

수소연료전지 특허 동향 분석: 지식 지속성 기반 주경로 분석 및 텍스트 마이닝 방법 활용¹⁾

Hydrogen Fuel Cell Patent Analysis: Using Knowledge Persistence-based Main Path Analysis and Text Mining

윤세준 (Sejun Yoon)

한양대학교²⁾

박현석 (Hyunseok Park)

한양대학교³⁾

〈 국문초록 〉

본 논문은 친환경 연료 중 하나인 수소 원료를 바탕으로 미래의 에너지 문제와 공해 문제를 해결할 수 있는 수소연료 전지 기술 도메인에 대해 특허 분석을 실시했다. 특허분석은 현재 기술 수준과 미래 발전 방향을 발견할 수 있어 기술로드맵 수립에 많이 활용된다. 그러나 기존의 특허분석은 정성적인 분석 및 간단한 통계분석으로 현재의 기술 환경을 반영하지 않은 분석 결과를 제안할 수 없다. 현재의 기술 환경은 기술의 융복합으로 발전을 나타내고 있고, 발전 속도는 매우 가파르게 성장하여 정성적인 분석은 시대적 분석 요건에 옳지 않다. 그래서 본 논문은 현재의 기술환경을 반영한 지식상속성(Knowledge Persistence, KP) 기반의 주경로 분석과 텍스트마이닝 방법을 활용하여, 수소연료전지 기술도메인에서 핵심특허 발견, 중요 기술 발전, 유망기술을 조망한다.

주제어: 지식 경영, 지식 지속성, 주경로분석, 텍스트 마이닝, 수소연료전지

1) 본 논문은 한양대학교 교내연구지원사업으로 연구되었음(HY-202200000003491)

2) 제1저자, yoonsejun@hanyang.ac.kr

3) 교신저자, hp@hanyang.ac.kr

1. 서론

18세기 산업 혁명 이후, 화석 연료의 무분별한 사용으로 인해 화석 연료 고갈, 이산화탄소 배출로 인한 지구온난화 등의 환경 문제가 야기되었다(손재익, 2004; 장성혁, 2019; 정인수, 2021). 환경 문제가 전 세계적으로 심각해지자, 세계 각국은 환경보존에 대한 관심과 규제를 점점 증가시키고 있으며, 화석 연료를 대체할 새로운 에너지원에 대한 연구개발에 지원을 아끼지 않는 추세이다(장성혁, 2019; 정인수, 2021). 다양한 대체제가 제시되었으나, 그 중 미래의 에너지 문제와 공해 문제 두 가지를 모두 감량할 수 있는 새로운 대체재인 수소연료전지가 각광 받고 있다(손재익, 2004; 장성혁, 2019; 정인수, 2021).

연료전지(Fuel cell)는 연료를 산화시키는 과정에서 발생하는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 전지이다. 연료의 연소 없이 바로 전기 에너지를 생산하여 친환경적이며, 손실되는 에너지가 적어 발전효율이 높다. 그래서 수소연료전지는 국제적으로 시장이 확대되는 추세이다. 수소연료전지는 온실가스, 미세먼지를 감소시켜, 친환경적으로 발전효율과 종합효율을 각각 45%, 85% 이상으로 높일 수 있다(손재익, 2004). 또한, 높은 효율로 도심에 적합하게 설치면적이 작은 공간효율과 원하는 곳에서 직접 전기를 생산할 수 있어, 분산발전성 등의 이유로 글로벌 수소연료전지 시장은 꾸준히 성장세를 보이고 있다. 국내에서는 국가적으로 신재생에너지 공급의무화 제도를 도입하였으며, 연료전지 발전소를 설치를 추진함으로써 국내 연료전지 시장의 확대가 기대된다(손재익, 2004; 장성혁, 2019; 정인수, 2021).

수소연료전지와 같이 빠르게 발전하는 기술도메인은 특허분석이 필수적이다. 빠르게 성장한 기술도메인은 기업과 국가의 미래 먹거리이자 기술적 우위에

있을 수 있는 기회이다(안연식, 2010). 이때, 특허 분석은 필수적이다. 특허 분석은 현재 기술환경에 대한 실태로 미래 전략 및 정책 수립에 기초자료로 활용된다. 기존의 특허분석은 해당 기술도메인의 정성적인 분석과 자문을 통해 수행되었다. 그러나, 최근 기술 발전은 급변하고, 다른 기술도메인과 융복합을 통해 새로운 기술도메인 출현 및 발전이 진행되고 있다. 이와 같은 이유로 기존에 수행된 방법에 한계가 존재하였다. 이에 반해, 특허 분석에 활용되는 데이터 증가와 데이터 마이닝 기법이 개발되어 이와 같은 한계를 해결할 수 있는 환경이 되었다(Yann et al., 2015; Ian et al., 2016).

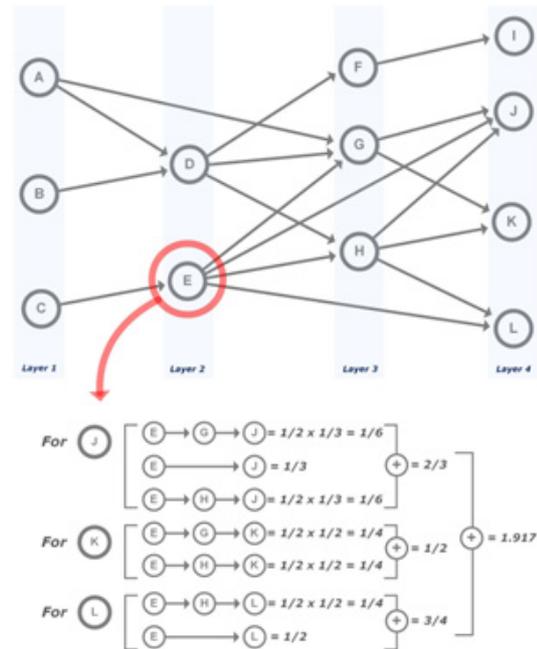
본 논문은 현재 빠르게 성장하고 있는 수소연료전지 기술도메인에 대해서 분석하고 향후 기술로드맵 수립에 기여하고자 한다. 기존의 연구들에서 기술로드맵을 생성하는 연구가 많이 진행되었다. 그 중 네트워크 분석 기반의 방법이 많이 활용되었다(Hummon & Dereian, 1989; Verspagen, 2007; Martinelli & Nomaler, 2014; Park & Magee, 2017; Yoon et al., 2020). 그러나, 기존의 방법에서 많은 한계가 존재한다. 먼저, 중요한 발전을 나타낼 때, 단일 경로가 아닌 복수 경로로 수행해야 한다. 중요 기술의 발전은 이전의 기술들에 대한 지식이 재조합으로 발전하기 때문에 복수의 경로로 분석되어야 한다(Park & Magee, 2017; Yoon et al., 2020). 또한, 방대한 네트워크를 효과적으로 줄이고, 단방향에서 경로를 탐색이 아닌 양방향에서 경로를 탐색해야 한다. 단방향으로 경로 탐색은 경로를 누락할 수 있어 중요 발전을 식별할 수 없다(Park & Magee, 2017). 그래서, 본 연구는 한국, 미국, 일본, 중국, 유럽을 포함하는 특허 데이터 셋을 구축하고, KP기반의 핵심 특허 도출, KP 기반의 주경로 분석으로 중요 기술의 발전 형태를 확인하고, 추가적인 텍스트마이닝 방법을 활용하여 유망 기술에 대해 예측하고자 한다.

2. 분석 설계

2.1. 지식상속성 기반의 주경로 분석

특허분석에 있어서 핵심 특허 발견은 필수적이다. 핵심 특허는 현재 기술 수준과 주요 회사들에 대한 전략 및 미래 발전에 대한 예측에 있어서 기본이 된다 (이재현, 2005; 최진호 등, 2011; 조용래, 김의석, 2014; 윤민호, 2020). 그러나 핵심 기술은 선정에는 많은 한계가 존재한다. 현재 기술들의 발전은 급격하게 이뤄지고 있는 형태로, 새로운 기술 분야 및 융합 기술로 발전을 이루고 있다(이상호, 권상집, 2015; 류재홍, 최진호, 2018; Appio et al., 2017; Dehghanimadvar et al., 2020; Fleming, 2001; Yoon et al., 2020). 이로 인해, 데이터 기반의 형태로 정량적인 분석을 통해 핵심 기술을 발견하는 것은 시대적인 요구가 존재한다. 기존의 분석 방법들은 거시적인 단계인 지표 분석과 전문가를 통한 정성적인 분석이 주를 이루고 있다. 그래서 새로운 기술분야 및 작은 단위인 기술 분야는 높지 않은 정확성을 보이고 있다(이재현, 2005; 최진호 등, 2011; 조용래, 김의석, 2014; 윤민호, 2020).

본 논문에서는 혁신 이론에 근거한 특허인용네트워크 기반의 지식 상속성(Knowledge Persistence, KP)를 측정하여 핵심 기술을 발견하고, 핵심기술의 인용 관계를 고려하여 기술발전도를 자동적으로 도식화한다. KP는 과거부터 현재까지 특허인용네트워크에서 지식 전달의 양을 정량적으로 측정하여, 현재 기술 발전에 있어 영향력을 측정할 수 있는 지표이다(Verspagen, 2007; Martinelli & Nomaler, 2014; Park & Magee 2017; Yoon et al., 2020). Martinelli and Nomaler(2014)는 인구유전학에서 활용한 접근 방법을 특허 분석에 도입하며 KP를 제안하였다. Park and Magee(2017)는 KP를 기반으로 순행-역행으로 주경로를 찾는 방법을 제안하



〈그림 1〉 KP 측정하는 방법 설명 예 (Park & Magee, 2017)

였고, Mun et al. (2021)는 이를 통해 유망기술을 예측하는 내용으로 발전시켰다.

상단 <그림 1>은 KP 도출 과정을 도식화하여 보여준다. 구체적인 KP 측정 방법은 먼저 특허인용네트워크를 구축한다. 두번째, 특허인용네트워크에서 가장 긴 경로를 기준으로 레이어(Layer)를 설정하고, 레이어 기준으로 특허인용네트워크의 노드를 재배치한다. 세번째, 끝점(Endpoint)부터 시작점(Startpoint)까지 레이어 단위로 인용(Backward)의 수를 측정한다. 최종적으로, 끝점에서 각 노드까지 인용 관계의 비율로 계산하여, 각 노드의 KP를 측정한다. 본 방법은 분석 대상의 특허 인용네트워크에서 지식의 원점에 해당되는 특허와 각 세대별 중요한 지식을 포함하는 특허를 발견할 수 있고, 특허인용네트워크에서 지식의 재조합 과정을 식별할 수 있다. <그림 1>의 예에서는 E에서 J, K, L 노드로 이어져 끝나는 지식의 흐름을 확인할 수 있는데, J, K, L인 노드로부터 E의 지식 영향력

을 측정하는 과정이다. 이 과정의 수식은 다음과 같다 (Park & Magee, 2017):

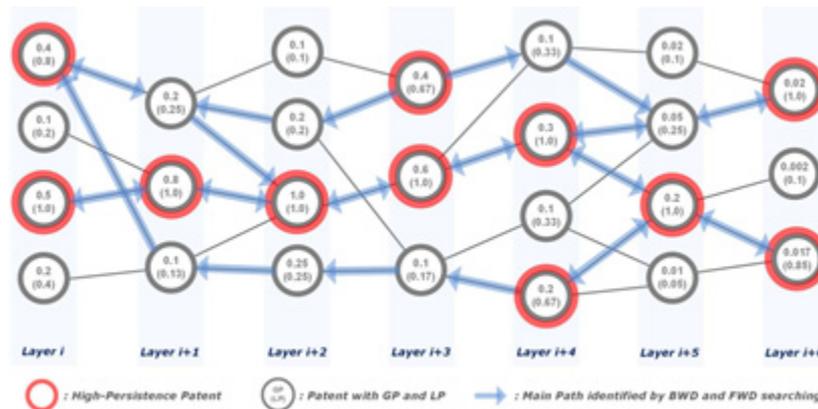
$$KP_A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \prod_{k=1}^{l_j-1} \frac{1}{BWDCit(P_{ijk})}$$

KP_A 는 A 특허의 지식 상속성을 측정한 값, n 은 마지막 레이어에 해당되는 특허 수, m_i 는 P_i 부터 P_A 까지 연결되는 인용(Backward)의 경로, l_j 는 P_i 부터 P_A 까지 연결된 특허 수, $BWDCit(P_{ijk})$ 는 P_{ijk} 의 인용(Backward) 수이다. 본 수식을 통해 얻어진 특허들의 KP 값은 특허 인용에 소비되는 시간으로 등 편향(bias)이 존재할 수 있다. 이를 고려하여 가장 KP 값이 높은 값으로 표준화하여 GP(Global Persistence) 값과, 세대의 흐름을 나타내는 레이어 기준으로 가장 높은 KP 값으로 표준화하여 LP(Local Persistence) 값을 산출한다. 이 때, 특정 값을 기준으로 일정한 역치값 이상이면 HPP(High-Persistence Patent)로 분류한다(Park & Magee, 2017). 이는 주경로를 찾는 중요한 기준점이 된다. HPP를 기준으로 HPP를 인용하거나, HPP의 인용을 받는 특허 가운데 KP가 가장 높은 값을 주경로로 탐색하는 역행-순행(Backward-Forward) 탐색 방법으로 특허인용네트워크를 구성하는 모든 경로를 탐색하여 해당 분야의 주된 특허 흐름을 찾을 수 있다. 이 방법의 메커니즘을 도식화한 것은 다음 <그

림 2>와 같다(Park & Magee, 2017).

2.2. 텍스트 마이닝을 활용한 유망 기술 도출

본 논문에서는 미래 유망 기술을 예측하기 위해 앞선 특허 인용네트워크 기반의 핵심특허와 기술발전들을 분석하고 현황을 조망하였다. 그러나 특허는 출원에서 공개 및 등록단계까지 소요되는 시간이 존재하기 때문에, 공개된 특허 데이터의 인용네트워크만으로는 유망기술 예측하기에는 한계가 있다(Mun et al., 2019). 이를 보조하기 위해 특허분석에서 있어 텍스트 마이닝 방법을 활용한다. 그러나 특허분석에 있어서 텍스트마이닝은 많은 한계가 존재한다. 첫째, 단일 단어의 단위로 분석하여 정확한 분석 결과를 제시할 수 없다. 대부분 기술적 용어는 단일 단어가 아닌 복합명사로 구성되어 있다. “ESS”는 에너지 저장 시스템으로 단일 단어 단위일 경우 의미가 명확하지 않다. 특허분석에 있어 텍스트 마이닝은 복합명사 단위로 구성해야 한다. 두번째, 기술적 용어는 기술도메인에 따라 의미가 달라진다. 예를 들어, “Cell”은 배터리 분야에서는 전기에너지를 충전, 방전에 사용할 수 있는 배터리의 기본 단위이지만, 이동통신 기술분야에서 기지국 이동 통신 구역을 나타낸다. 이를 해결하기 위



<그림 2> KP 기반의 주경로 탐색 메커니즘: 높은 KP(붉은색 표시)인 특허를 식별하고, 양방향 경로를 탐색하여 최종적인 경로를 탐색 (Park & Magee, 2017).

해서는 분석 대상의 기술 도메인에 가중치를 부여하여 차이를 두어야 한다. 세번째, 특허 문서에는 수식, 화학식 및 DNA 시퀀싱과 같은 일반적인 언어로 구성되어 있는 것이 아닌 복합적인 언어로 구성되어 있다. 이를 해결하기 위해서는 각 기술 도메인에서 사용되는 기술적 용어 및 특징들을 사전에 파악하고 이를 사전에 정의하여 분석해야한다. 마지막으로 특허 문서는 많은 노이즈(noise) 단어를 포함하고 있다. 기술에 대해 설명하기 위해 많은 접속사 및 전치사로 구성되어 있다. 그래서 문장 구조에 대한 전문적인 이해와 정확한 범위를 정해야한다(Mun et al., 2019; Sarica, 2020).

위와 같은 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 단일 단위의 단어가 아닌 복합명사로 구성되어 있으며 미국 전체 기술 도메인과 분석하고자 하는 기술 도메인에 대해 비교하여 기술 도메인의 일반적인 단어 및 최근 5년간의 이머징(Emerging) 키워드를 추출하여 미래 유망기술을 예측하고자 한다. 먼저, 특허 데이터 대상으로 텍스트 마이닝을 하기 위해 복합명사 단위로 토큰화(Tokenization)를 실시한다. 복합명사 및 명사구 단위로 토큰을 구분하기 위해서 본 논문에서는 Sarica and Jinaxi(2021)에서 제안한 불용어(stopword)를 기준으로 하나의 토큰으로 구성한다. 특허 명세서에 명시된 텍스트는 일반적인 언어가 아닌 기술적인 용

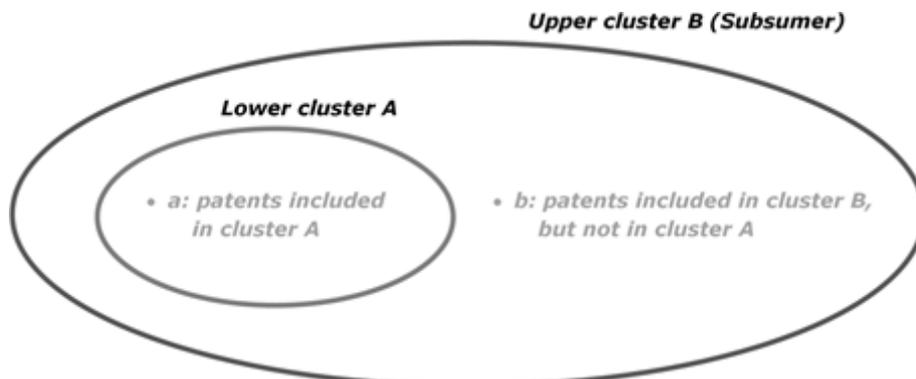
어를 구성하기 때문에 별도의 불용어를 활용해야한다. 이를 통해, 기술용어를 복합명사로 구성할 수 있고, 기존의 구문 분석(Parsing)의 컴퓨터 파워 문제를 해결할 수 있다. 다음으로 수소연료전지 기술도메인의 명확한 기술 용어를 정의하기 위해 미국 전체 특허 데이터를 대상으로 비교하여 아래와 같은 수식 계산하였다(Mun et al., 2019):

$$ESS(k) = \frac{edf(k)^2}{rdf(k)}$$

K 는 키워드이고, edf (Extracted document frequency)는 키워드의 빈도수, rdf (Referenced document frequency)는 키워드를 포함하는 특허수로 나타낸다. ESS (Essentiality) 점수는 키워드의 고유값을 나타낼 수 있다. 추출된 키워드와 점수를 고려하여 각 분석하고자 하는 클러스터와 그 외의 클러스터와 비교 계산하여, 분석 범위의 키워드를 명확화했다. 본 방법을 통해 미국 전체 특허와 기술도메인으로 실시하여, 분석 대상의 명확한 키워드를 추출하고, 연도별 대상으로 중요 기술 키워드를 발견할 수 있다. 아래 <그림 3>은 이의 메커니즘이고, 수식은 다음과 같다(Mun et al., 2019):

$$CSS_{ij}(k) = \frac{ESS_i(k)/n_i}{ESS_j(k)/n_j}, (i \neq j)$$

$$CSS_{ij}(k) = ESS_i(k)/n_i, (i = 1 \text{ or } j = 1)$$



<그림 3> 기술도메인의 키워드를 명확하기 위한 범위 설정 방법

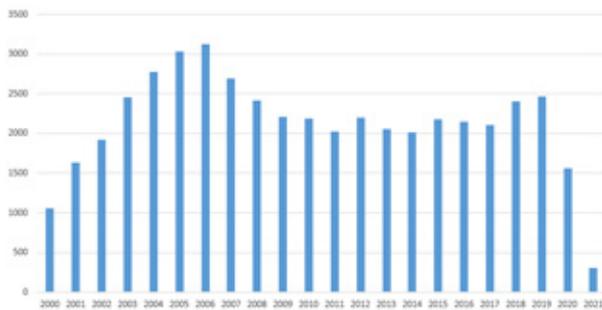
k 는 키워드이고, i 는 분석 대상의 클러스터이고, j 는 i 의 상위 집합을 나타낸다. n 은 I 가 속한 특허 수이다. 이 수식을 통해, CSS(Cluster-specific score) 값은 다른 클러스터와 비교하여 해당 클러스터의 구체적인 기술적 키워드를 추출 및 측정할 수 있다. 본 논문에서는 상위 20위인 키워드를 도출하여 분석했다.

3. 분석 결과

3.1. 데이터 및 통계분석

본 논문은 수소연료전지 관련 데이터를 수집하였고, 분석 대상은 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국을 포함하며, 특허 기간은 2000년 1월 1일부터 2021년 12월 31일로 설정했다. 수집된 데이터는 총 54,868건으로 수집했다.

본 논문의 분석에 대한 정확성을 높이기 위해 데이터 전처리 과정을 실시하였다. 먼저, 여러 기관의 협력 과정을 통해 특허 출원을 진행하고 있다. 그로 인해 구분 표기를 통해 나타내기도 하지만 본 데이터에서는 해당 구분 표기(“DALIAN INSTITUTE OF CHEMICAL PHYSICS CHINESE ACADEMY OF SCIENCES”)와 같이 누락되는 것을 발견하였다. 일반적으로 구분의 표기가 누락된 것으로 해당 출원인을 나타내는 문자



〈그림 4〉 수소연료전지 연도별 특허 출원 현황

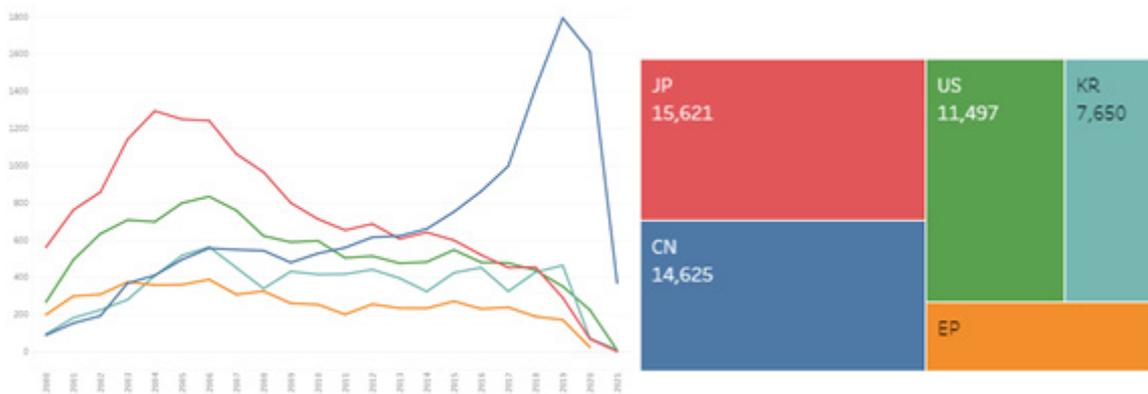
의 길이가 크므로 이를 정렬하고, 출원인에서“OF”가 두 개 이상 표기되지 않아 이를 필터링하여 정성적으로 수정했다. 또한, 특허의 출원인 및 현재권리자에 대한 명확화(Disambiguation)를 실시한다. 특허 출원 및 해외 특허 출원으로 인하여 같은 기관의 특허를 표기가 달라지는 경우가 존재한다. 예를 들어, 대학을 나타내는“University”와“Uni”로 나타내기도 한다. 추가적으로, 특허를 출원하는 기업에서는 별도의 부서로 관리하는 경우가 존재하므로 해당 문제를 본 논문에서는 “Google Search API”를 활용했다. 표기에 있어서 차이가 있어도 Google Search API는 해당 검색을 통해 웹-도메인을 반환하므로, 명확화 작업에 있어서 좋은 결과를 위해 해당 방법을 실시한다. 출원인의 표기에 대한 전처리 과정을 완료했다.

수소연료전지 분야의 특허 출원 개수는 점증하여 2006년에 3,031건으로 정점을 찍고, 이후 완만한 감소 및 횡보를 보이다가 공개기간에 따른 감소 효과가 나타나기 직전인 2018년-2019년에 새로운 반등을 보인다. 2000년대 중반 소재에 대한 기초 기술이 개발될 때의 기술 성숙 흐름을 반영하며, 2010년대 후반 수소차 시장 성장과 탄소중립 패러다임 등장으로 인한 관련 기술 발달이 반영되어 있다.

먼저 수집된 데이터 가운데 가장 많은 특허 건수를 기록한 중분류는 수소연료전지 중분류으로 36,698건을 기록하였다. 또한 그 하위 소분류인 PEMFC(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)는 21,890을 기록해 가장 내용이 많은 특허 건수를 기록하였다. 마찬가지로 수소연료전지 중분류의 하위 분류에 해당하는 SOFC 기술이 9,017건으로 그 뒤를 이었다. PEMFC는 가정 상업용으로 적합한 저온형 연료전지이며 SOFC(Solid Oxide Fuel Cell)는 발전효율이 높아 소, 중, 대용량 발전을 아우를 수 있는 상황을 반영하고 있는 것으로 해석된다. 수소차 상용화하기 위해서는 수소연료전지뿐

〈표 1〉 수소연료전지 기술 분야별 출원 건수

| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 소분류 특허수 | |
|---------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------|--------|
| 수소연료전지 산업 HFC resource | 수소연료전지 (Hydrogen fuel cell, HFC) | 고분자 전해질 연료전지(PEMFC) | 21,890 | |
| | | 직접 메탄올 연료전지(DMFC) | 2,630 | |
| | | 음이온 교환막 연료전지(AEMFC) | 1,316 | |
| | | 응용 탄산염 연료전지(MCFC) | 982 | |
| | | 인산형 연료전지(PAFC) | 863 | |
| | | 고체산화물 연료전지(SOFC) | 9,017 | |
| | 스택진단제어 및 BOP(Balance of Plants) | Air공급 | 1,670 | |
| | | 순수공급 | 1,660 | |
| | | 열관리 시스템(TMS) | 4,557 | |
| | | 수소공급 및 재순환 | 521 | |
| | | 스택 진단 | 814 | |
| | 충전(mobility) | 기체 | 2,320 | |
| | | 액체(liquefied) | 1,004 | |
| | | 액상(LOHC) | 492 | |
| | | 고체 | 2,128 | |
| | 충전인프라(station) | 압축기 | 582 | |
| | | 저장 | 1,948 | |
| | | 디스펜서 | 474 | |
| | 합계 | | | 54,868 |



〈그림 5〉 연도별HFC 분야 특허 출원 건수(좌측) 및 국가별 출원 건수 트리맵(우측)

아니라 이를 보조할 수 있는 다른 기술분야도 성장할 것을 예측된다.

국가별 출원 트렌드의 경우, 2000년대 중반에는 일본에서 많은 특허를 출원하였으나, 이후 2010대 후반에는 중국에서 많은 특허 출원 건수를 보였다. 결과적으로 일본과 미국이 각각 1, 2위를 차지하며 약 1,000

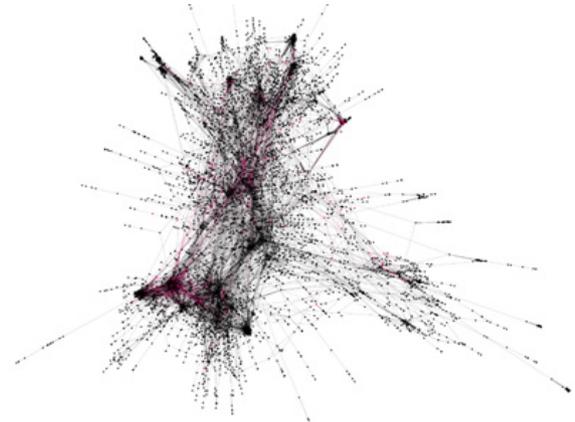
건 건의 격차로 양국 수소연료전지 분야의 특허를 견인하고 있다. 이러한 차이는 2000년대 중반에 HFC 분야를 일본에서 특허가 다수 출원된 것, 2010년대 후반에 스택진단제어 및 BOP(Balance of Plant, 주변 보조기기)분야에서 중국에서 다수 출원된 것이 확인되어 앞서 말한 경우가 반복됨을 확인할 수 있다. 중국에서

는 대련화학물리연구소 등 연구기관, 현대, 도요타 등 외국계 기업들 등 다양한 형태의 출원인들이 특허 출원을 하였다. 이에 따라 중국 자체 기술 역량이 느는 한편, 잠재력이 예상되는 중국 전기차 시장을 겨냥한 움직임도 확인할 수 있다.

3.2. KP 기반의 핵심특허 발견 및 주경로 분석

본 논문은 핵심특허를 발견하기 위해 특허인용네트워크에서 KP를 측정하였다. 상위 10의 특허들은 아래 <표 2>와 같다. 상위 10개의 특허 리스트는 수소연료전지의 원천적인 특허로서 수소연료전지 기술도메인에서 지식을 다른 특허들에게 전달했다. 특허 내용으로는 수소연료전지의 구조, 전기생산 방법 및 관리에 해당한다. 또한, SOFC에 관한 특허가 존재한다. SOFC는 발전용으로 많이 활용되는 연료전지 중 하나로 인프라 구축 및 높은 효율을 위해 활용된다. 즉, 수소연료전지에서 SOFC가 다른 연료전지 대비 고효율을 가지고 있어 중요해질 것이다. 그래서 다른 핵심특허는 SOFC의 높은 열을 관리하기 위한 기술 개발로 이어지고 있다.

본 논문의 데이터를 활용하여 특허인용네트워크를



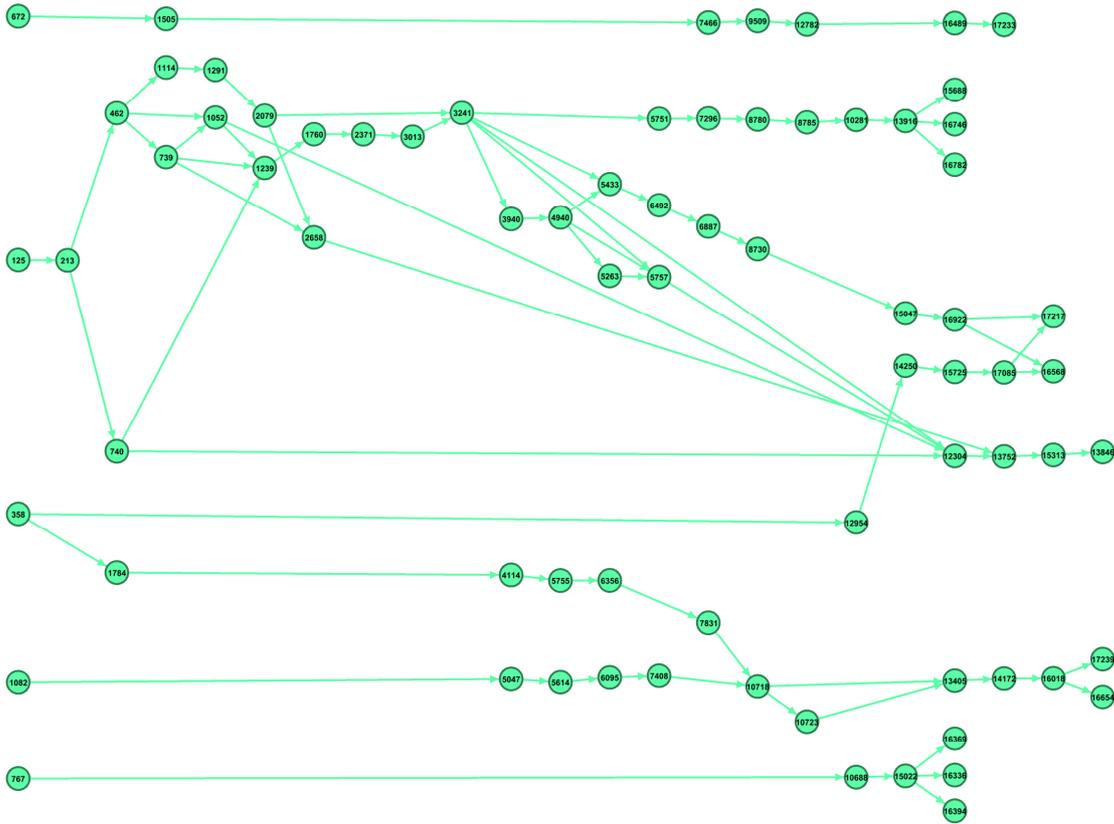
<그림 6> 수소연료전지 특허인용네트워크 실시예

<그림 6>과 같이 구축했다. 본 특허인용네트워크에서 노드는 특허를 나타내고, 엣지는 인용관계를 나타낸다. <그림 6>의 특허인용네트워크는 노드 17,221건과 엣지 96,780건으로 복잡한 네트워크로 구성되어 가시성에 대한 문제와 단순 관계를 고려하여 정확한 분석 결과를 받아보기에는 한계가 존재한다.

본 논문에서 KP 지표를 활용하여 주경로 분석한 결과 다음 <그림 7>과 같다. 위의 <그림 6>인 특허인용네트워크 보다 노드의 수 75건과 엣지의 수 87건으로 구축하여 가시성이 우수하고, 중요 특허들을 식별하여 이에 대한 발전 형태를 뚜렷하게 발견할 수 있다. <그림 7>은 전체 기술도메인에서 주요한 기술분야인

<표 2> KP기반의 상위 10 핵심 특허 리스트

| 특허번호 | 발명의 명칭 | 출원 연도 | KP | 피인용수 |
|---------|---|-------|--------|------|
| 5242764 | Near ambient, unhumidified solid polymer fuel cell | 1991 | 456.01 | 62 |
| 4129685 | Fuel cell structure | 1977 | 397.13 | 13 |
| 4515871 | Electrochemical power generator | 1983 | 383.76 | 8 |
| 4233369 | Fuel cell cooler assembly and edge seal means therefor | 1979 | 375.82 | 29 |
| 4444851 | Fuel cell stack | 1982 | 360.81 | 29 |
| 4510212 | Solid oxide fuel cell having compound cross flow gas patterns | 1983 | 340.73 | 37 |
| 4988582 | Compact fuel cell and continuous process for making the cell | 1990 | 330.15 | 20 |
| 5472799 | Solid polymer electrolyte fuel cell | 1993 | 324.7 | 59 |
| 4973530 | Fuel cell water transport | 1989 | 290.94 | 62 |
| 4324844 | Variable area fuel cell cooling | 1980 | 287.34 | 36 |



〈그림 7〉 KP기반의 주경로 분석을 활용한 수소연료전지 기술발전도

수소연료전지에 대한 발전을 나타내고 있다. <그림 7>을 구성하는 노드의 정보는 부록에 포함한다. 초기 특허인 노드 125, 213, 462, 740, 739는 수소연료전지의 구조와 성능 개선을 위한 스택 제조 방법과 같은 원천적인 특허로 기술에 대한 지식이 전달되어 발전되었다. 노드 1239는 앞선 노드들에게 지식을 전달받아 SOFC의 구조를 변환하여 열팽창을 제어하고 높은 효율을 갖도록 발전했다. 이후, 노드 12304는 PEMFC에서 전기 전도성 세라믹 재료로 제조하여 기존의 제조 및 관리에서 높은 효율인 연료전지로 기술개발을 하여 수소연료전지의 기술 발전에서 중요한 역할을 한다. 전체 기술도메인 특허인용네트워크에서 주요한 발전은 수소연료전지이며 과거부터 현재까지 기술 도메인을 전체적으로 견인하고 있다. 특히, PEMFC와

SOFC가 소재, 구조, 스택 및 제조 방법 등 다양한 기술 발전을 이루고 있다.

다음으로, 스택진단 제어 및 BOP의 기술 발전이 이를 따르고 있다. 스택진단 제어 및 BOP는 수소연료전지에서 고효율의 성능으로 향상을 위한 기술로써 열관리 시스템, 밸브 및 센서로 상용 단계에서 필수적인 기술이다. 노드 8780은 SOFC의 성능과 운영을 위한 시스템에 대한 특허로써 고온에서 작동되는 SOFC를 기계화시켜 더욱 안정적인 작동과 운송용으로 활용할 수 있는 기술을 포함한다. 이어, 노드 15725는 SOFC의 핫 박스(Hot box)의 구성요소로써 열교환 구조와 구성요소 시스템 기술로써 성능을 상승시킨다. 현재, 수소연료전지에서 열에 대한 관리와 이를 보조하는 제품 및 시스템을 개발중이고, 현대자동차가 집중으

로 하고 있으며 이에 대한 강자로 DANA 및 GM이 경쟁하고 있다.

충전(mobility)와 충전인프라(station)은 전체적인 발전에서 중요 기술발전에 해당되지는 않지만 노드 14172와 16018과 같이 CNG(Compressed nature gas)와 고압에 대한 가스 탱크 기술 개발을 이어가고 있다. 최근 들어, 위와 같은 기술들의 등장으로 기술의 성숙도가 초기 단계이다. 즉, 수소차는 현재 기술개발 단계에 있으며 전체적인 대중화 단계까지 시간이 존재한다. 현재 상용화 직전으로 기업은 해당 기술 분야를 통해 많은 투자 및 연구 개발에 대해 소극적인 자세를 취하고 있다. 그에 반해 중국은 주도적으로 국책연구소 및 대학이 협력하여 이에 대한 기술 개발을 진행중에 있다.

3.3. 텍스트마이닝 분석 기반 유망기술 도출

우리는 앞선 결과를 통해 현재까지의 중요 기술과 기술들의 발전을 식별할 수 있었다. 그러나 특허의 인용관계 기반의 분석으로 비교적 최근의 유망한 기술 분야 및 기술을 발견하는데 한계가 존재한다. 이와 같은 한계를 해결하기 위해서, 본 논문은 기술도메인의 키워드를 특정화하고, 각 연도에 해당되는 특허의 키

워드를 점수화하여, 연도별 유망한 기술 키워드와 특허들을 발견했다. 먼저 아래 <표 3>은 기술도메인을 전체를 대상으로 추출한 키워드이다. 수소연료전지에 전반적으로 많이 활용되는 키워드이며, 유망한 기술을 식별하기에는 한계가 존재하므로 이에 대한 비율로 분모로 계산하여 기술의 구체적인 키워드를 산출했다.

우리는 미래에 유망할 기술을 발견하기 위해 앞선 키워드 추출 방법을 활용하여, 연도별의 범위를 설정하고 키워드를 아래 <표 4>와 같이 추출했다. 최근 5년간 수소연료전지의 최고 효율을 나타낼 수 있도록 돕는 스택진단제어 및 BOP에서 열관리 및 공조 시스템과 관련된 키워드가 추출됐다. 이는 수소연료전지의 상용화 및 인프라 구축을 위한 필수적인 기술로써 이전의 수소연료전지의 자체적인 기술개발과 특허 출원에서 이를 받쳐주는 기술 분야로 변화했다. 2020년부터 인프라 구축에 필수적인 수소연료 저장 탱크에 관한 키워드가 추출됐다. 그로 인해 탱크의 구조, 밸브 및 연료 운송에 필요한 시스템이 이어 발전될 것으로 해석된다.

<표 4>의 추출된 키워드를 포함하고, KP 상위 10개인 유망한 특허 리스트는 아래 <표 5>와 같다.

<표 3> 수소연료전지 기술도메인의 일반적인 키워드 리스트

| 수소연료전지에 대한 일반적인 키워드 | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| fuel cell | exchange membrane | electrolyte membrane | polymer electrolyte |
| cell stack | solid oxide | cell system | fuel cell system |
| proton exchange | fuel cell stack | oxide fuel cell | hydrogen storage |
| solid oxide fuel cell | proton exchange membrane | electrode assembly | membrane electrode |
| polymer electrolyte membrane | catalyst layer | membrane fuel cell | bipolar plate |
| management system | membrane electrode assembly | exchange membrane fuel cell | heat exchange |
| power generation | system comprises | ethanol fuel cell | diffusion layer |
| electrical energy | methanol fuel cell | polymer electrolyte fuel cell | chemical energy |
| solid polymer | direct methanol fuel cell | high temperature | direct conversion |
| storage tank | heat exchanger | fuel gas | hydrogen gas |

〈표 4〉 연도별 수소연료전지의 추출된 키워드 리스트

| 최근5년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---|
| heat exchange | air inlet | hydrogen energy | heat exchange | water pump | air pressure |
| control method | air compressor | pressure hydrogen | control system | gas outlet | hydrogen energy automobile |
| service life | refueling station | power system | one end | organic liquid | second electromagnetic valve |
| control system | lower end | utilization rate | polar plate | way valve | first electromagnetic valve |
| air inlet | liquid hydrogen storage tank | hydrogen storage system | hydrogen filling | circulating pump | anode plate |
| polar plate | hydrogen refueling station | system comprises | air compressor | organic liquid hydrogen storage | phosphoric acid doping level |
| air compressor | hydrogen storage bottle | hydrogen storage tank | liquid hydrogen storage tank | current density | phosphonic acid modified graphene oxide |
| liquid hydrogen storage | temperature proton exchange membrane | positive electrode | galvanic pile | air flow | water heat management system |
| electric pile | hydrogen fuel cell | anion exchange membrane | cooling liquid | tank body | pipe heat exchanger |
| hydrogen fuel cell | liquid hydrogen | fuel cell vehicle | hydrogen storage bottle | galvanic pile | pressure bottle group |
| technical field | hydrogen storage tank | raw material | hydrogen energy | control method thereof | hydrogen filling system comprises |
| system comprises | storage tank | cooling system | hydrogen refueling station | hydrogen refueling station | hydrogen storage pressure |
| pressure hydrogen | specific surface area | proton exchange membrane fuel cell | pressure hydrogen storage | liquid hydrogen storage | hydrogen utilization rate |
| hydrogen storage tank | exchange membrane fuel cell | exchange membrane fuel cell | hydrogen fuel cell | hydrogen storage bottle | heat exchange tube |
| liquid hydrogen | proton exchange membrane fuel cell | exchange membrane fuel | thermal management system | cooling liquid | solid hydrogen storage material |
| device comprises | fuel cell vehicle | preparation method comprises | pressure hydrogen | electric pile | second temperature sensor |
| utilization rate | membrane fuel cell | storage tank | hydrogen storage tank | hydrogen fuel cell | fuel cell engine |
| hydrogen fuel | cooling system | ion exchange membrane | system comprises | pressure hydrogen storage | hydrogen filling system |
| storage tank | proton exchange membrane | high proton conductivity | liquid hydrogen | water management | hydrogen storage bottle |
| storage device | exchange membrane | membrane fuel cell | hydrogen storage system | power plant | hydrogen supply system |

<표 5> 유망 기술의 특허 리스트

| 특허번호 | 발명의 명칭 | 출원연도 | KP |
|----------|--|------|----|
| 10581090 | Vehicle control device mounted in vehicle and method for controlling the vehicle | 2017 | 2 |
| 10344389 | Fuel cell system containing humidity sensor and method of operating thereof | 2017 | 1 |
| 9982353 | Waste management in electrochemical systems | 2017 | 1 |
| 10202049 | Method for forming and maintaining a fundamentally impervious boundary to very high purity hydrogen in a salt cavern | 2017 | 1 |
| 10040680 | Cryogenic pressurized storage with hump-reinforced vacuum jacket | 2017 | 1 |
| 10287167 | Universal scalable and cost-effective surface modifications | 2017 | 1 |
| 10100980 | Air-cooled fuel-cell vehicle | 2016 | 1 |
| 10082246 | Methods for storage and transportation of natural gas in liquid solvents | 2017 | 1 |
| 10315169 | Low temperature electrolytes for solid oxide cells having high ionic conductivity | 2017 | 1 |
| 10003095 | Compressed natural gas vehicle safety system and method | 2017 | 1 |

현재까지의 특허분석 결과, 수소연료전지 기술 도메인에서 중요발전은 연료전지가 견인했다. 최근 들어, 수소연료전지의 상용화 및 대중화를 위해 스택진단 및 BOP에 대한 기술분야가 성장하고 있다. 그래서 <표 5>의 유망 기술의 특허리스트와 같이 연료전지에 대한 기술이 아닌 수소연료전지를 상용화시키기 위한 기술들이 선정됐다. 유망기술의 특징은 수소연료전지의 고효율 성능을 위한 기술(BOP)로써 공기 공급 시스템(Air Process System, APS) 및 열관리(Thermal Management System, TMS)를 위한 기술이다. 대부분의 유망기술들은 SOFC를 보조하기 위한 기술이다. SOFC는 수소연료전지 중 하나로 수소와 탄화수소를 연료로 높은 효율을 가진다. 또한, 기존의 수소연료전지에서 활용되는 백금과 같은 고가의 전극촉매가 필요하지 않아 수소연료전지 분야에서 더욱 각광을 받을 것으로 예측된다. 그러므로 수소연료전지 기술도메인에서는 SOFC가 더욱 유망해질 것이고, 이를 보조하는 BOP 기술들이 미래에 더욱 발전될 것으로 전망된다.

4. 결론

본 논문은 수소연료전지 기술도메인에 대해 특허분석을 실시했다. 수소연료는 친환경적인 연료로써 시대적 요구에 맞으며, 화석연료를 대체하기 가장 적합한 원료 중 하나이다. 그래서 많은 국가 및 기업들이 이를 활용하여 미래 먹거리를 위해 많은 투자로 기술 개발을 진행 중에 있다. 이때 특허분석은 현재 기술 개발단계 및 타 기관의 기술수준을 평가할 수 있는 수단으로 활용된다. 그러나 기존의 특허분석은 간단한 통계량 및 한계가 존재하는 분석 방법으로 실시됐다. 본 논문은 기존의 방법보다 직관적이고, 보다 많은 인사이트를 전달하기 위해 KP기반 핵심 특허 도출, KP기반의 주경로 분석을 통해 중요 기술 발전 흐름과 미래 유망기술을 발견하기 위해 텍스트마이닝을 활용했다. 이를 통해, 수소연료전지 분야에서 특허 관점에서 기술 발전 동향을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통해 얻은 분석한 결과 다음과 같다. 첫째, 중국과 일본의 기업들이 지속적인 기술 개발을 수행하고 있다. 두 번째, 수소연료전지의 PEMFC와 SOFC가 주를 이루고 있지만, 수소 원료의 인프라 및

대중화를 위해 SOFC에 대한 현재 더 많은 집중하여 기술개발하고 있다. 세 번째, 수소연료전지 대중화를 위해서는 스택진단, BOP, 충전 및 충전 인프라에 대한 기술이 필요하지만 현재까지는 미약한 수준인 상태이므로 비즈니스의 기회가 존재한다.

본 연구에서도 한계가 존재한다. 특허인용네트워크에서 미국을 제외한 나머지 국가는 많은 정보를 포함하지 않고 있어 전 세계 KP를 측정할 수 없었다. 이를 해결하기 위해, 패밀리 특허 및 PCT의 정보를 활용하여 많은 특허를 특허인용네트워크에 포함시켰지만, 모든 특허를 대체할 수 없었다. 추후 연구에서는 한계를 해결하기 위해 특허간의 유사성을 측정하여, 새로운 간접인용네트워크 구축하는 방법을 활용하여 수소연료전지 기술도메인에 대하여 특허 분석을 실시할 예정이다.

〈참고문헌〉

[국내 문헌]

1. 류재홍, 최진호 (2018). 사회네트워크 분석을 활용한 비즈니스 모델 지식구조 분석. **지식경영연구**, 19(2), 47-68.
2. 손재익 (2004). 수소·연료전지 기술. **Korean Chemical Engineering Research**, 42(1), 1-9.
3. 안연식 (2010). 기업의 특허 역량이 성과에 미치는 영향에 관한 실증 분석: 우수 벤처기업을 중심으로. **지식경영연구**, 11(1), 83-96.
4. 윤민호 (2020). 특허 데이터를 이용한 연료전지의 기술궤적 분석과 산업의 진화. **지식재산연구**, 15(3), 255-292.
5. 이상훈, 권상집 (2015). 국내 중소기업의 기술융합 전략 및 성장 정책: IT & BT 융합기술 기반 네트워크 분석. **지식경영연구**, 16(2), 113-137.
6. 이재현 (2005). 특허 인용분석을 이용한 영향력 있는 특허를 찾는 방법 및 특허정보 분석 시스템 설계. **한국정보과학회 학술 발표논문집**, 169-171.
7. 장성혁 (2019). 수소전기차를 통한 수소경제 확산과 이행과제. **국토**, 30-35.
8. 정인수 (2021). **ASTI Market Insight 23: 연료전지 시장**. ASTI.
9. 조용래, 김의석 (2014). 특허 네트워크와 전략지표 분석을 통한 기업 기술융합 전략 연구. **지식재산연구**, 9(4), 191-221.
10. 최진호, 김희수, 임남규 (2011). 기술예측을 위한 특허 키워드 네트워크 분석. **한국지능시스템학회 논문지**, 17(4), 227-240.

[국외 문헌]

11. Appio, F. P., Martini, A., & Fantoni, G. (2017). The light and shade of knowledge recombination: Insights from a general-purpose technology. **Technological Forecasting and Social Change**, 125, 154-165.
12. Dehghanimadvar, M., Shirmohammadi, R., Sadeghzadeh, M., Aslani, A., & Ghasempour, R. (2020). Hydrogen production technologies: Attractiveness and future perspective. **International Journal of Energy Research**, 44(11), 8233-8254.
13. Fleming, L. (2001). Recombinant uncertainty in technological search. **Management Science**, 47(1), 117-132.

14. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). **Deep learning**. MIT Press.
15. Hummon, N. P., & Dereian, P. (1989). Connectivity in a citation network: The development of DNA theory. **Social Networks**, 11(1), 39-63.
16. Le Cun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. **Nature**, 521(7553), 436-444.
17. Martinelli, A., & Nomaler, . (2014). Measuring knowledge persistence: A genetic approach to patent citation networks. **Journal of Evolutionary Economics**, 24(3), 623-652.
18. Mun, C., Yoon, S., & Park, H. (2019). Structural decomposition of technological domain using patent co-classification and classification hierarchy. **Scientometrics**, 121(2), 633-652.
19. Mun, C., Yoon, S., Kim, Y., Raghavan, N., & Park, H. (2019). Quantitative identification of technological paradigm changes using knowledge persistence. **Plos One**, 14(8), e0220819.
20. Park, H., & Magee, C. L. (2017). Tracing technological development trajectories: A genetic knowledge persistence-based main path approach. **Plos One**, 12(1), e0170895.
21. Park, H., Yoon, J., & Kim, K. (2013). Using function-based patent analysis to identify potential application areas of technology for technology transfer. **Expert Systems with Applications**, 40(13), 5260-5265.
22. Sarica, S., & Luo, J. (2021). Stopwords in technical language processing. **Plos One**, 16(8), e0254937.
23. Sarica, S., Luo, J., & Wood, K. L. (2020). TechNet: Technology semantic network based on patent data. **Expert Systems with Applications**, 142, 112995.
24. Verspagen, B. (2007). Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research. **Advances in Complex Systems**, 10(01), 93-115.
25. Yoon, S., Mun, C., Raghavan, N., Hwang, D., Kim, S., & Park, H. (2020). Hierarchical main path analysis to identify decompositional multi-knowledge trajectories. **Journal of Knowledge Management**, 25(2), 454-476.

부록: 〈그림 7〉 수소연료전지 기술발전도의 특허 리스트

| 노드번호 | 특허번호 | 발명의 명칭 | 출원연도 | 지식상속성 | 피인용수 |
|------|---------|--|------|--------|------|
| 125 | 4038463 | Electrode reservoir for a fuel cell | 1976 | 66.68 | 137 |
| 213 | 4129685 | Fuel cell structure | 1977 | 397.13 | 109 |
| 358 | 4182795 | Fuel cell thermal control and reforming of process gas hydrocarbons | 1978 | 52.85 | 83 |
| 462 | 4233369 | Fuel cell cooler assembly and edge seal means therefor | 1979 | 375.82 | 77 |
| 672 | 4272353 | Method of making solid polymer electrolyte catalytic electrodes and electrodes made thereby | 1980 | 20.18 | 70 |
| 740 | 4324844 | Variable area fuel cell cooling | 1980 | 287.34 | 62 |
| 739 | 4345008 | Apparatus for reducing electrolyte loss from an electrochemical cell | 1980 | 250.73 | 62 |
| 1114 | 4407904 | Fuel cell | 1982 | 224.57 | 59 |
| 1052 | 4444851 | Fuel cell stack | 1982 | 360.81 | 59 |
| 767 | 4490444 | High temperature solid electrolyte fuel cell configurations and interconnections | 1981 | 71.25 | 52 |
| 1082 | 4490445 | Solid oxide electrochemical energy converter | 1982 | 20.66 | 40 |
| 1239 | 4510212 | Solid oxide fuel cell having compound cross flow gas patterns | 1983 | 340.74 | 37 |
| 1291 | 4515871 | Electrochemical power generator | 1983 | 383.76 | 37 |
| 1784 | 4647516 | Internal reforming type fuel cell | 1986 | 43.56 | 36 |
| 1505 | 4654104 | Method for making an improved solid polymer electrolyte electrode using a fluorocarbon membrane in a thermoplastic state | 1985 | 192.18 | 32 |
| 1760 | 4749632 | Sintering aid for lanthanum chromite refractories | 1986 | 236.48 | 29 |
| 2079 | 4769297 | Solid polymer electrolyte fuel cell stack water management system | 1987 | 232.03 | 29 |
| 2371 | 4913982 | Fabrication of a monolithic solid oxide fuel cell | 1988 | 248.46 | 25 |
| 2658 | 4973530 | Fuel cell water transport | 1989 | 290.94 | 23 |
| 3013 | 4988582 | Compact fuel cell and continuous process for making the cell | 1990 | 330.15 | 23 |
| 3241 | 5242764 | Near ambient, unhumidified solid polymer fuel cell | 1991 | 456.01 | 21 |
| 4114 | 5470670 | Fuel cell | 1994 | 70.86 | 21 |
| 3940 | 5472799 | Solid polymer electrolyte fuel cell | 1993 | 324.7 | 20 |
| 4940 | 5607785 | Polymer electrolyte electrochemical cell and process of preparing same | 1995 | 121.27 | 18 |
| 5047 | 5681373 | Planar solid-state membrane module | 1995 | 12.52 | 13 |
| 5263 | 5707755 | PEM/SPE fuel cell | 1996 | 127.42 | 11 |
| 5614 | 5782960 | Hydrogen separation member | 1997 | 23.92 | 11 |
| 5755 | 5851689 | Method for operating a fuel cell assembly | 1997 | 76.86 | 9 |
| 5433 | 5861221 | Battery shaped as a membrane strip containing several cells | 1996 | 45.31 | 8 |
| 6492 | 5989741 | Electrochemical cell system with side-by-side arrangement of cells | 1998 | 46.36 | 6 |
| 6095 | 5997594 | Steam reformer with internal hydrogen purification | 1997 | 42.39 | 3 |
| 6356 | 6007931 | Mass and heat recovery system for a fuel cell power plant | 1998 | 104.79 | 2 |
| 5757 | 6030718 | Proton exchange membrane fuel cell power system | 1997 | 68.12 | 2 |
| 5751 | 6054228 | Fuel cell system for low pressure operation | 1997 | 24.09 | 92 |
| 6887 | 6127058 | Planar fuel cell | 1998 | 55.32 | 82 |

| 노드번호 | 특허번호 | 발명의 명칭 | 출원연도 | 지식상속성 | 피인용수 |
|-------|----------|---|------|-------|------|
| 7466 | 6136412 | Microtextured catalyst transfer substrate | 1999 | 28,9 | 55 |
| 7408 | 6221117 | Hydrogen producing fuel processing system | 1999 | 84,74 | 45 |
| 7831 | 6375906 | Steam reforming method and apparatus incorporating a hydrocarbon feedstock | 2000 | 28,61 | 43 |
| 7296 | 6403247 | Fuel cell power plant having an integrated manifold system | 1999 | 19,79 | 39 |
| 8780 | 6562496 | Integrated solid oxide fuel cell mechanization and method of using for transportation industry applications | 2001 | 29,11 | 33 |
| 8785 | 6630264 | Solid oxide fuel cell process gas sampling for analysis | 2001 | 18,46 | 32 |
| 8730 | 6677070 | Hybrid thin film/thick film solid oxide fuel cell and method of manufacturing the same | 2001 | 20,35 | 31 |
| 10718 | 6745801 | Mobile hydrogen generation and supply system | 2003 | 30,27 | 28 |
| 9509 | 6749892 | Method for fabricating membrane-electrode assembly and fuel cell adopting the membrane-electrode assembly | 2001 | 15,92 | 25 |
| 10281 | 7026065 | Fuel cell system heat recovery | 2002 | 5,87 | 25 |
| 10723 | 7128103 | Hydrogen fueling system | 2003 | 26,69 | 21 |
| 12782 | 7179561 | Nanowire-based membrane electrode assemblies for fuel cells | 2005 | 7,56 | 20 |
| 12954 | 7659022 | Integrated solid oxide fuel cell and fuel processor | 2006 | 12,66 | 18 |
| 10688 | 7736772 | Tubular solid oxide fuel cell stack | 2003 | 4,44 | 17 |
| 12304 | 7833645 | Proton exchange membrane fuel cell and method of forming a fuel cell | 2005 | 5 | 17 |
| 13752 | 8026020 | Proton exchange membrane fuel cell stack and fuel cell stack module | 2007 | 2,5 | 9 |
| 13916 | 8034500 | Systems and methods for starting and operating fuel cell systems in subfreezing temperatures | 2007 | 3 | 8 |
| 13405 | 8069885 | Apparatus and method for dispensing liquid and gaseous hydrogen | 2006 | 4,2 | 8 |
| 14250 | 8137855 | Hot box design with a multi-stream heat exchanger and single air control | 2008 | 10,34 | 6 |
| 15313 | 8192889 | Proton exchange membrane fuel cell stack and fuel cell stack module | 2011 | 1 | 5 |
| 15725 | 8563180 | SOFC hot box components | 2012 | 3,44 | 5 |
| 15047 | 8617763 | Internal reforming anode for solid oxide fuel cells | 2010 | 4,14 | 5 |
| 15022 | 8802316 | Solid oxide fuel cells having porous cathodes infiltrated with oxygen-reducing catalysts | 2010 | 2,5 | 3 |
| 14172 | 8978715 | Method for filling a tank with pressurized gas | 2008 | 4 | 3 |
| 13846 | 9293778 | Proton exchange membrane fuel cell | 2007 | 0 | 2 |
| 15688 | 9472819 | Warming feature for aircraft fuel cells | 2012 | 0 | 2 |
| 16394 | 9660273 | Liquid phase modification of solid oxide fuel cells | 2014 | 0 | 1 |
| 16336 | 9666891 | Gas phase modification of solid oxide fuel cells | 2014 | 0 | 1 |
| 16018 | 9765930 | CNG fueling system | 2013 | 2 | 0 |
| 16746 | 10135081 | Warming feature for aircraft fuel cells | 2016 | 0 | 0 |
| 16782 | 10256485 | Fuel cell purge line system | 2016 | 0 | 0 |
| 16922 | 10361442 | SOFC system and method which maintain a reducing anode environment | 2016 | 0,5 | 0 |

| 노드번호 | 특허번호 | 발명의 명칭 | 출원연도 | 지식상속성 | 피인용수 |
|-------|----------|--|------|-------|------|
| 16654 | 10563820 | Gas supply device, hydrogen station, and gas supply method | 2015 | 0 | 0 |
| 17085 | 10581090 | Fuel cell system containing humidity sensor and method of operating thereof | 2017 | 2 | 0 |
| 16369 | 10811717 | Electrolyte formation for a solid oxide fuel cell device | 2014 | 0 | 0 |
| 17239 | 10883662 | Gas supply device, hydrogen station, and gas supply method | 2018 | 0 | 0 |
| 16568 | 10892507 | Reformer–electrolyzer–purifier (REP) assembly for hydrogen production, systems incorporating same and method of producing hydrogen | 2015 | 0 | 0 |
| 17217 | 11043684 | Fuel cell system having enhanced CO2 capture | 2018 | 0 | 0 |
| 16489 | RE46921 | Nanostructured catalyst supports | 2015 | 1 | 0 |
| 17233 | RE48084 | Nanostructured catalyst supports | 2018 | 0 | 0 |

● 저 자 소 개 ●



윤 세 준 (Sejun Yoon)

현재 한양대학교 정보시스템학과 박사 수료 중이다. 주요 관심 분야로는 지식경영, 데이터 마이닝, 빅데이터 분석 등이다. 지금까지, Technovation, Journal of Knowledge Management, Technological Forecasting & Social Change 등 다수의 학술지에 논문을 게재하였다.



박 현 석 (Hyunseok Park)

현재 한양대학교 정보시스템학과 부교수로 재직 중이다. 포항공과대학교(POSTECH)에서 기술경영 전공으로 박사학위를 취득하였고, MIT(Massachusetts Institute of Technology) IDSS(Institute for Data, Systems, and Society)에서 박사후연구원으로 재직하였다. 최근까지 데이터 기반 기술/비즈니스 인텔리전스 관련 논문을 Technovation, Journal of Knowledge Management, Expert Systems with Applications, Technological Forecasting & Social Change, Plos One, Service Business, Scientometrics 등의 학술지에 게재하였다.

〈 Abstract 〉

Hydrogen Fuel Cell Patent Analysis: Using Knowledge Persistence-based Main Path Analysis and Text Mining

Sejun Yoon^{*}, Hyunseok Park^{**}

This paper analyzed a patent trend for technological domain of hydrogen fuel cell, can improve future energy and pollution problems. Patent analysis is used in establishing a technological roadmap which it can discover the current technology capability and future technological development direction. However, the previous patent analysis is qualitative analysis and simple statistical analysis. The reason why it incorrectly analysis patent does not reflect the current technology environment. The current technology environment is development through recombination of technologies. In addition to, the speed of technological development is rapidly growing. So, qualitative analysis does not satisfy the analysis requirements of the times. This paper utilized KP(Knowledge Persistence)-based main path analysis and text mining methods to reflect the current technological environment. As a result, we found core patents, main technology development, and promising technologies for technological domain of the hydrogen fuel cell.

Key words: Knowledge management, Knowledge persistence, Main path analysis, Textmining, Hydrogen fuel cell

* Hanyang University

** Department of Information Systems, Hanyang University