

수시
연구 보고서
21-02

수송부문 수소사용 활성화 방안 연구

KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

●
박명민
이상민



저 자 박명덕, 이상열

연 구 진

연구책임자 박명덕 (에너지경제연구원 선임연구위원)

이상열 (에너지경제연구원 부연구위원)

〈요 약〉

1. 연구의 필요성 및 목적

□ 연구의 필요성

- 정부는 수소차를 중심으로 한 친환경 모빌리티 사회로의 이행을 위해 **2040년까지 290만대의 수소차를 보급하기 위한 보급 로드맵을 발표**
 - 보급초기는 보조금지원, 규제완화, 기술개발 등을 통해 정부주도로 빠르게 보급함으로써 모빌리티의 脫내연기관화를 촉진하고 수소차량의 대중화를 견인할 계획
 - 그러나 내연기관대비 내구성 부족, 충전인프라 미흡, 소비자의 인식 부족 등 여러 요인으로 인해 수소차의 보급률은 정책목표를 크게 하회하고 있는 실정임.
 - 특히 수송부문의 수소차 확산이 친환경 모빌리티사회로의 이행에 효과적으로 기여하기 위해서는 수송부문에 공급되는 수소의 생산 방식이 매우 중요
 - 정부는 수송부문을 포함한 수소경제 활성화를 위해 수소공급량 및 생산 방식별 비중을 연도별로 제시하고 있으나 구체적으로 수송부문에 공급되는 수소의 종류와 규모는 제시하지 않고 있음.

- 본 연구는 수소차가 보급·확산되기 위한 환경을 검토하고 수소차의 보급이 실질적으로 친환경 모빌리티 구현에 기여하기 위한 방안이 무엇인지 검토하였음.

- 현재 정부의 세제 및 지원 정책을 기반으로 내연기관 차량에 대한 수소차의 경쟁력을 비교
- 정부의 수소차 보급목표가 온전히 달성되는 것을 가정하여 수송부문의 수소수요를 추정하고 우리나라 신재생에너지의 잉여발전량 이용한 수송부문의 그린수소 공급 잠재력을 추정하였음.
- 친환경 모빌리티 사회로의 이행에 수소차 보급의 기여도 제고를 위한 정책적으로 필요한 방안을 제시함으로써 수송부문에서의 수소사용 활성화에 기여하고자 하였음.

2. 연구내용 및 주요 분석 결과

□ 수소차의 경쟁력 분석

- 수소차의 보급 환경을 검토하기 위해 정부의 보급정책을 검토하고 내연기관 및 전기차와 대비 경제적·기술적 경쟁력을 비교
 - 수소자동차는 내구성에 있어서는 기존의 내연기관차에 비해 경쟁력이 부족하기에 총주행거리가 긴 사업용에서 수소차가 보급되기 위해서는 내구성의 강화가 필수적
 - 수소충전소는 주민 수용성 문제 등으로 인해 수소차 보급의 장애요인으로 작용. 또한 정부의 수소충전소의 보급 목표치가 수소차 보급 목표를 달성하는 데 충분한 수준인가에 대한 추가 연구도 필요함.
 - 승용부문의 경우 수소차는 내연기관과 이상의 연료경쟁력을 보이나 트럭 및 버스 등 상용부문은 내연기관차에 비해 낮은 것으로 추정됨.

- 개질수소(그레이수소)를 기준으로 할 경우 현재의 전원(電源) 믹스를 반영한 전기차에 비해 주행거리당 이산화탄소 배출량이 높은 것으로 나타났으며 트럭의 경우에는 경유 차량에 비해서도 많은 것으로 나타남.

□ 수소차의 연료경제성 확보 방안

- 수소와 경유의 연료보조금을 고려한 연료경제성을 분석하고 정책변화를 가정한 경쟁력 확보 시나리오를 분석
 - 수소차가 기존의 내연기관 차량을 효과적으로 대체하기 위해서는 수소 연료보조금 지급이 필요하되 수소차의 생태계가 조성되는 시점을 고려하여 보조금의 규모를 축소해 감으로써 기술개발과 시장 자립도 제고를 유도하여야 함.
 - 또한 수소차의 보급·확산을 위해서도 기존 내연기관 차량의 유가보조금의 단계적 축소를 병행하는 정책이 필요함을 제시

□ 수송부문 그린수소 공급가능성 검토

- 정부의 수소차 보급목표가 달성될 경우 수송부문의 수소 수요에서 그린수소의 공급비중을 검토
 - 정부의 수소차 보급목표치를 바탕으로 차량의 내구연한을 반영한 실제 운행하는 수소차 대수를 추정하고 총 수소수요량을 전망
 - 이태의(2020)의 연구를 바탕으로 신재생에너지 잉여전력에 기반을 둔 그린수소 생산 설비의 용량과 가동률을 결정한 후 수송부문 수소수요의 그린수소 공급 여력을 분석

- 분석결과 2030년의 경우 잉여전력 활용 그린수소 생산량을 전량 수송부문에 공급할 경우 수송부문 수소수요의 10% 수준을 기록할 것으로 나타남.
- 그러나 2030년 이후 재생에너지 발전설비가 빠르게 증가함에 따라 2040년 수송부문 수요의 약 20%이상을 잉여전력량을 활용한 그린수소로 공급할 수 있는 것으로 분석됨.

3. 결론 및 정책제언

□ 정책적 시사점

- **수소차의 기술적 경쟁력 확보를 위한 투자와 혁신이 필요**
 - 수소차가 친환경 모빌리티 구현에 기여하기 위해서는 주행거리가 많은 사업용 차량을 중심으로 보급되어야 함.
 - 현재 기술로는 수소차의 내구성 능력이 부족하여 승용차 위주로 보급될 수밖에 없는 실정으로 정부는 사업용 수소차의 내구성 확보를 수소차 보급정책의 최우선 과제로 삼아야 함.
- **수소차 연료보조금 정책은 내연기관차량의 유가보조금과 함께 검토되어야 함**
 - 내연기관에 대한 연료보조금이 지속될 경우 수소차의 연료보조금 지급효과가 상쇄될 뿐 아니라 조세체계의 지속적 불균형을 야기
 - 정부는 사업용 수소차의 상용화 단계를 고려하여 적절한 시점에서 유가보조금 축소와 수소연료보조금 확대를 병행할 필요
 - 또한 수소 연료보조금 설계시 적절한 일몰시기를 설정하여 수소차 관련 전후방 사업자의 기술 개발 및 혁신을 유도

○ 수소생산방식별 공급믹스에 대한 계획과 이행에 대한 구체적 로드맵 제시 필요

- 현재 수송부문 수소수요에 대한 공급방식과 목표에 대한 명확한 기준과 로드맵이 부재한 상황
- 국내 수송용 수소수요의 연도별 규모, 친환경수소 생산 여력과 기술 수준, 수소 생산방식별 경제성, 에너지안보 이슈 등 여러 가지 사항을 종합 고려하여 최적화된 수소 생산방식별 공급비중 계획의 조속한 수립이 요구됨.
- 법에 명시된 계획인 전력수급 기본계획과 수소경제 이행을 위한 기본계획 간의 상호 협력, 정합성 확보 등 향후 전력과 수소의 공통 분모인 친환경 수소생산에 대한 종합적 접근이 필요함.

제 목 차 례

제1장 서론	1
제2장 수소자동차 보급 환경 분석	5
1. 수소자동차 보급 정책 분석	5
1.1. 수소자동차 보급 현황	5
1.2. 수소차 보급 목표	6
2. 수소자동차의 기술 현황	8
2.1. 수소차의 주요 특성	8
2.2. 수소차의 연비 경쟁력	11
3. 수소충전소 현황 및 개선사항	19
4. 수소차의 친환경성	21
4.1. 수소 생산 방식	21
4.2. 연료별/수송부문별 이산화탄소 배출량 추정	25
5. 소결 및 제언	28
제3장 수소차의 연료경제성 제고방안	31
1. 여객 및 화물운송 차량 유가보조금 제도	31
1.1. 수소 연료의 경제성 확보를 위한 지원 대상 차종	31
1.2. 유가보조금 제도 현황	32
2. 유가보조금을 고려한 수소차의 연료경제성 분석	35

2.1. 수소차와 전기차의 연료경제성 비교	35
2.2. 수소 및 경유버스의 연료경제성 분석	35
2.3. 수소트럭의 연료경제성 분석	42
2.4. 수소택시의 연료경제성 분석	45
3. 소결 및 제언	47

제4장 수송부문 그린수소 공급가능성 분석 49

1. 수송부문 수소사용량 추정	49
1.1. 친환경 수소의 필요성	49
1.2. 수소차 연도별 누적 보급량 추정	50
1.3. 수소차의 연도별 등록대수 추정	52
1.4. 연도별 수송부문 수소사용량 추정	54
2. 수송부문 그린수소 공급여건 분석	56
2.1. 수소 생산 방식별 생산비용	56
2.2. 신재생에너지 발전제한량 추정	58
2.3. 잉여전력을 활용한 수송용 그린수소 공급량 추정	61
3. 소결 및 제언	63

제5장 종합 및 시사점 65

1. 주요 내용 요약	65
2. 정책적 시사점 및 향후과제	67

참고문헌 71

표 차례

<표 2-1> 국내 수소차 차종별 등록현황 및 추세	6
<표 2-2> 연도별 정책별 수소차 보급 목표	7
<표 2-3> 친환경 및 내연기관 차량 특징 비교	9
<표 2-4> 수소 차종별 2025년 및 2030년 연비 향상 목표	11
<표 2-5> 승용차 연료별 비용 추정 (2020년 가격 및 연비 기준)	13
<표 2-6> 시내버스 연료별 비용 추정 (2020년 가격 및 연비 기준)	15
<표 2-7> 트럭 연료별 비용 추정 (2020년 가격 기준)	17
<표 2-8> 수소생산구성 및 공급목표	22
<표 2-9> 2020년 기준 연료별 이산화탄소 배출량 추정	26
<표 2-10> 단위거리(km) 당 수송부문별 연료별 이산화탄소 배출량 추정 ..	28
<표 3-1> 유종별 세제 및 유가보조금 현황	33
<표 3-2> 2020년 기준 버스 등록대수	36
<표 3-3> 2020년 기준 연료별 사업용 승합차 등록대수	36
<표 3-4> 연료별 시내버스 대수 추정	37
<표 3-5> 버스용 수소 적정 보조금 수준 추정	38
<표 3-6> 버스용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교	39
<표 3-7> 버스 1대 기준 수소보조금 규모 추정	42
<표 3-8> 트럭용 수소 적정 보조금 수준 추정	43
<표 3-9> 트럭용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교	44
<표 3-10> 택시용 수소 적정 보조금 수준 추정	45
<표 3-11> 택시용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교	46

<표 4-1> 연도별 수소차 누적 보급 대수 추정	51
<표 4-2> 주요 연도별 수소차 등록 대수 추정	53
<표 4-3> 연도별 수송부문 수소사용량 추정	55
<표 4-4> 주요 연도별 재생에너지 출력제한량 (잉여전력량)	60
<표 4-5> 잉여전력 활용 그린 수소의 수송부문 공급여력	62

그림 차례

[그림 2-1] 승용차 연료별 비용 추정	14
[그림 2-2] 시내버스 연료별 비용 추정	16
[그림 2-3] 수소 생산방식별 수소의 색깔	24
[그림 3-1] 버스용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교	40
[그림 3-2] 트럭용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교	44
[그림 3-3] 택시용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교	46
[그림 4-1] 주요 연도별 수소차 등록 대수 추정	54

제1장 서론

최근 에너지 부문의 최대 화두는 친환경성이다. 과거 화석에너지를 연소하여 동력을 확보하던 방식은 급격한 경제성장에 크게 기여하였으나 환경오염이라는 부정적인 효과도 동시에 발생시켰다. 청정한 대기, 맑은 물 등 깨끗한 환경 등으로 인해 사회 구성원에게 제공되는 환경적인 편익의 중요성은 근래 들어 점점 더 그 중요성이 크게 부각되고 있다. 그동안 경제적인 가치로 환산되어오지 않던 환경오염, 기후변화와 같은 외부효과는 점차 환경성에 기초한 세계개편, 온실가스 배출권 및 친환경 에너지 생산 및 소비에 대한 보조금 지급 등의 다양한 정책적 제도를 통해 에너지비용에 일부분이나마 반영되고 있다.

전력부문에서 태양광과 풍력으로 대표되는 신재생발전이 급격하게 성장하고 있는 것과 수송부문에서는 내연기관 대신 전기를 사용하는 차량의 보급이 촉진되고 있는 점은 더 이상 우리에게 새로운 사실이 아니다. 친환경적 에너지 생산과 소비가 국내외적으로 가장 중요한 에너지 산업의 목표라고 정의한다면 발전과 수송부문에서 친환경적 에너지 생산과 소비를 활성화 시킬 수 있는 정책적 수단이 더욱 더 다양하게 개발이 되어야할 것은 자명한 사실일 것이다. 왜냐하면 아직까지 친환경적 에너지 생산방식과 소비수단은 전통적으로 화석에너지를 생산하고 소비하는 것에 비해 비용과 편의성에서 경쟁력이 부족하기 때문이다.

수소는 환경오염 물질을 배출하지 않고 전력과 열에너지를 생산할 수 있는 장점이 있다. 따라서 수소 자체는 태양광, 풍력 등과 함께 친

환경적으로 전력과 열에너지를 생산하는 ‘궁극의 친환경 에너지원’으로 분류된다. 최근에는 2050 탄소중립과 같은 거대한 목표에서 중요한 역할을 수행해야 하는 에너지원으로 지목되고 있어 수소 활용에 대한 관심도 높아지고 있다.

다만 수소생산에는 다양한 방식이 존재하는데 현재 가장 많이 사용되고 있는 천연가스로부터 추출하는 방식은 여전히 온실가스를 발생시킨다. 따라서 탄소중립이라는 목표를 달성하기 위해서는 장기적으로 대체되어야 할 생산 방식이다. 전기를 이용한 수전해 방식은 수소생산 과정에서는 온실가스를 배출하지 않기 때문에 친환경적이며 가장 바람직한 수소 생산 방식으로 여겨지고 있다. 그러나 전력을 사용하여 수소를 생산하고 이를 다시 이용하여 다시 전력을 생산하는 비효율적인 과정을 거치게 된다. 또한 수전해를 위해 사용되는 전력의 발전원이 화석에너지일 경우 환경오염문제는 여전히 남게 된다. 이런 이유로 수전해 생산에 적합한 전력으로는 간헐적 발전으로 전력 수요보다 높게 나타나는 태양광, 풍력 등 신재생에너지의 잉여전력이 거론된다. 그러나 향후 얼마나 많은 잉여전력이 발생할지는 정확히 예측하기 어려우며 우리가 필요로 하는 수소를 모두 친환경적으로 생산할 수 있을지도 미지수이다. 즉, 수소 그 자체는 궁극의 친환경적인 에너지원일지라도 수소를 어떠한 방식으로 생산하여 어떻게 소비해야 하는지는 여전히 극복해야 할 숙제로 남아있다.

수소는 연료전지를 통해 열과 전력을 생산하기 때문에 난방 및 산업부분 열에너지 공급도 가능하여 다양한 용도로 사용될 수 있다. 본 연구는 수소의 다양한 활용 분야들 중에서 수송 부문에서의 사용 활성화에 필요한 정책적 수단에 대하여 논의하려고 한다. 이를 위해서는 수

송 부문에서 수송사용의 활성화를 저해하고 있는 원인들이 먼저 규명되어야 할 것이며, 이를 바탕으로 식별된 문제점들을 해결할 수 있는 정책적 수단들을 제시하여야 할 것이다. 특히 본 연구에서는 수소를 사용하는 수단인 자동차의 기술개발과 보급 정책 등과 관련된 개선사항보다는 수소차의 보급이 궁극적으로 친환경 모빌리티 사회 구현에 효과적으로 기여하기 위해 연료이 수소공급 측면에서 고려되어야 하는 개선사항에 중점을 두었다.

본 연구는 수송부문 수소사용 활성화 방안을 연구하는 것이 주목적이다. 구체적으로 본 연구에서는 현재 계획되고 있는 정부의 차종별 수소차량 보급목표가 온전히 달성되는 것을 가정하여 수송부문에서 발생할 것으로 예상되는 수소의 수요를 추정하였다. 그리고 수송부문 수소의 원활한 생산과 공급을 저해할 수 있는 요인이 무엇인지 규명하고자 하였다. 그리고 친환경 모빌리티 사회로의 이행에 수소차 보급의 기여도 제고를 위한 정책적으로 필요한 방안을 제시함으로써 수송부문에서의 수소사용 활성화에 기여하고자 하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 제2장에서 현재까지 제시된 정부의 수송부문 수소사용에 대한 주요 정책 및 기술 동향을 분석하고 수송부문 수소사용 활성화를 위한 개선사항을 정리하였다. 제3장에서는 연료경제성 관점에서 수소연료 보조금과 유가보조금의 개선사항에 대한 분석을 시행하였다. 제4장에서는 수소공급의 관점에서 잉여전력을 활용한 친환경 수소 공급 능력을 분석하고 정책적 시사점을 도출하였다.

제2장 수소자동차 보급 환경 분석

1. 수소자동차 보급 정책 분석

1.1. 수소자동차 보급 현황

수소를 연료로 사용하는 수소연료전지 자동차(이하 수소자동차)는 2020년 12월 기준으로 약 1.1천대가 누적으로 보급되었다(<표 2-1> 참조). 대부분이 승용차이며 매우 적은 대수의 승합차가 보급된 것으로 나타나고 있다. 아직 화물차와 특수차 중에서는 국내 보급된 수소자동차는 없는 것으로 나타난다. 2021년도 보조금 지급을 위해 계획한 기획재정부의 목표수치¹⁾인 승용차 15천대, 버스 180대가 추가로 보급된다고 가정해도 2021년 수소차 보급대수는 약 26천대로 예상되며 (<표 2-1> 참조) 상용차종(화물차 및 특수차)부문은 2021년도에 보급계획이 없는 것으로 보인다.

2020년 12월 기준으로 국내 자동차 등록대수는 약 2,436.5만대이며 하이브리드 자동차를 제외한 순수 전기차는 13.4만대인 것을 감안하면²⁾ 수소차의 보급량은 아직 매우 적은 수준임을 알 수 있다. 또한 대부분의 보급차종이 승용차에 집중되어 있어 국내 완성업계에서 1톤 트럭까지 출시된 전기자동차에 비하면 차종의 다양함도 아직 충분하지 못한 것이 사실이다³⁾.

- 1) 기획재정부, 2021, 『전기차 지원금 최대 1900만원, 수소차 3750만원』, 대한민국 정책브리핑.
- 2) 국토교통 통계누리, 자동차등록현황보고 내 2020년 12월 자동차 등록자료 통계 (엑셀자료) 참조 (최종접속일 : 2021.7.19.)

〈표 2-1〉 국내 수소차 차종별 등록현황 및 추세

(단위: 대)

구분	2017	2018	2019	2020	2021
총계	170	893	5,083	10,906	26,086
- 승용차 (신규보급)	170	891	5,068	10,831	25,831
	-	(721)	(4,177)	(5,763)	(15,000)
- 승합차 (신규보급)	-	2	15	75	255
	-	(2)	(13)	(60)	(180)
- 화물차	-	-	-	-	-
- 특수차	-	-	-	-	-

주 1) 국토교통 통계누리, 자동차등록현황보고 내 자동차 등록자료 통계(엑셀자료)
매년 12월 기준

2) 2021년 신규보급대수는 기획재정부(2021) 참조

1.2. 수소차 보급 목표

수소차는 제품(산업)수명주기로 보자면 초기시작단계이기 때문에 과거 실적을 기초로 향후 보급에 대한 전망을 실시하는 것은 대단히 어려운 작업이며 또한 그 정확성도 확보하기 어려운 것이 사실이다. 따라서 향후 보급전망보다는 보급목표를 살펴보는 것이 미래에 전개될 수소차 산업의 추세를 예상하는 데 보다 도움이 될 것으로 판단된다.

수소차 보급에 관한 정부정책은 수소경제 활성화 로드맵(관계부처 합동, 2019)에서부터 구체적인 수치를 제시하였으며 여러 후속 정책을 거쳐 최근 제4차 친환경 자동차 기본계획(관계부처 합동, 2021)까지

3) 전기차는 2020.12월 기준으로 화물차 약 1.5만대, 승합차 1,837대가 보급되었음
(국토교통 통계누리, 자동차등록현황보고 내 2020년 12월 자동차 등록현황통계
(엑셀자료), 최종접속일 : 2021.7.19).

이르고 있다. <표 2-2>는 수소차 보급목표 관련된 주요 정책과 정책별로 제시하고 있는 수소차의 차종별 보급목표를 정리한 것이다.

<표 2-2>를 상세히 살펴보면 수소승용차는 22년 기준으로 65천대 보급을 목표로 하고 있다. 2021년 보급량이 약 25천대임을 고려하면 2022년 한해에만 약 4만대의 신규차종이 보급되어야 한다. 또한 2025년까지 20만대 보급 목표를 달성하려면 2023년, 2024년 그리고 2025년에 각각 45천대를 신규로 보급해야 한다. 또한 화물차 부문은 수소차가 보급된 실적도 전무한 실정이다. 따라서 정부정책에서 제시된 수소차 보급목표는 현재 보급실적을 고려해보면 상당히 도전적인 목표라고 판단할 수 있다.

<표 2-2> 연도별 정책별 수소차 보급 목표

(단위: 천대)

년도	승용	택시	버스	트럭	합계	주요 정책
2022	65	0	2	0	67	수소경제 활성화 로드맵 ¹⁾ (2019.1)
2025	200	0	4.6	0.9	206	제4차 친환경차 보급계획 ²⁾ (2021.2)
2030	810	10	20	10	850	수소산업 생태계 경쟁력 강화방안 ³⁾ (2020.7.1.)
2040	2,750	80	40	30	2,900	수소경제 활성화 로드맵 ⁴⁾⁵⁾ (2019.1)

주 1),4) 관계부처 합동(2019), p17.

2) 관계부처 합동(2021), p20.

3) 관계부처 합동(2020a), p19

5) 산업통상자원부(2019, p37)도 2040년 기준 동일한 보급목표 제시

수소 관련 주요 정책에는 앞서 언급한 4개의 차종 이외에도 관용 청소차, 특수차(살수차, 노면청소차 등)의 보급에 대한 계획도 존재한다.

다4). 다만 특수차에 대한 구체적인 정보나 미래 보급 계획 등과 같은 구체적인 정보를 획득하기에는 다소 어려운 점이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 일반적으로 우리가 익히 들어 잘 알고 있는 승용, 택시, 버스, 트럭의 4개 차종을 대상으로 정했음을 밝혀 둔다.

2. 수소자동차의 기술 현황

2.1. 수소차의 주요 특성

<표 2-1>에서 볼 수 있듯이 현재 수소차는 승용부문을 중심으로 보급되고 있다. 승용차를 제외하고서는 일부 버스차종만 보급되었을 뿐 상용차 부문의 보급실적은 전무하다. 다만 수소트럭은 현대자동차의 엑시언트가 스위스로 수출되고 있기에 기술 자체는 상용화 단계에 진입하였다고 보는 것이 적절할 것이다⁵⁾. 이렇듯 수송부분에서 수소를 사용하는 차량의 종류 자체가 다양하지 않고, 출시된 수소승용차 역시 단일차종이기 때문에 수소차 관련 주요 계획에서는 현재의 상태와 함께 향후 수소차의 발전방향 및 목표를 주로 언급하고 있는 상황이다.

<표 2-3>의 상단에는 내연기관 차량의 차종별 운행거리가 나타나 있으며 하단에는 수소차의 차종별 최대 주행거리와 내구성이 정리되어 있다. 만약 수소차 구매에 대한 실질적 비용부담(구매 보조금 반영시)이 내연기관차와 거의 동일하다고 가정하면, 현재 내연기관차의 1회 주유시 주행가능거리나 차량의 내구 연한(총주행거리)과 같은 성능수준이 수소차에서도 기대될 수 있는 경우 소비자들은 자동차 구입시 수

4) 관계부처 합동(2021), p41 참조

5) 산업통상자원부(2020).

소차를 선택할 수 있을 것이다. 따라서 정부에서 계획하고 발표하는 주요 수소차 관련 정책 중에서 많은 부분이 수소차량 자체의 경쟁력 확보에 대한 내용이다. 특히 현재 내연기관차량이 가지고 있는 내구성과 운행거리를 수소차가 어느 시점에 확보할 수 있는지가 주요 관심사이며 정책 목표이다.

〈표 2-3〉 친환경 및 내연기관 차량 특징 비교

차량	특성	승용	택시	버스	트럭
내연 기관차	1일평균주행거리 (km)	33 ¹⁾	300 ²⁾	177 ³⁾	129 ⁴⁾
	연간평균주행거리 (km) ¹⁴⁾	12,045	109,500	64,605	47,085
	총운행거리 ¹⁵⁾ (km)	16만 (차령 15년)	53만(개인) /72만(법인) ⁵⁾	58만 (차령 9년)	-
수소차	현재 내구성(km)	16만('18년) ⁸⁾	16만('18년) ⁶⁾	16만('18년) ¹⁰⁾	10만('20년) ¹²⁾
	목표 내구성 (km)	30만(25년) ⁹⁾	30만('22년) →50만('30년) ⁷⁾	50만('22년) →80만('30년) ¹¹⁾	50만('25년) ¹³⁾
	1회 충전거리 (km)	608 ¹⁶⁾	608 ¹⁷⁾	474 ¹⁸⁾	400 ¹⁹⁾

주 1),2),3),4) 관계부처 합동(2021) p11.

5),6),7) 관계부처 합동(2019) p21

8),9),12),13) 관계부처 합동(2021) p40.

10),11) 관계부처 합동(2019) p23

12),13) 관계부처 합동(2021) p40. 수소상용차 자료를 트럭에 적용

14) 연간주행거리 : 1일평균주행거리×365일

15) 총운행거리: 승용과 버스의 차령은 각각 15년, 9년으로 가정하여 적용

16), 17) 한겨레(2018) 최종접속일(2021.04.19.)

18) 현대자동차, 일렉시티 수소전기버스 카탈로그

19) 산업통상자원부(2020)

먼저 현재 수소차의 충전 회당 주행가능거리는 승용-택시 차량의 경우 608km/회, 버스-트럭의 경우 약400km/회로 내연기관차량에 준하는 수준이 구현되고 있다. 특히 1일 평균 주행거리를 기준으로 볼 때 현

재의 수소차 기술력은 1회 충전으로 차종별 1일 평균 주행거리를 모두 만족시킴으로써 충전 인프라만 적절히 갖춰진다면 충전 1회당 주행거리로 인한 문제점은 해소된 것으로 보여진다.

그러나 차량의 내구연한에 해당하는 총주행가능거리를 기준으로 한 내구성은 아직 많이 미흡한 상황이다. 2021년 현재 기술수준으로 승용택시버스의 경우는 16만 km 정도를 내구연한으로 보고 있으며, 트럭의 경우 이보다 더 짧은 10만 km 수준에 불과하다. 승용차량의 경우 내연기관의 내구연한(약18만km)에 근접해 가는 수준이나 총 주행거리가 승용차보다 월등히 높은 상용차량의 수준에는 수소차의 내구성은 매우 미흡한 수준이다. 따라서 정부정책은 수소차량이 내구성 측면에서도 내연기관과 경쟁할 수 있는 수준으로 내구성을 높이는 것에 방점을 두고 기술개발을 지원하고 있다.

요약하자면, 2021년 현재 수소차량의 충전회당 주행거리는 내연기관 차량과 경쟁 가능한 수준에 있지만 차량의 내구성 측면에서는 다소 미흡한 수준이다. 그러나 정부는 이를 인지하고 2022~2030년 기간 동안의 구체적인 개선목표를 제시하고 있는 만큼 본 연구에서는 정부의 수소차 보급 목표 달성에 내구성 문제가 걸림돌로 작용하지 않는 것으로 가정하고 이에 따른 수송용 수소수요를 추정하였다.

<표 2-4>는 정부의 주요정책 중에서 향후 수소 차량의 연비 향상 목표 수치를 정리한 것이다. 차량별로 특정 연도에 도달할 연비의 목표를 설정하였는데 연비향상은 연료의 경제성과 직접적으로 연관이 있기 때문에 목표수치와 도달시기에 맞춰 기술이 개발될 수 있도록 향후 지속적인 노력이 수반되어야 할 것으로 보인다. 본 연구에서는 수소차의 연비도 정부의 목표대로 개선된다고 가정하였다.

〈표 2-4〉 수소 차종별 2025년 및 2030년 연비 향상 목표

(단위: km/kg)

차량	차종	2025	2030
수소차	승용차	106 ¹⁾	
	버스		15 ²⁾
	상용차	15 ³⁾	

주 1),3) 관계부처합동(2021), p40.

2) 관계부처합동(2019), p23.

2.2. 수소차의 연비 경쟁력⁶⁾

소비자가 차량 구매에 대한 의사결정시 가장 큰 영향을 미치는 것은 차량의 구매가격일 것이다. 친환경자동차인 전기차와 수소차는 내연기관보다 상당히 높은 가격으로 판매되고 있기에 정부에서는 친환경차를 구매하는 소비자의 부담을 경감시키기 위해 보조금을 지급하고 있다. 정부는 보급계획물량과 이에 필요한 지원예산을 책정하고 지급하고 있다. 2021년의 경우 전기차 121천대, 수소차 1.5천대 등 총 136천대를 보급할 계획이며 지원예산은 각각 전기차 1조 230억원, 수소차 3,655억원이다⁷⁾.

장기적으로 전기차와 수소차의 보급이 시장주도로 이루어지는 수준으로 성장하게 되면 정부는 차량구매보조금을 점차 경감시켜 나갈 것이다. 또한 차량제조업체 역시 타 제조사와의 경쟁에서 우위를 차지하

6) 박지영 외(2020)에서는 구매비용과 차량 보유기간 동안의 총운영비용을 연료별 차종별로 추산하였으며 이 과정에서 연료경제성을 추정하였음. 분석에 적용된 주요 기초자료(연비, 연료요금 등)의 차이로 구체적인 수치이 차이가 발생하나 승용부문을 제외하면 택시, 버스, 트럭 부문에서는 수소연료보조금이 필요하다는 점에서는 동일한 정책적 시사점을 제시하고 있다고 판단됨.

7) 기획재정부, 2021, 『전기차 지원금 최대 1900만원, 수소차 3750만원』, 대한민국 정책브리핑.

고 초기 시장 점유율 확보를 위해 지속적인 기술개발, 원가 절감으로 가격적 우위를 차지하고자 할 것이다. 박지영 외(2020)에서는 차종별로 2030년 기준 승용차의 구매비용을 비교하였는데 수소승용차는 구매비용에서 경쟁력을 확보하는 것으로 전망하였다. 수소버스, 수소트럭, 및 수소택시는 타 연료를 사용하는 차량에 비해 구입비용의 경쟁력을 갖추지 못하는 것으로 추정되었으나⁸⁾ 구매비용 자체는 현재 대비 2030년 기준으로 현저히 하락하는 것으로 나타났다. 따라서 현재보다 더 적은 수준의 보조금이 지급된다면 구매비용에서 오는 경제성의 차이는 해결될 수 있을 것이며 장기적으로는 구매보조금도 일몰될 것으로 예상할 수 있다.

이런 관점을 바탕으로 본 연구에서는 친환경차 구매 시 발생하는 높은 차량 가격 문제는 중장기적으로 해결 될 수 있는 문제로 간주하려 한다. 차량 구매를 위한 의사결정시 차량 자체의 가격문제를 제외하면 경제성은 연료경제성(연비) 문제로 귀결된다. 수소차를 구매할 의사가 있는 소비자는 수소차와 내연기관차, 그리고 더 나아가서는 또 다른 친환경자동차인 전기차를 고려대상에 두고 이들 간의 연비를 비교하여 어떤 차량을 구매할 것인지를 선택하게 될 것이다.

<표 2-5>는 연료별로 승용차 부문의 연료경제성을 추정하여 정리한 것이다. 수소는 충전소 별로 충전 가격이 상이하나 저공해차 통합누리집 수소충전소 위치정보에서 제공하는 충전가격을 살펴보면 kg당 7,000원부터 8,800원 사이가 가격대가 형성되어 있으며 단순평균 가격은 8,342원/kg이었다. 이에 따라 수소 충전가격을 약 8,400원/kg으로 적용할 경우 연비를 고려한 수소차의 km 당 비용은 89.5원/km으로 추정된다.

8) 2030년부터는 보조금이 지급되지 않는 것으로 가정하고 분석하였음.

〈표 2-5〉 승용차 연료별 비용 추정 (‘20년 가격 및 ‘19년 연비 기준)

연도	수소	휘발유	경유	LPG	전기
연료가격	8,400원/kg ⁴⁾	1,381원/L ¹⁾	1,190원/L ²⁾	791원/L ³⁾	255.7원/kWh ⁵⁾
연비	93.8km/kg ⁶⁾	11.8km/L ⁷⁾	12.6km/L ⁸⁾	9km/L ⁹⁾	5.5km/kwh ¹⁰⁾
km 당 비용(원)	89.5	117.4	94.1	87.9	46.7

- 주 1),2),3) 오피넷 (<https://www.opinet.co.kr/user/main/mainView.do>, 최종접속일 : 2021.7.19.), 국내유가통계 중 주유소평균가격(휘발유, 경유)와 자동차충전소 전국 평균가격(자동차부탄)을 적용함
- 4) 저공해차 통합누리집 수소충전소 위치정보(<https://www.ev.or.kr/h2monitor>, 최종 접속일 : 2021.4.5.)내 56개 수소충전소(57개 수소충전기)의 수소충전가격을 단순평균(8,342원/kg) 하여 추정함.
- 5) 저공해차 통합누리집 전기차 충전정보(<https://www.ev.or.kr/portal/costCompare>, 최종접속일, 2021.04.05)
- 6),7),8),9),10) 한국에너지공단(2020), p56.

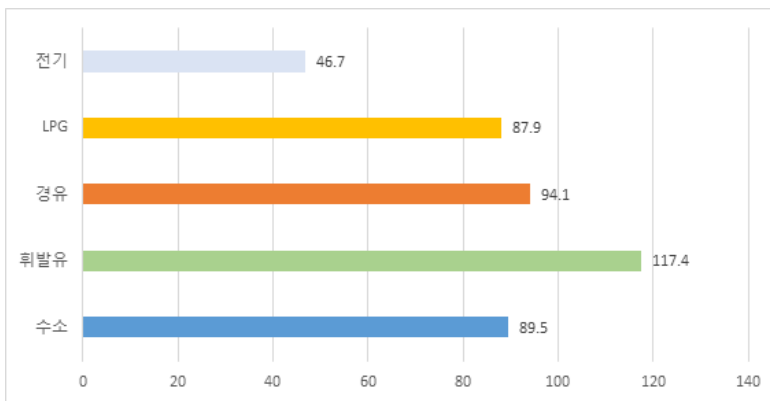
<표 2-5>에 제시된 내연기관 승용차의 결과는 2019년 기준 연비와 2020년 연료가격을 기준으로 km 당 비용을 추정하였다. 2020년 평균 가격 기준 내연기관 자동차에 사용되는 휘발유와 경유의 km 당 비용은 각각 117.4원/km, 94.1원/km으로 추산되었으며 수소 대비 각각 약 31%, 5% 높은 비용이 발생하는 것으로 추정되었다. 택시의 주연료인 LPG(자동차부탄)와 수소차는 연료 경제성이 거의 유사한 것으로 추정되었다⁹⁾. 같은 친환경차인 전기차는 급속 충전요금(255.7원/kWh)¹⁰⁾을 기준으로 46.7원/km의 비용이 발생하는 것으로 추정되었으며 이는 수소차의 연비를 기준으로 약 52% 수준의 요금이다. 또한 자가소비로

- 9) 본 분석에서 사용한 석유제품의 가격은 2020년 평균가격으로 석유가격의 높은 변동성을 감안하면 석유제품 대비 수소의 연료경제성은 추정시기에 따라 달라질 수 있음.
- 10) 저공해차 통합누리집 전기차충전정보(<https://www.ev.or.kr/portal/costCompare>) 에서는 급속충전 평균단가(255.7원/kWh), 완속충전 평균단가(115.5원/kWh) 로 산정하였으며 본 연구에서는 이를 동일하게 적용함

계시별 요금제가 적용되는 전기자동차 충전요금은 야간의 경우 약 50~60원/kWh 인 것¹¹⁾을 생각해보면 당분간은 km 당 비용은 전기차가 가장 저렴할 것으로 예측된다.

[그림 2-1] 승용차 연료별 비용 추정

(단위: 원/km)



주: 2020년 가격 및 연비 기준(표2-5참조)

자료: 저자 추정

<표 2-6>는 연료별로 시내버스의 연비와 연료가격을 기준으로 km당 비용을 추산하여 정리한 것이다. 현재 주요 광역시의 시내버스는 대부분 CNG를 연료로 사용하고 있으나 전세 버스 및 일부 지역의 시내버스 노선에서는 여전히 경유버스가 운행되고 있다¹²⁾. 버스의 연료별 경제성을 살펴보면 수소버스의 km당 연료비는 602.4원으로 추정된 데 비해 경유,

11) 한국전력 전기자동차 충전요금표(자가소비) 참조

(<https://cyber.kepco.co.kr/ckepco/front/jsp/CY/E/E/CYEEHP00108.jsp>, 최종 접속일: 2021.08.25.)

12) “친환경은 시내버스만? 외면받는 전세버스” (상용차신문, 2019.11.29.,

<http://www.cvinfo.com/news/articleView.html?idxno=11565>, 최종접속일:2021.04.05)

CNG와 전기버스의 km당 연료비는 각각 477.8원, 241.4원, 208.5원으로 수소에 비해 매우 저렴한 수준이다.

〈표 2-6〉 시내버스 연료별 비용 추정 (2020년 가격 및 연비 기준)

년도	수소	경유	CNG-하이브리드	전기
연료가격	8,400원/kg ¹⁾	1,190원/L ²⁾	729원/m ³⁾	255.7원/kWh ⁴⁾
연비	13.9km/kg ⁵⁾	2.49km/L ⁶⁾	3.02km/m ³⁾	1.23km/kwh ⁸⁾
km 당 비용(원)	602.35	477.8	241.4	208.5

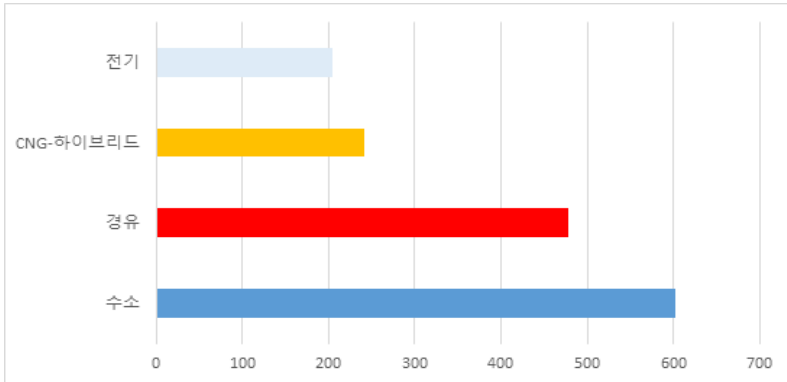
- 주 1) 저공해차 통합누리집 수소충전소 위치정보(<https://www.ev.or.kr/h2monitor>, 최종 접속일 : 2021.4.5.)내 56개 수소충전소(57개 수소충전기)의 수소충전가격을 단 순평균(8,342원/kg) 하여 추정함.
- 2) 오피넷 (<https://www.opinet.co.kr/user/main/mainView.do>, 최종접속일 : 2021.7.19.)
- 3) 한국천연가스수소차량협회, 국내 차량용연료가격 정보 2021년 4월 기준 가격 적용 (<http://www.kangv.org/page.php?Main=2&sub=5>, 최종접속일 : 2021.4.30.)
- 4) 저공해차 통합누리집 전기차 충전정보(<https://www.ev.or.kr/portal/costCompare>, 최종접속일, 2021.04.05.)
- 5) 현대자동차, 일렉시티 수소전기버스 카탈로그, 수소탱크 수소총량: 33.99kg, 1회충전시 서울모드 기준으로 474km 운행을 기준으로 저자 추정.
- 6),7) 김종원(2016), Table 7.
- 8) 현대자동차 일렉시티 카탈로그, 배터리 용량: 256kWh, 1회충전시 314km 운행을 기준으로 저자 추정.

노선버스와 전세버스로 사용되는 경유와 CNG버스는 「여객자동차 유가보조금 지급지침」에 따라 유류세에 대한 세제혜택도 추가적으로 받으며 전기 역시 급속충전에 비해 완속충전의 요금이 저렴하다. 따라서 수소버스의 연료 경제성은 타 연료차량에 적용되고 있는 세제혜택, 완속 충전 요금 등을 적용할 경우에는 <표 2-6>의 결과보다 더욱 낮아 질 것으로 예상된다¹³⁾.

13) 택시 및 상용차량(버스 및 트럭)의 경우 정확한 연료경제성분석을 위해서는 현

[그림 2-2] 시내버스 연료별 비용 추정

(단위: 원/km)



주: 2020년 가격 및 연비 기준(표2-6참조)

자료: 저자 추정

시내버스는 CNG와 경유라는 두 가지 종류의 연료를 사용하는 내연 기관차가 있다. 특히 CNG 버스는 상대적으로 친환경 연료를 사용하는 수단이다. 수소버스 보급목표인 2040년 4만대를 달성하기 위해서는 내연기관 버스 중 연료기준으로 수소버스의 대체대상을 명확하게 하고 이를 대체하기 위한 정책적 수단이 강구되어야 할 것으로 보인다.

정부의 보급계획에 따르면 수소 트럭은 2040년 3만대 보급을 목표로 하고 있다. 수소트럭은 앞서 언급하였듯이 국내보급 실적은 없으나 2020년 10대를 시작으로 2025년까지 1,600대가 해외에 수출될 예정이며¹⁴⁾ 적재무게라는 측면에서 전기차에 비해 보다 높은 경쟁력을 갖출 수 있는 것으로 보인다. 40톤 트럭을 기준으로 800km 주행시 수소차량

재 지급되는 유가보조금을 반영하는 것이 적절할 것임. 다만 본 보고서에서는 유가보조금 정책과 연관된 수소연료의 연비경제성 경쟁력 확보방안을 논의하기 위해서 3장에서 유가보조금을 반영한 연비경제성 분석결과를 따로 제시하였음

14) 「중대형 수소화물차 스위스로 수출 개시」, 산업통상자원부 보도자료(20.07.06)

의 적재중량은 34톤인 반면 전기차는 24톤 수준으로 보다 많은 적재를 할 수 있는 장점이 있다.¹⁵⁾

최근 정부의 구매 보조금 정책에 힘입어 전기트럭이 많이 보급되고 있으나 대부분 1톤 소형 차량으로서, 본 연구에서 대상으로 하는 수소트럭이 총 중량이 약 34톤인 대형트럭인 점을 고려하면 현재로서는 수소트럭이 전기트럭과 경쟁관계에 있지 않은 것으로 볼 수 있다. 따라서 대부분의 대형트럭은 경유를 사용하는 차량이기 때문에 경유 트럭에 한정하여 비교하였다.

<표 2-7>은 수소 트럭의 연료경제성을 경유 트럭과 비교한 것이다. 현재 수소 가격을 바탕으로 추산한 단위거리 당 비용을 살펴보면 수소트럭의 연료경제성은 약 672원/km으로 경유트럭의 연료경제성(321.5원/km)에 비해 약 2.1배 비싼 편이다

<표 2-7> 트럭 연료별 비용 추정 (2020년 가격 기준)

년도	수소	경유
연료가격	8,400원/kg ¹⁾	1,190원/L ²⁾
연비	12.5km/kg ³⁾	3.7km/L ⁴⁾
km 당 비용(원)	672	322

주 1) 저공해차 통합누리집 수소충전소 위치정보(<https://www.ev.or.kr/h2monitor>, 최종 접속일 : 2021.4.5.)내 56개 수소충전소(57개 수소충전기)의 수소충전가격을 단순평균(8,342원/kg) 하여 추정함.

2) 오피넷 (<https://www.opinet.co.kr/user/main/mainView.do>, 최종접속일 : 2021.7.19.)

3) 산업통상자원부(2020), 수소저장용량(32kg)과 1회 충전시 운행거리(약400km)를 기준으로 저자 추정

4) 한국경제신문(<https://www.hankyung.com/news/article/2016030739841>, 최종 접속일 : 2021.08.25)에서 보도된 국토교통부 인용수치(25t급 현대차 엑시언트 연비 3.7km/L) 적용

15) 관계부처 합동(2021), 13p 참조.

앞서 살펴본 차종별 연료경제성 분석결과를 종합해보면 승용(택시) 부문과 달리 버스와 트럭 부문에서는 수소연료를 사용하는 차량의 연료경제성이 아직까지는 확보되지 못한 것으로 나타났다. 또한 승용 부문과 버스에서 전기차가 수소차에 비해 연료경제성이 훨씬 높은 것으로 나타났다. 물론 정부의 기본계획에서는 이미 높은 연료가격의 문제점을 인지하고 기간별로 수소 가격의 하락 목표치를 정해놓았다. 그러나 보급 초기 단계에 있는 수소차 시장의 본격적인 성장을 위해서는 기술개발을 통해 근본적으로 연료경쟁력을 확보하는 것이 매우 중요한 일이라고 하겠다.

또한 수송 부문 수소사용 활성화를 위한 수소의 연료경제성 확보 방안 논의에 반드시 고려되어야 할 부분은 여객운수용 버스 및 택시, 그리고 사업용 화물차에 지급되고 있는 유가보조금이다. 유가보조금은 2001년 에너지 세제개편 이후에 증가되는 유류세를 환급해주는 것으로 현재의 유류세에서 2001년 당시의 유류세를 제외하여 산정한다. 이렇게 지급되고 있는 유가보조금의 영향까지 포함하면 택시, 버스, 및 트럭부문에 내연기관차의 연료경제성이 더욱 높아지게 될 것이며 수소차의 연료 경쟁력 하락은 보다 자명해질 것이다. 정부는 사업용 수소차의 보급확산을 위해 여객자동차 유가보조금 지급지침을 개정하여 2022년부터 수소 버스에 대한 유가보조금을 지급하고 2023년부터는 현재 유가보조금 대상에 포함되지 않는 택시와 화물차까지 확대할 계획이다(국토교통부, 2020)¹⁶).

16) 수소버스에 대한 연료보조금의 수준은 약 3,500원/kg으로 예상되며 택시와 화물차는 시범운영 결과를 바탕으로 단가를 산정할 계획(국토교통부, 2020.7.15.보도자료).

3. 수소충전소 현황 및 개선사항

친환경차인 수소차와 전기차 보급 관련 개선사항으로 가장 많이 지적되는 것은 충전인프라와 충전시간이다. 정부는 수소충전소를 2022년 310기에서 2025년 450기, 2030년 660기, 그리고 2040년에는 1,200기(개소)를 보급·확충하는 것으로 계획하고 있다¹⁷⁾. 보급초기에는 수소충전소의 건설·운영비에 대한 보조금 제공, 입지조건 규제완화, 관련 기술의 R&D 투자 등을 통해 정부 주도로 초기시장을 창출하되 중장기적으로는 다양한 비즈니스 모델 개발을 통해 민간중심의 지속가능한 시장자율형 수소 모빌리티 인프라를 확대해 나갈 계획이다. 그러나 2021년 7월 기준 현재 전국에 민간이 사용 가능한 수소충전소는 약 60여 곳에 불과해¹⁸⁾ 정부 보급목표에 크게 못 미치는 상황이다.

수소충전소 보급 지연의 주요 원인은 수소충전소가 위험시설이라는 인식으로 인한 지역 주민들과의 갈등인 것으로 나타났다. 정부의 금융 및 기술 지원에 힘입어 많은 사업자가 수소충전소 건설을 추진하고 있지만 건설예정부지 주민들의 민원으로 자치구차원에서 보류되거나 폐기된 계획이 많은 상황이다¹⁹⁾. 최근 정부가 수소충전소 구축에 속도를 내기 위해 「대기환경보전법 시행령」을 개정(2021.6.31.)하여 충전소 인허가권을 기존의 지역단체장에서 환경부장관으로 일원화하였으나 지역 주민과의 수용성 문제는 여전히 해결해야 할 과제로 남아 있다.

17) 관계부처 합동(2019, p25), (2020b, p5), (2021, p26) 참조.

18) 저공해차 통합누리집 수소충전소 위치정보(<https://www.ev.or.kr/h2monitor>, 최종접속일: 2021. 7. 15.)

19) “인허가 간소화... 도심 수소충전소 건립 갈등 더 꼬이나?” (부산일보, 2021.07.06., <http://www.busan.com/view/busan/view.php?code=20210706192220326844> 최종접속일: 2021.08.25.)

수소충전소 보급을 위한 여러 장애요인을 차치하고 정부의 충전소 보급목표수치(2040년 1,200기)가 수소차량의 보급 목표(2040년 누적 기준 290만대)를 뒷받침하기에 충분한지에 대한 검토도 필요하다. 그러나 차량보급 대비 적정 충전설비에 대한 추정이 상당히 어려운 작업이기 때문에 본 연구에서는 휘발류 주요소의 개수를 기준으로 간단하게 충전소 보급 목표수치에 대한 시사점을 발굴하려 한다.

2020년 12월 말 기준으로 전국의 주유소는 약 11,400개²⁰⁾로 집계되고 있다. 주유소의 평균 주유기 보유대수에 대해서는 정확한 통계를 알기 어려우나 약 12개 정도 주유기를 평균적으로 보유한다고 가정하면 136,800기의 주유기가 있다고 볼 수 있다. 2020년 말 기준 전체 자동차 등록대수를 약 2,400만대²¹⁾로 가정하면 1개의 주유기 당 약 178대 정도가 사용한다고 아주 단순하게나마 추산할 수 있을 것이다. 동일한 방법으로 2040년 국내 보급 목표인 수소차량 290만대, 수소충전기 1,200기를 기준으로 단순 추산해 보면 각 수소충전소 당 현재와 같이 1기의 충전기를 보유하고 있을 경우 충전기 당 약 241대의 차량이 사용해야 한다. 수소 1회 충전 시간이 석유제품 충전시간에 비해 오랜 시간이 필요한 것으로 생각해보면 현재 충전소 보급목표는 다소 적은 수준으로 생각지만 많고 적음의 기준은 연구자별로 상이하기 때문에 쉽게 결론지을 수는 없다. 다만 상기분석에서 생각해 볼 수 있는 시사점은 현재의 충전소 건설 목표가 달성된다고 하더라도 실제 운영 시에 충분한 보급량인지는 검토해 볼 필요성이 존재한다는 것이다.

20) 공공데이터포털(<https://www.data.go.kr/data/15038480/fileData.do>, 최종접속일: 2021.07.05.)

21) 국토교통 통계누리, 자동차등록현황보고 내 2020년 12월 자동차 등록자료 통계(엑셀 자료) 참조 (최종접속일 : 2021.7.19.)

4. 수소차의 친환경성

4.1. 수소 생산 방식

2040년까지 약 290만대의 수소차를 보급하고자 하는 정부의 목표는 무엇보다 원활한 수소 공급을 전제로 하고 있다. 현재 수소생산 및 공급방식은 크게 부생수소, 추출수소, 수전해수소, 그리고 해외수입으로 나눌 수 있다. <표 2-8>은 관계부처 합동(2019)에 따른 주요 연도별 수소의 공급량과 수소 생산 방식별 비중을 정리한 것이다.

<표 2-8>을 상세히 살펴보면 2018년 공급된 수소의 99%는 추출수소이며 1%만 부생수소다. 부생수소는 실제로 대부분 산업공정에 재투입되며 자체 소비되는 것으로 실제 외부로 공급할 수 있는 여유생산능력은 2017년 기준 약 5만 톤 정도로 이는 수소차 약 25만대에 필요한 수소량이다. 장기적으로는 자체소비 이외에 외부 유통량(약23만 톤)까지 추가적으로 활용 가능할 것으로 전망되고 있다. 그러나 부생수소의 전체 생산가능량이 약 28만 톤이라고 가정하면 2040년 526만 톤의 약 5% 수준으로 여전히 낮은 비중으로 볼 수 있다. 또한 부생수소는 석유화학 공정의 가동률과 연계되기 때문에 석유화학 산업의 향후 업황 전망에 따라 변동성이 크다²²⁾.

22) 부생수소에 대한 설명은 관계부처 합동(2019) p40의 내용을 기초로 저자 재구성함

〈표 2-8〉 수소생산구성 및 공급목표

년도	2018	2022	2030	2040
공급량 (수요량)	13만톤/년	47만톤/년	194만톤/년	526만톤/년
공급방식	①부생수소(1%) ②추출수소(99%)	①부생수소 ②추출수소 ③수전해	①부생수소 ②추출수소 ③수전해 ④ 해외생산(50%)	①부생수소 ②추출수소 ③수전해 ④ 해외생산(30%)
수소가격	정책가격	6,000원/kg	4,000원/kg	3,000원/kg

자료: 관계부처 합동(2019) p17.

<표 2-8>에 의하면 해외에서 생산된 그린수소를 수입하는 개념인 해외 수소는 2030년 전체 공급량의 50%, 그리고 2040년에는 전체공급량의 30% 비중을 차지하는 것으로 계획하고 있다. 유동현·정준환(2019)에 따르면 일본 역시 수소공급의 일부분을 해외수입으로 해결하려고 하고 있으며 호주, 브루나이 등의 국가에서 생산된 수소를 수입하는 계획을 가지고 있다. 또한 호주의 지방정부는 대부분 수소를 수출산업으로 육성하려는 계획을 가지고 있는 것으로 조사되었다. 각국의 수입 수요로 인해 장기적으로 국제 수소시장이 형성될 것으로 예상이 되지만 우리나라가 필요한 만큼의 수소를 안정적이면서도 적절한 가격에 국내에 공급할 수 있을지에 대해서는 불확실성이 매우 높다. 또한 에너지 자급률이 18%로 OECD 국가 중 33번째로 낮은 수준인 국내 실정을 고려할 때²³⁾ 해외수입의 의존도를 가능하면 낮출 수 있는 방안을 고려하는 것이 보다 적절한 접근방식일 것이다.

추출 수소는 그레이(Grey)수소와 블루(Blue) 수소로 다시 구분될 수 있다²⁴⁾. 먼저 그레이 수소는 천연가스와 같은 화석연료로부터 수소를

23) 관계부처 합동(2019), p3 참조

추출하는 방식으로 수소 생산 측면에서는 대량의 수소 공급이 가능하게 하는 방식이지만 근본적으로 화석에너지를 원료로 사용하는 만큼 생산과정에서 온실가스가 대량 방출된다. 다수의 연구에서 추출수소 생산에 따른 이산화탄소 발생량이 추정되고 있는데 그 수치는 연구별로 다소 상이하다. 조정호 외(2019)에서는 천연가스 조성에 따라 수소 1kg 생산 당 약 8.4~8.8kg의 이산화탄소가 발생한다고 추정하였으나 한자령 외 (2018)에서는 천연가스 개질을 통한 수소 1kg 생산 시 11.39kg의 이산화탄소가 발생하는 것으로 추정되었다. 또한 기타 다수의 연구에서 서로 다른 배출수치를 보고하고 있는 실정이다.²⁵⁾ 간략하게 요약하면 개질수소 1kg 생산 시 발생하는 이산화탄소는 천연가스의 조성구성과 수소추출기의 성능 등 주요 조건이 영향을 미치며 현재 연구결과로는 약 8.4kg~11.4kg 사이의 이산화탄소가 배출되는 것으로 보인다.

본 연구에서는 추출(그레이)수소의 경우 수소 1톤 생산 시 약 10톤 정도의 이산화탄소가 발생하는 것으로 가정하였다²⁶⁾. 따라서 추출(그레이)수소의 사용은 지속적으로 감소해야만 수소경제 활성화의 주요 목적인 친환경 에너지 사용을 달성할 수 있을 것이다. 블루수소는 화석에너지를 이용한 추출 수소 생산 방법을 이용하되 생산 시 발생하는 이산화탄소를 포집 및 저장, 그리고 활용하는 CCUS 기술과 결합된 수

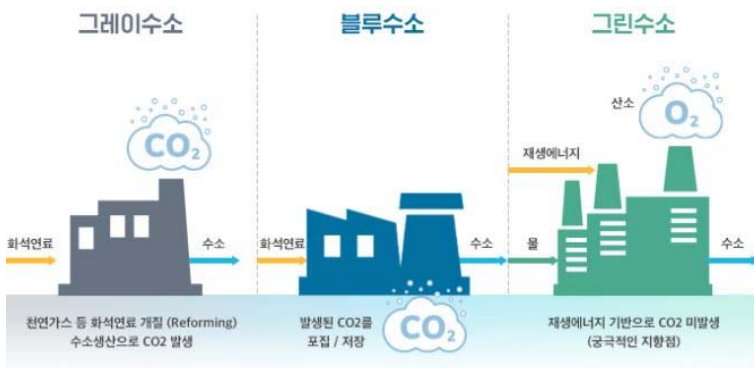
24) 관계부처 합동(2020b), p3 참조

25) 김민환·이태훈(2019)에서는 수소1톤 당 11.02톤의 이산화탄소가 발생하는 것으로 가정하였으며 김재경(2019)에서는 천연가스 수소추출기 효율 등의 조건에 따라 8.6kg 또는 9.8kg의 이산화탄소가 발생하는 것으로 보고함

26) 연구자별로 추출수소의 이산화탄소 배출량 추산치가 다소 넓은 범위를 보이기 때문에 본 연구에서는 2020년 제 1차 수소경제위원회 심의·의결 자료에서 제시된 수치가 추산치 범위의 중간 정도 지점임을 고려하여 분석에 적용하였음. (관계부처 합동(2020b), 3p 참조)

소 생산 방식을 의미한다. 그러나 이미 발생된 이산화탄소의 저장 공간, 활용 방안 등의 모색이 여전히 해결해야 할 문제로 남아 있다.

[그림 2-3] 수소 생산방식별 수소의 색깔



출처: GS칼텍스 미디어허브, ‘탄소사회에서 수소사회로 가는 길목에서’, http://gscaltexmediahub.com/energy/from_carbonsociety_to_hydrogensociety/, (최종 접속일 : 2021.7.16.).

수전해수소는 물을 전기분해하여 수소를 얻는 방식으로 수전해시 사용하는 전력을 태양광 및 풍력 등 신재생에너지의 잉여 발전량²⁷⁾으로 이용하는 경우를 지칭한다. 이럴 경우 수소 생산과정에서 온실가스를 발생시키지 않아 그린(Green)수소(또는 친환경수소)로도 표현된다. 향후 태양광과 풍력발전이 급격히 증가될 것으로 전망되는 만큼 잉여발전량을 이용한 수전해 수소는 전기에너지의 저장수단으로도 중요성이 커질 것으로 기대된다(이태의, 2020).

27) 본 연구에서 지칭하는 잉여전력이란 자연환경을 활용해 발전하는 변동성 전원의 특성상 발전량을 조절할 수 없기 때문에 시간대별로 발생하는 전력수요보다 전체 발전량이 많을 경우 출력제한을 통해 발전량을 계통으로부터 차단시켜야 하는 전력을 의미한다.

<표 2-8>에서 해외생산수소의 비중을 제외하고 부생수소, 추출수소, 수전해수소의 개별 생산 비중과 구체적인 조달방법을 적시하지 못한 점은 현재 국내 수소 공급 정책의 한계점으로도 지적되고 있다(유동현·정준환, 2019).

4.2. 연료별/수송부문별 이산화탄소 배출량 추정

수송부문에서 기존에 활용되던 내연기관차를 수소차 또는 전기차로 전환하려는 가장 큰 목적은 결국 수송부문의 친환경성 확보이기 때문에 향후 어떻게 생산된 수소가 어떻게 공급되는가 하는 문제는 매우 중요하다. 전기차도 사용하는 전기가 대부분 석탄화력으로 생산되었을 경우 궁극적으로는 오히려 내연기관차에 비해 환경오염 물질을 더 배출한다는 연구²⁸⁾도 있다. 그러나 현재 국내 전력발전원별 비중과 향후 전력산업의 재생에너지보급목표를 고려해보면 전기차는 내연기관차에 비해 장기적으로 친환경적이다(박명덕, 2019).

그렇다면 수소차는 내연기관차와의 비교에서는 당연히 더 높은 친환경성을 확보해야 하며 더 나아가 전기차와 유사한 수준이 되어야만 수소차 활용에 대한 당위성을 확보할 수 있을 것이다. 그렇지 않을 경우 차량구매, 충전소 설치 등에 투입되고 있는 정부의 보조금에 대해서 지속적으로 의문점이 제기될 것이기 때문이다.

<표 2-9>는 연료별로 단위당 생산·소비 시 발생하는 이산화탄소량을 추정한 것이다. 수소의 경우 천연가스를 이용한 추출수소를 기준으로 계산하였으며²⁹⁾, 전기의 경우 2020년 발전원별 구성 실적치를 이용

28) IEA(2019), 박명덕(2019) 재인용

29) 현재 수소차량에 사용되는 수소는 대부분 부생수소로 알려지고 있음(현대자동차 홈페이지, 수소전기차에 사용되는 수소에너지(<https://www.hyundai.co.kr/TechInnovati>

하여 1kWh 를 생산할 경우 발생하는 이산화탄소의 양을 계산하였다. 석유제품의 경우 소비(연소) 시 발생하는 이산화탄소량을 의미한다.

<표 2-9> 2020년 기준 연료별 이산화탄소 배출량 추정

구분	단위	이산화탄소 배출량	기초자료
추출수소 (그레이수소)	1kg	10kg	수소차·수소충전소 추진성과 및 향후 계획 ¹⁾
전기	1kWh	0.42kg ³⁾	한국전력공사 전력통계월보(2021.01) ²⁾
휘발유	1L	2.17kg	온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침 [별표 12] 기준
경유	1L	2.57kg	
LPG ⁴⁾	1L	1.76kg	

주 1) 관계부처 합동(2020b), p3

2) 2020년 석탄 및 LNG발전량 비중은 한국전력(2021) p40을 기준으로 추정 . 기타 유류 등은 발전비중이 낮은 관계로 석탄과 LNG만 반영함

3) 발전원별 온실가스 배출계수, 석탄 = 0.88kg/kWh, LNG=0.38kg/kWh 적용

4) LPG는 1kg = 0.584L로 변환

<표 2-10>는 앞서 정리한 수송수단별 연비와 연료의 생산·소비 시 배출되는 이산화탄소 배출량을 기준으로 단위거리 당 부문별 연료별 이산화탄소 배출량을 추정한 것이다. 추출 수소를 사용 승용차량의 경우 이산화탄소 배출량이 104.2g/km로 76.5g/km인 전기차에 비해서는 많은 배출량을 보였지만 184.9~203.8g/km에 이르는 내연기관 차량의 배출량에 비해서는 훨씬 친환경적임이 나타났다. 버스의 경우 전기차

on/Fcev/Hydrogenenergy.hub, 최종접속일 2021.08.01)), “부생수소에 주목한다.”(<https://www.h2news.kr/mobile/article.html?no=8340>, 월간수소경제, 2020.07.02.) 참조. 그러나 관계부처 합동(2019, p14)에서 언급하였듯이 석유화학단지(울산, 여수, 대산)의 공정전환 없이는 추가 공급 어려울 것으로 전망되는 만큼 향후 수소차 공급이 늘어날수록 추출수소 사용량이 증가할 것으로 판단됨. 따라서 본 보고서에서는 추출수소를 중심으로 환경성을 분석하였음.

량의 배출량이 334.7g/km인데 비해 수소버스는 717.1g/km로 환경성이 낮지만 경유버스(1,034.8g/km)에 비해서는 환경성이 크게 개선될 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 대형트럭의 경우에는 낮은 연비로 인해 수소트럭이 800g/km의 이산화탄소를 배출하여 696.4g/km인 경유 트럭의 경우보다 오히려 더 많은 이산화탄소를 배출하는 것으로 나타났다³⁰⁾. 단순하게 가정하여 친환경수소와 추출수소가 50%씩 혼합되어 수송부문에 공급될 경우(수소1kg 당 5kg의 이산화탄소 배출 가정)를 가정해보면 승용과 버스부문은 현재 전기차량과 유사한 수준의 환경성을 보이며 트럭부문은 경유차에 비해 매우 높은 친환경성을 확보하는 것을 알 수 있다.

본 비교 결과는 향후 수소 공급이 추출수소에 의존한다면 정부가 목표하고 있는 수소차량의 보급 목표가 달성된다 하더라도 온실가스 감축효과는 제한적일 수 있다는 것을 의미하며 또한 친환경수소 생산의 중요성을 동시에 보여주기도 한다. 정부도 이러한 점을 인지하여 추출수소의 비중을 지속적으로 낮추어 갈 계획이지만 현재 공개된 수소 공급 계획상에는 추출수소가 어느 수준까지 감소할지 명확하게 구분되어 있지 않다. 가능하다면 추출수소의 공급을 최소화 하여 내연기관차를 넘어 전기차에 비해서도 친환경성을 갖출 수 있는 경쟁력을 확보해야만 수송부문 수소사용 활성화가 의미를 가질 수 있을 것이다.

30) 본 연구에서 단위당 이산화탄소 배출량을 추정할 목적은 추출수소와 타 연료간의 환경성 비교가 주요목적으로서 주행거리에 따른 이산화탄소 배출의 절대량을 정확히 추정하기 위한 목적은 아님.

〈표 2-10〉 단위거리(km) 당 수송부문별 연료별 이산화탄소 배출량 추정

(단위: g/km)

년도	수소		전기	휘발유	경유	LPG
	추출100%	추출 50%				
승용	106.6	53.3	76.5	184.9	203.8	196.6
버스	717.1	358.5	334.1	-	1,034.8	-
트럭	800.0	400.0	-	-	696.4	-

자료: 저자 추정

5. 소결 및 제언

본 장에서의 수소차량의 기술·보급 환경을 분석한 후 개선이 필요한 주요 이슈는 크게 4가지로 정리될 수 있다.

첫 번째는 수소 자동차 제품 자체에 대한 개선사항이다. 수소자동차는 충전 1회당 주행거리는 기술적 수준이 상당부분 달성되어 있으나 총주행거리, 내구성 등에 있어서는 내연기관차와 비교할 때 경쟁력이 다소 부족한 것으로 나타났다. 다만 수소자동차는 산업초기 단계이고 내구성 자체에 대한 기술적 개선은 정부가 정책적 목표를 두고 추진하고 있어 조기에 내연기관차량과의 경쟁이 가능한 수준이 달성될 것으로 예상할 수 있다.

두 번째는 수소라는 에너지를 수송부문 최종소비자에게 전달하는 접점인 충전소 부족의 문제이다. 친환경자동차의 보급초기라는 점에서 이는 수소뿐만 아니라 전기를 사용하는 차량에서 발생하는 공통된 개선사항이다. 적정 충전설비 및 민간 투자, 기술력 확보 및 지역의 수용 개선 등 향후 해결해야 될 문제가 많은 것이 사실이며 장기목표를 가지고 지속적으로 투자해야만 개선되는 문제라고 판단된다.

세 번째는 수소차량을 구입하려는 소비자에게 가장 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 연료의 경제성이다. 차종별로 볼 때 승용부문은 전기차를 제외하면 내연기관과 유사하거나 더 좋은 연료경제성을 보이는 것으로 추산되었다. 전기차보다 현재 수소승용차의 연료 경제성이 다소 낮은 것으로 보이나 충전시간, 충전 1회 당 주행거리 등 친환경차 구매를 고민하는 소비자에게 만족감을 줄 수 있는 수소자동차만의 장점도 존재하기 때문에 굳이 전기차와 수소차 간에는 연비경제성만을 단순 비교하는 것은 큰 의미가 없는 것으로 생각된다. 그러나 트럭 및 버스 등 상용부문은 내연기관차에 비해 여전히 낮은 연료경제성을 보이는 것으로 추정되었다. 제4차 친환경자동차 기본계획에서 수소 버스와 수소 트럭에 대한 연료보조금 신설을 계획한 것도 이와 같은 이유 때문일 것으로 추측해 볼 수 있다.

수소연료에 대한 보조금 정책은 여객 및 화물운송 차량에 지급되고 있는 유가보조금 정책의 변화까지 함께 고려되어 수립해야 할 필요가 있다. 또한 수송부문 수소 관련 사업자의 기술 개발 및 혁신을 촉진하기 위해서는 연료보조금의 연도별 감소 속도 및 일몰 시기까지도 고려하여야 한다. 이 경우 수소차를 구매하는 소비자와 개발하는 사업자 모두에게 가격신호를 전달할 수 있어 보다 효율적으로 수소사용 활성화를 촉진하게 될 것이기 때문이다.

마지막으로는 공급되는 수소의 생산방식에 따른 친환경성이다. 근본적으로 수소와 이를 연료로 사용하는 육상운송 수단의 보급목적은 석유 제품을 사용하는 내연기관차를 대체하여 대기환경 개선과 기후변화에 대응하기 위함이다. 그러나 앞서 추산해 본 것과 같이 추출수소를 사용할 경우 전기에 비해 이산화탄소 배출량이 높은 것으로 나타났으며 트

력의 경우에는 경유 차량에 비해 오히려 높은 것으로 추산되었다³¹⁾.

향후 해외수입수소와 수전해수소의 비중이 증가함에 따라 수소자동차의 친환경성은 개선될 것이다. 그러나 해외수입에 대한 명확한 대상 및 방안에 대한 논의가 아직 부족하며 에너지안보 측면에서 해외수입을 최소화하는 것도 필요하다. 따라서 수전해 수소생산의 가능성을 검토해 보고 수소자동차의 친환경성 확보를 위한 적정 비중은 어느 정도인지 가늠해 보는 작업도 필요할 것이다.

본 연구에서는 앞서 제시한 수송부문 수소사용 활성화를 위한 4가지 개선사항 중 수송연료(에너지)와 관련도가 높은 연료경제성과 친환경 수소공급을 위한 개선방안에 대해 논의하고자 한다. 수소차량 제품 성능 향상과 수소 충전소 확대의 문제는 추후 후속연구를 통해 논의할 수 있을 것으로 기대한다.

31) 연료 사용에 따라 배출되는 대기오염물질은 이산화탄소 이외에도 질소산화물, 황산화물 등이 있으나 논의전개의 단순화를 위해 이산화탄소 배출량을 중심으로 분석하였음

제3장 수소차의 연료경제성 제고방안

1. 여객 및 화물운송 차량 유가보조금 제도

1.1. 수소 연료의 경제성 확보를 위한 지원 대상 차종

수소를 연료로 사용하는 차종 중 현재 기술로 연료경제성을 확보한 차종은 일반 승용부분으로 판단된다. 현재 기준으로 전기자동차와의 연비 경제성 비교에서는 다소 연료경제성이 낮은 것으로 보이지만 앞서 언급하였듯이 수소차는 상대적으로 긴 주행거리, 짧은 충전시간과 같은 다른 요인에서 전기자동차에 비해 소비자의 사용편리성을 제공하고 있다. 따라서 승용부문에서 수소차와 전기차를 포함한 타 연료를 사용하는 차량과의 경쟁은 연료경제성 이외에도 사용의 편리성과 같은 요인들이 주요 고려 요소로 작용할 것으로 판단된다.

수소가격이 2030년 4,000원/kg 까지 감소하고(<표 2-8> 참조) 수소 승용차의 연비가 현재보다 약 13%(93.8km/kg → 106km/kg³²)상승한다고 가정하면 수소승용차의 연료경제성은 화석연료를 사용하는 차량과 비교할 수 있는 경쟁력 수준을 보일 것으로 예상된다. 결국 일반승용차 부문에서 수소차량의 활발한 보급은 차량 자체 성능과 사용편리성의 개선에 달려 있다고 할 것이다. 정부에서도 이를 인지하고 개선하기 위해 노력하고 있기 때문에 장기적으로는 시장에서 소비자의 선택으로 보급이 진행될 것으로 보인다.

그러나 대형화물차와 버스에서는 아직 수소차량이 연료경제성을 확

32) <표 2-4> 및 <표 2-5> 참조

보하지 못했으며 앞선 분석에서 반영되지 않았던 유가보조금의 영향까지 고려한다면 수소차량의 연료경제성 확보를 위한 정책적 수단은 승용부문에 비해 버스, 화물 등 상용차 부문에 보다 필요한 것으로 판단할 수 있다. 또한 대형화물차와 버스부문에서 수소차는 전기차에 비해서 여러 가지 장점을 가지고 있다고 판단된다. 먼저 수소는 에너지 밀도가 높아 전기차에 비해 더 긴 주행거리를 가질 수 있다는 것이다³³⁾. 이는 매일 많은 주행거리를 운행하는 상용차에 적합한 특성이다. 또 다른 특징은 수소차가 전기차에 비해 차체중량이 가볍고 적재할 수 있는 화물량이 많다³⁴⁾는 점이다. 이런 점에서 대형화물차 및 버스 등 상용차 부문에서는 향후 수소차의 역할이 굉장히 중요할 것으로 보인다. 따라서 상용부문에서 더욱 적극적으로 수소차량이 보급될 수 있도록 정책적 지원이 필요한 것으로 판단된다.

이런 이유로 본 장에서는 일반승용차 부문을 제외하고 버스와 화물차 그리고 택시에 적용되고 있는 유가보조금제도에 대한 개선을 통한 수소차의 연료경제성을 확보, 그리고 이를 통한 수송부문 수소사용의 활성화를 촉진 시킬 수 있는 정책적 개선점을 제시하려고 한다.

1.2. 유가보조금 제도 현황

여객 및 화물운송에 적용되는 유가보조금 제도는 경유 및 LPG 연료에 부과되고 있는 유류세를 보조해 주는 것은 설명할 수 있다. 유류세의 보조를 간단하게 설명하면 2001년에 부과되었던 유류세를 기준으

33) “효율 뛰어난 수소차, 전기차와 쓰임새 달라” (파이낸셜뉴스, 2021.01.26., <https://www.fnnews.com/news/202101261816151051>, 최종접속일:2021.07.26.)

34) 관계부처 합동(2021) p13에서는 40톤 트럭이 800km를 운행할 경우 수소차와 전기차의 적재가능 무게는 각각 34톤과 24톤으로 제시함

로 이후 유류세가 인상되었을 경우 인상분을 보조해 주는 것을 의미한다³⁵⁾³⁶⁾. 앞서 분석된 경쟁차종 대비 수소차의 연료경제성은 승용부문을 제외한 택시, 트럭, 버스의 경우 유가보조금을 고려하여 분석할 경우에 보다 정확하게 현실을 반영하였다고 할 수 있다.

<표 3-1> 유종별 세제 및 유가보조금 현황

구분	세목	경유(원/L)	부탄(원/kg)
유류세	교통에너지환경세	375	-
	개별소비세	-	275
	교육세	56.25	41.25
	주행세	97.5	
	판매부과금	-	62.3
	소계	528.75	378.5(원/kg) → 221.35원/L
기준 유류세		183.21	23.39원/L
유류세 연동보조금		345.54원/L(화물차) 380.09원/L(일반버스)	197.97원/L(택시)

자료: 관련 법률을 토대로 저자 작성, 이동규 외(2018a) p23 <표 2-1> 참조

<표 3-1>은 연료별 대상차종별로 부과되고 있는 유류세와 이에 따른 유류세 연동 보조금을 정리한 것이다. 경유를 사용하는 화물차와 일반버스는 유류세 세목과 2001년 6월 기준 부과되었던 유류세(183.21

35) 유류세 연동 보조금이라고도 하며 월별 지급한도량이 존재한다. (화물자동차 유가보조금 관리규정 참조)

36) 본 연구에서는 여객 및 화물차량이 월 지급한도량을 넘어서 유류를 소비하지 않는다고 가정하였다. 유가보조금에 대한 보다 자세한 내용은 이동규 외(2018a)을 참조하기 바람.

원/L)가 동일하다. 반면 연동보조금은 대상차종별로 약간의 차이를 보이는데 이는 일반버스의 경우 부가가치세까지 환급해주기 때문이다. 자동차용 부탄(LPG)은 현재 유류세에 조세특례제한법에 의한 감면액(23.39원/L)을 제외한 수치를 보조금의 지급단가로 계산한다.

유가보조금은 에너지세제개편으로 경유 및 LPG의 상대가격의 단계적 증가에 따른 가격충격을 완화하기 위한 한시적인 정책적 수단이었으나 매년 연장되어, 화물 및 여객 운송 사업자에게는 한시적 정책이 아닌 영구적인 조치로 인식되고 있다(이동규 외, 2018a).

본 연구에서 언급하는 유가보조금 개편에 대한 논의는 결코 새로운 것이 아니며 이미 과거부터 지속되어온 오래된 주제이다³⁷⁾. 주로 언급되는 유가보조금제도 개편의 필요성은 교정세로서의 수송연료 부문 세제개편의 효과를 약화시킬 수 있다는 점이다. 최근 에너지에 대한 제세부담금의 조정은 각 제품별로 발생시키는 대기오염물질로 인한 외부불경제 효과를 반영하는 추세인데³⁸⁾ 유가보조금은 세율조정과 관계없이 법 또는 지침으로 규정된 유류세를 납부하는 형태이기 때문에 세율변화를 통한 수요교정 효과가 거의 발생되지 않을 수 있다.

따라서 수소연료에 대한 보조금은 내연기관 여객 및 화물 자동차 운행 시 보조되는 유가보조금 정책의 변경까지 고려하여 수소의 연료경제성을 평가하고 결정해야만 실제 운행하는 운전자에게는 수소차를 구매할 경제적 요인을 제공할 수 있을 것이다. 다만 보조금의 지급은 기술혁신, 운영효율화, 비용감소 등을 통해 부족한 경제성을 확보하려는

37) 유가보조금제도의 개선은 이동규 외(2018a), 한진석(2020) 등 여러 선행연구를 통해 논의되고 있음

38) 전력생산의 원료인 유연탄과 LNG에 대한 제세부담금 조정은 추정된 환경비용에 기초하여 진행되었음. 이동규 외(2018b), 기획재정부(2018) p65 참조.

노력을 감소시키는 부작용이 있을 수 있다. 따라서 적절한 보조금의 지급과 일몰에 대한 논의는 매우 중요하다고 할 수 있을 것이다.

2. 유가보조금을 고려한 수소차의 연료경제성 분석

2.1. 수소차와 전기차의 연료경제성 비교

수소를 연료로 사용하는 자동차는 석유제품을 사용하는 내연기관차 그리고 전기를 사용하는 전기자동차와 시장에서 경쟁한다. 전기자동차의 연료경제성은 앞서 급속충전(255.7원/kWh)을 기준으로 분석하였을 경우에도 승용(택시), 버스 부문에서 가장 좋은 것으로 나타났다. 만약 전기자동차가 계시별 요금제로 충전을 할 경우에는 야간 시간대 기준으로 약 50~60원/kWh 수준으로 전기를 충전할 수 있게 된다. 전기자동차와 수소자동차의 소비자 선택은 단순히 연료경제성만을 고려하면 전기자동차가 우세하겠지만 장거리운행, 짧은 충전시간 등 기타요소들을 고려하면 선호도에 따라 수소자동차를 선택하는 소비자도 많이 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 장에서 분석하는 연료경제성 분석에서 수소와 전기의 비교는 제외하기로 결정하였다.

2.2. 수소 및 경유버스의 연료경제성 분석

버스의 통계를 구분해보면 먼저 노선을 정해 운행하고 있는 시내·외 버스와 출·퇴근 및 관광 승객을 운송하는 전세버스로 나눌 수 있다. 연료별로 구분된 정확한 버스통계를 찾는 것은 현재로서는 다소 어려운 작업이나 먼저 국토교통부 통계누리의 자동차 등록현황에서 집계된 버스의 대수는 <표 3-2>에 정리하였다.

〈표 3-2〉 2020년 기준 버스 등록대수

(단위: 대)

연료	시내버스	시외버스	전세버스	총계
대수	42,182	24,283	40,287	106,752

자료: 국토교통 통계누리, 자동차등록현황보고 내 자동차 등록자료 통계(엑셀자료) 2020년 12월 기준

다음으로는 국토교통부의 자동차 등록자료 통계에서 제공되고 있는 연료별 사업용 승합차의 통계를 <표 3-3>에 정리하였다. 연료별로 사업용 승합차의 구분을 살펴보면 CNG 및 CNG-하이브리드 차량이 각각 29,720대와 325대였고 경유차가 87,210대 전기차와 수소차는 각각 1,709대와 70대였다. 반면에 경유차는 87,210대로 사업용 버스 중 가장 높은 비중을 보이고 있는 것을 알 수 있다.

〈표 3-3〉 2020년 기준 연료별 사업용 승합차 등록대수

(단위: 대)

연료	휘발유	경유	CNG (하이브리드)	전기	수소	LPG	총계
대수	88	87,210	29,720 (325)	1,709	70	1,226	120,400

자료: 국토교통 통계누리, 자동차등록현황보고 내 자동차 등록자료 통계(엑셀자료) 2020년 12월 기준

CNG, 전기, 및 수소를 사용하는 버스는 전국을 연결하는 고속버스나 도시간을 연결하는 시외버스보다는 대부분 대도시 내에서 운행하는 시내버스(수도권은 서울과 경기도를 연결하는 광역버스)로 가정할 수 있을 것이다. 이런 가정을 토대로 전국 시내버스의 연료별 대수는 다음의 <표 3-4> 과 같이 추정이 가능하다.

〈표 3-4〉 연료별 시내버스 대수 추정

(단위: 대)

연료	CNG	CNG-하이브리드	전기+수소	기타	총계
대수	29,720	325	1,779	10,358	42,182

자료: 국토교통 통계누리, 자동차등록현황보고 내 자동차 등록자료 통계(엑셀자료) 2020년 12월 기준, 저자 추정 및 재구성

<표 3-4>에서 제시된 기타 차량의 대수(10,358대)는 전국 시내버스 총 대수에 CNG와 전기·수소버스의 대수를 차감한 나머지로써 대부분 경유 차량이라고 추정할 수 있을 것이나 추정치의 정확도를 확신하기는 어렵다. 추정치의 정확성을 살피기 위해 다른 기초자료를 찾아본 결과 전국의 시내버스 중 CNG 버스는 약 26,000천대, 경유버스는 7,000대, 친환경버스 약 1,000대 수준이며 출퇴근 및 관광여객을 수송하는 전세버스의 경우에는 약 37,000대 수준의 경유버스가 현재 운행 중인 것으로 조사되었다.³⁹⁾ 전세버스가 대부분 경우를 사용한다고 가정할 경우 국의 시내버스 중 경유를 사용하는 차량과 전세버스의 수를 합하면 4만3천대로 2040년 수소버스의 보급목표인 4만대와 유사한 수준임을 알 수 있다.

상기 추정을 바탕으로 본 연구에서는 수소버스의 잠재적 대체 대상 차량으로 CNG보다 경유를 사용하는 일반버스와 전세버스를 중심으로 보급 정책이 설계되어야 할 필요가 있다고 판단하였다. CNG를 연료로 사용하는 버스 역시 탄소중립이라는 목표를 달성하기 위해서는 결국

39) 가스신문(2020), “전국 경유버스 4만5천대 운행...대기오염·미세먼지 유발 주범”, (<http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=93658>, 최종 접속일 : 2020.7.19.).

전기 또는 수소로 연료를 전환해야 하겠지만 우선순서를 둔다면 대기 환경을 기준으로 친환경성을 고려⁴⁰⁾하여 경유버스가 먼저 전환되는 것이 적절하다고 생각된다.

<표 3-5>는 2020년 경유가격을 기준으로 유가보조금을 포함한 경유버스의 연료경제성과 유사해지는 수소연료의 보조금 수준을 추정한 것이다. 수소 1kg당 약 3,850원 수준의 보조금이 지급될 경우에 유가보조금을 반영한 경유버스 연료경제성과 유사한 수준이 되는 것으로 추정되었다⁴¹⁾.

〈표 3-5〉 버스용 수소 적정 보조금 수준 추정

(단위: g/km)

년도	수소		경유	
	판매가	보조금 지급	판매가	보조금 제외
연료가격	8,400	4,534	1,190	810
연비	13.9	13.9	2.49	2.49
km 당 비용(원)	602.4	325.1	477.8	325.1

주: 수소연료보조금은 3,866원/kg, 경유 유가보조금은 380.09원/L 적용

자료: 저자 작성

그러나 수소연료 보조금의 지급은 보조금이라는 측면에서는 유가보조금과 크게 다르지 않다. 영원히 지속될 수는 없으며 수소차량 보급의 활성화라는 보조금의 목적을 다하면 폐지되어야 하는 한시적인 정책이 되어야 한다. 또한 앞서 언급한 것처럼 보조금의 수준을 정기적으로 조정하여 사업자의 자발적인 비용 감소 및 사업경쟁력 확보 노력

40) 김종원(2016) 에서는 CNG 하이브리드 버스가 경유버스에 비해 보다 대기오염 배출물질이 적은 것으로 추정하였음

41) 정부의 수소버스의 연료보조금 지원 금액은 3,500원/kg으로 본 연구의 결과와 유사한 수준으로 분석되었음(국토교통부 보도자료, 2020.7.15.).

을 이끌어 내야 한다.

<표 3-6>는 수소연료 보조금이 없다고 가정하고 2021년부터 2030년까지 수소가격의 하락과 유가보조금의 단계별 정상화를 가정하여 수소버스와 경유버스의 연료경제성을 비교한 것이며 [그림 3-1]은 이를 그림으로 표현한 것이다.

<표 3-6> 버스용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교

년도	수소		경유	
	가격(원/kg)	비용(원/km)	가격(원/L)	비용(원/km)
2021	8,400	602.35	810	325.12
2022	7,911	567.30	852	342.08
2023	7,422	532.24	894	359.04
2024	6,933	497.18	937	376.01
2025	6,444	462.12	979	392.97
2026	5,956	427.07	1,021	409.93
2027	5,467	392.01	1,063	426.89
2028	4,978	356.95	1,106	443.85
2029	4,489	321.89	1,148	460.81
2030	4,000	286.84	1,190	477.77

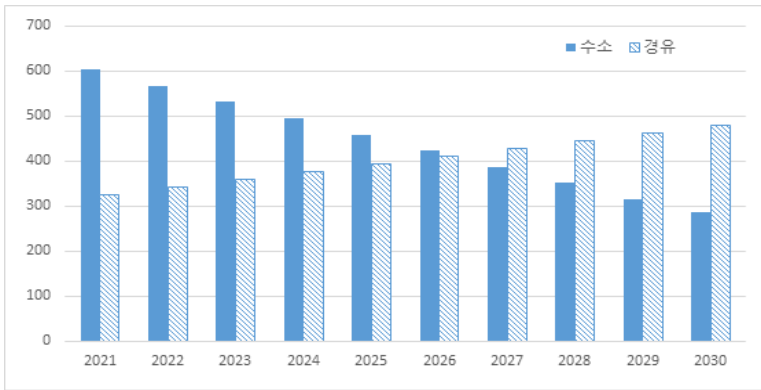
자료: 저자 추정

수소가격의 하락속도는 2030년 수소가격 목표가 4,000원/kg 인 것을 고려하여 현재 수준에서 매년 일정한 속도(약 489원/kg)로 감소한다고 가정하였으며 수소버스와 경유버스의 연비는 각각 현재의 기술 수준(13.9km/kg, 2.49km/L)이 2030년까지 지속된다고 가정하였다. 또한 경유버스에 지급되는 유가보조금은 2021년부터 매년 일정한 간격으로(약

11%, 약 42.2원/L) 감소하여 2030년이 되면 유가보조금 제도가 종료된다고 가정하였다.

[그림 3-1] 버스용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교

(단위: 원/km)



자료: 저자 추정

<표 3-6>의 분석결과는 다음과 같은 두 가지의 의미로 해석될 수 있다. 첫 번째로 버스에 대해서 현행 유가보조금 제도를 변화 없이 동일하게 운영할 경우, 2020년 경유 평균 판매가격을 기준으로 경유버스의 연료경제성은 325.12원/km이다. 수소연료가 일정하게 가격하락을 지속하고 현재의 유가보조금이 변화없이 지속될 경우 2029년 정도가 되어야 수소버스가 경유버스와 연비경제성 부분에서 경쟁력을 갖출 수 있게 된다는 것이다. 이는 반대로 이야기하면 향후 약 8~9년 동안 지속적으로 경유버스의 연료경제성에 경쟁력을 가질 수 있도록 수소버스에 대한 연료보조금이 지급되어야만 수소버스가 계속 보급될 수 있다는 것을 의미한다.

두 번째로는 현행 경유버스에 보조되고 있는 유가보조금을 매년 균등

하게 약 11% 수준의 가격(약 42.2원/L)을 감소시킬 경우 수소연료보조금 없이 수소가격이 일정하게 하락한다는 가정을 적용해 보면 2027년 정도에는 수소버스의 연비경제성이 확보된다는 것이다.

<표 3-7>은 <표 3-6>의 분석결과를 기초로, 유가보조금 제도가 현행 그대로 유지될 경우와 유가보조금을 매년 일정한 간격으로 감소할 경우를 고려하여 수소버스 1대가 운영될 때 발생하는 보조금 규모의 차이를 분석한 것이다. 매년 수소버스와 경유버스와의 연료경제성을 동일하게 만들기 위해 보조금을 지급해야 하는 경우 유가보조금 제도가 현행대로 유지된다는 가정에서는 2028년까지 수소연료보조금이 필요하다. 연간주행거리(약 64,605km)를 적용하면 2021년 수소버스 1대가 보급되어 경유버스에 비해 연료경제성 경쟁력을 확보할 때 까지 약 8천만원 가량의 보조금이 필요하다는 결과가 도출된다.

반면 유가보조금이 점진적으로 감소할 경우 수소연료에 대한 보조금은 2026년까지 지급하게 되어 지급기간이 감소한다. 또한 경유버스에 지급되는 유가보조금도 감소하게 되어 2021년 수소버스 1대 보급에 따른 보조금 지급액⁴²⁾은 약 5,705만원 수준으로 감소한다.

유가보조금 지원 감축 정책을 수소연료보조금 정책과 연계하여 진행될 경우 보다 빠른 시기에 수소버스의 연료경제성 우위를 확보할 수 있을 것이며 결과적으로는 정부의 수소연료보조금 지급단가 역시 매년 감소하게 될 것을 예상할 수 있다. 또한 유가보조금의 감소는 경유버스 사업자에게 정부의 정책방향에 대한 신호 및 연비에 대한 가격신호를 제공하여 수소버스로의 전환을 보다 가까운 미래에 시도할 계기를 마련한다는 측면에서도 큰 의미가 있을 것으로 보인다.

42) 수소연료보조금 지급액 차액에 유가보조금 지급 감소액을 반영한 수치를 의미함

〈표 3-7〉 버스 1대 기준 수소보조금 규모 추정

년도	유가보조금 현행유지			유가보조금 점진적 감소		
	보조금		연간 보조금 (천원)	보조금		연간 보조금 (천원)
	(원/kg)	(원/km)		(원/kg)	(원/km)	
2021	3,866	277	17,911	3,866	277	17,911
2022	3,377	242	15,646	3,141	225	14,550
2023	2,888	207	13,381	2,415	173	11,189
2024	2,399	172	11,116	1,690	121	7,829
2025	1,911	137	8,851	964	69	4,468
2026	1,422	102	6,586	239	17	1,107
2027	933	67	4,321			
2028	444	32	2,056			
총액			79,867			57,053

자료: 저자 추정, 주) 버스 1대의 1일 주행거리는 177km로 적용

2.3. 수소트럭의 연료경제성 분석

<표 3-8>은 유가보조금을 반영하여 트럭부문의 연료경제성을 비교한 것이다. 트럭의 경우는 차량 자체의 연비차이로 인해 2030년 수소 가격 목표수치인 4,000원/kg이 적용될 수 있도록 보조금은 4,400원/kg을 지급하여도 수소트럭의 연료경제성은 경유트럭에 비해 부족한 것으로 계산되었다⁴³⁾. 따라서 트럭의 경우에는 유가보조금을 연간으로 일정하게 감소시키는 정책과 같이 병행할 경우에만 가까운 시일내에 연료경제성을 확보할 수 있을 것으로 보인다.

43) 현재 버스를 제외한 사업용 수소차량(화물차, 택시 등)의 연료보조금은 시범운행 및 기술개발 등을 토대로 2022에 보조금 단가를 산정할 계획임(국토교통부 보도자료, 2020.7.15.).

〈표 3-8〉 트럭용 수소 적정 보조금 수준 추정

(단위: 원/kg, km/kg, km/l)

년도	수소		경유	
	판매가	보조금 포함	판매가	보조금 포함
연료가격	8,400	4,000	1,190	844
연비	12.5	12.5	3.7	3.7
km 당 비용(원)	672	320	322	228

주: 수소연료보조금은 4,400원/kg, 경유 유가보조금은 345.54원/L 적용
 자료: 저자 작성

<표 3-9>는 수소가격이 2030년 목표수준까지 일정하게 감소하면서 수소트럭의 연비 또한 2025년에는 15km/kg으로 증가한다는 정부의 목표를 반영하여 연료경제성을 분석한 것이다. 경유트럭에 지급되는 유가보조금은 앞서 분석과 유사하게 매년 약 11% 수준으로 감소하여 2030년에는 유가보조금 제도가 종료된다고 가정한 것이다.

<표 3-9>의 결과를 보면 수소가격이 일정하게 하락하여 2030년 목표를 달성한다고 가정할 경우, 유가보조금의 연간 개선을 통해 일정 비율로 경유가격이 상승한다면 2029년 정도가 되어야 수소트럭이 경유트럭에 비해 연료경제성이 확보되는 것으로 전망되었다.

따라서 경유트럭의 보급목표 달성을 위해서는 기술혁신을 통한 수소트럭의 제품 경제력(연비) 상승, 유가보조금 정책의 과감한 개선, 수소연료보조금 정책이 동시에 작동해야만 될 것으로 보인다.

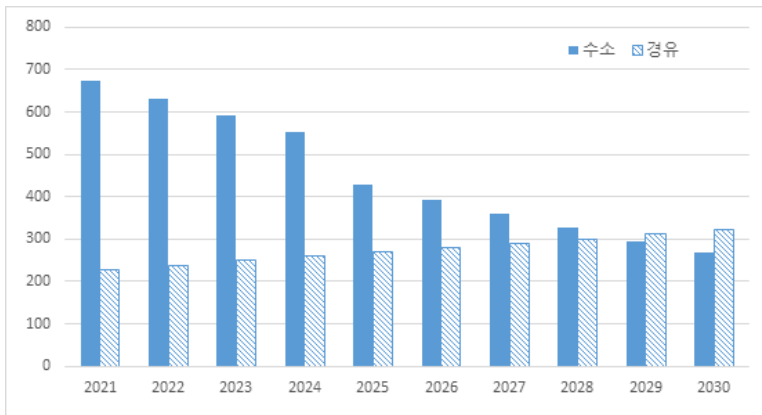
〈표 3-9〉 트럭용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교

년도	수소		경유	
	가격(원/kg)	비용(원/km)	가격(원/L)	비용(원/km)
2021	8,400	672.0	844	228.1
2022	7,911	632.9	883	238.5
2023	7,422	593.8	921	248.9
2024	6,933	554.7	959	259.3
2025	6,444	429.6	998	269.6
2026	5,956	397.0	1,036	280.0
2027	5,467	364.4	1,074	290.4
2028	4,978	331.9	1,113	300.8
2029	4,489	299.3	1,151	311.2
2030	4,000	266.7	1,190	321.5

자료: 저자 추정

[그림 3-2] 트럭용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교

(단위: 원/km)



자료: 저자 추정

2.4. 수소택시의 연료경제성 분석

<표 3-10>는 유가보조금을 반영하여 택시의 연료경제성을 다시 비교한 것이다. 수소택시의 경우 약 2,221원/kg 수준의 연료보조금을 지급할 경우 LPG 택시와 유사한 연료경제성을 확보하는 것으로 계산되었다. 앞서 수행한 분석과 동일하게 유가보조금을 매년 일정한 간격으로 조정할 경우 수소연료가격의 하락을 가정하면 2024년에는 수소택시가 LPG택시에 비해 연료경제성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다⁴⁴⁾. (<표 3-11> 참조)

〈표 3-10〉 택시용 수소 적정 보조금 수준 추정

(단위: 원/kg, km/kg, km/l)

년도	수소		부탄(LPG)	
	판매가	보조금 포함	판매가	보조금 포함
연료가격	8,400	6,179	791	593
연비	93.8	93.8	9.00	9.00
km 당 비용(원)	89.5	65.9	87.9	65.9

주: 수소연료보조금은 2,221원/kg, 부탄 유가보조금은 197.97원/L 적용
자료: 저자 작성

44) 현재 버스를 제외한 사업용 수소차량(화물차, 택시 등)의 연료보조금은 시범운행 및 기술개발 등을 토대로 2022에 보조금 단가를 산정할 계획임(국토교통부 보도자료, 2020.7.15.).

〈표 3-11〉 택시용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교

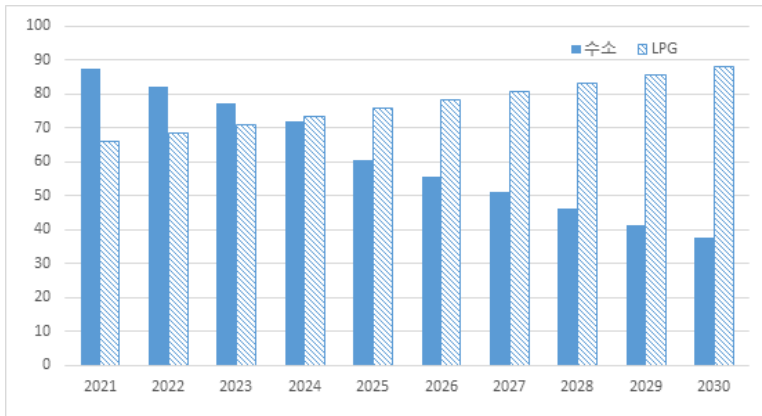
(단위: 원/kg, 원/km)

년도	수소		부탄(LPG)	
	수소가격	비용(원/km)	가격	비용(원/km)
2021	8,400	89.5	593	65.9
2022	7,911	84.3	615	68.3
2023	7,422	79.1	637	70.8
2024	6,933	73.9	659	73.2
2025	6,444	68.7	681	75.6
2026	5,956	63.5	703	78.1
2027	5,467	58.3	725	80.5
2028	4,978	53.1	747	83.0
2029	4,489	47.9	769	85.4
2030	4,000	42.6	791	87.9

자료: 저자 추정

[그림 3-3] 택시용 수소 및 유가 보조금 조정에 따른 경제성 비교

(단위: 원/km)



자료: 저자 추정

3. 소결 및 제언

본 장에는 수소와 경유의 연료보조금을 고려한 경제성 분석을 하였다. 주요 결과를 보면 수소차가 기존의 경유·LPG 차량을 효과적으로 대체하기 위해서는 수소 연료보조금 지급과 기존 내연기관 차량의 유가보조금의 단계적 축소를 병행하는 정책이 필요함을 제시하고 있다. 이미 기존 계획에서 언급되고 있는 수소 연료보조금 정책을 장기간 지속시키는 것은 결코 좋은 정책적 판단이 될 수 없지만 수소경제가 시작단계인 현재 상황을 고려하면 내연기관 자동차와 경쟁할 수 있는 수소연료보조금 단가를 산정하여 지급하는 것은 반드시 필요한 정책으로 판단된다. 그리고 유가보조금의 단계적 축소를 통해 수소자동차의 연료경제성 우위 확보시기를 앞당기고 내연기관 자동차 소비자에게 향후 예상되는 연료의 가격신호를 전달하는 것이 필요하다. 앞서 살펴본 것처럼 내연기관 차량에 대한 유가보조금에 대한 조정 없이 수소연료보조금 정책만으로는 사업용 수소차량이 기존의 내연기관 차량을 대체하기에는 상당히 오랜 시간이 필요할 것으로 보인다.

또한 친환경차 보급 관련해서 최근 자주 언급되고 있는 주제로서 도로교통 부문의 세입과 세출의 불균형에 대한 논의이다(최재성, 2019; 이재현, 2019; 최준욱·이동규, 2017; 조임곤, 2014). 친환경차의 보급초기인 현재에는 친환경 자동차 연료에 유류세(교통에너지환경세, 주행세, 교육세) 부과가 면제되고 있지만 소비자에게 연료에 대한 가격신호 제공이라는 측면에서는 장기적으로 논의되어야 할 부분이기도 하다. 다만 이는 본 연구의 범위를 벗어나는 교통부문 전체의 세제개편을 다루어야 하기 때문에 후속 연구의 주제로 남겨두고자 한다.

제4장 수송부문 그린수소 공급가능성 분석

1. 수송부문 수소사용량 추정

1.1. 친환경 수소의 필요성

수소 그 자체는 친환경 에너지원으로 수소를 최종적으로 사용하는 소비단계에서는 대기오염을 발생시키지 않는다. 그러나 앞서 검토한 바와 같이 수소를 생산하는 과정에서는 그 방식에 따라서 여전히 온실가스를 배출하기도 한다. 이러한 문제는 이미 전기자동차에서 검토되었는데 전기를 동력으로 사용하는 단계에서는 환경적인 오염이 전혀 발생하지 않지만 화석에너지를 사용하여 전기를 생산하는 경우 생산지역에서는 온실가스 및 미세먼지 등의 오염원이 배출된다. 이런 이유로 전기자동차의 친환경성에 대한 논의는 보급 초기부터 있어 왔다. 그러나 향후 태양광 및 풍력과 같은 친환경 발전의 비중이 점점 증가할 것으로 예상되기 때문에 전기자동차의 친환경성에 대한 논의는 점차 감소할 것으로 전망된다.

수소자동차도 전기자동차와 같은 논의의 단계가 진행될 것은 분명한 사실이다. 수소 생산과정에서 친환경성이 확보되지 않을 경우, 수소차 보급의 당위성이 약해질 것이며 결국 수송부문 수소사용 활성화도 달성하기 어려워질 것이다. 결국 전기차와 수소차에 지급되는 다양한 보조금과 지원정책은 친환경적 에너지의 사용이라는 목적 때문이다. 따라서 수소차의 경우, 친환경 수소를 안정적으로 생산·공급하는 것은 수송부문의 수소사용 활성화에 필수적인 요소이다.

본 장에서는 수송부문에 필요한 수소의 소비량을 추정하고 현재 계획되어 있는 수소 공급 방식에 대한 논의를 통해 수송부문에서 보다 원활하게 수소 사용이 활성화 될 수 있는 방안을 찾고자 한다.

1.2. 수소차 연도별 누적 보급량 추정

내연기관 차량의 도태와 신 수소자동차의 미래 공급 예상수치를 전망함에 있어 다양한 학술적인 기법을 사용할 수 있으나 현재 보급초기임을 고려하면 통계적인 전망기법을 적용하기에는 기존 보급자료가 매우 부족하다. 과거 3~5년간의 판매실적을 토대로 미래 약 20년의 전망수치를 추정한다고 하면 추정수치의 정확성을 확보하기는 어렵다고 할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 정부의 관련계획에서 제시된 보급목표(<표 2-2> 참조)를 기준으로 간년도 보급대수는 일정하게 증가한다고 가정하고 연도별 자동차 보급대수를 추정하였다. 택시의 경우에는 2030년 이전의 보급목표를 찾기가 어려워 연구자의 주관적 판단으로 수치를 가정하였다.

<표 4-1>는 연도별로 차종별 수소차 보급대수를 추정한 수치를 정리한 것이다. 본 연구에서 정의하는 보급대수는 판매대수를 의미한다. 즉 2040년까지 정부의 정책목표를 달성하였을 경우 수소차는 290만대가 누적 판매되었다고 보는 것이다. 2020년도 12월 기준으로 보급된 수소차가 약 1만대 수준임을 고려하면 약 20년 후에 290만대를 보급하는 것은 매우 공격적인 목표라고 볼 수 있을 것이다. 그러나 현재 등록된 전체 자동차대수가 약 2,400만대 수준이고 매년 자동차 등록대수가 증가하는 추세인 것을 감안하면 2040년의 290만대 보급목표는 절대적인 수치로 보면 높은 수준의 목표라고 보기에는 무리가 있다. 특

히 탄소중립 달성을 위해서는 보다 적극적인 목표 수립과 달성방안에 대해 논의할 필요가 있다.

〈표 4-1〉 연도별 수소차 누적 보급 대수 추정

(단위: 대)

년도	승용	택시	버스	트럭	합계
2020	10,831	0	75	0	10,906
2022	65,000	100	2,000	0	67,100
2023	110,000	300	2,867	300	113,467
2024	155,000	500	3,733	600	159,833
2025	200,000	1,000	4,600	900	206,500
2026	322,000	2,000	7,680	2,720	334,400
2027	444,000	4,000	10,760	4,540	463,300
2028	566,000	6,000	13,840	6,360	592,200
2029	688,000	8,000	16,920	8,180	721,100
2030	810,000	10,000	20,000	10,000	850,000
2031	1,004,000	17,000	22,000	12,000	1,055,000
2032	1,198,000	24,000	24,000	14,000	1,260,000
2033	1,392,000	31,000	26,000	16,000	1,465,000
2034	1,586,000	38,000	28,000	18,000	1,670,000
2035	1,780,000	45,000	30,000	20,000	1,875,000
2036	1,974,000	52,000	32,000	22,000	2,080,000
2037	2,168,000	59,000	34,000	24,000	2,285,000
2038	2,362,000	66,000	36,000	26,000	2,490,000
2039	2,556,000	73,000	38,000	28,000	2,695,000
2040	2,750,000	80,000	40,000	30,000	2,900,000

주: 저자 작성

1.3. 수소차의 연도별 등록대수 추정

소비자들은 차량을 구매하고 일정기간 운행 후 폐차 및 재구매라는 과정을 통해 자동차를 소비한다. <표 4-1>에 제시된 수소차 보급대수는 누적된 판매대수로 정의한다면 실제 매해 수소차의 등록대수는 폐차되는 차량의 수치를 반영해줘야 한다. 수소차 보급대수를 판매대수로 가정한다면 판매대수에는 소비자의 재구매라는 개념이 이미 포함되어 있다고 볼 수 있다. 따라서 연도별로 폐차되는 수소차량을 반영할 때 매년 실제로 운행에 사용되고 있는 수소차량의 대수를 추정할 수 있으며 이를 통해 연도별 수송부분에 필요한 수소량을 보다 정확하게 추정할 수 있을 것이다⁴⁵⁾.

일반적으로 차량의 구매 후 운행 그리고 폐차까지의 기간을 차령 또는 내구연한이라는 개념으로 정의할 수 있다. 차령은 자동차로 운수사업을 할 경우 각 자동차에 적용되는 사용연한으로 버스, 트럭, 택시 등 화물 또는 여객을 운수하는 사업에 사용되는 차량에게 적용된다. 택시의 경우 전기차와 수소차는 9년, 사업용 승합자동차 또한 9년으로 차령을 규정하고 있다. 단, 차령 만료전에 자동차 관리법 제43조 1항 제4호에 명시된 임시검사를 통과할 경우에는 차령을 2년까지 연장할 수 있도록 되어 있다⁴⁶⁾. 이를 적용하면 수소택시와 수소버스는 최대 11년까지 운행할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 수소택시와 수소버스의 차령을 적용하여 도입된 후 11년이 지나면 폐차되는 것으로 가정하였다. 일반 승용차는 수소차량의 목표내구성이 2025년 30만km이기 때문에 연평균 운행거리

45) 만약 2040년에 290만대수의 수소차량이 등록되어 운영을 하고 있다면 판매대수는 290만대보다 많은 수치여야 할 것이다.

46) 여객자동차 운수사업법 [시행령 별표 2] 참조

를 고려하면 승용차는 20년 이상 운행할 수 있다. 이를 고려하면 일반 승용차는 2025년 이전에 구입된 차량은 약 10년 후에 폐차될 것이나 2025년부터 보급된 차량의 경우에는 2040년까지 폐차 후 신규구매 되는 것은 없다고 가정할 수 있다.

수소트럭의 목표 내구성은 50만km로 연평균 주행거리를 고려하면 약 10년간 운행할 수 있다. 다만 화물수송차의 특성상 지속적인 유지·보수를 통해 장기간 운행하는 것을 감안한다면 화물트럭의 경우에는 차령을 10년으로 적용하는 것은 다소 현실과는 거리가 있는 가정으로 생각되어 본 연구에서 수소트럭의 차령에 대해서는 반영하지 않았다.

<표 4-2>는 차종별 차령을 고려하여 주요연도별 수소차 등록대수를 추정한 것이다. 수소승용차의 수소트럭의 경우 목표내구성을 달성한다는 가정 하에서 2040년 기준으로 누적보급대수와 등록대수는 동일하다. 그러나 차령제한이 존재하는 택시와 버스의 경우에는 누적보급대수보다 등록 대수는 당연히 적은 수치여야만 한다. 수소택시는 누적보급대수 대비 약 10%, 수소버스는 누적보급대수의 약 51% 수준으로 등록대수는 감소된 것으로 추정되었다.

<표 4-2> 주요 연도별 수소차 등록 대수 추정

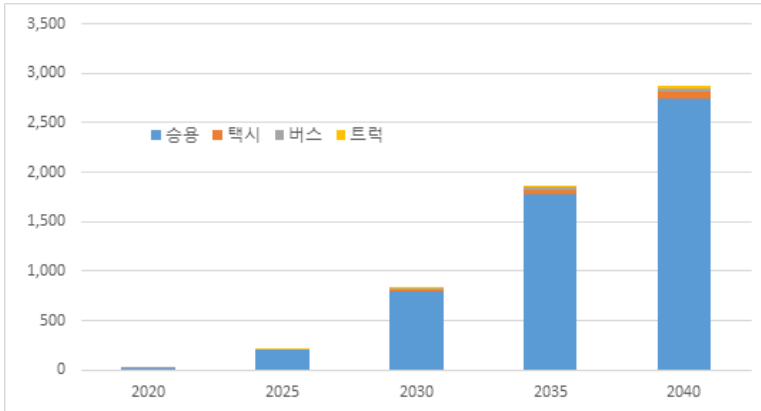
(단위: 대)

년도	승용	택시	버스	트럭	합계
2020	10,831	0	75	0	10,906
2025	200,000	1,000	4,600	900	206,500
2030	799,169	10,000	20,000	10,000	839,169
2035	1,780,000	44,500	26,267	20,000	1,870,767
2040	2,750,000	71,800	23,080	30,000	2,874,880

주: 저자 작성

[그림 4-1] 주요 연도별 수소차 등록 대수 추정

(단위: 천 대)



자료: 저자 추정

1.4. 연도별 수송부문 수소사용량 추정

연도별로 운행되고 있는 수소차 등록대수를 기초로 <표 2-3>과 <표 2-4>에 제시된 연평균 주행거리 및 연비 개선목표⁴⁷⁾를 반영하면 연간 수송부문에서 사용되는 수소사용량을 추정할 수 있다. 현재 연비개선 목표가 2025년, 2030년이 최근 목표 연도임을 감안하면 2030년 이후에는 연비가 더욱 개선될 것으로 예상할 수 있으나 추정의 정확도를 확보하는 작업은 매우 어려운 작업이기 때문에 연비개선 목표연도 이후에서 2040년까지는 동일한 연비를 적용하였다.

47) 수소자동차의 연비개선은 일반적으로 자동차가 1세대, 2세대 등 세대가 변할 때 개선되기 때문에 연비개선 목표에 따라 계단식으로 증가한다고 가정하였다.

〈표 4-3〉 연도별 수송부문 수소사용량 추정

(단위: 톤)

년도	승용	택시	버스	트럭	합계
2022	8,346	117	9,296	0	17,758
2023	14,124	350	13,324	1,130	28,928
2024	19,902	584	17,352	2,260	40,097
2025	22,726	1033	21,380	2,825	47,965
2026	36,590	2,892	35,695	8,538	83,715
2027	50,453	4,752	50,011	14,251	119,466
2028	64,213	6,611	64,326	19,964	155,115
2029	77,603	8,471	78,641	25,677	190,392
2030	90,811	10,330	86,140	31,390	218,671
2031	111,151	17,561	94,431	37,668	260,812
2032	128,745	24,792	102,270	43,946	299,753
2033	145,676	31,920	103,368	50,224	331,189
2034	162,608	38,945	108,249	56,502	366,304
2035	202,265	45,969	113,131	62,780	424,145
2036	224,310	52,684	118,012	69,058	464,063
2037	246,354	58,056	113,360	75,336	493,106
2038	268,399	63,427	108,709	81,614	522,149
2039	290,444	68,799	104,057	87,892	551,192
2040	312,488	74,171	99,406	94,170	580,235

주: 저자 작성

<표 4-3>은 2022년부터 2040년까지 수송부문에서 사용되는 수소사용량을 구한 결과이다. 주요 연도별 결과를 보면 2030년 약 22만 톤 2040년 약 58만 톤을 사용할 것으로 추정되었다. <표 2-8>에 정리된 주요 연도별 수소공급량 목표와 비교해보면 2030년 수소공급목표량의 약 12%, 2040년 공급목표량의 약 11% 수준이 수송부문에서 사용된다고 생각할 수 있을 것이다⁴⁸⁾.

2. 수송부문 그린수소 공급여건 분석

2.1. 수소 생산 방식별 생산비용

앞서 <표 2-8>에 제시한 수소경제 로드맵(관계부처 합동, 2019)의 수소 생산원별 비중을 보면 2030년부터 발생하는 해외수입 수소의 비중만 제시되어 있을 뿐, 수전해·추출수소·부생수소에 대한 각각의 비중은 정확하게 제시되어 있지 않다. 전기는 각각의 발전원에서 생산된 전력이 전력망에서 서로 합산되어 최종소비자에게 공급된다. 수소의 경우에는 이와 유사한 방식으로 수소도 각 생산원에서 생산된 수소가 전체적으로 혼합되어 소비자에게 제공되는 방식과 각각의 생산원에서 생산된 수소가 각자 다른 공급처를 통해 공급되는 두 개의 방식이 병행될 것으로 보인다⁴⁹⁾.

수소차 보급의 당위성은 수차례 언급한 것처럼 결국 수소의 친환경성에 기인한다. 국내 생산 수소의 대부분이 추출수소이며 해외수입수

48) 본 연구에서 추정된 수송부문 수소사용량은 관계부처 합동(2020a, p2)에서 추정된 수송부문 수소사용량과 차이가 존재한다. 이는 연비, 연간운행거리 등 추정을 위해 입력된 기초자료의 차이로 해석할 수 있을 것이다.

49) 관계부처 합동(2019), p48~49p.

소 또한 많은 비중의 추출수소가 포함되어 있다면 단기적으로는 수소 경제를 활성화해야 되는 목적 때문에 용인될 수 있을지 몰라도 장기적으로는 친환경성에 의문이 제기될 것이다. 더욱이 재생에너지 발전의 비중이 증가하면 증가할수록 전기자동차와의 친환경성 비교에서 자유로울 수 없을 것이다.

수송부문의 친환경 수소 공급으로 다소 주제를 좁혀보면 먼저 충전소에서 제공되는 수소의 생산원별 비중에 대한 정보제시가 매우 중요한 요소가 될 수 있다. 특히 충전소에 수소가 공급되는 방식이 수소전용 파이프라인과 같은 네트워크 형태가 아니라 현재처럼 튜브 트레일러를 이용하여 특정 생산원에서 생산된 수소를 공급할 경우에는 더욱 그렇다. 이렇게 될 경우에는 충전소별로 사용하는 수소의 생산별 비중이 상이하기 때문에 각각의 충전소에서 제공하는 수소의 친환경성이 상이하게 구분 지어지게 될 것이다.

충전소에서 공급되는 친환경성의 상이성은 결국 수소 가격의 차이로 이어진다. 현재 기준으로 볼 때 수전해 수소의 비중에 따라 충전소별 수소가격은 차이가 급격하게 발생할 수 있다. 현재 생산원별 수소생산 가격은 부생수소(1.5~2천원/kg)가 가장 저렴하며 추출수소(2.7~5.1천원/kg), 그리고 수전해 수소(9~10천원/kg)의 순이다⁵⁰⁾. 충전사업자와 수소소비자는 당연히 저렴한 수소를 공급·소비하기를 원할 것이다. 따라서 시장의 경쟁만으로 수소충전소가 수소 공급 방식을 결정할 경우에는 대부분 저렴한 수소를 공급받으려고 할 것이며 이는 추출수소의 비중을 낮추는 데 장애요인으로 작용할 수 있다. 즉, 수전해 수소충전소, 블루 수소충전소 등과 같이 특정 생산원에서 생산된 수소만을 취급하

50) 관계부처 합동(2019), p14.

게 되는 경우⁵¹⁾ 친환경성을 가진 수전해 수소충전소는 가격경쟁력이 현저히 낮을 가능성이 있으며 소비자의 선택을 받지 못하는 경우도 생겨날 수 있다.

보다 적합하다고 생각되는 방식은 충전소별로 공급하는 수소 중 수전해 수소의 비중을 정하는 것이다. 충전사업자는 항상 보다 저렴한 수소를 확보하려고 노력할 것이다. 또한 동일 생산원의 수소 중에서도 상대적으로 저렴한 수소를 찾으려 할 것이다. 추출 수소도 생산사업자 별로 비용이 상이할 수 있으며 수전해 수소 역시 생산사업자 별로 가격이 다를 수 있다. 따라서 향후 수소경제가 어느 정도 궤도에 오른 후에 매년 일정 수준의 수전해 수소 확보비중을 의무화한다면 수소충전 사업자는 의무를 준수함과 동시에 보다 저렴한 수소를 찾으려는 경쟁의 효과도 확보할 수 있을 것이다⁵²⁾.

2.2. 신재생에너지 발전제한량 추정

친환경수소의 생산은 수소차 보급이 당위성을 갖기 위한 가장 중요한 요소이다. 친환경수소는 재생에너지 발전에서 생산되는 전기를 이용하여 수전해 분해를 통해 생산할 수 있으며 친환경 전기중에서도 전력시스템의 안정성 확보를 위해 출력제한이 되는 잉여전력을 사용하는 것이 가장 이상적인 생산방식이다. 그럼에도 불구하고 현재 국가의 전력 및 수소관련 계획 중에서는 미래에 잉여전력 발생량에 대한 언급을 찾기 어려운 상황이다.

51) 관계부처 합동(2021), p44~45.

52) 이와 유사한 정책 사례로 대규모 발전사업자에게 발전량의 일정비율 이상을 신재생에너지를 이용하여 공급토록 의무화한 RPS(renewable portfolio standard)제도가 있음.

이태의(2020)에서는 주요 연도별 태양광 및 풍력의 출력 제한량을 추정하고 이에 따른 적정 규모의 P2G(power to gas) 설비용량을 제시하였다. 이태의(2020)의 연구결과가 의미하는 시사점은 잉여전력은 1년(8,760시간)중에서 발생하는 시간이 많지 않기 때문에 모든 잉여전력을 수전해에 이용하기 위해서 연간최대 잉여전력량을 기준으로 수전해 설비를 구축할 경우 설비이용의 효율성에 있어 문제점이 발생한다는 것이다. 수전해 설비의 이용률 저하는 결과적으로 수전해 비용의 증가로 이어질 것이며 이는 친환경수소의 가격과 연동될 것이다.

<표 4-4>는 상기연구(이태의, 2020)에서 제시한 주요 연도별 재생에너지 잉여전력량과 특성을 정리한 것이다. 각 연도별로 발생한 제한발전량의 중간값과 최대제한량 사이에는 큰 수치적 차이가 존재한다. 만약 모든 제한발전량을 전부 수전해 수소 생산을 위해 사용하려고 하면 2040년에는 약 60GW 용량 수준의 수전해 설비가 필요하다 그러나 중간값을 보면 약 15GW 수준이기 때문에 대부분의 제약 발전량이 발생하는 시간대에서 설비 이용률은 매우 낮을 수밖에 없다. 2030년을 기준으로 볼 때도 최대 발전 제약량을 기준으로 약 20GW의 수전해 설비가 필요하지만 실제 제한발전량이 발생하는 대부분의 시간대에 수전해 설비의 이용률은 현저히 낮을 것을 예상할 수 있다.

〈표 4-4〉 주요 연도별 재생에너지 출력제한량 (잉여전력량)

(단위: GWh, 시간)

연도	2030	2040
총 출력제한량(A)	2,005	23,428
연중 출력제한시간(B) ¹⁾	384	1,451
평균 제한량(C, A/B)	5.22	16.15
제한량 중간값	3.79	14.33
최대제한량	19.56	59.34

주 1) 출력제한시간은 1년(8,760시간) 중 출력제한이 발생한 시간을 의미

2) 2030년 재생에너지 비중은 20%, 2040년은 35%로 가정

자료: 이태의(2020), <표4-5>, <표4-6>의 자료를 기반으로 저자 재구성

상기 연구 결과에서 제시된 추정치의 정확성을 논의하기에 앞서 주목해야 할 점은 추정된 수치가 제공하고 있는 주요한 시사점이다. 먼저 그린수소라고 불리는 친환경수소의 국내 생산량을 전망하려면 잉여전력 수치에 대한 예측이 필요하다는 것이다. 잉여전력 즉, 태양광 및 풍력 발전의 제한량에 대한 특성정보가 존재해야만 그 다음에는 비용 구조에 기반을 둔 적정 수전해 설비 규모를 생각해 볼 수 있다는 것이다. 적정 수전해 설비의 규모는 ESS(electricity storage system)의 설비 규모, 잉여전력량, 해외로부터의 그린수소 공급량 등을 종합적으로 고려하여 최적 수준을 찾아야 할 것이다.

태양광 및 풍력발전의 출력 제한량과 친환경수소 생산은 신재생에너지 발전과 수소생산의 중요한 접점이다. 탄소중립이 중요하게 논의되고 있는 최근 시점을 고려해보면 국가적 장기 전력수급계획과 수소경제 활성화 계획의 상호 조화가 앞으로는 더욱 필요할 것으로 보인다.

2.3. 잉여전력을 활용한 수송용 그린수소 공급량 추정

수송부문에서 친환경수소의 사용으로 논의를 한정해보면 충전소에서 공급되는 수소 중 그린수소의 비중을 어느 수준으로 정하는가에 따라서 수송부문 친환경수소의 필요량도 추정할 수 있다. 해외에서 수입되는 수소는 친환경수소도 있지만 갈탄 등을 활용한 블루수소 또는 추출 수소도 포함되어 있다⁵³⁾. 따라서 현재 수준에서 충전소에서 확보해야 될 그린수소의 의무비중⁵⁴⁾을 구체적으로 산정하는 것은 불확실성이 매우 높은 작업일 것이다.

본 연구에서는 현재 국내 친환경수소 생산기반이 취약함을 고려하여 수송부문에서의 국내 친환경수소의 비중을 낮은 수준(10% 및 20%)으로 설정하고 이를 국내 신재생 잉여발전량의 친환경 수소 공급여력과 비교하였다. 먼저 국내 신재생에너지 잉여발전량을 이용한 친환경수소의 생산 가능성을 추정하기 위해 이태의(2020)가 추정한 발전 제한량의 중간값 수준으로 수전해 설비를 구축하는 경우를 가정하였다(2030년 3.79GW, 2040년 14.33GW). 해당 설비의 가동률을 결정하기 위해 이태의(2020)가 추정한 연중 출력제한 시간동안 수전해로 수소를 생산하되 출력제한시간의 50%는 수전해 설비가 100% 가동률을 보이고 나머지 50%의 시간에는 50%의 가동률을 보이는 것으로 단순히 가정하고 적용하였다.

53) 관계부처 합동(2019), 39p.

54) 친환경수소 공급 비중에 대한 의무량이 구축되지 않는 경우 정책적 권고 수준으로 이해할 수 있음.

<표 4-5> 잉여전력 활용 그린 수소의 수송부문 공급여력

연도		2030	2040
수송부문 수소사용량 (톤)		235,430	557,076
10% 친환경수소 의무 (톤)		23,543	55,708
20% 친환경수소 의무 (톤)		47,086	111,415
수전해 효율 (kWh/kg-H ₂)		50 ¹⁾	43 ²⁾
필요 잉여전력량 (GWh)	(10%의무시)	1,093	2,495
	(20%의무시)	2,187	4,990
수전해 설비의 잉여발전량 사용 가능량 추정(GWh)		1,092 ³⁾	15,595
친환경수소 생산량(톤)		21,830	362,666

주 1),2) 과학기술관계장관회의(2019) p4, p25.

3) 수전해 설비의 잉여발전량 사용 가능량은 이태의(2020)의 추정결과를 기반으로 하
 되 수전해설비 가동률은 다음과 같이 산정(2030년의 경우 출력제한이 발생하는
 384시간 중 절반(192시간)에서는 3.79GW의 수전해 설비를 100% 활용하며 나머
 지 절반의 시간에서는 평균 50%를 이용한다고 가정하였음 (384시간/2*3.79GW+
 384시간/4*3.79GW = 1,091GWh)).

<표 4-5>에 나타난 분석결과를 보면 2030년에는 전체 출력제한량
 (잉여전력량)의 약 절반 수준을 활용하여 친환경수소를 생산하고 이를
 전량 수송부문에 활용한다고 가정할 경우, 수소 수요 전체에서 친환경
 수소 공급 비중은 약 10% 수준으로 추정되었다. 10% 수준의 국내 생
 산 그린수소 비중을 달성하기 위해서는 약 1,093GWh의 잉여전력량을
 활용하는 것이 필요하며 이는 3.79GW의 수전해 설비용량과 연간가동
 률을 전제로 산출된 2030년 잉여발전량인 1,092GWh과 거의 유사한
 수준이다. 따라서 국내에서 발생하는 잉여전력량으로 생산되는 친환경
 수소를 모두 수송부문에 공급하였을 경우 10%의 친환경수소 의무공급

량을 감당할 수 있다는 것으로 볼 수 있다.

신재생에너지 발전설비가 대폭 확충되는 2040년의 경우에는 잉여발전량이 급증함에 따라 수송부문에 대한 친환경수소로 공급능력이 크게 높아질 수 있는 것으로 나타났다. 예를 들어 수송부문에서 국내 그린수소의 의무비중을 20%로 정할 경우 2040년에 필요한 잉여전력량은 약 4,990GWh이 된다. 2040년 기준으로 가정한 수전해 설비의 규모(14.33GW)와 이용률 전제를 적용하면 2040년 기준으로 친환경 수소 생산에 사용되는 잉여전력량은 15,595GWh으로 추정되며 친환경 수소 생산량은 약 363천톤 수준으로 계산되었다. 따라서 생산된 친환경수소의 약 301만 도로 수송부문으로 공급해도 의무량인 20%를 충족할 수 있게 된다. 잉여발전량으로 생산된 그린수소 전량이 수송부문으로 공급되는 것을 가정하면 2040년 수송부문 수소수요의 최대 약 65%가 국내 생산 그린수소로 공급 가능한 것으로 계산할 수 있다.

3. 소결 및 제언

본 장에서는 정부의 수소차 보급목표가 달성될 경우를 상정하고 수송부문 친환경수소의 공급비중을 추산해 보았다. 이를 위해 먼저 2040년 기준 수송 부문의 수소 수요량을 추정하였다. 수소 수요 추정의 합리성을 높이기 위해 정부의 누적 보급 목표를 바탕으로 차량의 내구연한을 반영하여 연도별 실제 운행대수를 추정하였다. 기존 전력망의 부하에 부담을 주지 않고 친환경수소를 생산할 수 있는 가장 이상적인 방법인 신재생에너지의 잉여전력량을 바탕으로 수송부문 수소 수요의 그린에너지 공급 가능 정도를 분석하였다. 이태의(2020)의 태양광 및 풍력의 출력 제한량 중간값 추정결과를 기준으로 볼 때 2030년에는

잉여전력을 활용한 그린수소 생산량의 전망을 수송부문으로 공급할 경우에도 수요의 약 10% 이하에 불과하겠으나 재생에너지 발전설비가 크게 확충되는 2040년에는 수송부문 수요의 약 20% 이상을 공급할 수 있을 것으로 나타났다.

본 연구 결과에 따르면 향후 수송부문의 친환경수소 공급 목표가 설정된다면 현재 예상되는 신재생에너지 잉여발전량을 기준으로 2030년에 10% 이하를 시작으로 2040년까지 20% 이상으로 의무 혹은 권고 수준을 상향해 가는 것이 실현가능한 목표로 판단된다. 다만 국내 잉여발전을 통한 친환경수소의 생산량은 수송부문의 타(他)부문(항공, 해운 등)과 연료전지발전 등에도 공통적으로 공급되어야 한다는 점을 고려할 때 실제 목표량은 보다 낮은 수준으로 설정될 수도 있을 것이다.

거듭 강조하지만 본 연구에서 추정된 수치는 적용되는 전제, 연구 방법에 따라 다소 상이하게 추정될 수도 있다. 그러나 중요한 점은 본 연구의 분석이 보여주는 주요 시사점이다. 국내 재생에너지의 잉여발전량을 활용하여 친환경수소를 원활하게 생산하기 위해서는 재생에너지 잉여발전량, 적정 수전해 설비 등에 대한 근본적인 고민이 필요하다. 특히 잉여발전량의 전망치가 높은 정확성을 보여준다면 이에 기반한 적정 수전해 설비도 최대한의 설비이용률을 보일 수 있도록 효율적으로 구축할 수 있을 것이며 이는 저렴한 친환경수소 생산을 가능하도록 할 것이다.

제5장 종합 및 시사점

1. 주요 내용 요약

2020년 12월 우리나라는 2050년까지 온실가스의 순배출을 0으로 하는 탄소중립사회를 구현하겠다는 계획을 천명하였다. 이를 위해 국가 최종에너지소비의 약 20%를 차지하고 있는 수송부문의 온실가스 저감을 위해 정부는 2040년까지 290만대의 수소차를 보급할 계획을 발표하였다. 본 연구는 수소차가 보급·확산되기 위한 환경을 검토하였으며 수소차의 보급이 실질적으로 친환경 모빌리티 구현에 기여하기 위한 방안이 무엇인지 검토하였다.

제2장에서는 수송부문의 수소사용 활성화를 위해서 개선되어야 할 사항을 분석하였다. 첫째로는 수소 자동차 제품 자체에 대한 개선사항이다. 수소자동차는 시장진입 초기로 아직 기술적으로 더 발전해야 할 점이 많다고 할 수 있다. 특히 차량의 내구성에 있어서는 기존의 내연기관차에 비해 경쟁력이 부족하기에 때문에 총주행거리가 긴 사업용에서 수소차가 보급되기 위해서는 내구성의 강화가 필수적이다.

둘째, 충전소 인프라의 부족 문제이다. 정부의 사업주에 대한 금융기술적 지원에도 불구하고 충전소 건설 입지 예정지역의 주민들의 수용성 문제 등으로 인해 계획보다 보급속도가 매우 지연되고 있어 수소차 보급의 장애요인으로 작용할 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다. 또한 정부의 수소충전소의 보급 목표치 자체가 수소차 보급 목표를 달성하는 데 충분한 수준인가에 대한 추가 연구도 필요할 것으로 제안하였다.

셋째, 승용부문에 한해 수소차는 내연기관과 유사하거나 더 좋은 연료 경제성을 보이는 것으로 추산되었다. 그러나 트럭 및 버스 등 상용부문은 내연기관차에 비해 연료경제성이 크게 낮은 것으로 추정되었다.

넷째, 현재 우리나라 수소공급의 대부분을 차지하고 있는 개질수소(그레이수소)를 기준으로 할 경우 현재의 전원(電源) 믹스를 반영한 전기차에 비해 주행거리당 이산화탄소 배출량이 높은 것으로 나타났으며 트럭의 경우에는 경유 차량에 비해서도 많은 것으로 나타났다. 앞서 제시된 4가지의 개선점 중 본 연구는 연료의 관점에서 분석이 필요한 연료경제성과 친환경 수소 공급을 살펴보고 정책적 제안점을 발굴하였다.

제3장에는 수소와 석유제품의 연료보조금을 고려한 연료경제성을 분석하였다. 특히 승용부문에 비해 버스, 트럭, 택시 등 상용/사업용 차량에서 수소차의 강점이 나타나기 때문에 수소차와 상용/사업용 차량과의 연료경제성 분석을 실시하였다. 현재의 수소가격을 고려하면 수소차가 기존의 내연기관 차량을 효과적으로 대체하기 위해서는 수소 연료보조금 지급이 필요하다. 다만 수소차의 생태계가 조성되는 시점을 고려하여 보조금의 규모를 축소해 감으로써 기술개발과 시장 자립도 제고를 유도하여야 한다. 또한 수소차의 보급 확산을 위해서도 기존 내연기관 차량의 유가보조금의 단계적 조정 병행하는 정책이 필요함을 제시하였다.

제4장에서는 정부의 수소차 보급목표가 달성될 경우 수송부문의 수소 수요에서 친환경수소의 공급비중을 가늠해 보았다. 이를 위해 먼저 정부의 보급목표치를 바탕으로 차량의 내구연한을 반영한 실제 운행하는 수소차 대수를 추정하고 총 수소수요량을 전망하였다. 그리고 이태의(2020)의 연구를 바탕으로 신재생에너지 잉여전력에 기반을 둔 친환경

경 수소 생산 설비의 용량과 가동률을 결정한 후 수송부문 수소수요의 친환경 수소 공급 여력을 분석하였다. 분석결과 2030년의 경우 잉여전력을 활용한 친환경 수소 생산량을 전량 수송부문에 공급하여도 수송부문 수소수요의 10% 수준에 불과할 것으로 나타났다. 그러나 이후 재생에너지 발전설비가 빠르게 증가함에 따라 2040년 수송부문 수요의 약 20%이상을 잉여전력량을 활용한 그린수소로 공급할 수 있음을 보였다.

2. 정책적 시사점 및 향후과제

본 연구에서는 수소차의 기술적, 경제적 경쟁력 비교를 시작으로 미래 수소 수요와 국내 친환경수소의 수송부문 공급가능 규모 등을 전반적으로 검토하며 정책적 시사점을 도출하였다.

첫째, 수소차의 기술적 경쟁력 확보를 위한 투자와 혁신이 필요하다. 수소차가 친환경 모빌리티 구현에 기여하기 위해서는 주행거리가 많은 사업용 차량을 중심으로 보급되어야 한다. 그러나 현재 기술로는 수소차의 내구성 능력이 부족하여 승용차 위주로 보급될 수밖에 없는 실정이다. 정부는 사업용 수소차의 내구성 확보를 수소차 보급정책의 최우선 과제로 삼아야 할 것이다.

둘째, 현재 논의되고 있는 수소차의 연료보조금 정책은 현재 내연기관자동차에 지급되고 있는 여객 및 화물자동차에 지급되는 유가보조금 정책과 함께 고려되어 논의되어야 한다. 내연기관에 대한 연료보조금이 지속될 경우 수소차의 연료보조금 지급효과가 상쇄될 뿐 아니라 조세체계의 지속적 불균형을 야기할 수 있다. 정부는 사업용 수소차의 상용화 단계를 고려하여 적절한 시점에서 유가보조금 조정과 수소연료

보조금 확대를 병행해 가야할 것이다. 또한 수소 연료보조금 설계시 적절한 일몰시기를 설정하여 수소차 관련 전후방 사업자의 기술 개발 및 혁신을 촉진토록 지속적으로 유도하여야 한다.

셋째, 수소차가 친환경 모빌리티 사회로의 구현에 기여하기 위해서는 생산방식별 수소 공급믹스에 대한 계획과 투자가 구체적으로 나타나야 할 것이다. 현재 수송부문 수소수요에 대한 공급방식과 목표에 대한 명확한 기준과 로드맵이 부재한 상황이다. 본 연구에 따르면 현재 예상되는 신재생에너지 잉여발전량을 기준으로 2030년에 10% 이하를 시작으로 2040년까지 20% 이상의 의무 혹은 권고 수준을 상향해 가는 것이 실현가능한 목표로 판단된다. 국내 잉여발전을 통한 친환경수소의 생산량은 수송부문의 타부문(항공, 해운 등)과 연료전지발전 등에도 공통적으로 공급되어야 한다는 점을 고려할 때 실제 목표량은 이보다 더 낮은 수준으로 설정될 수도 있을 것이다. 국내 수송용 수소수요의 연도별 규모, 그린수소 생산 여력과 기술 수준, 수소 생산방식별 경제성, 에너지안보 이슈 등 여러 가지 사항을 종합 고려하여 최적화된 수소 생산방식별 공급비중 계획을 조속히 수립해야 한다.

특히 국내에서는 전력수급에 대한 중장기 계획(전력수급 기본계획⁵⁵⁾)과 수소공급에 대한 중장기 계획(수소경제 이행 기본계획⁵⁶⁾)을 수립하도록 되어 있다. 수소는 전력의 관점에서 보면 계통의 안정성을 확보할 수 있도록 도움을 주는 저장장치의 역할을 할 수 있고 전력의 수소의 관점에서 보면 친환경수소의 연료와 같은 역할을 한다. 따라서 전력과 수소는 서로 일정부분 공통분모가 있는 만큼 두 계획의 수립에 있어 정합성 확보 및 공동 작업 등이 필요할 것으로 판단된다.

55) 전기사업법 제 25조

56) 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률 제5조

본 연구에의 주요 분석결과들은 정부가 발표한 정책목표와 기술수준 등을 근간으로 여러 가정을 바탕으로 하고 있다. 특히 분석의 결과가 전제와 가정에 민감하게 변할 수 있기 때문에 본 연구결과의 이해와 활용에 있어서는 정책 방향을 제시하기 위한 용도에 국한되어야 함을 밝혀둔다. 본 연구의 결과를 바탕으로 후속과제에서 보다 심도 있는 정책 연구가 계속되기를 바란다.

참고문헌

<국내외 문헌>

- 과학기술관계장관회의, 2019, 수소 기술개발 로드맵(안), 제9회 제1호 안건.
관계부처 합동, 2019, 수소경제 활성화 로드맵.
_____, 2020a, 수소 선도국가 도약을 위한 수소산업 생태계 경쟁력 강화방안.
_____, 2020b, 수소차·수소충전소 추진성과 및 향후계획.
_____, 2021, 제4차 친환경자동차 기본계획(2021~2025).
국토교통부, 2020, “수소차 확산위해 사업용 수소차에 ‘22년부터 연료보조금-국정현안점검조정회의, 「사업용 수소차 연료보조금 도입방안」 논의”, (보도자료 2020.7.15.).
국토교통 통계누리, 자동차등록현황보고 내 자동차 등록자료 통계 (엑셀 자료)
기획재정부, 2018, 2018 세법개정안 상세본
김민환·이태훈, 2019, “수소경제 도래와 원자력의 역할” 원자력정책 brief report 2019-2호
김재경, 2019, “ 수소경제 활성화 로드맵 수립 연구”, 에너지경제연구원·산업통상자원부
김종원, 2016, “Euro-6 경유버스 대비 CNG하이브리드 버스 환경성 평가 및 적정보조금 산정” 에너지기후변화학회지, 11(2), 140-147
박명덕, 2019, E-mobility 성장에 따른 석유·전력·신재생에너지 산업 대응 전략 연구(전력), 기본연구보고서 19-25-02, 에너지경제연구원.

박지영·김자인·구영모, 2020, “시장성과 친환경차산업을 고려한 수소전기차 도입전략”, 기본연구보고서 20-03, 한국교통연구원

법제처, 국가법령정보센터, 여객자동차 유가보조금 지급지침
 _____, 여객자동차 운수사업법 [시행령 별표 2]
 _____, 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에
 관한 지침 [별표 12]
 _____, 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률
 _____, 대기환경보전법 시행령
 _____, 자동차 관리법
 _____, 전기사업법
 _____, 화물자동차 유가보조금 관리규정

유동현·정준환, 2019, “수소경제 활성화를 위한 수소공급부문 해외사례 연구”, 자체 연구보고서 19-02, 에너지경제연구원

이동규·성명재·김승래, 2018a, “화물차 유가보조금 제도의 개혁방안 연구: 환경세제측면을 중심으로”, 연구보고서 18-05, 한국조세재정연구원

이동규·박명덕·조성진·정연제·전호철·이창훈, 2018b “발전용 에너지 세제 부담금 체계 합리적 조정방안 연구”, 한국조세재정연구원

이재현, 2019, “친환경차시대를 대비한 교통세제 개편 사례 연구”, WP19-05, 국토연구원

이태의, 2020, “재생에너지 변동성 대응을 위한 P2G 활용방안 연구”, 기본연구보고서 20-12, 에너지경제연구원.

산업통상자원부, 2019, 제3차 에너지기본계획.
 _____, 2020, “중대형 수소화물차 스위스로 수출 개시”, (보도자

료 2020.7.6.).

조임곤, 2014, “전기자동차에 대한 합리적 과세방안 연구”, 정책과제 13-33, 한국지방세연구원

조정호, 노재현, 김동선, 2019, “천연가스 조성에 따른 수소 생산 시에 발생하는 이산화탄소 배출량 산출에 대한 연구”, 한국 수소 및 신에너지학회 논문집, Vol. 30, No. 6, pp. 485~489

최재성, 2019, “친환경차 보급 확대에 따른교통 투자재원 과급영향 및 대응방안 연구” 수시과제 19-03, 국토연구원

최준욱, 이동규, 2017 “친환경차시대를 대비한 교통세제 개편 사례 연구”, 연구보고서 17-04, 한국조세재정연구원

한국교통안전공단, 2020, 2019 자동차주행거리통계.

한국에너지공단, 2020, 2020 자동차 에너지소비효율 분석집.

한국전력, 2021, 전력통계속보 2021년 1월호.

한자령 · 박진모 · 김요한 · 이영철 · 김형식, 2018, “국내 수소 생산에 따른 CO2 발생량 분석” 한국가스학회지, Vol. 23, No. 2, pp 1~8

한진석, 2020, “화물차 오염물질 저감을 위한 유가보조금 개선 방안” 환경정책, 제28권 제2호 ,1-20

현대자동차, 일렉시티 수소전기버스 카탈로그

_____, 일렉시티 카탈로그

International Energy Agency(IEA), 2019, “Global EV Outlook 2019,” IEA Publication,

<On-line 기사 및 웹사이트>

기획재정부, 2021, “전기차 지원금 최대 1900만원, 수소차 3750만원”, 대한민

국 정책브리핑(2021.01.02.), <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148882953>, (최종 접속일 : 2021.7.19.).

공공데이터포털, 한국석유공사 지역별 주유소 수
<https://www.data.go.kr/data/15038480/fileData.do>, (최종접속일 : 2021.07.05.)

오피넷, <https://www.opinet.co.kr>, (최종접속일 : 2021.7.19.).

월간수소경제, 2020.07.02., “부생수소에 주목한 다.”(<https://www.h2news.kr/mobile/article.html?no=8340>, (최종접속일: 2021.06.22.)

상용차신문, 2019.11.29., “친환경은 시내버스만? 외면받는 전세버스”
<http://www.cvinfo.com/news/articleView.html?idxno=11565> (최종 접속일 : 2021.4.5.).

저공해차 통합누리집, <https://www.ev.or.kr/portal/main>, (최종접속일 : 2021.4.5.).

_____, 전기차충전정보(<https://www.ev.or.kr/portal/costCompare>, 최종접속일, 2021.04.05.)

_____, 수소충전소 위치정보(<https://www.ev.or.kr/h2monitor>, 최종접속일 : 2021.4.5.)

가스신문, 2020.11.24, “전국 경유버스 4만 5천대 운행... 대기오염·미세먼지 유발 주범” <http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=93658>, (최종 접속일 : 2020.7.19.).

부산일보, 2021.07.06, “인허가 간소화... 도심 수소충전소 건립 갈등 더 꼬이냐?” (<http://www.busan.com/view/busan/view.php?code=2021070619220326844>

최종접속일:2021.08.25.)

파이낸셜뉴스, 2021,01.26, “효율 뛰어난 수소차, 전기차와 쓰임새 달라”,
<https://www.fnnews.com/news/202101261816151051>, (최종 접속
일 : 2021.7.26.).

현대상용차 홈페이지, <https://www-trucknbus.hyundai.com/kr>, (최종 접속
일 : 2021.7.19.).

현대자동차 그룹 홈페이지, “수소자동차에 사용되는 수소에너지”
<https://www.hyundai.co.kr/TechInnovation/Fcev/Hydrogenenergy.hub>
(최종 접속일 : 2021.08.01.).

한국경제신문, 2016, “현대자동차 트라고 엑시언트 '대형트럭 연비왕’ ”
<https://www.hankyung.com/news/article/2016030739841>(최종 접속
일 : 2021.08.25.).

한국전력 전자자동차충전요금표, <https://cyberkpcoc.com/depofront/jsp/CYEE/CYEH/P00108.jsp>
(최종 접속일: 2021.08.25.).

한국천연가스수소차량협회, <http://www.kangv.org/page.php?Main=2&sub=5>,
(최종 접속일 : 2021. 4. 30).

한겨레, 2018.02.05., “수소전기차 ‘넥쏘’ 5분 충전에 609km 주행...서울~
대구 왕복”, <https://www.hani.co.kr/arti/economy/car/830881.html>,
(최종 접속일 : 2021. 4. 19).

GS칼텍스 미디어허브, “탄소사회에서 수소사회로 가는 길목에서”,
https://gscaltexmediahub.com/energy/from_carbonsociety_to_hydrogensociety/, (최종 접속일 : 2021.7.16.)

박 명 덕

現 에너지경제연구원 선임연구위원

<주요저서 및 논문>

한희준 공저, 『A Multiplicative Error Model with Heterogeneous Components for Forecasting Realized Volatility』 Journal of Forecasting, 2015

이 상 열

現 에너지경제연구원 부연구위원

<주요저서 및 논문>

이상열, 『가구조 변화를 반영한 가정-상업부문 에너지 전망 모형 개발』, 산업통상자원부 출연금사업, 에너지경제연구원, 2014,

Lee, S. and Bi. X, Can adoption of pollution prevention techniques reduce pollution substitution?, PLoS ONE 14(11), 2018

수시연구보고서 2021-02

수송부문 수소사용 활성화 방안 연구

2021년 7월 31일 인쇄

2021년 7월 31일 발행

저 자 박 명 덕, 이 상 열

발행인 김 현 제

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중가로 405-11

전화: (052)714-2114(代) 팩시밀리: (052)-714-2028

등 록 제 369-2016-000001호(2016년 1월 22일)

인 쇄 (사)한국척수장애인협회 디지털인쇄사업소

©에너지경제연구원 2021

ISBN 978-89-5504-814-8 93320

* 과본은 교환해 드립니다.

값 7,000원

본 연구에 포함된 정책 대안 등 주요 내용은 에너지경제연구원의 공식적인 의견이 아닌 연구진의 개인 견해를 밝혀 둡니다.



KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE