

KEEI ISSUE PAPER

이슈페이퍼



KOREA
ENERGY
ECONOMICS
INSTITUTE

정책 이슈페이퍼 17-20

저탄소 정책의 온실가스 부문 평가지표 개발 및 저탄소 정책 수립방향 연구 - 부문 및 업종별 온실가스 감축 평가지표 개발

노동운



정책 이슈페이퍼 17-20

저탄소 정책의 온실가스 부문 평가지표 개발 및 저탄소 정책 수립방향 연구 부문 및 업종별 온실가스 감축 평가지표 개발

노동운

목 차

I. 배경 및 문제점 / 1

II. 주요 분석결과 / 2

III. 정책 제언 / 18

IV. 기대 효과 / 19

<참고자료> / 21

I. 배경 및 문제점

□ 온실가스 감축과 관련된 다양한 계획이 정기적으로 수립.이행되고 있으므로 계획 이행에 대한 정기적인 평가가 이루어질 필요가 있음.

- 제1차 녹색성장 5개년 계획(2009-2013)과 제2차 5개년 계획(2014-2018), 1999년 이후 3회의 기후변화종합대책과 기후변화기본계획이 수립.이행.
- 온실가스 감축과 관련된 2020년 온실가스 감축 로드맵(2014-2020), 2030년 온실가스 감축 로드맵(2015-2030)이 수립.이행되고 있음.

□ 부문 및 업종 단위에서 온실가스 감축실적을 평가할 수 있는 정확한 지표가 설정되어 있지 않은 상황임.

- 녹색성장 5개년계획과 기후변화기본계획에서는 국가 전체의 온실가스 감축 관련 목표 지표가 설정되어 있으나 업종별 목표지표나 평가지표는 없음.
- 2020년 및 2030년 온실가스 감축 로드맵에서 업종별 온실가스 감축목표(기준 배출량 대비 감축율/감축량)는 설정되어 있으나 평가지표는 없음.
 - 기준 배출량은 경기여건에 따라 변동되는 불확실성을 내포하고 있기 때문에 온실가스 감축노력을 평가하기 위한 지표로 사용하기 어려움.

□ 본 연구의 목적은 부문 및 업종 단위에서 온실가스 감축노력을 평가할 수 있는 평가지표를 개발하는 것임.

- 부문 및 업종에서 온실가스 배출량과 밀접한 관계를 갖고 있으면서 온실가스 감축노력을 반영할 수 있는 변수를 기준으로 평가 지표를 개발함.
 - 온실가스 배출량과 상관계수가 높고, 에너지효율 개선과 연료전환(에너지믹스) 등의 온실가스 감축노력을 반영할 수 있는 지표를 선정함.

- 분석대상은 전환부문, 산업부문, 수송부문, 가정부문, 상업부문의 하위 부문이나 업종이며, 분석기간은 1990-2015년 기준임(일부 업종은 2004-2015년)
- 전환부문은 3개 업종(발전, 정유, 지역난방), 산업부문은 10개 업종(철강, 시멘트, 유리, 요업, 제지, 석유화학, 기계, 반도체, 디스플레이, 자동차), 수송부문은 4개 하위 부문(철도, 도로, 해운, 항공)으로 구분했으나, 가정부문과 상업부문은 별도의 하위 부문으로 구분하지 않았음.
- 비금속산업(시멘트, 유리, 요업)과 조립금속산업(기계, 반도체, 디스플레이, 자동차)은 세분화된 자료 제약으로 인해 분석기간을 2004-2012년으로 국한.
- 부가가치와 산출액(2005년 가격)은 한국은행과 산업연구원의 자료를 사용했으며, 에너지 소비량과 온실가스 배출량은 에너지경제연구원 자료를 사용했고, 업종별 제품 생산량은 각 협회 자료를 사용했음.

II. 주요 분석 결과

1. 저탄소 정책의 온실가스 감축 평가 개발 방향

- 저탄소 정책에서 온실가스 감축과 관련된 다양한 정책 및 전략이 주기적으로 수립 및 이행되고 있음.
- 이명박 정부는 녹색성장을 국가 의제로 채택하고 2009년에 녹색성장 국가전략(2009-2050년)과 제1차 녹색성장 5개년 계획(2009-2013년)을 수립했음.
- 녹색국가전략 비전은 2020년까지 세계 7대 녹색강국, 2050년까지 세계 5대 녹색강국에 진입하는 것이며, 비전을 달성하기 위해 3대 전략 및 10대 정책방향, 50대 과제를 설정했음.

- 3대 녹색전략은 기후변화 적응 및 에너지 자립, 신성장동력 창출, 삶의 질 개선과 국가위상 강화임.
 - 10대 정책은 효율적 온실가스 감축, 탈석유·에너지자립 강화, 기후변화 적응 역량 강화, 녹색기술 개발 및 성장동력화, 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성, 산업구조의 고도화, 녹색경제 기반 조성, 녹색국토·교통의 조성, 생활의 녹색혁명, 세계적인 녹색성장 모범국가 구현임.
 - 2050년까지 10대 정책별 목표지표가 설정되어 있으며, 녹색전략 5개년 계획에서도 과제별 연도별 목표지표가 설정되어 있음.
- 박근혜 정부는 2013년에 제1차 녹색성장 5개년계획(2009-2013년)을 평가하고, 2014년 6월에는 제2차 녹색성장 5개년계획(2014-2018년)을 수립했음.
- 제1차 5개년계획은 녹색성장 추진체계 제도화, 온실가스 감축목표 설정, 시장메커니즘 도입, 미래성장동력 기반 구축, 녹색성장 국제기구 유치에 기여했으나, 재정투입 대비 구체적 성과 미흡, 정부 주도 및 공급중심 정책 추진, 환경과 사회적 형평성에 대한 고려가 부족한 것으로 평가.
 - 수정된 녹색성장 국가전략에서는 효과적 온실가스 감축, 지속가능한 에너지 체계 구축, 녹색창조산업 생태계 조성, 지속가능 녹색사회 구현, 글로벌 녹색협력 강화 등의 5대 정책목표와 22개 중점 추진과제가 설정되었음.
 - 제2차 5개년계획은 2014-2018년의 연도별 구체적인 목표지표를 설정했음.
- 정부는 1999년부터 3년 단위의 기후변화대응 종합대책, 2008년에는 기후변화대응 종합기본계획, 2016년에는 제1차 기후변화대응 기본계획을 수립했음.
- 정부는 기후변화협약(UNFCCC) 체결(1992년)과 발효(1995년), 교토의정서 체결(1997년)로 1999년부터 3년 단위의 기후변화종합대책을 3회 수립했음.
 - 제1차 기후변화종합대책(1999-2001년)은 온실가스 감축대책, 신축성체제 활

용 대책, 비이산화탄소 감축대책, 온실가스 감축 기반조성 대책 등 4개 분야별 세부 추진과제를 설정했음.

- 제2차 기후변화종합대책(2002-2004년)은 의무부담 협상역량 강화, 온실가스 감축기술 개발 촉진, 온실가스 감축대책 강화, 교토메카니즘 및 통계기반 강화, 국민참여 유도 등 5개 분야별 실천계획을 수립했음.
 - 제3차 기후변화종합대책(2005-2007년)은 협약 이행기반 구축, 부문별 온실가스 감축, 기후변화 적응기반 구축 등 3대 분야별 세부 추진과제를 설정했음.
 - 기후변화대응 종합기본계획(2008-2012년)은 교토의정서 공약기간과 정합성 유지를 위해 5년 단위 계획으로 변경하고, 신성장동력 육성, 국민의 삶의 질 제고와 환경 개선, 기후변화 대처를 위한 국제사회 노력 선도 등 3대 목표와 11개의 중점 추진과제를 설정했음.
 - 제1차 기후변화대응 기본계획(2017-2036년)은 저탄소 정책으로 전환, 탄소시장 활용, 신산업 육성, 안전한 사회 구현, 탄소 흡수·순환 기능 증진, 국제협력 강화, 범국민 참여기반 마련 등 7대 중점분야와 세부 추진과제를 설정했음.
- 정부는 2009년에 2020년 온실가스 감축목표(기준배출량 대비 -30%), 2011년에 업종별 감축목표, 2014년에 감축 로드맵(2014-2020년)을 수립했음.
- 감축목표는 산업부문 18.5%, 수송부문 34.3%, 건물부문 26.9%, 공공부문 25%, 농림어업 5.2%, 폐기물 12.3%, 전환부문 12.3%로 설정.
 - 감축로드맵에서는 2020년까지 부문 및 업종별 연도별 감축량과 감축수단을 구체적으로 설정함.

- 정부는 2015년에 2030년 온실가스 감축목표(기준배출량 대비 -37%)를 확정하고 2016년에는 감축로드맵을 수립했음.
 - 감축목표는 2030년까지 국내에서 25.7%를 감축하고, 탄소메커니즘을 활용해서 11.3%를 감축하는 것임.
 - 부문별 국내 감축목표는 전환부문 19.4%, 산업부문 11.7%, 건물부문 18.1%, 수송부문 24.6%, 공공부문 17.3%, 폐기물 23.0%, 농축산 4.8%이며, 에너지 신산업을 통해서 28.2백만CO2톤을 감축할 계획임.
 - 감축 로드맵에서는 부문 및 업종별 온실가스 주요 감축수단과 감축잠재량을 설정했으나 연도별 감축계획은 설정하지 않았음.
- 저탄소 정책에서는 구체적인 평가지표가 설정되어 있지 않고, 감축목표가 기준 배출량 기준으로 설정되어 있어 평가관련 불확실성이 발생할 수 있음.
- 2020년 온실가스 감축 로드맵에서는 온실가스 감축 이행에 대한 평가는 언급되어 있으나 세부적인 평가지표는 설정되어 있지 않음.
 - 기후변화종합대책, 기후변화대응 종합기본계획, 제1차 기후변화기본계획, 녹색성장 국가전략, 제1차 및 제2차 녹색성장 5개년 계획, 2030년 감축 로드맵에서는 이행에 대한 평가방법이나 평가지표가 언급되어 있지 않음.
 - 2020년 온실가스 감축 로드맵은 국가 수준에서 온실가스 감축량과 온실가스 집약도, 부문 및 업종 수준에서 온실가스 감축량과 온실가스 감축 이행 지수를 중심으로 평가하도록 되어 있으나 구체적인 평가지표는 없는 실정.
- 우리나라 감축목표가 기준배출량(BAU) 대비 감축률로 설정되어 있어 감축 평가와 관련된 불확실성이 발생할 가능성이 높음.
 - 기준 배출량이 사전에 설정된 배출량보다 증가하면 경제주체의 감축부담이 증가하고 감축노력이 과소평가되는 경제적 리스크 발생.

- 반대로 기준 배출량이 예상보다 낮아지면 감축노력 없이 감축목표를 달성하고 탄소시장이 붕괴되며 감축노력이 과대평가되는 환경적 리스크 발생.

□ 온실가스 감축노력을 반영하고 저탄소 경제 추구를 위해서는 제품 생산량 기준의 온실가스 집약도(CO₂/제품 생산량) 평가지표 설정이 바람직함.

- 온실가스 평가 지표는 온실가스 배출량과 상관관계가 높은 변수인 제품 생산량을 기준으로 한 온실가스 집약도로 설정하는 것이 바람직함.
 - 온실가스 배출량은 경제변수(부가가치, 생산액 등) 보다는 제품 생산량과 연관성이 높기 때문에 제품 생산량을 기준으로 평가지표 설정이 바람직함.
 - 동질적 제품을 생산하는 업종에서는 제품 생산량을, 이질적인 제품을 생산하는 업종에서는 대표 제품과 경제변수 기준의 집약도 병행이 바람직.
- 제품 생산량 기준 온실가스 집약도 평가 방식은 온실가스 감축과 관련된 불확실성을 줄이고, 실질적인 온실가스 감축을 유도하여 저탄소 경제 구축에 기여할 수 있음.
 - 제품 생산량과 온실가스 배출량은 상관관계가 높기 때문에 제품 생산량 기준의 온실가스 집약도는 기준 배출량 관련 불확실성 해소에 기여 가능.
 - 제품 생산량 기준의 집약도는 경기여건과 상관없이 항상 온실가스를 감축해야 하므로 실질적인 온실가스 감축 유도과 저탄소 경제 촉진에 유리

□ 부문 및 업종별 제품 생산량 기준 온실가스 집약도 평가지표는 배출량과 상관관계, 에너지 집약도 및 온실가스 집약도 추이 분석 단계를 거쳐 설정.

- 1단계에서는 그래프 및 소프트웨어를 이용하여 부문 및 업종별 온실가스 배출량과 상관관계가 높은 변수를 분석.

- 1단계에서는 부문 및 업종별 온실가스 배출량과 투입요소(에너지 소비량, 전력 소비량, 원료 투입량) 및 산출요소(제품별 생산량, 부가가치, 생산액)의 상관관계 분석
- 상관관계는 추이분석 및 산포도 등의 그래프, 소프트웨어를 사용하여 상관계수가 높은 변수를 선정.
- 2단계에서는 투입요소와 산출요소를 기준으로 한 에너지 집약도와 온실가스 집약도 추이를 비교하여 일관성을 갖는 변수를 선정.
- 2단계에서는 투입요소 및 산출요소를 기준으로 한 에너지 집약도와 온실가스 집약도 추이를 분석
- 에너지 집약도와 온실가스 집약도가 지속적으로 개선(혹은 악화)되거나 동일한 방향으로 움직이는 변수를 선정
- 3단계에서는 온실가스 배출량 상관관계, 산업 여건, 저탄소 경제 촉진노력을 반영할 수 있는 제품 생산량 기준 온실가스 집약도를 평가지표로 설정.
- 3단계에서는 1단계와 2단계 분석을 바탕으로 온실가스 배출량과 상관관계가 높고, 에너지 집약도와 온실가스 집약도가 일관성을 갖는 변수 선정
- 업종의 최근 제품 구조 변화나 신기술을 반영할 수 있는 변수를 감안하여 부문 및 업종별 온실가스 집약도 설정
- 부문 및 업종에서 온실가스 감축을 유도할 수 있고 이러한 감축노력을 지표에 반영할 수 있는 변수를 감안하여 제품 생산량 기준의 온실가스 집약도로 설정

2. 전환부문의 온실가스 감축 평가지표 개발

□ 전환부문에서는 발전량(발전), 에너지 생산량(지역난방), 원유처리량(정유)을 기준으로 한 온실가스 집약도를 평가지표로 개발함.

- 발전산업은 발전량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{발전량}$)를 평가지표, 산출액 기준의 온실가스 집약도를 보조지표, 전원믹스를 정성적 정보로 설정.
 - 발전산업의 산출물인 부가가치와 산출액 및 발전량, 그리고 투입물인 에너지 소비량은 모두 온실가스 배출량과 높은 상관관계
 - 부가가치, 산출액, 발전량 기준의 에너지 집약도는 지속적으로 개선(하락)되고 있으나 온실가스 집약도는 지속적으로('90년대 후반 제외) 악화(상승)
 - 부가가치를 기준으로 한 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 산출액이나 발전량 기준 온실가스 집약도에 비해 불안정한 추이를 나타냄.
 - 발전산업 저탄소화 촉진을 감안하여 발전량 기준의 온실가스 집약도(CO_2 배출량/발전량)를 감축 평가지표로, 산출액 기준의 온실가스 집약도(CO_2 배출량/산출액)를 보조지표로, 전원믹스를 정성적 정보로 설정함.
- 정유산업은 원유처리량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{원유처리량}$)를 평가지표로 설정했으며 복잡도 지수를 기준으로 한 평가지표 개발이 필요함.
 - 부가가치, 산출액, 원유처리량은 배출량과 비교적 높은 상관관계를 나타냄.
 - 부가가치, 산출액, 원유처리량 기준의 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 전반적으로 개선되나 부가가치 기준의 집약도는 산출액이나 원유처리량 기준의 집약도 추이와 간극을 나타냄.
 - 대표적인 투입물 측정 단위인 원유 처리량 기준의 온실가스 집약도를 평가지표, 산출액 기준 온실가스 집약도를 보조 지표로 설정

- 석유제품 소비 경질화, 상압정제설비 포화 및 분해설비 증설 여건을 감안 하면 정제설비의 복잡도 지수를 기준으로 한 평가지표 개발이 필요.
- 지역난방산업은 열과 전기의 생산량 합계를 기준으로 한 온실가스 집약도를 평가지표로 설정하고, 산출액 기준의 집약도를 보조지표로 설정.
 - 온실가스 배출량과 에너지 생산량(열과 전기)은 높은 상관관계를 나타냄.
 - 에너지 생산량 기준의 에너지 집약도는 소폭 상승, 온실가스 집약도는 대 폭 상승하며. 외부 수열과 수전량 제외시 두 집약도는 유사한 개선 추이.
 - 대표적인 생산제품인 열과 전기의 생산량을 기준으로 한 온실가스 집약도를 평가지표로, 산출액 기준의 온실가스 집약도를 보조지표로 설정.
 - 외부 수열과 수전량을 제외하고 자체적으로 생산한 에너지 생산량을 기준으로 한 온실가스 집약도 설정도 개발하여 병행할 필요가 있음.

<전환부문의 온실가스 감축 평가 지표>

업종	정량 지표	정성 지표
발전	CO ₂ 배출량/발전량	전원믹스
	CO ₂ 배출량/산출액	
정유	CO ₂ 배출량/원유처리량	복잡도 지수
	CO ₂ 배출량/산출액	
지역난방	CO ₂ 배출량/에너지생산량(열+전기)	수전량, 수열량 감안
	CO ₂ 배출량/산출액	

3. 산업부문의 온실가스 감축 평가지표 개발

- 산업부문에서는 10개 산업을 중심으로 산업별 특성을 반영할 수 있는 제품 생산량이나 경제변수를 기준으로 온실가스 집약도를 평가지표로 설정했음.

- 철강산업은 조강 생산량 기준 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{조강생산량}$) 이외에 전로강과 전기로강 생산량 기준 온실가스 집약도를 평가지표로 설정.
 - 조강 생산량과 선철 생산량은 매출액이나 부가가치에 비해 온실가스 배출량과 더 높은 상관관계를 나타냄.
 - 조강 생산량 합계 기준 에너지 집약도는 소폭 개선되었으나, 전로강 생산량 기준의 에너지 집약도는 악화, 전기로강 기준의 에너지 집약도는 개선.
 - 조강 생산량 기준 온실가스 집약도는 악화되었으나, 전로강 생산량 기준 온실가스 집약도는 개선, 전기로강 생산량 기준 집약도는 전반적으로 개선
 - 조강 생산량 기준 에너지 집약도(개선)와 온실가스 집약도(악화)의 상반된 추이는 전로강 생산량과 전기로강 생산량의 합계로 인한 중화효과로 해석.
 - 전로강에는 직접 배출량을, 전기로강에는 간접 배출량(전력)을 할당하면, 전로강의 온실가스 집약도는 불변이지만 전기로강의 집약도는 악화.
 - 따라서 조강 생산량 기준의 온실가스 집약도 이외에 조강 생산량과 전기로강 생산량 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로 병행.설정이 바람직
- 시멘트산업은 클링커 생산량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{클링커 생산량}$)를 평가지표로 설정했으나, 포틀랜드 시멘트와 슬래그 시멘트 생산량을 반영한 온실가스 집약도를 병행하는 것이 바람직함.
 - 클링커 생산량, 포틀랜드시멘트 생산량, 산출액은 온실가스 배출량과 상관관계가 높지만 부가가치와 슬래그 시멘트 생산량은 낮은 것으로 나타남.
 - 클링커 생산량과 산출액 기준의 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 비교적 안정적인 추이를 보이고 있어 산업 여건을 반영할 변수로 평가
 - 클링커 생산량을 기준으로 한 온실가스 집약도를 평가지표로 설정하고, 산출액을 기준으로 한 온실가스 집약도를 보조지표로 설정했음.
 - 클링커 수출 확대와 시멘트 제품의 구조변화를 반영하기 위해서는 포틀랜드와 슬래그 시멘트 생산량을 반영한 온실가스 집약도 병행이 바람직.

- 유리산업은 유리용기 생산량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{유리용기 생산량}$)를 평가지표로, 판유리 생산량 기준 집약도를 보조지표로 설정함.
 - 제품 생산량보다는 경제변수(부가가치, 산출액)가 온실가스 배출량과 높은 상관관계를 나타내고 있으며, 제품에서는 판유리보다는 유리용기 생산량이 배출량과 높은 상관관계를 나타내고 있음.
 - 경제변수와 제품 생산량 기준의 에너지 집약도와 온실가스 집약도의 상반된 추이, 경기부진에 따른 에너지 집약도와 온실가스 집약도 악화 가능성을 감안하면 제품 생산량 기준의 온실가스 집약도가 산업 여건을 반영.
 - 유리용기 생산량 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로 설정하고 판유리 생산량 기준 온실가스 집약도를 보조지표로 설정함.
- 요업산업은 위생용기 생산량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{위생용기 생산}$)를 평가지표로, 산출액 기준의 집약도를 보조지표로 설정했으나 제품 생산량을 포괄하는 집약도 설정이 필요함.
 - 제품 생산량에 비해 경제변수(부가가치, 산출액)가 온실가스 배출량과 비교적 높은 상관관계를 나타내고 있으며, 제품에서는 위생용기보다는 타일 생산량이 배출량과 더 밀접한 관계를 나타냄.
 - 위생용기 생산량의 에너지 집약도 및 온실가스 집약도 추이가 부가가치 및 산출액 기준의 집약도와 유사하다는 점을 감안하여 위생용기를 기준으로 한 온실가스 집약도를 평가지표로 설정
 - 요업산업의 구조변화를 반영하기 위해서는 위생용기를 포함한 모든 제품의 생산량을 포괄하는 온실가스 집약도를 병행하는 것이 바람직함.
- 제지산업은 종이 생산량을 기준으로 한 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{종이 생산량}$)를 평가지표로 설정하고 산출액 기준의 집약도를 보조 지표로 설정.
 - 온실가스 배출량과 종이 생산량은 비슷한 증가 추이, 산출액은 배출량보다 증가 속도가 낮은 추이, 부가가치는 배출량과 상당한 괴리를 나타냄.

- 종이 생산량을 기준으로 한 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 1990년 이후 지속적으로 하락하고 있어 두 지표가 일관적인 추이를 나타냄.
 - 종이 생산량을 기준으로 한 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{종이 생산량}$)를 평가지표로 설정하고 산출액 기준의 집약도를 보조 지표로 설정. 그러나 종이 생산량 구조변화를 반영할 수 있는 평가지표를 병행하는 것이 바람직함.
- 석유화학산업은 기초유분 생산량 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로, 에틸렌 생산량 기준의 집약도를 보조지표로 설정했음.
- 기초유분 생산량과 온실가스 배출량은 매우 강한 상관관계를 나타냄.
 - 기초유분 생산량 기준의 에너지 집약도와 온실가스 집약도 모두 지속적으로 개선되는 추이를 나타내고 있어 안정적이고 일관적인 추이를 나타냄.
 - 기초유분 생산량 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로 설정하고, 에틸렌 생산량 기준의 집약도를 보조지표로 설정. 기초유분 및 석유화학제품의 구조변화를 반영할 수 있는 평가지표 병행이 바람직함.
- 기계산업은 산출액 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{산출액}$)를 평가지표로 설정하고, 트랙터 생산량 기준의 온실가스 집약도를 보조 지표로 설정함.
- 경제변수와 온실가스 배출량은 비교적 높은 상관관계를 나타내고 있으나 제품 생산량은 상대적으로 약한 상관관계를 나타냄.
 - 기계제품의 생산량과 배출량 사이에 뚜렷한 상관관계가 나타나지 않는 것은 기계산업이 다양한 제품을 생산하기 때문임.
 - 산출액이나 부가가치 기준의 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 지속적으로 상승, 제품 생산량 기준의 두 집약도는 일관적 추이를 나타내지 못함.
 - 산출액 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{산출액}$)를 평가지표로 설정하고, 트랙터 생산량 기준의 온실가스 집약도를 보조 지표로 설정함.

- 반도체산업은 웨이퍼 총면적 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{웨이퍼 총면적}$)를 평가지표로, 산출액 기준의 집약도를 보조지표로 설정.
 - 부가가치와 산출액은 온실가스 배출량과 비교적 높은 상관관계를, 제품에서는 웨이퍼 면적보다는 웨이퍼 총면적이 보다 높은 상관관계를 나타냄.
 - 웨이퍼 면적과 웨이퍼 총면적을 기준으로 한 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 모두 지속적으로 개선 추이.
 - 웨이퍼 총면적 기준의 두 집약도가 웨이퍼 면적 기준의 두 집약도에 비해 더 큰 폭으로 개선되고 있으며 웨이퍼 총면적이 최근의 기술을 대표함.
 - 웨이퍼 총면적 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{웨이퍼 총면적}$)를 평가지표로 설정하고, 산출액 기준의 온실가스 집약도를 보조지표로 설정함.
- 디스플레이산업은 LCD 생산량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{LCD 생산량}$)를 평가지표로, 산출액 기준의 집약도를 보조지표로 설정했으나, 생산량이 급증하고 있는 OLED 생산량을 포괄하는 집약도 병행이 바람직함.
 - 부가가치와 산출액은 온실가스 배출량과 비교적 높은 상관관계를 나타내고 있으며, 대표적인 제품인 LCD 생산량도 높은 선형적인 관계를 나타냄.
 - LCD 생산량을 기준으로 한 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 지속적으로 하락하는 추이를 나타냄.
 - LCD 생산량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{LCD 생산량}$)를 평가지표로, 산출액 기준의 집약도를 보조지표로 설정함. 신제품인 OLED의 생산량이 급증하고 있는 점을 감안하여 OLED를 포괄하는 집약도 병행이 바람직.
- 자동차산업은 자동차 생산량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{자동차 생산량}$)를 평가지표로 설정하고, 보조지표는 부가가치 기준의 집약도로 설정.
 - 부가가치와 산출액은 온실가스 배출량과 비교적 높은 상관관계를 나타내며, 자동차 생산량과 승용차 생산량이 비교적 높은 상관관계를 나타냄.

- 자동차 생산량 합계를 기준으로 한 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 모두 전반적으로 상승하고 있는 추이임.
- 자동차 생산량을 기준으로 한 온실가스 집약도를 평가지표로, 승용차 생산량과 부가가치를 기준으로 한 온실가스 집약도를 보조지표로 설정함.

<산업부문의 온실가스 감축 평가 지표>

업종	정량 지표	정성 지표
철강	CO ₂ 배출량/조강 생산량	전로강과 전기로강 생산 및 온실가스 집약도 추이
	- 직접 배출량/전로강 생산량	
	- 간접 배출/전기로강 생산량	
	- CO ₂ 배출량/산출액	
시멘트	CO ₂ 배출량/클링커 생산량	슬래그시멘트 생산 비중
	CO ₂ 배출량/산출액	
유리	CO ₂ 배출량/유리용기 생산량	제품 생산량 구성 비율 추이
	CO ₂ 배출량/판유리 생산량	
요업	CO ₂ 배출량/위생용기 생산량	제품 생산량 구성 비율 추이
	CO ₂ 배출량/산출액	
제지	CO ₂ 배출량/종이 생산량	종이제품 생산 구성비 변화
	CO ₂ 배출량/산출액	
석유화학	CO ₂ 배출량/기초유분 생산량	제품 생산량 구성 비율 추이
	CO ₂ 배출량/에틸렌 생산량	
기계	CO ₂ 배출량/산출액	제품 생산량 구성 비율 추이
	CO ₂ 배출량/트랙터 생산량	
반도체	CO ₂ 배출량/웨이퍼 증면적	제품 생산량 구성 비율 추이
	CO ₂ 배출량/산출액	
디스플레이	CO ₂ 배출량/LCD 생산량	제품 생산량 구성 비율 추이
	CO ₂ 배출량/산출액	
자동차	CO ₂ 배출량/자동차 생산량 합계	승용차 생산량 차종별 제품 생산량 구성 비율 추이
	CO ₂ 배출량/승용차 생산량	
	CO ₂ 배출량/부가가치	

4. 수송부문의 온실가스 감축 평가지표 개발

□ 수송부문에서는 도로, 철도, 해운, 항공부문을 중심으로 여객 및 화물 수송량 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로 설정했음.

- 철도부문은 여객수송량과 화물수송량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{여객}$ 및 화물 수송량)를 평가지표로 설정하되, 철도여객 수송량 기준의 직접배출량 집약도와 전철여객 수송량 기준의 간접배출량 집약도 병행도 바람직함.
 - 지하철 여객 수송량이 온실가스 배출량과 높은 상관관계를 나타내고 있으나 철도와 전철의 여객수송량은 온실가스 배출량과 상관성이 낮음.
 - 철도부문의 에너지 소비 및 온실가스 배출량이 여객용과 화물용으로 구분되지 않으므로 여객수송량과 화물수송량 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로 병행하여 설정하는 것이 바람직.
 - 또한 배출량을 직접배출량과 간접배출량으로 구분하고, 철도여객 수송량 기준의 직접배출량 집약도, 전철여객 수송량 합계 기준의 간접배출량 집약도를 평가지표로 설정하는 것이 바람직.
- 도로부문은 여객 수송량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{여객수송량}$)를 평가지표로, 에너지 소비량 기준의 집약도를 보조지표로 설정
 - 온실가스 배출량은 에너지 소비량과 강한 선형 관계가 있지만 여객 수송량과는 약한 선형관계가 나타나고 있음.
 - 여객 수송량이 유일한 산출물이므로 여객 수송량 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로, 에너지 소비량 기준의 집약도를 보조지표로 설정.
- 해운부문은 내항 여객 및 화물 수송량 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{내항 여객 및 화물 수송량}$)를 평가지표로 설정.
 - 온실가스 배출량과 에너지 소비량 및 내항 여객 수송량과 내항 화물 수송량은 대부분 비선형적인 관계를 나타냄.

- 내항 여객 수송량과 내항 화물 수송량을 기준으로 한 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 모두 상승 및 하락 추이를 나타냄.
- 여객 수송량과 화물 수송량의 온실가스 배출량이 구분되지 않기 때문에 내항 여객 수송량과 내항 화물 수송량 기준의 온실가스 집약도(CO₂/내항 여객 및 화물 수송량)를 평가지표로 설정.
- 국내항공부문은 여객 수송량 기준의 온실가스 집약도(CO₂/국내 여객 수송량)를 평가지표로, 화물 수송량 기준의 집약도를 보조지표로 설정.
- 여객 수송량 기준의 에너지 집약도는 지속적으로 상승한 반면 온실가스 집약도는 지속적으로 하락.
- 화물 수송량 기준의 에너지 집약도는 지속적으로 상승한 반면 온실가스 집약도는 상승과 하락을 반복.
- 국내 여객 수송량 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로 설정하되, 온실가스 배출량과 에너지 소비량을 여객부문과 화물부문으로 구분하기 어렵기 때문에 국내 화물 수송량 기준의 집약도를 보조지표로 설정.

<수송부문의 온실가스 감축 평가 지표>

업종	정량 지표		정성 지표
철도	단순 지표	CO ₂ 배출량/여객 수송량	
		CO ₂ 배출량/화물 수송량	
	세부 지표	직접 배출량/철도여객 수송량	
		간접 배출량/전철여객 수송량	
도로	CO ₂ 배출량/여객 수송량		에너지 믹스
	CO ₂ 배출량/에너지 소비량		
국내 해운	CO ₂ 배출량/내항 여객 수송량		여객 및 화물 수송량
	CO ₂ 배출량/내항 화물 수송량		
국내 항공	CO ₂ 배출량/국내 여객 수송량		여객 및 화물 수송량
	CO ₂ 배출량/국내 화물 수송량		

5. 가정부문 및 상업부문의 온실가스 감축 평가지표 개발

□ 가정부문은 가구 수 기준의 온실가스 집약도를, 상업부문은 서비스면적 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로 설정했음.

- 가정부문은 가구 수를 기준으로 한 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{가구 수}$)를 평가지표로, 에너지 소비량 기준의 온실가스 집약도를 보조 지표로 설정.
 - 가구 수를 기준으로 한 에너지 집약도와 온실가스 집약도는 지속적으로 하락하는 일관된 추이를 나타내고 있음.
 - 가구 수를 기준으로 한 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{가구수}$)를 평가지표로 설정하고, 온실가스 배출량과 에너지 소비량의 상관관계가 높다는 점을 감안하여 에너지 소비량을 기준으로 한 온실가스 집약도를 보조 지표로 설정.
- 상업부문은 상업용 서비스면적 기준의 온실가스 집약도($\text{CO}_2/\text{서비스면적}$)를 평가지표로, 에너지 소비량 기준 온실가스 집약도를 보조 지표로 설정
 - 에너지 소비량 및 전력 소비량, 서비스면적 중에서 서비스면적이 온실가스 배출량과 강한 선형 관계가 있는 것으로 나타남.
 - 서비스 면적 기준의 에너지 집약도는 지속적으로 하락한 반면, 온실가스 집약도는 지속적으로 상승했는데, 이는 에너지 소비 효율 개선에 비해 전력의 배출계수 악화 영향으로 해석됨.
 - 상업용 서비스면적 기준의 온실가스 집약도를 평가지표로 설정하되, 온실가스 배출량과 에너지 소비량의 밀접한 관계를 감안하여 에너지 소비량 기준의 온실가스 집약도를 보조 지표로 설정.

<가정부문 및 상업부문의 온실가스 감축 평가 지표>

업종	정량 지표	정성 지표
가정	CO ₂ 배출량/총조사 가구수	가구수 가구형태별 가구수
	CO ₂ 배출량/에너지 소비량	
상업	CO ₂ 배출량/서비스면적	용도별 서비스면적
	CO ₂ 배출량/에너지 소비량	

III. 정책 제언

- 정부는 저탄소 경제 구축과 실질적인 온실가스 감축을 유도하기 위해 온실가스 감축목표를 집약도 방식으로 전환하는 절차를 진행해야 함.
 - 현재의 온실가스 감축목표가 기준 배출량 대비 감축률로 설정되어 있기 때문에 이를 부문 및 업종별 집약도 목표로 전환할 필요가 있음.
 - 감축목표 설정 시 조건(경제성장률, 인구증가율, 산업구조, 원유가격 전망)을 재검토하여 기준 배출량 기준 목표를 집약도 목표로 전환 가능.
 - 2020년까지 유엔 기후변화협약(UNFCCC) 사무국에 2030년 감축목표를 갱신하여 제출해야 하므로 2020년 이전에 감축목표 전환 완료가 바람직함.
 - 집약도 목표는 감축목표와 평가지표의 불확실성을 해소하고 실질적인 온실가스 감축을 유도할 수 있는 장점이 있음.
- 현재 추진되고 있는 부문 및 업종별 온실가스 감축 이행 평가를 본 연구에서 제시하고 있는 평가지표를 활용하는 것이 바람직함.
 - 각 부처는 담당 부문이나 업종에 대해 2020년 온실가스 감축목표 이행에 대한 검토와 평가를 매년 실시하고 그 결과를 국무조정실에 보고해야 함.

- 부문 및 업종별 감축 이행에 관한 평가는 본 연구에서 제시하고 있는 집약도 평가지표를 사용하여 진행하는 것이 바람직함.
- 집약도 평가지표는 경기 상황과 상관없이 항상 온실가스 감축노력을 기울여야 하는 특성을 지니고 있어 저탄소 경제 구축에 유리한 방식임.
- 본 연구에서 제시한 온실가스 집약도를 평가지표로 사용하기 위해서는 업종별 제품 생산량, 에너지 소비량, 온실가스 배출량 자료에 대한 검증이 필요함.
 - 업종별 제품 생산량, 에너지원별 소비량, 온실가스 배출량에 대한 검증이 수반되고 자료 출처에 대한 검증도 추진될 필요가 있음.
 - 업종 구분은 주요 기후변화 정책수단인 배출권 거래제의 업종구분과 일치시키는 것이 합리적임.

IV. 기대 효과

- 본 연구에서 제시한 부문 및 업종별 온실가스 집약도를 온실가스 감축 이행 평가지표로 사용함으로써 평가 관련 혼란을 줄일 수 있음.
 - 전환부문의 온실가스 감축 이행은 본 연구의 결과를 활용할 수 있음.
 - 산업부문의 업종별 온실가스 감축 이행결과를 평가하기 위해 본 연구에서 제시한 제품 생산량 기준의 온실가스 집약도를 적용할 수 있음.
 - 본 연구에서 제외된 일부 업종에 대해서는 추가적인 연구와 함께 평가지표 개발이 필요함.
 - 수송부문의 온실가스 감축 이행을 평가하기 위해 본 연구 결과를 사용할 수 있으나 자료 이용 가능성이 제고될 필요가 있음.

- 가정부문과 상업부문의 온실가스 감축 이행도 본 연구결과를 적용할 수 있음.
- 본 과제의 연구결과를 바탕으로 온실가스 감축 평가를 실시하면 각 부문 및 부처별 평가 관련 일관성을 유지할 수 있을 것임.

□ 온실가스 감축목표를 집약도 목표로 전환하고 본 연구에서 제시한 감축 이행 평가지표를 적용하면 저탄소 경제 구축에 기여할 수 있음.

- 온실가스 감축목표를 기준 배출량 대비에서 집약도 방식으로 전환하면 기준 배출량 및 감축평가와 관련된 불확실성을 줄일 수 있어 산업계와 경제 주체의 혼란을 줄일 수 있음.
- 제품 생산량 기준의 온실가스 집약도 목표 및 평가방식은 경기여건과 상관 없이 항상 온실가스 감축노력을 이해해야 하기 때문에 저탄소 경제 구축을 촉진시킬 수 있음.

< 참고자료 >

1. 참고문헌

- 국무조정실 기후변화협약대책위원회, 기후변화협약대응 제1차 종합대책, 1999.2
- 국무조정실 기후변화협약대책위원회, 기후변화협약대응 제2차 종합대책, 2002.6
- 국무조정실 기후변화협약대책위원회, 기후변화협약대응 제3차 종합대책, 2005.2
- 국무총리실 기후변화대책기획단, 기후변화대응 종합기본계획, 2008.9.19
- 국무조정실 녹색성장지원단, 제2차 녹색성장 5개년 계획 수립을 위한 녹색성장 국가전략(안), 2013.1
- 김종호 외 3명, 녹색성장 평가를 위한 지표체계 개발 및 활용 방안 연구, 환경정책평가연구원, 2010
- 김종호 외 1명, 환경복지 지표 및 기준 개발에 관한 연구, 환경정책평가연구원, 2014
- 녹색성장위원회, 녹색성장 국가전략, 2009.7
- 녹색성장위원회, 녹색성장 5개년 계획(2009-2013년), 2009.7
- 대한민국정부, 제2차 녹색성장 5개년계획, 2014.6
- 대한민국정부, 제1차 기후변화대응 기본계획, 2016.12
- 대한민국정부 관계부처 합동, 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵, 2014.1
- 에너지경제연구원/산업통상자원부, 에너지통계연보, 2016
- 에너지경제연구원, 에너지 연소부문 온실가스 인벤토리 작성 및 품질개선, 2015
- 에너지경제연구원, 기후변화대응 상시연구체계 활동보고서, 2015
- 통계청, KOSIS 국가통계포털, <https://www.kosis.kr>

산업계 각 협회

IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustions 각 년도

Mariana Conte Grand, Is There a Future for Intensity Targets in the Durban Platform Climate Negotiations?, August 2013, Harvard Kennedy School Working Paper

Statistics Netherlands, Green Growth in the Netherlands, 2009

OECD, Towards Green Growth : Monitoring Progress OECD Indicators, 2011

OECD, Monitoring the transition to a low-carbon economy-a strategic approach to local development, 2015

정책 이슈페이퍼 17-20

저탄소 정책의 온실가스 부문 평가지표 개발 및 저탄소 정책 수립방향 연구-
부문 및 업종별 온실가스 감축 평가지표 개발

2017년 7월 31일 인쇄

2017년 7월 31일 발행

저 자 노 동 운

발행인 박 주 현

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중가로 405-11

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

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 (사)한국척수장애인협회 인쇄사업소 (031)424-9347
