

# 수소제조시설에서 수소 제조시 블루수소 생산 기술의 온실가스 감축 방법론 개발을 위한 유사사례 분석 연구

전완<sup>\*,\*\*\*\*†</sup> · 전은돈<sup>\*</sup> · 김형수<sup>\*\*,\*\*\*\*</sup> · 이충국<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>한국기후변화연구원 탄소가치연구실 선임연구원, <sup>\*\*</sup>한국기후변화연구원 탄소가치연구실 주임연구원,  
<sup>\*\*\*</sup>한국기후변화연구원 탄소가치연구실 수석연구위원, <sup>\*\*\*\*</sup>강원대학교 환경관리 및 정책협동과정 박사과정생

## A Case study for development of a greenhouse gas reduction methodology for blue hydrogen production technology in hydrogen production facilities

Cheon, Wan<sup>\*,\*\*\*\*†</sup> · Jeon, Eun Don<sup>\*</sup> · Kim, Hyeong Su<sup>\*\*,\*\*\*\*</sup> and Lee, Chung Kook<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*,\*\*</sup>Researcher, Carbon Value Department, Korea Research Institute on Climate Change, Chuncheon, Korea  
<sup>\*\*\*</sup>Chief Researcher, Carbon Value Department, Korea Research Institute on Climate Change, Chuncheon, Korea  
<sup>\*\*\*\*</sup>Doctoral Student, Environmental Management and Policy Cooperative Course, Graduate School of Kangwon National University, Chuncheon, Korea

### ABSTRACT

Blue hydrogen is attracting attention as an intermediate step to green hydrogen because it emits less carbon dioxide than gray hydrogen and is more competitive than green hydrogen. Greenhouse gas (GHG) reduction projects are necessary to induce domestic companies to adopt blue hydrogen production technology and to improve the economic feasibility. At this point, it is necessary to develop a methodology that meets international standards to carry out GHG reduction projects. We first selected similar methodologies for each detailed process of blue hydrogen production technology, analyzed the main components of the methodology, and drew implications for the development of a methodology for the external project of the Korea Emissions Trading Scheme based on the results. The main results of the study are as follows: First, process-specific baseline scenarios can be validated using similar methodologies. Second, in the CO<sub>2</sub> utilization process, it must be proved that CO<sub>2</sub> was used in a specific facilities using CO<sub>2</sub>, which are excluded from the calculation of greenhouse gas emissions in the Korea Emissions Trading Scheme. Finally, direct measurement of monitoring factors is recommended, and where direct measurement is not possible, conservative default values should be applied using similar methodology examples. In the future, we intend to develop a GHG reduction methodology for blue hydrogen production technology based on this study and estimate the expected reduction using data from actual blue hydrogen production sites.

*Key words : Greenhouse Gas Reduction, Methodology, Blue Hydrogen, External Project*

### 1. 서론

정부는 국내 탄소중립 달성을 위한 주요 추진전략으로 그린수소를 적극적으로 활성화하는 방안을 발표하였다 (Joint Ministries, 2020). 탄소중립 사회로 나아가기 위해서

는 화석연료를 활용한 제조방식의 수소생산은 온실가스 배출을 야기한다는 문제를 갖고 있어 온실가스 배출이 없거나 적은 그린수소, 블루수소 등 청정수소 생산이 필요하다. 이에 따라 우리나라는 청정수소 공급체계로의 전환 기반 구축을 위한 제1차 수소경제 이행 기본계획을 발표하

†Corresponding author : wan@kric.re.kr (11, Subyeongongwon-gil, Chuncheon-si, Gangwon-state, 24239, Korea. Tel. +82-33-259-0136)

ORCID 전완 0009-0004-8756-4243  
전은돈 0000-0002-2310-8941

김형수 0009-0004-4390-5544  
이충국 0009-0006-3885-5161

였다(Ministry of Trade, Industry and Energy, 2021). 본 계획은 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」에 근거하여 2021년 11월 수소경제위원회에서 심의·의결하였으며 2050년까지의 수소공급 계획을 제시하였다.

블루수소란 그레이수소 생산과정에서 배출되는 탄소를 포집·저장·활용(CCUS: Carbon Capture, Utilization, Storage)하여 온실가스 배출을 줄인 수소이다(Ministry of Trade, Industry and Energy, 2021). 블루수소는 이산화탄소 배출이 적고 그린수소보다는 기술 경쟁력이 확보되어 그린수소로 넘어가는 중간단계로 주목받고 있다(Ahn, 2020). 또한 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률」이 제정('24.2)됨에 따라 CCUS를 핵심기술로 하는 블루수소 생산의 제도적 기반이 마련되었다. 하지만 그레이수소 대비 낮은 경제성은 기업 참여 확대에 제한이 된다. 따라서 사업 활성화를 위해서는 경제성 보완 방안을 고려해야 한다.

경제성 보완 및 국내 기업의 블루수소 생산기술 도입 유도를 위해 온실가스 감축 사업화가 필요하다. 온실가스 감축사업은 국내에서 대표적으로 운영되고 있는 배출권 거래제 외부사업과 연계할 수 있다. 외부사업이란 할당대상업체 조직경계 외부의 배출시설 또는 배출활동 등에서 국제적 기준에 부합하는 방식으로 온실가스를 감축하는 사업을 의미한다(Ministry of Environment, 2023). 이 때 온실가스 감축사업을 수행하기 위해서는 온실가스 감축

량을 계산 및 모니터링하기 위한 기준 문서로 방법론 개발이 선행되어야 한다(An, 2023).

이에 따라 본 연구에서는 청정수소 생산방식 중 하나인 블루수소 생산기술의 방법론 개발을 위한 타 제도의 유사 방법론을 분석하였다. 연구결과를 기반으로 블루수소 생산기술 외부사업 방법론 개발의 기초자료로 활용하고 향후 본 방법론을 활용한 국내 블루수소 기술 도입의 활성화를 기대한다.

## 2. 연구절차 및 내용

본 연구는 블루수소 생산 기술의 유사 방법론 사례를 분석하여 국내 외부사업 온실가스 감축 방법론 개발을 위한 시사점을 도출하는 것이 주된 목적이다.

이를 위해 첫째, 블루수소 생산 기술의 세부 공정을 조사하여 수소 생산 공정·CO<sub>2</sub> 포집 및 수송 공정·CO<sub>2</sub> 활용 공정으로 구분한 후, 공정별 유사 방법론을 선정하였다.

둘째, 선정된 유사 방법론을 검토하여 적용조건, 베이스라인 시나리오 및 사업경계, 온실가스 산정 방법, 모니터링 방법 등 방법론 주요 구성항목을 분석하였다.

마지막으로 유사 방법론 사례분석 결과를 바탕으로 국내 온실가스 배출권거래제 외부사업 방법론 개발을 위한 시사점을 도출하였다.

세부적인 연구절차는 Fig. 1과 같다.

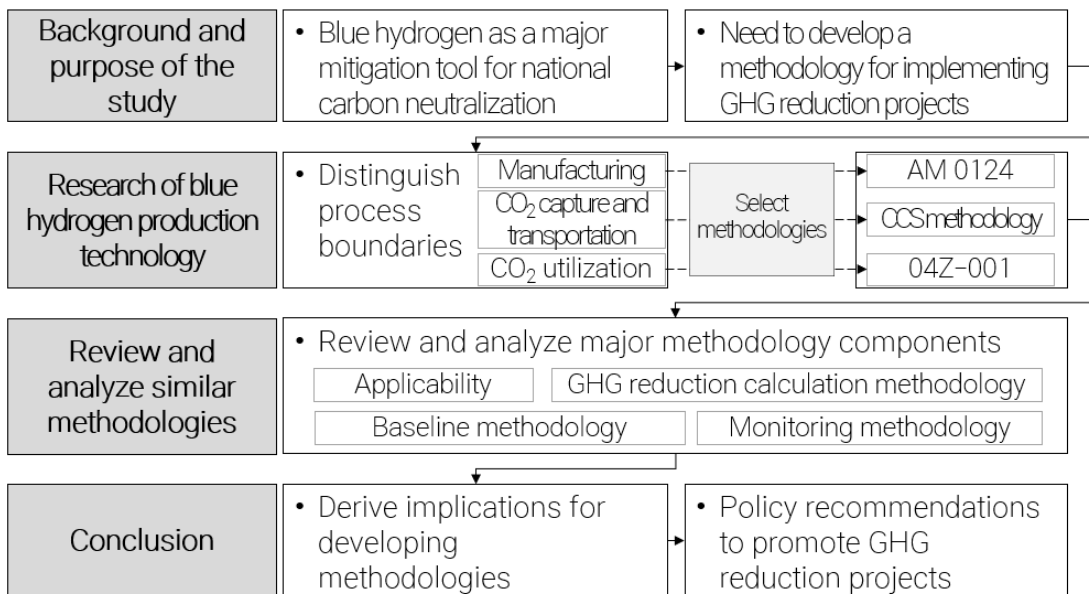


Fig. 1. Research methodology flowchart

### 3. 연구결과 및 고찰

#### 3.1. 블루수소 생산 기술의 세부 공정 조사

##### 3.1.1. 블루수소 생산 기술의 공정 경계 구분 및 공정별 유사 방법론 선정

국내의 블루수소 생산기술을 적용한 온실가스 감축 방법론은 존재하지 않는다. 따라서 세부 공정 단위로 유사 방법론을 벤치마크하여야 한다.

세부 공정은 크게 3단계로 구분할 수 있으며 1단계는 수소 생산 공정으로 CDM (Clean Development Mechanism)에 등록된 '수전해 기술을 활용한 수소생산 방법론'을 선정하여 조사하였다(United Nations Framework Convention on Climate Change, 2023).

2단계는 CO<sub>2</sub> 포집 및 수송 공정으로 미국 자발적탄소 시장 프로그램인 ACR (American Carbon Registry)에 등록된 '이산화탄소 포집 및 저장 프로젝트' 방법론을 선정하여 조사하였다(American Carbon Registry, 2021).

3단계는 CO<sub>2</sub> 활용 공정으로 국내 외부사업과 CDM에 등록된 '제지공정에서 침강성탄산칼슘 제조과정의 미활용 CO<sub>2</sub> 이용과 에너지절감 사업의 방법론', '무기화합물 생산 시 신재생에너지원의 CO<sub>2</sub>로 광물 및 화석기원의 CO<sub>2</sub> 대체 방법론', 'CO<sub>2</sub> 생산 시 화석연료 사용을 대체하기 위해 산업시설의 테일가스에서 CO<sub>2</sub> 회수 방법론'을 선정하여 조사하였다(Ministry of Trade, Industry and Energy, 2022; United Nations Framework Convention on Climate Change, 2011, 2021).

선정된 방법론별 기술 개요 및 온실가스 감축원리는 Table 1과 같다.

#### 3.2. 유사 방법론 검토 및 분석

유사 방법론에서 제시하는 적용조건, 베이스라인 시나리오 및 사업경계, 온실가스 산정 방법, 모니터링 방법 등 방법론 개발을 위한 주요 구성항목에 대해 검토 및 분석을 수행하였다.

Table 1. List of similar methodology investigations

Process	Methodology	Overview	Reduction principle
(1)	AM0124 Hydrogen production from electrolysis of water	Producing hydrogen through steam reforming, gasification, water electrolysis, etc	Capture CO <sub>2</sub> emissions when manufacturing hydrogen through steam reforming, gasification, water electrolysis, etc
(2)	Carbon Capture and Storage Projects V1.1	Capturing and transporting CO <sub>2</sub> generated during enhanced oil recovery (EOR) operations and injecting it into storage in the U.S. or Canada	Capturing and transporting CO <sub>2</sub> from industrial processes and storing it in a secure, permanent storage site
(3)	04Z-001-Ver01 Methodology of the project for the use of unutilized CO <sub>2</sub> during the manufacturing process of precipitated calcium carbonate (PCC) and the energy reduction in the paper production	Recovering unutilized CO <sub>2</sub> from industrial facilities and using it to manufacture precipitated calcium carbonate	Produce CO <sub>2</sub> from fossil fuel use → recover and use unutilized CO <sub>2</sub>
	AM0027 Substitution of CO <sub>2</sub> from fossil or mineral origin by CO <sub>2</sub> from biogenic residual sources in the production of inorganic compounds	Replacing CO <sub>2</sub> from fossil fuels or mineral sources with CO <sub>2</sub> from biogenic sources in the production of inorganic chemicals	Converting CO <sub>2</sub> from fossil fuels or mineral sources to CO <sub>2</sub> from renewable sources
	AM0063 Recovery of CO <sub>2</sub> from tail gas in industrial facilities to substitute the use of fossil fuels for production of CO <sub>2</sub>	Recovery of CO <sub>2</sub> from the tail gas of industrial facilities to replace the use of fossil fuels for production	Produce CO <sub>2</sub> from fossil fuel use → Recover and use CO <sub>2</sub> as tail gas from business facilities

※ (1) Hydrogen manufacturing (2) CO<sub>2</sub> capture and transportation (3) CO<sub>2</sub> utilization

3.2.1. 적용조건

적용조건이란 제안된 방법론을 적용하기 위해 충족되어야 하는 조건을 의미한다. 유사 방법론의 적용조건은 신규 사업만 사업 추진 가능, 공정 과정의 소유권 명확화 필요, 요구되는 모니터링 수행 필요, 중복 수혜 이슈 제한 필요 등을 중점적으로 제시하고 있었다. 각 공정별 주요 적용조건은 Table 2와 같다.

유사 방법론의 적용조건을 기반으로 본 방법론에 적용할 수 있는 시사점은 다음과 같다. 먼저 블루수소 생산기술은 수소 제조·CO<sub>2</sub> 포집 및 수송·CO<sub>2</sub> 활용 등 다양한 공정 과정이 연계되므로 공정 과정의 명확한 소유권을 설정하여 사업경계 범위 이외의 온실가스 영향을 제외하여야 한다. 또한 할당대상업체 또는 관리업체의 조직경계 내에서 미활용 CO<sub>2</sub>를 생산 및 포집 후 사용할 경우 온실가스 배출량 산정에서 제외함으로 이에 따른 중복 수혜 이슈에 대한 제한사항을 적용조건에 제시하여야 한다.

3.2.2. 베이스라인 시나리오 및 사업경계

베이스라인 시나리오란 감축사업이 수행되지 않았을 때 실행될 소지가 가장 큰 준법적인 대안 시나리오를 의미한다. 사업경계란 베이스라인 배출원과 사업활동 배출원의 명확한 경계를 의미한다.

유사 방법론의 베이스라인 시나리오는 화석연료 기반 개질수소를 생산하는 공정, CO<sub>2</sub>를 포집하는 공정, 기존 CO<sub>2</sub>를 원료로 공급하여 제품을 생산하는 공정 등을 제시하고 있었다. 유사방법론의 사업경계는 사업 활동에 포함

되는 모든 시설을 포함하는 물리적 범위와 모니터링 최소 기간을 설정하도록 하는 시간적 범위를 제시하고 있었다. 각 공정별 주요 베이스라인 시나리오 및 사업경계는 Table 3과 같다.

유사 방법론 분석결과 블루수소 생산기술에 대한 베이스라인 시나리오로 블루수소 생산을 하지 않을 경우 석탄, 석유, 천연가스 등의 개질을 통해 수소를 생산하는 사업을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

사업경계에 대한 방법론 분석결과 물리적 경계는 사업 활동에 포함되는 모든 시설 범위를 포함하여야 하며 시간적 경계는 「외부사업 타당성 평가 및 감축량 인증에 관한 지침」에서 규정하고 있는 사업시작일, 인증유효기간을 제시하여야 한다. 또한 온실가스 배출량 산정경계는 베이스라인 배출량 및 사업 배출량 산정에 포함되는 온실가스 배출원을 모두 포함해야 하는 것으로 분석되었다.

3.2.3. 온실가스 산정 방법

온실가스 산정 방법은 베이스라인 배출량, 사업 배출량, 누출량을 통해 산정한다. 베이스라인 배출량이란 베이스라인 시나리오 수행을 고려한 온실가스 배출량이며, 사업 배출량은 온실가스 감축사업을 수행하였을 때 발생한 온실가스 배출량을 의미한다. 누출량이란 사업경계 밖에서 온실가스 감축활동으로 인해 발생하는 온실가스 배출량을 의미한다.

유사 방법론의 온실가스 산정 방법은 배출계수 기본값 및 설비 성능표준을 활용하는 추정 방식과 배출량을 직접 측정하는 방식이 제시되고 있었다. 각 공정별 주요 온실

Table 2. Key applicability

Process	Key applicability
(1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Only new construction of plant are eligible</li> <li>② Must designate a demander to supply hydrogen</li> <li>③ Captive renewable power plant shall be wind or solar</li> </ul>
(2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Ownership of the process is clarified to limit GHG impacts beyond the project boundary</li> <li>② If CO<sub>2</sub> is transported, it must be utilized only by ship, rail, road, or pipeline</li> </ul>
(3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Limiting the scope of GHG reduction technologies applicable to the methodology</li> <li>② Clarify the baseline scenario</li> <li>③ Project must be able to perform the required monitoring during the project period</li> </ul>

※ (1) Hydrogen manufacturing (2) CO<sub>2</sub> capture and transportation (3) CO<sub>2</sub> utilization

Table 3. Key baseline methodology

Process	Key baseline methodology	
(1)	Baseline scenario	① Hydrogen production by steam reforming syngas generated from coal gasification without CO <sub>2</sub> capture and storage ② Hydrogen production through steam reforming of natural gas without CO <sub>2</sub> capture and storage ③ Hydrogen production through steam reforming of syngas generated from petroleum gasification without CO <sub>2</sub> capture and storage
	Project boundary	① Includes the scope of all facilities included in business activities, such as electrohydrogen production facilities, self-generated renewable power generation facilities, and all power generation facilities connected to hydrogen production facilities
(2)	Baseline scenario	① Businesses that capture CO <sub>2</sub> generated from primary processes
	Project boundary	① The physical boundary covers the scope of all facilities included in the business activities, such as CO <sub>2</sub> capture facilities, CO <sub>2</sub> transportation facilities, and CO <sub>2</sub> storage facilities ② The temporal boundary is set as the date of the first injection of CO <sub>2</sub> into the containment space for CO <sub>2</sub> storage as the start date of the business, with a minimum period of 5 years for monitoring to apply
(3)	Baseline scenario	① Supply CO <sub>2</sub> from fossil fuels or minerals to produce inorganic compounds ② Producing inorganic chemicals by supplying CO <sub>2</sub> from fossil fuels or minerals
	Project boundary	① Scope of all facilities included in each business activity, such as inorganic chemical production facilities, tail gas production facilities, pipelines, and calcium carbonate manufacturing facilities

※ (1) Hydrogen manufacturing (2) CO<sub>2</sub> capture and transportation (3) CO<sub>2</sub> utilization

Table 4. Key GHG reduction calculation methodology

Process	Key GHG reduction calculation methodology	
(1)	Baseline emissions	① Using default emission factors for hydrogen production method
	Project emissions	① GHG emissions from electricity use from sources other than self-sustaining renewable power generation facilities ② GHG emissions from combustion of fossil fuels in electrolyzed hydrogen production facilities
(2)	Baseline emissions	① Calculation of carbon dioxide emissions that would have been emitted to the atmosphere in the absence of a capture facility ② Calculate the baseline emissions by applying the performance standard of the facility applied to CCS * The operator selects the calculation method from the two calculation methods
	Project emissions	① Calculate all emissions generated by the capture facility, capture process, transportation facility, transportation means, transportation process, etc. for CO <sub>2</sub> capture and transportation
(3)	Baseline emissions	① Calculate baseline emissions by multiplying the amount of pulp produced by utilizing unutilized CO <sub>2</sub> for y years after the project by the baseline emission factor
	Project emissions	① Emissions from the use of fossil fuels after the project ② Emissions from electricity use ③ Emissions from limestone calcination ④ Unreacted CO <sub>2</sub> emissions

※ (1) Hydrogen manufacturing (2) CO<sub>2</sub> capture and transportation (3) CO<sub>2</sub> utilization

가스 산정 방법은 Table 4와 같다.

유사 방법론의 온실가스 산정 방법을 기반으로 본 방법론에 적용할 수 있는 시사점은 다음과 같다. 먼저 수소제조 공정에 대한 베이스라인 배출량은 CDM 방법론에서 제시하는 수소생산방식에 따른 기본값 배출계수를 활용할 수 있을 것으로 판단된다. CO<sub>2</sub> 포집 및 수송 공정의 베이스라인 배출량은 포집량 측정 및 설비 성능표준을 활용하여 산정 가능하며, CO<sub>2</sub> 활용의 경우 사업 수행 이후 모니터링되는 데이터를 활용하는 사후 베이스라인 배출량 산정법을 근거로 산정이 가능할 것으로 판단된다. 추가적으로 온실가스 감축량 산정시 모든 공정에서의 누출량을 고려하여야 한다.

### 3.2.4. 모니터링 방법

모니터링 방법론은 모니터링 절차, 데이터 및 인자로 구성된다. 유사 방법론의 주요 모니터링 방법은 CDM Tool 활용, 측정기기를 통한 직접 측정, 구매 영수증 확인 등을 제시하고 있었다. 각 공정별 주요 모니터링 방법은

Table 5와 같다.

유사 방법론의 모니터링 방법을 기반으로 본 방법론에 적용할 수 있는 시사점은 다음과 같다. 모니터링 데이터 중 외부사업 지침에서 제시하고 있지 않은 모니터링 방법의 경우 CDM Tool을 참고하여 적용 가능할 것으로 판단된다. 모니터링 데이터의 QA/QC 관련하여서는 모니터링 계측기의 검교정주기를 제조업체 권장사항에 따라 제시하여야 한다. 또한 블루수소 생산 공정은 수소제조, CO<sub>2</sub> 포집 및 수송, CO<sub>2</sub> 활용 등 다양한 공정 과정이 연계되므로 모니터링 데이터별 측정 지침에 대한 명확한 안내가 필요하다. 마지막으로 CO<sub>2</sub> 활용의 경우에는 시장의 실제 수요에 의해서 생산된 제품이라는 것을 입증할 필요가 있다.

### 3.3. 시사점 도출

유사 방법론 사례를 통해 국내 외부사업 온실가스 감축 방법론 개발을 위한 베이스라인 시나리오, 모니터링 측면에서의 시사점을 도출하였으며, 유사 방법론 분석결과에 따라 온실가스 방법론(안)을 제시하였다.

Table 5. Key monitoring methodology

Process	Key monitoring methodology
(1)	① Leverage the CDM tools associated with each monitoring factor
(2)	① The total volume of gas generated in the primary process is measured at the bottom of the primary process, and the total volume of captured gas transported in the pipeline is measured at the transfer point
(3)	① Check the energy balance and purchase receipts against changes in purchase volume and inventory ② Data collection is necessary to ensure that the production of key products is justified by actual market demand

※ (1) Hydrogen manufacturing (2) CO<sub>2</sub> capture and transportation (3) CO<sub>2</sub> utilization

Table 6. Baseline scenario implications

Process	Baseline scenario implications
(1)	• GHG emissions from hydrogen production through fossil fuel reforming → Methodology can be certified when applying emission factors for hydrogen production from fossil fuels using similar CDM methodology practices
(2)	• GHG emissions released to the atmosphere in the absence of CO <sub>2</sub> capture equipment → Methodology can be verified using similar CDM methodology practices to calculate the actual emissions to the atmosphere and the performance standards of the equipment used for capture and transportation.
(3)	• GHG emissions from CO <sub>2</sub> used as a raw material → If CO <sub>2</sub> is utilized rather than stored, it can be credited as being re-emitted after a period of time, thus requiring proof of no additional CO <sub>2</sub> emissions for CO <sub>2</sub> utilization

※ (1) Hydrogen manufacturing (2) CO<sub>2</sub> capture and transportation (3) CO<sub>2</sub> utilization

### 3.3.1. 베이스라인 시나리오 측면

본 연구에서 분석된 베이스라인 시나리오에 적용가능한 온실가스 배출원은 수소제조, CO<sub>2</sub> 포집 및 수송, CO<sub>2</sub> 활용 측면으로 구분하였으며, 각 시나리오의 인정 가능성 분석 결과는 Table 6과 같다.

먼저 수소제조 베이스라인 시나리오는 화석연료 개질을 통한 수소생산시 배출되는 온실가스 배출로, 유사 CDM 방법론 사례를 활용하여 화석연료 사용에 따른 수소 생산 배출계수를 적용하여 베이스라인 시나리오 산정이 가능하다.

CO<sub>2</sub> 포집 및 수송의 베이스라인 시나리오는 CO<sub>2</sub> 포집 장비가 없을 경우 대기로 배출되는 온실가스 배출로, 유사 CDM 방법론 사례를 활용하여 대기로 배출된 실제 측정량을 산정하는 방식과 포집 및 수송에 적용되는 설비의 성능 표준으로 산정하는 방식을 적용하여 베이스라인 시나리오 산정이 가능하다.

CO<sub>2</sub> 활용의 베이스라인 시나리오는 원료로 사용되는 CO<sub>2</sub>로 인해 배출되는 온실가스 배출로, CO<sub>2</sub>를 저장하지 않고 활용하는 경우 이산화탄소가 격리되거나 고정되지 않을 경우 시간이 경과한 후 CO<sub>2</sub>가 재배출되는 것으로 인정받을 수 있으므로 CO<sub>2</sub> 활용에 대한 추가적인 CO<sub>2</sub> 배출이 없음을 증빙하여야 한다.

특히 CO<sub>2</sub> 활용은 CO<sub>2</sub> 포집 이후 온실가스가 명확하게 격리되거나 고정되지 않을 경우 시간이 경과함에 따라 CO<sub>2</sub> 재배출로 인해 감축량을 인정받을 수 없다. 다만 국내 배출권거래제에서는 이산화탄소 포집 및 이동에 대한 배출활동 관련 이동한 이산화탄소가 순수한 물질로 사용되거나 생제품, 원료로 사용 또는 결합되는 경우에 한하여 온실가스 배출량 산정에서 제외하고 있다. 또한 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률」에서 할당대상업체가 이산화탄소 활용을 위한 연구, 실험, 실증화 시설 및 사업장에 이산화탄소를 공급할 경우 공급량을 감안하여 배출량을 산정할 수 있도록 하고 있다. 본 방법론에서도 국내 배출권거래제 및 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률」에서 제시하는 CO<sub>2</sub> 사용시설에서 CO<sub>2</sub>가 활용될 경우에만 방법론을 사용할 수 있도록 하여 이에 대한 문제를 해결하고자 한다.

### 3.3.2. 모니터링 측면

방법론의 온실가스 모니터링 기법은 국제적 기준으로 신뢰도 있는 방식으로 측정되어야 하며, 직접 측정하는

방식이 권장된다. 방법론 개발시 주요 모니터링 인자는 우선적으로 측정하고, 만약 측정할 수 없는 인자는 관련 통계자료, 연구자료, 유사 방법론 등이 존재하므로 보수적인 값으로 접근하여야 한다.

### 3.3.3. 외부사업 방법론(안)

외부사업 방법론(안)으로는 사업 유형, 온실가스 감축 활동 유형, 방법론 적용조건, 중요 모니터링 인자, 베이스라인 시나리오, 사업 시나리오를 제시한다.

사업 유형은 기존 화석연료 기반 개질수소를 생산하는 공정에서 CO<sub>2</sub> 포집 기술을 적용하여 블루수소를 생산하는 사업으로 포집된 CO<sub>2</sub>는 탄산음료용, 용접용 등으로 사용된다. 온실가스 감축 활동 유형은 국내 배출권거래제 승인대상 외부사업 분류에 따라 이산화탄소 포집 및 저장 또는 재이용이다.

주요 방법론 적용조건은 ① 포집된 이산화탄소는 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」에서 인정되는 CO<sub>2</sub> 사용시설에서 활용되어야 하며, ② 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률」에 따라 이산화탄소 포집시설이 설치된 사업이고, ③ 블루수소 생산, 이산화탄소 포집, 수송 및 활용 사업자 등 사업 이해관계자간 온실가스 감축량 소유권이 명확한 사업이어야 한다.

특히 첫 번째 적용조건인 CO<sub>2</sub> 사용시설은 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」[별표 6] 배출활동별 온실가스 배출량 등의 세부산정방법 및 기준 41. 이산화탄소 포집, 이동 저장 및 활용에서 제시하는 탄산음료용 CO<sub>2</sub> 사용, 드라이아이스용 CO<sub>2</sub> 사용 등 8가지 사용시설을 의미하며, 세부적인 사용시설은 Table 7과 같다(Ministry of Environment, 2024).

주요 방법론 적용불가조건은 ① 할당대상업체 또는 관리업체 조직경계 내에서 발생된 미활용 CO<sub>2</sub>를 포집 및 사용하여 배출권거래제 명세서에 보고한 사업이며, ② 이산화탄소 포집 대상가스의 대기오염물질이 관련 법령에 따른 배출 허용기준을 초과하는 사업이다.

중요 모니터링 인자는 ① CO<sub>2</sub> 포집공정에서 화석연료, 외부열, 외부전기 사용량, ② CO<sub>2</sub> 수송공정 진입 전 CO<sub>2</sub> 포집량, ③ CO<sub>2</sub> 수송공정에서 화석연료, 외부전기 사용량, ④ CO<sub>2</sub> 활용시설 진입 전 이산화탄소 수송량 등이다.

베이스라인 시나리오는 화석연료 기반 개질수소를 생산하는 공정에서 발생하는 이산화탄소 배출로, 이산화탄소는 대기 중으로 배출된다. 사업 시나리오는 화석연료

Table 7. CO<sub>2</sub> utilization facilities recognized in the guidance on emission reporting and certification of greenhouse gas emissions trading system

No	CO <sub>2</sub> utilization facilities
(1)	Use CO <sub>2</sub> for carbonated beverages
(2)	Use CO <sub>2</sub> for dry ice
(3)	Use CO <sub>2</sub> for digestion, refrigerant and laboratory gas
(4)	Use CO <sub>2</sub> for grain pesticides
(5)	Use CO <sub>2</sub> for solvents in the food and chemical industries
(6)	Use CO <sub>2</sub> for products and raw materials in chemical, paper, construction and cement industries
(7)	Use CO <sub>2</sub> in semiconductor / display / PV production
(8)	Use CO <sub>2</sub> for welding

기반 개질수소를 생산하는 공정에서 발생하는 이산화탄소를 습식 포집, 분리막 포집 등의 공정으로 포집하고 액화공정을 거쳐 액화탄산으로 활용하여 이산화탄소 배출을 저감하는 것이다.

#### 4. 결론

우리나라는 탄소중립 달성을 위한 그린수소 생산 체계를 구축하고 있으나 높은 단가로 인하여 당장 실질적인 주요 수소 생산방식으로 추진하기 어려운 상황이다. 이에 따라 그린수소로 넘어가는 중간 단계로 블루수소 생산의 필요성이 확대되고 있다.

본 연구는 블루수소 생산 기술을 활용한 온실가스 감축 방법론 개발을 위해 유사 방법론을 분석하여 시사점을 도출하였으며 주요 시사점은 다음과 같다. 첫째, 세부 공정별 베이스라인 시나리오는 유사 방법론을 활용하여 입증 가능하다. 둘째, CO<sub>2</sub> 활용 공정에서는 CO<sub>2</sub> 포집 이후 CO<sub>2</sub>가 명확하게 격리되거나 고정되어 CO<sub>2</sub> 재배출이 발생되지 않아야 한다. 그럼에도 불구하고 국내 배출권거래제에서 온실가스 배출량 산정 제외로 특수하게 인정하고 있는 CO<sub>2</sub> 활용시설이 존재하므로 인정되는 시설에서 CO<sub>2</sub>가 활용됨을 증빙하여야 한다. 셋째, 모니터링 인자는 직접 측정이 권장되며 직접 측정이 불가한 경우 유사 방법론 사례를 활용하여 보수적인 기본값을 적용하여야 한다.

또한 도출된 시사점을 바탕으로 사업 유형, 온실가스 감축 활동 유형, 방법론 적용조건, 중요 모니터링 인자, 베이스라인 시나리오, 사업 시나리오 등을 포함한 외부사업 방법론(안)을 제시하였다. 본 방법론은 화석연료 기반 개

질수소를 생산하는 공정에서 발생하는 이산화탄소를 포집하고 액화공정을 거쳐 액화탄산으로 활용하여 이산화탄소 배출을 저감하는 사업에 적용할 수 있다. 특히 포집된 CO<sub>2</sub>는 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」에서 인정되는 CO<sub>2</sub> 사용시설에서 활용되어야 본 방법론을 적용할 수 있다. 온실가스 감축량 산정을 위해서는 CO<sub>2</sub> 포집량, CO<sub>2</sub> 수송량, 공정별 화석연료 및 외부전기 사용량 등이 모니터링되어야 한다.

블루수소 생산을 통한 외부사업 추진시 주요 정책적 시사점은 다음과 같다. 블루수소 생산은 온실가스 다배출업체를 중심으로 하는 대규모 실증사업을 통해 확대될 계획이다. 블루수소 생산에 필요한 CO<sub>2</sub> 공급량을 배출권거래제에서 배출량으로 산정할 수 있는 공급 특례가 존재하므로 외부사업 추진시 중복 수혜 이슈가 발생하지 않도록 이를 방지하기 위한 방안이 필요하다. 또한 CO<sub>2</sub> 활용에 대한 영속성 이슈는 첫째, 국내 배출권거래제에서 온실가스 배출량 산정 제외로 인정하는 CO<sub>2</sub> 사용시설을 적용하는 방안과 둘째, 블루수소 생산 활성화를 위해 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률」에서 제시하는 이산화탄소 활용 기술 및 제품 인증과 연계하는 방안 등을 통해 영속성 이슈를 제거할 수 있도록 고려해볼 필요가 있다.

향후 본 연구를 기반으로 블루수소 생산기술을 활용한 온실가스 감축 방법론을 개발하고, 방법론 적용을 위한 실제 블루수소 생산기지에서의 데이터를 활용한 예상 감축량을 산정하고자 한다.



## 사사

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-CCU3050사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022M3J2A1063788).

## References

- Ahn HW. 2020. Large scale hydrogen production and transportation plan. Daejeon, Korea: The Global Network of Korean Scientists & Engineers. KOSEN Report 2020.
- American Carbon Registry. 2021. Methodology for the quantification, monitoring, reporting and verification of greenhouse gas emissions reductions and removals from carbon capture and storage projects. Washington DC, US.
- An JJ. 2023. Greenhouse gas reduction methodology development for mineral carbonation technology using flue gas desulfurization gypsum (in Korean with English abstract). *J Energy Clim Change* 18(2): 71-85. doi: 10.22728/jecc.2023.18.2.071
- Joint Ministries. 2020. 2050 Carbon neutral strategy. Sejong, Korea. <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&pageIndex=2&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3179667&searchOpt=ALL&searchTxt=>
- Ministry of Environment. 2023. Guidance on external project feasibility assessment and reduction certification. Sejong, Korea.
- Ministry of Environment. 2024. Guidance on emission reporting and certification of greenhouse gas emissions trading system. Sejong, Korea.
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2021. The 1st basic plan for the implementation of the hydrogen economy. Sejong, Korea.
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2022. A methodology of unutilized CO<sub>2</sub> utilization and energy saving business in the manufacturing process of precipitated calcium carbonate in paer process. Sejong, Korea.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. 2011. Recovery of CO<sub>2</sub> from tail gas in industrial facilities to substitute the use of fossil fuels for production

of CO<sub>2</sub>. Bonn, Germany.

- United Nations Framework Convention on Climate Change. 2021. Substitution of CO<sub>2</sub> from fossil or mineral origin by CO<sub>2</sub> from biogenic residual sources in the production of inorganic compounds. Bonn, Germany.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. 2023. Hydrogen production from electrolysis of water. Bonn, Germany.