并非所有氢气都是清洁的：

韩国清洁氢气认证制度的关键问题

Issue Brief

SFO°C
Solutions for Our Climate

并非所有氢气都是清洁的：
韩国清洁氢气认证制度的关键问题

SFO°C
Solutions for Our Climate

并非所有氢气都是清洁的：
韩国清洁氢气认证制度的关键问题

出版日期 2023年12月

作者 Seokhwan Jeong (seokhwan.jeong@forourclimate.org)

贡献者 Jinsun Lee (jinsun.lee@forourclimate.org)
Dongjae Oh (dongjae.oh@forourclimate.org)
Janghyeok Lim (janghyeok.lim@forourclimate.org)
Jahyun Kim (jahyun.kim@forourclimate.org)
Seoyoon Choi (seoyoon.choi@forourclimate.org)

相关洽询 Seokhwan Jeong (seokhwan.jeong@forourclimate.org)

为鼓励使用清洁氢气，韩国政府明年将推出**“清洁氢气认证制度”**。该制度旨在通过促进清洁氢气的使用，为实现碳中和做出贡献。然而，韩国政府现阶段对**“清洁氢气”的定义包括了基于化石燃料的氢气**，不仅与碳中和的初衷背道而驰，更对温室气体减排难有重大贡献。此外，在**“清洁氢气发电投标市场”**中纳入氢·氨与化石燃料混烧发电产生的电量，将延伸出许多问题。

本报告旨在就韩国政府当前规划的“清洁氢气认证制度”和“清洁氢气发电投标市场”等政策之局限性提出改进建议。

氢气因其不含碳分子、不会排放二氧化碳的特性，被视为下一代能源。氢气在应对气候变化方面具有巨大潜力，因为它可以被应用于目前产生碳的各个领域，从而减少温室气体(GHG)。然而，并非所有氢气都有助于减少温室气体，根据生产方法或使用情况，氢气甚至会对气候产生负面影响。

1. 氢气的种类

- 根据生产工艺的不同，氢气可分为三大类：绿氢、蓝氢、灰氢。

表 1. 根据生产工艺对氢气进行的分类

类型	制氢方法	
绿氢	电解	以可再生能源电解水制取氢气
蓝氢	化石燃料重整 + 碳捕集与封存 (CCS)	在化石能源制氢的基础上应用二氧化碳 (CO2) 捕捉与封存技术
灰氢	化石燃料重整	通过化石燃料重整制取氢气
	工业副产气体提炼	将石油化工、钢铁生产过程中产生的副产品提炼制成氢气
氨气（氢化合物）	以氢气为原料制成	分类方法与氢气相同（绿氨、蓝氨 、灰氨）

2. 清洁氢气的概念

- 在生产或进口过程中，温室气体排放量低于一定水平的氢气。

* 根据韩国政府公告，若每千克氢气制造过程中产生的二氧化碳当量(CO2eq)低于4千克，即可被认定为清洁氢气。

3. 清洁氢气的激励政策

- 清洁氢气认证制度：依据清洁氢气等级提供认证和激励的制度。
- 清洁氢气发电义务化制度(CHPS)：旨在促进使由清洁氢气产生的电量进入氢气发电投标市场交易的制度。

4. 氢能利用的潜力和局限

- 潜力：可应用于发电(燃料电池、氢·氨气混烧)、运输(氢能汽车、航运)、工业(钢铁、石油化工)等多个领域，极具潜力。
- 局限：温室气体减排效果因生产工艺或利用方式而异，在某些状况下甚至可能对气候造成负面影响 ☞ 清洁氢气的认定范围和利用方式至关重要。

5. 清洁氢气认证制度的问题分析

问题 1. 清洁氢气认证制度的标准

- 绿氢是唯一在生产过程中不会产生温室气体排放的氢气，但韩国政府当前规划的清洁氢气认证制度草案，不足以激励提升绿氢生产的竞争力。
- 此外，清洁氢气认证制度的标准将暂时排除船舶运输天然气时所产生的温室气体排放，且未考虑将氨气或液化氢转化为氢气时所需的能量。

表 2. 清洁氢气分级和相应技术草案[1]

等级 (kgCO2eq/kgH2)	主要适用技术
1 级 (~0.1)	国内外绿氢 (100% 利用可再生能源制氢)
2 级 (0.1~1)	国内外核能制氢和部分利用电网电力制成的海外绿氢 (为稳定系统部分利用电力组合)
3 级 (1~2)	利用管道天然气 (PNG) 碳捕集率超过 90% 并搭配其他减排措施制成的蓝氢 (原料生产端减排、连接低碳电力)
4 级 (2~4)	碳捕集率超过 90% 的蓝氢 (利用一般气田和电网供电)

- 在天然气开采和运输过程中甲烷泄漏可能造成的影响不明确、蒸汽甲烷重整(Stream Methane Reforming)因使用碳捕集和封存产生的温室气体排放未被完全纳入考量的情况下，若将蓝氢归类为清洁氢气并提供相关优惠，可能引发争议。

图 1. 保宁蓝氢工厂规划图(气候解决方案制图)

* 韩国中部发电(KOMIPO)和 SK E&S 共同推进的保宁蓝氢工厂项目：自巴罗萨气田进口的液化天然气被转化为蓝氢，而副产品二氧化碳则被封存巴尤-乌丹气田中。液化天然气进口和碳捕集过程中产生的温室气体排放未被纳入考量。

1 韩国能源经济研究院报告材料(2023年11月2日)

问题 2. 是否将氢·氨混烧发电纳入清洁氢气发电投标市场

- 混烧主要有两种类型：① 将氢气和液化天然气(LNG)混合用于燃气轮机发电，② 将氨气和煤炭混合用于锅炉(蒸汽轮机)发电。
- 将氢气和氨气掺入传统化石燃料中的作法，会推迟现有化石燃料发电厂的退役时程，因此应被排除在清洁氢气发电投标市场之外。
- 根据韩国政府的政策规划，氨煤混烧发电将持续使用煤炭至 2050 年，因此尤其不适合被归类为清洁能源。

图 2. 氨煤混烧发电路线图(韩国贸易、工业和能源部资料，气候解决方案整理制图)

推广混烧发电机	商业化混烧发电机	转为无碳发电机
2030	2040	2050
氨	氨	氨
20% 混烧 43 台机组中的 24 台	**超过 20% 混烧** 适用于 21 台机组	**100% 纯氨燃烧** 7 台机组实现无碳发电

- 日本和韩国主导着氨煤混燃发电技术的发展。国际社会上，彭博新能源财经(BNEF)、TransitionZero、E3G、Kiko Network 等机构和网络皆已对该技术的普及表示担忧。

氨煤混烧的主要问题

① 推迟燃煤电厂退役时程

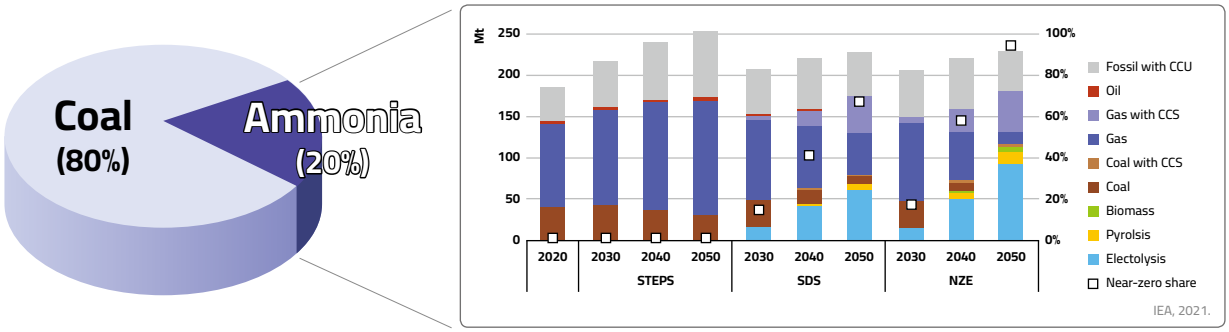
- 美国马里兰大学全球可持续发展中心分析认为，韩国必须在 2035 年前全面终结燃煤发电，才有可能实现《巴黎协定》将升温幅度控制在 1.5°C 内的目标[2]。
- 根据韩国政府的氨煤混烧计划，燃煤发电预计将持续至 2050 年。面临电厂设施投资成本回收的压力，力求确保电厂利用率的声浪将浮现，阻扰燃煤电厂的提前退役。

2 UMD-CGS Korea Energy Plan Assessment for CGS release (2023年9月)

② 温室气体减排效果不明确

- 即使在发电过程中掺入 20% 的氨气进行混烧，其余 80% 的燃料仍为煤炭，因此与燃煤发电并无太大差异。此外，国际能源机构预测至 2030 年时，氨气的生产仍将仰赖化石燃料。

图 3. 2030 年氨生产技术前景（重新整理自国际能源机构 2021 年资料）

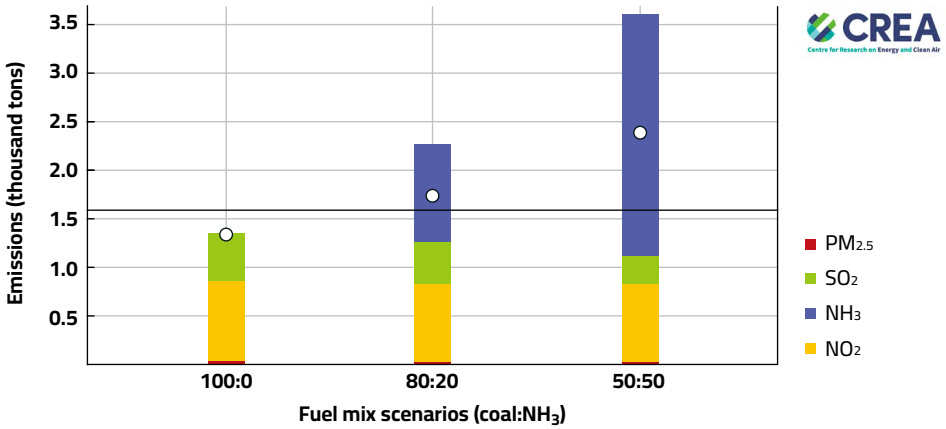


- 考虑到以化石燃料为基础生产的氨气，其全生命周期的碳排放量，以及甲烷泄漏的可能性，氨气在温室气体减排方面的实际效果仍有待商榷。

③ 增加微尘排放

- 能源与清洁空气研究中心(CREA)的报告预估[3]，氨煤混烧时排放的超细颗粒物量(PM2.5、SO2、NO2、NH3)，将比单纯燃烧煤炭时增加 30%。

图 4. 各氨煤混燃比例的微尘物质排放量(CREA 2023 年资料)



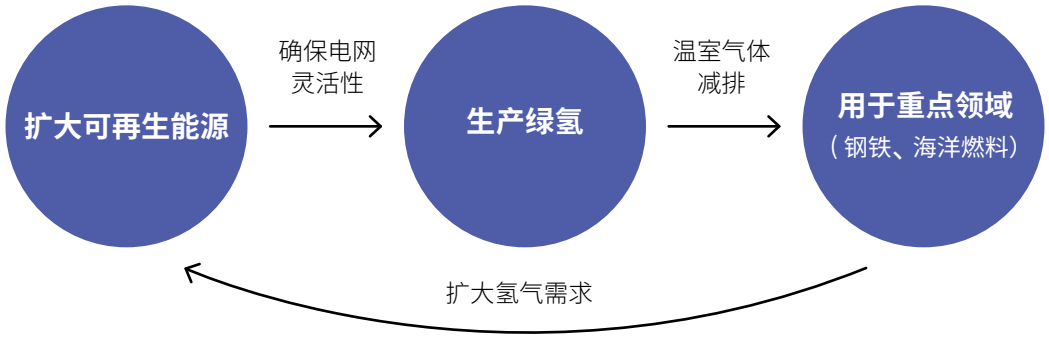
3 CREA (2023), Air Quality Implications of Coal-Ammonia Co-Firing

- 考虑到超细颗粒物质的增主要来自氨气，其扩散可能引发社区不安。
- 氨煤混燃发电导致的微尘排放增加，将对当地居民的健康造成负面影响，而为改善环境投入安装相关设备的开销，将深化煤电搁浅资产的问题。

6. 结论

- 考虑到实施清洁氢气认证体制度的目的，有必要对各类氢气实际的温室气体减排效果进行彻底审查。
- 生产过程中甲烷泄漏等温室气体排放量不明确的蓝氢应被排除在清洁氢气标准之外。政府必须通过以绿氢为中心的政策建立良性循环，从而促进可再生能源的普及。
- 此外，政策应侧重于在难减行业利用氢气，而非一味追求扩大氢气的需求量。

图 5. 以绿氢为中心的良性循环(气候解决方案制图)



- 政府必须将氢·氨混燃发电排除在清洁氢气发电投标市场之外，及时淘汰燃煤发电，并加速扩大可再生能源和分布式电力系统。

7. 参考文献

- Korea Energy Economics Institute presentation materials (Nov. 02. 2023.) – *The 4th Energy Justice Forum Hydrogen Economy Debate for Social Consensus*
- UMD-CGS, *Korea Energy Plan Assessment for CGS release, Sep. 2023*
- CREA (2023), *Air Quality Implications of Coal-Ammonia Co-Firing*
- BNEF (2022), *Japan's Ammonia-Coal Co-Firing Strategy*
- IEA (2021), *Ammonia Technology Roadmap*
- Solutions for Our Climate (2022), *There is no clean blue hydrogen: Estimates for the hidden GHG emissions of Korean hydrogen economy*
- Transition Zero (2023), *Japan's toxic narrative on ammonia coal co-firing*
- Kiko Network (2023), *Japan's Ammonia Co-firing Plans Threaten Paris Goals*
- E3G (2023), *Challenging Japan's promotion of ammonia co-firing for coal power generation*
- KIST Clean Air Center (2023), *Current Statistics and Improvements of Korea's Ammonia Concentration and Emissions*
- Ministry of Trade, Industry and Energy, *The 10th Basic Plan on Electricity Supply and Demand*
- Ministry of Trade, Industry and Energy (2021), *The 1st Hydrogen Economy Implementation Plan*

SFO°C
Solutions for Our Climate

出版日期 **2023年12月**

作者 **Seokhwan Jeong (Seokhwan.jeong@forourclimate.org)**

气候解决方案(Solutions for Our Climate, SFOC)是旨在促进亚洲温室气体减排与能源转型的非营利机构。