

수송부문 온실가스 배출량 요인분해 분석과 감축정책 평가: 2018-2019

장명진* · 광민주* · 이지웅**†

*숙명여자대학교 기후환경융합학과 대학원생, **부경대학교 경제학부 조교수

Decomposition Analysis of Greenhouse Gas Emissions and Evaluation of Reduction Policies in Transportation: 2018-2019

Jang, Myeongjin* · Kwak, Minju* and Lee, Jiwoong**†

*Graduate Student, Department of Convergence of Climate and Environmental Studies, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea

**Assistant Professor, Department of Economics, Pukyong National University, Busan, Korea

ABSTRACT

We aim to clarify why the GHG emissions from the transportation sector during 2018~2019 deviated from the path described in the 2030 GHG reduction road map using the decomposition analysis. We also evaluate whether abatement policies were properly implemented during 2018~2019 as planned in the road map. We find that during 2018~2019 yearly emissions in the transportation sector exceeded those of the reduction path on the road map by around 7 million tons. The growth rates of population and economy were lower than those assumed in the road map, which should contribute to achieving the target. However, dominating energy intensity and carbon intensity effects produced realized emissions greater than those of the targeted path. The road map listed several abatement policies and measures for the transportation sector, some of which are operating as planned, while others are not. These policies and measures should be evaluated periodically so that they can be improved and updated to reach the 2050 carbon neutral goal.

Key words: Abatement Policy, 2030 Abatement Goal, Transportation Sector

1. 서론

이명박 정부는 2008년 저탄소 녹색성장을 국가비전으로 공식화하고 다음 해 11월 ‘2020년 BAU(Business As Usual) 대비 30% 감축’을 국가 중기 온실가스 감축목표로 발표하였다. 그리고 박근혜 정부에서는 2015년 신기후체제 출범에 맞추어 ‘2030년 BAU 대비 37% 감축’을 새로운 국가 장기 감축목표로 설정하고(Korean government, 2014), 이를 자발적 국가 감축 기여(Intended Nationally Determined Contribution, INDC)에 담아 UN에 제출하였다. 또한 이를 보다 구체화하기 위한 후속조치로 2030년 부문·업종별 감축목표 및 이행계획을 포함한 ‘2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵(Korean

government, 2016)’을 마련한 바 있다.

2017년 출범한 문재인 정부는 국정과제 중 하나로 신기후체제에 대한 건설한 이행체계 구축을 제시하였으며, 이에 따라 새 정부의 기후·에너지 정책 기조를 반영하여 ‘2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안(Korean government, 2018)’을 발표하였다. 정부는 해당 수정안은 최근 배출량 실적과 환경 변화를 반영하였고, 2030년까지의 감축경로 제시 및 국내 감축 비중 확대를 통해 온실가스 감축 이행의 불확실성을 최소화했다고 밝히고 있다(GIR, 2020a).

하지만 이렇게 10년 이상 국가 차원의 의욕적인 온실가스 감축계획을 수립했음에도 불구하고, 명확한 성과를 거두지 못하고 있는 것이 사실이다. 우리나라 온실가스 총배

†Corresponding author : j.lee@pknu.ac.kr (48513, Pukyong National University, Yongso-ro 45, Nam-gu, Busan, Republic of Korea. Tel. +82-51-629-5321)

ORCID 장명진 0000-0001-8187-150X
광민주 0000-0002-2962-3020

이지웅 0000-0003-2592-9492

출량은 2016년 693백만 톤, 2017년 709백만 톤, 2018년 727백만 톤으로서(GIR, 2020b) 증가세가 약간 둔화되기는 하였지만 여전히 증가세를 보이고 있다. 이는 감축 계획 수립에 역량을 집중한 반면, 계획의 집행 및 결과를 평가하는 작업은 상대적으로 소홀하였음을 시사한다. 정부도 점차 이행평가의 중요성을 인식, 계획 수립 후 사후 실적에 대한 중요성에 주목하였으며, 2014~15년을 대상으로 2020 로드맵의 이행평가를 진행한 바 있다. 그리고 이후 개선된 방식의 점검·평가 체계 구축을 위하여 ‘제2차 기후변화대응 기본계획’에서 ‘신속하고 투명한 범부처 이행점검·평가 체계 구축’을 명시적으로 제시했다(Korean government, 2019).

본 연구는 이러한 온실가스 감축 정책의 이행점검 평가라는 맥락에서, 수송 부문의 2018~19년 로드맵 감축 경로 대비 온실가스 배출량 변화를 요인분해 분석을 이용하여 살펴본다. 또한 2030 감축로드맵 상의 수송 부문 감축 정책을 개별적으로 평가한다.

수송부문의 온실가스 배출과 관련한 최신 연구를 살펴보면 다음과 같다. Lee (2015)는 자동차 연비에 대한 경제주체들의 지불의사(Willingness-to-pay)를 헤도닉 가격결정론(Hedonic Pricing)에 근거하여 실증적으로 추정한 바 있으며, Shin and Cho (2016)는 대부분의 OECD 국가들에서 수송 부문 에너지 소비는 포화상태에 도달한 것으로 나타났다으며, 한국도 포화현상이 심화되고 있는 것을 실증적으로 확인하였다.

본 연구와 보다 밀접한, 수송 부문 온실가스 배출량에 대하여 요인분해 분석 방법론을 적용하여 분석한 최근 연구는 다음과 같다. 미국의 경우, Lakshmanan and Han (1997)은 수송 부문 1980년 및 1990년 에너지 사용 및 온실가스 배출을 각각 10년 전과 비교하여 다섯 가지 요인으로 분해를 시행한 바 있다. Kwon (2005)은 영국의 차량의 1970~2000년 온실가스 배출량의 시계열 초기연도 대비 변화를 IPAT 방정식을 적용하여 분석하였다. 중국의 수송 부문 배출량에 관한 연구는 Wang et al. (2011), Ding et al. (2013), Fan and Lei (2016)가 있다. Wang et al.는 1985~2009년 온실가스 배출량의 시계열 초기연도 대비 변화를 여섯 가지 요인으로 분해하였고, Ding et al.는 1991~2008년 온실가스 배출량의 시계열 초기연도 대비 변화를 네 가지 요인으로 분해하였다. 그리고 Fan and Lei는 1995~2012년 동안 각 연도의 배출량의 직전 연도 대비 배출량의 변화를 여섯 가지 요인으로 분해하였다. 마지막으로, 우리나라 수송 부문 배출량 요인분해 분석에 관한 가장 최근의 연구로는 Kim (2019)이 있다. Kim은 우리나

라 수송 부문의 1990~2013년 배출량의 시계열 초기연도 대비 변화를 여섯 가지 요인으로 분해한 바 있다.

기존의 요인분해 분석을 적용한 이들 연구는 요인분해 방식 및 시계열 범위에서 차이가 있으나, 시계열의 초기연도 혹은 직전연도 대비 변화량을 분해하였다는 점에서 동일하다. 반면, 본 연구는 가상의 로드맵 상의 목표와 실제치와의 차이를 각 요인으로 분해하였다는 점에서 차이가 있다. 이는 과거 실적이 아닌, 목표치와의 차이를 요인별로 파악할 수 있도록 해주기 때문에 이행평가라는 목적을 위해서는 보다 적합한 방식이며, 저자들이 파악하는 바, 이러한 접근 방식을 택한 최초의 연구이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 수송 부문 2015~19년 배출량 현황을 살펴본다. 3장에서는 감축 로드맵 대비 수송 부문 배출량 변화 요인분해 분석을 시행한다. 4장에서는 2030 감축목표 달성을 위한 로드맵 상의 정책을 평가하고, 5장은 연구의 결과를 요약한다.

2. 수송 부문 배출량 현황

수송 부문 에너지 소비량은 2015년 34.2백만TOE에서 2019년 36.8백만 TOE로 연평균 1.85%씩 꾸준한 증가 추세를 보였다. 구성을 살펴보면, 도로가 대부분의 비중을 차지하는데, 2019년에는 도로(96.6%), 항공(1.6%), 철도(1.0%), 해운(0.8%)순으로 에너지를 소비하였다(Table 1 참조).

수송 부문 온실가스 배출량은 2015년부터 2019년까지 연평균 1.52%씩 증가하는 추세를 보이고 있다(Table 2 참조). 2015년 95.3백만 톤 CO₂eq에서 2016년 100.1백만 톤CO₂eq으로 전년도 대비 5.02%의 큰 폭으로 증가하였고, 이는 도로 부분 배출량이 90.8백만 톤 CO₂eq에서 95.4백만 톤 CO₂eq으로 5.10% 증가한 것이 큰 영향을 미쳤다. 2019년 수송 부문 총 온실가스 배출량은 101.2백만 톤 CO₂eq으로 도로부분 배출량이 95.9%로 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

수송 부문 탄소집약도는 2016년은 2015년 대비 0.29% 증가하였지만, 2017년부터는 감소세로 전환되어 2019년까지 연평균 0.32% 감소하였다(Table 3 참조). 국가 감축 목표와 비교해보면, 수송 부문 2018~2020년 3년 평균 국가 감축목표는 93.6백만 톤 CO₂eq이었으나, 실제로는 해당기간 동안 연평균 100.4백만 톤 CO₂eq 배출하였다(+6.8백만 톤 CO₂eq 초과배출). 이는 2018~2020년 동안 감축 목표 달성을 위해서는 2020년 배출량이 77.6백만 톤 CO₂eq을 초과해서는 안되는 것을 의미하는데, 이는 달성하기 어려울 것으로 전망된다.

Table 1. Energy consumption in transportation sector

(unit: million TOE)					
Subsector	2015	2016	2017	2018	2019
Road	32.8	34.4	34.6	34.9	35.5
	95.9%	96.0%	96.1%	96.4%	96.6%
Rail	0.31	0.34	0.34	0.36	0.35
	0.9%	0.9%	1.0%	1.0%	1.0%
Aviation	0.54	0.62	0.62	0.60	0.60
	1.6%	1.7%	1.7%	1.6%	1.6%
Martime	0.56	0.48	0.45	0.35	0.31
	1.6%	1.3%	1.3%	1.0%	0.8%
Sum	34.2	35.8	36.0	36.2	36.8
Growth rate	-	4.72%	0.56%	0.44%	1.72%

source: GIR (2020a)

Table 2. GHG emissions in transportation sector

(unit: million tCO ₂ eq)					
Subsector	2015	2016	2017	2018	2019
Emissions	95.3	100.1	99.7	99.6	101.2
Growth rate	-	5.02%	-0.36%	-0.12%	1.64%

* indirect emissions are included

source: GIR (2020a)

Table 3. GHG intensities in transportation sector

(unit: million tCO ₂ eq, million TOE)					
	2015	2016	2017	2018	2019
GHG Emissions	95.3	100.1	99.7	99.6	101.2
Energy Consumption	34.1	35.8	36.0	36.1	36.8
GHG intensity	2.787	2.795	2.769	2.754	2.751

source: GIR (2020a)

3. 수송 부문 배출량 변화 요인분해 분석

3.1 요인분해 분석 모형

우리나라 2018 ~ 2019년의 자료를 이용하여 수송 부문 온실가스 배출량의 로드맵 감축경로 대비 변화를 분해식 (1)과 같이 다섯 가지 요소 — 인구증가 효과(population effect), 경제성장 효과(growth effect), 에너지 집약도 효과(energy intensity effect), 운송수단전환 효과(transportation mode effect) 및 탄소집약도 효과(carbon intensity effect) — 로 분해하여 살펴본다.

$$\begin{aligned}
 C &= \sum_i C_i = \sum_i P \left(\frac{G}{P} \right) \left(\frac{E}{G} \right) \left(\frac{E_i}{E} \right) \left(\frac{C_i}{E_i} \right) \\
 &= \sum_i P \cdot X \cdot I \cdot S_i \cdot U_i \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기서 아래첨자 i 는 수송수단 형태(도로, 철도, 항공, 해운)를 의미한다. 또한 변수 P 는 인구, G 는 국내총생산(GDP), E 는 수송 부문 에너지 소비, E_i 는 수송수단 i 의 에너지 소비, C_i 는 수송수단 i 의 온실가스 배출량을 나타낸다.

각 요인들을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, P 는 인구변화에 따른 수송 부문 배출량 변화를 의미하는 ‘인구효과’를 포착한다. 둘째, $X = G/P$ 는 1인당 GDP를 의미하며, 1인당 소득 증가에 따른 배출량 변화인 ‘성장효과’를 나타낸다. 셋째, $I = E/G$ 는 GDP 1단위당 수송 부문 에너지 소비량을 의미하며, 동일한 소득을 생산하는데 필요한 에너지인 집약도에 따른 배출량 변화인 ‘에너지집약도 효과’를 나타낸다. 넷째, $S_i = E_i/E$ 는 수송 부문 전체 에너지 중 수송수단 i 의 비중을 의미하며, 수송수단 비중의 변화에 따른 변화인 ‘수단전환 효과’를 나타낸다. 다섯째,

$U_i = C_i/E_i$ 는 수송수단 i 의 효율변화 등에 따른 ‘탄소집약도 효과’를 나타낸다.

기준시점 0에서 비교시점 T 사이의 온실가스 변화량을 이러한 여섯가지 요인으로 로그평균 디비지아 지수 (Additive Logarithmic Mean Divisia Index) 가법적 분해식을 구성하면 다음과 같다. 각 요인에 의한 배출량을 모두 더하면 전체 수송 부문 배출량의 변화량(ΔC)이 된다.

$$\Delta C = C^T - C^0 = \Delta C_{pop} + \Delta C_{growth} + \Delta C_{\in s} + \Delta C_{mode} + \Delta C_{cie} \quad (2)$$

(단, $\Delta C_{x_k} = \sum_i \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C_i^T - \ln C_i^0} \ln \left(\frac{x_k^T}{x_k^0} \right)$)

3.2 배출량 변화 요인분해 분석

앞서 언급한 것처럼 2018~2019년 배출량은 국가 감축 목표를 초과하였다. 본 연구는 각 연도별 초과요인을 살펴 보기 위하여 요인분해 분석을 실시하였으며, 국가 감축 목표 대비 2018년, 2019년 그리고 두 해의 평균 온실가스 배출량 가법적 요인분해 결과는 Table 4에 나타나 있다.

2018년 수송 부문 온실가스 배출량은 감축 후 배출 목표(3년 평균)보다 6.0백만 톤 CO₂eq (6.38%) 높은 실적을 보였다. 에너지집약도 효과인 6.7백만 톤 CO₂eq (7.12%) 증가와 탄소집약도 효과인 2.2백만 톤 CO₂eq (2.30%) 증가는 배출량 감축에 부정적인 요인으로 작용한 반면, 경제 성장 효과인 2.5백만 톤 CO₂eq (-2.66%) 감소와 인구증가 효과인 0.3백만 톤 CO₂eq (-0.35%) 감소는 배출량 감축에 긍정적으로 작용하였다. 한편 운송수단전환 효과는 배출

량 증감 요인으로서 유의미하게 작용하지 않았다.

2019년 수송 부문 온실가스 배출량은 감축 후 배출 목표(3년 평균)보다 7.6백만 톤 CO₂eq (1.64%) 높은 실적을 보였다. 에너지집약도 효과로 인한 배출량은 6.4백만 톤 CO₂eq (1.37%)이 증가하였고 탄소집약도 효과로 인한 배출량은 2.2백만 톤 CO₂eq (0.47%)이 증가하였다. 반면에 경제성장 효과는 0.8백만 톤 CO₂eq (-0.18%)이 저감되는 데 기여하였고, 나머지 요인인 인구증가 효과와 운송수단전환 효과는 배출량 증감에 유의미한 요인으로 작용하지 못하였다.

2018~2019년 평균 배출량에 대한 요인분해 결과를 살펴보면, 국가 감축 목표 경로 대비 초과 배출량의 증가요인은 에너지집약도 효과와 탄소집약도 효과이다. 다른 화석연료와 비교하여 배출계수가 높은 경우¹⁾의 소비 비중(55%)이 국가 감축 목표 경로상 비중(51%)을 4% 초과함에 따라 1.6백만 톤 CO₂eq 증가하였다(탄소집약도 효과). 또한 비중뿐 아니라 절대량 측면에서도 경유 실제 소비량(20.3백만 TOE)은 국가 감축 목표 경로상 소비량(17.8백만 TOE)을 14% 초과함에 따라 배출량이 7.0백만 톤 CO₂eq 증가하였다(에너지집약도 효과).

인구는 실제치(51.7백만 명)가 로드맵 전제치(51.8백만 명)보다 적어 인구효과는 감소요인으로 작동하였지만 그 크기는 미미하였다. 배출량을 유의미하게 감소시킨 요인은 경제성장 효과였는데, 이는 로드맵에서는 2018~2020년 1인당 GDP 평균을 36.0백만 원을 전제한 반면, 2018~2019년 실제 1인당 GDP 평균은 그보다 1.7% 낮은 35.4백만 원에 그쳤기 때문에 온실가스 감축 요인으로 작용하였다.

Table 4. Factor decomposition of emissions compared to the three year average emission target

(unit: million tCO₂eq, %)

	2018		2019		2018-2019 average	
	Emissions	Ratio	Emissions	Ratio	Emissions	Ratio
Population effect	-0.3	-0.35	-0.1	-0.01	-0.2	0.02
Growth effect	-2.5	-2.66	-0.8	-0.18	-1.7	0.20
Energy intensity effect	6.7	7.12	6.4	1.37	6.5	-0.77
Transportation mode effect	0.0	-0.02	0.0	-0.01	0.0	0.00
Carbon intensity effect	2.2	2.30	2.2	0.47	2.2	-0.26
Total effect	6.0	6.38	7.6	1.64	6.8	-0.81

source: authors' calculation

1) 휘발유, 경유, 중유의 배출계수는 각각 2.68톤 CO₂eq/TOE, 2.88톤 CO₂eq/TOE, 3.04톤 CO₂eq/TOE이며, 로드맵상 2019년 수송 부문에서 차지하는 비중은 각각 27%, 51%, 1%이다.

4. 2030 감축목표 달성을 위한 수송 부문 주요 정책별 평가

수송 부문에서는 도로 부분의 온실가스 배출량 비중이 가장 높을 뿐 아니라(2019년 기준 97.2%), 지속적으로 증가하고 있으므로, 친환경차 보급 확대와 자동차 평균 연비 개선을 포함한 도로 부분에서의 감축이 필수적이다. 따라서 2030년 국가 온실가스 감축 로드맵에서 수송 부문 감축 경로 설정 시에도 도로 부분에서의 감축이 중점적으로 고려되었다.

2018년과 2019년 감축 경로 설정 시 자가용 자동차의 유종별 등록 대수는 2018년 기준 22,604천 대, 2019년 기준 23,136천대로 전제하였으며, 유종별로는 내연기관차가 2018년 21,996천대, 2019년 22,166대, 친환경차가 2018년 608천대, 2019년 970천대, 주행거리는 연간 12,248km/대로 전제하였다. 그러나 실제 실적을 살펴보면(Table 5 참조), 2018년 등록 대수는 23,203천 대, 2019년 23,677천 대로 각각 전제치 대비 3%, 2% 높게 집계되었고 주행거리 또한 2018년 14,096km/대와 2019년 13,919km/대로 각각 전제치 대비 15%, 14% 높은 수치를 기록하였다. 친환경차(하이브리드차, 전기차, 수소차)는 등록 대수 2018년 총 462천 대, 2019년 601천 대로 전제치 대비 각각 24%, 38% 낮은 수치를 기록하였다. 이는 도로 부분에서의 온실가스 감축 경로를 따라가기 위해서는 친환경차 보급 확대와 자동차 평균 연비 개선을 포함한 도로 부분에서의 감축 정책 수단의 적극적 이행이 지속적으로 요구됨을 시사한다.

2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안(Korean government, 2018)에서는 수송 부문

의 2030년 온실가스 감축목표(29.3%, 30.8백만 톤 CO₂eq) 달성을 위한 주요 정책으로서 친환경차 보급 확대, 자동차 평균 연비 개선, 녹색물류 효율화, 대중교통 확대를 명시하였다. 이들 정책의 2018~19년 성과를 개별적으로 검토하면 다음과 같다.

4.1 친환경차 보급을 포함한 자동차 평균 연비 개선

로드맵 수정안은 2030년까지 수송 부문 온실가스 감축목표의 75%(23.1백만 톤 CO₂eq)를 친환경차(하이브리드·전기차·수소연료전지차) 보급 확대를 포함한 자동차 평균 연비 개선을 통하여 달성한다고 밝히고 있다. 승용차 평균연비 제도는 각 자동차 제작사가 1년 동안 국내에 판매한 승용자동차의 평균연비를 관리하는 제도로, 승용차 평균연비 달성 목표는 내연기관차의 연비 개선만으로는 달성하기 어려우므로 연료효율이 우수한 친환경차 보급을 통하여 달성을 유도하는 정책이다(KTI, 2018).

국내에서 제작되거나 수입되어 국내에서 판매되는 신규 승용차와 소형승합·화물차를 대상으로 2030년 기준 약 33.1 km/L로 규제가 강화될 예정이다. 친환경차 보급은 5년 단위의 “환경친화적 자동차의 개발 및 보급을 위한 기본계획”과 매년 수립되는 “환경친화적 자동차 보급시행계획”에 의하여 추진되어 왔으며, 2020년 1월 1일부터는 저공해차 보급목표제가 본격 추진되면서 2030년까지 전기차 300만 대, 수소차 85만 대라는 목표를 달성하고자 노력하고 있다.

2018년과 2019년의 승용차 평균 연비 기준은 달성되었으나 소형승합·화물차 평균 연비 개선은 목표 대비 미흡하였고, 중·대형 상용차(총 중량 3.5톤 이상 중·대형화물

Table 5. Comparison of the assumptions in the 2030 reduction path with the actual realizations

(unit: thousand)

	2018		2019	
	Assumption	Realization	Assumption	Realization
Total	22,604	23,203 (+3%)	23,136	23,677 (+2%)
Internal Combustion	21,996	22,633	22,166	22,961
Hybrid	512	405	790	506
Electric	96	56	180	90
Hydrogen	-	0.9	-	5
etc.	-	108	-	115
distance driven (km/unit,year)	12,248	14,096 (+15%)	12,248	13,919 (+14%)

source: MOLIT Statistics System, Traffic Safety Information Management Complex System

차, 16인승 이상 버스 등)에 대한 연비 관리 제도가 아직 도입되지 않았다. 또한 2019년까지는 대부분의 자동차 제작사가 과거의 초과달성실적을 활용하여 기준을 충족하고 있으나 향후 강화될 기준에 대하여 보다 적극적인 대응이 필요한 상황이다. 2030년 예상 평균 연비 기준에 도달하기 위해서는 각 제작사가 현재에 비하여 친환경차 판매 비율을 상당히 높여야 달성 가능할 것으로 예상된다.

친환경차 보급 활성화 목표 부진 사유로 지적되었던 전기차와 수소차의 낮은 비용 경쟁력과 충전소 인프라 부족은 여전히 친환경차 보급 활성화의 장애 요인으로 작용하고 있다(Korean government, 2015). 따라서 친환경차 보급을 포함한 자동차 평균 연비 개선을 통하여 2030 수송 부문 온실가스 감축목표에 도달하기 위해서는, 경쟁력 있는 친환경차 개발, 보조금을 포함한 구매 부담 경감 정책과 친환경차 보급 확대를 위한 법·제도 개선, 저비용·고효율 충전소 인프라 구축 확대가 우선적으로 추진되어야 한다(Korean government, 2017).

4.2 도로 부분 바이오디젤 혼합

바이오디젤 사용 확대를 통한 도로 부분의 온실가스 감축 목표량은 2030 수송 부문 온실가스 감축 목표량의 3.9%(1.2백만 톤 CO₂eq)를 차지한다. 자동차용 경유에 바이오디젤을 일정 비율 혼합하여 공급하도록 의무화하는 신재생에너지 연료 혼합의무화제도(RFS)가 시행되고 있고, 최근 3개년 「신재생에너지 보급통계」상 바이오디젤 보급량은 지속적으로 증가하고 있다(KEA, 2020). 미국의 경우, 2022년까지 연간 360억 갤런의 재생연료의 배치와 사용을

의무화하기도 하였다(US department of state, 2016).

2018년과 2019년에는 기존의 바이오디젤 혼합 사용 목표치 3%를 달성하였지만, 연료별 혼합의무비율은 기술개발 수준, 연료 수급 상황 등을 고려하여 3년마다 재검토하며 2020년이 목표치 재검토 시점이기 때문에 향후 혼합비율 기준의 상향 여부가 관건이다.

도로 부분의 온실가스 저감에 있어서 친환경차 보급 등에 의한 감축효과가 더 크지만 친환경차의 본격적인 상용화가 이루어지기 전까지는 바이오디젤 혼합이 수송 부문 온실가스 감축효과에 기여할 수 있는 여지가 있다. 그러나 전기차·수소차 확대 보급과 경유차 퇴출 흐름 과정에서 바이오디젤 사용 확대 정책이 친환경차 확대 보급 정책과 조화롭게 시행될 수 있을지 향후 검토가 요구된다.

4.3 대중교통 운영 확대 및 교통 수요관리 강화

대중교통 운영 확대를 통한 수송 부문 2030년 온실가스 목표 감축량은 8%(1.8백만 톤 CO₂eq)를 차지한다. 도보·자전거 이용 여건 개선과 대중교통 이용 편리성 제고를 위한 체계 선진화 및 네트워크 확충, 대중교통 편의성 제고와 이용 활성화를 위한 전국 호환가능 한 교통카드 이용체계 구축 및 다양한 할인제도 도입 등 지원 강화 등의 수단을 통해 목표를 달성하고자 한다. 2018~2019년 관련 지표의 목표치는 달성되었으나, 아직 기반시설이 부족한 수도권 및 지방의 활발한 대중교통 확대 추진 및 대중교통 분담률 제고가 요구된다.

또한 기존의 도로건설·확장 등 공급위주의 정책과 자동차 등록대수 증가로 교통 혼잡이 심화되고 있기 때문에

Table 6. Planned year of internal combustion engine phase out by country

	Year
Norway	2025
Denmark	2030/2035
Iceland	2030
Ireland	2030
Netherlands	2030
Slovenia	2025/2030
Sweden	2030
Scotland	2032
UK	2035

source: International Council on Clean Transportation (2020)

승용차 운행억제를 통해 교통 수요 관리를 강화함으로써 2030년까지 수송 부문 온실가스 목표 감축량의 5.2%(1.6백만 톤 CO₂eq)를 감축하고자 한다. 고속도로, 국도 등 주요 간선도로에 실시간 소통상황 모니터링, 우회안내를 위한 지능형 교통시스템(ITS) 구축·운영, 대중교통 소외지역, 교통불편 지역, 출·퇴근 교통수단 등 카셰어링필요지역과 대상을 선별, 자동차 공동이용·공유 서비스 활성화 방안 강구함으로써 운행억제를 진행할 예정이며, 이는 온실가스 감축에 필수적인 수단이기 때문에 앞으로도 지속적으로 강화해야 할 것이다(Korean government, 2019).

4.4 녹색물류 효율화

물류 인프라 저탄소화를 통해 2030년까지 수송 부문 온실가스 목표 감축량의 5.8%(1.8백만 톤 CO₂eq)를 감축하고자 한다. 본 감축 수단 아래 시행되는 주요 사업에는 친환경 물류 사업 확대와 철도·해운 중심의 친환경 녹색물류 체계 강화가 있다. 친환경 물류 사업 확대와 철도·해운 중심의 친환경 녹색물류 체계 강화는 도로 부문에 편중된 수송 분담구조를 개선하고 도로화물 체계도 친환경적으로 전환한다는 점에서 온실가스 감축에 기여할 수 있다.

그러나 본 감축 수단을 통한 감축 효과를 산정하고 점검하기 위한 화주 및 물류기업들의 수송량과 에너지 사용량 등 기초자료가 구축되어 있지 않고 온실가스 저감을 위한 MRV 체계 또한 구축되지 않은 상태다. 또한 대형 화주기업이 대부분 물류자회사를 두고 있어 물류 부문의 온실가스 저감에 대한 필요성 인식이 부족하며, 기존 물류기업들은 물류효율화 경영 능력이 부족하다. 따라서 본 감축 수단이 실제 감축 효과를 발휘하기에 앞서 업계의 인식 개선, 기초 자료 구축 등의 기반이 먼저 마련되어야 한다.

4.5 친환경선박 보급을 통한 해운 부문 에너지 효율 개선

친환경선박 보급 등 해운 부문 에너지 효율 개선 정책을 통하여 2030년까지 수송 부문 온실가스 감축목표의 0.6%(0.2백만 톤 CO₂eq)를 감축하고자 한다. 2020년 1월 1일부터 「친환경선박법」을 시행하여 환경친화적 선박의 개발과 보급 촉진을 도모하며, 친환경선박 전환 대상을 확대하고 있다. 해당 법에서는 급속히 발전하는 첨단 선박기술 개발 추세를 반영하여 친환경선박의 개념을 특정 방식에 한정하지 않았고, 공공선박은 법 시행일 이후에는 친환경선박으로 건조·구입을 의무화하였기 때문에 감축목

표를 달성하기 위한 사업이 활발해질 것으로 예상된다.

4.6 항공운송 배출권거래제 도입 및 운영효율 개선

2021년부터 시행될 예정인 국제항공 탄소상쇄·감축제도(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA)를 통해 2030년까지 수송 부문 온실가스 감축목표의 0.6%(0.2백만 톤 CO₂eq)를 감축하고자 했다. 항공부문의 효율적인 온실가스 감축을 위해 항공 배출권 도입 및 운영기반 구축은 중요한 수단이지만, 시행에 앞서 국제항공 온실가스 배출량 감축과 관리를 위한 규정이 우선적으로 마련되어야 하고, 국내 온실가스 배출검증기관을 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)에 소속히 등록하여 국제항공 온실가스 배출량 검증 업무를 수행할 수 있도록 지원이 필요하다(Koo, 2020).

그러나 최근 항공 수요 감소와 항공업계의 구조조정으로 인하여 항공운송 배출권거래제 도입 시행이 어려울 것으로 전망되고 있다. 구체적으로는 2021년 상반기 COVID-19의 영향으로 좌석 수용량이 26%에서 45%까지 감소될 것으로 전망되고 있다(ICA0, 2020). 항공운송 배출권거래제 도입 시행이 불투명해졌으나 항공기의 성능 개선과 항공 운송업자에 대한 지원을 통하여 항공사의 국제 경쟁력을 제고하는 것은 여전히 2030 수송 부문 온실가스 감축목표 달성을 위한 과제로서 추진이 요구된다.

5. 결론

온실가스 감축을 위한 국가적 차원의 계획은 10여년 전부터 세웠지만, 이들 계획이 그대로 실현되고 의도하였던 대로 온실가스를 실질적으로 감축하고 있다고 하기에는 어려운 것이 사실이다. 2050년 탄소중립을 실현하기 위해서는 의욕적인 계획 수립만큼이나 지속적으로 기존 계획의 성과를 점검하고, 발견된 미비점은 보완하며, 변화된 사회경제 환경에 맞추어 갱신해 나가는 것이 중요하다. 이러한 문제의식을 바탕으로 본 연구는 수송 부문 2018-19년 온실가스 배출을 요인분해 방법론을 적용하여 분석하였고, 로드맵 상의 핵심 감축정책을 평가하였다. 특히 과거 실적치와 비교하는 기존의 연구와는 달리 국가 로드맵 감축경로 상의 배출량과 비교함으로써, 어떠한 요인 때문에 감축경로와 차이가 나는지 분석하였다.

본 연구는 수송 부문의 이행점검이라는 최초의 연구에

서 의의가 있지만, 다음의 세 가지 한계가 있다. 첫째, 본 연구는 2018~19년이라는 짧은 기간의 실적에 기반하였기 때문에 풍부한 정성·정량적 분석을 실행하는데 한계가 있었다. 둘째, 로드맵 상의 감축경로라는 가상의 수치와 실적치를 비교하는 작업이기 때문에 자료의 한계로 인하여 기존 연구에서 다른 다양한 요인을 모두 반영할 수 없었다. 셋째, 수송 부문은 다른 경제활동과 연계된 파생 에너지 소비 및 온실가스 배출이 상당 부문 차지하는데, 이를 적절히 고려할 수 있는 요인분해 식을 구성하지 못하였다.

기후변화 대응과 온실가스 감축에 대한 실질적인 성과를 거두기 위해서는 실적에 대한 객관적 이행점검이 주기적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다. 향후 이러한 한계를 개선하는 후속 연구가 이어지길 기대한다.

사사

본 논문은 온실가스종합정보센터 ‘2018~2019년 온실가스 감축 이행실적 평가(2020)’의 일부 내용을 대폭 발전시켜 학술논문 형태로 재구성하였으며, 본 논문의 내용은 저자의 의견임을 밝힘. 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2019년)에 의하여 연구되었음.

References

- Committee on Climate Change. 2019. Reducing UK emissions - 2019 Progress Report to Parliament
- Ding J, Jin F, Li Y, Wang J. 2013. Analysis of transportation carbon emissions and its potential for reduction in China. *Chin J Popul Resources Environ* 11:17-25.
- Fan F, Lei Y. 2016. Decomposition analysis of energy-related carbon emissions from the transportation sector in Beijing. *Trans Res Part D: Trans Environ* 42:135-145.
- GIR, 2020a, Report on the progress of GHG reduction : 2018-2019.
- GIR, 2020b, 2020 National GHG inventory report.
- ICAO. 2020. Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis.
- International Council on Clean Transportation. 2020. The end of the road? An overview of combustion engine car phase-out announcements across Europe.
- KEA. 2020. 2019 Statistics on the new and renewable energy supply.
- Kim S. 2019. Decomposition Analysis of Greenhouse Gas Emissions in Korea's Transportation Sector. *Sustain* 11:1986.
- Korean government. 2014. The roadmap for achieving the national GHG reduction goal.
- Korean government. 2015. The 3rd master plan for developing and supying eco-friendly vehicles.
- Korean government. 2016. The national roadmap for 2030 GHG reduction.
- Korean government. 2017. Master plan for fine-dust management.
- Korean government. 2018. Updates on the national roadmap for 2030 GHG reduction.
- Korean government. 2019. The 2nd master plan for climate change.
- Koo S. 2020. Future tasks for introducing an international aviation GHG reduction and management system. National Assembly Research Service.
- KTI. 2018. Study on how to monitor GHG reduction abatement in transportation sector. Policy Paper.
- Kwon T. 2005, Decomposition of factors determining the trend of CO₂ emissions from car travel in Great Britain (1970-2000). *Ecol Econ*. 53: 261-275.
- Lakshmanan, TR, Han X. 1997. Factors underlying transportation CO₂ emissions in the U.S.A.: A decomposition analysis, *Trans Res Part D: Trans Environ* 2(1):1-15.
- Lee J. 2015. On the Price Premium of High Efficient Vehicles in Korea. KEEI policy report 14-08.
- MOLIT Statistics System.2021; [accessed 2021 May 24]. <https://stat.molit.go.kr>
- Shin D, Cho H. 2016. A Study on the Saturation Phenomena of Energy Consumption in Transport Sector: Evidences from OECD Countries. *Applied Economics* 18(2): 77-123.
- Traffic Safety Information Management Complex System.

- 2021; [accessed 2021 May 24]. <https://tmacs.ts2020.kr>
- U.S. Department of State. 2016. Second biennial report of the United States of America.
- Wang WW, Zhang M, Zhou M. 2011. Using LMDI method to analyze transport sector CO₂ emissions in China. *Energy* 36:5909-5915.