

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 적용을 위한

지자체 온실가스 배출량 산정지침

2009. 11



환경관리공단
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT CORPORATION



서 언

지구온난화의 심각성이 증대됨에 따라 세계 각 국의 경우 지방자치단체는 국가의 온실가스 감축과 기후변화 대응에 핵심적인 역할을 수행해야 할 주체로서 인식되고 있다. 우리나라는 저탄소 녹색성장기본법(안)에서 지자체의 역할을 특별히 명시함으로써 그 중요성을 나타내고 있고, 해외 선진 온실가스 다(多)배출 국가인 미국, 영국, 일본, 호주 등에서는 지역별 온실가스 인벤토리를 구축하여 국가 및 지방 기후변화대응 정책에 활용하고 있다.

우리나라는 현재 다수의 지자체에서 자체적인 온실가스 인벤토리 구축을 추진하고 있으나, 지자체간 적용방법론 및 기준이 상이해 배출량 상호 비교·평가가 어려워 지자체를 중심으로 상향식(Bottom-up)의 국가 인벤토리 구축 및 감축정책의 성과평가지 문제점이 발생되고 있다.

본 지침은 '2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006 IPCC G/L)'을 근간으로 하여 공통된 국내 지자체 적용 방법을 제시함으로써 지자체별 인벤토리 구축시 통일성 및 정확성을 높이고자 하였다.

온실가스 인벤토리 전 분야에 대한 방법론을 제시해 인벤토리 분야 상호간 통일성을 이룰 수 있도록 하였고, 약 180개에 달하는 하위 카테고리 전체에 대한 지침을 제공함으로써 완전성을 기할 수 있도록 하였다.

지역별 배출량 산정시 어려움으로 지적되고 있는 SF₆, HFC_s 등 합성가스 및 의료용 N₂O 의 산정 기준을 제시함으로써 기존 지침의 지역 적용 한계를 극복한 것은 큰 성과라 할 수 있다.

기존 온실가스 인벤토리 체계는 전력 등 간접배출원에 의한 온실가스 배출량을 직접배출원에서 감(減)하거나 포함하지 않음으로서 인벤토리 포함 범위 및 방법에 대한 혼란을 내재하고 있었으나, 본 지침에서는 직접배출원과 간접배출원을 분리하고 지자체의 관할권을 명확히 구분하여 산정한 후 최종단계에서 포괄하는 이원적 체계를 제시함으로써 지자체 스스로 직·간접 배출량 전체를 관리할 수 있도록 하였으며, 향후 지자체 감축계획 수립 및 성과평가 등에 대한 인벤토리의 활용을 극대화 할 수 있도록 하였다.

본 지침은 지자체별 인벤토리의 통일성을 위해, 각 카테고리별 활동자료에 대한 지역별 접근성에 따른 편차가 적은 산정단계를 기준으로 제시하였으나, 향후 국가 고유배출계수의 개발 및 관련 통계의 개선 등에 따라 상위 산정단계를 적용하기 위한 개정판을 2010년에 작성할 계획이며, 부분적으로 개선이 필요한 사항은 수시로 수정판을 제공할 예정이다.

본 지침이 지자체 인벤토리 구축에 활용되어 우리나라 기후변화대응에 많은 도움이 될 수 있기를 바라는 바이다.

2009년 11월
환경관리공단 이사장





편 저

환경관리공단 대기환경본부장 주창한
기후환경처장 이준홍
온실가스관리팀장 진병복
차장 윤완우
계장 이민영
계장 현승진
계장 오태식
김윤성
이기원



〈 목 차 〉

제1편 인벤토리 일반사항

I. 적용기준	1
II. 배출량 산정단계(Tier) 설정	2
III. 지자체 인벤토리 분류체계	3
IV. 인벤토리의 활용	8

제2편 온실가스 배출량 산정방법

제1장 에너지 분야	15
I. 일반 사항	15
II. 1A1a(1A1a i ~1A1a iii, 전력 발전 및 열생산시설)	15
III. 1A1b(석유정제)	19
IV. 1A1c(1A1c i ~1A1c ii, 고체연료 제조 및 기타 에너지산업), 1A2 (1A2a ~1A2m, 제조업 및 건축업)	21
V. 1A3a(1A3a i ~1A3a ii, 민간항공), 1A5b i (미분류 항공수송)	26
VI. 1A3b (1A3b i ~1A3b iv, 도로수송)	32
VII. 1A3b(1A3b v ~1A3b vi, 자동차에서 발생하는 증발배출 및 요소축매장치) ·	36
VIII. 1A3c(철도수송)	39
IX. 1A3d(1A3d i ~1A3d ii, 수상수송), 1A4c iii(어업), 1A5b ii(미분류 수상 수송)	41
X. 1A3e(1A3e i ~1A3e iii, 비도로 수송원), 1A4c ii(비도로 수송원 및 기타 기계)	43
XI. 1A4(1A4a~1A4c i, 상업/공공/가정 및 농림수산업의 고정연소)	46
XII. 1B1a i (1B1a i 1~1B1a i 4, 폐광을 제외한 지하탄광의 탈루성배출), 1B1a ii(1B1a ii 1~1B1a ii 2, 노천탄광의 탈루성배출), 1B1(1B1b ~1B1c, 미통제 연소와 고체연료의 변환)	54
XIII. 1B1a i 3(폐광에서 발생하는 탈루성 배출)	59
XIV. 1B2(1B2a i ~1B2b iii, 석유 및 가스에서 발생하는 탈루성배출)	62
XV. 1A5a (미분류 고정연소)	70
제2장 산업공정 분야	75
I. 2A1(시멘트 생산)	75

II. 2A2(석회 생산)	77
III. 2A3(유리 생산)	79
IV. 2A4(탄산염의 기타 공정 사용)	81
V. 2B1(암모니아 생산)	82
VI. 2B2(질산 생산)	84
VII. 2B3(아디프산 생산)	86
VIII. 2B4(카프로락탐, 글리옥살, 글리옥실산 생산)	87
IX. 2B5(카바이드 생산)	90
X. 2B6(이산화티타늄 생산)	91
XI. 2B7(소다회 생산)	93
XII. 2B8(2B8a~2B8f, 석유화학제품 및 카본블랙 생산)	95
XIII. 2B9(불소화합물 생산)	98
XIV. 2C1(철강 생산)	99
XV. 2C2(합금철 생산)	103
XVI. 2C3(알루미늄 생산)	104
XVII. 2C4(마그네슘 생산)	106
XVIII. 2C5,6(납, 아연 생산)	107
XIX. 2D(2D1~2D4, 연료로 인한 비에너지 제품 및 용매 사용)	110
XX. 2E(2E1~2E4, 전자 산업)	111
XXI. 2F(2F1~2F6, 오존파괴물질의 대체물질로써 제품 사용)	113
XXII. 2G1(전기 장비)	116
XXIII. 2G2(기타 제품 사용으로부터의 SF ₆ 및 PFCs)	119
XXIV. 2G3(제품사용으로부터의 N ₂ O)	121
제3장 AFOLU 분야	125
I. 3A1(3A1ai~3A1h, 3A1j, 가축의 장내발효)	125
II. 3A2(3A2ai~3A2j, 가축의 분뇨관리)	128
III. 3B1a(임지로 유지되는 임지)	135
IV. 3B1b(3B1bi~3B1bv, 임지로 전환된 토지)	146
V. 3B2a(농경지로 유지되는 농경지)	149
VI. 3B2b(3B2bi~3B2bv, 농경지로 전환된 토지)	151
VII. 3B3a(초지로 유지되는 초지)	153
VIII. 3B3b(3B3bi~3B3bv, 초지로 전환된 토지)	154
IX. 3B4a(습지로 유지되는 습지)	156
X. 3B4b(3B4bi~3B4bii, 습지로 전환된 토지)	158

XI. 3B5(3B5a~3B5bv, 주거지)	160
XII. 3B6(3B6a~3B6bv, 기타 토지)	160
XIII. 통합 산정 항목	160
XIV. 3C1(3C1a~3C1d, 바이오매스 연소로 인한 온실가스 배출)	169
XV. 3C2(석회 시용)	171
XVI. 3C3(요소 시비)	174
XVII. 3C4(관리토양에서의 직접적 N ₂ O 배출)	175
XVIII. 3C5(관리토양에서의 간접적 N ₂ O 배출)	182
XIX. 3C6(분뇨관리에서의 간접적 N ₂ O 배출)	184
XX. 3C7(벼 경작)	185
XXI. 3C8(기타)	190
XXII. 3D1(수확된목제품)	190
XXIII. 3D2(기타)	190
제4장 폐기물 분야	193
I. 4A(4A1~4A3, 고형 폐기물 매립)	193
II. 4B(고형폐기물의 생물학적 처리)	205
III. 4C1(폐기물 소각)	209
IV. 4C2(폐기물 노천소각)	217
V. 4D1(하수처리)	220
VI. 4D2(폐수처리)	231
〔첨부 1〕 지자체 인벤토리의 카테고리	237
〔첨부 2〕 간접배출계수 및 손실률	246
〔첨부 3〕 연료의 정의	247
〔첨부 4〕 연료의 종류와 순발열량(NCV)	251
〔첨부 5〕 ISIC 분류와 KSIC 분류 대조표	253
〔첨부 6〕 IPCC 기준에 따른 국내 차종의 분류	261
〔첨부 7〕 차량 1대당 연간 연료 소비량	264
〔첨부 8〕 지자체별 철도 운행 및 철도수송업 운영 연료 소비량	295

<표 차례>

제1편 인벤토리 일반사항

[표 i] 적용된 배출량 산정단계(Tier)	2
[표 ii] 지자체 기후정책 활용을 위한 인벤토리 구성	5
[표 iii] 분야별 인벤토리 형식	10
[표 iv] 감축 인벤토리 형식	11
[표 v] 카테고리의 공란 처리 기준	11

제2편 온실가스 배출량 산정방법

제1장 에너지 분야

[표 1.1] 1A1a의 활동자료 출처	17
[표 1.2] 에너지산업에서 고정 연소에 대한 배출계수 기본값	18
[표 1.3] 1A1b의 활동자료 출처	20
[표 1.4] 1A1c ~ 1A2m 카테고리 설명	21
[표 1.5] 에너지원이나 코크스제조 이외의 목적으로 사용되는 연료	22
[표 1.6] 1A1c ~ 1A2m 활동자료 출처	23
[표 1.7] 원료탄(유연탄)의 코크스 제조 시 배출계수	24
[표 1.8] 제조업과 건설업에서 고정 연소에 대한 배출계수 기본값	24
[표 1.9] 기종별 LTO cycle 횟수 출처	28
[표 1.10] Total Fuel Consumption 활동자료 출처	29
[표 1.11] 순항시 배출계수	29
[표 1.12] 이착륙(LTOs) 배출계수	29
[표 1.13] LTO cycle 및 배출계수 적용 기준	31
[표 1.14] 1A3b 카테고리의 정의	32
[표 1.15] 1A3b 카테고리 기본 CO ₂ 배출계수	35
[표 1.16] 1A3b 카테고리 부문 non-CO ₂ 배출계수	36
[표 1.17] 자동차의 NMVOCs 증발배출	38
[표 1.18] 1A3c 카테고리 활동자료 출처	39
[표 1.19] 1A3c VKT거리 활동자료 출처	40
[표 1.20] 1A3c 배출계수	41
[표 1.21] 1A3d, 1A4c iii, 1A5b ii 카테고리의 정의	41
[표 1.22] 1A3d 활동자료 출처	42
[표 1.23] 1A3d CO ₂ 배출계수	42
[표 1.24] 1A3d non-CO ₂ 배출계수	43

[표 1.25] 1A3e 카테고리의 정의	43
[표 1.26] 1A3e i, 1A3e iii, 1A4c ii 카테고리의 활동자료 출처	44
[표 1.27] 1A3e i, 1A3e iii, 1A4c ii 카테고리의 배출계수	45
[표 1.28] 1A4 카테고리의 정의	46
[표 1.29] 1A4a, 1A4b 카테고리의 활동자료 출처	46
[표 1.30] 부탄캔 제조, 가스제조에서 원료로 사용되는 연료의 산정방법	48
[표 1.31] 폐기물 조성별 DM, FCF, CF 비율	49
[표 1.32] 상업/기관 카테고리에서의 고정연소에 대한 배출계수	50
[표 1.33] 가정과 농림어업/양식업 카테고리에서의 고정연소 배출계수	52
[표 1.34] 1B1 카테고리 정의	55
[표 1.35] 1B1 가행탄광 활동자료	57
[표 1.36] 1B1a i 1 배출계수	58
[표 1.37] 1B1a i 2 배출계수	58
[표 1.38] 폐광의 배출계수	60
[표 1.39] 가스가 많은 탄광비율의 기본값	61
[표 1.40] 1B1 카테고리 정의	62
[표 1.41] 공정단위별 하위 카테고리	65
[표 1.42] '1B2' 카테고리 활동자료 출처	66
[표 1.43] '1B2' 카테고리 배출계수	67

제2장 산업공정 분야

[표 2.1] 혼합 시멘트의 클링커 비율	75
[표 2.2] 탄산염별 배출계수	78
[표 2.3] 석회 유형별 배출계수	78
[표 2.4] 유리 유형별 배출계수 및 Cullet 비율	80
[표 2.5] 암모니아생산 공정유형별 배출계수	84
[표 2.6] 질산 생산 저감공정유형별 배출계수	86
[표 2.7] 아디픽산 생산 저감기술별 배출계수	87
[표 2.8] 카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산 배출계수	89
[표 2.9] 카바이드 배출계수	91
[표 2.10] 이산화티타늄 배출계수	93
[표 2.11] 소다회 생산 배출계수	94
[표 2.12] 지역조정계수(GAF)	97
[표 2.13] 석유화학제품 및 카본블랙 생산 배출계수	97
[표 2.14] 불소화합물 생산 배출계수	99

[표 2.15] 철 및 강 생산 배출계수	102
[표 2.16] 합금철 생산 배출계수	104
[표 2.17] 알루미늄 생산 배출계수 (CO_2)	105
[표 2.18] 알루미늄 생산 배출계수 (CF_4 , C_2F_6)	105
[표 2.19] 마그네슘 생산 배출계수	107
[표 2.20] 납 생산 배출계수	109
[표 2.21] 아연 생산 배출계수	109
[표 2.22] 비에너지 제품 사용 배출계수	111
[표 2.23] 전자장비 생산 배출계수	113
[표 2.24] 오존층 파괴물질(ODS) 대체물로 사용되는 HFCs와 PFCs의 주요 용도	114
[표 2.25] 수입 HS 번호	116
[표 2.26] MV스위치 기어 배출계수	118
[표 2.27] HV 스위치 기어 배출계수	118
[표 2.28] 가스절연부하개폐기 배출계수	118
[표 2.29] 산업/의료 가속기 충전계수	120
[표 2.30] 산업/의료 가속기 배출계수	121

제3장 AFOLU 분야

[표 3.1] 국내 가축 사육 두수 통계의 카테고리 분류(장내발효)	126
[표 3.2] ‘젓소’ 및 ‘한육우’ 장내발효 배출계수	126
[표 3.3] ‘면양’, ‘산양’, ‘말’ 및 ‘돼지’ 장내발효 배출계수	126
[표 3.4] ‘토끼’ 장내발효 배출계수 및 추정 근거 자료	127
[표 3.5] 국내 가축 사육 두수 통계의 카테고리 분류(분뇨관리)	130
[표 3.6] 젓소, 한육우 및 돼지의 기온별 분뇨관리 CH_4 배출계수($\text{kg CH}_4 \text{ head}^{-1}$ yr^{-1})	130
[표 3.7] 그 밖의 가축종의 분뇨관리 CH_4 배출계수($\text{kg CH}_4 \text{ head}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)	130
[표 3.8] ‘젓소’, ‘한육우’ 및 ‘돼지’ 분뇨관리 시스템 비율(%)	131
[표 3.9] 분뇨관리 시스템에 따른 직접적 N_2O 배출계수($\text{kg N}_2\text{O-N/kg N}$)	131
[표 3.10] 가축종별 질소 배출률($\text{kg N (1,000kg 가축체중)}^{-1}\text{day}^{-1}$)	132
[표 3.11] 가축종별 평균체중(kg)	132
[표 3.12] 제시되지 않은 질소 배출률(Nrate) 및 평균체중(TAM) 추정값	133
[표 3.13] 지상부바이오매스 연평균 증가량(GW)	144
[표 3.14] 임상별 지상부바이오매스에 대한 지하부 바이오매스 비율(R)	144
[표 3.15] 바이오매스 건중량의 탄소 비율(CF)	144

[표 3.16] 상업적 용도의 임목 Growing Stock(m^3) 범위	145
[표 3.17] 바이오매스 확장/전환계수($BCEF_R$)	145
[표 3.18] 지상부바이오매스 평균(B_W)	145
[표 3.19] 교란에 따른 바이오매스 손실 비율(fd)	145
[표 3.20] 혼효림의 (추정된)지상부바이오매스에 대한 지하부 바이오매스 비율(R)	146
[표 3.21] 성숙림에서의 낙엽 탄소 축적량	149
[표 3.22] 농경지 작물 형태에 따른 면적당 연간 바이오매스 탄소 증가량(G_C)	151
[표 3.23] 초지에서의 바이오매스 탄소 축적 증가량 산정을 위한 배출계수	155
[표 3.24] 토지용도 전환 이전 바이오매스 축적량 산정을 위한 배출계수	165
[표 3.25] 농경지의 토지용도 전환 이전 바이오매스 탄소 축적량	166
[표 3.26] 토양성분(USDA분류)에 따른 무기토양 유기탄소 축적량 기본값	166
[표 3.27] 토양의 축적량변화계수(F_{LU} , F_{MG} , F_I)	166
[표 3.28] 연소에 의한 온실가스 배출계수(G_{ef})	171
[표 3.29] 누락된 작물에 대한 석회질 비료 시비량 추정 방법	173
[표 3.30] 석회질 비료의 비중별 분자식 및 배출계수(EF)	174
[표 3.31] 관리토양에서의 직접적 N_2O 배출량 산정시 국내 통계자료에 대응하는 입력변수	180
[표 3.32] 관리토양에서의 직접적 N_2O 배출량 산정을 위한 배출계수(EF_1 , EF_3)	181
[표 3.33] 제시되지 않은 계수의 추정 값	181
[표 3.34] 관리토양에서의 간접적 N_2O 배출량 산정을 위한 배출계수	183
[표 3.35] 가축 분뇨의 질소 손실률($Frac_{GASMS}$)	185
[표 3.36] 경작기 동안의 수문체계에 대한 규모계수(SF_W)	188
[표 3.37] 유기질비료 비중별 전환계수 기본값	189

제4장 폐기물 분야

[표 4.1] 매립부문(4A) 세부 카테고리	193
[표 4.2] 배출원별 성상분류표	195
[표 4.3] SWDS 분류에 따른 메탄보정계수(MCF)	196
[표 4.4] 시설별 적용을 위한 MCF 재분류표	199
[표 4.5] 매립부문 산정을 위한 활동자료 출처	199
[표 4.6] 국내-IPCC DOC(분해가능 유기탄소) 분류표	200
[표 4.7] 국내-IPCC k(메탄발생 속도상수) 분류표	202
[표 4.8] 매립부문 배출계수 기본값	203
[표 4.9] 과거 폐기물 매립량 추정 예(Tier1 수준)	204
[표 4.10] 과거 폐기물 매립 조성 추정 예(Tier1 수준)	205

[표 4.11] 고형폐기물의 생물학적처리에 대한 배출량 산정 목록	206
[표 4.12] 대상시설 선정 기준(고형폐기물의 생물학적처리)	207
[표 4.13] 고형폐기물의 생물학적 처리부문 CH ₄ , N ₂ O 배출계수 기본값 ..	208
[표 4.14] 4C1 카테고리 적용 방법론	209
[표 4.15] 소각시설 운영방식 분류표(국내, IPCC)	213
[표 4.16] 소각시설 기술유형 분류표(국내, IPCC)	213
[표 4.17] 소각열 회수량 산정계수	214
[표 4.18] 지자체 공통 활동자료 출처	215
[표 4.19] 소각부문 배출계수 기본값	215
[표 4.20] 소각부문 국내-IPCC 배출계수 분류표	216
[표 4.21] 4C2(노천소각) 활동자료 출처	219
[표 4.22] 하수부문 CH ₄ 배출량 산정을 위한 활동자료	228
[표 4.23] 하수부문 N ₂ O 배출량 산정을 위한 활동자료	229
[표 4.24] 하수부문 CH ₄ 배출량 산정을 위한 배출계수	230
[표 4.25] 하수부문 N ₂ O 배출량 산정을 위한 배출계수	230
[표 4.26] 폐수배출업소 분류	233
[표 4.27] 폐수부문 CH ₄ 배출량 산정을 위한 배출계수	234

〈그림 차례〉

제1장 에너지 분야

[그림 1.1] 전력발전, 열병합발전, 열생산시설의 개념	16
[그림 1.2] 원유 정제과정에서의 에너지 이용	20
[그림 1.3] 석유 기타(1B2a iii) 부문 카테고리 구분개념	64
[그림 1.4] 천연가스 기타(1B2b iii) 부문 카테고리 구분개념	64

제2장 산업공정 분야

[그림 2.1] 스프레드시트 계산의 예시	115
------------------------------	-----

제3장 AFOLU 분야

[그림 3.1] 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 축적량 변화(Tier1)	161
[그림 3.2] 토지용도 전환에 따른 무기토양의 유기탄소 축적 변화(Tier1)	162

제4장 폐기물 분야

[그림 4.1] 국가 폐기물 배출원 분류	195
------------------------------	-----

[그림 4.2] 우리나라 폐기물 처리시설 분류	206
---------------------------------	-----

〈수식 차례〉

제1장 에너지 분야

[식 1.1] 고정 연소의 온실가스 배출량	16
[식 1.2] 원료탄의 코크스 제조과정에서 발생하는 배출량	21
[식 1.3] 민간항공 부문 배출량 산정	27
[식 1.4] 민간항공 부문 배출량 산정(대안)	28
[식 1.5] '1A3b' 카테고리 배출량 산정방법	33
[식 1.6] 차량에서의 NMVOCs 증발배출	37
[식 1.7] 요소 촉매변환 저감장치에서 발생하는 CO ₂	37
[식 1.8] 1A3c 카테고리 배출량 산정방법	39
[식 1.9] 1A3d 카테고리 배출량 산정방법	42
[식 1.10] 1A4a, 1A4b 카테고리 배출량 산정방법	46
[식 1.11] Biomass 와 Non-Biomass 의 분리	49
[식 1.12] 메탄의 Combustion, Flaring 보정 후 배출량 산정	56
[식 1.13] 메탄의 Combustion, Flaring 보정 전 배출량 산정	56
[식 1.14] 메탄의 Combustion, Flaring 을 제외한 배출량 산정	56
[식 1.15] 노천탄광에서 메탄의 발생	57
[식 1.16] 지하 폐광으로부터의 배출 식	59
[식 1.17] 각 산업단위별 탈루 배출량과 총 탈루 배출량의 합산	65

제2장 산업공정 분야

[식 2.1] 시멘트 생산에 의한 배출량	75
[식 2.2] 클링커 생산에 의한 배출량	76
[식 2.3] 석회생산에 의한 배출량	77
[식 2.4] 유리생산에 의한 배출량	79
[식 2.5] 탄산염 소비에 의한 배출량	81
[식 2.6] 암모니아 생산에 의한 배출량	83
[식 2.7] 질산 생산에 의한 배출량	85
[식 2.8] 아디픽산 생산에 의한 배출량	86
[식 2.9] 카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산 생산에 의한 배출량	89
[식 2.10] 카바이드 생산에 의한 배출량	90
[식 2.11] 이산화티타늄 생산에 의한 배출량	92

[식 2.12]	소다회 생산에 의한 배출량	94
[식 2.13]	석유화학제품 및 카본블랙 생산에 의한 배출량	96
[식 2.14]	HCFC-22 생산에 의한 HFC-23 배출량	98
[식 2.15]	불소화합물 생산에 의한 탈루배출량	98
[식 2.16]	철 및 강 생산에 의한 배출량 (CO_2)	101
[식 2.17]	철 및 강 생산에 의한 배출량 (CH_4)	101
[식 2.18]	합금철 생산에 의한 배출계수	103
[식 2.19]	알루미늄 생산에 의한 배출량 (CO_2)	105
[식 2.20]	알루미늄 생산에 의한 배출량 (CF_4 , C_2F_6)	105
[식 2.21]	마그네슘 생산에 의한 배출량 (CO_2)	106
[식 2.22]	마그네슘 생산에 의한 배출량 (SF_6)	106
[식 2.23]	납 생산에 의한 배출량	108
[식 2.24]	아연 생산에 의한 배출량	108
[식 2.25]	비에너지 제품 사용으로 인한 배출량	110
[식 2.26]	전자장비 생산에 의한 배출량	112
[식 2.27]	HFCs, PFCs 순 소비량	114
[식 2.28]	HFCs, PFCs 연간 배출량 (즉각적인 배출)	114
[식 2.29]	HFCs, PFCs 연간 배출량 (뱅크가 일어날 때)	115
[식 2.30]	전기장비 생산, 사용, 처분에 의한 배출량	117
[식 2.31]	AWACS로부터의 배출량	119
[식 2.32]	입자가속기에 의한 배출량	119
[식 2.33]	산업/의료 가속기에 의한 배출량	120
[식 2.34]	기타 제품 사용으로 인한 N_2O 배출	121

제3장 AFOLU 분야

[식 3.1]	가축의 장내발효에 의한 CH_4 배출량	125
[식 3.2]	연평균 사육 두수	127
[식 3.3]	가축의 분뇨관리에서의 CH_4 배출량	128
[식 3.4]	가축의 분뇨관리에서의 직접적 N_2O 배출량	129
[식 3.5]	가축의 연평균 질소 배출량	129
[식 3.6]	동일한 카테고리로 유지되는 토지에서의 연간 탄소 축적 변화량(획득-손실 방법)	139
[식 3.7]	연간 바이오매스 탄소 축적 증가량	139
[식 3.8]	바이오매스의 연평균 증가량	139
[식 3.9]	연간 바이오매스 탄소 손실량	139

[식 3.10] 상업적 벌채에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량	140
[식 3.11] 연료재 수집에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량	140
[식 3.12] 교란에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량	140
[식 3.13] 카테고리가 전환된 토지에서의 연간 탄소 축적 변화량	147
[식 3.14] 토지이용 전환에 따른 고사유기물 증가에 따른 탄소 축적 증가량	148
[식 3.15] 농경지에서의 연간 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G)	150
[식 3.16] 침수지에서의 CH_4 배출량	157
[식 3.17] 침수지로 전환된 토지에서의 CO_2 배출량	159
[식 3.18] 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 손실량	162
[식 3.19] 토지용도 전환 이전 바이오매스 축적량	163
[식 3.20] 무기토양에서의 연간 유기탄소 축적 변화량	163
[식 3.21] 토지용도 전환에 따른 고사유기물의 탄소 손실량	163
[식 3.22] 연소에 의한 온실가스 배출량	170
[식 3.23] 석회질 비료 시비에 따른 연간 탄소 배출량	171
[식 3.24] 요소 시비에 따른 연간 탄소 배출량	174
[식 3.25] 관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출량	176
[식 3.26] 유기질비료 시비량	176
[식 3.27] 농작물 잔류물에서의 질소 배출량	176
[식 3.28] 농작물 지상 잔류물의 건조중량에 대한 농작물 수확량 비율	177
[식 3.29] 지상 잔류물의 건조중량	177
[식 3.30] 지하잔존물에 대한 농작물 수확량 비율	177
[식 3.31] 농작물 생산량의 건조중량 보정	177
[식 3.32] 토양탄소 손실에 따른 질소 배출량	177
[식 3.33] 방목 가축 분뇨에서의 질소 배출량	178
[식 3.34] 휘발된 질소에 의해 발생된 N_2O-N 배출량	182
[식 3.35] 질소의 용탈/유출로 인해 발생된 N_2O-N 배출량	183
[식 3.36] 가축의 분뇨관리에서의 휘발 질소 손실량	184
[식 3.37] 가축의 분뇨관리에서의 간접적 N_2O 배출량	184
[식 3.38] 논벼 재배에서의 CH_4 배출량	186
[식 3.39] 조절된 일 배출계수	186
[식 3.40] 유기질비료에 대해 조정된 CH_4 배출계수 규모	186

제4장 폐기물 분야

[식 4.1] 고형폐기물 매립에서의 CH_4 배출량 산정식	194
[식 4.2] 고형폐기물의 생물학적처리로 인한 CH_4 배출량 산정식	206

[식 4.3] 고형폐기물의 생물학적처리로 인한 N_2O 배출량 산정식	207
[식 4.4] 고형폐기물 소각에서 CO_2 배출량 산정식	210
[식 4.5] 액상폐기물 소각에서 CO_2 배출량 산정식	210
[식 4.6] 소각에서 CH_4 배출량 산정식	210
[식 4.7] 소각에서 N_2O 배출량 산정식	211
[식 4.8] 회수량 산정을 위한 소각열 발생량 산정	214
[식 4.9] 노천 소각되는 생활폐기물 총량	218
[식 4.10] 노천소각 배출량 산정식	220
[식 4.11] 4D1 카테고리 CH_4 배출량 산정식	221
[식 4.12] 총 유기물질 부하량 산정(1단계)	222
[식 4.13] 슬러지로서 제거되는 유기물질 양(DSdom,amount) 산정	223
[식 4.14] CH_4 배출계수의 결정(2단계)	223
[식 4.15] CH_4 배출량 산정(3단계)	224
[식 4.16] 하수부문 미차집/미처리부분 CH_4 배출량 산정식	225
[식 4.17] 하수부문 N_2O 배출량 산정식	226
[식 4.18] 하수처리 CH_4 배출량 산정식(<i>GPG Box4</i>)	227
[식 4.19] 폐수처리부분 CH_4 배출량 산정식	232





제1편 인벤토리 일반사항

I. 적용기준

① 방법론

현재 유엔기후변화협약¹⁾에 제출하고 있는 국가 온실가스 인벤토리 보고서에서 활용하고 있는 지침은 'Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(이하 1996 IPCC G/L)', 'Good Practice guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse gas Inventories(이하 GPG)', 'Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry(이하 LULUCF)' 등이며, '2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(이하 2006 IPCC G/L)'는 이러한 기존 지침을 집대성하고 보완한 것이라고 할 수 있다.²⁾

본 지침은 2006 IPCC G/L을 기준 방법론으로 하였으며, 일부 분야의 경우 국내 활동자료 및 2006 IPCC G/L의 기본 배출계수³⁾의 한계로 1996 IPCC G/L 및 GPG를 적용하였다.⁴⁾

지구온난화지수⁵⁾의 경우 2006 IPCC G/L에서는 IPCC 3차 평가보고서⁶⁾를 적용하도록 하고 있으나, 기존 인벤토리와 비교시 지구온난화지수에 의한 배출량 차이를 배제하고 현재 우리나라 인벤토리에 적용된 지구온난화지수를 반영하여 IPCC 2차 평가보고서⁷⁾를 적용한다.

- 온실가스 배출량 산정 기준 방법론: 2006 IPCC G/L
- 적용 지구온난화지수: IPCC 2차 평가보고서

② 대상 온실가스

2006 IPCC G/L에서는 이산화탄소(Carbon dioxide, CO₂), 메탄(Methane, CH₄), 아산화질소(Nitrous oxide, N₂O), 수소불화탄소(Hydrofluorocarbons, HFCs), 과불화

1) United Nations Framework Convention on Climate Change

2) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006, IPCC(2009.2 현재 3차 수정됨)

3) Default Emission Factors(기본 배출계수 또는 기본값으로 표현)

4) 인벤토리의 구조는 ICLEI 지침을 참조함

5) Global Warming Potential(GWP)

6) Third Assessment report of the IPCC(FAR), 2001, IPCC

7) Second Assessment report of the IPCC(SAR), 1995, IPCC

탄소(Perfluorocarbons, PFC_s), 육불화황(Sulphur hexafluoride, SF₆), 삼불화질소(Nitrogen trifluoride, NF₃), Trifluoromethyl sulphur pentafluoride(SF₅CF₃), Halogenated ethers (e.g., C₄F₉OC₂H₅), 기타 몬트리올의정서에 포함되지 않은 Halocarbons 등을 대상으로 하나, 본 지침에서는 교토의정서⁸⁾에서 규정한 6개 온실가스만을 산정 대상으로 한다.

- 산정 대상 온실가스: CO₂, CH₄, N₂O, HFC_s, PFC_s, SF₆

II. 배출량 산정단계(Tier) 설정

2006 IPCC G/L은 산정의 정확성, 효율성, 자료의 활용 가능성 등을 고려하여 한 분야에 대해 단계별로 여러 가지 배출량 산정 방법론을 제시하고 있으나, 인벤토리의 통일성을 위해 기준 방법론 설정이 필요함에 따라 우리나라의 분야별 활동자료 및 국가 고유 배출계수의 활용 가능성을 고려하여 [표 i]를 기준 산정단계로 한다.¹⁴⁾

[표 i] 적용된 배출량 산정단계(Tier)

Category			Code	Gas	Tier
Eenrgy	Stationary Combustion		1A1, 1A2, 1A4	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	1
	Mobile Combustion	Road Transportation	1A3b	CO ₂	1
				CH ₄ , N ₂ O	2
		Off-Road Transportation	1A3e ii	–	1
		Railways	1A3c	CO ₂	1
				CH ₄ , N ₂ O	1
		Water-borne navigation	1A3d	CO ₂	1
			CH ₄ , N ₂ O	1	
	Civil Aviation	1A3a		2	
	Fugitive Emission	Underground Coal Mines	1B1a i	all	1
		Surface coal mining	1B1a ii		2
		Natural gas system	1B2b		1
		Crude oil production	1B2a		1
		Crude oil transport, refining & upgrading			1
IPPU ⁹⁾	all				1(1a)
AFOLU ¹⁰⁾	all ¹¹⁾				1
Waste	Solid Waste Disposal		4A	CH ₄	1
	Biological Treatment of Solid Waste		4B	CH ₄	1
				N ₂ O	1

8) Kyoto protocol(1997.12 기후변화협약 제3차 당사국총회에서 채택)

Category			Code	Gas	Tier
	<i>Incineration and Open Burning of Waste</i>	<i>Waste Incineration</i>	4C1	CO ₂	2a
				CH ₄	1
				N ₂ O	1
		<i>Open Burning Waste</i>	4C2	CO ₂	2a
				CH ₄	1
				N ₂ O	1
	<i>Wastewater Treatment and Discharge</i>	<i>Domestic Wastewater Treatment and Discharge</i>	4D1	CH ₄	GPG ¹²⁾
				N ₂ O	Annex I ¹³⁾
		<i>Industrial Wastewater Treatment and Discharge</i>	4D2	CH ₄	2

III. 지자체 인벤토리 분류체계

1. 배출량 분류체계

기본적으로 2006 IPCC G/L의 분류체계를 따르나, 지자체 온실가스 인벤토리의 특성을 반영하기 위해 일부 카테고리를 세분화하고, 기존 통계자료 구축 및 접근성의 한계로 일부 카테고리는 통합, 변경하여 배출량을 산정한다.

③ 카테고리 세분화

배출원에 대한 지자체 관리권한에 따라 인벤토리를 분류할 수 있도록 하기 위해 2006 IPCC G/L에서 하나로 통합되어 있는 *Commercial&Institutional(1A4a)* 카테고리를 *Commercial*과 *Institutional*로 분리하며, 지자체에서 관할권이 없다고 판단되는 공항·항만·철도운영¹⁵⁾ 등에서의 배출량 역시 분리하여 산정한다.

- *Off-road(1A3e ii)* → 공항·항만 외(*1A3e ii*), 공항·항만(*1A3e iii*)
- *Commercial&Institutional(1A4a)* → *Commercial_공항·항만·철도운영 관련 외* (*(1A4a i)*), *Commercial_공항·항만·철도운영 관련* (*(1A4a ii)*), *Institutional(1A4a iii)*

9) Industrial Processes and Product Use

10) Agriculture, Forestry, and Other Land Use

11) *Land(3B)* 카테고리는 *Approach I*을 따름

12) 국내 활동자료의 제한으로 방법론은 GPG를 따름

13) 2006 IPCC G/L의 vol5, p.6.3, *Annex I Worksheet*

14) 향후 국가 온실가스 배출계수 개발 및 관리체계 구축, 관련 통계자료의 보완 등에 따라 상위 Tier로 조정

15) 공항, 항만, 철도 등의 운영은 인천국제공항공사, 한국공항공사, 부산항만공사, 인천항만공사, 한국철도공사, 한국컨테이너부두공단, 부산항만부두관리공사, 인천항만부두관리공사 등의 공기업 및 공공기관에서 담당(기획예산처의 공기업 및 공공기관 지정 고시)

④ 카테고리의 통합

Land(3B)의 경우, 하위 카테고리별 개별 방법론을 적용하기 위한 관련 통계자료의 한계로 하위 카테고리 단위의 배출량 분류가 어려운 상황을 고려하여 2006 IPCC G/L의 Approach1 방법을 적용, 하위 카테고리를 구분하지 않고 Land(3B) 카테고리의 총량으로 산정한다.¹⁶⁾

· Forestland(3B1)~Otherland(3B6) → Land(3B) 카테고리 총량으로 산정

⑤ 카테고리의 변경

연소과정을 통해 온실가스가 배출되는 도시가스 및 석탄의 경우, 에너지 분야 배출량 산정에 활용할 수 있는 국내 산업별 사용량 통계가 구축되어 있지 않음으로¹⁷⁾, 기존 Non-specified industry(1A2m)에서 통합 산정해야 하나, 해당 연료는 에너지 분야 배출량에 대한 비율이 높은 에너지원으로 효율적 온실가스 관리를 위해 별도의 카테고리로 분리하여 산정한다.

- 1A2m i : 도시가스 및 석탄을 제외한 기타 미분류 에너지
- 1A2m ii : 미분류 도시가스 소비
- 1A2m iii : 미분류 석탄 소비

2. 지자체 관리권한 및 경계에 따른 분류체계

가. 구성 및 개념

2006 IPCC G/L에서 제시하고 있는 온실가스 인벤토리 분류체계는 국가 온실가스 배출량을 산정하기 위한 것이기 때문에 배출원별 관리권한의 구분, 해당 지역 외에 위치한 배출원의 배출량, 간접 온실가스 배출량 등에 대한 고려가 없으나, 지자체 입장에서의 실질적이고 이행 가능한 온실가스 감축 정책을 수립하기 위해서는 이러한 사항이 반영된 온실가스 인벤토리가 필요하며, 이를 위해 2006 IPCC G/L의 인벤토리 분류체계에 [표 ii]와 같은 분류 개념을 추가한다.¹⁸⁾

16) 향후 지목별 면적에 대한 시계열 자료의 활용이 가능하게 되면 카테고리를 분리하여 산정하는 것이 바람직

17) 관련 협회 및 기관 내부의 자료는 있을 수 있으나 외부에 공개되지 않아 활용이 불가하며, 향후 관련 통계를 개선하여 산업별 사용량 자료의 활용이 가능할 경우 본래의 통계체계에 맞게 산정 하는 것이 바람직

18) Scope1, 2, 3 전체 인벤토리 구성은 [첨부 1] 참조

[표 ii] 지자체 기후정책 활용을 위한 인벤토리 구성

대분류	중분류	소분류
Scope1 (해당 지자체 행정구역내에서 발생하는 직접 배출 및 흡수원)	Scope1-A (지자체 관리대상)	Scope1-A-a(직접관리)
		Scope1-A-b(간접관리)
	Scope1-B(지자체 비 관리대상)	
Scope2 (해당 지자체 행정구역내에서 발생하는 간접 배출원)	Scope2-A (지자체 관리대상)	Scope2-A-a(직접관리)
		Scope2-A-b(간접관리)
	Scope2-B(지자체 비 관리대상)	
Scope3 (해당 지자체 행정구역외에 위치한 지자체 관리대상 배출원)	Scope3-A(직접 배출원)	
	Scope3-B(간접 배출원)	
· 지자체 관리대상: 지자체에 관리권한이 있는 배출 및 흡수원 · 지자체 비 관리대상: 지자체에 관리권한이 없는 배출 및 흡수원 · 직접관리: 지자체에서 운영하거나 소유권이 있는 배출 및 흡수원 · 간접관리: 직접관리 대상은 아니나, 관련 정책수립 등의 대상이 될 수 있는 배출원 · 직접배출: 온실가스를 직접적으로 배출(예, 화력발전에 의한 전력의 생산과정) · 간접배출: 직접적으로 온실가스를 배출시키지는 않으나, 이를 수반하는 인간의 활동(예, 전력의 소비과정)		

나. Scope1 분류

Scope1은 온실가스가 직접적으로 배출·흡수되는 배출원으로 2006 IPCC G/L에 제시된 카테고리를 지자체 관리권한에 따라 다음과 같이 분류한다.

① 에너지 분야

Railways(1A3c), 공항·항만(1A3eiii), 공항·항만·철도운영 관련(1A4a ii) 등은 해당 배출시설이 지자체 행정구역 내에 존재하더라도 지자체에서 배출되는 온실가스를 관리할 수 있는 권한이 없는 것으로 하여 지자체 비 관리대상(Scope1-B)으로 분류하며, Institutional(1A4a iii)은 공공시설 배출량으로 지자체에서 직접 관리권한이 있는 것으로 하여 직접관리 대상(Scope1-A-a)으로 한다.

- Scope1-B: Railways(1A3c), 공항·항만(1A3eiii), 공항·항만·철도운영 관련(1A4a ii)
- Scope1-A-a: Institutional(1A4a iii)
- Scope1-A-b: 이외 카테고리¹⁹⁾

② 산업공정 및 AFOLU 분야

산업공정 및 AFOLU 분야는 하위 카테고리별 구분 없이 전체를 간접관리 대상(Scope1-A-b)으로 한다.²⁰⁾

19) [첨부 1] 참조

20) 산림의 경우 국유지(임업연구원, 임목육종연구소, 각 지방산림관리청 등 소유지), 지자체 소유지, 사유지 등으로 구분되어 있어 Scope1-A-a/b, Scope1-B 등으로 관할권을 분리해야

③ 폐기물 분야

지자체에서 관리하는 환경기초시설에서 배출되는 온실가스는 *Scope1-A-a*로 분류하고, 개인 소유의 폐기물 처리시설에서 배출되는 온실가스는 *Scope1-A-b*로 분류한다.

- *Scope1-A-a*와 *Scope1-A-b*로 각각 구분하여 산정: *Management Waste Disposal Sites(4A1)*, *Unmanaged Waste Disposal Sites(4A2)*, *Biological Treatment of Solid Waste(4B)*, *Waste Incineration(4C1)*, *Industrial wastewater Treatment and Discharge(4D2)*
- *Scope1-A-a*: *Domestic Waste Water Treatment and Discharge(4D1)*
- *Scope1-A-b*: *Uncategorised Waste Disposal Sites(4A3)*, *Open Burning of Waste(4C2)*

다. Scope2의 분류

*Scope2*는 온실가스를 발생시키는 간접배출원으로 전력사용, 열(熱)사용, 수도(水道)사용, 폐기물 발생 등에 의한 온실가스 배출량을 산정대상으로 한다.²¹⁾ 간접배출량²²⁾을 별도의 *Scope*으로 분리한 것은 중복산정으로 인한 혼란을 방지하기 위함이며, 직·간접을 모두 고려한 배출량은 최종단계에서 별도로 산정한다.²³⁾

열(熱), 수도(水道), 폐기물의 경우 직접관할 및 비관리 대상 배출원의 비율이 낮아 *Scope2-A-a·b*, *Scope2-B* 등을 구분하는 실익이 없음으로 전체를 *Scope2-A-b*로 분류한다.

① 전력

전력은 사용단계에서 온실가스가 배출되지는 않으나 생산단계²⁴⁾에서 온실가스를 배출하게 된다. 전력 생산시 배출되는 온실가스는 *Scope1*에서 산정됨에도 불구하고 실제 온실가스가 배출되는 않는 소비단계의 배출량을 별도로 산정하는 것은 전력수요를 줄임으로서 전력생산에 의한 온실가스 배출을 줄이기

하나, 활용 가능한 자료의 한계로 현재는 구분이 불가하며, 향후 관련 통계가 보완될 경우 분리가 바람직

21) 향후 지자체의 온실가스 감축역량을 확대하기 위해 산정대상을 추가할 필요가 있으며, LCA 평가를 통한 제품별 온실가스 배출량 개념 등의 도입 등 필요(카테고리 분류는 [첨부 1] 참조)

22) 간접배출계수 및 손실물은 [첨부 2] 참조

23) 종합배출량

24) 화력발전에 의한 전력생산만을 의미하며, 원자력 및 기타 신재생에너지를 이용한 전력생산은 온실가스를 배출하지 않음

위한 계획수립에 활용하기 위함이다.²⁵⁾

전력사용량 중 관공용, 기타 공공용은 지자체에서 직접 관할권이 있는 것으로 하며, 국군용, 유엔군용, 전철, 수도 등은 관할권이 없는 것으로 한다.

- *Scope2-A-a*: 관공용, 기타 공공용
- *Scope2-A-b*: 이외 카테고리²⁶⁾
- *Scope2-B*: 국군용, 유엔군용, 수도, 전철

산정방법 및 활동자료는 다음과 같다.

- 전력 배출량: 전력 소비량 $\times [1/(1-\text{손실률})] \times$ 전력 간접배출계수
- 활동자료: 전력통계속보(한국전력)

② 열(熱)

전력과 동일한 개념으로 간접배출량을 산정하며, 전체 카테고리를 간접관리에 포함한다.

- *Scope1-A-b*: 전체 카테고리

산정방법 및 활동자료는 다음과 같다.

- 열 배출량: 열 소비량 $\times [1/(1-\text{손실률})] \times$ 열 간접배출계수
- 활동자료: 지역에너지통계연보(에너지경제연구원), 집단에너지사업자 자료집(에너지관리공단)

③ 수도(水道)

수도는 상수도 생산과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 용수 사용량에 따라 산정하며, 전체 카테고리를 간접관리에 포함한다.

- *Scope2-A-b*: 전체 카테고리

산정방법 및 활동자료는 다음과 같다.

- 수도 배출량: 수도 사용량 $\times$ 수도 간접배출계수
- 활동자료: 지자체별 통계연보(지자체)

④ 폐기물

폐기물에 의한 온실가스 배출량은 산정시 활용하는 활동자료에 따라 처리량

25) 본 지침은 자료 활용의 한계로 인해 화력발전과 원자력 및 신재생에너지를 구분하지 않고 전력사용에 의한 간접배출량을 산정하나, 향후 온실가스를 배출하는 에너지원(화력발전)과 배출하지 않는 에너지원(원자력, 신재생에너지)을 구분하여 산정하는 개념의 도입이 필요

26) [첨부 1] 참조

기준 배출량과 발생량 기준 배출량으로 나뉜다. 처리량 기준 배출량은 배출원에서 배출되는 온실가스를 산정하는 것으로 *Scope1*에서 산정하며, *Scope2*에서는 발생하는 폐기물량으로 온실가스를 산정하는 발생량 기준 배출량으로 한다.

발생량 기준으로 산정하는 폐기물 간접배출량은 매립, 소각, 하·폐수, 고형 폐기물의 생물학적처리 등의 카테고리로 나뉘며, 전 카테고리를 간접관리에 포함한다.

- *Scope2-A-b*: 전체 카테고리

산정방법 및 활동자료는 다음과 같다.

- 폐기물 배출량: 폐기물 발생량 × 폐기물 간접배출계수
- 활동자료: 전국폐기물발생 및 처리현황(환경부), 하수도통계(환경부), 공장 폐수의 발생과 처리(환경부)

라. *Scope3*의 분류

*Scope3*는 온실가스 관리정책에 대한 온실가스 인벤토리의 활용성을 확대하기 위한 것으로, 배출원이 해당 지역 내에 있지 않으나, 지자체의 직접적인 관리를 받는 배출원²⁷⁾에서의 배출량을 산정한다. *Scope3*는 지자체 온실가스 인벤토리 구축시 단순히 지역 경계만을 기준으로 하지 않고 관리권한을 고려함으로써 실질적인 배출량 관리가 가능하도록 하는데 의미가 있다.

Scope3 배출량 산정은 직접배출원인 에너지 고정연소(자체 보일러 등), 간접배출원인 전력, 열(熱), 수도(水道), 폐기물 등을 대상으로 한다.

- *Scope3-A*: 에너지 고정연소
- *Scope3-B*: 전력, 열, 수도, 폐기물

IV. 인벤토리의 활용

지자체별 온실가스 배출량은 기본체계에 따라 직접배출량(*Scope1*), 간접배출량(*Scope2*), 지역 외 배출량(*Scope3*) 등으로 구분할 수 있으며, 관리권한에 따라 *Scope1-A-a*, *Scope2-A-a*, *Scope3-A·B* 등을 직접관리 배출량, *Scope1-A-b*, *Scope2-A-b* 등을 간접관리 배출량으로 할 수 있다.

직접배출량에 간접배출량을 고려한 값을 중합배출량으로 하여 지자체별 최종 배출량으로 하며, 지역 배출량을 활용한 상향식(Bottom-up) 국가 배출량 산정에는 *Scope1*의 배출량만을 적용한다.

27) 예) 충북 수안보에 위치한 서울특별시 공무원 연수원을 서울특별시 온실가스 인벤토리 *Scope3* 배출량으로 함

- 직접관리 배출량: $Scope1-A-a$, $Scope2-A-a$, $Scope3-A \cdot B$
- 간접관리 배출량: $Scope1-A-b$, $Scope2-A-b$
- 상향식 국가배출량 활용: $Scope1$

1. 종합배출량의 산정

종합배출량은 생산-소비²⁸⁾ 관계에 있는 직접배출량이 제외된 $Scope2$ 의 카테고리별 순 배출량²⁹⁾을 구하고, 이를 $Scope1$ 에 합한 값으로 한다.³⁰⁾

지역에서 사용하는 용수는 해당 지역에서 생산하고³¹⁾ 전력 배출량과 중복 산정³²⁾ 될 수 있기 때문에 종합배출량 산정시 수도(水道) 배출량은 고려하지 않는다. 단, 수도 사용량 절감으로 인한 온실가스 감축량 활용을 위해 $Scope2$ 에서의 산정은 필요하다.

- 종합배출량: $Scope1$ 배출량 + $Scope2$ 순 배출량

① 전력 순 배출량

전력 순 배출량은 해당 지역의 전력사용량에서 전력생산량을 제외한 순 전력 사용량에 전력간접배출계수를 곱하여 산정한다. 실제 전력생산시 배출되는 온실가스 배출량은 동일한 전력을 생산하더라도 발전시설의 종류에 따라 다르나³³⁾, 이는 국가의 전력수급계획에 따른 것으로 지자체에 권한이 없는 사항으로서 지역별 온실가스 인벤토리의 형평성을 위해 종합배출량 산정시에는 발전시설별 배출량 구분 없이 전력생산량과 전력 간접배출계수를 사용한다.

- 전력 순 배출량: $[\text{전력 소비량} \times (1/(1-\text{손실률})) - \text{전력 생산량}] \times \text{전력 간접배출계수}$

② 열(熱) 순 배출량

- 열 순 배출량: $[\text{열 소비량} \times (1/(1-\text{손실률})) - \text{열 생산량}] \times \text{열 간접배출계수}$

③ 폐기물 순 배출량

폐기물은 발생지역과 발생한 폐기물을 처리하는 지역이 다른 경우가 대부분

28) 폐기물의 경우 발생-처리 관계

29) $Scope2$ 배출량 계산은 간접배출계수를 적용함([첨부 2] 참조)

30) 생산량이 소비량보다 많은 경우 $Scope2$ 순 배출량은 음의 값을 가지게 되며, 이는 해당 지자체에서 생산하여 다른 지자체에 공급하는 경우로, 그 차이를 종합배출량에서 제외하는 것이 온실가스 배출량의 소비자 부담 원칙에 합당(열 순 배출량도 동일)

31) 수도는 각 광역별 상수도사업본부에서 관리

32) Double Counting

33) 원전 및 신재생에너지를 사용하는 발전시설은 온실가스가 배출되지 않으며, 발전시 온실가스가 배출되는 화력발전의 경우에도 발전에 사용하는 연료에 따라 생산전력당 온실가스 배출량이 다름

으로, 효율적인 온실가스를 관리하기 위해서는 발생량 기준 배출량과 처리량 기준 배출량을 별도로 산정하는 것이 필요하다.

폐기물 순 배출량은 폐기물의 발생량 기준 배출량에서 처리량 기준 배출량을 제외한 값으로 한다.³⁴⁾

· 폐기물 순 배출량: (폐기물 발생량 × 폐기물 간접배출계수) - 처리량 기준 배출량

2. 인벤토리 활용을 위한 보고형식

본 지침에 따라 구축된 지자체 온실가스 인벤토리는 사용목적에 따라 분야별 인벤토리(국가통계 형식), 감축량 관리를 위한 인벤토리 등으로 구분하여 관리할 수 있다.

① 분야별 인벤토리

분야별 인벤토리는 UNFCCC³⁵⁾에 보고하는 국가 온실가스 인벤토리 형식³⁶⁾으로서 각 분야별 온실가스 배출량을 나타낸다.

[표 iii] 분야별 인벤토리 형식

부 문		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC _s	PFC _s	SF ₆
직접배출	에너지	...	...	...	...	...	...
	산업공정	...	...	...	...	...	...
	폐기물	...	...	...	...	...	...
	농·축산 산림 및 토지이용	농·축산	...	...	...	...	...
		산림 및 토지이용	...	...	...	...	...
	총 배출량	...	...	...	...	...	...
간접배출	순 배출량	...	...	...	...	...	...
	수전	...	...	...	...	...	...
	수열	...	...	...	...	...	...
	수도	...	...	...	...	...	...
	폐기물	...	...	...	...	...	...
총 배출량		...	...	...	...	...	...
종합배출량		...	...	...	...	...	...

② 감축량 관리를 위한 인벤토리

[표 iv]의 분류1, 분류2, 분류3 등에 따라 온실가스 배출량을 관리함으로써 합리적이고 실현가능성 있는 감축목표를 설정할 수 있다.

34) 결과적으로 폐기물의 종합배출량은 발생량 기준 배출량이 됨

35) 유엔 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)

36) CRF(Common Reporting format)

[표 iv] 감축 인벤토리 형식

분류1	분류2	분류3	에너지	산업공정	농·축산	폐기물	총 배출량	산림 및 토지이용	순배출량
직접 배출원	관리대상	직접관리	...	...	...	...	...	...	...
		간접관리	...	...	...	...	...	...	...
	비 관리대상		...	...	...	...	...	...	...
분류1	분류2	분류3	수전	수열	수도	폐기물	총 배출량		
간접 배출원	관리대상	직접관리	...	...	...	...	...		
		간접관리	...	...	...	...	...		
	비 관리대상		...	...	...	...	...		
분류1	분류2		시설1	시설2	시설3	시설4	시설5	...	총 배출량
지역외 관리대상	직접배출원		...	...	...	...	...	...	...
	간접배출원		...	...	...	...	...	...	...

3. 카테고리의 공란 처리

온실가스 인벤토리는 완전성을 위해 전체 카테고리별로 배출량을 산정하는 것이 원칙이나, 배출원 자체가 없거나, 다른 카테고리에서 산정된 카테고리 등과 같이 공란으로 처리해야 할 필요성이 발생할 수 있으며, 이러한 경우 [표 v]³⁷⁾의 원칙에 따라 공란 처리 사유를 명시하고, 관련 내용을 별도로 기술한다.

[표 v] 카테고리의 공란 처리 기준

기호	해당 사유
NO (Not Occurring)	An activity or process does not exist within an area. (해당 배출원이 없음)
NE (Not Estimated)	Emissions and/or removals occur but have not been estimated or reported. (배출·흡수가 있으나 산정하지 않음)
NA (Not Applicable)	The activity or category exists but relevant emissions and removals are considered never to occur. Such cells are normally shaded in the reporting tables. (카테고리에 해당하는 분류상 배출원은 있으나, 온실가스의 발생·흡수가 없음)
IE (Included Elsewhere)	Emissions and/or removals for this activity or category are estimated and included in the inventory but not presented separately for this category. The category where these emissions and removals are included should be indicated (for example in the documentation box in the correspondent table). (다른 카테고리에 포함하여 배출량을 산정함)
C	Emissions and/or removals are aggregated and included elsewhere in

기호	해당 사유
(confidential information)	the inventory because reporting at a disaggregated level could lead to the disclosure of confidential information. (보안이 필요한 사항으로 카테고리를 세분화하지 않고 다른 카테고리에 합산하여 산정)



³⁷⁾ 2006 IPCC G/L에 따름





제2편 온실가스 배출량 산정 방법

제1장 에너지 분야

I. 일반 사항

① 연료의 정의

국제 에너지기구의 *Energy Statistics Manual 2004* 의 정의에 기초한 연료 정의를 사용한다.³⁸⁾

② 연료의 종류와 순발열량(NCV)

국가통계의 연료종류와 IPCC 기준의 연료종류가 일치하지 않으므로 [첨부 4]³⁹⁾를 활용하여 국내 연료종류에 해당되는 IPCC 기준 연료의 배출계수를 적용한다.

③ 에너지원으로 사용되지 않는 연료

에너지원의 목적으로 연소되지 않는 연료는 활동자료에서 제외한다. 단, 코크스제조에 쓰이는 원료탄(유연탄)과 연료제품(배달형 LPG, 휴대용 부탄가스) 제조에 쓰이는 연료는 온실가스가 발생하는 카테고리에서 산정하도록 한다.

II. 1A1a(1A1a i ~1A1a iii, 전력 발전 및 열생산시설)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

공공(the public)에 전력 및 열을 공급하는 전력발전소, 열병합발전소, 열생산 시설에서 발생하는 온실가스 연소 배출량을 산정한다.([그림 1.1]⁴⁰⁾ 참고) 단, 전력 및 열을 생산하는 주요 목적이 공공 공급이 아닌 경우(제품 생산, 서비스, 아파트 단지의 자체 열병합발전 등)를 자가생산자(Autoproducer) 라고 하며 이 경우, 연소 배출량은 주요목적에 해당되는 카테고리에 산정하여야 한다.

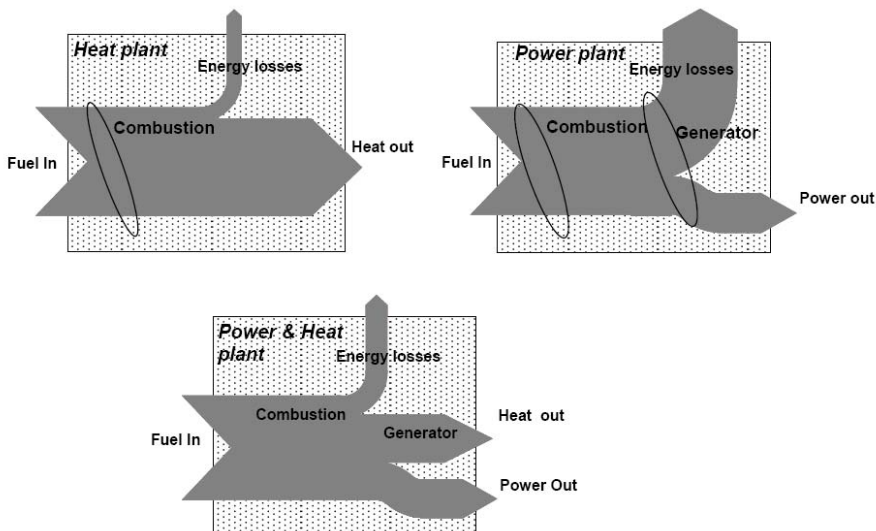
38) [첨부 3] 참조

39) 연료의 종류와 순발열량

40) 2006 IPCC G/L Vol.2)

따라서, 생산된 전력 및 열의 일부분을 주요활동에 사용하고 잉여량을 공공에 공급하는 경우(예: 소각장, 매립지)에는 시설의 주요활동에 해당되는 카테고리에서 산정한다.

- 1A1a i 전력 발전: 전력만을 생산하는 시설
- 1A1a ii 열병합 발전(CHP): 단일 열병합 시설에서 열과 전력을 동시에 생산하는 시설
- 1A1a iii 열생산시설: 파이프라인을 통해 판매하고자 열만을 생산하는 시설



[그림 1.1] 전력발전, 열병합발전, 열생산시설의 개념

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 한다.

[식 1.1] 고정 연소의 온실가스 배출량

$$Emission_{GHG, fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} \cdot EmissionFactor_{GHG, Fuel}$$

$$Total\ Emission_{GHG} = \sum_{Fuels} Emissions_{GHG, fuel}$$

$Emission_{GHG, fuel}$: 연료에 따라 산정된 온실가스의 배출량 (kg GHG)

$Fuel\ Consumption_{fuel}$: 연소된 연료의 양 (TJ), 부피나 질량으로 주어진 연료소비량을 열량단위(TJ)로 변환

$Emission\ Factor_{GHG, fuel}$: 연료에 따른 온실가스의 배출계수 (kg gas/TJ) CO_2 에 대해서 이는 1로 가정된 탄소산화계수(carbon oxidation factor)를 포함한다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

해당 시설에서 열과 전력의 생산을 위해 소비한 연료의 양을 활동자료로 한다. 활동자료는 [표 1.1]을 활용한다.

- 국가 기관에서 발행한 에너지 통계
- 기업에서 국가 에너지 통계부서로 보고한 자료
- 시설을 운영, 담당하는 기업에 자료요청

[표 1.1] 1A1a의 활동자료 출처

카테고리	활동자료 출처	비 고
1A1ai	· 한국전력통계연보 (발전소별 발전연료 사용실적) · 각 발전사로부터 직접 획득	각 통계자료의 생산량 통계에서 전력과 열을 동시에 생산한 실적이 있는 시설은 1A1aii 열병합발전시설에 산정한다
1A1aiii	· 지역에너지 통계연보 (열에너지 > 열에너지 지역난방/산업단지 연료소비) · 에너지관리공단 집단에너지사업자 자료집 · 각 집단에너지 사업자로부터 직접 획득	

[첨부 4]를 활용하여 위에 제시된 연료의 소비량을 열량 단위(TJ)로 변환한다.⁴¹⁾ 단, 위 시설의 활동자료에서 자가생산자로부터 공급된 에너지는 제외하여야 한다.

나. 대안

[표 1.1] 의 활동자료의 에너지 종류에는 소각장의 소각열과 매립장의 LFG 등 자가생산자로부터 공급된 에너지가 포함되어 있다. 소각장, 매립장 등은 공공 에너지 공급이 주 목적이 아니므로 자가생산자(Autoproducer) 로 판단하여야 하며 소각장의 소각열과 매립지에서 공급된 LFG 등은 1A4iii 카테고리에 산정한다.

다. 출처

2006 IPCC G/L Vol.2. Box.2.1

3. 배출계수

가. 적용원칙

41) 연료 소비량의 단위가 Toe (Ton of Oil Equivalent) 로 된 경우 연료의 발열량 대신에 단위 환산계수 0.0419 TJ/Toe 를 사용함.; 1 Toe = 10⁷ kcal

[표 1.2]⁴²⁾에 제시되어 있는 2006 IPCC G/L의기본값을 사용한다.

[표 1.2] 에너지산업에서 고정 연소에 대한 배출계수 기본값

단위:kg/TJ

연료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최고	기본값 배출계수	최소	최고
Crude Oil		73 300	71 000	75 500	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Orimulsion		r 77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Natural Gas Liquids		r 64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gasoline	Motor Gasoline	r 69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Jet Kerosene		r 71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Other Kerosene		71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Shale Oil		73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gas/Diesel Oil		74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Residual Fuel Oil		77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Liquefied Petroleum Gases		63 100	61 600	65 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Ethane		61 600	56 500	68 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Naphtha		73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Bitumen		80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Lubricants		73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Petroleum Coke		r 97 500	82 900	115000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Refinery Feedstocks		73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Other Oil	Refinery Gas	n 57 600	48 200	69 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Paraffin Waxes	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	White Spirit and SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	3
	Other Petroleum Products	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Anthracite		98 300	94 600	101000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Coking Coal		94 600	87 300	101000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Other Bituminous Coal		94 600	89 500	99 700	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Sub-Bituminous Coal		96 100	92 800	100000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Lignite		101 000	90 900	115000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Oil Shale and Tar Sands		107 000	90 200	125000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Brown Coal Briquettes		97 500	87 300	109000	n 1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Patent Fuel		97 500	87 300	109000	1	0.3	3	n 1.5	0.5	5
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	r 107 000	95 700	119 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
	Gas Coke	r 107 000	95 700	119 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Coal Tar		n 80 700	68 200	95 300	n 1	0.3	3	r1.5	0.5	5
Derived Gases	Gas Works Gas	n 44 400	37 300	54 100	n 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Coke Oven Gas	n 44 400	37 300	54 100	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Blast Furnace Gas	n 260 000	219000	308 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3

단위:kg/TJ

연료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최고	기본값 배출계수	최소	최고
	Oxygen Steel Furnace Gas	n 182 000	145 000	202 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Natural Gas	56 100	54 300	58 300	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Municipal Wastes (non-biomass fraction)	n 91 700	73 300	121 000	30	10	100	4	1.5	15
	Industrial Wastes	n 143 000	110 000	183 000	30	10	100	4	1.5	15
	Waste Oils	n 73 300	72 200	74 400	30	10	100	4	1.5	15
	Peat	106 000	100 000	108 000	n 1	0.3	3	n 1.5	0.5	5
Solid Biofuels	Wood / Wood Waste	n 112 000	95 000	132 000	30	10	100	4	1.5	15
	Sulphite lyes (Black Liquor) ^a	n 95 300	80 700	110 000	n3	1	18	n2	1	21
	Other Primary Solid Biomass	n 100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1.5	15
	Charcoal	n 112 000	95 000	132 000	200	70	600	4	1.5	15
Liquid Biofuels	Biogasoline	n 70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Biodiesels	n 70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Other Liquid Biofuels	n 79 600	67 100	93 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gas Biomass	Landfill Gas	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Sludge Gas	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Other Biogas	n 54 600	46 200	66 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Other nonfossil fuels	Municipal Wastes (biomass fraction)	n 100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1.5	15
(a) Includes the biomass-derived CO ₂ emitted from the black liquor combustion unit and the biomass-derived CO ₂ emitted from the kraft mill lime kiln. n 1996 IPCC G/L에 없던 새로운 배출 계수를 나타낸다. r 1996 IPCC G/L부터 수정된 배출 계수를 나타낸다.										

4. 향후 과제

고정연소원의 연료, 기기에 따른 국가 배출계수를 적용하여 개별 연소원별 배출량 산정이 필요하다.

III. 1A1b(석유정제)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

42) 2006 IPCC G/L

정유소에서 이루어지는 자가소비용 열·전력생산을 포함하여 석유제품을 정제(Refining) 하는데 발생하는 모든 연소 배출량을 산정한다. 단, 정유소에서 발생하는 증발성 탈루배출량(evaporative fugitive emissions)은 1B2a 카테고리에서 산정한다.

나. 산정원칙

[식 1.1]의 방법을 따른다.

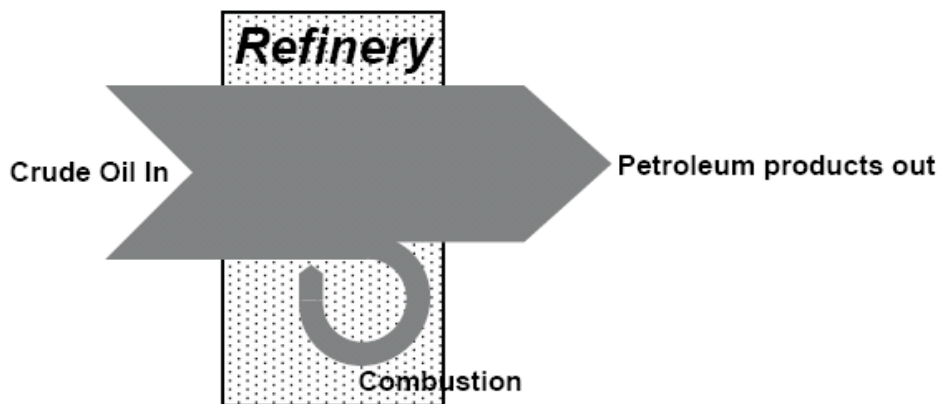
2. 활동자료

가. 적용원칙

정유시설에서 석유제품을 생산하는데 소비하는 모든 연료 (석유, 천연가스, 기타 연료 등)를 고려한다.([표 1.3] 참조) 정유시설에서는 [그림 1.2]와 같이 원유 정제과정에서 부생되는 연료(예: 정제가스 Refinery Gas/Fuel Gas)도 정제연료로 사용되거나 거래되지 않으므로 국가석유정보시스템(PEDSIS)의 국내수급정보에 보고되지 않는다.⁴³⁾ [그림 1.2]에 묘사된 연료를 포함하여 [표 1.3]에 제시된 활동자료를 사용한다.

[표 1.3] 1A1b의 활동자료 출처

	석유	천연가스	석탄	정제연료
자료 출처	• PEDSIS 국내수급현황 - 산업(대) : 에너지산업 - 산업(중) : 석유정제 - 산업(소) : 석유제조업	통계자료 없음 〈시설에 직접문의〉	통계자료 없음 〈시설에 직접문의〉	• PEDSIS 석유수급통계 ‘수요’ 부문 ‘정제연료량’



[그림 1.2] 원유 정제과정에서의 에너지 이용

⁴³⁾ PEDSIS의 국내수급정보는 정유사/수입사, 대리점, 주유소에서 판매한 실적을 기준으로 작성됨

3. 배출계수

가. 적용원칙

[표 1.2]에 제시되어 있는 2006 IPCC G/L의 '기본값'을 사용한다.

4. 향후과제

정유시설 내에서 생산되어 자체 소비되는 정제연료량을 지역 별로 파악 할 수 있도록 하기 위해 국가통계의 보완이 필요하며, 정유시설의 정제연료에 대한 성분분석으로 정확한 국가 고유배출계수 마련이 필요하다.

IV. 1A1c(1A1ci~1A1cii, 고체연료 제조 및 기타 에너지산업), 1A2 (1A2a~1A2m, 제조업 및 건축업)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

정유를 제외한 연료의 제조와 1A2(제조업 및 건축업)에서 에너지원으로 연소된 연소배출량을 산정한다. ([표 1.4] 참조)

특히 1A1ci 카테고리는 철강업에서 유연탄(원료탄)을 코크스로 제조하는 과정에서 발생하는 CO₂ 와 CH₄ 를 포함한다.

나. 산정원칙

에너지원으로 사용되는 연료의 연소로 인한 배출량은 [식 1.1]을 따른다.
원료탄(유연탄)의 코크스 제조 과정에서 발생하는 배출량은 [식 1.2]를 따른다.

[식 1.2] 원료탄의 코크스 제조과정에서 발생하는 배출량

$$Emission_{GHG} = Coal\ Consumption \cdot Conversion\ rate \cdot Emission\ Factor$$

Emission_{GHG}: 코크스 제조과정에서 발행하는 배출량(kg GHG)

Coal Consumption: 소비한 원료탄(유연탄)의 양 (ton)

Conversion rate: 소비한 원료탄(유연탄)과 생산된 코크스의 무게 비
기본값(0.8ton Coke/ton Coal)

EmissionFactor: 코크스 생산으로 인해 발생하는 온실가스량(ton GHG /ton Coke)

[표 1.4] 1A1c ~ 1A2m 카테고리 설명

카테고리	명칭	정 의
1A1c i	고체연료의 제조	코크스, 갈탄 연탄, 연탄 등을 생산하는데 발생하는 온실가스
1A1c ii	기타 에너지 산업	1A1a, 1A1b, 1A1c i 이외의 에너지 생산업에서 발생한 온실가스량이 나 연료소비량을 구분 할 수 없는 경우에 해당됨. 목탄, bagasse, 톱밥, cotton stalk 등의 연료 생산과 석탄탄광, 석유/가 스의 추출 등에서 발생하는 온실가스가 이에 해당됨
1A2a	철강 산업	ISIC 그룹 271과 클래스 2731에 해당하는 배출량
1A2b	비철 금속	ISIC 그룹 272과 클래스 2731에 해당하는 배출량
1A2c	화학	ISIC 분류 24
1A2d	펄프, 제지, 인쇄	ISIC 분류 21, 22
1A2e	식품/음료/담배	ISIC 분류 15, 16
1A2f	비철 광물(요업)	유리, 세라믹, 시멘트 등을 포함한 ISIC 분류 26
1A2g	수송장비	ISIC 분류 34, 35
1A2h	기 계	1A2g 를 제외한 기계류, ISIC 분류 28, 29, 30, 31, 32
1A2i	채광 및 채굴	에너지광물(예, 석탄)은 1A1c ii에 포함
1A2j	목재 및 목제품	ISIC 분류 20
1A2k	건설업	ISIC 분류 45
1A2l	직물 및 피혁	ISIC 분류 17, 18, 19
1A2m i	미분류 산업	위 분류에 제시되지 않거나 연료 소비량을 분리 할 수 없는 경우, ISIC 분류 25, 33, 36, 37
1A2m ii	도시가스 소비	산업부문에서 소비한 도시가스로 인해 발생하는 온실가스
1A2m iii	석탄 소비	산업부문에서 소비한 석탄으로 인해 발생하는 온실가스

각 카테고리별 ISIC 분류 코드와 한국표준산업분류(KSIC)의 대조표는 [첨
부 5]에 제시되어 있다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

해당 시설에서 에너지원으로 소비한 연료와 코크스 제조에 소비된 원료탄
(유연탄) 양을 활동자료로 한다. 활동자료의 출처는 [표 1.6]과 같다.

단, 에너지원이나 코크스제조가 아닌 다른 목적 (기계류의 운할, 제품제조의 원료,
연료제품의 원료 등) 으로 사용되는 연료는 [표 1.6]의 활동자료에서 제외한다.

[표 1.5] 에너지원이나 코크스제조 이외의 목적으로 사용되는 연료

연 료	국가석유정보시스템(PEDSIS)		비 고
	산업(중)	산업(소)	
나프타	1A2c 화학	전 체	
유탄유	전 체	전 체	
아스팔트	1A2k 건설업	전 체	
프로판, 부탄	기타제조업	부탄캔제조업	1A4a, b 상업, 주거 에서 산정됨
프로판, 부탄	가스제조	가스제조 및 공급업	

[표 1.6] 1A1c ~ 1A2m 활동자료 출처

구분	자료 출처		IPCC 카테고리
석유	국가석유정보시스템	산업(중)	산업(소)
		광업	석탄광업
			원유 및 천연가스 채취업
			철광업
			비철금속광업
			기타 광업
		식품담배업	전 체
		섬유제품업	전 체
		목 재 업	전 체
		제지, 인쇄업	전 체
		화학제품업	전 체
		요 업	전 체
		철강업	전 체
		비철금속산업	전 체
		기계조립업	조립금속제품 제조업
			기계 및 장비 제조업
			전기기계기구 제조업
			분류않된 정밀계측기기 제조업
		수송장비업	전 체
		기타 제조업	기타 제조업
			부탄 캔 제조업
		건설업	전 체
		가스제조	가스 제조 및 공급업
도시 가스	지역에너지 통계연보 Ⅳ가스 > Ⅳ-2 도시가스 > 산업용 도시가스 소비		1A2mii
석탄	지역에너지 통계연보 Ⅱ석탄 > Ⅱ-1.무연탄 > 부분별 무연탄 소비		1A2miii
	지역에너지 통계연보 Ⅱ석탄 > Ⅱ-2.유연탄 > 부분별 유연탄 소비		1A1c i ²⁾
시멘트 킬른 보조연료	신재생에너지통계 ('05~'07) “지역별 신재생에너지 현황” ‘지역별 에너지 생산량(toe)’		1A2f

1) 원료로 사용되는 연료로서 최종소비처에서 산정함, 상업 및 가정 부문에서 산정
2) 원료탄(유연탄)을 코크스로 제조 시 발생되는 가스 포함

나. 대안

[표 1.6] 에 제시된 원료탄(유연탄) 소비량자료는 2002~2007 년까지의 자료만 지역별 소비량으로 제시되어 있고, 2002년 이전의 소비량은 국가총량

만 제시되어 있다.

(2009년 10월 현재) 2002년 이전의 지역별 소비량은 원료탄(유연탄)을 소비하여 철강을 생산하는 조강생산량을 통해서 회귀분석으로 추정하며, 조강 생산량 정보는 금융감독원 전자공시정보에서 포항제철(POSCO)의 생산실적을 통해 구할 수 있다.

다. 출처

· 2006 IPCC G/L. 5.3 Resolving Data Gaps

3. 배출계수

가. 적용원칙

에너지원으로 사용되는 연료의 연소로 인한 배출량은 [표 1.8] 에 제시되어 있는 2006 IPCC G/L의 '기본값' 을 사용한다.

원료탄(유연탄)의 코크스 제조 과정에서 발생하는 배출량 산정은 다음의 배출계수를 적용한다.

[표 1.7] 원료탄(유연탄) 의 코크스 제조 시 배출계수

온실가스 계 수	CO ₂	CH ₄	N ₂ O ⁴⁴⁾	출 처
Emission Factor	0.56ton/tonCoke	10 ⁻⁷ ton/tonCoke	-	'06 IPCC G/L Vol.3 Ch.4
Conversion Factor	0.8 ton Coke / ton Coal			European IPPC ⁴⁵⁾

[표 1.8] 제조업과 건설업에서 고정 연소에 대한 배출계수 기본값

단위:kg/TJ

연 료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대
Crude Oil		73300	71000	75500	r3	1	10	0.6	0.2	2
Orimulsion		r77000	69300	85400	r3	1	10	0.6	0.2	2
Natural Gas Liquids		r64200	58300	70400	r3	1	10	0.6	0.2	2
Gasoline	Motor Gasoline	r69300	67500	73000	r3	1	10	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	r70000	67500	73000	r3	1	10	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	r70000	67500	73000	r3	1	10	0.6	0.2	2
Jet Kerosene		r71500	69700	74400	r3	1	10	0.6	0.2	2
Other Kerosene		71900	70800	73700	r3	1	10	0.6	0.2	2
Shale Oil		73300	67800	79200	r3	1	10	0.6	0.2	2

44) N₂O 배출이 발생하지 않음

45) http://ftp.jrc.es/eippcb/doc/isp_bref_1201.pdf 참조

단위:kg/TJ

연 료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대
Gas/Diesel Oil		74100	72600	74800	r3	1	10	0.6	0.2	2
Residual Fuel Oil		77400	75500	78800	r3	1	10	0.6	0.2	2
Liquefied Petroleum Gases		63100	61600	65600	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Ethane		61600	56500	68600	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Naphtha		73300	69300	76300	r3	1	10	0.6	0.2	2
Bitumen		80700	73000	89900	r3	1	10	0.6	0.2	2
Lubricants		73300	71900	75200	r3	1	10	0.6	0.2	2
Petroleum Coke		r97500	82900	115000	r3	1	10	0.6	0.2	2
Refinery Feedstocks		73300	68900	76600	r3	1	10	0.6	0.2	2
Other Oil	Refinery Gas	n57600	48200	69000	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Paraffin Waxes	73300	72200	74400	r3	1	10	0.6	0.2	2
	White Spirit and SBP	73300	72200	74400	r3	1	10	0.6	0.2	2
	Other Petroleum Products	73300	72200	74400	r3	1	10	0.6	0.2	2
Anthracite		98300	94600	101000	10	3	30	r1.5	0.5	5
Coking Coal		94600	87300	101000	10	3	30	r1.5	0.5	5
Other Bituminous Coal		94600	89500	99700	10	3	30	r1.5	0.5	5
Sub-Bituminous Coal		96100	92800	100000	10	3	30	r1.5	0.5	5
Lignite		101000	90900	115000	10	3	30	r1.5	0.5	5
Oil Shale and Tar Sands		107000	90200	125000	10	3	30	r1.5	0.5	5
Brown Coal Briquettes		97500	87300	109000	n10	3	30	r1.5	0.5	5
Patent Fuel		97500	87300	109000	10	3	30	n1.5	0.5	5
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	r107000	95700	119000	10	3	30	r1.5	0.5	5
	Gas Coke	r107000	95700	119000	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Coal Tar		n80700	68200	95300	n10	3	30	r1.5	0.5	5
Derived Gases	Gas Works Gas	n44400	37300	54100	n1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Coke Oven Gas	n44400	37300	54100	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Blast Furnace Gas	n260000	219000	308000	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Oxygen Steel Furnace Gas	n182000	145000	202000	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Natural Gas		56100	54300	58300	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Municipal Wastes (non-biomass fraction)		n91700	73300	121000	30	10	100	4	1.5	15
Industrial Wastes		n143000	110000	183000	30	10	100	4	1.5	15
Waste Oils		n73300	72200	74400	30	10	100	4	1.5	15
Peat		106000	100000	108000	n2	0.6	6	n1.5	0.5	5
Solid Biofuels	Wood / Wood Waste	n112000	95000	132000	30	10	100	4	1.5	15
	Sulphite lyes (BlackLiquor)	n95300	80700	110000	n3	1	18	n2	1	21

단위:kg/TJ

연 료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대
	Other Primary Solid Biomass	n100000	84700	117000	30	10	100	4	1.5	15
	Charcoal	n112000	95000	132000	200	70	600	4	1.5	15
Liquid Biofuels	Biogasoline	n70800	59800	84300	r3	1	10	0.6	0.2	2
	Biodiesels	n70800	59800	84300	r3	1	10	0.6	0.2	2
	Other Liquid Biofuels	n79600	67100	93300	r3	1	10	0.6	0.2	2
Gas Biomass	Landfill Gas	n54600	46200	66000	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Sludge Gas	n54600	46200	66000	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Other Biogas	n54600	46200	66000	r1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Other nonfossil fuels	Municipal Wastes (biomass fraction)	n100000	84700	117000	30	10	100	4	1.5	15
(a) Includes the biomass-derived CO ₂ emitted from the black liquor combustion unit and the biomass-derived CO ₂ emitted from the kraft mill lime kiln. n 1996 IPCC G/L에 없던 새로운 배출 계수를 나타낸다. r 1996 IPCC G/L에서 수정된 배출 계자를 나타낸다.										

4. 향후과제

제조업/건설업 분야의 산업 카테고리별 석탄, 도시가스 소비량 자료 확보가 필요하며, 국가석유정보시스템(PEDSIS)을 활용하기 위해서는 산업(중) 분류 기타에너지 카테고리 유류 소비량을 고체연료 제조업 부분과 기타연료 제조업 부분의 두 가지로 분리하여야 한다.

V. 1A3a(1A3a i ~1A3a ii,민간항공), 1A5b i (미분류 항공수송)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

민간항공기의 이착륙(LTO cycle; Landing/Take-Off cycle)과정 및 순항(Cruise) 과정에서 항공유(Jet-A1, Jet Gasoline)및 항공휘발유의 연소로 인한 배출량을 산정한다.

국의 항공과 국내 항공을 나누는 기준은 항공기의 국적과는 무관하며 동일한 국가에서 출발/도착하는 경우에는 국내항공(1A3a ii) 으로, 출발과 도착이 상이한 국가인 경우에는 국제항공(1A3a i)으로 산정한다.

단, 공항의 육상 운송수단에서 발생하는 온실가스는 1A3e 카테고리에서 산정되며 공항시설의 고정연소에 의해 발생하는 온실가스는 1A4a-Commercial-공항/항만 카테고리에서 산정한다.

나. 산정원칙

항공기의 배출량은 비행기 운항의 횟수와 형태, 엔진의 에너지효율, 사용되는 연료, 비행기의 길이, 비행의 각 단계에서 소모되는 시간, 엔진 출력설정, 배기가스가 배출되는 고도 등에 영향을 받으므로 기종에 따라 배출량이 상이하다.

[식 1.3]에 제시된 2006 IPCC G/L Tier2를 산정원칙으로 한다.

[식 1.3] 민간항공 부문 배출량 산정

$$Total\ Emissions = LTO\ Emissions + Cruise\ Emissions$$

$$LTO\ Emissions = Number\ of\ LTOs \times Emission\ Factor\ LTO$$

$$LTO\ Fuel\ Consumption = Number\ of\ LTOs \times Fuel\ Consumption\ per\ LTO$$

$$Cruise\ Emissions = (Total\ Fuel\ Consumption - LTO\ Fuel\ Consumption) \times Emission\ Factor\ Cruise$$

Total Emissions: 기종별 총 배출량(kg)

LTO Emissions: 기종별 이착륙(LTOcycle) 시 총 배출량(kg)

Cruise Emissions: 기종별 순항(Cruise) 시 총 배출량(kg)

Number of LTOs: 기종별 총 이착륙(Landing/Take-Off cycle) 횟수

Emission Factor LTO: 기종별 LTO당 온실가스 배출량(kg/LTO)

Fuel Consumption per LTO: LTO당 소비되는 연료의 양(kg/LTO)

Total Fuel Consumption: 기종별 소비된 연료의 총량 (kg)

LTO Fuel Consumption: 기종별 이착륙시 소비되는 연료의 총량 (kg)

Emission Factor Cruise: 기종별 Cruise시 배출계수(kg/TJ)

다. 대안

[식 1.3]의 산정방법은 기종별 배출량을 고려하는 Tier2 로서 기종별 Cruise Emission 과 LTO Emission 을 합산하여 Total Emissions 을 산정하나 아래 활동자료와 배출계수에 기술된 대로 기종별 Emission Factor Cruise의 산정 없이 아래 [식 1.4]에 제시된 대로 Total Cruise Emissions을 계산하여 Total Emissions 을 산정한다.

[식 1.4] 민간항공 부문 배출량 산정(대안)

$$\begin{aligned}
 Total\ Emissions &= \sum_{aircraft} LTOEmissions_{aircraft} + Total\ Cruise\ Emissions \\
 LTOEmissions_{aircraft} &= Number\ of\ LTOs_{aircraft} \times Emission\ Factor\ LTO_{aircraft} \\
 LTOFuel\ Consumption_{aircraft} &= Number\ of\ LTOs_{aircraft} \\
 &\quad \times Fuel\ Consumption\ per\ LTO_{aircraft} \\
 Total\ Cruise\ Emissions &= (Total\ Fuel\ Consumption - \sum_{aircraft} LTO\ Fuel\ Consumption_{aircraft}) \times Emission\ Factor\ Cruise \\
 &\quad \text{if } Total\ Fuel\ Consumption < \sum_{aircraft} LTO\ Fuel\ Consumption_{aircraft} \text{ then} \\
 &\quad \quad Total\ Cruise\ Emissions\ is\ assumed\ to\ be\ Zero
 \end{aligned}$$

Total Emissions: 항공부문 총 배출량(kg)
 LTO Emissions_{aircraft}: 기종별 이착륙(LTOcycle) 시 총 배출량(kg)
 Total Cruise Emissions: 항공부문 순항(Cruise)시 총 배출량(kg)
 Number of LTOs_{aircraft}: 기종별 총 이착륙(LTO) 횟수
 Emission Factor LTO_{aircraft}: 기종별 LTO당 배출량(kg/LTO)
 Fuel Consumption per LTO_{aircraft}: LTO당 소비되는 연료의 양(kg/LTO)
 Total Fuel Consumption: 항공부문 소비된 연료의 총량 (kg)
 LTO Fuel Consumption_{aircraft}⁴⁶⁾: 기종별 LTO시 소비되는 연료 총량(kg)
 Emission Factor Cruise: Cruise 시 온실가스 배출계수(kg/TJ)

2. 활동자료

가. 적용원칙

- 기종별 LTO cycle 횟수 (Number of LTOs)

[표 1.9] 기종별 LTO cycle 횟수 출처

카테고리	출 처	검색조건			
		노선구분	운항구분	여객화물구분	출발/도착구분
1A3c i	한국공항공사 홈페이지 항공지식 >항공통계 > 기종별 통계	국제선	전체선택	전체선택	출발 ⁴⁷⁾
1A3c ii		국내선			

총 연료소비량 (Total Fuel Consumption)에는 기종별 연료 소비량 합계를 사용한다.

나. 대안

46) 총 연료소비량에서 LTO 연료소비량을 제하는 경우 항공유 비중은 0.795 로 한다.

47) 이륙과 착륙과정을 합하여 LTO cycle 1회로 판단한다.

[식 1.3]에서 Cruise Emissions 을 산정하기 위해 총 연료 소비량 (Total Fuel Consumption)은 기종별 총 연료 소비량을 사용해야 한다. 하지만 아래 배출계수에 제시된 대로 Emission Factor Cruise 가 기종에 관련 없이 동일한 값으로 적용되므로 [식 1.4]에 [표 1.10]의 활동자료를 사용한다.

[표 1.10] Total Fuel Consumption 활동자료 출처

카테고리	출 처	검색조건			
		산업(대)	산업(중)	산업(소)	제품(소)
1A3c i	국가석유정보시스템 (PEDSIS)	수 송	항 공	내국적외항공운수업	항공유>Jet A-1
1A3c ii		수 송	항 공	외국적항공운수업	
				내국적내항공운수업	

3. 배출계수

가. 적용원칙

- Emission Factor Cruise

[표 1.11] 순항시 배출계수

	CO ₂ (kg/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O(kg/TJ)
항공유 Jet-A1	71,500	0.048)	2.049)
Aviation Gasoline	69,300		

- Emission Factor LTOs는 [표 1.12]에 제시되어 있는 값을 사용

[표 1.12] 이착륙(LTOs) 배출계수

구분	항공기	이착륙 배출계수(kg/LTO/) ⁽¹²⁾							이착륙 연료소비 (kg/LTO)
		CO ₂ ⁽¹¹⁾	CH ₄ ⁽⁷⁾	N ₂ O ⁽⁹⁾	NOX	CO	NMVOCs ⁽⁸⁾	SO ₂ ⁽¹⁰⁾	
대 형 상 업 항 공 기 (1)	A300	5450	0.12	0.2	25.86	14.80	1.12	1.72	1720
	A310	4760	0.63	0.2	19.46	28.30	5.67	1.51	1510
	A319	2310	0.06	0.1	8.73	6.35	0.54	0.73	730
	A320	2440	0.06	0.1	9.01	6.19	0.51	0.77	770
	A321	3020	0.14	0.1	16.72	7.55	1.27	0.96	960
	A330-200/300	7050	0.13	0.2	35.57	16.20	1.15	2.23	2230
	A340-200	5890	0.42	0.2	28.31	26.19	3.78	1.86	1860
	A340-300	6380	0.39	0.2	34.81	25.23	3.51	2.02	2020

48) CH₄ Emissions are negligible and are assumed to be zero unless new information becomes available. ('06 IPCC Vol.2 p.3.64)

49) 항공기에서 배출되는 N₂O 는 기종에 따른 NO₂ 배출계수로부터 간접적으로 계산될 수 있지만 그 정보가 매우 제한적이며 연구자료(the literature)에 제시된 값은 Tier1의 기본값과 유사하다. ('06 IPCC Vol.2 p.3.64)

구분	항공기	이착륙 배출계수(kg/LTO/) ⁽¹²⁾							이착륙 연료소비 (kg/LTO)
		CO ₂ ⁽¹¹⁾	CH ₄ ⁽⁷⁾	N ₂ O ⁽⁹⁾	NOX	CO	NMVOCS ⁽⁸⁾	SO ₂ ⁽¹⁰⁾	
	A340-500/600	10600	0.01	0.3	64.45	16.31	0.13	3.37	3370
	707	5890	9.75	0.2	10.96	92.37	87.71	1.86	1860
	717	2140	0.01	0.1	6.68	6.78	0.05	0.68	680
	727-100	3970	0.69	0.1	9.23	24.44	6.25	1.26	1260
	727-200	4,610	0.81	0.1	11.97	27.16	7.32	1.46	460
	737-100/200	2,740	0.45	0.1	6.74	16.04	4.06	0.87	870
	737-300/400/500	2,480	0.08	0.1	7.19	13.03	0.75	0.78	780
	737-600	2,280	0.10	0.1	7.66	8.65	0.91	0.72	720
	737-700	2,460	0.09	0.1	9.12	8.00	0.78	0.78	780
	737-800/900	2,780	0.07	0.1	12.30	7.07	0.65	0.88	880
	747-100	10,140	4.84	0.3	49.17	114.59	43.59	3.21	3,210
	747-200	11,370	1.82	0.4	49.52	79.78	16.41	3.60	3,600
	747-300	11,080	0.27	0.4	65.00	17.84	2.46	3.51	3,510
	747-400	10,240	0.22	0.3	42.88	26.72	2.02	3.24	3,240
	757-200	4,320	0.02	0.1	23.43	8.08	0.20	1.37	1,370
	757-300	4,630	0.01	0.1	17.85	11.62	0.10	1.46	1,460
	767-200	4,620	0.33	0.1	23.76	14.80	2.99	1.46	1,460
	767-300	5,610	0.12	0.2	28.19	14.47	1.07	1.77	1,780
	767-400	5,520	0.10	0.2	24.80	12.37	0.88	1.75	1,750
	777-200/300	8,100	0.07	0.3	52.81	12.76	0.59	2.56	2,560
	DC-10	7,290	0.24	0.2	35.65	20.59	2.13	2.31	2,310
	DC8-50/60/70	5,360	0.15	0.2	15.62	26.31	1.36	1.70	1,700
	DC-9	2,650	0.46	0.1	6.16	16.29	4.17	0.84	840
	L-1011	7,300	7.40	0.2	31.64	103.33	66.56	2.31	2,310
	MD-11	7,290	0.24	0.2	35.65	20.59	2.13	2.31	2,310
	MD-80	3,180	0.19	0.1	11.97	6.46	1.69	1.01	1,010
	MD-90	2,760	0.01	0.1	10.76	5.53	0.06	0.87	870
	TU-134	2,930	1.80	0.1	8.68	27.98	16.19	0.93	930
	TU-154-M	5,960	1.32	0.2	12.00	82.88	11.85	1.89	4,890
	TU-154-B	7,030	11.90	0.2	14.33	143.05	107.13	2.22	2,230
지방 제트기	RJ-RJ85	1,910	0.13	0.1	4.34	11.21	1.21	0.60	600
	BAE 146	1,800	0.14	0.1	4.07	11.18	1.27	0.57	570
	CRJ-100ER	1,060	0.06	0.03	2.27	6.70	0.56	0.33	330
	ERJ-145	990	0.06	0.03	2.69	6.18	0.50	0.31	310
	Fokker 100/70/28	2,390	0.14	0.1	5.75	13.84	1.29	0.76	760
	BAC111	2,520	0.15	0.1	7.40	13.07	1.36	0.80	800
	Dornier 328 Jet	870	0.06	0.03	2.99	5.35	0.52	0.27	280
	Gulfstream IV	2,160	0.14	0.1	5.63	8.88	1.23	0.68	680
	Gulfstream V	1,890	0.03	0.1	5.58	8.42	0.28	0.60	600
	Yak-42M	2,880	0.25	0.1	10.66	10.22	2.27	0.91	910
제트기 ⁽³⁾	Cessna 525/560	1,070	0.33	0.03	0.74	34.07	3.01	0.34	340
터보	Beech King Air ⁽⁵⁾	230	0.06	0.01	0.30	2.97	0.58	0.07	70

구분	항공기	이착륙 배출계수(kg/LTO/) ⁽¹²⁾							이착륙 연료소비 (kg/LTO)
		CO ₂ ⁽¹¹⁾	CH ₄ ⁽⁷⁾	N ₂ O ⁽⁹⁾	NOX	CO	NMVOCS ⁽⁸⁾	SO ₂ ⁽¹⁰⁾	
프로펠러기	DHC8-100 ⁽⁶⁾	640	0.00	0.02	1.51	2.24	0.00	0.20	200
	ATR72-500 ⁽⁷⁾	620	0.03	0.02	1.82	2.33	0.26	0.20	200

⁽¹⁾ 평균 측정 데이터에 기준을 둔 ICAO Engine Exhaust Emissions Data Bank (ICAO,2004). 배출계수는 이착륙(Landing and Take off)에 한해 적용한다.
⁽²⁾ 각 항공기의 엔진 종류는 가장 이착륙 횟수가 많은 엔진을 일관된 기준으로 선별되었다. 몇몇의 엔진 종류에 대해 이 방식은 연료소비에 직접적인 관련이 적은 항공기 배출량을 (예] NOx, CO, HC) 과소평가나 과대평가할 수도 있다.
⁽³⁾ 배출과 분산 모델링 시스템(EDMS) (FAA2004b)
⁽⁴⁾ FOI(The Swedish Defence Research Agency) 터보프로펠러기 이착륙 배출량 데이터베이스(DB)
⁽⁵⁾ 1000shp/engine이하의 추마력을 가지는 대표적인 터보프로펠러기
⁽⁶⁾ 1000shp/engine이상 GPG shp/engine이하의 추마력을 가지는 대표적인 터보프로펠러기
⁽⁷⁾ GPG shp/engine이상의 Shaft horsepower 를 가지는 대표적인 터보프로펠러기
⁽⁸⁾ 이착륙 과정에서의 메탄 배출량은 총 VOC배출량의 10%로 가정
⁽⁹⁾ Tier 1의 기본값에 기준을 둔 산정값(EF ID 11053)(1996 IPCC 가이드라인)
⁽¹⁰⁾ 연료 중 황 함유량은 0.05%로 가정(1996 IPCC 가이드라인)
⁽¹¹⁾ 연료 1kg 사용 시 3.16kg의 CO₂가 생성된다고 기준하여 각 비행기의 CO₂는 약 10kg 주위에 분포
⁽¹²⁾ 이 자료와 관련 있는 불확도에 대한 정보는 Lister and Norman ,2003; ICAO,1993에서 찾을 수 있다.

나. 대안

산정시 [표 1.9] 활동자료에 제시된 기종의 분류는 [표 1.12]에 제시된 세부적인 분류와 차이가 있으므로 [표 1.13]에 제시된 기종 분류 대조표에 따라 배출계수를 적용한다.

[표 1.13] LTO cycle 및 배출계수 적용 기준

한국공항공사 통계	2006 IPCC G/L	비 고
B737 ⁵⁰⁾	B737-300/400/500	LTO횟수 = B737 LTO횟수 전체 × 5/35
	B737-800/900	LTO횟수 = B737 LTO횟수 전체 × 30/35
B747	B747-400	
B767	B767-300	
B777	B777-200/300	
A300	A300	
A310	A310	
A320	A320	
A321	A321	
A330	A330-200/300	
DC8	DC-8-50/60/70	
DC10	DC-10	
MD11	MD-11	

한국항공공사 통계	2006 IPCC G/L	비 고
MD82	MD-80	
IL62 ⁵¹⁾	TU-154-M	TU-154-M 배출계수의 4/3배 적용
TU154	TU-154-M	
F100	Fokker 100/70/28	

4. 향후과제

순항시 기종별 N₂O 배출계수에 대한 국가고유(Country specific)의 배출계수의 개발이 필요하며, 기종별 이착륙 정보에서 항공기 기종의 분류가 [표 1.12]의 분류에 적합하도록 개선해야 한다.

5. 기타 참고사항

LTO cycle은 활주(Taxing), 이륙(Climb), 강하(Approach), 착륙(Landing)의 4단계로 이루어진 이륙과 착륙 과정을 합하여 LTO cycle이라 정의하며, 고도 3000ft 이하는 LTO cycle로 판단하고 3000ft 이상은 Cruise로 판단한다.

VI. 1A3b (1A3b i ~1A3b iv, 도로수송)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

도로를 주행하는 모든 차량의 연료 사용으로부터 발생하는 연소 배출량을 산정한다. 단, 증발배출(Evaporative)은 1A3b v에서 다룬다. 1A3b 카테고리의 정의는 [표 1.14]에 제시되어 있다.

[표 1.14] 1A3b 카테고리의 정의

카테고리	설명
1A3b i	1 차량등록국가에서 주로 승객운송용으로 지정된 자동차로서 12인승 이하이고 삼원촉매장치가 장착된 차량의 배출량
	2 차량등록국가에서 주로 승객운송용으로 지정된 자동차로서 12인승 이하이고 삼원촉매장치가 미 장착된 차량의 배출량

50) B737기종의 경우 국내 A사가 'B737-400'을 5대, B사가 'B737-800'을 30대 보유하고 있으나, LTO 통계는 B737 기준으로 작성되어 있어 2006 IPCC G/L의 배출계수 적용을 위해 전체 B737 LTO 횟수를 기종별 보유대수에 따라 배분(보유대수는 '09년 기준)

51) 'IL62'와 'TU-154-M'은 동일 엔진을 사용하는 기종으로 각각 4개, 3개의 엔진을 장착하고 있어 'TU-154-M' 배출계수의 4/3을 적용

카테고리		설명
1A3bii	1	주로 소형화물운송으로 등록되어 있거나 비도로 운용(operation)을 위해 특수한 장치(예, 4륜구동장치)를 부착한 차량 중 총중량이 3~3.5 톤이며 삼원촉매가 장착된 차량에서 발생하는 배출
	2	주로 소형화물운송으로 등록되어 있거나 비도로 운용(operation)을 위해 특수한 장치(예, 4륜구동장치)를 부착한 차량 중 총중량이 3~3.5 톤이며 삼원촉매가 미 장착된 차량에서 발생하는 배출
1A3biii		12명이상의 승객을 운송하는 버스나 총 중량이 3.5~3.8이상인 중형트럭에서 발생하는 배출량
1A3biv		총 중량이 0.68톤 이하이고 지면에 닿는 바퀴의 개수가 3개 이하이며 운행을 목적으로 등록된 이륜자동차(motorcycle) 에서 발생하는 배출량

나. 산정원칙

[식 1.5]에 제시된 2006 IPCC G/L Tier2 를 산정원칙으로 한다.

[식 1.5] '1A3b' 카테고리 배출량 산정방법

$$CO_2 \text{ 배출량} : Emission = \sum_a [Fuel_a \times EF_a]$$

$$non-CO_2 \text{ 배출량} : Emission = \sum_{a, b, c} [Fuel_{a, b, c} \times EF_{a, b, c}]$$

$Emission$: 온실가스 배출량 (kg)
 $Fuel$: 판매한 연료의 양 (TJ)
 EF : 배출계수(kg/TJ)
 a : 연료의 종류 (예 : 휘발유, 경유, LPG, CNG 등..
 b : 차량의 종류
 c : 배출저감 장치 (예 : 삼원촉매장치)

2. 활동자료

가. 적용원칙

연료 소비량은 국가/지역 내에 판매된 도로수송용 연료 판매량에서 비 도로용 이동원의 소비량을 제외한 양을 연료소비량으로 본다. 단, 연료판매량 자료를 사용할 때 아래의 자료를 확인할 필요가 있다.

- 국가 통계에 제시된 수송용 연료 판매량에서 비 도로용 이동원의 소비량이 제외되었는지 여부
- 농업용 연료사용이 포함되었는지 여부.
- 수송을 위해 판매된 연료가 다른 용도로 쓰였는지 여부, 혹은 반대로 가정용 등유가 수송용 연료에 혼합되어 쓰였는지 여부
- 바이오연료가 포함되었는지 여부

- 공식/비공식적으로 혼합된 연료가 포함되었는지 여부.
- 타 국가/지역에 등록된 차량이 해당 국가/지역 내에서 구매하는 경우

만약 연료소비량 통계자료에 비 도로용 이동원의 연료소비량이 포함되었을 경우, 도로수송의 VKT 자료를 이용하여 도로수송 연료소비량을 추정하거나 반대로 비도로용 이동원의 연료소비량을 구체적이고 합리적인 방법으로 추정하여 도로수송용 유류판매량을 산정 할 수 있다.

나. 대안

지자체의 수송용 유류판매량은 지역 내에서 타 지자체 등록 차량에 판매된 양이 포함되어 있으며 해당 지역에서 운행하는 차량을 기준으로 VKT (Vehicle kilometer Traveled)방법론 적용 시, 지자체에서 관리권한이 없는 차량의 배출량을 부담하게 되는 등의 문제가 발생할 수 있다. 또한 [식 1.5]에 제시된 *Fuel Consumption* 자료는 국가 에너지 통계에서 판매된 차량별로 구분되어 제공되지 않는다.

따라서 이러한 문제점을 해소하기 위해 다음과 같은 산정원칙 및 방법을 적용하여 지자체 온실가스 인벤토리 목적에 부합하는 수송부문 연료소비량을 산정한다.

○ 연료소비량 산정 원칙

- 지역별 연료소비량 합계와 국가 에너지 통계의 수송부문 연료소비량 합계의 일치
- 지자체에 관리권한이 있는 차량에 대한 산정
- 활동자료의 확보 가능성 고려

○ 연료사용량 산정 개념

- ① 국가 전체의 수송부문 연간 연료사용량 확인
- ② 국가 전체의 차종 및 연료별 등록기준 차량대수 확인
- ③ 차량 1대당 평균 연료사용량(국가기준) 산정 ($③ = ① \div ②$)
- ④ 지자체별 차량 등록대수 확인(①번의 구분과 연계)
- ⑤ 지자체별 수송부문 연료사용량 산정(①번의 구분과 연계)($⑤ = ③ \times ④$)

○ 연료사용량 산정 방법

- ① [첨부 7]에서 차량 1대당 연간 유류 사용량 확인⁵²⁾
- ② 세부 분류별 차량 대수 조사⁵³⁾
- ③ 국가통계기준 세부분류별 연료사용량을 계산하고 [첨부 6]에 제시된 분류표에

52) 국내 석유정보시스템(PEDSIS) 활용

53) 국토해양부 차량등록 통계자료 활용

따라서 IPCC 카테고리에 따른 지자체 차종별 연료사용량 산정(③ = ① × ②)

<예시>

· 2000년 승용 일반형 800cc 미만 차량 대당 휘발유 사용량 = 531.651 ℓ/대,년
· 2000년 서울지역 승용 일반형 800CC 미만 차량 등록대수 = 97,181 대
☞ 2000년 서울지역 승용 일반형 800CC 미만 차량이 소비한 휘발유 량 = 531.651 ℓ/대,년 × 97,181 대 = 51,666,375.831 ℓ/년

다. 출처

- 국토해양부 자동차등록 통계, 자동차관리법 시행규칙 별표1. “자동차의 종류”

3. 배출계수

가. 적용원칙

CO₂ 배출량은 [표 1.15] 에 제시되어 있는 2006 IPCC G/L의 ‘기본값’ 을 사용한다.

[표 1.15] 1A3b 카테고리 기본 CO₂ 배출계수

연료종류	기본값 (kg/TJ) ⁵⁴⁾	하한	상한
휘발유	69,300	67,500	73,000
가스/경유	74,100	72,600	74,800
LPG	63,100	61,600	65,600
등유	71,900	70,800	73,700
휘발유	73,300	71,900	75,200
CNG	56,100	54,300	58,300
LNG	56,100	54,300	58,300

차량의 non-CO₂ 배출량은 차량의 연소기술과 배기가스 저감기술에 많은 영향을 받으며, 연료소비량을 기준으로 한 배출계수는 불확실도가 크다.

따라서 non-CO₂ 배출계수는 VKT 활동자료를 적용 할 수 있도록 차량의 종류, 연료, 저감기술에 따른 배출계수를 사용해야 한다.

만약 VKT 활동자료가 없다면 차량종류, 연료, 저감기술에 따른 배출계수를 산정하고 차량의 연비와 연간 소비된 연료 총량을 기준으로 VKT 자료를 계산하여야 한다.

나. 대안

2006 IPCC G/L는 유종 및 차량별 non-CO₂ 배출계수를 제시하고 있지 않아 1996 IPCC G/L에서 제시한 배출계수를 적용한다.

54) 연료중 탄소 함유량의 100% 산화 기준임.

[표 1.16] 1A3b 카테고리 부문 non-CO₂ 배출계수

단위 : kg/TJ

유종 카테고리	휘발유		경유		LPG(프로판/부탄)		CNG	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O ⁽¹⁾
승용차(1A3b i)	9.0	10.0	1.0	2.0	10	0.2	290	3
소형트럭(1A3b ii)	7.0	10.0	2.0	5.0	10(2)	0.2	300(2)	3
중형트럭/버스(1A3b iii)	5.0	43.0	3.0	2.0	10(3)	0.2	300(3)	3
이륜차(1A3b iv)	42.0	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA

※ 출처: 1996 IPCC G/L table.1-27,28,29,30,31,32,33,43,44 및 2006 IPCC G/L vol.2, table 3.2.2

(1) 2006 IPCC G/L vol.2, table 3.2.2

(2) 1996 IPCC G/L table 1-43,44 의 Heavy-Duty Vehicles: Stoichiometric Engine 사용

(3) Heavy-Duty Vehicles: Stoichiometric Engine 사용

· NA: Not Available

4. 향후과제

- VKT 활동자료를 활용하여 높은 Tier 의 배출량 산정방법 사용
- 차량의 종류, 연소기술, 배기가스 저감장치에 따른 국가 고유의 non-CO₂ 배출계수 개발
- 국가석유정보시스템(PEDSIS) 의 도로수송부문 판매량에서 도로수송용 유류 판매량과 비도로 이동원용 유류판매량의 분리

5. 기타 참고사항

삼원촉매 장치의 부착: 제작 자동차 배출허용기준을 만족해야 하는 자동차의 경우 전 차량에 대해 삼원촉매장치가 부착된 것으로 한다.⁵⁵⁾

VII. 1A3b(1A3b v ~1A3b vi, 자동차에서 발생하는 증발배출 및 요소 촉매장치)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

- 1A3b v 자동차로부터의 증발성 배출(Evaporative Emissions)

차량에서 발생하는 증발배출로서 주로 차량 주행 중 엔진의 불완전 연소에

55) '88년 이후 삼원촉매장치는 부착 의무화 됨

의한 배출가스에서 NMVOCs⁵⁶⁾로 발생되며 엔진의 형태, 연료 종류, 배출가스 저감장치, 운행 형태 등 다양한 요소에 영향을 받는다.⁵⁷⁾

○ 1A3b vi 요소축매 장치의 부착

요소첨가제를 사용하는 축매변환 배출가스 저감장치에서 요소($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)의 소모에 의해 발생하는 CO_2 를 의미한다.

나. 산정원칙

○ 1A3b v 자동차로부터의 증발 배출량(Evaporative Emissions)

[식 1.6] 차량에서의 NMVOCs 증발배출

$$\text{차량에서의 증발배출: } Emission = \sum_{a,b} [Fuel_{a,b} \times EF_{a,b}]$$

Emission: NMVOCs 증발 배출량 (kg)

Fuel: 소모한 연료의 양 (TJ)

EF: 배출계수 (kg/TJ)

a: 연료의 종류 (예 : 휘발유, 경유, LPG, CNG 등..)

b: 엔진의 형태, 배출가스 저감장치, 운행 형태 등의 요소

○ 1A3b vi 요소축매 장치의 부착

[식 1.7] 요소 축매변환 저감장치에서 발생하는 CO_2

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

Emission: CO_2 배출량 (Gg CO_2)

Activity: 요소 축매변환 저감장치에서 소모되는 요소첨가제의 양 (Gg)

Purity: 요소첨가제에 포함된 요소의 질량 비

다. 대안

○ 1A3b v 자동차로부터의 증발 배출량(Evaporative Emissions)

해당 카테고리는 NMVOCs에 대한 산정으로 온실가스 인벤토리에 포함하지 않는다.

○ 1A3b vi 요소축매 장치의 부착

전 차종에 부착하지 않은 것으로 하므로 산정하지 않는다.⁵⁸⁾

⁵⁶⁾ Non-Methane Volatile Organic Carbons

⁵⁷⁾ Revised 1996 IPCC Guidelines for NGGI : Reference Manual p1.41

⁵⁸⁾ 요소축매장치는 '08년부터 유럽수출용 자동차에 부착(자동차 제작회사), 인벤토리 산정 기간 ('00~'07)에는 해당 없음

2. 활동자료

가. 적용원칙

- 1A3b v 자동차로부터의 증발 배출량

엔진의 형태, 연료 종류, 배출가스 저감장치, 운행 형태 등 고려되는 각각의 요소에서 소모되는 연료의 양(TJ)을 사용한다.

- 1A3b vi 요소축매 장치의 부착

Activity는 요소축매변환 저감장치에 충전한 요소첨가제의 양을 기준으로 하며 Purity는 요소첨가제에 포함된 요소의 양으로서 요소첨가제에 대한 국가의 기준이나 업체의 제품규격(Specification) 등을 참조 할 수 있다.

나. 대안

- 1A3b v 자동차로부터의 증발 배출량

해당 카테고리는 NMVOCs에 대한 산정으로 온실가스 인벤토리에 포함하지 않는다.

- 1A3b vi 요소축매 장치의 부착

전 차종에 부착하지 않은 것으로 하므로 산정하지 않는다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

- 1A3b v 자동차로부터의 증발 배출량

[표 1.17] 자동차의 NMVOCs 증발배출

단위:kg/TJ

천연가스	석 유	
5	휘발유: 1500	경유: 200

[표 1.17]⁵⁹⁾을 참조한다.

나. 대안

- 1A3b v 자동차로부터의 증발 배출량

해당 카테고리는 NMVOCs에 대한 산정으로 온실가스 인벤토리에 포함하지 않는다.

59) 배출가스 저감기술이 적용되지 않는 경우에 한함

○ 1A3b vi 요소축매 장치의 부착

전 차종에 부착하지 않은 것으로 하므로 산정하지 않는다.

4. 향후과제

요소축매장치의 국내 보급이 이루어지는 경우, 활동자료의 산정이 필요하다.

VIII. 1A3c(철도수송)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

화물과 여객수송을 포함하여 철도 이동경로에서 발생하는 온실가스량을 산정한다.

나. 산정원칙

[식 1.8] 1A3c 카테고리 배출량 산정방법

$$Emissions = \sum_j (Fuel_j \times EF_j)$$

Emissions: 배출량(kg)
Fuel_j: 소비된 연료 종류*i* (연료판매량 상당) (TJ)
EF_j: 연료 종류*j*의 배출계수 (kg/TJ)
j: 연료 종류

2. 활동자료

가. 적용원칙

해당 시설에서 철도 운행에 소비한 연료의 양을 활동자료로 한다. 활동자료의 출처는 국가 수준의 에너지 통계, 철도회사에서 제공한 연료별 소비량 자료 등이며 [표 1.18]을 따른다.

[표 1.18] 1A3c 카테고리 활동자료 출처

	석유	천연가스	석탄	기타 연료
자료 출처	• PEDSIS 국내수급현황 산업(대) : 수송 산업(중) : 철도 산업(소) : 철도운수업	통계자료 없음 <시설에 직접문의>	통계자료 없음 <시설에 직접문의>	통계자료 없음 <시설에 직접문의>

나. 대안

위 [표 1.18] 에 제시된 활동자료는 철도회사 전체에서 구입한 연료를 구입한 지역에 따라 분배한 자료로서 철도 운송 외에도 철도 시설의 운영, 시설의 유지 보수 등에 소비된 연료가 포함되어 있다. 따라서 열차에 주유(Bunkering)후 타 지자체를 경유 시 실제 배출량은 중간 경유지에서 발생하나 연소 배출량은 주유를 하거나 연료를 구입한 지자체에서 산정되는 문제가 발생한다.

위의 문제를 해결하고자 아래의 VKT(Vehicle Kilometer Traveled) 방법을 적용하여 실제 지자체 지역 내에서 철도수송으로 소비한 연료의 양을 산정한다.

또한, [표 1.18] 의 연료소비량과 [표 1.19]의 VKT 방법으로 산정된 연료소비량의 차이는 철도 시설의 운영, 시설의 유지 및 보수 등에 소비된 연료로 판단하여 1A4a ii 에 산정한다.

아래 방법으로 산정된 지역별 연료소비량은 [첨부 8] 에 제시하였다.

○ 활동자료(연료사용량) 산정 개념

- ① 전국 노선별 연료사용량 확인, ② VKT 확인
- ③ 단위 거리 당 연료사용량 계산(③ = ① ÷ ②)
- ④ 해당 지자체내 VKT 확인(철로 길이 및 차량 운행횟수 등 활용)
- ⑤ 해당 지자체 연료사용량 산정(⑤ = ③ × ④)

[표 1.19] 1A3c VKT거리 활동자료 출처

자 료	출 처
노선별 연료 사용량	한국철도공사, “한국철도 통계연보” 운전 > 기관차종별선별운전실적
노선거리(VKT)	한국철도공사, “한국철도 영업거리표”

○ VKT 산정기준

지역별 VKT는 ‘한국철도영업거리표’의 역간 거리를 활용하여 산정할 수 있으나, 지역경계와 정확히 일치하지 않음으로, 종착역을 기준으로 역간거리를 결정한다.

<예시>

〈○○선〉						(단위, km)
정거장		여객 영업거리		화물 영업거리		배출량 산정 지역
지역내 정거장명	지 역	역간	누계	역간	누계	
A-2 ~ A-3	A기초지자체	3.8	3.8	3.8	3.8	A
A-3 ~ B-1	A 및 B기초지자체	6.0	9.8	6.0	9.8	B
B-1 ~ B-2	B기초지자체	4.9	14.7	4.9	14.7	B

∴ A지자체 노선거리 = 3.8km, B지자체 노선거리 = 10.9km(VKT는 노선거리에 운행횟수를 고려하여 산정)

3. 배출계수

가. 적용원칙

[표 1.20]에 제시되어 있는 2006 IPCC G/L의 ‘기본값’을 사용한다.

[표 1.20] 1A3c 배출계수

가스	디젤 (kg/TJ)			아역청탄 (kg/TJ)		
	기본값	하한	상한	기본값	하한	상한
CO ₂	74,100	72,600	74,800	96,100	72,800	100,000
CH ₄ ¹⁾	4.15	1.67	10.4	2	0.6	6
N ₂ O ¹⁾	28.6	14.3	85.8	1.5	0.5	5

¹⁾ 400HP 기관차에서 평균 0.35 ℓ/bhp-hr(제동마력시; break horse power-hour)(2983 kW 기관차에서 0.47 ℓ/ kWh). (Dunn, 2001).

4. 향후과제

지자체별 철도노선 거리는 관련 기관(철도시설관리공단 등)의 자료 확인을 통해 정확한 자료의 확보가 필요하다.

IX. 1A3d(1A3d i ~1A3d ii,수상수송), 1A4ciii(어업), 1A5b ii(미분류 수상수송)

1. 방 법 론

가. 카테고리 정의

호버크라프트, 수중익선을 포함하여 수상수송 이동원을 추진시키는데 소비되는 연료의 연소배출량을 산정한다.

[표 1.21] 1A3d, 1A4ciii, 1A5bii 카테고리의 정의

카테고리	설 명
1A3d i	국제 항해는 바다, 내륙호, 수로, 연안에서의 항해를 포함한다. 한 나라에서 출항하여 다른 나라에 도착하는 운항이 해당된다. (단, 원양, 근해, 심해를 포함한 모든 어업과 군용 소비는 제외된다.)
1A3dii	동일 국가 내에서 출항 및 입항하는 모든 국적의 배로부터 발생된 배출. (단, 원양, 근해, 심해를 포함한 모든 어업과 군용 소비는 제외된다.)
1A4c iii (이동 연소)	내륙, 연안, 심해 어업에서의 연료 연소로부터의 배출. 어업은 그 나라에서 연료 보급이 이루어진 모든 국적의 배를 포함한다. (원양어업 포함).
1A5bii (수상 항해 요소)	다른 카테고리에 지정되지 않은 모든 수상 이동 연료 연소 배출. 국가 안에 주둔하여 있지만 다국적군 작전에 참여하지 않는 타국 가의 군대가 소비하는 연료와 마찬가지로 그 나라의 군대에 따로 함되지 않는 데에 이송된 연료로부터의 군사 항해 배출을 포함한다.

나. 산정 방법

[식 1.9] 1A3d 카테고리 배출량 산정방법

$$Emissions = \sum (Fuel_a \times EF_a)$$

$Emissions$: 배출량(kg) $Fuel$ = 소비된 연료 종류 a (TJ)
 EF : 배출계수 (kg/TJ), a : 연료의 종류

2. 활동자료

가. 적용원칙

선박의 국적에 관련 없이 국내에서 주유한 연료의 양으로 한다.

활동자료의 출처는 국가 에너지 통계, 기업에서 국가 에너지 통계부서로 보고한 자료, 시설을 운영, 담당하는 기업에 자료 등이 될 수 있으며, 아래 [표 1.22]를 따른다.

[표 1.22] 1A3d 활동자료 출처

연료	출 처	카테고리	검색조건			
			산업(대)	산업(중)	산업(소)	제품(소)
석유	국가석유 정보시스템 PEDSIS	1A3d i	수 송	해 운	외국적 수상 수송업	휘발유 등유 경유 B-A, B-C유, LPG
		1A3d ii	수 송	해 운	내국적 연안, 내륙항로 수송업	
					내국적 외항 수송업	
석탄	통계자료 없음 <시설에 직접문의 혹은 통계조사>					
가스	통계자료 없음 <시설에 직접문의 혹은 통계조사>					

3. 배출계수

가. 적용원칙

[표 1.23], [표 1.24]에 제시되어 있는 2006 IPCC G/L의 '기본값'을 사용한다.

[표 1.23] 1A3d CO₂ 배출계수

연료		기본 값	하한	상한
가솔린		69,300	67,500	73,000
등유		71,900	70,800	73,600
경유, B-A유		74,100	72,600	74,800
B-B, B-C 유		77,400	75,500	78,800
액화석유가스(LPG)		63,100	61,600	65,600
기타 Oil	정제가스(Refinery Gas)	57,600	48,200	69,000
	파라핀 왁스	73,300	72,200	74,400
	백유& SBP	73,300	72,200	74,400
	기타석유제품	73,300	72,200	74,400
천연가스		56,100	54,300	58,300

[표 1.24] 1A3d non-CO₂ 배출계수

	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
원양어선 ⁶⁰⁾	7	2

4. 향후과제

선박의 내연기관은 디젤내연기관이나 가스/증기터빈등도 포함되므로 연료의 종류를 기준으로 [표 1.22] 의 활동자료에서 이동원의 추진(propel)을 위해 소비된 연료와 해상운수업의 운영, 관리를 위해 소비된 연료, 선박에서의 난방/기타 연료사용 등을 구분 할 수 없다.

따라서 국가 에너지통계에서 선박의 추진(propel) 위한 연료와 그 이외의 연료소비량을 구분해야 한다.

[표 1.24] 에 제시된 non-CO₂ 배출계수는 중유를 사용하는 디젤엔진에서 유도된 값으로서 불확도가 크기 때문에 연료별 국가 고유의 non-CO₂ 배출계수 산정이 필요하다

X. 1A3e(1A3e i ~1A3eiii, 비도로 수송원), 1A4c ii (비도로 수송원 및 기타 기계)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

[표 1.25] 의 정의에 따른다.

[표 1.25] 1A3e 카테고리의 정의

카테고리	설명
1A3e	i 펌프 동력실의 운영과 파이프라인의 보수로부터 연소배출., 파이프라인을 통한 수송은 기체, 액체, 슬러리(혼합물) 그리고, 기타 상품의 수송을 포함 함. 공급자로부터 최종 소비자까지의 천연가스, 제조가스, 물 또는 스팀의 수송은 제외시켜 1A1c ii 또는 1A4a에 보고해야 함.
	ii 공항과 항만 이외의 시설에서 비도로용 수송으로부터의 연소 배출
	iii 공항과 항만 등의 시설에서 비도로용 수송으로부터의 연소 배출
1A4c ii	농장과 숲에서 견인(Traction)을 하는 수송원 및 기타 기계로부터의 연소 배출 예) 트랙터, 벌목기 등

○ 비도로 수송원의 정의

농업, 임업, 산업 (건설업과 유지보수 포함), 가정에서 사용되는 수송원과 이동 가능한 기계장비(mobile machinery)로서 공항/항만의 지상지원 장비,

60) 중유를 사용하는 디젤 엔진으로부터 유도된 기본값, 출처: Lloyd's Register(1995)와 EC(2002)

농업 트랙터, 기계톱, 지게차, 설상차 등이 있으며, 엔진은 디젤 압축착화엔진, 휘발유 2행정엔진, 휘발유 4행정엔진 등이 있다.

나. 산정 방법

[식 1.9] 의 배출량 산정방법을 따른다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

국가에너지 통계자료 등을 사용하는 하향식 자료는 비도로 수송원의 활동자료로 사용하기가 어려운 경우가 있다.⁶¹⁾ 따라서 그러한 경우, 국가에너지 통계자료의 수송연료 사용량 중 비도로 수송원에 사용된 양을 구분하기 위해서 통계조사가 필요하다.

통계조사 계획 방법은 2006 IPCC G/L Vol.1 Chapter 2 에 제시되어있다.

나. 대안

1A3e i, 1A3e iii, 1A4c ii 카테고리의 활동자료는 아래 [표 1.26] 에 제시되어 있다.

[표 1.26] 1A3e i, 1A3e iii, 1A4c ii 카테고리의 활동자료 출처

연료	출 처	카테고리	비 고			
석유	국가석유 정보시스템 (PEDSIS)		검색조건			
			산업(대)	산업(중)	산업(소)	제품(소)62)
		1A3e i	수 송	도 로	파이프라인 수송업	경유
		1A3eiii	수 송	해 운	수상운수 보조 서비스업	
				항 공	항공운수 보조 서비스업	
		1A4c ii	산 업	농림 수산업	농업 및 수렵업	휘발유, 경유
					임 업	
달리 분류되지 않는 어업						
가스		통계자료 없음 <시설에 직접문의 혹은 통계조사>				
석탄		통계자료 없음 <시설에 직접문의 혹은 통계조사>				

[표 1.26] 에서 제시되지 않은 연료의 종류(제품)로부터의 연소배출량은 1A4a i 카테고리에서 산정된다. 1A3e ii 카테고리의 활동자료는 통계조사를 통해 산정해야 한다.

61) 1A3c 활동자료 설명참조

62) 해당 카테고리에서 쓰이는 내연기관 종류는 주로 디젤엔진, 휘발유 2행정 및 4행정 엔진이며 배출계수 또한 두 가지 연료에 대해서만 제시되어 있으므로, 활동자료로 쓰이는 연료 종류는 휘발유와 경유로만 간주한다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

[표 1.27]의 ‘기본값’을 따른다.

[표 1.27] 1A3e i, 1A3eiii, 1A4cii 카테고리의 배출계수

비도로 배출원	CO ₂			CH ₄ ^(b)			N ₂ O ^(c)		
	기본값 (kg/TJ)	하한	상한	기본값 (kg/TJ)	하한	상한	기본값 (kg/TJ)	하한	상한
경유									
농업	74,100	72,600	74,800	4.15	1.67	10.4	28.6	14.3	85.8
임업	74,100	72,600	74,800	4.15	1.67	10.4	28.6	14.3	85.8
산업	74,100	72,600	74,800	4.15	1.67	10.4	28.6	14.3	85.8
가정	74,100	72,600	74,800	4.15	1.67	10.4	28.6	14.3	85.8
가솔린 엔진(4-행정)									
농업	69,300	67,500	73,000	80	32	200	2	1	6
임업	69,300	67,500	73,000						
산업	69,300	67,500	73,000	50	20	125	2	1	6
가정	69,300	67,500	73,000	120	48	300	2	1	6
가솔린 엔진(2-행정)									
농업	69,300	67,500	73,000	140	56	350	0.4	0.2	1.2
임업	69,300	67,500	73,000	170	68	425	0.4	0.2	1.2
산업	69,300	67,500	73,000	130	52	325	0.4	0.2	1.2
가정	69,300	67,500	73,000	180	72	450	0.4	0.2	1.2
출처 : EEA 2005									
주: CO ₂ 배출계수 값은 연료의 총 탄소 함유량을 기반으로 작성되었으며, 위의 표에 제공된 자료는 유럽의 비도로 수송원과 기계류에 근거한 것이다. 또한 가솔린은 분야에 따른 연료소비량을 구분하지 않으며 기본값 자체에 국가의 상황이 반영되어 있을 수도 있다. (예) 분야의 보편적인 장비 사용방법이나 활동도의 가중치)									
b: 만성적인 침투(soak), 주행 손실분 포함									
c: 일반적으로 비도로 수송수단에는 배기가스 저감 촉매변환기가 설치되어있지 않다. (도심에 위치한 비도로 수송원, 예-공항과 항구의 지상지원장비- 같은 수송수단은 예외로 함). 배기가스 저감 촉매변환기는 질소산화물을 N ₂ O로 CH ₄ 는 CO ₂ 로 전환시키며, 연료에 포함된 황과 납 성분이 촉매에 접촉하면 영구적 기능 저하를 야기한다.(Walsh, 2003). 이런 현상이 나타나면 배출계수 수정시 고려되어야 한다.									

4. 향후과제

국가에너지 통계에 비도로 수송원에 소비되는 연료가 구분하도록 하여야 하며, 우리나라 상황에 맞는 비도로 수송원의 구분 기준과 대상이 정확히 제정되어야 한다.

XI. 1A4(1A4a~1A4c i, 상업/공공/가정 및 농림수산업의 고정연소)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

[표 1.28]을 따른다.

[표 1.28] 1A4 카테고리의 정의

카테고리	설 명
1A4a	i 항만, 공항, 철도를 제외한 상업용 건물에서의 연료 연소로부터 발생하는 배출, 자가생산(전기 및 열)으로부터의 연소배출 포함 ISIC Divisions 41, 50, 51, 52, 55, 63-67, 70-74,
	ii 항만, 공항, 철도의 상업용 건물에서의 연료 연소로부터 발생하는 배출, 자가생산(전기 및 열)으로부터의 연소배출 포함
	iii 공공용 시설로부터의 연소배출; ISIC Divisions 75, 80, 85, 90-93, 99 에 포함되는 모든 활동
1A4b	가정에서의 연료 연소로부터 발생하는 모든 연소배출.
1A4c i	농업, 임업, 어업, 양식업 등에서 고정연소로부터 발생하는 모든 연소배출

각 카테고리별 ISIC 분류 코드와 한국표준산업분류(KSIC)의 대조표는 [첨부 5]에 제시되어 있다.

나. 산정원칙

[식 1.10] 1A4a, 1A4b 카테고리 배출량 산정방법

$$Emissions = \sum (Fuel_a \times EF_a)$$

$Emissions$: 배출량(kg) $Fuel$ = 소비된 연료 종류 a (TJ)
 EF : 배출계수 (kg/TJ), a : 연료의 종류

2. 활동자료

가. 적용원칙

해당 시설에서 소비한 연료의 양을 활동자료로 하며, 자가소비를 위해 열 및 전력을 생산한 연료도 포함한다. 아래 [표1.29]를 따른다.

[표 1.29] 1A4a, 1A4b 카테고리의 활동자료 출처

연료	출처	카테고리	비 고			
석유	국가 석유		검색조건			
			산업(대)	산업(중)	산업(소)	제품

연료	출처	카테고리	비 고					
정보 시스 템 PED SIS		1A4a i	수송	도로	도로여객운수업	등유, 항공유, 중유, 부생유, 기타제품		
					기타여객 육상운수업			
					도로화물 운수업			
					육상운수보조 서비스업			
			수송	해운	내국적연안, 내륙항로 수송업	항공유, 부생유, 기타제품		
					내국적 외항수송업			
					외국적 수상수송업			
				항공	내국적내항공 운수업	휘발유, 등유, 경유, 중유 LPG, 부생유, 기타제품		
			내국적외항공 운수업					
			외국적항공 운수업					
			가정 상업	상업	전 체	전 체		
				가 정	가사 서비스업			
					기타 개인서비스업			
		에너지산업	가스제조	가스제조 및 공급업	[표 1.30] 참조			
		산업	기타 제조업	부탄캔 제조업				
		1A4a ii	수송	철도	철도운수업	휘발유, 등유, 중유, LPG, 부생유, 기타제품		
					해운	수상운수 보조서비스업	경유 - 1A3c 경유소비량 ⁶³⁾	
						항공	항공운수 보조서비스업	휘발유, 등유, 항공유, 중유, LPG, 부생유, 기타제품
							1A4a iii	공공
		1A4b	가정 상업	가정	증기 및 온수공급업	전 체		
					아파트 임대 및 운영			
					집단공급 LPG			
					캐비넷 히트			
		에너지산업	가스제조	가스제조 및 공급업	[표 1.30] 참조			
			산업	기타 제조업		부탄캔 제조업		
		1A4c i	산업	농림 수산업	농업 및 수렵업	등유, 중유,LPG,부생유, 기타제품		
					임 업			
					달리 분류되지 않는 어업			
					연근해어업	부생유, 기타제품		
					원양어업			
가스	지역 에너지	1A4a i	지역에너지 통계연보 > IV.가스 > IV-2.도시가스 > 상업용 도시가스 소비					

연료	출처	카테고리	비 고	
석탄	지통 계 연보	1A4a ii	통계자료 없음 <시설에 직접문의 혹은 통계조사>	
		1A4a iii	지역에너지 통계연보 > IV.가스 > IV-2.도시가스 > 공공/기타도시가스 소비	
		1A4b	지역에너지 통계연보 > IV.가스 > IV-2.도시가스 > 가정용 도시가스 소비	
		1A4c i	통계자료 없음 <시설에 직접문의 혹은 통계조사>	
	석탄	1A4a i	지역에너지 통계연보 > II.석탄 > 민수용 무연탄 소비 × 50%	
		1A4a ii	통계자료 없음 <시설에 직접문의 혹은 통계조사>	
		1A4a iii	통계자료 없음 <시설에 직접문의 혹은 통계조사>	
		1A4b	지역에너지 통계연보 > II.석탄 > 민수용 무연탄 소비 × 50%	
		1A4c i	통계자료 없음 <시설에 직접문의 혹은 통계조사>	
대체 에너지	통계		바이오 및 매립 가스	신재생에너지 통계
	환경 부 통계	1A4a iii	대형 도시 쓰레기	환경부 전국 생활폐기물 소각시설 운영협의회 통계“생활폐기물 자원회수시설 운영현황”“자원회수시설별 운영현황”에서 “열 생산량 자료(Gcal)”를 non-Biomass 와 Biomass의 분리 방법에 따라 non-Biomass 와 Biomass 를 구분하여 산정함(“나. 대안” 참조)

[표 1.30] 부탄캔 제조, 가스제조에서 원료로 사용되는 연료의 산정방법

국가석유정보시스템 PEDSIS				
산업(대)	산업(중)	산업(소)	연료	
에너지 산업	가스제조	가스제조 및 공급업 ⁶⁴⁾	LPG(①) (프로판/·부탄)	⇒ ①에서 지역에너지통계연보(가스) 도시가스>도시가스 원료 사용량 의 LPG 소비량) 을 제외한 나머지를 1A4a i, 1A4b에 각각 50% 씩 산정함
			LPG 제외한 모든 연료	⇒ 1A4a i, 1A4b에 각각 50% 씩 산정함
산업	기타제조업	부탄 캔 제조업	모든 연료	⇒

국가석유정보시스템(PEDSIS)은 연료거래량을 기준으로 작성되므로 해당 수송산업 등에서 수송원 운행 이외의 목적(예, 난방, 유지보수, 시설 운영)으로 사용된 연료까지 소비량에 포함되어 있다.

따라서 산업(대) ‘수송’ 소비량 통계에서 각각 분야별로 연료종류에 따라

63) 1A3c 철도운행 외에 철도시설 운영(철로의 유지보수, 차량운행)에 소비된 경유량을 산정한다. [첨부 8] 참조

64) 지역에 따라 도시가스는 LNG 외에도 LPG가 혼합되거나 전량 LPG로 공급되는 경우가 있으며 여기에 포함된 LPG는 가정/상업에 도시가스 소비량으로 산정되었음. 따라서 도시가스에 포함된 LPG의 중복산정을 방지하기 위해 “가스제조 및 공급업”에서 도시가스의 LPG 혼합량을 제한다.

1A3 이동연소에 소비된 연료와 운행 이외의 목적, 즉 1A4a i, 1A4a ii 상업에 소비된 연료소비량을 구분하여야 한다.

나. 대안

[표 1.29]에 제시된 대체에너지 대형도시쓰레기 는 소각장의 Biomass 연료와 non-Biomass 연료가 동시에 연소하여 발생된 에너지로서 Biomass⁶⁵⁾ 연료 연소에 의한 CO₂ 배출량은 산정에서 제외하여야 한다.

대형도시쓰레기에서 Biomass 연료에 의한 열에너지를 분리하기 위해서는 ① 환경부 “생활폐기물 소각시설 운영현황” 자료의 “전국소각장” 시트에서 지자체의 자원회수 시설에 해당하는 “쓰레기 성분분석” > “습량기준 물리적 조성” 을 구하고, ② [식 1.11] 에 따라서 Biomass 와 non-Biomass를 분리한다.⁶⁶⁾

[식 1.11] Biomass 와 Non-Biomass 의 분리

$$Heat_{for\ non\ Biomass} = Heat_{total} \times \frac{\sum_i (WASTE_i \times DM \times CF_i \times FCF_i)}{\sum_i (WASTE_i \times DM)}$$

$$Heat_{for\ Biomass} = Heat_{total} - Heat_{non\ Biomass}$$

$Heat_{total}$: OO시설에서 생산한 총 소각열, Gcal

DM: 습량 기준 조성일 경우 포함 폐기물중 건조량 함량을 고려, %

$Heat_{for\ non-Biomass}$: Non-Biomass 배출량을 위한 소각열, Gcal

$Heat_{for\ Biomass}$: Biomass 배출량 산정을 위한 소각열, Gcal

WASTE: OO시설 총 소각폐기물(조성별 소각량 합계와 같음), tonWaste/yr / %

CF: 폐기물 중 총 탄소비율(건량기준), fraction

FCF: 화석탄소비율, %

i: 폐기물 조성(종이, 나무, 플라스틱 등)

[표 1.31] 폐기물 조성별 DM, FCF, CF 비율

MSW 요소	DM (습중량 중 건조물질 함량)	FCF (건조 폐기물의 총 탄소함량)		CF (총탄소량 중 화석탄소 비율)	
	기본값	기본값	범위	기본값	범위
종이/판지	90	46	42-50	1	0-5
섬유	80	50	25-50	20	0-50
음식물 쓰레기	40	38	20-50	-	-
목재	85	50	46-54	-	-

65) 음식, 채소, 나무 등 생물학적 탄소로 구성된 연료로서 식물이 흡수한 대기 중의 탄소를 연소 시킴으로써 대기 중의 CO₂ 증가에 기여하지 않는다.

66) CF 와 FCF 은 [표 1.31] 을 참조

MSW 요소	DM (습중량 중 건조물질 함량)	FCF (건조 폐기물의 총 탄소함량)		CF (총탄소량 중 화석탄소 비율)	
정원 및 공원 폐기물	40	49	45-55	0	0
기저귀	40	70	54-90	10	10
고무 및 가죽	84	67	67	20	20
플라스틱	100	75	67-85	100	95-100
금속	100	NA	NA	NA	NA
유리	100	NA	NA	NA	NA
기타, 비활성 폐기물	90	3	0-5	100	50-100
출처: 2006 IPCC G/L Vol.5 표 2.4/2.5/2.6					

3. 배출계수

가. 적용원칙

[표 1.32], [표 1.33]에 제시된 기본값을 사용한다.

[표 1.32] 상업/기관 카테고리에서의 고정연소에 대한 배출계수

단위:kg/TJ

연료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대
Crude Oil		73,300	71,000	75,500	10	3	30	0.6	0.2	2
Orimulsion		77,000	69,300	85,400	10	3	30	0.6	0.2	2
Natural Gas Liquids		64,200	58,300	70,400	10	3	30	0.6	0.2	2
Gasoline	Motor Gasoline	69,300	67,500	73,000	10	3	30	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	70,000	67,500	73,000	10	3	30	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	70,000	67,500	73,000	10	3	30	0.6	0.2	2
Jet Kerosene		71,500	69,700	74,400	10	3	30	0.6	0.2	2
Other Kerosene		71,900	70,800	73,700	10	3	30	0.6	0.2	2
Shale Oil		73,300	67,800	79,200	10	3	30	0.6	0.2	2
Gas/Diesel Oil		74,100	72,600	74,800	10	3	30	0.6	0.2	2
Residual Fuel Oil		77,400	75,500	78,800	10	3	30	0.6	0.2	2
Liquefied Petroleum Gases		63,100	61,600	65,600	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Ethane		61,600	56,500	68,600	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Naphtha		73,300	69,300	76,300	10	3	30	0.6	0.2	2
Bitumen		80,700	73,000	89,900	10	3	30	0.6	0.2	2
Lubricants		73,300	71,900	75,200	10	3	30	0.6	0.2	2
Petroleum Coke		97,500	82,900	115,000	10	3	30	0.6	0.2	2
Refinery Feedstocks		73,300	68,900	76,600	10	3	30	0.6	0.2	2

단위:kg/TJ

연료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대
Other Oil	Refinery Gas	57,600	48,200	69,000	5	1.5	15	0.1	0.0 3	0.3
	Paraffin Waxes	73,300	72,200	74,400	3	1	10	0.6	0.2	2
	White Spirit and SBP	73,300	72,200	74,400	3	1	10	0.6	0.2	3
	Other Petroleum Products	73,300	72,200	74,400	3	1	10	0.6	0.2	2
Anthracite		98,300	94,600	101,000	10	3	30	1.5	0.5	5
Coking Coal		94,600	87,300	101,000	10	3	30	1.5	0.5	5
Other Bituminous Coal		94,600	89,500	99,700	10	3	30	1.5	0.5	5
Sub-Bituminous Coal		96,100	92,800	100,000	10	3	30	1.5	0.5	5
Lignite		101,000	90,900	115,000	10	3	30	1.5	0.5	5
Oil Shale and Tar Sands		107,000	90,200	125,000	10	3	30	1.5	0.5	5
Brown Coal Briquettes		97,500	87,300	109,000	10	3	30	1.5	0.5	5
Patent Fuel		97,500	87,300	109,000	10	3	30	1.5	0.5	5
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	107,000	95,700	119,000	10	3	30	1.5	0.5	4
	Gas Coke	107,000	95,700	119,000	5	1.5	15	0.1	0.0 3	0.3
Coal Tar		80,700	68,200	95,300	10	30	30	1.5	0.5	5
Derived Gases	Gas Works Gas	44,400	37,300	54,100	5	1.5	15	0.1	0.0 3	0.3
	Coke Oven Gas	44,400	37,300	54,100	5	1.5	15	0.1	0.0 3	0.3
	Blast Furnace Gas	260,000	219,000	308,000	5	1.5	15	0.1	0.0 3	0.3
	Oxygen Steel Furnace Gas	182,000	145,000	202,000	5	1.5	15	0.1	0.0 3	0.3
Natural Gas		56,100	54,300	58,300	5	1.5	15	0.1	0.0 3	0.3
Municipal Wastes (non-biomass)		91,700	73,300	121,000	300	100	900	4	1.5	15
Industrial Wastes		143,000	110,000	183,000	300	100	900	4	1.5	15
Waste Oils		73,300	72,200	74,400	300	100	900	4	1.5	15
Peat		106,000	100,000	108,000	10	3	30	1.4	0.5	5
Solid Biofuels	Wood / Wood Waste	112,000	95,000	132,000	300	100	900	4	1.5	15
	Sulphite lyes (BlackLiquor) ^a	95,300	80,700	110,000	3	1	18	2	1	21
	Other Primary Solid Biomass	100,000	84,700	117,000	300	100	900	4	1.5	15
	Charcoal	112,000	95,000	132,000	200	70	600	1	0.3	3
Liquid	Biogasoline	70,800	59,800	84,300	10	3	30	0.6	0.2	2

단위:kg/TJ

연료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대
Biofuels	Biodiesels	70,800	59,800	84,300	10	3	30	0.6	0.2	2
	Other Liquid Biofuels	79,600	67,100	93,300	10	3	30	0.6	0.2	2
Gas Biomass	Landfill Gas	54,600	46,200	66,000	5	1.5	15	0.1	0.0 ₃	0.3
	Sludge Gas	54,600	46,200	66,000	5	1.5	15	0.1	0.0 ₃	0.3
	Other Biogas	54,600	46,200	66,000	5	1.5	15	0.1	0.0 ₃	0.3
Other nonfossil fuels	Municipal Wastes (biomass)	100,000	84,700	117,000	300	100	900	4	1.5	15
(a) 흑액연소 장치 및 크라프트 공장 석회로에서 배출되는 바이오메스에서 유래된 CO ₂ 포함										

[표 1.33] 가정과 농림어업/양식업 카테고리에서의 고정연소 배출계수

단위:kg/TJ

연료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대
Crude Oil		73,300	71,000	75,500	10	3	30	0.6	0.2	2
Orimulsion		77,000	69,300	85,400	10	3	30	0.6	0.2	2
Natural Gas Liquids		64,200	58,300	70,400	10	3	30	0.6	0.2	2
Gasoline	Motor Gasoline	69,300	67,500	73,000	10	3	30	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	70,000	67,500	73,000	10	3	30	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	70,000	67,500	73,000	10	3	30	0.6	0.2	2
Jet Kerosene		71,500	69,700	74,400	10	3	30	0.6	0.2	2
Other Kerosene		71,900	70,800	73,700	10	3	30	0.6	0.2	2
Shale Oil		73,300	67,800	79,200	10	3	30	0.6	0.2	2
Gas/Diesel Oil		74,100	72,600	74,800	10	3	30	0.6	0.2	2
Residual Fuel Oil		77,400	75,500	78,800	10	3	30	0.6	0.2	2
Liquefied Petroleum Gases		63,100	61,600	65,600	5	1.5	3	0.1	0.0 ₃	0.3
Ethane		61,600	56,500	68,600	5	1.5	15	0.1	0.0 ₃	0.3
Naphtha		73,300	69,300	76,300	10	3	30	0.6	0.2	2
Bitumen		80,700	73,000	89,900	10	3	30	0.6	0.2	2
Lubricants		73,300	71,900	75,200	10	3	10	0.6	0.2	2
Petroleum Coke		97,500	82,900	115,000	10	3	10	0.6	0.2	2
Refinery Feedstocks		73,300	68,900	76,600	10	3	30	0.6	0.2	2
Other Oil	Refinery Gas	57,600	48,200	69,000	5	1.5	15	0.1	0.0 ₃	0.3
	Paraffin Waxes	73,300	72,200	74,400	10	3	30	0.6	0.2	2
	White Spirit	73,300	72,200	74,400	10	3	30	0.6	0.2	3

단위:kg/TJ

연료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대
	and SBP									
	Other Petroleum Products	73,300	72,200	74,400	10	3	30	0.6	0.2	2
	Anthracite	98,300	94,600	101,000	300	100	900	1.5	0.5	5
	Coking Coal	94,600	87,300	101,000	300	100	900	1.5	0.5	5
	Other Bituminous Coal	94,600	89,500	99,700	300	100	900	1.5	0.5	5
	Sub-Bituminous Coal	96,100	92,800	100,000	300	100	900	1.5	0.5	5
	Lignite	101,000	90,900	115,000	300	100	900	1.5	0.5	5
	Oil Shale and Tar Sands	107,000	90,200	125,000	300	100	900	1.5	0.5	5
	Brown Coal Briquettes	97,500	87,300	109,000	300	100	900	1.5	0.5	5
	Patent Fuel	97,500	87,300	109,000	300	100	900	1.5	0.5	5
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	107,000	95,700	119,000	300	100	900	1.5	0.5	5
	Gas Coke	107,000	95,700	119,000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Coal Tar	80,700	68,200	95,300	300	100	900	1.5	0.5	5
Derived Gases	Gas Works Gas	44,400	37,300	54,100	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Coke Oven Gas	44,400	37,300	54,100	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Blast Furnace Gas	260,000	219,000	308,000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Oxygen Steel Furnace Gas	182,000	145,000	202,000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Natural Gas	56,100	54,300	58,300	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Municipal Wastes (non-biomass fraction)	91,700	73,300	121,000	300	100	900	4	1.5	15
	Industrial Wastes	143,000	110,000	183,000	300	100	900	4	1.5	15
	Waste Oils	73,300	72,200	74,400	300	100	900	4	1.5	5
	Peat	106,000	100,000	108,000	1	0.3	3	1.4	1.5	15
Solid Biofuels	Wood/Wood Waste	112,000	95,000	132,000	300	100	900	4	1.5	15
	Sulphite lyes (Black Liquor) ^a	95,300	80,700	110,000	3	1	18	2	1	21
	Other Primary Solid Biomass	100,000	84,700	117,000	300	100	900	4	1.5	15
	Charcoal	112,000	95,000	132,000	200	70	600	4	1.5	15
Liquid Biofuels	Biogasoline	70,800	59,800	84,300	10	3	30	0.6	0.2	2
	Biodiesels	70,800	59,800	84,300	10	3	30	0.6	0.2	2
	Other Liquid Biofuels	79,600	67,100	93,300	10	3	30	0.6	0.2	2
Gas Biomass	Landfill Gas	54,600	46,200	66,000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Sludge Gas	54,600	46,200	66,000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3

단위:kg/TJ

연료		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대	기본값 배출계수	최소	최대
	Other Biogas	54,600	46,200	66,000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Other nonfossil fuels	Municipal Wastes (biomass)	100,000	84,700	117,000	300	100	900	4	1.5	15
(a) 흑액연소 장치 및 크라프트 공장 석회로에서 배출되는 바이오메스에서 유래된 CO ₂ 포함										

4. 향후과제

국가석유정보시스템(PEDSIS) 적용시 수송, 농림수산업 분야에서 도로수송용 유류소비량과 비도로 이동원용 유류소비량, 수송업의 유지보수용 유류소비량이 분리가 필요하다.

5. 기타 참고사항

사용되는 연료에 Biomass 부분이 포함된 경우 연료의 활동자료를 Biomass 부분과 non-Biomass 로 구분하여야 한다. 해당 연료의 CO₂ 배출량에는 non-Biomass 부분만을 고려하며 non-CO₂ 배출량은 Biomass, non-Biomass를 합한 연료 전체를 고려한다. Biomass 가 포함된 연료는 소각열, 매립가스(LFG), Bio-디젤, Bio-휘발유 등이 있다.

XII. 1B1a i (1B1a i 1~1B1a i 4, 폐광을 제외한 지하탄광의 탈루성배출), 1B1a ii (1B1a ii 1~1B1a ii 2, 노천탄광의 탈루성배출), 1B1 (1B1b ~1B1c, 미통제 연소와 고체연료의 변환)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

석탄의 채굴, 가공, 저장, 운반 과정에서 발생하는 탈루성 배출을 산정하며, 지하/노천 석탄광산에서 온실가스가 배출되는 주요 단계는 아래와 같다.

- 채굴시 배출(Mining emission) - 채굴 작업시 석탄 및 주변 지층이 분쇄되어 지층에 저장된 가스의 방출로부터 발생
- 채굴 후 배출(Post-mining emission) - 채굴과정보다 느리지만, 채굴된 이 후에도 가스를 계속 배출. 채굴/분쇄 이후 석탄의 처리, 가공 및 수송 과정에

서 발생하는 이러한 배출을 채굴 후 배출이라 함

- 저온산화(Low temperature oxidation) - 석탄이 공기 중의 산소에 노출될 때, 산화되어 CO₂를 생성되나 양이 미비하여 산정방법은 제시되지 않음
- 미통제된 연소 (Uncontrolled combustion) - 종종 저온 산화에 의해 생성된 열이 갇힐 때, 온도 상승으로 화재가 발생할 수 있으며, 산화가 가장 극단적으로 일어날 때 발생. 통제되지 않은 연소는 빠른 반응과 눈에 보이는 불꽃, 빠른 CO₂ 형성이 특징이며, 자연적 혹은 인위적으로 발생. 1B1b 카테고리에서만 고려함

운영중인 지하탄광에서 배출되는 가스는 환기시스템과 탈기시스템을 통해 대기중으로 방출되며, 그 외에도 채굴 후 배출, 저온산화, 미통제된 연소 등이 있다.

운영중인 노천탄광에서 발생하는 배출은 석탄 및 지층의 분쇄와 광산의 지층 표면으로부터 발생하는 메탄과 CO₂를 포함하여 채광 후 배출, 저온산화, 폐기장에서 일어나는 미통제된 연소 등을 포함한다.

○ 탈루성(Fugitive) 배출

발화 및 연소에 의한 배출 및 의도적/강제적인 공정가스 배출을 제외하고 연료로부터 발생하는 모든 배출. 기기 및 저장소에서의 누출, 표면 증발 등이 이에 해당한다.

○ 연소(Combustion)와 발화(Flaring)

- 연소 : 물질을 연소시켜서 에너지원으로 사용하는 경우로서 배출량은 에너지가 사용되는 1A 카테고리에서 산정함
- 발화 : 물질의 제거를 위해 연소시키되, 에너지원으로 사용하지 않는 경우로서 배출량은 1B1a i 4 카테고리에서 산정함

각 주요단계의 카테고리별 정의는 아래와 같다.

[표 1.34] 1B1 카테고리 정의

코드	설 명
1B1ai	지하 광산 채굴, 채굴 후, 폐광 및 탈수된 메탄의 발화(flaring)로부터 발생하는 모든 배출을 포함한다.
	1 Mining, 지하 탄광의 환기 및 탈기 시스템에서 대기중으로 방출되는 모든 지층 가스 배출을 포함한다.
	2 Post-mining, 지하탄광에서 석탄이 채굴되고, 지표로 이동되어 처리, 저장, 수송된 후에 배출되는 메탄과 CO ₂ 를 포함한다.
	3 Abandoned underground mines 지하 폐광으로부터 발생하는 메탄 배출을 포함한다.
	4 탈수 및 발화(Flaring) 된 메탄이나 산화 공정에 의해 CO ₂ 로 전환된 환기가스

코드		설 명
		(ventilation gas)가 여기에 포함된다. 에너지원으로 연소(Combustion)된 메탄은 '고정형 연소'에 포함되어야 한다.
1B1aii	1	Mining 노천탄광에서 채굴동안 석탄 및 관련 지층의 분쇄와 광산 표면에서의 누출로부터 배출되는 메탄과 CO ₂ 를 포함한다,
	2	Post-mining seam gas emissions 노천탄광에서 석탄이 채굴 후, 처리, 저장 및 수송된 후에 배출되는 메탄과 CO ₂ 를 포함한다.
1B1b		Uncontrolled combustion and burning coal dumps 석탄 개발 활동으로 인한 통제되지 않은 연소로부터 발생하는 CO ₂ 의 배출을 포함한다.
1B1c		Solid Fuel Transformation 고체연료로부터 2차 3차 연료를 생산할 때 발생하는 탈루성배출

나. 산정 방법

○ 지하 탄광

- 1B1a i 1, 1B1a i 2 - 연소/발화(flaring) 보정 후

[식 1.12] 메탄의 Combustion, Flaring 보정 후 배출량 산정

$$CH_4 \text{ Emissions} = CH_4 \text{ Emissions from mining OR Post-mining Emissions} \\ - CH_4 \text{ recovered and utilized for energy production or flared}$$

CH₄ Emissions: 연간 메탄배출량(Gg/yr)

CH₄ Emissions from mining: 채광시 메탄배출량(Gg/yr)

Post-mining Emission: 채광후 메탄배출량(Gg/yr)

CH₄ recovered and utilized for energy production or flared:
회수되어서 에너지 생산이나 발화된 메탄의 양 (Gg/yr)

- 1B1a i 1, 1B1a i 2 - 연소/발화(flaring) 보정 제외

[식 1.13] 메탄의 Combustion, Flaring 보정 전 배출량 산정

$$CH_4 \text{ Emissions} = \text{Raw coal production} \times CH_4 \text{ Emission Factor} \times \text{conversion factor}$$

CH₄ Emissions: 연간 메탄배출량(Gg/yr)

CH₄ Emission Factor: 메탄 배출계수 (m³/t)

Raw Coal production: 석탄생산량(t/yr)

Conversion Factor: 20℃, 1기압에서 메탄의 밀도 $0.67 \times 10^{-6} \text{ Gg/m}^3$

- 1B1a i 4, 1B1b, 메탄의 발화(Flaring)에 의한 CO₂, CH₄배출

[식 1.14] 메탄의 Combustion, Flaring 을 제외한 배출량 산정

$$(a) \text{ Emissions of CO}_2 \text{ from CH}_4 \text{ combustion} = 0.98 \times \text{Volumn of CH}_4 \text{ flared} \\ \times \text{Conversion Factor} \times \text{Stoichiometric Mass Factor}$$

(b) $Emissions\ of\ unburnt\ CH_4 = 0.02 \times Volume\ of\ CH_4\ flared \times conversion\ factor$
Emissions of CO₂ from CH₄ combustion: 연간 이산화탄소 배출량(Gg/yr)
Volume of CH₄ flared: 발화된 메탄의 부피(m³/yr)
Conversion Factor: 20℃, 1기압에서 메탄의 밀도 $0.67 \times 10^{-6} Gg/m^3$
Stoichiometric Mass Factor: 연소된 CH₄ 와 발생 CO₂ 의 질량비 2.75
 0.98, 0.02: 천연가스가 발화(Flaring) 될 때 연소 효율, 비 산화율

○ 노천 탄광

- 1B1aii1, 1B1aii2 생산시, 생산후(post-mining) 배출

[식 1.15] 노천탄광에서 메탄의 발생

$CH_4 Emissions = Surface\ coal\ production \times CH_4\ Emission\ Factor$
 $\times Units\ conversion\ factor$
CH₄ Emissions: 연간 메탄배출량(Gg/yr)
CH₄ Emission Factor: 메탄 배출계수 (m³/t)
Surface Coal production: 석탄생산량(t/yr)
Conversion Factor: 20℃, 1기압에서 메탄의 밀도 $0.67 \times 10^{-6} Gg/m^3$

○ 1B1c 고체연료의 변환

- 고체연료의 변환의 배출량은 직접측정 함

2. 활동자료

가. 적용원칙

각 탄광별 원탄 생산량자료와 탄광 갱도 및 노천탄광 지층의 깊이 자료가 필요하다.

○ 1B1ai1, 1B1ai2 지하탄광

탄광의 원탄생산량은 탄광 갱도에서 채굴된 탄이 선탄과정으로 투입되기 전의 양을 의미한다. 선탄과정에서 석탄폐석(버력)이 분리되고 세척을 통해 황성분과 회분이 제거되는데 그 비율은 탄광마다 다르지만 대략 원탄생산량의 20% 정도이다.

만약 광산에서 선탄과정을 거치고 탄 생산량자료가 판매된 탄을 기준으로 한다면 판매된 탄에서 원탄생산량을 추정하여야 한다.

[표 1.35] 1B1 가행탄광 활동자료

구분	자료 출처	비 고
지역별 탄 생산량 자료	지역에너지 통계연보	지역의 단일 탄전이거나 각 갱도의 깊

구분	자료 출처	비 고
	Ⅱ. 석탄 > Ⅱ-1. 무연탄 > 무연탄생산	이가 배출계수 기준으로 같은 범위일 시 사용가능
탄광/갱도별 탄 생산자료 탄광/갱도 깊이	한국광해관리공단 광산 지리정보 시스템	웹을 통한 서비스는 향후 계획 중이므로 직접문의 필요('09.10월)

○ 1B1a ii 1, 1B1a ii 2 노천탄광

국내에는 노천탄광이 없는 것으로 간주되므로, 노천탄광 생산량 및 지층의 깊이는 고려할 필요가 없다.

○ 1B1a i 4 회수되어 발화되는 메탄의 부피

회수되는 메탄의 부피는 배기시스템이 운영되는 탄광에서 직접측정을 통해서 값을 구할 수 있으나, 정확한 정보가 없는 경우에는 원탄생산에서 발생하는 메탄가스량을 기준으로 배기시스템의 기기 효율이나 배기시스템의 일반적인 효율인 30~50% 를 적용하여 구할 수 있다.

단, 1B1a i 4의 산정방법에 적용하기 위해서는 해당 탄광이 회수되는 메탄을 발화(Flaring) 하여 처리하거나 연소(Combustion) 하여 이용하는지의 여부가 확인되어야 하며 발화(Flaring)하여 처리하는 경우에만 1B1a i 4 카테고리 적용이 가능하다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

○ 1B1a i 1 - 연소/발화(flaring) 보정 제외

[표 1.36] 1B1a i 1 배출계수

탄광/갱도 깊이	배출계수(부피/원탄생산량)
200m 미만	10 m ³ / t
200m 이상, 400m 이하	18 m ³ / t
400m 초과	25 m ³ / t

○ 1B1a i 2 - 연소/발화(flaring) 보정 제외

[표 1.37] 1B1a i 2 배출계수

탄광/갱도 깊이	배출계수(부피/원탄생산량)
200m 미만	0.9 m ³ / t
200m 이상, 400m 이하	2.5 m ³ / t
400m 초과	4.0 m ³ / t

○ 1B1a i 4 - 발화(Flaring)

· Conversion Factor = 20℃, 1기압에서 메탄의 밀도 $0.67 \times 10^{-6} \text{ Gg/m}^3$

4. 향후과제

배기시스템에 의해 회수되거나 배기되는 탄광 가스의 정확한 실측자료 및 탄광의 갱도별 생산량, 깊이 등의 자료가 구축되어야 한다.

XIII. 1B1a i 3(폐광에서 발생하는 탈루성 배출)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

폐광에서 발생하는 메탄가스 배출량으로서 침수에 의해 배출이 중지 될 때까지 배출되는 메탄량을 산정한다.

일반적으로 광산이 봉쇄됐을지라도 오래된 입구, 환기 파이프, 위쪽 지층의 갈라진 틈과 같은 자연적/인위적 통로를 통해 메탄이 대기중으로 배출되며 폐광 내 메탄 농도가 안정화된 비율에 도달할 때까지 빠르게 감소한다.

나. 산정방법

○ 지하 폐광(Abandoned underground mine)으로부터의 배출

- 단계 1: 가스가 많은 탄광이 폐광된 대략적인 기간범위를 결정
(a:1901~1925, b:1926~1950, c:1951~1975, d:1976~2000, e:2001~현 재)
- 단계 2: 1901년 이후로 각 기간(interval)간 침수되지 않은 폐광 광산의 개수를 구함(침수여부 자료를 알 수 없으면 모두 침수되지 않은 것으로 간주)
- 단계 3: [표 1.39]에 따라 폐광당시 가스량이 많은 광산의 비율을 결정
- 단계 4: 배출량을 산정하는 인벤토리 년도에 따라 [표 1.38] 에서 기간별 위별 배출계수를 결정
- 단계 5: [식 1.16]를 통해 각 기간범위별 배출량을 산정하여 합산

[식 1.16] 지하 폐광으로부터의 배출 식

$$CH_4 \text{ Emissions} = \text{Number of Abandoned Coal Mines remaining unflooded} \\ \times \text{Fraction of gassy Coal Mines} \times \text{Emission Factor} \times \text{Conversion Factor}$$

CH_4 Emissions: 연간 메탄배출량(Gg/yr)

Emission Factor: 메탄 배출계수 (m^3/yr)

Conversion Factor: 20℃, 1기압에서 메탄의 밀도 $0.67 \times 10^{-6} \text{ Gg/m}^3$

Faction of gassy Coal mines: 가스가 많은 탄광의 비율

2. 활동자료

가. 적용원칙

폐광의 폐광시기, 폐광 전 생산량, 위치 등의 자료는 한국광해관리공단에 문의를 통해 확인 할 수 있다.

<예시> 폐광에서 배출된 메탄의 산정 방법

구분	광산 폐쇄 시간범위					총계
	1901 - 1925	1926 - 1950	1951 - 1975	1976 - 2000	2001 - 현재	
기간당 폐쇄된 광산의 수	20	15	10	5	1	
가스량이 많은 광산의 비율[표 1.39]	0.1	0.5	0.75	1.0	1.0	
2005년 인벤토리년도의 배출계수 [표 1.38]	0.256	0.301	0.382	0.601	1.265	
총 배출량 (Gg CH ₄ /yr)	0.34	1.51	1.92	2.07	0.85	6.64

3. 배출계수

가. 적용원칙

탄광 배출계수는 아래 [표 1.38] 을 따르고 “가스량이 많은 광산의 비율”은 [표 1.39] 의 Low 와 High 중에서 값을 선택한다.

[표 1.38] 폐광의 배출계수

단위 : 10⁶m³ CH₄/폐광

인벤토리년도	광산 폐쇄 시간범위				
	1901~1925	1926~1950	1951~1975	1976~2000	2001~현재
1990	0.281	0.343	0.478	1.561	NA
1991	0.279	0.340	0.469	1.334	NA
1992	0.277	0.336	0.461	1.183	NA
1993	0.275	0.333	0.453	1.072	NA
1994	0.273	0.330	0.446	0.988	NA
1995	0.272	0.327	0.439	0.921	NA
1996	0.270	0.324	0.432	0.865	NA
1997	0.268	0.322	0.425	0.818	NA
1998	0.267	0.319	0.419	0.778	NA
1999	0.265	0.316	0.413	0.743	NA
2000	0.264	0.314	0.408	0.713	NA
2001	0.262	0.311	0.402	0.686	5.735

단위 : $10^6 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{폐 광}$

인벤토리년도	광산 폐쇄 시간범위				
	1901~1925	1926~1950	1951~1975	1976~2000	2001~현재
2002	0.261	0.308	0.397	0.661	2.397
2003	0.259	0.306	0.392	0.639	1.762
2004	0.258	0.304	0.387	0.620	1.454
2005	0.256	0.301	0.382	0.601	1.265
2006	0.255	0.299	0.378	0.585	1.133
2007	0.253	0.297	0.373	0.569	1.035
2008	0.252	0.295	0.369	0.555	0.959
2009	0.251	0.293	0.365	0.542	0.896
2010	0.249	0.290	0.361	0.529	0.845
2011	0.248	0.288	0.357	0.518	0.801
2012	0.247	0.286	0.353	0.507	0.763
2013	0.246	0.284	0.350	0.496	0.730
2014	0.244	0.283	0.346	0.487	0.701
2015	0.243	0.281	0.343	0.478	0.675
2016	0.242	0.279	0.340	0.469	0.652

[표 1.39] 가스가 많은 탄광비율의 기본값

기간 범위	Low	High
1900~1925	0%	10%
1926~1950	3%	50%
1951~1975	5%	75%
1976~2000	8%	100%
2001~현재	9%	100%

나. 대안

사용되는 계수 중 “가스가 많은 광산의 비율”은 탄의 탄화정도, 가스 구성물, 채광 깊이 등에 따라 달라지는데 탄층의 탄화도와 함유하는 메탄가스량은 비례한다. 우리나라 탄층의 경우 탄화도가 매우 높아 탄층의 단위질량당 생성된 메탄가스량이 가장 높고 실제로 삼척탄광등의 대형 탄광에서는 갱내 CH_4 에 의한 폭발사고 기록도 있으므로 High 값을 사용한다.⁶⁷⁾

67) 국내 석탄층 메탄자원 개발타당성 및 경제성 평가 기획연구(최종보고서) / 산업자원부 / 2005.05/p.67 ; 국내 탄층의 메탄가스 총량은 $224 \text{ m}^3/\text{t}$ 로서 실제로 삼척탄전같은 대형탄광에서는 갱내 메탄가스의 폭발로 인한 사고기록이 있음.

4. 향후과제

폐광의 갱도별 생산량, 깊이 등의 통계가 구축되어야 한다.

XIV. 1B2(1B2a i ~1B2biii, 석유 및 가스에서 발생하는 탈루성배출)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

석유와 천연가스가 생산되어 최종소비가 되기까지 과정에서 발생하는 모든 환기(Venting), 발화(Flaring), 탈루성 배출을 산정한다. 카테고리별 정의는 아래 [표 1.40]과 같다.

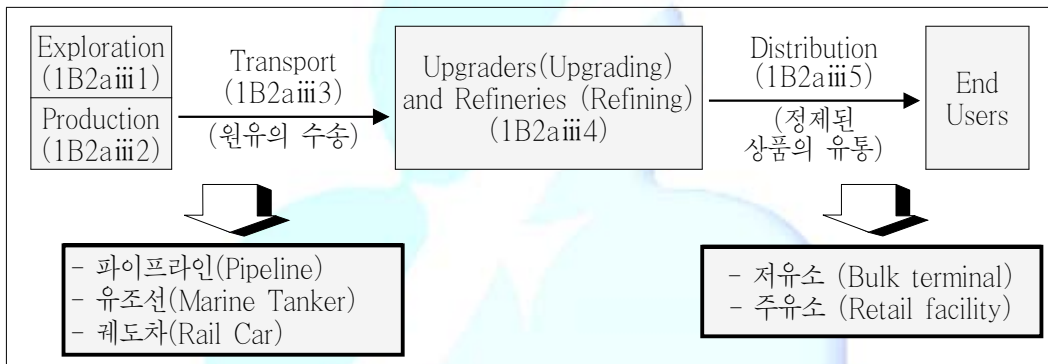
[표 1.40] 1B1 카테고리 정의

IPCC 코드		부문 이름	설명	
		Oil	탐사, 생산, 이전, 원유의 개량 및 정제, 원유 제품의 분배와 관련된 환기, 발화 및 기타 모든 탈루성 배출원에서 발생하는 배출로 구성된다.	
1B2a	i	Venting	석유 시설에서 관련 가스 및 폐기물 가스/증기 흐름의 환기에서 발생하는 배출	
	ii	Flaring	석유 시설에서 천연가스 및 폐기물 가스/증기 흐름의 발화에서 발생하는 배출	
1B2a	iii	All Other	석유 시설에서 장비의 누출, 저장 손실, 파이프라인 파손, 유정 누출(well blowouts), 유전(land farms), 유정 파이프(wellhead casing) 천공, 주변의 지표로 가스 이동, 지표면 파이프(surface casing)구멍, 찌꺼기 연못(tailings ponds)에서의 생체 가스(biogenic gas) 형성 및 환기와 발화로 설명되지 못하는 다른 가스나 증기의 배출 등이 해당된다.	
		1	Exploration	유정 시추, 생산 가능성 조사(drill stream testing), 유정 완성(well completions)으로부터 발생하는 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출.
		2	Production and Upgrading	석유 생산으로부터의 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출은 유정(oil wellhead) 내지 오일샌드(oil sands) 또는 혈암유(shale oil) 광산에서 석유 전송시스템의 시작까지에 걸쳐 발생한다. 이는 유정 생산(well servicing), 오일샌드 내지 혈암유 채굴, 처리 내지 추출시설로의 미처리된 제품의 수송(예, 유정 용출액(well effluent), 유제(emulsion), 유모혈암(oil shale), 오일샌드), 추출 및 개량 시설에서의 활동, 관련 가스 재주입 시스템, 용수처리 시스템에서 발생한다. 개량시설(upgraders)은 종종 추출시설과 통합되며 그들의 상대적 배출기여는 설정하기 어렵기 때문에 Upgrader로부터의 탈루성배출은 정제로부터의 배출이 아니라 생산으로부터의 배출과 묶여진다.
		3	Transport	판매가능한 원유의 개량시설(upgraders) 및 정제소로의 수

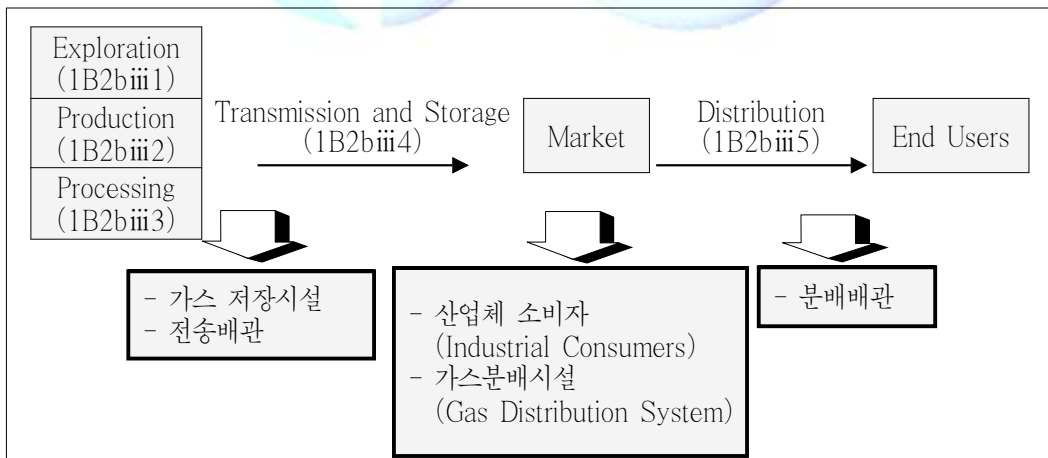
IPCC 코드			부문 이름	설명	
				송과 관련된 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출. 수송시스템은 파이프라인, 유조선(marine tankers), 유조차(tank trucks), 철도수송(rail cars)으로 구성된다. 저장에서 발생하는 증발 손실, 충전 및 하역 활동, 탈루성 장비의 누출은 이들 배출의 주요 원천이다.	
	4	Refining		석유정제소에서 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출. 정제소는 최종적인 정제제품(예, 주로 연료 및 윤활유)을 생산하기 위해 원유, 천연 휘발유, 합성 원유를 처리한다. 정제소가 다른 시설(예를 들어, 개량시설 내지 공동생산 공장)과 통합된 경우에 상대적인 배출기여를 설정하기 어려울 수 있다.	
	5	Distribution of Oil Products		이는 정제된 제품의 수송 및 유통으로부터의 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출로 구성되며, 벌크 터미널(bulk terminals)과 소매시설에서의 배출을 포함한다. 저장으로부터의 증발 손실, 충전 및 주유 활동, 탈루성 장비의 누출이 이들 배출의 주요한 원천이다.	
	6	Other		위의 카테고리에서 달리 설명되지 않은 석유 시스템으로부터의 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출. 이는 유출 및 기타 우발적인 방출, 폐유 처리시설, 유전 폐기물 처리 시설로부터의 탈루성배출을 포함한다.	
			Natural Gas	천연가스의 탐사, 생산, 처리, 전송, 저장, 분배와 관련된 환기(Venting), 발화(Flaring) 기타 모든 탈루성배출원으로부터의 배출로 구성된다.	
1B2b	i	Venting		가스 시설에서 천연가스 및 폐기 가스/증기 흐름의 환기로 부터의 배출.	
	ii	Flaring		가스 시설에서 천연가스 및 폐기 가스/증기 흐름의 발화로 부터의 배출.	
		All Other		천연가스 시설에서 장비의 누출, 저장 손실, 파이프라인 파손, 유정 파열(well blowouts), 유정 파이프(wellhead casing) 주변의 지표로 가스 이동, 지표면 파이프(surface casing) 구멍, 환기와 발화로 설명되지 못하는 다른 가스나 증기의 배출등이 해당된다.	
	iii	1	Exploration		가스 유정 시추, 생산 가능성 조사(drill stem testing), 유정완성(well completions)으로부터의 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출.
		2	Production		가스 유정에서 가스처리 공장의 입구(inlet), 또는 처리가 필요하지 않은 경우에, 가스 전송시스템의 연결지점까지에 걸친 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출. 이는 유정 작업(well servicing), 가스 수집, 처리, 관련 폐수(waste water) 및 산성 가스(acid gas) 처리활동에 관련된 탈루성배출을 포함한다.
		3	Processing		가스 처리 시설로부터의 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출.
		4	Transmission and Storage		처리된 천연가스를 시장(예, 산업용 소비자 및 천연가스 분배시스템)에 수송하기 위해 이용된 시스템으로부터의 탈루성배출. 이 카테고리에 천연가스 저장시스템으로부터의 탈루성배출이 또한 포함되어야 한다. 가스 전송시스템 상의 천연 휘발유(natural gas liquids) 추출공장으로부터의 배출은 천연가스 처리의 부분으로 보고되어야 한다. (1.B.2.b.iii.3 부

IPCC 코드			부문 이름	설명
				문). 천연 휘발유의 전송과 관련된 탈루성배출은 1.B.2.a.iii.3 카테고리에서 보고되어야 한다.
		5	Distribution	최종 이용자에게 천연가스를 분배함으로써의 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출.
		6	Other	위의 카테고리에서 달리 설명되지 않은 천연가스 시스템으로부터의 (환기 및 발화를 제외한) 탈루성배출. 이는 유정 파열(well blowouts) 및 파이프라인 파열 내지 부식(dig-ins)으로부터의 배출을 포함할 것이다.
1B3		Other emissions from Energy Production	예를 들어, 1.B.1 내지 1.B.2에 포함되지 않는 지열 에너지 생산 및 기타 에너지 생산으로부터의 배출.	

석유 및 천연가스의 각 카테고리를 수입 - 정제/가공 - 유통 - 소비 과정으로 정리하면 아래 [그림 1.3], [그림 1.4]와 같다.



[그림 1.3] 석유 기타(1B2a.iii) 부문 카테고리 구분개념



[그림 1.4] 천연가스 기타(1B2b.iii) 부문 카테고리 구분개념

나. 산정 원칙

[식 1.17] 각 산업단위별 탈루 배출량과 총 탈루 배출량의 합산

$$E_{gas, industry\ segment} = A_{industry\ segment} \times EF_{gas, industry\ segment}$$

$$E_{gas} = \sum_{industry\ segment} E_{gas, industry\ segment}$$

$E_{gas, industry\ segment}$: 가스별로 공정단위 연간 총 배출량(Gg)
 $EF_{gas, industry\ segment}$: 가스별, 공정단위별 배출계수(Gg/활동 자료단위)
 $A_{industry\ segment}$: 활동 자료 값(활동자료단위)

위 산정원칙에 제시된 공정단위는 [표 1.42]에 제시되어 있다.

[표 1.41] 공정단위별 하위 카테고리

공정 부문	하위 카테고리
유정 굴착	모두
유정 시험	모두
유정 서비스(생산)	모두
가스 생산	Dry Gas ^a
	탄층 메탄 (1차 및 개선된 생산)
	기타 개선된 가스 회수
	Sweet Gas ^b
	Sour Gas ^c
가스 처리	Sweet Gas 공장
	Sour Gas 공장
	Deep-cut 추출 공장 ^d
가스 전송 및 저장	파이프라인 시스템
	저장 시설
가스 분배	외곽 분배
	도시 분배
액화 가스 수송	응축액
	액화석유가스 (LPG)
	액화천연가스 (LNG) (관련된 액화 및 기화 시설을 포함)
석유 생산	가벼운 밀도 및 중간 밀도의 원유 (1차, 2차 및 3차 생산)
	중질유 (1차 및 개선된 생산)
	천연 역청 (1차 및 개선된 생산)
	(오일샌드(Oil Sands)로부터의) 합성 원유
	(유모혈암(Oil Shades)로부터의) 합성 원유
석유 개질	천연 역청
	중질유
폐유 재생	모두
석유 수송	선박
	파이프라인

공정 부문	하위 카테고리
	유조 트럭 및 철도 차량
석유 정제	중질유
	전통적 원유 및 합성 원유
정제 제품 분배	휘발유
	디젤
	항공 연료
	제트유
	가스 오일 (중간 정제물)

^a Dry gas는 판매용 가스 기준을 만족시키기 위해 탄화수소 응축시켜서 정제할 필요가 없는 천연가스다. 그렇지만, 수분 및 산성 가스 (즉, H₂S 및 CO₂) 함유량에 처리는 여전히 필요하다. Dry gas는 일반적으로 얕은 (1000 m 깊이 미만) 가스전에서 생산된다.

^b Sweet gas는 H₂S가 거의 없는 천연가스이다. (즉, 판매용 가스 사양을 만족시키기 위해 H₂S에 대한 처리가 필요 없다)

^c Sour gas는 판매용 가스 기준을 만족하기 위해 H₂S 제거 처리가 필요한 천연가스이다.

^d Deep-cut 추출 공장은 천연가스에 있는 잔여 에탄 및 무거운 탄화수소를 회수하기 위해 이용되는 처리 공장이다.

다. 대안

위 카테고리 중 1B3 Other emissions from Energy Production 카테고리는 배출량 산정 방법론이 개발되어 있지 않으므로 지열발전 등 해당 활동이 지역에 있는 경우 NA(Not Applicable) 로 산정한다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

국가 석유/가스 통계에서 직접적으로 구할 수 있는 값들만을 사용한다.

[표 1.42] '1B2' 카테고리 활동자료 출처

IPCC 코드	카테고리명	출 처
1B2a i	Venting(환기)	카테고리에 해당하는 활동이 없는 것으로 간주한다.
1B2a ii	Flaring(발화)	
1B2a iii	1 Exploration	국내에는 없음
	2 Production and Upgrading	국내에는 없음
	3 Transport	국가석유정보시스템(PEDSIS) > 지역별 LPG 사용량
	4 Refining	지역 에너지 통계연보 > III. 석유 > 1. 석유제품 생산
	5 Distribution of Oil Products	지역 에너지 통계연보 > III. 석유 > 부분별 석유소비(지역)
	6 Other	
1B2b i	Venting(환기)	카테고리에 해당하는 활동이 없는 것으로 간주한다.

IPCC 코드		카테고리명	출 처
1B2b ii		Flaring(발화)	
1B2b iii	1	Exploration	국내에는 없음
	2	Production	해당 시설에 직접 문의
	3	Processing	해당 시설에 직접 문의
	4	Transmission and Storage	지역에너지 통계연보 > IV. 가스 > LNG > LNG 공급
	5	Distribution	지역에너지 통계연보 > IV. 가스 > 도시가스 > 도시가스 총소비
	6	Other	카테고리에 해당하는 활동이 없는 것으로 간주한다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

[표 1.43] 에 제시된 선진국 기준의 배출계수를 사용한다. 단, 제시된 배출계수가 범위 값으로 제시되어 있는 경우 높은 값을 배출계수로 한다.

4. 향후과제

- 1B3 에 제시된 지열발전 배출량 산정방법 개발
- 우리나라 상황에 맞는 배출계수 및 항목 산정
- 가스/오일의 전송 시 보내는 지자체와 받는 지자체가 서로 다른 경우 배출계수 마련

[표 1.43] '1B2' 카테고리 배출계수

종류	하위 카테고리	배출원	IPCC 코드	CH ₄	CO ₂	NM VOCs	N ₂ O	측정단위
유전시추	모두	발화 및 환기	1B2a ii or 1B2b ii	3.3E-05	1.0E-04	8.7E-07	ND	Gg per 10 ³ m ³ 총 생산량
유전실험	모두	발화 및 환기	1B2a ii or 1B2b ii	5.1E-05	9.0E-03	1.2E-05	6.8E-08	Gg per 10 ³ m ³ 총 생산량
유전생산	모두	발화 및 환기	1B2a ii or 1B2b ii	1.1E-04	1.9E-06	1.7E-05	ND	Gg per 10 ³ m ³ 총 생산량
가스생산	모두	탈루	1B2b iii 2	3.8E-04 ~ 2.3E-03	1.4E-05 ~ 8.2E-05	9.1E-05 ~ 5.5E-04	NA	Gg per 10 ⁶ m ³ 생산가스
		발화	1B2b ii	7.6E-07	1.2E-03	6.2E-07	2.1E-08	Gg per 10 ⁶ m ³ 생산가스
가스처리공정	스위트가스 공장	탈루	1B2b iii 3	4.8E-04 ~ 10.3E-04	1.5E-04 ~ 3.2E-04	2.2E-04 ~ 4.7E-04	NA	Gg per 10 ⁶ m ³ 공급가스
	사위	발화	1B2b ii	1.2E-06	1.8E-03	9.6E-07	2.5E-08	Gg per 10 ⁶ m ³ 공급가스
		탈루	1B2b iii 3	9.7E-05	7.9E-06	6.8E-05	NA	Gg per 10 ⁶ m ³

종류	하위 카테고리	배출원	IPCC 코드	CH ₄	CO ₂	NMVOCS	N ₂ O	측정단위
	가스 공장							공급가스
		발화	1B2b ii	2.4E-06	3.6E-03	1.9E-06	5.4E-08	Gg per 10 ⁶ m ³ 공급가스
		CO ₂ 환기	1B2b i	NA	6.3E-02	NA	NA	Gg per 10 ⁶ m ³ 공급가스
	deep -out extr ation plant s	탈루	1B2biii3	1.1E-05	1.6E-06	2.7E-05	ND	Gg per 10 ⁶ m ³ 공급가스
		발화	1B2b ii	7.2E-08	1.1E-04	5.9E-08	1.2E-08	Gg per 10 ⁶ m ³ 공급가스
	Defa ult weig hted Tota l	탈루	1B2biii3	1.5E-04 to 10.3E-04	1.2E-05 to 3.2E-04	1.4E-04 to 4.7E-04	NA	Gg per 10 ⁶ m ³ 가스생산
		발화	1B2b ii	2.0E-06	3.0E-03	1.6E-06	3.3E08	Gg per 10 ⁶ m ³ 가스생산
		raw CO ₂ 환기	1B2a i	NA	4.0E-02	NA	NA	Gg per 10 ⁶ m ³ 가스생산
가스 전송 및 저장	전 송	탈루	1B2aiii4	6.6E-05 to 4.8E-04	8.8E-07	7.0E-06	NA	Gg per 10 ⁶ m ³ 가스판매량
		환기	1B2b i	4.4E-05 to 3.2E-04	3.1E-06	4.6E-06	NA	Gg per 10 ⁶ m ³ 가스판매량
	저 장	모두	1B2biii4	2.5E-05	1.1E-07	3.6E-07	ND	Gg per 10 ⁶ m ³ 가스판매량
가스 유통, 분배	모두	모두	1B2biii5	1.1E-03	5.1E-05	1.6E-05	ND	Gg per 10 ⁶ m ³ 관망 판매량
Natural Gas Liquid 수송	응축 액	모두	1B2aiii3	1.1E-04	7.2E-06	1.1E-03	ND	Gg per 10 ³ m ³ 응축상, 펜탄+
	액화 석유 가스	모두	1B2aiii3	NA	4.3E-04	ND	2.2E-09	Gg per 10 ³ m ³ LPG
	액화 천연 가스	모두	1B2aiii3	ND	ND	ND	ND	Gg per 10 ⁶ m ³ 판매량
원유 생산	일반 원유	탈루성 (육지)	1B2aiii2	1.5E-06~ 3.6E-03	1.1E-07 ~ 2.6E-04	1.8E-06 ~ 4.5E-03	NA	Gg per 10 ³ m ³ 원유생산
		탈루성 (해양)	1B2aiii2	5.9E-07	4.3E-08	7.4E-07	NA	Gg per 10 ³ m ³ 원유생산
		환기	1B2ai	7.2E-04	9.5E-05	4.3E-04	NA	Gg per 10 ³ m ³ 원유생산
		발화	1B2aii	2.5E-05	4.1E-02	2.1E-05	6.4E-07	Gg per 10 ³ m ³ 원유생산

종류	하위 카테고리	배출원	IPCC 코드	CH ₄	CO ₂	NMVOCS	N ₂ O	추정단위
	중유 / 차가운 아스팔트	탈루	1B2aiii2	79E-03	54E-04	29E-03	NA	Gg per 10 ³ m ³ 중유생산
		환기	1B2ai	17E-02	53E-06	27E-03	NA	Gg per 10 ³ m ³ 중유생산
		발화	1B2aii	14E-04	22E-02	11E-05	46E-07	Gg per 10 ³ m ³ 중유생산
	Thermal Oil Production	탈루	1B2aiii2	18E-04	29E-05	23E-04	NA	Gg per 10 ³ m ³ Thermal Bitumen 생산
		환기	1B2ai	35E-03	22E-04	87E-04	NA	Gg per 10 ³ m ³ Thermal Bitumen 생산
		발화	1B2aii	16E-05	27E-02	13E-05	24E-07	Gg per 10 ³ m ³ Thermal Bitumen 생산
	합성 원유 (Oil sand)	모두	1B2aiii2	23E-03	ND	90E-04	ND	Gg per 10 ³ m ³ 합성원유 생산
	원유 (유 모혈 압)	모두	1B2aiii2	ND	ND	ND	ND	Gg per 10 ³ m ³ 유모혈압에서의 인조오일생산량
	Default Weighted Total	탈루	1B2aiii2	22E-03	28E-04	31E-03	NA	Gg per 10 ³ m ³ 총 생산량
		환기	1B2ai	87E-03	18E-03	16E-03	NA	Gg per 10 ³ m ³ 총 생산량
		발화	1B2aii	21E-05	34E-02	17E-05	54E-07	Gg per 10 ³ m ³ 총 생산량
원유 개질 (Upgrading)	모두	모두	1B2aiii2	ND	ND	ND	ND	Gg per 10 ³ m ³ 총 생산량
원유 수송 (Transport)	파이프라인	모두 ^k	1B2aiii3	54E-06	49E-07	54E-05	NA	Gg per 10 ³ m ³ 총 수송량
원유 수송 (Transport)	유조차와 기차	환기	1B2ai	25E-05	23E-06	25E-04	NA	Gg per 10 ³ m ³ 유조차에의한
	유조선	환기	1B2ai	ND ^h	ND ^h	ND ^h	NA	Gg per 10 ³ m ³ 유조선에 의한 수송
석유 정제	모두	모두	1B2aiii4	2.6 E-06 ~ 41.0x10 ⁻⁶	ND	00013	ND	Gg per 10 ³ m ³ 정제된 오일

종류	하위 카테 고리	배출원	IPCC 코드	CH ₄	CO ₂	NMVOC _s	N ₂ O	측정단위
정제된 석유제 품 운송	가솔 린	모두	1B2aiii5	NA	NA	00022	NA	Gg per 10 ³ m ³ 광범위 생산
	디젤	모두	1B2aiii5	NA	NA	ND	NA	Gg per 10 ³ m ³ 수송 연료
	비행기 연료	모두	1B2aiii5	NA	NA	ND	NA	Gg per 10 ³ m ³ 수송 연료
	제트기 등유	모두	1B2aiii5	NA	NA	ND	NA	Gg per 10 ³ m ³ 수송 연료

※ NA: 적용불가, ND: 결정되지 못함

XV. 1A5a (미분류 고정연소)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

특정 카테고리에 분류되지 않는 고정연소원의 연소배출량을 산정한다.

나. 산정방법

[식 1.1]의 산정방법을 사용한다.

다. 대안

연료의 소비자료는 존재하나 소비된 카테고리 혹은 시설이 명시되지 않은 연료소비량도 산정될 수 있다. 따라서 연료가 소비된 카테고리가 제시되지 않은 '신 재생에너지 및 대체 에너지의 활동자료'를 미분류 고정연소 카테고리에서 산정한다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에는 1A5a 카테고리의 활동자료나 배출계수에 대한 설명이 누락되어 있다.

나. 대안

국가 에너지 분야통계자료 중 신 재생에너지에 해당하는 바이오 및 폐기물 대체에너지가 1A5a의 활동자료로 활용된다.

다. 출처

- 에너지관리공단 “신재생에너지 통계”
- 환경부 “전국 생활폐기물 소각시설 운영현황”

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에는 1A5a 카테고리의 활동자료나 배출계수에 대한 설명이 누락되어 있다.

나. 대안

[표 1.2] 에 제시된 에너지 산업의 배출계수를 사용한다.

다. 출처

- 에너지관리공단 “신재생에너지 통계”

4. 향후과제

국가 통계에 바이오 및 폐기물 대체에너지의 정확한 정의와 사용되는 분야 혹은 용도에 대한 명확한 제시가 필요하다.







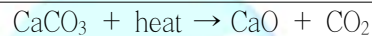
제2장 산업공정 분야

I. 2A1(시멘트 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

시멘트 제조에 필요한 클링커(Clinker)생산 시 탄산염(Carbonate)의 소성에 의한 온실가스가 배출된다. 클링커는 주로 석회석(CaCO_3)이 소성과정을 거쳐 생산되며 생석회(CaO)와 CO_2 로 전환되는 과정에서 배출되는 온실가스를 산정한다.



나. 산정원칙

시멘트 생산 시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.1]과 같다.

[식 2.1] 시멘트 생산에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = \left[\sum_i (M_{ci} \times C_{cli}) - Im + Ex \right] \times EF_{clc}$$

$CO_2 \text{ emission}$: 시멘트 생산으로 인한 CO_2 배출량, t

M_{ci} : 생산된 유형별 시멘트 무게, t

C_{cli} : 유형별 시멘트의 클링커 비율

Im : 클링커의 소비를 위한 수입, t

Ex : 클링커의 수출, t

EF_{clc} : 클링커에 대한 배출계수, t CO_2 / t 클링커

[식 2.1]을 따라 산정에 필요한 유형별 시멘트 생산량과 시멘트 톤당 클링커 비율에 대한 자료를 확보하여야 한다. 이때 수출입 되는 클링커 양을 고려해야 하는데 수입된 클링커의 경우 생산국가에서 온실가스를 배출하므로 이를 제외시켜야 한다. 클링커의 비율은 [표 2.1]통해 확인 할 수 있으며 시멘트 유형을 알 수 없는 경우 클링커 비율은 75%로 가정하는 것이 우수실행이다.

[표 2.1] 혼합 시멘트의 클링커 비율

시멘트 유형	기호	제조법	클링커 비율(%)
Portland	PC	100% PC	95 ~ 97
			90 ~ 92

시멘트 유형	기호	제조법	클링커 비율(%)
Masonry	MC	2/3 PC	64
Slag-Modified Portland	I(SM)	Slag < 25%	> 70 ~ 93
Portland BF Slag	IS	slag 25~70%	28 ~ 70
Portland pozzolan	IP, P	pozz 15~40%	28 ~ (79, 81)
Pozzolan-modified portland	I(PM)	pozz < 15%	28 ~ (93, 95)
Slag cement	S	slag 70+%	< (28, 29)

다. 대안

[식 2.1]에서 적용되는 활동자료는 산정지역내의 클링커 생산량이며, 국내의 경우 한국양회공업협회의 시멘트통계연보에 기업체별 클링커 생산량이 활용가능하므로 식은 [식 2.2]와 같이 간략화 될 수 있다.

[식 2.2] 클링커 생산에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = M_{cli} \times EF_{cl}$$

$CO_2 \text{ emissions}$: 클링커 생산으로 인한 CO_2 배출량, t
 M_{cli} : 생산된 유형별 시멘트 무게, t
 EF_{cl} : 클링커에 대한 배출계수, t CO_2 / t 클링커

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체의 시멘트 생산량과 톤당 클링커 비율을 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

활동자료의 경우 한국양회공업협회 홈페이지에 기재되어 있는 시멘트통계연보를 활용하여 업체별 배출량을 구할 수 있다. 기업마다 클링커를 생산하는 공장은 1~2기를 보유하고 있고 대부분의 타 공장은 저장 및 시멘트를 합성하는 공장 이므로 지역 배출량 산정 시 제외하여야 한다. 또한 몇몇 업체는 클링커를 수입 하는 경우도 있으므로 제외시켜야 한다.

다. 출처

- 한국양회공업협회의 시멘트통계연보

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값을 사용한다.

$$EF_{clc} = 0.52 \text{ t CO}_2 / \text{t 클링커}$$

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap2, Equation 2.4

II. 2A2(석회 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

석회석, 백운석등의 탄산염을 고온의 킬른에서 가열하여 생석회를 생산한다. 생산된 생석회는 가공되어 비료, 식품, 시멘트 생산 등에 이용된다. 클링커 생산 시 배출되는 CO₂의 원리와 같이 석회 생산 시 고온의 킬른에서 탄산염이 소성될 때 배출되는 온실가스를 산정한다.

나. 산정원칙

석회 생산 시 배출되는 온실가스 산정 식은 다음과 같다.

[식 2.3] 석회생산에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = \sum (M_i \times EF_{lime,i})$$

$CO_2 \text{ emission}$: 석회 생산으로 인한 CO₂ 배출량, t

M_i : 생산된 석회유형 i의 무게, t

$EF_{lime,i}$: 석회유형 i의 배출계수, t CO₂ / t 석회i유형

유형별 생산량자료를 확보할 수 없을 경우 생산된 석회의 비율이 고칼슘 석회 85%, 고토석회 15%로 가정하여 배출량을 산정한다.

다. 대안

유형별 석회 생산량 자료를 확보할 수 없을 경우 석회를 생산하는 업체별 탄산염 매입량이 한국지질자원연구원의 광산물수급현황통계에 나와 있으므로 이 자료를 활용하여 배출량을 추정할 수 있으며, 매입된 탄산염이 석회생산에 전량 사용된다고 가정하고 [표 2.2]와 같이 탄산염별 배출계수를 활용하여 산정한다.

[표 2.2] 탄산염별 배출계수

탄산염	광물 이름	질량	배출계수 (t CO ₂ / t 탄산염)
CaCO ₃	석회석, 방해석	100.0869	0.43971
MgCO ₃	마그네사이트	84.3139	0.52197
CaMg(CO ₃) ₂	백운석	184.4008	0.47732
FeCO ₃	능철광	115.8539	0.37987
Ca(Fe,Mg,Mn)(CO ₃) ₂	철백운석	185.0225-215.6160	0.40822-0.47572
MnCO ₃	망간광	114.9470	0.38286
Na ₂ CO ₃	탄산나트륨 내지 소다회	106.0685	0.41492

2. 활동자료

가. 적용원칙

석회생산 업체에 따른 유형별 석회 생산량자료 또는 석회생산량 자료를 확보해야 한다.

나. 대안

한국양회공업협회, 한국석회석가공업협동조합의 석회조합생산량자료를 확보하거나 한국지질자원연구원 홈페이지의 광산물수급현황통계에 나와 있는 업체별 탄산염 매입량 자료를 활용한다.

다. 출처

- 한국양회공업협회의 석회조합 생산량 자료
- 한국석회석가공업협동조합의 석회조합 생산량 자료
- 한국지질자원연구원의 광산물수급현황통계

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 석회 유형별 배출계수를 사용한다.

[표 2.3] 석회 유형별 배출계수

석회 유형	화학량 비율 (t CO ₂ / t CaO, CaO · MgO)	CaO 함유량(%)	MgO 함유량(%)	CaO, CaO · MgO 함유량에 대한 비율	기본 배출계수 (t CO ₂ / t 석회)
고칼슘 석회	0.785	93~98	0.3~2.5	0.95	0.75
고토석회	0.913	55~57	38~41	0.95~0.85	0.86~0.77 ⁶⁹⁾
수경성석회	0.785	65~92	NA	0.75	0.59

유형별 자료를 확보하지 못할 경우 다음과 같이 고칼슘 석회 85%, 고토석회 15%를 가정하여 배출계수 0.75 tCO₂/t 석회 생산량을 사용한다.

$$\begin{aligned} EF_{\text{lim}} &= 0.85 \times EF_{\text{고칼슘 석회}} + 0.15 \times EF_{\text{고토석회}} \\ &= 0.85 \times 0.75 + 0.15 \times 0.77 \\ &= 0.75 \text{ t CO}_2 / \text{t 석회 생산량} \end{aligned}$$

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap2, Equation 2.8
- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap2, Table 2.4

III. 2A3(유리 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

유리생산에 의한 온실가스 배출의 주원인은 용해과정에서 소비되는 석회석, 백운석, 소다회 등이다. 이들은 고온에서 용해되며, 용해시 배출되는 온실가스를 산정한다.

실제 유리제조 업체는 유리를 원료에 의해서만 생산하지 않고 일정량의 재활용된 유리파편(Cullet)을 사용하므로 배출량 산정 시 CR비율을 조정해주어야 한다.

나. 산정원칙

유리 생산 시 배출되는 온실가스 산정은 식2.4와 같으며 CR 비율의 경우 [표 2.4]를 적용 한다

[식 2.4] 유리생산에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = M_g \times EF \times (1 - CR)$$

CO₂ emissions: 탄산염 소비로 인한 CO₂ 배출량, t

M_g: 생산된 유리 무게, t

EF: 유리생산에 따른 배출계수, t CO₂ / t 유리 생산량

CR: 유리 재활용 비율(cullet ratio)

69) 선진국은 높은 값, 개도국의 경우 낮은 값이 제안됨, 국내는 높은 값 사용

[표 2.4] 유리 유형별 배출계수 및 Cullet 비율

유리 유형	CO ₂ 배출계수 (t CO ₂ / t 유리 생산량)	Cullet 비율
Float	0.21	10% - 25%
Container (Flint)	0.21	30% - 60%
Container (Amber/Green)	0.21	30% - 80%
Fiberglass (E-glass)	0.19	0% - 15%
Fiberglass (Insulation)	0.25	10% - 50%
Specialty (TV Panel)	0.18	20% - 75%
Specialty (TV Funnel)	0.13	20% - 70%
Specialty (Tableware)	0.10	20% - 60%
Specialty (Lab/Pharma)	0.03	30% - 75%
Specialty (Lighting)	0.20	40% - 70%

유형별 유리 생산량 자료를 확보하지 못할 경우 CR은 50%라 가정한다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체의 유형별 유리생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

통계청의 판유리, 병유리, 식기유리등의 생산량자료를 활용하여 배출량을 산정한다.

다. 출처

- 통계청의 판유리, 병유리, 식기유리 생산량

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 표2.4의 유형별 배출계수를 사용한다. 유형별 생산량을 확보하지 못할 경우 2006 IPCC G/L에서 기본값으로 제시된 배출계수 0.2 tCO₂/t 유리 생산량을 활용한다.

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap2, Equation 2.13

IV. 2A4(탄산염의 기타 공정 사용)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

탄산염의 소비로 인한 온실가스 배출량 산정은 해당 카테고리에서 산정해야 한다. 예를 들어 소각시설에 탈황방지로 탄산염이 사용될 경우 소각부문에 보고되어야 한다. 본 카테고리는 세라믹, 소다회의 기타사용, 비-야금 마그네시아 생산에 대한 온실가스 배출량 산정법에 대해 나열한다.

· 세라믹

세라믹의 경우 시멘트 및 석회의 생산 공정과 유사하게 탄산염이 킬른에서 고온으로 가열될 때 발생하는 온실가스를 산정한다.

· 소다회의 기타사용

소다회(탄산나트륨, Na_2CO_3)는 유리제조, 비누 및 세제, 연통가스 탈황, 세라믹, 펄프 및 종이 그리고 기타 일반적인 소비재를 포함한 다양한 용도로 사용되며 배출되는 온실가스를 산정한다. 소다회의 생산은 화학 산업, 소비는 소다회의 최종 사용부문에 보고되어야 한다. 유리생산에 사용되는 소다회로 인한 배출은 유리생산에서 고려되었다.

· 비-야금 마그네시아 생산

마그네사이트(MgCO_3)의 소성에 의한 마그네시아(MgO)생산 시 배출되는 온실가스를 산정한다. 이 카테고리는 다른 카테고리(2C4)에 포함되지 않은 마그네시아 생산으로 인한 배출을 산정해야 한다.

다. 산정원칙

탄산염 소비 시 배출되는 온실가스 산정 식은 식 2.5와 같다. 세라믹생산에 이용된 탄산염의 비율에 대한 자료를 활용하지 못할 경우 석회석 85%, 백운석 15%라 가정한다.

[식 2.5] 탄산염 소비에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = M_c \times EF$$

$CO_2 \text{ emissions}$: 탄산염소비로 인한 CO_2 배출량, t

M_i : 소비된 탄산염 무게, t

EF : 탄산염 소비에 따른 배출계수, t CO_2 / t 소비된 탄산염

2. 활동자료

가. 적용원칙

각 업체의 세라믹 생산에 사용된 탄산염 소비자료, 소다회 사용량자료, 비야금 마그네시아 생산에 사용된 마그네사이트 소비량자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

해당 탄산염의 소비량을 기준으로 [표 2.2]의 해당탄산염 배출계수를 활용하여 산정한다. 세라믹의 경우 사용된 탄산염의 비율에 대한 자료 활용이 불가능 할 경우 석회석 85%, 백운석15%라 가정하여 0.44536 tCO₂/t 소비된 탄산염을 사용한다.

$$\begin{aligned} EF &= 0.85 \times EF_{\text{석회석}} + 0.15 \times EF_{\text{백운석}} \\ &= 0.85 \times 0.43971 + 0.15 \times 0.47732 \\ &= 0.44536 \text{ t CO}_2 / \text{t 소비된 탄산염} \end{aligned}$$

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap2, Equation 2.14

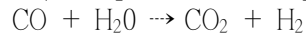
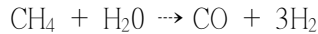
V. 2B1(암모니아 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

암모니아(NH₃)합성에 필요한 질소는 주로 공기를 가열하여 얻는다. 수소는 물을 통하여 얻어지지만 주로 화석연료(CH₄, C₄H₁₀)의 수증기 개질 반응을 통해 수소생산 시 배출되는 온실가스를 산정한다. 암모니아 합성은 다음과 같은 반응식을 수반한다. 또한 암모니아생산 과정에서 배출된 CO₂는 생산된 암모니아와 결합하여 다음과 같은 반응식에 따라 요소를 생산한다. 이에 요소생산에 사용된 CO₂의 경우 배출량에서 제외시켜야 한다.

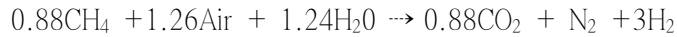
첫 번째 수증기 개질:



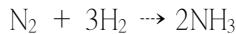
두 번째 공기 개질:



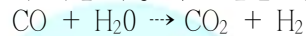
종합적 반응:



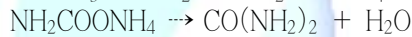
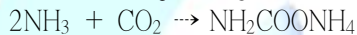
암모니아 합성:



2차 개질 과정 가스 전환반응



요소생산 반응:



나. 산정원칙

암모니아 생산 시 배출되는 온실가스 산정 식은 [식 2.6]과 같다.

[식 2.6] 암모니아 생산에 의한 배출량

$$\text{CO}_2 \text{ emissions} = \text{AP} \times \text{FR} \times \text{CCF} \times \text{COF} \times \frac{44}{12} - R_{\text{CO}_2}$$

$\text{CO}_2 \text{ emissions}$: kg 당 CO_2 의 배출량

AP: t 당 암모니아 생산

FR: 생산 단위별 연료필요량, GJ/생산된 암모니아 t

CCF: 연료의 탄소함유량 계수, kg C/GJ

COF: 연료의 탄소 산화 계수, 비율

R_{CO_2} : 하류 부분(down 흐름) 이용(요소생산) 동안 재생된 CO_2 , kg

이때, 요소생산에 이용된 CO_2 는 배출량 산정에 제외 시켜야 한다. 참고로 2006 IPCC G/L에 따르면 요소 생산 1톤당 CO_2 0.733 톤이 필요하다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체의 공정별 암모니아 생산량자료 또는 암모니아 총 생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

한국비료공업협회의 비료연감에 국내 암모니아 총생산량 자료가 존재 한다.
국내에는 삼성정밀화학과 남해화학(2002년 생산중단)만이 생산하고 있다.

다. 출처

- 한국비료공업협회의 비료연감

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 공정유형에 따른 배출계수는 [표 2.5]와 같다.

[표 2.5] 암모니아생산 공정유형별 배출계수

생산공정	총 연료필요량 (GJ(NCV)/t NH ₃)	탄소함량계수 [CCF] (kg/GJ)	탄소산화계수 [COF] (비율)	CO ₂ 배출계수 (t CO ₂ /t NH ₃)
최신 공장-유럽, 전통적 개질 - 천연가스	30.2	15.3	1	1.694
여분의 공기개질 -천연가스	29.7	15.3	1	1.666
자열개질-천연가스	30.2	15.3	1	1.694
부분산화	36	21.0	1	2.772
특정 에너지 소비에 대한 유럽 평균값으로 부터 유도된(최신 및 구식 공장의 혼합) 평균값 -천연가스	37.5	15.3	1	2.104
평균값-부분산화	42.5	21.0	1	3.273

공정별 생산량 자료이용이 불가능 할 경우 평균값-부분산화 배출계수를 이용한다.

나. 출처

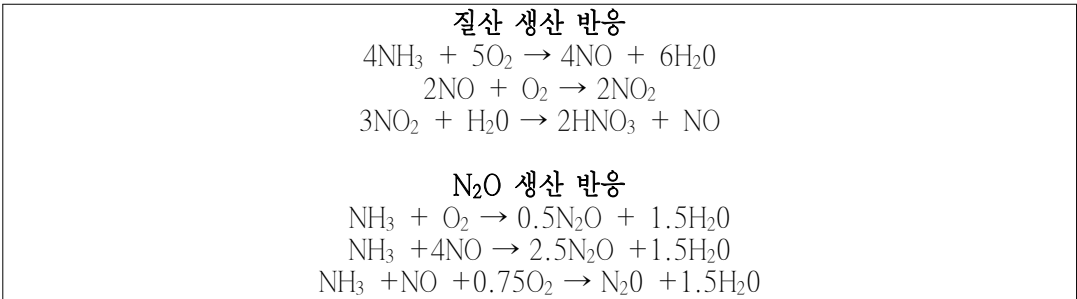
- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Table 3.1

VI. 2B2(질산 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

암모니아를 고온에서 촉매 산화시켜 질산(HNO₃)을 생산하고 부산물로 배출되는 아산화질소(N₂O)를 산정한다. 촉매산화반응은 다음과 같다.



나. 산정원칙

질산 생산 시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.7]과 같다.

[식 2.7] 질산 생산에 의한 배출량

$$N_2O \text{ emissions} = EF \times NAP$$

N₂O emissions: N₂O 배출, kg
EF: N₂O 배출계수, kg N₂O / t 생산된 질산
NAP: t 단위의 질산생산

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체의 저감공정별 생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

현재 국내의 경우 휴켄스(2002년 이전엔 남해화학), 동부한농화학에서 질산을 생산하고 있으며 휴켄스의 경우 금융감독원의 전자공시시스템에서 생산량자료를 확보할 수 있다.

다. 출처

- 금융감독원의 전자공시시스템(휴켄스)

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 저감공정별 배출계수를 사용한다. 저감공정별 생산량 자료를 이용하지 못할 경우 저감공정은 없다고 가정하고 NSCR공정의 배출계수를 이용한다.

[표 2.6] 질산 생산 저감공정유형별 배출계수

생산공정	N ₂ O 배출계수
NSCR ⁷⁰⁾ 을 사용하는 공장 (모든 공정)	2 kg N ₂ O/t nitric acid
통합 공정이나 배출가스 N ₂ O 분해를 사용하는 공장	2.5 kg N ₂ O/t nitric acid
대기압 공장 (낮은 압력)	5 kg N ₂ O/t nitric acid
중간 압력 연소 공장	7 kg N ₂ O/t nitric acid
고압력 공장	9 kg N ₂ O/t nitric acid

질산의 경우 2006 IPCC G/L에서 제시하는 배출계수는 100% HNO₃의 배출계수이다. 일반적인 질산생산은 회질산(50~70% 정도로 농도가 다양함)을 생산한 후, 필요에 따라 탈수화공정을 거쳐 농질산을 생산하는 과정을 거치게 된다. 따라서 온실가스의 배출은 회질산 생산시 발생함으로 배출량 산정시 농도별 질산생산량을 100% HNO₃로 환산하여 배출계수를 적용하여야 한다.

나. 출처

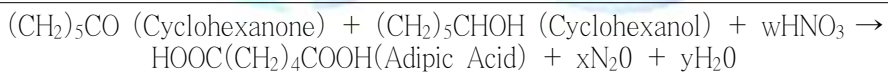
· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Table 3.3

VII. 2B3(아디프산 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

사이클로헥세온{(CH₂)₅CO)}, 사이클로헥세인올{(CH₂)₅CHOH)}의 합성물질과 질산의 산화반응으로 아래의 반응식과같이 아디프산이 생산되며, 부산물로 배출되는 아산화질소를 산정한다.



나. 산정원칙

아디픽산 생산 시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.8]과 같다.

[식 2.8] 아디픽산 생산에 의한 배출량

$$N_2O \text{ emissions} = EF \times AAP$$

$N_2O \text{ emissions}$: N₂O 배출, kg

EF : N₂O 배출계수, kg N₂O / t 생산된 아디픽산

NAP : t 단위의 질산생산

70) NSCR(Non-Selective Catalytic Reduction: 비 선택적 촉매환원법)

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체의 저감기술별 생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

국내의 경우 로디아코프랑에서 아디픽산을 생산하고 있고 내부협조를 통해 활동도자료를 확보해야 한다.

다. 출처

- 로디아코프랑 (내부자료)

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 저감기술별 배출계수를 사용한다. 저감기술별 생산량 자료를 이용하지 못할 경우 저감기술은 없다고 가정한다.

[표 2.7] 아디픽산 생산 저감기술별 배출계수

생산공정	N ₂ O 배출계수
질산산화	300 kg / t 아디픽산
저감기술	N ₂ O 분해계수
축매분해	92.5%
열분해	98.5%
질산으로의 재활용	98.5%
아디프산 원료로의 재활용	94%
저감 시스템	이용 계수
축매분해	89%
열분해	97%
질산으로의 재활용	94%
아디프산으로의 재활용	89%

나. 출처

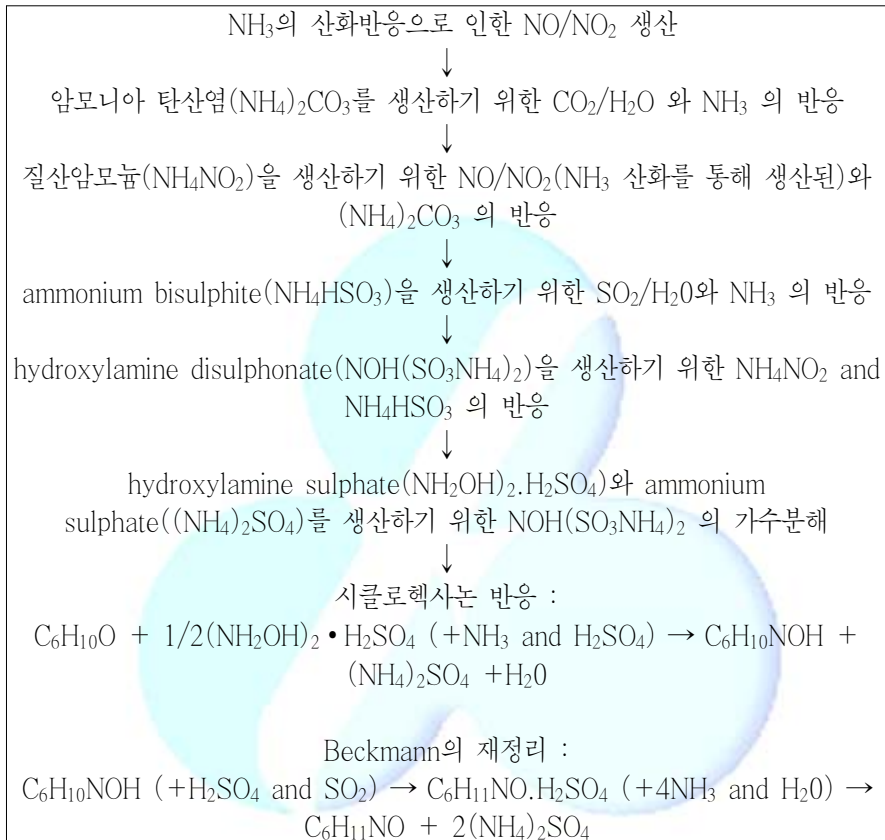
- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Table 3.4

VIII. 2B4(카프로락탐, 글리옥살, 글리옥실산 생산)

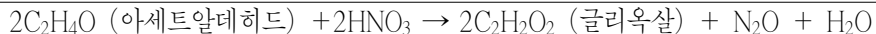
1. 방법론

가. 카테고리 정의

카프로락탐($C_6H_{11}NO$) 생산은 아래의 반응식과 같이 생산되고 암모니아 산화 반응 시 배출되는 아산화질소를 산정한다.



글리옥살은 다음 반응식과 같이 질산과 아세트알데히드의 산화반응에 의해 생산되고 질산의 산화 시 배출되는 아산화질소를 산정한다.



글리옥살산은 글리옥살의 생산을 위해 질산의 산화 반응시 생산되는데 글리옥살이 옥살산으로 전화되는 반응에서 배출되는 아산화질소를 산정한다.

나. 산정원칙

카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산 생산 시 배출되는 온실가스는 다음과 같다.

[식 2.9] 카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산 생산에 의한 배출량

$$N_2O \text{ emissions} = EF \times CP$$

$N_2O \text{ emissions}$: N_2O 배출, kg
 EF : N_2O 배출계수, kg N_2O / t 카프로락탐(글리옥살, 글리옥살산) 생산량
 CP : 카프로락탐(글리옥살, 글리옥살산) 생산량, t

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체별 카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산의 기술유형별 생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

국내의 경우 카프로락탐은 (주)카프로에서만 생산하며, 금융감독원의 전자공시시스템 및 한국석유화학공업협회의 석유화학 통계자료에서 생산량을 확인할 수 있다.

다. 출처

- 금융감독원의 전자공시시스템 (카프로)
- 한국석유화학공업협회의 석유화학통계

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 배출계수를 사용한다. 글리옥살과 글리옥살산의 경우 N_2O 가 분해되지 않을 경우 생성계수를 배출계수로 사용한다.

[표 2.8] 카프로락탐, 글리옥살, 글리옥살산 배출계수

생산물	N_2O 생성계수 (t N_2O / 생산물 t)	N_2O 분해계수(%)	N_2O 배출계수 (t N_2O / 생산물 t)
카프로락탐	-	-	0.009
글리옥살	0.52	80	0.10
글리옥살산	0.10	80	0.02

가. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Table 3.5,6

IX. 2B5(카바이드 생산)

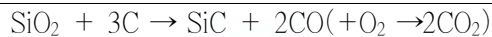
1. 방법론

가. 카테고리 정의

카바이드 생산에 의한 온실가스 배출은 탄화규소(SiC) 와 탄화칼슘(CaC₂) 생산시 배출되는 온실가스를 산정한다.

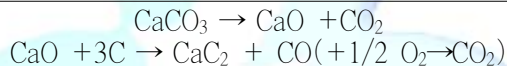
- 탄화규소 생산에 의한 온실가스 배출

탄화규소는 아래의 반응식과 같이 규사와 석유코크스로부터 생산된다.



- 탄화칼슘 생산에 의한 온실가스 배출

탄화칼슘은 아래의 반응식과같이 CaO 와 탄소 또는 코크스와의 반응에 의해 생산된다. 또한 탄화칼슘이 물과 반응하여 아세틸렌(C₂H₂)를 생산하는데 또한 아세틸렌 사용 시 온실가스가 배출된다.



나. 산정원칙

카바이드 생산 시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.9]와 같다.

[식 2.10] 카바이드 생산에 의한 배출량

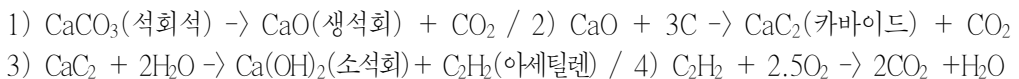
$$CO_2(CH_4) \text{ emissions} = AD \times EF$$

$CO_2(CH_4) \text{ emissions}$: $CO_2, (CH_4)$ 배출, t

AD: 카바이드 생산량, t

EF: N_2O 배출계수, t N_2O / t 카바이드 생산량

탄화칼슘의 경우 아래화학식과 같이 카바이드 생산업체에서 탄화칼슘 생산에 필요한 생석회를 직접 생산할 경우 석회석의 소성에 의해서 온실가스가 배출된다. 이는 석회생산에서 보고되어야 한다. 또한 탄화칼슘이 용접용도를 위한 아세틸렌을 생산하기 위해 사용될 경우 아세틸렌의 산화에 의한 온실가스 배출량은 탄화칼슘에서 비롯된 것이므로 2B5에서 산정되어야 한다.



2. 활동자료

가. 적용원칙

업체의 카바이드 생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다. 또한 탄화칼슘의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 업체내의 석회석 소성공정의 존재유무를 확인해야 한다. 아세틸렌생산에 이용된 탄화칼슘의 양에 대한 자료를 확보해야 한다.

나. 대안

국내에는 태경산업이 탄화칼슘을 생산했었고(2004년 중단) 현재는 전량 수입에 의존한다. 생산량은 공시정보에서 이용가능하고 수입량은 관세청에서 이용가능하다. 또한 생산 또는 수입된 탄화칼슘은 전량 아세틸렌생산에 이용된다고 가정한다.

다. 출처

- 금융감독원의 전자공시정보시스템 (태경산업)
- 관세청 (HS 번호: 28-49-10-0000)

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값을 사용하여 생산 및 사용에 의한 배출량을 산정한다.

[표 2.9] 카바이드 배출계수

공정	CO ₂ 배출계수 (t CO ₂ / t 카바이드생산량)	CH ₄ 배출계수 (kg CH ₄ / t 카바이드생산량)
탄화규소 생산	2.62	11.6
탄화칼슘 생산	1.090	-
탄화칼슘 사용	1.100	-

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Table 3.7,8

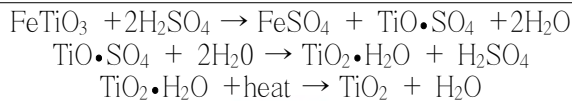
X. 2B6(이산화티타늄 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

이산화티타늄(TiO_2)은 결정구조에 따라 anatase TiO_2 와 rutile TiO_2 가 있다. 이산화티타늄 생산을 위한 공정은 다음과 같이 4가지로 나눌 수 있다.

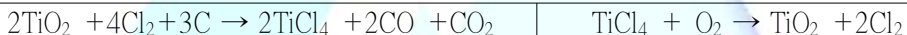
황산염 공정은 rutile TiO_2 를 생산하기 위한 공정이며 아래와 같은 반응식을 가진다. 이공정은 온실가스 배출을 야기하지 않는다.



티탄슬래그합성은 티탄슬래그를 합성하여 rutile TiO_2 생산하는 공정이다. 티탄슬래그 생산시 전기로에서 티탄철석을 용해하며, 이 과정에서 배출되는 온실가스를 산정한다.

Becher 공정은 anatase TiO_2 를 생산하기 위한 공정이며, 티탄철석속의 산화철을 산화시키기 위해 사용되는 흑탄으로 인해 배출되는 온실가스를 산정한다.

염화물루트 공정은 anatase TiO_2 를 생산하기 위한 공정이며 아래의 반응식과 같이 열 탄소 염소화 방법으로 인해 배출되는 온실가스를 산정한다.



다. 산정원칙

이산화티타늄 생산 시 배출되는 온실가스 산정 식은 [식 2.11]과 같다.

[식 2.11] 이산화티타늄 생산에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = \sum (AD_i \times EF_i)$$

$CO_2 \text{ emissions}$: CO_2 배출, t

AD_i : 티탄슬래그, 합성 rutile 혹은 rutile TiO_2 (생산물*i*)의 생산, t

EF_i : 티탄슬래그, 합성 rutile 혹은 rutile TiO_2 (생산물*i*)생산단위 당

CO_2 배출계수, t CO_2 / t 유형별 생산된 이산화티타늄

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체의 공정유형별 이산화티타늄생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 공정유형별 배출계수를 사용한다.

[표 2.10] 이산화티타늄 배출계수

생산물	CO ₂ 배출계수(tCO ₂ /t 이산화티타늄 생산량)
티탄슬래그 ⁷¹⁾	-
합성 Rutile	1.43
Rutile 형 이산화티타늄	1.34

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Table 3.9

4. 기타 참고사항

국내의 경우 코스모화학에서 이산화티타늄을 생산하고 있고 황산염공정을 사용하여 생산하므로 온실가스배출을 야기하지 않는다.

XI. 2B7(소다회 생산)

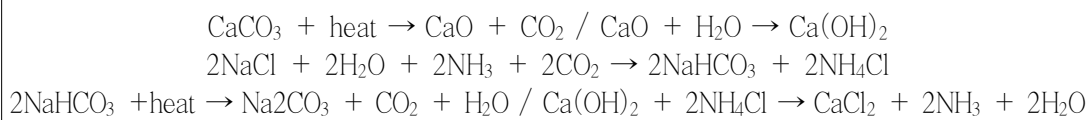
1. 방법론

가. 카테고리 정의

소다회 생산 공정은 천연공정과 합성공정이 있다.

천연공정은 monohydrate, sodium sesquicarbonate, direct carbonation 등이 있으며, 천연공정은 소다회의 원료인 트로나($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)의 소성을 통해 소다회가 생산되고 소성과정에서 배출되는 온실가스를 산정한다.

합성공정은 Solvay공정이다. 합성공정인 Solvay공정은 아래와 같은 반응식에 따라 석회석과 암모니아의 반응으로 소다회를 생산한다. 이때 생산되는 CO₂는 탄산화 단계에서 사용되므로 온실가스 배출을 야기하지 않는다.



71) 티탄슬래그의 경우 자료부족으로 인하여 기본배출계수를 이용할 수 없다. 산정지역 내 개별공장 배출계수를 사용해야한다.

나. 산정원칙

소다회의 생산 시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.12]와 같다.

[식 2.12] 소다회 생산에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = AD \times EF$$

$CO_2 \text{ emissions}$: CO_2 배출량, t

AD : 사용된 트로나 양이나 생산된 소다회의 양, t

EF : 트로나 투입 혹은 천연 소다회 생산 단위 당 배출계수, t CO_2 / t
생산된 소다회

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체의 생산 공정별 생산량자료를 확보하여 배출량을 산정한다. 업체가 천연 공정으로 소다회를 생산할 경우 투입된 트로나 양 또는 생산된 천연소다회 양 모두 배출량 산정에 활용가능하다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

[표 2.11]과 같이 활용 가능한 활동자료를 바탕으로 산정한다.

[표 2.11] 소다회 생산 배출계수

활동도 자료	CO_2 배출계수 (t CO_2 / t 트로나 또는 천연소다회)
투입된 트로나, t	0.097
생산된 천연소다회, t	0.138

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Equation 3.14

4. 기타 참고사항

국내의 경우 OCI(구 동양제철화학)에서 2004년에 소다회 생산을 중단하였으며, OCI의 생산방식은 온실가스가 배출되지 않는 솔베이 공법으로 생산하였다. 이에 따라 국내의 경우 소다회 생산으로 인한 온실가스 배출은 일어나지 않는다.

XII. 2B8(2B8a~2B8f, 석유화학제품 및 카본블랙 생산)

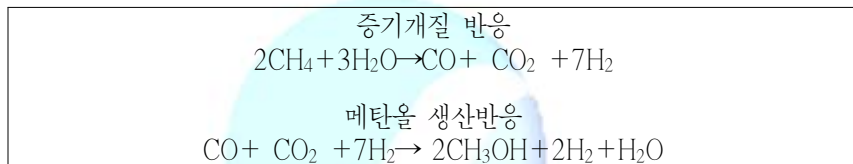
1. 방법론

가. 카테고리 정의

석유화학 제품과 카본블랙 생산은 석유정제품등을 원료로 하여 메탄올, 에틸렌 등을 생산하는 과정에서 배출되는 온실가스를 산정한다.

· 메탄올(Methanol, CH₃OH)

아래의 반응식과 같이 천연가스를 증기 개질시켜 메탄올을 생산하며 증기 개질반응에서 온실가스를 배출한다.



· 에틸렌 생산(Ethylene, C₂H₄)

주로 석유정제품등의 증기 분해하여 에틸렌을 생산하며 미국에서는 에탄을 유럽과 아시아에서는 주로 나프타를 증기 분해하여 생산한다. 나프타 증기 분해시 에틸렌과 같이 프로필렌, 부타디엔, 아로마틱등의 화합물 또한 생산되며 온실가스 또한 배출된다. 에틸렌 생산에 따른 온실가스 배출량 산정시 에틸렌을 활동자료로 활용하는데 해당 배출계수는 에틸렌 생산시 배출되는 온실가스 뿐만 아니라 타 물질의 생산에 따른 온실가스 배출량도 포함되어있다.

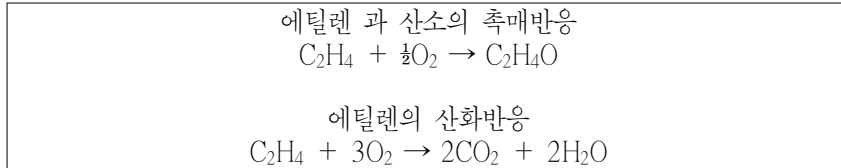
· EDC(Ethylene Dichloride, C₂H₄Cl₂) 와 VCM(Vinyl Chloride Monomers, CH₂CHCl) 생산

EDC를 생산하는 공정은 아래의 반응식과 같이 직접 염소화와 산화염소화 반응이 있으며 이 공정을 조합한 조화형 공정이 있다. VCM 생산의 경우 EDC의 열분해 의해 생산되는데 이때 CO₂는 배출되지 않는다. G/L상 VCM, EDC의 CO₂ 배출계수가 모두 제시되어 있지만 활동자료를 VCM 또는 EDC 생산량 자료 중 활용 가능한 한 자료를 바탕으로 배출량을 산정하며, 두 자료 모두 활용하여 배출량산정을 하지 않는다.

직접적 염소화 (EDC생산) $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	산화염소화반응 (EDC생산) $\text{C}_2\text{H}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ [$\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$]	VCM생산 (EDC열분해) $2\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{CH}_2\text{CHCl} + 2\text{HCl}$
---	--	--

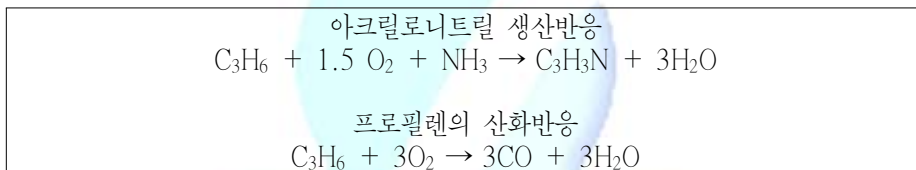
· 에틸렌옥사이드(Ethylene Oxide, C₂H₄O)

아래의 반응식과 같이 에틸렌과 산소의 축매반응에 의해 생산된다. 에틸렌옥사이드 생산시 연료의 산화반응에 의해 온실가스가 배출된다.



· 아크릴로니트릴(Acrylonitrile, C₃H₃N)

프로필렌(C₃H₆)과 암모니아, 산소가 축매에 의해 직접적인 암모니아 산화반응 방식을 통해 생산된다. 아래의 반응식과 같이 프로필렌의 산화반응으로 온실가스가 배출된다.



· 카본블랙(Carbon Black)

카본블랙원료(카본블랙오일)와 천연가스가 로(Furnace)에 주입되어 카본블랙이 생산되고 일부원료의 산화에 의해 열원을 제공하고 온실가스로도 배출된다.

나. 산정원칙

석유화학제품 및 카본블랙의 생산 시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.13]와 같다.

[식 2.13] 석유화학제품 및 카본블랙 생산에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions}_i = PP_i \times EF_i \times \frac{GAF}{100}$$

$CO_2 \text{ emissions}_i$: 석유화합물 i 의 생산으로부터 배출된 CO_2 , t
 PP_i : 연간 석유화합물 i 생산량, t
 EF_i : 석유화합물 i 의 CO_2 배출계수, 배출된 t CO_2 / t 생산물
 GAF (Geographic Adjustment Factor): 지역 조정 계수

$$CH_4 \text{ emissions}_i = PP_i \times EF_i$$

$CH_4 \text{ emissions}_i$: 석유화합물 i 생산에 의한 공정 배출에 의한 CH_4 배출, kg
 PP_i : 석유화합물 i 의 연간 생산량, t
 EF_i : 석유화합물 i 의 공정배출에 의한 CH_4 배출계수, kg CH_4 / t 생산물

GAF는 나프타 증기분해 장치의 에너지 효율성차이에 따라 CO₂배출량에 차이가 있어 나라별로 [표 2.12]⁷²⁾와 같이 보정계수를 적용한다.

[표 2.12] 지역조정계수(GAF)

지역	조정계수
서유럽	100%
동유럽	110%
일본과 한국	90%
아시아, 아프리카, 러시아	130%
아메리카, 오스트레일리아	110%

2. 활동자료

가. 적용원칙

각 업체별 품목별 생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

국내의 경우 석유화학공업협회의 품목별 생산량 자료를 활용할 수 있다.

다. 출처

- 석유화학공업협회의 석유제품통계

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 품목별 배출계수를 사용한다.

[표 2.13] 석유화학제품 및 카본블랙 생산 배출계수

제품	CO ₂	CH ₄
메탄올	0.67 t CO ₂ / t 메탄올 생산량	2.3 kg CH ₄ / t 메탄올 생산량
에틸렌	1.73 t CO ₂ / t 에틸렌 생산량	3 kg CH ₄ / t 에틸렌 생산량
EDC	0.196 t CO ₂ / t EDC 생산량	-
VCM	0.294 t CO ₂ / t VCM 생산량	-
EDC/VCM 통합공정	-	0.0226 kg CH ₄ / t VCM 생산량
에틸렌옥사이드(EO)	0.863 t CO ₂ / t EG 생산량	1.79 kg CH ₄ / t EG 생산량
아크릴로니트릴(AN)	1.00 t CO ₂ / t AN 생산량	0.18 kg CH ₄ / t AN 생산량
카본블랙	2.62 t CO ₂ / t 카본블랙 생산량	0.06 kg CH ₄ / t 카본블랙 생산량

72) 에틸렌 생산에 의한 CO₂ 배출시에만 고려함

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Table 3.12~24

XIII. 2B9(불소화합물 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

온실가스로 규정된 불소화합물(HFCs, PFCs, SF₆)들은 생산과정에서 일부 부산물로 생산되어 대기 중으로 배출되는 온실가스를 산정한다.

- CFC 대체물질인 HCFC-22는 생산과정에서 HFC-23을 부산물 형태로 배출
- HFCs, PFCs, SF₆ 또한 생산과정에서 일부 탈루 배출

나. 산정원칙

HCFC-22의 생산으로 인한 HFC-23의 부산물 형태의 배출 산정 시 [식 2.14]을 이용하여 산정하고, 온실가스로 규정된 불소화합물 생산에 의한 탈루성 배출 계산은 [식 2.15]를 이용한다.

[식 2.14] HCFC-22 생산에 의한 HFC-23 배출량

$$HFC-23 \text{ emissions} = EF_{\text{def ault}} \times P_{HCFC-22}$$

HFC-23 emissions: HCFC-22생산으로 인한 HFC-23 배출량, kg

EF_{default}: HFC-23 기본배출계수, kg HFC-23 / kg HCFC-22

P_{HCFC-22}: HCFC-22 생산, kg

[식 2.15] 불소화합물 생산에 의한 탈루배출량

$$\text{불소화합물}_k \text{ emissions} = EF_{\text{def ault}, k} \times P_k$$

불소화합물_k emissions: 불소화합물_k 생산으로 인한 탈루성 배출량, kg

EF_{default}: 기본배출계수, %

P_k: 불소화합물 K의 생산량, kg

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체별 품목별 불소화합물의 생산량자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

국내의 경우 HFCs 와 SF₆는 전량수입에 의존하며, (주)후성(구 울산화학)에서 HCFC-22를 생산하고 있고 반도체가스인 PFCs를 생산하고 있다. HCFC-22생산량 자료는 한국정밀화학공업진흥회를 통해 입수가능하고 PFCs 생산량 자료의 경우 (주)후성과의 협조를 통해 확인가능하다.

다. 출처

- 한국정밀화학공업진흥회의 HCFC-22생산량
- (주)후성 내부자료

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값을 사용한다.

[표 2.14] 불소화합물 생산 배출계수

생산품	배출계수,비율
HCFC-22 생산	0.04 kg HFC-23 / kg HCFC-22 생산량
HFCs, PFCs 생산	0.5%
SF ₆ 생산	0.2%

가. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Table 3.28, Page 3.104
- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap3, Page 3.104

XIV. 2C1(철강 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

철강생산부문은 산정방법이 1996 IPCC G/L과 2006 IPCC G/L은 확연히 다르다.

1996 IPCC G/L의 경우 전기로에서 소비되는 탄소소비량을 기준으로 산정하고 전로에서 소비되는 환원제, 코크스에 의한 온실가스 배출량은 에너지 분야 또는 광물부문에 보고하였다. 하지만 06G/L에서는 전기로 및 전로에서 배출되는 모든 온실가스를 철강생산부문에 보고한다.(코크스 생산제외)

· 코크스 생산

주로 유연탄을 코크스오븐에서 가열하여 코크스를 생산한다. 이 과정은 에너지산업과 많은 공통점이 있기 때문에 에너지 부문 카테고리에 보고되어야 한다. 생산된 코크스는 고로(Blast Furnace)공정으로 옮겨진다.

· 소결물 생산

철광석은 다른 철을 함유하고 있는 원료들과 고로로 들어가기 전 소결공정에서 고로로 들어가기 좋은 형태로 만들어지기 위한 공정을 거친다. 이때 소결공정에서 철광석과 코크스 브리즈가 투입이 되어 가열이 되는데 코크스 브리즈로 인하여 배출되는 온실가스를 산정한다. 소결공정을 거친 철광석은 고로로 옮겨진다.

· 고로

코크스와 소결물을 용광로에 투입하여 가열된 후에 액체상태의 철이 생산되며 이를 선철(Pig Iron)이라고 한다. 이 선철은 외부로 수송되거나 전로(Basic Oxygen Steelmaking Furnace)로 옮겨진다. 용광로에서 가열시 코크스의 산화로 인하여 배출되는 온실가스를 산정한다.

· 전로

고로 공정에서 생산된 선철은 탄소와 불순물들을 포함하고 있어 이를 전로 안에서 산소를 주입하여 제거시켜준다. 이때 탄소의 산화에 의해 배출되는 온실가스를 산정한다.

· 전기로

철 스크랩 과 선철을 전기로에 투입하여 높은 전기열로 가열하여 재가공한다. 전기로안의 탄소봉에 전극을 가하여 아크방전으로 인한 열을 발생시킨다. 이때 탄소봉의 산화로 인하여 배출되는 온실가스를 산정한다.

· 펠렛

펠렛은 아주 높은 온도에서 철을 함유하고 있는 원료(주로 철광석)를 9~16mm 크기의 작은 구 형태로 가공한다. 이과정은 원료의 열처리 공정에 포함하는데 공정을 위해 투입되는 석탄과 천연가스, 코크스 가스등에 의해 배출되는 온실가스를 산정한다.

· 직접환원철

철광석을 고체상태에서 환원가스(CO)와 반응시켜 철로 환원시킨다. 환원가스와의 반응으로 인하여 배출되는 온실가스를 산정한다.

나. 산정원칙

코크스 생산량, 소결물 생산량, 고로 생산량 중 전로로 가지 않는 선철 양, 전로생산량, 전기로 생산량, 펠렛 생산량, 직접환원철 생산량 자료를 필요로 하며 코크스 생산량에 의한 온실가스 배출은 에너지 분야에 보고되어야 한다. [식 2.16], [식 2.17]에 따라 배출량을 산정한다.

[식 2.16] 철 및 강 생산에 의한 배출량 (CO₂)

코크스 생산에서의 CO₂ 배출(에너지 분야에 보고되어야함)

$$CO_2 \text{ emissions} = \text{Coke} \times EF_{CO_2}$$

철 및 강 생산에서의 CO₂ 배출

$$CO_2 \text{ emissions} = BOF \times EF_{BOF} + EAF \times EF_{EAF} + OHF \times EF_{OHF}$$

철 및 강 생산에 사용되지 않는 선철생산으로 인한 CO₂ 배출

$$CO_2 \text{ emissions} = IP \times EF_{IP}$$

소결물 생산에서의 CO₂ 배출: $CO_2 \text{ emissions} = SI \times EF_{SI}$

직접환원철 생산에서의 CO₂ 배출: $CO_2 \text{ emissions} = DRI \times EF_{DRI}$

펠렛 생산에서의 CO₂ 배출: $CO_2 \text{ emissions} = P \times EF_P$

CO₂ emissions: 각 공정별 생산에 따른 CO₂ 배출량, t

Coke, BOF, EAF, OHF⁷³⁾, IP, SI, DRI, P: 각 공정별 생산량, t

EF: 각 공정별 배출계수 t CO₂ / t 공정별 생산량

[식 2.17] 철 및 강 생산에 의한 배출량 (CH₄)

코크스 생산에서의 CH₄ 배출(에너지 분야에 보고되어야함)

$$CH_4 \text{ emissions} = \text{Coke} \times EF_{CH_4}$$

철 및 강 생산에 사용되지 않는 선철생산으로 인한 CH₄ 배출

$$CH_4 \text{ emissions} = IP \times EF_{IP}$$

직접환원철 생산에서의 CH₄ 배출: $CH_4 \text{ emissions} = DRI \times EF_{DRI}$

소결물 생산에서의 CH₄ 배출: $CH_4 \text{ emissions} = SI \times EF_{SI}$

CH₄ emissions: 각 공정별 생산에 따른 CH₄ 배출량, t

Coke, BOF, EAF, OHF, IP, SI, DRI, P: 각 공정별 생산량, t

EF: 각 공정별 배출계수 t CH₄ / t 공정별 생산량

⁷³⁾ OHF(Open Hearth Furnaces, 평로): 제철공법 중 하나. 현재 감소 추세이다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

코크스 생산량, 소결물 생산량, 고로 생산량 중 전로로 가지 않는 선철 양, 전로생산량, 전기로 생산량, 펠렛 생산량, 직접환원철 생산량 자료를 필요로 하며, 코크스 생산량에 의한 온실가스 배출은 에너지 분야에 보고되어야 한다.

나. 대안

업체별 공정별 생산량 자료의 확보가 어려울 경우 한국철강협회의 철강통계자료를 통해 전기로와 전로의 생산량을 확보할 수 있다. 전로의 생산량을 통하여 2006 IPCC G/L에 제시된 비율(질량비)을 배출량 산정에 적용가능하다. 국내의 경우 2009년 현재 포스코에서 전로를 이용하여 조강을 생산하고 현대제철, 동국제강, 한국철강, 대한제강, YKsteel, 환영철강공업, 세아베스틸, 포스코특수강, 두산중공업, 동부제철 등이 전기로를 보유하고 있다.

- 조강 생산에 대한 선철 소비량 비 = 0.94
- 선철 생산에 대한 소결물 소비량 비 = 1.16
- 선철 생산에 대한 코크스 소비량 비 = 0.358

다. 출처

- 한국철강협회의 철강통계

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 공정별 배출계수를 사용한다.

[표 2.15] 철 및 강 생산 배출계수

공정	CO ₂ 배출계수	CH ₄ 배출계수
코크스 생산	0.56 t CO ₂ / t 코크스 생산량	0.1 g CH ₄ / t 코크스 생산량
소결물 생산	0.2 t CO ₂ / t 소결물 생산량	0.07 g CH ₄ / t 소결물 생산량
선철 생산 ⁷⁴⁾	1.35 t CO ₂ / t 선철 생산량	-
직접 환원철(DRI) 생산	0.70 t CO ₂ / t DRI 생산량	1kg CH ₄ / TJ DRI 생산량 (총열량기준)
펠렛 생산	0.03 t CO ₂ / t 펠렛 생산량	-
전로(BOF)에서의 생산	1.46 t CO ₂ / t 전로 생산량	-
전기로(EAF)에서의 생산	0.08 t CO ₂ / t 전기로 생산량	-
평로(OHF)에서의 생산	1.72 t CO ₂ / t 평로 생산량	-
국제 기준 값 ⁷⁵⁾	1.06 t CO ₂ / t 코크스 생산량	-

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap4, Table 4.1,2

XV. 2C2(합금철 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

합금철은 철과 하나이상의 금속(실리콘, 망간, 크롬, 몰리브덴, 바나듐, 텅스텐 등)과 같이 농축된 금속을 일컫는다. 생산 공정은 전기로에서의 전기열로 인하여 제련되고 탄소용의 탄소의 산화로 배출되는 온실가스를 산정한다.

나. 산정원칙

[식 2.18]에 따라 배출량을 산정한다.

[식 2.18] 합금철 생산에 의한 배출계수

$$CO_2(CH_4) \text{ emissions} = \sum (MP_i \times EF_i)$$

$CO_2(CH_4) \text{ emissions}$: 각 품목별 생산에 따른 $CO_2(CH_4)$ 배출량, t

MP_i : 각 품목별 생산량, t

EF_i : 각 공정별 배출계수 t $CO_2(CH_4)$ / t 품목별 생산량

2. 활동자료

가. 적용원칙

생산업체의 합금철 종류별 생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

국내의 경우 금융감독원의 공시정보에 합금철 생산업체인 동부메탈(구 동부하이텍), 동일산업의 생산량 자료를 확보할 수 있다.

다. 출처

· 금융감독원의 공시정보 (동부메탈, 동일산업)

- 74) 해당 공정의 배출량 산정에 쓰이는 활동자료는 철 및 강 생산에 사용되지 않는 선철의 양을 일컫는다.
- 75) 철 및 강 생산 공정에 대한 자료 확보가 불가능할 경우 전로의 비율은 65%, 전기로 30%, 평로 5%라 가정한 배출계수이다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 품목별 배출계수를 사용한다.

[표 2.16] 합금철 생산 배출계수

품목	CO ₂ 배출계수 (t CO ₂ / t 품목별 생산량)	CH ₄ 배출계수 (kg CH ₄ / t 품목별 생산량)
합금철 45% Si	2.5	-
합금철 65% Si	3.6	1.0
합금철 75% Si	4.0	1.0
합금철 90% Si	4.8	1.1
망간철 (7% C)	1.3	-
망간철 (1% C)	1.5	-
실리콘망간	1.4	-
실리콘메탈	5.0	1.2
크롬철	1.3(생산시 소결물 시설이 있을 경우 1.6)	-

가. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap4, Table 4.5,7

XVI. 2C3(알루미늄 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

알루미늄 원석인 보크사이트($Al_2O_3 \cdot 2H_2$)를 공정 처리하여 알루미나(Al_2O_3)를 생산하여 이를 빙정석(Na_3AlF_6)와 혼합 용융하여 전기분해로 알루미늄을 생산한다. 생산시 환원반응을 통해 배출되는 온실가스를 산정한다. CO₂는 Prebaked 탄소양극과 Söderberg 페이스트 소모에 의해 배출되고, 빙정석의 전기분해 Cell타입⁷⁶⁾에 따라 CF₄, C₂F₆가 배출된다.

나. 산정원칙

각 공정별 생산량 자료를 확보하여 [식 2.19], [식 2.20]에 따라 배출량을 산정한다.

⁷⁶⁾ Centre Worked Prebake(CWPB), Side Worked Prebake(SWPB), Vertical Stud Soderberg(VSS), Horizontal Stud Soderberg(HSS)

[식 2.19] 알루미늄 생산에 의한 배출량 (CO₂)

$$CO_2 \text{ emissions} = EF_P \times MP_P + EF_S \times MP_S$$

CO₂ emissions: 각 공정별 생산에 따른 CO₂ 배출량, t

EF_P: Prebake 공정 배출계수, t CO₂ / t 생산된 알루미늄

MP_P: Prebake 공정을 통한 생산량, t

EF_S: Söderberg 공정 배출계수, t CO₂ / t 생산된 알루미늄

MP_S: Söderberg 공정을 통한 생산량, t

[식 2.20] 알루미늄 생산에 의한 배출량 (CF₄, C₂F₆)

$$CF_4(C_2F_6) \text{ emissions} = \sum (EF_{CF_4, i(C_2F_6, 1)} \times MP_i)$$

CF₄(C₂F₆) emissions: 알루미늄 생산시 배출되는 CF₄(C₂F₆) 량

EF_{CF₄, i(C₂F₆, i)}: 각 Cell 타입별 배출계수, kg CF₄(C₂F₆) / t 타입별 알루미늄 생산량

MP_i: 타입별 알루미늄 생산량, t

2. 활동자료

가. 적용원칙

산정 지역내 생산되는 1차 알루미늄 생산량 자료를 확보하여 배출량 산정을 한다. 2차 알루미늄 생산의 경우 반제품을 가공하며, 공정상 온실가스 배출에 관여하지 않으므로 산정하지 않는다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 공정별 기본값을 사용한다.

[표 2.17] 알루미늄 생산 배출계수 (CO₂)

공정	배출계수, t CO ₂ / t 생산된 알루미늄
Prebake	1.6
Söderberg	1.7

[표 2.18] 알루미늄 생산 배출계수 (CF₄, C₂F₆)

cell 타입	CF ₄ 배출계수 (kg CF ₄ / t cell 타입별 생산량)	C ₂ F ₆ 배출계수 (kg C ₂ F ₆ / t cell 타입별 생산량)
CWPB	0.4	0.04
SWPB	1.6	0.4
VSS	0.8	0.04
HSS	0.4	0.03

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap4, Table 4.10,15

XVII. 2C4(마그네슘 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

일차 마그네슘 생산은 돌로마이트 또는 마그네사이트를 전기분해나 열 환원 과정을 통해 마그네슘을 생산하며 배출되는 온실가스를 산정한다. 이차 마그네슘은 일차 마그네슘을 용해, 주조 하는 공정이며 용해된 금속은 대기 중에 쉽게 산화가 되는데 이를 방지하기 위해서 SF₆를 표면가스로 사용한다. 사용되는 SF₆는 대체로 대기 중에 배출되기 쉽다.

나. 산정원칙

마그네슘 생산 시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.21.], [식 2.22]와 같다.

[식 2.21] 마그네슘 생산에 의한 배출량 (CO₂)

$$CO_2 \text{ emissions} = EF_d \times P_d + EF_{mg} \times P_{mg}$$

CO₂ emissions: 각 공정별 생산에 따른 CO₂ 배출량, t

EF_d: 돌로마이트 배출계수, t CO₂ / t 돌로마이트로 생산된 마그네슘

P_{pd}: 돌로마이트로 생산된 마그네슘 량, t

EF_{mg}: 마그네사이트 배출계수, t CO₂ / t 마그네사이트로 생산된 마그네슘

P_{mg}: 마그네사이트로 생산된 마그네슘 량, t

[식 2.22] 마그네슘 생산에 의한 배출량 (SF₆)

$$SF_6 \text{ emissions} = EF_{SF_6} \times MG_c$$

SF₆ emissions: 마그네슘주조로 인한 SF₆ 배출량, t

EF_{SF₆}: 마그네슘 주조로 인한 SF₆ 배출계수, t SF₆ / t 마그네슘 주조량

MG_c: 마그네슘 주조량, t

2. 활동자료

가. 적용원칙

돌로마이트 또는 마그네사이트로 생산된 마그네슘 생산량, 주조시 사용된 SF₆양 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값을 사용한다.

[표 2.19] 마그네슘 생산 배출계수

원재료 및 공정	배출계수
돌로마이트	5.13 t CO ₂ / t 돌로마이트로 생산된 마그네슘
마그네사이트	2.83 t CO ₂ / t 마그네사이트로 생산된 마그네슘
주조	0.001 kg SF ₆ / t 마그네슘 주조량

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap4, Table 4.19.20

XVIII. 2C5,6(납, 아연 생산)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

납과 아연의 경우 광석으로부터 납, 아연을 생산하는 1차 공정 사용된 납, 아연을 재생하는 2차 공정으로 나눌 수 있다.

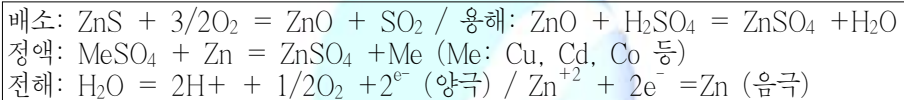
· 납 생산

납의 생산물은 1차 생산물인 전해연과 2차 생산물인 재생 연으로 구분되어진다. 전해연을 생산할 때, 납광 석으로부터 연 피를 추출하는 방법에는 두 가지가 있다. 첫 번째는 소결 후 제련하는 과정이고, 두 번째는 소결과정을 생략하고 바로 제련하는 과정이다. 첫 번째의 경우 여러 금속산화물과 혼합된 납 산화물을 점화시켜 소결물을 생산해내는 과정에서 천연가스의 사용으로 온실가스가 배출된다. 이후 소결물은 부산물, 코크스등과 함께 납·아연제련용 용광로(Imperial Smelting Furnace)에 투입되는데 코크스의 산화로 인하여 온실가스가 배출된다. 두 번째의 경우, 소결 과정을 거치지 않고 연광 석과 여러 원재료를 용광로에서 직접 제련하는데 이를 직접제련법(Direct Smelting)이라 하고 환원제사용으로 인하여 온실가스가 배출된다.

2차 공정은 이미 사용된 납을 재생 납으로 생산하는 과정이며, 재생 시 사용되는 환원제로 인하여 온실가스가 배출된다.

· 아연 생산

1차 아연의 경우 전기-열 증류법, 건식법, 습식법과 같은 3가지 생산 공법이 있다. 전기-열 증류법은 아연, 할로젠, 카드뮴등의 불순물이 포함된 소결물을 전기로 가열하는 방식으로 증류된 아연증기를 농축기로 응축하여 금속아연을 생산한다. 건식법의 경우 ISF에서 납과 아연을 가열시켜 비등점의 차이로 납은 하부, 아연은 상부로 빠져나와 이를 급랭시키는 공법이다. ISF에서 환원제 역할을 하는 코크스로 인하여 배출되는 온실가스를 산정한다. 습식법의 황아아연(ZnS)을 산화시켜 산화아연(ZnO)과 이산화황(SO₂)을 생산하며 이때 생산된 이산화황은 황산(H₂SO₄)생산에 사용된다. 황산과 산화아연의 용해로 인하여 황산아연(ZnSO₄)이 생산되고, 황산아연은 전기분해로 인하여 금속아연이 생산된다. 이를 각각 배소, 용해, 전해 공정이라 칭한다. 정액공정의 경우 용해 공정에서 만들어지는 MeSO₄를 이온화 경향차를 이용해 황산아연을 생산한다.



2차 아연재생의 경우 40여 가지 생산 공법이 있으나 G/L에서 제시하는 공법은 Waelz Kiln으로 Kiln에서 사용되는 코크스로 인하여 온실가스가 배출된다.

나. 산정원칙

납, 아연 생산시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.23], [식 2.24]와 같다.

[식 2.23] 납 생산에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = DS \times EF_{DS} + ISF \times EF_{ISF} + S \times EF_S$$

CO₂ emissions: 납 생산에 따른 CO₂ 배출량, t

DS: 직접제련과정에 의한 납 생산량, t

EF_{DS}: 직접제련과정에 대한 배출계수, t CO₂ / t 납 생산량

ISF: ISF과정에 의한 납 생산량, t

EF_{ISF}: ISF과정에 대한 배출계수, t CO₂ / t 납 생산량

S: 2차 아연생산량, t

EF_S: 2차 아연생산에 대한 배출계수, t CO₂ / t 납 생산량

[식 2.24] 아연 생산에 의한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = PM \times EF_{PM} + WK \times EF_{WK}$$

CO₂ emissions: 아연 생산에 따른 CO₂ 배출량, t

PM⁷⁷⁾: 건식야금과정에 의한 납 생산량, t

EF_{PM}: 건식야금과정에 대한 배출계수, t CO₂ / t 납 생산량

WK⁷⁸⁾: Waelz Kiln과정에 의한 납 생산량, t

EF_{WK}: Waelz Kiln과정에 대한 배출계수, t CO₂ / t 납 생산량

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체의 1,2차 납, 아연 공정별 생산량 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

국내의 경우 통계청자료에 국내 납, 아연 생산량자료가 있지만 1,2차로 구분되어 있질 않다. 또한 1차 아연 생산의 경우 국내에는 주로 습식법을 사용하므로 온실가스가 배출되지 않으므로 이를 제외시켜야 한다.

다. 출처

- 통계청의 납, 아연 생산량

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 공정유형별 또는 기본값을 사용한다.

[표 2.20] 납 생산 배출계수

생산 공정	배출계수, t CO ₂ / t 공정별 납 생산량
ISF	0.59
DS	0.25
2차 납 생산	0.2
기본값 ⁷⁹⁾	0.52

[표 2.21] 아연 생산 배출계수

생산 공정	배출계수, t CO ₂ / t 공정별 아연 생산량
Waelz Kiln	3.66
전기-열	Unknown
ISF	0.43
기본값 ⁸⁰⁾	1.72

77) 전식야금(Pyrometallurgical) 또는 납·아연제련용 용광로(Imperial Smelting Furnace)라 함

78) Waelz Kiln: 2006 IPCC G/L에서 제시하는 2차 아연 생산 공법중 하나

79) 이 기본값은 납 공정별 생산량이 ISF 80%, DS 20%라 가정한 값

80) 이 기본값은 납 공정별 생산량이 ISF 60%, WK 40%라 가정한 값

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap4, Table 4.21,24

XIX. 2D(2D1~2D4, 연료로 인한 비에너지 제품 및 용매 사용)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

윤활유는 주로 원유를 분리하는 정제소나 석유화학시설에서 생산되며 이는 산업시설과 운송수단을 위한 용도로 쓰인다. 윤활유는 엔진에 적용되어 엔진을 매끄럽게 하는 용도로 쓰이고 발생하는 열에 의해서 연소가 된다. 이와 관련된 배출량은 산업공정 분야의 연료의 비에너지제품사용에 보고되어야 한다.

파라핀 왁스는 양초, 골판지, 종이 코팅 등 에 사용되고 제품의 사용 시 열에 의해 연소 되며 배출되는 온실가스를 산정한다.

용매사용, 아스팔트, 드라이 클리닝등에 사용되고 NMVOC, CO를 배출한다.

나. 산정원칙

비에너지 제품 사용으로 인한 온실가스 산정은 [식 2.25]와 같다.

2006 IPCC G/L상 윤활유, 파라핀 왁스의 사용에 대한 온실가스를 산정하고 용매사용, 아스팔트 등은 온실가스로 규정된 기체를 배출하지 않으므로 산정하지 않는다.

[식 2.25] 비에너지 제품 사용으로 인한 배출량

$$CO_2 \text{ emissions} = NEU \times CC \times ODU \times \frac{44}{12}$$

$CO_2 \text{ emissions}$: 비에너지 제품 사용에 따른 CO_2 배출량, t
 NEU (Non-energy use of fuel)_i: 연료 i의 비에너지사용, TJ
 CC (Carbon content of fuel)_i: 연료 i의 탄소함유량, C/TJ
 ODU (Oxidised during use)_i: 연료 i의 ODU 계수, 비율
44/12: CO_2/C 질량비

2. 활동자료

가. 적용원칙

산정 지역내 비에너지로 사용된 윤활유, 파라핀 왁스의 활동자료를 확보하여 산정한다.

나. 대안

국내의 경우 PEDSIS 자료를 통해 지역별 연도별 윤활유사용량을 확보할 수 있다. 윤활유 사용량이 부피단위일 경우 순발열량 기준 환산단위 1ℓ 당 32.6MJ로 환산하여 적용한다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 ODU계수를 사용하여 배출량을 산정한다. 윤활유 및 파라핀 왁스의 탄소함유량은 20 t C / TJ⁸¹⁾를 적용한다.

[표 2.22] 비에너지 제품 사용 배출계수

윤활제 유형	ODU 계수
윤활유	0.2
그리스	0.05
기본값 ⁸²⁾	0.2

※ 파라핀 왁스의 경우 윤활유와 같은 기본값 0.2를 적용한다.

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap5, Table 5.9

XX. 2E(2E1~2E4, 전자 산업)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

반도체, 평면 패널 디스플레이, 태양전지 (통칭 ‘전자산업’)등을 생산할 때 식각, 증착, 세척 등의 공정을 거치면서 불소화합물(Fluorinated Compounds, FCs)gas를 배출한다. 주로 PFCs, HFCs gas 종류인 CF₄, C₂F₆, C₃F₈, CHF₃, CH₂F와 SF₆등의 사용으로 인해 배출되는 온실가스를 산정한다.

열전도유체의 경우 전자장비생산 과정에서 온도조절을 위해 FC gas를 사용한다. 사용 시 이러한 gas들은 증발되며 이로 인해 배출되는 온실가스를 산정한다.

81) 이 값은 제2권 제1장 표 1.3 참고

82) 이 기본값은 윤활유 90%, 그리스 10%라 가정된 값

다. 산정원칙

전자장비 생산시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.26]과 같다.

[식 2.26] 전자장비 생산에 의한 배출량

$$FC_i \text{ emissions} = EF_i \times Cu \times C_d \times [C_{pv} \times \delta + (1 - \delta)]$$

$FC_i \text{ emissions}$: 전자산업에 사용된 $FC \text{ gas } i$ 로 인한 배출량, t
 EF_i : 기체 i 에 대한 배출계수, $FC_i \text{ gas}$ 배출량 / 반도체(또는 TFT-
FPD, PV-cell) 처리면적

C_u : 연간 제조시설 이용률, 비율

C_d : 하루처리 면적을 년 단위로 계산한 면적, m^2

C_{PV} : PV-cell 제조업체 중 $FC \text{ gas}$ 를 사용하는 업체비율, 비율

δ : PV-cell 계산시 1, 반도체 또는 TFT-FPD계산시 0

2. 활동자료

가. 적용원칙

업체에서 하루에 처리하는 기관 면적에 년(365일)으로 환산된 면적을 알아야 한다. 또한 연간 제조시설 이용률, 산정지역 내 PV-cell 제조업체 중 $FC \text{ gas}$ 를 사용하는 업체비율에 대한 자료를 확보하여 산정하여야 한다. 연간 제조시설 이용률에 대한 자료가 없을 경우 IPCC G/L에서 제시한 80%를, PV-cell 제조업체 중 $FC \text{ gas}$ 를 사용하는 업체비율의 경우 50%를 사용한다.

열전도유체의 경우 반도체 생산으로 인한 배출량 산정식과 동일한 방법을 쓴다.(활동자료 역시 반도체 산정 시 사용된 활동자료를 사용한다.)

나. 대안

국내의 경우 한국반도체협회, 한국디스플레이협회의 내부 자료를 통해 년도 별 반도체, 디스플레이 생산면적을 확인 할 수 있다. 년 간 생산량자료를 확보할 경우 연간 제조시설 이용률에 대한 고려는 필요하지 않다.

다. 출처

- 한국반도체협회의 년도 별 반도체 생산면적
- 한국디스플레이협회의 년도 별 디스플레이 생산면적

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 장비별 배출계수를 사용한다.

[표 2.23] 전자장비 생산 배출계수

품목	배출계수(FC gas 배출량 / 처리된 기판면적)						
	CF ₄	C ₂ F ₆	CHF ₃	C ₃ F ₈	NF ₃	SF ₆	C ₆ H ₁₄
반도체 (kg/m ²)	0.9	1	0.04	0.05	0.04	0.2	-
TFT-FPD (g/m ²)	0.5	-	-	-	0.9	4	-
PV-cell (g/m ²)	5	0.2	-	-	-	-	-
열전도유체	-	-	-	-	-	-	0.3

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap6, Table 6.2

4. 향후과제

현재는 활동자료의 활용가능성에 따라 제품의 생산면적을 활용하는 가장 낮은 단계의 방법론을 사용하여 배출량을 산정한다. 향후 반도체 생산에 들어가는 FC gas의 종류별 양에 대한 자료 확보가 가능하면 상위 Tier 수준의 방법론을 사용할 수 있으며, 이 경우 배출량은 FC gas의 파괴 및 회수 비율로 인하여 줄어들 수 있다.

XXI. 2F(2F1~2F6, 오존파괴물질의 대체물질로써 제품 사용)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

HFCs 와 PFCs는 몬트리올 의정서에서 규제된 오존층 파괴물질(Ozone depleting substances, ODS)을 대체하는 역할을 한다. 이러한 합성가스들의 적용분야는 다음과 같다. 또한 종류별 주요용도는 [표 2.24]와 같다.

· 냉동과 냉방, 화재 진압과 폭발 방재, 에어로졸, 용매 세척, 수지발포제 및 기타

[표 2.24] 오존층 파괴물질(ODS) 대체물로 사용되는 HFCs와 PFCs의 주요 용도

화학물질	냉동과 냉방	화재진압과 폭발방재	에어로졸		용매세척	수지발포제	그 외 용도
			추진제	용매			
HFC-23	X	X					
HFC-32	X						

화학물질	냉동과 냉방	화재진압과 폭발방재	에어로졸		용매세척	수지발포제	그 외 용도
			추진제	용매			
HFC-125	X	X					
HFC-134a	X	X	X			X	X
HFC-143a	X						
HFC-152a	X		X			X	
HFC-227ea	X	X	X			X	X
HFC-236fa	X	X					
HFC-245fa				X		X	
HFC-365mfc				X	X	X	
HFC-43-10mee				X	X		
PFC-14 (CF ₄)		X					
PFC-116(C ₂ F ₆)							X
PFC-218(C ₃ F ₈)							
PFC-31-10(C ₄ F ₁₀)		X					
PFC-51-14(C ₆ F ₁₄)					X		

HFCs와 PFCs는 성층권의 오존층 파괴에 기여하지 않으므로 몬트리올 의정서에서 억제하지 않는다. 하지만 이러한 가스들은 지구온난화지수(GWP)가 상당히 높고 대기 중에 체류하는 시간이 길어 상당한 잠재요인을 지니고 있다. 현재까지 이러한 가스들의 마땅한 대체물질이 없어 당분간은 사용량이 증가할 것으로 보인다.

나. 산정원칙

ODS대체물질의 사용에 대한 배출량 산정법은 [식 2.27]과 같이 산정지역내의 HFCs, PFCs의 순 소비량을 확인하여야 한다.

[식 2.27] HFCs, PFCs 순 소비량

$$\text{순 소비량} = \text{생산} + \text{수입} + \text{수출} - \text{폐기}$$

에어로졸, 열린 셀 발포제등 일부 물질의 경우 배출의 형태는 즉각적인 배출이라 할 수 있다. 즉각적인 배출이란 사용 1~2년 안에 모든 기체가 배출된다고 가정함으로써 [식 2.28]과 같이 산정 할 수 있다.

[식 2.28] HFCs, PFCs 연간 배출량 (즉각적인 배출)

$$\text{연간 배출량} = \text{순 소비량} \times \text{합성} EF$$

연간 배출량: HFCs, PFCs의 연간 배출량, t

합성EF: 합성가스의 배출계수, 비율

냉매, 화재예방, 폐쇄 발포제의 경우 बैंक(Bank)가 일어나는데 बैंक란 사용

가스들이 사용된 제품의 라이프사이클 전 과정에서 배출이 일어난다. 생산, 설비, 사용, 폐기 사이클을 거치는 동안 배출이 일어나므로 즉각적인 배출량 산정식과는 달리 [식 2.29]를 적용하여 산정한다.

[식 2.29] HFCs, PFCs 연간 배출량 (뱅크가 일어날 때)

$$\text{연간 배출량} = \text{순 소비량} \times \text{합성 } EF_{FY} + \text{뱅크된 화학물질} + \text{합성 } EF_B$$

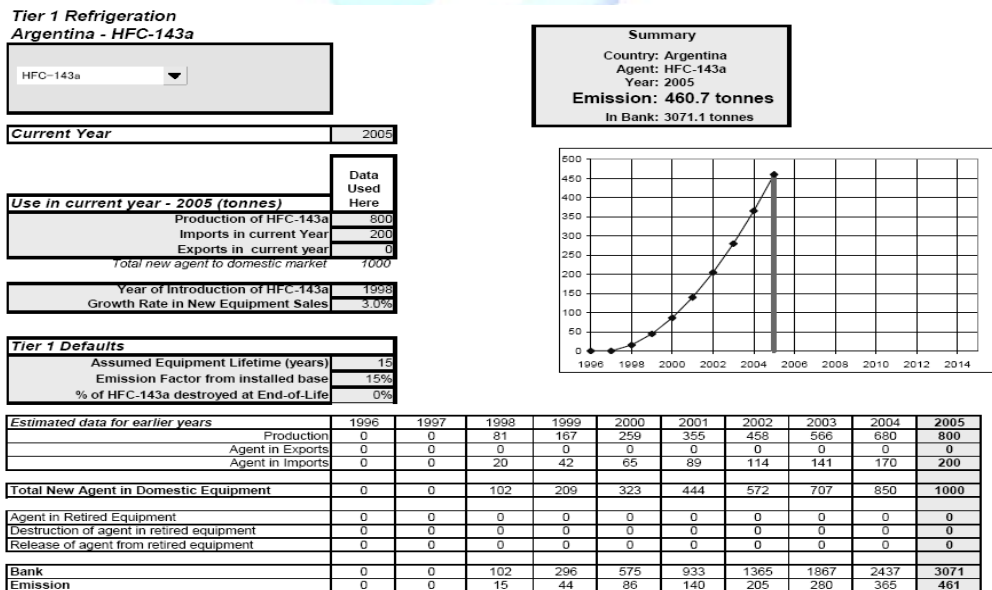
합성 EF_{FY} (First year): 첫 번째 년도의 용도에 대한 합성 배출계수, 비율

뱅크된 화학물질: 용도에 대한 화학물질의 뱅크된 량, t

합성 EF_B : 뱅크에 대한 합성가스의 배출계수, 비율

다. 대안

국내의 경우 PFCs는 전량 전자장비 생산에 사용되고 HFCs 수입 전량이 냉매에 쓰인다고 가정한다. 실제적으로 HFCs 수입량의 99%는 냉매로 쓰이고 있다. 냉매에 쓰이는 HFCs 배출량을 산정하기 위해 2006 IPCC G/L에서 제시한 배출계수 15%와 뱅크를 고려하여 배출량을 산정한다. [그림 2.1]은 2006 IPCC G/L에서 제시한 산정방법 예시다.



[그림 2.1] 스프레드시트 계산의 예시

이 스프레드시트는 2006 IPCC G/L에서 제시한 것이다. 이 예시는 1998년도에 냉매로 사용되는 HFC-143a가 도입되었고 2005년에 HFC-143a는 800t 생산, 200t 수입이 되었으며 지난 7년간의 뱅크로 인하여 2005년에는 3071톤이 뱅크 되었고 이중 15%인 461톤이 배출되었음을 가정한다.

국내 배출량 산정 시 이와 같은 방식으로 도입 초기 년도부터 배출량을 산정

하며, 해당 산정년도의 지역배분은 전국 인구에 대한 지역인구 비율을 적용한다.⁸³⁾ 이 배출산정법은 잠재적인 배출량산정법이 아닌 실제배출량 산정법이며 2F1b의 경우 2F1a에 배출량이 포함되어 있으므로 IE⁸⁴⁾로 처리한다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

HFCs, PFCs가 사용되는 항목별 사용량, 제품으로 생산될시 제품의 생산, 사용, 폐기에 대한 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

국내의 경우 관세청의 HFC-134a, HFC-152a 수입량을 활용하여 배출량을 산정하며, 통계청 추계인구수에 비례하여 지자체 배출량으로 한다.

다. 출처

- 관세청의 HFC-134a, HFC-152a 수입량

[표 2.25] 수입 HS 번호

품목	관세청 HS 번호	
	2007년 이전	2007년 이후
HFC-152a	29-03-30-5000	29-03-39-5000
HFC-134a	29-03-30-6000	29-03-39-6000

- 통계청의 추계인구수

XXII. 2G1(전기 장비)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

SF₆는 전기 송전과 배전에 사용되는 중전기기에서 전기 절연체와 전류 차단 제로 사용된다. 중전기기에서의 배출은 전 과정에서 일어나는데 생산, 설치, 사용, 충전, 처분에서 배출이 일어난다. 전기설비에 사용되는 대부분의 SF₆는 가스 차단 개폐기 및 변전소(Gas Insulated Switchgear and Substations: GIS), 그리고 가스 순회 차단기 (Gas Circuit Breakers: GCB)에서 사용되나, 일부는 고전압 가스 차단선(Gas Insulated Lines: GIL), 실외 가스 차단기

83) 2F1a에 산정

84) Included elsewhere

변압기 및 기타 설비에 사용되기도 한다.

전기설비는 세계의 주요한 SF₆ 사용처이고 사용되는 SF₆는 세계 SF₆ 배출량에 중요한 기여를 한다.

나. 산정원칙

전기장비 생산, 사용, 처분 시 배출되는 온실가스 산정은 [식 2.30]과 같다.

[식 2.30] 전기장비 생산, 사용, 처분에 의한 배출량

총배출량 = 생산 배출량 + 설비 설치 배출량 + 설비 이용 배출량 + 설비 처분 배출량

생산 배출량: 생산 배출계수 × 생산 시 사용되는 총 SF₆ 소비량

설비 설치 배출량: 설치 배출계수 × 산정 지역내 설치된 새 설비의 총 정격용량⁸⁵⁾

설비 사용 배출량: 사용 배출계수 × 설치된 설비의 총 정격용량 (누수, 보수유지 등으로 인한 배출포함)

설비 처분 배출량: 회수 시 잔존하는 SF₆의 비율 × 회수된 설비의 총 정격용량

설비 설치 배출량은 일어나지 않거나, 생산 배출량 및 설비 이용 배출량에 포함되어 생략가능하다.

다. 대안

산정에 필요한 정보를 얻지 못할 경우 다음과 같은 가정을 통해 산정 할 수 있다.

- [가정 1] 국내 SF₆ 내수량 중 80%를 ‘전기 장비’에 사용
- [가정 2] 2006 IPCC G/L 2G1에서 제시한 전기장비중 국내에서 주로 사용되는 가스절연부하개폐기의 배출계수를 사용하여 산정
- [가정 3] 기기의 내구연한 및 재활용을 고려하여 폐기부분은 산정하지 않음

SF₆ 사용량에 [표 2.28]의 제조시 배출계수를 곱한 값을 산정년도 전기장비 제조(2G1a)에 따른 온실가스 배출량으로하며, SF₆ 사용량에서 제조시 배출되는 SF₆량을 제외하여 사용시 배출량(2G1b)으로 한다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

전기장비의 제품별 SF₆ 충전량, 설치된 전기장비의 수 및 정격용량, 산정년도에 폐기된 전기장비의 수 및 정격용량에 대한 자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

85) 기기의 SF₆ 충전량

나. 대안

국내의 경우 관세청 자료를 통하여 SF₆ 생산량자료를 확보 할 수 있으며 사용시 배출량의 지역분배는 한국전력공사 자료인 전력통계에 배전설비현황의 “가스절연부하개폐기”를 활용하여 분배한다.

다. 출처

- 관세청의 SF₆ 수입량 (HS번호 : 28-12-90-2000)
- 한국전력공사의 전력통계 중 “가스절연부하개폐기”

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 유형별 기본값을 사용한다.

[표 2.26] MV스위치 기어 배출계수

지역	배출계수			
	제조 (비율)	사용 (비율/년)	처분 (비율)	
			수명	비율
유럽	0.07	0.002	> 35	0.93
일본	0.29	0.007	-	0.95

[표 2.27] HV 스위치 기어 배출계수

지역	배출계수			
	제조 (비율)	사용 (비율/년)	처분 (비율)	
			수명	비율
유럽	0.085	0.026	> 35	0.95
일본	0.29	0.007	-	0.95
미국	-	0.14	> 35	

[표 2.28] 가스절연부하개폐기 배출계수

지역	배출계수			
	제조 (비율)	사용 (비율/년)	처분 (비율)	
			수명	비율
일본	0.29	0.007	-	0.95

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap8, Table 8.2,3,4

XXIII. 2G2(기타 제품 사용으로부터의 SF₆ 및 PFCs)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

SF₆ 및 PFCs의 사용 중 설명된 카테고리를 제외한 다음과 같은 카테고리에 대해서 배출량을 산정한다.

- 군대용으로 쓰이는 SF₆ 및 PFCs 특히 공군 경보 및 관리시스템(AWACS, Airborne Warning and Control System) 과 고동력 전기용도 등에 사용되는 PFCs
- 대학 및 연구소 입자가속기 설비에 사용되는 SF₆
- 산업 및 의료용 입자가속기에서 사용되는 SF₆
- 기타 용도로 쓰이는 SF₆

다. 산정원칙

각 해당 카테고리별로 배출되는 온실가스 산정식 [식 2.31, 2.32, 2.33]과 같다.

[식 2.31] AWACS로부터의 배출량

$$\begin{aligned} \text{AWACS 배출량} &= 740\text{kg} \times \text{AWACS 비행기 수} \\ 740\text{kg} &= \text{AWACS 한대 당 배출량, kg} \\ \text{AWACS 비행기 수} &: \text{산정지역내 운행되고 있는 AWACS 수} \end{aligned}$$

[식 2.32] 입자가속기에 의한 배출량

$$\begin{aligned} \text{배출량} &= (\text{대학 및 연구기관의 입자 가속기 숫자}) \times (\text{SF}_6 \text{ 사용변수}) \\ &\times (\text{SF}_6 \text{ 충전변수, kg}) \times (\text{SF}_6 \text{의 대학 및 연구기관 입자 가속기 배출계수}) \\ \text{대학 및 연구기관의 입자 가속기 숫자} &: \text{산정지역내 보유하고 있는 입자 가속기 수} \\ \text{SF}_6 \text{ 사용 변수: } 0.33, & \text{ 대학 및 연구 기관 입자 가속기의 약 } 1/3 \text{이 절} \\ &\text{연제로 SF}_6 \text{를 사용} \\ \text{SF}_6 \text{ 충전 변수: } 2400 \text{ kg, SF}_6, & \text{ 대학 및 연구기관의 입자 가속기에서의} \\ &\text{평균 SF}_6 \text{ 충전량} \\ \text{SF}_6 \text{의 대학 및 연구기관 입자 가속기 배출계수: } 0.07, & \text{ 총 충전 비율로} \\ &\text{써의 연평균 대학 및 연구기관 입자 가속기 배출을} \end{aligned}$$

[식 2.33] 산업/의료 가속기에 의한 배출량

배출량 = (국가의 공정 묘사에 의한 SF_6 를 사용하는 입자 가속기의 숫자) $\times$ (SF_6 충전변수, kg) $\times$ (적용할 수 있는 SF_6 의 입자 가속기 배출계수)

국가의 SF_6 를 사용하는 입자 가속기의 숫자: 해당 국가에서 SF_6 를 사용하는 유형별(산업 고 전압, 산업 저전압 및 방사선 치료) 입자 가속기의 총 숫자, 1, 2 등

SF_6 충전 계수: 입자 가속기 내 평균 SF_6 의 충전

SF_6 의 입자 가속기 배출계수: 총 충전량의 비율로써의 SF_6 의 연평균 입자 가속기 배출

2. 활동자료

가. 적용원칙

산정 지역 내 AWACS, 입자가속, 산업/의료용 가속기 등의 수를 조사하여 산정한다. 산업/의료용 가속기의 개별 SF_6 충전량에 대한 정보가 없을 경우 2006 IPCC G/L에 제시된 표 2.27를 활용한다.

[표 2.29] 산업/의료 가속기 충전계수

용도	SF_6 충전계수, kg
산업 입자 가속기 -고전압(0.3~23MV)	1300
산업 입자 가속기 -저전압(< 0.3MV)	115
의료(방사선 치료)	0.5

나. 대안

2006 IPCC G/L의 참고에 따르면 국내의 경우 AWACS기종의 비행기는 보유하고 있지 않고 포항공대에 입자가속기 1대를 보유하고 있다.

다. 출처

· 2006 IPCC G/L (Chapter. 8)

3. 배출계수

가. 적용원칙

AWACS 와 입자가속기에 대한 배출계수는 식에 포함되어 있고 산업/의료용 가속기배출계수는 [표 2.30]과 같다.

[표 2.30] 산업/의료 가속기 배출계수

용도	배출계수, kg SF ₆ / kg SF ₆ 충전량
산업 입자 가속기 -고전압(0.3~23MV)	0.07
산업 입자 가속기 -저전압(< 0.3MV)	0.013
의료(방사선 치료)	2.0

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap8, Table 8.10

XXIV. 2G3(제품사용으로부터의 N₂O)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

아산화질소의 배출은 다음과 같은 제품의 사용시 다양한 형태로 일어난다.

- 의료용(마취제, 진통제, 가축마취제)
- 식품산업(포장용)에 압축가스로써의 사용
- 기타 용도로 쓰이는 N₂O

나. 산정원칙

의료용을 제외한 타 분야에 사용된 N₂O 산정은 [식 2.34]와 같다.

[식 2.34] 기타 제품 사용으로 인한 N₂O 배출

$$N_2O \text{ emissions} = \sum [\{ 0.5 \times A_i(t) + 0.5 \times A_i(t-1) \} \times EF_i]$$

N_2O_i 배출량(t): 용도유형 i에 대한 산정년도(t)의 N₂O배출량, t

$A_i(t)$: 용도 유형 i에 대한 산정년도(t)에 공급된 N₂O의 총량, t

$A_i(t)$: 용도 유형 i에 대한 산정 전년도(t-1)에 공급된 N₂O의 총량, t

EF_i : 용도 유형 i에 대한 배출계수, 비율

의료용 N₂O의 경우 병원에서는 재고를 피하기 위해 빈번히 배달을 받기 때문에 산정년도 사용량을 배출량으로 한다.

다. 대안

국내의 경우 4~5개 업체에서 의료용 N₂O를 생산하고, 생산직후 각 병원으로 운송된다. 생산량 자료는 식품의약품안전청을 통해 획득이 가능하지만 병원에서의 사용량은 각 병원 내부 자료를 활용해야한다. 이 때문에 년 생산량을 배출량으로 본다. 또한 지자체 배분 시 통계청의 추계인구수를 사용한다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

각 유형별 공급량 또는 사용량자료를 확보하여 배출량을 산정한다.

나. 대안

의료용 N_2O 의 경우 식품의약품안전청의 협조를 통해 생산량 자료 확보가 가능하다.

다. 출처

- 식품의약품안전청의 내부자료

3. 배출계수

가. 적용원칙

일반적인 상황에서는 N_2O 가 화학적으로 변환되지 않는다고 전량 배출된다고 가정한다. 이에 따라 배출계수는 1.0으로 가정한다.

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.3, Chap8, Page 8.36





제3장 AFOLU 분야

I. 3A1(3A1ai~3A1h, 3A1j, 가축의 장내발효)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 가축의 '장내발효'에 의한 CH₄ 배출량을 산정하는 카테고리로서, 가축이 섭취한 탄수화물이 혈액내로 흡수되도록 미생물에 의해 분해되는 소화 과정(장내발효)에서 발생하는 CH₄을 의미한다.

장내발효에 의한 CH₄은 가축의 소화기관 형태, 연령, 체중, 섭취 사료의 양 및 질 등의 영향을 받으며, 섭취 사료의 장내발효를 활발히 촉진시키는 장의 구조를 가진 '반추동물'에서 보다 많은 양이 배출된다.

Tier1 배출계수는 소화기관에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다.

- 반추동물 : 소, 물소, 양, 염소, 낙타
- 비 반추 초식동물 : 말, 노새/당나귀
- 가금류 : 닭, 오리, 칠면조, 거위
- 비 가금류 단일 위(胃) 동물 : 돼지

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 하며, 다음의 식을 사용하여 가축의 장내발효에 의한 CH₄ 배출량을 산정한다.

[식 3.1] 가축의 장내발효에 의한 CH₄ 배출량

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

Emissions : 가축의 장내발효에 의한 CH₄ 배출량, Gg CH₄ yr⁻¹

EF_(T) : T가축 종에 대한 CH₄ 배출계수, kg CH₄ head⁻¹ yr⁻¹

N_(T) : T가축 종의 두수, head

T : 가축 종

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리의 온실가스 배출량 산정시 필요한 활동자료는 '가축 사육 두수'

이며, ‘농림통계연보’에서 확인 가능하다.

[표 3.1] 국내 가축 사육 두수 통계의 카테고리 분류(장내발효)

카테고리	3A1ai Dairy Cows	3A1aii Other Cattle	3A1b Buffalo	3A1c Sheep	3A1d Goats
농림통계연보	젖소	한육우	NO ⁸⁶⁾	면양	산양
카테고리	3A1e Camels	3A1f Horses	3A1g Mules/Asses	3A1h Swine	3A1j Other
농림통계연보	NO	말	NO	돼지	사슴, 토끼

국내 통계상 ‘개’는 가구당 약 3마리(농림통계연보 ‘00~’07년 평균)를 사육중이며, 이는 인간 활동(食 등)을 위한 사육 보다는 애완용으로 사육되는 비중이 크다고 볼 수 있다. 따라서 인간 활동에 의한 온실가스 배출량을 산정하는 2006 IPCC G/L의 취지에서 벗어나므로 배출량 산정시 제외하도록 한다.

나. 출처

- 농림통계연보, 농림수산식품부, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 ‘기본값’ 적용을 원칙으로 한다.

① ‘젖소’ 및 ‘한육우’ 배출계수(EF_(T))

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘아시아’지역의 배출계수를 적용한다.

[표 3.2] ‘젖소’ 및 ‘한육우’ 장내발효 배출계수

구 분	젖 소	한 육 우
배출계수(kg CH ₄ head ⁻¹ yr ⁻¹)	68	47

② ‘면양’, ‘산양’, ‘말’ 및 ‘돼지’ 배출계수(EF_(T))

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘선진국’의 배출계수를 적용한다.

[표 3.3] ‘면양’, ‘산양’, ‘말’ 및 ‘돼지’ 장내발효 배출계수

구 분	면 양	산 양	말	돼 지	사 슴
배출계수(kg CH ₄ head ⁻¹ yr ⁻¹)	8	5	18	1.5	20

③ ‘토끼’ 배출계수(EF_(T))

86) 국내 통계에는 포함되지 않는 가축 중으로서 온실가스 배출량 산정시 제외한다.

2006 IPCC G/L에는 배출계수 기본값이 주어지지 않은 가축종에 대한 대략적인 배출계수 추정 방식⁸⁷⁾을 제시하였으며, ‘토끼’의 배출계수는 제시된 추정 방식에 따라 소화시스템이 동일한(비 반추 동물) ‘노새/당나귀’의 배출계수 및 체중을 통하여 산정된 배출계수를 적용한다.

[표 3.4] ‘토끼’ 장내발효 배출계수 및 추정 근거 자료

노새/당나귀 배출계수 (kg CH ₄ head ⁻¹ yr ⁻¹)	노새/당나귀 체중 ⁸⁸⁾ (kg)	토끼 체중 (kg)	토끼 배출계수 (kg CH ₄ head ⁻¹ yr ⁻¹)
10	245	1.6	0.2297

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.10, Table 10.10
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.10, Table 10.11
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.10, Table 10.A9

4. 향후과제

2006 IPCC G/L에 따르면, 대부분의 가축은 기본 수명의 일부분만을 살게 되므로 다음 식을 통해 사육 두수를 수정하여 사용해야 한다고 명시되어있다.

[식 3.2] 연평균 사육 두수

$$AAP = DAYS_alive \times \left(\frac{NAPA}{365} \right)$$

AAP : 연평균 사육 두수, head

Days_alive : 연평균 생육 일수, day

NAPA : 연간 총 사육 두수, head

예를 들어 ‘육계’의 경우 도축될 때까지 보통 60일간 사육되며, 연간 총 60,000마리의 육계를 사육할 경우, 연평균 두수인 9,863마리를 활동자료로 사용해야 한다.

다만 위에 언급한 내용은 연간 가축 사육 두수의 누적치를 사용할 경우에 적용되는 방식이며, 누적치가 아닌 조사당시의 가축 사육 두수를 제공하는 국내 통계⁸⁹⁾(농림통계연보 등)는 어느 정도 위의 내용이 포함된 자료라 할 수 있다.

87) 배출계수가 주어지지 않은 가축의 대략적인 배출계수는 유사한 소화시스템을 가지고 있는 가축의 배출계수에 두 가축 체중비의 0.75 제곱을 곱하여 사용한다.

88) ‘노새/당나귀’ 및 ‘토끼’ 체중은 2006 IPCC G/L에 제시된 기본값을 적용하였음.

89) 국내 가축통계는 년 4회(분기별 1회) 조사되고 있으며, 농림통계연보에는 그중 4/4분기에 조사된 통계가 사용되고 있다.

하지만 보다 정확한 온실가스 배출량 산정을 위해서는 국내 가축 특성이 고려된 가축별 생육일수가 개발되고 고려되어야 한다.

II. 3A2(3A2ai~3A2j, 가축의 분뇨관리)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 가축의 ‘분뇨관리’중 발생하는 온실가스 배출량을 산정하는 카테고리로서, 분뇨관리에서의 CH₄ 및 직접적 N₂O⁹⁰⁾ 배출로 구분된다.

① 분뇨관리에서의 CH₄ 배출

가축의 분뇨 저장 및 처리 과정 중 분뇨는 혐기성 상태에서 분해되며 CH₄를 배출한다. 이러한 CH₄ 배출은 발생하는 분뇨의 양과 혐기적으로 분해되는 분뇨 비율에 큰 영향을 받으며, 분뇨가 고체상태에서 관리될 때보다, 액체상태로 관리될 때 더 많은 양을 배출하게 된다.

② 분뇨관리에서의 직접적 N₂O 배출

직접적 N₂O 배출은 분뇨 속에 포함된 질소의 질산화과정과 탈질화과정을 통해 발생되며, 비료를 관리하는 동안의 저장기간과 처리방법에 영향을 받는다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 하며, 아래의 방식에 따라 가축의 분뇨관리에서의 CH₄ 및 직접적 N₂O 배출량을 산정한다.

① 분뇨관리에서의 CH₄ 배출

[식 3.3] 가축의 분뇨관리에서의 CH₄ 배출량

$$CH_4 \text{ Manure} = \sum_T \left(\frac{EF_{(T)} \times N_{(T)}}{10^6} \right)$$

$CH_4 \text{ Manure}$: 가축의 분뇨관리에 의한 CH₄ 배출량, Gg CH₄ yr⁻¹

$EF_{(T)}$: T가축 종에 대한 CH₄ 배출계수, kg CH₄ head⁻¹ yr⁻¹

$N_{(T)}$: T가축 종의 두수, head

T : 가축 종

② 분뇨관리에서의 직접적 N₂O 배출

90) 분뇨관리로 인한 간접적 N₂O 배출은 카테고리 3C6에서 보고하도록 한다.

[식 3.4] 가축의 분뇨관리에서의 직접적 N₂O 배출량

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

$N_2O_{D(mm)}$: 분뇨관리에서의 직접적 N₂O 배출량, kg N₂O yr⁻¹

$N_{(T)}$: T가축 종의 두수, head

$Nex_{(T)}$: T가축 종의 연평균 질소 배출량, kg N head⁻¹ yr⁻¹

$MS_{(T,S)}$: T가축 종의 S분뇨관리 시스템 비율

$EF_{3(S)}$: S분뇨관리 시스템에 대한 N₂O 배출계수, kg N₂O-N/kg N

S : 분뇨관리 시스템

T : 가축 종

44/28 : N₂O-N을 N₂O로 전환

[식 3.5] 가축의 연평균 질소 배출량

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

$Nex_{(T)}$: T가축 종의 연평균 질소 배출량, kg N head⁻¹ yr⁻¹

$N_{rate(T)}$: T가축 종의 질소 배출률, kg N (1,000kg 가축체중)⁻¹ day⁻¹

$TAM_{(T)}$: T가축 종의 평균 체중, kg head⁻¹

분뇨관리서의 N₂O 배출량(직·간접 모두 포함) 산정시 주의해야 할 점은, 목장 등 방목환경에서 자라는 가축의 분뇨는 산정시 제외시켜야 한다는 것이다. 이는 방목환경에서의 가축 분뇨는 별도로 관리 되지 않고 바로 토양에 뿌려져 토양에서 발생하는 N₂O로 간주되기 때문이며, ‘관리 토양에서의 직·간접적 N₂O 배출’ 카테고리(3C4, 3C5)에서 산정되어야 한다. 또한 분뇨가 연료로 이용된다면 ‘에너지’분야의 ‘연료 연소(1A1)’에서, 폐기물로서 소각될 경우에는 ‘폐기물 분야’의 ‘소각(4C)’에서 산정되어야 한다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리의 온실가스 배출량 산정시 필요한 활동자료는 ‘가축 사육 두수’이며, ‘농림통계연보’에서 확인 가능하다.

단, 농림통계연보의 ‘닭’ 사육 두수는 용도별로 구분이 되어 있지 않으므로, ‘국가통계포털’의 ‘닭 시군구/용도별 가구수 및 마리수’를 통해 ‘산란계’ 및 ‘육계’의 자료를 확보해야 하며, ‘산란계’와 ‘육계’의 합과 ‘농림통계연보’의 ‘닭’과의 차이를 ‘기타 닭’으로 구분하여 산정해야 한다.

국가통계포털의 자료를 사용할 때는 4/4분기에 조사된 자료를 사용하도록 하며, 이는 국가통계인 ‘농림통계연보’가 4/4분기에 조사된 자료를 기초로 작성되었으므로 자료 사용의 일관성을 유지하기 위해서이다.

[표 3.5] 국내 가축 사육 두수 통계의 카테고리 분류(분뇨관리)

카테고리	3A2i (Poultry)	3A2i 외 카테고리
농림통계연보	닭(산란계, 육계, 기타닭), 오리, 칠면조, 거위	표3.1과 동일

나. 출처

- 농림통계연보, 농림수산물식품부, 매년
- 닭 시군구/용도별 가구수 및 마리수, 통계청(국가통계포털), 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 ‘기본값’ 적용을 원칙으로 한다.

① 분뇨관리에서의 CH₄ 배출계수(EF_(T))

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘선진국’, ‘아시아’지역, ‘온대’기후의 배출계수를 적용하도록 한다. 만약 지역의 연평균 기온⁹¹⁾이 IPCC에서 제시한 온대기후의 최저기온인 15℃보다 낮을 경우에는 15℃의 배출계수를 적용하며, 15℃이상일 경우에는 각각의 온도에 대응하는 배출계수를 적용하도록 한다.

[표 3.6] 젖소, 한육우 및 돼지의 기온별 분뇨관리 CH₄ 배출계수(kg CH₄ head⁻¹ yr⁻¹)

구 분	연 평균 기온(℃)										
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
젖 소	13	14	15	16	17	18	20	21	23	24	26
한육우	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
돼 지	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6

[표 3.7] 그 밖의 가축종의 분뇨관리 CH₄ 배출계수(kg CH₄ head⁻¹ yr⁻¹)

가축 종	면양	산양	말	산란계	육계	기타 닭
배출계수	0.28	0.20	2.34	0.03	0.02	제시되지 않음
가축 종	칠면조	오리	거위	사슴	토끼	
배출계수	0.09	0.03	제시되지 않음	0.22	0.08	

2006 IPCC G/L에 따르면 산란계의 배출계수의 경우 분뇨관리 시스템에 따라

91) 지역별 연평균 기온은 ‘기상연보’에서 확인 가능하며, 지역내 측정소가 2개 이상 존재할 때에는 측정소별 연평균 기온의 평균값을 적용하도록 한다.

‘건식’과 ‘습식’으로 구분되나, 국내의 경우 가금류의 분뇨는 수분함량이 적어 전량 건식 형태의 퇴비로 이용되므로 ‘건식’ 배출계수를 적용한다.

② ‘젖소’, ‘한육우’ 및 ‘돼지’ 분뇨관리 시스템 비율(MS)

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘아시아’지역의 배출계수를 적용한다.

[표 3.8] ‘젖소’, ‘한육우’ 및 ‘돼지’ 분뇨관리 시스템 비율(%)

구 분	혐기성 늪	액체/ 슬러리	고체 저장	건조 부지	목장/ 방목	일일 살포	소화조	연료로 사용	기타
젖소	4.0	38.0	0.0	0.0	20.0	29.0	2.0	7.0	0.0
한육우	0.0	0.0	0.0	46.0	50.0	2.0	0.0	2.0	0.0
돼지	0.0	40.0	0.0	54.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0

③ ‘가금류’ 분뇨관리 시스템 비율(MS)

가금류의 분뇨관리 시스템은 아래와 같이 구분된다.

- Poultry manure with litter
- Poultry manure without litter
- 혐기성 늪

국내의 경우 가금류의 분뇨는 수분함량이 적어 전량 건식 형태의 퇴비로 이용되므로 ‘혐기성 늪’은 없으며, ‘산란계’의 경우 전량 ‘Poultry manure without litter’, 그 외 가금류(육계, 기타 닭, 오리, 칠면조, 거위)는 전량 ‘Poultry manure with litter’로 간주한다.⁹²⁾

④ 그 외 가축종의 분뇨관리 시스템 비율(MS)

젖소, 한육우, 돼지 및 가금류 외의 가축은 2006 IPCC G/L에 따라 전부 ‘목장 및 방목 환경’에서 사육되는 것으로 간주한다.

⑤ 분뇨관리 시스템에 따른 직접적 N₂O 배출계수(EF₃)

[표 3.9] 분뇨관리 시스템에 따른 직접적 N₂O 배출계수(kg N₂O-N/kg N)

시스템	혐기성 늪	액체/슬러리	고체 저장	건조 부지	목장/방목
배출계수	0	0.005	0.005	0.02	산정하지 않음
시스템	일일 살포	소화조	연료로 사용	manure with litter	manure without litter
배출계수	0	0	산정하지 않음	0.001	0.001

⑥ 질소 배출률(N_{rate(T)})

⁹²⁾ 2006 IPCC G/L에 따르면 ‘Poultry manure with litter’가 전형적으로 모든 식용 가금류에 사용된다고 한다.

가축 체중 1000kg당 배출되는 일일 질소량을 나타내는 계수로, 연평균 질소 배출량($N_{ex(T)}$) 산정을 위한 인자로서 사용되며 2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘아시아’지역의 배출계수를 적용한다.

[표 3.10] 가축종별 질소 배출률(kg N (1,000kg 가축체중) $^{-1}day^{-1}$)

구 분	젖소	한육우	면양	산양	말	돼지
N _{rate}	0.47	0.34	1.17	1.37	0.46	0.50
구 분	산란계	육계	기타 닭	오리	칠면조	거위
N _{rate}	0.82	1.10	제시되지 않음	0.83	0.74	제시되지 않음
구 분	사슴		구 분	토끼		
N _{rate}	제시되지 않음		Nex	8.1 kg N head ⁻¹ yr ⁻¹		

‘토끼’의 경우 2006 IPCC G/L에 N_{rate} 가 아닌 N_{ex} 기본값이 주어져 있으므로, 따로 N_{ex} 를 산정할 필요가 없으며, N_{rate} 로 착각하여 [식 3.5]와 같이 평균체중(TAM)을 곱하지 않도록 주의(단위 확인)해야 한다.

⑦ 가축체중(TAM)

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘선진국’ 및 ‘아시아’지역의 배출계수를 적용한다.

[표 3.11] 가축종별 평균체중(kg)

구 분	젖소	한육우	면양	산양	말	돼지	산란계
TAM	350	319	48.5	38.5	377	28	1.8
구 분	육계	기타 닭	오리	칠면조	거위	사슴	토끼
TAM	0.9	제시되지 않음	2.7	6.8	제시되지 않음	120	1.6

나. 대안

① 제시되지 않은 분뇨관리에서의 CH_4 배출계수($EF_{(T)}$) 추정

2006 IPCC G/L에는 ‘기타 닭’ 및 ‘거위’의 CH_4 배출계수 기본값이 제시되지 않았으므로 배출량 산정을 위해 추정 값을 사용하도록 한다.

- 기타 닭 : ‘기타 닭(종계 등)’은 정확한 사육 용도를 알 수 없으므로 ‘산란계’ 및 ‘육계’의 평균값을 적용하도록 한다.
- 거 위 : ‘거위’는 ‘오리’와 동일한 ‘기러기목 오리과’의 가금류이며, 따라서 ‘오리’의 값을 적용하도록 한다. ‘거위’의 배출계수를 ‘1.3.가.③’에 제시된 방법을 통하여 추정하지 않는 것은, 추정 시 필요한 ‘거위의 체중’ 기본값이 IPCC G/L에 제시되지 않았기 때문이다.

② 제시되지 않은 질소 배출률(N_{rate}) 추정

2006 IPCC G/L에는 '기타 닭', '거위' 및 '사슴'의 N_{rate} 값이 제시되지 않았으므로 배출량 산정을 위해 추정값을 사용하도록 하며, '기타 닭' 및 '거위'의 추정 방법은 $EF_{(T)}$ 와 동일하다..

- 사슴 : '사슴'의 경우 동일한 소화기관 형태를 갖춘 '반추동물' 중 평균체중이 가장 근접한 '면양'의 값을 적용하도록 한다.

③ 제시되지 않은 평균체중(TAM) 추정

2006 IPCC G/L에는 '기타 닭' 및 '거위'의 TAM 값이 제시되지 않았으므로 배출량 산정을 위해 추정값을 사용하도록 하며, 추정 방법은 $EF_{(T)}$ 와 동일하다.

[표 3.12] 제시되지 않은 질소 배출률(N_{rate}) 및 평균체중(TAM) 추정값

구 분	기타 닭	거위	사슴
N_{rate} (kg N (1,000kg 가축체중) ⁻¹ day ⁻¹)	0.96	0.83	1.17
TAM(kg)	1.35	2.7	

다. 출처

- 기상연보, 기상청, 매년
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.10, Table 10.10
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.10, Table 10.14~15
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.10, Table 10.16
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.10, Table 10.18~19
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.10, Table 10.21
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.10, Table 10A-4~10A-9

4. 향후과제

① 지역별 배출계수 기본값의 선택

2006 IPCC G/L에 제시된 배출계수 기본값은 '북아메리카', '서유럽', '아프리카', '아시아' 등 9개 지역으로 구분 제시되어있다.

본 지침에는 배출계수 선택의 혼란을 방지하기 위하여 '아시아'지역의 배출계수를 통일하여 적용하도록 작성되었으나, '우유 생산량', '에너지 섭취량' 등 다양한 요소를 고려하였을 경우, 국내는 '아시아' 배출계수 보다는 '북아메리카' 또는 '서유럽' 배출계수가 오히려 더 적합하다. 다만 Tier1 수준에서 지역별 배출계수 선택을 위한 확실한 기준을 설정하기 힘들며, 가축 종에 따라 각각에 가장 적합

한 지역별 배출계수를 선택⁹³⁾해야 하는 문제는 보다 심도 있는 논의를 통해 해결되어야 하는 과제이므로 현재는 ‘아시아’지역의 배출계수를 통일하여 적용하도록 한다.

향후 보다 높은 Tier 수준을 적용할 경우에는 위에서 언급한 다양한 요소들(우유 생산량, 에너지 섭취량 등)을 고려해야 하므로 국내 실정에 가장 적합한 배출계수를 선택하도록 해야 한다.

② 분뇨관리시스템(MS) 자료의 확보

현재 본 지침에는 MS 선택에 있어 Tier1 수준에 적합한 IPCC 기본값을 적용하였지만, IPCC에 제시된 기본값과 국내 분뇨관리시스템은 현실적으로 차이가 발생한다.

분뇨관리시스템은 국가단위 뿐만 아니라 지역단위에서도 차이가 발생하며, 보다 정확하고 신뢰도 있는 배출량 산정을 위해서는 지역별 MS자료를 확보해야 한다. 다만 아직까지 지역별 MS에 대한 국내통계자료가 부족한 상태이며, 지자체별 내부 자료로서 구축된 통계가 있다고 해도, 그 체계나 기준, 수준 등의 차이로 온실가스 배출량 산정 시 지역별로 일관성 있는 자료를 적용하기는 힘들 것으로 판단된다.

따라서 향후 Tier 수준을 높이기 위해서는 지역별로 일관성이 있고, IPCC G/L에 제시된 산정방법에 적용할 수 있도록 체계가 동일한 MS통계 작성이 필요하다.

③ ‘가금류’의 배출계수 선택

국내 가금류의 분뇨는 수분이 적어 전량 퇴비화 처리되는 것으로 알려져 있으며, 이에 따라 배출계수 선택 시 ‘건식’ 배출계수를 적용하였다. 하지만 실질적으로 가금류 분뇨 처리 시 수분을 주입하는 경우도 있다.

또한 ‘산란계’는 사육될 당시의 환경을 고려하여 ‘Poultry manure without litter’ 계수를 적용하였으나, 퇴비화 과정에서 ‘litter’가 추가되는 경우도 있다.

위에 언급한 내용들은 가금류의 배출계수 선택 시 모두 고려되어야 하나, 처리량 또는 비율 등과 같은 자료가 이용 가능하지 않기 때문에 사실상 구분하기 힘들며, 보다 신뢰성 있는 온실가스 배출량 산정을 위해서는 지역별, 시설별로 조사가 수행되어야 한다.

④ 가축통계의 ‘닭’ 사육두수의 누락사항

가축통계의 제시된 ‘닭’ 사육두수는 2006년부터 3,000수 이상 사육가구를 대

93) 예를 들어 ‘젓소’ 및 ‘한육우’의 배출계수는 ‘북아메리카’지역의 배출계수가 가장 적합하며, ‘돼지’의 경우 ‘서유럽’지역의 배출계수가 적합하다.

상으로만 실시되었으며, 3,000수 미만 사육가구수와 마리수는 제외되었다. 향후 보다 정확한 인벤토리 작성을 위해서는 3,000수 미만 사육가구의 자료에 대해서도 조사가 필요하다.

III. 3B1a(임지로 유지되는 임지)

〈3B 공통사항〉

① 토지이용 자료 확보를 위한 ‘접근법’의 선택

3B 산정을 위해 필요한 토지이용 자료 확보 방법은 다음과 같이 구분된다.

- 접근법1 : 전체 토지이용 현황 자료만 이용 가능하고, 토지이용 간 변화에 대한 자료는 이용 불가능할 경우
- 접근법2 : 카테고리 간 변화를 포함한 총 토지이용면적 자료가 이용 가능한 경우
- 접근법3 : 공간명시적 토지이용 변화 자료가 이용 가능한 경우

높은 접근법 일수록 그 정확도 및 신뢰도 역시 높아지지만, 본 지침에서는 가장 낮은 단계인 ‘접근법1’을 적용한 산정 방법을 제시하였다. 이는 현재 구축된 국내 통계 수준 및 이용의 용이성 때문이며, 향후 위성영상, 토지피복 등 접근법3을 적용할 수 있는 통계가 시계열에 따라 지역별로 구축된다면 보다 정확한 배출량 산정이 가능할 것이다.

접근법1의 방법은 지목(토지이용면적)의 순 변화만을 이용하여 추정되며, 각 지목의 변화면적은 지정된 두 시점의 차이로 계산 된다. 예를 들어 농경지에 속하는 ‘과수원’의 면적이 20년전 100ha에서 현재 150ha로 증가했다면, 증가한 50ha는 카테고리 3B2b(농경지로 전환된 토지)에 속할 것이며, 나머지 100ha는 카테고리 3B2a(농경지로 유지되는 농경지)에 속할 것이다. 만약 과수원 면적이 20년전 100ha에서 현재 80ha로, 20ha 감소했다면, 3B2b에 속하는 면적은 없으며, 80ha 전체가 3B2a에 속할 것이다.

② 행정구역 범위의 설정

‘①’에 따라 20년의 토지이용 자료를 이용할 경우 중간에 신설되거나 승격된 지자체(예를 들어 인천, 광주, 울산, 대구 등)에 대해서는 행정구역이 새로 구분되기 이전의 토지이용 자료 사용이 불가능한 경우가 발생한다. 이러한 경우 해당 지자체의 ‘현재’ 행정구역 범위를 20년 전까지의 토지이용 자료에 대입하여 산정하여야 한다.

예를 들면 ‘인천광역시’로 승격되기 이전의 토지이용 자료는 경기도의 ‘인천시’ 자료를 사용해야 하며, 경기도의 경우 ‘인천시’의 자료를 처음부터 제외한 후 배출량을 산정해야 한다. 현재의 인천광역시가 되기까지는 ‘인천시’ 뿐만 아니라 다른 기초지자체(읍·면·동 단위까지)도 편입되었을 수 있으나, 본지침에서는 ‘인천시’ 외의 기초지자체는 고려하지 않도록 한다. (‘XIII.4.⑤’ 참조)

③ 카테고리 분류가 불가능한 항목의 온실가스 흡수/배출량 산정

접근법1을 적용할 경우 가장 큰 문제로 제시되는 것이 바로 다른 카테고리로 전환된 토지에서의 온실가스 흡수/배출량 산정이다. 전환된 토지에서의 온실가스 흡수/배출량을 산정하기 위해서는 전환되기 이전의 토지가 어떠한 용도로 사용되었는지에 대한 정보가 필요하다. 예를 들어 ‘임지’로 변경된 토지에서의 ‘토양탄소 변화량’을 산정하기 위해서는 임지로 변경되기 이전에 ‘농경지’ 또는 ‘초지’ 등으로 이용되었다는 정보가 있어야 카테고리를 분류하여 탄소 변화량을 산정할 수 있다.

접근법 1을 적용할 경우 카테고리 분류가 불가능한 항목은 다음과 같다.

- $\Delta C_{\text{CONVERSION}}$ (토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 축적 초기 변화량)
- $\Delta C_{\text{Mineral}}$ (무기토양에서의 연간 유기탄소 축적 변화량)
- $\Delta C_{\text{DOM_LOSS}}$ (토지용도 전환에 따른 고사유기물의 탄소 손실량)

위에 제시된 항목은 카테고리 분류 없이 통합하여 산정해야 하며, 이에 대한 산정방법은 ‘XIII.통합 산정 항목’에서 다루도록 하겠다.

④ Land 부문(3B)의 온실가스 흡수/배출량 보고

‘③’와 같은 이유로, 접근법1을 적용할 경우 3B이하의 세부 카테고리를 분류하여 보고하는 것은 불가능하다. 따라서 Land 부문의 온실가스 흡수/배출량 보고는 세부 카테고리 분류 없이 ‘3B’로 통합하여 보고한다.

⑤ ‘유기토양’의 탄소 변화량 산정

토양은 크게 무기토양 및 유기토양으로 구분된다. 그중 유기토양은 USDA 분류법 중 ‘Histosol’이 속하며, 국내에는 거의 존재하지 않는다.⁹⁴⁾

따라서 토양탄소 축적 변화량 산정 시 유기토양은 제외하며, 무기토양에서의 유기탄소 변화량만 고려하도록 한다.

⑥ 바이오매스 탄소 손실량 산정시 필요한 활동자료의 카테고리 분류

연간 바이오매스 탄소 손실량 산정시 필요한 활동자료는, ‘토지용도의 변화

가 없는 토지(동일한 카테고리로 유지되는 토지)'에서의 바이오매스 손실요인 및 '토지용도의 변화가 발생한 토지(다른 카테고리로 전환된 토지)'에서의 바이오매스 손실요인으로 구분된다. 예를 들어 산불이 발생했을 경우, 발생한 지역이 20년 이상 유지된 식생으로 분포가 되어 있었다면, 산불면적 활동자료는 '3B1a(임지로 유지되는 임지)'에서 사용되어야 할 것이며, 20년 이하의 식생으로 분포가 된 지역이라면 '3B2b(임지로 전환된 토지)'에서 사용되어야 할 것이다. 하지만 접근법1을 사용하여 토지이용 자료를 확보했을 경우에는 이러한 구분이 불가능하며, 이에 2006 IPCC G/L에 따라 바이오매스 탄소 손실은 모두 '동일한 카테고리로 유지되는 토지(토지용도의 변화가 없는 토지)'에서 산정하도록 한다.

⑦ 탄소(C)의 CO₂ 전환(3C 포함)

2006 IPCC G/L 산정식은 대부분 CO₂가 아닌 탄소량을 산정하도록 되어있다. 따라서 CO₂량을 산정/보고 하기 위해서는 산정된 탄소량에 분자량 비율(44/12)을 곱해야 한다.

⑧ 지적공부등록

지적공부등록지현황은 총 28개의 지목으로 토지가 분류되어 있으나, 2006 IPCC G/L에는 총 5개의 지목으로 토지 및 카테고리가 분류되어 있다. 따라서 2006 IPCC G/L의 지목 분류에 맞춰 다음과 같이 지적공부등록지현황의 지목을 분류하여 산정해야 한다.(2006 IPCC G/L : 지적공부등록지현황)

- Forest : 임야(1개 지목)
- Cropland : 전, 답, 과수원(3개 지목)
- Grassland : 목장용지, 공원, 묘지(3개 지목)
- Wetlands : 하천, 구거, 유지, 양어장(4개 지목)
- Settlements : 대, 공장용지, 학교용지, 주차장, 주유소용지, 창고용지, 도로, 철도용지, 제방, 수도용지, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지(14개 지목)
- Other Land : 광천지, 염전, 잡종지(3개 지목)

지적공부등록지현황의 몇몇 지목(양어장, 주차장 등)은 과거 통계에 포함되지 않던 지목으로, 통계에 포함되기 전까지는 없던 것으로 가정한다. 이러한 지목들은 조사당시의 지목 분류에 해당되지 않아 타 지목 면적에 포함되어 있었다.

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 '임지로 유지되는 임지'에서의 CO₂ 배출/흡수량을 산정하는 카테고리로, 여기서 '임지로 유지되는 임지'라 함은, 일정기간동안(기본값은 20년) 토지용도의 전환 없이 임지로 유지된 토지를 의미하며, 2006 IPCC G/L에 따라 '관리되는 임지(경영림)'와 '관리되지 않는 임지(천연림)'로 구분하여야 한다. 다만 국내에서는 전체 산림을 산불관리 및 병해충관리의 대상으로 삼고 있으며, 사방사업·치산녹화사업·산림보호사업 등으로 전 산림을 관리대상으로 삼기 때문에 천연림은 없는 것으로 간주 한다⁹⁵⁾.

본 카테고리에서의 온실가스 흡수/배출량을 산정하기 위해서는 다음의 항목들이 고려되어야 한다.

① 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G)

바이오매스는 상당한 양의 탄소를 축적하며(특히 목본 바이오매스) 본 카테고리에서는 20년 동안 유지된 임지의 임목성장에 따른 탄소 축적 증가량을 산정한다.

② 바이오매스 탄소 손실량(ΔC_L)

용재, 연료 생산 및 산불, 병충해 등과 같은 교란으로 인한 바이오매스 탄소 손실량을 산정한다. 이러한 손실이 발생할 경우에는 지상부바이오매스 뿐만 아니라 지하부바이오매스의 감소도 함께 야기 시킨다.

③ 고사유기물의 탄소 축적 변화량(ΔC_{DOM})

2006 IPCC G/L Tier1 가정에 따르면, 임지로 유지되는 임지에서는 고사유기물의 증가와 분해가 평형을 이루며, 이로 인해 탄소 축적량의 변화는 없다. 따라서 본 항목은 산정시 제외하도록 한다.

④ 무기토양의 유기탄소 축적 변화량($\Delta C_{Mineral}$)

2006 IPCC G/L Tier1 가정에 따르면, 임지로 유지되는 임지에서는 SOC(토양 유기탄소) 변화량이 없으며, 결국 SOC의 차이는 '0'이 된다. 따라서 본 항목은 산정시 제외하도록 한다.

나. 산정원칙

94) 실제로 국립농업과학원에서 운영하는 '한국토양정보시스템'의 통계자료에 따르면 전국의 농경지, 초지, 임지의 토양성분 중 Histosol은 전체의 0.003%에 불과하다.

95) 「국가 온실가스 배출원/흡수원 평가, 에너지경제연구원, 2006」에서 발췌

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙⁹⁶⁾으로 하며, 다음의 식을 사용하여 임지로 유지되는 임지에서의 바이오매스 탄소 축적 증가량 및 손실량을 산정한다.

[식 3.6] 동일한 카테고리 유지되는 토지에서의 연간 탄소 축적 변화량(획득-손실 방법)

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

ΔC_B : 연간 탄소 축적 변화량, ton C yr^{-1}
 ΔC_G : 바이오매스 탄소 축적 증가량, ton C yr^{-1}
 ΔC_L : 바이오매스 탄소 손실량, ton C yr^{-1}

[식 3.7] 연간 바이오매스 탄소 축적 증가량

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \times G_{TOTAL_{i,j}} \times CF_{i,j})$$

ΔC_G : 연간 바이오매스 탄소 축적 증가량, ton C yr^{-1}
 A : 카테고리에 해당하는 지목의 면적, ha
 G_{TOTAL} : 바이오매스의 연평균 증가량, $\text{ton d.m. ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$
 i : 생태지대,
 j : 기후지대
 CF : 바이오매스 건중량의 탄소 비율, $\text{ton C}(\text{ton d.m.})^{-1}$

[식 3.8] 바이오매스의 연평균 증가량

$$G_{TOTAL} = \sum \{G_W \times (1 + R)\}$$

G_{TOTAL} : 바이오매스의 연평균 증가량, $\text{ton d.m. ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$
 G_W : 임상별 지상부바이오매스 연평균 증가량, $\text{ton d.m. ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$
 R : 임상별 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율, $\text{ton d.m. 지하부바이오매스}(\text{ton d.m. 지상부바이오매스})^{-1}$

[식 3.9] 연간 바이오매스 탄소 손실량

$$\Delta C_L = L_{wood-removals} + L_{fuelwood} + L_{disturbance}$$

ΔC_L : 연간 바이오매스 탄소 손실량, ton C yr^{-1}
 $L_{wood-removals}$: 상업적 벌채에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량, ton C yr^{-1}
 $L_{fuelwood}$: 연료재 수집에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량, ton C yr^{-1}
 $L_{disturbance}$: 교란에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량, ton C yr^{-1}

96) 2006 IPCC G/L에 따라 고차원의 Tier를 적용할 경우 탄소 축적 변화량을 산정하는 방법은 탄소의 증가와 손실을 각각 산정하는 '획득-손실 방법(Gain-Loss Method)'과 두시점 사이의 탄소 축적량 차이를 산정하는 '비축차 방법(The Stock-Difference Method)' 중 선택하여 사용할 수 있으나, Tier1을 적용할 경우에는 이중 '획득-손실 방법'을 사용해야 한다.

[식 3.10] 상업적 벌채에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량

$$L_{wood-removals} = \{H \times BCEF_R \times (1+R) \times CF\}$$

$L_{wood-removals}$: 상업적 벌채에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량, $ton\ C\ yr^{-1}$

H : 연간 상업적 벌채량, 원목, $m^3\ yr^{-1}$

$BCEF_R$: 바이오매스 전환/확장계수, ton 바이오매스 손실량(m^3 감소) $^{-1}$

R : 임상별 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율, $ton\ d.m.$ 지하부바이오매스($ton\ d.m.$ 지상부바이오매스) $^{-1}$

CF : 바이오매스 건중량의 탄소 비율, $ton\ C(ton\ d.m.)^{-1}$

[식 3.11] 연료재 수집에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량

$$L_{fuelwood} = [\{FG_{trees} \times BCEF_R \times (1+R)\} + FG_{parts} \times D] \times CF$$

$L_{fuelwood}$: 연료재 수집에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량, $ton\ C\ yr^{-1}$

FG_{trees} : 임목 전체에 대해 연료재 수집으로 연간 손실된 부피, $m^3\ yr^{-1}$

$BCEF_R$: 바이오매스 전환/확장계수, ton 바이오매스 손실량(m^3 감소) $^{-1}$

R : 임상별 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율, $ton\ d.m.$ 지하부바이오매스($ton\ d.m.$ 지상부바이오매스) $^{-1}$

FG_{part} : 임목 일부분에 대해 연료재 수집으로 연간 손실된 부피, $m^3\ yr^{-1}$

D : 임목밀도, $ton\ d.m.\ m^{-3}$

CF : 바이오매스 건중량의 탄소 비율, $ton\ C(ton\ d.m.)^{-1}$

연료재 수집에 따른 연간 바이오매스 탄소 감소량 산정 시 활동자료로 사용되는 FG_{trees} 와 FG_{part} 는 모두 ‘부피’단위이며, 이러한 부피단위를 ‘질량’단위로 환산하기 위해 사용되는 계수가 $BCEF_R$ 과 D 이다. 다만 국내의 연료재 생산량 통계(FG_{trees} : 흑탄, 백탄, 장작, FG_{part} : 지엽)는 이미 질량단위로 작성이 되기 때문에, $BCEF_R$ 과 D 를 고려할 필요가 없으며, 산정 시 중복 계산되지 않도록 주의(단위 확인)해야 한다.

[식 3.12] 교란에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량

$$L_{disturbance} = \{A_{disturbance} \times B_W \times (1+R) \times CF \times fd\}$$

$L_{disturbance}$: 교란에 따른 연간 바이오매스 탄소 손실량, $ton\ C\ yr^{-1}$

$A_{disturbance}$: 교란의 영향을 받는 면적, ha

B_W : 교란의 영향을 받는 면적당 지상부바이오매스 평균, $ton\ d.m.\ ha^{-1}$

R : 임상별 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율, $ton\ d.m.$ 지하부바이오매스($ton\ d.m.$ 지상부바이오매스) $^{-1}$

CF : 바이오매스 건중량의 탄소 비율, $ton\ C(ton\ d.m.)^{-1}$

fd : 교란에 따른 바이오매스 손실 비율

2. 활동자료

가. 적용원칙

① 임지로 유지되는 임상별 임지면적(A)

‘임지로 유지되는 임상별 임지면적(A)’은 [식 3.7]에서 사용되며, ‘임업통계연보’에서 확인 가능하다. 임업통계연보 외에도 ‘국가통계포털’ 및 ‘농림통계연보’에서 동일한 자료를 이용할 수 있다.

임상별 임지면적은 ‘침엽수’, ‘활엽수’ 및 ‘혼효림’의 면적을 각각 구해야 하며, 그 외의 임지(죽림, 무림목지 등)는 산정시 포함되지 않는다. 또한 각 임상별 유지되는 임지면적을 구하기 위해 인벤토리 산정 당해연도와 20년 전의 면적을 고려해야한다(3B 공통사항의 ‘접근법1’ 참조)

만약 임상별 임지면적 통계자료가 지자체별 소유 임지면적 및 국립산림과학원(임업연구원), 임목육종연구소, 산림청 산하기관(영림서, 관리청), 국립수목원 등 국가기관에서 소유한 임지면적까지 구분이 되어있고, 온실가스 흡수/배출량을 산정하고자 하는 지역에 위치한 기관이 하나 이상 있다면, 기관이 소유한 임지면적을 산정시 포함시켜야 한다. 예를 들어 확보한 소유별 임지면적 통계자료가 지자체 및 국가기관까지 구분이 되어있고, 이를 사용하여 강원도 지역의 온실가스 흡수/배출량을 산정한다면, ‘중부영림서’에서 관리하는 임지면적은 중부영림서가 위치한 강원도 지역 임지면적에 포함시켜야 한다.

각 기관이 위치한 지역별/임상별 임지면적은 ‘국가통계포털’에서 확인 가능하다.

② 연간 상업적 벌채량(H)

‘연간 상업적 벌채량(H)’은 [식 3.10]에서 사용되며, ‘임산물생산통계’의 ‘용재’⁹⁷⁾ 생산량 자료를 사용한다. ‘상업적 벌채량’이란 인간 활동을 위해 상업적 용도로 벌채된 목재(용재)를 의미하며, ‘개벌, 솜아베기’ 등 산림의 건강을 위해 행해지는 벌채는 여기에 포함되지 않는다.

만약 상업적 벌채량 통계자료가 ‘①’에서 언급한 것처럼 지자체 및 국가기관으로 구분이 되어있다면, 각 기관에서 생산한 용재는 기관이 위치한 지역의 상업적 벌채량에 포함되어야 한다.

③ 연료재 생산량(FG_{trees} , FG_{part})

‘연료재 생산량(FG_{trees} , FG_{part})’은 연료로 사용되는 목재를 의미하며, ‘임산물생산통계’의 ‘연료’ 자료를 사용한다. 연료는 ‘흑탄, 백탄, 장작, 지엽’으로 나누어지며, 흑탄과 백탄은 가열온도에 따라 구분이 되지만, 원료(수종)에 따라서는

97) 용재 생산량은 침엽수, 활엽수, 포플러로 구분이 되며, 포플러는 활엽수에 속한다.

구분되어있지 않기 때문에 전량 ‘혼효림’으로 가정하며, 장작 및 지엽도 동일한 사유로 ‘혼효림’으로 가정한다.

만약 연료재 생산량 통계자료가 ‘①’에서 언급한 것처럼 지자체 및 국가기관으로 구분이 되어있다면, 각 기관에서 생산한 연료는 기관이 위치한 지역에 포함되어야 한다.

④ 교란의 영향을 받는 면적($A_{\text{disturbance}}$)

2006 IPCC G/L에서 정의하는 ‘교란’의 범위는 화재, 태풍, 병해충 등 산림에 영향을 미치는 모든 현상(재해)을 포함하지만, 본 지침에서는 ‘태풍’, ‘산사태’ 등에 대한 국내 통계자료가 이용 가능성에도 불구하고, ‘임업통계연보’에서 확인이 가능한 ‘산불’, ‘산림병해충’, ‘불법산림 훼손’만을 고려하도록 한다. 이는 태풍, 산사태 등이 실질적으로 산림에 어느 정도 영향을 미치는지 확인이 불가능하며, 또한 강도의 편차⁹⁸⁾도 매우 클 것이기 때문이다.

활동자료 사용시 ‘산불’ 및 ‘불법산림 훼손’의 경우 발생이후 수종 확인이 불가능하며, 통계자료역시 수종구분이 되어있지 않는 것을 감안하여 전체를 ‘혼효림’으로 가정하고, ‘산림병해충’의 경우에는 병해충에 따라 수종의 추정이 가능하며, 다음과 같이 병해충별로 임상을 구분하여 산정하도록 한다.

- 침엽수 : 솔잎혹파리, 솔껍질깍지벌레, 소나무재선충, 솔나방
- 활엽수 : 흰불나방
- 혼효림 : 기타해충

산림병해충 자료는 ‘발생면적’이 아닌 ‘방제면적’을 사용하지 않도록 주의해야 한다.

‘교란면적’ 역시 ‘임지면적’과 동일하게 지자체 및 국가기관으로 구분이 되어있다면, 각 기관에서 발생한 교란은 기관이 위치한 지역에 포함되어야 하며, ‘민통선⁹⁹⁾’에서 발생한 산불은 산정시 제외하도록 한다.

나. 대안

① 국가기관에서 생산한 임산물(용재, 연료재) 및 교란 발생면적의 지역 구분

국가기관에서 생산한 임산물 및 교란 발생면적은 국가통계포털에서 이용 가능한 기관별/임상별 임지면적과 달리 세부 지역(기초지자체 단위)으로 구분이 되어있지 않다. 따라서 지역구분이 불가능할 경우에는, 기관별/임상별 임지면적을

98) 어찌면 강도가 약한 태풍이나 산사태는 임지에서의 온실가스 배출/흡수량을 산정하기 위한 주요 척도인 ‘바이오매스’에 전혀 영향을 미치지 않을 수 있으며, 이러한 경우 바이오매스 손실은 없다고 판단해도 무방하다.

99) 비무장지역 밖 남북한계선을 경계로 남쪽에 위치한 민간인 통제구역

비율로 전환하여, 임산물 생산량 및 교란 면적에 적용하도록 한다. 예를 들어 북부관리청에서 관리하는 임지면적이 100ha이고 북부관리청에 속하는 서울관리소에서 관리하는 임지면적이 10ha이면 서울관리소에서 관리하는 임지면적 비율은 10%이며, 이 비율을 북부관리청에서 생산한 임산물 및 교란 발생면적에 적용하여, 산정된 값을 서울지역 임산물 생산량 및 교란 면적에 포함시킨다.

② 임상별 임지면적의 행정구역 구분

‘3B 공통사항 ②’와 마찬가지로 지목별 면적뿐만 아니라, 임상별 임지면적 역시 중간에 편입되거나 승격된 지자체를 고려해야 한다. 단, 지적공부등록대장에는 지목별 면적이 기초지자체 단위까지 나와 있어, 광역지자체로 승격되기 이전의 면적을 파악할 수 있으나, 임업통계연보의 임상별 임지면적은 광역단위로 제시되어 있어 광역지자체로 승격되기 이전의 면적을 파악할 수가 없다. 이러한 경우 승격되기 이전의 면적은 지적공부등록대장에 제시된 지목 중 ‘임야’면적을 이용하여 추정하여야 한다.

예를 들어 ‘울산광역시’로 승격되기 이전의 ‘울산시’의 임상별 임지면적은, 지적공부등록대장의 ‘경상북도’ 임야면적과 ‘울산시’의 임야면적 비율을 ‘경상북도’ 임상별 임지면적에 적용하여 추정한다. 만약 지적공부등록대장의 ‘경상북도’ 임야면적에 대한 ‘울산시’ 임야면적 비율이 10%라고 한다면, 임업통계연보의 ‘경상북도’ 임상별 임지면적 중 10%가 ‘울산시’ 면적이라는 것이다. 비율(10%)을 적용할 때에는 침엽수, 활엽수, 혼효림에 각각 적용해야 하며, ‘경상북도’에서는 ‘울산시’의 임상별 임지면적을 제외한 면적을 활동자료로 사용해야 한다.

다. 출처

- 임업통계연보, 산림청, 매년
- 농림통계연보, 농림수산식품부, 매년
- 임산물생산통계, 산림청, 매년
- 소유별/관리기관별 임상별 임야면적, 통계청(국가통계포털), 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 ‘기본값’ 적용을 원칙으로 한다.

① 임상별 지상부바이오매스 연평균 증가량(G_W)

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘온대 대륙림’지역의 배출계수를 적용한다.

[표 3.13] 지상부바이오매스 연평균 증가량(G_w)

임 상	배 출 계 수
침엽수	4.0 ton d.m.ha ⁻¹ yr ⁻¹
활엽수	
혼효림	

② 임상별 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율(R)

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘온대 대륙림’지역의 배출계수를 적용하며, R을 결정하기 위한 지상부바이오매스는 [표 3.18]을 따른다. 또한 R은 20년 이상 유지되는 임지(카테고리 3B1a)와 20년 내에 임지로 전환된 토지(카테고리 3B1b)에 따라 값이 달라지므로 바뀌어 산정되지 않도록 주의해야 한다.

[표 3.14] 임상별 지상부바이오매스에 대한 지하부 바이오매스 비율(R)

임 상	지상부바이오매스 범위(ton ha ⁻¹)	적용 카테고리	R
침엽수	50 미만	3B1b	0.40
	50 ~ 150	3B1a	0.29
활엽수	75 미만	3B1b	0.46
	75 ~ 150	3B1a	0.23
혼효림	제시되지 않음		

③ 바이오매스 건중량의 탄소 비율(CF)

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘온대’지역의 배출계수를 적용한다.

[표 3.15] 바이오매스 건중량의 탄소 비율(CF)

임 상	배 출 계 수 [ton C(ton d.m.) ⁻¹]
침엽수	0.51
활엽수	0.48
전체(혼효림)	0.47

④ 바이오매스 전환/확장계수(BCEF_R)

상업적으로 벌채된 임목에 대한 계수로서, 2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘온대’지역 계수를 적용한다. BCEF_R은 임목의 Growing Stock Level(m³)에 따라 5단계(20이하, 21~40, 41~100, 100~200, 200 초과)로 구분되며, 2006 IPCC G/L에 제시된 상업적 용도의 ‘아시아’지역 임목 Growing Stock 범위는 [표 3.16]과 같다.

[표 3.16] 상업적 용도의 임목 Growing Stock(m^3) 범위

임 상	Growing Stock(m^3)	
	최 소	최 대
침엽수	4.0	15.0
활엽수	21.0	43.0

[표 3.16]에 따라 침엽수의 Growing Stock Level은 '20이하', 활엽수는 '21~40'을 적용하며, Growing Stock Level에 따른 BCEF_R은 [표 3.17]과 같다.

[표 3.17] 바이오매스 확장/전환계수(BCEF_R)

임상 / 수종	BCEF _R [바이오매스 감소량(m^3 감소) ⁻¹]
활엽수(포플러 포함)	1.89
소나무과 ¹⁰⁰⁾	2.0
그 외 침엽수	3.33

⑤ 교란의 영향을 받는 면적당 지상부바이오매스 평균(B_W)

B_W 는 교란이 발생한 지역의 평균 지상부바이오매스를 의미하며, 2006 IPCC G/L 기본값 중 '온대 대륙림'지역의 '아시아' 값을 적용한다. B_W 는 20년 이상 유지되는 임지(카테고리 3B1a)와 20년 내에 임지로 전환된 토지(카테고리 3B1b)에 따라 값이 달라지지만 앞서 '3B 공통사항 ⑥'에서 설명했듯이, 교란은 모두 20년 이상 유지되는 임지에서 발생한다고 가정하였기 때문에 '20년 이상'의 B_W 값만을 사용하도록 한다.

[표 3.18] 지상부바이오매스 평균(B_W)

임지 유지기간	B_W [ton d.m. ha ⁻¹]
20년 이상	120
20년 이하	20

⑥ 교란에 따른 바이오매스 손실 비율(fd)

fd는 발생된 교란 형태별 전체 바이오매스에 대한 손실 바이오매스 비율을 의미하며, 2006 IPCC G/L에 제시된 '기본값' 적용을 원칙으로 한다. 또한 '불법 산림 훼손'에 대한 fd는 '산불'과 같이 임목 전체가 손실되기 때문에 산불과 같은 값을 적용한다.

[표 3.19] 교란에 따른 바이오매스 손실 비율(fd)

교란 형태	fd
산불, 불법산림 훼손	1
산림 병해충	0.3

100) 소나무, 리기다소나무, 낙엽송, 잣나무, 전나무 등

나. 대안

제시되지 않은 ‘혼효림’의 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율(R)은 지상부바이오매스 범위를 고려하여 ‘침엽수’와 ‘활엽수’의 평균값을 적용 하도록 한다.

[표 3.20] 혼효림의 (추정된)지상부바이오매스에 대한 지하부 바이오매스 비율(R)

적용 카테고리	R
3B1b	0.43
3B1a	0.26

다. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.2, Equation 2.14
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 4.3~4.5
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 4.7
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 4.11B
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 4.12

IV. 3B1b(3B1bi~3B1bv, 임지로 전환된 토지)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 ‘임지로 전환된 토지’에서의 CO₂ 배출/흡수량을 산정하는 카테고리로, 여기서 ‘임지로 전환된 토지’라 함은, 일정기간(기본값은 20년) 내에 임지로의 전환을 겪은 토지를 의미하며, 온실가스 흡수/배출량을 산정하기 위해서는 다음의 항목들이 고려되어야 한다.

① 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G)

20년 이내에 임지로의 전환을 겪은 토지의 임목성장에 따른 탄소 축적 증가량을 산정한다.

② 바이오매스 탄소 손실량(ΔC_L)

카테고리 3B1a에서 고려되었기 때문에 산정시 제외하도록 한다.

③ 고사유기물의 탄소 축적 증가량(ΔC_{DOM})

2006 IPCC G/L Tier1 가정은 전환을 겪은 직후 고사유기물의 탄소 축적량은 '0'이며, 20년 후 증가와 분해가 평형을 이룰 때까지 꾸준히(선형으로) 증가한다는 것이다. 따라서 고사유기물의 증가와 분해가 평형을 이룰 때의 탄소 축적량(최대값)을 20년으로 나누어 고사유기물의 연간 탄소 축적 증가량을 산정한다.

임지로 전환되기 이전의 토지에 존재하는 고사유기물은 전환 기간에 모두 손실되며, 이로 인한 탄소 손실량을 산정해야 하지만, 2006 IPCC G/L Tier1 가정에 따라 임지외의 토지에는 고사유기물이 존재하지 않기 때문에 고려 대상에서 제외된다.

④ 무기토양의 유기탄소 축적 변화량($\Delta C_{\text{Mineral}}$)

토지용도의 전환에 따라 무기토양의 유기탄소 축적량은 변화하지만, 산정을 위해서는 전환되기 이전의 토지용도에 대한 자료가 필요하며, 이는 접근법1을 사용했을 경우에는 확보할 수 없는 자료이다. 따라서 '3B 공통사항 ③'에서 서술했듯이, 본 항목에 대해서는 'XIII.통합 산정 항목'에서 산정하도록 한다.

⑤ 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 축적 초기 변화량($\Delta C_{\text{CONVERSION}}$)

전환 이전 토지에서의 바이오매스는 전환을 겪으며 손실되며, 2006 IPCC G/L Tier1 가정은 전환 당해연도에 이러한 바이오매스가 전부 손실된다는 것이다. 따라서 전환 이전 토지에서의 바이오매스 손실에 대한 탄소 축적 손실량을 산정해야 하나, 이를 위해서는 전환되기 이전의 토지용도에 대한 자료가 필요하며, 이는 접근법1을 사용했을 경우에는 확보할 수 없는 자료이다. 따라서 '3B 공통사항 ③'에서 서술했듯이, 본 항목에 대해서는 'XIII.통합 산정 항목'에서 산정하도록 한다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 하며, 다음의 식을 사용하여 임지로 전환된 토지에서의 온실가스 흡수량을 산정하도록 한다.

[식 3.13] 카테고리 전환된 토지에서의 연간 탄소 축적 변화량

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{\text{CONVERSION}} - \Delta C_L$$

ΔC_B : 연간 탄소 축적 변화량, ton C yr^{-1}

ΔC_G : 바이오매스 탄소 축적 증가량, ton C yr^{-1}

$\Delta C_{\text{CONVERSION}}$: 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 축적 초기 변화량, ton C yr^{-1}

ΔC_L : 바이오매스 탄소 손실량, ton C yr^{-1}

연간 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G) : [식 3.7]과 동일하다.

[식 3.14] 토지이용 전환에 따른 고사유기물 증가에 따른 탄소 축적 증가량

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_n - C_o) \times A_{on}}{T_{on}}$$

ΔC_{DOM} : 고사유기물의 탄소 축적 증가량, $t \text{ C yr}^{-1}$)

C_o : 전환 이전 토지에서의 고사유기물 탄소 축적량, $t \text{ C ha}^{-1}$

C_n : 전환 이후 토지에서의 고사유기물 탄소 축적량, $t \text{ C ha}^{-1}$

A_{on} : 전환된 면적, ha

T_{on} : 토지이용 전환에 소요되는 기간(기본값은 '20'), yr

임지외의 지목에는 고사유기물이 존재하지 않는다는 2006 IPCC G/L Tier1 가정에 따라 C_o 의 기본값은 '0(Zero)'이 된다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

① 임지로 전환된 임상별 임지면적(A)

‘임업통계연보’의 당해연도 임상별(침엽수, 활엽수, 혼효림) 임지면적과 20년 전 면적을 고려하여 임지로 전환된 임상별 임지면적을 산정하여 적용한다.(3B 공통사항의 ‘접근법1’ 참조) 20년 동안 증가한 면적이 있을 경우에 해당되며, 만약 임상별 면적이 모두 동일하거나 감소하였을 경우에는 본 카테고리에서 산정할 항목은 없다.

② 고사유기물 증가량 산정을 위한 전환 면적(A_{on})

‘①’과 동일한 활동자료를 사용한다.

나. 출처

- 임업통계연보, 산림청, 매년
- 농림통계연보, 농림수산물부, 매년
- 소유별/관리기관별 임상별 임야면적, 통계청(국가통계포털), 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 ‘기본값’ 적용을 원칙으로 한다.

① 임상별 지상부바이오매스 연평균 증가량(G_w)

[표 3.13]과 동일하다.

② 임상별 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율(R)

[표 3.14]와 동일하다.

③ 바이오매스 건중량의 탄소 비율(CF)

[표 3.15]와 동일하다.

④ 전환 이후 토지에서의 고사유기물 탄소 축적량(C_n)

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값중 '온대/습윤'지역의 계수를 적용한다.

[표 3.21] 성숙림에서의 낙엽 탄소 축적량

임 상	성숙림에서의 낙엽 탄소 축적량[t C ha ⁻¹]
침엽수	22
활엽수	13
혼효림	제시되지 않음

고사유기물은 크게 '낙엽'과 '고사목'으로 구분이 되지만, 2006 IPCC G/L에는 '낙엽'에 대한 배출계수 기본값만 제시되어 있으며, '고사목'에 대한 기본값은 현재 이용이 불가능하기 때문에 산정시 낙엽만 고려하도록 한다.

나. 대안

제시되지 않은 혼효림에서의 낙엽 탄소 축적량은 '침엽수'와 '활엽수'의 평균값 (17.5 t C ha⁻¹)을 적용하도록 한다.

다. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 4.3~4
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 4.7
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 4.12
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 2.2

V. 3B2a(농경지로 유지되는 농경지)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 '농경지로 유지되는 농경지'에서의 CO₂ 흡수량을 산정하는 카테고리로, 여기서 '농경지로 유지되는 농경지'라 함은, 일정기간동안(기본값은 20년) 토지용도의 전환 없이 농경지로 유지된 토지를 의미한다.

농경지는 크게 일년생(전, 답)과 영년생(과수원)으로 구분되며, 본 카테고리에서는 영년생만 고려하도록 한다. 일년생의 경우에는 2006 IPCC G/L에 따라 일년생 작물이 처음 심어지는 해에만 고려되며, 그 다음해부터는 바이오매스의 증가와, 수확 등으로 인한 바이오매스의 손실이 평형을 이루어 실질적인 증가는 없다고 가정되기 때문이다.

본 카테고리에서의 온실가스 흡수량을 산정하기 위해서는 다음의 항목들이 고려되어야 한다.

① 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G)

20년 동안 유지된 과수원의 임목성장에 따른 탄소 축적 증가량을 산정한다.

② 바이오매스 탄소 손실량(ΔC_L)

바이오매스의 손실은 농경지내의 화재로 인해 발생 될 수 있으나, 현재 국내에 이용이 용이한 통계자료가 없으므로 산정시 제외하도록 한다. 이에 대한 자세한 내용은 'XIII.4.②'에서 서술하도록 하겠다.

③ 고사유기물의 탄소 축적 변화량(ΔC_{DOM})

2006 IPCC G/L Tier1 가정에 따라, 농경지내에 존재하는 고사유기물은 없기 때문에 산정시 제외하도록 한다.

④ 무기토양의 유기탄소 축적 변화량($\Delta C_{Mineral}$)

2006 IPCC G/L Tier1 가정에 따라, 농경지로 유지되는 농경지에서는 SOC(토양 유기탄소) 변화량이 없으며, 결국 SOC의 차이는 '0'이 된다. 따라서 산정시 제외하도록 한다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 하며, 다음의 식을 사용하여 농경지로 유지되는 농경지에서의 바이오매스 탄소 증가량을 산정한다.

[식 3.15] 농경지에서의 연간 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G)

$$\Delta C_G = A \times G_c$$

ΔC_G : 연간 바이오매스 탄소 축적 증가량, $t\ C\ yr^{-1}$

A : 카테고리에 해당하는 지목의 면적, ha

G_c : 면적당 연간 바이오매스 탄소 축적 증가량, $t\ C\ ha^{-1}\ yr^{-1}$

위의 식은 2006 IPCC G/L에 제시된 배출계수 '기본값'을 적용할 수 있도록, [식 3.7]을 변형한 것이다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리의 온실가스 흡수량 산정시 필요한 활동자료는 ‘과수원’ 면적이다. 이는 ‘지적공부등록지현황’에서 확인 가능하며, 인벤토리 산정 당해연도와 20년 전의 면적을 고려해야한다.(3B 공통사항의 ‘접근법1’ 참조)

나. 출처

- 지적공부등록지현황, 국토해양부, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 ‘기본값’ 중 ‘온대 습윤’지역의 배출계수 적용을 원칙으로 한다.

[표 3.22] 농경지 작물 형태에 따른 면적당 연간 바이오매스 탄소 증가량(G_C)

작물 형태	G_C ($t\ C\ ha^{-1}\ yr^{-1}$)
일년생(전/답)	5.0 (카테고리 3B2a에서 사용)
영년생(과수원)	2.1

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 5.1
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 5.9

VI. 3B2b(3B2bi~3B2bv, 농경지로 전환된 토지)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 ‘농경지로 전환된 토지’에서의 CO_2 흡수량을 산정하는 카테고리로서, 여기서 ‘농경지로 전환된 토지’라 함은, 일정기간(기본값은 20년) 내에 농경지로의 전환을 겪은 토지를 의미한다.

여기서 주의할 점은 농경지로 분류되는 영년생(과수원)의 경우에는 20년을 고려해야 하지만, ‘V.1.가’에서 설명했듯이, 일년생(전, 답)의 경우에는 작물이

처음 심어지는 해(1차년도)에만 고려되며, 그 다음해(2차년도)부터는 바이오매스의 증가와, 수확 등으로 인한 바이오매스의 손실이 평형을 이루어 실질적인 증가는 없기 때문에, 인벤토리 산정 당해연도와 바로 전년도의 차이(1년)를 고려해야 한다는 것이다.

본 카테고리에서의 온실가스 흡수량을 산정하기 위해서는 다음의 항목들이 고려되어야 한다.

① 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G)

20년 이내에 과수원으로 전환을 겪은 토지의 임목성장에 따른 탄소 축적 증가량 및 당해연도에 전/답으로 전환을 겪은 토지의 바이오매스에 따른 탄소 축적량을 산정한다.

② 바이오매스 탄소 손실량(ΔC_L)

‘V.1.가.②’와 동일한 이유로 산정시 제외하도록 한다.

③ 고사유기물의 탄소 축적 변화량(ΔC_{DOM})

‘V.1.가.③’과 동일한 이유로 산정시 제외하도록 한다.

④ 무기토양의 유기탄소 축적 변화량($\Delta C_{Mineral}$)

‘IV.1.가.④’와 동일하다.

⑤ 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 축적 초기 변화량($\Delta C_{CONVERSION}$)

‘IV.1.가.⑤’와 동일하다.

나. 산정원칙

[식 3.13]과 동일하다.

· 연간 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G) : [식 3.15]와 동일

2. 활동자료

가. 적용원칙

① 과수원으로 전환된 과수원면적

‘지적공부등록지현황’의 당해연도 과수원 면적과 20년 전 면적을 고려하여 과수원으로 전환된 면적을 산정하여 적용한다.(3B 공통사항의 ‘접근법1’ 참조) 20년 동안 증가한 면적이 있을 경우에 해당되며, 만약 과수원 면적이 동일하거나 감소하였을 경우에는 과수원에 대하여 본 카테고리에서 산정할 항목은 없다.

② 전/답으로 전환된 전/답 면적

‘지적공부등록지현황’의 당해연도 전/답 면적과 전년도 면적을 고려하여 전/답으로 전환된 면적을 산정하여 적용한다.(3B 공통사항의 ‘접근법1’을 참조하며, 전과 답을 구분하여 각각 산정하여야 한다.) 전년도와 비교하여 증가한 면적이 있을 경우에 해당되며, 만약 전/답 면적이 모두 동일하거나 감소하였을 경우에는 본 카테고리에서 산정할 항목은 없다.

나. 출처

- 지적공부등록지현황, 국토해양부, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

‘표 3.22’와 동일하다.

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 5.1
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.4, Table 5.9

VII. 3B3a(초지로 유지되는 초지)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 ‘초지로 유지되는 초지’에서의 CO₂ 배출/흡수량을 산정하는 카테고리로, 여기서 ‘초지로 유지되는 초지’라 함은, 일정기간동안(기본값은 20년) 토지용도의 전환 없이 초지로 유지된 토지를 의미한다.

초지는 일반적으로 다년생 초본식생으로 피복되어 있으며, 지목상 ‘목장용지’, ‘공원’ 및 ‘묘지’가 초지에 해당된다. 초지에는 약간의 임목이 존재할 수 있으나, 그 양은 초본식생에 비해 매우 미미(면적 기준)할 것이며, 활동자료로 사용되는 ‘지적공부등록지현황’에서는 구분이 불가능하기 때문에 본 지침에서는 초지의 전체가 다년생 초본식생으로 피복되어 있다고 가정하여 온실가스 흡수/배출량을 산정할 것이다.

또한 초지는 2006 IPCC G/L Tier1 가정에 따라 초지로의 전환 첫해에 바

이오매스가 안정상태에 도달¹⁰¹⁾하기 때문에, 비록 20년을 고려하여 카테고리를 구분한다 하더라도 전환 첫째 이후 바이오매스 증가와 손실로 인한 변화량은 고려되지 않는다. 이는 농경지의 일년생 작물과 동일한 내용이며, 온실가스 흡수/배출량을 산정하기 위한 기본적 이론(활동자료 확보방법 등)도 동일하다. 따라서 농경지의 일년생 작물과 마찬가지로 본 카테고리에서 산정할 항목은 없다.

VIII. 3B3b(3B3bi~3B3bv, 초지로 전환된 토지)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 ‘초지로 전환된 토지’에서의 온실가스 흡수량을 산정하는 카테고리로서, ‘VII.1.가’에서 설명했듯이 초지로 전환된 당해연도만 고려되며, 그 다음해부터는 바이오매스의 증가와 손실이 평형을 이루기 때문에, 인벤토리 산정 당해연도와 바로 전년도 차이(1년)를 고려해야 한다.

본 카테고리에서의 온실가스 흡수/배출량을 산정하기 위해서는 다음의 항목들이 고려되어야 한다.

① 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G)

당해연도에 초지로의 전환을 겪은 토지의 바이오매스에 따른 탄소 축적량을 산정한다.

② 바이오매스 탄소 손실량(ΔC_L)

바이오매스의 손실은 초지내의 화재로 인해 발생 될 수 있으나, 현재 국내에 이용이 용이한 통계자료가 없으므로 산정시 제외하도록 한다. 이에 대한 자세한 내용은 ‘XIII.4.②’에서 서술하도록 하겠다.

③ 고사유기물의 탄소 축적 변화량(ΔC_{DOM})

2006 IPCC G/L Tier1 가정에 따라, 초지 내에 존재하는 고사유기물은 없기 때문에 산정시 제외하도록 한다.

④ 무기토양의 유기탄소 축적 변화량($\Delta C_{Mineral}$)

‘IV.1.가.④’와 동일하다.

⑤ 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 축적 초기 변화량($\Delta C_{CONVERSION}$)

¹⁰¹⁾ 초본식생의 바이오매스 증가는 화재, 분해, 방목 가축의 섭취 등으로 인한 바이오매스 손실로 상쇄되어 결국 평형에 도달한다.

‘IV.1.가.⑤’와 동일하다.

나. 산정원칙

[식 3.13]과 동일하다.

- 연간 바이오매스 탄소 축적 증가량(ΔC_G) : [식 3.7]과 동일하다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

‘지적공부등록지현황’의 ‘목장요지’, ‘공원’ 및 ‘묘지’ 3개 지목에 대한 당해년도 면적과 전년도 면적을 고려하여 초지로 전환된 면적을 산정한다.(3B 공통사항의 ‘접근법1’을 참조하며, 3개의 지목을 구분하여 각각 산정하여야 한다.) 전년도와 비교하여 증가한 면적이 있을 경우에 해당되며, 만약 3개 지목의 면적이 모두 동일하거나 감소하였을 경우에는 본 카테고리에서 산정할 항목은 없다

나. 출처

- 지적공부등록지현황, 국토해양부, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 ‘기본값’ 중 ‘온대/습윤’지역 배출계수 적용을 원칙으로 한다.

[표 3.23] 초지에서의 바이오매스 탄소 축적 증가량 산정을 위한 배출계수(G_W , R , CF),

지상부바이오매스 증가량 (G_W)	지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율(R)	바이오매스 건중량의 탄소 비율(CF)	총 바이오매스 증가량 (G_{TOTAL}) ¹⁰²⁾
2.7 t d.m. ha ⁻¹ yr ⁻¹	4.0	0.47 t C(t d.m.) ⁻¹	13.5 t d.m. ha ⁻¹

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.6, Table 6.1
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.6, Table 6.4
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.6.3.1.4

¹⁰²⁾ 주어진 지상부바이오매스 증가량(G_W)과 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율(R)을 토대로 산정된 결과이다.

IX. 3B4a(습지로 유지되는 습지)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 관리되는 습지에서의 온실가스 배출량을 산정하는 카테고리로서 습지는 연중 또는 부분적으로 물로 포화되거나 덮여있는 지역을 의미한다. 2006 IPCC G/L에는 습지를 크게 '이탄추출을 위한 이탄습지'와 '침수지'로 구분하였으나, 국내에는 이탄습지 면적이 매우 적으며 이탄을 추출하지 않기 때문에 본 지침에서는 '침수지'에 대해서만 고려하도록 한다.

침수지는 수력생산, 관개, 운하를 위한 저수지 등을 포함하며, 자연적으로 생성된 유수는 침수지로 고려되지 않는다. 따라서 국내 지목분류 중 '하천'을 제외한 '구거', '유지', '양어장' 3개 지목에 대한 온실가스 배출량을 산정하며, 본 카테고리에서는 3개의 지목으로 유지되는 토지에 대하여 고려하도록 한다.

침수지로 유지되는 침수지는 '임지', '농경지(과수원)'가 일반적으로 기본값 20년을 고려하여 유지되는 토지와 전환된 토지를 구분한 것과 달리 '10년'을 고려하여 구분된다. 이는 침수 후에 CO₂의 빠른 배출 증가가 나타나며, 지역에 따라 차이는 있겠지만, 평균적으로 10년이 지나면 안정화 단계에 도달한다는 연구결과에 따른 것이다.

침수지에서 배출되는 온실가스는 다음과 같다.

① 침수지에서의 CO₂ 배출

침수전 존재하던 유기물질은 침수후 분해되어 CO₂로서 배출되며, 수면에서의 확산 배출과, 퇴적물에서의 기포 배출로 구분된다. 허나 Tier1 수준에서는 수면에서의 확산 배출이 CO₂ 배출의 주요 발생원인 것에 비해 퇴적물에서의 기포 배출은 그 양이 매우 미미하기 때문에 전자만 고려하도록 한다.

침수지에서의 CO₂ 배출은 위에서 설명했듯이, 10년이 지나면 안정화 단계에 도달하기 때문에 침수지로 전환된 첫 10년에 대해서만 배출량을 산정한다. 따라서 침수지로 유지되는 침수지에서의 온실가스 배출량을 산정하는 본 카테고리에서는 CO₂ 배출에 대하여 고려할 사항은 없다.

② 침수지에서의 CH₄ 배출

침수지에서는 침수 이전의 토지용도, 기후, 관리 방법 등 다양한 요인에 따라 상당한 양의 CH₄을 배출하며, CO₂ 배출과 동일하게 수면에서의 확산 배출과 기포 배출로 구분되나, Tier1 가정에서는 수면에서의 확산 배출만 고려하도록

한다.

CH₄ 배출은 침수지로 유지되는 침수지와 침수지로 전환된 토지로 구분이 되어있지만, 전자와 후자의 방법론 차이는 없다. 따라서 굳이 구분을 할 필요는 없지만, 본 지침에서는 카테고리 분류를 위하여 CO₂ 배출과 동일하게 10년을 기준으로 구분을 하도록 한다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L에는 아직까지 침수지에서의 온실가스 배출량 산정을 위한 방법론은 제시되어 있지 않으며, 미래의 온실가스 배출량 평가를 위한 대략적인 방법만 제시되어 있다. 따라서 본 지침에서는 미래의 온실가스 배출량 평가를 위한 대략적인 방법에 따라 침수지로 유지되는 침수지에서의 CH₄ 배출량을 산정하도록 한다.

[식 3.16] 침수지에서의 CH₄ 배출량

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

CH₄ Emission_{WWflood}: 침수지에서의 CH₄ 배출량, Gg CH₄ yr⁻¹
P: 해빙일수, day yr⁻¹
E(CH₄)_{diff}: 확산을 통한 일평균 배출량, kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹
A_{flood-total-surface}: 침수지 면적, ha

2. 활동자료

가. 적용원칙

① 해빙일수(P)

2006 IPCC G/L Tier1 가정은 해빙기의 확산에 의한 온실가스 배출량만 고려하며, 결빙기의 배출은 '0'으로 가정한다.

단, 침수지별 해빙일수에 대한 자료를 확보하는 것은 불가능하므로, 본 지침에서는 일평균 기온이 0℃를 초과하는 일수를 해빙일수로 가정하겠다. 관측소별 일평균 기온은 '기상청 홈페이지'를 통해 얻을 수 있으며, 지역내 관측소가 2개 이상 존재할 경우에는 관측소별 해빙일수의 평균일수를 적용하도록 한다.

② 침수지 유지되는 침수지 면적(A_{flood-total-surface})

'침수지로 유지되는 침수지 면적'은 '지적공부등록지현황'에 제시된 지목중 '구거', '유지' 및 '양어장' 면적이며, 각각의 면적에 대하여 인벤토리 산정 당해연도와 10년 전의 면적을 고려해야 한다.(3B 공통사항의 '접근법1' 참조)

나. 출처

- 관측소별 일평균 기온, 기상청 홈페이지, 매년
- 지적공부등록지현황, 국토해양부, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 '온대/습윤'지역 배출계수를 적용한다.

- $E(CH_4)_{diff} : 0.15 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.3A, Table 3A.2

X. 3B4b(3B4bi~3B4bii, 습지로 전환된 토지)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 침수지로 전환된 토지에서의 온실가스 배출량을 산정하는 카테고리로서, 침수지로 전환된 토지란, 10년 이내에 침수지로의 전환을 겪은 토지를 의미한다. 3B4a에서 설명했듯이 자연적으로 형성된 '하천'은 산정 대상에서 제외되며, Tier1 가정에 따라 수면에서 확산 배출되는 CO_2 및 CH_4 을 산정해야 한다.

나. 산정원칙

① 침수지에서의 CO_2 배출량

2006 IPCC G/L에는 CH_4 배출과 마찬가지로 CO_2 에 대하여 배출량 산정 방법론이 제시되지 않았으며, 미래의 온실가스 배출량 평가를 위한 대략적인 방법만 제시되어 있다. 따라서 본 지침에서는 미래의 온실가스 배출량 평가를 위한 대략적인 방법에 따라 침수지로 전환된 토지에서의 CO_2 배출량을 산정하도록 한다.

[식 3.17] 침수지로 전환된 토지에서의 CO₂ 배출량

$$CO_2 \text{ Emissions}_{LWflood} = P \times E(CO_2)_{diff} \times A_{flood, total-surface} \times f_A \times 10^{-6}$$

$CO_2 \text{ Emissions}_{LWflood}$: 침수지로 전환된 토지에서의 CO₂ 배출량, Gg CO₂ yr⁻¹
 P : 해빙일수, day yr⁻¹
 $E(CO_2)_{diff}$: 확산을 통한 일평균 배출량, kg CO₂ ha⁻¹ day⁻¹
 $A_{flood, total-surface}$: 침수지 면적, ha
 f_A : 10년 내에 침수지로 전환된 지역의 분율

여기서 f_A 는 전체 침수지 중에 최근 10년 내에 전환을 겪은 침수지의 면적을 구하기 위한 분율이지만, 본 지침에서 사용하는 활동자료는 10년 내에 전환을 겪은 침수지의 면적을 따로 산정하여 적용하기 때문에 f_A 의 사용은 무의미 하다. 따라서 산정시 제외하도록 하며, 만약 포함시킬 경우 '1'을 적용하여 산정한다.

② 침수지에서의 CH₄ 배출

'IX.1.나'와 동일하다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

① 해빙일수(P)

'IX.2.가.①'과 동일하다.

② 침수지로 전환된 면적($A_{flood, total-surface}$)

'지적공부등록지현황'의 당해연도 '구거', '유지' 및 '양어장' 면적과 10년 전 면적을 고려하여 침수지로 전환된 면적을 산정하여 적용한다.(3B 공통사항의 '접근법1' 참조) 각각의 면적에 대하여 10년 동안 증가한 면적이 있을 경우에 해당되며, 만약 면적이 동일하거나 감소하였을 경우에는 침수지에 대하여 본 카테고리에서 산정할 항목은 없다.

나. 출처

- 관측소별 일평균 기온, 기상청 홈페이지, 매년
- 지적공부등록지현황, 국토해양부, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘온대/습윤’지역 배출계수를 적용한다.

- $E(\text{CO}_2)_{\text{diff}} : 8.1 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$
- $E(\text{CH}_4)_{\text{diff}} : \text{IX.3.가와 동일하다.}$

나. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.2A, Table 2A.2
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.3A, Table 3A.2

XI. 3B5(3B5a~3B5bv, 주거지)

본 카테고리는 주거지에서의 온실가스 흡수/배출량을 산정하는 카테고리로서, 주거지로 유지되는 주거지에서는 Tier1 가정에 따라 온실가스 흡수/배출량을 산정할 항목은 없으며, 주거지로 전환된 토지에서는 바이오매스 탄소 축적 변화량($\Delta C_{\text{CONVERSION}}$), 고사유기물의 탄소 축적 변화량($\Delta C_{\text{DOM_LOSS}}$) 및 무기토양의 유기탄소 축적 변화량($\Delta C_{\text{Mineral}}$)을 산정해야 하나, ‘3B 공통사항’에서 설명했듯이, 이러한 항목들은 ‘XIII.통합 산정 항목’에서 통합하여 다루도록 한다.

XII. 3B6(3B6a~3B6bv, 기타 토지)

본 카테고리는 기타토지에서의 온실가스 흡수/배출량을 산정하는 카테고리로서, 기타토지로 유지되는 기타토지에서는 Tier1 가정에 따라 온실가스 흡수/배출량을 산정할 항목은 없으며, 기타토지로 전환된 토지에서는 바이오매스 탄소 축적 변화량($\Delta C_{\text{CONVERSION}}$), 고사유기물의 탄소 축적 변화량($\Delta C_{\text{DOM_LOSS}}$) 및 무기토양의 유기탄소 축적 변화량($\Delta C_{\text{Mineral}}$)을 산정해야 하나, ‘3B 공통사항’에서 설명했듯이, 이러한 항목들은 ‘XIII.통합 산정 항목’에서 다루도록 한다.

XIII. 통합 산정 항목

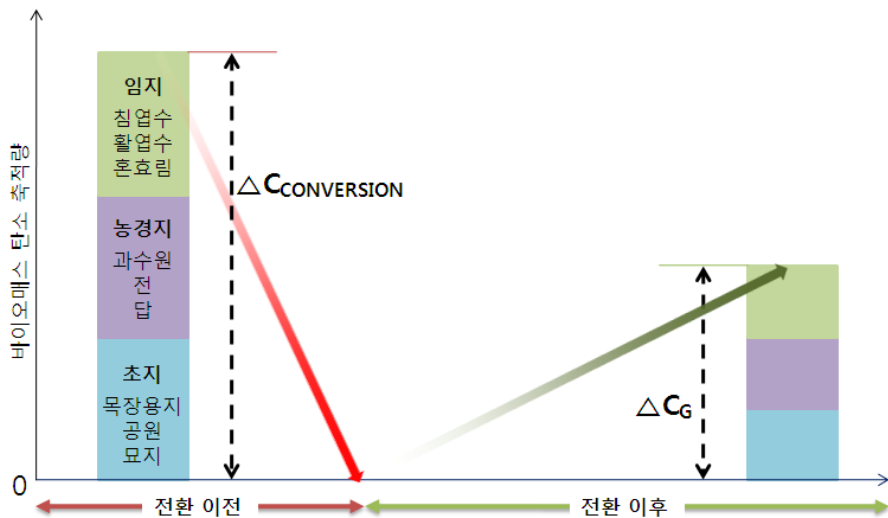
1. 방법론

가. 카테고리 정의

통합 산정 항목은 ‘3B 공통사항’에서 설명했던, 접근법 1을 적용할 경우 카테고리 분류가 불가능한 항목에 대한 온실가스 흡수/배출량 산정 방법을 제시한다.

- ① 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 손실량($\Delta C_{\text{CONVERSION}}$)

토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 손실량은 토지용도가 전환되기 이전의 토지에 존재하던 바이오매스가 전환과정에서 손실되면서 발생하는 탄소 손실량을 의미한다. 전환과정에서 바이오매스 손실은 전환기간 동안 서서히 또는 급격하게 발생할 수 있다. 다만 Tier1 수준에서는 기존 토지에 존재하던 바이오매스가 전환 당해연도에 모두 손실된다고 가정한다. 따라서 토지용도 전환 이후에는 전환 이전에 존재하던 바이오매스는 없으며, 새로운 식생으로 덮이면서 발생하는 바이오매스 축적 증가량만이 존재한다. 이러한 내용들은 토지용도 전환 이전의 토지에 대한 정보가 필요하며, 접근법 1을 사용했을 경우에는 확인이 불가능하기 때문에 카테고리(임지, 농경지, 초지)¹⁰³⁾ 구분 없이 통합하여 산정해야 한다.



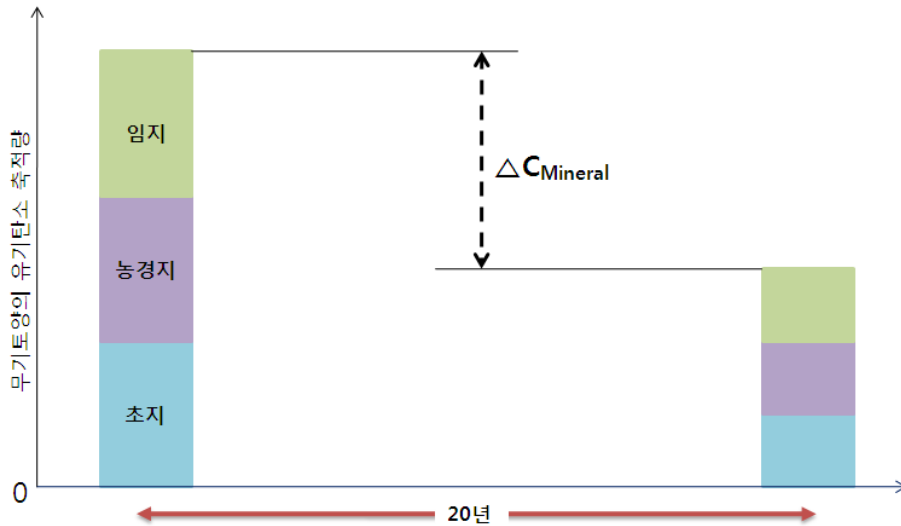
[그림 3.1] 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 축적량 변화(Tier1)

② 무기토양에서의 연간 유기탄소 축적 변화량($\Delta C_{\text{Mineral}}$)

무기토양에서의 연간 유기탄소 축적량은 토지용도의 전환에 따라 변하며¹⁰⁴⁾ 증가할 수도 손실될 수도 있다. 이는 무기토양의 유기탄소 축적량이 안정화되는 기간인 20년을 전후로 인벤토리 산정 당해연도에 무기토양에서 축적하고 있는 유기탄소량과 20년 전 무기토양에서 축적하고 있는 유기탄소량의 차이로 산정할 수 있다. 예를 들어 20년 전 80t의 유기탄소를 축적했던 임지가 현재 100t의 유기탄소를 축적한 농경지로 전환되었다고 한다면 20t의 유기탄소 축적이 증가(흡수원으로 작용)한 것이다. 다만 이러한 내용들은 토지용도 전환 이전의 토지에 대한 정보가 필요하며, 접근법1을 사용했을 경우에는 확인이 불가능하기 때문에 카테고리(임지, 농경지, 초지) 구분 없이 통합하여 산정해야 한다.

103) '습지', '주거지' 및 '기타토지'에는 Tier1 가정에 따라 토지 내에 존재하는 바이오매스는 없다.

104) 무기토양의 유기탄소 축적량은 관리형태, 유입 유기물질 등에 따라 변할 수 있지만, Tier1 수준에서는 고려되지 않는다.



[그림 3.2] 토지용도 전환에 따른 무기토양의 유기탄소 축적 변화(Tier1)

③ 토지용도 전환에 따른 고사유기물의 탄소 손실량(ΔC_{DOM_LOSS})

$\Delta C_{CONVERSION}$ 과 마찬가지로 토지용도 전환에 따라 이전의 토지에 존재하던 고사유기물은 전환 당해연도에 모두 제거되며, 그로인해 탄소가 손실된다. Tier1에서는 임지 외의 카테고리에 존재하는 고사유기물은 없다고 가정하였기 때문에, 본 항목은 임지(침엽수, 활엽수, 혼효림)만 고려하게 된다. 단 접근법1을 사용했을 경우에는 임지가 농경지, 초지 등 어떠한 카테고리로 변경되었는지 알 수 없기 때문에 카테고리 구분 없이 통합하여 산정해야 한다.

나. 산정원칙

활동자료의 카테고리 구분만 변경될 뿐이며, 산정방법은 2006 IPCC G/L에 제시된 Tier1 방법과 동일하다.

[식 3.18] 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 손실량

$$\Delta C_{CONVERSION} = \sum_i \{ (B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i}) \times \Delta A_{TO_OTHERS_i} \} \times CF$$

$\Delta C_{CONVERSION}$: 토지용도 전환에 따른 바이오매스 탄소 손실량, $t C yr^{-1}$

B_{AFTER_i} : 토지용도 전환 직후 바이오매스 축적량, $t d.m. ha^{-1}$

B_{BEFORE_i} : 토지용도 전환 이전 바이오매스 축적량, $t d.m. ha^{-1}$

$\Delta A_{TO_OTHERS_i}$: 전환을 겪은 토지면적, $ha yr^{-1}$

CF : 바이오매스 건중량의 탄소 비율, $ton C(ton d.m.)^{-1}$

i : 토지 유형

[식 3.19] 토지용도 전환 이전 바이오매스 축적량

$$B_{BEFOREi} = B_{Wi} \times (1 + R)$$

$B_{BEFOREi}$: 토지용도 전환 이전 바이오매스 축적량, $t \text{ d.m. ha}^{-1}$

B_{Wi} : 토지용도 전환 이전 지상부바이오매스, $t \text{ d.m. ha}^{-1}$

R : 임상별 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율, $\text{ton d.m. 지하부바이오매스}(\text{ton d.m. 지상부바이오매스})^{-1}$

i : 토지 유형

[식 3.20] 무기토양에서의 연간 유기탄소 축적 변화량

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

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

$\Delta C_{Mineral}$: 무기토양에서의 연간 유기탄소 축적 변화량, $t \text{ C yr}^{-1}$

SOC_0 : 토지용도 전환 이전 유기탄소 축적량, $t \text{ C}$

$SOC_{(0-T)}$: 토지용도 전환 이후 유기탄소 축적량, $t \text{ C}$

T : 전환 기간, yr

SOC_{REF} : 무기토양에서의 연간 유기탄소 축적량 기본값, $t \text{ C ha}^{-1}$

F_{LU} : 토지이용 시스템에 대한 축적량변화계수

F_{MG} : 관리 체계에 대한 축적량변화계수

F_I : 유기물 투입에 대한 축적량변화계수

A : 각 지목의 면적, ha

[식 3.21] 토지용도 전환에 따른 고사유기물의 탄소 손실량

$$\Delta C_{DOM-LOSS} = -(C_{DOM} \times A_{FOREST})$$

$\Delta C_{DOM-LOSS}$: 토지용도 전환에 따른 고사유기물의 탄소 손실량, $t \text{ C}$

C_{DOM} : 고사유기물의 탄소 축적량, $t \text{ C ha}^{-1}$

A_{FOREST} : 임상별 임지 감소면적, ha

[식 3.21]은 고사유기물의 탄소 손실량을 산정하기 위한 산정식으로 [식 3.14]를 변경한 것이다.

2. 활동자료

가. 적용원칙

① 전환을 겪은 토지면적($\Delta A_{TO_OTHERSi}$)

전환을 겪은 토지면적은 $\Delta C_{CONVERSION}$ 을 산정하기 위한 활동자료로서 바이

오매스의 탄소 손실량을 구해야 하기 때문에 바이오매스가 존재하는 토지에 대해서만 산정을 하며, Tier1 가정(전환 이전의 바이오매스는 전환과 동시에 모두 제거된다)에 따라 인벤토리산정 당해연도와 바로 전년도(1년)를 비교하여 감소된 면적을 사용한다. 감소된 면적은 지목에 따라 바이오매스 축적량, 탄소 비율 및 지하부바이오매스가 다르기 때문에 지목별로 각각 산정해야 하며, 산정해야할 지목 및 자료 출처는 아래와 같다.

- 임상별(침엽수, 활엽수, 혼효림) 임지 감소면적 : 임업통계연보
- 농경지(과수원, 전, 답) 감소면적 : 지적공부등록지현황
- 초지(목장용지, 공원, 묘지) 감소면적 : 지적공부등록지현황

각각의 지목에 대하여 전년도대비 감소면적을 산정해야하며, 전년도 대비 면적이 동일하거나 증가한 지목에 대해서는 $\Delta C_{CONVERSION}$ 을 산정하지 않는다.

② 각 지목의 면적(A)

각 지목의 면적은 $\Delta C_{Mineral}$ 을 산정하기 위한 활동자료로서 '무림목지', '황무지' 등과 같이 바이오매스가 존재하지 않는 임지라 하더라도 토양은 존재하기 때문에 산정대상에 포함시켜야 하며, 따라서 '임업통계연보'가 아닌 '지적공부등록지현황'의 '임야'면적을 적용¹⁰⁵⁾해야 한다.

무기토양의 유기탄소 축적 변화량을 산정하기 위한 활동자료는 유기탄소가 안정화 되는 기간인 20년을 고려한다는 것은 다른 활동자료와 동일하지만, 당해연도와 20년의 차이를 고려하는 것이 아닌 당해연도 지목별 면적과, 20년 전 면적을 각각 적용해야한다는 것에서 차이가 난다. 당해연도의 지목별 면적은 SOC_0 를 구하기 위한 활동자료로 사용되며, 20년 전 지목별 면적은 $SOC_{(0-T)}$ 를 구하기 위한 활동자료로 사용되며, 산정해야할 지목 및 자료 출처는 아래와 같다.

- 당해연도와 20년 전 임야 면적 : 지적공부등록지현황
- 당해연도와 20년 전 농경지(과수원, 전, 답) 면적 : 지적공부등록지현황
- 당해연도와 20년 전 초지(목장용지, 공원, 묘지) 면적 : 지적공부등록지현황

③ 임상별 임지 감소면적(A_{FOREST})

임상별 임지 감소면적은 ΔC_{DOM_LOSS} 를 산정하기 위한 활동자료로서 $\Delta C_{CONVERSION}$ 을 산정하기 위해 사용된 활동자료인 $\Delta A_{TO_OTHERSi}$ 중 임상별(침엽수, 활엽수, 혼효림) 임지 감소면적과 동일한 자료를 사용한다. 따라서 임상별로 전년도 대비 감소면적을 사용하며, Tier1 가정에 따라 농경지와 초지에는 고사유기물이 존재하지 않기 때문에, 농경지와 초지 면적은 본 항목 산정시 사용되지 않는다.

105) 임업통계연보에서도 임지의 총 면적을 확인할 수 있으나, 무기토양에서의 유기탄소 축적량 산정은 굳이 임상별로 구분할 필요가 없으며, 임지외의 지목의 활동자료는 지적공부등록지현황의 자료를 사용하기 때문에 활동자료의 일관성을 위하여 지적공부등록지현황의 '임야'면적을 사용한다.

④ 지목별 토양성분의 USDA 분류

무기토양에서의 유기탄소 축적량 기본값(SOC_{REF})을 적용하기 위해서는 국내 토양의 성분을 USDA 분류 체계에 따라 구분하여야 하며, 국내 토양성분의 USDA 분류는 국립농업과학원에서 운영하는 ‘한국토양정보시스템(흙토람)’에서 확인가능하다. 한국토양정보시스템에서는 지목별/성분별 면적을 제공하고 있으며, 기초지자체까지 구분이 가능하다. 단, 토양성분별 비율이 아닌 면적이 주어져 있으며, 면적의 합계가 지적공부등록지현황에 제시된 면적과 차이가 발생한다. 따라서 한국토양정보시스템에 제시된 성분별 면적을 비율로 변경한 뒤 지적공부등록지현황에 대응하는 지목에 적용하여 산정하도록 한다.

나. 출처

- 임업통계연보, 산림청, 매년
- 지적공부등록지현황, 국토해양부, 매년
- 한국토양정보시스템, 국립농업과학원, 토양분류통계_형태적분류(목)

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 ‘기본값’ 적용을 원칙으로 한다.

① 토지용도 전환 직후 바이오매스 축적량(B_{AFTER})

Tier1 가정에 따라 토지용도 전환 전 토지에서의 바이오매스는 전환 당해연도에 모두 제거되며, 전환 직후 남아있는 바이오매스는 없다. 따라서 전환 직후 남아있는 바이오매스 축적량인 B_{AFTER} 는 ‘0(Zero)’이 된다.

② 토지용도 전환 직후 지상부바이오매스 축적량(B_W), 지상부바이오매스에 대한 지하부바이오매스 비율(R) 및 바이오매스 건중량의 탄소비율(CF)

B_{BEFORE} 를 산정하기위해 사용되는 배출계수는 카테고리 3B1~3B3에서 사용된 계수와 동일하다.

[표 3.24] 토지용도 전환 이전 바이오매스 축적량 산정을 위한 배출계수 (B_W , R , CF)

지목		$B_W(t. d.m. ha^{-1})$	R	CF
임 지	침엽수	120	0.29	0.51
	활엽수		0.23	0.48
	혼효림		0.26	0.47
초 지	목장용지, 공원, 묘지	2.7	4	0.47
농경지	과수원, 전, 답	사용하지 않음		

③ 농경지의 토지용도 전환 이전 바이오매스 축적량(B_{BEFORE}) 및 탄소비율(CF)

농경지의 경우에는 B_{BEFORE} 가 바로 주어져, 지상부바이오매스(B_W) 및 지하부바이오매스 비율(R)을 고려할 필요가 없으며, 탄소비율(CF)까지 포함되어 있어 '식 3.18' 적용 시 전환을 겪은 토지면적($\Delta A_{\text{TO_OTHERS}}$)만 고려하면 된다.

[표 3.25] 농경지의 토지용도 전환 이전 바이오매스 탄소 축적량

구 분	과수원	전/답
$B_{\text{BEFORE}} \times \text{CF} \text{ (t C ha}^{-1}\text{)}$	63	4.7

④ 무기토양에서의 유기탄소 축적량 기본값(SOC_{REF})

2006 IPCC G/L 기본값 중 '온대습윤'지역 배출계수를 적용하며, 토양성분(USDA분류)에 따른 SOC_{REF} 는 다음과 같다.

[표 3.26] 토양성분(USDA분류)에 따른 무기토양 유기탄소 축적량 기본값(SOC_{REF})

USDA 분류	IPCC 분류	$\text{SOC}_{\text{REF}} \text{ (t C ha}^{-1}\text{)}$
Inceptisol	고활성 토양(HAC)	88
Alfisol		
Mollisol		
Andisol	화산토	80
Ultisol	저활성 토양(LAC)	63
Entisol		

⑤ 토양의 축적량변화계수(F_{LU} , F_{MG} , F_{I})

토양의 축적량변화계수 기본값에 대한 기본 주기는 20년이며, 각각의 계수들은 무기토양의 유기탄소 축적량 측정 깊이인 30cm까지 영향을 준다고 가정된다.

[표 3.27] 토양의 축적량변화계수(F_{LU} , F_{MG} , F_{I})

토지 분류(지목)	F_{LU}	F_{MG}	F_{I}
임지(임야)	1.00	1.00	1.00
농경지(전)	0.69	1.00	1.00
농경지(답)	1.10	사용하지 않음	
농경지(과수원)	1.00	1.15	1.11
초지(목장용지, 공원, 묘지)	1.00	1.14	1.11

⑥ 고사유기물의 탄소축적량(C_{DOM})

'표 3.21'과 동일하다.

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 2.2~2.3

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 4.3~4.4
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 4.7
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 4.12
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 5.1
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 5.5
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 5.9
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 5.10
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 6.1~6.2
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap2. Table 6.4
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap4.3.3.2
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap6.3.1.2

4. 향후과제(3B 공통)

- ① 조림실적 및 바이오매스 손실(용재/연료 생산, 교란으로 인한 피해)에 대한 온실가스 흡수/배출량 중복 산정

2006 IPCC G/L Tier1에서의 바이오매스로 인한 온실가스 흡수/배출량 산정은 '획득/손실 방법'을 적용해야 한다. 획득/손실 방법은 바이오매스 증가에 따른 탄소 축적량 증가(획득)와 바이오매스 감소에 따른 탄소 축적량 감소(손실)의 차로 산정하는 방법이다. 다만 Tier1 방법을 적용하고, 토지면적을 접근법1로 추정할 경우에 바이오매스가 존재하는 면적의 증가와 감소를 정확히 적용할 수 없는 문제가 발생한다. 다시 말해 임지면적이 증가했다면 증가한 면적에 조림실적이 이미 포함되어 있을 것이며, 임지면적이 감소했다면 감소한 면적에 산불이나 용재/연료 생산을 위해 벌채된 면적도 포함되어 있을 것이다. 반대로 임지면적이 감소했는데 조림실적이 있다면 감소면적이 조림실적보다 많아 상쇄된 것이며, 임지면적이 증가했는데 산불이나 용재/연료 생산을 위해 벌채된 면적이 있다면, 증가면적이 더 많아 감소면적을 상쇄한 것이다. 다만 이러한 임지 면적의 증가/감소 원인에 대한 자세한 자료를 확보했다고 하더라도 20년을 고려한 자료가 아니라 당해연도에 발생한 자료를 정리한 것이며, 20년을 비교하여 산정하는 Tier1 방법과 접근법1 방법에 적용하는 것은 쉽지 않다. 따라서 Tier1 방법과 접근법1 방법을 적용했을 경우 조림실적 및 산불이나 용재/연료 생산을 위한 벌채를 모두 고려한다면 이는 분명 중복산정 되는 결과를 나타낼 것이며, 모두 제외시킨다면 이는 누락된 항목이 발생하는 결과를 나타낼 것이다. 만약 좀더 높은 Tier 수준을 적용하여 '비축차 방법'을 사용하여 온실가스 흡수/배출량을 산정한다면, 바이오매스 증가/감소를 모두 고려한 축적량의 차이를 통해

산정하기 때문에 이러한 문제는 해결된다.

본 지침에서는 일단 20년을 고려하지 않고, 당해연도의 자료만을 사용하는 용재/연료 생산 및 교란에 대하여 산정시 포함시켰으며, 20년을 고려해야 하는 조림실적은 산정에서 제외하였다. 향후에 계속해서 '획득/손실 방법'을 적용할 경우에는 각 항목에 대하여 누락되거나 중복산정 되지 않는 방법을 연구해야 하며, 불가능할 경우 Tier 수준을 높여 '비측차 방법'을 적용하도록 해야 할 것이다.

② 임지외의 카테고리(농경지, 초지)에서 발생하는 연소

본 지침에서는 임지에서 발생한 산불만 바이오매스 연소로 고려했으며, 농경지 및 초지에서 발생한 바이오매스 연소는 제외하였다. 이는 농경지 및 초지에서 다수의 화재가 발생함에도 불구하고, 바이오매스 연소 면적에 대한 자료 이용이 용이하지 않기 때문이다. 현재 농경지 및 초지에서의 화재에 대한 가장 근접한 자료는 소방방재청에서 조사하는 '임야화재' 자료이다. 임야화재 중 임지에서 발생한 화재(산불)는 산림청에서 조사하며, 나머지 농경지 및 초지에서 발생한 화재는 소방방재청에서 조사한다. 다만 소방방재청에서 조사하여 발표하는 '임야화재' 자료는 온실가스 배출량 산정시 필요한 화재발생 면적이 아닌 화재발생 건수, 인명피해, 재산피해 등의 내용이다. 조사 당시 피해 면적에 대한 자료가 수집되고 있지만, 내부 DB로만 구축되어 있으며, 공표가 되는 내용이 아니므로, 인벤토리 작성자가 이용하기에는 많은 제약이 따른다.

이러한 임야화재에 대한 자료는 바이오매스 증가와 연소 등으로 인한 손실이 평형을 이루어 CO₂ 변화량에 변화가 없다고 가정하는 Tier1 수준에서는 필요 없지만, 연소로 인한 non-CO₂ 배출량 산정 시에는 반드시 필요한 자료이다.

따라서 향후 더욱 정확한 인벤토리 작성을 위해서는 임야화재 자료에 대한 확보 방안 또는 적용 방안에 대한 논의가 필요할 것이다.

③ 국내 통계자료의 조사범위 및 공표범위 차이로 인한 자료 이용의 한계

국내 통계자료는 대부분 조사범위와 공표범위에 차이가 발생하며, 매우 자세히 조사가 된다 하더라도 이러한 차이로 인해 자료 이용의 한계가 발생한다. 예를 들어 임산물생산통계의 경우 국립산림과학원, 국립수목원에서 자체적으로 작성하며, 지방산림청에서 관리하는 임지에서의 임산물 생산도 각 관리소에서 작성하고 지방산림청에서 취합한다. 최종적으로 자료를 취합하는 곳은 산림청이며, 공표범위는 '시/도' 기준으로 되어있다. 만약 국립산림과학원 및 국립수목원의 지역별 자료와 각 관리소별 자료가 이용 가능하다면, 'III.2.나'에서와 같이 굳이 활동자료를 추정하지 않아도 되며, 보다 정확한 배출량 산정이 가능하게 된다.

따라서 향후 신뢰도 있는 지자체 인벤토리 작성을 위해서는 국내 통계자료의 공표범위를 좀더 확장시켜, 인벤토리 작성자가 쉽게 이용할 수 있도록 해야 할 것이다.

④ 배출계수 기본값 적용의 한계

본 지침은 Tier1 방법을 적용하였으며, 배출계수 역시 기본값을 적용하였기 때문에 국내의 실질적인 환경과 차이가 발생한다. 예를 들어 임목의 지상부바이오매스 연평균 증가의 기본값은 $4.0 \text{ t d.m. ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 로 제시되어 있지만, 국내 임목의 지상부바이오매스 연평균 증가는 이보다 훨씬 낮게 평가된다.

이러한 문제는 Tier1 방법에서는 해결이 불가능하며, 향후 Tier 수준을 높여 가며 해결되어야 할 것이다.

⑤ 행정구역 범위 설정

카테고리 3B 산정을 위해서는 기본적으로 인벤토리 산정년도보다 20년 전의 자료가 필요하다. 이러한 조건 때문에, 중간에 승격되거나 편입된 지자체가 있을 경우, 자료사용이 매우 복잡해질 수밖에 없다. 만약 어느 기초지자체(읍·면·동 단위까지)가 편입되었는지 알 수 있다고 해도, 지적공부등록대장의 조사범위가 시·군·구 단위로 이루어지기 때문에 읍·면·동 단위의 자세한 지목별 면적 변화 파악은 불가능하다.

이러한 문제는 지적공부등록대장이 '읍·면·동' 단위로 작성되어야 해결되지만, 토지피복 및 위성사진 등의 시공간적 자료가 있다면 훨씬 더 정확한 토지용도 변화를 파악할 수 있을 것이며, 결과적으로 '접근법3'의 이용이 가능해진다. 따라서 향후 시공간적 변화를 파악할 수 있는 통계가 국내에 작성된다면, 카테고리 3B의 산정은 접근법3을 이용해야 할 것이며, 이에 따라 온실가스 인벤토리의 신뢰성은 더욱 향상될 수 있을 것이다.

XIV. 3C1(3C1a~3C1d, 바이오매스 연소로 인한 온실가스 배출)

〈3C 공통사항〉

3C에 제시된 산정식은 대부분 CO_2 , N_2O 가 아닌 탄소량, 질소량을 산정하도록 되어있다. 따라서 $\text{CO}_2\text{-C}$ 또는 $\text{N}_2\text{O-N}$ 을 산정했을 경우에는 분자량 비율 ($\text{CO}_2\text{-C} : 44/12$, $\text{N}_2\text{O-N} : 44/28$)을 곱해야 한다.

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 바이오매스 연소로 인해 발생하는 non-CO₂를 산정하는 카테고리로서, 바이오매스의 불완전 연소로 인해 발생하는 CH₄ 및 N₂O 배출량을 보고 한다. 바이오매스의 연소는 CH₄ 및 N₂O 외에도 다양한 온실가스 전구체(CO, NMVOC, NO_x 등)가 발생하지만, 본 지침에서는 6개의 온실가스를 대상으로 산정/보고 하므로 CH₄ 및 N₂O만 산정하도록 한다. 또한 3B에서 설명했듯이, 임지의 토지에서의 연소는 산정시 제외되었으므로 임지에서의 연소 카테고리인 3C1a만 산정하도록 한다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 한다.

[식 3.22] 연소에 의한 온실가스 배출량

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

L_{fire} : 연소에 의한 온실가스 배출량, $t\ ha^{-1}$

A : 연소된 면적, ha

M_B : 연소 가능한 연료의 질량, $t\ ha^{-1}$

C_f : 연소 계수

G_{ef} : 배출계수, $g\ kg^{-1}$

2. 활동자료

가. 적용원칙

연소된 면적 A 는 '임업통계연보'에 제시된 '산불' 면적 자료를 사용하며, 이는 카테고리 3B1a에서 사용된 교란 면적 중 산불 면적과 동일한 자료이다.

나. 출처

- 임업통계연보, 산림청, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 적용을 원칙으로 한다.

- ① 연소 가능한 연료의 질량 및 연소 계수($M_B \times C_f$)

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘온대림’지역의 배출계수를 적용한다. 또한 국내에서는 임지내의 연소가 법적으로 금지되어 있기 때문에 발생한 연소는 산불뿐이며, 배출계수 역시 ‘산불’ 배출계수를 적용한다.

$$\cdot M_B \times C_f : 19.8 \text{ t ha}^{-1}$$

② 연소에 의한 온실가스 배출계수(G_{ef})

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 중 ‘기타 열대림¹⁰⁶⁾’ 배출계수를 적용한다.

[표 3.28] 연소에 의한 온실가스 배출계수(G_{ef})

구 분	CH ₄	N ₂ O
G _{ef} (g kg ⁻¹)	4.7	0.26

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.2, Table 2.5

XV. 3C2(석회 시용)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 석회비료의 시용으로 인해 배출되는 CO₂를 산정하는 카테고리로서 석회비료는 산성토양을 중화시키고, 식물의 성장을 향상시키기 위해 사용된다. 사용된 석회비료는 용해과정에서 중탄산염이 형성되며, 이는 CO₂와 H₂O를 배출시킨다.

나. 산정원칙

[식 3.23] 석회질 비료 시비에 따른 연간 탄소 배출량

$$CO_2 - C \text{ Emission} = \sum (M_{(T)} \times EF_{(T)})$$

$CO_2 - C \text{ Emission}$: 석회질 비료 시비에 따른 연간 탄소 배출량, $t \text{ C yr}^{-1}$

M : 석회질 비료 연간 사용량, $t \text{ yr}^{-1}$

EF : 배출계수, $t \text{ C} (t \text{ M})^{-1}$

T : 비중

2. 활동자료

106) ‘기타 열대림’ 배출계수는 모든 산림 유형을 포함한다.

가. 적용원칙

석회질 비료 시비에 따른 탄소 배출량 산정을 위해 필요한 활동자료는 토양에 시비되는 '석회질 비료량'이며, 배출계수를 적용하기 위해서는 비종별 자료가 필요하다.

현재 이용 가능한 석회질 비료량에 관련된 통계는 다음과 같다.

① 석회질비료 공급량, 농협, 2006년 이후 매년

농협에서는 산성화 대가는 농지의 토질을 개량하기 위해 정부의 지원을 받아 농가에 무상지원하고 있으며, 이에 대한 석회질 비료 공급량이 지역농협 단위로 작성되어 있다. 다만 실제 석회질 비료 시비량이 아닌 공급량이라는 측면에서 차이가 발생할 수 있으며, 163개 지역농협에 대해서만 자료가 작성되기 때문에, 230개 기초지자체에 적용하기에는 무리가 따른다. 또한 비종별 자료가 아닌 전체 석회질 비료량이기 때문에 배출계수 적용이 불가능하다.

② 논벼/밭작물 주요투입물량, 통계청(국가통계포털), 매년

경작지에 실질적으로 투입되는 석회질 비료 시비량이 제시되어 있으나, 논벼 외 6개 밭작물(쌀보리, 겉보리, 참깨, 고추, 마늘, 양파)에 대한 자료만 이용 가능하며, 농협 자료와 마찬가지로 비종별 구분이 되어있지 않다.

③ 석회질 비료 비종별 생산/판매량, 한국비료공업협회, 매년

비종별 석회질 비료의 국내 생산량 및 판매량에 대한 자료가 제시되어 있으나, 경작지에 시비된 석회질 비료량이 아닌, 각 지역에 속한 생산업체의 자료이므로, 지자체 배출량 산정시 적용할 수 없다.

나. 대안

본 카테고리에서의 온실가스 배출량 산정을 위해서는, 2006 IPCC G/L에 제시된 산정방식과, 주어진 배출계수에 적용하기 위한 활동자료가 필요하다. 다만 필요한 활동자료인 비종별, 지역별 석회질 비료 시비량은 현재 이용이 용이하지 않으므로, 주어진 자료를 토대로 다음의 추정방법을 통하여 활동자료를 얻어야 한다.

1단계 : 위에 제시된 통계자료 중 '논/밭 주요투입물량'에 제시된 7개 작물의 단위면적당 석회질 비료 시비량을 토대로 누락된 작물에 대해 단위면적당 석회질 비료 시비량을 추정하도록 하며, '표 3.29'를 이용하도록 한다. 여기서 누락된 작물의 범위는 '농림통계연보'에 제시된 모든 작물을 포함하며, 주어진 7개 작물이

중복 산정되지 않도록 주의해야 한다.

[표 3.29] 누락된 작물에 대한 석회질 비료 시비량 추정 방법

석회질 비료 시비량이 주어진 작물	농림통계연보에 제시된 재배 작물	석회질 비료 시비량의 추정 방법
논벼, 쌀보리, 겉보리, 참깨, 고추, 마늘, 양파	밭벼	쌀보리, 겉보리 평균값 적용
	맥류(쌀보리, 겉보리 제외)	
	서류	고추, 마늘, 양파 평균값 적용
	잡곡	쌀보리, 겉보리 평균값 적용
	두류	참깨 값 적용
	과채류, 엽채류, 근채류	고추, 마늘, 양파 평균값 적용
	조미채소(고추, 마늘, 양파 제외)	
	과실	
	특용작물(참깨 제외)	참깨 값 적용

주어진 7개 작물 및 [표 3.29]에서 추정한 작물의 단위면적당 석회질 비료 시비량과, 농림통계연보의 지역별 재배면적을 활용하여 총 석회질 비료 시비량을 산출한다.

2단계 : 위에 제시된 통계자료 중 ‘석회질 비료 비중별 생산/판매량’의 ‘판매량 실적’을 통해, 총 석회질 비료 판매량에 대한 비중별 판매량 비율을 산출한 뒤, 1단계에서 구한 총 석회질 비료 시비량에 대입하여 최종적으로 비중별/지역별 석회질 비료 시비량을 얻는다.

다. 출처

- 논벼/밭작물 주요투입물량 및 시간, 통계청(국가통계포털), 매년
- 석회질비료 생산/판매량, 한국비료공업협회, 매년
- 농림통계연보, 농림수산물부, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 따르면 각 비중별 석회질 비료에 포함된 탄소비율(질량)을 배출계수(EF)로 사용하도록 되어있으며, 각 비중별 석회질 비료 배출계수는 [표 3.30]과 같다.

[표 3.30] 석회질 비료의 비중별 분자식 및 배출계수(EF)

비 중	분 자 식	배출계수(t C/t 비료)
석회고토	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	0.13
석회석	CaCO_3	0.12
패화석	CaCO_3	0.12

[표 3.30]에 제시되지 않은 비중은 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (소석회), CaO (생석회) 등이며, 탄소성분이 포함되지 않았으므로 산정시 제외하도록 한다.(배출계수는 '0' 이다)

XVI. 3C3(요소 시비)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 요소 시비로 인해 배출되는 CO_2 를 산정하는 카테고리로서, 요소는 암모늄, 수산화이온 및 중탄산염으로 전환되고, 석회비료 시용과 마찬가지로 중탄산염이 형성되며, 이는 CO_2 와 H_2O 를 배출시킨다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 한다.

[식 3.24] 요소 시비에 따른 연간 탄소 배출량

$$CO_2 - C \text{ Emission} = M \times EF$$

$CO_2 - C \text{ Emission}$: 요소 시비에 따른 연간 탄소 배출량, $t \text{ C yr}^{-1}$
 M : 요소 연간 사용량, $t \text{ yr}^{-1}$
 EF : 배출계수, $t \text{ C} (t \text{ M})^{-1}$

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리 산정을 위한 활동자료는 '요소(Urea)' 사용량이며, '농림통계연보'에서 확인 가능하다.

나. 출처

- 농림통계연보, 농림수산물부, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

요소 시비에 따른 탄소 배출량 산정을 위한 배출계수는 석회질 비료와 마찬가지로 비료에 함유된 탄소비율로 계산된다. 따라서 요소($\text{CO}(\text{NH})_2$)의 배출계수는 $0.2 \text{ t C}(\text{t M})^{-1}$ 이다.

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.11.4.1

XVII. 3C4(관리토양에서의 직접적 N_2O 배출)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 관리토양에서 직접적으로 발생하는 N_2O 를 산정하는 카테고리로서, N_2O 는 토양에 유입된 질소의 질산화 및 탈질화 과정을 거쳐 발생된다. 질소는 합성 질소비료, 유기질 비료(분뇨, 퇴비 등), 농작물 잔류물의 질소 등으로 토양에 유입된다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 하며, 다음의 식을 사용하여 관리토양에서의 직접적 N_2O 배출량을 산정한다.

[식 3.25] 관리 토양에서의 직접적 N_2O 배출량

$$N_2O_{DIRECT-N} = N_2O-N_{N \text{ inputs}} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

Where :

$$N_2O-N_{N \text{ inputs}} = \left[\frac{(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1}{(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \times EF_{1FR}} \right]$$

$$N_2O-N_{OS} = \left[\frac{(F_{OS, CG, Temp} \times EF_{2CG, Temp}) + (F_{OS, CG, Trop} \times EF_{2CG, Trop}) + (F_{OS, F, Temp, NR} \times EF_{2F, Temp, NR}) + (F_{OS, F, Temp, NP} \times EF_{2F, Temp, NP}) + (F_{OS, F, Trop} \times EF_{2F, Trop})}{(F_{OS, F, Temp, NR} \times EF_{2F, Temp, NR}) + (F_{OS, F, Temp, NP} \times EF_{2F, Temp, NP}) + (F_{OS, F, Trop} \times EF_{2F, Trop})} \right]$$

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

$N_2O_{Direct-N}$: 관리토양에서 배출되는 연간 직접 N_2O -N, kg N_2O -N yr^{-1}
 $N_2O-N_{N \text{ inputs}}$: 질소 유입에 따른 직접 N_2O -N 배출, kg N_2O -N yr^{-1}
 N_2O-N_{OS} : 유기질토양에서 배출되는 연간 직접 N_2O -N, kg N_2O -N yr^{-1}
 N_2O-N_{PRP} : 방목 가축의 분뇨에 따른 직접 N_2O -N 배출, kg N_2O -N yr^{-1}

F_{SN} : 합성 질소비료 시비량, kg N yr^{-1}
 F_{ON} : 유기질비료 시비량, kg N yr^{-1}
 F_{CR} : 농작물 잔류물로 인해 토양에 유입되는 질소량, kg N yr^{-1}
 F_{SOM} : 토양 탄소의 손실로 발생하는 질소량, kg N yr^{-1}
 F_{PRP} : 방목 가축의 분뇨 배설량(CPP:소, 돼지, 가금류, SO:CPP 외 가축), kg N yr^{-1}
 EF_1 : 질소유입에 대한 배출계수, $\text{kg N}_2\text{O-N}(\text{kg N input})^{-1}$
 EF_{1FR} : 논벼의 질소유입에 대한 배출계수, $\text{kg N}_2\text{O-N}(\text{kg N input})^{-1}$
 EF_{3PRP} : 방목 가축의 분뇨에 대한 배출계수, $\text{kg N}_2\text{O-N}(\text{kg N input})^{-1}$

[식 3.25]에서 $\text{N}_2\text{O-N}_{OS}$ 는 유기질 토양의 배수/관리에서 발생하는 질소로서 국내에는 유기질 토양이 존재하지 않다고 가정했기 때문에, 산정하지 않아도 되는 항목이다.

[식 3.26] 유기질비료 시비량

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

F_{ON} : 유기질비료 시비량, kg N yr^{-1}
 F_{AM} : 가축분뇨 시비량, kg N yr^{-1}
 F_{SEW} : 하수 슬러지 시비량, kg N yr^{-1}
 F_{COMP} : 퇴비 시비량, kg N yr^{-1}
 F_{OOA} : 기타 유기질비료 시비량, kg N yr^{-1}

[식 3.27] 농작물 잔류물에서의 질소 배출량

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ \frac{Crop_{(T)} \times (Area_{(T)} - Area_{burnt_{(T)}} \times C_f) \times Frac_{Renew_{(T)}}}{[R_{AG_{(T)}} \times N_{AG_{(T)}} \times (1 - Frac_{Remove_{(T)}}) + R_{BG_{(T)}} \times N_{BG_{(T)}}]} \times \right\}$$

F_{CR} : 농작물 잔류물로 인해 토양에 유입되는 질소량, kg N yr^{-1}
 $Crop_{(T)}$: 수확된 농작물의 건조생산량, kg d.m. ha^{-1}
 $Area_{(T)}$: 농작물 재배면적, ha yr^{-1}
 $Area_{burnt_{(T)}}$: 농작물 소각면적, ha yr^{-1}
 C_f : 연소계수
 $Frac_{Renew_{(T)}}$: 경작기간에 대한 재배면적 보정 계수
 $R_{AG_{(T)}}$: 농작물 수확량에 대한 지상 잔류물의 비율, $\text{kg d.m.}(\text{kg d.m.})^{-1}$
 $N_{AG_{(T)}}$: 농작물 지상 잔류물의 질소함유량, $\text{kg N}(\text{kg d.m.})^{-1}$
 $Frac_{Remove_{(T)}}$: 먹이, 깔짚, 건성의 목적으로 제거되는 농작물 잔류물, $\text{kg N}(\text{kg crop-N})^{-1}$
 $R_{BG_{(T)}}$: 농작물 수확량에 대한 지하 잔류물의 비율, $\text{kg N}(\text{kg crop-N})^{-1}$
 $N_{BG_{(T)}}$: 농작물 지하 잔류물의 질소함유량, $\text{kg N}(\text{kg d.m.})^{-1}$
 T : 농작물 유형

[식 3.28] 농작물 지상 잔류물의 건조중량에 대한 농작물 수확량 비율

$$R_{AG(T)} = AG_{DM(T)} \times 1000 / Crop_{(T)}$$

$R_{AG(T)}$: 농작물 수확량에 대한 지상 잔류물의 비율, $kg\ d.m. (kg\ d.m.)^{-1}$

$AG_{DM(T)}$: 농작물 지상 잔류물의 건조중량, $Mg\ ha^{-1}$

$Crop_{(T)}$: 수확된 농작물의 건조생산량, $kg\ d.m. ha^{-1}$

[식 3.29] 지상 잔류물의 건조중량

$$AG_{DM(T)} = Crop_{(T)} \times slope_{(T)} + intercept_{(T)}$$

$AG_{DM(T)}$: 농작물 지상 잔류물의 건조중량, $Mg\ ha^{-1}$

$Crop_{(T)}$: 수확된 농작물의 건조생산량, $Mg\ d.m. ha^{-1}$

$slope_{(T)}$: 경사도

$intercept_{(T)}$: 차단

[식 3.29]에 사용된 $Crop_{(T)}$ 의 단위는 kg 이 아닌 Mg 이기 때문에, [식 3.31]을 통해 얻은 kg 단위인 $Crop_{(T)}$ 를 단위환산하여 적용해야 한다.

[식 3.30] 지하잔존물에 대한 농작물 수확량 비율

$$R_{BG(T)} = R_{BG-BIO} \times (AG_{DM(T)} \times 1000 + Crop_{(T)}) / Crop_{(T)}$$

$R_{BG(T)}$: 농작물 수확량에 대한 지하 잔류물의 비율, $kg\ N (kg\ crop-N)^{-1}$

R_{BG-BIO} : 지상부 바이오매스에 대한 지하 잔류물의 비율

$AG_{DM(T)}$: 농작물 지상 잔류물의 건조중량, $Mg\ ha^{-1}$

$Crop_{(T)}$: 수확된 농작물의 건조생산량, $kg\ d.m. ha^{-1}$

[식 3.31] 농작물 생산량의 건조중량 보정

$$Crop_{(T)} = YieldFresh_{(T)} \times DRY$$

$Crop_{(T)}$: 수확된 농작물의 건조생산량, $kg\ d.m. ha^{-1}$

$Yield\ Fresh_{(T)}$: 수확된 농작물의 습량기준 생산량, $kg\ fresh\ weight\ ha^{-1}$

DRY : 수확된 농작물의 건조비율, $kg\ d.m. (kg\ fresh\ weight)^{-1}$

[식 3.32] 토양탄소 손실에 따른 질소 배출량

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

F_{SOM} : 토양 탄소의 손실로 발생하는 질소량, $kg\ N\ yr^{-1}$

$\Delta C_{Mineral, LU}$: 토지용도에 따른 토양탄소 연평균 손실량, $t\ C$

R : 토양 유기물의 $C:N$ 비율

[식 3.33] 방목 가축 분뇨에서의 질소 배출량

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

F_{PRP} : 방목 가축의 분뇨 배설량, kg N yr⁻¹

$N_{(T)}$: T가축 종의 두수, head

$Nex_{(T)}$: T가축 종의 연평균 질소 배출량, kg N head⁻¹ yr⁻¹

$MS_{(T, PRP)}$: T가축 종의 방목 비율

2. 활동자료

가. 적용원칙

① 합성 질소질 비료 시비량(F_{SN})

합성 질소질 비료 시비량은 ‘농림통계연보’에 지역별로 제시되어 있으나, ‘논’에 투입된 시비량과, ‘밭’에 투입된 시비량의 구분이 되어 있지 않아, [식 3.25]에 적용할 수 없다. 따라서 ‘국가통계포털’의 ‘논벼/밭작물 주요투입물량’에 제시된 단위면적당 질소질 비료 시비량 자료를 사용하도록 하며, 시비량이 주어지지 않은 밭작물에 대해서는 [표 3.29]를 적용하여 추정하도록 한다.

② 유기질비료 시비량(F_{ON})

유기질비료는 2006 IPCC G/L에 따라 ‘가축분뇨(F_{AM})’, ‘하수 슬러지’, ‘퇴비’, ‘기타 유기질비료’로 구분이 되어있으나, 국내 통계인 ‘논벼/밭작물 주요투입물량’에는 이미 ‘유기질비료¹⁰⁷⁾’로 통합되어 제시되어 있으므로 비중을 따로 구분하지 않고 유기질비료 전체를 F_{ON} 값으로 사용하여도 무방하다.

이중 비료로 사용되는 가축 분뇨(F_{AM})의 경우에는 2006 IPCC G/L에 ‘가축 사육 두수’를 사용하여 산정할 수 있도록 산정식이 제시되어 있으나, ‘먹이’, ‘연료’, ‘건설’에 이용되는 가축분뇨의 양을 따로 구분해서 제외시켜야 하며, 이미 유기질비료 통계자료 중 ‘퇴구비’에 비료로 사용된 가축 분뇨의 양이 포함되어 있으므로, 2006 IPCC G/L에 제시된 산정식을 사용하여 산정하는 것은 무의미하다.

단, 앞서 제시한 ‘석회질 비료’ 및 ‘합성 질소질 비료’ 시비량과 같이 누락되는 작물에 대해서는 [표 3.29]를 적용하여 추정하도록 해야 한다.

③ 수확된 농작물 생산량(Yield_Fresh)

[식 3.31]에 사용되는 활동자료인 수확된 농작물 생산량은 비 질소고정작물

¹⁰⁷⁾ ‘논벼/밭작물 주요투입물량’ 통계에 제시된 ‘유기질비료’는 ‘퇴구비’, ‘녹비’, ‘산야초’, ‘회류’, ‘인분뇨’, ‘기타’로 구분된다.

(옥수수, 쌀, 밀, 보리 등), 질소고정작물 및 두류(대두 등), 뿌리와 덩이줄기 농작물(감자, 고구마 등), 및 질소고정 사료농작물 등에 대한 생산량을 말하며, '농림통계연보'에서 각 작물에 대한 생산량을 확인 할 수 있다. 여기서 주의할 점은 '미곡 및 맥류'는 '조곡', '서류'의 경우에는 '생서' 생산량 자료를 사용해야 한다는 것이다. 또한 단위면적당 생산량이기 때문에 농림통계연보에 제시된 생산량과 재배면적으로 단위를 맞추어 사용해야 한다.

활동자료에 포함되는 통계자료의 세부 작물은 [표 3.31]에 입력변수와 함께 제시되어 있다.

④ 재배 면적(Area)

농작물 재배면적 역시 '농림통계연보'에서 확인 가능하며, 세부 작물은 '수확된 농작물 생산량'과 동일하다.

⑤ 농작물이 소각된 면적(Area burnt)

'3B2a' 및 '3C1'에서 설명했듯이 본 지침에서는 농경지에서의 소각이 없다고 가정하였기 때문에 '농작물이 소각된 면적'은 '0'이다.

⑥ 토양탄소 손실량($\Delta C_{\text{Mineral,LU}}$)

토양탄소의 손실량은 '3B' 카테고리의 '통합 산정 항목(XIII.1.가.②)'에서 산정된 값을 적용하며, 주의할 점은 토양탄소가 증가했을 경우에는 '0'으로 적용해야 하며, 토양탄소가 손실됐을 경우에만 값을 적용해야 한다.

⑦ 가축사육두수(N)

가축사육두수는 '가축 부문(3A2)'에 사용한 활동자료와 동일한 자료를 사용한다.

나. 출처

- 논벼/밭작물 주요투입물량 및 시간, 통계청(국가통계포털), 매년
- 농림통계연보, 농림수산식품부, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 '기본값' 적용을 원칙으로 한다.

① 연소계수(C_f)

연소계수가 고려되는 농작물 소각 면적이 산정시 제외되었으므로 필요치 않다.

② 경작 기간에 따른 재배면적 보정(Frac_{Renew})

여러 해에 걸쳐서 재배되는 작물에 대한 보정계수로 재배까지 X년이 소요될 경우에는 1/X를 사용한다. 다만 국내 작물의 경우는 대부분 일년생¹⁰⁸⁾이므로 X값은 1이며, 경작 기간에 따른 재배면적 보정역시 1을 적용 한다.

③ 먹이, 깔짚, 건설 등의 목적으로 제거되는 농작물 잔류물(Frac_{Remove})

2006 IPCC G/L에 따라 자료 이용이 어려울 경우 제거가 없다고 가정되며, 본 지침 역시 제거가 없다고 가정한다.

④ 작물 건조비율(DRY), 경사도(slope), 차단(intercept), 지상 잔류물의 질소 함량(N_{AG}), 지하 잔류물의 질소 함량(N_{BG})

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값을 적용하며, [표 3.31]을 따른다.

⑤ 토양유기물의 C:N 비율(R)

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값인 '15'를 적용한다. 농경지로 유지되는 농경지에서는 15가 아닌 10을 적용하도록 되어있으나, Tier1 가정에서는 같은 카테고리로 유지되는 토지에 대하여 토양유기물의 변화는 없으므로 10 값을 적용하는 경우는 없다.

[표 3.31] 관리토양에서의 직접적 N₂O 배출량 산정시 국내 통계자료에 대응하는 입력변수

국내통계 분류항목	IPCC 분류항목	DRY	slope	intercept	N _{AG}	R _{BG-BIO}	N _{BG}
미곡	Rice	0.89	0.95	2.46	0.007	0.16	NA
겉보리	Barley	0.89	0.98	0.59	0.007	0.22	0.014
쌀보리							
맥주보리							
밀	Wheat	0.89	1.51	0.52	0.006	0.24	0.009
메밀							
호밀	Rye	0.88	1.09	0.88	0.005	NA	0.011
감자	Potato	0.22	0.10	1.06	0.019	0.2	0.014
고구마	Tubers	0.22	0.10	1.06	0.019	0.2	0.014
조	Millet	0.90	1.43	0.14	0.007	NA	NA
수수	Sorghum	0.89	0.88	1.33	0.007	NA	0.006
옥수수	Maize	0.87	1.03	0.61	0.006	0.22	0.007
기타잡곡	Grains	0.88	1.09	0.88	0.006	0.22	0.009
콩	Soyabean	0.91	0.93	1.35	0.008	0.19	0.008
팥	Beans & Pulses	0.91	1.13	0.85	0.008	0.19	0.008
녹두							

108) 예외인 작물이 있을 수 있으나, 활동자료로 사용되는 '농림통계연보'에 제시된 작물은 모두 일년생 작물이다.

국내통계 분류항목	IPCC 분류항목	DRY	slope	intercept	N _{AG}	R _{BG-BIO}	N _{BG}
기타 두류							
채소	Root crops & Other	0.94	1.07	1.54	0.016	0.2	0.014
참깨							
들깨							
땅콩	Peanut	0.94	1.07	1.54	0.016	NA	NA
유채	Grass-Clover mixtures	0.90	0.3	0	0.025	0.8	0.016

⑥ 가축종에 대한 연간평균질소배출량(N_{ex})

가축종에 대한 연간평균질소배출량은 가축 부문(3B2)에서 사용한 값([식 3.5])을 동일하게 적용한다.

⑦ 목장/방목환경에서 사육되는 가축 비율(MS_{PRP})

가축 부문(3B2)에 제시된 MS값중 ‘목장/방목’환경의 비율([표 3.8] 및 ‘II.3.가.④’)을 적용한다.

⑧ 관리토양에서의 직접적 N₂O 배출량을 산정하기 위한 배출계수 기본값(EF₁, EF₃)

[표 3.32] 관리토양에서의 직접적 N₂O 배출량 산정을 위한 배출계수(EF₁, EF₃)

항 목	적용 대상	배출계수
EF ₁	밭 작물	0.01 kg N ₂ O-N(kg N) ⁻¹
EF _{1FR}	논벼	0.003 kg N ₂ O-N(kg N) ⁻¹
EF _{3PRP, CPP}	젖소, 한육우, 돼지, 가금류(닭, 오리, 칠면조, 거위)	0.02 kg N ₂ O-N(kg N) ⁻¹
EF _{3PRP, SO}	면양, 산양, 말, 사슴, 토끼	0.01 kg N ₂ O-N(kg N) ⁻¹

나. 대안

‘표 3.31’에 제시되지 않은 계수(NA 표기)에 대하여는 가장 유사한 작물의 값을 토대로 추정 한 값을 적용하며, [표 3.33]과 같다.

[표 3.33] 제시되지 않은 계수의 추정값

국내통계 분류항목	R _{BG-BIO}	N _{BG}
미국	-	0.009 (Grains값 적용)
호밀	0.24 (Wheat값 적용)	-
조	0.22 (Grains값 적용)	0.009 (Grains값 적용)
수수	0.22 (Grains값 적용)	-
땅콩	0.20 (Root crops값 적용)	0.014 (Root crops값 적용)

다. 출처

- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.11, Table 11.1~11.2
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.11, Equation 11.2
- 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.11, Equation 11.6

XVIII. 3C5(관리토양에서의 간접적 N₂O 배출)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 관리토양에서 간접적으로 발생하는 N₂O를 산정하는 카테고리로서, 간접적 N₂O는 NH₃ 및 NO_x가 휘발되면서 발생하거나, 토양 내에 존재하는 무기질소가 표면 밖으로 용탈/유출 되면서 발생한다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 하며, 다음의 식을 사용하여 관리토양에서의 간접적 N₂O 배출량을 산정한다.

[식 3.34] 휘발된 질소에 의해 발생된 N₂O-N 배출량

$$N_2O_{(ATD)-N} = [(F_{SN} \times Frac_{GASF}) + (F_{ON} + F_{PRP}) \times Frac_{GASM}] \times EF_4$$

$N_2O_{(ATD)-N}$: 대기에 침적되는 질소, kg N₂O-N yr⁻¹

F_{SN} : 합성 질소비료 시비량, kg N yr⁻¹

$Frac_{GASF}$: 합성 질소비료에서 NH₃와 NO_x로 휘발되는 질소, kg N volatilised(kg of N applied)⁻¹

F_{ON} : 유기질비료 시비량, kg N yr⁻¹

F_{PRP} : 방목 가축의 분뇨 배설량, kg N yr⁻¹

$Frac_{GASM}$: 유기질비료 및 방목 가축분뇨에서 NH₃와 NO_x로 휘발되는 질소, kg N volatilised(kg of N applied or deposited)⁻¹

EF_4 : 전체 휘발 질소 중 대기에 침적하는 질소, kg N-N₂O(kg NH₃-N+NO_x-N volatilised)⁻¹

[식 3.35] 질소의 용탈/유출로 인해 발생된 N₂O-N 배출량

$$N_2O_{(L)-N} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \times Frac_{LEACH-(H)} \times EF_5$$

N : 질소의 용탈/유출로 인해 발생된 N₂O-N 배출량

F_{SN} : 합성 질소비료 시비량, kg N yr⁻¹

F_{ON} : 유기질비료 시비량, $kg\ N\ yr^{-1}$

F_{CR} : 농작물 잔류물로 인해 토양에 유입되는 질소량, $kg\ N\ yr^{-1}$

F_{SOM} : 토양 탄소의 손실로 발생하는 질소량, $kg\ N\ yr^{-1}$

F_{PRP} : 방목 가축의 분뇨 배설량, $kg\ N\ yr^{-1}$

$Frac_{LEACH-(H)}$: 총 질소 중 용탈/유출로 발생하는 질소, $kg\ N(kg\ of\ N\ additions)^{-1}$

EF_5 : 용탈/유출로 방생된 질소중 N_2O 로 전환되는 질소, $kg\ N_2O-N(kg\ N\ leached\ and\ runoff)^{-1}$

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리에서 사용되는 활동자료(F_{SN} , F_{ON} , F_{PRP} , F_{CR} , F_{SOM})는 모두 3C4에서 산정되거나 사용된 값과 동일한 자료를 적용한다.

질소질비료 사용량(F_{SN})의 경우에는 논/밭 구분이 필요 없으므로 ‘농림통계연보’에 제시된 질소질비료 사용량 자료를 사용해도 되나, 통계자료 사용의 일관성을 위하여 3C4에서 산정된 값을 적용해야 한다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 적용을 원칙으로 한다.

[표 3.34] 관리토양에서의 간접적 N_2O 배출량 산정을 위한 배출계수

$Frac_{GASF}$	$Frac_{GASM}$
0.1 ($kg\ NH_3-N+N_2O-N$)($kg\ N\ applied\ or\ deposited$) ⁻¹	0.2 ($kg\ NH_3-N+NOx-N$)($kg\ N\ applied\ or\ deposited$) ⁻¹
EF_4	$Frac_{LEACH-(H)}$
0.01 $kg\ N_2O-N(kg\ NH_3-N+NOx-N\ volatilised)^{-1}$	0.3 $kg\ N(kg\ N\ additions\ or\ deposition)^{-1}$
EF_5	
0.0075 $kg\ N_2O-N(kg\ N\ leaching/runoff)^{-1}$	

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap.11, Table 11.3

XIX. 3C6(분뇨관리에서의 간접적 N₂O 배출)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 가축의 ‘분뇨관리’ 중 발생하는 간접적 N₂O 배출량을 산정하는 카테고리로서, 가축 분뇨의 휘발성 유기질소가 분뇨 수집 및 저장과정에서 암모니아성 질소(NH₃) 및 질소산화물(NO_x)로 변화되면서 발생한다. 질소손실은 축사 등에서 배설되는 순간 발생하며, 분뇨 처리과정에서 지속적으로 발생된다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 하며, 다음의 식을 사용하여 가축의 분뇨관리에서의 간접적 N₂O 배출량을 산정한다.

[식 3.36] 가축의 분뇨관리에서의 휘발 질소 손실량

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

$N_{volatilization-MMS}$: NH₃ 및 N₂O로 변형된 손실 질소량, kg N yr⁻¹

$N_{(T)}$: T가축 종의 두수, head

$Nex_{(T)}$: T가축 종의 연평균 질소 배출량, kg N head⁻¹ yr⁻¹

$MS_{(T,S)}$: T가축 종의 S분뇨관리 시스템 비율

$Frac_{GasMS}$: S분뇨관리 시스템에 대한 질소 손실률, %

S: 분뇨관리 시스템

T: 가축종

여기에서 $Nex_{(T)}$ 는 [식 3.5]와 동일한 방법을 적용한다.

[식 3.37] 가축의 분뇨관리에서의 간접적 N₂O 배출량

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

$N_2O_{G(mm)}$: 분뇨관리에서의 간접적 N₂O 배출량, kg N₂O yr⁻¹

EF_4 : 간접적 N₂O 배출계수, kg N₂O-N(kg NH₃-N + NO_x-N)⁻¹

44/28: N₂O-N을 N₂O로 전환

카테고리 3A2에서 설명했듯이, 목장 등 방목환경에서 자라는 가축의 분뇨 및 연료로써 이용 또는 폐기물로써 소각되는 분뇨는 산정시 제외되어야 한다.

2. 활동자료

‘II.2’와 동일하다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 ‘기본값’ 적용을 원칙으로 한다.

① 분뇨관리 시스템 비율(MS)

‘II.3’과 동일한 값을 적용한다.

② 질소 손실률(FracGasMS)

[표 3.35] 가축 분뇨의 질소 손실률(FracGASMS)

가축 유형	분뇨관리시스템(MS)	FracGASMS
돼지	혐기성 늪	40 %
	구덩이 저장	25 %
	깊은 깔짚	40 %
	액체/슬러리	48 %
	고체 저장	45 %
젖소	혐기성 늪	35 %
	액체/슬러리	40 %
	구덩이 저장	28 %
	건조 부지	20 %
	고체 저장	30 %
	일일 살포	7 %
가금류	manure without litter	55 %
	혐기성 늪	40 %
	manure with litter	40 %
한육우	건조 부지	30 %
	고체 저장	45 %
	깊은 깔짚	30 %
기타(그 외)	깊은 깔짚	25 %
	고체 저장	12 %

③ 간접적 N₂O 배출계수(EF₄)

[표 3.34]에 제시된 값을 적용한다.

나. 출처

· 2006 IPCC G/L. Vol.4, Chap.10, Table 10.22

XX. 3C7(벼 경작)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 물로 덮여있는 논(벼)에서 혐기성분해를 통해 배출되는 CH₄를 산정하는 카테고리로서, 수문체계, 벼 품종, 작기일 등의 영향을 받는다.

나. 산정원칙

2006 IPCC G/L Tier1을 산정원칙으로 하며, 다음의 식을 사용하여 논벼 재배에서의 CH₄ 배출량을 산정한다.

[식 3.38] 논벼 재배에서의 CH₄ 배출량

$$CH_4 \text{ Rice} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^{-6})$$

$CH_4 \text{ Rice}$: 논에서의 연간 CH₄ 배출량, Gg CH₄ yr⁻¹

EF_{ijk} : 각 조건에서의 일 배출계수, kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹

t_{ijk} : 각 조건에서의 벼 경작 기간, day

A_{ijk} : 각 조건에서의 논벼 수확면적, ha yr⁻¹

i,j,k : 수문체계, 유기질비료 종류 등 CH₄ 배출이 변화하는 조건

[식 3.39] 조절된 일 배출계수

$$EF_i = EF_C \times SF_W \times SF_P \times SF_O$$

EF : 일 배출계수, kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹

EF_C : 지속적으로 범람된 농경지에 대한 표준 배출계수, kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹

SF_W : 경작기 동안 수문체계에 대한 규모계수

SF_P : 경작기 이전 수문체계에 대한 규모계수

SF_O : 사용된 유기질비료의 종류와 양에 대한 규모계수

[식 3.40] 유기질비료에 대해 조정된 CH₄ 배출계수 규모

$$SF_O = (1 + \sum_i ROA_i \times CFOA_i)^{0.59}$$

SF_O : 사용된 유기질비료의 종류와 양에 대한 규모계수

ROA_i : 유기질비료 i 의 적용 비율, t ha⁻¹

$CFOA_i$: 유기질비료 i 에 대한 전환 계수

2. 활동자료

가. 적용원칙

① 논벼 경작기간(t)

논벼는 경작기간에 따라 크게 조생종, 중생종, 중만생종으로 구분되며 각각에 대한 경작기간은 지역특성이 반영되기 때문에 각 지역의 농업기술센터에서 확인해야 하며, 확인이 불가능할 경우 다음¹⁰⁹⁾의 값을 적용하여 산정한다.

- 조생종 : 111일
- 중생종 : 126일
- 중만생종 : 146일

② 논벼의 재배 면적(A)

논벼의 재배면적은 '농림통계연보'에서 확인 가능하며, 밭벼 재배면적이 포함된 총 밭벼 재배면적을 사용하지 않도록 주의해야 한다. 또한 논벼 재배면적은 경작기간에 따라 조생종, 중생종, 중만생종 재배면적으로 구분해야 하며, 숙기별 비율 또는 면적은 각 지역의 '농업기술센터'에서 확인 가능하다. '농업기술센터'에서 확보한 자료가 숙기별 비율이 아닌 면적일 경우에는 총 면적의 합이 '농림통계연보'에 제시된 논벼 재배면적과 차이가 발생할 수 있다. 이러한 경우에는 숙기별 면적을 비율로 전환한 뒤 '농림통계연보'에 제시된 논벼 재배면적에 적용하여 차이가 발생하지 않도록 해야 한다.

만약 숙기별 자료 확보가 불가능할 경우나 일부 년도 자료만 확보되었을 경우에는 '나. 대안'에 따라 자료를 추정하여 사용한다.

③ 유기질비료 사용량(ROA)

유기질비료 사용량은 '국가통계포털'의 '논벼 주요투입물량 및 시간'에서 확인 가능하다.

나. 대안

① 한개 년도의 숙기별 비율만 확보된 경우

한개 년도의 숙기별 비율만 확보된 경우에는 확보된 년도의 비율을 전체 인벤토리 산정 년도에 대입하여 산정한다.

② 일부 년도(2개년도 이상)의 숙기별 비율이 확보된 경우

확보된 년도의 숙기별 비율을 선형으로 연결(1차 곡선)하여 확보되지 않은 년도의 숙기별 비율을 추정하여 산정한다.

③ 자료 확보가 불가능할 경우

109) 출처: 국가온실가스 배출원/흡수원 평가, 에너지경제연구원, 2006

년도별 ‘농촌지도사업보고서’에 제시된 ‘전국 논벼 품종별 재배면적’ 비율을 산정하고자 하는 지역의 논벼 재배면적에 대입하여 산정한다.

다. 출처

- 농림통계연보, 농림수산물부, 매년
- 논벼 주요투입물량 및 시간, 통계청(국가통계포털), 매년
- 농촌지도사업보고서, 농촌진흥청, 매년

3. 배출계수

가. 적용원칙

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값 적용을 원칙으로 한다.

① 지속적으로 범람된 농경지에 대한 표준 배출계수(SF_c)

2006 IPCC G/L에 제시된 기본값인 ‘1.30 kg CH₄ ha⁻¹ day⁻¹’을 적용한다.

②경작기 동안의 수문체계에 대한 규모계수(SF_w)

국내는 천수답은 현재 거의 사용되지 않으며, 대부분이 관개답으로 경작이 이뤄진다. 따라서 천수답에 대한 규모계수는 무시하며, 관개답으로서만 고려하도록 해야 한다.

관개답의 규모계수는 ‘지속적 범람’, ‘1회 물떼기’, ‘2회 이상 물떼기’로 구분되며, 벼 재배를 위한 물떼기는 제외하여야 한다. 지역별 물떼기 횟수 또는 비율은 ‘농업기술센터’에서 확인 가능하며, 만약 자료의 확보가 불가능하다면 ‘2회 이상 물떼기’를 기본값으로 한다.

[표 3.36] 경작기 동안의 수문체계에 대한 규모계수(SF_w)

수문체계	규모계수(
지속적 범람	1
1회 물떼기	0.6
2회 이상 물떼기	0.52

③ 경작기 이전의 수문체계에 대한 규모계수(SF_p)

경작기 이전의 수문체계에 대한 규모계수는, 비범람 시기에 따른 ‘180일 미만’, ‘180일 이상’, ‘300일 이상’으로 구분된다. 하지만 국내는 경작기간이 가장 긴 중만생종의 경우에도 150일 내외로 경작하므로, 180일 이상 비범람 시기의 기본값인 ‘0.68’을 적용한다.

④ 유기질비료에 대한 전환계수(CFOA)

유기질비료에 대한 전환계수는 비종별로 각각 산정되어야 하며, 국내 통계자료에 대응하는 전환계수는 다음과 같다.

[표 3.37] 유기질비료 비종별 전환계수 기본값

국내통계(논벼 유기질비료 시비량)	IPCC 분류	전환계수(CFOA)
퇴구비	Farm yard manure	0.14
인분노		
녹비	Green manure	0.50
산야초		
회류	Compost	0.05
기타 유기질비료		

나. 출처

· 2006 IPCC G/L, Vol.4, Chap5, Table 5.11~5.14

4. 향후과제

① 누락된 농작물 및 가축종

본 지침에서는 농작물의 생산량/면적 및 가축사육두수 자료를 ‘농림통계연보’에 제시된 값을 사용하였다. 농림통계연보에 제시된 통계자료는 국내의 현황을 대부분 반영하고 있으나, 그밖에 누락된 농작물과 가축종이 다수 존재한다. 본 지침에 제시된 활동자료와 배출계수를 적용하였을 경우에는 이러한 누락된 항목에 대하여 배출량을 산정할 수 없기 때문에, 좀더 신뢰도 높은 인벤토리를 구축하기 위해서는 누락된 항목에 대한 자료 확보와 배출계수 개발 등이 수행되어야 할 것이다.

② 농작물별 재배면적의 오류

국내의 농작물별 재배면적 통계는 작물별로 조사시기가 다르기 때문에, 만약 이모작을 시행하는 농경지가 있다면 중복 반영될 가능성이 크다. 예를 들어 벼를 경작하는 농경지에서 벼 경작이 끝나고 동일한 토지에 보리를 심었다고 한다면 벼와 보리의 면적이 중복될 것이다. 다만 이러한 농작물별 재배면적은 농경지에 시비되는 비료량 산정에 이용되므로, 이모작을 한다면 그만큼 비료가 더 많이 시비되기 때문에 결과적으로 큰 차이는 발생하지 않을 것으로 판단된다. 다만 이모작을 고려하여 온실가스 흡수/배출량을 판단한다면 그만큼 신뢰도 역시 향상될 것이다.

XXI. 3C8(기타)

본 카테고리는 3C 카테고리에 대하여 흡수/배출원으로 작용하나, 2006 IPCC G/L에서는 다루지 않은 항목에 대한 흡수/배출량을 보고하는 카테고리이다. 본 지침에서는 본 카테고리에 대한 내용은 다루지 않을 것이며, 만약 지자체 온실가스 인벤토리 작성자가 판단하기에 지자체 내에 본 카테고리에 해당하는 흡수/배출원이 있을 경우 자체적으로 방법론을 제시하여 포함시킬 수 있다. 단 방법론 및 산정식 등에 대한 내용을 자세히 서술하도록 한다.

XXII. 3D1(수확된목제품)

본 카테고리는 수확된목제품(HWP)에 대한 온실가스 흡수/배출량을 산정하는 카테고리로, 원목 가구 등 장기간 사용되는 목제품 내에 축적된 탄소는 일시적으로 분해되지 않고, 서서히 배출되며, 가구 등 목제품을 수입했을 경우 해당 국가의 탄소 축적량은 증가한다는 등의 내용이 담겨있다. 하지만 아직까지 정립된 산정방법은 없으며, 흡수/배출량 보고 역시 선택사항이기 때문에 본 지침에서는 본 카테고리에 대한 내용은 다루지 않을 것이다.

XXIII. 3D2(기타)

본 카테고리는 AFOLU 분야의 흡수/배출원으로 작용하나, 2006 IPCC G/L에서는 다루지 않은 항목에 대한 흡수/배출량을 보고하는 카테고리이다. 본 지침에서는 본 카테고리에 대한 내용은 다루지 않을 것이며, 만약 지자체 온실가스 인벤토리 작성자가 판단하기에 지자체 내에 본 카테고리에 해당하는 흡수/배출원이 있을 경우 자체적으로 방법론을 제시하여 포함시킬 수 있다. 단 방법론 및 산정식 등에 대한 내용을 자세히 서술하도록 한다.





제4장 폐기물 분야

I. 4A(4A1~4A3, 고형 폐기물 매립)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 고형 폐기물 매립지(Solid Waste Disposal Site, SWDS)에서 폐기물 매립에 의한 온실가스 배출량을 산정한다. 우리나라는 고형 폐기물의 최종 처리방식으로 매립을 이용하고 있으며, 고형 폐기물 매립은 메탄(CH_4) 뿐만 아니라 유기 이산화탄소(CO_2) 및 적은 양의 아산화질소(N_2O)를 발생시킨다. 그러나 본 카테고리에서는 2006 IPCC G/L, Vol.5, Ch.3에 따라 생물기원(biogenic origin) CO_2 및 N_2O 배출은 산정치 않고, CH_4 배출량만을 산정한다.

매립부문 세부 카테고리는 매립지 유형에 따라 분류되며, 각 매립지 유형별 배출량 산정방법은 동일하다. 그러나 만일 어떤 매립지 유형이 특정 시점에서부터 바뀐다면(예를 들어, “비관리형 매립지” → “관리형 매립지”) 배출량 보고 카테고리도 그 시점에서부터 바뀌어야 한다.

[표 4.1] 매립부문(4A) 세부 카테고리

IPCC 카테고리 분류	매립지 유형
4A1 ⁽¹⁾	관리되는 폐기물 매립지(Managed Waste Disposal Sites)
4A2 ⁽²⁾	관리되지 않는 폐기물 매립지(Unmanaged Waste Disposal Sites)
4A3 ⁽³⁾	미분류 폐기물 매립지(Uncategorised Waste Disposal Sites)

(1) 폐기물 관리법 시행규칙에 정의된 “차단형 매립시설” 또는 “관리형 매립시설”의 조건을 만족하거나, 2006 IPCC G/L, Vol.5, Ch.3, table3.1의 관리형 매립지 조건을 만족하는 매립지

(2) (1)의 조건을 만족하지 않는 매립지, (3) 관리 또는 비관리로 분류할 수 없는 경우

나. 산정원칙

SWDS로부터 CH_4 배출량 산정을 위한 방법론은 2006 IPCC G/L의 Tier1의 1차 분해반응(First Order Decay, FOD) 방법을 따른다. 가이드라인에서 Tier1 산정은 기본 인자값과 함께 주로 기본 활동자료를 사용한다고 하였으나 기본 활동자료를 사용한다하여도 과거 매립량을 산정 또는 추정하여 확보하도록 하고 있다. 따라서, 본 지침에서는 확보 가능한 범위내의 국내 매립지별 폐기물 매립이력 자료를 확보하고, 식 4.1과 IPCC 기본 배출계수를 사용하여 배출량을 산정한다.¹¹⁰⁾

[식 4.1] 고형폐기물 매립에서의 CH₄ 배출량 산정식

$$CH_4 \text{ Emissions} = \left[\sum_x CH_4 \text{ generated}_{x,T} - R_T \right] \times (1 - OX)$$

$$CH_4 \text{ generated} = DDOC_{m,decomp_T} \times F \times \frac{16}{12}$$

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

$$DDOC_{m,rem_T} = DDOC_{md_T} \times e^{-k(13/M)/12}$$

$$DDOC_{ma_T} = DDOC_{md_T} + (DDOC_{ma_{T-1}} \times e^{-k})$$

$$DDOC_{m,dec_T} = DDOC_{md_T} \times e^{-k(13/M)/12}$$

$$DDOC_{m,decomp_T} = DDOC_{m,dec_T} + DDOC_{ma_{T-1}} \times (1 - e^{-k})$$

CH₄ Emissions: T년도에 배출되는 CH₄, t CH₄/yr

CH₄ generated_{x,T}: T년도에 발생한 CH₄, t CH₄/yr

T: 배출량 산정 연도

x: 폐기물 카테고리 성상/물질

R_T: T년도에 회수되는 CH₄, t CH₄/yr

OX: 산화율, fraction

DDOC_m: 혐기적으로 분해 가능한 매립된 DOC의 총량, t C/yr

W: 매립된 폐기물의 총량, t Waste/yr

DOC: 매립된 해의 분해 가능한 유기탄소, t C/t Waste

DOC_f: 분해 가능한 DOC의 비율, fraction

MCF: 매립 년도의 호기성 분해에 대한 메탄 보정 계수, fraction

DDOC_{m,rem_T}: T년도 마지막 날까지 잔존할, T 연도에 매립된 DDOC_m, t C/yr

DDOC_{md_T}: T 연도에 SWDS로 매립된 DDOC_m, t C/yr

DDOC_{ma_T}: T 연도까지 SWDS에 축적된 DDOC_m, t C/yr

DDOC_{ma_{T-1}}: (T-1)연도까지 SWDS에 축적된 DDOC_m, t C/yr

DDOC_{m,decomp_T}: T 연도에 SWDS에서 혐기적으로 분해된 DDOC_m, t C/yr

2. 활동자료

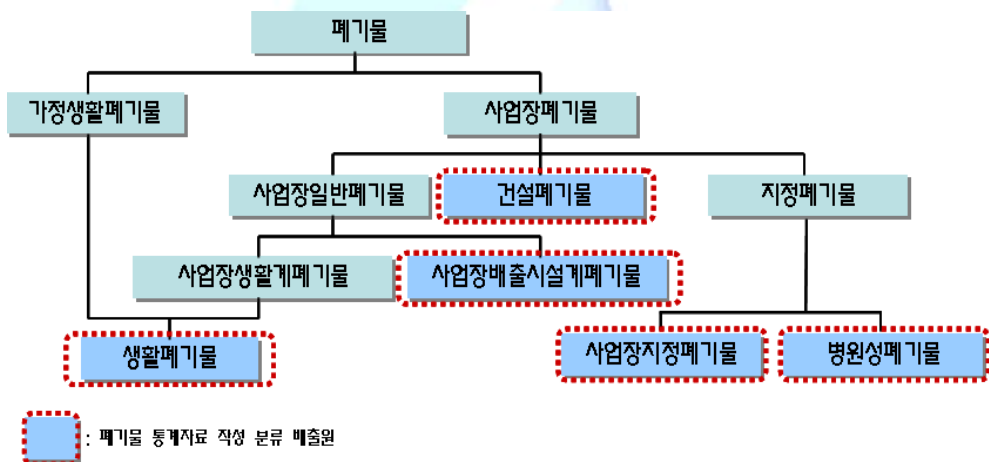
가. 적용원칙

- 110) 가이드라인의 기본 활동자료는 2006 IPCC Vol.5, Ch.2, 표2.1, 표2.2 전 세계 지역별 폐기물 발생량 기본값을 의미하나, 본 지침에서 활동자료는 매립지별 폐기물 매립이력(매립지별 매립 시작년도부터 배출량 산정시점 또는 매립종료 시점까지의 배출량)을 확보하며, 따라서 어떤 의미에서는 Tier2 수준이라 할 수 있음(양질의 활동자료를 확보할 경우)

본 카테고리의 활동자료는 다음과 같다.

- 매립지별, 년도별, 성상별 폐기물 매립량
- 매립지별, 년도별 메탄보정계수(MCF, Methane Correction Factor)
- 매립지별, 년도별 CH₄ 회수량

여기서, 매립지별 매립폐기물은 폐기물관리법에 의한 국내 폐기물 분류기준 및 국립환경과학원에서 매년 발간하는 “전국 폐기물 발생 및 처리현황” 통계자료의 배출원별 분류방법에 따라 생활폐기물(가정생활폐기물, 사업장생활계폐기물, 공사장생활계폐기물), 사업장배출시설계폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물(병원성폐기물 포함)로 분류하며, 각 매립지별로 배출원별/성상별 매립량 자료를 확보해야 한다. 이때, 매립량은 습량 기준값¹¹¹⁾으로 확보한다. 또한, 매립 폐기물의 성상은 국립환경과학원에서 각 년도별로 발간하는 “전국 폐기물 발생 및 처리현황”, “지정폐기물 발생 및 처리현황” 통계자료의 성상분류를 따른다.



[그림 4.1] 국가 폐기물 배출원 분류

[표 4.2] 배출원별 성상분류표

배출원 구분	배출원별 성상목록	
생활폐기물	가연분	음식물채소류, 종이류, 나무류, 고무피혁류, 플라스틱류, 기타
	불연분	유리류, 금속류, 토사류 등
사업장배출시설계 폐기물	가연분	폐지(종이)류, 폐목재(나무)류, 폐섬유류, 폐합성수지(플라스틱)류, 폐합성고무류, 폐피혁류, 폐수처리오니, 공정오니, 정수처리오니, 하수처리오니, 동식물성폐잔재물, 폐식용유, 기타
	불연분	광재, 연소재, 소각재, 분진류, 폐주물사모래류, 폐금속류, 폐석회/석고류, 폐촉매, 폐흡착재/폐흡수재, 유리·도자기편류, 무기성오니류

111) 배출량 산정 시 매립폐기물 중 분해 가능한 유기탄소 비율(DOC)에 대한 2006 IPCC G/L 기본값이 습량 기준으로 제시

배출원 구분	배출원별 성상목록	
		(무기성 폐수처리오니, 공정오니, 정수처리오니, 하수처리오니), 기타
건설폐기물	가연분	폐목재(나무), 폐합성수지(플라스틱), 폐섬유, 폐벽지(종이), 기타
	불연분	폐콘크리트, 폐아스팔트, 폐벽돌, 폐기와, 폐블럭, 비가연성 건설오니, 폐금속류, 폐유리, 건설폐토석, 기타
사업장지정폐기물	공정오니, 광재, 기타 폐유기용제, 분진, 소각재, 안정화 또는 고형화처리물, 폐내화물 및 도자기조각, 폐농약, 폐산, 폐석면, 폐수처리오니, 폐알칼리, 폐유, 폐유독물, 폐주물사 및 폐사, 폐촉매, 폐페인트 및 폐락카, 폐합성고무, 폐합성수지, 폐흡착제 및 폐흡수제, 할로겐족 유기용제, PCB함유 폐기물	
병원성폐기물	조직물류, 병리계폐기물, 손상성폐기물, 탈지면류, 폐합성수지류, 혼합감염성폐기물	

메탄보정계수(MCF)는 각 매립지별, 년도별로 산정하며, 가이드라인 [표 3.1] (아래 표 참조)의 분류 기준에 따라 각 매립지 특성에 가장 알맞은 값을 선정한다.

[표 4.3] SWDS 분류에 따른 메탄보정계수(MCF)

매립지 유형	메탄보정계수(MCF) 기본값
관리된 - 혐기성 ⁽¹⁾	1.0
관리된 - 준호기성(semi-aerobic) ⁽²⁾	0.5
관리되지 않는 ⁽³⁾ - 매립의 깊이가 깊고(5 m 이상 폐기물), (혹은) 지하수면이 높은	0.8
관리되지 않는 ⁽⁴⁾ - 매립의 깊이가 얕은(5 m 미만 폐기물)	0.4
분류되지 않은 SWDS ⁽⁵⁾	0.6

- (1) **혐기성으로 관리되는 고형 폐기물 매립지**: 이 경우는 매립지내 폐기물 매립에 대한 배치를 통제·관리하여야 하고, 최소한 다음 사항 중 하나를 포함한다. (i) 매립지 복토; (ii) 기계적 압축; 혹은 (iii) 매립 폐기물 평탄화
- (2) **준호기성으로 관리되는 고형 폐기물 매립지**: 이 경우 역시 폐기물 매립 시 배치를 통제·관리하여야 하고, 폐기물 층에 공기가 유입되는 다음의 모든 구조를 포함한다. (i)투과성의 매립지 복토; (ii)침출수 배수 시스템; (iii)침출수 수위 규제; (iv)매립가스 환기 시스템
- (3) **관리되지 않는 고형 폐기물 매립지 - 매립의 깊이가 깊고/깊거나 높은 지하수면이 있는 경우**: 관리된 SWDS의 요건을 충족시키지 않고, 매립고가 5m 이상이며(이거나), 지표면 근처에 높은 지하수면이 있는 모든 SWDS이다. 높은 지하수면을 가진 SWDS는 폐기물 매립에 의해 형성된 연못, 강, 습지와 같은 육수(inland water)가 있는 SWDS에 해당한다.
- (4) **관리되지 않는 얕은 고형 폐기물 매립지**: 관리된 SDWS 영역에 부합되지 않고, 매립고 5m 미만의 모든 SWDS
- (5) **분류되지 않은 고형 폐기물 매립지**: 해당 국가에서 관리되거나/관리되지 않은 SWDS의 4가지 카테고리 분류할 수 없는 경우에만, 이 카테고리의 MCF가 활용될 수 있다.

※출처: 2006 IPCC G/L Vol.5, Ch.3, 표3.1

CH₄ 회수량의 경우 각 매립지별, 년도별로 자료를 확보한다. 매립가스 배제

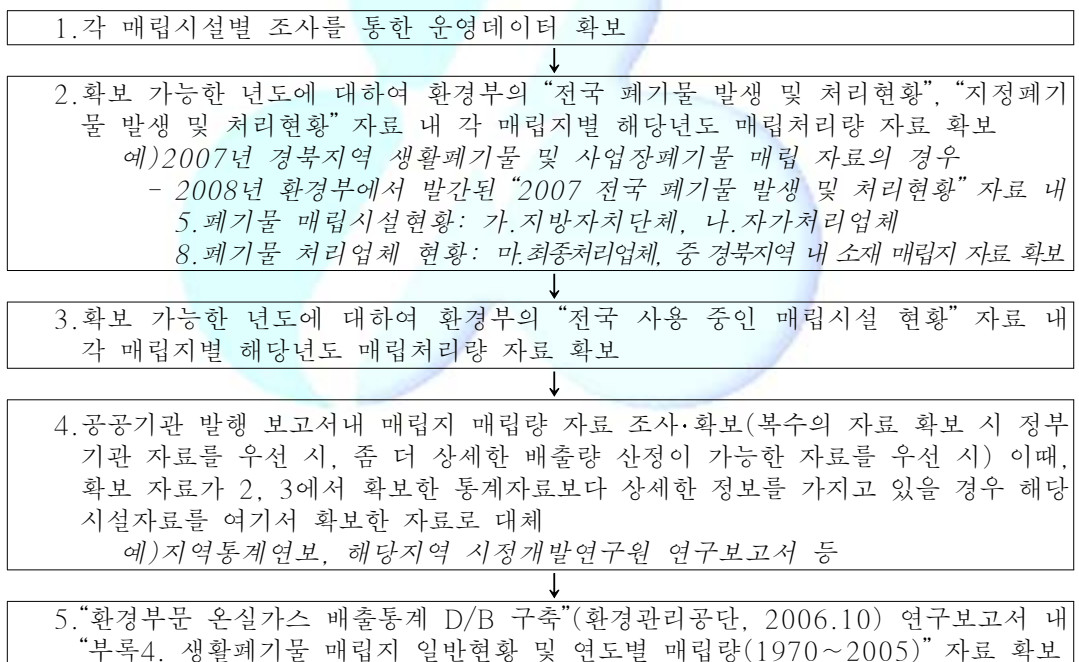
시 가스처리 방법으로 대기확산, 소각처리(flaring), 또는 발전 등이 있을 수 있으며, 대기확산의 경우 회수량은 0으로 산정하며, 만일 소각처리 된다면 이로부터 배출되는 CH₄와 N₂O의 배출량이 매우 적고 CO₂의 경우 생물 기원이므로 소각처리 양에 해당하는 부분은 배출량 산정에서 제외되며, 만약 에너지로 사용된다면 그에 따른 온실가스 배출량은 에너지 분야에서 보고되어야 한다.

CH₄ 회수의 IPCC 기본값은 0이며, CH₄ 회수량 산정은 관련 근거자료(보고서, 운영현황자료 등)가 있는 매립지에 한하여 산정한다.

나. 대안

우리나라는 폐기물관련 국가 통계에 있어 비교적 다양하고 상세한 자료를 매년 조사·수집 및 발간하고 있으나 2006 IPCC G/L에 제시된 방법론에 따라 매립 부문 온실가스 직접배출량¹¹²⁾(Scope1)을 각 매립지별로 산정할 경우 매립폐기물 조성, 과거 매립량¹¹³⁾ 등 자료입수에 어려움이 있다. 따라서, 매립지별 매립량 및 매립조성 자료 확보가 어려울 시 다음 우선순위에 따라 자료를 확보한다.

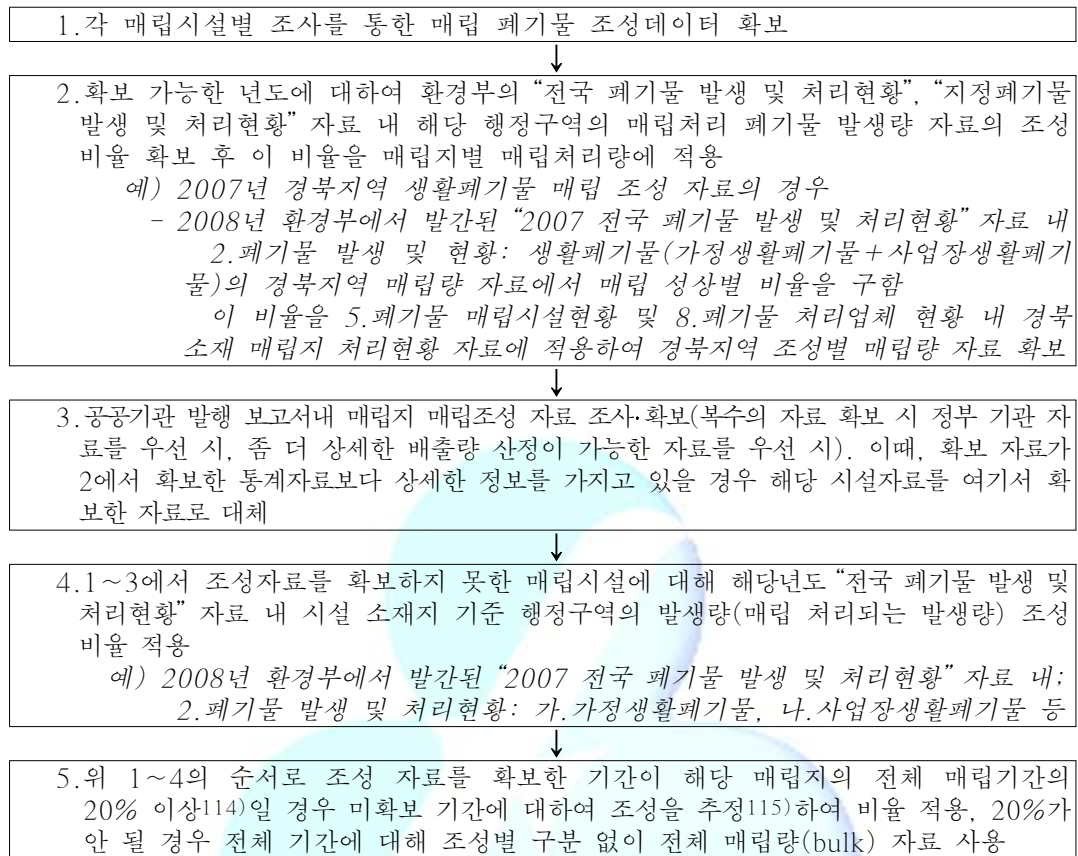
· 매립지별, 년도별 매립량 자료 확보 순서



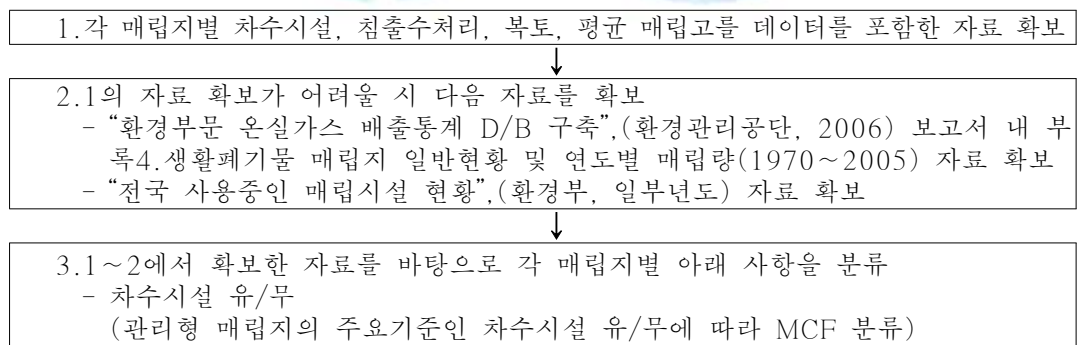
112) 산정 지역 경계 내 직접적으로 온실가스를 배출하는 시설 또는 활동에 대한 배출량을 산정하며, 따라서, 본 카테고리의 경우 산정 지역 내 소재하는 매립시설에서 배출되는 CH₄ 산정에 해당

113) '87년도부터 환경부에서 “전국 폐기물 발생 및 처리현황” 자료를 매년 발간해오고 있으나 그 이전 기간에 대한 자료 확보 및 그 이후년도에 대해서도 폐기물관련법 개정에 의한 폐기물 분류체계 변화에 따른 통계자료 분류의 어려움이 있음.

· 매립지별, 년도별 매립조성 자료 확보 순서



MCF 값 선정에 있어, 각 매립지-년도별 MCF를 고려하는 것을 원칙으로 하며 표4.2에서 제시한 5가지 매립지 유형 분류를 따르나 관련 자료 확보가 어려울 시 아래 기준에 따라 값을 선정·적용한다.



114) 2006 IPCC G/L에 따르면 FOD 사용 시 50년(반감기 주기 2~3회 이상) 이상의 과거 매립량 자료를 필요로 하며, 이중 최소 10년 이상의 자료는 국가 통계에 근거한 자료일 것을 제시하고 있음. 따라서 이 비율을 참고하여 적용

115) 과거폐기물 매립량 추정 방안에 대하여 별표 4.1 참조

- 차수시설이 없는 경우 평균 매립고를 년도별로 매립량에 따라 분배
(최초 매립년도 시점부터 누적 분배, 평균 매립고가 5m 이상이 되는 시점 파악)

4.3의 분류에 따라 년도별로 아래 표의 MCF 적용

[표 4.4] 시설별 적용을 위한 MCF 재분류표

차수시설 유/무	조건 1	조건 2	MCF	비고
차수시설 ⁽¹⁾ 유		협기성 ⁽²⁾	1.0	관리형
		준호기성	0.5	관리형
차수시설 무 (또는 자료 없음)	설치년도: 1992년 ⁽³⁾ 이전	매립고 5m 이상	0.8	비관리형, 깊은 매립
		매립고 5m 미만	0.4	비관리형, 얕은 매립
	설치년도: 1992년 이후	협기성 ⁽²⁾⁽⁴⁾	1.0	관리형, 협기성
		준호기성	0.5	관리형, 준호기성

- (1) 폐기물관리법 시행규칙에 의한 “관리형 매립지”의 주요 기준으로서 침출수 유출 방지를 위한 차수시설 설치 내용 제시
- (2) 관리형 매립의 협기성/준호기성 분류 기준은 2006 IPCC G/L Vol5, Ch.3, table3.1을 따름(본 지침 표4.3 참조)
- (3) 폐기물관리법 시행규칙에 폐기물처리시설 설치기준, 관리기준 제정(1991.12), 매립시설관련 차수시설 기준 제시; 본 지침에서는 1992년 이후 매립시설을 모두 관리형으로 가정
- (4) 협기성/준호기성 분류를 위한 자료 불충분 시, 차수시설이 없는 경우와 동일하게 최종 매립고 높이를 년도별 매립량 기준으로 최초 매립년도 시점부터 누적 분배하여 매립고가 5m 미만 시점까지는 준호기성, 이상되는 시점(년도)부터 협기성으로 가정

CH₄ 회수량의 경우 조사 시 확보한 자료가 매립가스(LFG) 포집량일 경우 이 중 CH₄ 비율에 대한 정보를 추가적으로 확보해야하며, 확보한 포집량의 단위가 질량단위(tonCH₄ 등)가 아닐 경우 이에 대한 단위 변환이 필요하다. 만약 포집한 LFG의 부피¹¹⁶⁾ 자료를 확보하였다면 포집 시 기압, 온도 자료를 추가 확보하여야 하며, 이러한 정보를 구할 수 없다면, 표준상태(Standard Temperature and Pressure, 0°C, 1atm)로 가정하고 이에 대한 몰 변환을 통해 회수량을 산정한다.

다. 출처

아래 표는 각 매립지별 세부자료가 없을 시 공통적으로 활용 가능한 자료의 목록을 보여준다.

[표 4.5] 매립부문 산정을 위한 활동자료 출처

항목	출처	비고
매립지별 매립량	1. 전국 폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도)	
	2. 지정폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도)	

¹¹⁶⁾ 확보한 LFG 포집가스량의 부피단위가 Nm³으로 주어졌을 경우 이는 0°C 1기압의 “Normal State”를 나타내므로 표준 상태 이상기체 상태방정식을 이용한 변환 수행

항목	출처	비고
매립 조성	3. 환경부문 온실가스 배출통계 D/B 구축(환경관리공단, 2006), 부록4	1970~2005 기간 자료 수록
	4. 전국 사용중인 매립시설 현황(환경부, 일부년도)	
	1. 전국 폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도) 2. 지정폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도) 3. 전국 폐기물 통계조사(환경부, '96, '01, '06)	매립지별 조성자료가 아닌 지역별(행정구역별) 발생량 기준 조성
MCF	1. 환경부문 온실가스 배출통계 D/B 구축(환경관리공단, 2006), 부록4	차수시설, 평균 매립고(m) 자료 수록
	2. 전국 사용중인 매립시설 현황(환경부, 일부년도)	차수시설, 침출수처리시설, 가스포집시설 자료 수록
회수량(R)	1. 자원회수시설 회수량 조사보고서(환경관리공단, 2009) 2. 2009년 대기환경학회 춘계학술대회 자료집	2008년 기준 전국 CH ₄ 자원회수시설 회수량(1998~2007)
	2. 수도권매립지 통계연감	수도권 매립지 CH ₄ 회수량

3. 배출계수

가. 적용원칙

본 카테고리에 사용하는 모든 배출계수는 2006 IPCC G/L의 기본값을 사용한다. 이 중 메탄발생 속도상수 k의 경우 가이드라인 table3.3의 “아한대, 온대 - 습윤(MAT ≤ 20°C, MAP/PET > 1)¹¹⁷⁾” 지역 값을 기본 적용한다.

나. 대안

2006 IPCC G/L과 국내 통계의 폐기물 성상 분류기준 차이로 인하여, 가이드라인 배출계수 기본값을 국내 적용 시 일부 성상에 대한 재분류가 불가피하다. 이에 성상별로 다른 특성을 갖는 계수 DOC(분해 가능한 유기탄소), k(메탄발생 속도상수)에 대하여 국내 통계에 알맞은 값을 적용해야하며, 이에 대한 자료 확보가 어려울 시 아래 분류표를 참고한다.

[표 4.6] 국내-IPCC DOC(분해가능 유기탄소) 분류표

국가 배출원 분류	국가 성상 분류	IPCC 배출원 분류	IPCC 성상 분류	DOC	출처
생활폐기물	전체(bulk) ⁽¹⁾	MSW	bulk	0.14	2006 IPCC Waste Model ⁽²⁾
	음식물채소류		food waste	0.15	2006 IPCC G/L table2.4

¹¹⁷⁾ MAT: 연평균기온(Mean annual temperature), MAP: 연평균강수량(Mean annual precipitation), PET: 잠재증발산량(Potential evapotranspiration)

국가 배출원 분류	국가 성상 분류	IPCC 배출원 분류	IPCC 성상 분류	DOC	출처
	종이류		paper/cardboard	0.40	
	나무류		wood	0.43	
	고무피혁류		rubber and leather	0.39	
	플라스틱류		plastics	0.00	
	기타가연분		-	0.23	
	불연분 ⁽⁴⁾		other, inert waste	0.00	환경관리공단 보고서 ⁽³⁾ 2006 IPCC G/L table2.5
사업장 배출시설계 폐기물	전체 (bulk) ⁽¹⁾	Industrial waste	bulk	0.15	2006 IPCC Waste Model ⁽²⁾
	폐지류		pulp and paper	0.40	2006 IPCC G/L table2.5
	폐목재류		wood and wood product	0.43	
	폐섬유천류		textile	0.24	
	폐합성수지류		petroleum products, solvents, plastics	0.00	2006 IPCC G/L table2.4
	폐합성고무		rubber and leather	0.39	
	폐피혁		rubber and leather	0.39	
	폐수처리오니		Industrial sludge	0.09	2006 IPCC G/L p.2.15
	공정오니		Industrial sludge	0.09	
	정수처리오니		Industrial sludge	0.09	
	하수처리오니		domestic sludge	0.05	환경부 보고서 ⁽⁵⁾
	동식물성폐잔재물		-	0.11	
	폐식용유		-	0.67	
	기타가연분		-	0.23	환경관리공단 보고서 ⁽³⁾
	불연분(전체)		other, inert waste	0.00	2006 IPCC G/L table2.5
건설폐기물	전체 (bulk) ⁽¹⁾	Industrial waste	bulk	0.15	2006 IPCC Waste Model ⁽²⁾
	종이류		pulp and paper	0.40	2006 IPCC G/L table2.5
	나무류		wood and wood product	0.43	
	폐합성수지류		petroleum products, solvents, plastics	0.00	
	폐섬유		textile	0.24	환경관리공단 보고서 ⁽³⁾
	기타가연분		-	0.23	
	불연분(전체)		other, inert waste	0.00	2006 IPCC G/L table2.5

[표 4.6] 국내-IPCC DOC(분해가능 유기탄소) 분류표(계속)

국가 배출원 분류	국가 성상 분류	IPCC 배출원 분류	IPCC 성상 분류	DOC	출처
지정폐기물	전체 (bulk) ⁽¹⁾	Hazardous waste	bulk	0.15	2006 IPCC Waste Model ⁽²⁾
	공정오니		Industrial sludge	0.09	2006 IPCC G/L p.2.15
	폐수처리오니		Industrial sludge	0.09	
	폐합성수지류		petroleum products,	0.00	2006 IPCC G/L

국가 배출원 분류	국가 성상 분류	IPCC 배출원 분류	IPCC 성상 분류	DOC	출처
	기타 전체		solvents, plastics		table2.5
			Hazardous waste	0.00	2006 IPCC G/L
병원성폐기물	전체(bulk) ⁽¹⁾	Clinical waste	bulk	0.15	table2.6
	조식물류		-	0.11	환경부 보고서 ⁽⁵⁾
	폐합성수지류 등		petroleum products, solvents, plastics	0.00	2006 IPCC G/L
					table2.5

- (1) 조성구분 없이 해당 배출원(생활폐기물 등) 전체에 단일 DOC를 적용할 경우 "East-Asia" 지역 기본 값
- (2) 2006 IPCC G/L에서 같이 제공되는 FOD Waste Model 스프레드시트
- (3) '08년도 환경부문 온실가스 배출계수 개발결과 보고서, 환경관리공단, 2008
- (4) 불연분의 경우 성상 구분 없이 동일 DOC 적용
- (5) '96 전국 폐기물 통계조사, 환경부, 1997

[표 4.7] 국내-IPCC k(메탄발생 속도상수) 분류표

국가 배출원 분류	국가 성상 분류	IPCC 배출원 분류	IPCC 성상 분류	k	출처
생활폐기물	전체(bulk) ⁽¹⁾	MSW	bulk waste	0.09	2006 IPCC G/L table3.3
	음식물채소류		food waste/sewage sludge	0.185	
	종이류		paper/textile	0.06	
	나무류		wood/straw waste	0.03	
	고무폐혁류 ⁽²⁾		wood/straw waste	0.03	
	플라스틱류 ⁽³⁾		wood/straw waste	0.00	
	기타가연분		bulk waste	0.09	
	불연분 ⁽⁴⁾		-	0.00	
사업장 배출시설계 폐기물	전체(bulk)	Industrial waste	bulk waste	0.09	
	폐지류		paper/textile	0.06	
	폐목재류		wood/straw waste	0.03	
	폐섬유천류		paper/textile	0.06	
	폐합성수지류		wood/straw waste	0.00	
	폐합성고무		wood/straw waste	0.03	
	폐피혁		wood/straw waste	0.03	
	폐수처리오니		food waste/sewage sludge	0.185	
	공정오니		food waste/sewage sludge	0.185	
	정수처리오니		food waste/sewage sludge	0.185	
	하수처리오니		food waste/sewage sludge	0.185	

[표 4.7] 국내-IPCC k(메탄발생 속도상수) 분류표(계속)

국가 배출원 분류	국가 성상 분류	IPCC 배출원 분류	IPCC 성상 분류	k	출처
사업장	동식물성폐잔재물	Industrial	food waste/sewage sludge	0.185	2006 IPCC G/L

국가 배출원 분류	국가 성상 분류	IPCC 배출원 분류	IPCC 성상 분류	k	출처
배출시설계 폐기물	폐식용유	waste	wood/straw waste	0.03	table3.3
	기타가연분		bulk waste	0.09	
	불연분(전체)		-	0.00	
건설폐기물	전체(bulk)	Industrial waste	bulk waste	0.09	
	종이류		paper/textile	0.06	
	나무류		wood/straw waste	0.03	
	폐합성수지류		wood/straw waste	0.00	
	폐섬유		paper/textile	0.06	
	기타가연분		bulk waste	0.09	
	불연분(전체)		-	0.00	
지정폐기물	전체(bulk)	Hazardous waste	bulk waste	0.09	
	공정오니		food waste/sewage sludge	0.185	
	폐수처리오니		food waste/sewage sludge	0.185	
	폐합성수지류		wood/straw waste	0.00	
	기타 전체		bulk waste	0.09	
병원성폐기 물	전체(bulk)	Clinical waste	bulk waste	0.09	
	조식물류		food waste/sewage sludge	0.185	
	폐합성수지류 등		wood/straw waste	0.00	

(1) 조성구분 없이 해당 배출원(생활폐기물 등) 전체에 단일 k값을 적용할 경우

(2) 환경기초시설에서 발생하는 온실가스 배출량 조사, 환경부, 2000 보고서의 폐기물 생분해도에 따른 분류 시 난분해성 성분에 해당, IPCC 기본값 중 “Slowly degrading waste” 해당값 적용

(3) (2)의 보고서에서 비분해성 성분에 해당하며 0 적용

(4) 불연분의 경우 성상 구분 없이 0 적용

다. 출처

매립부문 배출계수는 2006 IPCC G/L 기본값을 사용하며, 표 4.6~8에 각 항목별 기본값을 제시하였다.

[표 4.8] 매립부문 배출계수 기본값

배출계수 항목	적용 값	단위	출처
DOC	표 4.6 참조	ton C/ton Waste	2006 IPCC G/L table2.4, 2.5 외
k(메탄속도상수)	표 4.7 참조	constant	2006 IPCC G/L table3.3
DOC _F	0.5	fraction	2006 IPCC G/L 3.2.3
M ⁽¹⁾	13	month	2006 IPCC Waste Spreadsheet Model
F	0.5	fraction	2006 IPCC G/L 3.2.3
OX ⁽²⁾	0.1	fraction	2006 IPCC G/L table3.2
(1) 기본값 6개월 적용(매립 다음연도 1월부터 CH ₄ 발생 시작)			
(2) “Managed covered with CH ₄ oxidising material” 해당 값 적용			

※ [별표 4.1] 과거 폐기물 매립량 추정

매립부문의 경우 FOD 방법을 사용하므로 배출량 산정연도 이전의 매립량 또한 산정연도의 배출량에 영향을 미친다. 따라서 IPCC 가이드라인에서는 FOD 방법 적용을 위한 활동자료로서 과거폐기물 매립 이력을 확보(국가 배출량 산정의 경우 기본값은 50년 기간 자료, 본 지침에서는 각 매립지별 매립 시작년도부터의 자료)하여, 이를 배출량 산정 시 반영토록하고 있다. 여기서는 가이드라인¹¹⁸⁾에 제시된 기준에 따른 데이터 확보(실 데이터 확보, 미확보 기간의 경우 추정 작업을 통한 데이터 확보)를 원칙으로 하나, 매립지별 데이터 추정의 경우 매립지 수가 많을 경우 추정 작업에 상당한 시간이 소모될 수 있다. 또한, 본 지침에서는 2006 IPCC G/L Tier1 수준의 산정 방법을 적용하고 있으므로, 여기서는 간단한 수준(Tier1 수준¹¹⁹⁾)의 매립량 및 매립조성 추정 예를 제시한다.

[표 4.9] 과거 폐기물 매립량 추정 예(Tier1 수준)

1.매립지별 자료 확보(매립 시작년도, 기 매립량, 년도별 매립량 자료 등)	
- 기 매립량 자료의 경우 “전국 폐기물 발생 및 처리현황”, “지정 폐기물 발생 및 처리현황”에서 ‘96년 이후 자료부터 확보 가능	
2.매립지를 주소지별로 분류	
- 동일 주소지에 여러 매립지가 있을 경우 이를 세분화, 어려울 시 매립량을 합하여 단일 매립지로 취급	
3.매립지별 기 매립량을 년도별로 분리 후 확보한 자료의 수준에 따라 아래와 같이 적용	
확보 자료	추정 방안
1.일부 년도별 매립량	· 일부 년도별 매립량을 확보한 기간의 경우 그대로 적용
2.기 매립량 총량	· 년도별 매립량 자료를 확보한 년도를 제외하고 시작년도부터 사용종료 또는 미확보 시기까지 기 매립량을 균등 분배
3.매립 시작년도	· 일부 년도별 매립량을 확보한 기간의 경우 그대로 적용
1.일부 년도별 매립량	· 확보한 기간에 대하여 매립량 자료의 년도별 평균을 구하여 기 매립량을 이 값으로 년도별 균등 분배
2.기 매립량 총량	· 잔여용량이 있는 년도에 대하여 이전년도와의 잔여용량 차를 구할 수 있으면 이 값을 적용, 그렇지 못할 경우 잔여용량 데이터는 사용 안함
(3.일부년도 잔여용량)	
1.일부 년도별 매립량	· 일부 년도별 매립량을 확보한 기간에 대해서만 데이터 적용

[표 4.10] 과거 폐기물 매립 조성 추정 예(Tier1 수준)

1. 해당 매립지의 폐기물 매립 조성(composition) 자료 확보 가능한 년도에 대하여
- 확보한 자료 적용

118) 2006 IPCC G/L Vol.1, Ch.5, Resolving data gaps, Vol.5, Ch.3, Choice of activity data

119) 2006 IPCC G/L에서는 배출량 산정을 위한 활동자료로서 과거 매립량 추정(Tier1 적용 시 활동자료), 양질의 신뢰성 있는 과거 매립량 추정(Tier2)을 제시

2.1에서 확보가 어려운 년도에 대하여

- 매립지 소재지 기준 행정구역내 폐기물 매립 발생량 기준 매립조성 확보(환경부 통계 자료 활용)

3.2에서 확보가 어려운 년도에 대하여

- 미확보 년도와 가장 가까운 년도의 매립조성 확보 자료로 대체

4. 향후과제

매립부문 직접배출량 산정을 위한 매립지별 활동자료 확보 시 매립지별 매립량/매립조성 자료 등 통계자료의 부족 또는 신뢰성 문제로 추정(또는 가정) 작업을 수행해야 하는 경우가 발생한다. 이에 조성 비율 등에 대한 추정작업이 불가피한 경우가 발생하며, 이러한 작업 수행 시 매립 폐기물의 조성별 DOC 값이 다양하므로 추정방법에 따라 배출량 차이를 보일 수 있다. 마찬가지로 과거폐기물의 매립이력 추정 방법 역시 산정자의 판단에 따라 배출량에 영향을 미칠 가능성이 크다. 또한 통계자료 내 부피단위와 무게단위가 혼용되는 경우가 있어 이에 대한 비중을 고려한 변환 작업이 수행되어야 할 수도 있다. 따라서, 신뢰성 확보를 위해서는 매립지별 통계자료 확보가 우선되어야 하며, 또한 추정 작업 수행되어야 할 경우 가이드라인에서 제시하는 기준(Vol.1, Ch.5, Resolving data gaps, Vol.5, Ch.3, Choice of activity data 등)에 따라 일관성 있게 수행되어야 할 것이다.

회수량 산정의 경우 각 매립지별로 회수 후 처리방법(발전, 소각처리 등)에 따라 배출량으로서 보고될 수 있는 회수량이 달라질 수 있다. 따라서, 향후 회수량 조사 시 이러한 처리방법별 처리 비율 등의 자료 역시 동시에 조사되어야 할 것이다.

II. 4B(고형폐기물의 생물학적 처리)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

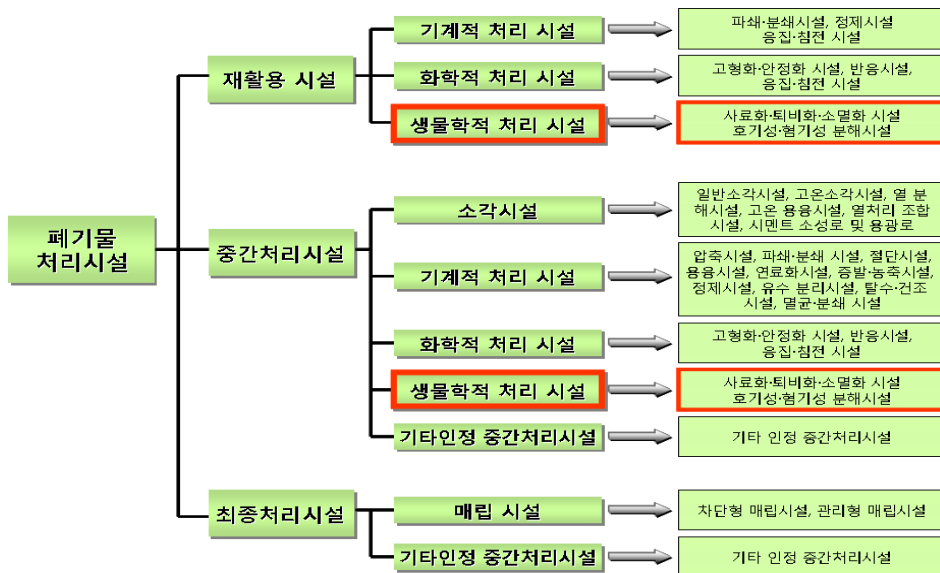
본 카테고리는 고형폐기물의 생물학적처리(Biological treatment of solid waste) 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 산정한다. 우리나라는 폐기물 재활용 및 중간처리 방식으로 사료화·퇴비화시설 또는 감량화·소멸화 시설 등을 이용하고 있으며, 이러한 시설은 음식물류, 동식물성폐잔재류, 오니류 등을 대상으로 혐기성 소화 과정을 포함하고 있다. 이 카테고리에서 배출되는 온실가스는 CH_4 과 N_2O 이다.

[표 4.11] 고형폐기물의 생물학적처리에 대한 배출량 산정 목록

처리시설	CH ₄	N ₂ O
사료화·퇴비화시설 ⁽¹⁾	○	○
혐기성 분해시설	○	산정 안함

(1) 2006 IPCC G/L에는 퇴비화 부분만 제시되어 있으나, 사료화 또한 같은 처리로 판단

(2) 2006 IPCC G/L에서 “Assumed negligible”로 제시하였으며, 본 지침에서는 산정치 않음



[그림 4.2] 우리나라 폐기물 처리시설 분류

나. 산정원칙

본 카테고리의 배출량 산정은 2006 IPCC G/L의 Tier1 방법을 따른다. 따라서 사료화·퇴비화시설별 폐기물 처리량에 가이드라인 제시 기본 배출계수를 곱하고 CH₄이 회수될 경우 그 양을 제외하여 배출량을 산정한다.

[식 4.2] 고형폐기물의 생물학적처리로 인한 CH₄ 배출량 산정식

$$CH_4 \text{ Emissions} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R$$

CH₄ Emissions: 총 CH₄ 배출량, t CH₄/yr

M_i: 생물학적 처리 유형 i 에 의해 처리된 유기 폐기물의 총량, t Waste/yr

EF_i: 처리 i 에 대한 배출계수, g CH₄/kg waste

i : 퇴비화 또는 혐기성 소화

R: 회수된 CH₄의 총량, t CH₄/yr

[식 4.3] 고형폐기물의 생물학적처리로 인한 N₂O 배출량 산정식

$$N_2O \text{ Emissions} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3}$$

N₂O Emissions: 총 N₂O 배출량, t N₂O/yr

M_i: 생물학적 처리 유형 *i* 에 의해 처리된 유기 폐기물의 총량, t Waste/yr

EF: 처리 *i* 에 대한 배출계수, g N₂O/kg Waste

i: 퇴비화 또는 혐기성 소화

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리의 활동자료는 아래와 같다.

- 년도별, 시설별 고형폐기물의 생물학적 처리량
- 년도별, 시설별 CH₄ 회수량

이때, 사료화·퇴비화처리량 자료와 혐기성소화시설의 자료는 분리·수집되어야하며, 가이드라인 제시 배출계수가 건량/습량에 따라 따로 제시되어 있으므로, 자료 수집 시 처리량의 무게 단위가 습량 또는 건량기준인지에 대한 정보도 함께 조사되어야 한다.

나. 대안

국립환경과학원의 “전국 폐기물 발생 및 처리현황”에 수록된 관련 업체자료는 업체명, 소재지 및 처리량 등의 자료만 수록되어 있어 본 카테고리에 해당여부 판단 기준이 불분명하다. 이러한 경우 시설별 조사가 수행되어야 하나 조사를 할 수 없는 경우 또는 조사 자료의 분류가 불분명 할 경우 아래 기준표의 업체(시설)명을 참고하여 해당여부를 판단하도록 한다.

[표 4.12] 대상시설 선정 기준(고형폐기물의 생물학적처리)

처리 유형	해당 시설 종류 ⁽¹⁾
사료화·퇴비화 (Composting)	(음식물) ⁽²⁾ 자원화, (음식물)퇴비화, (음식물)사료화, (음식물)고속발효, (음식물)혼합발효, 비료화 등
혐기성 소화시설 ⁽³⁾ (Anaerobic digestion)	(음식물)소멸화, (음식물)감량화 등

(1) 분류표내 명칭은 시설 종류에 해당하며, 정확한 시설명은 다소 다를 수 있음

(2) 괄호() 안의 문구는 포함이 될 수도 안 될 수도 있음

(3) 혐기성 조건의 생물학적 처리가 이루어지나 처리 후 퇴비화 등 재활용 없이 소각 또는 매립처리 될 경우 혐기성 소화시설로 분류

※ 음식물 공공처리시설, 지렁이 사료화시설 등 혐기성 조건의 생물학적처리 과정을 포함하지 않는 시설로서 산정 시 제외

해당시설이면서 분류가 어려울 시 사료화·퇴비화로 분류하며, 혐기성 소화시설은 완전 혐기성 조건일 경우에 적용한다. 또한 퇴비파쇄기 시설 등 음식물처리 업체이나 혐기성 소화시설이 아닌 단순 물리적 처리시설은 산정 시 제외한다.

그리고, 매탄 회수량의 경우 역시 시설별 조사가 수행되어야하며, 수행 시 처리방법(에너지 회수 또는 소각처리 등)에 따라 그 산정보고 카테고리도 달라질 수 있으므로 이러한 정보 역시 동시에 조사되어야 한다. 만약 관련 자료 확보가 불가능 할 시 기본값은 '0'으로 산정한다.

다. 출처

우리나라 고형폐기물의 생물학적 처리시설에 대한 활동자료는 국립환경과학원에서 매년 발간하는 “전국 폐기물 발생 및 처리현황” 통계자료 내 기타 처리시설 현황(지방자치단체 운영, 자가처리업체 포함) 및 중간처리업체 현황에서 확인할 수 있다.

3. 배출계수

가. 적용원칙

본 카테고리에 사용하는 모든 배출계수는 2006 IPCC G/L의 기본값을 사용한다.

[표 4.13] 고형폐기물의 생물학적 처리부문 CH₄, N₂O 배출계수 기본값

생물학적 처리 유형	CH ₄ 배출계수 (g-CH ₄ /kg-처리된 폐기물)		N ₂ O 배출계수 (g-N ₂ O/kg-처리된 폐기물)		비고
	건량 기준	습량 기준	건량 기준	습량 기준	
퇴비화	10 (0.08-20)	4 (0.03-8)	0.6 (0.2-1.6)	0.3 (0.06-0.6)	처리된 폐기물에 대한 가정: 건조 물질에서의 DOC는 25-50%, 건조물질에서 의 N은 2%, 수분 함 량 60%. 건조 폐기물의 배출계수는 수분함량 60%를 가정한 젖은 폐기물의 배출계수 로부터 산정된다.
바이오가스 시설에서의 혐기성소화	2 (0-20)	1 (0-8)	무시할 수 있다고 가정	무시할 수 있다고 가정	

※ 출처: 2006 IPCC G/L Vol.5, Ch.4

4. 향후과제

본 카테고리 관련 활동자료 수집 시 현재 “전국 폐기물 발생 및 처리현황” 통계자료를 주로 활용하고 있으나 자료 내 나열된 여러 시설 중 생물학적 처리시설에 대한 선정·분류 작업에서 산정자의 판단에 따라 특정 시설의 포함 여부가 달라질 수 있다. 또한,

CH₄ 회수량의 경우 아직 국내 시설에 대하여 보고된 자료가 없어 이에 대한 자료 확보 역시 어려움이 있으며, 회수량을 고려할 시 현재보다 배출량이 낮아질 수 있다. 또한 생물학적 처리시설로 규정된 모든 시설이 온실가스를 배출하는 것은 아니기 때문에 각 개별 시설 개통도를 검토하여 확정해야 할 것으로 판단된다.

통계자료에 따르면 2007년 기준 국내 관련 처리시설은 약 170개 정도 존재하는 것으로 판단되며, 따라서 향후 관련 업체를 대상으로 한 전수조사 수행, 또는 통계자료 수집·발간 기관에 관련 세부 정보항목 추가 요청 등 보다 상세한 활동자료 확보 및 신뢰성 향상을 위한 노력이 필요하다.

III. 4C1(폐기물 소각)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 통제되는 소각 시설에서의 고형 및 액상 폐기물 연소로 정의된다. 우리나라는 폐기물 중간처리 방식으로서 소각을 이용하고 있고, 생활폐기물, 사업장배출시설계폐기물 등 다양한 배출원에서 발생한 폐기물에 대하여 소각처리가 이루어지고 있다. 이 부문에서 배출되는 온실가스는 CO₂, CH₄, N₂O를 포함하며, 소각 처리 시 폐기물에 포함되는 바이오매스에서 배출되는 CO₂를 제외한 모든 부분의 배출량을 산정한다.

나. 산정원칙

본 카테고리로부터 배출되는 모든 종류의 온실가스 배출량 산정을 위한 방법론은 2006 IPCC G/L을 따른다. 적용하는 Tier 수준은 아래와 같다. 여기서, CH₄ 및 N₂O 산정의 경우 방법론은 Tier1 수준을 적용하나 폐기물 소각 유형/기술에 따라 배출량을 분리·산정한다.

[표 4.14] 4C1 카테고리 적용 방법론

카테고리	온실가스	적용 Tier 수준	설 명
4C1	CO ₂	Tier 2a	국가 활동자료, IPCC 기본 배출계수
	CH ₄	Tier 1	소각 폐기물 총량 활동자료 ⁽¹⁾ , IPCC 기본 배출계수 ⁽²⁾
	N ₂ O	Tier 1	

(1) 배출원은 구분, 배출원별 조성은 구분 없이 산정

(2) 폐기물 소각 유형/기술별 기본값 분류 적용

그리고, 각 온실가스별(CO₂, CH₄, N₂O) 배출량 산정식은 각각 달리 적용되나 산정에 사용되는 폐기물의 양과 조성자료는 동일해야 한다.

또한, 소각처리 시 에너지회수(예를 들어, 소각 폐열을 지역난방용으로 공급)가 발생한다면 해당 배출량은 이 카테고리에서 산정 가능하나 에너지 분야에서 보고되어야 한다.

[식 4.4] 고형폐기물 소각에서 CO₂ 배출량 산정식

$$CO_2 \text{ Emissions} = \sum_i (\sum_j (SW_{ij} \times dm_{ij} \times CF_{ij} \times FCF_{ij} \times OF_{ij})) \times \frac{44}{12}$$

CO₂ Emissions: 시설별 CO₂배출량, t CO₂/yr

SW_{ij}: 소각되는 i 유형, j성상 고형 폐기물의 총량(습량기준), t Waste/yr

dm_{ij}: 소각되는 i 유형, j성상 폐기물(습량기준) 중 건조 물질 함량, fraction

CF_{ij}: 건조물질 중 탄소 비율(총 탄소 함량), fraction

FCF_{ij}: 총 탄소량 중 화석탄소 비율, fraction

OF_{ij}: 산화계수, fraction

44/12: 탄소에 대한 이산화탄소 변환 계수

i: 다음과 같이 소각되는 폐기물 유형:

생활폐기물, 사업장배출시설계폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물, 병원성폐기물 등

j: 다음과 같이 소각되는 폐기물 유형별 성상:

종이류, 나무류, 플라스틱류, 섬유류, 피혁류, 기타가연분 등

여기서, 확보한 폐기물 소각량 자료가 건량 기준일 경우 dm(건조물질함량) 인자는 산정 시 고려하지 않는다.

[식 4.5] 액상폐기물 소각에서 CO₂ 배출량 산정식

$$CO_2 \text{ Emissions} = \sum_i (AL_i \times CL_i \times OF_i) \times \frac{44}{12}$$

CO₂ Emissions: 화석연료(액체상) 폐기물의 소각에 의한 CO₂ 배출량, t CO₂/yr

AL_i: i 유형의 소각된 화석연료(액체상) 폐기물의 양, t Waste/yr

CL_i: i 유형의 화석연료(액체상) 폐기물의 탄소 함량, fraction

OF_i: i 유형의 화석연료(액체상) 폐기물에 대한 산화 계수, fraction

44/12: 탄소에 대한 이산화탄소 변환계수

[식 4.6] 소각에서 CH₄ 배출량 산정식

$$CH_4 \text{ Emissions} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

CH₄ Emissions: 시설별 CH₄ 배출량, t CH₄/yr

IW_i: i 유형 폐기물의 소각된 양, t Waste/yr

EF_i: i 유형 폐기물의 CH₄ 배출계수, g CH₄/t Waste

10⁻⁶: 그램을 톤으로 변환시키는 계수

i: 소각된 폐기물의 카테고리나 유형:

생활폐기물, 사업장배출시설계폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물, 병원성폐기물 등

[식 4.7] 소각에서 N₂O 배출량 산정식

$$N_2O \text{ Emissions} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

N₂O Emissions: 시설별 N₂O 배출량, t N₂O/yr

IW_i: i 유형 폐기물의 소각된 양, t Waste/yr

EF_i: i 유형 폐기물의 N₂O 배출계수, g N₂O/t Waste

10⁻⁶: 그램을 톤으로 변환시키는 계수

i: 소각된 폐기물의 카테고리나 유형:

생활폐기물, 사업장배출시설계폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물, 병원성폐기물 등

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리의 활동자료는 아래와 같다.

- 시설별, 년도별, 성상별 폐기물 소각량(습량 또는 건량기준 정보 포함)
- 시설별, 년도별, 운영/기술유형 자료
- 소각처리에 따른 에너지 회수량(소각열을 이용한 열 공급, 전력생산 등)

여기서, 소각처리 폐기물 분류 기준은 4A(매립) 카테고리에서 언급한 폐기물관리법에 의한 국내 폐기물 분류기준과 동일하며, 성상 분류 역시 매립부문과 동일하게 국립환경과학원에서 매년 발간하는 “전국 폐기물 발생 및 처리현황”, “지정폐기물 발생 및 처리현황” 통계자료의 성상분류를 따른다.(그림 4.1, 표4.2 참조)

배출량 산정을 위한 활동자료로서 시설별 자료 확보를 원칙으로 하며, 동일 시설에 대하여 복수의 자료 확보 시 좀 더 상세한 수준의 배출량 산정이 가능한 자료 및 좀 더 신뢰성 있는 자료를 선택하여야 한다.

나. 대안

소각부문 활동자료의 경우 매립부문과 마찬가지로 온실가스 직접배출량(Scope1) 산정 시 시설별 소각처리량 또는 소각 조성자료 확보에 어려움이 있을 수 있다. 이 경우 다음 순서에 따라 자료를 확보한다.

- 소각시설별 소각량, 소각조성 자료 확보 순서

1. 각 소각시설별 조사를 통한 운영데이터(소각처리량, 조성, 폐열회수 등) 확보



2. 확보 가능한 년도에 대하여 환경부(또는 전국 생활폐기물 자원회수시설 운영협의회¹²⁰⁾)의 각 년도 “전국 생활폐기물 자원회수시설 운영현황” 자료 확보

- 지자체 운영 생활폐기물 처리시설별 소각 처리량, 소각 조성, 소각열 발생 및 이용현황 등



3. 확보 가능한 년도에 대하여 환경부의 “전국 폐기물 발생 및 처리현황”, “지정폐기물 발생 및 처리현황” 자료 내 각 소각시설별 해당년도 처리량 자료 확보

※ “전국 폐기물 발생 및 처리현황”, “지정폐기물 발생 및 처리현황” 수록 자료 목록

- 일반폐기물: 시설별 처리량 O, 처리량별 조성 X
발생량 기준 처리량 O, 발생량 기준 조성 O
- 지정폐기물: 시설별 처리량 X, 처리량별 조성 X, 시설별 처리용량 O
발생량 기준 처리량 O, 발생량 기준 조성 O

이때, 2에서 확보한 자료와 중복되는 시설자료(중복여부는 소재지, 업체명, 처리량 등으로 판단) 부분은 2의 자료를 적용

예) 2008년 환경부에서 발간된 “2007 전국 폐기물 발생 및 처리현황” 자료 내:

6. 폐기물 소각시설 현황: 가. 지방자치단체, 나. 자가처리업체(생활폐기물),
다. 자가처리업체(사업장폐기물)

8. 폐기물 처리업체 현황: 다. 중간처리업체(생활 및 사업장폐기물)

또한, 지정폐기물의 경우 소각시설 현황(시설용량) 자료만 있고, 소각량 자료가 없으므로, 각 년도별 발생량 기준 전국 지정폐기물 소각량을 각 시설별 처리용량을 비율로 산정하여 분배

※ 휴업 또는 폐업업체로 신고된 경우라도 해당년도 처리량 자료가 있을 시 이를 산정



4. 공공기관 발행 보고서내 소각처리 관련 자료 조사·확보(복수의 자료 확보 시 정부 기관 자료를 우선 시, 상세한 자료를 우선 시 함). 이때, 확보 자료가 3에서 확보한 통계자료보다 상세한 정보를 가지고 있을 시 해당 시설자료를 여기서 확보한 자료로 대체



5. 1~4 순서에 따라 소각량을 확보하였으나 조성 자료를 확보하지 못한 시설에 대해 해당년도 “전국 폐기물 발생 및 처리현황” 자료 내 시설 소재지 기준 행정구역의 발생량(소각 처리되는 발생량) 조성 적용

예) 2008년 환경부에서 발간된 “2007 전국 폐기물 발생 및 처리현황” 자료 내:
2. 폐기물 발생 및 처리현황: 가. 가정생활폐기물, 나. 사업장생활폐기물 등

폐기물 소각 시 CH₄의 경우 불완전 연소, N₂O의 경우 상대적으로 낮은 연소 온도(500~950℃) 조건에서 주로 배출되며, 온도, 체류시간, 공기비, 대기 오염제어장치 유형, 폐기물의 질소함량 등의 요인에 따라 배출량이 달라지므로 Non-CO₂ 배출량 산정을 위해서는 시설별 운영형태 및 기술유형에 대한 정보가

120) 전국 생활폐기물 자원회수시설 운영협의회(<http://k-inc.co.kr/>)에서 매년 환경부로 자료 제공, 동일 자료에 대해 협의회 홈페이지에도 게재

확보되어야 한다. 이러한 정보는 시설별로 조사되어야 하며, 지자체 운영 시설이나 자가 처리시설의 경우 “전국 폐기물 발생 및 처리현황” 자료를 참고할 수 있다. 2006 IPCC G/L은 Non-CO₂ 배출량 산정을 위해 소각 운영형태 및 기술유형 분류에 따른 배출계수¹²¹⁾를 제시하고 있으며, 따라서 활동자료 확보 시 이러한 유형별 배출계수를 적용할 수 있도록 시설별 소각 운영/기술에 대한 정보도 같이 조사되어야 한다. 만약 국내 소각시설 유형을 IPCC에서 제시한 체계로 분류하기가 어렵다면 아래 분류비교표를 참고한다.

[표 4.15] 소각시설 운영방식 분류표(국내, IPCC)

운영방식		비고 ¹²²⁾
국가 분류	IPCC 분류	
연속식	Continuous incineration	1일 운전시간 24시간
준연속식	Semi-continuous incineration	1일 운전시간 24시간 미만 8시간 이상
배치식(또는 회분식)	Batch type incineration	1일 운전시간 8시간 미만

[표 4.16] 소각시설 기술유형 분류표(국내, IPCC)

기술유형			비고
국가 분류	국가 세부분류	IPCC 분류	
화격자 연소방식	고정화격자	수평계단화격자, 수평경사화격자, 하강류화격자, 중간류화격자	Stocker
	가동화격자	반전화격자, 이동화격자, 회전화격자, 요동화격자, 접동화격자	Stocker
바닥(床) 연소방식	고정상(fixed bed)	경사고정상식, 수평고정상식, 원호곡면고정상식	Stocker
	다단로상(multiple hearth)	수형원통다단로, 각형다단로	Stocker
	회전로상(rotating bed)		Stocker
	회전로(rotary kiln)		Stocker
유동(상)층 연소방식		Fluidised bed	-
부유(살포) 연소방식		Fluidised bed	-
분무연소방식		Fluidised bed	-
준화격자연소방식		Stocker	화격자와 상연소방식 접목
기타		Stocker	기타 자가처리소각의 경우 batch/stocker 방식으로 가정

만약 운영방식 또는 기술유형에 대한 자료 확보가 불가능하거나 위의 표에 따른 분류가 어려운 시설의 경우 “batch/stocker” 방식을 기본값으로 적용한다.

소각 시 발생한 소각열은 수열(지역난방 등), 전력생산 또는 시설 내 자체사용(부대시설 포함) 등이 있을 수 있으며, 이 경우 사용되는 소각열은 회수량으로서 산정하고 에너지 분야에서 보고되어야 한다. 이때 열 회수량에 대한 자료 역시

¹²¹⁾ 2006 IPCC G/L Vol.5, Ch5. table5.3~6

¹²²⁾ 환경부장관 고시 2000-10호

시설별로 확보하는 것이 원칙이며, 시설별 자료 외에 지역 내 폐열 이용량 자료 등 확보 시 차선택으로서 이를 활용할 수 있다. 지자체가 운영하는 생활폐기물 자원회수시설의 경우 각 년도 “전국 생활폐기물 자원회수시설 운영현황” 자료에서 소각열 사용량 자료를 확인할 수 있으며, 기타 생활폐기물 소각시설 및 사업장폐기물 소각시설 자료의 경우 에너지관리공단의 신·재생에너지 통계정보시스템 내 각 지역별 생산량 자료를 참고할 수 있다.

배출량에서 소각열 회수 부분을 고려할 시 이를 CO₂eq 배출량으로 환산한 후 총 배출량에서 제외하여야 한다. 이 경우 열량 환산 및 배출계수는 아래표의 출처를 참고한다.

[표 4.17] 소각열 회수량 산정계수

항 목	값	출 처
열량 단위환산	1 cal = 4.186109 J	에너지통계연보, 2007 부록(Unit conversion factor)
순발열량: 생활폐기물(non-biomass)	10 TJ/Gg	2006 IPCC G/L Vol.2, Ch.1, table1.2
순발열량: 생활폐기물(biomass)	11.6 TJ/Gg	
CO ₂ 배출계수	91,700 kg CO ₂ /TJ	2006 IPCC G/L Vol.2, Ch2. table 2.5 도시폐기물(Non-biomass부분) 기본값
CH ₄ 배출계수	30 kg CH ₄ /TJ	
N ₂ O 배출계수	4 kg N ₂ O/TJ	

회수량 산정 시 Non-CO₂는 소각열 사용량을 그대로 활용 가능하나, CO₂의 경우 사용량 중 생물기원 부분은 제외시켜야한다. 확보한 자료 내에서 생물기원과 비생물기원 부분을 구분하지 못할 경우 조성별 탄소함량 및 화석탄소비율(FCF)을 고려하여 소각처리량 중 화석 탄소 소각량을 구하고 회수량 산정 시 이 비율에 해당하는 소각열 부분만을 포함시킨다.

[식 4.8] 회수량 산정을 위한 소각열 발생량 산정

$$Heat_{for CO_2} = Heat_{total} \times \frac{\sum_i (WASTE_i \times CF_i \times FCF_i)}{\sum_i WASTE_i}$$

$$Heat_{for CH_4, N_2O} = Heat_{total}$$

$Heat_{total}$: OO시설에서 생산한 총 소각열, Gcal

$Heat_{for CO_2}$: CO₂ 회수량 산정을 위한 소각열, Gcal

$Heat_{for CH_4, N_2O}$: Non-CO₂ 회수량 산정을 위한 소각열, Gcal

WASTE: OO시설 총 소각폐기물(조성별 소각량 합계와 같음), tonWaste/yr

CF: 폐기물 중 총 탄소비율(건량기준), fraction

FCF: 화석탄소비율, %

i: 폐기물 조성(종이, 나무, 플라스틱 등)

다. 출처

아래 표는 각 소각처리 시설별 세부자료가 없을 시 공통적으로 활용 가능한 자료의 목록을 보여준다.

[표 4.18] 지자체 공통 활동자료 출처

항목	출처
시설별 소각량	1. 전국 생활폐기물 자원회수시설 운영현황(환경부, 각년도)
	2. 전국 폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도)
	3. 지정폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도)
소각 조성	1. 전국 생활폐기물 자원회수시설 운영현황(환경부, 각년도)
	2. 전국 폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도)
	3. 지정폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도)
시설별 운영/기술유형	1. 전국 폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도)
	2. 지정폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 각년도)
회수량(R)	1. 전국 생활폐기물 자원회수시설 운영현황(환경부, 각년도)
	2. 신·재생에너지 통계정보시스템(에너지관리공단)

3. 배출계수

가. 적용원칙

본 카테고리에 사용하는 모든 배출계수는 2006 IPCC G/L의 기본값을 사용함을 기본으로 한다.

[표 4.19] 소각부문 배출계수 기본값

배출계수 항목	적용 값	단위	출처
dm(건조물질 함량)	표 4.18 참조	비율	2006 IPCC G/L table2.4, 5.2 외
CF(총 탄소비율)	표 4.18 참조	비율	
FCF(화석탄소비율)	표 4.18 참조	비율	
OF(산화계수)	1.0	비율	2006 IPCC G/L Vol.5, Ch.5, p5.20

나. 대안

소각부문 역시 매립부문과 마찬가지로 2006 IPCC G/L과 국내 통계자료의 조성 분류기준 차이로 인하여 가이드라인 배출계수 기본값을 국내 적용 시 일부 성상에 대한 재분류가 불가피하다. 이에 가이드라인에서 성상별 기본값이 제시된 인자 dm, CF, FCF에 대하여 국내 통계에 알맞은 값을 적용해야하며, 이에 대한 자료 확보 및 분류가 어려울 시 [표 4.20]의 분류표를 참고한다.

[표 4.20] 소각부문 국내-IPCC 배출계수 분류표

국가 배출원 분류	국가 조성분류	dm (dry matter content)			CF (fraction of Carbon in the dry matter)			FCF (fraction of fossil carbon in the total carbon)			
		IPCC 조성분류	value	세부출처	IPCC 조성분류	value	세부출처	IPCC 조성분류	value	세부출처	
생활폐기물	MSW	음식물찌꺼기류	Food waste	0.40	2006 IPCC G/L table2.4	Food waste	0.38	2006 IPCC G/L table2.4	Food waste	0	2006 IPCC G/L table2.4
		종이류	Paper/cardboard	0.90	2006 IPCC G/L table2.4	Paper/cardboard	0.46	2006 IPCC G/L table2.4	Paper/cardboard	0.01	2006 IPCC G/L table2.4
		나무류	Wood	0.85	2006 IPCC G/L table2.4	Wood	0.50	2006 IPCC G/L table2.4	Wood	0	2006 IPCC G/L table2.4
		고분자플라스틱류	Rubber and Leather	0.84	2006 IPCC G/L table2.4	Rubber and Leather	0.67	2006 IPCC G/L table2.4	Rubber and Leather	0.20	2006 IPCC G/L table2.4
		플라스틱류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Plastics	0.75	2006 IPCC G/L table2.4	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4
		기타가연분	Other, inert waste	0.90	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	0.03	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	fraction	2006 IPCC G/L table2.4
		불연분(목연분 제외)	Paper/cardboard	0.90	2006 IPCC G/L table2.4	Paper/cardboard	0.46	2006 IPCC G/L table2.4	Paper/cardboard	0.01	2006 IPCC G/L table2.4
		폐지류	Wood	0.85	2006 IPCC G/L table2.4	Wood	0.50	2006 IPCC G/L table2.4	Wood	0	2006 IPCC G/L table2.4
		폐섬유류	Textiles	0.80	2006 IPCC G/L table2.4	Textiles	0.50	2006 IPCC G/L table2.4	Textiles	0.20	2006 IPCC G/L table2.4
		폐합성섬유류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Plastics	0.75	2006 IPCC G/L table2.4	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4
사업배출시설계 폐기물	Industrial Waste	폐합성고무류	Rubber and Leather	0.84	2006 IPCC G/L table2.4	Rubber and Leather	0.67	2006 IPCC G/L table2.4	Rubber and Leather	0.20	2006 IPCC G/L table2.4
		폐화학제품류	Rubber and Leather	0.84	2006 IPCC G/L table2.4	Rubber and Leather	0.67	2006 IPCC G/L table2.4	Rubber and Leather	0.20	2006 IPCC G/L table2.4
		폐수처리오니	Industrial Sludge	0.35	2006 IPCC G/L p.2.15	Sewage Sludge	0.45	2006 IPCC G/L table5.2	Sewage Sludge	0	2006 IPCC G/L table5.2
		부식오니	Industrial Sludge	0.35	2006 IPCC G/L p.2.15	Sewage Sludge	0.45	2006 IPCC G/L table5.2	Sewage Sludge	0	2006 IPCC G/L table5.2
		저수처리오니	Domestic Sludge	0.35	2006 IPCC G/L p.2.15	Sewage Sludge	0.45	2006 IPCC G/L table5.2	Sewage Sludge	0	2006 IPCC G/L table5.2
		농식품생폐자재물	Other, inert waste	0.10	2006 IPCC G/L p.2.15	Sewage Sludge	0.45	2006 IPCC G/L table5.2	Sewage Sludge	0	2006 IPCC G/L table5.2
		폐식용유									
		기타가연분	Other, inert waste	0.90	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	0.03	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	fraction	2006 IPCC G/L table2.4
		불연분(목연분 제외)	Other, inert waste	0.90	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	0.03	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	fraction	2006 IPCC G/L table2.4
		종이류	Paper/cardboard	0.90	2006 IPCC G/L table2.4	Paper/cardboard	0.46	2006 IPCC G/L table2.4	Paper/cardboard	0.01	2006 IPCC G/L table2.4
건설폐기물	Industrial Waste	폐합성섬유류	Wood	0.85	2006 IPCC G/L table2.4	Wood	0.50	2006 IPCC G/L table2.4	Wood	0	2006 IPCC G/L table2.4
		폐합성고무류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Plastics	0.75	2006 IPCC G/L table2.4	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4
		폐합성섬유류	Textile	0.80	2006 IPCC G/L table2.4	Textiles	0.50	2006 IPCC G/L table2.4	Textiles	0.20	2006 IPCC G/L table2.4
		기타가연분	Other, inert waste	0.90	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	0.03	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	fraction	2006 IPCC G/L table2.4
		불연분(목연분 제외)	Other, inert waste	0.90	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	0.03	2006 IPCC G/L table2.4	Other, inert waste	fraction	2006 IPCC G/L table2.4
		부식오니	Industrial Sludge	0.35	2006 IPCC G/L p.2.15	Sewage Sludge	0.45	2006 IPCC G/L table5.2	Sewage Sludge	0	2006 IPCC G/L table5.2
		폐수처리오니	Industrial Sludge	0.35	2006 IPCC G/L p.2.15	Sewage Sludge	0.45	2006 IPCC G/L table5.2	Sewage Sludge	0	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성고무류	Rubber and Leather	0.84	2006 IPCC G/L table2.4	Rubber and Leather	0.67	2006 IPCC G/L table2.4	Rubber and Leather	0.20	2006 IPCC G/L table2.4
		폐합성섬유류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Plastics	0.75	2006 IPCC G/L table2.4	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4
		폐합성고무류	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
지정폐기물	Hazardous Waste	소각재	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
		인입화 또는고형화 처리물	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
		폐마분재	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
		폐수처리오니	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성고무류	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성섬유류	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성고무류	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성섬유류	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성고무류	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성섬유류	Hazardous Waste	0.50	2006 IPCC G/L table2.6	Industrial waste	0	2006 IPCC G/L table5.2	Industrial waste	0.90	2006 IPCC G/L table5.2
명원전(간접성) 폐기물	폐합성섬유류 등	폐합성고무류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성섬유류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성고무류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성섬유류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성고무류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성섬유류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성고무류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성섬유류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성고무류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2
		폐합성섬유류	Plastics	1.00	2006 IPCC G/L table2.4	Clinical waste	0.60	2006 IPCC G/L table5.2	Clinical waste	0.40	2006 IPCC G/L table5.2

4. 향후과제

소각부문 처리시설별 배출량 산정 시 시설별 현황자료 확보에 어려움이 따른다. 소각 처리되는 폐기물 구성에 따라 화석탄소 함량이 크게 차이날 수 있으며(예를 들어, 화석탄소 함량에 따라 플라스틱은 100%, 종이류는 1%로 산정) 이는 배출량에 크게 영향을 미칠 수 있다. 현재 대규모 자원회수시설의 경우 소각 폐기물의 조성자료를 월 단위까지 확보가 가능하나 소규모 자가처리/중간처리업체의 경우 이러한 자료 확보가 어려운 실정이다. 따라서 배출량 산정의 정확도 향상을 위해서는 폐기물 소각 조성 관련 좀 더 세부자료의 확보가 필요하다. 또한 지정 폐기물 소각시설의 경우 현재 시설별 용량자료는 있으나 년도별 소각량 자료 확보에 어려움이 있어, 용량 비율을 고려한 추정 작업을 수행하였다. 현재 지정 폐기물 소각시설은 2000년 기준 약 40여개, 2007년 기준 약 20여개소가 존재하므로, 관련 자료 확보를 위한 전수조사를 고려해 볼 만하다.

IV. 4C2(폐기물 노천소각)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 노천소각에 대한 배출량 산정 카테고리로서 연기 및 기타 배출 물질이 굴뚝을 통과하지 않고 직접 대기로 빠져나가는 오픈된 곳이나 오픈된 쓰레기 투하장에서 일어나는 폐기물 연소에 대한 배출량을 산정한다. 또한 적당한 온도를 유지하기 위해 연소 공기를 조절하지 않고 완전 연소를 위한 충분한 체류시간을 제공하지 않는 소각 장치를 포함할 수 있다. 노천소각은 정규적인 소각과 산발적인 소각 모두를 포함하며, 이때 정규적인 소각이란 폐기물을 제거하기 위해 사용되는 유일한 시행 방법임을 의미한다. 노천소각은 주로 도시보다 농촌지역에서 자주 일어난다.

나. 산정원칙

4C1(시설소각)부문과 마찬가지로 노천소각에서도 CO_2 , CH_4 , N_2O 에 대한 배출량을 산정해야하나, 가이드라인¹²³⁾에 따라 도시인구가 총인구의 80%를 초과하는 지역에서는 노천소각이 거의 일어나지 않는 것으로 가정하고 본 카테고리 배출량 산정을 생략할 수 있다.

123) 2006 IPCC G/L Vol.5, p.5.16

또한 각 온실가스별 배출량 산정방법 역시 4C1(시설소각) 카테고리과 동일하다. 그러나, 노천소각의 경우 생활폐기물 중 노천소각 되는 부분만을 고려하며, 사업장폐기물에 대해서는 노천소각이 발생하지 않는다고 가정한다. 따라서 노천소각 배출량 산정 시 가이드라인에서 제시한 다음 수식을 적용하여 생활폐기물 중 노천 소각되는 폐기물의 양을 우선 산정하고, 4C1 카테고리에서 제시한 산정방법과 노천소각 배출계수 기본값을 적용한다.

[식 4.9] 노천 소각되는 생활폐기물 총량

$$MSW_B = P \times P_{frac} \times MSW_p \times B_{frac} \times 365 \times 10^{-3}$$

MSW_B : 노천 소각되는 생활폐기물 총량, t Waste/yr

P : 인구수, capita

P_{frac} : 폐기물을 소각시키는 인구 비율, fraction

MSW_p : 폐기물 발생 단위당 인구 수, kg waste/capita/day

B_{frac} : 처리된 폐기물 총량에 대해 상대적으로 소각되는 폐기물 양의 비율, fraction

365: 1년의 일 수, 365 day/yr

10^{-3} : 킬로그램을 톤으로 변환시키는 인자, 10^{-3} t/kg

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리의 활동자료는 산정지역 내 노천 소각되는 폐기물의 양이며, 조성별 분류는 하지 않는다. 식4.9에 따라 소각량 산정 시 필요한 자료는 다음과 같다.

- 인구수
- 폐기물을 소각시키는 인구 비율
- 생활폐기물 발생량
- 생활폐기물 중 소각처리비율

여기서 인구수는 통계청의 각 지역별 추계인구를 사용하고, 폐기물을 소각시키는 인구비율의 경우 가이드라인¹²⁴⁾에 따라 농촌인구 비율을 적용한다. 이때 농촌인구 비율은 국토해양부의 각 년도별 “도시계획현황” 자료 중 행정구역기준 농촌인구를 사용한다. 만약 산정지역의 특정년도 농촌인구 비율이 20% 미만일 경우 그 해에 대한 노천소각 배출량 산정은 생략한다. 생활폐기물 발생량 및 소각처리비율은 환경부의 각 년도별 “전국 폐기물 발생 및 처리현황” 자료의 해당

124) 가이드라인에서 개도국의 경우 배출폐기물이 미수거되는 지역 인구수와 노천 쓰레기장에서 소각 처리되는 폐기물을 배출하는 인구수의 합계로써 산정하고, 선진국의 경우 농촌인구를 노천소각 인구로 가정하고 있으나, 국내의 경우 전 지역에서 배출폐기물을 수거하고 있으므로, 선진국의 경우를 따름

지역 생활폐기물 발생량과 소각처리량 자료를 사용한다.

나. 출처

[표 4.21] 4C2(노천소각) 활동자료 출처

활동자료 항목	출처
인구수	추계인구(시도), 통계청
폐기물 소각인구 비율	“도시계획현황”, (국토해양부, 각년도) 중 행정구역 기준 농촌인구
생활폐기물 발생량	“전국 폐기물 발생 및 처리현황”, (환경부, 각년도) 중
생활폐기물 소각처리비율	2.폐기물 발생 및 처리현황

3. 배출계수

가. 적용원칙

본 카테고리에 사용하는 모든 배출계수는 2006 IPCC G/L의 기본값을 적용한다.

나. 대안

가이드라인 제시 기본값 중 dm (건조물질함량), CF (탄소비율), FCF (화석탄 소비율) 인자의 경우 조성별로 값을 가지고 있어 배출량 산정 시 조성별 활동자료를 필요로 한다. 그러나 노천 소각량은 조성별 분류를 하지 않았으므로, 그 지역 조성별 폐기물 발생량을 고려한 가중평균을 사용하여 인자값을 구하도록 한다. 이때 해당지역 조성별 폐기물 발생량 자료는 활동자료 출처와 같은 “전국 폐기물 발생 및 처리현황”을 사용한다.

그리고 N_2O 배출계수의 경우 가이드라인은 농업폐기물에 대한 배출계수를 노천소각 N_2O 배출계수 기본값으로 제시하고 있으며, 이는 건조물질 기준 배출계수이다. 따라서 노천소각에서 N_2O 산정 시 건조물질함량을 고려해야 한다.

[식 4.10] 노천소각 배출량 산정식

$$\begin{aligned}
 CO_2 \text{ Emissions} &= MSW_B \times dm_{\text{노천소각}} \times CF_{\text{노천소각}} \times FCF_{\text{노천소각}} \times OF_{\text{노천소각}} \times 44/12 \\
 CH_4 \text{ Emissions} &= MSW_B \times EF_{\text{노천소각}_{CH_4}} \times 10^{-6} \\
 N_2O \text{ Emissions} &= MSW_B \times dm_{\text{노천소각}} \times EF_{\text{노천소각}_{N_2O}} \times 10^{-6} \\
 dm_{\text{노천소각}} &= \frac{\sum_i (WASTE_i \cdot dm_i)}{\sum_i WASTE_i}, \quad CF_{\text{노천소각}} = \frac{\sum_i (WASTE_i \cdot CF_i)}{\sum_i WASTE_i}
 \end{aligned}$$

$$FCF_{\text{노천소각}} = \frac{\sum_i (WASTE_i \cdot FCF_i)}{\sum_i WASTE_i}$$

WASTE: 해당지역 총 소각폐기물 발생량, t Waste/yr

dm노천소각: 노천소각 폐기물 중 건조물질 함량, %

CF노천소각: 노천소각 폐기물 중 총 탄소비율, %

FCF노천소각: 노천소각 폐기물 중 화석탄소비율, %

i: 폐기물 조성(종이, 나무, 플라스틱 등)

CH₄ 배출량: 노천소각에 의한 CH₄ 배출량, Gg CH₄/yr

N₂O 배출량: 노천소각에 의한 N₂O 배출량, Gg N₂O/yr

MSWB: 노천 소각되는 생활폐기물 총량(식4.9 참조), Gg/yr

EF_{노천소각CH₄}: 노천소각 CH₄ 배출계수, kg CH₄/t Waste(wet)

EF_{노천소각N₂O}: 노천소각 N₂O 배출계수, kg N₂O/t Waste(dry)

10⁻⁶: 킬로그램을 기가그램으로 변환시키는 계수

다. 출처

항목	값	단위	출처
dm(건조물질함량)	년도별 비율산정	fraction	“전국 폐기물 발생 및 처리현황” 조성별 소각 처리량, 2006 IPCC G/L Vol5, Ch.2, table2.4 외
CF(총 탄소비율)			
FCF(화석탄소비율)			
OF(산화계수)	0.58		2006 IPCC G/L Vol.5, Ch.5, table5.2
CH ₄ 배출계수	6.50	kgCH ₄ /tonWaste(wet)	2006 IPCC G/L Vol.5, Ch.5, p.5.20
N ₂ O 배출계수	0.15	kgN ₂ O/tonWaste(dry)	2006 IPCC G/L Vol.5, Ch.5, p.5.22

V. 4D1(하수처리)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 하수처리 및 분뇨발생, 그리고 하수 미차집/미처리에서의 배출량을 산정한다. 하수¹²⁵⁾는 생활 및 상업활동에 기인한 오수 및 우수를 포함하며 유기물 함유량이 높은 하수를 처리하는 과정(수처리 공정과 슬러지처리 공정 포함)에서 상당량의 CH₄이 발생할 수 있다.

하수처리 시 N₂O는 질산화(nitrification) 및 탈질화(denitrification) 과정을 포함하는 고도처리¹²⁶⁾(A₂O, SBR 등) 시 배출될 수 있다. 그리고, 일부 하수관거

125) 국내 하수처리는 하수관거를 통하여 공공하수처리시설로 유입·처리하는 공공하수처리체계와 발생원에 오수(또는 분뇨)처리시설을 설치하여 개별 처리하는 개인하수처리체계로 구분

126) '08년도 하수도통계, 환경부, 2008 에 따르면, 2007년 기준 국내 고도처리공법에 의한 하수

미설치 지역 및 기타지역에서 발생하는 하수의 경우 처리되지 않은 채 공공수역으로 방류되며 이러한 하수가 자연적으로 형성된 정체된/혐기적 조건에서 CH₄를 발생시킬 수 있으며 이러한 배출량은 미차집/미처리부분에서 산정한다. 하수처리 시 배출되는 CO₂는 생물기원이므로 산정에서 제외하며, 가정 및 상업폐수가 아닌 제품제조, 가공, 세척 등 산업시설에서 배출하는 폐수의 경우 4D2(Industrial waste water) 부문에서 산정한다. 또한, 하수처리 후 발생한 하수슬러지의 경우 매립, 소각 또는 해역배출 등으로 처리되고 있으며, 본 카테고리에서는 이러한 다른 카테고리에서 처리되는 부분(매립, 소각 등)의 배출량 산정은 고려하지 않는다.

나. 산정원칙

본 카테고리로부터 배출되는 온실가스 배출량 산정을 위한 방법론은 하수처리 및 미차집/미처리에 의한 CH₄ 배출량의 경우 GPG의 Box2¹²⁷⁾ 방법론에 따라 가이드라인 제시 기본 배출계수 및 방법론으로 산정하고, N₂O 배출량의 경우 2006 IPCC G/L 방법론을 따른다.

[식 4.11] 4D1 카테고리 CH₄ 배출량 산정식

$$\begin{aligned}
 CH_4 \text{ Emissions} &= Emissions_{\text{하수}} + Emissions_{\text{슬러지}} \\
 CH_4 \text{ Emissions}_{\text{하수}} &= (TOW_{\text{하수}} \times EF_{\text{하수}}) - R_{\text{하수}} \\
 CH_4 \text{ Emissions}_{\text{슬러지}} &= (TOW_{\text{슬러지}} \times EF_{\text{슬러지}}) - R_{\text{슬러지}} \\
 EF_i &= Bo \times MCF_{\text{weighted},i} \\
 MCF_{\text{weighted},i} &= \sum_x (WS_x \times MCF_x)
 \end{aligned}$$

CH₄ Emissions: 하수처리(수처리 및 슬러지처리) 시 CH₄ 배출량, t CH₄/yr

TOW_{하수}: 하수(액상) 내 총 유기물질 부하량(처리 전), t BOD/yr

TOW_{슬러지}: 하수슬러지 내 총 유기물질 부하량(처리 전), t BOD/yr

EF_{하수}: 하수 수처리 CH₄ 배출계수, t CH₄/t BOD

EF_{슬러지}: 하수 슬러지처리 CH₄ 배출계수, t CH₄/t BOD

EF_i: 처리공정별(하수, 슬러지) CH₄ 배출계수, t CH₄/t BOD

Bo: 최대 메탄발생 잠재량, (kg CH₄/kg BOD 또는 kg CH₄/kg COD)

MCF_{weighted,i}: 메탄전환계수; 처리방법별 가중치 고려, factor

i: 하수내 유기물에 대한 혐기성 처리공정 종류(수처리, 슬러지처리 등)

WS_x: 처리시스템별 이용률, fraction

MCF_x: 각 처리시스템별 메탄전환계수, factor

x: 하수처리시스템 종류(중앙 집중 하수처리 시스템, 정화조 등)

처리량은 전체의 약 35% 차지

127) "Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories", Chapter5, figure5.2 Box2을 따름(환경관리공단 지침 8번, '09.4)

GPG에서 제시하는 하수부문 CH₄ 배출량 산정식은 하수에서 슬러지처리 부분에 대한 자료를 따로 분리할 수 있을 경우 하수처리와 슬러지처리를 구분 산정하도록 하고 있다. 국내 통계자료에서 이러한 하수처리 및 슬러지처리에 대한 활동자료 확보가 가능하나¹²⁸⁾ 만약 자료 확보가 어려울 시 하수처리시설에서 발생하는 CH₄ 산정의 경우 대안의 [별표 4.2] 산정방법을 적용해도 무방하다. 하수와 하수슬러지 처리과정에서의 CH₄ 배출량 산정 순서는 세 단계로 나누어지며, 첫 번째 단계가 총 유기물질 부하량(TOW) 산정, 두 번째 단계가 CH₄ 배출계수 결정, 세 번째 단계에서 CH₄ 배출량을 산정한다. 각 단계별 산정 과정은 아래와 같다.

[식 4.12] 총 유기물질 부하량 산정(1단계)

$$TOW = TOW_{\text{하수}} + TOW_{\text{슬러지}}$$

$$TOW_{\text{하수}} = P \times D_{\text{dom}} \times (1 - DS_{\text{dom}})^{(1)}$$

$$TOW_{\text{슬러지}} = P \times D_{\text{dom}} \times DS_{\text{dom}}$$

TOW: 총 하수내 유기물질 부하량(Total Organic Waste), t BOD/yr
TOW_{하수}: 하수(액상) 내 유기물질 부하량, t BOD/yr
TOW_{슬러지}: 하수슬러지 내 유기물질 부하량, t BOD/yr,
P: 인구수, capita
D_{dom}: 1인당 연간 배출되는 분해가능 유기물 질량, kg BOD/p/yr
DS_{dom}: 분해가능 유기물 중 슬러지로서 제거되는 비율, fraction

⁽¹⁾ $P \times D_{\text{dom}}$ 의 경우 하수처리 총 유기물질 부하량 자료를 직접 확보 가능할 경우 그 값으로 대체 가능,
 D_{dom} 의 경우 비율값이 아닌 슬러지로서 제거되는 유기물 양 자료를 직접 확보 가능할 경우 그 값으로 대체 가능

본 카테고리에서 활동자료에 해당하는 총 유기물질 부하량(TOW)은 수처리 유기물과 고형물인 슬러지로 전환되어 처리되는 유기물로 각각 나누어 산정한다. 또한 CH₄ 배출계수도 각각 적용하여야 한다. 총 하수 내에서 슬러지로서 제거되는 유기물질의 양의 경우 관련 국내 통계자료¹²⁹⁾가 부족하여 그 양을 추정해야 할 경우가 있으며 이를 산정하는 경우 다음을 따른다.

[식 4.13] 슬러지로서 제거되는 유기물질 양(DS_{dom.amount}) 산정

$$DS_{\text{dom, amount}} = Sludge_{\text{anaerobic}} \times DM \times VS_{\text{con}} \times 1.42 \times Digester_{\text{Eff}}^{130)}$$

- 128) 시설별 하수처리량: “하수도 통계”, 환경부, 각년도
 시설별 하수슬러지 처리량(소화조 슬러지 유입처리량): “하수종말처리시설 운영·관리현황”, 환경부, 일부년도
 환경부의 “하수도 통계” 자료 내 하수슬러지 발생량의 경우 소화조를 거친 탈수cake 양.
- 129) “환경기초시설에서 발생하는 온실가스 배출량 조사”, 환경부, 2000 연구보고서에 ‘97 하수도통계 수질자료를 이용하여 도출한 결과로서 유기물질 제거율 0.8875을 제시하였으나 ‘97년 통계자료만 반영된 결과로서 현 시점 적용성 여부에 대한 검증 필요

$DS_{dom, amount}$: 분해가능 유기물 중 슬러지로서 제거되는 양, $t \text{ BOD/yr}$
 $Sludge_{anaerobic}$: 혐기적으로 분해되는 슬러지 양(소화조에서 처리되는 슬러지 양, 습량기준), $t \text{ Sludge/yr}$
 DM : 슬러지 내 건조물질(고형물) 함량 비율; $(1-\text{함수율})^{(1)}$, fraction
 VS_{con} : 슬러지 내 휘발성 고형물 비율; $VS^{(2)}$ 농도, fraction
 1.42 : 미생물 1kg 이 박테리아에 의해 내생호흡 시 필요한 산소요구량, factor(미생물 1mole 의 BOD_L 은 미생물 농도의 1.42 배 같음)⁽³⁾
 $Digester_{Eff}^{(4)}$: 소화효율; 소화조에서의 슬러지내 유기물질 혐기성소화 효율, fraction

- (1) 소화조를 거쳐 탈수시설에서 슬러지 처리 시 함수율 기준, 기본값 0.8
(2) 강열감량(Volatile Solid)
(3) 폐수처리공학(Wastewater engineering treatment, disposalland reuse), Metcalf & Eddy
(4) 소화효율의 경우 관련 자료 확보 가능한 경우 산정, 미확보 시 1 적용(예, 소화조 운영실태 조사표 항목 내 소화효율)

배출계수의 경우 메탄 최대 발생잠재량에 각 처리시스템별 이용률을 고려한 MCF 산정값을 곱하여 얻는다. 본 카테고리 적용 배출계수 및 배출량 산정식은 다음과 같다.

[식 4.14] CH_4 배출계수의 결정(2단계)

$$EF_{\text{하수}} = Bo \times MCF_{\text{하수, weighted}}$$

$$MCF_{\text{하수, weighted}} = \sum_x (WS_x \times MCF_x)$$

$$EF_{\text{슬러지}} = Bo \times MCF_{\text{슬러지}}$$

$EF_{\text{하수}}$: 하수(액상)처리 CH_4 배출계수, $\text{kg CH}_4/\text{kg BOD}$
 $EF_{\text{슬러지}}$: 하수 슬러지처리 CH_4 배출계수, $\text{kg CH}_4/\text{kg BOD}$
 Bo : 메탄 최대 발생잠재량, ($\text{kg CH}_4/\text{kg BOD}$ 또는 $\text{kg CH}_4/\text{kg COD}$)
 $MCF_{\text{하수, weighted}}$: 메탄전환계수; 하수 수처리 방법별 가중치 고려, factor
 $MCF_{\text{슬러지}}$: 메탄전환계수; 하수 슬러지처리에 대한 계수 적용, factor
 WS_x : 처리시스템별 이용률, fraction
 MCF_x : 각 처리시스템별 메탄전환계수, factor
 x : 하수처리시스템 종류(중양 집중 하수처리 시스템, 정화조 등)
 i : 하수 내 유기물에 대한 혐기성 처리공정 종류(수처리, 슬러지처리 등)

- 130) 슬러지로서 제거되는 유기물질(DS_{dom}) 산정 시 하수로 유입되는 총 유기물질 부하량과 그 중 슬러지로서 제거되는 유기물질 양을 구하여 그 비율($\frac{TOW_{sludge}}{TOW_{total}}$)을 산정할 수도 있으나, 분뇨/정화조 등이 하수처리시설로 연계처리되는 경우가 발생하며, 연계되는 부분 역시 처리 시설별(또는 시설 내 처리장별) 다양한 공정과 연계되어 있어 비율 산정 시 이 부분을 고려하지 않는다면, 하수 유입 유기물질 부하량보다 슬러지 유기물질 부하량이 더 많게 되는 역전현상이 발생할 수도 있음.

[식 4.15] CH₄ 배출량 산정(3단계)

$$CH_4 \text{ Emissions} = CH_4 \text{ Emissions}_{\text{하수}} + CH_4 \text{ Emissions}_{\text{슬러지}}$$

$$CH_4 \text{ Emissions}_{\text{하수}} = TOW_{\text{하수}} \times EF_{\text{하수}} \times Plant_{\text{Eff}} - R_{\text{하수}}$$

$$CH_4 \text{ Emissions}_{\text{슬러지}} = TOW_{\text{슬러지}} \times EF_{\text{슬러지}} - R_{\text{슬러지}}$$

$CH_4 \text{ Emissions}$: 하수 처리(수처리 및 슬러지처리)에 의한 총 CH₄ 배출량, t CH₄/t BOD

$CH_4 \text{ Emissions}_{\text{하수}}$: 하수 처리에 의한 총 CH₄ 배출량, t CH₄/t BOD

$CH_4 \text{ Emissions}_{\text{슬러지}}$: 하수슬러지 처리에 의한 총 CH₄ 배출량, t CH₄/t BOD

$EF_{\text{하수}}$: 하수(액상)처리 CH₄ 배출계수, kg CH₄/ kg BOD

$EF_{\text{슬러지}}$: 하수 슬러지처리 CH₄ 배출계수, kg CH₄/ kg BOD

$Plant_{\text{Eff}}$: 하수처리효율⁽¹⁾, fraction

$R_{\text{하수}}$: 하수처리에서의 CH₄ 회수량⁽²⁾, t CH₄/t BOD

$R_{\text{슬러지}}$: 하수 슬러지처리에서의 CH₄ 회수량⁽³⁾, t CH₄/t BOD

(1) 하수 수처리(포기조 또는 생물반응조 등) 유기물질 제거 효율;

기본값은 각 시설별 $\frac{(BOD_{\text{유입}} - BOD_{\text{배출}})}{BOD_{\text{유입}}}$ 값 산정 후 이를 적용

(2) 하수 수처리에서 회수량은 자료가 있는 경우에만 산정, 기본값은 0

(3) 하수 슬러지처리에서의 회수량은 자료가 있는 경우에만 산정, 기본값은 0

하수처리 중 소화조에서 슬러지의 혐기성 소화는 대부분 밀폐된 탱크 속에서 슬러지를 가온·교반하면서 이루어지며 따라서 발생 CH₄는 거의 전량 회수¹³¹⁾된다. 또한 회수된 CH₄는 주로 시설의 난방, 온수, 발전 등으로 이용되며 가스 저장탱크 용량을 넘는 잉여 가스가 발생할 시 이는 소각 처리된다. 이러한 회수량의 경우 소화조의 CH₄ 회수 자료가 있을 시 그 처리 방법에 따라 에너지분야¹³²⁾에서 보고하거나 또는 flaring의 경우 산정하지 않는다.¹³³⁾ 여기서는 회수량 자료가 없을 시 기본값으로 0을 적용하며, 회수량이 있으나 그 처리방법을 알 수 없는 경우 회수량 전체를 에너지원으로 사용한다고 가정한다.

일부 하수관거 미설치 지역에서 발생하는 하수, 처리되지 않고 공공 수역으로 방류되는 하수의 경우 자연적으로 형성된 정체된/혐기적 조건에서 CH₄를 발생시킬 수 있으며 이러한 배출량은 미차집/미처리부분에서 산정한다. 미차집/미처리 역시 하수처리와 마찬가지로 총 유기물질 부하량과 공공수역으로 방류되는 경우에 해당하는 배출계수를 곱하여 산정하는데, 여기서 미차집/미처리되는 하수발생량은

131) 혐기성 소화조에서 손실되는 CH₄의 양을 추정된 연구 자료가 존재하나(Hobson & Palfery(1996)) 처리장별로 시설 수준, 회수 후 연소효율 등에 따라 손실량의 차이가 발생할 것으로 예상되어 여기서는 회수시설이 있을 시 전량 회수되는 것으로 가정

132) 발전, 난방, 소화가스 가온용 보일러 연료, 시설물 동파방지용 열원 등 에너지원으로 사용 시

133) 소각처리(flaring) 시 산정 안 함; 그러나, 대기로 확산하는 경우 산정해야 함

급수량 및 하수도 보급률 등을 적용한 추정식에 의하여 산정하도록 한다.

[식 4.16] 하수부문 미차집/미처리부분 CH₄ 배출량 산정식

$$\begin{aligned} CH_4 \text{ Emissions}_{\text{미차집/미처리}} &= TOW_{\text{미차집/미처리}} \times EF_{\text{미차집/미처리}} \\ TOW_{\text{미차집/미처리}} &= P \times Water_{\text{supply}} \times Supply_{\text{Eff}} \times WasteWater_{\text{Conv}} \times (1 - SS_{\text{dist}}) \\ EF_{\text{미차집/미처리}} &= Bo \times MCF_{\text{미차집/미처리}} \end{aligned}$$

$CH_4 \text{ Emissions}_{\text{미차집/미처리}}$: 하수 미차집/미처리 부분에 대한 CH₄ 배출량, t CH₄/yr

$TOW_{\text{미차집/미처리}}$: 하수 미차집/미처리(공공수역 방류 하수)내 총 유기물질 부하량, t BOD/yr

P : 인구수, capita

$Water_{\text{supply}}$: 1인1일 급수량, L/capita/day

$Supply_{\text{Eff}}$: 유효수율(상수도 유효수율), fraction

$WasteWater_{\text{Conv}}$: 오수전환율, fraction

SS_{dist} : 하수도보급률, fraction

$EF_{\text{미차집/미처리}}$: 하수 미차집/미처리 CH₄ 배출계수, t CH₄/t BOD

Bo : 최대 메탄발생 잠재량, (kg CH₄/kg BOD 또는 kg CH₄/kg COD)

$MCF_{\text{미차집/미처리}}$: 미차집/미처리 메탄전환계수, factor

여기서 미차집/미처리부분 배출량 산정 시 회수량은 고려하지 않는다(기본값 0).

하수부문 N₂O 배출량 산정의 경우 현 지침에서 적용하는 2006 IPCC G/L 방법과 1996 IPCC G/L 방법론과의 차이점은 2006 IPCC G/L의 경우 하수에 반입되지 않는 단백질, 하수에 반입되는 산업폐수 부분에 대한 보정계수를 고려하고 있다는 점이다. 그리고 N₂O 배출량 산정은 각 하수처리시설별 직접배출량(고도하수처리 N₂O 배출 등)과 미차집/미처리 상태로 수계로 유입되어 자연 분해과정을 거쳐 배출되는 간접배출량을 모두 포함하고 있으나 간접배출량의 경우 하수관거로 차집되지 않거나 처리되지 않고 공공 수역으로 방류되는 양으로서 이들에 대한 중복 산정은 일어나지 않는 것으로 간주한다.¹³⁴⁾

[식 4.17] 하수부문 N₂O 배출량 산정식

$$\begin{aligned} N_2O \text{ Emissions} &= N_2O_{\text{EFFLUENT}} + N_2O_{\text{PLANT}} \\ N_2O_{\text{EFFLUENT}} &= N_{\text{EFFLUENT}} \times EF_{\text{EFFLUENT}} \times 44/28 \\ N_2O_{\text{PLANT}} &= P \times T_{\text{PLANT}} \times F_{\text{상공업}} \times EF_{\text{PLANT}} \\ N_{\text{EFFLUENT}} &= (P \times Protein \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{비소비}} \times F_{\text{상공업}}) - N_{\text{SLUDGE}} \end{aligned}$$

$N_2O \text{ Emissions}$: 해당지역 하수(분뇨 및 고도처리포함)처리 N₂O 총 배출량, t N₂O/yr

N_2O_{EFFLUENT} : 하수 유출수로부터의 N₂O 배출량, t N₂O/yr

N_{EFFLUENT} : 수환경으로 방류된 유출수 내 질소, t N/yr

134) 2006 IPCC G/L은 각각의 유형별(하수처리방식에 따른, 또는 간접발생량 산정을 위한) 배출계수를 제시

$EF_{EFFLUENT}$: 하수로 방류된 유출수로부터의 N_2O 배출에 대한 배출계수, $kg N_2O-N/kg N$
 $44/28$: $kg N_2O-N$ 을 $kg N_2O$ 로 변환(질량비)
 P : 인구수, *capita*
 $Protein$: 해당지역 연간 1인당 단백질 소비량, $kg/capita/yr$
 F_{NPR} : 단백질 내 질소 비율, $kg N/kg$ 단백질
 $F_{비소비}$: 소비되지 않고 하수에 추가되는 단백질 계수
 $F_{상공업}$: 상·공업에서 하수관거로 추가되는 단백질 계수
 N_{SLUDGE} : 슬러지와 같이 제거되는 질소, $t N/yr$
 $N_{2OPLANT}$: 하수 고도처리시설로부터의 N_2O 배출량, $t N_2O/yr$
 T_{PLANT} : 하수 중앙집중식 고도 하수처리시설 이용도, *fraction*
 EF_{PLANT} : 고도처리시설 N_2O 배출계수, $g N_2O/인/yr$

하수 발생량 중 수계로 유입되는 총 질소량 $N_{EFFLUENT}$ 는 다음과 같은 유입 경로를 가진다.

- 사람에 의해 소비되어 하수로서 유입되는 양
- 사람에 의해 소비되지 않고 하수로 직접 유입되는 양
- 산업폐수에 의해 하수관거로 추가되는 단백질 유입량

$N_{EFFLUENT}$ 에 의한 $N_{2O_{EFFLUENT}}$ 배출량은 위의 경로에 의해 하수로 유입된 총 질소량에서 하수처리장에서 슬러지로 배출되는 양을 제하여 산정한다. 그리고, 중앙집중식 고도 하수처리 시설에서의 $N_{2O_{PLANT}}$ 배출량의 경우는 질산화 또는 탈질화 공정을 가지고 있는 고도처리시설에 대하여만 산정한다.

다. 대안

하수처리에 의한 CH_4 배출량 산정 시 총 유기물질 부하량(TOW)의 경우 식 4.12에 따라 산정 가능하나 이때 필요한 활동자료 및 인자값 중 인구, Bo (메탄 최대발생 잠재량), MCF (메탄전환계수) 등은 국가 통계자료와 IPCC 가이드라인 기본값 적용이 가능하나 D_{dom} 과 DS_{dom} 은 산정이 필요하다. 또한 본 지침의 직접배출량(Scope1) 산정 기준에 따라 각 처리시설별 자료를 반영할 필요가 있으며, 현재 우리나라 국가 통계자료 중 환경부에서 매년 발간하는 “하수도 통계” 자료에는 각 하수처리시설별 유기물질 처리부하량($kg BOD/day$) 또는 시설별 하수처리량(m^3/day)과 유입수/방류수 BOD 농도($mg BOD/L$) 자료가 수록되어 있으므로, 여기서는 1인당 분해가능 유기물질 배출량 자료 D_{dom} 대신 각 처리시설별 유기물질 부하량 자료를 사용하도록 한다.

또한 유기물 중 슬러지로 제거되는 비율 DS_{dom} 의 경우 역시 시설별 자료확보가 필요하며, 환경부의 “하수종말처리시설 운영·관리현황” 또는 “소화조 운영실태

조사표” 등의 자료를 통해 처리시설별 슬러지 발생량 자료를 확보할 수 있다. 만약 이러한 자료 확보가 어려울 경우 기본값으로 하수 총 유기물질 중 슬러지로서 제거되는 유기물질 비율로서 0.8875를 적용한다(활동자료 표4.22 참조).

※ [별표 4.2] 하수처리시설에서의 CH₄ 배출량 산정식 대안

하수처리시설에서의 CH₄ 배출량 산정의 경우 본 지침에서 GPG Box2 적용을 기본으로 하나 활동자료 확보의 어려움 등으로 이에 대한 적용이 어려울 시 환경부 보고서¹³⁵⁾로부터 도출된 국가 배출계수를 적용하여 GPG의 Box4 수준의 배출량 산정을 하여도 무방하다. 그러나 하수부문의 다른 부분 배출량 산정의 경우(미차집/미처리의 CH₄ 및 하수부문 N₂O 배출량) 본 지침의 산정식 적용 원칙에 따른다. 다음은 하수처리시설 CH₄ 배출량 산정에 대한 대안 산정식 및 계수 값을 설명한다.

[식 4.18] 하수처리 CH₄ 배출량 산정식(GPG Box4)

$$CH_4 \text{ Emissions} = \text{하수처리량} \times BOD\text{유입농도} \times EF \times BOD\text{제거율} \times (1 - CH_4\text{회수율})$$

하수처리량⁽¹⁾: 시설별 하수처리량, m³/day

BOD 유입농도⁽²⁾: 시설별 하수 유입 BOD, mg/L

EF(배출계수)⁽³⁾: CH₄ 배출계수, kg CH₄/kg BOD

BOD 제거율⁽⁴⁾: 시설별 $\frac{(BOD_{\text{유입}} - BOD_{\text{방류}})}{BOD_{\text{유입}}}$, fraction

CH₄ 회수율⁽⁵⁾: 시설별 하수(슬러지 포함)처리 CH₄ 회수율, fraction

(1) “하수도통계”, 환경부, 각년도 자료 내 시설별 하수처리량(물리적 처리량 제외)

(2) “하수도통계”, 환경부, 각년도 자료 내 시설별 유입 BOD

(3) 배출계수: 0.01532 (kg CH₄/kg BOD), 환경부 2002년 보고서

(4) “하수도통계”, 환경부, 각년도 자료 내 시설별 유입 BOD, 방류 BOD

(5) 미확보 시 회수율 기본값: 0.768(환경부 2002년 보고서)

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리에 사용하는 활동자료는 각 처리시설별 자료를 기본으로 한다. CH₄ 배출량 산정에 필요한 활동자료는 다음과 같다.

활동자료 중 시설별 하수처리량 자료의 경우 연계처리부분에 대한 자료를 확보할 수 있는 경우 우선 기존 자료에 이 부분이 포함되어있는지를 파악하고, 만약 포함되어 있지 않다면 이를 포함하여 산정하도록 한다. 이때 어떤 공정에서

135) “환경부문의 온실가스 배출량 조사 및 통계구축”, 환경부, 2002

부터 연계되는지를 파악할 수 있다면(예를 들어, 1차 침전지로 연계 또는 소화조로 연계) 산정 시 연계된 이후 공정부터 산정할 수 있도록 고려하여야 한다.

[표 4.22] 하수부문 CH₄ 배출량 산정을 위한 활동자료

순서	활동자료 항목	값	단위	출처
1	하수처리량 ⁽¹⁾	각 년도별, 시설별	m ³ /day	“하수도 통계”, 환경부, 각 년도
2	유입 하수 BOD 농도 ⁽²⁾	각 년도별, 시설별	mg/L	“하수도 통계”, 환경부, 각 년도
3	인구	각 년도별, 행정구역별	capita	“하수도 통계”, 환경부, 각 년도
4	슬러지로서 제거되는 유기물질(DSdom) ⁽³⁾	각 년도별, 시설별 산정값	t BOD/yr	식 4.13 및 활동자료 5,6,7,8 참고
		활동자료 미 확보시 기본값: 0.8875	fraction	“환경기초시설에서 발생하는 온실가스 배출량 조사”, 환경부, 2000
5	혐기적으로 분해되는 슬러지 양(Sludgeanaerobic) ⁽⁴⁾	각 년도별, 시설별	fraction	“소화조 운영실태 조사표”, 환경부, 일부년도
6	슬러지 내 고형물 함량(DM) ⁽⁵⁾	각 년도별, 시설별 미확보 시 기본값: 0.20	fraction	“소화조 운영실태 조사표”, 환경부, 일부년도
				“하수종말처리시설 운영·관리현황”, 환경부, 일부년도
7	슬러지 내 휘발성고형물 비율(VS) ⁽⁶⁾	각 년도별, 시설별	fraction	“소화조 운영실태 조사표”, 환경부, 일부년도
		미확보 시 기본값: 0.80		“하·폐수분야 온실가스 배출통계 구축방안 확립”, 환경관리공단, 2007
8	BOD 변환계수 ⁽⁷⁾	1.42	constant	“폐수처리공학”, Metcalf & Eddy
9	소화효율(DigesterEff) ⁽⁸⁾	각 년도별, 시설별	fraction	“소화조 운영실태 조사표”, 환경부, 일부년도
10	하수처리효율(PlantEff) ⁽⁹⁾	각 년도별, 시설별	fraction	“하수도 통계”, 환경부, 각 년도
11	하수 수처리 회수량	각 년도별, 시설별 미확보 시 기본값: 0	t BOD/yr	-
12	하수 슬러지처리 회수량	각 년도별, 시설별 미확보 시 기본값: 0	t BOD/yr	“소화조 운영실태 조사표”, 환경부, 일부년도
13	1인1일 급수량	각 년도별, 행정구역별	L/capita/day	“환경통계연감”, 환경부, 각 년도
14	유효수율 ⁽¹⁰⁾	각 년도별, 행정구역별 미확보 시 기본값: 0.8	fraction	“하수종말처리시설 운영·관리현황”, 환경부, 일부년도
15	오수전환율 ⁽¹¹⁾	각 년도별, 행정구역별 미확보 시 시가: 0.9, 비시가: 0.85	fraction	“하수종말처리시설 운영·관리현황”, 환경부, 일부년도
16	하수도 보급률 ⁽¹²⁾	각 년도별,	fraction	“하수도 통계”, 환경부, 각 년도

순서	활동자료 항목	값	단위	출처
		행정구역별		
(1)	출처 자료 내 “Ⅲ.하수 및 분뇨처리시설 4.하수처리시설” 자료 중 각 하수처리시설별 하수처리량: 이때 물리적 처리량 부분은 제외			
(2)	출처 자료 내 “Ⅷ.수질시험결과 1.하수처리시설 유입수 및 방류수” 자료 중 시설별 유입 BOD 농도			
(3)	자료 미확보 시 제거율($DS_{dom, fraction}$, fraction)로서 0.8875 값 적용			
(4)	출처 자료 내 각 시설별 소화조로 투입 후 소화되는 슬러지 양: ('09년 기준 출처 자료 내 '01~'08 기간 전국 하수처리시설별 소화조 운영자료 수록)			
(5)	출처 자료 내 슬러지 탈수 시 “1 - 함수율(%)”			
(6)	출처 자료 내 소화조 소화슬러지의 VS농도(%)			
(7)	유입하수 중에 포함되어 있는 부유물과 활성슬러지 중의 미생물과 그 잔해 등이 슬러지의 대부분을 차지하고 있으며, 따라서 미생물 농도에 대한 변환계수로서 이 값을 적용			
(8)	출처 자료 내 소화조에서의 소화효율(%), 자료가 없는 년도의 경우 하수처리효율($Plant_{Eff}$)로 대체			
(9)	출처 자료 내 유입BOD에 대한 방류BOD 비율: $\frac{(BOD_{유입} - BOD_{방류})}{BOD_{유입}}$			
(10)	출처 자료 내 처리구역(행정구역)에 해당하는 유효수율(%)			
(11)	출처 자료 내 처리구역(행정구역)에 해당하는 오수전환율(%)			
(12)	하수도 보급률 비율을 처리시스템별 이용률(WSx) 중 “중앙집중식 호기성처리 시스템(Centralized, aerobic treatment plant)” 이용률로, 나머지 부분을 “정화조(Septic system)” 이용률로 가정			

N_2O 배출량 산정에 사용되는 활동자료는 다음과 같다.

[표 4.23] 하수부문 N_2O 배출량 산정을 위한 활동자료

활동자료 항목	값	단위	출처
인구	각 년도별, 지역별	capita	“하수도 통계”, 환경부, 각 년도
중앙집중식 고도처리시설 이용률 ⁽¹⁾	각 년도별, 지역(시설)별	fraction	“하수도 통계”, 환경부, 각 년도
1인당 1일 단백질 소비량 ⁽²⁾	각 년도별, 단백질 섭취량	g protein/인/일	“국민건강 및 영양조사”, 보건복지부, '99, '02, '06 ⁽³⁾
하수슬러지 발생량 ⁽⁴⁾	각 년도별, 지역(시설)별	t Sludge/yr	“하수도 통계”, 환경부, 각 년도
슬러지 내 질소함량 비율 ⁽⁴⁾	0.033	fraction	폐수처리공학(Wastewater engineering treatment, disposalland reuse), Metcalf & Eddy
슬러지 내 고형물 함량 비율 ⁽⁴⁾	0.2		

- (1) 각 하수처리시설별 전체 하수처리량(물리, 생물, 고도 등) 중 고도처리량 비율을 적용
 (2) “전국값” 적용
 (3) 2000년도는 '99 보고서와 '02 보고서의 평균값 적용, 2002~2004 기간은 '02 보고서와 '06 보고서의 평균값 적용, 2006년 이후는 다음 차수 보고서 발행 전까지 '06 보고서 값 적용
 (4) 슬러지로 제거되는 질소(N_{SLUDGE}) 산정에 활용:
 $N_{SLUDGE} = \text{하수슬러지 발생량} \times \text{슬러지 내 질소 함량 비율}$
 여기서, “하수도 통계” 자료 내 하수슬러지 발생량 자료는 탈수 후 처분되는 슬러지 양으로서 함수율(1- 고형물 함량비)을 고려할 필요 없음. 만약 함수율 자료 필요 시 기본값 0.8 적용

3. 배출계수

가. 적용원칙

본 카테고리 CH₄ 산정을 위한 배출계수는 2006 IPCC G/L¹³⁶⁾의 기본값을 사용한다.

[표 4.24] 하수부문 CH₄ 배출량 산정을 위한 배출계수

배출계수 항목	값	단위	출처
Bo	0.6	kg CH ₄ /kg BOD	2006 IPCC G/L Vol.5, Ch.6, table6.2
MCF	각 시스템별 ⁽¹⁾	factor	2006 IPCC G/L Vol.5, Ch.6, table6.3

(1) 출처 내 시스템별 값 중 본 지침에 적용된 값은 다음과 같다.

- 중앙집중식 하수처리시스템(Centralized, aerobic treatment system): 0.05
(출처에서 범위로 0~0.1, 기본값으로 0을 제시하였으나, 범위의 평균값 0.05를 적용)
- 정화조 시스템(Septic system): 0.5
- 혐기성 슬러지 소화조(Anaerobic digester for sludge): 0.8
- 미차집/미처리(Untreated/ sea, river and lake discharge): 0.1

N₂O 배출량 산정 시 적용 배출계수 역시 모두 2006 IPCC G/L 기본값을 사용한다.

[표 4.25] 하수부문 N₂O 배출량 산정을 위한 배출계수

배출계수 항목	값	단위	출처
EF _{EFFLUENT}	0.005	kg N ₂ O-N/kg N	2006 IPCC G/L Vol.5, Ch.6, table6.11
EF _{PLANT}	3.2	g N ₂ O/인/yr	
F _{NPR}	0.16	kg N/kg protein	
F _{NON-CON} ⁽¹⁾	1.1	factor	
F _{IND-COM}	1.25		

(1) 가이드라인 제시값 중 “countries with no garbage disposals” 해당값 적용

4. 향후과제

본 카테고리의 활동자료 중 연계 처리되는 부분의 경우¹³⁷⁾ 상대적으로 높은 유기물질 농도를 보이며(분뇨 등), CH₄ 배출량 산정 시 하나의 중요한 변수가 될 것으로 파악되나 세부 자료 확보 및 반영에 어려움이 있다. 그리고 유입 하수 중 슬러지로서 제거되는 유기물질(DS_{dom}) 산정의 경우 활동자료를 확보하지 못하는 년도의 경우 그 값을 추정하여야 하나 현재 적용 방법은 국내 실정을 정확하게 반영하지 못하는 부분이 있다. 이러한 부분에 대해서 보다 현실적인 통

136) 본 지침의 CH₄ 산정을 위한 방법론은 GPG 방법을 적용하나 배출계수의 경우 동일 항목의 계수에 대하여 방법론 상 예전 값을 고수해야 할 필요가 없는 경우 최신 값이 수록된 2006 IPCC G/L의 계수를 우선 적용한다.

137) '08년도 공공하수처리시설 운영관리실태분석결과, 환경부, 2009 에 따르면, 2008년 기준 분뇨, 축산폐수, 매립장 침출수 등을 연계 처리하는 국내 공공하수처리시설은 159개소(40.5%) 수준

계자료 확보 및 신뢰성 있는 산정 방법 마련이 필요하다. 그리고, 소화조에 의한 슬러지처리의 경우 대부분의 시설에서 높은 효율로서 CH_4 회수가 이루어지는 것으로 판단되며 따라서 이러한 회수량 자료를 확보하여 이를 고려할 시 배출량에 많은 영향을 미칠 것으로 판단된다.

또한, 현재 국내에서 현장 실측을 통하여 하수처리부문 배출계수를 개발하고 있으며, 이러한 배출계수를 적용한 경우의 배출량과 비교 검토 작업을 통하여 보다 높은 tier 수준으로 가기 위한 방안을 마련하여야 한다.

마지막으로 2006 IPCC G/L 방법론에 대한 적용 가능성을 검토하고, 이전 가이드라인(GPG, 1996 IPCC G/L) 방법론과 비교를 통하여 향후 국내 현실에 맞는(신뢰성 있는 활동자료 확보의 용이성 평가 등) 방법론 선정 시 이를 고려하여야 할 것이다.

VI. 4D2(폐수처리)

1. 방법론

가. 카테고리 정의

본 카테고리는 산업폐수의 처리로 인한 CH_4 배출량을 산정한다. 국내에서 산업폐수는 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률¹³⁸⁾에 의하여 폐수처리시설에서 처리되며, 이때 CH_4 이 발생한다. 산업단지 지역의 경우 주로 산업폐수 종말처리시설을 설치하여 처리하고 있으며, 그 외의 경우는 각 개별처리시설(폐수발생 시설 내)에서 자체처리(또는 공동처리) 후 방류 또는 하수(폐수)종말처리시설로 유입·처리된다. 만약 산업폐수가 하수처리시설로 유입·처리된다면 그 배출량은 4D1(하수처리)부문에 포함될 것이다.

나. 산정원칙

산업폐수 부문의 CH_4 배출량 산정 방법은 하수부문 산정 방법과 유사하게 폐수 내 분해가능 유기물질 부하량에 근거하여 산정한다. 그러나 산업유형별 폐수 내 유기물질의 농도가 달라질 수 있어 산업유형에 따라 활동자료 및 배출계수를 분리 후 산정해야한다. 이 부문 배출량 산정은 2006 IPCC G/L의 tier2 방법을 따른다. 따라서, 산업부문별 폐수 내 유기물질 부하량 자료를 확보하고, 국가고유 배출계수를 적용하여 배출량을 산정한다.

138) 2007. 11 이후 수질환경보전법에서 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률로 제명이 변경됨

[식 4.19] 폐수처리부문 CH₄ 배출량 산정식

$$CH_4 \text{ Emissions} = \sum_i [(TOW_i - S_i) \times EF_i - R_i]$$

CH₄ Emissions : 폐수처리에 의한 CH₄ 배출량, t CH₄/yr

TOW_i : 산업 *i*로부터의 폐수내 총 유기물질, (t COD/yr 또는 t BOD/yr)

i : 산업부문(화학, 전기전자, 피혁·신발, 음식료품 등)

S_i : 슬러지로서 제거되는 유기물질, (t COD/yr 또는 t BOD/yr)

EF_i : 업종별 배출계수, (kg CH₄/kg COD 또는 kg CH₄/kg BOD)

R : CH₄ 회수량, kg CH₄/yr

2. 활동자료

가. 적용원칙

본 카테고리에서 사용하는 활동자료는 다음과 같다.

- 산업폐수 배출 업종별, 년도별 총 유기물질 부하량(TOW)
- 년도별 폐수처리 시 슬러지로서 제거되는 유기물질(S)
- 년도별 CH₄ 회수량(R)

업종별 총 유기물질 부하량 자료의 경우 환경부에서 매년 발간하는 “공장폐수의 발생과 처리”에 각 행정구역별(광역시자치 단위) 및 업종별(24종 대분류) 업소수와 폐수발생/방류량, 유기물질 부하 발생/방류량 자료를 수록하고 있어 이를 참고할 수 있다. 그러나 2009년 현재 기준으로 이 통계자료에는 유기물질 농도 또는 발생 부하량(폐수처리 이전 부하량)에 대하여 각 행정구역내 업종별 자료를 포함하고 있지 않으며(국가 단위 자료만 수록됨)¹³⁹⁾ 따라서 각 행정구역별로 업종별 배출량 산정 시 어려움이 있다. 이러한 활동자료 확보 시 통계 담당 정부당국¹⁴⁰⁾ 또는 산업분야 종사자 또는 전문가로부터 자료를 확보하는 것이 가장 바람직하며, 이러한 수행이 어려울 시 아래 (나)대안 부분을 따른다. 그리고, 본 지침에서 유기물질 부하량 자료의 단위¹⁴¹⁾는 “공장폐수의 발생과 처리” 통계자료 및 업종별 개발된 국가 배출계수의 단위에 따라 COD 대신 BOD 기준 자

139) 개별 사업장에서 공공수역으로 배출하는 폐수방류량에 중점을 두었으며, 행정구역별 업종별 폐수(또한 유기물질) 발생 부하량 자료는 상대적으로 부족

140) “공장폐수의 발생과 처리” 통계자료는 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 23조, 68조에 의거 환경부에서 수행하는 “전국 오염원 조사” 중 산업폐수분야 환경오염배출업소 조사부분으로서 수행되며, 국립환경과학원에서 취합·오류검증 및 통계처리 보고를 담당

141) i) 활동자료로 활용하는 환경부 “공장폐수의 발생과 처리” 자료 내 유기물질 부하량 자료 단위 및 국가 배출계수 단위가 BOD 기준; ii) 또한 폐수 내 오염도 측정이 아닌 혐기적 조건에서의 유기물질 분해 정도 판단이 목적

료를 활용하도록 한다.

또한, 슬러지로서 제거되는 유기물질(S)의 경우 현재 통계자료 확보의 어려움이 있으며, 업종별 시설별로 다양할 수 있으므로, 여기서는 자료 확보가 불가능할 시 기본값으로 '0'을 적용한다. CH₄ 회수량의 경우 역시 2006 IPCC G/L 기본값이 0이므로, 이를 기본값으로 하며, 자료 확보가 가능할 경우에만 이를 고려하도록 한다. 이때, 회수량 조사 시 매립부문(4A)과 마찬가지로 회수 후 처리방법(소각처리 또는 에너지 사용)에 대한 자료를 추가 조사하여 에너지 분야와 중복산정이 일어나지 않도록 해야 한다.

나. 대안

업종별, 년도별 유기물질 발생 부하량 자료 확보가 어려울 시 환경부의 각 년도 “공장폐수의 발생과 처리” 자료 내 행정구역별 유기물질 부하량 발생량 자료를 모두 기타업종으로 가정¹⁴²⁾하고 기타 업종에 대해 제공한 배출계수를 적용한다.

그리고 국가통계 조사 및 작성이 이루어지지 않아 유기물질 부하량 활동자료를 확보할 수 없는 년도에 대해서는 기 확보자료의 동일 항목값을 가지고 선형보간법(interpolation)을 수행하여 대체값을 확보한다.

예) '98, '01년 자료 확보 후 '00년 자료 추정 시 확보한 두 기간 사이의 선형 기울기를 구하여 '99, '00년 자료 추정

또한, 업종¹⁴³⁾은 국가 오염원 조사 시 국가 배출계수가 개발된 10개 업종으로 분류하고 나머지 산업폐수는 기타업종으로 분류한다.

[표 4.26] 폐수배출업소 분류

항목	분류
화학, 전기·전자, 피혁·신발, 섬유, 제지, 비금속, 발전수도, 폐수처리업	각 업종별 그대로 분류
음식료품	음식료품, 수산물판매
금속	조립금속, 가공금속
기타 산업 ⁽³⁾	출판인쇄사진, 정수시설, 운수장비, 시험시설, 세탁시설, 세정응축시설, 섬유, 석유정제, 병원시설, 도금시설, 담배제지목재, 기타, 광업시설, 고무플라스틱

3. 배출계수

142) 배출업소별 규모, 처리공법, 시설별 처리율 등의 차이로 인하여 업소수, 폐수 발생량, 유기물질 방류 부하량 등의 자료를 바탕으로 한 추정값 적용 시 신뢰성이 떨어져 전체를 기타업종으로 가정

143) 업종분류는 국가 오염원 조사 통계 시 143종, 수질환경보전법 폐수배출시설 82종, “공장폐수 발생과 처리” 자료내 24개 업종 분류 등이 있으나 이를 10개 업종 및 기타로 분류

가. 적용원칙

본 카테고리에 적용하는 배출계수는 Tier2로서 국가 배출계수를 사용한다. 적용 배출계수 값과 출처는 다음과 같다.

[표 4.27] 폐수부문 CH₄ 배출량 산정을 위한 배출계수

업종	값	단위	출처
화학	2.5324×10^{-5}	kg CH ₄ /kg BOD	환경부 보고서(2000 ⁽¹⁾ , 2002 ⁽²⁾) 평균값
전기·전자	2.9398×10^{-3}		
피혁·신발	4.2027×10^{-4}		
음식료품	5.7589×10^{-3}		
섬유	7.5604×10^{-4}		
제지	5.5489×10^{-4}		
비금속	4.2648×10^{-4}		
발전수도	7.4021×10^{-3}		
폐수처리업	1.7698×10^{-3}		
금속	1.3865×10^{-2}		
기타 산업 ⁽³⁾	3.3919×10^{-3}		

(1) 환경기초시설에서 발생하는 온실가스 배출량 조사, 환경부, 2000

(2) 환경부문의 온실가스 배출량 조사 및 통계구축, 환경부, 2002

(3) 기타산업의 경우 다른 10개 업종 배출계수의 평균값

4. 향후과제

본 카테고리에서 사용하는 활동자료는 각 지역별 소재하고 있는 폐수배출업소의 폐수 발생 유기물 부하량 기준 자료이다. 그러나 폐수는 많은 양을 재활용하고 있기 때문에 발생량이 실제로 폐수처리공정으로 유입되는 비율에 대한 조사가 추가적으로 이루어져야 할 것이다. 그리고, 발생 폐수의 일부는 개별처리시설에서 처리 후(또는 처리되지 않고) 하수종말처리장으로 유입되는 경우가 있어 이 부분은 폐수부분에서 제외시켜야 하나 현재 확보한 통계자료 수준으로는 하수종말처리장 유입량 중 산업 폐수량을 정확히 구분할 수 없어 이를 고려하지 못하였다.

또한 폐수에서 슬러지로서 제거되는 유기물질량 및 CH₄ 회수량 산정을 위한 자료 역시 부족한 실정이며, 이에 따라 본 지침에서는 IPCC 기본값인 0을 적용하고 있지만 이는 배출량 과다산정의 원인이 될 수 있다. 향후 이러한 부분에 대한 자료를 확보하여야 더욱 배출량 산정의 정확성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.





[첨부 1] 지자체 인벤토리의 카테고리

1. Scope1

코드구분1 (1)	코드구분2 (1A)	코드구분3 (1A1)	코드구분4 (1A1a)	코드구분5 (1A1ai)	코드구분6 (1A1aiI)	배출원 IPCC 분류코드	Scope
1 - Energy Combustion Activities	1A - Fuel Combustion Activities	1A1 - Energy Industries	1A1a - Main Activity Electricity and Heat Production	1A1ai - Electricity Generation Combined Heat and Power Generation (CHP) Heat Plants	(1A1aiI)	1A1ai	Scope1-A-b
						1A1aii	Scope1-A-b
						1A1aiii	Scope1-A-b
			1A1b - Petroleum Refining Manufacture of Solid Fuels	1A1bi - Other Energy Industries	(1A1biI)	1A1b	Scope1-A-b
						1A1ci	Scope1-A-b
						1A1cii	Scope1-A-b
			1A1c - Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	1A1ci - Iron and Steel Non-Ferrous Metals	(1A1ciI)	1A2a	Scope1-A-b
						1A2b	Scope1-A-b
						1A2c	Scope1-A-b
			1A1d - Pulp, Paper and Print Food Processing, Beverages and Tobacco	1A1di - Chemicals	(1A1diI)	1A2d	Scope1-A-b
						1A2e	Scope1-A-b
						1A2f	Scope1-A-b
		1A2 - Manufacturing Industries and Construction	1A2a - Non-Metallic Minerals Transport Equipment	1A2ai - Machinery	(1A2aiI)	1A2g	Scope1-A-b
						1A2h	Scope1-A-b
						1A2i	Scope1-A-b
			1A2b - Mining(excluding fuels) and Quarrying Wood and Wood Products	1A2bi - Construction	(1A2biI)	1A2j	Scope1-A-b
						1A2k	Scope1-A-b
						1A2l	Scope1-A-b
		1A3 - Transport	Non-specified Industry	1A3ai - Textile and Leather 기타 미분류 도식가스 미분류 석탄	(1A3aiI)	1A2mi	Scope1-A-b
						1A2mii	Scope1-A-b
						1A2miii	Scope1-A-b
			1A3a - Civil Aviation	1A3aii - International Aviation(International Bunkers) Domestic Aviation	(1A3aiiI)	1A3ai	Scope1-A-b
						1A3aii	Scope1-A-b
						1A3bi1	Scope1-A-b
			1A3b - Road Transportation	1A3bii - Passenger Cars With 3-way Catalysts Passenger Cars Without 3-way Catalysts Light-duty Trucks With 3-way Catalysts	(1A3biiI)	1A3bi2	Scope1-A-b
						1A3bi2	Scope1-A-b
						1A3bii1	Scope1-A-b
						1A3bii1	Scope1-A-b

코드구분1	코드구분2	코드구분3	코드구분4	코드구분5	코드구분6	배출원	Scope
(1)	(1A)	(1A1)	(1A1a)	(1A1ai)	(1A1ai1)	IPCC 분류코드	
					Light-duty Trucks Without Catalysts	1A3bii2	Scope1-A-b
					Heavy-duty Trucks and Buses	1A3biii	Scope1-A-b
						1A3biv	Scope1-A-b
						1A3bv	Scope1-A-b
				Evaporative Emissions from Vehicles	Urea-based Catalysts	1A3bvi	Scope1-A-b
						1A3c	Scope1-B
						1A3di	Scope1-A-b
			1A3d - Water-borne Navigation	International Water-borne Navigation (international Bunkers)	Domestic Water-borne Navigation	1A3dii	Scope1-A-b
						1A3ei	Scope1-A-b
						1A3eii	Scope1-A-b
						1A3eiii	Scope1-B
			1A4a - Commercial/Institutional	Off-road	공항, 항만, 철도운영 관련 외 공항, 항만, 철도운영 관련 Institutional	1A4ai	Scope1-A-b
						1A4aii	Scope1-B
						1A4aiii	Scope1-A-a
						1A4b	Scope1-A-b
		1A4 - Other Sectors	1A4c - Agriculture/Forestry/Fishing/Fish Farms	Residential	Stationary	1A4ci	Scope1-A-b
						1A4cii	Scope1-A-b
						1A4ciii	Scope1-A-b
						1A5a	Scope1-A-b
	1A5 - Non-Specified		1A5b - Mobile	Stationary	Mobile (Aviation Component)	1A5bi	Scope1-A-b
						1A5bii	Scope1-A-b
						1A5biii	Scope1-A-b
						1A5c	Scope1-A-b
			1A5b - Mobile	Multilateral Operations	Mining	1B1ai1	Scope1-A-b
						1B1ai2	Scope1-A-b
						1B1ai3	Scope1-A-b
						1B1ai4	Scope1-A-b
			1B1a - Coal Mining and Handling	Underground Mines	Flaring of Drained Methane or Conversion of Methane to CO ₂	1B1aii1	Scope1-A-b
						1B1aii1	Scope1-A-b
	1B - Fugitive Emissions from Fuels	1B1 - Solid Fuels		Surface Mines	Post-mining Seam Gas Emissions	1B1aii2	Scope1-A-b

코드구분1 (1)	코드구분2 (1A)	코드구분3 (1A1)	코드구분4 (1A1a)	코드구분5 (1A1ai)	코드구분6 (1A1ai1)	배출원 IPCC 분류코드	Scope
			1B2 - Oil and Natural Gas 1B2a - Oil 1B2b - Natural Gas	Uncontrolled Combustion, and Burning Coal Dumps Solid Fuel Transformation		1B1b	Scope1-A-b
						1B1c	Scope1-A-b
						1B2ai	Scope1-A-b
						1B2aii	Scope1-A-b
						1B2aii1	Scope1-A-b
						1B2aii2	Scope1-A-b
						1B2aii3	Scope1-A-b
						1B2aii4	Scope1-A-b
						1B2aii5	Scope1-A-b
						1B2aii6	Scope1-A-b
						1B2bi	Scope1-A-b
						1B2bii	Scope1-A-b
						1B2biii1	Scope1-A-b
						1B2biii2	Scope1-A-b
						1B2biii3	Scope1-A-b
						1B2biii4	Scope1-A-b
						1B2biii5	Scope1-A-b
						1B2biii6	Scope1-A-b
						1B3	Scope1-A-b
						1C1b	Scope1-A-b
						1C1c	Scope1-A-b
2 - INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE	1C - Carbon dioxide and Storage	1C1 - Transport of CO ₂	Other Emissions from Energy Production	Ships		1C1b	Scope1-A-b
		1C2 - injection and Storage		Other (please specify)		1C1c	Scope1-A-b
				Injection		1C2a	Scope1-A-b
				Storage		1C2b	Scope1-A-b
				Other		1C3	Scope1-A-b
				Cement production		2A1	
				Lime Production		2A2	
				Glass Production		2A3	
	2A - Mineral Industry	2A4 - Other Process Uses of Carbonates		Ceramics		2A4a	

코드구분1	코드구분2	코드구분3	코드구분4	코드구분5	코드구분6	배출원 IPCC 분류코드	Scope
(1)	(1A)	(1A1)	(1A1a)	(1A1ai)	(1A1ai1)		
			Other Uses of Soda Ash			2A4b	
			Non Metallurgical Magnesia Production			2A4c	
			Other(please specify)			2A4d	
			Other(please specify)			2A5	
			Ammonia Production			2B1	
			Nitric Acid Production			2B2	
			Adipic Acid Production			2B3	
			Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production			2B4	
			Carbide Production			2B5	
			Titanium Dioxide Production			2B6	
			Soda Ash Production			2B7	
2B - Chemical Industry		2B8 - Petrochemical and Carbon Black Production	Methanol			2B8a	
			Ethylene			2B8b	
			Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer			2B8c	
			Ethylene Oxide			2B8d	
			Acrylonitrile			2B8e	
		2B9 - Fluorochemical Production	Carbon Black			2B8f	
			By-product Emissions			2B9a	
			Fugitive Emissions			2B9b	
			Other(Please Specify)			2B10	
			Iron and Steel Production			2C1	
2C - Metal Industry			Ferroalloys Production			2C2	
			Aluminium Production			2C3	
			Magnesium Production			2C4	
			Lead Production			2C5	
			Zinc Production			2C6	
			Other (please specify)			2C7	
			Lubricant Use			2D1	
			Paraffin Wax Use			2D2	
			Solvent Use			2D3	

코드구분1	코드구분2	코드구분3	코드구분4	코드구분5	코드구분6	배출원	Scope
(1)	(1A)	(1A1)	(1A1a)	(1A1ai)	(1A1ai1)	IPCC 분류코드	
			Other (please specify)			2D4	
	2E - Electronics Industry		Integrated Circuit or Semiconductor			2E1	
			TFT Flat Panel Display			2E2	
			Photovoltaics			2E3	
			Heat Transfer Fluid			2E4	
		Other (please specify)			2E5		
	2F - Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances	2F1 - Refrigeration and Air Conditioning	Refrigeration and Stationary Air Conditioning			2F1a	
			Mobile Air Conditioning			2F1b	
			Foam Blowing Agents			2F2	
			Fire Protection			2F3	
		Aerosols			2F4		
		Solvents			2F5		
		Other Application (please specify)			2F6		
2G - Other Product Manufactur e And Use	2G1 - Electrical Equipment	Manufacture of Electrical Equipment			2G1a		
		Use of Electrical Equipment			2G1b		
		Disposal of Electrical Equipment			2G1c		
	2G2 - SF ₆ and PFCs from Other Product Uses	Military Applications			2G2a		
		Accelerators			2G2b		
		Other (please specify)			2G2c		
	2G3 - N ₂ O from Product Uses	Medical Applications			2G3a		
		Propellant for pressure and Aerosol Products			2G3b		
		Other (please specify)			2G3c		
			Other (please specify)			2G4	
2H - Other		Pulp and Paper Industry			2H1		
		Food and Beverages Industry			2H2		
		Other (please specify)			2H3		
3 - AGRICULT URE, FORESTRY , AND OTHER LAND USE	3A - Livestock	3A1 - Enteric Fermentation	3A1a - Cattle		Dairy Cows	3A1ai	
					Other cattle	3A1aii	
					Buffalo	3A1b	
				Sheep			3A1c

코드구분1	코드구분2	코드구분3	코드구분4	코드구분5	코드구분6	배출원 IPCC 분류코드	Scope
(1)	(1A)	(1A1)	(1A1a)	(1A1ai)	(1A1ai1)	3A1d	
				Goats		3A1e	
				Camels		3A1f	
				Horses		3A1g	
				Mules and Asses		3A1h	
				Swine		3A1i	
				Other (please specify)		3A1j	
			3A2a - Cattle		Dairy Cows	3A2ai	
					Other cattle	3A2aii	
						3A2b	
				Buffalo		3A2c	
				Sheep		3A2d	
				Goats		3A2e	
				Camels		3A2f	
				Horses		3A2g	
				Mules and Asses		3A2h	
				Swine		3A2i	
				Poultry		3A2j	
				Other (please specify)		3B	
			Land			3C1a	
			Biomass Burning in Forest Lands			3C1b	
			Biomass Burning in Croplands			3C1c	
			Biomass Burning in Grasslands			3C1d	
			Biomass Burning in All Other Land			3C2	
			Liming			3C3	
			Urea Application			3C4	
			Direct N ₂ O Emissions from Managed Soils			3C5	
			Indirect N ₂ O Emissions from Managed Soils			3C6	
			Indirect N ₂ O Emissions from Manure Management			3C7	
			Rice Cultivations			3C8	
			Other (please specify)			3D1	
			Harvested Wood Products			3D2	
			Other (please specify)				
	3D - Other						Scope1-A-a
							Scope1-A-b
4 - WASTE	4A - Solid Waste Disposal		Managed Waste Disposal Sites			4A1	

코드구분1 (1)	코드구분2 (1A)	코드구분3 (1A1)	코드구분4 (1A1a)	코드구분5 (1A1ai)	코드구분6 (1A1ai1)	배출원	Scope	
						IPCC 분류코드		
			Unmanaged Waste Disposal Sites			4A2	Scope1-A-a	
							Scope1-A-b	
							4A3	Scope1-A-b
			Uncategorised Waste Disposal Sites			4B	Scope1-A-a	
							Scope1-A-b	
							Scope1-A-b	Scope1-A-b
	4C - Incineration and Open Burning of Waste		Waste Incineration			4C1	Scope1-A-a	
							Scope1-A-b	
							Scope1-A-b	Scope1-A-b
	4D - Wastewater Treatment and Discharge		Domestic Wastewater Treatment and Discharge			4C2	Scope1-A-b	
							Scope1-A-a	
							Scope1-A-a	Scope1-A-a
			Industrial Wastewater Treatment and Discharge			4D2	Scope1-A-b	
							Scope1-A-b	
Scope1-A-b							Scope1-A-b	
		Other (please specify)			4E	Scope1-A-a		
						Scope1-A-b		
						Scope1-A-b	Scope1-A-b	
5 - Other		Indirect N ₂ O Emissions from the Atmospheric Deposition of Nitrogen in NO _x and NH ₃				5A	Scope1-A-a	
							Scope1-A-b	
							Scope1-A-a	Scope1-A-a
							Scope1-A-b	Scope1-A-b

2. Scope2

구분1	구분2	구분3	구분4	구분5	구분6	Scope 구분			
전력	사용	가정용				Scope2-A-b			
		공공 서비스	공공용	국군용		Scope2-B			
				유엔군용					
				기타 공공용		Scope2-A-a			
			서비스업	관공용					
				전철		Scope2-B			
				수도					
				사업자용		Scope2-A-b			
				순수서비스					
		생산부문	농림어업						
			광업						
			식료품	식료품 제조					
				음료품 제조					
				담배 제조					
			섬유, 의복	섬유					
				의복, 모피					
				가죽, 신발					
			목재, 나무						
			펄프, 종이						
			출판, 인쇄						
			석유, 화학	석유정제					
				화학제품					
				고무, 플라스틱					
			요업	유리					
				시멘트					
			1차금속						
			조립금속						
			기타 기계장비						
			사무기기						
			전기기기 제조						
			영상, 음향, 통신						
			의료, 광학기기						
			자동차제조						
			기타 수송장비						
			가구 및 기타						
			재생재료 처리						
			생산						
			순 배출						
			열(Heat)	사용					Scope2-A-b
				열생산					
수열 순 배출									
수도	상 수	가정용				Scope2-A-b			
		업무용							
		영업용							

구분1	구분2	구분3	구분4	구분5	구분6	Scope 구분
				대중목욕탕		
				기타		
				발생		
				처리		
				매립 순 배출		
	매립			발생		Scope2-A-b
				처리		
				소각 순 배출		
	소각			발생		Scope2-A-b
				처리		
				소각 순 배출		
	하·폐수			발생		Scope2-A-b
				처리		
				하·폐수 순 배출		
	고형폐기물 생물학적 처리			발생		Scope2-A-b
				처리		
				생물학적 처리 순 배출		

3. Scope3

구분	시설명	지역	배출분야	Scope 구분
			에너지 고정연소(자체 보일러)	Scope3-A
			전력	
			열(Heat)	
			수도	
			폐기물	
시설1	(예) 서울시 공무원 연수원1	충북 수안보	에너지 고정연소(자체 보일러)	Scope3-A
			전력	
			열(Heat)	
			수도	
			폐기물	
시설2	(예) 서울시 공무원 연수원2	충남 서천	에너지 고정연소(자체 보일러)	Scope3-A
			전력	
			열(Heat)	
			수도	
			폐기물	
시설3	-	-	에너지 고정연소(자체 보일러)	Scope3-A
			전력	
			열(Heat)	
			수도	
			폐기물	
시설4	-	-	에너지 고정연소(자체 보일러)	Scope3-A
			전력	
			열(Heat)	
			수도	
			폐기물	
시설5	-	-	에너지 고정연소(자체 보일러)	Scope3-A
			전력	
			열(Heat)	
			수도	
			폐기물	

[첨부 2] 간접배출계수 및 손실률

구분			단위	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	
간접배출계수	전 력 ⁽¹⁾		gCO ₂ /kWh	447	477	454	449	475	460	464	464	
	매립 ⁽²⁾	생활	kgCO ₂ eq/t	988.7	1,021.6	1,038.6	1,041.1	925.3	880.3	839.9	771.9	
		사업장		90.3	88.6	115.0	81.8	65.3	55.9	119.5	105.9	
		건설		253.7	172.9	100.9	111.7	130.5	18.3	3.4	2.6	
		지정		205.3	192.2	181.8	233.1	217.8	185.4	162.9	145.9	
	고형폐기물의 생물학적 처리 ⁽²⁾		kgCO ₂ eq/t	87.1	71.3	91.5	79.9	75.0	80.1	96.8	92.3	
	소각 ⁽²⁾	생활	kgCO ₂ eq/t	425.1	418.3	508.6	516.0	597.3	654.4	727.0	748.3	
		사업장		798.6	882.6	929.6	1,008.8	1,224.0	1,525.9	1,599.0	1,458.9	
		건설		908.9	920.2	960.1	904.5	969.0	2,186.2	2,339.2	2,235.5	
		지정		2,499.2	2,461.6	2,620.7	2,732.7	2,703.5	2,662.5	2,632.8	2,633.2	
	하·폐수 ⁽²⁾	하수	gCO ₂ /m ³	42.0	43.0	44.2	38.5	42.0	29.3	28.2	26.5	
		분뇨	kgCO ₂ /인	21.1	20.4	20.4	20.4	20.4	21.6	21.6	21.6	
		폐수	gCO ₂ /m ³	19.8	21.0	21.3	21.6	20.8	18.5	29.5	29.5	
	열(heat) ⁽²⁾		tCO ₂ eq/Gcal	0.2681								
	수 도 ⁽³⁾		gCO ₂ /m ³	332								
손실률	전력 ⁽⁴⁾			0.0471	0.0450	0.0448	0.0443	0.0446	0.0451	0.0402	0.0399	
	열 ⁽⁵⁾			0.1258								

(1) IEA(CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2008 edition, 단, '07년은 '06년 값 적용)

(2) 환경관리공단

(3) 한국환경산업기술원

(4) 한국전력

(5) 환경관리공단

[첨부 3] 연료의 정의¹⁴⁴⁾

영어 표기		내용
액체 (원유 및 석유 제품)		
Crude Oil		자연적으로 발생하며, 황색에서 흑색이고, 다양한 농도 및 점도를 가지는 탄화수소(hydrocarbons)의 혼합물로 구성된 광물성 오일이다. 이는 또한 lease 분리시설에서 기체형 탄화수소로부터 재생되는 lease 응축액(separator liquids)을 포함한다.
Gasoline	Motor Gasoline	자동차와 같은 내연기관에서 이용하기 위한 가벼운 탄화수소 오일이다. 자동차용 가솔린은 35℃에서 215℃ 사이에서 증류되고 지상용 점화엔진을 위한 연료로서 이용된다. 자동차용 가솔린은 TEL (Tetraethyl lead), TML (Tetramethyl lead)과 같은 납 화합물을 포함한, 첨가제(additives), 산화제(oxygenates), 옥탄 개진제(octane enhancers)를 포함 할 수 있다.
Jet Kerosene		이는 항공용 터빈파워장치를 위해 이용되는 중간 증류액이다. 이는 등유와 동일한 증류특성 및 인화점(flash point)(150℃ 과 300℃ 사이이며 일반적으로 250℃ 이하)을 가진다. 또한 국제 항공 운송 협회(International Air Transport Association) (IATA)에 의해 지정된 특별한 규격(specifications)를 가진다.
Other Kerosene		Other Kerosene 는 가솔린과 가스/디젤형 오일간에 휘발성에서 중간인 정제된 석유 증류액로 구성된다. 이는 150℃ 와 300℃ 사이에서 증류되는 중간 오일(medium oil)이다.
Gas/Diesel Oil		Gas/Diesel Oil 오일은 무거운 가스오일(heavy gas oils)을 포함한다. 가스오일(Gas oils)은 원유의 상압증류(atmospheric distillation)에서 가장 낮은 부분으로부터 얻으며, 반면에 무거운 가스오일은 상압증류에서의 잔여물의 감압 재증류에 의해 얻는다. 가스/디젤 오일은 180℃ and 380℃ 사이에서 증류된다. 이용 방법에 따라 여러 가지 등급이 존재한다. 디젤 압축 점화를 위한 디젤 오일 (자동차, 트럭, 선박 등), 산업적 및 상업적으로 이용되는 light heating oil, 석유화학 원료로 이용되는 무거운 가스오일(380℃ 와 540℃ 사이에서 증류됨)을 포함한 기타 가스오일이 이에 해당된다.
Residual Fuel Oil		증류탑에서 증류 잔류물로 구성되는 오일로서 혼합에 의해 얻어지는 오일을 비롯하여 모든 증류 잔류유를 포함한다. 동적 점성도(kinematic viscosity)는 80℃에서 0.1cm ² (10 cSt) 이상이다. 인화점은 항상 50℃ 이상이고 농도는 항상 0.90 kg/l 이상이다.
Liquefied Petroleum Gases		파라핀족(paraffin series)의 경질 탄화수소 부분이며, 정유공정, 원유 안정화 공장, 천연가스 처리공장에서부터 추출되고 Propane(C ₃ H ₈), Butane(C ₄ H ₁₀) 이나 둘의 혼합기체로 구성된다. 일반적으로 가압/액화되어서 수송 및 저장된다.
Ethane		Ethane은 자연적인 기체형 직쇄(straight-chain) 탄화수소 (C ₂ H ₆)이다. 이는 천연가스 및 정유가스(refinery gas) 흐름으로부터 추출된 무색의 파라핀족 가스이다.
Naphtha		나프타는 석유화학산업 (예, 에틸렌 제조 내지 방향족 화합물 생산) 이나 정유공장내에서의 개질(reforming)이나 이성체화(isomerisation)에 의한 가솔린 생산을 위한 원료이다. 30℃ and 210℃ 증류범위에 있는 물질로 구성되며 일명 “납사” 라고 불리기도 한다.
Bitumen		콜로이드 구조(colloidal structure)를 가진 고체, 반고체, 점성의 탄화

144) 2006 IPCC G/L Vol.2 표 1.1 및 IEA/Energy Statistics Manual 2004

영어 표기		내용
		수소로, 갈색에서 흑색이며, 원유 증류에서의 잔여물, 상압증류에서 오일 잔여물(oil residues)의 진공증류로 얻어진다. Bitumen 은 아스팔트(asphalt)로도 종종 불리며 도로의 포장재 및 지붕을 잇는 재료(roofing material)로 주로 이용된다. 이 카테고리는 유동화되고 축소(cut back)된 역청을 포함한다.
	Lubricants	증류액 내지 잔여물로부터 생산된 탄화수소이다; 이는 베어링 표면사이의 마찰을 감소시키기 위해 주로 이용된다. 이 카테고리는 축 오일(spindle oil)에서 실린더 오일(cylinder oil)까지의 모든 최종 등급의 윤활유 및 그리스(greases)로 이용되는 오일을 포함하며, 모터용 오일 및 모든 등급의 윤활유에 기초한 양을 포함한다.
	Petroleum Coke	Petroleum Coke는 delayed coking 내지 fluid coking과 같은 공정에서 석유에서 파생된 원료, 감압공정 잔류물(vacuum bottoms), 타르(tar), 피치(pitches)의 열분해(cracking) 및 탄화(carbonising)에 의해 주로 얻어지는, 흑색 고체로 정의된다. 주로 탄소 (90 ~ 95%)로 구성되며 낮은 회분(ash) 함유량을 가진다. 이는 철강산업, 가열(heating), 전극 제조, 화학물질 생산을 위한 코크스로(coke ovens)에서 원료로 이용된다. Petroleum Coke 의 주요한 두 가지 품질의 제품은 "녹색 코크스(green coke)"와 "하소된 코크스(calculated coke)"이다. 이 카테고리는 정유공정 동안 촉매로 퇴적된 촉매 코크스(catalyst coke)도 포함한다. 이 연료는 재생 불가능하며 일반적으로 정유공장 원료로 연소된다.
	Refinery Feedstocks	Refinery Feedstocks 는 원유로부터 파생된 제품 내지 제품들의 조합이며 정유 산업 (refining industry)에서 혼합 이외의 추가적인 처리가 되어야 한다. 하나 이상의 구성성분 및/내지 최종 제품으로 전환된다. 또한 정유플랜트로 투입되는 최종 제품과 석유화학 산업에서 정유 산업으로 회송되는 제품을 포함한다.
	Refinery Gas	정유가스는 정유공장에서 원유의 증류 내지 오일 제품(oil products)의 처리 (예, 열분해 (cracking)) 동안 얻어지는 비응축성 가스(non-condensable gas)로 정의된다. 이는 주로 수소, 메탄, 에탄, 올레핀(olefins)으로 구성된다. 이는 또한 석유화학 산업으로부터 반환되는 가스를 포함한다.
	Other Oil	나프타/등유 범위에서 증류되는 정제된 증류 중간생성물로 정의된다. i) Industrial Spirit (SBP): 30°C ~ 200°C 사이에서 증류되는 경유(Light oils)로, 손실을 포함하여, 60°C 이하의 5% 부피와 90% 부피 증류점(distillation points)간의 온도차이를 가진다. 달리 말해서, SBP는 휘발유(motor spirit)보다 좁은 cut의 경유(light oil)이다. 위에서 정의된 증류범위에서 cut의 위치에 따라, 7 내지 8 등급의 industrial spirit이 존재한다. ii) White Spirit: 30°C 이상의 인화점을 가진 Industrial spirit. 증류범위: 135°C ~ 200°C
	Other Petroleum Products	타르(tar), 유황(sulphur), 그리스(grease)과 같은, 위에서 분류되지 않은 석유 제품을 포함한다. 이 카테고리는 또한 정유공장내에서 생산되는 방향족 화합물(aromatics) (예, BTX 내지 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 크실렌(xylene)) 및 올레핀(olefins) (예, 프로필렌(propylene))을 포함한다.
고체 (석탄 및 석탄 제품)		
	Anthracite	산업 및 주거용으로 이용되는 높은 등급의 석탄이다. 이는 일반적으로

영어 표기		내용
		10% 이하의 휘발물 (volatile matter)과 높은 탄소 함유량 (약 90%의 고정된 탄소)을 가진다. 총열량(gross calorific value)은 회분이 없고 습한 상태에서 23865 kJ/kg (5700 kcal /kg) 이상이다.
	Coking Coal	용광로(blast furnace) 충전을 지원하기에 적합하여 코크스(coke)의 생산에 원료로 쓰이는 역청탄(bituminous coal)을 말한다. 총열량(calorific value)은 회분이 없지만 습한 상태에서 23865 kJ/kg (5700 kcal/kg) 이상이다.
	Other Bituminous Coal	Coking Coal 을 제외한 모든 역청탄이 이에 해당되며 증기 생산용으로 연소 되어 연료탄(Steam Coal) 이라고도 한다. 무연탄보다 높은 휘발물(10% 이상)과 낮은 탄소 함유량(90% 이하의 고정된 탄소)을 포함하고 있으며 총열량(calorific value)은 회분이 없고 습한 상태에서 23865 kJ/kg (5700 kcal/kg) 이상이다.
	Sub-Bituminous Coal	건조하고 광물질이 없는 상태에서 17435 kJ/kg (4165 kcal/kg)과 23865 kJ/kg (5700 kcal/kg) 사이의 총열량을 가지고 31% 이상의 휘발물을 포함하는 덩어리 형태가 아닌 석탄.
	Lignite	건조하고 광물질이 없는 상태에서 17435 kJ/kg (4165 kcal/kg) 이하의 총열량과, 31% 이상의 휘발물을 가지는 덩어리가 아닌 석탄
	Coke Oven Coke and Lignite Coke	고온에서 석탄, 주로 Coking coal 의 탄화로부터 얻어지는 고체 생성물이다. 습기 함유량 및 휘발물이 낮다. semi-coke, 즉 낮은 온도에서 석탄의 탄화로부터 얻어진 고체 생성물, 갈탄 코크스(lignite coke), 즉 갈탄으로부터 만들어진 semi-coke, 코크스 분탄(coke breeze), 주조용 코크스(foundry coke)가 또한 포함된다. 이는 야금용 코크스(metallurgical coke)로도 알려져 있다.
Derived Gases	Coke Oven Gas	철강 생산에 소모되는 Coke oven Coke 제조의 부산물로 생성되는 가스
	Blast Furnace Gas	용광로에서의 코크스를 연소하는 동안 생산된다. 이는 공장내에서 부분적으로, 그리고 철강 생산 공정 내지 이를 태우는 장비를 갖춘 발전소에서 부분적으로 연료로서 재생되고 이용된다.
	Oxygen Steel Furnace Gas	산소 용광로(oxygen furnace)에서 강철 생산의 부산물로서 얻어지며 용광로를 떠날 때 재생된다. 이 가스는 전로 가스(converter gas), LD gas, BOS gas 로 또한 알려져 있다.
기체 (천연가스)		
	Natural Gas	도시가스로 불리기도 하는 혼합 천연가스 (blended natural gas), 다른 주요 제품으로부터 부가적으로 생산되기도 하나, 일반적으로 천연가스 배관망을 통해 분배되는 다른 가스들 (예, 석탄층 메탄(coal seam methane))과 천연가스의 혼합으로 얻어지는 고열량 가스 등이 해당된다. 혼합 천연가스에는 대체 천연 가스(substitute natural gas), 즉 주된 원재료가 천연가스, 석탄, 석유, 유모혈암인 탄화수소 화석연료의 화학적 전환에 의해 제조되는 고열량 가스등이 이에 해당한다.
PEAT		
	Peat	연소가 가능한 연하고, 다공성이거나 압축된, 목질(woody material)을 포함한 식물에서 유래한 퇴적광상(sedimentary deposit)은 (원래상태에서 90%까지의) 높은 수분 함유량을 가지고, 쉽게 잘리며, 연한 갈색에

영어 표기		내용
		서 진한 갈색의 보다 단단한 부분을 포함할 수 있다. 비-에너지 목적을 위해 이용된 토탄은 포함되지 않는다.
기타 화석연료 (OTHER FOSSIL FUELS)		
Municipal Wastes (non-Biomass fraction)		가정, 산업, 병원, 기타 등에서 발생되어 특정한 시설에서 소각되고 에너지용으로 이용되는 폐기물을 뜻한다. 미생물에 의해 분해되지 않는 연료 부분만 여기에 포함되어야 한다.
바이오매스 (BIOMASS)		
Solid Biofuels	Wood, Wood Waste	에너지용으로 직접 연소되는 목재 및 목재 폐기물. 이 카테고리는 목탄 생산을 위해 소비된 목재를 포함하지만, 목탄의 실제 생산량은 포함되지 않는다. (목탄은 2차 제품이기 때문에 산정시, 중복산정이 된다)
	Other Primary Solid Biomass	연료로 직접 이용되는 식물 재료(plant matter) 중에서 목재/목재 폐기물과 Sulphite Lye 를 제외한 나머지를 뜻한다. 식물성 폐기물(vegetal waste), 동물성 재료/폐기물, 기타 고체 바이오매스가 해당된다 이 카테고리는 목탄 생산을 위한 비목재 투입물(예, 코코넛 껍질)을 포함하지만 바이오연료의 생산을 위한 기타 모든 공급원료(feedstocks)는 제외되어야 한다.
	Charcoal	에너지로서 연소되는 목탄은 목재 및 기타 식물성 재료의 분해 증류(destructive distillation) 및 열분해(pyrolysis)의 고체 잔류물을 뜻한다
Liquid Biofuels	Biogasoline	바이오연료가 혼합된 연료의 총량이 아니라 바이오연료에 해당되는 양만을 고려해야 한다. 이 카테고리는 bioethanol, biomethanol, bioETBE, bioMTBE 를 포함한다.
	Biodiesels	바이오연료가 혼합된 연료의 총량이 아니라 바이오연료에 해당되는 양만을 고려해야 한다. 이 카테고리는 biodiesel (디젤 품질의 methyl-ester), biodimethylether, fischer tropsh , 저온 압축된 바이오 오일(bio oil) (기계적 가공만을 통해 지방 종자(oil seed)로부터 생산된 오일), 수송용 디젤에 첨가 또는 혼합되거나, 직접 이용되는 기타 모든 액체 바이오연료를 포함한다.
	Other Liquid Biofuels	위 두가지에 포함되지 않는 기타 액체 바이오연료.
바이오매스 (BIOMASS)		
Gas Biomass	Landfill Gas	매립지의 바이오매스 및 고체 폐기물의 혐기성 발효(anaerobic fermentation)로부터 파생되며 열 및/내지 전력을 생산하기 위해 연소되기도 한다.
	Sludge Gas	오수 및 동물성 현탁액(slurries)으로부터 바이오매스 및 고체 폐기물의 혐기성 발효(anaerobic fermentation)에 의해 생성되며 열 및/내지 전력을 생산하기 위해 연소되기도 한다.
	Other Biogas	매립지 가스 내지 슬러지 가스에 포함되지 않는 기타 바이오가스.
Other non-fossil fuels	Municipal Wastes (Biomass fraction)	도시 폐기물의 바이오매스 부분은 가정, 산업, 병원, 제3의 부문에 의해 생산되고 특정한 시설에서 소각되고 에너지용으로 이용되는 폐기물을 포함한다. 미생물에 의해 분해되는 연료 부분만 여기에 포함되어야 한다.

[첨부 4] 연료의 종류와 순발열량(NCV)

국내 연료종류	IPCC 기준	단 위	순발열량 (NCV)
원 유	Crude Oil	TJ/Gg	42.3
휘발유	Motor Gasoline	TJ/1000m³	31.0
실내등유	Other Kerosene		34.3
보일러등유			35.0
경 유			35.4
B-A 유	Gas/Diesel Oil		36.6
B-B 유	Residual Fuel Oil		38.1
B-C 유			39.1
LSWR 저유황왁스유			39.1
프로판			Liquefied Petroleum Gases
부 탄	45.7		
나프타(납사)	Naphtha	TJ/1000m³	31.2
항공유	Jet Kerosene (JET-A1)		34.3
아스팔트	Bitumen	TJ/Gg	39.1
윤활유	Lubricants	TJ/1000m³	36.2
석유코크	Petroleum Coke	TJ/Gg	32.9
부생연료 1호	Other Petroleum Products		35.0
부생연료 2호			38.5
열분해연료유(Pyrolysis Fuel Oil)			Residual Fuel Oil
정제원료(반제품)	Refinery Feed Stocks		43.0 ^a
파라핀 왁스	Paraffin Waxes		40.2 ^a
용 제	White Spirit and SBP	TJ/1000m³	30.8
기타 석유제품	Other Petroleum Products	TJ/Gg	40.2 ^a
천연가스(LNG)	Natural Gas		49.2
도시가스(LNG)		TJ/1000m³	0.040
도시가스(LPG)			Liquefied Petroleum Gases
코크스	Coke Oven Coke and Lignite Coke	TJ/Gg	29.3
코크스가스	Coke Oven Gas		38.7 ^a
고로가스	Blast Furnance Gas		2.47 ^a
전로가스	Oxygen Steel Furnance Gas		7.06 ^a
정유소 정제가스(Fuel gas)	Refinery Gas		49.5 ^a
국내 무연탄	Anthracite		19.3
수입 무연탄			26.8
유연탄(연료용)	Other Bituminous Coal		24.9
유연탄(원료용)	Coking Coal		28.3
아역청탄	Sub-Bituminous Coal		20.9
갈 탄	Lignite		11.9 ^a
이 탄	Peat		9.76 ^a

국내 연료종류	IPCC 기준	단 위	순발열량 (NCV)
바이오 가스	Sludge Gas		50.4 ^a
매립지 가스(전기)	Land Fill Gas		50.4 ^a
매립지 가스(열)	Land Fill Gas		50.4 ^a
바이오디젤	Biodiesels		27.0 ^a
우드칩	Wood/Wood Waste		15.6 ^a
성형탄	Charcoal		29.5 ^a
임산연료	Wood/Wood Waste		15.6 ^a
폐가스	Gas works Gas		38.7 ^a
산업폐기물	Industrial Waste		NA
폐목재	Wood/Wood Waste		15.6 ^a
생활폐기물	Municipal Wastes(non-biomass)		10 ^a
	Municipal Wastes(biomass)		11.6 ^a
대형도시쓰레기	Municipal Wastes(non-biomass)		10 ^a
	Municipal Wastes(biomass)		11.6 ^a
시멘트 킬른 보조연료	Industrial Waste		NA
RDF/RPF	Municipal Wastes(non-biomass)		10 ^a
정제연료유	Waste Oil		40.2 ^a

^a 에너지기본법 시행규칙 별표에 제시-되지 않아, 2006 IPCC G/L에서 제시하는 발열량 사용

※ 발열량출처 : 에너지기본법 시행규칙(제5조1항) 별표, 2006 IPCC G/L Vol.2 표 1.2

※ 참고자료 : IEA / Energy Statistics Manual, 2004

[첨부 5] ISIC 분류와 KSIC 분류 대조표

Code number and name		Definitions(ISIC Rev.3)	한국표준산업분류 제8차 개정
1 A 2 a	Iron and Steel	ISIC Group 271 Manufacture of basic iron and steel ISIC Class 2731 Casting of iron and steel This class includes casting finished or semi-finished products of cast iron or cast steel. Each of the activities classified here produce a wide variety of goods, all characteristic of other activity classes.	271 - 제 1차 철강산업 철강 분, 괴, 파들바, 피일링, 빌렛, 블룸, 슬래브, 데, 판, 웨드, 봉, 선재, 관 및 기타 1차 형태의 철강제 및 표면처리 철강재를 생산하는 산업활동을 말한다.
		ISIC Group 272 Manufacture of basic precious and non-ferrous metals ISIC Class 2732. Casting of non-ferrous metals This class includes casting finished or semi-finished products of non-ferrous metals. Each of the activities classified here produce a wide variety of goods, all characteristic of other activity classes.	2731 - 철강 주조업 완제품 또는 반제품 상태의 각종 철강주물을 제조하는 산업활동을 말한다. 272 - 제 1차 비철금속산업 귀금속을 포함한 각종 비철금속의 분, 괴, 바, 빌렛, 슬래브, 판, 대, 봉, 관, 선 등 각종 1차 형태의 비철금속제품을 제조하는 산업활동을 말한다. 알루미늄원광(보크사이트)에서 알루미늄이나를 생산하는 산업활동도 포함된다.
1 A 2 b	Non-Ferrous Metals		2732 - 비철금속 주조업 완제품 또는 반제품 상태의 각종 비철금속주물을 제조하는 산업활동을 말한다.
			24 - 화학물 및 화학제품 제조업 화학적 처리를 주된 제조과정으로 하는 산업활동과 화학적 처리과정에서 생성된 제품을 혼합 및 기타 최종 처리하여 단일 화학물, 혼합 또는 복합 화합물 및 화학제품을 제조하는 산업활동으로서 주로 다음과 같은 산업활동이 포함된다. ○ 산, 알칼리, 염, 기타 무기 또는 유기화합물 등의 산업용 기초 화학물 제조 ○ 비료 및 질소화합물 제조
1 A 2 c	화학 (Chemicals)		

Code number and name	Definitions (ISIC Rev.3)	한국표준산업분류 제8차 개정
		○ 추가가공이 요구되는 원료상태의 합성고무, 플라스틱 물질, 화학섬유 등의 중간 화합물 제조 ○ 살충제 및 기타 농업용 화학제품, 도로 및 잉크, 의약품 및 의료용 화합물, 비누 및 화장품 등 특정목적에 직접 사용될 수 있도록 가공된 기타 화학제품 제조
1 A 2 d 펄프, 종이, 인쇄 (Pulp, Paper and Print)	ISIC Divisions 21 Manufacture of paper and paper products ISIC Divisions 22 Publishing, printing and reproduction of recorded media	21 - 펄프, 종이 및 종이제품 제조업 나무, 님마, 고지 및 기타 섬유물질로 펄프를 제조하거나 펄프로 종이 및 판지를 제조하는 산업활동과 종이를 재가공하여 가공지, 종이용기와 기타 펄프, 종이 및 판지의 제품을 제조하는 산업활동을 말한다. 22- 출판, 인쇄 및 기록매체 복제업 서적, 신문, 정기간행물, 기록매체 및 기타 간행물의 출판, 인쇄 및 인쇄관련 보조활동, 기록매체를 복제하는 산업활동이 분류된다.
1 A 2 e 식품 가공, 음료, 담배 (Food Processing, Beverages and Tobacco)	ISIC Divisions 15 Manufacture of food products and beverages ISIC Divisions 16 Manufacture of tobacco products	15 - 음·식료품 제조업 이 중분류에는 사람 또는 동물이 먹을 수 있는 각종 음식료품 및 동물사료, 식용 또는 비식용 동·식물성 유지 및 관련 제품을 제조하는 산업활동이 포함된다. 산지에서 생산물을 시장에 출하하기 위하여 통상적으로 수행되는 농·임·수산물의 선별, 세척, 정리활동은 제조활동으로 보지 않으며, 생산업체에서 자기가 재배 및 포획한 농·임·수산물을 원료로 음·식료품을 직접 제조할 경우에 그 제조 활동 단위만을 별도로 분리 파악할 수 있을 경우 (독립적으로 운영되는 경우)에 한하여 그 가공 단위의 활동만을 제조업으로 분류한다.

Code number and name		Definitions(ISIC Rev.3)	한국표준산업분류 제8차 개정
			16 - 담배 제조업
1 A 2 f	비금속 광물 (Non-Metallic Minerals)	ISIC Division 26 Manufacture of other non-metallic mineral products	26 - 비금속광물제품 제조업 이 중분류에는 돌, 모래, 점토형태의 각종 비금속 광물을 원료로 유리 및 유리제품, 요업제품, 시멘트, 석회 및 플라스터와 이들의 가공품, 1석재 가공품 및 압면제품 등 기타 비금속광물제품을 제조하는 산업활동이 포함된다. <제 외> • 석재절단 및 토사석분쇄 처리활동이 토사석 채취 활동과 결합되어 수행될 경우(1212) • 범랑제품 제조(28)
1 A 2 g	수송 장비 (Transport Equipment)	ISIC Division 34 Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers ISIC Division 35 Manufacture of other transport equipment	34 - 자동차 및 트레일러 제조업 35 - 기타 운송장비 제조업
1 A 2 h	기계류 (Machinery)	ISIC Divisions 28, 29, 30, 31, 32. Includes fabricated metal products, machinery and equipment other than transport equipment: ISIC Division 28 Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment ISIC Division 29 Manufacture of machinery and equipment n.e.c. ISIC Division 30 Manufacture of office, accounting and computing machinery ISIC Division 31	28 - 조립금속제품 제조업; 기계 및 가구 제외 기계장비 및 가구를 제외한 각종 조립금속제품을 제조하는 산업활동으로서, 구조용 금속제품, 탱크 및 유사 저장용기, 증기발생기 및 중앙난방용 보일러, 금속압단제품 및 분말야금제품, 날뿔이, 수공구 및 일반 철물, 금속파스너 및 철선제품, 가정용 금속제품 및 기타 조립금속제품을 제조하는 산업활동을 말한다. 여기에는 임가공 방식에 의하여 금속제품을 가공처리하는 산업활동이 포함된다. 29 - 기타 기계 및 장비 제조업 30 - 컴퓨터 및 사무용 기기 제조업

Code number and name		Definitions (ISIC Rev.3)	한국표준산업분류 제8차 개정
		Manufacture of electrical machinery and apparatus ISIC Division 32 Manufacture of radio, television and communication equipment and apparatus	31 - 기타 전기기계 및 전기변환장치 제조업 32 - 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업
1 A 2 i	채굴 및 채석 (Mining (excluding fuels) and Quarrying)	ISIC Division 13 Mining of metal ores	11 - 금속 광업 철 및 비철금속을 함유한 금속광물을 채굴하는 산업활동을 말한다. 통상적으로 금속광물 채광활동에 부수되는 광물의 파쇄, 마쇄, 자성 및 중력에 의한 분리, 선별, 제질, 부유, 분말의 응집처리(입상, 구형상, 원통상 등), 건조, 배스, 자화 또는 산화하기 위한 하소(열처리) 등과 같이 기본적인 화학적 구조를 변화시키지 않는 범위 내에서 수행되는 각종 금속광물의 정광활동은 채광활동과의 결합여부를 불문하고 여기에 포함된다.
		ISIC Division 14 Other mining and quarrying	12 - 비금속 광물 광업; 연료용 제외 석탄, 석유 및 천연가스를 제외한 비금속광물의 채굴 또는 채취활동과 이에 관련된 서비스활동이 포함된다
1 A 2 j	목재 및 목제품 (Wood and Wood Products)	ISIC Division 20 Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; manufacture of articles of straw and plaiting materials	20 - 목재 및 나무제품 제조업; 가구제외
1 A 2 k	건설 (Construction)	ISIC Division 45 Construction	45 - 종합 건설업 지반조성공사 및 토목시설물의 건설공사를 수행하는 산업활동 및 각종 건축물을 신축, 증축, 재축 및 개축에 관한 총괄적인 책임을 지고 건설활동을 수행하는 산업활동을 말한다.

Code number and name		Definitions(ISIC Rev.3)	한국표준산업분류 제8차 개정
1 A 2 1	섬유 및 가죽 (Textile and Leather)	ISIC Division 17 Manufacture of textiles	17 - 섬유제품 제조업: 봉제의복 제외, 이 중분류에는 다음과 같은 제조활동이 포함된다. ○ 섬유물질을 가공하여 생사 및 각종 섬유사, 연사, 끈, 로프 망 및 기타 끈제품 제조
		ISIC Division 18 Manufacture of wearing apparel: dressing and dyeing of fur	○ 각종 섬유사로 광폭직물, 세폭직물, 편조원단 및 편조제품, 키멧 등의 직물 및 편조물 제조
1 A 2 1	섬유 및 가죽 (Textile and Leather)	ISIC Division 19 Tanning and dressing of leather: manufacture of luggage, handbags, saddlery, harness and footwear	○ 각종 섬유사, 직물, 편조물 및 직물제품의 염색, 표백 및 가공 정리활동 ○ 의복과 신발을 제외한 직물제품 제조 ○ 직물에 다른 물질을 도포, 삼투, 방수 및 기타 처리한 가공직물 제조 ○ 부직포, 펠트, 충전용 솜 및 기타 섬유제품 제조
			이러한 제조활동은 자기소유의 섬유재료로 특정제품을 직접 제조하거나 수수로 또는 계약에 의하여 주문제품을 제조하는 경우도 포함된다.
1 A 2 m	미분류 산업 (Non-specified Industry)	ISIC Division 25 Manufacture of rubber and plastics products	18 - 봉제의복 및 모피제품 제조업 19 - 가죽, 가방 및 신발 제조업
		ISIC Division 33 Manufacture of medical, precision and optical instruments, watches and clocks	25 - 고무 및 플라스틱제품 제조업 33 - 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업 36 - 가구 및 기타제품 제조업
1 A 2 m	미분류 산업 (Non-specified Industry)	ISIC Division 36 Manufacture of furniture: manufacturing n.e.c.	37 - 재생용 가공원료 생산업
		ISIC Division 37 Recycling	수집된 재생재료(폐기물 제외)가 특정제품 제조공정에 직접 투입하기에는 부적합한 상태(불순물의 혼합 등)인 금속 또는 비금속 웨이스트, 스크랩 또는 제품 등의 재생용 물질을 기계적 또는 화학적으로 처리하여 특정제품 제조공정에 직접 투입하기에 적합한 일정 형태의 새로운 원료상태로 전환하는

Code number and name	Definitions (ISIC Rev.3)	한국표준산업분류 제8차 개정
		산업활동을 말한다. 이러한 산업의 투입물(원료)과 산출물(생산물)은 모두 재생용 재료 및 스크랩 상태의 특성을 갖고 있으며, 만약 특정제품을 제조하는 사업체가 이러한 산업활동을 수행하는 경우에는 그 사업체의 전체활동을 종합적으로 고려하여 그 생산되는 제품의 종류에 따라 각각 다른 산업에 분류하여야 한다.
I A 4 a 상업용/기관용 (Commercial / Institutional)	ISIC Division 41 Collection, purification and distribution of water ISIC Division 50 Sale, maintenance and repair of motor vehicles and motorcycles; retail sale of automotive fuel ISIC Division 51 Wholesale trade and commission trade, except of motor vehicles and motorcycles ISIC Division 52 Retail trade, except of motor vehicles and motorcycles; repair of personal and household goods ISIC Division 55 Hotels and restaurants ISIC Division 63 Supporting and auxiliary transport activities: activities of travel agencies ISIC Division 64 Post and telecommunications ISIC Division 65 Financial intermediation, except insurance and pension funding ISIC Division 66 Insurance and pension funding, except compulsory social	41 - 수도사업 50 - 자동차 판매 및 차량연료 소매업 신상품 또는 중고 자동차, 이륜 자동차 및 이들의 부품 및 부속품을 판매하는 산업활동으로서 자동차 매매중개활동 및 차량용 연료, 윤활유, 냉각제의 소매활동도 여기에 포함된다. 64 - 통신업 일반대중이나 다른 사업체를 위하여 국내외에 송달되는 우편물 및 우편화물을 수집 운반, 배달하는 우편사업, 사설 소포송달업과 전신·전화 및 기타 통신시설에 의하여 음성 또는 비 음성 전달요소를 전기식 또는 전자식 방법에 의하여 송달하는 전기 통신업이 분류된다. 65 - 금융업 보험 또는 연금 이외의 목적으로 자금을 조성하고, 이를 재분배, 공급 및 중개하는 산업활동을 말한다. 66 - 보험 및 연금업 장·단기에 발생할 수 있는 위험을 분산시킬 목적

Code number and name	Definitions(ISIC Rev.3)	한국표준산업분류 제8차 개정
	security ISIC Division 67 Activities auxiliary to financial intermediation ISIC Division 70 Real estate activities ISIC Division 71 Renting of machinery and equipment without operator and of personal and household goods ISIC Division 72 Computer and related activities ISIC Division 73 Research and development ISIC Division 74 Other business activities ISIC Division 75 Public administration and defence: compulsory social security ISIC Division 80 Education ISIC Division 85 Health and social work ISIC Division 90 Sewage and refuse disposal, sanitation and similar activities ISIC Division 91 Activities of membership organizations n.e.c. ISIC Division 92 Recreational, cultural and sporting activities ISIC Division 93 Other service activities	으로 하는 보험 또는 연금기금을 모금, 운영하는 산업활동을 말한다. 67 - 금융 및 보험관련 서비스업 금융 또는 보험 및 연금활동에 밀접히 관련되는 서비스 제공하는 산업활동을 말한다. 70 - 부동산업 부동산의 임대, 구매, 판매에 관련되는 산업활동으로서, 직접 건설한 주거용 및 비주거용 건물의 임대활동과 토지 및 기타 부동산의 개발·분양, 임대활동이 포함된다. 71 - 기계장비 및 소비용품 임대업 72 - 정보처리 및 기타 컴퓨터 운영 관련업 73 - 연구 및 개발업 74- 사업지원 서비스업 (한국표준산업분류 제8차개정 소분류, 세분류 참고) 75 - 공공행정 및 국방 80 - 교육 서비스업 85 - 보건업 90 - 하수처리, 폐기물처리 및 청소관련 서비스업 91 - 회원 단체 92 - 수리업 93 - 기타 서비스업 99 - 국제 및 외국기관

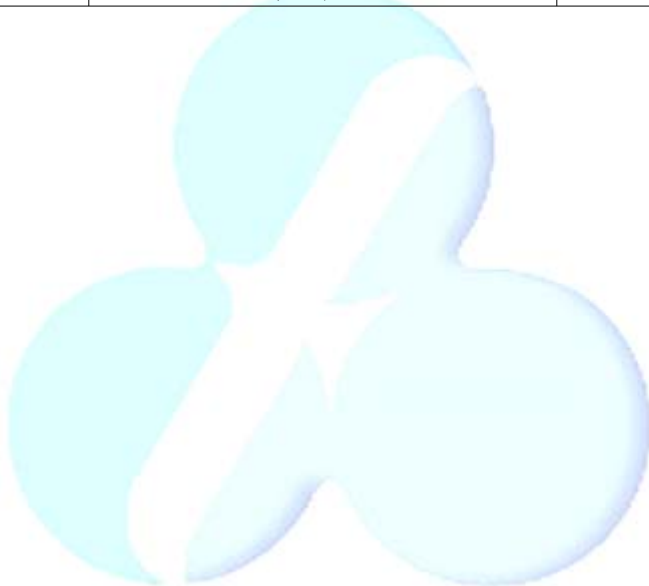
Code number and name		Definitions (ISIC Rev.3)	한국표준산업분류 제8차 개정
		ISIC Division 99 Extra-territorial organizations and bodies	
1 A 4 c	농업/임업/어업/ 양어장 (Agriculture / Forestry / Fishing / Fish farms)	ISIC Division 01 Agriculture, hunting and related service activities	01 - 농업 작물재배업, 축산업, 작물재배 및 축산 복합농업, 조경수식재 및 관리, 작물재배 및 축산관련 서비스업과 수렵업 및 수렵관련 서비스업이 포함된다. 02 - 임업 05 - 어업 바다, 강, 호수, 하천 등에서 어류, 갑각류, 연체동물, 해조류 및 기타 수산동식물을 채취·포획하거나 증식 또는 양식하는 산업활동과 이에 관련된 서비스를 제공하는 산업활동을 말한다. 어업활동을 수행하는 사업체가 직접 생산한 수산물의 가공·선박을 운영(별도의 독립된 사업체가 아닌 경우)하는 경우는 여기에 포함된다.
		ISIC Division 02 Forestry, logging and related service activities	
		ISIC Division 05 Fishing, operation of fish hatcheries and fish farms; service activities incidental to fishing ※ 1A4c ii (비도로수송 및 기계류) 카테고리리는 제외됨	

[첨부 6] IPCC 기준에 따른 국내 차종의 분류

국가통계 대분류	국가통계 세분류	IPCC기준
승용차	승용일반형 800CC미만	승용차(1A3b i)
	승용일반형 1000CC미만	
	승용일반형 1500CC미만	
	승용일반형 2000CC미만	
	승용일반형 2500CC미만	
	승용일반형 3000CC미만	
	승용일반형 3500CC미만	
	승용일반형 4000CC미만	
	승용일반형 4500CC미만	
	승용일반형 5000CC미만	
	승용일반형 5000CC이상	
	승용겸 화물 1500CC미만	
	승용겸 화물 2000CC미만	
	승용겸 화물 2500CC미만	
	승용겸 화물 3000CC미만	
	승용겸 화물 3500CC미만	
	승용겸 화물 3500CC이상	
	승용다목적형 1500CC미만	
	승용다목적형 2000CC미만	
	승용다목적형 2500CC미만	
	승용다목적형 3000CC미만	
	승용다목적형 3500CC미만	
	승용다목적형 3500CC이상	
	승용기타형 1500CC미만	
	승용기타형 2000CC미만	
	승용기타형 2500CC미만	
	승용기타형 3000CC미만	
	승용기타형 3500CC미만	
	승용기타형 3500CC이상	
승합	승합 시내버스	중형트럭 및 버스(1A3biii)
	승합 시외버스	
	승합 전세버스	
	승합 고속버스	
	승합일반 15인 이하	승용차 (1A3b i)
	승합 일반 25인 이하	중형트럭 및 버스(1A3biii)
	승합 일반 35인 이하	
	승합 일반 50인 이하	
	승합 일반 51인 이상	
	승합 구급차	승용차 (1A3b i)
	승합 장의차	

국가통계 대분류	국가통계 세분류	IPCC기준
	승합 현형, 채혈차	중형트럭 및 버스(1A3biii)
	승합 방송, 보도용차	
	승합 피견인형 ⁽¹⁾	
	승합 특수형 기타	
화물차	화물 픽업형	소형트럭(1A3bii)
	화물 밴형 1톤 이하	
	화물 카고형 1톤 이하	
	화물덤프형 1톤 이하	
	화물카고형 3톤 이하	중형트럭 및 버스(1A3biii)
	화물카고형 5톤 미만	
	화물카고형 8톤 미만	
	화물카고형 10톤 미만	
	화물카고형 12톤 미만	
	화물카고형 12톤 이상	
	화물덤프형 5톤 미만	
	화물덤프형 12톤 미만	
	화물덤프형 12톤 이상	
	화물밴형 5톤 미만	
	화물밴형 5톤 이상	
	화물특수용도형(청소차)	
	화물특수용도형(노면청소차)	
	화물특수용도형(살수차)	
	화물특수용도형(소방차)	
	화물특수용도형(냉장, 냉동차)	
	화물특수용도형(곡물, 사료운반)	
	화물 유조차(항공유)	
	화물 유조차(휘발유)	
	화물 유조차(등유, 경유)	
	화물 유조차(방카C유)	
	화물 유조차(기타)	
	화물 탱크로리(식수, 음료)	
	화물 탱크로리(압축가스)	
	화물 탱크로리(화공약품)	
	화물 탱크로리(기타)	
	화물 피견인차(적재함형)	
	화물 피견인차(저상형)	
	화물 피견인차(평판형)	
	화물 피견인차(컨테이너샤시)	
	화물 피견인차(기타)	
	화물 화물특수용도형(기타)	
특수용도차	화물 구난차 5톤 이하(렉커)	

국가통계 대분류	국가통계 세분류	IPCC기준
	화물 구난차 10톤 미만	
	화물 구난차 10톤 이상	
	화물 견인차 5톤 이하(트랙터)	
	화물 견인차 10톤 미만	
	화물 견인차 10톤 이상(4*2)	
	화물 특수작업형(고소작업차)	
	화물 특수작업형(고가사다리소방차)	
	화물 특수작업형(오가크레인)	
	화물 특수작업형(피견인형) ⁽¹⁾	
	화물 특수작업형(기타)	
이륜차	이륜차 50	모터싸이클(1A3biv)
	이륜차 100	
	이륜차 260	



[첨부 7] 차량 1대당 연간 연료 소비량

1. 2000년

2000년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
승용차	승용일반형 800CC미만	531.651	42.308		0.07181	40.773
	승용일반형 1000CC미만	664.563	52.886		0.08976	50.966
	승용일반형 1500CC미만	996.845	79.328		0.13464	76.449
	승용일반형 2000CC미만	1329.126	105.771		0.17952	101.931
	승용일반형 2500CC미만	1661.408	132.214		0.22440	127.414
	승용일반형 3000CC미만	1993.689	158.657		0.26928	152.897
	승용일반형 3500CC미만	2325.971	185.099		0.31416	178.380
	승용일반형 4000CC미만	2658.253	211.542		0.35904	203.863
	승용일반형 4500CC미만	2990.534	237.985		0.40392	229.346
	승용일반형 5000CC미만	3322.816	264.428		0.44880	254.829
	승용일반형 5000CC이상	3322.816	264.428		0.44880	254.829
	승용 경 화물 1500CC미만	996.845	79.328		0.13464	76.449
	승용 경 화물 2000CC미만	1329.126	105.771		0.17952	101.931
	승용 경 화물 2500CC미만	1661.408	132.214		0.22440	127.414
	승용 경 화물 3000CC미만	1993.689	158.657		0.26928	152.897
	승용 경 화물 3500CC미만	2325.971	185.099		0.31416	178.380
	승용 경 화물 3500CC이상	2325.971	185.099		0.31416	178.380
	승용 다목적형 1500CC미만	996.845	79.328		0.13464	76.449
	승용 다목적형 2000CC미만	1329.126	105.771		0.17952	101.931
	승용 다목적형 2500CC미만	1661.408	132.214		0.22440	127.414
	승용 다목적형 3000CC미만	1993.689	158.657		0.26928	152.897
	승용 다목적형 3500CC미만	2325.971	185.099		0.31416	178.380
	승용 다목적형 3500CC이상	2325.971	185.099		0.31416	178.380

2000년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	승용 기타형 1500CC미만	996.845	79.328		0.13464	76.449
	승용 기타형 2000CC미만	1329.126	105.771		0.17952	101.931
	승용 기타형 2500CC미만	1661.408	132.214		0.22440	127.414
	승용 기타형 3000CC미만	1993.689	158.657		0.26928	152.897
	승용 기타형 3500CC미만	0.000	0.000		0.00000	0.000
	승용 기타형 3500CC이상	2325.971	185.099		0.31416	178.380
	승합 일반 15인 이하	47.998	2575.192		2.10401	1194.658
	승합 고급차	29.999	1609.495		1.31501	746.661
	승합 장의차	53.998	2897.091		2.36701	1343.990
	화물 픽업형	33.216	2992.697		0.22597	128.304
소형 트럭	화물 밴형 1톤 이하	27.647	2490.921		0.18808	106.792
	화물 카고형 1톤 이하	27.680	2493.914		0.18831	106.920
	화물 덤프형 1톤 이하	44.288	3990.262		0.30129	171.072
	승합 시내버스	119.996	6437.980		5.26002	2986.644
중형 트럭 및 버스	승합 시외버스	147.595	7918.716		6.46983	3673.572
	승합전세버스	147.595	7918.716		6.46983	3673.572
	승합 고속버스	147.595	7918.716		6.46983	3673.572
	승합 일반 25인 이하	47.998	2575.192		2.10401	1194.658
	승합 일반 35인 이하	47.998	2575.192		2.10401	1194.658
	승합 일반 50인 이하	71.998	3862.788		3.15601	1791.987
	승합 일반 51인 이상	71.998	3862.788		3.15601	1791.987
	승합 전월, 채월차	119.996	6437.980		5.26002	2986.644
	승합 방승, 보도용차	71.998	3862.788		3.15601	1791.987
	승합 특수형 기타	71.998	3862.788		3.15601	1791.987
	화물 카고형 3톤 이하	44.288	3990.262		0.30129	171.072
	화물 카고형 5톤 미만	66.433	5985.393		0.45193	256.609

2000년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량					
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)
	화물 카고형 8톤 미만	110.721	9975.656		0.75322
	화물 카고형 10톤 미만	110.721	9975.656		0.75322
	화물 카고형 12톤 미만	136.187	12270.056		0.92647
	화물 카고형 12톤 이상	136.187	12270.056		0.92647
	화물 덤프형 5톤 미만	66.433	5985.393		0.45193
	화물 덤프형 12톤 미만	110.721	9975.656		0.75322
	화물 덤프형 12톤 이상	136.187	12270.056		0.92647
	화물 밴형 5톤 미만	44.288	3990.262		0.30129
	화물 밴형 5톤 이상	66.433	5985.393		0.45193
	화물 특수용도형(청소차)	136.187	12270.056		0.92647
	화물 특수용도형(노면청소차)	136.187	12270.056		0.92647
	화물 특수용도형(살수차)	136.187	12270.056		0.92647
	화물 특수용도형(소방차)	136.187	12270.056		0.92647
	화물 특수용도형(냉장, 냉동차)	66.433	5985.393		0.45193
	화물 특수용도형(곡물, 사료운반)	136.187	12270.056		0.92647
	화물 유조차(항공유)	66.433	5985.393		0.45193
	화물 유조차(화발유)	66.433	5985.393		0.45193
	화물 유조차(등유, 경유)	66.433	5985.393		0.45193
	화물 유조차(방카C유)	66.433	5985.393		0.45193
	화물 유조차(기타)	66.433	5985.393		0.45193
	화물 탱크로리(식수, 음료)	66.433	5985.393		0.45193
	화물 탱크로리(임축가스)	66.433	5985.393		0.45193
	화물 탱크로리(화공약품)	66.433	5985.393		0.45193
	화물 탱크로리(기타)	66.433	5985.393		0.45193

2000년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 피견인차(적재함형)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(저상형)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(평판형)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차 (콘테이너차시)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(기타)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 화물특수용도형(기타)	66.433	5985.393		0.45193	256.609
	화물 구난차 5톤 이하(백커)	2.992	4205.061		0.00398	2.262
	화물 구난차 10톤 미만	4.489	6307.592		0.00598	3.393
	화물 구난차 10톤 이상	7.481	10512.654		0.00996	5.655
	화물 견인차 5톤 이하 (트랙터)	2.992	4205.061		0.00398	2.262
	화물 견인차 10톤 미만	4.489	6307.592		0.00598	3.393
	화물 견인차 10톤이상(4*2)	7.481	10512.654		0.00996	5.655
	화물 특수작업형 (고소작업차)	4.489	6307.592		0.00598	3.393
	화물 특수작업형(고가사다리소방차)	4.489	6307.592		0.00598	3.393
	화물 특수작업형(오가크레인)	0.000	0.000		0.00000	0.000
모터싸이클	화물 특수작업형(기타)	4.489	6307.592		0.00598	3.393
	이륜차 50	37.544				
	이륜차 100	75.088				
	이륜차 260	195.229				

2. 2001년

2001년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
승용차	승용일반형 800CC미만	477.677	70.801		0.03417	69.143
	승용일반형 1000CC미만	597.096	88.502		0.04271	86.428

2001년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	승용일반형 1500CC미만	895.644	132.753		0.06406	129.642
	승용일반형 2000CC미만	1194.192	177.004		0.08542	172.856
	승용일반형 2500CC미만	1492.740	221.254		0.10677	216.071
	승용일반형 3000CC미만	1791.288	265.505		0.12813	259.285
	승용일반형 3500CC미만	2089.836	309.756		0.14948	302.499
	승용일반형 4000CC미만	2388.384	354.007		0.17083	345.713
	승용일반형 4500CC미만	2686.932	398.258		0.19219	388.927
	승용일반형 5000CC미만	2985.481	442.509		0.21354	432.141
	승용일반형 5000CC이상	2985.481	442.509		0.21354	432.141
	승용 경 화물 1500CC미만	895.644	132.753		0.06406	129.642
	승용 경 화물 2000CC미만	1194.192	177.004		0.08542	172.856
	승용 경 화물 2500CC미만	1492.740	221.254		0.10677	216.071
	승용 경 화물 3000CC미만	1791.288	265.505		0.12813	259.285
	승용 경 화물 3500CC미만	2089.836	309.756		0.14948	302.499
	승용 경 화물 3500CC이상	2089.836	309.756		0.14948	302.499
	승용 다목적형 1500CC미만	895.644	132.753		0.06406	129.642
	승용 다목적형 2000CC미만	1194.192	177.004		0.08542	172.856
	승용 다목적형 2500CC미만	1492.740	221.254		0.10677	216.071
	승용 다목적형 3000CC미만	1791.288	265.505		0.12813	259.285
	승용 다목적형 3500CC미만	2089.836	309.756		0.14948	302.499
	승용 다목적형 3500CC이상	2089.836	309.756		0.14948	302.499
	승용 기타형 1500CC미만	895.644	132.753		0.06406	129.642
	승용 기타형 2000CC미만	1194.192	177.004		0.08542	172.856
	승용 기타형 2500CC미만	1492.740	221.254		0.10677	216.071
	승용 기타형 3000CC미만	1791.288	265.505		0.12813	259.285
	승용 기타형 3500CC미만	2089.836	309.756		0.14948	302.499

2001년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
소형 트럭	승용 기타형 3500CC이상	2089.836	309.756		0.14948	302.499
	승합 일반 15인 이하	42.310	2944.143		0.62857	1272.028
	승합 구급차	26.444	1840.090		0.39286	795.017
	승합 장의차	47.599	3312.161		0.70714	1431.031
	화물 픽업형	25.491	3229.316		0.07563	153.043
	화물 벤형 1톤 이하	21.217	2687.867		0.06295	127.383
	화물 카고형 1톤 이하	21.242	2691.097		0.06302	127.536
	화물 덤프형 1톤 이하	33.988	4305.755		0.10083	204.057
	승합 시내버스	105.776	7360.359		1.57143	3180.070
	승합 시외버스	130.104	9053.241		1.93286	3911.486
중형 트럭 및 버스	승합전세버스	130.104	9053.241		1.93286	3911.486
	승합 고속버스	130.104	9053.241		1.93286	3911.486
	승합 일반 25인 이하	42.310	2944.143		0.62857	1272.028
	승합 일반 35인 이하	42.310	2944.143		0.62857	1272.028
	승합 일반 50인 이하	63.466	4416.215		0.94286	1908.042
	승합 일반 51인 이상	63.466	4416.215		0.94286	1908.042
	승합 현행, 채혈차	105.776	7360.359		1.57143	3180.070
	승합 방수, 보도용차	63.466	4416.215		0.94286	1908.042
	승합 특수형 기타	63.466	4416.215		0.94286	1908.042
	화물 카고형 3톤 이하	33.988	4305.755		0.10083	204.057
	화물 카고형 5톤 미만	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 카고형 8톤 미만	84.970	10764.386		0.25209	510.143
	화물 카고형 10톤 미만	84.970	10764.386		0.25209	510.143
	화물 카고형 12톤 미만	104.513	13240.195		0.31007	627.476
	화물 카고형 12톤 이상	104.513	13240.195		0.31007	627.476
	화물 덤프형 5톤 미만	50.982	6458.632		0.15125	306.086

2001년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 덤프형 12톤 미만	84.970	10764.386		0.25209	510.143
	화물 덤프형 12톤 이상	104.513	13240.195		0.31007	627.476
	화물 밴형 5톤 미만	33.988	4305.755		0.10083	204.057
	화물 밴형 5톤 이상	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 특수용도형(청소자)	104.513	13240.195		0.31007	627.476
	화물 특수용도형(노면청소자)	104.513	13240.195		0.31007	627.476
	화물 특수용도형(실수차)	104.513	13240.195		0.31007	627.476
	화물 특수용도형(소방차)	104.513	13240.195		0.31007	627.476
	화물 특수용도형 (냉장, 냉동차)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 특수용도형 (곡물, 사료운반)	104.513	13240.195		0.31007	627.476
	화물 유조차(항공유)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 유조차(휘발유)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 유조차(등유, 경유)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 유조차(방카C유)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 유조차(기타)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 탱크로리 (식수, 음료)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 탱크로리(압축가스)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 탱크로리(화공약품)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 탱크로리(기타)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 피견인차(적재합형)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(저상형)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(평판형)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(콘테이너차시)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(기타)	0.000	0.000		0.00000	0.000

2001년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 화물특수용도형(기타)	50.982	6458.632		0.15125	306.086
	화물 구난차 5톤 이하(렉커)	2.269	4531.638		0.00565	11.426
	화물 구난차 10톤 미만	3.403	6797.457		0.00847	17.140
	화물 구난차 10톤 이상	5.672	11329.095		0.01412	28.566
	화물 견인차 5톤이하(트랙터)	2.269	4531.638		0.00565	11.426
	화물 견인차 10톤 미만	3.403	6797.457		0.00847	17.140
	화물 견인차 10톤이상(4*2)	5.672	11329.095		0.01412	28.566
	화물 특수작업형 (고소작업차)	3.403	6797.457		0.00847	17.140
	화물 특수작업형 (고가사다리소방차)	3.403	6797.457		0.00847	17.140
	화물 특수작업형 (오가크레인)	3.403	6797.457		0.00847	17.140
	화물 특수작업형(기타)	3.403	6797.457		0.00847	17.140
	이륜차 50	36.023				
모터 사이클	이륜차 100	72.046				
	이륜차 260	187.320				

3. 2002년

2002년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
승용차	승용일반형 800CC미만	425.235	92.869		0.14740	69.398
	승용일반형 1000CC미만	531.544	116.086		0.18425	86.748
	승용일반형 1500CC미만	797.316	174.129		0.27638	130.122
	승용일반형 2000CC미만	1063.088	232.172		0.36851	173.496
	승용일반형 2500CC미만	1328.860	290.215		0.46063	216.870
	승용일반형 3000CC미만	1594.631	348.258		0.55276	260.244
	승용일반형 3500CC미만	1860.403	406.302		0.64489	303.618

2002년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	승용일반형 4000CC미만	2126.175	464.345		0.73701	346.992
	승용일반형 4500CC미만	2391.947	522.388		0.82914	390.366
	승용일반형 5000CC미만	2657.719	580.431		0.92127	433.740
	승용일반형 5000CC이상	2657.719	580.431		0.92127	433.740
	승용 경 화물 1500CC미만	797.316	174.129		0.27638	130.122
	승용 경 화물 2000CC미만	1063.088	232.172		0.36851	173.496
	승용 경 화물 2500CC미만	1328.860	290.215		0.46063	216.870
	승용 경 화물 3000CC미만	1594.631	348.258		0.55276	260.244
	승용 경 화물 3500CC미만	1860.403	406.302		0.64489	303.618
	승용 경 화물 3500CC이상	1860.403	406.302		0.64489	303.618
	승용 경 화물 3500CC이상	1860.403	406.302		0.64489	303.618
	승용 다목적형 1500CC미만	797.316	174.129		0.27638	130.122
	승용 다목적형 2000CC미만	1063.088	232.172		0.36851	173.496
	승용 다목적형 2500CC미만	1328.860	290.215		0.46063	216.870
	승용 다목적형 3000CC미만	1594.631	348.258		0.55276	260.244
	승용 다목적형 3500CC미만	1860.403	406.302		0.64489	303.618
	승용 다목적형 3500CC이상	1860.403	406.302		0.64489	303.618
	승용 기타형 1500CC미만	797.316	174.129		0.27638	130.122
	승용 기타형 2000CC미만	1063.088	232.172		0.36851	173.496
	승용 기타형 2500CC미만	1328.860	290.215		0.46063	216.870
	승용 기타형 3000CC미만	1594.631	348.258		0.55276	260.244
	승용 기타형 3500CC미만	1860.403	406.302		0.64489	303.618
	승용 기타형 3500CC이상	1860.403	406.302		0.64489	303.618
	승합 일반 15인 이하	35.258	2664.216		2.43209	1145.051
	승합 구급차	22.036	1665.135		1.52006	715.657
	승합 장의차	39.665	2997.243		2.73610	1288.183
소형트럭	화물 픽업형	19.609	2936.176		0.28237	132.943

2002년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
중형 트럭 및 버스	화물 밴형 1톤 이하	16.321	2443.877		0.23503	110.653
	화물 카고형 1톤 이하	16.341	2446.813		0.23531	110.786
	화물 덤프형 1톤 이하	26.145	3914.901		0.37649	177.257
	승합시내버스	88.145	6660.540		6.08023	2862.628
	승합 시외버스	108.418	8192.464		7.47868	3521.032
	승합전세버스	108.418	8192.464		7.47868	3521.032
	승합 고속버스	108.418	8192.464		7.47868	3521.032
	승합 일반 25인 이하	35.258	2664.216		2.43209	1145.051
	승합 일반 35인 이하	35.258	2664.216		2.43209	1145.051
	승합 일반 50인 이하	52.887	3996.324		3.64814	1717.577
	승합 일반 51인 이상	52.887	3996.324		3.64814	1717.577
	승합 현월, 채월차	88.145	6660.540		6.08023	2862.628
	승합 방승, 보도용차	52.887	3996.324		3.64814	1717.577
	승합 특수형 기타	52.887	3996.324		3.64814	1717.577
	화물 카고형 3톤 이하	26.145	3914.901		0.37649	177.257
	화물 카고형 5톤 미만	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 카고형 8톤 미만	65.363	9787.252		0.94124	443.143
	화물 카고형 10톤 미만	65.363	9787.252		0.94124	443.143
	화물 카고형 12톤 미만	80.397	12038.320		1.15772	545.065
	화물 카고형 12톤 이상	80.397	12038.320		1.15772	545.065
	화물 덤프형 5톤 미만	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 덤프형 12톤 미만	65.363	9787.252		0.94124	443.143
	화물 덤프형 12톤 이상	80.397	12038.320		1.15772	545.065
	화물 밴형 5톤 미만	26.145	3914.901		0.37649	177.257
	화물 밴형 5톤 이상	39.218	5872.351		0.56474	265.886

2002년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 특수용도형(청소차)	80.397	12038.320		1.15772	545.065
	화물 특수용도형(노면청소차)	80.397	12038.320		1.15772	545.065
	화물 특수용도형(일수차)	80.397	12038.320		1.15772	545.065
	화물 특수용도형(소방차)	80.397	12038.320		1.15772	545.065
	화물 특수용도형(냉장, 냉동차)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 특수용도형(곡물, 사료운반)	80.397	12038.320		1.15772	545.065
	화물 유조차(항공유)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 유조차(휘발유)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 유조차(등유, 경유)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 유조차(방캐C유)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 유조차(기타)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 탱크로리(식수, 음료)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 탱크로리(입축가스)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 탱크로리(화공약품)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 탱크로리(기타)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 피견인차(적재함형)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(저상형)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(평판형)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(콘테이너사시)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 피견인차(기타)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 화물특수용도형(기타)	39.218	5872.351		0.56474	265.886
	화물 구난차 5톤 이하(렉커)	1.669	4094.291		0.04809	22.639
	화물 구난차 10톤 미만	2.503	6141.436		0.07213	33.959
	화물 구난차 10톤 이상	4.172	10235.726		0.12021	56.598
	화물 견인차 5톤 이하(트랙터)	1.669	4094.291		0.04809	22.639
	화물 견인차 10톤 미만	2.503	6141.436		0.07213	33.959

2002년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 견인차10톤이상(4*2)	4.172	10235.726		0.12021	56.598
	화물 특수작업형 (고소작업차)	2.503	6141.436		0.07213	33.959
	화물 특수작업형 (고가사다리소방차)	2.503	6141.436		0.07213	33.959
	화물 특수작업형(오가크레인)	0.000	0.000		0.00000	0.000
	화물 특수작업형(기타)	2.503	6141.436		0.07213	33.959
모터 싸이클	이륜차 50	33.925				
	이륜차 100	67.849				
	이륜차 260	176.408				

4. 2003년

2003년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
승용차	승용일반형 800CC미만	379.042	115.170	0.00176	0.13800	73.223
	승용일반형 1000CC미만	473.803	143.962	0.00221	0.17250	91.529
	승용일반형 1500CC미만	710.704	215.943	0.00331	0.25875	137.293
	승용일반형 2000CC미만	947.605	287.924	0.00441	0.34501	183.057
	승용일반형 2500CC미만	1184.506	359.906	0.00551	0.43126	228.821
	승용일반형 3000CC미만	1421.408	431.887	0.00662	0.51751	274.586
	승용일반형 3500CC미만	1658.309	503.868	0.00772	0.60376	320.350
	승용일반형 4000CC미만	1895.210	575.849	0.00882	0.69001	366.114
	승용일반형 4500CC미만	2132.112	647.830	0.00992	0.77626	411.879
	승용일반형 5000CC미만	2369.013	719.811	0.01103	0.86251	457.643
	승용일반형 5000CC이상	2369.013	719.811	0.01103	0.86251	457.643
	승용 경 화물 1500CC미만	710.704	215.943	0.00331	0.25875	137.293
	승용 경 화물 2000CC미만	947.605	287.924	0.00441	0.34501	183.057

2003년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	승용 겸 화물 2500CC미만	1184.506	359.906	0.00551	0.43126	228.821
	승용 겸 화물 3000CC미만	1421.408	431.887	0.00662	0.51751	274.586
	승용 겸 화물 3500CC미만	1658.309	503.868	0.00772	0.60376	320.350
	승용 겸 화물 3500CC이상	1658.309	503.868	0.00772	0.60376	320.350
	승용 다목적형 1500CC미만	710.704	215.943	0.00331	0.25875	137.293
	승용 다목적형 2000CC미만	947.605	287.924	0.00441	0.34501	183.057
	승용 다목적형 2500CC미만	1184.506	359.906	0.00551	0.43126	228.821
	승용 다목적형 3000CC미만	1421.408	431.887	0.00662	0.51751	274.586
	승용 다목적형 3500CC미만	1658.309	503.868	0.00772	0.60376	320.350
	승용 다목적형 3500CC이상	1658.309	503.868	0.00772	0.60376	320.350
	승용 기타형 1500CC미만	710.704	215.943	0.00331	0.25875	137.293
	승용 기타형 2000CC미만	947.605	287.924	0.00441	0.34501	183.057
	승용 기타형 2500CC미만	1184.506	359.906	0.00551	0.43126	228.821
	승용 기타형 3000CC미만	1421.408	431.887	0.00662	0.51751	274.586
	승용 기타형 3500CC미만	1658.309	503.868	0.00772	0.60376	320.350
	승용 기타형 3500CC이상	1658.309	503.868	0.00772	0.60376	320.350
	승합일반 15인 이하	30.036	2678.710	99.57492	2.14359	1137.371
	승합 고급차	18.773	1674.194	62.23432	1.33974	710.857
	승합 장의차	33.791	3013.549	112.02178	2.41154	1279.543
	화물 픽업형	15.046	2955.570	0.13707	0.23518	124.786
소형 트럭	화물 밴형 1톤 이하	12.523	2460.019	0.11409	0.19575	103.864
	화물 카고형 1톤 이하	12.538	2462.975	0.11422	0.19599	103.988
	화물 덤프형 1톤 이하	20.061	3940.760	0.18276	0.31358	166.381
중형 트럭 및	승합시내버스	75.091	6696.776	248.93730	5.35897	2843.429
	승합 시외버스	92.362	8237.035	306.19288	6.59153	3497.417

2003년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
버스	승합전세버스	92.362	8237.035	306.19288	6.59153	3497.417
	승합 고속버스	92.362	8237.035	306.19288	6.59153	3497.417
	승합 일반 25인 이하	30.036	2678.710	99.57492	2.14359	1137.371
	승합 일반 35인 이하	30.036	2678.710	99.57492	2.14359	1137.371
	승합 일반 50인 이하	45.054	4018.066	149.36238	3.21538	1706.057
	승합 일반 51인 이상	45.054	4018.066	149.36238	3.21538	1706.057
	승합 현행, 채혈차	75.091	6696.776	248.93730	5.35897	2843.429
	승합 방승, 보도용차	45.054	4018.066	149.36238	3.21538	1706.057
	승합 특수형 기타	45.054	4018.066	149.36238	3.21538	1706.057
	화물 카고형 3톤 이하	20.061	3940.760	0.18276	0.31358	166.381
	화물 카고형 5톤 미만	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 카고형 8톤 미만	50.152	9851.899	0.45689	0.78394	415.953
	화물 카고형 10톤 미만	50.152	9851.899	0.45689	0.78394	415.953
	화물 카고형 12톤 미만	61.687	12117.835	0.56198	0.96425	511.622
	화물 카고형 12톤 이상	61.687	12117.835	0.56198	0.96425	511.622
	화물 덤프형 5톤 미만	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 덤프형 12톤 미만	50.152	9851.899	0.45689	0.78394	415.953
	화물 덤프형 12톤 이상	61.687	12117.835	0.56198	0.96425	511.622
	화물 밴형 5톤 미만	20.061	3940.760	0.18276	0.31358	166.381
	화물 밴형 5톤 이상	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 특수용도형(청소차)	61.687	12117.835	0.56198	0.96425	511.622
	화물 특수용도형 (노면청소차)	61.687	12117.835	0.56198	0.96425	511.622
	화물 특수용도형(실수차)	61.687	12117.835	0.56198	0.96425	511.622
	화물 특수용도형(소방차)	61.687	12117.835	0.56198	0.96425	511.622
	화물 특수용도형(냉장, 냉동차)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572

2003년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 특수용도형(곡물, 사료운반)	61.687	12117.835	0.56198	0.96425	511.622
	화물 유조차(항공유)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 유조차(휘발유)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 유조차(등유, 경유)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 유조차(방카C유)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 유조차(기타)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 탱크로리(식수, 음료)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 탱크로리(압축가스)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 탱크로리(화공약품)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 탱크로리(기타)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 피견인차(적재합형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(저상형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(평화형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차 (콘테이너차)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(기타)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 화물특수용도형(기타)	30.091	5911.139	0.27413	0.47036	249.572
	화물 구난차 5톤 이하(랙커)	1.407	4101.261	0.00000	0.04722	25.055
	화물 구난차 10톤 미만	2.110	6151.891	0.00000	0.07083	37.582
	화물 구난차 10톤 이상	3.517	10253.152	0.00000	0.11805	62.637
	화물 견인차 5톤 이하(트랙터)	1.407	4101.261	0.00000	0.04722	25.055
	화물 견인차 10톤 미만	2.110	6151.891	0.00000	0.07083	37.582
	화물 견인차 10톤 이상(4*2)	3.517	10253.152	0.00000	0.11805	62.637
	화물 특수작업형 (고속작업차)	2.110	6151.891	0.00000	0.07083	37.582
	화물 특수작업형 (고가사다리소방차)	2.110	6151.891	0.00000	0.07083	37.582
	화물 특수작업형 (오가크레인)	2.110	6151.891	0.00000	0.07083	37.582
	화물 특수작업형(기타)	2.110	6151.891	0.00000	0.07083	37.582

2003년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
모터 사이클	이륜차 50	31.533				
	이륜차 100	63.067				
	이륜차 260	163.974				

5. 2004년

2004년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
승용차	승용일반형 800CC미만	347.237	131.692	0.00823	0.12550	77.171
	승용일반형 1000CC미만	434.046	164.615	0.01029	0.15687	96.464
	승용일반형 1500CC미만	651.069	246.923	0.01543	0.23531	144.696
	승용일반형 2000CC미만	868.092	329.230	0.02057	0.31374	192.928
	승용일반형 2500CC미만	1085.114	411.538	0.02572	0.39218	241.160
	승용일반형 3000CC미만	1302.137	493.845	0.03086	0.47062	289.392
	승용일반형 3500CC미만	1519.160	576.153	0.03600	0.54905	337.624
	승용일반형 4000CC미만	1736.183	658.460	0.04114	0.62749	385.856
	승용일반형 4500CC미만	1953.206	740.768	0.04629	0.70592	434.088
	승용일반형 5000CC미만	2170.229	823.075	0.05143	0.78436	482.320
	승용일반형 5000CC이상	2170.229	823.075	0.05143	0.78436	482.320
	승용 경 화물 1500CC미만	651.069	246.923	0.01543	0.23531	144.696
	승용 경 화물 2000CC미만	868.092	329.230	0.02057	0.31374	192.928
	승용 경 화물 2500CC미만	1085.114	411.538	0.02572	0.39218	241.160
	승용 경 화물 3000CC미만	1302.137	493.845	0.03086	0.47062	289.392
	승용 경 화물 3500CC미만	1519.160	576.153	0.03600	0.54905	337.624
	승용 경 화물 3500CC이상	1519.160	576.153	0.03600	0.54905	337.624
	승용 다목적형 1500CC미만	651.069	246.923	0.01543	0.23531	144.696

2004년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량

IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
소형 트럭	승용 다목적형 2000CC미만	868.092	329.230	0.02057	0.31374	192.928
	승용 다목적형 2500CC미만	1085.114	411.538	0.02572	0.39218	241.160
	승용 다목적형 3000CC미만	1302.137	493.845	0.03086	0.47062	289.392
	승용 다목적형 3500CC미만	1519.160	576.153	0.03600	0.54905	337.624
	승용 다목적형 3500CC이상	1519.160	576.153	0.03600	0.54905	337.624
	승용 기타형 1500CC미만	651.069	246.923	0.01543	0.23531	144.696
	승용 기타형 2000CC미만	868.092	329.230	0.02057	0.31374	192.928
	승용 기타형 2500CC미만	1085.114	411.538	0.02572	0.39218	241.160
	승용 기타형 3000CC미만	1302.137	493.845	0.03086	0.47062	289.392
	승용 기타형 3500CC미만	1519.160	576.153	0.03600	0.54905	337.624
	승용 기타형 3500CC이상	1519.160	576.153	0.03600	0.54905	337.624
	승합 일반 15인 이하	26.177	2623.471	165.98633	1.83760	1129.981
	승합 장의차	29.449	2951.404	186.73462	2.06730	1271.229
	승합 구급차	16.360	1639.669	103.74145	1.14850	706.238
	화물 픽업형	12.355	2886.273	0.46348	0.19730	121.324
	화물 밴형 1톤 이하	10.284	2402.341	0.38577	0.16422	100.982
중형 트럭 및 버스	화물 카고형 1톤 이하	10.296	2405.228	0.38623	0.16442	101.104
	화물 덤프형 1톤 이하	16.474	3848.364	0.61797	0.26307	161.766
	승합 시내버스	65.442	6558.676	414.96582	4.59400	2824.953
	승합 시외버스	80.493	8067.172	510.40796	5.65062	3474.692
	승합전세버스	80.493	8067.172	510.40796	5.65062	3474.692
	승합 고속버스	80.493	8067.172	510.40796	5.65062	3474.692
	승합 일반 25인 이하	26.177	2623.471	165.98633	1.83760	1129.981
	승합 일반 35인 이하	26.177	2623.471	165.98633	1.83760	1129.981
	승합 일반 50인 이하	39.265	3935.206	248.97949	2.75640	1694.972

2004년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	승합 일반 51인 이상	39.265	3935.206	248.97949	2.75640	1694.972
	승합 전월, 채혈차	65.442	6558.676	414.96582	4.59400	2824.953
	승합 방승, 보도용차	39.265	3935.206	248.97949	2.75640	1694.972
	승합 특수형 기타	39.265	3935.206	248.97949	2.75640	1694.972
	화물 카고형 3톤 이하	16.474	3848.364	0.61797	0.26307	161.766
	화물 카고형 5톤 미만	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 카고형 8톤 미만	41.184	9620.911	1.54493	0.65767	404.415
	화물 카고형 10톤 미만	41.184	9620.911	1.54493	0.65767	404.415
	화물 카고형 12톤 미만	50.656	11833.720	1.90026	0.80893	497.430
	화물 카고형 12톤 이상	50.656	11833.720	1.90026	0.80893	497.430
	화물 덤프형 5톤 미만	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 덤프형 12톤 미만	41.184	9620.911	1.54493	0.65767	404.415
	화물 덤프형 12톤 이상	50.656	11833.720	1.90026	0.80893	497.430
	화물 밴형 5톤 미만	16.474	3848.364	0.61797	0.26307	161.766
	화물 밴형 5톤 이상	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 특수용도형(청소차)	50.656	11833.720	1.90026	0.80893	497.430
	화물 특수용도형(노면청소차)	50.656	11833.720	1.90026	0.80893	497.430
	화물 특수용도형(살수차)	50.656	11833.720	1.90026	0.80893	497.430
	화물 특수용도형(소방차)	50.656	11833.720	1.90026	0.80893	497.430
	화물 특수용도형(냉장, 냉동차)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 특수용도형(곡물, 사료운반)	50.656	11833.720	1.90026	0.80893	497.430
	화물 유조차(항공유)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 유조차(취발유)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물유조차 (등유, 경유)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649

2004년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 유조차(방카C유)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 유조차(기타)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 탱크로리 (식수, 음료)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 탱크로리(압축가스)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 탱크로리(화공약품)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 탱크로리(기타)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 피견인차(적재함형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(저상형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(평판형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인(콘테이너차)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(기타)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 화물특수용도형 (기타)	24.710	5772.546	0.92696	0.39460	242.649
	화물 구난차 5톤 이하(렉커)	1.230	3994.322	0.00000	0.03944	24.250
	화물 구난차 10톤 미만	1.845	5991.482	0.00000	0.05915	36.376
	화물 구난차 10톤 이상	3.076	9985.804	0.00000	0.09859	60.626
	화물견인차 5톤이하(트랙터)	1.230	3994.322	0.00000	0.03944	24.250
	화물 견인차 10톤 미만	1.845	5991.482	0.00000	0.05915	36.376
	화물 견인차 10톤 이상(4*2)	3.076	9985.804	0.00000	0.09859	60.626
	화물 특수작업형 (고소작업차)	1.845	5991.482	0.00000	0.05915	36.376
	화물 특수작업형 (고가사다리소방차)	1.845	5991.482	0.00000	0.05915	36.376
	화물 특수작업형 (오가크레인)	1.845	5991.482	0.00000	0.05915	36.376
	화물 특수작업형(기타)	1.845	5991.482	0.00000	0.05915	36.376
모터 사이클	이륜차 50	30.056				
	이륜차 100	60.111				
	이륜차 260	156.290				

6. 2005년

2005년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
승용차	승용일반형 800CC미만	333.874	138.899	0.01681	0.00232	82.710
	승용일반형 1000CC미만	417.342	173.623	0.02101	0.00290	103.387
	승용일반형 1500CC미만	626.013	260.435	0.03151	0.00435	155.080
	승용일반형 2000CC미만	834.685	347.246	0.04202	0.00580	206.774
	승용일반형 2500CC미만	1043.356	434.058	0.05252	0.00725	258.467
	승용일반형 3000CC미만	1252.027	520.869	0.06303	0.00870	310.161
	승용일반형 3500CC미만	1460.698	607.681	0.07353	0.01015	361.854
	승용일반형 4000CC미만	1669.369	694.493	0.08403	0.01160	413.548
	승용일반형 4500CC미만	1878.040	781.304	0.09454	0.01305	465.241
	승용일반형 5000CC미만	2086.711	868.116	0.10504	0.01450	516.935
	승용일반형 5000CC이상	2086.711	868.116	0.10504	0.01450	516.935
	승용 겸 화물 1500CC미만	626.013	260.435	0.03151	0.00435	155.080
	승용 겸 화물 2000CC미만	834.685	347.246	0.04202	0.00580	206.774
	승용 겸 화물 2500CC미만	1043.356	434.058	0.05252	0.00725	258.467
	승용 겸 화물 3000CC미만	1252.027	520.869	0.06303	0.00870	310.161
	승용 겸 화물 3500CC미만	1460.698	607.681	0.07353	0.01015	361.854
	승용 겸 화물 3500CC이상	1460.698	607.681	0.07353	0.01015	361.854
	승용 다목적형 1500CC미만	626.013	260.435	0.03151	0.00435	155.080
	승용 다목적형 2000CC미만	834.685	347.246	0.04202	0.00580	206.774
	승용 다목적형 2500CC미만	1043.356	434.058	0.05252	0.00725	258.467
	승용 다목적형 3000CC미만	1252.027	520.869	0.06303	0.00870	310.161
	승용 다목적형 3500CC미만	1460.698	607.681	0.07353	0.01015	361.854
	승용 다목적형 3500CC이상	1460.698	607.681	0.07353	0.01015	361.854
	승용 기타형 1500CC미만	626.013	260.435	0.03151	0.00435	155.080

2005년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	승용 기타형 2000CC미만	834.685	347.246	0.04202	0.00580	206.774
	승용 기타형 2500CC미만	1043.356	434.058	0.05252	0.00725	258.467
	승용 기타형 3000CC미만	1252.027	520.869	0.06303	0.00870	310.161
	승용 기타형 3500CC미만	1460.698	607.681	0.07353	0.01015	361.854
	승용 기타형 3500CC이상	1460.698	607.681	0.07353	0.01015	361.854
	승합 일반 15인 이하	24.635	2603.582	252.85116	0.02976	1060.869
	승합 구급차	15.397	1627.239	158.03197	0.01860	663.043
	승합 장의차	27.714	2929.030	284.45755	0.03349	1193.478
	화물 픽업형	10.583	2783.789	0.58910	0.00338	120.310
	화물 배형 1톤 이하	8.809	2317.041	0.49033	0.00281	100.138
소형 트럭	화물 카고형 1톤 이하	8.819	2319.824	0.49092	0.00281	100.258
	화물 덤프형 1톤 이하	14.111	3711.719	0.78547	0.00450	160.413
	승합 시내버스	61.587	6508.955	632.12789	0.07441	2652.172
중형 트럭 및 버스	승합 시외버스	75.753	8006.014	777.51731	0.09153	3262.172
	승합전세버스	75.753	8006.014	777.51731	0.09153	3262.172
	승합 고속버스	75.753	8006.014	777.51731	0.09153	3262.172
	승합 일반 25인 이하	24.635	2603.582	252.85116	0.02976	1060.869
	승합 일반 35인 이하	24.635	2603.582	252.85116	0.02976	1060.869
	승합 일반 50인 이하	36.952	3905.373	379.27674	0.04465	1591.303
	승합 일반 51인 이상	36.952	3905.373	379.27674	0.04465	1591.303
	승합 헌월, 채월차	61.587	6508.955	632.12789	0.07441	2652.172
	승합 방승, 보도용차	36.952	3905.373	379.27674	0.04465	1591.303
	승합 피견인형	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	승합 특수형 기타	36.952	3905.373	379.27674	0.04465	1591.303
	화물 카고형 3톤 이하	14.111	3711.719	0.78547	0.00450	160.413

2005년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량					
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)
	화물 카고형 5톤 미만	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 카고형 8톤 미만	35.278	9279.298	1.96368	0.01125
	화물 카고형 10톤 미만	35.278	9279.298	1.96368	0.01125
	화물 카고형 12톤 미만	43.392	11413.537	2.41532	0.01384
	화물 카고형 12톤 이상	43.392	11413.537	2.41532	0.01384
	화물 덤프형 5톤 미만	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 덤프형 12톤 미만	35.278	9279.298	1.96368	0.01125
	화물 덤프형 12톤 이상	43.392	11413.537	2.41532	0.01384
	화물 밴형 5톤 미만	14.111	3711.719	0.78547	0.00450
	화물 밴형 5톤 이상	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 특수용도형 (청소차)	43.392	11413.537	2.41532	0.01384
	화물 특수용도형 (노면청소차)	43.392	11413.537	2.41532	0.01384
	화물 특수용도형 (살수차)	43.392	11413.537	2.41532	0.01384
	화물 특수용도형 (소방차)	43.392	11413.537	2.41532	0.01384
	화물 특수용도형 (냉장, 냉동차)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 특수용도형 (곡물, 사료운반)	43.392	11413.537	2.41532	0.01384
	화물 유조차 (항공유)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 유조차 (휘발유)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 유조차 (등유, 경유)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 유조차 (방카C유)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 유조차 (기타)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 탱크로리 (식수, 음료)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 탱크로리 (압축가스)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675
	화물 탱크로리 (화공약품)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675

2005년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 탱크로리(기타)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675	240.619
	화물 피견인차(적재함형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(저상형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(평판형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(콘테이너사시)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(기타)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 화물특수용도형(기타)	21.167	5567.579	1.17821	0.00675	240.619
	화물 구난차 5톤 이하(렉커)	1.206	3854.743	0.00000	0.00070	25.102
	화물 구난차 10톤 미만	1.808	5782.115	0.00000	0.00106	37.652
	화물 구난차 10톤 이상	3.014	9636.858	0.00000	0.00176	62.754
	화물 견인차 5톤 이하(트랙터)	1.206	3854.743	0.00000	0.00070	25.102
	화물 견인차 10톤 미만	1.808	5782.115	0.00000	0.00106	37.652
	화물 견인차 10톤 이상(4*2)	3.014	9636.858	0.00000	0.00176	62.754
	화물 특수작업형(고소작업차)	1.808	5782.115	0.00000	0.00106	37.652
	화물 특수작업형(고가사다리소방차)	1.808	5782.115	0.00000	0.00106	37.652
	화물 특수작업형(오가크레인)	1.808	5782.115	0.00000	0.00106	37.652
	화물 특수작업형(피견인형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 특수작업형(기타)	1.808	5782.115	0.00000	0.00106	37.652
모터사이클	이륜차 50	29.868				
	이륜차 100	59.735				
	이륜차 260	155.312				

7. 2006년

2006년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)

2006년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판(kg)	부탄(kg)
승용차	승용일반형 800CC미만	317.086	143.546	0.02764	0.00441	84.316
	승용일반형 1000CC미만	396.357	179.433	0.03455	0.00552	105.395
	승용일반형 1500CC미만	594.536	269.149	0.05182	0.00828	158.093
	승용일반형 2000CC미만	792.715	358.866	0.06910	0.01104	210.790
	승용일반형 2500CC미만	990.893	448.582	0.08637	0.01380	263.488
	승용일반형 3000CC미만	1189.072	538.299	0.10365	0.01655	316.185
	승용일반형 3500CC미만	1387.251	628.015	0.12092	0.01931	368.883
	승용일반형 4000CC미만	1585.429	717.732	0.13820	0.02207	421.581
	승용일반형 4500CC미만	1783.608	807.448	0.15547	0.02483	474.278
	승용일반형 5000CC미만	1981.787	897.165	0.17275	0.02759	526.976
	승용일반형 5000CC이상	1981.787	897.165	0.17275	0.02759	526.976
	승용 경 화물 1500CC미만	594.536	269.149	0.05182	0.00828	158.093
	승용 경 화물 2000CC미만	792.715	358.866	0.06910	0.01104	210.790
	승용 경 화물 2500CC미만	990.893	448.582	0.08637	0.01380	263.488
	승용 경 화물 3000CC미만	1189.072	538.299	0.10365	0.01655	316.185
	승용 경 화물 3500CC미만	1387.251	628.015	0.12092	0.01931	368.883
	승용 경 화물 3500CC이상	1387.251	628.015	0.12092	0.01931	368.883
	승용 다목적형 1500CC미만	594.536	269.149	0.05182	0.00828	158.093
	승용 다목적형 2000CC미만	792.715	358.866	0.06910	0.01104	210.790
	승용 다목적형 2500CC미만	990.893	448.582	0.08637	0.01380	263.488
	승용 다목적형 3000CC미만	1189.072	538.299	0.10365	0.01655	316.185
	승용 다목적형 3500CC미만	1387.251	628.015	0.12092	0.01931	368.883
	승용 다목적형 3500CC이상	1387.251	628.015	0.12092	0.01931	368.883
	승용 기타형 1500CC미만	594.536	269.149	0.05182	0.00828	158.093
	승용 기타형 2000CC미만	792.715	358.866	0.06910	0.01104	210.790
	승용 기타형 2500CC미만	990.893	448.582	0.08637	0.01380	263.488

2006년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	승용 기타형 3000CC미만	1189.072	538.299	0.10365	0.01655	316.185
	승용 기타형 3500CC미만	1387.251	628.015	0.12092	0.01931	368.883
	승용 기타형 3500CC이상	1387.251	628.015	0.12092	0.01931	368.883
	승합 일반 15인 이하	22.575	2543.628	357.19937	0.05230	998.916
	승합 고급차	14.110	1589.768	223.24961	0.03269	624.322
	승합 장의차	25.397	2861.582	401.84930	0.05884	1123.780
	화물 픽업형	9.035	2687.860	0.93325	0.00688	131.501
	화물 밴형 1톤 이하	7.520	2237.195	0.77678	0.00573	109.453
	화물 카고형 1톤 이하	7.529	2239.883	0.77771	0.00574	109.585
	화물 덤프형 1톤 이하	12.046	3583.813	1.24434	0.00918	175.335
소형 트럭	승합시내버스	56.439	6359.070	892.99843	0.13075	2497.289
	승합 시외버스	69.419	7821.656	1098.38807	0.16082	3071.665
	승합전세버스	69.419	7821.656	1098.38807	0.16082	3071.665
	승합 고속버스	69.419	7821.656	1098.38807	0.16082	3071.665
	승합 일반 25인 이하	22.575	2543.628	357.19937	0.05230	998.916
	승합 일반 35인 이하	22.575	2543.628	357.19937	0.05230	998.916
	승합 일반 50인 이하	33.863	3815.442	535.79906	0.07845	1498.373
	승합 일반 51인 이상	33.863	3815.442	535.79906	0.07845	1498.373
	승합 헌철, 채혈차	56.439	6359.070	892.99843	0.13075	2497.289
	승합 방송, 보도용차	33.863	3815.442	535.79906	0.07845	1498.373
중형 트럭 및 버스	승합 피견인형	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	승합 특수형 기타	33.863	3815.442	535.79906	0.07845	1498.373
	화물 카고형 3톤 이하	12.046	3583.813	1.24434	0.00918	175.335
	화물 카고형 5톤 미만	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 카고형 8톤 미만	30.115	8959.532	3.11084	0.02295	438.338
	화물 카고형 8톤 미만	30.115	8959.532	3.11084	0.02295	438.338

2006년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 카고형 10톤 미만	30.115	8959.532	3.11084	0.02295	438.338
	화물 카고형 12톤 미만	37.042	11020.22	3.82634	0.02823	539.156
	화물 카고형 12톤 이상	37.042	11020.22	3.82634	0.02823	539.156
	화물 덤프형 5톤 미만	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 덤프형 12톤 미만	30.115	8959.532	3.11084	0.02295	438.338
	화물 덤프형 12톤 이상	37.042	11020.22	3.82634	0.02823	539.156
	화물 밴형 5톤 미만	12.046	3583.813	1.24434	0.00918	175.335
	화물 밴형 5톤 이상	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 특수용도형(청소차)	37.042	11020.22	3.82634	0.02823	539.156
	화물 특수용도형(노면청소차)	37.042	11020.22	3.82634	0.02823	539.156
	화물 특수용도형(실수차)	37.042	11020.22	3.82634	0.02823	539.156
	화물 특수용도형(소방차)	37.042	11020.22	3.82634	0.02823	539.156
	화물 특수용도형(냉장, 냉동차)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 특수용도형(곡물, 사료운반)	37.042	11020.225	3.82634	0.02823	539.156
	화물 유조차(항공유)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 유조차(취발유)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 유조차(등유, 경유)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 유조차(방카C유)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 유조차(기타)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 탱크로리(식수, 료)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 탱크로리(압축가스)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 탱크로리(화공약품)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 탱크로리(기타)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 피견인차(적재함형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(저상형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000

2006년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판(kg)	부탄(kg)
	화물 피견인차(평판형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(콘테이너차)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 피견인차(기타)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 화물특수용도형 (기타)	18.069	5375.719	1.86651	0.01377	263.003
	화물 구난차 5톤 이하(렉커)	1.042	3744.020	0.00000	0.00140	26.785
	화물 구난차 10톤 미만	1.563	5616.031	0.00000	0.00210	40.178
	화물 구난차 10톤 이상	2.605	9360.051	0.00000	0.00351	66.963
	화물 견인차 5톤 이하(트랙터)	1.042	3744.020	0.00000	0.00140	26.785
	화물 견인차 10톤 미만	1.563	5616.031	0.00000	0.00210	40.178
	화물 견인차 10톤 이상(4*2)	2.605	9360.051	0.00000	0.00351	66.963
	화물 특수작업형(고소작업차)	1.563	5616.031	0.00000	0.00210	40.178
	화물 특수작업형(고가사다리소방차)	1.563	5616.031	0.00000	0.00210	40.178
	화물 특수작업형(오가크레인)	1.563	5616.031	0.00000	0.00210	40.178
	화물 특수작업형(피견인형)	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.000
	화물 특수작업형(기타)	1.563	5616.031	0.00000	0.00210	40.178
모터 사이클	이륜차 50	29.157				
	이륜차 100	58.314				
	이륜차 260	151.617				

8. 2007년

2007년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판	부탄(kg)
승용차	승용일반형 800CC미만	315.602	146.979	0.06640		86.823
	승용일반형 1000CC미만	394.503	183.723	0.08299		108.529
	승용일반형 1500CC미만	591.754	275.585	0.12449		162.793

2007년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판	부탄(kg)
	승용일반형 2000CC미만	789.005	367.446	0.16599		217.058
	승용일반형 2500CC미만	986.256	459.308	0.20749		271.322
	승용일반형 3000CC미만	1183.508	551.170	0.24898		325.586
	승용일반형 3500CC미만	1380.759	643.031	0.29048		379.851
	승용일반형 4000CC미만	1578.010	734.893	0.33198		434.115
	승용일반형 4500CC미만	1775.261	826.754	0.37348		488.380
	승용일반형 5000CC미만	1972.513	918.616	0.41497		542.644
	승용일반형 5000CC이상	1972.513	918.616	0.41497		542.644
	승용 경 화물 1500CC미만	591.754	275.585	0.12449		162.793
	승용 경 화물 2000CC미만	789.005	367.446	0.16599		217.058
	승용 경 화물 2500CC미만	986.256	459.308	0.20749		271.322
	승용 경 화물 3000CC미만	1183.508	551.170	0.24898		325.586
	승용 경 화물 3500CC미만	1380.759	643.031	0.29048		379.851
	승용 경 화물 3500CC이상	1380.759	643.031	0.29048		379.851
	승용 다목적형 1500CC미만	591.754	275.585	0.12449		162.793
	승용 다목적형 2000CC미만	789.005	367.446	0.16599		217.058
	승용 다목적형 2500CC미만	986.256	459.308	0.20749		271.322
	승용 다목적형 3000CC미만	1183.508	551.170	0.24898		325.586
	승용 다목적형 3500CC미만	1380.759	643.031	0.29048		379.851
	승용 다목적형 3500CC이상	1380.759	643.031	0.29048		379.851
	승용 기타형 1500CC미만	591.754	275.585	0.12449		162.793
	승용 기타형 2000CC미만	789.005	367.446	0.16599		217.058
	승용 기타형 2500CC미만	986.256	459.308	0.20749		271.322
	승용 기타형 3000CC미만	1183.508	551.170	0.24898		325.586
	승용 기타형 3500CC미만	1380.759	643.031	0.29048		379.851
	승용 기타형 3500CC이상	1380.759	643.031	0.29048		379.851

2007년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m ³)	프로판	부탄(kg)
소형트럭	승합 일반 15인 이하	20.925	2493.183	451.95377		983.629
	승합 구급차	13.078	1558.240	282.47110		614.768
	승합 장의차	23.541	2804.831	508.44799		1106.582
	화물 픽업형	8.093	2617.631	2.37876		143.906
	화물 밴형 1톤 이하	6.736	2178.742	1.97992		119.777
	화물 카고형 1톤 이하	6.744	2181.359	1.98230		119.921
	화물 덤프형 1톤 이하	10.791	3490.175	3.17168		191.874
	승합시내버스	52.313	6232.958	1129.88441		2459.072
	승합 시외버스	64.345	7666.539	1389.75783		3024.659
	승합전세버스	64.345	7666.539	1389.75783		3024.659
중형트럭 및 버스	승합 고속버스	64.345	7666.539	1389.75783		3024.659
	승합 일반 25인 이하	20.925	2493.183	451.95377		983.629
	승합 일반 35인 이하	20.925	2493.183	451.95377		983.629
	승합 일반 50인 이하	31.388	3739.775	677.93065		1475.443
	승합 일반 51인 이상	31.388	3739.775	677.93065		1475.443
	승합 헌혈, 채혈차	52.313	6232.958	1129.88441		2459.072
	승합 방승, 보도용차	31.388	3739.775	677.93065		1475.443
	승합 피견인형	0.000	0.000	0.00000		0.000
	승합 특수형 기타	31.388	3739.775	677.93065		1475.443
	화물 카고형 3톤 이하	10.791	3490.175	3.17168		191.874
	화물 카고형 5톤 미만	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 카고형 8톤 미만	26.977	8725.437	7.92921		479.685
	화물 카고형 10톤 미만	26.977	8725.437	7.92921		479.685
	화물 카고형 12톤 미만	33.182	10732.288	9.75293		590.013
	화물 카고형 12톤 이상	33.182	10732.288	9.75293		590.013

2007년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판	부탄(kg)
	화물 덤프형 5톤 미만	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 덤프형 12톤 미만	26.977	8725.437	7.92921		479.685
	화물 덤프형 12톤 이상	33.182	10732.288	9.75293		590.013
	화물 밴형 5톤 미만	10.791	3490.175	3.17168		191.874
	화물 밴형 5톤 이상	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 특수용도형(청소차)	33.182	10732.288	9.75293		590.013
	화물 특수용도형(노면청소차)	33.182	10732.288	9.75293		590.013
	화물 특수용도형(살수차)	33.182	10732.288	9.75293		590.013
	화물 특수용도형(소방차)	33.182	10732.288	9.75293		590.013
	화물 특수용도형(냉장·냉동차)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 특수용도형(곡물, 사료운반)	33.182	10732.288	9.75293		590.013
	화물 유조차(항공유)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 유조차(휘발유)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 유조차(등유, 경유)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 유조차(방카C유)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 유조차(기타)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 탱크로리(식수, 음료)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 탱크로리(압축가스)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 탱크로리(화공약품)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 탱크로리(기타)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 피견인차(적재함형)	0.000	0.000	0.00000		0.000
	화물 피견인차(저상형)	0.000	0.000	0.00000		0.000
	화물 피견인차(평판형)	0.000	0.000	0.00000		0.000
	화물 피견인차(콘테이너사지)	0.000	0.000	0.00000		0.000
	화물 피견인차(기타)	0.000	0.000	0.00000		0.000

2007년 기준 차량1대당 연간 연료 소비량						
IPCC	국가기준	휘발유(L)	경유(L)	CNG(m³)	프로판	부탄(kg)
	화물 화물특수용도형(기타)	16.186	5235.262	4.75752		287.811
	화물 구난차 5톤 이하(렉커)	1.049	3669.234	0.00000		26.041
	화물 구난차 10톤 미만	1.574	5503.852	0.00000		39.062
	화물 구난차 10톤 이상	2.624	9173.086	0.00000		65.103
	화물 견인차 5톤 이하(트랙터)	1.049	3669.234	0.00000		26.041
	화물 견인차 10톤 미만	1.574	5503.852	0.00000		39.062
	화물 견인차 10톤 이상(4*2)	2.624	9173.086	0.00000		65.103
	화물 특수작업형 (고소작업차)	1.574	5503.852	0.00000		39.062
	화물 특수작업형 (고가사다리소방차)	1.574	5503.852	0.00000		39.062
	화물 특수작업형 (오가크레인)	1.574	5503.852	0.00000		39.062
	화물 특수작업형(피견인형)	0.000	0.000	0.00000		0.000
	화물 특수작업형(기타)	1.574	5503.852	0.00000		39.062
모터 사이클	이륜차 50	29.606				
	이륜차 100	59.213				
	이륜차 260	153.953				

[첨부 8] 지자체별 철도 운행 및 철도수송업 운영 연료 소비량

1. 철도 운행에 소비된 경유 (단위:L)

Year	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
서울	10,836,525	9,792,635	9,908,012	10,022,400	8,625,102	8,027,280	7,399,210	6,312,474
대전	13,371,712	13,088,056	13,062,501	13,358,503	10,471,460	9,659,732	8,467,315	7,304,974
대구	8,238,736	8,111,552	8,056,271	8,231,563	6,528,605	6,055,169	5,537,296	4,844,550
부산	15,655,606	16,266,571	16,205,753	16,473,297	13,649,053	12,906,436	11,984,086	11,246,833
광주	3,306,916	4,000,570	4,090,244	4,217,752	3,530,067	3,193,539	2,682,002	2,319,768
울산	2,490,744	3,003,439	3,032,309	3,074,488	2,759,004	2,548,377	2,506,622	2,979,527
인천	702,553	681,670	685,409	688,101	1,131,334	630,453	516,831	513,483
경기	43,002,777	42,261,247	42,621,943	43,226,942	38,118,950	36,542,274	33,689,862	30,040,578
충북	43,346,649	42,578,168	42,624,581	43,893,930	37,581,814	33,505,779	28,953,573	26,168,375
충남	36,083,649	34,959,729	34,716,012	35,387,415	29,163,651	27,642,226	25,774,388	23,223,027
전북	20,335,334	20,203,286	20,628,716	20,800,588	18,848,745	17,722,438	15,925,211	15,310,981
전남	26,664,073	26,562,906	26,917,051	26,996,791	24,996,668	23,269,661	21,022,085	20,016,365
경북	66,165,474	68,065,784	68,064,158	69,558,190	59,121,168	54,677,958	50,170,540	47,946,599
경남	24,088,785	23,718,701	23,587,212	23,893,631	19,705,550	18,391,052	16,779,262	14,751,710
강원	12,895,904	13,956,005	14,027,027	14,268,507	14,049,348	11,250,925	9,445,774	10,446,193

2. 철도 운행을 제외한 철도수송업 운영에 소비된 경유 (단위:L)

Year	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
서울	924,294	1,015,870	995,979	1,058,179	837,192	929,430	891,042	766,199
대전	646,320	710,354	696,446	739,939	585,413	649,911	623,068	535,770
대구	416,390	457,644	448,684	476,704	377,151	418,703	401,410	345,169
부산	1,062,710	1,167,999	1,145,130	1,216,644	962,563	1,068,614	1,024,478	880,939
광주	575,396	632,404	620,022	658,743	521,173	578,593	554,696	476,978
울산	622,297	683,952	670,560	712,437	563,654	625,755	599,910	515,857
인천	169,301	186,075	182,432	193,825	153,347	170,242	163,211	140,343
경기	4,998,968	5,494,246	5,386,671	5,723,072	4,527,882	5,026,742	4,819,126	4,143,921
충북	3,717,768	4,086,110	4,006,105	4,256,289	3,367,418	3,738,424	3,584,018	3,081,864
충남	3,726,919	4,096,168	4,015,966	4,266,766	3,375,707	3,747,626	3,592,840	3,089,450
전북	2,549,817	2,802,443	2,747,572	2,919,160	2,309,530	2,563,984	2,458,085	2,113,684
전남	4,223,384	4,641,821	4,550,936	4,835,144	3,825,386	4,246,850	4,071,445	3,500,997
경북	7,187,303	7,899,393	7,744,726	8,228,389	6,509,995	7,227,236	6,928,734	5,957,954
경남	2,935,321	3,226,141	3,162,974	3,360,504	2,658,706	2,951,629	2,829,720	2,433,250
강원	4,064,378	4,467,061	4,379,597	4,653,106	3,681,365	4,086,960	3,918,159	3,369,188







지자체 온실가스 배출량 산정지침

작성일 2009년 11월 18일(초판)

주 소 인천시 서구 경서동 종합환경연구단지

팩 스 032-590-3729

e-mail localinventory@emc.or.kr

