



보이지 않는 메탄 배출, 드러나는 경제적 비용과 연료 가치

일본 수입 화석연료 공급망의 메탄 배출과 폭염 기후피해 분석

보이지 않는 메탄 배출, 드러나는 경제적 비용과 연료 가치

일본 수입 화석연료 공급망의 메탄 배출과 폭염 기후피해 분석

발간월

2026년 8월

저자

조정호 | 기후솔루션 메탄·HFCs 팀 연구원 | jeongho.jo@forourclimate.org

도움주신 분

노진선 | 기후솔루션 메탄·HFCs 팀장 | jinsun.roh@forourclimate.org

Design

sometype

기후솔루션은 전 세계 온실가스 감축 및 올바른 에너지 전환을 위해 활동하는 비영리법인입니다.

리서치, 법률, 대외 협력, 커뮤니케이션 등의 폭넓은 방법으로 기후위기를 해결할 실질적 솔루션을 발굴하고, 근본적인 변화를 위한 움직임을 만들어 나갑니다.

목차

요약	4
1. 폭염은 이미 일본 사회의 비용이다	5
2. 화석연료 수입국 일본 그리고 그로 인한 보이지 않는 배출	8
3. 새어나간 메탄은 어느 정도의 가치인가	9
4. 폭염 기후피해 비용 분석	11
5. 종합	12
부록	13
참고문헌	15

요약

폭염이 절정인 여름, 기후 위기를 실감하게 하는 계절이다. 지구 온도가 빠르게 상승하는 주된 원인은 인간이 배출한 온실가스라는 것이 과학계의 합의다. 그중 메탄은 산업화 이후 지구 온도 상승에 기여한 온실가스 가운데 약 30%에 해당한다. 메탄은 배출 장소와 무관하게 대기 중 온실가스 농도를 높여 전 세계 기후위험을 키운다.

일본은 국내에서 소비하는 에너지의 대부분을 해외 수입에 의존하고 있다. 일본이 소비하는 화석연료의 생산·처리·운송 등의 과정에서 발생한 메탄 배출 역시 대기 중 온실가스 농도를 높인다. 따라서 일본의 메탄 관리는 “국내에서 얼마를 배출했는가”에 머물러서는 충분하지 않다. “일본의 에너지 소비가 글로벌 공급망에서 얼마나 많은 메탄 배출을 유발하는지”까지 함께 보아야 한다.

이번 분석에서는 연료로서의 메탄 배출의 경제적 가치와 폭염 기후피해 비용을 계산하였다. 먼저, 화석연료 생산 과정에서 새는 메탄을 막았을 때 얻을 수 있는 경제적 가치를 일본 LNG 수입 가격을 기준으로 분석하였다. 메탄은 천연가스의 주성분이므로 배출 및 누출은 곧 사용할 수 있었던 에너지 자원의 손실로 볼 수 있기 때문이다. 이어서, 메탄 배출로 인한 일본 사회에 전체적으로 미치는 폭염 기후피해의 비용도 함께 고려했다. 이 두 가지 비용을 합치면, 연간 약 32.9억 달러, 약 5,263억 엔이라는 손실 비용이 산출된다.

이렇게 낭비되는 메탄을 줄이기 위한 방향은 분명하다. 먼저, 일본의 석유·가스·석탄 수입 기업이 생산 단계에서 발생하는 메탄 배출량을 공시해야 한다. 그 다음으로 기업과 정부는 공급망 전체에 걸친 메탄을 관리하기 위한 목표와 기준을 제시해야 한다. 마지막으로 화석연료 수입 기업이 메탄 감축 실행을 생산 기업에 요구하는 것이다. 이미 일본은 LNG 공급 시 발생하는 메탄을 관리하기 위한 국제적 CLEAN 이니셔티브를 출범시킨 바 있다. 향후 기업은 이러한 메탄 관리 계획을 실제 조달 기준과 기업 공시에 반영하고, LNG에 더해 원유와 석탄을 포함한 수입 화석연료 공급망 전체로 확장해 나갈 필요가 있다.

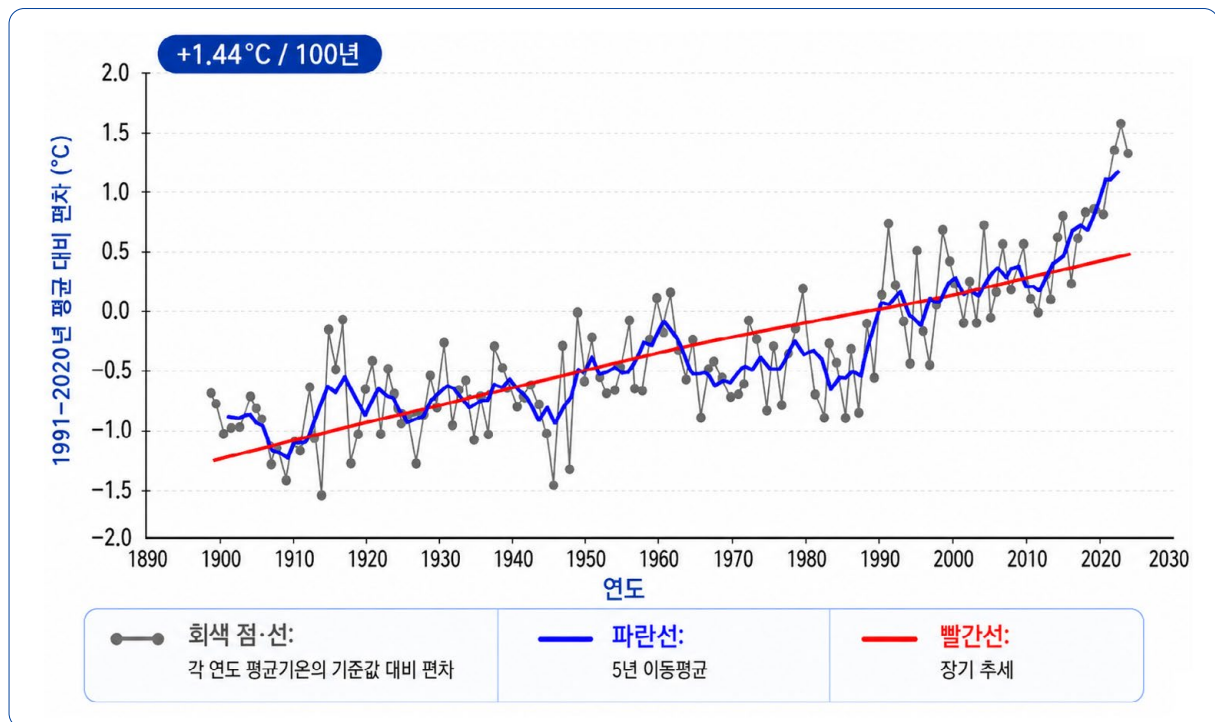
더욱 더 더워져 가는 여름, 일본 기업 및 정부의 확장된 기후 리더십을 기대한다.

1. 폭염은 이미 일본 사회의 비용이다

폭염이 절정인 여름은 기후위기를 가장 직접적으로 체감하게 하는 계절이다. 과거에는 “더운 여름”이 계절적 불편감에 가까웠다면, 이제 폭염은 사람의 생명과 건강, 전력수요, 노동효율 감소 등 사회경제적 위험이 되었다.

일본 기상청은 일본의 연평균기온이 장기적으로 100년당 1.44°C의 비율로 상승하고 있다고 설명한다. 2024년은 1898년 통계 시작 이후 가장 연평균기온이 높은 해였고, 2025년은 세 번째로 높은 해였다. 최근의 고온은 단순한 우연이 아니라, 일본이 마주한 할 기후변화로 인한 대표적인 실제 영향을 보여준다.

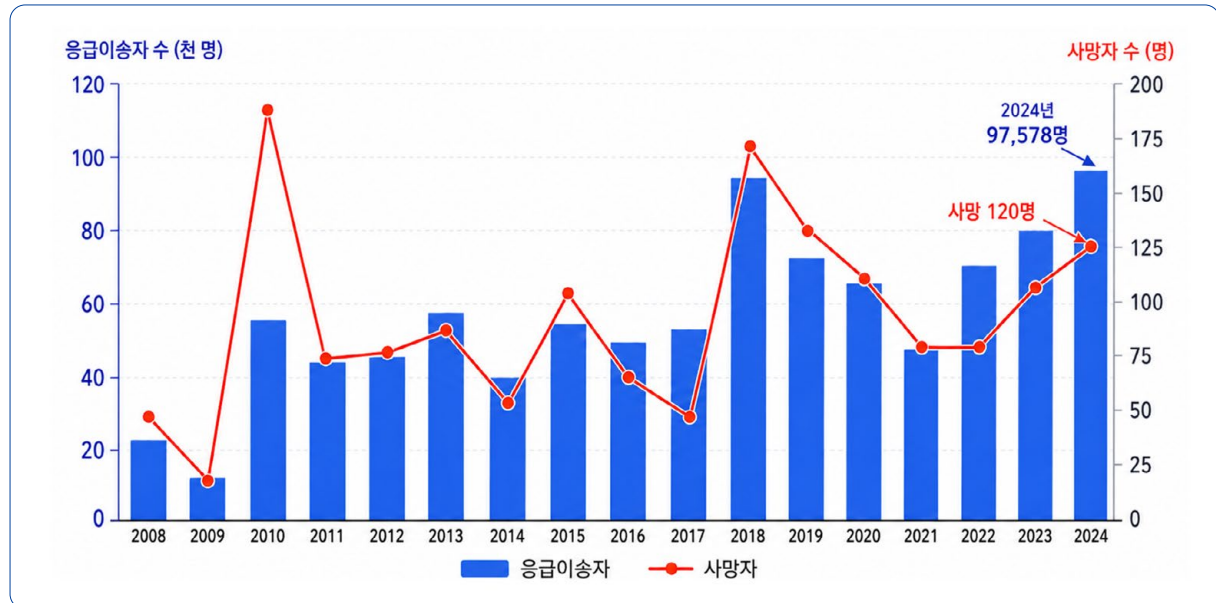
[그림 1] 일본 연평균기온 편차의 장기 추이



자료: 일본 기상청(Japan Meteorological Agency).

실제로 폭염으로 인한 피해는 이미 통계에서 두드러지게 나타나고 있다. 일본 총무성 소방청은 2024년 5~9월 전국 온열질환 응급이송자가 97,578명으로, 2008년 조사 시작 이래로 가장 많았다고 발표했다. 같은 기간 의료기관 진단 시 사망으로 분류된 인원은 120명이었다. 이 수치는 폭염이 실제로 인적 피해를 주고 있다는 점을 직관적으로 보여준다.

[그림 2] 일본 온열질환 응급이송자 및 사망자 추이(2008~2024)

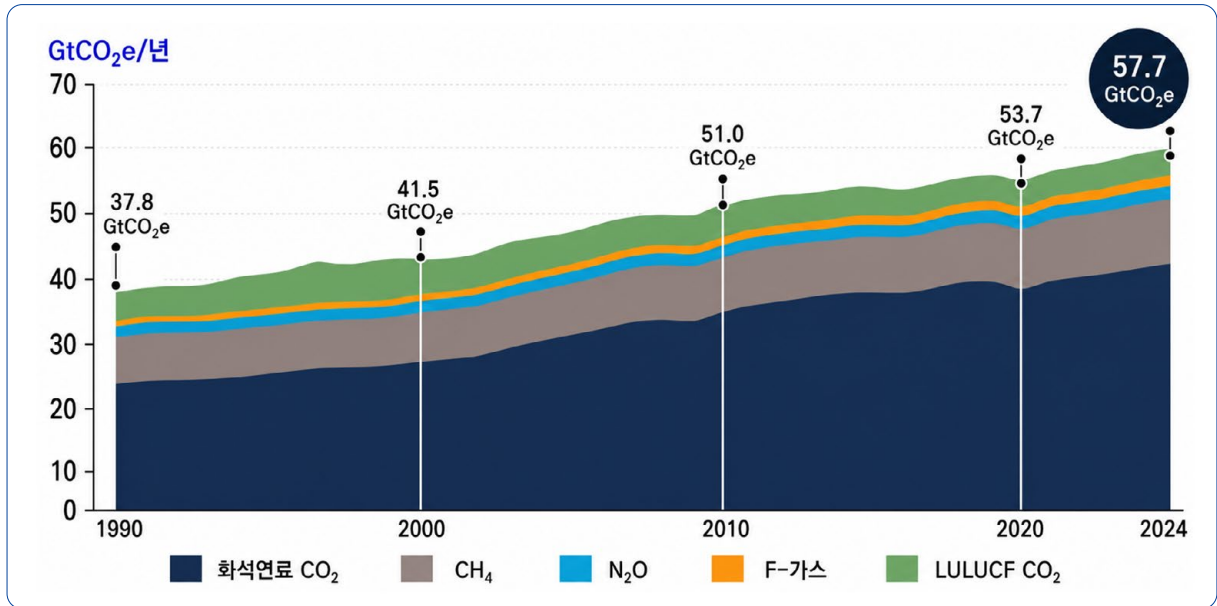


자료: 일본 총무성 소방청(FDMA), 2024년 온열질환 응급이송 연보 기반 SFOC 작성.

폭염 위험을 키우는 근본 요인은 대기 중 온실가스 농도의 증가다. 그런데 전세계 온실가스 배출은 전혀 줄어들지 않고 있다. 유엔환경계획(United Nations Environment Programme, UNEP)은 2024년 전세계 온실가스 배출이 1990년 대비 52.6% 증가한 57.7 GtCO₂e를 기록했다고 밝혔다.

폭염 위험을 낮추려면 이산화탄소를 줄이는 것과 함께, 메탄 감축도 중요하다. IPCC의 지구 온난화 지수(GWP)에 따르면, 메탄의 지구 온도 상승 영향은 100년 기준으로 이산화탄소의 약 28배, 20년 기준으로는 약 84배로 평가된다. 또한 IEA는 메탄이 산업화 이후 지구 온도 상승의 약 30%의 기여 수준을 설명하며, 빠르고 지속적인 메탄 감축이 가까운 미래의 온난화를 제한하는 데 중요하다고 평가한다.

[그림 3] 전세계 온실가스 배출 장기 추세(1990-2024)



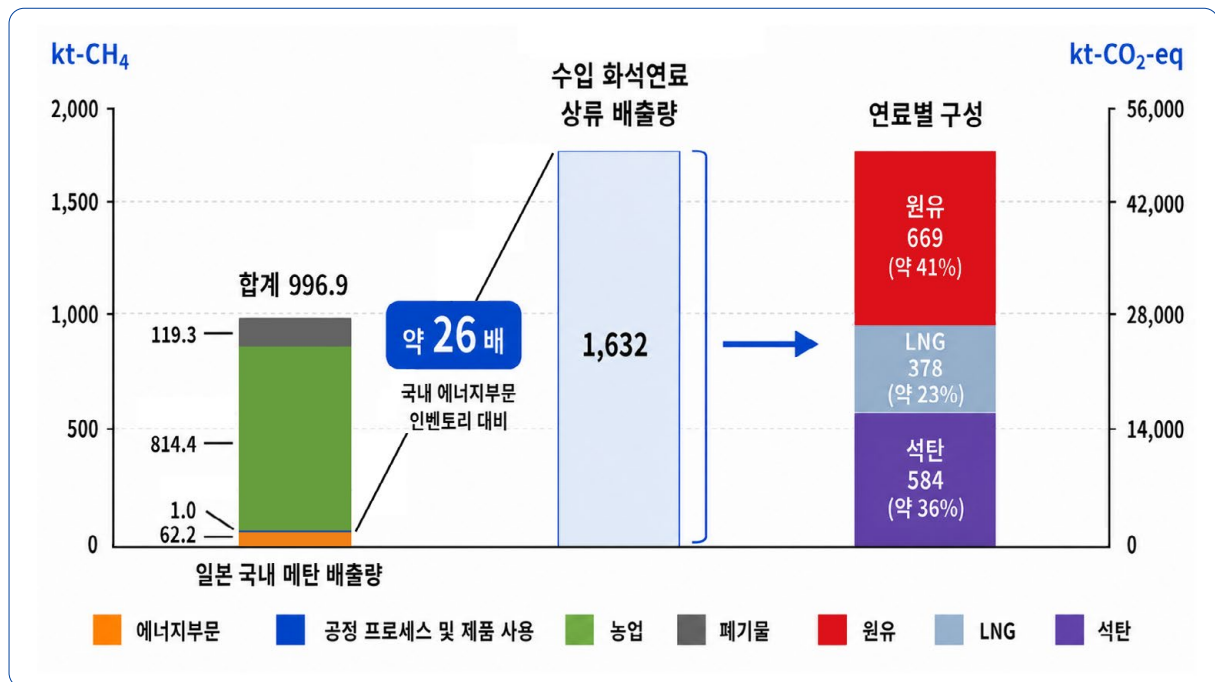
자료: UNEP Emissions Gap Report 2025.

2. 화석연료 수입국 일본 그리고 그로 인한 보이지 않는 배출

일본은 세계 최대 수준의 에너지 수입국이다. 특히 일본이 소비하는 원유, 가스, 석탄의 대부분은 해외에서 생산되고 수입된다. 일본으로 화석연료를 수입하는 과정에서 연료 생산지에서는 유전·가스전·탄광, 처리시설, 액화·운송 과정에서 다량의 온실가스를 배출한다. 따라서 일본의 배출 공급망 관리는 “국내에서 얼마를 배출했는가”에 머물러서는 충분하지 않다. “일본의 에너지 소비가 글로벌 공급망에서 배출을 얼마나 유발하는지”까지 함께 살펴 볼 필요가 있다.

더불어 최근 글로벌 에너지 시장은 공급 불안에 대한 불안을 떨칠 수 없는 상황이다. 2026년 중동 긴장 이후 글로벌 에너지 가격과 석유 및 가스 공급의 불확실성이 다시 부각된 것이 그 이유이다. 이외에도 예측할 수 없는 지정학적 리스크, 생산 설비의 차질, 에너지 수요의 폭발적 증가, 각국의 연료 재고 확보 경쟁 등 에너지 안보 차원에서 이러한 리스크로부터 완전히 벗어나기는 어려울 것이다.

[그림 4] 일본 국내 메탄 인벤토리와 수입 화석연료 상류 메탄 배출 규모



자료: National Greenhouse Gas Inventory Document of JAPAN (2026) 및 IEA Global Methane Tracker 기반 SFOC 작성.

3. 새어나간 메탄은 어느 정도의 가치인가

수입 화석연료 공급망에서 발생한 메탄 누출은 단순한 배출이 아니라, 사용할 수 있었던 가스 자원 그 자체의 손실이 기도 하다. 메탄은 천연가스의 주성분이기 때문에, 누출된 메탄은 시장에서 판매되거나 소비될 수 있었던 에너지가 낭비된 것으로 볼 수 있다. 최근 국제에너지기구(IEA)는 『Global Methane Tracker 2026』에서 화석연료 공급망의 메탄 배출을 줄이는 것이 기후 대응뿐 아니라, 에너지 공급 위기 상황에서 가스시장 안정과 에너지 안보 강화에도 기여할 수 있다고 밝혔다.

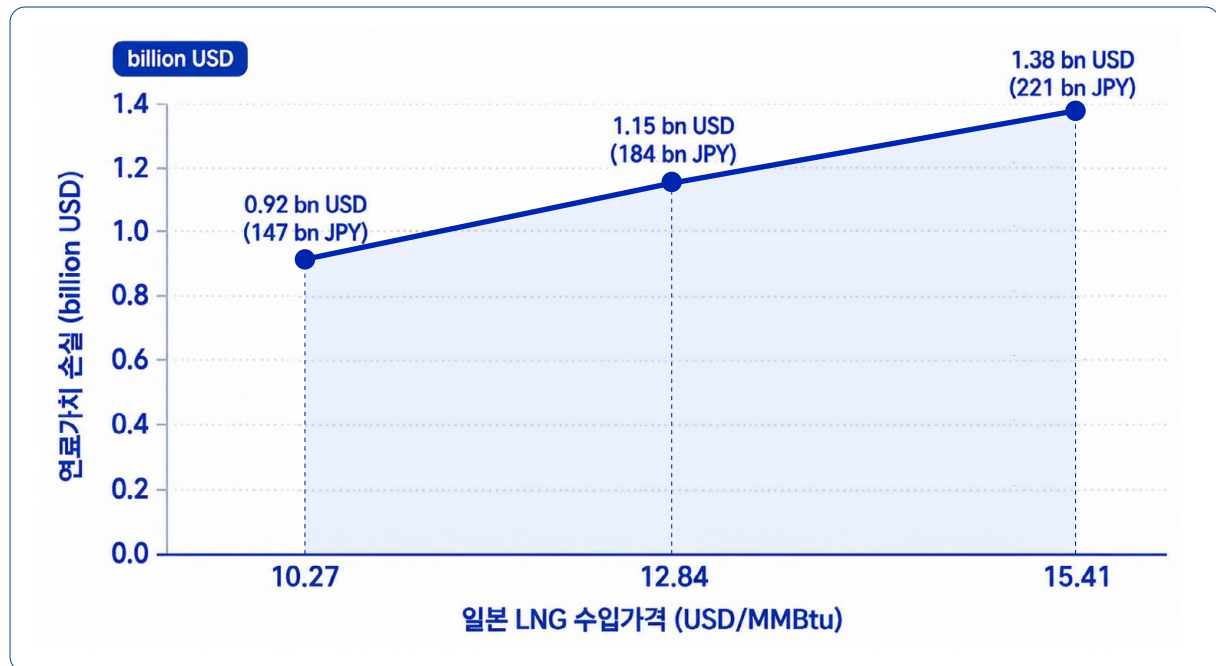
이 보고서에는 수입 화석연료 공급망에서 발생한 메탄 배출량을 가스 부피로 환산한 뒤, 일본 LNG 수입가격을 적용해 연료가치 손실을 추정했다. 그 결과 일본 수입 화석연료 공급망의 생산 부분의 메탄 배출량 1,632 kt-CH₄은 2024년 일본 LNG 수입가격(12.84 USD/MMBtu) 기준 약 11.5억 달러 (약 1,840억 엔)의 연료가치 손실로 환산된다. 이는 도쿄 도시가스 소비량과 비교 시, 약 24.5억 m³이며, Tokyo Gas 광역 공급권의 연간 도시가스 판매량 약 2.5개월 분 규모다. 또한 평균적인 160,000m³급 LNG 운반선 약 26척분에 해당한다.

[그림 5] 일본 수입 화석연료 업스트림 메탄 누출에 해당하는 에너지 및 경제적 손실 규모



자료: IEA Methane Tracker, 일본 LNG 평균 수입단가 및 Tokyo Gas 도시가스 판매량 기반 SFOC 작성.

[그림 6] LNG 가격 시나리오에 따른 연료가치 손실 민감도



자료: 일본 LNG 수입단가 기반 SFOC 작성.

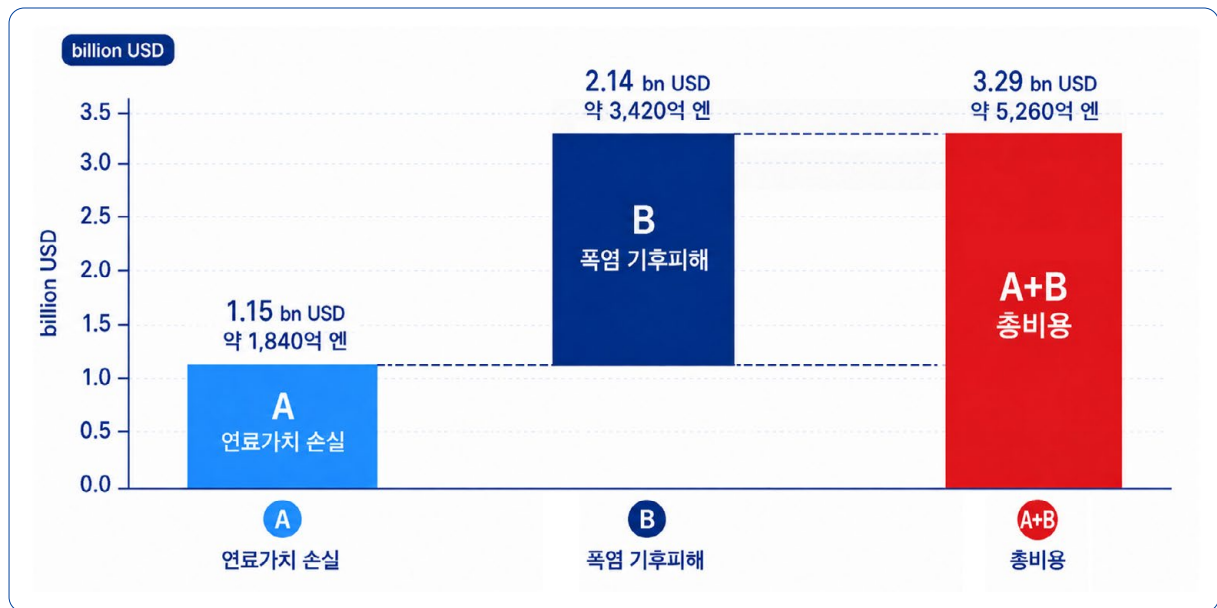
4. 폭염 기후피해 비용 분석

메탄 배출은 발생한 장소와 무관하게 대기 중 온실가스 농도를 높이고 전 세계 기후위험을 키운다. 일본이 소비하는 화석연료의 생산·처리·운송 과정에서 발생한 메탄 역시 지구온난화를 통한 기온 상승에 기여하며, 그 영향은 다시 폭염과 같은 직접적인 기후피해뿐 아니라 노동생산성 저하, 냉방수요 증가 등의 경제적 손실로 이어질 수 있다.

본 보고서는 폭염 피해만을 대상으로 메탄의 사회적 비용을 산정하였고, 홍수, 가뭄, 산불, 태풍, 해수면 상승 등 다른 기후피해는 포함하지 않았다. 따라서 아래 결과는 메탄 배출이 초래할 수 있는 전체 기후피해가 아니라, 폭염에 한정된 보수적 추정치이다.

일본 국내 메탄 인벤토리와 화석연료 수입 공급망 업스트림 메탄 배출량을 합산한 수치에 폭염 손실계수를 적용하면, 폭염 중심 기후피해 비용은 연간 약 21.4억 달러, 약 3,423억 엔으로 추정된다.

[그림 7] 연료가치 손실과 폭염 기후피해 비용 종합 (연간)



자료: SFOC 작성.

5. 종합

종합하면, 일본 수입 화석연료 공급망에서 발생하는 메탄 배출은 단순한 환경 문제가 아니다. 하나는 새어나간 메탄이 지닌 연료가치 손실이고, 다른 하나는 메탄 배출이 폭염 위험을 키우며 일본 사회에 되돌려주는 기후피해 비용이다.

정책적 과제는 명확하다. 첫째, 일본의 석유·가스·석탄 수입 기업은 공급망에서 발생하는 메탄 배출량을 공시해야 한다. 둘째, 기업과 정부는 공급망 전체의 메탄을 관리하겠다는 목표와 기준을 제시해야 한다. 셋째, 수입 기업은 생산 기업에 메탄 측정·보고·검증, 누출 탐지 및 보수, 불필요한 방출과 플레어링 감축을 요구해야 한다.

일본은 이미 LNG 공급망 메탄 관리를 위한 CLEAN 이니셔티브를 출범시킨 바 있다. 이제 중요한 것은 감축 선언을 실제 조달 기준, 기업 공시, 금융기관 평가, 공급계약 조건으로 연결하는 것이다. 이러한 접근은 기업 및 산업계에게 비용을 전가하고 부담을 끼치는 규제가 아니라, 낭비되는 에너지를 줄이고 공급망 리스크를 낮추며 폭염 피해와 같은 사회적 비용을 완화시키는 실용적인 대응책이 될 것이다.

결국 기업과 정책결정자가 수입 화석연료 공급망의 메탄을 적극적으로 관리하기 시작할 때, 에너지 안보, 경제적 효율성, 국민 건강, 기후 리더십을 동시에 강화할 수 있을 것으로 기대된다.

부록

A. 연료가치 손실 산정

[부록 표 1] 연료가치 손실 산정

항목	값	단위	비고
수입 공급망 메탄	1,631.72	kt-CH ₄	원유+LNG+석탄
메탄 밀도	0.667	kg/m ³	20°C 기준
부피 환산	2.446	bcm	질량/밀도
에너지 환산	89.54	million MMBtu	1,000 m ³ =36.6 MMBtu
기본 가격	12.84	USD/MMBtu	Japan LNG CIF, 2024
연료가치 손실	1.15 / 184.0	bn USD / bn JPY	1 USD=160 JPY

산정 방법: 메탄 질량(kg) → 메탄 부피(m³) = 질량 / 밀도 → 에너지(MMBtu) → 경제적 가치 = 에너지 × 일본 LNG 수입가격.

[부록 표 2] 수입 화석연료별 메탄 배출과 연료가치 손실

연료	메탄 배출 (kt-CH ₄)	가스 상당량 (bcm)	연료가치 손실 (USD / JPY)
원유	669	1.00	4.71억 USD / 754억 JPY
LNG	378	0.57	2.67억 USD / 427억 JPY
석탄	584	0.88	4.12억 USD / 659억 JPY
합계	1,632	2.45	11.5억 USD / 1,840억 JPY

연료가치 손실은 2024년 일본 LNG 수입가격을 적용. 원유·석탄 공급망 메탄까지 LNG 가격으로 환산하기 때문에 실제 거래 손실이나 회수 가능 수익이 아닌, 낭비된 메탄의 에너지 가치 및 경제적 규모를 산출.

[부록 표 3] LNG 가격 시나리오별 연료가치 손실

시나리오	가격 (USD/MMBtu)	손실 (USD)	손실 (JPY)
저가(-20%)	10.27	0.92 bn	147.2 bn
기본(2024년 평균)	12.84	1.15 bn	184.0 bn
고가(+20%)	15.41	1.38 bn	220.7 bn

B. 폭염 기후피해 비용 산정

[부록 표 4] 폭염 기후피해 비용 산정

항목	값	단위
수입 공급망 메탄	1.632	Mt-CH ₄
GWP100	28	-
수입 공급망 CO ₂ e	45.69	MtCO ₂ e
국내 메탄 인벤토리(FY2024)	27.912	MtCO ₂ e
합산 배출량	73.60	MtCO ₂ e
폭염 손실계수 (α ₁₉₉₀)	29.07	USD/tCO ₂ e
기후피해 비용	2.14 / 342.3	bn USD / bn JPY

산정 방법: 폭염 기후피해 비용 산정 = [(수입 공급망 메탄 × GWP100) + 국내 메탄 인벤토리] × 폭염 피해 산정계수.

C. LNG 가격 벤치마크

[부록 표 5] LNG가격 벤치마크

가격 기준	적용 위치	판단
Japan LNG CIF	기본값	일본 수입가격과 정합적
JKM spot	보조 시나리오	시장 긴장 반영 가능
IGU Asia Pacific	보조 시나리오	지역 평균, 다소 넓은

참고문헌

1. Agency for Natural Resources and Energy, Ministry of Economy, Trade and Industry. (2025). Energy White Paper 2025: FY2024 Annual Report on Energy.
2. Agency for Natural Resources and Energy, Ministry of Economy, Trade and Industry. (2026). Japan's ENERGY (2025 Edition): 10 Questions for Understanding the Current Energy Situation.
3. Bank of Japan. (2026). Foreign Exchange Rates: Tokyo Market Interbank Rates.
4. Callahan, C. W., & Mankin, J. S. (2025). Carbon Majors and the Scientific Case for Climate Liability. *Nature*, 640, 893–901.
5. CME Group. Japan Korea Marker LNG Futures and LNG Market Reference Materials.
6. European Parliament and Council. (2024). Regulation (EU) 2024/1787 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on the Reduction of Methane Emissions in the Energy Sector and Amending Regulation (EU) 2019/942.
7. Fire and Disaster Management Agency, Ministry of Internal Affairs and Communications. (2024). 令和6年(5月～9月)の熱中症による救急搬送状況.
8. Global Methane Initiative. Global Methane Initiative Overview and Sector Resources.
9. Government of Japan, Ministry of the Environment, & National Institute for Environmental Studies. (2026). Japan's National Greenhouse Gas Emissions and Removals in FY2024: Executive Summary.
10. Government of Japan, Ministry of the Environment, & National Institute for Environmental Studies. (2026). National GHG Inventory Document of JAPAN 2026.
11. Hashimoto, H., & Kihara, S. (2026). Methane and GHG Emissions Management Issues in LNG: Policy, Markets, and Companies. The Institute of Energy Economics, Japan.
12. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
13. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
14. International Energy Agency. (2026). Addressing Methane in the Marketplace. In *Global Methane Tracker 2026*.
15. International Energy Agency. (2026). *Global Methane Tracker 2026*.
16. International Energy Agency. (2026). Methane Tracker: Interactive Database of Country and Regional Methane Emissions and Abatement Options.
17. International Energy Agency. (2026). Tackling Methane Emissions Would Strengthen Energy Security amid Crisis.
18. International Energy Agency. (2026). Understanding Methane Emissions. In *Global Methane Tracker 2026*.
19. International Gas Union. (2025). *Global Gas Report 2025*.
20. International Gas Union. (2025). *World LNG Report 2025*.

21. International Group of Liquefied Natural Gas Importers. (2025). The LNG Industry: GIIGNL Annual Report 2025.
22. Japan Meteorological Agency. (2026). 日本の年平均気温.
23. Japan Meteorological Agency. (2026). 日本の年平均気温偏差 (°C) .
24. Japan Organization for Metals and Energy Security. (2023). Coalition for LNG Emission Abatement toward Net-zero: Sharing LNG Project-Level Methane Reduction Measures.
25. Japan Organization for Metals and Energy Security. (2025). CLEAN Annual Report 2025.
26. Matsukura, S., & Hashimoto, H. (2023). Recent Developments in Methane Emissions Management in the World and Japan. The Institute of Energy Economics, Japan.
27. National Institute of Standards and Technology. NIST Chemistry WebBook: Methane Thermophysical and Thermochemical Properties.
28. S&P Global Commodity Insights. JKM LNG Price Methodology and Market Reference Materials.
29. Solutions for Our Climate. (2025). The Climate Crisis—Culprits and Liability: Contribution of South Korea's Top Ten Emitting Corporates to Climate Loss & Damage.
30. Solutions for Our Climate. (2026). 「日本のメタン削減の現状と課題: グローバル・エネルギー供給網における見えない排出」.
31. Tokyo Gas Co., Ltd. (2025). FY2024 Financial Results, April 28, 2025.
32. U.S. Energy Information Administration. Natural Gas Explained: Natural Gas Conversion Factors and Energy Conversion Calculators.
33. U.S. Energy Information Administration. Natural Gas Heat Content and Unit Conversion References.
34. United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition. (2021). Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions.
35. United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition. (2025). Global Methane Status Report 2025.
36. United Nations Environment Programme, International Methane Emissions Observatory. (2020). Oil and Gas Methane Partnership 2.0 Reporting Framework.
37. United Nations Environment Programme, International Methane Emissions Observatory. (2025). An Eye on Methane 2025: From Measurement to Momentum.
38. United Nations Environment Programme. (2025). Emissions Gap Report 2025: Off Target.
39. World Bank. (2026). Commodity Markets Outlook, April 2026.
40. World Bank. (2026). Commodity Price Data: The Pink Sheet.

기후솔루션은 전 세계 온실가스 감축 및 올바른 에너지 전환을 위해 활동하는 비영리법인입니다.
리서치, 법률, 대외 협력, 커뮤니케이션 등의 폭넓은 방법으로 기후위기를 해결할 실질적 솔루션을 발굴하고,
근본적인 변화를 위한 움직임을 만들어 나갑니다.