

월별 자료를 이용한 선도적인 에너지 분야 온실가스 배출량 산정*

민선영** · 최용옥***

요 약

본 연구는 우리나라의 온실가스 배출량의 86.9%를 차지하는 에너지 분야의 월별 온실가스 배출량 통계를 산정하는 방법을 제안한다. 에너지 통계월보와 석유류수급통계를 활용하여 구축된 전환, 산업, 수송, 건물 부문의 월별 배출량 자료는 온실가스 배출의 계절성에 관련된 연구의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 보다 중요하게는, 본 연구의 방식으로 온실가스 인벤토리를 구축하면 인벤토리의 시차를 현재 2년에서 3개월로 크게 단축할 수 있어 정부 및 유관기관에서 온실가스 감축 이행 현황을 파악하고 관련 정책을 수립하는데 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

주요 단어 : 온실가스 인벤토리, 에너지 분야 배출량, 에너지통계월보, 석유류수급통계
경제학문헌목록 주제분류 : Q53

* 이 논문은 2023년도 중앙대학교 연구년 결과물로 제출되었습니다.

** 중앙대학교 경제학과, 박사과정, 제1저자(e-mail: symin605@si.re.kr)

***중앙대학교 경제학과, 부교수, 교신저자(e-mail: choiyongok@cau.ac.kr)

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change)는 제6차 평가보고서 종합보고서(Sixth Assessment Report - Synthesis Report)에서 전 지구 지표면 온도는 산업화 이전보다 2011~2020년 사이에 1.1°C 상승했다고 밝혔다(IPCC, 2021). 현 수준의 온실가스 배출량을 유지한다면 2040년 이전에 산업화 이전 대비 기온이 1.5°C까지 상승할 것으로 예상되어 기후변화에 대응하기 위해 온실가스 배출량을 관리하는 것이 각국에 부여된 의무가 되었다.

2015년에는 파리협정(Paris Agreement)이 채택되고, 선진국과 개발도상국이 모두 참여하는 신기후체제로 전환되었으며 우리나라 역시 온실가스 감축을 위한 세계적 흐름에 동참하고 있다. 우리나라는 2020년에 2050 탄소중립을 선언하고, 국가 온실가스 감축목표(NDC : Nationally Determined Contribution)를 UN에 제출하였다. 2021년 12월에는 2030년까지 우리나라 온실가스 최대 배출 연도인 2018년 대비 40%를 감축하는 NDC 상향 안을 발표하였으며, 2023년 3월에는 탄소중립 기본법에 따른 부문별, 연도별 감축목표를 마련하였다. 2018년 배출량 대비 전환 부문 45.9%, 산업 부문 11.4%, 건물 부문 32.8%, 수송 부문 37.8%를 감축하는 것을 감축 목표로 한다(중앙부처 합동, 2023).

국가 NDC에서 목표로 하고 있는 2030년까지 6년밖에 남지 않은 2024년 현재, 정점이었던 2018년으로부터 이미 6년이 흐른 시점이 되었다. 우리나라 역시 온실가스 배출량 인벤토리를 구축하고 있으나, 공식 통계의 경우 2년 이상의 시차¹⁾가 존재하

1) 2024년 2월 현재, 공식적인 온실가스 배출량의 가장 최근 자료는 「2023년 국가온실가스 인벤토리」로서 2021년까지의 온실가스 배출량 자료가 수록되어 있으며, 관련 보고서는 2020년까지의 내용을 수록하고 있다.

여 현시점에서의 배출량이 어느 정도 수준인지 정확히 확인하기 어렵다. 감축목표 이행 현황을 파악하고 정책의 방향성을 설정하기 위해서는 부문별 온실가스 배출 현황을 2년보다 빠르게 얻을 필요가 있다.

본 연구에서는 짧은 시차 내에서 확보 가능한 에너지 통계를 활동자료로 두어 주요 부문의 월별 온실가스 배출량 통계를 구축하는 방안을 제시한다. 에너지경제연구원의 에너지 통계 월보와 한국석유공사의 석유류수급통계를 활용하여 3개월까지 시차를 줄이는 것이 가능하다. 이 통계들을 활용하면 우리나라 총배출량의 86.9% (2021년 배출량 기준)를 차지하는 에너지 분야의 연도별 및 월별 온실가스 인벤토리를 구축할 수 있고, 전환, 산업(제조업 및 건설업), 수송, 건물 부문의 배출 현황을 파악 가능하다. 이전 연도에 공표된 국가 통계와의 비교 작업을 거쳐 정확성을 확인하여, 본 연구에서 제시하는 방법론의 실용성에 대해서 검증하고 연구과정에서 발견한 시사점을 공유하고자 한다.

2. 선행연구

중장기 온실가스 배출량 감축목표 달성을 위해 2023년 관계부처 합동으로 ‘제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획’이 수립되었다. 기본계획에서는 2050년 우리나라의 BAU(Business As Usual) 온실가스 배출량을 761.4 백만톤 CO₂eq.으로 전망하였으며, 탄소중립을 위한 부문별 국가 감축목표와 감축 대책을 공개하였다. 주요 부문인 전환, 산업, 건물, 수송 뿐 아니라 농축수산, 폐기물, 수소, 탈루, 흡수원, CCUS의 연도별 감축 목표를 함께 제시하였다(중앙부처 합동, 2023).

우리나라 온실가스 인벤토리의 특징은 다음과 같다(환경부 온실가스종합정보센터, 2022). 국제적으로 통용되는 산정방법론인 1996 IPCC 가이드라인(IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997, 이하 1996 GL)과 2006 IPCC 가이드라인(IPCC, 2006, 이하 2006 GL) 중에서 1996 GL을 기반으로 직접온실가스를 산정한다. CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆의 6종류 온실가스에 IPCC 제2차 평가보고서(Second Assessment Report) 기반 지구온난화지수를 적용한다. 에너지, 산업공정, 농업,

LULUCF,²⁾ 폐기물로 구성된 5개 분야의 배출량을 계산하여 1990년부터 연도별 시계열 정보를 제공한다. 가장 최근 공표된 인벤토리 기준으로 2021년 온실가스 총배출량은 676.6백만 톤CO₂eq.이며, 배출량이 가장 많은 에너지 분야는 587.7백만 톤CO₂eq.로 86.9%를 차지한다. 온실가스종합정보센터에서는 공식 인벤토리의 긴 시차로 인하여 부문별 잠정배출량을 공개한다. 전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물 분야의 잠정배출량을 공개하며 각 부문의 관련 지표 추이로 배출량을 추정한다고 밝히고 있다(환경부 온실가스종합정보센터, 2023).³⁾

우리나라의 온실가스 배출량 산정 및 분석 연구는 건물, 수송, 농업, 폐기물 등의 분야별, 혹은 지역별로 심화된 통계를 구축하고 시계열을 분석하는 형태로 이뤄지고 있다. 건물 부문에서는 정영선·김태형(2019), 김동규 외(2013) 등에서 에너지 통계를 활용해 연도별 건물 온실가스 통계를 구축하고 배출 원단위를 연구하였다. 수송 부문에서는 국가교통 DB를 활용한 도로수송 온실가스 통계를 산정한 박진영 외(2013), 항공 부문의 연료 소비를 분석해 배출량을 산정한 이주형 외(2014) 등이 있다. 위 연구들은 모두 공개된 이전 연도까지의 통계를 바탕으로 온실가스 배출량에 대한 연구를 진행하였으며, 시차를 줄이는 방안과는 거리가 멀다. 아울러 에너지 통계 월보 등에 기반한 월별 온실가스 통계를 구축한 연구는 부재한 실정이다. 한편, 지역별 연구로는 서울시 에너지 사용량 분석을 통해 월별, 부문별 온실가스 배출량을 산정한 이주봉 외(2012)의 연구가 존재하지만, 서울시 단일 데이터를 사용하였고, 비교적 과거 데이터인 1999년에서 2009년까지를 대상으로 한다는 한계가 있다.

2) Land-Use, Land-Use Change and Forestry.

3) 매년 7월 말에 전년도의 잠정배출량을 공개한다. 2023년 공개된 2022년의 잠정배출량과의 본 연구 추정방식의 차이는 다음과 같다. 전환 부문의 배출량을 산정할 때, 본 연구에서는 에너지 통계월보를 사용하지만, 잠정배출량은 한국전력공사의 전력통계속보에서 공개되는 에너지원별(원자력, 석탄, LNG, 유류, 신재생, 기타) 발전량 자료에 기반해서 산정된다. 산업 부문은 산업공정에서의 배출량이 포함되어 있으나, 본 연구에서는 산업 부문 중에서도 제조업 및 건설업에 해당하는 배출량을 산정한다. 건물 부문과 수송 부문은 본 연구와 마찬가지로 에너지통계월보를 이용한다(환경부 온실가스종합정보센터, 2023).

II. 산정식

본 연구에서는 배출량 통계를 구축하기 위해 국가 온실가스 인벤토리 보고서(이하 NIR: National Inventory Report)의 산정식을 적용하였다. 에너지 분야 연료연소 과정에서 직접 배출되는 온실가스는 CO₂와 CH₄, N₂O의 세 종류이며, 배출량을 산정하는 식은 다음 식 (1), (2)와 같다.

<CO₂ 온실가스 배출량 산정식>

$$E = \sum_{i,j} [FC_{i,j} \times 41.868 \times CF_i \times EF_i \times OF_i \times (44/12) \times 10^{-3}] \quad (1)$$

E : CO₂ 배출량(천ton CO₂)

FC : 연료 사용량(천TOE)

41.868: 환산계수(TJ/천TOE)

CF : 전환계수(순발열량/총발열량)

EF : 배출계수(t C/TJ)

OF : 산화율

44/12: 이산화탄소 기준으로 탄소 배출량을 전환(kg CO₂/kg C)

i : 연료 유형

j : 부문

<CH₄, N₂O 온실가스 배출량 산정식>

$$E = \sum_{i,j} [FC_{i,j} \times 41.868 \times CF_i \times EF_i \times 10^{-6}] \quad (2)$$

E : 가스별 배출량(천ton CH₄, 천ton N₂O)

FC : 연료 사용량(천TOE)

41.868: 환산계수(TJ/천TOE)

CF : 전환계수(순발열량/총발열량)

EF : 배출계수(kg CH₄/TJ, kg N₂O/TJ)

i : 연료 유형

j : 부문

연료 사용량 단위가 상이한 경우⁴⁾에는 에너지법 시행규칙 제5조 제1항의 별표에서 공표하는 에너지열량 환산기준을 연도별로 적용하여 천 TOE 단위로 통일시켰다. 천TOE 단위로 확보한 활동자료를 TJ 단위로 변경하기 위해 환산계수를 곱하며, 현행 에너지 통계는 총발열량을 기준으로 발표되므로 전환계수를 곱하여 순발열량 기준으로 전환한다. 각 연료의 총발열량 및 순발열량 자료는 에너지열량 환산기준표로부터 연도별로 확보하였고, 2006년까지는 별도로 고시된 순발열량이 없어 2007~2011년 전환계수를 사용한다. 산화율은 소비된 연료 소비량 중 산화된 탄소의 비율이며 NIR에서 제시하는 1996 GL의 산화율을 본 연구에서도 적용한다.

〈표 1〉 연료별 산화율

연료	산화율(%)
석탄류	98.0
석유류	99.0
가스류	99.5

주: 가스류에는 도시가스, LNG, LPG, 정제가스를 포함한다.

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2022)

부문별, 온실가스별 배출계수는 NIR과 같이 1996 GL 및 2006 GL에서 제시하는 값을 사용하되, 국가 고유 배출계수가 존재하는 경우에는 이 값을 준용하였다. 부문별 배출계수의 상세한 수치는 III.2에서 제시한다. 천 ton 단위로 계산되는 가스별 온실가스 배출량에 지구온난화지수(Global Warming Potential)를 적용하여 이산화탄소 환산량(CO₂eq.) 단위로 통일한다. 현재까지 국가 온실가스 인벤토리에서는 IPCC 제2차 평가보고서(IPCC, 1995)를 기준으로 한 지구온난화지수(CO₂ =1, CH₄ =21, N₂O = 310)⁵⁾를 적용하고 있으므로 본 연구에서도 동일한 값을 적용한다.

4) 활동자료로 확보하는 통계에서는 ton, kg, kl, bbl 등의 단위로 공개하고 있으며 에너지열량 환산기준을 연도별로 적용하여 천 TOE 단위로 통일

5) IPCC 제5차 평가보고서의 지구온난화지수는 다음과 같다. CO₂ =1, CH₄ =28, N₂O = 265 (IPCC, 2014)

Ⅲ. 데이터

1. 카테고리별 활동자료

NIR에서는 에너지 분야의 활동자료를 에너지경제연구원에서 매년 공표하는 에너지 통계 연보와 한국석유공사의 석유류수급통계에서 수집한다고 밝히고 있다. 본 연구에서도 국가 배출량과의 활동자료 정합성을 확보하기 위해 동일한 기관에서 발표하는 에너지 통계 월보와 석유류수급통계를 통해 활동자료를 수집하였다.

에너지경제연구원은 1983년부터 에너지 밸런스를 작성해서 공표해 왔으며, 이에 기반한 에너지 통계 월보를 2008년부터 공개해 왔다. 에너지 통계 월보는 작성기준일 기준 3개월 후 공표되기 때문에, 연보보다 자료 획득에 걸리는 시차가 줄어들어 상대적으로 빠르게 에너지 흐름을 파악할 수 있다. 한국석유공사의 석유류수급통계는 국내석유정보시스템에서 연도별, 월별 통계를 모두 제공하며 작성기준일 기준 1개월 후인 매월 말에 공표되기 때문에 1개월의 시차가 존재한다. 공식 통계인 에너지 통계연보가 나오기까지는 세부 연료 사용량이 변경될 수 있는 잠정 통계라는 한계점은 존재하나, 짧은 시차 안에서 확보할 수 있다는 장점이 있다. 2024년 2월 현재, 에너지통계월보를 통해 1997년 1월부터 2023년 11월까지, 석유류수급통계를 통해 1990년 1월부터 2024년 1월까지의 자료를 확보할 수 있어 최근 연도인 2023년까지 온실가스 배출량을 추정해 보았다.

2022년 말 국제기준과 최근 에너지산업의 구조적 특성을 반영해서 에너지상품과 에너지 흐름을 세분화한 개정 에너지 밸런스를 공표되기 시작했다. 에너지경제연구원(2023)과 에너지경제연구원(2021a)에 의하면 기존 에너지 밸런스(에너지경제연구원, 2021b)와 개정 에너지 밸런스(에너지경제연구원, 2023)의 에너지 실적 수치가 변경되었으며, 활동자료 변경에 따라 국가 온실가스 배출량 역시 바뀌게 된다. 본

연구에서도 개정 에너지 밸런스 기반으로 공표된 에너지 통계 월보를 이용하기 위해 가장 최근 월보를 사용하여 온실가스 배출량을 산정하고자 하였으나, 일부 카테고리에서는 산정된 배출량 결과가 국가 인벤토리와 상이하다는 것을 확인하였다. 그런데 개정 전 월보를 사용하면 이 문제가 해결되었고, 일부 카테고리에서는 아직 개정 전 에너지 밸런스를 활동자료로 두고 있다는 것을 미루어 짐작하였다. 이처럼 활동자료 차이로 인해 온실가스 배출량 차이가 발생하는 경우, 산정 결과에서 배출량을 모두 제시하였다.

개정 전 마지막으로 공표된 월보는 2022년 11월 통계(에너지경제연구원, 2022)이며, 2022년 12월부터는 개정 에너지 밸런스 기준으로 월보가 개편되었다. 본 연구에서는 2022년 11월에 확보한 에너지통계월보를 이하 과거 월보라 하며 2021년 12월까지의 데이터를 사용하였고, 2024년 2월에 확보한 에너지통계월보(에너지경제연구원, 2024)를 이하 개정 월보로 표현하며 2023년 11월까지의 데이터를 사용하였다. 2023년의 잠정적인 배출량을 추정하기 위해 2022년 12월의 수치를 2023년 12월의 값으로 가정하였다. 석유류수급통계 역시 2024년 2월에 확보하여 2023년 12월까지의 수치를 사용하였다(한국석유공사, 2024).

1) 1.A.1. 에너지 산업

에너지 산업 카테고리는 1A1a 공공전기 및 열생산, 1A1b 석유정제, 1A1c 고체연료 및 기타에너지로 구성된다. 에너지 산업의 온실가스 배출량은 2021년 기준 에너지 분야 배출량의 41%이며, 특히 정책 부문 중 발전에 해당하는 1A1a 공공전기 및 열생산은 에너지 분야 배출량의 38.1%를 차지한다.

1A1a 공공전기 및 열생산의 활동자료로는 개정 월보의 무연탄, 유연탄,⁶⁾ 천연가스, 도시가스, 석유류 통계에서 발전에 소비된 양으로부터 확보하였다. 1A1b 석유정제는 NIR에서 밝히고 있는 것과 동일하게 석유류수급통계에서 정제연료로 투입

6) 개정 월보에서 발전 부문에서의 유연탄 소비는 원료탄, 기타유연탄, 아역청탄의 합인 단일 시계열로 작성되어 있다. 개정 에너지 밸런스를 확인하여 발전 부문 항목에 해당하는 발전전용_사업, 열병합_사업, 열전용_사업에서 원료탄의 소비는 없고 기타유연탄의 소비가 대부분을 차지하여 유연탄 소비량에는 연료탄의 배출계수를 적용한다.

되는 양과 정유업의 자가소비량을 활동자료로 두었다. 1A1c 고체연료 및 기타에너지는 에너지 밸런스 상 가스제조, 자가소비 및 손실, 광업, 기타에너지 제조업을 포함한다고 NIR에서 밝히고 있어, 에너지통계월보와 석유류수급통계⁷⁾로부터 관련 자료를 얻었다.

2) 1.A.2. 제조업 및 건설업

제조업 및 건설업에는 세분화된 카테고리들이 존재한다. 1A2a 철강, 1A2b 비철 금속, 1A2c 화학, 1A2d 펄프, 제지 및 인쇄, 1A2e 식음료품 가공 및 담배 제조, 1A2f 기타⁸⁾로 구성된다. 제조업 및 건설업은 2021년 기준 전체 온실가스 배출량 중 28.7%를 차지한다.

NIR에서는 제조업 및 건설업의 활동자료를 에너지통계연보에서 확보한다고 밝히고 있다. 에너지통계연보는 산업을 세분화하여 제조업 및 건설업 하위 카테고리에 상응하는 활동자료를 전부 얻을 수 있는 반면, 월보에서는 산업 전체의 시계열만을 확보할 수 있다. NIR에 의하면, 제조업 및 건설업의 유종들은 하위 카테고리별로 적용되는 배출계수가 서로 상이하기 때문에 석유류는 석유류수급통계⁹⁾로부터 활동자료를 구축한다. 활동자료의 정합성을 확보하기 위해 이 과정에서 석유류수급통계의 연도별 소비량과 에너지통계연보의 수치가 일치하는지 역시 확인¹⁰⁾하였다. 석탄류¹¹⁾ 및 가스류는 카테고리별로 적용되는 배출계수가 같아 에너지통계월보의 수치

7) 에너지통계월보 상에서는 에너지원별로 가스제조, 에너지산업 자체소비 항목은 존재하나 광업 및 기타에너지 제조업은 자료를 얻을 수 없었다. 대안으로 석유류는 석유류수급통계에서 데이터를 확보하였고, 가스제조에 소비되는 천연가스만을 월보에서 가져왔다. 해당 카테고리에서 석탄류와 도시가스는 소비되지 않는다.

8) 1A2f 기타 카테고리는 하위로 1A2f1 비금속광물, 1A2f2 조립금속, 1A2f3 나무 및 목재, 1A2f4 건설, 1A2f5 섬유 및 가죽, 1A2f6 기타제조로 세분화된다.

9) 석유류수급통계의 철강업, 비철금속산업, 화학제품업, 제지, 인쇄업, 식품, 담배업, 요업, 기계조립업, 목재업, 건설업, 석유제품업, 기타제조업으로부터 확보한다.

10) 화학 카테고리 활동자료 중 납사의 경우 NIR에서 원료용 순 납사 투입량만을 고려한다고 밝히고 있다. 이에 따라, 본 문헌에서도 NIR에서 제공하는 원료용 투입량 비율을 연도별로 적용하였고, 2021년부터의 원료용 투입량 비율은 2020년의 수치를 이용한다.

11) 월보에서 유연탄은 원료탄과 연료탄으로 구분되어 공표되지 않기 때문에 에너지밸런스의

를 이용하였으나 개정 전후로 크게 값이 달라 과거 월보와 개정 월보 모두에서 자료를 확보한다.

3) 1.A.3. 수송

수송 부문에는 1A3a 국내 항공, 1A3b 도로수송, 1A3c 철도, 1A3d 해운, 1A3e 기타수송 카테고리가 하위에 속한다. NIR과 동일하게 도로수송, 철도, 해운 카테고리에서 석유제품의 연료 소비량은 석유류수급통계에서 데이터를 확보¹²⁾한다. 다만 국내 항공에서 유일하게 소비되는 항공유¹³⁾와, 도로수송에서만 소비되는 도시가스는 에너지 통계 월보를 기반으로 활동자료를 구축한다.

4) 1.A.4. 기타, 1.A.5. 미분류

기타 카테고리는 1A4a 상업/공공, 1A4b 가정, 1A4c 농림어업이 속하고 1A5 미분류는 공공에서 국방사무과 주한 미군에 의한 에너지 소비가 분리된 항목으로 1A4 카테고리와 배출량 산정방법론이 같아 활동자료를 함께 제시한다.

연도별 사용 비율로 월 자료를 비례적으로 분배한다. 특히 개정 에너지 밸런스 와 개정 월보 간 비교 작업을 거쳐 월보 상 산업 부문의 소비량은 발전전용_자가, 열병합_자가, 코크스로, 고로, 최종소비의 산업에 해당한다는 것을 확인하였다. 이 항목들에서의 원료탄과 기타유연탄의 연도별 소비 비율로 분배하였다.

- 12) 국가 온실가스 인벤토리에서 석유류 데이터를 수집하는 방식과 동일하게 도로수송은 도로 여객운수업, 도로화물운수업, 기타여객운수업, 철도는 철도운수업, 해운은 내국적연안, 내륙항로 수송업과 수상운수보조서비스업, 기타수송은 파이프라인운송업, 육상운수보조서비스업, 항공운수보조서비스업, 내국적내항공운수업, 내국적외항공운수업, 외국적항공운수업으로부터 활동자료를 구축한다. 다만, 항공운수보조서비스업, 내국적내항공운수업, 내국적외항공운수업, 외국적항공운수업의 항공유는 항목 부문과의 중복 산정 방지를 위해 산정 대상에서 제외한다.
- 13) 그런데, 이렇게 확보된 국내 항공 활동자료는 NIR에서 밝히는 연도별 활동자료와 큰 차이를 보인다. 한국교통안전공단에서 조사한 항공유 소비량을 연도별 활동자료로 두고 있는데, 본 연구에서 기반으로 하는 개정 에너지 밸런스 와 석유류수급통계의 항공유 소비량과 비교하였을 때 수치가 상이하다. 아울러 NIR에서는 국내 항공은 항공기의 이착륙을 고려한 산정방법론을 따르고 있어, 본 연구에서도 확보가능한 에너지통계와 항공기 이착륙 정보를 이용하여 배출량 산정을 시도해보았으나, 전체 항공유 사용량에 의한 배출량보다 이착륙 배출량이 더 큰 경우가 발생하여 연구결과로 사용하기 적절치 못하였다.

상업/공공과 가정의 활동자료는 에너지 통계 월보의 석탄류¹⁴⁾와 가스류 데이터를 사용하였으나, 석유류는 가정과 상업/공공을 합해 단일 시계열로 데이터를 제공하기 때문에 석유류수급통계¹⁵⁾로부터 활동자료를 구축한다. 농림어업은 에너지 통계 월보에서 따로 정보를 제공하지 않아 이 역시 석유류수급통계로부터 정보를 얻었고, 미분류는 석유류수급통계의 국방사무과 주한미군으로부터 확보한다.

2. 배출계수

배출계수는 단위 활동자료 당 온실가스 배출량을 정량화하는 계수로, 동일한 연료일지라도 온실가스별, 부문별로 상이하다. 본 연구에서는 NIR에서 제시하고 있는 1996 GL의 기본 배출계수와 국가 고유 배출계수를 적용한다.

CO₂ 배출량 산정에 필요한 탄소배출계수(tC/TJ)는 모든 부문에서 공통적으로 적용된다. 2007년 이전까지는 1996 GL에서 제시하는 기본 배출계수를 적용하고, 2007년 이후에는 국가 고유 배출계수를 적용한다. NIR을 참고하여 본 연구에 적용된 탄소배출계수는 <표 2>와 같다. NIR에 의하면 에너지 분야의 온실가스 배출량 산정을 담당하는 에너지경제연구원에서 연료의 특성과 용도별 투입량에 따라 각 부문의 배출계수를 보정하였다. 보정된 계수가 존재하는 경우 NIR과의 통계 정합성을 위해 이를 사용하였으며, 탄소배출계수 중에서는 1A2c 화학에서 탄소물질들을 고려한 프로판과 부탄의 보정된 계수가 존재한다. 바이오 및 폐기물 소비량은 고형바이오매스로 간주하였으며, 이에 따라 탄소배출계수는 0이다.

14) 과거 월보는 개정 전 에너지밸런스와 마찬가지로 무연탄이 전부 가정에서 사용된 것으로 기록되어 있기 때문에 해당 카테고리에서는 개정 후 월보를 기반으로 석탄류 데이터를 확보하였다. 그러나, 개정 에너지 밸런스에서 가정, 상업, 공공은 무연탄, 유연탄의 소비가 없고 고형연료에서만 소비되는 것으로 표현되어 있다. 개정 전 에너지 밸런스를 확인했을 때 가정에서 소비되는 무연탄은 국내무연탄과 수입무연탄 중 국내무연탄으로 대부분 소비되었기 때문에, 본 연구에서도 국내무연탄의 배출계수를 적용한다.

15) 산업 카테고리과 마찬가지로 석유류수급통계와 에너지 밸런스를 비교하는 과정을 거쳤고, 가정에 해당하는 증기 및 온수 공급업의 B-C유를 제거하여 에너지 밸런스와 에너지 소비량을 일치시켰다.

〈표 2〉 탄소배출계수

탄소배출계수 (tC/TJ)	~'06	'07~'11	'12~'16	'17~'21	'22~
국내무연탄	26.8	29.7	30.5	30.185	29.705
수입무연탄	26.8	26.8	28.6	27.404	27.320
유연탄(원료탄)	25.8	25.8	26.2	25.963	25.349
유연탄(연료탄)	25.8	25.9	26.0	25.951	26.105
천연가스	15.3	15.4	15.3	15.312	15.281
도시가스	15.3	15.4	15.3	15.272	15.236
휘발유	18.9	19.7	20.0	19.548	19.731
등유	19.6	19.5	19.6	19.969	19.926
경유	20.2	20.0	20.2	20.111	20.090
B-A유	20.5	20.2	20.4	20.657	20.440
B-B유	20.8	20.6	20.5	21.384	20.900
B-C유	21.1	20.8	20.6	21.929	21.249
항공유	19.5	19.6	19.8	19.931	19.956
납사	20.0	18.6	19.2	19.157	19.083
용제	20.0	19.4	19.3	19.172	19.128
프로판	17.2	17.6	17.6	17.641	17.630
부탄	17.2	18.1	18.1	18.107	18.094
윤활유	20.0	19.7	19.9	19.979	19.897
석유 코크	27.5	27.2	27.2	26.086	26.192
정제 가스	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7
기타 석유	20.0	20.0	19.7	20.067	20.165
부생연료 1호	20.0	20.0	19.7	20.067	20.165
부생연료 2호	20.0	20.0	21.0	21.729	21.877

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2022); 2021년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수

1A1 에너지 산업의 non-CO₂ 배출계수는 <표 3>과 같다. 다만 1A1a 공공전기 및 열생산의 국가 고유 배출계수가 2017년 공표되어, 2016년까지는 1996 GL의 기본 배출계수를, 2017년부터 국가 고유 배출계수를 적용한다.

〈표 3〉 1A1 에너지 산업 CH₄, N₂O 배출계수

배출계수 (kg/TJ)	1A1 에너지산업 배출계수		1A1a 공공전기 및 열생산 배출계수('17~)	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
석탄류	1	1.4	0.25	1.66
천연가스, 도시가스	1	0.1	0.41	1.06
석유류	3	0.6	0.15	1.75
정제가스	1	0.1	0.41	1.06
LPG	1	0.1	1	0.1

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2022)

1A2 제조업 및 건설업의 non-CO₂ 배출계수는 <표 4>와 같다. 다만, 1A2의 non-CO₂ 배출계수는 전 카테고리에 걸쳐 연도별로 보정되었다. 도시가스, 경유, 휘발유, 프로판, 부탄은 각 하위 카테고리별로 보정된 non-CO₂ 배출계수가 존재하며 NIR에서 제공하는 값과 동일하게 적용한다.

〈표 4〉 1A2 제조업 및 건설업 CH₄, N₂O 배출계수

배출계수(kg/TJ)	CH ₄	N ₂ O
석탄류	10	1.4
천연가스, 도시가스	5	0.1
휘발유, 등유, 경유, B-A유, B-B유, B-C유, 용제, 항공유	2	0.6
정제가스, LPG	1	0.1
납사, 윤활유, 석유코크, 부생연료 1호 및 2호, 기타제품	3	0.6
바이오 및 폐기물	30	4

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2022)

1A3 수송의 non-CO₂ 배출계수는 <표 5>와 같다. 1A3a 국내항공의 항공유 배출계수는 NIR에서 밝히는 것과 동일하게 CH₄는 0.5kg/TJ를, N₂O는 2.0kg/TJ를 적용한다.

〈표 5〉 1A3 수송 CH₄, N₂O 배출계수

배출계수 (kg/TJ)	1A3b 도로수송, 1A3e 기타수송		1A3c철도, 1A3d 해운	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
휘발유	20	0.6	5	0.6
그 외 석유류	5	0.6		
LPG	62	0.2	62	0.2
도시가스	50	0.1		

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2022)

1A4 기타와 미분류의 non-CO₂ 배출계수는 <표 6>과 같다. 1A5 미분류는 공공 항목에 포함되어있던 것으로 1A4a 상업/공공과 동일한 배출계수를 사용한다.

〈표 6〉 1A4 기타, 1A5 미분류 CH₄, N₂O 배출계수

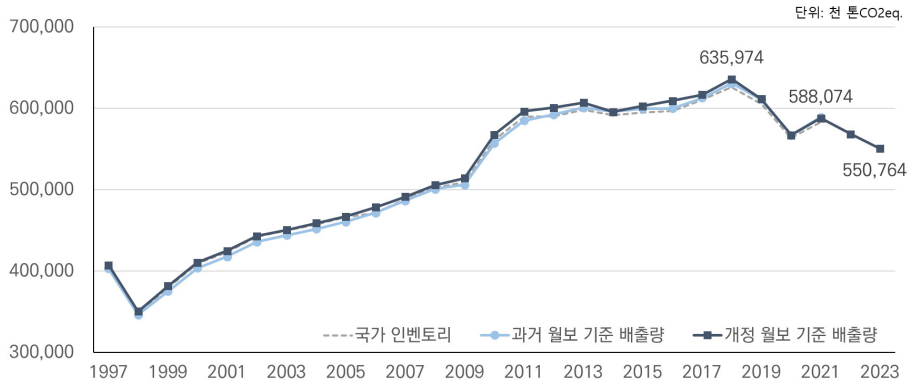
배출계수 (kg/TJ)	1A4a 상업/공공, 1A5 미분류		1A4b 가정, 1A4c 농림어업	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
석탄류	10	1.4	300	1.4
석유류	10	0.6	10	0.6
가스류	5	0.1	5	0.1
바이오	300	4	300	4

자료: 환경부 온실가스종합정보센터(2022)

IV. 산 정 결 과

본 연구의 산정방법론에 따라 월별로 배출량을 계산한 후 연도별 합산하여 에너지 분야 연료연소의 산정 배출량을 국가 인벤토리와 비교한 그림은 <그림 1>과 같다.

월별 자료를 이용한 선도적인 에너지 분야 온실가스 배출량 산정



〈그림 1〉 1A 연료연소 온실가스 배출량

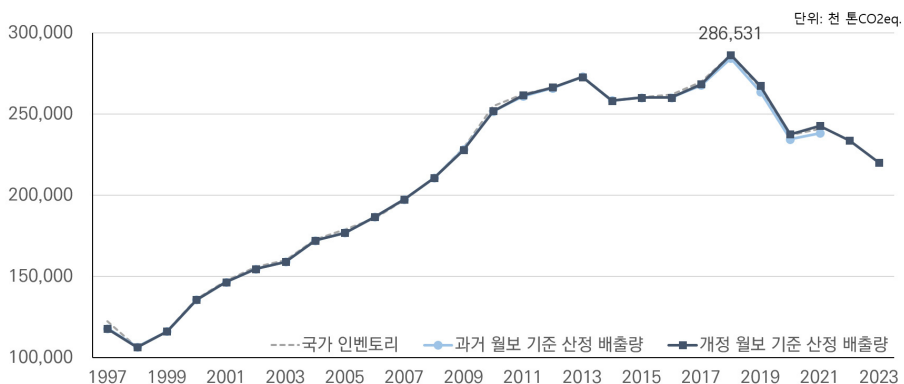
NDC 감축목표의 기준이 되는 2018년 이후의 온실가스 배출량을 산정한 결과는 <표 7>과 같다. 국가 인벤토리와 과거 월보를 기준으로 한 배출량, 개정 월보를 기반으로 한 배출량을 비교하였을 때, <표 7> 및 <그림 1>과 같이 개정 월보를 기반으로 하였을 때 더 큰 차이가 난다는 것을 확인할 수 있다. 보다 상세하게는 1997년부터 2021년 동안에는 과거 월보 기준으로 평균 -0.3%, 개정 월보 기준으로 평균 0.8% 만큼의 차이가 발생한다. 과거 월보를 기준으로 했을 때는 차이가 덜 한 것으로 미루어 보아 현재 공표된 온실가스 배출량은 개정 전 에너지밸런스를 활동자료로 사용한 일부 카테고리 있음을 미루어 짐작할 수 있다. 추이를 살펴보면, 2018년부터 감소하는 추세를 보이며 2022년에는 568,596천 톤CO₂eq. 2023년에는 550,764천 톤CO₂eq.까지 감소한다. 이는 2018년 대비 13.4% 감소한 수치이다.

〈표 7〉 1A 연료연소 온실가스 배출량

온실가스 배출량 (천 톤CO ₂ eq.)	2018	2019	2020	2021	2022	2023
국가 인벤토리	626,252	605,369	563,854	583,183		
과거 월보 기준 산정 배출량	630,768 (0.7%)	611,072 (0.9%)	567,267 (0.6%)	589,362 (1.1%)		
개정 월보 기준 산정 배출량	635,974 (1.6%)	611,823 (1.1%)	567,304 (0.6%)	588,074 (0.8%)	568,596	550,764

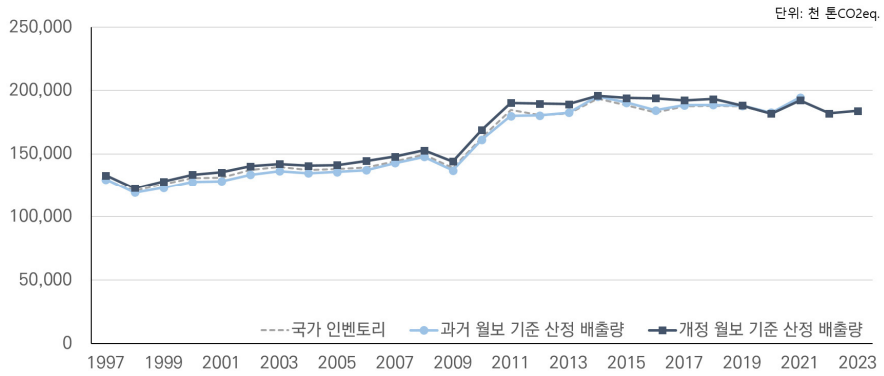
하위 카테고리별 산정 결과도 다음과 같이 국가 인벤토리와 산정 배출량을 기준으로 비교한다. 연도별로 합산한 에너지 산업(1A1), 제조업 및 건설업(1A2), 수송(1A3), 기타(1A4)의 산정 배출량과 국가 인벤토리를 함께 비교한 <그림 2>, <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에서 나타내었다. 에너지 산업(1A1)의 산정 결과 그 추세가 거의 유사하게 나타났으며, 2018년 이후 현재까지 점점 감소하는 추세를 보이고 있다. 과거 월보와 개정 월보 간 활동자료 차이가 큰 제조업 및 건설업 부문(1A2)은 두 산정 결과를 함께 그림에 나타내었으며, 개정 월보를 기준으로 계산된 배출량이 전 연도에서 국가 인벤토리나 과거 월보 기준 배출량보다 크게 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 수송 부문(1A3)은 현재로 가까워질수록 국가 인벤토리와 산정 배출량 간 차이가 커지고 있다. 기타 부문(1A4) 역시 두 시계열이 유사하게 감소하는 추세를 보이며, 아직 공식적인 통계가 없는 2022년 배출량이 증가하였다가 2023년에 다시 줄어드는 것으로 나타났다.

세부적으로 국가 인벤토리와 결과를 비교해보면, 에너지 산업(1A1)에서는 <표 8>과 같이 2018년~2021년 사이의 오차가 평균 0.4%로 나타난다. 2018년~2021년 사이 공공전기 및 열생산(1A1a)의 오차 평균은 -1.0%, 석유정제(1A1b)의 평균 오차는 -0.03%에 불과하나, 고체연료 및 기타에너지(1A1c)는 과거 월보와 개정 월보의 결과에 따라 차이가 있으나, 에너지 산업에서 차지하는 비중이 작아 전체 시계열에는 거의 영향을 주지 않는다.

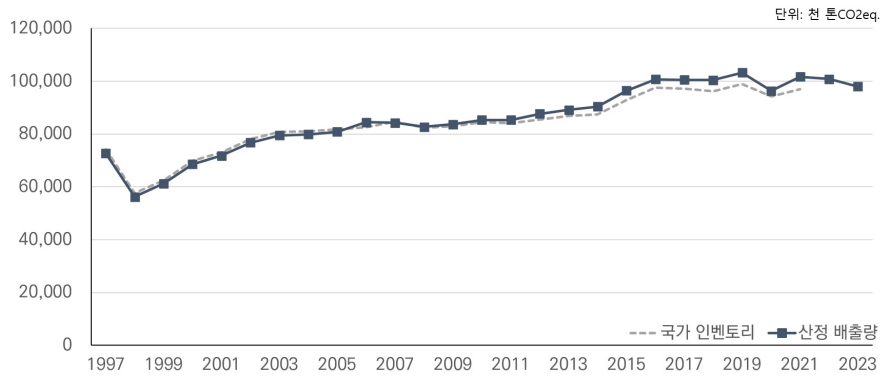


〈그림 2〉 1A1 에너지 산업 온실가스 배출량

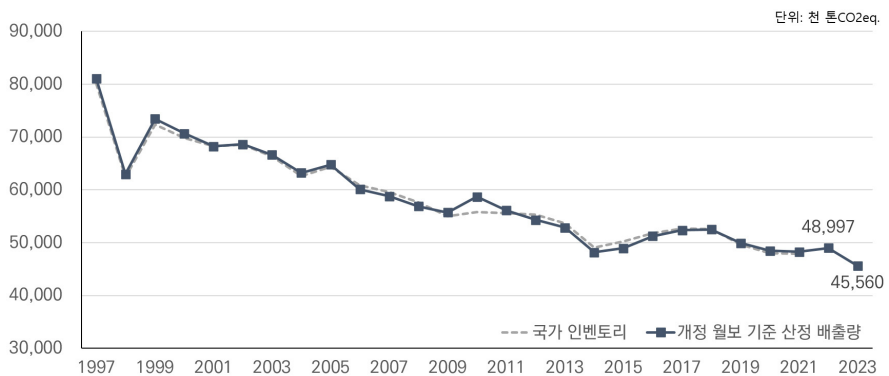
월별 자료를 이용한 선도적인 에너지 분야 온실가스 배출량 산정



〈그림 3〉 1A2 제조업 및 건설업 온실가스 배출량



〈그림 4〉 1A3 수송 온실가스 배출량



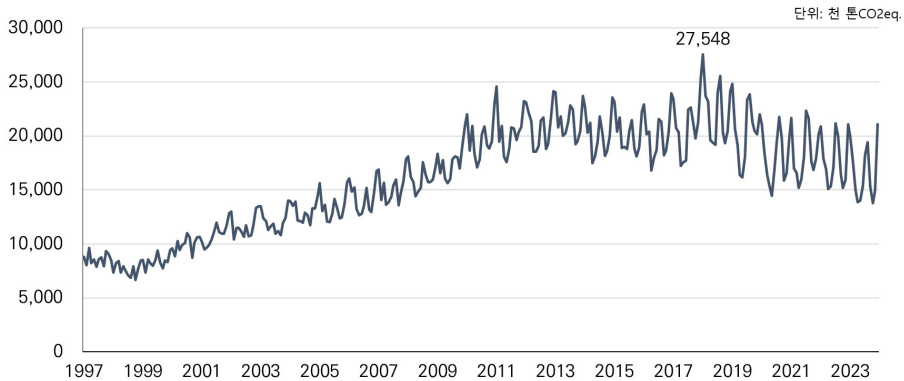
〈그림 5〉 1A4 기타 온실가스 배출량

〈표 8〉 1A1 에너지산업 온실가스 배출량 비교

온실가스 배출량 (천 톤CO ₂ eq.)		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1A1	국가 인벤토리	286,399	266,225	237,038	241,080		
	과거 월보 기준	284,407	263,737	234,520	238,281		
	산정 배출량	(-0.7%)	(-0.9%)	(-1.1%)	(-1.2%)		
	개정 월보 기준	286,531	267,579	237,699	242,845	233,827	220,064
1A1a	산정 배출량	0.0%	0.5%	0.3%	0.7%		
	국가 인벤토리	268,356	248,746	218,065	223,657		
	과거 월보 기준	266,413	246,301	215,605	220,923	213,114	198,462
	산정 배출량	(-0.7%)	(-1.0%)	(-1.1%)	(-1.2%)		
1A1b	국가 인벤토리	15,858	15,364	15,173	14,014		
	과거 월보 기준	15,858	15,364	15,169	14,000	13,488	13,526
	산정 배출량	(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)	(-0.1%)		
	개정 월보 기준	2,184.83	2,114.30	3,798.79	3,410.37		
1A1c	과거 월보 기준	2,136	2,071	3,746	3,358		
	산정 배출량	(-2.2%)	(-2.0%)	(-1.4%)	(-1.5%)		
	개정 월보 기준	4,260	5,914	6,925	7,922	7,225	8,076
	산정 배출량	(95.0%)	(179.7%)	(82.3%)	(132.3%)		

아울러, 에너지산업(1A1) 분야의 98.7%를 차지하는 공공전기 및 열생산(1A1a)의 월별 그래프는 <그림 6>과 같다. 이 그래프로부터 최근으로 가까워질수록 계절성이 더욱 커지는 양상을 확인할 수 있다. 1997년부터 2010년 사이 turndown ratio의 평균은 1.29인 반면, 2018년부터 2021년 사이의 turndown ratio의 평균은 1.49로 계절성이 심화되었다. 특히 2018년 1월 27,548 천 톤CO₂eq.로 가장 높은 수치를 기록하였으며 2018년 이후 감소 추세를 보인다.

월별 자료를 이용한 선도적인 에너지 분야 온실가스 배출량 산정



〈그림 6〉 1A1a 공공전기 및 열생산 월별 온실가스 배출량

제조업 및 건설업(1A2) 배출량은 앞서 <그림 3>에서 밝힌 것과 마찬가지로 활동자료에 따라 배출량 차이가 있다. 보다 상세하게는 <표 9>와 같이 배출량 차이가 과거 월보 기준으로는 2018년~2021년 사이 평균 오차가 0.3%인 반면, 개정 월보 기준으로는 평균 0.6% 차이가 발생한다. 1997년~2021년 사이의 평균 오차는 과거 월보 기준으로 -0.8%, 개정 월보 기준으로 2.5% 차이가 발생한다.¹⁶⁾ 이로 미루어 볼 때, 현재까지 제조업 및 건설업(1A2)의 국가 인벤토리는 개정 전 에너지밸런스의 활동자료를 기반으로 산정했을 가능성이 있다고 평가된다. 추후 개정 에너지밸런스를 활동자료로 두는 국가 온실가스 인벤토리가 공표된다고 언급하는 공식적인 인벤토리 보고서가 나온다면, 개정 월보를 기반으로 한 배출량의 정확도가 더 높아질 것이라고 예상된다.

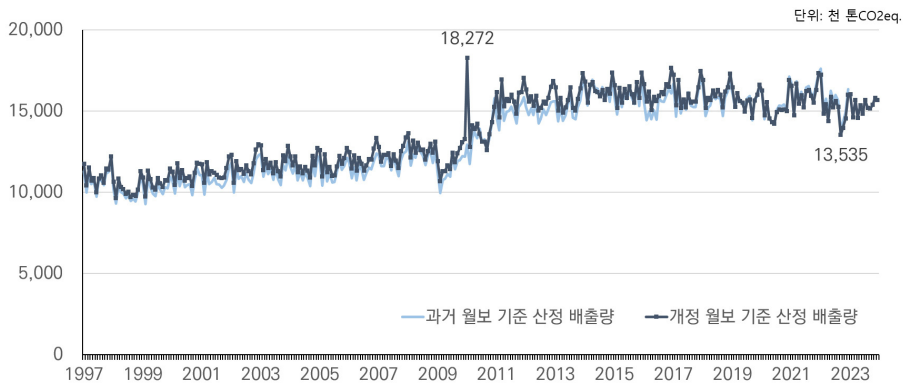
제조업 및 건설업(1A2) 분야 전체의 월별 그래프는 <그림 7>과 같다. 두 활동자료를 언급하고 있는 만큼, 월별 그래프 역시 두 시계열을 나타내었다. 개정 월보를 기준으로 한 배출량에서 가장 큰 수치는 2010년 1월의 18,272천 톤CO₂eq.이며, 유연탄의 소비량이 4,605천 ton으로 가장 높은 수치를 기록한 것에서 기인함을 확인하였다. 반면 같은 2010년 1월에 과거 월보에서는 유연탄 소비량이 2,572천 ton으로 온실가스 배출량은 12,936천 톤CO₂eq.로 에너지 밸런스 개정에 따라 활동자료의 급격한 변화가 있었음을 확인할 수 있었다. 2010년대 이후로는 2022년 9월 13,894천 ton

16) 2019년부터 정확도가 높아졌으나, 2018년까지는 연도별로 3% 내외의 차이가 발생하였다.

CO₂eq.으로 가장 적게 배출하였다. 과거 월보와 개정 월보 간에는 전반적인 수준에서 다소 차이가 있지만, 1997년에서 2021년 사이 과거 월보의 turndown ratio의 평균은 1.17, 개정 월보의 값은 1.18로 계절간 변동폭에는 큰 차이가 없다.

〈표 9〉 1A2 제조업 및 건설업 온실가스 배출량 비교

온실가스 배출량 (천 톤CO ₂ eq.)		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1 A 2	국가 인벤토리	188,049	187,609	181,711	194,348		
	과거 월보 기준	188,647	188,096	182,668	194,534		
	산정 배출량	(0.3%)	(0.3%)	(0.5%)	(0.1%)		
	개정 월보 기준	193,395	188,209	181,876	192,370	181,987	184,130
	산정 배출량	(2.8%)	(0.3%)	(0.1%)	(-1.0%)		



〈그림 7〉 1A2 제조업 및 건설업 월별 온실가스 배출량

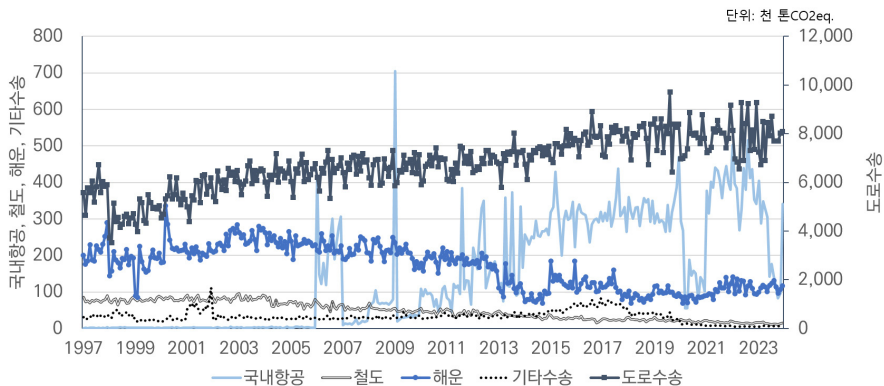
수송(1A3) 부문은 <그림 4>와 같이 최근으로 올수록 국가 인벤토리와 배출량 차이가 커지는데, 이는 도로수송(1A3b) 카테고리에서 기인한다. 온실가스 배출량의 90% 이상을 차지하는 도로수송은 2023년에 공표된 2021년까지의 통계와 비교하였을 때는 2008년에 0.6% 차이가 나며 이후 점점 차이가 커지기 시작하였다. 그러나 그 직전 연도인 2022년도에 공표된 2020년까지의 통계와는 전 연도에서 차이가

0.05% 미만으로 발생하여 차이가 거의 없는 수준이다. 현시점에서 2023년에 공표된 통계의 활동자료를 설명하는 NIR은 아직 발표되지 않았으며, 도로수송 분야의 활동자료 변경 혹은 보정이 있었을 것으로 짐작할 수 있다. 추후 2023년의 활동자료 설명이 포함된 보고서가 나온다면 그 기준에 맞추어 본 연구의 활동자료 역시 업데이트하여 최신에 공표된 배출량과의 정합성을 꾀할 수 있다. 국내항공 역시 가용자료의 한계로 국가 인벤토리와 큰 차이를 보이는데, 세부적으로는 <표 10>에서 확인할 수 있다. 그 외 철도, 해운, 기타수송에서는 오차가 전 연도에서 1% 미만에 불과하다.

〈표 10〉 1A3 수송 온실가스 배출량 비교

온실가스 배출량 (천 톤CO ₂ eq.)		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1 A 3	국가 인벤토리	96,153	98,992	94,206	96,946		
	산정 배출량	100,445	103,207	96,371	101,698	100,771	98,018
		(4.5%)	(4.3%)	(2.3%)	(4.9%)		
1 A 3 a	국가 인벤토리	1,597	1,642	1,561	1,695		
	산정 배출량	3,947	3,868	1,764	4,751	4,756	2,770
		(147.2%)	(135.5%)	(13.0%)	(180.2%)		
1 A 3 b	'23년 국가 인벤토리	92,759	95,462	91,277	93,667		
	'22년 국가 인벤토리	94,711	97,462	93,248			
	산정 배출량	94,704	97,454	93,240	95,367	94,397	93,659
	'23년과의 오차	(2.1%)	(2.1%)	(2.2%)	(1.8%)		
	'22년과의 오차	(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)			
1 A 3 c	국가 인벤토리	288	273	241	214		
	산정 배출량	288	273	241	214	180	164
		(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)	(0.0%)		
1 A 3 d	국가 인벤토리	1,022	1,218	994	1,279		
	산정 배출량	1,019	1,215	994	1,276	1,370	1,350
		(-0.3%)	(-0.2%)	(-0.1%)	(-0.2%)		
1 A 3 e	국가 인벤토리	487	396	132	90		
	산정 배출량	487	396	133	90	68	75
		(0.0%)	(0.0%)	(0.1%)	(0.1%)		

수송 부문의 배출량을 하위 카테고리별, 월별로 나타내면 <그림 8>과 같다. 국내 항공은 활동자료에 따라 온실가스 배출량 역시 변동성이 크게 나타났으며, 코로나 시기였던 2020년과 2021년 배출량이 감소한다. 도로수송¹⁷⁾의 온실가스 배출량은 지속적으로 증가한 반면, 철도와 해운은 감소하는 추세로 나타났다.



〈그림 8〉 1A3 수송 월별 온실가스 배출량

1A4 기타와 1A5 미분류의 연도별 배출량 차이는 다음과 같다. 기타의 2018년~2021년 사이의 평균 오차가 0.6%이며, 1997년~2021년 사이 평균 오차는 0.1%로 나타난다. 세부적으로 2018년~2021년 사이 하위 카테고리의 평균 오차는 1A4a 상업/공공 0.04%, 1A4b 가정 0.8%, 1A4c 농림어업 -0.04%이다. 1A5 미분류는 -0.3%임을 확인하였다.

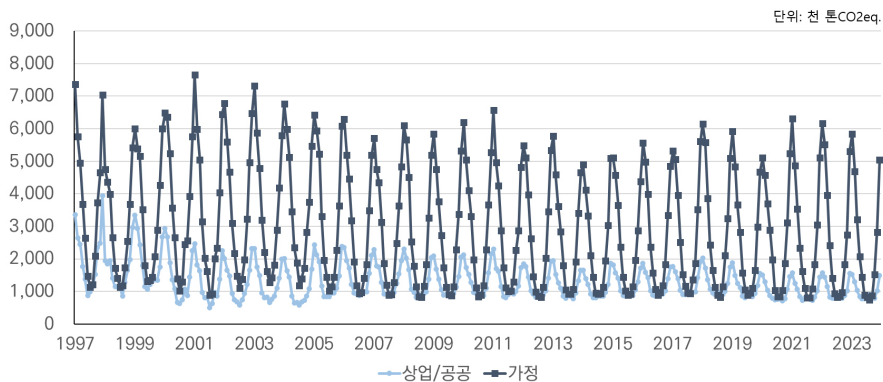
정책 부문 상 건물에 해당하는 상업/공공과 가정의 월별 배출량의 추이를 살펴보면 겨울에 배출량이 높고, 여름에 낮아지는 계절성을 보인다. 난방을 위한 에너지 사용량이 늘어나는 겨울에 높은 수치를 기록하고 있다. 모든 카테고리 중 가정에서 가장 높은 turndown ratio를 보이는데, 2001년에는 8.57를 기록하였으며 최근 연도 중에는 2021년 7.84로 뚜렷한 계절성을 보인다. 상업/공공은 2004년까지 turndown

17) 도로수송의 turndown ration은 1997년부터 2021년까지 1.31로 연도별로 변화가 크지 않은 반면, 2019년에만 일시적으로 1.51로 상승하였다.

ratio가 3을 넘었으나 최근으로 올수록 계절성이 약해져 2018년에서 2021년 사이에는 2.2로 줄어들었다.

〈표 11〉 1A4 기타 및 1A5 미분류 온실가스 배출량 비교

온실가스 배출량 (천 톤CO ₂ eq.)		2018	2019	2020	2021	2022	2023
1 A 4	국가 인벤토리	52,537	49,602	47,993	47,890		
	산정 배출량	52,496	49,894	48,457	48,249	54,843	39,714
		(-0.1%)	(0.6%)	(1.0%)	(0.7%)		
1 A 4 a	국가 인벤토리	14,764	13,596	11,862	12,053		
	산정 배출량	14,857	13,806	11,813	11,860	12,465	12,043
		(0.6%)	(1.5%)	(-0.4%)	(-1.6%)		
1 A 4 b	국가 인벤토리	34,238	32,025	31,707	31,890		
	산정 배출량	34,108	32,111	32,217	32,441	32,930	29,984
		(-0.4%)	(0.3%)	(1.6%)	(1.7%)		
1 A 4 c	국가 인벤토리	3,534	3,982	4,424	3,948		
	산정 배출량	3,531	3,977	4,427	3,947	3,602	3,532
		(-0.1%)	(-0.1%)	(0.1%)	(0.0%)		
1 A 5	국가 인벤토리	3,115	2,941	2,907	2,919		
	산정 배출량	3,107	2,934	2,900	2,911	3,015	2,992
		(-0.3%)	(-0.2%)	(-0.3%)	(-0.3%)		



〈그림 9〉 1A4 기타 월별 온실가스 배출량

V. 결 론

본 연구에서는 상대적으로 빠르게 취득할 수 있는 월별 에너지 통계를 활용하여 에너지 분야의 온실가스 배출량을 산정하는 방안을 제시하였다. 제안한 방식을 이용하면, 연도별로 발표하는 통계보다 훨씬 더 빠르게 활동자료를 얻을 수 있으므로 공식 통계의 발표 시차인 2년을 3개월로 줄일 수 있어 현시점의 우리나라 온실가스 현황을 빠르게 파악할 수 있다는 장점이 있다. 제안한 방식으로 추정된 값과 국가 인벤토리를 비교했을 때, 2021년 기준 1% 내외의 오차를 보이는 것으로 나타나므로 본 연구에서 제안하는 방식으로 온실가스 인벤토리를 산정하는 것이 무리가 없는 것으로 판단된다.

추정된 결과를 살펴보면, 연료연소(1A) 부문의 온실가스 배출량이 2023년 잠정적으로 2018년 대비 13.4% 감소할 것으로 예상된다. 세부 부문별로는 전환에 해당하는 에너지 산업(1A1)의 경우 2018년 대비 23.2%, 산업 부문에 속하는 제조업 및 건설업(1A2)은 4.8%, 건물(1A4) 부문은 13.2%만큼 감소하는 반면, 수송(1A3) 부문은 2.4%만 감소한다. 2030년까지 수송 부문의 배출량 감축목표가 37.8%인 만큼 이를 달성하기 위해서는 수송 부문의 추가적인 정책이 필요한 것으로 판단된다. 이처럼 즉각적인 배출 현황을 파악함으로써 우리나라가 목표로 하는 NDC에 얼마나 가까워졌는지 파악할 수 있는 중요한 정보를 적시에 얻을 수 있다.

또한, 본 연구에서 제안한 방식으로 온실가스 배출량을 산정하면, 배출량을 월별로 파악할 수 있다는 장점도 있다. 특히, 전환 부문과 건물 부문의 경우에는 월별로 시계열을 분석하였을 때, 뚜렷한 계절성을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 구축된 월별 배출량 시계열은 배출량을 결정하는 요인에 대해서 분석할 수 있는 기초자료가 될 것으로 기대되며, 온실가스 감축에 대한 정책을 세우는 데에도 도움이 될 것으로 사료된다.

다만, 본 연구를 통해 산정된 온실가스 배출량은 에너지 분야의 통계에 국한되는 한계가 있다. 물론 에너지 분야의 온실가스 배출량이 2021년 기준 전체 온실가스 배출량의 86.9%를 점유하고 있으나, 나머지 13%의 타 분야 활동자료까지 빠르게 확보할 수 있다면 더욱 정확하고 완전한 온실가스 배출량 통계를 짧은 시차 안에서 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 산업공정을 비롯한, 농업, LULUCF 및 폐기물 분야의 활동자료로 본 연구와 같은 인벤토리를 구축한다면 우리나라의 온실가스 현황을 파악하고 관련 정책을 수립하는 데에 큰 도움이 될 것이다. 이를 위해서는 각 분야의 활동자료를 담당하는 범부처별 자료 공유 및 협조가 필요하다.

이번 연구를 통해서 확인한 바에 따르면, 국가 온실가스 인벤토리는 산정방법론과 활동자료의 변경이 요구된다. 우리나라 역시 2006 IPCC 가이드라인에 기반한 온실가스 인벤토리를 산정하여 UN에 제출하여야 하는 만큼, 국제사회에서 요구하는 산정방법론과 개정 에너지 밸런스를 이용한 활동자료를 이용할 필요가 있다. 본 연구에서 제안한 접근 방식을 사용하면, 2006 IPCC 가이드라인에 기반한 월별 국가 온실가스 인벤토리도 작성할 수 있을 것으로 판단되지만, 현재 2006 IPCC 가이드라인에 기반한 국가 온실가스 인벤토리가 공표되지 않아서 이에 대한 정확한 비교 검증을 시행하지 못했다는 점을 밝혀둔다.

온실가스 인벤토리 통계는 정책적으로나 학문적으로 중요한 통계이며, 이에 대한 중요성은 점증될 것으로 기대된다. 이러한 인벤토리를 월별 에너지 통계를 통해서 적시에 파악하고, 더 짧은 주기의 기초자료를 이용해서 검증하는 과정을 통해서 온실가스 인벤토리의 활용성과 정확성을 제고시킬 수 있을 것으로 보인다. 부디 본 연구가 온실가스 통계 관리를 진일보시키는 과정에서 마중물 역할을 하기를 기원한다.

접수일(2023년 8월 30일), 수정일(2024년 3월 26일), 게재확정일(2024년 3월 26일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 김동규·이정환·박현신·이주봉·정재수(2013). “에너지총조사 보고서를 활용한 건물 부문별 온실가스 배출량 산정 및 분석.” 에너지기후변화학회지 8(1) : 30-44.
- 박진영·민연주·정태용(2013). “국가교통DB를 활용한 한국형 교통물류부문 온실가스 배출량 산정모형 개발.” 교통연구 20(2) : 29-43.
- 에너지경제연구원(2021a). 개정에너지밸런스 설명자료. 울산: 에너지경제연구원.
- 에너지경제연구원(2021b, 2023). 에너지통계연보. 울산: 에너지경제연구원.
- 에너지경제연구원(2022, 2024). 에너지통계월보. 울산: 에너지경제연구원.
- 에너지경제연구원(2023). KEEI 2022 장기 에너지 전망. 울산: 에너지경제연구원.
- 이주봉·박현신·김동규(2012). “1999~2009 서울시 에너지사용량 분석을 통한 월별·부문별 온실가스 배출량 산정 및 평가.” 한국대기환경학회지 28(4) : 466-476.
- 이주형·김용석·신희철(2014). “항공기 비행단계별 연료소비 분석 및 Tier 3 배출량 산정.” 한국기후변화학회지 5(1) : 61-70.
- 정영선·김태형(2019). “국가 에너지통계에 따른 건물부문 온실가스 배출량 추계 및 특성.” Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction 5(7) : 187-195.
- 중앙부처 합동(2023). 제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획. 세종: 중앙부처 합동.
- 한국석유공사(2024). 석유류수급통계. 울산: 한국석유공사.
- 환경부 온실가스종합정보센터(2022). 국가 온실가스 인벤토리 보고서. 충청북도: 환경부 온실가스종합센터.
- 환경부 온실가스종합정보센터(2023). “2022년 온실가스 잠정배출량 전년보다 3.5% 감소한 6억 5,450만톤 예상.” 환경부 보도자료. 7월 5일.
- IPCC(1995). The Second Assessment Report: Climate Change 1995. Cambridge, UK : Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC(2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, The

- National Greenhouse Gas Inventories Programme, The Intergovernmental Panel on Climate Change. Hayama, Japan : Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC(2014). The Fifth Assessment Report: Climate Change 2014. Cambridge, UK : Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC(2021). The Sixth Assessment Report: Climate Change 2021. Geneva, Switzerland : Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA(1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Paris : Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency.

ABSTRACT

Proactive Estimation of the Energy Sector GHG Emissions Using Monthly Data^{*}

Seonyeong Min^{**} and Yongok Choi^{***}

This study proposes a method to calculate monthly GHG emission statistics for the energy sector, which accounts for 86.9% of Korea's GHG emissions. Monthly emissions data for the conversion, industrial, transportation, and building sectors, constructed using Korea's Monthly Energy Statistics and Petroleum Supply and Demand Statistics, can be used as a basis for research on seasonality of GHG emissions. More importantly, the GHG inventory methodology of this study can significantly reduce the time lag of the inventory from the current two years to three months, which is expected to make a significant contribution to the government and related organizations in identifying the status of GHG reduction implementation and establishing related policies.

Key Words : GHG Inventory, Energy Sector GHG Emissions by Sectors, Monthly Energy Statistics

^{*} This research was supported by the Chung-Ang University research grant in 2023.

^{**} Ph.D Candidate, Department of Economics, Chung-Ang University (First Author), symin605@si.re.kr

^{***} Associate Professor, Department of Economics, Chung-Ang University (Corresponding Author), choiyongok@cau.ac.kr