중이 높은 주요 업종(1차금속업, 석유화학업, 비금속광물업)의 환경경제효율성은 제조업 평균보다 낮은 수준을 보인다. 특히, 배출량 비중이 가장 높은 1차금속업의 환경경제효율성(15.8백만 원/톤)은 2001년 이후 개선되는 경향을 보이다가 2011년 이후 감소세로 전환되어 2001년(16.1백만 원/톤)보다 낮은 수준으로 나타났다(그림 4-6 참조).

〈그림 4-7〉의 황산화물(SO_X) 배출량에 대한 지수분해분석 결과에서도 질산화물(NO_X) 배출량과 동일하게 생산규모 효과가 전반적으로 배출량을 증가시키는 방향으로 작용하며, 2011년 이후 생산규모 효과가 배출량 변화에 큰 영향을 미치지 않고 있다. 구조 변화 효과는 2008년 이후 배출량을 감소시키는 방향으로 작용하였으나, 다른 효과들에 비해 배출량 변화에 미치는 영향이 작게 나타난다. 저감투자 효과는 2007~2011년에 배출량 감소에 크게 기여하였으나 배출량은 2009~2011년 기간 동안 증가한 것으로 나타난다. 저감효율 효과의 경우, 저감투자 효과와 달리 2000년대 중후반까지 배출량 저감에 기여하였으나, 2009~2011년에는 배출량 증가 방향으로 작용하고 있다.



자료: 저자 작성.

〈그림 4-7〉 SO_X 배출량 변화 분해분석

〈표 4-4〉의 황산화물(SO_X) 배출량 변화의 업종별 누적효과를 살펴보면, 2001~2015년에 황산화물(SOx) 배출량은 약 7,740톤 증가하였는데, 1차금속업이 배출량 증가에 가장 큰 영향을 미친 반면, 조립금속 및 기계장비업은 배출량 감소에 가장 큰 영향을 미친 것으로 파악되었다. 배출량 증감에 두드러진 영향을 미친 두 업종에서 저감효율 효과의 방향이 다르게 나타나는데, 1차금속업의 경우 저감효율 효과가 배출량 증대 방향으로 작용하였으나 조립금속 및 기계장비업에서는 저감효율 효과가 매우 뚜렷하게 배출량을 감소시키는 방향으로 작용하였다.

〈표 4-4〉 SO_X 배출량 변화의 업종별 누적효과(2001~2015년)

(단위: 톤)

구분	저감효율	저감투자	생산규모	합계
음식료품 및 담배	-6,495	-814	1,246	-6,063
섬유 및 가죽	-4,951	-2,363	403	-6,911
목재, 종이, 출판 및 인쇄	-4,694	605	493	-3,595
석유화학	-14,929	2,825	33,930	21,827
비금속광물	-5,613	-10,849	19,032	2,570
1차금속	26,879	-5,340	23,326	44,865
조립금속 및 기계장비	-68,400	1,375	24,753	-42,271
운수장비	-6,703	81	2,234	-4,387
기타 제조업	163	-1,969	3,513	1,706
합계	-84,743	-16,447	108,930	7,740

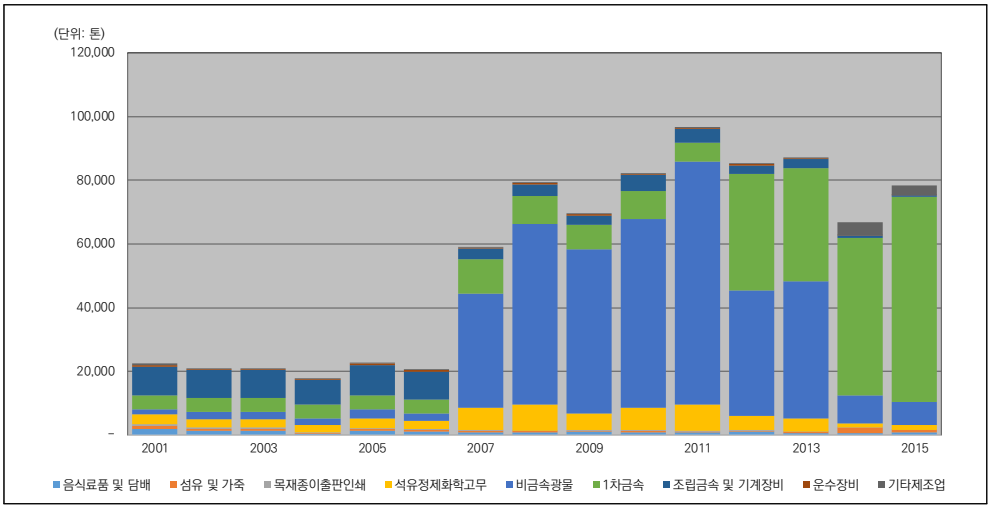
자료: 저자 작성.

다. 미세먼지(PM_{10})

국내 미세먼지(PM_{10}) 배출량은 연간 10만~13만 톤 정도인데, 제조업(연소+생산공정)에서 배출되는 양이 8만 톤 정도로 전체 배출량의 2/3 정도를 차지한다.

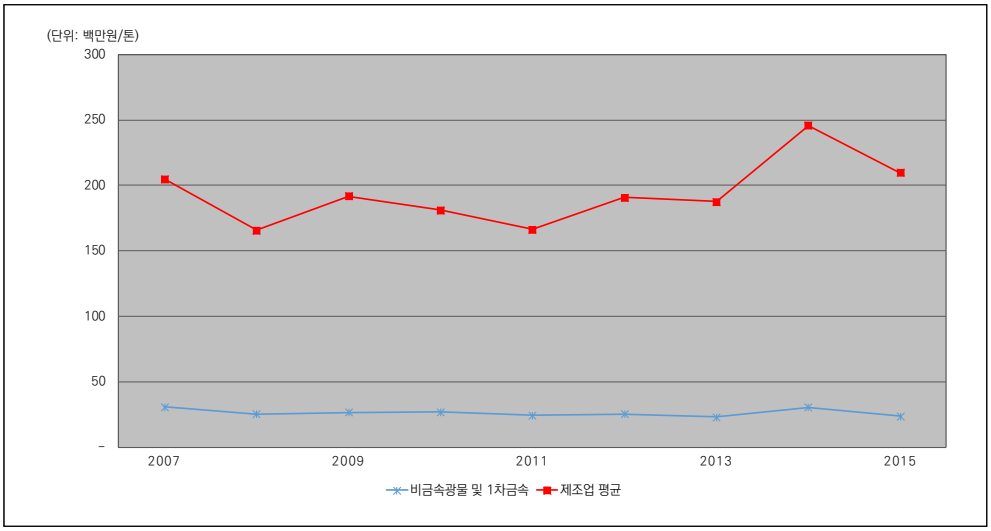
〈그림 4-8〉은 대기오염물질 배출량 D/B를 이용해서 업종별로 집계한 미세먼지(PM_{10}) 배출량(이하 배출량)이다. 질산화물(NO_X)이나 황산화물(SO_X)과 달리 연도별/업종별 배출

량 변화에 이상치들이 보인다. 우선 2007년을 기점으로 제조업 전체의 배출량이 갑자기 3배 이상 증가하였다. 이는 수입무연탄 사용으로 인한 미세먼지(PM_{10}) 배출량이 이때부터 본격적으로 산입되기 시작했기 때문인 것으로 파악되었다. 또 하나 특이한 점은 2012년을 기점으로 비금속광물업과 1차금속업의 배출량에 급격한 변동이 발생했다는 것이다(정확한 이유는 확인하기 어려움). 이상의 특이 사항들로 인해 미세먼지(PM_{10}) 배출량의 경우 환경경제효율성 분석과 분해분석을 위한 시간 범위와 업종 분류를 조정하였다. 시간 범위는 2007년 이후로 줄이고, 업종 분류에서 특히 문제가 되는 비금속광물업과 1차금속업을 하나의 업종으로 묶어서 처리하였다.



자료: 국립환경과학원 국가 대기오염물질 배출량 서비스, "대기오염물질배출량", 검색일: 2018.9.28.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 4-8〉 업종별 PM_{10} 배출량

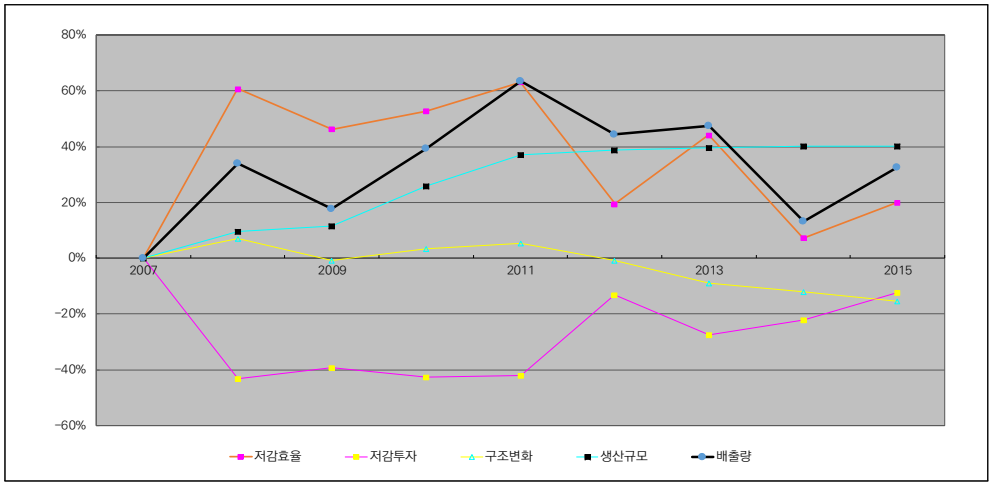


자료: 저자 작성.

〈그림 4-9〉 주요 업종의 환경경제효율성(PM_{10} 배출량)

미세먼지(PM_{10}) 배출량에 대한 업종별 환경경제효율성을 보면, 미세먼지(PM_{10}) 배출량의 압도적인 비중을 차지하는 '비금속광물-1차금속업'의 환경경제효율성은 50백만 원/톤 미만 수준으로, 제조업 평균에 훨씬 못 미칠 뿐 아니라 2007~2015년 동안 개선되지 않고 오히려 악화되는 것으로 나타났다(그림 4-9 참조).

〈그림 4-10〉은 미세먼지(PM_{10}) 배출량에 대한 지수분해분석 결과를 나타낸다. 생산규모 효과가 전반적으로 배출량을 증가시키는 방향으로 작용하고 있기는 하지만, 질산화물(NO_X)과 황산화물(SO_X)에 비하면 영향력이 낮은 수준이며, 2012년 이후 생산규모 효과가 배출량 변화에 미치는 영향력도 작은 것으로 나타났다. 구조 변화 효과는 2011년 이후 배출량을 감소시키는 방향으로 작용하였으나, 다른 효과들에 비해 배출량 변화에 미치는 영향의 크기는 제한적이다. 저감투자 효과는 2007~2011년에 배출량을 감소시키는 방향으로 작용하였으나, 이후 배출량 증가 방향으로 작용하는 모습을 보인다. 저감효율 효과는 2007~2011년에 배출량 증가에 큰 영향력을 보였으나 이후 배출량 감소 방향으로 작용하고 있다.



자료: 저자 작성.

〈그림 4-10〉 PM_{10} 배출량 변화 분해분석

〈표 4-5〉 PM_{10} 배출량 변화의 업종별 누적효과(2007~2015년)

(단위: 톤)

구분	저감효율	저감투자	생산규모	합계
음식료품 및 담배	-111	-315	315	-110
섬유 및 가죽	297	-156	179	319
목재, 종이, 출판 및 인쇄	-290	14	44	-231
석유화학	-3,897	-4,427	2,937	-5,387
비금속광물-1차금속	19,638	-4,081	9,448	25,004
조립금속 및 기계장비	-5,090	1,406	979	-2,705
운수장비	-452	-89	113	-428
기타 제조업	1,715	407	625	2,747
합계	11,811	-7,241	14,641	19,210

자료: 저자 작성.

2007~2015년에 미세먼지(PM_{10}) 배출량은 약 1.9만 톤 증가하였는데, '비금속광물-1차금속업'이 배출량 증가에 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타난다. 반면 석유화학업과 조립금

속 및 기계장비업은 배출량 증가를 억제하는 데 기여했음을 알 수 있다. 미세먼지(PM_{10}) 배출량 증감에 영향을 미친 업종의 두드러진 차이 중 하나는, 질소화물(NO_X) 및 황산화물(SO_X)의 경우와 마찬가지로 저감효율 효과의 방향이다. 배출량 증가에 압도적인 영향을 미친 비금속광물 및 1차금속업의 저감효율 효과는 배출량 증대 방향으로 작용한 반면, 배출량 감소에 큰 영향을 미친 석유화학업과 조립금속 및 기계장비업의 경우 저감효율 효과가 배출량을 감소시키는 방향으로 작용하였다(표 4-5 참조).

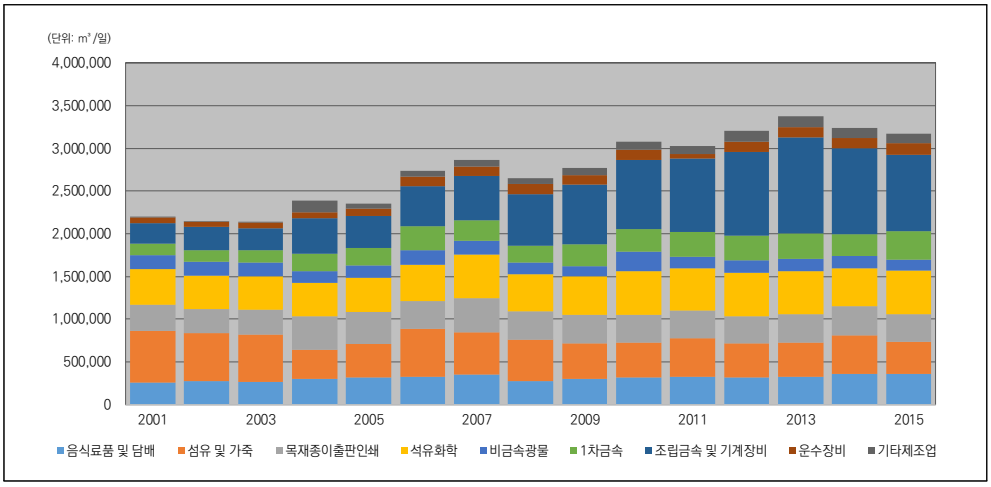
3. 폐수

가. 폐수방류량

국내 폐수방류량은 2006년 이후 연간 300만~400만m^3/일이며, 최근 20년간 50% 이상 증가한 것으로 나타난다. 발생한 폐수 중 방류된 폐수는 2013년 이후 70~80% 수준으로 상당히 많은 양이며, 폐수발생량과 마찬가지로 대규모 산업단지와 시설이 밀집된 지역에서 주로 배출되고 있다.

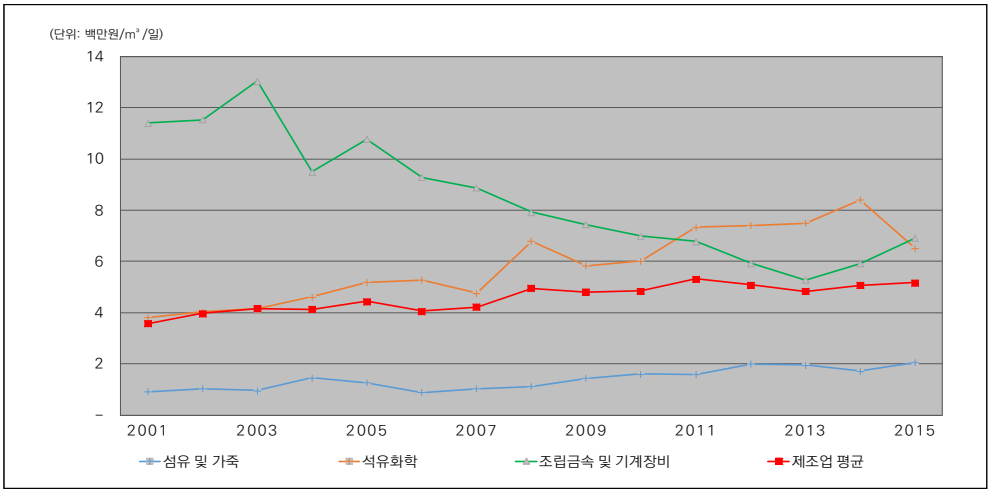
국내에서 발생하고 방류되는 폐수의 대부분은 제조업으로 인한 것이다. 제조업의 폐수방류량은 〈그림 4-11〉과 같이 대체로 증가하여 왔는데, 대기오염물질 배출량(NO_X, SO_X, PM_{10})과 달리 특정 업종이 압도적인 비중을 차지하지는 않는다. 2015년 폐수방류량 비중 상위 업종은 조립금속 및 기계장비업(28%), 석유화학업(16%), 섬유 및 가죽업(12%) 순으로 나타났다.

폐수방류량의 환경경제효율성은 업종 간 큰 차이를 보이지 않는다. 폐수방류량 비중이 상대적으로 높은 조립금속 및 기계장비업의 환경경제효율성은 제조업 평균보다 높은 수준이지만 2003년 이후 지속적으로 감소 추세를 보이다가 2013년 이후 증가세로 전환되어 2015년 기준 7백만 원/m^3/일로 나타난다. 석유화학업 또한 환경경제효율성이 제조업 평균보다 높지만, 조립금속 및 기계장비업과 달리 증가 추세를 보인다. 반면, 섬유 및 가죽업의 환경경제효율성은 제조업 평균보다 낮은 수준(2015년 기준, 2백만 원/m^3/일)을 유지하고 있다(그림 4-12 참조).



자료: 환경부 환경통계포털, "폐수 방류량", 검색일: 2018.3.25.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 4-11〉 업종별 폐수방류량

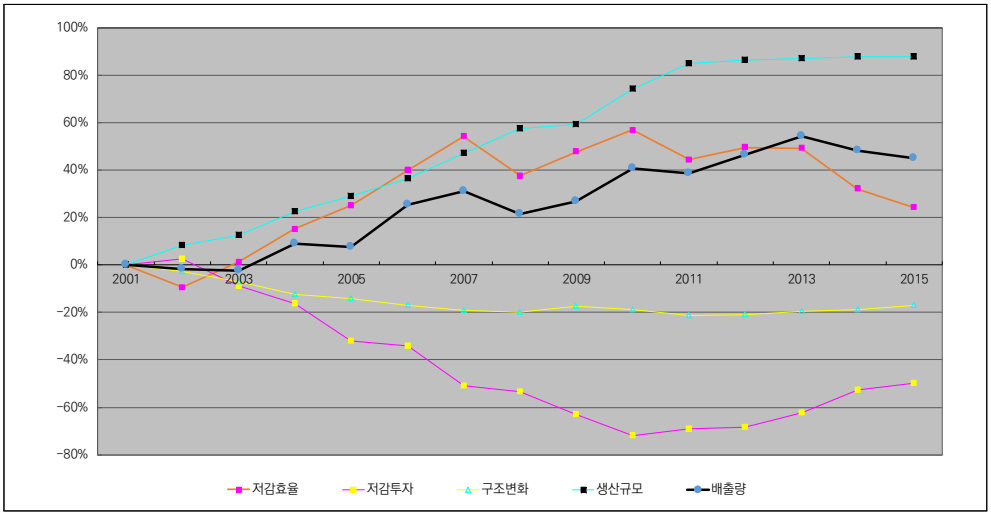


자료: 저자 작성.

〈그림 4-12〉 주요 업종의 환경경제효율성(폐수방류량)

〈그림 4-13〉은 폐수방류량에 대한 지수분해분석 결과를 보여 준다. 생산규모 효과가 전반적으로 배출량을 증가시키는 방향으로 작용하고 있지만 2011년 이후에는 배출량 변화에

뚜렷한 영향을 미치지 않는다. 구조 변화 효과는 2008년까지 배출량을 감소시키는 방향으로 작용하였으나 다른 효과들에 비해 배출량 변화에 미치는 영향이 작다. 저감투자 효과는 2010년까지 뚜렷하게 배출량 감소에 기여하였으나, 이후 배출량 증가 방향으로 작용하고 있다. 저감효율 효과는 저감투자 효과와 달리 2007년까지 배출량 증가 방향으로 작용을 하고 있으며 그 이후 등락을 반복하며 배출량을 감소시키는 방향으로 작용한다.



자료: 저자 작성.

〈그림 4-13〉 폐수방류량 변화 분해분석

한편 폐수방류량 변화에 대한 분해분석 결과를 업종별로 살펴본 결과가 〈표 4-6〉이다. 2001~2015년 동안 제조업의 폐수방류량은 약 98만 6,000m^3/일 증가하였는데, 조립금속 및 기계장비업이 압도적으로 폐수방류량 증가에 기여한 것으로 나타났다. 반면 섬유 및 가죽업은 폐수방류량을 억제하는 데 큰 기여를 했음을 알 수 있다. 폐수방류량 증감에 큰 영향을 미친 두 업종에 대한 두드러진 차이는 저감효율 효과와 저감투자 효과의 방향이다. 폐수방류량 증가에 영향을 미친 조립금속 및 기계장비업의 저감효율 효과와 저감투자 효과는 비슷한 수치로 방류량이 증가하는 방향으로 작용한 반면, 폐수방류량 감소에 영향을 미친 섬유 및 가죽업의 저감효율 효과와 저감투자 효과는 배출량을 감소시키는 방향으로 작용하였다.

〈표 4-6〉 폐수방류량 변화의 업종별 누적효과(2001~2015년)

(단위: m^3/일)

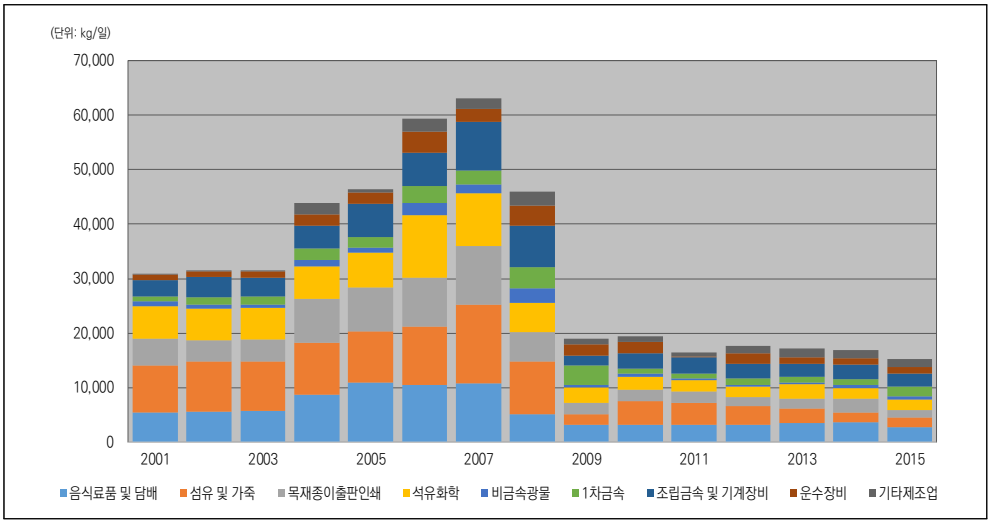
구분	저감효율	저감투자	생산규모	합계
음식료품 및 담배	129,678	-173,481	144,618	100,815
섬유 및 가죽	-6,691	-362,835	139,778	-229,748
목재, 종이, 출판 및 인쇄	2,851	-113,922	125,338	14,267
석유화학	-105,965	-134,254	341,862	101,644
비금속광물	-84,139	-18,469	68,306	-34,302
1차금속	127,775	-80,586	149,362	196,551
조립금속 및 기계장비	140,661	117,103	392,590	650,353
운수장비	98,060	-106,998	85,592	76,653
기타 제조업	227,303	-217,759	100,707	110,251
합계	529,532	-1,091,201	1,548,153	986,484

자료: 저자 작성.

나. BOD 방류부하량

국내 BOD 방류부하량은 2008년 이후 급격히 감소한 것으로 나타나는데(그림 4-14 참조), 이는 실제적인 감소가 아니라 통계 작성 기준의 변경으로 인한 것이다.[11] 2009년 이후 BOD 방류부하량은 2만kg/일 내외 수준이며, 폐수발생 및 방류량이 많은 지역에서 BOD 발생 및 방류부하량도 높게 나타난다. 그러나 BOD 발생량에서 BOD 방류부하량이 차지하는 비중은 2009년 이후 1% 미만으로 낮은 수준을 보인다. 폐수발생량과 마찬가지로 BOD 방류부하량의 업종별 비중 차이는 크지 않으며, 2015년 기준으로 음식료품 및 담배(18%), 조립금속 및 기계장비(16%), 석유화학(13%)의 순이었다.

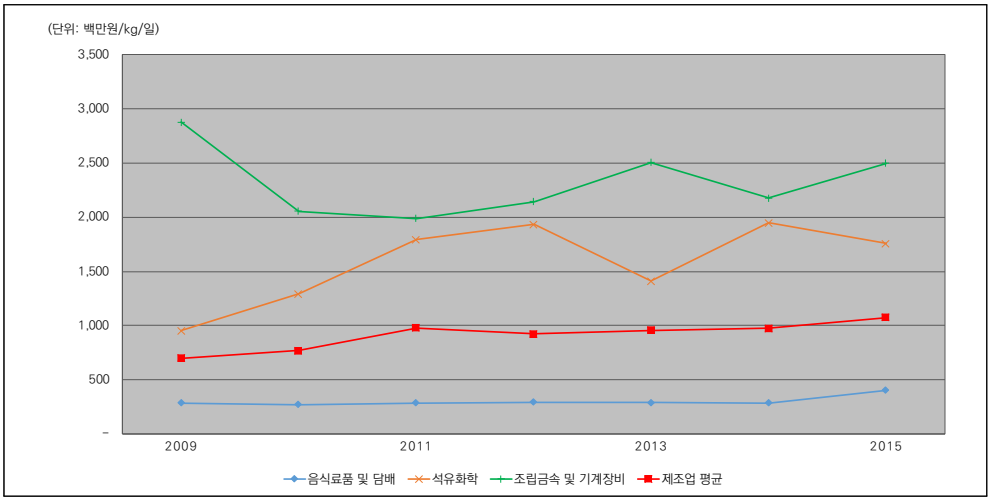
11) 폐수를 배출하는 사업장 내에서 냉각 목적으로 사용하는 물 중 피냉각체와 직접적으로 접촉하지 않고 오염물질이 전혀 혼입되지 않은 순수 냉각수를 용수 사용 현황에서 제외하였으므로, 2008년 이후 BOD 방류부하량이 급격히 감소하는 것으로 나타났다.



자료: 환경부 환경통계포털, "BOD 방류 부하량", 검색일: 2018.3.25.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 4-14〉 업종별 BOD 방류부하량

BOD 방류부하량의 환경경제효율성은 앞에서 말한 기초자료의 문제로 인해 2009~2015년을 대상으로 살펴보았다. BOD 방류부하량 비중이 높은 조립금속 및 기계장비업과 석유화학업의 환경경제효율성은 등락을 반복하는 추세를 보이기는 하지만 제조업 평균보다 높은 수준을 유지하는 반면, 배출량 비중이 가장 높은 음식료품 및 담배업(2015년, 406백만 원/kg/일)의 경우 제조업 평균(2015년, 1,076백만 원/kg/일)보다 낮으며 환경경제효율성이 개선되는 양상이 뚜렷하게 나타나지 않는다(그림 4-15 참조).

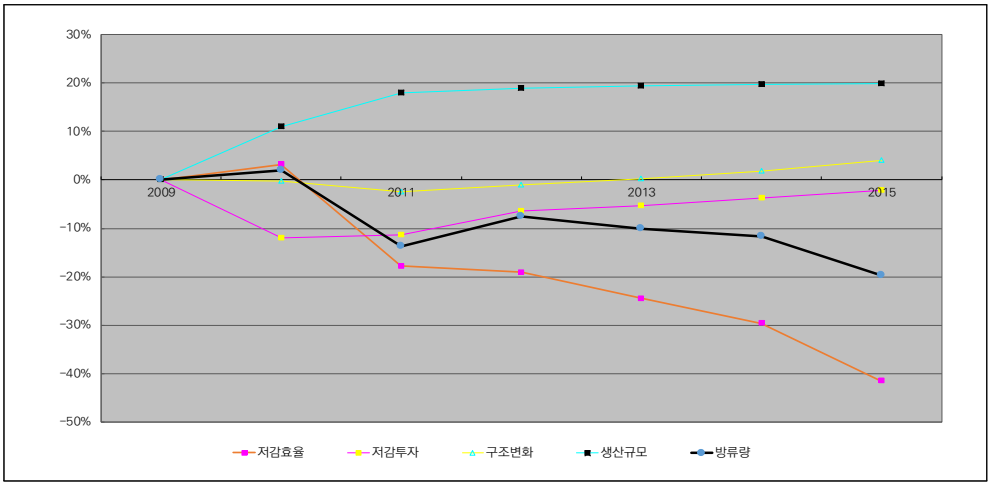


자료: 저자 작성.

〈그림 4-15〉 주요 업종의 환경경제효율성(BOD 방류부하량)

〈그림 4-16〉은 BOD 방류부하량에 대한 지수분해분석 결과를 보여 준다. 생산규모 효과가 전반적으로 BOD 방류부하량을 증가시키는 방향으로 작용하고 있으나 2011년 이후 영향력이 정체된 모습을 보인다. 구조 변화 효과는 2009~2011년에는 미미한 수준이기는 하지만 방류량을 감소시키는 방향으로 작용하였으나, 2011년 이후 방류량을 증가시키는 방향으로 전환되었다. 저감투자 효과는 2009~2010년 방류량을 감소시키는 방향으로 작용 후 2010년 이후부터 증가시키는 방향으로 작용하였다. 반면, 저감효율 효과는 2010년 이후 지속적으로 방류량을 감소시키는 방향으로 작용하고 있다.

〈표 4-7〉의 BOD 방류부하량 변화의 업종별 누적효과를 보면, 2009~2015년에 BOD 방류부하량은 약 3,800kg/일 감소하였는데, 1차금속업이 방류량 감소에 가장 큰 기여를 했음을 알 수 있다. 반면, 조립금속 및 기계장비업과 기타 제조업은 BOD 방류부하량 증가에 영향을 미쳤다. 이들 업종의 주된 차이는 저감효율 효과로, 1차금속업의 저감효율 효과는 BOD 방류부하량을 감소시키는 것으로 작용하였고 조립금속 및 기계장비업과 기타 제조업의 저감효율 효과는 BOD 방류부하량을 증가시키는 방향으로 작용한다.



자료: 저자 작성.

〈그림 4-16〉 BOD 방류부하량 변화 분해분석

〈표 4-7〉 BOD 방류부하량 변화의 업종별 누적효과(2009~2015년)

(단위: kg/일)

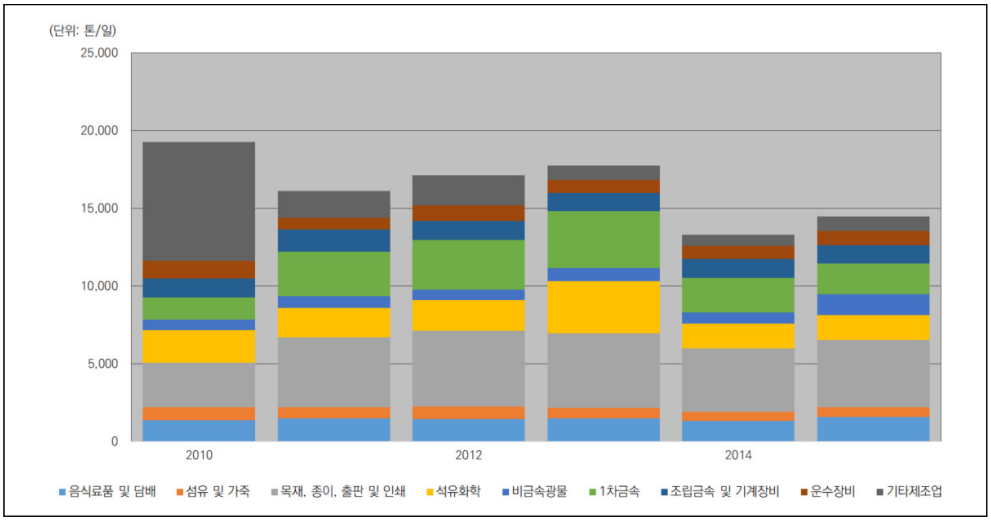
구분	저감효율	저감투자	생산규모	합계
음식료품 및 담배	-1,286	173	771	-343
섬유 및 가죽	-1,294	43	901	-350
목재, 종이, 출판 및 인쇄	-842	-115	343	-614
석유화학	-1,558	91	610	-857
비금속광물	-148	168	47	68
1차금속	-2,127	74	189	-1,864
조립금속 및 기계장비	-596	836	426	666
운수장비	-686	-677	421	-942
기타 제조업	647	-991	827	483
합계	-7,890	-398	4,535	-3,753

자료: 저자 작성.

4. 폐기물

가. 사업장배출시설계폐기물 최종처분량

국내에서 폐기물은 연간 30만~45만 톤으로 이 중 사업장배출시설계폐기물이 차지하는 비중은 35~40% 수준이다. 2015년 기준으로 사업장배출시설계폐기물 최종처분량 중 제조업에서 발생하는 양의 비중은 60%이다. 제조업의 사업장배출시설계폐기물 처분량은 2010년 이후 조금씩 줄어들고 있다. 대기나 폐수와 달리 사업장배출시설계폐기물 처분량은 목재 종이출판인쇄 업종의 비중이 상대적으로 높게 나타나는데, 2015년 처분량 비중 상위 업종은 목재, 종이, 출판 및 인쇄업(30%), 1차금속업(14%), 석유화학업(11.2%), 음식료품 및 담배업(10.9%)의 순이다(그림 4-17 참조).

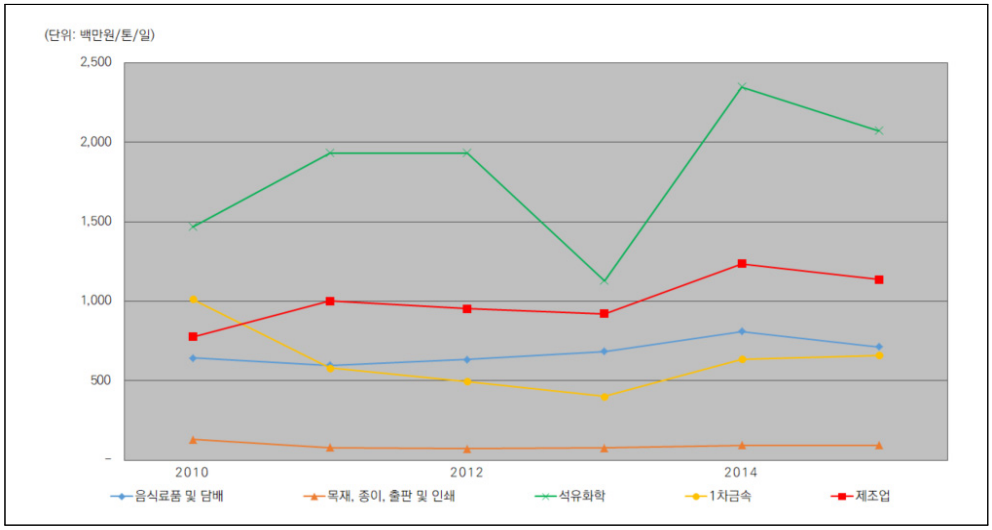


자료: 자원순환정보시스템, "사업장배출시설계 폐기물", 검색일: 2018.3.25.을 바탕으로 저자 재구성.

〈그림 4-17〉 업종별 사업장배출시설계폐기물 최종처분량

사업장배출시설계폐기물의 최종처분량에서 주된 비중을 차지하는 목재, 종이, 출판 및 인쇄업의 환경경제효율성(2015년 기준, 94백만 원/톤/일)은 제조업 평균(1,136백만 원/톤

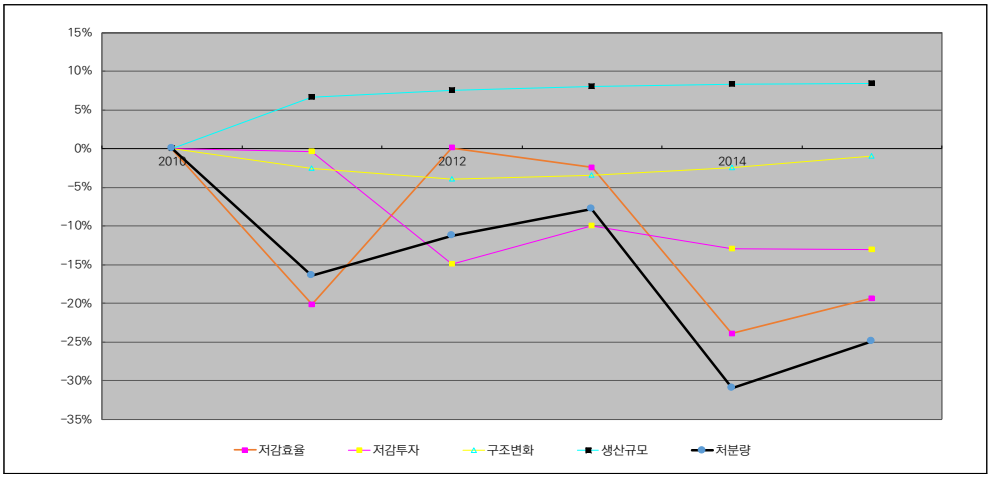
/일)에 훨씬 못 미치며 9개의 업종 중 가장 낮은 수준일 뿐 아니라 개선되고 있지도 않다. 음식료품 및 담배업과 1차금속업의 환경경제효율성도 제조업 평균보다 낮은 수준으로 나타나는 반면, 석유화학업의 환경경제효율성은 등락을 반복하고는 있으나 제조업 평균보다는 높으며 2010년과 비교해 2015년 2,072백만 원/톤/일 수준으로 개선된 것으로 나타났다(그림 4-18 참조).



자료: 저자 작성.

〈그림 4-18〉 주요 업종의 환경경제효율성(사업장배출시설계폐기물 최종처분량)

사업장배출시설계폐기물 최종처분량에 대한 지수분해분석 결과, 생산규모 효과가 사업장배출시설계폐기물 최종처분량을 증가시키는 주된 요인으로 작용하였으나, 2011년 이후 생산규모 효과가 처분량 변화에 미치는 영향은 작은 것으로 나타났다. 구조 변화 효과는 2010~2012년에 미미한 수준으로 처분량을 감소시키는 방향으로 작용을 하였으나 이후 처분량을 증가시키는 방향으로 전환되었다. 저감투자 효과는 2012~2013년을 제외하고는 처분량을 감소시키는 방향으로 작용하였고 저감효율 효과는 2011~2011년과 2013~2014년에 뚜렷하게 처분량을 감소시키는 방향으로 작용하였다(그림 4-19 참조).



자료: 저자 작성.

〈그림 4-19〉 사업장배출시설계폐기물 최종처분량 변화 분해분석

〈표 4-8〉 사업장배출시설계폐기물 최종처분량 변화의 업종별 누적효과(2010~2015년)

(단위: 톤/일)

구분	저감효율	저감투자	생산규모	합계
음식료품 및 담배	752	-892	347	207
섬유 및 가죽	-209	-141	118	-233
목재, 종이, 출판 및 인쇄	601	395	504	1,500
석유화학	-1,102	413	195	-494
비금속광물	700	-127	84	658
1차금속	2,645	-1,684	-414	547
조립금속 및 기계장비	291	-444	111	-42
운수장비	-271	-102	144	-229
기타 제조업	-7,132	74	341	-6,717
합계	-3,726	-2,507	1,430	-4,804

자료: 저자 작성.

사업장배출시설계폐기물 최종처분량은 2010~2015년간 약 4,800톤/일 감소한 것으로 나타나는데, 기타 제조업이 이러한 처분량 감소에 가장 크게 기여하였다. 반면 목재, 종이, 출판 및 인쇄업은 배출량 증가에 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났다. 기타 제조업과 목재, 종이, 출판 및 인쇄업의 주된 차이는 저감효율 효과로, 기타 제조업의 저감효율 효과는 처분량을 감소시키는 방향으로 작용한 반면, 목재, 종이, 출판 및 인쇄업의 저감효율 효과는 처분량을 증가시키는 방향으로 작용하였다(표 4-8 참조).

제5장

요약 및 시사점

1. 요약

녹색경제로 전환하기 위한 체계적인 정책이나 전략을 수립하기 위해서는 국내 산업의 녹색화 현황 및 수준에 대한 진단과 분석이 중요하다. 본 연구는 기존에 국내에서 주목받지 못했던 잔폐물(오염물질)에 대한 분석에 집중하면서, 녹색경제의 맥락에서 잔폐물 문제를 분석하기 위해 환경경제효율성(eco-efficiency) 개념과 지표를 이용하였다. 지금까지 한국 경제의 '회색화'에 가장 크게 영향을 미친것이 제조업이며 이로 인해 한국 경제의 녹색전환을 위해서도 제조업의 녹색화가 중요하다. 따라서 본 연구는 제조업의 환경경제효율성 문제에 집중하였다.

먼저 한국 제조업의 특성에 대해 살펴보면, 여타 선진국과 달리 한국의 경우 국민경제에서 제조업이 차지하는 비중이 줄어들기는커녕 오히려 지속적으로 늘어나고 있다. 한국 제조업은 현재 경제 총산출의 50% 이상, 총부가가치의 30% 이상을 담당하고 있다(반면 종사자 수 비중은 20%가 안 됨). 저기술업종(음식료, 섬유가죽, 목재종이인쇄)의 산출 비중이 80년대 51.3%에서 2016년 13.2% 수준으로 줄어든 대신 고기술업종(전기 및 전자기기, 정밀기기)과 중고기술업종(화학제품, 기계 및 장비, 운수장비)의 비중이 각각 24.3%p, 14.5%p 증가하였다. 그런데 중저기술업종(석유제품, 비금속광물, 1차금속, 금속제품)의 비중이 여전히 상당 수준으로 유지되고 있으며, 이로 인해 제조업의 에너지 소비가 꾸준히 증가하고 있다. 한편 제조업 전체로 볼 때 에너지믹스에는 큰 변화가 없는데, 이 점 역시 에너지다소비업종인 중저기술업종의 비중이 일정 수준으로 유지하고 있는 제조업 구조 변화의 특이성과 관련된다.

본 연구에서는 대기, 폐수, 폐기물 관련 잔폐물(NO_X, SO_X, PM_{10}; 폐수방류량, BOD 방류부하량; 사업장배출시설계폐기물 최종처분량)을 대상으로 환경경제효율성의 변화 추세를 살펴보고, 잔폐물 배출량 변화의 원인을 추적하기 위해 분해분석을 수행하였다.

대기 영역의 경우 질산화물(NO_X)과 황산화물(SO_X)은 비슷한 분석 결과를 보여 주는 반면, 미세먼지(PM_{10})는 질산화물(NO_X)이나 황산화물(SO_X)과는 다른 모습을 보인다.

질산화물(NO_X)을 배출하는 주 업종은 비금속광물업과 1차금속업인데, 이 두 업종의 환경경제효율성은 다른 업종에 비해 특히 낮은 수준일 뿐 아니라 개선되지 않은 상황이다. 질산화물(NO_X) 배출량에 대한 분해분석 결과 저감투자(=환경보호지출/산출)가 배출량 감소에 가장 큰 영향을 미친 것으로 파악되었다. 황산화물(SO_X) 배출량에 대한 분석 결과는 질산화물(NO_X)의 경우와 대체로 유사하다(비금속광물과 1차금속 외에 석유화학의 비중이 상당히 크다는 것 정도가 차이점이다).

미세먼지(PM_{10})의 경우 원자료의 문제로 인해 분석 대상기간과 업종 분류에 차이가 있다. 하지만 미세먼지(PM_{10})의 경우에도 배출량 비중이 압도적으로 높은 '비금속광물-1차금속업'의 환경경제효율성이 여타 업종에 비해 매우 낮은 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과는 질산화물(NO_X)이나 황산화물(SO_X)의 경우와 동일하다. 반면 미세먼지(PM_{10})의 경우 질산화물(NO_X)이나 황산화물(SO_X)과 달리 제조업의 구조 변화가 배출량 감소에 가장 크게 기여한 것으로 나타났다. 이는 대기오염물질 배출저감을 위한 기업의 환경투자가 주로 질산화물(NO_X)이나 황산화물(SO_X) 저감에 집중되어 있었던 것과 관련이 있다.

폐수는 폐수방류량과 BOD 방류부하량 두 가지 변수를 이용해 분석하였는데, 원자료의 문제로 인해 각 변수의 분석 대상기간이 다르다(폐수방류량은 2001~2015년, BOD 방류부하량은 2009~2015년).

제조업의 폐수방류량은 대체로 증가하고 있으며, 대기오염물질 배출의 경우와 달리 특정한 업종이 압도적인 비중을 차지하지는 않는다. 폐수방류량에서 상대적으로 높은 비중을 차지하는 조립금속 및 기계장비업의 환경경제효율성은 제조업 평균보다 낮은 수준이지만, 조금씩 개선되고 있다. 분해분석 결과 다른 경우와 마찬가지로 생산규모 효과는 폐수방류량을 증가시키는 주된 요인이며, 폐수방류량을 감소시키는 주된 요인은 환경보호지출인 것으로 나타났다. 2000년대에는 저감투자(=환경보호지출/산출)가 방류량 감소에 주로 기여했

는데, 2010년대 들어서 저감효율(=방류량/환경보호지출)이 방류량 감소에 기여하였다.

BOD 방류부하량 역시 폐수방류량과 마찬가지로 업종 간 비중 차이가 크지 않다. BOD 방류부하량 비중이 높은 조립금속 및 기계장비업과 석유화학업의 환경경제효율성은 제조업 평균보다 높은 수준을 유지하는 반면, 방류부하량 비중이 가장 높은 음식료품 및 담배의 경우 제조업 평균보다 낮은 것으로 파악되었다. 분해분석 결과에서는, BOD 방류부하량 증가를 초래한 주된 요인은 생산규모이고 감소를 초래한 주된 요인은 저감효율(=방류부하량/환경보호지출)인 것으로 나타났다.

마지막으로 폐기물 영역에서 사업장배출시설계폐기물 처분량은 조금씩 줄어들고 있다. 대기나 폐수 영역과 달리 목재, 종이, 출판 및 인쇄업의 비중이 상대적으로 높다. 그런데 목재, 종이, 출판 및 인쇄업의 환경경제효율성은 타 업종에 비해 제일 낮으며, 개선되고 있지도 않다. 잔폐물 비중이 높은 업종의 환경경제효율성이 상대적으로 낮은 것은 대기, 폐수, 폐기물 모든 영역에서 흔히 나타나는 현상이다. 폐수의 경우와 마찬가지로 처분량 감소에 기여한 것은 환경보호지출(저감투자 및 저감효율)이다.

2. 시사점 및 향후 과제

제조업 업종별 잔폐물 배출량에 대한 환경경제효율성 분석 및 분해분석을 통해 다음과 같은 함의를 도출하였다.

첫째, 대기의 경우 오염저감 노력(환경보호지출)이 질산화물(NO_X)과 황산화물(SO_X)의 배출 증가를 억제하는 데 중요한 기여를 한 반면, 미세먼지(PM_{10})의 배출 증가를 억제하는 데에는 그다지 기여하지 못한 것으로 평가된다. 따라서 향후 기업의 대기오염물질 저감 활동이 미세먼지 저감에 좀 더 집중할 수 있도록 정책 방향을 설정하는 것이 필요하다. 특히 대기오염물질 배출 비중이 큰 업종의 환경경제효율성(=산출/배출량)이 매우 낮으므로 산업부문의 대기오염물질 배출량을 효과적으로 줄이기 위해서는 배출 비중이 높은 소수 업종에 특화된 대책을 개발해야 한다.

둘째, 폐수의 경우 오염저감 노력(환경보호지출)이 폐수방류량 및 BOD 방류부하량을 낮추는 데 기여한 것으로 나타나지만, 기업의 폐수영역 환경보호지출은 유기물질 외에 여타

수질오염물질(예: 중금속) 제거를 위해 사용되는 경우가 많기 때문에 환경보호지출과 수질오염물질 방류량의 변화를 연결해서 해석할 때 유의해야 한다.

셋째, 폐기물의 경우도 환경보호지출이 배출시설계폐기물의 최종처분량 감소에 기여한 것으로 나타난다. 하지만 폐기물 영역의 환경보호지출에는 폐기물 저감이나 재활용 외에 소각이나 매립에 관련한 지출이 포함되어 있으므로, 폐기물 최종처분량과 환경보호지출을 연계하여 해석할 때 이러한 점에 유의해야 한다.

잔폐물(오염물질)에 대한 환경경제효율성 분석이나 분해분석은 오염물질 저감 정책을 수립하는 데에 유용한 정보를 제공할 수 있다. 다만, 이를 위해서는 정확한 데이터에 기초한 세밀하고 다차원적인 분석이 필요하다. 이러한 관점에서 기존의 문제를 해결하고 한계를 넘어서기 위한 향후 과제를 다음과 같이 제시한다.

첫째, 가장 기본이 되는 오염물질 배출량 데이터의 시계열 일관성을 유지하는 것이 중요하다. 예컨대 미세먼지(PM_{10})의 경우 2007년을 기점으로 새로운 오염원이 추가됨으로써 시계열이 단절되는 문제가 발생하였고, BOD 방류부하량도 2008년 이후 기준 변경(냉각수의 포함 여부)으로 인해 시계열이 단절되었다. 이러한 경우 동일한 기준으로 시계열을 유지할 수 있는 방안이 마련되어야 한다(예컨대 한국은행에서 편제하는 국민계정의 경우 기준이 변경되면 새로운 기준에 맞추어 과거 데이터도 같이 조정해서 공표하는 경우가 많음).

둘째, 오염물질 배출량 데이터와 경제 데이터의 연계를 강화해야 한다. 이를 위해서는 기본적으로 표준산업분류에 따라 배출원과 배출량을 산정하는 것이 필요하다. 대기오염물질의 경우 통계청에서 작성하는 대기배출계정이 그러한 목적으로 만들어진 것이지만, 업종이 세분되어 있지 않아서 활용도가 매우 낮다. 폐수의 경우 일부 배출원에 대한 업종 분류가 되어 있지 않은 문제가 있고, 폐기물의 경우 사업장배출시설계폐기물에 대해 2010년 기준 통계부터 표준산업분류에 따라 작성되고 있다.

셋째, 오염물질 배출과 밀접하게 관련되어 있는 에너지 사용 통계 및 환경보호지출 통계의 경우 표준산업분류에 따라 일정 정도 업종 분류가 되어 있지만, 세분화 방식과 수준이 서로 달라서 오염물질 배출-에너지 사용-환경보호지출을 연결하여 분석하려면 세분화 정도가 많이 낮아지는 문제가 있다. 이러한 문제를 피하기 위해서는 제조업의 경우 표준산업 중분류 수준으로 업종 분류를 가능한 한 통일하는 것이 필요하다.

넷째, 잔폐물(오염물질 배출)의 크기를 결정하는 중요한 요인 중 하나는 환경에서 경제로 투입되는 자연투입물(natural inputs)이다. 이 자연투입물은 크게 에너지(energy), 물질(material), 물(water)로 구분되는데, 기존의 분석은 대부분 에너지 투입에 초점을 맞추고 있다. 그러므로 물질과 물의 투입에 대한 분석을 위해서는 업종별 물질투입량과 물 사용량에 대한 별도의 데이터를 구축하거나 추산하는 방법을 개발하는 것이 요구된다(예: 물적투입산출표).

다섯째, 환경경제효율성 분석을 위한 다양한 종류의 분석 방법을 개발하고 적용하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 여러 가지 제약으로 인해 상대적으로 적용이 용이한 지수분해분석 방법을 사용하였지만, 예컨대 대기오염물질 배출에 커다란 영향을 미칠 수 있는 에너지믹스의 변화가 초래하는 영향을 반영하기 위해서는 구조분해분석 방법을 적용하는 것이 적합하다. 또한 분석 범위도 제조업에 한정하지 않고 경제 전체 차원으로 확대하는 것이 바람직하다. 나아가 기술 변화나 고부가가치화 문제를 좀 더 정밀하게 반영할 수 있는 분석 방법을 개발하는 것이 필요하다.

| 참고문헌 |

[국내문헌]

김진수(2015),「우리나라 에너지소비 분해분석 연구에 대한 고찰」, 에너지경제연구, p.276.

산업자원부, 에너지관리공단(2005),「2005년 국가에너지종합 분석보고서(광업.제조업부문)」.

산업통상자원부, 에너지경제연구원(2017),「2017 에너지통계연보」, pp.318-347.

산업통상자원부, 에너지관리공단(2013),「2013년 국가온실가스배출량 분석보고서 산업부문(광업.제조업)」.

산업통상자원부, 에너지관리공단(2014),「2014년 국가온실가스배출량 분석보고서 산업부문(광업.제조업)」.

산업통상자원부, 에너지관리공단(2015),「2015년 국가온실가스배출량 분석보고서 산업부문(광업.제조업)」.

산업통상자원부, 한국에너지공단(2016),「2016 산업부문 에너지사용 및 온실가스배출량 통계: 광업.제조업('15년 실적자료)」.

산업통상자원부, 한국에너지공단(2017),「2017 산업부문 에너지사용 및 온실가스 배출량 통계」.

이미숙, 김종호(2013),「지속가능성 관점에서의 산업구조 변화 분석」, 한국환경정책·평가연구원, p.47.

지식경제부, 에너지관리공단(2008),「2008년 국가온실가스배출량 분석보고서 산업부문(광업.제조업)」.

지식경제부, 에너지관리공단(2011),「2011년 국가온실가스배출량 분석보고서 산업부문(광업.제조업)」.

지식경제부, 에너지관리공단(2012),「2012년 국가온실가스배출량 분석보고서 산업부문(광업.제조업)」.

한국환경정책·평가연구원(2009),「환경경제통합계정 도입 및 환경정책 경제성 분석」, 환경부, p.30, p.88.

한국환경정책·평가연구원(2016), 「환경보호지출」, 내부자료.
현대경제연구원(2016), 「G7 국가와 한국의 산업구조 변화와 시사점」, p.2.

[국외문헌]

OECD(1998), *Eco Efficiency*, p.7, pp.40-41.
OECD(2011), *ISIC REV. 3 Technology Intensity Definition: Classification of Manufacturing Industries into Categories Based on R&D Intensities*, p.1.
UN et al.(2014), *System of Environmental-Economic Accounting: Central Framework*, p.40.
UNESCAP(2009), *Eco-Efficiency Indicators: Measuring Resource-Use Efficiency and the Impact of Economic Activities on the Environment*, pp.1-3, p.9.
World Business Council for Sustainable Development: WBCSD(2000), *Eco-Efficiency: Creating More Value with Less Impact*, pp.10-11.

[온라인 자료]

국가청정생산지원센터, "환경경제효율성 통계 구축현황", https://www.kncpc.or.kr/green/stats_field.asp, 검색일: 2018.6.2.
국가통계포털, "전국사업체조사", http://kosis.kr/index/index.do, 검색일: 2018.6.8.
국립환경과학원 국가 대기오염물질 배출량 서비스, "대기오염물질배출량", http://airemiss.nier.go.kr/, 검색일: 2018.9.28.
자원순환정보시스템, "사업장배출시설계 폐기물", https://www.recycling-info.or.kr/, 검색일: 2018.3.25.
한국은행 경제통계시스템, "국민계정", https://ecos.bok.or.kr/, 검색일: 2018.6.4.
환경부 환경통계포털, "BOD 방류 부하량", http://stat.me.go.kr/nesis/index.jsp, 검색일: 2018.3.25.
환경부 환경통계포털, "폐수 방류량", http://stat.me.go.kr/nesis/index.jsp, 검색일: 2018.3.25.

Abstract

A Study on the Eco-efficiency of Korea's Manufacturing Industry

Jongho Kim et al.

In Rio+20 held in 2012, the green economy attracted attention as a key instrument and strategy for achieving sustainable development. The importance of a green economy has been newly highlighted in the context of the 2030 agenda for sustainable development by the United Nations since 2015.

In order to establish a systematic strategy for the transition to a green economy, it is necessary to diagnose and analyze the status and level of greening for domestic industries. This study focuses on the residuals(e.g, air emissions, wastewater, solid waste) that have not been noticed in previous studies on eco-efficiency, diagnoses eco-efficiency of the manufacturing industry which has heavily contributed to the 'graying' of the Korean economy. Also, using information on environmental protection expenditure, this research analyzes the extent to which existing pollution abatement activities affected eco-efficiency and pollutants.

The residuals are divided into 3 areas such as air emissions, wastewater and solid waste. For air emissions, NO_X, SO_X and PM_{10} emissions are analyzed. The main emission sectors of NO_X are non-metallic mineral products and basic metals manufacturing industries. The eco-efficiency of

these two industries is notably lower than other manufacturing industries, and has not improved over time. According to the results of decomposition analysis on NO_X emissions, environmental protection expenditure was found to have the greatest effect on emission reduction. The analysis result of SO_X emissions is generally similar to that of NO_X. In the case of PM_{10}, as well as NO_X and SO_X, the eco-efficiency of 'non-metallic mineral products & primary metals manufacturing industry', which has a very high proportion of emissions, is significantly lower than other manufacturing industries. On the other hand, unlike NO_X or SO_X, structural change was the most significant contributor to emission reduction. This can be said to mean that the environmental investment of companies to reduce air pollutant emissions was mainly made in the reduction of NO_X and SO_X.

In the wastewater area, wastewater and BOD discharge are analyzed. Wastewater discharge by the manufacturing industry is generally increasing. The eco-efficiency of fabricated metal products and machinery & equipment manufacturing industries – which are main sectors of wastewater discharge – is lower than the manufacturing industry average, but has improved. According to the results of the decomposition analysis, the scale effect was the main factor for increasing wastewater discharge, and the main factor for reducing the wastewater discharge was environmental protection expenditure. The results of analysis for BOD discharge loads are similar to that of wastewater discharge.

In solid waste areas, analysis was conducted on the amount of industrial waste disposal. The amount of disposal in the manufacturing industry is gradually decreasing. Unlike air or wastewater domains, wood and paper manufacturing and printing industries are the main sector of industrial waste disposal. However, the eco-efficiency of these industries is the lowest among the manufacturing industries and has not improved over time. The relatively

low eco-efficiency of industries with a high proportion of residual emissions is a common phenomenon in all 3 areas. And environmental protection expenditure contributed to the reduction of the disposal amount, which is the same as the case for wastewater.

The eco-efficiency analysis and decomposition analysis on residuals would provide useful information for establishing pollution abatement policies. However, it is necessary to develop multidimensional analysis methods based on more accurate and detailed data, which have time series consistency and have the same classification between environmental data and economic data.

Keywords: Green Economy, Eco-efficiency, Manufacturing Industry, Value Added, Environmental Protection Expenditure

저자약력

김종호 (연구책임)

서울대학교 경제학 박사
한국환경정책·평가연구원 선임연구위원(현)
kjongho@kei.re.kr

주요 연구실적

- 환경유해보조금 추계 및 개편방향 연구 (2017)
- 녹색경제 평가를 위한 지표체계 개발 (2016)
- 환경분야 일자리 수요 현황 및 전망 (2015)

김호석

한국환경정책·평가연구원 연구위원(현)
hoskim@kei.re.kr

공현숙

한국환경정책·평가연구원 연구원(현)
hskong@kei.re.kr

이수일

KDI국제정책대학원 교수(현)
suillee@kdischool.ac.kr