

2026 국정감사 정책자료집

# 탄소중립의 숨은 사각지대, LNG발전 메탄 누출 방지를 위한 정책과제

2026. 10.

CH<sub>4</sub>

더불어  
**민주당** 인천 서해구(을)  
국회의원 **이 용 우**



탄소중립의 숨은 사각지대,  
LNG발전 메탄 누출 방지를 위한 정책 과제

발행 **국회의원 이용우**

---

연구 이용우 의원실



발행일 2026년 10월

## 목 차

---

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 발간사 .....                                                | 3         |
| <b>I. 서론 .....</b>                                       | <b>5</b>  |
| 1.1 2030 국가 메탄 관리 과제 .....                               | 5         |
| 1.2 가스 설비의 탈루성 메탄 배출 정의 .....                            | 6         |
| 1.3. LNG 발전소의 새는 메탄 관리 필요성 .....                         | 8         |
| <b>II. 문제 인식: LNG 발전부문의 메탄 탈루량 산정 사각지대 .....</b>         | <b>11</b> |
| 2.1 국내 가스 발전소의 메탄 배출 실태 .....                            | 11        |
| 2.2 배출량 산정 및 보고 규율상 공백 .....                             | 12        |
| 2.3 국내 정부 및 공공기관의 문제 인식과 관련 정책 동향 .....                  | 13        |
| <b>III. 해외 사례로 본 메탄 탈루 규제 필요성 .....</b>                  | <b>15</b> |
| 3.1 IPCC 가이드라인 개요와 국내 반영 현황 .....                        | 15        |
| 3.2 해외 발전소의 탈루 배출 IPCC 가이드라인 편입 현황 .....                 | 16        |
| 3.3. 2019 IPCC 개정 가이드라인에 따른 포스트미터 탈루 부문 규제 도입의 필요성 ..... | 19        |
| <b>IV. 국내 LNG 발전소의 메탄 탈루 규제 개선 제안 .....</b>              | <b>21</b> |
| 4.1 기후위기 대응을 위한 온실가스 규율 체계 .....                         | 21        |
| 4.2 온실가스 배출량 보고 및 인증 지침 중심의 개정안 .....                    | 22        |
| 4.3 소결론 .....                                            | 27        |
| <b>V. 결론 .....</b>                                       | <b>28</b> |
| <b>참고자료 .....</b>                                        | <b>30</b> |
| <b>부록 .....</b>                                          | <b>32</b> |

## 발간사



안녕하세요. 국회의원 이용우입니다.

폭염과 집중호우, 산불과 가뭄이 일상이 되면서 온실가스 감축은 우리 사회가 더 이상 미룰 수 없는 과제가 되었습니다. 그동안 탄소중립 논의는 주로 이산화탄소 감축에 집중돼 왔지만, 단기간에 훨씬 강한 온난화 효과를 일으키는 메탄 역시 반드시 함께 관리해야 합니다.

이 문제는 우리 인천에서도 현실로 나타났습니다. 2025년 2월 인천 서해구 원창동 LNG 발전지역 일대에서 미국 비영리단체 카본매퍼의 위성 관측을 통해 시간당 약 5,700kg 규모의 대규모 메탄 플룸이 포착됐습니다. 그러나 당시 발전사들은 자체 설비에서 특이사항을 확인하지 못했다고 밝혔습니다. 대량의 메탄이 관측됐는데도 기존 관리체계로는 발생 지점과 배출량을 제대로 확인하기 어려운 현실을 보여준 사례입니다.

LNG 발전은 에너지 전환 과정에서 일정 기간 역할이 불가피한 전원으로 평가받고 있습니다. 그렇다면 LNG를 사용하는 과정에서 발생하는 메탄 배출 역시 정확히 측정하고 관리해야 합니다. 그러나 현재 우리 제도는 천연가스의 저장·공급 단계에서 발생하는 탈루성 메탄은 관리하면서도, 정작 대량의 천연가스를 사용하는 발전소 내부의 배관과 밸브, 연결부 등에서 발생하는 메탄 누출은 제대로 산정하지 못하고 있습니다.

해외에서는 이미 이러한 문제를 인식하고 있습니다. 2019년 IPCC 개정 가이드라인은 발전소를 포함한 최종 소비단계의 ‘포스트미터(Post-Meter)’ 메탄 탈루를 별도의 산정 대상으로 제시했고, 미국과 독일 등도 이를 국가 온실가스 인벤토리에 반영하고 있습니다. 반면 우리나라는 아직 발전소에서 발생하는 메탄 탈루를 체계적으로 산정·보고할 수 있는 기준이 마련돼 있지 않습니다.

측정하지 못하면 관리할 수 없고, 관리하지 못하면 줄일 수도 없습니다. 메탄 감축의 출발점은 실제 어디에서 얼마나 배출되고 있는지를 정확히 파악하는 것입니다.

이번 정책보고서는 이러한 제도적 공백을 보완하기 위해 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」에 LNG 발전시설의 메탄 탈루를 산정·보고 대상으로 포함하는 방안을 제안합니다. 새로운 규제를 처음부터 만드는 것이 아니라, 이미 존재하는 온실가스 산정·보고 체계에 국제적으로 활용되고 있는 기준을 반영하자는 것입니다.

메탄 누출을 줄이는 것은 온실가스 감축에만 그치지 않습니다. 새어나가는 천연가스 자체가 비용인 만큼 에너지 효율을 높이고 경제적 손실을 줄이는 일이기도 합니다. 정확한 측정과 보고를 바탕으로 국내 실정에 맞는 배출계수를 마련하고, 향후 실측과 감축 관리까지 이어지는 체계를 구축해야 합니다.

탄소중립은 거대한 목표만 선언한다고 달성되지 않습니다. 지금까지 관리되지 않았던 사각지대를 찾아 제도를 촘촘하게 바꾸는 데서 시작해야 합니다.

이번 보고서가 인천에서 확인된 문제를 우리나라 전체의 제도 개선으로 연결하는 출발점이 되기를 바랍니다. 저 역시 국회 기후에너지환경위원회 위원으로서 LNG 발전 부문의 메탄 관리체계를 개선하고, 온실가스 감축 정책의 신뢰성과 실효성을 높일 수 있도록 필요한 제도 개선을 끝까지 살피겠습니다.

감사합니다.

2026 년 10 월  
국회의원 이용우

# I. 서론

---

## 1.1 2030 국가 메탄 관리 과제

메탄( $\text{CH}_4$ )은 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )와 함께 대표적인 온실가스로 규율돼 왔다. 최근에는 20년 지구온난화지수(GWP-20)<sup>1</sup> 기준 메탄의 온난화 유발 효과가 이산화탄소의 약 80배에 달하는 등<sup>2</sup> 단기간에 발현되는 온난화 효과가 이산화탄소보다 현저히 크다는 과학적 이해가 축적되고 있다. 그럼에도 2024년 전 지구 평균 메탄 농도는 1942ppb<sup>3</sup>로 사상 최고치를 경신하며 최소 지난 80만 년 동안 그 어느 때보다 높은 수치를 기록했다. 2026년 3월 해양 표면 관측치 기준으로 메탄 농도는 1937.86ppb에 달하며, 지속적으로 증가하고 있다.<sup>4</sup> 메탄은 1850~1900년 대비 2010~2019년 전 지구 표면 온도 증가분 중  $0.5^\circ\text{C}$ ( $0.3\sim 0.8^\circ\text{C}$ )만큼 기여했다. 이는 이산화탄소( $0.8^\circ\text{C}$ )에 이어 두 번째로 큰 기여이며, 전체 인간에 의한 온난화 (human-caused global surface temperature increase)의 기여도인  $1.07^\circ\text{C}$ 의 절반에 가깝다.<sup>5</sup>

2015년 195개국이 채택한 파리협정(The Paris Agreement)은 산업화 이전(1850~1900년 평균 기온) 대비 지구 평균 기온 상승을  $1.5^\circ\text{C}$  이내로 통제하는 목표를 세웠다. 이를 달성하기 위한 과학적 모델링에 따르면, 2030년까지 전체 온실가스는 2019년 대비 약

---

<sup>1</sup> 20년 지구온난화지수(Global Warming Potential over 20 years; GWP-20)는 특정 온실가스가 대기 중에 배출된 후 20년 동안 유발하는 온난화 효과를 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )와 비교한 상대적 지표를 말한다.

<sup>2</sup> WMO(World Meteorological Organization), WMO Greenhouse Gas Bulletin, No. 21, 2025, p. 1; 기후솔루션, 「메탄의 두 얼굴: 기후변화 악당에서 경제적 가치 창출로」, 산업동향 브리프, No. 2, 2023, 1면. 구체적인 내용은 제2장 제1절 참조.

<sup>3</sup> ppb(parts per billion)는 10억분의 1을 나타내는 단위로, 대기 중 온실가스 등 미세한 물질의 농도를 나타낼 때 사용된다. 즉, 전체 공기 분자 10억 개 중에 특정 기체 분자가 몇 개 포함되어 있는지를 의미한다.

<sup>4</sup> WMO(World Meteorological Organization), WMO Greenhouse Gas Bulletin, No. 21: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2024, 2025, p. 1; NOAA Global Monitoring Laboratory, "Trends in Atmospheric Methane: Global  $\text{CH}_4$  Monthly Means", [https://gml.noaa.gov/ccgg/trends\\_ch4/](https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/) (최종방문일 2026. 8. 23.).

<sup>5</sup> IPCC, Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023, p.4.

43%, 이 중 메탄은 약 34% 감축해야 한다. 국제사회는 “메탄 규제는 먼 미래의 과제가 아니라 당장 실행해야 하는 필수적인 조치”라는 공동의 이해 아래 글로벌 메탄 서약(Global Methane Pledge)을 맺고 메탄을 개별 규제 대상인 온실가스로 설정했다. 우리나라도 2021년 글로벌 메탄 서약에 가입해 국내외적인 메탄 감축 움직임에 공조할 것을 선언했다. 서약에 따르면, 우리나라는 2030년까지 2020년 대비 메탄 배출량의 30%를 감축해야 한다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)에서 제안하는 인벤토리 가이드라인을 따라 메탄 관리 투명성을 높여야 한다. 우리 정부는 2023년에 “2030 메탄 감축 로드맵”을 발표하고, 에너지 부문 메탄 감축과 탈루 배출 모니터링 확대를 과제로 제시했다. 그러나 이 같은 정책 수요가 이를 뒷받침하는 법과 제도를 저절로 정비하는 것은 아니다. 메탄이 규제 대상이 됐다면, 규범 체계 역시 실제 배출 지점을 빠짐없이 포착할 수 있어야 한다.

## 1.2 가스 설비의 탈루성 메탄 배출의 정의

우리나라는 세계 액화천연가스(Liquefied Natural Gas, 이하 LNG) 수입 세계 3위 국가다. 국가에너지통계연보<sup>6</sup>에 따르면, 2024년 수입된 천연가스는 약 4,653만 톤이며, 이 중 절반가량이 열병합(14%), 발전소(34%)에 분배됐다. 전국 가스 발전소는 50개에 달하며, 수도권 및 대도시 인근 등 전력 수요가 높거나 비상전력이 필요한 지역에 다수 분포한다.

LNG 발전소가 유의미한 메탄 배출원이라는 사실은 다수의 해외 실측 연구로 입증된 바 있다. 미국의 한 연구가 가스 발전소 세 곳의 상공에서 항공기로 배출량을 실측한 결과, 메탄 배출량이 시설 보고치를 21~120배 상회했다. 배출된 메탄은 연소 부산물인 이

---

<sup>6</sup> [https://kesis.keei.re.kr/board.es?mid=a10301020000&bid=0014&act=view&list\\_no=2509](https://kesis.keei.re.kr/board.es?mid=a10301020000&bid=0014&act=view&list_no=2509)

산화탄소보다 수증기와 더 강한 상관관계를 보였다. 이는 연소 과정이 아니라 배관 이음새나 밸브 등 설비 누출에서 메탄이 새어 나왔을 가능성을 시사한다.<sup>7</sup> 연구 결과는 발전소 연소 설비 바깥의 배관 및 부속설비에서 메탄이 상당량 누출될 수 있으며, 연료 사용량에 배출계수를 곱하는 계산 방식만으로는 배출량을 정확히 포착할 수 없음을 보여준다.

천연가스 연소와 관련한 메탄 배출은 연료가 설비 내에서 연소되는 과정에서 발생하는 '연소 배출'과, 연소에 사용되지 않는 천연가스가 설비로부터 대기 중에 방출되는 '탈루성 배출'로 나뉜다. 탈루성 배출(Fugitive Emissions)이란 화석연료가 추출, 가공, 변환돼 최종 사용처로 전달되기까지의 가치사슬 전 과정에서 의도적 또는 비의도적으로 방출되는 온실가스를 의미한다.<sup>8</sup> IPCC가 발간하는 국가 온실가스 인벤토리 가이드라인(IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 이하 IPCC 가이드라인)에 따르면, 석유 및 천연가스 시스템에서의 탈루성 배출은 유용한 열이나 에너지를 생산하기 위한 의도적인 연료 연소와 탄소 포집 등을 제외한, 모든 온실가스 배출을 포괄한다. 구체적으로는 밸브나 배관 등에서 발생하는 장비 누출(Leaks), 증발 및 속발성 손실(Flashings losses), 의도적 배기(Venting), 소각 방출(Flaring)은 물론, 파이프라인 파손, 유정 파열 등 우발적 방출(Accidental releases)이 모두 포함된다.<sup>9</sup>

천연가스를 취급하는 시설에서 발생하는 탈루는 메탄 배출을 의미한다고 볼 수 있다. 천연가스의 주성분이 메탄이기 때문인데, IPCC도 2019년 가이드라인에서 탈루성 배출

---

<sup>7</sup> Lavoie, Tegan N./Shepson, Paul B./Gore, Chloe A./Stirm, Brian H./Kaeser, Robert/Wulle, Bernard/Lyon, David/Rudek, Joseph, Assessing the Methane Emissions from Natural Gas-Fired Power Plants and Oil Refineries, 51 Environ. Sci. Technol., 3373(3373), (2017).

<sup>8</sup> IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Glossary, 2019, p. G.8.

<sup>9</sup> IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2: Energy, Ch. 4: Fugitive Emissions, 2019, pp. 4.34-4.35.

의 배출계수를 산정하면서 천연가스의 메탄 함량을 90%로 전제하고 있다.<sup>10</sup> 우리나라의 현행 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침(이하 배출량 보고 및 인증 지침)」 [별표 6] 「38. 천연가스 산업에서의 탈루 배출」이 보고 대상 온실가스를 메탄으로 한정하고 있는 것도 같은 이유다.

### 1.3 가스 발전소의 새는 메탄 관리 필요성

최근 정부는 제12차 전력수급기본계획(전기본) 등을 통해 LNG발전 용량이 증가할 수 있다고 밝힌 바 있다.<sup>11</sup> 재생에너지로의 전환이 근본적인 해법이라는 점은 분명하지만, 현재 운영되는 LNG발전소와 향후 추가될 설비에서 새어 나오는 메탄을 방치해서는 안 된다. 전환 논의와 별개로, 이 기간 동안의 메탄 관리 체계 마련 역시 시급한 과제다.

가스발전소 운영 과정에서 탈루 배출되는 메탄은 온실효과뿐 아니라, 경제적 손실로 직결될 수 있다. 가스 터빈의 밸브, 배관 연결부, 압축기 등에서 발생하는 1~3% 수준의 미세 누출도 대형 가스발전소(1GW급 기준) 단위로 환산하면 연간 수천 톤에 달한다. 매년 연료 구매 비용 수십억 원 이상의 가치가 증발되는 것을 의미한다. 또한 LNG 발전소에서 메탄 누출 시, 호흡기와 신경계에 영향을 주는 유기성화합물(에탄, 프로판, 부탄 등)도 같이 배출될 수 있다고 잘 알려져 있다.<sup>12</sup>

메탄 탈루에 대응하기 위해 대표적으로 언급되는 것은 비산누출관리(Leak, Detection

---

<sup>10</sup> IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2: Energy, Ch. 4: Fugitive Emissions, 2019, p. 4.82.

<sup>11</sup> 손우성, 「‘탄소중립’ 정부의 “LNG 확대”...메가발 ‘모순’」, 《경향신문》, 2026 년 8 월 23 일, <https://www.khan.co.kr/article/202608232121005> (접속일: 2026. 09. 10).

<sup>12</sup> Huonder, A., & Olsen, D. (2023). Methane emission reduction technologies for natural gas engines: A review. Energies, 16(20), 7054. <https://doi.org/10.3390/en16207054>

and Repair, 이하 LDAR)이다. LDAR는 새는 지점을 확인하고 빠르게 조치하는 프로그램이다. 광학가스이미징(OGI) 카메라, 휴대용 감지기, 초음파 감지기 등을 이용해 가스 누출 탐지 후 정량화, 부품 교체, 패킹 조임 등 재점검의 주기적 사이클로 운영된다.

국제에너지기구(IEA)에 따르면 글로벌 석유 및 가스 설비에서 배출되는 메탄의 70~75%는 LDAR 등 현존하는 기술로 감축할 수 있다. 발전부문 등 다운스트림의 LDAR를 통한 메탄 감축 비용은 톤당 약 4-14 USD/tCO<sub>2</sub>eq. 수준으로, 탄소 포집·활용·저장(CCUS)이나 암모니아와 수소 혼소 등 탈탄소저감기술(50-150 USD/tCO<sub>2</sub>eq.)에 비해 저렴하다. 메탄 감축은 온실가스 감축에 더해 연료비 절감, 과다 누출 시 폭발 리스크 제거, 기업의 기후 위기 대응 의지를 보여주는 1석 3조라 할 수 있다.

[주요 탈탄소 기술별 한계저감비용 비교]<sup>13</sup>

| 기술 구분                  | 대표 기술 / 세부 분야              | 한계저감비용<br>(USD / tCO <sub>2</sub> eq) | 기술 성숙도          |
|------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| 메탄 비산누출 관리             | 가스계통 LDAR, 저누출 밸브 교체, 씰 개조 | 4 ~ 20<br>(순비용 음수 가능)                 | 9 (상용화 완료)      |
| 재생에너지 + 에너지저장시스템 (ESS) | 태양광·풍력 + 에너지저장설비           | 25 ~ 65                               | 8~9 (상용화)       |
| 에너지 효율화 / 전동화          | 고효율 인버터, 산업용 히트펌프 등        | 0 ~ 45<br>(일부 음수 가능)                  | 8~9 (상용화)       |
| 탄소 포집·활용·저장 (CCUS)     | 가스 복합화력 발전소 포집, 고농도 산업 포집  | 70 ~ 140                              | 7~8 (실증~초기 상용화) |
| 수소 혼소 발전               | 가스 터빈 수소 혼소 (30% vol 기준)   | 95 ~ 170                              | 6~7 (실증 단계)     |
| 암모니아 혼소/대체             | 석탄/가스 발전 암모니아 20% 혼소       | 85 ~ 150                              | 6~7 (실증 단계)     |
| 직접공기포집 (DACCS)         | 대기 중 직접 탄소 포집 및 영구 저장      | 300 ~ 600+                            | 5~6 (초기 실증)     |

출처: IEA, IPCC 제6차 평가보고서, IRENA 자료 등을 바탕으로 정리

<sup>13</sup> 본 수치는 IEA ETP / Global Hydrogen Review 및 IRENA Renewable Power Generation Costs 등 최신 보고서의 글로벌 평균 기준이며, 지역별 원자재 가격 및 계통 연결 조건에 따라 유동적임.

## II. 문제 진단: LNG 발전부문의 메탄 탈루량 산정 사각지대

---

### 2.1 국내 LNG 발전소의 메탄 배출 실태

메탄 탈루 관리에서 특히 주목해야 할 시설은 천연가스를 연료로 사용하는 발전시설, 즉 LNG 발전소이다. LNG 발전소가 특히 문제되는 이유는 다음과 같다. 천연가스의 주 성분은 메탄이므로 천연가스의 가치사슬 자체가 탈루의 경로가 될 수 있다. 하지만 메탄 탈루 배출에 관한 규율은 생산·처리·수송·저장 단계에 집중돼 왔다. 이에 비해 대량의 천연가스를 상시 소비하는 발전시설은 상대적으로 탈루 배출 규제의 관심 밖에 놓여 있었다. 그러나 발전소가 취급하는 가스의 물량과 연료공급 계통의 규모를 고려하면 이 단계에서 발생하는 누출은 부수적인 것으로 볼 수 없다. 실제로 국내외에서 가스화력발전소에서의 메탄 배출이 확인돼 왔다. 최근에는 국내 LNG 발전소 인근에서 대규모 메탄 배출이 위성으로 포착됐다.

미국 비영리단체 카본매퍼(Carbon Mapper)의 위성 관측 자료에 따르면, 2025년 2월 2일 한국중부발전 및 포스코인터내셔널 LNG 복합발전소 인접 지역인 인천 서구 원창동 일대에서 시간당 약 5,700kg 규모의 메탄 플룸(Methane Plume)<sup>14</sup>이 탐지됐다. 이는 미국 환경보호청(United States Environmental Protection Agency, EPA)이 초배출(super-emitting event)로 규정하는 기준의 57배에 해당한다.<sup>15</sup> 지상 실측에서도 서울화

---

<sup>14</sup> 메탄 플룸(Methane Plume)이란 석유·가스 시설이나 매립지 등에서 대량의 메탄가스가 대기중으로 누출되어 바람을 타고 연기나 깃털(Plume) 모양으로 퍼져나가는 기체 흐름을 말하며, 인공위성이나 항공기 센서로 포착할 수 있다.

<sup>15</sup> 한겨레, “[단독] ‘인천 LNG 발전지역, 메탄 시간당 5700 kg 누출’ 미 위성 관측”, 2025. 3.26. 미국 환경보호청(EPA)은 정량화된 메탄 배출률이 시간당 100kg 이상인 경우를 “초배출사건(Super-emitting event)”으로 정의하고 있다. 해당 기준은 본래 상류·중류(Upstream/Midstream) 석유 및 천연가스 생산·처리 시설을 적용 대상으로 하므로 국내 LNG 복합발전소에 직접 적용되는 법적 규제 기준은 아니다. 다만 인용 대상인 각주 15) 기사에서는 인천 서구 원창동 일대에서 관측된 메탄 배출량의 객관적인 규모와 심각성을 가능하기 위한 비교 기준으로 인용한 것으로 보인다.

력발전소(당인리) 인근에서 연간 약 8,000톤 규모로 추산되는 메탄 누출이 관측됐다.<sup>16</sup> 위 누출에 대해 한국중부발전은 가스감지기가 2,500~5,000ppm 이상에서 작동해 이번 누출량(약 53ppm)을 잡지 못했다고 해명했고, 포스코인터내셔널도 “특이사항이 감지되지 않았다”고 답하는 데에 그쳤다.<sup>17</sup> 발전소에서 메탄이 실제로 누출되고 있음에도 불구하고 발전소에서 이를 제대로 감지하지 못하는 등 메탄 탈루에 대한 관리·감독의 한계가 고스란히 드러나고 있다.

## 2.2. 배출량 산정 및 보고 규율상 공백

국내 다른 LNG 발전소에서도 메탄이 배출되고 있을 것으로 보이지만, 현행 제도는 이를 산정할 배출계수 등을 갖추지 못한 상태다. 배출량 보고 및 인증 지침 [별표 6]상 천연가스 산업의 탈루성 배출 산정 대상 시설은 저장시설과 공급시설에 한정됐다. 그 결과 발전소 내 설비의 탈루성 배출은 표준 산정방법 자체가 존재하지 않는다.

한편, 주요 LNG·열병합 발전사들은 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」(이하 배출권거래법) 제24조에 따른 할당대상업체로서 매년 배출량 명세서 제출 의무를 부담하고 있다. 배출량 보고 및 인증 지침 제9조제4항 및 같은 지침 [별표 3]은 “할당대상업체 조직경계 내의 모든 온실가스 배출활동을 산정”하도록 정했다. 산정 대상은 천연가스 산업을 포함한 탈루성 온실가스 배출활동 등으로, 발전소의 탈루성 배출 역시 포함된다.

그러나 앞서 살펴본 바와 같이 배출량 보고 및 인증 지침 [별표 6]에 발전소 설비의

---

<sup>16</sup> 김진호, 「“최악 온실가스” 메탄, 발전소 앞 공원에 연 8천 톤 샌다”」, 《KBS》, 2023년 10월 18일, <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=7796652> (접속일: 2026. 09. 10).

<sup>17</sup> 이승욱, 「[단독] '인천 LNG 발전지역, 메탄 시간당 5700 kg 누출' 미 위성 관측」, 《한겨레》, 2025년 3월 26일, <https://www.hani.co.kr/arti/area/capital/1189001.html> (접속일: 2026. 09. 10).

탈루성 배출에 관한 표준 산정방법이 마련돼 있지 않아, 업체로서는 이를 산정 및 보고할 방법이 없다. 즉, 의무는 이미 존재하지만 이를 이행할 수단이 결여된 상태다. 따라서 할당대상업체가 이미 부과된 의무를 이행할 수 있도록 표준 산정방법을 제공할 필요가 있다.

### 2.3 국내 정부 및 공공기관의 문제 인식과 관련 정책 동향

정부는 2023년 「2030 메탄 감축 로드맵」을 수립해 에너지 부문 탈루성 메탄 배출에 대한 모니터링을 적극 확대하겠다는 방침을 확고히 했다.<sup>18</sup> 또한 2021년 발표한 「2030 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC) 상향안」을 통해 에너지 부문에서 총 180만 톤의 메탄을 감축할 계획을 밝혔다. 관련 부처는 보도자료를 내고 “천연가스 탈루 부문에 대해 국가 고유 배출계수를 개발해 탈루 메탄 배출량을 합리적으로 재산정할 계획”임을 선언했다.<sup>19</sup> 천연가스 부문 탈루 배출 산정 방식에 사각지대가 존재함을 정부 스스로 인식하고, 보다 실제적인 기준으로 개선하겠다는 강력한 의지를 표명한 것이다.

탈루 메탄 배출량 산정 방식의 개선은 국가적 차원의 에너지 효율성 제고와 경제적 손실 방지를 위해서도 시급한 과제다. 국내 가스산업의 가치사슬 전 과정에서 누출되는 메탄의 경제적 가치는 상당한 것으로 추정된다. 이는 단순한 기업의 손실을 넘어 국가적인 에너지 효율성 저하 문제로 직결된다.<sup>20</sup> 이 같은 정책적·경제적 배경 아래 기후에너지환경부는 2026년 대기환경 정책을 통해 메탄(탈루) 배출원 조사체계를 강화하겠다고 밝혔다. 지상 측정과 저고도 항공기를 활용해 LNG 발전소·석유화학 등 주요

<sup>18</sup> 국무조정실·탄소중립녹색성장위원회, 「녹색 신산업 육성을 통해 대한민국 신성장 동력을 창출한다」, 보도자료, 2023. 11. 23.

<sup>19</sup> 외교부 기후변화외교과, 「지구촌 기후위기 대응을 위한 메탄 감축 노력에 동참」, 보도자료, 2021. 10. 25.

<sup>20</sup> 기후솔루션, 「메탄의 두 얼굴: 기후변화 악당에서 경제적 가치 창출로」, 산업동향 브리프 No. 2, 2023, 1 면.

업종을 대상으로 한 입체 조사를 단계적으로 추진할 방침이다.<sup>21</sup> 다만 이는 비강제적 조사·모니터링으로서, 사업자에게 법령상 배출량 산정·보고 의무를 부과하지 않는다. 정부가 배출원 파악의 필요성을 명확히 인식하고 구체적인 감축 로드맵까지 발표한 이상, 이를 뒷받침할 법적 산정·보고 체계의 정비가 반드시 후속돼야 한다. 환경 분야에서 “측정·감시·보고·검증(Measurement, Monitoring, Reporting, and Verification, 이하 MMRV)”이란 천연가스 공급망이나 에너지 부문에서 배출되는 메탄 등의 온실가스 배출량을 투명하게 파악하고 감축 이행을 관리하기 위한 국제적 표준 체계다. 한국환경연구원 또한 국내 메탄 배출 인벤토리의 높은 불확실성을 지적하며 실효성 있는 감축 정책을 위해서는 MMRV 체계의 고도화가 선결 과제임을 강조한 바 있다.<sup>22</sup>

따라서 본 보고서는 LNG 발전소의 메탄 배출을 허용하는 국내 제도의 한계를 드러내는 동시에, 이를 보완할 수 있는 메탄 배출 보고 관련 행정규칙 개정안을 제안하고자 한다. 이러한 개정을 시작으로, 배출되는 메탄을 관리할 수 있는 로드맵을 세울 수 있을 것이다.

---

<sup>21</sup> 기후에너지환경부, 「초미세먼지부터 생활 악취까지...일상 속 숨 편한 대기환경으로 개선한다」, 보도자료, 2026. 1. 21.

<sup>22</sup> 한국환경연구원, “국내 대기 중 메탄 분포현황 및 배출정보 개선 방향”, 환경포럼(제 29 권 제 1 호), 한국환경연구원(2025. 3.), 17 면.

## Ⅲ. 해외 사례로 본 메탄 탈루 규제 필요성

---

### 3.1 IPCC 가이드라인 개요와 국내 반영 현황

IPCC 가이드라인은 각국이 온실가스 배출원 및 흡수원의 인위적 배출량과 흡수량을 산정할 수 있도록 방법론을 제공하는 국제 표준 문서다. 2019년에 IPCC는 2006 가이드라인을 기반으로 「2019 IPCC 개정 가이드라인」을 발간했다.

2019 IPCC 개정 가이드라인은 천연가스의 탈루성 배출 범주를 세분화했다. 발전소(power plants) 등 최종 소비처로 전달된 가스 계량기 이후의 단계를 “포스트미터(Post-Meter)” 부문으로 신설하고, 산정식(Eq. 4.2.18)과 기본 배출계수(Table 4.2.4k)를 마련했다.<sup>23</sup> 포스트미터 부문 측정 범위는 계량기를 통과한 후 최종 연소 기기에 도달하기 전까지 설비 및 내부 배관 등에서 발생하는 누출에 한정된다. 유용한 열이나 동력을 얻기 위한 의도적 연료 산화 행위 자체는 별도로 “연료 연소” 부문에서 다루므로 연소 자체나 시동 및 정지 과정의 가스 유출은 포스트미터 탈루의 산정 대상에서 제외된다.

그러나 우리나라의 「2025 국가 온실가스 인벤토리 보고서(NID)」는 여전히 2006 IPCC 가이드라인의 분류 체계를 따르고 있다. 천연가스 부문을 탐사, 생산, 처리, 이송 및 저장, 분배, 기타 활동으로만 구분해 발전소를 비롯한 포스트미터 단계에서의 메탄 탈루는 국가 통계에서 전면적으로 누락돼 있다. 온실가스 관련 정보와 통계의 개발 및 분석, 작성에 있어 국제 기준의 준수와 완전성 확보를 요구하는 현행 법령의 취지에 비춰볼 때, 이러한 공백은 조속히 시정돼야 할 사항이다.

---

<sup>23</sup> IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2: Energy, Ch. 4: Fugitive Emissions, 2019, pp. 4.34-4.37, 4.40.

### 3.2 해외 발전소의 탈루 배출 IPCC 가이드라인 편입 현황

2019 IPCC 개정 가이드라인상 에너지 부문 개정은 석유·천연가스 시스템의 탈루 배출 실무를 반영한 배출계수의 갱신과 추가 등이 주요 내용이다.<sup>24</sup> 그런데 이러한 가이드라인 개정 앞서, 독일과 영국<sup>25</sup> 등 일부 기후변화협약 당사국은 이미 포스트미터 탈루를 자국 국가 온실가스 인벤토리에서 산정해 왔다.<sup>26</sup> 특히 독일은 산업시설 및 발전소 부문의 천연가스 누출에 대해 실측 자료와 연구를 기반으로 개발한 고유 배출계수(천연가스 소비 1,000m<sup>3</sup>당 메탄 0.4m<sup>3</sup>)를 적용해 왔다. 이는 발전소 부문의 포스트미터 탈루를 산정하는 실무가 IPCC의 가이드라인 개정 이전부터 운용되고 있었음을 보여준다.

호주와 미국도 2019 IPCC 개정 가이드라인의 발간을 기점으로 포스트미터 관련 사항을 개정했다.

호주는 기기별 실측 연구에 기반한 고유 배출계수를 적용해 포스트미터 배출량을 산정하고, 미국 환경보호청(EPA)은 관련 실측 연구와 IPCC 기준을 종합 검토해 2022년 국가 온실가스 인벤토리(GHGI)에 "Post-Meter" 항목을 신설했다. 발전소 및 산업시설 부문의 누출량 산정을 본격화<sup>27</sup>한 결과 미국의 천연가스 시스템 메탄 배출량 추정치는 과

---

<sup>24</sup> IPCC TFI(Task Force on National Greenhouse Gas Inventories), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines: Refinements in Volume 2 (Energy), SBSTA-IPCC Special Event, Bonn Climate Change Conference, 2019., p. 4.

<sup>25</sup> 영국은 2020 년 EU 를 탈퇴하였으나, 기후변화협약 당사국으로서 국가 인벤토리의 산정·보고 실무를 계속하고 있으므로 참고로 함께 다룬다.

<sup>26</sup> 상세한 내용에 대해서는 제 2 장 참조. Umweltbundesamt(독일 연방환경청), National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990-2019, 2021; Department for Business, Energy & Industrial Strategy(BEIS), UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2019, 2021, Section 3, MS 19.

<sup>27</sup> U.S. EPA, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2020: Updates for Post-Meter Emissions, 2022, p. 2.

거 시계열 평균 대비 약 8.1%(13.2백만 톤 CO<sub>2</sub>eq) 상향 조정됐다.<sup>28</sup>

발전소에서의 포스트미터 탈루가 국제 온실가스 배출 인벤토리의 산정 항목으로 편입된 것은, 일부 국가에서 이미 검증된 배출량 산정 실무를 국제 표준이 수용한 결과다. 이는 탈루 배출량 산정의 완전성을 높이기 위한 조치다. 발전소 부문 포스트미터 탈루는 이제 미국(IPCC 기본계수 활용)과 독일(국가 고유계수 활용)의 실무를 통해 실제로 운용 가능성이 확인된 영역이다. 이를 반영하지 않은 국내 현행 지침은 국제 기준과의 정합성 및 메탄 배출량 산정의 완전성을 결여하고 있다고 볼 수 있다.

---

<sup>28</sup> U.S. EPA, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2020: Updates for Post-Meter Emissions, 2022, pp. 1, 9-2.: 위 상향분에는 포스트미터 탈루 산입 외에 Gas STAR 감축량 재평가 등 여러 갱신의 효과가 함께 포함되어 있다.

### [주요국의 메탄 배출 규율 체계]

| 국가 / 지역       | ① 규범 체계 (온실가스 vs 대기오염)                                                                                                                                      | ② 가스화력발전소 적용 여부                                                                                         | ③ 배출량 산정·측정 방식                                                                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 유럽연합<br>(EU)  | <p><b>온실가스 규범:</b> EU 메탄규정(2024), EU ETS 및 모니터링·보고 규칙(MRR)</p> <p><b>대기오염 규범:</b> 산업배출지침(IED) — 메탄 미포함</p>                                                  | <p><b>미포함:</b><br/>최종소비지점 계량기 이후 단계 명시적 제외<br/>가스화력발전소 내부배관 누출은 규율 대상 제외</p>                            | <p><b>MMRV &amp; LDAR:</b><br/>업스트림~미드스트림 중심 도입<br/><b>인벤토리 실무:</b> 독일·영국은 자국 인벤토리에서 포스트미터 산정 (독일은 국가 고유계수 적용)</p>                  |
| 미국<br>(USA)   | <p><b>온실가스/대기 규범:</b><br/>대기청정법(CAA) 기반 NSPS OOOOb / EG OOOOc<br/><b>온실가스 보고:</b> GHGRP (Subpart C/D/W)<br/><b>수수료 제도:</b> IRA 메탄 수수료(WEC) (효력 상실 및 연기)</p> | <p><b>미포함 (시설 단위):</b><br/>CAA 규제 및 GHGRP Subpart W(탈루)는 업·미드스트림에 한정<br/>발전소는 Subpart C-D 연소 배출만 보고</p> | <p><b>실측 기반 LDAR:</b><br/>OGI(광학가스영상화) 장비 활용<br/><b>국가 인벤토리(GHGI):</b><br/>2022년부터 2019 IPCC 개정 가이드라인 기본 배출계수를 적용하여 포스트미터 누출 반영</p> |
| 일본<br>(Japan) | <p><b>온실가스 규범:</b><br/>지구온난화대책추진법(SHK 제도)<br/><b>대기오염 규범:</b> 대기오염방지법 — 메탄을 VOC 정의에서 제외 (규제 미대상)</p>                                                        | <p><b>명시적 항목 없음:</b><br/>시행령상 산정 대상 활동 한정 열거 방식으로 발전소 계량기 이후 독립 항목 미확인</p>                              | <p><b>산정기준 정합화:</b> 2022년 검토 후 2023년도 실적부터 국가 인벤토리와 정합되도록 산정 대상 및 계수 전면 재검토·갱신</p>                                                  |

출처: 각국의 관련 법제를 바탕으로 정리

위는 유럽연합(EU), 미국, 일본의 메탄 배출 규율 체계를 비교한 표다. 각국이 온실가스와 대기오염물질 규범 중 어디에서 메탄을 규율하는지, 가스화력발전소가 적용범위에 포함되는지, 배출량의 산정·측정 방식이 배출계수 기반인지 실측 기반인지 등을 기준으로 비교한다.

해외 주요국에서도 발전소 포스트미터 메탄 배출에 대한 시설 단위 규제 방식은 아직 발전 단계에 있다. 그러나 미국과 독일의 사례는 2019 IPCC 개정 가이드라인의 포스트미터 방법론이 적어도 국가 총량 산정 차원에서는 이미 운용되고 있음을 보여준다. 또한 일본의 사례는 산정 대상 활동을 한정적으로 열거하는 제도라 하더라도, 국가 인벤토리 방법론이 발전함에 따라 기준을 전면 갱신하는 것이 통상적인 과정임을 시사한다.

해외 산정 방식은 기본 배출계수를 출발점으로 삼되, 실측과 검증을 거쳐 국가 고유 계수로 고도화하는 단계적 구조를 보여준다. 따라서 배출량 보고 및 인증 지침에 발전소 포스트미터 탈루 항목을 추가하는 것은 새로운 과학적 방법론을 창설하는 것이 아니라, 국제 운용 사례가 확인된 방법론을 토대로 국내 기준을 구체화하는 것으로 평가할 수 있다.

### 3.3 2019 IPCC 개정 가이드라인에 따른 포스트미터 탈루 부문 규제 도입의 필요성

배출권거래법 제3조제1호와 제5호는 정부가 배출권거래제를 수립·시행할 때 기후 변화 관련 국제협상과 국제 탄소시장과의 연계를 고려해 정책을 운영할 것을 원칙으로 제시하고 있다. 나아가 배출량 보고 및 인증 지침 제3조제2항은 지침에서 정하지 않은 사항에 관해 국제적으로 통용되는 기준을 적용할 수 있도록 정했다. 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하 탄소중립기본법) 제36조제4항 역시 온실가스 관련 정보·통계의 작성·관리에 있어 파리협정의 기준을 최대한 준수해 투명성·정확성·완전성·일관성 및 비교가능성을 제고하도록 정하고 있다.

발전부문 탈루 등 대한민국 고유의 표준 산정방법이 마련되지 않은 영역에서는, 위와 같은 법령상 원칙에 따라 IPCC 가이드라인이 제시하는 산정식과 배출계수를 일차 준거로 삼을 수 있다. 2019 IPCC 개정 가이드라인은 발전소를 천연가스 탈루 부문의 핵심 배출원 중 하나로 명시했다. 따라서 이러한 국제 기준의 개정 내용을 반영하는 것은 위 법령상 원칙을 준수하는 것이다. 이와 같이 배출량 보고 및 인증 지침에 따른 탈루 산정 대상 시설을 저장·공급시설에서 발전시설까지 확대하는 것은 이미 채택된 국제 기준을 국내 하위법령에 반영하는 당연한 조치다.

결론적으로, 발전소 설비에서의 포스트미터 메탄 탈루는 국제 표준이 명시적으로 측정 대상으로 규정하고 주요국이 이미 실무적으로 그 배출량을 산정하고 있는 영역이다. 이를 반영하지 않은 현행 배출량 보고 및 인증 지침은 국제 기준과의 정합성 및 메탄 배출량 산정의 완전성을 결여하고 있다. 그러므로 국제 표준과 국제적 흐름에 상응하는 수준으로 관련 제도를 개정함으로써 LNG 발전소 설비에서의 메탄 탈루를 규제하는 것이 필요한 시점이다.

## IV. 국내 LNG 발전소의 메탄 탈루 규제 개선 제안

### 4.1 기후위기 대응을 위한 온실가스 규율 체계

현행 법률 체계에서 이른바 “기후변화법” 또는 “기후보호법”의 지위에서 온실가스에 관한 규율을 담당하는 법률은 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(탄소중립기본법)이다. 탄소중립기본법은 중장기 온실가스 감축목표의 설정과 이를 달성하기 위한 국가기본계획의 수립·시행, 현황 점검 등을 포함하는 기후위기 대응 체계를 정비하고 있다. 같은 법 제2조제5호는 메탄( $\text{CH}_4$ )을 이산화탄소, 아산화질소 등과 함께 온실가스의 일종으로 명시적으로 규율하고 있다.<sup>29</sup>

탄소중립기본법 제25조에 근거하여 제정된 배출권거래법은 시장기능을 활용해 국가의 온실가스 감축목표를 효과적으로 달성하기 위한 배출권거래제를 규율한다. 배출권거래법에 따르면 배출권<sup>30</sup> 할당대상업체는 계획기간 중 온실가스 배출량 산정을 위한 산정 계획서를 제출해야 한다(제13조제2항). 또한 매 이행연도에 명세서를 작성해 주무관청에 보고해야 하며(제24조), 주무관청은 보고된 배출량의 적합성을 평가해 이를 인증한다(제25조). 배출량의 보고·검증 및 인증에 관한 세부적인 사항은 같은 법 시행령의 위임에 따라 배출량 보고 및 인증 지침이 정하고 있다.

<sup>29</sup> 「대기환경보전법」 제2조제3호에서도 “온실가스”를 “적외선 복사열을 흡수하거나 다시 방출하여 온실효과를 유발하는 대기 중의 가스상태 물질로서 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황을 말한다”고 규정하고 있다. 이는 탄소중립기본법 제2조제5호가 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황을 온실가스로 정의하면서, 그 외에 대통령령으로 온실가스를 추가로 규정할 수 있도록 한 것과 구분된다. 그러나 현재 탄소중립기본법 시행령에서는 탄소중립기본법 제2조제5호에서 규정하고 있는 이산화탄소 등 외에 추가로 온실가스를 규정하고 있지 않다. 따라서 결국 온실가스에 대한 「대기환경보전법」 제2조제3호와 탄소중립기본법 제2조제5호의 정의는 실질적으로 동일하다고 할 수 있다.

<sup>30</sup> “배출권”이란, 탄소중립기본법 제7조 제1항에 따른 2050 탄소중립 국가비전 및 같은 법 제8조제1항에 따른 중장기 국가 온실가스 감축 목표를 달성하기 위하여, 배출권거래법 제5조제1항제1호에 따라 설정된 온실가스 배출허용총량의 범위에서 개별 온실가스 배출업체에 할당되는 온실가스 배출허용량을 의미한다(배출권거래법 제2조제3호).

한편 탄소중립기본법 제5장은 일정 기준량 이상의 온실가스를 배출하는 “관리업체”를 지정하고 그 감축 목표를 설정·관리하는 온실가스 목표관리제를 규정하고 있다. 이 제도의 세부 운영을 정한 「온실가스 목표관리 운영 등에 관한 지침」은 배출량 및 에너지 사용량의 검증에 관해 배출량 보고 및 인증 지침을 준용하도록 하고 있다.

LNG 발전소의 메탄 누출은 설비의 밸브·배관·플랜지 등에서 발생한다는 점에서 「대기환경보전법」상 비산배출시설 관리제도와 외형상 유사하다. 그러나 메탄은 대기환경보전법상 대기오염물질에 포함되지 않으며, 온실가스는 탄소중립기본법과 배출권거래법을 중심으로 별도로 규율되고 있다. 따라서 「대기환경보전법」의 하위법령에 발전업과 메탄을 추가하는 방식은 현행 위임체계와 규율 목적에 부합하지 않는다.

이에 본 보고서는 대기오염물질 관리체계를 확장하는 방안이 아니라, 기존 온실가스 산정·보고 체계 안에서 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」[별표 6]을 개정하는 방안을 우선적인 정책대안으로 제안한다. 배출량 보고 및 인증 지침을 개정해 LNG 발전에서 발생하는 메탄 탈루를 산정 대상에 포섭하면, 그 법적 효과는 배출권거래제뿐만 아니라 온실가스 목표관리제가 적용되는 사업장에까지 함께 미치게 된다. 이 같은 점에서 위 지침의 개정은 파급효과가 큰 개선방안이라 할 수 있다.

## 4.2 온실가스 배출량 보고 및 인증 지침 중심의 개정 제안

배출량 보고 및 인증 지침 제3조제1항은 할당대상업체의 명세서 제출 및 정보 공개와 온실가스 배출량 인증기준 및 절차에 관하여는 이 지침을 다른 지침에 우선하여 적용한다고 규정함으로써 같은 지침이 온실가스 배출량 산정에 관한 기본지침의 성격을 가짐을 명시하고 있다. 특히 같은 지침 제9조제4항 및 [별표 3]은 할당대상업체가 조직

경계 내의 모든 온실가스 배출활동에 대하여 배출량을 산정하도록 하면서 “고정 연소 시설에서의 에너지 이용에 따른 온실가스 배출”과 “탈루성 온실가스 배출”(천연가스 산업 포함)을 모두 산정 대상으로 규정하고 있다. 따라서 [별표 6]을 개정하여 LNG 발전 시설에서 탈루되는 메탄의 배출량을 산정대상으로 규정하게 되면, 이는 곧 온실효과 억제 위한 메탄 탈루 규제로서 기능하게 된다.

## [현행 메탄 보고 체계의 한계와 개정 제안]

| 구분                            | 1. 현행 메탄 보고체계의 한계 (공백)                                                                                                  | 2. 개정 제안 (「38. 천연가스 탈루」 개정)                                                                                                                                                                                                              | 3. 한계점 및 증장기 과제                                                                                                               |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>규율 범위 및 보고 대상 시설</b>       | <p><b>고정연소(기체연료):</b> 연소설비 도달 전 비의도적 누출 포착 불가</p> <p><b>천연가스 탈루 배출:</b> 보고 대상이 저장·공급시설로만 한정되어 <u>소비 단계(발전시설) 제외</u></p> | <p><b>배출활동 개요:</b> "천연가스 분배 이후 최종 소비단계" 추가</p> <p><b>탈루 범위:</b> 계량지점 통과 후 ~연소 개시 전 연료공급계통 누출 포함 (연소 과정 및 시동·정지 손실 제외)</p> <p><b>배출시설:</b> "③ 발전시설" 추가 (내부 배관·밸브·플랜지·커넥터 등)</p>                                                           | <p>발전기 시동 및 저부하 운전 구간에서의 미연소 메탄 배출은 현재 국제 기준 상 산정방법론 부재로 미포함</p>                                                              |
| <b>산정식 및 배출계수 (Tier 1)</b>    | <p><b>산정항 부재:</b> 저장·공급·Venting 3개 항만 존재하여 발전소 취급량 대입 불가</p> <p><b>계수 부재:</b> 발전시설에 상응하는 배출계수 미비</p>                    | <p><b>산정식 신설:</b> Tier 1 산정식에 발전시설 메탄 배출량 항(<math>E_{발전}</math>) 추가</p> <p><b>활동자료:</b> 발전시설의 천연가스 소비량</p> <p><b>배출계수 도입:</b> 2019 IPCC 개정 가이드라인 기반 <math>6.1 \times 10^{-3} \text{ Gg/10}^6 \text{ m}^3</math> 신설 (&lt;표-66&gt; 추가)</p> | <p>국내 실측 데이터 부재로 IPCC 전 지구 평균 기본계수(불확도 <math>\pm 60\%</math>)를 우선 적용하는 한계 존재</p>                                              |
| <b>고도화 수단 (Tier 2/3) 및 평가</b> | <p>발전 부문 적용을 위한 별도 고도화 산정체계 미비</p>                                                                                      | <p><b>개정 장점:</b> 2019 IPCC 가이드라인 표준 반영, 기존 저장·공급 사업자 실무 혼선 최소화, 기존 산정 체계 즉시 재활용 가능</p>                                                                                                                                                   | <p><b>Tier 2:</b> 향후 국내 실측 자료 기반 국가 고유 배출계수 개발 필요</p> <p><b>Tier 3:</b> 발전시설 연료공급계통을 포섭하도록 매개변수 및 문언 보완 필요 (증장기 공학·정책 과제)</p> |

현행 [별표 6]의 규율 공백은 두 항목의 한계에서 비롯된다. 먼저 '고정연소(기체연료)' 항목은 연료의 '의도적 연소'만을 규율하고, 산정식 역시 연료의 완전 연소를 전제한다. 이는 연소설비 도달 이전 비의도적 누출을 포착할 수 없다는 한계를 낳는다. 또 '천연가스 산업 내 탈루 배출' 항목은 보고 대상 시설을 저장과 공급시설로 한정해 소비(발전) 단계를 제외했다. 산정식 또한 ㉠저장 ㉡공급 ㉢배출 세 항목으로만 구성돼 발전시설의 천연가스 취급량을 대입할 산정항과 배출계수가 마련돼 있지 않다. 이러한 공백을 해소하는 방안으로는 「2. 고정연소(기체연료)」 항목을 개정하는 방안과 「38. 천연가스 산업에서의 탈루 배출」 항목을 개정하는 방안을 상정할 수 있다.

2006 IPCC 체계는 발전소 포스트미터 탈루를 연소 항목으로 분류했지만, 2019년 개정된 가이드라인은 발전소를 천연가스 탈루 부문 핵심 배출원으로 편입했다. 따라서 국제 기준을 반영해 「38. 천연가스 산업에서의 탈루 배출」 항목을 개정할 수 있다. 이 방안을 따르면 같은 분류에 속하는 배출활동을 일관되게 관리할 수 있고, 기존 보고 의무를 이행하고 있는 사업자의 실무에 혼선을 주지 않는다. 무엇보다 이미 갖춰진 활동자료와 배출계수 등 방법론을 그대로 적용할 수 있어 새로운 체계를 별도로 설계할 필요가 없다.

이에 따른 구체적인 개정안의 요지는 다음과 같다.

1. '배출활동 개요'에 "분배 이후 최종 소비단계"를 천연가스 산업의 한 단계로 추가한다. 또한 "천연가스를 연료로 사용하는 발전시설·열병합 발전시설에서 천연가스 인도·거래계량지점 통과 후부터 연소장치에서 연소가 개시되는 지점 전까지의 연료가스 계통"(연료공급계통)에서의 누출을 탈루 배출의 정의에

포함한다. 여기에서 연소 과정에서의 배출과 시동·정지에 따른 손실은 산정 대상에서 제외한다.

2. '보고 대상 배출시설'은 "③ 발전시설"을 추가하되 연료공급계통에 속하는 내부 배관·밸브·플랜지·커넥터 등 천연가스 취급설비로 그 범위를 한정한다.
3. '배출량 산정 방법론'의 Tier 1 산정식에 발전시설의 연료공급계통에서의 메탄 배출량 항( $E_{\text{발전}}$ )을 신설한다. 이에 따라 천연가스 산업 내 온실가스(메탄) 총 배출량은 ㉠저장 ㉡공급 ㉢배출 ㉣발전을 더한 값이 된다. ㉣발전의 활동자료는 발전시설 천연가스 소비량으로, 배출계수는 천연가스 소비량에 따른 온실가스( $\text{CH}_4$ ) 배출계수( $\text{Gg}/10^6 \text{ m}^3$ )로 한다(자세한 내용은 부록의 '【표 3】 별표 대비표' 참조).

이상의 개정안은 국내 실측 데이터 부재로 IPCC의 평균 기본계수(불확도  $\pm 60\%$ )를 우선 도입했다. 향후 실측 자료에 기초한 국가 고유 배출계수(Tier 2)의 개발이 필요하다. 개별 사업장 정밀 산정 수단인 Tier 3 산정식 역시 발전시설의 연료공급계통을 포함하도록 보완해야 한다. 또한 국제적으로 산정 방법론이 마련되지 않은 발전기 시동·저부하 운전 구간 미연소 메탄 배출을 규율할지 검토해야 한다. 이러한 과제들은 국가 고유 배출계수의 개발과 국제 기준의 변화를 전제하는 중장기 공학적·정책적 검토를 요한다.

### 4.3 소결론

배출량 보고 및 인증 지침의 개정은 이미 마련된 배출권거래법령의 위임 체계와 산정방법론 틀을 그대로 유지한 채 하위 고시의 개정만으로 시행할 수 있다. 또한 그 법적 효과가 배출권거래제와 온실가스 목표관리제 모두에 미친다는 점에서 실효성과 신속성이 크다. 이에 비해 「대기환경보전법」을 통한 개정은 대기오염물질과 온실가스를 이원적으로 규율하는 현행 체계 자체의 재정립을 요하는 중장기 과제에 해당해 단기간 내 실현 가능한 개선방안으로 보기는 어렵다.

따라서 본 보고서는 LNG 발전소의 메탄 탈루 배출을 산정·보고 대상으로 포섭하기 위한 단기적·실효적 방안으로 배출량 보고 및 인증 지침 [별표 6] 「38. 천연가스 산업에서의 탈루 배출」의 개정을 우선적으로 추진할 것을 제안한다. 이와 병행해 국가 고유 배출계수의 개발, 사업장 단위 정밀 산정 방법론의 보완, 시동·저부하 구간 배출의 산정체계 편입 가능성에 관한 후속 연구가 이뤄져야 하며, 대기오염물질과 온실가스에 대한 통합적 규율 체계의 구축 여부에 관해서도 중장기적 관점에서 별도의 논의가 이어질 필요가 있다.

## V. 결론

---

날로 심화하는 기후위기 속 다양한 온실가스 감축 방안이 논의되고 있다. 메탄 관리는 LNG 발전 등 현행 에너지 설비가 즉각적 감축 효과를 볼 수 있는 방법 중 하나다. LNG 연소 과정에만 집중된 기존의 온실가스 감축 패러다임에서 벗어나 가치사슬 전반의 누출을 선제적으로 차단해야 한다. 이를 차단함으로써, 막대한 연료 구매 비용의 증발을 막고, 탄소 탈탄소 기술 대비 비용효과를 누리며, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 및 글로벌 메탄 서약 이행에 실질적으로 기여할 수 있다.

보고서는 LNG 발전소의 천연가스 공급망에서 발생하는 메탄 탈루를 온실가스 배출량 산정 대상(포스트미터 단계)에 포함할 것을 제안한다. 구체적 행정 입법 방안을 제시해 기후위기 대응의 사각지대를 해소하려는 것이다. 가스 발전 부문의 메탄 누출 관리는 국가 탄소중립 달성이라는 단순 환경 규제를 넘어 에너지 효율 제고와 경제적 손실 최소화로 이어지는 핵심 전략이다. 국가 차원의 '측정·감시·보고·검증(MMRV)' 체계에서 LNG 발전 부문을 메탄 누출 보고 대상에 포함하는 것은 '보고' 영역에 해당한다. 실제 온실가스 배출량을 측정 후 배출원의 실제 감축 의무를 부과하기 위한 단계인 셈이다.

과거 정부는 미세먼지 문제가 심각했을 때 미세먼지 측정기를 빠르게 설치하였으나, 실질적인 감축을 위한 석탄발전 퇴출 등 정책도입은 지연되어, 지금까지도 논의가 지속되고 있다. 그리고 현재 기후에너지환경부는 '안정적인 에너지 공급'과 '기후위기 대응'이라는 두 마리 중대한 과제를 동시에 안고 있다. 메탄 감축이 투자 시간 대비 빠르게 가스 발전 부문의 온실가스 감축을 할 수 있는 열쇠이라는 점을 고려할 때, 미세먼

지와 같은 실수를 반복해서는 안 된다. 따라서 연구기관 중심으로 진행되고 있는 가스 발전소의 메탄 탈루 실태 조사에만 머무르지 않고, 탈루 보고를 조속히 의무화하는 행정 절차가 마련되어야 한다. 이는 발전소 인근 지역 주민의 건강과 환경을 개선할 뿐만 아니라, 나아가 국민 모두를 위한 안전하고 건강한 환경 가치를 창출하는 토대가 될 것이다.

## 참고자료

---

국무조정실·탄소중립녹색성장위원회 (2023), 「녹색 신산업 육성을 통해 대한민국 신성장 동력을 창출한다」, 보도자료, 2023. 11. 23.

기후솔루션 (2023), 「메탄의 두 얼굴: 기후변화 악당에서 경제적 가치 창출로」, 산업동향 브리프 No. 2, 사단법인 기후솔루션.

기후에너지환경부 (2026), 「초미세먼지부터 생활 악취까지...일상 속 숨 편한 대기환경으로 개선한다」, 보도자료, 2026. 1. 21.

김진호 (2023), 「"'최악 온실가스' 메탄, 발전소 앞 공원에 연 8천 톤 샌다」, 《KBS》, 2023. 10. 18., <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=7796652>

외교부 기후변화외교과 (2021), 「지구촌 기후위기 대응을 위한 메탄 감축 노력에 동참」, 보도자료, 2021. 10. 25.

이승욱 (2025), 「[단독] '인천 LNG 발전지역, 메탄 시간당 5700kg 누출' 미 위성 관측」, 《한겨레》, 2025. 3. 26., <https://www.hani.co.kr/arti/area/capital/1189001.html>

한국에너지경제연구원, 국가에너지통계종합정보시스템(KESIS) 게시자료, <https://kesis.keei.re.kr>

한국환경연구원 (2025), 「국내 대기 중 메탄 분포현황 및 배출정보 개선 방향」, 『환경포럼』 제29권 제1호, 한국환경연구원.

Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2021), UK Greenhouse Gas Inventory 1990 to 2019, BEIS, London, [https://uk-air.defra.gov.uk/reports/cat09/2105061125\\_ukghgi-90-19\\_Main\\_Issue\\_1.pdf](https://uk-air.defra.gov.uk/reports/cat09/2105061125_ukghgi-90-19_Main_Issue_1.pdf)

Huonder, A., & Olsen, D. (2023). Methane emission reduction technologies for natural gas engines: A review. *Energies*, 16(20), 7054. <https://doi.org/10.3390/en16207054>

IEA (2022), The Future of Heat Pumps, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps>, Licence: CC BY 4.0  
IEA (2024), Energy Technology Perspectives 2024, IEA, Paris, Licence: CC BY 4.0.

IEA (2024), Global Hydrogen Review 2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>, Licence: CC BY 4.0

IEA (2026), Global Methane Tracker 2026, IEA, Paris, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2026>, Licence: CC BY 4.0.

IPCC (2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, Geneva, <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>

IPCC TFI (2019), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines: Refinements in Volume 2 (Energy),

SBSTA–IPCC Special Event, Bonn Climate Change Conference, IPCC, Geneva.

IPCC (2022), Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge and New York, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

IPCC (2023), Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf)

IRENA (2025), Renewable Power Generation Costs in 2024, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, <https://www.irena.org/Digital-Report/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024>

IRENA (2026), Renewable Power Generation Costs in 2025, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, <https://www.irena.org/Publications/2026/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2025>

Lavoie, Tegan N. et al. (2017), "Assessing the Methane Emissions from Natural Gas-Fired Power Plants and Oil Refineries", Environmental Science & Technology, Vol. 51, No. 6, p. 3373.

NOAA Global Monitoring Laboratory, "Trends in Atmospheric Methane: Global CH<sub>4</sub> Monthly Means", [https://gml.noaa.gov/ccgg/trends\\_ch4/](https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/)

Umweltbundesamt (2021), National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990–2019, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

U.S. EPA (2022), Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990–2020: Updates for Post-Meter Emissions, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2020>

WMO (2025), WMO Greenhouse Gas Bulletin, No. 21: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2024, World Meteorological Organization, Geneva, <https://wmo.int/resources/publication-series/greenhouse-gas-bulletin/wmo-greenhouse-gas-bulletin-no-21>

## 부록

### 1) 【석유 · 천연가스 산업의 탈루성 배출 주요 범주 및 내용】

| 부문<br>(Segment)            | 산업 구분<br>(Industry Segment)               | 활동 및 배출원                                                                          |
|----------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1.B.2.b.i                  | 탐사<br>(Gas Exploration)                   | 생산 이전 현장활동에 수반되는 탈루배출. 시추 및 탐사시추, 유전 개발, 정 개발(건설 · 시추, 시험, 완결, 수압파쇄 등)을 포함한다      |
| 1.B.2.b.ii                 | 생산 · 취합<br>(Gas Production and Gathering) | 육상 및 해상 가스 생산, 집유관 · 압축소(현장에 압축기, 공압제어기, 저장탱크 등 다수 배출원이 소재)                       |
| 1.B.2.b.iii                | 가공(처리)<br>(Gas Processing)                | 산성가스 제거설비가 없는 가스 처리플랜트, 사위가스 또는 산성가스 제거 플랜트                                       |
| 1.B.2.b.iv                 | 수송 · 저장<br>(Gas Transmission and Storage) | 송배관 시스템 및 압축소, 저장시설, LNG 시스템의 인수 · 수출 · 저장 기지 및 운송                                |
| 1.B.2.b.v                  | 분배<br>(Gas Distribution)                  | 배관, 계량 및 정압설비                                                                     |
| 1.B.2.b.vi<br>(Post-Meter) | 계량기 이후(소비<br>처)<br>(Gas Post-Meter)       | 소비자 기기, 발전소(power plants), 천연가스 차량                                                |
| 1.B.2.b.vii                | 기타<br>(Other)                             | 천연가스 시스템 전반에서 발생할 수 있는 이상 누출. 저장정 누출 (2015-2016년 알리소캐니언 누출 사고 등), 비상 방출, 우발적 분출 등 |
| 1.B.2.b.viii               | 폐가스정<br>(Abandoned Gas Wells)             | 미폐쇄 및 폐쇄된 폐가스정                                                                    |

출처: IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2: Energy, Ch. 4: Fugitive Emissions, 2019, p. 4.40.

### 【표 3】별표 대비표<sup>31</sup>

[별표 6] 배출활동별 온실가스 배출량 등의 세부산정방법 및 기준 (제11조 관련)

#### 38. 천연가스 산업에서의 탈루 배출

| 현행                                                                                                                                                                                            | 개정안                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. 배출활동 개요</b>                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 천연가스 산업은 크게 천연가스 처리단계(수분 및 황 제거 등), 공급(판매) 지점으로 이송 및 저장하는 단계, 천연가스를 공급 및 판매하는 분배단계로 구분할 수 있다.                                                                                                 | 천연가스 산업은 크게 천연가스 처리단계(수분 및 황 제거 등), 공급(판매) 지점으로 이송 및 저장하는 단계, 천연가스를 공급 및 판매하는 분배단계, <b>천연가스 분배 이후 최종 소비단계</b> 로 구분할 수 있다.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 천연가스 산업에서의 탈루 배출이라 함은 천연가스 처리, 전송 및 저장, 분배하는 과정에서 천연가스에 함유된 온실가스(메탄)가 배관 시스템(밸브, 플랜지, 커넥터 등)을 통하여 누출되거나, 저장시설에서의 손실 및 생산단계에서 발생하는 배관 파손 및 유정 파열(well blowouts) 등에 의해 가스가 공기 중으로 방출되는 것을 의미한다. | 천연가스 산업에서의 탈루 배출이라 함은 천연가스 처리, 전송 및 저장, 분배하는 과정, <b>그리고 천연가스를 연료로 사용하는 발전시설·열병합발전시설에서 천연가스 인도·거래계량지점(공급자와 발전소간 천연가스 인도량을 확정하는 최종 거래용 가스계량설비의 출구측 지점을 말한다) 통과 후부터 연소장치에서 연소가 개시되는 지점 전까지의 연료 가스 계통(이하 “연료공급계통”이라 한다)을 사용하여 천연가스를 취급하는 과정에서</b> , 천연가스에 함유된 온실가스(메탄)가 배관 시스템(밸브, 플랜지, 커넥터 등)을 통하여 누출되거나, 저장시설에서의 손실 및 생산단계에서 발생하는 배관 파손 및 유정 파열(well blowouts) 등에 의해 가스가 공기 중으로 방출되는 것을 의미한다. |
| 국내 천연가스산업에서는 저장·공급 시스템에서의 누출(leakage) 배출(venting), 시설유지보수·손상 등에 의한 배출(venting)을 천연가스 탈루량으로 보고한다.                                                                                              | 국내 천연가스산업에서는 저장·공급 시스템 및 <b>발전시설의 연료공급계통에서의</b> 누출(leakage) 배출(venting), 시설유지보수·손상 등에 의한 배출(venting)을 천연가스 탈루량으로 보고한다. <b>다만, 연료의 연소 과정에서 발생하는 배출(불완전연소로 인한 미연소 메탄의 배출을 포함한다) 및 연소설비의 시동·정지에 따른 손실은 이 배출활동의 산정에서 제외한다.</b>                                                                                                                                                                  |
| <b>2. 보고 대상 배출시설</b>                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

<sup>31</sup> 개정 제안 사항은 적색 표시

| 현행                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 개정안                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>천연가스 산업에서의 탈루성 보고 대상 배출시설은 아래와 같다.</p> <p>① 저장시설<br/>② 공급시설</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>천연가스 산업에서의 탈루성 보고 대상 배출시설은 아래와 같다.</p> <p>① 저장시설<br/>② 공급시설<br/><b>③ 발전시설(천연가스를 연료로 사용하는 발전시설 및 열병합발전시설의 연료공급계통에 속하는 내부 배관, 밸브, 플랜지, 커넥터 등 천연가스 취급설비를 말한다)</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <중략>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <중략>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>4. 배출량 산정 방법론</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>① Tier 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| $C_{total} = C_{저장} + C_{공급} + C_{venting}$ <p><math>C_{total}</math>: 천연가스 산업에서의 온실가스(<math>CH_4</math>) 탈루 배출량(<math>tCH_4</math>)</p> <p><math>C_{저장}</math>: 저장 과정에서 배출되는 <math>CH_4</math> 배출량(<math>tCH_4</math>)</p> <p><math>C_{공급}</math>: 공급 과정에서 배출되는 <math>CH_4</math> 배출량(<math>tCH_4</math>)</p> <p><math>C_{venting}</math>: Venting 과정에서 배출되는 <math>CH_4</math> 배출량(<math>tCH_4</math>)</p> | $C_{total} = C_{저장} + C_{공급} + C_{venting} + C_{발전}$ <p><math>C_{total}</math>: 천연가스 산업에서의 온실가스(<math>CH_4</math>) 탈루 배출량(<math>tCH_4</math>)</p> <p><math>C_{저장}</math>: 저장 과정에서 배출되는 <math>CH_4</math> 배출량(<math>tCH_4</math>)</p> <p><math>C_{공급}</math>: 공급 과정에서 배출되는 <math>CH_4</math> 배출량(<math>tCH_4</math>)</p> <p><math>C_{venting}</math>: Venting 과정에서 배출되는 <math>CH_4</math> 배출량(<math>tCH_4</math>)</p> <p><b><math>C_{발전}</math>: 발전시설의 연료공급계통에서 배출되는 <math>CH_4</math> 배출량(<math>tCH_4</math>)</b></p> |
| <중략>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $C_{발전} = Q_{발전} \times C_{발전계수} \times 10^{-6}$ <p><b><math>C_{발전}</math>: 발전시설의 연료공급계통에서 배출되는 <math>CH_4</math> 배출량(<math>tCH_4</math>)</b></p> <p><b><math>Q_{발전}</math>: 발전시설의 천연가스 소비량(<math>m^3</math>, <math>15^\circ C</math>, 1기압)</b></p> <p><b><math>C_{발전계수}</math>: 천연가스 소비량에 따른 온실가스(<math>CH_4</math>) 배출계수(<math>Gg/10^6 m^3</math>)</b></p>                                                                                                                                                          |
| <중략>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <중략>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| 현행                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 개정안                                                                                                                                       |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----|----------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 5. 매개변수별 관리 기준                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                           |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| <중략>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <중략>                                                                                                                                      |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| ② 배출계수 (Tier 1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                           |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| 천연가스 산업의 탈루성 온실가스 배출량 산정을 위하여 IPCC에서 제공하는 기본 배출계수를 적용한다. 공급 부문에서의 계수는 배관망에서 관리되는 압력에 따라 이송(0.8 MPa 이상) 및 분배(0.8 MPa 미만)로 나뉘며 그 값은 다음과 같다.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 천연가스 산업의 탈루성 온실가스 배출량 산정을 위하여 IPCC에서 제공하는 기본 배출계수를 적용한다. 공급 부문에서의 계수는 배관망에서 관리되는 압력에 따라 이송(0.8 MPa 이상) 및 분배(0.8 MPa 미만)로 나뉘며 그 값은 다음과 같다. |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| <p>&lt;표-66&gt; 천연가스 산업부문별 기본 배출계수</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CH4 배출계수</th><th>단위</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>2.5 \times 10^{-5}</math></td><td>Gg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 가스 저장량</td></tr> <tr> <td><math>2.7 \times 10^{-4}</math></td><td>Gg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 가스 이송량</td></tr> <tr> <td><math>1.1 \times 10^{-3}</math></td><td>Gg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 가스 분배량</td></tr> </tbody> </table> <p>* 출처 : 2006 IPCC 국가 인벤토리 작성을 위한 가이드라인(선진국 수준)</p> | CH4 배출계수                                                                                                                                  | 단위 | $2.5 \times 10^{-5}$ | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 저장량 | $2.7 \times 10^{-4}$ | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 이송량 | $1.1 \times 10^{-3}$ | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 분배량 | <p>&lt;표-66&gt; 천연가스 산업부문별 기본 배출계수</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CH4 배출계수</th><th>단위</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>2.5 \times 10^{-5}</math></td><td>Gg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 가스 저장량</td></tr> <tr> <td><math>2.7 \times 10^{-4}</math></td><td>Gg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 가스 이송량</td></tr> <tr> <td><math>1.1 \times 10^{-3}</math></td><td>Gg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 가스 분배량</td></tr> <tr> <td><b><math>6.1 \times 10^{-3}</math></b></td><td><b>Gg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 가스 소비량(발전 시설)</b></td></tr> </tbody> </table> <p><i>비고) 발전시설에서의 배출계수는 연료공급계통에서의 누출에 한하여 적용하며, 연료의 연소 과정에서 발생하는 배출(미연소 메탄의 배출을 포함한다) 및 연소설비의 시동·정지에 따른 손실에는 적용하지 아니한다.</i></p> | CH4 배출계수 | 단위 | $2.5 \times 10^{-5}$ | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 저장량 | $2.7 \times 10^{-4}$ | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 이송량 | $1.1 \times 10^{-3}$ | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 분배량 | <b><math>6.1 \times 10^{-3}</math></b> | <b>Gg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 가스 소비량(발전 시설)</b> |
| CH4 배출계수                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 단위                                                                                                                                        |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| $2.5 \times 10^{-5}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 저장량                                                                                                  |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| $2.7 \times 10^{-4}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 이송량                                                                                                  |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| $1.1 \times 10^{-3}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 분배량                                                                                                  |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| CH4 배출계수                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 단위                                                                                                                                        |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| $2.5 \times 10^{-5}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 저장량                                                                                                  |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| $2.7 \times 10^{-4}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 이송량                                                                                                  |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| $1.1 \times 10^{-3}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 가스 분배량                                                                                                  |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |
| <b><math>6.1 \times 10^{-3}</math></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Gg/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> 가스 소비량(발전 시설)</b>                                                                                       |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |    |                      |                                          |                      |                                          |                      |                                          |                                        |                                                     |

## 【2019 IPCC 개정 가이드라인 – 가스 저장 및 이송 부문 Tier 1 배출계수】

| Tier 1 Emission factors for Gas Transmission and Storage Segment, 1.B.2.b.IV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                        |                 |                 |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| Segment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sub-segment                                                                                            | Emission source | CH <sub>4</sub> |                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                        |                 | Value           | Uncertainty (% of value) |
| Gas Transmission and Storage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Transmission: Limited LDAR or less than 50% of centrifugal compressors have dry seals (a)              | All             | 3.36            | -20% to +30%             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                        |                 | 4.10            | -20% to +30%             |
| Gas Transmission and Storage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Transmission: Extensive LDAR, and around 50% or more of centrifugal compressors have dry seals (b)     | All             | 1.29            | -20% to +30%             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                        |                 | 2.08            | -20% to +30%             |
| Gas Transmission and Storage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Storage: Limited LDAR or most activities occurring with higher emitting technologies and practices (c) | All             | 0.67            | -20% to +30%             |
| Gas Transmission and Storage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Storage: Extensive LDAR and lower-emitting technologies and practices (d)                              | All             | 0.29            | -20% to +30%             |
| Gas Transmission and Storage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | LNG: Import/Export (e)                                                                                 | All             | 1,660           | -20% to +30%             |
| Gas Transmission and Storage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | LNG: Storage (f)                                                                                       | All             | 22              | -20% to +30%             |
| <p><i>NA – Not Applicable</i></p> <p>a. Emission factors for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> developed from EPA/GRI, Methane Emissions from the Natural Gas Industry (Gas Research Institute 1996), and the Greenhouse Gas Reporting Program (GHGRP) (United States Environmental Protection Agency (EPA) 2017), as applied in the 2018 U.S. GHG Inventory (United States Environmental Protection Agency (EPA) 2018a) to calculate emissions for the year 1992 (when EPA/GRI study was conducted, and when LDAR practices were limited, and most centrifugal compressors had wet seals). NMVOC values were developed from 2006 IPCC Guidelines by calculating a ratio of NMVOC to CH<sub>4</sub> from 2006 IPCC Guidelines, which was then applied to corresponding CH<sub>4</sub> values in this table.</p> <p>b. Emission factors for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> developed from data reported to the GHGRP (United States Environmental Protection Agency (EPA) 2017), and from EPA/GRI, Methane Emissions from the Natural Gas Industry (Gas Research Institute 1996), as applied in the 2018 U.S. GHG Inventory to calculate emissions for the year 2016 (most recent year of GHGRP data availability, and when LDAR practices were prevalent and most centrifugal compressors had dry seals). NMVOC values were developed from 2006 IPCC Guidelines by calculating a ratio of NMVOC to CH<sub>4</sub> from 2006 IPCC Guidelines, which was then applied to corresponding CH<sub>4</sub> values in this table.</p> <p>c. Emission factors for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> developed from EPA/GRI, Methane Emissions from the Natural Gas Industry (Gas Research Institute 1996), and the GHGRP (United States Environmental Protection Agency (EPA) 2017), as applied in the 2018 U.S. GHG Inventory to calculate emissions for the year 1992 (when EPA/GRI study was conducted, and when LDAR practices were limited). NMVOC values were developed from 2006 IPCC Guidelines by calculating a ratio of NMVOC to CH<sub>4</sub> from 2006 IPCC Guidelines, which was then applied to corresponding CH<sub>4</sub> values in this table.</p> <p>d. Emission factors for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> developed from data reported to the GHGRP (United States Environmental Protection Agency (EPA) 2017), Zimmerle et al. 2015, and from EPA/GRI, Methane Emissions from the Natural Gas Industry (Gas Research Institute 1996), as applied in the 2018 U.S. GHG Inventory to calculate emissions for the year 2016 (most recent year of GHGRP data availability, when LDAR practices were prevalent). NMVOC values were developed from 2006 IPCC Guidelines by calculating a ratio of NMVOC to CH<sub>4</sub> from 2006 IPCC Guidelines, which was then applied to corresponding CH<sub>4</sub> values in this table.</p> <p>e. Emission factors for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> developed from GHGRP (United States Environmental Protection Agency (EPA) 2017) data for years 2015 and 2016 (most recent years of data availability). LNG terminal sizes are found in Table 5 of United States Environmental Protection Agency (EPA 2018b) <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-10/documents/ghgi_2018stakeholders_segment.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-10/documents/ghgi_2018stakeholders_segment.pdf</a></p> <p>f. Emission factors for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> developed from GHGRP (United States Environmental Protection Agency (EPA) 2017) data for years 2015 and 2016 (most recent years of data availability).</p> |                                                                                                        |                 |                 |                          |

출처: IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2: Energy, Ch. 4: Fugitive Emissions, 2019, p. 4.76.

## 【2019 IPCC 개정 가이드라인 – 가스 분배 부문 Tier 1 배출계수】

| Tier 1 Emission factors for Distribution Segment, 1.B.2.b.V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                 |                 |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| Segment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Sub-segment                                                                               | Emission source | CH <sub>4</sub> |                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                           |                 | Value           | Uncertainty (% of value) |
| Gas Distribution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Less than 50% plastic pipelines, or limited or no leak detection and repair programs (a)  | All             | 2.92            | -20% to +120%            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                           |                 | 1.17            | -20% to +120%            |
| Gas Distribution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Greater than 50% plastic pipelines, and leak detection and repair programs are in use (b) | All             | 0.62            | -20% to +120%            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                           |                 | 0.23            | -20% to +120%            |
| Gas Distribution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Short term surface storage (c)                                                            | All             | 5               | -50% to +100%            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                           |                 | 0.003           | ±100%                    |
| Gas Distribution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Town gas distribution: All (d)                                                            | All             | 0.58            | ±25%                     |
| <p><i>NA – Not Applicable</i></p> <p>a. Emission factors for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> developed from EPA/GRI, Methane Emissions from the Natural Gas Industry (Gas Research Institute 1996), as applied in the 2018 U.S. GHG Inventory (United States Environmental Protection Agency (EPA) 2018a) to calculate emissions for the year 1992 (when EPA/GRI study was conducted). NMVOC values were developed from 2006 IPCC Guidelines by calculating a ratio of NMVOC to CH<sub>4</sub> from 2006 IPCC Guidelines, which was then applied to corresponding CH<sub>4</sub> values in this table.</p> <p>b. Emission factors for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> developed from data reported to the U.S. Greenhouse Gas Reporting Program (GHGRP) (United States Environmental Protection Agency (EPA) 2017), Lamb et al. 2015, and from EPA/GRI, Methane Emissions from the Natural Gas Industry (Gas Research Institute 1996), as applied in the 2018 U.S. GHG Inventory to calculate emissions for the year 2016 (most recent year of GHGRP data availability). NMVOC values were developed from 2006 IPCC Guidelines by calculating a ratio of NMVOC to CH<sub>4</sub> from 2006 IPCC Guidelines, which was then applied to corresponding CH<sub>4</sub> values in this table.</p> <p>c. CH<sub>4</sub> values from (Bender &amp; Langer 2012) – CO<sub>2</sub> and NMVOC developed from the assumption of a CH<sub>4</sub> content of 90%, CO<sub>2</sub> content of 0.9% and a NMVOC content of 2.8%.</p> <p>d. Mean emission factors for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> from German inventory (German Government 2018) data (1990-1997). Data for the years 1990-1997 were selected because town gas supply was discontinued after 1997 in Germany.</p> |                                                                                           |                 |                 |                          |

출처: IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2: Energy, Ch. 4: Fugitive Emissions, 2019, p. 4.79

**【2019 IPCC 개정 가이드라인 – 포스트미터(계량기 이후) 부문 Tier 1 배출계수】**

| Tier 1 Emission factors for Post-meter Segment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                     |                 |                 |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| Segment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sub-segment                                         | Emission source | CH <sub>4</sub> |                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                     |                 | Value           | Uncertainty (% of value) |
| Post-meter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Natural gas-fuelled vehicles (a)                    | All             | 3.0E-04         | -50% to +100%            |
| Post-meter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Appliances in commercial and residential sector (b) | All             | 3.0E-03         | ±60%                     |
| Post-meter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Leakage at industrial plants and power stations (c) | All             | 6.1             | ±60%                     |
| <p><i>NA – Not Applicable</i></p> <p>a. CH<sub>4</sub> values from (Bender &amp; Langer 2012), CO<sub>2</sub> and NMVOC developed using assumption of a CH<sub>4</sub> content of 90%, CO<sub>2</sub> content of 0.9% and a NMVOC content of 2.8%</p> <p>b. Medium value of table 4.2.8 of 2006 IPCC Guidelines (g) (appliances) – conversion with density of 0.72 kg/m<sup>3</sup>, a CH<sub>4</sub> content of 90%, a CO<sub>2</sub> content of 0.9% and a NMVOC content of 2.8%</p> <p>c. Value from the Revised 1996 IPCC Guidelines, Volume 3, table 1-58 (leakage at industrial plants and power stations) - conversion of 175,000 kg/PJ value with factor 35 MJ/m<sup>3</sup>, a CH<sub>4</sub> content of 90%, a CO<sub>2</sub> content of 0.9%, and a NMVOC content of 2.8%.</p> <p><i>Source: IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2: Energy, Ch. 4: Fugitive Emissions, 2019, p. 4.82.</i></p> |                                                     |                 |                 |                          |

출처: IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2: Energy, Ch. 4: Fugitive Emissions, 2019, p. 4.82