

이명박 정부기간의 우리나라 제조업 온실가스 배출증감 요인분해¹⁾

노 동 운 에너지경제연구원 선임연구위원

(dwroh@keei.re.kr)



1. 연구 필요성

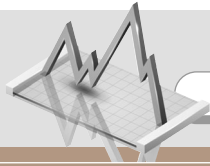
녹색성장을 정책기조로 설정했던 이명박 정부는 2009년 말에 덴마크 코펜하겐에서 우리나라의 자발적인 2020년 온실가스 감축목표를 발표했다. 이어 녹색성장기본법을 제정하고 온실가스 감축목표를 동 법에 규정함으로써 감축목표를 달성하기 위한 제도를 구비했다. 온실가스 감축목표를 성실하게 달성하기 위해 2012년에는 온실가스 목표관리제를 도입했으며, 온실가스 배출권거래제 도입(2015년)을 위한 법안도 제정했다. 새로운 제도 이외에 기존에 추진했던 다양한 에너지효율 및 신재생에너지 정책도 지속적으로 추진했다. 녹색기술을 개발하고 이를 국내에 적용하며 해외수출을 통해 경제성장과 환경보호를 달성한다는 측면에서 온실가스 감축은 녹색성장 정책의 핵심이라고 할 수 있다.

경제성장과 온실가스 감축을 동시에 달성해야 하는 우리나라는 녹색성장 정책을 발전적으로 지속시킬 필요가 있다. 이명박 정부는 녹색성장 정책의 효과가 발

휘되면 2015년부터는 지속적인 경제성장에 반해 온실가스 배출량은 감소하는 탈동조화(decoupling)가 이루어질 것으로 예상했다. 탈동조화가 실현되기 위해서는 에너지집약도나 에너지믹스의 개선과 같은 온실가스 배출구조의 지속적인 변화가 선행되어야 할 것으로 예상된다. 이러한 구조적인 변화는 경제성장과 온실가스 배출의 탈동조화로 이어질 것으로 기대되기 때문이다. 녹색성장 정책의 지속적인 추진을 위해서는 녹색성장 정책의 효과가 제대로 발휘되었는지에 대한 정량적인 분석이 이루어질 필요가 있다.

본고는 이명박 정부 이전 기간(2004~2007년)과 이명박 정부기간(2007~2010년)을 분석기간으로 설정하여 이명박 정부의 녹색성장 정책이 제조업의 온실가스 감축에 효과적으로 작용했는지를 정량적으로 분석했다. 지수분해 분석방법론(LMDI)을 이용하여 17개 제조업의 온실가스 배출증감을 5가지 효과(생산효과, 구조효과, 에너지집약도효과, 에너지믹스효과, 온실가스 배출계수효과)로 분해하여 이명박 정부기간과 이전기간을 비교했다. 분석대상 온실가스는 연료

1) 본고는 에너지경제연구원, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지·산업부문 저탄소 전략연구(2013) 보고서의 일부 내용을 수정한 것이다.



연소에 의한 온실가스로 국한했으며 분석기간은 자료 제약으로 인해 제조업의 업종 세분화 자료가 이용 가능한 기간(2004~2010년)으로 한정했다.²⁾ 녹색성장 정책이 효과적으로 발휘되었다면 이명박 정부기간에 에너지집약도효과와 에너지믹스효과 및 배출계수효과가 제조업의 온실가스 감축에 기여했을 것으로 예상된다. 생산효과와 구조효과는 주로 경기상황과 산업정책에 의해서 영향을 받을 것으로 보여 이들 두 효과에 대한 녹색성장 정책의 영향은 미미할 것으로 예상된다.

2. 제조업의 에너지소비 및 온실가스 배출 추이

가. 에너지소비 추이

우리나라의 1차에너지 소비는 2004년의 220,238천TOE에서 2010년에는 263,833천TOE에 이르러 연평균 3.1% 증가했다. 같은 기간의 GDP 증가율이 연평균 3.8%인 점을 감안하면 에너지집약도가 개선되어 우리나라 경제의 에너지소비 효율이 개선되었다고 평가할 수 있다. 에너지원별 소비에서 신재생에너지는 연평균 7.3% 증가하여 가장 빠른 속도로 증가했으며, 다음으로는 천연가스가 7.2%, 석탄이 6.4%, 석유가 0.6% 속도로 증가했으나 수력과 원자력은 각각

-0.9%, -0.4%의 속도로 감소했다. 신재생, 천연가스, 석탄의 소비는 1차에너지 소비 증가에 비해 더 빠른 속도로 증가하여 소비 비중이 높아진 반면 석유, 수력, 원자력의 소비 비중은 낮아졌다.

우리나라의 최종에너지 소비는 2004년 166,009천TOE에서 2010년에는 195,587천TOE에 이르러 연평균 2.8%의 속도로 증가했다. GDP 증가율 보다 낮은 속도로 증가하여 부문별 최종에너지소비 효율도 개선되었다고 할 수 있다. 부문별 에너지소비에 있어서는 산업부문과 공공부문의 증가속도가 각각 3.9%, 3.8%로 높은 반면 가정·상업부문과 수송부문은 각각 1.1%, 1.1%에 그쳤다. 산업부문의 에너지소비가 빠르게 증가하고 있는 점이 특징으로 나타나고 있다.

에너지통계연보의 제조업은 음식·담배, 섬유·의복, 제지·나무, 펄프·인쇄, 석유화학, 비금속, 1차 금속, 비철금속, 조립금속, 기타제조, 기타에너지 등 총 11개 업종으로 구분되어 있다. 국가 감축목표에서는 제조업이 16개 업종으로 구분되어 있어 국가 감축목표의 유리요업을 유리와 요업으로 분리하고 비례배분법³⁾을 사용하여 제조업을 17개 업종으로 세분화했다. 이와 같은 업종 세분화과정을 통해 추정된 분석기간(2004~2010년)의 제조업 전체 에너지소비는 연평균 4.1%의 속도로 증가했다. 제조업 전체의 생산(총산출액 기준)⁴⁾은 같은 기간에 연평균 7.1% 증가했다는 점을 감안하면 제조업의 에너지소비 효율도 개선되었다고 할 수 있다. 디스플레이, 반도체, 기계, 비철

2) 본고는 저자의 연구보고서를 수정한 것이기 때문에 연구보고서가 작성된 시기(2013년)에 이용 가능한 최신의 자료를 사용했으나 분석기간 확장에는 많은 시간과 노력이 소요된다는 점을 감안하여 2010년 이후의 분석은 향후 연구에서 다루기로 함.

3) 에너지경제연구원, 온실가스 배출통계 업종 세분화 방법론 고도화 연구, 2013.

4) 본고에서 제조업의 생산은 부가가치 대신 총산출액 자료를 사용했음.

금속, 철강, 자동차, 석유화학, 기타제조업의 에너지 소비는 제조업 평균 증가율보다 높은 속도로 증가했다. 조선, 유리, 정유, 전기전자, 음식·담배의 에너지 소비는 제조업 평균보다 낮은 속도로 증가했으며 섬유, 제지, 요업, 시멘트의 에너지소비는 감소했다.

나. 온실가스 배출 추이

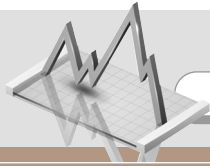
2004~2010년 기간에 우리나라의 전체의 온실가스 배출량은 연평균 3.6%의 속도로 증가했다. 에너지산업의 온실가스 배출량이 가장 빠른 6.9%의 속도로 증가했으며, 제조업은 연평균 2.9%, 수송부문은 1.2%, 기타부문은 -2.1%의 속도로 증가했다. 같은 기간에 1차에너지 소비는 연평균 3.1%, 최종에너지 소비는 연평균 2.8% 증가했다는 점을 감안하면 온실가스 배출량이 에너지소비에 비해 더 빠른 속도로 증

〈표 1〉 제조업의 연료연소에 의한 온실가스 배출 추이

(단위: 천tCO₂e)

구분	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	증가율
섬유	11,752	10,450	9,364	8,971	8,574	8,561	9,228	-3.9%
제지	9,143	8,604	8,363	8,221	7,944	8,024	8,280	-1.6%
정유	14,431	13,233	14,470	15,408	16,820	16,326	14,918	0.6%
석유화학	43,739	45,015	46,047	50,138	51,105	53,665	58,558	5.0%
철강	70,517	72,595	71,512	79,418	86,077	80,314	102,498	6.4%
비철금속	3,310	2,464	3,388	3,718	3,629	4,253	4,894	6.7%
유리	2,728	2,830	3,092	3,081	3,068	3,225	3,408	3.8%
요업	3,942	3,070	2,501	1,804	1,780	1,785	1,891	-11.5%
시멘트	14,928	14,263	14,948	15,776	16,143	14,183	14,698	-0.3%
기계	6,766	7,034	7,691	8,260	9,167	10,166	12,024	10.1%
반도체	3,490	4,849	5,326	5,775	6,358	6,587	7,104	12.6%
디스플레이	1,987	1,829	2,554	3,000	3,488	4,882	5,283	17.7%
전기전자	5,526	5,534	5,402	5,649	5,827	5,254	7,051	4.1%
자동차	5,614	6,066	6,424	6,953	7,118	6,803	8,463	7.1%
조선	2,127	1,578	1,651	2,119	2,643	2,325	3,101	6.5%
음식담배	6,404	6,292	6,187	6,411	6,107	6,440	6,995	1.5%
기타제조	13,281	13,641	16,005	15,455	16,050	16,558	18,714	5.9%
제조업	215,409	214,634	220,388	235,867	248,435	245,236	283,215	4.7%

자료: 에너지경제연구원, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지·산업부문 저탄소 전략연구, 2013



가했다는 점을 알 수 있다.

1996 IPCC 가이드라인의 배출계수를 적용하여 산정한 17개 제조업의 2004~2010년 기간의 연료연소에 의한 온실가스 배출량(간접배출 포함)은 4.7%의 속도로 증가했다. 디스플레이, 반도체, 기계, 자동차, 조선, 음식·담배, 비철금속, 철강, 석유화학, 기타제조업의 온실가스 배출량은 제조업 평균 배출량 보다 빠른 속도로 증가했다. 유리, 전기전자, 정유는 제조업 평균보다 낮은 속도로 증가했으며 섬유, 제지, 요업, 시멘트산업의 온실가스 배출량은 감소했다. 제조업의 온실가스 배출량은 1차에너지 소비 증가율이나 최종에너지 소비 증가율, 그리고 GDP 증가율을 모두 상회하는 속도로 빠르게 증가했다.

산업부문 온실가스 배출량의 특징은 직접배출량보다는 간접배출량이 더 빠르게 증가했다는 점이다. 즉, 직접배출량은 연평균 3.2% 증가한 반면 간접배출량은 연평균 7.2% 증가했는데, 간접배출은 대부분 전력소비에 의한 온실가스 배출이기 때문에 전력소비가 빠르게 증가했다고 할 수 있다. 전력요금에 낮게 유지된 점이 전력소비 증가의 요인으로 지적되고 있으며, 이는 곧 산업부문 전체에서 전력소비가 빠르게 증가했을 뿐만 아니라 화석에너지 소비가 전력소비로 대체되었다는 점을 말해주고 있다. 간접배출량이 직접배출량에 비해 느리게 증가한 업종은 비철금속과 기타제조업에 불과하며, 나머지 업종은 모두 간접배출량이 직접배출량에 비해 빠르게 증가한 것으로 나타나고 있다. 특히, 제지, 유리, 요업, 시멘트, 전기전자, 조선, 음식산업의 경우 직접배출량은 감소했으나 간접배출량은 빠르게 증가하는 대조적인 현상을 보여주고 있다.

다. 에너지소비 및 온실가스 배출 원단위 추이

우리나라 전체의 GDP(2005년 연쇄가격)당 에너지 소비는 1990년의 0.253TOE/백만원에서 2000년에는 0.278로 상승한 이후, 지속적으로 하락하여 2008년에는 0.246까지 하락했으나 2009년부터 다시 상승하기 시작하여 2010년에는 0.253에 이르렀다. GDP당 온실가스 배출량은 1990년의 0.803tCO₂e/백만원에서 지속적으로 하락하여 2008년에는 0.617으로 낮아졌으나 2009년에는 0.621로 상승하고 2010년에는 0.641까지 상승했다. GDP당 에너지소비 원단위와 온실가스 배출 원단위는 전반적으로 2000년 이후 개선되어 오다가 2007년부터 악화되고 있어 저탄소 경제구축과 역행되는 방향으로 추이가 나타나고 있다.

부가가치를 기준으로 한 제조업의 온실가스 배출(간접배출 포함) 원단위는 2004년 이후 하락하고 있는 추이를 나타내고 있다. 업종별로는 섬유, 제지목재, 유리, 요업, 반도체, 디스플레이, 전기전자, 자동차의 부가가치당 온실가스 배출량이 2004년 이후 전반적으로 하락하고 있는 추이를 나타내고 있다. 반면 온실가스배출 원단위가 지속적으로 상승하고 있는 업종은 정유, 석유화학, 철강, 비철금속, 시멘트, 기계, 조선, 음식, 기타제조업으로 나타나고 있다. 부가가치 대신 총산출액을 기준으로 할 경우 제조업의 총산출액 증가율(연 7.1%)이 부가가치 증가율(연평균 6.4%)보다 높기 때문에, 총산출액을 기준으로 한 제조업의 온실가스 배출 원단위는 부가가치 기준 배출 원단위에 비해 더욱 빠르게 개선되는 추이를 나타내고 있다. 총산출액을 기준으로 한 업종별 온실가스 배출 원단위가 악화된 업종은 석유화학, 철강, 비철금속, 시멘트, 기계, 자동차, 음식담배, 기타제조업으로 나타나고 있다. 부가가치 기준에 비하면, 전반적인 추이는

비슷하지만 정유와 조선업종이 원단위 악화에서 개선으로 바뀌었고 대신 자동차산업은 원단위 개선에서 악화로 변경되었다.

업종별 대표 생산제품을 선정하여 제품 생산량당 온실가스 배출원단위를 추정한 결과, 2004년부터 2010년까지 제품 생산량당 온실가스 배출량이 하락하고 있는 업종은 제지, 요업, 반도체, 디스플레이, 전기전자산업으로 나타났으며, 이외 업종은 모두 온실가스 배출 원단위가 상승하고 있는 추이를 나타내고 있다. 제지, 요업, 반도체, 디스플레이, 전기전자산업은 제품 생산량 및 부가가치당 온실가스 배출량이 지속적으로 하락하고 있는 산업으로 나타났다.

3. 이명박 정부 녹색성장 정책의 주요내용

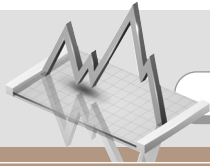
이명박 정부는 녹색성장을 국가 주요의제로 설정하고 다양한 정책을 추진했다. 10대 녹색성장 정책에서 본고의 주제인 에너지부문 및 제조업의 온실가스 배출구조 변화와 관련될 것으로 예상되는 정책은 효율적 온실가스 감축 정책과 탈석유·에너지자립 정책 등 2개 정책이다.⁵⁾ 효율적 온실가스 감축정책에서는 온실가스 감축목표 설정이, 탈석유·에너지자립 정책에서는 에너지원단위 개선과 신재생에너지 보급 및 원자력발전설비 확대가 에너지부문과 관련되는 실천 과제로 분류될 수 있다. 온실가스 감축목표 설정은 직접적인 온실가스 감축보다는 기업들로 하여금 온실가스를 감축할 규제기준을 설정했다는 점에서 저탄소

정책수단으로 분류될 수 있다. 에너지원단위 개선 목표, 신재생에너지 보급률 증대, 원자력발전 비중 증대는 모두 에너지의 효율적 사용과 저탄소 에너지 사용 확대를 도모한다는 점에서 저탄소 녹색성장 정책으로 분류될 수 있다.

에너지부문의 녹색성장 정책에는 다양한 조치들이 시행되고 있다. 대부분은 이명박 정부 이전부터 시행되어 온 조치들이며 목표관리제와 같은 일부 조치는 이명박 정부에서 도입된 조치도 있다. 국가 전체적으로 영향을 미치는 온실가스 목표관리제 이외에 산업 부문에서는 에너지경영시스템, 에너지진단, 그린크레딧 등의 조치가 시행되고 있으며, 건물부문에서는 건축물 에너지효율등급인증제, 에너지절약 설계기준 등의 조치가 시행되고 있다. 수송부문에서는 자동차 에너지소비효율 등급제도, 자동차 평균에너지소비효율 제도 등이 있고, 가전부문에서는 고효율 기가지 인증제, 대기전력 저감 프로그램 등의 조치가 시행되고 있다. 그린홈 100만호 보급과 신재생에너지 일반보조사업, 신재생에너지 공급의무화제도(RPS) 등의 신재생에너지 정책도 시행되고 있다.

이와 같은 다양한 조치는 크게 온실가스 감축제도, 신재생에너지 확대, 에너지효율성 증대, 에너지수요 관리로 구분할 수 있다. 목표관리제는 온실가스 감축제도에 포함되며 그린홈 100만호 보급과 같은 정책수단은 신재생에너지 확대에 포함되고 부문별 조치는 모두 에너지효율성 증대와 에너지 수요관리의 범주에 포함되는 조치라고 할 수 있다. 이러한 개별 조치가 제조업의 온실가스 배출증감에 미치는 영향 분석은

5) 저탄소 녹색성장 정책은 에너지의 효율적 사용이나 저탄소 에너지의 사용 확대를 통해서 온실가스 배출을 감소시키거나 온실가스를 직접적으로 감축시키는 데 기여할 수 있는 정책을 의미함.



자료 및 방법론 미흡으로 생략하기로 한다. 대신 다양한 조치의 범주가 본고의 분석수단인 5가지 효과(생산효과, 구조효과, 집약도효과, 에너지믹스효과, 배출계수효과)에 영향을 미칠 것이라는 가정에서 분석을 추진하기로 한다. 즉, 온실가스 감축제도는 5가지 효과에 모두 영향을 미칠 것으로 예상되며 에너지효율성 증대는 에너지사용 효율을 제고시키는 정책수단으

로서 주로 에너지집약도 개선에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 에너지수요관리 역시 에너지절약사업에 대한 투자를 촉진시키는 활동을 통해 에너지집약도 개선에 기여할 것으로 보인다. 신재생에너지 정책은 에너지믹스 개선과 배출계수 개선에 기여할 것으로 예상된다.

〈표 2〉 녹색성장 정책과 에너지부문 정책수단 및 증감효과 관계

10대 녹색성장 정책 및 정책과제		에너지부문 정책수단	5가지 배출증감 효과
효율적 온실가스 감축	온실가스 감축목표 설정	온실가스감축제도 (목표관리제)	생산효과, 구조효과, 집약도효과, 에너지믹스효과, 배출계수효과
	탄소 순환률	-	
	산림의 탄소 저장량	-	
	북한조림면적	-	
탈석유 · 에너지 자립	에너지원단위 개선	에너지효율성 증대, 에너지 수요관리(부문별 조치)	집약도효과, 에너지믹스효과
	신재생에너지 보급률	신재생에너지 확대	에너지믹스효과, 배출계수효과
	원자력발전 설비 비중	온실가스감축제도 (목표관리제)	에너지믹스효과, 배출계수효과
	에너지 자립도	-	

자료: 에너지경제연구원, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지 · 산업부문 저탄소 전략연구(2012, 2013, 2014)
에너지관리공단, 2012 에너지 · 기후변화편람, 2012.9

4. 제조업 온실가스 배출증감의 지수분해 분석

본절에서는 가법적 지수분해 분석방법(LMDI)을 사용해서 제조업의 온실가스 배출증감을 이명박 정부 이전 기간(2004~2007년)과 이명박 정부기간(2007~2010년)으로 구분하여 분석한다. 가법적 지수분해 분석방법은 온실가스 배출량 변화를 생산효과, 구조효과, 집약도효과, 에너지믹스효과, 배출계수

효과로 분해하게 된다. 녹색성장 정책 및 조치의 범주가 제조업의 온실가스 배출증감의 5가지 효과에 영향을 미칠 것으로 가정하고 분석을 추진하기로 한다. 그러나 생산효과와 구조효과는 녹색성장 정책에 의해서 영향을 받기 보다는 경기상황이나 산업정책에 의해서 영향을 받을 것으로 예상된다. 따라서 녹색성장 정책은 주로 에너지집약도효과, 에너지믹스효과, 배출계수효과에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

가. 분석방법론 및 자료

본고에서는 제조업의 온실가스 배출량 변화를 다섯 가지 요소로 분해하는 방법론을 사용했다. 첫 번째 요소는 생산효과로서 생산활동(Q)이 증가함에 따라서 온실가스 배출량이 증가하는 것을 말한다. 두 번째 요소는 구조효과로서 각 산업이 총생산에서 차지하는 비중(Q_i/Q)이 변화함에 따라서 제조업의 온실가스 배출량에 미치는 변화를 의미한다. 세 번째 요소는 집약도효과로서 i 산업의 생산활동에 사용되는 에너지

소비량(E_i/Q_i)의 개선 여부에 따른 효과로서 에너지효율을 대표한다고 할 수 있다. 네 번째는 에너지믹스효과로서 i 산업에서 사용하는 총에너지사용량 중에서 j 에너지가 차지하는 비중(E_{ij}/E_i)의 변화에 따른 효과를 의미한다. 즉 온실가스가 적게 배출하는 에너지 비중이 높을수록 배출효과에 부(-)의 영향을 미치며, 반대인 경우 정(+)의 영향을 미친다. 다섯 번째는 배출계수에 의한 효과로서 i 산업의 j 에너지 사용량에 따른 배출량 변화로서 각 에너지원별 배출계수가 하락하면 온실가스 배출량이 감소하는 효과가 나타난다.

$$C = \sum_{ij} C_{ij} = \sum_{ij} Q \frac{Q_i}{Q} \frac{E_i}{Q_i} \frac{E_{ij}}{E_i} \frac{C_{ij}}{E_{ij}} = \sum_{ij} Q S_i I_i M_{ij} U_{ij},$$

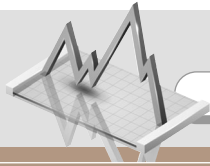
지수분해 분석방법에는 승법적 요인분해⁶⁾와 가법적 요인분해가 있으며 본고에서는 가법적 요인분해 방법론을 사용했다. 가법적 요인분해는 다음 식과 같이 분해가 가능하다. 가법적 요인분해는 기에서 t 기까지의 온실가스 배출량 증가량을 생산효과(C_{act}), 구조효과(C_{str}), 집약도효과(C_{ins}), 에너지믹스효과(C_{mix}), 배출계수효과(C_{emf}) 등 다섯가지 요인으로 분해 가능하다. 즉, C_{act} 는 활동변화에 의한 온실

가스 배출량 변화량이고, C_{str} 은 구조변화에 의한 온실가스 배출량 변화량이며, C_{ins} 는 집약도 추이에 의한 온실가스 배출량 변화량이다. 그리고 C_{mix} 는 에너지믹스 변화에 의한 온실가스 배출량 변화량이고, C_{emf} 는 배출계수 변화에 따른 온실가스 배출량 변화량이다. 따라서 각 효과에 의한 온실가스 배출량 변화를 모두 더하면 전체 온실가스 배출량 변화량이 된다.

$$\begin{aligned} \Delta C_{tot} &= C^T - C^O \\ &= \Delta C_{act} + \Delta C_{str} + \Delta C_{ins} + \Delta C_{mix} + \Delta C_{emf}. \end{aligned}$$

6) 승법적 요인분해는 다음 식과 같이 분해가 가능함. 승법적 요인분해에서 0기에서 t 기까지의 온실가스 배출량 증가율을 생산효과(D_{act}), 구조효과(D_{str}), 집약도효과(D_{ins}), 에너지믹스효과(D_{mix}), 배출계수효과(D_{emf}) 등 다섯 가지 요인으로 분해가 가능함. D_{act} 는 활동효과에 의한 온실가스 배출량 증가율이고, D_{str} 은 구조효과에 의한 온실가스 배출량 증가율이며, D_{ins} 는 집약도 효과에 의한 온실가스 배출량 증가율임. 그리고 D_{mix} 는 에너지믹스효과에 의한 온실가스 배출량 증가율이고 D_{emf} 는 배출계수효과에 의한 온실가스 배출량 증가율임.

$$D_{tot} = C^T / C^O = D_{act} D_{str} D_{ins} D_{mix} D_{emf},$$



<표 3> 가법적 지수분해 분석방법(LMDI) 구조식

온실가스 배출요인	$C = \sum_{ij} C_{ij} = \sum_{ij} Q_i \frac{Q_i}{Q} \frac{E_i}{Q_i} \frac{E_{ij}}{E_i} \frac{C_{ij}}{E_{ij}} = \sum_{ij} Q_i S_{Ti} M_{ij} U_{ij}$
총 효과	$\Delta C_{tot} = C^T - C^O = \Delta C_{act} + \Delta C_{str} + \Delta C_{ins} + \Delta C_{mix} + \Delta C_{emf}$
요인별 효과	$\Delta C_{act} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^O}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^O} \ln \left(\frac{Q^T}{Q^O} \right)$ $\Delta C_{str} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^O}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^O} \ln \left(\frac{S_i^T}{S_i^O} \right)$ $\Delta C_{ins} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^O}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^O} \ln \left(\frac{I_i^T}{I_i^O} \right)$ $\Delta C_{mix} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^O}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^O} \ln \left(\frac{M_{ij}^T}{M_{ij}^O} \right)$ $\Delta C_{emf} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^O}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^O} \ln \left(\frac{U_{ij}^T}{U_{ij}^O} \right)$

자료: 김수이·정경화, “LMDI 방법론을 이용한 국내 제조업의 온실가스 배출 요인분해 분석,” 에너지경제연구, 2010

B.W., Ang, 2005, “The LMDI approach to decomposition analysis : a practical guide”, Energy Policy 33, 867-871

17개 제조업의 2004~2010년 기간의 온실가스 배출량 변화 지수분해 분석방법에 사용된 생산량 자료는 업종별 총산출액을 사용했다. 생산량 자료로 부가가치 대신 생산액 자료를 사용한 것은 생산액 자료가 온실가스 배출량과 더욱 밀접한 관계가 있을 것으로 가정했기 때문이다. 연료연소에 의한 온실가스 배출량을 사용했기 때문에 탈루배출이나 공정배출의 배출량은 제외되어 있다. 업종별·원별 에너지 소비량과 온실가스 배출량은 에너지경제연구원의 내부 자료를 사용했으며 온실가스 배출계수 역시 에너지경제연구원이 국가 온실가스 인벤토리 산정 시 사용하고 있는 국가 배출계수를 사용했다. 비용은 모두 2005년 불변가격을 사용하였다.

나. 지수분해 분석 결과

1) 이명박 정부 이전 기간(2004~2007년)

이명박 정부 이전 기간(2004~2007년)의 4년 동안에 우리나라 제조업의 온실가스 배출량은 총 20,794천CO₂톤이 증가했다. 가법적 지수분해 방법을 사용하여 분석한 결과 동 기간에 생산(총산출액) 증가에 따른 온실가스 배출량 증가는 총온실가스 배출증가의 2.6배에 이르는 53,830천CO₂톤에 달했다. 제조업 내에서의 업종별 산출액 구성비 변화인 산업구조 변화에 의해서는 -19,057천CO₂톤의 온실가스 배출량이 감소했으며 에너지사용 효율성을 나타내는 에너지

집약도 효과에 의해서 -12,146천CO₂톤의 배출량이 감소했다. 연료의 구성비 변화를 나타내는 에너지믹스효과에 의해서는 144천CO₂톤이 증가했으며, 온실가스 배출계수 변화를 나타내는 배출계수효과에 의해서는 -1,987천CO₂톤이 감소했다. 따라서 이명박 정부 이전에는 온실가스 배출량이 주로 생산활동 증대에 의해 증가한 것으로 나타나고 있다. 구조효과와 에

너지집약도효과, 배출계수 효과가 온실가스 감소에 기여함으로써 전반적으로 제조업이 저탄소형 구조로 전환되고 있으며 에너지사용의 효율성도 개선되고 온실가스 배출계수도 낮아지고 있는 것으로 나타났다. 그러나 에너지믹스는 고탄소형 구조로 변화된 것으로 나타나고 있다.

〈표 4〉 2004~2007년 온실가스 배출량 증감 분해

(단위: 천CO₂톤)

구분	생산효과	구조효과	집약도효과	에너지믹스효과	배출계수효과	총 효과
계	53,830	-19,057	-12,146	144	-1,978	20,794

자료: 에너지경제연구원, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지 · 산업부문 저탄소 전략연구, 2013

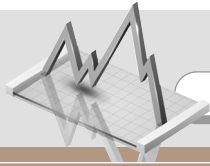
이명박 정부 이전 기간(2004~2007년)의 총온실가스 배출량 증가분(20,794CO₂톤)을 업종별로 살펴보면 다음과 같다. 철강산업이 8,891천CO₂톤, 석유화학산업이 6,403천CO₂톤, 반도체산업이 2,502천CO₂톤을 배출한 이들 3개 산업이 총효과와 약 85%를 차지하여, 이들 산업의 온실가스 배출 증가가 제조업 전체의 온실가스 배출 증가를 유도했다고 할 수 있다. 디스플레이, 자동차, 조선, 기계 등의 산업에서도 온실가스 배출량이 증가했으나 섬유, 제지, 요업에서는 온실가스 배출량이 감소세를 나타냈다.

생산효과에 의한 온실가스 배출량 증가(53,830천CO₂톤)에서 철강산업과 석유화학산업이 각각 17,506천CO₂톤, 10,954천CO₂톤을 차지하여 이들 2개 업종

이 전체 생산효과와 절반 이상을 차지했다. 시멘트산업과 정유산업도 각각 3,651천CO₂톤, 3,457천CO₂톤을 차지하여 철강산업과 석유화학산업까지 포함한 4개 산업의 생산효과에 의한 온실가스 배출증가가 제조업 전체 생산효과와 60% 이상을 차지하여 생산효과를 주도한 것으로 나타나고 있다.

구조효과⁷⁾에 의한 온실가스 감소분(-19,057천CO₂톤)에서 철강산업이 -10,613천CO₂톤, 시멘트산업이 -3,466천CO₂톤을 차지하여 이들 2개 업종이 구조효과와 대부분을 차지했다. 섬유, 제지, 석유화학, 비철금속, 요업도 온실가스 배출량 감소에 기여한 반면 기계, 반도체, 디스플레이, 전기전자, 자동차, 조선 등의 조립금속산업은 배출량 증가에 기여한 것으로 나타나

⁷⁾ 업종별 구조효과는 생산효과와 하나로 이해하는 것이 바람직하지만 본고에서는 이를 구분하지 않고 업종별로 구조효과를 나타냈는데 이는 각 업종이 제조업 전체에서 차지하는 비중의 변화에 의한 효과를 나타내기 위한 것임.



고 있다.

집약도효과에 의한 온실가스 감소분(-12,146천 CO₂톤)은 철강산업과 시멘트산업 및 비철금속을 제외한 모든 산업에서 나타났다. 즉, 철강산업과 시멘트 산업과 비철금속산업에서는 에너지효율이 악화되었지만 다른 산업에서는 에너지효율이 개선되었다고 할 수 있다. 업종별 집약도효과는 모든 업종에서 비교적

골고루 분포하고 있어 특정 업종의 영향이 크지 않은 것으로 나타나고 있다.

에너지믹스효과(144천CO₂톤 증가)는 주로 조립금속산업에서 에너지믹스가 고탄소형으로 바뀌고 있는 것으로 나타나고 있다. 온실가스 배출계수효과에 의한 온실가스 감소(-1,978천CO₂톤 감소)는 모든 산업에서 골고루 나타나고 있는 것으로 확인되었다.

〈표 5〉 2004~2007년 업종별 온실가스 배출량 증감 분해

(단위: 천CO₂톤)

구분	생산효과	구조효과	집약도효과	에너지 믹스효과	배출계수 효과	총효과
섬유	2,400	-2,424	-3,126	485	-175	-2,782
제지목재	2,020	-1,398	-1,742	300	-102	-921
정유	3,457	-2,010	-483	-181	-	784
석유화학	10,954	-1,992	-207	-1,536	-816	6,403
철강	17,506	-10,613	1,855	355	-212	8,891
비철금속	780	-129	114	-653	-55	57
유리	703	804	-1,144	49	-25	387
요업	553	-252	-1,882	-543	-12	-2,135
시멘트	3,651	-3,466	782	-34	-59	874
기계	1,889	816	-1,110	144	-128	1,610
반도체	1,150	1,210	-44	274	-88	2,502
디스플레이	624	1,298	-933	163	-46	1,106
전기전자	1,408	418	-1,733	149	-97	145
자동차	1,575	138	-53	-128	-105	1,427
조선	497	310	-1,064	327	-28	42
음식담배	1,423	-1,168	-151	-122	-68	-86
기타제조	3,240	-599	-1,225	1,094	-20	2,491
계	53,830	-19,057	-12,146	144	-1,978	20,794

자료: 에너지경제연구원, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지·산업부문 저탄소 전략연구, 2013



2) 이명박 정부기간(2007~2010년)

이명박 정부기간에 포함된 2007~2010년 기간에 제조업의 온실가스 배출량은 이명박 정부 이전 기간에 비해 더욱 빠르게 증가하고 있는 추이를 나타내고 있다. 2007년부터 2010년까지 4년 동안 온실가스 배출량은 46,842천CO₂톤이 증가하여 이명박 정부 이전 4년 동안(2004~2007년)의 배출량 증가분(20,794천CO₂톤)에 비해 2.2배 높은 수준을 나타냈다.

동 기간에 생산(총산출액)이 증가하면서 온실가스 배출량은 40,420천CO₂톤이 증가했다. 제조업 내에서의 업종별 산출액 구성비 변화에 의한 산업구조 변화에 의해서는 -13,980천CO₂톤의 온실가스 배출량이 감소했으며, 에너지집약도효과에 의해서 8,915천CO₂톤의 배출량이 증가했다. 에너지믹스효과에 의해 1,919천CO₂톤이 증가했으며 온실가스 배출계수효과에 의해서는 9,567천CO₂톤이 증가했다.

이명박 정부기간에서도 생산효과가 여전히 온실가스 배출량 증가의 주요 요인으로 작용했으며, 저탄소형으로 제조업의 산업구조가 진전되고 있는 점과 에너지믹스가 점차 고탄소형으로 바뀌고 있는 구조적인 변화가 온실가스 배출량 증감에 영향을 미치고 있는 점은 이명박 정부 이전과 동일한 추이를 나타내고 있다. 그러나 이명박 정부 이전에는 에너지효율 개선효과가 온실가스 배출량 감소에 기여한 반면 이명박 정부기간에는 에너지효율효과가 배출량 증가에 기여한 것으로 나타났다. 온실가스 배출계수도 이명박 정부 이전 기간에는 온실가스 감축에 기여했으나 이명박 정부기간에는 온실가스 배출량 증가에 기여한 것으로 나타나고 있다. 녹색성장을 추진했던 이명박 정부에서 오히려 에너지효율이 악화되고 온실가스 배출계수가 높아짐으로써 온실가스 배출량 구조가 녹색성장과 반대되는 방향으로 진전된 것으로 평가된다.

〈표 6〉 2007~2010년 온실가스 배출량 증감 분해

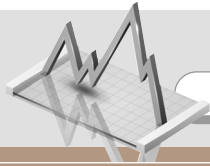
(단위: 천CO₂톤)

구분	생산효과	구조효과	집약도효과	에너지 믹스효과	배출계수효과	총 효과
계	40,420	-13,980	8,915	1,919	9,567	46,842

자료: 에너지경제연구원, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지 · 산업부문 저탄소 전략연구, 2013

특히 온실가스 배출계수가 높아지는 현상은 화력발전의 증가로 전력의 평균 배출계수가 높아진 것에서 기인한 것으로 분석된다. 〈표 7〉은 전력생산의 온실가스 배출계수를 나타내고 있는데 전력의 배출계수는 2004년의 5.70CO₂톤/TOE에서 2007년에는 5.60으로 낮아졌으나 이후에는 상승하기 시작하여 2010년

에는 6.17까지 상승했다. 이러한 추이는 특히 유연탄 화력발전의 증가에서 기인한 것으로 풀이된다. 앞 절에서 분석한 바와 같이 산업부문에서는 전력소비가 상대적으로 빠르게 증가하면서 화석연료 소비가 전력으로 대체된 것으로 추정된다.



〈표 7〉 2004~2010년 전력 온실가스 배출계수 추이

(단위: 천CO₂톤/TOE)

구분	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
배출계수	5.70	5.54	5.59	5.60	5.69	6.04	6.17

자료: 에너지경제연구원, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지·산업부문 저탄소 전략연구, 2013

이명박 정부기간(2007~2010년)의 온실가스 배출 증감을 업종별로 살펴보면 다음과 같다. 총온실가스 배출량 증가분(46,842천CO₂톤) 중에서 철강산업이 22,399천CO₂톤, 석유화학산업이 7,886천CO₂톤의 증가를 보여 제조업 전체 온실가스 배출증가의 약 60% 이상을 차지했다. 기계산업도 4,102천CO₂톤의 증가에 기여하여 이들 3개 산업이 전체 온실가스 배출 증가의 대부분을 차지했다. 반도체와 디스플레이, 전기전자, 자동차 등의 조립금속산업 모두 온실가스 배출량 증가에 기여했으나 정유산업과 시멘트산업의 온실가스 배출량은 감소에 기여하는 효과를 나타냈다.

생산효과에 의한 온실가스 배출량 증가(40,420천CO₂톤) 중에서 철강산업과 석유화학산업이 각각 13,769천CO₂톤, 8,225천CO₂톤을 차지했으며, 시멘트산업과 정유산업이 각각 2,371천CO₂톤, 2,291천CO₂톤을 차지하여 이들 4개 산업이 생산효과에 의한 온실가스 배출증가를 주도했다. 따라서 이명박 정부 기간에도 이전 기간과 같이 생산효과는 철강산업과 석유화학산업, 시멘트산업과 정유산업이 주도함으로써 온실가스 다배출산업이 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났다.

구조효과에 의한 온실가스 감소분(-13,980천CO₂톤)중에서 석유화학산업이 -4,938천CO₂톤, 시멘트산업이 -4,761천CO₂톤, 철강산업이 -3,020천CO₂톤을 차지하여, 이전 기간과 같이 이들 산업이 구조효

과에 의한 온실가스 배출량 감소를 주도한 것으로 나타났다. 반도체, 디스플레이, 전기전자산업의 구조효과는 온실가스 배출량 증가에 기여함으로써 이들 산업은 이전 기간과 같이 지속적으로 배출량 증가에 기여한 것으로 나타나고 있다.

집약도효과에 의한 온실가스 배출 증가(8,915 천CO₂톤)의 대부분은 철강산업, 시멘트산업, 기계산업, 석유화학산업에서 나타나고 있다. 특히 철강산업과 시멘트산업의 에너지집약도효과는 이전 기간과 같이 지속적으로 온실가스 배출량 증가에 기여하고 있는 것으로 나타나고 있다.

에너지믹스효과에 의한 온실가스 배출 증가(1,919 천CO₂톤 증가)는 석유화학산업의 효과가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이명박 정부 이전 기간에는 석유화학산업이 온실가스 감소에 기여했으나 이명박 정부 기간에는 증가에 기여한 것으로 나타나고 있다. 온실가스 배출계수효과에 의한 온실가스 배출량 증가(9,567천CO₂톤)는 석유화학산업과 철강산업이 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

3) 지수분해 분석 결론

이명박 정부의 녹색성장 정책이 제대로 효과를 발휘했다면 에너지집약도효과와 에너지믹스효과 및 배출계수효과는 우리나라 제조업의 온실가스 배출량 감



〈표 8〉 2007~2010년 온실가스 배출량 증감 분해

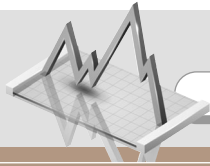
(단위: 천CO₂톤)

구분	생산효과	구조효과	집약도효과	에너지 믹스효과	배출계수 효과	총 효과
섬유	1,379	-1,406	-245	-79	602	251
제지목재	1,246	-1,105	-745	88	571	56
정유	2,291	-268	-2,412	-8	0	-396
석유화학	8,225	-4,938	1,274	1,359	1,966	7,886
철강	13,769	-3,020	10,752	-591	1,489	22,399
비철금속	652	-532	589	115	350	1,173
유리	516	1,083	-1,619	221	170	372
요업	290	-89	-250	83	70	103
시멘트	2,371	-4,761	1,005	-12	320	-1,077
기계	1,653	-1,393	2,697	215	931	4,102
반도체	1,069	2,489	-2,555	-229	662	1,436
디스플레이	671	2,274	-754	-119	403	2,474
전기전자	1,042	579	-1,116	443	611	1,559
자동차	1,266	-1,081	602	169	684	1,640
조선	421	-216	661	-38	214	1,042
음식담배	960	-930	115	21	409	575
기타제조	2,598	-666	917	281	116	3,245
계	40,420	-13,980	8,915	1,919	9,567	46,842

자료: 에너지경제연구원, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지 · 산업부문 저탄소 전략연구, 2013

소에 기여했을 것으로 기대되었다. 그러나 지수분해 분석결과에 의하면 에너지집약도효과는 이명박 정부 이전 기간에 온실가스 감소에 기여했으나 이명박 정부기간에는 온실가스 증가에 기여했으며, 에너지믹스 효과의 온실가스 배출량 증가효과는 이명박 정부 이전 기간에 비해 더욱 확대된 것으로 나타났다. 배출계수효과는 이명박 정부 이전 기간에 온실가스 감소에

기여했으나 이명박 정부기간에는 배출량 증가에 기여한 것으로 나타났다. 이들 3개 효과가 온실가스 배출 증가에 기여하거나 증가 효과가 확대된 것으로 나타남에 따라 이명박 정부의 녹색성장 정책의 효과가 제대로 발휘되지 못한 것으로 분석된다. 생산효과와 구조효과는 온실가스 배출량 증가와 감소에 기여한 추이가 이명박 정부기간에도 지속되었으며, 이들 2개



효과는 중단기적으로 녹색성장 정책에 의해 영향을 받지 않을 것으로 예상된 점을 감안하면 전반적으로 녹색성장 정책효과가 나타나지 않은 것으로 평가된다. 업종별로는 철강과 석유화학, 시멘트 등의 에너지 다소비 및 온실가스 다배출산업이 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났다.

다. 효과별 관련 지수 추이

지수분해 분석방법의 구조상 생산효과는 개별업종의 생산량 증가보다는 제조업 전체의 생산량 증감에 의해서 가장 큰 영향을 받게 되어 있다.⁸⁾ 제조업의 총산출액은 2004~2007년에 연평균 8.6% 증가했으나 2007~2010년에는 연평균 5.5% 증가(2004~2010년에 연평균 7.1% 증가)하여 이명박 정부기간에 증가속

도가 둔화되었다. 제조업의 생산효과에 의한 온실가스 배출량 증가는 이명박 정부 이전 기간(+53,830천 CO₂톤)이 이명박 정부기간(+40,420천 CO₂톤)에 비해 높게 나타난 요인은 이명박 정부 이전 기간의 총산출액 증가율이 이명박 정부기간의 총산출액 증가율보다 높기 때문이다. 경제성장을 위해서는 제조업의 지속적인 경제성장이 필수적이기 때문에 생산효과에 의한 온실가스 배출 증가 효과를 둔화시키기 위해서는 생산증대와 온실가스 배출량과의 관계가 약화되는 구조가 구축되어야 한다. 개별 업종에서의 생산 증대에 비해 온실가스 배출량이 최소화되는 생산체제를 갖추는 것이 필요하며 이러한 구조를 통해 제조업 전체의 온실가스 배출량이 최소화되는 구조를 갖출 수 있다.

구조효과는 제조업 전체의 총산출액에서 각 업종이

〈표 9〉 총산출액 증가와 생산효과 관계

기간	총산출액 (연 증가율, %)	생산효과 (천CO ₂ 톤)
2004~2007	8.6	+53,830
2007~2010	5.5	+40,420

자료: 에너지경제연구원, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지 · 산업부문 저탄소 전략연구, 2013

차지하는 비중에 의해서 영향을 받는다. 즉, 지수분해 분석방법론의 구조상 제조업 전체에서 차지하는 비중이 감소하는 업종은 온실가스 감축에 기여하고 비중이 증대되는 업종은 온실가스 배출에 기여하는 것으

로 되어 있다.⁹⁾ 〈표 10〉에서 보는 바와 같이 이명박 정부 이전 기간에 총산출액 비중이 감소한 섬유, 제지, 정유 등의 산업은 모두 온실가스 배출량 감소에 기여했으며, 반대로 총산출액 비중이 증대된 유리, 기

8) 생산효과는 제조업 전체의 생산량 증감 이외에 개별 업종의 온실가스 배출량 변화에 의해서도 영향을 받게 되어 있음.

9) 구조효과는 개별 업종의 온실가스 배출량 변화에 의해서도 영향을 받는 구조임.



계, 반도체 등의 산업은 모두 온실가스배출량 증가에 기여한 것으로 나타나고 있다. 제조업 전체의 구조효과는 개별 업종의 배출량 증감효과의 상대적인 크기에 의해서 결정되기 때문에 온실가스 배출량 규모가 큰 에너지 다소비 업종의 구조변화에 의해 가장 큰 영

향을 받을 것으로 예상된다. 구조효과에 의한 온실가스 감축효과를 증대시키기 위해서는 저탄소 산업의 생산을 탄소 집약적 산업에 비해 더 빠른 속도로 증대시키는 정책이 필요할 것으로 보인다.

에너지집약도효과는 개별 업종별 에너지집약도 변

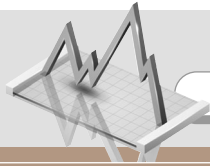
〈표 10〉 업종별 총산출액 비중 변화와 구조효과 관계

구분	총산출액 비중 증감율(%)		구조효과(천CO ₂ 톤)	
	2004~2007	2007~2010	2004~2007	2007~2010
섬유	-7.6	-5.1	-2,424	-1,406
제지목재	-5.3	-4.4	-1,398	-1,105
정유	-4.4	-0.6	-2,010	-268
석유화학	-1.4	-3.0	-1,992	-4,938
철강	-4.6	-1.1	-10,613	-3,020
비철금속	-1.3	-4.1	-129	-532
유리	9.3	11.3	804	1,083
요업	-3.5	-1.6	-252	-89
시멘트	-7.1	-9.7	-3,466	-4,761
기계	3.4	-4.2	816	-1,393
반도체	8.5	12.6	1,210	2,489
디스플레이	17.6	18.9	1,298	2,274
전기전자	2.3	2.9	418	579
자동차	0.7	-4.3	138	-1,081
조선	5.0	-2.6	310	-216
음식담배	-6.2	-4.8	-1,168	-930
기타제조	-1.4	-1.3	-599	-666
계	-	-	-19,057	-13,980

자료: 에너지경제연구원

화에 의해서 영향을 받게 되어 있다. 2004~2007년 기간에 총산출액을 기준으로 한 에너지집약도가 악화

(상승)된 2개 업종(철강, 비철금속, 시멘트)의 집약도 효과는 온실가스 배출량 증가에 기여했으나 나머지



업종은 모두 온실가스 배출량 감소에 기여했다. 2007~2010년의 경우에도 에너지집약도가 악화된 석유화학과 철강 등 7개 업종의 집약도효과는 온실가스 배출량 증가에 기여한 반면, 나머지 업종은 모두 온실가스 배출량 감소에 기여했다. 제조업 전체의 에너지집약도는 2004~2007년 기간에 연평균 3.6% 개선되었으며 2007~2010년 기간에는 연평균 1.2%의 속도로 개선되었다. 두 기간에 모두 에너지집약도는 개선되었으나 집약도효과가 2004~2007년 기간에는

온실가스 배출량 감소에 기여한 반면 2007~2010년 기간에는 온실가스 배출량 증가에 기여했는데, 이는 제조업 전체의 집약도효과가 개별 업종의 집약도효과의 상대적 크기에 의해 영향을 받는다는 점을 시사하고 있다. 따라서 집약도효과에 의한 온실가스 배출량 감소효과를 높이기 위해서는 업종별 에너지효율을 개선시키는 정책 및 조치가 추진될 필요가 있다.

에너지믹스효과는 앞의 분석에서 2004~2007년 기간과 2007~2010년 기간 모두 온실가스 배출량 증

〈표 11〉 업종별 에너지집약도 변화와 집약도효과 관계

구분	총산출액 비중 증감율(%)		구조효과(천CO ₂ 톤)	
	2004~2007	2007~2010	2004~2007	2007~2010
섬유	-9.7	-0.9	-3,126	-245
제지목재	-6.5	-3.0	-1,742	-745
정유	-1.1	-5.2	-483	-2,412
석유화학	-0.1	0.8	-207	1,274
철강	0.8	4.1	1,855	10,752
비철금속	1.1	4.7	114	589
유리	-11.9	-14.8	-1,144	-1,619
요업	-23.3	-4.3	-1,882	-250
시멘트	1.7	2.2	782	1,005
기계	-4.5	8.7	-1,110	2,697
반도체	-0.3	-11.5	-44	-2,555
디스플레이	-11.0	-5.6	-933	-754
전기전자	-9.2	-5.3	-1,733	-1,116
자동차	-0.3	2.5	-53	602
조선	-15.4	8.3	-1,064	661
음식담배	-0.8	0.6	-151	115
기타제조	-2.9	1.8	-1,225	917
계	-3.6	-1.2	-12,146	8,915

자료: 에너지경제연구원



〈표 12〉 제조업의 연료별 비중

기간	연료별 점유율(%)				
	석탄	석유	도시가스	전력	기타
2004	23.69	53.48	4.82	14.32	3.69
2007	22.69	53.74	5.10	14.86	3.61
2010	24.58	49.09	6.64	15.81	3.66

자료: 에너지경제연구원

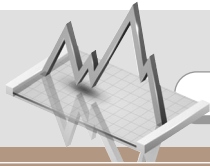
가에 기여한 것으로 나타나고 있다. 이는 곧 각 산업에서 에너지믹스가 고탄소형 에너지 위주로 전환되었다는 점을 말해주고 있다. 업종별로 살펴보면 저탄소형 에너지인 가스(도시가스, LNG)의 소비 비중이 상승했지만 이보다는 전력의 소비 구성비가 훨씬 빠른 속도로 상승했다는 점이 특징이다. 가스의 온실가스 배출계수는 분석기간에 변화가 없지만 전력의 배출계수는 악화되는 추이를 나타냈다. 더욱이 전력가격이 상대적으로 저렴하여 모든 부문에서 전력으로의 연료 전환이 빠르게 이루어짐으로써 에너지믹스효과는 온실가스 배출 증가에 기여한 것으로 분석된다. 에너지믹스효과에 의한 온실가스 배출량 감소효과를 극대화시키기 위해서는 화석연료를 저탄소 연료로 대체하는 정책이 추진될 필요가 있다.

에너지소비당 온실가스 배출량(간접배출 포함)은 2004~2007년에 전반적으로 연평균 -1.1%의 속도로 하락했지만 2007~2010년에는 연평균 2.3%의 속도로 상승했다. 이러한 추이는 앞에서 분석한 바와 같이 2004~2007년에는 배출계수 효과가 온실가스 감축에 기여한 반면, 이명박 정부기간인 2007~2010년에는 온실가스 배출량 증가에 기여한 요인을 설명해주고 있다. 분석기간(2004~2010년)에는 정유, 비철금

속, 요업의 에너지소비당 온실가스 배출량은 하락했지만 다른 모든 업종의 지수는 악화되는 추이를 나타냈다. 분석기간(2004~2010년)에 개별 에너지원의 온실가스 배출계수는 변하지 않았으나 전력의 배출계수만 변했기 때문에 배출계수효과는 결국 전력의 배출계수 변화에 의해서 좌우되었다고 할 수 있다. 따라서 배출계수효과에 의한 온실가스 배출량 감소를 거두기 위해서는 전력의 저탄소화 추진이 필요한 것으로 분석된다.

5. 결론

이명박 정부는 녹색성장을 정부의 주요정책으로 추진하여 녹색성장 정책의 세계적인 선두주자로 부상했다. 박근혜 정부에서는 창조경제를 정책의 아젠다로 삼고 있으나 특히 에너지부문에서는 녹색성장 정책의 주요내용을 계승했다고 할 수 있다. 따라서 녹색성장 정책에 대한 평가는 창조경제 및 에너지 정책의 방향을 결정짓는 중요한 과정이라고 할 수 있다. 본고는 지수분해 분석방법론을 사용하여 제조업의 온실가스 배출증감을 5가지 효과(생산효과, 구조효과, 집약도효



〈표 13〉 업종별 에너지소비당 온실가스 배출량 및 배출계수효과

구분	에너지소비당 온실가스 배출량 증감율(%)		배출계수효과(천CO ₂ 톤)	
	2004~2007	2007~2010	2004~2007	2007~2010
섬유	1.2	2.0	-175	602
제지목재	0.8	2.7	-102	571
정유	0.0	-0.2	-	0
석유화학	-1.7	2.4	-816	1,966
철강	0.1	0.5	-212	1,489
비철금속	-3.7	3.7	-55	350
유리	0.0	3.6	-25	170
요업	-3.7	2.5	-12	70
시멘트	-0.2	0.6	-59	320
기계	0.1	3.5	-128	931
반도체	1.1	2.1	-88	662
디스플레이	1.4	2.2	-46	403
전기전자	0.2	5.0	-97	611
자동차	-1.1	3.4	-105	684
조선	4.0	2.2	-28	214
음식담배	-0.7	12.7	-68	409
기타제조	1.7	0.8	-20	116
계	-1.1	2.3	-1,978	9,567

자료: 에너지경제연구원

과, 에너지믹스효과, 배출계수효과)로 분해하여 이명박 정부의 녹색성장 정책이 제조업의 온실가스 감축에 유효하게 작용했는지의 여부를 분석했다.

지수분해 방법에 의한 제조업의 온실가스 배출량 분해 분석 결과에서는 이명박 정부 이전(2004~2007년)과 이명박 정부기간(2007~2010년) 모두 생산효

과가 여전이 온실가스 배출량 증가의 주요요인으로 작용한 것으로 나타났다. 특히 철강과 석유화학, 시멘트 등의 에너지 다소비 및 온실가스 다배출산업이 생산효과의 대부분을 차지한 것으로 분석되었다. 이명박 정부의 녹색성장 정책이 유효하게 작용했다면 에너지집약도효과와 에너지믹스효과 및 배출계수효과

가 제조업의 온실가스 배출량 감소에 기여했을 것으로 예상된다. 지수분해 분석결과, 에너지집약도효과는 이명박 정부 이전 기간에 온실가스 감소에 기여했으나 이명박 정부기간에는 온실가스 증가에 기여한 것으로 나타났다. 에너지믹스효과는 이명박 정부 이전 기간에 온실가스 배출량 증가에 기여했으나 이명박 정부에 들어서면서 배출증가 기여수준이 더욱 확대된 것으로 나타났다. 온실가스 배출계수는 이명박 정부 이전 기간에 온실가스 감소에 기여했으나 이명박 정부기간에서는 배출량 증가에 기여한 것으로 나타났다. 이러한 효과의 추이를 감안하면 이명박 정부의 녹색성장 정책효과가 발휘되지 못한 것으로 평가된다.

5가지 효과와 관련된 다양한 지수도 전반적으로 녹색성장과 역행되는 방향으로 진전되고 있는 추이를 나타내고 있다. 이명박 정부는 녹색성장 정책의 효과가 발휘된다면 2015년부터 경제성장률과 온실가스 배출이 탈동조화가 가능할 것으로 예상했다. 그러나 탈동조화가 실현되기 위해서는 온실가스 배출구조가 지속적으로 개선되어야 할 것으로 예상된다. 즉, 집약도효과와 에너지믹스효과 및 배출계수효과가 지속적으로 온실가스 배출량 감소에 기여하고 생산효과와 구조효과도 탈동조화 방향으로 수렴되는 추이를 나타내야 할 것으로 보인다. 그러나 분석결과 탈동조화 선행요건이 충족되지 못함에 따라 2015년부터 경제성장률과 온실가스 배출이 탈동조화될 것이라는 기대가 실현되기는 어려울 것으로 예상된다.

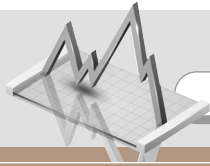
본고의 한계는 이명박 정부기간(2008~2012년)을 포괄하지 못하는 짧은 기간(2004~2010년)을 분석기간으로 설정했으며 불충분한 자료를 사용했다는 점이다. 녹색성장 정책은 지속적이고 장기간에 걸친 투자

가 이루어져야 하며 정책효과 역시 장기간에 걸쳐서 나타날 것으로 예상된다. 따라서 상당한 기간이 지난 이후에 이명박 정부의 녹색성장 정책을 평가하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 부가가치 보다는 총산출액이 온실가스 배출량과 상관관계가 깊을 것으로 추정하여 총산출액을 생산량 자료로 사용했다. 일반적으로 부가가치를 생산량 변수로 사용하고 있다는 점을 감안하면 부가가치를 생산량 자료로 사용한 분석도 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

- 김수이 · 정경화, “LMDI 방법론을 이용한 국내 제조업의 온실가스 배출 요인분석”, 『에너지경제연구』, 2010
- 녹색성장위원회, 녹색성장 5개년 계획, 2009
- 에너지경제연구원, 2012 에너지통계연보, 2012
- _____, 녹색선진국 진입을 위한 post-2012 에너지 · 산업부문 저탄소 전략연구, 2012, 2013
- _____, 산업 · 에너지부문 온실가스 배출 통계 작성 및 품질관리 연구, 2013
- _____, 온실가스 배출통계 업종 세분화 방법론 고도화 연구, 2013
- _____, 에너지 · 산업부문 온실가스 주요 통계, 2013.9
- 에너지관리공단, 2012 에너지 · 기후변화 편람, 2012.9
- 진상현, “이명박 정부 저탄소 녹색성장 국정기조의 경



로의존성,” 「한국행정논집」, 제25권 제4호,
1049-1073, 2013 겨울

〈외국 문헌〉

B.W., Ang, 2005, “The LMDI approach to decomposition analysis : a practical guide,” *Energy Policy*, 33, 867-871

He, F., Zhang, Q., Lei J., Fu, W., Xu, X.,
“Energy efficiency and productivity change of China’s iron and steel industry : Accounting for undesirable outputs,” *Energy Policy*, 54, 204-213, 2013

Hernandez-Sancho, F., Molinos-Senate, M., Sala-Garrido, R., “Energy efficiency in Spanish wastewater treatment plants : A non-radial DEA approach,” *Science of the Total Environment*, 409, 2693-2699, 2011