

수송부문 탄소중립을 위한 주요 정책 수단 : 도로 수송 중심으로

석 주 현 에너지경제연구원 연구위원(juheon@keei.re.kr)



1. 서론

미국, EU, 중국, 일본 등 주요국을 포함한 138개국이 탄소중립을 선언하였고 이를 실현하기 위해 청정에너지로의 전환을 추진하고 있다. 우리나라도 2050년 탄소중립을 선언(2020.10월)하였고, 2030년 국가 온실가스 감축목표(NDC)를 상향 조정(2021.10월)하는 등의 기후위기 대응에 적극적으로 동참하고 있다.¹⁾

2050년 탄소중립을 달성하기 위해 우리나라는 중간목표인 2030년은 2018년 대비 40% 온실가스 배출량을 감축하고, 2050년까지 순배출량 제로에 도달하는 목표를 설정하였다. 2018년 기준으로 전체 배출량의 13.7%(98백만톤)을 차지하고 있는 수송부문은 2030년까지 온실가스 배출량을 37.8%까지 감축시켜야만 한다. 수송부문의 감축률(37.8%)은 전환부문(44.4%) 다음으로 높으므로 2030년 감축목표(NDC) 실현을 위해 수송부문에서의 적극적인 감축 노력이 요구되는 상황이다.²⁾

1) 대한민국 정책브리핑 웹페이지, “2050 탄소중립” <https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148881562> (검색일 : 2022.03.19)

2) 관계부처 합동(2021.10.18)

수송부문은 다른 부문에 비해 화석연료(석유) 비중이 월등히 높으며, 재생에너지 비중이 가장 낮은 특징을 갖고 있다. 2018년 기준 수송부문의 최종에너지소비에서 95%가 석유제품으로 충당되고 있으며, 재생에너지는 2% 정도를 차지하고 있다.³⁾ 이와 같은 수송부문의 탈탄소화는 우리나라 탄소중립 목표 달성에 있어 필수적이다. 특히 수송부문에서 도로수송은 최종에너지소비(80%, 2018년) 및 온실가스 배출(94.7%, 2018년)의 대부분을 차지하고 있어, 도로 수송에서 전기화, 탈탄소화, 에너지효율향상은 감축목표 달성을 위해 중요하다고 할 수 있다.⁴⁾⁵⁾

도로 수송에서 여객 수송을 담당하는 승용차는 내연기관차에서 전기차로 전환되고 있으며, 화물 수송 또한 배터리기술 발달 및 이동 중 충전이 가능해 짐에 따라 전기화가 추진되고 있다.⁶⁾⁷⁾ 도로 수송부문의 전기화는 재생에너지 확산에 따라 변동성 증가를 완화할 수 있으며 재생에너지 보급 또한 가속화시킬 수 있다.

따라서 본고에서는 도로 수송부문의 탄소중립을 위한 주요 정책 수단을 검토하고 이에 대한 정책 제언을 제시하고자 한다. 본고의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 국내외 수송부문의 온실가스 배출현황 및 감축목표를 살펴보고, 3절에서는 수송부문의 탄소중립 이행을 위한 정책 수단으로 친환경차 보급·확산을 위한 규제, 수송부문의 에너지효율향상, 섹터커플링을 활용한 전기차 신사업을 분석하고, 4절에서는 결론 및 정책적 제언을 제시한다.

2. 수송부문의 온실가스 배출현황

가. 세계 수송부문 온실가스 배출 현황 및 감축 목표

2020년 전 세계 수송부문의 탄소배출량은 약 7Gt이고, 코로나19가 발생하기 이전인 2019년의 탄소배출량 8.5Gt보다 약 1.5Gt 감소하였다. 국제에너지기구(IEA)의 2050 넷제로 시나리오⁸⁾에서 탄소중립배출량(안)은 2030년은 약 5.5Gt을 배출하고, 2050년에는 약 0.7Gt을 배출하여 현재보다 약 90% 감축하여 수송부문의 탄소중립에 도달하는 것으로 전망하고 있다.⁹⁾

3) 에너지경제연구원(2021)

4) 에너지경제연구원(2021)

5) 한국교통안전공단 웹페이지(KOTMS), “부문별 온실가스 배출량” <https://www.kotems.or.kr/app/kotems/forward?pageUrl=kotems/ptl/emission/nir/KotemsPtlEmissionNirEmissionSectorLs&topmenu1=01&topmenu2=03&topmenu3=03> (검색일 : 2021.3.20.)

6) 화물 수송의 경우 바이오 연료와 수소를 통한 탈탄소화를 추진하고 있지만, 기술이 발전함에 따라 장거리 주행에서도 전기차가 고려되고 있음.

7) EU Parliament(2018.11)

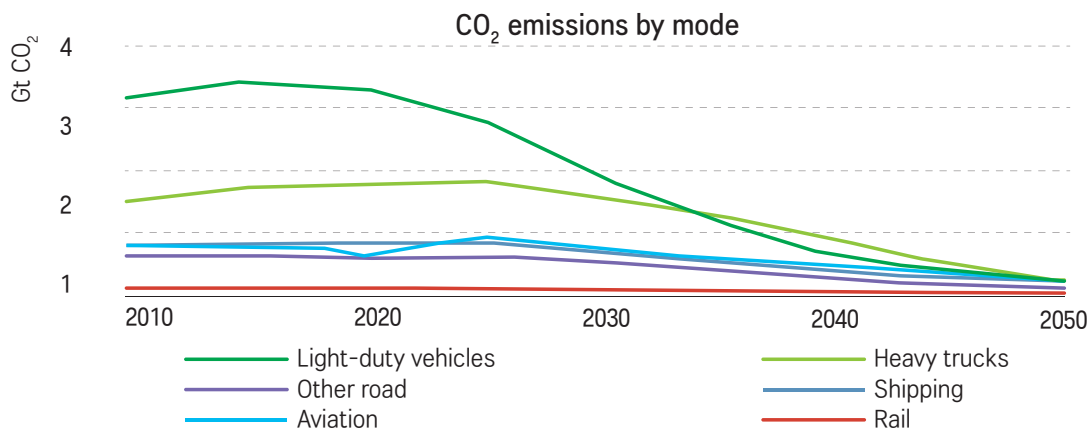
8) IEA의 2050 넷제로 시나리오(Net Zero Emission by 2050, 2050 NZE)는 청정에너지 정책 및 투자를 통해 파리 협정 목표, 에너지 접근성, 대기질 목표가 달성 가능할 것으로 가정한 지속가능개발 시나리오(Sustainable Development Scenario, SDS)를 확장하여 2050년까지 탄소중립 달성을 가정한 시나리오임(에너지경제연구원, 2020.10.26). IEA의 2050 NZE는 SDS에서 제시한 수단뿐만 아니라 상용화되지 않은 혁신기술의 활용을 가정하고 있으므로 매우 도전적이고 비현실적이라는 의견이 제기되고 있음.

9) IEA(2021.5)

2050년 전 세계의 승객 이동은 현재에 비해 2배로 증가할 뿐만 아니라 화물 물동량도 약 2.5배로 증가하며, 승용차의 대수는 2020년 약 12억대에서 2050년 약 20억대로 증가함에도 불구하고, 2050년의 탄소 배출량은 상당량 감소할 것으로 IEA는 전망하였다.¹⁰⁾

모드별로 온실가스 배출량을 살펴보면, 2020년 기준으로 도로 수송(경량 차량 및 대형 트럭)이 배출량의 대부분을 차지하고 있으며, 항공, 해운이 그 다음이고 철도가 가장 적게 배출하는 것으로 나타났다. 여객 수송을 담당하고 있는 경량 차량은 전기화로 2030년 중반쯤에는 대형 트럭보다 배출량이 적어지며, 대형 트럭, 해운 및 항공은 전기화 전환에 제약이 있어 2050년에도 약 0.5Gt의 탄소를 배출할 것으로 전망되고 있다.¹¹⁾

그림 1 세계 수송부문 모드별 탄소 배출량 전망



주 : 기타 도로(other road)는 이륜차/삼륜차와 버스를 의미함.

자료 : IEA(2021.5), p.132.

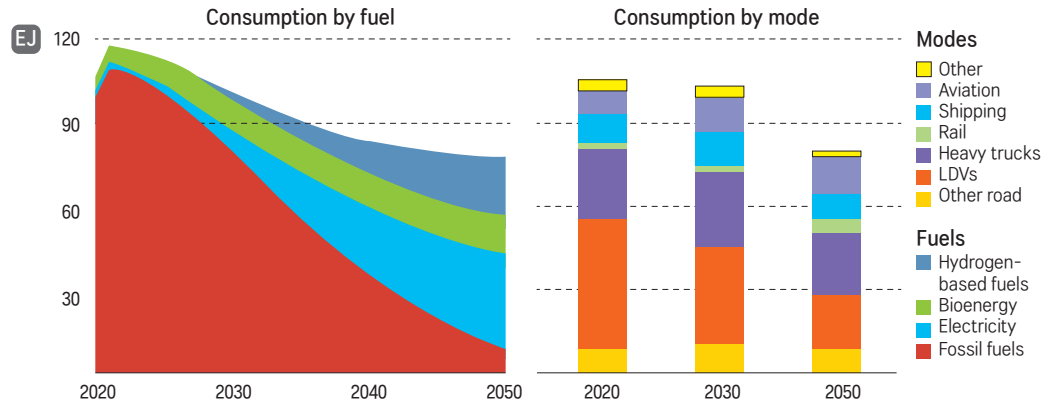
수송문의 탈탄소화를 위한 연료 전환을 보면, 현재는 수송부문에서 화석연료인 석유의 비중이 90%로 상당히 높지만, 2030년 75%로 줄어들고 2050년은 11%로 대폭 감소된다. 이에 반해 전력은 차츰 증가하여 2040년쯤에 수송부문의 핵심 연료로 등극하게 된다. 2050년 최종에너지소비비는 전력 45%, 수소 28%, 바이오연료 16%, 화석연료 11%로 구성되며, 바이오연료는 항공 및 해운과 같은 수소화 및 전기화가 어려운 수송 수단에서 주로 사용될 것으로 전망된다.¹²⁾

10) IEA(2021.5)

11) IEA(2021.5)

12) IEA(2021.5)

그림 2 세계 수송부문 연료별, 모드별 탄소배출량 전망



자료 : IEA(2021.5), p.133.

나. 국내 수송부문 온실가스 배출 현황 및 감축 목표

국내 수송부문 탄소배출량은 2018년 기준으로 약 98백만톤이며, 총 배출량에서 13.7%를 차지하고 있다. 휘발유, CNG 등 화석연료 사용에 따른 탄소 배출이 대부분이며, 차량이 배출량의 95% 이상을 차지하며 철도와 항공은 상대적으로 낮은 편이다.¹³⁾

우리나라의 전체 감축목표는 2030년까지 2018년 대비 총배출량을 40% 감축하고¹⁴⁾, 2050년까지 순배출량 제로에 도달하는 탄소중립을 목표로 설정하고 있다. 국내 수송부문의 감축목표는 2030년까지 2018년 대비 37.8%를 감축하고, 2050년까지 90.6%(B안)에서 97.1%(A안) 감축하는 것이다. 구체적인 감축량은 2018년 98.1백만톤에서 2030년 61백만톤까지 감축하고 2050년 2.8백만톤(A안)에서 9.2백만톤(B안)이다.¹⁵⁾

표1 국내 수송부문 온실가스 배출량 및 감축목표

	‘18년	‘30년	‘50년
배출량	98.1백만톤	61백만톤	2.8~9.2백만톤
감축목표	-	‘18년 대비 37.8%	‘18년 대비 90.6%~97.1%

자료: 국토교통부(2021.12), p.8.

13) 국토교통부(2021.12)

14) 국가 온실가스 감축 목표(NDC)

15) 우리나라의 ‘2050 탄소중립 시나리오’의 A안 및 B안에 따른 감축 목표 및 감축량으로 A안은 도로부문 전기수소차 등으로 전면 전환을 가정할 경우이고 B안은 도로부문 내연기관차의 대체연료(e-fuel 등) 사용을 가정한 경우임(관계부처 합동, 2021.10.18).

3. 탄소중립 이행을 위한 수송부문의 정책수단

가. 친환경차 보급·확산을 위한 규제

도로 수송부문의 탄소중립 달성을 위한 가장 핵심적인 수단은 수소·전기차로의 전환이다. 친환경차의 보급·확산을 위해서 단기적으로 구매 보조금을 지원하여 친환경차 보급·확산을 촉진시킬 수 있으나, 장기적으로는 친환경차 의무판매제도, 내연기관차 판매금지 제도, 노후경유차 운행제한제도 등의 환경규제를 통해 보급을 확대하는 것이 바람직하다.

1) 친환경차 의무판매제도

친환경차 의무판매제도는 판매량이 일정 규모 이상인 자동차 제작사(판매사)에게 친환경차 판매의무를 부과하고, 의무 할당량을 충족하지 못하면 과징금을 부과하는 제도이다. 현재 미국 캘리포니아주(2005년~), 캐나다 퀘벡주(2018년~), 중국(2019년)에서 친환경차 의무판매제를 시행하고 있다¹⁶⁾

표2 주요국의 친환경차 의무판매제

구분	미국(캘리포니아)	캐나다(퀘벡)	중국
의무판매제 도입현황	2005년부터 시행 2018년부터 규제수준이 강화된 3기 시행	2018년 시행	2019년 시행
의무판매 비율	2018년 4.5%에서 2025년 22%까지 점진 증가	2018년 3.5%에서 2025년 22%까지 점진 증가	2019년 10% 2020년 12%
규제 대상 기준	과거 3개년도 판매량 4,500대 이상 기업 (2만대 이상은 대형업체로 분류하여 강화된 규제 적용)		연간 생산량/수입량 5만대 이상 기업
유연성	이월 매매 가능	이월 가능	이월 불가, 매매 가능
과징금	크레딧 부족분당 USD 5,000(약 570만원) 부과	크레딧 부족분당 CAD 5,000(약 450만원) 부과	미준수 기업 블랙리스트 공개, 시장 진입·보조금/세금 혜택·화물통관 제한, 일부 가솔린 모델 생산을 일정기간 중단

자료: 황상규(2018) ; 동아일보(2019.01.02)

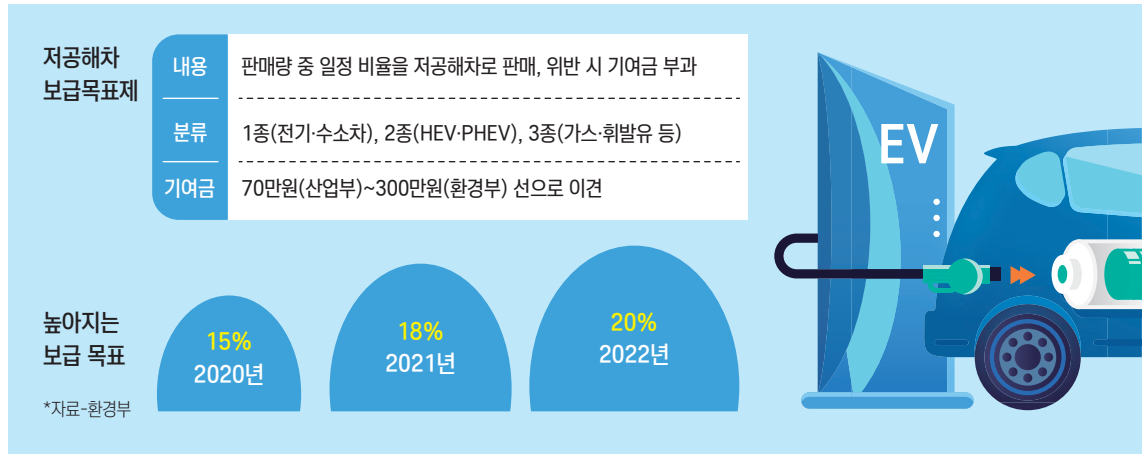
2020년에 도입된 환경부의 ‘저공해차 보급목표제도’는 우리나라의 친환경차 의무판매제도의 성격을 갖는 제도이다. 2020년 전기차, 수소차 등의 무공해차 보급 목표를 신설하였고 최근 3년간 판매량이 4,500대 이상인 자동차 판매자를¹⁷⁾ 대상으로 하고 있다. 연간 목표는 매년 상향조정되며, 기여금(과징금) 부과는 2023년부터 적용될 예정이다. 2020년 보급목표는 2016~2018년간 연평균 판매량의 15%(224,047대)이고,

16) 석주현(2017)

17) 현대·기아·한국GM·르노삼성·쌍용·벤츠·BMW·토요타·아우디·폭스바겐·혼다

2021년 18%, 2022년 20%로 상향조정된다. 기업 간 실적 거래, 외부사업(충전소 설치), 초과실적 적립 등을 도입하여 기업의 유연성을 제고할 예정이다.¹⁸⁾

그림 3 국내 저공해차 보급목표제도 개요



자료 : 매일경제(2021.12.07)

2) 내연기관차 판매금지 제도

신차의 내연기관차 판매를 금지하는 제도로, 친환경차 의무판매제를 더욱 강화한 제도라고 할 수 있다. 노르웨이가 가장 먼저 2025년 내연기관차 판매 금지를 선언하였고, 스웨덴·네덜란드·덴마크·영국이 2030년, EU 및 미국 캘리포니아주가 2035년, 프랑스가 2040년 판매금지 제도를 추진할 계획이다.¹⁹⁾

국내에는 2030년 내연기관차의 판매를 금지하는 법안이 국회에 제출된 바 있으며(2017년), 환경노동위원회 강은미 의원(비례대표, 정의당)은 2030년부터 내연기관차의 국내 판매를 전면 금지하기 위한 친환경자동차법 개정안을 발의하였다(2020.12월).²⁰⁾ 아울러, 대통령 자문기구인 국가기후환경회의는 2035년 또는 2040년부터 내연기관차의 국내 판매 금지를 제안하였다.²¹⁾

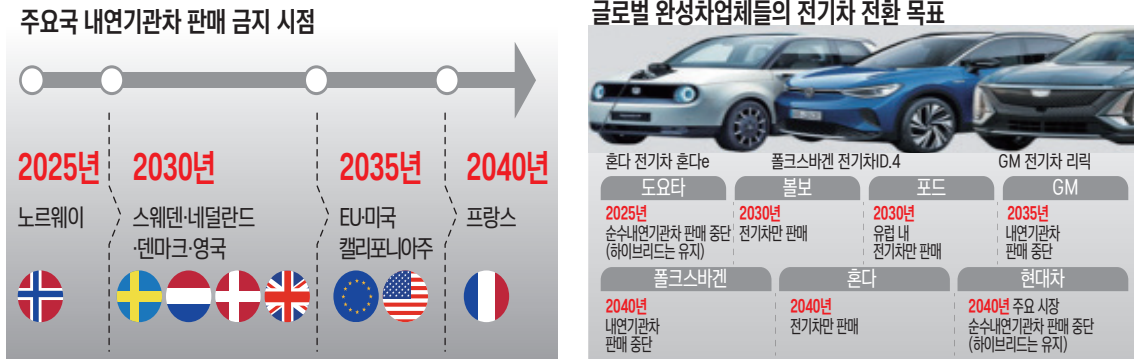
18) 환경부 보도·설명 자료(2021.06.17)

19) 조선일보(2021.07.15)

20) 가스신문(2020.12.15)

21) 조선일보(2021.07.15)

그림 4 주요국의 내연기관차 판매 금지 시점(좌) 및 글로벌 완성차업체들의 전기차 전환 목표(우)



자료 : 조선일보(2021.07.15)

국내 내연기관차 판매금지 제도는 2035~2040년쯤으로 시행이 될 것으로 예상되며, 이는 윤석열 대통령 당선인이 2035년 내연기관차 신규 등록 금지를 공약으로 제시하였고, 현대·기아차의 내연기관차 판매금지 시점이 2040년이기 때문이다.²²⁾²³⁾

22) 조선일보(2021.07.15)

23) 한겨레(2022.03.11)

3) 노후경유차 운행제한제도 강화

노후경유차의 운행제한제도는 도심지역의 대기질 개선을 위해 대기오염 물질을 다량으로 배출하는 차량의 통행을 제한하는 것으로, 영국의 런던시의 운행제한구역(Low Emission Zone, LEZ, 2008년)이 대표적이며, 독일, 네덜란드, 덴마크, 이탈리아 등 유럽 다수 국가로 확산되어 시행 중이다.²⁴⁾

표3 주요국의 노후차량 운행 규제

국가	제도	내용
프랑스 파리	CRIT' Air (등급라벨제)	· 배출가스 등급라벨 부착 의무화 - 파리를 통행하는 모든 차량(미부착시 벌금 부과) · 도심운행 금지 노후 경유차량 대상 - '97~'00년 등록 경유 및 가솔린 차량(5등급) - '01~'05년 등록 경유차량(4등급) - 모든 경유차(등급무관) 운행금지('25, 예정)
독일 주요도시	Umweltzone (움벨트존)	· 배기가스 다배출 차량의 진입 금지 - 베를린, 뮌헨, 하노버 등 시행('08) · 지자체별 주행제한 실시(슈투트가르트, 뒤셀도르프) - 대기질 개선을 위해 연방규제와 별개로 시행
영국 런던	Toxicity Charge (독성요금)	· 유해가스배출기준미충중차량대상혼잡통행료부과- 배출 기준 이하 차량에 약 3만원 벌금 부과· 초저배출구역(ULEZ)1) 지정 · 시행 예정('19.4) - 시 외곽지역까지 확대('21)
일본 동경	경유차NO작전	· 환경확보조례 지정 - 자동차 입자상 물질에 대한 규제 시행 · 위반 경유차 일소 작전(경유차 감시 담당자 임명) - 경유차 20대 이상 보유기업 4,000개 기업 대상

자료 : 한국에너지공단 홈페이지, “자동차 친환경등급제 및 노후경유차 운행제한 제도”

http://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/energy_issue/mail_vol97/pdf/issue_200_01_02.pdf (검색일 : 2022.03.09)

국내에서도 영국의 노후경유차 운행제한제도(LEZ)를 도입하여 수도권에서 시행되고 있으며 이를 전국으로 확대하고 있는 추세이다. 서울시는 ‘수도권 공해차량 제한지역’²⁵⁾을 설정하여 단계적으로 노후경유차의 통행을 제한하고 있다. 2017년에는 서울시 전역을 대상으로 하였고 2018년은 경기도 17개시 및 인천시(옹진군 제외)가 적용되었으며, 나머지 수도권 대기관리권역은 2020년부터 적용되었다.²⁶⁾ 이와 함께 서울시는 전기차 및 수소차를 대상으로 친환경 1등급 라벨을 부착하는 ‘자동차 친환경등급제도’를 2018년부

24) 석주현(2016.10.28)

25) 대기오염이 심각하여 자동차의 운행제한 등 특별관리가 필요한 지역(easylaw 홈페이지, 검색일 : 2022.04.13)

26) easylaw 홈페이지, “자동차 운행제한”

<https://easylaw.go.kr/CSP/CnpClsMainBtr.laf?popMenu=ov&csmSeq=1454&ccfNo=3&cciNo=1&cnpcIsNo=2> (검색일 : 2022.04.13)

터 시행하고 있다.²⁷⁾ 서울시의 자동차 친환경등급제는 대기질 개선 및 미세먼지 저감을 위해 모든 차량을 대기오염물질 배출량에 따라 5개 등급으로 분류한 제도이다. 상위등급 차량에 혼잡통행료 감면 등의 인센티브 제공하고 하위등급 차량에 운행제한 등의 패널티 부과하고 있다.²⁸⁾

나. 수송부문의 에너지효율 향상

국내 수송부문의 에너지효율 향상은 주로 자동차 평균연비 개선에 중점을 두고 있다. 에너지효율 혁신전략(2019.6월), 에너지이용합리화기본계획(2020.8월), 탄소중립 혁신전략(2021.12월)에서는 자동차 평균연비 관리 강화를 주요 이행방안으로 제시하고 있다. 가장 최근의 정부 계획인 탄소중립 혁신전략(2021.12월)은 승용·승합차(10인 이하)의 평균연비 기준을 2021년 24.3km/ℓ에서 2030년에 33.1km/ℓ까지 강화하였고, 버스·대형 트럭(3.5톤 이상)과 같은 중대형차에 대해서는 평균연비 기준을 2023년에 도입하기로 하였다. 또한 승용차·소형트럭용에만 적용하고 있는 타이어 에너지소비효율등급제도를 중대형트럭·버스로 2022년부터 확대하여 적용하기로 하였다.²⁹⁾

이외에도 탄소중립 혁신전략(2021.12월)에서는 전기차의 에너지효율등급제도인 전기차 연비제도의 도입을 검토하였다. 전기차 연비제도는 전기소비량 당 주행거리를 등급으로 구분하는 것으로 완성차업체의 전비 관련 기술 개발을 촉진하는 효과가 있다. 도입(안)의 1안은 친환경차 요건 등에 관한 규정을 적용한 시행 방안이고 2-1안 및 2-2안은 전기차 기술 발전을 고려해 2023년, 2025년 시행하는 방안이다(<표 3> 참조). 1안의 경우 출시 차종이 적은 초소형, 경형, 화물차 적용을 일정 기간 보류하였고, 1안에서 3등급은 33%로 가장 많았고 1등급은 3%로 나타났다.³⁰⁾ 현재 전기차의 평균 전비가 3~7km/kwh 정도임을 감안할 때, 도입(안) 중에서 1안의 전비 등급이 다른 안에 비해 낮아 좀 더 현실적으로 도입(안)으로 판단된다.

표4 전기차 전비등급제도(안)

	구분	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
1안	연비등급기준 (km/kWh)	6.1 이상	6.0~5.3	5.2~4.5	4.4~3.7	3.6 이하
2-1안 (2023년)		6.7 이상	6.6~5.8	5.7~4.9	4.8~4.0	3.9 이하
2-2안 (2025년)		7.0 이상	6.9~6.1	6.0~5.2	5.1~4.3	4.2 이하

자료 : 전자신문(2021.11.16)

27) 카이스트·한국교통연구원(2017)

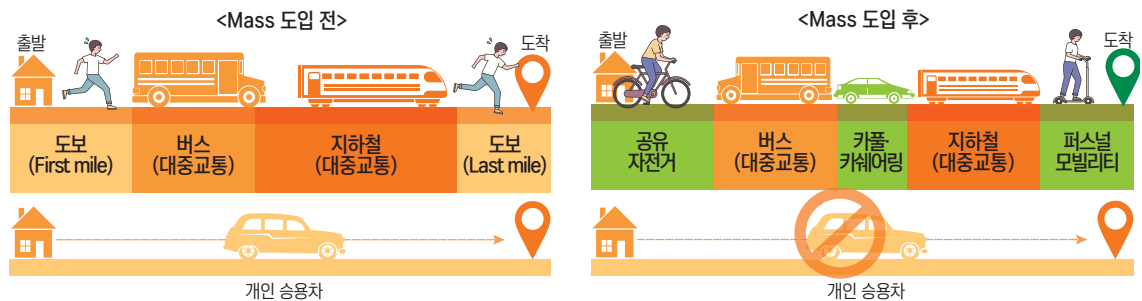
28) 서울특별시 웹페이지, “자동차 친환경등급(1등급 전기차·수소차) 표지 신청”
<https://news.seoul.go.kr/env/archives/79886> (검색일 : 2022.03.09)

29) 관계부처 합동(2021.12)

30) 전자신문(2021.11.16)

에너지효율 혁신전략(2019.8월)은 자동차 평균연비 제고뿐만 아니라 차세대 지능형 교통시스템 구축과 ‘Mobility as a Service’(MaaS)³¹⁾의 확산 기반조성을 제시하였다. 차세대 지능형 교통시스템 구축은 대중교통의 이용 편리성과 정시성 제고를 위한 지능형 교통시스템(ITS)을 구축하고 교통신호체계를 개선하는 것이다. 지자체 실증사업을 추진하고 지역특화 교통서비스 개발 및 자율협력주행 테스트베드를 구축·운영하여 차세대 지능형 교통시스템 구축하기로 하였다. 또한, MaaS 확산 기반을 조성을 위해 통합 모빌리티 서비스의 핵심기술을 개발 및 실증하고, 개인 모빌리티(Personal Mobility)와 같은 新교통수단의 안전 및 통행 기준의 최고속도³²⁾ 마련하고 있다.

그림 5 Mass 도입 전/후



자료 : 관계부처 합동(2019.8), p.17.

2050 탄소중립 추진전략(2020.12월)에서는 수송부문의 탄소중립 달성을 위해 ‘미래 모빌리티로의 전환’을 제시하였다. ① 내연기관차의 친환경차 전환을 가속화하고 ② 대중교통·철도·선박 등 모빌리티 전반에 대한 혁신을 추진하는 것이다. 수송부문의 탄소 배출 감소를 위한 가장 핵심적인 방안이 내연기관차에서 수소·전기차로의 전환이며, 이를 위한 충전소 확충, 관련 기술 개발 및 승용차뿐만 아니라 상용차에도 친환경차 전환을 가속화하는 것이다. 아울러 대중교통 활성화를 위해 Mass와 같은 창의적 모빌리티 서비스를 도입하고 철도·선박 등 비도로 부문도 친환경화를 추진하는 것이다.

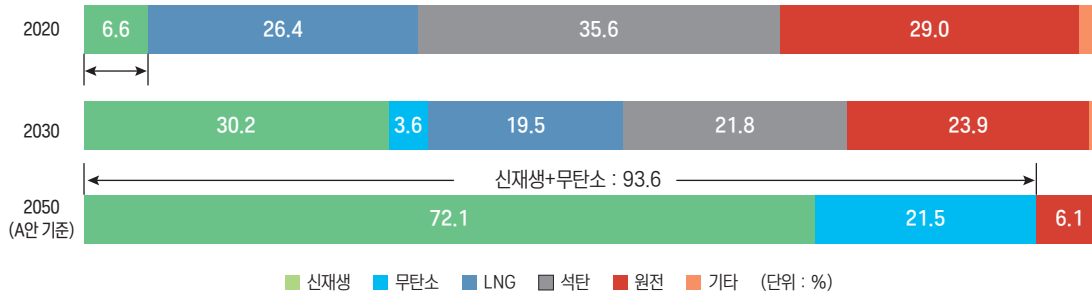
다. 섹터커플링을 활용한 전기차 신사업

탄소중립은 청정에너지 시스템으로의 전환을 의미하며, 이를 위해서는 에너지공급믹스도 탈탄소 중심으로 구성되어야 한다. 에너지 탄소중립 혁신전략(2021.12.10)은 2030년과 2050년 탈탄소 에너지공급믹스를 제시하였다. 탈탄소 에너지공급믹스에서 2030년 청정에너지 비중은 신재생에너지 30.2%, 무탄소 3.6%이고, 2050년은 신재생에너지 72.1%, 무탄소 21.5%이다. 즉, 2030년에는 에너지공급믹스에서 33.8%를 청정에너지로 공급하고 2050년에는 대부분의 에너지(약 93.6%)를 청정에너지로 공급하는 것을 의미한다.

31) 대중교통과 新교통수단이 연계된 “Door-to-Door” 서비스 구현

32) 25km/h 미만인 전동킥보드 등의 자전거도로 주행 허용

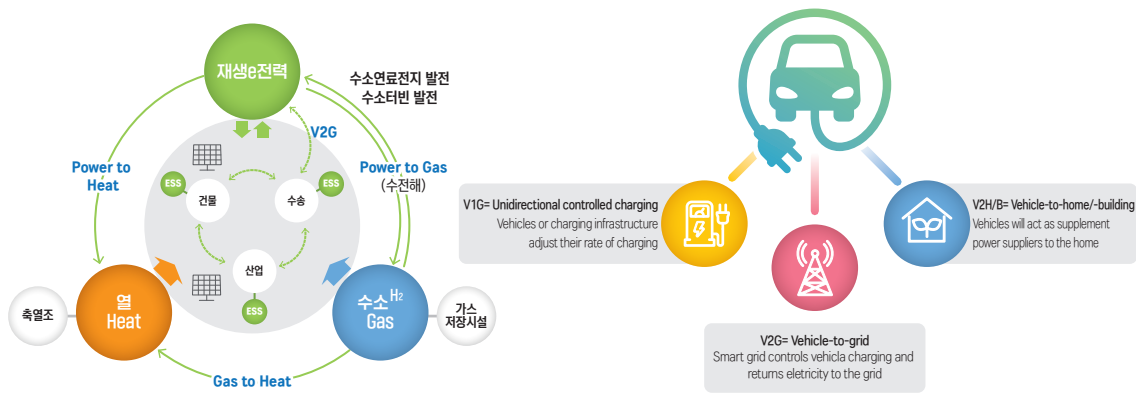
그림 6 국내 탈탄소 에너지공급믹스 구성(2030년, 2050년)



주: 탄소중립 시나리오에 따르면 2050년 전력수요는 2018년 대비 221.7%~230.7% 증가한 1,166.5~1,213.7TWh로 예상
 자료 : 관계부처 합동(2021.12), p.8.

하지만, 재생에너지의 급속한 증가는 변동성 증가를 의미하며 이를 해결할 방편으로 전기차가 부상하고 있으며, 수송부문은 다른 부문에 비해 보다 빠르게 탈탄소화를 추진할 것으로 전망되고 있다. 전기차가 에너지를 저장하는 배터리를 갖고 있기 때문에 이를 이용한 다양한 사업과 활용(수요관리)이 가능하기 때문이다. 즉, 전기차는 이동형 에너지저장장치(ESS)로 볼 수 있다. IEA(2021.4)는 전 세계적으로 2030년까지 약 140백만대 이상³³⁾의 전기자동차가 보급될 것으로 전망하고 있으므로 최소 140백만개의 이동형 에너지 저장장치가 존재한다고 추정할 수 있다.

그림 7 섹터커플링 개념(좌) 및 전기차 활용한 다양한 기술(우)



주: V2X는 Vehicle to Everything로 V1G, V2G, V2H, V2B, V2F 등 포함
 자료 : 관계부처 합동(2021.12), p.15.; 손성용(2021.10.12), p.6.

33) 현행정책유지 시나리오(STEPS) 가정 하에서는 2030년 전기차 누적 보급대수는 140백만대이고, 지속가능개발 시나리오(SDS) 가정 하에서는 230백만대의 전기차가 보급될 것으로 IEA(2021.4)는 전망함.

한편 재생에너지 보급 증가에 따라 전력시스템도 재생에너지 중심으로 전환되면서 재생에너지 변동성과 전기화에 대응할 수 있는 효과적인 수단으로 섹터커플링(Sector Coupling)³⁴⁾ 혹은 에너지통합시스템(Energy integration System)이 각광을 받고 있다. 섹터커플링에서 수송부문의 주요 기술로는 재생에너지 전력을 이동형 배터리에 저장하고 활용하는 기술인 Power to Mobility(P2M) 혹은 V2G(Vehicle to Grid)가 있다.³⁵⁾³⁶⁾

전기차 충·방전 기술과 전력망 연계를 통해 재생에너지의 변동성 문제에 해결할 수 있으므로 섹터커플링을 활용한 구체적인 전기차 신사업을 살펴보도록 하겠다.

1) V2X(V2H, V2B, V2F) 사업

전기차와 가정, 빌딩, 공장이 연결이 되어 비상시 혹은 피크 시에 전기차에 저장된 전력을 가정, 빌딩, 공장 등에 공급하여 전력 수요를 줄일 수도 있고, 피크 시간대에 전기차에 저장된 전기를 전력망에 팔아 이윤 창출할 수 있는 사업이다.³⁷⁾ 낮 동안은 태양광 발전을 통해 생산된 전기를 전기차 및 가정으로 공급하여 사용하고, 밤에는 전기차에서 가정으로 전력을 공급하는 것으로 가구의 전기요금을 절약할 수 있고 전기차 충전 비용도 아낄 수 있다.³⁸⁾

국내에서는 V2X는 실증단계이며, 최근에 현대·기아차가 제주도에서 실증사업을 진행하고 있다. 현대·기아차는 제주도청의 업무용 차량을 대상으로 청사 전력과 연계하고, 도청 전력피크 예상 시에 도청 건물로 전력을 공급하는 V2B(Vehicle to Building) 실증사업을 제주특별자치도와 협력하여 추진하고 있다(2021.05월).³⁹⁾

34) 섹터커플링은 발전 부문의 잉여전력을 열(P2H), 가스(P2G), 수송(V2G) 부문의 에너지와 결합·저장하여 필요시 상호 전환하여 활용하는 기술(관계부처 합동, 2021.12)

35) 관계부처 합동(2021.12)

36) 윤영(2021.7.1)

37) Navigant Research(2018.2Q)

38) 석주현(2018)

39) 헤드라인제주(2021.05.07)

2) 가상발전소(VPP)⁴⁰⁾ 참여 사업

카셰어링업체, 대중교통업체, 택배업체 등 운수사업자가 사업용 전기차를 이용하여 본업의 용도로 사용하지 않는 밤 시간이나 주말에는 보조서비스(A/S)시장⁴¹⁾이나 전력중개시장에 참여하여 부가적인 수익을 창출하는 사업이다. 운수사업자 입장에서는 시장에 참여하여 금전적 수익을 얻어 전기차의 총소유비용⁴²⁾을 절감할 수 있으며, 그리드운영자(TSO)입장에서는 계통 불안정을 해소할 수 있다.⁴³⁾

3) 재생에너지 연계 전기차 충전 사업

피크수요 혹은 재생에너지 공급이 수요를 초과할 경우, 전기차의 충전 제어와 관련된 사업으로 그리드운영자(한전)가 할 수 있는 사업이다. 전기차를 재생에너지 발전과 연계된 전력망과 연결시켜 재생에너지 발전의 출력이 높아지면 전기차를 충전하고(V1G), 피크부하나 재생에너지 발전의 출력이 약해지면 전기차에 남은 전력을 다시 전력망으로 전송(V2G)하는 것이다.⁴⁴⁾

덴마크에서 풍력발전과 전기차를 전력망에 연계하는 EDISON 프로젝트가 2009년에 수행되었고 이후 후속 프로젝트가 진행되고 있다.⁴⁵⁾ 국내는 제주도에서 전력공급 과잉에 따른 풍력발전의 출력제한을 해소하고자 한전에서 플러스DR 시범사업을 시행하고 있다(2021.10월). 플러스DR제도는 한전 소유 전기차 충전을 활용하여 전력공급 초과 시 잉여전력을 소비하면 인센티브를 제공하는 제도이다.⁴⁶⁾

4) 전력거래 사업

V2G 기술을 통해서 전기차와 전력망이 양방향으로 연결되어 전기차에서 전력망으로 잉여 전력을 공급할 수 있게 됨에 따라 전기차 소유주는 전기차에 저장된 전력을 판매하여 이윤을 창출하는 사업이다. 산업부는 2019년 2월 소규모 전력중개시장을 개설하여 1MW 이하의 신재생에너지, 에너지저장장치(ESS), 전기차 등 소규모 전력자원을 모아서 판매할 수 있는 시장을 개설하였다.⁴⁷⁾

또한, 이웃 간의 전력거래를 이용하여 전력이 필요한 이웃에게 전기차에 저장된 전력을 판매할 수 있고, 가정용 태양광에서 생산된 전력을 이웃의 전기차 충전을 위해 거래할 수도 있다.⁴⁸⁾

40) 태양광, 풍력, 전기차 등 소규모 신재생에너지 분산전원을 모아 하나의 발전소처럼 통합 관리하는 가상(통합)발전소(한국전력 블로그, 검색일 : 2022.03.19)

41) 보조서비스시장은 주파수조정, 전압조정 등 전력시장의 부가적인 기능을 담당하기 위한 시장

42) 총소유비용은 전기차를 구매, 유지보수, 보험료 등 사용하는데 필요한 총 비용

43) 석주현(2018)

44) V1G는 전력망에서 전기차로 단방향으로, 피크 수요 시 전기차의 충전을 멈추게 하거나 재생에너지 공급 증가 시 전기차의 충전이 되도록 하는 것을 의미하며, V2G는 피크 시 그리드 운영자가 전기차에 저장된 전력을 전력망으로 전송(방전)하도록 제어하는 것임.

45) 석주현(2018)

46) 천지일보(2021.9.30), 한전, 제주도 전기차 충전기 활용 플러스DR 시범사업 추진

47) 산업통상자원부 보도자료(2018.12.12)

48) Navigant Research(2018.2Q)

4. 결론 및 정책 제언

도로 수송부문의 탄소중립을 실현을 위한 방향성은 내연기관차에서 수소전기차로의 전환, 화석연료에서 재생에너지로의 연료전환, 혁신기술을 통한 에너지효율향상이라고 할 수 있다. 이를 위한 주요 핵심수단으로는 친환경차 보급을 촉진하기 위한 규제, 수송부문 에너지효율 향상, 수송부문의 섹터커플링 활용이라고 할 수 있으며 본고에서 이러한 관점에서 다양한 정책 수단을 살펴보았다.⁴⁹⁾ 마지막으로 본고에서 제시한 도로 수송부문의 주요 정책수단을 보다 효과적으로 이행하기 위한 정책 제언을 하고자 하며 이는 다음과 같다.

가. 친환경차 보급·확산

국토교통 탄소중립 로드맵(2021.12월)은 2030년 국가 온실가스 감축 목표(NDC) 및 2050년 탄소중립 달성을 위한 친환경차 보급 목표를 제시하였다. 2030년은 450만대의 전기·수소차 보급을 목표로 하고 있으며, 2050년은 전체 자동차 등록대수의 85% 이상을 전기·수소차로 보급하는 것을 목표로 하고 있다. 하지만, 2021년 7월 기준으로 자동차 등록대수에서 전기·수소차의 비중이 0.8%(약 19.7만대)로 여전히 낮은 실정이다.⁵⁰⁾ 환경부의 2022년도 무공해차(전기·수소차) 누적 보급 목표는 50만대로 목표 달성을 위해서는 약 30만대를 올해 안으로 보급해야 하는 상황이다.⁵¹⁾

친환경차 보급을 확대하기 본고에서는 무공해차 의무보급제도, 내연기관차의 신차 판매 금지제도, 노후 경유차의 운행제한을 주요 정책수단으로 제시하였다. 이 중에서 무공해차 의무보급제도 및 노후 경유차의 운행제한 제도는 국내에서 시행 중이다.

앞서 보았듯이, 정부 목표에 비해 전기·수소차의 보급 실적은 낮은 실정이다. 정부가 목표로 하는 무공해차 보급 목표 달성을 위해서는 보급 목표에 준하는 수준으로 자동차 제조사/수입사에게 의무 목표를 부여하는 것이 필요하다.⁵²⁾ 현재는 시범사업 단계로 목표량을 다소 낮게 설정하였지만 제도가 정착됨에 따라 목표량을 정부의 전기·수소차 목표 수준에 부합하게 설정하여 내연기관차에서 무공해차(친환경차)로의 전환을 이루어야 할 것이다.

노후 경유차의 운행제한 제도는 대기오염이 심각한 지역에 노후 경유차의 운행을 제한하는 제도로 친환경차의 보급을 촉진할 수 있는 제도이다. 현재는 노후 경유차로 한정되어 있지만 향후에는 주요 도심지역

49) 본고에서는 다루지 않았지만, 재생합성연료(e-fuel) 등의 대체연료 개발 및 사용 확대, 수송부문 탄소세 도입도 수송부문의 중요 수단임.

50) 2021.7월 기준 전체 자동차 등록대수 24,703,522대이고 전기·수소차는 196,731대임(국토교통부 보도자료, 2021.08.25)

51) 한겨레(2022.01.21)

52) 석주현(2017)

을 대상으로 내연기관차의 운행제한을 고려해 볼 수 있다.⁵³⁾ 초기에는 일요일 하루를 대상으로 운행을 제한하고 이후에는 주말, 공휴일 등으로 단계적으로 확대하여 시행할 수 있다. 이는 내연기관차 운전자에게 자동차 사용에 대한 제한을 주어 향후 자동차 구매 시 친환경차를 선택하게 하는 효과가 있다. 단, 자가용과 사업용에 대해서는 차별을 두어 적용하는 것이 필요하다.

자가용의 경우 운행을 제한하여도 대중교통을 이용할 수 있는 대안이 있지만, 사업용의 경우는 그렇지 않으므로 예외를 두어서 적용하되, 친환경차로 전환에 우선순위를 두어야 할 것이다. 특히, 화물차의 80% 이상을 차지하는 소형 화물차의 경우 주로 도심에서 운행되고 있으며 대부분 생계형 사업자이므로 노후 경유차를 폐차하고 친환경차로 구매 시 별도의 보조금을 지원하고, 전기차 보조금 지원에서도 승용전기차보다 소형 화물전기차에 우선순위를 두고 지원금을 배정해야 할 것이다. 한편, 자가용 운전자를 위해서는 대중교통 요금을 할인하거나 무료 제공, 공유 자전거 및 개인 모빌리티⁵⁴⁾ 이용 시 할인 등의 혜택을 제공하여 제도 시행으로 인한 불편을 경감시켜야 할 것이다.

마지막으로 신차의 내연기관차 판매금지 제도이다. 현재 이 제도는 국내에서 시행되고 있지 않지만, 윤석열 대통령 당선인이 2035년 내연기관차 신규 등록 금지를 공약으로 제시하였고 현대차는 2040년에 신차의 내연기관차 판매금지를 목표로 하고 있다.⁵⁵⁾ 내연기관차 판매금지 제도에 대해 생산자의 자유와 소비자의 선택권 제한 등의 부정적인 의견도 있지만,⁵⁶⁾ 국내외 자동차 제조/판매사들의 내연기관차 판매금지 시점이 2025년(도요타)에서 2040년(현대차)임을 고려할 때 국내에서는 2035년에서 2040년 사이에 시행될 것으로 예상된다. 또한 최근 설문조사에도 자동차산업 노동자의 82%가 윤석열 당선인의 공약인 2035년 내연기관차 신규 판매금지에 대해 공감하는 것으로 나타났다.⁵⁷⁾ 내연기관차 판매금지제도는 향후 자동차 시장이 내연기관차에서 친환경차로 전환된다는 강력한 신호를 주는 것으로 해석할 수 있다. 미래에 자동차를 구입할 소비자 입장에서는 이 시점을 기준으로 내연기관차 혹은 친환경차를 선택하게 될 것이고 내연기관차 산업계는 이에 대한 사전 준비 기간을 갖게 될 것이다. 물론 내연기관차 산업계가 좌초자산이 되지 않고 공정한 전환이 될 수 있도록 정부, 산업계 등이 협력하여 추진해야 할 것이다.

53) 이와 유사하게 국내에서는 2019년 미세먼지가 심한 시기(12~3월)에 공공기관을 대상으로 2부제를 시행하였고 친환경차(전기·수소·하이브리드차)는 적용 대상에서 제외됨(환경부 웹페이지, 검색일 : 2022.04.13)

54) 전동킥보드, 전동휠, 전기자전거 등

55) 한겨레(2022.03.11)

56) 김재경(2019)

57) 연합뉴스(2022.04.14)

나. 내연기관차 연비 개선 및 개인 모빌리티 이용 활성화

우리나라는 탄소중립 혁신전략(2021.12월)에서 교통부문의 온실가스 에너지효율 목표를 감안하여 자동차 평균연비를 2030년까지 33.1km/L로 강화하였고⁵⁸⁾, 미국 및 EU도 연비와 온실가스 배출 규제를 보다 강화하고 있다. 미국은 바이든 행정부가 취임한 후, 기업평균연비(Corporate Average Fuel Economy, CAFE) 기준을 2024~2026년 동안 생산되는 자동차 모델에 대해 연간 8% 증가시키도록 하였다.⁵⁹⁾⁶⁰⁾ EU는 'Fit for 55' 패키지(2021.7.14)에서 승용·경량자동차에 대한 온실가스 배출 규제를 강화하여⁶¹⁾ 2035년에는 실질적으로 내연기관차의 신규 판매를 금지하였다.⁶²⁾ 이처럼 내연기관차의 연비기준 강화는 친환경차의 보급을 가속화시키는 핵심 수단이므로, 탄소중립이라는 거대한 목표 달성을 위해 국내도 보다 도전적으로 내연기관차의 연비 기준을 상향시키는 것이 필요하다.

보행, 자전거, 전동킥보드 등을 이용하는 것도 여객 수송의 탄소 배출량을 감소시킬 수 있는 중요 수단 중에 하나이다. 개인 모빌리티 이용을 촉진하기 위해서는 이용 인센티브 제공과 인프라 투자 확대가 요구된다. 출·퇴근 시간에 공유 자전거, 전동킥보드 등 이용 하면 요금을 인하하거나, 프랑스, 벨기에, 이탈리아 처럼 (전기)자전거 구입 시 세액공제를 제공하는 것도 고려할 수 있다.⁶³⁾ 아울러 자전거 전용도로 및 포장도로 확장을 위한 인프라 투자도 동반되어야 한다. 해외 선진국들은 향후 2년간 보행자 통로와 자전거 전용도로 확충을 위해 약 25억 달러를 투자할 계획이며, 도시교통 인프라 확대에 약 330억 달러를 투자할 예정이다.⁶⁴⁾ 우리나라도 관련 인프라 투자를 확대시켜 보행 및 개인 모빌리티 이용을 촉진시켜야 할 것이다.

다. 섹터커플링 활용 전기차 신사업 활성화

섹터커플링은 재생에너지 발전을 통해 생산하고 남은 전력을 열(P2H), 가스(P2G), 수송(V2G) 부문의 에너지에 저장하거나 결합하여 필요시 상호 전환하여 활용하는 기술이다.⁶⁵⁾ 수송부문에서는 태양광 및 풍력 발전의 잉여 전력을 전기차에 충전하거나 피크 수요나 전력 공급이 충분하지 않을 시 전력망으로 역전송할 수 있는 V2G 기술이 활용될 수 있다. 이는 도로 수송부문에서 재생에너지 확산과 전기차 보급을 연결시켜주는 고리로 볼 수 있으며, 섹터커플링을 통해 에너지효율을 향상시키고 재생에너지 이용을 증가시

58) 10인승 이하 승용·승합차의 경우 '21년 24.3km/L에서 '30년 33.1km/L이며 '23년부터 중·대형차 평균연비 도입

59) BNEF(2022.03.29)

60) 조선일보(2022.03.28)

61) 신규 승용·경량자동차의 배출량은 2030년까지 1990년 대비 55% 감축, 2035년까지는 100% 감축

62) BNEF(2022.03.29)

63) IEA(2022.03.18)

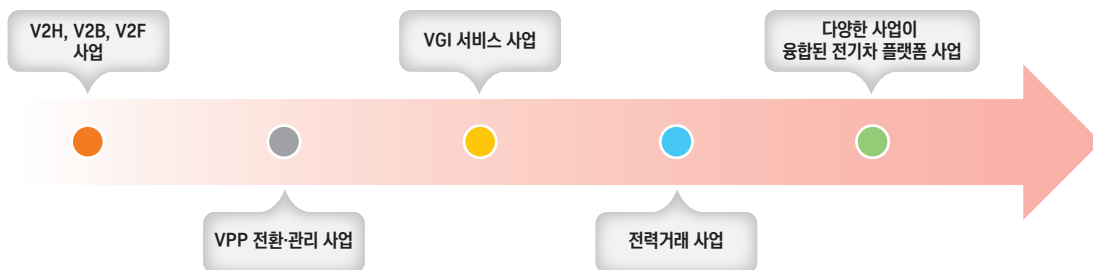
64) IEA(2022.03.18)

65) 관계부처 합동(2021.12)

키고 수송부문에 필요한 에너지를 탈탄소화할 수 있다. 단순히 전기차와 재생에너지 보급을 증가시키는 것도 중요하지만, 보다 중요한 것은 서로 긴밀하게 연계되어 에너지 이용의 효율을 높이고 재생에너지 이용을 확대시킬 수 있는 신사업을 활성화하는 것이다.

[그림 8]는 V2G 관련 전기차 신사업의 진화 단계를 나타낸 것으로, ① V2H, V2B 등의 V2X 사업이 가장 먼저 추진되고, 이후 ② 다수의 전기차를 연결한 가상발전소 전환·관리 사업, ③ 전기차 충전 및 제어를 수행하는 VGI(Vehicle Grid Integration) 사업, ④ 최종적으로 전력거래 사업으로 순서로 신사업이 발전될 것으로 보인다. 따라서 국내 V2G 관련 신사업 추진 시에도 이 진화 단계를 염두에 두고 정책·제도적 개선 및 지원이 동반되어야 할 것이다.

그림 8 V2G기술을 활용한 전기차 신사업의 진화 단계



자료 : 저자 작성

첫째, V2G 신사업이 활성화되기 위해서 우선적으로 V2G 충·방전 요금제 도입이 필요하다. 국내는 전기차 충전 요금은 있으나, 방전 요금은 설정되어 있지 않으므로 전기차 충·방전 패턴 및 특성에 맞게 시간대별, 계절별 차별화된 충·방전 요금제를 마련하는 것이 필요하다. 실제로 미 델라웨어주의 전기차 충·방전 요금은 충전요금과 방전 요금은 같고, 실시간 요금제(TOU)가 적용이 되고 있으며, 방전이 충전보다 많은 경우에는 다른 V2G 요금이 적용되도록 설계되어 있다.⁶⁶⁾

둘째, V2G 참여에 대한 전기차 소유주에게 인센티브 제공이다. 전기차 소유주 입장에서는 V2G 참여로 인한 수익(요금이 저렴한 시간에 충전하고 비싼 시간에 계통에 판매)보다 초기 투자비용(V2G 전기차 및 충전기)이 높을 뿐만 아니라 잦은 충·방전으로 인한 배터리 성능 저하되기 때문에 사업 초기에는 V2G 관련 사업에 전기차 소유주의 참여가 저조할 수 있다. 따라서 전기차 소유주의 적극적인 참여를 유도하기 위해 다양한 인센티브를 제공하는 것이 필요하다. 예를 들어 해외에서는 전기차 소유주의 참여를 독려하기 위해 충전 요금을 무료로 제공하거나 V2G 충전기를 무료로 지원해주고 있다.⁶⁷⁾

66) 석주현(2018)

67) 석주현(2018)

셋째, 충전서비스 사업자의 전기차 전력중개를 허용하는 것이 필요하다. 전력거래를 위한 생태계 조성의 일환으로 전기사업법 개정(2018.5월)으로 재생에너지, 에너지저장장치, 전기차와 같은 소규모 수요자원을 전력중개사업자를 통한 거래가 가능하게 되었다.⁶⁸⁾ 즉, 1MW이하 전기차에서 생산·저장된 전기를 전력중개사업자를 통해 소규모 전력중개시장(2019.2월)에서 판매할 수 있게 되었다.⁶⁹⁾ 기존의 수요관리사업자가 전력중개사업자로 활동하고 있는데, V2G 충전을 관리하는 담당자가 충전서비스 사업자⁷⁰⁾임을 고려할 때 전기차에 한해서는 충전서비스 사업자도 전력중개를 할 수 있도록 허용하는 것이 향후 충전서비스 사업의 영업을 확장하고 전기차 대상 VPP 사업을 관리하기에도 적절할 것으로 판단된다.

68) 산업통상자원부 보도자료(2018.12.12)

69) 산업통상자원부 보도자료(2018.12.12)

70) 전기차 충전서비스 사업자가 V2G 충전기 및 관련 소프트웨어를 설치·유지보수·관리함.

참고문헌

국내 문헌

- 가스신문, 2030년 내연기관차 판매 종식…친환경자동차법 개정안 발의, 2020.12.15 <http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=93943>
- 김재경, E-Mobility 성장에 따른 석유전력신재생에너지 산업 대응전략 연구(석유) (1/4), 2019
- 국토교통부, 국토교통 탄소중립 로드맵, 2021.12
- 국토교통부 보도자료, 자동차 등록대수 2,470만 대... 친환경차 100만대 돌파, 2021.8.25
- 관계부처 합동, 에너지 탄소중립 혁신전략, 2021.12
- 관계부처 합동, 2050 탄소중립 시나리오안, 2021.10.18
- 관계부처 합동, 에너지이용합리화기본계획, 2020.8
- 관계부처 합동, 에너지효율 혁신전략, 2019.8
- 동아일보, 中 친환경차 의무판매시동... “현대차 벌금 1조원 물수도”, 2019.01.02 <https://www.donga.com/news/Economy/article/all/20190101/93519110/1>
- 매일경제, ‘르쌍쉐’ 가뜰이나 힘든데...친환경 규제 강화에 날벼락, 2021.12.07 <https://www.mk.co.kr/news/business/view/2021/12/1121680/>
- 산업통상자원부 보도자료, 소규모 전력중개사업 본격 시행, 2018.12.12
- 석주현, E-mobility 비즈니스 모델 및 사례, 에너지경제연구원, 에너지포커스 겨울호, 2018
- 석주현, 화물 수송부문 전기차 도입을 위한 제도 개선방안 연구, 에너지경제연구원, 2017
- 석주현, 전기자동차 충전인프라 구축을 위한 사업모델 유형 분석, 에너지경제연구원, 세계에너지시장 인사이트 제 16-39호, 2016.10.28
- 손성용, 에너지 섹터커플링 동향과 진화 방향, 전기저널, 2021.10.12

국내 문헌

- 에너지경제연구원, 에너지통계연보, KESIS, 2021
- 에너지경제연구원, IEA의 세계 에너지수요 전망(2020~2040년, World Energy Outlook 2020) 세계 에너지시장 인사이트 제20-21호, 2020.10.26
- 연합뉴스, “차산업 노동자 82%, 2035년 내연차 신규 판매금지 공감”, 2022.04.14 <https://www.yna.co.kr/view/AKR20220414064900004>
- 윤영, 섹터 커플링(sector coupling) 개념 및 주요기술, 경영연구원, 2021.7.1
- 조선일보, 바이든, 車 연비 규제 강화…오바마 시절 ‘벌금 인상’ 부활, 2022.03.28
- 조선일보, 英 “2030년 내연기관 트럭 퇴출, 아니 2040년”… 유럽 전기차 정책 혼돈, 2021.07.15 <https://www.chosun.com/economy/auto/2021/07/15/FK66WD7JGZEVJBCYCVIL35XLCA/>
- 전자신문, 전기차 ‘에너지등급제’ 시동…완성차 ‘시기상조’, 2021.11.16 <https://m.etnews.com/20211115000187>
- 한겨레, ‘2035년 내연기관차 등록 금지’…윤 당선자 공약 현실화될까, 2022.03.11 <https://www.hani.co.kr/arti/economy/car/1034419.html>
- 한겨레, 전기·수소차 ‘보급 목표’ 미달하면 1대당 60만원 ‘기여금’ 내야, 2022.01.21
- 환경부 보도·설명자료, 2020년 저공해차 보급목표, 환산실적 기준 초과 달성, 2021.06.17
- 황상규, 주요국 자동차 연비·환경 규제에 따른 전기차 제조 기업의 대응 방향 전기차 해외기술 규제 가이드. 국가기술 표준원·KSA 한국표준협회, 2018
- 헤드라인제주, 제주도, 업무용 차량 국내 최초 V2G 모델 전기차 전환 추진, 2021.05.07
- 천지일보, 한전, 제주도 전기차 충전기 활용 플러스DR 시범사업 추진, 2021.9.30 <http://www.newscj.com/news/articleView.html?idxno=906805>
- 카이스트·한국교통연구원, 택배 운송에 최적화된 친환경 하이브리드 디젤-전기 소형트럭 개발 기획, 국토교통부, 2017

외국 문헌

- BNEF, G-20 Zero-Carbon Policy Scoreboard 2022, 2022.03.29
- EU Parliament, Sector coupling: how can it be enhanced in the EU to foster grid stability and decarbonise?, 2018.11
- IEA, A 10-Point Plan to Cut Oil Use, 2022.03.18
- IEA, Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, 2021.5
- IEA, Global EV Outlook 2021, 2021.4
- Navigant Research, Charging Ahead with EV Analytics, 2018.2Q

웹사이트

- 대한민국 정책브리핑 웹페이지, “2050 탄소중립” <https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?news-Id=148881562> (검색일 : 2022.03.19)
- 서울특별시 웹페이지, “자동차 친환경등급(1등급 전기차·수소차) 표지 신청” <https://news.seoul.go.kr/env/archives/79886> (검색일 : 2022.03.09)
- 한국교통안전공단 웹페이지(KOTMS), “부문별 온실가스 배출량” <https://www.kotems.or.kr/app/kotems/forward?pageUrl=kotems/ptl/emission/nir/KotemsPtlEmissionNirEmissionSectorLs&topmenu1=01&topmenu2=03&topmenu3=03> (검색일 : 2021.3.20)
- 한국전력 블로그, “눈으로 볼 수 없는 발전소, VPP에 대해 파헤쳐 보자!” <https://blog.kepco.co.kr/2138> (검색일 : 2022.03.19)
- 환경부 웹페이지, “미세먼지 고농도계절 공공2부제 시행 지침” http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10259&orgCd=&condition.orderSeqId=7409&condition.rnSeq=303&condition.deleteYn=N&seq=7410 (검색일 : 2022.04.13)
- easylaw 웹페이지, “자동차 운행제한” <https://easylaw.go.kr/CSP/CnpClsMainBtr.laf?popMenu=ov&csnSeq=1454&c-cfNo=3&ccNo=1&cnpClsNo=2> (검색일 : 2022.04.13)