

선박의 탄소 포집, 저장, 활용 기술의 특허 동향 분석¹⁾

이재은* · 박찬정**†

*경기대학교 화학공학과 학사과정, **경기대학교 교양학부 조교수

Patent trends in carbon capture, utilization, and storage technology in shipping

Lee, Ja Eun* and Park, Chan-Jeong**†

*Undergraduate Student, Department of Chemical Engineering, Kyonggi University, Suwon, Korea

**Assistant Professor, College of Liberal Arts, Kyonggi University, Suwon, Korea

ABSTRACT

As the seriousness of the climate crisis has emerged, technological development is accelerating with the aim of carbon reduction in all industrial sectors. Among them, Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) technology is of particular interest, and it is important to understand CCUS technology used in the shipping field, which provides essential transportation at low cost. Therefore, this paper investigated trends in patent applications by country, technology, and major applicants of ship CCUS technology and tried to grasp trends in collection / preservation / transportation / utilization technologies through in-depth analysis. To this end, domestic and foreign patents for “ship CCUS” filed by July 2023 were analyzed and 43 core patents were selected to examine the development flow of each technology. Patents related to collection technology were most common, with carbon dioxide-absorbing substances predicted to continue to be developed. In the case of transportation and storage technology, technology development is using a combination of various strategies (capture+storage, capture+transport+storage, etc.) rather than focusing on one technology. Through this paper, we expect to understand the current status of CCUS technology more comprehensively and use it as a reference for research and development and planning to improve future market competitiveness.

Key words: Carbon Dioxide, CCUS, Capture, Storage, Utilization, Ship

1. 서론

1.1. 연구배경

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)는 제 4차 보고서(2007.05)에서 2030년엔 온실가스(GHG: Greenhouse Gas)의 증가와 해수면 온도의 상승으로 인류의 생존이 위협받을 것이라 발표하였다(Wee et al., 2008). 뿐만 아니라, 기후 변화로 인한 가뭄, 식량 부족, 폭염, 산불 등의 극심한 기상 현상과 질병 확산은 사회적 혼란을

야기한다(Bevacqua et al., 2019; Mann et al., 2017; Mukherjee et al., 2018; Ogden and Gachon, 2019; Williams et al., 2019). 따라서, 기후위기가 심화되자 유엔 기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)은 파리협정을 채택하였고 지구평균온도 1.5°C 상승 억제라는 목표의 과학적 근거 마련을 위해 IPCC에 2018년까지 특별보고서를 발간하여 줄 것을 요청하여 2018년 10월 ‘1.5°C 특별보고서’가 발간되었다(Song and Oh, 2022). 이처럼, 탄소 배출 저

†Corresponding author : hien77@kgu.ac.kr (Gwanggyosan-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do 16227, Korea. Tel. +82-31-249-1370)

ORCID 이재은 0009-0000-9960-0919

박찬정 0000-0002-6355-6343

Received: March 7, 2024 / Revised: April 22, 2024 / Accepted: May 13, 2024

1) 본 논문은 특허청이 주최한 ‘캡퍼스 특허 유니버시아드’ 특허전략 부문에 제출한 보고서를 재구성하였음

감이라는 목표를 가지고 탈탄소화를 위한 관행을 시행하는 것은 중요하다(Gössling and Scott, 2018).

탄소 배출의 주 원인은 에너지 생산을 위해 화석 연료를 태우는 것으로 탈탄소화를 위해서는 풍력, 수력, 태양광이나 천연가스와 같은 대체 에너지를 사용하는 것이 대안으로 나오고 있다(Cavicchioli et al, 2019; Papadis and Tsatsaronis, 2020; Sovacool, 2007; Sovacool et al., 2018). 탈탄소화에서 중요한 에너지 운반체로는 수소가 종종 언급된다(Howarth and Jacobson, 2021). 수소는 여러 종류가 존재하는데 석탄 가스화로 생성된 “갈색 수소”, 천연 가스(화석 연료)의 증기 메탄 개질기(이하 ‘SMR’)를 이용해 생산된 “회색 수소”(Farmer, 2020), 그리고 물을 전기분해하여 생산된 “녹색 수소” 등이 있다. 재생 가능한 자원으로 생산되는 녹색 수소의 경우 회색 수소에 비해 가격 경쟁력이 없고 향후 수십 년 동안은 공급이 제한적일 것으로 예측하기에 탈탄소를 위한 수단으로는 적합하지 않다(Kahya, 2020; Reed and Ewing, 2021; van Hulst, 2019). 하지만, 탄소 포집 및 저장을 통한 천연가스를 기반으로 생산된 “블루 수소”는 저탄소 에너지 운반체가 될 수 있을 뿐만 아니라 탈탄소화를 위한 수단으로 손꼽힌다. 이는 이산화탄소가 포집되어 영구적으로 저장되는 기술이 개발되어야 하는 것을 전제로 한다(Bauer et al., 2022).

1.2. 선박 CCUS 기술

앞서 언급한 블루 수소는 탄소 포집 및 저장을 통한 천연가스를 기반으로 생성된다. 탄소 포집, 저장 및 활용(Carbon Capture, Utilization and Storage, 이하 ‘CCUS’) 기술은 생산과정 또는 대기 중의 이산화탄소를 포집해 이를 지중에 저장하거나, 유용한 물질로 전환하는 기술이다. CCU(Carbon Capture and Utilization, 포집 및 활용), CCS(Carbon Capture and Storage, 포집 및 저장)으로 구분할 수 있다(Lim, 2022). CCUS는 탄소 중립을 위한 핵심 기술로 탄소 배출과 탄소 제거를 동시에 할 수 있는 유일한 기술이다(IEA, 2020). CCUS 기술이 포함된 이산화탄소의 체인을 나타내보면 Fig. 1과 같다.

CCUS 기술의 구성요소에는 화력발전소, 석유화학 공정 등에서 발생하는 온실가스를 포집하여 파이프라인 혹은 선박, 철도, 트럭 등 운송 수단을 거쳐 육상 또는 해상에 이산화탄소를 저장하는 기술이 있다. 육상 저장을 위해서는 선박에 비해 자본 비용이 높고 운영 비용이 낮은

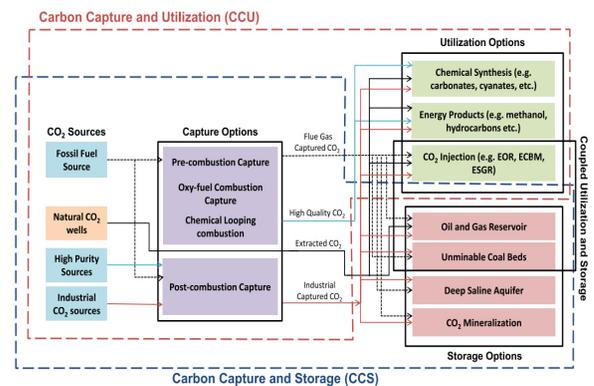


Fig. 1. CCUS Superstructure with different options for each component (Tapia et al., 2018)

파이프라인이 효과적이지만 저장 장소가 해상에 있거나 섬 국가와 관련된 CCUS 기술의 경우 선박이 가장 효율적이고 적은 비용을 들인다(Tsimplis and Noussia, 2022). 따라서, CCUS 기술 개발에 있어 선박과 관련된 CCUS 기술의 시장성 및 특허출원 현황을 파악하는 것은 CCUS 연구개발과 전략적 지원 방안 수립의 근거로 활용될 수 있다. 뿐만 아니라, 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서는 2006년, 2019년에도 탄소 배출과 관련된 규제와 개정안으로 국제 환경법의 법적 근거를 만들 뿐만 아니라, 2030년까지 온실가스 감축을 목표로 친환경 수송선 전략을 발표하며 해운업계의 국제적 탈탄소화를 주도하기 위해 노력 중이다. 이는 선박 CCUS 개발의 필요성의 근거로 볼 수 있다.

1.3. 국내외 선박 CCUS 기술 동향

한국은 2030년까지 온실가스를 감축, 2050년은 탄소배출 Net-Zero를 목표로 하고 있다(MOF, 2023). 해양수산부에서는 CCS 기술을 통해 목표 달성을 계획하고 있으므로 국내에서 CCUS 기술의 개발은 더욱 활발해질 것이다(MOF, 2023). 하지만, CCUS 기술과 관련된 체계적인 입법이 마련되어 있지 않아 각 개별 법률에 산재하고 있으며 일부 기술을 제외하곤 기술·경제적 측면에서 성숙하지 못해 시장이 형성되지 않고 있다(Kim, 2022). 또한, 타 기술 선도국에 비해선 국내의 기술 수준이 상대적으로 낮으므로 기술 수준 제고를 위해 탄소중립 기술 국제협력이 필수적인 상황이다(Cho et al., 2023).

전 세계적으로도 CCUS 개발을 추진하고 있으며 특히, 유럽과 미국에서 활발하게 기술 개발이 이루어지고 있다.

한국에너지기술연구원(Korea Institute of Energy Research, KIER)에 따른 미국, 유럽, 중국, 일본의 CCUS 기술 개발 현황은 Table 1과 같다.

Table 1. Trend of international CCUS technology development (KIER, 2021)

Nation	Content
US	<ul style="list-style-type: none"> • Promoting large-scale demonstration projects to apply the CCUS industry • Development of technology to reduce collection costs by establishing a National Carbon Collection Center • A Study on the Integration of Coal-fired Power and Underground Storage Technology
EP	<ul style="list-style-type: none"> • It is promoting research focusing on carbon capture and storage technology and commercializing utilization technology. • Norway: Designating CCS Technology as National Strategic Technology • Germany: Successful in developing and commercializing CCU technology through joint research
CN	<ul style="list-style-type: none"> • CCUS technology is growing at a fast pace even though it ranks first in carbon dioxide emissions
JP	<ul style="list-style-type: none"> • Promotion of CCS projects and participation in large-scale overseas demonstration projects

앞서 언급한 것과 같이 지속되는 지구온난화로 인한 온실가스 감축을 위해서 CCUS 기술의 개발은 불가피하다. 따라서, 비용을 절감하되 효율적으로 이산화탄소를 포집/저장/활용 할 수 있는 기술에 대한 분석이 필요하다.

2. 연구 목적

본 논문에서는 선박 분야의 이산화탄소 포집/저장/활용 기술의 특허를 아래 내용을 중심으로 조사 및 분석하여 연구개발 동향을 파악하고자 한다. 특허 문서는 관련 기술 정보를 다양하게 제공하며, 이를 통해 해당 기술의 동향, 관련 기업 및 연구소에 대한 현황을 파악할 수 있다. 특허 정보를 이용해 특허 분석을 하면 향후 유망 기술 및 사업 분야 발굴 뿐만 아니라, 주요한 핵심 특허 분석을 통해 특허분쟁 등의 위협에도 사전 대처 할 수 있다(World Energy Council, 2019).

투자자 연구 성과물에 비해 CCUS 기술은 많은 기술·경제적 한계로 인해 상업화가 더디게 진행되고 있다(Papadis

and Tsatsaronis, 2020). 따라서, 특허 동향 분석을 통해 선박 CCUS 기술을 심층 분석한다면 현 상황을 더욱 포괄적으로 파악할 수 있고 기술 개발 트렌드 분석을 통해 시장 경쟁력을 높일 연구개발 계획 수립이 가능하다(Sovacool, 2007).

한국, 일본, 유럽 국가의 특허를 조사해 국가별 기술 동향을 파악하고, 출원인 별 특허 출원 현황과 최근기술 트렌드를 분석한다. 또한, 포집, 저장, 활용, 운송 기술의 연도별 특허 출원 현황을 보고 특허 동향을 분석한다. 연구 과정을 간단하게 나타내보면 Table 2와 같다.

Table 2. A course of study

Method	Content
Statistical analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Trend of patent applications by country (Korea/Japan/Europe) • Status of patent applications by applicant • Patent analysis by technology (collection/storage/utilization/transport)
↓	
Analysis of technology flow	<ul style="list-style-type: none"> • Trend of patent application by ship composition part • Analysis of the core patent of CCUS technology in ships
↓	
Component analysis	
↓	
Core patent analysis	

3. 연구 방법

3.1. 유효특허 추출 및 분류

선박 CCUS 기술과 관련된 특허를 분석하기 위해 2023년 7월 10일을 기준으로, 해당 날짜까지 출원 및 등록 공개된 한국, 일본 및 유럽 특허를 웹스온(www.wipson.com)을 사용하여 검색하였다. 검색 DB 및 검색범위는 Table 3과 같다.

Table 3. Search DB and Search Scope

Data classification	Open and registered patents
Nation	KR
	JP
	EP
Search DB	WIPS ON
Analysis section	2000.01.01 ~ 2023.07.10
Search Scope	Patent disclosure and all

논문, WIPS ON 및 KIPRIS 검색을 통해 핵심 키워드 5개(이산화탄소/포집/저장/활용/운송)와 각 키워드 별 유사어 및 확장어(구 확장)를 도출하였다. 유사어 및 확장어(이하 ‘유사어’)를 도출 시, 일본어 및 영어 단어의 동의어, 번역하였을 때 주로 쓰이는 단어, 발음을 고려한 단어와 같은 한자 및 영단어를 포함하였다. 이산화탄소는 탄산가스, 탄소, CO2, 二氧化碳과 같은 유사어를 선별하였고 포집의 경우, 포획, 흡착, 격리, 제거와 같은 유사어를 선별하였다. 저장은 저장의 종류들인 지중저장, 해양저장을 비롯해 이들을 다르게 지칭하는 말인 지질밀봉, 지층저장, 해저저장 등을 유사어로 선별하였고 활용은 활용될 수 있는 범위인 탄산화, 전기전환을 비롯해 ‘이산화탄소(CO2)로부터’와 같은 구도 유사어로 선별하였다. 선박의 경우 한국어 외 다른 언어를 유사어를 선별하지 않아도 유효한 특허 데이터들이 충분히 수집되는 것을 확인하고 최종적으로 운반선, 운송선, 함선, 갑판과 같은 단어를 유사어로 선별하여 검색식에 포함하였다. 최종검색식의 형태와 키워드는 Table 4, Table 5와 같다.

Table 4. Search expression types

CCUS	OR	carbon capture	.KEY	AND	ship
------	----	----------------	------	-----	------

Table 5. Search keywords

Form		Keyword
CCUS	carbon dioxide	carbon, carbon dioxide*
	capture	deposit, captur*, adsorb*
	storage	underground storage*, ocean storage*
	utilisation	copolymer*, conversion
carbon capture		-
ship		ship*, vessel*

Table 4의 검색식을 통해 특허를 검색한 결과, 모집단 1,822건이 모집되었고 이 중 유효특허는 261건이 추출되었다. 1,822건의 특허 모집단 중 선박 CCUS 기술과 무관한 특허를 제거하고 유효한 특허는 선정하기 위해 세 차례에 걸쳐 1,561건의 노이즈를 제거하였으며 그 기준은 Table 6과 같다. 1차로는 1,822건의 특허 중 CCUS 기술과 관련이 없는 888건의 특허를 제거하였으며, 2차로는 이산화탄소를 포집 후 배출하거나 이산화탄소 외의 기체를 포집하는 347건의 특허를 제거하였다. 두 단계를 거쳐 추출한 587건의 특허 중 선박과 관계없는 CCUS 기술에

관한 326건의 특허를 제거하여 총 261건을 유효특허로 선별하였다.

Table 6. Step-by-step noise cancellation criteria

	Contents
Phase 1	• Remove patents not related to CCUS technology
Phase 2	• Removing patents that capture and emit carbon dioxide • Removing patents to capture gases other than carbon dioxide (nitrogen, etc.)
Phase 3	• Removal of patents on technologies not related to ships (e.g., collection of exhaust gas from non-ship transportation vehicles) although they are CCUS technologies (e.g., patent on the collection of automobile exhaust)

3.2. 기술분류표

추출된 유효특허와 앞서 선정한 핵심 키워드를 중심으로 기술 분류 체계를 수립하고 이를 기준으로 유효 특허를 분석하였다. 앞서 선정한 핵심 키워드 중 기술에 해당하는 포집, 운송, 저장, 활용 4개를 대분류로 나누고, 이후 중분류 9가지로 세분화 작업을 진행했다. 기술분류표는 Table 7과 같다. 포집 기술은 이산화탄소를 포집하는 장소에 따라 해수 중 포집, 배가스 및 대기 중에서 포집, 선박 자체에서의 포집 및 저장으로 분류하였다. 저장 기술은 이산화탄소를 해중에 저장하느냐, 지중에 저장하느냐에 따라 분류하였다. 운송 기술은 CCUS(이산화탄소의 포집, 저장, 활용)에 포함되는 기술은 아니지만 유효 특허를 정독해보았을 때, 포집한 이산화탄소를 저장하기 위해 운송할 때의 기술과 관련된 특허가 다수 존재하는 것을 확인하였고, 이에 따라 운송과 관련된 기술 분류도 추가하였

Table 7. Technical classification table

	Search overview (technical scope)
Capture	• Seawater capture • Exhaust gas and capture in the atmosphere • Collection and storage from ships
Transportation	• Stored in the tank of the ship • Carbon dioxide transportation or storage by ship
Storage	• Restoring in sea water • Underground storage associated with the vessel
Utilization	• If it is not included in all of the collection, transportation, and storage • When carbon dioxide is utilized

다. 운송 기술은 이산화탄소를 선박의 탱크에 저장, 선박을 이용한 이산화탄소 운송 또는 저장과 관련된 기술로 분류하였다. 활용 기술은 포집, 운송, 저장에 다 포함되지 않는 경우, 이산화탄소가 활용되는 경우로 분류하였다.

4. 분석결과

4.1. 국가별 특허 출원 동향

선박 CCUS와 관련된 특허의 연도-국가별 출원 현황인 Fig. 2를 살펴보면 한국이 출원한 특허가 148건으로 가장 많고 유럽 77건, 일본이 36건을 출원하였다. 2008년부터

출원이 늘어나기 시작했으며 파리협정이 체결(2015년)되기 직전인 2014년에 가장 많은 특허가 출원(39건)되며 모든 국가가 활발하게 활동하였음을 알 수 있다. 이후, 출원 건수가 미미했으나 2020년 이후, 출원 건수가 다시 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 한국은 비교적 최근인 2021년에 가장 많은 특허를 출원(27건)하였으나 2007년 이후부터 현재까지의 기간 동안 대부분 가장 많은 특허를 꾸준히 출원하고 있다. 일본은 2007년에 가장 많은 특허를 출원(6건)하였고, 전체적으로 특허 출원 건수가 많지 않다. 유럽은 2014년에 가장 많은 특허를 출원(13건)하였고 많지는 않으나 꾸준히 특허를 출원하고 있는 것을 확인할 수 있다.

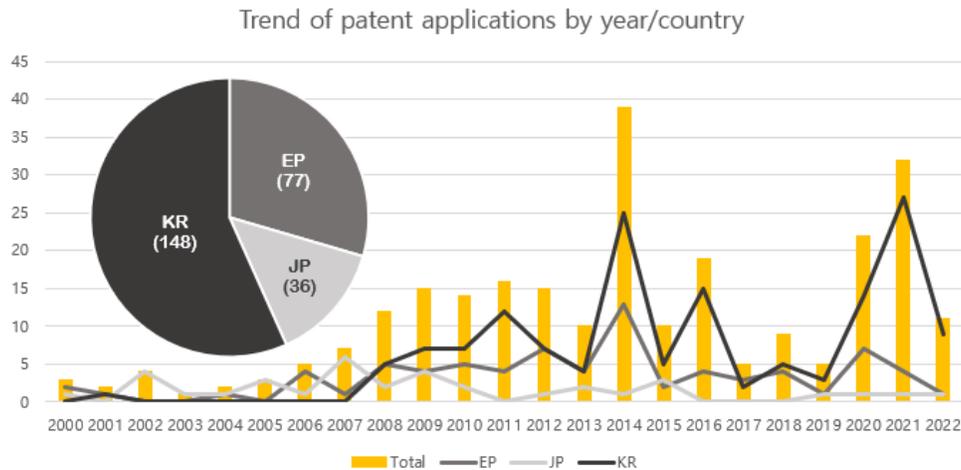


Fig. 2. Trend of patent applications by year/country

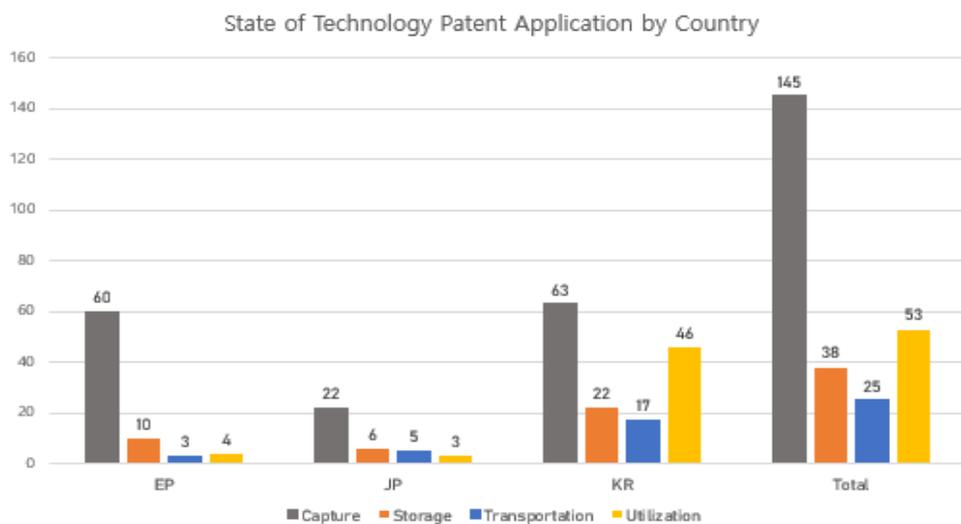


Fig. 3. State of technology patent application by country

국가별 선박 CCUS 기술 특허 출원 현황은 Fig. 3과 같으며, 모든 국가(한국/일본/유럽)에서 포집 기술 분야의 출원이 가장 많았다. 일본과 유럽의 경우, 포집과 저장 기술과 관련된 특허가 주로 출원되었다. 일본은 포집 기술 분야는 22건, 저장 기술 분야는 6건의 특허를 출원하였고 유럽은 포집 기술 분야 60건, 저장 기술 분야 10건의 특허를 출원하였다. 한국의 경우, 포집 기술 분야는 63건으로 가장 많은 특허를 출원하였으나 타 국가에 비해 저장 기술과 관련하여 출원된 특허(22건)보다 활용 기술 분야와 관련된 특허가 많이 출원(46건)되었다. 일본은 출원한 특허 건수가 3개의 국가 중 가장 적으나 포집 기술 분야를 제외하고 저장, 운송, 활용 기술 분야에서 비교적 균등하게 특허를 출원하였다.

4.2. 출원인별 특허 출원 현황

Table 8은 최다출원인과 각 출원인들의 특허 출원 현황으로, HD KOREA SHIPBUILDING & OFFSHORE ENGINEERING(KSOE, HD한국조선해양, KR) 38건, 삼성중공업(KR) 22건, 한화오션(KR) 21건으로 가장 많은 특허를 출원한 3개의 기업이 모두 한국 기업이다. 상위 10개의 출원인 중 한국 기업이 102개의 특허를 출원해 특허 출원의 가장 큰 비율을 차지하고 있고, 일본이 2개의 기업, 사우디와 미국이 각각 한 개의 기업을 차지하고 있다. 미국 기업인 ExxonMobil Research and Engineering Company(ExxonMobil)과 사우디 기업인 Saudi Arabian Oil Company(Aramco)가 유럽에 각각 11건, 7건의 특허를 출원하여 일본의 출원인보다 출원한 특허의 수가 많다. 일본은 Research Institute of Innovative Technology for

Table 8. Top 10 most applicants and current status of patent applications

Applicants	No.
HD KSOE(KR)	38
Samsung Heavy IND(KR)	22
Hanwha Ocean(KR)	21
ExxonMobil(US)	11
HD Hyundai Heavy IND(KR)	8
KIOST(KR)	8
Aramco(SAUDI)	7
RITE(JP)	6
Mitsubishi Heavy IND(JP)	5
Hui Dong, Seo(KR)	5

the Earth(RITE)가 6건, Mitsubishi Heavy IND가 5건의 특허를 출원하였다.

Table 9는 기술별 주요 출원인들의 특허 출원 현황이다. 주요 출원인은 앞서 기술된 출원 건수 상위 10개의 기업을 뜻한다. HD KSOE는 HD현대중공업이 대우조선해양 인수를 위해 2019년 설립한 중간지주회사로 현대중공업그룹의 지주사인 ‘HD현대’의 자회사이므로 하나의 기업으로 간주하여 기술하였다. 주요 출원인 대부분 포집 기술 분야에서 출원이 가장 활발했으나 특히 삼성중공업에서 포집 기술 분야가 다른 분야에 비해 월등히 많은 특허를 출원하였다. HD KSOE의 경우 다른 출원인들과는 다르게 활용 기술 분야에서 35건의 특허를 출원하며 활용 기술 분야에서 압도적인 우세를 보였다.

Table 9. Status of patent applications by major applicants/technologies

	Capture	Storage	Transportation	Utilization
HD KSOE (KR) +HD Hyundai Heavy IND (KR)	5	-	6	35
Samsung Heavy IND (KR)	19	-	3	-
Hanwha Ocean (KR)	11	1	7	2
ExxonMobil (US)	11	-	-	-
KIOST (KR)	1	6	-	1
Aramco (SAUDI)	6	-	1	-
RITE (JP)	5	1	-	-
Mitsubishi Heavy IND (JP)	3	-	2	-
Hui Dong, Seo (KR)	3	2	-	-

4.3. 기술별 특허 출원 동향

선박 CCUS 기술별 특허 출원 동향을 살펴보면 Fig. 4와 같으며, 포집 기술 분야의 출원(55%)이 가장 많은 비율을 차지했고 다음으로 활용(20%), 저장(15%), 운송(10%)의 순서대로 출원의 비율을 차지했다. 선박 CCUS 기술 자체에 대한 관심이 증가하고 있어 출원이 증가하는 추세이다. 파리협정의 체결 직전(2014년)과 코로나 팬데믹 이후(2020년)에 전체 특허 출원량이 월등히 많았고 포집 기술의 경우 2021년에 월등히 많은 출원량을 보인다. 저장과 운송 기술의 경우 전반적으로 낮은 출원량을 보이

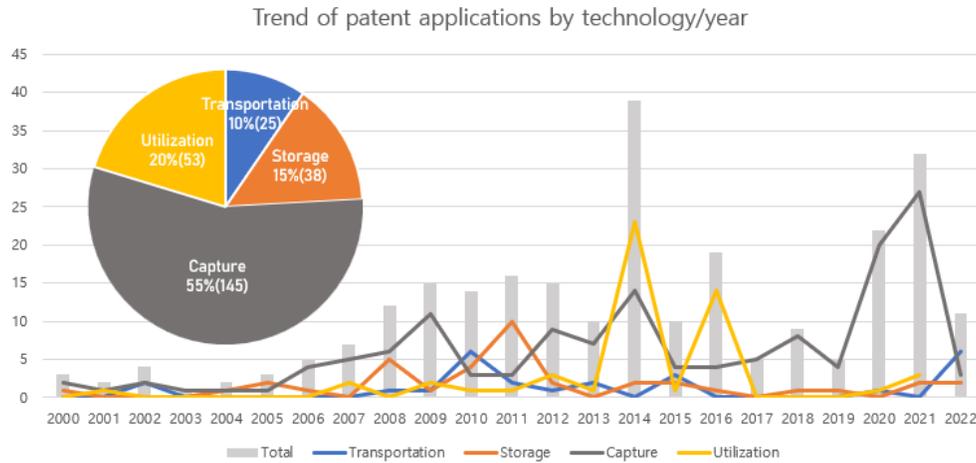


Fig. 4. Trend of patent applications by technology/year

나 2010~2011년 사이에 가장 많은 출원량을 보이고 활용 기술의 경우 2014년에 출원이 가장 많았다.

5. 핵심특허 기술 분석

5.1. 핵심특허 선정

선박 CCUS 기술의 핵심 특허를 추출하기 위해 유효 특허 261건에서 핵심 특허를 추출하였다.

먼저, 유효 특허 261건에서 상위출원인 15인의 특허 111건을 1차적으로 선별하였다. 이후, 적용 가능성, 시장성, 회피 가능성, 기술 적합성의 기준에 따라 점수를 부여하였다. 점수의 총 합이 9점 이하인 특허와 거절된 특허를 제거하고 남은 43건을 최종 핵심 특허로 선별하였다. 선별한 43건의 핵심 특허 중 앞서 부여한 점수의 총 합을 내림차순으로 정리하였을 때 상위 10건을 최종적으로 선별하였고 이에 대한 심층 분석을 진행하였다.

5.2. 핵심특허 분석

5.2.1. 포집

선박의 배기가스로부터 나오는 이산화탄소를 포집하는 기술의 핵심적인 특허를 분석하였다. 43건의 핵심 특허 중 상위 10건을 최종 선별하였는데 10건 중 5건은 포집 특허로 주로 이산화탄소를 회수할 때 쓰는 처리액을 재사용하는 기술, 이산화탄소 흡수액이 분사되는 형태에 관한 특허이다.

Aramco가 일본에 등록한 6359544B2 특허의 경우는 내

연기관의 배기 가스에서 이산화탄소를 분리하기 위한 방법에 관한 특허이다. 이산화탄소에 대한 친화성을 가지는 고분자(polymer)를 포함한 촉진 수송(FT) 막(두께: 1.0 μ m ~ 10.0 μ m)이 배기가스에서 이산화탄소를 분리해낸다. Fig. 5는 위 특허에 관한 Membrane Module로 내연기관(10)에서 배기가스(13)이 발생하면 촉진수송막이 있는 모듈(15)을 거쳐 이산화탄소가 감소된 배기가스(17)가 공기중으로 나가게 된다.

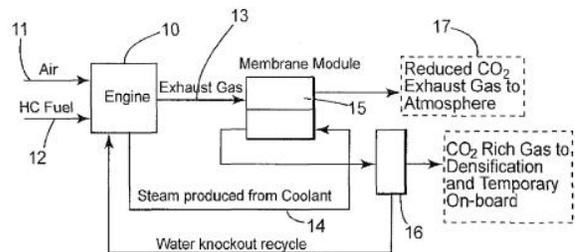


Fig. 5. A diagram on how to remove carbon dioxide from exhaust gas of internal combustion engines using a propulsion transport membrane and steam sweep

KSOE의 KR 10-2162349의 경우, 배기가스에 이산화탄소 처리액을 분사하여 이산화탄소를 포집하고 처리액은 재사용하는 기술에 관한 특허이다. 이산화탄소 처리액은 수산화나트륨수용액이나 해수일 수 있다. 즉, 특별히 한정되어있지 않다. Fig. 6을 보면 400이 이산화탄소 제거 유닛으로 이산화탄소처리액 분사유닛(410)과 처리액 공급관

이처럼 저장 기술은 단순히 저장만 하기 보다는 이산화탄소를 포집하고 저장하고 저장 시 적당한 비용으로 환경 친화적이며 에너지 효율을 증가시키는 기술에 관한 특허가 출원되고 있다.

5.2.3. 운송

포집한 이산화탄소를 선박을 통해 운반하거나 선박 내에 저장하는 기술의 핵심적인 특허를 분석하였다. 심층분석을 진행한 10건 중 3건은 운송과 관련된 특허로 운송 시, 이산화탄소 저장이 용이한 탱크와 관련된 특허가 주로 출원되었다.

PORT & AIRPORT RESEARCH INSTITUTE (JP)가 출원한 5618358 특허는 이산화탄소 회수 기능이 있는 수송수단에 관한 특허이다. 이산화탄소를 운송할 때 필요한 저장 탱크는 탱크압 및 온도 제어가 가능하고 이를 통해 이산화탄소를 회수 및 저장, 처리에 관한 기술을 설명하고 Fig. 9는 저장 상태 제어를 위한 다이어그램을 나타낸 것이다. 저장탱크는 내부 탱크와 외피 탱크로 이루어져 있는데 내부탱크의 경우 탱크압/온도 검출기, 탱크압/온도 조절기를 갖추고 있고 외피탱크의 경우 저장 조건의 제어 수단으로 온도 검출기센서(15), 냉각기(16)를 갖추고 있다. 이러한 탱크를 통해 이산화탄소 뿐만 아니라 수소의 저장 조건까지 제어할 수 있다.

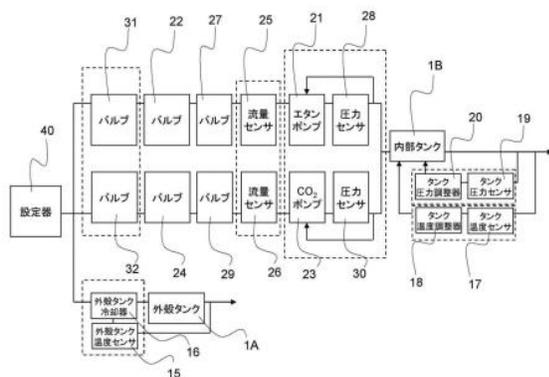


Fig. 9. Functional block diagram for storage condition control

6. 결론

지속적인 기후변화 및 지구온난화로 인해 GHG의 대부분을 차지하는 이산화탄소의 감축을 위한 기술의 중요성

이 상승되고 있다. 이산화탄소 감축의 핵심 기술로 언급되는 이산화탄소의 포집/저장/활용(CCUS) 기술은 탄소 배출과 제거를 동시에 할 수 있는 유일한 기술로 산업 및 연구개발이 활성화 될 필요성이 있다. 이에 본 논문에서는 다양한 분야의 CCUS 기술 중에서 해상 저장에 이용할 경우 가장 효율적이고 적은 비용을 나타내는 선박 CCUS 기술의 특허를 조사 및 분석해 포집/저장/활용/운송 분야 별로 기술 개발 동향을 파악하였다.

특히 검색 결과, 한국 148건, 유럽 77건, 일본 36건으로 총 261건을 유효 특허로 선별하였다. 유효특허는 포집(해수 중 포집, 배가스 및 대기 중 포집, 선박에서의 포집 및 저장), 운송(선박 탱크 저장, 선박을 이용한 이산화탄소 운송 또는 저장), 저장(해중저장, 선박과 연관이 있는 지중저장), 활용(포집, 운송, 저장에 포함되지 않는 경우, 이산화탄소가 활용되는 경우)의 분류로 나누었다.

첫째, 국가별 특허 출원 동향의 경우 한국이 148건으로 가장 많은 특허를 출원하였고 유럽은 77건, 일본은 36건을 출원하였다. 한국, 일본, 유럽 모든 국가에서 포집 기술 분야의 출원이 가장 많았고 세 국가의 포집 기술 출원은 145건으로 다른 기술 분야에 비해 우세를 보인다. 다만, 유럽의 경우 포집 기술의 출원이 압도적으로 많은 타 국가에 비해 활용 기술 분야의 출원 또한 46건으로 포집 기술 63건보다 적지만, 상대적으로 비등한 출원 건수를 가진다. 또한, 출원인별 특허 출원 현황을 살펴보면 KSOE 38건, 삼성중공업(KR) 22건, 한화오션(KR) 21건으로 출원 상위 3개 기업은 한국 출원인으로써, 상위 10개의 출원인 중 한국 기업이 102개의 특허를 출원하며 특허 출원의 가장 큰 비율을 차지하고 있다.

둘째, 선박 CCUS 기술별 특허 출원 동향을 살펴보면 포집 기술 분야의 출원(145건)이 55%로 가장 많은 비율을 차지했고 다음으로 활용(53건) 20%, 저장(38건) 15%, 운송(25건) 10%의 순서대로 출원의 비율을 차지했다. 선박 CCUS 기술의 경우, CCUS 기술 자체에 대한 관심이 증가하고 있어 전체적인 출원이 증가하는 추세이다. 2014년 파리협정과 2020년 코로나 팬데믹 이후 전체 특허 출원량이 증가하였고 포집 기술은 2021년에 특히 많은 출원량을 보인다. 저장과 운송 기술의 경우 전반적으로 낮은 출원량을 보이나 2010-2011년 사이에 가장 많은 출원량을 보이고 활용 기술의 경우 2014년에 출원이 가장 많았다.

셋째, 선별한 43건의 핵심특허 중 심층분석의 진행한 10건의 특허를 살펴보면 포집 기술과 관련된 특허가 5건, 저장 기술 2건, 운송 기술 3건이 출원되었다. 포집 기술은

주로 이산화탄소를 흡수하는 물질이 발전하여 재사용 및 비용 절감이 가능해지는 기술 개발 양상을 보였다. 운송 기능의 경우, 단순 운반에서 온도 및 압력 조절 탱크 탑재하는 기술이 출원되고 있을 뿐만 아니라, 타 기능과의 결합에 중점을 두는 기술이 출원되고 있다. 저장 또한 포집 기술과 결합하여 선박에서 이산화탄소를 포집하고 잉여 이산화탄소를 저장하는 기술이 출원되고 있다. 활용 기술의 경우, 응용 분야별로 다양한 기술 개발 양상을 보인다.

다른 나라에 비해 한국은 질적으로 우수한 활용 기술을 다수 보유하고 있고 친환경 선박 및 운반선 관련 시장이 확대되며 수주 상장이 지속되고 있다. 이러한 기술을 기존의 내연기관과 결부시켜 이산화탄소 배출량을 저감시키고 추진력은 유지 가능한 선박 엔진 기술을 개발한다면 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 전망된다. 또한, 활용 기술의 경우 다양한 분야로의 발전 가능성이 있어 시장성이 크게 성장할 것이라 예측할 수 있는데 대한민국은 활용 기술 개발 측면에서 우세하기 때문에 활용 관련 기술 개발을 지속하는 것도 중요하다. 이처럼 발전된 선박 CCUS 기술을 이용해 이산화탄소를 포집, 저장 및 활용한다면 원래 목표인 2050 탄소배출 Net-Zero보다 더 빠른 시일 내에 목표를 달성할 수 있을 것으로 판단된다. 뿐만 아니라, 정교하고 비용 절감 및 효율이 뛰어난 CCUS 기술을 보유하게 된다면 관련 산업 분야에서 세계적인 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 전망된다.

References

- Bauer C, Treyer K, Antonini C, Bergerson J, Gazzani M, Gencer E, Gibbins J, Mazzotti M, McCoy ST, McKenna R, Pietzcker R, Ravikumar AP, Romano MC, Ueckerdt F, Vente J, van der Spek M. 2022. On the climate impacts of blue hydrogen production. *Sustainable Energy Fuels* 6(1): 66-75. doi: 10.1039/D1SE01508G
- Bevacqua E, Maraun D, Vousdoukas MI, Voukouvalas E, Vrac M, Mentaschi L, Widmann M. 2019. Higher probability of compound flooding from precipitation and storm surge in Europe under anthropogenic climate change. *Sci Adv* 5(9): eaaw5531. doi: 10.1126/sciadv.aaw5531
- Cavicchioli R, Ripple WJ, Timmis KN, Azam F, Bakken LR, Baylis M, Behrenfeld MJ, Boetius A, Boyd PW, Classen AT, Crowther TW, Danovaro R, Foreman CM, Huisman J, Hutchins DA, Jansson JK, Karl DM, Koskella B, Welch DBM, Martiny JBH, Moran MA, Orphan VJ, Reay DS, Remais JV, Rich VI, Singh BK, Stein LY, Stewart FJ, Sullivan MB, van Oppen MJH, Weaver SC, Webb EA, Webster NS. 2019. Scientists' warning to humanity: Microorganisms and climate change. *Nat Rev Microbiol* 17: 569-586. doi: 10.1038/s41579-019-0222-5
- Cho MS, Jun EJ, Shin HH, Lee WN, Son JH. 2023. Analysis on the potential for international cooperation by country in the CCUS sector for Korea's carbon neutrality (in Korean with English abstract). *J Energy Clim Chang* 18(2): 102-124. doi: 10.22728/jecc.2023.18.2.102
- Farmer M. 2020. What colour is your hydrogen? A power technology jargon-buster. *Power Technology*; <https://www.power-technology.com/features/hydrogen-power-blue-green-grey-brown-extraction-production-colour-renewable-energy-storage/>
- Gössling S, Scott D. 2018. The decarbonisation impasse: Global tourism leaders' views on climate change mitigation. *J Sustain Tour* 26(12): 2071-2086. doi: 10.1080/09669582.2018.1529770
- Howarth RW, Jacobson MZ. 2021. How green is blue hydrogen? *Energy Sci Eng* 9(10): 1676-1687. doi: 10.1002/ese3.956
- IEA (International Energy Agency). 2020. *Energy technology perspectives 2020 - Special report on carbon capture utilisation and storage. CCUS in clean energy transitions*. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/208b66f4-en
- Kahya D. 2020. Unearthed today: Why oil companies want you to love hydrogen. *Unearthed*; <https://unearthed.greenpeace.org/2020/12/08/unearthed-today-why-oil-companies-want-you-to-love-hydrogen/>
- Kim DR. 2022. A study on the current status of CCUS-related legislation and improvement plan in Korea (in Korean with English abstract). *Korean Law*

- Rev 22(4): 43-66. doi: 10.57057/LawReview.2022.12.22.4.43
- Lim J. 2022. Role of CCUS in achieving carbon neutrality in the domestic industry. Seoul, Korea: KDB Future Strategy Institute. Monthly Report of KDB Survey, No. 797.
- Mann ME, Rahmstorf S, Kornhuber K, Steinman BA, Miller SK, Coumou D. 2017. Influence of anthropogenic climate change on planetary wave resonance and extreme weather events. *Sci Rep* 7: 46822. doi: 10.1038/srep46822
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2023. Toward green shipping by 2050_2023 national action plan. Sejong, Korea: Author.
- Mukherjee S, Mishra A, Trenberth KE. 2018. Climate change and drought: A perspective on drought indices. *Curr Clim Chang Rep* 4(2): 145-163. doi: 10.1007/s40641-018-0098-x
- Ogden NH, Gachon P. 2019. Climate change and infectious diseases: What can we expect? *Can Commun Dis Rep* 45(4): 76-80. doi: 10.14745/ccdr.v45i04a01
- Papadis E, Tsatsaronis G. 2020. Challenges in the decarbonization of the energy sector. *Energy* 205: 118025. doi: 10.1016/j.energy.2020.118025
- Reed S, Ewing J. 2021. Hydrogen is one answer to climate change. Getting it is the hard part. *The New York Times*; <https://www.nytimes.com/2021/07/13/business/hydrogen-climate-change.html>
- Song YW, Oh CW. 2022. Korea's policy direction on the research & development of Direct Air Carbon Capture and Storage (DACCS) technologies: Focusing on DAC technologies (in Korean with English abstract). *J Clim Chang Res* 13(1): 75-96. doi: 10.15531/KSCCR.2022.13.1.075
- Sovacool BK. 2007. Solving the oil independence problem: Is it possible? *Energy Policy* 35(11): 5505-5514. doi: 10.1016/j.enpol.2007.06.002
- Sovacool BK, Noel L, Kester J, de Rubens GZ. 2018. Reviewing Nordic transport challenges and climate policy priorities: expert perceptions of decarbonisation in Denmark, Finland, Iceland, Norway, Sweden. *Energy* 165: 532-542. doi: 10.1016/j.energy.2018.09.110
- Tapia JFD, Lee JY, Ooi REH, Foo DCY, Tan RR. 2018. Raymond R Tan. 2018. A review of optimization and decision-making models for the planning of CO2 capture, utilization and storage (CCUS) systems. *Sustain Prod Consum* 13: 1-15. doi: 10.1016/j.spc.2017.10.001
- Tsimplis M, Noussia K. 2022. The use of ships within a CCUS system: Regulation and liability. *Resour Conserv Recy* 181: 106218. doi: 10.1016/j.resconrec.2022.106218
- van Hulst N. 2019. The clean hydrogen future has already begun. IEA; <https://www.iea.org/commentaries/the-clean-hydrogen-future-has-already-begun>
- Wee JH, Kim JI, Song IS, Song BY, Choi KS. 2008. Reduction of carbon-dioxide emission applying Carbon Capture and Storage(CCS) technology to power generation and industry sectors in Korea (in Korean with English abstract). *J Korean Soc Environ Eng* 30(9): 961-972.
- Williams AP, Abatzoglou JT, Gershunov A, Guzman-Morales J, Bishop DA, Balch JK, Lettenmaier DP. 2019. Observed impacts of anthropogenic climate change on wildfire in California. *Earth's Futur* 7(8):892-910. doi: 10.1029/2019EF001210
- World Energy Council. 2019. New hydrogen economy - Hope or hype? London: Author. Innovation Insights Brief 2019.