교통연구 제31권 제1호 pp.37-50 10.34143/jtr.2024.31.1.37

# 의미연결망 분석을 통한 수소 공급망 동향 분석

류한별* · 남대식** · 류성호*** · 임기원****

# Analysis of Hydrogen Supply Chain Trends through Semantic Network Analysis

Ryu, HanByul (Ph. D. Student, Graduate School of Logistics, Inha University)
Nam, Daisik (Assistant Professor, Asia Pacific School of Logistics, Inha University)
Ryu, Sung-Ho (Ph. D. Graduate School of Logistics, Inha University)
Im, Ki-Won (Ph. D., Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

Ⅰ 서론

Ⅱ 선행연구 검토
1. 텍스트마이닝
2. 수소 관련 텍스트마이닝
3. 연구의 차별성

Ⅲ 연구 방법론
1. 워드클라우드(Word Cloud)
2. 워드투벡터(Word2Vec)
3. 의미연결망분석(Semantic Network Analysis)

Ⅳ 연구 결과
1. 데이터 개요
2. 분석결과

Ⅴ 결론

2023년 9월 22일 접수, 2023년 11월 7일 최종수정, 2023년 12월 6일 게재확정

* 인하대학교 물류전문대학원 박사과정 (주저자)
** 인하대학교 아태물류학부 조교수 (교신저자)
*** 인하대학교 물류전문대학원 박사
**** 한국건설기술연구원 연구원

# Abstract

수소에너지는 탄소중립을 달성하기 위한 강력한 수단으로 수소차의 보급은 점차 확대되고 있으며 그 관심 또한 증가하고 있다. 수소에너지와 관련된 대중의 인식과 수소에너지 활성화를 위한 촉진·저해 요인을 분석하기 위해 본 연구에서는 수소와 관련된 뉴스데이터를 수집하고 이를 텍스트마이닝 기법을 활용하여 분석했다. 분석을 통해 수소에 대한 민간부문의 관심과 관련 정책의 동향을 분석하고 수소차, 수소충전소와 같은 수소공급망에 대한 인식을 분석한다. 분석 결과 수소경제, 수소 관련 정책에 따라 위험물로써 인식되던 수소가 친환경 에너지로써 인식되고 수소경제를 활성화하기 위한 다양한 정책 및 연구가 증가하고 있는 추세이다. 특히 수소에너지 인식의 개선과 함께 안전, 규제와 같은 저해 요인에 대해 안전 기준, 규제 완화와 같은 단어가 등장하며 수소를 보급하기 위해 필요한 제반사항에 대한 이슈가 제기되는 상황을 확인하였다. 또한 과거와는 달리 수소 인프라 중 수소차충전소의 초기 보급단계에 맞추어 접근성에 대한 논의가 이뤄지고 있다. 수소에 대한 인식의 개선 및 인프라 확충에 대한 논의의 증가추세는 향후 수소에너지의 확산과 다양한 연계 정책수립 및 규제 완화에 기여하고 수소 경제를 활성화를 위한 연구 및 관련 사업이 증가할 것으로 기대한다.



■ 주제어: 수소, 수소공급망, 수소 정책, 탄소중립, 텍스트마이닝, 의미연결망분석



The ascent of hydrogen energy is pivotal for carbon neutrality, with a noticeable rise in the adoption and public interest towards hydrogen vehicles. This study aims to gauge public sentiment on hydrogen energy by harvesting and scrutinizing hydrogen-related news data via text mining methodologies. Our analysis delineates the trends in both public and private sectors' engagement with hydrogen and associated policies, as well as discerns perceptions regarding the hydrogen supply chain, encompassing hydrogen vehicles and refueling stations. Previously perceived predominantly as a hazard, hydrogen has transitioned in its public image to a valuable energy resource, largely due to advancements in the hydrogen economy and relevant policies. The lexicon reflecting this transformation featured terms like "safety standards" and "deregulation," countering prior concerns of safety and stringent regulations. This evolving recognition augments the potential for broader hydrogen energy adoption and facilitates the formulation of supportive policies and deregulation.



■ Keywords: Hydrogen, Hydrogen supply chain, Hydrogen policy, Carbon neutrality, Text mining, Semantic network analysis

# Ⅰ. 서론

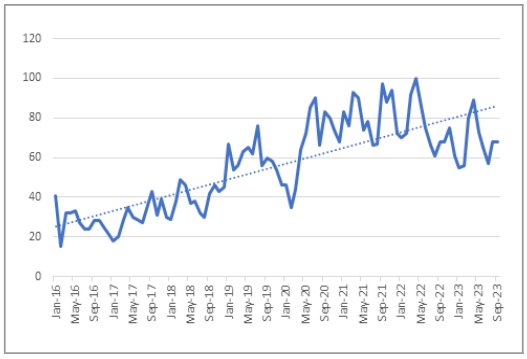
지구온난화 대응을 위해 탄소중립 전환의 중요성이 증가하면서, 정부는 2050 탄소중립 추진전략을 발표하였다.[1] 이를 바탕으로, 도시와 국토의 탄소 중립 전환을 강조하면서 수소경제의 유망산업 육성 계획을 선언하였다.

수소에너지는 탄소중립을 달성하기 위한 강력한 수단으로 인식되고 있으며 정부는 수소 공급망 및 수소경제 생태계 조성을 위해 수소경제로드맵을 발표하였다.[2] 이어 한국판 뉴딜계획 및 국가물류 기본계획 등에서도 수소에너지 활용을 국가 산업 전략으로 포함하고 있다. 하지만 수소에너지의 안전에 대한 우려, 규제, 충전소의 인프라 부족과 같은 이슈들은 수소에너지를 도입하는데 있어 저해요인으로 작용할 수 있다. 수소 차량을 생산하는 기업들과 수소차량 사용자들은 충전소와 같은 수소 공급망 인프라의 부족을 체감하고 있으며, 이는 수소 상용차 공급을 어렵게 하는 요인이다(김범일 외, 2022).

인프라의 구축과 전기차라는 대체제에도 불구하고 수소에너지와 수소차가 지속적으로 관심을 받는 이유는 수소차량이 화석연료가 사용되던 산업 분야에서 수소에너지로의 대체가 용이하기 때문이다(Emodi, 2021). 특히 수소는 다른 친환경 에너지와 비교했을 때 한번에 많은 양의 에너지 저장이 가능하고 생산시기 및 장소가 소비지와 일치한다는 특징을 가져 대체 가능한 친환경 에너지로 평가받는다(Palmer, 2018). 특히 인프라 투자는 장기적으로 수소경제를 활성화하고 탄소중립을 달성하기 위한 수단이라고 할 수 있다.

환경친화적 에너지로써 수소는 유망한 대안으로 인식되고 있다. 하지만 수소에너지를 활용하고 효과적으로 수소 인프라 공급망을 구축하기 위해서는 잠재 에너지 이용자들과 일반 시민들의 인식 재고가 필요하다. 수소 에너지에 대한 높은 수용성에도 불구하고, 안전에 대한 우려는 수소 충전소 등의 인프라 구축을 어렵게 만드는 요인이다(Roche et al, 2010). 따라서 수소인프라 및 충전소 구축과 관련하여 이러한 인식의 재고는 필수적이다.

수소에너지에 대한 관심은 지속적으로 증가하고 있다. 구글의 트렌드 분석 결과에 따르면, 수소에 대한 관심도는 2016년도부터 지속적으로 증가하고 있다. 또한 주요 관련어로 수소에너지, 수소전지, 수소 연료전지, 삼중수소, 수소자동차, 수소충전소 등을 확인할 수 있다. 이러한 추세는 수소에너지, 친환경 수단에 대한 관심도가 증가하고 있는 것을 보여준다.




〈그림 1〉 구글 트렌드 분석(키워드 : 수소)

인터넷의 발달에 따라, 뉴스나 소셜 미디어에서는 방대한 양의 텍스트 데이터가 지속적으로 생성되고 있다(Gaikwad et al., 2014). 다수의 선행 연구에서 언론 및 미디어는 대중들의 태도를 결정하는데 영향력이 있다고 주장하며, 대중들의 인식을 조사할 수 있는 가능성에 대하여 시사한다(Kellstedt,

1) 기획재정부 (2022), 2050 탄소중립 추진전략, 제22차 비상경제 중앙대책본부회의
2) 산업통상자원부 (2019), 수소경제 활성화 로드맵

2003, Gilens, 2009). Soroka(2015)는 미디어 및 언론 보도는 미래 경제를 반영하며 대중의 평가에 영향을 미치고 영향을 받을 수 있다고 제시하였다. Hopkins(2017)도 일반적으로 사람들의 태도는 언론보도를 주도할 수 있다는 결과를 제안하였다.

언론 및 미디어에서 생성되는 텍스트데이터는 개인이 소비하는 것에 비해 빠르게 생성되며, 이를 분석하고 정리하는 것은 중요한 과제이다. 이에 따라 본 연구에서는 수소 및 수소 공급망과 관련 동향을 분석하기 위해 뉴스데이터를 활용하여 수소 자원 활용에 대한 관심사를 분석하고자 한다. 또한 텍스트마이닝 방법론을 활용하여 수소에너지 활용의 인식을 분석해 촉진/저해 요인을 확인하고 효과적인 수소에너지 도입과 공급망 구축을 위한 정책을 제언하고자 한다.

## Ⅱ. 선행연구 검토

### 1. 수소에너지 인식 관련 선행연구

에너지 시스템의 최종 사용 기술의 확산은 일반적으로 가정 및 지역사회의 경험과 학습, 단위 및 산업 수준에서의 확장, 그리고 최종적으로 표준화 및 포화 단계를 통해 이루어진다(Gallagher et al., 2012). 수소에너지가 가정 및 지역사회에 정착하기 위해서는 수소에너지와 관련된 인식이 영향을 미친다. 이에 따라 본 연구에서는 수소 에너지 인식과 관련한 선행연구를 검토하였다.

Emodi(2021)은 수소 에너지의 효과적인 제공과 수소 경제의 달성을 위한 시민들의 행동을 유도하는 데 필요한 요소로는 대중의 인식 개선, 지역사회 참여, 그리고 필수적인 수소 인프라 제공 등이 포함된다고 제시하였다. 또한 수소 에너지에 대한 인식이 전반적으로 낮음을 지적하면서 관련 정보 접근의 확대와 교육 프로그램의 필요성에 대해 주장하였다. Carr-Cornish (2019)는 수소 기술의 보급과 확산을 위해서 주요 이해관계자들의 사회적 수용과 인식이 필수적이라고 제시하였다. 해당 연구에 따르면 사소한 사건으로 초기 긍정적인 여론이 바뀔 수 있으므로 적극적으로 평판을 구축하는 것이 중요하다. Thesen(2008)의 연구에서 수소차에 대한 사전 지식과 인식은 수용성의 주요 결정 요인 중 하나라고 주장하며, Postolou et al(2021)도 수송분야에서 수소와 같은 신기술에 대한 사회적 수용이 중요하다고 언급하였다. 따라서 어떻게 사람들에게 인식되고 있는지에 대한 논의가 필요하며, 이는 수소차 보급과 같은 탄소중립 정책수립에 기여할 수 있다.

### 2. 텍스트마이닝

텍스트마이닝은 체계적인 분석방법을 통하여 방대한 데이터 속에서 일정한 유형과 규칙을 찾아내는 데이터 마이닝의 일종이다(윤태일, 이수안, 2018). 텍스트는 문자로 구성된 비정형 데이터이며, 텍스트 마이닝은 비정형 데이터인 텍스트를 대상으로 텍스트의 특징과 일정한 패턴 분석을 통해 지식을 추출하는 반자동 프로세스를 말한다(Sarker, 2016).

유소연·임규건 (2021)은 코로나19 관련 뉴스 의제분석을 텍스트 마이닝 방법론을 활용하였다. 해당 연구에서 코로나19 감정과 관련된 뉴스데이터를 활용하여 키워드를 분류하고 키워드 간 의미연결망 분석을 통해 중심단어로 코로나19, 블루, 불안, 심리 등의 단어를 도출하였다.

Hossain et al. (2021)은 신문 제목의 패턴과 우선순위를 설명하기 위해 텍스트마이닝 기법을 활용하였다. 워드 클라우드와 감성분석 결과를 기반으로 국가의 전반적인 관점을 효율적으로 인식하는 방법을 제시하였다.

### 3. 수소 관련 텍스트마이닝

김혜경·최일영(2022)은 연구 논문 네트워크 분석을 활용하여 수소 연구 동향을 분석하였다. 연구 기관 및 동향을 파악하기 위해 연구자의 소속에 대한 네트워크 분석을 수행하였으며 핵심 주제를 파악하기 위해 키워드 네트워크 빈도분석을 수행하였다.

최일영·김혜경(2022)은 수소 뉴스에 대한 TF-IDF분석과 의미연결망 분석의 일종인 CONCOR 분석을 수행하였으며 수소 관련 이슈를 도출하였다. 연구 결과 “수소전기자동차”, “수소충전소”, “수소전기버스”, “수소연료전지”, “수소경제”, “울산광역시”와 같은 키워드 군집을 제시하였다.

임옥근(2021)은 텍스트마이닝 기법을 활용하여 수소충전소와 관련된 논문들에 대하여 기간별 주요 키워드와 연구주제들을 분석하였다. 연구결과 핵심 키워드로 수소충전소, 전기충전소, 연료전지 등을 제시하였으며 충전소 안전 관련 주제들의 비중이 증가하고 있음을 확인하였다.

Lucas et al. (2015)는 수소 기술의 발전 현황과 추세를 분석하게 위해서 특허데이터를 대상으로 텍스트마이닝 분석을 활용하였다. 해당 연구에 따르면 수소 관련 특허권이 감소하고 있어, 전반적인 기술의 생애주기와 관련하여 기술이 성숙기에 들어갔다고 판단하였다. 또한 연구기관의 특허 수가 기업의 특허 수를 초과하여 기초연구에서 더 많은 발전이 필요함을 시사하였다.

### 4. 연구의 차별성

기존 연구에서 수소 관련 연구 동향 및 이슈를 파악하기 위해 논문, 특허, 뉴스 등 다양한 텍스트 데이터를 기반으로 텍스트마이닝 분석을 수행하였다. 하지만 분석을 통한 데이터 소비자들의 수소에 대한 인식 분석에 대한 연구는 미비하다.

본 연구에서는 텍스트마이닝 분석방법론 중 의미연결망 분석을 통해 수소 공급망과 수소차, 충전소와 관련된 인식을 분석한다. 이를 위해 6개년의 데이터를 활용하여 수소에너지와 충전소와 관련된 여론 정보를 추출하고 분석한다. 이를 위해 텍스트마이닝 중에서도 워드클라우드(Word Cloud), 워드투벡터(Word2Vec), 의미연결망 분석(Semantic Network Analysis)을 활용한다. 특히 본 연구는 수소에너지 활용을 촉진하는 경제, 환경과 같은 요인과 수소에너지 활용을 저해하는 안전, 규제 관련 요인을 분석한다는 점에서 차별성이 있다.

수소경제 및 공급망 구축을 촉진, 저해하는 요인을 분석하고 경제활성화를 위한 공급망 정책을 제안하고자 한다.

## Ⅲ. 분석방법론

텍스트마이닝(Text Mining)은 텍스트라는 비정형 데이터로부터 유의미한 정보를 추출하는 과정으로 데이터 수집, 전처리, 시각화 등의 과정을 포함한다. 본 연구에서는 수소와 관련된 뉴스데이터를 분석하기 위해 텍스트마이닝 기법 중 워드클라우드, 워드투벡터 방법론을 활용하여 인식 조사를 위한 의미있는 데이터를 추출하였다. 추출된 데이터를 기반으로 의미연결망 방법론을 활용하여 수소에너지에 대한 인식과 관련된 분석을 수행하였다.

### 가. 워드클라우드(Word Cloud)

워드클라우드는 텍스트로 된 비정형 데이터에서 단어의 출현 빈도를 활용하여 구름 형태로 시각화하여 제시하는 것을 의미한다. 워드클라우드는 특정 텍스트에 많이 나타나는 단어가 그 텍스트의 주제를 대표할 가능성이 높다는 가정이 기초한다(윤태일·이수안, 2018). 출현 빈도를 통해 적절한 핵심어를 도출하기 위해 전처리 작업을 통해 조사와 같은 의미가 없는 불용어는 제외한다. 출현 빈도를 통해 수소와 관련하여 대표하는 단어들을 추출하고 의미연결망 분석에서 주요 키워드로 활용하였다.

이를 통해 수소와 관련한 주요 단어에 대한 인식의 변화를 조사할 수 있도록 워드클라우드를 사용하였다.

### 나. 워드투벡터(Word2Vec)

워드투벡터는 단어 간의 유사도 분석을 위한 방법론으로, 단어의 의미를 벡터화하여 그 유사도를 측정하는 방법이다(Mikolov, 2013). 워드투벡터는 비슷한 분포를 가지는 단어라면 비슷한 의미를 가진다는 가정을 기반으로 하며, 1층 신경망으로 구성된다. 워드투벡터 중에서도 Skip-Gram은 중간에 있는 단어들로 주변 단어들을 예측하는 방법론이다. 본 연구에서는 수소라는 단어가 맥락에서 어떻게 사용되는지를 파악하고자 하였다. 또한 시간의 흐름에 따른 단어의 의미와 사용성, 그리고 동일한 의미로 사용되는 단어들에 대해 일관성 있는 의미분석을 위해 워드투벡터를 활용하였다.

### 다. 의미연결망분석

의미연결망 분석은 분석대상이 서로 어떻게 연결망을 구성하는지 분석하는 방법이다. 의미연결망 분석은 사회연결망분석에서 사람들이 관계를 맺는 방법을 텍스트 내의 단어의 관계에 적용한 것이다. 의미연결망 분석에서는 각 단어 뭉치(corpus)를 엔그램(n-grams)으로 설정하여 일정 범위 내에서 어휘가 동시에 등장하는 경우 이를 연결된 것으로 간주하여 연결망으로 분석한다.

## Ⅳ. 연구 결과

### 1. 데이터 개요

#### 가. 데이터 수집

연구를 위한 데이터를 수집하기 위해 제목에 '수소'를 포함하는 기사를 식별하고 데이터를 수집하였다. 2016년부터 2021년까지 464,812건의 기사 수집하였으며 내용이 모두 일치하는 중복기사와 내용을 제공하지 않는 결측 기사를 제거하여 총 396,419건으로 분석 수행하였다. 〈표 1〉을 보면 2019년도를 기점으로 수소 관련 뉴스는 2배 가까이 증가하였으며, 21년에도 전년도 대비 2배 가까이 증가한 것을 확인할 수 있다.

**〈표 1〉 연도별 수집 기사**

| 연도 | 기사 수 |
|---|---|
| 2016 | 24,454 |
| 2017 | 24,074 |
| 2018 | 35,908 |
| 2019 | 84,175 |
| 2020 | 87,853 |
| 2021 | 151,789 |
| 합계 | 396,419 |

#### 나. 데이터 전처리

분석에 활용할 데이터를 구축하기 위해 〈표 2〉와 같은 불용어와 한 글자 이하의 단어는 제외하였다.

**〈표 2〉 연구에 활용된 불용어**

| Stopword |
|---|
| "있다", "되다", '에서', '이다', '하고', '돼다', '까지', '부터', '통해', '대한', '위해', '에는', '대해', '대다', '에도', '이라고', '보다', '무단', '전', '재', ' 및', "재", '배포', '금지' |

### 2. 분석결과

#### 가. 워드클라우드 : 단어빈도분석

본 절에서는 워드클라우드를 활용하여 단어의 빈도를 분석한 결과를 제시하고 논의한다. 〈그림 2〉와 〈그림 3〉에서 확인할 수 있는 것과 같이 2016, 2017년도에는 북한, 핵실험과 같은 내용이 주요하게 등장한 것을 확인할 수 있다.



〈그림 2〉 수소 관련 뉴스 워드클라우드(2016년)



〈그림 4〉 수소 관련 뉴스 워드클라우드(2018년)



〈그림 3〉 수소 관련 뉴스 워드클라우드(2017년)



〈그림 5〉 수소 관련 뉴스 워드클라우드(2019년)

이에 반해, 2018년부터는 본격적으로 사업, 수소, 산업, 자동차와 같은 단어가 등장하여, 수소 산업과 경제에 대한 관심 증가를 확인할 수 있다〈그림 4〉.

또한 2019년부터는 본격적으로 사업, 산업, 기술과 같은 키워드 뿐만 아니라 수요, 연료, 개발, 구축과 같은 키워드가 등장한다〈그림 5〉. 이는 2019년도 1월에 발표한 수소경제로드맵과 관련하여 수소 산업에 대한 정책이 수소 수요 및 인프라 구축 관련 정책 기조에 영향을 미친 것으로 파악할 수 있으며, 2018년도 말부터 관련 정책에 대한 논의가 진행된 것으로 볼 수 있다.

이후 2020년과 2021년에는 수소 경제 뿐만아니라 뉴딜, 탄소 중립과 같이 정부 정책이 제안되면서 수소, 자동차, 충전, 생산, 개발, 기술과 같이 단어들이 주요하게 등장하며, 다양한 산업에서 수소 경제를 활성화하기 위해 노력하고 있음을 파악할 수 있다. 또한 2020년도에는 카카오, 현대차등의 민간에서도 수소의 모빌리티 대해 관심을 갖기 시작하고 인프라와 수소경제 활성화를 위해 공공과 민간의 협력에 대한 논의가 시작되는 것을 알 수 있다.

2020년도와 주요한 차이로, 2021년도에는 정부에서 수소경제 성과 및 수소선도국가 비전을 발표하며 블루수소, 그린수소 등 청정 수소 생산량을 증

가시키겠다는 계획을 수립하였다. 관련하여 〈그림 6〉, 〈그림 7〉에서 생산, 기술 등과 같은 키워드가 증가한 것을 확인할 수 있다. 또한 지역의 수소충전소 보급이 부족한 상황을 인지하고 수소충전소 확충계획에 따른 충전소 구축 및 수소차량으로 전환에 대한 보조금 확대 목표치 계획에 대한 논의가 이뤄지고 있다.



〈그림 6〉 수소 관련 뉴스 워드클라우드(2020년)



〈그림 7〉 수소 관련 뉴스 워드클라우드(2021년)

### 나. 워드투벡터 : 단어간 유사도 분석

〈표 3〉은 워드투벡터의 일부 결과이다. 수소와 수소차처럼 일반적으로 유사도가 높을 것으로 예상되는 단어들이 자주 쓰였음을 확인할 수 있다.

2016년도 수소와 물폭탄과 같은 내용이 유사도가 높은 것으로 나타난 것에 반해, 2021년에는 암모니아, 액체수소와 같이 수소 기술이 집중적으로

〈표 3〉 Word2Vec 결과

| Keyword | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 수소 | 수소차 | 수소차 | 수소차 | 수소차 | 수소차 | **암모니아** |
| | **물폭탄** | 천연가스 | 천연가스 | 액체수소 | 친환경 | 액체수소 |
| | 수속 | 배터리 | 친환경 | 친환경 | 액체수소 | 친환경 |
| | 카운트다운 | 액체수소 | 전기 | 신재생에너지 | 신재생에너지 | 신재생에너지 |
| | 천연가스 | 저장장치 | 순수 | 천연가스 | 천연가스 | 운송 |
| 규제 | 법규 | 사용제한 | 제도 | 규제 | 제재 | 법규 |
| | 제도 | 제도 | 요건 | 제재 | 하이난 | 제재 |
| | 불합리 | 불합리 | 제재 | 통제 | 조치 | 요건 |
| | 구조조정 | 완화 | 사용제한 | 시장구조 | 김영란 | 관세 |
| | 용적률 | 법규 | 법규 | 보복조치 | 보복조치 | 신제 |
| 안전 | 안전성 | 안전성 | 안전성 | 안전성 | 안전교육 | 안전교육 |
| | 방호 | 재난 | 안전하다 | 안전교육 | 안전성 | 재난대응 |
| | 건전성 | 안전하다 | 안전교육 | 무선제어 | 제품안전 | 안전성 |
| 경제 | 조선업 | 사회 | 사회 | 산업 | 산업 | 산업 |
| | 철강업 | 정치 | 산업 | 경제성장 | 사회 | 사회 |
| | 경제성장 | 우호 | 제조업 | 사회 | 경제성장 | 경제권 |
| | 사회 | 무역 | 경제성장 | 제조업 | 정책 | 경제성장 |

사용되었음을 확인할 수 있다.

해당 결과를 활용하여, 수소와 수소차가 의미연결망 내에서 유사한 내용으로 인식될 수 있도록 데이터를 설정하였다. 주요 변경 단어는 〈표 4〉와 같다.

**〈표 4〉 동일 의미 단어 변경 목록**

| 기존단어 | 변경단어 |
|---|---|
| 배터리 | 연료전지 |
| 수소차 | 자동차 |
| 차량 | 자동차 |
| 승합차 | 버스 |
| 충전 | 충전소 |
| 시내버스 | 버스 |
| 안전성 | 안전 |
| 전기자동차 | 자동차 |
| 법규 | 규제 |
| 제도 | 규제 |
| 제재 | 규제 |
| 사용제한 | 규제 |
| 신재생에너지 | 에너지 |
| 기아차 | 자동차 |
| 스테이션 | 충전소 |

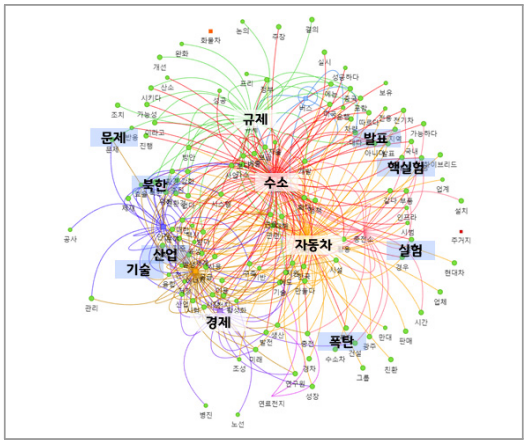
선행연구, 워드클라우드와 워드투벡터 결과를 활용하여 의미연결망 분석에서 중점적으로 분석할 키워드를 사전적으로 선정하였다. 선정 키워드는 〈표 5〉와 같다.

**〈표 5〉 선정 키워드**

| 키워드 | |
|---|---|
| 수소 | 연료전지 |
| 안전 | 버스 |
| 규제 | 화물차 |
| 자동차 | 주거지 |
| 충전소 | 에너지 |
| 경제 | |

## 다. 의미연결망분석

2016년도 자료를 보면 워드클라우드에서 확인한 것과 동일하게 핵실험, 폭탄, 북한, 기술, 생산과 같은 단어들이 수소와 함께 등장한 것을 확인할 수 있다. 실제 기사에서는 수소탄과 같은 단어로 등장하며 수소에너지의 폭발과 같은 안전 우려가 존재함을 확인할 수 있다. 단어들 중, 수소와 자동차가 주요한 중심성을 가지는 것으로 보아, 이전부터 수소에너지를 활용한 수소차에 대한 관심이 존재했음을 확인할 수 있다.




**〈그림 8〉 의미연결망 분석 결과(2016년)**

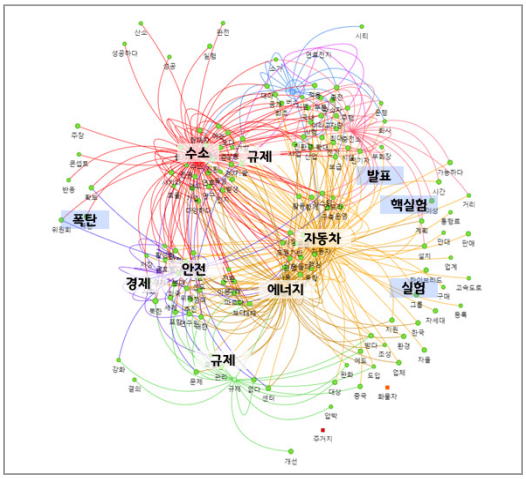
해당 기간의 촉진 요인으로 볼 수 있는 수소 및 수소경제와 관련하여 성장, 산업 기업 등이 존재하기는 하였으나, 네트워크 상의 거리와 연결 정도로 보아 전반적을 수소와 관련성은 높지 않은 것으로 보인다. 하지만 자동차가 수소와 의미연결망이 유사하게 나온 것을 확인할 수 있으며, 관련 단어로 한국, 환경, 방안, 배출 등이 존재한 것으로 보아 수소차와 환경에 대한 관심 확인을 확인할 수 있다.

수소에너지 도입에 대한 저해 요인으로 규제가 존재하기는 하나 추가적인 규제와 관련된 단어는 확인할 수 없다. 반면에 안전과 관련된 요인으로, 안전, 문제, 북한, 제제, 강화와 같은 단어들이 등장하며 수소탄, 갈등과 관련된 우려가 존재했음을 확인할 수 있다.

2017년도는 수소에너지의 관심과 함께 현대차, 개발, 친환경, 기술과 같은 인식의 개선과 관련된

단어들이 증가한 것을 확인할 수 있다. 반면 당시 수소경제와 관련된 키워드로는 북한, 사회, 시장, 글로벌 등 함께 언급되었으며 현재 수소경제, 수소에너지 활성화와 같은 의미와는 관련성이 떨어진다. 수소 자동차의 경우 보급, 에너지, 활용, 구축의 단어와 함께 사용되며 관심도가 증가하고 있는 추세를 확인할 수 있다〈그림 9〉.

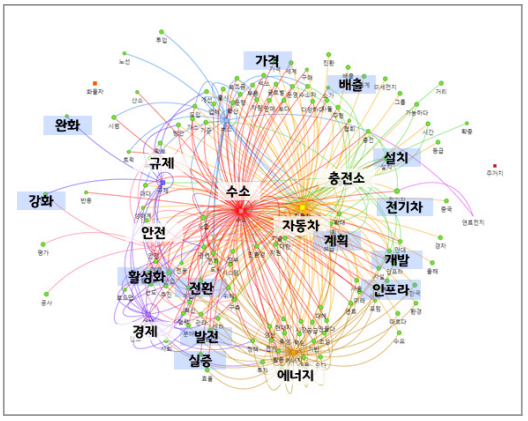
반면에 수소규제와 같은 키워드에서 강화, 정책, 대상 등이 함께 사용되었으며, 2016년도와 동일하게 핵실험, 북한과 같은 단어들이 등장하여 수소가 친환경에너지보다는 위험물로 인식되는 경향이 있는 것으로 파악된다.




〈그림 9〉 의미연결망 분석 결과(2017년)

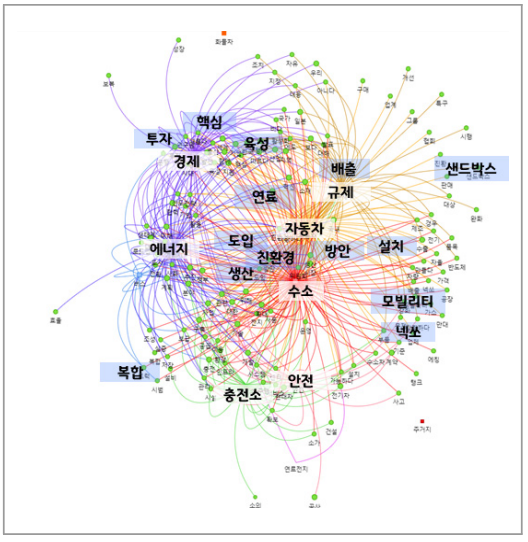
2018년도는 수소 관련 기사의 증가 추세로 보아 점차 수소에 대한 관심이 높아진 것으로 보이며. 관련하여 시범, 친환경, 정부, 기술, 시스템과 같은 단어들을 확인할 수 있다〈그림 10〉.

규제와 연결된 노드에서 강화, 완화가 비슷하게 빈도로 등장하여 수소에너지 도입시 안전에 대한 우려가 반영되고 있는 것으로 보인다. 또한 충전소가 함께 언급되는 경우가 증가했으며 동시에 개발, 인프라, 보급, 도시 확대, 전기에 대한 키워드에도 관심이 증가하는 것을 확인할 수 있다.




〈그림 10〉 의미연결망 분석 결과(2018년)

2019년에는 수소와 자동차와 관련된 주요 키워드로 친환경, 도입, 생산 등으로 수소경제의 초기 생태계 구축에 대한 내용이 연결망에서 주요하게 등장하는 것을 확인할 수 있다. 이는 2019년도 수소 로드맵을 발표하면서 관심이 증가한 것이 반영된 것으로 보인다. 또한 수소경제의 경우 수소 관련 정책과 함께 연관된 단어들의 연결망이 복잡해진 것을 확인할 수 있다. 관련하여 육성, 지원, 한국, 핵심, 정책 등과 같은 키워드가 함께 연결되어 나타




〈그림 11〉 의미연결망 분석 결과(2019년)

난다. 이러한 키워드들은 수소경제를 정책적으로 시행하면서 관련된 핵심 키워드들을 반영하고 있는 것으로 보인다.

안전과 관련하여 강화, 위하다, 관련, 기술과 같은 단어들이 연결망을 형성하고 있으며, 여전히 수소 기술의 안전과 관련된 우려 요소가 반영된 것으로 보인다. 새로 등장하는 단어들로는 현대차, 넥쏘, 모빌리티 등이 새롭게 등장하였으며 자동차 산업에서 수소의 활용성이 확대된 것으로 파악할 수 있다.

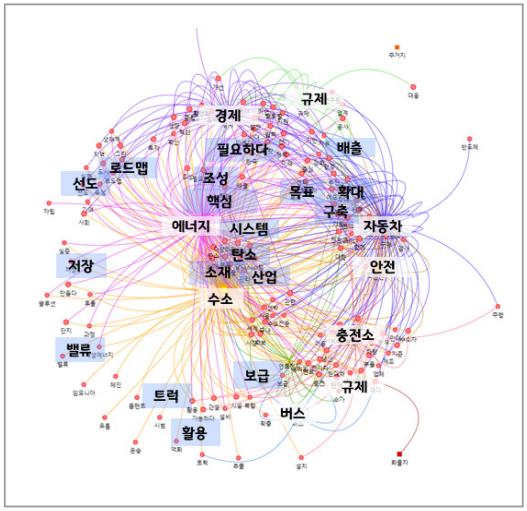
2020년에는 수소, 자동차와 함께 수요, 한국, 발전, 확산, 효율 등이 주요하게 등장하는 것을 확인할 수 있다. 이는 수소 산업에 대한 관심 뿐만 아니라 수소 산업을 핵심 산업으로 적용하려는 노력으로 볼 수 있다. 동시에 그린뉴딜 정책 등과 함께 충전소, 화물차 버스 등에 대한 언급과 연결망이 늘어난 것을 확인할 수 있으며, 전반적인 수소 인프라에 대한 관심 및 인식이 증가한 것으로 볼 수 있다. 뿐만아니라 전체적인 기사의 수의 증가와 함께, 사람들이 미디어에 노출되며 수소에 대한 관심이 증가하고 수소 산업에 대한 인식이 증가하고 있는 것으로 보인다.

안전과 규제에 대한 언급은 많으나 유통, 시범, 기준, 관리 등으로 연결되어 있는 것으로 보이며, 안전 기준, 규제와 관련 내용이 구체화 되는 것으로 파악할 수 있다.

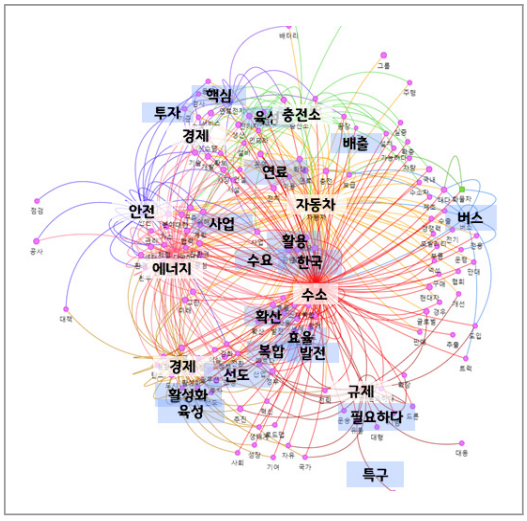
2021년에는 수소가 원소로써의 의미보다는 에너지로 인식되는 것을 확인할 수 있다. 탄소, 핵심, 시스템, 산업, 관리와 같은 키워드들이 주요 의미연결망을 형성하고 있으며, 수소경제 및 에너지 시스템에 대한 관심이 증가한 것으로 보인다. 규제와 관련된 키워드는 이전보다 연결링크가 줄어든 것으로 보이며, 연결된 노드도 확산, 선도, 개선, 추진, 자유와 같은 긍정적 의미의 단어들로 구성되에 이는 수소 관련 규제 개선 및 추진 노력을 확인할 수 있다. 또한 기존에 수소 차량만이 아닌 버스 등 특정한 수단으로 수소차량을 확산하려는 움직임이 보이며, 2021년에는 트럭으로 수단이 확장되었다.

안전과 관련된 키워드로는 확보, 기준 등이 나타나며, 수소 기술과 관련된 안전 확보 및 규정 준수에 대한 논의가 이루어지고 있는 것으로 파악된다.

수소충전소와 관련된 언급과 연결망이 증가하였으며, 연료전지, 서비스, 개발, 수소차, 생산 등의 키워드로 수소 인프라 및 기술개발에 대한 인식이 높아지고 있는 것으로 해석할 수 있다.




〈그림 12〉 의미연결망 분석 결과(2021년)




〈그림 13〉 의미연결망 분석 결과(2020년)

# V. 결론

## 가. 연구 요약 및 결론

본 연구에서는 텍스트마이닝 분석을 활용하여 수소에너지에 인식과 이에 따른 촉진/저해요인을 분석하였다. 세계적으로 환경문제에 대한 관심이 증가함에 따라 수소에너지에 관한 관심도 함께 증가하였으며, 관련된 텍스트의 양도 큰 폭으로 증가하였다. 친환경에너지 도입을 위한 민간기업의 정책으로 수서에 대한 인식은 전반적으로 제고된 것을 확인하였다.

수소와 관련된 언론, 미디어의 뉴스 데이터를 분석한 결과 수소에너지 활용과 관련하여 수소경제, 국가산업, 수소정책과 관련된 요인이 수소에너지 활용을 도모하는 주요 촉진요인임을 파악할 수 있었다. 정부 정책의 경우 수소 에너지를 친환경에너지로 인식하며 탄소배출 감소를 위해 수소에너지의 활용성을 함께 논의한다. 이는 개인 혹은 대중들에게 수소에너지에 대한 노출을 증가시키며 활용성에 대한 인식을 통해 수소 에너지에 대한 수용성을 높이는데 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 보인다.

반면에 수소 에너지와 관련하여 안전, 규제와 관련된 내용은 저해 요인으로 확인하였다. 특히 기존 수소에너지에 대한 부정적인 안전 인식은 수소충전소 인프라 등을 구축하는데 지역주민의 반대와 같이 장애물이 될 수 있는 요인으로 안전에 대한 인식을 개선하기 위한 노력이 필요하다. 동시에 안전과 관련된 키워드의 경우 안전 기준 강화와 같이 대중들의 인식을 개선하기 위한 시도가 지속되고 있는 것을 확인하였다. 안전 문제를 포함하여 기술의 발전과 함께 규제 완화 등의 키워드가 함께 등장하면서 전반적으로 수소에 대한 인식이 긍정적으로 변화하고 있는 것으로 파악하였다. 이러한 결과는 안전하고 효율적인 수소 공급망 구축을 위한 규제 완화와의 근거로 활용할 수 있다.

## 나. 정책적 시사점

탄소중립은 전 세계적인 과제로 공공 및 민간 부문에서 공동의 노력이 필요하다. 이에 대한 대안으로 수소의 활용성이 인정됨에 따라, 수소에너지의 효율적인 보급을 위해서는 사람들의 인식을 제고하고 이에 따른 적절한 전략을 수립할 수 있어야 한다. 특히 수소차의 경우 수송분야에서 기존 내연차의 대체제로써 많은 가능성을 가지고 있으며, 이에 따라 국가에서도 수소경제를 기반으로 수소도시, 수소차와 같은 사업을 추진 중이다.

수소에너지에 대한 도입 논의는 지속적으로 이루어져 왔으며 수소에너지 활용 기술, 그리고 수소 네트워크의 핵심 기술은 이미 성숙기에 이른 것으로 조사된다(Tashie-Lewis, 2021). 이러한 기술적 상황을 고려하였을 때 수소경제의 활성화는 곧 실현될 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 특히 높은 기술 비용은 수소 에너지를 채택하는데 있어서 장애요인으로 고려되며, 수소에너지의 경제성에 대한 논의는 지속되고 있다. 하지만 수소에너지의 생산규모 및 활용성이 증가하면 규모의 경제의 논리에 기반하여 수소 에너지 활용 비용은 감소될 것으로 보인다(Falcone et al, 2021).

이러한 비용 감소를 위해서는 수소에너지에 대한 인식을 제고하고 수소에너지의 도입을 활성화하기 위한 정책적인 노력이 필요하다. 이러한 노력으로는 수소에너지, 수소도시, 수소차, 수소충전소와 같이 사람들의 일상생활에 인접한 수소인프라에 대한 안전성, 합리적인 비용, 친환경성과 같은 장점을 기반으로 홍보, 교육 등의 정책을 수행할 수 있다.

또한 수소에너지에 대한 수요를 충족하고 증가시키며 경제성과 같은 수용가능성을 높이기 위한 노력으로 적극적인 수소 인프라구축이 필요하다.

## 다. 연구의 한계 및 발전방향

본 연구는 수소와 관련된 뉴스 데이터로 텍스트마이닝 방법론을 활용하여 분석 수행하였으나, 그

뉴스 데이터가 국내 데이터로 한정되어 국제적인 촉진/저해 요인에 대한 분석은 부족하다. 또한 의미연결망 분석을 통해 시민들이 노출되는 텍스트 분석을 통해 인식을 파악하고자 하였다. 하지만 작성된 기사와 시민들의 인식 간에는 콘텐츠 제공자와 수용자의 입장에 따라 괴리가 존재할 수 있는 점을 고려하지 못하였다.

언급한 한계에 따른 본 연구의 발전 방향은 다음과 같다. 감성 분석과 같은 방법론과 뉴스 댓글 기사 등의 데이터를 추가로 활용하여 수소경제, 수소 공급망과 충전소, 수소 차량에 대한 긍·부정적인 인식을 파악할 수 있다. 또한 지역별 인식 분석과 수용성과 관련된 분석을 추가로 수행하여 수소 정책 수립에 활용할 수 있다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구비지원(주요사업) 사업으로 수행되었습니다(과제번호 20230104-001, 수소도시 기반시설의 안전 및 수용성 확보기술 개발).

## 참고문헌

1. 기획재정부, 한국판 뉴딜 종합계획, 2020.
2. 김혜경·최일영. “네트워크 분석을 이용한 수소 연구 동향.” 『한국수소및신에너지학회논문집』, 33(4), 2022, p. 318-329.
3. 산업자원부, 수소경제 활성화 로드맵, 2019.
4. 안근원·진광성·김범일·신희철, 『한국판 뉴딜 지원사업(3) -수소·전기차 충전인프라 확충을 위한 민간투자 활성화 전략』, 교통연구원, 2022.
5. 유소연·임규건., “텍스트 마이닝과 의미 네트워크 분석을 활용한 뉴스 의제 분석: 코로나 19 관련 감정을 중심으로.” 『지능정보연구』, 27(1), 2021, p. 47-64.
6. 윤태일·이수안, 『파이썬으로 텍스트 분석하기』, 늘봄, 12, 2018.
7. 임옥근, 국내 연구논문의 키워드 네트워크 분석을 통한 수소충전소 연구개발 동향. 『한국화재소방학회 논문지』, 35(4), 2021, 83-90.
8. 최일영·김혜경. “뉴스 빅데이터를 활용한 수소 이슈 탐색.” 『한국수소및신에너지학회논문집』, 33(2), 2022, 121-129.
9. Apostolou, D., and Welcher, S. N., “Prospects of the hydrogen-based mobility in the private vehicle market. A social perspective in Denmark.” *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(9), 2021, p. 6885-6900.
10. Carr-Cornish, S., Krystina Lamb, K., Rodriguez, M., and Gardner, J., Social science for a hydrogen energy future. Report prepared for the Hydrogen Energy Systems Future Science Platform. 2019.
11. Chanchetti, L. F., Diaz, S. M. O., Milanez, D. H., Leiva, D. R., de Faria, L. I. L., and Ishikawa, T. T., “Technological forecasting of hydrogen storage materials using patent indicators.” *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(41), 2016, p. 18301-18310.
12. Doerfel, M. L., and Barnett, G. A., “A semantic network analysis of the International Communication Association.” *Human communication research*, 25(4), 1999, p. 589-603.
13. Emodi, N. V., Lovell, H., Levitt, C., and Franklin, E., “A systematic literature review of societal acceptance and stakeholders’ perception of hydrogen technologies.” *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(60), 2021, p. 30669-30697.
14. Falcone, P. M., Hiete, M., and Sapio, A., “Hydrogen economy and sustainable development goals: Review and policy insights.” *Current opinion in green and sustainable chemistry*, 31, 2021, 100506.
15. Gaikwad, S. V., Chaugule, A., and Patil, P., “Text mining methods and techniques.” *International Journal of Computer Applications*, 85(17), 2014.
16. Gallagher, K. S., Grübler, A., Kuhl, L., Nemet, G., and Wilson, C., “The energy technology innovation system.” *Annual review of environment and resources*, 37, 2012, p. 137-162.
17. Gilens, M.., “Why Americans hate welfare: Race, media, and the politics of antipoverty policy.” *University of Chicago Press*., 2009.
18. Google Trend, (https://trends.google.co.kr/trends/) [2023. 09.01.]
19. Hopkins, D. J., Kim, E., and Kim, S., “Does newspaper coverage influence or reflect public perceptions of the economy?.” *Research & Politics*, 4(4), 2017, 2053168017737900.
20. Hossain, A., Karimuzzaman, M., Hossain, M. M., and

Rahman, A., “Text mining and sentiment analysis of newspaper headlines.” *Information*, 12(10), 2021, p. 414.

21. Kaefer, Florian, Juliet Roper, and Paresha N. Sinha. “A software-assisted qualitative content analysis of news articles: Examples and reflections.”, 2015.
22. Kellstedt, P. M.., “The mass media and the dynamics of American racial attitudes.” *Cambridge University Press*. 2003.
23. Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., and Dean, J., “Efficient estimation of word representations in vector space.” *arXivpreprint arXiv*:1301.3781., 2013.
24. Palmer, G., *Australia’s hydrogen future. Energy Transition Hub*: Melbourne, Energy Transition Hub, 2018.
25. Roche, M. Y., Mourato, S., Fischedick, M., Pietzner, K., and Viebahn, P., “Public attitudes towards and demand for hydrogen and fuel cell vehicles: A review of the evidence and methodological implications.” *Energy policy*, 38(10), 2010, 5301-5310.
26. Sarkar, D., *Text analysitics with python: A practical real -world approach to gaining actionable insights from your data*., 2016, NY:Apress.
27. Soroka, S. N., Stecula, D. A., and Wlezien, C., “It's (change in) the (future) economy, stupid: economic indicators, the media, and public opinion.” *American Journal of Political Science*, 59(2), 2015, p. 457-474.
28. Tashie-Lewis, B. C., and Nnabuife, S. G., “Hydrogen production, distribution, storage and power conversion in a hydrogen economy-a technology review.” *Chemical Engineering Journal Advances*, 8, 2021, 100172.
29. Thesen, G., and Langhelle, O., “Awareness, acceptability and attitudes towards hydrogen vehicles and filling stations: A Greater Stavanger case study and comparisons with London.” *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(21), 2008, p. 5859-5867.