

탄소중립연료의 국가R&D과제 정보분석과 니즈마이닝

최정우*, 이병희**

Information Analysis and Needmining of E-Fuel National R&D Projects

Jung-Woo Choi*, Byeong-Hee Lee**

본 연구는 2023년 한국과학기술정보연구원의(KIST) 기본사업 과제로 수행한 것입니다(과제고유번호 K-23-L01-C05-S01)

요약

최근 유럽연합은 탄소중립2050 목표 상황에서 인공석유로 불리는 탄소중립연료(E-Fuel)를 화석연료의 대체제로 인식하면서 수송연료 저탄소 추진에 주목하고 있다. 우리나라도 E-Fuel과 관련하여 탄소중립 및 에너지안보 달성, 탄소중립연료 시장의 국제적 선점 및 상용화를 위해 국가R&D 현황 파악과 실행계획을 조속히 마련할 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 우리나라의 E-Fuel 관련 국가R&D과제의 진행 상황과 실제 국가R&D과제를 수행하는 연구자의 기대와 니즈(Needs)를 파악하여 국가R&D의 발전 방향과 산업 전략 기초 자료를 제시하고자 한다. 이를 위해 NTIS에서 2012~2023년 사이의 720건 국가R&D과제를 조사하고, 네트워크 분석과 텍스트마이닝을 활용하여 현황을 분석하고, 국가R&D과제의 요약문을 영어로 번역하여 기대효과를 토픽모델링을 통해 5개의 토픽으로 분류하고 니즈마이닝을 통해 니즈를 파악하고 실행 방안을 제시하였다.

Abstract

Recently, Recently, the European Union has been focusing on the low-carbon promotion of transportation fuels, recognizing carbon-neutral fuels(E-Fuels), also known as artificial oil, as a substitute for fossil fuels in the context of the carbon neutrality 2050 goal. In Korea, there is a need to identify the current status of national R&D and prepare an action plan for E-Fuel to achieve carbon neutrality and energy security, and to preempt and commercialize the carbon neutral fuel market internationally. This paper aims to identify the progress of national R&D projects related to E-Fuel in Korea and the expectations and needs of researchers who are actually conducting national R&D projects to provide basic data for the development direction of national R&D and industrial strategy. To this end, we investigated 720 national R&D projects between 2012 and 2023 in NTIS, analyzed the current status using network analysis and text mining, translated the summaries of national R&D projects into English, classified the expected effects into five topics through topic modeling, identified the needs through needs mining, and proposed action plans.

Keywords

E-Fuel, R&D project information, needmining, R&D policy, information analysis

* 한국과학기술정보연구원 NTIS센터 학생연구원,
과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책학과 통합과정
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7124-8789>

** 한국과학기술정보연구원 NTIS센터 책임연구원,
과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책학과 교수
(교신저자)
- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5379-9659>

• Received: Oct. 10, 2023, Revised: Nov. 29, 2023, Accepted: Dec. 02, 2023

• Corresponding Author: Byeong-Hee Lee

NTIS Center, Korea Institute of Science and Technology Information

Tel: +82-42-869-1724, Email: bhlee@kisti.re.kr

I. 서 론

전 지구적 기후변화 대응[1]의 일환으로 탄소중립 실현과 지속가능한 연료(Sustainable fuel)의 에너지 확보 문제를 해결하기 위해 다양한 연구개발(R&D)이 진행되고 있다. 2023년 3월 유럽연합(EU)은 당초 탄소중립 실현을 위해 내연기관 연소엔진이 장착된 신차의 판매를 2035년부터 허가하지 않기로 했으나, 인공석유라 불리는 탄소중립연료(이하 E-Fuel) 자동차는 예외로 지정하였고 이는 전통적인 화석연료 기반의 내연기관 연료의 대체제로 E-Fuel을 주목하는 상황이다.

E-Fuel은 이송 및 저장이 기존 차량 수송연료 방식과 큰 차이가 없어 연료 운반 인프라 변경을 최소화하면서 생산 과정에서 탄소를 배출하지 않는 친환경 차와 같은 수송연료 방식으로 사용할 수 있어 온실 및 배기가스, 미세먼지를 저감할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 현 기술 수준으로 E-Fuel은 높은 생산 과정에서 에너지 소모량이 많아서 생산 비용 및 경제성이 떨어진다는 단점이 있다. 또한 E-Fuel을 대량 생산하려면 기술적인 문제도 해결해야 한다. 낮은 에너지 효율로 아직은 상용화가 지연되고 있으며, 기존 차량 수송연료보다 높은 원가 부담의 문제도 있다[2].

최근 EU는 물론이고 특히 독일에서 E-Fuel 관련 R&D가 활발히 진행되고 있으며, 우리 정부도 2021년 4월 국내 산·학·연 전문가들과 연구회를 발족하여 국내·외 E-Fuel 정책·연구 동향과 경제성, 국내 도입 시 과제 등을 검토해 오고 있다[3]. 우리나라는 수소·이산화탄소(CO₂) 생산 및 합성 공정 등 제조공정의 원천기술은 다수 확보 중이나 상용화를 위한 실증 연구가 필요한 단계이며, 경제성 확보가 핵심으로 가격을 낮추기 위한 CO₂ 흡착제 효율 향상, 합성 촉매 개발 등이 주요 과제가 되고 있다.

본 논문에서는 최근 우리나라에서도 차량 수송연료 관심을 받고 있는 E-Fuel 국가R&D과제와 관련하여 국가R&D과제가 어떻게 진행되고 있고 어떤 방향으로 기대와 니즈가 있는지를 파악 및 분석하는 것을 목적으로 한다. 본 논문에서는 우리나라 국가R&D과제의 정보분석을 위해 국가과학기술지식정보

서비스(NTIS)에서 E-Fuel 과제를 추출하여 과제의 통계, 내용, 비교 분석 등 방법을 사용하여 동향과 지식 분석을 수행한다. 또한 향후 이 분야에 어떤 기대효과와 니즈(Needs)가 있는지를 위해서 텍스트마이닝의 일종인 니드마이닝 기법을 적용하여 분석한다. 본 연구가 우리나라 E-Fuel 관련 국가R&D 발전 방향과 산업 전략의 기초 자료로 활용되길 기대한다.

II. 관련 연구

2.1 탄소중립연료(E-Fuel)와 국가R&D 과제

우리나라는 차량 및 항공, 선박 수송연료로 활용하는 그린 메탄화 및 그린 에탄올 등 E-Fuel에 대한 사회적 관심이 증대되는 상황에서 향후 수송연료 분야에 E-Fuel의 보급·확산이 예상된다[4]. 국내 기업들은 E-Fuel 생산 기술을 선점으로 친환경 연료사업 영역 확장 및 시장 점유율 제고, 에너지 분야의 기술 경쟁력을 높일 수 있는 미래 에너지 성장 동력 확보가 필요한 시점이다. 국내 연구계에서는 한국에너지기술연구원을 비롯해 한국전력공사, 한국가스공사, 대학에서도 E-Fuel 관련 국가R&D과제가 증가하고 있다.

우리나라 에너지통계연보2022[5]에 따르면 에너지 수입 의존도가 94.8%로, 에너지의 거의 대부분을 수입에 의존하고 있다. 석유, 천연가스 및 기타 에너지 자원의 대부분을 해외에서 수입하기 때문이다. 이 때문에 석유 등 기존 화석연료를 대체할 수 있는 에너지 자원 개발에 관심을 가질 수밖에 없다.

탄소중립연료(E-Fuel, Electricity-based Fuel)는 물을 전기분해하여 얻은 수소에 이산화탄소, 질소 등을 합성하여 만드는 합성연료다. 1910년대 독일에서 개발되었고 2차 세계대전에서 군사용으로 연료로 이용되었으며, 2010년대에 지구 온난화 문제와 수소 경제의 전환으로 다시 주목받고 있다. E-Fuel은 일반적으로 탄화수소계 연료이기 때문에 연소 시 이산화탄소를 배출하지만, 생산 과정에서 연도가스(Flue gas)나 대기로부터 이산화탄소를 포집하기 때문에 전과정평가의 관점에서 순배출량은 0에 가깝다는 특징을 갖고 있다[6].

현재 E-Fuel의 문제는 생산비용으로 그린 수소, 바이오 메탄올, 재생가능 암모니아와 같은 탄소중립 연료는 현재 상용화된 그레이 수소, 화석연료 메탄올, 암모니아 등과 비교했을 때 약 2~4배의 생산비용이 발생한다. 또한 합성 과정에서 전기를 사용하기 때문에 E-Fuel 생산 과정에서 대량의 전기 수요가 발생한다. 스웨덴의 연구 결과에 따르면 탄소중립연료를 이용해 스웨덴의 운송 부문 수요를 충족시키려면 발전량을 60% 증가시켜야 한다[7][8].

E-Fuel은 환경 친화적인 연료 중 하나로, 전기 분해를 통해 생산되는 연료이며 전통적인 화석 연료와는 다르게 탄소 배출량을 크게 줄일 수 있는 잠재력을 가지고 있다. E-Fuel은 대기 중에 존재하는 이산화탄소(CO2)를 사용하여 연료를 생산하므로, 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있는 이점을 제공함으로써 환경 문제에 대한 대안으로서 주목받고 있다. E-Fuel의 장점과 단점을 비교하면 표 1과 같다.

표 1. E-Fuel의 장점과 단점 비교
Table 1. Pros and cons of E-Fuel

No.	Pros	Cons
1	made using renewable electricity, water, and airborne carbon dioxide, making it a carbon-neutral, environmentally friendly fuel.	The production of electricity requires steps such as extracting hydrogen from water and combining it with carbon dioxide, resulting in an energy loss of about 30%.
2	Compatible with existing fuel infrastructure and offers gasoline or diesel-like performance.	Production requires large amounts of water and electricity, so water shortages or power shortages can be problematic.
3	Short charge time, high energy density, and unlimited shelf life.	E-fuels are currently more expensive than conventional fuels and require additional investment and regulation for mass production.

이런 상황에서 E-Fuel이 대중화되기 위해서는 첫째, E-Fuel을 대량 생산하기 위해서는 높은 효율성,

안정성 및 경제성을 갖는 기술 개발이 요구된다. 둘째, 정부에서 환경 보호나 에너지 저감 등과 관련된 규제나 세금 혜택 등으로 E-Fuel 사용에 도움을 줄 수 있는 지원이 필요하다. 우리나라의 E-Fuel 관련 국가R&D 동향과 새로운 기술 및 연구 결과를 바탕으로 산업 및 사회에 대한 비용, 인프라, 안전, 규정 등 활용성과 적용 차량의 실증 및 환경규제 등 적용성을 검토하는 것이 필요하다.

국가과학기술정보서비스(NTIS)는 2008년 3월말 서비스를 개시하여 지금까지 서비스 중이며 그간 축적된 국가R&D사업의 과제·성과·인력 등 데이터를 활용하여 국가R&D 심층 정보분석이 가능하고, 연구자의 지식공유 활동을 촉진할 수 있다. 국가 R&D과제정보를 이용하여 수소연료전지 관련 연구 [9]는 국가R&D과제와 소셜 데이터의 기술마이닝과 감성분석에 관한 연구가 있다.

2.2 니드마이닝과 네트워크 분석

제품과 서비스를 새로 만들거나 큰 개선을 하고자 할 때 잠재 고객 또는 사용자의 필요와 관련된 니즈(Needs) 파악이 선행되어야 한다. 니즈 파악은 고객, 시장, 그리고 기업 내부의 요구와 기대를 이해하고 이를 바탕으로 전략을 수립하며 혁신을 추진하는 데 매우 중요한 과정이다. 온·오프라인 상의 방대한 텍스트를 포함한 데이터에서 니즈 도출을 위한 니드마이닝(Needmining) 연구[10]가 있다. 필요한 니즈를 파악하고 나서 수행되는 실행계획(To-Do Action Item 리스트)은 할 일 목록을 작성하여 관리하는 도구이다. 본 논문에서는 니드마이닝을 통해 니즈를 파악한 후, 실행계획을 작성하여 E-Fuel 실행 전략 수립에 이용하고자 한다.

네트워크 분석(Network analysis)이란 노드(node)와 그들 사이의 관계를 그래프로 표현하고, 그래프의 구조와 특성을 수학적이고 통계적인 방법으로 탐색하는 과정이다. 네트워크 분석은 사회 네트워크, 웹 네트워크, 생물 네트워크 등 다양한 분야에 적용될 수 있다[11][12]. 본 논문에서는 국가R&D과제의 키워드를 중심으로 수행기관 공동연구와 단어 네트워크를 구성하고 중심성을 살펴본다.

III. 데이터 수집과 연구 방법

3.1 데이터 수집과 전처리

본 연구에서는 NTIS에서 우리나라 E-Fuel 분야의 2012년 이후 최근까지 국가R&D과제 720건을 수집하였다. 수집된 국가R&D과제에서 목표요약, 연구내용요약, 기대효과요약은 R언어에서 구글의 번역 API를 이용하는 gtranslate 패키지를 가지고 한국어를 영어로 번역하였다. 한국어 및 영어의 형태소 분석은 R언어 패키지인 NLP4kec를 사용하여 2글자 이상의 명사와 용언 원형을 추출하여 사용하였다.

3.2 연구 방법

본 연구의 연구수행 전체 흐름은 그림 1과 같다. 본 연구는 우리나라의 국가R&D에서 E-Fuel 연구 동향을 분석하기 위해 NTIS 데이터를 활용해 ‘E-Fuel|탄소중립연료’ 관련 국가R&D과제 분석을 수행하였다.

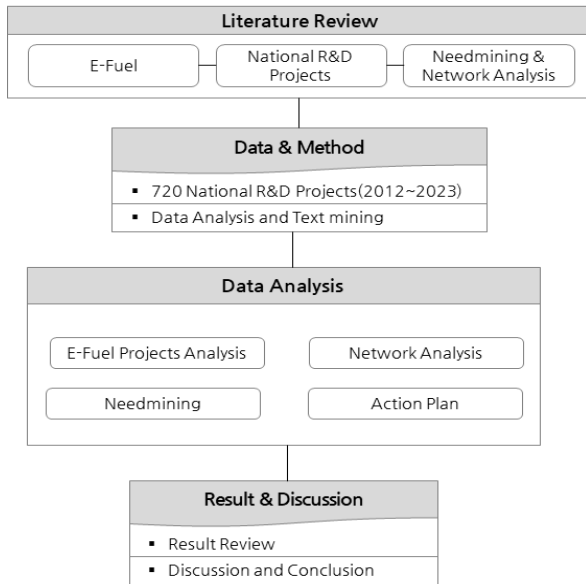


그림 1. 본 연구 전체 흐름도
Fig. 1. Overall flow of the study

IV. 데이터 분석 및 결과

4.1 E-Fuel 국가R&D과제 정보 분석

우리나라 국가R&D의 전체 사업/과제, 인력, 성과

정보를 제공하는 NTIS에서 수집한 E-Fuel 관련 국가R&D과제의 수행건수를 2012년부터 최근까지 살펴보면 2020년 17건에서 2022년 282건으로 대폭 증가하였다.

과학기술표준분류체계의 적용분야 현황은 표 2와 같이, 에너지 33.3%, 환경 11.2%, 제조업 분야의 전기 및 기계장비 제조업 10.9%, 화학물질 및 화학제품 9.5%, 자동차 및 운송장비 7.4% 순으로 나타났다.

표 2. 과학기술표준분류의 적용분야1
Table 2. Application area 1 of the standard classification of science and technology

Rank	Application area 1 of the Standard Classification of Science and Technology	n	%
1	Energy	239	33.3
2	Environment	80	11.2
3	Manufacturing(Electrical & Mechanical Equipment)	78	10.9
4	Manufacturing(Automotive & Transportation Equipment)	68	9.5
5	Manufacturing (Automotive and Transportation Equipment)	53	7.4
6	Other Industries	47	6.6
7	Agriculture, forestry, and fishing	25	3.5
8	Professional, scientific, and technical services	17	2.4
9	Manufacturing (nonmetallic minerals and metal products)	16	2.2
10	Sewage, waste treatment, raw material recycling and environmental restoration	12	1.7

국가R&D과제를 수행한 연구수행주체 측면에서는 대학 42.4%, 중소기업 25.4%, 출연(연) 16.5% 순으로 나타났으며 이외에도 중견기업, 대기업 등을 포함하여 전 분야에서 고루 과제를 진행하고 있음을 알 수 있다.

표 3. 과학기술표준분류의 적용분야1
Table 3. Application area 1 of the standard classification of science and technology

Rank	Principal investigator	n	%
1	University	305	42.4%
2	Small business	183	25.4%
3	Research institute	119	16.5%
4	Others	50	6.9%
5	Medium enterprise	37	5.1%
6	Large enterprise	17	2.4%
7	National laboratories	7	1.0%
8	Government departments	2	0.3%

4.2 키워드 및 공동연구 네트워크 분석 결과

과제의 영문 키워드를 가지고 클러스터를 그려 보면 그림 3과 같다. NTIS과제에서 2012~2023년 사이의 영어 키워드가 있는 것을 가지고 fast greedy 알고리즘을 적용하여 키워드의 클러스터된 네트워크를 구성하였다.

총 93개의 키워드 중에서, 클러스터1(암모니아 바이오가스, CO2 등)은 40개, 클러스터2(산, 촉매, 연소 등)는 27개, 클러스터3(배터리, 셀, 전기 등)은 15개, 클러스터4(사업화, 재료, 액체, 차 등)는 5개, 클러스터5(평가, 환경, 통합, 생산 등)는 6개의 키워드로 구성된다.

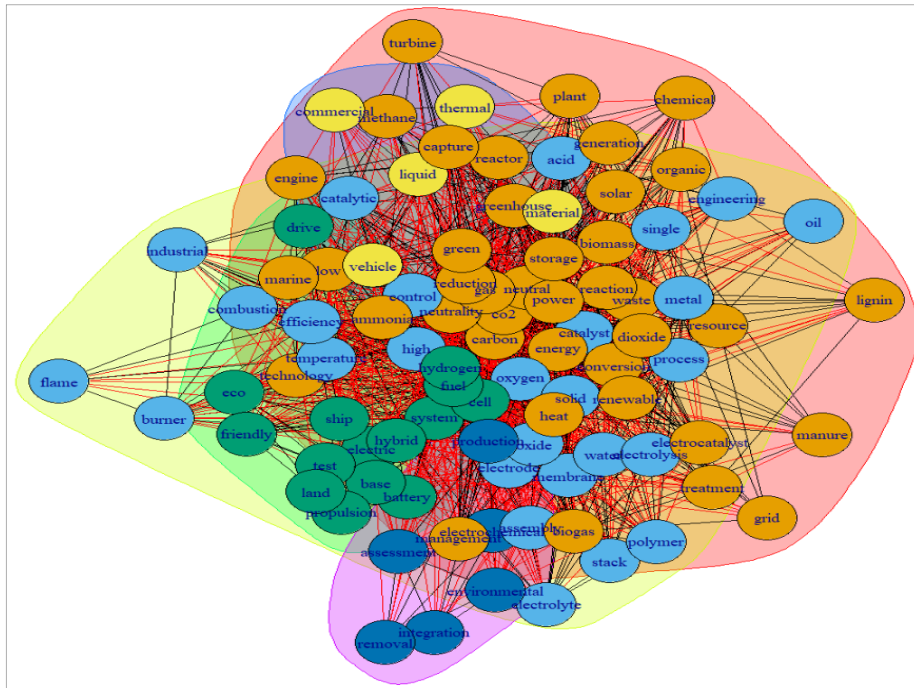


그림 2. 클러스터된 5개의 키워드 네트워크
Fig. 2. Network of five clustered keywords

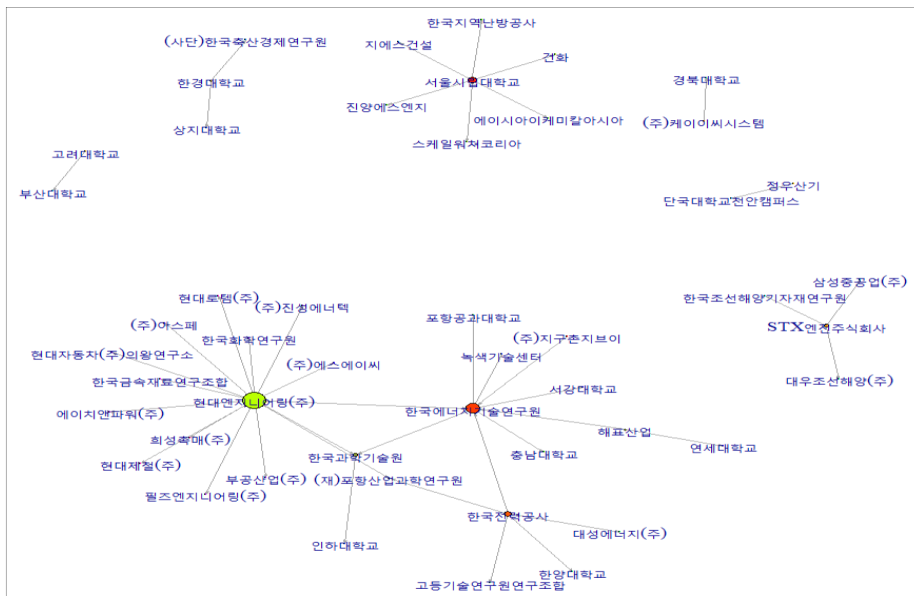


그림 3. 국가R&D과제 수행기관 공동연구네트워크
Fig. 3. Collaborative research network for national R&D projects

E-Fuel 과제를 수행한 기관의 공동연구를 파악하기 위해 R언어로 공동연구네트워크 분석을 그림 2와 같이 실시하였다. 국가R&D과제의 공동연구 수행을 213개 과제를 통해 공동연구네트워크 분석을 한 결과는 그림 3과 같다. 한국에너지기술연구원, 한국전력공사, 현대엔지니어링(주), 서울시립대학교가 공동연구를 많이 수행하고 있는 것으로 나타났다. 한국에너지기술연구원은 차량, 항공, 전력 부분의 E-Fuel 연구를 한국과학기술원과 공동연구를 수행한 것으로 나타났다.

4.3 니드마이닝 결과와 실행 계획

영어로 번역된 국가R&D과제의 요약문에서 필요와 기대가 관련된 "need", "want", "expect", "anticipate" 등 20여개 단어의 어간(word stem)을 기대효과와 비교하여 해당 문장을 616개 추출하였다. 그리고 이들 616개 문장을 가지고 그림 4와 같이 토픽수 결정을 위해 k의 최고치인 5로 지정하였다.

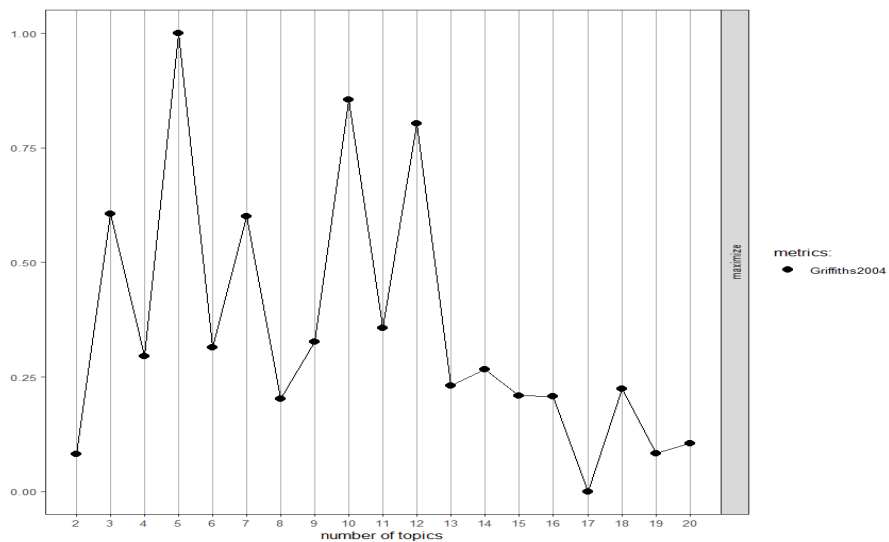


그림 4. 토픽수 결정을 위한 진단값
Fig. 4. Diagnostic values by number of topics

Topic 1 Top Words: Developing hydrocatalyst and e-fuel technologies
 Highest Prob: hydrogen, technology, secure, fuel, development, research, industry
 FREX*: ammonia, machinery, cryogenic, bus, p2g, tractor, detail
 Score**: hydrogen, ammonia, vehicle, cryogenic, liquid, bus, storage

Topic 2 Top Words: Waste Enabling Technologies, Energy Supply Chains, and Environmental Regulations
 Highest Prob: waste, marine, process, energy, technology, development, system
 FREX: collect, biogasification, disposal, sort, pyrolysis, plastic, waste
 Score: waste, collect, plastic, sort, recycle, bdd, boat

Topic 3 Top Words: Electric and hybrid propulsion systems and devices
 Highest Prob: ship, electric, propulsion, hybrid, system, equipment, development
 FREX: propulsion, hybrid, lbt, ship, hydrogen-powered, electric, equipment
 Score: propulsion, hybrid, ship, lbt, encroach, simulator, electric

Topic 4 Top Words: Environmentally friendly manufacturing processes and industrial applications
 Highest Prob: technology, use, carbon, reduce, industry, gas, process
 FREX: biofuel, lignin, cement, acid, biodiesel, compound, microwave
 Score: chemical, deposition, co2, material, biomass, pest, gas

Topic 5 Top Words: Energy, Power Generation Systems, Markets
 Highest Prob: power, energy, generation, system, fuel, use, technology
 FREX: building, grid, nuclear, squalene, intelligent, eu, sofc
 Score: energy, grid, building, nuclear, turbine, renewable, solar

* Top Ranking
 ** Top words by score

그림 5. STM 토픽모델링 결과
Fig. 5. STM topic modeling result

STM 토픽 모델링을 통해 5개의 토픽으로 나온 결과는 그림 5와 같다. Topic 1은 수소축매와 E-Fuel 기술 개발, Topic 2는 폐기물 지원기술, 에너지 공급망 및 환경 규제, Topic 3는 전기 및 하이브리드 추진 시스템 및 기기, Topic 4는 환경 친화적 제조 과정과 산업적 적용, Topic 5는 에너지, 전력 생성 시스템, 시장 관련으로 나왔다.

표 4는 4장에 나온 5개의 토픽에 대해 관련 실행 계획이다. 각각의 토픽별로 E-Fuel과 관련하여 니즈를 뒷받침하기에 필요한 실행 아이টে를 정리하였다.

4.4 결과 종합 및 토의

최정우[9]는 수소연료전지 연구에서 그린수소는 순수 제로 탄소 배출을 달성하는데 궁극적인 지향점이지만 이는 아직 기술개발에 난제가 있는 상용화 초기인 만큼 상용화가 이뤄지기까지는 상당 시간이 걸릴 것으로 예측했다. 현재로서는 기존의 인프라와 연료 유통구조를 변경하지 않는 E-Fuel기술이 대안이 될 수 있을 것으로 예상된다.

E-Fuel의 생산 비용을 낮추기 위해 연구가 진행되고 있다. 예를 들어, IRENA(International Renewable Energy Agency)는 기존 전기분해기의 비용을 2030년까지 40% 이상 절감할 수 있는 연구를 진행하고 있다. 또한, E-Fuel Alliance는 2025년에 4%의 혼합율로 생산된 1리터당 eFuel의 생산 비용이 한화로 약 2,200~2,700원이 될 것이라고 발표하였으며, 2050년에는 100% 혼합율로 생산된 E-Fuel의 생산 비용이 약 950~1,800원으로 감소할 것으로 예상했다.

니드마이닝과 실행계획을 통해 나온 실행 아이টে를 가지고 E-Fuel 실행계획을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 기존 연료와의 비교 분석으로 E-Fuel의 상용화를 위해 먼저 기존 연료와의 장단점을 상세하게 분석하고. 이를 통해 E-Fuel의 경제성, 친환경성 및 성능 특성을 명확하게 파악한다.

둘째, E-Fuel 생산 기술 개발로, E-Fuel의 대규모 생산을 위해 효율적인 생산 기술을 개발해야 한다. 전기 분해, CO2 포집, 수소화 등의 과정을 최적화하여 높은 생산량과 효율성을 보장해야 한다.

표 4. 토픽별 실행 아이টে

Table 4. Action items by topic

Topic	Action Item
1	Development of hydrogen catalyst/reaction technologies Research on the feasibility of utilizing E-Fuel for vehicles Multi-faceted evaluation and standard setting Transportation safety verification Commercialization/industry research and analysis
2	Biorefinery-based organic waste recycling technology Environmental impact assessment and regulatory and institutional improvements Multifaceted assessment and standard setting Improving energy efficiency Optimization of production and utilization systems
3	Developing efficient electric propulsion systems for ships and aviation Researching hybrid systems that combine electricity with other fuels Testing and evaluating devices Investigate regional applicability Developing operational optimization plans
4	Developing new technologies to utilize E-Fuel Carbon reduction strategies and environmentally friendly manufacturing processes Use case analysis Materials and gas testing Integration with existing technologies
5	Energy and power research Analyzing E-Fuel market demand and competition E-Fuel system optimization Linking renewable energy and chemical moving ESS Developing new E-Fuel technologies and improving technologies to increase efficiency

셋째, E-Fuel의 상용화를 위해 잠재적인 시장과 수요를 조사해야 한다. 교통, 산업 등 다양한 분야에서 수요를 파악하여 시장 진입 전략을 수립해야 한다.

넷째, E-Fuel을 사용하기 위한 인프라 구축이 필수적이다. E-Fuel 유통 네트워크를 개발하여 사용자들이 편리하게 이용할 수 있는 환경을 조성해야 한다.

다섯째, E-Fuel 상용화를 위해 관련 규제와 정책을 고려해야 한다. 친환경 연료로서의 인센티브, 배출 규제 등을 파악하고 준수하는 전략을 수립해야 한다.

여섯째, E-Fuel 생산 및 사용 과정에서 발생할 수 있는 기술적 문제를 미리 예측하고 대응책을 마련해야 한다. 연구 및 개발을 통해 기술적 한계를 극복하는 방안을 모색해야 한다. 마지막으로, 산업체/연구기관/정부기관 등과의 협력과 파트너십을 구축하는 것이 중요하다. 전문적인 지식과 자원을 공유하여 협력을 통해 상용화를 가속화할 수 있다.

E-Fuel은 지속가능한 수송용 에너지 솔루션의 중요한 부분으로 간주되고 있으나 아직 생산 비용이 높아 상용화에 성공적으로 이르지 못하고 있다. 하지만 기후변화 완화, 재생 에너지의 활용 확대, 기존 인프라의 활용, 그리고 경제 성장을 촉진하는데 기여할 수 있으므로 지속적인 연구와 투자가 필요하다.

V. 결론 및 향후 과제

지금까지 본 논문에서는 E-Fuel과 관련하여 탄소중립 및 에너지 안보 달성, 탄소중립연료 시장의 국제적 선점 및 상용화를 위해 국가R&D 현황 파악과 실행계획 마련의 필요성이 대두됨에 따라, 우리나라의 E-Fuel 관련 국가R&D과제의 진행 상황과 실제 국가R&D과제를 수행하는 연구자의 기대와 니즈를 파악하기 위해 NTIS에서 2012~2023년 사이의 720건 국가R&D과제를 조사하고, 네트워크 분석과 텍스트 마이닝을 활용하여 현황을 분석하고, 국가R&D과제의 요약문을 영어로 번역하여 기대효과를 토픽모델링을 통해 5개의 토픽으로 분류하고 니드마이닝을 통해 니즈를 파악하고 실행 방안을 제시하였다.

우리나라 국가연구개발에서 CO₂ 배출량 감소, 에너지 효율 향상, 경제적 효과 등을 기대할 수 있는 E-Fuel에 대한 국가연구개발비는 2020년 76억원,

2021년 455억원, 2022년 1,669억원으로, 최근 3년 사이 20배 이상 급격히 증가했다. 이를 반영하듯 과학기술표준분류 적용분야에서 탄소중립연료 분야의 과제 수는 에너지, 환경, 전기/기계, 화학, 자동차/운송 순으로 비중이 높았다. 그런 측면에서 우리나라가 E-Fuel 에너지 전환의 상용화를 이끌 수 있는 경쟁력 갖춘 원천기술을 확보해 세계 에너지 산업을 주도해 나가야 할 것이다.

정부가 기술적 과제를 구체화하고 상용화에 기반한 탄소중립 목표 달성을 지원하는 것이 바람직하다. 이는 결국 에너지 저장 및 운송을 효과적으로 관리하고, E-Fuel R&D의 새로운 산업 분야를 창출하며, 경제 성장을 촉진하는데 기반이 될 것이다. 국가 및 기업은 이 기술을 통해 화석 연료 의존도를 줄이고, 에너지 안정성을 높이는 동시에 새로운 일자리를 창출할 수 있다.

이를 위해 다음과 같은 점을 고려하여야 한다.

첫째, E-Fuel 기술 발전의 중요성을 인식하고 E-Fuel은 친환경 에너지로서의 잠재력을 가지고 있으므로, 해당 기술의 연구 및 개발은 에너지 전환과 지속가능 발전에 중요성을 인식하여야 한다.

둘째, E-Fuel과 관련한 통합된 지식 구조의 구축이 필요하다. 다양한 연구 결과를 종합적으로 분석함으로써 E-Fuel 기술에 대한 통합된 지식 체계를 마련하는 것이 중요하다.

셋째, E-Fuel 관련 제도와 규정을 포함한 정책 및 산업 발전 지원이 필요하다. 본 연구와 같은 연구 결과를 기반으로 한 E-Fuel 발전 전략과 정책 제안은 국가 및 산업의 E-Fuel 기술 발전을 촉진할 수 있기 때문이다.

향후 E-Fuel 연료의 수요와 공급을 예측하고, 이러한 연료를 사용하기 위한 연료유통 인프라와 친환경 및 탄소배출 규제의 도입을 검토하여, 기존 수송용 내연기관의 휘발유, 경유와 같은 연료와 비교하여 E-Fuel 우대 및 보상 관련 법적 틀, 목표, 지원 제도, 장애요인 등을 더 분석하고, PtX 연료의 다양한 경로와 용도에 대한 정책적 인식과 우선순위를 비교해 보아야 할 것이다.

본 연구는 연구자의 집단지성을 이용한다는 점에서 기존의 연구와 차별화되며, 니드마이닝을 적용을 통해 E-Fuel 실행계획을 마련 방법을 제시하고 국가

R&D의 정책 방향을 제안하였다. 본 연구가 E-Fuel 분야의 연구자와 국가R&D정책 결정에 유용한 인사이트를 제공할 것으로 기대한다.

References

[1] M. Barnard, "The Short List Of Climate Actions That Will Work, Forbes, Aug. 2023. <https://www.forbes.com/sites/michaelbarnard/2023/08/11/the-short-list-of-climate-actions-that-will-work/?sh=1356a866487c> [accessed: Nov. 26, 2023]

[2] J. Yang, "Eco-friendly synthetic fuel, e-fuel, reduces greenhouse gas emissions", Korea Automotive Research Institute Industry Trends, Vol. 67, Jun. 2021.

[3] e-Fuel Research Council, "Renewable and Synthetic Fuels(e-Fuel) Research Report", Jan. 2022.

[4] MoneyToday, "Zero carbon emissions from internal combustion engines? Hyundai and refiners make E-fuel", May 2021. <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2021041517040163695>. [accessed: Nov. 26, 2023]

[5] Korea Energy Economics Institute, "Year book of Energy Statistics", 2022.

[6] Jo. Lee and B. J. Lee, "Survey on Research and Development of E-Fuel", Journal of Korean Society Combustion, Vol. 27, pp. 37-57, Mar. 2022. <https://doi.org/10.15231/jksc.2022.27.1.037>.

[7] A. Nemmour, A. Inayat, I. Janajreh, and C. Ghenai, "Green hydrogen-based E-fuels (E-methane, E-methanol, E-ammonia) to support clean energy transition: A literature review", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 48, No. 75, pp. 29011-29033, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.03.240>.

[8] efuel-today, "The production process of e-fuels", Mar. 2023. <https://efuel-today.com/en/production-process-of-e-fuels/> [accessed: Nov. 26, 2023]

[9] J.-W. Choi and B.-H. Lee, "Technology Mining and Sentiment Analysis on National R&D Projects and Social Data of Hydrogen Fuel Cell", Journal

of Korean Institute of Information Technology, Vol. 21, No. 9, pp. 129-137, Sep. 2023. <http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2023.21.9.129>.

[10] N. Kuehl, J. Scheurenbrand, and G. Satzger, "Needmining: Identifying Micro Blog Data containing Customer Needs", Twenty-Fourth European Conference on Information Systems (ECIS), İstanbul, Turkey, pp. 1-16, Jun. 2016.

[11] J. H. Suk and Y. H. Park, "A Study on Co-author Networks in the Journal of a Branch of Computers", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 295-301, Feb. 2018. <https://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.2.295>.

[12] S. M. Lee, "Big Data Analytics - Methodologies for Human Sciences", Yunseong Publishing, Jun. 2019.

저자소개

최 정 우 (Jung-Woo Choi)



2015년 2월 : 연세대학교 상경대학
경제학과(경제학사)

2019년 9월 ~ 현재 :
과학기술연합대학원대학교
과학기술경영정책 통합과정
관심분야 : 과학기술경영정책,
텍스트 마이닝, 데이터과학,

R&D경제, 수소경제

이 병 희 (Byeong-Hee Lee)



1992년 2월 : 충남대학교
컴퓨터공학과(공학사)

2002년 2월 : 충남대학교
컴퓨터공학과(공학박사)

2002년 9월 ~ 현재 :
한국과학기술정보연구원
NTIS센터 책임연구원

2012년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합 대학원대학교
과학기술경영정책학과 교수
관심분야 : 과학기술경영정책, 인공지능, 빅데이터,
텍스트마이닝, 기술마이닝