

## 수소경제 활성화 로드맵 달성에 따른 교통 부문의 대기오염원 저감 효과 분석

김정화<sup>†</sup>

경기대학교 창의공과대학 도시·교통공학과

## Air Pollutant Reduction Effect on Road Mobility in Hydrogen Economy Era

JUNGHWA KIM<sup>†</sup>

Department of Urban and Transportation Engineering, Kyonggi University, 154-42 Gwanggyosan-ro, Yeongtong-gu, Suwon 16227, Korea

<sup>†</sup>Corresponding author :

[junghwa.kim@kyonggi.ac.kr](mailto:junghwa.kim@kyonggi.ac.kr)

Received 27 November, 2020

Revised 16 December, 2020

Accepted 30 December, 2020

**Abstract >>** This study evaluated the effect of improving the atmospheric environment based on the premise that the supply of hydrogen fuel cell vehicles (HFCV) will be achieved as many as the number of vehicles presented in the hydrogen economy activation roadmap announced by the Korean government in January 2019. The HFCV supply target (2.7 million passenger cars) suggested in the hydrogen economy revitalization roadmap was logically allocated to the five major metropolitan areas in Korea. Air pollution damage costs by region were calculated by reflecting the basic unit of damage cost to the estimated air pollutant emissions. As a result, it was confirmed that the benefits per unit of some cities in Gyeonggi-do were derived more than major cities in the metropolitan area.

**Key words :** Hydrogen fuel cell vehicles(수소연료전지차, HFCV), Hydrogen economy (수소경제), Social benefit(사회적 편익), Air pollution(대기오염), Hydrogen vehicle(수소 자동차)

### 1. 서론

정부는 에너지 전환 과정에서 신산업의 육성을 위해 국내 재생에너지 산업의 글로벌 기술경쟁력 강화, 성장기반 확충 등의 정책 방안을 마련 중에 있다. 이러한 일환으로 2019년 6월 제3차 에너지기본계획을 발표하고, 에너지 공급을 늘리는 것에서 에너지 수요를 효율적으로 관리하는 방향으로 정책으로 전환하고자 하고 있다. 이와 함께 혁신성장 동력을 창출하고 국가적인 미세먼지 문제 해결을 위해 각부처가 연합

하여 ‘수소경제’ 사회로의 본격적인 전환 대책도 추진하고 있는 상황이다. 이렇게 수소경제 활성화 로드맵을 필두로 하여 ‘수소연료전지차(hydrogen fuel cell vehicles, HFCV)’와 ‘연료전지’를 양대 축으로 수소경제를 선도할 수 있는 산업생태계 구축을 목표로 하고 있다. 수소경제 활성화 로드맵의 주요 내용으로는 2040년까지 620만 대의 HFCV (내수 275만 대) 생산과 수소 충전소 1,200개소의 구축이 있다. 최종적인 보급목표치 이외에 세부 전략안에 대해서는 제시되어 있지 않아, 본 연구에서는 수소경제 활성화

로드맵의 HFCV 보급 목표치의 지역별 배분을 하고 장래 기준의 대기오염물질 배출량을 지역기반의 연료별·연식별 차량대수 및 토지이용 현황 등을 반영하여 산출하고자 한다. 또한 추정된 대기오염물질 배출량에 피해비용 원단위를 반영하여 지역별 HFCV 보급에 의한 대기오염 피해비용 저감 효과를 검토한다.

## 2. 선행연구 검토

HFCV의 시장성에 대한 연구는 주로 해외에서 많이 진행이 되었으며 상세 내용은 다음과 같다. HFCV의 수요자에 대한 연구는 주로 초기 시장을 견인해온 미국 캘리포니아주에서 진행되었으며 캘리포니아 HFCV 수요자 특성을 분석한 연구로는 Hardman 등<sup>1)</sup>, Hardman<sup>2)</sup>, Kelley 등<sup>3)</sup>이 있다. Hardman 등<sup>1)</sup>은 HFCV 시장 활성화를 위한 전략 수립을 위해 예비 HFCV 구매층 특성을 분석하였다. HFCV 구매자는 친환경적 소비 관점에서 전기차 구매자 특성이 유사할 것으로 가정하였으며, 상대적으로 차량구매비용이 높은 HFCV 특성을 고려하여 유사한 소비층으로 테슬라 이용자를 대상으로 HFCV 구매의향과 시장 확대를 저해하는 장애요인을 분석하였고, 그 결과 HFCV 구매 의향에 영향을 미치는 장애요인으로 충전소 부족, 수소 생산과정의 친환경성, 충전소 접근성(홈충전 불가), 비용 문제가 있음을 밝혀내었다. Hardman<sup>2)</sup>은 캘리포니아 HFCV 시장이 확대됨에 따라 실구매자를 대상으로 전기차 구매자와 인구 사회적 특성을 비교하였으며, HFCV 구매자가 전기차 구매자와 차별화되는 점으로는 주로 주거지와 통행특성을 제시하였으며, 분석 결과 HFCV 구매자는 전기차 구매자 대비 공동주택 거주비율이 높고 통근 통행거리가 더 길다는 차이를 확인하였다. Kelley 등<sup>3)</sup>은 캘리포니아 HFCV 구매자를 대상으로 주요 활동장소와 충전소 이용패턴을 분석하였으며, 그 결과 주거지와 통근 경로 등 주요 활동공간에서 충전소 접근 편의성이 초기 구매결정에 중요하다는 점을 밝혀내 충전 안정성(reliability)이 중요한 영향 요인임을 확인하였다.

국내연구로는 Park 등<sup>4)</sup>과 Park<sup>5)</sup>은 친환경차 구매

의향을 분석하기 위하여 전국 자가용 승용차 운전자를 대상으로 설문조사를 실시하여 분석한 사례가 있다. 해당연구에서 전국적으로 HFCV 선택 비율을 조사하였으며 차기 차량으로 HFCV를 선호하는 비율이 2017년 평균 약 0.5%인 반면 2019년도에는 4.5%로 크게 상승한 것을 확인하였다. 또한 HFCV를 선택한 지역이 2017년에는 서울, 경남, 전북, 전남의 일부 지역에 한정되었으나 2019년도 조사 결과에서는 인천을 제외한 모든 지역에서 HFCV 선택 비율이 높아짐을 밝혀냈다.

본 연구의 주요 연구목적인 HFCV 도입에 따른 대기오염 저감량 산출과 관련된 선행연구는 다음과 같다. 대기오염저감 효과를 분석한 연구는 Kim과 Kim<sup>6)</sup>, Jeon<sup>7)</sup>, Ko 등<sup>8)</sup>이 대표적이다. Kim과 Kim<sup>6)</sup>은 대중교통과 자전거와 같은 녹색교통 수단 활성화 방안을 설문조사를 통해 파악하고 녹색교통 활성화로 인한 대기오염 저감 효과 산출하여 실증적인 녹색교통 정책방안을 제시하였다. Jeon<sup>7)</sup>은 전기차의 환경피해의 지역적 차이를 분석하고 관련 정책 제언하였으며, 이에 대기오염물질/발전량(g/kWh) 추이값을 이용하여 장래 전기차 충전을 위한 전력생산량과 이에 따른 대기오염물질 배출량 추정하였다. Ko 등<sup>8)</sup>은 서울시 전기차 실천 기본계획에 대응하여 서울시 여건을 반영한 친환경차 보급 계획을 수립하고 주행거리에 따른 대기오염물질 저감효과를 측정하였다.

본 연구에서 검토한 선행연구들은 주로 HFCV의 시장구매요소에 대한 연구이거나 HFCV를 제외한 친환경 교통수단 보급으로 인한 대기오염저감 효과를 분석하였다. 본 연구에서는 지금까지 수행된 적 없는 수소경제 시대 도래를 대비하여 지역별 HFCV 보급에 따른 대기환경 영향 및 파급효과를 분석하고자 한다.

## 3. 지역별 수소연료전지차 보급 전망

본 연구에서는 수소경제 활성화 로드맵의 목표치 수준의 HFCV의 보급이 달성된다는 전제를 두고 진행하였다. 현재 수소전기차 등록대수에서 2040년 수

소경제 활성화 로드맵의 목표치인 275만 대를 달성하기 위해서는 연평균 증가율이 37.01% 수준으로 보급 활성화가 이루어져야 하며, 연평균 약 37.01% 수준의 HFCV 보급률이 진행된다면 5년 단위의 장래연도별 예상 보급량은 2025년 약 2만 3천 대, 2035년 56만 대로 산출된다. 본 분석에서는 2040년을 기준 연도로 전국에 HFCV가 275만 대(내수) 보급되는 상황을 한정하여 각 지역별로 분산되는 비율을 적용하는데, 통계청에서 발표하는 2020년 2월 기준의 자동차 등록대수를 바탕으로 산출한 지역별 분포비율(Table 1)이 장래에도 동일하다는 전제로 이를 적용하여 대도시권별 HFCV 보급대수를 산출하였다.

$$n_i = 275\text{만 대} * \left( \frac{r_i}{\sum_a r_a} \right)$$

여기서,  $n_i$  = 지역  $i$ 의 2040년 HFCV 보급대수  
 $r$  = 2020년 기준 자동차 등록대수

위의 식을 적용한 2040년의 수소경제시대 5대 대도시광역권의 HFCV 보급대수는 경기도 약 67만 대, 서울시 약 42만 대, 인천시 18만 대, 대구시 15만 대 수준이 될 것으로 전망되었다. Table 2와 Fig. 1에도 나타나듯이 현재 자동차 등록대수 기준의 비율이 그대로 적용되었으므로 인구밀도가 높은 수도권에 상대적으로 많은 HFCV가 보급되는 것으로 전망된다.

## 4. 대기오염물질 배출량 저감 효과 분석

### 4.1 장래 대기오염물질 총 배출량 산출

본 연구는 장래 대기오염물질 온실가스 추정이 가능한 urban transportation emission assessment system (UTEAS)의 등록지 기반 배출평가 모형을 활용하여 분석을 진행하였다. UTEAS는 도로구간의 운행지 및 지역 단위 등록지 기반 자동차 배출평가 모형으로 구성되며 본 연구에서 이를 교통 수요모형의 이동오염원 분석체계에 준용한 이유는 2017년부터 국가 도로·철도 사업의 타당성 평가에 적용되는 자동차 배

출량 평가 방법에 활용되고 있기 때문이다.

본 연구는 대기오염물질로 CO (일산화탄소), NOx (질소산화물), SOx (황산화물), PM (입자상 고형물질) HC (탄화수소)의 주요 5대 오염물질을 분석 대상으로 한정하였다. 또한 수소의 경우 생산방식에 따라 대기오염물질이 발생할 수 있는데(well-to-tank), 이는 고려하지 않고 차량이 수소연료를 사용함으로써

**Table 1.** Number of registered vehicles by region (Feb, 2020)

Region	Num. of vehicle registered	Rate (%)
Seoul	2,671,522	13.89
Busan	1,156,385	6.01
Dae-gu	996,614	5.18
Incheon	1,384,589	7.20
Gwangju	562,449	2.92
Daejeon	565,217	2.94
Ulsan	477,325	2.48
Gyeonggi-do	4,752,598	24.70
Gangwon-do	596,868	3.10
Chungcheongbuk-do	648,060	3.37
Chungcheongnam-do	852,535	4.43
Jeollabuk do	707,683	3.68
Jeollanam-do	771,582	4.01
Gyeongsangbuk-do	1,075,772	5.59
Gyeongsangnam-do	1,373,420	7.14
Jeju Island	500,959	2.60

**Table 2.** Hydrogen electric vehicle distribution result

(unit: veh)

Regions	Number of supplies in major cities	Total supply number
Metropolitan area	Seoul (423,575), Incheon (187,176)	1,257,697
Daejeon-Sejong metropolitan area	Daejeon (87,340), Sejong City (14,891)	171,035
Daegu metropolitan area	Daegu (152,943)	226,297
Busan-Ulsan metropolitan area	Busan (171,290), Ulsan (68,665)	373,605
Gwangju metropolitan area	Gwangju (83,071)	102,098

써(tank-to-wheel) 도로 상에서 발생하는 오염물질의 저감 효과만을 측정하고자 한다.

UTEAS에서 제시하고 있는 대기오염물질별 단위 배출량(Table 3)을 기반으로 현재의 차종 구성 비율

이 장래에 그대로 유지된다는 시나리오 A (2040년 기준 화석연료 차량 1,747만 대)와 수소경제 활성화 로드맵에 따라 HFCV의 보급이 이루어진다는 시나리오 B (2040년 기준 화석연료 차량 1,472만 대, HFCV 275만 대)에 따라 전국 기준의 대기오염물질 배출량을 산출하였다.

$$P_a = \text{화석연료 차량 대수} * e_a$$

여기서,  $P_a$  = 대기오염물질  $a$ 의 발생 총량  
 $e_a$  = 대기오염물질  $a$ 의 단위 배출량

Table 4는 각 시나리오 별 화석연료 차량이 배출하는 대기오염물질별 발생 총량인  $P_a$ 를 보여주고 있다. 이를 통해 수소경제 활성화 로드맵의 HFCV 보급 목표치인 전국기준 275만 대가 달성된다면 2040년의 대기오염물질은 CO 990만 kg, NOX 485만 kg, SOX 1.8만 kg, PM 2.9만 kg, HC, 254만 kg이 저감되는 것으로 확인할 수 있었다.

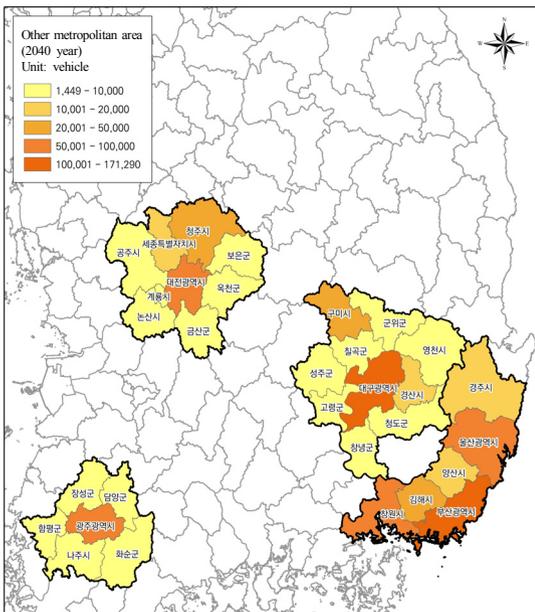
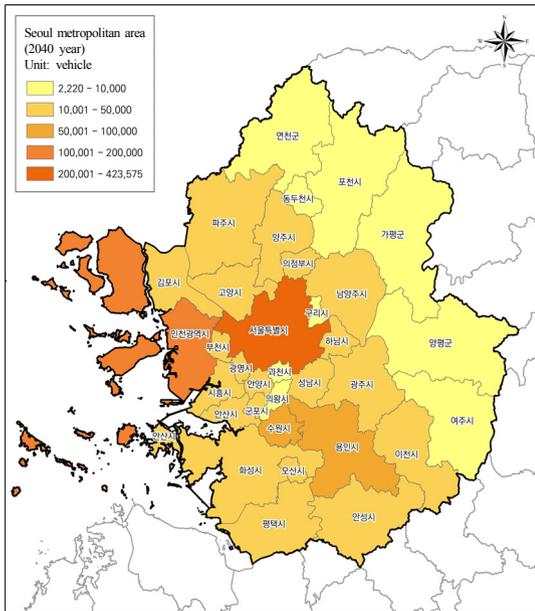


Fig. 1. Number of HFCV supplied in study area (based on government plan)

#### 4.2 대기오염물질 배출량 저감 사회적 편익 산출

산출된 수소경제 활성화 로드맵 추진에 따라 저감되는 대기오염물질 총 배출량에 오염물질 별 피해비용 원단위를 적용하여 대기환경 개선 편익을 산정하고 HFCV가 1대 도입될 때 발생하는 사회적 편익을 계산하였다.

Table 3. Unit emissions of automobile air pollutants (unit: kg/pcu/year)

Air pollutants	CO	NOx	SOx	PM	HC
Unit emissions	3.565	1.762	0.007	0.011	0.922

Table 4. Pollutant emissions according to study scenario (unit: 1,000 ton/year)

Air pollutants	CO	NOx	SOx	PM	HC
Scenario A	62.3	30.8	0.11	0.18	16.1
Scenario B	52.4	25.9	0.10	0.16	13.6
A-B	9.9	4.9	0.02	0.03	2.5

4.2.1 대기오염물질의 사회적 비용 원단위 검토

대기오염물질의 사회적 비용에 관한 연구는 그동안 국내외에서 일부 선행되어 왔으며 정부는 이를 SOC 투자 타당성 평가에 적용하고 있다. 국가 교통 시설 투자평가에 관한 지침은 총 3가지로 예비타당성조사를 기준이 되는 기획재정부의 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판, 이하 도로·철도지침)과 국토교통부에 의한 철도 투자평가편람과 교통시설 투자평가지침이 있다. 국내 지침들의 대기오염배출물질의 비용 원단위는 주로 Markandya<sup>9)</sup>의 수치를 기반으로 국내 소비자물가지수를 통해 보정한 값을 제시하고 있다.

본 연구에서는 교통시설 예비타당성 조사에 적용되어 편익 산출에 활용되고 있는 도로·철도지침 기준의 원단위에 소비자물가지수 평균 성장률을 적용하여 수소활성화 로드맵 목표인 275만 대의 HFCV 보급시의 대기오염물질 배출 저감 편익을 산출하였다. 여기에 소비자물가지수 평균 성장률 최근 10년간(2010-2019년)의 평균치인 1.72%를 적용하였다.

Table 5와 같이 2040년 기준 해당 연도의 화폐가치로 총 2,686.1억 원/년의 대기오염물질 저감 편익이 발생하는 것으로 확인 되었으며 이는 HFCV 1대당 9.77만 원/년의 대기오염저감 사회적 가치를 가지는 것으로 해석할 수 있다.

4.2.2 대기오염 피해 지역 특성 가중치 산출

지역별 토지이용 구성 및 인프라의 요소가 상이하므로 대기오염 피해 정도에도 차이가 발생할 수 있다. 인구밀도와 관계없이 대기오염물질 별 단일 값으로 제시되고 있는 도로·철도지침(제5판)을 기준으로

Table 5. Air pollutant unit social cost and reduction benefits (unit: won/kg, 100 million won/year)

Pollutants	CO	NOx	SOx	PM	HC
Cost unit	14,377	17,296	19,427	56,470	16,708
Benefit*	1,409	838	3.5	16.3	423

\*unit cost multiplied by value: of (A-B) in Table 4

로 분석을 진행하였으나 이에 인적 피해뿐 아니라 생활환경에 대한 피해를 종합적으로 고려하고자 하였다(Table 6). KAIST<sup>10)</sup>의 연구와 Lee와 Choi<sup>11)</sup>의 연구를 바탕으로 지역별 토지이용 특성을 반영한 지역별 대기오염 피해 가중치 산출하기 위해 인체피해, 건축물 마모, 농작물 손실, 산림손실과 같이 총 4개의 항목을 고려하였다. 대기오염 피해에 대한 지역 특성 가중치,  $\alpha_i$ 는 지역별 인구밀도, 도로면적 비율, 농경지 비율, 그리고 녹지비율을 통계청에서 발표하는 지적통계의 수치를 적용하여 추정하였다.

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

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)

Table 6. Damage weight by item due to air pollution<sup>10)</sup>

(unit: %)

Division	Human damage	Building wear	Crop loss	Forest loss
Weight	42	10	23	25

Table 7. Benefits of reducing air pollutant emissions by region

(unit: 100 million won/year)

Region	Benefits of major cities	Total benefit
Metropolitan area	Seoul (1,352.41), Incheon (198.82)	1,718.07
Daejeon·Sejong metropolitan area	Daejeon (86.61), Sejong (10.47)	146.50
Daegu metropolitan area	Daegu (153.49)	201.20
Busan-Ulsan metropolitan area	Busan (215.15), Ulsan (49.05)	363.57
Gwangju metropolitan area	Gwangju (92.30)	105.10

산출결과 인구밀도 및 도로 면적 비율의 영향으로 부천시의 가중치가 3.405로 서울시 3.268보다 높은 것으로 나타났다. 또한 대전광역시 1.015, 대구광역시 1.027, 부산광역시 1.286, 울산광역시 0.731, 광주광역시 1.137의 가중치가 도출되었고 경기도 주요 지역인 수원시 2.348, 안양시 2.199, 구리시 1.605로,

이는 기타 대도시권 보다 높은 값을 가지는 것으로 나타났다.

#### 4.2.3 지역별 대기오염물질 배출량 저감 효과

앞의 산출 결과를 종합적으로 고려해 수소경제 활성화 로드맵의 보급목표치를 달성 시 2040년 기준의 HFCV 도입에 의한 지역별 대기오염물질 배출량 저감 편익을 다음과 같은 산정식에 의해 도출하였다 (Table 7 및 Fig. 2).

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

여기서,  $n_i$  = 275만 대 중 지역  $i$ 의 HFCV 보급대수,  
 $\alpha_i$  = 대기오염피해 지역 특성 가중치,  
 $\delta$  = HFCV 1대 당 오염물질 배출량 저감 편익

지역별 도로 면적당 대기오염물질 배출량 저감 편

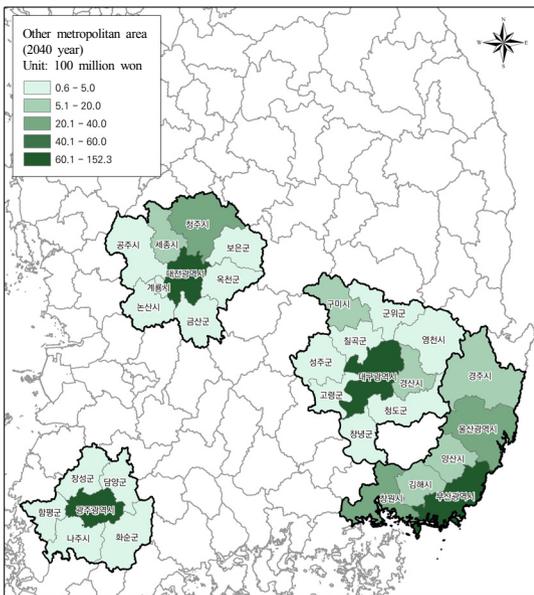
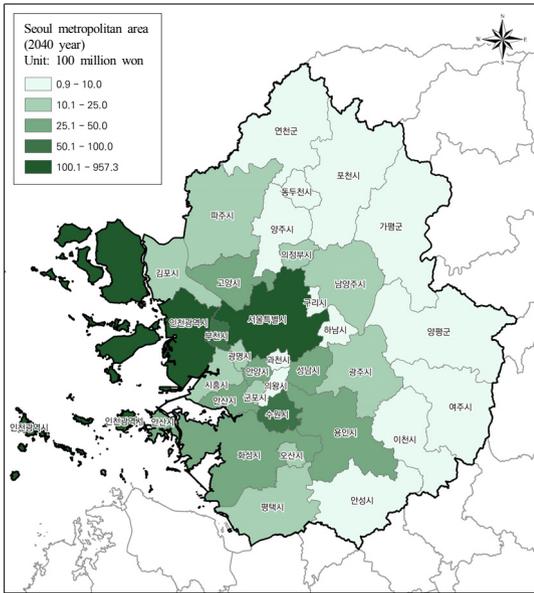


Fig. 2. Benefits of reducing air pollutant emissions by region

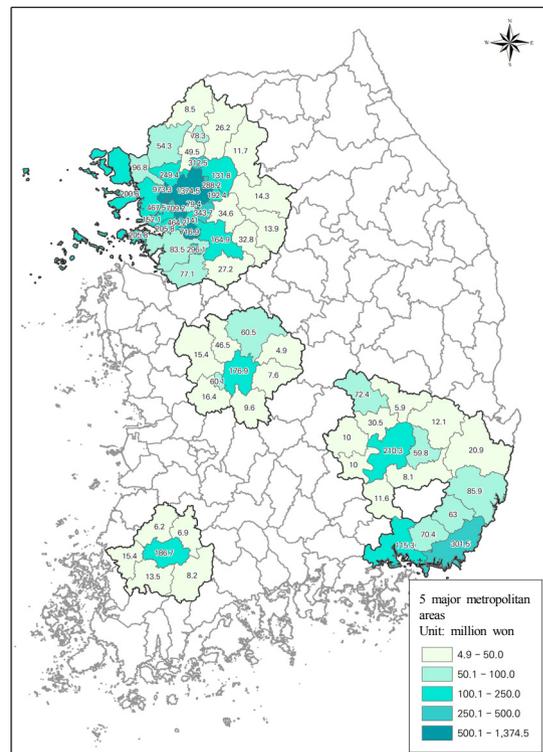


Fig. 3. Air pollutant emission reduction effects per unit road area

익을 산출해 보면 Fig. 3과 같다. 도로면적 당 편익은 지역 기타 대도시권 내 주요 광역시 보다 경기도의 일부 도시의 단위당 편익이 더 크게 도출되는 것으로 나타났으며 서울특별시와 인접 경기도 주요 시(부천, 수원, 안양, 광명, 군포, 성남시 등)와 부산광역시, 인천광역시, 대구광역시 순으로 높게 산출되었다. 또한 대도시 주변 인접지역에서 보다 높은 단위 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

## 5. 결론

본 연구에서는 수소경제 활성화 로드맵의 목표치 수준의 HFCV의 보급이 달성된다는 전제를 두었으며 2040년을 기준연도로 전국에 승용차 기준의 275만 대(내수) 보급되는 상황을 바탕으로 분석하였으며 주요 도출 결과는 다음과 같다.

1) 수소경제 활성화 로드맵의 HFCV 보급 목표 달성시 총 2,686.1억 원/년의 대기오염물질 저감 편익이 발생하며 이는 1대당 약 9.77만 원/년에 해당.

2) 전국 5대 대도시권을 대상으로 대기오염물질 저감 효과를 분석한 결과 주요 광역시보다 경기도의 일부 도시의 단위당 편익이 높음(서울특별시와 인접 경기도 주요 시[부천, 수원, 안양, 광명, 군포, 성남시 등]와 부산광역시, 인천광역시 대구광역시 순으로 도출).

수소경제사회로의 전환에 대한 정부의 의지가 확고한 상황에서 본 연구 결과는 향후 증대될 HFCV 보급에 따라 발생하는 대기환경의 변화에 대한 사전적 평가를 가능하게 한다. 이러한 사전평가를 통해 수소 충전소 보급 계획을 전략적으로 추진할 필요가 있다. 예를 들어 HFCV 1대 당 보급 효과가 크게 발생하는 지역을 우선적으로 충전소를 구축할 수 있겠으며 이와 함께 사회적 편익이 높게 산출될 수 있는 지역은 HFCV 구매력을 높일 추가적인 정책 지원방안이 함께 추진될 수 있겠다. 또한 HFCV 확대 보급으로 인한 긍정적 파급효과를 누릴 수 있는 서울시 외 수도권 내 지역을 중심으로 관련 정책의 추진력을 제고할 필요가 있다. 향후 추가적인 수소도시 선정에 있

어 본 연구 결과가 기초적 자료로서 활용될 수 있으며, 이를 통해 재정 투입 대비 효율성 높은 단계별 교통에너지 대체 방안수립이 가능할 것이다.

본 연구는 지역별 HFCV 보급대수 산정 시 데이터 구득의 문제로 현재 기준의 지역별 차량등록대수 비율을 반영하여 개략적인 결과값을 도출한 것에 다소 한계가 있었던 만큼 향후 연구로 지역별 소득 및 충전인프라 구축 수준 등을 반영한 지역별 HFCV 보급대수의 산출과 보급대수에 있어서 장애요인 변화를 가정한 민감도 분석이 추가적으로 진행될 필요가 있다.

## 후 기

본 논문은 수소경제시대의 도로환경 개선효과 평가 연구(국토연구원, 2020)의 내용을 수정 보완한 내용입니다.

## References

1. S. Hardman, E. Shiu, R. Steinberger-Wilckens, and T. Turrentine, "Barriers to the adoption of fuel cell vehicles: a qualitative investigation into early adopters attitudes", *Transportation Research Part A*, Vol. 95, 2017, pp.166-182, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.11.012>.
2. S. Hardman, "Understanding the early adopters of fuel cell vehicles", UC Davis, 2019, doi: <https://doi.org/10.7922/G2736P4V>.
3. S. Kelley, A. Krafft, M. Kuby, O. Lopez, R. Stotts, and J. Liu, "How early hydrogen fuel cell vehicle adopters geographically evaluate a network of refueling stations in California", *Journal of Transport Geography*, Vol. 89, 2020, pp. 1-12, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102897>.
4. J. Park, Y. Moon, S. Cho, H. Kim, and B. Kim, "A study for future transportation system operated by automated", The Korea Transportation Institute, 2017. Retrieved from [https://www.nkis.re.kr:4445/subject\\_view1.do?otpId=OTP\\_000000000000192&otpSeq=0&popup=P#none](https://www.nkis.re.kr:4445/subject_view1.do?otpId=OTP_000000000000192&otpSeq=0&popup=P#none).
5. J. Park, "Advanced vehicle technologies and implications for future transport systems", 2019, The Korea Transportation Institute. Retrieved from [https://nkis.re.kr:4445/subject\\_view1.do?otpId=OTP\\_0000000000004213&otpSeq=0&popup=P](https://nkis.re.kr:4445/subject_view1.do?otpId=OTP_0000000000004213&otpSeq=0&popup=P).
6. J. Kim and H. Kim, "The reduction effect of air pollution by promoting green transport mode", Korea Research

- Institute of Human Settlement, 2009. Retrieved from [https://www.kdevelopedia.org/Resources/territorial-development/%EB%85%B9%EC%83%89%EA%B5%90%ED%86%B5%EC%88%98%EB%8B%A8-%ED%99%9C%EC%84%B1%ED%99%94%EC%97%90-%EB%94%B0%EB%A5%B8-%EB%8C%80%EA%B8%B0%EC%98%A4%EC%97%BC-%EC%A0%80%EA%B0%90%ED%9A%A8%EA%B3%BC-%EB%B6%84%EC%84%9D-reduction-effect-air-pollution-promoting-green-transport-mode--05201212110123830.do?fldIds=TP\\_TER%7CTP\\_TER\\_TR#.X9\\_jZtgzZPY](https://www.kdevelopedia.org/Resources/territorial-development/%EB%85%B9%EC%83%89%EA%B5%90%ED%86%B5%EC%88%98%EB%8B%A8-%ED%99%9C%EC%84%B1%ED%99%94%EC%97%90-%EB%94%B0%EB%A5%B8-%EB%8C%80%EA%B8%B0%EC%98%A4%EC%97%BC-%EC%A0%80%EA%B0%90%ED%9A%A8%EA%B3%BC-%EB%B6%84%EC%84%9D-reduction-effect-air-pollution-promoting-green-transport-mode--05201212110123830.do?fldIds=TP_TER%7CTP_TER_TR#.X9_jZtgzZPY).
7. H. Jeon, "Analysis of spatial heterogeneity of local pollutants and greenhouse gas missions from the electric vehicles", Korea Environment Institute, 2017. Retrieved from [https://library.kei.re.kr:444/dmme/img/001/009/010/%ea%b8%b0%eb%b3%b82017\\_16\\_%ec%a0%84%ed%98%b8%ec%b2%a0.pdf](https://library.kei.re.kr:444/dmme/img/001/009/010/%ea%b8%b0%eb%b3%b82017_16_%ec%a0%84%ed%98%b8%ec%b2%a0.pdf).
  8. J. Ko, H. Ki, and, S. Jeong, "Recent trend of environmentally friendly vehicles and Seoul policy directions", Seoul Research Institute, 2017. Retrieved from <http://global.si.re.kr/content/recent-trend-environmentally-friendly-vehicles-and-seoul-policy-directions>.
  9. A. Markandya, "The indirect costs and benefits of green house gas limitations", UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, 1998. Retrieved from <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/335540>.
  10. KAIST, "A study on the selection of the common purpose of district heating vehicle fuel in the clean fuel use area", 1998, doi: <https://doi.org/10.1037/0278-6133.24.2.225>.
  11. K. J. Lee and K. Choi, "A model for estimating social cost of mobile emission considering geographical and social characteristics", Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 30, No. 5, 2012, pp. 33-42, doi: <https://doi.org/10.7470/jkst.2012.30.5.033>.