

에너지공유 플랫폼을 적용한 수소에너지타운의 온실가스 감축효과 산정

장영환* · 김영수* · 왕광익** · 이승훈***†

*㈜가비 이사, **코비즈㈜ 연구소장, ***안양대학교 환경에너지공학과 부교수

Estimation of Greenhouse Gas Reduction Effects of a Hydrogen Energy Town Based on an Energy Sharing Platform

Jang, Young-Hoan* · Kim, Young-Soo* · Wang, Gwang-Ik** and Lee, Seung-Hoon***†

*Director, Gabi Co. Ltd. Suwon, Korea

**CTO, Cobiz Co. Ltd. Anyang, Korea

***Associate Professor, Department of Environmental & Energy Engineering, Anyang University, Anyang, Korea

ABSTRACT

With development of sustainable clean energy and reduction of greenhouse gas emissions, establishment and distribution of green hydrogen infrastructure based on hydrogen energy is actively progressing around the world. As part of that effort, Korea has presented a strategy to advance the country into a world-class hydrogen economy leader through revitalization roadmap of the hydrogen economy announced in January 2019. In line with this trend, recently, in order to develop hydrogen pilot city infrastructure technology, a hydrogen townhouse demonstration complex is being built on a block scale in Samcheok City. In recent years, with the development of cutting-edge technology and the spread of mobile devices and digitalization, various types of energy-sharing platform businesses are emerging. Therefore, in this study, the greenhouse gas reduction effect was calculated for the hydrogen townhouse demonstration complex in Samcheok, which is being built for development of infrastructure technology for the hydrogen pilot city. The size of the demonstration complex was based on the design contents planned at the beginning of the construction of the demonstration complex. The target hydrogen townhouse was designed with an energy self-reliance rate of 130%. In this study, it was assumed that the 30% excess electrical energy was traded through the energy sharing platform.

Key words: Energy Sharing Platform, Climate Change, Greenhouse Gas, Hydrogen Energy, Town House

1. 서론

최근 들어 지속 가능한 청정에너지 개발과 그로 인한 온실가스 배출절감이 관심사가 되어감에 따라 수소에너지와 같은 신재생에너지의 이용확대를 위한 다양한 노력이 진행되고 있다. 전 세계적으로는 수소에너지를 바탕으로 한 수소경제 실현을 위한 정책적 지원이 각 국가별로 본격화 되고 있으며 높은 재생 에너지 비중을 바탕으로 한 그린 수소 인프라 뿐만 아니라 수요 진작을 위한 상용차 보급도 활발히 진행되고 있다.

우리나라 또한 그 노력의 일환으로 2019년 1월 발표한 수소경제 활성화 로드맵을 통해 세계 최고 수준의 수소경제 선도국가로의 도약을 위한 전략을 제시한 바 있다. 우리나라가 강점이 있는 ‘수소차’와 ‘연료전지’를 양대 축으로 수소경제를 선도할 수 있는 산업생태계를 구축하고 경제적·안정적 수소 생산 및 공급시스템을 조성하기로 하였다. 그리고 이러한 추세와 맞물려 최근 들어서는 수소 시범도시 인프라 기술개발을 위해 삼척시에 블록단위의 규모로 수소 타운하우스 실증단지를 구축하고 있다.

또한 이러한 국내외적인 추세와 맞물려 태양광, 연료전

†Corresponding author : tenboy@anyang.ac.kr (22, Samdeok-ro 37beon-gil, Manan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, 14028, Korea. Tel. +82-31-463-1291)

ORCID 장영환 0000-0003-3309-7438
김영수 0000-0002-0224-5517

왕광익 0000-0001-8685-9198
이승훈 0000-0001-8018-082X

지와 같은 다양한 분산전원이 공급되고 있는데 그로 인해 신재생에너지와 에너지 신기술 및 ICT (Information and Communication Technologies)의 융합을 통한 분산자원을 기반으로 하는 네트워크형 에너지 프로슈머를 중심으로 한 에너지 이용 효율 향상에도 관심이 집중되고 있다. 그리고 태양광, 연료전지, ESS (Energy Storage System), EV (Electric Vehicle) 등 다양한 분산전원을 이용하는 전력 소비자가 사용하고 남은 전기를 전력망에서 분산에너지 시스템의 각 소비자와 교환하는 전력 거래가 확산되고 있다.

최근 들어서는 최첨단 기술발달과 모바일 및 디지털화의 확산으로 기존의 사전적 의미에서 벗어나 다양한 관점에서 플랫폼이라는 개념이 적용되고 있다. 그에 따라 다양한 형태의 플랫폼 사업들이 출현하고 있는데 에너지 분야도 예외가 아니며 현재까지는 국내외 적으로 완전하고 이상적인 에너지 공유 플랫폼의 형태가 제시되고 있지는 못하지만 이러한 에너지 공유 및 거래를 위한 플랫폼의 개념은 이미 에너지 신산업 구현을 위한 디지털 기반 시스템으로 인식되고 있다.

이미 앞서 언급한 바가 있지만 현재 삼척시에는 수소 타운하우스 실증단지가 구축되고 있다. 따라서 본 연구에서는 수소 시범도시 인프라 기술개발을 위해 블록단위의 규모로 조성되고 있는 삼척시의 수소 타운하우스 실증단지에 대해 실증단지의 초기에 계획된 설계의 내용을 토대로 수소 타운하우스 구축을 통해 나타나는 온실가스 감축 효과를 산정하고자 하였다. 대상이 되는 수소 타운하우스는 에너지 자립률 130%로 설계 되었는데 본 연구에서는 100%를 초과한 30%의 에너지는 전력 거래가 가능한 에너지 공유 플랫폼을 통해 거래되는 것으로 가정하였는데 적용된 에너지 공유 플랫폼은 수소에너지 공급, 거래 및 소비가 가능한 양방향 개방형 비즈니스 플랫폼으로 간주해 연구를 진행하였다.

2. 에너지 공유 플랫폼

2.1. 에너지 플랫폼의 개념

플랫폼이란 단어는 16세기에 처음 사용되었으며 그 이후 우리의 일상생활이나 예술 및 비즈니스 분야 등 다양한 분야에 적용 가능한 보편적인 개념으로 확대되어 널리 사용되기 시작했다(Baldwin and Woodard, 2008). 최근 들어서는 이러한 개념들은 다양한 비즈니스의 구현 및 활성화를 위한 사업자와 고객의 만남의 장으로 확장

되고 있다. 또한 기존의 경제적 비즈니스적 관점과 컴퓨터 분야의 공학적 관점에서 더 나아가 서비스와 ICT 산업까지 그 개념이 확장되고 있는데 이러한 관점에서는 플랫폼은 소비자와 생산자를 연결하는 시장의 개념으로 볼 수 있다.

에너지 관점에서는 플랫폼에 대한 명확한 정의를 내리기 어려울 수 있으나 플랫폼의 개념이 다양한 분야에서 응용되어 사용되고 있다. 또한 ICT와 같은 최첨단 기술을 기반으로 소비자와 사용자를 연결하고 새로운 가치를 창출한다는 점에 그 개념이 다소 복잡할 수 있으나 결국 에너지 플랫폼은 에너지 사업이나 그와 관련된 사업과 서비스의 계약이 이루어지는 공간으로 정의될 수 있다.

2.2. 에너지 플랫폼 구축사례

에너지 플랫폼에서의 핵심 요소는 데이터, 전력망, 고객관리, 시장거래 및 에너지 서비스 등으로 구성되어 있으며 또한 플랫폼의 형태는 크게 서비스, 전력망 및 데이터의 3가지 플랫폼으로 구성이 가능하다(KEMRI, 2017). 서비스 플랫폼은 서비스 활동에 공통적으로 필요한 환경을 고객과의 접점에서 제공하고, 전력망 플랫폼은 전력설비의 운영관리에 초점을 두며 데이터 플랫폼의 경우는 서비스 제공에 필요한 정보 및 S/W를 활용하는 토대가 될 수 있다.

국내의 경우 이러한 내용을 기반으로 한국전력공사는 서비스, 전력망, 데이터의 개별 플랫폼으로 구성된 에너지 플랫폼 안을 제시한 바 있다(KEPCO, 2018). 한전은 이를 토대로 에너지와 관련된 새로운 비즈니스와 서비스가 이루어질 수 있는 토대를 마련하고 에너지 산업의 직·간접 이해관계자들 간의 만남을 증대하며 다양한 에너지 비즈니스 모델을 구현하는 협력적 공생생태계를 구현하고자 한 바 있다. 또한 2019년 8월부터 고객들에게 에너지서비스를 증대하고 비즈니스 매칭서비스와 고객편의 서비스를 제공하기 위해 에너지 비즈니스 플랫폼 'EN:TER'을 구축해 운영하고 있으며 최근 들어서는 해당 플랫폼에 신재생에너지 거래 서비스를 신설한 바 있다.

이 외에도 국내에서는 산업통상자원부에서 스마트 E-Market을, KT (Korea Telecom)에서는 KT-MEG (Micro Energy Grid) 플랫폼을 운영하고 있는데 산자부에서 2018년 5월부터 운영하는 스마트 E-Market에서는 에너지데이터 확보 절차를 간소화하기 위한 앱·웹 기반의 에너지 신서비스 거래장터 사업을 진행하고 있다. 또한 KT는

KT-MEG을 통해 에너지 생산-소비-거래를 통합 관제하는 에너지 통합관리 플랫폼을 운영하고 있다.

이와 같이 국내의 에너지 플랫폼의 경우 구상단계이거나 에너지 데이터를 이용한 서비스 사업, 또는 고객 맞춤형 에너지 설비 최적 제어기능을 제공하는 수준인 것으로 나타났다. 그러나 국외 사례를 살펴보면 미국의 경우는 수익 증대와 함께 비용절감에 초점을 맞추어 플랫폼을 구축하는 특성을 나타내었으며 유럽의 경우는 신산업 사업 선점 및 수익증대와 더불어 소비자 연결에 초점을 맞추는 특징을 보이고 있다.

미국의 경우는 전력망 플랫폼과 서비스 플랫폼 비즈니스로 구분이 가능한데 미국 뉴욕의 DSP (Distributed System Platform)가 대표적인 전력망으로 언급되고 있다. 뉴욕은 DSP를 통해 9백만 명 이상에게 서비스 제공하고 있으며 분산형 에너지자원(DER : Distributed Energy Resources) 최적화, 고객과 DER 사업자간의 거래 등 다양한 플랫폼 프로젝트 추진하고 있다. 또한 장기적으로 2030년까지 에너지효율을 3배 증가시키고 2040년까지 100% 친환경에너지를 제공하는 계획을 함께 추진하고 있다(Consolidated Edison, 2020).

앞서 언급한 바와 같이 유럽의 에너지플랫폼은 분산자원 등 신산업 융복합을 통한 사업선점과 수익증대에 초점을 두고 있다. 유럽 전력회사는 에너지 플랫폼이라는 개념을 정확히 상용화하고 있지 않으나 생산자와 소비자를

연결시켜 주는 역할을 해 나감으로 플랫폼 형태를 가지고 있다. 유럽의 대표적인 사례로 언급되는 프랑스 에너지 회사 엔지의 Blu.e Digital Platform은 Digital Factory 구현의 일환으로 개발된 데이터 플랫폼으로 다양한 에너지 및 외부 데이터를 수집, 분석해 에너지 효율 컨설팅을 제공하고 있다(Blu.e by Engie homepage).

3. 삼척 수소에너지 타운(KAIA, 2020)

3.1. 도시단위 에너지 수요발생 구현을 위한 에너지 사용량 기초자료조사 및 분석

삼척 수소에너지 타운 조성에 앞서 평균 에너지 소비량 산정을 위해 7,510세대의 사전분석 대상단지를 선정해 분석을 진행하였으며 그 결과를 Fig. 1에 도시하였는데, 그 결과 평균 에너지 소비량이 평방미터당 171 kWh로 분석되었다.

사전분석을 수행한 대상단지는 국민임대 4개 단지, 분양 3개 단지, 혼합 1개 단지 등 총 8개 단지 7,510세대를 대상으로 하였는데, 총 에너지 사용량은 설계안(인증용) 대비 평균 59% 수준을 사용(난방 42%, 급탕 74%, 조명 79%)하는 것으로 나타나, 난방에너지 부문에서 설계값과 실사용량의 차이가 크게 나타나는 것으로 분석되었다.

단지별 주거밀도에 따른 차이를 파악하기 위해 8개 단

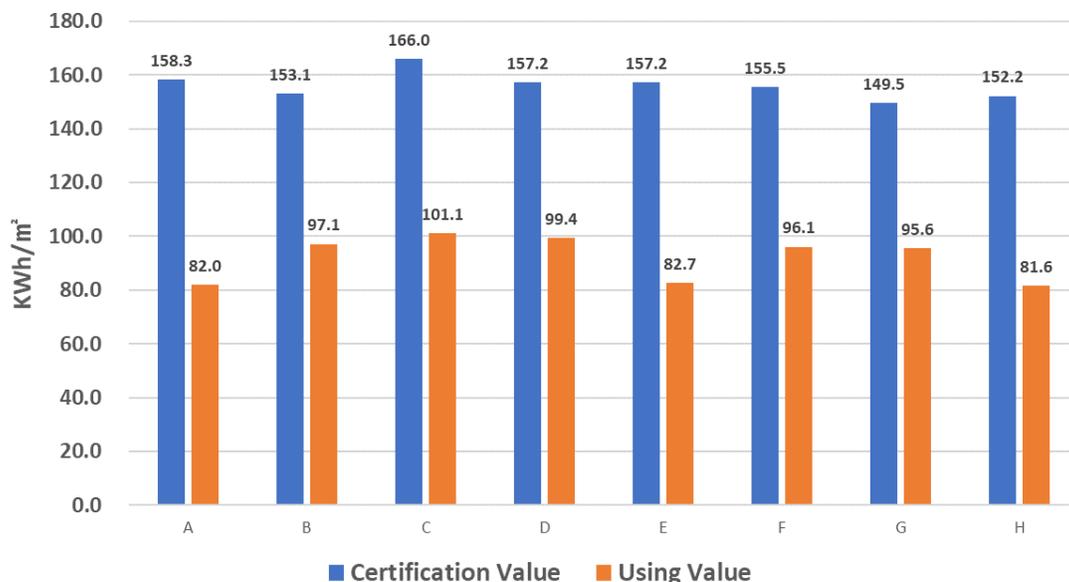


Fig. 1. Analysis results of actual energy consumption compared to the design for certification

Table 1. Results of energy usage analysis for type representative

Types	Household	Area of household (m ²)	Division	2017			2018		
				Heating	Hot water	Electricity	Heating	Hot water	Electricity
A type (standard)	544	40	total usage (MWh)	910	1,262	1,202	900	1,234	1,253
			usage per household (kWh)	1,673	2,320	2,210	1,654	2,268	2,303
			ratio	27%	37%	36%	27%	36%	37%
B type (high density)	832	27	total usage (MWh)	797	1,376	1,045	911	1,487	1,260
			usage per household (kWh)	958	1,654	1,256	1,095	1,787	1,514
			ratio	25%	43%	32%	25%	41%	34%
C type (low density)	924	60	total usage (MWh)	2,002	3,091	2,675	2,031	3,006	2,925
			usage per household (kWh)	2,167	3,345	2,895	2,198	3,253	3,166
			ratio	26%	40%	34%	26%	38%	37%

Table 2. Comparison between energy demand forecast calculation and real data

Division	Heating	Hot Water	Electricity
Demand forecast result (kWh)	1,974.80	2,028.32	2,637.05
Real data (kWh)	2,002.57	2,057.26	2,675.55
Error rate	1.39%	1.41%	1.44%
Error average	1.41%		

지 중 3개 단지를 선정하여, 동당 150세대 수준을 보이는 A단지를 표준형으로, 동당 217세대 수준을 보이는 B단지를 고밀형으로, 동당 91세대 수준을 보이는 C단지를 저밀형으로 구분하여, 에너지 사용량을 분석한 바 있으며 그 결과를 Table 1에 정리하였다.

에너지 맵 구현을 위한 에너지 수요량 파악을 위해, 에너지 사용량 기초자료분석 결과(2017~2018)에 따른 주거단위별 원단위 데이터를 도출하여, 기초자료와 예측계산식을 비교한 결과 오차율 1.4% 수준으로 확인되었으며 그 결과를 Table 2에 정리하였다.

3.2. 실증 추진계획 수립 및 기본설계

Fig. 2에 도시된 바와 같이 수소 시범도시 인프라 기술개발을 위해 조성된 삼척 수소에너지 타운 실증단지는 고압가스 안전관리법 준용, 주민 수용성 제고 등을 고려해 에너지자립률 130%를 목표로 초기 설계가 진행되었다.

먼저 고압가스 안전관리법 준용을 위한 수소생산시설

배치를 위해, 방폭 구역으로부터 17 m 이격을 확보하고 주변 실증단지 요소들과의 영향을 반영하여 수소생산시설을 배치하였으며, 주민기피시설 및 주변영향을 최소화하기 위하여 충분한 이격거리를 확보하되, 상징성있는 시설이 될 수 있도록 계획되었다.

Fig. 3에는 삼척 수소에너지 실증단지의 복합 설계를 도시하였는데 주민 수용성 제고를 위하여 홍보관, 캠핑장 등 주민편의시설을 포함한 실증단지 계획이 수립되었다. 실증단지 운영 후 삼척시 기부채납에 따른 주민 활용성 제고를 위하여 홍보관, 캠핑장을 실증단지 내에 배치하여 수소사회 도래에 따른 교육시설 및 주민여가시설을 설계하였고, 삼척시가 제시한 5,300 m² 이외에 추가적인 시유지를 가용함으로써 주민 편의성을 극대화한 바 있다.

타운하우스는 제로에너지 건축물 인증제 1등급 및 에너지 자립률 130% 달성 실증단지 구축을 위해, 제로에너지 건축물 인증제 2등급(에너지 자립률 83%) 달성 로렌하우스를 바탕으로 태양광 발전 시스템의 적용용량을 당초



Fig. 2. Blueprint of Samcheok Hydrogen Energy Town Demonstration Complex

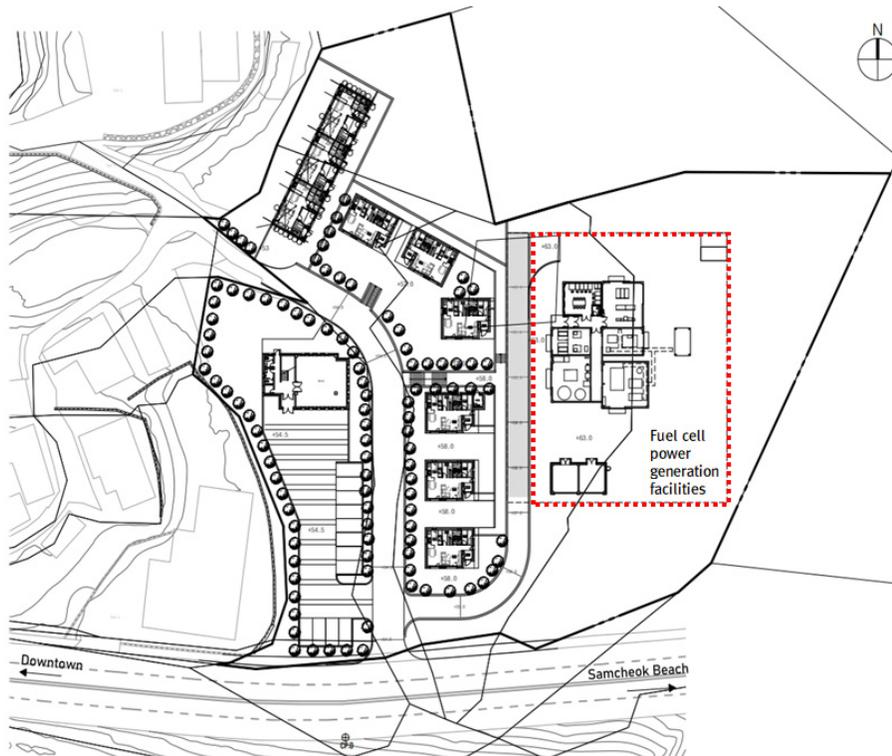


Fig. 3. Samcheok hydrogen demonstration city complex design (plan)

4.2 kW에서 8.0 kW 수준으로 상향 조정해서 설치하였으며, 그 외 수소연료전지 15 kW급을 설치하여 에너지 자립률 130%를 확보하도록 설계되었다.

3.3. 삼척 수소에너지타운 자립화 및 에너지공유플랫폼

전술한 바와 같이, 삼척 수소에너지타운은 사전조사 결과를 근거로 예상에너지 사용량을 추정하여 시범단지

내 에너지 소비예상량 대비 130%의 에너지 확보를 위해 8.0 kW의 태양광 및 15 kW의 연료전지를 적용하여 에너지를 생산하도록 설계되었다.

이에 생산된 에너지 중 100%는 자가 사용을 하고, 잉여 에너지인 30%는 에너지공유 플랫폼을 이용하여 판매하는 모델을 개발 중에 있다.

3.4. 전력소비에서의 온실가스 감축잠재량

전력은 사용단계에서 온실가스가 배출되지는 않으나 생산단계에서 온실가스를 배출하게 되는데, 실제 온실가스가 배출되지 않는 소비단계의 배출량을 산정하는 이유는 에너지 사용량 가운데 전력이 차지하는 비율이 높고 향후 지속적으로 증가할 것으로 예상되고 있어 전력 사용을 온실가스 배출의 주요 원인으로 간주하고 있기 때문이다.

전력부문의 온실가스 배출량은 전력 소비량에 배출계수를 곱해서 산정하며, 전력소비량에 따라 배출량이 좌우되므로, 전력소비량을 감소시키게 되면 감소한 양에 배출계수를 곱한 양 만큼 온실가스가 감축되는 것으로 판단할 수 있다.

본 연구에서는 온실가스 배출량을 산정하기 위해 온실가스종합정보센터에서 2014~2016년 기간 동안 공표한 국가전력배출계수의 평균값을 적용하였다.

$$\text{Emission} = \text{power consumption} \times \text{EF}_{\text{electricity}}$$

여기서, Emission : 온실가스 배출량(tCO₂,eq)

power consumption : 전기소비량(MWh)

EF : 전력배출계수(0.4594 tCO₂,eq/MWh)

전력부문의 온실가스 배출량 산정방법과 동일한 방법으로 전기소비량 대신 절감한 전력량을 대입하면 전력 절감량에 대한 온실가스 감축량을 산정할 수 있다.

4. 결과 및 고찰

삼척 수소에너지 타운하우스는 현재 정부의 제로에너지 건축물 보급계획에 있어서의 에너지 자립률을 130%로 확보하도록 구현되었으며, 기존 제로에너지 등급인 1++ 등급보다 에너지 효율이 더 높은 1+++ 등급의 에너지 효율을 달성함으로써 국가 탄소중립 목표를 보다 현실화 시킬 수 있는 수단이 될 것으로 판단되고 있다.

현재 국가의 제로에너지 건축물 계획은 2025년부터 민간건물도 1,000 m² 이상이거나 30세대 이상의 공동주택일 경우 의무적으로 제로에너지 건축물(1++ 등급)로 건축하도록 하고 있으며, 서울특별시 2022년부터 연면적 100,000 m² 이상의 민간건축물은 제로에너지 건축물로 설계를 의무화하는 등 민간건축 영역에서도 제로에너지 건축물의 도입은

현실로 다가오고 있다(Seoul Metropolitan City, 2022).

본 연구에서는 국가의 수소에너지 시범 R&D 사업으로 진행 중인 삼척 타운하우스의 사례를 준용하여 신규건축물 또는 30년 이상 경과된 노후건축물의 재건축이나 그린 리모델링 시 에너지 효율을 본 연구의 해당 과제의 결과로 제시된 1+++ 등급으로 적용한다고 가정하여, 온실가스 감축잠재량을 도출하였는데, 이는 국가가 수립한 탄소중립의 목표를 달성하는데 보다 긍정적으로 작용될 것으로 판단된다.

4.1. 국가 건물 부문 탄소중립 계획

우리나라 2050 탄소중립 시나리오에 의하면, 건물 부문의 온실가스 감축 시나리오는 2018년 배출량인 52.1 백만톤CO₂,eq을 기준으로 2030년도에는 2018년 대비 32.8%, 2050년도에는 88.1%를 감축하는 것을 목표로 하고 있다 (Joint operation of related ministries, 2021).

이를 달성하기 위해, 일정규모 이상의 신축건물에 대해서는 1등급 제로에너지 건축물을 적용하도록 하고 있으며, 기존 건축물은 그린 리모델링을 통해 가정부문의 건축물은 에너지 효율등급 1++, 상업부문의 건축물에 대해서는 1+를 100% 달성하도록 하여 2018년 대비 냉·난방 에너지 사용 원단위 30% 이상 개선하는 것을 목표로 하고 있다.

특히 건물 에너지 효율 및 수요관리를 위해 그린 리모델링 로드맵 수립 및 온실가스 배출량 제한기준 등의 마련, 제로에너지빌딩 인증 대상 확대(주거·상업용 → 기타 건물¹⁾) 및 에너지 감축 인증범위 확대, 민간부문 그린 리모델링 확산 등을 위한 법적 근거를 마련하고 있다.

현재 탄소중립 국가 목표 실현을 위해 건물 부문의 경우 탄소중립 건물로의 전환이 빠르게 진행 중인데, 수소에너지 도입은 이러한 탄소중립 계획의 주요한 옵션으로 작용이 가능할 것으로 판단된다.

현재 수소에너지는 수소생산의 방식에 따라 그린수소, 블루수소 및 그레이수소로 분류되는데, 그레이수소는 도시가스나 천연가스를 열분해하여 수소를 생산하는 기술로써 수소 생산 과정을 통해 온실가스가 발생하게 되어 그레이수소라고 불리고 있다.

탄소중립의 목표를 달성하기 위해서는 생산 과정 중에 온실가스가 발생되지 않는 그린 또는 블루수소가 사용되어야 하지만, 현재 그린수소 및 블루수소 생산에 대한 인프라는 아직 미약한 수준이므로, 먼저 그레이수소로 인프라를 구축하고, 향후 국가의 수소경제로드맵 등에 의해

1) 공업·농업용 건물, 환경기초시설·철도역사 등 기반시설, 데이터센터, 학교캠퍼스 등

그린수소 또는 블루수소를 공급하는 방안으로 수소에너지의 적용이 시도되어야 할 필요가 있다.

우리나라 ‘제1차 수소경제 이행 기본계획’에 의하면, 2050년까지 연간 2,790만 톤의 수소를 모두 그린블루수소로 공급하는 것을 목표로 하고 있으며, 그린수소의 생산단가는 1 kg당 2,500원 수준까지 낮추는 방법을 통해 ‘수소경제’ 활성화를 목표로 하고 있다.

이에 수소에너지를 건물 부분에서 먼저 소비되도록 하는 인프라를 우선적으로 구축할 필요가 있는데 삼척 수소에너지타운도 국가의 이러한 정책방향을 달성하기 위한 방안 중의 하나로 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서의 온실가스 감축 효과는 수소타운을 최종적으로 구축한 이후 사용되는 수소를 초기 그레이수소에서 점진적으로 그린블루 수소로 대체한다는 것을 가정하여 온실가스 감축잠재량을 산정하였다.

4.2. 신규건축물 적용 시의 온실가스 감축잠재량

기초지자체의 신규 건축물에 대한 자료는 건축행정시스템인 세움터를 통해 매년 상세히 제공되고 있는데 전체 건축물의 연 면적도 함께 제공되고 있다(Architecture administration system (Syeumteo) homepage). 따라서 매년 신규 건축물 총면적에서 전년도의 건축물 총면적을 빼면 해당연도에 신규로 건축된 건축물의 연면적을 구할 수 있다.

이러한 방법으로 구축된 연도별 신축 건물의 연면적 자료를 통해 신규 건축물에 대한 1년단위의 연면적 증감의 경향을 통계적으로 추정할 수 있다.

이러한 신축 건축물의 연면적에 대해 과거 에너지 소비기준에 대비하여 효율성이 높은 기준을 적용할 경우, 에너지 효율의 향상으로 인한 에너지 절감량을 산출할 수 있으며 최종적으로는 온실가스 감축효과 산정도 가능하다.

정부에서는 에너지 효율등급별 온실가스 감축 원단위를 주거용과 비주거용으로 구분해 제공한 바 있는데, 감축 원단위는 에너지 효율등급별 단위면적당 전기에너지 사용량을 기준으로 산정해 제공한 바 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020).

제공된 자료를 통해, 에너지 효율 등급을 받지 않은 건축물의 등급과 제로에너지 등급에 해당하는 건축물 간의 평균 에너지 소비량 차이를 통해 에너지 절감량 산정이 가능하며 최종적으로 이를 온실가스 감축잠재량으로의 변환이 가능하다.

본 연구에서는 삼척시의 신규 건축물을 전량 삼척 수소에너지타운의 제로에너지 주택 효율 I+++ 등급으로 신축한다

고 가정하고, 이에 대한 온실가스 감축잠재량을 추정하였다.

Table 3에는 각 연도별 삼척시 전체의 총 건축물 면적을 정리해 제시하였으며 Table 4에는 삼척시의 신규건축물 면적을 정리해 제시하였다. Table 4를 보면 2016년 삼척시의 주거용 신규건축물은 75,676 m² 수준인 것으로 나타났다.

Table 3. Total building area (cumulative) in Samcheok (unit: m²)

Year	Total building	Residential building	Non-residential building
2015	4,669,824	2,324,505	2,345,319
2016	4,845,865	2,400,181	2,445,684
2017	4,996,631	2,424,577	2,572,054
2018	5,199,278	2,602,133	2,597,145
2019	5,245,837	2,608,719	2,637,119
2020	5,270,142	2,616,173	2,653,969

Table 4. New building area by year in Samcheok

Year	Total building	Residential building	Non-residential building
2016	176,041	75,676	100,364
2017	150,766	24,396	126,370
2018	202,647	177,556	25,091
2019	46,559	6,585	39,974
2020	24,305	7,454	16,850

국토교통부 보도자료에 의하면, 미인증 신규 건축물 중 주거용 건축물은 1년간 평방미터당 약 173 kWh의 전력을 사용하고, 비주거용 건축물은 평방미터당 159 kWh의 전력을 사용하는 것으로 조사된 바 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020).

일반적으로 새로운 건물의 건축은 비용 효율성을 최우선적으로 고려하기 때문에, 공사비용을 과도하게 투자하면서까지 기존 건축물 대신 에너지를 절약할 수 있는 제로에너지 빌딩과 같은 건물을 자발적으로 건축하지 않는다.

따라서, 신축되는 일반 건축물의 에너지 소비량 수준을 기본 Baseline으로 간주하고, 신축 건축물의 에너지 소비량(baseline)과 삼척 타운하우스 수준으로 건축물을 공급할 경우의 에너지 소비량과 비교할 경우 이들의 에너지 소비량 차이를 에너지 절감량으로 볼 수 있는데, 여기에

Table 5. Energy savings and GHGs potential reduction when applying the hydrogen energy town model to new buildings in Samcheok

Year	Energy saving (kWh/yr)		GHGs potential reduction (tCO ₂ ,eq)	
	Residential building	Non-residential building	Residential building	Non-residential building
2016	17,019,532	20,745,239	7,935	9,672
2017	5,486,660	26,120,679	2,558	12,179
2018	39,932,344	5,186,310	18,618	2,418
2019	1,480,967	8,262,626	691	3,852
2020	1,676,405	3,482,895	782	1,624

3.4절에 제시된 방법을 적용하면 절약된 에너지 소비량만큼의 온실가스 감축량을 산정할 수 있다.

Table 4에 제시된 삼척시의 주거용 신축 건물에 대해 미인증 건축물의 평균 에너지 소비량을 적용할 경우, 2016년도 주거용 신규건축물 75,676 m²의 연간에너지소비량은 13,091,948 kWh 수준이 되는데, 이를 삼척수소에너지 타운에 건축되는 에너지 효율 130%의 건축물로 대체해 건축할 경우 약 17,019,532 kWh의 에너지 절약이 가능할 수 있는데 그에 따른 각 연도별 온실가스 감축량 산정 결과는 Table 5에 제시하였다.

삼척 수소에너지 타운의 경우 기존 에너지 소비량의 130%에 달하는 에너지 자립률을 갖고 있으므로 이를 Table 4에 제시된 연도별 신규 건축물 면적에 적용해 에너지 절감량 및 온실가스 감축잠재량을 산정할 경우 Table 5와 같은 결과를 도출할 수 있다.

4.3. 노후 건축물 적용 시의 온실가스 감축잠재량

2015년~2020년 기간 동안의 삼척시의 30년 이상 된 건축물 면적과 그에 따른 각 연도별 건축물 면적변화 결과를 각각 Table 6과 Table 7에 정리하였다. 건축 후 30년이 경과한 노후 건축물에 대한 통계도 이미 앞서 언급한 바와 같이 세움터에서 연도별 및 기초자치단체별로 제공하고 있다. 따라서 해당연도의 노후 건축물 총면적과 전년도의 노후 건축물 총면적의 차를 통해 해당연도의 30년 이상 된 노후 건축물의 연면적을 구할 수 있다.

노후 건축물의 경우는 에너지 효율 미인증 신규건축물에 비해서도 훨씬 낮은 에너지 효율을 나타내기 때문에, 노후 건축물에 대한 그린 리모델링 또는 재건축 등의 정책들은 신규 건축물을 제로 에너지 건축물로 신축하는 정책보다 에너지 절감량이 더 효율적일 것으로 예상되며 건물 부문의 탄소중립계획의 효과적인 정책이 될 것으로 판단된다.

이에 신규 주택과 동일한 방법으로 기존의 노후 건축물 면적을 그린 리모델링 또는 재건축 등의 과정을 거쳐 수소에너지 타운의 에너지 자립률을 130% 수준으로 높인다고 가정할 후, 삼척시의 30년 이상 노후 건축물에 대한 온실가스 감축 잠재량을 추정하였다.

Table 6. Total building area aged over 30 years (cumulative) in Samcheok

Year	Total building	Residential building	
		Residential building	Non-residential building
2015	591,423	301,135	290,288
2016	625,010	314,998	310,012
2017	699,801	365,995	333,806
2018	771,381	394,643	376,739
2019	849,436	428,529	420,907
2020	992,327	521,306	471,020

Table 7. Building area aged over 30 years (cumulative) by year in Samcheok

Year	Total building	Residential building	
		Residential building	Non-residential building
2016	33,587	13,863	19,724
2017	74,791	50,997	23,794
2018	71,580	28,648	42,932
2019	78,055	33,886	44,169
2020	142,891	92,778	50,113

건축물 에너지효율등급은 1++ 등급부터 7등급까지 등급별로 구분되는데, 30년이 경과한 노후주택의 에너지 소

Table 8. Energy savings and GHGs potential reduction when applying the hydrogen energy town model to building of aged over 30 years in Samcheok

Year	Energy saving (kWh/yr)		GHGs potential reduction (tCO ₂ ,eq)	
	Residential building	Non-residential building	Residential building	Non-residential building
2016	7,118,651	16,794,986	3,319	7,831
2017	26,186,960	20,260,591	12,210	9,447
2018	14,710,748	36,556,598	6,859	17,045
2019	17,400,461	37,609,904	8,113	17,536
2020	47,641,503	42,671,220	22,213	19,895

비량에 대한 자료가 구축되어 있지 않아, 인증기준 중 가장 낮은 7등급(주거용은 395 kWh/m², 비주거용의 경우는 655 kWh/m²)을 30년이 경과한 노후주택의 에너지 소비량으로 가정하였다.

따라서 노후 건축물의 에너지 소비량인 7등급 수준을 기준으로 본 연구에서 고려하는 삼척 수소에너지 타운의 130% 에너지 자립률을 적용하여 재건축이나 그린 리모델링을 추진할 경우, 7등급 에너지 소비량의 130%에 해당하는 에너지 절감을 도모할 수 있다.

이러한 내용들을 삼척시의 30년 이상 노후건축물 전체를 대상으로 재건축이나 그린 리모델링을 추진하는 것에 대해 삼척 수소에너지 타운 수준의 에너지효율을 적용하였으며, 온실가스 감축잠재량을 추정하여 Table 8에 제시하였다.

4.4. 온실가스 외부사업 추진 가능성에 따른 효과분석

지자체에서 시행하는 에너지 절감 사업을 명확하게 모니터링 할 수 있을 경우, 이를 외부사업으로 등록이 가능하며, 외부사업으로 등록될 경우 매년 인증량에 대한 상쇄배출권 수익을 추가로 확보 가능하게 된다(Kim and Lee, 2019).

외부사업에 의한 배출권 가격은 2020~2022 평균가격이 톤당 35,000원이므로, Table 5에 제시된 신규건축물의 에너지효율향상으로 절감 가능한 전력소비량과 Table 8에 제시된 2020년도 30년 이상 노후건축물을 대상으로 에너지효율향상으로 절감 가능한 전력소비량에 대해 3.4절에서 제시한 전력부분의 온실가스 배출량 산정식을 활용하여, 절감된 전력량에 대한 온실가스 감축량을 추정하였다.

2020년도 활동자료에 대한 온실가스 감축량 추정결과 약 4만 4천여 톤이 감축 가능한 것으로 산정되었으며, 배출권 가격으로는 약 150억 원의 추가적인 수익이 발생할 것으로 추정되었다.

5. 결론

삼척 수소에너지 타운은 가정 부분에 수소에너지를 도입하여 에너지 자립률을 어느 수준까지 달성할 수 있는지를 연구하고 있으며, 사전 연구로 인해 기존 에너지 소비량의 130%의 에너지 자립율을 이론적으로 달성할 것으로 예상되고 있다.

이러한 수소에너지 타운의 에너지 효율 수준을 삼척시 전체 신규 건축물과 30년 이상 노후건축물에 일괄 적용한다고 가정하면, 기존 건축물의 에너지 소비량의 130%를 에너지 생산으로 대체가 가능하므로, 이에 대해 온실가스 감축량과 그에 따른 상쇄배출권 확보가능성에 따른 추가적인 이익을 산정하였다.

삼척 수소에너지 타운의 에너지 자립율(130%)을 삼척시 신규 건축물의 연면적에 적용하면, 2020년도에는 2,406 tCO₂,eq의 온실가스 감축이 가능하며, 노후 건축물에 적용할 경우, 2020년도에는 42,108 tCO₂,eq의 온실가스 감축이 가능한 것으로 추정되었다.

이를 외부사업과 연계하여 에너지 자립율 130%인 건축물의 보급으로 인한 온실가스 감축 외부사업을 등록하고 인증을 받는다고 가정하면, 2020년도의 삼척시 신규 및 30년 이상 노후 건축물 수준을 적용했을 때, 약 150억 원의 수입 확보가 가능한 것으로 산정되었다.

탄소중립을 위해 삼척 수소에너지 타운의 130% 에너지

효율을 전국 건축물에 확대 적용하여, 생산된 에너지 중 100%는 자가 사용하여 Net-Zero를 달성하고, 30% 잉여 에너지를 에너지공유 플랫폼 등을 이용하여 판매할 경우, 우리나라의 2050 탄소중립은 조기 달성이 가능할 것으로 판단된다.

다만, 노후 건축물의 기존 에너지 소비량에 대한 체계적인 조사결과가 없어 가장 낮은 등급인 7등급을 적용하였으나, 추후 노후 건축물의 에너지 효율원단위가 제공되면 보다 정확한 감축잠재량 산정이 가능할 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(연구개발과제번호 : 21HSCT-B157913-02).

References

- Baldwin Carlissy, Woodard C. Jason. 2008. The Architecture of Platform: A Unified View. Harvard Business School Finance Working Paper No. 09-034.
- Consolidated Edison. 2020. Distributed System Implementation Plan.
- KEPCO Economy & Management Research Institute. 2017. KEMRI Electricity Economy REVIEW.
- Kim JK, Lee SH. 2019. Problems and Improvements Affecting Local Government Carbon Offset Programs, *Journal of Climate Change Research*, 10(4): 427-436. (In Korean with English abstract)
- Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement. 2020. Hydrogen pilot city infrastructure technology development project.
- Korea Electric Power Corporation. 2018. Strategy of energy platform establishment and business model action plan.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2020. National approval of building energy consumption statistics, Press release.
- Seoul Metropolitan City. 2022. Seoul Climate Change Response Comprehensive Plan.
- Blu.e by engie. 2022. Notre solution [accessed 2022 Jul 20]. <https://www.blu-e.io/solutions/home.php#services-partners>
- Joint operation of related ministries. 2021. 2050 Carbon Neutral Scenario.
- Architecture administration system (Syeumteo). 2022. [accessed 2022 Jul 20]. <https://cloud.eais.go.kr/>