

2021  
2. 22

KRIHS POLICY BRIEF  
No. 804

발행처 국토연구원  
발행인 강현수  
www.krihs.re.kr



# 국토정책

# Brief

KRIHS POLICY BRIEF

## 수소경제 시대의 대기환경 개선효과와 도로정책 방향



### 주요내용

- ① ‘수소경제’는 수소를 중요한 에너지원으로 사용하고, 수소가 국가 경제, 사회 전반, 국민 생활 등에 근본적 변화를 초래하여 경제성장과 친환경 에너지의 원천이 되는 경제를 의미함
- ② 혁신성장 동력을 창출하고 미세먼지 문제 해결을 위해 각 부처가 연합하여 ‘수소경제’ 사회로의 본격적인 전환 대책을 마련해 추진 중에 있으며, 수소경제를 혁신성장을 위한 전략투자 분야로 선정, 단계적으로 수소경제를 확대하는 방안 발표
  - 2022년까지 수소전기차(승용차) 8.1만 대 보급, 2040년까지 620만 대(내수 290만 대, 수출 330만 대)의 수소전기차(승용차) 생산과 수소충전소 1,200개소 구축을 추진할 계획
- ③ ‘수소경제 활성화 로드맵’에서 제시한 수소 승용차 보급 목표치가 달성된다는 전제를 바탕으로 도로환경의 개선 효과를 평가한 결과, 2040년 기준 해당 연도의 화폐가치로 총 2,686.1억 원/년의 편익이 발생할 것으로 예측됨
- ④ 전국 5대 대도시권을 대상으로 도로환경 개선 편익 분석 결과를 비교했을 때 대도시권 내 주요 광역시보다 경기도 일부 도시의 단위당 편익이 더 크게 도출될 것으로 예상

### 연구의 기대효과 및 정책제언

- ① (연구의 기대효과) 수소경제 사회로의 전환에 대한 정부의 의지가 확고한 상황에서 향후 증대될 수소연료전지차 보급에 따라 발생하는 도로환경의 변화에 대한 사전적 평가 가능
- ② (정책제언 ①) 수소에너지 기반의 도로교통 운송체제 도래 시 발생하는 효과를 검토 하여 향후 도로사업의 타당성 평가에 활용할 수 있는 편익항목 반영
- ③ (정책제언 ②) 수소연료전지차 이용으로 인한 긍정적 파급효과를 누릴 수 있는 서울시 외 수도권 내 지역을 중심으로 관련 정책의 추진력을 제고
  - 수소연료전지차 도입으로 인한 도로대기환경 편익이 큰 지역을 대상으로 우선적 지원책 마련

김정화 경기대학교  
도시·교통공학과 조교수  
(前 국토연구원 부연구위원)  
김호정 국토연구원 선임연구위원



1

# 수소경제 시대의 시작

## 수소경제란 무엇인가?

에너지원으로서 탄화수소를 기반으로 한 탄소경제(Carbon Economy)를 대신해 수소를 기반으로 운영되는 경제 체계의 수소경제(Hydrogen Economy)라는 개념이 1970년대부터 대안적 이상향으로 주목받음(산업통상자원부 2019)

- 2005년 미국 국립과학원(The US National Academy of Science)에 의해 수소의 생산과 운반, 저장을 통해 최종적으로 전력의 형태로 소비하는 에너지 공급 시스템에 기반한 경제로 정의
- 2005년 우리나라 산업자원부는 수소경제를 탈탄소화 정도에 따라 다르나, 탄소에 기반한 하부경제구조가 수소 중심으로 전환된 미래 경제사회로 제시한 바 있음
  - (중단기적 수소경제) 석유·석탄·천연가스·원자력·신재생에너지 등을 이용하여 수소를 생산하고, 연료전지 등을 통해 활용하는 고효율 저탄소 경제사회
  - (장기적 수소경제) 태양에너지 등 재생에너지를 활용하여 직접 또는 물을 분해 후 수소를 생산하고, 연료전지 등을 통해 활용하는 고효율 저탄소 경제사회

표 1 탄소경제와 수소경제의 비교

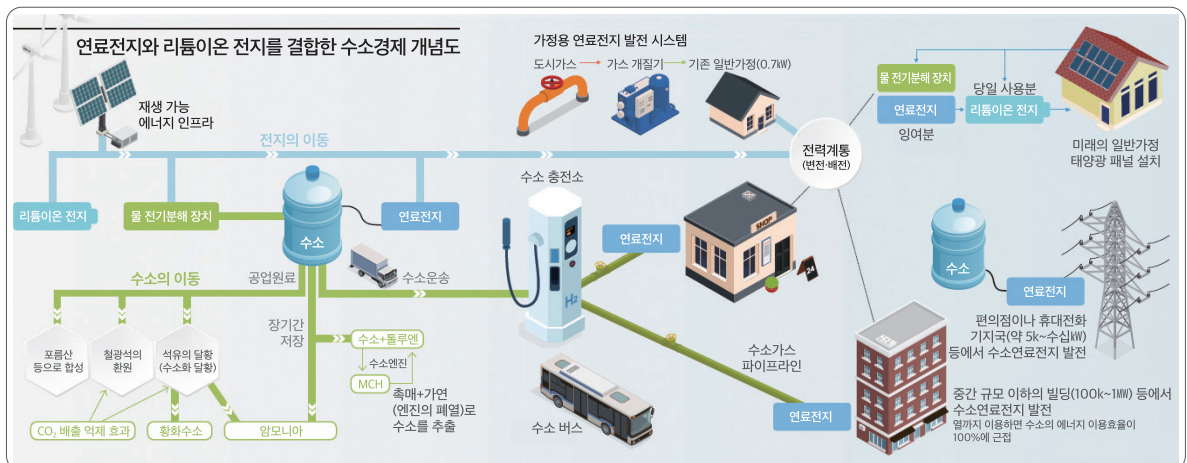
주요 범주	탄소경제	수소경제
에너지 패러다임	석유·석탄·가스 중심(수입 의존 99%)	수소 중심(국내 생산 가능성)
에너지 공급	대규모 투자, 중앙집중형 에너지 공급	소규모 투자, 분산형 에너지 공급
경쟁 양상	자원개발 및 에너지 확보 경쟁	기술경쟁력 확보 및 규모의 경제 경쟁

출처: 산업통상자원부·에너지경제연구원 2019의 내용을 바탕으로 저자 재작성.

‘수소경제 활성화 로드맵 수립연구’(2019)에서 수소경제를 다음과 같이 정의

- 수소를 중요한 에너지원으로 사용하고, 수소가 국가 경제, 사회 전반, 국민 생활 등에 근본적 변화를 초래하여 경제성장과 친환경 에너지의 원천이 되는 경제

그림 1 수소경제 개념도



출처: 이코노미조선 2019 (원자료는 닛케이 일렉트로닉스).

# 2

## 수소에너지 관련 정책 현황

### 수소경제 활성화 로드맵(2019년 1월)

우리나라는 친환경 수소경제 마스터플랜(2005년) 이후 지속적으로 수소 관련 기술개발을 추진해 왔으며, 세계 최고 수준의 수소경제 선도국가로의 도약을 목표로 2019년 1월 17일 '수소경제 활성화 로드맵'을 발표

- 2022년까지 수소전기차(승용차) 8.1만 대 보급, 2040년까지 620만 대(내수 290만 대, 수출 330만 대)의 수소전기차(승용차) 생산과 수소충전소 1,200개소 구축을 추진할 계획

그림 2 수소경제 활성화 로드맵 모빌리티 분야 목표

		2018년	2022년	2040년
모 빌 리 티	수소차	1.8천대 (0.9천대)	8.1만대 (6.7만대)	620만대 이상 (290만대)
	승용차	1.8천대 (0.9천대)	7.9만대 (6.5만대)	590만대 (275만대)
	택시	-	-	12만대 (8만대)
	버스	2대 (전체)	2,000대 (전체)	6만대 (4만대)
	트럭	-	-	12만대 (3만대)
	수소충전소	14개소	310개소	1,200개소 이상
열차·선박·드론		R&D 및 실증을 통해 '30년 이전 상용화 및 수출프로젝트 추진		

\* ( ) : 내수

\* 위 수소차 목표는 내수와 수출을 포함한 생산량임

출처: 산업통산자원부 2019, 13.

국내뿐 아니라 해외에서도 수소산업 분야 중 수소전기차 보급 확대를 위한 정책은 중요한 사안으로 분류되기 때문에 구체적인 달성 목표치와 함께 로드맵이 수립되어 발표됨

- 국가별 수소전기차, 수소버스, 수소충전소 등의 교통인프라 중심의 보급 확대방안이 제시되고 있으며, 약간의 차이는 있지만 2030년 기준으로 약 100만 대 수준의 목표치를 가짐

표 2 세계 수소 전기차·충전소 보급 현황 및 계획 정리(2018년 2월 기준)

구분	현재		2025년		2030년	
	수소전기차	충전소	수소전기차	충전소	수소전기차	충전소
미국	3,700여 대	40개소	3~6만 대 (2023년)	123개소 (2023년)	-	-
유럽	900여 대 (EU)	130개소 130개소	65만 대	400개소 (2023년)	180만 대	1,000개소
			28만 대	300개소	160만 대	1,000개소
일본	2,300여 대	92개소	20만 대	640개소	80만 대	-
중국	1,135대	12개소	5만 대	300개소	100만 대	1,000개소
한국	5,125대 (2020년 2월 기준)	34개소 (2020년 2월 기준)	10만 대	210개소	63만 대	520개소

출처: 투데이에너지 2018.

3

# 수소연료전지차의 공간적 보급 전망

## 수소연료전지차 보급 확산 전망

이 브리프는 '수소경제 활성화 로드맵'의 수소전기차의 보급 목표치가 달성된다는 전제를 두고 진행

2040년 수소경제 활성화 로드맵의 목표치인 275만 대를 달성하기 위해서는 현재 수소전기차 등록대수에서 연평균 증가율이 37.01% 수준으로 보급 활성화가 이뤄져야 함

- 수소전기차 보급률이 연평균 약 37.01% 수준으로 증가한다면 5년 단위의 장래 연도별 예상 보급량은 2025년 약 2만 3천 대, 2035년 56만 대로 산출됨

표 3 장래 목표연도별 수소전기차 보급 예측치(수소경제 활성화 로드맵 목표치 달성 기반)

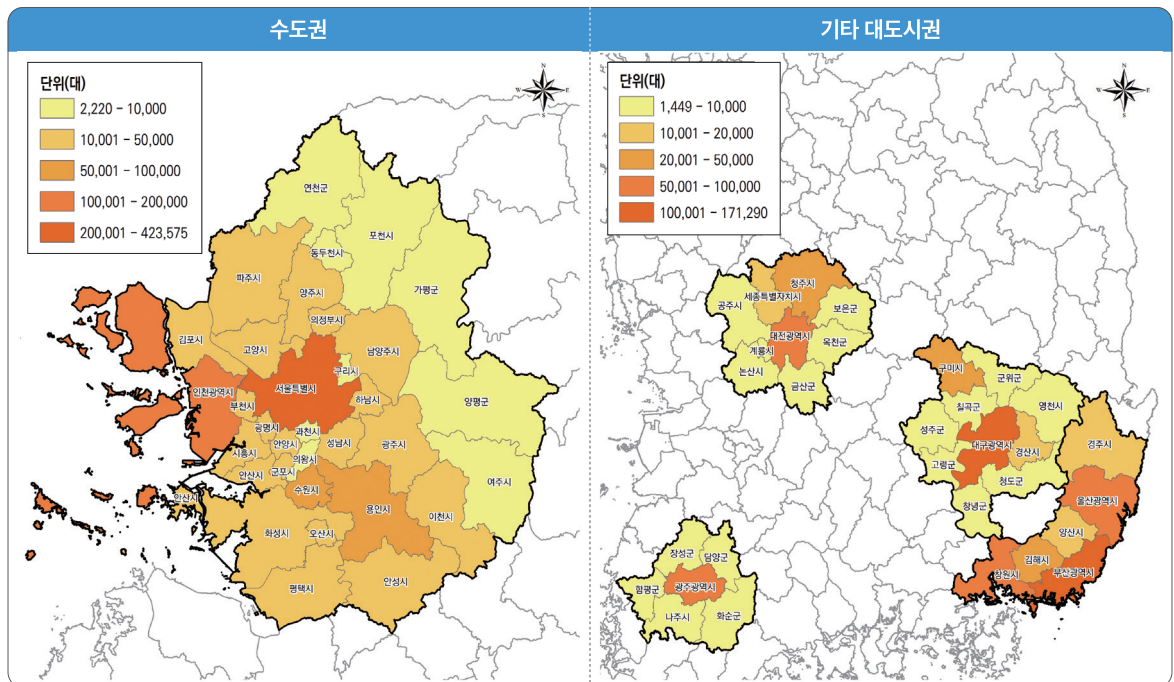
연도	2025년	2030년	2035년	2040년
수소전기차(승용차) 보급 예측치	2만 3,204대	11만 3,977대	55만 9,855대	275만 대

출처: 김정화 외 2020, 44.

자동차 등록대수 기반 주요 대도시권의 수소연료전지차 보급량을 전망했으며, 2020년 기준 지역별 자동차 등록대수 비율을 적용한 2040년의 수소경제시대 5대 대도시광역권의 수소전기차 보급대수는 다음과 같음

- 경기도 약 67만 대, 서울시 약 42만 대, 인천시 18만 대, 대구시 15만 대 수준으로 수소전기차가 보급될 것으로 전망됨
- 현재 자동차 등록대수 기준의 비율이 그대로 적용되었으므로 인구밀도가 높은 수도권에 상대적으로 많은 수소전기차가 보급되는 것으로 전망됨

그림 3 2040년 기준 수소전기차 지역별 보급 결과



출처: 김정화 외 2020, 52.

## 4

## 수소경제 시대의 도로환경 변화 분석

## 수소연료전지차의 도로환경 개선 편익 산출

UTEAS\* 기반 장래 자동차 등록대수 및 배출계수를 적용하여 지역별 자동차 대기오염물질 배출량을 산출하고 여기에 자동차 대기오염물질별 피해비용 원단위를 적용하여 지역별 피해비용 산정

\* UTEAS(Urban Transportation Emission Assessment System): 미래창조과학부·아주대학교 지속가능 ERC(NRF)의 자동차 배출평가 시스템

- 대기오염물질의 사회적 비용에 관한 연구는 그동안 국내·외에서 일부 선행됐으며, 정부는 이를 SOC 투자 타당성 평가에 적용하고 있음
- 여기에서는 2008년부터 현재까지 교통시설 예비타당성조사에 적용되어 편익 산출에 활용되고 있는 ‘도로·철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)’ 기준의 원단위를 적용하여 수소활성화 로드맵 목표 달성 시의 목표연도별 대기오염물질 배출저감 편익을 산출
- 2040년 275만 대의 보급이 완료되는 시점에 수소전기차(승용차) 1대당 약 9.77만 원/년(당해 화폐가치)의 편익이 발생하며, 장래목표 연도별 일부 차이가 있으나 수소전기차 1대당 약 7.6~9.77만 원/년 상당의 대기오염물질 배출저감 효과가 있는 것으로 분석

표 4 장래연도별 대기오염물질 배출저감 편익

(단위: 천 원)

연도	대기오염물질 저감 총 편익	수소전기차(승용차) 보급 예측치	수소전기차 1대당 편익
2025년	1,848,862	2만 4,446대	75.63
2030년	9,719,568	11만 8,008대	82.36
2035년	51,095,492	56만 9,669대	89.69
2040년	268,614,365	275만 대	97.68

출처: 김정화 외 2020, 77.

마칸디아(Markandya 1998)의 자동차 대기오염물질별 피해비용 원단위를 한국의 지역적 특성 기준을 고려한 선행연구를 검토하여 지역별 대기오염 피해 가중치 산출 후 적용

- 본 연구의 지역 특성 가중치는 지역별 인구밀도, 도로면적 비율, 농경지 비율, 그리고 녹지비율 통계치(국토교통부의 지적통계 2019) 적용을 통해 추정

$$\alpha_i = 0.42 \times \frac{d_i}{d} + 0.1 \times \frac{r_i}{r} + 0.23 \times \frac{c_i}{c} + 0.25 \times \frac{f_i}{f}$$

여기서,  $\alpha_i$  = 지역 특성 가중치,  $i$  = 지역,

$d_i$  = 인체 피해 : 지역별 인구밀도,

$r_i$  = 건축물 마모 : 지역별 도로면적 비율,

$c_i$  = 농작물 손실 : 지역별 농경지 비율(전,답,과수원,목장)

$f_i$  = 산림 손실 : 지역별 녹지 비율(임야, 공원)

- 수소경제 활성화 로드맵의 보급목표치를 달성 시 지역별 수소전기차 도입에 의한 지역별 대기오염물질 배출량 저감 편익,  $B_i$ 은 다음과 같은 산정식에 의해 도출

$$B_i = n_i \times \alpha_i \times \delta$$

여기서,  $n_i$  = 전망 방법론 3(김정화 외 2020의 3장)의 지역  $i$ 의 수소전기차(승용차) 보급대수,  $\alpha_i$  = 지역 특성 가중치,

$\delta$  = 수소전기차(승용차) 1대 당 오염물질 배출량 저감 편익(9.77만 원/년)

## 5

## 수소경제 시대의 도로정책은?

## 도로사업 타당성 평가 시 수소에너지로 인한 편익 반영체계 마련

수소에너지 기반의 도로교통 운송체제 도래 시 발생하는 효과를 검토하여 향후 도로사업의 타당성 평가에 활용할 수 있는 편익항목 도출 가능

- 1대의 수소전기차가 가져오는 도로환경 개선효과 및 관련 편익이 지역에 따라 다를 수 있다는 점을 타당성 평가 시 고려 필요

수소경제 사회로의 전환에 대한 정부의 의지가 확고한 상황에서 향후 증대될 수소전기차 이용에 따라 발생하는 도로환경의 변화에 대한 사전적 평가 가능

- 사전검토 결과를 수소충전소 보급 정책에 반영하여 수소전기차로 인한 도로환경 개선 편익이 크게 발생할 수 있는 지역의 우선순위를 결정하여 단계적 구축 가능
- 수소충전소 구축의 추진과 함께 편익이 높게 산출될 수 있는 지역은 수소전기차의 구매력을 높일 추가적인 정책 지원방안이 함께 추진될 수 있음

## 수소전기차 보급 활성화에 대한 국토 권역별 지원체계 마련

수소경제 초기, 재정투입 대비 효율성을 제고한 단계별 교통에너지 대체방안 수립 및 관련 법제도 마련, 수소전기차 보급 활성화를 위한 국토의 권역별 전략·추진 방안 수립 필요

- 수소전기차 확대 보급으로 인한 긍정적 파급효과를 누릴 수 있는 서울시 외 수도권 내 지역을 중심으로 관련 정책의 추진력 제고 필요
- 대기오염의 피해 가중치가 높게 산출된 부천시·수원시·안양시·구리시는 비록 대도시는 아니지만 타 대도시권에 비해 수소전기차 보급으로 인한 대기환경 편익의 발생 효과가 클 것으로 예상

## 참고문헌

- 국토교통부. 2019. 지적통계. <http://stat.molit.go.kr/portal/cate/statView.do?hRslId=24> (2021년 2월 17일 검색).
- 산업통상자원부. 2019. 세계 최고수준의 수소경제 선도국가로 도약: 정부, 「수소경제 활성화 로드맵」 발표, 1월 17일. 보도자료.
- 산업통상자원부-에너지경제연구원. 2019. 수소경제 활성화 로드맵 수립연구. 세종: 산업통상자원부-에너지경제연구원.
- 이코노미조선. 2019. 수소경제-수소차의 미래 '10문 10답', 3월 18일. [http://economy.chosun.com/client/news/view.php?boardName=COO&t\\_num=13606683](http://economy.chosun.com/client/news/view.php?boardName=COO&t_num=13606683) (2021년 2월 15일 검색).
- 투데이에너지. 2018. 전세계 수소사회 로드맵 전망. <https://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=203116> (2021년 2월 15일 검색).
- 한국개발연구원. 2008. 도로·철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판). 서울: 한국개발연구원
- Markandya, A. 1998. *The Indirect Costs and Benefits of Green house Gas Limitations*. Roskilde: UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment.

※ 본 자료는 국토연구원에서 수시과제로 수행한 '김정화·김호정·이정찬. 2020. 수소경제시대의 도로환경 개선효과 평가 연구. 세종: 국토연구원'의 내용을 수정·보완해 정리한 것임.

• **김정화** 경기대학교 도시·교통공학과 조교수,  
前 국토연구원 부연구위원  
(junghwa.kim@kyonggi.ac.kr)

• **김호정** 국토연구원 국토인프라연구본부 선임연구위원  
(hjkim@krihs.re.kr, 044-960-0344)

