



온실가스종합정보센터

Guidelines for Regional GHG Inventories

2023 지역 온실가스 통계 산정지침

Information updated as of GIR
December 2022

CONTENTS

1	지침개요	1
2	에너지 분야 산정지침	7
3	산업공정 분야 산정지침	29
4	농업 분야 산정지침	91
5	토지이용, 토지이용변화 및 임야 분야 산정지침	123
6	폐기물 분야 산정지침	161
7	간접배출량 산정지침	184
8	부록	194



Guidelines for Regional GHG Inventories

1장 지침개요



1장 지침 개요

1 목적

- 본 지침은 광역 및 기초지자체가 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(이하 탄소중립기본법)에서 지자체의 책무로 명시한 시·도 탄소중립 녹색성장 기본계획(이하 시·도계획) 수립에 필요한 지역 온실가스 인벤토리 구축을 지원하기 위해 작성되었다.
- 본 지침은 총 8장으로, 1장 지침 개요, 2장 에너지 분야 산정지침, 3장 산업공정 분야 산정지침, 4장 농업 분야 산정지침, 5장 LULUCF 분야 산정지침, 6장 폐기물 분야 산정지침, 7장 간접배출량 산정지침, 8장 부록으로 구성되었다. 2~7장에는 분야별 배출량 산정방법, 배출계수, 활동자료 수합 방법 등의 정보를 제공하고, 향후 보완 및 개선해야 할 사항 등을 제시하였다. 8장은 지자체 실무자들이 본 지침을 활용하여 인벤토리 구축할 수 있도록 각 분야별로 세부적인 방법을 작성하였다.

2 작성기준

≡ 대상 기간

- 본 지침은 시범산정임을 고려하여 2015년부터 2020년까지 총 6개 연도의 배출원별 배출량 및 흡수량을 산정하였다.

≡ 산정범위

- 국가 배출량 통계와 동일한 에너지, 산업공정, 농업, LULUCF, 폐기물 등 5개 분야에 간접배출량(전력, 열, 폐기물) 분야를 추가 반영하여 총 6개 분야를 대상으로 하였다.

≡ 대상 가스

- 파리협정 투명성체계 MPGs에 따른 보고 대상 온실가스는 7종으로 정의되어 있으나 본 지침에서는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆) 등 6종을 대상으로 산정하였다.

≡ 보고 단위

- 온실가스 배출량 및 흡수량은 각 가스별 질량단위(ton)로 기재하였다.

- 최종 배출량 및 흡수량은 IPCC 5차 평가보고서(Fifth Assessment Report, AR5)에 명시된 지구온난화지수를 활용하여 이산화탄소 상당량($tCO_2eq.$)으로 환산하여 합산·보고 하였다.

☞ 국가 및 지역 인벤토리간 연계성 확보

- 지역별 활동자료 및 배출량을 산정 후, 해당 자료의 지역별 비중을 국가 온실가스 통계에 반영하여 지역별 온실가스 통계를 재산출하는 방법을 통해 국가-지역 인벤토리 간 연계성을 확보한다.

☞ 지역별 배출 특성 반영

- 지역별 배출특성을 반영하기 위하여 지역별 매개변수 및 배출계수 등이 존재할 경우 해당 자료를 우선 반영하여 배출량을 산정한 후에 국가 배출량과의 연계성을 확보한다.

☞ 유효숫자 적용

- 배출량 산정 시 활용되는 활동자료와 배출계수의 유효숫자에 일관성이 필요하며, 본 지침과 IPCC GL의 기본 값, 국가고유 배출계수는 확정·공표된 수치를 그대로 적용하고 국가 통계(연보)는 통계 작성 시 사용된 수치를 임의로 조정하지 않고 그대로 적용한다. 또한 값의 보정으로 인해 소수점 이하 자리수가 길게 표기될 경우에는 임의로 조정하지 않고 적용한다.

☞ 표기기호(Notation Key) 적용

- 모든 표에 배출량과 표기 기호(Notation Key)를 적용하여 빈칸 없이 기입한다. 배출량을 보고하지 않는 경우에는 그 이유를 표기기호로 제시한다.

3 작성절차

≡ 산정 절차

○ 지역 온실가스 배출량 산정 기본 절차는 다음과 같음



[지역배출량 산정 절차]

≡ 활동자료 산정 방법

1. 지역별 분배를 위한 통계자료 확보

- 지역별 자료 확보가 가능한 경우 해당 자료를 우선 적용하며, 동일 출처 내에 별도의 지역별 자료가 없을 경우 타 유사통계의 지역 통계자료의 비율을 활용
 - 다른 출처에도 지역별 활동자료가 부재한 경우 해당 활동자료에 영향을 미치는 상관 인자를 조사하여 활동자료 추정

2. 활동자료의 시계열 완전성 확보

- 과거 자료의 경우 값이 부재하거나 국가 기준의 총계만 제시되어 있는 경우가 있으므로, 내삽 또는 이동평균(3년) 등을 활용하여 부재한 활동자료 확보하되 자료 특성에 따라 방법을 차등하여 적용

☞ 온실가스 배출량 산정 방법

- 각 카테고리별 온실가스 배출량 산정 방법은 「국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침」 준용
- 인벤토리 구축을 위한 배출량 산정방법은 배출원별로 상이하나 기본적인 산정방법은 활동자료(AD)와 배출계수(EF) 및 지구온난화지수(GWP)의 곱으로 산정할 수 있음
- 배출계수는 국가 배출량 통계에 활용되는 배출계수 및 매개변수를 준용하며, 지역별 특성이 반영된 값이 별도로 존재할 경우 반영

[온실가스 배출량 산정 방법]

온실가스 배출량 (Emission)	=	활동자료 (Activity Data)	X	배출계수 (Emission Factor)	X	지구온난화지수 (GWP)
<ul style="list-style-type: none"> · 직/간접 배출량 · CO₂ 환산 배출량 · 6대 온실가스 		<ul style="list-style-type: none"> · 연료사용량 · 제품생산량 · 산림면적 · 비료 시비량 · 폐기물 매립량 ... 		<ul style="list-style-type: none"> · 연료별 배출계수 · 발열량/산화율 · 장내발효 배출계수 · Biomass 확장계수 · 메탄보정계수 ... 		<ul style="list-style-type: none"> · CO₂ 1 · CH₄ 28 · N₂O 265 · HFCs 4-12,400 · PFCs 6,630-11,100 · SF₆ 23,500



Guidelines for Regional GHG Inventories

2장 에너지 분야 산정지침



2장 에너지 분야 산정지침

1 배출원

- 에너지 분야는 에너지 생산과 소비 활동에 따른 연료연소와 탈루에 의한 온실가스 배출량을 산정

[에너지 분야 온실가스 배출원 및 온실가스]

CRF 코드		배출원	온실가스
연료 연소	1A1	에너지산업	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
	1A2	제조업 및 건설업	
	1A3	수송	
	1A4	기타	
	1A5	미분류	
탈루	1B1	고체연료	CH ₄
	1B2	석유 및 천연가스	

2 산정방법 및 배출계수

☞ 연료 연소(1A)

1. CO₂

(1) 배출량 산정식

- 연료연소는 연료용도 사용량에 발열량, 배출계수, 탄소분자량을 곱하여 배출량 산정

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

E	: CO ₂ 배출량(천톤 CO ₂)
FC	: 연료 사용량(천TOE)
41.868	: Joule-TOE 환산계수(TJ/천TOE)
CF	: 전환계수(순발열량/총발열량)
EF	: 배출계수(t C/TJ)
44/12	: 탄소기준 배출량을 이산화탄소 기준으로 전환(kg CO ₂ /kg C)
i	: 연료 유형
j	: 부문

(2) 배출계수와 매개변수

- 탄소배출계수는 국가고유 배출계수를 우선적으로 적용하며, 국가고유 배출계수가 없을 시 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 활용
- 지침에서 제시하는 연료 분류에 따라 해당 배출계수 및 매개변수를 적용하여 배출량 산정
- 전환계수는 에너지 열량 환산기준(에너지기본법)의 MJ 기준 “순발열량/총발열량”비를 적용하며 유효숫자를 조정하지 않고 원래의 비율로 그대로 적용
 - 1990~2006년 기간에는 별도로 고시된 순발열량이 없으므로 2006년 고시 발열량 기준의 연료별 전환계수를 준용
 - 2007년~2011년 기간에는 2006년 고시 발열량 기준의 전환계수를, 2012~2016년에는 2011년, 2017년 이후는 2017년 고시 발열량 기준의 전환계수를 준용
- 도시가스(LNG) 탄소배출계수는 1990~2006년까지는 투입원료 비율을 반영하여 보정, 2007년 이후는 국가고유 배출계수 적용

도시가스(LNG) 보정된 탄소배출계수(1990~2006)

(단위: t C/TJ)									
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
15.9	15.8	15.8	15.8	15.7	15.7	15.6	15.5	15.4	15.4
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006			
15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3			

탄소배출계수

(단위: t C/TJ)

연 료		2006 IPCC	국가고유 배출계수			연 료	2006 IPCC	국가고유 배출계수				
		~`06	~`11	~`16	`17~		~`06	~`11	~`16	`17~		
석 유	원유	20.0	—	—	—	석 탄	국내 무연탄	26.8	29.7	30.5	30.185	
	오리밀전	21.0	—	—	—		수입무연탄(연료탄) ⁸⁾	26.8	—	28.6	27.404	
	액상천연가스(NGL)	17.5	—	—	—		수입무연탄(원료탄) ⁸⁾	26.8	—	29.2	29.909	
	휘발유	자동차용	18.9	19.7	20.0		19.548	유연탄(원료탄) ⁸⁾	25.8	—	26.2	25.963
		항공용	19.1					유연탄(연료탄)	25.8	25.9	26.0	25.951
		제트용	19.1					아역청탄	26.2	29.3	26.2	26.468
	항공유 ¹⁾	19.5	19.6	19.8	19.931		갈탄	27.6	—	—	—	
	보일러 등유 ²⁾	19.6	19.5	—	—		Oil shale	29.1	—	—	—	
	실내 등유	19.6	19.5	19.6	19.969		BKB & Patent Fuel	26.6	—	—	—	
	Shale Oil	20.0	—	—	—		Coke Oven/Gas Coke	29.2	—	—	—	
	경유	20.2	20.0	20.2	20.111		Coke Oven Gas	12.1	—	—	—	
	경질중유(B-A)	20.5 ³⁾	20.2	20.4	20.657		Blast Furnace Gas	70.8	—	—	—	
	중유(B-B)	20.8 ³⁾	20.6	20.5	21.384	토탄		28.9	—	—	—	
	중질중유(B-C)	21.1	20.8	20.6	21.929	가 스	천연가스(LNG)	15.3	15.4	15.3	15.312	
	부생연료 1호 ⁴⁾	—	—	19.7	20.067		도시가스(LNG)	15.3	15.4	15.3	15.272	
	부생연료 2호 ⁴⁾	—	—	21.0	21.729		도시가스(LPG)	17.2	17.6	17.6	17.454	
	프로판	17.2	17.6	17.6	17.641	기 타 화 석 연 료	도시폐기물(비재생)	25.0	—	—	—	
	부탄	17.2	18.1	18.1	18.107		산업폐기물	39.0	—	—	—	
	에탄올	16.8	—	—	—	바 이 오 매 스	고 체	목재목재 폐기물	30.5	—	—	—
	납사 ⁵⁾	20.0	18.6	19.2	19.157			아황산염 찌꺼기	26.0	—	—	—
	용제	20.0	19.4	19.3	19.172			기타 주요한 고체 바이오매스	27.3	—	—	—
	아스팔트	22.0	21.5	21.6	21.544			목탄	30.5	—	—	—
	윤활유	20.0	19.7	19.9	19.979		액 체	바이오가솔린	19.3	—	—	—
	석유 코크 ⁶⁾	26.6	27.2	—	26.086			바이오디젤	19.3	—	—	—
								기타 액체 바이오연료	21.7	—	—	—
	정제 가스	15.7	—	—			기 체	매립지 가스	14.9	—	—	—
	기타 석유	20.0	—	—				슬러지 가스	14.9	—	—	—
								기타 바이오가스	14.9	—	—	—

주: 국가고유 배출계수는 2007년 이후 배출량부터 사용 가능하며 그 이전에는 2006 IPCC 지침 기본 배출계수를 적용
단, 2023년 이전까지는 1996 IPCC GL와 2006 IPCC GL 기본 배출계수를 병행하여 적용하며, 그 이후부터는
2006 IPCC GL 기본 배출계수를 적용함

- 1) 항공유는 Jet A-1, JP-4, JP-8 등을 포함하며, 항공용 휘발유(AVI-G)는 휘발유의 값을 준용
- 2) 보일러 등유는 2011년 7월부터 판매가 폐지되어 2012년 이후는 실내 등유의 국가고유 배출계수를 준용
- 3) 경질중유(B-A)는 경유유분 70%와 B-C유분 30% 혼합유이고, 중유(B-B)는 경유유분 30%와 B-C유분 70% 혼합유이므로 이를 고려하여 기본 배출계수 보정
- 4) 부생연료 1호, 2호는 1990년부터 2011년까지 기타 석유의 기본 배출계수를 준용
- 5) 국내에서 생산되는 컨덴세이트는 납사의 값을 준용
- 6) 석유코크는 2011년 고시 발열량 기준의 국가고유 배출계수가 없으므로 2012~2016년 기간은 2006년 고시 발열량 기준의 국가고유 배출계수 준용
- 7) 수입무연탄, 유연탄(원료탄)은 2007년부터 2011년까지 해당 연료의 기본 배출계수를 준용
- 8) 액체바이오매스(바이오디젤), 기타 석유 등 국가고유 배출계수가 제시되지 않은 연료는 해당 연료의 기본 배출계수를 준용
- 9) 국가고유 및 기본 배출계수가 제시되지 않은 석유류(정제원료 등)의 배출계수는 기타 석유의 값을 준용
- 10) 기타 석유는 1990년부터 2011년까지 기본 배출계수를 준용하고, 2012년부터는 부생연료 1호의 국가고유 배출계수를 준용

국가고유 발열량

구분	연 료		단위	'90~'06	'07~'11		'12~'16		'17~	
				총발열량	총발열량	순발열량	총발열량	순발열량	총발열량	순발열량
				MJ	MJ		MJ		MJ	
석유	원유		kg	41.9	45.0	42.3	44.9	42.2	45	42.2
	휘발유		ℓ	34.8	33.5	31.0	32.6	30.3	32.7	30.4
	등유1호(보일러) ¹⁾		ℓ	36.4	37.5	35.0	36.8	34.3	36.7	34.2
	등유2호(실내)		ℓ	36.4	36.8	34.3				
	경유		ℓ	38.5	37.9	35.4	37.7	35.3	37.8	35.2
	B-A유		ℓ	39.4	38.9	36.6	38.9	36.4	39.0	36.4
	B-B유		ℓ	40.6	40.4	38.1	40.5	38.0	40.5	38.0
	B-C유 ²⁾		ℓ	41.4	41.4	39.1	41.6	39.2	41.7	39.2
	프로판		kg	50.2	50.4	46.3	50.4	46.3	50.4	46.3
	부탄		kg	49.4	49.6	45.7	49.6	45.6	49.5	45.7
	납사 ³⁾		ℓ	33.5	33.7	31.2	32.3	30.0	32.3	29.9
	용제		ℓ	34.3	33.3	30.8	33.3	31.0	32.8	30.3
	항공유	JA-1 ⁴⁾	ℓ	36.4	36.6	34.3	36.5	34.1	36.5	33.9
		JP-4	ℓ	35.6			36.5	34.1	36.5	33.9
		AVI-G ⁵⁾	ℓ	34.8			33.5	31.0	32.6	30.3
	아스팔트		kg	41.9	41.4	39.1	41.5	39.2	41.4	39.2
	윤활유		ℓ	39.4	38.7	36.2	39.8	37.0	40.0	37.3
	석유코크		kg	45.2	33.9	32.9	33.5	31.6	35.0	34.2
	부생연료유1호 ⁶⁾		ℓ	—	37.0	35.0	36.9	34.3	37.1	34.6
	부생연료유2호		ℓ	—	40.6	38.5	40.0	37.9	39.9	37.7
가스	천연가스(LNG)		kg	54.4	54.5	49.2	54.6	49.3	54.7	49.4
	도시가스(LNG)		Nm³	44.0	44.2	40.0	43.6	39.4	43.1	38.9
	도시가스(LPG)		Nm³	62.8	62.8	57.8	62.8	57.7	63.6	58.4
석탄	국내무연탄		kg	18.8	19.5	19.3	18.9	18.6	19.8	19.4
	수입무연탄(연료용)		kg	25.1	27.4	26.8	21.0	20.6	21.2	20.5
	수입무연탄(원료용)						24.7	24.4	25.2	24.7
	유연탄(연료용)		kg	27.6	26.0	24.9	25.8	24.7	24.8	23.7
	유연탄(원료용)				29.3	28.3	29.3	28.2	29.2	28.0
	아역청탄		kg	—	22.4	20.9	22.7	21.4	21.4	19.9
	코크스		kg	27.2	29.5	29.3	29.1	28.9	29.0	28.9
기타	신탄 ⁷⁾		kg	18.8	18.8	—	18.8	—	18.8	

주: 1) 보일러 등유는 2011년 7월부터 판매가 폐지되어 2012년 이후는 실내 등유의 값을 준용

2) 정제가스는 B-C유의 값을 준용

3) 국내에서 생산되는 컨덴세이트는 납사의 값을 준용

4) JP-8은 JA-1의 값을 준용

5) AVI-G는 휘발유의 값을 준용

6) 액체바이오매스(바이오디젤), 정제원료, 기타 석유 등 제시되지 않은 석유류의 발열량은 부생연료유1호의 값을 준용

7) 신탄의 전환계수는 '1'을 적용

연료별 단위 환산 계수

구분	연 료	TOE/bbl			
		'90~'06	'07~'11	'12~'16	'17~
정제 투입 원료	원유	0.135	0.145	0.145	0.145
	정제원료 ⁶⁾	0.141	0.141	0.140	0.141
정제 산출 제품	휘발유	0.132	0.127	0.124	0.124
	등유 1호(보일러)	0.138	0.142	0.140	0.139
	등유 2호(실내)	0.138	0.140	0.140	0.139
	경유	0.146	0.144	0.143	0.144
	B-A유	0.149	0.148	0.148	0.148
	B-B유	0.154	0.153	0.154	0.154
	B-C유	0.157	0.157	0.158	0.158
	항공유(JA-1, JP-8)	0.138	0.139	0.139	0.139
	항공유(JP-4)	0.135	0.139	0.139	0.139
	항공유(AVI-G) ⁷⁾	0.132	0.127	0.124	0.124
	프로판	0.097	0.097	0.097	0.097
	부탄	0.108	0.109	0.109	0.109
	납사	0.127	0.128	0.123	0.123
	용제	0.130	0.126	0.126	0.124
	아스팔트	0.162	0.160	0.160	0.160
	윤활유	0.149	0.147	0.151	0.152
	석유코크	0.224	0.168	0.166	0.173
	정제가스 ⁸⁾	0.157	0.157	0.158	0.158
	기타제품	0.141	0.141	0.140	0.141
	부생연료 1호	0.141	0.141	0.140	0.141
	부생연료 2호	0.154	0.154	0.152	0.151

주: 1) 일반석유류 1bbl = 158.984 ℓ

2) 원유 1bbl = 135.180kg

3) 프로판 1bbl = 80.775kg

4) 부탄 1bbl = 91.912kg

5) 아스팔트 1bbl = 161.551kg

6) 정제원료는 기타제품의 값을 준용

7) AVI-G는 휘발유의 값을 준용

8) 정제가스는 B-C유의 값을 준용

9) 제시되지 않은 석유류의 단위 환산 계수는 부생연료 1호의 값을 준용

2. CH₄, N₂O

(1) 배출량 산정식

$$E_l = \sum_{ijk} [FC_{ijk} \times 41.868 \times CF_i \times EF_{ijl} \times 10^{-6}]$$

E	: 배출량(천톤 CH ₄ , 천톤 N ₂ O)
FC	: 연료 사용량(천TOE)
41.868	: Joule-TOE 환산계수(TJ/천TOE)
CF	: 전환계수(순발열량/총발열량)
EF	: 배출계수(kg CH ₄ /TJ, kg N ₂ O/TJ)
i	: 연료 유형
j	: 설비 유형
k	: 부문
l	: 가스 종류(CH ₄ , N ₂ O)

(2) 배출계수

- CH₄과 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용
 - 도시가스의 CH₄, N₂O 배출계수는 투입원료 비율을 반영하여 보정
 - 수송용/비수송용 연료 소비(경유, 휘발유, LPG 등) 비율을 알 수 있는 공신력 있는 통계가 있는 경우에 이를 반영하여 배출계수를 보정

☞ 에너지산업(1A1)

(1) 배출량 산정식

- 연료연소의 공통 산정식 적용

(2) 배출계수

- 탄소배출계수는 국가고유 배출계수를 우선 적용하며, 국가고유 배출계수가 존재하지 않는 연료는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용
- CH₄와 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용
 - CH₄와 N₂O 배출계수는 수송용/비수송용 연료 소비(경유, 휘발유, LPG 등) 비율을 알 수 있는 공신력 있는 통계가 있는 경우에 이를 반영하여 배출계수를 보정하는 것을 원

에너지산업 부문의 CH₄과 N₂O 배출계수

연 료		CH ₄	N ₂ O
		kg/TJ	kg/TJ
석탄		1	1.5
석유		3	0.6
가스		1	0.1
폐기물	도시폐기물	30	4
	산업폐기물	30	4
바이오매스	고체바이오매스	30	4
	액체바이오매스	3	0.6
	기체바이오매스	1	0.1

* 도시가스(LNG)는 납사와 프로판(LPG), 천연가스(LNG)의 혼합율을 반영하여 보정

전기 및 열생산 업종의 CH₄과 N₂O 국가고유 배출계수

연료별	CH ₄	N ₂ O
	kg/TJ	kg/TJ
석탄	0.25	1.66
석유	0.15	1.75
가스	0.41	1.06

* 2017년 배출량부터 반영하며, 2017년 이전은 1996 IPCC GL 기본 배출계수를 적용

≡ 제조업 및 건설업(1A2)

(1) 배출량 산정식

○ 연료연소의 공통 산정식 적용

(2) 배출계수

○ 탄소배출계수는 국가고유 배출계수를 우선 적용하며, 국가고유 배출계수가 존재하지 않는 연료는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

○ CH₄와 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

- CH₄와 N₂O 배출계수는 수송용/비수송용 연료 소비(경유, 휘발유, LPG 등) 비율을 알 수 있는 공신력 있는 통계가 있는 경우에 이를 반영하여 배출계수를 보정하는 것을 원칙으로 함

제조업 및 건설업 부문의 CH₄과 N₂O 배출계수

연 료		CH ₄	N ₂ O
		kg/TJ	kg/TJ
석탄		10	1.5
석유		3	0.6
가스		1	0.1
폐기물	도시폐기물	30	4
	산업폐기물	30	4
바이오매스	고체바이오매스	30	4
	액체바이오매스	3	0.6
	기체바이오매스	1	0.1

* 도시가스(LNG)는 납사와 프로판(LPG), 천연가스(LNG)의 혼합율을 반영하여 보정

☞ 수송(1A3)

(1) 배출량 산정식

- 도로, 철도, 해운, 기타수송과 일반 항공기 운항에 의한 배출량 산정은 연료연소의 공통 산정식 적용
- 민간 항공기 운항에 의한 배출량 산정은 순항과 이착륙시 별도로 고려한 다음의 산정식을 따름
 - 민간 항공기

$$E_i = \sum_j [(LTO_j \times EF_{LTO_{ij}}) + (A_{cruise} \times \frac{LTO_j}{LTO_T} \times EF_{cruise_i})],$$

$$A_{cruise} = \sum_j (A_{T_j} \times 0.7950 \times CF) - \sum_j (LTO_j \times A_{LTO_j})$$

E	: 배출량(kg CO ₂ , kg CH ₄ , kg N ₂ O)
LTO	: 이착륙 횟수(Landing & take-off)
EF _{LTO}	: LTO 배출계수(kg/LTO)
A _{cruise}	: 순항에 따른 연료 사용량(t)
EF _{cruise}	: 순항 배출계수(kg/t)
A _{total}	: 이착륙과 순항에 따른 총 연료 사용량(kl)
0.7950	: 제트유 밀도(t/kl) (자동차안전연구원, 2012년 한국자동차공학회)
CF	: 전환계수(순발열량/총발열량)
A _{LTO}	: LTO에 소비된 연료 사용량(t/LTO)
i	: 가스 종류(CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)
j	: 기종
T	: 합계

- 요소수

$$Emissions = Activity \times \frac{12}{60} \times Purity \times \frac{44}{12}$$

Emissions	: 촉매 변환기에 요소첨가제를 사용함에 따른 CO ₂ 배출량(Gg CO ₂)
Activity	: 촉매 변환기에 사용한 요소첨가제의 양(Gg)
Purity	: 요소첨가제 내 요소의 질량비율(%/100), 32.5%

(2) 배출계수와 매개변수

- 전환계수는 에너지 열량 환산기준(에너지기본법)의 MJ 기준 “순발열량/총발열량”비를 적용하며 유효숫자를 조정하지 않고 원래의 비율 그대로 적용
- 탄소배출계수는 국가고유 배출계수를 우선 적용하며, 국가고유 배출계수가 존재하지 않는 연료는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용
- CH₄과 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

수송 부문의 CH₄, N₂O 배출계수

연 료	배출계수(kg/TJ)							
	항공 ¹⁾		도로		철도		해운	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
석탄					2	1.5		
석유	0.5	2	25 ²⁾ /3.9 ³⁾	8 ²⁾ /3.9 ³⁾	4.15	28.6	7	2
천연가스(LNG)			92	3				
LPG			62	0.2				

주: 1) 일반 항공기만 해당, 2) 휘발유, 3) 경유

* 도시가스(LNG)는 납사와 프로판(LPG), 천연가스(LNG)의 혼합율을 반영하여 보정한 값으로, 배출량 산정 시 소수점 절사 없이 원수치 적용

항공(민간 항공기)의 CO₂, CH₄, N₂O 배출계수와 LTO당 연료사용량

순항(kg/t of fuel)	국내·외 운항 ¹⁾			
	배출계수			
	'90~'06	'07~'11	'12~'16	'17~
CO ₂ ²⁾	3,150	3,101	3,114	3,116
CH ₄	0	0	0	0
N ₂ O	0.1	0.1	0.1	0.1

주: 1) [표 21] 에 해당되지 않는 기종은 [표 22] 의 기본(default) LTO당 연료사용량과 배출계수를 적용하며, 평균기종과 노후기종의 대푯값 설명은 2006 IPCC 지침 적용

2) 순항에 의한 CO₂ 배출량 산정 국가고유 배출계수(JA-1 연료)를 환산한 값 적용

항공(민간 항공기)의 기종별 CO₂, CH₄, N₂O 배출계수와 LTO당 연료사용량

기종	배출계수(kg/LTO)			연료사용량 (kg/LTO)
	CO ₂ ¹⁾	CH ₄ ²⁾	N ₂ O	
A300	5,450	0.12	0.2	1,720
A310	4,760	0.63	0.2	1,510
A319	2,310	0.06	0.1	730
A320	2,440	0.06	0.1	770
A321	3,020	0.14	0.1	960
A330-200/300	7,050	0.13	0.2	2,230
A340-200	5,890	0.42	0.2	1,860
A340-300	6,380	0.39	0.2	2,020
A340-500/600	10,600	0.01	0.3	3,370
707	5,890	9.75	0.2	1,860
717	2,140	0.01	0.1	680
727-100	3,970	0.69	0.1	1,260
727-200	4,610	0.81	0.1	460
737-100/200	2,740	0.45	0.1	870
737-300/400/500	2,480	0.08	0.1	780
737-600	2,280	0.10	0.1	720
737-700	2,460	0.09	0.1	780
737-800/900	2,780	0.07	0.1	880
747-100	10,140	4.84	0.3	3,210
747-200	11,370	1.82	0.4	3,600
747-300	11,080	0.27	0.4	3,510
747-400	10,240	0.22	0.3	3,240
757-200	4,320	0.02	0.1	1,370
757-300	4,630	0.01	0.1	1,460
767-200	4,620	0.33	0.1	1,460
767-300	5,610	0.12	0.2	1,780
767-400	5,520	0.10	0.2	1,750
777-200/300	8,100	0.07	0.3	2,560
DC10	7,290	0.24	0.2	2,310
DC8-50/60/70	5,360	0.15	0.2	1,700
DC-9	2,650	0.46	0.1	840
L-1011	7,300	7.40	0.2	2,310
MD-11	7,290	0.24	0.2	2,310

대형
상업
항공기

지 방 제 트 기	MD-80	3,180	0.19	0.1	1,010
	MD-90	2,760	0.01	0.1	870
	TU-134	2,930	1.80	0.1	930
	TU-154-M	5,960	1.32	0.2	4,890
	TU-154-B	7,030	11.90	0.2	2,230
	RJ-RJ85	1,910	0.13	0.1	600
	BAE 146	1,800	0.14	0.1	570
	CRJ-100ER	1,060	0.06	0.03	330
	ERJ-145	990	0.06	0.03	310
	Fokker 100/70/28	2,390	0.14	0.1	760
재 터 보 프 로 펠 기	BAC111	2,520	0.15	0.1	800
	Dornier 328 Jet	870	0.06	0.03	280
	Gulfstream IV	2,160	0.14	0.1	680
	Gulfstream V	1,890	0.03	0.1	600
	Yak-42M	2,880	0.25	0.1	910
	Cessna 525/560	1,070	0.33	0.03	340
	Beech King Air	230	0.06	0.01	70
	DHC8-100	640	0.00	0.02	200
	ATR72-500	620	0.03	0.02	200

주: 1) 연료 1kg 사용 시 3.16kg의 CO₂가 생성된다고 기준하여 각 비행기의 CO₂는 약 10kg 주위에 분포
이착륙 과정에서의 메탄 배출량은 총 VOC배출량의 10% 가정

기타(1A4)

(1) 배출량 산정식

○ 연료연소의 공통 산정식 적용

(2) 배출계수

○ 탄소배출계수는 국가고유 배출계수를 우선 적용하며, 국가고유 배출계수가 존재하지 않는 연료는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

○ CH₄와 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

- CH₄와 N₂O 배출계수는 수송용/비수송용 연료 소비(경유, 휘발유, LPG 등) 비율을 알 수 있는 공신력 있는 통계가 있는 경우에 이를 반영하여 배출계수를 보정하는 것을 원칙으로 함

기타 부문의 CH₄과 N₂O 배출계수

구 분	연 료		CH ₄	N ₂ O
			kg/TJ	kg/TJ
산업/공공	석탄		10	1.5
	석유		10	0.6
	가스		5	0.1
	폐기물	도시폐기물	300	4
		산업폐기물	300	4
	바이오매스	고체바이오매스	300	4
		액체바이오매스	10	0.6
		기체바이오매스	5	0.1
가정/농업/임업/어업 (고정연소)	석탄		300	1.5
	석유		10	0.6
	가스		5	0.1
	폐기물	도시폐기물	300	4
		산업폐기물	300	4
	바이오매스	고체바이오매스	300	4
		액체바이오매스	10	0.6
		기체바이오매스	5	0.1
어업(이동연소)			7	2

* 도시가스(LNG)는 납사와 프로판(LPG), 천연가스(LNG)의 혼합율을 반영하여 보정

☞ 미분류(1A5)

(1) 배출량 산정식

○ 연료연소의 공통 산정식 적용

(2) 배출계수

- 탄소배출계수는 국가고유 배출계수를 우선 적용하며, 국가고유 배출계수가 존재하지 않는 연료는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용
- CH₄와 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용
 - CH₄와 N₂O 배출계수는 수송용/비수송용 연료 소비(경유, 휘발유, LPG 등) 비율을 알 수 있는 공신력 있는 통계가 있는 경우에 이를 반영하여 배출계수를 보정하는 것을 원칙으로 함

☞ 탈루(1B)

(1) 배출량 산정식

$$E_{Coal(CH_4)} = [A_{Coal} \times EF_{Coal(CH_4)} \times CF_{Coal(CH_4)}]$$

$E_{Coal(CH_4)}$: 석탄 채광 및 채광 이후의 탈루 배출량(천톤 CH ₄)
A_{Coal}	: 국내 석탄 생산량(Mt)
$EF_{Coal(CH_4)}$: 석탄 채광 및 채광 이후의 배출계수(m ³ CH ₄ /t)
$CF_{Coal(CH_4)}$: CH ₄ 밀도(Gg/10 ⁶ m ³)

$$E_{Oil \text{ \& } Natural gas_i} = \sum_j [A_j \times EF_{ij}]$$

$E_{Oil \text{ \& } Natural gas}$: 석유 및 가스의 탈루 배출량(천톤 CH ₄)
A	: 활동자료([표 27, 28, 29] 의 배출계수 단위에 따름)
EF	: 배출계수([표 27, 28, 29] 의 단위에 따름)
i	: 가스 종류(CH ₄)
j	: 배출원 구분

(2) 배출계수

- 배출계수는 국가고유 배출계수를 우선 적용하며, 국가고유 배출계수가 존재하지 않는 항목은 2006 IPCC 지침의 선진국 기본 배출계수를 적용¹⁾

1) 기본 배출계수가 범위로 제시된 경우 중간값을 적용하되 천연가스 탈루의 경우 생산 항목에는 중간값을, 처리, 이송, 저장, 분배 항목에는 하한값을 적용(단, 산업·발전 및 가정·상업에서의 천연가스 탈루 배출계수는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수 중간값을 적용)

고체연료(1B1) 탈루 배출계수

CRF 코드	배출원		배출계수	
			CH ₄ (m ³ CH ₄ /t 석탄 생산량)	CH ₄ 밀도 (Gg/10 ⁶ m ³)
1B1a	석탄광산 (지하광산)	채광	18.0	0.67
		채광 이후	2.5	

석유(1B2a) 탈루 배출계수

CRF 코드	배출원		배출계수
			CH ₄ (Gg CH ₄ /10 ⁶ m ³)
1B2a	석유	생산	5.9×10^{-7}
		이송	5.4×10^{-6}
		정제	21.8×10^{-6}
		분배	—

천연가스(1B2b) 탈루 배출계수

천연가스(1B2b) 탈루 배출계수

CRF 코드	배출원		배출계수		
			CH ₄		
1B2b	천연가스	생산		3.8×10^{-4}	Gg CH ₄ /10 ⁶ m ³
		처리		1.5×10^{-4}	Gg CH ₄ /10 ⁶ m ³
		이송*	venting	2.028×10^{-5}	Gg CH ₄ /10 ⁶ m ³
			leaks	8.567×10^{-6}	Gg CH ₄ /10 ⁶ m ³
		저장*	venting	3.756×10^{-6}	Gg CH ₄ /10 ⁶ m ³
			leaks	6.835×10^{-6}	Gg CH ₄ /10 ⁶ m ³
		분배		1.1×10^{-3}	Gg CH ₄ /10 ⁶ m ³

* 국가고유 배출계수(2017년 승인), 활동자료에 venting와 leaks 배출계수를 각각 곱하여 도출한 배출량의 합산으로 해당 단계의 탈루 배출량 산정(1990~최신년도 반영).

※ 천연가스 밀도는 1990년부터 2007년까지는 1.240m³/kg, 2008년부터는 1.254m³/kg을 적용
(한국가스공사, 천연가스 공급규정)

3 활동자료

≡ 활동자료 출처

○ 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

○ 에너지부문의 활동자료 출처는 다음과 같음

[활동자료 출처 : 에너지산업]

항목	지역	
	활동자료	출처
공공 전기 및 열생산	석탄	명세서
	석유	명세서
	도시가스	명세서
	바이오매스	신재생에너지보급통계
석유 정제	석탄	명세서
	석유	석유판매량
	천연가스	개정에너지밸런스 ²⁾ (분배)
고체 연료 / 기타	석탄 (고체연료제조)	명세서
	석탄 (기타에너지)	개정에너지밸런스(분배)
	석유	석유수급통계
	도시가스	명세서
	천연가스 (기타에너지)	개정에너지밸런스(분배)
	바이오매스	신재생에너지보급통계

2) 에너지밸런스 : 한 국가에서 일년 간 공급 소비되는 모든 에너지 상품을 행렬 형태의 표로 나타낸 자료

○ 제조업 및 건설업에 대한 지역과 국가의 활동자료 내용은 다음과 같음

[활동자료 출처 : 제조업 및 건설업]

항목		지역	
		활동자료	출처
공통	석탄	명세서	NGMS
	석유	석유판매량	석유회합회
	도시가스	도시가스판매량	도시가스협회
	천연가스	개정에너지밸런스(분배)	에너지경제연구원
	바이오매스	신재생 보급통계	한국에너지공단

○ 수송부문은 항공, 도로, 철도, 해운, 기타 등의 항목으로 구성되어 있고, 이에 대한 지역과 국가의 활동자료 내용은 다음과 같음

[활동자료 출처 : 수송]

항목			지역	
			활동자료	출처
항공	석유	일반항공	항공기 도입 말소 현황 공항별 항공기 현황	항공기술정보시스템(국토부)
		민간항공 (LTO)	공항별/기종별 LTO (기종매칭)	한국공항공사
		민간항공 (연료소비)	유종별 연료소비량	한국교통 안전공단
도로	석탄		명세서	NGMS
	석유		개정에너지밸런스 (VKT기반 분배)	에너지경제연구원 (통계청)
	도시가스		도시가스판매량	도시가스협회
	바이오매스		신재생 보급통계	한국에너지공단
	요소수		축매제 유통실적	수도권대기환경청
철도	석유		석유류수급통계 (철도노선기준 분배)	한국석유공사
해운	석유		석유류수급통계	한국석유공사
기타	천연가스 (수송장비)		개정에너지밸런스(분배)	에너지경제연구원
	석유		석유류수급통계	한국석유공사

- 기타부문은 상업/공공, 가정, 농림어업 등의 항목으로 구성되어 있고, 이에 대한 지역과 국가의 활동자료 내용은 다음과 같음

[활동자료 출처 : 기타]

항목		지역	
		활동자료	출처
상업 /공공	석탄	명세서	NGMS
	석유	석유류수급통계	한국석유공사
	도시가스	도시가스판매량	도시가스협회
	바이오매스	신재생 보급통계	한국에너지공단
가정	연탄	연탄가구수	연탄은행
	석유	석유류수급통계	한국석유공사
	도시가스	도시가스판매량	도시가스협회
	바이오매스	신재생 보급통계	한국에너지공단
농림 어업	석탄	-	-
	석유	석유류수급통계	한국석유공사
	도시가스	도시가스판매량	도시가스협회
	바이오매스	신재생 보급통계	한국에너지공단

- 탈루부문은 석탄과 석유, 천연가스 등의 항목으로 구성되어 있고, 이에 대한 지역과 국가의 활동자료 내용은 다음과 같음

[활동자료 출처 : 탈루배출]

항목		지역	
		활동자료	출처
석탄	채광시/ 채광이후	지역통계(~2017)	통계청
		명세서(~2018)	NGMS
석유	생산	개정 에너지밸런스	에너지경제연구원
	이송	명세서(GS 외)	NGMS
		사업보고서(GS)	전자공시
	정제/저장	명세서(GS 외)	명세서
		사업보고서(GS)	전자공시시스템
천연 가스	이송/ 생산 및 처리	명세서(가스공사 외) 천연가스 소비비율	NGMS
		명세서(가스공사) 천연가스 생산비율	NGMS
	분배	명세서(전환 외) 도시가스 소비량	NGMS

≡ 활동자료 확보

- 지역별 활동자료가 부재한 경우 대체 자료의 각 지역별 비율을 적용하여 국가 활동자료를 배분하는 방식으로 지역별 활동자료 확보하되 이용 비율 및 연평균 값 등의 지역별 고유 활동자료가 부재한 경우 국가값 일괄 적용

[에너지 분야 활동자료 배분 방법]

항목	지역	국가	
		활동자료	출처
코크스가스 고로가스	기타에너지	개정에너지밸런스 가스소비량	명세서 코크스 소비비율
석유	항공 (민간)	항공기별 연료소비량	항공기별 LTO운항 비율
	항공 (일반)	연료별 소비량	공항별 비행기 등록대수 비율
	도로	석유판매량	지역별 VKT 비율
	철도	석유판매량	노선별 거리 율
천연가스	정제	개정에너지밸런스 소비량	LNG 직수입비율(GS칼텍스, SK에너지)
	철강		
	기타에너지산업		천연가스 생산비율(가스공사)
	제지	개정에너지밸런스 소비량	도시가스 소비비율
	수송장비		
	기타제조		
바이오매스	전분야	연료별 소비량	19~20년 신재생통계 비율

≡ 활동자료 지역비율 산정 예시

④ 예시: 도로 부문 지역 활동량 산정 예시

서울 용산구 도로부문 휘발유 소비량 (30)	=	국가 도로부문 휘발유소비량 (100)	×	서울 용산구 VKT (3,000)	
			×	Σ(전국 VKT (10,000))

4 향후 개선사항

≡ 활동자료

○ 석유수급통계

- 시·군·구간에 연료의 이동으로 발생하는 (-)활동값은 0으로 처리함. 이는 국가 총량 측면에서는 활동의 오차의 원인이 되기 때문에 향후 이에 대한 논의가 필요

○ 연탄소비량

- 연탄은행에서 집계하는 2021년 연탄사용 가구수를 기준으로 분배함. 하지만 실제 소비 활동과는 차이가 발생할 수 있음. 연탄은행 측에 과거 연도 자료에 대한 협조를 요청하였으나, 홈페이지 공개자료 외의 데이터는 제공이 어렵다고 함. 따라서 기초지자체 조사단계에 필수 조사항목으로 분류하여 조사가 필요

≡ 방법론

○ 특이사항 없음

Guidelines for Regional GHG Inventories

3장 산업공정 분야 산정지침

3장 산업공정 분야 산정지침

1 배출원

- 산업공정 분야는 광물산업, 화학산업, 금속산업, 할로카본 및 육불화황 생산, 할로카본 및 육불화황 소비 등 산업 활동에서 발생하는 온실가스의 배출량을 산정

[산업공정 분야 온실가스 배출원 및 온실가스]

CRF 코드	배출원	온실가스
2A	광물산업	CO ₂
2B	화학산업	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs
2C	금속산업	CO ₂ , SF ₆
2D	비에너지 제품 및 용매 사용	CO ₂
2E	전자산업	HFCs, PFCs, SF ₆
2F	오존층파괴대체물질(ODS)의 제품사용	HFCs, PFCs
2G	기타제품 제조 및 사용	SF ₆ , N ₂ O

2 산정방법 및 배출계수

≡ 시멘트 생산(2A1)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 배출계수, 클링커 생산량, 시멘트 킬른 먼지 보정계수를 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<시멘트 생산의 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{클링커 생산량} \times \text{CKD 보정계수}$$

배출량	: t CO ₂
배출계수	: t CO ₂ /t 클링커 생산량
활동자료	: 클링커 생산량(t)
CKD 보정계수	: 시멘트 킬른 먼지(Cement Kiln Dust) 보정계수(단위없음)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하되, 국가 고유 배출계수가 개발된 포틀랜드 시멘트 생산업체는 국가 고유 배출계수 적용

시멘트 생산의 배출계수

구분	계수	단위
클링커 배출계수 ¹⁾	0.5295	t CO ₂ /t
클링커 배출계수 ²⁾	0.51	t CO ₂ /t
CKD 보정계수 ³⁾	1.02	—

출처: 1) 국내 포틀랜드 시멘트 생산업체의 사업장고유 배출계수를 바탕으로 개발한 국가고유 배출계수(2018년 승인, 시계열 전체 적용)

2) 2006 IPCC 지침 Vol 3. 2.12

3) 2006 IPCC 지침 Vol 3. 2.12

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[시멘트 생산 : 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
시멘트생산	명세서	NGMS

－ 활동자료 확보

- 지역배출량 활동자료는 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[시멘트생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2A	2A1	시멘트생산	명세서 (클링커 생산량)	명세서 보고 생산량 적용 (2007년 이후)

☞ 석회 생산(2A2)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 배출계수, 석회 생산량, 석회 킬른 먼지 보정계수, 수경성석회 보정계수를 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<석회 생산의 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{석회 유형별 생산량} \times \text{LKD 보정계수} \times \text{수경성석회 보정계수}$$

배출량	: t CO ₂
배출계수	: t CO ₂ /t 고칼슘석회, 고토석회, 수경성석회 생산량
활동자료	: 고칼슘석회, 고토석회, 수경성석회 생산량(t)
LKD 보정계수	: 석회 킬른 먼지(Lime Kiln Dust) 보정계수(단위없음)
수경성석회 보정계수	: 수경성석회(Hydrated lime) 보정계수(단위없음)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수 적용

[표 34] 석회 생산 배출계수

배출원	배출계수			단위
	고칼슘석회	고토석회	수경성석회	
석회 생산	0.746	0.776	0.589	t CO ₂ /t
	보정계수			
	LKD		수경성석회	
	1.020		0.970	

출처: 2006 IPCC 지침 Vol 3. Table 2.4

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[석회 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
석회생산	명세서	NGMS

－ 활동자료 확보

- 지역배출량 활동자료는 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[석회 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2A	2A2	석회 생산	명세서 (석회생산량)	명세서 보고 생산량 적용 (2007년 이후)

☞ 유리 생산(2A3)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 배출계수, 유리 생산량, 유리 생산 공정의 컬릿 비율을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<유리 생산의 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{유리 생산량} \times (1 - \text{컬릿비율})$$

배출량	: t CO ₂
배출계수	: t CO ₂ /t 유리
활동자료	: 유리 생산량(t)
컬릿비율	: 유리 생산 공정에 대한 컬릿 비율(기본값 : 0.5)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

유리 생산 부문 배출계수

배출원	배출계수	단위
유리생산 ¹⁾	0.20	t CO ₂ /t
컬릿비율 ²⁾	0.50	비율

출처: 1) 2006 IPCC 지침, Vol. 3, Eq. 2.10

2) 2006 IPCC 지침, Vol. 3, 2.30

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[유리 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
유리생산	명세서	NGMS

－ 활동자료 확보

- 지역배출량 활동자료는 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[유리 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2A	2A3	유리 생산	명세서 (유리생산량)	명세서 보고 생산량 적용 (2007년 이후)

☰ 탄산염의 기타 공정 사용(2A4)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 배출계수, 기타 탄산염 소비량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<탄산염의 기타 공정 사용의 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{기타 탄산염 소비량}$$

배출량	: t CO ₂
배출계수	: t CO ₂ /t 기타 탄산염 소비량
활동자료	: 기타 탄산염 소비량(t)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

탄산염의 기타 공정 사용의 배출계수

배출원	배출계수				단위
	소다회	석회석	백운석	마그네이트	
탄산염의 기타 공정 사용	0.41492	0.43971	0.47732	0.52197	t CO ₂ /t

출처: 2006 IPCC 지침, Vol. 3, Table 2.1

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[탄산염의 기타 공정 사용-활동자료 출처]

항목		지역	
		활동자료	출처
탄산염의 기타공정 사용	소다회 소비	수출입실적	한국무역협회
	석회석	명세서	NGMS
	백운석		
	마그네시아		

－ 활동자료 확보

- (소다회 소비) 수출입통계(한국무역협회)의 소다회 수입량 및 수출량 자료로 소다회 소비량을 산출하여 사용
- 지역배출량 활동자료는 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[탄산염의 기타 공정 사용-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2A	2A4	탄산염의 기타 공정 사용	수출입실적 (소다회 소비량)	수출입통계 순수입량 집계
			명세서 (탄산염소비량)	명세서 보고 소비량 적용 (2007년 이후)

☞ 암모니아 생산(2B1)

- 국내 생산업체 가동중단으로 현재 배출량 없음

☞ 질산 생산(2B2)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 배출계수, 질산 생산량, 감축량을 고려하여 N₂O 배출량 산정

<질산 생산의 N ₂ O 배출량 산정식>	
배출량 = 배출계수 × 질산 생산량 - 감축량	
배출량	: kg N ₂ O
배출계수	: kg N ₂ O/t 질산 생산량
활동자료	: 질산 생산량(t)
감축량	: kg N ₂ O

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

질산 생산 저감 공정 유형별 배출계수	
생산 공정	N ₂ O 배출계수 (kg N ₂ O/t HNO ₃)
저압 공정(대기압)	5.0
중압 공정	7.0
고압 공정	9.0

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 3, 3.23 Table 3.3

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[질산 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
질산 생산	CDM보고서	UNFCCC

－ 활동자료 확보

- 생산업체의 CDM 모니터링 보고서에 기입된 해당 기간 감축 후 배출량 사용

[질산 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2B	2B2	질산 생산	CDM 보고서 (감축 후 배출량)	CDM 보고서의 감축 후 배출량 반영

☰ 아디프산 생산(2B3)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 배출계수, 아디프산 생산량, 감축량을 고려하여 N₂O 배출량 산정

<아디프산 생산의 N₂O 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{아디프산 생산량} - \text{감축량}$$

배출량	: kg N ₂ O
배출계수	: kg N ₂ O/t 아디프산 생산량
활동자료	: 아디프산 생산량(t)
감축량	: kg N ₂ O

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

아디프산 생산 배출계수

생산 공정	N ₂ O 배출계수
질산 산화	300kg N ₂ O / t 아디프산

출처: 2006 IPCC 지침 Vol.3, Chap.3, Table3.4

활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[아디프산 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
아디프산 생산	CDM보고서	UNFCCC

－ 활동자료 확보

- 생산업체의 CDM 모니터링 보고서에 기입된 해당기간 감축 후 배출량 사용

[아디프산 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2B	2B3	아디프산 생산	CDM 보고서 (감축 후 배출량)	CDM 보고서의 감축 후 배출량 반영

☞ 카프로락탐 생산(2B4)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 배출계수, 카프로락탐 생산량, 감축량을 고려하여 N₂O 배출량 산정

<카프로락탐 생산 부문 N₂O 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{카프로락탐 생산량} - \text{감축량}$$

배출량	: N ₂ O 배출량, kg
배출계수	: N ₂ O 배출계수, kg N ₂ O / t 카프로락탐 생산량
활동자료	: 카프로락탐 생산량, t

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

카프로락탐 생산 배출계수

생산 공정	N ₂ O 배출계수
카프로락탐 생산	9.0 kg N ₂ O / t 카프로락탐

출처: 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap.3, Table3.5

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[카프로락탐 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
카프로락탐 생산	CDM보고서	UNFCCC

－ 활동자료 확보

- 카프로락탐 생산업체의 CDM 모니터링 보고서에 기입된 해당기간 감축 후 배출량 사용

[카프로락탐 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2B	2B4	카프로락탐 생산	CDM 보고서 (감축 후 배출량)	CDM 보고서의 감축 후 배출량 반영

☞ 카바이드 생산/소비(2B5)

○ 카바이드 생산량은 2005년 이후 생산중단으로 배출량 없음

(1) 배출량 산정식

○ 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 배출계수, 카바이드의 생산량 및 소비량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<칼슘 카바이드 소비의 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{카바이드 소비량}$$

배출량 : t CO₂
 배출계수 : t CO₂ / t 카바이드 소비량
 활동자료 : 카바이드 소비량, t

(2) 배출계수와 매개변수

○ 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

칼슘 카바이드의 배출계수

공정	CO ₂ 배출계수 (t CO ₂ / t 카바이드 생산량)
칼슘카바이드 소비	1.100

출처: 2006 IPCC 지침 Vol.3, Chap.3, Table 3.8

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 아세틸렌 생산업체 직접 조사자료 사용
- 다만, 카바이드 생산량은 2005년 이후 생산중단으로 활동자료 없음

[카바이드 생산/소비-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
카바이드 생산/소비	업체 소비량	카바이드 소비 업체

－ 활동자료 확보

- 아세틸렌 생산업체의 칼슘카바이드 소비량 자료 사용

[카바이드 생산/소비-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2B	2B5	카바이드 생산/소비	업체 소비량 (카바이드 소비량)	카바이드 소비 업체 조사

☰ 이산화티타늄 생산(2B6)

○ 산정 없음

☰ 소다회 생산(2B7)

○ 국내에서는 소다회 생산에 의한 배출량 없음

☞ 석유화학제품 및 카본블랙 생산(2B8)

(1) 배출량 산정식

- 석유화학제품 생산은 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 원료의 탄소량과 제품의 탄소량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<에틸렌, EDC, VCM, EO, AN 생산에 의한 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = (\text{원료의 탄소량} - \text{제품의 탄소량}) \times 44/12$$

배출량	: t CO ₂ ,
원료의 탄소량	: 원료 소비량(t) × 원료의 탄소계수(t C/t 원료)
제품의 탄소량	: 1차 및 2차 제품의 생산량(t) × 제품의 탄소계수(t C/t 제품)

- 스티렌 생산은 1996 IPCC 지침에 따라 배출계수, 스티렌 생산량을 고려하여 CH₄ 배출량 산정

<스티렌 생산에 의한 CH₄ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{스티렌 생산량}$$

배출량	: kg CH ₄
배출계수	: kg CH ₄ /t 스티렌 생산량
활동자료	: 스티렌 생산량(t)

- 카본블랙 생산은 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 배출계수, 카본블랙 생산량을 고려하여 CO₂, CH₄ 배출량 산정

<카본블랙 생산에 의한 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{카본블랙 생산량}$$

배출량	: t CO ₂ ,
배출계수	: CO ₂ 배출계수, t CO ₂ /t 카본블랙 생산량
활동자료	: 카본블랙의 생산량(t)

<카본블랙 생산에 의한 CH₄ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{카본블랙 생산량}$$

배출량	: kg CH ₄
배출계수	: CH ₄ 배출계수, kg CH ₄ /t 카본블랙 생산량
활동자료	: 카본블랙의 생산량(t)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

석유화학제품 및 카본블랙 생산 배출계수

제품	C	CO ₂	CH ₄
에틸렌 ¹⁾	0.856 t C/t 원료 또는 제품	—	—
프로필렌 ¹⁾	0.8563 t C/t 원료 또는 제품	—	—
부타디엔 ¹⁾	0.888 t C/t 원료 또는 제품	—	—
RPG ²⁾	0.8845 t C/t 원료 또는 제품	—	—
EDC ¹⁾	0.245 t C/t 원료 또는 제품	—	—
VCM ¹⁾	0.384 t C/t 원료 또는 제품	—	—
에틸렌옥사이드(EO) ¹⁾	0.545 t C/t 원료 또는 제품	—	—
아크릴로나이트릴(AN) 1)	0.6664 t C/t 원료 또는 제품	—	—
아세토니트릴 ¹⁾	0.5852 t C/t 원료 또는 제품	—	—
시안화수소 ¹⁾	0.4444 t C/t 원료 또는 제품	—	—
스티렌 ³⁾	—	—	4 kg CH ₄ / t 스티렌 생산량
카본블랙 ⁴⁾	—	2.62 t CO ₂ / t 카본블랙 생산량	0.06 kg CH ₄ / t 카본블랙 생산량

출처: 1) 2006 IPCC 지침, Vol.3, Chap.3, Table 3.10,

2) 석유화학 산업의 납사 온실가스 배출량 산정 모델 개발 및 배출특성 연구(2015, 한국환경산업기술원)

3) 1996 IPCC 지침, Vol. 2.23, Table 2.10

4) 2006 IPCC 지침, Vol.3, Chap.3, Table 3.23, 3.24

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[석유화학제품 및 카본블랙 생산-활동자료 출처]

항목		지역	
		활동자료	출처
석유화학제품 및 카본블랙 생산	에틸렌	국가배출량 (*납사소비비율)	온실가스 종합정보센터
	EDC/VCM		
	EO		
	AN		
	카본블랙		
	기타		

－ 활동자료 확보

- 석유화학제품 및 카본블랙 생산량에 대한 활동자료는 항목별 국가배출량에 지역별 납사 소비량으로 분배하여 생성

[석유화학제품 및 카본블랙 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2B	2B8	석유화학제품 및 카본블랙 생산	석유류수급통계	국가배출량을 지역별 납사소비량으로 분배하여 지역별 활동자료 생성

≡ 불소화합물 생산(2B9)

(1) 배출량 산정식

- 불소화합물 생산은 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 배출계수, HCFC-22의 생산량을 고려하여 HFC-23 배출량 산정

<불소화합물 생산의 HFCs 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{HCFC-22 생산량}$$

배출량	: t HFC-23
배출계수	: t HFC-23/t HCFC-22 생산량
활동자료	: HCFC-22 생산량, t

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

불소화합물 배출계수

공정	배출계수
HCFC-22 생산	0.04 t HFC-23/t HCFC-22 생산량 ¹⁾

출처: 1) 2006 IPCC 지침, Vol. 3.10, Table 3.28

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[불소화합물 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
불소화합물 생산	명세서	NGMS

－ 활동자료 확보

- HFC-22 생산활동을 통해 배출되는 최종 감축 후 배출량을 반영

[불소화합물 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2B	2B9	불소화합물 생산	HFC-22생산 생산량	명세서 보고 생산량 적용 (2007년 이후)

☞ 철강 생산(2C1)

(1) 배출량 산정식

- 고로 공정은 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 배출계수, 원료 또는 연료의 투입량 및 산출량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<고로 공정의 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{탄소 배출계수} \times \text{원료 또는 연료의 순소비량} \times 41.868 \times \text{전환계수} \times 44/12$$

배출량	: t CO ₂
탄소 배출계수	: t C/TJ 순소비량
활동자료	: 원료 또는 연료의 순소비량(TOE) = 투입량 - 산출량
41.868	: Joule-TOE 환산계수(TJ/천TOE)
전환계수	: 순발열량/총발열량
44/12	: 탄소량 대비 이산화탄소량(t CO ₂ /t C)

- 전기로 공정은 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 배출계수, 탄소전극봉 소비량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<전기로 공정의 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{탄소전극봉 소비량}$$

배출량	: t CO ₂
배출계수	: t C/t 전극봉 소비량
활동자료	: 탄소전극봉 소비량(t)

- 탄산염을 사용하는 기타공정은 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 배출계수, 기타 탄산염 소비량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<기타공정의 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{기타 탄산염 소비량}$$

배출량	: t CO ₂
배출계수	: t CO ₂ /t 기타 탄산염 소비량
활동자료	: 기타 탄산염 소비량(t)

(2) 배출계수와 매개변수

- 고로공정은 국가 고유 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 없는 전기로 공정과 기타공정은 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

철강 생산의 배출계수

탄소 배출계수		
발생원	탄소 배출계수	
고로 공정 ¹⁾	유연탄(원료탄)	2.8260 t CO ₂ /t
	유연탄(연료탄)	2.9074 t CO ₂ /t
	코크스	3.1721 t CO ₂ /t
	COG	1.5285 t CO ₂ /t
	BFG	0.6869 t CO ₂ /t
	기타회수가스(FOG)	1.0029 t CO ₂ /t
전기로 공정 ²⁾	0.82 t C/t	
발생원	CO ₂ 배출계수	
기타공정 ³⁾ (탄산염 사용)	석회석	0.43971 t CO ₂ /t
	백운석	0.47732 t CO ₂ /t
	마그네사이트	0.52197 t CO ₂ /t

출처: 1) 국가고유 배출계수(2021년 승인)
 2) 2006 IPCC 지침 Vol.3, Chap.4, Table 4.3
 3) 2006 IPCC 지침, Vol.3, Table 2.1

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[철강 생산-활동자료 출처]

항목		지역	
		활동자료	출처
철강 생산	고로	개정에너지밸런스	에너지경제연구원
		명세서	NGMS
	전기로	수출입실적	한국무역협회
	탄산염	명세서	NGMS

－ 활동자료 확보

- 고로 공정은 개정에너지밸런스의 연료소비량과 명세서에 보고된 유연탄 소비량정보 (2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요
- 전기로 공정은 무역통계(한국무역협회)의 탄소전극봉 수입량 및 수출량 자료 사용
- 탄산염 사용은 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[철강 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2C	2C1	철강 생산	국가활동량 (공정 투입량)	고로공정 국가활동량에 명세서에 보고된 유연탄 소비량 비율을 적용하여 사업장별 분배
			수출입실적 (전극봉 순소비량)	수출입통계 순수입량 집계
			명세서 (탄산염 소비량)	명세서 보고 소비량 적용 (2007년 이후)

☞ 합금철 생산(2C2)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 활동자료에 배출계수, 기타 탄산염 소비량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<탄산염의 기타 공정 사용의 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{기타 탄산염 소비량}$$

배출량	: t CO ₂
배출계수	: t CO ₂ /t 기타 탄산염 소비량
활동자료	: 기타 탄산염 소비량(t)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

탄산염의 기타 공정 사용의 배출계수

배출원	배출계수			단위
	석회석	백운석	마그네이트	
탄산염의 기타 공정 사용	0.43971	0.47732	0.52197	t CO ₂ /t

출처: 2006 IPCC 지침, Vol. 3, Table 2.1

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[합금철 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
합금철 생산	명세서	NGMS

－ 활동자료 확보

- 탄산염 사용은 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[합금철 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2C	2C2	합금철 생산	명세서 (탄산염 소비량)	명세서 보고 소비량 적용 (2007년 이후)

☞ 알루미늄 생산(2C3)

- 산화 알루미늄을 알루미늄 금속으로 전환하는 과정에서 탄소 전극 소비로 인해 발생하는 CO₂ 배출량 산정
- 국내 생산은 1990년에 중단되어 현재 배출량 없음

☰ 마그네슘 생산(2C4)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 배출계수, 마그네슘 주괴 소비량을 고려하여 SF₆ 배출량 산정

<마그네슘 생산의 SF₆ 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = (\text{배출계수} \times \text{마그네슘 주괴 소비량}) + \text{마그네슘 제련공정 SF}_6 \text{ 소비량}$$

배출량	: t SF ₆
배출계수	: kg SF ₆ /t 마그네슘 주괴(ingot) 소비량
활동자료	: 마그네슘 주괴(ingot) 소비량(t), 마그네슘 제련공정 SF ₆ 소비량(t)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

마그네슘 생산의 배출계수

구분	계수	단위
배출계수 ¹⁾	1.0	kg SF ₆ /t

출처: 1) 2006 IPCC 지침 Vol 3. 4.66, Tabel 4.20

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[마그네슘 생산-활동자료 출처]

항목		지역	
		활동자료	출처
마그네슘 주조공정	수입량	수입실적	한국무역협회
	SF ₆ 소비량	명세서	NGMS
	탄산염		

－ 활동자료 확보

- 마그네슘 수입량은 무역통계(한국무역협회)의 마그네슘 수입량자료 사용
- 마그네슘 공정 사용 SF₆는 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요
- 탄산염 사용은 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요
- 수출입통계의 마그네슘 수입량 자료와 명세서의 마그네슘 제련공정 SF₆ 소비량 사용

[마그네슘 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2C	2C4	마그네슘 생산	수입실적 (마그네슘 수입량)	수출입통계
			명세서 (SF ₆ 소비량)	명세서 보고 소비량 적용 (2007년 이후)
			명세서 (탄산염 소비량)	명세서 보고 소비량 적용 (2007년 이후)

☞ 납 생산(2C5)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 배출계수, 기타 탄산염 소비량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

$$\text{배출량} = \text{배출계수} \times \text{기타 탄산염 소비량}$$

배출량 : t CO₂
 배출계수 : t CO₂/t 기타 탄산염 소비량
 활동자료 : 기타 탄산염 소비량(t)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

탄산염의 기타 공정 사용의 배출계수

배출원	배출계수			단위
	석회석	백운석	마그네이트	
탄산염의 기타 공정 사용	0.43971	0.47732	0.52197	t CO ₂ /t

출처: 2006 IPCC 지침, Vol. 3, Table 2.1

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[납 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
납 생산	명세서	NGMS

－ 활동자료 확보

- 탄산염 사용은 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[납 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2C	2C5	납 생산	명세서 (탄산염 소비량)	명세서 보고 소비량 적용 (2007년 이후)

☞ 아연 생산(2C6)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 배출계수, 기타 탄산염 소비량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<아연 생산의 CO₂ 배출량 산정식> 배출량 = 배출계수 × 기타 탄산염 소비량	
배출량	: t CO ₂
배출계수	: t CO ₂ /t 기타 탄산염 소비량
활동자료	: 기타 탄산염 소비량(t)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

탄산염의 기타 공정 사용의 배출계수				
배출원	배출계수			단위
	석회석	백운석	마그네이트	
탄산염의 기타 공정 사용	0.43971	0.47732	0.52197	t CO ₂ /t
출처: 2006 IPCC 지침, Vol. 3, Table 2.1				

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[아연 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
아연 생산	명세서	NGMS

－ 활동자료 확보

- 탄산염 사용은 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[아연 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2C	2C6	아연 생산	명세서 (탄산염 소비량)	명세서 보고 소비량 적용 (2007년 이후)

☰ 기타 생산(2C7)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 배출계수, 기타 탄산염 소비량을 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<기타 생산의 CO ₂ 배출량 산정식>	
배출량 = 배출계수 × 기타 탄산염 소비량	
배출량	: t CO ₂
배출계수	: t CO ₂ /t 기타 탄산염 소비량
활동자료	: 기타 탄산염 소비량(t)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

탄산염의 기타 공정 사용의 배출계수				
배출원	배출계수			단위
	석회석	백운석	마그네이트	
탄산염의 기타 공정 사용	0.43971	0.47732	0.52197	t CO ₂ /t

출처: 2006 IPCC 지침, Vol. 3, Table 2.1

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[기타 생산-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
기타 생산	명세서	NGMS

－ 활동자료 확보

- 탄산염 사용은 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[기타 생산-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2C	2C7	기타 생산	명세서 (탄산염 소비량)	명세서 보고 소비량 적용 (2007년 이후)

☞ 윤활제 사용(2D1)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 윤활유 및 그리스 소비량, 산화계수(ODU)를 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<윤활제 사용의 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{윤활유 및 그리스 소비량} \times \text{탄소계수} \times \text{산화계수(ODU)} \times 44/12$$

배출량 : t CO₂
 활동자료 : 윤활유 및 그리스 소비량(TJ)
 탄소계수 : 윤활유 및 그리스 탄소계수(t C/TJ)
 산화계수(ODU) : 제품사용 중 산화율

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

윤활제 사용 배출계수

배출원	탄소계수1)				단위
윤활제 사용	20.0				kg/GJ
	순발열량				단위
	~'06	~'11	~'16	~'21	
	36.9	36.2	37.0	37.3	MJ/L
	산화계수(ODU) ²⁾				단위
	윤활유		그리스		
	0.20		0.05		—

출처: 1) 2006 IPCC 지침 Vol 2. Table 1.3

2) 2006 IPCC 지침 Vol 3. Table 5.2

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[윤활제 사용-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
윤활유 사용	윤활유/그리스 소비량	한국윤활유공업협회
	석유수급통계	한국석유공사

－ 활동자료 확보

- 국가활동량을 석유수급통계의 지역별 윤활유 소비비율로 분리하여 사용

[윤활제 사용-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2D	2D1	윤활제 사용	국가 윤활유/그리스 소비량	국가 활동자료에 석유수급통계의 지역별 윤활유 소비비율을 반영하여 활동자료 생성

☞ 파라핀왁스 사용(2D2)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 파라핀왁스 소비량, 산화계수(ODU)를 고려하여 CO₂ 배출량 산정

<파라핀왁스 사용의 배출량 산정식>

$$\text{배출량} = \text{파라핀왁스 소비량} \times \text{탄소계수} \times \text{산화계수(ODU)} \times 44/12$$

배출량 : t CO₂
 활동자료 : 파라핀왁스 소비량(TJ)
 탄소계수 : 파라핀왁스 탄소계수(t C/TJ)
 산화계수(ODU) : 제품사용 중 산화율

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용

파라핀왁스 사용 배출계수

배출원	탄소계수 ¹⁾	단위
파라핀왁스 사용	20.0	kg/GJ
	ODU 계수 ²⁾	단위
	파라핀왁스	
	0.20	—

출처: 1) 2006 IPCC 지침 Vol 2. Table 1.3

2) 2006 IPCC 지침 Vol 3. Table 5.2

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[파라핀왁스 사용-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
파라핀왁스 사용	개정에너지밸런스	국가검증시트
	석유수급통계	한국석유공사

－ 활동자료 확보

- 국가활동량을 석유수급통계의 지역별 파라핀왁스 소비비율로 분리하여 사용

[파라핀왁스 사용-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2D	2D2	파라핀왁스 사용	개정에너지밸런스 (파라핀왁스 소비량)	개정에너지밸런스에 석유류 수급통계의 지역별 파라핀왁스 소비비율을 반영하여 활동자료 생성

☞ 반도체 제조(2E1)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 가스 사용량, 가스 잔류율, 가스 파괴율, 배출제어설비를 통과하는 가스 부피분율, 저감효율을 고려하여 배출량 산정

<반도체 제조의 배출량 산정식>

- (i) 공정 가스(CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , $\text{c-C}_4\text{F}_8$, CHF_3 , CH_2F_2 , SF_6) 배출량
배출량 = $(1-h) \times [\text{가스 사용량}(t) \times (1-U_i) \times \{1-(a_i \times d_i)\}]$
- (ii) 부산물 가스(CF_4 , C_2F_6) 배출량
배출량 = $(1-h) \times [\text{가스 사용량}(t) \times B_i \times \{1-(a_i \times d_i)\}]$

h	: 가스 잔류율(기본값은 0.1)
U_i	: 가스 파괴율(공정 중 파괴되거나 변환된 비율)
B_i	: 부산물 발생률(부생가스 발생량/가스 사용량)
a_i	: 배출제어설비를 통과하는 가스 부피분율
d_i	: 배출제어설비에 의한 가스의 저감효율
i	: 공정가스(CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , $\text{c-C}_4\text{F}_8$, CHF_3 , CH_2F_2 , SF_6)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 Tier 2 기본 배출계수 사용
- 공통 계수인 가스 잔류율(h)은 0.1이며, 가스 파괴율(U_i)과 부산물 발생률(B_i) 계수는 활동자료 출처에 따라 적용
- 배출제어설비를 통과하는 가스 부피분율(a_i)과 저감효율(d_i)이 반영된 배출량 사용

집적회로/반도체 제조의 배출계수

공정가스(i)		CF ₄	C ₂ F ₆	C ₃ F ₈	c-C ₄ F ₈	CHF ₃	CH ₂ F ₂	SF ₆
<Tier 2a>								
	1-U _i	0.9	0.6	0.4	0.1	0.4	0.1	0.2
	BCF ₄	NA	0.2	0.1	0.1	0.07	0.08	NA
	BC ₂ F ₆	NA	NA	NA	0.1	NA	NA	NA
	BC ₃ F ₈	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<Tier 2b>								
식각	1-U _i	0.7*	0.4*	NA	0.2*	0.4*	0.06*	0.2
증착	1-U _i	0.9	0.6	0.4	0.1	NA	NA	NA
식각 (부산물)	BCF ₄	NA	0.4*	NA	0.2	0.07*	0.08*	NA
	BC ₂ F ₆	NA	NA	NA	0.2	NA	NA	NA
증착 (부산물)	BCF ₄	NA	0.1	0.1	0.1	NA	NA	NA
	BC ₂ F ₆	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	BC ₃ F ₈	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

출처: 2006 IPCC 지침, 6.17, Table 6.3

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[반도체 제조-활동자료 출처]

항목		지역	
		활동자료	출처
반도체 제조	HFCs, PFCs, SF6	명세서 (가스별 배출량)	NGMS

－ 활동자료 확보

- HFCs, PFCs, SF6 배출량은 탄산염 사용은 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[반도체 제조-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2E	2E1	반도체 제조	명세서 (가스별 배출량)	명세서 보고 배출실적 적용 (2007년 이후)

☞ 디스플레이 제조(2E2)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 가스 사용량, 가스 잔류율, 가스 파괴율, 배출제어설비를 통과하는 가스 부피분율, 저감효율을 고려하여 배출량 산정

<TFT 평판패널 디스플레이 제조의 배출량 산정식>

- (i) 공정 가스(CF_4 , $c-C_4F_8$, CHF_3 , SF_6) 배출량

$$\text{배출량} = (1-h) \times [\text{가스 사용량}(t) \times (1-U_i) \times \{1-(a_i \times d_i)\}]$$
- (ii) 부산물 가스(CF_4 , CHF_3 , C_2F_6) 배출량

$$\text{배출량} = (1-h) \times [\text{가스 사용량}(t) \times B_i \times \{1-(a_i \times d_i)\}]$$
- h : 가스 잔류율(기본값은 0.1)
 U_i : 가스 파괴율(공정 중 파괴되거나 변환된 비율)
 B_i : 부산물 발생률(부생가스 발생량/가스 사용량)
 a_i : 배출제어설비를 통과하는 가스 부피분율
 d_i : 배출제어설비에 의한 가스의 저감효율
 i : 공정가스(CF_4 , $c-C_4F_8$, CHF_3 , SF_6)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 Tier 2 기본 배출계수 사용
- 공통 계수인 가스 잔류율(h)은 0.1이며, 가스 파괴율(U_i)과 부산물 발생률(B_i) 계수는 활동자료 출처에 따라 적용
- 배출제어설비를 통과하는 가스 부피분율(a_i)과 저감효율(d_i)이 반영된 배출량 사용

TFT 평판패널 디스플레이 제조의 배출계수

공정가스(i)		CF_4	C_2F_6	C_3F_8	$c-C_4F_8$	CHF_3	CH_2F_2	SF_6
<Tier 2a>								
	$1-U_i$	0.6	NA	NA	0.1	0.2	NA	0.6
	B_{CF_4}	NA	NA	NA	0.009	0.07	NA	NA
	B_{CHF_3}	NA	NA	NA	0.02	NA	NA	NA
	$B_{C_2F_6}$	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	NA
	$B_{C_3F_8}$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<Tier 2b>								
식각	$1-U_i$	0.6	NA	NA	0.1	0.2	NA	0.3
증착	$1-U_i$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.9
식각 (부산물)	B_{CF_4}	NA	NA	NA	0.009	0.07	NA	NA
	B_{CHF_3}	NA	NA	NA	0.02	NA	NA	NA
	$B_{C_2F_6}$	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	NA

출처: 2006 IPCC 지침, 6.18, Table 6.4

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[디스플레이 제조-활동자료 출처]

항목		지역	
		활동자료	출처
디스플레이 제조	HFCs, PFCs, SF6	명세서 (가스별 배출량)	NGMS

－ 활동자료 확보

- HFCs, PFCs, SF6 배출량은 탄산염 사용은 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[디스플레이 제조-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2E	2E2	디스플레이 제조	명세서 (가스별 배출량)	명세서 보고 배출실적 적용 (2007년 이후)

☞ 광전지 제조(2E3)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 가스 사용량, 가스 잔류율, 가스 파괴율, 배출제어설비를 통과하는 가스 부피분율, 저감효율을 고려하여 배출량 산정

<div> <div><광전지 제조의 배출량 산정식></div> <div> <div>(i) 공정 가스(CF₄, C₂F₆, C₃F₈, c-C₄F₈, CHF₃, CH₂F₂, SF₆) 배출량</div> <div>배출량 = (1-h) × [가스 사용량(t) × (1-U_i) × {1-(a_i × d_i)}]</div> <div>(ii) 부산물 가스(CF₄, C₂F₆) 배출량</div> <div>배출량 = (1-h) × [가스 사용량(t) × B_i × {1-(a_i × d_i)}]</div> </div> </div>	
h	: 가스잔류율(기본값은 0.1)
U _i	: 가스 파괴율(공정 중 파괴되거나 변환된 비율)
B _i	: 부산물 발생률(부생가스 발생량/가스 사용량)
a _i	: 배출제어설비를 통과하는 가스 부피분율
d _i	: 배출제어설비에 의한 가스의 저감효율
i	: 공정가스(CF ₄ , C ₂ F ₆ , C ₃ F ₈ , c-C ₄ F ₈ , CHF ₃ , CH ₂ F ₂ , SF ₆)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 Tier 2 기본 배출계수 사용
- 공통 계수인 가스 잔류율(h)은 0.1이며, 가스 파괴율(U_i)과 부산물 발생률(B_i) 계수는 활동자료 출처에 따라 적용
- 배출제어설비를 통과하는 가스 부피분율(a_i)과 저감효율(d_i)이 반영된 배출량 사용

광전지 제조의 배출계수								
공정가스(i)		CF ₄	C ₂ F ₆	C ₃ F ₈	c-C ₄ F ₈	CHF ₃	CH ₂ F ₂	SF ₆
<Tier 2a>								
1-U _i		0.9	0.6	0.4	0.1	0.4	0.1	0.2
BCF ₄		NA	0.2	0.1	0.1	0.07	0.08	NA
BC ₂ F ₆		NA	NA	NA	0.1	NA	NA	NA
BC ₃ F ₈		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<Tier 2b>								
식각	1-U _i	0.7*	0.4*	NA	0.2*	0.4*	0.06*	0.2
증착	1-U _i	0.9	0.6	0.4	0.1	NA	NA	NA
식각 (부산물)	BCF ₄	NA	0.4*	NA	0.2	0.07*	0.08*	NA
	BC ₂ F ₆	NA	NA	NA	0.2	NA	NA	NA
증착 (부산물)	BCF ₄	NA	0.1	0.1	0.1	NA	NA	NA
	BC ₂ F ₆	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	BC ₃ F ₈	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

출처: 2006 IPCC 지침, 6.17, Table 6.3

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[디스플레이 제조-활동자료 출처]

항목		지역	
		활동자료	출처
광전지 제조	HFCs, PFCs, SF6	명세서 (가스별 배출량)	NGMS

－ 활동자료 확보

- HFCs, PFCs, SF6 배출량은 탄산염 사용은 명세서 정보(2007년 이후)를 사용하였고, 향후 시계열 확장 시에는 별도의 확보방안 마련 필요

[디스플레이 제조-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2E	2E3	광전지 제조	명세서 (가스별 배출량)	명세서 보고 배출실적 적용 (2007년 이후)

☞ 냉장 및 냉방(2F1)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 2 방법에 따라 가스의 연간 사용량, 전년도 가스 잔여량을 고려하여 HFCs, PFCs 배출량 산정

$$\text{배출량(t)} = \text{연간 사용량(t)} + \text{전년도 가스 잔여량의 15\%(t)}$$

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[냉장 및 냉방-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
냉장 및 냉방	업체 조사자료	산정기관

－ 활동자료 확보

- 산정기관에서 제출한 업체별 수입/생산실적을 활용

[냉장 및 냉방-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2F	2F1	냉장 및 냉방	업체 조사자료	업체별 소재지 정보 활용 분배

☞ 발포제(2F2)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 가스의 연간 사용량, 전년도 가스 잔여량을 고려하여 HFCs, PFCs 배출량 산정

$$\text{배출량(t)} = \text{연간 사용량의 } 10\%(t) + \text{전년도 가스 잔여량의 } 4.5\%(t)$$

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

(3) 활동자료

– 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[발포제-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
발포제	업체 조사자료	산정기관

– 활동자료 확보

- 산정기관에서 제출한 업체별 수입/생산실적을 활용

[발포제-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2F	2F2	발포제	업체 조사자료	업체별 소재지 정보 활용 분배

☞ 화재방재(2F3)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 가스의 연간 사용량, 전년도 가스 잔여량을 고려하여 HFCs 배출량 산정

$$\text{배출량(t)} = \text{연간 사용량(t)} + \text{전년도 가스 잔여량의 2\%(t)}$$

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[화재방재-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
화재방재	업체 조사자료	산정기관

－ 활동자료 확보

- 산정기관에서 제출한 업체별 수입/생산실적을 활용

[화재방재-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2F	2F3	화재방재	업체 조사자료	업체별 소재지 정보 활용 분배

☞ 에어로졸(2F4)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 가스의 연간 사용량, 전년도 가스 잔여량을 고려하여 HFCs 배출량 산정

$$\text{배출량(t)} = \text{연간 사용량의 50\%(t)} + \text{전년도 가스 잔여량의 50\%(t)}$$

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[에어로졸-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
에어로졸	업체 조사자료	산정기관

－ 활동자료 확보

- 산정기관에서 제출한 업체별 수입/생산실적을 활용

[에어로졸-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2F	2F4	에어로졸	업체 조사자료	업체별 소재지 정보 활용 분배

☞ 용매(2F5)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 가스의 연간 사용량, 전년도 가스 잔여량을 고려하여 HFCs 배출량 산정

$$\text{배출량(t)} = \text{연간 사용량의 50\%(t)} + \text{전년도 가스 잔여량의 50\%(t)}$$

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

(3) 활동자료

– 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[용매-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
용매	업체 조사자료	산정기관

– 활동자료 확보

- 산정기관에서 제출한 업체별 수입/생산실적을 활용

[용매-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2F	2F5	용매	업체 조사자료	업체별 소재지 정보 활용 분배

☞ 기타 용도의 ODS 대체물질 사용(2F6)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 가스의 연간 사용량, 전년도 가스 잔여량을 고려하여 HFCs 배출량 산정

$$\text{배출량(t)} = \text{연간 사용량의 50\%(t)} + \text{전년도 가스 잔여량의 50\%(t)}$$

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[기타 용도-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
기타 용도	업체 조사자료	산정기관

－ 활동자료 확보

- 산정기관에서 제출한 업체별 수입/생산실적을 활용

[기타 용도-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2F	2F6	기타 용도	업체 조사자료	업체별 소재지 정보 활용 분배

☞ 전기설비(2G1)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 제조·설치·사용·폐기 단계별 배출량을 고려하여 SF₆ 배출량 산정

<중전기기 SF₆ 배출량 산정식>

$$\text{배출량(t)} = \text{제조(설치) 단계 배출량} + \text{사용 단계 배출량} + \text{폐기 단계 배출량}$$

배출량	: t SF ₆
제조(설치) 단계 배출량	: 제조(설치) 단계 배출계수 × 설치 설비의 SF ₆ 정격용량(t)
사용 단계 배출량	: 사용 단계 배출계수 × 사용 설비의 SF ₆ 정격용량(t)
폐기 단계 배출량	: (1-회수율(%)) × 폐기 설비의 SF ₆ 정격용량(t)

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 중전기기 제조·사용·폐기 단계의 배출계수 적용
- 제조 단계는 0.29, 사용 단계는 0.007이며, 폐기 단계는 회수장비가 없을 시 SF₆가 모두 배출되는 것으로 간주
- 폐기단계 회수율은 한국전력의 변전설비에만 적용하며 1990년부터 2010년까지는 80%를 적용하고 2011년부터는 97%를 적용(고효율 회수기 도입)

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[전기설비-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
중전기	국가 활동량	온실가스종합정보센터
	전력판매량	한국전력공사

－ 활동자료 확보

- 업체의 중전기 제조·사용·폐기 단계별 설비의 SF₆ 정격용량 조사자료 사용

[전기설비-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2G	2G1	전기설비	국가 활동량 (SF ₆ 배출량)	국가 활동량에 지역별 전력판매비율을 적용하여 분리

☞ 의료용 N₂O 사용(2G3)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 방법에 따라 배출계수, 당해연도 생산량, 전년도의 생산량을 고려하여 배출량 산정

<의료용 N₂O 사용 배출량 산정식>

$$\text{배출량(t)} = (0.5 \times \text{당해연도 N}_2\text{O 공급량} + 0.5 \times \text{전년도 N}_2\text{O 공급량}) \times \text{배출계수}$$

배출량 : t N₂O

활동자료 : 당해연도 N₂O 공급량(t), 전년도 N₂O 공급량(t)

배출계수 : 1.0

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수를 적용하며, 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수 우선 적용

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 지역별 활동자료를 확보하되 지역별 활동자료가 부재한 경우 국가 값을 활용하여 추정

[의료용 N₂O 사용-활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
의료용 N ₂ O 사용	의약품제조수입실적	식품의약품안전처
	수술 병상수	통계청

－ 활동자료 확보

- 식품의약품안전처의 의약품 제조수입실적의 N₂O 공급량을 지역별 수술병상수의 비율로 분리하여 활용

[의료용 N₂O 사용-활동자료 확보방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
2G	2G3	의료용 N ₂ O 사용	의약품제조수입실적 (N ₂ O 사용량)	의약품 제조수입실적에 보고된 N ₂ O 생산량을 지역별 수술병상수의 비율로 분리하여 활용



Guidelines for Regional GHG Inventories

4장 농업 분야 산정지침



4장 농업 분야 산정지침

1 배출원

- 농업 분야는 장내발효, 가축분뇨처리, 벼재배, 농경지토양, 작물잔사소각, 석회시용, 요소시용 등 농작물 재배와 축산 활동에 의해 발생하는 온실가스의 배출량을 산정

[농업 분야 온실가스 배출원 및 온실가스]

CRF 코드	배출원		온실가스
3A	축산	장내발효	CH ₄
3B		가축분뇨처리	CH ₄ , N ₂ O
3C	경종	벼재배	CH ₄
3D		농경지토양	N ₂ O
3F		작물잔사소각	CH ₄ , N ₂ O
3G		석회시용	CO ₂
3H		요소시용	CO ₂

2 산정방법 및 배출계수

장내발효(3A)

(1) 배출원

[장내발효 부문 온실가스 종류]

CRF 코드	배출원	온실가스
3A1	소(젖소, 한·육우)	CH ₄
3A2	양(면양)	
3A3	돼지(비육용, 번식용)	
3A4	사슴	
3A4	염소(산양)	
3A4	말	

(2) 배출량 산정식

<장내발효 부문 CH₄ 배출량 산정식>

$$Emissions = EF_{(T)} \times \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Emissions : 장내발효에 의한 CH₄ 배출량[Gg CH₄/yr]
 EF_(T) : 가축종별 배출계수[kg CH₄/head/yr]
 N_(T) : 가축종별 사육두수[head]
 T : 가축종별 표시

출처: 2006 IPCC 지침 Vol 4. Equation 10.19

(3) 배출계수와 매개변수

- 축종에 따라 2006 IPCC 지침 Tier 1의 기본 배출계수를 적용하되, 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 우선 적용
- 한우(일부)와 젃소는 국가고유 배출계수를 적용

[축종별 장내발효 부문의 CH₄ 배출계수]

축종		배출계수 (kg CH ₄ /head/yr)	배출계수 출처
젃소	1세미만	33	국가고유계수('20년 승인)
	1-2세	83	국가고유계수('20년 승인)
	2세이상	139	국가고유계수('20년 승인)
한우	수컷, 1세미만	43	국가고유계수('18년 승인)
	수컷, 1세이상	61	국가고유계수('18년 승인)
	암컷, 1세미만	45	국가고유계수('18년 승인)
	암컷, 1세이상	53	북미
육우		53	북미
양(면양)		5	개발도상국
돼지(비육용, 번식용)		1.5	선진국
사슴		20	개발도상국
염소(산양)		5	개발도상국
말		18	개발도상국
닭(산란계, 육계), 오리,		NE	-

출처: 2006 IPCC 지침, Vol. 4, Table 10.11, Table 10.10

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[장내발효 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
소/돼지	농업경영체 정보 (가축두수)	농림축산식품부
	가축동향조사 (가축두수)	통계청
양 말	농업경영체 정보 (가축두수)	농림축산식품부
사슴	농업경영체 정보 (가축두수)	농림축산식품부

－ 활동자료 확보

- (소/돼지) 농업경영체 정보에 등록된 가축 두수를 총계로 하고, 세부 종 분리는 통계청의 가축동향조사의 광역별 세부비율을 적용하여 산정
- (양/말/사슴) 농업경영체 정보에 등록된 가축 두수를 활동자료로 사용

[장내발효 부문 활동자료 확보 방법]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
3A	3A	소/돼지	농업경영체 정보 (가축두수)	농업경영체 가축두수에 가축동향조사 광역별 세부비율을 반영하여 산정
		양/말/사슴	농업경영체 정보 (가축 수)	농업경영체 가축 수 사용

☞ 가축분뇨처리(3B)

(1) 배출원

- 가축분뇨의 처리과정에서 발생하는 CH₄과 N₂O(직접배출, 간접배출)가 주요 배출원
- 국내의 배출원에 해당되는 가축은 젓소, 한·육우, 돼지, 양(면양), 염소(산양), 말, 가금류(닭, 오리), 사슴 등이 해당
- 분뇨처리 방식은 액비화, 퇴비화, 기타시설 등으로 구분되며 시설별 온실가스(N₂O) 배출계수를 적용

[가축분뇨처리 부문 온실가스 종류]

CRF 코드	배출원	온실가스
3B1	소(젓소, 한·육우)	CH ₄ , N ₂ O
3B2	양(면양)	
3B3	돼지(비육용, 번식용)	
3B4	사슴	
3B4	염소(산양)	
3B4	말	
3B4	가금류(닭(산란계, 육계), 오리)	

(2) 배출량 산정식

<가축분뇨처리 부문 CH₄ 배출량 산정식>

$$CH_{4Manure} = \sum_{(T)} \left(\frac{EF_{(T)} \times N_{(T)}}{10^6} \right)$$

CH _{4Manure}	: 가축종별 분뇨처리 시 CH ₄ 배출량[Gg CH ₄ /yr]
EF _(T)	: 가축종별 분뇨처리 배출계수[kg CH ₄ /head/yr]
N _(T)	: 가축종별 사육두수[head]
T	: 가축종별 표시

출처: 2006 IPCC 지침, Vol. 4, Equation 10.22

- 가축분뇨처리 부문의 N₂O 배출량은 분뇨 내 질소량, 가축분뇨처리시설별 이용비율, N₂O 배출계수를 이용하여 계산
- 연간 축종별 질소배출량은 가축단위(Animal Unit, 1,000kg 기준)별 질소배출량 (kg N/1,000kg AU/day)과 단위 축종별 평균체중(kg/animal)을 활용하여 산정
- 산정식에 의해 도출된 질소(N₂O-N) 배출량에 분자량 비율을 적용하여 N₂O로 환산

<가축분뇨처리 부문 N₂O 직접배출량 산정식>

$$N_2O_{D(mm)} = \sum_s \left\{ \left[\sum_T (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \right] \times EF_{3(S)} \right\} \times 44/28$$

N ₂ O _{D(mm)}	: 국내 분뇨처리시설의 N ₂ O 직접 총배출량[kg N ₂ O/yr]
N _(T)	: 국내 가축종 T의 수[head]
Nex _(T)	: 국내 가축종 T의 연간 N 배출량[kg N/head/yr]
MS _(T,S)	: 국내 가축종 T의 가축분뇨처리시설 S의 이용비율
EF _{3(S)}	: 가축분뇨처리시설 S의 N ₂ O 배출계수[kg N ₂ O-N/kg N]
S	: 가축분뇨처리시설
T	: 가축종
44/28	: N ₂ O 환산계수

출처: 2006 IPCC 지침, Vol.4, Chapter 10, Equation 10.25

<축종별 연평균 질소 배출량 산정식>

$$Nex_{(T)} = N_{rate(T)} \times \frac{TAM}{1000} \times 365$$

Nex _(T)	: 국내 가축종 T의 연간 N 배출량[kg N/animal/yr]
N _{rate(T)}	: 국내 가축종 T의 가축단위(Animal Unit)별 N 배출율[kg N/1,000kg/day]
TAM	: 국내 가축종 T의 평균체중[kg/animal]

출처: 2006 IPCC 지침 Vol.4, Chapter 10, Table 10.30

- 가축분뇨처리 부문의 N₂O 간접배출량은 가축분뇨처리 시 휘발에 의해 발생하는 N손실량, 배출계수, 분뇨처리 시설별 휘발로 인한 질소 유실량을 이용하여 계산
- 수계 유출에 의한 간접배출량은 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률³⁾에 따라 국내 발생량이 없어 산정하지 않음
- 산정식에 의해 도출된 질소(N₂O-N) 배출량에 분자량 비율을 적용하여 N₂O로 환산

<가축분뇨처리 시 N 휘발에 의해 발생하는 N₂O 간접배출량 산정식>

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{volatilization - MMS} \times EF_4) \times 44/28$$

N ₂ O _{G(mm)}	: 가축분뇨처리 시 N 휘발에 기인한 N ₂ O 간접배출량[kg N ₂ O/yr]
N _{volatilization-MMS}	: NH ₃ 와 NO _x 휘발에 의해 발생하는 가축분뇨 N 손실량[kg N/yr]
EF ₄	: 토양과 물 표면으로의 질소 대기침적에 의한 N ₂ O 배출계수 [kg N ₂ O-N/(kgNH ₃ -N+NO _x -N volatilised)]
44/28	: N ₂ O 환산계수

출처: 2006 IPCC 지침 Vol.4, Chapter 10, Equation 10.27

3) [별표 2] 가축분뇨처리시설의 설치기준: 구조물의 천장·바닥 및 벽은 누수 되거나 빗물·지표수 등이 유입되지 아니하도록 방수재료로 만들거나 방수재를 사용하여야 한다.

<가축분뇨처리 시 휘발에 의해 발생하는 N 손실량>

$$N_{volatilization-MMS} = \sum_S \left\{ \left[\sum_T (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \right] \times \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right\}$$

	: 가축분뇨처리 시 휘발에 의해 발생하는 N 손실량[kg N/yr]
$N_{volatilization-MMS}$: 국내 가축종 T의 수[head]
$N_{(T)}$: 국내 가축종 T의 연간 N 배출량[kg N/head/yr]
$Nex_{(T)}$: 국내 가축종 T의 가축분뇨처리시설 S의 이용비율
$MS_{(T,S)}$: 가축 T의 분뇨를 S 분뇨처리시설로 처리 시 NH ₃ 와 NO _x 로 휘발되는 연간 질소 배출율[%]
$Frac_{GasMS}$: 가축 T의 분뇨를 S 분뇨처리시설로 처리 시 NH ₃ 와 NO _x 로 휘발되는 연간 질소 배출율[%]
S	: 가축분뇨처리시설
T	: 가축종

출처: 2006 IPCC 지침, Vol.4, Chapter 10, Equation 10.26

(3) 배출계수와 매개변수

- 가축분뇨처리 부문의 CH₄ 배출계수는 가축종에 따라 2006 IPCC 지침 Tier 1의 한대 지역(Cool region, 연평균 기온 15°C 미만) 배출계수 적용하되, 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 우선 적용

[축종별 가축분뇨처리 부문의 CH₄ 배출계수와 출처]

축종	배출계수 (kg CH ₄ /head/yr)	배출계수 출처
젖소	58	북미, 한대≤14
한·육우	1	북미, 한대≤10
양(면양)	0.10	개발도상국, 한대≤15
돼지(비육용)	8	서유럽, 한대≤14
돼지(번식용)	12	서유럽, 한대≤14
사슴	0.22	-
염소(산양)	0.11	개발도상국, 한대≤15
말	1.09	개발도상국, 한대≤15
닭(산란계)	0.03	선진국, 한대≤15
닭(육계)	0.02	선진국, 한대≤15
오리	0.02	선진국, 한대≤15

출처: 2006 IPCC 지침, Vol.4, Table 10.14, Table 10.15, Table 10.16

- 가축분뇨처리 부분의 N_2O 배출계수는 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 이를 우선 적용하며, 국가고유계수가 없을 경우 2006 IPCC 지침의 한대지역에 해당하는 축종 및 처리시설별 배출계수를 적용
- 사슴의 질소배출율은 2006 IPCC 지침에서 제시하는 기본값이 없으므로 1996 IPCC 지침의 질소배출량 기본값인 40 kg N/head/yr를 적용
- 축종별 평균체중(TAM)은 국가고유 값이 있는 경우 국가고유 값을 우선 적용하며, 없을 경우 2006 IPCC 지침 Tier 1의 기본값을 적용

[축종별 N 배출율($N_{rate(T)}$)]

축종	분뇨 내 질소 함유량 (kg N/1,000kg/day)	배출계수 출처
젖소	0.44	북미
한·육우	0.31	북미
양(면양)	1.17	아시아
돼지(비육용)	0.51	서유럽
돼지(번식용)	0.42	서유럽
염소(산양)	1.37	아시아
말	0.46	아시아
닭(산란계)	0.96	서유럽
닭(육계)	1.10	서유럽
오리	0.83	서유럽

출처: 2006 IPCC 지침, Vol.4, Table 10.19

[축종별 평균체중(ATM)]

축종	분뇨 내 질소 함유량 (kg N/1,000kg/day)	배출계수 출처
젖소	604	북미 (Table 10A-4)
한·육우	389	북미 (Table 10A-5)
양(면양)	28	개도국 (Table 10A-9)
돼지(비육용)	50	서유럽 (Table 10A-7)
돼지(번식용)	198	서유럽 (Table 10A-8)
염소(산양)	30	개도국 (Table 10A-9)
말	238	개도국 (Table 10A-9)
닭(산란계)	1.8	선진국 (Table 10A-9)
닭(육계)	0.9	선진국 (Table 10A-9)
오리	2.7	선진국 (Table 10A-9)

출처: 2006 IPCC 지침 Vol.4, Table 10A-4, 10A-5, 10A-7, 10A-8, 10A-9

[축종별 평균체중(ATM)]

가축분뇨처리시설 종류	N ₂ O 배출계수(EF _{3(s)})
액비화 시설(액체/슬러리)	0.005
퇴비화 시설	0.005
기타 시설(강제폭기)	0.005

출처: 2006 IPCC 지침, Vol.4, Table 10.21

- 가축분뇨처리 부문의 휘발에 기인한 N₂O 간접 배출계수(EF₄)는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수인 0.01 kg N₂O-N/kg N을 적용
- 축종별 가축분뇨처리 시설별 처리 시 NH₃와 NO_x로 휘발되는 연간 질소 배출율(Frac_{GasMS})은 2006 IPCC 지침의 기본값 적용

[축종별 가축분뇨처리 시설별 처리 시 NH₃와 NO_x로 휘발되는 연간 질소 배출율(Frac_{GasMS})]

축종	가축분뇨처리시설 종류			비고
	고체	액체	기타	
젖소	30%	40%	40%	액체/슬러리 적용
한·육우	45%	45%	45%	solid storage 일괄적용
양(면양)	12%	0%	0%	100% 퇴비화
돼지(비육용)	45%	48%	48%	액체/슬러리 적용
돼지(번식용)	45%	48%	48%	액체/슬러리 적용
염소(산양)	12%	0%	0%	100% 퇴비화
사슴	12%	0%	0%	100% 퇴비화
말	12%	0%	0%	100% 퇴비화
닭(산란계)	55%	55%	55%	깔짚 없는 가금류 적용
닭(육계)	40%	40%	40%	깔짚 있는 가금류 적용
오리	40%	40%	40%	깔짚 있는 가금류 적용

출처: 2006 IPCC 지침 Vol.4, Table 10A-4, 10A-5, 10A-7, 10A-8, 10A-9

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[가축분뇨처리 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
소/돼지	농업경영체 정보 (가축두수)	농림축산식품부
	가축동향조사 (가축두수)	통계청
닭	농업경영체 정보 (가축두수)	농림축산식품부
오리		
양		
말		
사슴		
이용비율	국가활동량 (비율)	검증시트

－ 활동자료 확보

- (소/돼지) 농업경영체 정보에 등록된 가축 두수를 총계로 하고, 세부 중 분리는 통계청의 가축동향조사의 광역별 세부비율을 적용하여 산정
- (양/말/사슴) 국가검증시트에 사용된 국가자료를 일괄 적용

[장내발효 부문 활동자료 확보 방법]

CRF 코드	카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
3B	3B	소/돼지 /돼지/닭 농업경영체 정보 (가축두수)	농업경영체 가축두수에 가축동향조사 광역별 세부비율을 반영하여 산정
		오리 양/말/사슴 농업경영체 정보 (가축두수)	농업경영체 가축 수 사용
		이용비율 국가활동량 (비율)	국가자료 일괄 적용

☞ 벼재배(3C)

(1) 배출원

- 벼재배는 논과 밭에서 이루어지며 이 중 논은 물관리 방법에 따라 관개수의 유·출입 관리가 가능한 물관리 논(Irrigated)과 자연적 강우에 의존하는 천수답(Rainfed)으로 구분
- 물관리가 가능한 논은 다시 상시담수(Continuously flooded)와 간단관개(Intermittently flooded) 논으로 구분하며, 우리나라 간단관개 논은 논물을 건조하는 중간낙수 기간에 따라 1주, 2주, 3주로 구분
- 우리나라는 현재 물관리가 가능한 논과 일부 천수답에서 벼를 재배하며, 담수상태가 아닌 밭에서는 CH₄ 배출이 없으므로, 관개수의 유입과 유출의 관리가 가능한 물관리 논(Irrigated)과 천수답(Rainfed)이 벼재배 부문의 CH₄ 배출원에 해당됨
- CH₄ 배출량 산정 시 물관리 방법, 유기물 비료 사용여부 등 고려

[벼재배 부문 온실가스 종류]

CRF 코드	배출원		온실가스
3C1	관개	상시담수	CH ₄
		간단관개	
3C2	천수답	상습가뭄	

(2) 배출량 산정식

<벼재배 부문 CH₄ 배출량 산정식>

$$CH_{4\ Rice} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^{-6})$$

CH _{4 Rice}	: 벼재배 연간 CH ₄ 배출량[Gg CH ₄ /yr]
EF _{i,j,k}	: 일일 배출계수[kg CH ₄ /ha/day]
t _{i,j,k}	: 벼재배 기간[day]
A _{i,j,k}	: 연간 벼재배 면적[ha/yr]
i, j, k	: 벼재배 CH ₄ 배출량을 결정짓는 재배지 생태환경, 물관리 체계, 유기물 시용량 및 종류 등

출처: 2006 지침, Vol.4, Equation 5.1, 5.45

(3) 배출계수와 매개변수

- EF_i : 벼재배 부문의 CH_4 배출계수는 국가고유 배출계수인 벼재배 기본 배출계수 (EF_c)와 보정계수(SF_w , SF_p , SF_o)를 활용하여 산정

<벼재배 부문 CH_4 배출계수 산정식>

$$EF_i = EF_c \times SF_w \times SF_p \times SF_o \times SF_{s,r}$$

EF_i	: 특정 재배면적에 대한 일일 배출계수(kg CH_4 /ha/day)
EF_c	: 유기물 무시용 상시답수 논에 기본 배출계수(kg CH_4 /ha/day)
SF_w	: 작물 재배기간 중 물관리 방법별 보정계수
SF_p	: 작물 재배기간 전 물관리 방법별 보정계수
SF_o	: 유기물 시용 보정계수
$SF_{s,r}$: 토양 특성이나 벼 품종별 보정계수(가능한 경우 사용)

출처: 2006 지침, Equation 5.2, 5.48

- EF_c : 유기물 무시용 상시답수 논에 적용하는 벼재배 CH_4 기본 배출계수는 국가고유 배출계수 2.32 kg CH_4 /ha/day를 적용
- SF_w : 벼 재배기간 중 국내의 물관리 방법별 보정계수는 국가고유 배출계수를 우선 적용하며, 국가고유 배출계수가 없는 경우는 2006 IPCC 지침 기본값 적용

[벼재배 부문 물관리 방법별 보정계수(SF_w)]

구 분			물관리 방법별 보정계수(SF_w)	
			국가고유 배출계수	2006 IPCC 지침
물관리 (irrigated)	상시답수		1.00	1.00
	간단관개	1회 간단관개	0.83 (중간낙수 1주)	0.6 (0.46-0.8)
			0.66 (중간낙수 2주)	
		2회 이상 간단관개	0.49 (중간낙수 3주)	
천수답 (rainfed)	상습범람 (flood prone)	-	0.28 (0.21-0.37)	
	상습가뭄 (drought prone)	-	0.25 (0.18-0.36)	

출처: 국가고유 배출계수(2014년 승인), 2006 IPCC 지침, Table 5.12, 5.49

○ SF_p : 작물 재배기간 전 물관리 방법별 보정계수는 국가고유 배출계수를 적용

[벼재배 부문 작물 재배기간 전 물관리 방법별 보정계수(SF_p)]

구 분	작물 재배기간 전 물관리 방법별 보정계수(SF_p)
비답수 180일 미만	1.00
비답수 180일 이상	0.80
작기전 답수일 30일 이상	1.09

출처: 국가고유 배출계수(2014년 승인)

- 우리나라 벼재배 부문의 유기물 시용 보정계수에는 볏짚 건물과 녹비 시용에 해당하는 국가고유 배출계수가 있으며, 국내 벼재배 환경에 적합한 계수 선택을 위한 근거자료를 함께 제시하여 적용
- SF_o : 벼재배 부문의 유기물 시용에 따른 CH_4 보정계수(SF_o)는 우리나라 벼재배 논에서의 표준 볏짚 시용량 6 t/ha⁴)와 녹비 시용량 0.0685 t/ha⁵)를 활용하여 해당범위 계수를 적용

[벼재배 부문 유기물시용 보정계수(SF_o)]

구분	볍짚(건물)시용 보정계수		녹비시용 보정계수	
시용량별 보정계수	1-3 Mg/ha	1.2	0 Mg/ha	1.00
	3-5 Mg/ha	1.7	3 Mg/ha	2.96
	5-7 Mg/ha	2.5	6 Mg/ha	4.92
	7+ Mg/ha	3.4	9 Mg/ha	6.88
			12 Mg/ha	8.84

출처: 국가고유 배출계수(2014년 승인)

4) 「작물별 시비처방기준」 (농촌진흥청, 2017)

5) 통계청 농산물생산비조사 도별 논벼 주요투입물량 및 시간(1990~2010)

(4) 활동자료

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[벼재배 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
재배면적	농업면적조사 (재배면적)	통계청
	농업경영체 정보 (경지면적)	농림축산식품부
면적비율	국가활동량	검증시트
벼 재배일수		

- 활동자료 확보

- (재배면적) 농업면적조사의 면적에 농업경영체 정보의 시군구 비율을 반영하여 산정
- (면적비율/벼재배일수) 국가 검증시트에 사용된 국가자료를 일괄 적용

[벼재배 부문 활동자료 출처]

CRF 코드		카테고리명	활동자료	활동자료 확보방법
3A	3A	재배면적	농업면적조사 (재배면적)	농업면적조사의 면적에 농업경영체의 경지면적 시군구 비율을 반영
		면적비율	국가활동량 (비율)	국가자료 일괄 적용
		벼 재배일수	국가활동량 (일수)	국가자료 일괄 적용

☞ 농경지토양(3D)

(1) 배출원

- 농경지토양 부분의 N_2O 배출은 직접배출과 간접배출로 구분
- 농경지 토양에서 배출되는 N_2O 직접배출은 질소공급원에 의해 투입된 질소가 다른 지역으로 이동하지 않고 동일 장소에서 N_2O 로 배출
- 간접배출은 농경지에서 분뇨처리나 비료 사용 등으로 유입된 질소가 암모니아(NH_3)나 산화질소(NO_x)의 형태로 대기휘산과 수계유출된 후 다른 지역에 N_2O 로 침적

[농경지토양 부문 온실가스 종류]

CRF 코드	배출원		온실가스
3D1	직접배출	화학비료	N_2O
		가축분뇨	
		작물잔사환원	
3D3	간접배출	대기휘산	
		수계유출	

(2) 배출량 산정식

- 농경지토양 부분의 직접배출량
 - 산정식에 의해 도출된 질소($N_{2O_{Direct-N}}$) 배출량에 분자량 비율을 적용하여 N_2O 로 환산
 - 첫 번째 농경지토양 직접배출량 산정식은 2006 IPCC 지침 식 11.1을 적용하며, 우리나라의 경우 유기질토양이 거의 존재하지 않아 N_2O-N_{OS} (유기질토양) 미산정
 - 방목지에 공급되는 가축분뇨량 또한 국내 활동자료 미수집으로 N_2O-N_{PRP} (방목지) 미산정

<농경지토양 부문 N₂O 직접배출량 산정식>

$$N_2O_{Direct} = (N_2O-N_{N\ inputs} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}) \times 44/28$$

$$N_2O-N_{N\ inputs} = \sum_i (F_{SNi} \times EF_{1i}) + (F_{ON} + F_{SOM} + F_{CR}) \times EF_1 + (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \times EF_{1FR}$$

$$N_2O-N_{PRP} = [(F_{PRP, CPP} \times EF_{3PRP, CPP}) + (F_{PRP, SO} \times EF_{3PRP, SO})]$$

N ₂ O _{Direct}	: 농경지토양 N ₂ O 직접배출량[kg N ₂ O/yr]
N ₂ O-N _{N inputs}	: 연간 관리되는 농경지토양의 질소 투입에 따른 직접 배출량[kg N ₂ O-N/yr]
N ₂ O-N _{OS}	: 연간 관리되는 유기토양의 N ₂ O-N 직접 배출량[kg N ₂ O-N/yr]
N ₂ O-N _{PRP}	: 연간 방목지에 가축분뇨로 투입되는 N ₂ O-N 직접 배출량[kg N ₂ O-N/yr]
44/28	: N 배출량(kg N ₂ O-N/yr)의 N ₂ O 환산계수
F _{SN}	: 연간 화학비료로 투입되는 질소량[kg N/yr]
F _{ON}	: 연간 유기질소로 투입되는 질소량[kg N/yr]
F _{CR}	: 연간 작물 잔사로서 농경지에 재투입되는 질소량[kg N/yr]
F _{SOM}	: 연간 농경지토양 토지이용 및 관리 변화에 따른 토양탄소 손실로 인해 광물화된 질소량[kg N/yr]
F _{PRP}	: 연간 방목 가축의 분뇨로 목초지, 방목지, 들판에 투입되는 질소량[kg N/yr] (여기서 CPP는 소, 가금류, 돼지, SO는 양 및 기타 가축)
EF _{1i}	: 작물별 N ₂ O 직접배출계수[kg N ₂ O-N/kg N 투입량]
EF _{1FR}	: 논벼 재배지 질소 투입에 따른 N ₂ O 배출계수[kg N ₂ O-N/kg N 투입량]
EF _{3PRP}	: 방목 가축의 분뇨로 목초지, 방목지, 들판의 질소 투입에 따른 N ₂ O 배출계수 [kg N ₂ O-N/kg N 투입량 (여기서 CPP는 소, 가금류, 돼지, SO는 양 및 기타 가축)]

출처: 2006 IPCC 지침, Equation 11.2(Tier2), 11.10

○ 농경지토양 부문의 간접배출량

- 대기휘산: 배출원은 농경지에 투입된 화학비료나 유기비료(축산 분뇨 포함)가 대기로 휘산되는 질소
- 수계유출: 농경지에 투입된 질소(F_{SN}, F_{AM}, F_{CR}) 중 일부가 관개수의 지하 침투(leaching)나 지표수 유출(runoff)을 통해 인근의 수계로 유출되어 일부가 다시 N₂O로 배출
- 산정식에 의해 도출된 N 배출량에 분자량 비율을 적용하여 N₂O로 환산

<농경지토양 부문 N₂O 간접배출량 산정식>

$$N_2O_{(ATD)} = [(F_{SN} \cdot \text{Frac}_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \cdot \text{Frac}_{GASM})] \cdot EF_4 \cdot 44/28$$

N ₂ O _(ATD)	: 대기휘산에 의한 N ₂ O 발생량[kg N/yr]
F _{SN}	: 연간 화학비료 농경지 시용량[kg N/yr]
Frac _{GASF}	: 화학비료 내의 질소 중 농경지 시용시 대기로 휘산되는 NH ₃ , NO _x 비율 [kg N 휘산량/kg N 시용량]
F _{ON}	: 연간 방목 가축에 의해 투입되는 질소를 제외한, 농경지토양에 투입되는 유기질 비료량[kg N/yr]
F _{PRP}	: 연간 방목 가축의 분뇨로 목초지, 방목지, 들판에 투입되는 질소량[kg N/yr]
Frac _{GASM}	: 농경지토양에 투입되는 유기질 비료 질소량(F _{ON})과 방목 가축의 분뇨 질소량(F _{PRP}) 중 농경지 시용 시 대기로 휘산되는 NH ₃ , NO _x 비율 [kg N 휘산량/(kg N 시용량 혹은 방치량)]
EF ₄	: 토양 및 수계면에서 대기휘산에 의한 N ₂ O 배출계수 [kg N-N ₂ O/(kg NH ₃ -N + NO _x -N 휘산량)]
44/28	: N ₂ O 환산계수

출처: 2006 IPCC 지침, Equation 11.9 (Tier 1), 11.21

$$N_2O_{(L)} = [(F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot \text{Frac}_{LEACH-(H)} \cdot EF_5 \cdot 44/28$$

N ₂ O _(L)	: 수계유출에 의한 N ₂ O 발생량[kg N/yr]
F _{SN}	: 관개수 지하침투나 지표수 유출이 발생하는 지역의 연간 화학비료 농경지 시용량[kg N/yr]
F _{ON}	: 관개수 지하침투나 지표수 유출이 발생하는 지역의 농경지 투입되는 관리되는 가축 퇴비, 하수 슬러지 및 기타 유기질 비료량[kg N/yr]
F _{PRP}	: 관개수 지하침투나 지표수 유출이 발생하는 지역의 연간 방목 가축의 분뇨로 투입되는 질소량[kg N/yr]
F _{CR}	: 관개수 지하침투나 지표수 유출이 발생하는 지역의 연간 작물 잔사(지상부 및 지하부)로 농경지에 재투입되는 질소량[kg N/yr]
F _{SOM}	: 관개수 지하침투나 지표수 유출이 발생하는 지역의 연간 농경지토양 토지이용 및 관리 변화에 따른 토양탄소 손실로 인해 광물화된 질소량[kg N/yr]
Frac _{LEACH-(H)}	: 관개수 지하침투나 지표수 유출이 발생하는 지역의 질소 투입 총량 중 수계로 유출되는 질소량[kg N/kg N 투입량]
EF ₅	: 수계유출에 의한 N ₂ O 배출계수[kg N ₂ O-N/kg N 수계유출량]
44/28	: N ₂ O 환산계수

출처: 2006 IPCC 지침, Equation 11.10 (Tier 1), 11.21-22

- 연간 화학비료로 공급되는 질소량(F_{SN})은 Tier 1 방법론 적용시 농업용 화학비료 시용량(N_{FERT})에 NH₃, NO_x 대기휘산량 10%(Frac_{GASF})를 보정하지 않고, 논과 밭 작물종별로 구분된 무기질 비료 투입량을 적용
- 작물별 화학비료 시용량(N_{FERTi})은 단위 면적당 비료 투입물량, 해당 작물종별 재배면적 등을 통계청 농산물생산비조사, 농업면적조사 등의 국가 통계를 우선 적용하여 산출하고, 자료가 없을 경우에는 <작물별 시비처방 기준> (국립농업과학원, 2010)의 노지재배

작물 시비처방을 준용

- 비료 단위 중량당 질소 함유율은 한국비료공업협회의 비료연감에 따라 질소질 비료의 질소 함유율은 28/60, 복합 비료의 질소 함유율은 20%로 적용
- 연간 유기질소로 공급되는 질소량(F_{ON}) 중 가축분뇨로 공급되는 질소량(F_{AM})⁶⁾은 연간 가축분뇨 처리과정을 거치는 질소 발생 총량(축종별 사육두수 × 축종별 분뇨 질소 배출량)에서 가축분뇨의 처리 과정 중 질소 손실율($Frac_{LossMS}$)을 제외한 나머지로 계산
- 우리나라 농경지에서 작물 잔사가 농경지로 환원되어 공급되는 질소량은 벼, 보리, 밀의 정곡 생산량과 서류(감자, 고구마)의 생서 생산량에서 도출한 잔사 환원량과 고추, 마늘, 참깨, 양파 등의 잔사 환원량으로 구분하여 계산
- 기타 자원으로 활용되는 잔사와 들판에서 소각되는 잔사 제외
- 연간 관리되는 유기토양의 N_2O -N 직접 배출량은 국내 유기토양이 없다는 가정 하에 산정하지 않으며, 연간 방목지에 가축분뇨로 공급되는 N_2O -N 직접 배출량은 활동자료 미비로 미산정(NE)
- 가축분뇨 질소의 농경지 투입량(F_{AM})의 산정에 활용되는 가축분뇨 중 연료로 소각되는 비율($Frac_{FUEL-AM}$)과 방목 가축에 의해 농경지 토양에 투입되는 분뇨 비율($Frac_{PRP}$)은 활동자료 미비로 적용되지 않음

6) 가축분뇨로 공급되는 질소량은 실제 농경지 투입량 통계자료의 부재로 연간 가축분뇨 질소 발생 총량을 활용하여 계산

<농경지토양 부문 질소량 산정식>

$$F_{SN_i} = N_{FERT_i}$$

F_{SN} : 연간 화학비료로 투입되는 질소량
 N_{FERT_i} : 작물별 연간 화학비료 시용량[kg N/yr]

출처: 2006 IPCC 지침, 11.12

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$$

F_{ON} : 연간 방목 가축에 의해 투입되는 질소를 제외한, 농경지토양에 투입되는 유기질 비료량[kg N/yr]
 F_{AM} : 연간 가축분뇨 질소의 농경지 투입량[kg N/yr]
 F_{SEW} : 연간 하수 질소의 농경지 투입량[kg N/yr]
 (폐기물 분야의 하수 질소량과 중복 산정되지 않도록 주의)
 F_{COMP} : 연간 녹비 질소의 농경지 투입량[kg N/yr]
 (퇴비화한 분뇨의 질소량과 중복 산정되지 않도록 주의)
 F_{OOA} : 연간 기타 유기질 비료(축산처리 폐기물, 해조분, 양조장 폐기물 등)의 농경지 투입량[kg N/yr]

$$F_{AM} = N_{MMS_{Avb}} \times [1 - (Frac_{FEED} + Frac_{FUEL} + Frac_{CNST})]$$

F_{AM} : 연간 농경지에 사용되는 가축 분뇨 유래 N 총량
 $N_{MMS_{Avb}}$: 연간 토양에 사용, 사료, 연료 또는 건축에 사용되는 가축 분뇨 유래 N 총량
 $Frac_{FEED}$: 가축 분뇨 중 사료로 사용되는 비율
 $Frac_{FUEL}$: 가축 분뇨 중 연료로 소각되는 비율
 $Frac_{CNST}$: 가축 분뇨 중 건축에 사용되는 비율

출처: 2006 IPCC 지침 Equation 11.4, 11.13

* $N_{MMS_{Avb}}$ 는 축산부문 2006 IPCC 지침 Equation 10.34, 10.65 참고

<관리되는 토양, 사료, 연료 또는 건설용 도로로서 사용 가능한 관리된 분뇨의 N>

$$N_{MMS_{Avb}} = \sum_s \left\{ \sum_{(T)} \left[(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times \left(1 - \frac{Frac_{LossMS}}{100} \right) \right] + \right. \\ \left. [N_{(T)} \times MS_{(T,S)} \times N_{beddingMS}] \right\}$$

$N_{MMS_{Avb}}$: 관리되는 토양 또는 먹이, 연료, 또는 건설 목적으로의 적용이 가능한 관리되는 비료 질소량[kg N/yr]
 $N_{(T)}$: 국내 가축종 T의 수[head]
 $MS_{(T,S)}$: 국내 분뇨처리 체계 S에서 관리되는 가축종 T를 위한 연간 질소 총배출량의 비율[dimensionless]
 $Frac_{LossMS}$: 분뇨처리 체계 S에서 유실되는 가축종 T를 위해 관리되는 비료 질소의 양[%]
 $N_{beddingMS}$: 깔짚으로부터의 질소량[kg N/animal/yr]
 S : 가축분뇨처리시설
 T : 가축종

출처: 2006 IPCC 지침, Equation 10.34

<농경지토양 부문 질소량 산정식 계속>

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ \frac{Frac_{Renew}(T) \times (Area_{(T)} - Area_{burnt}(T) \times CF) \times AG_{DM}(T) \times 1000 \times (1 - Frac_{Remove}(T))}{+ Area_{(T)} \times (AG_{DM}(T) \times 1000 + Crop_{(T)}) \times R_{BG-BIO}(T) \times N_{BG}(T)} \right\}$$

F_{CR}	: 두과 작물 포함 토양에 환원되는 작물 잔사 유래 N 총량
$Crop$: 연간 단위 면적당 작물별 건물 중량
$Area_{(T)}$: 작물별 재배 면적
$Area_{burnt}(T)$: 작물별 잔사 소각 면적
C_f	: 연소 계수
$Frac_{Renew}$: 작물별 연간 새롭게 재배되는 면적 비율
AG_{DM}	: 작물별 지상부 잔사 건물 중량
$R_{AG}(T)$: 지상 잔여물의 건조중량($AG_{DM}(T)$)에 대한 농작물 T($Crop_{(T)}$)에 대한 수확량의 비율[kg d.m./kg d.m.]
N_{AG}	: 작물별 지상부 잔사 N 함량
$Frac_{Remove}$: 작물별 사료, 깔개, 건설의 목적으로 제거되는 작물 지상부 잔사 비율
R_{BG-BIO}	: 작물별 지상부 생체량에 대한 지하부 생체량 비율
N_{BG}	: 작물별 지하부 잔사 N 함량

출처: 2006 IPCC 지침, Equation 11.7A, 11.15

$$F_{SOM} = \sum_{LU} \left[\left(\Delta C_{Mineral, LU} \times \frac{1}{R} \right) \times 1000 \right]$$

$\Delta C_{Mineral, LU}$: 토지이용(LU) 형태별 연평균 토양 탄소 손실량[t C]
R	: 토양 유기물의 탄소:질소 함유비율. 산림지 및 초지에서 농경지로 전용된 경우 기본값 15(불확도 10~30), 농경지로 유지된 농경지의 관리체계 변화의 경우 기본값 10(불확도 8~15). 탄소:질소 함유비율은 시계열, 토지이용 형태, 관리체계 변화에 따라 변경될 수 있음.
LU	: 토지이용 형태 및 관리체계 형태

출처: 2006 IPCC 지침, Equation 11.8, 11.16

$$F_{PRP} = \sum_T [(N_{(T)} \times Nex_{(T)}) \times MS_{(T, PRP)}]$$

F_{PRP}	: 연간 방목 가축의 분뇨로 목초지, 방목지, 들판에 투입되는 질소량[kg N/yr]
$N_{(T)}$: 국내 가축종 T의 수
$Nex_{(T)}$: 국내 가축종 T의 N 총배출량[축종별 kg N/사육두수/yr]
$MS_{(T, PRP)}$: 국내 가축종 T의 연간 분뇨 총발생량 중 목초지, 방목지, 들판에 방치되는 비율

출처: 2006 IPCC 지침, Equation 11.5, 11.13

(3) 배출계수와 매개변수

- 벼 재배 논에 투입되는 무기질 비료 및 유기물 시용에 대한 N_2O 직접배출계수는 2006 IPCC 지침의 Tier 1 기본 배출계수인 $0.003 \text{ kg } N_2O\text{-N/kg N}$ 을 적용하고, 이외의 밭 작물은 작물별 국가고유 배출계수를 적용

- 농경지토양에 투입되는 가축분뇨 N_2O 배출계수 EF1은 2006 IPCC 지침의 Tier 1 기본 배출계수인 $0.01 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$ 을 적용하며, 다만 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 우선 적용

[농경지토양 부문 질소 투입원 종류별 N_2O 직접 배출계수]

질소 투입원 종류	N_2O 직접배출계수
무기질 비료, 작물잔사환원 토양탄소 손실에 따른 광물화 질소(EF ₁)	$0.01 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$
담수 논벼(EF _{1FR})	$0.003 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$
소, 가금류, 돼지 방목 분뇨(EF _{3PRP, CPP})*	$0.02 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$
양 및 기타 가축 방목 분뇨(EF _{3PRP, SO})*	$0.01 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$

출처: 2006 IPCC 지침 vol.4 Table 11.1, 11.11

*방목지에 공급되는 가축분뇨에 의한 N_2O 직접배출계수(EF_{3PRP})는 국내 활동자료 미비로 적용하고 있지 않음

[농경지토양 부문 발작물종별 N_2O 배출계수(EF_{1i})]

작물 종류(i)	N_2O 직접배출계수(EF _{1i})
고추	$0.0086 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$
콩	$0.0119 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$
감자	$0.0049 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$
봄배추	$0.0056 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$
가을배추	$0.0058 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$
그 외의 발작물(통합계수)	$0.00596 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N$

출처: 국가고유 배출계수(2014년 승인)

- 간접 배출계수는 2006 IPCC 지침 Tier 1 기본 배출계수와 보정계수를 적용하며, 다만 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 우선 적용

[농경지토양 부문의 N_2O 간접 배출계수]

배출원	기호	배출계수
대기취산(N deposition)	EF ₄	$0.010 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } NH_3-N \text{ and } NO_x-N \text{ 배출량}^{1)}$
수계유출(leaching/runoff)	EF ₅ *	$0.0135 \text{ kg } N_2O-N/\text{kg } N \text{ 수계유출}^{2)}$

출처: 2006 IPCC 지침 Vol.4, Chapter11, Table 11.3, 11.24

* 국가고유 배출계수(2015년 승인)

1) 대기 중으로 휘산된 NH_3 와 NO_x 가 N_2O 로 전환되는 비율

2) 수계로 유출된 NH_3 나 NO_x 가 N_2O 로 전환되는 비율

[농경지토양 부문의 간접배출 매개변수]

배출원	기호	매개변수
화학비료 사용 ¹⁾	Frac _{GASF}	0.10 kg NH ₃ -N + NO _x -N/kg 화학비료
가축분뇨 사용 ¹⁾	Frac _{GASM}	0.20 kg NH ₃ -N + NO _x -N/kg 가축분뇨의 질소
지표나 지하수로 유출 ²⁾	Frac _{LEACH-(H)}	0.30 kg N/kg 비료 또는 분뇨

출처: 1) 2006 IPCC 지침 Vol.4, Chapter11, Table 11.3, 11.24

1. 2006 IPCC 지침 Vol.4, Chapter11, Table 11.3, 11.24

* 수계유출 배출량은 과대산정을 방지하기 위해서 2006 IPCC 지침(Table 11-3, 11.24)에서 제공하는 토양보수력에 따른 배출량 산정을 권고함 (농경지토양에 투입된 질소가 수계유출되는 비율(Frac_{LEACH-(H)})은 토양 보수력(soil water holding capacity)이 초과된 지역에 한해 적용하며, 토양 보수력 한계 범위 내에 해당하는 지역의 Frac_{LEACH}는 "0"으로 적용. 토양 보수력 한계의 초과 여부는 "(우기 강우량 - 우기 증발량) > 토양 용수량"인 경우를 초과로 판단하며, 우기는 "강우량 > 0.5 × 증발량"에 해당하는 기간으로 적용)

○ 연간 작물잔사환원으로 공급되는 질소량(F_{CR})은 지상부 및 지하부 잔사의 총 질소로 계산

○ 2006 IPCC 지침 식 11.7A 적용에 앞서 단위 환산과정 진행

[작물별 건물비율, 질소 함유율 등 매개변수]

작 물	건물비율	Slope	Intercept	지상부 잔사 N 함량 (N _{AG})	지상부/지하부 생체량 (R _{BG-BIO})	지하부 잔사 N 함량 (N _{BG})
벼	0.89	0.95	2.46	0.007	0.16	0.009
보리	0.89	0.98	0.59	0.007	0.22	0.014
밀	0.89	1.51	0.52	0.006	0.24	0.009
감자	0.22	0.1	1.06	0.019	0.2	0.014
고구마	0.22	0.1	1.06	0.019	0.2	0.014
옥수수	0.87	1.03	0.61	0.006	0.22	0.007
고추*	0.87	1.03	0.61	0.006	0.22	0.007
마늘	0.94	1.07	1.54	0.016	0.2	0.014
참깨	0.9	0.36	0.68	0.01	0.19	0.01
양파	0.94	1.07	1.54	0.016	0.2	0.014
콩	0.91	1.13	0.85	0.008	0.19	0.008

출처: 2006 IPCC 지침, Table 11.2, 11.17

주: 고추의 경우 2006 IPCC 지침에서 제시하는 기본값이 없어 전문가 판단에 근거하여 옥수수(Maize) 값 준용

[축종별 가축분뇨처리 시설별 처리 시 질소손실율(Frac_{LossMS})]

축종	가축분뇨처리시설 종류			비고
	고체	액체	기타	
젖소	40%	40%	40%	액체/슬러리 일괄적용
한·육우	50%	50%	50%	solid storage 일괄적용
양(면양), 사슴(산양), 염소, 말	15%	0%	0%	100% 퇴비화
돼지(비육용, 번식용)	50%	48%	48%	기타에 액체/슬러리 적용
닭(산란계)	55%	55%	55%	깔짚 없는 가금류 적용
닭(육계), 오리	50%	50%	50%	깔짚 있는 가금류 적용

출처: 2006 IPCC 지침, Vol.4, Table 10.23, 10.67

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[농경지토양 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
재배면적	농업면적조사 (재배면적)	통계청
	농업경영체 정보 (경재면적)	농림축산식품부
비료 사용량	농림축산식품 통계연보 (질소질 비료 사용량)	농림축산식품부
비료 사용비율	국가활동량 (비율)	검증시트
토양환원율		

－ 활동자료 확보

- (재배면적) 농업면적조사의 면적에 농업경영체 정보의 시군구 비율을 반영하여 산정
- (비료 사용량) 농림축산식품통계연보의 질소질 비료사용량을 농업경영체의 시군구 재배면적 비율을 적용하여 분리
- (비료사용비율/토양환원율) 국가 검증시트에 사용된 국가자료를 일괄 적용

[농경지토양 부문 활동자료 출처]

활동자료		활동자료 확보 방법
재배면적	농업면적조사 (재배면적)	광역별 재배면적에 농업경영체 시군구 경지면적 비율을 적용
비료 사용량	농림축산식품 통계연보 (질소질 비료 사용량)	광역별 질소질 비료사용량에 농업경영체의 시군구 재배면적 비율을 적용
비료 사용비율 /토양환원율	국가 활동량 (비율)	국가자료 일괄 적용

☞ 작물잔사소각(3F)

(1) 배출원

- 작물 잔사의 연소 과정에서 발생하는 CO₂는 생물 기원 CO₂로 분류하여 온실가스 배출량 산정에서 제외
- 잔사 중 수거되어 에너지원으로 활용되는 경우는 에너지 분야의 연료연소 부문에서 배출량 산정

[작물잔사소각 부문 온실가스 종류]

CRF 코드	배출원	온실가스
3F1	곡류(벼, 보리, 밀)	CH ₄ , N ₂ O
3F2	두류(콩)	
3F3	근채류(서리 - 감자, 고구마)	
3F5	기타(고추, 마늘, 양파, 참깨)	

(2) 배출량 산정식

- 작물잔사소각 산정식은 2006 IPCC 지침 식 2.27을 적용
- 작물의 잔사량은 작물별 생산량, 잔사/곡실 비율, 잔사의 건물비율, 수분함량 등에 의해 산출한 작물별 수확량으로부터 계산
- 연소 가능한 연료의 질량(A*M_B)은 작물생산량×잔사/곡식비율×건물비율×잔사소각율로 산정

<작물잔사소각 부문 배출량 산정식>

$$L_{fire} = A \times M_B \times CF \times G_{EF} \times 10^{-6}$$

L _{fire}	: 화재로 인한 온실가스 배출량
A	: 연소된 면적[ha]
M _B	: 연소 가능한 연료의 질량[t/ha]
CF	: 산화율
G _{EF}	: CH ₄ , N ₂ O 배출계수[g/kg d.m. burnt]

출처: 2006 IPCC 지침 Equation 2.27 (Tier 1), 2.42

(3) 배출계수와 매개변수

- 배출계수는 2006 IPCC 지침 Tier 1의 기본 배출계수를 적용하며, 다만 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 우선 적용
- 작물별 잔사/곡실비율은 국내 연구결과 적용, 작물별 건물비율 및 산화율은 1996 및 2006 IPCC 지침 Tier 1 기본값 적용

[작물별 잔사/곡실비율, 건물비율 및 산화]

작물	잔사/곡실비율 ¹⁾	건물비율 ²⁾	산화율
벼	1.56	0.89	0.8 ³⁾
보리	1.27	0.89	0.9 ⁴⁾
밀	1.3	0.89	0.9 ³⁾
고추	2.67	0.87	0.9 ⁴⁾
마늘	0.92	0.94	0.9 ⁴⁾
참깨	6.6	0.9	0.9 ⁴⁾
양파	0.13	0.94	0.9 ⁴⁾
콩	1.07	0.91	0.9 ⁴⁾

출처

1) 「기후변화협약 관련 농업부문 탄소 흡수원에 관한 연구」(국립농업과학원, 2008)

2) 2006 IPCC 지침, Vol.4, Table 11.2, 11.17

3) 2006 IPCC 지침, Vol.4, Table 2.6, 2.48

4) 1996 IPCC 지침 본문 내용의 Default 적용, Step 1, 4.83

[작물잔사소각 부문 온실가스 배출계수]

온실가스	배출 계수 (g/kg d.m. burnt)
CH ₄	2.7
N ₂ O	0.07

출처: 2006 IPCC 지침 Vol.4, Table 2.5, 2.47

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[작물조사소각 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
생산량	농작물생산조사 (생산량)	통계청
	농업경영체 정보 (경지면적)	농림축산식품부
소각율	국가활동량 (비율)	검증시트

－ 활동자료 확보

- (생산량) 농작물생산조사의 생산량에 농업경영체의 시군구 경작면적 비율을 반영하여 산정
- (소각율) 국가 검증시트에 사용된 국가자료를 일괄 적용

[작물조사소각 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
생산량	농작물생산조사 (생산량)	농작물생산조사의 생산량에 농업경영체의 시군구 경작면적 비율을 반영
조사건물 중 소각율	국가활동량 (비율)	국가자료 일괄적용

☞ 석회사용(3G)

(1) 배출원

- 탄산염을 포함한 농업용 석회비료 사용에 따른 CO₂ 배출량

[석회사용 부문 온실가스 종류]

CRF 코드	배출원	온실가스
3G	석회사용	CO ₂

(2) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침에 제시된 농업용 석회사용으로 인한 탄소 배출량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용

<농업용 석회사용으로 인한 탄소 배출량 산정식>

$$\text{CO}_2\text{-C Emission} = (M_{\text{Limestone}} \times \text{EF}_{\text{Limestone}}) + (M_{\text{Dolomite}} \times \text{EF}_{\text{Dolomite}})$$

CO₂-C Emission : 연간 석회비료 사용에 따른 탄소 배출량[t C/yr]

M : 연간 석회질 석회석과 백운석 사용량[t]

EF : 석회비료(석회석, 백운석) 배출계수[kg CO₂/kg]

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 Equation 11.3.1, 11.27

(3) 배출계수와 매개변수

- 석회비료의 석회석 및 백운석의 배출계수는 국가고유 배출계수를 적용

[석회사용 부문 온실가스 배출계수]

배출원	배출 계수 (kg CO ₂ /kg 석회석, 백운석)
석회석	0.0086
백운석	0.0157

출처: 국가고유 배출계수(2018년 승인)

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[석회시용 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
석회비료 공급량	비료사업통계요람 (비료공급량)	국가검증시트
	농업경영체 정보 (경지면적)	농림축산식품부

－ 활동자료 확보

- (생산량) 비료사업통계요람의 비료공급량에 농업경영체의 시군구 경작면적 비율을 반영하여 산정

[석회시용 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
석회비료량	비료사업통계요람 (비료공급량)	비료사업통계요람의 비료공급량에 농업경영체의 시군구 경작면적 비율을 반영

☞ 요소사용(3H)

(1) 배출원

- 농업용 요소 사용에 따른 CO₂ 배출량

[요소사용 부문 온실가스 종류]

CRF 코드	배출원	온실가스
3H	요소사용	CO ₂

(2) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침에 제시된 요소사용으로 인한 탄소 배출량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용
- 산정식에 의해 도출된 C 배출량에 분자량 비율을 적용하여 CO₂로 환산

<요소사용으로 인한 탄소 배출량 산정식>

$$\text{CO}_2\text{-C Emission} = M \times \text{EF}$$

CO ₂ -C Emission	: 연간 요소사용에 따른 탄소 배출량[t C/yr]
M	: 연간 요소 사용량[t]
EF	: 요소비료 배출계수[t C/ton of Urea]

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 Equation 11.13, 11.32)

(3) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침 Tier 1 기본 배출계수를 적용하며, 다만 국가고유 배출계수를 적용할 수 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 우선 적용

[요소사용 부문 온실가스 배출계수]

배출원	배출 계수 (tC/ton of urea)
Urea	0.2

출처: 국가고유 배출계수(2014년 승인)

(4) 활동자료

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[요소시용 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
요소비용 공급량	비용사업통계요람 (비용공급량)	농협경제지주
	농업경영체 정보 (경지면적)	농림축산식품부

－ 활동자료 확보

- (생산량) 비용사업통계요람의 비교공급량에 농업경영체의 시군구 경작면적 비율을 반영하여 산정

[요소시용 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
요소비용량	비용사업통계요람 (비용공급량)	농업경영체의 시군구 경작면적 비율을 반영

Guidelines for Regional GHG Inventories

5장 LULUCF 분야 산정지침

토지이용, 토지이용 변화 및 임업

5장 (LULUCF) 분야 산정지침

1 배출원

- 토지이용, 토지이용 변화 및 임업 분야는 국토 및 연안 생태계에서 이루어지는 인위적 토지이용 및 전용, 토지이용 관리 활동을 통해 야기되는 온실가스의 배출량과 흡수량을 산정
- 토지이용 변화에 관한 온실가스 인벤토리는 국토 및 연안 생태계를 6가지 토지이용 범주(산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지)로 구분하여, 각각의 토지이용 범주에서 유지되는 토지와 전용된 토지의 5가지 탄소저장고(바이오매스(지상부, 지하부), 토양, 고사유기물(낙엽층, 고사목))와 수확된 목재제품의 변화가 야기하는 CO₂의 배출·흡수량을 산정
- 토지이용 관리 활동 관련 온실가스 인벤토리는 인위적 토지이용·전용·관리 활동에서 배출되는 CO₂, CH₄, N₂O 배출량을 산정

[LULUCF 분야의 배출·흡수원과 온실가스 종류]

CRF 코드	배출·흡수원	온실가스	산정여부
4A 산림지(Forest Land)			
4A1	산림지로 유지된 산림지	CO ₂	E
4A2	타토지에서 전용된 산림지	CO ₂	IE(5A1)
4(I)A	산림지에서 질소 시비로 인한 N ₂ O 배출	N ₂ O	NE
4(II)A	산림지에서 배수로 인한 Non-CO ₂ 배출	CH ₄ , N ₂ O	NE
4(III)A	산림지로의 전용에 따른 N ₂ O 배출	N ₂ O	NE
4(IV)A	산림지에서 N ₂ O 간접배출	N ₂ O	NE
4(V)A	산림지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	NE
4B 농경지(Cropland)			
4B1	농경지로 유지된 농경지	CO ₂	E
4B2	타토지에서 전용된 농경지	CO ₂	E
4(II)B	농경지에서 배수로 인한 Non-CO ₂ 배출	CH ₄ , N ₂ O	NE
4(III)B	농경지로의 전용에 따른 N ₂ O 배출	N ₂ O	E
4(IV)B	농경지에서 간접 N ₂ O 배출	N ₂ O	NE
4(V)B	농경지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	NE
4C 초지(Grassland)			
4C1	초지로 유지된 초지	CO ₂	E
4C2	타토지에서 전용된 초지	CO ₂	E
4(II)C	초지에서 배수로 인한 Non-CO ₂ 배출	CH ₄ , N ₂ O	NE

CRF 코드	배출·흡수원	온실가스	산정여부
4(III)C	초지로의 전용에 따른 N ₂ O 배출	N ₂ O	NE
4(IV)C	초지에서 N ₂ O 간접배출	N ₂ O	NE
4(V)C	초지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	NE
4D 습지(Wetlands)			
4D1	습지로 유지된 습지	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	NE, E, NE
4D2	타토지에서 전용된 습지	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	E, IE(5D1), NE
4(I)D	습지에서 질소 시비로 인한 N ₂ O 배출	N ₂ O	NE
4(II)D	습지에서 배수로 인한 Non-CO ₂ 배출	CH ₄ , N ₂ O	IE(5D1), NE
4(III)D	습지로의 전용에 따른 N ₂ O 배출	N ₂ O	NE
4(IV)D	습지에서 N ₂ O 간접배출	N ₂ O	NE
4(V)D	습지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	NE
4E 정주지(Settlements)			
4E1	정주지로 유지된 정주지	CO ₂	NE
4E2	타토지에서 전용된 정주지	CO ₂	NE
4(I)E	정주지에서 질소 시비로 인한 N ₂ O 배출	N ₂ O	NE
4(III)E	정주지로의 전용에 따른 N ₂ O 배출	N ₂ O	NE
4(IV)E	정주지에서 N ₂ O 간접배출	N ₂ O	NE
4(V)E	정주지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	NE
4F 기타토지(Other Land)			
4F1	기타토지로 유지된 기타토지	CO ₂	NE
4F2	타토지에서 전용된 기타토지	CO ₂	NE
4(III)F	기타토지로의 전용에 따른 N ₂ O 배출	N ₂ O	NE
4(IV)F	기타토지에서 N ₂ O 간접배출	N ₂ O	NE
4(V)F	기타토지에서 바이오매스 연소에 의한 배출	CH ₄ , N ₂ O	NE
4G 수확된 목재제품(Harvested Wood Products)		CO ₂	E

☞ 토지이용 구분 기본 접근법

- 우리나라의 토지이용 구분과 토지별 면적은 기존 통계 중 토지이용 관련 통계(지적통계, 임업통계연보, 농업면적조사 등)를 기준으로 결정
- 2006 IPCC 지침에 제시하는 6가지 토지이용의 구분 기준에 따라, 우리나라 전체 국토는 산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지로 분류하며, 기존 국가통계 중 각각의 토지 이용 구분에 부합하는 항목(지목)별로 재분류하여 산정시 활용
- 우리나라 국토에는 법적·행정적으로 관리되지 않는 토지가 존재하지 않는 것으로 가정
- 2006 IPCC 지침에서 제시하는 방법론 중 접근법 1(Approach 1)을 기준으로 토지이용 현황에 대한 활동자료를 적용

- 전체 6가지 토지이용 구분에서 ‘기존 토지로 유지되는 토지’와 ‘타토지에서 전용된 토지’를 분리하기 힘든 경우, ‘타토지에서 전용된 토지’에 대한 배출·흡수량은 ‘기존 토지로 유지되는 토지’ 범주에 포함하여 산정하는 것으로 간주하고 “IE”로 보고할 수 있음

☞ 토지이용 구분과 면적 결정 방법

- 우리나라의 토지이용 구분과 토지별 면적은 [표 128]과 같이 기존 국가통계 중 토지이용 관련 통계(지적통계, 임업통계연보, 농업면적조사 등)를 기준으로 결정

[토지이용 구분과 면적 결정 방법]

토지이용 구분	하위부문	토지이용 구분과 면적 결정 방법
전 국토		전국토를 대상으로 하며, 비관리 토지는 존재하지 않는다는 가정 적용, 지적통계의 전체국토 면적
산림지	침엽수림	임업통계연보의 침엽수림 면적
	활엽수림	임업통계연보의 활엽수림 면적
	혼효림	임업통계연보의 혼효림 면적
	죽림	임업통계연보의 죽림 면적
	무림목지	임업통계연보의 무림목지(미림목지, 제지) 면적
농경지	논	농업면적조사의 (논 면적)-(노지과수/뽕밭/기타수원지의 논 면적)-(시설작물의 과수의 논 면적)
	밭	농업면적조사의 (밭 면적)-(노지과수/뽕밭/기타수원지의 밭 면적)-(시설작물의 과수의 밭 면적)
	과수원	농업면적조사의 (노지과수/뽕밭/기타수원지의 논과 밭 면적)+(시설작물 과수의 논과 밭 면적)
초지		지적통계의 목장용지 면적
습지	자연침수지	지적통계의 하천 면적
	인공침수지	지적통계의 구거/유지/양어장 면적 합산
정주지		지적통계의 광천지/염전/대/공장용지/학교용지/주차장/주유소용지/창고용지/도로/철도용지/제방/수도용지/공원/체육용지/유원지/종교용지/사적지/묘지 면적 합산
기타토지		전국토 면적에서 산림지/농경지/초지/습지/정주지 면적 합산을 제외한 나머지 토지 면적 기타토지=전국토-(산림지+농경지+초지+습지+정주지)

2 산정방법 및 배출계수

산림지(4A)

- 산림지 부문에서 고사유기물, 토양탄소는 활동자료 및 시계열 배출·흡수계수의 부재로 산정에서 제외(NE)⁷⁾
- 타토지에서 전용된 산림지(4A2)에서의 입목 바이오매스 축적변화는 산림지로 유지되는 산림지(4A1)에 포함된다는 가정을 적용하여 보고(IE)
- 산림지로 유지되는 산림지의 입목 바이오매스 축적변화에 따른 CO₂ 배출·흡수량 산정
- 탄소 흡수량은 (-), 배출량은 (+)로 보고

[산림지 부문의 배출·흡수원과 온실가스 종류]

CRF 코드	배출·흡수원		온실가스	탄소저장고	산정 여부
	전용전 (하위부문)	전용후 (하위부문)			

4A 산림지(Forest Land)⁸⁾

4A1	산림지로 유지된 산림지				
	(침엽수림)	(침엽수림)	CO ₂	입목 바이오매스	E
	(활엽수림)	(활엽수림)		토양	NE
	(혼효림)	(혼효림)		고사유기물 ⁹⁾	NE
	(죽림)	(죽림)	CH ₄ , CO, N ₂ O, NO _x	바이오매스 연소에 의한 non-CO ₂	NE
4A2	타토지에서 전용된 산림지(4A1에 포함된다고 가정)				
4A2.1	농경지	산림지	CO ₂	입목 바이오매스	IE
4A2.2	초지	산림지		토양	NE
4A2.3	습지	산림지			
4A2.4	정주지	산림지		고사유기물	NE
4A2.5	기타 토지	산림지			

7) GPG-LULUCF, Equation 3.2.1, 3.23 참고. 입목 바이오매스의 탄소저장변화량 외에도 고사유기물($\Delta C_{FF,DOM}$)과 토양탄소($\Delta C_{FF,Soils}$) 저장고도 산정시 포함하는 것이 원칙임을 확인할 수 있다.

8) 산림지(forest land)는 IPCC 지침에 명시된 용어로, 국내 법적인 용어인 '산림'과 동일한 정의임

9) 고사유기물(dead organic matter)에는 고사목과 낙엽층을 포함하여 산정한다(GPG-LULUCF, 3.32).

☞ 산림지로 유지된 산림지(4A1)

(1) 배출·흡수원

- 2006 IPCC 지침에서 규정한 산림지 부문의 산정 대상은 ‘관리되는 산림지(managed forest)’로, 우리나라의 경우 전국적인 산불 방재 진화체계와 산림 병해충 관리 등 전국토의 산림관리가 이루어지고 있으므로 전체 산림을 온실가스 인벤토리를 위한 대상지로 선정
- 배출·흡수원은 입목 바이오매스, 고사유기물, 토양, 수확된 목재제품의 흡수량과 바이오매스 연소에 의한 non-CO₂ 배출로 구성
- 산림지 부문에서 입목 바이오매스의 축적변화량에 의한 CO₂ 배출·흡수량을 산정하고 있으며, 입목 바이오매스를 제외한 토양과 고사유기물은 2006 IPCC 지침 Tier 1 수준에 따라 축적변화량이 평형을 이루고 있다고 가정하여 축적변화량을 ‘0’으로 산정
- 산림기본통계에 따라 침엽수림, 활엽수림, 혼효림, 죽림, 무림목지로 구분하여 산정

(2) 배출·흡수량 산정식

가. 입목 바이오매스

- 산림 바이오매스 축적 변화: 2006 IPCC 지침 Tier 2 수준의 ‘축적차이법(stock change method)’을 적용

<산림지로 유지된 산림지의 입목 바이오매스 축적 변화량 산정식(축적차이법)>	
$\Delta C_B = \frac{C_{t2} - C_{t1}}{t_2 - t_1}$	
ΔC_B	: 산림지로 유지되는 산림지의 현존 바이오매스(지상부, 지하부 바이오매스) 축적량 연간 변화[t C/yr]
C_{t2}	: t2 연도의 총 바이오매스 탄소저장량[t C]
C_{t1}	: t1 연도의 총 바이오매스 탄소저장량[t C]
$C = \sum_{i,j} (A_{i,j} \times V_{ij} \times BCEF_{s_{i,j}}) \times (1 + R_{i,j}) \times CF_{i,j}$	
C	: 현존 바이오매스 탄소저장량[t C]
A	: 산림면적[ha]
V	: 재적[m ³ /ha]
BCEFs	: 바이오매스전환확장계수=목재기본밀도(D)[t d.m./m ³] × 바이오매스확장계수(BEFs)
R	: 뿌리-지상부 비율
CF	: 탄소전환계수[t C/t d.m.]
i	: 입상
j	: 기후대

출처: 2006 IPCC 지침 Equation 2.8, 2.12

나. 고사유기물(낙엽층과 고사목)

- 2006 IPCC 지침의 Tier 1 수준에 따라 축적변화량이 평형을 이루고 있다고 가정하여 축적변화량을 '0'으로 산정
- Tier 2 수준의 고사유기물 축적 변화: 2006 IPCC 지침의 '축적차이법(stock change method)'을 적용

<산림지로 유지된 산림지의 고사유기물(낙엽층 또는 고사목) 축적 변화량 산정식(축적차이법)>

$$\Delta C_{DOM} = \left[A \times \frac{(DOM_{t_2} - DOM_{t_1})}{T} \right] \times CF$$

ΔC_{DOM}	: 현존 고사유기물(낙엽층, 고사목) 탄소 축적량 연간 변화[t C/yr]
A	: 관리된 산림면적[ha]
DOM_{t_1}	: t_1 연도의 총 고사유기물량(낙엽층, 고사목)[t d.m.]
DOM_{t_2}	: t_2 연도의 총 고사유기물량(낙엽층, 고사목)[t d.m.]
T	: ($t_2 - t_1$), 첫 번째 측정시기와 두 번째 측정시기 차이[yr]
CF	: 탄소전환계수[t C/t d.m.]

출처: 2006 IPCC 지침 Equation 2.19, 2.23

다. 토양

- 2006 IPCC 지침의 Tier 1 수준에 따라 축적변화량이 평형을 이루고 있다고 가정하여 축적변화량을 '0'으로 산정하고, 2006 IPCC 지침 Tier 2 수준의 '축적차이법(stock change method)'을 적용

<산림지로 유지된 산림지의 토양탄소 축적 변화량 산정식(축적차이법)>

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$\Delta C_{Mineral}$: 무기토양의 연간 탄소 축적 변화량
SOC_0	: 해당연도의 토양 유기 탄소저장량[t C]
$SOC_{(0-T)}$: 인벤토리 기준연도의 토양 유기 탄소저장량[t C]
D	: 해당 인벤토리 기간[yr]

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot F_{LU_{c,s,i}} \cdot F_{MG_{c,s,i}} \cdot F_{I_{c,s,i}} \cdot A_{c,s,i})$$

SOC	: 현존 토양 유기 탄소저장량[t C]
c	: 기후대
s	: 토양형
i	: 경영사업체계
SOC_{REF}	: 토지이용범주별 기준 토양 유기 탄소저장량[t C/ha]
F_{LU}	: 토지이용체계에 대한 축적변화계수
F_{MG}	: 경영, 사업체계에 대한 축적변화계수
F_I	: 유기물 사용체계에 대한 축적변화계수
A	: 토지이용범주별 면적[ha]

출처: 2006 IPCC 지침 Equation 2.25, 2.30

라. 바이오매스 연소에 의한 non-CO₂ 배출

○ 바이오매스 연소로 인한 CH₄, N₂O, CO, NO_x 배출량 산정: 2006 IPCC 지침 방법론을 적용

<산림지로 유지된 산림지의 연소로 인한 온실가스 배출 산정식>

$$L_{fire} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

L_{fire} : 연소로 인한 온실가스 배출량[t GHG]
 A : 연소면적[ha]
 M_B : 연소 가능한 바이오매스 연료량[t/ha]
 C_f : 연소효율
 G_{ef} : 배출계수 [g/kg d.m.]

출처: 2006 IPCC 지침 Equation 2.27, 2.42

(3) 배출·흡수계수

○ 입목 바이오매스의 연간 탄소 흡수량 산정에 필요한 배출·흡수계수(목재기본밀도(D)와 바이오매스 확장계수(BEFs)를 곱한 바이오매스전환·확장계수(BCEF), 뿌리-지상부 비율(R))는 임상별 배출·흡수계수를 적용

○ 탄소전환계수(CF)는 2006 IPCC 지침¹⁰⁾에서 제시하는 기본값 0.51(침엽수)과 0.48(활엽수)를 적용

[목재기본밀도(D), 바이오매스 확장계수(BEFs), 뿌리-지상부 비율(R)]

구 분		목재기본밀도(D) (t dm/m ³)		바이오매스 확장계수(BEFS)		뿌리-지상부 비율 (R)	
		수종별	임상별	수종별	임상별	수종별	임상별
침엽수림	강원지방소나무	0.42	0.46	1.48	1.43	0.26	0.27
	중부지방소나무	0.47		1.41		0.25	
	낙엽송	0.45		1.34		0.29	
	리기다소나무	0.50		1.33		0.36	
	곰솔	0.48		1.52		0.29	
	잣나무	0.41		1.74		0.28	
	삼나무	0.35		1.31		0.23	
	편백	0.43		1.35		0.20	

10) 2006 IPCC 지침 Table 4.3

구 분		목재기본밀도(D) (t dm/m ³)		바이오매스 확장계수(BEFS)		뿌리-지상부 비율 (R)	
		수종별	임상별	수종별	임상별	수종별	임상별
활엽수림	굴참나무	0.72	0.68	1.34	1.51	0.32	0.36
	신갈나무	0.66		1.60		0.39	
	상수리나무	0.72		1.45		0.31	
	졸참나무	0.66		1.55		0.43	
	붉가시나무	0.83		1.70		0.19	
	아까시나무*	0.64		1.47		0.48	
	자작나무*	0.55		1.30		0.29	
	백합나무*	0.46		1.24		0.23	
	현사시나무*	0.36		1.17		0.16	

출처: 국가고유 배출계수(2014년, *2017년 승인)

- 고사유기물(낙엽층과 고사목)의 연간 탄소 흡수량 산정에 필요한 배출·흡수계수는 두 시기의 고사유기물량(DOM_{t1}, DOM_{t2})과 탄소전환계수(CF)를 적용하며, 다만 국가고유 배출·흡수계수가 있는 경우에는 국가고유 배출·흡수계수를 적용
- 토양의 연간 탄소 흡수량 산정에 필요한 배출·흡수계수는 두 시기의 토양 탄소저장량(SOC₀, SOC_{0-T}), 토양 가밀도, 토양 석력함량, 탄소전환계수(CF) 적용하며, 다만 국가고유 배출·흡수계수가 있는 경우에는 국가고유 배출·흡수계수를 적용

[산림지 부문 주요 수종의 고사유기물 및 토양관련 국가고유 배출·흡수계수]

구분		고사목 탄소전환계수 (t C/t dm)	낙엽층 탄소 저장량 (C t/ha)	낙엽층 탄소전환계수 (t C/t dm)	토양 탄소 저장량 (C t/ha)	토양 가밀도 (Mg/m ³)	토양 석력함량	토양 탄소전환계수 (g C/kg)
침엽 수림	강원지방 소나무	0.51	9.03	0.47	53.16	1.14	0.32	18.04
	충부지방 소나무	0.49	11.85	0.45	37.83	1.10	0.30	16.31
	낙엽송	0.51	7.01	0.40	46.71	0.79	0.27	20.37
	리기다 소나무	0.51	7.95	0.43	36.35	1.03	0.41	15.74
	잣나무	0.49	7.36	0.47	37.77	1.08	0.28	14.57
	기타 침엽수	0.51	11.25	0.44	38.75	0.86	0.25	16.94

구분		고사목 탄소전환계수 (t C/t dm)	낙엽층 탄소 자장량 (C t/ha)	낙엽층 탄소전환계수 (t C/t dm)	토양 탄소 자장량 (C t/ha)	토양 기밀도 (Mg/m ³)	토양 석회함량	토양 탄소전환계수 (g C/kg)
활엽 수림	굴참나무	0.49	6.49	0.45	57.09	0.84	0.29	24.44
	신갈나무	0.51	7.30	0.40	64.02	0.85	0.23	28.46
	상수리 나무	0.51	5.07	0.38	64.30	0.96	0.27	23.59
	기타 활엽수	0.51	6.63	0.44	55.68	0.99	0.28	26.96

출처: 국가고유 배출계수(2015년 승인)

○ 연소효율(2006 IPCC 지침의 Tier 1 수준의 기본값)

[연소효율]

식생타입	평균	표준편차
모든 온대림	0.45	0.16

출처: 2006 IPCC 지침 Table 2.6, 2.48

○ 바이오매스 연료량(MB×Cf; 2006 IPCC 지침의 Tier 1 수준의 기본값)

[바이오매스 연료량 연소효율]

식생타입	평균(t/ha d.m.)	표준편차(t/ha d.m.)
모든 온대림	50.4	53.7

출처: 2006 IPCC 지침 Table 2.4, 2.45-2.46

○ 배출계수(2006 IPCC 지침의 Tier 1 수준의 기본값)

[바이오매스 연료량 연소효율]

구분	CO ₂ (g/kg d.m.)	CO (g/kg d.m.)	CH ₄ (g/kg d.m.)	N ₂ O (g/kg d.m.)	NO _x (g/kg d.m.)
열대림 이외 모든 산림	1,569	107	4.7	0.26	3.0

출처: 2006 IPCC 지침 Table 2.5, 2.47

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[산림지 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
침엽수 /활엽수 /혼효림	연도별/임상별 임목축적량	통계청
	행정구역별/임상별 임목축적량	통계청

－ 활동자료 확보

- 행정구역별 임목축적량은 5년 단위로 발표되기 때문에, 연도별/임상별 임목축적량을 행정구역별 임목축적량 비율로 내삽하여 활동량을 산정

[산림지 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
임목축적량	연도별/임상별 임목축적량	연도별 임목축적량을 5년단위 행정구역별 임목축적량의 비율을 적용하여 분리

☞ 농경지(4B)

- 농경지의 다년생 입목 바이오매스, 토양의 탄소 축적변화에 따른 CO₂ 배출·흡수량과 타 토지에서 전용된 농경지의 전용과정에서 발생하는 토양산화에 따른 N₂O 배출량 산정
- 탄소 흡수량은 (-), 배출량은 (+)로 보고

[농경지 부문의 배출·흡수원과 온실가스 종류]

CRF 코드	배출·흡수원		온실가스	탄소저장고	산정여부
	전용전 (하위범주)	전용후 (하위범주)			

4B 농경지(Cropland)

농경지로 유지된 농경지							
4B1	(논)	- HAC토양	(논)	- HAC토양	CO ₂	다년생 입목 바이오매스	NE
	(밭)	- LAC토양 - 사질토양	(밭)	- LAC토양 - 사질토양			
	(과수원)	- 화산회토	(과수원)	- 화산회토		토양	E
타토지에서 전용된 농경지							
4B2			(논)	- HAC토양	CO ₂	다년생 입목 바이오매스	NE
			(밭)	- LAC토양 - 사질토양			
			(과수원)	- 화산회토	CO ₂ , N ₂ O	토양	E

※ 4B2 타토지에서 전용된 농경지에서 전용전 토지이용 구분은 현재 활동자료 미비로 알 수 없음

☞ 농경지로 유지된 농경지(4B1)

(1) 배출원

- 우리나라 농경지에는 유기토양에서의 농업 활동은 없는 것으로 간주(NO), 탄소축적변화량은 '0'으로 산정

(2) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침에 제시된 농경지로 유지된 농경지의 무기질 토양 탄소 축적변화량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용
- 다만, 농경지로 유지된 농경지는 단일 농경지 체계로 가정하여 토지이용, 관리체계, 유기물 시용에 따른 축적변화계수가 시계열 변화 없이 동일하다고 보고, 탄소 축적변화량을 0으로 산정

<농경지로 유지된 농경지의 토양탄소 축적변화량 산정식>

$$\Delta C_{Soils} = \Delta C_{Mineral} - \Delta C_{Organic} + \Delta C_{Inorganic}$$

- ΔC_{Soils} : 농경지로 유지된 농경지의 연간 토양탄소 축적변화[t C/yr]
 $\Delta C_{Mineral}$: 농경지로 유지된 농경지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화[t C/yr]
 $\Delta C_{Organic}$: 유기토양에서 연간 손실되는 탄소[t C/yr]
 $\Delta C_{Inorganic}$: 토양의 연간 무기탄소 축적량의 변화[t C/yr], Tier 3 미 적용 시 0

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 Equation 2.24

<농경지의 무기질 토양 탄소 축적변화량 산정식>

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF,c,s,i} \cdot F_{LU,c,s,i} \cdot F_{MG,c,s,i} \cdot F_{I,c,s,i} \cdot A_{c,s,i})$$

T가 ≥ 20년이면, 이 식에서 D를 대신하여 T를 사용

- $\Delta C_{Mineral}$: 무기질 토양에서의 연간 탄소 축적 변화[t C/yr]
 SOC_0 : 인벤토리 대상연도의 토양 유기탄소 축적[t C/ha]
 $SOC_{(0-T)}$: 인벤토리 대상기간의 토양 유기탄소 축적[t C/ha]
 T : 인벤토리 대상기간 20년[yr]
 D : 해당 인벤토리 기간의 연수(yr)
 c : c 는 기후형, s 는 토양형, i 는 주요 농경지 체계
 SOC_{REF} : 기본 토양유기탄소 축적계수[t C/ha]
 F_{LU} : 토지이용 또는 토지이용 변화 형태에 따른 축적변화계수
 F_{MG} : 관리 체계에 따른 축적변화계수
 F_I : 유기물 시용에 따른 축적변화계수
 A : 토지이용 범주별 면적(ha)

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 Equation 2.25

(3) 배출계수

- 기본 탄소축적량(SOC_{REF})은 국가고유 배출계수를 적용

[기본 토양유기탄소 축적계수(SOC_{REF})]

(단위 : t C/ha, 토양 깊이 0-30cm)

토양 구분	HAC 토양	LAC 토양	사질 토양	화산회토
SOC_{REF}	39	34	24	127

출처: 국가고유 배출계수(2021년 승인)

- 축적변화계수(F_{LU} , F_{MG} , F_I)는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수 중 우리나라 농경지 토양 환경을 대표하는 것으로 판단되는 값을 적용하며, 다만 국가고유배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 적용

- 과수원의 경우 경운활동이 이루어지지 않으므로 경운 정도에 의한 축적변화계수는 1.15를 적용하고 국가 고유 배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수를 적용

[농경지 관리활동 종류별 축적변화계수]

종류	수준	기후형	습도형	기본 계수
토지이용(F_{LU})	장기경작(밭)	온대	습윤	0.69
	장기경작(과수원)	온대	습윤	1.0
	논벼경작(논)	온/열대	건/습윤	1.1
경운(F_{MG})	Full(논, 밭)	온대	건/습윤	1.0
	No-till(과수원)	온대	습윤	1.15
유기물시용(F_I)	Medium(논, 밭, 과수원)	온대	건/습윤	1.0

출처: 2006 IPCC 지침 Vol 4 5.24 Table 5.5

주) 신규 국가고유 배출계수 개발과 고시 현황에 따라 적용계수와 하위범주 구분 변경 가능

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[농경지 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
논/밭 면적	시군구별 논밭별 경지면적	통계청
	논 및 밭 면적	통계청 (지적통계)
노지/시설 과수 면적	노지/과수 재배면적	통계청
	시군구별 논밭별 경지면적	통계청
	논 및 밭 면적	통계청 (지적통계)

－ 활동자료 확보

- (논/밭 면적) 시군구별 논밭별 경지면적은 광역시에 대한 구분이 되어 있지 않아, 지적통계의 시군구 단위 논/밭 면적을 반영하여 분리
- (노지/시설 과수면적) 광역단위로 제공되는 ‘노지/과수 재배면적’에, 통계청의 ‘시군구별 논밭별 경지면적’과 지적통계의 ‘논 및 밭 면적’을 반영하여 시군구로 활동자료를 분리

[농경지 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
논/밭 면적	시군구별 논밭별 경지면적	시군구별 논밭별 경지면적에 지적통계의 시군구 단위 논/밭 면적을 반영하여 분리
노지/시설 과수 면적	노지/과수 재배면적	‘노지/과수 재배면적’에, 통계청의 ‘시군구별 논밭별 경지면적’과 지적통계의 ‘논 및 밭 면적’을 반영하여 시군구로 활동자료를 분리

☞ 타토지에서 전용된 농경지(4B2)

(1) 배출원

- 농경지 부문 논, 밭, 과수원의 토양에서 발생하는 무기질 토양의 유기탄소 축적변화로 인한 배출·흡수량과 농업용 석회시용으로 인한 CO₂ 배출량과 농경지 전용과정에서 발생하는 토양산화에 따른 N₂O 배출량 산정
- 우리나라 농경지에는 유기토양에서의 농업활동은 없는 것으로 간주(NO), 탄소축적변화량은 '0'으로 산정

(2) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침에 제시된 타토지에서 전용된 농경지의 무기질 토양 탄소 축적변화량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용

<농경지로 유지된 농경지의 토양탄소 축적변화량 산정식>

$$\Delta C_{Soils} = \Delta C_{Mineral} - \Delta C_{Organic} + \Delta C_{Inorganic}$$

ΔC_{Soils}	: 농경지로 유지된 농경지의 연간 토양탄소 축적변화[t C/yr]
$\Delta C_{Mineral}$: 농경지로 유지된 농경지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화[t C/yr]
$\Delta C_{Organic}$: 유기토양에서 연간 손실되는 탄소[t C/yr]
$\Delta C_{Inorganic}$: 토양의 연간 무기탄소 축적량의 변화[t C/yr], Tier 3 미 적용 시 0

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 Equation 2.24

- 전용된 농경지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화($\Delta C_{LCMineral}$, $\Delta C_{CLMineral}$)는 농경지로 유지된 농경지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화량 산정식과 동일
- GPG-LULUCF에 제시된 타토지의 농경지 전용과정의 N₂O 배출량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용하며, 다만 국가고유배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 적용

<타토지에서 전용된 농경지의 무기질 토양 N₂O 배출량 산정식>

$$N_{2O_{conv}} = EF_1 \times N_{net-min} \times 44/28 \times 10^{-6}$$

$$N_{net-min} = \Delta C_{LCMineral} \times 1/C:N \text{ ratio}$$

$N_{2O_{conv}}$: 산림지, 초지, 기타 토지 등에서 농경지로 전용하는 과정의 N ₂ O 배출량[Gg N ₂ O/yr]
EF_1	: 무기질 비료, 분뇨, 작물잔사 등의 형태로 농경지에 추가되는 질소 배출계수 (2006 IPCC 기본 배출계수 0.01 kg N ₂ O-N/kg N)
$N_{net-min}$: 토지전용 과정에서 무기질화되는 토양유기물의 질소 배출량[kg N/yr]
$\Delta C_{LCMineral}$: 타토지에서 전용된 농경지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화[kg C/yr]
C:N ratio	: 토양유기물의 탄소·질소 비율[kg C/kg N]
44/28	: N ₂ O 전환계수

출처: GPG-LULUCF, Equation 3.3.14, 3.3.15, 3.94

(3) 배출계수

- 농경지로 유지된 농경지(4B1)와 동일한 계수 적용
- 타토지의 축적변화계수(F_{LU} , F_{MG} , F_I)는 변화가 없다고 가정하여 무기질 토양 기본 탄소축적량을 0으로 적용(예: 타토지에서 전용된 농경지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화량 산정식에서 타토지의 탄소축적량($SOC_{(0-T)}$)은 0으로 계산)
- 농경지 전용에 따른 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침에 제시된 기본 배출계수 0.01 kg N₂O-N/kg N을 적용
- 토양유기물의 탄소·질소 비율의 경우 2006 IPCC 지침에 제시된 기본 값 15를 적용하며, 다만 국가고유배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 적용

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[타토지에서 전용된 농경지 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
논/밭 면적	시군구별 논밭별 경지면적	통계청
	논 및 밭 면적	통계청 (지적통계)
노지/시설 과수 면적	노지/과수 재배면적	통계청
	시군구별 논밭별 경지면적	통계청
	논 및 밭 면적	통계청 (지적통계)

－ 활동자료 확보

- (논/밭 면적) 시군구별 논밭별 경지면적은 광역시에 대한 구분이 되어 있지 않아, 지적통계의 시군구 단위 논/밭 면적을 반영하여 분리
- (노지/시설 과수면적) 광역단위로 제공되는 ‘노지/과수 재배면적’에, 통계청의 ‘시군구별 논밭별 경지면적’과 지적통계의 ‘논 및 밭 면적’을 반영하여 시군구로 활동자료를 분리

[타토지에서 전용된 농경지 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
논/밭 면적	시군구별 논밭별 경지면적	시군구별 논밭별 경지면적에 지적통계의 시군구 단위 논/밭 면적을 반영하여 분리
노지/시설 과수 면적	노지/과수 재배면적	‘노지/과수 재배면적’에, 통계청의 ‘시군구별 논밭별 경지면적’과 지적통계의 ‘논 및 밭 면적’을 반영하여 시군구로 활동자료를 분리

☰ 초지(4C)

- 초지 부문의 식생 바이오매스는 지상부·지하부 입목 바이오매스와 초본(草本) 지하부 바이오매스를 산정 대상으로 함¹¹⁾
- 초지 식생 바이오매스 활동자료의 부재와 배출·흡수계수의 미비를 고려하여 2006 IPCC 지침의 Tier 1 방법론에 따라 초지 식생 바이오매스의 탄소 축적 변화가 없다는 가정에 입각하여 산정에서 제외(NE)
- 초지로 유지된 초지의 토양탄소의 축적 변화에 따른 온실가스 배출·흡수량은 2006 IPCC 지침의 Tier 1 방법론에 따라 산정

[초지 부문의 배출·흡수원과 온실가스 종류]

CRF 코드	배출·흡수원		온실가스	탄소저장고	산정 여부
	전용전 (하위범주)	전용후 (하위범주)			

4C 초지(Grassland)

4C1	초지로 유지된 초지						
	초지	－ HAC토양 － LAC토양 － 사질토양 － 화산회토	초지	－ HAC토양 － LAC토양 － 사질토양 － 화산회토	CO ₂	초지 식생 바이오매스	NE
						토양탄소	E
4C2	타토지에서 전용된 초지						
	<div></div>		초지	－ HAC토양 － LAC토양 － 사질토양 － 화산회토	CO ₂	초지 식생 바이오매스	NE
					CO ₂ , N ₂ O	토양탄소	E

* 4C2 타토지에서 전용된 초지에서 전용전 토지이용 구분은 현재 활동자료 미비로 알 수 없음

11) 지상부 초본 바이오매스의 탄소축적량은 미량이므로 초지 바이오매스 연소에 따른 non-CO₂ 배출량 산정시에만 고려함(GPG-LULUCF, 3.107).

☞ 초지로 유지된 초지(4C1)

(1) 배출·흡수원

- 초지 토양에서 발생하는 무기질 토양의 유기탄소 축적 변화에 따른 CO₂ 배출·흡수량 산정
- 우리나라 초지에는 유기토양이 존재하지 않는 것으로 간주(NO)

(2) 배출·흡수량 산정식

- 2006 IPCC 지침에서 제시된 무기질 토양에서의 탄소축적 변화량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용

<초지로 유지된 초지의 토양탄소 축적변화량 산정식>

$$\Delta C_{Soils} = \Delta C_{Mineral} - \Delta C_{Organic} + \Delta C_{Inorganic}$$

ΔC_{Soils}	: 초지로 유지된 초지의 연간 토양탄소 축적변화[t C/yr]
$\Delta C_{Mineral}$: 초지로 유지된 초지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화[t C/yr]
$\Delta C_{Organic}$: 유기토양에서 연간 손실되는 탄소[t C/yr]
$\Delta C_{Inorganic}$: 토양의 연간 무기탄소 축적량의 변화[t C/yr], Tier 3 미 적용 시 0

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 Equation 2.24

<초지의 토양형태에 따른 무기질 토양 탄소축적 변화량 산정식>

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot F_{LU_{c,s,i}} \cdot F_{MG_{c,s,i}} \cdot F_{I_{c,s,i}} \cdot A_{c,s,i})$$

T가 ≥ 20년이면, 이 식에서 D를 대신하여 T를 사용

$\Delta C_{Mineral}$: 무기질 토양에서의 연간 탄소 축적 변화[t C/yr]
SOC_0	: 인벤토리 대상연도의 토양 유기탄소 축적[t C/ha]
$SOC_{(0-T)}$: 인벤토리 대상기간의 토양 유기탄소 축적[t C/ha]
T	: 인벤토리 대상기간 20년[yr]
D	: 해당 인벤토리 기간의 연수[yr]
c	: c 는 기후형, s 는 토양형, i 는 주요 농경지 체계
SOC_{REF}	: 기본 토양유기탄소 축적계수[t C/ha]
F_{LU}	: 토지이용 또는 토지이용 변화 형태에 따른 축적변화계수
F_{MG}	: 관리 체계에 따른 축적변화계수
F_I	: 유기물 시용에 따른 축적변화계수
A	: 토지이용 범주별 면적[ha]

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 Equation 2.25

$$\Delta C_{GG_{Mineral}} = \sum_c \sum_s \sum_i [(SOC_0 - SOC_{(0-T)}) \times A]_{c,s,i} / T \quad (A)$$

$$\Delta C_{GG_{Mineral}} = [\sum_c \sum_s \sum_i (SOC_0 \times A)_{c,s,i} - \sum_c \sum_s \sum_i (SOC_{(0-T)} \times A)_{c,s,i}] / T \quad (B)$$

$\Delta C_{GG_{Mineral}}$: 무기질 토양에서의 연간 탄소 축적 변화[t C/yr]
 SOC_0 : 인벤토리 대상 연도의 토양 유기탄소 축적[t C/ha]
 $SOC_{(0-T)}$: 인벤토리 대상 기간의 토양 유기탄소 축적[t C/ha]
 T : 인벤토리 대상 기간 20년[yr]
 A : 구획별 토지 면적[ha]
 c : 기후대
 s : 토양형
 i : 주요 초지 체계

* 산정식(A)는 초지관리 형태의 변화를 고려하여 각 초지구획별 탄소축적량을 계산하는 방식이고, 산정식(B)는 초지 체계의 면적분배 자료를 활용하여 인벤토리 대상 기간의 시작과 마지막 연도의 토양탄소축적을 계산하는 방식으로, 두 산정식 모두 산정결과는 동일하다.
출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 BOX 2.1

(3) 배출·흡수계수

○ 기본 토양유기탄소 축적계수(SOCREF)는 국가고유 배출계수를 적용

[기본 토양유기탄소 축적계수(SOC_{REF})]

(단위 : t C/ha, 토양 깊이 0-30cm)

토양 구분	HAC 토양	LAC 토양	사질 토양	화산회토
SOC _{REF}	39	34	24	127

출처: 국가고유 배출계수(2021년 승인)

○ 축적변화계수(F_{LU}, F_{MG}, F_I)는 2006 IPCC 지침의 기본 배출계수 중 우리나라 농경지 토양 환경을 대표하는 것으로 판단되는 값을 적용하며, 다만 국가고유배출계수가 있는 경우에는 국가 고유 배출계수를 적용

[초지관리 종류별 축적변화계수 기본 값]

종류	수준	기후형	기본 계수
토지이용(FLU)	전체 초지	전체	1.0
초지관리 상태(FMG)	지속적으로 관리되는 손상 없는 초지 (Nominally managed; non-degraded)	전체	1.0
	손상된 비관리 초지(Moderately degraded)	온/한대	0.95
	장기적으로 손상된 초지(Severely degraded)	전체	0.7
	정기적으로 관리되는 초지 (시비, 종자개량, 관개 등 포함)(Improved)	온/한대	1.14
유기물 시용(FI) (초지 개선을 위한 시비에 한함)	기본적 시용(Nominal)	전체	1.0
	초지개선을 위한 추가 시용(High)	온/한대	1.11

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 Table 6.2

주) 신규 국가고유 배출계수 개발과 고시 현황에 따라 적용계수와 하위범주 구분 변경 가능

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[초지로 유지된 초지 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
초지면적	목장용지 면적	통계청 (지적통계)

－ 활동자료 확보

- 초지면적은 시군구 단위로 통계가 제공되고 있어, 원자료를 그대로 사용

[초지로 유지된 초지 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
초지면적	목장용지 면적	지적통계의 초지면적 원자료 사용

☞ 타토지에서 전용된 초지(4C2)

(1) 배출·흡수원

- 초지 토양에서 발생하는 무기질 토양의 유기탄소 축적 변화에 따른 CO₂ 배출·흡수량 산정
- 우리나라 초지에는 유기토양이 존재하지 않는 것으로 간주(NO)

(2) 배출·흡수량 산정식

- 2006 IPCC 지침에 제시된 타토지에서 전용된 초지의 무기질 토양 탄소 축적변화량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용

<타토지에서 전용된 초지의 토양탄소 축적변화량 산정식>

$$\Delta C_{Soils} = \Delta C_{Mineral} - \Delta C_{Organic} + \Delta C_{Inorganic}$$

ΔC_{Soils}	: 초지로 유지된 초지의 연간 토양탄소 축적변화[t C/yr]
$\Delta C_{Mineral}$: 초지로 유지된 초지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화[t C/yr]
$\Delta C_{Organic}$: 유기토양에서 연간 손실되는 탄소[t C/yr]
$\Delta C_{Inorganic}$: 토양의 연간 무기탄소 축적량의 변화[t C/yr], Tier 3 미 적용 시 0

출처: 2006 IPCC 지침 Vol. 4 Equation 2.24

- 전용된 초지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화($\Delta C_{LGM_{Mineral}}$, $\Delta C_{GL_{Mineral}}$)는 초지로 유지된 초지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화량 산정식과 동일

(3) 배출·흡수계수

- 초지로 유지된 초지(5C1)와 동일한 계수 적용하며, 다만 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 적용
- 타토지의 축적변화계수(F_{LU} , F_{MG} , F_I)는 변화가 없다고 가정하여 무기질 토양 기본 탄소축적량을 0으로 적용(예: 타토지에서 전용된 초지의 무기질 토양의 연간 탄소축적변화량 산정식에서 타토지의 탄소축적량(SOC_(0-T))은 0으로 계산)

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[타토지에서 전용된 초지 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
초지면적	목장용지 면적	통계청 (지적통계)

－ 활동자료 확보

- 초지면적은 시군구 단위로 통계가 제공되고 있어, 원자료를 그대로 사용

[타토지에서 전용된 초지 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
초지면적	목장용지 면적	지적통계의 초지면적 원자료 사용

☞ 습지(4D)

- 산림지, 농경지, 초지, 정주지에 포함되지 않는 토지에서 인위적 침·배수가 일어나는 인공 침수지의 온실가스 배출량을 산정
- 국내에는 이탄지의 면적이 극히 적어¹²⁾, 거의 없으므로 발생하지 않음으로 표기(NO)
- 연안습지는 활동자료 및 배출·흡수계수 미비로 미산정(NE)
- 타토지에서 전용된 습지(4D2)의 CO₂ 배출량은 산정(E), CH₄ 배출량은 습지로 유지되는 습지(4D1)에 포함된다는 가정을 적용하여 보고(IE)

[습지 부문의 배출·흡수원과 온실가스 종류]

CRF 코드	배출·흡수원		온실가스	탄소저장고	산정 여부
	전용전 (하위범주)	전용후 (하위범주)			

4D 습지(Wetlands)

4D1	습지로 유지된 습지				
	습지	습지	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	이탄토지	NO
				인공침수지	NE, E, NE
				연안습지	NE
4D2	타토지에서 전용된 습지				
	타토지	습지	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	이탄토지	NO
				인공침수지	E, IE, NE
			연안습지	NE	E

☞ 습지로 유지된 습지(4D1)

(1) 배출원

- 2006 IPCC 지침 Vol.4 Appendix 3에 따라 인공침수지의 공기와 물 경계면에서 발생하는 분자 확산에 따른 CH₄ 배출량을 산정
- 인공 침수지의 공기와 물 경계면에서 발생하는 분자 확산에 따른 N₂O 배출량은 2006 IPCC 지침에서 제시하는 기본 배출계수가 부재하므로 산정에서 제외
- CH₄ 기포발생량은 2006 IPCC 지침에서 산정을 위한 기본 배출계수를 제시하고 있지 않으므로 산정에서 제외

12) The Global Peatland CO₂ Picture(Wetlands International, 2010), Table 4, p.8. 우리나라 전국토에서 이탄지가 차지하는 면적 비율이 0.0047%인 것으로 나타남.

(2) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Vol.4 Appendix 3에서 제시된 습지에서의 분자확산(diffusion) 배출량 산정을 위한 Tier 1 방법론 적용

<인공침수지의 CH₄ 배출량 산정식>

$$CH_4 emissions_{WW flood} = P \times E(CH_4)_{diff} \times A_{flood total surface} \times 10^{-6}$$

$CH_4 emissions_{WW flood}$: 습지에서 발생하는 CH ₄ 총배출량[Gg CH ₄ /yr]
P	: 비결빙 기간[일, day]
$A_{flood, total surface}$: 전체 인공침수지 면적, 호수·강 포함[ha]
$E(CH_4)_{diff}$: 일일 평균 확산 CH ₄ 배출량[kg CH ₄ /ha/day]

출처: 2006 IPCC 지침, Appendix 3, Equation 3A.1, Ap3.2

참고: 활동자료(P, A) 관련 2006 IPCC 지침, Equation 3A.1, Ap3.2

(3) 배출계수

- 인공침수지에서 비결빙기 동안 일일 평균 확산 배출계수는 2006 IPCC 지침 Appendix 3에서 제시하는 CH₄ 확산 배출계수 기본값 0.150 kg CH₄/ha/day 적용¹³⁾하며, 다만 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 적용
- 연도별 비결빙기일수 P는 기상청의 기상관측지점에서 발표하는 연도별 결빙일수를 기초자료로 활용
 - 기초 : 최근접 관측소(101개 지점)의 결빙일수를 적용
 - 광역 : 포함 기초지역의 습지면적 비율을 고려하여 가중 평균값 적용

13) 2006 IPCC 지침, Appendix 3A.2, AP3.5

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[습지 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
습지면적	구거/유지 /양어장/하천 면적	통계청 (지적통계)
결빙일수	결빙일수	기상청

－ 활동자료 확보

- (습지면적) 습지면적은 시군구 단위로 통계가 제공되고 있어, 원자료를 그대로 사용
- (결빙일수) 지역별 최근접 관측지점의 결빙일수를 적용

[습지 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
습지면적	구거/유지 /양어장/하천 면적	지적통계의 초지면적을 원자료 그대로 사용
결빙일수	결빙일수	지역별 최근접 관측지점의 결빙일수를 적용

☞ 타토지에서 전용된 습지(4D2)

(1) 배출원

- 2006 IPCC 지침 Vol.4 Appendix 2에 따라 인공침수지의 공기와 물 경계면에서 발생하는 분자 확산에 따른 CO₂ 배출량을 산정
- 인공 침수지의 CO₂ 기포 배출량은 미미한 양이므로 산정에서 제외¹⁴⁾
- 최초 침수되어 습지가 된 시점으로부터 10년간 인공 침수지의 공기와 물 경계면에서 발생하는 분자 확산에 따른 CO₂ 배출량이 발생한다는 가정에 따라 산정¹⁵⁾

(2) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침 Vol.4 Appendix 2에서 제시된 습지에서 분자확산(diffusion) 배출량 산정을 위한 Tier 1 방법론 적용

<인공침수지로 전용된 토지에서 배출되는 CO₂ 배출량 산정식>

$$CO_2 emissions_{LW flood} = P \times E(CO_2)_{diff} \times A_{flood total surface} \times f_A \times 10^{-6}$$

$CO_2 emissions_{LW flood}$: 인공침수지로 전용된 토지에서 발생하는 CO ₂ 총배출량[Gg CO ₂ /yr]
P	: 비결빙 기간[일, day]
$A_{flood total surface}$: 전체 인공침수지 면적, 호수·강 포함[ha]
$E(CO_2)_{diff}$: 일일 평균 확산 CO ₂ 배출량[kg CO ₂ /ha/day]
f_A	: 전체 인공침수지 면적 대비 최근 10년 내 인공침수지로 전용된 면적 비율

출처: 2006 IPCC 지침, Appendix 2, Equation 2A.1, Ap2.3

참고: 활동자료(P, A) 관련 2006 IPCC 지침, Equation 2A.1, Ap2.3

(3) 배출계수

- 인공침수지에서 비결빙기 동안 일일 평균 확산 배출계수는 2006 IPCC 지침

14) 2006 IPCC 지침, Vol.4, Ap2.1

15) 2006 IPCC 지침, Vol.4, Appendix 2.1. 최초 침수로부터 10년이 지난 뒤에 발생하는 CO₂는 인공침수지 내에 침전되어 있는 유기물질 내에 저장되어 배출이 발생하지 않음(Houel 2003, Hélie 2004, Cole & Caraco 2001). 이에 따라 IPCC 지침에서 제시한 산정방법론은 타토지에서 전용되어 습지로 10년간 유지된 면적에서 발생하는 배출량 산정에만 해당됨.

GPG-LULUCF, Appendix 3a.3, 3.286. 인공침수지는 시계열별로 온실가스 배출량 수준이 상이한데, 최초 침수 이전 토양에 포함된 유기물질이 부패하면서 배출되는 CO₂가 최초 침수된 시점으로부터 10년간 발생하고, 그 이후에 발생하는 CO₂는 인공침수지로 전용된 물질에서 배출된다(S. Houel 2002; Hélie 2003).

Appendix 2에서 제시하는 온난온대 습윤지역에 해당하는 CO₂ 확산 배출계수 기본값 8.1 kg CO₂/ha/day 적용¹⁶⁾하며, 다만 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 적용

- 연도별 비결빙일수 P는 기상청의 기상관측지점에서 발표하는 연도별 결빙일수를 기초자료로 활용
 - 기초 : 최근접 관측소(101개 지점)의 결빙일수를 적용
 - 광역 : 포함 기초지역의 습지면적 비율을 고려하여 가중 평균값 적용

(4) 활동자료

- 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[습지 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
습지면적	구거/유지 /양어장/하천 면적	통계청 (지적통계)
결빙일수	결빙일수	기상청

- 활동자료 확보

- (습지면적) 습지면적은 시군구 단위로 통계가 제공되고 있어, 원자료를 그대로 사용
- (결빙일수) 지역별 최근접 관측지점의 결빙일수를 적용

[습지 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
습지면적	구거/유지 /양어장/하천 면적	지적통계의 초지면적 원자료 사용
결빙일수	결빙일수	지역별 최근접 관측지점의 결빙일수를 적용

16) 2006 IPCC 지침, Appendix 2A.2, AP2.6

☞ 정주지(4E)

- 현재 2006 IPCC 지침에서 제시한 정주지에서 유지된 정주지의 배출·흡수량 산정 방법론과 배출계수가 미비한 상황이며, 녹지로 전용된 정주지에 대한 활동자료(20년 이전부터 축적된 시계열 자료)가 부재한 이유로 미산정(NE)

[정주지 부문의 배출·흡수원과 온실가스 종류]

CRF 코드	배출·흡수원		온실가스	탄소저장고	산정 여부
	전용전 (하위범주)	전용후 (하위범주)			

4E 정주지(Settlements)

4E1	정주지로 유지된 정주지				
	정주지	정주지	CO ₂	입목 바이오매스	NE
				고사유기물 ¹⁷⁾	NE
				토양탄소	NE
4E2	타토지에서 전용된 정주지				NE

☞ 기타토지(4F)

- 기타토지로 유지된 기타토지는 2006 IPCC 지침에서 제시한 기준에 따라 산정대상에서 제외(NA)

[기타토지 부문의 배출·흡수원과 온실가스 종류]

CRF 코드	배출·흡수원		온실가스	탄소저장고	산정 여부
	전용전 (하위범주)	전용후 (하위범주)			

4F 기타토지(Other land)

4F1	기타토지로 유지된 기타토지			
	기타토지	기타토지	산정대상 제외	NA
4F2	타토지에서 전용된 기타토지			NE

17) 정주지 부문의 고사유기물과 토양탄소 배출량 산정방법론은 IPCC에서 제시되지 않아 산정하지 않고 있다 (GPG-LULUCF, Appendix3a.4, 3.295).

☞ 수확된 목재제품(4G)

(1) 배출원

- 수확된 목재제품(Harvested wood products; HWP)에 저장된 탄소의 축적 변화에 따른 CO₂ 배출·흡수량 산정. 수확된 목재제품의 온실가스 배출 및 흡수량은 기후변화협약 당사국총회(COP17)에서 합의된 ‘국내 산림에서 수확된 원목(이하 국산원목)으로부터 생산된 목재제품(HWP from domestically forest)’을 대상으로 함
- 산정방법은 2006 IPCC GL에서 제시된 생산접근법(production approach) 적용

(2) 배출량 산정식

- 목재제품 탄소축적량 변화: 2006 IPCC GL Tier 1 수준의 ‘축적차이법(stock change method)’을 적용

<산림에서 목재제품으로 유입된 탄소축적량 변화량 산정식(축적차이법)>

$$C_i(i+1) = e^{-k} \cdot C_i(i) + \left[\frac{(1-e^{-k})}{k} \right] \cdot Inflow_i(i)$$
$$\Delta C_i(i) = C_i(i+1) - C_i(i)$$

i	: 연도(년)
$C_i(i)$: i년도 초에 이용 중인 목재제품별(l) 탄소저장량(Mt C)
k	: 분해상수($k=\ln(2)/HL$, HL은 목재제품의 반감기)
$Inflow_i(i)$: i년도에 새롭게 유입(이용)되는 목재제품별(l) 탄소저장량(Mt C)
$\Delta C_i(i)$: i년도에 축적된 목재제품별(l) 탄소저장량(Mt C)

출처: 2006 IPCC GL Equation 12.1

- 이산화탄소 축적량으로의 전환: 임목의 생장에 따라 광합성에 의해 대기 중의 이산화탄소를 탄소의 형태로 저장하므로 목재제품 내 저장된 탄소는 대기 중의 이산화탄소와 동일함. 따라서, 도출된 탄소축적량을 이산화탄소로 전환하여 산정(44(이산화탄소 분자량)/12(탄소 분자량))

<목재제품 탄소축적량의) 이산화탄소 축적량으로의 전환>

$$\Delta CO_2(i) = -44/12 \cdot \sum_{l=1}^n \Delta C_l(i)$$

$\Delta CO_2(i)$: i년도에 축적된 이산화탄소저장량(Mt CO₂)

출처: 2019 Refinement to the 2006 IPCC GL Equation 12.1

(3) 배출계수

- 수확된 목재제품의 연간 탄소 흡수량 산정에 필요한 흡수계수인 기본밀도(D)와 탄소 분율(FR)를 곱한 탄소전환계수(CF)와 배출계수인 반감기(HL)는 2019 IPCC GL에서 제시한 기본값 적용

[수확된 목재제품의 탄소전환계수 기본값]

구분	기본밀도(D) (전건무게/기건무게) [Mg/m ³]	탄소분율(FR) [Mg C/Mg]	탄소전환계수(CF) [Mg C/m ³]
제재목	0.458	0.5	0.229
침엽수 제재목	0.45	0.5	0.225
활엽수 제재목	0.56	0.5	0.28
목질판상재	0.595	0.454	0.269
섬유판	0.691	0.427	0.295
파티클보드	0.596	0.451	0.269
OSB	0.573	0.463	0.265
합판	0.542	0.493	0.267
종이 및 판지	0.9*	—	0.386**

출처: 2019 Refinement to the 2006 IPCC GL Table 12.1

*단위: Mg/Mg (전건무게/기건무게)

**단위: Mg C/Mg

[수확된 목재제품의 반감기 기본값]

목록	반감기(HL, years)
제재목	35
목질판상재	25
종이 및 판지	2

출처: 2019 Refinement to the 2006 IPCC GL Table 12.3

(4) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[수화된 목재제품 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
제재목 생산량	목재이용실태조사	산림청
	협회 등록 제재목생산 업체수	목재협회 /목재공업협동조합
섬유판 생산량	목재이용실태조사	산림청
	시장점유율	사업보고서 (전자공시)
지류 생산량	목재이용실태조사	산림청
	지류 생산실적비율	명세서 (NGMS)

－ 활동자료 확보

- (제재목 생산량) 목재이용실태조사에 협회 등록된 제재목생산 업체 수의 비율을 반영하여 산정
- (섬유판 생산량) 목재이용실태조사에 사업보고서의 시장점유율을 반영하여 산정
- (지류 생산량) 목재이용실태조사에 명세서의 제지생산실적 비율을 반영하여 산정

[습지 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
제재목 생산량	목재이용실태조사	국가활동량에 협회에 등록된 제재목생산 업체수의 비율을 반영하여 산정
섬유판 생산량	목재이용실태조사	국가활동량에 사업보고서의 시장점유율을 반영하여 산정
지류 생산량	목재이용실태조사	국가활동량에 명세서의 제지생산실적 비율을 반영하여 산정

☞ 기타(4(I)~(V))

- LULUCF 분야의 CRF Table 4(I)부터 4(V)는 여러 토지이용 부문에 걸쳐서 발생하는 온실가스의 활동자료와 배출량을 별도 보고하며, 해당 배출원들의 배출량은 Table 4 부문별 배출량에 합산하여 보고함
- 활동자료의 부재와 배출계수의 미비로 습지 배수로 인한 non-CO₂ 배출(4(II))과 농경지로의 전용에 따른 N₂O 배출(4(I))을 제외한 타 배출원은 미산정(NE)

[LULUCF 분야 기타 보고항목(4(I)~4(V))의 배출원과 온실가스 종류]

CRF 코드	배출원	온실가스	탄소저장고	산정 여부		
4(I) 관리된 토양의 질소 시비로 인한 N ₂ O 직접배출						
4(I)A	산림지로 유지된 산림지	N ₂ O	토양탄소	NE		
	타토지에서 전용된 산림지			NE		
4(I)D	습지로 유지된 습지			NE		
	타토지에서 전용된 습지			NE		
4(I)E	정주지로 유지된 정주지			NE		
	타토지에서 전용된 정주지			NE		
4(II) 유기/무기토양의 배수/재침수/기타관리로 인한 배출 · 흡수						
4(II)A	산림지	CH ₄ , N ₂ O	토양탄소	NE		
4(II)B	농경지			NE		
4(II)C	초지			NE		
4(II)D	습지			E, NE		
4(III) 토지이용 전용 및 무기토양 관리에 따른 질소 무기/고정화 관련 N ₂ O 배출						
4(III)A	산림지로 유지된 산림지	N ₂ O	토양탄소	NE		
	타토지에서 전용된 산림지			NE		
4(III)B	농경지로 유지된 농경지			NA		
	타토지에서 전용된 농경지			E		
4(III)C	초지로 유지된 초지			NE		
	타토지에서 전용된 초지			NE		
4(III)D	습지로 유지된 습지			NE		
	타토지에서 전용된 습지			NE		
4(III)E	정주지로 유지된 정주지			NE		
	타토지에서 전용된 정주지			NE		
4(III) N ₂ O 간접배출				NE		
4(V) 바이오매스 연소에 의한 non-CO ₂ 배출						

CRF 코드	배출원	온실가스	탄소저장고	산정 여부
4(V)A	산림지로 유지된 산림지	CH ₄ , N ₂ O	바이오매스	NE
	타토지에서 전용된 산림지			NE
4(V)B	농경지로 유지된 농경지			NE
	타토지에서 전용된 농경지			NE
4(V)C	초지로 유지된 초지			NE
	타토지에서 전용된 초지			NE
4(V)D	습지로 유지된 습지			NE
	타토지에서 전용된 습지			NE
4(V)E	정주지			NE
4(V)F	기타토지			NE

*4(III)B에서 농경지로 유지된 농경지는 농경지 전용이 없어 교란되지 않았다고 가정하므로 배출이 없음(NA)

≡ 습지 배수로 인한 non-CO₂ 배출(4(II)D)

- 습지 배수로 인한 non-CO₂ 배출은 습지로 유지된 습지(5D1)의 CH₄ 배출량과 동일한 항목으로 해당 분야의 산정방법론을 사용
- 부문 총량 산정시 습지로 유지된 습지(4D1) 배출원과 중복산정하지 않도록 주의

≡ 농경지로의 전용에 따른 N₂O 배출(4(III)B)

- 농경지로의 전용에 따른 N₂O 배출은 타토지에서 전용된 농경지(4B2)의 N₂O 배출량과 동일한 항목으로 해당 분야의 산정방법론을 사용
- 부문 총량 산정시 타토지에서 전용된 농경지(4B2) 배출원과 중복산정하지 않도록 주의

(1) 배출원

- 농경지 전용과정에서 발생하는 토양산화에 따른 N₂O 배출량 산정

(2) 배출량 산정식

- 전용된 농경지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화($\Delta C_{LCMineral}$, $\Delta C_{CLMineral}$)는 농경지로 유지된 농경지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화량 산정식과 동일
- GPG-LULUCF에 제시된 타토지의 농경지 전용과정의 N₂O 배출량 산정을 위한 Tier 1 방법론을 적용

<타토지에서 전용된 농경지의 무기질 토양 N₂O 배출량 산정식>

$$N_{2O_{conv}} = EF_1 \times N_{net-min} \times 44/28 \times 10^{-6}$$

$$N_{net-min} = \Delta C_{LCMineral} \times 1/C:N \text{ ratio}$$

$N_{2O_{conv}}$: 산림지, 초지, 기타 토지 등에서 농경지로 전용하는 과정의 N ₂ O 배출량[Gg N ₂ O/yr]
EF_1	: 무기질 비료, 분뇨, 작물잔사 등의 형태로 농경지에 추가되는 질소 배출계수 (2006 IPCC 기본 배출계수 0.01 kg N ₂ O-N/kg N)
$N_{net-min}$: 토지전용 과정에서 무기질화되는 토양유기물의 질소 배출량[kg N/yr]
$\Delta C_{LCMineral}$: 타토지에서 전용된 농경지의 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화[kg C/yr]
C:N ratio	: 토양유기물의 탄소·질소 비율[kg C/kg N]
44/28	: N ₂ O 전환계수

출처: GPG-LULUCF, Equation 3.3.14, 3.3.15, 3.94

(3) 배출계수

- 농경지 전용에 따른 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침에 제시된 기본 배출계수 0.01 kg N₂O-N/kg N을 적용하고 토양유기물의 탄소·질소 비율 기본값 15를 적용하며, 다만 국가고유 배출계수가 있는 경우에는 국가고유 배출계수를 적용

(4) 활동자료

- 타토지에서 전용된 농경지 무기질 토양의 연간 탄소 축적변화($\Delta C_{LCMineral}$)는 농경지 부문 타토지에서 전용된 농경지(4B2)와 동일

Guidelines for Regional GHG Inventories

6장 폐기물 분야 산정지침

6장 폐기물 분야 산정지침

1 배출원

- 폐기물 분야 배출원은 폐기물 매립, 하·폐수처리, 폐기물 소각, 기타(고형폐기물의 생물학적처리) 부문으로 구분되며 폐기물 처리과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 배출원별로 산정

[폐기물 분야 온실가스 배출원 및 온실가스]

CRF 코드		배출원		온실가스
5A	5A1	관리형 매립		CH ₄
	5A2	비관리형매립		CH ₄
5B		고형폐기물의 생물학적 처리		CH ₄ , N ₂ O
5C		폐기물 소각		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
5D	5D1	하수처리	공공하수처리	CH ₄
			분뇨처리*	N ₂ O
			미차집 및 미처리	CH ₄
			고도처리	N ₂ O
	5D2	폐수처리		CH ₄

* 인간의 분뇨처리만 산정하며 가축분뇨의 경우 농업 분야 가축분뇨처리 부문(4B)에서 다루고 있음

2 산정방법 및 배출계수

☞ 폐기물매립- 관리형 매립(5A1)

(1) 배출량 산정식

- 2006 IPCC 지침의 Tier 2 방법(First Order Decay; FOD method)을 적용하여 산정

<폐기물매립 부문 CH₄ 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E) = [\sum CH_4 \text{ 발생량}_{x,T} - R_T] \times (1 - OX_T)$$

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

$$DDOC_{maT} = DDOC_{mdT} + (DDOC_{maT-1} \times e^{-k})$$

$$DDOC_{m,decompT} = DDOC_{maT-1} \times (1 - e^{-k})$$

$$CH_4 \text{ 발생량}_{x,T} = DDOC_{m,decompT} \cdot F \cdot 16/12$$

배출량(E)	: T년도에 배출된 CH ₄ (Gg)
T	: CH ₄ 발생량을 산정하는 해당년도(인벤토리 연도)
x	: 폐기물 카테고리나 성상/물질
R_T	: T년도에 회수된 CH ₄ (Gg)
OX_T	: T년도의 산화율(분율)
$DDOC_m$: 혐기적으로 분해 가능한 매립된 DOC의 총량 (Gg)
$DDOC_{maT}$: T연도까지 SWDS에 축적된 DDOC _m (Gg)
$DDOC_{maT-1}$: (T-1)연도까지 SWDS에 축적된 DDOC _m (Gg)
$DDOC_{mdT}$: T연도까지 SWDS에 매립된 DDOC _m (Gg)
$DDOC_{m,decompT}$: T연도에 SWDS에서 혐기적으로 분해된 DDOC _m (Gg)
W	: 매립된 폐기물의 총량 (Gg)
MCF	: CH ₄ 보정계수(Methane Correction Factor)
DOC	: 분해 가능한 유기탄소 함량 (Gg-C/Gg-waste)
DOC_f	: 혐기적으로 분해 가능한 폐기물 내 유기탄소 비율
F	: 매립가스 중 CH ₄ 성분비
k	: CH ₄ 발생속도 상수

(2) 배출계수와 매개변수

○ 배출계수와 매개변수는 2006 IPCC 지침에서 제시하는 기본 값 또는 국가고유 배출계수 적용

[폐기물매립-관리형 적용 배출계수]

유형	세부성상	적용수치					
		DOC	DOC _F	k	F	OX	MCF
생활 폐기물	음식물	0.1319	0.6343	0.05	0.5629	0.1	1.0
	종이류	0.3349	0.6256				
	목재류	0.3685	0.4446				
	플라스틱	-	0.5000				
	고무피혁	0.4625	0.5000				
	기타가연분	0.2850	0.5000				
	불연분	-	0.5000				

유형	세부성상	적용수치					
		DOC	DOC _F	k	F	OX	MCF
사업장 폐기물	폐지류	0.3349	0.6256	0.05	0.5629	0.1	1.0
	폐목재류	0.3685	0.4446				
	폐섬유천류	0.3415	0.5000				
	폐합성수지류	-	0.5000				
	폐합성고무	-	0.5000				
	폐피혁	0.4939	0.5000				
	폐수처리오니	0.1845	0.5000				
	공정오니	0.1845	0.5000				
	정수처리오니	0.1845	0.5000				
	하수처리오니	0.1036	0.5000				
	동식물성 폐잔재물	0.2272	0.5000				
	폐식용유	0.7196	0.5000				
	기타가연분	0.2850	0.5000				
	불연분	-	0.5000				
건설 폐기물	종이류	0.3349	0.6256	0.05	0.5629	0.1	1.0
	나무류	0.3685	0.4446				
	플라스틱	-	0.5000				
	섬유류	0.3415	0.5000				
	폐보드류	0.0100	0.5000				
	폐판넬	0.0100	0.5000				
	혼합건설폐기물	0.0100	0.5000				
	기타가연분	0.2850	0.5000				
	불연분	-	0.5000				
지정 폐기물	혼합(bulk)	0.1500	0.5000	0.05	0.5629	0.1	1.0
	폐산	-	0.5000				
	폐알칼리	-	0.5000				
	폐유	-	0.5000				
	폐유기용제	-	0.5000				
	폐합성 고분자화합물	-	0.5000				
	분진	-	0.5000				
	오니류	0.1845	0.5000				
	의료폐기물류	0.1500	0.5000				
	기타	-	0.5000				

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 전국폐기물 발생 및 처리현황 통계의 처리업체 보고량을 활용하고, 보고된 사업장의 주소지를 기준으로 활동자료 수합

[폐기물매립-관리형 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
매립량	매립량	환경부 (전국폐기물발생 및 처리현황)
메탄회수량	매립지별 메탄회수량	환경부 (전국폐기물발생 및 처리현황)

－ 활동자료 확보

- (매립량) 전국폐기물 발생 및 처리현황의 처리량과 발생량 비율사용
- (메탄회수량) 전국 폐기물 발생 및 처리현황의 매립지별 메탄회수량 사용

[폐기물매립-관리형 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
매립량	매립량	전국폐기물 발생 및 처리현황의 업체별 처리량 사용
	성상별 매립비율	전국폐기물 발생 및 처리현황의 시도별 발생량 비율 사용
메탄회수량	메탄회수량	매립지별 메탄회수량 사용

☞ 폐기물매립- 비관리형 매립(5A2)

(1) 배출량 산정식

○ 2006 IPCC 지침의 Tier 2 방법(First Order Decay; FOD method)을 적용하여 산정

<p style="text-align: center;"><폐기물매립 부문 CH₄ 배출량 산정식></p> $\text{배출량}(E) = [\sum CH_4 \text{ 발생량}_{x,T} - R_T] \times (1 - OX_T)$ $DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$ $DDOC_{maT} = DDOC_{mdT} + (DDOC_{maT-1} \times e^{-k})$ $DDOC_{m,decompT} = DDOC_{maT-1} \times (1 - e^{-k})$ $CH_4 \text{ 발생량}_{x,T} = DDOC_{m,decompT} \cdot F \cdot 16/12$	
배출량(E)	: T년도에 배출된 CH ₄ (Gg)
T	: CH ₄ 발생량을 산정하는 해당년도(인벤토리 연도)
x	: 폐기물 카테고리나 성상/물질
R_T	: T년도에 회수된 CH ₄ (Gg)
OX_T	: T년도의 산화율(분율)
$DDOC_m$: 혐기적으로 분해 가능한 매립된 DOC의 총량 (Gg)
$DDOC_{maT}$: T연도까지 SWDS에 축적된 DDOC _m (Gg)
$DDOC_{maT-1}$: (T-1)연도까지 SWDS에 축적된 DDOC _m (Gg)
$DDOC_{mdT}$: T연도까지 SWDS에 매립된 DDOC _m (Gg)
$DDOC_{m,decompT}$: T연도에 SWDS에서 혐기적으로 분해된 DDOC _m (Gg)
W	: 매립된 폐기물의 총량 (Gg)
MCF	: CH ₄ 보정계수(Methane Correction Factor)
DOC	: 분해 가능한 유기탄소 함량 (Gg-C/Gg-waste)
DOC_f	: 혐기적으로 분해 가능한 폐기물 내 유기탄소 비율
F	: 매립가스 중 CH ₄ 성분비
k	: CH ₄ 발생속도 상수

(2) 배출계수와 매개변수

○ 배출계수와 매개변수는 2006 IPCC 지침에서 제시하는 기본 값 또는 국가고유 배출계수 적용

[폐기물매립-비관리형 부문 적용 배출계수]

유형	세부성상	적용수치					
		DOC	DOC _F	k	F	OX	MCF*
							≥5m <5m

유형	세부성상	적용수치						
		DOC	DOC _F	k	F	OX	MCF*	
							≥5m	<5m
생활 폐기물	음식물	0.1319	0.6343	0.05	0.5	0	0.8	0.4
	종이류	0.3349	0.6256					
	목재류	0.3685	0.4446					
	플라스틱	-	0.5000					
	고무피혁	0.4625	0.5000					
	기타가연분	0.2850	0.5000					
	불연분	-	0.5000					
사업장 폐기물	폐지류	0.3349	0.6256	0.05	0.5	0	0.8	0.4
	폐목재류	0.3685	0.4446					
	폐섬유천류	0.3415	0.5000					
	폐합성수지류	-	0.5000					
	폐합성고무	-	0.5000					
	폐피혁	0.4939	0.5000					
	폐수처리오니	0.1845	0.5000					
	공정오니	0.1845	0.5000					
	정수처리오니	0.1845	0.5000					
	하수처리오니	0.1036	0.5000					
	동식물성 폐잔재물	0.2272	0.5000					
	폐식용유	0.7196	0.5000					
	기타가연분	0.2850	0.5000					
	불연분	-	0.5000					
건설 폐기물	종이류	0.3349	0.6256	0.05	0.5	0	0.8	0.4
	나무류	0.3685	0.4446					
	플라스틱	-	0.5000					
	섬유류	0.3415	0.5000					
	폐보드류	0.0100	0.5000					
	폐판넬	0.0100	0.5000					
	혼합건설폐기물	0.0100	0.5000					
	기타가연분	0.2850	0.5000					
	불연분	-	0.5000					
지정 폐기물	혼합(bulk)	0.1500	0.5000	0.05	0.5	0	0.8	0.4
	폐산	-	0.5000					
	폐알칼리	-	0.5000					
	폐유	-	0.5000					
	폐유기용제	-	0.5000					
	폐합성 고분자화합물	-	0.5000					
	분진	-	0.5000					
	오니류	0.1845	0.5000					
	의료폐기물류	0.1500	0.5000					
	기타	-	0.5000					

* CH₄ 보정계수 : 평균 매립고를 기준으로 2006 IPCC 지침에 제시된 기본 값을 적용

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 전국폐기물 발생 및 처리현황 통계의 처리업체 보고량을 활용하고, 보고된 사업장의 주소지를 기준으로 활동자료 수합

[폐기물매립-비관리형 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
매립량	매립량	환경부 (전국폐기물발생 및 처리현황)
메탄회수량	처리소별 메탄회수량	환경부 (전국폐기물발생 및 처리현황)

－ 활동자료 확보

- (매립량) 전국폐기물 발생 및 처리현황의 처리량과 발생량 비율사용
- (메탄회수량) 환경공단에서 조사된 매립지별 메탄회수량 사용

[폐기물매립-비관리형 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
매립량	매립량	전국폐기물 발생 및 처리현황의 업체별 처리량 사용
	성상별 매립비율	전국폐기물 발생 및 처리현황의 시도별 발생량 비율 사용
메탄회수량	메탄회수량	매립지별 메탄회수량 사용

☞ 생물학적 처리(5B)

(1) 배출량 산정식

– 메탄(CH₄)

- 생물학적처리시설(퇴비화, 혐기성소화)의 CH₄ 배출량은 처리되는 폐기물량에 배출계수를 곱하고 CH₄ 회수량을 제외하여 산정

<생물학적 처리 부문 CH₄ 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E) = [\text{배출계수}(EF) \times \text{유기폐기물 총량}(M) \times 10^{-3}] + \text{혐기성소화조 누출량}$$

배출량(E) : 혐기성 분해시설(퇴비화, 혐기성소화)에 따른 CH₄ 배출량[t CH₄/yr]
 배출계수(EF) : 혐기성 분해시설(퇴비화, 혐기성소화)에 따른 CH₄ 배출계수[g CH₄/kg]
 유기폐기물총량(M) : 혐기성 분해시설(퇴비화·혐기성소화)에서 생물학적으로 분해된 폐기물 총량[t/yr]
 CH₄ 회수량(R) : 회수된 CH₄ 총량[t CH₄/yr]

<혐기성 소화조 누출량 산정식>

$$\text{혐기성소화조 누출량} = \left[\frac{\text{CH}_4 \text{ 회수량}(R)}{0.9} \right] \times \text{누출률}(10\%)$$

– 아산화질소(N₂O)

- 생물학적 처리시설(퇴비화, 혐기성소화) N₂O 배출량은 대상 폐기물량에 배출 계수를 곱하여 산정

<생물학적 처리 부문 N₂O 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E) = \sum [\text{배출계수}(EF) \times \text{유기폐기물 총량}(M)] \times 10^{-3}$$

배출량(E) : 혐기성 분해시설(퇴비화, 혐기성소화)에 따른 N₂O 배출량[t N₂O]
 배출계수(EF) : 혐기성 분해시설(퇴비화, 혐기성소화)에 따른 배출계수[g N₂O/kg]
 유기폐기물총량(M) : 혐기성 분해시설(퇴비화, 혐기성소화)에서 생물학적으로 분해된 폐기물 총량[t/yr]

(2) 배출계수와 매개변수

- 2006 IPCC 지침에서 제시하는 기본 배출계수 또는 국가고유 배출계수 적용

[생물학적처리 부문 적용 배출계수]

처리방법	CH ₄ 배출계수 (g CH ₄ /kg waste)	N ₂ O 배출계수 (g N ₂ O/kg waste)	비고
퇴비화	4	0.24	습량 기준
혐기성소화	0.8	-	

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[생물학적처리 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
처리량	퇴비화·협기성소화 처리량	환경부 (전국폐기물발생 및 처리현황)
메탄회수량	처리소별 메탄회수량	환경부 (전국폐기물발생 및 처리현황)

－ 활동자료 확보

- (처리량) 전국폐기물 발생 및 처리현황의 생물학적처리(퇴비화·협기성소화) 활동량을 사용
- (메탄회수량) 환경공단에서 조사된 처리소별 메탄회수량 사용

[생물학적처리 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
처리량	퇴비화·협기성소화 처리량	전국폐기물 발생 및 처리현황의 처리소별 처리량 사용
메탄회수량	처리소별 메탄회수량	환경공단에서 조사된 처리소별 메탄회수량 사용

☞ 폐기물 소각(5C)

(1) 배출량 산정식

－ 이산화탄소(CO₂)

- 폐기물소각 부문에서 발생하는 CO₂ 배출량은 폐기물 종류(생활폐기물, 사업장 배출시설계 폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물)에 따른 성상별 소각량을 고려하여 산정

<폐기물소각 부문 CO₂ 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E_i) = \sum (SW_{i,j} \times DM_{i,j} \times CF_{i,j} \times FCF_{i,j} \times OF_{i,j}) \times 44/12 \times 10^{-3}$$

배출량(E _i)	: 폐기물종류 i(생활,사업장배출시설계,건설,지정) 소각에 따른 배출량[Gg CO ₂ /yr]
소각량(SW _{i,j})	: 폐기물종류 i(생활,사업장배출시설계,건설,지정)에 따른 습량기준 성상 j의 소각량[t waste/yr]
건조물질 함량(DM _{i,j})	: 폐기물종류 i(생활,사업장배출시설계,건설,지정)에 따른 성상 j의 건조물질함량 [%]
탄소함량(CF _{i,j})	: 폐기물종류 i(생활,사업장배출시설계,건설,지정)에 따른 성상 j의 건조물질 중 탄소함량 [%]
화석탄소 함량(FCF _{i,j})	: 폐기물종류 i(생활,사업장배출시설계,건설,지정)에 따른 성상 j의 총 탄소량 중 화석탄소함량 [%]
산화계수(OF _{i,j})	: 폐기물종류 i(생활,사업장배출시설계,건설,지정)에 따른 성상 j의 산화계수 [%]

－ 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O)

- 폐기물소각 시 발생하는 N₂O, CH₄ 배출량은 폐기물 종류별(생활폐기물, 사업장배출시설계 폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물) 소각처리량에 실측을 통해 마련한 N₂O, CH₄ 고유 배출계수를 곱하여 산정

<폐기물소각 부문 N₂O, CH₄ 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E_i) = \text{활동자료}(A_i) \times \text{배출계수}(EF_i) \times 10^{-9}$$

배출량(E _i)	: 폐기물종류별(생활, 사업장배출시설계, 건설, 지정) 소각에 따른 N ₂ O, CH ₄ 배출량[Gg N ₂ O/yr, Gg CH ₄ /yr]
활동자료(A _i)	: 폐기물종류별(생활, 사업장배출시설계, 건설, 지정) 소각량[t waste/yr]
배출계수(EF _i)	: 폐기물종류별(생활, 사업장배출시설계, 건설, 지정) N ₂ O, CH ₄ 배출계수 [g N ₂ O/t waste, g CH ₄ /t waste]

(2) 배출계수와 매개변수

– 이산화탄소(CO₂)

- 폐기물 종류(생활폐기물, 사업장배출시설계폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물)에 따른 성상별 탄소함량, 건조물질함량은 국가고유배출계수 및 2006 IPCC 지침에서 제시하는 기본 값을 적용

[폐기물소각 부문(CH₄) 활동자료 출처]

유 형	성 상	DM _{ij}	CF _{ij}	FCF _{ij}	OF _{ij}	비고
생활 폐기물	종이/판지	0.7951 ¹⁾	0.4276 ¹⁾	0.01	1 ³⁾	도시고형 폐기물 (MSW)
	음식물	0.4	0.38	—		
	고무/가죽 ²⁾	0.9343 ¹⁾	0.5705 ¹⁾	0.2		
	플라스틱	0.8605 ¹⁾	0.7630 ¹⁾	1		
	목재	0.85	0.5	—		
	유리	1	NA	NA		
	금속	1	NA	NA		
	기타(가연성)	0.5548 ¹⁾	0.5137 ¹⁾	1		
	기타(불연성)	0.9	0.03	1		
사업장 배출시설계폐 기물	하수처리오니	0.227 ¹⁾	0.4566 ¹⁾	0 ³⁾	1 ³⁾	하수 슬러지
	폐지	0.6997 ¹⁾	0.4252 ¹⁾	0.01		하수 슬러지 외
	폐섬유	0.9897 ¹⁾	0.5488 ¹⁾	0.16		
	폐합성수지	0.9803 ¹⁾	0.6695 ¹⁾	0.8		
	폐합성고무	0.9978 ¹⁾	0.8293 ¹⁾	0.17		
	폐피혁	0.9843 ¹⁾	0.5779 ¹⁾	0.03 ²⁾		
	폐수처리오니	0.425 ¹⁾	0.4737 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	공정오니	0.3197 ¹⁾	0.4246 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	정수처리오니	0.1677 ¹⁾	0.4143 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	동식물성 폐잔류물	0.435 ¹⁾	0.5222 ¹⁾	0		
	폐식용유	0.985 ¹⁾	0.7305 ¹⁾	0		
	폐목재	0.8846 ¹⁾	0.6060 ¹⁾	0		
	소각재	0.8684 ¹⁾	0.3097 ¹⁾	0.03 ²⁾		
	기타	0.9	0.04	0.03		

유 형	성 상	DM _{ij}	CF _{ij}	FCF _{ij}	OF _{ij}	비고
건설 폐기물	폐목재	0.8846 ¹⁾	0.606 ¹⁾	0	1 ³⁾	사업장 폐기물 (IW)
	폐합성수지	0.9803 ¹⁾	0.6695 ¹⁾	0.8		
	폐섬유	0.9897 ¹⁾	0.5488 ¹⁾	0.16		
	폐벽지	0.966 ¹⁾	0.4069 ¹⁾	0.01		
	폐보드류	0.983 ¹⁾	0.2216 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	폐판넬	0.985 ¹⁾	0.6179 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	기타	0.9	0.04	0.03		
지정폐기물	공정오니	0.3197 ¹⁾	0.4246 ¹⁾	0.9 ³⁾	1 ³⁾	유해 폐기물 (HW)
	기타 폐유기용제	0.1783 ¹⁾	0.4000 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	소각재	0.9943 ¹⁾	0.2652 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	폐농약	0.3233 ¹⁾	0.3503 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	폐수처리오니	0.5667 ¹⁾	0.2796 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	폐유	0.9650 ¹⁾	0.6207 ¹⁾	1 ³⁾		
	폐유독물	0.3823 ¹⁾	0.6054 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	폐촉매	0.9840 ¹⁾	0.1199 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	폐페인트 및 폐락카	0.4763 ¹⁾	0.7865 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	폐합성고무	0.8354 ¹⁾	0.8162 ¹⁾	0.17 ³⁾		
	폐합성수지	0.8312 ¹⁾	0.6757 ¹⁾	0.8 ³⁾		
	폐흡착제 및 폐흡수제	0.9970 ¹⁾	0.8227 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	할로겐족유기용 제	0.0057 ¹⁾	0.7554 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	PCB함유폐기 물	0.8793 ¹⁾	0.9190 ¹⁾	0.9 ³⁾		
	기타	0.9	0.04	0.03		
	의료폐기물	0.6945 ¹⁾	0.5123 ¹⁾	0.4 ³⁾		

* 출처: 1) 국가온실가스 배출계수 개발값

2) IPCC 2006, 기타 화석탄소 함량 적용

3) IPCC 2006, 사업장폐기물, 병원성폐기물의 화석탄소 함량 및 폐기물 종류별 산화계수 적용

– 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O)

○ 국가고유 배출계수 적용

[폐기물소각 부문(CH₄, N₂O) 활동자료 출처]

폐기물 종류	N ₂ O 배출계수 (g N ₂ O/t waste)	CH ₄ 배출계수 (g CH ₄ /t waste)
생활폐기물	52.1	6.1
사업장배출시설계폐기물	129.7	13.9
하수슬러지	449.1	76.3
건설폐기물/지정폐기물(의료폐기물 외)	129.7	13.9
지정폐기물(의료폐기물)	94.5	2.8

* 국가고유 배출계수는 생활폐기물, 사업장배출시설계폐기물, 하수슬러지, 지정폐기물(의료폐기물)임

* 건설폐기물 및 지정폐기물(의료폐기물 외)은 사업장배출시설계폐기물과 동일하게 적용

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 전국폐기물 발생 및 처리현황 통계의 처리업체 보고량을 활용하고, 보고된 사업장의 주소지를 기준으로 활동자료 수합

[폐기물소각 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
소각량	소각량	환경부 (전국폐기물발생 및 처리현황)

－ 활동자료 확보

- (소각량) 전국폐기물 발생 및 처리현황의 처리량과 발생량 비율사용

[폐기물소각 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
소각량	소각량	전국폐기물 발생 및 처리현황의 업체별 처리량 사용
	성상별 소각비율	전국폐기물 발생 및 처리현황의 시도별 발생량 비율 사용

☞ 하·폐수처리 - 하수처리(5D1)

(1) 배출량 산정식

- 공공하수처리(5D1a)

- 공공하수처리의 CH₄ 배출량은 2006 IPCC 지침의 방법론에 따르되, 소득수준별(고소득, 저소득) 인구통계 및 처리방식 비율 등은 국내 실정에 맞지 않아 산정방법을 일부 수정하여 적용
- 국내 하수처리방식은 소득수준별로 유의미하지 않으므로, 「하수도 통계」자료를 활용하여 공공하수처리비율과 폐수종말처리비율로 구분한 활동자료에 배출계수를 곱하여 산정하며 여기에 CH₄ 회수량을 제외하여 최종 배출량 산정

<공공하수처리 CH₄ 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E) = \left[\sum_{i,j} (T_{i,j} \cdot EF_j) \right] (TOW - S) - R$$

배출량(E)	: 하수로부터 배출되는 CH ₄ 배출량[t CH ₄ /yr]
U _i	: 당해년 수입그룹 i별 인구비율[1.00%]
T _{i,j}	: 하수처리시스템별 인구비율
EF _j	: 하수처리방식별 CH ₄ 배출계수[t CH ₄ /t BOD]
TOW	: 하수 BOD 부하량[t BOD/yr]
S	: 하수 중 슬러지로 제거되는 유기물[t BOD/yr]
CH ₄ 회수량(R)	: CH ₄ 회수량[t CH ₄ /yr]

- 공공하수처리시설의 혐기성소화조에서 누출되어 발생하는 CH₄는 2006 IPCC 지침의 방법론에 따라 혐기성소화조 CH₄ 발생량의 10%를 배출량으로 산정

<혐기성소화조 CH₄ 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E) = \text{혐기성소화가스 발생량} / 0.9 \times 365 \times 0.6 \times 0.1 \times 0.7143 \times 10^{-3}$$

배출량(E)	: 혐기성소화조에서 누출되는 CH ₄ 배출량[t CH ₄ /yr]
혐기성소화가스 발생량	: 소화가스 발생량[m ³ /day]
0.9	: 소화가스 포집 효율(90%)
0.6	: 소화가스 중 CH ₄ 농도(60%)
0.1	: 소화조에서의 소화가스 누출률(10%)
0.7143	: CH ₄ 부피를 질량으로 환산하는 계수(16/22.4)

- 미처리/미차집(5D1b)

- 미처리/미차집 CH₄ 배출량은 2006 IPCC 지침의 방법론에 따라 배출계수에 활동자료를 곱하여 산정

<미처리/미차집의 CH₄ 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E) = \{\text{배출계수}(EF) \times \text{활동자료}(A)\}$$

배출량(E) : 미처리/미차집으로부터 배출되는 CH₄ 배출량[t CH₄/yr]
 배출계수(EF) : 미처리/미차집 CH₄ 배출계수[t CH₄/t BOD]
 활동자료(A) : 미처리/미차집 BOD 부하량[t BOD/yr]

- 분뇨처리(5D1c)

- 분뇨처리의 N₂O 배출량은 2006 IPCC 지침의 방법론에 따라 배출계수에 활동자료를 곱하여 산정

<분뇨처리의 N₂O 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E) = \{\text{배출계수}(EF_{\text{EFFLUENT}}) \times \text{활동자료}(A)\} \times 44/28$$

배출량(E) : 분뇨로부터 배출되는 N₂O 배출량[t N₂O/yr]
 배출계수(EF_{EFFLUENT}) : 분뇨 N₂O 배출계수[t N₂O-N/t-N]
 활동자료(A) : 분뇨의 질소 부하량[t N/yr]

- 고도처리(5D1d)

- 고도처리의 N₂O 배출량은 2006 IPCC 지침의 방법론에 따라 배출계수에 활동자료를 곱하여 산정

<고도처리의 N₂O 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E) = P \times \text{TPLANT} \times \text{FINCON} \times \text{EFPLANT}$$

배출량(E) : 고도처리로 인해 배출되는 N₂O 배출량[kg N₂O/yr]
 P : 총 인구 수
 TPLANT : 고도처리비율 [%]
 FINCON : 동시 배출되는 산업 및 상업적 단백질의 비율
 EFPLANT : 배출계수 [g N₂O/인/yr]

(2) 배출계수와 매개변수

- 공공하수처리(5D1a)

- 생물학적처리와 고도처리 배출계수는 국가고유 배출계수를 적용하며, 물리적처리 배출계수는 기존 국내 연구자료(환경부 2000, 2002)*값과 폐수종말처리는 국내 연구자료(환경관리공단 2008)값 적용

[공공하수처리 부문 활동자료 출처]

구 분	물리적처리 (t CH ₄ /t BOD)	생물학적처리 (t CH ₄ /t BOD)	고도처리 (t CH ₄ /t BOD)	폐수종말처리 (t CH ₄ /t BOD)
배출계수	0.01532	0.0224	0.00779	0.0017698

– 미처리/미차집(5D1b)

- 미처리/미차집 CH₄ 배출계수는 2006 IPCC 지침의 기본 값인 최대 CH₄ 생성율(Bo) 0.6 kg CH₄/kg BOD과 하수처리율(WSix) 1.0을 적용
- 미처리/미차집 메탄 보정계수(MCF)는 2006 IPCC 지침의 기본값인 0.1 적용

– 분뇨처리(5D1c)

- 분뇨처리의 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침에서 제시한 기본 배출계수인 0.005[t N₂O-N/t-N] 적용

– 고도처리(5D1d)

- 고도처리의 N₂O 배출계수는 2006 IPCC 지침에서 제시한 기본 배출계수로 FIN_{CON}=1.25, EF_{PLANT}=3.2 g N₂O/인/yr 적용

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[하수처리 부문 활동자료 출처]

항목		지역	
		활동자료	출처
공공 하수처리	BOD 농도 /제거율	하수도통계	환경부
	처리방법별 처리량		
	처리방법별 대상인구		
미처리 /미차집	인구수		
	하수처리구역 인구		
	하수처리량		
	BOD 농도		
고도 처리	인구수		
	고도처리비율		
분뇨	인구수	추계인구	환경공단 (내부수집)
	단백질 섭취량	영양소 섭취량	한국보건산업 진흥원

- (공공하수처리/미처리/고도처리) 하수도 통계의 시군구 단위 활동적용
- (분뇨) 인구수는 통계청의 추계인구를 사용하고, 단백질 섭취량은 도시 규모에 따라, 대도시/중도시/소도시로 구분하여 적용

[하수처리 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료		활동자료 확보 방법
공공하수처리		하수도 통계의 시군구 단위 활동적용
미처리		하수도 통계의 시군구 단위 활동적용
고도처리		하수도 통계의 시군구 단위 활동적용
분뇨	인구수	통계청의 추계인구 사용
	단백질 섭취량	도시 규모에 따라, 대도시/중도시/소도시로 구분하여 적용

☞ 하·폐수처리 - 폐수처리(5D2)

(1) 배출량 산정식

- 업종별 CH₄ 배출계수와 활동자료를 곱하여 업종별 CH₄ 발생량을 산정한 후 회수량을 제외하여 최종 업종별 CH₄ 배출량을 산정
- COD 부하량 및 계수 적용을 우선하며, COD 부하량이 없는 경우 BOD 부하량 적용 가능

<산업폐수처리의 CH₄ 배출량 산정식>

$$\text{배출량}(E) = \sum_i \{ \text{배출계수}(E_{Fi}) \times \text{활동자료}(A_i) \} - \text{회수량}(R)$$

배출량(E) : 산업폐수로부터 배출되는 CH₄ 배출량[t CH₄/yr]
 배출계수(E_{Fi}) : 업종별 CH₄ 배출계수[t CH₄/t COD 또는 BOD]
 활동자료(A_i) : 업종별 COD 또는 BOD 부하량[t COD 또는 BOD/yr]
 i : 업종구분

(2) 배출계수와 매개변수

- 산업폐수처리의 CH₄ 배출계수는 2006 IPCC 지침에서 국가별 자료를 이용할 것을 권장하여 기존 국내 연구자료 값 사용하거나 전문가 판단에 의한 국가고유 배출계수 적용

[폐수처리 부문 활동자료 출처]

업 종	화학	전기/전자	음식료품	제지
배출계수	0.0017	0.0016	0.01	0.0034
업 종	피혁/신발	기타	섬유	비금속
배출계수	0.0036	0.0058	0.0015	0.0002
업 종	발전수도	폐수처리업	금속	단위 : t CH ₄ /t COD
배출계수	0.00028	0.0325	0.0033	

(3) 활동자료

－ 활동자료 출처

- 국가 활동자료 출처와 동일한 출처를 기준으로 하여 활동자료를 확보하며, 동일 출처 내에 지역별 자료가 부재한 경우 별도 출처를 확보하여 지역별 활동자료 수합

[폐수처리 부문 활동자료 출처]

항목	지역	
	활동자료	출처
업종별 BOD부하량	산업폐수 발생 및 처리현황 (시군구 단위)	국립환경과학원

－ 활동자료 확보

- (업종별 BOD 부하량) 과학원에서 제공하는 시군구별/업종별 BOD부하량 활동자료를 사용

[폐수처리 부문 활동자료 확보 방법]

활동자료	활동자료 확보 방법
업종별 BOD부하량	국립환경과학원에서 제공하는 시군구별/업종별 BOD부하량 활동자료를 사용

3 특이사항

≡ 메탄회수량을 배출량에서 제외하는 경우 음의 배출량으로 산정 가능

- 배출량 산정 시 메탄회수시설의 메탄회수량을 제외하는 경우 다음과 같은 이유로 배출량이 음의 배출량으로 산정될 수 있음

- ① 지역의 배출량보다 회수가 많이 되는 경우(다른 지자체의 폐기물을 대신 처리하는 경우)
- ② 배출계수가 과소평가되어 배출량이 과소산정되는 경우
- ③ 시설별 메탄회수량이 과대산정되는 경우

→ ②, ③의 경우 향후 배출계수와 메탄회수 산정방법의 개선으로 변경될 수 있음



Guidelines for Regional GHG Inventories

7장 간접배출 산정지침



7장 간접배출 산정지침

1 간접배출(전기 및 열 사용) 배출원

- 간접배출 분야는 에너지산업, 제조업 및 건설업, 수송, 기타의 전력 및 열 사용로 인해 발생하는 온실가스의 배출량을 산정

[간접배출 분야(전기 및 열사용) 온실가스 배출원 및 온실가스]

CRF 코드	배출원	온실가스
-	에너지산업	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
	제조업 및 건설업	
	수송	
	기타	

2 간접배출(전기 및 열 사용) 산정방법 및 배출계수

☞ 간접배출(전기 및 열사용)

- 광역지자체의 부문별 전력 및 열 배출량을 기초지자체의 부문별 전력 및 열의 소비 비율을 반영하여 배출량 산정

구분	산정방법
전력	$E_{\text{기초_전력}} = E_{\text{광역_전력}} \times \left(\frac{Q_{\text{기초_전력}}}{Q_{\text{광역_전력}}} \times 100 \right)$ <p> $E_{\text{기초_전력}}$: 기초지자체 부문별 전력 사용에 따른 온실가스 배출량(tCO₂eq/yr) $E_{\text{광역_전력}}$: 광역지자체의 부문별 전력 사용에 따른 온실가스 배출량(tCO₂eq/yr) $Q_{\text{기초_전력}}$: 기초지자체의 해당 부문의 전력 소비량(GWh) $Q_{\text{광역_전력}}$: 광역지자체의 해당 부문의 전력 소비량(GWh) </p> <p>※ $E_{\text{광역_전력}}$: 광역지자체의 부문별 전력사용에 따른 온실가스 배출량은 온실가스종합정보센터에서 별도 안내</p>

구분	산정방법
열	$E_{\text{기초_열}} = E_{\text{광역_열}} \times \left(\frac{Q_{\text{기초_열}}}{Q_{\text{광역_열}}} \times 100 \right)$ <p> $E_{\text{기초_열}}$: 기초지자체 부문별 열 사용에 따른 온실가스 배출량(tCO₂eq/yr) $E_{\text{광역_열}}$: 광역지자체의 부문별 열 사용에 따른 온실가스 배출량(tCO₂eq/yr) $Q_{\text{기초_열}}$: 기초지자체의 해당 부문의 열 소비량(1000toe) $Q_{\text{광역_열}}$: 광역지자체의 해당 부문의 열 소비량(1000toe) </p> <p>※ $E_{\text{광역_열}}$: 광역지자체의 부문별 열사용에 따른 온실가스 배출량은 온실가스종합정보센터에서 별도 안내</p>

3 간접배출(전기 및 열 사용) 활동자료

≡ 활동자료 출처

- 배출량 산정에 활용되는 기초지자체 통계자료 반영을 원칙으로 하며, 지역별 자료 부재하거나 불완전한 경우 별도 방법론 적용

[간접배출(전기 및 열사용) 활동자료 출처]

CRF 코드	카테고리명	활동자료	출처	세부자료명
에너지산업	1A1a	공공 전기 및 열 생산	-	-
	1A1b	석유정제	석유정제 부문 전력 소비량	<p>기초지자체 : 해당 시군구 '석유 정제' 업종의 전력 사용량</p> <p>광역지자체 : 해당 시도 '석유 정제' 업종의 전력 사용량</p>
	1A1c	고체연료 제조 및 기타 에너지산업	자체소비 및 손실 부문의 전력 발전량	<p>기초지자체 : 해당 시군구 발전소의 전력 발전량</p> <p>광역지자체 : 해당 시도 발전소의 전력 발전량</p>
		자체소비 및 손실 부문의 열 소비량	<p>한국전력통계 중 소별발전의 전력 발전량 (한국전력)</p> <p>시군구 에너지수급통계의 열 사용량 (에너지경제연구원)</p>	<p>기초지자체 : 해당 시군구 '최종에너지'의 열 사용량</p> <p>광역지자체 : 해당 시도 '최종에너지'의 열 사용량</p>
제조업 및 건설업	1A2a	철강	철강 부문 전력 소비량	<p>기초지자체 : 해당 시군구 '1차 금속' 업종의 전력 사용량</p> <p>광역지자체 : 해당 시도 '1차 금속' 업종의 전력 사용량</p>
	1A2b	비철금속	비철금속 전력 소비량	<p>기초지자체 : 해당 시군구 '1차 금속' 업종의 전력 사용량</p> <p>광역지자체 : 해당 시도 '1차 금속' 업종의 전력 사용량</p>

CRF 코드	카테고리명		활동자료	출처	세부자료명
제조업 및 건설업	1A2c	화학	화학 부문의 전력 소비량	시군구별 전력사용량 중 용도업종별 전력 사용량 (한국전력)	기초지자체 : 해당 시군구 '화학 제품', '고무. 플라스틱' 업종의 전력 사용량 합계 광역지자체 : 해당 시도 '화학 제품', '고무. 플라스틱' 업종의 전력 사용량 합계
	1A2d	펄프, 제지 및 인쇄	펄프, 제지 및 인쇄 부문의 전력 소비량		기초지자체 : 해당 시군구 '펄프. 종이', '출판. 인쇄' 업종의 전력 사용량 합계 광역지자체 : 해당 시도 '펄프. 종이', '출판. 인쇄' 업종의 전력 사용량 합계
	1A2e	식음료 및 담배	식음료 및 담배 부문의 전력 소비량		기초지자체 : 해당 시군구 '담배제조업', '음료품제조', '식품제조' 업종의 전력 사용량 합계 광역지자체 : 해당 시도 '담배제조업', '음료품제조', '식품제조' 업종의 전력 사용량 합계
	1A2f	비금속 광물	비금속 광물 부문의 전력 소비량		기초지자체 : 해당 시군구 '유리', '시멘트' 업종의 전력 사용량 합계 광역지자체 : 해당 시도 '유리', '시멘트' 업종의 전력 사용량 합계
	1A2g	기타	기타 기계류 부문의 전력소비량	시군구별 전력사용량 중 용도업종별 전력 사용량 (한국전력)	기초지자체 : 해당 시군구 '조립 금속', '기타 기계', '전기 기기', '영상. 음향', '의료. 광학', '사무기기' 업종의 전력 사용량 광역지자체 : 해당 시도 '조립 금속', '기타 기계', '전기 기기', '영상. 음향', '의료. 광학', '사무기기' 업종의 전력 사용량 합계
			기타 수송장비 부문의 전력소비량		기초지자체 : 해당 시군구 '자동차', '기타운송' 업종의 전력 사용량 광역지자체 : 해당 시도 '자동차', '기타운송' 업종의 전력 사용량 합계
			기타 광업 부문의 전력소비량		기초지자체 : 해당 시군구 '금속비금속', '석탄.원유' 업종의 전력 사용량 광역지자체 : 해당 시도 '금속비금속', '석탄.원유' 업종의 전력 사용량 합계
			기타 목재 및 목제품 부문의 전력소비량		기초지자체 : 해당 시군구 '목재.나무' 업종의 전력 사용량 광역지자체 : 해당 시도 '목재.나무' 업종의 전력 사용량 합계
			건설업		-
			섬유 및 가죽		기초지자체 : 해당 시군구 '가죽.신발', '섬유', '의복.모피' 업종의 전력 사용량 합계 광역지자체 : 해당 시도 '가죽.신발', '섬유', '의복.모피' 업종의 전력 사용량 합계
			기타제조		기초지자체 : 해당 시군구 '가구및기타', '재생 재료' 업종의 전력 사용량 합계 광역지자체 : 해당 시도 '가구및기타', '재생 재료' 업종의 전력 사용량 합계

CRF 코드	카테고리명	활동자료	출처	세부자료명
수송	1A3a	민간항공	-	-
	1A3b	도로수송	-	-
	1A3c	철도	철도 부문의 전력 소비량	시군구별 전력사용량 중 용도업종별 전력 사용량 (한국전력) 기초지자체 : 해당 시군구 '전철' 업종의 전력 사용량 광역지자체 : 해당 시도 '전철' 업종의 전력 사용량
	1A3d	해운	-	-
	1A3e	기타수송	-	-
기타	1A4a	상업·공공 부문의 전력 소비량	시군구별 전력사용량 중 용도업종별 전력 사용량 (한국전력)	기초지자체 : 해당 시군구 '사업자용', '수도', '기타공공용', '관공용', '순수서비스', '유엔군용' 업종의 전력 사용량 합계 광역지자체 : 해당 시도 '사업자용', '수도', '기타공공용', '관공용', '순수서비스', '유엔군용' 업종의 전력 사용량 합계
		상업·공공 부문의 열 소비량	군구 에너지수급통계의 열 사용량 (에너지경제연구원)	기초지자체 : 해당 시군구 '상업부문', '공공부문'의 열 사용량 합계 광역지자체 : 해당 시도 '상업부문', '공공부문'의 열 사용량 합계
	1A4b	가정 부문의 전력 소비량	시군구별 전력사용량 중 용도업종별 전력 사용량 (한국전력)	기초지자체 : 해당 시군구 '가정용부문' 업종의 전력 사용량 광역지자체 : 해당 시도 '가정용부문' 업종의 전력 사용량
		가정 부문의 열 소비량	시군구 에너지수급통계의 열 사용량 (에너지경제연구원)	기초지자체 : 해당 시군구 '가정부문'의 열 사용량 광역지자체 : 해당 시도 '가정부문'의 열 사용량
기타	1A4c	농업·임업·어업 부문의 전력 소비량	시군구별 전력사용량 중 용도업종별 전력 사용량 (한국전력)	기초지자체 : 해당 시군구 '농업·임업', '어업' 업종의 전력 사용량 합계 광역지자체 : 해당 시도 '농업·임업', '어업' 업종의 전력 사용량 합계

☞ 활동자료 확보

- 배출량 산정에 활용되는 기초지자체 통계자료 반영을 원칙으로 하며, 지역별 자료 부재하거나 불완전한 경우 별도 방법론 적용

[간접배출(전기 및 열사용) 활동자료 배분 방법]

CRF 코드	카테고리명	활동자료	활동자료 배분방법
에너지산업	1A1a	공공 전기 및 열 생산	-
	1A1b	석유정제	석유정제 부문 전력 소비량
	1A1c	고체연료 제조 및 기타 에너지산업	<ul style="list-style-type: none"> 발전량 : 소별발전소의 주소 확인 후에 해당 시도 및 시군구의 발전량의 합계를 구하여 활동자료로 활용
제조업 및 건설업	1A2a	철강	철강 부문 전력 소비량
	1A2b	비철금속	비철금속 부문 전력 소비량
	1A2c	화학	화학 부문의 전력 소비량
	1A2d	펄프, 제지 및 인쇄	펄프, 제지 및 인쇄 부문의 전력 소비량
	1A2e	식음료 및 담배	식음료 및 담배 부문의 전력 소비량
	1A2f	비금속 광물	비금속 광물 부문의 전력 소비량

CRF 코드		카테고리명		활동자료	활동자료 배분방법
제 조 업 및 건 설 업	1A2g	기 타	기계류	기타 기계류 부문의 전력소비량	-
			수송 장비	기타 수송장비 부문의 전력소비량	-
			광업	기타 광업 부문의 전력소비량	-
			목재 및 목제품	기타 목재 및 목제품 부문의 전력소비량	-
			건설업	-	-
			섬유 및 가죽	기타 섬유 및 가죽 부문의 전력소비량	-
			기타 제조	기타제조 부문의 전력소비량	-
수 송	1A3a	민간항공	-	-	-
	1A3b	도로수송	-	-	-
	1A3c	철도	철도 부문의 전력 소비량	-	-
	1A3d	해운	-	-	-
	1A3e	기타수송	-	-	-
기 타	1A4a	상업·공공	상업·공공 부문의 전력 소비량 상업·공공 부문의 열 소비량	- - -	- - -
	1A4b	가정	가정 부문의 전력 소비량 가정 부문의 열 소비량	- -	- -
	1A4c	농업·임업· 어업	농업·임업·어 업 부문의 전력 소비량	-	-

4 간접배출(폐기물) 산정방법 및 배출계수

≡ 간접배출량 산정 방법론(폐기물)

- 폐기물부문 직접배출량의 산정방법론(산정식, 배출계수, 매개변수) 동일 적용
 - 단, 폐기물 매립, 고형폐기물의 생물학적처리, 하·폐수처리에서 회수량(R)은 모두 0으로 처리하여 산정하며, 폐기물 소각처리부문에서는 에너지 비회수비율(소각비율)을 100%로 하여 산정

5 간접배출(폐기물) 활동자료

≡ 간접배출량 폐기물부문 활동자료

- 간접배출량 폐기물부문의 활동자료 중 생물학적처리(5B), 하·폐수처리(5D)의 경우, 직접 배출량 산정시 활용한 자료를 동일하게 적용
- 폐기물매립(5A)와 폐기물소각(5C)의 경우, 지역별/폐기물유형별 발생량 자료를 활용하여 산정

[폐기물 분야 활동자료 출처]

CRF 코드	카테고리명	활동자료	출처	세부자료명
5A	5A1	연간 고형 폐기물 매립 처리량	생활폐기물	생활폐기물 총량/총계
			사업장배출시설계 폐기물	사업장배출시설계폐기물 총계
			건설폐기물	건설폐기물 총계
		지정폐기물	지정폐기물 발생 및 처리현황(환경부)/기준 지정폐기물(의료제외) 발생 및 처리현황	지역(시군구)별 사업장지정폐기물 발생량 및 처리방법별 처리현황
		메탄 회수량	생활폐기물	전국폐기물 발생 및 처리현황
5A2	비관리형 매립	5m 이상, 미만 매립처리량	한국환경공단 조사자료	연도별 메탄회수시설 및 시설별 메탄회수량
5C	폐기물 소각	연간 고형폐기물 소각처리에 따른 배출량	전국 폐기물, 지정폐기물 발생 및 처리현황(환경부)	매립장별 폐기물 매립량 2003년 이후 비관리형 매립지 없음
		생활폐기물소각량 with 회수량		관리형 매립 세부자료 출처와 동일 전국 시군구 현황/ 폐기물 소각시설 현황

* 생물학적처리(5B), 하·폐수처리(5D)의 경우, 직접배출량에서 활용한 활동자료 동일 적용



Guidelines for Regional GHG Inventories

부록



부록 1 지역 인벤토리 활용 통계(자료) 목록

1 에너지 분야

발행기관	출처	주기	항목	활동자료명
온실가스종합정보센터 (ngms.gir.go.kr)	명세서	연간	전 부문	석탄 소비량
			전환 부문	석유/도시가스 소비량
에너지경제연구원 (www.keei.re.kr)	개정에너지밸런스	연간	6개 업종	천연가스 소비량
			기타에너지 산업	석탄가스 소비량
	연간수급	연간	탈루배출	석유/가스 수급량
한국에너지공단 신·재생에너지센터 (www.knrec.or.kr)	신재생에너지통계	연간	공통	신재생 생산량
통계청 (www.kosis.kr)	KOSIS	연간	도로	자동차 등록대수현황 자동차 주행거리
한국석유공사 (www.knoc.co.kr)	석유류수급통계	연간	전부문	석유판매량
대한석유협회 (www.petroleum.or.kr)	석유공급/수요총괄	연간	정유	정제투입/산출량
도시가스협회 (www.citygas.or.kr)	도시가스 공급량	연간	수요	도시가스 판매량
한국공항공사 (www.airportal.go.kr)	한국공항공사 내부자료	연간	항공	항공 연료소비량
	항공 연료사용량	직접요청	항공	
항공안전시스템(ATIS)	항공기 도입 말소 현황	직접요청	항공	
한국철도공사 (info.korail.com)	노선별 철도길이	연간	철도	노선별 철도길이
연탄은행 (www.babsang.or.kr)	연탄보급수	직접요청	가정	연탄사용 가구수
수도권대기환경청	축매제 유통실적	연간	도로	요소수 판매량
한국환경공단	지자체 인벤토리	연간	항공	공항별 출발/도착 정보

2 산업공정 분야

발행기관	활용통계	주기	항목	활동자료명
온실가스종합정보센터 (ngms.gir.go.kr)	명세서	연간	광물산업	클링커 생산량, 석회석 및 경소백운석 소비량, 탄산염 소비량, 유리생산량
			금속산업	원료용 유연탄 사용량, 탄산염 소비량 마그네슘 공정 SF ₆ 소비량
			전자산업	HFCs, PFCs, SF ₆ 배출량, SF ₆ 소비량
	국가 배출량		기타산업	증전기기 항목 활동량 의료용 N ₂ O사용 항목 활동량
	직접조사		대체물질	HFCs 수입 및 제조실적
석유화학협회	석유화학편람	연간	화학산업	질산/아디프산/카프로락탐 사업후 배출량 카바이드 소비/석유화학제품 및 카본블랙생산/불소화합물 생산 항목 활동량
에너지경제연구원 (www.keei.re.kr)	개정에너지밸런스		금속산업	고로공정 투입/산출 항목 활동량
한국윤활유공업협회	윤활유 사용량		비에너지산업	윤활유/파라핀왁스 항목 활동량
한국무역협회 (stat.kita.net)	수출입 통계	월간	광물산업	소다회 수입·수출량
			금속산업	전극봉 수입·수출량 마그네슘주조 수입량
한국석유공사 (www.knoc.co.kr)	석유류수급통계	연간	화학산업	지역별 납사소비량
			기타산업	지역별 윤활유 소비량 지역별 파라핀왁스 소비량
한국전력공사 (www.kepco.co.kr)	전력판매량	연간	기타산업	시군구별 전력판매량
통계청 (www.kosis.kr)	KOSIS	연간	기타산업	수술 병상수

3 농업 분야

발생기관	출처	주기	항목	활동자료명
농업경영체 정보 (uni.agrix.go.kr)	가축/곤축 사육현황	연간	가축두수	축종별 가축두수
	농작물 재배현황	연간	재배현황	작물별 재배면적
통계청 (www.kosis.kr)	가축동향조사	분기별	가축두수	축종별 가축두수
	농업면적조사	연간	재배현황	작물별재배면적 및 생산량

4 LULUCF 분야

발생기관	출처	주기	항목	활동자료명
통계청 (www.kosis.kr)	임목축적량	5년	산림지	행정구역별/임상별 임목축적량
	경지면적	연간	농경지	논밭별 경지면적 노지/과수 재배면적
	지적통계	연간	농경지	논밭별 면적
			초지	목장용지 면적
			습지	구거/유지 /양어장/하천 면적
온실가스종합 정보센터 (ngms.gir.go.kr)	검증시트	연간	산림지	연도별/임상별 임목축적량
			목재제품	제재목 생산량 섬유판 생산량 지류 생산량
	명세서	연간	목재제품	제지 생산량
기상청 (data.kma.go.kr)	결빙일수	1일	습지	관측지점별 결빙일수
대한목재협회 (dmh.or.k)	협회 등록업체	-	목재제품	제재목 생산업체
목재공업협동조합 (www.lumber.or.kr)				
전자공시 (dart.fss.or.kr)	사업보고서	분기	목재제품	섬유판 국내생산 점유율

5 폐기물 분야

발생기관	출처	주기	항목	활동자료명
환경부 (me.go.kr)	전국 폐기물 발생 및 처리현황	연간	매립/소각	성상별 매립량/소각량
	하수도통계	연간	하폐수	하수처리량 외
통계청 (www.kosis.kr)	추계인구	연간	하폐수	국내 총 인구수
한국환경공단	자체조사	연간	매립	매립지별 메탄회수량
			생물학적 처리	퇴비화/혐기성소화 처리량
				처리장별 메탄회수량
한국보건산업진흥원 (khidi.or.kr)	영양소 섭취량	연간	하폐수	단백질 섭취량
국립환경과학원 (nier.go.kr)	폐수처리현황	연간	하폐수	업종별 BOD 부하량

7 간접배출 분야

발생기관	출처	주기	항목	활동자료명
한국전력공사 (home.kepco.co.kr)	전력통계속보 산업분류별 행정구역별 판매량	연간	전기사용	업종별/행정구역별 전력판매량
에너지경제연구원 (www.keei.re.kr)	지역에너지통계연보	연간	열사용	지역별 열사용량
환경부 (me.go.kr)	전국 폐기물 발생 및 처리현황	연간	폐기물 발생	매립/소각 : 성상별 매립량/소각량 이외 : 직접부문 활동과 동일

부록 2 약어/용어

[센터]

- 온실가스종합정보센터

[1996 IPCC GL]

- Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

[2006 IPCC GL]

- 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

[GPG 2000]

- Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories

[GPG-LULUCF]

- Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry

[NETIS]

- 국가 온실가스 배출량 종합정보 시스템(National GHG Emission Total Information System), 한국에너지공단

[총배출량(LULUCF 제외)]

- LULUCF 분야를 제외한 에너지, 산업공정, 농업, 폐기물 분야 배출량의 합계를 의미하며 줄여서 총배출량으로 표기할 수 있음(단, 총배출량으로 표기하는 경우 주식 등을 활용하여 LULUCF 분야를 제외하였음을 명시)

[총배출량(LULUCF 배출원 포함)]

- 에너지, 산업공정, 농업, LULUCF, 폐기물 등 모든 분야의 배출량 합산을 의미

[순배출량(LULUCF 포함)]

- LULUCF 분야의 배출원 및 흡수원을 모두 포함한 전 분야 합계를 의미하며 줄여서 순배출량으로 표기할 수 있음

[UNFCCC Reporting GL(UNFCCC 보고 지침)]

- Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, Part I: UNFCCC Reporting guidelines on annual inventories(부속서 I 국가의 국가보고서 작성 지침, 1장: 인벤토리에 대한 UNFCCC 보고 지침)

[National Inventory Report(NIR)]

- 기후변화에 관한 정부간협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 지침과 같은 국제적으로 공인된 방법에 따라 작성한 국가 온실가스 배출량과 배출원의 정량화된 자료들의 목록으로 구성된 국가 온실가스 통계(인벤토리) 보고서

[Common Reporting Format(CRF)]

- 국가 온실가스 인벤토리의 배출·흡수 항목별로 활동자료, 배출계수 및 배출량 등을 포함한 공통보고양식으로, UNFCCC 상의 부속서 I 국가에서 의무제출하는 연간 국가 인벤토리 보고양식

[표기기호(Notation key)]

- UNFCCC 인벤토리 보고 지침(FCCC/SBSTA/2006/9)에 따라 CRF에 보고하는 배출·흡수량의 완전성 평가에 활용되는 기호. 총 5개로 분류

“NO”(not occurring) 국내에 배출·흡수가 발생하는 해당 활동 및 공정이 없는 경우

“NE”(not estimated) 배출·흡수활동 및 공정이 있으나 산정하지 아니하는 경우(미산정)

“NA”(not applicable) 특정 온실가스 종류가 자연·이론적으로 발생하지 않는 활동 및 공정의 경우

“IE”(included elsewhere) 해당 항목의 배출·흡수량을 다른 항목에 포함하여 보고하는 경우

“C”(confidential) 해당 항목의 배출·흡수량이 보안 상 기밀정보인 경우

[기준연도(Base year)]

- 인벤토리 산정 및 분석의 최초년도. 우리나라는 1990년을 기준으로 함

[배출·흡수계수(Emission Factor, EF)]

- 단위 활동자료 당 온실가스의 배출 또는 흡수를 정량화하는 계수(coefficient). 배출·흡수계수는 특정 조건·공정 등의 활동에서 발생하는 온실가스 배출률을 표본 측정하여 평균한 대푯값을 추출하는 방식으로 개발

[매개변수(Parameter)]

- 단위활동 당 온실가스의 배출 또는 흡수를 정량화하는 배출·흡수계수에 영향을 미치는 인자로 간주되는 변수로 배출·흡수계수 산출 시 사용

[활동자료(Activity Data, AD)]

- 특정 기간 동안에 온실가스의 배출 또는 흡수를 야기하는 인간 활동량에 대한 자료

[명세서]

- 관리업체 및 할당대상업체가 이행연도에 실제 배출한 온실가스 배출량을 측정·보고·검증 가능한 방식으로 작성한 배출량 보고서

[온실가스(Greenhouse Gas, GHG)]

- 6대 직접온실가스는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆). 적외선 복사열을 흡수하거나 재방출하여 온실효과를 유발하는 대기 중의 가스 상태의 물질

[불소계 온실가스(Fluorine gas, F-gas)]

- 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)

※ 기타 본 지침 내 전문 용어는 IPCC GL 및 UNFCCC의 정의를 따르며,
국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침 내에 제시된 정의를 따름

주 의

1. 본 지침은 온실가스종합정보센터에서 배포하는 안내서이다
2. 본 지침의 내용을 활용하고자 하는 경우에는 반드시 온실가스종합정보센터에서 배포한 안내서임을 밝혀야 한다.