Journal of Hydrogen and New Energy, Vol. 36, No. 6, 2025, pp. 607~614
DOI: https://doi.org/10.7316/JHNE.2025.36.6.607

JHNE
pISSN 1738-7264 • eISSN 2288-7407

이동식 수소충전소 통합 운영모델의 타당성 분석: 수요ㆍ공급 예측 및 시나리오에 따른 경제성 평가

백동현[1] · 박창협[1,2†] · 전호병[1,3] · 김기세[1]

[1]강원대학교 수소안전융합학과, [2]강원대학교 에너지자원공학과, [3]한국가스안전공사

Economic Feasibility of an Integrated Mobile-Stationary Hydrogen Refueling Station: Scenario-based Evaluation Using Demand-Supply Forecast

DONGHYUN BAEK[1], CHANGHYUP PARK[1,2†], HOBYUNG JEON[1,3], KISE KIM[1]

[1]Department of Integrative Engineering for Hydrogen Safety, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon 24341, Korea
[2]Department of Energy and Resources Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon 24341, Korea
[3]Korea Gas Safety Corporation, 1390 Wonjung-ro, Maengdong-myeon, Eumseong 27738, Korea

†Corresponding author :
changhyup@kangwon.ac.kr

Received 22 September, 2025
Revised 3 November, 2025
Accepted 3 November, 2025

Abstract >> This paper presents the economic feasibility of an integrated mobile-stationary hydrogen refueling station in comparison to the conventional stationary-only configuration. A discounted cash flow (DCF) analysis reveals that the stationary-only model would require the construction of 533 stations to meet the projected demand, whereas the integrated model can achieve the same target with 445 stations; comprising 400 integrated and 45 stationary units. This translates to an estimated cost reduction of approximately KRW 89.5 billion in total capital expenditure. The integrated model not only improves investment stability but also demonstrates superior economic efficiency. These findings provide strategic implications for the future planning and optimization of hydrogen refueling infrastructure in the transition to a hydrogen-based mobility system.

Key words : Economic feasibility(경제적 타당성), Hydrogen supply(수소공급), Hydrogen refueling station(수소충전소), Mobile refueling(이동식 충전), Stationary refueling(고정식 충전), Demand-supply ratio(수요 공급비)

1. 서 론

수소전기차(Fuel Cell Electric Vehicle; FCEV)는 청정 교통 체계의 핵심 수단으로 부상하고 있으며, 충전 인프라의 확충은 수소전기차 보급확대를 위한 필수 요소이다[1,2]. 수소충전 인프라는 전통적으로 고정된 위치에 설치하는 고정식(Stationary hydrogen refueling station, sHRS)과 운송수단에 충전설비를 탑재하여 이동이 가능한 이동식(Mobile hydrogen refueling station, mHRS)으로 구분할 수 있다.

고정식 충전소는 고정된 장소에 설치되어 대량의 수소를 저장하고 차량에 공급하는 방식으로, 충전 효율성이 높고 안정적인 운영이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 특성으로 대도시, 산업단지, 고속도로 거점 등 수요가 집중된 지역에 적합하다. 그러나 초기 설치 비용이 크고, 부지 확보 및 인허가 절차가 복잡하다는 단점이 존재한다.

반면, 이동식 충전소는 트럭이나 트레일러에 충전 설비를 탑재하여 지역을 순회하며 운영할 수 있는 유연성을 갖는다. 설치가 빠르고 비용이 상대적으로 저렴하며, 수요가 낮거나 일시적인 장소에서 효율적인 대응이 가능하다는 장점이 있다. 그러나, 고정식에 비해서 저장 용량이 적고 충전 속도가 느리고, 장비의 내구성과 운용 위험도가 커서 상시 대용량 운영에는 부적합하다[3-6].

고정식 충전소는 대용량 연속 공급이 가능하고 이용자 신뢰도가 높다는 장점이 있고, 이동식 충전소는 유연성과 기동성이 뛰어나므로, 두 유형을 적절히 조합하면 상호 보완적인 효과를 기대할 수 있다[7,8]. 예를 들어, 대도시나 수소 수요가 집중된 거점에는 상시 운영되는 고정식 충전소를 두되, 농촌이나 고속도로 휴게소와 같이 상주 수요는 적지만 간헐적 수요가 있는 곳에는 이동식 충전소를 일정 주기로 파견하는 통합운영을 고민해 볼 수 있다. 정기 점검이나 고장으로 고정식 충전소가 일시적으로 가동이 중지될 경우 인근의 이동식 충전소를 투입하여 서비스 공백을 최소화하는 방안도 고려할 수 있다.

이런 통합 운영 모델은 수소충전 인프라의 효율성과 탄력성을 높여줄 것으로 기대되지만, 실제로 경제성이 어느 정도인지, 안전 관리에 문제가 없는지에 대한 종합적인 검토가 필요하다. 수소 수요에 맞추어 적합한 이동식-고정식 충전소(이동식과 고정식 충전소를 통합하여 병행운영하는 모델)의 설치계획을 수립하지 않고서는 정성적인 기대에만 머무를 수밖에 없다[9-11].

이 연구에서는 2020~2025년 기간동안의 수소전기차 판매실적에 근거하여 2030년까지의 연간 수소 소요량을 추정한 후, 이동식-고정식 수소충전소(Integrated model of mobile-stationary hydrogen refueling station; msHRS)와 기존 고정식 수소충전소만을 운영하는 경우를 시나리오 별로 구분하여 경제적 타당성을 평가하고자 한다.

2. 연구방법

이 연구에서 이동식-고정식 수소충전소 통합모델의 운영 타당성을 정량적으로 분석하기 위하여 (1) 수요와 공급 예측, (2) 경제성 평가, (3) 편익 분석을 수행한다.

2.1 수소전기차의 수소량 수요 및 공급의 예측

최근 5년간(2020~2025년) 수소전기차 판매실적 및 고정식 충전소 구축실적은 한국가스안전공사와 정부 공공데이터를 활용하였으며 보급실적(수소전기차 대수 및 고정식 충전소 수)과 기술 사양을 기반으로 2026년부터 2030년까지의 미래 보급 전망을 외삽하였다[1,2].

수소전기차의 수소 소요량 산출을 위해 ㈜현대자동차 발표에 따른 수소전기차 연간 평균 수소 소비량은 131.6 kg/대로 가정하며, 연도 별 수소소비량은 “해당 연도 수소전기차 대수 × 131.6 kg”로 산출된다[12]. 고정식 충전소 및 이동식-고정식 통합모델 공급능력 산출을 위해 구축비용과 운영비용을 가정하였다. 압축기 운전보장시간 300시간을 가정하면 개별 충전소의 연간 공급능력은 식 (1)과 같다.

$$S_S = C_{TS} \times E_O \times 300 = 7{,}500\,kg$$
$$S_{MS} = C_{TM} \times E_O \times 300 = 9{,}375\,kg \quad (1)$$

식 (1)에서, S_S은 고정식 충전소의 연간 수소 공급능력(kg), S_{MS}은 이동식-고정식 충전소의 연간 수소 공급능력(kg), C_{TS}는 고정식 수소충전소의 이론적 충전용량(kg/hr; = 40 kg/hr), C_{TM}는 이동식-고정식 수소충전소의 이론적 충전용량(kg/hr; = 50 kg/hr = 이동식 10 kg/hr + 고정식 40 kg//hr), E_O은 운영효율(=0.625로 가정)이다. 산출된 수소전기차의 수요량과

개별 충전소의 공급량에 대한 “수요공급비(Demand-supply ratio, *DSR* %)”는 식 (2)와 같다.

$$DSR(\%) = M_{capacity} / M_{consumption} \times 100 \quad (2)$$

식 (2)에서, *DSR*은 수요공급비, $M_{consumption}$은 연간 수소소비량, $M_{capacity}$은 연간 수소 충전용량이다. 평가시점 이전 자료에 근거하여 목표 수요공급비 기준을 정한 후, 이 기준에 따라 이동식-고정식 충전소로 전환 및 신설을 고려하였다.

2.2 경제성 평가

경제성 평가는 Kim 등[12]의 평가방법을 이용하여 감가상각비, 운용 유지비, 영업이익을 산출하였다. 충전소 구축비용은 충전소별 비용구간의 평균값으로 가정한 결과, 고정식 충전소의 구축비용은 개당 40억원, 이동식-고정식 통합모델의 구축비용은 개당 45억원, 이동식 충전소의 단독 구축비용은 개당 7.5억원으로 설정하였다.

감가상각비는 각 충전소의 구축 비용을 20년 분할상환 방식(감가상각)으로 처리하였으며 운영유지비는 고정식 충전소의 연간 운영 유지비는 2억원, 이동식-고정식 통합모델의 경우 2.5억원으로 가정하였다.

매출이익은 매출액과 매출원가의 차이로 정의되며, 영업이익은 매출이익에서 일반 관리비(감가상각비는 정부보조금으로 제외)를 차감한 값으로 산출된다(식 (3)).

$$R = M_{consumption} \times P_{out} \quad (3)$$

식 (3)에서, R은 연간 매출액, P_{out}은 수소 출고가격이다[12].

2.3 시나리오와 편익분석

대조군(비교군)은 수요공급비에 근거하여 고정식 충전소만을 건설하는 반면, 실험군은 이동식-고정식 통합모델에 따라 다음과 같이 3개의 시나리오로 나누었다. 3개의 시나리오 모두 매년 80개의 이동식-고정식 통합모델을 구축하는 것이지만, 기존 고정식을 활용하여 전환하는 경우와 신설하는 경우로 구분하였다.

- **시나리오 A**: 매년 이동식-고정식 통합모델을 50개씩 전환(기존 고정식 충전소에 이동식 충전소를 신설하여 추가하여 고정식 충전소를 이동식-고정식 통합운영 모델로 전환), 신규 통합모델을 30개씩 신설 구축 (이동식-고정식 통합모델을 신규로 건축)
- **시나리오 B**: 매년 40개 전환 및 40개 신설
- **시나리오 C**: 매년 30개 전환 및 50개 신설

시나리오에서「전환」은 이동식 충전소만을 신규로 추가하여 기존 고정식 단독운영을 이동식-고정식 통합운영으로 바꾸는 것을 의미하므로 이동식 충전소 신설 비용만이 추가된다.「신설」은 이동식-고정식 통합모델을 1개소 신규로 건축하는 것을 의미한다. 따라서, 시나리오에서는 이동식-고정식 통합모델과 전환이 되지 않은 고정식 충전소가 함께 운영되는 형태이다. 이 연구에서는 이동식 충전소가 단독 운영되는 경우는 고려하지 않았다.

Table 1은 2025년 시점의 고정식 수소충전소 295개소를 기준으로 구성한 시나리오 A의 수소충전소 구축계획이다. 2025년 기준 295개의 고정식 충전소는 더 이상 신설하지 않는다고 가정하고 있으므로, 전환되는 이동식-고정식 충전소(msHRS)와 기존 고정식 충전소(sHRS)의 합은 295개로 일정하다. 예를 들어, 2026년에는 고정식 수소충전소는 더 이상 늘리지 않으면서 기존 고정식 충전소 가운데 50개소에 이동식 충전소를 추가하여 전환하며, 30개는 통합모델로 구축하는 것이다. 2026년에는 기존 고정식 수소충전소(sHRS) 245개와 이동식-고정식 통합모델(msHRS)이 80개(전환 50개, 신설 30개) 운영된다.

Table 1. Construction of hydrogen refueling stations for Scenario A. (sHRS= stationary hydrogen refueling station; msHRS=Integrated model of mobile and stationary hydrogen refueling station)

HRS \ Year		2025	2026	2027	2028	2029	2030
sHRS		295	245	195	145	95	45
msHRS (Conversion)			50	100	150	200	250
msHRS (New construction)			30	60	90	120	150
Sum	sHRS	295	245	195	145	95	45
	msHRS		80	160	240	320	400
	Sum	295	325	355	385	415	445

시나리오 B와 C는 별첨(Table A)에 제시하였다. 편익 분석은 고정식 충전소 단독 설치(대조군)와 이동식-고정식 통합모델(실험군) 적용 시의 구축비용 및 운영비 차이를 비교하여, 절감 효과(편익)를 산출한다. 2026년부터 2030년까지의 충전소 구축비용 누적액과 운영이익의 개선 수준을 정량화하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수소전기차 차량보급 실적에 근거한 연간 수소 수요 및 공급 예측

Table 2는 최근 5년간(2020～2025년)의 수소차 증가추세에 근거하여 수소전기차 보급량을 추정하고, 수요공급비를 산정한 결과이다. 5년간 수요공급비는 최대 59.4% 최소 29.1%이며 평균 35.8%이다. 최근 3년간은 34%내외의 값을 가지고 있어 수요공급비 목표를 34%(±2%)로 산정하여 비교군 모델(고정식 충전소만을 운영)을 구축하였다.

수요공급비 목표를 충족하기 위해서는 고정식 충전소는 2026년 342개소에서 2030년에는 533개소로 늘어나야 한다 (대조군 모델).

3.2 경제성 분석 결과

Table 3은 경제성 평가를 위한 수소가격과 예측값

Table 2. Projection of DSR (Demand-Supply Ratio) and the number of sHRS (stationary hydrogen refueling station) for the comparative case. (FCEV=Fuel Cell Electric Vehicle)

Year	FCEV (vehicle)	sHRS (site)	Annual charging capacity (1,000 kg)	Annual consumption (1,000 kg)	DSR (%)
2020	8,473	55	413	1,115	37.0%
2021	10,176	106	795	1,339	59.4%
2022	29,993	153	1,147	3,947	29.1%
2023	35,093	193	1,448	4,618	31.4%
2024	37,587	250	1,875	4,946	37.9%
2025	50,045	295	2,213	6,586	33.6%
2026	58,779	342	2,566	7,735	33.2%
2027	67,512	390	2,924	8,885	32.9%
2028	76,245	440	3,282	10,034	32.7%
2029	82,863	486	3,640	10,905	33.4%
2030	90,891	533	3,997	11,961	33.4%

이다. 입고가격(purchase price; inbound price)은 충전소에 입고되는 수소단가이고 판매가격(sale price)은 출고가격이다. 수소 1 kg 당 입고가격과 출고가격의 차액만큼 매출이익이 발생한다.

3.2.1 고정식 충전소 단독운영의 경제성 분석

Table 4는 Table 2에서 제시한 고정식 충전소만을

Table 3. Projection of hydrogen prices supplied and sale in refueling station. (unit : KRW/H_2 kg)

Year	Purchase price (inbound price; Won/H_2kg)	Sale price (Won/H_2kg)
2020	4,800	8,000
2021	5,000	8,800
2022	5,500	9,500
2023	5,550	10,100
2024	5,550	9,991
2025	5,895	10,863
2026	6,100	11,391
2027	6,305	11,919
2028	6,510	12,447
2029	6,715	12,976
2030	6,920	13,504

Table 4. Result of economic evaluation for sHRS model to satisfy the guideline of demand-supply ratio as the comparative case. (unit: x1000 KRW)

Year	Sales revenue	Cost of goods sold	Gross profit margin	Administrative expenses	Depreciation and amortization	Operating profit
2020	162,189	97,313	64,876	200,000	200,000	-135,125
2021	111,176	63,168	48,008	200,000	200,000	-151,992
2022	245,080	141,888	103,192	200,000	200,000	-96,808
2023	241,680	132,804	108,876	200,000	200,000	-91,124
2024	197,680	109,811	87,869	200,000	200,000	-112,131
2025	242,514	131,607	110,907	200,000	200,000	-89,093
2026	257,490	137,888	119,602	200,000	200,000	-80,398
2027	271,601	143,671	127,930	200,000	200,000	-72,070
2028	285,410	149,269	136,141	200,000	200,000	-63,859
2029	291,564	150,887	140,677	200,000	200,000	-59,323
2030	303,044	155,294	147,750	200,000	200,000	-52,250

운영하는 경우의 경제성 평가 결과이다. 고정식 충전소의 수가 늘어나면서 매출이익은 상승하였으나 높은 일반관리비와 감가상각비로 운영수익은 여전히 음(-)의 값을 가지며, 할인율을 적용하지 않더라도 수익창출이 불가능하다. 2026년부터 2030년간 미할인 운영이익 현가는 –327,900천원이며, 년 7% 할인한 운영이익 현가는 –272,726천원이다. 매출을 통해 얻어진 미할인 판매이익(Gross profit margin)은 672,100천원(2026∼2030년 5년간)이지만 충전소 구축비의 감가상각을 충당하지 못하였다.

3.2.2 이동식-고정식 통합모델의 경제성 평가

Table 5는 시나리오 A의 경제성평가를 수행한 결과이다. 대조군인 고정식모델만을 사용한 경우와 비교하면 운영이익이 소폭 감소하며 수익창출은 불가능하다(Fig. 1). 이는 고정식 단독운영의 경우에 비해 수소충전소 수량이 감소되어 구축비가 절감되었고,

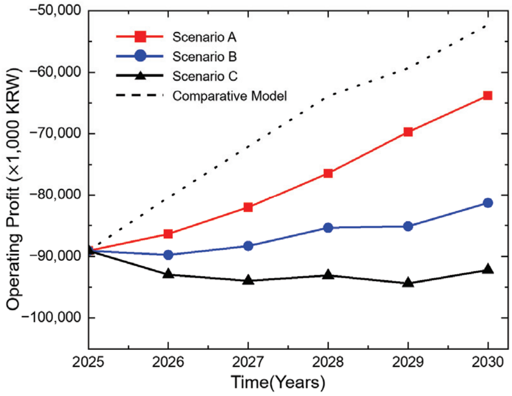

Fig. 1. Comparison of projected operating profits between the scenarios and the comparative model. Operating profit is undiscounted

Table 5. Result of economic evaluation for msHRS model (Scenario A) to satisfy the guideline of demand-supply ratio as the comparative case. (unit: x1000 KRW)

Year	Sales revenue	Cost of goods sold	Gross profit margin	Administrative expenses	Depreciation and amortization	Operating profit
2026	271,117	145,186	125,931	212,308	206,154	-86,377
2027	298,302	157,795	140,506	222,535	211,268	-82,029
2028	324,403	169,663	154,740	231,169	215,584	-76,429
2029	349,373	180,804	168,569	238,272	219,136	-69,703
2030	371,316	190,280	181,036	244,828	222,414	-63,792

수소전기차 운영 대비 공급량이 줄어들어 충전소별 영업이익이 감소하였기 때문이다.

3.3 편익분석

Table 6은 시나리오에 따라 대조군모델과 비교한 운영이익의 편익과 설비이용의 절감효과를 정리한 표이다. 시나리오 A는 운영이익의 편익은 대조군 대비 50백만원 감소되었으나 구축비(설비비)는 89,500백만원(=895억원)을 절감할 수 있다. 시나리오 B와 C는 운영이익은 대조군과 비교하여 감소하였으며, 신설되는 이동식-고정식 통합모델의 구축비용이 증가하여 음(-)의 구축비 편익을 가졌다.

시나리오에 따라 이동식-고정식 통합모델의 경제적 장단점을 모두 확인할 수 있다. 이동식-고정식 통합모델이 고정식 단독운영의 경우보다 운영이익은 감소하였으나 구축비용의 절감효과는 다양할 수 있다. 시나리오 B와 C는 운영이익의 감소가 커지고 구축비의 증가로 시나리오 A와 비교군에 비해 부정적이다. 이 연구결과는 시나리오에 따라 다른 결과를 도출될 수 있음을 보여주고 있기 때문에 수요공급비 목표에 따른 최적화 연구가 필요하다.

3.4 토의

이 연구는 3개의 시나리오에 따라 이동식-고정식 수소충전소의 전환과 신설에 따른 경제성과 편익분석을 수행하였다. 기존의 자료에 기반하여 향후 5년간의 추이를 추정하는 과정에서 가정, 예측 및 분석에서 다음과 같은 연구개선이 필요하다. 첫째, 실제 현장운영과 정책수립을 위해서는 보다 정밀한 분석과 동적모델 기반의 최적화모델링이 필요하다. 이 연구에서는 미래에 필요한 충전소 수의 예측을 위해 수소승용전기차 1대 당 연평균 수소사용량인 131.6kg을 가정하였다. 현실적인 결과 도출을 위해서는 실제 차량의 운영자료에 기반한 실시간 수요변화와 충전소 운영효율성을 모니터링할 수 있는 동적 모델의 활용이 필요하다. 이 동적모델은 정책변화, 기술혁신, 수소가격 변동, 운영지표 등을 반영하여 실시간 업데이트가 이루어지도록 설계하는 것이 필요하다. 둘째, 수소가격은 정책 및 기술적 확산에 영향을 받는다. 국내 수소산업은 국가 정책에 따라 좌우되며 기술확산의 불확실성도 크다. 이동식-고정식 통합모델의 구축과정에서 절감될 수 있는 구축비의 재투자와 운영 효율성의 향상, 정책변화에 따라 경제성 분석결과는 달라질 수 있다. 마지막으로, 정부와 민간투자의 협력모델과 보조금에 대한 정책이 경제성평가에 반영되어야 한다.

4. 결 론

이 연구는 수요공급비 예측에 근거하여 이동식-고정식 통합모델의 전환과 신설을 가정한 시나리오를 구성하고, 고정식 수소충전소만으로 수요공급비에 대응하는 모델과 경제성 및 편익을 비교하였다. 이동식-고정식 수소충전소를 병행운영하는 통합모델은 고정식만을 운영하는 사례보다 수익은 유사하지만 구축비를 크게 절감할 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다. 경제

Table 6. Summary of benefits in the scenarios compared with that of comparative case (sHRS). OPB: Operating profit benefit; CCS: Capital cost savings. (unit: x 10^6 KRW)

		Total	2026	2027	2028	2029	2030
Scenario A	OPB	-50	-6	-10	-13	-10	-11
	CCS	89,500	15,500	19,500	27,500	11,500	15,500
Scenario B	OPB	-102	-9	-16	-22	-26	-29
	CCS	-98,000	-22,000	-18,000	-10,000	-26,000	-22,000
Scenario C	OPB	-139	-13	-22	-29	-35	-40
	CCS	-285,500	-59,500	-55,500	-47,500	-63,500	-59,500

적인 면에서는 통합모델을 구축하는 경우 2026~2030년 기간동안 약 895억원의 구축비를 절감할 수 있는 시나리오(매년 50개소 전환, 30개소신설)를 제시하였다. 이동식 충전소를 기존 고정식 충전소에 결합한 전환의 수가 많을수록 구축비절감 효과가 크다.

이 연구는 시나리오에 따라 이동식-고정식 수소충전소 구축계획을 구분하여 평가하였다. 지난 5년간의 수소공급 추세를 반영하면 고정식 수소충전소는 2030년시점 533개소가 필요하지만, 매년 50개 전환, 30개 신설의 시나리오에서는 수요공급비를 충족하면서도 445개소로 축소할 수 있었다.

이 연구는 정책입안자와 민간투자자 모두에게 이동식-고정식 통합모델의 보급확대가 경제 및 기술적으로 타당할 수 있음을 보였으며 장기적으로는 수소전기차 보급확대와 정부의 수소경제 전략달성에 활용할 수 있다.

후 기

이 연구는 산업통상자원부/한국에너지기술평가원(MOTIE; RS-2022-KP002711)와 국토교통부/국토교통과학기술진흥원(MOLIT; RS-2022-00143541)의 지원을 받아 수행한 연구의 결과물입니다.

References

1. C. Y. Lee, D. Jeong, and J. Shin, "Forecasting hydrogen demand for transportation using the diffusion model and the CO_2 reduction effect", Journal of Climate Change Research, Vol. 12, No. 5-1, 2021, pp. 363-370, doi: https://doi.org/10.15531/KSCCR.2021.12.5.363.
2. C. Park, S. Lim, J. Shin, and C. Y. Lee, "How much hydrogen should be supplied in the transport market? focusing on hydrogen fuel cell vehicle demand in South Korea: hydrogen demand and fuel cell vehicles in South Korea", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 181, 2022, pp. 121750, doi: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121750.
3. D. H. Kim, J. Y. Lim, W. I. Park, and C. H. Joe, "Quantitative risk assessment of a mobile hydrogen refueling station in Korea", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 47, No. 78, 2022, pp. 33541-33549, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.07.194.
4. D. H. Kim, S. M. Lee, C. H. Joe, S. K. Kang, and Y. S. Huh, "A study on the quantitative risk assessment of mobile hydrogen refueling station", Transactions of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 31, No. 6, 2020, pp. 605-613, doi: https://doi.org/10.7316/KHNES.2020.31.6.605.
5. Y. S. Byun, "A study on safety improvement for mobile hydrogen refueling station by HAZOP analysis", Transactions of the Korean Hydrogen and New Energy Society, Vol. 32, No. 5, 2021, pp. 299-307, doi: https://doi.org/10.7316/KHNES.2021.32.5.299.
6. Y. Li, Z. Wang, X. Shi, and R. Fan, "Safety analysis of hydrogen leakage accident with a mobile hydrogen refueling station", Process Safety and Environmental Protection, Vol. 171, 2023, pp. 619-629, doi: https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.01.051.
7. L. Wu, Z. Shu, Y. Feng, and W. Tan, "Economic analysis of hydrogen refueling station considering different operation modes", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 52 (B), 2024, pp. 1577-1591, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.09.164.
8. I. A. Richardson, J. T. Fisher, P. E. Frome, B. O. Smith, S. Guo, S. Chanda, M. S. McFeely, A. M. Miller, and J. W. Leachman, "Low-cost, transportable hydrogen fueling station for early market adoption of fuel cell electric vehicles", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 40, No. 25, 2015, pp. 8122-8127, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.04.066.
9. B. Kang, T. Kim, and T. Lee, "Analysis of costs for a hydrogen refueling station in Korea", Journal of Hydrogen and New Energy, Vol. 27, No. 3, 2016, pp. 256-263, doi: https://doi.org/10.7316/KHNES.2016.27.3.256.
10. N. Wolf, R. Neuber, A. Mädlow, and M. Höck, "Techno-economic analysis of green hydrogen supply for a hydrogen refueling station in Germany", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 106, 2025, pp. 318-333, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.01.424.
11. S. Nistor, S. Dave, Z. Fan, and M. Sooriyabandara, "Technical and economic analysis of hydrogen refuelling", Applied Energy, Vol. 167, 2016, pp. 211-220, doi: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.094.
12. T. Kim, H. Youn, and B. Kim, "Feasibility study of the hydrogen station construction project", Proceedings of 2018 Spring Conference of the Korea Contents Association, Mokpo, 10-11 May 2018, pp. 377-378.

별첨 (Appendix)

Table A는 고정식 수소충전소만을 운영하는 대조군 모델과 시나리오에 따른 수소소비량, 충전용량, 수요공급비를 정리한 표이다.

Table A. Summary of comparative case and the scenarios in this study

Projection			2026	2027	2028	2029	2030
Annual consumption of FCEV (kg)			7,735,316	8,884,579	10,033,842	10,904,771	11,961,256
Stationarymodel (sHRS)	Demand-Supply Ratio (%)		33.18%	32.91%	32.71%	33.38%	33.42%
	Newly installation sites		47	48	50	46	47
	Sum installed sites		342	390	440	486	533
	Annual construction cost (KRW million)		188,000	192,000	200,000	184,000	188,000
	Annual Charging Capacity (kg)		2,566,500	2,924,250	3,282,000	3,639,750	3,997,500
Integrated model (sHRS+msHRS)	msHRS (Conversion)[1]	A	50	100	150	200	250
		B	40	80	120	160	200
		C	30	60	90	120	150
	msHRS (New construction)[2]	A	30	60	90	120	150
		B	40	80	120	160	200
		C	50	100	150	200	250
	sHRS (Existing stationary station)	A	245	195	145	95	45
		B	255	215	175	135	95
		C	265	235	205	175	145
	Sum	A	325	355	385	415	445
		B	335	375	415	455	495
		C	345	395	445	495	545
	Annual construction cost (KRW million)	A	172,500	172,500	172,500	172,500	172,500
		B	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
		C	247,500	247,500	247,500	247,500	247,500
	Annual charging capacity (kg)	A	2,587,500	2,962,500	3,337,500	3,712,500	4,087,500
		B	2,662,500	3,112,500	3,562,500	4,012,500	4,462,500
		C	2,737,500	3,262,500	3,787,500	4,312,500	4,837,500
	Demand-Supply Ratio (%)	A	33.45%	33.34%	33.26%	34.04%	34.17%
		B	34.42%	35.03%	35.50%	36.80%	37.31%
		C	35.39%	36.72%	37.75%	39.55%	40.44%

[1] Add mHRS(mobile hydrogen refueling station) on the existing sHRS(stationary hydrogen refueling station)
[2] Construct a new msHRS(integrated model of mobile and stationary hydrogen refueling station)