**온실가스 배출량 산정 보고서**

**I. 보고서 개요**

본 보고서는 「{{ last\_year }}년도 온실가스 배출량 산정 보고서」로, {{ created\_at }}에 작성되었다. 보고 기간은 {{ last\_year }}년 1월 1일부터 {{ last\_year }}년 12월 31일까지이며, 해당 기간 동안 {{ institution\_name }}에서 운영·관리하는 건물들의 에너지 사용에 따른 온실가스 배출 현황을 체계적으로 산정·분석하였다.

보고서의 작성 기관은 {{ institution\_name }}이며, 담당자는 {{ manager\_name }}(부서: {{ manager\_dept }}, 연락처: {{ phone\_number }})이다. 기관 본사는 {{ institution\_address }}에 위치하며, 본 보고서의 범위에는 기관이 소유·관리하는 주요 건물들이 포함된다.온실가스 배출 현황을 분석하고, 감축 방안을 제시하기 위해 작성되었다.

본 보고서는 {{ institution\_name }}의 2025년도 온실가스 배출량을 종합적으로 산정하고, 이를 토대로 배출 원인 분석과 감축 방안을 제시하기 위하여 작성되었다. 보고 내용은 조직 정보, 산정 경계, 산정 방식과 결과, 배출량 변화 원인, 감축 목표와 향후 계획까지 전 과정을 포함한다. 이를 통해 기관 차원의 온실가스 배출 관리와 정책 대응을 위한 근거 자료로 활용될 수 있으며, 향후 온실가스 감축 성과 측정 및 지속가능경영 전략 수립에도 기여할 수 있다.

또한, 본 보고서는 국제 표준(ISO 14064-1)과 IPCC 가이드라인(2006, 2019 보정판), 그리고 국내 환경부 고시에 근거하여 작성되었으며, 배출량 산정의 투명성과 재현성을 확보하기 위해 데이터 출처, 산정 공식, 배출계수 적용 근거를 명확히 제시하였다.

**II**. 조직 정보 및 보고경계

본 보고서의 작성 기관은 {{ institution\_name }}이며, 산정 대상은 대학이 소유·관리하는 주요 건물들이다.  
대상 건물에는 {{ building\_list\_str }}이 포함된다. 각 건물은 용도에 따라 업무 시설, 교육·연구 시설, 문화 및 집회 시설, 의료 시설, 수련 시설, 운수 시설 등으로 분류된다.

각 건물의 연면적은 최소 {{ gross\_area\_min }}에서 최대 {{ gross\_area\_max

}}까지 다양하며, 냉난방면적은 전체 연면적 대비 약 80% 수준이다. 대부분의 건물은 지상 [ ]층, 지하 [ ]층 규모로 건축되어 있으며, 사용승인연도는 [ ]년부터 [ ]년까지 분포한다.

본 보고서의 산정 경계는 기관 전체를 기본으로 설정하였으며, 데이터 확보가 가능한 모든 건물을 포함하였다.

온실가스 배출량 산정 시 포함된 배출활동과 GHG 범위는 다음과 같다.   
본 보고서에서는 공공건축물에서 발생하는 온실가스 배출량 중 Scope 1(직접 배출)과 Scope 2(간접 배출)에 한정하여 산정하였다.

* Scope 1 (직접 배출)

1. {{ institution\_name }} 소유 건물 내에서 연료를 직접 연소하는 행위로 인해 발생하는 온실가스를 포함한다.
2. 주요 배출활동에는 도시가스(LNG), 경유, 등유를 사용하는 보일러와 난방설비의 연소, 그리고 관용차량 운영 시 사용되는 경유·휘발유 연소가 해당된다.

* Scope 2 (간접 에너지 배출)

1. 외부에서 생산된 에너지를 구매하여 사용하는 과정에서 간접적으로 발생하는 온실가스를 포함한다.
2. 주요 배출활동에는 전력 사용(조명, 냉난방, 사무기기 운영 등)과 지역난방 열에너지 사용이 해당된다.

* 한편, Scope 3(기타 간접 배출)에 해당하는 출퇴근, 폐기물 처리, 외주활동 등은 본 보고서의 산정 범위에서 제외하였다.

III. 배출량 산정 방식

1. **산정 절차 개요**

본 보고서의 온실가스 배출량 산정은 연료 사용량과 전력 사용량을 기반으로 하며, 연료는 고정 연소에 해당되는 고체 연료·액체 연료·기체 연료 세 부문으로, 전력은 Scope 2 부문으로 구분하여 계산하였다.

연료 사용량은 다음과 같이 단위별로 입력받는다.

* **고체연료**: ton
* **액체연료**: kL
* **기체연료**: 천m³

각 연료별 산정은 IPCC 가이드라인에서 제시한 다음의 기본식을 따른다.

* 연료별 산정 공식
  + : 연료(i)의 연소에 따른 온실가스(j)의 배출량 (tGHG)
  + : 연료(i)의 사용량(측정값)
  + : 연료(i)의 열량계수 (MJ/단위연료)
  + : 연료(i)에 따른 온실가스(j)의 배출계수 (kgGHG/TJ)
  + : 연료(i)의 산화계수 (이산화탄소에만 적용, CH₄·N₂O는 미적용)
* **전력 산정 공식**

전력 산정에 따른 배출량 공식은 다음과 같다.

전력 사용량 (MWh)

* + : 전력 배출계수 (tGHG/MWh)
  + j : 배출 온실가스 종류
  + : 전력 사용량 (MWh)

1. **적용 계수 출처 및 기준**

적용 계수는 환경부 고시 및 IPCC 가이드라인 (2019 보정판 반영)을 근거로, 연료별·온실가스별 배출계수(EF), 열량계수(EC), 산화계수(f)를 적용하였다. Tier 방법론 및 선정 절차는 다음 아래와 같다. 연료별 Tier 수준은 ‘온실가스 배출량 산정 방법론’에서 제시한 연료별 티어 산정 의사결정도에 따라 사용자가 직접 설문을 통해 결정한다.

* Tier 1: 국가 에너지 통계 및 기본 배출계수를 활용하는 방식. 가장 단순하며 최소한의 자료로 산정 가능하나 정확도는 상대적으로 낮다.
* Tier 2: 국가 에너지 통계와 국가 고유의 연료 특성을 반영한 배출계수를 사용하는 방식. Tier 1보다 정확하며, 일부 연료 특성값은 사용자가 입력한다.
* Tier 3: 시설 또는 장비 수준의 상세자료, 자체 산정 배출계수를 활용하는 방식. 모델링 및 현장 자료를 포함하며 높은 정확성을 제공한다.
* Tier 4: CEM(연속측정장치)을 통한 직접 측정 방식으로, 전문 장비와 고도의 분석 능력이 필요하다.

적절히 적용될 경우, 높은 Tier 방법론은 낮은 Tier보다 정확한 배출량 산정이 가능하다. 다만, Tier 2와 Tier 3는 국가 고유 자료, 시설별 특성 자료, 자체 계산값 등이 필요하므로 사용자의 추가 입력이 요구된다.

1. **계수 적용 방식**

본 보고서에서는 환경부 고시와 IPCC 2006 가이드라인(2019 보정판 반영)을 근거로 연료별·온실가스별 배출계수, 열량계수, 산화계수를 적용하였다. 예시는 다음과 같다.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **연료** | **구분** | **값** |
| 무연탄  (고체 연료) | **배출계수 (Tier1)** | CO₂: 98,300 kg/TJ  CH₄: 10 kg/TJ  N₂O: 1.5 kg/TJ |
| **열량계수**  **(CO₂, CH₄, N₂O 등)** | Tier1: 26.7 MJ/kg  Tier2: 19.4 MJ/kg  Tier3: 직접산정 |
| **산화계수 (CO₂ 한산 적용)** | Tier1: 1.0  Tier2: 0.995  Tier3: 0.995 |
| 원유  (액체 연료) | **배출계수 (Tier1)** | CO₂: 73,300 kg/TJ  CH₄: 10 kg/TJ  N₂O: 0.6 kg/TJ |
| **열량계수** | Tier1: 35.935 MJ/L  Tier2: 35.877 MJ/L  Tier3: 직접산정 |
| **산화계수** | Tier1: 1.0  Tier2: 0.99  Tier3: 0.99 |
| 천연가스  (기체 연료) | **배출계수 (Tier1)** | CO₂: 56,100 kg/TJ  CH₄: 5 kg/TJ  N₂O: 0.1 kg/TJ |
| **열량계수** | Tier1: 34.416 MJ/m³  Tier2: 35.220 MJ/m³  Tier3: 직접산정 |
| **산화계수** | Tier1: 1.0  Tier2: 0.995  Tier3: 0.995 |
| 전력 | **소비단 배출계수** | CO₂: 0.451 tCO₂/MWh  CH₄: 0.0048 kg/MWh  N₂O: 0.0068 kg/MWh  CO₂eq: 0.451 tCO₂eq/MWh |

1. **사업장 고유 배출계수 산정 및 적용, 자동화 절차**

본 보고서에서 사용되는 배출계수는 원칙적으로 환경부 고시 및 IPCC 가이드라인(2006, 2019 보정판)에 따라 국가 표준 계수를 적용한다. 그러나 **Tier 3 방식**, 즉 \*사업장 고유 배출계수(Plant-Specific Emission Factor, EF)\*를 적용하는 경우에는 표준 계수를 그대로 사용할 수 없으며, 반드시 해당 사업장의 실제 연료 특성을 기반으로 배출계수를 직접 산정해야 한다. 이는 『온실가스 배출권 거래제 운영 지침』에서 규정한 법적 요구사항으로, 다음과 같은 절차를 따라야 한다.

첫째, 사용 연료의 **물리·화학적 특성 분석**을 실시한다. 분석 항목에는 순발열량(Net Calorific Value), 탄소 및 수소 함량을 포함한 조성 성분, 연료의 밀도 등이 포함된다. 이러한 특성값은 배출계수(EF), 열량계수(EC), 산화계수(f)를 산출하는 기초 자료로 활용된다.

둘째, 연료 특성 분석은 반드시 **공인 시험기관**에 의뢰하거나 기관 자체의 **공인된 실험실**에서 수행하여야 한다. 분석 결과는 객관성을 확보하기 위해 시험성적서, 분석 보고서, 적용 규격서 등 공식적인 증빙자료로 보관해야 한다.

셋째, 국가 표준 계수가 존재하지 않거나, 기관의 특수한 운영환경으로 인해 표준 계수 적용이 부적합한 경우에는 반드시 자체적으로 산정한 사업장 고유 배출계수를 사용하여야 한다. 이때 적용된 절차, 분석 결과, 계수 값 및 그 근거 자료는 모두 보고서에 기록하고 검증 가능하도록 관리해야 한다.

이를 통해 Tier 3 방식의 배출량 산정은 국가 기준과 국제 표준을 동시에 충족하며, 외부 검증기관의 확인 과정에서도 신뢰성과 타당성을 확보할 수 있다.

**IV. 활동자료 및 산정결과**

**1. 건물별 활동자료**

아래 표는 2025년 보고 기간 동안 동국대학교 주요 건물 일부(예시)의 에너지 사용량과 산정 결과를 정리한 것이다. 활동자료는 사용자 입력값과 국가 고시 배출계수를 기반으로 시스템이 자동 산출하였다.

<표 : 건물별 활동자료>

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 건물명 | 고체연료 사용량 (ton) | 액체연료 사용량 (L) | 기체연료 사용량 (m³) | 전력 사용량 (kWh) |
| {% for b in buildings\_data %} |  |  |  |  |
| {{ b.name }} | {{ b.solid }} | {{ b.liquid }} | {{ b.gas }} | {{ b.electricity }} |
| {% endfor %} |  |  |  |  |

**2. 산정 공식 및 적용 계수 요약**

**● 고체연료(CO₂):**

**(Tier1 : EC=26.7MJ/kg ,  =98,300kg/TJ, f=1.0)**

**● 기체연료(CO₂):**

**(Tier1 : EC=34.416MJ/ ,  =73,300kg/TJ, f=1.0)**

**● 액체연료(CO₂):**

**(Tier1 : EC=35.955 MJ/L, =73,300 kg/TJ, f=1.0)**

**● 전력(CO₂eq):**

**( =0.4541 tCO₂eq/MWh)**

※ CH₄, N₂O의 경우 배출계수(EF)만 변경하여 동일 공식 적용 후, 각 GWP를 반영하여 CO₂eq로 합산한다.

**3. 대표 건물 계산 예시**

본 보고서에서는 IPCC AR5 기준 GWP를 적용하였으며, CH₄: 28, N₂O: 265 값을 사용한다.

각 온실가스별 배출량은 다음과 같이 합산되어 총 CO₂eq를 계산한다.

{{ ex\_building\_name }} 총배출량 = (고체연료 + 액체연료 +기체연료 + 전력) = {{ ex\_building\_emission }} tCO₂eq

**4. 건물별 산정결과 요약**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **건물명** | **Scope 1 (tCO₂eq)** | **Scope 2 (tCO₂eq)** | **합계 (tCO₂eq)** | **단위면적당 배출량 (tCO₂eq/㎡)** |
| **{% for b in emission\_results %}** |  |  |  |  |
| **{{ b.name }}** | {{ b.scope1 }} | {{ b.scope2 }} | {{ b.total }} | {{ b.per\_area }} |
| **{% endfor %}** |  |  |  |  |

※ 단위면적당 배출량은 각 건물 냉난방면적 기준으로 계산.

**V. 배출량 변화 및 원인 분석**

본 절에서는 2025년도와 2024년도 온실가스 배출량을 비교하여, 연간 배출량 변동 추이를 분석하였다. 비교 대상은 동일한 건물군이며, Scope 1 및 Scope 2 합계 기준으로 산출하였다.

**전년 대비 배출량 변화**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **건물명** | **{{ last\_year -1 }}년 합계 (tCO₂eq)** | **{{ last\_year }}년 합계 (tCO₂eq)** | **증감량 (tCO₂eq)** | **증감률 (%)** |
| **{% for b in trend\_data %}** |  |  |  |  |
| **{{ b.name }}** |  | {{ b.total }} |  |  |
| **{% endfor %}** |  |  |  |  |

**종합 분석**

2025년 총 배출량은 전년 대비 약 4.62% 감소하였다. 주요 감축 요인은

[ ]이며,

일부 증가 요인은 [ ]에 기인한다.

향후 추가적인 감축을 위해, [ ] 등을 병행할 계획이다.

**VI. 감축목표 및 개선 방안**

* + **단계별 감축 목표 (단기·중기·장기)**

본 기관은 {{ last\_year }}년 배출량 분석 결과를 바탕으로, 단기(1~3년), 중기(4~6년), 장기(7년 이상) 단계별 감축 목표를 설정하였다.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **기준연도 배출량** | **목표연도** | **목표량** | **감축률** |
| **단기** |  |  |  |  |
| **중기** |  |  |  |  |
| **장기** |  |  |  |  |

**2. 주요 감축 전략**

**A. [ ]**

* [ ]
* [ ]
* [ ]

**B. [ ]**

* [ ]
* [ ]
* [ ]

**C. [ ]**

* [ ]
* [ ]

**D. [ ]**

* [ ]
* [ ]
* [ ]

**3. 달성률 평가 및 관리 방안**

* [ ]
* [ ].
* 주요 성과 지표(KPI)에는 연간 총 배출량(tCO₂eq), 단위면적당 배출량(tCO₂eq/㎡), Scope별 감축률을 포함한다.

**Ⅶ. 결론 및 향후 계획**

1. **총 배출량 결과 요약**

* {{ last\_year }}년도 {{ institution\_name }}의 총 배출량은 {{ total\_emission }} tCO₂eq로 전년 대비 % 감소하였다.  
  감축 원인은 고효율 설비 도입과 운영 최적화였으며, 향후에는 BEMS 고도화, 재생에너지 확대, 구성원 참여 강화 등을 추진할 예정이다.

1. 향후 관리 전략

* 본 보고서에서 제시한 산정 결과와 원인 분석은 기관 차원의 온실가스 관리 전략 수립과 정부 정책 대응의 근거 자료로 활용될 수 있다. 특히, Scope 1과 Scope 2 배출량을 분리·분석함으로써 건물별 주요 배출원과 효율 개선의 우선순위를 명확히 도출하였다.

향후 {{ institution\_name }}는 다음과 같은 방향으로 온실가스 감축 노력을 지속할 계획이다.

* [ ]
  + [ ]
  + [ ]
* [ ]
  + [ ]
  + [ ]
* [ ]
  + [ ]
  + [ ]
* [ ]
  + [ ]
  + [ ]
* [ ]
  + [ ]
  + [ ]

이러한 계획을 단계적으로 실행함으로써, {{ institution\_name }}는 2030년까지 전년 대비 최소 15% 감축, 2040년까지 25% 감축이라는 장기 목표를 달성하고, {{ institution\_type }}으로서의 지속가능성과 사회적 책임을 동시에 이행할 것이다.

**VIII. 부록**

본 보고서는 산정 결과의 정확성, 투명성, 재현 가능성을 확보하기 위해, 산정 전 과정에 걸쳐 정합성 검증 절차를 수행하였다. 검증 기준은 ISO 14064-1, IPCC 가이드라인(2006, 2019 보정판), 환경부 온실가스 배출량 산정지침을 준수하였다.

1. **산정 프로세스 및 기준**
2. 산정 절차 흐름도   
   활동자료 수집 → 단위 변환 → 배출계수 적용 → 온실가스별 배출량 계산 → GWP 적용 CO₂eq 환산 → Scope별·총량 집계
3. 적용 공식 구분   
   고정연소(고체·액체·기체연료), 전력(간접배출)
4. GWP 적용   
   IPCC AR5 기준 GWP 사용: CH₄=28, N₂O=265  
   각 가스별 산출값에 GWP를 곱하여 CO₂eq로 환산
5. 단위 일관성   
   내부 변환 로직으로 MJ/kg, MJ/L, MJ/m³ 단위 통일

**단, 전력은 kWh → MWh 변환 후 적용**

1. **활동자료 출처 및 단위 검증**
2. 출처: 계량기 검침 기록, 에너지 요금 청구서, 관리부서 운영 데이터, 사용자 입력값(연료 사용량, Tier 선택)
3. 단위 검증: 입력 데이터와 산정에 사용되는 단위 간 일관성 점검
4. 품질관리(QA/QC): 데이터 수집 시 2차 검증 절차 적용, 이상치 탐지 및 재확인
5. **산정 공식 및 배출계수 근거**
6. 연료·전력별 적용 공식은 <본문2> 배출량 산정 방식에 명시
7. 배출계수 출처: 환경부 고시, IPCC 가이드라인, 국가 온실가스 인벤토리
8. Tier 3(사업장 고유 배출계수) 적용 시, 『온실가스 배출권 거래제 운영 지침』 절차 준수
   1. 연료 특성 분석: 순발열량, 조성 성분, 밀도
   2. 분석 증빙: 시험성적서, 분석 보고서, 규격서
9. **검토·승인 이력**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **성명** | **부서** | **검토/승인일** |
| **작성자** |  |  |  |
| **검토자** |  |  |  |
| **승인자** |  |  |  |

* 변경 로그: [ ]

1. **기타 검증기관 요구 항목**

**본 온실가스 배출량 산정·보고 체계는 독립성과 공정성을 확보하기 위해 다음과 같이 운영된다.**

1. 역할 분리
   1. 데이터 수집·입력: 각 건물 담당자
   2. 산정·보고 검토: 독립된 검토자 또는 외부 위탁기관
2. 이중 검토 프로세스
   1. 최소 2단계 검토 절차 적용
   2. 검토자는 작성자와 다른 부서 소속
3. 외부 검증 대응
   1. 데이터 추적성(Traceability) 확보
   2. 근거자료 제출 및 이력 관리 체계화
4. 공정성 보장
   1. 공통 산정 기준 적용(GHG Protocol, 국가 배출계수)
   2. 기관 간 비교 가능성 유지
5. **첨부파일 목록**

* 2025년 활동자료 PDF 및 엑셀 원본
* 배출계수표, 열량계수표, 산정시트
* 연료·전력 사용량 청구서 사본(미첨부)
* Tier 3 적용 시 분석 성적서 및 증빙자료
* 검토·승인 변경 로그 기록서(미첨부)