

# 다층적 모델, 전략적 니치 관리 및 필요성 인자 이론을 활용한 수소 생산 기술의 효과적 관리와 활용 방안

김준현<sup>1</sup> · 박종화<sup>2</sup> · 조대명<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 기술경영전문대학원, <sup>2</sup>대우건설 플랜트 본부

## Effective Management and Utilization of Hydrogen Production Technology Using Multi-layered Model, Strategic Niche Management, and Need Factor Theory

JOONHEON KIM<sup>1</sup>, JONGHWA PARK<sup>2</sup>, DAEMYEONG CHO<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Technology & Innovation Management, Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Korea

<sup>2</sup>Plants Division, DAEWOO E&C, 170 Eulji-ro, Jung-gu, Seoul 04548, Korea

†Corresponding author :  
dmjo@hanyang.ac.kr

Received 23 January, 2024  
Revised 6 March, 2024  
Accepted 11 April, 2024

**Abstract >>** The significance of hydrogen economy and production technology is steadily increasing. This research reviewed strategies for utilizing hydrogen production technology by combining a multi-layer model, strategic niche management, and the need factor for Hoship. The model was validated as a strategy considering hydrogen production technology and the transformation of the energy system. Using this, a new business model for hydrogen production technology was created, finding a strategic niche and sophisticating the technology. It also proposed ways to unlock the potential of hydrogen production technology and improve its efficiency. This work contributes to the commercialization of hydrogen production technology and its role in sustainable energy conversion. It proposes a new and effective approach for utilizing hydrogen production technology, going beyond its limitations to suggest a more efficient method. It is hoped that these results will be helpful to researchers in hydrogen energy, and serve as a reference for establishing ways to utilize hydrogen production technology.

**Key words :** Hydrogen production technology(수소 생산 기술), Strategic niche management(전략적 니치 관리), Need factor(필요성 인자), Multi-layered model(다층적 모델)

## 1. 서론

이산화탄소를 배출하지 않는 무한 에너지원으로써 수소 경제와 수소 생산 기술의 중요성 및 필요성은 날이 증가하고 있다. 석유 의존도 감소 관점에서 수소는 오염물질을 배출하지 않는 친환경 에너지로, 석유와 같은 화석연료에 대한 의존도를 줄일 수 있다. 이는 기후 변화와 환경 문제를 해결하는 데 기여하며 에너지 안보를 강화하는 데도 중요하다. 환경 보호 관점에서 수소는 연소 시 이산화탄소를 발생시키지 않으므로 기후 변화 문제 해결에 기여한다. 아울러 대기오염 물질을 배출하지 않기 때문에 자연 환경을 보호할 수 있다. 무한 에너지원이라는 관점에서 수소는 지구상에 넘쳐나는 원소로 올바른 기술을 통해 적절하게 생산되고 관리된다면 무한한 에너지 원료로 활용될 수 있을 것이다. 다양한 연료들의 에너지 함량을 Table 1에 나타내었다<sup>1)</sup>. 또한 신재생 에너지와의 결합 측면에서 수소는 풍력, 태양열, 지열 등 신재생에너지를 통해 생산될 수 있다. 이를 통해 신재생에너지의 생산-소비 불균형 문제를 해결하고 에너지 저장 수단으로 활용될 수 있다<sup>2)</sup>. 마지막으로 경제 효과의 관점에서 수소 경제는 새로운 일자리를 만들고 수출 가능한 신산업 분야를 창출하며 경제 성장에 기여할 전망이 높다고 할 수 있다. 수소 생산 기술은 이러한 수소 경제를 가능하게 하는 핵심적인

요소이다. 효율적이고 경제적인 수소 생산 기술은 수소를 보다 적극적으로 활용하는 데 도움을 주며 환경 문제 해결과 에너지 안보 강화에 기여할 것이다.

본 연구에서는 수소 생산 기술의 효과적 활용 관련하여 다층적 모델<sup>3)</sup>, 전략적 니치 관리<sup>4)</sup>, 호시프의 필요성 인자<sup>5)</sup>라는 세 가지 방법론을 결합하여 이용하였다. 이 세 가지 방법론은 상호 관련성을 가지며 복합적으로 사용된다. 다층적 모델을 통해 수소 생산 기술의 다양한 요소를 분석하고 이를 기반으로 전략적 니치를 식별하고 관리할 수 있으며 니치 내에서 호시프의 필요성 인자를 적용하여 기술적 요건에 대한 명확한 이해를 바탕으로 최적의 전략을 개발하고 실행할 수 있다. 이렇게 각 방법론은 상호 보완적이고 통합적인 접근을 통해 수소 생산 기술의 효과적 활용을 도모할 수가 있게 된다.

다층적 모델은 수소 생산 기술의 효과적 활용은 개별 요소들의 독립적 활용이 아니라 서로 다른 단계와 층에서의 상호작용을 포괄적으로 이해하는 것이 중요하다는 관점에서 필요하다. 이러한 관점에서 다층적 모델은 수소 생산 기술의 개별 요소, 시스템 구성 요소 그리고 상위 시스템 레벨의 세 가지 층을 고려하며 그들 사이의 상호작용을 분석한다. 따라서 복잡한 시스템을 분석하고 최적화하는 데 필요한 통합적이고 다차원적인 접근 방식을 제공한다. 수소 생산 기술의 효과적 활용을 위해서는 특정 응용 분야나 시장에 대한 타깃팅 전략이 필요하게 된다. 목표 달성을 위한 방법론이 전략적 니치 관리이다. 전략적 니치 관리 방법론을 통해 경쟁 환경에서 기회를 찾고 특정 시장에 대해 차별화된 가치 제안을 제공하며 잠재적인 위협이나 장애 요소를 관리하고 대응할 수 있다<sup>6)</sup>. 허즈버그의 호시프 필요성 인자에 따르면 수소 생산 기술의 효과적 활용은 그 기술이 갖추어야 하는 필수적인 요인들에 의존한다. 이들 필요성 인자는 기술의 성능, 비용, 안정성, 환경 친화성 등 다양하다. 호시프의 필요성 인자 방법론은 이러한 요인들을 체계적으로 파악하고 분석하여 기술 개발과 투자에 대한 중요한 실증적인 가이드라인을 제공한다<sup>5)</sup>.

Table 1. Energy contents of different fuels<sup>1)</sup>

| Fuel                  | Energy content (MJ/kg) |
|-----------------------|------------------------|
| Hydrogen              | 120.0                  |
| Liquefied natural gas | 54.4                   |
| Propane               | 49.6                   |
| Aviation gasoline     | 46.8                   |
| Automotive gasoline   | 46.4                   |
| Automotive diesel     | 45.6                   |
| Ethanol               | 29.6                   |
| Methanol              | 19.7                   |
| Coke                  | 27.0                   |
| Wood (dry)            | 16.2                   |
| Begasse               | 9.6                    |

## 2. 수소 생산 기술의 현황

수소는 청정 에너지의 한 형태로 주로 전기 생산에 필요한 원료로 활용되고 있는데, 현존하는 수소 생산 기술은 크게 세 가지 종류로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째는 천연 가스를 이용한 천연가스 개질 기법, 두 번째는 석탄 가스화 기법, 세 번째는 수전해 기법이다. 천연가스 개질 기법은 압력과 열을 가해 천연가스에서 수소를 추출하는 생산 기술이다. 이 공정은 다른 생산 기법에 비하여 경제적이라는 장점을 가지고 있으나 이산화탄소를 배출한다는 단점이 있다. 석탄 가스화 기법은 고온에서 석탄과 산소 및 스팀을 반응시켜 수소를 생산하는 생산 기술이다. 이 기법은 상대적으로 가격이 저렴한 석탄을 원료로 사용할 수 있다는 장점이 있지만 이산화탄소를 배출하며 에너지 효율성이 상당히 낮다는 단점을 가지고 있다. 세 번째 방법인 수전해 기법은 물을 전기적으로 분해하여 수소와 산소를 얻는 생산 기술이다. 이 방법은 수소 생산 과정에서 이산화탄소를 배출하지 않는다는 장점을 가지고 있으나 상대적으로 비용이 비싸고 에너지 효율성이 떨어진다는 문제가 있다. 그러나 수전

해 기법과 같은 생산 기술로 생산된 수소는 그린 수소로 분류되어 환경 부담을 최소화하는 데 매우 효과적이라는 장점을 가진다.

일반적으로 수소 생산 방법에 따른 색상 코드라는 분류 방법을 광범위하게 사용하고 있다. Table 2에 나타난 것과 같이 대표적인 색상 코드 중 그레이 수소는 현재 대부분의 수소가 만들어지는 방식으로 천연가스의 증류 과정에서 생산된다<sup>7)</sup>. 이 과정에서 대량의 이산화탄소가 발생하며 이는 대부분 대기 중으로 방출되어 환경에 큰 부담이 된다. 블루 수소는 그레이 수소와 같은 제조 과정을 거치지만 이산화탄소를 포집하여 저장하는 프로세스, 즉 카본 캡처 그리고 저장 과정이 추가된다. 이렇게 함으로써 이산화탄소의 대기 중 방출을 크게 줄일 수 있다. 그린 수소는 전기 분해를 통해 제조된다. 전기 분해를 이용하는 수전해 생산 기법에 사용되는 에너지원인 전기는 태양광이나 풍력과 같은 재생 에너지에 의해 생산되므로 이산화탄소 방출을 일으키지 않는다. 결과적으로 그린 수소는 친환경 에너지원이라고 할 수 있다. 핑크 수소는 핵분열을 통해 얻게 되는 에너지를 이용하여 제조되는 수소를 의미한다. 핑크 수소를 생산하

Table 2. Method of hydrogen production and color code<sup>7)</sup>

| Color code | Energy source                | Feed material           | Process                      | Production  |
|------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|---|
| Brown      | Coal<br>Nuclear power        | Coal<br>Steam<br>Oxygen | Gasification                 | H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> (Released in air) |
| Gray       | Natural gas<br>Nuclear power | Coal<br>Steam           | Steam reforming              | H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> (Released in air) |
| Blue       | Natural gas<br>Nuclear power | Coal<br>Steam           | Steam reforming              | H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> (Captured)        |
| Turquoise  | Natural gas<br>Nuclear power | Coal<br>Steam           | Pyrolysis                    | H <sub>2</sub> + C (Solid)                        |
| Red        | Nuclear power                | H <sub>2</sub> O        | Thermochemical decomposition | H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>                   |
| Purple     | Nuclear power                | H <sub>2</sub> O        | Thermochemical decomposition | H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>                   |
| Pink       | Nuclear power                | H <sub>2</sub> O        | Electrolysis                 | H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>                   |
| Yellow     | Power grid                   | H <sub>2</sub> O        | Electrolysis                 | H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>                   |
| Green      | Renewable energy             | H <sub>2</sub> O        | Electrolysis                 | H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>                   |

는 과정에서는 이산화탄소 방출이 매우 적지만 핵분열 방식 자체가 핵폐기물 등의 문제를 야기하기 때문에 환경적으로 논란의 여지가 많기도 하다.

향후 수소 생산 기술의 발전 전망을 살펴보면 탄소 배출을 최소화하면서 경제적 이점을 극대화하는 기술이 주목받을 것이다. 이를 위해 전기 분해 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 특히 태양광, 풍력 등 재생에너지를 이용한 그린 수소 생산 방법이 더욱 주목받고 있다. 또한 이산화탄소 포집 및 저장 기술과 결합한 천연가스 개질 방법, 바이오매스 가스화 방법 등도 환경적인 문제를 해결하기 위해 연구되고 있다. 이외에도 나노 기술, 바이오 기술 등을 활용한 새로운 수소 생산 기술 개발이 진행 중이다. 현존하는 수소 생산 기법들의 장단점을 정리하여 보면 다음과 같다. 전기 분해를 이용한 수소 생산 기술은 전기를 이용하여 물을 산소와 수소로 분해하는 방법으로 탄소 배출을 일으키지 않고 소규모로 운영이 가능하다는 장점이 있으나 전기 분해 과정에서 많은 전력이 필요하기 때문에 운전비용이 상대적으로 높은 것이 단점이다. 천연가스 개질을 통한 수소 생산 기술은 천연가스를 사용하여 수소를 생산하는 기술로 현실점에서는 가장 널리 사용되는 방법으로 써 비용 효율이 좋지만 수소 생산 과정에서 많은 양의 이산화탄소가 발생하기 때문에 환경적인 문제가 크다는 단점을 가지고 있다. 석탄 가스화를 이용한 수소 생산 기술은 석탄을 이용하여 수소를 생산하는 방식이다. 저렴한 원료 사용이 장점이라고 할 수 있으나 많은 양의 이산화탄소를 발생시킨다는 것이 단점이다. 바이오매스 가스화를 이용한 수소 생산 기술은 유기물을 가스화하여 수소를 생산하는 방식이다. 재생 가능한 자원을 사용하며 탄소 중립적일 수 있다는 장점을 가지고 있으나 대규모 생산이 어렵다는 단점을 가지고 있다.

수소 생산 기술에 있어 부가적으로 살펴보아야 하는 것은 수소 생산에 사용하는 에너지에 대한 사항과 생산된 수소의 저장 및 운송에 관한 사항이다. 에너지원에 대한 하나의 상징적인 예로써 원자력 발전에 의한 에너지 공급은 다음과 같다.

원자력 발전은 장점은 발전 과정에서 이산화탄소를 배출하지 않는다는 것이다. 하지만 화석연료를 이용한 발전 방식에 비하여 상대적으로 부하 추종의 신속성 담보가 어렵다는 단점을 가지고 있다<sup>8)</sup>. 원자력 발전에서 출력 조절의 신속성을 높이려는 시도를 하고는 있으나 아직은 원자력 발전이 가지는 난점 중 한 가지라고 하겠다<sup>9)</sup>. 이와 같은 원자력의 단점을 해결하고자 수소 에너지와의 결합을 시도하고 있다. 원자력과 수소 에너지의 결합은 노심의 출력 조절을 회피하면서도 출력의 일부를 수소의 형태로 보관하였다가 출력 조절<sup>9)</sup>이 필요할 때 반응이 빠른 수소 발전 혹은 연료전지의 형태로 추가 발전량을 제공하는 방식이다<sup>10)</sup>. 원자력의 에너지를 활용한 수소의 생산 방식은 전기 분해, 열화학으로 대표되는 물의 화학적 분해 및 화석연료를 통한 증기 메탄 개질 반응 등이 있는데, 에너지 효율 측면에서 보면 현실점에서 기술 성숙도가 가장 높고 수소 생산 단가가 상대적으로 낮을 것으로 예상되는 공정은 메탄 개질 반응으로 알려져 있다<sup>11)</sup>. 생산된 수소의 저장 및 운송에 대한 측면에서도 살펴보아야 한다. 우주에서 가장 가벼운 원소인 수소는 다른 원소들과 비교하여 상대적으로 무게 및 부피 대비 에너지 저장량이 높기 때문에 미래 에너지 저장 매체 및 운반 물질로서 중요성이 점점 높아지고 있다. 유럽, 호주, 사우디아라비아 등 여러 나라에서 에너지 저장 매체로써 수소를 이용한 전 세계적인 재생 에너지 교역 시스템을 구축하려고 노력하고 있다<sup>12)</sup>. 아울러 에너지 운반체로 많은 관심을 받고 있는 것이 암모니아이다. 암모니아는 분자 구조에 탄소를 포함하고 있지 않아 연소 과정에서 이산화탄소가 발생하지 않는다. 또한 상온에서 10기압 정도 이하에서 압축하면 액화되기 때문에 저장과 수송이 용이하다는 장점을 가지고 있다<sup>13)</sup>. 암모니아를 이용한 비료 생산을 위하여 전 세계 수소 생산량의 약 50%를 사용하고 있기 때문에<sup>14)</sup> 에너지 운반체로서 암모니아는 생산과 공급 측면에서도 기존에 건설된 암모니아 플랜트와 인프라를 활용할 수 있다는 장점이 있다<sup>15)</sup>. 요약하자면 수소의 수급 문제를 해결하기 위한 여러 가지 방법을 고려하고 있는데 그 방

법으로 액체 상태의 암모니아(NH<sub>3</sub>) 운송, 액체 유기 수소 운반체, 액체 수소, 압축 수소 배관 등의 방법 등이 고려되고 있다.

암모니아 분자는 질소 원자 1개와 수소 원자 3개로 구성되어 있다. 암모니아를 분해하면 수소와 질소 기체로 분리된다. 액체 상태의 암모니아는 한 번 운송하는데 기체 수소보다 약 2.5배, 액체 수소보다 약 1.5배 정도 많은 수소를 국내로 들여올 수 있다. 또한 액체 상태의 암모니아는 비료나 화학물질을 제조하는데 사용되는 원료로 국내에 수입하고 있기 때문에 현존하는 운송 인프라를 그대로 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다<sup>12)</sup>. 암모니아는 단위 부피당 수소 저장 용량보다 크고 운송과 저장이 용이하다는 장점과 높은 수소 저장 밀도를 가지고 있기 때문에 수소 에너지 운반체 및 탄소 가스의 배출이 없는 연료로써 활용도가 더욱 증가할 것이다<sup>16)</sup>.

생산된 수소의 저장 및 운송에 대한 측면에서 Fig. 1에 암모니아 분해를 통한 수소 생산 공정 흐름도를 나타내었다<sup>2)</sup>.

### 3. 다층적 모델, 전략적 니치 관리와 필요성 인자 이론의 통합적 접근

수소 생산 기술에 대해 다층적 모델, 전략적 니치 관리 및 호시프의 필요성 인자 이론을 적용하려면 다음과 같은 방법을 사용할 수 있다. 전략적 니치 관리 이론은 새로운 기술이 성공적으로 시장에 도입되고 확산되는 걸 도와주는 구조적인 방법론이다. 다층적 모델은 기술, 사회, 환경적 요인이 상호작용하는

것을 강조하며 이는 수소 생산 기술이 어떻게 발전하고 구현될 수 있는지 이해하는 데 중요하다. 결국 다층적 모델과 전략적 니치 관리 이론을 이용해 수소 생산 기술의 발전 과정과 가능성을 분석하고 그것이 어떻게 사회, 경제 및 환경적 요인과 상호작용하는지에 대해 살펴보아야 한다.

수소 생산 기술에 대해 전략적 니치 관리 이론과 호시프의 필요성 인자 이론을 적용하기 위해서는 기존의 수소 생산 기술에 비해 우리의 기술이 갖는 강점, 환경적 요인, 조직적 요인 등을 고려해야 한다. 예를 들어 수소 기술을 개발하는 데 필요한 인력이나 자금, 기술적 지식 등이 우리 기술의 필요성 인자가 될 수 있다. 이러한 요인들을 체계적으로 관리하고 향상시키기 위한 전략을 세우는 것이 필요하다.

따라서 수소 생산 기술의 개선 방향과 목표를 설정한 뒤 전략적 니치 관리 이론과 호시프의 필요성 인자 이론을 연계하여 전략과 실행 계획을 세우는 것이 효과적일 것이다. 이 세 가지 이론을 통합적으로 접근하면 수소 생산 기술의 현재 상황을 이해하고 기술의 성공적인 발전을 위한 전략을 수립할 수 있다.

본 연구에서는 수소 생산 기술의 효과적 활용을 위하여 다층적 모델, 전략적 니치 관리, 호시프의 필요성 인자의 세 가지 방법론을 이용하며 이들은 상호 관련성을 가지고 복합적으로 사용된다. 다층적 모델을 통해 수소 생산 기술의 다양한 요소를 분석하고 이를 기반으로 전략적 니치를 식별하고 관리할 수 있으며 니치 내에서 호시프의 필요성 인자를 적용하여 기술적 요건에 대한 명확한 이해를 바탕으로 최적의 전략을 개발하고 실행할 수 있다. 각 방법론은 서로 상호 보완적이고 통합적인 접근을 통해 수소 생산 기술의 효과적 활용을 도모할 수 있게 된다. Fig. 2에 세 가지 방법론과 수소 생산 기술의 효율적 활용의 연관성을 나타내었다.

버논(Vernon)이 주장한 다층적 모델은 사회, 기술, 정치, 경제 등의 다양한 요소가 상호작용하며 변화하는 과정에 따라 기술 발전이 진행됨을 보여준다<sup>3)</sup>. 예를 들어 수소 생산 기술의 발전 상황을 이해하기 위

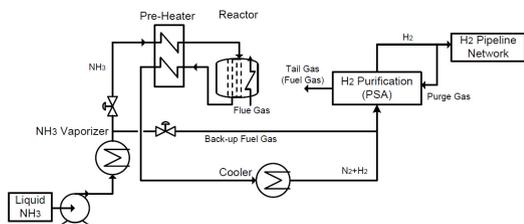


Fig. 1. Flow diagram of NH<sub>3</sub> decomposition and pressure swing adsorption process<sup>2)</sup>

해서는 이 기술의 R&D 상태, 관련 산업의 성장 동향, 정부의 정책 지원, 학계의 관심 및 연구 동향 등 여러 차원에서 접근할 필요가 있다. 즉 다층적 모델을 수소 생산 기술과 연결시키는 방법 중 하나는 해당 기술의 다양한 측면을 조사하는 것이다.

Table 3은 넷제로 로드맵으로 복잡하게 변모하고 있는 에너지 환경을 나타내고 있다. 2050년까지의 넷제로 경로를 제시하고 있다는 점에서 수소 기술 요소, 사회-경제적 요소, 환경 요소 등에 미치는 영향이 크다는 것을 시사하고 있다. 넷제로 로드맵과 방

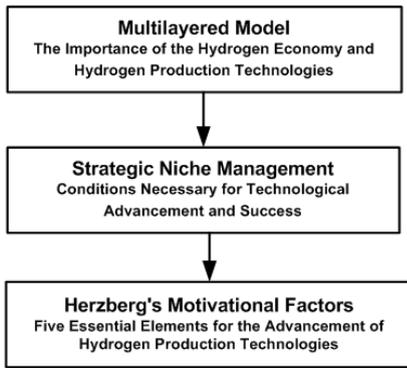


Fig. 2. Integration of three methodologies related to the utilization of hydrogen production technology

법론과의 연관 흐름을 나타낸 것이 Fig. 3이다.

본 연구에서의 다층적 모델의 구성 요소들은 다음과 같이 세 가지로 나누어 볼 수 있다. 기술적 요소는 수소를 효율적으로 생산하는 방법, 사회-경제적 요소는 수소가 경제적으로 경쟁력 있는 에너지원으로서의 가능성 여부, 환경 요소는 수소 생산이 환경에 미치는 영향으로 정의할 수 있다.

다층적 모델은 통상적으로 두 개 이상의 이산적인 레이어로 구성된 복잡한 데이터 구조를 분석하는 데 사용되며 의료 연구에 있어서 종종 사용된다. 예를 들어 환자의 내시경 결과를 바탕으로 위암을 진단하는 모델을 만들 때 의사에 대한 다양한 정보(부서, 의

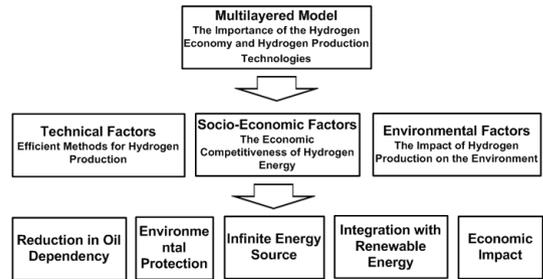


Fig. 3. Hierarchy diagram of the multilayer model related to hydrogen production technology

Table 3. Milestones and Total hydrogen demand<sup>17)</sup>

| Milestone  | 2022  | 2030   | 2035   | 2050    |
|--|-------|--------|--------|---------|
| Total hydrogen demand  | 95    | 150    | 215    | 430     |
| Refining (Mt H <sub>2</sub> )  | 42    | 35     | 26     | 10      |
| Industry (Mt H <sub>2</sub> )  | 53    | 71     | 92     | 139     |
| Transport (Mt H <sub>2</sub> -eq, including hydrogen-based fuels)                | 0     | 16     | 40     | 193     |
| Power generation (Mt H <sub>2</sub> -eq, including hydrogen-based fuels)         | 0     | 22     | 48     | 74      |
| Other (Mt H <sub>2</sub> )   | 0     | 6      | 10     | 14      |
| Share of total electricity generation (%)  | 0     | 1      | 1      | 1       |
| Low-emissions hydrogen production (Mt H <sub>2</sub> )                           | 1     | 70     | 150    | 420     |
| From low-emissions electricity   | 0     | 51     | 116    | 327     |
| From fossil fuels with CCUS  | 1     | 18     | 34     | 89      |
| Cumulative installed electrolysis capacity (GW electric input)                   | 1     | 590    | 1,340  | 3,300   |
| Cumulative CO <sub>2</sub> storage for hydrogen production (Mt CO <sub>2</sub> ) | 11    | 215    | 410    | 1,050   |
| Hydrogen pipelines (km)  | 5,000 | 19,000 | 44,000 | 209,000 |
| Underground hydrogen storage capacity (TWh)                                      | 0.5   | 70.0   | 240.0  | 1,200.0 |

사의 경험, 전문 분야 등)와 환자의 정보(연령, 성별, 질병 기록 등)를 고려해야 하는 경우가 있다. 이 때 최상위 레이어는 환자 수준의 모델이 될 수 있으며 각각의 환자에 대한 다양한 특성들을 고려한다. 그 다음 레이어는 의사 수준의 모델로 의사의 특성들이 환자의 진단에 어떻게 영향을 미치는지를 분석한다. 이렇게 두 개의 레벨에서 정보를 종합적으로 분석하는 것이 다층적 모델의 주요 이점이다. 추가적으로 각 레벨에서 사용하는 통계적 방법론이나 기법은 다양하게 변할 수 있다. 예를 들어 환자 수준에서는 로지스틱 회귀 모델을 사용하고 의사 수준에서는 랜덤 포레스트와 같은 머신러닝 방법론을 사용할 수 있다. 이러한 다양한 접근법은 복잡한 현상을 좀 더 정확하고 신뢰성 있게 설명하는 데 도움을 준다. 본 연구에 적용하는 다층적 모델의 계층도를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3에 나타난 기술 발전의 중요성이 미치는 계층 간의 측면에서 다양한 요소와 계층의 상호작용을 분석하여 보면 석유 의존도 감소는 수소는 오염물질을 배출하지 않는 친환경 에너지로 석유와 같은 화석연료에 대한 의존도를 줄일 수 있다.

이는 기후 변화와 환경 문제를 해결하는 데 기여하며 에너지 안보를 강화하는 데도 중요한 역할을 한다. 환경 보호 측면에서는 수소 연소 시 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 발생시키지 않으므로 기후 변화 문제 해결에 기여한다. 또한 대기오염 물질을 배출하지 않아 환경을 보호할 수 있다. 무한 에너지원의 대표 주자 격인 수소는 지구상에 넘쳐나는 원소로 올바른 기술을 통해 적절하게 생산되고 관리된다면 무한한 에너지원으로 활용될 수 있다. 신재생 에너지와의 결합 측면에서 수소는 풍력, 태양열, 지열 등 신재생 에너지를 통해 생산될 수 있다. 이를 통해 신재생 에너지의 생산-소비 불균형 문제를 해결하고 에너지 저장 수단으로 활용할 수 있다. 경제 효과적 측면에서 수소경제는 새로운 일자리를 만들고 수출 가능한 신산업을 창출하며 경제 성장에 기여할 전망이다. 수소 생산 기술은 이러한 수소 경제를 가능하게 하는 핵심적인 요소이다. 효율적이고 경제적인 수소 생산 기술은

수소를 보다 적극적으로 활용하는 데 도움을 주며 환경 문제 해결과 에너지 안보 강화에 기여할 것이다.

전략적 니치 관리 이론은 R. Abernethy와 J. M. Wacker가 주장하였다<sup>4)</sup>. 전략적 니치 관리 이론은 기업이 생존과 성장을 위해 알려진 경로를 벗어나 새로운 기술 또는 비즈니스 아이디어를 개발하는 전략을 말한다. 전략적 니치 관리는 일반적으로 기존 시장에서 거대 기업들에 의해 통제되는 경우나 기존 기술이 새로운 기술의 도입을 방해하는 경우에 사용된다. 이러한 관리 기법은 신흥 시장을 놓고 기술 혁신을 추진하거나 기존 기업들이 나타나지 않는 소수의 소비자들을 대상으로 새로운 제품을 개발하는 일련의 활동이다. 즉 기술이 성공적으로 시장에서 상용화되고 기술 시스템을 형성하는 것을 상정하고 그 목표에 도달하기 위해 전략적 니치를 육성하는 정책적 방법론이다. 목표에 도달하는 과정에서 기술 진보와 사회 경제적 여건의 변화에 따라 피드백을 통해 정책적 개입의 내용과 방법을 계속 변화시켜가면서 사회 기술적 전이를 목표로 한다<sup>4)</sup>. 신기술의 도입에서 발생하는 갈등 상황에 초점을 두고 신기술의 도입 및 확산과 갈등을 일으키는 사회적, 경제적, 법적, 문화적, 정치적 요인들을 검토하면서 새로운 기술 요소와 사회적 요소가 성장 및 발전할 수 있는 니치를 확보하는 데 초점을 맞춘다<sup>4)</sup>. 그러므로 전략적 니치 관리 이론은 기술이 성공적으로 성장하고 확산하려면 초기에 작은 시장 니치에서 충분한 지원과 보호를 받아야 한다는 개념에 기반을 둔다. 즉 전략적 니치 관리는 기술이 상업화되기 전 단계에서 그 기술이 성공적으로 발전하고 채용되는 데 특정 조건이 필요함을 보여주는 이론이고 기업이 자신의 비즈니스를 완전히 이해한 뒤 이를 통해 자신만의 시장을 창출하고 이를 지속적으로 관리해야 성공할 수 있다는 이론이다.

전기차 도입을 예로 들어 전략적 니치 관리 이론이 어떻게 적용되는지를 살펴보면 전기차는 많은 장점을 가지고 있지만 초기 도입 단계에서는 높은 가격, 충전 인프라의 부족 등과 같은 장벽에 부딪힌다. 이를 극복하기 위하여 전기차 시장은 로컬 규모의

시험 프로젝트로부터 전국적인 시장으로 점차 확대되는 전략을 채택한다. 이러한 접근을 통해 전기차는 보호된 실증 단계에서 시작하여 점차 시장에 적응해 가며 그 규모를 확대해 나간다. 이와 같이 전략적 니치 관리 이론은 새로운 기술이나 디자인, 개념 등이 초기 시장 진입 장벽을 극복하고 점차 보급되는 과정을 분석하는 데 있어 효과적인 도구로 사용된다. 또한 이 이론은 기업이나 정부가 이러한 새로운 기술 도입을 위한 전략을 개발하는 데 도움을 줄 수 있다.

수소 생산 기술과 기술 활용 관점에서의 전략적 니치 관리의 요소들을 구분 관계를 Table 4에 나타내었다.

수소 생산 기술의 경우 이 기술의 상업적 성공을 위해 필요한 니치를 식별하고 그 니치를 효과적으로 관리하려는 전략을 수립하는 것이 중요하다. 예를 들어 수소 생산 분야에서의 연구 및 개발, 시장 진입 장벽, 인프라스트럭처 구축, 기존 에너지와의 경쟁 등을 고려하여 니치를 식별하고 그 니치를 효과적으로 관리하는 전략을 수립해야 할 수 있다. 이 이론을 수소 생산 기술과 연결시키기 위해서는 어떤 시장 니

치가 존재하는지, 이러한 니치에서 수소 생산 기술이 어떻게 성장하고 발전할 수 있는지에 대한 연구가 필요하다. 예를 들어 수소 에너지는 재생 가능한 에너지의 지속 가능한 공급을 보장하는 방법으로서 니치를 찾을 수 있다. 이러한 니치에서 수소 생산 기술은 초기 투자와 연구 개발을 통해 발전하고, 시간이 지남에 따라 대량 생산으로 이어질 수 있다.

이 과정에서 기존 에너지 시장에 대한 방해 요소를 극복하고 수소 생산에 필요한 인프라를 구축하며 수소 에너지에 대한 사회적 수용을 높이는 등의 전략이 필요하게 된다. 이 이론을 수소 생산 기술에 적용하려면 가장 먼저 해당 기술의 핵심 경쟁력과 차별화된 요소를 파악해야 한다. 예를 들어 기존의 수소 생산 기술 대비 낮은 비용, 높은 효율 등을 내세울 수 있다. 다음으로 이러한 차별화된 요소로 이를 중심으로 하는 단독 시장을 창출하고 지속적으로 관리해 나가는 전략이 필요하다. 이를 위해서는 지속적인 투자와 연구 및 개발로 기술력을 쌓아나가는 것이 중요하다. 수소 생산 기술 관련하여 전략적 니치 관리 이론을 적용하는 것은 다음과 같다. 첫째, 첨단 기

**Table 4.** Summary of strategic niche management for hydrogen production technology

| Category   | Detail  |
|--|---|
| Niche identification factors                     | Research and development (R&D)  |
|  | Market entry barriers   |
|  | Infrastructure development  |
|  | Competition with existing energy sources                              |
| Niche management strategies                      | Initial investment and R&D  |
|  | Overcoming disruptive factors in existing energy markets              |
|  | Infrastructure development  |
|  | Enhancing social acceptance   |
| Core competitive strengths of the technology     | Lower costs   |
|  | Higher efficiency   |
| Application of strategic niche management theory | Enhancing the hydrogen production process through advanced technology |
|  | Targeting specialized markets and customer segments                   |
|  | Differentiation from existing energy markets                          |
| Technology utilization approaches                | Increased investment in R&D   |
|  | Commercialization of new technologies and processes                   |
|  | Continuous innovation to meet customer needs and expectations         |

술을 활용하여 수소 생산 과정을 개선한다. 이는 효율 증대, 비용 절감, 환경적 영향 감소 등을 목표로 할 수 있다. 둘째, 전문화된 시장 및 고객 집단을 타기팅한다. 예를 들어 수소를 사용하는 특정 산업(자동차, 전력 생산 등) 또는 지역(수소 인프라가 잘 구축된 도시 등)을 대상으로 할 수 있다. 셋째, 기존의 에너지 시장에서 차별화를 추구한다. 차별화는 제품의 성능, 가격, 환경적 가치, 브랜드 이미지 등 다양한 요소를 통해 이뤄질 수 있다. 기술을 효과적으로 활용하기 위해서는 다음과 같은 접근 방식이 필요하다. 첫째, 연구 및 개발에 투자를 확대한다. 이를 통해 수소 생산에 필요한 새로운 기술과 프로세스를 개발하고 기존의 문제점을 해결할 수 있다. 둘째, 새로운 기술과 프로세스의 상용화를 추진한다. 이는 시장의 반응을 테스트하고 제품을 개선하는 데 필요한 피드백을 얻는 데 도움이 된다. 셋째, 고객의 요구와 기대를 충족시키기 위해 지속적인 혁신을 추구한다. 이는 기술의 가치를 높이고 경쟁 우위를 유지하게 해 준다.

허즈버그의 호시프 이론은 인간의 동기 부여에 대한 이해를 깊게 하고 이를 현실 세계에 적용하는 데 사용될 수 있다<sup>5)</sup>. 호시프의 필요성 인자 이론은 기본적으로 마스로의 욕구 계층 이론을 대체하려는 이론으로 더 유연하고 실용적인 접근법을 제시한다. 이 이론은 욕구를 존재, 관계, 성장의 세 가지 범주로 분류할 수 있다.

Fig. 4에 수소 생산 기술과 기술 활용 관점에서의 전략적 니치 관리의 관계를 나타내었다.

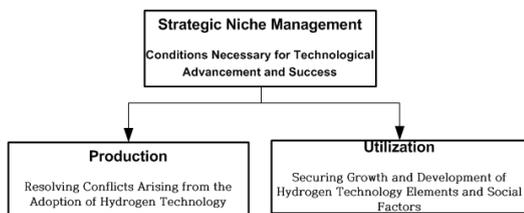


Fig. 4. Strategic niche management from the perspective of hydrogen production and technological utilization

#### 4. 수소 생산 기술 혁신을 위한 필요성 인자 이론 적용

예를 들어 호시프의 필요성 인자 이론을 사용하여 기업 직원의 동기 부여 수준을 분석한다면 직원들의 존재 필요성(기본적인 생리학적, 소비 관련 욕구), 관계 필요성(타인과의 연결, 소속감), 성장 필요성(개인적 발전, 학습)이 어떻게 직원들의 행동에 영향을 미치는지 분석할 수 있다. 이를 통해 기업이 각 직원의 욕구와 동기를 이해하고 이에 따라 효과적인 보상 및 인센티브 시스템을 구축할 수 있는 방법을 제시한다. 이처럼 호시프의 이론은 개인의 동기 부여를 이해하고 이를 더 효과적으로 만족시키는 방법에 대한 연구에 매우 유용한 도구가 될 수 있다<sup>5)</sup>. 즉 호시프의 필요성 인자 이론은 연구나 프로젝트를 진행함에 있어 중요한 성공 요인의 차원을 제시하는 이론이다. 이는 경영 환경, 전략, 리더십, 조직 문화, 구조, 시스템 등 다양한 차원을 고려하여 가장 중요한 요인들을 도출하고 이를 관리하는 것을 중요시한다. 호시프의 이론은 기술적 혁신에 필요한 요소들을 식별한다.

수소 생산 기술에 이를 적용하려면 이 기술의 발전에 중요한 역할을 하는 요소를 식별하고 이를 제고하는 정책이나 전략을 수립해야 한다. 이 요소는 기술적 노하우, 자원, 기술적 성숙도 등이 될 수 있다. 수소 생산 기술에 필요한 다섯 가지 요소는 기술 필요성, 사회적 비용, 기술의 효능, 상업적 이익 및 정책 지원으로 생각할 수 있다. 다섯 가지 요소를 Table 5에 구분하여 나타내었다.

신기술의 필요성은 기계류나 탄소 연료에 의존하는 현대 사회에서 환경 친화적이고 효율적인 에너지원이 필요한데 이런 문제를 해결하기 위한 하나의 해답이 수소라는 것이다. 따라서 수소 생산 기술의 개발은 상당히 중요하다. 사회적 비용은 수소 생산 기술의 도입과 이를 지원하기 위한 인프라 구축은 초기 비용이 크다는 것이다. 장기적으로 보면 공기질 개선, 기후 변화 완화와 같은 사회적 이익으로 인해 이 비용이 충분히 보상될 수 있다. 기술의 효능은

현재 수소 생산 기술은 상당한 발전을 이루었지만 아직 단계적 개선이 필요하다는 것이다.

기술의 효능을 높이는 노력은 이 기술의 필요성을 더욱 강조해 준다. 상업적 이익은 수소 생산 기술은 환경 친화적인 에너지 해결책을 제공함으로써 새로운 시장을 창출할 수 있다는 것이다.

이는 상업적 이익을 창출하여 기업들이 기술 개발에 투자하는 데 동기를 부여한다. 마지막으로 정책 지원은 정부의 정책 지원도 수소 생산 기술의 필요성을 높일 수 있다는 것이다. 특히 기후 변화 완화와 관련된 정책은 이 기술 개발과 상업화를 촉진할 것이다. 이러한 다섯 가지 요소들이 수소 생산 기술의 필요성을 강조하고 발전을 이끌어 나갈 수 있다. 다섯 가지 요소들의 상관관계를 Fig. 5에 나타내었다.

### 5. 결론

전략적 니치 관리는 기업이 기술 혁신을 끌어내는 핵심 요소 중 하나이다. 이를 통해 기업은 기존 시장에서 독점적인 성과를 위해 기술 축적과 시장 확장을 강화할 수 있게 된다. 아울러 수소 생산 기술에 적용도 가능하며 전략적 니치 관리를 통해 수소 생산 기술의 효과적인 활용 방안도 논의할 수 있다.

본 논문에서는 수소 생산 기술의 효과적인 활용 방안에 대해 깊이 있는 분석과 검토를 행하였다. 서론에서 서술하였던 다층적 모델은 기존의 수소 생산

기술을 신규 기술 도입과 현재의 에너지 시스템의 변혁을 모두 고려하는 효과적인 전략이라는 것을 확인하였다. 이 모델을 이용해 수소 생산 기술의 차세대 신사업 모델을 설계하고, 전략적 니치를 찾아내어 기술의 고도화를 이뤄낼 수 있음을 보였다. 또한 전략적 니치 관리를 통해 수소 생산 기술이 가진 잠재력을 효과적으로 발휘하고 그 기술의 효율과 신뢰성을 높일 수 있는 방안을 제시하였다. 본 연구에서 수소 생산 기술의 사업화뿐만 아니라 지속 가능한 에너지로의 전환을 위한 기술로써 그 역할을 강화하는데 있어 효과적 활용을 위한 새로운 전략적 접근법이 제시되었으며 수소 생산 기술이 갖는 문제점과 한계를 초월하여 더 높은 수준의 성능과 효율을 실현할 수 있는 요소들을 제안하고자 하였다.

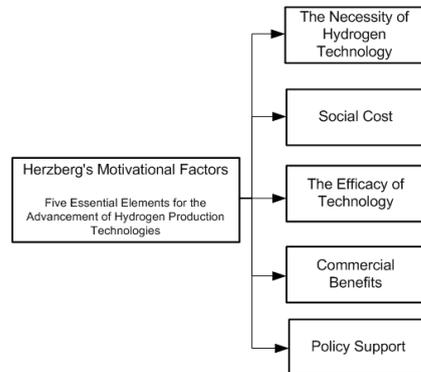


Fig. 5. Five necessary factors for the development of hydrogen production technology

Table 5. Summary of essential elements for the development of hydrogen production technology

| Essential element       | Description  |
|-------------------------|--|
| Technological necessity | In a modern society dependent on machinery and carbon fuels, hydrogen is needed as an environmentally friendly and efficient energy source   |
| Social cost             | The introduction and infrastructure support of hydrogen production technology require significant initial costs, but these can be compensated for by long-term social benefits such as improved air quality and mitigation of climate change |
| Technological efficacy  | Although current hydrogen production technology has made considerable progress, it still needs incremental improvements. Efforts to enhance technological efficacy underscore its necessity  |
| Commercial benefits     | By providing an eco-friendly energy solution, hydrogen production technology can create new markets. This generates commercial profits, motivating companies to invest in technology development   |
| Policy support          | Government policy support can increase the necessity for hydrogen production technology. Policies related to mitigating climate change, in particular, will promote the development and commercialization of the technology                  |

마지막으로 필요성 인자 이론을 통해 수소 생산 기술의 활용에 필요한 요소들을 분석하였고 이를 통해 수소 생산 기술의 효과적인 활용과 지속 가능성을 고려한 획기적인 방안을 찾아내는 데 기여하였다. 이러한 연구를 통해 수소 생산 기술의 가치를 제고하고 지속 가능한 에너지 전환을 실현하기 위한 중요한 단계를 밟아 나갈 수 있음을 확인하였다. 이 논문의 결과가 수소 에너지 분야의 연구자들에게 유용한 지침을 제공하고 수소 생산 기술의 효과적인 활용 방안 모색에 참고가 되기를 바란다.

## References

1. D. Cho, J. Park, and D. Yu, "Optimization of ammonia decomposition and hydrogen purification process focusing on ammonia decomposition rate", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 34, No. 6, 2023, pp. 594-600, doi: <https://doi.org/10.7316/JHNE.2023.34.6.594>.
2. L. Lapointe and S. Rivard, "A multilevel model of resistance to information technology implementation", *MIS Quarterly*, Vol. 29, No. 3, 2005, pp. 461-491, doi: <https://doi.org/10.2307/25148692>.
3. S. O. Park, "Strategic niche management for enhancing feasibility of the hydrogen economy", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 22, No. 2, 2011, pp. 274-282, doi: <https://doi.org/10.7316/khnes.2011.22.2.274>.
4. C. Lundberg, A. Gudmundson, and T. D. Andersson. "Herzberg's two-factor theory of work motivation tested empirically on seasonal workers in hospitality and tourism", *Tourism Management*, Vol. 30, No. 6, 2009, pp. 890-899, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2008.12.003>.
5. Y. Park and S. Yeom, "Socio-technical transition on Korea hydrogen economy: analysis of Korean hydrogen economy using multi-level perspective", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol. 25, No. 2, 2022, pp. 389-408, doi: <https://doi.org/10.35978/jkts.2022.4.25.2.389>.
6. J. M. M. Arcos and D. M. F. Santos, "The hydrogen color spectrum: techno-economic analysis of the available technologies for hydrogen production", *Gases*, Vol. 3, No. 1, 2023, pp. 25-46, doi: <https://doi.org/10.3390/gases3010002>.
7. S. Son, "Preliminary thermodynamic evaluation of a very high temperature reactor (VHTR) integrated blue hydrogen production process", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 34, No. 3, 2023, pp. 267-273, doi: <https://doi.org/10.7316/JHNE.2023.34.3.267>.
8. L. Pouret and W. J. Nuttall, "Can nuclear power be flexible?" EPRG Draft Working Paper, 2004, pp. 1-25. Retrieved from <https://www.eprg.group.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2014/01/eprg0710.pdf>.
9. P. Fu, D. Pudjianto, X. Zhang, and G. Strbac, "Integration of hydrogen into multi-energy systems optimisation", *Energies*, Vol. 13, No. 7, 2020, pp. 1606, doi: <https://doi.org/10.3390/en13071606>.
10. R. Pinsky, P. Sabharwall, J. Hartvigsen, and J. O'Brien, "Comparative review of hydrogen production technologies for nuclear hybrid energy systems", *Progress in Nuclear Energy*, Vol. 123, 2020, pp. 103317, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2020.103317>.
11. H. Sohn, "Introduction to hydrogen production technologies from ammonia decomposition and natural gas reforming (blue hydrogen)", *Proceedings of the KFMA Annual Meeting*, 2022, pp. 33-34. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11102455>.
12. K. Y. Koo, H. B. Im, D. Song, and U. Jung, "Status of COx free hydrogen production technology development using ammonia", *Journal of Energy & Climate Change*, Vol. 14, No. 1, 2019, pp. 34-42, doi: <https://doi.org/10.22728/jecc.2019.14.1.034>.
13. R. Lan, J. T. S. Irvine, and S. Tao, "Ammonia and related chemicals as potential indirect hydrogen storage materials", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 37, No. 2, 2012, pp. 1482-1494, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.10.004>.
14. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), "National hydrogen roadmap: an economically sustainable hydrogen industry in Australia", CSIRO, 2018. Retrieved from <https://www.csiro.au/en/work-with-us/services/consultancy-strategic-advice-services/CSIRO-futures/Energy-and-Resources/National-Hydrogen-Roadmap>.
15. T. Q. Quach, V. T. Giap, D. K. Lee, S. Lee, Y. Bae, K. Y. Ahn, and Y. S. Kim, "Performance analysis of ammonia-fed solid oxide fuel cell using alternating flow", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 33, No. 5, 2022, pp. 557-565, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNE.2022.33.5.557>.
16. International Energy Agency (IEA), "Hydrogen: net zero emissions guide", IEA, 2023. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/hydrogen-2156>.
17. S. Satyapal, J. Petrovic, C. Read, G. Thomas, and G. Ordaz, "The U.S. Department of Energy's national hydrogen storage project: progress towards meeting hydrogen-powered vehicle requirements", *Catalysis Today*, Vol. 120, No. 3-4, 2007, pp. 246-256, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2006.09.022>.