

창원시 액화수소 도입에 따른 재무성 분석 및 타당성 검토

강부민¹ · 정창훈^{1,2} · 하승우^{3,4} · 진홍덕^{4,5} · 김학민⁶ · 정대운^{2,4†}

¹(재)창원산업진흥원, ²창원대학교 스마트환경에너지공학과, ³창원시 스마트혁신산업국 전략산업과, ⁴창원대학교 환경공학과, ⁵(주)현진이엔피, ⁶창원대학교 산업기술연구원

Financial Analysis and Validity Study for the Introduction of Liquid Hydrogen in Changwon City

BOO MIN KANG¹, CHANG-HOON JEONG^{1,2}, SEUNG WOO HA^{3,4}, HONG-DEOK JIN^{4,5}, HAK-MIN KIM⁶, DAE-WOON JEONG^{2,4†}

¹Changwon Industry Promotion Agency, 46 Changwon-daero 18beon-gil, Uichang-gu, Changwon 51395, Korea

²Department of Smart Environmental Energy Engineering, Changwon National University, 20 Changwondaehak-ro, Uichang-gu, Changwon 51140, Korea

³Strategic Industry Division, Smart Innovative Industry Bureau, Changwon City, 151 Jungang-daero, Seongsan-gu, Changwon 51435, Korea

⁴Department of Environmental Engineering, Changwon National University, 20 Changwondaehak-ro, Uichang-gu, Changwon 51140, Korea

⁵Hyunjin ENP Co., Ltd., 61-53 Seobu-ro 396beon-gil, Jillye-myeon, Gimhae 50870, Korea

⁶Industrial Technology Research Center, Changwon National University, 20 Changwondaehak-ro, Uichang-gu, Changwon 51140, Korea

†Corresponding author :
dwjeong@changwon.ac.kr

Received 30 June, 2022

Revised 19 July, 2022

Accepted 5 August, 2022

Abstract >> The Changwon city which announced 2040 hydrogen policy vision is planning to establish the new hydrogen-centered city. The building of plant which is available to produce the 5 ton/day of liquid hydrogen is promoted as one of the projects in order to achieve the vision. However, the analysis in terms of local economic and environmental aspects is insufficient because this liquid hydrogen plant is the first in Korea. Therefore, in this study, the financial feasibility of the liquid hydrogen plant project was analyzed by reviewing the benefits of liquid hydrogen supply and environmental improvement, and the feasibility of this project has been investigated which is being built based on the hydrogen industrial plan of Changwon city.

Key words : Hydrogen economy(수소경제), Liquid hydrogen(액화수소), Economic analysis(경제성 분석), Environmental analysis(환경성 분석), Feasibility(타당성)

1. 서론

2015년 12월 파리 기후변화협약 당사국총회(COP21)에서 채택된 파리협정에 따라 협약 당사국들은 5년마다 상향된 온실가스 감축 목표를 제출하고, 목표 달성 경과보고를 의무적으로 시행하고 있다^{1,2)}. 이러한 협약을 통해 세계 경제는 화석연료 의존성에서 점진적으로 탈피하여 비 화석연료 또는 저탄소기술 시장으로 진입을 강제하고 있다²⁾. 최근 기후위기의 심각성 인식이 증대됨에 따라 주요국에서는 구체적인 탄소중립 정책을 단계적으로 발표하여 빠른 속도로 기후위기 대응 체제에 돌입하고 있다³⁾. 우리나라에서 또한 이산화탄소 순배출량 제로 달성을 위해 2020년 10월, 2050 탄소중립을 선언하였으며 탄소중립 시나리오에는 수소 분야가 편성되어 있다⁴⁾.

수소는 연소되거나 전기로 변환하는 과정에서 오직 물(H₂O)만 배출하여 화석연료 사용 시 배출되는 NO_x, CO₂ 등 환경에 유해한 부산물이 발생하지 않아 신에너지로 주목받고 있다^{5,6)}. 세계 경제는 석유 및 석탄과 같은 화석연료를 사용하던 탄소경제에서 수소를 주 에너지원으로 사용하는 수소경제(hydrogen economy) 시대로 전환하고 있다^{7,8)}.

우리나라 수소경제는 2018년 8월 『혁신성장 전략투자방향』에서 3대 전략투자 분야 중 하나로 선정되었으며, 최근 세계 기술주권을 확보하기 위한 국가필수전력 기술로써 수소가 선정되었다^{9,10)}.

우리나라는 수소전기차, 연료전지 등 수소 활용 분야에서 최고 수준의 기술력을 보유하고 있으며, 원활한 수소 공급을 위한 대규모 화학 산업 기반과 함께 전국 단위로 유통을 지원할 수 있는 발달된 액화천연가스(liquefied natural gas, LNG) 공급망이 구축되어 있다는 점에서 충분한 잠재력을 가지고 있는 것으로 평가되고 있다^{9,11,12)}. 그러나 수소의 수요 및 충전인프라 부족, 원천기술 미비 등으로 인해 국내에서는 아직 자생력 있는 수소시장 자체가 형성되어 있지 않은 실정이다¹³⁾. 수소전기차 보급을 위해서는 충전인프라 구축이 선행되어야 하며, 정부는 2022년까지 310기, 2030년까지 660기, 2040년까지 1,200기

의 수소충전소 보급을 목표로 하고 있다¹⁴⁾. 수소충전소는 수도권(서울), 중부권(대전), 영남권(울산, 창원), 호남권(광주) 등 권역별 대도시를 중심으로 구축할 예정이며, 버스 전용 수소충전소의 경우에는 지자체별 수소버스 보급 상황을 고려하여 구축하는 것을 계획하고 있다.

최근에는 대형 수소모빌리티의 보급이 확대됨에 따라 기체수소 충전소의 저장 용량 한계 및 설비 부하 등의 문제점이 발생하여, 이를 해결하기 위한 액화수소충전소 구축이 이루어지고 있다¹⁵⁻¹⁷⁾. 정부는 2025년까지 40개 이상의 액화수소충전소 구축을 계획하고 있으며, 이는 2023년부터 생산 예정인 액화수소를 고려하여 계획되고 있다. 국내에는 현재 울산, 창원, 인천에서 액화수소 생산을 위한 플랜트가 구축되고 있다. 특히, 창원시에서는 국내 최초로 수증기메탄개질(steam methane reforming, SMR) 공정을 통해 생산된 기체수소를 액화하여 하루 5 ton의 액화수소를 생산하여 공급할 계획이다. 그러나 현재 액화수소 보급으로 인한 지역 경제적, 환경적 측면에서의 분석이 부족하다고 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 창원시의 수소산업 보급 계획을 기반으로 구축되고 있는 액화수소 플랜트 사업의 재무성뿐만 아니라 액화 수소 공급에 따른 편익, 환경개선 편익을 검토하여 사업의 타당성을 검토하고자 한다.

2. 타당성 검증 방법

2.1 데이터 추정

액화수소 공급 편익을 계산하기 위해 액화수소 수요량을 추정하였다. 액화수소 수요량은 창원시의 대형 수소모빌리티에 보급 계획 및 액화수소 충전소 보급 계획을 근거하여 추정되었으며, 대형 수소모빌리티 중에서도 공공성이 높은 버스를 대상으로 하였다. 보급 계획에 제시되지 않은 연도의 수소버스 및 액화수소충전소 수를 추정하기 위해 제시된 연도 간에 compound annual growth rate (CAGR)를 적용하

여 추정하였다(Table 1).

또한, 창원시 수소버스 운행에 따른 연간 수소 수요량을 산정하기 위해 수소버스의 일 평균 충전량(수소버스 평균 주행거리/수소 1 kg당 주행거리)을 계산하였다. 수소버스 5대의 주행거리 및 충전량을 464일 동안 분석하였다. 수소버스 총 주행거리는 133,042 km로, 버스 1대당 일 평균 주행거리는 286.73 km로 나타났다. 또한, 창원시 성주동에 위치한 성주수소충전소에서 충전한 수소버스 5대의 충전량을 동일 기간 동안 분석하였다. 그 결과, 수소 총 충전량은 7,634 kg으로 창원시 수소버스 1대의 수소 1 kg 충전 시 평균 주행거리를 17.43 km/kg으로 추정되었다. 따라서 창원시 수소버스의 일 평균 충전량은 16.45 kg으로 분석되었다. 결과적으로 수소버스 보급 확대에 따른 액화수소 수요량은 Table 2와 같다.

2.2 액화수소 편익 산정

액화 수소의 편익은 크게 두 가지로 구분하였다. 첫째, 직접적인 편익인 액화수소 공급 편익은 액화수소가 액체 수소충전소를 통해 충전될 때 발생하는 편익을 대상(A)으로 하였다. 둘째, 간접적인 편익은

액화 수소가 차량에 공급되어 운송 과정에서 발생하는 편익을 대상(B)으로 하였다.

A는 수소 액화플랜트를 통해 생산된 액화 수소가 유통되어 발생하는 편익으로 정의하였다. 반면, B는 액화 수소가 친환경 운송수단에서 사용될 경우 환경개선 효과를 유발하기 때문에 이로 인해 환경비용이 절감되는 편익을 반영하였다. 『도로 및 교통부문 타당성 조사를 위한 지침 연구』에 따르면, 환경적 가치를 추정하는 것은 환경에 미치는 영향의 정도 자체를 파악하는 것이 힘들거나 경제적 가치로 환산하는 과정에서 불확실성을 내포하기 때문에, 비교적 영향 정도가 크고 환경영향에 대한 평가 가치화가 용이한 대기오염에 초점을 맞추어 환경비용을 추정한다. 따라서, 본 연구에서는 2019년 기준 시내버스 주행에 따른 온실가스 비용을 적용하여 환경개선 편익을 추정하였다.

2.3 액화수소 플랜트 구축 재무성 분석

재무성 분석은 사업자의 투자에 대한 가치를 평가하는 방법으로 화폐의 시간가치를 고려하지 않는 방법과 화폐의 시간가치를 고려하는 방법으로 나뉘게 된다. 화폐의 시간가치를 고려하지 않는 방법에는 회수기간법과 회계적 이익률법이 있으나, 일반적으로

Table 1. Estimation of the number of hydrogen buses and liquid hydrogen stations in Changwon city

Year	Number of hydrogen buses	Number of liquid hydrogen stations	Year	Number of hydrogen buses	Number of liquid hydrogen stations
2023	124	1	2032	602	13
2024	173	2	2033	675	15
2025	240	3	2034	757	17
2026	275	3	2035	848	20
2027	316	4	2036	950	22
2028	363	6	2037	1,065	26
2029	417	7	2038	1,194	30
2030	480	10	2039	1,338	34
2031	537	11	2040	1,500	40

Table 2. Estimation of daily demand for liquid hydrogen by year in Changwon city

Year	Hydrogen demand (kg/day)	Year	Hydrogen demand (kg/day)
2023	2,040	2032	9,903
2024	2,846	2033	11,104
2025	3,948	2034	12,453
2026	4,524	2035	13,950
2027	5,198	2036	15,628
2028	5,971	2037	17,519
2029	6,860	2038	19,641
2030	7,896	2039	22,010
2031	8,834	2040	24,675

투자에 대한 가치를 평가하는 방법은 화폐의 시간가치를 고려한 현금흐름할인법(discounted cash flow, DCF)을 사용한다. 본 연구에서는 현금흐름할인법을 사용하여 재무성을 분석하였으며, 미래의 현금흐름을 예측한 후 가중평균자본비용(weighted average cost of capital, WACC) 등으로 대변되는 자본의 기회비용으로 할인된 현재가치를 산출하여 평가하는 방법이다. 일반적으로 사용되는 현금흐름할인법에는 재무적 순현재가치법(financial net present value, FNPV)과 재무적 내부수익률법(financial internal rate of return, FIRR), 수익성 지수법(profitability Index, PI) 등이 있다. FNPV는 모든 예상되는 현금유입의 현재가치에서 모든 현금유출의 현재가치를 차감하여 산정하는 방법이다. FIRR은 계획 사업에 대한 투자로부터 기대되는 현금 유입과 현금 유출의 현재가치를 일치시키는 할인율, 즉 내부수익률을 산출하고 이를 자본비용과 비교하여 투자 예산을 평가하는 방법을 말한다. 또한, PI는 투자로 인해 발생하는 현금유입의 현가를 현금유출의 현가로 나눈 비율로, 투자 예산의 단위당 효율성을 평가하는 방법을 말한다. FNPV, FIRR 그리고 PI는 다음 공식을 사용하여 계산하였으며, R_t 는 t 기간의 현금유입, C_t 는 t 기간의 현금 유출, r 은 재무적 할인율 그리고 n 은 시설사업의 내구연도를 의미한다.

$$FNPV = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

$$FIRR: \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+FIRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+FIRR)^t}$$

$$PI = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

3. 결과 및 고찰

3.1 액화수소 공급 편익 분석 결과

Table 2의 액화수소 최대 수요량을 고려하여 연간

액화수소 공급량을 계산한 결과를 Table 3에 나타내었다. 창원시의 액화수소 플랜트로부터 5 ton/day의 액화수소를 연중무휴로 생산할 경우 1,825 ton을 생산할 수 있으나 설비의 고장 및 보수를 고려하여 가동률을 95%로 적용하였을 때 연간 1,734 ton이 생산된다. 따라서, 창원시 액화수소 플랜트에서 생산되는 액화수소는 2027년부터 액화수소충전소로 전량 판매가 가능하다.

최종적으로 공급편익을 계산하기 위한 액화수소 충전소의 수소판매 단가는 『수소경제 활성화 로드맵』에서 제시한 2022년 6,000 원/kg, 2030년 4,000 원/kg, 2040년 3,000 원/kg을 적용하였으며, 액화수소 공급편익은 Table 4에 나타내었다. 2023년의 경우, 액화수소 공급량이 745 ton/year로써 4,470 백만 원의 편익이 생긴다. 이후 연차별 액화수소 공급량 증대에 따라 공급편익 또한 증가하며, 2027년부터 최대 공급량으로써 일정한 편익이 생긴다. 그러나 2030년부터 수소판매 단가가 4,000원으로 저감되어 2039년까지 매년 6,936 백만 원의 편익이 발생한다. 마지막으로 2040년부터 수소판매 단가가 3,000원이 되어, 공급편익은 5,202 백만 원이 된다. 최종적으로, 수송용

Table 3. Maximum annual demand for liquid hydrogen by year for benefit calculation

Year	Liquid hydrogen supply (ton/year)	Number of buses that can be filled with liquid hydrogen	Year	Liquid hydrogen supply (ton/year)	Number of buses that can be filled with liquid hydrogen
2023	745	124	2032	1,734	291
2024	1,039	173	2033	1,734	291
2025	1,441	240	2034	1,734	291
2026	1,651	275	2035	1,734	291
2027	1,734	291	2036	1,734	291
2028	1,734	291	2037	1,734	291
2029	1,734	291	2038	1,734	291
2030	1,734	291	2039	1,734	291
2031	1,734	291	2040	1,734	291

액화수소 공급을 통해 2023년부터 2040년까지 18년간 총 135,030 백만 원의 편익이 발생하는 것으로 추정된다.

3.2 액화수소 환경개선 편익 분석 결과

『2020년 제2회 예비타당성조사 착수회의 자료』에 따르면, 2019년 기준 시내버스 주행에 따른 온실가스 비용은 수소버스 1대가 1 km를 주행할 때 유발되는 환경개선 편익은 109.49 원/km로 보고되었다. 따라서, 본 연구에서는 수소버스 환경개선 편익 추정을 위해 109.49원/km를 적용하여 액화수소 도입을 통한 환경개선 편익을 추정하였다. 2023년부터 2040년까지의 액화수소 환경개선 편익은 Table 5에 나타내었으며, Table 3의 액화수소 충전 가능 버스 대수를 적

용하여 추정하였다. 2023년부터 2027년까지 수소버스 대수가 증대함에 따라, 환경개선 편익이 증대되는 것을 확인할 수 있다. 또한, 2027년부터 액화수소 충전 가능 버스의 대수가 최대치인 291대가 되어 편익이 매년 3,335 백만 원으로 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 2023년부터 2040년까지의 환경개선 편익은 총 55,994 백만 원으로 추정된다.

3.3 액화수소 플랜트 구축 재무성 분석 결과

수익성 지수(PI)를 산정하기 위해 연도별 현금흐름을 산정하였으며, 이는 Table 6에 나타내었다. A는 순수익만을 고려한 순현재가이며, B는 순수익에 액화수소 공급에 따른 편익과 환경개선 편익 모두를 고려하였다.

재무성 분석을 위한 사업비용은 창원시 액화수소

Table 4. Maximum annual demand for liquid hydrogen by year for benefit calculation

Year	Sales price (won/kg)	Liquid hydrogen supply (ton/year)	Benefit (million won)
2023	6,000	745	4,470
2024	6,000	1,039	6,234
2025	6,000	1,441	8,646
2026	6,000	1,651	9,906
2027	6,000	1,734	10,404
2028	6,000	1,734	10,404
2029	6,000	1,734	10,404
2030	4,000	1,734	6,936
2031	4,000	1,734	6,936
2032	4,000	1,734	6,936
2033	4,000	1,734	6,936
2034	4,000	1,734	6,936
2035	4,000	1,734	6,936
2036	4,000	1,734	6,936
2037	4,000	1,734	6,936
2038	4,000	1,734	6,936
2039	4,000	1,734	6,936
2040	3,000	1,734	5,202
Total			135,030

Table 5. Benefits of environmental improvement by year

Year	Number of buses that can be filled with liquid hydrogen	Total mileage (km/year)	Benefit (million won)
2023	124	12,977,400	1,420
2024	173	18,105,566	1,982
2025	240	25,117,548	2,750
2026	275	28,780,524	3,152
2027	291	30,455,027	3,335
2028	291	30,455,027	3,335
2029	291	30,455,027	3,335
2030	291	30,455,027	3,335
2031	291	30,455,027	3,335
2032	291	30,455,027	3,335
2033	291	30,455,027	3,335
2034	291	30,455,027	3,335
2035	291	30,455,027	3,335
2036	291	30,455,027	3,335
2037	291	30,455,027	3,335
2038	291	30,455,027	3,335
2039	291	30,455,027	3,335
2040	291	30,455,027	3,335
Total			55,994

Table 6. Annual cash flow of liquid hydrogen business in Changwon city

Year	Business income (million won)		Total operating cost (million won)					Net present value (million won)	
	Before discount	After discount	Business expenses	Operating cost	Corporation tax	Before discount	After discount		
2020			9,582			9,582	9,169	-9,169	
2021			50,626			50,626	46,360	-46,360	
2022			29,151			29,151	25,545	-25,545	
2023	13,534	11,349		10,309		10,309	8,645	2,705	
2024	21,160	16,980		10,309	1,298	11,607	9,314	7,666	
2025	20,895	16,045		10,309	1,240	11,549	8,868	7,177	
2026	20,633	15,162		10,309	1,182	11,491	8,444	6,718	
2027	20,374	14,327		10,309	1,125	11,434	8,041	6,286	
2028	20,119	13,538		10,309	1,069	11,378	7,656	5,882	
2029	19,867	12,793		10,309	1,014	11,323	7,291	5,502	
2030	19,617	12,088		10,309	959	11,268	6,943	5,145	
2031	19,371	11,423		10,309	905	11,214	6,612	4,810	
2032	19,128	10,794		10,309	851	11,160	6,297	4,496	
2033	18,889	10,199		10,309	799	11,108	5,998	4,201	
2034	18,652	9,638		10,309	746	11,055	5,713	3,925	
2035	18,418	9,107		10,309	695	11,004	5,441	3,666	
2036	18,187	8,606		10,309	644	10,953	5,183	3,423	
2037	17,959	8,132		10,309	594	10,903	4,937	3,195	
2038	17,733	7,684		10,309	544	10,853	4,703	2,981	
2039	17,511	7,261		10,309	496	10,805	4,480	2,781	
2040	17,292	6,861		10,309	447	10,756	4,268	2,593	
Total								2,078	
B	2020		9,582			9,582	9,169	-9,169	
	2021		50,626			50,626	46,360	-46,360	
	2022		29,151			29,151	25,545	-25,545	
	2023	19,424	16,288		10,309		10,309	8,645	7,643
	2024	29,376	23,573		10,309	1,298	11,607	9,314	14,259
	2025	32,291	24,796		10,309	1,240	11,549	8,868	15,928
	2026	33,691	24,758		10,309	1,182	11,491	8,444	16,314
	2027	34,113	23,988		10,309	1,125	11,434	8,041	15,947
	2028	33,858	22,783		10,309	1,069	11,378	7,656	15,127
	2029	33,606	21,640		10,309	1,014	11,323	7,291	14,349
	2030	29,888	18,417		10,309	959	11,268	6,943	11,474
	2031	29,642	17,480		10,309	905	11,214	6,612	10,868
	2032	29,399	16,590		10,309	851	11,160	6,297	10,293
	2033	29,160	15,745		10,309	799	11,108	5,998	9,747
	2034	28,923	14,945		10,309	746	11,055	5,713	9,232
	2035	28,689	14,186		10,309	695	11,004	5,441	8,745
	2036	28,458	13,466		10,309	644	10,953	5,183	8,283
2037	28,230	12,783		10,309	594	10,903	4,937	7,846	
2038	28,004	12,135		10,309	544	10,853	4,703	7,432	
2039	27,782	11,520		10,309	496	10,805	4,480	7,040	
2040	25,829	10,248		10,309	447	10,756	4,268	5,980	
Total								115,433	

플랜트 구축 사업을 추진하는 과정에서 발생한 engineering procurement construction (EPC) 투자금액, 부대비, 임대료, 금융부대비용, 영업준비금, 예비비 등을 고려하여 산정하였다. 총 사업비용을 추정된 결과, A와 B 모두 89,359 백만 원이 투자되었다. 운영비용의 경우, 인건비(700 백만 원), 임대료(1,003 백만 원), 보험료(221 백만 원), 철거비(100 백만 원), 운영 및 유지보수비(1,259 백만 원), 냉매보충비(11 백만 원), 도시가스비(4,858 백만 원), 전력비(2,127 백만 원), 용수비(30 백만 원) 등을 고려하여 산정하였다. 따라서, A와 B 모두 매년 10,309 백만 원이 소비되어, 2020년부터 2040년까지 총 185,562 백만 원이 소비되었다. 운영수입의 재무적 할인율은 『지방재정투자사업 타당성 조사 일반지침 연구』에서 규정한 재무적 할인율 4.5%를 적용하였다. 또한, 운영수입 산정에 적용할 물가상승률은 소비자물가지수를 이용하되 예상 물가상승률은 최근 과거 3년간의 평균값인 1.27%를 적용하였다. 법인세의 경우, 2020년부터 2040년까지 총 14,608 백만 원이 소비되었다.

결과적으로 순이익만을 고려한 A에서는 2040년이 되었을 때, 투자된 사업비 81,074 백만 원을 모두 회수하여 최종적으로 2,078 백만 원의 사업 이윤을 남길 수 있었다. 반면, 액화수소 공급 편익과 환경개선 편익을 모두 고려한 B에서는 2028년에 투자된 사업비를 모두 회수할 수 있으며, 향후 2040년까지 총 115,433 백만 원의 이윤을 남길 수 있다.

수소액화 사업의 재무성 분석 결과는 Table 7에 나타내었다. A의 PI는 1.01이며, B의 PI는 1.58로 나타났다. FIRR의 경우 A, B 각각 4.8%, 16.9%로 A,

B 모두 재무적 타당성을 확보하였다. 결과적으로 액화수소 사업의 순수익, 액화수소 공급에 따른 편익 그리고 환경개선 편익을 종합적으로 고려해 보았을 때 본 사업을 추진하는 당위성은 충분한 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 창원 액화수소 사업의 타당성 분석을 위해 창원시 수소모빌리티 보급계획 및 수소버스 주행데이터를 기반으로 액화수소 공급 편익분석, 환경개선 편익분석, 재무성 분석을 수행하였다. 2023년부터 2040년까지의 액화수소 공급 편익분석결과, 135,030 백만 원의 편익이 발생하는 것으로 추정되었다. 또한, 액화수소 환경개선 편익분석을 통해 총 55,994 백만 원의 편익을 발생시키는 것을 확인하였다. 이를 바탕으로 순수익에 액화수소 공급에 따른 편익과 환경개선 편익 모두 고려한 재무성 분석을 수행하였다. 그 결과, 순수익만 고려한 PI는 1.01, 순수익과 편익 모두를 고려한 PI는 1.58로 추정되며, FIRR은 각각 4.8%, 16.8%로 재무적 타당성을 확보하였다. 따라서, 창원시는 액화수소 사업 도입을 통해, 재무적 수익뿐만 아니라 액화수소를 안정적으로 공급 받음으로 인해 액화 수소충전소의 원활한 운영이 가능해질 것으로 사료된다. 이로 인해 대형 수소모빌리티의 보급은 확대될 것이며 창원시의 환경개선 효과는 더욱 커질 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 2021-2022년도 창원대학교 자율연구과제 연구비 지원으로 수행된 연구 결과입니다.

References

1. R. H. Kim, J. K. Park, S. H. Song, O. Y. Park, and N. H. Lee, "Estimation of greenhouse gas emissions from the landfill sector with the application of the 2006 IPCC guidelines and the change factors analysis", Journal of the Korea Organic

Table 7. Result of financial analysis of liquid hydrogen business in Changwon city

Division	A	B
Total business income (million won)	201,987	315,341
Total operating cost (million won)	199,908	
PI	1.01	1.58
FNPV	2,078	115,433
FIRR	4.8	16.9

- Resources Recycling Association, Vol. 28, No. 1, 2020, pp. 37-51, doi: <https://doi.org/10.17137/korrae.2020.28.1.37>.
2. D. S. Song, "The renovation of Korean environmental legislation on the new UN framework convention on climate change", *Public Land Law Review*, Vol. 85, 2019, pp. 335-363. Retrieved from <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002438260>.
 3. I. Y. Choi and H. K. Kim, "A study on social issues for hydrogen industry using news big data", *Trans Korean Hydrogen New Energy Soc*, Vol. 33, 2022, pp. 121-129, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.2.121>.
 4. J. G. Kim and J. H. An, "Korea can become an energy exporter with green hydrogen", *Korea Water Resources Association*, Vol. 55, No. 4, 2022, pp. 74-80. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO202215162128827.pdf>.
 5. Y. S. Heo, C. H. Jeong, M. J. Park, H. M. Kim, B. M. Kang, and D. W. Jeong, "Optimization of Cu/CeO₂ catalyst for single stage water-gas shift reaction: CeO₂ production using cerium hydroxy carbonate precursor and selection of optimal Cu loading", *Trans Korean Hydrogen New Energy Soc*, Vol. 32, No. 6, 2021, pp. 455-463, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2021.32.6.455>.
 6. M. J. Park, H. M. Kim, Y. J. Gu, C. H. Jeong, B. M. Kang, S. W. Ha, and D. W. Jeong, "A study on fostering plan for the hydrogen industry in Changwon city", *Trans Korean Hydrogen New Energy Soc*, Vol. 31, No. 6, 2020, pp. 509-521, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2020.31.6.509>.
 7. Y. J. Chung, "Role of fuel cell power plant in hydrogen economy", *Journal of the Korean Management Science Review*, Vol. 38, No. 1, 2021, pp. 15-29, doi: <https://doi.org/10.7737/KMSR.2021.38.1.015>.
 8. K. Y. Koo, H. B. Im, D. H. Song, and U. H. Jung, "Status of CO_x-free hydrogen production technology development using ammonia", *Journal of Energy & Climate Change*, Vol. 14, No. 1, 2019, pp. 34-42, doi: <https://doi.org/10.22728/JECC.2019.14.1.034>.
 9. K. Cheon and J. S. Kim, "Hydrogen economy in major countries: policies of promotion and lessons learnt from them", *Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, Vol. 57, No. 6, 2020, pp. 629-639, doi: <https://doi.org/10.32390/ksmer.2020.57.6.629>.
 10. T. H. Lee, J. H. Lee, and C. K. Jo, "Economic analysis and ripple effect estimation for HTGR coupling with SMR hydrogen production process", *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, Vol. 24, No. 2, 2019, pp. 23-33. Retrieved from <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002482805>.
 11. B. I. Choe, "Liquid hydrogen-based hydrogen society infrastructure establishment plan", *The Korean Society of Superconductivity and Cryogenics*, Vol. 22, No. 1, 2020, pp. 9-12. Retrieved from <http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO202001466879910.pdf>.
 12. W. S. Lee, Y. M. Kim, Y. J. Shinn, J. H. Wang, B. Moon, H. J. Park, S. J. Chang, and O. W. Kwon, "Role of blue hydrogen for developing national hydrogen supply infrastructure", *Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, Vol. 58, No. 5S, 2021, pp. 503-520, doi: <https://doi.org/10.32390/ksmer.2021.58.5.503>.
 13. J. H. Choi and J. Y. Choi, "Research status of hydrogen fuel cell system based on hydrogen electric vehicle", *Journal of Energy Engineering*, Vol. 29, No. 4, 2020, pp. 26-34. Retrieved from <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002678713>.
 14. A. J. Jeong, D. K. Jung, and C. S. Lee, "A study on Hyundai Motor global competitiveness strategies - development of fuel cell electric vehicles and internal organization reform", *International Commerce and Information Review*, Vol. 21, No. 4, 2019, pp. 151-170. Retrieved from <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002550406>.
 15. B. M. Kang, Y. T. Kang, M. W. Kim, S. H. Lee, M. J. Park, C. H. Jeong, and D. W. Jeong, "Current status of hydrogen consumption and promotion plan for the deployment of fuel cell bus in Changwon city", *Trans Korean Hydrogen New Energy Soc*, Vol. 30, No. 6, 2019, pp. 479-484, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2019.30.6.479>.
 16. H. J. Kim, B. H. Song, S. S. Tak, H. Y. Joe, and S. K. Kang, "Establishing the safety of the hydrogen industry through the revision of domestic liquefied hydrogen safety standards", *Journal of the Korean Institute of Gas*, Vol. 25, No. 6, 2021, pp. 98-105, doi: <https://doi.org/10.7842/kigas.2021.25.6.98>.
 17. H. C. Kim and S. J. Lee, "The Korean Peninsula as a hub for the liquid hydrogen industry", *Journal of the Korea Society of Automotive Engineers*, Vol. 43, No. 6, 2021, pp. 39-43. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/Journal/article-Detail?nodeId=NODE10559545>.