지자체 온실가스
감축사업별 감축원단위
적용 가이드라인

2024. 10.



환경부 한국환경공단

지자체 온실가스

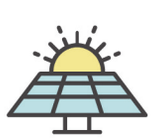
감축사업별 감축원단위 적용 가이드라인











목차

제1장 일반 사항

제1절 개요 2

제2절 가이드라인 구성 4

제3절 활용방법 5

제4절 용어정의 7

제2장 부문별 감축원단위

제1절 전환 10

1. 태양광 발전 10
2. 건물일체형(BIPV) 태양광발전 11
3. 미니태양광 발전 13
4. 수상태양광 발전 14
5. 영농형 태양광 발전 15
6. 태양열 시스템 보급 확대 17
7. PVT (Photovoltaic Thermal, 태양광·열 복합모듈) 보급 18
8. 풍력 발전 20
9. 소수력 발전 21
10. 양수발전 22
11. 지열 24
12. 소각장 폐열 자원화 26
13. 하수열 및 하천수열 이용 28
14. 바이오가스 열병합 발전 29

제2절 산업 31
1. 청정연료 전환시설 지원 31
2. 산업체 저녹스버너 교체 34
3. 건설기계(굴착기) 전동화 37
4. 산업용 냉동기 고효율 기기 설비교체 38

제3절 건물 40
1. 탄소(중립) 포인트제 운영(가입가구) 40
2. 탄소포인트제 운영(LNG, 수도, 전력) 41
3. 공공건축물 그린 리모델링 42
4. 민간 부문 그린 리모델링 43
5. 기존 건물 BRP 사업 44
6. 제로에너지 빌딩 45
7. 건물에너지 효율등급 인증 50
8. BEMS 설치 및 운영 53
9. 수요반응시스템(DR) 구축 55
10. 공공 및 오피스 건물의 스마트 미터링 도입 56
11. 업무용 고효율 공조기의 보급 57
12. 일과 중 냉난방기 1시간 운휴 58
13. 직장인 점심시간 소등 59
14. 냉방 온도 1도 높이기 / 난방 온도 2도 낮추기 61
15. 점심시간 컴퓨터 끄기 63
16. 불끄기 캠페인 (어스아워 / 지구의 날 행사 등) 64
17. 히트펌프 설치 65
18. 잠열 회수형 온수 보일러 도입(가정) 68
19. 가정용 환경표지인증 보일러 교체 69
20. 빗물 재이용 시설 도입 71
21. 중수도 이용 확대 72

22. 상수도 누수관 정비 사업 73
23. 절수기기 보급 75
24. 고단열 창호교체 76
25. LED 조명 교체 78
26. 가로등 LED 교체 79
27. 옥외광고 간판조명 LED화 80
28. 대기전력 차단기 보급 81
29. 고효율 제품전환 82
30. 인덕션(전기레인지) 교체 사업 85
31. 옥상녹화사업 87
32. 벽면녹화(그린커튼) 88
33. 쿨루프 89
34. 차열, 단열페인트 시공 90
35. 그린 캠퍼스 91
36. 도시가스 공급확대(등유, 경유) 92
37. 지역난방 노후배관 교체사업 94
38. 목재펠릿 보일러 95
39. 친환경 목조 건축물 조성 97
40. 공동주택 승강기 자가발전 장치 도입 98
41. 자동운전 에스컬레이터 운행 99

제4절 수송 101
1. 전기차 보급(승용차) 101
2. 전기차 보급(화물차) 102
3. 전기 버스 103
4. 경유자동차 전기차 전환 지원 105
5. 전기 이륜차(오토바이) 보급 106
6. 노면 청소차량 전기차 전환 107
7. 수소 청소차 보급 108

8. 전기 자전거 보급 109
9. 수소차 보급(버스) 111
10. 수소차 보급(승용차) 112
11. 수소차 보급(대형 화물차) 113
12. 하이브리드차 보급(승용차) 114
13. 경유자동차 저공해화 (LPG 엔진교체) 115
14. CNG차량 보급확대(버스) 116
15. 공공자전거 이용 117
16. 자전거 도로 인프라 구축 119
17. PM(전동킥보드) 이용 활성화 121
18. 대중교통 이용 확대 123
19. 자동차 마일리지(탄소중립포인트) 127
20. 차량 공유(대여) 시스템 129
21. 산업단지 공동통근버스 운영확대 131
22. 승용차 요일제 추진 134
23. 친환경 운전 문화 확산 135
24. 녹색 주차장 조성 136
25. 친환경 하이브리드 어선 138
26. 전기 여객선 보급 139
27. 항만 육상전원공급설비(AMP) 140
28. 간선급행버스(BRT) 구축 142
29. 트램 노선 구축 143
30. 도로 히팅 필름식 융설 공법 대체 적용 144

제5절 농축수산 146
1. 가축분뇨 공동자원화시설 확충 146
2. 농업 에너지이용 효율화 (다겹보온커튼 설치) 148
3. 순환식 수막재배 시설 설치 151
4. 농촌 지열히트펌프 보급 154

5. 논물관리 155
6. 친환경 비료 사용 등 친환경 농업 확대 156
7. 완효성 비료 시용 157
8. 토양개량제(석회, 규산) 시용 159
9. 친환경 자가퇴비 사용 162
10. 녹비작물을 통한 대체 효과 164
11. 호기성 토양에서 바이오차 보급 166
12. (논) 무경운 재배 168
13. 건답 직파 재배 171
14. 한우 비육기간 단축 173
15. 저메탄, 저단백질사료 보급 175
16. 저탄소 식사 문화 확산 (채식 보급 활성화) 176
17. 친환경 농기계 보급 178
18. 수산양식장 전기보일러 교체 182
19. 버섯 수확 후 배지 재활용 사업 187
20. 영농부산물 파쇄 188
21. 로컬푸드 직매장 활성화 192

제6절 **폐기물** 195
1. 준호기성 매립지 195
2. 매립가스 자원화 197
3. 고형폐기물의 생물학적 처리량 감소 200
4. 소각량 및 매립량 감량 (폐기물 운송량 감량) 201
5. 소각여열 회수 및 이용 203
6. 유기성 폐기물 신재생에너지 생산 204
7. 하수처리장 에너지자립화 사업 205
8. 하수슬러지 소각재 재활용 (시멘트 원료화) 206
9. 하수처리수 재이용 207
10. 아이스팩, 커피찌꺼기 재활용 208

11. 종이팩 재활용 209
12. 폐플라스틱 자원화 211
13. 바이오매스 플라스틱 보급 212
14. 현수막 업사이클링 214
15. 폐봉제 원단 재활용 216
16. 폐금속 및 폐합성수지 자원 재활용 (폐전자제품 수거·처리) 218
17. RFID 종량기 보급 223
18. 가정용 음식물류 폐기물 감량기기 보급 지원 226
19. 포장재 폐기물 저감(제로웨이스트 샵(리필스테이션) 이용 확대) 230
20. 식품접객업 일회용 비닐봉투 사용 규제 233
21. 일회용 플라스틱 컵 사용 자제 235
22. 다회용기 보급사업 (포장 시 다회용기 이용 활성화) 237
23. 음식물쓰레기 저감 캠페인 240
24. 지방세 종이 고지서의 전자 고지서 대체 241
25. 대형마트의 전자 영수증 이용 244
26. 종이 없는 행정 추진 247
27. 플라스틱 조화 사용 금지 250

제7절 수소 252
1. 수소연료전지(LNG, 메탄, LPG) 252
2. 이산화탄소 포집 및 수소생산 이용 253

제8절 흡수원 254
1. 조림조성(그루) 254
2. 조림조성(면적) 256
3. 기후변화대응 난대림 조성 258
4. [도시숲조성] 가로수 심기 260
5. 숲 가꾸기(간벌 및 가지치기) 262

6. 근린공원(도시공원) 조성 263
7. 녹지면적 확충 265
8. 생활 속 미니 텃밭을 활용한 도시농업 활성화 267
9. 화훼류(지피식물) 조성 사업 269
10. 습지공원 조성 270
11. 이끼공원(정원) 조성 사업 272
12. 블루카본(갯벌, 염습지 등) 복원 273
13. 바다숲 조성 274
14. 해초(잘피림) 식재 275
15. 미이용 산림바이오매스 목재연료(목재펠릿, 목재칩) 활용 276
16. 국내 목제품 이용 및 생활환경 시설 목재 활용 권장 280

부 록

감축원단위 총괄표 284

지자체 온실가스

감축사업별 감축원단위 적용 가이드라인

제1장
일반 사항

제1절 개요

제2절 가이드라인 구성

제3절 활용 방법

제4절 용어 정의



제1장 일반 사항

제1절 개요

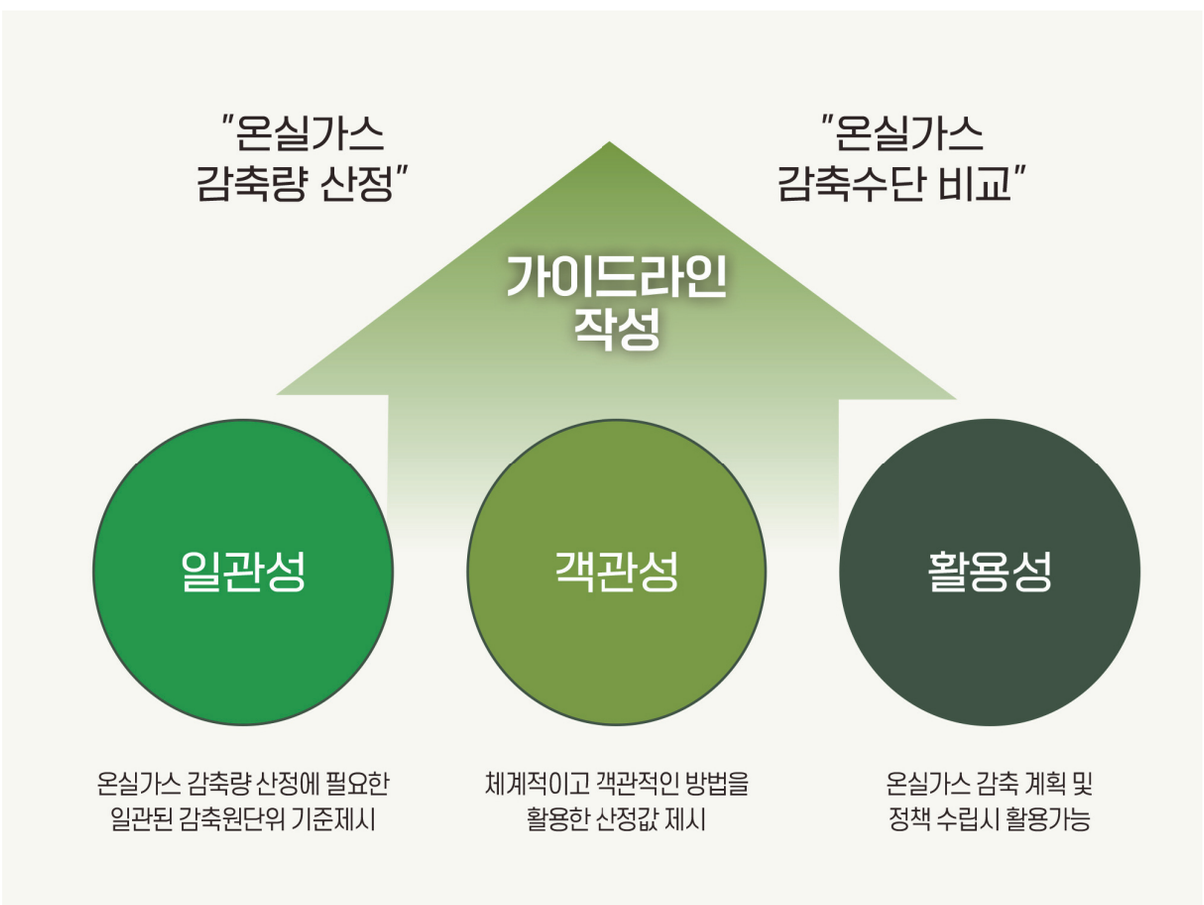
1 작성 목적

- 본 지자체 온실가스 감축사업별 감축원단위 적용 가이드라인(이하, “가이드라인”)은 지자체에서 온실가스 감축정책 또는 계획 수립 시 예상 감축량을 손쉽게 산정하기 위한 가이드를 제시하기 위한 활용서임
- 지자체에서 온실가스 감축 정책 수립 및 온실가스 감축사업 추진시 일관성 및 객관성을 고려한 감축원단위 적용을 통해 감축사업별 온실가스 예상 감축량이 산정 가능함
- 또한, 온실가스 감축사업별 감축원단위에 대한 적용 방법을 제시함으로써 온실가스 감축사업 계획시 감축수단별 감축량 비교를 통해 사업 추진 우선순위를 확보하는데 활용가능함



2 고려사항

- 본 가이드라인에 제시된 결과는 “지자체 탄소중립 이행지원 기반 구축” 등 용역을 통해 산정한 내용을 기반으로 도출된 결과이며, 감축사업의 세부 조건이나 가정사항에 따라 실제 사례와 다를 수 있음
- 또한, 본 가이드라인은 지자체 온실가스 예상 감축량 산정을 위한 일반적인 가이드를 제공하기 때문에 각 지자체별 감축사업 추진여건을 모두 반영하기에는 한계점이 존재함
- 따라서, 각 지자체별 감축사업 추진여건을 고려하여 본 가이드라인 적용이 필요함



제2절 가이드라인 구성

- 본 가이드라인은 총 2장으로 아래 표와 같이 구성되어 있으며, 주요 내용은 다음과 같음

구분	장제목	주요내용
제1장	일반사항	가이드라인 정의, 목적 가이드라인의 구성 가이드라인 활용 방법 용어 정의
제2장	부문별 감축원단위	부문별 주요 온실가스 감축사업 온실가스 감축사업별 감축원단위 감축원단위 산정근거 감축원단위 산정계수 모니터링 인자 추진사례
부록	부록	감축원단위 총괄표

1 감축원단위

- 온실가스 감축사업별 감축원단위는 전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물, 수소, 흡수원 등 총 8개 부문으로 세분화하여 제시함
- 감축원단위 표는 온실가스 감축사업 개요, 감축원단위 산정근거, 모니터링 인자 등의 정보를 기입하여 지자체 담당자가 온실가스 예상 감축량 산정 시 참고할 수 있도록 함

표 구성항목	주요 내용
개요	온실가스 감축사업에 대한 간략한 설명
원단위	감축원단위(세부 분류가 필요할 시 구분하여 작성)
감축량 산정식	감축원단위 × 모니터링 인자
감축원단위 산정근거	감축원단위를 구하기 위한 산정식
산정계수	감축원단위 산정식에 사용된 값들의 산정인자
출처	산정근거가 되는 보고서, 법령, 홈페이지 등
모니터링 인자	감축량 산정을 위한 활동자료명
추진사례	지자체 추진사례

제3절 활용방법

1 온실가스 예상 감축량 산정방법

- 본 가이드라인을 활용함으로써 온실가스 예상 감축량 산정, 온실가스 감축사업별 비교 등 온실가스 감축에 관한 업무에 활용할 수 있음
- 특히, 지자체의 온실가스 감축사업 추진 시 활용 가능하며, 지자체별 감축수단 및 감축계획 반영을 통한 온실가스 감축사업 우선순위 도출 및 온실가스 감축목표 관리가 가능함
- (예시) A 지자체의 온실가스 예상 감축량 산정

부문	감축수단	감축원단위 (tCO_2eq/활동자료)	활동자료	예상 감축량 (tCO_2eq)		예상 감축량 합계 (tCO_2eq)
건물	감축수단1	0.629	1,000	629	▶	3,604
	감축수단2	0.016	10,000	1,600		
	감축수단3	0.275	5,000	1,375		
폐기물	감축수단4	0.003	20,000	60	▶	1,180
	감축수단5	0.396	1,500	594		
	감축수단6	1.052	500	526		

2 감축효과(지속/단발) 유형분류

- 감축사업 성격 및 모니터링 인자에 따라 지속사업과 단발사업으로 구분할 수 있음

구 분	분류 기준	예 시
지속	• 당해연도 추진 사업이 다음 해 또는 미래의 시점에 온실가스 감축에 영향을 미치는 경우(누적 개념)	태양광발전, 조림조성 등
단발	• 당해연도 추진사업이 다음해 또는 미래에 영향을 주지 않는 사업	탄소포인트제, 친환경 운전문화 확산 등

- 본 가이드라인에서는 사용자의 편의를 위해 감축사업의 일반적인 조건을 가정하여 감축원단위 모니터링 인자별로 지속/단발 사업의 유형을 분류하여 제시하였음([부록] 감축원단위 총괄표 참고)

  ※ 단, 지자체 추진 여건에 따라 사용자가 감축효과 유형을 달리 적용할 수 있음

- 지역 탄소중립·녹색성장 기본계획 수립 시 지속사업과 단발사업의 예상 감축량은 다음과 같이 제시할 수 있음

  - 2019~2021년에 사업물량을 100씩 계획한 경우(감축원단위가 1tCO_2eq/사업물량)

    1) 단발사업(연도별 누적량 적용 불가, 당해연도 실적만 적용)

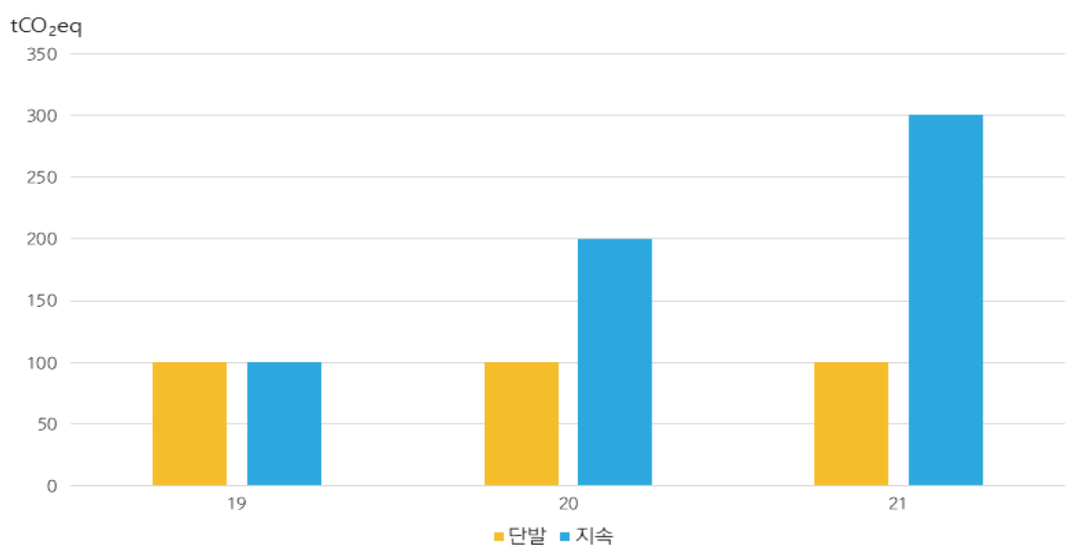
(단위 : tCO_2eq)

구분	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	…	2034년
예상 감축량 (단년도)	**100**	**100**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

    2) 지속사업(연도별 누적량 적용 가능)

(단위 : tCO_2eq)

구분	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	…	2034년
예상 감축량 (단년도)	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0
예상 감축량 (누적)	**100**	**200**	**300**	**300**	**300**	**300**	**300**	**300**	**300**	**300**



[그림] 단발사업과 지속사업의 예상 감축량 비교 예시

제4절 용어 정의

구 분	용어	정의
1	온실가스	적외선 복사열을 흡수하거나 재방출하여 온실효과를 유발하는 가스 상태의 물질로서 「탄소중립기본법」 제2조제5호에서 정하고 있는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6) 등을 말함
2	온실가스 배출	사람의 활동에 수반하여 발생하는 온실가스를 대기 중에 배출· 방출 또는 누출시키는 직접배출과 다른 사람으로부터 공급된 전기 또는 열(연료 또는 전기를 열원으로 하는 것만 해당한다)을 사용함으로써 온실가스가 배출되도록 하는 간접배출을 말함
3	온실가스 감축	기후변화를 완화 또는 지연시키기 위하여 온실가스 배출량을 줄이거나 흡수하는 모든 활동을 말함
4	온실가스 흡수	토지이용, 토지이용의 변화 및 임업활동 등에 의하여 대기로부터 온실가스가 제거되는 것을 말함
5	CO_2환산량 (CO_2eq : Carbon Dioxide Equivalent)	이산화탄소에 대한 온실가스의 복사강제력을 비교하는 단위로서 CO_2 이외의 해당 온실가스의 양에 지구온난화지수를 곱하여 산출한 값을 말함
6	지구온난화지수 (GWP : Global Warming Potential)	지구온난화를 일으키는 가스들의 상대적인 복사 흡수 능력을 표시한 것이며, 일정기간(보통 100년) 동안 1kg의 온실가스가 야기하는 적외선 흡수능력(가열효과)과 이산화탄소 1kg의 영향에 대한 비율로써 각각의 기체들의 기여도를 말함
7	활동자료	사용된 에너지 및 원료의 양, 생산·제공된 제품 및 서비스의 양, 폐기물 처리량 등 온실가스 배출량 등의 산정에 필요한 정량적인 측정결과를 말함

구 분	용어	정의
8	바이오매스	생물유기체, 유기성폐기물, 동물·식물의 유지 등으로 생물 또는 생물 기원의 모든 유기체 및 유기물을 말함
9	배출계수	단위 활동 당 가스의 배출 또는 흡수를 정량화하는 계수로써 배출계수는 주어진 운전 조건과 활동수준 하에 대표성 있는 배출량을 산정하기 위해 평균화된 측정 자료의 표본에 근거하여 개발함
10	IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)	기후변화에 관한 정부간 패널을 의미하여, 인간활동의 확대에 수반된 대기환경의 변화가 기후, 식량, 에너지, 수자원 등 사회 모든 분야에 중대한 영향을 미치고, 경제의 지속적 성장을 저해 할 지도 모른다는 공통된 인식하에 구체적 대처를 검토하는 정부간 회의를 말함
11	TOE (Ton of Oil Equivalent)	다른 종류의 에너지원을 원유 1톤(7.41배럴)의 발열량(1,000만 kcal) 기준으로 환산한 단위를 말함
12	순발열량	일정 단위의 연료가 완전 연소되어 생기는 열량에서 연료 중 수증기의 잠열을 뺀 열량으로서 온실가스 배출량 산정에 활용되는 발열량을 말함
13	감축원단위	해당 온실가스 감축사업의 단위 활동자료 당 감축되는 온실가스 감축량을 말함
14	감축원단위 산정근거	감축원단위 산정을 하기 위하여 적용하는 산정인자, 가정, 계산방법 및 절차 등을 말함
15	산정계수	감축원단위 산정을 하기 위하여 사용한 산정인자를 말함
16	모니터링 인자	감축량 산정을 위해 모니터링이 필요한 활동자료를 말함

제2장
부문별 감축원단위

제1절 전환

제2절 산업

제3절 건물

제4절 수송

제5절 농축수산

제6절 폐기물

제7절 수소

제8절 흡수원



제2장 부문별 감축원단위

제1절 전환

1	전환	태양광 발전	
1 개요		태양전지를 이용하여 태양빛을 직접 전기에너지로 변환시켜 전력을 생산하는 발전으로, 청정에너지원으로 전력에너지를 생산하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [시설용량] 0.617tCO$_2$eq/kW • [발전량] 0.0004781tCO$_2$eq/kWh	
3 감축량 산정식		• [시설용량] 감축원단위(0.617tCO$_2$eq/kW) × 시설용량(kW) • [발전량] 감축원단위(0.0004781tCO$_2$eq/kWh) × 발전량(kWh)	
4 감축원단위 산정근거		• [시설용량] 감축원단위(0.617tCO$_2$eq/kW) = 에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 1,291.2MWh/MW × 0.4781tCO$_2$eq/MWh × 10^{-3} = **0.617tCO$_2$eq/kW** • [시설용량] 에너지생산량(1,291.2MWh/MW) = 시설용량 × 태양광 발전설비 연간 가동시간 × 발전효율 ※ 1MW × 8,760h × 14.74% = **1,291.2MWh/MW** • [발전량] 감축원단위(0.0004781tCO$_2$eq/kWh) = 전력배출계수 × 단위환산 ※ 0.4781tCO$_2$eq/MWh × 10^{-3} = **0.0004781tCO$_2$eq/kWh**	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781tCO$_2$eq/MWh	①
		• 태양광 발전설비 연간 가동시간 : 8,760h	②
		• 발전효율 : 14.74%	③
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ② e-나라지표 홈페이지(일조시간 추이) (http://index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1402) ③ 한국에너지공단, 2020년 신재생에너지 보급통계, 2021(p165)	
7 모니터링 인자		• 시설용량(kW)	지속
		• 발전량(kWh)	단발
8 추진사례		• 공유재산 부지 태양광발전사업(6MW), 경상북도 경주시 • 삼계정수장 태양광발전사업(1.8MW), 경상남도 김해시	

2	전환	건물일체형(BIPV) 태양광발전	
1 개요		기존 및 신축 건축물의 창호나 벽면, 지붕재 등 건축물의 외장재를 구성하는 자재를 대체하여 태양전지를 설치함으로써, 청정 전력에너지를 생산하고 이를 통해 온실가스 저감에 기여하는 사업	
2 원단위		• [시설용량] 0.4602 tCO_2eq/kW • [발전량] 0.0004781 tCO_2eq/kWh	
3 감축량 산정식		• [시설용량] 감축원단위 (0.4602 tCO_2eq/kW) × 시설용량(kW) • [발전량] 감축원단위 (0.0004781tCO_2eq/kWh) × 발전량(kWh)	
4 감축원단위 산정근거		• [시설용량] 감축원단위(0.4602 tCO_2eq/kW) = 에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 962.66 MWh/MW × 0.4781 tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.4602 tCO_2eq/kW** • [시설용량] 시설용량 대비 에너지생산량(962.66MWh/MW) = 단위용량 × 태양광발전설비 연간 가동시간 × 발전효율 ※ 1MW/1MW × 8,760h × 10.9892 % = 962.66 MWh/MW ※ 발전효율 = 2.64시간/24시간 ×100 = 10.9892% • [발전량] 감축원단위(0.0004781tCO_2eq/kWh) = 전력배출계수 × 단위환산 ※ 0.4781 tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.0004781 tCO_2eq/kWh**	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 서울시 신청사 설치용량 : 201.47 kW • 서울시 신청사 연평균 발전량(2015~2017년도 평균 값) • BIPV Type : G-to-G	②
		• 국립환경과학원 설치용량 : 108.1 kW • 국립환경과학원 연평균 발전량(2011.5~2013.4, 3년간 모니터링 값) • BIPV Type : G-to-G, G-to-T	③

구분	2015	2016	2017
일발전량	574	592	563
월발전량	17,352	17,736	17,153
연발전량	208,229	212,838	205,846
연평균 발전량			208,971

구분	G-to-G	G-to-T	합
설치용량(kW)	79.4	28.7	108.1
발전량(kWh)	141,760	66,001	207,761
일 발전시간(hr)	2.45	3.15	2.63

<table>
<tr><td>2</td><td>전환</td><td colspan="3">건물일체형(BIPV) 태양광발전</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2">• 도봉구 체육시설 설치용량 : 28.36 kW
• 도봉구 체육시설 연평균 발전량(2010.4~2011.3, 1년간 모니터링 값)
• BIPV Type : G-to-G
<table><tr><th>구분</th><th>G-to-G</th></tr><tr><td>설치용량(kW)</td><td>28.36</td></tr><tr><td>발전량(kWh)</td><td>12,459</td></tr><tr><td>일 발전시간(hr)</td><td>1.20</td></tr></table></td><td>④</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 건물일체형 태양광발전설비 일 평균 가동시간(2.64시간/일)
= 연간 평균 발전량(kWh) / (설치용량(kW) × 365일)
※ 325,310 kWh/년 ÷ (337.9 kW × 365일/년) = 2.64시간/일
<table><tr><th>구분</th><th>서울시</th><th>환경과학원</th><th>도봉구</th><th>합계</th></tr><tr><td>설치용량(kW)</td><td>201.47</td><td>108.1</td><td>28.36</td><td>337.9</td></tr><tr><td>연평균 발전량(kWh)</td><td>208,971</td><td>103,880</td><td>12,459</td><td>325,310</td></tr><tr><td>일 발전시간(hr)</td><td>2.84</td><td>2.63</td><td>1.20</td><td>2.64</td></tr></table>
• MW 당 연간 발전량(962.66 MWh/MW)
= 태양광 설치용량(MW) × 일평균 발전시간(hr) × 365일/년
※ 1.0 MW ×2.64 hr/일 × 365일/년 = 962.66 MWh/MW
• 발전효율 = 일발전시간(hr) / 24시간 = 2.64hr / 24hr = 10.9892 %</td><td>②
③
④</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021)
② 신재생에너지 BIPV 보급 활성화 방안 연구, 김형우 외, 울산연구원, 2020.12.21.(p120~121)
③ 전력난 해결? 기후변화연구동에 답이 있다. 2013.8.28., 국립환경 과학원, 보도자료
④ 도봉구 체육관커튼월에 설치된 건물일체형 태양광발전시스템의 발전량과 기후요소 간의 상관성 분석, 한국태양에너지학회, Vol. 32, No. 1, 2012</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 시설용량(kW)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 발전량(kWh)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 지자체에서 추진 중인 건물일체형 태양광 보급사업 추진 시 적용 가능
- 건물일체형 태양광 민간보급 시범사업, 광주광역시
- 건물일체형 태양광 민간보급 사업, 서울특별시</td><td></td></tr>
</table>

3	전환	미니태양광 발전	
1 개요		아파트 베란다, 주택 옥상 등 유휴공간에 소규모 태양전지를 설치하여, 청정에너지원으로 전력에너지를 생산하여 온실가스 저감에 기여하는 사업	
2 원단위		• [시설용량] 0.4529 tCO_2eq/kW • [발전량] 0.0004781 tCO_2eq/kWh	
3 감축량 산정식		• [시설용량] 감축원단위 (0.4529 tCO_2eq/kW) × 시설용량(kW) • [발전량] 감축원단위 (0.0004781tCO_2eq/kWh) × 발전량(kWh)	
4 감축원단위 산정근거		• [시설용량] 감축원단위(0.4529 tCO_2eq/kW) = 에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 947.35 MWh/MW × 0.4781 tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.4529 tCO_2eq/kW** • [시설용량] 시설용량 대비 에너지생산량(947.35 MWh/MW) = 단위용량 × 태양광발전설비 연간 가동시간 × 발전효율 ※ 1MW/1MW × 8,760h × 10.814% = 947.35 MWh/MW ※ 발전효율 = 2.595시간/24시간 ×100 = 10.814 % • [발전량] 감축원단위(0.0004781 tCO_2eq/kWh) = 전력배출계수 × 단위환산 ※ 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.0004781 tCO_2eq/kWh**	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 에너지 생산량 : 947.35 MWh/MW	②
		• 베란다 태양광발전설비 일평균 가동시간 : 2.595시간/일	②
		• 발전효율 : 10.814 %	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 서울시 베란다 태양광 모니터링 자료를 이용한 발전효율 산출 - 서울에너지공사 베란다 태양광 발전량 모니터링 자료 (2020년 1월 ~ 2022년 12월, 3년간 서울시 25개 구 117개소 모니터링 자료)	
7 모니터링 인자		• 시설용량(kW)	지속
		• 발전량(kWh)	단발
8 추진사례		• 지자체에서 추진 중인 미니태양광 보급사업 추진 시 적용 가능 - 미니태양광 보급 지원사업, 서울특별시 - 베란다형(미니) 태양광 보급 지원사업, 경기도 수원시, 경기도 시흥시 - 미니태양광 보급사업, 인천광역시 서구, 연수구 등 - 미니태양광 보급사업, 대구광역시	

4	전환	수상태양광 발전	
1 개요		호수, 저수지, 댐, 연못 등 유휴 수면부지에 태양전지를 설치하여 청정에너지원으로 전력에너지를 생산하여, 온실가스 저감에 기여하는 사업	
2 원단위		• [시설용량] 0.6264 tCO_2eq/kW • [발전량] 0.0004781 tCO_2eq/kWh	
3 감축량 산정식		• [시설용량] 감축원단위 (0.6264 tCO_2eq/kW) × 시설용량(kW) • [발전량] 감축원단위 (0.0004781tCO_2eq/kWh) × 발전량(kWh)	
4 감축원단위 산정근거		• [시설용량] 감축원단위(0.6264 tCO_2eq/kW) = 에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 1,310.26 MWh/MW × 0.4781 $tCO_2eq/MWh \times 10^{-3}$ = **0.6264 tCO_2eq/kW** • [시설용량] 시설용량 대비 에너지 생산량(1,310.26 MWh/MW) = 단위용량 × 태양광발전설비 연간 가동시간 × 발전효율 ※ 1MW/1MW × 8,760h × 14.9583 % = 1,310.26 MWh/MW ※ 발전효율 = 3.59시간/24시간 ×100 = 14.9583 % • [발전량] 감축원단위(0.0004781tCO_2eq/kWh) = 전력배출계수 × 단위환산 ※ 0.4781 $tCO_2eq/MWh \times 10^{-3}$ = **0.0004781 tCO_2eq/kWh**	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 에너지 생산량 : 1,310.26 MWh/MW	②
		• 수상태양광 발전설비 일평균 가동시간 : 3.59시간/일	②
		• 발전효율 : 14.9583 %	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 한국농어촌공사 수상 태양광 모니터링 자료를 이용한 발전효율 산출 - 한국농어촌공사 수상 태양광 발전량 모니터링 자료(2022년 1월 1일 ~ 12월 31일, 전국 41개 수상 태양광발전소)	
7 모니터링 인자		• 시설용량(kW)	지속
		• 발전량(kWh)	단발
8 추진사례		• 지자체에서 추진 중인 주민참여형 수상태양광 보급사업 추진 시 적용 가능 - 주민참여형 합천댐 수상 태양광발전 사업, 경상남도 - 주민참여형 소양강댐 수상 태양광발전 사업, 강원특별자치도 - 주민참여형 임하댐 수상 태양광발전 사업, 경상북도	

5	전환	영농형 태양광 발전
1 개요		논과 밭 등 농작물을 재배하는 상부에 태양전지를 설치하여, 청정에너지원으로 전력에너지를 생산하여 온실가스 저감에 기여하는 사업. ※ 영농형태양광은 감수율(수확량 감소 비율) 20% 이내와 차광률(전체 농지 면적 중 태양광 패널이 차지하는 면적의 비율) 30% 이내를 유지하는 조건을 만족해야 함
2 원단위		• [시설용량] 0.6836 tCO_2eq/kW • [설치면적] 0.0224 tCO_2eq/m^2 • [발전량] 0.0004781 tCO_2eq/kWh
3 감축량 산정식		• [시설용량] 감축원단위 (0.6836 tCO_2eq/kW) × 시설용량(kW) • [설치면적] 감축원단위 (0.0224 tCO_2eq/m^2) × 설치면적(m^2) • [발전량] 감축원단위 (0.0004781tCO_2eq/kWh) × 발전량(kWh) ✎ 적용 예시 면적이 2,500m^2(약 750평)인 농지(논 또는 밭)에 영농형 태양광을 설치한다면, 연간 온실가스 감축량 계산 방법 : 감축원단위 (0.0224 tCO_2eq/m^2) × 설치면적(m^2) = 0.0224 tCO_2eq/m^2 × 2,500 m^2 = 56.0 tCO_2eq
4 감축원단위 산정근거		• [시설용량] 감축원단위(0.6836 tCO_2eq/kW) = 에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 1,429.84 MWh/MW × 0.4781 tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.6836 tCO_2eq/kW** • [시설용량] 시설용량 대비 에너지생산량(1,429.84 MWh/MW) = 단위용량 × 태양광발전설비 연간 가동시간 × 발전효율 ※ 1MW기준 에너지 생산량 = 1MW × 8,760h × 16.3224% = 1,429.84 MWh/MW ※ 발전효율 = 영농형 태양광 일 평균 발전시간/1일 = 3.92시간/24시간 = 16.3224 % • [설치면적] 감축원단위(0.0224 tCO_2eq/m^2) = 에너지생산량(설비용량 562.56kW 기준) ÷ 설치면적(m^2) × 전력배출계수 ※ 804.37 MWh ÷ 17,175 m^2 × 0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0224 tCO_2eq/m^2** ※ 에너지생산량(설비용량 562.56kW 기준) = 6개 영농형 태양광 설비용량 합(562.56kW) × 8,760h × 16.3224% × 1MW/1000kW = 804.37 MWh ※ 6개 영농형 태양광 설치면적 합(m^2) = 17,175m^2

<table>
<tr><th colspan="2">5 전환</th><th colspan="3">영농형 태양광 발전</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">• [발전량] 감축원단위(0.0004781 tCO_2eq/kWh)
= 전력배출계수 × 단위환산
※ 0.4781$tCO_2eq/MWh \times 10^{-3}$ = 0.0004781 tCO_2eq/kWh</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">5 산정계수</td><td>• 전력배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh</td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 영농형 태양광발전 설치용량, 설치면적 및 연간 발전량
<table>
<tr><th rowspan="2">위치</th><th rowspan="2">설치년월</th><th rowspan="2">설치용량 (kW)</th><th rowspan="2">설치면적 (m^2)</th><th colspan="2">연간 발전량(kWh)</th></tr>
<tr><th>2021년</th><th>2022년</th></tr>
<tr><td>A</td><td>19년 3월</td><td>76.8</td><td>2,192</td><td>109,908</td><td>113,976</td></tr>
<tr><td>B</td><td>19년 5월</td><td>97.12</td><td>3,323</td><td>120,840</td><td>142,272</td></tr>
<tr><td>C</td><td>19년 4월</td><td>97.12</td><td>3,068</td><td>137,952</td><td>141,684</td></tr>
<tr><td>D</td><td>19년 7월</td><td>97.12</td><td>2,939</td><td>146,844</td><td>151,020</td></tr>
<tr><td>E</td><td>20년 2월</td><td>97.12</td><td>2,648</td><td>133,200</td><td>139,428</td></tr>
<tr><td>F</td><td>19년 6월</td><td>97.28</td><td>3,005</td><td>129,576</td><td>142,044</td></tr>
<tr><td colspan="2">합</td><td>562.56</td><td>17,175</td><td>778,320</td><td>830,424</td></tr>
<tr><td colspan="2">발전효율(%)</td><td colspan="4">16.3224 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">일 평균 발전시간(h)</td><td colspan="4">3.92</td></tr>
</table>
• 영농형 태양광발전설비 일평균 가동시간 : 3.92 시간/일
• 발전효율 : 16.32 %</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수
② 한국남동발전(주), 2021년 2022년 영농형태양광 운영현황 자료 (경남 고성, 하동, 함양, 남해, 거창, 함안군 영농형태양광발전 2021년, 2022년 설치용량, 설치면적, 연간발전량 자료 활용)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 시설용량(kW)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 설치면적(m^2)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 발전량(kWh)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 영농형 태양광사업(99kW), 충청북도 청주시
• 영농형 태양광사업(100kW), 경기도 파주시
• 영농형 태양광사업(99kW), 전라남도 보성군</td></tr>
</table>

6	전환	태양열 시스템 보급 확대 (평판형, 공기식무창형, 공기식유창형, 단일진공관형, 이중진공관형)	
1 개요		태양열 시스템은 타 신재생에너지원에 비해 경제성이 높은 에너지원으로 태양열을 활용한 난방 및 온수 사용 설비 등을 이용하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [평판형] 0.285tCO$_2$eq/m^2 • [공기식무창형] 0.233tCO$_2$eq/m^2 • [공기식유창형] 0.266tCO$_2$eq/m^2 • [단일진공관형,이중진공관형] 0.356tCO$_2$eq/m^2	
3 감축량 산정식		• [평판형] 감축원단위(0.285tCO$_2$eq/m^2) × 태양열 설치면적(m^2) • [공기식무창형] 감축원단위(0.233tCO$_2$eq/m^2) × 태양열 설치면적(m^2) • [공기식유창형] 감축원단위(0.266tCO$_2$eq/m^2) × 태양열 설치면적(m^2) • [단일진공관형,이중진공관형] 감축원단위(0.356tCO$_2$eq/m^2) × 태양열 설치면적(m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• [평판형] 감축원단위(0.285tCO$_2$eq/m^2) = 평판형 태양열 단위에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 596kWh/m^2 × 0.4781tCO$_2$eq/MWh × 10^{-3}= **0.285tCO$_2$eq/m^2** • [공기식무창형] 감축원단위(0.233tCO$_2$eq/m^2) = 공기식무창형 태양열 단위에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 487kWh/m^2 × 0.4781tCO$_2$eq/MWh × 10^{-3}= **0.233tCO$_2$eq/m^2** • [공기식유창형] 감축원단위(0.266tCO$_2$eq/m^2) = 공기식유창형 태양열 단위에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 557kWh/m^2 × 0.4781tCO$_2$eq/MWh × 10^{-3}= **0.266tCO$_2$eq/m^2** • [단일진공관형,이중진공관형] 감축원단위(0.356tCO$_2$eq/m^2) = 단일진공관형,이중진공관형 태양열 단위에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 745kWh/m^2 × 0.4781tCO$_2$eq/MWh × 10^{-3}= **0.356tCO$_2$eq/m^2**	
5 산정계수		• 태양열 단위에너지생산량 : 596kWh/m^2 (평판형), 487kWh/m^2 (공기식무창형), 557kWh/m^2 (공기식유창형), 745kWh/m^2 (단일진공관형, 이중진공관형)	①
		• 전력배출계수 : 0.4781tCO$_2$eq/MWh	②
6 출처		① 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침 (신재생에너지센터공고 제2020-17호), [별표10]단위에너지 생산량 및 원별 보정계수(186p) ② 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)	
7 모니터링 인자		• 태양열 설치면적(m^2)	지속
8 추진사례		• 서울특별시, 경기도 광명시, 경상북도 다목적 태양열시스템 보급 등	

7	발전	PVT (Photovoltaic Thermal, 태양광·열 복합모듈) 보급	
1 개요		전기를 생산하는 태양광 시스템과 열을 생산하는 태양열 시스템이 결합된 시스템으로서 전기에너지와 열에너지를 동시에 생산하고, 열 회수를 통해 전기에너지 생산의 효율을 올리는 것을 통해 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [PVT 패널 면적] 0.116 tCO_2eq/m^2 • [PVT 설치 용량] 0.743 tCO_2eq/kW	
3 감축량 산정식		• [PVT 패널 면적] 감축원단위 (0.116 tCO_2eq/m^2) × PVT 패널 면적 (m^2) • [PVT 설치 용량] 감축원단위 (0.743 tCO_2eq/kW) × PVT 설치 용량 (kW)	
4 감축원단위 산정근거		• [PVT 설치 용량] 감축원단위(0.743 tCO_2eq/kW) = 설치 각도 별 연간 온실가스 저감량 평균 ÷ PVT 패널 설치용량 = 0.116 tCO_2eq/m^2 ÷ 0.156kW/m^2 **= 0.743 tCO_2eq/kW** • [PVT 패널 면적] 감축원단위(0.116 tCO_2eq/m^2) = 설치 각도 별 연간 온실가스 저감량 평균 ÷ PVT 패널 면적 = {(각도별 전력 절감량의 합 × 전력배출계수) + (각도별 LNG 절감량의 합 × LNG 배출계수)} ÷ 4 × 단위환산 = {(589.1 kWh/m^2 × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$) + (83.4 Nm^3/m^2 × 2.188 $kgCO_2eq/Nm^3$)} ÷ 4 = (281.64 $kgCO_2eq/m^2$ + 182.53 $kgCO_2eq/m^2$) ÷ 4 × 10^{-3} **= 0.116 tCO_2eq/m^2** ※ LNG 배출계수($kgCO_2eq/Nm^3$) = 순발열량(MJ/Nm^3)×∑(온실가스별 배출계수($kgCO_2/TJ$) × 온실가스별 지구온난화지수)×10^{-6} = 38.9MJ/Nm^3×{(56,100$kgCO_2/TJ$×1)+(5$kgCH_4/TJ$×28)+(0.1kgN_2O/TJ×265)}×10^{-6} = 2.188$kgCO_2eq/Nm^3$	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• LNG 배출계수 : (CO_2) 56,100 $kgCO_2/TJ$	④
		• LNG 배출계수 : (CH_4) 5$kgCH_4/TJ$, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	③
		• LNG 순발열량 : 38.9 MJ/Nm^3	④
		• PVT 시스템의 설치 각도별 에너지 저감량	⑤

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>20도</th><th>35도</th><th>75도</th><th>90도</th><th>합 계</th></tr>
<tr><td>전력(kWh/㎥)</td><td>170.9</td><td>173.4</td><td>136.9</td><td>107.9</td><td>589.1</td></tr>
<tr><td>도시가스(LNG)
(Nm^3/m^2)</td><td>24.4</td><td>25.2</td><td>19.3</td><td>14.5</td><td>83.4</td></tr>
</table>
• PVT 패널 설치 면적 : 1.92㎡
• PVT 패널 설치용량 : 300W
</td><td></td></tr>
<tr><td>6 출처</td><td colspan="2">① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수
② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련)
③ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013)
④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련)
⑤ Greenhouse Gas Reduction Effect of Solar Energy Systems Applicable to High-Rise Apartment Housing Structures in South Korea. (박장현 외 Energis, 2020. pp.6~8)</td></tr>
<tr><td>7 모니터링 인자</td><td>• PVT 패널 면적(m^2)
• PVT 설치 용량(kW)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td>8 추진사례</td><td colspan="2">• PVT 모듈 실증 사업, 충청남도 계룡시</td></tr>
</table>

8	전환	풍력 발전	
1 개요		풍력 터빈을 이용하여 바람을 전력으로 전환하는 발전을 말하며, 청정에너지원으로 전력에너지를 생산하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [시설용량] 0.951tCO_2eq/kW • [발전량] 0.0004781tCO_2eq/kWh	
3 감축량 산정식		• [시설용량] 감축원단위(0.951tCO_2eq/kW) × 시설용량(kW) • [발전량] 감축원단위(0.0004781tCO_2eq/kWh) × 발전량(kWh)	
4 감축원단위 산정근거		• [시설용량] 감축원단위(0.951tCO_2eq/kW) = 에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 1,988.52MWh/MW × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.951tCO_2eq/kW** • [시설용량] 시설용량 대비 에너지생산량(1,988.52MWh/MW) = 단위용량 × 발전일 × 발전시간 × 연간 이용율 ※ 1MW/1MW × 365일 × 24h/일 × 22.7% = **1,988.52MWh/MW** • [발전량] 감축원단위(0.0004781tCO_2eq/kWh) = 전력배출계수 × 단위환산 ※ 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.0004781tCO_2eq/kWh**	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	①
		• 연간 이용율 : 22.70% (2020년 기준)	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ② 한국에너지공단, 2020년 신재생에너지 보급통계, 2021(p165)	
7 모니터링 인자		• 시설용량(kW)	지속
		• 발전량(kWh)	단발
8 추진사례		• 2030년까지 설비용량 6.2GW급 해상풍력단지 조성, 인천광역시 • 가덕산 풍력발전, 강원특별자치도 태백시 • 반딧불이 해상풍력 사업, 울산광역시	

9	전환	소수력 발전	
1 개요		물의 낙하차를 이용한 시설용량 10,000kW이하의 수력발전을 말하며, 청정에너지원으로 전력에너지를 생산하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [설비용량] 1.096tCO_2eq/kW • [발전량] 0.0004781 tCO_2eq/kWh	
3 감축량 산정식		• [설비용량] 감축원단위(1.096 tCO_2eq/kW) × 설비용량(kW) • [발전량] 감축원단위(0.0004781 tCO_2eq/kWh) × 발전량(kWh)	
4 감축원단위 산정근거		• [설비용량] 감축원단위(1.096tCO_2eq/kW) = 에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 2,293.37kWh/kW × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **1.096tCO_2eq/kW** • [설비용량] 에너지생산량(2,293.37kWh/kW) = 설치용량 × 발전일 × 발전시간 × 연간 이용율 ※ 1kW × 365일 × 24h/일 × 26.18% = **2,293.37kWh/kW** • [발전량] 감축원단위(0.0004781tCO_2eq/kWh) = 전력배출계수 × 단위환산 ※ 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.0004781tCO_2eq/kWh**	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	①
		• 연간 이용율 : 26.18% ※ 수력 양수 이용율 중 2021년 12월~2022년 11월의 평균값 적용	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ② 공공데이터포털 홈페이지(수력양수 발전량 및 이용율, 2021) (https://www.data.go.kr/data/15041895/fileData.do)	
7 모니터링 인자		• 설비용량(kW)	지속
		• 발전량(kWh)	단발
8 추진사례		• 노량진 배수지 소수력발전, 서울특별시 • 광역정수장 소수력 발전, 경기도 성남시 수정구	

10	전환	양수발전	
1 개요		전력 수요가 적은 시간대에 잉여 전력을 이용해 하부댐의 물을 상부댐으로 끌어올렸다가 전력 수요가 많아지면 상부댐의 물을 하부댐으로 흘려보내 전력을 생산함으로써 온실가스 저감에 기여. ※ 잉여전력을 이용하여 양수발전을 한다는 가정하에 원단위 산정. ※ 2023년 국내 전기생산량(588.0TWh), 전기판매량(545.9TWh)	
2 원단위		• [시설용량] 298.41 tCO_2/MW • [발전량] 0.3690 tCO_2/MWh	
3 감축량 산정식		• [시설용량] 감축원단위(298.41 tCO_2/MW) × 시설용량(MW) • [발전량] 감축원단위(0.3690 tCO_2/MWh) × 발전량(MWh)	
4 감축원단위 산정근거		• [시설용량] 감축원단위(**298.41** tCO_2/MW) = 에너지생산량 × 양수발전전력배출계수 ※ 808.74 MWh/MW × 0.3690 tCO_2eq/MWh = **298.41 tCO_2eq/MW** • [시설용량] 연간 에너지생산량(808.74 MWh/MW) = 연간 양수발전량 ÷ 발전용량(MW) ※ 3,801,091 MWh ÷ 4,700 MW = **808.74 MWh/MW** • [발전량] 감축원단위(**0.3690** tCO_2eq/MWh) = 국가전력배출계수 - 양수발전전력배출계수 ※ 양수발전 전력배출계수는 잉여전력을 이용하여 저수지에 물을 퍼 올린 후 전력이 필요할 때 양수발전을 통해 전력을 생산하는 기준으로 산출된 값임. 즉, 잉여전력을 사용했지만, 잉여전력을 생산하는 과정에서 발생한 온실가스 배출량을 고려하여 산정 하였음. ※ 양수발전전력배출계수 = 국가전력배출계수(tCO_2eq/MWh) × 양수발전효율(%) = 0.4781tCO_2eq/MWh × 0.7718 = 0.3690 tCO_2eq/MWh	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	①
		• 연간 양수발전량 : 3,801,091 MWh	②
		• 우리나라 양수발전 용량 : 4,700MW(총 16기)	③
		• 양수발전효율(%) : 77.18% ※ 전력사용량 : 52,352MWh, 양수발전량 : 40,403MWh	④

10	전환	양수발전	
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ② 한국수력원자력(주), 수력양수 발전량 및 이용율, 2023.11.30. https://www.data.go.kr/data/15041895/fileData.do ③ 한국수력원자력(주), 우리나라 양수발전 설비현황 https://www.khnp.co.kr/main/contents.do?key=219 ④ (사)한국수력산업협회, 수력산업뉴스, 2024.2.28.	
7 모니터링 인자		• 시설용량(MW)	지속
		• 발전량(MWh)	단발
8 추진사례		• 영동양수발전소(500MW), 충청남도 계룡시 • 홍천양수발전소(600MW), 강원특별자치도 홍천군 • 포천양수발전소(700MW), 경기도 포천시	

11	전환	지열
1 개요		지열에너지는 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 이용하여 냉·난방에 활용하는 기술로 화석 연료 사용량 절감을 통해 온실가스 저감에 기여
2 원단위		• [보급물량] 0.479tCO_2eq/RT • [설치용량] 0.413tCO_2eq/kW • [열생산량] 56.1tCO_2eq/TJ
3 감축량 산정식		• [보급물량] 감축원단위(0.479tCO_2eq/RT) × 보급물량(RT) • [설치용량] 감축원단위(0.413tCO_2eq/kW) × 지열에너지 설치용량(kW) • [열생산량] 감축원단위(56.1tCO_2eq/TJ) × 열생산량(TJ)
4 감축원단위 산정근거		• [보급물량] 감축원단위(0.479tCO_2eq/RT) = (냉방환산기준 × 냉방비중 × 전력배출계수) + (난방환산기준 × 난방비중 × LNG배출계수) ※ (0.174TOE/RT × 9.29% × 0.11tCO_2eq/TOE) + (0.444TOE/RT × 45.8% × 2.349tCO_2eq/TOE) = **0.479tCO_2eq/RT** ✓ 주거용을 대상으로 분석 • [보급물량] 전력배출계수(0.04tCO_2eq/TOE) = 전력배출계수 × 단위환산 ※ 0.4781tCO_2eq/MWh ÷ 4.3668MWh/TOE = **0.11tCO_2eq/TOE** • [보급물량] LNG배출계수(2.349tCO_2eq/TOE) = LNG배출계수 × 열량 환산계수 × 단위환산 ※ 56,100kgCO_2/TJ × (41.868 × 10^{-3})TJ/TOE × 10^{-3} = **2.349tCO_2eq/TOE** • [설치용량] 감축원단위(0.413tCO_2eq/kW) = 지열에너지 단위 에너지생산량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 864kWh/kW × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.413tCO_2eq/kW** • [열생산량] 감축원단위(56.1tCO_2eq/TJ) = LNG배출계수 × 단위환산 ※ 56,100kgCO_2/TJ × 10^{-3} = **56.1tCO_2eq/TJ**

11	전환	지열	
5 산정계수		• 냉방환산기준 : 0.174TOE/RT	①
		• 냉방비중 : 9.29% ※ 맞벌이 가구의 전력소비량 중 냉방비중을 적용함	⑥
		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	③
		• 난방환산기준 : 0.444TOE/RT	①
		• 난방비중 : 45.8%	②
		• LNG배출계수 : 56,100kgCO_2/TJ	④
		• 지열에너지 단위 에너지생산량 : 864kWh/kW	⑤
6 출처		① 산업통상자원부·한국에너지공단, 2019년 신재생에너지 보급통계, 2020(166p) ② 에너지경제연구원, 주거용 건물 에너지 소비요인분석을 통한 건물 에너지 정책 방안 연구, 2017(11p) ③ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ⑤ 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침 (신재생에너지센터공고 제2020-17호), [별표10]단위에너지 생산량 및 원별 보정계수(186p) ⑥ 서울연구원, 서울시 가정용 전력소비의 변화요인과 저감방안, 2013(p11)	
7 모니터링 인자		• 보급물량(RT)	지속
		• 지열에너지 설치용량(kW)	지속
		• 열생산량(TJ)	단발
8 추진사례		• 광주광역시, 서울특별시(가락시장, 용산국제업무지구 등) 등 전국 약 110여 지자체 추진	

12	전환	소각장 폐열 자원화
1 개요		생활쓰레기를 소각하여 소각열을 생산하고, 열 생산량만큼 기존 열 생산을 위해 사용된 화석연료를 대체함으로써 온실가스 저감에 기여
2 원단위		• [B-C유 대체] 0.782tCO_2eq/톤 • [경유대체] 0.713tCO_2eq/톤 • [LNG대체] 0.545tCO_2eq/톤
3 감축량 산정식		• [B-C유 대체] 감축원단위(0.782tCO_2eq/톤) × 소각량(톤) • [경유 대체] 감축원단위(0.713tCO_2eq/톤) × 소각량(톤) • [LNG유 대체] 감축원단위(0.545tCO_2eq/톤) × 소각량(톤)
4 감축원단위 산정근거		• [B-C유 대체] 감축원단위(0.782tCO_2eq/톤) = 생활폐기물 에너지생산량 × B-C유 배출계수(kgCO_2eq/TJ) × 열량 환산계수 × 단위환산 ※ 2,318,000kcal/톤 × {80,300kgCO_2/TJ + (3kgCH_4/TJ × 28) + (0.6kgN_2O/TJ × 265)} × (4.1868×10^{-9})TJ/kcal × 10^{-3} = **0.782tCO_2eq/톤** • [경유 대체] 감축원단위(0.713tCO_2eq/톤) = 생활폐기물 에너지생산량 × 경유배출계수(kgCO_2eq/TJ) × kcal단위환산 × 단위환산 ※ 2,318,000kcal/톤 × {73,200kgCO_2/TJ + (3kgCH_4/TJ × 28) + (0.6kgN_2O/TJ × 265)} × (4.1868×10^{-9})TJ/kcal × 10^{-3} = **0.713tCO_2eq/톤** • [LNG유 대체] 감축원단위(0.545tCO_2eq/톤) = 생활폐기물 에너지생산량 × LNG배출계수(kgCO_2eq/TJ) × kcal단위환산 × 단위환산 ※ 2,318,000kcal/톤 × {56,100kgCO_2/TJ + (1kgCH_4/TJ × 28) + (0.1kgN_2O/TJ × 265)} × (4.1868×10^{-9})TJ/kcal × 10^{-3} = **0.545tCO_2eq/톤** ✓ 소각열로 B-C유, 경유, LNG를 각각 대체한다고 가정하여 각 연료별 감축원단위 도출 ✓ 국가고유배출계수에 CO_2 배출계수만 제시되어 있으므로, N_2O 및 CH_4 배출계수는 IPCC 가이드라인의 배출계수를 적용함

12	전환	소각장 폐열 자원화	
5 산정계수		· 생활폐기물 에너지생산량 : 2,318kcal/kg ※ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침 [별표 12], "온실가스 배출량 산정 시 순발열량을 사용하며, 에너지사용량을 집계할 경우 총 발열량을 사용한다." * 고정연소(고체연료) 배출량 산정 시 저위발열량(순발열량) 적용 참고 자료 : 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침 [별표6]	①
		• B-C유 배출계수 : (CO_2) 80,300kgCO_2/TJ	②
		• B-C유 배출계수 : (CH_4) 3kgCH_4/TJ, (N_2O) 0.6kgN_2O/TJ ※ 에너지산업 기준	③
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	④
		• 경유배출계수 : (CO_2) 73,200kgCO_2/TJ	②
		• 경유배출계수 : (CH_4) 3kgCH_4/TJ, (N_2O) 0.6kgN_2O/TJ ※ 에너지산업 기준	③
		• LNG배출계수 : (CO_2) 56,100kgCO_2/TJ	②
		• LNG배출계수 : (CH_4) 1kgCH_4/TJ, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 에너지산업 기준	③
6 출처		① 국내 생활폐기물 소각시설의 저위발열량 산정방법에 관한 연구(한국폐기물자원순환학회지 등재) ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유 발열량 및 배출계수(제15조제2항 관련) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표10]2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수 (제15조제1항관련) ④ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서	
7 모니터링 인자		• 소각량(톤)	단발
8 추진사례		• 남부소각장 폐열에너지 자원화, 제주특별자치도 서귀포시 • 쓰레기 소각장 폐열자원화, 경상북도 경주시 등	

13	전환	하수열 및 하천수열 이용	
1 개요		하수 및 하천수의 수온을 이용하여 히트펌프로 에너지를 생산하고, 열 생산량만큼 온실가스 감축	
2 원단위		• 1.736tCO_2eq/kW	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(1.736tCO_2eq/kW) × 보급물량(kW)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(1.736tCO_2eq/kW) = 에너지저감량 × LNG배출계수 ※ 0.739TOE/kW × 2.349tCO_2eq/TOE = **1.736tCO_2eq/kW** • 에너지저감량(0.739TOE/kW) = 에너지저감량 - 전력투입량 ※ 1.003TOE/kW - 0.264TOE/kW = **0.739TOE/kW** ✓ [시설용량(1kW) × 발전일(365일) × 발전시간(24h) × 가동률(50%) × 전력 석유환산계수 (0.229×10^{-3}TOE/kWh)] - [에너지생산량(0.924TOE/kW) ÷ 성능계수 COP(3.5)]	
5 산정계수		• 1kW 보급당 에너지 생산량 : 0.924TOE/kW	①
		• 성능계수 COP = 히트펌프의 냉난방 능력 ÷ 히트펌프의 소비전력	①
		• 히트펌프의 성능 3.0~4.0 제품 생산(COP 3.5적용)	①
		• 전력 석유환산계수 : 0.229×10^{-3}TOE/kWh	②
		• LNG 배출계수 : 2.349tCO_2eq/TOE	③
6 출처		① 서울특별시, 서울시 온실가스·에너지 감축사업 평가지표 개발 및 이행성과 평가방안, 2012(161p) ② 에너지법 시행규칙 [별표1] 에너지열량 환산기준(제5조제1항 관련) ③ 한국환경공단, 지자체 온실가스 배출량 산정지침, 2017 ver. 4.1(314p)	
7 모니터링 인자		• 보급물량(kW)	지속
8 추진사례		• 하수열 이용 지역난방, 탄천물재생센터 하수열 이용, 서울특별시 등	

14	전환	바이오가스 열병합 발전	
1 개요		바이오 가스를 이용한 열병합 발전 설비를 가동하여 전력과 열 생산을 통해 온실가스 감축에 기여	
2 원단위		• [보급용량] 3,590.7 tCO_2eq/MW	
3 감축량 산정식		• [보급용량] 감축원단위 (3,590.7 tCO_2eq/MW) × 보급용량(MW)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 = (발전량 × 전력배출계수 + 열생산량 × LNG 배출계수) = (5,274 MWh* × 0.4781 tCO_2eq/MWh) + (454 TOE** × 2.355 tCO_2eq/TOE***) = 2,521.5 tCO_2eq + 1,069.2 tCO_2eq = 3,590.7 tCO_2eq/MW * 발전량(MWh) = 용량(MW) × 연간운영시간 × 발전설비 이용률 = 1MW × 8,760시간 × 0.6021 = 5,274MWh ** 열생산량 (TOE) = 발전량(MWh) × 전력(최종에너지) 열량 환산계수 = 5,274MWh × 0.086TOE/MWh = 454TOE ※ 바이오가스열병합 발전시스템의 열 이용효율은 100%로 가정 *** LNG 배출계수(tCO_2eq/TOE) = LNG 배출계수($kgCO_2eq/m^3$) / LNG 열량 환산계수 = 2.188$kgCO_2eq/m^3$**** / 0.000929TOE/m^3 = 2.188tCO_2eq/m^3 $\times10^{-3}$ / 0.000929TOE/m^3 = 2.355tCO_2eq/TOE ※ LNG 배출계수($kgCO_2eq/Nm^3$) = 순발열량(MJ/Nm^3)×∑(온실가스별 배출계수($kgCO_2/TJ$)×온실가스별 지구온난화지수)$\times10^{-6}$ = 38.9MJ/Nm^3×{(56,100$kgCO_2/TJ$×1)+(5$kgCH_4/TJ$×28)+(0.1kgN_2O/TJ×265)}$\times10^{-6}$ = 2.188$kgCO_2eq/Nm^3$	
5 산정계수		• 전력배출 계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	②
		• 전력(최종에너지) 열량 환산계수 : 0.086TOE/MWh • LNG 열량 환산계수 : 0.0000929TOE/m^3	③
		• 도시가스 배출계수 : 2.355 tCO_2eq/TOE	④
		• 발전설비 이용률 : 60.21%	④
		• LNG 순발열량 : 38.9 MJ/Nm^3	⑤
		• LNG배출계수 : (CO_2) 56,100$kgCO_2/TJ$	⑤
		• LNG배출계수 : (CH_4) 5$kgCH_4/TJ$, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ	⑥

14	전환	바이오가스 열병합 발전	
6 출처		① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ② IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013) ③ 에너지법 시행규칙 별표 에너지 열량 환산 기준 ④ 서울시 에너지정책 개별사업의 효과산정 방법, 2016, 서울연구원, p.32~33 ⑤ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유 발열량 및 배출계수(제15조제2항 관련) ⑥ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표10]2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련)	
7 모니터링 인자		• 보급용량(MW)	지속
8 추진사례		• 물재생 센터 바이오가스 열병합 발전설비, 서울특별시	

제2절 산업

1	산업	청정연료 전환시설 지원
1 개요		중소 대기배출사업장 중 보일러를 비롯한 대기오염물질을 다량 배출하는 시설에서 사용되는 벙커C유, 정제유, 부생연료유 등의 연료를 청정연료 사용시설(LNG)로 전환하여 온실가스 감축에 기여
2 원단위		• [벙커C유 → LNG 연료 전환] 130.44 tCO_2eq/ton • [정제연료유 → LNG 연료 전환] 92.17 tCO_2eq/ton • [부생연료유 1호 → LNG 연료 전환] 93.79 tCO_2eq/ton • [부생연료유 2호 → LNG 연료 전환] 126.67 tCO_2eq/ton
3 감축량 산정식		• [벙커C유→LNG 연료 전환] 감축원단위 (130.44 tCO_2eq/ton) × 연료 전환 시설 용량 (ton) • [정제연료유→LNG 연료 전환] 감축원단위 (92.17 tCO_2eq/ton) × 연료 전환 시설 용량 (ton) • [부생연료유 1호→LNG 연료 전환] 감축원단위 (93.79 tCO_2eq/ton) × 연료 전환 시설 용량 (ton) • [부생연료유 2호→LNG 연료 전환] 감축원단위 (126.67 tCO_2eq/ton) × 연료 전환 시설 용량 (ton)
4 감축원단위 산정근거		• [벙커C유 → LNG] 연료전환에 따른 온실가스 감축량 (130.44 tCO_2eq/ton) = 벙커C유 연료 사용 시 온실가스 배출량 - LNG 연료 사용 시 온실가스 배출량) = (432.80 - 302.36) tCO_2eq/ton **= 130.44 tCO_2eq/ton** • [정제연료유 → LNG] 연료전환에 따른 온실가스 감축량 (92.17 tCO_2eq/ton) = 정제연료유 연료 사용 시 온실가스 배출량 - LNG 연료 사용 시 온실가스 배출량 = (394.54- 302.36) tCO_2eq/ton **= 92.17 tCO_2eq/ton** • [부생연료유 1호 → LNG] 연료전환에 따른 온실가스 감축량 (93.79 tCO_2eq/ton) = 부생연료유 1호 연료 사용 시 온실가스 배출량 - LNG 연료 사용 시 온실가스 배출량 = (396.15 - 302.36) tCO_2eq/ton **= 93.79 tCO_2eq/ton** • [부생연료유 2호 → LNG] 연료전환에 따른 온실가스 감축량 (126.67 tCO_2eq/ton) = 부생연료유 2호 연료 사용 시 온실가스 배출량 - LNG 연료 사용 시 온실가스 배출량 = (429.03 - 302.36) tCO_2eq/ton **= 126.67 tCO_2eq/ton**

1	산업	청정연료 전환시설 지원
		• [LNG 연료 사용 시 온실가스 배출량] (302.36 tCO_2eq/ton) = (1 ton 보일러 가동시간 총열량 × LNG CO_2 배출계수) + (1 ton 보일러 가동시간 총열량 × LNG CH_4 배출계수) + (1 ton 보일러 가동시간 총열량 × LNG N_2O 배출계수) = (5,389,559 MJ/ton × 56,100 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 1 $kgCH_4/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 0.1 kgN_2O/TJ × 10^{-9}) **= 302.36 tCO_2eq/ton** • [벙커C유 연료 사용 시 온실가스 배출량] (432.80 tCO_2eq/ton) = 1 ton 보일러 가동시간 총열량 × 벙커C유 CO_2 배출계수 + (1 ton 보일러 가동시간 총열량 × 벙커C유 CH_4 배출계수) + (1 ton 보일러 가동시간 총열량 × 벙커C유 N_2O 배출계수) = (5,389,559 MJ/ton × 80,300 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 3 $kgCH_4/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 0.6 kgN_2O/TJ × 10^{-9}) **= 432.80 tCO_2eq/ton** • [정제연료유 연료 사용 시 온실가스 배출량] (394.54 tCO_2eq/ton) = 1 ton 보일러 가동시간 총열량 × 정제연료유 CO_2 배출계수 + (1 ton 보일러 가동시간 총열량 × 정제연료유 CH_4 배출계수) + (1 ton 보일러 가동시간 총열량 × 정제연료유 N_2O 배출계수) = 394.54 tCO_2eq/ton ※ (5,389,559 MJ/ton × 73,200 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 3 $kgCH_4/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 0.6 kgN_2O/TJ × 10^{-9}) **= 394.54 tCO_2eq/ton** • [부생연료유 1호 연료 사용 시 온실가스 배출량] (396.15 tCO_2eq/ton) = 1 ton 보일러 가동시간 총열량 × 부생연료유 1호 CO_2 배출계수 + (1 ton 보일러 가동시간 총열량 × 부생연료유 1호 CH_4 배출계수) + (1 ton 보일러 가동시간 총열량 × 부생연료유 1호 N_2O 배출계수) = (5,389,559 MJ/ton × 73,500 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 3 $kgCH_4/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 0.6 kgN_2O/TJ × 10^{-9}) **= 396.15 tCO_2eq/ton** • [부생연료유 2호 연료 사용 시 온실가스 배출량] (429.03 tCO_2eq/ton) = 1 ton 보일러 가동시간 총 열량 × 부생연료유 2호 CO_2 배출계수 + (1 ton 보일러 가동시간 총 열량 × 부생연료유 2호 CH_4 배출계수) + (1 ton 보일러 가동시간 총 열량 × 부생연료유 2호 N_2O 배출계수) = (5,389,559 MJ/ton × 79,600 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 3 $kgCH_4/TJ$ × 10^{-9}) + (5,389,559 MJ/ton × 0.6 kgN_2O/TJ × 10^{-9}) **= 429.03 tCO_2eq/ton**

1	산업	청정연료 전환시설 지원	
5 산정계수		• 보일러 가정 상황 - 보일러 일일조업시간과 연간가동일수는 보수적인 산출을 위하여 법정 근로시간을 기준으로 8시간, 260일로 연간 보일러 가동시간을 2,080 시간으로 설정함 ※ 8시간/일 × 5일/주 × 52주/년 = 2,080 시간/년 - 보일러 용량 1톤을 619,000 kcal로 설정하여 보일러 용량 1ton의 시간당 출력열량을 가정함	① ②
		• 각 연료별 배출계수	③ ④
6 출처		① 대기환경보전법 시행규칙 (대기오염물질 배출시설 설치 운영) ② 2023년 중소 대기배출사업장 연료전환 지원사업 공고 (2023.08.24.), 당진시 ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조 제2항 관련) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련)	
7 모니터링 인자		• [벙커C유 → LNG 연료전환] 연료전환 시설 용량 (ton) • [정제연료유 → LNG 연료전환] 연료전환 시설 용량 (ton) • [부생연료유 1호 → LNG 연료전환] 연료전환 시설 용량 (ton) • [부생연료유 2호 → LNG 연료전환] 연료전환 시설 용량 (ton)	지속
8 추진사례		• 중소 대기배출사업장 연료전환 지원사업, 전라남도 순천시	

연간 보일러 가동시간 (hr/년)	가동 시간 (hr)	가동 일수 (day)
2,080	8	260

구분	시간당 출력 열량 (kcal/hr)	가동시간 총 열량 (kcal/년)	가동시간 총 열량 (J)	가동시간 총 열량 (MJ)
보일러 1 ton	619,000	1,287,520,000	5,389,558,720,000	5,389,559

※ 1톤 보일러의 시간당 출력 열량 = 619,000 kcal/hr
※ 가동시간 총 열량 = 619,000 kcal/hr × 2,080 hr/년
= 1,287,520,000 kcal/년
※ 가동시간 총 열량 (단위 환산)
1,287,520,000 kcal × 4,186 J/kcal = 5,389,558,720,000 J
5,389,558,720,000 J ÷ 1,000,000 = 5,389,559 MJ

에너지원	CO_2 배출계수 ($kgCO_2/TJ$)	CH_4 배출계수 ($kgCH_4/TJ$)	N_2O 배출계수 (kgN_2O/TJ)
중유 (벙커-C)	80,300	3	0.6
정제연료유	73,200	3	0.6
부생연료유 (1호)	73,500	3	0.6
부생연료유 (2호)	79,600	3	0.6
도시가스 (LNG)	56,100	1	0.1

2	산업	산업체 저녹스버너 교체
1 개요		대기오염 우심지역의 대기질 개선을 위해 중소기업에서 질소산화물 배출량이 많은 노후화된 버너를 저녹스버너로 교체할 때 투자비의 일부를 정부가 지원해주는 사업임. 산업체 저녹스버너 보급으로 질소산화물(NOx) 저감을 통한 대기 환경개선뿐만 아니라 연료절감으로 사업장의 비용절감 효과 및 이산화탄소 저감을 통한 온실가스 배출량을 저감하고자 함.
2 원단위		• [산업체 저녹스 버너 교체 대수당] 18.21 tCO_2eq/대 • [경유 → 경유] 15.51 tCO_2eq/대 • [LNG → LNG] 15.48 tCO_2eq/대 • [중유 → LNG] 28.39 tCO_2eq/대 • [경유 → LNG] 13.46 tCO_2eq/대 ✓ 산업체 저녹스 버너 교체 대수당 감축원단위는 각 4개의 감축원단위 평균값임
3 감축량 산정식		• 평균 감축원단위 (18.21 tCO_2eq/대) × 산업체 저녹스 버너 교체 대수 (대) • [경유 → 경유] 감축원단위 (15.51 tCO_2eq/대) × 산업체 저녹스 버너 (경유 -> 경유) 교체 대수 (대) • [LNG → LNG] 감축원단위 (15.48 tCO_2eq/대) × 산업체 저녹스 버너 (LNG -> LNG) 교체 대수 (대) • [중유 → LNG] 감축원단위 (28.39 tCO_2eq/대) × 산업체 저녹스 버너 (중유 -> LNG) 교체 대수 (대) • [경유 → LNG] 감축원단위 (13.46 tCO_2eq/대) × 산업체 저녹스 버너 (경유 -> LNG) 교체 대수 (대)
4 감축원단위 산정근거		• [산업체 저녹스 버너 교체 대수당] 감축원단위 (18.21 tCO_2eq/대) = 각 연료 저녹스 버너 교체 대수당 감축원단위 합 ÷ 감축원단위 개수 ※ (72.85 tCO_2eq/대 ÷ 4) **= 18.21 tCO_2eq/대** [경유 → 경유] 저녹스 버너 교체 대수당 감축원단위 (15.51 tCO_2eq/대) = 저녹스 버너 교체 대수당 감축원단위 ÷ 보일러 대수 ※ 2,280 tCO_2eq/년 ÷ 147 대 **= 15.51 tCO_2eq/대** [LNG → LNG] 저녹스 버너 교체 감축원단위 (15.48 tCO_2eq/대) = 저녹스 버너 교체 대수당 감축원단위 ÷ 보일러 대수 ※ 109,419 tCO_2eq/년 ÷ 7,068 대 **= 15.48 tCO_2eq/대** [중유 → LNG] 저녹스 버너 교체 감축원단위 (28.39 tCO_2eq/대) = 저녹스 버너 교체 대수당 감축원단위 ÷ 보일러 대수 ※ 7,780 tCO_2eq/년 ÷ 274 대 **= 28.39 tCO_2eq/대** [경유 → LNG] 저녹스 버너 교체 감축원단위 (13.46 tCO_2eq/대) = 저녹스 버너 교체 대수당 감축원단위 ÷ 보일러 대수 ※ 3,339 tCO_2eq/년 ÷ 248 대 **= 13.46 tCO_2eq/대** [경유 → 경유] 저녹스 버너 교체(147대)에 따른 온실가스 감축량(2,280 tCO_2eq/년) = (경유 연료절감량 × 경유 CO_2 배출계수) + (경유 연료절감량 × 경유 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP) + (경유 연료절감량 × 경유 N_2O 배출계수 × N_2O GWP) = (31 TJ/년 × 73.2 tCO_2/TJ) + (31 TJ/년 × 0.003 tCH_4/TJ × 28) + (31 TJ/년 × 0.0006 tN_2O/TJ × 265) **= 2,280 tCO_2eq/년** ※ 7,416 Gcal/년 × 10^9 cal/Gcal × 4.1868 J/cal ÷ 10^{12} J/TJ **= 31 TJ/년**

2	산업	산업체 저녹스버너 교체

[LNG → LNG] 저녹스 버너 교체(7,068대)에 따른 온실가스 감축량(109,419 tCO_2eq/년)
= (LNG 연료절감량 × LNG 순발열량 × LNG CO_2 배출계수) + (LNG 연료절감량 × LNG 순발열량 × LNG CH_4 배출계수 × CH_4 GWP) + (LNG 연료절감량 × LNG 순발열량 × LNG N_2O 배출계수 × N_2O GWP)
= (50,090,966 Nm³/년 × 38.9 TJ/Nm³ × 56.1 tCO_2/TJ ÷ 10^6) + (50,090,966 Nm³/년 × 38.9 TJ/Nm³ × 0.001 tCH_4/TJ × 28 ÷ 10^6) + (50,090,966 Nm³/년 × 38.9 TJ/Nm³ × 0.0001 tN_2O/TJ × 265 ÷ 10^6)
= 109,419 tCO_2eq/년

[중유 → LNG] 저녹스 버너 교체(274대)에 따른 온실가스 감축량(7,780 tCO_2eq/년)
= (LNG 연료절감량 × LNG 순발열량 × LNG CO_2 배출계수) + (LNG 연료절감량 × LNG 순발열량 × LNG CH_4 배출계수 × CH_4 GWP) + (LNG 연료절감량 × LNG 순발열량 × LNG N_2O 배출계수 × N_2O GWP)
= (3,561,586 Nm³/년 × 38.9 TJ/Nm³ × 56.1 tCO_2/TJ ÷ 10^6)
+ (3,561,586 Nm³/년 × 38.9 TJ/Nm³ × 0.001 tCH_4/TJ × 28 ÷ 10^6)
+ (3,561,586 Nm³/년 × 38.9 TJ/Nm³ × 0.0001 tN_2O/TJ × 265 ÷ 10^6)
= 7,780 tCO_2eq/년

[경유 → LNG] 저녹스 버너 교체(248대)에 따른 온실가스 감축량(3,339 tCO_2eq/년)
= (LNG 연료절감량 × LNG 순발열량 × LNG CO_2 배출계수) + (LNG 연료절감량 × LNG 순발열량 × LNG CH_4 배출계수 × CH_4 GWP) + (LNG 연료절감량 × LNG 순발열량 × LNG N_2O 배출계수 × N_2O GWP)
= (1,528,550 Nm³/년 × 38.9 TJ/Nm³ × 56.1 tCO_2/TJ ÷ 10^6)
+ (1,528,550 Nm³/년 × 38.9 TJ/Nm³ × 0.001 tCH_4/TJ × 28 ÷ 10^6)
+ (1,528,550 Nm³/년 × 38.9 TJ/Nm³ × 0.0001 tN_2O/TJ × 265 ÷ 10^6)
= 3,339 tCO_2eq/년

5 산정계수

• 저녹스 버너 교체로 인한 온실가스 저감효과 산출

구 분		총계 (누적)	2006~2012년			
			경유-> 경유	LNG-> LNG	중유-> LNG	경유-> LNG
보일러 현황	보일러 대수[대]	7,737	147	7,068	274	248
	보일러 용량[톤]	14,341	180	12,858	956	347

⇓

구분		총계	1년 환산 저감 효과			
			경유-> 경유	LNG-> LNG	중유-> LNG	경유-> LNG
저감 효과 [톤]	NOx 저감량	3,462	40	2,388	925	109
	CO_2 저감량	359,311	2,178	96,177	195,054	65,902
연료 절감량	Gcal/년	589,577	7,416	528,460	37,575	16,126
	Nm³/년	55,884,009	702,907	50,090,966	3,561,586	1,528,550

①

<table>
<tr><th>2</th><th>산업</th><th colspan="2">산업체 저녹스버너 교체</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3"></td><td>• 각 연료별 발열량
<table><tr><th>에너지원</th><th>단위</th><th>총발열량</th><th>순발열량</th></tr><tr><td>도시가스 (LNG)</td><td>MJ/Nm³</td><td>43.1</td><td>38.9</td></tr></table></td><td>②</td></tr>
<tr><td>• 각 연료별 배출계수
<table><tr><th>연료명</th><th>국내 에너지원 기준</th><th>CO_2 배출계수 ($kgCO_2/TJ$)</th><th>CH_4 배출계수 ($kgCH_4/TJ$)</th><th>N_2O 배출계수 (kgN_2O/TJ)</th></tr><tr><td>가스/디젤 오일</td><td>경유</td><td>73,200</td><td>3</td><td>0.6</td></tr><tr><td>도시가스</td><td>도시가스 (LNG)</td><td>56,100</td><td>1</td><td>0.1</td></tr></table></td><td>②
③</td></tr>
<tr><td>• GWP (지구온난화 지수)
<table><tr><th>온실가스명</th><th>화학식</th><th>GWP</th></tr><tr><td>이산화탄소</td><td>CO_2</td><td>1</td></tr><tr><td>메탄</td><td>CH_4</td><td>28</td></tr><tr><td>아산화질소</td><td>N_2O</td><td>265</td></tr></table></td><td>④</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 저녹스 버너 설치 지원으로 질소산화물 3천 5백톤, 연료비 440억 절감, (2013.02.08.) - 환경부 보도자료
② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조 제2항 관련)
③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련)
④ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 산업체 저녹스 버너 교체 대수 (대)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 저녹스 버너 교체사업 - 수도권 (2006-2010년)
- 수도권대기환경청은 수도권의 보일러에서 배출되는 대기오염물(NOx, CO_2)와 연료사용량을 줄이기 위하여 중소 사업장을 대상으로 2006년부터 저녹스 버너 교체사업을 시행하였음</td></tr>
</table>

3	산업	건설기계(굴착기) 전동화	
1 개요		경유를 사용하는 건설기계(굴착기)를 전기를 동력으로 하는 건설기계로 전환함으로써, 경유 사용에 따른 온실가스를 감축하는 사업. 적용조건은 신규로 전기굴착기를 구입하거나 또는 기존 소유 굴착기를 전기로 개조하는 조건이며, 국내 판매중인 중량 3.5톤 이하 (버켓용량 0.12m^3)를 대상으로 함.	
2 원단위		• 5.014 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (5.014 tCO_2eq/대) × 전기굴착기 보급대수	
4 감축원단위 산정근거		• 경유 대신 전기사용으로 연료대체에 따른 온실가스 감축량 - 국내 굴착기는 소형(14톤 이하, 버켓용량 0.6이하) 점유율이 80.3%이며, 국내 판매중인 전기굴착기는 대부분 3.5톤 이하(버켓용량 0.12m^3) 초소형 굴착기이므로 초소형 굴착기를 대상으로 원단위를 산정함. - 경유 대비 전기굴착기(버켓용량 0.12m^3) 온실가스 배출량(tCO_2eq/대) = 연료사용량(L/hr) × 연간사용시간(hr/연) × 경유의 배출계수 ($kgCO_2eq$/L) × 에너지개선 효율(%) ※ 3.2(L/hr) × 1,701 (hr/연) × 2.6613($kgCO_2eq$/L) × 0.346 = **5.014 tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 경유 굴착기(버켓용량 0.12m^3)의 시간당 연료사용량: 3.2 L/hr	①
		• 연간 평균사용시간: 1,701 hr	②
		• 전기굴착기 에너지개선 효율: 34.6%	③
		• 경유 배출계수: 2.6613 $kgCO_2eq$/L	④

구 분	CO_2	CH_4	N_2O	소 계
기본배출계수 kgGHG/TJ	74,100	3.9	3.9	-
GWP	1	28	265	-
배출계수 kgGHG/L	2.6157	0.0029	0.0427	2.6613

6 출처	① 건설기계 기계경비 산출표 대한건설협회, 2022 ② 21톤 전기굴삭기 개발에 관한 기술개발, 한국산업기술평가관리원, 2016(p.90) ③ 제2차 수도권 대기환경관리 기본계획 변경안 마련을 위한 대책별 삭감량 산정연구, 2017(p.110) ④ 공공부문 목표관리운영지침 별표 4 배출량 산정방법 ⑤ 한국건설기계산업협회 국내 굴착기 내수판매현황	
7 모니터링 인자	• 전기굴착기 보급대수(대)	지속
8 추진사례	• 건설기계 전동화 지원사업에 적용 가능 - 서울 등 34개 지자체 구매지원사업(보조금 800~2,000만원, 중량 및 성능에 따라 차등 지원)	

4	산업	산업용 냉동기 고효율 기기 설비교체	
1 개요		기존의 산업용 냉동기 설비를 고효율 기기로 교체하여 에너지 효율증대를 통해 온실가스 저감 및 전기요금 절감에 기여하는 사업	
2 원단위		• [정격냉동능력 1,055 kW 이하인 경우] 95.45 tCO_2eq/대 • [정격냉동능력 1,055 kW 초과 7,032 kW 이하인 경우] 204.77 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• [정격냉동능력 1,055 kW 이하인 경우] 감축원단위 (95.45 tCO_2eq/대) × 고효율 냉동기 교체대수(대) • [정격냉동능력 1,055 kW 초과 7,032 kW 이하인 경우] 감축원단위 (204.77 tCO_2eq/대) × 고효율 냉동기 교체대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• [정격냉동능력 1,055 kW 이하인 경우] 감축원단위 (95.45 tCO_2eq/대) = 냉동기 연간 절감전력량 × 전력배출계수 ※ 199,649 kWh/대 × 0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq$/kWh **= 95.45 tCO_2eq/대** ·냉동기 연간 절감전력량 = 냉동기 1시간 절감전력량 × 연간 냉동기 사용시간 ※ 66.55 kW × 3000 h **= 199,649 kWh** ·냉동기 1시간 절감전력량 = 냉동기 실제 정격냉동능력 평균 × 절감율 ※ 404.36 kW × 16.5% **= 66.55 kW** ·냉동기 전력 절감율 = (실제 냉동기 COP - 최저 소비효율기준 COP) ÷ 실제 냉동기 COP ※ (6.01 - 5.02) ÷ 6.01 **= 0.165** ※ 0.165 × 100 = 16.5 % ※ COP = Coefficient Of Performance, 성능계수 ·운전 COP = 최저소비 효율기준 = 5.02 ※ 운전 COP는 최저소비효율기준으로 계산하여 감축원단위를 산정함 • [정격냉동능력 1,055 kW 초과 7,032 kW 이하인 경우] 감축원단위 (204.77 tCO_2eq/대) = 냉동기 연간 절감전력량 × 전력배출계수 ※ 428,310 kWh/대×0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq$/kWh **= 204.77 tCO_2eq/대** ·냉동기 연간 절감전력량 = 냉동기 1시간 절감전력량 × 연간 냉동기 사용시간 ※ 142.77 kW × 3000 h = **428,310 kWh** ·냉동기 1시간 절감전력량 = 냉동기 실제 정격냉동능력 평균 × 절감율 ※ 1,151 kW × 12% **= 142.77kW** ·냉동기 전력 절감율 = (실제 냉동기 COP - 최저소비효율기준 COP) ÷ 실제 냉동기 COP ※ (6.18 - 5.41) ÷ 6.18 **= 0.12** ※ 0.12 × 100 = 12 % ※ COP = Coefficient Of Performance, 성능계수	② ③ ④

<table>
<tr><td colspan="2">4 산업</td><td colspan="2">산업용 냉동기 고효율 기기 설비교체</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>• 운전 COP = 최저소비효율기준 = 5.41
※ 운전 COP는 최저소비 효율기준으로 계산하여 감축원단위를 산정함</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">5 산정계수</td><td>• 전력배출계수 = 0.4781 × $10^{-3}$$tCO_2eq/kWh$</td><td>③</td></tr>
<tr><td>• 연간 냉동기 사용 시간 = 3000 h</td><td>①</td></tr>
<tr><td>• 실제 냉동기 COP
<table>
<tr><th>구 분</th><th>정격냉동능력
1,055 kW 이하</th><th>정격냉동능력
1,055 kW 초과 7,032 kW 이하</th></tr>
<tr><td>실제 냉동기 COP 평균</td><td>6.01</td><td>6.18</td></tr>
<tr><td>실제 정격냉동능력 평균 (kW)</td><td>404.36</td><td>1,151</td></tr>
</table>
※ 위의 표에서 나타낸 평균값은 2022년도 실제 냉동기 제품의 평균값임</td><td>②</td></tr>
<tr><td>• 최저소비효율기준 COP
<table>
<tr><th rowspan="2">구 분</th><th>최저소비효율기준 (COP)</th></tr>
<tr><th>2019년 10월 1일부터</th></tr>
<tr><td>정격냉동능력 1,055 kW 이하</td><td>5.02 이상</td></tr>
<tr><td>정격냉동능력 1,055 kW 초과 7,032 kW 이하</td><td>5.41 이상</td></tr>
</table></td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 효율관리기자재 운용규정 (산업통상자원부 고시 제 2022-64호, 2022.04.27., p.250-251)
② 한국에너지공단 효율관리제도 > 제품검색 > 효율등급제도 > 냉동기
③ 국가 온실가스 배출계수 (환경부 온실가스종합정보센터, 2021)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 냉동기 교체대수(대)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 기업, 공공기관 등의 사업에서 추진하는 공정설비 효율화 사업으로 설비 보강 및 고효율 설비로 교체하는 사업에 적용 가능
- 고효율 설비 교체 및 에너지경영시스템 도입 사업, 인천광역시</td></tr>
</table>

제3절 건물

1	건물	탄소(중립) 포인트제 운영(가입가구)	
1 개요		「탄소중립포인트 제도 운영에 관한 규정」 제3조에 따라 가정용 또는 상업용 건물을 대상으로 전기, 상수도, 도시가스 등의 사용량을 절감하는 활동에 대한 인센티브(포인트)를 부여하는 제도	
2 원단위		• 0.107 tCO_2eq /가입가구	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.107 tCO_2eq/가입가구) × 가입 가구수(가구)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 = 온실가스 감축량 ÷ 가입 가구수 = 2021년~2023년 온실가스 감축량(1,326,102tCO_2eq) ÷ 사업기간 중 가입 가구수(12,341,584 가구) = 0.107 tCO_2eq/가입가구 ※ 감축 실적이 있는 가구만을 대상으로 한 감축원단위: 0.398 tCO_2eq / 감축 가구수	
5 산정계수		• 탄소(중립)포인트 제도 참여 실적	①
6 출처		① 2021년 ~ 2023년 탄소(중립)포인트제도 가입 가구와 감축 실적 정보, 한국환경공단	
7 모니터링 인자		• 탄소포인트제 가입 가구수(가구)	단발
8 추진사례		• 탄소중립실천 탄소포인트제도(경상남도), • 탄소포인트제도(광주광역시, 인천광역시, 제주특별자치도) • 탄소중립포인트제도(전라남도) 등	

2 건물	탄소포인트제 운영(LNG, 수도, 전력)	
1 개요	주택단지, 아파트단지 등에서 전기, 상수도, 도시가스의 사용량을 절감하고 감축률에 따라 탄소포인트를 부여하는 전국민 온실가스 감축 실천프로그램으로, 전기·상수도·도시가스의 에너지 절감을 통해 온실가스 감축에 기여	
2 원단위	• [사용절감량] · [LNG] 2.188×10^{-3}tCO$_2$eq/m^3 · [수도] 2.37×10^{-4}tCO$_2$eq/m^3 · [전력] 4.781×10^{-4}tCO$_2$eq/kWh	
3 감축량 산정식	• [사용절감량] · [LNG] 감축원단위(2.188×10^{-3}tCO$_2$eq/m^3) × 도시가스 사용절감량[전년도 사용량(m^3) - 이번연도 사용량(m^3)] · [수도] 감축원단위(2.37×10^{-4}tCO$_2$eq/m^3) × 수도 사용절감량[전년도 사용량(m^3) - 이번 연도 사용량(m^3)] · [전력] 감축원단위(4.781×10^{-4}tCO$_2$eq/kWh) × 전력 사용절감량[전년도 사용량(kWh) - 이번연도 사용량(kWh)]	
4 감축원단위 산정근거	• [사용절감량] 감축원단위 = 부문별 배출계수 ※ (도시가스) **2.188×10^{-3}tCO$_2$eq/m^3** ※ (수도) **2.37×10^{-4}tCO$_2$eq/m^3** ※ (전력) **4.781×10^{-4}tCO$_2$eq/kWh**	
5 산정계수	• 도시가스배출계수 : 2.188×10^{-3}tCO$_2$eq/m^3	①
	• 수도배출계수 : 2.37×10^{-4}tCO$_2$eq/m^3	②
	• 전력배출계수 : 4.781×10^{-4}tCO$_2$eq/kWh	③
6 출처	① 에너지법 시행규칙(산업통상자원부령 제426호), [별표]에너지 열량 환산기준(제5조제1항관련) ② 환경성적표지 홈페이지 (환경성적표지 평가계수 전문(2021.08.02.)) (http://epd.or.kr/) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표6]39.외부에서 공급된 전기 사용 <표-69>	
7 모니터링 인자	• 도시가스 사용절감량[전년도 사용량(m^3) - 이번연도 사용량(m^3)] • 수도 사용절감량[전년도 사용량(m^3) - 이번연도 사용량(m^3)] • 전력 사용절감량[전년도 사용량(kWh) - 이번연도 사용량(kWh)]	단발
8 참고사항	• 탄소포인트 산정법 : 과거 2년 또는 1년간 월별 기준사용량과 현재 사용량을 비교하여 전기, 수도, 도시가스 등 개별항목별 온실가스 감축률과 감축량에 따라 산정	
9 추진사례	• 가정·상업시설을 대상으로 한 탄소포인트제도(광주광역시, 경기도 과천시, 경기도 수원시, 전라북도 등) • 탄소 포인트제도(C-Cash Back), 강원특별자치도	

3	건물	공공건축물 그린 리모델링	
1 개요		국공립 어린이집, 보건소, 사회복지관, 주민센터 등 노후 공공건축물에 고성능 단열, 창호, 고효율 보일러, 친환경 환기시스템 등을 설치하여 에너지 효율 개선과 온실가스 배출 저감에 기여하는 사업	
2 원단위		• [사업면적당 감축원단위] 0.00459 $tCO_2eq/㎡$	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.00459 $tCO_2eq/㎡$) × 사업면적 (㎡)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (4.59×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$) = (사업 전 온실가스 배출량 – 사업 후 온실가스 배출량) ÷ 리모델링 사업 면적 (㎡) = (2,083 tCO_2eq – 1,739 tCO_2eq) ÷ 74,800㎡ = **4.59×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$**	
5 산정계수		• 전력배출 계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 사업전 배출량 : 2,083 tCO_2eq*, 사업후 배출량 : 1,739 tCO_2eq, 리모델링 사업면적 : 74,800㎡ * 서울시 에너지 성능분석 결과	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 서울시 그린리모델링 대상지 에너지 성능분석 결과 (2020~2021, 사업대상지 118개소 대상)	
7 모니터링 인자		• 리모델링 사업 면적(㎡)	지속
8 추진사례		• 공공건축물 그린리모델링 사업, 서울특별시 - 어린이, 노약자, 환자 등이 주로 이용하는 노후 공공건축물(어린이집, 보건소, 의료시설)을 대상으로 그린리모델링을 진행하여 에너지 성능을 향상시키고 정주환경을 개선하는 사업	

4	건물	민간 부문 그린 리모델링	
1 개요		민간부문의 오래된 아파트, 주택 등을 리모델링하여 쾌적한 주거환경을 조성하고, 동시에 고성능 단열창호, 고효율 보일러, 난방 방식, 고효율 조명 교체 등 에너지 저감 시설 등을 도입하여 온실가스 감축에 기여.	
2 원단위		• 0.0090 $tCO_2eq/㎡$	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.0090 $tCO_2eq/㎡$) × 리모델링 사업면적(㎡)	
4 감축원단위 산정근거		• [리모델링 사업면적당 감축원단위] = (사업 전 온실가스 배출량* - 사업 후 온실가스 배출량**) ÷ 리모델링 사업 호수 ÷ 호당 평균 면적 = (133,028 tCO_2eq - 90,717 tCO_2eq) ÷ 114,300호 ÷ 41.05㎡/호 = **0.0090 $tCO_2eq/㎡$** * 사업전 온실가스 배출량 = 세대통합형 가구의 사업 전 베이스라인 + 단일세대형 가구의 사업 전 베이스라인 + 매입임대 가구의 사업 전 베이스라인 = 551 tCO_2eq + 73,348 tCO_2eq + 59,129 tCO_2eq **= 133,028 tCO_2eq** ** 사업후 온실가스 배출량 = 세대통합형 가구의 사업 후 배출량 + 단일세대형 가구의 사업 후 배출량 + 매입임대 가구의 사업 후 배출량 = 325 tCO_2eq + 48,410 tCO_2eq + 41,982 tCO_2eq **= 90,717 tCO_2eq**	
5 산정계수		• 노후 공공임대주택 그린리모델링 사업 전 온실가스 배출량(2020년~2022년) - 세대통합형 : 551 tCO_2eq, 단일 세대형 : 73,348 tCO_2eq, 매입임대형 : 59,129 tCO_2eq • 노후 공공임대주택 그린리모델링 사업 후 온실가스 배출량(2020년~2022년) - 세대통합형 : 325 tCO_2eq, 단일 세대형 : 48,410 tCO_2eq, 매입임대형 : 41,982 tCO_2eq • 노후 공공임대주택 그린리모델링 사업 호수(2020년~2022년) : 114,300호 : 세대통합형 : 10,300호, 단일 세대형 : 47,500호, 매입임대형 : 56,500호 • 공공임대주택 중 영구임대와 국민임대의 가구당 평균 주거 면적 : (36.9m^2+45.2m^2) / 2 =41.05m^2/호	①
6 출처		① 에너지 경제 연구원, 기후변화 대응을 위한 한국형 그린뉴딜의 방향성: 에너지 부문 온실가스 감축을 중심으로(pp. 79~85), 2021.12,	
7 모니터링 인자		• 리모델링 사업 면적(㎡)	지속
8 추진사례		•서울특별시 강동구 우성아파트, 경상북도 포항시 대림힐타운 등	

5	건물	기존 건물 BRP 사업	
1 개요		BRP(Building Retrofit Program)의 약자로, 기축 주거용, 비주거용 건물 모두를 대상으로 하고 있으며 내외벽 단열재, 단열창호, 조명시설 교체 뿐 아니라 노후화된 각종 장비의 교체, 폐수회수설비 등의 고효율 장비 설치, 태양광 설비 같은 재생에너지 도입 비용을 저리로 융자하여 건물에너지를 효율화하고 온실가스 감축을 도모하는 사업	
2 원단위		• 0.0139 $tCO_2eq/㎡$	
3 감축량 산정식		• [단위면적당 감축원단위] 0.0139 tCO_2eq/m^2 × 사업면적(㎡)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 = (단위면적당 전력절감량 × 전력배출계수) + (단위면적당 가스 절감량 × LNG 배출계수) = (22.534kWh/㎡×0.4781$kgCO_2eq$/kWh)×10^{-3} + (1.414Nm^3/㎡×2.188*$kgCO_2eq/Nm^3$)×10^{-3} = 0.0108 $tCO_2eq/㎡$ + 0.0031 $tCO_2eq/㎡$ = 0.0139 tCO_2eq/m^2 * LNG 배출계수($kgCO_2eq/Nm^3$) = 순발열량(MJ/Nm^3)×∑(온실가스별 배출계수($kgCO_2/TJ$)×온실가스별 지구온난화지수)×10^{-6} = 38.9MJ/Nm^3×{(56,100$kgCO_2/TJ$×1)+(5$kgCH_4/TJ$×28)+(0.1kgN_2O/TJ×265)}×10^{-6} = 2.188$kgCO_2eq/Nm^3$	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• LNG 배출계수 : (CO_2) 56,100 $kgCO_2/TJ$	④
		• LNG 배출계수 : (CH_4) 5$kgCH_4/TJ$, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	③
		• LNG 순발열량 : 38.9 MJ/Nm^3	④
		• BRP 사업에 의한 단위면적당 에너지 절감량 - 전기 : 22.534kWh/m^2, 도시가스 : 1.414Nm^3/m^2	⑤
6 출처		① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련) ③ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련) ⑤ 서울연구원, 2016, 서울시 에너지 정책 개별 사업의 효과 산정 (p.49)	
7 모니터링 인자		• 사업 면적(㎡)	지속
8 추진사례		• 건물에너지효율화(BRP) 공사 지원 사업, 서울특별시 • 민간 건물 에너지 효율화 공사 융자 지원 사업, 서울특별시	

6	건물	제로에너지 빌딩
1 개요		건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물(「녹색건축물 조성 지원법」)의 조성을 통해 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화함으로써 온실가스 감축에 기여함.
2 원단위		[ZEB 등급별 사업면적당 감축원단위] (1) 주거용 건축물 • ZEB 5등급 : 0.010 tCO_2eq/m^2 • ZEB 4등급 : 0.019 tCO_2eq/m^2 • ZEB 3등급 : 0.027 tCO_2eq/m^2 • ZEB 2등급 : 0.036 tCO_2eq/m^2 (2) 비주거용 건축물 • ZEB 5등급 : 0.006 tCO_2eq/m^2 • ZEB 4등급 : 0.019 tCO_2eq/m^2 • ZEB 3등급 : 0.033 tCO_2eq/m^2 • ZEB 2등급 : 0.046 tCO_2eq/m^2
3 감축량 산정식		(1) 주거용 건축물 • [ZEB 5등급] 감축원단위 (0.010 tCO_2eq/m^2) × ZEB 5등급 사업면적 (m^2) • [ZEB 4등급] 감축원단위 (0.019 tCO_2eq/m^2) × ZEB 4등급 사업면적 (m^2) • [ZEB 3등급] 감축원단위 (0.027 tCO_2eq/m^2) × ZEB 3등급 사업면적 (m^2) • [ZEB 2등급] 감축원단위 (0.036 tCO_2eq/m^2) × ZEB 2등급 사업면적 (m^2) (2) 비주거용 건축물 • [ZEB 5등급] 감축원단위 (0.006 tCO_2eq/m^2) × ZEB 5등급 사업면적 (m^2) • [ZEB 4등급] 감축원단위 (0.019 tCO_2eq/m^2) × ZEB 4등급 사업면적 (m^2) • [ZEB 3등급] 감축원단위 (0.033 tCO_2eq/m^2) × ZEB 3등급 사업면적 (m^2) • [ZEB 2등급] 감축원단위 (0.046 tCO_2eq/m^2) × ZEB 2등급 사업면적 (m^2)
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (tCO_2eq/m^2) = (베이스라인 온실가스 배출량* - 사업 후 온실가스 배출량**) / 사업 면적 (m^2) * 국토교통부 녹색건축통계에서 제시하는 주거용도의 표준베이스라인(kWh/m^2)으로서 국내 주거용 건물의 연간 에너지 소비량 평균값을 의미함. 본 가이드라인에서는 개별난방아파트, 지역난방아파트, 공동주택, 단독주택의 규모별, 지역별 표준 베이스라인의 평균값을 활용하였음. 다만, 비주거용 표준 베이스라인은 현재 발표되지 않아 건물에너지 사용량 통계(국토교통부, 2018~2022) 상의 주거용건물의 평균 에너지 소비량과 비주거용건물의 평균에너지 소비량의 비율을 주거용도 표준베이스라인 값에 곱해 비주거용 건물의 표준베이스라인을 산정함. ** ZEB 인증 등급 기준은 에너지효율등급 1++ 이상(주거용 90kWh/m^2·년 미만, 비주거용: 140kWh/m^2·년 미만) 및 등급별 에너지 자립율 기준을 동시에 만족해야 하므로 이 조건을 적용한 등급별 단위면적당 온실가스 예상 배출량을 의미함

6	건물	제로에너지 빌딩

※ 등급별 에너지 자립율 기준

5등급	자립율	에너지자립률 20% 이상 ~ 40% 미만
4등급	자립율	에너지자립률 **40% 이상** ~ 60% 미만
3등급	자립율	에너지자립률 **60% 이상** ~ 80% 미만
2등급	자립율	에너지자립률 **80% 이상** ~ 100% 미만
1등급	자립율	에너지자립률 100% 이상

「건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지 건축물 인증 기준」 별표 2의2, 제로에너지건축물 인증등급 (2023.12.29., 국토교통부)

(1) 주거용 건축물

• [ZEB 5등급]
= 베이스라인 배출량 - ZEB 5등급 주거용 건물의 온실가스 배출량
= {주거용건축물의 표준 에너지소비량 × 전력배출계수 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량 × (1-ZEB 5등급 에너지 자립률) × 전력배출계수} × 단위환산
= {93.47kWh/㎡ × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$
- 90kWh/㎡ × (1-0.2) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$} × 10^{-3}
= 0.045 $tCO_2eq/㎡$ - 0.034 $tCO_2eq/㎡$ = **0.010 $tCO_2eq/㎡$**

• [ZEB 4등급]
= 베이스라인 배출량 - ZEB 4등급 주거용 건물의 온실가스 배출량
= {주거용건축물의 표준 에너지소비량 × 전력배출계수 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량 × (1-ZEB 4등급 에너지 자립률) × 전력배출계수} × 단위환산
= {93.47kWh/㎡ × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$
- 90kWh/㎡ × (1-0.4) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$} × 10^{-3}
= 0.045 $tCO_2eq/㎡$ - 0.026 $tCO_2eq/㎡$ = **0.019 $tCO_2eq/㎡$**

• [ZEB 3등급]
= 베이스라인 배출량 - ZEB 3등급 주거용 건물의 온실가스 배출량
= {주거용건축물의 표준 에너지소비량 × 전력배출계수 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량 × (1-ZEB 3등급 에너지 자립률) × 전력배출계수} × 단위환산
= {93.47kWh/㎡ × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$
- 90kWh/㎡ × (1-0.6) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$} × 10^{-3}
= 0.045 $tCO_2eq/㎡$ - 0.017 $tCO_2eq/㎡$ = **0.027 $tCO_2eq/㎡$**

• [ZEB 2등급]
= 베이스라인 배출량 - ZEB 2등급 주거용 건물의 온실가스 배출량
= {주거용건축물의 표준 에너지소비량× 전력배출계수 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량 × (1-ZEB 2등급 에너지 자립률) × 전력배출계수} × 단위환산

6	건물	제로에너지 빌딩
		= {93.47kWh/㎡ × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ - 90kWh/㎡ × (1-0.8) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$} × 10^{-3} = 0.045 $tCO_2eq/㎡$ - 0.009 $tCO_2eq/㎡$ = **0.036 $tCO_2eq/㎡$** (2) 비주거용 건축물 • [ZEB 5등급] = 베이스라인 배출량 - ZEB 5등급 비주거용 건물의 온실가스 배출량 = {비주거용건축물의 표준 에너지소비량 × 전력배출계수 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량 × (1-ZEB 5등급 에너지 자립률) × 전력배출계수} × 단위환산 = {124.32kWh/㎡ × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ - 140kWh/㎡ × (1-0.2) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$} × 10^{-3} = 0.060 $tCO_2eq/㎡$ - 0.054 $tCO_2eq/㎡$ = **0.006 $tCO_2eq/㎡$** • [ZEB 4등급] = 베이스라인 배출량 - ZEB 4등급 비주거용 건물의 온실가스 배출량 = {비주거용건축물의 표준 에너지소비량 × 전력배출계수 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량 × (1-ZEB 4등급 에너지 자립률) × 전력배출계수} × 단위환산 = {124.32kWh/㎡ × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ - 140kWh/㎡ × (1-0.4) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$} × 10^{-3} = 0.060 $tCO_2eq/㎡$ - 0.040 $tCO_2eq/㎡$ = **0.019 $tCO_2eq/㎡$** • [ZEB 3등급] = 베이스라인 배출량 - ZEB 3등급 비주거용 건물의 온실가스 배출량 = {비주거용건축물의 표준 에너지소비량 × 전력배출계수 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량 × (1-ZEB 3등급 에너지 자립률) × 전력배출계수} × 단위환산 = {124.32kWh/㎡ × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ - 140kWh/㎡ × (1-0.6) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$} × 10^{-3} = 0.060 $tCO_2eq/㎡$ - 0.027 $tCO_2eq/㎡$ = **0.033 $tCO_2eq/㎡$** • [ZEB 2등급] = 베이스라인 배출량 - ZEB 2등급 비주거용 건물의 온실가스 배출량 = {비주거용건축물의 표준 에너지소비량 × 전력배출계수 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량 × (1-ZEB 2등급 에너지 자립률) × 전력배출계수} × 단위환산 = {124.32kWh/㎡ × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ - 140kWh/㎡ × (1-0.8) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$} × 10^{-3} = 0.060 $tCO_2eq/㎡$ - 0.013 $tCO_2eq/㎡$ = **0.046 $tCO_2eq/㎡$** * 비주거용건축물의 표준베이스라인은 현재 공포되지 않아 다음과 같이 주거건축물의 표준베이스라인을 활용하여 산정함.

※ 비주거용건축물의 표준베이스라인
= 주거용 건축물 표준베이스라인 × 주거용 건물 대비 비주거용 건물의 에너지 소비량 비율
= 93.47kWh/㎡ x 1.33 **= 124.32kWh/㎡**

5 산정계수

• 전력배출 계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh ①

• 건축물 에너지효율등급 인증등급 ②

등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡ · 년)	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡ · 년)
1+++	60 미만	80 미만
1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만
1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만

• 주거용 건축물의 표준 베이스라인(표준 에너지소비량) ③

주택구분	총에너지 (kWh/㎡)
개별난방아파트	87.33
지역난방아파트	77.84
공동주택	99.16
단독주택	104.35
평균	**93.47**

• 주거용, 비주거용 건축물 에너지 사용량 ④

구분	주거용		비주거용	
	연면적(㎡)	에너지사용량 (TOE)	연면적(㎡)	에너지사용량 (TOE)
2018년	1,768,870,160	19,638,275	181,102,504	2,799,333
2019년	1,817,994,214	19,019,341	184,472,258	2,742,387
2020년	1,831,014,913	19,421,998	189,223,775	2,536,953
2021년	1,874,317,950	19,951,129	192,844,894	2,617,209
2022년	1,914,270,285	20,763,029	197,322,782	2,776,483
합계	9,206,467,522	98,793,772	944,966,213	13,472,365

위 표에 따른 주거용건물의 평균 에너지 소비량은 0.0107TOE/㎡, 비주거용 건물의 평균 에너지 소비량은 0.0143TOE/㎡

6	건물	제로에너지 빌딩	
		※ 주거용 건물 대비 비주거용 건물의 에너지 소비량 비율 = 2018년~2022년 비주거용 건축물의 단위면적당 평균 에너지 사용량 ÷ 2018년~2022년 주거용 건축물의 단위면적당 평균 에너지 사용량 = 0.0143TOE/㎡ ÷ 0.0107TOE/㎡ = 1.33	
6 출처		① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ② 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준, 국토교통부, 2023.12.29 ③ 녹색 건축 통계 주거용 건축물 표준베이스라인, 국토해양부, 2023 (https://www.greentogether.go.kr/sta/baseline/standard-baseline.do) ④ 건물에너지 사용량 통계(pp. 43~55), 국토교통부, 2018~2022	
7 모니터링 인자		• 제로에너지 등급별 사업 면적(㎡)	지속
8 추진사례		[제로에너지건축물 의무화 로드맵 - 제로에너지빌딩 의무화 추진 대상] • 2020~ 공공 1,000㎡ 이상 (5등급) • 2023~ 공공 500㎡ 이상 (5등급) 공동주택 30세대 이상 (5등급) • 2024~ : 민간 공동주택 30세대 이상 (5등급 수준) • 2025~ : 공공 500㎡ 이상(4등급 수준), 민간 1,000㎡(5등급 수준) • 2030~ : 공공 500㎡ 이상(3등급 수준), 민간 500㎡ 이상(5등급 수준) • 2050~ : 전(全) 건물 (1등급 수준)	

7	건물	건물에너지 효율등급 인증
1 개요		주거용 및 비주거용 건물에너지 효율등급을 평가하여 기존 노후 건물 및 저효율 건물의 에너지 효율을 향상시켜 온실가스 저감에 기여
2 원단위		(1) 주거용 건축물 • 에너지효율등급 (1+++) : 0.016 tCO_2eq/m^2 • 에너지효율등급 (1++) : 0.009 tCO_2eq/m^2 (2) 비주거용 건축물 • 에너지효율등급 (1+++) : 0.022 tCO_2eq/m^2 • 에너지효율등급 (1++) : 0.008 tCO_2eq/m^2
3 감축량 산정식		(1) 주거용 건축물 • [에너지효율등급 (1+++)] 감축원단위 (0.016 tCO_2eq/m^2) × 건물에너지효율등급(1+++) 사업면적(m^2) • [에너지효율등급 (1++)] 감축원단위 (0.009 tCO_2eq/m^2) × 건물에너지 효율등급(1++) 사업면적(m^2) (2) 비주거용 건축물 • [에너지효율등급 (1+++)] 감축원단위 (0.022 tCO_2eq/m^2) × 건물에너지 효율등급(1+++) 사업면적(m^2) • [에너지효율등급 (1++)] 감축원단위 (0.008 tCO_2eq/m^2) × 건물에너지 효율등급(1++) 사업면적(m^2)
4 감축원단위 산정근거		• 주거용 건축물 에너지 효율등급(1+++) 인증 감축원단위 ($tCO_2eq/㎡$) = 베이스라인 온실가스 배출량 – 사업 후 온실가스 배출량 = (주거용 건축물의 표준 에너지소비량 - 건축물 에너지효율등급 1+++ 기준 에너지소비량) × 전력배출계수 × 단위환산 = (93.47kWh/㎡ - 60kWh/㎡) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ × 10^{-3} = 0.045 $tCO_2eq/㎡$ - 0.029 $tCO_2eq/㎡$ = **0.016 $tCO_2eq/㎡$** • 주거용 건축물 에너지 효율등급(1++) 인증 감축원단위 ($tCO_2eq/㎡$) = 베이스라인 온실가스 배출량 – 사업 후 온실가스 배출량 = (주거용 건축물의 표준 에너지소비량 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량) × 전력배출계수 × 단위환산 = (93.47kWh/㎡ - 75kWh/㎡) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ × 10^{-3} = 0.045 $tCO_2eq/㎡$ - 0.036 $tCO_2eq/㎡$ = **0.009 $tCO_2eq/㎡$** • 비주거용 건축물 에너지 효율등급(1+++) 인증 감축원단위 ($tCO_2eq/㎡$) = 베이스라인 온실가스 배출량 – 사업 후 온실가스 배출량 = (비주거용 건축물의 표준 에너지소비량 - 건축물 에너지효율등급 1+++ 기준 에너지소비량) × 전력배출계수 × 단위환산 = (124.32kWh/㎡ - 80kWh/㎡) × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ × 10^{-3} = 0.060 $tCO_2eq/㎡$ - 0.038 $tCO_2eq/㎡$ = **0.022 $tCO_2eq/㎡$**

7	건물	건물에너지 효율등급 인증	
		• 비주거용 건축물 에너지 효율등급(1++) 인증 감축원단위 ($tCO_2eq/㎡$) = 베이스라인 온실가스 배출량 – 사업 후 온실가스 배출량 = (비주거용 건축물의 표준베이스라인 표준 에너지소비량 - 건축물 에너지효율등급 1++ 기준 에너지소비량) × 전력배출계수 × 단위환산 = (124.32kWh/㎡ - 110kWh/m^2)× 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ × 10^{-3} = 0.060 $tCO_2eq/㎡$ - 0.052 $tCO_2eq/㎡$ = **0.008 $tCO_2eq/㎡$** * 비주거용건축물의 표준베이스라인은 현재 공포되지 않아 다음과 같이 주거건축물의 표준베이스라인을 활용하여 산정함. ※ 비주거용건축물의 표준베이스라인 = 주거용 건축물 표준베이스라인 × 주거용 건물 대비 비주거용 건물의 에너지 소비량 비율 = 93.47kWh/㎡ x 1.33 = **124.32kWh/㎡**	
	5 산정계수	• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 건축물 에너지효율등급 인증등급	②
		• 주거용 건축물의 표준 베이스라인(표준 에너지소비량)	③
		• 주거용, 비주거용 건축물 에너지 사용량	④

건축물 에너지효율등급 인증등급

등급	주거용 건축물 연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡ · 년)	주거용 이외의 건축물 연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡ · 년)
1+++	60 미만	80 미만
1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만
1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만

주거용 건축물의 표준 베이스라인(표준 에너지소비량)

주택구분	총에너지 (kWh/㎡)
개별난방아파트	87.33
지역난방아파트	77.84
공동주택	99.16
단독주택	104.35
평균	93.47

주거용, 비주거용 건축물 에너지 사용량

구분	주거용		비주거용	
	연면적(㎡)	에너지사용량 (TOE)	연면적(㎡)	에너지사용량 (TOE)
2018년	1,768,870,160	19,638,275	181,102,504	2,799,333
2019년	1,817,994,214	19,019,341	184,472,258	2,742,387
2020년	1,831,014,913	19,421,998	189,223,775	2,536,953
2021년	1,874,317,950	19,951,129	192,844,894	2,617,209
2022년	1,914,270,285	20,763,029	197,322,782	2,776,483
합계	9,206,467,522	98,793,772	944,966,213	13,472,365

7	건물	건물에너지 효율등급 인증	
		※ 주거용 건물 대비 비주거용 건물의 에너지 소비량 비율 = 2018년~2022년 비주거용 건축물의 단위면적당 평균 에너지 사용량 ÷ 2018년~2022년 주거용 건축물의 단위면적당 평균 에너지 사용량 = 0.0143TOE/㎡ ÷ 0.0107TOE/㎡ = 1.33	
6 출처		① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ② 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준, 국토교통부, 2023.12.29 ③ 녹색건축통계 (https://www.greentogether.go.kr/sta/baseline/standard-baseline.do, 국토해양부 (2023) ④ 건물에너지 사용량 통계(pp. 43~55), 국토교통부, 2018~2022	
7 모니터링 인자		• 건물에너지효율등급별 사업면적 (㎡)	지속
8 추진사례		• 「녹색건축물 조성 지원법(2022.3.25., 국토교통부)」의 17조. 건축물의 에너지효율등급 인증 및 제로에너지 건축물 인증에 따라 신축되는 건축물 - 「녹색건축물 조성 지원법 시행령」 별표 1. 에너지효율등급 인증 또는 제로에너지 건축물 인증 표시 의무 대상 건축물	

<table>
<tr><th colspan="2">8 건물</th><th colspan="2">BEMS 설치 및 운영</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="2">BEMS(빌딩에너지관리시스템)의 설치를 통해 에너지 소비 특성을 분석하여 열원장비, 공조장비 등에 대한 효과적인 에너지 절감 사업 시행을 통해 에너지 절감과 온실가스 감축 기여</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="2">• 0.0038 $tCO_2eq/㎡$</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="2">• 감축원단위 (0.0038 tCO_2eq/m^2) × 사업 면적(m^2)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원단위 산정근거</td><td colspan="2">• 감축원단위
= {(전력절감량 × 전력배출계수) + (LNG절감량 × LNG배출계수)} ÷ 사업면적(㎡) × 단위환산
= [{(사업전 전력소비량 - 운영1년차 전력소비량) + (사업전 전력소비량 - 운영2년차 전력소비량)} × 전력배출계수 + {(사업전 LNG소비량 - 운영1년차 LNG소비량) + (사업전 LNG소비량 - 운영2년차 LNG소비량)} × LNG 배출계수]/ 2개년 사업면적의 합(㎡) × 단위환산
= [{(12,275.6kWh - 11,132.2kWh) + (12,275.6kWh – 11,367.4kWh)} × 0.4781$kgCO_2eq/kWh$+ {(771,288Nm^3 - 669,449Nm^3) + (771,288Nm^3 - 590,600Nm^3)}×2.188*$kgCO_2eq/Nm^3$)] / 162,228m^2×10^{-3}
= {(2,052kWh×0.4781$kgCO_2eq/kWh$) + (282,527Nm^3×2.188*$kgCO_2eq/Nm^3$)} ÷ 162,228m^2 ×10^{-3}
= (0.981tCO_2eq + 618.17tCO_2eq) ÷ 162,228m^2 = 0.0038 $tCO_2eq/㎡$
* LNG 배출계수($kgCO_2eq/Nm^3$)
= 순발열량(MJ/Nm^3)×∑(온실가스별 배출계수($kgCO_2/TJ$)×온실가스별 지구온난화지수)×10^{-6}
= 38.9MJ/Nm^3×{(56,100$kgCO_2/TJ$×1)+(5$kgCH_4/TJ$×28)+(0.1kgN_2O/TJ×265)}×10^{-6}
= 2.188$kgCO_2eq/Nm^3$</td></tr>
<tr><td rowspan="6">5 산정계수</td><td colspan="2">• 전력배출 계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh</td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• LNG 배출계수 : (CO_2) 56,100 $kgCO_2/TJ$</td><td>④</td></tr>
<tr><td colspan="2">• LNG 배출계수 : (CH_4) 5$kgCH_4/TJ$, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ
※ 상업 공공 및 가정 기타 기준</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265</td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">• LNG 순발열량 : 38.9 MJ/Nm^3</td><td>④</td></tr>
<tr><td colspan="2">• BEMS 운용 오피스건물의 에너지사용량 절감 효과
<table><tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="3">에너지 사용량 변화</th></tr><tr><th>사업전</th><th>운영 1년차</th><th>운영 2년차</th></tr><tr><td>전기(kWh)</td><td>12,275.6</td><td>11,132.2</td><td>11,367.4</td></tr><tr><td>LNG(Nm^3)</td><td>771,288.0</td><td>669,449.0</td><td>590,600.0</td></tr></table>• BEMS 운용 오피스건물의 연면적 : 81,114m^2</td><td>⑤</td></tr>
</table>

8	건물	BEMS 설치 및 운영	
6 출처		① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련) ③ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련) ⑤ 대한건축학회, 2011, BEMS 운용 오피스건물의 에너지 사용량 절감 (pp. 427~430)	
7 모니터링 인자		• 사업 면적(㎡)	지속
8 추진사례		• 연면적 1만㎡ 이상 공공 건물 (2017년 이후) • 제로에너지빌딩 인증 건축물 • 공공청사 빌딩에너지관리시스템 설치, 충청북도 단양군	

9	건물	수요반응시스템(DR) 구축	
1 개요		최대 전력수요 발생시 전력사용자에게 인센티브를 부여하여 자발적으로 부하감축을 유도함으로써 전력수요를 감소시키는 시스템으로, 전력사용 감축을 통해 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 33.75tCO_2eq/MW	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(33.75tCO_2eq/MW·년) × 수요반응 가입 용량(MW)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(33.75tCO_2eq/MW·년) = MW 당 전력 절감량(MWh) 원단위 × 전력배출계수 ※ 70.59MWh/MW·년 × 0.4781tCO_2eq/MWh = **33.75CO_2eq/MW·년** • MW 당 전력 절감량(MWh) 원단위(70.59MWh/MW·년) = 연간 전력절감량 ÷ 연평균 의무감축용량 ※ 292,290MWh ÷ 4,140.67MW = **70.59MWh/MW·년**	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	①
		• 연간 전력절감량(3개년 평균) : 292,290MWh	②
		• 의무감축용량(3개년 평균) : 4,140.67MW	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ② 전력거래소, 수요자원거래시장 현황 및 운영정보(18년 1월~20년 12월) ※ 매월 공시되는 수요자원거래시장 현황 및 운영정보 중 총 의무감축용량 기준으로 산정	
7 모니터링 인자		• 수요반응 가입 용량(MW)	단발
8 추진사례		• 주민 수요반응 서비스 시범 사업, 전라남도 나주시 • 주민형 수요반응(DR) 서비스 확산 사업, 서울특별시	

10	건물	공공 및 오피스 건물의 스마트 미터링 도입	
1 개요		건물의 전력 공급단에 AMI(Advanced Metering Infrastructure, 지능형 전력 계량시스템)를 설치하여 세부적인 전력소비량을 측정하고, 이를 사용자에게 전달함으로써 사용자들이 불필요한 에너지 소비를 줄일 수 있도록 하는 에너지 효율화 사업	
2 원단위		• 0.00418 tCO_2eq/m^2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.00418 tCO_2eq/m^2) × 사업대상지 면적(m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (4.18×10^{-3} tCO_2eq/m^2) = (사업전 전력소비량 - 스마트 미터링 사업 후 전력소비량) × 전력배출계수 ÷ 사업대상지 면적 × 단위환산 ※ (16,013,998kWh − 15,015,276 kWh) × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 114,112m^2 × 10^{-3} = **4.18×10^{-3} tCO_2eq/m^2**	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 사업전 전력소비량 : 16,013,998kWh 사업후 전력소비량 : 15,015,276kWh 건물 면적 : 114,112m^2	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 캠퍼스 마이크로 그리드 에너지 절감 사업 중 지능형 전력계량시스템 설치 대상(Virtual Cell)에 대한 에너지 절감량 검증보고서 (에너지 M&V 검증 보고서)	
7 모니터링 인자		• 건물 면적(m^2)	지속
8 추진사례		• 가정용 스마트 전력 플랫폼 사업(경기도 김포시, 경기도 고양시, 경기도 용인시 등) - 세대별로 설치된 기계식(유도식) 또는 전기식 전력량계를 스마트미터로 교체하는 사업으로 통신기기, 검침 데이터 저장과 운용을 위한 서버 시스템 등 AMI 시스템 구축·운영을 통해 다양한 에너지 정보 관리 및 활용 서비스를 제공하여 전력 소비 절약을 유도하는 사업에 적용 가능	

11 건물	업무용 고효율 공조기의 보급	
1 개요	건물 내에서 적정수준의 온도를 유지하고, 감습하거나 가습하여 실내공기를 쾌적하게 만들 수 있는 고효율 공조기(전기공조기의 인버터 운전)를 보급함으로써 온실가스 저감에 기여	
2 원단위	• 0.000244 $tCO_2eq/㎡$	
3 감축량 산정식	• 감축원단위 (0.000244 $tCO_2eq/㎡$) × 보급면적(㎡)	
4 감축원 단위 산정근거	• 업무용 고효율 공조기 보급 감축원단위(0.000244 $tCO_2eq/㎡$) = 업무용 건물의 면적당 에너지 소비량(전기) ÷ 전기에너지(소비기준) 총발열량 × 공조용 에너지 소비 비중 × 저감비율 × 전력배출계수 × 단위환산 = 82,100kcal/㎡ ÷ 2,290kcal/kWh × 0.07123 × 0.2 × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh \times 10^{-3}$ = **0.000244 $tCO_2eq/㎡$**	
5 산정계수	• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
	• 업무용 건물의 면적당 에너지소비량(전기): 82.1천 kcal/㎡	②
	• 전기에너지(소비기준) 총발열량 : 2,290 kcal/kWh	③
	• 공조에 의한 에너지 소비 비중 : 56,288toe ÷ 790,196toe = 7.123% 3-2-4. 업무시설 (단위: toe) (Unit: toe)	④
	• 공조기 인버터 도입 효과 : 20% 절감(- 55Hz 운전)	⑤
6 출처	① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 에너지총조사 보고서(산업통상자원부, 2020, (p.174)) ③ 에너지 열량 환산 기준, 에너지법시행규칙 별표 (2017.12) ④ 에너지 총조사 보고서(산업자원부, 2005, (p.683)) ⑤ 한국에너지공단 에너지절약형 공기조화 시스템 (https://tips.energy.or.kr/commonsystem/commonsystem_view_02.do?code_num=OS&ch_code_num=OS02)	
7 모니터링 인자	• 업무용 고효율 공조기 보급면적(㎡)	지속
8 추진사례	• 소상공인 대상 고효율기기 지원 사업, 한국전력공사(2024) • 지자체 친환경 에너지(인버터 등) 보급 사업(2016) • 지자체 공공기관 녹색제품 의무 구매 제도 시행	

	합계	냉방	난방	급탕	일반동력	조명	공조(환기용)	사무기기 및 기타	
합 계	1,283,856.6	358,773.8	330,814.3	76,836.6	160,985.0	109,941.0	56,288.0	190,217.9	Total
석유소계	980.7	12.8	537.3	95.7	-	-	-	334.9	Subtotal(Petroleum)
등 유	611.5	10.5	519.4	79.4	-	-	-	2.2	Kerosene
경 유	320.6	0.1	0.4	0.4	-	-	-	319.7	Diesel
B - A	-	-	-	-	-	-	-	-	Bunker-A
B - C	-	-	-	-	-	-	-	-	Bunker-C
정제유	37.4	2.2	16.1	15.4	-	-	-	3.7	Refined oil
프로판	8.8	0.0	0.0	0.5	-	-	-	8.3	Propane
부 탄	2.4	-	1.4	-	-	-	-	1.0	Butane
도시가스	387,509.0	88,299.0	176,884.0	73,183.0	-	-	-	49,143.0	City Gas
전기소계	790,196.0	180,028.0	142,214.0	-	160,985.0	109,941.0	56,288.0	140,740.0	Subtotal(Electricity)
열에너지	105,170.9	90,434.0	11,179.0	3,557.9	-	-	-	-	Heat Energy

12	건물	일과 중 냉난방기 1시간 운휴	
1 개요		냉난방기 중앙 제어 시스템을 통해 일과 중 냉난방 공급을 한 시간씩 중단하는 방식으로 에너지 절약을 실천하는 사업. 즉, 냉난방기의 중앙 제어 시스템을 통해 특정 시간 동안 냉난방 공급을 중단하는 에너지 절약 기법임.	
2 원단위		• [냉방시기 1시간 운휴] 0.000045 $tCO_2eq/㎡$ • [난방시기 1시간 운휴] 0.000037 $tCO_2eq/㎡$	
3 감축량 산정식		• [냉방시기 1시간 운휴] 감축원단위 (0.000045 $tCO_2eq/㎡$) × 사업 면적 (㎡) • [난방시기 1시간 운휴] 감축원단위 (0.000037 $tCO_2eq/㎡$) × 사업 면적 (㎡)	
4 감축원단위 산정근거		• [냉방시기 1시간 운휴] 감축원단위 (4.5×10^{-5} $tCO_2eq/㎡$) = {(미시행시 예상 전력소비량* × 전력배출계수) - (시행시 전력소비량 × 전력배출계수)} / 적용 건물 연면적 × 단위환산 ※ {(559,704kWh × 0.4781 kg/kWh) - (519,629kWh × 0.4781 Kg/kWh)} / 427,693㎡ $\times10^{-3}$ = **4.5×10^{-5} $tCO_2eq/㎡$** • [난방시기 1시간 운휴] 감축원단위 (3.7×10^{-5} $tCO_2eq/㎡$) = {(미시행시 예상 전력소비량 × 전력배출계수) - (시행시 전력소비량 × 전력배출계수)} ÷ 적용 건물 연면적 × 단위환산 ※ {(592,581kWh) × 0.4781 kg/kWh) - (563,224kWh× 0.4781 kg/kWh)} ÷ 376,420㎡ $\times10^{-3}$ = **3.7×10^{-5} $tCO_2eq/㎡$** * 예상 전력소비량 = 1시간 가동 중지시 전력소비량 × 조정계수 ** ** 조정계수는 기온 변화가 전력 소비에 미치는 영향 정도를 나타내는 회귀계수로 하절기는 1.0771, 동절기는 1.0521임. 감축원단위 도출용 대상 기관이 냉방기에 12시~13시 한 시간 동안 가동 중지를 안했다면 예상되는 전력소비량은 1.0771 * 519,629kWh = 559,704kWh이고, 동절기에는 12시 ~13시 한 시간동안 가동 중지를 안했다면 예상되는 전력소비량은 1.0521* 563,224 = 592,581kWh 임을 의미함.	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 냉방기 가동 중지 시행 전 전력소비량 : 559,704kWh 냉방기 가동 중지 시행 후 전력소비량 : 519,629kWh 대상 건물 면적 : 427,693㎡ • 난방기 가동중지 시행 전 전력소비량 : 592,581kWh 난방기 가동중지 시행 후 전력소비량 : 563,224kWh 대상 건물 면적 : 376,420㎡	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 서울대학교 시간대별 전력 소비량 데이터 중 점심시간 1시간 냉난방기 운휴 기간과 정상 가동기간의 전력 소비량 분석 결과 (서울대 온실가스·에너지종합관리센터)	
7 모니터링 인자		• 냉난방 공급 중단 사업 면적(㎡)	단발
8 추진사례		• 공공기관을 대상으로 한 냉난방기 가동 중지를 통해 에너지를 절약하는 활동에 적용 가능 - 공공기관 에너지 다이어트(산업부, 2022, 전력피크시간대 냉난방기 순차 운휴) - 에너지 위기대응 특별대책(서울특별시, 2023, 전력피크 시간대 냉난방기 1시간 가동 중지) 등	

13 건물	직장인 점심시간 소등	
1 개요	점심시간 실내 소등 실천을 통해 온실가스 저감에 기여	
2 원단위	• 0.000595 tCO_2eq/m^2	
3 감축량 산정식	• 감축원단위 (0.000595 tCO_2eq/m^2) × 참여면적 (m^2)	
4 감축원 단위 산정근거	• [점심 소등 참여 건물 면적당 감축원단위] = {(형광등 소비전력 × 면적당 조명개수* × 형광등 개수의 비율) + (LED 소비전력 × 면적당 조명개수* × LED 개수의 비율)} × 평균 점심시간 × 근무일수 × 전력배출계수 × 단위환산 = {(0.036kW/개 × 0.2931*개/m^2 × 0.235) + (0.020kW/개 × 0.2931*개/m^2 × 0.495)} × 0.89h × 260일 × 0.4781 tCO_2/MWh × 10^{-3} = **0.000595 tCO_2eq/m^2** * 면적당 조명개수(개/m^2) = 평균조도(200lx) ÷ {형광등36W(LED20W) 램프 1개당 광속(2,900lm)** × 조명률***(0.5) × 보수율****(0.85)} = 0.2931개/m^2 ** 형광등 36W 제품의 통상적인 광속 적용 *** 조명기구의 광원에서 발산하는 광속 중 작업면에 들어오는 광속의 비율로 공간 여건에 따라 0~1의 범위를 가짐, 중간 값인 0.5 적용 **** 일반적인 사무실 유형인 하면개방형 보통 값인 0.85 적용	
5 산정계수	• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
	• 형광등 개당 소비 전력 (36W/개) • LED 개당 소비 전력 (20W/개) • 업무공간의 형광등 사용 용량의 비율: 23.5% • 업무공간의 LED 조명 사용 용량의 비율: 49.5%	②
	• 직장인 평균 점심시간 : 0.89시간	③
	• 연간 근무일수 : 260일	④
	• 평균 조도 : 200 lx	⑤

조명기구의 종류 \ 주위환경				좋음	보통	나쁨	비 고
I1	노출형	HID등 백열등		0.95 (A)	0.95 (B)	0.90 (C)	■ 좋음 : 먼지발생이 적고 항상 실내공기가 청정하게 유지되는 장소 ■ 보통 : 일반적 장소 ■ 나쁨: 수증기, 먼지, 연기의 발생 장소
		형광등		0.90 (C)	0.85 (D)	0.75 (F)	
I2	하면개방형			0.90 (C)	0.85 (D)	0.75 (F)	
I3	간이밀폐형 (하면커버설치)			0.85 (D)	0.80 (E)	0.75 (F)	
I4	완전밀폐형 (패킹 부착)			0.95 (B)	0.90 (C)	0.85 (D)	

(출처: 건축전기설비 설계기준, 국토해양부, 2011, p.146)

13	건물	직장인 점심시간 소등	
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 2022년 조명기기 보급 이용 현황 실태조사 및 분석 연구 (형광등 1개의 소비전력 (36W/개)과 대체 LED 조명의 소비 전력(p.159), 업무공간의 형광등 비율과 LED 비율(p.111), (한국에너지 공단, 2023) ③ 제품·생활패턴별 온실가스 배출량 산정 및 감축잠재량 평가, (국립환경과학원, 2009, (p.85 그림 Ⅲ-21)) ④ 근로기준법 제2조의 8 260일 법적 근로시간(8h/일, 주5일제(52주) 260일) ⑤ 국가기술표준원 KS 조도 기준 (KS A 3011 : 1988) (p.24), 표준조도 200lx 적용 (표준기준조도 중 단순작업 적용), (https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?reformNo=11&tmprKsNo=KSA3011&KsNo=KSA3011)	
7 모니터링 인자		• 점심 소등 참여 면적(m^2)	단발
8 추진사례		• 점심시간 사무실 소등, 서울특별시, 2013	

14	건물	냉방 온도 1도 높이기 / 난방 온도 2도 낮추기	
1 개요		여름철 냉방 온도를 1℃ 높이고, 겨울철 난방 온도는 2℃ 낮춤으로써 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [냉방온도 1도 높이기] 0.150 tCO_2eq/가구 • [난방온도 2도 낮추기] 0.132 tCO_2eq/가구	
3 감축량 산정식		• [냉방온도 1도 높이기] 감축원단위 (0.150 tCO_2eq /가구) × 참여가구수 • [난방온도 2도 낮추기] 감축원단위 (0.132 tCO_2eq /가구) × 참여가구수	
4 감축원 단위 산정근거		• [냉방온도 1도 높이기] 감축원단위 = 연간 에어컨 1대의 에너지사용량(kWh) × 가구당 에어컨 보급 대수 × 냉방온도 1℃ 높일 때 에너지 절약률 × 전력배출계수 × 단위환산 = 689.742kWh × 0.97대/가구 × 0.047 × 0.4781kgCO_2eq/kWh × 10^{-3} = **0.150 tCO_2eq/가구** • [난방온도 2도 낮추기] 감축원단위 = 가구당 난방용 도시가스(LNG) 소비량(Nm^3) × 실내 온도 2℃ 낮출 때 에너지 절약률 × LNG 배출계수 × 단위환산 = 466.6Nm^3/가구 × 0.13 × 2.188kgCO_2eq/Nm^3 × 10^{-3} = **0.132 tCO_2eq/가구** * LNG 배출계수(kgCO_2eq/Nm^3) = 순발열량(MJ/Nm^3)×Σ(온실가스별 배출계수(kgCO_2/TJ) × 온실가스별 지구온난화지수)×10^{-6} = 38.9MJ/Nm^3×{(56,100kgCO_2/TJ×1)+(5kgCH_4/TJ×28)+(0.1kgN_2O/TJ×265)}×10^{-6} = 2.188kgCO_2eq/Nm^3	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• LNG 배출계수 : (CO_2) 56,100 kgCO_2/TJ	④
		• LNG 배출계수 : (CH_4) 5kgCH_4/TJ, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	③
		• LNG 순발열량 : 38.9 MJ/Nm^3	④
		• 연간 에어컨 에너지사용량 : 689.742kWh	⑤
		• 가구당 에어컨 보급 대수 : 0.97대	⑤
		• 냉방온도 1℃ 높일 때 에너지 절약률 : 4.7%	⑦
		• 난방연료별 표본 가구당 에너지 소비, 도시가스(난방용) 연료 소비량 : 466.6Nm^3	⑧
		• 실내온도 2℃ 낮출 때 에너지 절약률 : 13%	⑥

14	건물	냉방 온도 1도 높이기 / 난방 온도 2도 낮추기	
6 출처		① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련) ③ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련) ⑤ 전력거래소, 2019, 주택용 가전기기 보급현황 조사 (p.11, p.16) ⑥ 냉난방온도 규제 등의 국내외 사례분석(에너지관리공단 (p.18)) ⑦ 냉방설비 운전 가이드라인 (산업통상자원부, 한국에너지공단 (p.6)) ⑧ 에너지총조사 보고서 (지식경제부, 2008 (p.568))	
7 모니터링 인자		• 참여가구수(가구)	단발
8 추진사례		• 에너지 조례 공포, 서울특별시 (냉난방 온도 제한, 2012) • 냉난방 온도 제한 등 실내 온도 제한 정책, 부산광역시	

15 건물	점심시간 컴퓨터 끄기	
1 개요	점심시간 컴퓨터 전원을 끔으로써 온실가스 저감에 기여	
2 원단위	• 0.000608 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식	• 감축원단위 (0.000608 tCO_2eq/대) × 참여대수 (대)	
4 감축원단위 산정근거	• [점심시간 컴퓨터 끄기 감축원단위] = 컴퓨터 1대당 소비전력(슬립모드) × 일평균 점심시간 × 연간 근무일수 × 전력 배출계수 × 단위환산 = 5.5W/대 × 0.89 시간/일 × 260일/연 × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ × 10^{-6} **= 0.000608 tCO_2eq/대**	
5 산정계수	• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
	• 컴퓨터(본체1대 + 모니터1대) 슬립모드 소비전력 : 5.5W	②
	• 직장인 평균 점심시간 : 0.89시간	③
	• 연간 근무 일수 : 260일	④
6 출처	① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 에너지이용합리화법 효율관리기자재 운용규정 (산업통상자원부고시 제2024-120호, P.301, 357) ③ 제품·생활패턴별 온실가스 배출량 산정 및 감축잠재량 평가, (국립환경과학원, 2009, (p.85 그림 Ⅲ-21)) ④ 근로기준법 제2조의 8 260일 법적 근로시간(8h/일, 주5일제(52주) 260일)	
7 모니터링 인자	• 점심시간 컴퓨터 끄기 참여 대수(대)	단발
8 추진사례	• 그린 라이프 운동 등 공공기관을 중심으로 한 에너지절약 실천 활동, 제주특별자치도	

16	건물	불끄기 캠페인 (어스아워 / 지구의 날 행사 등)	
1 개요		1년에 한 번 1시간 동안 소등 행사에 참여함으로써 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 0.000196 tCO_2eq/가구	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.000196 tCO_2eq/가구) × 참여가구수 (가구)	
4 감축원단위 산정근거		• [불끄기 캠페인 감축원단위] = 1가구 연간 조명 전력 사용량 ÷ 연간 조명 점등 시간 × 전력 배출계수 = {(가정부문 연간 조명 전력 사용량 ÷ 총 가구 수) ÷ (일 평균 점등시간×월 평균 점등일수×12개월)} × 전력배출계수 × 단위환산 = {(8,069,927,357 kWh ÷ 17,339,422 가구) ÷ (3.4 시간/일 × 27.8 일/월 × 12개월)} × 0.4781 $kgCO_2eq$/kWh × 10^{-3} **= 0.000196 tCO_2eq/가구**	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 $kgCO_2eq$/kWh	①
		• 연간 총 조명 전력 사용량: 8,069,927,357kWh • 조사대상 총 가구 수: 17,339,422가구 • 일 평균 점등시간: 3.4시간/일 • 월 평균 점등 일수: 27.8일/월	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수 (온실가스종합정보센터, 2021) ② 조명기기 이용 현황 조사 및 보급 기준 연구 결과 보고서 (연간조명전력사용량(p.145), 조사대상가구수(p.65), 가정일평균점등시간(p.121), 가정월평균점등일수(p.124)) (에너지관리공단, 2014) https://dl.nanet.go.kr/SearchDetailView.do?cn=NONB1201529262#none	
7 모니터링 인자		• 소등행사(불끄기 캠페인) 참여가구 수 (가구)	단발
8 추진사례		• 지구의 날 행사 (4월 22일, 저녁 8시부터 10분간 소등 행사 (대한민국은 2009년부터 참여)) • 어스 아워(3월 마지막주 토요일, 저녁 8시 반 ~ 9시 반 소등 행사)	

17	건물	히트펌프 설치
1 개요		기름이나 도시가스를 주 연료로 하는 난방 보일러 대신 에너지 효율(SPF*)이 높은 고효율 히트펌프로 교체하여 온실가스 배출 저감에 기여하는 사업 * 냉난방 기간 동안의 총출력 에너지 / 냉난방 기간 동안의 총입력 에너지
2 원단위		• [기름(등유) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3)] 7.300 tCO_2eq/대 • [도시가스(LNG) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3)] 4.916 tCO_2eq/대 • [전기히터 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3)] 4.781 tCO_2eq/대 • [기름(등유) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6)] 8.495 tCO_2eq/대 • [도시가스(LNG) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6)] 6.111 tCO_2eq/대 • [전기히터 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6)] 5.976 tCO_2eq/대
3 감축량 산정식		• [기름(등유) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3)] 감축원단위 (7.300 tCO_2eq/대) × 교체대수 (대) • [도시가스(LNG) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3)] 감축원단위 (4.916 tCO_2eq/대) × 교체대수 (대) • [전기히터 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3)] 감축원단위 (4.781 tCO_2eq/대) × 교체대수 (대) • [기름(등유) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6)] 감축원단위 (8.495 tCO_2eq/대) × 교체대수 (대) • [도시가스(LNG) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6)] 감축원단위 (6.111 tCO_2eq/대) × 교체대수 (대) • [전기히터 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6)] 감축원단위 (5.976 tCO_2eq/대) × 교체대수 (대)
4 감축원단위 산정근거		• [기름(등유) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3)] 감축원단위 = 기름(등유) 보일러 1대의 연간 온실가스 배출량 - 전기 히트펌프(SPF=3) 1대의 연간 온실가스 배출량 = 연간 등유사용량 × 등유배출계수 – 전기 히트펌프(SPF=3)의 연간 전력소비량 × 전력 배출계수 = 3,917L × 2.474tCO_2eq/L × 10^{-3} - 5,000kWh × 0.4781tCO_2eq/kWh × 10^{-3} = 9.690 tCO_2eq/대 - 2.391 tCO_2eq/대 = **7.300 tCO_2eq/대** • [도시가스(LNG) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3)] 감축원단위 = 도시가스(LNG) 보일러 1대의 연간 온실가스 배출량 - 전기 히트펌프 (SPF=3) 1대의 연간 온실가스 배출량 = 연간 도시가스 사용량 × 도시가스 배출계수 – 전기 히트펌프 (SPF=3)의 연간 전력소비량 × 전력배출계수 = 3,338Nm^3× 2.189tCO_2eq/Nm^3× 10^{-3} - 5,000kWh × 0.4781tCO_2eq/kWh × 10^{-3} = 7.307 tCO_2eq/대 - 2.391 tCO_2eq/대 = **4.916 tCO_2eq/대** • [전기히터 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3)] 감축원단위 = 전기히터 보일러 1대의 연간 온실가스 배출량 - 전기 히트펌프(SPF=3) 1대의 연간 온실가스 배출량 = (전기 히터보일러의 연간 전력사용량 × 전력 배출계수) - (전기 히트펌프(SPF=3)의 연간 전력사용량 × 전력 배출계수)

17	건물	히트펌프 설치
		= 15,000kWh × 0.4781tCO$_2$eq/kWh × 10^{-3} - 5,000kWh × 0.4781tCO$_2$eq/kWh × 10^{-3} = 7.172 tCO$_2$eq/대 - 2.391 tCO$_2$eq/대 = **4.781 tCO$_2$eq/대** • [기름(등유) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6)] 감축원단위 = 기름(등유) 보일러 1대의 연간 온실가스 배출량 - 전기 히트펌프(SPF=6) 1대의 연간 온실가스 배출량 = 연간 등유사용량 × 등유배출계수 – 전기 히트펌프(SPF=6)의 연간 전력소비량 × 전력배출계수 = 3,917L × 2.474tCO$_2$eq/L × 10^{-3} - 2,500kWh × 0.4781tCO$_2$eq/kWh × 10^{-3} = 9.690 tCO$_2$eq/대 - 1.195 tCO$_2$eq/대 = **8.495 tCO$_2$eq/대** • [도시가스(LNG) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6)] 감축원단위 = 도시가스(LNG) 보일러 1대의 연간 온실가스 배출량 - 전기 히트펌프 (SPF=6) 1대의 연간 온실가스 배출량 = 연간 도시가스 사용량 × 도시가스 배출계수 – 전기 히트펌프 (SPF=6)의 연간 전력소비량 × 전력배출계수 = 3,338Nm³× 2.189tCO$_2$eq/Nm³ × 10^{-3} - 2,500kWh × 0.4781tCO$_2$eq/kWh × 10^{-3} = 7.307 tCO$_2$eq/대 - 1.195 tCO$_2$eq/대 = **6.111 tCO$_2$eq/대** • [전기히터 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6)] 감축원단위 = 전기히터 보일러 1대의 연간 온실가스 배출량 - 전기 히트펌프(SPF=6) 1대의 연간 온실가스 배출량 = 전기 히터 보일러의 연간 전력사용량 × 전력배출계수 - 전기 히트펌프(SPF=6)의 연간 전력사용량 × 전력배출계수 = 15,000kWh × 0.4781tCO$_2$eq/kWh × 10^{-3} - 2,500kWh × 0.4781tCO$_2$eq/kWh × 10^{-3} = 7.172 tCO$_2$eq/대 - 1.195 tCO$_2$eq/대 = **5.976 tCO$_2$eq/대** ※ 연간 등유 사용량 = 연간 필요열량(kcal) / 등유에너지 열량 환산계수(kcal/L) = 34,350,000kcal / 8,770kcal/L = 3,917L ※ 연간 도시가스(LNG) 사용량 = 연간 필요열량(kcal) / LNG 에너지 열량 환산계수(kcal/㎥) = 34,350,000kcal / 10,290kcal/㎥ = 3,338㎥ ※ 연간 전력사용량 = 34,350,000kcal / 2,290kcal/kWh = 15,000kWh ※ 등유 배출계수(kgCO$_2$eq/L) = 순발열량(MJ/L)×∑(온실가스별 배출계수(kgCO$_2$/TJ)×온실가스별 지구온난화지수)×10^{-6} = 34.2MJ/L×{(71,900kgCO$_2$/TJ×1)+(10kgCH$_4$/TJ×28)+(0.6N$_2$O/TJ×265)}×10^{-6} = 2.474kgCO$_2$eq/L

17	건물	히트펌프 설치	
		※ LNG 배출계수($kgCO_2eq/Nm^3$) = 순발열량(MJ/Nm^3)×∑(온실가스별 배출계수($kgCO_2/TJ$)×온실가스별 지구온난화지수)×10^{-6} = $38.9MJ/Nm^3$×{(56,100$kgCO_2/TJ$×1)+(5$kgCH_4/TJ$×28)+(0.1kgN_2O/TJ×265)}×10^{-6} = 2.189$kgCO_2eq/Nm^3$	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• LNG 배출계수 : (CO_2) 56,100$kgCO_2/TJ$	④
		• LNG 배출계수 : (CH_4) 5$kgCH_4/TJ$, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②
		• LNG 순발열량 : $38.9MJ/Nm^3$	④
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	③
		• 등유 배출계수 : (CO_2) 71,900$kgCO_2/TJ$	④
		• 등유 배출계수 : (CH_4) 10$kgCH_4/TJ$, (N_2O) 0.6kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②
		• 등유 순발열량 : 34.2MJ/L	④
		• LNG 에너지 열량 환산계수 : 10,290kcal/Nm^3	⑤
		• 등유 에너지 열량 환산계수 : 8,770kcal/L	⑤
		• 연간 요구되는 난방부하량 : 15,000kWh ※ 연간 필요열량(kcal) = 15,000kWh × 2,290kcal/kWh = 34,350,000kcal • 전기히트펌프 연간소비에너지 : 10,000kWh • 전기히트펌프(SPF 3.0) 연간소비에너지 : 5,000kWh • 전기히트펌프(SPF 6.0) 연간소비에너지 : 2,500kWh	⑥
6 출처		① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련) ③ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련) ⑤ 에너지법 시행규칙(산업통상자원부령 제426호), [별표]에너지 열량 환산기준(제5조제1항관련) _ 2017.12.28. 개정 ⑥ 기계저널, 2011.06, 히트펌프 보급으로 인한 CO_2 저감 효과, pp. 46~47	
7 모니터링 인자		• 히트펌프 교체 대수(대)	지속
8 추진사례		• 지자체 친환경 에너지(히트펌프 및 인버터) 보급 사업(2016년) • 양식장 친환경 에너지 보급 사업(2019년) 등	

18	건물	잠열 회수형 온수 보일러 도입(가정)	
1 개요		배기가스 중의 잠열을 회수하여 열효율을 향상시켜 온실가스 저감 효과 도모	
2 원단위		• 0.08tCO_2eq/가구	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.08tCO_2eq/가구) × 보급가구수(가구)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.08tCO_2eq/가구) = 도시가스 난방 에너지소비량 × LNG배출계수 × 단위환산 × 일반과 콘덴싱 보일러의 효율차이 ※ 4,922천㎉/가구·yr × 2.347tCO_2eq/TOE × 10^{-7}TOE/kcal × 7% = **0.08tCO_2eq/가구** * (총발열량→순발열량환산)5,452×9,290÷10,290 = 4,922천㎉/가구·yr	
5 산정계수		• 가구당 도시가스 사용량: 5,452Mcal/가구	①
		• LNG 배출계수 : 2.347tCO_2eq/TOE	②
		• 일반과 콘덴싱 보일러 효율 차이: 7% ※ 콘덴싱열효율 : 91%이상, 일반보일러 84%	③
6 출처		① 산업통상자원부, 2018년 가구에너지 상설표본조사*(p.41)_ 2021-06-07 -국가에너지통계종합정보시스템(KESIS) * 가구에너지패널조사((구)가구에너지 상설표본조사) ② 에너지법 시행규칙 에너지열량환산기준_2017.12.28. 개정 ③ 한국에너지공단 효율관리기자재 운용규정(산업통상자원부고시 제2020-83호)	
7 모니터링 인자		• 보급가구수(가구)	지속
8 추진사례		• 친환경 콘덴싱보일러 교체사업, 서울특별시(2019년)	

19	건물	가정용 환경표지인증 보일러 교체	
1 개요		기존 가정에서 사용하는 노후 보일러(LNG, LPG, 등유 사용)를 환경표지 인증을 받은 친환경 보일러로 교체하여 에너지 효율 향상 및 온실가스 배출저감을 도모하는 사업	
2 원단위		[교체 보일러 1대당 감축원단위] • [노후 보일러(LNG) → 환경표지인증 보일러(LNG)] 0.536 tCO_2eq/대 • [노후 보일러(LPG) → 환경표지인증 보일러(LNG)] 0.328 tCO_2eq/대 • [노후 보일러(등유) → 환경표지인증 보일러(LNG)] 0.495 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• [노후 보일러(LNG) → 환경표지인증 보일러(LNG)] 감축원단위 (0.536 tCO_2eq/대) × 교체대수 • [노후 보일러(LPG) → 환경표지인증 보일러(LNG)] 감축원단위 (0.328 tCO_2eq/대) × 교체대수 • [노후 보일러(등유) → 환경표지인증 보일러(LNG)] 감축원단위 (0.495 tCO_2eq/대) × 교체대수	
4 감축원단위 산정근거		• [노후 보일러(LNG) → 환경표지인증 보일러(LNG)] 감축원단위 (0.536 tCO_2eq/대)] = (노후 보일러(LNG) 1대의 연간 온실가스 배출량 - 환경표지인증 보일러(LNG) 1대의 연간 온실가스 배출량) ※ (2.817 tCO_2eq/대 - 2.281 tCO_2eq/대) = **0.536 tCO_2eq/대** • [노후 보일러(LPG) → 환경표지인증 보일러(LNG)] 감축원단위 (0.328 tCO_2eq/대) = (노후 보일러(LPG) 1대의 연간 온실가스 배출량 - 환경표지인증 보일러(LNG) 1대의 연간 온실가스 배출량) ※ (2.609 tCO_2eq/대 - 2.281 tCO_2eq/대) = **0.328 tCO_2eq/대** • [노후 보일러(등유) → 환경표지인증 보일러(LNG)] 감축원단위 (0.495 tCO_2eq/대) = (노후 보일러(등유) 1대의 연간 온실가스 배출량 - 환경표지인증 보일러(LNG) 1대의 연간 온실가스 배출량) ※ (2.776 tCO_2eq/대 - 2.281 tCO_2eq/대) = **0.495 tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• LNG 배출계수 : (CO_2) 56,100kgCO_2/TJ	①
		• LNG 배출계수 : (CH_4) 5kgCH_4/TJ, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	③
		• LPG 배출계수 : (CO_2) 64,600kgCO_2/TJ	①
		• LPG 배출계수 : (CH_4) 5kgCH_4//TJ, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②

19	건물	가정용 환경표지인증 보일러 교체	
		• 등유 배출계수 : (CO_2) 73,200kgCO_2/TJ	①
		• 등유 배출계수 : (CH_4) 10kgCH_4//TJ, (N_2O) 0.6kgN_2O/TJ	②
		• 노후 보일러(LNG)의 연간 평균 배출량 : 2.817 tCO_2eq/년 • 노후 보일러(LPG)의 연간 평균 배출량 : 2.609 tCO_2eq/년 • 노후 보일러(등유)의 연간 평균 배출량 : 2.776 tCO_2eq/년 • 환경표지인증 보일러(LNG)의 연간 평균 배출량 : 2.281 tCO_2eq/년	④
6 출처		① 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2022-279호, (2023.01.01.)), [별표 12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련) ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2022-279호, (2023.01.01.)), [별표 10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수 (제15조 제1항 관련) ③ 2022 지역 온실가스 인벤토리 산정 지침 [부록 3] 지구온난화지수 (2022. 12., 온실가스종합정보센터) ④ 친환경보일러의 온실가스 저감효과 및 경제적 편익분석(환경부, 2021. 11) - 한국환경산업기술원 (환경표지인증 보일러 475대 제품과 노후보일러(LNG) 22대, 노후보일러(LPG) 22대, 노후보일러(등유) 5대의 연간 평균 연료사용에 따른 온실가스 배출량 분석 결과)	
7 모니터링 인자		• 보일러 교체 대수(대)	지속
8 추진사례		• 가정용 친환경보일러 교체 지원사업(대전광역시, 광주광역시, 경기도 성남시 등) - 2022년 기준 전국 77개 시군을 대상으로 한 친환경보일러 보급 지원사업 시행. 10년 이상 노후 보일러를 친환경보일러로 교체 시 대당 10만원 (저소득층은 60만원)의 보조금을 지원하여 에너지 효율이 높은 보일러로 교체를 유도하는 사업임.	

20	건물	빗물 재이용 시설 도입	
1 개요		건물의 지붕이나 옥상, 테라스, 데크 등에서 빗물을 취수하여 지하 등에 설치된 저류조에 저장한 후 화장실용 세정수나 살수 등의 잡용수로 이용하는 사업으로, 물재이용 활성화를 통해 온실가스 저감에 기여 ※「물의 재이용 촉진 및 자원에 관한 법률」제2조 제2호의 규정에 정의된 "물 재이용 시설"중 빗 물이용시설에 한함	
2 원단위		• 2.37 × $10^{-4}tCO_2eq/m^3$·대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(2.37 × $10^{-4}tCO_2eq/m^3$·대) × 시설 한 대 당 급수 용량(m^3) × 빗물 재이용시설(대) × 빗물이용률(%)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(2.37 × $10^{-4}tCO_2eq/m^3$·대) = 상수 배출계수 × 물의 비중량 × 단위환산 ※ (2.37 × $10^{-4}kgCO_2eq/kg$) × 1000kg/m^3 × 10^{-3} = **2.37 × $10^{-4}tCO_2eq/m^3$·대** ✓ 빗물 저류조 용량과 실제 빗물 이용률의 차이가 발생할 수 있으므로, 빗물이용률(빗물사용량/빗물 저류조 용량)에 대한 모니터링이 필요함	
5 산정계수		• 상수 배출계수 : 2.37 × $10^{-4}kgCO_2eq/kg$	①
6 출처		① 환경성적표지 홈페이지(환경성적표지 평가계수 전문(2021.08.02.)) (http://epd.or.kr/)	
7 모니터링 인자		• 시설 한 대 당 급수 용량(m^3) × 빗물 재이용시설(대) × 빗물이용률(%)	지속
8 추진사례		• 빗물이용시설 설치 지원 사업, 제주특별자치도 • 대용량 빗물 저류시설 설치 사업, 제주특별자치도 • 빗물이용시설 설치비 지원 사업, 대구광역시 • 빗물마을 사업 조성, 서울특별시 등	

21	건물	중수도 이용 확대	
1 개요		중수도 이용 시설 확대(공공, 민간)를 통한 생활용수 재활용을 증진하여 상수 사용을 억제하는 효과를 통해 온실가스 감축에 기여	
2 원단위		• 0.024 tCO_2eq/m^3	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.024 tCO_2eq/m^3) × 중수도 이용시설 처리용량(m^3)	
4 감축원단위 산정근거		• [중수도 처리용량 당 감축원단위] = 연간 중수도 이용량 ÷ 중수도 처리용량 × 상수배출계수 = 243,457,788.8㎥ ÷ 2,391,356.6㎥ × $2.37\times10^{-4}tCO_2eq/㎥$ = 101.807㎥/㎥ × $2.37\times10^{-4}tCO_2eq/㎥$ **= 0.024 $tCO_2eq/㎥$**	
5 산정계수		• 상수 배출계수 : $2.37\times10^{-4}tCO_2eq/㎥$	①
		• 중수도 이용량 : 243,457,788.8㎥ • 중수도 처리용량 : 2,391,356.6㎥	②
6 출처		① 환경성적표지 홈페이지(환경성적표지 평가계수 전문(2021.08.02.)) (http://epd.or.kr/) ② 2022 하수도 통계 (10-2 중수도 현황)	
7 모니터링 인자		• 중수도 이용시설 처리용량 (m^3)	지속
8 추진사례		• 중수도 활용 사업, 경기도 수원시(2014년)	

22	건물	상수도 누수관 정비 사업
1 개요		상수도 누수관 정비사업을 통하여 생산된 물의 유수율을 높이고 누수율을 낮춤으로써 온실가스 저감에 기여. ※ 단, 상수관로 교체에 따른 누수율은 0으로 가정함.
2 원단위		• [서울 및 6대 광역*] **0.1746** tCO_2eq/km • [세종특별자치시] **0.2566** tCO_2eq/km • [8개 광역**의 시] **0.3056** tCO_2eq/km • [8개 광역**의 군] **0.1766** tCO_2eq/km • [제주특별자치도] **1.0817** tCO_2eq/km * 서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시 ** 경기도, 강원특별자치도, 충청북도, 충청남도, 전북특별자치도, 전라남도, 경상북도, 경상남도
3 감축량 산정식		• [서울 및 6대 광역시] **0.1746** tCO_2eq/km×상수도 누수관 정비거리(km) • [세종특별자치시] **0.2566** tCO_2eq/km × 상수관도 누수관 정비거리(km) • [8개 광역의 시] **0.3056**tCO_2eq/km × 상수관도 누수관 정비거리(km) • [8개 광역의 군] **0.1766** tCO2eq/km × 상수관도 누수관 정비거리(km) • [제주특별자치도] **1.0817** tCO_2eq/km × 상수관도 누수관 정비거리(km)
4 감축원단위 산정근거		• [서울 및 6대 광역시] 상수관로 길이당 감축원단위(**0.1746** tCO_2eq/km) = 상수도 생산량(톤/년) × 누수율(%) × 상수 온실가스 배출량($kgCO_2$/톤) ÷ 전체 수도관 길이(km) = 2,700,956천톤/년 × 0.035 × 0.0903 $kgCO_2$/톤 ÷ 48,870km = **0.1746** tCO_2eq/km • [세종특별자치시 정비거리] 감축원단위(**0.2566** tCO_2eq/km) = 상수도 생산량(톤/년) × 누수율(%) × 상수 온실가스 배출량($kgCO_2$/톤) ÷ 전체 수도관 길이(km) = 40,785천톤/년 × 0.092 × 0.0903 $kgCO_2$/톤 ÷ 1,320km = **0.2566** tCO_2eq/km • [8개 광역도의 시 정비거리] 감축원단위(**0.3056** tCO_2eq/km) = 상수도 생산량(톤/년) × 누수율(%) × 상수 온실가스 배출량($kgCO_2$/톤) ÷ 전체 수도관 길이(km) = 3,366,323천톤/년 × 0.1155 × 0.0903 $kgCO_2$/톤 ÷ 114,817 km = **0.3056** tCO_2eq/km • [8개 광역도의 군 정비거리] 감축원단위(**0.1766** tCO_2eq/km) = 상수도 생산량(톤/년) × 누수율(%) × 상수 온실가스 배출량($kgCO_2$/톤) ÷ 전체 수도관 길이(km) = 534,324천톤/년 × 0.235 × 0.0903 $kgCO_2$/톤 ÷ 64,163km = **0.1766** tCO_2eq/km

<table>
<tr><th>22</th><th>건물</th><th colspan="3">상수도 누수관 정비 사업</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">• [제주특별자치시 정비거리] 감축원단위(1.0817 tCO_2eq/km)
= 상수도 생산량(톤/년) × 누수율(%) × 상수 온실가스 배출량($kgCO_2$/톤) ÷ 전체 수도관 길이(km)
= 164,304천톤/년 × 0.4275 × 0.0903 $kgCO_2$/톤 ÷ 5,861km
= 1.0817 tCO_2eq/km</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">5 산정계수</td><td>• 용수판매량 전력원단위 : 0.1888 kWh/m^3
※ 상수 1톤 온실가스 배출량 = 공급량 기준 전력원단위 (kWh/m^3) × 전력배출계수(0.4781 $kgCO_2eq/kWh$)
= 0.1888 kWh/m^3 × 0.4781 $kgCO_2eq/kWh$ = 0.0903 $kgCO_2$/톤</td><td>①</td></tr>
<tr><td>• 전력배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh</td><td>②</td></tr>
<tr><td>• 행정구역별 수도관 길이(km), 상수도 생산량(톤/년), 누수율(%) 자료[1]
<table>
<tr><th>구분</th><th>수도관 총 길이(km)</th><th>상수도 생산량 ($천m^3$/년)</th><th>누수량 ($천m^3$/년)</th><th>누수율 (%)</th></tr>
<tr><td>특/광역시</td><td>48,870</td><td>2,700,956</td><td>94,087</td><td>3.5</td></tr>
<tr><td>세종특별자치시</td><td>1,320</td><td>40,785</td><td>3,752</td><td>9.2</td></tr>
<tr><td>8개 광역도[2]의 시</td><td>114,817</td><td>3,366,323</td><td>388,641</td><td>11.55</td></tr>
<tr><td>8개 광역도[1]의 군</td><td>64,163</td><td>534,324</td><td>125,526</td><td>23.5</td></tr>
<tr><td>제주특별자치도</td><td>5,861</td><td>164,304</td><td>70,253</td><td>42.75</td></tr>
</table>
[1] 2021년, 2022년 상수도 통계자료를 이용하여 산정
[2]경기도, 강원도, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남</td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 한국수자원공사, 2022, 2022년 수도시설(광역) 에너지 관리현황
② 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)
③ 환경부, 2021년 상수도 통계, 2022년 상수도 통계</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 상수도 누수관 정비 거리(km)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 노후 상수관로 정비사업, 경상북도 영천시
• 노후 상수관로 83km 새 단장, 충청남도 홍성군</td></tr>
</table>

23	건물	절수기기 보급	
1 개요		절수기기 설치에 따른 물 절약효과를 통해 온실가스 감축 효과 도모	
2 원단위		• 0.0078tCO$_2$eq/가구	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.0078tCO$_2$eq/가구) × 보급가구수(가구)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.0078tCO$_2$eq/가구) = 절수기 사용시 가구당 생활용수 절감량 × 상수 배출계수 × 단위환산 × 물의 비중량 ※ 33.08m^3/가구·년 × 2.37×10^{-4}kgCO$_2$/kg × 10^{-3} × 1000kg/m^3 = **0.0078tCO$_2$eq/가구** • 절수기기 사용에 따른 가구당 생활용수 절감량(34.43m^3/가구·년) = 가구당 생활용수량 × 물사용 절감율 ※ 165.40m^3/가구·년 × 20% = **33.08m^3/가구·년**	
5 산정계수		• 가구당 생활용수량: 165.40m^3/가구·년	①
		• 물사용 절감율: 20% ※ 녹색건축 인증기준의 절수형 기기 사용에 따른 물 사용 절감율 적용	②
		• 상수 배출계수: 2.37 × 10^{-4}kgCO$_2$/kg	③
6 출처		① 환경부, 2020년 상수도통계, 2021(23p) ② 한국건설기술연구원, 녹색건축 인증기준 운영세칙(2021.8.30.), 2021(36p) ③「환경성적표지 탄소배출계수」개정 공고(2019.02.15, 5p)	
7 모니터링 인자		• 보급가구수(가구)	지속
8 추진사례		• 절수기기 보급 사업(전라남도 해남군, 제주특별자치도 제주시, 충청북도 청주시 등) • 취약계층 가구 대상 절수 설비 지원 사업, 전라남도 목포시	

24	건물	고단열 창호교체
1 개요		고단열, 고기밀 유리와 샤시 도입을 통해 창으로부터의 열 유입 및 내부로부터의 열 유출을 최소화하여 공조 부하의 증가를 억제하는 방식으로 에너지 소요량을 저감하는 에너지 효율화 사업
2 원단위		[건물에서 사용하는 주요 냉난방 에너지원에 따른 감축원단위] • [도시가스 대체] 0.00648 $tCO_2eq/㎡$ • [전기 대체] 0.01530 $tCO_2eq/㎡$ • [경유 대체] 0.00859 $tCO_2eq/㎡$ • [등유 대체] 0.00833 $tCO_2eq/㎡$
3 감축량 산정식		• [도시가스 대체] 감축원단위 (6.48×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$) × 유리 교체면적(㎡) • [전기 대체] 감축원단위 (15.30×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$) × 유리 교체면적(㎡) • [경유 대체] 감축원단위 (8.59×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$) × 유리 교체면적(㎡) • [등유 대체] 감축원단위 (8.33×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$) × 유리 교체면적(㎡)
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (6.48×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$) = 교체 유리 1㎡당 연간 열부하 감축량 / 냉난방 에너지(LNG) 열원의 순발열량 × LNG 사용단위 당 CO_2eq 배출계수 ※ 115.24MJ/㎡ / 38.9 MJ/m^3 × 2.1876 $kgCO_2eq/㎡$ = **6.48×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$** • 감축원단위 (15.30×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$) = 교체 유리 1㎡당 연간 열부하 감축량 / 냉난방 에너지(전기) 열원의 순발열량 × 전기 사용단위 당 CO_2eq 배출계수 ※ 115.24MJ/㎡ / 3.6 MJ/kWh × 0.4781 $kgCO_2eq/㎡$ = **15.30×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$** • 감축원단위 (8.59×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$) = 교체 유리 1㎡당 연간 열부하 감축량 / 냉난방 에너지(경유) 열원의 순발열량 × 경유 사용단위 당 CO_2eq 배출계수 ※ 115.24MJ/㎡ / 35.2 MJ/kWh × 2.6223 $kgCO_2eq/㎡$ = **8.59×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$** • 감축원단위 (8.33×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$) = 교체 유리 1㎡당 연간 열부하 감축량/냉난방 에너지(등유) 열원의 순발열량 × 등유 사용단위 당 CO_2eq 배출계수 ※ 115.24MJ/㎡ / 34.2 MJ/kWh × 2.4725 $kgCO_2eq/㎡$ = **8.33×10^{-3} $tCO_2eq/㎡$** * (환경부고시)(제2022-58호) (2022. 3. 25) _ [별표 7] 외부감축사업 온실가스 감축량 산정 방법론 표1의 각 용도별/방위별 열부하 감축량의 평균 값

24	건물	고단열 창호교체	
5 산정계수		• LNG 배출계수 : (CO_2) 56,100kgCO_2/TJ	①
		• LNG 배출계수 : (CH_4) 5kgCH_4/TJ, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②
		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	③
		• 등유 배출계수 : (CO_2) 73,200kgCO_2/TJ	①
		• 등유 배출계수 : (CH_4) 10kgCH_4/TJ, (N_2O) 0.6kgN_2O/TJ	②
		• 경유 배출계수 : (CO_2) 73,200kgCO_2/TJ	①
		• 경유 배출계수 : (CH_4) 10kgCH_4/TJ, (N_2O) 0.6kgN_2O/TJ	②
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	④
		• 교체유리 면적당(1㎡) 연간열부하 감축량 : 115.242(MJ/㎡)	⑤
6 출처		① 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2022-279호, (2023.01.01.)), [별표 12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련) ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2022-279호, (2023.01.01.)), [별표 10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수 (제15조 제1항 관련) ③ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ④ 2022 지역 온실가스 인벤토리 산정 지침 [부록 3] 지구온난화지수 (2022. 12., 온실가스종합정보센터) ⑤ (환경부고시)(제2022-58호) (2022. 3. 25) _ [별표 7] 외부감축사업 온실가스 감축량 산정 방법론(제24조 관련) 표1의 각 용도별/방위별 열부하 감축량의 평균 값	
7 모니터링 인자		• 유리 교체면적(㎡)	지속
8 추진사례		• 노후주택 에너지효율 개선사업, 서울특별시 - 에너지 취약계층이 거주하는 노후주택에 단열창호 교체 사업 등의 건물 에너지 효율화사업을 진행하여 저소득층의 에너지 비용 부담을 경감하고 에너지 소비 절감을 도모하는 사업에 적용 가능	

25	건물	LED 조명 교체	
1 개요		에너지 효율이 낮은 백열전구를 고효율이 LED로 대체하여 온실가스를 감축	
2 원단위		• [교체개수] · (형광등) 0.030tCO$_2$eq/개 · (백열등) 0.050tCO$_2$eq/개	
3 감축량 산정식		• [교체개수] · (형광등) 감축원단위(0.030tCO$_2$eq/개) × 교체개수(개) · (백열등) 감축원단위(0.050tCO$_2$eq/개) × 교체개수(개)	
4 감축원단위 산정근거		• [교체개수] · (형광등) 감축원단위(0.030tCO$_2$eq/개) = 에너지 저감량 × 전력배출계수 ※ 62.4kWh/개 × 0.4781 × 10^{-3}tCO$_2$eq/kWh = **0.030tCO$_2$eq/개** · (형광등) 에너지 저감량(62.4kWh/개) = (형광등 소비전력 – LED 소비전력) × 조명시간(근무시간) × 조명일(근무일수) × 단위환산 ※ (40W – 10W) × 8h/일 × 260일 × 10^{-3} = **62.4kWh/개** · (백열등) 감축원단위(0.050tCO$_2$eq/개) = 에너지 저감량 × 전력배출계수 ※ 104kWh/개 × 0.4781 × 10^{-3}tCO$_2$eq/kWh = **0.050tCO$_2$eq/개** · (백열등) 에너지 저감량(104kWh/개) = (백열등 소비전력 – LED 소비전력) × 조명시간(근무시간) × 조명일(근무일수) × 단위환산 ※ (60W – 10W) × 8h/일 × 260일 × 10^{-3} = **104kWh/개**	
5 산정계수		• 형광등 소비전력 : 40W/개	①
		• 백열등 소비전력 : 60W/개	①
		• LED 조명등 소비전력 : 10W/개	②
		• 전력배출계수 : 0.4781 × 10^{-3}tCO$_2$eq/kWh	③
		• 법적 근로시간: 8h/일, 주5일제(52주): 260일	④
6 출처		① 한국전력공사 홈페이지(에너지절약과 온실가스 감축효과) (https://home.kepco.co.kr/kepco/SM/C/htmlView/SMCDHP003.do?menuCd=FN29030403) ② 한국에너지공단 효율관리제도 홈페이지(더 알아보기_에너지 절약 효과 비교_고효율에너지기자재인증제도_컨버터내장형 LED램프 평균값 기준) (https://eep.energy.or.kr/more/compare_efficiency.aspx) ③ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ④ 근로기준법 제2조의 8	
7 모니터링 인자		• 교체개수(개)	지속
8 추진사례		• 저소득층 LED 조명 무상 교체 사업(경상북도 영주시, 경상북도 김천시, 강원특별자치도 속초시, 인천광역시 등)	

26	건물	가로등 LED 교체	
1 개요		가로등을 고효율 LED로 교체하여 공공부문 에너지 절약 및 온실가스 감축	
2 원단위		• 0.1745tCO_2eq/개	
3 감축량 산정식		• [교체개수] 감축원단위(0.1745tCO_2eq/개) × 교체조명개수(개)	
4 감축원 단위 산정근거		• 감축원단위(0.1745tCO_2eq/개) = (교체전 가로등 소비전력 - 교체후 LED 소비전력) × 연간점등시간 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ (250W/개 – 150W/개) × 3,650h/yr × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-6} = **0.1745tCO_2eq/개**	
5 산정계수		• 교체전 가로등 소비전력 : 250W	②
		• LED 등 소비전력 : 150W	②
		• 연간 점등시간 : 3,650h/yr	①
		• 전력배출계수 : 0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq$/kWh	③
6 출처		① 한국에너지공단 산업발전 온실가스 배출권거래제 상쇄제도>상쇄제도>감축량계산기>고효율도로조명 ② 안성시, 에너지 절감을 위한 고효율 LED 사업타당성 조사 용역, 2018(10p) ③ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)	
7 모니터링 인자		• 교체조명개수(개)	지속
8 추진사례		• 스마트 가로등 교체 사업, 서울특별시 • 노후 가로등 LED 교체 사업, 전라남도 장흥군 • 도시 주요 구간 LED등 교체 사업, 충청남도 공주시	

27	건물	옥외광고 간판조명 LED화	
1 개요		옥외광고 간판의 고효율 LED 교체사업을 통한 에너지 절감 효과로 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [간판면적] 0.314tCO_2eq/m^2 • [조명교체개수] 0.0628tCO_2eq/개	
3 감축량 산정식		• [간판면적] 감축원단위(0.314tCO_2eq/m^2) × 간판면적(m^2) • [조명교체개수] 감축원단위(0.0628tCO_2eq/개) × 간판 교체개수(개)	
4 감축원단위 산정근거		• [간판면적] 감축원단위(0.314tCO_2eq/m^2) = (형광등 소비전력 - LED 조명등 소비전력) × 점등시간(평균 사용시간 × 사용일수) × 간판 면적당 조명 10W의 기준 조명등 개수 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ (40W/개 – 10W/개) × 12h/일 × 365일/년 × 5개/m^2 × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-6} = **0.314tCO_2eq/m^2** • [조명교체개수] 감축원단위(0.0628tCO_2eq/개) = (형광등 소비전력 - LED 조명등 소비전력) × 점등시간(평균 사용시간 × 사용일수) × 전력배 출계수 × 단위환산 ※ (40W/개 – 10W/개) × 12h/일 × 365일/년 × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-6} = **0.0628tCO_2eq/개** ✓ 본 산정식은 형광등 조명을 LED등 조명으로 교체하는 사업을 기준으로 함 ✓ 백열등을 LED로 교체하거나 기존 형광등 전력이 위에서 제시한 전력과 다른 경우, 형광등 소비전력 값에 해당 전력 값을 대입하여 감축원단위 산정 가능	
5 산정계수		• 형광등 소비전력 : 40W/개	①
		• LED 조명등 소비전력 : 10W/개	②
		• 점등시간 : 평균 사용시간(12h/일), 사용일수(365일)	③
		• 간판 면적당 조명 10W의 기준 : 5개/m^2	③
		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	④
6 출처		① 한국전력공사 홈페이지(에너지절약과 온실가스 감축효과) (https://home.kepco.co.kr/kepco/SM/C/htmlView/SMCDHP003.do?menuCd=FN29030403) ② 한국에너지공단 효율관리제도 홈페이지(더 알아보기_ 에너지 절약 효과 비교_고효율에너지기자재인증제도_컨버터내장형 LED램프 평균값 기준) (https://eep.energy.or.kr/more/compare_efficiency.aspx) ③ 서울특별시, 서울시 온실가스·에너지 감축사업 평가지표 개발 및 이행성과 평가방안, 2012(178p) ④ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)	
7 모니터링 인자		• 간판면적(m^2) • 간판 교체개수(개)	지속
8 추진사례		• LED 간판 설치 지원 사업(서울특별시 은평구, 서울특별시 구로구, 서울특별시 양천구) • LED 조명 간판 교체 사업, 충청북도 • 소상공인 LED 간판 지원 사업, 충청북도 괴산군 • 대림중앙시장 LED 간판 개선 사업, 서울특별시 영등포구	

28	건물	대기전력 차단기 보급	
1 개요		제품의 전력을 끄지 않아도 꽂혀있는 플러그를 통해 새어나가는 대기전력을 차단(스위치형 멀티탭, 타이머 콘센트)하여 낭비되는 에너지 절감	
2 원단위		• [보급가구] 0.085tCO_2eq/가구 • [전용면적] 0.0012 $tCO_2eq/㎡$	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.085tCO_2eq/가구) × 보급가구수(가구) • 감축원단위 (0.0012 $tCO_2eq/㎡$) × 적용면적 (㎡)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.085tCO_2eq/가구) = 가구당 에너지 저감량× 전력배출계수 ※ 177.5kWh/가구 × 0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq/kWh$ = **0.085tCO_2eq/가구** • 에너지저감량(177.5kWh/가구) = 가구당 연간 대기전력량 × 대기전력 차단율 ※ 208.8kWh/가구 × 85% = **177.5kWh/가구** • 감축원단위(0.0012 $tCO_2eq/㎡$) = 가구당 대기전력 차단기 보급에 따른 감축원단위 ÷ 가구당 주거면적 ※ (0.085 tCO_2eq/가구) ÷ (69.9㎡/가구) = **0.0012 $tCO_2eq/㎡$**	
5 산정계수		• 대기전력 차단율: 85%	①
		• 가구당 연평균 대기전력 소비: 208.8kWh/년 (17.4kWh/월 x 12월/년 = 208.8kWh/년)	②
		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	③
		• 가구당 주거면적 : 69.9㎡	④
6 출처		① 환경부, 탄소중립 생활실천안내서, 가정편, 2021(24p) ② 한국전기연구원, 2011년 전국 대기전력 실측조사, 2012 ③ 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ④「2022 인구총조사」통계청	
7 모니터링 인자		• 보급가구수(가구) • 적용 면적(㎡)	지속
8 추진사례		• 대기전력 차단기 보급사업(서울특별시, 충청북도 청주시, 충청북도 진천군)	

29	건물	고효율 제품전환
1 개요		고효율기기로 교체하여 에너지 효율증대 및 전기요금 절감
2 원단위		• [전기냉장고] 0.038tCO_2eq/대 • [전기세탁기] 0.010tCO_2eq/대 • [전기밥솥] 0.014tCO_2eq/대 • 고효율 냉난방기 - [기존 등급 (5) → 교체 등급 (4)] 0.0030 tCO_2eq/대 - [기존 등급 (5) → 교체 등급 (3)] 0.0237 tCO_2eq/대 - [기존 등급 (5) → 교체 등급 (2)] 0.0586 tCO_2eq/대 - [기존 등급 (5) → 교체 등급 (1)] 0.0956 tCO_2eq/대 - [기존 등급 (4) → 교체 등급 (3)] 0.0207 tCO_2eq/대 - [기존 등급 (4) → 교체 등급 (2)] 0.0556 tCO_2eq/대 - [기존 등급 (4) → 교체 등급 (1)] 0.0927 tCO_2eq/대 - [기존 등급 (3) → 교체 등급 (2)] 0.0349 tCO_2eq/대 - [기존 등급 (3) → 교체 등급 (1)] 0.0719 tCO_2eq/대 - [기존 등급 (2) → 교체 등급 (1)] 0.0371 tCO_2eq/대
3 감축량 산정식		• [전기냉장고] 감축원단위(0.038tCO_2eq/대) × 1등급 전기냉장고 교체대수(대) • [전기세탁기] 감축원단위(0.010tCO_2eq/대) × 1등급 전기세탁기 교체대수(대) • [전기밥솥] 감축원단위(0.014tCO_2eq/대) × 1등급 전기밥솥 교체대수(대) • 고효율 냉난방기 - [기존 등급 (5) → 교체 등급 (4)] 감축원단위 (0.0030 tCO_2eq/대) × 보급대수 (대) - [기존 등급 (5) → 교체 등급 (3)] 감축원단위 (0.0237 tCO_2eq/대) × 보급대수 (대) - [기존 등급 (5) → 교체 등급 (2)] 감축원단위 (0.0586 tCO_2eq/대) × 보급대수 (대) - [기존 등급 (5) → 교체 등급 (1)] 감축원단위 (0.0956 tCO_2eq/대 × 보급대수 (대) - [기존 등급 (4) → 교체 등급 (3)] 감축원단위 (0.0207 tCO_2eq/대) × 보급대수 (대) - [기존 등급 (4) → 교체 등급 (2)] 감축원단위 (0.0556 tCO_2eq/대) × 보급대수 (대) - [기존 등급 (4) → 교체 등급 (1)] 감축원단위 (0.0927 tCO_2eq/대) × 보급대수 (대) - [기존 등급 (3) → 교체 등급 (2)] 감축원단위 (0.0349 tCO_2eq/대) × 보급대수 (대) - [기존 등급 (3) → 교체 등급 (1)] 감축원단위 (0.0719 tCO_2eq/대) × 보급대수 (대) - [기존 등급 (2) → 교체 등급 (1)] 감축원단위 (0.0371 tCO_2eq/대) × 보급대수 (대)

29	건물	고효율 제품전환
4 감축원단위 산정근거		• [전기냉장고] 감축원단위(0.038tCO_2eq/대) = (3등급 기기 소비전력량 – 1등급 기기 소비전력량) × 전력배출계수 ※ (449kWh/대 – 369.8kWh/대) × 0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq/kWh$ = **0.038tCO_2eq/대** • [전기세탁기] 감축원단위(0.010tCO_2eq/대) = (3등급 기기 소비전력량 – 1등급 기기 소비전력량) × 전력배출계수 ※ (31.9kWh/대 – 10.3kWh/대) × 0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq/kWh$ = **0.010tCO_2eq/대** • [전기밥솥] 감축원단위(0.014tCO_2eq/대) = (3등급 기기 소비전력량 – 1등급 기기 소비전력량) × 전력배출계수 ※ (224.9kWh/대 – 196.3kWh/대) × 0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq/kWh$ = **0.014tCO_2eq/대** • [고효율 냉난방기 기존 등급 (5) → 교체 등급 (4)] 감축원단위 = (냉난방 효율 5등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 4등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (499.3kWh - 493.1kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0030 tCO_2eq/대** • [고효율 냉난방기 기존 등급 (5) → 교체 등급 (3)] 감축원단위 = (냉난방 효율 5등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 3등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (499.3kWh - 449.8kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0237 tCO_2eq/대** • [고효율 냉난방기 기존 등급 (5) → 교체 등급 (2)] 감축원단위 = (냉난방 효율 5등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 2등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (499.3kWh - 376.8kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0586 tCO_2eq/대** • [고효율 냉난방기 기존 등급 (5) → 교체 등급 (1)] 감축원단위 = (냉난방 효율 5등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 1등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (499.3kWh - 299.3kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0956 tCO_2eq/대** • [고효율 냉난방기 기존 등급 (4) → 교체 등급 (3)] 감축원단위 = (냉난방 효율 4등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 3등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (493.1kWh - 449.8kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0207 tCO_2eq/대** • [고효율 냉난방기 기존 등급 (4) → 교체 등급 (2)] 감축원단위 = (냉난방 효율 4등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 2등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (493.1kWh - 376.8kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0556 tCO_2eq/대**

29	건물	고효율 제품전환	
		• [고효율 냉난방기 기존 등급 (4) → 교체 등급 (1)] 감축원단위 = (냉난방 효율 4등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 1등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (493.1kWh - 299.3kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0927 tCO_2eq/대** • [고효율 냉난방기 기존 등급 (3) → 교체 등급 (2)] 감축원단위 = (냉난방 효율 3등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 2등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (449.8kWh - 376.8kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0349 tCO_2eq/대** • [고효율 냉난방기 기존 등급 (3) → 교체 등급 (1)] 감축원단위 = (냉난방 효율 3등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 1등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (449.81kWh - 299.3kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0719 tCO_2eq/대** • [고효율 냉난방기 기존 등급 (2) → 교체 등급 (1)] 감축원단위 = (냉난방 효율 2등급 에어컨의 소비전력 - 냉난방 효율 1등급 에어컨의 소비전력)×전력배출계수 = (376.8kWh - 299.3kWh)×0.4781 tCO_2eq/MWh = **0.0371 tCO_2eq/대**	
	5 산정계수	• 전기냉장고 소비전력량: 1등급(369.8kWh/yr), 3등급(449.8kWh/yr) ※ 전기냉장고 830L 기준	①
		• 전기세탁기 소비전력량: 1등급(10.3kWh/yr), 3등급(31.9kWh/yr) ※ 전기세탁기 15kg 기준	①
		• 전기냉장고 소비전력량: 1등급(196.3kWh/yr), 3등급(224.9kWh/yr) ※ 전기밥솥 10인 기준	①
		• 전력배출계수 : 0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq/kWh$	②
		• 한국에너지 공단 효율등급제도에 따른 냉난방효율등급별 인증 제품의 연간 소비전력량	③
	6 출처	① 한국에너지 공단 효율관리제도>더알아보기>에너지절약효과 비교 ② 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ③ 한국에너지 공단 효율등급제도 (2023년 기준 등록기기) https://eep.energy.or.kr/certification/certi_list_260.aspx)	
	7 모니터링 인자	• 전기냉장고 교체대수(대) • 전기세탁기 교체대수(대) • 전기밥솥 교체대수(대) • 고효율 냉난방기 보급대수(대)	지속
	8 추진사례	• 지자체 공공기관 녹색제품 의무 구매 제도 • 취약계층 고효율가전 구매 지원 사업, 산업통상자원부 • 지자체 소유 청사를 비롯한 일반 가정 및 상업 건물 등에서 고효율 냉난방기 도입 • 소상공인 노후 냉난방기 교체 지원 사업, 산업부, 2023)	

30	건물	인덕션(전기레인지) 교체 사업
1 개요		기존 가스화로 대신 온실가스 배출량이 적은 인덕션으로 교체함으로써 온실가스 배출 저감에 기여하는 사업
2 원단위		• [LPG(프로판) → 전기레인지] 0.112 tCO_2eq/대 • [도시가스 → 전기레인지] 0.048 tCO_2eq/대
3 감축량 산정식		• [LPG(프로판) → 전기레인지] 감축원단위 (0.112 tCO_2eq/대) × 교체대수 (대) • [도시가스 → 전기레인지] 감축원단위 (0.048 tCO_2eq/대) × 교체대수 (대)
4 감축원단위 산정근거		• [LPG(프로판) 가스렌지 → 전기레인지] 감축원단위 = 프로판 가스레인지 1대의 연간 온실가스 배출량 - 전기레인지 1대의 연간 온실가스 배출량 = {(연간 프로판사용량* × 프로판 배출계수**) - (전기레인지의 연간 전력사용량 × 전력배출계수)} × 단위환산 = {(161.98kg/대×2.999$kgCO_2eq$/kg) - (781.2kWh/대 × 0.4781$kgCO_2eq$/kWh)} × 10^{-3} = 0.4857 tCO_2eq/대 - 0.3735 tCO_2eq/대 = **0.112 tCO_2eq/대** * 연간 프로판사용량(kg/대) = 전기레인지 연간전기소비량(kWh/대)×전기 순발열량(MJ/kWh) ÷ 프로판 순발열량(MJ/kg) = (781.2kWh/대×9.6MJ/kWh) ÷ 46.3MJ/kg = 161.98kg/대 ** 프로판 배출계수($kgCO_2eq$/kg) = 순발열량(MJ/kg)×∑(온실가스별 배출계수($kgCO_2$/TJ)×온실가스별 지구온난화지수)×10^{-6} = 46.3MJ/kg×{(64,600$kgCO_2$/TJ×1)+(5$kgCH_4$/TJ×28)+(0.1kgN_2O/TJ×265)}×10^{-6} = 2.999$kgCO_2eq$/kg • [도시가스 → 전기레인지] 감축원단위 = LNG 도시가스 버너 1대의 연간 온실가스 배출량 - 전기레인지 1대의 연간 온실가스 배출량 = {(연간 LNG 사용량*×LNG 배출계수**) - (전기레인지의 연간 전력사용량×전력배출계수)} × 단위환산 = {(192.79㎥/대×2.188$kgCO_2eq$/㎥) - (781.2kWh/대×0.4781tCO_2eq/MWh)} × 10^{-3} = 0.4217 tCO_2eq/대 - 0.3735 tCO_2eq/대 = **0.048 tCO_2eq/대** * 연간 LNG 사용량(m^3/대) = 전기레인지 연간전기소비량(kWh/대)×전기 순발열량(MJ/kWh) / LNG 순발열량(MJ/m^3) = (781.2kWh × 9.6MJ/kWh) ÷ 38.9MJ/kg = 192.79㎥

30	건물	인덕션(전기레인지) 교체 사업	
		** LNG 배출계수($kgCO_2eq/Nm^3$) = 순발열량(MJ/Nm^3)×∑{온실가스별 배출계수($kgCO_2/TJ$)×온실가스별 지구온난화지수)×10^{-6} = $38.9MJ/Nm^3$×{(56,100$kgCO_2/TJ$×1)+(5$kgCH_4/TJ$×28)+(0.1kgN_2O/TJ×265)}×10^{-6} = 2.188$kgCO_2eq/Nm^3$	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• LNG 배출계수 : (CO_2) 56,100$kgCO_2/TJ$	④
		• LNG 배출계수 : (CH_4) 5$kgCH_4/TJ$, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②
		• 프로판 배출계수 : (CO_2) 64,600$kgCO_2/TJ$	④
		• 프로판 배출계수 : (CH_4) 5$kgCH_4/TJ$, (N_2O) 0.1kgN_2O/TJ ※ 상업 공공 및 가정 기타 기준	②
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	③
		• LNG 순발열량 : 38.9 MJ/Nm^3	④
		• LPG 순발열량 : 46.3 MJ/kg	④
		• 전기(소비기준) 순발열량 : 9.6 MJ/kWh	④
		• 전기레인지 연간 전력소비량 : 781.2kWh	⑤
6 출처		① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련) ③ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련) ⑤ 한국에너지공단 효율등급제도(2023년 등록 전기렌지 3,000대의 성능정보기준 (연간 전력소비량 평균 : 781.2kWh) https://eep.energy.or.kr/certification/certi_list_151.aspx)	
7 모니터링 인자		• 인덕션 교체 대수(대)	지속
8 추진사례		• 어린이집 인덕션 교체 지원 사업(서울특별시 은평구, 서울특별시 동작구)	

31	건물	옥상녹화사업	
1 개요		옥상녹화사업은 도심지 부족한 녹지공간 확보와 생태도시 조성을 위한 사업으로 겨울에 보온효과 를, 여름에는 냉방효과를 가져옴으로써 건물 에너지 사용량을 줄이고, 결과적으로 온실가스 발생량 을 감축하고, 에너지 소비를 절감할 수 있는 기대효과가 있는 정책 ※ 난방효율 및 녹화 활동을 통한 온실가스 흡수량은 고려하지 않음	
2 원단위		• 0.017tCO$_2$eq/m^2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.017tCO$_2$eq/m^2) × 조성면적(m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.017tCO$_2$eq/m^2) = 단위면적당 감축전력 배출계수 × 냉방일수 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 0.388kWh/m^2·일 × 90day/년 × 0.4781tCO$_2$eq/MWh × 10^{-3} = **0.017tCO$_2$eq/m^2**	
5 산정계수		• 단위면적당 감축전력 배출계수 : 0.338kWh/m^2·일	①
		• 냉방일수: 90day/년	①
		• 전력 배출계수: 0.4781tCO$_2$eq/MWh	②
6 출처		① 공공부문 온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침, 건물 옥상 녹화(2018) ② 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)	
7 모니터링 인자		• 옥상녹화 조성 면적(m^2)	지속
8 추진사례		• 옥상녹화 사업, 서울특별시 • 지방자치단체 청사 등 공공시설 옥상녹화 사업 • 옥상녹화 지원사업(지자체 보조금 지원), 서울특별시 강서구	

32	건물	벽면녹화(그린커튼)	
1 개요		건물 벽면녹화는 겨울에 보온효과를, 여름에는 냉방효과를 가짐으로써 건물에서 사용되는 에너지 량을 줄여 이산화탄소 발생을 저감	
2 원단위		• 3.5 × $10^{-3}tCO_2eq/m^2$	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(3.5 × $10^{-3}tCO_2eq/m^2$) × 조성면적(m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(3.5 × $10^{-3}tCO_2eq/m^2$)	
5 산정계수		• 그린커튼 효과: 단위면적당 온실가스 3.5$kgCO_2eq$ 감소	①
6 출처		① Koyocera, grows "Green Curtains" to reduce energy consumption and CO_2 emissions, 2015(1p)	
7 모니터링 인자		• 조성면적(m^2)	지속
8 추진사례		• 건축물 옥상 벽면 녹화 사업, 전라남도 순천시 • 벽면녹화 특화거리 조성 사업, 서울특별시 • 기후변화 취약계층 지원 벽면 녹화 조성, 경상북도 김천시	

33	건물	쿨루프	
1 개요		건물 지붕이나 옥상에 반사율이 높은 차열페인트를 칠하여 옥상 바닥 온도를 20~30℃, 건물 실내온도를 2~3℃ 낮아지게 하여 냉방에너지 사용 및 탄소 배출 저감 효과	
2 원단위		• 0.00341tCO_2eq/m^2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.00341tCO_2eq/m^2) × 시공면적(m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.00341tCO_2eq/m^2) = 전력사용감소 평균값 × 전력배출계수 × 연중 하절기 비율 × 단위환산 ※ 28.5kWh/m^2 × 0.4781tCO_2eq/MWh × 0.25 × 10^{-3} = **0.00341tCO_2eq/m^2**	
5 산정계수		• 전력사용감소 평균량 : 28.5kWh/m^2 ※ 태양반사율 0.65일 때 전력사용량 9~48kWh/m^2감소 ※ 위의 감소량을 산술평균하였으며, 구체적인 값이 있을 시 대체 가능	①
		• 전력 배출계수: 0.4781tCO_2eq/MWh	②
6 출처		① Synnefa et al., Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions, Journal of Energy and Buildings, Vol.39., 2007 ② 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)	
7 모니터링 인자		• 쿨루프 시공면적(m^2)	지속
8 추진사례		• 비닐하우스 쿨네트 설치 사업, 전라남도 광양시 • 쿨루프 조성, 서울특별시 도봉구 • 민간아동지원센터 쿨루프 무상 지원 사업, 서울특별시	

<table>
<tr><th colspan="2">34 건물</th><th colspan="3">차열, 단열페인트 시공</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="3">차열과 단열 기능을 가진 페인트를 건물의 지붕이나 벽면에 칠함으로써 실내공간의 단열을 통하여 온실가스 감축에 기여하는 사업.
※ 기존 쿨루프 사업은 건물 지붕이나 옥상이 대상이지만, 차열·단열페인트 시공은 다양한 색상의 페인트를 지붕, 옥상을 포함한 벽면에 도포함으로써 건물의 미관을 고려한 실용적인 차열·단열페인트를 시공하는 것임</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="3">• 0.001016 tCO_2eq/m^2</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="3">• 감축원단위 (0.001016 tCO_2eq/m^2) × 페인트 도포면적(m^2)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원단위
산정근거</td><td colspan="3">• 감축원단위 (0.001016 tCO_2eq/m^2)
= 단위 면적당 감축전력 배출계수(kWh/m^2·일) × 냉방일수(90일) × 전력배출계수(tCO_2eq/MWh) × 단위환산
= 0.02362 kWh/m^2·일 × 90일/년 × 0.4781tCOeq/MWh × 10^{-3}
= 0.001016 tCO_2eq/m^2
✓ 차열, 단열페인트 도포에 따른 난방일수는 고려하지 않았음.
※ 단위 면적당 감축전력 배출계수 : 0.02362 kWh/m^2·일
= 평균 에너지절감량(kWh/일) ÷ 컨테이너 표면적(m^2)
= 1.587kWh/일 ÷ 67.165 m^2 = 0.02362 kWh/m^2·일</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">5 산정계수</td><td colspan="2">• 컨테이너 에너지 소비량(kWh/day)
<table><tr><th>구분</th><th>9월 1일</th><th>9월 2일</th><th>9월 3일</th><th>3일 평균</th></tr><tr><td>미도장</td><td>3.733</td><td>3.414</td><td>2.347</td><td>3.165</td></tr><tr><td>도장</td><td>1.718</td><td>1.721</td><td>1.295</td><td>1.578</td></tr><tr><td>차이(절감소비량)</td><td>2.015</td><td>1.693</td><td>1.052</td><td>1.587</td></tr></table></td><td rowspan="2">①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 컨테이너 크기(m) 및 면적(m^2)
<table><tr><th>구 분</th><th>길이(m)</th><th>높이(m)</th><th>면적(m^2)</th></tr><tr><td>앞뒷면</td><td>5.9</td><td>2.39</td><td>28.202</td></tr><tr><td>좌우측면</td><td>2.35</td><td>2.39</td><td>11.233</td></tr><tr><td>천장부분</td><td>5.9</td><td>2.35</td><td>27.73</td></tr><tr><td colspan="3">총 면적</td><td>67.165</td></tr></table>※ 컨테이너 용량은 20FT(가로 2.5m, 세로 5.9m, 높이 2.39m)</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 냉방일수 : 90일/년</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 전력배출계수 : 0.4781 × 10^{-3} tCO_2eq/kWh</td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① KCL 시험성적서(성적서 번호 : CT22-080373K)), www.kcl.re.kr
② 공공부문 온실가스 에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침, 건물 옥상녹화(2018)
③ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 페인트 도포 면적(m^2)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 기후복지 아파트 차열페인트 시공, 경상북도 구미시</td></tr>
</table>

35	건물	그린 캠퍼스	
1 개요		초·중·고·대학 등의 학교시설에서 온실가스 감축 요소 도입을 통해 온실가스를 감축하고 동시에 지속가능한 성장을 선도할 인재를 양성하는 사업. 단, 감축원단위는 조명 효율화 사업, 노후 장비 교체, 재생에너지 도입 등과 같은 시설교체로 인한 감축실적을 바탕으로 산정된 결과임	
2 원단위		• 0.00884 $tCO_2eq/㎡$	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.00884 $tCO_2eq/㎡$) × 사업대상 연면적 (㎡)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 = {(사업전 온실가스 배출량 - 사업 1차년 온실가스 배출량) + (사업전 온실가스 배출량 – 사업 2차년 온실가스 배출량)} ÷ 2개년 사업면적의 합 = {(190,741tCO_2eq - 169,124tCO_2eq) + (190,741tCO_2eq – 176,280tCO_2eq)} ÷ (2,025,466㎡ + 2,056,640㎡) = **0.00884 $tCO_2eq/㎡$**	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• GWP : (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	②
		• 그린캠퍼스 조성지원 사업 대상 대학의 연차별 온실가스 인벤토리 구축 데이터	③
6 출처		① 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ② IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013) ③ 한국환경보전원, 그린캠퍼스 조성지원 사업 연차별 결과보고서, 2022	
7 모니터링 인자		• 사업대상 연면적(㎡)	지속
8 추진사례		• 대구광역시, 경상북도, 전북특별자치도 전주시, 서울특별시 성동구 등 • 2019~2021 그린캠퍼스 조성지원사업 참여 5개대학 (서울대학, 인천대학, 장로회신학대학, 충북보건과대학, 신한대학)	

36	건물	도시가스 공급확대(등유, 경유)	
1 개요		기존에 사용하던 가정용 연료를 등유(혹은 경유)에서 도시가스(LNG)로 전환하여 공급을 확대하는 사업으로, 연료 전환을 통해 이산화탄소 배출을 감축하여 온실가스 저감에 기여 ※ 가구당 소비는 통계청 추계가구 수를 활용	
2 원단위		• 0.09tCO_2eq/가구	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.09tCO_2eq/가구) × 변경가구수(가구)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.09tCO_2eq/가구) = 변경 전(석유) 온실가스 배출량 - 변경 후(LNG) 온실가스 배출량 ※ 0.345tCO_2eq/가구 – 0.255tCO_2eq/가구 = **0.09tCO_2eq/가구** • 변경 전 온실가스 배출량 = 연료별 가구당 연간 열에너지 난방연료 사용 에너지소비량 × 순발열량 × 배출계수 × 단위환산 ※ (석유) (106L/가구·년 × 34.2MJ/L × 73,200kgCO_2/TJ × 10^{-9}) + (31L/가구·년 × 35.2MJ/L × 73,200kgCO_2/TJ × 10^{-9}) = **0.345tCO_2eq** • 변경 후 온실가스 배출량 = 연료별 가구당 연간 열에너지 난방연료 사용 에너지소비량 × 순발열량 × 배출계수 × 단위환산 ※ (LNG) 117Nm^3/가구·년 × 38.9MJ/Nm^3 × 56,100kgCO_2/TJ × 10^{-9} = **0.255tCO_2eq** • 연간 가구당 평균 석유에너지 사용 에너지소비량 = 연료별 가구당 연간 열에너지 난방연료 사용 에너지소비량 ÷ 연료별 열량 환산계수 × 단위환산 ※ (석유) (928Mcal/가구·년 ÷ 8,770kcal/L × 10^3) + (280Mcal/가구·년 ÷ 9,030kcal/L × 10^3) = 137L/가구·년 ※ (LNG) 1,208Mcal/가구·년 ÷ 10,290kcal/Nm^3 × 10^3 = **117Nm^3/가구·년** • 연간 가구당 평균 석유에너지 소비량(1,208Mcal/가구·년) = 연간 가구당 평균 등유소비량 + 연간 가구당 평균 프로판/부탄소비량 ※ 928Mcal/가구·년 + 280Mcal/가구·년 = **1,208Mcal/가구·년**	
5 산정계수		• 등유 순발열량 : 34.2MJ/L	①
		• 경유 순발열량 : 35.2MJ/L • LNG 순발열량 : 38.9MJ//Nm^3	①
		• 등유 배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	①

36	건물	도시가스 공급확대(등유, 경유)	
		• 경유 배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	①
		• LNG 배출계수 : 56,100kgCO_2/TJ	①
		• 등유 에너지열량 환산계수 : 8,770kcal/L	②
		• 경유 에너지열량 환산계수 : 9,030kcal/L	②
		• LNG 에너지열량 환산계수 : 10,290kcal/Nm^3	②
		• 연간 가구당 평균 석유에너지 소비량 : 1,208Mcal/가구 · 년 * 연간 표본가구당 평균 에너비소비량 11,184Mcal 중 석유사용량 10.8%인 1,208Mcal/가구 · 년	③
6 출처		① 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표 12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ② 에너지법 시행규칙(산업통상자원부령 제426호), [별표]에너지 열량 환산기준(제5조제1항관련) ③ 에너지경제연구원, 2017년도 에너지 총조사보고서, 2017(238p)	
7 모니터링 인자		• 변경 가구수(가구)	지속
8 추진사례		• LNG 도시가스 공급 시설 확충 사업, 제주특별자치도 • 도시가스 보급 확대 사업 (도시가스 공급 배관 확대 10개년 계획), 전라남도	

37	건물	지역난방 노후배관 교체사업	
1 개요		지역난방으로 열을 공급하는 노후 아파트 단지의 노후화된 배관을 교체함으로써 난방과 온수 공급 시 열에너지 효율을 개선하고 이를 통해 온실가스 저감에 기여하는 사업	
2 원단위		• [교체 세대수 기준] **0.21120** tCO_2/세대 • [교체 면적 기준] **0.00283** tCO_2/m^2	
3 감축량 산정식		• [교체 세대수 기준] 감축원단위(**0.21120** tCO_2/세대) × 교체 세대수(가구) • [교체 면적 기준] 감축원단위(**0.00283** tCO_2/m^2) × 교체 면적(m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• [교체 세대수 기준] 감축원단위(**0.21120** tCO_2/세대) = 총 에너지 절감량(GCal) × 지역난방 온실가스 배출계수(tCO_2/GCal) ÷ 총 세대수(가구) = 27,862 GCal × 0.1776 tCO_2/Gcal ÷ 23,424가구 = **0.21120** tCO_2/세대 • [교체 면적 기준] 감축원단위(**0.00283** tCO_2/m^2) = 총 에너지 절감량(GCal) × 지역난방 온실가스 배출계수(tCO_2/GCal) ÷ 총면적(m^2) = 27,862 GCal × 0.1776 tCO_2/Gcal ÷ 1,746,808 m^2 = **0.00283** tCO_2/m^2	
5 산정계수		• 지역난방 온실가스 배출계수 : 0.1776 tCO_2/Gcal ※ 2023년 한국지역난방공사 열(스팀) 온실가스 배출계수, 전국 평균값 적용	①
		• 세대수 : 23,424 세대 (2018~2020년 노후 열 사용시설 개체 결과)	②
		• 에너지 감축량 : 27,862 Gcal (2018~2020년 노후 열 사용시설 개체 결과)	
		• 교체 면적 합계 : 1,746,808 m^2 (2018~2020년 노후 열 사용시설 개체 결과)	
6 출처		① 한국지역난방공사, https://www.kdhc.co.kr/kdhc/bbs/B0000020/view.do?nttId=5412&menuNo=200124 ② 그린뉴딜 정책과 연계한 집단에너지 성장 정책개발 연구, 에너지경제연구원, 서울연구원, 한국법제연구원, 2021.12, p.96, 109, 111, 114~115	
7 모니터링 인자		• 교체 세대수(가구) • 교체 면적(m^2)	지속
8 추진사례		• 대구광역시 한양은하아파트, 용인시 수지구 행림마을진로아파트 등 32개 단지, 23,424가구	

38	건물	목재펠릿 보일러
1 개요		기존 화석연료 보일러에서 신재생에너지원으로서 발열량이 높은 목재펠릿 보일러로 전환하는 사업 으로, 난방비 절감 및 화석연료 대체 효과를 통해 온실가스 저감에 기여 ※ 목재펠릿 보일러의 기준은 「산림청, 목재펠릿보일러 난로 지원기준(2020년) 기준」에 따름
2 원단위		• [사용량] · [등유 및 경유] 1.208tCO$_2$eq/톤 · [LPG] 1.066tCO$_2$eq/톤 • [설치대수] 6.173tCO$_2$eq/대
3 감축량 산정식		• [사용량] · [등유 및 경유 대체] 감축원단위(1.208tCO$_2$eq/톤) × 목재펠릿 사용량(톤) · [LPG 대체] 감축원단위(1.066tCO$_2$eq/톤) × 목재펠릿 사용량(톤) • [설치대수] 감축원단위(6.173tCO$_2$eq/대) × 목재펠릿 보일러 설치대수(대) ✓ 목재펠릿 보일러의 용량 및 가동률에 따라 연간 평균사용량에 편차가 있을 수 있음
4 감축원단위 산정근거		• [사용량] · [등유 및 경유] 감축원단위(1.208tCO$_2$eq/톤) = 변경 전(등유) 온실가스 배출량 - 변경 후(목재펠릿) 온실가스 배출량 ※ 1.208tCO$_2$eq/톤 – 0tCO$_2$eq/톤 = **1.208tCO$_2$eq/톤** · 변경 전(등유) 온실가스 배출량(1.208tCO$_2$eq/톤) = 목재펠릿 사용량 × 목재펠릿순발열량 × 등유배출계수 × 단위환산 ※ (목재펠릿) 1톤 × 16.5MJ/kg × 73,200kgCO$_2$/TJ × 10^{-6} = **1.208tCO$_2$eq/톤** ✓ 목재펠릿은 탄소중립 에너지원으로 온실가스 배출량을 '0'으로 가정 ✓ 목재펠릿 1톤당 온실가스 배출량 산정을 위해 목재펠릿 1톤 적용 ✓ 등유와 경유의 배출계수가 동일하므로 등유에서 목재펠릿으로 연료전환시 온실가스 감축원단위 산정식만 작성함 • [LPG] 감축원단위(1.066tCO$_2$eq/톤) · 변경 전(LPG) 온실가스 배출량(1.066tCO$_2$eq/톤) = 변경 전(LPG) 온실가스 배출량 - 변경 후(목재펠릿) 온실가스 배출량 ※ 1.066tCO$_2$eq/톤 – 0tCO$_2$eq/톤 = **1.066tCO$_2$eq/톤** · 변경 전(LPG) 온실가스 배출량(1.066tCO$_2$eq/톤) = 목재펠릿 사용량 × 목재펠릿순발열량 × LPG배출계수 × 단위환산 ※ (목재펠릿) 1톤 × 16.5MJ/kg × 64,600kgCO$_2$/TJ × 10^{-6} = **1.066tCO$_2$eq/톤** • [설치대수] 감축원단위(6.173tCO2eq/대) = 목재펠릿 보일러 1대당 연간 평균연료사용량× 목재펠릿 1톤당 온실가스 감축량×단위환산 ※ 4,505.6kg/년/대 × 1.37tCO$_2$/톤 × 10^{-3} = 6.173tCO$_2$eq/대

38	건물	목재펠릿 보일러	
5 산정계수		목재펠릿순발열량 : 16.5MJ/kg	①
		등유배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	②
		경유배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	
		LPG배출계수 : 64,600kgCO_2/TJ	②
		목재펠릿 보일러 1대당 연간 평균 연료사용량 : 4,505.6kg/년/대	③
		목재펠릿 1톤당 온실가스 감축량 : 1.37tCO_2/톤	④
6 출처		① 목재제품의 규격과 품질 기준 고시(국립산림과학원고시 제2020-3호), 2020 ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표 12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ③ 한국기후변화학회, 한국기후변화학회지 Vol.6. No.1., 목재 펠릿 난로와 보일러 사용에 의한 대기오염물질과 블랙카본의 배출 특성, 2015(42p) ④ 산림청, 목재펠릿통계자료(2018년 12월말기준), 2019(23p)	
7 모니터링 인자		• 목재펠릿 사용량(톤)	단발
		• 목재펠릿 보일러 설치대수(대)	지속
8 추진사례		• (산림청) 목재펠릿 보일러 설치지원사업 (관할 지자체)	

39	건물	친환경 목조 건축물 조성	
1 개요		목재를 이용한 건물 신축을 통해 목재 건물의 탄소저장 효과와 콘크리트 건물 대체효과(콘크리트 건물 대비 온실가스 배출 저감 효과)로 인해 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 0.365 tCO_2eq/m^2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.365 tCO_2eq/m^2) × 목조건축물 조성 연면적(m^2)	
4 감축원 단위 산정근거		• [목조건축물 조성 면적당 감축원단위] = (탄소저장효과(50년기준) + 콘크리트 건물 대체 효과) ÷ 연면적(m^2) = (29.2 tCO_2eq + 56.8 tCO_2eq) ÷ 235.73m^2 **= 0.365 tCO_2eq/m^2**	
5 산정계수		• 투입된 목재제품 사용량(137.69m^3)에 대한 탄소저장효과 (50년기준) : 29.2톤 • 목조건축물의 콘크리트 건물 대체 효과 : 56.8 tCO_2eq/m^2 • 온실가스 배출량 전 과정 평가 대상 목조건축물의 연면적 : 235.73m^2	①
6 출처		① 국내 목조주택의 건물에너지 성능과 온실가스 저감 효과, (국립산림과학원, 2019, p. 97, pp. 106-107)	
7 모니터링 인자		• 목조 건축물 조성 연면적(m^2)	지속
8 추진사례		• 효제동 목조건축 시범사업, 서울특별시 종로구(2024년)	

40	건물	공동주택 승강기 자가발전 장치 도입	
1 개요		승강기의 운행 중 자유낙하의 힘에 의해 발생되는 에너지를 고효율 친환경 장치(전력 회생형 인버터)를 이용하여 전력에너지로 변환하여 온실가스 감축에 기여	
2 원단위		• [15층 이상] 0.456 tCO_2eq/대 • [15층 미만] 0.227 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• [15층 이상] 감축원단위 (0.456 tCO_2eq/대) × 도입 승강기 대수(대) • [15층 미만] 감축원단위 (0.227 tCO_2eq/대) × 도입 승강기 대수(대)	
4 감축원 단위 산정근거		• [15층 이상] 자가발전 장치 도입 승강기 1대당 감축원단위 = 승강기 회생제동장치 표준 발전량 (MWh/대) × 전력배출계수 = 0.954MWh/대 × 0.4781 tCO_2eq/MWh **= 0.456 tCO_2eq/대** • [15층 미만] 자가발전 장치 도입 승강기 1대당 감축원단위 = 승강기 회생제동장치 표준 발전량 (MWh/대) × 전력배출계수 = 0.474MWh/대 × 0.4781 tCO_2eq/MWh **= 0.227 tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 15층 이상 승강기 회생제도장치 표준 발전량 : 0.954 MWh/대 • 15층 미만 승강기 회생제도장치 표준 발전량 : 0.474 MWh/대	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 승강기 회생제동장치 설치를 통한 전력 생산 및 사용 사업의 방법론(환경부, 2020.08.04)	
7 모니터링 인자		• 도입승강기 대수(대)	지속
8 추진사례		• 승강기 자가발전장치 설치 지원, 서울특별시 도봉구	

41	건물	자동운전 에스컬레이터 운행
1 개요		에스컬레이터의 입구와 출구에 센서를 부착하여 이용 승객이 있을 경우만 에스컬레이터를 자동 운전하는 방식으로 온실가스 저감에 기여
2 원단위		• [일평균 24시간 운행] 6.146 tCO_2eq/대 • [일평균 12시간 운행] 3.073 tCO_2eq/대 • [일평균 8시간 운행] 2.049 tCO_2eq/대
3 감축량 산정식		• [일평균 24시간 운행] 감축원단위 (6.146 tCO_2eq/대) × 운행대수(대) • [일평균 12시간 운행] 감축원단위 (3.073 tCO_2eq/대) × 운행대수(대) • [일평균 8시간 운행] 감축원단위 (2.049 tCO_2eq/대) × 운행대수(대)
4 감축원 단위 산정근거		• [자동운전 에스컬레이터 운행 감축원단위(24시간)] = 연평균 전력절감량(24시간 운행기준)* × 전력배출계수 × 단위환산 = 35.22kWh/일 × 365일 × 0.4781 tCO_2eq/MWh × 10^{-3} **= 6.146 tCO_2eq / 대** • [자동운전 에스컬레이터 운행 감축원단위(12시간)] = 연평균 전력절감량(12시간 운행기준) × 전력배출계수 × 단위환산 = 17.61kWh/일 × 365일 × 0.4781 tCO_2eq/MWh × 10^{-3} **= 3.073 tCO_2eq / 대** • [자동운전 에스컬레이터 운행 감축원단위(8시간)] = 연평균 전력절감량(8시간 운행기준) × 전력배출계수 × 단위환산 = 11.74kWh/일 × 365일 × 0.4781 tCO_2eq/MWh × 10^{-3} **= 2.049 tCO_2eq / 대** ※ 1일 자동운전 에스컬레이터 운행 전력절감량(24시간 기준) = 에스컬레이터 공칭속도(nominal speed) 상태의 전력소비량 - (에스컬레이터 스탠바이 상태(12시간)의 전력소비량 + 에스컬레이터 저속상태(2시간)의 전력소비량 + 에스컬레이터 공칭속도상태(10시간)의 전력소비량)} = (2.85kW × 24시간/일) - {(0.18kW × 12시간/일) + (1.26kW × 2시간/일) + (2.85kW × 10시간/일)} = 68.4kWh/일 - (2.16kWh + 2.52kWh + 28.5kWh)/일 = 35.22kWh/일 * 공칭속도 : 통상적인 에스컬레이터 무빙 속도로서 0.5m/s~0.75m/s 사이의 속도 저속상태 : 통상적으로 공칭속도 대비 30% 저감 운전 속도 스탠바이 상태 : 에스컬레이터가 움직이지 않는 상태 (대기전력 등에 의한 소비전력 발생)

41	건물	자동운전 에스컬레이터 운행	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 에스컬레이터 공칭속도 상태 소비전력 : 2.85kW • 에스컬레이터 저속상태 소비전력 : 1.26kW • 에스컬레이터 스탠바이 상태 소비전력 : 0.18kW • 에스컬레이터 공칭속도 상태 1일 사용시간 : 2.85kW/일 • 에스컬레이터 저속상태 1일 사용시간 : 1.26kW/일 • 에스컬레이터 스탠바이 상태 1일 사용시간 : 0.18kW/일	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 에스컬레이터 부하 패턴을 고려한 소비에너지 추정 연구(김해중외, 대한전기학회, 2020)	
7 모니터링 인자		• 자동운전 에스컬레이터 운행대수(대)	지속
8 추진사례		• 지하철역사 자동에스컬레이터 운영(서울특별시, 인천광역시)	

제4절 수송

1 수송	전기차 보급(승용차)	
1 개요	전기 에너지 동력원을 사용하는 환경친화적 자동차의 일종으로, 전기자동차 중에서도 승용차의 형태를 갖춘 차량	
2 원단위	• 0.97tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식	• 감축원단위(0.97tCO_2eq/대) × 전기승용차 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거	• 감축원단위(0.97tCO_2eq/대) = {(승용차(휘발유) 일평균 주행거리 ÷ 승용차(휘발유) 연비 × 휘발유 순발열량 × 휘발유 배출 계수 × 단위환산) - (승용차(휘발유) 일평균 주행거리 ÷ 전기승용차 연비 × 전력 배출계수 × 단위환산)} × 365일 ※ {(29.5㎞/대·일 ÷ 11.97㎞/ℓ × 30.4MJ/L × 71,600kgCO_2/TJ × 10^{-9}) - (29.5㎞/대·일 ÷ 5.22km/kWh × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3})} × 365일 = **0.97tCO_2eq/대**	
5 산정계수	• 승용차(휘발유) 일평균 주행거리: 29.5㎞/대	①
	• 승용차(휘발유) 평균 연비: 11.97㎞/ℓ	②
	• 전기승용차 연비: 5.22㎞/kWh	②
	• 휘발유 순발열량: 30.4MJ/ℓ	③
	• 휘발유 배출계수 : 71,600kgCO_2/TJ	③
	• 전력 배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	④
6 출처	① 한국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계, 2021(p34) ② 한국에너지공단, 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, 2021(p55) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련)	
7 모니터링 인자	• 전기승용차 보급대수(대)	지속
8 추진사례	• 전기차 구매 보조금 지원사업(전국 156개 지자체)	

2	수송	전기차 보급(화물차)	
1 개요		전기 에너지 동력원을 사용하는 환경친화적 자동차의 일종으로, 전기자동차 중에서도 소형화물차의 형태를 갖춘 차량	
2 원단위		• 2.155tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(2.155tCO_2eq/대) × 전기화물차 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(2.155tCO_2eq/대) = {(화물차(경유차) 일평균 주행거리 ÷ 화물차(경유차) 평균연비 × 경유 순발열량 × 경유 배출 계수 × 단위환산) - (화물차(경유차) 일평균 주행거리 ÷ 전기 화물차 연비 × 전력 배출계수 × 단위환산)} × 365일 ※ {(50㎞/대·일 ÷ 9.48㎞/ℓ × 35.2MJ/L × 73,200kgCO_2/TJ × 10^{-9}) - (50㎞/대·일÷ 3.11㎞/kWh × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3})} × 365일 = **2.155tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 화물차(경유차) 일평균 주행거리: 50㎞/대	①
		• 화물차(경유차) 평균 연비: 9.48㎞/ℓ	②
		• 전기화물차 연비: 3.11㎞/kWh ※ 전기차 평균 연비 적용	②
		• 경유 순발열량 35.2MJ/ℓ	③
		• 경유 배출계수: 73,200kgCO_2/TJ	③
		• 전력 배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	④
6 출처		① 한국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계, 2021(p34) ② 한국에너지공단, 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, 2021(p55) ③ 에너지법 시행규칙(산업통상자원부령 제426호) [별표1] 에너지열량 환산기준(제5조제1항 관련) ④ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)	
7 모니터링 인자		• 전기화물차 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 전기차 구매 보조금 지원사업(전국 156개 지자체)	

3	수송	전기 버스	
1 개요		전기 에너지 동력원을 사용하는 환경친화적 버스로, 일반버스 보다 평균 주행거리가 높고 배출가스가 발생하지 않아 대기환경개선과 온실가스 저감효과가 큼	
2 원단위		• [경유버스→전기버스] 43.890tCO_2eq/대 • [CNG버스→전기버스] 39.43tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• [경유버스→전기버스] 감축원단위(43.890tCO_2eq/대) × 전기 버스 보급대수(대) • [CNG버스→전기버스] 감축원단위(39.43tCO_2eq/대) × 전기 버스 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• [경유버스→전기버스] 감축원단위(43.890tCO_2eq/대) = [{일 평균 주행거리 ÷ 경유 버스 연비 × 경유순발열량 × 경유배출계수 × 단위환산} - {일 평균 주행거리 ÷ 전기 버스 연비 × 전력배출계수}] × 1년 ※ [{152.45km/대·일 ÷ 2.2km/L × 35.2MJ/L × 73,200kgCO_2/TJ × 10^{-9}} - {152.45km/대·일 ÷ 1.25km/kWh × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3}}] × 365일 = **43.890tCO_2eq/대** • [CNG버스→전기버스] 감축원단위(39.43tCO_2eq/대) = [{일 평균 주행거리 ÷ CNG 버스 연비 × CNG순발열량 × CNG배출계수 × 단위환산} - {일 평균 주행거리 ÷ 전기 버스 연비 × 전력 석유환산계수 × 전력배출계수}] × 1년 ※ [{152.45km/대·일 ÷ 2.0km/Nm^3 × 38.9MJ/Nm^3 × 56,100kgCO_2/TJ × 10^{-9}} - {152.45km/대·일 ÷ 1.25km/kWh × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3}}] × 365일 = **39.430tCO_2eq/대** ※ [CNG버스→전기버스] CNG 배출계수(2.349tCO_2eq/TOE) = CNG 배출계수 × 열량 환산계수 ※ 56,100kgCO_2/TJ × (41.868 × 10^{-3})TJ/TOE = 2.349tCO_2eq/TOE	
5 산정계수		• 버스 일평균 주행거리: 152.45㎞/대	①
		• 경유 버스 평균연비 : 2.2 km/L	②
		• 경유 발열량 : 35.2MJ/L	③
		• 경유 배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	③
		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	④
		• 전기 버스 연비 : 1.25km/kWh	⑤
		• CNG 버스 평균연비 : 2.0 km/m^3	②
		• CNG 발열량 : 38.9MJ/Nm^3	③

3	수송	전기 버스	
		※ CNG 발열량은 LNG 도시가스 기준으로 적용	
		• CNG 배출계수 : 56,100kgCO_2/TJ ※ CNG 배출계수는 LNG 도시가스 기준으로 적용	③
6 출처		① 한국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계, 2021(26p) ② 한국에너지공단, 전기차 에너지이용합리화 효과 계산 산출 기준안 ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ④ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ⑤ 충남연구원, 충남 친환경버스 도입에 따른 경제적 효과 검토, 2018(12p, 63p) ⑥ 에너지법 시행규칙(산업통상자원부령 제426호), [별표]에너지 열량 환산기준(제5조제1항관련)	
7 모니터링 인자		• 전기 버스 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 서울특별시, 부산광역시, 대구광역시 등 전국지자체 전기버스 보급사업 추진	

4	수송	경유자동차 전기차 전환 지원	
1 개요		대기오염물질을 다량으로 배출하는 경유자동차를 폐차하거나, 전기 에너지 동력원을 사용하는 전기자동차로 교체하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [경유차→전기차] 1.18tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• [경유차→전기차] 감축원단위(1.18tCO_2eq/대) × 교체대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• [경유차→전기차] 감축원단위(1.18tCO_2eq/대) = [{경유차 일 평균 주행거리 ÷ 경유차 평균연비 × 경유순발열량 × 경유배출계수 × 단위 환산} - {경유차 일 주행거리 ÷ 전기 승용차 연비 × 전력배출계수 × 단위환산}] × 1년 ※ [{40.1km/대/일 ÷ 15.35km/L × 35.2MJ/L × 73,200kgCO_2/TJ × 10^{-9}} - {40.1km/대/일 ÷ 5.47km/kWh × 0.4781tCO2eq/MWh × 10^{-3}}] × 365일 = **1.18tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 경유차 일 평균 주행거리 : 40.1km/대	①
		• 경유차 평균 연비 : 15.35km/L	②
		• 경유순발열량 : 35.2MJ/L	③
		• 경유배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	③
		• 전기 승용차 연비 : 5.47km/kWh	②
		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	④
6 출처		① 한국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계, 2021(35p) ② 한국에너지공단, 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, 2021(10p) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ④ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)	
7 모니터링 인자		• [경유차→전기차] 교체대수(대)	지속
8 추진사례		• 서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시 등	

<table>
<tr><th colspan="2">5 수송</th><th colspan="3">전기 이륜차(오토바이) 보급</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="3">기존 화석연료를 사용한 이륜차에서 전기를 에너지원으로 사용하는 이륜차로 대체하여 온실가스 감축에 기여</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="3">• 0.6501 tCO_2eq/대</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="3">• 감축원단위 (0.6501 tCO_2eq/대) × 전기이륜차 보급대수(대)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원단위 산정근거</td><td colspan="3">• 감축원단위(0.6501 tCO_2eq/대)
= (이륜차 연평균 주행거리(km/년) ÷ 휘발유 이륜차 평균연비(km/L) × 휘발유 순발열량(MJ/L) × 휘발유 배출계수(tCO_2/TJ) × 단위환산) - (이륜차 연평균 주행거리(km/년) × 전기이륜차 전력소비량 (kWh/km) × 전력배출계수(tCO_2eq/MWh) × 단위환산)
※ (11,863 km/년 ÷ 30.0km/L × 30.4MJ/L × 71.6tCO_2/TJ × 10^{-6}) - (11,863 km/년 × 0.0371 kWh/km × 0.4781 tCO_2eq/MWh × 10^{-3})
= 0.6501 tCO_2eq/대
✓ 전기이륜차 1대당 1인이 사용함</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="6">5 산정계수</td><td colspan="2">• 휘발유 이륜차 평균 연비 : 30.0 km/L</td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 전기이륜차 일 평균 주행거리 : 32.5 km/일</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 휘발유 순발열량 30.4 MJ/L</td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 휘발유 배출계수 : 71,600 $kgCO_2$/TJ</td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 전기이륜차 전력소비량(소형, 경형 기준) : 0.0371 kWh/km
<table>
<tr><th>제조사</th><th>배터리 (kWh)</th><th>연비 (km/kWh)</th><th>연비(전비) (km/kWh)</th></tr>
<tr><td>D사 전기오토바이</td><td>2.27</td><td>24.8</td><td>0.0403</td></tr>
<tr><td>바이젠 C7SAT</td><td>2.37</td><td>33.3</td><td>0.0300</td></tr>
<tr><td>G사 전기오토바이</td><td>3.25</td><td>21.8</td><td>0.0459</td></tr>
<tr><td>바이젠 C7SAT</td><td>2.34</td><td>29.8</td><td>0.0336</td></tr>
<tr><td>Ather 450X</td><td>2.9</td><td>23.4</td><td>0.0427</td></tr>
<tr><td>바이젠 C7SAT</td><td>2.6</td><td>33.1</td><td>0.0302</td></tr>
<tr><td>평균</td><td>2.62</td><td>27.70</td><td>0.0371</td></tr>
</table></td><td>④</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 전력배출계수 : 0.4781 × $10^{-3}$$tCO_2eq$/kWh</td><td>⑤</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 정책브리핑, 2011.04.06., 청정지역 제주를 누비는 ‘전기 오토바이’
② 한국대기환경학회지, 2010, 이륜차의 일주행거리 조사와 대기오염 배출량 추정, 장영기 외, p.48~56
③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련)
④ 바이젠, 2021, C7SAT 연비테스트 결과 http://bygen.co.kr/performance1.html?cate=10003
⑤ 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 전기이륜차 보급대수(대)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 자치경찰대 순찰용 전기이륜차 보급 사업, 제주특별자치도 서귀포시 및 제주시</td></tr>
</table>

6 수송	노면 청소차량 전기차 전환	
1 개요	대기오염물질을 다량 배출하는 경유 노면청소차를 전기 에너지 동력원을 사용하는 환경친화적 노면청소차로 교체하여 온실가스 감축에 기여하는 사업(1톤 노면청소차 기준)	
2 원단위	• [전기청소차] 감축원단위 2.472 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식	• [전기청소차] 감축원단위 (2.472 tCO_2eq/대) × 전기청소차 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거	• [경유노면청소차 → 전기노면청소차] 감축원단위(2.472 tCO_2eq/대) = {(경유 청소차 일 평균 주행거리 ÷ 경유 화물차 평균연비 × 경유순발열량 × 경유배출계수 × 단위 환산) - (경유 청소차 일 평균 주행거리 ÷ 전기 청소차 연비 × 전력배출계수 × 단위환산)} × 365일 / 1년 ※ {(50.0km/대·일 ÷ 8.8 km/L × 35.2MJ/L × 73.2tCO_2/TJ × 10^{-6}) - (50.0km/대·일 ÷ 3.038 km/kWh × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3})} × 365일 / 1년 = **2.472 tCO_2eq/대**	
5 산정계수	• 경유 청소차 일 평균 주행거리 : 50.0km/대	①
	• 경유 화물차 평균연비 : 8.8 km/L	②
	• 경유 순발열량 : 35.2MJ/L	③
	• 경유 배출계수 : 73,200$kgCO_2$/TJ	③
	• 전기 노면청소차 연비(1톤 기준) : 3.038 km/kWh ※ A사 실 주행거리 조사 결과 : 50.0km /16.8 kWh = 2.976 km/kWh ※ B사 기아 봉고3 EV차량 개조 사용 : 3.1 km/kWh ※ A사, B사 2종의 전기 노면청소차 평균 = 3.038 km/kWh	④
	• 전력배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	⑤
6 출처	① 기후환경본부 클린도로운영팀, 2018, 서울시 도로분진청소 https://www.seoulsolution.kr/ko/content/2111 ② 현대자동차 포터2 초장축 슈퍼캡(A/T) 연비정보, 2023 https://www.carnoon.co.kr/newcar/vehicle/10014 ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출 계수(제15조 제2항 관련) ④ A사 전기청소차 실주행거리 조사 결과 및 기아 봉고3 EV차량 제원 - https://www.carnoon.co.kr/newcar/vehicle/10385 ⑤ 온실가스종합정보센터, 2021년, 국가 온실가스 배출계수	
7 모니터링 인자	• 전기청소차 보급대수(대)	지속
8 추진사례	• 친환경 소형 전기노면청소차 보급사업, 인천 부평구 • 친환경 전기노면청소차 보급사업, 경기 남양주시	

7	수송	수소 청소차 보급	
1 개요		대기오염물질을 다량 배출하는 경유 청소차를 수소 연료전지를 통해 전기를 얻어 구동하는 환경친화적 수소 청소차로 교체하여 온실가스 감축에 기여하는 사업(폐기물 수집, 운반 등 화물특수 용도형 기준)	
2 원단위		• [수소청소차] 감축원단위 **1.5202** tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• [수소청소차] 감축원단위 (**1.5202** tCO_2eq/대) × 수소청소차 전환대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• [경유 청소차 → 수소 청소차] 감축원단위(**1.5202** tCO_2eq/대) = {(일 평균 주행거리 ÷ 경유 청소차 평균연비 × 경유 순발열량 × 경유 배출계수 × 단위환산) - (일 평균 주행거리 ÷ 수소 청소차 평균연비 × 추출수소 배출계수 × 단위환산)} × 260일 ※ {(43.669km/대 ÷ 3.7km/L × 35.2MJ/L × 73,200 $kgCO_2eq/TJ$ × 10^{-9}) - (43.669km/대 ÷ 16.0km/kgH_2 × 9 tCO_2eq/tH_2 × 10^{-3})} × 260 = **1.5202 tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 경유 청소차 일 평균 주행거리 : 43.669 km/대·일 ※ 청소차 연평균 주행거리를 년간 260일 운행기준으로 산정	①
		• 경유 청소차 평균 연비 : 3.7 km/L	②
		• 수소 청소차 연비 : 16.0 ㎞/kgH_2	③
		• 경유 순발열량 : 35.2MJ/L	④
		• 경유 배출계수 : 73,200$kgCO_2$/TJ	④
		• 추출 수소 배출계수 : 9 tCO_2eq/tH_2	⑤
6 출처		① 안전행정부, 2014, 지자체 청소차 제설차 등 교체기준 변경 ② 상용차신문, 2023.08.03 https://www.cvinfo.com/news/articleView.html?idxno=25862 ③ 수소트럭으로 쓰레기 수거하는 동네는? https://www.hani.co.kr/arti/area/yeongnam/1070623.html ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출 계수(제15조 제2항 관련) ⑤ 2050 탄소중립 시나리오 세부 산출근거, 2021, 26p.	
7 모니터링 인자		• 수소청소차 전환대수(대)	지속
8 추진사례		• 수소 청소차 보급, 서울특별시 동작구	

8	수송	전기 자전거 보급	
1 개요		전기자전거란 자전거에 전동기, 배터리 등을 장착하여 전동기의 힘을 통해 움직일 수 있는 자전거로, 주행 중 이산화탄소를 배출하지 않는 친환경 교통수단으로 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 0.0138tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.0138tCO_2eq/대) × 전기자전거 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.0138tCO_2eq/대) = {(전기자전거 월 평균 주행거리 ÷ 경유버스 평균연비 × 경유순발열량 × 경유배출계수 ÷ 승차정원수 × 단위환산) - (전기자전거 전력소비량 × 전력배출계수 × 전기자전거 월 평균 주행거리 × 단위환산)} × 12개월/년 ※ {(64km/월 ÷ 2.2km/L × 35.2MJ/L × 73.2tCO_2/TJ ÷ 59인/대 × 10^{-6}) - (0.004kWh/km·대 × 0.4781tCO_2eq/MWh × 64km/월 × 10^{-3})} × 12개월/년 = **0.0138tCO_2eq/대** ✓ 전기자전거 1대당 1인이 사용함 ✓ 경유 버스 1대 온실가스 배출량을 승차정원으로 나누어 승객 1인당 경유버스 온실가스 배출량과 자전거 이용자 1인당 온실가스 배출량을 비교 ✓ 승차정원은 대표적인 시내버스 차종의 승차정원수의 평균값 적용	
5 산정계수		• 경유 버스 연비 : 2.2km/L	①
		• 경유 순발열량 35.2MJ/L	③
		• 경유 배출계수 : 73,200 kgCO_2/TJ	③
		• 전기자전거 전력소비량 : 0.004kWh/km·인 ※ [평균 전력량(374.4Wh) × 단위환산(10^{-3})] ÷ 평균 주행거리(90km)	②

자전거명	주행거리(km)	방전용량(Ah)	전압(V)	전력량(Wh)
팬텀 시티	90	10.5	36	378
팬텀 Q SF	100	10.4	36	374.4
팬텀 Q	100	10.4	36	374.4
팬텀 마이크로	70	7.8	36	280.8
평균	90	10.4	36	374.4

※ 평균 방전용량(Ah) × 평균 전압(V) = 평균 전력량(Wh)

	• 전력배출계수 : 0.4781 × $10^{-3}$$tCO_2eq$/kWh	③
	• 승차정원수 : 59인 ※ (뉴슈퍼에어로시티버스 57인 + 자일대우버스 61인) ÷ 2 = 59인 ※ 디젤 시내버스 기준	④ ⑤
	• 전기자전거 월 평균 주행거리 : 64km/월 ※ 10.41회/월 × 6.13km/회 = 64km/월 ※ 통근, 통학, 업무, 학원 통행의 합 기준	⑥

8	수송	전기 자전거 보급	
6 출처		① 한국에너지공단, 전기차 에너지이용합리화 효과 계산 산출 기준안 ② 삼천리 전기자전거_팬텀시티, 팬텀 Q, 팬텀 Q SF, 팬텀 마이크로 평균량 ③ 에너지법 시행규칙(산업통상자원부령 제426호) [별표1] 에너지열량 환산기준(제5조제1항 관련) ④ 현대자동차, 뉴슈퍼에어로시티 카탈로그, 2020(10p) ⑤ 자일대우버스(주) 홈페이지(도시형버스 NEW BS106 사양) (http://www.daewoobus.co.kr/newsite/KR/showroom/showroom.php?mnum=BS106_city_C&mtype=spec) ⑥ 한국교통연구원, 마이크로모빌리티 교통정책지원사업, 2018(128p, 130p)	
7 모니터링 인자		• 전기자전거 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 전기자전거 보급사업(경기도 과천시, 대전광역시 동구, 대전광역시 서구, 충청북도 청주시, 강원특별자치도 원주시, 세종특별자치시 등)	

9	수송	수소차 보급(버스)	
1 개요		수소를 연료로 하며, 수소연료전지를 통해 전기를 얻어 구동하는 버스 차량으로 전기자동차 등과 함께 차세대 교통수단 후보이며 내연기관 차량에 비해 온실가스 배출이 매우 적음	
2 원단위		• 36.389tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(36.389tCO_2eq/대) × 수소버스 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(36.389tCO_2eq/대) = {(일평균주행거리 ÷ 경유차 평균연비 × 경유 순발열량 × 경유 배출계수) - (일평균주행 거리 ÷ 수소버스 평균연비 × 추출수소배출계수)} × 단위환산 × 365일 ※ {(152.45km/대 ÷ 2.2km/L × 35.2MJ/L × 73,200$kgCO_2$/TJ × 10^{-9}) - (152.45km/대 ÷ 17.4km/kgH_2 × 9tCO_2eq/tH_2 × 10^{-3})} × 365 = **36.389tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 버스 일평균 주행거리 : 152.45㎞/대	①
		• 경유 버스 평균연비 : 2.2㎞/ℓ	②
		• 수소전기버스 연비 : 17.4㎞/kgH_2	③
		• 경유 순발열량 : 35.2MJ/L	④
		• 경유 배출계수 : 73,200$kgCO_2$/TJ	④
		• 추출수소 배출계수 : 9tCO2eq/tH_2	⑤
6 출처		① 한국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계(21p), 2021 ② 한국에너지공단, 전기차 에너지이용합리화 효과 계산 산출 기준안 ③ 창원시 수소버스 운행에 따른 수소소비 현황 및 보급 활성화 방안(482p), 2019 ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유 발열량 및 배출계수(제15조 제2항 관련)	
7 모니터링 인자		• 수소버스 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 산업부, 지자체 6곳에 수소버스 400대 보급 (인천광역시, 전북특별자치도, 부산광역시, 세종특별자치시, 서울특별시 등)	

10	수송	수소차 보급(승용차)	
1 개요		수소를 연료로 하며, 수소연료전지를 통해 전기를 얻어 구동하는 승용차량으로 전기자동차 등과 함께 차세대 교통수단 후보이며 내연기관 차량에 비해 온실가스 배출이 매우 적음	
2 원단위		• 0.923tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.923tCO_2eq/대) × 수소승용차 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.923tCO_2eq/대) = {(일 주행거리 ÷ 승용차(휘발유) 연비 × 휘발유 순발열량 × 휘발유 배출계수 × 단위환산) - (일 주행거리 × 충전시 이산화탄소배출량 × 단위환산)} × 365일 ※ {(29.5㎞/대·일 ÷ 11.97㎞/ℓ × 30.4MJ/ℓ × 71,600kgCO_2eq/TJ × 10^{-9}) - (29.5㎞/대·일 × 0.0961kgCO_2eq/㎞ × 10^{-3})} × 365일 = **0.923tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 승용차(휘발유) 일평균 주행거리: 29.5km/대	①
		• 승용차 평균연비: 11.97㎞/ℓ	②
		• 수소전기승용차 연비: 93.7㎞/kg	③
		• 휘발유 순발열량: 30.4MJ/ℓ	④
		• 휘발유 배출계수 : 71,600kgCO_2/TJ	④
		• 충전시 이산화탄소배출량 : 0.0961kgCO_2eq/㎞ ※ 수소 1t 충전시 이산화탄소 9t 발생 ※ 9tCO_2eq/tH_2 ÷ 연비(93.7㎞/kgH_2) = 0.0961kgCO_2eq/㎞	⑤
6 출처		① 한국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계, 2021(p34) ② 한국에너지공단, 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, 2021(p55) ③ 한국에너지공단, 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, 2021(p84) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ⑤ 2050 탄소중립 시나리오 세부 산출근거, 2021(18p)	
7 모니터링 인자		• 수소승용차 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 환경부 수소차 보급사업	

11	수송	수소차 보급(대형 화물차)	
1 개요		수소를 연료로 하며, 수소연료전지를 통해 전기를 생산하여 구동하는 차량(대형 화물차)으로 내연기관 화물 차량에 비해 온실가스 배출이 매우 적음	
2 원단위		• 10.6845 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (10.6845 tCO_2eq/대) × 수소화물차 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(10.6845 tCO_2eq/대) = {(화물차 일평균 주행거리 ÷ 경유화물차 평균연비 × 경유 순발열량 × 경유 배출계수× 단위환산) - (화물차 일평균 주행거리 ÷ 수소화물차 평균연비 × 추출수소 배출계수 × 단위환산)} × 365일 ※ {(141.6km/대 ÷ 3.7km/L × 35.2MJ/L × 73,200$kgCO_2$/TJ × 10^{-6}) - (141.6km/대 ÷ 18.38km/kgH_2 × 9tCO_2eq/tH_2 × 10^{-3})} × 365일 = **10.6845 tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 화물차(경유차, 사업용 기준) 일평균 주행거리 : 141.6㎞/대	①
		• 경유 화물차(25.5톤 기준) 평균연비 : 3.7㎞/L	②
		• 수소화물차 연비 : 18.38㎞/kgH_2	
		• 경유 순발열량 : 35.2MJ/L	③
		• 경유 배출계수 : 73,200$kgCO_2$/TJ	
		• 추출수소 배출계수 : 9tCO_2eq/tH_2	④
6 출처		① 국토교통부, 2022, 2022 국토교통 통계연보(691p) ② 상용차신문, 2023.08.03., 연료비 들춰보니...친환경 트럭 https://www.cvinfo.com/news/articleView.html?idxno=25862 ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조 제2항 관련) ④ 2050 탄소중립 시나리오 세부 산출근거, 2021(18p)	
7 모니터링 인자		• 수소화물차 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 환경부, 수소 트럭·버스 920대에 구매 보조금 지원(2023.1.31., 상용차신문)	

12	수송	하이브리드차 보급(승용차)	
1 개요		단일 동력원의 일반 자동차와는 달리 두 개 이상의 동력원에 의해 구동되는 차량으로 연비 향상을 통해 온실가스 절감에 기여하는 사업	
2 원단위		• 0.4331 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.4331 tCO_2eq/대) × 하이브리드차량 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.4331 tCO_2eq/대) = {(승용차(휘발유) 일평균 주행거리 ÷ 승용차(휘발유) 연비 × 휘발유 순발열량 × 휘발유 배출계수 × 단위환산) - (승용차(휘발유) 일평균 주행거리 ÷ 하이브리드차 연비 × 휘발유 순발열량 × 휘발유 배출계수 × 단위환산)} × 365일 ※ {(29.5㎞/대·일 ÷ 11.97 ㎞/L × 30.4 MJ/L × 71.6 $tCO_2/TJ \times 10^{-6}$) - (29.5 ㎞/대·일 ÷ 15.37 ㎞/L × 30.4 MJ/L × 71.6$tCO_2/TJ \times 10^{-6}$)} × 365일 = **0.4331 tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 승용차(휘발유) 일평균 주행거리: 29.5 ㎞/일	①
		• 승용차(휘발유) 평균 연비 : 11.97 ㎞/L • 하이브리드차 평균 연비(복합) : 15.37 ㎞/L	②
		• 휘발유 순발열량: 30.4 MJ/L	③
		• 휘발유 배출계수 : 71,600$kgCO_2/TJ$	③
6 출처		① 한국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계, 2021(p.34) ② 한국에너지공단, 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, 2021(p.55) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침 (환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조 제2항 관련)	
7 모니터링 인자		• 하이브리드차 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 원주시 노후자동차 천연가스(하이브리드 포함) 지원사업(2022)	

13	수송	경유자동차 저공해화 (LPG 엔진교체)	
1 개요		오염물질 다량 배출 운행 경유차 엔진을 LPG 엔진으로 교체하여 온실가스 배출량 저감 ※ LPG의 구성 성분은 부탄으로만 가정하며, 프로판 함유 비율에 따라 달라질 수 있음	
2 원단위		• 0.135tCO$_2$eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.135tCO$_2$eq/대) × 교체대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• {(경유차 일평균주행거리 ÷ 경유차 평균연비 × 경유 순발열량 × 경유 배출계수) - (경유차 일평균주행거리 ÷ LPG차 평균연비 × 부탄 환산계수 × 부탄 순발열량 × LPG 배출 계수)} × 단위환산 × 365일 ※ 연비(11.06 km/L) 액체상태의 LPG 기준 = {(40.1km/대 ÷ 15.35km/L × 35.2MJ/L × 73,200kgCO$_2$/TJ) - (40.1km/대 ÷ 11.06km/L × 0.6kg/L × 45.7MJ/kg × 64,000kgCO$_2$/TJ)} × 10^{-9} × 365일 = **0.135 tCO$_2$eq/대**	
5 산정계수		• 경유차 일평균주행거리 : 40.1km	①
		• 경유 자동차 평균연비 : 15.35㎞/L	②
		• 경유 순발열량 : 35.2MJ/L	③
		• 경유 배출계수 : 73,200kgCO$_2$/TJ	④
		• LPG차 평균연비 : 11.06km/L	②
		• 부탄 밀도 : 0.6g/cm^3(0.6kg/L)	⑤
		• 부탄 순발열량 : 45.7MJ/kg	③
		• LPG 배출계수 : 64,000kgCO$_2$/TJ	④
6 출처		① 국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계, 2021(18p) ② 한국에너지공단, 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, 2021(10p) ③ 에너지법 시행규칙(산업통상자원부령 제426호), [별표1] 에너지열량 환산기준(제5조제1항 관련) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표 12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ⑤ 한국산업안전보건공단, MSDS 검색 (부탄 비중 : 0.6 (물=1), 출처:ICSC*) * ICSC : 국제화학물질안전카드, 국제노동기구(ILO)와 세계보건기구(WHO)가 화학물질에 대한 정확한 정보를 알기 쉽게 전달·확산하기 위하여 개발한 카드 형태의 자료	
7 모니터링 인자		• 교체대수(대)	지속
8 추진사례		• 디젤엔진차량 LPG엔진 무료 교체 사업, 서울특별시	

14	수송	CNG차량 보급확대(버스)	
1 개요		CNG란 Compressed Natural Gas의 약자로 천연가스를 200~250배 압축하여 저장한 것을 의미하며, CNG 차량은 그린카의 한 종류로써 이산화탄소가 10~15%이상 적게 배출됨	
2 원단위		• 4.455tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(4.455tCO_2eq/대) × CNG 버스 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(4.455tCO2eq/대) = {(시내버스 일평균주행거리 ÷ 경유 버스의 평균 연비 × 경유의 순발열량 × 경유의 배출 계수) - (시내버스 일평균주행거리 ÷ CNG의 평균 연비 × CNG의 순발열량 × CNG의 배출계수)} × 단위환산 × 365일 ※ {(152.45km/대·일 ÷ 2.2km/L × 35.2MJ/L × 73,200kgCO_2/TJ) - (152.45km/대·일 ÷ 2.0km/m^3 × 38.9MJ/Nm^3 × 56,100 kgCO_2/TJ)} ×10^{-9}× 365일 = **4.455tCO_2eq/대** ※ 일 평균주행거리 : 사업용 승용차 중·대형 일평균주행거리 사용 ※ CNG의 발열량 : 도시가스(LNG)의 발열량 사용	
5 산정계수		• 버스 일평균 주행거리: 152.45㎞/대	①
		• 경유 버스 평균연비 : 2.2km/L	②
		• 경유 순발열량 : 35.2MJ/L	③
		• 경유 배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	④
		• CNG 버스 평균연비 : 2.0km/m^3	②
		• CNG 순발열량* * 도시가스 (LNG) : 38.9 MJ/Nm^3	③
		• CNG 배출계수 : 56,100kgCO_2/TJ	④
6 출처		① 국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계, 2021(26p) ② 한국에너지공단, 전기차 에너지이용합리화 효과 계산 산출 기준안 ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표 12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표 12] 연료별 국가 고유 발열량 및 배출계수(제15조제2항 관련)	
7 모니터링 인자		• CNG 버스 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 서울특별시, 인천광역시 등 전국 대부분의 지자체 CNG 버스 도입	

15 수송	공공자전거 이용	
1 개요	대중교통 연계수단으로서 자전거를 이용함으로써, 자동차 이용에 따른 온실가스 배출 저감하는 사업. 적용조건은 주 대중교통수단 (시내 및 광역 버스, 지하철)을 이용하기 위하여 연계 교통수단인 자가용, (마을)버스, 택시 등을 대체하여 공공자전거를 이용하는 경우임.	
2 원단위	• [공공자전거 이용횟수] 0.0003245 tCO_2eq/회 • [공공자전거 보급대수] 0.04518 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식	• [공공자전거 이용횟수] 감축원단위(0.0003245 tCO_2eq) × 공공자전거 연간 이용횟수 • [공공자전거 보급대수] 감축원단위(0.04518 tCO_2eq) × 공공자전거 보급대수	
4 감축원단위 산정근거	• [공공자전거 이용횟수] 감축원단위(3.245 ×10^{-4} tCO_2eq/회) = 연계교통수단 배출량 (gCO_2eq/km) × 공공자전거 평균이동거리(km) × 대중교통연계 이용율 ※ 182.05 gCO_2eq/km × 3.16 km/회 × 56.4 % = **324.5 gCO_2eq/회** • [공공자전거 보급대수] 감축원단위 (45.18 ×10^{-3} tCO_2eq/대) = 연계교통수단 배출량 (gCO_2eq/km) × 공공자전거 평균이동거리 (km/회) × 대중교통연계 이용율 × 공공자전거 이용횟수 (회/대) ※ 182.05 gCO_2eq/km × 3.16 km/회 × 56.4 % × 139.3 회/대 = **45.18 kg CO_2eq/대**	
5 산정계수	• 연계교통수단(승용, 택시, 버스) 단위 통행거리(km)당 온실가스 배출량	①

구 분	승용	택시	시내버스	소계
배출계수 ($kgCO_2eq$/TJ)	7.274E+04	6.446E+04	5.896E+04	
온실가스배출량 ($kgCO_2eq$/인·km)	0.2111	0.2516	0.0287	
수송분담율, %	69.26%	12.09%	18.65%	100%
수송분담율을 고려한 온실가스배출량 (gCO_2eq/km)	146.2	30.43	5.42	182.05

※ 대중교통 이용 원단위 산정 참조

• 자전거 평균통행거리 : 3.16 km (여객통행실태 index 2018 한국교통연구원 국가교통DB센터)	②
• 자전거의 대중교통 연계 이용율: 56.4% ※ 서울시 보도자료(2019)	③

<table>
<tr><th colspan="2">15 수송</th><th colspan="3">공공자전거 이용</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• 자전거 대당 연간 전국평균 이용횟수: 139.3회/대
※ 행정안전부 자전거 이용현황(2016~2020)
<table><tr><th>연도</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>평균</th></tr><tr><td>이용횟수(회/대)</td><td>111</td><td>131</td><td>131</td><td>162</td><td>162</td><td>139.3</td></tr></table>※ 행정안전부 공영자전거 이용실적 현황</td><td>④</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 대중교통 이용 원단위 산정 참조
② 여객통행실태 index 2018 한국교통연구원 국가교통DB센터
③ 서울시 보도자료(2019)“서울시, 따릉이 4년...56%‘출퇴근시간대 집중”
④ 국가통계 KOSIS ‘공영자전거 운영 현황’;행정안전부 자전거이용 현황(2016~2020)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 공공자전거 이용횟수(회)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td>• 공공자전거 보급대수(대)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 서울특별시“따릉이”, 광주광역시“타랑께”, 경상남도 창원시“누비자”, 대전광역시 “타슈”, 경기도 고양시“타조”등(지자체에서 운영하는 공공자전거에 적용 가능)</td></tr>
</table>

16	수송	자전거 도로 인프라 구축	
1 개요		자전거 도로 정비 및 확대를 통해 자전거 이용률을 증가시켜 승용차 이용을 대체함으로써 온실가스 감축에 기여하는 사업. 단, 적용 대상은 신규로 건설되는 자전거 도로 구축 거리로 한정함	
2 원단위		• 감축원단위 **7.527** tCO_2eq/km	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (**7.527** tCO_2eq/km) × 구축 거리(km)	
4 감축원단위 산정근거		• [자전거 도로 구축] 감축원단위 (**7.527** tCO_2eq/km) = ∑{(자전거 이용에 따른 연간 온실가스 감축량(tCO_2eq/년) × 이동수단 비율(%) ÷ 구축 자전거 도로(km) } ÷ 3개년 = {(16,300 tCO_2eq × 0.560 ÷ 1,290 km) + (16,994 tCO_2eq × 0.548 ÷ 1,316 km) + (19,716 tCO_2eq × 0.571 ÷ 1,337 km)} ÷3 = **7.527 tCO_2eq/km**	
5 산정계수		• 서울시 공공자전거 이용현황 자료	①

구분	자전거 이용거리 (km)	이동수단 비율(%)*	연간 온실가스 감축량 (tCO_2)	자전거 도로 (km)	원단위 (tCO_2/km)
2021	89,636,351	0.560	16,300	1,290	7.072
2022	93,455,813	0.548	16,994	1,316	7.082
2023	108,422,254	0.571	19,716	1,337	8.428
평균	97,171,473	0.560	17,670	1,314	7.527

• 온실가스 감축량 = 자전거 이용거리 × 승용차 (휘발유) 이동거리당 온실가스 배출량

※ 승용차(휘발유) 이동거리당 온실가스 배출량 : 0.1818 $kgCO_2/km$(휘발유 승용차 연비 11.97km/L기준)

= [{승용차 주행거리(km) ÷ 승용차 연비(km/L)} × 휘발유 순발열량 × 휘발유배출계수 × 단위환산]

= [{1km ÷ 11.97km/L} × 30.4MJ/L × 71,600 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-6}]

= 0.1818 $kgCO_2/km$

<table>
<tr><td colspan="2">16 수송</td><td colspan="3">자전거 도로 인프라 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4"></td><td colspan="2">
<table>
<tr><th>구분</th><th>자전거 도로현황(km)</th></tr>
<tr><td>2021</td><td>1,290</td></tr>
<tr><td>2022</td><td>1,316</td></tr>
<tr><td>2023</td><td>1,337</td></tr>
</table>
</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">
*이동 수단 비율 (단위 : %)
<table>
<tr><th>구분</th><th>이동수단으로 사용</th><th>운동수단으로 사용</th><th>이용 안함</th><th>가중치</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>2021</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>0.560</td><td>22, 23년 평균치 적용</td></tr>
<tr><td>2022</td><td>6.8</td><td>5.6</td><td>87.6</td><td>0.548</td><td></td></tr>
<tr><td>2023</td><td>6.0</td><td>4.5</td><td>89.4</td><td>0.571</td><td></td></tr>
</table>
※ 이동수단 비율(%) = 이동수단(%) ÷ (이동수단(%) + 운동수단(%))
</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 휘발유 순발열량 : 30.4MJ/L
• 휘발유배출계수 : 71,600kgCO_2/TJ</td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 승용차 연비 : 11.97km/L</td><td>④</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 서울특별시, 서울열린데이터 광장, https://data.seoul.go.kr/dataList/datasetList.do
- 서울특별시, 2021년, 서울특별시 공공자전거 이용정보(월별)
- 서울특별시, 2022년, 서울특별시 공공자전거 이용정보(월별)
- 서울특별시, 2023년, 서울특별시 공공자전거 이용정보(월별)
② 서울특별시, 서울열린데이터 광장, https://data.seoul.go.kr/dataList/10281/S/2/datasetView.do
- 서울특별시, 2024년, 서울시 자전거 이용률 통계
③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시 제2021-10호) [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조 제2항관련)
④ 한국에너지공단, 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, 2021(p55)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 자전거 도로 구축 거리(km)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 서울시 역세권, 생활권 자전거 확충사업
• 진주시 ‘첨단 스마트 자전거도로’건설사업
• 제주도 도로 다이어트 및 슬로우시티 서귀포 웰니스 도로조성 사업 등</td></tr>
</table>

17	수송	PM(전동킥보드) 이용 활성화	
1 개요		개인형 이동장치(PM, Personal Mobility, 전동킥보드)는 속도 25km/h, 30kg 이하의 개인형 이동 수단으로 친환경 교통수단으로 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 0.0099 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.0099 tCO_2eq/대) × PM 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.0099 tCO_2eq/대) = {(PM 월평균 주행거리 ÷ 경유버스 평균연비 × 경유 순발열량 × 경유배출계수 ÷ 승차정원수 × 단위환산) - (PM 전력소비량 × 전력배출계수 × PM 월평균 주행거리 × 단위환산)} × 12개월/년 ※ {(43.1832km/월 ÷ 2.2km/L × 35.2MJ/L × 73.2tCO_2/TJ ÷ 47인/대 × 10^{-6}) - (0.0123kWh/km·대 × 0.4781tCO_2eq/MWh × 43.1832km/월 × 10^{-3})} × 12개월/년 = **0.0099 tCO_2eq/대** ✓ PM 1대당 1인이 사용함 ✓ 경유 버스 1대 온실가스 배출량을 승차정원으로 나누어 승객 1인당 경유버스 온실가스 배출량과 PM 이용자 1인당 온실가스 배출량을 비교 ✓ 승차정원은 대표적인 시내버스 차종의 승차정원수의 평균값 적용	
5 산정계수		• 경유 버스 연비 : 2.2km/L	①
		• 경유 순발열량 : 35.2MJ/ℓ	②
		• 경유 배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	②
		• PM 전력소비량 : 0.0123kWh/km·대 ※ [평균 전력량(404Wh) × 단위환산(10^{-3})] ÷ 주행거리(33km)	③

모델명	주행거리(km)	전압(V)	전류(Ah)	전력량(Wh)
나노휠	21.1	36	10.4	374
롤리고고	28.0	36	10.4	374
모토벨로	38.6	36	13.0	468
세그웨이-나인봇	27.2	36	10.2	367
미니모터스	40.4	36	13.0	468
유로휠	42.4	36	10.4	374
평균	33.0	36	11.2	404

※ 평균 방전용량(Ah) × 평균 전압(V) = 평균 전력량(Wh)

17	수송	PM(전동킥보드) 이용 활성화	
		• 전력배출계수 : 0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq/kWh$	④
		• 승차정원수 : 47인 ※ (뉴슈퍼에어로시티버스 47인 + 자일대우버스 47인) ÷ 2 = 47인 ※ 디젤 시내버스 기준	⑤ ⑥
		• PM 월 평균 주행거리 : 43.1832km/월 ※ 9.47 회/월 × 4.56 km/회 = 43.1832 km/월 ※ 통근, 통학, 업무, 학원 통행의 합 기준	⑦
6 출처		① 한국에너지공단, 전기차 에너지이용합리화 효과 계산 산출 기준안 ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출 계수(제15조 제2항 관련) ③ 한국소비자원 보도자료, 2021.10.08.,"전동킥보드, 제품별로 주행거리, 주행성능 등에서 차이있어" ④ 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ⑤ 현대자동차, 2023, 뉴슈퍼에어로시티 카탈로그 ⑥ 자일대우버스(주) 홈페이지(도시형버스 NEW BS106 사양) (http://www.daewoobus.co.kr/newsite/KR/showroom/showroom.php?mnum=BS106_city_C&mtype=spec) ⑦ 한국교통연구원, 2018, 마이크로모빌리티 교통정책지원사업, p.128, p.130	
7 모니터링 인자		• PM 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 16개 공유 퍼스널모빌리티 업체, 이용질서 확립 및 활성화 MOU 체결, 서울특별시, 2020.09.24. • 이모빌리티 개인형이동수단(PM) 행정기관 보급, 전라남도 영광군, 2020.06.08.	

18	수송	대중교통 이용 확대
① 개요		자가용 이용대신 대중교통(버스, 지하철 등)을 이용함으로써, 온실가스를 감축하는 사업. 단, 택시 및 시도간 이동수단인 고속 및 시외버스, 철도는 제외함. 대중교통 이용자 수는 교통카드 기반 이용자 수를 바탕으로 산정 ※ 대중교통 이용자 수 : 교통카드 빅데이터 통합정보시스템에서 조회 가능
② 원단위		• [대중교통 이용, 지하철이 있는 지자체] 0.0016757 tCO_2eq/인 • [대중교통 이용, 지하철이 없는 지자체] 0.0012928 tCO_2eq/인 • [수송거리(버스)] 0.0001820 tCO_2eq/인·km • [수송거리(지하철)] 0.0001824 tCO_2eq/인·km
③ 감축량 산정식		• [지하철이 있는 지자체] 감축원단위 (0.0016757 tCO_2eq/인) × 대중교통 이용자 증가 수(인) • [지하철이 없는 지자체] 감축원단위 (0.0012928 tCO_2eq/인) × 대중교통 이용자 증가 수(인) • [수송거리(버스)] 감축원단위 (0.0001820 tCO_2eq/인·km) × 총 수송거리(인·km) • [수송거리(지하철)] 감축원단위 (0.0001824 tCO_2eq/인·km) × 총 수송거리(인·km)
④ 감축원단위 산정근거		• 적용 방법 - 대중교통 이용자수 (지자체 관내 출발지 기준) - 대중교통의 수송분담율 및 1인당, 이용회당 대중교통 평균통행거리에 기반하여 대중교통 이용에 따른 자가용 대체 감축량으로 산정 - 감축량은 승용차의 단위거리당·인당 온실가스배출량에서 대중교통이용에 따른 배출량을 감하여 감축량 산정 - 인·km는 해당 교통수단을 이용한 인원 × 이동거리를 곱한 수치임 • 교통수단(승용, 버스,지하철)별 1회 탑승 이용시 평균이동거리 (km) = 교통수단별 연간총수송거리(인·km) /총수송인원(인) ※ 대중교통(시내버스 및 지하철) 이용 평균이동거리$_{버스및지하철}$(km) = Σ{(버스 및 지하철의 각각 연간 총수송거리(인·km)/총 수송인원(인) × 버스 및 지하철의 수송분담율} = [37,211$_{버스}$백만인·km ÷ 5,240백만인) × {5,240$_{버스}$백만인 ÷ (5,240$_{버스}$백만인+ 3,705$_{지하철}$백만인)}]$_{버스}$ + [45,055$_{지하철}$백만인·km/3,705$_{지하철}$백만인 × {3,705$_{지하철}$백만인·km ÷ (5,240$_{버스}$백만인+3,705$_{지하철}$백만인)}]$_{지하철}$ = 9.20$_{버스및지하철}$km • 교통수단별 단위 통행거리당 에너지 소비량 (TJ/인,km): = 연간 에너지 총소비량 (Tcal) / 총 수송거리 (인,km) ×연료별 사용비중을 고려한 순발열량/총발열량의 비 × 4.1868 TJ/Tcal

18	수송	대중교통 이용 확대

※ 승용차 단위 통행거리당 에너지 소비량((휘발유+경유+LPG+전기)(TJ/인·km)
= 202,386.4 (Tcal) / 2.7179×10^{11} (인·km) × 93.03% × 4.1868 (TJ/Tcal)
= **2.90×10^{-6} (TJ/인·km)**

※ 버스 단위 통행거리당 에너지 소비량(CNG)(TJ/인·km)
= 4,850.6 (Tcal) / 3.7211×10^{10} (인·km) × 90.31% × 4.1868 (TJ/Tcal)
= **4.93×10^{-7} (TJ/인·km)**

※ 지하철 단위 통행거리당 에너지 소비량(전기)(TJ/인·km)
= 2,322.7 (Tcal) / 4.5055×10^{10} (인·km) × 100.00% × 4.1868 (TJ/Tcal)
= **2.16×10^{-7} (TJ/인·km)**

• 교통수단별 온실가스 배출량 원단위, ($kgCO_2eq$/인·km)
= Σ(연료별 온실가스 배출계수 ($kgCO_2eq$/TJ) × 연료사용 비중) × 단위 통행당 에너지 소비량 (TJ/인·km)

※ 승용차 온실가스 배출량 원단위 ($kgCO_2eq$/인·km)
= {(72,305$_{휘발유}$ $kgCO_2eq$/TJ × 53.78%$_{휘발유}$) + (75,391$_{경유}$ $kgCO_2eq$/TJ × 37.36%$_{경유}$) + (64,464$_{LPG}$ $kgCO_2eq$/TJ × 8.84%$_{LPG}$) + (1.33E+5$_{전기}$ $kgCO_2eq$/TJ × 0.03%$_{전기}$)} /100 × $2.90\times10^{-6}$$_{승용}$ TJ/인·km = 0.2111$_{승용}$$kgCO_2eq$/인·km

※ 버스, 지하철 배출량 원단위 (0.0291 $kgCO_2eq$/인·km)
= 교통수단별 연료 배출계수($kgCO_2eq$/TJ) × 교통수단별 단위 통행 거리당 에너지 소비량(TJ/인·km)
1) 버스 : 58,962 CNG$kgCO_2eq$/TJ × 4.93×10^{-7} (TJ/인·km)
= **0.0291$_{버스}$ $kgCO_2eq$/인·km**
2) 지하철 : 1.32782×10^{5} $kgCO_2eq$/TJ × 2.16×10^{-7} (TJ/인·km)
= **0.0287 $_{지하철}$$kgCO_2eq$/인·km**
3) 버스 + 지하철
= Σ(버스 및 지하철의 대중교통 배출량 원단위 × 버스 및 지하철의 수송분담율)
= 0.0291$_{대중교통(버스)}$($kgCO_2eq$/인·km)× {수송분담율$_{버스}$ ÷ (수송분담율$_{버스}$ + 수송분담율$_{지하철}$)} +0.0287$_{대중교통(지하철)}$($kgCO_2eq$/인·km) × {수송분담율$_{지하철}$ ÷ (수송분담율$_{버스}$ + 수송분담율$_{지하철}$)}
= 0.0291$_{대중교통(버스)}$($kgCO_2eq$/인·km) × {16.48% ÷ (16.48%+11.65%)} + 0.0287$_{대중교통(지하철)}$($kgCO_2eq$/인·km) × {11.65% ÷ (16.48%+11.65%)}
= 0.0289$_{대중교통(버스,지하철)}$($kgCO_2eq$/인·km)

• 버스 이용 시 감축원단위(0.1820$kgCO_2eq$/인·km)
= 승용차 배출량 원단위($kgCO_2eq$/인·km) - 버스 배출량 원단위 ($kgCO_2eq$/인·km)
= 0.2111 $_{승용}$$kgCO_2eq$/인·km - 0.0291$_{버스}$ $kgCO_2eq$/인·km
= **0.1820 $kgCO_2eq$/인·km**

18	수송	대중교통 이용 확대	
		• **지하철 이용 시 감축원단위(0.1824kgCO_2eq/인·km)** = 승용차 배출량 원단위(kgCO_2eq/인·km) - 지하철 배출량 원단위 (kgCO_2eq/인·km) = 0.2111 $_{승용}$kgCO_2eq/인·km - 0.0287$_{지하철}$ kgCO_2eq/인·km = **0.1824 kgCO_2eq/인·km** • **대중교통 이용 시 감축원단위(1.6757kgCO_2eq/인, 1.2928kgCO_2eq/인)** ·지하철과 버스 이용이 모두 가능한 경우 = (승용차 배출량 원단위 – 대중교통 배출량 원단위$_{버스,지하철}$) (kgCO_2eq/인,km) × 대중교통 이용 평균이동거리$_{버스,지하철}$ (km) = (0.2111$_{승용}$ – 0.0289$_{대중교통}$) (kgCO_2eq/인,km) × 9.2$_{버스,지하철}$ (km) = **1.6757 tCO_2eq/인** ·버스만 이용가능한 경우 = (승용차 배출량 원단위 – 대중교통 배출량 원단위$_{버스,}$) (kgCO_2eq/인,km) × 대중교통 이용 평균이동거리$_{버스,}$ (km) = (0.2111$_{승용}$ – 0.0291$_{대중교통}$) (kgCO_2eq/인,km) ×7.1$_{버스}$ (km) = **1.2928 tCO_2eq/인**	
	5 산정계수	• 연료 기본 배출계수 및 발열량 a) 공공부문 온실가스 목표관리 운영 등에 관한 지침(2022.3.) 별표 4. 배출량 산정방법 b) 발열량: 에너지법 시행규칙(2022,11) c) 전력배출계수: 2021 승인 국가	①
		• 수송수단별 사용연료비중 d) 한국에너지공단 2020 에너지총조사	②

연료 종류	기본 배출계수 (kgGHG/TJ)[a]				순발열량/총 발열량[b], %
	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2eq	
휘발유	69,300	25	8.0	72,305	92.90
경유	74,100	3.9	3.9	75,391	93.39
LPG	63,100	62	0.2	64,464	92.29
CNG, LNG	56,100	92	3	58,962	90.31
전기(tCO_2eq/MWh)[c]				0.4781 tCO_2eq/MWh	-

연료	사용연료 비중[d]			
	승용	택시	시내버스	지하철
휘발유	53.78%	-	-	-
경유	37.36%	-	-	-
LPG	8.84%,	100%		-
CNG	-	-	100%	-
전기	0.03%	-	-	100%

<table>
<tr><th>18</th><th>수송</th><th colspan="3">대중교통 이용 확대</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• 수송수단별 연간에너지소비량, 평균통행거리 및 수송분담율
<table>
<tr><th>구 분</th><th>승용</th><th>택시</th><th>버스</th><th>지하철</th><th>소계</th></tr>
<tr><td>수송부문 연간 에너지 소비량(Tcal)[d]</td><td>202,386.4</td><td>14,395.5</td><td>4,850.6</td><td>2,322.7</td><td></td></tr>
<tr><td>수송수단별 평균통행거리 (km)[e,f]</td><td>13.97</td><td>4.19</td><td>7.10</td><td>12.16</td><td></td></tr>
<tr><td>수송분담율[e], %</td><td>61.19</td><td>10.68</td><td>16.48</td><td>11.65</td><td>100</td></tr>
</table>
e) 국토교통부 교통통계연보(교통부문수송실적)
f) 한국철도통계 (한국철도공사)</td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① a) 공공부문 목표관리 운영지침 별표 4. 기본배출계수: 2006 IPCC 가이드라인
b) 순발열량: 에너지법 시행규칙(2022.11),
c) 전력배출계수: 2021 승인 국가
② d) 한국에너지공단 2020 에너지총조사,
③ d) 한국에너지공단 2020 에너지총조사
e) 국토교통부 교통통계연보(교통부문수송실적)
f) 한국철도통계 (한국철도공사)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 대중교통 이용자 증가 수 (교통카드 빅데이터 통합정보시스템)
• 버스 이동거리(인·km)
• 지하철 이동거리(인·km)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 대중교통 이용 지원사업(버스카드 제공), 충청남도</td></tr>
</table>

19	수송	자동차 마일리지(탄소중립 포인트)
1 개요		승용, 승합차의 주행거리 단축과 운전습관을 바꾸어 친환경 운전을 함으로써 수송부문에서 온실가스를 저감하는 사업으로써, 비사업용 승용차와 12인승 이하 승합차를 대상으로 참여 가능. ※ 단, 친환경차량(전기, 하이브리드, 수소차 등) 및 서울시 등록 차량 제외
2 원단위		• 0.2966 tCO_2eq/대
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.2966 tCO_2eq/대) ×탄소중립포인트 참여 자동차 대수(대)
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (0.2966 tCO_2eq/대) = ∑{연료별 연료절감량(L) ×순발열량(MJ/L) × 탄소배출계수 (tC/TJ)/10^6× (44/12) × 연료별 참여율(%)} = ∑[{연료별 (기준 주행거리(km) - 실 주행거리(km))} / 연비 (km/L) × 순발열량(MJ/L) × 탄소배출계수(tC/TJ) / 10^6) × (44/12) × 연료별 참여율(%)] ※ ∑[{LPG (7,590.5 km - 5,861.3 km)} / 8.83(km/L) × 58.4(MJ/L) × 17.454 (tC/TJ) / 10^6) × (44/12) ×7.06%] + [{경유 (7,662.2 km - 5,985.4 km)} / 12.52(km/L) × 35.2(MJ/L) × 20.111 (tC/TJ) / 10^6) × (44/12) ×25.14%] + [{휘발유 (6,041.8 km - 4,767.4 km)} / 11.97(km/L) × 30.4(MJ/L) × 19.548 (tC/TJ) / 10^6) × (44/12) ×67.80%] = 0.0517 tCO_2eq + 0.0876 tCO_2eq + 0.1573 tCO_2eq = **0.2966 tCO_2eq/대**
5 산정계수		• 자동차 탄소포인트 참여 현황(2020~2022년)

구분	차량 대수	평균 기준 주행거리 합(km)	평균 확인 주행거리 합(km)	연료 절감량 (L)	참여 일수 평균(일)	참여 (%)	
LPG	3,258.0	7,590.5	5,861.3	180.1	213.3	7.06%	①
경유	11,602.0	7,666.2	5,985.4	102.5	213.3	25.14%	
휘발유	31,290.0	6,041.8	4,767.4	103.6	213.1	67.80%	
합계	46,150.0	21,298.5	16,614.1	386.2	213.2	100.0%	

• 탄소배출계수

연료 종류	순발열량 (MJ/L)	탄소배출계수 (tC/TJ)	
휘발유	30.4	19.548	②
경유	35.2	20.111	
LPG	58.4	17.454	

<table>
<tr><th>19</th><th>수송</th><th colspan="3">자동차 마일리지(탄소중립 포인트)</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• 2020년 승용차 유종별 연비 (km/L)
<table><tr><th>구분</th><th>휘발유</th><th>경유</th><th>LPG</th></tr><tr><td>승용차 기준</td><td>11.97</td><td>12.52</td><td>8.83</td></tr></table></td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 탄소중립포인트(자동차), 한국환경공단
② 2022 지역 온실가스 인벤토리 산정지침. 온실가스종합정보센터, p.11~12
③ 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, p.55</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 탄소중립포인트(자동차) 참여대수(대)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 2020년 시범사업으로 시작되어 2022년 약 35,000대가 사업에 참여하고 있으므로, 자지체별 참여자 수를 바탕으로 적용 가능.</td></tr>
</table>

20	수송	차량 공유(대여) 시스템	
1 개요		최근 승용차 통행량 저감을 위한 수요관리방안 중 하나로 카셰어링(자동차 공유)이 교통문화의 새로운 패러다임으로 자리 잡아 가고 있음. 카셰어링은 자동차를 소유하지 않아도 공유서비스를 통해서 자동차를 단시간 대여·이용할 수 있어 대기환경 개선과 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [운영대수] 3.834 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• [운영대수] 감축원단위 (3.834 tCO_2eq/대) × 운영대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• [운영대수] 감축원단위(3.834 tCO_2eq/대) = 승용차 온실가스 배출량 – 공유 차량 운행 온실가스 배출량 = [승용차 일 평균 주행거리(km/일) ÷ ∑{연료별 승용차 평균연비 (km/L) × 승용차 비중(%)} × ∑{연료별 순발열량(MJ/L) × 승용차 비중(%)} × ∑{연료별 탄소배출계수(tC/TJ) × 승용차 비중(%)} × 단위환산 × (44/12) × 365일/년 × 3.5대 대체효과/1대 카셰어링] - [공유차량 일 평균 주행거리(km/일) ÷ ∑{연료별 승용차 평균연비 (km/L) × 렌터카 비중(%)} × ∑{연료별 순발열량(MJ/L) × 렌터카 비중(%)} × ∑{연료별 탄소배출계수(tC/TJ) × 렌터카 비중(%)} × 단위환산 × (44/12) × 365일/년] ※ {32.8km/대 ÷ (11.97km/L×0.6159 + 12.52km/L×0.3073 + 8.83km/L×0.0768) × (30.4MJ/L ×0.6159 + 35.2MJ/L × 0.3073 + 45.7MJ/L ×0.0768) × (19,548kgC/TJ × 0.6159 + 20,111kgC/TJ × 0.3073 + 17,454kgC/TJ × 0.0768) × 10^{-6} × (44/12) × 365일/년 × 3.5} – {57.0km/대 ÷ (11.97km/L×0.4269 + 12.52km/L×0.3685 + 8.83km/L×0.2046) × (30.4MJ/L ×0.4269 + 35.2MJ/L × 0.3685 + 45.7MJ/L ×0.2046) × (19,548kgC/TJ × 0.4269 + 20,111kgC/TJ × 0.3685 + 17,454kgC/TJ × 0.2046) × 10^{-6} × (44/12)× 365일/년} = **8.348 tCO_2eq/대 - 4.514 tCO_2eq/대 = 3.834 tCO_2eq/대** ※ 카셰어링은 대부분 렌터카 업체를 통해 이루어지고 있으므로, 공유 차량의 온실가스 배출량은 렌터카의 유종별 비율을 적용하였음	
5 산정계수		• 비사업용 승용차 일평균 주행거리 : 32.8 km/일	①
		• 승용차 및 렌터카 유종별 비율(%) 및 평균연비	

구분	승용차 비율(%)[1]	렌터카 비율(%)[2]	평균연비(km/L)[3]	
휘발유	61.59%	42.69%	11.97	
경유	30.73%	36.85%	12.52	①
LPG	7.68%	20.46%	8.83	②
전체/평균	100.0%	100.00	11.90	③

[1] 2021 자동차주행거리 통계(내연기관 차량만 고려)
[2] 한국렌터카사업조합연합회 자료(2023년도 4/4분기 업계현황)
[3] 2021년 자동차 에너지소비효율 분석집

<table>
<tr><th>20</th><th>수송</th><th colspan="2">차량 공유(대여) 시스템</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td>• 연료 순발열량 및 탄소배출계수 및 발열량
<table><tr><th>구분</th><th>순발열량(MJ/L)[3]</th><th>탄소배출계수(kgC/TJ)[4]</th></tr><tr><td>휘발유</td><td>30.4</td><td>19,548</td></tr><tr><td>경유</td><td>35.2</td><td>20,111</td></tr><tr><td>LPG</td><td>45.7</td><td>17,454</td></tr></table>[3] 별표2, 연료별 국가 고유 발열량 및 배출계수 (제15조제2항 관련)
[4] 2022 지역 온실가스인벤토리 산정지침</td><td>④
⑤</td></tr>
<tr><td>• 카셰어링 1대당 대체효과 : 3.5대
• 공유차량 일 평균 주행거리 : 57.0 km/일</td><td>⑥</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 한국교통안전공단, 2021, 2020 자동차주행거리 통계. p.12
② 한국에너지공단, 2021, 2021년 자동차 에너지소비효율 분석집, p55
③ 한국렌터카사업조합연합회, 2023년도 4/4분기 업계현황, http://www.krca.or.kr/cop/bbs/actionKrcaBBs.do?url=107
④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련)
⑤ 온실가스종합정보센터, 2022 지역 온실가스 인벤토리 산정지침, p11 ~ 12
⑥ 서울연구원, 2015, 공유도시 상징사업 나눔카 효과 평가와 서비스의 운영방향, p.iv(p.7)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 공유차량 운영대수(대)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 서울특별시 나눔카, 경기도 수원시 나누미카, 경기도 해피 카셰어링 등</td></tr>
</table>

21	수송	산업단지 공동통근버스 운영확대
1 개요		출퇴근 시 산업단지 등에서 제공하는 공동통근버스를 이용함으로써 대기환경 개선과 온실가스 저감에 기여.
2 원단위		• [45인승] **0.31** tCO_2eq/대 • [21인승] **0.91** tCO_2eq/대
3 감축량 산정식		• [45인승] 감축원단위 (**0.31** tCO_2eq/대) × 공동통근버스 운영 대수(대) • [21인승] 감축원단위 (**0.91** tCO_2eq/대) × 공동통근버스 운영 대수(대)
4 감축원단위 산정근거		• [45인승] 감축원단위 (**0.31** tCO_2eq/대) = 통근버스 운행 후 승용차 운행에 따른 온실가스 감축량 + 통근버스 운행 후 대중교통 이용에 따른 온실가스 감축량 - 통근버스 운행에 따른 온실가스 배출량 = 출퇴근 일평균 주행거리(km/일·대) ÷ Σ{(연료별 승용차 평균연비 (km/L) × 승용차 비중(%)} × Σ{연료별 순발열량(MJ/L) × (연료별 탄소배출계수(tC/TJ) × 승용차 비중(%)} × 단위환산 × (44/12) × 260일/년} × 통근버스 운행 전, 후 승용차 이용자 수 차이(인) + 출퇴근 일평균 주행거리(km/일·대) × 대중교통 배출량 원단위($kgCO_2eq$/인·km) × 통근버스 운행 전, 후 대중교통 이용자 수 차이(인) × 260일/년 × 단위환산 - {통근버스 대당 일 평균 주행거리(km/일·대) ÷ 통근버스 평균연비(km/L) × 경유 순발열량(MJ/L) × 경유 탄소배출계수(tC/TJ)} × 단위환산 × (44/12) × 260일/년 = 22.8km/일·대 ÷ (11.72km/L×0.6135 + 10.74km/L×0.2974 + 8.33km/L×0.0892) × (30.4MJ/L ×0.6135 + 35.2MJ/L × 0.2974 + 45.7MJ/L ×0.0892) × (19,548kgC/TJ × 0.6135 + 20,111kgC/TJ × 0.2974 + 17,454kgC/TJ × 0.0892) × 10^{-9} × (44/12) × 260일/년 × (26.51 – 22.00)인 + 22.8km/일·대 × 0.0289 $kgCO_2eq$/인·km ×260일/년 × 10^{-3} × (11.79 – 2.48)인 - 22.8km/일·대 ÷ 2.2km/L × 35.2MJ/L × 20,111kgC/TJ × 10^{-9} × (44/12) × 260일/년 = 1.266 tCO_2eq/대·인 × (26.51 – 22.00)인 + 0.171 tCO_2eq/대 ·인 × (11.79 – 2.48)인 - 6.994 tCO_2eq/대 **= 0.31 tCO_2eq/대** • [21인승] 감축원단위 (**0.91** tCO_2eq/대) = 통근버스 운행 후 승용차 운행에 따른 온실가스 감축량 + 통근버스 운행 후 대중교통 이용에 따른 온실가스 감축량 - 통근버스 운행에 따른 온실가스 배출량 = 출퇴근 일평균 주행거리(km/일·대) ÷ Σ{(연료별 승용차 평균연비 (km/L) × 승용차 비중(%)} × Σ{연료별 순발열량(MJ/L) × (연료별 탄소배출계수(tC/TJ) × 승용차 비중(%)} × 단위환산 × (44/12) × 260일/년 × (통근버스 운행 전, 후 승용차 이용자수 차이) + 출퇴근 일평균 주행거리(km/일·대) × 대중교통 배출량

21	수송	산업단지 공동통근버스 운영확대	
		원단위($kgCO_2eq$/인·km) × 통근버스 운행 전, 후 대중교통 이용자 수 차이(인) × 260일/년 × 단위환산 - {통근버스 대당 일 평균 주행거리(km/일·대) ÷ 통근버스 평균연비(km/L) × 경유 순발열량(MJ/L) × 경유 탄소배출계수(tC/TJ)} } × 단위환산 × (44/12) × 260일/년 = 22.8km/일·대 ÷ (11.72km/L×0.6135 + 10.74km/L×0.2974 + 8.33km/L×0.0892) × (30.4MJ/L ×0.6135 + 35.2MJ/L × 0.2974 + 45.7MJ/L ×0.0892) × (19,548kgC/TJ × 0.6135 + 20,111kgC/TJ × 0.2974 + 17,454kgC/TJ × 0.0892)}× 10-9 × (44/12) × 260일/년 × (12.40 – 10.30)인 + 22.8km/일·대 × 0.0289 $kgCO_2eq$/인·km × 260일/년 × 10^{-3} × (5.5 – 1.2)인 - 22.8km/일·대 ÷ 2.2km/L × 35.2MJ/L × 20,111kgC/TJ × 10^{-9} × (44/12) × 260일/년 = 1.266 tCO_2eq/대·인 ×(12.40 – 10.30)인 + 0.171 tCO_2eq/대·인 × (5.5 - 1.2)인 - 2.498 tCO_2eq/대 **= 0.91 tCO_2eq/대**	
5 산정계수		• 출퇴근 일평균 주행거리(왕복 기준) : 22.8 km/일·대 ※ 통근버스와 자가용 일평균 주행거리가 같다고 가정	①
		• 통근버스 운영에 따른 승용차에서 통근버스 전환율 : 17% • 통근버스 운영에 따른 대중교통에서 통근버스 전환율 : 79% • 통근버스 운영에 따른 자체통근버스에서 통근버스 전환율 : 4%	
		• 통근수단 분담율 변화(통근버스 운행 전, 후)	

구분	통근버스 운행 전			통근버스 운행 후		
	분담율[1] (%)	인원[2] (명)	인원[3] (명)	분담율[4] (%)	인원[2] (명)	인원[3] (명)
승용차	58.90%	26.51	12.4	48.9%	22.00	10.3
대중교통	26.20%	11.79	5.5	5.5%	2.48	1.2
통근버스 (자체+공동)	5.70%	2.57	1.2	0.2%	0.10	0.1
자전거 도보 등	9.20%	4.14	1.9	9.2%	4.14	1.9
통근버스 운행후	-	-	-	36.2%	16.28	7.5
합계	100%	45.00	21.0	100.0%	45.00	21.0

[1] 통근버스 미 운행 산업단지 통근수단 분담율
[2] 45인승 기준으로 통근 수단별 분담율을 고려한 인원
[3] 21인승 기준으로 통근 수단별 분담율을 고려한 인원
[4] 통근버스 운행 시 교통 수단별 전환율을 고려한 통근수단 분담율

<table>
<tr><td>21</td><td>수송</td><td colspan="2">산업단지 공동통근버스 운영확대</td></tr>
<tr><td rowspan="6"></td><td colspan="2">• 승용차 유종별 비율(%) 및 평균 연비
<table><tr><th>구분</th><th>승용차 유종별 비율(%)[1]</th><th>평균연비(km/L)[2]</th></tr><tr><td>휘발유</td><td>61.35%</td><td>11.72</td></tr><tr><td>경유</td><td>29.74%</td><td>10.74</td></tr><tr><td>LPG</td><td>8.92%</td><td>8.33</td></tr><tr><td>전체/평균</td><td>100.0%</td><td>10.26</td></tr></table>[1] 2022 자동차주행거리 통계(p.10, 내연기관 차량만 고려)
[2] 2023년 자동차 에너지소비효율 분석집, p.39</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 연료 순발열량 및 탄소배출계수 및 발열량
<table><tr><th>구분</th><th>순발열량(MJ/L)[3]</th><th>탄소배출계수(kgC/TJ)[4]</th></tr><tr><td>휘발유</td><td>30.4</td><td>19,548</td></tr><tr><td>경유</td><td>35.2</td><td>20,111</td></tr><tr><td>LPG</td><td>45.7</td><td>17,454</td></tr></table>[3] 별표2, 연료별 국가 고유 발열량 및 배출계수 (제15조제2항 관련)
[4] 2022 지역 온실가스인벤토리 산정지침</td><td>③
④</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 연간 출근일수 : 260일</td><td>⑤</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 통근버스(경유) 45인승 연비 : 2.2 km/L</td><td>⑥</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 통근버스(경유) 21인승 연비 : 6.16 km/L</td><td>⑦</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 버스, 지하철 이용에 따른 대중교통 배출량 원단위 : 0.0289 $kgCO_2eq$/인·km</td><td>⑧</td></tr>
<tr><td>6 출처</td><td colspan="3">① 경기연구원, 2017, 산업단지 공동통근버스 모니터링 및 활성화 방안, p.18, p.25, p.43
② 한국에너지공단, 2023년 자동차 에너지소비효율 분석집, p.39
③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조 제2항 관련)
④ 온실가스종합정보센터, 2022 지역 온실가스 인벤토리 산정지침, p11 ~ 12
⑤ 우정사업본부 협업관서 소요인력 산출기준 세칙 별표 1
⑥ 한국에너지공단, 전기차 에너지이용 합리화 효과 계산 산출 기준안
⑦ 현대 카운티 21인승 연비, https://modoo.macarong.net/
⑧ 대중교통 이용확대 감축원단위</td></tr>
<tr><td>7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 공동통근버스 운영 대수(대)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td>8 추진사례</td><td colspan="3">• 경기도 공동통근버스(3개 시·군, 4개 산업단지를 대상으로 운영)</td></tr>
</table>

22	수송	승용차 요일제 추진	
1 개요		스스로 승용차 쉬는 날을 정하고 차에 전자태그를 부착해 해당 요일에 차량을 운행하지 않는 제도로, 승용차 대신 대중교통을 이용하여 온실가스 저감에 기여 ※ 주 1회 참여 가정	
2 원단위		• [운영대수] 0.279tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• [운영대수] 감축원단위(0.279CO_2eq/대) × 운영대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• [운영대수] 감축원단위(0.279tCO_2eq/대) = [{승용차 일 평균 주행거리 ÷ 승용차 평균연비} × 휘발유순발열량 × 휘발유배출계수 × 단위환산] × 운행저감일 ※ [{29.5km/대 ÷ 11.97km/L} × 30.4MJ/L × 71,600kgCO_2eq/TJ × 10^{-9}] × 52일 = **0.279tCO_2eq/대** ✓ 지자체별 차량등록대수와 승용차 요일제 참여율 데이터가 필요 (운영대수 = 지자체별 차량등록대수 × 승용차 요일제 참여율)	
5 산정계수		• 승용차(휘발유) 일 평균 주행거리 : 29.5km/대	①
		• 승용차 평균연비 : 11.97km/L	②
		• 휘발유 석유환산계수 : 0.726 × 10^{-3}TOE/L	③
		• 휘발유 배출계수 : 71,600kgCO_2/TJ	④
		• 운행저감일 : 52일 (1일 × 52주) ※ 1주에 1일 참여한다고 가정	⑤
		• 휘발유 발열량 : 30.4MJ/L	④
6 출처		① 한국교통안전공단, 2020 자동차주행거리통계, 2021(p34) ② 한국에너지공단, 2021 자동차 에너지소비효율 분석집, 2021(p55) ③ 에너지법 시행규칙(산업통상자원부령 제426호), [별표]에너지 열량 환산기준(제5조제1항관련) ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ⑤ 대전광역시 승용차요일제 홈페이지(승용차요일제 설명) (https://carfree.daejeon.go.kr/main/index.do)	
7 모니터링 인자		• 운영대수(대)	단발
8 추진사례		• 공공기관 승용차 요일제 의무화 • 부산광역시, 강원특별자치도 춘천시, 경기도, 울산광역시, 서울특별시 구로구 등	

23	수송	친환경 운전 문화 확산	
1 개요		급가·감속, 공회전 등을 하지 않고, 운전자의 친환경 운전 생활을 통하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [승용차] 0.30tCO$_2$eq/대 • [버스(중형)] 0.71tCO$_2$eq/대 • [화물차] 0.85tCO$_2$eq/대	
3 감축량 산정식		• [승용차] 감축원단위(0.30tCO$_2$eq/대) × 친환경 운전 문화 확산대수(대) • [버스(중형)] 감축원단위(0.71tCO$_2$eq/대) × 친환경 운전 문화 확산대수(대) • [화물차] 감축원단위(0.85tCO$_2$eq/대) × 친환경 운전 문화 확산대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• [승용차] 감축원단위(0.30tCO$_2$eq/대) = 친환경 운전 확산에 따른 온실가스 감축원단위 ※ **0.30tCO$_2$eq/대** • [버스(중형)] 감축원단위(0.71tCO$_2$eq/대) = 친환경 운전 확산에 따른 온실가스 감축원단위 ※ **0.71tCO$_2$eq/대** • [화물차] 감축원단위(0.85tCO$_2$eq/대) = 친환경 운전 확산에 따른 온실가스 감축원단위 ※ **0.85tCO$_2$eq/대** ✓ 연간 참여율 100% 가정	
5 산정계수		• 승용차 친환경 운전 확산에 따른 온실가스 감축원단위 : 0.30tCO$_2$eq/대	①
		• 버스(중형) 친환경 운전 확산에 따른 온실가스 감축원단위 : 0.71tCO$_2$eq/대	①
		• 화물차 친환경 운전 확산에 따른 온실가스 감축원단위 : 0.85tCO$_2$eq/대	①
6 출처		① 한국자동차환경협회, 스마트운전 평가체계 활성화 및 성과평가, 2022	
7 모니터링 인자		• 친환경 운전 문화 확산대수(대)	단발
8 추진사례		• 친환경 운전 문화확산, 한국자동차환경협회 • 전국 지자체 자동차 공회전 집중 지도·단속, 서울특별시 금천구, 강원특별자치도, 충청북도 충주시 등 다수 지제체 시행	

24	수송	녹색 주차장 조성	
1 개요		도심 녹지공간 확충을 기반으로 이용자의 안전과 편의를 고려한 녹색 주차장을 조성하여 온실가스 감축에 기여	
2 원단위		• 0.000685 tCO_2eq/m^2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.000685 tCO_2eq/m^2) × 녹색주차장 조성 면적(m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• 녹색 주차장 면적(m^2)당 감축원단위 (tCO_2eq/m^2) = {교목 1그루 감축원단위(tCO_2eq/m^2) + 관목 1그루 감축원단위(tCO_2eq/m^2)} = 0.000678 tCO_2eq/m^2 + 0.000006788 tCO_2eq/m^2 = **0.000685 tCO_2eq/m^2** ※ 교목 1그루 감축원단위(0.000678 tCO_2eq/m^2) = 44.1 $kgCO_2eq$ /그루 × 1그루 / 65.05m^2 × 10^{-3} = **0.000678 tCO_2eq/m^2** ※ 관목 1그루 감축원단위(0.000006788 tCO_2eq/m^2) = 관목 평균 연간 탄소저장량(gC/그루) × 이산화탄소 환산계수 × 녹색주차장 면적 대비 식재 기준(그루/m^2) = (120.432 gC/그루 × 3.667) = 0.4416 $kgCO_2eq$ /그루 × 1그루 / 65.05m^2 × 10^{-3} = **0.000006788 tCO_2eq/m^2** ※ 녹색주차장 조성조건 : 5개 주차면당 교목 1그루, 관목 1그루 식재 = {일반형 주차장 1개 면적 (2.5m × 5.0m = 12.5m^2) + 확장형 주차장 1개 면적(2.6m × 5.2m = 13.52 m^2)}/2.0 = 13.01m^2/1개 주차면 × 5개 주차면 = 65.05m^2 ※ 종로구 친환경 녹색주차장 조성 가이드라인을 참고하여. 주차 5면당 교목 1그루, 관목 1그루 식재를 가정하여 산정하였음.	
5 산정계수		• 교목 평균 연간 CO_2 흡수량	①

수종	연간 CO_2 흡수량($kgCO_2$/그루/년)
왕벚나무	32.4
은행나무	39.7
느티나무	38.8
양버즘나무	54.1
단풍나무	21.7
메타세쿼이아	35.5
회화나무	67.8
튤립나무	99.1
소나무	7.6
평균	44.1

<table>
<tr><th>24</th><th>수송</th><th colspan="2">녹색 주차장 조성</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4"></td><td>• 관목 평균 연간 탄소저장량(gC/그루)
<table>
<tr><th>구분</th><th>최소</th><th>최대</th><th>평균</th></tr>
<tr><td>화살나무</td><td>113.56</td><td>236.78</td><td>175.17</td></tr>
<tr><td>사철나무</td><td>74.89</td><td>208.19</td><td>141.54</td></tr>
<tr><td>조팝나무</td><td>81.03</td><td>196.77</td><td>138.9</td></tr>
<tr><td>화양목</td><td>54.4</td><td>129</td><td>91.7</td></tr>
<tr><td>산철쭉</td><td>41.02</td><td>68.68</td><td>54.85</td></tr>
<tr><td>전체 평균값</td><td colspan="3">120.432</td></tr>
</table>
※ 각 관목류 탄소 저장량은 최소, 최대값의 평균값으로 산정함</td><td>②</td></tr>
<tr><td>• 이산화탄소 환산계수 = 44/12 = 3.667</td><td>③</td></tr>
<tr><td>• 녹색 주차장 조성 면적(주차 5면 당 교목 및 관목 수량 기준)
<table>
<tr><th>단위</th><th>교목</th><th>관목</th></tr>
<tr><td>그루/65.02m²</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr>
</table></td><td>④</td></tr>
<tr><td>• 주차장 1면당 면적 : 일반형 (2.5m×5.0m), 확장형(2.6m×5.2m)</td><td>⑤</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 박은진, 강규이. 2010. 경기도 도시 가로수의 탄소저장량과 연간 이산화탄소 흡수량 산정. 한국환경생태학회지 24(5): 591-600
② 한국산림휴양학회지, 2022, 도시숲 및 정원 주요 관목의 탄소흡수계수 개발 및 탄소저장량과 흡수량 비교, p.135
③ 목재문화진흥회, 2022.01.27., 목재제품 탄소저장량 표시제도 운영계획 : 목재제품 탄소저장량 산정 지침
④ 종로구청, 2021, 종로구 친환경 녹색주차장 조성 가이드라인
⑤ 주차장법 시행규칙, 제2조 주차장의 주차구획(평행주차형식 외의 경우)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 녹색 주차장 조성면적(m^2)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 친환경 녹색 주차장 조성사업, 서울특별시 종로구</td></tr>
</table>

25	수송	친환경 하이브리드 어선	
1 개요		디젤기관을 사용하는 노후 어선을 연료와 전기에너지를 조합하여 사용하는 친환경 하이브리드 어선으로 교체하는 사업으로, 연비 절감을 통한 에너지 효율 향상으로 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 80tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(80tCO_2eq/대) × 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(80tCO_2eq/대) = {평균 주행거리 ÷ 노후어선 연비 × 하이브리드 선박 연비 절감 효율) × 경유 순발열량 × 경유 배출계수 × 단위환산} ※ (16,248km/대 ÷ 0.157km/L × 30%) × 35.2MJ/L × 73,200kgCO_2/TJ × 10^{-9} = **80tCO_2eq/대** ✓ 노후어선에서 발생되는 온실가스 배출량에서 하이브리드 어선으로 교체했을 때 절감되는 연비 효율에 따른 온실가스 감축량 산정 ※ 선박의 연비 절감효율은 변동될 수 있음	
5 산정계수		• 어선 평균 주행거리 : 16,248km/대	①
		• 노후어선 연비 : 0.157km/L	①
		• 하이브리드 선박 연비 절감 효율 : 30%	②
		• 경유 순발열량 : 35.2MJ/L	③
		• 경유 배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	③
6 출처		① 한국해양수산개발원, 선박에 의한 대기오염물질 배출량 산정체계 개선 방안, 2017(14p) ② 보도자료, 해양수산부, 친환경 에너지절감형 어선 기술개발 시작한다, 2021(2p) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유 발열량 및 배출계수(제15조제2항 관련)	
7 모니터링 인자		• 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 국내 1호 친환경 하이브리드 어선 운항, 충청남도 보령시 • 해양수산부, 동해어업관리단 친환경 하이브리드 선박 도입 등	

26	수송	전기 여객선 보급	
1 개요		기존 디젤기관을 사용하는 여객선을 전기 여객선으로 교체하는 사업으로, 에너지 효율 향상으로 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 600.50 tCO_2eq/대	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (600.50 tCO_2eq/대) × 보급대수(대)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(600.50 tCO_2eq/대) = {(여객선 평균 주행거리(km/대) ÷ 여객선 연비(km/L) × 경유 순발열량(MJ/L) × 경유배출계수($kgCO_2$/TJ) × 단위환산) - (여객선 평균 주행거리(km/대) ÷ 전기여객선 연비(km/kWh) × 0.4781 tCO_2eq/MWh × 단위환산)} ×1년 ※ {(56,897.8 km/대·년 ÷ 0.1103 km/L) × 35.2MJ/L × 73,200 $kgCO_2$/TJ × 10^{-9}) - (56,897.8 km/대·년 ÷0.0373 km/kWh) ×0.4781 tCO_2eq/MWh × 10^{-3})} = **600.50 tCO_2eq/대** ※ 국내 전기여객선 보급사업은 초기 단계로써, 향후 국내 사업결과 (2022년 국내 첫 전기추진 여객선 건조)를 반영하여 감축원단위 고도화 필요	
5 산정계수		• 내항 여객선 평균 주행거리 : 56,897.8 km/대	①
		• 여객선 연비 : 0.1103 km/L	①
		• 전기 여객선 연비 : 0.0373 km/kWh ※ 운행거리 5.6km, 전기사용량 150kWh 기준	②
		• 경유 순발열량 : 35.2 MJ/L	③
		• 경유 배출계수 : 73,200 $kgCO_2$/TJ	③
		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	④
6 출처		① 2007년 국가에너지종합 분석보고서(수송부문), 99p ② 현대일렉트릭, 2018.06, DC 전기추진선 기술동향, 27p (추가 출처 : 세계 최초의 전기 여객선 운행 중, https://maritime-executive.com/article/worlds-first-electrical-car-ferry-in-operation) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출 계수(제15조 제2항 관련) ④ 온실가스종합정보센터, 2021년, 국가 온실가스배출계수	
7 모니터링 인자		• 보급대수(대)	지속
8 추진사례		• 울산태화호 (https://m.khan.co.kr/economy/industry-trade/article/202211291503001#c2b)	

27	수송	항만 육상전원공급설비(AMP)	
1 개요		항만에 정박된 선박이 유류발전을 통해 생산된 전력 대신 육상전원공급설비(AMP)로 전력을 공급받아 전력생산효율 차이에 의하여 온실가스를 저감하는 사업	
2 원단위		• [AMP 공급 선박대수] 174.477 tCO_2eq/대 • [AMP 공급 선박톤수] 0.0842 tCO_2eq/선박1톤 • [AMP 공급 정박시간] 0.0456 tCO_2eq/시간	
3 감축량 산정식		• [AMP 공급 선박대수] 감축원단위 (174.477 tCO_2eq/대) × 선박대수(대) • [AMP 공급 선박톤수] 감축원단위 (0.0842 tCO_2eq/선박1톤) ×선박톤수(톤) • [AMP 공급 정박시간] 감축원단위 (0.0456 tCO_2eq/시간)× 정박시간(시간)	
4 감축원단위 산정근거		• [AMP 공급 선박대수] 감축원단위(174.477 tCO_2eq/대) = 베이스라인 배출량(BE) - 사업 후 배출량(PE) = [(정박 시 연간 경유사용량(L/대) × 경유 순발열량(MJ/L) × 경유배출계수(tCO_2eq/TJ) × 단위환산) - 정박 시 연간 전기사용량 (MWh/년) × 전력배출계수(tCO_2eq/MWh) ※ [(77,429 L/대 × 35.2 MJ/L × 73.2 tCO_2/TJ ×10^{-6}) - (52.352 MWh × 0.4781 tCO_2eq/MWh)] = **174.477 tCO_2eq/대** • [AMP 공급 선박톤수] 감축원단위(0.0842 tCO_2eq/선박1톤) = AMP공급 선박의 연간 온실가스 감축량 ÷ 선박톤수 ※ 174.477 tCO_2eq/대 ÷ 2,071톤(하모니 플라워호) = **0.0842 tCO_2eq/선박1톤** • [AMP 공급 정박시간] 감축원단위(0.0456 tCO_2eq/시간) = AMP공급 선박의 연간 온실가스 감축량 ÷ 정박시간 ※ 174.477 tCO_2eq/대 ÷ 3,828시간/년(하모니 플라워호) = **0.0456 tCO_2eq/시간** ※ 육상전원(AMP)공급에서 선박의 톤수와 정박시간은 중요한 변수임. 개발된 감축원단위는 하모니 플라워호(선박톤수 2,071톤, 연간 정박시간 3,828시간)을 기준으로 산출한 값으로 향후 AMP 자료를 지속적으로 확보하여 감축원단위를 고도화할 필요가 있음.	
5 산정계수		• 정박 시 연간 경유 사용량 : 77,429 L/년 • 정박 시 연간 전기사용량 : 52.352 MWh • 연간 정박시간 : 3,828시간/년	①
		• 경유 순발열량 : 35.2 MJ/L	②

27	수송	항만 육상전원공급설비(AMP)	
		• 경유 배출계수 : 73,200 $kgCO_2/TJ$	
		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	③
6 출처		① 리저브카본, 2020, 선박육상전원(AMP) 도입을 통한 온실가스 감축방안(해운부문 외부사업 온라인 설명회) ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부 고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출 계수(제15조 제2항 관련) ③ 온실가스종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수	
7 모니터링 인자		• AMP 선박대수(대)	지속
		• AMP 선박톤수(톤)	지속
		• 정박시간(시간)	단발
8 추진사례		• 인천-백령도 정기여객선 하모니 플라워호(2,071톤) 시범사업 추진(한국전력 인천지역본부, 인천항만공사)	

<table>
<tr><th>28</th><th>수송</th><th colspan="3">간선급행버스(BRT) 구축</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="3">간선급행버스체계(BRT, Bus Rapid Transit)를 구축, 운영함으로써 대중교통 활성화 및 교통혼잡 감소를 통해 온실가스 저감에 기여하는 사업</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="3">• [수도권] 감축원단위 14.466 tCO_2/km
• [비수도권] 감축원단위 4.582 tCO_2/km
※ 수도권 : 서울, 경기, 인천, 비수도권 : 그 외 지역</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="3">• [수도권] 감축원단위 (14.466 tCO_2/km) × BRT 구축거리(km)
• [비수도권 감축원단위 (4.582 tCO_2/km) × BRT 구축거리(km)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원단위 산정근거</td><td colspan="3">• [수도권] 감축원단위(14.466 tCO_2/km)
= {BRT 시스템 도입 전 일평균 통행량(대/일) - BRT 시스템 도입 후 일평균 통행량(대/일)} × {BRT 시스템 도입 전 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$) - BRT 시스템 도입 후 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$) } × 단위환산 × 365일/년
= (97,600대/일 – 94,965대/일) × (186.50$gCO_2/km·대$ – 171.46$gCO_2/km·대$) × 10^{-6} × 365일/년
= 14.466 tCO_2eq/km

• [비수도권] 감축원단위(4.582 $tCO_2/km·대$)
= {BRT 시스템 도입 전 일평균 통행량(대/일) - BRT 시스템 도입 후 일평균 통행량(대/일)} × {BRT 시스템 도입 전 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$) - BRT 시스템 도입 후 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$) } × 단위환산 × 365일/년
= (23,500대/일 – 23,077대/일) × (214.79 $gCO_2/km·대$ – 185.11 $gCO_2/km·대$) × 10^{-6} × 365일/년
= 4.582 tCO_2eq/km</td></tr>
<tr><td colspan="2">5 산정계수</td><td colspan="2">• BRT 시스템 도입 분석 결과
<table>
<tr><th>구 분</th><th>수도권</th><th>대전권</th></tr>
<tr><td>도입 전 일 평균 통행량(대/일)</td><td>97,600</td><td>23,500</td></tr>
<tr><td>트램 도입시 도로교통량 감소율(%)</td><td>2.7%</td><td>1.8%</td></tr>
<tr><td>도입 후 일 평균 통행량(대/일)</td><td>94,965</td><td>23,077</td></tr>
<tr><td>도입 전 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$)</td><td>186.50</td><td>214.79</td></tr>
<tr><td>도입 후 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$)</td><td>171.46</td><td>185.11</td></tr>
</table>
※ 단, CO_2 배출량은 승용차 기준으로 산정한 결과임</td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 장준석 외, 바이모달 트램 도입 효과 분석에 관한 연구, 2010, p.742-744</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• BRT 구축 거리(km)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 간선급행버스체계(BRT), 대전광역시</td></tr>
</table>

29	수송	트램 노선 구축	
1 개요		트램 노선 구축을 통해 자동차 이용을 줄이고 대중교통 활성화함으로써 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [수도권] 감축원단위 **23.841** tCO_2/km • [비수도권] 감축원단위 **6.962** tCO_2/km ※ 수도권 : 서울, 경기, 인천, 비수도권 : 그 외 지역	
3 감축량 산정식		• [수도권] 감축원단위 (**23.841** tCO_2/km) × 트램 구축거리(km) • [비수도권] 감축원단위 (**6.962** tCO_2/km) × 트램 구축거리(km)	
4 감축원단위 산정근거		• [수도권] 감축원단위(**23.841** tCO_2/km) = {트램 시스템 도입 전 일평균 통행량(대/일) - 트램 시스템 도입 후 일평균 통행량(대/일)} × {트램 시스템 도입 전 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$) - 트램 시스템 도입 후 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$) } × 단위환산 × 365일/년 = (97,600대/일 – 94,379대/일) × (186.50$gCO_2/km·대$ – 166.22$gCO_2/km·대$) × 10^{-6} × 365일/년 = **23.841** tCO_2eq/km • [비수도권] 감축원단위(**6.962** $tCO_2/km·대$) = {트램 시스템 도입 전 일평균 통행량(대/일) - 트램 시스템 도입 후 일평균 통행량(대/일)} × {트램 시스템 도입 전 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$) - 트램 시스템 도입 후 CO_2 배출량($gCO_2/km·대$) } × 단위환산 × 365일/년 = (23,500대/일 – 22,936대/일) × (214.79 $gCO_2/km·대$ – 180.97 $gCO_2/km·대$) × 10^{-6} × 365일/년 = **6.962** tCO_2eq/km	
5 산정계수		• 트램 도입 시 분석 결과 구 분 / 수도권 / 대전권 일 평균 통행량(대/일) / 97,600 / 23,500 트램 도입시 도로교통량 감소율(%) / 3.3% / 2.4% 도입 후 일 평균 통행량(대/일) / 94,379 / 22,936 도입 전 CO_2 배출량(gCO_2 / 186.50 / 214.79 도입 후 CO_2 배출량(gCO_2/km) / 166.22 / 180.97	①
6 출처		① 장준석 외, 바이모달 트램 도입 효과 분석에 관한 연구, p.742-744	
7 모니터링 인자		• 트램 구축 구간(km)	지속
8 추진사례		• 위례선, 서울특별시 • 판교 랜드마크 트램, 경기도 성남시	

30	수송	도로 히팅 필름식 융설 공법 대체 적용	
1 개요		기존의 열선 공법에 의한 융설(snow melting) 작업에 비해 우수한 열전달, 낮은 기본 전력 소모량을 통해 전력 에너지 소비 효율을 높이는 방식으로 온실가스 감축에 기여	
2 원단위		• [서울, 경기, 인천권역] 0.0408 $tCO_2eq/㎡$ • [경상권역] 0.0133 $tCO_2eq/㎡$ • [전라권역] 0.0311 $tCO_2eq/㎡$ • [강원권역] 0.0301 $tCO_2eq/㎡$ • [충청권역] 0.0447 $tCO_2eq/㎡$ • [제주권역] 0.0214 $tCO_2eq/㎡$	
3 감축량 산정식		• [서울, 경기, 인천권역] 0.0408 tCO_2eq /㎡ × 설치한 도로 면적 (㎡) • [경상권역] 0.0133 $tCO_2eq/㎡$ × 설치한 도로 면적 (㎡) • [전라권역) 0.0311 $tCO_2eq/㎡$ × 설치한 도로 면적 (㎡) • [강원권역] 0.0301 $tCO_2eq/㎡$ × 설치한 도로 면적 (㎡) • [충청권역] 0.0447 $tCO_2eq/㎡$ × 설치한 도로 면적 (㎡) • [제주권역] 0.0214 $tCO_2eq/㎡$ × 설치한 도로 면적 (㎡)	
4 감축원단위 산정근거		• 히팅 필름식 융설 공법에 의한 감축원단위 = 히팅 필름식 융설 공법에 의한 일간 감축량($tCO_2eq/㎡·일$) × 권역별 평균 눈일수 ※ 도로 열선 운영 일수를 권역별 평균 눈일수로 가정하여 감축원단위 산정 • [서울, 경기, 인천권역] 0.0017 tCO2eq/㎡·일 × 24일 = 0.0408 tCO2eq /㎡ • [경상권역] 0.0017 $tCO_2eq/㎡·일$ × 7.8일 = 0.0133 tCO_2eq /㎡ • [전라권역] 0.0017 $tCO_2eq/㎡·일$ × 18.3일 = 0.0311 tCO_2eqq /㎡ • [강원권역] 0.0017 $tCO_2eq/㎡·일$ × 17.7일 = 0.0301 tCO_2eq /㎡ • [충청권역] 0.0017 $tCO_2eq/㎡·일$ × 26.3일 = 0.0447 tCO_2eq /㎡ • [제주권역] 0.0017 $tCO_2eq/㎡·일$ × 12.6일 = 0.0214 tCO_2eq /㎡ ※ 히팅 필름식 융설 공법에 일간 감축량 = {열선 공법에 의한 전력소비량(1일) – 히팅필름식 융설기법 도입에 의한 전력소비량(1일)} × 전력배출계수 ÷ 적용 면적(㎡) × 단위환산 = {(열선 공법 융설을 위한 일 평균 가동시간 × 시간당 전력소비량) - (히팅 필름 융설 일평균 가동시간 × 시간당 전력소비량)} × 전력배출계수 ÷ 적용 면적(㎡) × 단위환산 = {(9시간/일 × 135kW) - (2.5시간/일 × 28kW)} × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 330.58 ㎡ × 10^{-3} = 1,145kWh × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 330.58 ㎡ × 10^{-3} **= 0.0017 $tCO_2eq/㎡·일$**	
5 산정계수		• 전력 배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 히팅케이블의 일평균 가동시간 (발열도달시간) : 2.5시간 • 열선 공법의 일평균 가동시간 (발열도달시간) : 9시간 • 히팅 케이블 융설 시간당 전력소비량 : 28 kW • 열선 공법 융설 시간당 전력소비량 : 135 kW • 적용 면적 : 330.58 ㎡	②

30	수송	도로 히팅 필름식 융설 공법 대체 적용	
		최근 5개년 권역별 평균 눈일수(2019년~2023년 기준) • 서울, 경기, 인천권역: 24일 • 경상권역: 7.8일 • 전라권역: 18.3일 • 강원권역: 17.7일 • 충청권역: 26.3일 • 제주권역: 12.6일	③

6 출처

① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021)
② 히팅 필름식 융설 기업 실증(고려대학교 정경대 도로 실측 결과), 2023
③ 기상청 기상자료개방포털, 5개년 평균 눈일수(연간 적설일수) 자료
(https://data.kma.go.kr/climate/snw/selectSnwChart.do?pgmNo=697)

지역구분		최근 5년 눈 일수												
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연합계	권역별연평균
서울 경기 인천권	서울	8	6.2	1.4	0.2	0	0	0	0	0	0	1.8	7.4	25	24.0
	인천	6.4	5	1.2	0	0	0	0	0	0	0	2.2	7.8	22.6	
	경기 (수원)	8	5.2	1.4	0	0	0	0	0	0	0	2.2	7.6	24.4	
경상권	부산	0.6	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	1	2	7.8
	울산	0.8	1.2	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0.2	1.8	4.4	
	창원	0.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	1.8	3	
	안동	3.6	1.8	1.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	3.8	11	
	대구	3	2.2	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0.2	2	7.8	
	포항	2	1.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	4.6	
전라권	목포	7.6	5.6	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0.6	8	22.2	18.3
	여수	2.4	2.2	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0.2	3.6	8.8	
	광주	5.8	5.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0.6	7.6	19.8	
	전주	7	6	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0.8	8	22.4	
강원권	북춘천	8.8	4.2	1.6	0	0	0	0	0	0	0	1.6	6.8	23	17.7
	북강릉	4.2	3.6	2	0	0	0	0	0	0	0	0.4	2.2	12.4	
충청권	대전	8.2	5.2	1	0	0	0	0	0	0	0	1.6	9.2	25.2	26.3
	홍성	7	6	0.6	0	0	0	0	0	0	0	2	11.8	27.4	
	청주	8.2	5.6	1.8	0	0	0	0	0	0	0	2	8.6	26.2	
제주권	제주	4.4	3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	4.6	12.6	12.6

7 모니터링 인자	• 히팅 필름식 융설 공법 적용 면적 (㎡)	지속
8 추진사례	• 춘천시청 테스트베드 예정, 강원특별자치도 춘천시(2024년) • 고려대학교, 경기외고, 경화여자고등학교 등	

제5절 농축수산

1	농축수산	가축분뇨 공동자원화시설 확충
① 개요		가축분뇨 공동자원화시설을 통해 생산된 전력으로 기존 화석연료로 생산된 전력(한전)을 대체함으로써 온실가스 저감에 기여
② 원단위		• [처리용량 기준] 0.034tCO_2eq/톤 • [생산량 기준] 0.0009tCO_2eq/m^3
③ 감축량 산정식		• [처리용량 기준] 감축원단위(0.034tCO_2eq/톤) × 가축분뇨 공동자원화시설 처리용량(톤) • [생산량 기준] 감축원단위(0.0009tCO_2eq/m^3) × 바이오가스 생산량(m^3)
④ 감축원단위 산정근거		• [처리용량 기준] 0.034tCO_2eq/톤 = 분뇨를 통해 대기에 배출되는 메탄 배출량 + 분뇨처리로 발생한 전력의 온실가스 배출량 ※ 0.030tCO_2eq/톤 + 0.0037tCO_2eq/톤 = **0.034tCO_2eq/톤** • [처리용량 기준] 분뇨를 통해 대기에 배출되는 메탄 배출량(0.030tCO_2eq/톤) = (판매용 돼지에 대한 분뇨 관리 메탄 배출계수 × 메탄GWP × 단위환산) ÷ (돼지의 가축분뇨 배출 원단위 × 1년 × 단위환산) ※ 2kgCH_4/두/년 × 28 × 10^{-3} ÷ (5.1kg/일/두 × 365일 × 10^{-3}) = **0.030tCO_2eq/톤** • [처리용량 기준] 연간 분뇨처리로 발생한 전력의 온실가스 배출량(0.0037tCO_2eq/톤) = 연간 처리용량 당 발전량 × 전력배출계수 × 단위환산 ※ 7.8kWh/(톤/일)/년 × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.0037tCO_2eq/톤** • [처리용량 기준] 연간 처리용량 당 발전량(7.8kWh/톤) = 바이오가스 생산량 × 메탄 함량 × 메탄순발열량 × 발전효율 ÷ 단위환산 ※ 4.04m^3/톤 × 65% × 8,560kcal/m^3 × 30% ÷ 860kcal/kWh = **7.8kWh/톤** • [처리용량 기준] 연간 바이오가스 생산량(4.04m^3/톤) = 바이오가스 생산량 ÷ 연간 총 처리용량 ※ 929,000m^3/년 ÷ (630톤/일 × 365일)= **4.04m^3/톤** ✓ 가축분뇨 공동자원화시설에서 생산된 바이오가스는 발전용으로만 사용되는 것으로 가정 ✓ 바이오가스 처리사업으로 가장 많이 보급된 돈분뇨를 기준으로 분뇨처리에 대한 메탄 발생량 적용 • [생산량 기준] 0.0009tCO_2eq/m^3 = 처리용량 당 발전량 ÷ 처리용량 당 바이오가스 생산량 × 전력배출계수 × 단위환산

1	농축수산	가축분뇨 공동자원화시설 확충	
		※ 7.8kWh/톤 ÷ 4.04m^3/톤 × 0.4781tCO_2eq/MWh × 10^{-3} = **0.0009tCO_2eq/m^3**	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	①
		• 메탄 함량 : 65%	②
		• 메탄순발열량 : 8,560kcal/㎥	②
		• 발전효율 : 30% ※ 녹색기술 인증을 위한 바이오 합성가스 발전기술(가스엔진) 의 기술수준 적용	③
		• 바이오가스 생산량 : 929,000㎥/년 (가축분뇨 기준)	④
		• 총 처리용량 : 630톤/일 (가축분뇨 기준)	④
		• 판매용 돼지에 대한 분뇨 관리 메탄 배출계수 : 2kgCH_4/두/년 ※ 우리나라 2020년 평균기온(13.2), 소화조 기준	⑤
		• 메탄GWP : 28	⑥
		• 돼지의 가축분뇨 배출 원단위 : 5.1kg/일/두	⑦
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ② 에너지경제연구원, 지속가능성 평가를 위한 바이오에너지 전과정평가(LCA): 바이오가스를 중심으로, 2012(7p) ③ 녹색인증제 운영요령(환경부고시 제2021-84호), [별표4]녹색기술 인증을 위한 기술수준(15p) ④ 환경부, 2020년 유기성폐자원 바이오가스화시설 현황, 2020(2p, 4p) ⑤ IPCC, 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인, 2006(10.101p) ⑥ UNFCC 홈페이지 (https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-d ata-unfccc/global-warming-potentials) ⑦ 농사로 홈페이지(가축분뇨배출원단위) (https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psg/psga/psgaa/exhstwonUnitCalc.ps?menuId=PS03132)	
7 모니터링 인자		• 가축분뇨 공동자원화시설 처리용량(톤)	지속
		• 바이오가스 생산량(m^3)	단발
8 추진사례		• 가축분뇨 공동자원화시설 설치 사업, 경기도 이천시	

2	농축수산	농업 에너지이용 효율화 (다겹보온커튼 설치)
1 개요		시설재배 작물의 보온에 사용하는 난방용 에너지 절감을 위해 다겹보온커튼을 설치하여 난방에 사용되는 연료량을 감축하여 농업 에너지 이용을 효율화하고 온실가스 저감에 기여하고자 함.
2 원단위		• (평균) [다겹보온커튼 설치 면적당] 0.005 tCO_2eq/m^2 • (파프리카) [다겹보온커튼 설치 면적당] 0.004 tCO_2eq/m^2 • (오이) [다겹보온커튼 설치 면적당] 0.007 tCO_2eq/m^2 • (토마토) [다겹보온커튼 설치 면적당] 0.002 tCO_2eq/m^2
3 감축량 산정식		• (평균) 감축원단위 (0.005 tCO_2eq/m^2) × 다겹보온커튼 설치 면적 (m^2) • (파프리카) 감축원단위 (0.004 tCO_2eq/m^2) × 다겹보온커튼 설치 면적 (m^2) • (오이) 감축원단위 (0.007 tCO_2eq/m^2) × 다겹보온커튼 설치 면적 (m^2) • (토마토) 감축원단위 (0.002 tCO_2eq/m^2) × 다겹보온커튼 설치 면적 (m^2)
4 감축원단위 산정근거		• (평균) [다겹보온커튼 설치 면적당] 감축원단위 (0.005 tCO_2eq/m^2) = (평균 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 CO_2 배출계수) + (평균 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (평균 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP) = 0.005 tCO_2eq/m^2 ※ (1,753 L/10a × 35.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ \div 10^9$) + (1,753 L/10a × 35.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ \times 28 \div 10^9$) + (1,753 L/10a × 35.2 MJ/L × 0.6 $kgN_2O/TJ \times 265 \div 10^9$) = 4.54 $tCO_2eq/10a \div 1{,}000$ **= 0.005 tCO_2eq/m^2** ✓ 에너지비용이 많이 드는 파프리카와 오이, 토마토를 대상으로 계측한 다겹보온커튼의 경유 절감량이며, 이는 10a당 3개년(2014~2016년) 평균값임. ✓ 다겹보온커튼을 설치하여 파프리카, 오이, 토마토 재배 시 각 경유 연료절감량의 평균값으로 감축원단위를 산정함 • (파프리카) [다겹보온커튼 설치 면적당] 감축원단위 (0.004 tCO_2eq/m^2) = (파프리카 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 CO_2 배출계수) + (파프리카 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (파프리카 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP) = 0.004 tCO_2eq/m^2 ※ (1,662 L/10a × 35.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ \div 10^9$) + (1,662 L/10a × 35.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ \times 28 \div 10^9$) + (1,662 L/10a × 35.2 MJ/L × 0.6 $kgN_2O/TJ \times 265 \div 10^9$) = 4.31 $tCO_2eq/10a \div 1{,}000$ **= 0.004 tCO_2eq/m^2** • (오이) [다겹보온커튼 설치 면적당] 감축원단위 (0.007 tCO_2eq/m^2) = (오이 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 CO_2 배출계수) + (오이 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (오이 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP) = 0.007 tCO_2eq/m^2

2	농축수산	농업 에너지이용 효율화 (다겹보온커튼 설치)	
		※ (2,760 L/10a × 35.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ$ ÷ 10^9) + (2,760 L/10a × 35.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ$ × 28 ÷ 10^9) + (2,760 L/10a × 35.2 MJ/L × 0.6 kgN_2O/TJ × 265 ÷ 10^9) = 7.15 $tCO_2eq/10a$ ÷ 1,000 **= 0.007 tCO_2eq/m^2** • (토마토) [다겹보온커튼 설치 면적당] 감축원단위 (0.002 tCO_2eq/m^2) = (토마토 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 CO_2 배출계수) + (토마토 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (토마토 경유 연료절감량 × 경유 순발열량 × 경유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP) = 0.002 tCO_2eq/m^2 ※ (838 L/10a × 35.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ$ ÷ 10^9) + (838 L/10a × 35.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ$ × 28 ÷ 10^9) + (838 L/10a × 35.2 MJ/L × 0.6 kgN_2O/TJ × 265 ÷ 10^9) = 2.17 $tCO_2eq/10a$ ÷ 1,000 **= 0.002 tCO_2eq/m^2** ✓ 평균값뿐만 아니라 각 재배 작물별 다겹보온커튼의 경유 절감량으로 온실가스 감축량을 산정함	
	5 산정계수	• 신재생에너지 및 절감시설 도입에 따른 석유류 절감량 (단위 : L/10a) 종류 / 파프리카 / 오이 / 토마토 / 평균 다겹보온커튼 / 1,662 / 2,760 / 838 / 1,753 ✓ 다겹보온커튼 도입 시 10a당 각 재배작물의 석유 절감효과임 ✓ 각 재배작물별 유류사용량은 10a당 유류량 3개년 평균값 (2014~2016년) ✓ 에너지비용이 많이 드는 파프리카, 오이, 토마토를 대상으로 선정 하여 에너지 절감량을 분석함	①
		• 다겹보온커튼 설치 시 경유 사용량 절감 근거 시설 / 난방비 보온커튼(개폐장치) / 경유 46% 절감	②
		• 경유 발열량 에너지원 / 단위 / 총발열량 / 순발열량 경유 / MJ/L / 37.8 / 35.2	③
		• 경유 배출계수 연료명 / 국내 에너지원 기준 / CO_2 / CH_4 (가정, 기타) / N_2O (상업, 공공, 가정, 기타) 가스/디젤 오일 / 경유 / 73,200 / 10 / 0.6	③ ④

<table>
<tr><th>2</th><th>농축수산</th><th colspan="2">농업 에너지이용 효율화 (다겹보온커튼 설치)</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>• GWP (지구온난화 지수)
<table><tr><th>온실가스명</th><th>화학식</th><th>GWP</th></tr><tr><td>이산화탄소</td><td>CO_2</td><td>1</td></tr><tr><td>메탄</td><td>CH_4</td><td>28</td></tr><tr><td>아산화질소</td><td>N_2O</td><td>265</td></tr></table></td><td>⑤</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 농업분야 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량 조사 연구 (한국농촌경제연구원) - p.69, 70
② 농어업용 에너지 절감시설 보급효과 및 정책방안 (한국농촌경제연구원, 2009.11.) - p.47
③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조 제2항 관련)
④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표10]2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련)
⑤ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 다겹 보온커튼 설치면적 (m^2)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 다겹보온커튼 설치 사업 – 충청북도 진천군 진천읍 (2015.03.17.)
- 진천군 진천읍에서 오이 시설하우스에 다겹보온커튼을 설치하여 연료비를 절감함</td></tr>
</table>

3	농축수산	순환식 수막재배 시설 설치
1 개요		시설재배 작물의 보온에 사용하는 난방용 에너지 절감을 위해 순환식 수막재배 시설을 설치하여 난방에 사용되는 연료량을 감축하여 농업 에너지 이용을 효율화하고 온실가스 저감에 기여하고자 함.
2 원단위		• [평균] 0.0002 tCO_2eq/m^2 • [파프리카] 0.00004 tCO_2eq/m^2 • [오이] 0.0004 tCO_2eq/m^2
3 감축량 산정식		• [평균] 감축원단위 (0.0002 tCO_2eq/m^2) × 순환식 수막재배 면적 (m^2) • [파프리카] 감축원단위 (0.00004 tCO_2eq/m^2) × 순환식 수막재배 면적 (m^2) • [오이] 감축원단위 (0.0004 tCO_2eq/m^2) × 순환식 수막재배 면적 (m^2)
4 감축원단위 산정근거		• [평균] 순환식 수막재배 면적당 감축원단위 (0.0002 tCO_2eq/m^2) = {(평균 등유 연료절감량 × 등유 순발열량 × 등유 CO_2 배출계수) + (평균 등유 연료절감량 × 등유 순발열량 × 등유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (평균 등유 연료절감량 × 등유 순발열량 × 등유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP)} - 순환식 수막재배 시설 사용 온실가스 배출량 = {(279 L/10a × 34.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ \div 10^9$) + (279 L/10a × 34.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ \times 28 \div 10^9$) + (279 L/10a × 34.2 MJ/L × 0.6 $kgN_2O/TJ \times 265 \div 10^9$)} ÷ 1,000 - 0.0005 tCO_2eq/m^2 = **0.0002 tCO_2eq/m^2** ✓ 순환식 수막재배 시설을 설치하여 파프리카, 오이 재배 시 각 경유 연료절감량의 평균값으로 감축원단위를 산정함 • [파프리카] 순환식 수막재배 면적당 감축원단위 (0.00004 tCO_2eq/m^2) = {(파프리카 등유 연료절감량 × 등유 순발열량 × 등유 CO_2 배출계수) + (파프리카 등유 연료절감량 × 등유 순발열량 × 등유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (파프리카 등유 연료절감량 × 등유 순발열량 × 등유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP)} - 순환식 수막재배 시설 사용 온실가스 배출량 = {(209 L/10a × 34.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ \div 10^9$) + (209 L/10a × 34.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ \times 28 \div 10^9$) + (209 L/10a × 34.2 MJ/L × 0.6 $kgN_2O/TJ \times 265 \div 10^9$)} ÷ 1,000 - 0.0005 tCO_2eq/m^2 = **0.00004 tCO_2eq/m^2** • [오이] 순환식 수막재배 면적당 감축원단위 (0.0004 tCO_2eq/m^2) = {(오이 등유 연료절감량 × 등유 순발열량 × 등유 CO_2 배출계수) + (오이 등유 연료절감량 × 등유 순발열량 × 등유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (오이 등유 연료절감량 × 등유 순발열량 × 등유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP)} - 순환식 수막재배 시설 사용 온실가스 배출량 = {(348 L/10a × 34.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ \div 10^9$) + (348 L/10a × 34.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ \times 28 \div 10^9$) + (348 L/10a × 34.2 MJ/L × 0.6 $kgN_2O/TJ \times 265 \div 10^9$)} ÷ 1,000 - 0.0005 tCO_2eq/m^2 = **0.0004 tCO_2eq/m^2**

3	농축수산	순환식 수막재배 시설 설치	
		• 순환식 수막재배 시설 사용 온실가스 배출량 (0.0005 tCO_2eq/m^2) = 펌프 소비전력량 × 전력배출계수 = 1020.68 kWh/10a ÷ 1,000 kWh/MWh × 0.4781 tCO_2eq/Mwh = 0.49 tCO_2eq/10a ÷ 100m^2/a = 0.0005 tCO_2eq/m^2 ✓ 보일러 사용은 동일하기 때문에 산정하지 않으며, 순환식 수막재배 시설 사용 시 물을 끌어올리는 펌프로 인한 온실가스 배출량만 산정함	
	5 산정계수	• 순환식 수막재배 시설 도입에 따른 석유류 절감량 (단위 : L/10a) 종류 / 오이 / 파프리카 / 평균 순환식 수막재배 시설 / 348 / 209 / 279 ✓ 순환식 수막재배 시설 도입 시 10a 면적을 기준으로 기존 보일러 사용할 때와 비교하여 석유 절감량 효과를 산정한 것 ✓ 각 재배작물별 유류사용량은 10a당 유류량 3개년 평균값 (2014~2016년) ✓ 에너지비용이 많이 드는 오이, 파프리카를 대상으로 선정하여 에너지 절감량을 분석함	①
		• 등유 발열량 에너지원 / 단위 / 순발열량 등유 / MJ/L / 34.2	②
		• 등유 배출계수 연료명 / 국내 에너지원 기준 / CO_2 / CH_4 (가정, 기타) / N_2O (상업, 공공, 가정, 기타) 기타 등유 / 등유 / 73,200 / 10 / 0.6	② ③
		• GWP (지구온난화 지수) 온실가스명 / 화학식 / GWP 이산화탄소 / CO_2 / 1 메탄 / CH_4 / 28 아산화질소 / N_2O / 265	④
		• 순환식 수막재배 시설 사용 온실가스 배출량 펌프 용량 (HP/10a) / 펌프 용량 (kW/10a) / 연간 펌프 가동 시간 (h) / 펌프 소비전력량 (kWh/10a) / 전력배출계수 (tCO_2eq/MWh) 1 / 0.7457 / 1,369 / 1020.68 / 0.4781 ✓ 1HP = 0.7457 kW ✓ 펌프 용량 (0.7457 kW/10a) = 1 HP/10a × 0.7457 kW/HP ✓ 연간 펌프 가동시간 (1,369 h) = 15hr/일 × 365일/년 ÷ 4분기/년	⑤ ⑥ ⑦

3	농축수산	순환식 수막재배 시설 설치	
		✓ 연간 펌프 가동 시간은 동절기에 해가 진 오후 6시부터 다음날 오전 9시까지의 시간으로 설정함 ✓ 펌프 소비전력량 (1020.68 kWh/10a) = 펌프용량 (0.7457 kW/10a) × 연간 펌프 가동시간 (1,369 h)	
6 출처		① 농업분야 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량 조사 연구 (한국농촌경제연구원, 2018.12.31.) - p.69, 70 ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조 제2항 관련) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련) ④ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013) ⑤ 순환식 수막시스템의 도입효과 및 표준설계도 이용 요령 (농촌진흥청_국립원예특작과학원, 2003년) ⑥ EG-Tips 에너지온실가스 종합정보 플랫폼 – 단위변환 계산기 ⑦ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)	
7 모니터링 인자		• 순환식 수막재배 면적 (m^2)	지속
8 추진사례		• 순환식 수막재배 시설 등 시설원예 에너지절감시설 지원사업, 전북특별자치도 정읍시(2024년) - 전북 정읍시는 겨울철 시설하우스 난방에 유류 사용량이 많은 농가들의 난방비 및 에너지 절감을 위해 순환식 수막재배시설 설치를 통해 시설원예 작물 재배 시 난방비 및 에너지를 절감하여 온실가스 감축에 기여함	

4	농축수산	농촌 지열히트펌프 보급	
1 개요		지열히트펌프는 지하에 열교환기를 매설하여 지중의 물 또는 토양으로부터 히트펌프의 냉매 순환과정 에 열을 흡수하거나 열을 방출하는 시스템으로, 화석연료 사용량 절감을 통해 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [보급용량] 1.37tCO_2eq/RT	
3 감축량 산정식		• [보급용량] 감축원단위(1.37tCO_2eq/RT) × 보급용량(RT)	
4 감축원단위 산정근거		• [보급용량] 감축원단위(1.37tCO_2eq/RT) = 등유 배출계수 × 단위환산 계수 × 지열 환산계수 × 단위환산 ※ (73,200kgCO_2/TJ + 10kgCH_4/TJ × 28 + 0.6 kgN_2O/TJ × 265) × 0.04186TJ/TOE × 0.444TOE/RT × 10^{-3} = **1.37tCO_2eq/RT**	
5 산정계수		• 등유 배출계수: 73,200 kgCO_2/TJ	①
		• 지열 환산계수: 0.444 TOE/RT	②
6 출처		① 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련) ② 한국에너지공단, 2019년 신재생에너지 보급통계, 2020(p166)	
7 모니터링 인자		• 보급용량(RT)	지속
8 참고사항		• 2,776m^2(0.27ha), 218.3kW(62RT), 지열히트펌프 보급시 온실가스 감축량이 약 30tCO_2eq/ 년 발생한 사례가 있음	
9 추진사례		• '지열난방시스템 보급사업'추진, 전라북도 익산시	

5	농축수산	논물관리	
1 개요		벼 재배기간 동안 논에 물이 차있는 담수(혐기성)상태에서 온실가스인 메탄(CH_4) 발생, 무효분얼* (이삭을 맺지 않는 분얼)시기에 논물 빼기(중간낙수)를 통해 토양을 혐기적 상태에서 호기적 상태 로 바꿔 메탄 발생을 최소화 하는 기술 * 분얼: 풀 식물들에 의해 생산된 줄기, 모체 씨앗에서 자라난 후에 자라나는 모든 싹 ※ 연간 홍수일수를 고려하지 않은 경우를 말함	
2 원단위		• 22.4tCO_2eq/ha	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(22.4tCO_2eq/ha) × (상시담수 – 중간낙수에 따른 배출·흡수계수) × 면적(ha) ※ (예시) 감축원단위(22.4tCO_2eq/ha) × {상시담수에 따른 배출·흡수계수(1) - 중간낙수(2주)에 따른 배출·흡수계수(0.66)} × 시행면적(1ha) = 7.616tCO_2eq ✓ 기존 방법을 상시담수로 가정하며, 상시담수 상태에서 중간낙수 2주 수행하였을 때 온실가스 감축량	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(22.4tCO_2eq/ha) = 논벼 1회 재배에 따른 배출계수 × 유기물 보정계수 × 메탄GWP × 단위환산 ※ 320kgCH_4/ha·년 × 2.5 × 28 × 10^{-3} = **22.4tCO_2eq/ha**	
5 산정계수		• 논벼 1회 재배에 따른 배출계수 : 320kgCH_4/ha·년	①
		• 논벼 물관리 방법에 따른 배출·흡수계수 상시담수: 1.00 ※ 벼 재배 논의 낙수기간을 증가시킴으로써 토양 유기물의 혐기분해로 인한 메탄 발생량을 줄임	①
		• 논벼 물관리 방법에 따른 배출·흡수계수 중간낙수(1주): 0.83 ※ 벼 재배 논의 낙수기간을 증가시킴으로써 토양 유기물의 혐기분해로 인한 메탄 발생량을 줄임	①
		• 논벼 물관리 방법에 따른 배출·흡수계수 중간낙수(2주): 0.66 ※ 벼 재배 논의 낙수기간을 증가시킴으로써 토양 유기물의 혐기분해로 인한 메탄 발생량을 줄임	①
		• 논벼 물관리 방법에 따른 배출·흡수계수 중간낙수(3주): 0.49 ※ 벼 재배 논의 낙수기간을 증가시킴으로써 토양 유기물의 혐기분해로 인한 메탄 발생량을 줄임	①
		• 유기물 보정계수: 2.5	①
		• 메탄GWP : 28	②
6 출처		① 온실가스 배출권거래제 상쇄제도 외부사업 방법론, 논벼 재배 시 물관리를 통한 온실가스 감축 방법론, 2017(5p) ② UNFCCC 홈페이지 (https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/green house-gas-data-unfccc/global-warming-potentials)	
7 모니터링 인자		• 시행면적(ha)	단발
8 추진사례		• 벼 논물관리 기술 적용, 전라남도 해남군	

6	농축수산	친환경 비료 사용 등 친환경 농업 확대	
1 개요		친환경 농업 확대에 따른 친환경 비료 사용으로 논과 밭의 메탄가스 발생량을 감축시켜 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 6.32 × $10^{-6}tCO_2eq/㎡$	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(6.32 × $10^{-6}tCO_2eq/㎡$) × 보급면적(㎡)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(6.32 × $10^{-6}tCO_2eq/㎡$) = 메탄 감축원단위 + 아산화질소 감축원단위 ※ (4.88 × $10^{-6}tCO_2eq/m^2$) + (1.44 × $10^{-6}tCO_2eq/m^2$) = **6.32 × $10^{-6}tCO_2eq/m^2$** • [메탄] 감축원단위(3.66 × $10^{-6}tCO_2eq/㎡$) = (표준시비에 따른 연간 메탄 발생량 - 친환경 비료에 의한 연간 메탄 발생량) × 1일 × 1년 × 단위환산 × 메탄GWP ※ (0.17743-0.15754)mg/㎡·h × 24h/일 × 365일/년 × $10^{-9}tCH_4/mg$ × 28 = **4.88× $10^{-6}tCO_2eq$** • [아산화질소] 감축원단위(1.68 × $10^{-6}tCO_2eq/㎡$) = (표준시비에 따른 연간 N_2O 발생량 - 친환경 비료에 의한 연간 N_2O 발생량) × 1일 × 1년 × 단위환산 × 아산화질소GWP ※ (0.00591-0.00529)mg/㎡·h × 24h/일 × 365일/년 × $10^{-9}tCH_4/mg$ × 265 = **1.44 × $10^{-6}tCO_2eq$**	
5 산정계수		• 표준시비에 따른 연간 메탄 발생량 : 0.17743mg/㎡·h	①
		• 친환경 비료에 의한 연간 메탄 발생량 : 0.15754mg/㎡·h	①
		• 표준시비에 따른 연간 아산화질소 발생량 : 0.00591mg/㎡·h	①
		• 친환경 비료에 의한 연간 메탄 발생량 : 0.00529mg/㎡·h	①
		• 메탄GWP : 28	②
		• 아산화질소GWP : 265	②
6 출처		① 전북농업기술원, 탄소 및 온실가스 저감기술 개발, 2013 ② UNFCCC 홈페이지 (https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/green	
7 모니터링 인자		• 보급면적(㎡)	단발
8 추진사례		• 친환경 농업 장려, 유기질비료 지원, 경상남도 함안군	

7	농축수산	완효성 비료 시용	
1 개요		완효성 비료는 제조 공정에서 수용성 성분의 비율을 낮추며 수용성 성분이 느리게 분해되거나 특수한 물질로 코팅하여 용해속도를 늦추도록 한 비료임. 이를 시용하면 작물을 재배하는 동안 비료 성분이 천천히 나오게 되어 비료 유실량을 줄이고, 비료를 한 번만 시비하면 되므로 질소질비료 시용으로 인한 온실가스 배출량을 저감할 수 있음 ※ 비료 시용 : 비료를 뿌리는 일	
2 원단위		• [완효성 비료 시용 면적당 (평균)] 0.21 tCO_2eq/ha • [완효성 비료 시용 면적당 (콩)] 0.1 tCO_2eq/ha • [완효성 비료 시용 면적당 (고추)] 0.32 tCO_2eq/ha	
3 감축량 산정식		• (평균) 감축원단위 (0.21 tCO_2eq/ha) × 완효성 비료 시용 면적 (ha) • (콩) 감축원단위 (0.1 tCO_2eq/ha) × 완효성 비료 시용 면적 (ha) • (고추) 감축원단위 (0.32 tCO_2eq/ha) × 완효성 비료 시용 면적 (ha)	
4 감축원단위 산정근거		• [완효성 비료 시용 면적당] 감축원단위 (0.21 tCO_2eq/ha) = (콩 재배 시 + 고추 재배 시) 완효성 비료 시용에 따른 온실가스 감축원단위 평균 = {(콩 재배 시 완효성 비료 시용에 따른 온실가스 감축량) + (고추 재배 시 완효성 비료 시용에 따른 온실가스 감축량)} ÷ 2 = (0.1 tCO_2eq/ha + 0.32 tCO_2eq/ha) ÷ 2 = **0.21 tCO_2eq/ha** • [콩 재배 시 완효성 비료 시용에 따른 온실가스 감축원단위] 0.1 tCO_2eq/ha = (완효성 비료 시용에 따른 N_2O 감축량 × N_2O GWP 지수) ÷1,000 = (0.37 kgN_2O/ha × 265) ÷1,000 **= 0.1 tCO_2eq/ha** ※ (완효성 비료 시용에 따른 N_2O 감축량) **0.37 kgN_2O/ha** = NPK (기존) 비료 시용 시 N_2O 배출량 - 완효성 비료 시용 시 N_2O 배출량 = 0.98 kgN_2O/ha – 0.61 kgN_2O/ha = **0.37 kgN_2O/ha** • [고추 재배 시 완효성 비료 시용에 따른 온실가스 감축원단위] 0.32 tCO_2eq/ha = (완효성 비료 시용에 따른 N_2O 감축량 × N_2O GWP 지수) ÷1,000 = (1.2 kgN_2O/ha × 265) ÷1,000 = **0.32 tCO_2eq/ha** ※ (완효성 비료 시용에 따른 N_2O 감축량) **1.2 kgN_2O/ha** = NPK (기존) 비료 시용 시 N_2O 배출량 - 완효성 비료 시용 시 N_2O 배출량 = 2.4 kgN_2O/ha – 1.2 kgN_2O/ha = **1.2 kgN_2O/ha** ✓ 농기계 사용에 따른 CO_2 배출은 완효성 비료 시용할 때와 기존 비료 할 때와 동일 조건 가정함	
5 산정계수		• (콩) 질소공급원별 비료 이용 효율 및 아산화질소 배출 평가	①

처리	N 시용량 (kg/ha)	수량 (ton/ha)	비료이용 효율	아산화질소 총 배출량 (kgN_2O/ha)
NPK	32	2.32	37.5	0.98
완효성 비료	32	2.95	52.5	0.61

✓ NPK 비료 : 기존 주로 시용되는 비료로써 식물의 생장과 개발에 필수적인 영양소인 질소, 인, 칼륨 세 가지 주요 영양소를 포함하는 비료임.

<table>
<tr><th>7</th><th>농축수산</th><th colspan="3">완효성 비료 시용</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3"></td><td colspan="2">✓ 완효성 비료 : 제조 공정에서 수용성 성분의 비율을 낮추며 수용성 성분이 느리게 분해되거나 특수한 물질로 코팅하여 용해 속도를 늦추도록 한 비료임.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">• (고추) 질소공급원별 비료 이용 효율 및 아산화질소 배출 평가
<table>
<tr><th>처리</th><th>N 시용량 (kg/ha)</th><th>수량 (ton/ha)</th><th>비료이용 효율</th><th>아산화질소 총 배출량 (kgN_2O/ha)</th></tr>
<tr><td>NPK</td><td>190</td><td>16.38</td><td>34.6</td><td>2.4</td></tr>
<tr><td>완효성 비료</td><td>190</td><td>17.73</td><td>41.7</td><td>1.2</td></tr>
</table></td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• GWP (지구온난화 지수)
<table>
<tr><th>온실가스명</th><th>화학식</th><th>GWP</th></tr>
<tr><td>이산화탄소</td><td>CO_2</td><td>1</td></tr>
<tr><td>메탄</td><td>CH_4</td><td>28</td></tr>
<tr><td>아산화질소</td><td>N_2O</td><td>265</td></tr>
</table></td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 콩 재배시 완효성 비료 시용으로 온실가스 배출 저감 효과 (국립농업과학원, 2012)
② 고추 재배시 온실가스 배출 저감을 위한 완효성 비료 시용 효과 (국립농업과학원, 2012)
③ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• (평균) 완효성 비료 시용 면적 (ha)
• (콩) 완효성 비료 시용 면적 (ha)
• (고추) 완효성 비료 시용 면적 (ha)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 탄소중립 친환경농업 추진, 화학비료 32% 절감, 충청북도 증평군
- 증평읍 덕상리에 완효성비료 살포, 풋거름 작물 환원, 셀레늄 투입 등 특화된 저탄소 신농법을 집중적으로 추진</td></tr>
</table>

8	농축수산	토양개량제(석회, 규산) 시용
1 개요		산성의 밭에는 석회질비료, 유효 규산 함량이 낮은 논에는 규산질비료를 공급함으로써 토양을 개량하고 지력을 증진하여 친환경농업 기반을 조성할 수 있으며 토양개량제(석회, 규산질비료)를 화학비료 대신 시용함으로써 온실가스 감축에 기여할 수 있음 ✓ 산도(pH) 6.5 미만의 밭, 유효규산 함량이 157ppm 미만인 논 기준
2 원단위		• [석회질비료] 0.267 tCO_2eq/ha • [규산질비료] 1.255 tCO_2eq/ha
3 감축량 산정식		• [석회질비료] 감축원단위(0.267 tCO_2eq/ha) × 시용면적 (ha) • [규산질비료] 감축원단위(1.255 tCO_2eq/ha) × 시용면적 (ha)
4 감축원 단위 산정근거		• [석회질비료] 감축원단위 (0.267 tCO_2eq/ha) = 화학비료 시용에 따른 온실가스 배출량 – 석회질비료 시용에 따른 온실가스 배출량 = 0.3102 tCO_2eq/ha – 0.0432 tCO_2eq/ha **= 0.267 tCO_2eq/ha** • 화학비료 시용에 따른 온실가스 배출량 (0.3102 tCO_2eq/ha) = 화학비료 중 질소 성분량 × 그 외 밭작물(통합계수) N_2O 배출계수 × 아산화질소 환산계수 × N_2O GWP × 단위환산 = 125 kgN/ha × 0.00596 $kgN_2O\text{-}N/kgN$ × (44/28) × 265 × 10^{-3} = **0.3102 tCO_2eq/ha** • 석회질비료 시용에 따른 온실가스 배출량 (0.0432 tCO_2eq/ha) = (석회석 시용에 따른 온실가스 배출량 + 백운석 시용에 따른 온실가스 배출량) ÷ 연간 석회질비료 시용 면적 = (366 tCO_2eq + 2,960 tCO_2eq) ÷ 77,026 ha **= 0.0432 tCO_2eq/ha** • 석회석 시용 비율에 따른 온실가스 배출량 (366 tCO_2eq) = 석회석 연간 평균 시용량 × 석회석 시용 시 배출계수 × CO_2 GWP = 42,538 ton × 0.0086 $kgCO_2/kg$ × 1 = **366 tCO_2eq** • 백운석 시용 비율에 따른 온실가스 배출량 (2,960 tCO_2eq) = 백운석 연간 평균 시용량 × 백운석 시용 시 배출계수 × CO_2 GWP = 188,538 ton × 0.0157 $kgCO_2/kg$ × 1 **= 2,960 tCO_2eq** • [규산질비료] 감축원단위 (1.255 tCO_2eq/ha) = 화학비료 시용에 따른 온실가스 배출량 – 규산질비료 시용에 따른 온실가스 배출량 = 8.964 tCO_2eq/ha – 7.71 tCO_2eq/ha **= 1.255 tCO_2eq/ha** ※ 화학비료 시용에 따른 온실가스 배출량 (8.964 tCO_2eq/ha) = 벼 재배 메탄 기본 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산 = 2.32 $kgCH_4/ha\cdot day$ × 138 day × 28 × 10^{-3} **= 8.964 tCO_2eq/ha**

<table>
<tr><td>8</td><td>농축수산</td><td colspan="2">토양개량제(석회, 규산) 시용</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">※ 규산질비료 시용에 따른 온실가스 배출량 (8.25 tCO_2eq/ha)
= 벼 재배 메탄 기본 배출계수 × 규산질비료 시용 시 CH_4 보정계수 × CH_4 GWP × 단위환산
= 2.32 $kgCH_4/ha \cdot day$ × 138 day × 0.86 × 28 × 10^{-3}
= 7.71 tCO_2eq/ha</td></tr>
<tr><td rowspan="5">5 산정계수</td><td rowspan="5"></td><td>• 화학비료 중 질소 함유량: 0.0125 kgN/m^2
✓ 단위환산: 0.0125 kgN/m^2 × 10^4 m^2/ha = 125 kgN/ha</td><td>①</td></tr>
<tr><td>• 밭에서의 통합 배출계수
<table><tr><th>그 외 밭작물(통합계수) N_2O 배출계수</th><th>단위</th></tr><tr><td>0.00596</td><td>kgN_2O-N/kgN</td></tr></table></td><td>②</td></tr>
<tr><td>• 석회석, 백운석 시용 시 배출계수
<table><tr><th rowspan="2">부문</th><th rowspan="2">항목</th><th colspan="3">배출계수</th></tr><tr><th>계수</th><th>계수값</th><th>단위</th></tr><tr><td rowspan="2">농경지</td><td>하절기 밭토양 석회석</td><td rowspan="2">CO_2 계수</td><td>0.0086</td><td>$kgCO_2/kg$ 석회석</td></tr><tr><td>하절기 밭토양 백운석</td><td>0.0157</td><td>$kgCO_2/kg$ 백운석</td></tr></table></td><td>③</td></tr>
<tr><td>• 연간 농경지(밭)에서의 석회 시비량 (단위 : ton)
<table><tr><th>연도</th><th>석회석</th><th>백운석</th></tr><tr><td>2008년</td><td>15,000</td><td>187,000</td></tr><tr><td>2009년</td><td>29,000</td><td>204,000</td></tr><tr><td>2010년</td><td>27,000</td><td>155,000</td></tr><tr><td>2011년</td><td>51,000</td><td>244,000</td></tr><tr><td>2012년</td><td>43,000</td><td>223,000</td></tr><tr><td>2013년</td><td>46,000</td><td>193,000</td></tr><tr><td>2014년</td><td>55,000</td><td>212,000</td></tr><tr><td>2015년</td><td>52,000</td><td>194,000</td></tr><tr><td>2016년</td><td>45,000</td><td>199,000</td></tr><tr><td>2017년</td><td>57,000</td><td>195,000</td></tr><tr><td>2018년</td><td>53,000</td><td>170,000</td></tr><tr><td>2019년</td><td>33,000</td><td>123,000</td></tr><tr><td>2020년</td><td>47,000</td><td>152,000</td></tr><tr><td>평균</td><td>42,538</td><td>188,538</td></tr></table></td><td>④</td></tr>
<tr><td>• 석회질비료 시용 면적
<table><tr><th>석회질비료 면적당 시용 기준량 (ton/ha)</th><th>연간 석회석 시용 면적 (ha)</th><th>연간 백운석 시용 면적 (ha)</th><th>연간 석회질비료 시용 면적 (ha)</th></tr><tr><td>3</td><td>14,179</td><td>62,846</td><td>77,026</td></tr></table>✓ 연간 석회석 시용 면적 (14,179 ha)
= 석회석 연간 평균 시용량 ÷ 석회질비료 면적당 시용 기준량
= 42,538 ton ÷ 3 ton/ha = 14,179 ha</td><td>⑤</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>8</td><td>농축수산</td><td colspan="2">토양개량제(석회, 규산) 시용</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="5"></td><td>✓ 연간 백운석 시용 면적 (62,846 ha)
= 백운석 연간 평균 시용량 ÷ 석회질비료 면적당 시용 기준량
= 188,538 ton ÷ 3 ton/ha = 62,846 ha
✓ 연간 석회질비료 시용 면적 (77,026 ha)
= 연간 석회석 시용 면적 + 연간 백운석 시용 면적
= 14,179 ha + 62,846 ha = 77,026 ha
※ 배출량을 보수적으로 산정하기 위해 석회질비료 최대 사용 권장량인 300 kg/10a (3 ton/ha) 값을 사용하였음</td><td></td></tr>
<tr><td>• 벼 재배 메탄 기본 배출계수: 2.32 kgCH_4/ha·day
✓ 화학비료를 시비했을 때의 배출계수</td><td>②</td></tr>
<tr><td>• 연간 벼 재배일수: 138 일</td><td>⑥</td></tr>
<tr><td>• 규산질비료 시용 시 배출계수
<table><tr><th rowspan="2">부문</th><th rowspan="2">항목</th><th colspan="2">배출계수</th></tr><tr><th>계수</th><th>계수값</th></tr><tr><td rowspan="4">벼 재배</td><td>규산질비료(0.5-1.0톤/ha) 시용</td><td rowspan="4">CH_4 배출량 보정계수</td><td>0.92</td></tr><tr><td>규산질비료(1.0-2.0톤/ha) 시용</td><td>0.86</td></tr><tr><td>규산질비료(2.0-3.0톤/ha) 시용</td><td>0.78</td></tr><tr><td>규산질비료(3.0-4.0톤/ha) 시용</td><td>0.69</td></tr></table>✓ 규산질비료 표준 시용량: 1.5-2.0톤/ha</td><td>⑦
⑧</td></tr>
<tr><td>• GWP: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265</td><td>⑨</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 저탄소 농업 실현을 위한 농경지 온실가스 저감기술 안내서 (국립농업과학원, 2021) - p.95
② 2014년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수 (온실가스종합정보센터, 2014) - p.1
③ 2018년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수 (온실가스종합정보센터, 2019) - p.3
④ 2022 국가 온실가스 인벤토리 보고서 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.6-27
⑤ 올바른 비료 사용법 (농촌진흥청, 2022) - p.127
⑥ 논벼 재배 시 물관리를 통한 온실가스 감축 방법론 (온실가스 배출권거래제 상쇄제도 외부사업 방법론, 2017) - p.5
⑦ 2021년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.8
⑧ 벼 유기재배 매뉴얼 (친환경농업연구사업단, 2010) - p.24
⑨ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• [석회질비료] 석회질비료 시용면적 (ha)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td>• [규산질비료] 규산질비료 시용면적 (ha)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 토양개량제 5,596톤 공급으로 친환경농업 기반 조성, 경기도 안성시 (2022년) 안성시 농업기술센터는 영농 준비에 앞서 화학비료 사용 등으로 척박해진 논과 밭에 지력을 유지·보전시킬 수 있는 토양개량제 공급 사업 추진하여 고품질 안성맞춤 농산물 생산과 친환경농업을 실천하고자 함</td></tr>
</table>

9	농축수산	친환경 자가퇴비 사용
1 개요		가축분뇨를 자가퇴비화하여 화학비료를 대체한 만큼 화학비료 제조와 사용에 따른 온실가스 배출량을 저감
2 원단위		• 0.397 tCO_2eq/톤
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.397 tCO_2eq/톤) × 자가퇴비 생산량(톤)
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (0.397 tCO_2eq/톤) = (화학비료 생산 시 온실가스 평균 배출량 + 화학비료 사용 시 온실가스 배출량) - (가축분뇨 퇴비화 시 온실가스 배출량 + 가축분 퇴비 사용 시 온실가스 배출량) = (2.251 tCO_2eq/톤 + 0.353 tCO_2eq/톤) - (2.094 tCO_2eq/톤 + 0.113 tCO_2eq/톤) **= 0.397 tCO_2eq/톤** • 화학비료 생산 시 발생하는 온실가스 평균 배출량 (2.251 tCO_2eq/톤) = (1종 복합비료 생산 시 온실가스 배출량 + 2종 복합비료 생산 시 온실가스 배출량 + 3종 복합비료 생산 시 온실가스 배출량) ÷ 3 = (2.42 tCO_2eq/톤 + 2.104 tCO_2eq/톤 + 2.228 tCO_2eq/톤) ÷ 3 = **2.251 tCO_2eq/톤** • 화학비료 사용 시 온실가스 평균 배출량 (0.353 tCO_2eq/톤) = 화학비료 중 질소 성분량 × 농경지 토양 아산화질소 통합 배출계수 × 아산화질소 환산계수 × 아산화질소 GWP ÷ 단위 면적당 질소질비료 투입량 = 0.0125 kgN/m^2 × 0.00596 kgN_2O-N/kgN × (44/28) × 265 ÷ 0.0879 kg/m^2 = 0.353 tCO_2eq/톤 • 가축분뇨 퇴비화 시 송풍기 사용에 따른 온실가스 배출량 (2.094 tCO_2eq/톤) = 송풍기 전력 사용량 × 전력 배출계수 ÷ 퇴비단 용량 × 단위환산 = 24 kWh/day × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 2 톤 × 365 day × 10^{-3} **= 2.094 tCO_2eq/톤** • 가축분 퇴비 사용 시 온실가스 배출량 (0.113 tCO_2eq/톤) = 가축분 퇴비 질소 함유량 × 가축분 종류별 퇴비 처리에 따른 농경지 토양 아산화질소 배출계수 × 아산화질소 환산계수 × 아산화질소 GWP ÷ 단위 면적당 가축분 퇴비 투입량 = 0.00707 kgN/m^2 × 0.01867 kgN_2O-N/kgN × (44/28) × 265 ÷ 0.4879 kg/m^2 **= 0.113 tCO_2eq/톤**
5 산정계수		• 화학비료 생산 시 발생하는 온실가스 평균 배출량 (단위: tCO_2eq/톤)

복합비료 종류	이산화탄소 배출량	메탄 배출량	아산화질소 배출량	온실가스 배출량	
1종 (21-17-17)	1.66	0.07	0.69	2.42	①
2종 (17-21-17)	1.52	0.061	0.523	2.104	
3종 (15-15-15)	1.57	0.065	0.593	2.228	

9	농축수산	친환경 자가퇴비 사용	
		• 화학비료 중 질소 함유량: 0.0125 kgN/m^2	②
		• 농경지 토양 아산화질소 통합 배출계수: 0.00596 kgN_2O-N/kgN	③
		• 퇴비화 방법 중 강제송풍 시 전기 사용량 구분 / 송풍기 전력 사용량 (kWh/day): 강제송풍 / 24 • 퇴비단 용량: 2 톤	④
		• 전력배출계수: 0.4781 tCO_2eq/MWh	⑤
		• GWP 지수: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	⑥
		• 면적당 질소질비료 및 퇴비 투입량 (단위: kg/m^2) 질소질비료 (요소 / 유안) / 질소질비료 (요소 + 유안) / 가축분 퇴비 0.0273 / 0.0606 / 0.0879 / 0.4879 구분 / 질소 함유율 (%) / 질소 함유량 (kgN/m^2) 혼합 가축분 퇴비 / 1.45 / 0.00707 ✓ 질소 함유량 = 투입량 × 질소 함유율 = 0.4879 kg/m^2 × 0.0145 = 0.00707 kgN/m^2	② ⑦
		• 가축분 종류별 퇴비 처리에 따른 농경지 토양에서의 아산화질소 배출계수 구분 / 아산화질소 배출계수 (kgN_2O-N/kgN) 소 / 0.024 돼지 / 0.025 가금 / 0.007 **평균** / **0.01867**	⑧
	⑥ 출처	① 전과정평가를 활용한 복합비료 생산 시스템의 온실가스 배출량 평가 (한국토양비료학회지 44권 2호, 2011) - p.260 ② 저탄소 농업 실현을 위한 농경지 온실가스 저감기술 안내서 (국립농업과학원, 2021) - p.95 ③ 2014년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수 (온실가스종합정보센터, 2014) - p.1 ④ 온실가스 저감을 위한 저비용 퇴비화 방법 (축산원, 2010) - p.3, 5 ⑤ 2021년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.7 ⑥ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서 ⑦ 부산물비료를 이용한 질소질비료 사용 저감 방법론 (온실가스 배출권거래제 상쇄제도 외부사업 방법론, 2017) - p.6 ⑧ 가축분 종류별 퇴비 처리에 따른 농경지 토양에서의 아산화질소 배출량 평가 (국립농업과학원, 2019) - p.331	
	⑦ 모니터링 인자	• 자가퇴비 생산량(톤)	단발
	⑧ 추진사례	• 농약·비료 사용 절감을 위한 친환경농자재 지원, 경상북도 의성군(2022년) 의성군은 친환경농자재 사업 중 자가퇴비 생산자재 지원을 통해 화학비료의 사용을 저감하여 친환경농업 기반을 구축하고자 함	

10	농축수산	녹비작물을 통한 대체 효과	
1 개요		농경지에서 풋거름(녹비)작물 재배를 한 후 토양에 환원하여 기존에 사용되던 질소질비료를 대체함으로써 토양의 아산화질소 발생량을 줄여 온실가스 배출량을 저감하고자 함 ※ 녹비작물은 농경지에서 식물을 일정 기간 자라게 한 후 지상부를 직접 갈아엎어 퇴비로 사용하는 작물	
2 원단위		• [녹비작물 대체 면적당] 0.27 tCO_2eq/ha	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.27 tCO_2eq/ha) × 녹비작물 대체 면적 (ha)	
4 감축원단위 산정근거		• [녹비작물 대체 면적당] 감축원단위 (0.27 tCO_2eq/ha) = (헤어리베치 온실가스 감축량 + 자운영 온실가스 감축량) ÷ 2 = 0.27 tCO_2eq/ha ※ (0.35 tCO_2eq/ha + 0.19 tCO_2eq/ha) ÷ 2 = 0.27 tCO_2eq/ha [헤어리베치 녹비작물에 따른 온실가스 감축량] 0.35 tCO_2eq/ha = 헤어리베치 온실가스 감축량 = 0.35 tCO_2eq/ha ※ 34.8 $kgCO_2eq/10a$ × 100a/ha ÷ 1,000kg/ton = **0.35 tCO_2eq/ha** [자운영 녹비작물에 따른 온실가스 감축량] 0.19 tCO_2eq/ha = 자운영 온실가스 감축량 = 0.19 tCO_2eq/ha ※ 19 $kgCO_2eq/10a$ × 100a/ha ÷ 1,000kg/ton = **0.19 tCO_2eq/ha**	
5 산정계수		• 벼 재배 시 녹비작물 대체로 인한 온실가스 감축량 **풋거름 작물** / **비료 성분 공급량 (kg/10a)**: 질소(N), 인산(P_2O_5), 칼리(K_2O) / **온실가스 감축량 ($kgCO_2eq/10a$)** 헤어리베치: 9.1(요소비료 19.8) / 2.34(용성인비 13.8) / 5.98(염화가리 10.0) / 34.8 자운영: 7.28(요소비료 11.1) / 1.56(용성인비 6.4) / 5.46(염화가리 6.4) / 19 ✓ 헤어리베치와 자운영은 콩과작물에 해당하는 녹비작물임 ✓ 헤어리베치와 자운영의 성분(NPK)을 고려하여, 각 성분별 투입량을 충족할 수 있는 단일성분비료의 사용량으로, 비료의 생산 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 산정한 값임 ✓ 투입된 질소의 양이 동일하므로, 토양에서의 아산화질소 배출량은 고려하지 않고, 비료의 생산과정에 의한 온실가스 배출량만 고려함 ✓ 단일비료 NPK 함량: 요소(N 46%), 용성인비(P_2O_5 17%), 염화가리(K_2O 60%) * [비료생산에 따른 배출계수] 요소비료: 1.01$kgCO_2/kg$, 용성인비: 0.725$kgCO_2/kg$, 염화가리: 0.49$kgCO_2/kg$	① ②

<table>
<tr><td>10</td><td>농축수산</td><td colspan="2">녹비작물을 통한 대체 효과</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>• GWP (지구온난화 지수)
<table><tr><th>온실가스명</th><th>화학식</th><th>GWP</th></tr><tr><td>이산화탄소</td><td>CO_2</td><td>1</td></tr><tr><td>메탄</td><td>CH_4</td><td>28</td></tr><tr><td>아산화질소</td><td>N_2O</td><td>265</td></tr></table></td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 저탄소 농업기술 편람 (농림축산식품부, 2020) - p.122
② 저탄소 농축산물 인증제 농산물 온실가스 배출량 산정을 위한 공통지침 - p .30
③ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 녹비작물 대체 면적 (ha)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 친환경농업 트렌드, 녹비작물 종자 구입비 지원, 전라남도 , 2023.11.19.</td></tr>
</table>

11	농축수산	호기성 토양에서 바이오차 보급
1 개요		바이오차는 바이오매스와 숯의 합성어로, 바이오매스를 산소가 없는 환경에서 열분해하여 만든 탄소 함량이 높은 고형물임. 농경지에서 발생하는 온실가스는 산소 공급이 충분한 호기성 토양에서 이산화탄소와 아산화질소가 발생함. 이러한 호기성 토양에서 바이오차를 토양에 투입하면 암모늄태질소를 흡착하거나 탈질을 촉진하여 중간 생성물인 아산화질소 배출량을 줄여서 온실가스 감축 효과를 볼 수 있음.
2 원단위		• [바이오차 투입량당] 0.09 tCO_2eq/t-바이오차
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.09 tCO_2eq/t-바이오차) × 바이오차 투입량 (t-바이오차)
4 감축원단위 산정근거		• [바이오차 투입량당] 감축원단위 (0.09 tCO_2eq/t-바이오차) = 바이오차 투입량당 N_2O 감축량 평균값 × 아산화질소 GWP 지수 ÷ 10^3 = 0.33 kg N_2O/t-바이오차 × 265 ÷ 1,000 kg/ton = **0.09 tCO_2eq/t-바이오차**
5 산정계수		• 호기성 조건인 대한민국 토양에서 바이오차 보급 시 N_2O 배출량 분석

레퍼런스	면적당 질소 비료 투입량 (kgN/ha)	면적당 N_2O 비료 투입량 (kgN_2O/ha)	면적당 바이오차 투입량 (t바이오차/ha)	N_2O 배출량 변화 (%)	N_2O 감축량 (kgN_2O/ha)	바이오차 투입량당 N_2O 감축량 (kgN_2O/t-바이오차)
Lee et al., 2017	200	4.33	6.1	-12.6	0.5	0.089
Lee et al., 2017	200	4.33	12.1	-31.9	1.4	0.114
Lee et al., 2017	200	4.33	6.1	-27.9	1.2	0.198
Lee et al., 2017	200	4.33	12.1	-48.1	2.1	0.172
Kang et al., 2016	222	4.80	5	-26.1	1.3	0.251
Kang et al., 2016	222	4.80	3	-22.0	1.1	0.352
Kang et al., 2016	222	4.80	1	-17.8	0.9	0.856
Seo et al., 2012	190	4.11	1	-24.6	1.0	1.009
Park et al., 2016	320	6.92	20	-39.3	2.7	0.136
Park et al., 2016	320	6.92	10	-35.2	2.4	0.244
Park et al., 2016	320	6.92	5	-12.3	0.9	0.170
평균	**237.82**	**5.14**	**7.4**	**-27.07**	**1.4**	**0.326**

①

11	농축수산	호기성 토양에서 바이오차 보급	
		✓ 면적당 N_2O 비료투입량 (kgN_2O/ha) = 면적당 질소 비료 투입량 (kgN/ha) × 아산화질소보정값 (kgN_2O/kgN) ✓ N_2O 감축량 (kgN_2O/ha) = 면적당 N_2O 배출량 (kgN_2O/ha) × N_2O 배출량 변화(%) ✓ 바이오차 투입량당 N_2O 감축량 (kgN_2O/t-바이오차) = N_2O 감축량 (kgN_2O/ha) ÷ 면적당 바이오차 투입량 (t-바이오차/ha)	
		• 질소공급원별 비료 이용 효율 및 아산화질소 배출량 (kgN_2O/kgN)	④ ⑤

NPK 비료	N 시용량 (kgN/ha)	아산화질소 총 배출량 (kgN_2O/ha)	아산화질소 보정값(kgN_2O/kgN)
콩 재배	32	0.98	0.031
고추 재배	190	2.4	0.013
평균		1.69	0.022

✓ NPK 비료 : 기존 주로 시용되는 비료로써 식물의 생장과 개발에 필수적인 영양소인 질소, 인, 칼륨 세 가지 주요 영양소를 포함하는 비료임

✓ 아산화질소 보정값(kgN_2O/kgN)
= 아산화질소 총 배출량(kgN_2O/ha) ÷ N 시용량(kgN/ha)

		②
• GWP (지구온난화 지수)		

온실가스명	화학식	GWP
이산화탄소	CO_2	1
메탄	CH_4	28
아산화질소	N_2O	265

		③
✓ 호기성 조건 토양으로 한정하였으므로 혐기성 조건에서 발생하는 CH_4는 배출량 산정에서 제외하며, 바이오차 투입에 의해 증가된 토양탄소 함량(CO_2)은 타 감축사업과 중복 산정될 수 있으므로 배출량 산정에서 제외함		

6 출처	① 호기성 조건에서 동아시아 토양에서 아산화질소 배출의 바이오차 유도 감소 검토 및 데이터 분석 (Biochar-induced reduction of N_2O emission from East Asian soils under aerobic conditions: Review and data analysis) - Lee et al. 2021, Environmantal Pollution ② IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013) ③ 바이오차의 밭 토양 탄소 증진 및 온실가스 감축 효과(이선일, 공학박사학위논문, 2020.08.) - p.52, 70 ④ 콩 재배시 완효성 비료 시용으로 온실가스 배출 저감 효과 (국립농업과학원, 2012) ⑤ 고추 재배시 온실가스 배출 저감을 위한 완효성 비료 시용 효과 (국립농업과학원, 2012)	
7 모니터링 인자	• 바이오차 투입량 (t-바이오차) ✓ 호기성 토양에서 바이오차를 보급하는 경우에만 해당이 됨	단발
8 추진사례	• 바이오차 활용 토양환경개선 및 저탄소 농업 기술 시범 사업, (2023.03.10.), 강원특별자치도 원주시 : 31개 농가를 대상으로 14.7ha에 바이오차 36톤을 공급	

12	농축수산	(논) 무경운 재배
1 개요		논벼 재배시 최소경운과 무경운 재배를 함으로써 기존 경운이앙할 때의 농기계 사용을 줄여서 농기계 운행 감소로 인한 온실가스를 저감할 수 있음
2 원단위		• [최소경운 1기작 재배 면적당] 0.148 tCO_2eq/ha • [무경운 1기작 재배 면적당] 0.153 tCO_2eq/ha
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.148 tCO_2eq/ha) × 1기작당 최소경운 재배 면적 (ha) • 감축원단위 (0.153 tCO_2eq/ha) × 1기작당 무경운 재배 면적 (ha)
4 감축원단위 산정근거		• [최소경운 재배 면적당] 감축원단위 (0.148 tCO_2eq/ha) = (경운이앙 1기작당 온실가스 배출량 – 최소경운 1기작당 온실가스 배출량) × 단위환산 = (0.017 $tCO_2eq/10a$ – 0.002 $tCO_2eq/10a$) × 100 a/ha = 0.015 $tCO_2eq/10a$ × 100 a/ha **= 0.148 tCO_2eq/ha** ※ [경운이앙 1기작당 온실가스 배출량] 0.017 $tCO_2eq/10a$ = 경운이앙 1기작 재배 시 농기계 사용에 따른 온실가스 배출량 = 경운/정지 온실가스 배출량 + 이앙/파종 온실가스 배출량 = {(쟁기질 온실가스 배출량 + 물로터리 1 온실가스 배출량 + 물로터리 2 온실가스 배출량) + (이앙 온실가스 배출량)} = {(0.005 $tCO_2eq/10a$ + 0.005 $tCO_2eq/10a$ + 0.003 $tCO_2eq/10a$) + 0.0036 $tCO_2eq/10a$} **= 0.017 $tCO_2eq/10a$** ※ [최소경운 1기작당 온실가스 배출량] 0.002 $tCO_2eq/10a$ = 최소경운 1기작 재배 시 농기계 사용에 따른 온실가스 배출량 = {(최소경운 경유 투입량 × 경유 CO_2 배출계수 × 경유 순발열량 × CO_2 GWP 지수) + (최소경운 경유 투입량 × 경유 CH_4 배출계수 × 경유 순발열량 × CH_4 GWP 지수) + (최소경운 경유 투입량 × 경유 N_2O 배출계수 × 경유 순발열량 × N_2O GWP 지수)} = {(0.94 L/10a × 73,200 $kgCO_2/TJ$ × 35.2 MJ/L × 1 ÷ 10^9) + (0.94 L/10a × 10 $kgCH_4/TJ$ × 35.2 MJ/L × 28 ÷ 10^9) + (0.94 L/10a × 0.6 kgN_2O/TJ × 35.2 MJ/L × 265 ÷ 10^9)} = **0.002 $tCO_2eq/10a$** • [무경운 재배 면적당] 감축원단위 (0.153 tCO_2eq/ha) = (경운이앙 1기작당 온실가스 배출량 – 무경운 1기작당 온실가스 배출량) × 단위환산 = (0.017 $tCO_2eq/10a$ – 0.002 tCO_2eq/ha) × 100 a/ha = 0.015 $tCO_2eq/10a$ × 100 a/ha **= 0.153 tCO_2eq/ha** ※ [무경운 1기작당 온실가스 배출량] 0.002 $tCO_2eq/10a$ = 무경운 1기작 재배 시 농기계 사용에 따른 온실가스 배출량 = {(무경운 경유 투입량 × 경유 CO_2 배출계수 × 경유 순발열량 × CO_2 GWP 지수) + (무경운 경유 투입량 × 경유 CH_4 배출계수 × 경유 순발열량 × CH_4 GWP 지수) + (무경운 경유 투입량 × 경유 N_2O 배출계수 × 경유 순발열량 × N_2O GWP 지수)}

12	농축수산	(논) 무경운 재배
		= {(0.75 L/10a × 73,200 $kgCO_2/TJ$ × 35.2 MJ/L × 1 ÷ 10^9) + (0.75 L/10a × 10 $kgCH_4/TJ$ × 35.2 MJ/L × 28 ÷ 10^9) + (0.75 L/10a × 0.6 kgN_2O/TJ × 35.2 MJ/L × 265 ÷ 10^9)} = **0.002 $tCO_2eq/10a$** <경운이앙 1기작 재배 시 농기계 사용에 따른 온실가스 배출량> ※ [쟁기질 온실가스 배출량] 0.005 $tCO_2eq/10a$ = {(쟁기질 경유 투입량 × 경유 CO_2 배출계수 × 경유 순발열량 × CO_2 GWP 지수) + (쟁기질 경유 투입량 × 경유 CH_4 배출계수 × 경유 순발열량 × CH_4 GWP 지수) + (쟁기질 경유 투입량 × 경유 N_2O 배출계수 × 경유 순발열량 × N_2O GWP 지수)} = {(1.88 L/10a × 73,200 $kgCO_2/TJ$ × 35.2 MJ/L × 1 ÷ 10^9) + (1.88 L/10a × 10 $kgCH_4/TJ$ × 35.2 MJ/L × 28 ÷ 10^9) + (1.88 L/10a × 0.6 kgN_2O/TJ × 35.2 MJ/L × 265 ÷ 10^9)} = **0.005 $tCO_2eq/10a$** ※ [물로터리 1 온실가스 배출량] 0.005 $tCO_2eq/10a$ = {(물로터리1 경유 투입량 × 경유 CO_2 배출계수 × 경유 순발열량 × CO_2 GWP 지수) + (물로터리1 경유 투입량 × 경유 CH_4 배출계수 × 경유 순발열량 × CH_4 GWP 지수) + (물로터리1 경유 투입량 × 경유 N_2O 배출계수 × 경유 순발열량 × N_2O GWP 지수)} = {(2.11 L/10a × 73,200 $kgCO_2/TJ$ × 35.2 MJ/L × 1 ÷ 10^9) + (2.11 L/10a × 10 $kgCH_4/TJ$ × 35.2 MJ/L × 28 ÷ 10^9) + (2.11 L/10a × 0.6 kgN_2O/TJ× 35.2 MJ/L × 265 ÷ 10^9)} = **0.005 $tCO_2eq/10a$** ※ [물로터리 2 온실가스 배출량] 0.003 $tCO_2eq/10a$ = {(물로터리2 경유 투입량 × 경유 CO_2 배출계수 × 경유 순발열량 × CO_2 GWP 지수) + (물로터리2 경유 투입량 × 경유 CH_4 배출계수 × 경유 순발열량 × CH_4 GWP 지수) + (물로터리2 경유 투입량 × 경유 N_2O 배출계수 × 경유 순발열량 × N_2O GWP 지수)} = {(1.27 L/10a × 73,200 $kgCO_2/TJ$ × 35.2 MJ/L × 1 ÷ 10^9) + (1.27 L/10a × 10 $kgCH_4/TJ$ × 35.2 MJ/L × 28 ÷ 10^9) + (1.27 L/10a × 0.6 kgN_2O/TJ × 35.2 MJ/L × 265 ÷ 10^9)} = **0.003 $tCO_2eq/10a$** ※ [이앙 온실가스 배출량] 0.0036 $tCO_2eq/10a$ = {(이앙 휘발유 투입량 × 휘발유 CO_2 배출계수 × 휘발유 순발열량 × CO_2 GWP 지수) + (이앙 휘발유 투입량 × 휘발유 CH_4 배출계수 × 휘발유 순발열량 × CH_4 GWP 지수) + (이앙 휘발유 투입량 × 휘발유 N_2O 배출계수 × 휘발유 순발열량 × N_2O GWP 지수)} = {(1.63 L/10a × 71,600 $kgCO_2/TJ$ × 30.4 MJ/L × 1 ÷ 10^9) + (1.63 L/10a × 10 $kgCH_4/TJ$ × 30.4 MJ/L × 28 ÷ 10^9) + (1.63 L/10a × 0.6 kgN_2O/TJ × 30.4 MJ/L × 265 ÷ 10^9)} = **0.0036 $tCO_2eq/10a$**

12	농축수산	(논) 무경운 재배	
5 산정계수		• 논벼 작업단계별 농기계 유류투입량 및 온실가스 배출량의 비교 (단위 : L/10a)	①

벼 재배 과정		경운/정지			이앙/파종		
		쟁기질	물로터리 1	물로터리 2	이앙	최소경운직파	무경운직파
사용연료		경유	경유	경유	휘발유	경유	경유
유류투입량	경운이앙	1.88	2.11	1.27	1.63	-	-
	최소경운	-	-	-	-	0.94	-
	무경운	-	-	-	-	-	0.75

• 연료별 발열량 및 배출계수 — ②, ③

연료 종류	CO_2 배출계수 ($kgCO_2$ /TJ)	CH_4 배출계수 ($kgCH_4$/TJ)	N_2O 배출계수 (kgN_2O/TJ)	순발열량 (MJ/L)
휘발유	71,600	10	0.6	30.4
경유	73,200	10	0.6	35.2

• GWP (지구온난화 지수) — ④

온실가스명	화학식	GWP
이산화탄소	CO_2	1
메탄	CH_4	28
아산화질소	N_2O	265

6 출처	① 논벼 무경운 재배의 온실가스 감축효과를 고려한 경제성 분석 (농업경영·정책연구 제44권 제4호, 2017년) - p.837 ② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조 제2항 관련) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표10]2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련) ④ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013)
7 모니터링 인자	• 최소경운 1기작당 재배 면적 (ha) • 무경운 1기작당 재배 면적 (ha) — 단발
8 추진사례	• 무경운 벼 재배기술 사업, 강원특별자치도 횡성군 (2013.10.25.) - 친환경 농법인 겨울철 담수 무경운 벼 재배기술로 친환경 쌀 생산을 비롯한 수확량 증대, 노동력 절감 등의 효과를 얻고 있음.

13	농축수산	건답 직파 재배	
1 개요		직파재배란, 논 벼 재배 시 육묘 후 모를 이앙하지 않고 종자를 논에 직접 파종해 재배하는 기술로써, 건답 직파재배는 모내기를 하지 않고, 물을 대지 않는 다른 논에 볍씨를 바로 뿌리는 파종 방법임. 건답 직파 재배를 통하여 관개를 하지 않는 과정에서 온실가스를 저감할 수 있음	
2 원단위		• [건답 직파 재배 면적당] 1.77 tCO_2eq/ha	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (1.77 tCO_2eq/ha) × 건답 직파 재배 면적 (ha)	
4 감축원단위 산정근거		• [건답 직파 재배 면적당] 감축원단위 (1.77 tCO_2eq/ha) = 이앙재배 온실가스 배출량 - 평면 건답 직파 재배 온실가스 배출량 = 1.77 tCO_2eq/ha = 7.98 tCO_2eq/ha - 6.21 tCO_2eq/ha = 1.77 tCO2eq/ha [이앙재배 온실가스 배출량] 7.98 tCO_2eq/ha = (이앙재배 CH_4 배출량 × CH_4 GWP 지수) + (이앙재배 N_2O 배출량 × N_2O GWP 지수) = 7.98 tCO_2eq/ha ※ {(276.8 kg CH_4/ha × 28) + (0.86 kg N_2O/ha × 265)} ÷ 1,000 kg/ton = **7.98 tCO_2eq/ha** [평면 건답 직파 재배 온실가스 배출량] 6.21 tCO_2eq/ha = (평면 건답 직파 재배 CH_4 배출량 × CH_4 GWP 지수) + (평면 건답 직파 재배 N_2O 배출량 × N_2O GWP 지수) = 6.21 tCO_2eq/ha ※ {(209.3 kg CH_4/ha × 28) + (1.31 kg N_2O/ha × 265)} ÷ 1,000 kg/ton = **6.21 tCO_2eq/ha**	
5 산정계수		• 건답 직파 재배 방법별 온실가스 배출량 파종 방법 / CH_4 ($kgCH_4/ha$) / N_2O (kgN_2O/ha) 이앙재배 / 276.8 / 0.86 평면건답직파 / 209.3 / 1.31 ✓ 이앙재배 : 못자리에서 모를 키운 후 옮겨 심는 재배양식 ✓ 평면건답직파 : 파종 작업 시 효율이 높게 평면으로 씨를 뿌리는 재배양식으로 건답직파 재배 종류 중 하나임 ✓ 평면건답직파 재배 양식이 건답직파 재배 양식 중 가장 보수적이므로 원단위 산정에 이용하였음	①
		• GWP (지구온난화 지수) 온실가스명 / 화학식 / GWP 이산화탄소 / CO_2 / 1 메탄 / CH_4 / 28 아산화질소 / N_2O / 265	②

13	농축수산	건답 직파 재배	
⑥ 출처		① 농경지 온실가스 배출량평가 방법 및 온실가스 저감 벼 재배기술 책자 2종 영농현장 지도 참고자료로 활용(국립농업과학원, 김건엽, 2011.04.) ② IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013)	
⑦ 모니터링 인자		• 건답 직파 재배 면적 (ha)	단발
⑧ 추진사례		• 벼 조기 건답직파 재배기술 시범 사업, 충청북도 진천군	

14	농축수산	한우 비육기간 단축
1 개요		1인 쇠고기 소비량이 증가하고 있는 현대사회에서 소 비육기간 내 장내발효와 가축분뇨 처리 과정에서 다량의 메탄가스, 아산화질소 등 온실가스가 발생함에 따라, 한우 비육기간 단축 기술을 통해 소를 사육하는 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 저감하고자 함
2 원단위		• [한우 비육기간 단축] 1.21 tCO_2eq/두·개월 ✓ 개월 수는 비육기간을 단축하는 개월 수를 의미함 ✓ 생산성에 영향을 미치지 않는 비육기간 단축 기술이므로 총 한우 생산량이 안정화되어 사육두수가 늘어나지 않는다고 가정하였음
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (1.21 tCO_2eq/두·개월) × 비육 기간 단축을 적용한 한우 수 (두) × 비육 기간을 단축하는 개월 수 (개월)
4 감축원 단위 산정근거		• [한우 비육기간 단축] 감축원단위 (1.21 tCO_2eq/두·개월) = 한우 1마리 사육 시 1개월간 배출하는 온실가스 감축원단위 = 한우 1마리 사육 시 1개월간 장내발효에 따른 온실가스 감축원단위 + 한우 1마리 사육 시 1개월간 분뇨처리에 따른 온실가스 감축원단위 = 0.13 tCO_2eq/두·개월 + 1.08 tCO_2eq/두·개월 = 1.21 tCO_2eq/두·개월 • 한우 1마리 사육 시 1개월간 장내발효에 따른 온실가스 감축원단위 (0.13 tCO_2eq/두·개월) = 한육우 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산계수 = (57 kg/두·년 × 28 × 1 ton/1,000 kg) ÷ 12개월/년 **= 0.13 tCO_2eq/두·개월** • 한우 1마리 사육 시 1개월간 분뇨처리에 따른 온실가스 감축원단위 (1.08 tCO_2eq/두·개월) = 한우 1마리 사육시 1개월간 분뇨처리 CH_4 배출량 + 한우 1마리 사육시 1개월간 분뇨처리 N_2O 배출량 = 0.002 tCO_2eq/두·개월 + 1.08 tCO_2eq/두·개월 **= 1.08 tCO_2eq/두·개월** ※ 한우 1마리 사육시 1개월간 분뇨처리에 따른 CH_4 배출량 = 한육우 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산계수 = (1 kg/두·년 × 28 × 1 ton/1,000 kg) ÷ 12개월/년 = 0.002 tCO_2eq/두·개월 ※ 한우 1마리 사육시 1개월간 분뇨처리에 따른 N_2O 배출량 = 한육우 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산계수 = (48.71 kg/두·년 × 265 × 1 ton/1,000 kg) ÷ 12개월/년 **= 1.08 tCO_2eq/두·개월**

<table>
<tr><td>14</td><td>농축수산</td><td colspan="3">한우 비육기간 단축</td></tr>
<tr><td rowspan="4">5 산정계수</td><td colspan="3">• 장내발효 CH_4 배출계수
<table><tr><th>구분</th><th colspan="2">한우 배출계수 [kg CH_4/두/년]</th></tr><tr><td rowspan="5">축종</td><td>57</td><td>[1세 이상,
암, 수 평균값]</td></tr><tr><td>43</td><td>[수컷, 1세 미만]</td></tr><tr><td>61</td><td>[수컷, 1세 이상]</td></tr><tr><td>45</td><td>[암소, 1세 미만]</td></tr><tr><td>53</td><td>[암소, 1세 이상]</td></tr></table>✓ 암컷, 수컷의 1세 이상 평균값 적용</td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 가축분뇨처리 CH_4 배출계수
<table><tr><th>구분</th><th>2006 IPCC
(kg CH_4/두/년)</th><th>배출계수 기준</th></tr><tr><td>한육우 (젖소 외 소)</td><td>1</td><td>북미 (한대)</td></tr></table></td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 가축분뇨처리 N_2O 배출계수
<table><tr><th>구분</th><th>2006 IPCC
(kg N/두/년)</th><th>보정계수
(kg N_2O/kg N)</th><th>배출계수
(kg N_2O/두/년)</th></tr><tr><td>한육우 (젖소 외 소)</td><td>31</td><td>1.571</td><td>48.71</td></tr></table>✓ 보정계수 (kg N_2O/kg N) = N_2O 질량 ÷ N 질량
= 1.571 kg N_2O/kg N
※ 44 ÷ 28 = 1.571 kg N_2O/kg N

✓ 배출계수 (kg N_2O/두/년) = 배출계수 (kg N/두/년) × 보정계수 (kg N_2O/kg N) = 48.71 kg N_2O/두/년
※ 31× 1.571 = 48.71 kg N_2O/두/년</td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="3">• GWP (지구온난화 지수)
<table><tr><th>온실가스명</th><th>화학식</th><th>GWP</th></tr><tr><td>이산화탄소</td><td>CO_2</td><td>1</td></tr><tr><td>메탄</td><td>CH_4</td><td>28</td></tr><tr><td>아산화질소</td><td>N_2O</td><td>265</td></tr></table></td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 2023 지역 온실가스 통계 산정지침 (온실가스 종합정보센터) - p.94, 98
② IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 비육 기간 단축을 적용한 한우 수 (두)
• 비육 단축 기간 (개월)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 한우 비육기간 단축사업, 전라남도
- 기존 한우의 30개월 비육 기간을 24개월로 줄여 온실가스의 배출을 저감시키는 방법으로 축산분야의 탄소중립에 기여하고자 함</td></tr>
</table>

15	농축수산	저메탄, 저단백질사료 보급	
1 개요		저메탄·저단백질 사료 보급을 통해 반추동물의 장내발효에 의한 메탄 배출량을 저감하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 0.471tCO_2eq/두	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.471tCO_2eq/두) × 저메탄 사료를 먹는 사육두수(두)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.471tCO_2eq/두) = 소의 메탄 배출계수 × 저메탄 사료에 의한 메탄 저감율 × 메탄GWP × 단위환산 ※ 61kg메탄/두 × 27.6% × 28 × 10^{-3} = **0.471tCO_2eq/두**	
5 산정계수		• 소의 메탄 배출계수 : 61kg메탄/두 ※ 축산물이력제 홈페이지의 월령별 사육현황을 검토하여 가장 많은 한우(수컷, 1세 이상) 장내발효 메탄 배출계수를 활용함	① ②
		• 저메탄 사료에 의한 메탄 저감율 : 27.6%	③
		• 메탄GWP : 28	④
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2018년) ② 축산물이력제 홈페이지 (https://mtrace.go.kr/businessStateCareerList.jsp#Statelist3) ③ 농촌진흥청, 사료급여 방식 차이에 의한 반추가축 분야 온실가스 발생량 변화 조사, 2017(p32) ④ UNFCCC 홈페이지 (https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/green house-gas-data-unfccc/global-warming-potentials)	
7 모니터링 인자		• 저메탄 사료를 먹는 사육두수(두)	단발
8 추진사례		• 소 사육농가에 저메탄 사료 공급, 제주특별자치도	

16	농축수산	저탄소 식사 문화 확산 (채식 보급 활성화)
1 개요		채식 보급 활성화를 통해 육류식품의 생산, 유통, 조리하는 과정에서 배출되는 온실가스를 저감하고자 함
2 원단위		• [저탄소 식사 문화 확산 (일)] 0.0003 tCO_2eq/일 • [저탄소 식사 문화 확산 (식)] 0.0001 tCO_2eq/식
3 감축량 산정식		• 저탄소 식사 문화 확산 (일) 감축원단위 (0.0003 tCO_2eq/일) × 저탄소 식사 진행 일수 (일) • 저탄소 식사 문화 확산 (식) 감축원단위 (0.0001 tCO_2eq/식) × 저탄소 식사 횟수 (식)
4 감축원단위 산정근거		• [저탄소 식사 문화 확산 (일)] (0.0003 tCO_2eq/일) = 1인당 1일의 저탄소 식사로 인한 온실가스 감축량 = (1인당 1일 베이스라인 식단 온실가스 배출량 - 1인당 1일 저탄소 식단 온실가스 배출량) = 0.0003 tCO_2eq/일 ※ (0.0028 tCO_2eq/일 - 0.0025 tCO_2eq/ton) **= 0.0003 tCO_2eq/일** • [저탄소 식사 문화 확산 (식)] (0.0001 tCO_2eq/식) = 1인당 1식의 저탄소 식사로 인한 온실가스 감축량 = 0.0001 tCO_2eq/식 ※ 0.0003 tCO_2eq/일 ÷ 3식/일 **= 0.0001 tCO_2eq/식** • (1인당 1일 베이스라인 식단 온실가스 배출량) 0.0028 tCO_2eq/일 = (생산단계 온실가스 배출량 + 운송단계 온실가스 배출량 + 조리단계 온실가스 배출량) = 0.0028 tCO_2eq/일 ※ (1,778.84 gCO_2eq/일 + 59.64 gCO_2eq/일 + 999.65 gCO_2eq/일) = 2,838.13 gCO_2eq/일 ÷ 10^6 = 0.0028 tCO_2eq/일 **= 0.0028 tCO_2eq/일** • (1인당 1일 저탄소 식단 온실가스 배출량) 0.0025 tCO_2eq/일 = (생산단계 온실가스 배출량 + 운송단계 온실가스 배출량 + 조리단계 온실가스 배출량) = 0.0025 tCO_2eq/일 ※ (1,548.12 gCO_2eq/일 + 73.85 gCO_2eq/일 + 917.75 gCO_2eq/일) = 2,539.73 gCO_2eq/일 ÷ 10^6 = 0.0025 tCO_2eq/일 **= 0.0025 tCO_2eq/일**
5 산정계수		• 식단별 온실가스 배출량 (단위 : gCO_2eq/일) **단계** / **베이스라인 식단** / **저탄소 식단** 생산 / 1,778.84 / 1,548.12 운송 / 59.64 / 73.85 조리 / 999.65 / 917.75 총 합계 / 2,838.13 / 2,539.73	①

<table>
<tr><td>16</td><td>농축수산</td><td colspan="2">저탄소 식사 문화 확산 (채식 보급 활성화)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• 식단 구성
<table>
<tr><th>식단</th><th>베이스라인 식단</th><th>저탄소 식단
(No Meat)</th></tr>
<tr><td>아침</td><td>쌀밥
달걀찜
멸치조림
시금치나물
배추김치</td><td>쌀밥
콩나물국
동치미
무생채
시금치나물
고등어구이
매실차</td></tr>
<tr><td>점심</td><td>현미밥
콩나물국
고등어구이
시금치나물
깍두기</td><td>잡곡밥
된장국
깍두기
달걀후라이
감자전
식혜</td></tr>
<tr><td>저녁</td><td>잡곡밥
된장국
제육편육
상추
오이생채
열무김치</td><td>보리밥
달래된장찌개
고등어조림
총각김치
깻잎장아찌
무생채</td></tr>
</table></td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 다양한 식단에 따른 온실가스 배출량과 건강 Co-Benefits 추정연구 (서울대학교 보건학석사 학위논문, 설은혜, 2016.02.) - p.7~21</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 저탄소 식사 진행 일수 (일)
• 저탄소 식사 횟수 (식)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 기후변화대응을 위한 비건 라이프스타일 확산 캠페인 전개, 서울특별시
- 시민들에게 다소 생소할 수 있는 ‘비건 라이프’에 대한 이해도를 높이기 위한 캠페인을 진행하는 사업임. 실천 인증, 댓글 이벤트 등 다양한 시민참여 이벤트를 추진하고, 서울 미식 주간, 채식인의 날 등 주요 계기를 활용해 저탄소 식생활 실천 캠페인을 진행하였음</td></tr>
</table>

17	농축수산	친환경 농기계 보급
① 개요		화석연료 중심의 내연기관 농기계를 전기 농기계로 전환하여 온실가스 감축에 기여
② 원단위		• [경운기] 0.043 tCO_2eq/대 • [트랙터] 0.637 tCO_2eq/대 • [관리기] 0.015 tCO_2eq/대 • [이앙기] 0.014 tCO_2eq/대 • [콤바인] 0.254 tCO_2eq/대
③ 감축량 산정식		• [경운기] 감축원단위(0.043 tCO_2eq/대) × 전환대수 (대) • [트랙터] 감축원단위(0.637 tCO_2eq/대) × 전환대수 (대) • [관리기] 감축원단위(0.015 tCO_2eq/대) × 전환대수 (대) • [이앙기] 감축원단위(0.014 tCO_2eq/대) × 전환대수 (대) • [콤바인] 감축원단위(0.254 tCO_2eq/대) × 전환대수 (대)
④ 감축원단위 산정근거		• [경운기] 감축원단위(0.043 tCO_2eq/대) = 경유 경운기 사용 시 발생하는 온실가스 배출량 - 전기 경운기 사용 시 발생하는 온실가스 배출량 = {(연간 경운기 가동 시 총 열량 × 경유 CO_2 배출계수 × 단위환산) + (연간 경운기 가동 시 총 열량 × 경유 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (연간 경운기 가동 시 총 열량 × 경유 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산)} - (연간 경운기 가동 시 총 열량 × 전력 배출계수 ÷ 전기 순발열량 × 단위환산) = {(1,752 MJ/대 × 73,200 $kgCO_2$/TJ × 10^{-9}) + (1,752 MJ/대 × 3.9 $kgCH_4$/TJ × 28 × 10^{-9}) + (1,752 MJ/대 × 3.9 kgN_2O/TJ × 265 × 10^{-9})} - (1,752 MJ/대 × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 9.6 MJ/kWh × 10^{-3}) = **0.043 tCO_2eq/대** • [트랙터] 감축원단위(0.637 tCO_2eq/대) = 경유 트랙터 사용 시 발생하는 온실가스 배출량 - 전기 트랙터 사용 시 발생하는 온실가스 배출량 = {(연간 트랙터 가동 시 총 열량 × 경유 CO_2 배출계수 × 단위환산) + (연간 트랙터 가동 시 총 열량 × 경유 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (연간 트랙터 가동 시 총 열량 × 경유 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산)} - (연간 트랙터 가동 시 총 열량 × 전력 배출계수 ÷ 전기 순발열량 × 단위환산) = {(25,974 MJ/대 × 73,200 $kgCO_2$/TJ × 10^{-9}) + (25,974 MJ/대 × 3.9 $kgCH_4$/TJ × 28 × 10^{-9}) + (25,974 MJ/대 × 3.9 kgN_2O/TJ × 265 × 10^{-9})} - (25,974 MJ/대 × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 9.6 MJ/kWh × 10^{-3}) = **0.637 tCO_2eq/대** • [관리기] 감축원단위(0.015 tCO_2eq/대) = 휘발유 관리기 사용 시 발생하는 온실가스 배출량 - 전기 관리기 사용 시 발생하는 온실가스 배출량 = {(연간 관리기 가동 시 총 열량 × 휘발유 CO_2 배출계수 × 단위환산) + (연간 관리기 가동 시 총 열량 × 휘발유 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) +

17	농축수산	친환경 농기계 보급

(연간 관리기 가동 시 총 열량 × 휘발유 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산)} -
(연간 관리기 가동 시 총 열량 × 전력 배출계수 ÷ 전기 순발열량 × 단위환산)
= {(609 MJ/대 × 71,600 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-9}) + (609 MJ/대 × 25 $kgCH_4/TJ$ × 28 × 10^{-9}) + (609 MJ/대 × 8 kgN_2O/TJ × 265 × 10^{-9})} - (609 MJ/대 × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 9.6 MJ/kWh × 10^{-3}) = **0.015 tCO_2eq/대**

• [이앙기] 감축원단위(0.014 tCO_2eq/대)
= 휘발유 이앙기 사용 시 발생하는 온실가스 배출량 - 전기 이앙기 사용 시 발생하는 온실가스 배출량
= {(연간 이앙기 가동 시 총 열량 × 휘발유 CO_2 배출계수 × 단위환산) +
(연간 이앙기 가동 시 총 열량 × 휘발유 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) +
(연간 이앙기 가동 시 총 열량 × 휘발유 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산)} -
(연간 이앙기 가동 시 총 열량 × 전력 배출계수 ÷ 전기 순발열량 × 단위환산)
= {(573 MJ/대 × 71,600 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-9}) + (573 MJ/대 × 25 $kgCH_4/TJ$ × 28 × 10^{-9}) + (573 MJ/대 × 8 kgN_2O/TJ × 265 × 10^{-9})} - (573 MJ/대 × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 9.6 MJ/kWh × 10^{-3}) = **0.014 tCO_2eq/대**

• [콤바인] 감축원단위(0.254 tCO_2eq/대)
= 경유 콤바인 사용 시 발생하는 온실가스 배출량 - 전기 콤바인 사용 시 발생하는 온실가스 배출량
= {(연간 콤바인 가동 시 총 열량 × 경유 CO_2 배출계수 × 단위환산) +
(연간 콤바인 가동 시 총 열량 × 경유 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) +
(연간 콤바인 가동 시 총 열량 × 경유 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산)} -
(연간 콤바인 가동 시 총 열량 × 전력 배출계수 ÷ 전기 순발열량 × 단위환산)
= {(10,363 MJ/대 × 73,200 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-9}) + (10,363 MJ/대 × 3.9 $kgCH_4/TJ$ × 28 × 10^{-9}) + (10,363 MJ/대 × 3.9 kgN_2O/TJ × 265 × 10^{-9})} - (10,363 MJ/대 × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 9.6 MJ/kWh × 10^{-3})
= **0.254 tCO_2eq/대**

• 연간 농기계 1대당 가동시간 총 열량
= 농기계별 연간 출력열량 × 단위환산
연간 경운기 가동 시 총 열량 = 418,605 kcal/대 × 4,186 J/kcal × 10^{-6}
= **1,752 MJ/대**
연간 트랙터 가동 시 총 열량 = 6,205,029 kcal/대 × 4,186 J/kcal × 10^{-6}
= **25,974 MJ/대**
연간 관리기 가동 시 총 열량 = 145,512 kcal/대 × 4,186 J/kcal × 10^{-6}
= **609 MJ/대**
연간 이앙기 가동 시 총 열량 = 136,856 kcal/대 × 4,186 J/kcal × 10^{-6}
= **573 MJ/대**
연간 콤바인 가동 시 총 열량 = 2,475,579 kcal/대 × 4,186 J/kcal × 10^{-6}
= **10,363 MJ/대**

17	농축수산	친환경 농기계 보급	

5 산정계수

• 농기계별 엔진출력 계산

농기계 종류	엔진출력 (kW/대)	시간당 출력 열량 (kcal/hr·대)	연간 이용 시간 (hr)	연간 출력 열량 (kcal/대)
경운기	7.5	6,450	64.9	418,605
트랙터	51.5	44,290	140.1	6,205,029
관리기	4.5	3,870	37.6	145,512
이앙기	7.7	6,644	20.6	136,856
콤바인	88.3	75,938	32.6	2,475,579

<시간당 출력 열량(kcal/hr·대)>
= 엔진출력(kW/대) × 단위환산(860 kcal/kWh)

<연간 출력 열량(kcal/대)>
= 시간당 출력 열량(kcal/hr·대) × 연간 이용 시간(hr)

• 농기계별 엔진출력 — ①

농기계 종류	엔진출력	계산식	엔진출력 사용 값(kW)
경운기[a]	10 마력	10마력×0.7457 kW/마력=7.5	7.5
트랙터[b]	29~74 kW	(29+74)÷2=51.5	51.5
관리기[c]	3~6 kW	(3+6)÷2=4.5	4.5
이앙기[d]	보행형 1.9~2.2 kW, 승용형 11.9~14.9 kW	[{(1.9+2.2)÷2}+{(11.9+14.9)÷2}]÷2=7.7	7.7
콤바인[e]	88.3 kW	-	88.3

a) 한국민속대백과사전, 동력경운기 - p.2
b) 농업기계 이용실태 및 농작업 기계화율 조사연구 (국립농업과학원, 2018) - p.14
c) 한국민속대백과사전, 관리기 - p.2
d) 농업기술길잡이 논농사기계 (농촌진흥청, 2021) - p.66
e) 농업기술길잡이 논농사기계 (농촌진흥청, 2021) - p.174

• 농기계별 연간 이용 시간 (단위: hr) — ②

농기계 종류	경운기	트랙터	관리기	이앙기	콤바인
연간 이용 시간	64.9	140.1	37.6	20.6	32.6

• GWP: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265 — ③

• 각 연료별 순발열량 — ④

연료명	단위	순발열량
휘발유	MJ/L	30.4
경유	MJ/L	35.2
전기	MJ/kWh	9.6

17	농축수산	친환경 농기계 보급	
		• 경유 배출계수: (CO_2) 73,200 $kgCO_2/TJ$	④
		• 경유 배출계수: (CH_4) 3.9 $kgCH_4/TJ$, (N_2O) 3.9 kgN_2O/TJ	⑤
		• 휘발유 배출계수: (CO_2) 71,600 $kgCO_2/TJ$	④
		• 휘발유 배출계수: (CH_4) 25 $kgCH_4/TJ$, (N_2O) 8 kgN_2O/TJ	⑤
		• 전력 배출계수: 0.4781 tCO_2eq/MWh	⑥
		• 1 kcal = 4,186 J	④
		• 1 kW = 860 kcal/hr	④
		• 1 마력 = 0.7457 kW	⑦
6 출처		① a) 한국민속대백과사전, 경운기 - p.2 b) 농업기계 이용실태 및 농작업 기계화율 조사연구 (국립농업과학원, 2018) - p.14 c) 한국민속대백과사전, 관리기 - p.2 d) 농업기술길잡이 논농사기계 (농촌진흥청, 2021) - p.66 e) 농업기술길잡이 논농사기계 (농촌진흥청, 2021) - p.174 ② 농업기계이용실태조사 (농촌진흥청, 2022) - 경운기/트랙터/관리기 작업별 이용실적, 이앙기/콤바인 이용실적 ③ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서 ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조제2항관련) ⑤ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표6] 배출활동별 온실가스 배출량 등의 세부산정방법 및 기준 (제11조 관련) ⑥ 2021년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.7 ⑦ EG-Tips 에너지온실가스 종합정보 플랫폼 – 단위변환 계산기	
7 모니터링 인자		• 전기 농기계 전환대수(대)	지속
8 추진사례		• 스마트 전기 농기계 시범 보급, 세종특별자치시 - 전기 배터리를 장착한 농기계를 사용함으로써 미세먼지와 탄소 배출량을 줄여 농촌의 환경개선에 기여	

18	농축수산	수산양식장 전기보일러 교체
1 개요		수산 양식장에 활용되는 화석연료 보일러를 전기보일러로 교체하여 친환경에너지 사용을 통한 온실가스 감축에 기여
2 원단위		• [뱀장어 수산양식장] (B-C유→전기) 0.3194 tCO_2eq/m^2 • [넙치 수산양식장] (등유→전기) 0.0267 tCO_2eq/m^2
3 감축량 산정식		• [뱀장어 수산양식장] (B-C유→전기) 0.3194 tCO_2eq/m^2 × 양식장 수조 면적 (m^2) • [넙치 수산양식장] (등유→전기) 0.0267 tCO_2eq/m^2 × 양식장 수조 면적 (m^2)
4 감축원단위 산정근거		• [뱀장어 수산양식장] (B-C유→전기) 0.3282 tCO_2eq/m^2 = 기존 뱀장어 양식장 B-C유 보일러에 의한 온실가스 배출량 - 뱀장어 양식장 전기보일러 교체 시 온실가스 배출량 = 0.3197 tCO_2eq/m^2 – 0.00028 tCO_2eq/m^2 **= 0.3194 tCO_2eq/m^2** ✓ 보일러 외 모든 조건은 동일하므로 양식장 내 보일러 변경으로 인한 온실가스 배출량만을 비교하여 감축량을 산정함 ✓ 보일러를 사용하는 순환여과식 양식장을 기준으로 산정하였으므로 감축원단위는 보일러를 사용하는 순환여과식 양식장만 해당함 • [기존 뱀장어 양식장 B-C유 보일러에 의한 온실가스 배출량] 0.3284 tCO_2eq/m^2 = 수조 면적당 보일러 중유 사용량 × 중유 순발열량 × 중유 CO_2 배출계수) + (수조 면적당 보일러 중유 사용량 × 중유 순발열량 × 중유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (수조 면적당 보일러 중유 사용량 × 중유 순발열량 × 중유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP) = (101 L/m^2 × 39.2 MJ/L × 80,300 $kgCO_2/TJ$ ÷ 10^9) + (101 L/m^2 × 39.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ$ × 28 ÷ 10^9) + (101 L/m^2 × 39.2 MJ/L × 0.6 kgN_2O/TJ × 265 ÷ 10^9) = **0.3197 tCO_2eq/m^2** • [뱀장어 양식장 전기보일러 교체 시 온실가스 배출량] 0.00028 tCO_2eq/m^2 = 수조 면적당 전력소비량 × 전력배출계수 = 0.00058 MWh/m^2 × 0.4781 tCO_2eq/MWh **= 0.00028 tCO_2eq/m^2** ※ [수조 면적당 전력소비량] 0.00058 MWh/m^2 = 수조 면적당 보일러 필요 열량 ÷ 소비전력당 열량 = 500 $kcal/m^2$ ÷ 860 kcal/kWh ÷ 1,000 kWh/MWh **= 0.00058 MWh/m^2** ✓ 기존 양식장 내 보일러를 전기보일러 교체 시 전력소비량을 산정하기 위하여 양식장 수조 면적당 기존 보일러의 필요 열량을 전력으로 전환하여 산정함 • [넙치 수산양식장] (등유→전기) 0.0267 tCO_2eq/m^2 = Σ{(규모별 기존 양식장 등유 보일러에 의한 온실가스 배출량 - 전기보일러 교체 시 온실가스 배출량)} ÷ 4 = {0.0253 tCO_2eq/m^2 + 0.0251 tCO_2eq/m^2 +0.0251 tCO_2eq/m^2 +0.0314 tCO_2eq/m^2} ÷ 4

18	농축수산	수산양식장 전기보일러 교체

= 0.0267 tCO_2eq/m^2

✓ 보일러 외 모든 조건은 동일하므로 양식장 내 보일러 변경으로 인한 온실가스 배출량만을 비교하여 감축량을 산정함

✓ 남해안 넙치 양식장을 기준으로 산정함

✓ 넙치는 국내에서 가장 많이 양식하는 어종이므로 선정함

✓ 보일러를 사용하는 지수식 양식장(육상 수조식)을 기준으로 산정하였으므로 감축원단위는 보일러를 사용하는 육상 수조(지수식)만 해당함

※ [소규모 양식장 온실가스 배출량] 0.0254 tCO_2eq/m^2

= 수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 CO_2 배출계수) + (수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP)

= (10.073 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ$ ÷ 10^9) + (10.073 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ$ × 28 ÷ 10^9) + (10.073 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 0.6 kgN_2O/TJ × 265 ÷ 10^9)

= **0.0254 tCO_2eq/m^2**

※ [중소규모 양식장 온실가스 배출량] 0.0254 tCO_2eq/m^2

= 수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 CO_2 배출계수) + (수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP)

= (10.071 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ$ ÷ 10^9) + (10.071 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ$ × 28 ÷ 10^9) + (10.071 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 0.6 kgN_2O/TJ × 265 ÷ 10^9)

= **0.0254 tCO_2eq/m^2**

※ [중대규모 양식장 온실가스 배출량] 0.0254 tCO_2eq/m^2

= 수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 CO_2 배출계수) + (수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP)

= (10.072 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ$ ÷ 10^9) + (10.072 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 10 $kgCH_4/TJ$ × 28 ÷ 10^9) + (10.072 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 0.6 kgN_2O/TJ × 265 ÷ 10^9)

= **0.0254 tCO_2eq/m^2**

※ [대규모 양식장 온실가스 배출량] 0.0317 tCO_2eq/m^2

= 수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 CO_2 배출계수) + (수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량 × 등유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP)

<table>
<tr><th>18</th><th>농축수산</th><th colspan="2">수산양식장 전기보일러 교체</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">
+ (수조 면적당 보일러 등유 사용량 × 등유 순발열량
× 등유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP)
= (12.59 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2$/TJ ÷ 10^9)
+ (12.59 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 10 $kgCH_4$/TJ × 28 ÷ 10^9)
+ (12.59 L/m^2 × 34.2 MJ/L × 0.6 kgN_2O/TJ × 265 ÷ 10^9)
= 0.0317 tCO_2eq/m^2

• [넙치 양식장 전기보일러 교체 시 온실가스 배출량] 0.00006 tCO_2eq/m^2
= 수조 면적당 전력소비량 × 전력배출계수
= 0.00013 MWh/m^2 × 0.4781 tCO_2eq/MWh = 0.00006 tCO_2eq/m^2

※ [수조 면적당 전력소비량] 0.00013 MWh/m^2
= 수조 면적당 보일러 필요 열량 ÷ 소비전력당 열량
= 111.11 kcal/m^2 ÷ 860 kcal/kWh ÷ 1,000 kWh/MWh = 0.00013 MWh/m^2
✓ 기존 양식장 내 보일러를 전기보일러 교체 시 전력소비량을 산정하기 위하여 양식장 수조 면적당 기존 보일러의 필요 열량을 전력으로 전환하여 산정함
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5 산정계수</td><td colspan="2">
• 뱀장어 수산 양식장 수조 면적당 보일러 연료소비량 (B-C유)
<table>
<tr><th>규모</th><th>기준 수면적 (m^2)</th><th>표준 유류 소비량(드럼)</th><th>표준 유류 소비량(L)</th><th>수조 면적당 연료소비량 (L/m^2)</th></tr>
<tr><td>순환여과식</td><td>990</td><td>500</td><td>100,000</td><td>101</td></tr>
</table>
✓ 기존 양식장 수조 내 온도 조절을 위한 보일러 연료소비량임.
✓ 1드럼 = 200L
</td><td>①
②</td></tr>
<tr><td colspan="2">
• 넙치 수산 양식장 수조 면적당 보일러 연료소비량 (등유)
<table>
<tr><th>양식장 규모</th><th>연료 소비량(L)</th><th>수조면적 (m^2)</th><th>수조 면적당 연료소비량 (L/m^2)</th></tr>
<tr><td>소규모</td><td>16,620</td><td>1,650</td><td>10.073</td></tr>
<tr><td>중소규모</td><td>24,930</td><td>2,476</td><td>10.071</td></tr>
<tr><td>중대규모</td><td>41,550</td><td>4,126</td><td>10.072</td></tr>
<tr><td>대규모</td><td>83,099</td><td>6,601</td><td>12.590</td></tr>
</table>
✓ 기존 양식장 내 온도 조절을 위한 보일러 연료소비량임.
</td><td>③</td></tr>
</table>

18	농축수산	수산양식장 전기보일러 교체	

• 뱀장어 수산 양식장 면적당 보일러의 필요 열량

수조 면적 (m^2)	보일러 필요 열량 (kcal)	수조 면적당 보일러 필요 열량 (kcal/m^2)
1,000	500,000	500

✓ 소비전력당 열량 = 860 kcal/kWh
✓ 보일러 필요 열량 ÷ 수조 면적
= 수조 면적당 보일러 필요 열량 = 500 kcal/m^2
※ 500,000 kcal ÷ 1,000 m^2 = 500 kcal/m^2

④ ⑥

• 넙치 수조 면적당 보일러의 필요 열량

수조 면적 (m^2)	보일러 필요 열량 (kcal)	수조 면적당 보일러 필요 열량 (kcal/m^2)
360	40,000	111.11

✓ 1 kW = 860 kcal/hr
✓ 소비전력당 열량 = 860 kcal/kWh
✓ 보일러 필요 열량 ÷ 수조 면적
= 수조 면적당 보일러 필요 열량 = 111.11 kcal/m^2
※ 40,000 kcal ÷ 360 m^2 = 111.11 kcal/m^2

⑤ ⑥

• 연료별 순발열량

에너지원	단위	순발열량
등유	MJ/L	34.2
중유 (B-C유)	MJ/L	39.2

⑥

• 연료별 배출계수

연료명	국내 에너지원 기준	CO_2	CH_4 (상업, 공공)	N_2O (상업, 공공, 가정, 기타)
기타 등유	등유	73,200	10	0.6
잔여 연료유	중유 (B-C유)	80,300	10	0.6

⑥ ⑦

• 전력배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh

⑧

• GWP (지구온난화 지수)

온실가스명	화학식	GWP
이산화탄소	CO_2	1
메탄	CH_4	28
아산화질소	N_2O	265

⑨

18	농축수산	수산양식장 전기보일러 교체	
6 출처		① 뱀장어 양식 표준 지침서 (농림수산식품부 국립수산과학원, 2009.04.) - p.197, 200 ② 미국 국가표준 협회 (ANSI MH2) ③ 넙치 양식장에서 발생하는 온실가스 배출량 산정 (국립수산과학원 수산공학과 등, 2015) - p.617 ④ 뱀장어 양식 표준지침서 (농림수산식품부 국립수산과학원, 2009.04.) - p.97 ⑤ 넙치 양식 표준 지침서 (해양수산부 국립수산과학원, 2006.04.) - p.54 ⑥ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조 제2항 관련) ⑦ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련) ⑧ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ⑨ IPCC 제5차 평가보고서(AR5) (2013)	
7 모니터링 인자		• [뱀장어 수산양식장] (B-C유→전기) 뱀장어 수산 양식장 수조 면적 (m^2) • [넙치 수산양식장] (등유→전기) 넙치 수산 양식장 수조 면적 (m^2)	지속
8 추진사례		• 양식장 저탄소 친환경양식 시스템 구축으로 유류 보일러 대체, 충청북도(2024년) 충청북도 내 수면 산업 연구소에서 기존 유류 보일러 사용을 대체할 수 있는 저탄소 친환경양식 시스템을 구축하여 양식장 수조가온 및 난방에 유류, 가스 등 화석에너지 사용의 제로화를 통하여 온실가스 배출 저감 효과를 거두었음	

<table>
<tr><th colspan="2">19 농축수산</th><th colspan="3">버섯 수확 후 배지 재활용 사업</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="3">버섯 수확 후 버려지는 배지를 건조하여 축사 바닥에 까는 깔짚, 버섯 증강제 등으로 재활용함으로써 버섯 수확 후 남은 배지 폐기처리에 드는 온실가스 배출량을 저감</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="3">• [버섯 수확 후 배지 재활용 사업] 0.652 tCO_2eq/ton</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="3">• [버섯 수확 후 배지 재활용 사업] 0.652 tCO_2eq/ton× 배지 재활용량 (ton)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원 단위 산정근거</td><td colspan="3">• [버섯 수확 후 배지 재활용 사업] 0.652 tCO_2eq/ton
= 버섯 배지 폐기처리 온실가스 배출량 – 버섯 배지 건조 온실가스 배출량
= 1.799 tCO_2eq/ton – 1.147 tCO_2eq/ton = 0.652 tCO_2eq/ton
• [버섯 배지 폐기처리 온실가스 배출량] 1.799 tCO_2eq/ton
• [버섯 배지 건조 온실가스 배출량] 1.147 tCO_2eq/ton
= 배지 투입량당 건조시설 전력소비량 × 전력배출계수
= 2,400 kWh/ton ÷ 1000 kWh/MWh × 0.4781 tCO_2eq/MWh
= 1.147 tCO_2eq/ton</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">5 산정계수</td><td colspan="2">• 버섯 배지 폐기처리 온실가스 배출량
<table><tr><th>대분류</th><th>구분</th><th>원료/에너지</th><th>탄소발자국 (tCO_2eq/ton)</th></tr><tr><td>폐기물 처리</td><td>소각</td><td>지정폐기물 소각</td><td>1.799</td></tr></table>✓ 배지는 폐기물관리법 시행규칙에 따라 동·식물성 잔재물로 구분되어 지정폐기물로 분류되며, 주로 소각이 많이 이루어지므로 지정폐기물 소각으로 배출량 산정함</td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 배지 건조시설 전력소비량
<table><tr><th>배지 건조시설 용량 (kW/hr)</th><th>시간당 배지 투입량 (ton/hr)</th><th>배지 투입량당 건조시설 용량 (kW/ton)</th><th>건조시설 운용 시간 (hr)</th><th>배지 투입량당 건조시설 전력소비량 (kWh/ton)</th></tr><tr><td>60</td><td>0.3</td><td>200</td><td>12</td><td>2400</td></tr></table>✓ 배지 투입량당 건조시설 용량 = 200 kW/ton
= 배지 건조시설 용량 ÷ 시간당 배지 투입량
= 60 kW/hr ÷ 0.3 ton/hr = 200 kW/ton
✓ 배지 투입량당 건조시설 전력소비량 = 2400 kWh/ton
= 배지 투입량당 건조시설 용량 × 건조시설 운용 시간
= 200 kW/ton × 12 hr = 2400 kWh/ton</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 전력배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh</td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 환경성적표지 평가계수_탄소발자국 (2021.08.02.) - p.6
② 폐배지의 부가가치제고 기술개발에 관한 연구 (버섯배지 살균시 발생되는 잉여 폐열을 이용한 폐배지 건조기 개발 및 건조된 폐배지의 부가가치제고 기술개발) (농림축산식품부, 2016) - p.54
③ 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• [버섯 수확 후 배지 재활용 사업] 배지 재활용량 (ton)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 수확 후 남은 버섯 배지 축사 깔짚 활용, 충청남도(2023년)
충청남도는 폐기 배지를 활용해 톱밥 깔짚 대용으로 활용할 수 있는 실용화 방안을 연구했으며, 재활용을 위한 수집, 건조, 저장의 대량 유통시설을 구축하는 방안을 마련하여 재활용을 통하여 온실가스를 저감하고자 함</td></tr>
</table>

20 농축수산	영농부산물 파쇄	
1 개요	영농부산물을 소각하지 않고 파쇄하여 토양에 환원함으로써 소각할 때 발생하는 온실가스 감축에 기여하고자 함	
2 원단위	• 0.685 tCO_2eq/톤	
3 감축량 산정식	• 감축원단위(0.685 tCO_2eq/톤) × 영농부산물 파쇄량 (톤)	
4 감축원단위 산정근거	• 감축원단위 (0.685 tCO_2eq/톤) = 작물잔사(영농부산물) 소각 시 온실가스 배출량 - {작물잔사(영농부산물) 환원 시 온실가스 배출량 + 작물잔사(영농부산물) 파쇄 시 온실가스 배출량} = 0.808 tCO_2eq/톤 - (0.12 tCO_2eq/톤 + 0.003 tCO_2eq/톤) = **0.685 tCO_2eq/톤** • 작물잔사(영농부산물) 소각 시 온실가스 배출량 (0.808 tCO_2eq) = 작물잔사 소각 시 온실가스 배출량 ÷ 작물잔사 평균 소각량 = 14,183 tCO_2eq ÷ 17,545 톤 = **0.808 tCO_2eq/톤** • 작물잔사(영농부산물) 환원 시 온실가스 배출량 (0.12 tCO_2eq) = 작물잔사 환원 시 온실가스 배출량 ÷ 작물잔사 평균 환원량 = 34,500 tCO_2eq ÷ 288,016 톤 = **0.12 tCO_2eq/톤** • 작물잔사(영농부산물) 파쇄 시 온실가스 배출량 (0.003 tCO_2eq) = 농업용 파쇄기 평균 엔진출력 × 전력 배출계수 ÷ 농업용 파쇄기 평균 파쇄용량 = 7.27 kW·대 × 0.4781 tCO_2eq/MWh ÷ 1,000 kg/hr·대 **= 0.003 tCO_2eq/톤**	
5 산정계수	• 작물잔사(영농부산물) 소각 시 온실가스 배출량	

배출 연도	단위: tCO_2eq
2016년	15,130
2017년	14,590
2018년	14,850
2019년	15,830
2020년	13,300
2021년	11,400
평균	14,183

①

• 작물잔사(영농부산물) 환원 시 온실가스 배출량

배출 연도	단위: tCO_2eq
2016년	37,000
2017년	36,000
2018년	35,000
2019년	34,000
2020년	33,000
2021년	32,000
평균	34,500

①

20	농축수산	영농부산물 파쇄	

• 작물 생산량 (단위: 천톤)

작물 \ 연도	2016	2017	2018	2019	2020	2021	평균
벼	4,195	3,972	3,867	3,744	3,507	3,882	3,862
보리	73	75	103	137	99	89	96
밀	39	37	26	15	17	26	27
콩	75	86	89	105	81	111	91
고추	85	56	72	78	60	93	74
마늘	276	304	332	388	363	309	329
참깨	13.6	14.3	12.7	13.0	6.8	10.1	12
양파	1,299	1,144	1,521	1,594	1,168	1,577	1,384
감자	556	467	548	690	553	555	562
고구마	341	325	305	368	330	349	336
옥수수	74	73	78	76	92	95	81

②

• 작사/곡실 비율, 건물 비율, 작물잔사량

작물	잔사/곡실 비율	건물 비율	작물잔사량 (천톤)
벼	1.56	0.85	5,119.244
보리	1.27	0.86	104.851
밀	1.3	0.85	29.467
콩	1.07	0.86	83.892
고추	2.67	0.27	53.347
마늘	0.92	0.33	99.783
참깨	6.6	0.93	72.122
양파	0.13	0.08	14.392
감자	1.09	0.3	183.611
고구마	0.85	0.25	71.471
옥수수	1	0.78	63.440

• 작물잔사량 = 작물 생산량× 잔사/곡실 비율 × 건물 비율
• 예시) 벼 작물잔사량 = 벼 평균 생산량 × 벼 잔사/곡실비율 × 건물 비율
※ 3,862 천톤 × 1.56 × 0.85 = 5,119.244 천톤

①

• 작물잔사 평균 소각량

작물 \ 연도	잔사소각 비율						작물잔사 평균 소각량(톤)
	~2017	2018	2019	2020	2021	평균	
벼	0.0003	0.0007	0.0003	0.0003	0.0002	0.00036	1,843
보리	0.1768	0.139	0.098	0.0898	0.0815	0.11702	12,270
밀	0.439			0.439			12,936
콩	0.4016	0.4269	0.4485	0.3723	0.2961	0.38908	32,641
고추	0.522	0.5346	0.5762	0.5	0.4237	0.5113	27,276
마늘	0.1496	0.1525	0.1439	0.152	0.16	0.1516	15,127
참깨	0.5079	0.5003	0.5996	0.5208	0.442	0.51412	37,079
양파	0.0999	0.109	0.0613	0.0676	0.0739	0.08234	1,185
평균							17,545

20	농축수산	영농부산물 파쇄	
		• 작물잔사 평균 소각량 = 작물 잔사량 × 잔사 평균 소각비율 × 단위환산 • 예시) 벼 작물잔사 평균 소각량 = 벼 작물 잔사량 × 벼 잔사 소각비율 × 1,000 톤/천톤 ※ 5,119.244 천톤 × 0.00036 × 1,000 톤/천톤 = 1,843 톤	
		• 작물잔사 평균 환원량	①

작물 \ 연도	잔사건물 중 토양 환원율						작물잔사 평균 환원량 (톤)
	~2017	2018	2019	2020	2021	평균	
벼	0.5603	0.5562	0.5038	0.4717	0.4395	0.5063	2,591,873
보리	0.4719	0.4603	0.5593	0.5998	0.6402	0.5463	57,280
밀	0.3904			0.3904			11,504
콩	0.4938	0.4967	0.4983	0.5692	0.64	0.5396	45,268
고추	0.4109	0.4009	0.3613	0.445	0.5286	0.42934	22,904
마늘	0.7403	0.7788	0.8085	0.7792	0.7498	0.77132	76,965
참깨	0.4061	0.4504	0.3584	0.4382	0.5181	0.43424	31,318
양파	0.811	0.8461	0.9209	0.9005	0.88	0.8717	12,545
감자	1						183,611
고구마	1						71,471
옥수수	1						63,440
평균							288,016

	• 작물잔사 평균 환원량 = 작물 잔사량 × 잔사건물 중 토양 환원율 × 단위환산 • 예시) 벼의 작물잔사 평균 환원량 = 벼 작물 잔사량 × 벼 잔사건물 중 토양 환원율 × 1,000 톤/천톤 ※ 5,119.244 천톤 × 0.5063 × 1,000 톤/천톤 = 2,591,873 톤	
	• 농업용 파쇄기 평균 엔진출력	③ ④

업체명	형식명	규격	엔진출력 (kW)	파쇄용량 (kg/hr·대)
㈜대륙기계	DLK100TRC	10 마력	7.46	1,300
㈜대륙기계	DLK140TRC	14 마력	10.44	1,500
㈜한서정공	HNJ-1201B	7.5 마력	5.59	500
㈜한서정공	HNJ-1201	7.5 마력	5.59	700
평균			7.27	1,000

• 1 kW = 1.341 마력 ※ 예시) 10 마력 ÷ 1.341 마력/kW = 7.46 kW	
• 전력배출계수: 0.4781 tCO_2eq/MWh	⑤

20	농축수산	영농부산물 파쇄	
⑥ 출처		① 2023 국가 온실가스 인벤토리 보고서 (온실가스종합정보센터, 2024) - p.5-28, 33, 39, 41 ② 농림축산식품 주요통계 (농림축산식품부, 2022) -p.302, 313, 321, 340, 341, 355 ③ 농기계정보포털(https://k2.kamico.or.kr/) - '농업용파쇄기' ④ EG-Tips 에너지온실가스 종합정보 플랫폼 - 단위변환 계산기 ⑤ 2021년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.7	
⑦ 모니터링 인자		• 영농부산물 파쇄량(톤)	단발
⑧ 추진사례		• "영농부산물 태우지 말고 파쇄 후 거름으로 이용하세요", 제주농업기술원(2024년) - 제주도농업기술원, 영농부산물을 소각 대신 파쇄해 토양으로 환원하여 거름으로 사용함으로써 온실가스 감축에 기여할 수 있으므로 청정 제주환경 보전과 가능한 농업에 힘을 보태겠다고 강조했다.	

21	농축수산	로컬푸드 직매장 활성화
1 개요		로컬푸드 직매장 활성화를 통하여 많은 사람들이 가까운 곳에서 생산된 농산물 소비를 할 수 있게 되며, 농산물 수송에 의한 온실가스 배출량을 저감할 수 있음
2 원단위		• [로컬푸드 직매장 활성화] 0.0272 tCO_2eq/ton
3 감축량 산정식		• [로컬푸드 직매장 활성화] 0.0272 tCO_2eq/ton × 로컬푸드 직매장 상품입고량 (ton)
4 감축원단위 산정근거		• [로컬푸드 직매장 활성화] 0.0272 tCO_2eq/ton = (천안 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축원단위 + 원주 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축원단위 + 대전 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축원단위) ÷ 3 = (0.0235 tCO_2eq/ton + 0.0291 tCO_2eq/ton + 0.0290 tCO_2eq/ton) ÷ 3 = **0.0272 tCO_2eq/ton** • [천안 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축원단위] 0.0235 tCO_2eq/ton • [원주 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축원단위] 0.0291 tCO_2eq/ton • [대전 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축원단위] 0.0290 tCO_2eq/ton
5 산정계수		• 천안 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축량

농작물	전송량 (ton)	축소된 푸드마일리지 (ton·km)	수송에 따른 온실가스 감축량 (tCO_2eq)	전송 무게당 수송 온실가스 감축량 (tCO_2eq/ton)
양상추	668	124,232	23.902	0.036
양배추	336	35,241	6.780	0.020
부추	194	6,975	1.342	0.007
얼갈이 배추	122	14,872	2.861	0.023
호박	118	19,285	3.710	0.031
마늘	110	11,551	2.222	0.020
미나리	90	3,429	0.660	0.007
풋고추	77	14,252	2.742	0.036
열무	67	2,394	0.461	0.007
시금치	57	2,042	0.393	0.007
참나물	48	1,726	0.332	0.007
쑥갓	47	1,697	0.327	0.007
상추	44	7,041	1.355	0.031
오이	42	7,002	1.347	0.032
치커리	39	1,393	0.268	0.007
깻잎	39	4,707	0.906	0.023
파	45	8,360	1.608	0.036
아욱	32	3,847	0.740	0.023
비름	31	1,423	0.274	0.009
청경채	30	2,012	0.387	0.013
합계	2,278	273,483	52.618	**0.382**
평균				**0.0235**

①

21	농축수산	로컬푸드 직매장 활성화	

• 원주 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축량

농작물	전송량 (ton)	축소된 푸드마일리지 (ton·km)	수송에 따른 온실가스 감축량 (tCO_2eq)	전송 무게당 수송 온실가스 감축량 (tCO_2eq/ton)
양파	642	102,145	19.653	0.031
오이	389	56,370	10.846	0.028
감자	299	62,516	12.028	0.040
호박	283	41,010	7.890	0.028
포도	135	4,880	0.939	0.007
무	127	18,404	3.541	0.028
메론	95	3,998	0.769	0.008
부추	91	13,956	2.685	0.030
양배추	89	18,609	3.580	0.040
배	85	13,036	2.508	0.030
배추	81	16,667	3.207	0.040
토마토	80	9,522	1.832	0.023
당근	79	16,518	3.178	0.040
버섯	76	11,655	2.242	0.030
고추	73	10,579	2.035	0.028
감귤	67	4,015	0.772	0.012
마늘	66	13,827	2.660	0.040
수박	65	8,414	1.619	0.025
상추	63	9,662	1.859	0.030
파	47	7,208	1.387	0.030
합계	2,932	442,989	85.231	**0.565**
평균				**0.0291**

②

• 대전 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축량

농작물	전송량 (ton)	축소된 푸드마일리지 (ton·km)	수송에 따른 온실가스 감축량 (tCO_2eq)	전송 무게당 수송 온실가스 감축량 (tCO_2eq/ton)
시금치	741	53,440	10.282	0.014
얼갈이배추	710	88,618	17.050	0.024
배추	709	106,973	20.582	0.029
미나리	485	134,997	25.973	0.054
양상추	403	85,003	16.355	0.041
치커리	275	19,828	3.815	0.014
참나물	270	73,626	14.166	0.052
부추	264	25,255	4.859	0.018
근대	253	18,245	3.510	0.014
청경채	244	30,420	5.853	0.024
아욱	203	25,386	4.884	0.024

③

21	농축수산	로컬푸드 직매장 활성화	

농작물	전송량 (ton)	축소된 푸드마일리지 (ton·km)	수송에 따른 온실가스 감축량 (tCO_2eq)	전송 무게당 수송 온실가스 감축량 (tCO_2eq/ton)
열무	178	12,830	2.468	0.014
상추	138	35,636	6.856	0.050
무	127	17,936	3.451	0.027
돗나물	103	7,401	1.424	0.014
마늘	100	15,959	3.071	0.031
파프리카	89	24,324	4.680	0.053
브로콜리	85	21,126	4.065	0.048
쑥갓	79	19,510	3.754	0.048
고추	76	18,268	3.515	0.046
합계	5,532	834,780	160.612	**0.637**
평균				**0.0290**

✓ 전송 농작물을 주변 산지에서 직접 공급받을 때 축소되는 푸드 마일리지와 수송(트럭) 배출계수를 곱하여 온실가스 감축량을 산정함

※ 수송에 따른 온실가스 감축량 (tCO_2eq)
= 수송(트럭) 배출계수 ($tCO_2eq/ton·km$) × 축소된 푸드 마일리지 (ton·km)

✓ 전송 농작물 선정 기준은 전송량 상위 20개로 선정함
(자료 원출처 : 도매법인 내부자료, 2010)

✓ 전송량은 직거래 매장으로 전송된 각 농산물의 중량(ton)을 의미함

✓ 푸드 마일리지는 식량의 수송 거리이며, 해당 중량(ton)의 농산물이 생산지에서 소비자에게로 가는 이동 거리(km)를 의미함

✓ 각 농작물의 로컬푸드 전송량으로 수송 온실가스 감축량을 나눠준 값의 평균값으로 지역 로컬푸드 온실가스 감축량을 산정함

✓ 천안 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축량 ÷ 천안 로컬푸드 전송량 = **0.0235 tCO_2eq/ton**

✓ 원주 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축량 ÷ 원주 로컬푸드 전송량 = **0.0291 tCO_2eq/ton**

✓ 대전 로컬푸드로 인한 수송 온실가스 감축량 ÷ 대전 로컬푸드 전송량 = **0.0290 tCO_2eq/ton**

• 수송 배출계수

대분류	구분	원료/에너지	단위	탄소발자국	
수송	육상수송	트럭	$kgCO_2eq/ton.km$	0.1924	④

⑥ 출처

① 국민 식생활분야 푸드 마일리지 산정 연구 (국립환경과학원, 2010.12.) - p.75, 76
② 국민 식생활분야 푸드 마일리지 산정 연구 (국립환경과학원, 2010.12.) - p.78, 79
③ 국민 식생활분야 푸드 마일리지 산정 연구 (국립환경과학원, 2010.12.) - p.81, 82
④ 환경성적표지 탄소발자국 (2021.08.02.) - p.6

⑦ 모니터링 인자

• [로컬푸드 직매장 활성화] 로컬푸드 직매장 상품입고량 (ton) — 단발

⑧ 추진사례

• 로컬푸드 직거래 매장 운영, 경기도 고양시(2024년)
고양시는 농산물 직거래 매장 운영을 통해 농산물 수송 온실가스 배출량을 줄여 온실가스 저감에 기여함

제6절 폐기물

1	폐기물	준호기성 매립지
1 개요		매립지내 호기영역을 증대시켜 생활폐기물의 분해를 촉진시키고 메탄 발생을 감소시켜 온실가스 저감에 기여
2 원단위		• 0.050tCO_2eq/톤
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.050tCO_2eq/톤) × 생활폐기물 매립량(톤)
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.050tCO_2eq/톤) = 혐기성 온실가스 배출량 - 준호기성 온실가스 배출량 ※ 0.100tCO_2eq/톤 - 0.0504tCO_2eq/톤 = **0.050tCO_2eq/톤** ✓ CH_4 배출량은 CH_4 보정계수에 비례하므로 준호기성일 때와 혐기성일 때의 메탄보정계수 차에 의해 감축원단위를 산정함 • 온실가스 배출량 = 메탄 배출량 × 메탄GWP × 10^{-3} ① 혐기성 ※ 0.0036tCH_4 × 28 × 10^{-3} = **0.100tCO_2eq/톤** ② 준호기성 ※ 0.0018tCH_4 × 28 × 10^{-3} = **0.0504tCO_2eq/톤** • 메탄 배출량 = 메탄 발생량 × (1 - OX) ① 혐기성 ※ 0.004tCH_4 × (1 - 0.1) = **0.0036tCH_4** ② 준호기성 ※ 0.002tCH_4 × (1 - 0.1) = **0.0018tCH_4** • 메탄 발생량 = 분해되는 유기탄소량 × F × 1.336tCH_4/tC ① 혐기성 ※ 0.006tC × 0.5 × 1.336tCH_4/tC = **0.004tCH_4** ② 준호기성 ※ 0.003tC × 0.5 × 1.336tCH_4/tC = **0.002tCH_4** • 분해되는 유기탄소의 양 = 분해가능유기탄소 누적량 × (1 - e^{-k}) ① 혐기성 ※ 0.064tC × (1 - $e^{-0.09}$) = **0.006tC** ② 준호기성 ※ 0.032tC × (1 - $e^{-0.09}$) = **0.003tC**

1	폐기물	준호기성 매립지	
		• 분해가능유기탄소 누적량 = 분해가능유기탄소량 × e^{-k} ① 혐기성 ※ 0.07tC × $e^{-0.09}$ = **0.064tC** ② 준호기성 ※ 0.035tC × $e^{-0.09}$ = **0.032tC** • 분해가능유기탄소량 = 생활폐기물 매립량 × DOC × DOC_f × MCF ① 혐기성 ※ 1톤 × 0.14tC/톤 × 0.5 × 1 = **0.07tC** ② 준호기성 ※ 1톤 × 0.14tC/톤 × 0.5 × 0.5 = **0.035tC**	
5 산정계수		• 분해가능유기탄소(DOC) : 0.14tC/톤 (생활폐기물 혼합폐기물 기준)	①
		• 혐기적으로 분해가능한 유기탄소비율(DOC_f) : 0.5	①
		• 혐기성 메탄보정계수(MCF) : 1	②
		• 준호기성 메탄보정계수(MCF) : 0.5	②
		• 메탄 발생 속도상수(k) : 0.09 (생활폐기물 혼합폐기물 기준)	①
		• 산화계수(OX) : 0.1	①
		• 매립가스 중 메탄가스 비율(F) : 0.5	①
		• 메탄GWP : 28	③
6 출처		① 수도권매립지관리공사, 매립지 온실가스 배출량 산정방법, 2021(5p, 6p) ② 환경부·환경관리공단, 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인 제5권, 2008(3.18p) ③ UNFCCC 홈페이지 (https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/green house-gas-data-unfccc/global-warming-potentials)	
7 모니터링 인자		• 생활폐기물 매립량(톤)	단발
8 추진사례		• 위생매립장 4단계 사업, 경상북도 영주시 (2022.07.11.)	

2	폐기물	매립가스 자원화
① 개요		위생매립장에서 발생하는 매립가스를 포집하여 기존의 화석연료 대신 매립가스(메탄가스)를 포집 및 활용(보일러 및 발전 연료)하여 온실가스 감축에 기여 ✓ 매립가스를 소각하는 경우, 포집 단계까지만 고려하여 산정함
② 원단위		• [매립(메탄)가스 포집] 0.02 tCO_2eq/Nm^3 • [매립(메탄)가스 포집 및 보일러 연료로 활용] 0.02004 tCO_2eq/Nm^3 • [매립(메탄)가스 포집 및 발전 연료로 활용] 0.0212 tCO_2eq/Nm^3
③ 감축량 산정식		• [매립(메탄)가스 포집] (0.02 tCO_2eq/ton) × 메탄가스 포집량 (Nm^3) • [매립(메탄)가스 포집 및 보일러 연료로 활용] (0.02004 tCO_2eq/Nm^3) × 보일러 연료로의 활용량 (Nm^3) • [매립(메탄)가스 포집 및 발전 연료로 활용] (0.0212 tCO_2eq/Nm^3) × 발전 연료로의 활용량 (Nm^3) ✎ 적용 예시 • [매립(메탄)가스 포집] 감축원단위 적용 예시 메탄가스 포집(20,000Nm^3)하여, 일괄 소각하거나 활용하지 않음 = 0.02 tCO_2eq/Nm^3 × 20,000 Nm^3 = 400 tCO_2eq • [매립(메탄)가스 포집 및 보일러 연료로 활용] 감축원단위 적용 예시 메탄가스 포집(20,000Nm^3)하여, 보일러 연료로 전량 활용 = 0.02004 tCO_2eq/Nm^3 × 20,000 Nm^3 = 400.8 tCO_2eq • [매립(메탄)가스 포집 및 발전 연료로 활용] 감축원단위 적용 예시 메탄가스 포집(20,000Nm^3)하여, 발전 연료로 전량 활용 = 0.0212 tCO_2eq/Nm^3 × 20,000 Nm^3 = 424 tCO_2eq
④ 감축원 단위 산정근거		• [매립(메탄)가스 포집] (0.02 tCO_2eq/Nm^3) = (매립가스 포집량 중 메탄가스량 평균 × 메탄 GWP 지수) ÷ 메탄가스 포집량 평균 = (11,371 tCH_4 × 28) ÷ 15,889,495 Nm^3 = **0.02 tCO_2eq/Nm^3** • [매립(메탄)가스 포집 및 보일러 연료로 활용] (0.02004 tCO_2eq/Nm^3) = 매립가스 포집 감축원단위 + 보일러 연료 활용 감축원단위 = [메탄가스 가스 공급으로의 활용량(tCH_4) × 매립가스 순발열량 × {LNG CO_2 배출계수 + (LNG CH_4 배출계수 × CH_4 GWP) + (LNG N_2O 배출계수 × N_2O GWP)} × 단위환산] ÷ 메탄가스 활용량-보일러 연료(Nm^3) + 매립가스 포집 감축원단위 = 15,006 tCH_4 × 50.4 TJ/Gg × {56,100 $kgCO_2/TJ$ + (1 $kgCH_4/TJ$ × 28) + (0.1 kgN_2O/TJ × 265)} × 10^{-9}] ÷ 20,969,628 Nm^3 + 0.02 tCO_2eq/Nm^3 = **0.02004 tCO_2eq/Nm^3**

<table>
<tr><th>2</th><th>폐기물</th><th colspan="2">매립가스 자원화</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">• [매립(메탄)가스 포집 및 발전 연료로 활용] (0.0212 tCO_2eq/Nm^3)
= (메탄가스 발전량 × 전력 배출계수) ÷ 메탄가스 발전으로의 활용량 + 매립가스 포집 감축원단위
= (206,760 MWh × 0.4781 tCO_2eq/MWh) ÷ 86,400,344 Nm^3 + 0.02 tCO_2eq/Nm^3 = 0.0212 tCO_2eq/Nm^3</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="6">5 산정계수</td><td>• LFG 포집량 중 메탄가스량
<table><tr><th>지역</th><th>LFG 포집량 중 메탄가스량 (Nm^3)</th><th>LFG 포집량 중 메탄가스량 (tCH_4)</th></tr><tr><td>전국</td><td>127,116,223</td><td>90,797</td></tr><tr><td>부산</td><td>3,252,308</td><td>2,323</td></tr><tr><td>대구</td><td>17,754,776</td><td>12,682</td></tr><tr><td>인천</td><td>97,735,293</td><td>69,811</td></tr><tr><td>광주</td><td>1,508,728</td><td>1,078</td></tr><tr><td>대전</td><td>2,385,918</td><td>1,704</td></tr><tr><td>강원</td><td>3,525,524</td><td>2,518</td></tr><tr><td>충남</td><td>519,285</td><td>371</td></tr><tr><td>경남</td><td>434,127</td><td>310</td></tr><tr><td>평균</td><td>15,889,495</td><td>11,371</td></tr></table>• 메탄가스(CH_4) 활용량(보일러 연료로 사용, 2022년) : 20,969,628.2Nm^3
✓ 메탄 배출량 단위 환산
= 메탄 배출량(Nm^3) × (kg·mole / 22.414Nm^3) × (메탄 분자량(kg) / kg·mole) × (ton / 10^3kg)
= 15,889,495 Nm^3 × (kg·mole / 22.414Nm^3) × (16.04kg / kg·mole) × (ton / 10^3kg) = 11,371 tCH_4
✓ 메탄가스 활용량 - 가스공급 단위 환산
= 메탄 활용량(Nm^3) × (kg·mole / 22.414Nm^3) × (메탄 분자량(kg) / kg·mole) × (ton / 10^3kg)
= 20,969,628.2 Nm^3 × (kg·mole / 22.414Nm^3) × (16.04kg / kg·mole) × (ton / 10^3kg) = 15,006 tCH_4</td><td>①</td></tr>
<tr><td>• 매립지가스 발전량: 206,760 MWh</td><td>②</td></tr>
<tr><td>• GWP: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265</td><td>③</td></tr>
<tr><td>• 매립가스 순발열량: 50.4 TJ/Gg</td><td>④</td></tr>
<tr><td>• LNG 배출계수: (CO_2) 73,200 $kgCO_2/TJ$</td><td>⑤</td></tr>
<tr><td>• LNG 배출계수: (CH_4) 3.9 $kgCH_4/TJ$, (N_2O) 3.9 kgN_2O/TJ</td><td>⑥</td></tr>
</table>

2	폐기물	매립가스 자원화	
		• 전력 배출계수: 0.4781 tCO_2eq/MWh	⑦
⑥ 출처		① 2022년 전국 폐기물 발생 및 처리현황(환경부, 한국환경공단, 2023.12.29.) - p.1123 ~ 1126 ② 신재생에너지보급실적조사 (한국에너지공단, 2022) - 신재생에너지 발전량 ③ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서 ④ [별표 11] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 연료별 기본 발열량 (제15조제1항 관련)(온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침) ⑤ [별표 12] 연료별 국가 고유 발열량 및 배출계수 (제15조제2항 관련)(온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침) ⑥ [별표 10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항 관련)(온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침) ⑦ 2021년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.7	
⑦ 모니터링 인자		• [매립(메탄)가스 포집] 메탄가스 포집량 (Nm^3)	단발
		• [매립(메탄)가스 포집 및 보일러 연료로 활용] 보일러 연료로의 활용량 (Nm^3)	단발
		• [매립(메탄)가스 포집 및 발전 연료로 활용] 발전 연료로의 활용량 (Nm^3)	단발
⑧추진사례		• 매립장 가스 자원화, 대구광역시 (2023년) - 대구시는 방천리 위생매립장 악취 원인인 매립가스를 정제하여 보일러 연료로 공급 판매하는 사업을 2007년 지자체 최초로 유엔 기후변화협약 사업으로 등록했고, 온실가스 감축을 인증받아 탄소배출권을 국내외에 판매함으로써 온실가스 감축에 기여하고 있음	

<table>
<tr><th colspan="2">3 폐기물</th><th colspan="3">고형폐기물의 생물학적 처리량 감소</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="3">폐기물의 부피감소, 안정화, 바이오가스 생산 등을 목적으로 이루어지는 유기 고형폐기물의 생물학적 처리량을 감소시켜 온실가스 배출 저감</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="3">• [퇴비화]
· (건식) 0.439tCO_2eq/톤
· (습식) 0.192tCO_2eq/톤
• [혐기성 소화]
· (건식) 0.056tCO_2eq/톤
· (습식) 0.028tCO_2eq/톤</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="3">• [퇴비화]
· (건식) 감축원단위(0.439tCO_2eq/톤) × 감소 처리량(톤)
· (습식) 감축원단위(0.192tCO_2eq/톤) × 감소 처리량(톤)
• [혐기성소화]
· (건식) 감축원단위(0.056tCO_2eq/톤) × 감소 처리량(톤)
· (습식) 감축원단위(0.028tCO_2eq/톤) × 감소 처리량(톤)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원단위 산정근거</td><td colspan="3">• [퇴비화]
= {(메탄 처리량 × 메탄GWP) + (아산화질소 처리량 × 아산화질소GWP)} × 10^{-3}
① 건식
※ {(10gCH_4/kg × 28) + (0.6gN_2O/kg × 265)} × 10^{-3} = 0.439tCO_2eq/톤
② 습식
※ {(4gCH_4/kg × 28) + (0.3gN_2O/kg × 265)} × 10^{-3} = 0.192tCO_2eq/톤
• [혐기성소화]
= {(메탄 처리량 × 메탄GWP) + (아산화질소 처리량 × 아산화질소GWP)} × 10^{-3}
① 건식
※ {(2gCH_4/kg × 28) + (0gN_2O/kg × 265)} × 10^{-3} = 0.056tCO_2eq/톤
② 습식
※ {(1gCH_4/kg × 28) + (0gN_2O/kg × 265)} × 10^{-3} = 0.028tCO_2eq/톤</td></tr>
<tr><td colspan="2">5 산정계수</td><td colspan="2"><생물학적 처리유형에 따른 기본 배출계수>
<table><tr><th rowspan="2">생물학적 처리 유형</th><th colspan="2">CH_4 (gCH_4/kg-waste)</th><th colspan="2">N_2O (gN_2O/kg-waste)</th></tr><tr><th>건량 기준</th><th>습량 기준</th><th>건량 기준</th><th>습량 기준</th></tr><tr><td>퇴비화</td><td>10</td><td>4</td><td>0.6</td><td>0.3</td></tr><tr><td>혐기성 소화</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table></td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 환경부고시 제2021-10호, 2021 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침, [별표 6] 3. 고형폐기물의 생물학적 처리 <표-57> 생물학적 처리유형에 따른 기본 배출계수</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 감소 처리량(톤)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

4	폐기물	소각량 및 매립량 감량 (폐기물 운송량 감량)
1 개요		폐기물 (소각량 및 매립량) 자발적 감량화 사업을 통해 감축되는 폐기물의 수집 및 운반에 따른 온실가스를 감축하고자 함
2 원단위		• [평균] 0.012 tCO_2eq/ton • [공동주택] 0.008 tCO_2eq/ton • [일반주택] 0.010 tCO_2eq/ton • [농어촌] 0.018 tCO_2eq/ton
3 감축량 산정식		• [평균] 0.012 tCO_2eq/ton × 감량된 폐기물 중량 (ton) • [공동주택] 0.008 tCO_2eq/ton × 감량된 공동주택 폐기물 중량 (ton) • [일반주택] 0.010 tCO_2eq/ton × 감량된 일반주택 폐기물 중량 (ton) • [농어촌] 0.018 tCO_2eq/ton × 감량된 농어촌 폐기물 중량 (ton)
4 감축원단위 산정근거		[평균] 0.012 tCO_2eq/ton = 폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 CO_2 배출계수) + (폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP) = (4.65 L/ton × 35.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ \div 10^9$) + (4.65 L/ton × 35.2 MJ/L × 3.9 $kgCH_4/TJ$ × 28 $\div 10^9$) + (4.65 L/ton × 35.2 MJ/L × 3.9 kgN_2O/TJ × 265 $\div 10^9$) = **0.012 tCO_2eq/ton** [공동주택] 0.008 tCO_2eq/ton = 폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 CO_2 배출계수) + (폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP) = (2.95 L/ton × 35.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ \div 10^9$) + (2.95 L/ton × 35.2 MJ/L × 3.9 $kgCH_4/TJ$ × 28 $\div 10^9$) + (2.95 L/ton × 35.2 MJ/L × 3.9 kgN_2O/TJ × 265 $\div 10^9$) = **0.008 tCO_2eq/ton** [일반주택] 0.010 tCO_2eq/ton = 폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 CO_2 배출계수) + (폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP) = (3.98 L/ton × 35.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ \div 10^9$) + (3.98 L/ton × 35.2 MJ/L × 3.9 $kgCH_4/TJ$ × 28 $\div 10^9$) + (3.98 L/ton × 35.2 MJ/L × 3.9 kgN_2O/TJ × 265 $\div 10^9$) = **0.010 tCO_2eq/ton**

<table>
<tr><th colspan="2">4 폐기물</th><th colspan="3">소각량 및 매립량 감량 (폐기물 운송량 감량)</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">[농어촌] 0.018 tCO_2eq/ton
= 폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 CO_2 배출계수) + (폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 CH_4 배출계수 × 메탄 GWP) + (폐기물 수집 및 운반 경유 사용량 × 경유 순발열량 × 경유 N_2O 배출계수 × 아산화질소 GWP)
= (7.03 L/ton × 35.2 MJ/L × 73,200 $kgCO_2/TJ \div 10^9$) + (7.03 L/ton × 35.2 MJ/L × 3.9 $kgCH_4/TJ$ × 28 ÷ 10^9) + (7.03 L/ton × 35.2 MJ/L × 3.9 kgN_2O/TJ × 265 ÷ 10^9)
= 0.018 tCO_2eq/ton</td></tr>
<tr><td rowspan="3">5 산정계수</td><td colspan="2">• 일반폐기물 수집 및 운반에 따른 연료(경유) 사용량
<table><tr><th>평균 (L/ton)</th><th>공동주택 (L/ton)</th><th>일반주택 (L/ton)</th><th>농어촌 (L/ton)</th></tr><tr><td>4.65</td><td>2.95</td><td>3.98</td><td>7.03</td></tr></table>✓ 일반폐기물을 대상으로 공동주택, 일반주택, 농어촌에서의 수집 및 운반에 따른 ton당 연료 사용량임.</td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 연료별 국가 고유 발열량 및 배출계수
<table><tr><th>연료명</th><th>순발열량 (MJ/L)</th><th>CO_2 ($kgCO_2/TJ$)</th><th>CH_4 ($kgCH_4/TJ$)</th><th>N_2O (kgN_2O/TJ)</th></tr><tr><td>경유</td><td>35.2</td><td>73,200</td><td>3.9</td><td>3.9</td></tr></table>✓ CH_4, N_2O 경유 배출계수는 수송 부문의 도로 배출계수를 적용하였음</td><td>②
③
④</td></tr>
<tr><td colspan="2">• GWP: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265</td><td>⑤</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 전과정평가기법을 이용한 생활폐기물 관리 지원시스템 개발 – 수집, 운반을 중심으로 (국립환경과학원, 2008.) - p. 35
② 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표10] 2006 IPCC 국가 인벤토리 가이드라인 기본 배출계수(제15조제1항관련)
③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시, 제2021-10호), [별표12] 연료별 국가고유배출계수(제15조제2항관련)
④ 2022 지역 온실가스 통계 산정지침 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.18
⑤ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• [평균] 감량된 폐기물 중량 (ton)
• [공동주택] 감량된 공동주택 폐기물 중량 (ton)
• [일반주택] 감량된 일반주택 폐기물 중량 (ton)
• [농어촌] 감량된 농어촌 폐기물 중량 (ton)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 생활폐기물 매립, 소각 모두 줄었다, 서울특별시(2022년)
생활폐기물 발생 저감을 위해 주거지역 위주로 재활용 정책을 진행했음. 입주민의 참여가 활발해져서 올해 1~4월 수도권매립지에 매립된 서울시 폐기물 양이 전년 같은 기간 대비 47% 감소하여 온실가스 배출량 저감에 기여함</td></tr>
</table>

5	폐기물	소각여열 회수 및 이용	
1 개요		폐기물을 소각하는 과정에서 발생하는 여열을 회수하여 지역난방으로 활용하는 사업으로, 기존 LNG를 대체함으로써 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 0.00003tCO$_2$eq/MJ	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.00003tCO$_2$eq/MJ) × 열공급량(MJ)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.00003tCO$_2$eq/MJ) = 지역난방 온실가스 배출계수 × (단위환산) ※ {(34,771kgCO$_2$/TJ × 1) + (0.6316kgCH$_4$/TJ × 28) + (0.0638kgN$_2$O/TJ × 265)} × 10^{-9} = **0.00003tCO$_2$eq/MJ** ✓ 소각하고 남은 열을 일부 LNG로 대체 및 활용하는 것으로 가정 ✓ 한국지역난방공사 홈페이지를 통해 매년 지역별 지역난방 온실가스 배출계수를 공개하므로, 감축량 산정년도에 해당 지역의 온실가스 배출계수를 활용하여 정확한 감축량 산정 가능	
5 산정계수		• 지역난방 배출계수 : 34,771kgCO$_2$/TJ, 0.6316kgCH$_4$/TJ, 0.0638kgN$_2$O/TJ ※ 수도권 연계지사* 2020년 기준 * 수도권 연계지사 : 수원, 중앙, 파주, 용인, 화성, 강남, 분당, 판교, 삼송, 고양, 광교, 동탄지사	①
6 출처		① 한국지역난방공사 홈페이지(온실가스 통계) (https://www.kdhc.co.kr/kdhc/main/contents.do?menuNo=200368)	
7 모니터링 인자		• 열공급량(MJ)	단발
8 추진사례		• 자원회수시설 운영, 경상남도 양산시	

6	폐기물	유기성 폐기물 신재생에너지 생산	
1 개요		유기성 폐기물(음식물쓰레기, 가축분뇨, 하수슬러지 등)의 혐기성 소화를 통해 발생된 바이오가스를 열병합발전기의 연료로 이용하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [생산량기준] 0.001tCO_2eq/m^3	
3 감축량 산정식		• [생산량기준] 감축원단위(0.001tCO_2eq/m^3) × 바이오가스 활용량(m^3)	
4 감축원단위 산정근거		• [생산량 기준] 0.001tCO_2eq/m^3 = 바이오가스 발전량 ÷ 바이오가스 활용량 × 전력배출계수 ※ 168,409MWh/년 ÷ 65,023천m^3/년 × 0.4781tCO_2eq/MWh = **0.001tCO_2eq/m^3** ✓ 생산량 : 바이오가스 생산량	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781tCO_2eq/MWh	①
		• 바이오가스 생산량 : 65,023천㎥/년 (2019년 발전 기준)	②
		• 바이오가스 발전량 : 168,409MWh/년 ※ 2019년 바이오가스 발전 사업용 기준	③
		• 총 처리량 : 22,295천톤/년 (2019년 기준)	②
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년) ② 환경부, 2020년 유기성폐자원 바이오가스화시설 현황, 2020(2p, 3p) ③ KOSIS 홈페이지(신·재생에너지 발전량) (https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=337&tblId=DT_337N_A002)	
7 모니터링 인자		• 바이오가스 생산량(m^3)	단발
8 추진사례		• 유기성 폐기물 광역 에너지화 시설로 신재생에너지 생산, 경상북도 영천시	

7	폐기물	하수처리장 에너지자립화 사업	
1 개요		공공하수처리시설에 소화가스, 태양광 등의 자체 재생에너지 생산에 따른 에너지자립화를 통해 에 너지사용량을 절감하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [발전량] 0.0004781tCO$_2$eq/kWh	
3 감축량 산정식		• [발전량] 감축원단위(0.0004781tCO$_2$eq/kWh) × 발전량(kWh)	
4 감축원단위 산정근거		• [발전량] 감축원단위(0.0004781tCO$_2$eq/kWh) = 전력배출계수 × 단위환산 ※ 0.4781tCO$_2$eq/MWh × 10^{-3} = **0.0004781tCO$_2$eq/kWh**	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781tCO$_2$eq/MWh	①
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2021년)	
7 모니터링 인자		• 발전량(kWh)	단발
8 추진사례		• 하수처리장 에너지 자립화 사업 추진, 광주광역시	

<table>
<tr><th colspan="2">8 폐기물</th><th colspan="2">하수슬러지 소각재 재활용 (시멘트 원료화)</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="2">하수슬러지 폐기 처리 과정에서 소각 후 남는 처리잔재물인 소각재를 시멘트 원료로 사용되는 클링커에 혼합하여 온실가스 저감에 기여</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="2">• 0.52 tCO_2eq/t-클링커 생산량</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="2">• 0.52 tCO_2eq/t-클링커 생산량 × 하수슬러지 소각재 재활용량 (ton)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원단위
산정근거</td><td colspan="2">• [하수슬러지 소각재 재활용] 0.52 tCO_2eq/t-클링커 생산량
= 클링커 배출계수 × CKD 보정계수
= 0.51 tCO_2eq/ton × 1.02 = 0.52 tCO_2eq/t-클링커 생산량</td></tr>
<tr><td colspan="2">5 산정계수</td><td>• 클링커 (시멘트 원료) 배출계수 및 CKD 보정계수
<table><tr><th>클링커 배출계수
(tCO_2/ton)</th><th>CKD 보정계수</th></tr><tr><td>0.51</td><td>1.02</td></tr></table>✓ CKD 보정계수 : 시멘트 킬른 먼지 (Cement Kiln Dust) 보정계수
✓ 시멘트 원료로서 사용된 하수슬러지 소각재는 전체 조합원료에 대해 5% 혼합 비율을 차지함</td><td>①
②</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 2022 지역 온실가스 통계 산정지침
(온실가스종합정보센터, 2022.12.) - p.32, 164 ~ 176
② 시멘트 원료로서 하수슬러지 소각재의 클링커링 반응 특성 (한국지질자원연구원 자원활용소재연구부(안지환), 2004.02.12.) - p. 327</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 하수슬러지 소각재 재활용량 (ton)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 하수슬러지 시멘트 원료 재활용 - 울산광역시 남구 (2022.03.31.)
울산 남구에 하루 200 ton을 처리하는 슬러지 자원화시설이 추가 설치되어 울산 지역에서 발생하는 모든 하수슬러지를 자체 처리할 수 있게 되었음. 슬러지 처리 후 잔재물인 소각재가 시멘트의 원료로 재활용되어 자원순환효과 및 온실가스 감축 효과를 기대할 수 있음</td></tr>
</table>

9	폐기물	하수처리수 재이용	
1 개요		하수처리장의 방류 처리수를 조경수, 청소수, 세척수, 공업용수로 사용하여 상수를 대체함으로써 상수의 생산 및 공급에 따른 온실가스 배출을 저감하는 사업.	
2 원단위		• 0.0002228 tCO_2eq/m^3	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.0002228 tCO_2eq/m^3) × 연간 재이용수량 (m^3)	
4 감축원단위 산정근거		• 방류 하수처리수의 재이용수와 동량의 상수 생산·공급에 따른 온실가스 배출량 = Σ(취수, 정수 및 배수) 전력사용량(kWh) ÷ 연간 공급·생산량(m^3) × 0.4781($kgCO_2eq/KWh$) = 0.2228 $\times 10^{-3}$ tCO_2eq/m^3	
5 산정계수		• 전력배출계수 : 0.4781 tCO_2eq/MWh	①
		• 상수 전력사용량 및 공급량	②

구 분		취수장	정수장	배수 및 저수조
연간전력사용량	kWh	1,317,695,462	1,245,201,944	597,334,192
연간 공급량	m^3	7,041,938,444	6,605,854,659	6,605,854,659

6 출처	① 전력배출계수(온실가스종합정보센터, 2021) ② 상수 생산,공급의 전력사용량 및 생산량, 2021 상수도통계, 환경부	
7 모니터링 인자	• 연간 재이용수량(m^3)	단발
8 추진사례	• 인천 가좌 하수처리장 : 현대제철 등에 공업용 원수로 공급	

10	폐기물	아이스팩, 커피찌꺼기 재활용	
1 개요		아이스팩 재활용으로 폐기물 매립·소각량을 감소함으로써 온실가스 감축이 이루어지고, 커피찌꺼기는 바이오에너지연료의 원료로 재활용하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [아이스팩] 0.002tCO_2eq/톤 • [커피찌꺼기] 0.001tCO_2eq/톤	
3 감축량 산정식		• [아이스팩] 감축원단위(0.002tCO_2eq/톤) × 재활용량(톤) • [커피찌꺼기] 감축원단위(0.001tCO_2eq/톤) × 재활용량(톤)	
4 감축원단위 산정근거		• [아이스팩] 감축원단위(0.002tCO_2eq/톤) = 아이스팩 재활용량 × 생활폐기물 소각시 온실가스 배출량 = 1톤 × {(7.51gCH_4/톤 × 28) + (6.33gN_2O/톤 × 265)} × 10^{-6} = **0.002tCO_2eq/톤** ✓ 재활용되지 않는 아이스팩은 소각되는 것으로 가정 • [커피찌꺼기] 감축원단위(0.001tCO_2eq/톤) = 커피찌꺼기의 발열량 × 단위환산 × 등유(경유)배출계수 × 단위환산 = 4,500kcal/kg × (4.1868 × 10^{-9})TJ/kcal × 73,200kgCO_2/TJ × 10^{-3} = **0.001tCO_2eq/톤**	
5 산정계수		• 생활폐기물 소각시 온실가스 배출량 : 7.51gCH_4/톤, 6.33gN_2O/톤 ※ 폐기물소각 생활폐기물 고정상 SCR 기준	①
		• 커피찌꺼기의 발열량 : 4,500kcal/kg ※ 배출권거래제 외부사업 '커피박펠릿을 활용한 연료전환 사업의 방법론'에서 제시 한 적용조건 적용	②
		• 등유(경유)배출계수 : 73,200kgCO_2/TJ	③
6 출처		① 환경부, 2018년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수, 2018(4p) ② 농림축산식품부, 커피박펠릿을 활용한 연료전환 사업의 방법론, 2020(1p) ③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항관련)	
7 모니터링 인자		• 아이스팩 재활용량(톤) • 커피찌꺼기 재활용량(톤)	단발
8 추진사례		• 아이스팩 재활용 사업 확대 추진, 서울특별시 동작구	

11	폐기물	종이팩 재활용	
1 개요		종이팩은 분리배출이 잘 되고 있지 않아 소각되고 있음. 종이팩 재활용률을 높여 기존의 종이팩이 소각될 때 발생하는 온실가스 저감에 기여하고자 함	
2 원단위		• 0.0135 tCO_2eq/톤	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.0135 tCO_2eq/톤) × 재활용량 (톤)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (0.0135 tCO_2eq/톤) = 종이팩 소각 시 온실가스 배출량 = **0.0135 tCO_2eq/톤** • 종이팩 소각 시 온실가스 배출량 (0.0135 tCO_2eq/톤) = 종이/판지 소각 배출계수 × 종이팩 중 종이 구성 비율 = 0.0155 tCO_2eq/톤 × 0.87 = **0.0135 tCO_2eq/톤** ✓ 전부 소각된다고 가정 ✓ 종이팩은 종이와 폴리에틸렌으로 구성되어 있는데, 폴리에틸렌 소각 배출량은 종이팩 소각 시와 재활용 시에 동일하게 일어나므로 배출량 산정을 생략함 • 종이/판지 소각 시 온실가스 배출량 (0.0155 tCO_2eq/톤) = CO_2 배출계수 + (CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산) = 0.0125 tCO_2/톤 + (52.1 gCH_4/톤 × 28 × 10^{-6}) + (6.1 gN_2O/톤 × 265 × 10^{-6}) = **0.0155 tCO_2eq/톤**	
5 산정계수		• 종이/판지(생활폐기물) 소각 시 이산화탄소 배출계수 성상 | DM_{ij} | CF_{ij} (tC/t-Waste) | FCF_{ij} | OF_{ij} | CO_2 보정계수 종이/판지 | 0.7951 | 0.4276 | 0.01 | 1 | 3.667 ✓ 종이 1ton 소각 시 이산화탄소 배출량 = DM_{ij} × CF_{ij} × FCF_{ij} × OF_{ij} × CO_2 보정계수 = 0.7951 × 0.4276 × 0.01 × 1 × 3.667 = **0.0125 tCO_2/톤** ※ DM_{ij}: 건조물질함량, CF_{ij}: 탄소함량, FCF_{ij}: 화석탄소함량, OF_{ij}: 산화계수 • 종이/판지(생활폐기물) 소각 시 메탄, 아산화질소 배출계수 CH_4 배출계수 (gCH_4/톤) | N_2O 배출계수 (gN_2O/톤) 52.1 | 6.1	①
		• GWP: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	②
		• 종이팩 구성 재질 | 천연펄프 | 87 % 재질 | 폴리에틸렌 | 13 %	③

11	폐기물	종이팩 재활용	
6 출처		① 2022 지역 온실가스 통계 산정지침 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.173, 175 ② UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서 ③ 포장재별 재활용 (한국순환자원유통지원센터 홈페이지)	
7 모니터링 인자		• 재활용량 (톤)	단발
8 추진사례		• 종이팩 재활용 활성화 앞장선다, 제주특별자치시(2023년) 종이팩 재활용 활성화를 위해 종이팩 분리배출 및 수거체계를 구축하고 민간 재활용업체와 협력하는 등 '종이팩 재활용 활성화 사업'을 연중 추진하고 있음. 수거된 종이팩은 화장지 등으로 재생산되며 일반 폐지보다도 고부가가치로 재활용 될 수 있는 자원이므로 분리배출하도록 당부하고 있음.	

12	폐기물	폐플라스틱 자원화	
1 개요		폐플라스틱 중 폐PE, 폐PP, 폐PS를 수거 및 정제하여 화학적 재활용 기술을 이용하여 열분해유를 생산함으로써 폐플라스틱을 자원화하여 온실가스 감축을 하고자 함.	
2 원단위		• 1.3 tCO_2eq/ton	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (1.3 tCO_2eq/ton) × 폐플라스틱 자원화 무게 (ton)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (1.3 tCO_2eq/ton) = 기존 폐플라스틱 폐기물 처리 (소각) 온실가스 배출량 - 폐플라스틱 열분해 과정 온실가스 배출량 = 1.3 tCO_2eq/ton ※ 3.413 tCO_2eq/ton - 2.1 tCO_2eq/ton **= 1.3 tCO_2eq/ton** ✓ 폐플라스틱의 폐기물처리 방법은 소각으로 가정함. ✓ 폐플라스틱 열분해 과정의 온실가스 감축량 적용 방법론 : 폐플라스틱을 활용하여 생산한 열분해정제유를 석유정제품의 원료로 사용하는 사업의 방법론 (13A-007-Ver01)	
5 산정계수		• 베이스라인 산정 시 사용되는 배출계수	①
		• 사업 배출량 (2.1 tCO_2eq/ton) = 폐플라스틱 열분해 과정에서 발생하는 온실가스 배출량 ※ 2,100 $kgCO_2eq/ton$ ÷ 1000 = 2.1 tCO_2eq/ton	②
6 출처		① 환경성적표지 평가계수 (2021.08.02.)_탄소발자국 ($kgCO_2eq/kg$), p.6 ② 폐플라스틱 열분해 추진여건 및 정책과제 (조지혜 외 2인, 한국환경연구원 정책보고서, 2022.09.), p.39 ③ 폐플라스틱을 활용하여 생산한 열분해정제유를 석유정제품의 원료로 사용하는 사업의 방법론 (13A-007-Ver01)	
7 모니터링 인자		• 폐플라스틱 자원화 무게 (ton)	단발
8 추진사례		• 2023년 폐플라스틱 자원화 소재개발 실증기반 조성 사업, 전라남도 - 폐PET 해중합 및 중합반응을 통한 고분자 소재 중소, 중견기업 등 폐플라스틱 자원화 기술 개발 및 생산하는 기업을 지원	

대분류	구분	원료/에너지	탄소발자국	단위
폐기물처리	소각	혼합폐플라스틱 소각	3.413	$kgCO_2eq/kg$

13	폐기물	바이오매스 플라스틱 보급	
1 개요		바이오매스 기반의 플라스틱 생산을 통해 일반 플라스틱 생산 및 폐기 시 배출되는 온실가스를 저감하고자 함	
2 원단위		• [바이오매스 플라스틱 보급] 0.6 tCO_2eq/ton	
3 감축량 산정식		• [바이오매스 플라스틱 보급] 0.6 tCO_2eq/ton × 바이오매스 플라스틱 보급량 (ton)	
4 감축원단위 산정근거		• [바이오매스 플라스틱 보급] 0.6 tCO_2eq/ton = 일반 플라스틱 폐기 1ton당 온실가스 배출량 - 바이오매스 플라스틱 폐기 1ton당 온실가스 배출량 = 2.41 tCO_2eq/ton – 1.81 tCO_2eq/ton **= 0.6 tCO_2eq/ton** ✓ 플라스틱 폐기물 감축을 위한 정책이므로 화석연료 기반 폴리머 및 바이오매스 플라스틱 생산 시 온실가스 배출량은 고려하지 않음 • 일반 플라스틱 폐기 1ton당 온실가스 배출량 (2.41 tCO_2eq/ton) = 플라스틱 소각 시 CO_2 배출량 + (플라스틱 소각 시 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (플라스틱 소각 시 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산) = {2.41 tCO_2/ton + (52.1 gCH_4/ton × 28 × 10^{-6}) + (6.1 gN_2O/ton × 265 × 10^{-6})} = **2.41 tCO_2eq/ton** ✓ 플라스틱은 전부 소각한다고 가정 • 바이오매스 플라스틱 폐기 1ton당 온실가스 배출량 (1.81 tCO_2eq/ton) = (플라스틱 소각 시 CO_2 배출량 × (1 - 바이오매스 기원 물질 함량)) + (플라스틱 소각 시 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (플라스틱 소각 시 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산) = {(2.41 tCO_2/ton × (1 – 0.25)) + (52.1 gCH_4/ton × 28 × 10^{-6}) + (6.1 gN_2O/ton × 265 × 10^{-6})} = **1.81 tCO_2eq/ton** ✓ 바이오매스 플라스틱은 생물기원을 고려하여 바이오매스 기원 물질 함량 25% 만큼의 CO_2 배출량을 제외하여 산정함	
5 산정계수		• 플라스틱(생활폐기물) 소각 시 이산화탄소 배출계수 | 성상	DM_{ij}	CF_{ij} (tC/t-Waste)	FCF_{ij}	OF_{ij}	CO_2 보정계수
---	---	---	---	---	---
플라스틱	0.8605	0.7630	1	1	3.667 | ✓ 플라스틱 1ton 소각 시 이산화탄소 배출량 = DM_{ij} × CF_{ij} × FCF_{ij} × OF_{ij} × CO_2 보정계수 = 0.8605 × 0.7630 × 1 × 1 × 3.667 = **2.41 tCO_2/톤** ※ DM_{ij}: 건조물질함량, CF_{ij}: 탄소함량, FCF_{ij}: 화석탄소함량, OF_{ij}: 산화계수 • 플라스틱(생활폐기물) 소각 시 메탄, 아산화질소 배출계수 | CH_4 배출계수 (gCH_4/톤)	N_2O 배출계수 (gN_2O/톤)
---	---
52.1	6.1	①

<table>
<tr><th>13</th><th>폐기물</th><th colspan="2">바이오매스 플라스틱 보급</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td>• 바이오매스 플라스틱의 바이오매스 함량 = 25%</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• GWP (지구온난화 지수)
<table><tr><th>온실가스명</th><th>화학식</th><th>GWP</th></tr><tr><td>이산화탄소</td><td>CO_2</td><td>1</td></tr><tr><td>메탄</td><td>CH_4</td><td>28</td></tr><tr><td>아산화질소</td><td>N_2O</td><td>265</td></tr></table></td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 2022 지역 온실가스 통계 산정지침 (온실가스종합정보센터, 2022)
- p.164, 173, 175
② [KBMP-BBP-001: 2011] 바이오 베이스 수지 및 제품 (바이오 베이스 수지 및 제품 규격기준 KBMP-BBP 001: 2011) ((사)한국바이오소재패키징협회, 2021.06.29.) - p.1
③ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• [바이오매스 플라스틱 보급] 바이오매스 플라스틱 보급량 (ton)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 플라스틱 대체물질 소재부품장비산업 지원센터 구축, 인천광역시(2021년)
- 저탄소 산업 생태계 조성 및 환경문제 적극 대응을 위해 마련한 '화이트 바이오산업 육성 전략'의 추진과제 중 하나인 '플라스틱 대체물질 소재부품장비산업 지원센터 구축 사업'을 진행하여 센터는 바이오플라스틱을 개발 및 보급을 통해 온실가스 저감에 기여하고자 함</td></tr>
</table>

14	폐기물	현수막 업사이클링	
1 개요		폐현수막(PE, 폴리에스터 섬유)를 이용한 생활용품을 제작(파우치, 에코백, 장바구니, 우산, 텀블러백, 옷 등)하여 활용함으로써, 폐현수막의 소각처리에 따른 온실가스 배출을 줄이기 위한 사업	
2 원단위		• [개수 기준] 0.00092 tCO_2eq/장PE현수막 • [중량 기준] 0.00185 tCO_2eq/kgPE현수막	
3 감축량 산정식		• [개수 기준] 감축원단위 (0.00092 tCO_2eq/장PE현수막) × 재활용 현수막 개수(장) • [중량 기준] 감축원단위 (0.00185 tCO_2eq/kgPE현수막) × 재활용 현수막 중량(kg)	
4 감축원단위 산정근거		• 소각에 따른 폐현수막 단위 무게당 CO_2 배출계수 ($kgCO_2eq$/kgPE) = PE의 C 탄소함량 (kgC/kgPE) × 44(CO_2)/12(C) ×건조질량분율 (섬유류 0.8) = (120 kgC/192 kgPE) × (44 CO_2 /12 C) × 0.8 = 1.8333 $kgCO_2eq$/kgPE ※ PE섬유 건조질량분 0.8, 화석탄소질량분율 및 산화계수 1 적용 • CH_4 및 N_2O 배출계수 ($kgCO_2eq$/kgPE) = 생활폐기물 소각 CH_4 배출계수 × GWP(28) + 생활폐기물 소각 N_2O 배출계수 × GWP(265) = (0.0061 gCH_4/kgPE × 28) + (0.0521 gN_2O/kgPE × 265) × 10^{-3} = 0.0140 $kgCO_2eq$/kgPE • PE 소각 배출계수 = 1.8333 + 0.0140 = 1.8473 $kgCO_2eq$/kgPE • 폐현수막 장당 감축원단위 = 폐현수막 장당 무게(kg/장) × PE소각 배출계수 ($kgCO_2eq$/kgPE) = 0.4995 kgPE/현수막 장 × 1.8473 $kgCO_2eq$/kgPE = 0.9227 $kgCO_2eq$/현수막 장	
5 산정계수		• PE 화학식: $(C_{10}H_8O_4)n$	①
		• 생활폐기물 소각 배출계수(gGHG/kgPE): CH_4 0.0061, N_2O 0.0521 (배출권거래제 배출량보고인증 지침의 별표 6. 배출활동별 온실가스 배출량 등 세부산정방법)	②
		• 현수막 1장 중량: 1.11kg/10m^2 × 4.50m^2 = 0.4995kg/현수막 장 ※ 10m^2 현수막 1장의 중량: 약 1.11 kg/장 (녹색운동연합 보도자료) ※ 실외 설치 현수막의 기본 크기는 500×90cm로 약 4.5m^2 ※ 녹색운동연합 보도자료의 현수막 크기 10m^2는 선거용 현수막 최대 크기(공직선거관리규칙 제32조)를 기준으로 인용한 것이므로 현수막 제작의 기본 크기를 기준으로 함. (현수막 제작 대형프린터는 기본크기를 기준으로 폭(90~180cm) 조정하여 수요자의 요청크기로 제작)	

14	폐기물	현수막 업사이클링	
6 출처		① 녹색운동연합 보도자료 (2022.02.13.) https://www.greenkorea.org/activity/living-environment/zerowaste/91981/ ② 별표6 배출활동별 온실가스 배출량 등의 세부산정방법 및 기준 (배출권거래제 배출량 보고 및 인증에 관한 지침)	
7 모니터링 인자		• 재활용된 현수막 중량 또는 장수	단발
8 추진사례		• 행정안전부의 폐현수막 재활용 지원사업 - 2022년 약 22개 지자체 지원(마대, 에코백, 보온덮개, 장바구니, 우산, 앞치마 등)	

15	폐기물	폐봉제 원단 재활용	
① 개요		봉제공장에서 옷을 만들고 남은 폐봉제 원단을 소각, 매립하지 않고 흡음재 등으로 재활용함으로써 온실가스 저감에 기여	
② 원단위		• 3.005 tCO_2eq/톤	
③ 감축량 산정식		• 감축원단위(3.005 tCO_2eq/톤) × 재활용량(톤)	
④ 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (3.005 tCO_2eq/톤) = 섬유 생산 시 온실가스 배출량 + 폐섬유 폐기 시 온실가스 배출량 = (2.86 tCO_2eq/톤 + 0.145 tCO_2eq/톤) **= 3.005 tCO_2eq/톤** • 섬유 생산 시 평균 온실가스 배출량 (2.86 tCO_2eq/톤) = (면화 생산 시 온실가스 배출량 + 폴리에스터 원사 생산 시 온실가스 배출량) ÷ 2 = (2.62 tCO_2eq/톤 + 3.1 tCO_2eq/톤) ÷ 2 **= 2.86 tCO_2eq/톤** • 폐섬유 폐기 시 온실가스 배출량 (0.145 tCO_2eq/톤) = [{폐섬유 소각 시 CO_2 배출계수 + (폐섬유 소각 시 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (폐섬유 소각 시 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산)} × 폐섬유 소각률] + {(폐섬유 매립 시 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP) × 폐섬유 매립률} = [{0.3186 tCO_2/톤 + (13.9 gCH_4/톤 × 28 × 10^{-6}) + (129.7 gN_2O/톤 × 265 × 10^{-6})} × 0.29] + {(0.12815 tCH_4/톤 × 28) × 0.01} = **0.145 tCO_2eq/톤** ✓ 재활용과 기타 처리방법으로의 배출량은 고려하지 않음	
⑤ 산정계수		• 섬유 생산 시 온실가스 배출계수	①
		• 폐섬유(사업장폐기물) 소각 시 이산화탄소 배출계수	②

섬유 생산 시 온실가스 배출량	단위: tCO_2eq/톤
면화 생산	2.62
폴리에스터 원사 생산	3.1

성상	DM_{ij}	CF_{ij} (tC/ t-Waste)	FCF_{ij}	OF_{ij}	CO_2 보정계수
폐섬유	0.9897	0.5488	0.16	1	3.667

✓ 폐섬유 1ton 소각 시 이산화탄소 배출량
= DM_{ij} × CF_{ij} × FCF_{ij} × OF_{ij} × CO_2 보정계수
= 0.9897 × 0.5488 × 0.16 × 1 × 3.667 = **0.3168 tCO_2/톤**

※ DM_{ij}: 건조물질함량, CF_{ij}: 탄소함량, FCF_{ij}: 화석탄소함량, OF_{ij}: 산화계수

• 폐섬유(사업장폐기물) 소각 시 메탄, 아산화질소 배출계수

CH_4 배출계수 (gCH_4/톤)	N_2O 배출계수 (gN_2O/톤)
13.9	129.7

15	폐기물	폐봉제 원단 재활용	
		• 폐섬유(사업장폐기물) 매립 시 메탄 배출계수 성상 | DOC | DOC_f | MCF | F | CH_4 보정계수 폐섬유 | 0.3415 | 0.5 | 1 | 0.5629 | 16/12 ✓ 폐섬유 1ton 매립 시 메탄 배출량 = DOC × DOC_f × MCF × F × CH_4 보정계수 = 0.3415 × 0.5 × 1 × 0.5629 × (16/12) = **0.12815 tCO_2/톤** ※ DOC: 분해 가능한 유기탄소 함량, DOC_f: 혐기적으로 분해 가능한 폐기물 내 유기탄소 비율, MCF: CH_4 보정계수, F: 매립가스 중 CH_4 성분비	②
		• GWP: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	③
		• 폐섬유 소각, 매립 비율 소각률 | 매립률 29 % | 1 % ✓ 폐기물 발생 및 처리현황으로 계산 (사업장폐기물 중 폐섬유류) - 소각률: 폐섬유 소각량 ÷ 폐섬유 발생량 = 16,336.2 톤 ÷ 55,516.2 톤 = 29 % - 매립률: 폐섬유 매립량 ÷ 폐섬유 발생량 = 629.8 톤 ÷ 55,516.2 톤 = 1 %	④
6 출처		① 중고의류 재사용·재활용 정책 (경제·인문사회연구회, 2019) - p.117 ② 2022 지역 온실가스 통계 산정지침 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.164, 173, 175 ③ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서 ④ 2022년 전국 폐기물 발생 및 처리현황 (환경부, 2022) - p.649	
7 모니터링 인자		• 재활용량(톤)	단발
8 추진사례		• 연간 400t 봉제 폐기물 재활용한다, 서울특별시 도봉구(2024년) - 서울 도봉구가 서울시 봉제 원단 재활용 사업에 참여하여 봉제 원단 폐기물이 흡음재로 재활용될 수 있는 체계 마련	

16	폐기물	폐금속 및 폐합성수지 자원 재활용 (폐전자제품 수거·처리)
1 개요		폐전자제품의 수거·처리를 통해 폐금속 및 폐합성수지 자원 재활용을 활성화하여 온실가스 저감에 기여하는 사업
2 원단위		• [냉장고] 0.057 tCO_2eq/대 • [세탁기] 0.040 tCO_2eq/대 • [TV] 0.028 tCO_2eq/대 • [에어컨] 0.025 tCO_2eq/대
3 감축량 산정식		• [냉장고] 0.057 tCO_2eq/대 × 폐냉장고 대수 (대) • [세탁기] 0.040 tCO_2eq/대 × 폐세탁기 대수 (대) • [TV] 0.028 tCO_2eq/대 × 폐TV 대수 (대) • [에어컨] 0.025 tCO_2eq/대 × 폐에어컨 대수 (대)
4 감축원단위 산정근거		• [냉장고] 0.057 tCO_2eq/대 = (폐냉장고 자원 (고철류) 폐기 온실가스 배출량 + 폐냉장고 자원 (합성수지류) 폐기 온실가스 배출량) - (폐냉장고 자원 수송 온실가스 배출량 + 폐냉장고 자원 재활용 온실가스 배출량) = (0.020 tCO_2eq/대 + 0.042 tCO_2eq/대) - (0.0016 tCO_2eq/대 + 0.0036 tCO_2eq/대) **= 0.057 tCO_2eq/대** • [폐냉장고 자원(고철류) 폐기 온실가스 배출량] 0.032 tCO_2eq/대 = {(폐금속 매립 온실가스 배출량 + 폐금속 소각 온실가스 배출량) × 폐냉장고 자원 처리량 × 폐금속 재활용 비율(고철류)} ÷ 폐냉장고 대수 = {(0.01222 tCO_2eq/ton + 0.5121 tCO_2eq/ton) × 11,083 ton × 0.64} ÷ 184,056 대 = **0.020 tCO_2eq/대** • [폐냉장고 자원(합성수지류) 폐기 온실가스 배출량] 0.116 tCO_2eq/대 = (폐합성수지 소각 온실가스 배출량 × 폐냉장고 자원 처리량 × 폐금속 재활용 비율(합성수지)} ÷ 폐냉장고 대수 = (1.932 tCO_2eq/ton × 11,083 ton × 0.36) ÷ 184,056 대 = **0.042 tCO_2eq/대** • [폐냉장고 자원 수송 온실가스 배출량] 0.0016 tCO_2eq/대 = 폐냉장고 자원 수송 배출량 합계 ÷ 폐냉장고 대수 = 296.056 tCO_2eq ÷ 184,056 대 = **0.0016 tCO_2eq/대** • [폐냉장고 자원 재활용 온실가스 배출] 0.0036 tCO_2eq/대 = 폐냉장고 자원 재활용 배출량 합계 ÷ 폐냉장고 대수 = 668.299 tCO_2eq ÷ 184,056 대 = **0.0036 tCO_2eq/대** • [세탁기] 0.040 tCO_2eq/대 = (폐세탁기 자원 (고철류) 폐기 온실가스 배출량 + 폐세탁기 자원 (합성수지류) 폐기 온실가스 배출량) - (폐세탁기 자원 수송 온실가스 배출량 + 폐세탁기 자원 재활용 온실가스 배출량) = (0.014 tCO_2eq/대 + 0.029 tCO_2eq/대) - (0.0011 tCO_2eq/대 + 0.0025 tCO_2eq/대) **= 0.040 tCO_2eq/대**

16	폐기물	폐금속 및 폐합성수지 자원 재활용 (폐전자제품 수거·처리)

- [폐세탁기 자원(고철류) 폐기 온실가스 배출량] 0.022 tCO_2eq/대
  = {(폐금속 매립 온실가스 배출량 + 폐금속 소각 온실가스 배출량) × 폐세탁기 자원 처리량 × 폐금속 재활용 비율(고철류)} ÷ 폐세탁기 대수
  = {(0.01222 tCO_2eq/ton + 0.5121 tCO_2eq/ton) × 3,274 ton × 0.64} ÷ 78,027 대
  = **0.014 tCO_2eq/대**

- [폐세탁기 자원(합성수지류) 폐기 온실가스 배출량] 0.081 tCO_2eq/대
  = (폐합성수지 소각 온실가스 배출량 × 폐세탁기 자원 처리량 × 폐금속 재활용 비율(합성수지)} ÷ 폐세탁기 대수
  = (1.932 tCO_2eq/ton × 3,274 ton × 0.36) ÷ 78,027 대 = **0.029 tCO_2eq/대**

- [폐세탁기 자원 수송 온실가스 배출량] 0.0011 tCO_2eq/대
  = 폐세탁기 자원 수송 배출량 합계 ÷ 폐세탁기 대수
  = 87.466 tCO_2eq ÷ 78,027 대 = **0.0011 tCO_2eq/대**

- [폐세탁기 자원 재활용 온실가스 배출] 0.0025 tCO_2eq/대
  = 폐세탁기 자원 재활용 배출량 합계 ÷ 폐세탁기 대수
  = 197,440 tCO_2eq ÷ 78,027 대 = **0.0025 tCO_2eq/대**

- [TV] 0.015 tCO_2eq/대
  = (폐TV 자원 (고철류) 폐기 온실가스 배출량 + 폐TV 자원 (합성수지류) 폐기 온실가스 배출량) - (폐TV 자원 수송 온실가스 배출량 + 폐TV 자원 재활용 온실가스 배출량)
  = (0.010 tCO_2eq/대 + 0.020 tCO_2eq/대) - (0.0008 tCO_2eq/대 + 0.0008 tCO_2eq/대)
  = 0.028 tCO_2eq/대

- [폐TV 자원 (고철류) 폐기 온실가스 배출량] 0.015 tCO_2eq/대
  = {(폐금속 매립 온실가스 배출량 + 폐금속 소각 온실가스 배출량) × 폐TV 자원 처리량 × 폐금속 재활용 비율(고철류)} ÷ 폐TV 대수
  = {(0.01222 tCO_2eq/ton + 0.5121 tCO_2eq/ton) × 773.248 ton × 0.64} ÷ 26,695 대
  = **0.010 tCO_2eq/대**

- [폐TV 자원 (합성수지류) 폐기 온실가스 배출량] 0.056 tCO_2eq/대
  = (폐합성수지 소각 온실가스 배출량 × 폐TV 자원 처리량 × 폐금속 재활용 비율(합성수지)) ÷ 폐TV 대수
  = (1.932 tCO_2eq/ton × 773.248 ton × 0.36) ÷ 26,695 대 = **0.020 tCO_2eq/대**

- [폐TV 자원 수송 온실가스 배출량] 0.0008 tCO_2eq/대
  = 폐TV 자원 수송 배출량 합계 ÷ 폐TV 대수
  = 20.656 tCO_2eq ÷ 26,695 대 = **0.0008 tCO_2eq/대**

<table>
<tr><th>16</th><th>폐기물</th><th colspan="2">폐금속 및 폐합성수지 자원 재활용 (폐전자제품 수거·처리)</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• [폐TV 자원 재활용 온실가스 배출] 0.0008 tCO_2eq/대
= 폐TV 자원 재활용 배출량 합계 ÷ 폐TV 대수
= 21.074 tCO_2eq ÷ 26,695 대 = 0.0008 tCO_2eq/대

• [에어컨] 0.025 tCO_2eq/대
= (폐에어컨 자원 (고철류) 폐기 온실가스 배출량 + 폐에어컨 자원 (합성수지류) 폐기 온실가스 배출량) - (폐에어컨 자원 수송 온실가스 배출량 + 폐에어컨 자원 재활용 온실가스 배출량)
= (0.009 tCO_2eq/대 + 0.018 tCO_2eq/대) - (0.0007 tCO_2eq/대 + 0.0016 tCO_2eq/대)
= 0.025 tCO_2eq/대

• [폐에어컨 자원 (고철류) 폐기 온실가스 배출량] 0.014 tCO_2eq/대
= {(폐금속 매립 온실가스 배출량 + 폐금속 소각 온실가스 배출량) × 폐에어컨 자원 처리량 × 폐금속 재활용 비율(고철류)} ÷ 폐에어컨 대수
= {(0.01222 tCO_2eq/ton + 0.5121 tCO_2eq/ton) × 19.849 ton × 0.64} ÷ 761 대
= 0.009 tCO_2eq/대

• [폐에어컨 자원 (합성수지류) 폐기 온실가스 배출량] 0.05 tCO_2eq/대
= (폐합성수지 소각 온실가스 배출량 × 폐에어컨 자원 처리량 × 폐금속 재활용 비율(합성수지)) ÷ 폐에어컨 대수
= (1.932 tCO_2eq/ton × 19.849 ton × 0.36) ÷ 761 대 = 0.018 tCO_2eq/대

• [폐에어컨 자원 수송 온실가스 배출량] 0.0007 tCO_2eq/대
= 폐에어컨 자원 수송 배출량 합계 ÷ 폐에어컨 대수
= 0.53 tCO2eq ÷ 761 대 = 0.0007 tCO_2eq/대

• [폐에어컨 자원 재활용 온실가스 배출] 0.0016 tCO_2eq/대
= 폐에어컨 자원 재활용 배출량 합계 ÷ 폐에어컨 대수
= 1.196 tCO2eq ÷ 761 대 = 0.0016 tCO_2eq/대</td></tr>
<tr><td colspan="2">5 산정계수</td><td>• 폐금속 자원 폐기 온실가스 배출량
<table><tr><th>대분류</th><th>구분</th><th>원료/에너지</th><th>탄소발자국 (tCO_2eq/ton)</th></tr><tr><td>폐기물 처리</td><td>매립</td><td>폐금속 매립</td><td>0.01222</td></tr><tr><td>폐기물 처리</td><td>소각</td><td>폐금속 소각</td><td>0.5121</td></tr></table>✓ 폐가전제품은 소각처리 후 매립해야하므로 폐기처리 시 매립, 소각 모두 고려함</td><td>①</td></tr>
</table>

16	폐기물	폐금속 및 폐합성수지 자원 재활용 (폐전자제품 수거·처리)	

• 폐금속 자원 수송 및 재활용 온실가스 배출량

품목	냉장고	세탁기	TV	에어컨
폐금속 자원량 (ton)	11,083	3,274	773.248	19.849
폐금속 자원 수송 온실가스 배출량 (tCO_2eq)	296.056	87.466	20.656	0.53
폐금속 자원 재활용 온실가스 배출량 (tCO_2eq)	668.299	197.440	21.074	1.196
폐전자제품 수 (대)	184,066	78,027	26,695	761

✓ 폐금속 자원 수송 온실가스 배출량은 기업과 지자체에서 회수하는 과정에서의 온실가스 배출량으로 산정함
✓ 폐금속 자원 재활용 온실가스 배출량은 폐금속을 자원화하는 과정에서 사용된 전력과 연료에 의한 온실가스 배출량임
✓ 재활용 공정 산출물 중 유가물 비율 86.3 %을 고려하여 폐금속 자원량을 산정함

②

• 폐금속 자원 재활용 공정 산출물

종류	비율 (%)	중량 (ton)
유가물	0.863	-
재활용 고철류	0.51	7,514
재활용 합성수지류	0.3	4,254

• 유가물 내 재활용 비율
✓ 재활용 고철류 비율 = 7,514 ÷ (7,514 + 4,254) = 64%
✓ 재활용 합성수지류 비율 = 4,254 ÷ (7,514 + 4,254) = 36%

• 폐합성수지(사업장배출시설계폐기물) 소각 시 이산화탄소 배출계수

성상	DM_{ij}	CF_{ij} (tC/t-Waste)	FCF_{ij}	OF_{ij}	CO_2 보정계수
폐합성수지	0.9803	0.6695	0.8	1	3.667

✓ 폐합성수지 1ton 소각 시 이산화탄소 배출량
= DM_{ij} × CF_{ij} × FCF_{ij} × OF_{ij} × CO_2 보정계수
= 0.9803 × 0.6695 × 0.8 × 1 × 3.667 = **1.93 tCO_2/ton**

※ DM_{ij}: 건조물질함량, CF_{ij}: 탄소함량, FCF_{ij}: 화석탄소함량, OF_{ij}: 산화계수

③

• 폐합성수지(사업장배출시설계폐기물) 소각 시 메탄, 아산화질소 배출계수

CH_4 배출계수 (gCH_4/톤)	N_2O 배출계수 (gN_2O/톤)
129.7	13.9

<table>
<tr><th>16</th><th>폐기물</th><th colspan="2">폐금속 및 폐합성수지 자원 재활용 (폐전자제품 수거·처리)</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>• 폐합성수지 소각 온실가스 배출량 (1.932 tCO_2eq/ton)
= 폐합성수지 소각 시 CO_2 배출량 + (폐합성수지 소각 시 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (폐합성수지 소각 시 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산)
= {1.93 tCO_2/ton + (129.7 gCH_4/ton × 28 × 10^{-6}) + (13.9 gN_2O/ton × 265 × 10^{-6})} = 1.932 tCO_2eq/ton
✓ 폐합성수지는 전부 소각한다고 가정하였으며, 사업장배출시설계 폐기물로 설정함</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>• GWP (지구온난화 지수)
<table><tr><th>온실가스명</th><th>화학식</th><th>GWP</th></tr><tr><td>이산화탄소</td><td>CO_2</td><td>1</td></tr><tr><td>메탄</td><td>CH_4</td><td>28</td></tr><tr><td>아산화질소</td><td>N_2O</td><td>265</td></tr></table></td><td>④</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 환경성적표지 평가계수_탄소발자국(2021.08.02.) - p.6
② 폐금속자원 재활용 대책 - 숨은 금속자원 찾기 프로젝트 전개 (관계부처합동(기획재정부, 교육과학기술부,국방부, 지식경제부, 환경부, 국토해양부), 2009.09.) - p.7,8
③ 2022 지역 온실가스 통계 산정지침 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.172 ~ 175
④ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• [냉장고] 폐냉장고 대수 (대)
• [세탁기] 폐세탁기 대수 (대)
• [TV] 폐TV 대수 (대)
• [에어컨] 폐에어컨 대수 (대)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• ‘자원순환도시 첫걸음’성동구, ‘쓰레기 줄이기 30만 추진 – 성동구 (2024.02.26.)
성동구는 소중한 자원이 쓰레기로 버려지지 않고 재활용될 수 있도록 폐금속 자원 재활용 사업을 추진하여 온실가스 저감에 기여함</td></tr>
</table>

17	폐기물	RFID 종량기 보급
1 개요		공동주택단지에 RFID 종량기를 보급하여 주민들이 음식물쓰레기를 버리면 RFID가 자동으로 계량하여 요금을 부과하는 시스템으로, 음식물쓰레기를 줄여서 온실가스 저감에 기여하고자 함
2 원단위		• [RFID 종량기 보급대수당] 5.31 tCO_2eq/대 • [RFID 종량기 사용 세대당] 0.08 tCO_2eq/세대
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (5.31 tCO_2eq/대) × RFID 종량기 보급대수 (대) • 감축원단위 (0.08 tCO_2eq/세대) × RFID 종량기 사용 세대 수 (세대)
4 감축원단위 산정근거		• [RFID 종량기 보급대수당] 감축원단위 (5.31 tCO_2eq/대) = {(음식물쓰레기 1ton당 온실가스 배출량 × 사업 전 세대당 음식물쓰레기 배출량) ÷ 세대당 보급대수} - RFID 종량기 전력사용에 따른 온실가스 배출량 = 5.31 tCO_2eq/대 ※ {(1.7 tCO_2eq/ton × 0.23 ton/세대) ÷ 0.016 대/세대} - 18.85 tCO_2eq/대 = **5.31 tCO_2eq/대** • [RFID 종량기 사용 세대당] 감축원단위 (0.08 tCO_2eq/세대) = RFID 종량기 보급대수당 감축원단위 × 세대당 RFID 종량기 보급대수 = 0.08 tCO_2eq/세대 ※ 5.31 tCO_2eq/대 × 0.016 대/세대 **= 0.08 tCO_2eq/세대** [사업전 세대당 음식물쓰레기 배출량] (0.23 ton/세대) = 연간 가정 음식물쓰레기 총 배출량 ÷ {RFID 미도입 세대 수 + (1 - 감축률) × RFID 도입 세대 수} = 0.23 ton/세대 ※ 3,967,200 ton ÷ {13,508,335 + (1 - 0.339) × 6,018,412} = **0.23 ton/세대** [세대당 RFID 종량기 보급 대수] (0.016 대/세대) = RFID 종량기 보급대수 ÷ RFID 도입 세대 수 = 0.016 대/세대 ※ 96,055 대 ÷ 6,018,412 세대 **= 0.016 대/세대** [RFID 종량기 1대당 전력사용에 따른 온실가스 배출량] (18.85 tCO_2eq/대) = RFID 종량기 연간 적정 전력사용량 × 전력배출계수 = 18.85 tCO_2eq/대 ※ 39.4 MWh/대 × 0.4781 tCO_2eq/MWh **= 18.85 tCO_2eq/대**
5 산정계수		• 음식물쓰레기 폐기처리에 따른 온실가스 배출량

구분		온실가스 배출량	
1인 (1식)	음식물쓰레기 (폐기) ($kgCO_2eq$/인·식)	0.17	①
음식물 쓰레기 1 ton당 온실가스 배출량 (tCO_2eq/ton) (폐기)		1.7	

17	폐기물	RFID 종량기 보급	

• 연간 우리나라 음식물쓰레기 총 발생량 (2019년도)

분야별	배출량 비율(%)	배출량 (ton)
전체	100%	5,220,000
가정	76%	3,967,200
음식점	17%	887,400
사업장	7%	365,400

②

• RFID 종량기 1대당 전력사용량 (단위 : MWh/대)

구분	1일	1년
적정 전력사용량	0.108	39.4

③

• 소비단 전력배출계수 = 0.4781 tCO_2eq/MWh

④

• RFID 사용 시 지자체별 음식물쓰레기 평균 감축률

번호	분석기간		지자체	평균 감축률(%)	자료 출처 연도 구분
	도입 전	도입 후			
1	2011~2013	2015~2017	인천 중구	35.9	2023
2	2015~2017	2019~2021	경기 시흥시	42	2023
3	2011~2013	2015~2017	서울 양천구	39.8	2023
4	2015~2017	2020~2022	강원 속초시	69.7	2023
5	2012~2014	2016~2018	강원 강릉시	40.5	2023
6	2011~2013	2015~2017	광주 동구	22.2	2023
7	2016~2018	2020~2022	전남 여수시	41.2	2023
8	2014~2016	2018~2020	대전 동구	16	2023
9	2015~2016	2018~2019	경남 양산시	31	2023
10	2013~2015	2017~2019	경기 남양주시	27.7	2022
11	-	-	서울 구로구	49	2022
12	2011~2013	2014~2016	서울 노원구	33	2022
13	2014	2020	서울 동작구	20	2022
14	2015	2016	서울 은평구	40	2022
15	2016	2017	서울 중구	24	2022
16	2019	2020	경기 구리시	10.46	2022
17	2016	2017	경기 부천시	24.5	2022
18	2015	2017	대전 서구	36.5	2022
19	2017	2018	울산시	39.7	2022
평균 감축률				33.9	-

⑤

<table>
<tr><td>17</td><td>폐기물</td><td colspan="3">RFID 종량기 보급</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• RFID 종량기 도입 세대수
<table><tr><td rowspan="3">전국</td><td>전체 세대수</td><td>19,526,747</td></tr><tr><td>RFID 도입 세대수</td><td>6,018,412</td></tr><tr><td>RFID 미도입 세대수</td><td>13,508,335</td></tr></table>• RFID 종량기 보급대수(도입 장비수) = 96,055 대</td><td>⑥</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 음식물의 에너지 소모량 및 온실가스 배출량 산정 연구 (환경부, 2010)
※ 참고자료 : 음식물쓰레기 감축을 위한 개인 배출권 거래제 도입 (중앙대학교 대학원 임형욱, 2019.02) - p.22
② 탄소중립 생활 실천 안내서(학교편), p.27, 환경부(2021)
③ 음식물쓰레기 감량기기 및 종량기기(RFID) 가이드라인, p.7, 서울특별시(2014.02)
④ 온실가스 종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수
⑤ 음식물쓰레기 관리시스템, 음식물쓰레기 감량 추진사례집, p.9, 한국환경공단(2022, 2023)
⑥ 음식물쓰레기 관리시스템, 음식물쓰레기 감량 추진사례집 (한국환경공단, 2021) - p. 9</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• RFID 종량기 보급대수 (대)
• RFID 종량기 사용 세대수 (세대)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 음식물쓰레기 RFID 종량기 무료 보급 사업, 서울특별시 강남구, 2023
- 음식물쓰레기 RFID 종량제 정착 및 음식물쓰레기 저감을 위해서 공동주택단지에 RFID 종량기를 무료로 보급</td></tr>
</table>

18	폐기물	가정용 음식물류 폐기물 감량기기 보급 지원
1 개요		가정용 음식물류 폐기물 감량기기를 통하여 음식물 쓰레기 발효 및 미생물 분해 과정을 통해 음식물 쓰레기 처리 과정에서 발생하는 온실가스를 저감하고자 함.
2 원단위		• 0.121 tCO_2eq/대
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.121 tCO_2eq/대) × 음식물류 폐기물 감량기기 보급대수 (대) ✓ 1가구당 음식물류 폐기물 감량기기 1대 보급을 기준으로 함
4 감축원단위 산정근거		• [감축원단위 (0.121 tCO_2eq/대) = 1인 가구 가중평균값 + 2인 가구 가중평균값 + 3인 가구 가중평균값 + 4인 가구 가중평균값 + 5인 가구 가중평균값 + 6인 가구 가중평균값 = (-0.018 + 0.025 + 0.044 + 0.051 + 0.016 + 0.005) tCO_2eq/대 **=** 0.121 tCO_2eq/대

<가구당 음식물류 폐기물 감량기기 사용시 감축원단위 가중평균값>

구분	가구당 감축원단위(tCO_2eq/대)	가중치 (%)	가구당 감축원단위 가중평균값 (tCO_2eq/대)
1인 가구	-0.052	34.5	-0.018
2인 가구	0.087	28.8	0.025
3인 가구	0.227	19.2	0.044
4인 가구	0.366	13.8	0.051
5인 가구	0.506	3.1	0.016
6인 이상 가구	0.646	0.7	0.005

※ 가구당 감축원단위 가중평균값 = 가중치 (%) × 가구당 감축원단위
[1인 가구 가중평균값] = 34.5% × (-0.052 tCO_2eq/대) = - 0.018 tCO_2eq/대
[2인 가구 가중평균값] = 28.8% × 0.087 tCO_2eq/대 = 0.025 tCO_2eq/대
[3인 가구 가중평균값] = 19.2% × 0.227 tCO_2eq/대 = 0.044 tCO_2eq/대
[4인 가구 가중평균값] = 13.8% × 0.366 tCO_2eq/대 = 0.051 tCO_2eq/대
[5인 가구 가중평균값] = 3.1% × 0.506 tCO_2eq/대 = 0.016 tCO_2eq/대
[6인 가구 이상 가중평균값] = 0.7% × 0.646 tCO_2eq/대 = 0.005 tCO_2eq/대
✓ 1가구당 음식물류 폐기물 감량기기 1대씩 보급한다고 가정함
✓ 6인 이상 가구는 6인으로 감축원단위를 산정함

<가구원 수당 감축원단위>
[1인 가구 감축원단위] - 0.052 tCO_2eq/대
= (1인 가구 음식물류 폐기물 감량기기 1대 사용 시 온실가스 감축량 × 1대당 가구원 수) – 음식물류 폐기물 감량기기 1대당 전력 사용 온실가스 배출량
= (0.14 tCO_2eq/인 × 1인/대) - 0.192 tCO_2eq/대 **= - 0.052 tCO_2eq/대**

18	폐기물	가정용 음식물류 폐기물 감량기기 보급 지원

[2인 가구 감축원단위] 0.087 tCO_2eq/대
= (2인 가구 음식물류 폐기물 감량기기 1대 사용 시 온실가스 감축량 × 1대당 가구원 수) – 음식물류 폐기물 감량기기 1대당 전력 사용 온실가스 배출량
= (0.14 tCO_2eq/인 × 2인/대) - 0.192 tCO_2eq/대 **= 0.087 tCO_2eq/대**

[3인 가구 감축원단위] 0.227 tCO_2eq/대
= (3인 가구 음식물류 폐기물 감량기기 1대 사용 시 온실가스 감축량 × 1대당 가구원 수) – 음식물류 폐기물 감량기기 1대당 전력 사용 온실가스 배출량
= (0.14 tCO_2eq/인 × 3인/대) - 0.192 tCO_2eq/대 **= 0.227 tCO_2eq/대**

[4인 가구 감축원단위] 0.366 tCO_2eq/대
= (4인 가구 음식물류 폐기물 감량기기 1대 사용 시 온실가스 감축량 × 1대당 가구원 수) – 음식물류 폐기물 감량기기 1대당 전력 사용 온실가스 배출량
= (0.14 tCO_2eq/인 × 4인/대) - 0.192 tCO_2eq/대 **= 0.366 tCO_2eq/대**

[5인 가구 감축원단위] 0.506 tCO_2eq/대
= (5인 가구 음식물류 폐기물 감량기기 1대 사용 시 온실가스 감축량 × 1대당 가구원 수) – 음식물류 폐기물 감량기기 1대당 전력 사용 온실가스 배출량
= (0.14 tCO_2eq/인 × 5인/대) - 0.192 tCO_2eq/대 **= 0.506 tCO_2eq/대**

[6인 이상 가구 감축원단위] 0.646 tCO_2eq/대
= (6인 이상 가구 음식물류 폐기물 감량기기 1대 사용 시 온실가스 감축량 × 1대당 가구원 수) – 음식물류 폐기물 감량기기 1대당 전력 사용 온실가스 배출량
= (0.14 tCO_2eq/인 × 6인/대) - 0.192 tCO_2eq/대 **= 0.646 tCO_2eq/대**
✓ 1가구당 음식물류 폐기물 감량기기 1대씩 보급한다고 가정함 (1가구 = 1대)

※ [음식물류 폐기물 감량기기 연간 1인 온실가스 감축량] 0.14 tCO_2eq/인
= 1인당 1회 음식물 쓰레기로 인해 발생하는 온실가스 배출량 × 1인당 1일 음식물 쓰레기 발생횟수 × 음식물류 폐기물 감량기기 감축률 × 365일/년
= (0.17 $kgCO_2eq$/인·식 × 3식/일 ÷ 1,000 $kgCO_2eq/tCO_2eq$) × 75% × 365일/년
= 0.14 tCO_2eq/인
✓ 1인당 음식물 쓰레기 발생횟수는 1일 3회 식사를 통해 발생하는 것으로 가정함

※ [음식물류 폐기물 감량기기 연간 1대당 전력 사용으로 인한 온실가스 배출량] 0.192 tCO_2eq/대
= 1일 음식물류 폐기물 감량기기 소비전력량 × 전력배출계수 × 365일/년
= 1.1 kWh/대·일 × 0.0004781 tCO_2eq/kWh × 365일/년
= 0.192 tCO_2eq/대
✓ 음식물류 폐기물 감량기기 1일 사용 횟수는 1회로 가정하여 산정하였음

<table>
<tr><th>18</th><th>폐기물</th><th colspan="3">가정용 음식물류 폐기물 감량기기 보급 지원</th></tr>
<tr><td rowspan="4">5 산정계수</td><td colspan="3">• 음식물쓰레기 폐기처리에 따른 온실가스 배출량
<table><tr><th colspan="2">구분</th><th>온실가스 배출량</th></tr><tr><td>1인 (1식)</td><td>음식물쓰레기 (폐기)
($kgCO_2eq$/인·식)</td><td>0.17</td></tr></table></td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 감량기기 방식에 따른 음식물 폐기물 감축률
<table><tr><th>감량기기 방식</th><th>감축률</th></tr><tr><td>발효 방식</td><td>75%</td></tr><tr><td>발효 건조 방식</td><td>75%</td></tr><tr><td>탄화 건조 방식</td><td>75%</td></tr><tr><td>부숙 방식</td><td>75%</td></tr><tr><td>미생물 액상발효
(미생물 발효) 방식</td><td>75%</td></tr><tr><td>평균</td><td>75%</td></tr></table>※ 발효 방식과 미생물 액상발효 방식의 음식물류 폐기물 감량기기 감축률은 50% 이상이나, 시판되고 있는 기기의 경우 일반적으로 75% 이상의 감축률이므로 이를 적용함
※ 건조 방식, 탈수 방식의 음식물류 폐기물 감량기기는 단순 수분 제거 방식이므로 제외함</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 총조사가구 통계조사
<table><tr><th rowspan="2">행정구역별</th><th rowspan="2">가구원 수별</th><th>2022</th></tr><tr><th>세대 수</th></tr><tr><td rowspan="7">전국</td><td>총계</td><td>21,774,000</td></tr><tr><td>1인 가구 구성비(%)</td><td>34.5</td></tr><tr><td>2인 가구 구성비(%)</td><td>28.8</td></tr><tr><td>3인 가구 구성비(%)</td><td>19.2</td></tr><tr><td>4인 가구 구성비(%)</td><td>13.8</td></tr><tr><td>5인 가구 구성비(%)</td><td>3.1</td></tr><tr><td>6인 이상 가구 구성비(%)</td><td>0.7</td></tr></table></td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 음식물류 폐기물 감량기기 전력사용량= 1.1(kWh/대·일)
[1일 음식물류 폐기물 감량기기 소비전력량] 1.1 kWh/대·일
= 음식물류 폐기물 감량기기 소비전력량(kWh/kg)④ × 음식물류 폐기물 감량기기 1대 용량 기준(kg/일·가구)⑥,⑦ × 1가구/1대
= 1.1 kWh/kg × 1 kg/일·가구 × 1가구/1대= 1.1 kWh/대·일
✓ 1가구당 음식물류 폐기물 감량기기 1대씩 보급한다고 가정함</td><td>④
⑥
⑦</td></tr>
<tr><td colspan="3">• 전력배출계수 = 0.4781 × $10^{-3}tCO_2eq$/kWh</td><td>⑤</td></tr>
</table>

18	폐기물	가정용 음식물류 폐기물 감량기기 보급 지원	
6 출처		① 음식물쓰레기 감축을 위한 개인 배출권 거래제 도입 (중앙대학교 대학원 임형욱, 2019년 2월) - p.22 - 출처 : 환경부 (2010, 음식물의 에너지 소모량 및 온실가스 배출량 산정 연구) ② 음식물류 폐기물 감량기 설치, 운영 가이드라인 (환경부, 2020.03.) - p.13 ③ KOSIS 국가통계포털 통계자료 (인구총조사. 통계청) (2022) ④ 음식물류폐기물 처리기 SPS-B KFPC 0001-7231 : 2018 (한국음식물처리기기협동조합, 2018.01.16.) - p.10 ⑤ 온실가스 종합정보센터, 2021, 국가 온실가스 배출계수 ⑥ 음식물쓰레기 감량기기 및 종량기기(RFID) 가이드라인 (서울특별시, 기후환경본부 생활환경과, 2014.02.) p .13 ⑦ 음식물류폐기물 처리실태 조사 및 관리방안 연구(환경부, 2017.02.) - p. 155	
7 모니터링 인자		• 음식물류 폐기물 감량기기 보급대수 (대)	지속
8 추진사례		• 음식물류 폐기물 감량기기 구매 금액 지원사업(서울특별시 용산구, 인천광역시 중구, 강원특별자치도 강릉시, 경상남도 통영시 등) - 지정된 음식물류 폐기물 감량기기를 구매하면 구매지원금을 최대 50%까지 지원	

19	폐기물	포장재 폐기물 저감(제로웨이스트 샵(리필스테이션) 이용 확대)
1 개요		제로웨이스트 샵 확대를 통해 포장재 폐기물의 사용량을 저감하여 온실가스 저감에 기여하고자 함 ※ 리필스테이션의 형태에 해당하는 가게라면 식품업, 생활용품점 등 모두 본 감축원 단위 활용 가능
2 원단위		• [비닐 포장재 저감 개수당] 0.00009 tCO_2eq/개 • [플라스틱 포장재 저감 개수당] 0.00008 tCO_2eq/개 • [제로웨이스트 샵 수당] 0.18 tCO_2eq/가게
3 감축량 산정식		• [비닐 포장재 저감 개수당] 감축원단위 (0.00009 tCO_2eq/개) × 비닐 포장재 저감 개수 (개) • [플라스틱 포장재 저감 개수당] 감축원단위 (0.00008 tCO_2eq/개) × 플라스틱 포장재 저감 개수 (개) • [제로웨이스트 샵 수당] 감축원단위 (0.18 tCO_2eq/가게) × 제로웨이스트 샵 수 (가게) ✓ 리필스테이션을 이용하여 제품 1개를 포장재 없이 이용했을 경우 업종의 종류에 상관없이 해당됨 ✎ 적용 예시 • 감축원단위 적용 예시 제로웨이스트 샵 개수 = 7 가게 제로웨이스트 샵 수당 감축원단위 = 0.18 tCO_2eq/가게 온실가스 감축량 산정 = 1.26 tCO_2eq = 제로웨이스트 샵 수 × 제로웨이스트 샵 수당 감축원단위 = 1.26 tCO_2eq ※ 7 가게 × 0.18 tCO_2eq/가게 = 1.26 tCO_2eq
4 감축원단위 산정근거		• [제로웨이스트 샵 수당] 감축원단위 (**0.18** tCO_2eq/가게) = 포장재 저감 개수당 온실가스 배출량 × 가게당 포장재 수 = 0.000083 tCO_2eq/개 × 2,200 개/가게 **= 0.18 tCO_2eq/가게** ※ [포장재 저감 개수당 온실가스 배출량] (0.000083 tCO_2eq/개) = 비닐 포장재 저감 개수당 감축원단위 × 비닐 조성 비율 + 플라스틱 포장재 저감 개수당 감축원단위 × 플라스틱 조성 비율 = 0.000092 tCO_2eq/개 × 45.3 % + 0.000073 tCO_2eq/개 × 54.7 % **= 0.000083 tCO_2eq/개** • [비닐 포장재 저감 개수당] 감축원단위 (0.000092 tCO_2eq/개) = 비닐 포장재 1개당 생산단계 온실가스 배출량 + 포장재 1개당 폐기단계 온실가스 배출량 = (0.037 $kgCO_2eq$/개 + 0.054 $kgCO_2eq$/개) ÷ 1,000 kg/ton **= 0.000092 tCO_2eq/개** ※ [비닐 포장재 1개당 생산단계 온실가스 배출량] (0.037 $kgCO_2eq$/개) = 비닐 포장재 1개당 무게 × LDPE 탄소배출계수 = 0.02 kg/개 × 1.862 $kgCO_2eq$/kg = 0.037 $kgCO_2eq$/개

19	폐기물	포장재 폐기물 저감(제로웨이스트 샵(리필스테이션) 이용 확대)	
		• [플라스틱 포장재 폐기물 저감 개수당] 감축원단위 (0.000073 tCO_2eq/개) = 플라스틱 포장재 1개당 생산단계 온실가스 배출량 + 포장재 1개당 폐기단계 온실가스 배출량 = (0.022 $kgCO_2eq$/개 + 0.054 $kgCO_2eq$/개) ÷ 1,000 kg/ton **= 0.000073 tCO_2eq/개** ※ [플라스틱 포장재 1개당 생산단계 온실가스 배출량] (0.022 $kgCO_2eq$/개) = 플라스틱 포장재 1개당 무게 × PET 탄소배출계수 = 0.009 kg/개 × 2.370 $kgCO_2eq$/kg **= 0.022 $kgCO_2eq$/개** ※ [포장재 폐기물 1개당 폐기단계 온실가스 배출량] (0.054 $kgCO_2eq$/개) = 포장재 폐기물 1개당 평균 무게 × 혼합폐플라스틱 소각 탄소배출계수 = 0.0159 kg/개 × 3.413 $kgCO_2eq$/kg **= 0.054 $kgCO_2eq$/개** ✓ 폐기물처리 방법은 소각으로 가정하였음 ✓ 플라스틱과 비닐의 재질은 제로마켓 시범사업에서 실제 저감한 포장재의 종류를 기준으로 함	
	5 산정계수	• 일회용 포장재 종류 및 배출계수_생산단계 **분류** / **종류** / **명칭** / **탄소발자국 ($kgCO_2eq$/kg)** **플라스틱** / **PET** / 폴리에틸렌테레프탈레이트 / 2.370 **비닐** / **LDPE** / 저밀도 폴리에틸렌 / 1.862	①
		• 폐기물처리 배출계수_폐기단계 **분류** / **종류** / **명칭** / **탄소발자국 ($kgCO_2eq$/kg)** **폐기물처리** / **소각** / 혼합폐플라스틱 소각 / 3.413	①
		• 포장재 1개당 무게 (0.0159 kg/개) = 포장재 연간 소비 무게(kg) ÷ 포장재 연간 사용량(개) ※ 715,058,000 kg ÷ 44,900,000,000 개 **= 0.0159 kg/개** ✓ 포장재 1개당 무게는 포장용 비닐봉투와 포장용 플라스틱의 각 무게 합계와 사용량의 합계로 산출하였음 • 플라스틱 포장재 1개당 무게 (0.009 kg/개) = 플라스틱 연간 소비 무게(kg) ÷ 플라스틱 연간 사용량(개) ※ 162,458,000 kg ÷ 17,300,000,000 개 **= 0.009 kg/개** • 비닐 포장재 1개당 무게 (0.02 kg/개) = 비닐 연간 소비 무게(kg) ÷ 비닐 연간 사용량(개) ※ 552,600,000 kg ÷ 27,600,000,000 개 **= 0.02 kg/개**	②

<table>
<tr><td>19</td><td>폐기물</td><td colspan="3">포장재 폐기물 저감(제로웨이스트 샵(리필스테이션) 이용 확대)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• 2020년 일회용 플라스틱 소비 발자국
<table><tr><th>구분</th><th>포장용 비닐봉투</th><th>포장용 플라스틱</th><th>포장재 합계</th><th>단위</th></tr><tr><td rowspan="2">연간 소비량</td><td>27,600,000,000</td><td>17,300,000,000</td><td>44,900,000,000</td><td>개</td></tr><tr><td>552,600,000</td><td>162,458,000</td><td>715,058,000</td><td>kg</td></tr></table>✓ 포장재 합계 = 포장용 비닐봉투 + 포장용 플라스틱
포장재 개수 = 포장용 비닐봉투 개수 + 포장용 플라스틱 개수
※ 44,900,000,000 개 = 27,600,000,000 개 + 17,300,000,000 개 포장재
무게 = 포장용 비닐봉투 무게 + 포장용 플라스틱 무게
※ 715,058,000 kg = 552,600,000 kg + 162,458,000 kg</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• 가게당 포장재 수 (2,200개/가게)
= (제로마켓 시범사업 포장재 저감량 ÷ 제로마켓 시범사업 가게 수) ÷ 포장재 1개당 무게 = 2,200개/가게
※ (245.2 kg ÷ 7 가게) ÷ 0.0159 kg/개 = 2,200개/가게</td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• 포장재 조성비
<table><tr><th>포장재 종류</th><th>포장재 조성비 (%)</th></tr><tr><td>플라스틱 (PET)</td><td>54.7</td></tr><tr><td>비닐 (LDPE)</td><td>45.3</td></tr></table>✓ 포장재 조성 비율은 전체 일회용 플라스틱에서 발생한 플라스틱 재질 구성 비율 중 각 플라스틱과 비닐 비율로 적용함</td><td>④</td></tr>
<tr><td colspan="2">⑥ 출처</td><td colspan="3">① 환경성적표지 평가계수_탄소발자국 (kgCO_2eq/kg) - p.4-6
② 2023 플라스틱 대한민국2.0_코로나19 시대_플라스틱 소비의 늪에 빠지다 (그린피스, 2023.03.)) - p.11
③ 순환경제-탄소중립 연계 위한 서울시 온실가스 배출량 감축방안 (서울연구원,2023.06.30.) - p. 112~113
④ 2023 플라스틱 배출기업 조사보고서, 우리는 일회용을 마신다 (그린피스, 2024.01.) p.11</td></tr>
<tr><td colspan="2">⑦ 모니터링 인자</td><td colspan="2">• [포장재 폐기물 저감 개수당] 제로웨이스트 샵 이용 제품 수 (개)
• [제로웨이스트 샵 수당] 제로웨이스트 샵 수 (가게)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">⑧ 추진사례</td><td colspan="3">• 민간 제로마켓 활성화 지원 사업 – 서울특별시 (2023.05.)
- 일회용 플라스틱 폐기물 발생을 줄이고 친환경 소비문화를 확산하기 위해 다양한 형태의 제로웨이스트 매장 200개소를 모집하는 정책을 마련하고, 일회용품·일회용 포장재 사용을 줄이고 소분·리필 방식 등을 통해 제품을 필요한 만큼만 구입할 수 있는 제로웨이스트 매장을 '서울 제로마켓'으로 선정해 지원하고 있음.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">20 폐기물</th><th colspan="2">식품접객업 일회용 비닐봉투 사용 규제</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="2">현대사회에 발달한 배달산업으로 일회용 비닐봉투를 비롯한 일회용품의 증가로 인해 발생하는 온실가스 배출량이 상당한 수준임.
이에 따라 식품접객업에서의 일회용 비닐봉투를 사용하지 않음으로써 일회용 비닐봉투 사용으로 발생하는 온실가스 배출량을 저감하고자 함</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="2">• [일회용 비닐봉투 개당] 0.000068 tCO_2eq/개
• [가게당] 2.08 tCO_2eq/가게</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="2">• [일회용 비닐봉투 개당] 감축원단위 (0.000068 tCO_2eq/개) × 소비되는 비닐봉투 (개)
• [가게당] 감축원단위 (2.08 tCO_2eq/가게) × 사업 참여 식품접객업 가게 수 (가게)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원단위 산정근거</td><td colspan="2">• [일회용 비닐봉투 개당] 감축원단위 (0.000068 tCO_2eq/개)
= 일회용 비닐봉투 1개당 무게 × 혼합폐플라스틱 소각 탄소발자국 계수
= 0.00002 ton/개 × 3.413 tCO_2eq/ton = 0.000068 tCO_2eq/개
✓ 폐기물처리 방법은 소각으로 가정하였음

[일회용 비닐봉투 개당] 0.00002 ton/개
= 국내 일회용 비닐봉투 연간 소비 무게 ÷ 국내 일회용 비닐봉투 연간 소비 개수
= (552,600 ton ÷ 27,600,000,000개) = 0.00002 ton/개

• [가게당] 감축원단위 (2.08 tCO_2eq/가게)
= (일회용 비닐봉투 1개당 온실가스 배출량 × 국내 일회용 비닐봉 투 연간 소비개수) ÷ 국내 식품접객업 가게 수
= (0.000068 tCO_2eq/개 × 27,600,000,000개) ÷ 908,092 가게
= 2.08 tCO_2eq/가게</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">5 산정계수</td><td colspan="2">• 혼합폐플라스틱 소각 탄소발자국 계수
<table><tr><th>대분류</th><th>구분</th><th>원료/에너지</th><th>단위</th><th>탄소발자국 ($kgCO_2eq/kg$)</th></tr><tr><td>폐기물처리</td><td>소각</td><td>혼합폐플라스틱 소각</td><td>kg</td><td>3.413</td></tr></table></td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 국내 일회용 비닐봉투 연간 소비량 (552,600 ton)</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 국내 일회용 비닐봉투 연간 소비 개수 (27,600,000,000 개)</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 2022년 국내 식품접객업 수
<table><tr><th>업종 구분</th><th>전국 가게 수</th><th>단위</th></tr><tr><td>식품접객업</td><td>908,092</td><td>가게</td></tr></table>✓ 식품접객업 범위 : 휴게음식점, 일반음식점, 단란주점영업, 유흥주점영업, 위탁급식영업, 제과점영업
✓ 식품접객업 범위 중 단란주점영업, 유흥주점영업, 위탁급식영업은 제외하여 산정하였음</td><td>③</td></tr>
</table>

20	폐기물	식품접객업 일회용 비닐봉투 사용 규제	
6 출처		① 환경성적표지 평가계수_탄소발자국 (kgCO_2eq/kg) - p.6 ② 2023 플라스틱 대한민국2.0_코로나19 시대_플라스틱 소비의 늪에 빠지다 (그린피스, 2023.03.)) - p.12 ③ KOSIS 국가통계포털 (업종별 식품접객업체 현황, 2022) -「식생활관리현황」, 식품의약품안전처	
7 모니터링 인자		• 소비되는 비닐봉투 (개) • 사업 참여 가게 수 (가게) ✓ 사업 참여 가게는 식품접객업을 대상으로 함	단발
8 추진사례		• 1회용품 사용 줄이기, 전라남도 광양시, 2023 - 1회용품 줄이기 문화를 조성하기 위해 개별업소 방문을 통한 참여형 계도(1회용품 줄여가게) 동참 요청 등 진행 예정	

21	폐기물	일회용 플라스틱 컵 사용 자제	
1 개요		일회용 플라스틱 컵을 비롯한 일회용품 사용량의 증가로 인해 발생하는 온실가스 배출량이 상당함에 따라 커피 전문점 및 기타 비알콜 음료업에서 플라스틱 컵 사용을 자제함으로써 일회용 플라스틱 컵 사용 후 폐기물 처리에 발생하는 온실가스 배출량을 저감하고자 함	
2 원단위		• [일회용 플라스틱 컵당] 0.000048 tCO_2eq/개 • [가게당] 2.34 tCO_2eq/가게	
3 감축량 산정식		• [일회용 플라스틱 컵당] 감축원단위 (0.000048 tCO_2eq/개) × 소비되는 음료 개수 (개) • [가게당] 감축원단위 (2.34 tCO2eq/가게) × 사업 참여 가게 수 (가게)	
4 감축원단위 산정근거		• [일회용 플라스틱 컵당] 감축원단위 (0.000048 tCO_2eq/개) = 일회용 플라스틱 컵 1개당 평균 무게 × 혼합폐플라스틱 소각 탄소배출계수 × 단위 환산 = 0.014kg/개 × 3.413 $kgCO_2eq/kg$ ÷ 1000 **= 0.000048 tCO_2eq/개** ※ 폐기물처리 방법은 소각으로 가정하였음 • [가게당] 감축원단위 (2.34 tCO_2eq/가게) = (일회용 플라스틱 컵당 온실가스 배출량 × 국내 인구 일회용 플라스틱 컵 연간 소비량) ÷ 국내 비알코올 음료점업 총 가게 수 = (0.000048 tCO_2eq/개 × 5,300,000,000개) ÷ 108,466 가게 **= 2.34 tCO_2eq/가게**	
5 산정계수		• 베이스라인 산정 시 사용되는 배출계수	①
		• 일회용 플라스틱 컵 1인당 연간 소비량 (1.434 kg/인) = 국내 인구 일회용 플라스틱 컵 연간 소비량(2020년) ÷ 국내 인구수 = 74,319,000 kg ÷ 51,840,000인 = 1.434 kg/인	②
		• 일회용 플라스틱 컵 1개당 무게 (0.014 kg/개) = 1인당 일회용 플라스틱 컵 연간 소비량 ÷ 1인당 일회용 플라스틱컵 연간 사용량 = 1.434 kg/인 ÷ 102개/인 = 0.014 kg/개	②
		• 2020년 일회용 플라스틱 소비 발자국	②

대분류	구분	원료/에너지	단위	탄소발자국 ($kgCO_2eq$)
폐기물처리	소각	혼합폐플라스틱 소각	kg	3.413

구분	일회용 플라스틱 컵	단위
국내 인구 수	51,840,000	인
국내 인구 연간 소비량	5,300,000,000	개
	74,319,000	kg
1인당 연간 사용량	102	개/인

<table>
<tr><td>21</td><td>폐기물</td><td colspan="2">일회용 플라스틱 컵 사용 자제</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>• 2020년 국내 비알코올 음료점업 수
<table><tr><th>구분</th><th>가게 수</th><th>단위</th></tr><tr><td>커피 전문점</td><td>89,892</td><td>가게</td></tr><tr><td>기타 비알콜 음료점업</td><td>18,574</td><td>가게</td></tr><tr><td>합계</td><td>108,466</td><td>가게</td></tr></table></td><td>③</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 환경성적표지 평가계수_탄소발자국 (kgCO_2eq, p.6)
② 2023 플라스틱 대한민국2.0_코로나19 시대_플라스틱 소비의 늪에 빠지다(그린피스, 2023.03., p.12)
③ 2022년 식품외식산업 주요 통계_통계청 서비스업 조사(p.55)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 소비되는 음료 개수 (개)
• 사업 참여 가게 수 (가게)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 4월 1일부터 카페 내 1회용컵 금지_제로웨이스트 서울 본격 추진, 서울특별시시 보도자료, 2022
- 자치구, 시민단체와 합동점검반을 구성해 매장 내 1회용 플라스틱 컵 사용 여부를 집중적으로 단속하며, 커피전문점 밀집도, 유동인구 등을 고려해 16개 관리지역을 선정하고, 개인 카페 및 프랜차이즈를 대상으로 집중점검을 하는 사업 추진</td></tr>
</table>

22	폐기물	다회용기 보급사업 (포장 시 다회용기 이용 활성화)
1 개요		음식을 포장할 때 사용하는 일회용기를 다회용기로 대체하고, 다회용기를 세척하여 재사용함으로써 기존의 일회용기 생산 및 폐기 시 발생하는 온실가스 저감에 기여할 수 있음 ✓ 개인을 참여자로 하는 지자체의 다회용기 활성화 사업
2 원단위		• 0.00025 tCO_2eq/회
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.00025 tCO_2eq/회) × 다회용기 이용횟수(회)
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (0.00025 tCO_2eq/회) = {(일회용기 생산 시 온실가스 배출량 + 일회용기 폐기 시 온실가스 배출량) - 다회용기 세척 시 온실가스 배출량} ÷ 1인당 음식 주문 시 플라스틱 사용량 = {(0.000017 tCO_2eq/개 + 0.000023 tCO_2eq/개) - 0.000013 tCO_2eq/개} ÷ 9.2 개/회 = **0.00025 tCO_2eq/회** • 일회용기 생산 시 온실가스 배출량 (0.000017 tCO_2eq/개) = 일회용 플라스틱 용기 개수당 무게 × 플라스틱 용기 생산 시 평균 배출계수 = 0.0000094 ton/개 × 1.813 tCO_2eq/톤 = **0.000017 tCO_2eq/개** • 일회용기 폐기 시 온실가스 배출량 (0.000023 tCO_2eq/개) = 일회용 플라스틱 용기 개수당 무게 × 플라스틱 소각 시 배출량 = 0.0000094 ton/개 × 2.4105 tCO_2eq/톤 = **0.000023 tCO_2eq/개** • 플라스틱 소각 시 배출량 (2.4105 tCO_2eq/톤) = 플라스틱 소각 시 CO_2 배출계수 + (플라스틱 소각 시 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (플라스틱 소각 시 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산) = {2.4074 tCO_2/톤 + (52.1 gCH_4/톤 × 28 × 10^{-6}) + (6.1 gN_2O/톤 × 265 × 10^{-6})} = **2.4105 tCO_2eq/톤** ✓ 플라스틱은 전부 소각한다고 가정 • 다회용기 세척 시 온실가스 배출량 (0.000013 tCO_2eq/개) = 다회용기 세척 시 수도 사용에 따른 온실가스 배출량 + 식기세척기 사용 시 전력 사용에 따른 온실가스 배출량 = 0.0000000747 tCO_2eq/개 + 0.0000125 tCO_2eq/개 = **0.000013 tCO_2eq/개** • 다회용기 세척 시 수도 사용에 따른 온실가스 배출량 (0.0000000747 tCO_2eq/개) = 수도 배출계수 × 식기세척기 사용 시 물 사용량 × 단위환산 ÷ 식기세척기 한 대당 세척 식기 개수 = 0.000237 $kgCO_2eq$/L × 18 L/대 × 10^{-3} ÷ 57 개/대 = **0.0000000747 tCO_2eq/개** • 식기세척기 사용 시 전력 사용에 따른 온실가스 배출량 (0.0000125 tCO_2eq/개) = 전력 배출계수 × 식기세척기 한 대당 소비전력량 × 단위환산 ÷ 식기세척기 한 대당 세척 식기 개수 = 0.0000125 tCO_2eq/개 ※ 0.4781 tCO_2eq/MWh × 1,488 Wh/대 × 10^{-6} ÷ 57 개/대 = **0.0000125 tCO_2eq/개**

22	폐기물	다회용기 보급사업 (포장 시 다회용기 이용 활성화)	
5 산정계수		• 연간 일회용 플라스틱 용기 사용량 **구분** / **일회용 플라스틱 용기** / **단위** 국내 인구 연간 소비량: 17,300,000,000 개; 162,458 ton **개수당 무게**: **0.0000094** **ton/개** • 일회용 플라스틱 용기 개수당 무게 (0.0000094 ton/개) = 연간 일회용 플라스틱 용기 무게 ÷ 연간 일회용 플라스틱 용기 개수 = 0.0000094 ton/개 ※ 162,458 ton ÷ 17,300,000,000 개 = 0.0000094 ton/개	①
		• 플라스틱 용기 종류별 생산 시 평균 배출계수 **분류** / **명칭** / **종류** / **탄소발자국 (tCO_2eq/톤)** 플라스틱: 폴리에틸렌테레프탈레이트 PET 2.370; 폴리프로필렌 PP 1.472; 폴리비닐 클로라이드 PVC 1.341; 고밀도 폴리에틸렌 HDPE 2.026; 저밀도 폴리에틸렌 LDPE 1.862; 폴리스티렌 PS 1.808 **평균값**: **1.813**	②
		• 플라스틱(생활폐기물) 소각 시 이산화탄소 배출계수 **성상** / **DM_{ij}** / **CF_{ij} (tC/t-Waste)** / **FCF_{ij}** / **OF_{ij}** / **CO_2 보정계수** 플라스틱: 0.8605 / 0.7630 / 1 / 1 / 3.667 ✓ 플라스틱 1ton 소각 시 이산화탄소 배출량 = DM_{ij} × CF_{ij} × FCF_{ij} × OF_{ij} × CO_2 보정계수 = 0.8605 × 0.7630 × 1 × 1 × 3.667 = **2.4074 tCO_2/톤** ※ DM_{ij}: 건조물질함량, CF_{ij}: 탄소함량, FCF_{ij}: 화석탄소함량, OF_{ij}: 산화계수 • 플라스틱(생활폐기물) 소각 시 메탄, 아산화질소 배출계수 **CH_4 배출계수 (gCH_4/톤)** / **N_2O 배출계수 (gN_2O/톤)** 52.1 / 6.1	③
		• GWP: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	④
		• 수도 배출계수 **구분** / **원료/에너지** / **탄소발자국 ($kgCO_2eq$/kg)** / **탄소발자국 ($kgCO_2eq$/L)** 수자원 / 상수 / 0.000237 / **0.000237** ※ 물이 1 kg = 1 L 임을 이용해 배출계수 단위 변환	②

<table>
<tr><td>22</td><td>폐기물</td><td colspan="2">다회용기 보급사업 (포장 시 다회용기 이용 활성화)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3"></td><td>• 전력 배출계수: 0.4781 tCO_2eq/MWh</td><td>⑤</td></tr>
<tr><td>• 식기세척기 소비전력량, 물 사용량, 세척 식기 개수
<table>
<tr><th>브랜드</th><th>모델명</th><th>소비전력량 (Wh/대)</th><th>물 사용량 (L/대)</th><th>한 대당 평균 세척 식기 개수 (개/대)</th></tr>
<tr><td>밀레</td><td>G4310SC</td><td>1,368</td><td>17.5</td><td rowspan="6">57</td></tr>
<tr><td>삼성전자</td><td>DW60T8075FG</td><td>1,375</td><td>17.5</td></tr>
<tr><td>SK매직</td><td>DWA-81U0D</td><td>1,846</td><td>21.2</td></tr>
<tr><td>LG전자</td><td>DFB22MA</td><td>1,305</td><td>15.0</td></tr>
<tr><td>쿠쿠전자</td><td>CDW-A1210UBS</td><td>1,546</td><td>18.6</td></tr>
<tr><td colspan="2">평균값</td><td>1,488</td><td>18</td></tr>
</table>
※ 53~61개의 식기로 품질 비교 시험을 했기 때문에 평균값인 57개를 식기세척기 한 대당 세척했다고 가정함</td><td>⑥</td></tr>
<tr><td>• 1인당 음식 주문 시 플라스틱 사용량: 9.2 개/회</td><td>⑦</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 2023 플라스틱 대한민국2.0 코로나19 시대_플라스틱 소비의 늪에 빠지다 (그린피스, 2023) - p.11
② 환경성적표지 평가계수_탄소발자국 (한국환경산업기술원, 2021) - p.4,5
③ 2022 지역 온실가스 통계 산정지침 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.164, 173, 175
④ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서
⑤ 2021년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.7
⑥ ‘식기세척기’ 품질 비교시험 결과 (한국소비자원, 2021) - p.3,12
⑦ 배달음식 플라스틱 용기 실태조사 (한국소비자원, 2021) - p.13</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 다회용기 이용횟수 (회)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 용기있는 세종시민 챌린지 추진, 세종특별자치시(2024년)
- 다회용기 사용을 장려하는 세종 맞춤 ‘용기내 세종’사업의 일환으로 음식 구입 시 직접 가져간 용기를 사용해 플라스틱 일회용품 사용을 줄이고 세종시민의 참여를 확산하기 위한 활동 추진</td></tr>
</table>

23	폐기물	음식물쓰레기 저감 캠페인	
1 개요		음식문화 개선 및 교육·홍보를 강화하여 영업자와 소비자 의식의 전환을 통해 1일 발생하는 음식물쓰레기 감량에 따른 온실가스 감축을 기대할 수 있는 정책	
2 원단위		• [퇴비화] 0.192kgCO_2eq/kg • [혐기성소화] 0.028kgCO_2eq/kg	
3 감축량 산정식		• [퇴비화] 감축원단위(0.192kgCO_2eq/kg) × 음식물폐기물 감축량(kg) • [혐기성소화] 감축원단위(0.028kgCO_2eq/kg) × 음식물폐기물 감축량(kg)	
4 감축원단위 산정근거		• [퇴비화] 감축원단위(0.192kgCO_2eq/kg) = {(퇴비화 처리에 따른 메탄 배출계수 × 메탄GWP) + (퇴비화 처리에 따른 아산화질소 배출계수 × 아산화질소GWP)} × 단위환산 ※ {(4gCH_4/kg × 28) + (0.3gN_2O/kg × 265)} × 10^{-3} = 0.192kgCO_2eq/kg • [혐기성소화] 감축원단위(0.028kgCO_2eq/kg) = (혐기성소화 처리에 따른 메탄 배출계수 × GWP) × 단위환산 ※ (1gCH_4/kg × 28) × 10^{-3} = 0.028kgCO_2eq/kg ✓ 공공음식물처리시설의 주요 처리유형인 퇴비화와 혐기성소화에 따른 온실가스 배출량을 기준(습량기준)으로 산정함	
5 산정계수		• 퇴비화 처리에 따른 메탄 배출계수 : 4gCH_4/kg	①
		• 퇴비화 처리에 따른 아산화질소 배출계수 : 0.3gN_2O/kg	①
		• 혐기성소화 처리에 따른 메탄 배출계수 : 1gCH_4/kg	①
6 출처		① 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표6] 33.고형폐기물의 생물학적 처리 <표-57>	
7 모니터링 인자		• 음식물폐기물 감축량(kg)	단발
8 추진사례		• 음식물 쓰레기 저감 캠페인, 서울특별시 동대문구	

24	폐기물	지방세 종이 고지서의 전자 고지서 대체
① 개요		종이로 발급되고 있는 지방세 고지서 생산 및 폐기과정에서 발생하는 온실가스 배출량이 상당함에 따라 기존의 종이 고지서를 전자고지서로 대체하여 종이 고지서로 인해 배출되는 온실가스 배출량을 저감하고자 함
② 원단위		• [건당 전자고지서 이용] 0.00000572 tCO_2eq/건 • [가구당 전자고지서 이용] 0.00004648 tCO_2eq/가구
③ 감축량 산정식		• [건당 전자고지서 이용] 감축원단위 (0.00000572 tCO_2eq/건) × 전자고지서 발행 건수 (건) • [가구당 전자고지서 이용] 감축원단위 (0.00004648 tCO_2eq/가구) × 전자고지서 발행 가구 수 (가구)
④ 감축원단위 산정근거		• [건당 전자고지서 이용] 감축원단위 (0.00000572 tCO_2eq/건) 종이 고지서 1장 생산 시 발생하는 온실가스 배출량 = (고지서 1장 무게 × 인쇄용지 1g당 배출되는 생산단계 온실가스 배출계수) + (고지서 1장 무게 × 인쇄 용지 1g당 배출되는 폐기단계 온실가스 배출계수) ※ (5g/건 × 1.12gCO_2eq/g) + (5g/건 × 0.024gCO_2eq/g) = 0.00572 kgCO_2eq/건 **= 0.00000572 tCO_2eq/건** • [가구당 전자고지서 이용 감축원단위] (0.00004648 tCO_2eq/가구) 전자고지서 이용 감축원단위 = 종이고지서 1장 생산시 발생하는 온실가스 배출량 × 가구당 종이 고지서 전국 평균 발행량 ※ 0.00572 kgCO_2eq/건 × 8.126건/가구 = 0.04648 kgCO_2eq/가구 **= 0.00004648 tCO_2eq/가구** • [지역별 가구당 전자고지서 이용 감축원단위]

구분	가구당 평균 고지서 수 (건/가구)	지역별 감축원단위 (kgCO_2eq/가구)
서울	8.30	0.0475
부산	7.42	0.0424
대구	7.15	0.0409
인천	7.56	0.0432
광주	8.92	0.0510
대전	7.79	0.0446
울산	6.24	0.0357
세종	8.69	0.0497
경기	8.52	0.0488
강원	7.37	0.0421
충북	7.66	0.0438
충남	8.96	0.0512
전북	7.25	0.0415
전남	11.01	0.0630
경북	7.34	0.0420
경남	8.14	0.0466
제주	7.57	0.0433

※ 지역별 감축원단위는 아래의 계산과정으로 산정되었으며, 지역별 산정값이 다름

<table>
<tr><th>24</th><th>폐기물</th><th colspan="2">지방세 종이 고지서의 전자 고지서 대체</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">• 가구당 평균 고지서 수(건/가구) = 총 국내 지방세 발송건수 (건) ÷ 국내 총 가구 수(가구)
• 지역별 감축원단위(kgCO_2eq/가구) = 지역별 가구당 평균 고지서 수 (건/가구) × 종이고지서 1장 이용 시 발생하는 온실가스 배출량 (0.00572 kgCO_2eq/건)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">5 산정계수</td><td>• 종이 고지서 1장 무게 = A4용지 기준 1장 무게 (5g/건)</td><td>④</td></tr>
<tr><td>• 인쇄용지 1g당 배출되는 생산 단계 온실가스 배출계수(1.12 gCO_2eq/g)
<table><tr><th>구분</th><th>폐기 방법</th><th>배출계수</th><th>단위</th></tr><tr><td>펄프 및 종이</td><td>인쇄용지(신재)</td><td>1.12</td><td>kgCO_2eq/kg</td></tr></table></td><td>①</td></tr>
<tr><td>• 인쇄용지 1g 당 배출되는 온실가스 배출계수(0.024 gCO_2eq/g)
<table><tr><th>구분</th><th>폐기 방법</th><th>배출계수</th><th>단위</th></tr><tr><td>소각</td><td>폐지 소각</td><td>0.024</td><td>kgCO_2eq/kg</td></tr></table>□ 폐기물 처리방법
<table><tr><th>구분</th><th>폐기 방법</th><th>배출계수</th><th>단위</th><th>비고</th></tr><tr><td rowspan="9">매립</td><td>폐목 매립</td><td>6.07E-02</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr><tr><td>폐지 매립</td><td>8.96E-01</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr><tr><td>혼합폐플라스틱 매립</td><td>7.98E-02</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr><tr><td>폐유리 매립</td><td>7.03E-03</td><td>kg CO_2e / kg</td><td>개정</td></tr><tr><td>폐콘크리트 매립</td><td>7.03E-03</td><td>kg CO_2e / kg</td><td>개정</td></tr><tr><td>유해폐기물 매립</td><td>1.78E-01</td><td>kg CO_2e / kg</td><td>개정</td></tr><tr><td>폐금속 매립</td><td>7.03E-03</td><td>kg CO_2e / kg</td><td>개정</td></tr><tr><td>비활성물질 위생매립</td><td>1.21E-02</td><td>kg CO_2e / kg</td><td>개정</td></tr><tr><td>생활폐기물 위생매립</td><td>4.74E-01</td><td>kg CO_2e / kg</td><td>개정</td></tr><tr><td rowspan="9">소각</td><td>폐목 소각</td><td>1.17E-02</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr><tr><td>폐지 소각</td><td>2.40E-02</td><td>kg CO_2e / kg</td><td>개정</td></tr><tr><td>혼합폐플라스틱 소각</td><td>2.35E+00</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr><tr><td>폐고무 소각</td><td>3.14E+00</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr><tr><td>폐유리 소각</td><td>2.42E-02</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr><tr><td>폐금속 소각</td><td>1.70E-02</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr><tr><td>일반폐기물 소각</td><td>1.23E-01</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr><tr><td>지정폐기물 소각</td><td>3.43E-01</td><td>kg CO_2e / kg</td><td></td></tr></table></td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• [가구당 종이 고지서 평균 발행량 계산]
가구당 종이 고지서 전국 평균 발행량
= 총 국내 지방세 발송 건수 ÷ 국내 총 가구 수
※ 162,344,557 건 ÷ 19,979,188 가구 = 8.126 건/가구
※ 총 국내 지방세 발송 건수는 일반우편과 등기우편 발송 건수 합계로 산정하였음</td></tr>
</table>

24	폐기물	지방세 종이 고지서의 전자 고지서 대체	
		• 2018년 지방세 송달 현황	②

구분	총 국내 지방세 발송건수 (일반우편+등기우편) (건)	국내 총 가구 수 (일반가구) (가구)	가구당 평균 고지서 수 (건/가구)	지역별 감축원단위 ($kgCO_2eq$/가구)
서울	31,878,449	3,839,766	8.30	0.0475
부산	10,116,174	1,363,608	7.42	0.0424
대구	6,849,491	957,516	7.15	0.0409
인천	8,271,082	1,094,749	7.56	0.0432
광주	5,160,429	578,559	8.92	0.0510
대전	4,690,888	602,175	7.79	0.0446
울산	2,692,667	431,391	6.24	0.0357
세종	1,034,918	119,029	8.69	0.0497
경기	40,502,076	4,751,497	8.52	0.0488
강원	4,629,806	628,484	7.37	0.0421
충북	4,907,876	640,978	7.66	0.0438
충남	7,625,049	851,124	8.96	0.0512
전북	5,317,335	732,980	7.25	0.0415
전남	8,115,958	737,406	11.01	0.0630
경북	8,032,256	1,094,534	7.34	0.0420
경남	10,634,745	1,306,394	8.14	0.0466
제주	1,885,358	248,998	7.57	0.0433
전국	162,344,557	19,979,188	8.126	0.0465

6 출처	① 한국환경산업기술원 2018 환경성적표지 인증안내서(p.203) ② 정보기술을 활용한 지방세 고지서 송달 개선방안_류영아 (한국지역정보화 학회지 제22권 제1호(2019. 3) : 55~73) 中 행정안전부 지방세입정보과 내부자료(p.57) ③ KOSIS 국가통계포털 (통계청)_거주지역별 주택소유/무주택 가구수_2018년 ④ 수요자 중심의 공공서비스 디자인 개선방안 - 성남시 지방세 고지서 디자인 개선안을 중심으로 (박진희, 2016.03., p.384)	
7 모니터링 인자	• 전자고지서 발행 건수 (건) • 전자고지서 발행 가구 수 (가구)	단발
8 추진사례	• 종이고지서 제로화(전자고지 활성화) 추진, 광주광역시 광산구 - 2021년도 정부혁신 방향인 디지털기반 행정으로 전면적인 전환에 맞춰 지방세정 분야 중 종이기반의 발송 업무를 디지털 기반으로 전환 필요를 느끼면서 종이고지서 제로화를 통해 행정비용 절감과 납세자 편의를 증대시키고, 기후위기 대응 일환의 정부 탄소중립 목표 달성에 기여하는 사업임. 이를 통해 종이 없는 사회실현을 촉진시킴으로서 2045 탄소중립 목표달성에 기여하며, 종이 고지서 제작, 폐기 및 우편발송 비용을 줄임으로서 환경, 경제적 효과를 기대할 수 있음	

25	폐기물	대형마트의 전자 영수증 이용	
1 개요		현재 대형마트에서 종이로 발급되고 있는 영수증 생산 및 폐기과정에서 발생하는 온실가스 배출량이 상당함에 따라 기존의 종이 영수증을 전자영수증으로 대체하여 대형마트에서 종이 영수증으로 인해 배출되는 온실가스 배출량을 저감하고자 함	
2 원단위		• [전자영수증 발행 건수] 0.00000059 tCO_2eq/건 • [전자영수증 발행 가게수] 0.39 tCO_2eq/가게 (감축량 산정 시 영수증을 대상으로 온실가스 감축량을 산정함)	
3 감축량 산정식		• [전자영수증 발행 건수] 감축원단위 (0.00000059 tCO_2eq/건) × 전자영수증 발행 건수 (건) • [전자영수증 발행 가게수] 감축원단위 (0.39 tCO_2eq/가게) × 전자영수증 발행 가게 수 (가게)	
4 감축원단위 산정근거		• [건당 전자영수증 이용] 감축원단위 (0.00000059 tCO_2eq/건) = {영수증 1장 무게 × 인쇄용지 1g당 배출되는 생산단계 온실가스 배출계수) (영수증 1장 무게 × 인쇄용지 1g당 배출되는 폐기단계 온실가스 배출계수)} × 단위환산 ※ {0.52g/건 × 1.12gCO_2eq/g) + (0.52g/건 × 0.024gCO_2eq/g)}× 10^{-6} = **0.00000059 tCO_2eq/건** • [가게당 전자영수증 이용] 감축원단위 (0.39 tCO_2eq/가게) = 종이영수증 1장당 발생하는 온실가스 배출량 × 가게당 종이영수증 발급 건수 ※ 0.00000059 tCO_2eq/건 × 664,091 건/가게 = **0.39 tCO_2eq/건** • 가게당 종이영수증 발급 건수 (664,091 건/가게) = 업무협약 13개사 총 종이 영수증 발생건수 ÷ 13개사 전국 매장 수 합계 ※ 1,486,900,000 건 ÷ 2,239 가게 **= 664,091 건/가게** ※ 종이영수증 없애기 대형유통업계도 함께 해요_[붙임 4] 종이영수증 발급량 및 환경적 영향 산출근거 (환경부 보도자료, 2019.08.28.))	
5 산정계수		• 종이 영수증 1장 무게 (0.52 g/건) = 종이 밀도 × 가로 × 세로 ※ 0.0001 g/㎟ × 72.54 mm × 71.54 mm **= 0.52 g/건**	②
		• 종이 영수증 규격 (mm)	③

No.	가로	세로
1	79	70
2	79	80
3	57	30
4	57	50
5	57	60
6	57	80
7	57	120

25	폐기물	대형마트의 전자 영수증 이용	

No.	가로	세로
8	75	70
9	75	75
10	79	75
11	57	40
12	110	50
13	104	130
평균	72.54	71.54

• 인쇄용지 1g 당 배출되는 생산 단계 온실가스 배출계수 (1.12 gCO_2eq/g)

구분	폐기 방법	배출계수	단위
펄프 및 종이	인쇄용지(신재)	1.12	$kgCO_2eq/kg$

①

• 인쇄용지 1g 당 배출되는 폐기단계 온실가스 배출계수 (0.024 gCO_2eq/g)

구분	폐기 방법	배출계수	단위
소각	폐지 소각	0.024	$kgCO_2eq/kg$

①

• 종이영수증 발급량

구분	영수증 1건당 환경적 영향*	연간 영수증 발급량에 따른 환경적 영향	
		업무협약 13개사 기준	국내 총 발생량 기준
발급건수	1건	1,486.9백만건	128.9억건**
온실가스 배출량	1.776g	2,641톤	22,893톤
영수증 발급비용	8원	119억원	1,031.2억원
원목벌목	0.00001그루	14,869그루	128,900그루
쓰레기 배출량	0.726g	1,079톤	9,358톤

④

* 전자영수증서비스 사업화 연구결과 보고서(2014, 정보통신산업진흥원)의 국내 종이영수증 발행 현황에 따른 환경적 영향 분석 결과 반영

** 2018년 신용카드(체크카드 포함) 결제를 통해 발행된 종이영수증 발급량을 의미(금융감독원 제공)

※ 본문 중 온실가스 저감효과를 소나무로 환산한 수치(943,119그루)는 국립산림과학원(2013, 주요 수종별 표준 탄소흡수량)을 근거로 '20년산 소나무 1그루의 연간 CO_2 흡수량을 약 2.8kg으로 적용한 것임

• 13개사 전국 매장 수 합계

※ 종이영수증 없애기 대형유통업계도 함께해요_[붙임 4] 종이 영수증 발급량 및 환경적 영향 산출근거 (환경부 보도자료, 2019.08.28.) 보도자료 내 업무협약 13개사 기준)

④

25	폐기물	대형마트의 전자 영수증 이용

13개사 명	전국 매장수합계	출처
갤러리아 백화점	5	갤러리아 사업보고서
롯데롭스	122	https://www.newsway.co.kr/news/view?tp=1&ud=2021081115271344010
롯데백화점	56	롯데백화점 공식사이트
아성다이소	1,300	아성다이소 매출액, 매장 수 추이 (1997년-2018년) by 이코노미조선
이마트	157	이마트 2018년 2분기 실적보고서
홈플러스	142	이마트 2018년 2분기 실적보고서
AK플라자	8	AK플라자 공식사이트
이마트 에브리데이	231	이마트 에브리데이 공식사이트
농협하나로유통	13	농협 하나로 유통 공식사이트
롯데마트	123	롯데마트 사업보고서
신세계백화점	9	신세계백화점 공식사이트
이랜드리테일	50	이마트 리테일 공식사이트
현대백화점	23	현대백화점 사업보고서
합계	2,239	-

6 출처	① 한국환경산업기술원 2018 환경성적표지 인증안내서(p.198, 203) ② 감열지의 특성과 보존방안(p.16) ③ 소비자의 시각적 문해력 향상을 위한 대형마트 영수증 디자인 연구(p. 42~44) ④ 종이영수증 없애기 대형유통업계도 함께 해요_[붙임 4] 종이영수증 발급량 및 환경적 영향 산출근거 (환경부 보도자료, 2019.08.28.)	
7 모니터링 인자	• 전자영수증 발행 건수 (건) • 전자영수증 발행 가게 수 (가게)	단발
8 추진사례	• “모바일 영수증 발행 사업장을 찾습니다.”, 경기도 부천시 - 모바일 영수증을 발행하는 사업장을 찾아 부천 시민과 공유하고 해당 사업장은 친환경 실천 사업장 협약 및 홍보의 혜택과 해당년도 부천시에서 각종 평가시 가점을 주는 등의 혜택을 주는 사업 추진	

26	폐기물	종이 없는 행정 추진	
① 개요		기존의 종이 서류로 작성하던 것을 전자문서로 대체하고, 종이문화를 IT 문화로 대체함으로써 종이 서류 사용 후 버려진 종이를 소각·매립할 때의 온실가스 발생량을 줄임으로써 온실가스 감축에 기여할 수 있음. ✓ 종이 없는 행정을 추진함으로써 종이 구입 박스를 모니터링하여 지난 해 대비 절감한 박스만큼 온실가스 감축이 이루어짐	
② 원단위		• [구매절감량(박스) 기준] 0.0243 tCO_2eq/박스 • [구매절감량(장) 기준] 0.0000097 tCO_2eq/장	
③ 감축량 산정식		• [구매절감량(박스) 기준] 감축원단위(0.0243 tCO_2eq/박스) × 종이 구매절감량(박스) • [구매절감량(장) 기준] 감축원단위(0.0000097 tCO_2eq/장) × 종이 구매절감량(장)	
④ 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (0.0243 tCO_2eq/박스) = (종이 생산 시 발생하는 온실가스 배출량 + 종이 폐기 시 발생하는 온실가스 배출량) × 종이 한 박스 당 평균 무게 × 단위환산 = (1.12 tCO_2eq/톤 + 0.9548 tCO_2eq/톤) × 11,694 g/박스 × 10^{-6} **= 0.0243 tCO_2eq/박스** • 감축원단위 (0.0000097 tCO_2eq/장) = 0.0243 tCO_2eq/박스 ÷ 2,500 장/박스 = 0.0000097 tCO_2eq/장 • 종이 폐기 시 발생하는 온실가스 배출량 (0.9548 tCO_2eq/톤) = [{종이 소각 시 CO_2 배출량 + (종이 소각 시 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (종이 소각 시 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산)} × 종이 소각률] + {(종이 매립 시 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP) × 종이 매립률} = [{0.0125 tCO_2/톤 + (52.1 gCH_4/톤 × 28 × 10^{-6}) + (6.1 gN_2O/톤 × 265 × 10^{-6})} × 0.67] + {(0.15725 tCH_4/톤 × 28) × 0.21} **= 0.9548 tCO_2eq/톤** ✓ 재활용과 기타 처리방법으로의 배출량은 고려하지 않음	
⑤ 산정계수		• 종이 생산 시 평균 배출계수 대분류: 원료 및 에너지 생산 / 구분: 펄프 및 종이 / 원료/에너지: 인쇄용지 (신재) / 탄소발자국: 1.12 / 단위: tCO_2eq/톤	①
		• 종이 무게 구분: A4 용지 / 가로 (mm): 210 / 세로 (mm): 297 / 평량 (g/mm^2): 0.000075 / 종이 한 장당 평균 무게 (g/매): 4.67775 ✓ A4 용지 가로, 세로 크기는 ISO 216에 따름 ✓ 종이 평량은 국내에서 일반적으로 사용하는 70~80g/m^2의 평균인 75g/m^2(0.000075g/mm^2)으로 산정	② ③

26	폐기물	종이 없는 행정 추진	
		• 기업 연간 종이 사용량 **기업 연간 종이 사용량** / **단위** 2,500 / 매/박스 11,694 / g/박스 • 종이 한 박스당 평균 무게 = 종이 한 박스당 매수 × 종이 한 장당 평균 무게 = 11,694 g/박스 ※ 2500 매/박스 × 4.67775 g/매 = 11,694 g/박스 ✓ 1박스당 종이 2,500매로 가정하여 산정함	④
		• 종이(생활폐기물) 소각 시 이산화탄소 배출계수 **성상** / **DM_{ij}** / **CF_{ij} (tC/ t-Waste)** / **FCF_{ij}** / **OF_{ij}** / **CO_2 보정계수** 종이/판지 / 0.7951 / 0.4276 / 0.01 / 1 / 3.667 ✓ 종이 1ton 소각 시 이산화탄소 배출량 = DM_{ij} × CF_{ij} × FCF_{ij} × OF_{ij} × CO_2 보정계수 = 0.7951 × 0.4276 × 0.01 × 1 × 3.667 = **0.0125 tCO_2/톤** ※ DM_{ij}: 건조물질함량, CF_{ij}: 탄소함량, FCF_{ij}: 화석탄소함량, OF_{ij}: 산화계수 • 종이(생활폐기물) 소각 시 메탄, 아산화질소 배출계수 **CH_4 배출계수 (gCH_4/톤)** / **N_2O 배출계수 (gN_2O/톤)** 52.1 / 6.1	⑤
		• 종이류(생활폐기물) 매립 배출계수 **성상** / **DOC (tC/ t-Waste)** / **DOC_f** / **MCF** / **F** / **CH_4 보정계수** 종이류 / 0.3349 / 0.6256 / 1 / 0.5629 / 16/12 ✓ 종이 1ton 매립 시 메탄 배출량 = DOC × DOC_f × MCF × F × CH_4 보정계수 = 0.3349 × 0.6256 × 1 × 0.5629 × (16/12) = **0.15725 tCO_2/톤** ※ DOC: 분해 가능한 유기탄소 함량, DOC_f: 혐기적으로 분해 가능한 폐기물 내 유기탄소 비율, MCF: CH_4 보정계수, F: 매립가스 중 CH_4 성분비	⑤
		• 폐지류 소각 및 매립 비율 **소각률** / **매립률** 67 % / 21 % ✓ 폐기물 발생 및 처리현황으로 계산 (생활폐기물 중 폐지류) - 소각률: 폐지 소각량 ÷ 폐지 발생량 = 1,029,919.1 톤 ÷ 1,547,875.4 톤 = 67 % - 매립률: 폐지 매립량 ÷ 폐지 발생량 = 332,016.4 톤 ÷ 1,547,875.4톤 = 21 %	⑥

26	폐기물	종이 없는 행정 추진	
		• GWP: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	⑦
⑥ 출처		① 환경성적표지 평가계수_탄소발자국($kgCO_2eq/kg$) - p.4 ② A4 용지 가로, 세로 규격: ISO216 ③ 종이의 표면 거칠음도에 따른 인쇄품질 변화 분석 (김희원, 2020) - p.24 ④ 전자문서 활용이 기업의 경영에 미치는 영향 (조동성, 2010) - p.178 ⑤ 2022 지역 온실가스 통계 산정지침 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.164~171 ⑥ 2022년 전국 폐기물 발생 및 처리현황 (환경부, 2022) - p.63 ⑦ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서	
⑦ 모니터링 인자		• 종이 구매절감량 (박스)	단발
		• 종이 구매절감량 (장)	단발
⑧ 추진사례		• 종이 없는 사무실 조성, 서울특별시 관악구(2024년) • 노 페이퍼(No Paper) 캠페인, 경기도 하남시 (2024년)	

27	폐기물	플라스틱 조화 사용 금지	
1 개요		플라스틱 조화 사용을 금지하여 플라스틱 조화 생산과 폐기 시에 발생하는 온실가스 저감에 기여하고자 함	
2 원단위		• 4.22 tCO_2eq/톤	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(4.22 tCO_2eq/톤) × 플라스틱 조화 사용 금지량 (톤)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (4.22 tCO_2eq/톤) = 플라스틱 조화 생산 시 온실가스 배출량 + 플라스틱 조화 소각 시 온실가스 배출량 = 1.813 tCO_2eq/톤 + 2.4105 tCO_2eq/톤 = **4.22 tCO_2eq/톤** • 플라스틱 조화 소각 시 온실가스 배출량 (2.4105 tCO_2eq/톤) = 플라스틱 소각 시 CO_2 배출계수 + (플라스틱 소각 시 CH_4 배출계수 × CH_4 GWP × 단위환산) + (플라스틱 소각 시 N_2O 배출계수 × N_2O GWP × 단위환산) = 2.4074 tCO_2/톤 + (52.1 gCH_4/톤 × 28 × 10^{-6}) + (6.1 gN_2O/톤 × 265 × 10^{-6}) = **2.4105 tCO_2eq/톤** ✓ 전부 소각된다고 가정	
5 산정계수		• 혼합플라스틱 생산 시 평균 온실가스 배출량	①
		• 플라스틱(생활폐기물) 소각 시 이산화탄소 배출계수	②
		• GWP: (CO_2) 1, (CH_4) 28, (N_2O) 265	③

분류	명칭	종류	탄소발자국 (tCO_2eq/톤)
플라스틱	폴리에틸렌테레프탈레이트	PET	2.370
	폴리프로필렌	PP	1.472
	폴리비닐 클로라이드	PVC	1.341
	고밀도 폴리에틸렌	HDPE	2.026
	저밀도 폴리에틸렌	LDPE	1.862
	폴리스티렌	PS	1.808
평균값			**1.813**

성상	DM_{ij}	CF_{ij} (tC/t-Waste)	FCF_{ij}	OF_{ij}	CO_2 보정계수
플라스틱	0.8605	0.7630	1	1	3.667

✓ 플라스틱 1ton 소각 시 이산화탄소 배출량
= DM_{ij} × CF_{ij} × FCF_{ij} × OF_{ij} × CO_2 보정계수
= 0.8605 × 0.7630 × 1 × 1 × 3.667 = **2.4074 tCO_2/톤**

※ DM_{ij}: 건조물질함량, CF_{ij}: 탄소함량, FCF_{ij}: 화석탄소함량, OF_{ij}: 산화계수

• 플라스틱(생활폐기물) 소각 시 메탄, 아산화질소 배출계수

CH_4 배출계수 (gCH_4/톤)	N_2O 배출계수 (gN_2O/톤)
52.1	6.1

27	폐기물	플라스틱 조화 사용 금지	
⑥ 출처		① 환경성적표지 평가계수_탄소발자국 (한국환경산업기술원, 2021) - p.6 ② 2022 지역 온실가스 통계 산정지침 (온실가스종합정보센터, 2022) - p.173, 175 ③ UNFCCC 홈페이지, IPCC 5차 평가보고서	
⑦ 모니터링 인자		• 플라스틱 조화 사용 금지량 (톤)	단발
⑧ 추진사례		• 공원묘원 내 플라스틱 조화 사용 금지, 경상남도 김해시 (2024년) - 플라스틱 조화 사용을 금지하여 플라스틱 조화 폐기 시 발생하는 온실가스를 감축시켜 친환경 추모문화를 조성하는 캠페인 추진	

제7절 수소

1	수소	수소연료전지(LNG, 메탄, LPG)	
1 개요		연료용가스에 포함되어 있는 수소와 대기 중의 산소를 반응시켜 전기와 열을 생산하는 에너지 변환 장치로, 배터리와 달리 연료가 공급되는 한 지속적으로 전기 생산이 가능하므로 온실가스 저감 에 기여	
2 원단위		• [LNG] 2.7657tCO_2/t-LNG • [메탄] 2.7518tCO_2/t-바이오가스(메탄) • [LPG] 2.9864tCO_2/t-LPG	
3 감축량 산정식		• [LNG] 감축원단위(2.7657tCO_2/t-LNG) × LNG사용량(톤) • [메탄] 감축원단위(2.7518tCO_2/t-바이오가스(메탄)) × 메탄사용량(톤) • [LPG] 감축원단위(2.9864tCO_2/t-LPG) × LPG사용량(톤)	
4 감축원단위 산정근거		• [LNG] 감축원단위(2.7657tCO_2/t-LNG) = LNG 배출계수 ※ **2.7657tCO_2/t-LNG** • [메탄] 감축원단위(2.7518tCO_2/t-바이오가스(메탄)) = 메탄 배출계수 ※ **2.7518tCO_2/t-메탄** • [LPG] 감축원단위(2.9864tCO_2/t-LPG) = LPG 배출계수 ※ **2.9864tCO_2/t-LPG** ✓ 온실가스 배출이 없는 그린수소*를 활용한 것으로 가정함 * 재생에너지 생산 전력을 이용하여 수전해 방식으로 생산된 수소	
5 산정계수		• LNG 배출계수 : 2.7657tCO_2/t-LNG	①
		• 메탄 배출계수 : 2.7518tCO_2/t-바이오가스(메탄)	①
		• LPG 배출계수 : 2.9864tCO_2/t-LPG	①
6 출처		① 국가 온실가스 배출계수(온실가스종합정보센터, 2018년)	
7 모니터링 인자		• LNG사용량(톤) • 메탄사용량(톤) • LPG사용량(톤)	단발
8 추진사례		• 경상북도, 경주시, 경기도 화성시, 인천광역시 동구, 전라남도 장흥군 등	

2	수소	이산화탄소 포집 및 수소생산 이용	
1 개요		LNG 개질을 통한 수소생산 과정에서 이산화탄소 포집장치를 도입하여 LNG 개질시 발생하는 이산화탄소를 포집하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• 8.33tCO_2eq/tH_2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(8.33tCO_2eq/tH_2) × 수소생산용량(tH_2)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(8.33tCO_2eq/tH_2) = 수소 생산시 연소·개질에 의한 온실가스 배출량 × 포집효율 ※ 9.2595tCO_2eq/tH_2 × 90% = **8.33tCO_2eq/tH_2** ✓ 연소·개질 및 포집을 위한 설비의 전력사용으로 인한 온실가스 배출량은 관련 자료가 부재하여 산정에서 제외함 • 수소 생산시 LNG 개질에 의한 온실가스 배출량(9.2595tCO_2eq/tH_2)	
5 산정계수		• 포집효율 : 90% ※ 습식포집방식 적용 포집설비의 일반적 설계기준	①
		• 연소·개질에 의한 온실가스 배출량 원단위 : 9.2595$kgCO_2eq/kgH_2$	②
6 출처		① 한국화학연구원, 이산화탄소 전환 기술백서, 2020(203p) ② IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019	
7 모니터링 인자		• 수소생산용량(tH_2)	단발
8 참고사항		• 그레이수소: 화석연료의 스팀개질반응(Steam Methane Reforming)이나 석탄가스화(Coal Gasification) 같은 방법으로 생산한 수소 • 블루수소: 화석연료에서 수소를 추출하는 점은 그레이수소와 동일하지만, 배출되는 CO_2를 CCS(Carbon Capture&Storage)로 분리 저장 가능한 수소 • 그린수소: 재생에너지 전원으로 물을 전기분해(수전해)하여 생산하는 저탄소 또는 무탄소 배출 수소 ※ 출처: 에너지경제연구원, 성공적인 수소경제를 위한 5가지 조건, 2020	
9 추진사례		• 경상남도 창원 HECS 실증단지, 울산광역시, 강원특별자치도 삼척시, 전북특별자치도 전주시, 경상남도 등	

제8절 흡수원

1	흡수원	조림조성(그루)	
1 개요		녹지 확충과 수목 식재 등의 사업을 활발하게 전개하여 경제적·공익적 가치가 있는 산림자원 조성 및 지속가능한 산림경영 기반을 구축하는 사업으로, 탄소흡수원 확대를 통해 온실가스 저감에 기 여	
2 원단위		• [수령10년] 2.4kgCO_2eq/그루 • [수령15년] 4.4kgCO_2eq/그루 • [수령20년] 7.2kgCO_2eq/그루 • [수령25년] 9.4kgCO_2eq/그루 • [수령30년] 10.1kgCO_2eq/그루	
3 감축량 산정식		• [수령10년] 감축원단위(2.4kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루) • [수령15년] 감축원단위(4.4kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루) • [수령20년] 감축원단위(7.2kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루) • [수령25년] 감축원단위(9.4kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루) • [수령30년] 감축원단위(10.1kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루)	
4 감축원단위 산정근거		• [수령10년] 감축원단위(2.4kgCO_2eq/그루) = 수령 10년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **2.4kgCO_2eq/그루** • [수령15년] 감축원단위(4.4kgCO_2eq/그루) = 수령 15년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **4.4kgCO_2eq/그루** • [수령20년] 감축원단위(7.2kgCO_2eq/그루) = 수령 20년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **7.2kgCO_2eq/그루** • [수령25년] 감축원단위(9.4kgCO_2eq/그루) = 수령 25년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **9.4kgCO_2eq/그루** • [수령30년] 감축원단위(10.1kgCO_2eq/그루) = 수령 30년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **10.1kgCO_2eq/그루**	
5 산정계수		• 수령 10년 기준 평균(전체) 흡수량 : 2.4kgCO_2eq/그루·년	①
		• 수령 15년 기준 평균(전체) 흡수량 : 4.4kgCO_2eq/그루·년	

1	흡수원	조림조성(그루)	
		• 수령 20년 기준 평균(전체) 흡수량 : 7.2kgCO_2eq/그루·년	
		• 수령 25년 기준 평균(전체) 흡수량 : 9.4kgCO_2eq/그루·년	
		• 수령 30년 기준 평균(전체) 흡수량 : 10.1kgCO_2eq/그루·년	
		• 수령 기준 평균 흡수량 참고자료 <수령 기준 그루당 나무 연간 CO_2흡수량>	①

수종	한 그루당 연간 CO_2 흡수량(kgCO_2/그루·년)							
	수령 10년	수령 15년	수령 20년	수령 25년	수령 30년	수령 40년	수령 45년	수령 50년
강원지방소나무	1.4	3.2	5	6.7	8.1	9.0	9.2	9.2
중부지방소나무	1	2.2	3.9	9.8	9.1	6.6	4.9	4.0
잣나무	1.6	5.2	8.6	11.6	12.5	14.1	14.2	14.0
낙엽송	4.3	4.7	9.2	11.5	13.6	15.8	16.2	16.1
리기다소나무	0.9	3.6	6.8	9.2	10.6	9.9	9.3	8.6
편백	2.5	4.2	5.1	5.7	5.9	5.8	5.7	5.2
상수리나무	6.2	9.4	13.5	14.6	14.1	14.9	15.2	15.5
신갈나무	1.2	2.6	5.6	6.4	6.7	8.8	9.7	10.7
평균	**2.4**	**4.4**	**7.2**	**9.4**	**10.1**	**10.6**	**10.6**	**10.4**

6 출처	① 산림청·국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량 (ver.1.2), 2019(14p)	
7 모니터링 인자	• 보급나무수(그루)	지속
8 추진사례	• 2024년 봄철 조림 추진, 강원특별자치도	

2	흡수원	조림조성(면적)	
1 개요		녹지 확충과 수목 식재 등의 사업을 활발하게 전개하여 경제적·공익적 가치가 있는 산림자원 조성 및 지속가능한 산림경영 기반을 구축하는 사업으로, 탄소흡수원 확대를 통해 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• [임령10년] 6.9tCO_2eq/ha • [임령15년] 9.8tCO_2eq/ha • [임령20년] 11.6tCO_2eq/ha • [임령25년] 12.1tCO_2eq/ha • [임령30년] 10.8tCO_2eq/ha	
3 감축량 산정식		• [임령10년] 감축원단위(6.9tCO_2eq/ha) × 조성면적(ha) • [임령15년] 감축원단위(9.8tCO_2eq/ha) × 조성면적(ha) • [임령20년] 감축원단위(11.6tCO_2eq/ha) × 조성면적(ha) • [임령25년] 감축원단위(12.1tCO_2eq/ha) × 조성면적(ha) • [임령30년] 감축원단위(10.8tCO_2eq/ha) × 조성면적(ha)	
4 감축원단위 산정근거		• [임령10년] 감축원단위(6.9tCO_2eq/ha) = 임령 10년 기준 평균(전체) 흡수량 적용 ※ **6.9tCO_2eq/ha** • [임령15년] 감축원단위(9.8tCO_2eq/ha) = 임령 15년 기준 평균(전체) 흡수량 적용 ※ **9.8tCO_2eq/ha** • [임령20년] 감축원단위(11.6tCO_2eq/ha) = 임령 20년 기준 평균(전체) 흡수량 적용 ※ **11.6tCO_2eq/ha** • [임령25년] 감축원단위(12.1tCO_2eq/ha) = 임령 25년 기준 평균(전체) 흡수량 적용 ※ **12.1tCO_2eq/ha** • [임령30년] 감축원단위(10.8tCO_2eq/ha) = 임령 30년 기준 평균(전체) 흡수량 적용 ※ **10.8tCO_2eq/ha**	
5 산정계수		• [임령15년] 감축원단위(9.8tCO_2eq/ha) = 임령 15년 기준 평균(전체) 흡수량 적용 ※ **9.8tCO_2eq/ha**	①
		• [임령20년] 감축원단위(11.6tCO_2eq/ha) = 임령 20년 기준 평균(전체) 흡수량 적용 ※ **11.6tCO_2eq/ha**	①

2	흡수원	조림조성(면적)	
		• [임령25년] 감축원단위(12.1tCO$_2$eq/ha) = 임령 25년 기준 평균(전체) 흡수량 적용 ※ **12.1tCO$_2$eq/ha**	①
		• [임령30년] 감축원단위(10.8tCO$_2$eq/ha) = 임령 30년 기준 평균(전체) 흡수량 적용 ※ **10.8tCO$_2$eq/ha**	①
		• 임령 기준 평균 흡수량 참고자료 <임령 기준 면적당 나무 연간 CO_2 흡수량 >	①

수종	면적당 연간 CO_2 흡수량(tCO$_2$/ha·년)							
	임령 10년	임령 15년	임령 20년	임령 25년	임령 30년	임령 40년	임령 45년	임령 50년
강원지방소나무	7.5	9.6	10.1	10	9.6	8.2	7.5	6.7
중부지방소나무	3.5	5.2	6.9	15.8	12.4	6.4	4.6	3.3
잣나무	5.4	10.6	11.8	11.6	10.8	9.1	8.3	7.6
낙엽송	9.1	9.4	10.5	10	9.5	8.5	8.1	7.9
리기다소나무	4.5	10.5	13.9	13.8	12.4	8.7	7.1	5.8
편백	5.2	8	8.8	8.8	8.2	6.6	5.8	5.2
상수리나무	11.2	13.1	15.9	14.9	14	12.3	11.6	10.9
신갈나무	8.6	11.9	15	11.8	9.3	8.4	7.9	7.5
평균	**6.9**	**9.8**	**11.6**	**12.1**	**10.8**	**8.5**	**7.6**	**6.9**

6 **출처**	① 산림청·국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(ver.1.2), 2019(13p)	
7 **모니터링 인자**	• 조성면적(ha)	지속
8 **추진사례**	• 2024년 봄철 조림 추진, 강원특별자치도	

3	흡수원	기후변화대응 난대림 조성
1 개요		기후변화대응을 위하여 신규 난대림을 조림하여 난대림을 조성한 면적만큼의 흡수원을 확보하여 온실가스 저감에 기여 ✓ 난대림은 상록활엽수에 해당하며, 따뜻한 기후 지역에 자라는 수풀이라는 의미로, 우리나라에서는 남해안 일대와 제주도 지역이 해당하지만, 기후변화로 인해 난대림 지역이 북쪽으로 확장되고 있음
2 원단위		• [평균] 20.87 tCO_2eq/ha • [종가시나무군락] 38.52 tCO_2eq/ha • [구살잣밤나무군락] 27.78 tCO_2eq/ha • [곰솔군락] 5.15 tCO_2eq/ha • [참느릅나무군락] 12.03 tCO_2eq/ha
3 감축량 산정식		• [평균] 20.87 tCO_2eq/ha × 난대림 조성면적 (ha) • [종가시나무군락] 38.52 tCO_2eq/ha × 종가시나무군락 조성면적 (ha) • [구살잣밤나무군락] 27.78 tCO_2eq/ha × 구살잣밤나무군락 조성면적 (ha) • [곰솔군락] 5.15 tCO_2eq/ha × 곰솔군락 조성면적 (ha) • [참느릅나무군락] 12.03 tCO_2eq/ha × 참느릅나무군락 조성면적 (ha)
4 감축원단위 산정근거		• [평균] 20.87 tCO_2eq/ha = (종가시나무군락 감축원단위 + 구살잣밤나무군락 감축원단위 + 곰솔군락 감축원단위 + 참느릅나무군락 감축원단위) ÷ 4 = (38.52 tCO_2eq/ha + 27.78 tCO_2eq/ha + 5.15 tCO_2eq/ha + 12.03 tCO_2eq/ha) ÷ 4 **= 20.87 tCO_2eq/ha** • [종가시나무군락] 38.52 tCO_2eq/ha = 종가시나무군락 식물체 유기탄소 흡수량 × 이산화탄소 환산계수 = 10.51 tonC/ha × 3.667 **= 38.52 tCO_2eq/ha** • [구살잣밤나무군락] 27.78 tCO_2eq/ha = 구살잣밤나무군락 식물체 유기탄소 흡수량 × 이산화탄소 환산계수 = 7.58 tonC/ha × 3.667 **= 27.78 tCO_2eq/ha** • [곰솔군락] 5.15 tCO_2eq/ha = 곰솔군락 식물체 유기탄소 흡수량 × 이산화탄소 환산계수 = 1.41 tonC/ha × 3.667 **= 5.15 tCO_2eq/ha** • [참느릅나무군락] 12.03 tCO_2eq/ha = 참느릅나무군락 식물체 유기탄소 흡수량 × 이산화탄소 환산계수 = 3.28 tonC/ha × 3.667 **= 12.03 tCO_2eq/ha**

3	흡수원	기후변화대응 난대림 조성	
5 산정계수		• 식물체 유기탄소 흡수량 (단위 : tonC/ha) <종가시나무군락>	①

식물체 구성	2011	2012	평균
총합	13.19	**7.82**	**10.51**
잎+생식기	3.43	2.79	3.11
가지	2.99	1.55	2.27
줄기	4.95	2.78	3.87
뿌리	1.83	0.69	1.26

<구살잣밤나무군락>

식물체 구성	2011	2012	평균
총합	8.64	6.51	**7.58**
잎+생식기	1.72	1.96	1.84
가지	2.07	1.36	1.72
줄기	3.42	2.32	2.87
뿌리	1.43	0.88	1.16

<곰솔군락>

식물체 구성	2011	2012	평균
총합	8.49	-5.68	**1.41**
잎+생식기	3.35	3.7	3.53
가지	0.91	1.32	1.12
줄기	3.13	-5.92	-1.4
뿌리	1.1	-2.14	-0.52

<참느릅나무군락>

식물체 구성	2011	2012	평균
총합	3.13	3.43	**3.28**
잎+생식기	1.29	1.92	1.61
가지	0.09	0.07	0.08
줄기	1.25	1.39	1.32
뿌리	0.49	0.06	0.28

	• 이산화탄소 환산계수 : 3.667	②
6 출처	① 제주도 곶자왈 주요식물군락의 탄소분포와 수지에 관한 연구 (공주대학교, 한영섭, 2014.01.) - p.29 ② 목재제품 탄소저장량 표시제도 운영 계획 : 목재제품 탄소저장량 산정 지침 (목재문화진흥회, 2022.01.27.)	
7 모니터링 인자	• [평균] 난대림 조성면적 (ha) • [종가시나무군락] 종가시나무군락 조성면적 (ha) • [구살잣밤나무군락] 구살잣밤나무군락 조성면적 (ha) • [곰솔군락] 곰솔군락 조성면적 (ha) • [참느릅나무군락] 참느릅나무군락 조성면적 (ha)	지속
8 추진사례	• 기후변화대응 난대림 조성, 전라남도 완도군 (2019년) - 완도군은 기후변화 난대림 조성 사업으로 해양치유산업단지인 신지 명사십리해수욕장 일원 0.8 ha 면적에 붉가시, 생달나무 등 난대림 군락을 조성 및 탄소흡수원을 확보	

4	흡수원	[도시숲조성] 가로수 심기	
1 개요		가로수 조성사업은 이산화탄소 흡수, 도시미관 개선, 여가 공간 제공 등 여러 환경적 기능을 수행 하는 정책으로, 식생복구를 통한 탄소흡수원 확대로 온실가스 저감에 기여 ※ 산림청·국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(ver.1.2) 중 활엽수종을 대상으로 함	
2 원단위		• [수령10년] 3.6kgCO_2eq/그루 • [수령15년] 5.2kgCO_2eq/그루 • [수령20년] 8.4kgCO_2eq/그루 • [수령25년] 9.6kgCO_2eq/그루 • [수령30년] 10.1kgCO_2eq/그루	
3 감축량 산정식		• [수령10년] 감축원단위(3.6kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루) • [수령15년] 감축원단위(5.2kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루) • [수령20년] 감축원단위(8.4kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루) • [수령25년] 감축원단위(9.6kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루) • [수령30년] 감축원단위(10.1kgCO_2eq/그루) × 보급나무수(그루)	
4 감축원단위 산정근거		• [수령10년] 감축원단위(3.6kgCO_2eq/그루) = 수령 10년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **3.6kgCO_2eq/그루** • [수령15년] 감축원단위(5.2kgCO_2eq/그루) = 수령 15년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **5.2kgCO_2eq/그루** • [수령20년] 감축원단위(8.4kgCO_2eq/그루) = 수령 20년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **8.4kgCO_2eq/그루** • [수령25년] 감축원단위(9.6kgCO_2eq/그루) = 수령 25년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **9.6kgCO_2eq/그루** • [수령30년] 감축원단위(10.1kgCO_2eq/그루) = 수령 30년 기준 평균(전체) 흡수량 ※ **10.1kgCO_2eq/그루**	
5 산정계수		• 수령 10년 기준 평균(전체) 흡수량 : 3.6kgCO_2eq/그루·년	①
		• 수령 15년 기준 평균(전체) 흡수량 : 5.2kgCO_2eq/그루·년	①

4	흡수원	[도시숲조성] 가로수 심기	
		• 수령 20년 기준 평균(전체) 흡수량 : 8.4kgCO_2eq/그루·년	①
		• 수령 25년 기준 평균(전체) 흡수량 : 9.6kgCO_2eq/그루·년	①
		• 수령 30년 기준 평균(전체) 흡수량 : 10.1kgCO_2eq/그루·년	①
		• 수령 기준 평균 흡수량 참고자료 <수령 기준 그루당 나무 연간 CO_2흡수량>	①

수종	한 그루당 연간 CO_2 흡수량(kgCO_2/그루·년)				
	수령 10년	수령 15년	수령 20년	수령 25년	수령 30년
낙엽송	4.3	4.7	9.2	11.5	13.6
편백	2.5	4.2	5.1	5.7	5.9
상수리나무	6.2	9.4	13.5	14.6	14.1
신갈나무	1.2	2.6	5.6	6.4	6.7
평균	3.6	5.2	8.4	9.6	10.1

6 출처	① 산림청·국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(ver.1.2), 2019(14p)	
7 모니터링 인자	• 보급나무수(그루)	지속
8 추진사례	• 가로수 매워심기 공사 착공 (2022.03.17.), 경기도 여주시	

<table>
<tr><th colspan="2">5 흡수원</th><th colspan="2">숲 가꾸기(간벌 및 가지치기)</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="2">간벌은 임목의 양적인 생장증진을 도모하고 기형목의 생산을 줄이는 기술이며, 가지치기는 좋은 목재를 생산하기 위한 기술로 산림의 생장을 증진하고, 숲가꾸기 산물을 목재제품 및 산림바이오 매스로 활용</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="2">• 1.188tCO₂eq/na</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="2">• 감축원단위(1.188tCO₂eq/na) × 숲가꾸기 면적(na)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원단위
산정근거</td><td colspan="2">• 감축원단위(1.188tCO₂eq/na)
= 임령 30년 기준 평균(전체) 흡수량 × 숲가꾸기 단위면적당 온실가스 흡수 증진률
※ 10.8tCO₂eq/na × 11% = 1.188tCO₂eq/na</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">5 산정계수</td><td><조성면적당 연간 CO₂ 흡수량>
<table><tr><th>수종</th><th>임령</th><th>조성면적당 연간 CO₂ 흡수량 (tCO₂/na·yr)</th></tr><tr><td>강원지방소나무</td><td rowspan="9">30년</td><td>9.6</td></tr><tr><td>중부지방소나무</td><td>12.4</td></tr><tr><td>잣나무</td><td>10.8</td></tr><tr><td>낙엽송</td><td>9.5</td></tr><tr><td>리기다소나무</td><td>12.4</td></tr><tr><td>편백</td><td>8.2</td></tr><tr><td>상수리나무</td><td>14.0</td></tr><tr><td>신갈나무</td><td>9.3</td></tr></table></td><td>①</td></tr>
<tr><td>• 숲가꾸기 효과 : 단위면적당 온실가스 흡수 11% 증진</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 산림청·국립산림과학원, 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량(ver.1.2), 2019(13p)
② 산림청, 제2차 탄소흡수원 증진 종합계획(2018-2022), 2018(12p)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 숲가꾸기 면적(na)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 성주군 - 산불예방 숲가꾸기 사업 추진 (2024.02.28.)</td></tr>
</table>

6	흡수원	근린공원(도시공원) 조성	
1 개요		근린공원 내 흡수원을 확충하여 온실가스 저감에 기여하고자 함 ※ 근린공원 : 근린거주자 또는 근린생활권으로 구성된 지역생활권 거주자의 휴양 및 정서생활의 향상에 기여함을 목적으로 설치된 공원	
2 원단위		• 0.012 tCO_2eq/m^2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.012 tCO_2eq/m^2) × 근린공원(도시공원) 조성 면적 (m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (0.012 tCO_2eq/m^2) = 근린공원(도시공원) 수목 탄소흡수량 + 근린공원(도시공원) 토양 탄소흡수량 = 0.005 tCO_2eq/m^2 + 0.007 tCO_2eq/m^2 **= 0.012 tCO_2eq/m^2** • 근린공원(도시공원) 수목 탄소흡수량 (0.005 tCO_2eq/m^2) = 근린공원(도시공원) 수목 탄소저장량 평균 × 이산화탄소 환산계수 = 13.15 tonC/ha × 3.667 = 48.2 tCO_2eq/ha ÷ 10,000 m^2/ha **= 0.005 tCO_2eq/m^2** • 근린공원(도시공원) 토양 탄소흡수량 (0.007 tCO_2eq/m^2) = 근린공원(도시공원) 토양 탄소저장량 평균 × 이산화탄소 환산계수 = 18.68 tonC/ha × 3.667 = 68.5 tCO_2eq/ha ÷ 10,000 m^2/ha **= 0.007 tCO_2eq/m^2**	
5 산정계수		• 근린공원(도시공원) 수목 탄소저장량 (단위 : tonC/ha)	①
		• 근린공원(도시공원) 토양 탄소저장량 (단위 : tonC/ha)	①
		• 이산화탄소 환산계수 = 3.667	②

공원 구분	공원명	탄소저장량
근린생활권	NC1	11.08
	NC2	10.02
도보권	WC1	30.81
	WC2	13.21
도시지역권	UC1	7.27
	UC2	6.49
평균		13.15

✓ 실제 근린공원(도시공원) 수목의 탄소저장량을 평가한 자료임

공원 구분	공원명	준공 시 탄소저장량
근린생활권	NC1	9.9
	NC2	11.35
도보권	WC1	30.81
	WC2	10.98
도시지역권	UC1	32.12
	UC2	16.93
평균		18.68

✓ 실제 근린공원(도시공원) 토양의 탄소저장량을 평가한 자료임

6	흡수원	근린공원(도시공원) 조성	
6 출처		① 도시개발로 인한 도시공원의 탄소저장량 회복 방안 연구 (장재호, 박사학위논문, 2021) - p.94, 100 ② 목재제품 탄소저장량 표시제도 운영 계획 : 목재제품 탄소저장량 산정 지침 (목재문화진흥회, 2022.01.27.)	
7 모니터링 인자		• 근린공원(도시공원) 조성 면적 (m^2)	지속
8 추진사례		• 도심공원 조성사업, 충청북도 제천시 - 충북 제천시가 생활권 인근 어디에서나 녹색쉼터를 즐길 수 있도록 도심공원 조성사업을 추진할 예정임. 도심 내 자투리 공간을 활용한 쌈지공원, 생활밀착형 숲 등의 생활권 공원을 조성하여 온실가스 흡수원 확보뿐만 아니라 시민들의 녹색쉼터를 늘려 건강 증진에도 기여하는 등의 효과를 볼 수 있음.	

7	흡수원	녹지면적 확충
1 개요		이산화탄소의 흡수원으로서 녹지의 보전 및 관리가 기후변화 대응을 위해 중요한 대책 중 하나로 떠오르는 상황이며, 지자체에서도 녹지 확충 사업을 진행하여 온실가스 저감을 하고자 함. ※ 녹지 : 도시지역 안에서 자연환경을 보전하거나 개선하고, 도시경관의 향상을 도모하기 위한 것으로, 완충녹지, 경관녹지, 연결녹지가 있음
2 원단위		• 0.006 tCO_2eq/m^2
3 감축량 산정식		• 감축원단위 0.006 tCO_2eq/m^2× 확충된 녹지 면적 (m^2)
4 감축원단위 산정근거		• [확충된 녹지 면적(m^2)당] 감축원단위 (0.006 tCO_2eq/m^2) = 확충된 녹지 면적당 토양 탄소 흡수량 + 확충된 녹지 면적당 수목 탄소 흡수량 ※ 41.62 tCO_2eq/ha + 20.59 tCO_2eq/ha = 62.22 tCO_2eq/ha ※ 62.22 tCO_2eq/ha ÷ 10,000 m^2/ha = 0.006 tCO_2eq/m^2 ✓ 초목류는 탄소흡수량이 미미하여 감축원단위 산정 과정에서 제외하였음 ✓ 도시녹지 수목에 의한 탄소저장량은 교목과 관목이 포함된 탄소저장량임 • [확충된 녹지 면적(ha)당 토양 탄소 흡수량] 41.62 tCO_2eq/ha = {(서울 녹지 면적당 토양 탄소저장량 평균 + 대전 녹지 면적당 토양 탄소저장량 평균 + 대구 녹지 면적당 토양 탄소저장량 평균) ÷ 3} × 이산화탄소 환산계수 = {(14.6 + 7.46 + 11.99) ÷ 3} × 3.667 = **41.62 tCO_2eq/ha** ✓ 대표 지역 3곳의 녹지 면적당 토양 탄소저장량 평균값으로 산정함 ※ 서울 녹지 유형별 면적당 토양 탄소 저장량] 14.6 tonC/ha = (도로변 녹지 + 공원 녹지 + 학교 녹지 + 하천별 녹지) 토양탄소 저장량 평균 = (18 + 12.36 + 10.91 + 17.15) ÷ 4 = 14.6 tonC/ha ※ 대전 녹지 유형별 면적당 토양 탄소 저장량] 7.46 tonC/ha = (도로변 녹지 + 공원 녹지 + 학교 녹지 + 하천별 녹지) 토양탄소 저장량 평균 = (7.57 + 6.31 + 6.87 + 9.09) ÷ 4 = 7.46 tonC/ha ※ 대구 녹지 유형별 면적당 토양 탄소 저장량] 11.99 tonC/ha = (도로변 녹지 + 공원 녹지 + 학교 녹지 + 하천별 녹지) 토양탄소 저장량 평균 = (9.42 + 15.98 + 8.19 + 14.4) ÷ 4 = 11.99 tonC/ha • [확충된 녹지 면적(ha)당 수목 탄소 흡수량] 20.59 tCO_2eq/ha = {(서울시 중구 + 서울시 강남구 + 서울시 중랑구 + 용인시 + 춘천시 + 강릉시) 녹지 면적당 수목 탄소저장량 ÷ 6} × 이산화탄소 환산계수 = {(5.3 + 6.6 + 7.2 + 3.6 + 4.7 + 6.3) ÷ 6} × 3.667 = 20.59 tCO_2eq/ha ✓ 대표 지역 6곳의 녹지 면적당 수목 탄소저장량 평균값으로 산정함

<table>
<tr><th>7</th><th>흡수원</th><th colspan="2">녹지면적 확충</th></tr>
<tr><td rowspan="3">5 산정계수</td><td colspan="2">• 도시녹지의 유형별 토양탄소 저장량 (tonC/ha)
<table>
<tr><th>지역</th><th>서울</th><th>대전</th><th>대구</th></tr>
<tr><td>도로변 녹지</td><td>21.84±14.16</td><td>9.52±5.61</td><td>12.8±6.04</td></tr>
<tr><td>공원 녹지</td><td>17.12±7.6</td><td>8.26±4.36</td><td>18.65±13.3</td></tr>
<tr><td>학교 녹지</td><td>0.18±1.2</td><td>8.9±4.84</td><td>10.69±5.68</td></tr>
<tr><td>하천변 녹지</td><td>0.34±1.49</td><td>12.88±5.3</td><td>26.31±2.48</td></tr>
<tr><td>평 균</td><td>14.6</td><td>7.46</td><td>11.99</td></tr>
</table>
✓ 각 녹지 토양탄소 저장량은 최소, 최대값의 평균값으로 산정함
<table>
<tr><th>지역</th><th>서울</th><th>대전</th><th>대구</th></tr>
<tr><td>도로변 녹지</td><td>18</td><td>7.57</td><td>9.42</td></tr>
<tr><td>공원 녹지</td><td>12.36</td><td>6.31</td><td>15.98</td></tr>
<tr><td>학교 녹지</td><td>10.91</td><td>6.87</td><td>8.19</td></tr>
<tr><td>하천변 녹지</td><td>17.15</td><td>9.09</td><td>14.4</td></tr>
<tr><td>평 균</td><td>14.6</td><td>7.46</td><td>11.99</td></tr>
</table></td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 도시녹지 수목에 의한 탄소저장량 (tonC/ha)
<table>
<tr><th>구분</th><th>탄소저장량</th></tr>
<tr><td>서울시 중구</td><td>5.3</td></tr>
<tr><td>서울시 강남구</td><td>6.6</td></tr>
<tr><td>서울시 중랑구</td><td>7.2</td></tr>
<tr><td>용인시</td><td>3.6</td></tr>
<tr><td>춘천시</td><td>4.7</td></tr>
<tr><td>강릉시</td><td>6.3</td></tr>
<tr><td>평 균</td><td>5.62</td></tr>
</table>
✓ 도시녹지 수목에 의한 탄소저장량은 교목과 관목이 포함된 탄소저장량임</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 이산화탄소 환산계수 = 3.667</td><td>③</td></tr>
<tr><td>6 출처</td><td colspan="3">① 도시개발로 인한 도시공원의 탄소저장량 회복 방안 연구, 2021, p.25
② 도시 수목의 이산화탄소 흡수량 산정 및 흡수 효과 증진 방안, 경기개발연구원, 2009, p.15, 27, 28
③ 목재제품 탄소저장량 표시제도 운영 계획 : 목재제품 탄소저장량 산정 지침, 목재문화진흥회, 2022.01.27.</td></tr>
<tr><td>7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 확충된 녹지 면적 (m²)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td>8 추진사례</td><td colspan="3">• 미세먼지 관리를 위한 도시녹지 공간 10% 이상 확충 사업, 전라남도 나주시 (2018~2022년)
- 도심 내 녹지 공간 및 나무식재를 10% 이상 확충하는 사업으로 이를 통해서 미세먼지 감소, 공기정화 등과 생활권 녹색쉼터 제공으로 산림복지서비스 강화하고자 함</td></tr>
</table>

8	흡수원	생활 속 미니 텃밭을 활용한 도시농업 활성화
1 개요		도시 내에서 농작물을 재배하는 도시농업을 함으로써, 도시 열섬현상을 완화하고 도시녹지를 늘려 온실가스를 저감하고자 함
2 원단위		• [고구마 재배 면적당 감축원단위] 0.00056 $tCO_2eq/㎡$ • [감자 재배 면적당 감축원단위] 0.00115 $tCO_2eq/㎡$ • [파 재배 면적당 감축원단위] 0.00004 $tCO_2eq/㎡$ • [고추 재배 면적당 감축원단위] 0.00063 $tCO_2eq/㎡$ ※ 해당 면적당 감축원단위는 1회 재배를 기준으로 함
3 감축량 산정식		• [고구마 재배 면적당 감축원단위] (0.00056 $tCO_2eq/㎡$)×고구마 재배면적(㎡) • [감자 재배 면적당 감축원단위] (0.00115 $tCO_2eq/㎡$)×감자 재배면적(㎡) • [파 재배 면적당 감축원단위] (0.00004 $tCO_2eq/㎡$)×파 재배면적(㎡) • [고추 재배 면적당 감축원단위] (0.00063 $tCO_2eq/㎡$)×고추 재배면적(㎡)
4 감축원단위 산정근거		• **[고구마 재배 면적당 감축원단위]** 0.00056 $tCO_22eq/㎡$ ·고구마에 저장된 탄소 밀도 합계 (1.52 ton/ha) = 고구마 줄기 & 잎 탄소 밀도 + 고구마 뿌리 탄소 밀도 ※ 1.52 ton/ha + 0 ton/ha **= 1.52 ton/ha** ·이산화탄소 환산계수 적용 값 (5.57 tCO_2eq/ha) = 고구마에 저장된 탄소 밀도 합계 × 이산화탄소 환산계수 ※ 1.52 ton/ha × 3.664 **= 5.57 tCO_2eq/ha** ·고구마 재배 면적당 감축원단위 (0.00056 $tCO_2eq/㎡$) = 이산화탄소 환산계수 적용 값 × 단위환산 계수 ※ 5.57 tCO_2eq/ha × ha/10000 ㎡ **= 0.00056 $tCO_2eq/㎡$** • **[감자 재배 면적당 감축원단위]** 0.00115 $tCO_2eq/㎡$ ·감자에 저장된 탄소 밀도 합계 (3.15 ton/ha) = 감자 줄기 & 잎 탄소 밀도 + 감자 뿌리 탄소 밀도 ※ 0.53 ton/ha + 2.62 ton/ha **= 3.15 ton/ha** ·이산화탄소 환산계수 적용 값 (11.54 tCO_2eq/ha) = 감자에 저장된 탄소 밀도 합계 × 이산화탄소 환산계수 ※ 3.15 ton/ha × 3.664 **= 11.54 tCO_2eq/ha** ·감자 재배 면적당 감축원단위 (0.00115 $tCO_2eq/㎡$) = 이산화탄소 환산계수 적용 값 × 단위환산 계수 ※ 11.54 tCO_2eq/ha × ha/10000 ㎡ **= 0.00115 $tCO_2eq/㎡$** • **[파 재배 면적당 감축원단위]** 0.00004 $tCO_2eq/㎡$ ·파에 저장된 탄소 밀도 합계 (0.11 ton/ha) = 파 줄기 & 잎 탄소 밀도 + 파 뿌리 탄소 밀도 ※ 0 ton/ha + 0.11 ton/ha **= 0.11 ton/ha**

8	흡수원	생활 속 미니 텃밭을 활용한 도시농업 활성화

·이산화탄소 환산계수 적용 값 (0.40 tCO_2eq/ha)
= 파에 저장된 탄소 밀도 합계 × 이산화탄소 환산계수
※ 0.11 ton/ha × 3.664 **= 0.40 tCO_2eq/ha**

·파 재배 면적당 감축원단위 (0.00004 $tCO_2eq/㎡$)
= 이산화탄소 환산계수 적용 값 × 단위환산 계수
※ 0.40 tCO_2eq/ha × ha/10000 ㎡ **= 0.00004 $tCO_2eq/㎡$**

• **[고추 재배 면적당 감축원단위]** 0.00063 $tCO_2eq/㎡$

·고추에 저장된 탄소 밀도 합계 (1.71 ton/ha)
= 고추 줄기 & 잎 탄소 밀도 + 고추 뿌리 탄소 밀도
※ 1.69 ton/ha + 0.02 ton/ha **= 1.71 ton/ha**

·이산화탄소 환산계수 적용 값 (6.27 tCO_2eq/ha)
= 고추에 저장된 탄소 밀도 합계 × 이산화탄소 환산계수
※ 1.71 ton/ha × 3.664 **= 6.27 tCO_2eq/ha**

·고추 재배 면적당 감축원단위 (0.00063 $tCO_2eq/㎡$)
= 이산화탄소 환산계수 적용 값 × 단위환산 계수
※ 6.27 tCO_2eq/ha × ha/10000 ㎡ **= 0.00063 $tCO_2eq/㎡$**

5 산정계수

• 도시농업 농산물 탄소고정량

번호	품목명	농산물에 저장된 탄소 밀도 (ton/ha)			이산화탄소 환산계수 적용 (줄기 & 잎 + 뿌리) (tCO_2eq/ha)	탄소고정량 ($tCO_2eq/㎡$)
		줄기&잎	뿌리	합계		
1	고구마	1.52	-	1.52	5.57	0.00056
2	감자	0.53	2.62	3.15	11.54	0.00115
3	파	-	0.11	0.11	0.40	0.00004
4	고추	1.69	0.02	1.71	6.27	0.00063
5	평균	1.25	0.92	1.62	5.95	0.00059

②

• 이산화탄소 환산계수 (이산화탄소와 탄소의 질량비) = 3.664
= CO_2의 분자량 44.010 ÷ C의 분자량 12.011

③

6 출처

① 도시농업의 온실가스 저감효과 및 정책방안_한국환경정책평가연구원 (p. 28)
② 우리나라 주요 작물의 탄소 고정량 산출_한국토양비료학회지 제42권 6호 (p.463)
③ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침

7 모니터링 인자

• 고구마 재배 면적(㎡) • 감자 재배 면적(㎡)
• 파 재배 면적(㎡) • 고추 재배 면적(㎡)

단발

8 추진사례

• 1가구 1텃밭 참여 사업 사업, 서울특별시 도봉구
- 구민이 항상 친환경 농법에 쉽게 접근할 수 있도록 개방된'공원형 친환경 도시텃밭' 조성으로 획일적인 농업 탈피 및 친환경 도시농업 유도

<table>
<tr><th colspan="2">9 흡수원</th><th colspan="3">화훼류(지피식물) 조성 사업</th></tr>
<tr><td colspan="2">1 개요</td><td colspan="3">화훼류(지피식물) 조성 사업을 통해 생성된 화훼류(지피식물) 면적만큼의 탄소를 흡수하여 온실가스 저감에 기여하고자 함</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 원단위</td><td colspan="3">• [화훼류(지피식물) 조성 면적당] 0.0073 tCO_2eq/m^2</td></tr>
<tr><td colspan="2">3 감축량 산정식</td><td colspan="3">• [화훼류(지피식물) 조성 면적당] 0.0073 tCO_2eq/m^2 × 화훼류(지피식물) 조성 면적 (m^2)</td></tr>
<tr><td colspan="2">4 감축원 단위 산정근거</td><td colspan="3">• [화훼류(지피식물) 조성 면적당] 0.0073 tCO_2eq/m^2
= 화훼류(지피식물) 온실가스 흡수량
= 화훼류(지피식물) 탄소흡수량 평균 × 이산화탄소 환산계수
= 0.002 $tonC/m^2$ × 3.667 = 0.0073 tCO_2eq/m^2</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">5 산정계수</td><td colspan="2">• 화훼류(지피식물)의 연간 면적당 탄소흡수량
<table>
<tr><th>탄소 흡수량 (kgC/m^2)</th><th>탄소 흡수량 ($tonC/m^2$)</th><th>온실가스 흡수량 (tCO_2eq/m^2)</th><th>해당 식물군</th></tr>
<tr><td>3</td><td>0.003</td><td>0.011</td><td>박하, 자엽국수, 구절초, 노랑꽃창포, 붓꽃, 억새, 무늬사초, 수크령, 꼬리풀, 국수나무'타이니와인', 리아트리스</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.002</td><td>0.007</td><td>두메부추, 호스타, 비비추, 아스틸베, 노루오줌, 배초향, 약모밀, 국수나무'황금국수', 기린초, 큰김의털, 한국잔디</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0.001</td><td>0.004</td><td>톱풀, 범부채, 꽃댕강나무, 삼색조팝, 꽃향유, 뱀무, 제라늄, 휴케라</td></tr>
<tr><td colspan="2">평균 온실가스 흡수량(tCO_2eq/m^2)</td><td colspan="2">0.007</td></tr>
</table>
✓ 온실가스 흡수량 (tCO_2eq/m^2)
= 탄소흡수량 ($tonC/m^2$) × 이산화탄소 환산계수 (3.667)
✓ 지피식물 : 토양을 덮어 바람이나 물로 인한 피해를 막아주는 키 50cm 이하의 식물로, 구절초, 노랑꽃창포, 붓꽃 등이 있음
✓ 지피식물군 $1m^2$ 면적당 꽃에 의한 온실가스 흡수량</td><td>①</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 이산화탄소 환산계수 = 44/12 = 3.667</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① "작지만 강하다" 정원식물 탄소 저감 효과 톡톡
- $200m^2$ 옥상정원서 연간 600kg 탄소 흡수,,,박하, 구절초 등 유리 - (농촌진흥청 보도자료, 2021.09.03.) - p.4
② 목재제품 탄소저장량 표시제도 운영 계획 : 목재제품 탄소저장량 산정 지침 (목재문화진흥회, 2022.01.27.)</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 화훼류(지피식물) 조성 면적 (m^2)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 쓰레기 투기지역에 탄소다이어트 꽃밭 조성, 경상남도 김해시 (2024년)
- 김해시 북부동행정복지센터는 주민주도형 프로젝트 탄소중립 꽃밭조성사업을 실행하여 대성동 내 쓰레기 무단투기 상습지역에 꽃밭을 만들어 꽃밭 면적만큼의 탄소를 흡수하여 온실가스 저감하고자 함</td></tr>
</table>

10	흡수원	습지공원 조성
1 개요		육지 또는 섬에 있는 호수, 못, 늪, 하천, 하구 등의 지역에 내륙습지 공원을 조성하여 습지공원 면적만큼의 흡수원을 확충함으로써 온실가스 저감에 기여하고자 함 ※ 습지보전법 제2조에 따른 습지 중 내륙습지를 대상으로 함 (연안습지의 경우 “블루카본(갯벌, 염습지 등) 복원”원단위 적용 필요)
2 원단위		• 0.039 tCO_2eq/m^2
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.039 tCO_2eq/m^2) × 습지공원 조성 면적 (m^2) ✎ 적용 예시 • 감축원단위 적용 예시) 비봉 습지공원 조성 면적 = 475,343 m^2 (습지면적이 아닌 습지공원 전체 면적을 적용) 습지공원 조성 감축원단위 = 0.039 tCO_2eq/m^2 온실가스 감축량 산정 = 18,538.38 tCO_2eq = 비봉 습지공원 조성 면적 × 습지공원 조성 감축원단위 = 18,538.38 tCO_2eq ※ 475,343 m^2 × 0.039 tCO_2eq/m^2 = 18,538.38 tCO_2eq
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (0.039 tCO_2eq/m^2) = 서울시 대표 습지 공원 3곳 면적당 이산화탄소 고정량 합계 ÷ 습지공원 개수 = 0.039 tCO_2eq/m^2 ※ 0.117 tCO_2eq/m^2 ÷ 3 **= 0.039 tCO_2eq/m^2** ✓ 서울 도심 속 대표 인공 습지공원 3곳의 면적당 이산화탄소 고정량 평균값으로 습지공원 감축원단위를 산정함 ✓ 서울시 습지공원은 해당지역의 토지이용도를 적용하여 InVEST Carbon model을 기반으로 탄소저장량을 추정 분석하였음 • [서울 대표 습지공원 3곳 면적당 이산화탄소 고정량 합계] (**0.117 tCO_2eq/m^2**) = (탄천 습지공원 + 고덕동 습지공원 + 암사동 습지공원) = 0.117 tCO_2eq/m^2 ※ (0.029 + 0.036 + 0.052) **= 0.117 tCO_2eq/m^2** [탄천 습지공원] 면적당 이산화탄소 고정량 (0.029 tCO_2eq/m^2) = (탄천 습지 탄소고정량 × 이산화탄소 흡수계수) ÷ 탄천 습지 면적 = 0.029 tCO_2eq/m^2 ※ (3,674.62 tonC × 3.667) ÷ 458,000 m^2 **= 0.029 tCO_2eq/m^2** [고덕동 습지공원] 면적당 이산화탄소 고정량 (0.036 tCO_2eq/m^2) = (고덕동 습지 탄소고정량 × 이산화탄소 흡수계수) ÷ 고덕동 습지 면적 = 0.036 tCO_2eq/m^2 ※ (5,007.21 tonC × 3.667) ÷ 510,000 m^2 **= 0.036 tCO_2eq/m^2**

<table>
<tr><td colspan="2">10 흡수원</td><td colspan="2">습지공원 조성</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">[암사동 습지공원] 면적당 이산화탄소 고정량 (0.052 tCO_2eq/m^2)
= (암사동 습지 탄소고정량 × 이산화탄소 흡수계수) ÷ 암사동 습지 면적
= 0.052 tCO_2eq/m^2
※ (7,108.47 tonC × 3.667) ÷ 501,000 m^2 = 0.052 tCO_2eq/m^2</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">5 산정계수</td><td>• 서울시 탄소고정량 평가 결과 (2019년)
<table><tr><th>습지 종류</th><th>탄소고정량(ton C)</th><th>면적(m^2)</th></tr><tr><td>탄천 습지</td><td>3,674.62</td><td>458,000</td></tr><tr><td>고덕동 습지</td><td>5,007.21</td><td>510,000</td></tr><tr><td>암사동 습지</td><td>7,108.47</td><td>501,000</td></tr><tr><td>평균</td><td>5,263.43</td><td>489,667</td></tr></table></td><td>①</td></tr>
<tr><td>• 이산화탄소 환산계수 = 3.667</td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="2">① 서울시 습지지역의 탄소저장 및 경제적 가치 평가에 대한 연구, 한국연구재단, 환경부, 서울녹색환경지원센터, 2021.08.02., p.9
② 목재제품 탄소저장량 표시제도 운영 계획 : 목재제품 탄소저장량 산정 지침, 목재문화진흥회, 2022.01.27.</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td>• 습지공원 조성면적 (m^2)</td><td>지속</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="2">• 길업습지 반딧불이 서식처 조성 사업(2024 경기생태마당 조성 사업), 경기도 용인시, 2023.11.09.
- 경안천 주변인 처인구 호동 330-10번지 길업습지를 도시화 이전의 생태환경으로 되돌려 반딧불이를 비롯한 다양한 동·식물이 서식할 수 있게 만드는 사업을 계획함.</td></tr>
</table>

11	흡수원	이끼공원(정원) 조성 사업	
1 개요		이끼류를 이용하여 공원이나 정원을 조성함으로써 탄소흡수원 확대를 통하여 온실가스 저감에 기여	
2 원단위		• **0.000847** tCO_2/m^2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(**0.000847** tCO_2/m^2)×이끼식재 면적(m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• [조성 면적] 감축원단위(**0.000847** tCO_2/m^2) : 국내 공원이나 정원에 공급되는 2종류의 이끼류를 대상으로 일사량과 온도조건에 따라 이끼류의 이산화탄소 흡수량을 시험한 결과임. 우리나라의 연평균 기온(지난 10년간 13.11℃)을 고려하여 보정하였으며, 일사량 조건은 10,000μmol/m^2.s를 기준으로 산정하였음. = **0.000847** tCO_2/m^2	
5 산정계수		• 우리나라 연평균기온(2014 ~ 2023년 기준) : 13.11℃	①
6 출처		① 지표서비스-e나라지표, 기온추이 https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1400 ② 서예빈 외, CO_2 removal characteristics of a novel type of moss and its potential for urban green roof applications, *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 2023, p.8.	
7 모니터링 인자		• 이끼 식재 면적(m^2)	지속
8 추진사례		• 이끼 클러스터 조성사업, 충청남도(2024.5.28.) • 이끼 생태정원 조성(상동 호수공원), 경기도 부천시(2023.6.28.) • 중평초등학교 옥상 이끼정원 조성, 서울특별시 노원구(2023.06.) 등	

• 이끼류의 온실가스 흡수량 (단위 : $kgCO_2/m^2$, 출처②)

구분	연간 온실가스 흡수량($kgCO_2/m^2 \cdot yr$)		보정	
	10℃	25℃	1℃ 증가 시 흡수량 변화	13.11℃ 보정 결과
늦은서리이끼 1년생장(밝은녹색)	− 0.68 ± 0.01	− 1.25 ± 0.14	-0.04	-0.80
늦은서리이끼 3년생장(밝은녹색)	− 0.94 ± 0.04	− 1.94 ± 0.72	-0.07	-1.15
늦은서리이끼 1년생장(진한녹색)	− 0.74 ± 0.05	− 1.03 ± 0.09	-0.02	-0.80
늦은서리이끼 3년생장(진한녹색)	− 0.66 ± 0.02	− 0.57 ± 0.37	0.01	-0.64
평균	-0.7550	-1.1975	-0.03	-0.847

12	흡수원	블루카본(갯벌, 염습지 등) 복원	
1 개요		블루카본은 갯벌, 바다숲, 염습지 등 해양생태계가 흡수하는 탄소를 의미하며, 블루카본 조성사업을 통해 이산화탄소 흡수 속도를 증가시켜 온실가스 저감에 기여 * 블루카본: 어패류, 잘피, 염생식물 등 바닷가에 서식하는 생물은 물론 맹그로브 숲, 염습지와 잘피림 등 해양 생태계가 흡수하는 탄소를 뜻함. ** 염습지: 바닷물이 드나들어 염분변화가 큰 습지를 의미하며 염생식물 서식	
2 원단위		• 0.105kgCO_2eq/m^2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(0.105kgCO_2eq/m^2) × 조성면적(m^2)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(0.105kgCO_2eq/m^2) = (국내 갯벌의 연간 평균 이산화탄소흡수량 ÷국내 갯벌 면적) × 단위환산 ※ (262,000tCO_2eq/yr ÷ 2,491km^2) × 10^{-3} = **0.105kgCO_2eq/m^2**	
5 산정계수		• 국내 갯벌의 연간 평균 이산화탄소흡수량 : 262,000tCO_2eq/yr	①
		• 국내 갯벌 면적 : 2,491km^2	②
6 출처		① 해양수산부 공식 보도자료<우리나라 갯벌, 연간 승용차 11만 대가 배출하는 온실가스 흡수, 서울대 연구팀 우리나라 갯벌의 탄소흡수 역할 및 기능 규명>2021.7.6. ② 서울대(김종성 교수)외, The first national scale evaluation of organic carbon stocks and sequestration rates of coastal sediments along the West Sea, South Sea, and East Sea of South Korea, 2021	
7 모니터링 인자		• 조성면적(m^2)	지속
8 추진사례		• 성산읍 갯벌 식생 복원사업 착수, 제주특별자치도 서귀포시	

13	흡수원	바다숲 조성	
1 개요		갯녹음이 진행된 해역에 해조류를 이식하거나 자연석 혹은 해중림초 설치, 자연암반 개선 등으로 연안 생태계를 복원하여 탄소흡수원 확충	
2 원단위		• 7.97tCO_2eq/na	
3 감축량 산정식		• 감축원단위(7.97tCO_2eq/na) × 조성면적(na)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위(7.97tCO_2eq/na) = 바다숲 조성의 대표종인 감태의 면적당 이산화탄소 포집량 기준 ※ **7.97tCO_2eq/na**	
5 산정계수		• 바다숲 조성 대표종이 감태이며, 종별 원단위 적용 가능 Eisenia/Ecklonia(감태) : 7.97tCO_2eq/na Saccnarina(다시마) : 4.77tCO_2eq/na Sargassum(모자반) : 22.02tCO_2eq/na	①
6 출처		① Calvun F.A. Sondak and Ik Kyo Chung, Potential Blue Carbon from Coastal Ecosystems in the Republic of Korea, Ocean Sci J, 2015(4p)	
7 모니터링 인자		• 조성면적(na)	지속
8 추진사례		• 바다숲 조성 사업 진행, 울산광역시, 2024.02.01.	

14	흡수원	해초(잘피림) 식재	
1 개요		연안지역에 해초류(잘피림)를 식재하여 식재한 면적만큼의 온실가스 흡수원을 확대함으로써 온실가스 저감에 기여하고자 함	
2 원단위		• 0.0012 tCO_2eq/m^2	
3 감축량 산정식		• 감축원단위 (0.0012 $tCO_2eq/㎡$) × 해초류(잘피림) 식재 면적 (㎡)	
4 감축원단위 산정근거		• 감축원단위 (0.0012 $tCO_2eq/㎡$) = 해초류(잘피림)에 의한 탄소고정량 × 이산화탄소 환산계수 ※ 0.000326 tC/m^2× 3.667 = **0.0012 tCO_2eq/m^2** ※ 326 gC/m^2÷ 1,000,000 = **0.000326 tC/m^2**	
5 산정계수		• 해초류(잘피림)에 의한 탄소고정량 해초류 / 탄소고정량 / 단위 잘피 / 326 / gC/m^2 잘피 / 0.000326 / tC/m^2	①
		• 이산화탄소 환산계수 = 3.667	②
6 출처		① 해조류를 이용한 온실가스 저감기술 개발 최종 보고서 (국토해양부, 한국해양과학기술진흥원, 2011.04.30.) - p. 321,322 ② 목재제품 탄소저장량 표시제도 운영 계획 : 목재제품 탄소저장량 산정 지침 (목재문화진흥회, 2022.01.27.)	
7 모니터링 인자		• 해초류(잘피림) 식재 면적 (㎡)	지속
8 추진사례		• 옹진군 바다숲 조성 사업, 인천광역시 옹진군, 2023.05.14. - 옹진군은 5월부터 해당년도 말까지 덕적면 백아도와 소야도 연안 해역에 바다숲과 잘피숲을 각각 154㏊, 10㏊ 규모로 조성하는 사업을 계획함	

15	흡수원	미이용 산림바이오매스 목재연료(목재펠릿, 목재칩) 활용
1 개요		미이용 산림바이오매스는 수확, 수종갱신, 산지개발, 숲가꾸기 및 가로수 정비 사업에서 발생하는 잔가지와 같이 원목이 아닌 부산물과 각종 재해 피해목을 의미함. 목재펠릿과 목재칩으로 미이용 산림바이오매스를 자원화하여 화석연료를 대체함으로써 온실가스를 저감하고자 함.
2 원단위		• [미이용 산림바이오매스 목재연료 활용] 1.21 tCO_2eq/ton • [미이용 산림바이오매스 목재펠릿 활용] 1.25 tCO_2eq/ton • [미이용 산림바이오매스 목재칩 활용] 1.02 tCO_2eq/ton ✓ 미이용 산림바이오매스 목재연료 활용 값은 목재펠릿과 목재칩의 평균값을 적용하여 산정함
3 감축량 산정식		• 목재연료 감축원단위 (1.21 tCO_2eq/ton) × 목재연료 무게 (ton) • 목재펠릿 감축원단위 (1.25 tCO_2eq/ton) × 목재펠릿 무게 (ton) • 목재칩 감축원단위 (1.02 tCO_2eq/ton) × 목재칩 무게 (ton) ✓ 목재연료의 무게는 목재칩과 목재펠릿 합계에 해당함 **✎ 적용 예시** • 감축원단위 적용 예시) 2022년도 목재펠릿 발전량 = 676,000 ton 미이용 산림바이오매스 목재펠릿 활용 감축원단위 = 1.25 tCO_2eq/ton 온실가스 감축량 산정 = 845,000 tCO_2eq = 2022년도 목재펠릿 발전량 × 미이용 산림바이오매스 목재펠릿 활용 감축원단위 = 676,000 ton × 1.25 tCO_2eq/ton = 845,000 tCO_2eq
4 감축원단위 산정근거		• [미이용 산림바이오매스 목재연료 활용] 감축원단위 (1.21 tCO_2eq/ton) = 목재연료 발열량만큼의 B-C유 발전 시 온실가스 배출량 - (목재연료 1 ton 제조당 온실가스 배출량 + 미이용 산림바이오매스 재생에너지원 발전 시 온실가스 배출량) **= 1.21 tCO_2eq/ton** ※ 1.23 tCO_2eq/ton - (0.02 tCO_2eq/ton + 0 tCO_2eq/ton) **= 1.21 tCO_2eq/ton** ✓ 목재연료 발열량만큼의 B-C유 발전 시 온실가스 배출량과 목재칩과 목재펠릿의 1 ton 제조당 온실가스 배출량은 2022년도 미이용 산림바이오매스로 이용되는 비율로 가중평균값을 적용하여 산정함 • [미이용 산림바이오매스 목재펠릿 활용] 감축원단위 (1.25 tCO_2eq/ton) = 목재펠릿 발열량만큼의 B-C유 발전 시 온실가스 배출량 - (목재펠릿 1 ton 제조당 온실가스 배출량 + 미이용 산림바이오매스 재생에너지원 발전 시 온실가스 배출량) **= 1.25 tCO_2eq/ton** ※ 1.28 tCO_2eq/ton - (0.02 tCO_2eq/ton + 0 tCO_2eq/ton) **= 1.25 tCO_2eq/ton** • [미이용 산림바이오매스 목재칩 활용] 감축원단위 (1.02 tCO_2eq/ton) = 목재칩 발열량만큼의 B-C유 발전 시 온실가스 배출량 - (목재칩 1 ton 제조당 온실가스 배출량 + 미이용 산림바이오매스 재생에너지원 발전 시 온실가스 배출량) **= 1.02 tCO_2eq/ton**

15	흡수원	미이용 산림바이오매스 목재연료(목재펠릿, 목재칩) 활용	
		※ 1.03 tCO_2eq/ton – (0.01 tCO_2eq/ton + 0 tCO_2eq/ton) = **1.02 tCO_2eq/ton** [목재연료 발열량만큼의 B-C유 발전 시 온실가스 배출량] 1.23 tCO_2eq/ton = (목재펠릿 발열량만큼의 B-C유 발전 시 온실가스 배출량 × 목재펠릿 이용 비율) + (목재칩 발열량만큼의 B-C유 발전 시 온실가스 배출량 × 목재칩 이용 비율) **= 1.23 tCO_2eq/ton** ※ (1.28 tCO_2eq/ton × 0.79) + (1.03 tCO_2eq/ton × 0.21) **= 1.23 tCO_2eq/ton** [목재펠릿 발열량만큼의 B-C유 발전 시 온실가스 배출량] = 목재펠릿 사용량 × 목재펠릿 순발열량 × B-C유 배출계수 × 단위환산 **= 1.28 tCO_2eq/ton** ※ 1 ton × 16.5 MJ/kg × 77,400 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-6} = **1.28 tCO_2eq/ton** [목재칩 발열량만큼의 B-C유 발전 시 온실가스 배출량] = 목재칩 사용량 × 목재칩 순발열량 × B-C유 배출계수 × 단위환산 **= 1.03 tCO_2eq/ton** ※ 1 ton × 13.3 MJ/kg × 77,400 $kgCO_2/TJ$ × 10^{-6} = **1.03 tCO_2eq/ton** [목재연료 1 ton 제조당 온실가스 배출량] 0.02 tCO_2eq/ton = (목재펠릿 1 ton 제조당 온실가스 배출량 × 목재펠릿 이용 비율) + (목재칩 1 ton 제조당 온실가스 배출량 × 목재칩 이용 비율) **= 0.02 tCO_2eq/ton** ※ (0.02 tCO_2eq/ton × 0.79) + (0.01 tCO_2eq/ton × 0.21) **= 0.02 tCO_2eq/ton** [미이용 산림바이오매스 재생에너지원 발전 시 온실가스 배출량] 0 tCO_2eq/ton ✓ 목재칩과 목재펠릿의 온실가스 배출량을 0으로 가정하여 감축원단위를 산정함	
	5 산정계수	• 목재펠릿과 목재칩 순발열량	①

사용 연료	순발열량	단위
목재펠릿	16.5	MJ/kg
목재칩	13.3	MJ/kg

• 미이용 산림바이오매스 공급(이용)량 — ②

구분	공급실적 (원료)	이용실적(발전용) (ton)			비율*	
	증명수량 (건)	미이용 산림바이오매스 (원료)	목재펠릿	목재칩	목재펠릿	목재칩
2022	1,179	1,174,000	676,000	177,000	0.79	0.21

※ 미이용 산림바이오매스 (원료)가 각 목재펠릿과 목재칩으로 이용되는 비율

15	흡수원	미이용 산림바이오매스 목재연료(목재펠릿, 목재칩) 활용	
		<목재펠릿 이용 비율 산정과정> 목재펠릿 이용량 ÷ (목재펠릿 이용량 + 목재칩 이용량) = **0.79** ※ 676,000 ÷ (676,000 + 177,000) = **0.79** **<목재칩 이용 비율 산정과정>** 목재칩 이용량 ÷ (목재펠릿 이용량 + 목재칩 이용량) = **0.21** ※ 177,000 ÷ (676,000 + 177,000) = **0.21**	

• 목재펠릿과 목재칩 제조 과정에서 발생하는 온실가스 배출량

구분	최소값 (tCO_2eq/ha)	최대값 (tCO_2eq/ha)	평균값 (tCO_2eq/ha)	평균값 단위 환산 (tCO_2eq/ton)
목재칩	0.14	0.26	0.2	0.01
목재펠릿	0.38	0.58	0.48	0.02

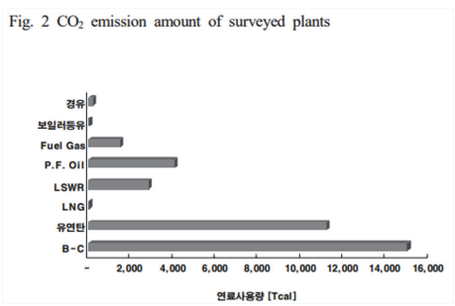
✓ 각 목재칩과 목재펠릿을 제조하기 위해 간벌한 면적당 온실가스 배출량임
✓ 각 목재칩과 목재펠릿 제조 시 소비처 운반, 제조 공장, 공장 운반, 집재, 수익간벌 과정을 모두 포함한 온실가스 배출량임
✓ 각 목재칩과 목재펠릿 제조 과정에서 온실가스 배출량 최소값과 최대값의 평균값에 간벌 면적당 목재연료 생산량을 나누어 각 목재칩과 목재펠릿 무게당 온실가스 배출량을 산정함 ③

<목재칩 1 ton 제조당 온실가스 배출량 산정과정>
= 간벌 면적당 목재칩 온실가스 배출량 평균 ÷ 간벌 면적당 목재칩 생산량
= 0.01 tCO_2eq/ton
※ 0.2 tCO_2eq/ha ÷ 20.65 ton/ha **= 0.01 tCO_2eq/ton**

<목재펠릿 1 ton 제조당 온실가스 배출량 산정과정>
= 간벌 면적당 목재펠릿 온실가스 배출량 평균 ÷ 간벌 면적당 목재펠릿 생산량
= 0.02 tCO_2eq/ton
※ 0.48 tCO_2eq/ha ÷ 20.65 ton/ha **= 0.02 tCO_2eq/ton**

• 목재연료 간벌 면적당 생산량 (단위 : ton/ha) ③

연료 종류	간벌 강도 (%)	수익 간벌	평균
목재칩	26	17.6	20.65
	35	23.7	
목재펠릿	26	17.6	20.65
	35	23.7	

15	흡수원	미이용 산림바이오매스 목재연료(목재펠릿, 목재칩) 활용	
		• B-C유 배출계수 연료명 / 국내 에너지원 기준 / CO_2(kgCO_2/TJ) 잔여 연료유 / B-C유 / 77,400 ✓ 미이용 산림바이오매스(목재펠릿, 목재칩)를 이용하여 열병합 발전할 때와 B-C유 연료 사용할 때의 온실가스 배출량과의 비교를 위해 B-C유 배출계수를 적용하여 온실가스 배출량을 산정함	④
		• 화석연료 발전 연료로 B-C유를 사용한 근거 “22개 산업단지 열병합발전소에서 소비한 2005년 연료 총량은 40,619Tcal로 조사되었고, 각 발전소에서 소비한 연료 종류 중 B-C와 유연탄 사용 비율이 높은 것으로 조사되었다.” <아래 그림 참고>  	⑤
6 출처		① 한국의 산림바이오매스에너지 중장기 수요-공급 전망과 화석연료 대체효과 분석 (이승록 외 5인, 2022.07.20.) - p,3 ② 산림청 통계 (https://www.forest.go.kr) ③ 전과정평가를 이용한 목질연료(칩, 펠릿)의 배출가스량 비교 (강원대학교 석사학위논문, 최영섭, 2010.12.) - p.19. 33 ④ 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(환경부고시 제2021-10호), [별표12]연료별 국가 고유발열량 및 배출계수(제15조제2항 관련) ⑤ 연료분석 방법을 적용한 산업단지 열병합발전소 이산화탄소 배출량 및 배출특성 분석 (강석훈, 정대현, 2008.) - p.3	
7 모니터링 인자		• 미이용 산림바이오매스 목재연료 (목재펠릿, 목재칩) 무게 (ton) • 미이용 산림바이오매스 목재펠릿 무게 (ton) • 미이용 산림바이오매스 목재칩 무게 (ton)	단발
8 추진사례		• 미이용 산림바이오매스 활용으로 친환경 에너지 생산, 진안군, 2023년 - 진안군에서 목재수확 후 수집되는 산림바이오매스의 양이 증가세를 보이고 있으며, 수집된 바이오매스는 대부분 목재펠릿 연료로 가공되어 발전소에 납품하게 됨. 이는 신·재생에너지 공급의무화(RPS)제도의 도입으로 500메가와트(MW)이상의 발전설비를 보유한 발전사업자들이 총 발전량의 일정비율 이상을 신재생에너지를 이용토록 의무화한 제도를 충족시키는 데 쓰여 친환경 에너지 생산·소비에 기여하고 있으므로 온실가스 저감 기능을 함.	

16	흡수원	국내 목제품 이용 및 생활환경 시설 목재 활용 권장
1 개요		목재는 이산화탄소의 우수한 저장고이며, 산림에서 제거된 목재도 이를 가공하여 목제품으로 사용한다면 그 제품의 내구연한 동안 탄소고정이 되는 등 이러한 탄소저장능력이 인정된 소재인 목재 이용 확대의 필요성이 부각되고 있음. 이에 따라서 국산 목제품 이용 및 생활환경 시설 목재 활용의 권장으로 목재 수요 공급의 선순환 체계를 구축하여 온실가스 저감에 기여하고자 함.
2 원단위		• [목제품 부피당] 0.63 tCO_2eq/m^3 • [책상 1대당] 0.017 tCO_2eq/대 • [테이블 1대당] 0.021 tCO_2eq/대
3 감축량 산정식		• [목제품 부피당] 감축원단위 (0.63 tCO_2eq/m^3) × 목재 제품의 총 부피 (m^3) • [책상 1대당] 감축원단위 (0.017 tCO_2eq/대) × 책상의 대수 (대) • [테이블 1대당] 감축원단위 (0.021 tCO_2eq/대) × 테이블의 대수 (대)
4 감축원단위 산정근거		탄소저장량 ($kgCO_2$) = 목재제품의 이산화탄소 저장량 – 목재제품 생산시 발생하는 온실가스 배출량 목재제품의 이산화탄소 저장량 ($kgCO_2$) = 목재사용량 (kg) × 탄소함유율 × 이산화탄소 환산계수 목재제품 생산 시 발생하는 온실가스 배출량 ($kgCO_2eq$) = 목재사용량 (kg) × 온실가스 배출량 ※ 출처 : 탄소저장량 표시제도 운영 계획 (목재문화진흥회, 한국임업진흥원 (공동 추진), 2022.02.13.) • 목제품 부피당 감축원단위 (제재목과 섬유판 탄소저장량 평균값) = 626.77 $kgCO_2eq/m^3$ ÷ 1000 = **0.63 tCO_2eq/m^3** ※ 책상 및 테이블 1대의 부피 계산 시 책상 상판만을 대상으로 계산하였음 • 책상 1대당 감축원단위 = 목제품 부피당 감축원단위 0.017 tCO_2eq/대 = 목제품 부피당 감축원단위 × 책상 1대의 부피 ※ 626.77 $kgCO_2eq/m^3$ × 0.028 m^3/대 = 17.43 $kgCO_2eq$/대 = **0.017 tCO_2eq/대** • 테이블 1대당 감축원단위 = 목제품 부피당 감축원단위 0.021 tCO_2eq/대 = 목제품 부피당 감축원단위 × 테이블 1대의 부피 ※ 626.77 $kgCO_2eq/m^3$ × 0.034 m^3/대 = 21.3 $kgCO_2eq$/대 = **0.021 tCO_2eq/대** [목제품 부피당 감축원단위 산정] • 제재목과 섬유판 이산화탄소 저장량 평균 = 626.77 $kgCO_2eq/m^3$ = (제재목 이산화탄소 저장량 + 섬유판 이산화탄소 저장량) ÷ 2 ※ (661.67 $kgCO_2eq/m^3$ + 591.88 $kgCO_2eq/m^3$) ÷ 2 = **626.77 $kgCO_2eq/m^3$** ※ 제재목과 섬유판으로 이산화탄소 저장량 평균을 산정한 이유 : "국가 온실가스 저감목표 달성을 위한 산림부문 대응방안 연구" (국립산림과학원, 2022.06.) p.43에 따르면 수확된 목재제품 탄소저장량 산정 대상 목재제품은 제재목, 섬유판으로 구분됨에 따라서 제재목과 섬유판 탄소저장량 평균으로 감축원단위를 산정하였음

16	흡수원	국내 목제품 이용 및 생활환경 시설 목재 활용 권장	
		[제재목 이산화탄소 저장량 산정] • 제재목 이산화탄소 저장량 661.67 $kgCO_2eq/m^3$ = 목재제품의 이산화탄소 저장량 - 목재제품 생산 시 발생하는 온실가스 배출량 ※ 839.67 $kgCO_2eq/m^3$ - 177.99 $kgCO_2eq/m^3$ = **661.67 $kgCO_2eq/m^3$** • 목재 제품의 이산화탄소 저장량 839.67 $kgCO_2eq/m^3$ = 밀도 × 탄소함유율 × 이산화탄소 환산계수 ※ 458 kg/m^3 × 0.5 kgC/kg × 3.667 = **839.67 $kgCO_2eq/m^3$** ※ 제재목(혼합) 밀도, 탄소함유율 적용 • 목재제품 생산 시 발생하는 온실가스 배출량 177.99 $kgCO_2eq/m^3$ (원단위) ※ 제재목(혼합) 원단위 적용 [섬유판 이산화탄소 저장량 산정] • 섬유판 이산화탄소 저장량 591.88 $kgCO_2eq/m^3$ = 목재제품의 이산화탄소 저장량 - 목재제품 생산 시 발생하는 온실가스 배출량 ※ 1081.88 $kgCO_2eq/m^3$ - 490 $kgCO_2eq/m^3$ = **591.88 $kgCO_2eq/m^3$** • 목재제품의 이산화탄소 저장량 1081.88 $kgCO_2eq/m^3$ = 밀도 × 탄소함유율 × 이산화탄소 환산계수 ※ 691 kg/m^3 × 0.427 kgC/kg × 3.667 = **1,081.88 $kgCO_2eq/m^3$** ※ 섬유판 밀도, 탄소함유율 적용 • 목재제품 생산 시 발생하는 온실가스 배출량 490 $kgCO_2eq/m^3$ (원단위) ※ 섬유판 원단위 적용	
	5 산정계수	• 목재 제품의 이산화탄소 저장량 계수 (제재목 탄소저장량 산정 시 제재목(혼합) 계수 적용)	②

번호	품목명	밀도(kg/㎥)	탄소함유율
1	제재목(혼합)	458	0.5
2	제재목(침엽수)	450	0.5
3	제재목(활엽수)	560	0.5
4	섬유판	691	0.427

• 이산화탄소 환산계수 : 3.667 탄소량을 이산화탄소 양으로 환산하기 위한 계수로 44/12를 적용함	②

• 목제품 각 1대당 부피

번호	품목명	가로	세로	높이	부피
1	책상	131.43cm	70.54cm	3cm	0.028㎥
2	테이블	130.71cm	86.67cm	3cm	0.034㎥

※ 노동부고시와 KS규격에 의거한 사무용 의자와 책상의 인간공학적 분석(한국산업위생학회지, 2009.03., p.21)
※ 사무용 책상 및 테이블 KS G 4203:2020(한국표준협회, p.13)
※ 책상과 테이블 높이는 정해진 규격이 없으므로 실측정 값인 3cm로 가정하여 계산하였음

④ ⑤

<table>
<tr><td>16</td><td>흡수원</td><td colspan="3">국내 목제품 이용 및 생활환경 시설 목재 활용 권장</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2">• 목재제품 생산 시 발생하는 온실가스 배출량 (제재목 탄소저장량 산정 시 제재목(혼합) 계수 적용)
<table><tr><th>번호</th><th colspan="2">품목명</th><th>온실가스배출량</th><th>단위</th></tr><tr><td rowspan="3">1</td><td rowspan="3">제재목</td><td>제재</td><td>33.07</td><td rowspan="3">$kgCO_2eq/m^3$</td></tr><tr><td>제재·건조</td><td>150.03</td></tr><tr><td>제재·건조·가공</td><td>177.99</td></tr><tr><td>2</td><td colspan="2">섬유판</td><td>490</td><td>$kgCO_2eq/m^3$</td></tr></table></td><td>②</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 제재목 : 원목에서 소요의 치수형태로 (각재나 널빤지로) 잘라낸 재한) 목재
• 섬유판 : 식물질 섬유를 주원료로 하여 압축 성형한 판을 총칭하는 것이며, 열의 차단성이 크지만 흡습성이 있음</td><td>⑦</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 출처</td><td colspan="3">① 온실가스 배출권거래제 상쇄제도 외부사업 방법론 : 목제품 이용 사업의 방법론 (온실가스종합정보센터, 2017.01.11., p.107-113)
② 목재제품 탄소저장량 표시제도 운영 계획 : 목재제품 탄소저장량 산정 지침 (목재문화진흥회, 2022.01.27.)
③ 탄소저장량 표시제도 운영 계획 (목재문화진흥회, 한국임업진흥원 (공동 추진), 2022.02.13.)
④ 노동부고시와 KS규격에 의거한 사무용 의자와 책상의 인간공학적 분석 (한국산업위생학회지, 2009.03., p.21)
⑤ 사무용 책상 및 테이블 KS G 4203:2020 (한국표준협회, p.13)
⑥ 국가 온실가스 저감목표 달성을 위한 산림부문 대응방안 연구 (국립산림과학원, 2022.06., p.43)
⑦ 대한건축학회 건축용어사전</td></tr>
<tr><td colspan="2">7 모니터링 인자</td><td colspan="2">• 목재 제품의 총 부피 (m^3) (책상 및 테이블 1대의 부피당 감축원단위)
• 책상의 대수 (대)
• 테이블의 대수 (대)</td><td>단발</td></tr>
<tr><td colspan="2">8 추진사례</td><td colspan="3">• 지자체 목재 폐기물 재이용 시 적용 가능.
• 탄소저장을 위한 목재이용 활성화, 경상남도
- 생산, 이용, 재활용 전 과정에 걸친 국산목재 이력 관리 시스템 구축 및 탄소저장기간이 긴 제재목 가공기술 개발로 국산목재 이용기반 확대 중임</td></tr>
</table>

부록

감축원단위 총괄표



감축원단위 총괄표

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
1-1	전환	태양광 발전	시설용량	0.617	tCO_2eq/kW	지속	2022
			발전량	0.0004781	tCO_2eq/kWh	단발	
1-2	전환	건물일체형(BIPV) 태양광발전	시설용량	0.4602	tCO_2eq/kW	지속	2023
			발전량	0.0004781	tCO_2eq/kWh	단발	
1-3	전환	미니태양광 발전	시설용량	0.4529	tCO_2eq/kW	지속	2023
			발전량	0.0004781	tCO_2eq/kWh	단발	
1-4	전환	수상태양광 발전	시설용량	0.6264	tCO_2eq/kW	지속	2023
			발전량	0.0004781	tCO_2eq/kWh	단발	
1-5	전환	영농형 태양광 발전	시설용량	0.6836	tCO_2eq/kW	지속	2024
			설치면적	0.0224	tCO_2eq/m^2	지속	
			발전량	0.0004781	tCO_2eq/kWh	단발	
1-6	전환	태양열 시스템 보급 확대	설치면적(평판형)	0.285	tCO_2eq/m^2	지속	2022
			설치면적(공기식무창형)	0.233	tCO_2eq/m^2		
			설치면적(공기식유창형)	0.266	tCO_2eq/m^2		
			설치면적(단일진공관, 이중진공관형)	0.356	tCO_2eq/m^2		
1-7	전환	PVT(Photovoltaic Thermal, 태양광·열 복합모듈) 보급	PVT 패널 면적	0.116	$tCO_2eq/㎡$	지속	2024
			PVT 설치 용량	0.743	tCO_2eq/kW		2024
1-8	전환	풍력 발전	시설용량	0.951	tCO_2eq/kW	지속	2022
			발전량	0.0004781	tCO_2eq/kWh	단발	
1-9	전환	소수력 발전	설비용량	1.096	tCO_2eq/kW	지속	2022
			발전량	0.0004781	tCO_2eq/kWh	단발	
1-10	전환	양수발전	시설용량	298.41	tCO_2/MW	지속	2024
			발전량	0.3690	tCO_2/MWh	단발	2024
1-11	전환	지열	보급물량	0.479	tCO_2eq/RT	지속	2022
			설치용량	0.413	tCO_2eq/kW	지속	
			열생산량	56.1	tCO_2eq/TJ	단발	

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
1-12	전환	소각장 폐열 자원화	소각량(B-C유 대체)	0.782	tCO_2eq/톤	단발	2022
			소각량(경유 대체)	0.713	tCO_2eq/톤		
			소각량(LNG 대체)	0.545	tCO_2eq/톤		
1-13	전환	하수열 및 하천수열 이용	보급물량	1.736	tCO_2eq/kW	지속	2022
1-14	전환	바이오가스 열병합 발전	보급용량	3,590.7	tCO_2eq/MW	지속	2024
2-1	산업	청정연료 전환시설 지원	연료 전환 시설 용량 (벙커C유 → LNG)	130.44	tCO_2eq/ton	지속	2024
			연료 전환 시설 용량 (정제연료유 →LNG)	92.17	tCO_2eq/ton		
			연료 전환 시설 용량 (부생연료유 1호 → LNG)	93.79	tCO_2eq/ton		
			연료 전환 시설 용량 (부생연료유 2호 →LNG)	126.67	tCO_2eq/ton		
2-2	산업	산업체 저녹스버너 교체	교체 대수	18.21	tCO_2eq/대	지속	2024
			교체 대수(경유 → 경유)	15.51	tCO_2eq/대		
			교체 대수(LNG →LNG)	15.48	tCO_2eq/대		
			교체 대수(중유 →LNG)	28.39	tCO_2eq/대		
			교체 대수(경유 → LNG)	13.46	tCO_2eq/대		
2-3	산업	건설기계(굴착기) 전동화	전기굴착기 보급대수	5.014	tCO_2eq/대	지속	2023
2-4	산업	산업용 냉동기 고효율 기기 설비교체	교체대수(정격냉동능력 1,055kW 이하)	95.45	tCO_2eq/대	지속	2023
			교체대수(정격냉동능력 1,055초과~7,032kW이하)	204.77	tCO_2eq/대		
3-1	건물	탄소(중립) 포인트제 운영 (가입가구)	탄소포인트제 가입 가구수	0.107	tCO_2eq/가구수	단발	2024
3-2	건물	탄소포인트제 운영 (LNG, 수도, 전력)	사용절감량(LNG)	0.002188	tCO_2eq/m^3	단발	2022
			사용절감량(수도)	0.000237	tCO_2eq/m^3		
			사용절감량(전력)	0.0004781	tCO_2eq/kWh		
3-3	건물	공공건축물 그린 리모델링	리모델링 사업면적	0.00459	tCO_2eq/m^2	지속	2023
3-4	건물	민간 부문 그린 리모델링	리모델링 사업 면적	0.0090	tCO_2eq/m^2	지속	2024
3-5	건물	기존 건물 BRP 사업	사업 면적	0.0139	tCO_2eq/m^2	지속	2024

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
3-6	건물	제로에너지 빌딩	사업면적[(주거용) ZEB 5등급]	0.010	tCO_2eq/m^2	지속	2024
			사업면적[(주거용) ZEB 4등급]	0.019	tCO_2eq/m^2		
			사업면적[(주거용) ZEB 3등급]	0.027	tCO_2eq/m^2		
			사업면적[(주거용) ZEB 2등급]	0.036	tCO_2eq/m^2		
			사업면적[(비주거용) ZEB 5등급]	0.006	tCO_2eq/m^2		
			사업면적[(비주거용) ZEB 4등급]	0.019	tCO_2eq/m^2		
			사업면적[(비주거용) ZEB 3등급]	0.033	tCO_2eq/m^2		
			사업면적[(비주거용) ZEB 2등급]	0.046	tCO_2eq/m^2		
3-7	건물	건물에너지 효율등급 인증	사업면적[(주거용) 에너지효율등급(1+++)]	0.016	tCO_2eq/m^2	지속	2024
			사업면적[(주거용 에너지효율등급(1++)]	0.009	tCO_2eq/m^2		
			사업면적[(비주거용) 에너지효율등급(1+++)]	0.022	tCO_2eq/m^2		
			사업면적[(비주거용) 에너지효율등급(1++)]	0.008	tCO_2eq/m^2		
3-8	건물	BEMS 설치 및 운영	사업 면적	0.0038	tCO_2eq/m^2	지속	2024
3-9	건물	수요반응시스템(DR) 구축	수요반응 가입 용량	33.75	tCO_2eq/MW	단발	2022
3-10	건물	공공 및 오피스 건물의 스마트 미터링 도입	사업 면적	0.00418	tCO_2eq/m^2	지속	2023
3-11	건물	업무용 고효율 공조기의 보급	보급면적	0.000244	tCO_2eq/m^2	지속	2024
3-12	건물	일과 중 냉난방기 1시간 운휴	사업면적(냉방시기 1시간 운휴)	0.000045	tCO_2eq/m^2	단발	2023
			사업면적(난방시기 1시간 운휴)	0.000037	tCO_2eq/m^2		
3-13	건물	직장인 점심시간 소등	참여면적	0.000595	tCO_2eq/m^2	단발	2024
3-14	건물	냉방온도 1도 높이기/ 난방온도 2도 낮추기	참여가구수(냉방온도 1도 높이기)	0.150	$tCO_2eq/가구$	단발	2024
			참여가구수(난방온도 2도 낮추기)	0.132	$tCO_2eq/가구$		2024
3-15	건물	점심시간 컴퓨터 끄기	참여대수	0.000608	$tCO_2eq/대$	단발	2024
3-16	건물	불끄기 캠페인 (어스아워 / 지구의 날 행사 등)	참여가구수	0.000196	$tCO_2eq/가구$	단발	2024

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
3-17	건물	히트펌프 설치	교체대수(기름(등유) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3))	7.300	tCO_2eq/대	지속	2024
			교체대수(도시가스(LNG) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3))	4.916	tCO_2eq/대		
			교체대수(전기히터 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=3))	4.781	tCO_2eq/대		
			교체대수(기름(등유) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6))	8.495	tCO_2eq/대		
			교체대수(도시가스(LNG) 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6))	6.111	tCO_2eq/대		
			교체대수(전기히터 보일러 → 전기 히트펌프(SPF=6))	5.976	tCO_2eq/대		
3-18	건물	잠열 회수형 온수 보일러 도입(가정)	보급가구수	0.08	tCO_2eq/가구	지속	2022
3-19	건물	가정용 환경표지인증 보일러 교체	교체대수(노후 보일러(LNG) → 환경표지인증 보일러(LNG))	0.536	tCO_2eq/대	지속	2023
			교체대수(노후 보일러(LPG) → 환경표지인증 보일러(LNG))	0.328	tCO_2eq/대		
			교체대수(노후 보일러(등유) → 환경표지인증 보일러(LNG))	0.495	tCO_2eq/대		
3-20	건물	빗물 재이용 시설 도입	설비용량·시설대수	0.000237	tCO_2eq/m^3·대	지속	2022
3-21	건물	중수도 이용 확대	처리용량	0.024	tCO_2eq/m^3	지속	2024
3-22	건물	상수도 누수관 정비 사업	상수도 누수관 정비거리(서울 및 6대 광역)	0.1746	tCO_2eq/km	지속	2024
			상수도 누수관 정비거리(세종특별자치시)	0.2566	tCO_2eq/km		2024
			상수도 누수관 정비거리(8개 광역의 시)	0.3056	tCO_2eq/km		2024
			상수도 누수관 정비거리(8개 광역의 군)	0.1766	tCO_2eq/km		2024
			상수도 누수관 정비거리(제주특별자치도)	1.0817	tCO_2eq/km		2024
3-23	건물	절수기기 보급	보급가구수	0.0078	tCO_2eq/가구	지속	2022
3-24	건물	고단열 창호교체	유리 교체면적(도시가스 대체)	0.00648	tCO_2eq/m^2	지속	2023
			유리 교체면적(전기 대체)	0.01530	tCO_2eq/m^2		
			유리 교체면적(경유 대체)	0.00859	tCO_2eq/m^2		
			유리 교체면적(등유 대체)	0.00833	tCO_2eq/m^2		

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
3-25	건물	LED 조명 교체	교체개수(형광등)	0.030	tCO_2eq/개	지속	2022
			교체개수(백열등)	0.050	tCO_2eq/개		
3-26	건물	가로등 LED 교체	교체조명개수	0.1745	tCO_2eq/개	지속	2022
3-27	건물	옥외광고 간판조명 LED화	간판면적	0.314	tCO_2eq/m^2	지속	2022
			간판 교체개수	0.0628	tCO_2eq/개		
3-28	건물	대기전력 차단기 보급	보급가구수	0.085	tCO_2eq/가구	지속	2022
			적용 면적	0.0012	$tCO_2eq/㎡$		
3-29	건물	고효율 제품전환	교체대수(전기냉장고)	0.038	tCO_2eq/대	지속	2022
			교체대수(전기세탁기)	0.010	tCO_2eq/대		
			교체대수(전기밥솥)	0.014	tCO_2eq/대		
			교체대수[고효율 냉난방기(5→4)]	0.0030	tCO_2eq/대		2022
			교체대수[고효율 냉난방기(5→3)]	0.0237	tCO_2eq/대		2022
			교체대수[고효율 냉난방기(5→2)]	0.0586	tCO_2eq/대		2022
			교체대수[고효율 냉난방기(5→1)]	0.0956	tCO_2eq/대		2022
			교체대수[고효율 냉난방기(4→3)]	0.0207	tCO_2eq/대		2022
			교체대수[고효율 냉난방기(4→2)]	0.0556	tCO_2eq/대		2022
			교체대수[고효율 냉난방기(4→1)]	0.0927	tCO_2eq/대		2022
			교체대수[고효율 냉난방기(3→2)]	0.0349	tCO_2eq/대		2022
			교체대수[고효율 냉난방기(3→1)]	0.0719	tCO_2eq/대		2022
			교체대수[고효율 냉난방기(2→1)]	0.0371	tCO_2eq/대		2022
3-30	건물	인덕션(전기레인지) 교체 사업	교체대수(프로판 → 전기레인지)	0.112	tCO_2eq/대	지속	2024
			교체대수(도시가스 → 전기레인지)	0.048	tCO_2eq/대		
3-31	건물	옥상녹화사업	조성면적	0.017	tCO_2eq/m^2	지속	2022
3-32	건물	벽면녹화(그린커튼)	조성면적	0.0035	tCO_2eq/m^2	지속	2022
3-33	건물	쿨루프	시공면적	0.00341	tCO_2eq/m^2	지속	2022

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
3-34	건물	차열, 단열페인트 시공	도포면적	0.001016	tCO_2eq/m^2	지속	2024
3-35	건물	그린 캠퍼스	사업대상 연면적	0.00884	tCO_2eq/m^2	지속	2024
3-36	건물	도시가스 공급확대(등유, 경유)	변경가구수	0.09	tCO_2eq/가구	지속	2022
3-37	건물	지역난방 노후배관 교체사업	교체 세대수	0.21120	tCO_2/세대	지속	2024
			교체 면적	0.00283	tCO_2/m^2		
3-38	건물	목재펠릿 보일러	사용량(등유, 경유)	1.208	tCO_2eq/톤	단발	2022
			사용량(LPG)	1.066	tCO_2eq/톤		
			설치대수	6.173	tCO_2eq/대	지속	
3-39	건물	친환경 목조 건축물 조성	조성 연면적	0.365	tCO_2eq/m^2	지속	2024
3-40	건물	공동주택 승강기 자가발전 장치 도입	도입 승강기 대수(15층 이상)	0.456	tCO_2eq/대	지속	2024
			도입 승강기 대수(15층 미만)	0.227	tCO_2eq/대		2024
3-41	건물	자동운전 에스컬레이터 운행	운행대수(24시간/일 운행기준)	6.146	tCO_2eq/대	지속	2024
			운행대수(12시간/일 운행기준)	3.073	tCO_2eq/대		2024
			운행대수(8시간/일 운행기준)	2.049	tCO_2eq/대		2024
4-1	수송	전기차 보급(승용차)	전기승용차 보급대수(대)	0.97	tCO_2eq/대	지속	2022
4-2	수송	전기차 보급(화물차)	전기화물차 보급대수(대)	2.155	tCO_2eq/대	지속	2022
4-3	수송	전기 버스	보급대수(경유→전기)	43.89	tCO_2eq/대	지속	2022
			보급대수(CNG→전기)	39.43	tCO_2eq/대		
4-4	수송	경유자동차 전기차 전환 지원	교체대수(경유차→전기차)	1.18	tCO_2eq/대	지속	2022
4-5	수송	전기 이륜차(오토바이) 보급	전기이륜차 보급대수	0.6501	tCO_2eq/대	지속	2024
4-6	수송	노면 청소차량 전기차 전환	전기청소차 보급대수	2.472	tCO_2eq/대	지속	2024
4-7	수송	수소 청소차 보급	수소청소차 전환대수	1.5202	tCO_2eq/대	지속	2024
4-8	수송	전기 자전거 보급	보급대수	0.0138	tCO_2eq/대	지속	2022
4-9	수송	수소차 보급(버스)	보급대수	36.389	tCO_2eq/대	지속	2022
4-10	수송	수소차 보급(승용차)	보급대수	0.923	tCO_2eq/대	지속	2022
4-11	수송	수소차 보급(대형 화물차)	수소화물차 보급대수(대)	10.6845	tCO_2eq/대	지속	2024
4-12	수송	하이브리드차 보급 (승용차)	하이브리드차 보급대수(대)	0.4331	tCO_2eq/대	지속	2024

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
4-13	수송	경유자동차 저공해화 (LPG 엔진교체)	교체대수(대)	0.135	tCO_2eq/대	지속	2022
4-14	수송	CNG차량 보급확대(버스)	보급대수	4.455	tCO_2eq/대	지속	2022
4-15	수송	공공자전거 이용	공공자전거 연간 이용횟수	0.0003245	tCO_2eq/회	단발	2023
			공공자전거 보급대수	0.04518	tCO_2eq/대	지속	
4-16	수송	자전거 도로 인프라 구축	구축거리	7.527	tCO_2eq/km	지속	2024
4-17	수송	PM(전동킥보드) 이용 활성화	PM 보급대수	0.0099	tCO_2eq/대	지속	2024
4-18	수송	대중교통 이용확대	대중교통 이용자 증가수(지하철이 있는 지자체)	0.0016757	tCO_2eq/인	단발	2023
			대중교통 이용자 증가수(지하철이 없는 지자체)	0.0012928	tCO_2eq/인		
			수송거리(버스)	0.0001820	tCO_2eq/인·km		
			수송거리(지하철)	0.0001824	tCO_2eq/인·km		
4-19	수송	자동차 마일리지 (탄소중립 포인트)	탄소중립포인트(자동차)참여대수	0.2966	tCO_2eq/대	단발	2023
4-20	수송	차량 공유(대여) 시스템	운영대수	3.834	tCO_2eq/대	단발	2024
4-21	수송	산업단지 공동통근버스 운영확대	운영대수(45인승)	0.31	tCO_2eq/대	지속	2024
			운영대수(21인승)	0.91	tCO_2eq/대		
4-22	수송	승용차 요일제 추진	운영대수	0.279	tCO_2eq/대	단발	2022
4-23	수송	친환경 운전 문화 확산	확산대수(승용차)	0.30	tCO_2eq/대	단발	2022
			확산대수(버스(중형))	0.71	tCO_2eq/대		
			확산대수(화물차)	0.85	tCO_2eq/대		
4-24	수송	녹색 주차장 조성	녹색 주차장 조성면적	0.000685	tCO_2eq/m^2	지속	2024
4-25	수송	친환경 하이브리드 어선	보급대수	80	tCO_2eq/대	지속	2022
4-26	수송	전기 여객선 보급	보급대수	600.50	tCO_2eq/대	지속	2024
4-27	수송	항만 육상전원공급설비(AMP)	AMP 공급 선박대수	174.477	tCO_2eq/대	지속	2024
			AMP 공급 선박톤수	0.0842	tCO_2eq/선박1톤		
			AMP 공급 정박시간	0.0456	tCO_2eq/시간	단발	
4-28	수송	간선급행버스(BRT) 구축	BRT 구축거리(수도권)	14.466	tCO_2/km	지속	2024
			BRT 구축거리(비수도권)	4.582	tCO_2/km		
4-29	수송	트램 노선 구축	트램 구축거리(수도권)	23.841	tCO_2/km	지속	2024
			트램 구축거리(비수도권)	6.962	tCO_2/km		

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
4-30	수송	도로 히팅 필름식 융설 공법 대체 적용	설치한 도로 면적(서울, 경기, 인천권역)	0.0408	tCO_2eq/m^2	지속	2024
			설치한 도로 면적(경상권역)	0.0133	tCO_2eq/m^2		
			설치한 도로 면적(전라권역)	0.0311	tCO_2eq/m^2		
			설치한 도로 면적(강원권역)	0.0301	tCO_2eq/m^2		
			설치한 도로 면적(충청권역)	0.0447	tCO_2eq/m^2		
			설치한 도로 면적(제주권역)	0.0214	tCO_2eq/m^2		
5-1	농축산	가축분뇨 공동자원화시설 확충	처리용량	0.034	$tCO_2eq/톤$	지속	2022
			바이오가스 생산량	0.0009	CO_2eq/m^3	단발	
5-2	농축산	농업 에너지이용 효율화 (다겹보온커튼 설치)	다겹보온커튼 설치 면적(평균)	0.005	tCO_2eq/m^2	단발	2024
			다겹보온커튼 설치 면적(파프리카)	0.004	tCO_2eq/m^2		
			다겹보온커튼 설치 면적(오이)	0.007	tCO_2eq/m^2		
			다겹보온커튼 설치 면적(토마토)	0.002	tCO_2eq/m^2		
5-3	농축산	순환식 수막재배 시설 설치	순환식 수막재배 면적(평균)	0.0002	tCO_2eq/m^2	지속	2024
			순환식 수막재배 면적(파프리카)	0.00004	tCO_2eq/m^2		
			순환식 수막재배 면적(오이)	0.0004	tCO_2eq/m^2		
5-4	농축산	농촌 지열히트펌프 보급	보급용량	1.37	tCO_2eq/RT	지속	2022
5-5	농축산	논물관리	시행면적	22.4	tCO_2eq/ha	단발	2022
5-6	농축산	친환경 비료사용 등 친환경농업 확대	보급면적	6.32×10^{-6}	tCO_2eq/m^2	단발	2022
5-7	농축산	완효성 비료 시용	완효성 비료 시용 면적 (평균)	0.21	tCO_2eq/ha	단발	2024
			완효성 비료 시용 면적 (콩)	0.1	tCO_2eq/ha		
			완효성 비료 시용 면적 (고추)	0.32	tCO_2eq/ha		
5-8	농축산	토양개량제(석회, 규산) 시용	시용면적(석회질비료)	0.267	tCO_2eq/ha	단발	2024
			시용면적(규산질비료)	1.255	tCO_2eq/ha		
5-9	농축산	친환경 자가퇴비 사용	자가퇴비 생산량	0.397	$tCO_2eq/톤$	단발	2024
5-10	농축산	녹비작물을 통한 대체 효과	녹비작물 대체 면적	0.27	tCO_2eq/ha	단발	2024
5-11	농축산	호기성 토양에서 바이오차 보급	바이오차 투입량	0.09	tCO_2eq/t-바이오차	단발	2024

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
5-12	농축산	(논) 무경운 재배	재배면적(최소경운 1기작)	0.148	tCO_2eq/ha	단발	2024
			재배면적(무경운 1기작)	0.153	tCO_2eq/ha		
5-13	농축산	건답 직파 재배	건답 직파 재배 면적	1.77	tCO_2eq/ha	단발	2024
5-14	농축산	한우 비육기간 단축	비육 기간 단축을 적용한 한우 수, 비육 단축기간	1.21	$tCO_2eq/두·개월$	단발	2024
5-15	농축산	저메탄, 저단백질사료 보급	사육두수	0.471	$tCO_2eq/두$	단발	2022
5-16	농축산	저탄소 식사 문화 확산 (채식 보급 활성화)	저탄소 식사 진행 일수	0.0003	$tCO_2eq/일$	단발	2024
			저탄소 식사 횟수	0.0001	$tCO_2eq/식$		2024
5-17	농축산	친환경 농기계 보급	전환대수(경운기)	0.043	$tCO_2eq/대$	지속	2024
			전환대수(트렉터)	0.637	$tCO_2eq/대$		2024
			전환대수(관리기)	0.015	$tCO_2eq/대$		2024
			전환대수(이앙기)	0.014	$tCO_2eq/대$		2024
			전환대수(콤바인)	0.254	$tCO_2eq/대$		2024
5-18	농축산	수산양식장 전기보일러 교체	양식장 수조 면적 (뱀장어, B-C유 → 전기)	0.3194	tCO_2eq/m^2	지속	2024
			양식장 수조 면적 (넙치, 등유 → 전기)	0.0267	tCO_2eq/m^2		2024
5-19	농축산	버섯 수확 후 배지 재활용 사업	재활용량	0.652	tCO_2eq/ton	단발	2024
5-20	농축산	영농부산물 파쇄	영농부산물 파쇄량	0.685	$tCO_2eq/톤$	단발	2024
5-21	농축산	로컬푸드 직매장 활성화	로컬푸드 직매장 상품입고량	0.0272	tCO_2eq/ton	단발	2024
6-1	폐기물	준호기성 매립지	생활폐기물 매립량	0.050	$tCO_2eq/톤$	단발	2022
6-2	폐기물	매립가스 자원화	메탄가스 포집량(매립가스 포집)	0.02	tCO_2eq/Nm^3	단발	2024
			보일러 연료로의 활용량(매립가스 포집 및 보일러 연료 활용)	0.02004	tCO_2eq/Nm^3		
			발전 연료로의 활용량(매립가스 포집 및 발전 연료 활용)	0.0212	tCO_2eq/Nm^3		
6-3	폐기물	고형폐기물의 생물학적 처리량 감소	감소처리량[퇴비화(건식)]	0.439	$tCO_2eq/톤$	단발	2022
			감소처리량[퇴비화(습식)]	0.192	$tCO_2eq/톤$		
			감소처리량 [혐기성소화(건식)]	0.056	$tCO_2eq/톤$		
			감소처리량 [혐기성소화(습식)]	0.028	$tCO_2eq/톤$		

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
6-4	폐기물	소각량 및 매립량 감량 (폐기물 운송량 감량)	감량된 폐기물 중량(평균)	0.012	tCO_2eq/ton	단발	2024
			감량된 폐기물 중량(공동주택)	0.008	tCO_2eq/ton		
			감량된 폐기물 중량(일반주택)	0.010	tCO_2eq/ton		
			감량된 폐기물 중량(농어촌)	0.018	tCO_2eq/ton		
6-5	폐기물	소각여열 회수 및 이용	열공급량	0.00003	tCO_2eq/MJ	단발	2022
6-6	폐기물	유기성 폐기물 신재생에너지 생산	바이오가스 활용량	0.001	tCO_2eq/m^3	단발	2022
6-7	폐기물	하수처리장 에너지자립화 사업	발전량	0.0004781	tCO_2eq/kWh	단발	2022
6-8	폐기물	하수슬러지 소각재 재활용 (시멘트 원료화)	하수슬러지 소각재 재활용량	0.52	tCO_2eq/ton	단발	2024
6-9	폐기물	하수처리수 재이용	연간 재이용수량(m^3)	0.0002228	tCO_2eq/m^3	단발	2023
6-10	폐기물	아이스팩, 커피찌꺼기 재활용	재활용량(아이스팩)	0.002	$tCO_2eq/톤$	단발	2022
			재활용량(커피찌꺼기)	0.001	$tCO_2eq/톤$		
6-11	폐기물	종이팩 재활용	재활용량	0.0135	$tCO_2eq/톤$	단발	2024
6-12	폐기물	폐플라스틱 자원화	폐플라스틱 자원화 무게	1.3	tCO_2eq/ton	단발	2024
6-13	폐기물	바이오매스 플라스틱 보급	바이오매스 플라스틱 보급량	0.6	tCO_2eq/ton	단발	2024
6-14	폐기물	현수막 업사이클링	재활용된 현수막 개수	0.00092	$tCO_2eq/장PE현수막$	단발	2023
			재활용된 현수막 중량	0.00185	$tCO_2eq/kgPE현수막$		
6-15	폐기물	폐봉제 원단 재활용	재활용량	3.005	tCO2eq/톤	단발	2024
6-16	폐기물	폐금속 및 폐합성수지 자원 재활용 (폐전자제품 수거·처리)	수거대수(폐냉장고)	0.057	$tCO_2eq/대$	단발	2024
			수거대수(폐세탁기)	0.040	$tCO_2eq/대$		
			수거대수(폐TV)	0.028	$tCO_2eq/대$		
			수거대수(폐에어컨)	0.025	$tCO_2eq/대$		
6-17	폐기물	RFID 종량기 보급	RFID 종량기 보급대수	5.31	$tCO_2eq/대$	지속	2024
			RFID 종량기 사용 세대	0.08	$tCO_2eq/세대$		
6-18	폐기물	가정용 음식물류 폐기물 감량기기 보급 지원	음식물류 폐기물 감량기기 보급대수	0.121	$tCO_2eq/대$	지속	2024
6-19	폐기물	포장재 폐기물 저감(제로웨이스트 샵 (리필스테이션) 이용 확대)	비닐 포장재 저감 개수	0.00009	$tCO_2eq/개$	단발	2024
			플라스틱 포장재 저감 개수	0.00008	$tCO_2eq/개$		
			제로웨이스트 샵 수	0.18	$tCO_2eq/가게$		

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
6-20	폐기물	식품접객업 일회용 비닐봉투 사용 규제	소비되는 비닐봉투 개수	0.000068	tCO_2eq/개	단발	2024
			사업 참여 식품접객업 가게 수	2.08	tCO_2eq/가게		
6-21	폐기물	일회용 플라스틱 컵 사용 자제	소비되는 음료 개수	0.000048	tCO_2eq/개	단발	2023
			사업 참여 가게 수	2.34	tCO_2eq/가게		
6-22	폐기물	다회용기 보급사업 (포장 시 다회용기 이용활성화)	다회용기 이용횟수	0.00025	tCO_2eq/회	단발	2024
6-23	폐기물	음식물쓰레기 저감 캠페인	음식물폐기물 감축량(퇴비화)	0.192	$kgCO_2eq$/kg	단발	2022
			음식물폐기물 감축량(혐기성소화)	0.028	$kgCO_2eq$/kg		
6-24	폐기물	지방세 종이 고지서의 전자 고지서 대체	전자고지서 발행 건수	0.00000572	tCO_2eq/건	단발	2023
			전자고지서 발행 가구수	0.00004648	tCO_2eq/가구		
6-25	폐기물	대형마트의 전자 영수증 이용	전자영수증 발행 건수	0.00000059	tCO_2eq/건	단발	2023
			전자영수증 발행 가게 수	0.39	tCO_2eq/가게		
6-26	폐기물	종이 없는 행정 추진	종이 구매절감량(박스)	0.0243	tCO_2eq/박스	단발	2024
			종이 구매절감량(장)	0.0000097	tCO_2eq/장		
6-27	폐기물	플라스틱 조화 사용 금지	사용금지량	4.22	tCO_2eq/톤	단발	2024
7-1	수소	수소연료전지 (LNG, 메탄, LPG)	사용량(LNG)	2.7657	tCO_2/t-LNG	단발	2022
			사용량(메탄)	2.7518	tCO_2/t-바이오가스(메탄)		
			사용량(LPG)	2.9864	tCO_2/t-LPG		
7-2	수소	이산화탄소 포집 및 수소생산 이용	수소생산용량	8.33	tCO_2eq/tH_2	단발	2022
8-1	흡수원	조림조성(그루)	보급나무수(수령10년)	2.4	$kgCO_2eq$/그루	지속	2022
			보급나무수(수령15년)	4.4	$kgCO_2eq$/그루		
			보급나무수(수령20년)	7.2	$kgCO_2eq$/그루		
			보급나무수(수령25년)	9.4	$kgCO_2eq$/그루		
			보급나무수(수령30년)	10.1	$kgCO_2eq$/그루		
8-2	흡수원	조림조성(면적)	조성면적(임령10년)	6.9	tCO_2eq/ha	지속	2022
			조성면적(임령15년)	9.8	tCO_2eq/ha		
			조성면적(임령20년)	11.6	tCO_2eq/ha		
			조성면적(임령25년)	12.1	tCO_2eq/ha		
			조성면적(임령30년)	10.8	tCO_2eq/ha		

번호	부문	감축사업명	모니터링인자명	값	단위	감축효과 (지속/단발)	개발 연도
8-3	흡수원	기후변화대응 난대림 조성	조성면적(평균)	20.87	tCO_2eq/ha	지속	2024
			조성면적(종가시나무군락)	38.52	tCO_2eq/ha		
			조성면적(구실잣밤나무군락)	27.78	tCO_2eq/ha		
			조성면적(곰솔군락)	5.15	tCO_2eq/ha		
			조성면적(참느릅나무군락)	12.03	tCO_2eq/ha		
8-4	흡수원	[도시숲조성] 가로수 심기	보급나무수(수령10년)	3.6	$kgCO_2eq/그루$	지속	2022
			보급나무수(수령15년)	5.2	$kgCO_2eq/그루$		
			보급나무수(수령20년)	8.4	$kgCO_2eq/그루$		
			보급나무수(수령25년)	9.6	$kgCO_2eq/그루$		
			보급나무수(수령30년)	10.1	$kgCO_2eq/그루$		
8-5	흡수원	숲 가꾸기(간벌 및 가지치기)	숲가꾸기 면적	1.188	tCO_2eq/ha	지속	2022
8-6	흡수원	근린공원(도시공원) 조성	근린공원(도시공원) 조성 면적	0.012	tCO_2eq/m^2	지속	2024
8-7	흡수원	녹지면적 확충	확충된 녹지 면적	0.006	tCO_2eq/m^2	지속	2024
8-8	흡수원	생활 속 미니 텃밭을 활용한 도시농업 활성화	고구마 재배 면적	0.00056	tCO_2eq/m^2	단발	2023
			감자 재배 면적	0.00115	tCO_2eq/m^2		
			파 재배 면적	0.00004	tCO_2eq/m^2		
			고추 재배 면적	0.00063	tCO_2eq/m^2		
8-9	흡수원	화훼류(지피식물) 조성 사업	조성면적	0.0073	tCO_2eq/m^2	단발	2024
8-10	흡수원	습지공원 조성	습지공원 조성 면적	0.039	tCO_2eq/m^2	지속	2024
8-11	흡수원	이끼공원(정원) 조성사업	식재면적	0.000847	tCO_2/m^2	지속	2024
8-12	흡수원	블루카본(갯벌, 염습지 등) 복원	조성면적	0.105	$kgCO_2eq/m^2$	지속	2022
8-13	흡수원	바다숲 조성	조성면적	7.97	tCO_2eq/ha	지속	2022
8-14	흡수원	해초(잘피림) 식재	해초류(잘피림) 식재 면적	0.0012	tCO_2eq/m^2	지속	2024
8-15	흡수원	미이용 산림바이오매스 목재연료 (목재펠릿, 목재칩) 활용	목재연료 무게	1.21	tCO_2eq/ton	단발	2024
			목재펠릿 무게	1.25	tCO_2eq/ton		
			목재칩 무게	1.02	tCO_2eq/ton		
8-16	흡수원	국내 목제품 이용 및 생활환경 시설 목재 활용 권장	목제 제품의 총 부피	0.63	tCO_2eq/m^3	단발	2023
			책상 대수	0.017	$tCO_2eq/대$		
			테이블 대수	0.021	$tCO_2eq/대$		