대기배출계정 시산 결과

정 영 호*, 서 정 원**, 강 인 성***

UN, IMF, G20 등 국제기구를 중심으로 국가별 환경경제계정 작성을 권고하는 움직임이 지속되고 있다. 대기배출계정(Air emission accounts)은 환경경제계정의 하나로 온실가스배출량을 국민계정체계에 따라 작성한 통계이다. 본고는 시산을 통해 온실가스배출량을 산업별, 상품별로 구분하였으며 시산과정에서 추가적으로 필요한 절차에 대해 기술하고 있다.

유엔기후협약에 따라 온실가스배출량을 집계한 국가온실가스 인벤토리와 에너지밸런스를 기초통계로 시작하였으며 산업 세분화 및 재분류를 위해 투입산출표의 에너지 상품 배분구조를 활용하였다. 우리나라의 온실가스배출은 전기·가스·수도 및 폐기물 및 공산품 등에서 높게 나타났으며 운송서비스를 제외한 서비스는 다른 나라에 비해 낮은 편이었다. 2015년 대비 2020년을 비교하면 광산품을 제외한 대부분의 배출계수가 낮아졌는데 이는 에너지소비 효율이 향상된 데 기인한다.

본고에서는 간접 배출, 소비기준 배출 등 산업연관분석을 활용한 대기배출계정의 분석 결과를 제시하고 있다. 향후 기초통계 작성기관과의 협업과 정교화 작업 등을 거쳐 정식 편제를 시작하면 다양한 환경경제분석에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

Ⅰ. 현황

Ⅱ. 대기배출계정 시산
1. 작성 방법
2. 산업 세분화 및 재분류
3. 시산 결과

Ⅲ. 평가 및 향후 과제
1. 평가
2. 향후 과제

부록 및 참고문헌
부록 1. 국가온실가스 인벤토리 구조
부록 2. Correspondence between CRF-NFR/CRF-NACE rev.2
부록 3. 에너지밸런스 구조

* 한국은행 경제통계국1국 기업통계팀 팀장(jyh@bok.or.kr)
** 한국은행 인재개발원 연수총괄팀 과장(jwseo@bok.or.kr)
*** 한국은행 경제통계국2국 투입산출팀 조사역(insungkang@bok.or.kr)
※ 본 연구의 내용은 집필자의 개인 의견으로 한국은행의 공식 견해를 나타내는 것은 아닙니다.

Ⅰ. 현황

G20, IMF, OECD, Eurostat 등 국제기구를 중심으로 G20 Data Gaps Initiative-3(DGI-3) 관련 국제회의를 지속하며 기후 변화로 발생한 Data gaps를 줄이는 방안으로 대기배출계정(DGI-3 recommendation 1. air emission accounts) 작성을 권고하고 있다. EU 및 유럽 6개 국가와 캐나다는 대기배출계정을 이미 공표하고 있으며 미국, 남아공, 인도네시아, 인도 등은 편제를 준비 중이다.

〈표 1〉

국가별 대기배출계정 작성 현황

Data gap closed	Data gap being addressed	Unable to assess at this stage, Further Consultation with stakeholders is required
프랑스 독일 이탈리아 영국 EU 네덜란드 캐나다 스페인	중국 인도 인도네시아 미국 남아공	일본 호주 브라질 사우디아라비아 멕시코 튀르키예 러시아 홍콩 스위스

자료 : G20 DGI-3 Progress Report(2024.10월)를 일부 보완

우리나라의 경우 대기배출계정 작성을 위한 기초통계로 국가온실가스 인벤토리(온실가스종합정보센터, 매년), 에너지밸런스(에너지경제연구원, 매년)를 활용할 수 있다. 그러나 대기배출계정 작성원칙을 준수하기 위해서는 추가적인 정보가 필요하다. 예를 들어, 대기배출계정은 국민계정체계(System of National Accounts, 이하 SNA)에 따라 국제표준산업분류(International Standard Industrial Classification, 이하 ISIC) 기준으로 산업을 분류하여 거주지 원칙[1]으로 작성해야 한다. 반면 국가온실가스 인벤토리(이하 인벤토리)는 기후변화협약(UNFCCC) 기준에 따라 영토 원칙으로 작성하고 있어 부문을 재분류하고 거주지 원칙으로

1) 거주지 원칙이란 온실가스 배출이 지리적으로 어디서 발생했는지와 무관하게 거주자의 활동에서 비롯된 배출만을 집계하는 것을 의미한다. 반대로 영토 원칙이란 배출원의 거주지를 고려하지 않고 한 나라의 영토에서 배출된 온실가스 총량을 집계하는 것을 의미한다.

조정하는 작업이 필요하다. 그러나 현행 인벤토리의 기초통계는 이 작업을 진행하기 위한 정보가 부족하다. 본고에서는 이를 보완하기 위해 투입산출표(Input-Output Tables, 이하 IO표)상 석탄제품, 석유제품, 도시가스 등 에너지연료의 투입구조와 에너지밸런스의 에너지흐름 통계를 활용하여 대기배출계정을 시산하였다. 인벤토리와 에너지밸런스의 산업분류 중 일부를 세분화, 재분류하였으며 거주지 원칙으로의 조정 작업을 거쳤다.

본 보고서는 대기배출계정 시산시 고려한 사항과 결과 및 시사점을 소개한다. 2장에서는 대기배출계정 작성 방법을 소개하고 산업 세분화 및 재분류가 필요한 부문을 어떤 방식으로 처리하였는지 설명하였다. 3장에서는 시산작업 과정에 대한 평가 및 시사점과 향후 과제를 제시하였다.

Ⅱ. 대기배출계정 시산

1. 작성 방법

대기배출계정 작성 방법은 크게 내재적 접근법, 외재적 접근법, 하이브리드 접근법으로 나눌 수 있다. 내재적 접근법이란 산업연관표의 에너지원료 투입배분을 금액 단위에서 물량 단위로 환산하여 대기배출계정을 작성하는 방법을 의미하고, 외재적 접근법이란 국가온실가스 인벤토리(National Inventory Report, 이하 인벤토리)나 에너지밸런스 등 외부 통계를 차용하여 SNA에 맞게 재분류한 다음 대기배출계정을 작성하는 방법을 의미한다. 외재적 접근 방법은 크게 인벤토리를 중심으로 접근하는 방법과 에너지밸런스를 활용하여 접근하는 방법으로 나뉘는데, 전자를 Inventory-First Approach, 후자를 Energy-First Approach라 부른다. 마지막으로 하이브리드 접근법이란 외재적 접근 방법에서 산업분류가 불가하거나 추가 조정이 필요한 부문에 대해 내재적 접근 방법들을 보완하여 대기배출계정을 작성하는, 내재적 접근과 외재적 접근을 혼합한 방식을 의미한다.

본 시산은 Inventory-First Approach에 따라 국가온실가스 인벤토리의 분야별 배출량을 기초자료로 활용하는 한편 산업연관표의 투입배분구조를 보완적으로 활용하는 하이브리드 접근 방법을 채택하였다. 인벤토리는 부문분류를 에너지, 산업공정, 농업, LULUCF[2], 폐기물로 나누고 온실가스 종류를 이산화탄소, 메탄, 이산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황으로 나누어 온실가스의 부문별 및 종류별 배출량[3]을 보여준다(부록 1 참고). 그러나 앞서 언급한 것처럼 인벤토리는 부문분류가 국민계정과 다르고 영토원칙에 따라 작성되어 있어 조정이 필요하다. 구체적으로, 「2022 국가온실가스 인벤토리 보고서」와 「Eurostat AEA(Air Emission Accounts)」를 참고하여 인벤토리의 각 부문을 국민계정 산업분류로 재분류하였다(부록 2 참고). 재분류 과정에서 인벤토리-국민계정 산업분류 매칭이 <표 2>의 ① ~ ③과 같이 일대다인 경우가 발생하여 이에 대해서는 IO표의 에너지연료 배분구조와 에너지밸런스[4]의 에너지활동자료를 활용하여 부문 및 산업별로 세분화하였다.

---

2) 토지이용, 토지이용 변화 및 임업을 의미한다.
3) 단위 : 이산화탄소 환산량(carbon dioxide equivalent; CO2eq.)
4) 인벤토리의 '1.에너지' 부문은 에너지밸런스(에너지경제연구원)의 에너지활동별 소비량에서 도출된다.

〈표 2〉

인벤토리 부문 및 국민계정 산업분류 매칭

인벤토리 부문		국민계정 산업분류 (Eurostat AEA 참고)	비고
에너지 산업 (1A1)	a. 공공 전기 및 열 생산	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	
	b. 석유정제	코크스 및 석유정제품 제조업	
	c. 고체연료 제조 및 기타 에너지 산업	광업 코크스 및 석유정제품 제조업 전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	①
제조업 및 건설업 (1A2)	a. 철강	1차금속 제조업	
	b. 비철금속		
	c. 화학	화학물질 및 화학제품 제조업	
	d. 펄프, 제지 및 인쇄	목재, 종이, 인쇄및복제업	
	e. 식음료품 가공 및 담배 제조	음식료품 제조업	
	f. 기타		
	1. 비금속	비금속광물제품 제조업	
	2. 조립금속	금속가공제품 제조업	
	3. 나무 및 목재	섬유및가죽제품 제조업	
	4. 건설	건설업	
	5. 섬유 및 가죽	섬유및가죽제품 제조업	
	6. 기타제조	컴퓨터전자 및 광학기기 제조업 전기장비 제조업 기계및장비 제조업 운송장비 제조업 기타제조업 및 산업용장비제조업	②
1A3	수송	운수업, 민간소비	③
1A4 (기타)	a. 상업/공공	운수업 外 서비스업	②
	b. 가정	가구 내 고용 및 미분류 자가소비 생산 활동	
	c. 농업/임업/어업	농림어업	
1A5	미분류	–	
1B1	고체연료	광업	
1B2	석유 및 천연가스	광업	
2A	광물산업	광업	
2B	화학산업	화학물질 및 화학제품 제조업	
2C	금속산업	1차 금속 제조업	
2D	기타산업	–	인벤토리에서 배출량을 미집계
2E	할로카본 및 육불화황 생산	–	
2F1~6	할로카본 및 육불화황 소비	–	
2F7	반도체 제조	컴퓨터전자 및 광학기기 제조업	– 디스플레이 포함 – 주로 CO_2를 배출하는 1A26와 달리 SF6 배출
2F8	중전기기	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	– 전기 수송을 위한 제반 장비로 SF6 배출
2F9	기타(잠재배출량)	–	배분에서 제외
4	농업	농림어업	
5	LULUCF	농림어업	온실가스 흡수(–)
6	폐기물	수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	
별도항목	국제벙커링	운수업	③

2. 산업 세분화 및 재분류

이 장에서는 인벤토리-국민계정 산업분류 매칭 방법론에 대해 설명한다. <표 2>에서 ① ~ ③을 제외한 나머지 부문들은 인벤토리-국민계정 산업분류가 일대일로 매칭되기 때문에 대기배출계정으로 차용이 가능하다. 그러나 ① ~ ③ 부문은 일대일 매칭이 불가하므로 IO표의 에너지 투입구조와 인벤토리 에너지 부문의 온실가스 배출량 계산식을 활용하는 내재적 접근법으로 산업별 배출량을 계산하였다. 온실가스 배출량 계산식의 경우 온실가스 배출량 중 이산화탄소의 배출량이 대부분을 차지[5]하므로 이산화탄소 배출량 산식과 계수들을 배분에 사용하였다. 식은 다음과 같다.

$$E = \sum_{ij}[(TA_{ij} - NA_{ij} \times FCS_{ij}) \times 41.868 \times CF_i \times EF_i \times OF_i \times 44/12 \times 10^{-3}]$$

여기서 i는 연료 유형, j는 부문, E는 이산화탄소 배출량(천톤 CO_2), TA는 총 연료 사용량(천TOE), NA는 비연료 사용량(천TOE), FCS는 탄소몰입률, 41.868은 Joule-TOE 환산계수(TJ/천TOE), CF는 전환계수(순발열량/총발열량), EF는 배출계수(t C/TJ), OF는 산화율, 마지막으로 44/12는 탄소기준 배출량을 이산화탄소 기준으로 전환(kg CO_2/kg C)하는 것을 의미한다.

가. 고체연료 제조 및 기타 에너지 산업(1A1c)

인벤토리에서는 '고체연료 제조 및 기타 에너지 산업(1A1c)'으로 여러 산업을 하나의 숫자로 공표하고 있어 일대일 매칭이 불가하다. 그러나 에너지밸런스 통계의 기초자료를 참고하여 에너지 활동이 어떤 산업에 해당하는지를 식별하여 국민계정 상품분류별로 에너지 통계의 에너지 활동을 대응시켰다. <그림 1>은 에너지밸런스 통계표의 일부분이다. 에너지밸런스를 열별로 보면 각 에너지원별로 일차에너지공급(수입+생산-수출)과 전환공정 및 에너지자체소비를 거쳐 소비까지의 흐름이 어떻게 되는지를 알 수 있다(부록 3 참고).

5) 2020년 기준 전체 온실가스 배출량 중 이산화탄소 배출량이 90% 이상이며 기타제조(1A2f6) 및 상업/공공(1A4a)의 경우는 97% 이상이다.

〈그림 1〉

산업 세분화 예시1 : 에너지밸런스 통계표

ENERGY BALANCE (UNIT : 1,000 toe, Gross)	코크스로가스	고로가스	기타석탄가스	천연가스	도시가스	원유	정제원료	첨가물	기타탄화수소	정제가스	프로판	부탄	휘발유
석유정제	-	-	-	-	-	-143,779.9	-35,730.7	0.2	151.7	8,713.7	1,342.7	2,225.3	18,798.4
석유화학	-	-	-	-	-	-	15,446.4	-	-146.2	-50.4	-884.3	-149.7	-
가스제조	-	-	-	-23,567.1	23,591.8	-	-	-	-	-	-58.7	-	-
석탄합성가스제조	-	-	671.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타전환	-	-	-	-	-303.1	-	-	-	-	-	-	-	-
에너지산업자체소비	**-917.3**	**-2,237.9**	-	**-1,252.7**	**-467.9**	-	**-2.0**	-	-	**-6,740.4**	**-249.9**	**-12.2**	**-0.3**
석탄광업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.1
원유및천연가스채굴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-3.7	-0.0	-
발전및열생산_자체소비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
양수투입	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
코크스로_자체소비	-318.5	-1,083.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
고로_자체소비	-598.9	-1,154.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
연탄제조_자체소비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
석유정제_자체소비	-	-	-	-1,131.5	-467.9	-	-2.0	-	-	-6,717.0	-139.3	-0.1	-0.2
가스제조_자체소비	-	-	-	-121.3	-	-	-	-	-	-23.4	-34.4	-7.7	-0.0
석탄합성가스제조_자체소비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타전환_자체소비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-72.5	-4.4	-
손실	-	-	-	**7.6**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
최종소비	**1,789.6**	**43.4**	**282.0**	**1,768.9**	**22,495.1**	-	-	-	-	**965.8**	**6,731.3**	**4,173.4**	**10,053.3**
최종에너지소비	1,789.6	43.4	282.0	742.1	22,495.1	-	-	-	-	965.8	2,609.4	3,477.4	10,053.3
산업	1,789.6	43.4	282.0	742.1	7,215.1	-	-	-	-	965.8	883.0	237.2	161.2
농림업	-	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	4.7	0.1	33.8
어업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	82.7
광업(석탄광업제외)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	0.0	0.0
제조업	1,789.6	43.4	282.0	742.1	7,214.0	-	-	-	-	965.8	854.3	237.0	36.0
식품및담배	-	-	-	-	838.4	-	-	-	-	-	21.1	1.2	0.1
섬유및가죽	-	-	-	-	221.0	-	-	-	-	-	3.7	0.2	0.1
목재및나무제품	-	-	-	-	24.3	-	-	-	-	-	0.2	-	0.2

「2022 국가온실가스 인벤토리 보고서」와 에너지밸런스 작성결과에 따르면 <그림 1>의 에너지밸런스 통계표에서 녹색 음영 부분이 '고체연료 제조 및 기타 에너지 산업(1A1c)'에 해당하는데 이를 국민계정 산업 분류에 매칭시키면 <표 3>과 같다.

〈표 3〉

1A1c 매칭 세분화

〈그림 1〉의 음영 부분	국민계정 산업분류
가스제조_자체소비	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업
석탄광업, 원유및천연가스채굴, 연탄제조_자체소비, 석탄합성가스제조_자체소비, 광업(석탄광업제외)	광업
기타전환_자체소비	코크스 및 석유정제품 제조업

<표 3>에 따라 각 에너지 활동별로 탄소 배출량을 계산하여 '고체연료 제조 및 기타 에너지 산업(1A1c)'의 탄소 배출량을 각 대응 산업에 배분하였다. 예를 들어, '가스제조_자체소비' 행을 보면 가스제조산업이 천연가스 121.3천toe, 정제가스 23.4천toe, 프로판 34.4천toe, 부탄 7.7천toe를 소비하였으므로 각 소비량에 에너지원별 배출계수를 곱해 합산하면 '전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업'의 탄소 배출량을 도출할 수 있다. '광업'과 '코크스 및 석유정제품 제조업'도 동일한 방법으로 도출하였다.

나. 기타제조(1A2f6), 상업/공공(1A4a)

에너지밸런스에서 기타제조(1A2f6)와 상업/공공(1A4a)에 해당하는 배출량(toe)은 IO표를 참고하여 국민계정 상품분류에 맞게 배분하였다. 연산 과정은 아래 <표 4>와 같다.

〈표 4〉

산업 세분화 예시2 : 기타제조(1A2f6), 상업/공공(1A4a) 배분 방법

투입연료[1] \ 상품[2]		3101 개별소자	…	4402 산업용기계 및장비수리	5200 도소매 및 상품중개서비스	…	8229 기타 개인 서비스
투입량(toe) (a)	무연탄	a_{11}	…	a_{1n}	a_{1n+1}	…	a_{1m}
	…	…	…	…	…	…	…
	도시가스	a_{x1}	…	a_{xn}	a_{xn+1}	…	a_{xm}
배출계수* 전환계수* 산화율* 전환비율 (b)	무연탄	b_1	b_1	b_1	b_1	b_1	b_1
	…	…	…	…	…	…	…
	도시가스	b_x	b_x	b_x	b_x	b_x	b_x
(a * b)	무연탄	$a_{11}*b_1$	…	$a_{1n}*b_1$	$a_{1n+1}*b_1$	…	$a_{1m}*b_1$
	…	…	…	…	…	…	…
	도시가스	$a_{x1}*b_x$	…	$a_{xn}*b_x$	$a_{xn+1}*b_x$	…	$a_{xm}*b_x$
	소계	C_1	…	C_n	D_1	…	D_n

주 : 1) 0611무연탄 ~ 0622천연가스(LNG), 1610석탄제품 ~ 1627액화석유가스, 4610도시가스 등

2) 기타제조( ) : 컴퓨터전자 및 광학기기, 전기장비, 기계 및 장비, 운송장비, 기타제조업제품, 제조임가공 및 산업용 장비 수리

상업/공공( ) : 운송 외 모든 서비스

우선 투입량(a)을 배분하는 단계에서는 에너지밸런스의 에너지연료별 투입량을 IO표의 상품별 연료 투입금액 비율로 나누어 배분하였다. 인벤토리와 에너지밸런스의 기타제조(1A2f6)는 IO코드 기준으로 3101 ~ 4402(컴퓨터전자 및 광학기기 ~ 제조임가공 및 산업용 장비수리)에, 상업/공공(1A4a)은 IO코드 기준으로 5200(도소매 및 상품중개서비스)과 5811 ~ 8229(음식점 및 숙박서비스 ~ 기타서비스)에 매칭하였다. 예를 들어, a_{11} ~ a_{1n}은 기타제조(1A2f6)에 사용된 무연탄을 IO표의 투입량을 비율로 배분한 것이고, a_{1n+1} ~ a_{1m}은 상업/공공(1A4a)에 사용된 무연탄을 IO표의 투입량으로 배분한 것이다. 다음으로 「2022 국가온실가스 인벤토리 보고서」에 설명된 온실가스 배출량 계산식(b)을 투입연료별로 반영하였다. 이

는 각 연료의 탄소배출계수, 전환계수, 산화율, 전환비율의 곱으로 표현된다. 마지막으로 각 투입량(a)에 대응하는 계산식(b)을 원소별로 곱하여 상품별 가중치(Ci)를 도출하여 배분계수로 사용하였다. 즉, C_1부터 C_n까지의 합계에서 C_1 ,…, C_n 각각이 차지하는 비율에 따라 기타제조(1A2f6)의 배출총량을 국민계정 상품분류 3101 ~ 4402(컴퓨터전자 및 광학기기 ~ 제조임가공 및 산업용 장비수리)에 배분한다. 같은 논리를 사용하여 상업/공공(1A4a)의 배출총량도 국민계정 상품분류 5200(도소매 및 상품중개서비스)과 5811 ~ 8229(음식점 및 숙박서비스 ~ 기타서비스)로 배분하였다.

다. 수송(1A3), 국제벙커링

수송(1A3) 및 국제벙커링은 국민계정 산업분류에서는 운수업 및 민간소비에 해당한다. 먼저 거주지 원칙에 따라 내국인이 국외에서 배출한 온실가스를 포함하기 위해 수송(1A3)의 배출량에 국내 항공 및 해운사가 국외에서 배출시킨 온실가스인 국제벙커링 값을 가산하였다. 다음으로 IO표를 참고하여 <표 4>와 동일한 로직으로 수송(1A3)에 사용된 휘발유, 경유, 액화석유가스, 도시가스의 투입량을 운송 서비스 부문의 중간수요와 민간소비지출(자가용 주유 등)에 나누어 배분하였다. 배분 결과는 <표 5>와 같다.

〈표 5〉

인벤토리 수송부문 배분

(단위 : 탄소배출량(CO_2eq.))

IO 분류	에너지밸런스 中 '수송-도로'				
	에너지밸런스 분류	2015		2020	
		운송 서비스 중간수요	민간소비 지출	운송 서비스 중간수요	민간소비 지출
휘발유	휘발유	531.9	24,847.3	518.9	26,717.0
경유	경유, 바이오경유	38,687.2	10,919.8	40,768.8	14,199.7
액화석유가스	부탄	6,133.2	4,642.1	4,195.9	3,486.6
도시가스	도시가스	2,721.5	0.0	2,333.3	0.0
계 (A)		48,073.8	40,409.2	47,816.9	44,403.3
인벤토리 '수송-도로' 배출량을 A 비율로 재배분 (B)		**50,662.8**	**42,585.4**	**48,350.0**	**44,898.3**
통계오차(B-A)		2,589.0	2,176.2	533.0	495.0

다만, 수송 및 국제벙커링의 배분에 관해서는 추후 검토할 사항이 2가지 있다. 첫째, 수송업으로 분류된 기업이 수송이 아닌 다른 목적으로 연료 소비를 하는 경우 인벤토리와 에너지밸런스에서는 이를 '수송'이 아닌 '상업/공공' 부문에 포함시키는 반면 IO표는 이를 구별하지 않고 '운송 서비스'로 분류하는 차이가 있다. 배분비율로 활용하는 IO표의 수치와 배분대상인 인벤토리의 배출량 간에 포괄범위 차이가 있어 이를 해소할 필요가 있다. 둘째, IO표에서는 소비 주체가 재화를 어떤 목적으로 사용했는지 구분하지 않기 때문에 휘발유, 경유, 액화석유가스의 민간소비지출에는 도로수송 목적 외의 소비가 포함되어 있다. 이 부분을 구분해낼 수 있다면 보다 정확한 배분비율을 구할 수 있다. 추가적인 통계, 정보 등을 찾아 이 문제들을 보완해나갈 예정이다.

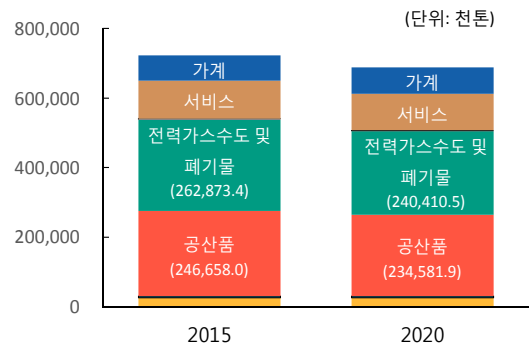
3. 시산 결과

온실가스 배출 총량으로 보면 대기배출계정은 인벤토리의 총배출량(LULUCF 차감 전)에서 산업분류가 불가한 부문을 차감하고 국제벙커링 배출량을 가산한 688,878.2천tCO_2eq.이다. 이를 상품별로 시산한 결과가 <표 6>에 나타나 있다. 부문별로 보면 전기·가스·수도 및 폐기물(34.9%), 공산품(34.1%) 순으로 온실가스 배출량이 높았으며 공산품 중에서는 1차 금속제품(14.0%), 화학제품(6.9%), 비금속광물(6.2%) 등이 높았다. 서비스의 경우 운송서비스(13.5%)를 제외하면 대부분 낮은 수준에 머물렀다. 가계의 온실가스 배출량을 대기배출계정에 포함한 국가들과 부문별 비율을 비교해보면 우리나라는 전기·가스·수도 및 폐기물과 공산품이 높고 광산품, 농림수산품, 가계는 낮은 편이었다.

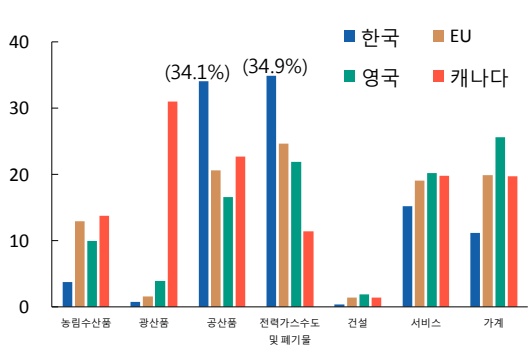
시계열로 비교해보면 2015년에 비해 2020년의 온실가스 배출총량이 감소하였는데 각 상품들의 산출액 대비 온실가스 배출량인 배출계수를 활용하면 상품별 탄소 배출의 변화 양상과 요인을 분석할 수 있다. <표 7>에 제시된 온실가스 배출계수를 살펴보면, 광산품을 제외한 대부분의 배출계수가 2015년 대비 2020년에 감소하면서 전산업 배출계수도 0.170에서 0.134로 감소[6]하였으므로 이는 에너지소비 효율이 전반적으로 개선되었음을 의미한다.

6) 정확한 배출계수 비교를 위해서는 15년의 불변산업연관표가 필요하나 개략적으로 살펴보기 위해 명목산업연관표를 이용하였다.

〈그림 2-1〉
부문별 온실가스 배출량[1)]



〈그림 2-2〉
부문별 온실가스 배출비율[2)]



주 : 1) 7부문 기준
2) 2020년(EU는 2022년) 기준
자료 : 한국자료는 자체 시산, 국외자료는 Eurostat 및 각국 통계청

〈표 6〉

대기배출계정 온실가스 배출량

상품		2015		2020	
		배출량 (천$tCO_2eq.$)	(%)	배출량 (천$tCO_2eq.$)	(%)
A	농림수산품	25,210.3	3.5	25,474.3	3.7
B	광산품	4,085.9	0.6	4,878.8	0.7
C	공산품	**246,658.0**	34.1	**234,581.9**	34.1
C01	음식료품	1,807.7	0.3	1,990.7	0.3
C02	섬유 및 가죽제품	1,022.8	0.1	560.4	0.1
C03	목재 및 종이, 인쇄	708.4	0.1	787.6	0.1
C04	석탄 및 석유제품	17,044.8	2.4	15,998.5	2.3
C05	화학제품	**38,712.8**	5.4	**47,805.6**	6.9
C06	비금속광물제품	**48,917.2**	6.8	**42,689.7**	6.2
C07	1차 금속제품	**104,948.5**	14.5	**96,154.3**	14.0
C08	금속가공제품	4,628.1	0.6	4,914.0	0.7
C09	컴퓨터, 전자 및 광학기기	8,573.2	1.2	9,402.4	1.4
C10	전기장비	754.3	0.1	1,095.7	0.2
C11	기계 및 장비	1,181.7	0.2	924.1	0.1
C12	운송장비	1,280.2	0.2	3,032.9	0.4
C13	기타 제조업 제품	131.9	0.0	331.0	0.0
C14	제조임가공 및 산업용 장비 수리	16,946.4	2.3	8,895.0	1.3
D	전력, 가스 및 증기	**245,990.0**	34.0	**223,682.8**	32.5
E	수도, 폐기물처리 및 재활용서비스	**16,883.4**	2.3	**16,727.7**	2.4
F	건설	2,550.6	0.4	2,094.8	0.3
G	도소매 및 상품중개서비스	1,773.3	0.2	1,955.3	0.3
H	운송서비스	**94,070.3**	13.0	**92,970.0**	13.5
I	음식점 및 숙박서비스	2,206.0	0.3	2,170.1	0.3
J	정보통신 및 방송 서비스	350.9	0.0	80.6	0.0
K	금융 및 보험 서비스	195.3	0.0	87.9	0.0
L	부동산서비스	317.3	0.0	205.0	0.0
M	전문, 과학 및 기술 서비스	2,203.9	0.3	1,441.7	0.2
N	사업지원서비스	326.2	0.0	137.4	0.0
O	공공행정, 국방 및 사회보장	2,272.2	0.3	2,113.2	0.3
P	교육서비스	882.8	0.1	1,790.2	0.3
Q	보건 및 사회복지 서비스	2,740.6	0.4	1,230.2	0.2
R	예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스	1,397.3	0.2	264.5	0.0
S	기타 서비스	833.2	0.1	386.6	0.1
T	기타	0.0	0.0	0.0	0.0
–	가계	71,666.9	9.9	76,605.1	11.1
전체		**722,614.3**	**100.0**	**688,878.2**	**100.0**

〈표 7〉

온실가스 배출계수

(단위 : $tCO_2eq.$/백만원)

상품		배출계수		
		2015(A)	2020(B)	증감(B–A)
A	농림수산품	0.411	0.396	–0.015
B	광산품	**0.990**	**1.222**	**0.231**
C	공산품	0.144	0.128	–0.016
C01	음식료품	0.015	0.014	–0.001
C02	섬유 및 가죽제품	0.013	0.009	–0.004
C03	목재 및 종이, 인쇄	0.017	0.017	0.000
C04	석탄 및 석유제품	0.155	0.165	0.010
C05	화학제품	0.158	0.172	0.015
C06	비금속광물제품	1.233	1.029	–0.204
C07	1차 금속제품	0.840	0.704	–0.137
C08	금속가공제품	0.046	0.047	0.000
C09	컴퓨터, 전자 및 광학기기	0.030	0.030	0.000
C10	전기장비	0.008	0.009	0.001
C11	기계 및 장비	0.009	0.006	–0.003
C12	운송장비	0.005	0.013	0.008
C13	기타 제조업 제품	0.007	0.013	0.006
C14	제조임가공 및 산업용 장비 수리	0.277	0.125	–0.152
D	전력, 가스 및 증기	2.651	2.441	–0.210
E	수도, 폐기물처리 및 재활용서비스	0.878	0.498	–0.380
F	건설	0.011	0.007	–0.004
G	도소매 및 상품중개서비스	0.007	0.006	–0.001
H	운송서비스	0.666	0.605	–0.060
I	음식점 및 숙박서비스	0.017	0.014	–0.003
J	정보통신 및 방송 서비스	0.003	0.000	–0.002
K	금융 및 보험 서비스	0.001	0.000	–0.001
L	부동산서비스	0.002	0.001	–0.001
M	전문, 과학 및 기술 서비스	0.012	0.006	–0.006
N	사업지원서비스	0.004	0.001	–0.003
O	공공행정, 국방 및 사회보장	0.018	0.013	–0.006
P	교육서비스	0.008	0.014	0.007
Q	보건 및 사회복지 서비스	0.023	0.007	–0.016
R	예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스	0.035	0.006	–0.028
S	기타 서비스	0.015	0.006	–0.010
T	기타	0.000	0.000	0.000
전산업		**0.170**	**0.134**	**–0.036**

대기배출계정에 IO표를 결합하면 배출계수 이외에도 각 상품들의 최종수요가 1단위 증가할 때 직·간접적으로 유발되는 온실가스 배출량의 총합인 배출유발계수와 최종수요 항목별 온실가스 배출량 등을 추계할 수 있다. <표 8>은 상품별 배출유발계수를, <표 9>는 최종수요항목별 배출량 및 배출유발계수를 각각 보여주고 있다. 추계 결과를 살펴보면, 상품별 배출유발계수는 전력·가스 및 증기(2.794), 비금속광물제품(1.603), 광산품(1.572), 1차 금속제품(1.189) 순으로 높았으며 운송서비스(0.792)를 제외한 대부분의 서비스들은 낮은 수준을 보였다. 한편 최종수요 항목별로 살펴보면 수출은 최종수요항목별 생산유발액 비중(29.9%)에 비해 배출량(36.0%)과 배출유발계수(0.346)가 높은 배출원으로 나타났다. 특히, 배출유발량은 최종수요항목 중 민간소비지출(40.0%)에 이어 두 번째로 배출량이 높았고 배출유발계수는 최종수요항목 중 가장 높았다.

〈표 8〉

2020년 배출유발계수

(단위 : $tCO_2eq.$/백만원)

상품		배출 유발계수	상품		배출 유발계수
A	농림수산품	0.588	E	수도, 폐기물처리 및 재활용서비스	0.730
B	**광산품**	**1.572**	F	건설	0.304
C01	음식료품	0.299	G	도소매 및 상품중개서비스	0.131
C02	섬유 및 가죽제품	0.180	**H**	**운송서비스**	**0.792**
C03	목재 및 종이, 인쇄	0.296	I	음식점 및 숙박서비스	0.214
C04	석탄 및 석유제품	0.313	J	정보통신 및 방송 서비스	0.066
C05	화학제품	0.440	K	금융 및 보험 서비스	0.042
C06	**비금속광물제품**	**1.603**	L	부동산서비스	0.048
C07	**1차 금속제품**	**1.189**	M	전문, 과학 및 기술 서비스	0.128
C08	금속가공제품	0.468	N	사업지원서비스	0.077
C09	컴퓨터, 전자 및 광학기기	0.189	O	공공행정, 국방 및 사회보장	0.080
C10	전기장비	0.271	P	교육서비스	0.127
C11	기계 및 장비	0.256	Q	보건 및 사회복지 서비스	0.128
C12	운송장비	0.291	R	예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스	0.134
C13	기타 제조업 제품	0.246	S	기타 서비스	0.155
C14	제조임가공 및 산업용 장비 수리	0.261	T	기타	0.356
D	**전력, 가스 및 증기**	**2.794**		**전산업**	**0.242**

〈표 9〉

2020년 최종수요 항목별 배출량 및 배출유발계수

2020년 최종수요 항목별 배출		민간 소비 지출	정부 소비 지출	민간 고정자본 형성	정부 고정자본 형성	재고 증감	귀중품 순취득	수출	최종수요계
구성비 (%)	배출유발량	40.0	5.5	14.5	3.8	0.2	0.1	36.0	100.0
	생산유발액	34.7	11.6	19.3	4.2	0.3	0.1	29.9	100.0
유발계수(톤/백만원)		0.223	0.108	0.214	0.275	0.146	0.322	0.346	0.242

배출유발계수표에 최종수요를 곱하면 최종수요를 충족하기 위해 생산되는 상품들의 직·간접배출을 모두 고려한 최종수요 배출량을 구할 수 있다. <표 10>에는 2020년 기준 생산기준 배출량과 소비기준 배출량이 제시되어 있다. 생산기준 배출량이란 각 상품들의 최종수요가 한 단위씩 증가했을 때 이를 충족하기 위하여 유발되는 해당 상품의 온실가스의 양을 의미하고(전방연쇄효과), 소비기준 배출량이란 어떤 상품의 최종수요가 한 단위 증가했을 때 이를 충족하기 위하여 각 상품들에서 직·간접적으로 배출되는 온실가스의 양을 의미한다(후방연쇄효과).

구체적으로 살펴보면, 생산기준에서는 전력·가스 및 증기가 223,682.8천톤으로 가장 큰 배출원인 반면 소비기준에서는 건설이 79,626.1천톤으로 가장 큰 배출원이었다. 그리고 보건 및 사회복지서비스의 경우 생산기준으로는 22번째(1,230.2톤)로 순위가 낮았으나 소비기준으로 보면 12번째(22,223.7톤)로 주요한 배출원 중 하나였다.

건설과 보건 및 사회복지서비스에서 생산기준과 소비기준 간 차이가 크게 났던 이유는 다음과 같다. 건설의 경우 생산기준으로 배출계수가 높은 비금속광물제품, 1차금속제품 등에서 건설로 배분되는 비율이 각각 57.7%, 16.4%로 높았고(생산자가격 기준), 보건 및 사회복지서비스의 경우 생산기준으로 배출계수가 높은 화학제품과 수도, 폐기물 및 재활용서비스의 배분 비율이 각각 9.7%, 8.0%로 높았기 때문이었다. 이는 건설, 보건 및 사회복지서비스의 경우 해당 상품들이 전방에서 한 단위 추가적으로 공급될 때 유발되는 전 산업부문의 온실가스 양보다 후방에서 한 단위 추가적으로 수요될 때 유발되는 전 산업부문의 온실가스 양이 더 많음을 시사한다.

〈표 10〉

2020년 생산기준 및 소비기준 배출량

(단위 : $tCO_2eq.$/백만원)

상품		생산기준		소비기준	
		배출량(A) (천$tCO_2eq.$)	순위	배출량(B) (천$tCO_2eq.$)	순위
A	농림수산품	25,474.3	7	10,210.4	19
B	광산품	4,878.8	13	−67.6	33
C01	음식료품	1,990.7	18	19,695.0	13
C02	섬유 및 가죽제품	560.4	26	5,598.8	25
C03	목재 및 종이, 인쇄	787.6	25	1,511.7	30
C04	석탄 및 석유제품	15,998.5	9	14,466.9	16
C05	화학제품	47,805.6	5	45,912.9	5
C06	비금속광물제품	42,689.7	6	7,922.4	23
C07	1차 금속제품	96,154.3	2	46,005.5	4
C08	금속가공제품	4,914.0	12	8,385.0	21
C09	컴퓨터, 전자 및 광학기기	9,402.4	10	39,723.0	8
C10	전기장비	1,095.7	23	13,286.2	17
C11	기계 및 장비	924.1	24	27,002.2	9
C12	운송장비	3,032.9	14	44,466.7	6
C13	기타 제조업 제품	331.0	28	2,925.8	29
C14	제조임가공 및 산업용 장비 수리	8,895.0	11	934.1	32
D	전력, 가스 및 증기	223,682.8	1	51,913.2	3
E	수도, 폐기물처리 및 재활용서비스	16,727.7	8	5,191.7	26
F	건설	2,094.8	17	79,626.1	1
G	도소매 및 상품중개서비스	1,955.3	19	23,267.0	10
H	운송서비스	92,970.0	3	44,015.9	7
I	음식점 및 숙박서비스	2,170.1	15	22,518.4	11
J	정보통신 및 방송 서비스	80.6	33	5,848.6	24
K	금융 및 보험 서비스	87.9	32	3,120.2	28
L	부동산서비스	205.0	30	9,573.4	20
M	전문, 과학 및 기술 서비스	1,441.7	21	14,486.6	15
N	사업지원서비스	137.4	31	1,250.6	31
O	공공행정, 국방 및 사회보장	2,113.2	16	13,221.7	18
P	교육서비스	1,790.2	20	15,795.4	14
Q	보건 및 사회복지 서비스	1,230.2	22	22,223.7	12
R	예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스	264.5	29	4,434.3	27
S	기타 서비스	386.6	27	7,936.6	22
T	기타	0.0	34	−129.2	34
	가계	76,605.1	4	76,605.1	2
	전산업	688,878.2	–	688,878.2	–

Ⅲ. 평가 및 향후 과제

1. 평가

인벤토리를 기초통계로 하는 Inventory-First Approach에 에너지통계 및 IO표의 에너지상품 투입구조를 부분적으로 적용하는 하이브리드 접근법으로 시산한 결과 대기배출계정은 다양한 통계적 수요를 충족시킬 수 있을 것으로 기대된다. 예를 들어, 대기배출계정은 인벤토리와 달리 유발계수를 통한 산업연관분석이 가능하기 때문에 온실가스의 직접 배출 외에도 간접 배출과 소비기준 배출 등 다양한 효과를 계산할 수 있다. 다만 이러한 투입산출분석의 신뢰성 및 정합성을 제고하기 위해서는 장기적으로 인벤토리나 에너지밸런스 등을 활용한 외재적 접근법보다는 인벤토리의 '1.에너지' 부문을 IO표로부터 도출해내는 내재적 접근법을 통한 추계 방법을 발전시켜 나가야 한다.

또한 현재 대기배출계정을 공표하고 있는 Eurostat과 비교해보면 개선해야할 점들이 있다. 우선 온실가스의 종류를 세분화할 필요가 있다. Eurostat에서는 인벤토리에 분류된 온실가스 6종과 미세먼지, 초미세먼지 등 오염물질별로 대기배출계정을 편제하고 있다. 우리나라의 인벤토리에서도 온실가스를 종류별로 구분하여 공표하고 있기 때문에 이를 활용하면 대기배출계정도 온실가스를 구분하여 편제할 수 있다. 다음으로 거주지 원칙에 따른 조정 과정을 보완할 필요가 있다. Eurostat은 조정 과정에서 본 보고서의 국제벙커링(항공, 해운)을 가산하는 것 외에도 도로교통으로 발생한 증분 효과를 bridge item[7]으로 기록하고 있다. 아직 우리나라는 증분 효과를 계량할 만한 자료가 부족하므로 이에 대한 조사도 필요하다. 마지막으로 개편된 인벤토리 작성지침을 추계에 반영할 필요가 있다. 2024년 10월에 온실가스 종합정보센터는 기존 1996 IPCC 지침을 따른 인벤토리와 더불어 개편된 2006 IPCC 지침을 따른 인벤토리도 공표하였는데 향후 대기배출계정 추계에 이를 반영할 계획이다.

2. 향후 과제

대기배출계정을 발전시키기 위한 향후 과제로 크게 5가지를 언급할 수 있다. 첫째, 내

7) Bridge item에는 대기배출계정과 인벤토리 사이의 차이가 기록되어 있다. Eurostat은 거주자의 국외 대기배출을 가산하고 비거주자의 국내 대기배출을 차감하는 조정과 기타 통계적 차이 등을 bridge item에 기록하여 대기배출계정과 함께 공표하고 있다(fishing vessels, land transport, water transport, air transport 등).

재적 접근법을 통한 추계 방안을 강구해야 한다. 우리나라의 산업연관표는 380개의 기본부문으로 투입 및 배분구조를 상세히 보여주기 때문에 다른 나라의 산업연관표에 비해 에너지흐름의 부문별 파악이 용이하여 대기배출계정 작성에 유리하고 이용 가치가 높다. 일례로 일본의 경우 온실가스 배출량을 400개의 생산부문으로 나누어 집계하였는데 동 수준의 추계가 가능한 국가가 흔치 않다. 만약 우리가 NACE Rev.2[8]까지 공표하는 Eurostat보다 더 세부 단위인 기본부문으로 대기배출계정을 편제할 경우 철강, 화학산업과 같이 공정별로 에너지흐름이 상이한 산업들의 탄소배출을 공정별, 상품별로 세분화할 수 있게 된다. 이처럼 내재적 접근법으로 추계할 시 기본부문 단위로 추계가 가능해짐에 따라 환경경제계정을 선진화할 수 있고, 나아가 산업연관표와의 정합성이 높아지기 때문에 DGI-3 recommendation 2에 해당하는 에너지계정도 편제가 가능해진다.

둘째, 공식화 절차를 통해 대기배출계정을 산업연관표의 부속표로 공표할 수 있게끔 노력해야 한다. 내재적 접근법은 산업연관표를 이용하여 배출량, 배출계수 및 배출유발계수 등을 도출하므로 산업연관표와 함께 공표할 필요가 있다. 다만 내재적 접근법에 의한 추계는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상되므로 우선 하이브리드 접근 방법으로 추계한 결과를 공급표와 추가 자료를 이용하여 정교화한 뒤 우선 공표하는 방안도 검토해볼 수 있다.

셋째, 현재 활용된 명목가격 IO표를 불변가격 IO표로 대체하여 더 정확한 대기배출계정을 만들어야 한다. 현재 대기배출계정은 명목가격으로 된 IO표를 활용하여 작성하였기 때문에 대기배출 관련 시계열 비교 시 가격효과가 남아있게 되어 물량 단위로 정확히 비교하기에 한계가 있다. 따라서 추후 과거 3개년 실측표를 연계하는 접속불변 산업연관표나 불변가격 연장표가 공표된 이후에는 이를 활용하여 가격효과가 제거된 대기배출계정을 다시 만들어야 한다.

넷째, 유관기관과의 협력을 강화할 필요가 있다. 대기배출계정의 기초통계인 인벤토리와 에너지밸런스를 편제하는 온실가스 종합정보센터 및 에너지경제연구원 등 유관기관과의 협력을 통해 산업별 배출량의 정확도를 높이고 공식 편제에 대한 이해를 높일 필요가 있다.

다섯째, 대기배출계정을 활용한 다양한 분석 모형들을 연구해야 한다. 대기배출계정 편제는 다양한 Environmentally Extended Input-Output Analysis(EEIO)를 가능하게 하는 첫 단계로서 환경경제계정(SEEA) 작성에 크게 기여할 것으로 보인다. 예를 들어, 대부분의 OECD 국가들은 화석 연료, 광물 자원 등 에너지원의 수입 비중이 상당히 높다. 이 같은 상황에서 양자무역 대기배출 모형, 다지역 환경 투입산출표 등을 활용한다면 글로벌 생산 및 소비를 환경오염과 연관시킨 유용한 분석이 가능할 것으로 보인다.

8) 중분류 44개 부문.

〈부록 1〉

국가온실가스 인벤토리의 구조[9)]

분야 · 부문/연도	2016	2017	2018	2019	2020
총배출량	693,687.73	710,645.38	726,977.59	701,213.74	656,222.88
순배출량	646,753.50	668,956.86	686,643.21	663,503.57	618,347.00
에너지	602,228.30	615,644.74	632,629.48	611,567.39	569,917.43
A. 연료연소	598,331.64	611,668.28	628,202.27	607,369.87	565,711.30
1. 에너지산업	262,104.30	269,764.27	286,398.74	266,224.58	237,037.55
a. 공공전기 및 열 생산	242,482.44	251,381.47	268,355.62	248,745.78	218,065.49
b. 석유정제	17,916.02	15,847.60	15,858.29	15,364.49	15,173.27
c. 고체연료 제조 및 기타 에너지 산업	1,705.84	2,535.20	2,184.83	2,114.30	3,798.79
2. 제조업 및 건설업	182,566.10	187,755.97	188,049.05	187,611.89	181,596.82
a. 철강	94,503.21	100,662.63	96,499.15	96,436.53	93,136.85
b. 비철금속	2,674.08	2,631.22	2,988.77	2,856.51	2,881.33
c. 화학	39,167.26	40,626.60	45,952.88	46,365.71	46,898.53
d. 펄프, 제지 및 인쇄	646.30	645.38	662.19	695.92	717.09
e. 식음료품 가공 및 담배 제조	1,849.96	1,832.42	1,955.14	1,900.51	1,990.74
f. 기타	43,725.30	41,357.72	39,990.93	39,356.70	35,972.29
1. 비금속	13,515.63	11,975.44	11,065.45	12,193.90	10,535.86
2. 조립금속	4,600.26	4,460.17	4,974.87	4,938.12	4,913.96
3. 나무 및 목재	75.13	74.51	122.81	68.90	70.48
4. 건설	2,626.57	2,211.87	2,170.47	2,136.75	2,094.75
5. 섬유 및 가죽	925.93	872.88	706.05	672.27	560.44
6. 기타제조	21,981.79	21,762.84	20,951.27	19,346.77	17,796.79
…	…	…	…	…	…
산업공정	53,466.8	56,453.88	55,796.15	52,168.79	48,527.69
…	…	…	…	…	…
농업	20,809.52	20,958.19	21,135.53	20,964.24	21,050.06
…	…	…	…	…	…
LULUCF	−46,934.24	−41,688.52	−40,334.37	−37,710.17	−37,875.87
…	…	…	…	…	…
폐기물	17,183.12	17,588.56	17,416.43	16,513.31	16,727.70
…	…	…	…	…	…

9) 2022 국가온실가스 인벤토리 보고서 기준

〈부록 2〉

Correspondence between CRF-NFR/CRF-NACE rev.2

Eurostat에서 Excel workbook으로 제공하는 파일 중 일부분을 발췌하였다. NACE rev.2 분류까지 세분화하여 제공하고 있다.

SNAP		NFR/CRF		correspondence to NACE Rev.2 divisions (2-digit level A*88)		
Code	*Label*	*code*	*label*	*NACE Rev.2 codes*	*flag*	*notes*
1	COMBUSTION IN ENERGY AND TRANSFORMATION INDUSTRIES					
01 01	Public Power	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production			
01 01 01	Combustion plants >= 300 MW (boilers)	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 01 02	Combustion plants >= 50 and < 300 MW (boilers)	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 01 03	Combustion plants < 50 MW (boilers)	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 01 04	Gas turbines	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 01 05	Stationary engines	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 02	District heating plants	1.A.1.a	Public electricity and heat production			
01 02 01	*Combustion plants >= 300 MW (boilers)*	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 02 02	*Combustion plants >= 50 and < 300 MW (boilers)*	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 02 03	*Combustion plants < 50 MW (boilers)*	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 02 04	*Gas turbines*	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 02 05	*Stationary engines*	*1.A.1.a*	Public electricity and heat production	35		
01 03	Petroleum refining plants	1.A.1.b	Petroleum refining			
01 03 01	*Combustion plants >= 300 MW (boilers)*	*1.A.1.b*	Petroleum refining	19 and/or 35	(#)	Power plants operated by refinery industry (NACE Rev.2 code 19) generating electricity may be identified as a secondary activity and hence re-grouped to the industry column with NACE Rev.2 code 35 in your ESA95 Supply Table. In other words, power plants operated by refinery industry may become independent power plants over time (NACE Rev.2 code 35) while the emissions are still recorded under this SNAP category; check with your emissions expert if this is the case and NA experts (alternatively Supply Table) where they record electricity produced in refinery industry. Emissions from combustion plants in refinery industry for heating purposes (particularly space and water heating) should be recorded under NACE Rev.2 code 19 (ancillary activity).
01 03 02	*Combustion plants >= 50 and < 300 MW (boilers)*	*1.A.1.b*	Petroleum refining	19 and/or 35	(#)	
01 03 03	*Combustion plants < 50 MW (boilers)*	*1.A.1.b*	Petroleum refining	19 and/or 35	(#)	
01 03 04	*Gas turbines*	*1.A.1.b*	Petroleum refining	19 and/or 35	(#)	
01 03 05	*Stationary engines*	*1.A.1.b*	Petroleum refining	19 and/or 35	(#)	
01 03 06	*Process furnaces*	*1.A.1.b*	Petroleum refining	19 and/or 35	(#)	
01 04	Solid fuel transformation plants	1.A.1.c	Manufacture of solid fuels and other energy industries			
01 04 01	*Combustion plants >= 300 MW (boilers)*	*1.A.1.c*	Manufacture of solid fuels and other energy industries	19 and/or 35	(#)	
01 04 02	*Combustion plants >= 50 and < 300 MW (boilers)*	*1.A.1.c*	Manufacture of solid fuels and other energy industries	19 and/or 35	(#)	
01 04 03	*Combustion plants < 50 MW (boilers)*	*1.A.1.c*	Manufacture of solid fuels and other energy industries	19 and/or 35	(#)	

〈부록 3〉

에너지밸런스의 구조

56종류의 에너지원과 전기, 열, 총에너지, 신재생에너지를 physical unit, toe, TJ 등의 단위로 표기한다. 아래는 toe 단위로 표기한 부분 중 일부 에너지원을 발췌한 표이다.

ENERGY BALANCE 2020 (UNIT : 1,000 toe, Gross)	…	천연가스 Natural Gas	도시가스 City Gas	원유 Crude oil	…
국내생산		185.0	–	15.1	
수입		52,216.8	–	143,762.4	
수출		–	–	–	
국제해운벙커링		–	–	–	
국제항공벙커링		–	–	–	
재고변화		1,544.7	–	249.3	
일차에너지공급		**53,946.6**	–	**144,026.8**	
제품이동		–	–	–	
통계오차		264.3	393.5	–246.9	
일차에너지소비		**54,210.9**	**393.5**	**143,779.9**	
전환공정		**–51,196.9**	**22,569.6**	**–143,779.9**	
발전전용		–21,713.4	–10.2	–	
발전전용_사업		–20,884.3	–	–	
발전전용_자가		–829.1	–10.2	–	
…					
에너지산업자체소비		**–1,252.7**	**–467.9**	–	
석탄광업		–	–	–	
…					
손실		**7.6**	–	–	
최종소비		**1,768.9**	**22,495.1**	–	
최종에너지소비		742.1	22,495.1	–	
…					
최종비에너지소비		1,026.9	–	–	
…					
전기생산		154,144.9	1,259.6	–	
…					
열생산		53,258.3	18,220.0	–	
…					

참고문헌 및 사이트

· Eurostat(2015), Manual for air emissions accounts(AEA) 2015 edition.

· _____(2014), Physical Energy Flow Accounts Manual. AIR EMISSION ACCOUNTING Background note

· 온실가스종합정보센터(2022), 2022 국가온실가스 인벤토리 보고서.

· 에너지경제연구원(2022), 2022 에너지통계연보.

· United Nations New York(2017), System of Environmental—Economic Accounting 2012-Applications and Extensions.

· _____(2014), System of Environmental-Economic Accounting 2012-Central Framework.

· Eurostat, air emission accounts(env_air_aa)(https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/).

· Shinichiro Nakamura(2023), A Practical Guide to Industrial Ecology by Input-Output Analysis

· Yi Yang, Yujin Park, Timothy M. Smith, Taegon Kim, and Hung-Suck Park(2022), High-Resolution Environmentally Extended Input−Output Model to Assess the Greenhouse Gas Impact of Electronics in South Korea.

· Hea-Jin Lim, Seung-Hoon Yoo, , Seung-Jun Kwak(2008), Industrial CO2 emissions from energy use in Korea: A structural decomposition analysis , ELSEVIER.

· 최정윤(2008), 최근 우리나라의 산업별 온실가스 배출구조 분석.