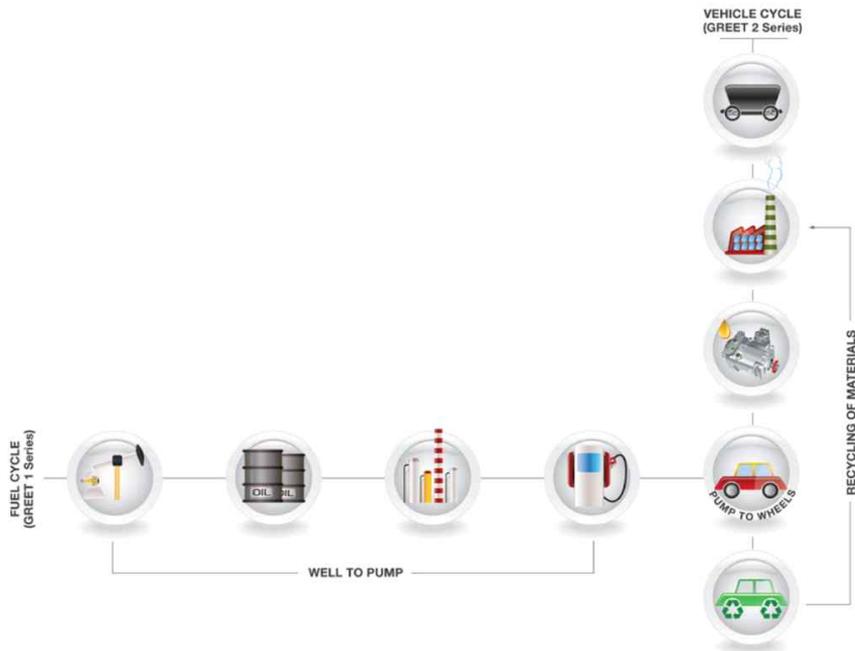


무역기술규제(TBT) 동향 보고서

자동차분야 전과정 평가(LCA)

규제동향



[목 차]

1. 주요 규제 개요 및 전망	1
① 규제 개요	1
② 차종별 규제 현황 및 전망	17
③ 국가별 규제 현황 및 전망	23
2. 요약 및 향후 동향	30
3. 시사점 및 기업 대응방안	32

본 규제동향보고서는 2021년 무역기술장벽(Technical Barriers to Trade; TBT) 대응 컨소시엄 활동의 일환으로 최신 규제 동향을 제공하기 위해 작성되었습니다. 동 규제동향보고서에 관한 WTO TBT 통보문 정보와 보고서 원문은 KnowTBT 포털에서 제공받으실 수 있습니다. 또한 회원 등록 시 TBT 경보 서비스 수신이 가능합니다. (www.knowtbt.kr)

1 규제 개요

□ (지구 온난화) 유엔 산하 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)가 발간한 보고서*에 따르면 지구 온난화로 향후 20년간 지구의 평균 온도가 19세기 말보다 섭씨 1.5도 상승할 수 있다고 전망함

* 지구온난화 1.5℃ 특별보고서: 2018년 제48차 IPCC 총회(인천 송도 개최)에서 회원국(195개국) 만장일치로 승인된 보고서

○ 지구 온도가 1℃ 오르면 가뭄이 지속되고 물부족 인구 5천만명, 육상생물의 10%가 멸종 위기에 처하게 되고 기후변화로 인해 30만명이 사망하는 등 인류의 재앙이 됨

○ 온실가스는 지구 온난화에 영향을 미치는 기체들로 직접 온실가스 와 간접 온실가스로 나누며 일반적으로 이산화탄소를 기준으로 각 가스별 기여정도를 명시하여 배출량을 계산함

- 직접 온실가스: 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 6불화황 등

- 간접 온실가스: 일산화탄소, 질소가스, 비메탄휘발성 유기물질 등

□ (탄소중립) 현재 온실가스 배출량이 흡수량보다 크므로 차이만큼 대기중 이산화탄소 농도가 증가되므로 배출량을 저감하고 흡수량을 증대시켜 이산화탄소 농도가 더 이상 증가되지 않도록 순 배출량이 0이 되도록 하는 것을 탄소중립이라고 함

○ 지구온난화 1.5℃ 보고서에 따르면 지구 평균 온도 상승을 1.5℃ 이내로 억제하기 위해서는 이산화탄소 배출량을 '30년까지 '10년 대비 최소 45% 이상 감축하여야 하고, '50년까지 전지구적으로 탄소중립을 달성하여야 한다고 제시하고 있음

- 우리나라는 기후위기 대응을 위해 '2050 장기저탄소발전전략 (LEDS*)'을 수립('20.12.15)하였으며, '2050년 탄소중립을 목표로 나아가겠다'는 비전 아래 5대 기본방향과 부문별 추진 전략이 포함 되어 있음.

* LEDS: Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies

[2050 탄소중립 부문별 과제 및 미래상]

	현재 모습	미래 모습	핵심 과제
	727.6(백만톤) 배출('18)	넷-제로('50, NET-ZERO)	
 에너지	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 화석연료 기반에너지 생산 (269.6, 37%) - 석탄+LNG 66% ('19) - 재생에너지 4.8% ('19) 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 온실가스 배출 제로 에너지 생산 - ①재생E+②수소+③CCUS 가스발전 	<ul style="list-style-type: none"> - 脫석탄발전 - 재생에너지 설비 확충, 그리드 체계 개편 - CCUS·그린수소 상용화
 산업	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 탄소 집약적 산업구조 (264, 36%) - 탄소 다배출 업종 (%; 19): (韓)8.4, (EU)5.0, (美)3.7 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 온실가스 무배출산업구조 - 무배출 공정·기술 + 고품질 배출 CCUS 	<ul style="list-style-type: none"> - 미래 기술 적용 (수소 환원 제철, 바이오매스 등) - 에너지효율 개선 + 산업 공정 F-gas 저감
 수송	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 내연기관 중심수송체계 (98.1, 14%) - 친환경차 비중 2.87% ('20.6, 등록 대수 기준) 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 탈내연기관무공해차 보급 대폭 확대 - 교통수요 최적화 + 탈탄소 물류체계 	<ul style="list-style-type: none"> - 내연 기관차 판매 중지 - 지능형 교통시스템(ITS) - 물류체계 전환
 건물	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 에너지 다소비 건물 (47.5, 7%) - '15년 이상 노후 건축물 비중 74% ('19) 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 에너지 자급형그린빌딩 - 재생에너지 자급 - 제로에너지 빌딩화 	<ul style="list-style-type: none"> - 건물 에너지효율 개선 (그린 리모델링 등) - 재생에너지 설치 - 스마트 에너지관리
 농·축·수산	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 화학비료·농약집약형 관행농업(21.2, 3%) - 공장형 축산과 육식 위주 식생활 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 화학비료·농약없는 친환경농업 - 친환경 축산과 채식 중심 식생활 	<ul style="list-style-type: none"> - 식생활 개선 (채식 + 로컬 푸드) - 비료·농약사용 저감, 친환경 농업 확대 - '가축분뇨' 처리 개선
 흡수원	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 산림 노령화로 흡수량 감소 (-41.3, -6%) - '50년 기준 6영급 72.1% 차지, 흡수량 30%감소 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 산림 및 다양한흡수원 확대 - 순환 산림 체계 조성 - 재조림 / 훼손지 복원 	<ul style="list-style-type: none"> - 산림 경영으로 산림 흡수원 확대 (신규조림/재조림) - 추가 흡수원 발굴 (연안습지 등 블루 카본)
 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 발생량 증가, 잔재물 매립·소각(17.1, 2%) - 플라스틱 재활용률 54%('20) - 매립·소각 비율 14%('17) 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ 쓰레기제로 순환경제 - 탈플라스틱+순환경제 - 매립 제로+CCUS 소각 	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기물 원천 감량 - 플라스틱 재활용 증가, 잔재물 제로화 - 바이오 플라스틱 대체

출처: 통합기후변화홍보포털(환경부) <https://www.gihoo.or.kr/netzero/main/index.do>

- 2050 탄소중립위원회에서는 '2050 탄소중립 시나리오 초안 발표 ('21.8.5)' 및 2030 온실가스 감축 목표 재검토함
 - 1안: 기존의 체계와 구조를 최대한 활용하면서 기술발전 및 원·연료의 전환을 고려
 - 2안: 1안에 화석연료를 줄이고 생활양식 변화를 통해 온실가스를 추가로 감축
 - 3안: 화석연료를 과감히 줄이고 수소공급을 전량 그린수소로 전환해 획기적으로 감축
 - 국내외 여건 변화에 따라 자동차 연비·온실가스 관련 정책에 대한 재검토가 필요함
- (2030 자동차 온실가스 기준) 환경부는 '30년 1,820만톤 이상의 온실가스 감축을 목표로 자동차 온실가스 관리제도의 온실가스 배출 기준을 확정하여 공포('21.2.15)하였음
- 자동차 온실가스 관리제도: '저탄소 녹색성장 기본법'에 따라 '12년부터 시행 중인 제도로써 자동차 제작사(수입사 포함)*는 그 해에 판매한 자동차의 평균 온실가스 배출량 또는 평균 연비가 당해 연도의 기준을 준수할 수 있도록 관리해야 함.
 - * (국내 제작사) 현대·기아·한국지엠·르노삼성·쌍용(5개)
(수입사) BWM·Benz·Audi VW·토요타·혼다·포드·FCA·캐딜락·볼보·한불·재규어랜드로버·테슬라·포르쉐·FMK(14개)
 - 미국과 유럽연합(EU) 등 주요 자동차 생산국가에서 폭넓게 시행 중이며 CAFÉ(Corporate Average Fuel Economy, 기업별 평균연비)라고 불리고 있음
- '12년 제도 시행 초기에는 온실가스 140 g/km, 연비 17 km/L이었으나 매년 점차 강화되어 '21년에는 온실가스 97 g/km, 연비 24.3 km/L의 기준이 적용됨.
 - 올해 공포된 온실가스 배출 기준은 '21년 97 g/km → '25년 89 g/km → '30년 70 g/km으로 단계적 기준을 강화함

[자동차 평균 온실가스 차기 기준(2021-2030년)] (단위 : g/km)

분류 \ 연도	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
10인 이하 승용승합	97	97	95	92	89	86	83	80	75	70
승합(11~15인)·소형화물	166	166	164	161	158	158	155	152	149	146

출처: 환경부 보도자료(2021.2.15.)

[자동차 평균 연비 차기 기준(2021-2030년)] (단위 : km/L)

분류 \ 연도	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
10인 이하 승용승합	24.3	24.3	24.4	25.2	26.0	27.0	27.9	29.0	30.9	33.1
승합(11~15인)·소형화물	15.2	15.2	15.4	15.7	16.0	16.0	16.3	16.6	16.9	17.3

출처: 환경부 보도자료(2021.2.15.)

- 자동차 온실가스 관리제도를 미달성할 경우 ‘대기환경보전법’에 따라 과징금 부과 대상이 되며 기준을 달성하지 못한 경우 향후 3년간 초과달성분으로 미달성분을 상환하거나 타업체와의 실적거래를 통해 미달성분을 해소해야 함
 - 미달성분 1 g/km에 대한 과징금은 ‘19년 3만원, ‘20년 5만원의 과징금 요율이 적용되며 과징금은 자동차 제작업체별 매출액의 1%를 상한으로 함
- 중대형 상용차의 ‘23~’25년 평균 연비·온실가스 기준을 설정(‘20.12월)하였음
 - ‘21~’22년 기준값 대비 ‘23년 2.0%, ‘24년 4.5%, ‘25년 7.5%의 감축을 목표로 함
 - 초과 달성시 향후 미달성분 상환에 사용 가능하며 미달성시 과징금 등 제재 수단은 적용하지 않음
- (유럽 자동차 배출가스 규제 강화) 유럽집행위원회는 자동차 배출가스 규제를 위해 ‘92년부터 유로1(가솔린)과 유로 I (디젤)을 시작으로 현재 유로6/VI까지 승용차, 트럭 등에 대한 규제물질 기준을 지속적으로 강화하고 있음

- '15년 폭스바겐 배기가스 조작 사건으로 인해 도로주행 중 배출가스 재순환장치를 고의로 자동 중단시키는 임의설정을 확인하였으며 이는 주행시간과 거리가 일정 구간 범위에 있는 경우 인증시험용이 작동되게 하는 방식을 사용함으로써 정해진 주행패턴으로의 시험방법에 대한 한계를 드러내는 사건으로 이를 해결하고자 다양한 시험방법이 후속으로 적용되었음
- 차대동력계 시험의 경우 기존의 단순한 주행패턴으로 구성된 NEDC(New European Driving Cycle) 모드에서 실도로 주행 데이터를 모사한 WLTP(Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure)로 변경하여 보다 실제적인 측정이 가능하도록 하였음
- 차량에 실도로 배출가스 측정장비를 부착하고 실제 도로를 주행함으로써 자동차 배출가스를 측정하는 방식인 RDE(Real Driving Emission) 시험법을 채택함으로써 기존 차대동력계 시험보다 실제 주행 상태를 고려할 수 있는 장점이 있음

[가솔린 승용차 EU 배출가스 기준]

(단위 : g/km)

규제물질	유로1	유로2	유로3	유로4	유로5	유로6
시행년도	1992	1996	2000	2005	2009	2014
일산화탄소(CO)	2.72	2.2	2.0	1.0	1.0	1.0
탄화수소(HC)	0.97	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1
질소산화물(NOx)			0.15	0.08	0.06	0.06
입자상물질(PM)	-	-	-	-	0.005	0.005

출처: 디젤넷(<https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>)

[디젤 승용차 EU 배출가스 기준]

(단위 : g/km)

규제물질	유로 I	유로 II	유로 III	유로 IV	유로 V	유로 VI
시행년도	1992	1996	2000	2005	2009	2014
일산화탄소(CO)	2.72	1.0	0.64	0.5	0.5	0.5
탄화수소(HC)	0.97	0.7	0.56	0.3	0.23	0.17
질소산화물(NOx)			0.50			
입자상물질(PM)	0.14	0.08	0.05	0.025	0.005	0.005

출처: 디젤넷(<https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>)

o 그러나 자동차의 탄소배출은 운행중에만 나오는 것이 아니므로 '19년 3월 유럽의회(EP)와 유럽위원회(EC)는 자동차의 생산과 에너지 생산, 주행, 폐기, 재이용 등의 CO₂ 배출량의 총합을 평가하는 LCA에 관해 검토할 것을 당국에 요청하였음

- 유럽위원회 산하 차량배기가스 기준 자문그룹 AGVES*는 연구기관 컨소시엄 CLOVE**의 검토를 통해 조만간 첫번째 초안을 발표할 것으로 전망됨. 위원회는 대기질 개선을 위해 세가지 정책 예비 옵션을 확인했다고 발표하였음.

* AGVES: Advisory Group on Vehicle Emission Standards)

** CLOVE: Consortium for LOw Vehicle Emissions)

- 3가지 정책 예비 옵션 중 한가지로 자동차의 전체 수명에 대한 실제 배출 모니터링을 도입하는 유로6/VI의 포괄적인 개정을 고려하고 있음. 이는 차량의 전생애에 걸친 CO₂ 배출량의 총합을 평가하는 전과정 평가(LCA)로 이어지는 것으로 전망되고 있음

* LCA: Life Cycle Assessment

- '23년까지 결론을 낼 예정이고 '25년 이후가 될 것으로 보이는 유로7에서부터 전과정 평가로 CO₂ 배출량을 평가할 가능성이 있음

□ (LCA 개념) 제품 또는 시스템의 전과정에 걸친 투입물과 배출물을 정량화하고 이와 관련된 잠재적 환경 영향을 총체적으로 평가하는 환경영향 평가 기법

o '06년부터 KS 부합화 표준(KS I ISO 14040 시리즈)에 기술적 근간을 두고 있는 국제적으로 표준화되어 있는 기법으로 전과정 평가라고 불리고 있음

- LCA를 통해 탄소발자국, 자원발자국, 오존층영향, 산성비, 광화학 스모그, 부영양화, 물발자국 등 다양한 환경영향을 평가할 수 있음

- 자동차 분야에서는 탄소관련 부분만을 강조하므로 탄소발자국이라고 불림

- 자동차의 경우 연료·전기의 생산·사용과 관련된 WtW* 부문뿐만 아니라, 자동차의 생산, 윤활유·부품 교체, 폐기·재활용 등 자동차 순환 부문까지도 규제대상이 될 수 있음

* WtW(Well to wheel) = WtT(Well to Tank) + TtW(Tank to Wheel)

[자동차 관련 전과정 평가 개념도]



출처: 이코노미스트 기사([전기차도 '배출가스 제로' 아니다] 다가오는 LCA 규제... 전비 높이고, 배터리 생산과정 배출 줄여야)

[전과정 평가 관련 KS 표준]

표준번호	표준명
KS I ISO 14040:2006	환경경영 - 전과정 평가 - 원칙 및 기본구조
KS I ISO 14044:2006	환경경영 - 전과정 평가 - 요구사항 및 지침
KS I ISO 14047:2012	환경경영 - 전과정 평가 - KS I ISO 14044의 영향평가 적용 사례
KS I ISO 14049:2012	환경경영 - 전과정 평가 - KS I ISO 14044의 목적 및 범위 정의와 목록분석 적용 사례
KS I ISO 14071:2014	환경경영 - 전과정 평가 - 정밀검토 과정과 검토자 적격성: KS I ISO 14044:2006에 대한 추가 요구사항 및 지침
KS I 7004:2016	환경경영 - 전과정 평가 - 전과정 목록 분석 데이터베이스 구축 방법
KS I ISO 14067:2018	온실가스 - 제품 탄소발자국 - 정량화를 위한 요구사항 및 지침
KS I ISO/TS 14072:2015	환경경영 - 전과정 평가 - 조직 전과정 평가를 위한 요구사항 및 지침
KS I ISO/TS 14027:2017	환경성 표지 및 선언 - 제품범주규칙 개발
KS I ISO 14062:2002	환경경영 - 제품설계 및 개발에의 환경측면 통합

[전과정 평가 절차]



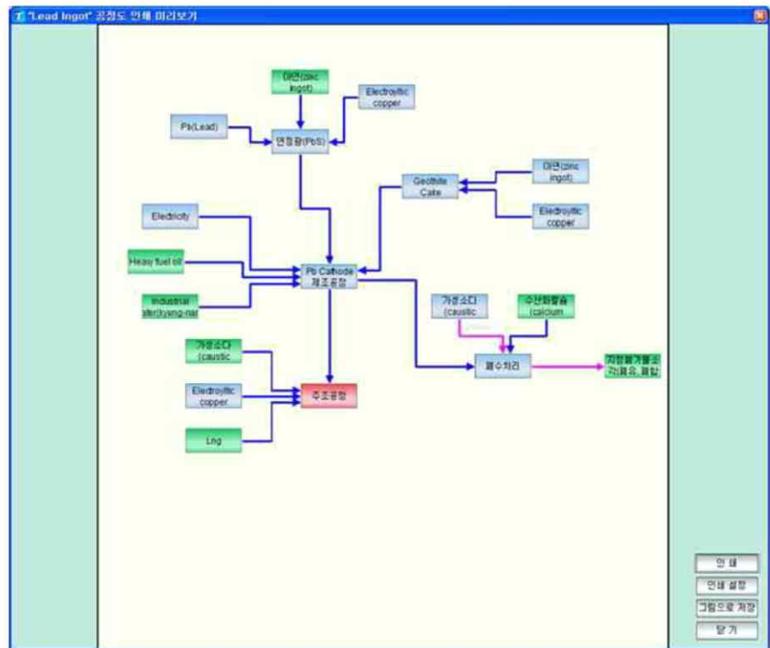
출처: 한국환경산업기술원 전과정영향평가(<https://www.epd.or.kr>)

- 전과정 해석을 위해서는 투입물과 산출물을 입출력 값으로 취해 환경영향 값을 계산할 수 있는 체계적이면서도 객관적인 시뮬레이션 프로그램이 필요함
 - 국외의 LCA를 위한 소프트웨어로서는 TEAM, SimaPro, GaBi, LCAiT, GREET 등이 있으며 국내에는 PASS(지식경제부), TOTAL(환경부) 등이 있음
 - TOTAL*은 한국환경산업기술원이 환경부 지원으로 '03년 7월에 개발에 착수하여 2014년 1월에 공개한 환경성적표지제도 전용 LCA 소프트웨어임
 - 국내 환경성적표지 인증 희망 업체 관계자 및 LCA를 수행하고자 하는 국내 기업들의 편의 증진을 위해 개발하였음
 - 특징으로는 국내외 LCI** 데이터베이스들간의 호환성 해결, 환경성적표지 수행보고서 형식 출력 등의 기능이 있음

* TOTAL: Tool for type III labelling and LCA

** LCI: Life Cycle Inventory(전과정 인벤토리)

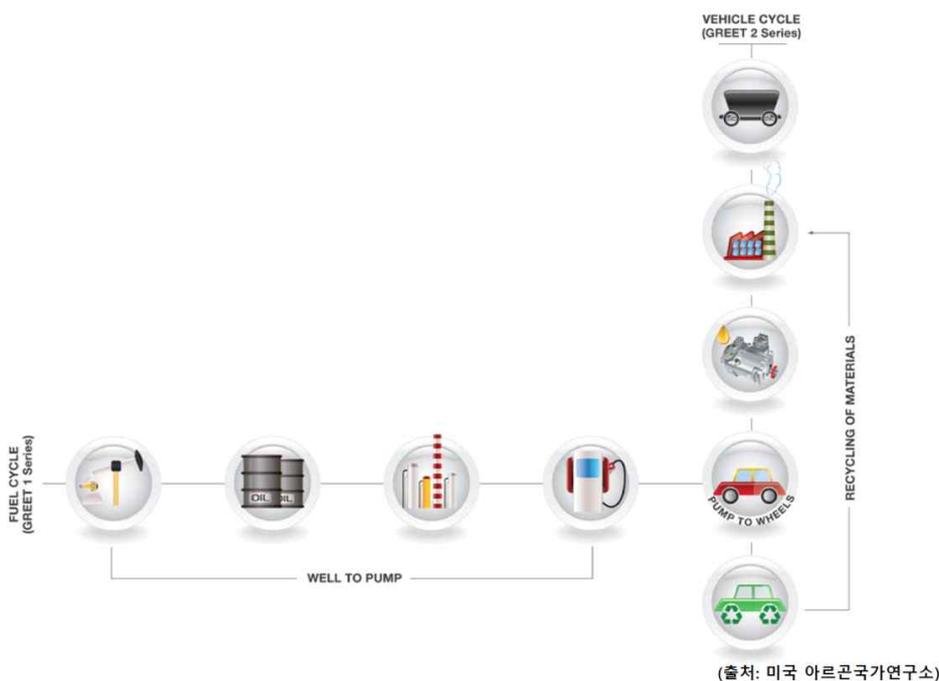
[전과정 평가 전용 소프트웨어 TOTAL]



출처: 한국환경산업기술원 전과정영향평가(<https://www.epd.or.kr>)

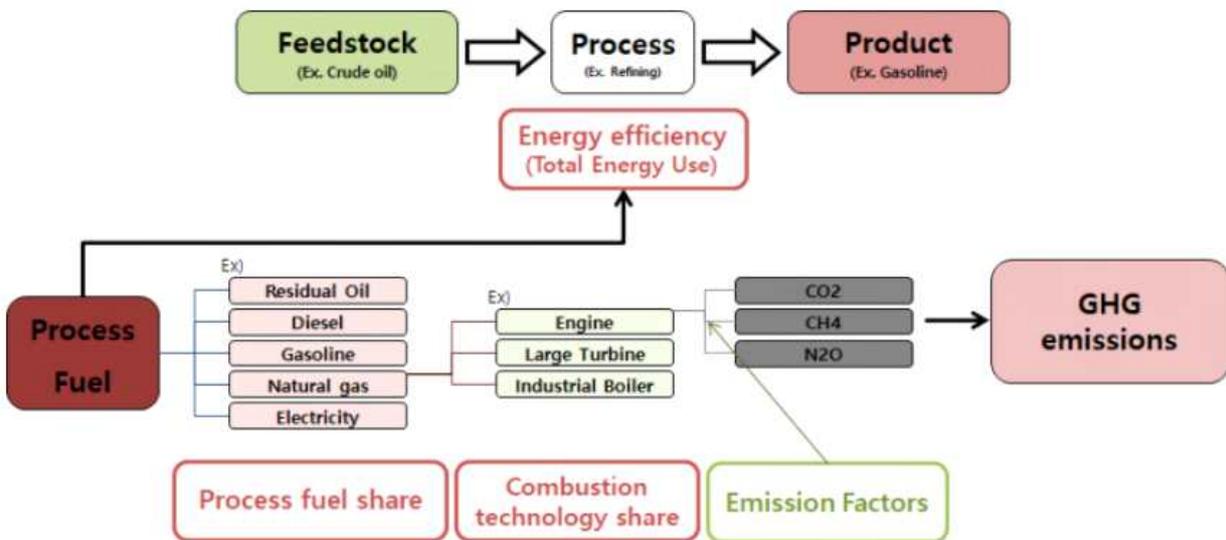
- GREET*는 미국 아르곤 국립연구소에서 개발한 전과정 평가를 위한 엑셀기반 프로그램으로서 연료와 관련된 GREET1 모델과 차량과 관련된 GREET2 모델로 구성됨
- * Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation Model

[GREET 모델의 도식화]



- GREET1 모델은 가솔린, 디젤, 바이오 연료, 수소, 천연가스 기반 연료 및 전기 등의 연료와 내연기관차, 전기차, 수소전기차, 하이브리드차, 플러그인하이브리드차 등 차량에 대한 에너지 사용 및 배출량을 계산할 수 있음
- GREET2 모델은 차량용 재료의 생산 및 처리, 차량 제조 및 조립, 부품의 폐기 및 재활용에 관한 에너지 사용 및 배출량을 계산할 수 있음

[GREET 전과정분석 과정]



주: 원저-서울대 Advanced Energy System 연구실 내부자료.
 자료: 김재경(2017), p.37.

출처: 이소라 외, 'LCA에 기반한 전기차의 발전원별 환경효과 분석', KEI 정책보고서 2018-03

- GREET을 사용하여 미세먼지와 온실가스의 전과정 평가를 하기 위해서는 각 과정에 대한 에너지 효율, 과정연료 비율, 배출계수 등이 필요함
- GREET는 다양한 연료, 배송/수송과정, 차종 등의 정보를 제공하므로 사용자가 원하는 시나리오를 간편하게 작성할 수 있으며 입력 시트에 연료 종류, 차량 종류, 과정연료량 등을 입력하면 시트 내부에서 제공하는 배출계수를 반영한 WtP* 결과를 보여줌

* Well to Power plant(Pump)

[GREET1의 시트 구성]

Brief Descriptions of GREET1_2017 Worksheets	
Sheet	Description
Inputs	사용자가 GREET 시뮬레이션에 지정할 수 있는 주요 입력 매개 변수
Results	차량/연료 기술 결합에 대한 Well-to-pump와 well-to-wheels의 연료 사용과 배출 결과
Petroleum	석탄 사용을 근거로 한 Well-to-Pump까지 에너지 사용 및 배출량 계산(첨가 상품 포함)
NG~PTF	원료 사용을 근거로 한 Well-to-pump까지 에너지 사용 및 배출량 계산
Electric	전기생성에 대한 에너지 사용 및 배출량 계산
Fuel_Prod_TS	원료생산단계의 주요 매개 변수 과정에 대한 시계열 표(Time-series tables)
EF_TS	고정된 배출원에 적용되는 연소 기술의 배출계수의 시계열 표
AgMining_EF_TS	농업 및 광산 기계의 배출계수의 시계열 표
EF	연료 유형별 연소 기술 배출계수. 이 시트는 EF_TS 시트와 상호 작용함
WCF	공급 원료 및 연료 생산의 물 소비계수(WCF)
Fuel_Specs	온실가스의 개별 연료 및 지구 온난화 잠재력에 대한 사양
Car_TS	승용차의 차량 작동과 관련된 연비 및 배출 / 변화율 시계열 표
LDT1_TS	경량 트럭 1의 차량 작동과 관련된 연비 및 배출 / 변화율의 시계열 표
LDT2_TS	경량 트럭 2의 차량 작동과 관련된 연비 및 배출 / 변화율의 시계열 표
Vehicles	자동차 운영에 대한 에너지사용 및 배출량 계산
Urban_Shares	주요 GREET simulated activities에 대한 기준 오염 물질의 총 배출량 중 도시 배출량의 비율
Compression	천연 가스 및 수소 압축 공정의 에너지 사용 및 효율 계산
T&D_Flowcharts	각 에너지 원료 및 연료에 대한 운송 및 유통 순서도
T&D	에너지 공급 및 연료의 운송 및 분배를 위한 에너지 사용량 및 배출량 산정
Uranium~Woody	원료 생산을 위한 Well-to-pump까지 에너지 사용 및 배출량 산정
HDV	차량운행단계의 중형 차량의 에너지 사용 및 배출량 계산
HDV_WTW	Well-to-pump와 Well-to-wheels 중장비 차량 / 연료 기술 조합에 대한 에너지 사용 및 배출 결과
JetFuel_WTP	Well-to-pump, jet A, Fischer-Tropsch jet 및 수소 처리된 재생 가능한 제트의 배출 및 사용 계산
JetFuel_PTWa	for Pump-to-wake 여객 및 화물기의 에너지 사용 및 배출량
JetFuel_WTWa	Well-to-pump and Well-to-wake 제트 연료 / 항공기 기술 조합에 대한 고려지 못한 사용 및 배출 결과
Rail_PTW	Pump-to-wheels 에너지 사용 및 기관차 배출
Rail_WTW	Well-to-pump and Well-to-wheels 기관차 연료 / 기관차 기술 조합에 대한 에너지 사용 및 배출 결과
MarineFuel_PTH	Pump-to-haul 해양 선박의 에너지 사용 및 배출량
MarineFuel_WTH	Well-to-pump and Well-to-haul 해양 연료 / 선박 기술 조합에 대한 에너지 사용 및 배출 결과

자료: Argonne(2005)을 참조하여 저자 재작성.

출처: 이소라 외, 'LCA에 기반한 전기차의 발전원별 환경효과 분석', KEI 정책보고서 2018-03

[GREET2의 시트 구성]

Brief Descriptions of GREET2_2017 Worksheets	
시트	설명
Vehi_Inputs	사용자가 GREET 시뮬레이션에 지정할 수 있는 차량 및 차량 구성요소의 주요 입력 매개 변수
Mat_Inputs	사용자가 GREET 시뮬레이션에 지정할 수 있는 차량 자료의 주요 입력 매개 변수
Car	사용자가 GREET 시뮬레이션에 지정할 수 있는 자동차 및 자동차 구성요소의 주요 입력 매개 변수 이 시트는 사용자가 시뮬레이션을 위해 자동차를 선택할 때 Vehi_Inputs 및 Mat_Inputs 시트에 연결됨
SUV	사용자가 GREET 시뮬레이션에 지정할 수 있는 SUV 및 SUV 구성 요소의 주요 입력 매개 변수 이 시트는 사용자가 시뮬레이션을 위해 SUV를 선택할 때 Vehi_Inputs 및 Mat_Inputs 시트에 연결됨
PUT	사용자가 GREET 시뮬레이션을 위해 지정할 수 있는 픽업트럭 및 픽업트럭 구성 요소의 주요 입력 매개 변수 이 시트는 사용자가 시뮬레이션을 위해 픽업트럭을 선택하면 Vehi_Inputs 및 Mat_Inputs 시트에 연결됨
Steel~silicon	원료에 대한 에너지 사용 및 배출량 계산
Battery Assembly	배터리 조립을 위한 에너지 사용량 및 배출량 계산
Vehi_ADR	차량 조립, 차량 처분 및 차량 재활용을 위한 에너지 사용량 및 배출량 계산
Battery_Sum	배터리의 에너지 사용 및 배출 결과 요약(차량 수명당)
Battery_Materials	배터리 물질에 대한 에너지 사용 및 배출량 계산
Anode	배터리 양극에 대한 에너지 사용량 및 배출량 계산
LiMn2O4	LiMn2O4에 대한 에너지 사용량 및 배출량 계산
Other Cathodes	기타 음극에 대한 에너지 사용 및 배출량 계산
Vehi_Comp_Sum	차량 구성 요소의 에너지 사용 및 배출 결과 요약(차량 수명당)
Vehi_Sum	다양한 차량 기술 (차량 수명당)에 대한 차량주기 에너지 사용 및 배기가스 결과
TEC_Results	Well-to-Pump, 차량 작동 및 차량주기 에너지 사용 및 차량 / 연료 기술 조합 (마일당)에 대한 배출 결과
GREET1_Import	GREET2에서 사용하기 위해 GREET1에서 가져온 매개 변수 요약
GREET2_Factors_T&D	에너지 사용 및 여러 물질의 T&D 배출량 계산

자료: Argonne(2012)을 참조하여 저자 재작성

출처: 이소라 외, 'LCA에 기반한 전기차의 발전원별 환경효과 분석', KEI 정책보고서 2018-03

- o LCI DB(Database)는 제품 기능단위당 생산에 필요한 원료의 채취, 생산, 수송·유통, 사용, 폐기까지의 제품 시스템으로 투입되는 양과 산출되는 양을 목록화한 데이터로서 제품에 대한 전과정 평가를 수행하는 기초데이터로 활용되는 데이터베이스임
- 국가 LCI DB는 환경부와 산업통상자원부에서 개발한 LCI DB를 제공하고 있으며 매년 다양한 사업을 통해 국가 LCI DB를 제·개정하고 있음
 - '88.12 ~ '01.12 제품의 국가기반사업 및 기초 소재별 국가표준 환경성 정보(LCI DB) 구축사업
 - '02.12 ~ '03.07 제품의 전과정목록분석(LCI) DB 표준화 및 개발사업
 - '02.07 ~ 현재 LCI DB 제개정 및 환경성적표지 전용 LCA S/W 보급확산사업

[국가 LCI DB]

전과정단계	데이터범주	개수	전과정단계	데이터범주	개수
물질 및 부품제조	건축자재	27	가공공정	금속가공	12
	고무	8		부품가공	4
	금속	52		플라스틱가공	23
	기초부품	24		기타	
	기초화학물질	90	수송	육상수송	29
	수자원	11		항공수송	1
	에너지	23		해상수송	33
	펄프·종이	11		기타	
	플라스틱	35	폐기	매립	3
	기타	21		소각	10
		재활용		19	
		기타		2	
합계	438 개				

출처: 한국환경산업기술원 전과정영향평가(<https://www.epd.or.kr>)

- LCI DB 내 대기배출물은 탄소발자국, 오존층영향, 산성비, 광화학 스모그 등의 환경영향을 산출하는데 사용됨

[LCI DB와 환경영향의 관계]



출처: 한국환경산업기술원 전과정영향평가(<https://www.epd.or.kr>)

- 환경성적표지 제도: 제품 및 서비스의 환경성 제고를 위해 제품 및 서비스의 원료채취, 생산, 수송, 유통, 사용, 폐기 등 전과정에 대한 환경영향을 계량적으로 표시하는 제도로 '01년부터 본격 시행되었음
- 소비자의 환경을 고려하는 구매활동을 지원하기 위하여 제품에 대한 정확한 환경영향을 쉽고 투명하게 공개함으로써 잠재적으로 시장주도의 지속적인 환경개선을 유도하는데 목적이 있음
- 제품 전과정에 대한 환경성 평가도구인 LCA를 수행하여야 하며 그 결과가 환경성 정보로 제공됨
- 환경성적표지인증은 법적 강제 인증제도가 아니라 기업의 자발적 참여에 의한 임의 인증제도임
- 환경성적표지 인증제품은 자발적으로 제품의 환경성 정보를 공개한 제품이므로 환경신뢰성이 우수한 제품임
- 자동차의 경우도 환경성적표지 작성지침을 위한 사용시나리오가 제시되어 있으며 내연기관차, 전기차, 하이브리드차, 플러그인 하이브리드차의 총 연료사용량에 대한 산출방법을 제시함

② 차종별 규제 현황 및 전망

- (전체적인 차종 개요) 자동차에 대한 LCA는 차량 사이클(Vehicle Cycle)과 유정에서 바퀴까지(WtW), 즉 생산된 차량이 운행하고 난 후 폐차되어 재활용될 때까지 전 생애에 걸친 CO₂ 배출량 전체를 계산하는 것임
 - 내연기관차의 경우 차량 사이클에서는 조립, 폐차, 재활용, 부품, 윤활유 등에 대해서만 고려할 때 다른 차량에 비해 CO₂ 배출량이 크지 않음에 비해 주행 중 배출량이 대부분을 차지함으로써 총 합계는 가장 큰 값을 보임을 알 수 있음
 - 전기차의 경우 차량 사이클에서는 조립, 폐차, 재활용, 부품 등에 대해서만 고려할 때는 가장 작은 값이지만 배터리 생산에 많은 배출이 발생하고 이것도 배터리의 용량에 비례하여 커지게 됨. 또한 WtW에서도 전기 생산시 발생하는 CO₂ 배출량을 고려하면 비록 주행 중 배출이 없다고 하더라도 하이브리드차나 수소전기차에 비해 유리한 면이 크지 않다고 볼 수 있음. 특히 서울대팀 연구에 따르면 테슬라 모델 X(Tesla Model X)와 같은 대용량 배터리를 탑재한 차량의 경우 전기사용시 배출량 증가가 매우 큼
 - 하이브리드차의 경우 일반적으로 전기차에 비해 매우 작은 배터리를 탑재하므로 전기차에 비해 차량 사이클에서의 배출량은 작고 주행 중 배출되는 양도 내연기관차에 비해 적기 때문에 합계로는 수소전기차와 비슷할 정도로 친환경적임을 알 수 있음
 - 수소전기차의 경우 차량 사이클에서 조립, 폐차, 재활용, 부품 등 부분이 가장 크고 수소 생산시 국제에너지기구(IEA) 연구에서는 개질을 기준으로 할 경우 전기차에 비해서도 큰 값을 보이고 있음. 그러나 서울대팀의 연구에서는 넥소 수소전기차(Nexo FCEV)의 수소 생산시 CO₂ 배출량을 매우 작게 계산하였기 때문에 전체 차량 중에서 가장 친환경적으로 계산됨을 알 수 있음

- o IEA 데이터의 주의에도 표현되어 있듯이 자동차 LCA 결과는 분석방법 및 가정(전기·수소 등 동력원 생산방식, 배터리 생산 효율 등)에 따라 각 연구별로 상이할 수 있다는 한계가 있기 때문에 논쟁의 여지가 있을 수 있음을 감안해야 함

[자동차 동력원별 전과정 평가(IEA)]

자동차 동력원별 생애 CO₂ 배출량 (중형 승용차, 10년 사용시 기준; 단위: t CO₂-eq)

구분	합계	Vehicle Cycle		Well-To-Wheel	
		조립·폐차·재활용, 부품·운할유 등	배터리 (NMC111)	동력원 생산 (Well-To-Tank)	주행 중 배출 (Tank-To-Wheel)
전기차(40kWh)	22.8 ~ 24.2	5.4	2.6 ~ 4.0*	14.8**	
전기차(80kWh)	25.4 ~ 28.2	5.4	5.2 ~ 8.0*	14.8**	
내연기관차	34.3	6.0		4.6	23.7
하이브리드차	27.5	6.2	0.3	3.4	17.6
수소전기차	27.5	9.5	0.3	17.7***	

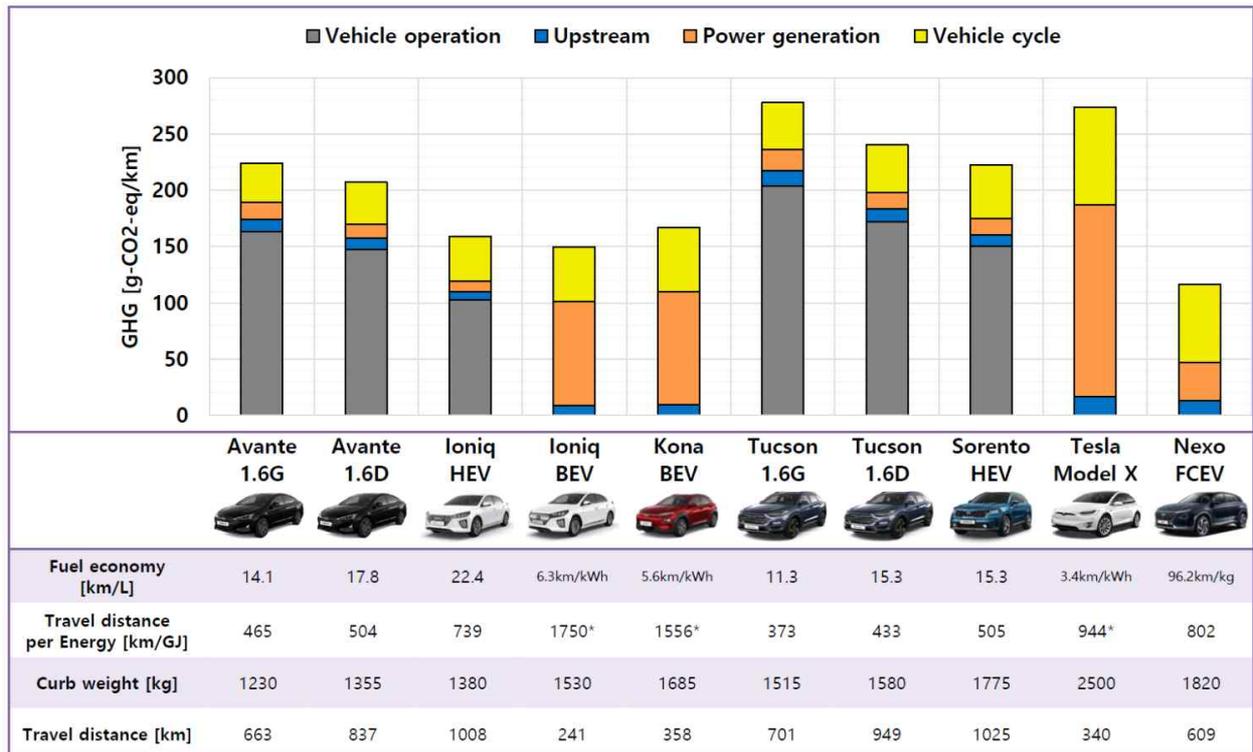
※ 자료: Global EV Outlook 2020(IEA) 변용

※ 주가정: * 공정효율 차이 반영 ** '18년 전세계 평균 발전원 조합 기준 *** 개질 기준

※ 주의: 자동차 LCA 결과는 분석방법 및 가정(전기·수소 등 동력원 생산방식, 배터리 생산 효율 등)에 따라 각 연구별로 상이하기 때문에 논쟁의 여지가 있을 수 있음

출처: 이호, '車 환경규제의 새 길잡이, 전과정평가(LCA)'

[자동차 동력원별 전과정 평가(서울대팀)]



* To be fair, it should be reduced by power generation efficiency, etc.

출처: 민경덕, '세계정책동향과 LCA 분석'

- (전기차) 전기차의 친환경성에 대한 논란은 전기차가 양산화된 초기 시장에서부터 WtW 연구를 통해 오랫동안 제기되어 왔으며 LCA 규제까지 적용될 경우 무공해차라는 원초적인 이미지에 매우 큰 타격을 받을 것으로 예측되고 있으며 이는 향후 지속적으로 배터리의 용량이 커짐에 따라 더욱 많은 전기를 사용하게 됨으로써 더 많은 온실가스가 발생하게 되어 지속적인 문제점으로 자리잡게 될 것으로 사료됨
- 전기차의 경우 연료인 전기 생산시 발생하는 온실가스가 국가별 전력 믹스에 따라 달라지므로 원자력 또는 친환경 발전시설을 갖춘 지역에서 운행될 경우 유리하게 되는 측면이 있음
- 여러 기관에서 취합된 자료를 통해 국가별 전력 믹스는 매우 다름을 확인할 수 있음

[국가별 전력 믹스 (2012년 기준)]
(단위:%)

국가	전체 전력 생산량 (십억 kWh)	석탄	가스	석유	원자력	기타
중국	4,768	75.4	1.5	0.2	1.9	21.0
미국	4,048	38.3	29.5	0.8	19.0	12.4
독일	585	46.1	12.5	1.2	16.1	24.1
프랑스	533	3.7	3.7	1.1	76.4	15.2
한국	500	39.0	22.4	3.0	29.5	6.1
영국	336	40.4	28.1	0.7	19.1	11.7
이탈리아	281	18.1	43.2	6.3	0.0	32.4

자료: IEA (2015), EIA (2015b), KEPCO (2015)

출처: 우종률, '전력 믹스에 따른 전기자동차의 CO2 배출량 비교 분석'

- 특히 동일한 전기차(Nissan Leaf)에 대해서도 단위 주행거리 당 CO₂ 배출량이 전기 생산시 화석연료의 비중이 큰 중국의 경우

원자력 비중이 큰 프랑스에 비해 7배 이상임을 알 수 있음

[국가별 Nissan Leaf CO₂ 배출량]

	중국	영국	미국	한국	독일	프랑스
화석비중(%)	77.1	69.2	68.6	64.4	59.8	8.5
원자력비중(%)	1.9	19.1	19.0	29.5	16.1	76.4
기타비중(%)	21	11.7	12.4	6.1	24.1	15.2
전력 믹스 반영한 Leaf CO ₂ 배출량 (g · CO ₂ /km)	169	129	126	124	122	23

출처: 우중률, '전력 믹스에 따른 전기자동차의 CO₂ 배출량 비교 분석'

- 전기차에 대한 국가별 전력 믹스의 영향은 주요국 에너지 정책 현황 및 추진방향을 통해 더욱 확실해질 것으로 예상되며 향후에도 화력발전의 비중이 여전히 클 것으로 예상되는 아시아 지역 - 일본('30년 56%), 한국('34년 50%), 중국('35년 45%) - 과 미국(2050년 47%) 보다 원자력과 재생에너지 비율이 크게 되는 유럽 지역 - 독일('30년 65%), 영국('30년 63%), 특히 프랑스('35년 91%)가 향후에도 전기차 운행에 매우 유리할 것으로 전망됨

[국가별 전력 믹스 현황 및 전망]

주요국 에너지정책 현황 및 추진방향 ■ 화력 ■ 원자력 ■ 재생에너지



출처: Global Insight, Vol.33(2021.3.4)

○ 미국 골드만삭스의 '19년 12월 보고서에 따르면 전기차 생산시 CO₂ 배출량은 가솔린차의 2배이며 그 원인은 주로 배터리 제조에 기인함

- 희토류를 중심으로 한 전극 재료의 생산에서 CO₂ 배출량의 40%, 셀 제조 20%, 알루미늄 제련 20% 정도를 차지함. 양극/음극 재료의 활물질의 제조 공정에서 1000 ℃ 이상의 소성 공정이 있는 것이 원인이 되고 있음

- 이를 해소하기 위한 방안으로 전기차 주행거리를 늘리고* 사용후 배터리를 ESS**용 등으로 재사용하여 생애주기 상의 환경영향을 줄이려는 노력을 강화하고 있음

* 마쓰다는 시뮬레이션에서 총 주행거리 8만km~10만km 정도가 되어야만 LCA차원에서 배터리 전기차가 디젤엔진을 탑재한 차보다 CO₂ 배출량이 적은 것으로 나타났다고 밝힘

** Energy Storage System(에너지저장시스템)

□ (하이브리드차) 하이브리드차는 2000년대 초 내연기관차의 연비 향상을 위해 하이브리드화가 가속될 것으로 예상되었으며 현재도 많은 차량이 하이브리드차로 출시되고 있으나 각국의 내연기관차 퇴출 선언*에 의해 그 효용성에도 불구하고 상대적으로 관심에서 많이 벗어나게 되었음

* 영국('30년 신차판매금지), 중국('35년 생산·판매금지), 미국(캘리포니아주 '35년 신차판매금지), 캐나다(퀘벡주 '35년 신차판매금지), 프랑스('40년 신차판매금지)

○ LCA 규제 도입시 국제에너지기구(IEA) 등 주요기관들이 하이브리드차가 고용량 배터리를 탑재한 전기차 수준의 생애주기 CO₂ 배출량을 가진 것으로 분석하는 등 전과정 평가 방식 규제 도입 시 긍정적 영향을 기대하고 있음

□ (수소전기차) 전기차의 친환경성에 수소의 저장 및 이동용이성이 미래의 에너지로서 많은 관심을 받고 있으나 아직 우리나라와 일본 등 일부 업체에서만 개발하여 가격경쟁력 확보가 시급함

- 유럽위원회에서 '20년 7월 '유럽 기후중립을 위한 수소 전략' 발표하며 '30년까지 500조원을 투자하겠다는 발표가 있었으며 수소 생성과 수전해 장치 개발(55조 3000억원) 및 이 장치와 태양광·풍력 발전의 연결망 구축(448조 8000억원)에 투입한다는 구상임
- 이는 그린 수소의 확대에 의한 수소전기차의 경쟁력 확보로 이어질 수도 있음
- o LCA 규제 도입시 전기차의 전기에너지와 마찬가지로 수소전기차의 수소 생산방식*에 따라 CO₂ 배출량에 대한 영향이 크기 때문에 친환경 생산 방식의 도입이 무엇보다 중요하게 되고 있음
 - * '21년 7월 20일 비영리단체인 ICCT**의 '내연기관 엔진과 배터리 전기차의 수명주기온실가스(LCA) 배출에 관한 글로벌 비교' 연구결과 발표의 일부를 인용함
 - ** The International Council on Clean Transportation(국제 클린운송 위원회)
- 수소전기차가 메탄과 천연가스를 개질해 생성되는 그레이 수소로 작동하는 경우 26%의 온실가스 절감이 가능함. 만약 수소전기차가 재생가능에너지원에서 전기 분해로 생산되는 그린 수소로 작동하는 경우 CO₂ 배출량이 휘발유차에 비해 75% 낮아짐
- 탄소 섬유로 만든 수소 탱크를 생산하기 위해서 많은 에너지가 필요하므로 전기차의 생산은 중간 크기의 배터리 생산과 거의 동일한 온실가스 배출을 가지고 있다고 발표함

③ 국가별 규제 현황 및 전망

- (EU) 탄소국경세 도입 등 탄소중립에 가장 앞장서서 규제를 마련하고 있으며 '25년 이후 유로7에서 LCA를 통한 CO₂ 배출량에 대한 규제안이 마련되면 전세계적으로 과급효과가 매우 클 것으로 전망됨
- '19년 3월 유럽의회(EP)와 유럽위원회(EC)가 자동차의 생산과 에너지 생산, 주행, 폐기, 재이용 등의 CO₂ 배출량의 총합을 평가하는 LCA에 관해 검토할 것을 당국에 요청함
 - 유럽위원회는 '23년까지 승용차와 밴의 전체 라이프 사이클 CO₂ 배출량을 평가, 정기적으로 보고하기 위한 EU 공통의 LCA 방법을 도입하기 위한 검증 실시하고 있음
- '19년 12월 EU 정상회의는 EU 집행위원회가 제시한 유럽 그린딜에 합의하여 '50년까지 탄소 순배출량을 '0'으로 만드는 '탄소중립' 목표를 발표하였음
 - 탄소국경세*를 '20년말에 도입할 예정이었으나 연기됨
 - * 수입품목의 생산과정에서 발생하는 탄소배출량에 따라 수입업체에 비용을 부과하는 세금으로 EU의 경우 2023년 도입, 2026년 부과 예정
 - '50년까지 교통분야 온실가스 배출량을 90%까지 감축할 계획으로 화석연료에 대한 보조금 폐기, 배출권 거래를 해양 분야로까지 확대, 항공부분에 대한 배출권 거래 무상 할당 감축, 도로이용에 대한 비용 부과 등이 있음
- 자동차 평가 단체인 유로 NCAP이 운영하는 자동차 환경평가 단체인 그린 NCAP은 CO₂ 배출량 규제 로드맵을 통해 '30년 이후 LCA 규제를 시행할 것을 요구하고 있음
 - 생산, 운행(연료 공급 포함), 폐차까지의 전과정 평가는 매우 복잡한 작업이므로 앞으로 10년 동안 많은 연구가 예상되기 때문

에 '32년을 잠정 적용 날짜로 생각하고 있음

- '21년 7월 EU 탄소감축입법안인 'Fit for 55'* 발표를 통해 소형차 온실가스 감축 기준을 '30년 37.5% → 55%로 상향 조정하고 '35년에는 100%로 제안함

* '30년 온실가스 배출량을 '90년 대비 55% 감축

- 입법안에는 배출권거래제 신설/강화, 탄소국경조정제도 도입, 에너지관련 지침 개정, 탄소흡수원 확대, 내연기관 규제 및 대체연료 인프라 확충, 항공 및 해운 연료 지침, 사회적으로 공정한 전환 등을 주요 내용으로 담고 있음

- (미국) 민주당, 공화당 등 연방정부의 정책에 따라 환경관련 정책이 일관되게 추진되지 못하고 있지만 현재로서는 '30년까지 미국의 승용차 및 소형트럭의 친환경 차종을 50%로 늘리는 매우 강력한 규제안을 제시하고 있음

- '12년 오바마 정부의 기업별 평균연비(CAFE)에 따라 미국내 판매되는 모든 신차에 대해 '25년까지 평균 연비 기준을 54.5 mpg로 올리고 부족분에 대해 벌금을 납부하도록 하고 있었으나 '20년 트럼프 정부에서는 주의 독자적인 규제 권한을 박탈하고 '26년까지의 평균 연비 기준을 40.4 mpg로 낮추었음. 이에 캘리포니아주 등은 정부를 상대로 소송을 제기하였음

- '21년 7월 바이든 정부는 '30년까지 미국의 승용차 및 소형트럭 중 전기차, 플러그인하이브리드차, 수소전기차를 포함한 친환경차 비중을 50%로 늘리는 대통령 행정명령에 서명함으로써 트럼프 정부 때 완화된 자동차 연비 규제의 영향을 만회할 강화된 규제를 제시하였음

- '23~'26년 소형차 연비·온실가스 기준 강화 및 '27년 이후 기준 설정을 추진할 계획임

- 태양광, 풍력 등 재생에너지 분야에 대한 투자 확대로 '50년까지 재생에너지 비율은 42% 가량 될 것으로 전망하며 '50년 탄소중립 실현에 기여할 것으로 예상됨
- (중국) 자동차 분야의 LCA 규제의 '25년 도입을 검토하고 있으며 유럽 및 일본 등 LCA에 관한 연구자료를 참고로 하여 중국 독자 규제의 정책을 마련할 계획임
 - 생산시 배출규제 및 NEV 규제*와 함께 원료 조달, 부품생산, 완성차 생산, 연료생산, 차량주행을 대상으로 하는 규제 도입을 준비하고 있으나 재활용 폐기 단계는 대상에서 제외할 계획임
 - * 중국의 신에너지차(New Energy Vehicle) 의무 판매제로 '19년 10%, '20년 12%에서 '25년 20%→25%로 강화하였음
 - 탄소배출 억제를 위해 재생에너지(수력, 태양광, 풍력), 원자력과 과 같은 비화석에너지 비중 확대 및 원전 신규건설을 통해 '30년까지 100기 이상의 원전 가동을 목표로 수립함
 - LCA 관점에서 하이브리드차의 장점이 두각될 것이므로 '35년 신차 중 하이브리드차 비중을 50%로 제시함
- (일본) '30년 LCA 관련 시행을 염두에 두고 대응을 마련해야 한다는 목소리가 강해지고 있으며, '30년 하이브리드차에 대한 비중도 여전히 높게 책정하고 있음
 - 경제산업성과 국토교통성에서는 완성차업체에 '30년까지 '20년도 목표 대비 약 30%의 연비개선을 의무화하는 연비규제를 마련할 방침임
 - 일본 정부는 규제 적용대상을 현행의 휘발유차와 하이브리드차에서 전기차로 확대하여 완성차업체의 기술혁신 및 판매차종전환을 촉진하고 전기차 신차 판매에 박차를 가할 전망이다

- 전기차, 플러그인 하이브리드차를 새롭게 규제 대상으로 함에 따라 그동안 TtW로 연비를 측정하였으나 향후 WtW 개념으로 전환할 계획임
- o LCA를 고려한 장기목표를 강조하고 있으며 '30년 하이브리드차 비중을 30~40% 설정하여 기업도 LCA 관점에서 내연기관 관련 연구활동 지속*
 - * Mazda는 '09부터 LCA 채택
- o 태양광 풍력 및 바이오매스 등 재생에너지 발전 비중 확대 및 원전을 탄소감축 수단, 중요 기저전원으로 인식하여 '30년까지 원전 비중 목표를 20~22% 수준으로 확대(5차에너지기본계획, 2018년)할 계획임
- o '21년 4월 기후정상회의에서 온실가스 감축목표를 상향 발표함에 따라 자동차 연비기준 재검토 가능성이 있음
- (국내) 2050 탄소중립을 위해 노후경유차와 제작자동차의 배출가스 규제 및 재생에너지 이용 확대를 위한 정책들이 시행하고 있으며 임의 인증제도인 환경성적표지 제도 등을 통해 LCA에 대한 적용은 확대되고 있으나 아직 자동차 분야에 대한 규제로 시행되고 있는 정책은 없음
- o '20년 12월 '2050 장기저탄소발전전략'을 수립하였고, '21년 2월 환경부는 2050 탄소중립을 위한 '2030년 자동차 온실가스 기준' 확정하여 제작차량에 대한 온실가스 배출기준을 점차 강화하고 있으며 온실가스 기준 미달성 업체에 대해서는 과징금을 부과하는 정책을 수행하고 있음
- o 온실가스 저감을 위한 적극적인 대책으로 배출가스 5등급 노후경유차를 조기폐차할 경우 보조금을 지급하고 조기폐차한 차주가 배출가스 1~2등급(전기, 수소, 하이브리드차, 휘발유차, LPG 등)의

신차 또는 중고차를 구매할 때 추가보조금을 지원하는 '노후경유차 조기폐차 지원금 제도'를 시행하고 있음

- 환경성적표지 제도는 '01년부터 제품 전과정에 대한 LCA를 통해 제품의 환경영향을 계량적으로 표시하는 제도로서 기업의 자발적 참여에 의한 임의 인증제도를 시행하고 있으며 자동차에 대한 환경성적표지 작성지침 사용시나리오를 통해 수소전기차를 제외한 전차종에 대한 산출방법을 제시하고 있음
- LCA 관점에서 전기 생산시 재생에너지를 이용하는 경우 CO₂ 배출량을 줄일 수 있어 재생에너지 보급이 활발해야 하지만 지금까지는 재생에너지로 생산된 전기를 구매할 수 없었으나 2020년 9월 '그린뉴딜 정책간담회'를 통해 '국내 RE100 이행 지원방안' 발표 후 법령 정비, 시스템 구축 등 '한국형 RE100 제도'가 마련되었음
 - 2021년부터 본격 도입되었으며 전기 소비자가 한국에너지공단의 한국형 RE 100(K-RE100) 관리 시스템을 통해 재생에너지 사용실적을 제출하고 재생에너지 사용 확인서를 발급받아 RE100 캠페인 참여 등 다양한 용도로 활용할 수 있는 제도임

[한국형 RE100 제도]



* 녹색프리미엄 운영 및 재생에너지 사용 확인서 발급은 한전에서 진행

출처: 한국에너지공단 신재생에너지센터 https://www.knrec.or.kr/business/policy_re100.aspx

- 이 제도를 통해 재생에너지 사용 글로벌 캠페인(RE100)*에 본격적으로 참여할 수 있는 기반을 구축할 수 있음

* 글로벌 RE100 캠페인: 국제단체인 'CDP** 위원회' 등 주도로 기업이 2050년까지 사용전력의 100%를 재생에너지로 사용하겠다고 선언하는 자발적인 캠페인

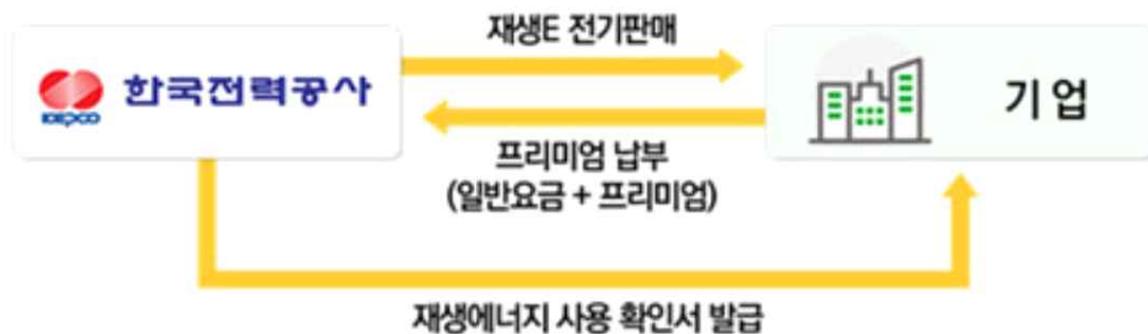
** CDP(Carbon Disclosure Project): 세계 주요 상장회사들에게 기후변화 관점에서의 기업의 경영전략을 요구, 수집하여 연구분석을 수행하는 글로벌 프로젝트

- 현대자동차 그룹 내 5개사*에서는 2021년 7월 '한국 RE100 위원회'에 가입 신청을 통해 사업장 내 사용전력을 재생에너지로 완전히 대체함으로써 지속가능한 발전과 글로벌 탄소중립 실현에 적극 앞장서겠다는 의지를 밝히는 등 국내 대기업을 중심으로 재생에너지 사용 확대에 대한 노력을 하고 있음

* 현대자동차, 기아, 현대모비스, 현대위아, 현대트랜시스

[재생에너지 전기 사용 절차]

(1) 녹색 프리미엄



(2) REC(Renewable Energy Certificates) 구매

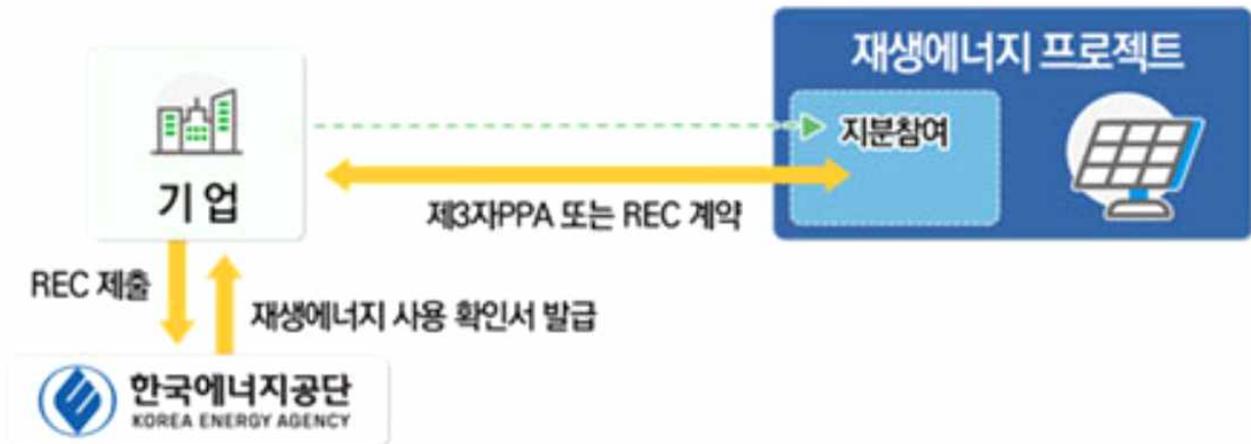


[재생에너지 전기 사용 절차](계속)

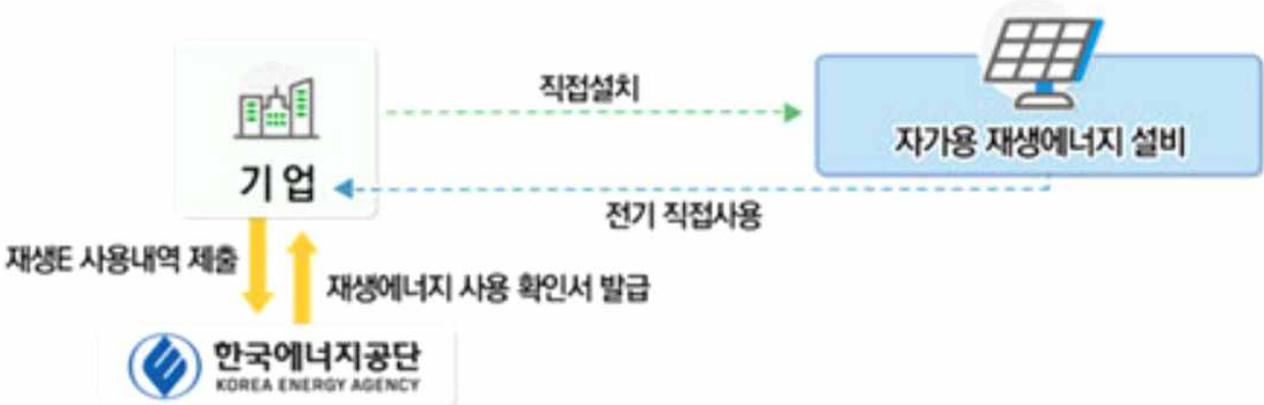
(3) 제3자 PPA(Power Purchase Agreement)



(4) 지분 참여



(5) 자체 건설



출처: 한국에너지공단 신재생에너지센터 https://www.knrec.or.kr/business/policy_re100.aspx

- (탄소중립과 배출가스 규제 강화) 전세계적인 탄소중립 선언과 각국의 배출가스 규제 강화 흐름에 따라 자동차의 배출가스 평가를 생산에서 폐차 및 재활용까지 전생애에 걸쳐 측정할 필요가 있다는 공감대가 형성됨
 - 전세계적인 온난화를 막을 수 있는 유일한 대안인 탄소중립은 '19년 12월 EU 정상회의의 발표에 이어 '20년 12월 우리나라에서도 '2050 장기저탄소발전전략'을 통해 수송 분야를 포함한 추진 전략이 발표되었음
 - '21년 2월 환경부에 공포한 '30년 자동차 평균 온실가스 배출 기준'을 통해 알 수 있듯이 온실가스와 연비는 매년 강화되고 있으며 미달성시 과징금까지 부과되고 있음
 - 유럽집행위원회는 '92년부터 유로1(가솔린)과 유로 I (디젤)을 시작으로 현재 유로6/VI까지 승용차, 트럭 등에 대한 규제물질 기준을 지속적으로 강화하고 있으며 '19년 3월 유럽의회와 유럽위원회는 자동차의 전과정 평가를 '23년까지 검토할 것을 당국에 요청하였음
- (전과정 평가) 국제적으로 환경영향평가를 위해 표준화되어 있는 기법이나 자동차와 같이 복잡한 시스템의 경우 분석방법 및 가정에 따라 각 연구별로 상이할 수 있는 한계가 있어 객관적인 평가지표로 삼기 위해서는 보다 많은 연구가 필요함
 - 전과정 평가(LCA)는 제품 또는 시스템의 전과정에 걸친 투입물과 배출물을 정량화하고 이와 관련된 잠재적 환경 영향을 총체적으로 평가하는 환경영향 평가 기법으로 '06년부터 KS 부합화 표준이 있을 정도로 국제적으로 표준화되어 있는 기법이며 이미 국내에서도 환경성적표지 제도 등에 사용되는 TOTAL을 포함하여 관련 소프트

웨어로 TEAM, SimaPro, GaBi, LCAiT, GREET, PASS 및 데이터 베이스로 LCI DB 등도 구축되어 있는 실정임

- 내연기관차는 WtW나 LCA 등 측정방법에 상관없이 가장 많은 CO₂ 배출량을 보이고 있으나, 전기차는 LCA로 계산시 배터리 제조 및 전기생산시 CO₂ 배출량으로 인해 불리하게 되며, 이에 반해 내연기관차와 동급으로 취급되던 하이브리드차는 LCA로 계산시 상대적으로 유리하게 되며, 수소전기차는 LCA로 계산시 그린 수소를 사용하느냐, 그레이 수소를 사용하느냐에 따라 달라지게 됨
- LCA를 계산하는데 있어 기본적인 자동차의 평균주행거리 조차 일본 110,000 km, 대한민국 120,000 km, 유럽 180,000 km 등 각국이 다르게 계산하고 있으며 국제에너지기구에서도 자동차의 LCA 결과는 분석방법 및 가정에 따라 연구자별로 상이할 수 있는 결과가 나올 수 있음을 한계로 지적하였기 때문에 완성차업체로서는 막대한 과징금이 부과될 수 있는 규정으로서 정착하기 위해서는 많은 연구가 필요할 것으로 지적되고 있음

□ (향후 동향) 현재까지 자동차의 연비 규제에 LCA에 대한 도입된 국가는 전무하며 가장 빠른 움직임을 보이고 있는 유럽에서조차 '23년까지 LCA 도입을 위한 검증을 완료하고 '25년 이후에 유로7에 LCA를 적용될 가능성을 논의하고 있음

- 아직까지 전세계적으로 자동차용 배출가스 측정에 TtW만 적용하고 있는 상황에 LCA로 바로 넘어가는 것은 너무 급격스러운 상황으로 각국의 논의를 거쳐 분석방식 및 적용범위 등에 대한 합의를 거쳐 '25년까지 WtW 적용, '30년 이후 LCA를 채택할 가능성을 높게 보고 있는 전문가들이 많음

- (LCA 규제 적용시 영향) 친환경 서플라이체인 강화, 하이브리드차의 경쟁력 확대, 전기차 배터리 재사용 추세 확대, 수소전기차의 친환경 수소생산 기술 요구 등 차종별 유·불리가 예상되고 있음
 - (친환경 서플라이체인 강화) 전기차의 CO₂ 배출량 산정에 있어 그 나라의 전력 믹스가 중요한 요인이 되듯 부품의 제조, 조립, 폐차, 재활용 등 모든 영역에서 각 완성차업체 및 부품업체의 RE100 등 재생에너지 전력 사용을 확대시키는 친환경 서플라이체인이 무엇보다 강조될 것임
 - (전기차의 배터리 재사용 추세 확대) 전기차의 대용량 배터리 제작 시 CO₂ 배출량 증가분을 해소하기 위하여 사용후 배터리에 대한 재사용 문제가 완성차업체의 컨셉이 아닌 LCA상의 필수적인 전략이 될 수 있고 이를 위해서는 모듈화, 표준화 등에 대한 연구가 요구되고 있음
 - (하이브리드차의 경쟁력 확대) 양산 초기에는 내연기관차의 대안으로 제시되었으나 최근 전기차와 수소전기차의 전폭적인 국가적 지원에 밀려 소외받고 있던 하이브리드차가 LCA 환경에서는 충분히 경쟁력이 있다는 판단으로 일본, 중국 등에서는 향후 친환경차 보급에 하이브리드차를 포함시키고 있음
 - (수소전기차의 친환경 수소생산 기술 요구) 유럽의 경우 수소 생성과 수전해를 통해 태양광, 풍력 발전에 의해 생성된 전기를 저장하는 기술을 개발하는 것과 같이 탄소중립을 위해서는 그린 수소의 개발이 무엇보다도 필요한 상황임
- (글로벌 기업들의 현황) 각국의 완성차업체들은 전기차, 하이브리드차, 수소전기차 등 각사의 전략에 따라 CO₂ 배출량을 낮추기 위한

연구개발, 배터리 재활용 및 재생에너지 사용 등 LCA에 대응하기 위한 활동에 박차를 가하고 있음

○ 폭스바겐은 '19년 5월 파워트레인 국제회의 '제40회 비엔나 모터 심포지엄'에서 발전이나 배터리 생산시 전체적인 측면에서 전기차의 CO₂ 배출량을 대폭 낮추는 구상을 발표하였음

- 그룹내 아우디의 벨기에 브뤼셀 공장과 폴란드 기요르 공장은 '18년 탄소중립 달성, 나머지 세계 공장도 '25년 달성을 목표로 하고 있음

- 배터리셀을 비롯한 모든 부품업체들의 탄소중립도 추진하고 있음

○ BMW 그룹은 지속가능한 미래를 위해 전기차용 폐배터리를 친환경 전력원으로 활용하는 '생명 연장 프로젝트'를 가동하였으며 '50년까지 RE100을 달성하는 것을 공언함

- '17년 독일 라이프치히 공장에 BMW i3용 폐배터리 700개를 재사용한 15 MWh 규모의 에너지저장장치*를 구축하여 배터리 수명을 6~7년 정도 연장하였음

* ESS: Energy Storage System

- '18년 제주도에서 풍력 에너지를 BMW i3용 폐배터리 10개에 저장하였다가 전기차 3대에 급속으로 에너지를 공급할 수 있는 전기차 충전소 'e-고광'을 세웠음

○ 도요타는 '30년 하이브리드차가 LCA 관점에서는 대안이 될 수 있다는 생각으로 가솔린 엔진의 배출가스를 거의 제로 수준으로 낮추는 연구에 집중하고 있음

- 하이브리드의 CO₂ 배출량을 대폭적으로 낮추기 위하여 핵심 기술인 가솔린 기관의 최고 열효율을 50% 가까이 높여 유해한 배출가스를 거의 제로 수준으로 낮추는 기술을 개발 중에 있으며 이 외

에도 희박연소, 예연소실, 물분사, 가변압축비, 연료 등 다양한 분야에 대한 연구개발을 진행 중임

- 테슬라에서는 LCA 관점에서 전기차의 전체 CO₂ 배출량을 줄이는 방법을 연구하고 있음
- 전기차 폐차후 폐배터리를 태양광 패널용 ESS에 사용하고, 모델 Y에 사용되는 히트펌프식 냉난방기를 전용하여 가정용 냉난방기의 효율을 향상시키는 방법을 연구하고 있음

□ (기업의 대응방안) 빠르면 '25년 또는 '30년 이후에 LCA가 도입되는 것은 전세계적인 탄소중립을 위해 필수적인 절차라는 의견이 많으므로 기업들은 친환경 전력 사용, 배터리 수명 연장 및 재활용, 전동시스템 증대 등에 대응해야 함

- 국가적인 전력 믹스는 바꿀 수 없지만 태양광 발전 등 자가용 재생에너지 설비를 통한 재생에너지 사용 확인서 발급으로 한국형 RE100 제도를 활용할 수 있는 부품업체는 서플라이체인에서 경쟁력 강화가 가능함
- 이는 마치 이전에는 차량의 경량화를 위해 철재 부품을 알루미늄 부품으로 변경시 상위업체에서 비용증가를 허용했던 것처럼 온실가스 감축설비를 설치할 수 있는 부품업체의 부품의 경우 가격증가분에 대한 보상을 받을 수 있을 것이라 사료됨
- 전기차의 CO₂ 배출량에 큰 영향을 주는 배터리 제조업의 경우 배터리 자체의 내구성을 연장시키기 위한 연구가 무엇보다 중요하며 특히 ESS에 대한 재활용으로 수명을 연장시키는 연구도 반드시 필요함
- 특히 아직까지는 내구연한까지 운행되는 전기차가 많지 않기 때문에 배터리를 차량 맞춤형으로 제작되지만 ESS 재활용을 확대시키기 위해서는 SOH(State Of Health)를 균일하게 맞춰야만 안전하게 운

용시킬 수 있으므로 재활용을 고려한 표준화된 방식의 모듈화된 배터리팩이 필요함

- 내연기관의 하이브리드화가 더욱 가속될 것이며 기존 엔진의 동력으로 작용하고 있던 시스템들은 자체 모터를 부착한 전동시스템으로 변화되면서 많은 부품업체들이 부품의 전동화를 모색해야 함
- 이는 전기차에 필요한 전동시스템보다 훨씬 많은 전동화 부품이 필요하게 될 것이고 기존 기계부품 업체에도 기회가 될 수 있음

본 보고서에 대한 문의사항을 답변해드립니다.

문의처

한국정밀화학산업진흥회 (KSCIA)

TEL: 02-2088-7253

※ 참고문헌

1. 민경덕, '세계정책동향과 LCA 분석', 한국자동차공학회 자동차기술 및 정책개발 로드맵, 2020.5.19
2. 보도자료, '2050 탄소중립시나리오 위원회 초안 발표', 국무조정실, 2050 탄소중립위원회, 2021.8.5.
3. 우종률, "전력 믹스에 따른 전기자동차의 CO₂ 배출량 비교 분석", 과학기술정책 2016년 11월호(통권220호)
4. 원선웅 'ICCT, "LCT 규제기준으로도 배터리 전기차가 최대 81% 온실가스 배출 적어"', 글로벌 오토뉴스, 2021.7.22
5. 이대업, '2030년 LCA를 이용한 자동차 CO₂ 배출량 규제 전망', 국내외 IP 분석보고서, 환경부, 한국환경산업기술원
6. 이대업, '유럽에서 Euro 7 / VII 배출 기준 도입 전망', 국내외 IP 분석보고서, 환경부, 한국환경산업기술원
7. 이소라 외, 'LCA에 기반한 전기차의 발전원별 환경효과 분석', KEI 정책보고서, 2018-03
8. 이호, '車 환경규제의 새 길잡이, 전과정평가(LCA)', 모빌리티 인사이트, 한국자동차연구원, 2021년 2월호 통권 제14호, 2021.1.25.
9. 일경오토모티브, "2030년 'LCA 규제', 핵심은 엔진 - 파워트레인 전략, 일경BP사, 2019/10, 2019.9.11
10. 장영욱, 오태현, 'EU 탄소감축 입법안("Fit for 55")의 주요 내용과 시사점, KIEP 대외경제정책연구원, 2021.7.22
11. 채영석, '탄소중립 위한 LCA규제, 자동차업체의 존재를 좌우할 수 있다', 글로벌 오토뉴스, 2021.2.11
12. 최원석, '유럽 수소경제가 수소차 보급으로 연결되기 어려운 이유',

조선일보, 2020.11.26

13. 최원석, '테슬라는 왜 주택용 냉난방기를 만들까? 테슬라 사업 방향 알고 싶으면 LCA에 주목하라', 이코노미조선, 2020.11.30
14. 최윤신, '[전기차도 '배출가스 제로' 아니다] 다가오는 LCA 규제… 전비 높이고, 배터리 생산과정 배출 줄여야', 이코노미스트, 2021.2.1
15. 최윤신, '친환경차 정의 대변동, LCA 국내 도입된다', 이코노미스트, 2021.3.29.
16. 허탁, '그린 모빌리티로의 전환을 위한 Life Cycle Assessment - 구조와 방법론', 오토저널, 2021.5
17. 현대자동차, '더욱 강화되는 자동차 환경 규제, 전과정 평가란?' 현대자동차 그룹, 2021.4.20
18. 환경부, 한국환경산업기술원, '환경성적표지 전용 전과정평가 소프트웨어(TOTAL) 매뉴얼'
19. E4tech, Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA, Ricardo Energy & Environment, 2020.7.13
20. Global Insight, '주요국 에너지정책 현황 및 추진방향', FKI, Vol. 33, 2021.3.4
21. Green NCAP, 'Green NCAP Roadmap 2030', 2018

본 무역기술규제(TBT) 동향 보고서는 2021년 해외 기술규제
조사 분석 및 대응지원 사업의 일환으로 작성되었습니다.