Journal of Hydrogen and New Energy, Vol. 36, No. 5, 2025, pp. 542~551
DOI: https://doi.org/10.7316/JHNE.2025.36.5.542
JHNE
pISSN 1738-7264 • eISSN 2288-7407

국내 에너지 다소비 산업의 수소 에너지 적용성 분석

장소정[1,2] · 윤수영[1] · 설소영[1] · 김동윤[1] · 황용우[2†] · 이봉재[1†]

[1]한국화학융합시험연구원 기후에너지센터, [2]인하대학교 환경공학과

Assessment of Hydrogen Energy Adoption in Korea's Energy-Intensive Industries

SO JEONG JANG[1,2], SOO YOUNG YUN[1], SO YEONG SEOL[1], DONG YOON KIM[1], YONG WOO HWANG[2†], BONG JAE LEE[1†]

[1]Korea Testing & Research Institute(KTR), 98, Gyoyugwon-ro, Gwacheon-si, Gyeonggi-do 13810, Korea
[2]Department of Environmental Engineering, Inha University, 100 Inha-ro, Michuhol-gu, Incheon 22212, Korea

†Corresponding author :
jae8076@ktr.or.kr
hwangyw@inha.ac.kr

Received 4 September, 2025
Revised 15 October, 2025
Accepted 16 October, 2025

Abstract >> This study assesses the greenhouse gas (GHG) reduction potential of replacing 10% of energy consumption with hydrogen in Korea's energy-intensive industries from 2020 to 2050. GHG emissions per kilogram of grey, blue, green, and imported hydrogen were estimated based on national hydrogen production targets. Comparison of hydrogen demand and supply shows deficits of 2,861 thousand tons in 2020 and 79 thousand tons in 2030, but a surplus of 22,414 thousand tons by 2050, enabling up to 50% substitution of industrial energy. Emission analysis indicates reductions of 36% in 2020, 70% in 2030, and 81% in 2050 relative to conventional fuels. In relation to national targets, hydrogen adoption contributes 5% of total 2023 reductions, 399% of the 2030 hydrogen-sector target, and 372% of the 2050 Scenario B target. These findings highlight the critical role of large-scale hydrogen deployment, particularly green and imported hydrogen, in achieving deep decarbonization of Korea's industrial sector.

Key words : Hydrogen energy(수소 에너지), Energy-intensive industries(에너지 다소비 산업), Greenhouse gas emissions(온실가스 배출량), Decarbonization strategy(탈탄소 전략), Energy transition policy(에너지 전환 정책)

1. 서 론

전 세계적으로 기후 변화 대응과 탄소중립 실현을 위한 에너지 전환의 필요성이 강조됨에 따라[1)], 수소 에너지는 지속가능한 대체 에너지원으로 주목받고 있다. 특히 우리나라는 「수소도시 2.0 추진 전략」을 통해 도시 단위의 수소 인프라 확장을 구체화하고 있으며[2)], 2040년까지 총 280 km 규모의 수소 배관망 구축하고 도시 에너지 소비의 10%를 수소 에너지로 전환하겠다는 목표를 제시하였다[3)]. 이에 해당 수소 정책에 대한 환경적 효과성을 제시하기 위하여 기존

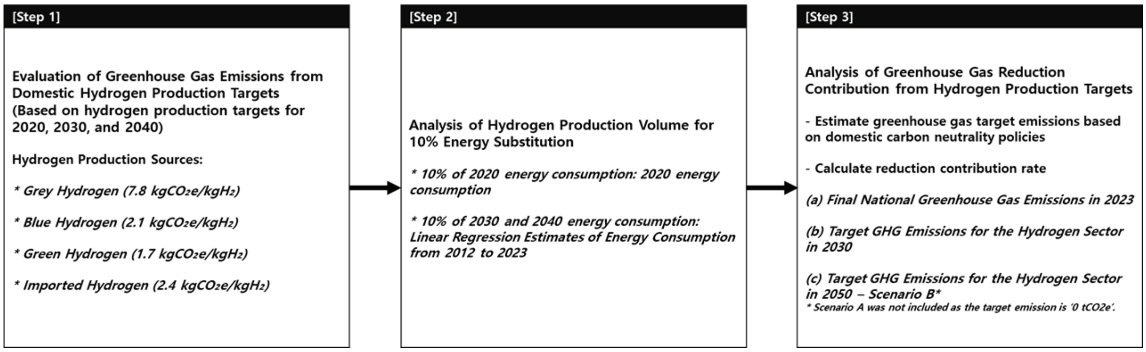

Fig. 1. The analysis flow

에너지에서 수소에너지로 전환 시 발생하는 환경적 효과성을 제시하기 위하여 기존 에너지에서 수소에너지로 전환 시 발생하는 환경영향에 대한 정량적 평가 및 분석의 필요성이 제기된다.

이에 본 연구는 기존 도시 에너지 소비의 10%를 수소 에너지로 전환할 경우 발생하는 환경적 효과를 분석하고자 하였다. 특히, 국내 수소 기반 인프라가 물류 수송, 산업, 건물, 발전 등 도시 전반으로 확대되고 있어 국내 도시 내 산업, 건물, 수송 부문의 에너지 소비를 포함하고 있는 국내 에너지 다소비 산업의 에너지 소비를 기준으로 분석하였다.

또한, 수소 에너지가 기존 에너지원 대비 온실가스 배출 저감율에 미치는 영향을 중심으로 전환 시나리오를 구축하고, 산업 내 에너지 소비 구조 변화가 온실가스 배출량에 미치는 영향을 평가하였다[4]. 더 나아가, 산정된 저감량을 국내 에너지 다소비 산업과 비교함으로써 수소 에너지 도입이 탄소중립 실현에 기여할 수 있는 수준[5]을 정량적으로 분석하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 국내 에너지 다소비 산업을 대상으로 수소 에너지 적용 시 예상되는 온실가스 저감 효과를 정량적으로 분석하는 데 목적을 둔다. 이를 위해 먼저 국내 에너지 사용량 통계를 수집·분석하여 2030년 및 2050년의 에너지 소비량을 예측하였다. 이후 문헌조사를 통해 수소 생산 유형별 온실가스 배출 계수를 산정하고, 수소 에너지 전환 시 발생하는 온실가스 배출량을 산정하였다. 또한, 기존 에너지의 10%를 수소 에너지로 대체하는 시나리오를 설계하고, 전환에 따른 배출 저감 효과를 기존 에너지원과 비교 분석하여 도출된 저감량을 국가 전체 온실가스 배출량과 비교하여 수소 에너지 도입의 정책적 기여도를 평가하였다(Fig 1).

2.1 국내 에너지 소비 수준 산정

본 연구는 한국에너지공단에서 매년 발간하는 「에너지사용량 통계」 보고서를 활용하여 국내 에너지 다소비 산업의 평균 4,452개의 기업[6-17]을 대상으로 에너지 소비 수준을 산정하였다(Table 1). 여기서 제시하는 에너지다소비산업이란 「에너지이용 합리화법」에 따라 연간 에너지사용량 합계(연료·열·전력)가 2,000toe(석유환산톤) 이상인 사업장들의 집합체를 의미한다. 국내에서는 크게 산업부문, 건물부문 그리고 수송부문으로 나누어 에너지 다소비 산업에 대한 에너지 사용량을 점검하고 있다.

2.2 수소 생산 온실가스 배출 계수 산정

본 연구에서는 수소 생산의 온실가스 배출 계수를 산정하기 위하여 생산 유형을 그레이 수소(Grey Hydrogen), 블루 수소(Blue Hydrogen), 그린 수소(Green Hydrogen), 해외 수입 수소(Imported Hydrogen)로 구분

Table 1. Scope of research data collection and share of energy use in final energy consumption

Category(year)	Number of Entities (Unit: counts)	Share of Energy Use(%)
2012[6]	3,252	39.5
2013[7]	3,594	39.4
2014[8]	3,777	41.9
2015[9]	4,393	41.9
2016[10]	4,578	44.9
2017[11]	4,682	44.7
2018[12]	4,694	45.8
2019[13]	4,695	47.7
2020[14]	4,714	47.0
2021[15]	4,863	46.9
2022[16]	5,049	45.9
2023[17]	5,128	47.8
Average	4,452	44.5

하였다. 그레이 수소는 메탄 개질(SMR) 및 석유화학 공정의 부생수소 생산 사례를 기반으로 평균 배출 계수를 적용하였으며, 블루 수소는 기존 메탄 개질 공정에 탄소포집·활용·저장(CCUS) 기술을 도입한 사례를 토대로 평균값을 산출하였다. 그린 수소는 재생 에너지를 활용한 수전해 기반 생산 사례를 반영하였고, 해외 수입 수소의 배출 계수는 그린 수소 생산 기반 수입 수소로 설정하여 그린 수소 생산과 함께 암모니아를 기체 수소로 전환하는 공정을 고려하였다(Table 2).

2.3 수소 에너지 온실가스 배출량 산정

본 연구에서 기존 에너지 사용량의 10%를 수소 에너지로 대체했을 때 나타나는 환경적인 영향을 평가하기 위하여 2020년 기준 국내 최종 에너지 소비량 대비 47%를 차지하는 국내 에너지 다소비 산업의 에너지 소비 수준을 기준으로 수소 에너지로 전환 시 필요한 수소의 양을 도출하였다. 또한, 기존 에너지 사용량 10%와 전환 시 필요한 수소 에너지에 대한 온실가스 배출량을 식 (1)을 통해 산정하였다.

Table 2. Estimation criteria for hydrogen-related emissions

Category	Average Emissions (Unit: $kgCO_2e/kgH_2$)	Emissions (Unit: $kgCO_2e/kgH_2$)	Source
Grey Hydrogen	7.8	8.8	NETL, 2022[18]
		9.8	IEA, 2022[19]
		9.8	J.H. Bae et al., 2007[20]
		2.6	Ecoinvent 3.11
Blue Hydrogen	2.1	3.9	NETL, 2022
		0.6	IEA, 2022
		1.7	J.H. Bae et al., 2007
Green Hydrogen	1.7	2.0	Terlouw, T et al. 2022[21]
		1.0	Shandarr, R et al. 2014[22]
		3.3	Bareiss, K et al. 2019[23]
		0.7	Ghandehariun, S et al. 2016[24]
Imported hydrogen	2.4	0.7	Lim, JT et al. 2025[25]
		1.7	Average value of Green Hydrogen

여기서, E_t은 총 온실가스 배출량, E_c은 에너지 소비량 그리고 E_h은 수소 생산에 대한 배출계수를 의미한다.

$$E_t = E_c \times E_h \tag{1}$$

또한, 국내 수소 생산 목표량에 대한 온실가스 배출량을 산정하기 위해 「2021년 1차 수소경제 이행 기본계획」내 정부 수소 정책에 따른 수소 유형별 생산 목표 비율 및 기술을 반영하여 온실가스 배출량을 산정하였다.

2.4 에너지 저감 시나리오 설계

본 연구는 국가 온실가스 배출량에서 국내 에너지 다소비 산업에서 사용하는 에너지의 10%를 수소 에너지로 전환 시 발생하는 효과를 분석하기 위하여

Table 3. Current status of national greenhouse gas emissions

Category	Greenhouse Gas Emissions (Unit: ton CO_2e)
(a) National Greenhouse Gas Emissions in Korea (2023)[26]	624,200,000
(b) Hydrogen Greenhouse Gas Target Emissions – 2030 (Revised NDC)[27]	8,400,000
(c) Hydrogen Greenhouse Gas Target Emissions – 2050 – Scenario B*[28] *Scenario A was not included as the target emission is '0 tCO_2e'.	9,000,000

Table 4. GHG emissions based on national hydrogen production targets

Category of Hydrogen			Production Target (Unit: ton H_2)[19]	Hydrogen Production Ratio (Unit: %)[29]	GHG Emissions (Unit: ton CO_2e)
1	2020	Total	220,000	100	1,706,650
		Grey	220,000	100	1,706,650
		Blue	-	-	-
		Green	-	-	-
		Imported	-	-	-
2	2030	Total	3,900,000	100	13,978,025
		Grey	940,000	24	7,292,050
		Blue	750,000	19	1,552,500
		Green	250,000	6	434,375
		Imported	1,960,000	50	4,699,100
3	2050	Total	27,900,000	100	64,255,250
		Grey	-	-	-
		Blue	2,000,000	7	4,140,000
		Green	3,000,000	11	5,212,500
		Imported	22,900,000	82	54,902,750

(a)2023년 국내 총 온실가스 배출량 624,200 천 톤 CO_2e 을 기준으로 산정하였다.

또한, 2030년 및 2050년 수소 부문 목표 배출량 대비 기여율을 평가하기 위해 (b)2030년 수소부문 온실가스 목표 배출량 8,400 천 톤 CO_2e, (c)2050년은 화석연료를 인정하지 않는 A안과 일부 화석연료를 인정하는 B안 중 상대적으로 온실가스 배출량 목표가 완화된 B안의 수소 부문 온실가스 목표 배출량 9,000 천 톤 CO_2e 을 기준으로 식 (2)를 통해 저감 기여도를 정량적으로 도출하였다(Table 3). 여기서, E_{rc}은 온실가스 에너지 저감 기여율, E_{gr}은 에너지 전환에 따른 온실가스 저감량 그리고 E_s은 시나리오 배출량을 의미한다.

$$E_{rc} = (E_{gr}/E_s) \times 100 \tag{2}$$

3. 연구 결과

3.1 국내 수소 생산 목표량의 온실가스 배출량 평가

국내 2020년 총 수소 생산 목표량 220 천 톤을 기준으로 수소 생산 목표 비율인 그레이수소 100%의 온실가스 배출량을 산정한 결과 1,706 천 톤 CO_2e 으로 나타났다. 2030년의 총 수소 생산 목표량 3,900

Table 5. Required hydrogen production for 10% energy substitution

Category		Energy Consumption in Energy-Intensive Industries (Unit: toe)	10% Conversion Value (Unit: toe)	Required Hydrogen Amount (Unit: ton)
1	2020	104,345,000	10,434,500	3,081,065
2	2030	134,781,987	13,478,199	3,979,798
3	2050	189,145,833	18,914,583	5,585,035

천 톤을 기준으로 수소 생산 목표 비율인 그레이수소 24%, 블루수소 19%, 그린수소 6%, 해외수입수소 50%의 온실가스 배출량을 산정한 결과 13,978 천 톤 CO_2e 으로 나타났다. 2050년 총 수소 생산 목표량 27,900 천 톤을 기준으로 수소 생산 목표 비율인 블루수소 7%, 그린수소 11%, 해외수입수소 82%의 온실가스 배출량을 산정한 결과 64,255 천 톤 CO_2e 으로 나타났다(Table 4).

3.2 에너지 사용량 10% 전환에 따른 수소 생산 필요량 및 온실가스 배출량 분석

국내 에너지 다소비 산업 에너지 사용량의 10%를 수소로 전환할 경우 필요한 수소량은 2020년 3,081 천 톤, 2030년 3,979 천 톤, 2050년 5,585 천 톤으로 산정되었다(Table 5). 해당 결과 값을 국가 수소 목표 생산량과 비교한 결과, 2050년을 제외한 2020년과 2030년의 국가 수소 목표 생산량이 에너지 전환에 필요한 수소량보다 부족하여 국가 에너지 소비 계획에 차질이 생길 것으로 파악된다.

2020년인 경우, 수소 생산 목표 220 천 톤과 대비하여 수소 생산량이 2,861 천 톤이 부족한 것으로 나타났다. 2030년인 경우, 수소 생산 목표 3,900 천 톤과 대비하여 수소 생산량이 79 천 톤이 부족한 것으로 나타났다. 반면, 2050년인 경우, 수소 생산 목표 27,900 천 톤과 대비하여 22,314 천 톤의 수소 생산

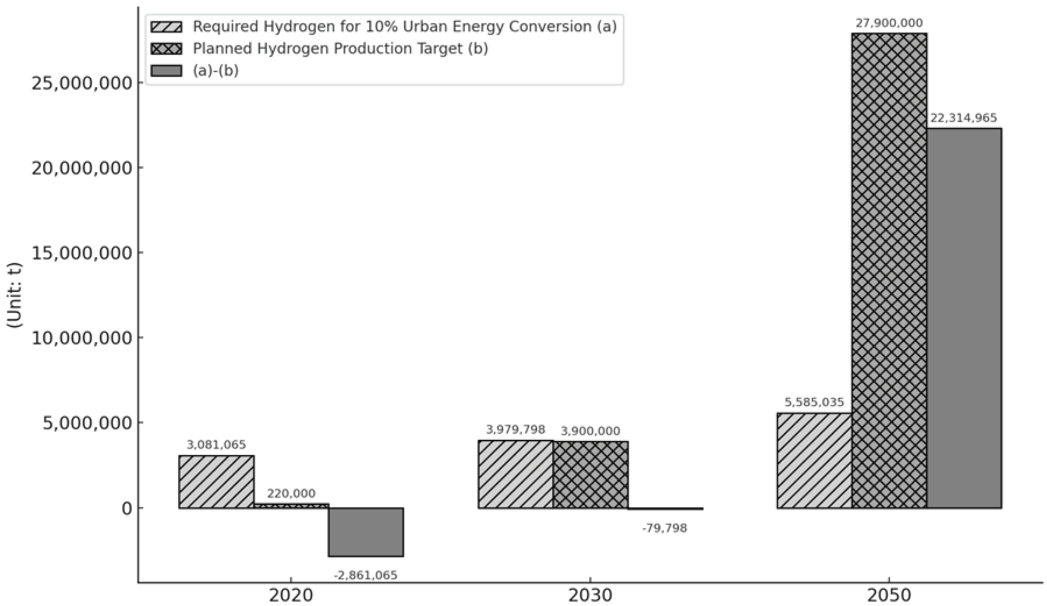

Fig. 2. Comparative analysis with national hydrogen production targets

Table 6. Scenario application: hydrogen share for 10% urban energy substitution

	Category		Production Target (Unit: ton H_2)	Hydrogen Production Ratio (Unit: %)	Greenhouse Gas Emissions (Unit: ton CO_2e)
1	2020	Total	3,081,065	100	23,901,358
		Grey	3,081,065	100	23,901,358
		Blue	-	-	-
		Green	-	-	-
		Imported	-	-	-
2	2030	Total	3,979,798	100	14,264,029
		Grey	959,233	24	7,441,252
		Blue	765,346	19	1,584,266
		Green	255,115	6	443,263
		Imported	2,000,104	50	4,795,248
3	2050	Total	5,585,035	100	12,862,647
		Grey	-	-	-
		Blue	400,361	7	828,747
		Green	600,541	11	1,043,441
		Imported	4,584,133	82	10,990,459

량의 잉여분이 발생하는 것으로 나타났다(Fig 2).

또한, 수소 생산 목표량에 대한 온실가스 배출량을 산정하였다. 2020년에는 필요 수소량 3,081 천 톤을 기준으로 그레이수소 100%의 비율을 적용한 결과, 총 온실가스 배출량은 23,901 천 톤 CO_2e로 산정되었다. 2030년 역시 총 필요 수소 생산량 3,979 천 톤을 기준으로 그레이수소 24%, 블루수소 19%, 그린수소 6%, 해외수입수소 50%의 비율을 적용한 결과, 총 온실가스 배출량은 14,264 천 톤 CO_2e로 나타났다. 2050년에는 필요 수소량 5,585 천 톤을 기준으로 블루수소 7%, 그린수소 11%, 해외수입수소 82%의 비율을 적용한 결과, 온실가스 배출량은 12,862 천 톤 CO_2e로 나타났다(Table 6).

3.3 수소 생산 목표에 따른 온실가스 저감 기여도 분석

수소 공급 구성에 따른 배출량을 기존 에너지원 사용 시 발생하는 온실가스 배출량과 비교하여 수소 전환에 따른 저감 효과를 정량적으로 도출하고자 국내 총 온실가스 배출량 대비 저감 기여율과 2030년 및 2050년 수소 부문 목표 배출량 대비 기여율을 평가하였다.

2020년의 경우, 수소 에너지 전환으로 인한 온실가스 배출량이 기존 대비 13,590 천 톤 CO_2e 감소하였으며, 이는 국내 총 온실가스 배출량과 대비하여 저감 기여율이 2.2%으로 나타났다. 또한, 국내 수소 부문 온실가스 목표 배출량 대비 국내 에너지 다소비 산업의 에너지 10% 전환 시나리오의 온실가스 배출량을 비교하였을 때, 2030년은 161.8%, 2050년은 151.0%으로 나타났다.

2030년의 경우, 수소 에너지 전환으로 인한 온실가스 배출량이 기존 대비 35,316 천 톤 CO_2e 감소하였으며, 이는 국내 총 온실가스 배출량과 대비하여 저감 기여율이 5.4%으로 나타났다. 또한, 국내 수소 부문 온실가스 목표 배출량 대비 국내 에너지 다소비 산업의 에너지 10% 전환 시나리오의 온실가스 배출량을 비교하였을 때, 2030년은 401.4%, 2050년은 374.7%으로 나타났다.

2050년의 경우, 수소 에너지 전환으로 인한 온실가스 배출량이 기존 대비 56,904 천 톤 CO_2e 감소하

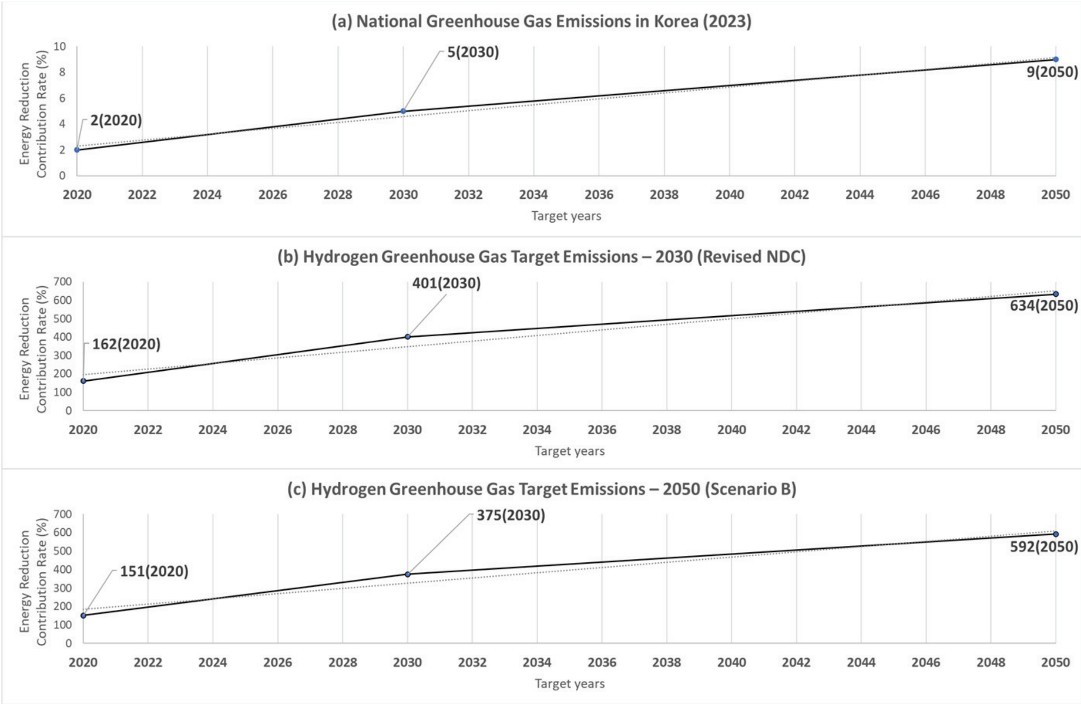

Fig. 3. Energy reduction contribution rate

였으며, 이는 국내 총 온실가스 배출량과 대비하여 저감 기여율이 8.5%으로 나타났다. 또한, 국내 수소 부문 온실가스 목표 배출량 대비 국내 에너지 다소비 산업의 에너지 10% 전환 시나리오의 온실가스 배출량을 비교하였을 때, 2030년은 633.9%, 2050년은 591.7%으로 나타났다.

또한 에너지 다소비 산업의 10%를 수소로 전환했을 때, 국가 총 온실가스 배출량 대비 저감 기여율은 2020년 2.2%, 2030년 5.4%, 2050년 8.5%로 점진적으로 확대되는 것으로 나타났다. 이는 동일한 전환 비율에서도 수소 공급 구조의 변화와 총 수소 수요 증가에 따라 감축 효과가 강화될 수 있음을 보여준다. 그러나 2030년 및 2050년의 국내 수소 부문 온실가스 목표 배출량과 비교할 경우, 산업 부문의 10% 전환으로 인한 배출 규모는 2030년 목표치의 평균 399.0%, 2050년 목표치의 평균 372.4%에 해당하는 수준으로 산정되었다. 따라서 산업 부문의 수소 전환은 국가 전체 온실가스 감축에는 일정 기여를 하지만, 동시에 수소 부문 감축 목표와 비교했을 때 매우 큰 비중을 차지하여 국내 산업계의 수소 에너지 전환 사업은 온실가스 배출량 저감 목표 달성 과정에서 핵심적인 요소로 작용할 수 있음을 확인하였다 (Table 7, Fig 3).

4. 결 론

2020년 시나리오에서는 에너지 다소비 산업의 10% 전환 수요량에 해당하는 3,081천 톤이 국가 수소 생산 목표량인 220천 톤을 크게 상회하여, 약 2,861천 톤의 수소량이 부족할 것으로 나타났다. 이는 초기 단계에서 국내 생산 기반만으로는 산업 부문의 전환 수요를 충족하기 어렵다는 점을 확인하였다. 또한, 전환에 필요한 수소를 전량 그레이수소로 공급할 경우 총 23,901천 톤 CO_2e의 온실가스가 배출되는 것으로 산정되어, 수소 전환 자체가 단기적으로는 온실가스 배출을 증가시킬 수 있음을 확인하였

Table 7. GHG reduction contribution based on hydrogen use for 10% urban energy substitution

Category	Target year	10% Converted Energy Use in Energy-Intensive Industries (Unit: toe)	GHG Emissions Before Conversion (Unit: tCO_2e) (e)	Required Hydrogen for 10% Conversion (Unit: ton H_2)	GHG Emissions After Conversion (Unit: tCO_2e) (f)	GHG Reduction Amount (Unit: tCO_2e) (e) - (f)	GHG Reduction Contribution Rate (Unit: %)
(a) National Greenhouse Gas Emissions in Korea (2023)[26]	2020	10,434,500	37,491,600	3,081,065	23,901,358	13,590,242	2
	2030	13,478,199	47,985,374	3,979,798	14,264,029	35,316,428	5
	2050	18,914,583	66,111,626	5,585,035	12,862,647	56,904,825	9
(b) Hydrogen Greenhouse Gas Target Emissions – 2030 (Revised NDC)[27]	2020	10,434,500	37,491,600	3,081,065	23,901,358	13,590,242	162
	2030	13,478,199	47,985,374	3,979,798	14,264,029	35,316,428	401
	2050	18,914,583	66,111,626	5,585,035	12,862,647	56,904,825	634
(c) Hydrogen Greenhouse Gas Target Emissions – 2050 – Scenario B*[28]	2020	10,434,500	37,491,600	3,081,065	23,901,358	13,590,242	151
	2030	13,478,199	47,985,374	3,979,798	14,264,029	35,316,428	375
	2050	18,914,583	66,111,626	5,585,035	12,862,647	56,904,825	592

다. 다만, 기존 에너지원 대비 약 13,590천 톤 CO_2e의 배출 저감 효과가 발생하여, 국내 에너지 다소비 산업 에너지 전환 10% 에 대한 온실가스 배출량 대비 36%의 감축 기여율을 나타냈다. 이는 수소 전환이 제한적인 범위에서나마 초기 감축 수단으로 고려할 수 있을 것이다.

2030년에는 에너지 다소비 산업의 10% 전환 수요량에 해당하는 3,979천 톤이 국가 수소 생산 목표량인 3,900천 톤과 근접하여, 약 79천 톤의 수소량이 부족할 것으로 나타났다. 공급 측면에서 부족한 수소량에 대한 수소 확보 대안이 필요하지만, 초기 대비 수급 격차가 줄어들었음을 확인하였다. 또한, 수소 믹스에서 그레이수소 비중이 24%로 감소하고 블루수소·그린수소 및 해외수입수소의 비중이 확대됨에 따라 총 온실가스 배출량은 14,264천 톤 CO_2e로 산정되었다. 이는 기존 대비 33,721천 톤 CO_2e를 감축한 수치로, 국내 에너지 다소비 산업 에너지 전환 10% 에 대한 온실가스 배출량 대비 70%의 감축 기여율을 달성하는 것으로 나타났다. 따라서 2030년 이후 수소 전환은 산업 부문의 실질적 감축 수단으로 활용될 수 있다는 점을 확인하였다.

2050년에는 산업의 10% 전환 수요량에 해당하는 5,585천 톤에 비해 국가 수소 생산 목표량인 27,900천 톤 보다 크게 초과하여, 22,314천 톤의 수소 잉여분이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 장기적으로 국내 공급량이 산업 전환 수요를 충분히 상회하여, 타 부문 활용 또는 해외 수출 전략을 고려할 수 있을 것이다. 또한, 수소 공급 구조가 블루수소 7%, 그린수소 11%, 해외수입수소 82%로 구성되면서, 총 온실가스 배출량은 12,862천 톤 CO_2e로 산정되었다. 기존 대비 56,904천 톤 CO_2e가 감축되어 국내 에너지 다소비 산업 에너지 전환 10% 에 대한 온실가스 배출량 대비 81%를 차지하는 감축 효과를 나타냈다. 이는 2050년 수소 전환이 국가 탄소중립 실현에 있어 핵심적 역할을 할 수 있을 것이라는 점을 확인하였다.

결과적으로 산업 부문 10% 전환 시나리오는 단기적으로는 수소 공급 부족과 그레이수소 의존에 따른 온실가스 배출 증가 가능성이라는 한계를 지니지만, 중장기적으로는 공급 과잉과 청정수소 확대를 통한 탄소 저감 효과라는 기회를 동시에 내포하고 있음을 확인하였다. 특히, 2020년과 2030년의 수급 부족 문제는 해외 수소 수입 및 인프라 확충을 통해 보완되

어야 하며, 2050년 이후 발생하는 잉여 수소는 산업 외 부문 활용 및 수출 전략을 통해 효율적으로 관리되어야 할 것이다. 또한, 수소 전환의 실질적 온실가스 저감 효과를 극대화하기 위해서는 수소 공급의 질적 전환, 즉 그레이수소에서 블루·그린수소로의 전환과 국제적 협력을 통한 안정적 공급망 구축이 필수적일 것이다. 따라서 수소 에너지 전환은 국내 에너지 다소비 산업의 탈탄소화 전략에서 점진적으로 확대될 수 있는 중요한 수단으로서, 전력 부문 탈탄소화, 효율 향상 정책 등 다른 감축 수단과 병행될 때 국가 탄소중립 목표 달성에 실질적으로 기여할 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2024-00417444).

References

1. T. H. Moon and H. S. Kim, "Development direction for institutional and policy consistency of environmental policy for climate crisis", The Korean Journal of Public Administration, Vol. 31, No. 1, 2022, pp. 27-57, doi: https://doi.org/10.22897/kipajn.2022.31.1.002.
2. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Hydrogen City Promotion Strategy", Korea Development Institute, Korea, 2024.11.1., pp. 5-28, Retrieved from https://image.starrich.co.kr/integration/ceo_files/[%EB%B3%84%EC%B2%A8]%20(%EC%95%88%EA%B1%B4%20%EC%A0%9C3%ED%98%B8)%EC%88%98%EC%86%8C%EB%8F%84%EC%8B%9C%202.0%20%EC%B6%94%EC%A7%84%EC%A0%84%EB%9E%B5_1114.pdf.
3. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "The Era of Hydrogen Is Approaching: 'Hydrogen City 2.0 Promotion Strategy' Presents a New Blueprint for the Future of Cities and Hydrogen", Korea Policy Briefing, Korea, 2024.10.31., pp. 1-6, Retrieved from https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156658162.
4. D. W. Noh, "Development of Greenhouse Gas Evaluation Indicators for Low-Carbon Policies and Study on Policy Directions for Low-Carbon Development", Korea Energy Economics Institute(KEEI), Korea, Policy Brief 17-20, 2017.7.31., pp. 1-22, Retrieved from https://www.keei.re.kr/keei/download/KIP1720.pdf.
5. G. S. Noh, Y. J. Kim, H. J. Jeon, W. H. Kim, H. S. Go, K. S. Kang, and S. W. Jeong, "Analyses on techno-economic aspects and green hydrogen production capability of MW-scale low-temperature water electrolyzers in Jeju Island, South Korea", Journal of Hydrogen and New Energy, Vol. 34, No. 3, 2023, pp. 235-245, doi: https://doi.org/10.7316/JHNE.2023.34.3.235.
6. Korea Energy Agency, "2012 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2013.6., pp. 1-165, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=18415.
7. Korea Energy Agency, "2013 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2014.6., pp. 1-165, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=18908.
8. Korea Energy Agency, "2014 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2015.6., pp. 1-165, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=19415.
9. Korea Energy Agency, "2015 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2016.6., pp. 1-185, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=20220.
10. Korea Energy Agency, "2016 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2017.6., pp. 1-232, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=20847.
11. Korea Energy Agency, "2017 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2018.6., pp. 1-234, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=21450.
12. Korea Energy Agency, "2018 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2019.6., pp. 1-234, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=21861.
13. Korea Energy Agency, "2019 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2020.6., pp. 1-234, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=22299.
14. Korea Energy Agency, "2020 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2021.6., pp. 1-234, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=23064.
15. Korea Energy Agency, "2021 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use", Korea, 2022.8., pp. 1-235, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=23670.
16. Korea Energy Agency, "2022 Energy Consumption Statistics –

Reporting Entities on Energy Use”, Korea, 2023.8., pp. 1-236, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=24154.
17. Korea Energy Agency, “2023 Energy Consumption Statistics – Reporting Entities on Energy Use”, Korea, 2024.8., pp. 1-236, Retrieved from https://www.energy.or.kr/front/board/View9.do?boardMngNo=9&boardNo=24156.
18. E. Lewis, S. McNaul, M. Jamieson, M. S. Henriksen, H. S. Matthews, L. Walsh, J. Grove, T. Shultz, T. J. Skone, and R. Stevens, “Comparison of commercial, state-of-the-art, fossil-based hydrogen production technologies”, National Energy Technology Laboratory(NETL), United States of America, DOE/NETL-2022/3241, 2022, pp. 1-327, doi: https://doi.org/10.2172/1862910.
19. X. Zhang and D. Xu, “Opportunities for hydrogen production with CCUS in China”, International Energy Agency (IEA), France, 2022, pp. 1-77, Retrieved from https://www.iea.org/reports/opportunities-for-hydrogen-production-with-ccus-in-china.
20. J. H. Bae and K. H. Jeong, “A study on the estimation of hydrogen production costs: focusing on fossil energy”, Korea Energy Economics Institute (KEEI), 2007, pp. 1-389, Retrieved from https://www.keei.re.kr/board.es?mid=a10101030000&bid=0001&act=view&list_no=81256&nPage=1.
21. T. Terlouw, C. Bauer, R. McKenna, and M. Mazzotti, “Large-scale hydrogen production via water electrolysis: a techno-economic and environmental assessment”, Energy & Environmental Science, Vol. 15, 2022, pp. 3583-3602, doi: https://doi.org/10.1039/D2EE01023B.
22. R. Bhandari, C. A. Trudewind, and P. Zapp, “Life cycle assessment of hydrogen production via electrolysis–a review”, Journal of Cleaner Production, Vol. 85, 2014, pp. 151-163, doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.048.
23. K. Bareiß, C. de la Rua, M. Möckl, and T. Hamacher, “Life cycle assessment of hydrogen from proton exchange membrane water electrolysis in future energy systems”, Applied Energy, Vol. 237, 2019, pp. 862-872, doi: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.001.
24. S. Ghandehariun and A. Kumar, “Life cycle assessment of wind-based hydrogen production in Western Canada”, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 41, No. 22, 2016, pp. 9696-9704, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.04.077.
25. S. Devkota, J. Y. Cha, B. J. Shin, J. H. Mun, H. C. Yoon, S. A. Mazari, and J. H. Moon, “Techno-economic and environmental assessment of hydrogen production through ammonia decomposition”, Applied Energy, Vol. 358, 2024, pp. 122605, doi: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122605.
26. Greenhouse Gas Inventory and Research Center (GIR), “In 2023, greenhouse gas emissions totaled 624.2 million tons — down 4.4% from the previous year, marking a decline for the second consecutive year,”, Ministry of Environment, Korea, 2024.09, Retrieved from https://www.korea.kr/briefing/policyBriefingView.do?newsId=156650514.
27. Carbon Neutrality and Green Growth Commission, “National greenhouse gas reduction target for 2030”, Korea, Retrieved from https://www.2050cnc.go.kr/base/contents/view?contentsNo=59&menuLevel=2&menuNo=109.
28. 2050 Carbon Neutrality Commission, “2050 carbon neutrality commission”, 2021, pp. 1-146, Retrieved from https://www.2050cnc.go.kr/base/board/read?boardManagementNo=4&boardNo=101&searchCategory=&page=1&searchType=&searchWord=&menuLevel=2&menuNo=15.
29. Jointly by Relevant Ministries, “Hydrogen economy activation roadmap”, Korea, 2019.01, pp. 1-68, Retrieved from https://www.khfcia.com/21/?bmode=view&idx=15194613.