

정책 이슈페이퍼 18-18

저탄소 정책의 온실가스부문 평가지표 개발 및 저탄소 정책 수립방향 연구

- 부문별 및 업종별 온실가스 감축실적 평가 -

노동운

목 차

- I. 배경 및 문제점 / 1
- II. 조사 및 분석 결과 / 2
- III. 정책 제언 / 15
- IV. 기대 효과 / 19
- 〈참고자료〉 / 21

I. 배경 및 문제점

- 2030년 온실가스 감축목표와 이를 달성할 감축 로드맵 수립으로 실질적인 온실가스 감축노력을 평가할 지표를 설정하고 이러한 지표를 적용하여 온실가스 감축노력을 평가할 필요가 제기됨
 - 2030년 온실가스 감축목표가 설정(2015년 6월)되고 이를 달성하기 위한 구체적인 감축로드맵도 설정(2017년 12월)됨에 따라 부문별 및 업종별 온실가스 감축 이행을 평가할 지표 설정이 필요함.
 - 업종별 온실가스 배출량과 상관관계가 높은 제품 생산량을 기준으로 한 온실가스 집약도를 평가지표로 설정(2016년도 연구)하고, 동 지표를 사용하여 부문 및 업종에서 실질적인 온실가스 감축노력을 평가할 필요가 있음
- 본 연구는 온실가스 감축 평가지표가 포함된 지수분해분석방법론을 사용하여 2000-2015년 기간의 부문 및 업종별 온실가스 감축노력을 평가했음.
 - 가법적 지수분해 분석방법론(LMDI)을 사용하여 업종별 온실가스 배출증감을 5가지 요인(생산효과, 구조효과, 에너지집약도효과, 에너지믹스효과, 온실가스배출계수효과)로 구분
 - 온실가스 감축노력효과는 생산효과를 제외한 4개 효과(구조효과, 에너지집약도효과, 에너지믹스효과, 온실가스배출계수효과)의 합으로 규정했는데, 이는 온실가스 감축 평가지표의 변화에 의한 효과를 의미함
 - 본 연구는 12개 업종의 2000-2015년 연료연소에 의한 온실가스(CO_2 , CH_4 , N_2O)를 대상으로 분석했으며, 부가가치와 같은 경제변수를 사용하지 않고 온실가스 배출량과 상관관계가 높은 제품 생산량을 사용한 점이 특징임.

II. 조사 및 분석 결과

1. 2000-2015년 기간의 업종별 온실가스 감축노력 효과

□ 온실가스 감축노력이 배출량 감소로 이어진 업종은 5개 업종이며, 나머지 7개 업종에서는 배출량 감소에 기여하지 못한 것으로 분석

- 5개 업종(제조산업, 도로교통, 철도교통, 해운교통, 가정부문)은 온실가스 감축노력이 배출량 감소로 이어졌으며, 나머지 7개 업종(전력산업, 정유산업, 시멘트, 철강, 석유화학, 항공교통, 상업부문)은 배출량 증가로 이어졌음
- 온실가스 감축노력이 배출량 감소로 이어지지 못한 경우는 온실가스 감축 효과(주로 에너지 집약도효과, 에너지 믹스효과)가 구조효과나 배출계수효과에 의한 배출량 증가에 비해 규모가 적었기 때문임
- 온실가스 감축 및 에너지 절약 노력이 지속적으로 이루어지고 있지만 온실가스 감축노력이 효과를 발휘하지 못한 요인은 분석기간이 15년(2000-2015년)으로 장기간이기 때문임
- 2010년 이후에 온실가스 배출 증가율이 둔화된 점을 감안하면 2010-2015년에 온실가스 감축노력이 발휘된 업종은 전력, 제조, 철도교통, 항공교통, 해운교통, 가정부문, 상업부문 등 7개로 증가했음

<표 1> 업종별 온실가스 배출량 증감 분해 분석 결과

(단위: 천CO₂톤)

업종	생산 효과	감축노력					총 효과
		소계	구조 효과	집약도 효과	에너지 믹스효과	배출 계수효과	
전력	111,814	7,191	18,297	-2,525	-9,471	889	120,536

업종	생산 효과	감축노력					총 효과
		소계	구조 효과	집약도 효과	에너지 믹스효과	배출 계수효과	
정유	1,914	851	787	1,097	-854	-179	2,766
시멘트	410	1,645	523	1,415	-415	123	2,046
철강	42,053	17,280	8,617	5,817	1,458	1,388	59,333
석유화학	23,612	1,918	584	-1,035	2,734	-365	25,529
제지	1,198	-2,623	-423	-1,003	-1,276	80	-1,425
도로	80,360	-55,316	-	-58,496	1,651	1,529	25,043
철도	325	-851	-	-1,106	231	24	-526
항공	1,828	4,153	-	4,045	3	105	5,981
해운	5,816	-11,302	-	-11,055	-10	-236	-5,486
가정	16,099	-13,935	-	-20,410	4,903	2,112	2,704
상업	27,532	1,269	-	-6,947	7,119	1,097	28,802

2. 온실가스 배출량 감소 주요 요인

□ 업종별 온실가스 배출량 감소의 가장 큰 요인은 에너지집약도 개선이며, 다음으로는 에너지 믹스효과로 분석되었음

- 분석대상 12개 업종에서 에너지 집약도효과가 온실가스 배출량 감소로 이어진 업종은 8개 업종(전력, 석유화학, 제지, 도로, 철도, 해운, 가정, 상업)으로 분석됨
 - 제지와 해운에서는 에너지 믹스도 저탄소형으로 개선되어 배출량 감소에 기여했음
- 온실가스 감축노력이 업종의 온실가스 배출량 감소로 이어진 5개 업종(제지, 도로, 철도, 해운, 가정)에서는 모두 에너지 집약도가 개선되어 온실가스 배출량 감소에 기여했음

- 온실가스 감축효과가 배출량 감소로 이어지지 못한 7개 업종(전력, 정유, 시멘트, 철강, 석유화학, 항공교통, 상업)에서 에너지 집약도 효과가 온실가스 배출량 감소에 기여한 업종은 3개 업종(전력, 석유화학, 상업)으로 분석

3. 온실가스 배출량 증가 주요 요인

☐ 업종별 온실가스 배출량 증가의 가장 큰 요인은 제품 생산량 증대에 따른 생산효과로 분석되었음

- 분석대상 12개 업종에서 모두 생산효과는 배출량 증가에 기여했으며, 온실가스 배출량이 감소한 업종에서도 생산효과는 배출량 증가에 기여했음
- 생산효과가 배출량 증가로 이어진 원인은 우리나라 경제가 지속적으로 성장하고 있다는 점과, 분석기간이 15년(2000-2015년)으로 장기간이라는 점임
- 생산효과는 기업이나 업종이 통제할 수 없고, 향후에는 성장세가 둔화될 것으로 보여 향후 생산효과는 축소될 가능성이 높을 것으로 예상됨

<표 2> 분석대상 업종의 제품 생산량 추이

업종	업종별 제품 생산량	2000년	2015년	증감률
전력	전력 생산량(GWh)	266,400	528,091	98.2%
정유	원유 처리량(천배럴)	890,304	1,016,157	14.1%
시멘트	클링커 생산량(천CO2톤)	45,719	47,015	2.8%
철강	조강 생산량(천톤)	43,107	69,670	61.6%
석유화학	기초유분 생산량(천톤)	16,365	27,015	65.1%
제지	종이 생산량 (천톤)	10,245	12,535	22.4%
도로	여객 수송량(백만인-km)	74,572	250,975	236.6%
철도	철도여객 수송량(백만인-km)	19,004	23,450	23.4%
항공	국내 여객 수송량(천명)	46,050	56,814	23.4%
해운	여객 수송량(천인)	10,701	17,998	68.2%
가정	주거면적(백만m2)	892.6	1,280.3	43.4%
상업	서비스면적(백만m2)	148.3	255.4	72.2%

4. 업종별 제품 생산구조 변화

□ 분석기간에 업종별 제품 생산구조는 온실가스 배출량 증가에 기여하는 방향으로 진전되었음

- 구조효과를 분석한 6개 업종(전력, 정유, 시멘트, 철강, 석유화학, 제지)에서 제지산업만 구조효과가 온실가스 배출량 감소에 기여한 반면 나머지 5개 업종의 구조효과는 배출량 증가에 기여했음
 - 제지산업의 경우에는 7개 종이제품에서 분석기간에 온실가스 집약도가 가장 큰 폭으로 하락한 골판지의 생산비중이 10.9%p 큰 폭으로 상승함으로써 구조효과가 온실가스 배출량 감소에 기여했음
 - 그러나 전력산업에서는 유연탄화력발전이 크게 증가하여 전체 전력 생산량에서 화력발전 생산량이 차지하는 비중이 분석기간에 6.7%p 상승했음
 - 정유산업에서는 제품 생산량당 에너지 소비와 온실가스 배출량이 높은 경질 석유제품 생산량의 비중이 13.3%p 상승했음
 - 시멘트산업에서는 슬래그 시멘트 생산에 사용된 클링커의 비중이 상승함에 따라 구조효과가 온실가스 배출량 증가에 기여했음
 - 철강산업에서는 전기로강에 비해 온실가스 집약도가 높은 전로강의 생산비중이 12.4%p 상승함에 따라 구조효과가 배출량 증가에 기여했음
 - 석유화학산업에서는 6개 기초유분 생산량에서 온실가스 집약도가 상대적으로 높은 벤젠의 생산비중이 5.6%p 상승했음

<표 3> 분석대상 업종의 제품 생산구조 변화

업종	에너지 집약도	2000년	2015년	증감률
전력	화력발전 비중	57.0%	63.7%	6.7%p
정유	경질 석유제품 생산 비중	70.5%	83.8%	13.3%p
시멘트	슬래그 시멘트의 클링커 비중	6.1%	11.4%	5.3%p
철강	전로강 생산 비중	57.2%	69.6%	12.4%p
석유화학	벤젠의 생산 비중	17.1%	22.7%	5.6%p
제지	골판지 생산 비중	30.0%	40.9%	10.9%p

5. 에너지 소비 추이

□ 분석 대상 12개 업종에서 8개 업종의 에너지 소비량은 분석기간에 증가한 반면 4개 업종의 에너지 소비는 감소했으며, 화석에너지의 소비는 감소한 반면 신재생에너지의 소비는 증가한 특징을 나타내고 있음

- 8개 업종(전력, 정유, 철강, 시멘트, 석유화학, 도로, 항공, 상업)의 에너지 소비는 분석기간에 큰 폭으로 증가했으나, 4개 업종(제지, 철도, 해운, 가정)의 에너지 소비는 큰 폭으로 감소했음
 - 전력산업의 에너지 소비가 가장 빠른 속도로 증가하여 2015년의 소비량은 2010년 대비 107.1% 증가했음
 - 항공(96.4%), 철강(89.6%), 석유화학(63.5%)의 에너지 소비가 분석기간에 60% 이상 증가했으며, 상업부문도 50.1% 증가했음
 - 도로(39.1%), 정유(30.0%)의 에너지 소비도 30% 이상 비교적 빠르게 증가했으나, 시멘트(15.9%)는 가장 낮은 증가율을 나타냈음
 - 반면, 제지산업의 에너지 소비는 분석기간에 3.6% 감소했으며, 철도(-39.7%)와 해운(-37.4%) 및 가정부문(-6.9%)의 에너지 소비도 감소했음

- 에너지 소비가 증가한 8개 업종에서 시멘트를 제외한 나머지 업종의 에너지 소비는 비교적 빠르게 증가한 편이며, 에너지 소비가 감소한 4개 업종에서 제지와 가정부문을 제외하면 2개 업종의 에너지 소비는 빠르게 감소한 점이 특징임
- 에너지원별 소비 증가율에서는 화석에너지의 소비는 감소하는 대신 전력과 열, 신재생 에너지의 소비는 빠르게 증가하는 특징을 나타내고 있음
- 화석에너지와 전력 및 열, 신재생에너지를 사용한 9개 업종(시멘트, 철강, 석유화학, 제지, 도로, 철도, 가정, 상업)에서 5개 업종(시멘트, 제지, 철도, 가정, 상업)의 2015년 화석연료 소비량은 2000년 소비량 대비 제지산업(-79.9%), 철도(-64.8%), 해운(-37.4%), 가정(-24.5%), 상업(-7.2%), 시멘트(-3.1%) 순으로 화석에너지의 소비가 감소했음
- 나머지 4개 업종(전력, 철강, 석유화학, 도로)의 화석에너지 소비량은 오히려 증가했는데, 전력(유연탄), 철강(유연탄), 석유화학(납사)의 경우에는 화석연료가 원료용으로 사용된 것이며, 도로교통의 경우에는 화석연료(휘발유, 경유, 부탄)가 에너지 소비의 대부분을 차지하고 있기 때문에 증가한 것으로 풀이됨
- 제지산업의 2015년 신재생에너지(대체에너지) 소비는 2000년 소비 대비 158.2%, 상업부문은 144.5%, 가정부문은 70.0% 증가했음. 전력과 열의 소비는 상업부문이 124.4% 증가하여 증가폭이 가장 높았으며, 다음으로는 석유화학(106.9%), 철강(85.0%), 가정(62.1%), 제지(22.1%), 철도(8.8%), 시멘트(4.9%) 순으로 전력과 열의 소비가 증가했음. 분석대상 12개 업종에서 전력과 열 및 신재생에너지를 사용하지 않은 정유, 항공, 해운을 제외한 나머지 9개 업종에서는 모두 전력과 열 소비 및 신재생에너지 소비가 빠르게 증가한 점이 특징으로 나타나고 있음

- 화석에너지의 소비는 원료용을 제외한 업종에서 모두 분석기간에 감소했으며, 전력과 열의 소비 및 신재생에너지의 소비는 빠르게 증가했음

<표 4> 분석대상 업종의 에너지 소비 및 소비 증감률

(단위 : 천TOE, %)

업종	2000	2015	증감률	에너지원별 증감률 변화		
				화석연료	전력/열	신재생
전력	34,873	72,237	107.1%	106.1%	-	100%
정유	5,182	6,737	30.0%	30.0%	-	-
시멘트	3,627	4,202	15.9%	-3.1%	4.9%	100%
철강	16,571	321,427	89.6%	90.2%	85.0%	-
석유화학	29,651	48,481	63.5%	59.8%	106.9%	-
제지	2,681	2,603	-3.6%	-79.9%	22.1%	158.2%
도로	23,554	32,768	39.1%	37.2%	-	100%
철도	513	309	-39.7%	-64.8%	8.8%	-
항공	2,174	4,269	96.4%	96.4%	-	-
해운	4,705	2,946	-37.4%	-37.4%	-	-
가정	21,327	19,848	-6.9%	-24.5%	62.1%	70.0%
상업	11,016	16,538	50.1%	-7.2%	124.4%	144.5%

6. 온실가스 배출량 추이

□ 분석 대상 12개 업종에서 9개 업종의 온실가스 배출량은 분석기간에 증가한 반면 3개 업종의 배출량은 감소했으며, 간접배출량(전력)은 모든 업종에서 증가했음

○ 9개 업종(전력, 정유, 철강, 시멘트, 석유화학, 도로, 항공, 가정, 상업)의 온실가스 배출량은 분석기간에 증가했으나, 3개 업종(제지, 철도, 해운)의 온실가스 배출량은 분석기간에 감소했음

- 전력산업의 온실가스 배출량이 가장 빠른 속도로 증가하여 2015년의 배출량은 2010년 대비 104.5% 증가, 다음으로는 항공(98.8%), 철강(93.2%), 상업(70.7%), 석유화학(68.5%) 배출량이 60% 이상 증가했으며, 도로(44.3%), 정유(20.1%)의 배출량도 비교적 빠른 속도로 증가했으나, 시멘트(14.4%)와 가정(4.4%)부문의 배출량은 비교적 느린 속도로 증가했음
 - 반면, 해운교통의 배출량은 38.7% 감소했으며, 철도교통도 28.2% 감소했고, 제지산업의 배출량은 17.3% 감소했음
- 전력의 소비 증가와 전력의 배출계수 상승으로 간접배출량(전력/열)이 모든 업종에서 증가한 점이 특징으로 나타나고 있음
- 간접배출량은 상업(130.4%), 석유화학(112.0%), 철강(86.6%), 가정(77.2%), 제지(20.0%), 철도(11.5%), 시멘트(7.7%) 순으로 크게 증가했음
 - 직접배출량은 제지, 철도, 해운, 가정, 상업부문에서 감소했으나, 나머지 업종에서는 증가했음

<표 5> 분석대상 업종의 온실가스 배출량 및 배출 증감률

(단위 : 천CO2톤, %)

업종	2000	2015	증감률	배출원별 배출 증감률	
				직접배출	간접배출
전력	116,947	239,156	104.5%	104.5%	-
정유	13,756	16,522	20.1%	20.1%	-
시멘트	14,247	16,294	14.4%	15.7%	7.7%
철강	60,968	117,814	93.2%	93.9%	86.6%
석유화학	37,295	62,825	68.5%	48.3%	112.0%
제지	8,150	6,737	-17.3%	-78.4%	20.0%
도로	56,512	81,555	44.3%	44.3%	-
철도	1,866	1,339	-28.2%	-64.8%	11.5%
항공	6,054	12,036	98.8%	98.8%	-
해운	14,166	8,680	-38.7%	-38.7%	-
가정	61,859	64,562	4.4%	-27.5%	77.2%
상업	40,733	69,535	70.7%	-16.2%	130.4%

7. 에너지 전환

□ 분석기간에 화석연료를 천연가스나 신재생에너지 및 전력으로 대체하는 경향이 뚜렷하게 나타나고 있음

- 산업부문에서는 제지산업과 시멘트산업에서 화석연료를 신재생에너지로 대체했음
 - 제지산업은 2000-2015년 분석기간에 석유소비 비중을 44.3%p 감소시킨 대신 폐타이어와 폐합성수지, 폐목재 등의 대체에너지 소비 비중을 28.5%p 확대시키고, 나머지는 가스와 전력 및 열의 소비 비중을 확대시켰음
 - 시멘트산업은 분석기간에 석탄사용을 15.7%p 감소시키고 대신 폐합성수지나 폐타이어와 같은 대체에너지 사용을 15.2%p 확대했음
- 가정부문과 상업부문에서는 화석연료소비를 전력으로 대체하는 경향이 뚜렷하게 진행되고 있음
 - 가정부문에서는 분석기간에 석유 소비가 26.2%p 감소한 대신 전력 소비가 12.7%p 증가했으며, 가스 소비도 11.8%p 증가했으며, 상업부문에서는 석유 소비가 28.1%p 감소한 대신 전력 소비가 21.0%p 증가했음

<표 6> 분석대상 업종의 에너지 소비 비중 추이

(단위: %p)

업종	석탄	석유	가스	전력	열	신재생/대체
전력	3.8%p	-14.5%p	10.2%p	-	-	0.5%p
정유	-	(석유 사용)	-	-	-	-
시멘트	-15.7%p	1.7%p	-	-1.2%		15.2%
철강						
석유화학	-0.3%p	-4.0%p	2.3%p	2.1%p	-	-
제지	-	-44.3%p	6.4%p	4.7%p	4.7%p	28.5%p
도로	-	-5.3%p	3.9%p	-	-	1.3%p
철도	-	-27.5%	-	27.5%	-	-
항공	-	(석유사용)	-	-	-	-
해운	-	(석유사용)	-	-	-	-
가정	-0.7%p	-26.2%p	11.8%p	12.7%p	2.0%p	0.4%p
상업	0.7%p	-28.1%p	5.8%p	21.0%p	0.4%p	0.2%p

8. 에너지 집약도 추이

□ 분석기간에 7개 업종의 에너지 집약도는 개선되었으나 5개 업종의 에너지 집약도는 악화된 것으로 나타났다

- 에너지 집약도가 분석기간에 가장 큰 폭으로 개선된 업종은 해운교통(-62.8%)이며, 도로교통(-58.7%)과 철도교통(-51.1%)도 큰 폭으로 개선되어 전반적으로 수송부문의 에너지 집약도가 크게 향상되었음
- 가정부문(-35.1%), 제지산업(-21.2%), 상업부문(-12.8%), 석유화학(-1.0%)도 에너지 집약도가 개선되었음
- 그러나 항공부문의 에너지 집약도는 분석기간에 59.2% 상승했으며, 다음으로는 철강산업(18.0%), 정유산업(13.9%), 시멘트산업(12.7%), 전력산업(4.5%) 순으로 에너지 집약도가 악화되었음

- 전력산업의 에너지 집약도 악화는 가스발전의 비중 증대와 발전효율 하락이 주된 원인이며, 시멘트의 에너지 집약도 악화 요인은 대체에너지 사용에 따른 열량 감소, 철강산업은 고부가가치화 전략 추진에 따른 전로강 생산 확대와 전력사용 증대로 풀이됨

<표 7> 분석대상 업종의 에너지 집약도 추이

업종	에너지 집약도	2000년	2015년	증감률
전력	에너지 집약도(TOE/MWh)	0.131	0.137	4.5%
정유	에너지 집약도(TOE/천배럴)	5.821	6.630	13.9%
시멘트	에너지 집약도(TOE/클링커톤)	0.079	0.089	12.7%
철강	에너지 집약도(TOE/조강톤)	0.392	0.462	18.0%
석유화학	에너지 집약도(TOE/기초유분톤)	1.812	1.795	-1.0%
제지	에너지 집약도(TOE/종이톤)	0.262	0.206	-21.2%
도로	에너지 집약도(TOE/천인-km)	0.316	0.131	-58.7%
철도	에너지집약도(TOE/천인-km)	0.027	0.013	-51.1%
항공	에너지집약도(TOE/명)	0.047	0.075	59.2%
해운	에너지 집약도(TOE/명)	0.440	0.164	-62.8%
가정	에너지 집약도(TOE/m2)	0.024	0.016	-35.1%
상업	에너지 집약도(TOE/m2)	0.074	0.065	-12.8%

9. 온실가스 집약도 추이

□ 분석기간에 분석대상 12개 업종에서 6개 업종의 온실가스 집약도는 개선되었으나, 나머지 6개 업종의 온실가스 집약도는 악화되었음

- 온실가스 집약도가 가장 큰 폭으로 하락한 업종은 해운교통(-63.6%)이며, 다음으로는 도로교통(-57.1%), 철도교통(-41.8%), 제지산업(-32.4%), 가정부문(-27.2%), 상업부문(-0.9%) 순임

- 항공부문(61.1%)의 온실가스 집약도는 분석기간에 가장 큰 폭으로 상승했으며, 철강산업(20.5%), 시멘트산업(11.2%), 정유산업(5.2%), 전력산업(2.4%), 석유화학산업(2.0%) 순으로 온실가스 집약도가 상승했음
- 전력산업의 온실가스 집약도 악화 요인은 석탄화력발전의 비중 상승이며, 시멘트산업은 대체에너지 사용의 열량 감소와 이로 인한 배출량 증가, 철강산업은 전로강 증대에 따른 석탄과 전력의 소비 증가, 석유화학은 납사의 소비 증가, 항공교통은 항공유 소비 증가가 주요 요인임

<표 8> 분석대상 업종의 온실가스 집약도 추이

업종	온실가스 집약도	2000년	2015년	증감률
전력	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/MWh)	0.439	0.450	2.4%
정유	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/천배럴)	15.451	16.259	5.2%
시멘트	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/클링커톤)	0.312	0.347	11.2%
철강	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/조강톤)	1.453	1.750	20.5%
석유화학	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/기초유분톤)	2.279	2.326	2.0%
제지	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/종이톤)	0.796	0.537	-32.4%
도로	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/천인-km)	0.758	0.325	-57.1%
철도	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/천인-km)	0.098	0.057	-41.8%
항공	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/명)	0.131	0.212	61.1%
해운	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/명)	1.324	0.482	-63.6%
가정	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/m ²)	0.069	0.050	-27.2%
상업	온실가스 집약도(CO ₂ 톤/m ²)	0.275	0.272	-0.9%

Ⅲ. 정책 제언

1. 현재의 에너지효율 및 저탄소 정책을 지속하고 강화시킬 필요가 있음

□ 분석결과 온실가스 감축노력이 주로 에너지 집약도 개선과 에너지 믹스효과에서 나타나고 있는 점을 감안하면 현재의 에너지 효율개선 정책과 저탄소 정책을 지속적으로 추진하고 강화할 필요가 있음

- 현재 추진되고 있는 기후변화 정책 및 조치는 대부분 에너지 효율향상에 기여한 것으로 나타남에 따라 기존의 정책 및 조치들을 지속적으로 추진하고, 추진 결과를 모니터링할 필요가 있음
- 또한 온실가스 배출량 감소에 기여하지 못한 구조효과를 배출량 감소로 전환시키기 위해서는 제품별 및 공정별 온실가스 집약도를 개선시킬 정책 수단이 추진될 필요가 있음

□ 에너지 효율 개선효과가 나타나지 않는 업종의 문제점을 분석하고 이들 업종에서 에너지 효율을 개선시킬 수 있는 정책과 조치를 업종별 맞춤형으로 추진할 필요가 있음

- 온실가스 배출량 감소는 에너지 집약도 개선에 의한 효과가 지배적인 것으로 나타났으며, 에너지 믹스도 저탄소형으로 개선되어 배출량 감소에 기여하고 있는 점이 특징으로 나타나고 있음
- 이러한 분석결과는 정부와 산업계가 추진해 왔던 에너지 효율정책이나 기후변화 정책이 효과를 발휘하고 있다는 점을 말해주고 있음
- 따라서 현재 추진하고 있는 에너지 효율 개선을 위한 정책 및 조치들을 지

속적으로 추진할 필요가 있으며, 특히 에너지 효율 개선효과가 나타나지 않는 업종의 문제점을 분석하고 대안을 준비하는 것이 필요함

2. 산업부문의 고부가가치화 및 저탄소제품 확대 전략을 추진할 필요가 있음

□ 업종별 온실가스 배출량 증가 주요 요인이 생산효과로 분석됨에 따라 저탄소 사회 구축을 위해서는 제품의 고부가가치화 전략 추진이 필요함

- 생산효과는 기업이나 업종에서 통제할 수 있는 요인이 아니지만, 향후에는 성장세가 과거에 비해 둔화될 것으로 보여 향후 생산효과는 축소될 가능성이 높음
- 저탄소 경제구조를 구축하기 위해서는 지속적인 경제성장과 온실가스 감축을 동시에 추구할 필요가 있으며, 온실가스 감축을 위해서 생산을 통제하거나 산업구조를 변경하는 것은 무리이기 때문에 제품의 부가가치를 제고시키는 고부가가치화 전략을 추진하는 것이 필요함
- 또한 생산효과에 의한 온실가스 배출량 증가를 상쇄할 수 있도록 감축노력을 더욱 강화하는 전략 추진이 필요함

□ 구조효과가 온실가스 배출량 감소에 기여하기 위해서는 저탄소 제품의 생산을 확대하는 전략 추진이 필요함

- 분석결과 구조효과는 대부분 온실가스 배출량 감소에 기여하지 못한 것으로 나타났으며, 구조효과가 온실가스 배출량 감소로 이어지기 위해서는 제품별 에너지 집약도와 온실가스 집약도를 개선하는 정책 및 조치들이 추진될 필요가 있음

- 현재 추진되고 있는 산업부문의 기후변화정책과 에너지 정책 및 조치는 대부분 에너지 효율개선과 에너지 믹스 개선에 영향을 미치고 있기 때문에 업종내 제품의 구조변화에 따른 온실가스 배출량 감소와 에너지 효율개선을 위한 구체적인 조치들이 도입될 필요가 있음
- 산업 전체의 에너지 효율 개선과 온실가스 집약도 개선에 이어 제품별 및 공정별 에너지 집약도와 온실가스 집약도에 대한 분석을 통해서 에너지와 온실가스의 효율을 제고시킬 수 있는 공정개선과 설비개체를 추진할 필요가 있음

3. 저탄소 에너지원의 확대를 지속적으로 추진할 필요가 있음

☐ 화석연료가 저탄소 에너지로 전환되고 있다는 점을 감안하면 현재의 기후 변화 및 에너지 정책 추진을 지속하고 강화시킬 필요가 있음

- 분석 결과 화석에너지 소비는 원료용을 제외한 업종에서 모두 분석기간에 감소했으나, 전력과 열의 소비 및 신재생에너지의 소비는 빠르게 증가하여 화석연료 대체가 빠르게 진전되고 있음
- 이러한 추이는 우리나라에서 기후변화정책 및 에너지정책이 유효하게 작용하고 있다는 점을 말해주고 있기 때문에 현재 추진하고 있는 기후변화와 에너지 정책 및 조치들을 지속적으로 추진하면서 그 효과를 모니터링 하면서 추진 속도를 강화할 필요가 있음

☐ 전력 소비가 향후에도 지속적으로 증대될 것으로 예상됨에 따라 전력의 저탄소화 추진이 필요함

- 분석결과 간접배출량이 증가한 요인은 주로 전력으로의 연료전환과 전력의 온실가스 배출계수 상승으로 요약됨

- 향후 전력의 소비는 지속적으로 증가하면서 화석연료 소비를 대체할 것으로 예상되기 때문에 전력산업의 저탄소화 추진이 필요함
- 이와 함께 직접배출량을 감소시키기 위해서는 연료전환을 지속적으로 추진할 필요가 있음

□ 전력 소비에 의한 온실가스 배출량 책임을 전력의 소비와 생산으로 분산시킬 필요가 있음

- 전력으로의 연료전환이 지속됨에 따라 전력 소비에 의한 간접배출량이 빠르게 증가할 가능성이 높음.
- 전력 사용에 따른 배출량 변화를 반영하기 위해서는 전력의 온실가스 배출계수와 전력 소비량에 대한 책임을 분산시킬 필요가 있음
- 전력의 온실가스 배출계수는 전력을 생산하는 전력산업이 책임지고, 전력 사용량은 전력을 소비하는 소비자가 책임지는 제도가 필요함
 - 전력의 온실가스 배출계수에 대한 책임을 전력산업에 부여하고, 전력 사용량에 대한 책임은 전력 소비자에게 부여할 필요가 있음.
- 이러한 책임 분산을 통해 전력산업은 전력의 저탄소화를 가속적으로 추진할 것이며, 전력 소비자는 전력 사용을 절제할 것으로 예상됨

□ 산업부문의 신재생에너지 사용에 따른 온실가스 배출량 증가에 대한 정책적 배려가 필요함

- 시멘트산업에서 유연탄을 대체하는 신재생에너지 사용이 열량감소와 같은 요인으로 인해 오히려 배출량이 증가하는 부작용이 발생하고 있지만 폐자원 활용이라는 점에서 이에 대한 정책적 배려가 필요함

- 시멘트산업에서는 유연탄 사용 대신 대체에너지 사용을 확대시켰지만, 수분함유와 같은 요인으로 인해 대체에너지의 발열량이 예상보다 낮아지면서 에너지 효율이 하락하고 온실가스 배출량이 오히려 증가하는 현상이 나타나고 있음
- 폐에너지 및 폐자원 사용은 국가적인 차원에서 바람직한 자원 활용이기 때문에 이러한 자원 사용에서 발생하는 온실가스에 대해서 크레딧을 부여하는 정책이 필요함. 폐자원을 활용할 경우에는 온실가스 배출량을 할인하거나 배출권 반납을 일정 부분 유보하는 배려가 필요함

IV. 기대 효과

- 본 연구에서 개발 및 사용한 평가지표와 평가 방법론은 부문별 및 업종별 2030년 온실가스 감축목표 이행을 평가하는 절차에 활용될 수 있을 것으로 기대됨
- 우리나라의 부문 및 업종별 2030년 온실가스 감축목표가 설정되고 이를 달성하기 위한 구체적인 감축 로드맵도 수립되었음
- 녹색성장 5개년계획과 온실가스 감축 로드맵 등의 주요 저탄소 정책에서도 주기적인 온실가스 감축실적 평가를 실시하도록 규정하고 있음
 - 제2차 녹색성장 5개년계획, 제1차 기후변화대응 기본계획(2017-2036년), 2020년 온실가스 감축 로드맵에서는 구체적인 평가지표를 개발하고 평가 결과를 보고하도록 규정하고 있음
- 본 연구에서 개발된 부문별 및 업종별 온실가스 감축 평가지표는 온실가스 감축 실적을 간단하게 평가할 수 있는 평가지표로 활용될 수 있음

- 업종별 제품 생산량을 기준으로 한 온실가스 집약도는 업종별 온실가스 배출량 추이를 간단하게 평가할 수 있는 지표로 사용될 수 있음
- 본 연구에서 사용한 지수분해 분석방법론(LMDI)은 업종별 온실가스 배출량 증감을 분해하여 분석함으로써, 온실가스 감축노력을 평가할 수 있는 방법론으로 사용가능함. 본 방법론은 제품 생산량 기준의 온실가스 집약도를 포함하고 있다는 점에서 일관성을 가질 수 있는 평가 방법임

□ 본 연구에서 개발 및 사용한 평가지표와 평가 방법론은 제2차 기후변화 대응기본계획 수립의 기초자료로 활용될 수 있음

- 제2차 기후변화대응 기본계획, 2030년 온실가스 감축 로드맵의 평가보고서 작성 등의 저탄소 정책 평가 및 온실가스 감축 이행 평가에 본 연구의 방법론을 사용할 수 있음

< 참고자료 >

- 김수이, 정경화(2011), LMDI 방법론을 이용한 국내 제조업의 온실가스 배출요인 분해 분석, 자원.환경경제연구 제20권 제2호, pp.229-254
- 노동운(2014), 녹색선진국 진입을 위한 Post-2012 에너지.산업부문 저탄소 전략 연구, 에너지경제연구원 기본연구보고서
- 노동운(2016), 저탄소 정책의 온실가스 부문 평가지표 개발 및 저탄소 정책 수립방향 연구, 에너지경제연구원 기본연구보고서
- 녹색성장위원회, 녹색성장 5개년 계획(2009-2013년), 2009.7
- 대한민국정부 관계부처 합동, 제2차 녹색성장 5개년계획, 2014.6
- 에너지경제연구원/산업통상자원부, 에너지통계연보, 2016
- 온실가스종합정보센터, 국가 온실가스 통계 산정.보고.검증 지침(안), 2016.2
- 한국시멘트협회, 시멘트통계연보, 각년도 및 홈페이지
- 한국제지연합회, 제지통계연보, 각년도 및 홈페이지
- 한국철강협회, 철강통계연보, 각년도 및 홈페이지
- 한국석유화학협회, 한국석유화학편람, 각년도 및 홈페이지
- 통계청, 국가통계포탈,
- http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=M_T_ZTITLE&parmTabId=M_01_01
- 한국은행, 경제통계, <http://ecos.bok.or.kr/>
- Alli Hasanbeigi, Zeyi Jiang, Lynn Price(2014). Retrospective and prospective analysis of the trends of energy use in Chinese iron and steel industry, Journal of Cleaner Production 74, 105-118

- B.W.Ang, F.Q.ZHANG and KI-HONG CHOI(1998). Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition, *Energy* 23, 489-495
- B.W.Ang, F.L.Liu(2001). A new energy decomposition method:perfect decomposition and consistent in aggregation, *Energy* 26, 537-548
- B.W.Ang(2004). Decomposition analysis for policymaking in energy:which is the preferred method?, *Energy Policy* 32, 1131-1139
- B.W.Ang(2005). The LMDI approach to decomposition analysis:a practical guide, *Energy Policy* 33, 867-871
- B.W.Ang, F.L.Liu(2007). Handling zero values in the logarithmic mean Divisia index decomposition approach, *Energy Policy* 35, 238-246
- Jin-Hua Xu, Tobias Fleiter, Wolfgang Eichhammer, Ying Fan.(2012). Energy consumption and CO₂ emissions in China's cement industry : A perspective from LMDI decomposition analysis, *Energy Policy* 50, 821-832
- X.Y.Xu, B.W.Ang.(2014). Analysing residential energy consumption using index decomposition analysis, *Applied Energy* 113, 342-351
- Ming Zhang, Xiao Liu, Wenwen Wang, Min Zhou(2013). Decomposition analysis of CO₂ emissions from electricity generation in China, *Energy Policy* 52, 159-165
- William Chung, M.S. Kam, C.Y.Ip(2011). A study of residential energy use in Hong Kong by decomposition analysis, 1990-2007, *Applied Energy* 88, 5180-5187
- W.W.Wang, M.Zhang, M.Zhou(2011). Using LMDI method to analyze transport sector CO₂ emissions in China, *Energy* 36, 5900-5915

정책 이슈페이퍼 18-18
저탄소 정책의 온실가스부문 평가지표 개발 및
저탄소 정책 수립방향 연구
- 부문별 및 업종별 온실가스 감축실적 평가 -

2018년 6월 30일 인쇄

2018년 6월 30일 발행

저 자 노 동 운

발행인 박 주 현

발행처 **에너지경제연구원**

44543 울산광역시 중가로 405-11

전화: (052)714-2114(代) 팩시밀리: (052)714-2028

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 (사)한국척수장애인협회 인쇄사업소 (031)424-9347
