

무너지는 기후:

자동차 산업이 불러온 위기



#기후위기

GREENPEACE

“우리는 지금 수천년 인류 역사상 가장 큰 위협에 직면했다.

인간이 일으킨

기후변화

문제를 해결하지 못하면

인류가 창조한 문명이 자연 세계와 함께 사라질 것이다”

-데이비드 애튼버러 경(SIR DAVID ATTENBOROUGH),
COP24, 2018.12.

베를린의 러시아워

© PAUL LANGROCK / GREENPEACE



무너지는 기후: 자동차 산업이 불러 온 위기

그린피스는 독립적인 국제환경단체로 지구 환경의 보호와 평화를 위해 시민들의 인식과 행동을 바꾸는 캠페인을 진행합니다.

더 자세한 정보를 원하시면
press.kr@greenpeace.org

저자: 김지석, 벤야민 스테판(Benjamin Stephan), 이인성

번역: 이윤
윤문: 유상호

2019년 9월 출간
그린피스 동아시아지부 서울 사무소, 그린피스 독일

그린피스 동아시아지부, 서울 사무소
서울시 용산구 한강대로 257
청룡빌딩 6층 (04322)

그린피스 독일
Hongkongstr. 10
20457 Hamburg

CONTENTS

요약	1
제 1장 : 도입	6
제 2장 : 기후변화의 주범, 수송	7
제 3장 : 자동차 업계의 탄소발자국	9
제 4장 : 기후 변화에 대한 자동차 업계의 소극적인 대응	16
제 5장 : 내연기관차 연비 개선 및 하이브리드차 - 잘못된 해결책	21
제 6장 : 스포츠유틸리티차량(SUV) 판매량 급증이 위험한 이유	32
제 7장 : 방향 잡기 - 자동차 산업의 변화를 위한 그린피스의 권고 및 요구사항	36
참고문헌	39

요약문

지난 수십 년 간 자동차 제조사들은 스스로 기후변화의 심각성을 잘 이해하고 있다는 입장을 취해 왔다. 모터쇼에서도 여러 가지 '친환경차'를 자랑스럽게 소개하며 언론의 스포트라이트를 즐겼다. 자동차 광고를 보면 제조사들이 우리의 행복과 안전, 특히 어린이를 위해 많은 신경을 쓰고 있는 것처럼 느껴진다. 하지만, 그러한 이미지와 현실 사이에는 커다란 간극이 존재한다.

이 보고서는 전 세계 대표적 자동차 제조사 12곳의 2017년과 2018년 탄소발자국을 계산해 자동차 산업이 기후변화에 끼친 영향을 살펴본다.¹ 결론적으로, 제조사들은 미국, 유럽연합(EU), 중국, 일본, 한국 등 세계 5대 시장에서 기후변화 위기 상황에 제대로 대응하고 못하고 있다는 사실을 반복적으로 확인할 수 있다. 그린피스는 이 보고서를 통해 변화에 나서지 않는 자동차 기업은 결국 역사 속으로 사라질 수밖에 없음을 강조하고자 한다.

파리 기후변화 협약이 체결되고 4년 가까이 흐르는 사이, 환경친화적인 교통 시스템으로의 전환은 최우선 과제로 자리잡았다. 자동차 제조사들은 늦어도 2028년까지는 하이브리드를 포함해 디젤과 휘발유를 연료로 사용하는 내연기관 자동차의 생산을 중단해야 한다.² 이는 기후변화를 늦출뿐 아니라 교통체증 감소와 대기오염 개선과 같은 또 다른 혜택도 가져다 줄 것이다. 하지만 자동차 업계의 더딘 움직임으로 인해 더 푸르고, 깨끗하고, 안전한 미래는 아직 요원하다.³

물론 이러한 변화가 하루아침에 이뤄지기는 힘들 것이다. 문제 해결을 위해 무엇보다 필요한 것은 주요 제조사들이 내연기관차 생산 중단에 대한 분명한 전략과 로드맵을 마련해 수행하려는 의지다. 하지만 자동차 제조사들은 이를 계속 거부해 왔다. 환경규제에 반대하는 로비를 지속했고, 배출가스를 내뿜지 않은 차량 생산을 효과적으로 확대하지 못했으며, 지속적으로 자가용 자동차를 소유하라고 부추겼다. 이런 상황을 해결하기 위해 전 세계 정책 입안자들은 신속한 탈내연기관을 위한 규제를 마련하고 대중을 위한 대안적인 교통수단을 제공해야 한다.

자동차 제조사들이 사업 모델을 어떻게 바꿀 것인가가 점점 중요한 쟁점이 되고 있다. 업계는 사업의 존폐를 걸고 빠른 변화, 그리고 다양화를 이뤄야 한다. 앞으로 살아 남기 위해서는 지금보다 더 작고, 가볍고, 에너지효율성이 높은 차량을 만들어내는 것이 필수다. 이런 차량들은 정보통신기술을 이용해 정보를 교환하는 지능형 전력망, 스마트그리드에 연결되어 공급되는 100% 재생가능에너지를 사용해야 한다. 또한 자동차를 각 개인이 소유하는 형태에서 벗어나게 함으로써 도로에서 차량을 줄이는 방향으로 변화를 추구해야 한다.

이 보고서는 엔진의 연비 향상과 하이브리드 차량 확대가 날이 갈수록 심해지고 있는 기후 재난에 적절한 해결방안이 될 수 없음을 보여준다. 실제로 연비 향상과 하이브리드 확대는 근본적인 전환을 방해하고 있다. 이 보고서는 또 한 SUV 판매 급증이 기후 위기를 심각하게 만든다는 사실을 강조한다.

그린피스는 1990년대 초부터 자동차 제조사들에게 기후변화에 미치는 영향에 대해 책임 있는 자세를 보일 것을 요구해 왔다.⁴ 이 보고서에서 우리는 수많은 기후 변화 경고와 과학적으로 증명된 사실에도 불구하고, 자동차 업계의 대처가 여전히 너무 느리고 미흡하다는 점을 지적하고자 한다. 더 늦기 전에, 지금 변화를 시작해야 한다.

핵심 사항

- 2018년 자동차 산업 전체의 탄소발자국은 전 세계 온실 가스 배출량의 9%에 해당한다. 이 보고서에서 분석한 12개 제조사⁵는 총 43억톤(CO₂e)의 온실가스를 배출한다. 2018년 전체 판매량 8,600만 대를 감안해 계산한 결과, 자동차 산업 전체의 탄소발자국은 48억톤(CO₂e)에 달한다.⁶ 이는 2018년 전세계 온실가스 배출량의 9%에 해당하며,⁷ EU의 연간 온실가스 배출량 41을 넘어서는 양이다.⁸ (3장 참조)
- 배출량 상위 5개 업체는 폭스바겐 5.82억 톤(CO₂e), 르노닛산 5.77억 톤(CO₂e), 도요타 5.62억 톤(CO₂e), GM 5.30억 톤(CO₂e), 현대·기아 4.01억 톤(CO₂e)로 분석 대상 전체 12개 제조사 배출량의 55%를 차지했다. (3장 참조)
 - 폭스바겐은 2017년과 2018년, 제조사들 가운데 배출량이 가장 많았다. 2018년 온실가스 배출량은 5.82억(톤CO₂e)으로 호주의 연간 온실가스 배출량 보다 많았다. 5.35억 톤(CO₂e).⁹
 - 독일 3사 폭스바겐, 다임러, BMW의 2018년 총 온실가스 배출량은 8.78억 톤(CO₂e)으로, 2018년 독일의 연간 온실가스 배출량보다 많았다. 8.66억 톤(CO₂e).¹⁰
 - 포드, GM, 피아트크라이슬러(FCA) 등은 차량 한 대당 이산화탄소 배출량이 가장 많았다. 이는 해당 업체들이 미국 시장을 중심으로 대형 SUV와 픽업 트럭을 주로 판매했기 때문이다.
 - 현대·기아차는 제품 포트폴리오의 SUV 비중을 적극적으로 늘리는 계획을 갖고 있다. 이는 온실가스 배출량 증가로 이어질 수밖에 없다. 또한 어떤 시장에서도 완전하게, 혹은 부분적으로라도 탈내연기관 계획을 발표하지 않았다. (4장 참조)

자동차 제조사	온실가스 배출량 (백만톤 Co ₂ e)	완성차 판매대수 (백만대)	1대당 평균 온실가스 배출량 (톤 Co ₂ e)
폭스바겐 그룹	582	10.8	53.8
르노·닛산·미쓰비시 자동차 얼라이언스	577	10.3	55.7
도요타	562	10.4	53.8
제너럴 모터스(GM)	530	8.6	61.3
현대·기아	401	7.4	54.0
포드 자동차 회사	346	5.6	61.4
피아트 크라이슬러 오토모빌스(F.C.A.)	305	4.8	63.1
혼다	283	5.2	54.1
PSA 그룹 (오펜 포함)	201	4.1	49.2
스즈키	164	3.3	49.6
다임러 AG	161	2.7	58.7
BMW AG	136	2.5	54.4

표1 : 2018년 상위 12개 자동차 제조사 탄소발자국

• **제조업계는 온실가스 배출량을 투명하게 공개해야 한다.**

자동차 제조사와 대다수 정부는 자동차의 온실가스 배출량에 대한 자세한 정보를 공개하지 않고 있다. 특히 공급망을 포함한 자동차 생산과정에서 발생한 온실가스 배출량에 대한 정보는 거의 존재하지 않는다. 향후 자동차 부문 배출량에 대해 보다 정확한 평가가 이루어질 수 있도록, 상세한 데이터를 투명하게 제공해야 한다. 산업의 투명성 부족은 우리의 기후와 장기적인 지속가능성에 중대한 위협이 된다. (3장 및 7장 참조)

• **자동차 제조업계는 산업구조 전환에 성공하지 못했고 이를 위한 투자가 부족하다. 12개 제조사 중 단 하나만 총체적인 탈내연기관 목표 시점을 정했다. 12개사 모두 1.5°C 목표에 부합하는 구체적인 전환 계획이 없거나 불충분한 계획을 갖고 있다. (4장 참조)**

• **공식 연비 테스트 결과와 도로 주행에서 실제 배출되는 이산화탄소(CO2) 양의 큰 차이는 현실을 왜곡하고 기후에 위협 요소가 된다. 자동차의 연료 효율을 과대평가해 CO2 배출량을 낮추는 테스트 결과는 환경을 해친다. 또한 연료비를 더 많이 쓰게 만들어 고객을 속이는 결과를 낳는다. 실제 도로 주행에서 발생하는 CO2 양은 공식테스트 결과보다 훨씬 많다. 글로벌 배출가스 인증방식(WLTP)이 도입 되었으나 이런 문제점이 충분히 개선되는지는 검증이 필요하다. (4장 및 5장 참조)**

- 연료 효율성 개선 추세는 정체되거나 다시 나빠지기 시작했다. 전 세계 시장의 70% 이상을 차지하는 미국, EU, 중국, 일본, 한국에서 판매되는 신차의 평균 CO2 배출량과 이에 직접적인 영향을 미치는 연비는 정체되거나 심지어 악화됐다. 이는 내연기관 엔진의 효율 개선이 한계에 다달아 기후변화 대응에 필요한 만큼 CO2 배출량을 줄일 수 없다는 사실을 보여준다. (5장 참조)
- 하이브리드와 플러그인 하이브리드는 해결책이 아니다. 하이브리드와 플러그인 하이브리드는 진정한 친환경 자동차가 확산되는 것을 방해한다. 기존의 하이브리드는 동력을 전적으로 내연기관 엔진에 의존하기 때문에, 필요한 수준의 배출량 감소를 달성할 수 없다. 플러그인 하이브리드 또한 전기차 모드로 주행되는 짧은 주행에서만 환경친화적 특성을 보여주며, 이런 사용방식으로 벗어날 경우 상당한 양의 CO2를 배출할 수 있다. 특히 유럽에서는 플러그인 하이브리드의 실제 CO2 배출량과 테스트 시 배출량의 차이가 내연기관 자동차의 그것에 비해 훨씬 큰 것으로 나타났다. (5장 참조)
- SUV는 자동차 산업의 전환을 더욱 힘들게 만들고 있다. 유럽에서 SUV 판매 비중은 2008년 8%에서 2018년 32%로 10년 새 4배 이상 늘었다. 미국에서는 SUV의 시장점유율이 69%에 이르렀다. SUV는 무겁고 공기역학적으로 효율이 낮은 디자인이기 때문에, 비슷한 크기의 승용차에 비해 많은 CO2를 배출한다. SUV 판매의 증가는 자동차 CO2 배출량이 줄어들지 않고 있는 주요 원인 중 하나다. (6장 참조)
- 기업들은 내연기관차 판매를 시급히 중단하고, 단순히 더 많은 자동차를 생산하는 것을 넘어서 새로운 사업 모델을 추구해야 한다. 기후변화, 그리고 교통부문의 혁신을 위해서는 앞으로 적은 수의 자동차를 필요로 하는 방향으로 패러다임을 전환해야 한다. 자동차 제조업계는 계속해서 더 많은 자동차 생산에 매달리는 것에서 벗어나야 미래에도 생존할 수 있다. 자가용 소유를 계속 부추기는 것보다, 자동차 소유를 줄이는 데 도움이 되는 혁신적인 모빌리티 솔루션을 개발해서 제공해야 한다. 여기에는 대중 교통을 보완하기 위한 차량 공유 및 자동차 풀링 서비스가 포함될 수 있다. (7장 참조)

왜 그린피스 는 자동차 제조사들에 늦어도 2028년까지 내연기관차 판매를 중단할 것을 요구하는가?

그린피스 벨기에 사무소가 의뢰로 독일 항공우주센터(DLR)이 수행한 자동차 부문 온실가스 감축에 관한 연구에 의하면, 지구기온의 평균 상승폭을 1.5°C 이하로 억제할 수 있는 가능성을 3분의 2 수준으로 유지하기 위해서는 유럽에서 2025년까지 순수 내연기관차 신규 판매를 중단해야 한다. 하이브리드 차량 판매도 2028년까지는 중단해야 온도상승 1.5도 억제 가능성을 기대할 수 있다. 전 세계 자동차 산업 전체의 탄소제로 전환 시기를 연구한 사례는 아직 없지만, 유럽의 감축 목표시점이 제조사들에게 좋은 지표가 된다. 자동차 제조사들은 전 세계 시장에서 실질적인 행동에 나서야 한다. 디젤차 판매만 중단하는 것으로는 충분치 않다. 한 지역에서는 탄소제로를 추구하면서 다른 곳에서는 온실가스와 대기오염 물질을 내뿜는 자동차 판매를 계속하는 것도 용납될 수 없다. 유럽 시장에서의 탈내연기관 목표 시점은 전 세계 자동차 제조사에 적용돼야 한다. 하이브리드를 포함한 내연기관 자동차의 판매 및 생산은 늦어도 2028년까지 폐지되어야 한다.

자동차 제조업계에 대한 그린피스의 제안과 요구

목표 : 자동차 제조업계의 사업 모델을 지구 기온 상승폭 1.5°C 이하로 억제하는 목표에 부합하도록 조정

필요사항 및 조치

우선순위 1. 2028년까지 하이브리드를 포함한 모든 내연기관차의 생산을 중단

- a. 전세계, 혹은 지역별로 판매되는 자동차에 대한 브랜드별 CO2 배출량, 모든 모델의 전과정환경영향평가(LCA, Life-cycle assessment) 데이터 및 공급망 배출량을 포함하는 연간 온실가스 배출량 보고서를 확인 가능한 방식으로 웹 사이트 내 공개.
- b. 모든 시장에서 하이브리드를 포함한 디젤 및 휘발유 자동차 판매를 중단하는 전사적 목표를 설정하고, 100 % EV(배터리 및 연료전지 전기자동차) 전환을 위한 명확한 전략과 구체적인 로드맵 수립.
- c. 직원 재교육 및 재배치 프로그램 등을 제공하여 탈내연기관 전환이 직원에게 미칠 수 있는 영향이 최소화 되도록 직원, 노동조합 및 기타 관련 단체와 협력.
- d. 파리기후협약의 기온 상승폭 1.5°C 이하 억제 목표에 부합하는 지역, 국가, 글로벌 차원의 정책을 지지. (예시: CO2배출규제 강화, 정부의 화석연료 단계적 사용금지 계획, 100% 재생가능에너지 조달)

우선순위 2. 지속가능한 방법으로 작고 에너지효율이 좋은 전기차 생산

- a. 작고 가벼운 전기차 우선 생산.
- b. 전기차 배터리 생산의 사회적, 환경적 영향을 최소화 할 수 있는 기준 실행.
 - 재생가능에너지 전력망 구축 지원. (전기차 충전 및 생산)
 - 전 지역 생산 라인에서 소비되는 전력을 100% 재생가능에너지로 조달.
 - 협력업체도 재생가능에너지를 사용하고 온실가스 배출을 줄일 수 있도록 협력.
 - 전기차 배터리 공급을 위한 기준을 설정하여 환경적으로 책임성 있고, 효율적이며 인권을 존중하는 방식으로 자원 사용.
 - 배터리 원자재 채굴 및 가공 시 경영활동이 투명한 협력업체를 확보하고 모범적인 인권 및 환경 기준 수립.
 - 코발트, 리튬과 같은 배터리 생산에 사용되는 기존 원자재를 대체할 지속가능한 신소재 발굴을 위해 배터리 기술 연구 개발에 투자 확대.
 - 배터리의 내구성, 수명, 수리 가능성, 효율성, 재사용 및 재활용성을 개선하여 천연 재료의 사용 최소화.

우선순위 3. 자동차 생산·판매 위주의 사업모델에서 탈피

- a. 자가용 소유를 줄이는 모빌리티 비즈니스 모델 진흥.
- b. 교통체증을 줄일 수 있는 여러 이동수단에 투자.
- c. 카셰어링이나 카풀링 서비스 등 대중교통 보완 서비스 제시.

제 1장 : 도입

“몇몇 사람들, 몇몇 회사들, 몇몇 의사 결정권자들은 상상할 수도 없는 액수의 돈을 계속 벌어들이기 위해 무엇을, 값을 매기 힘든 가치를 희생시켜 왔는지 정확히 안다... 그리고 여기 있는 많은 사람들이 그런 그룹에 속하는 사람들 이라고 생각한다.”

- 그레타 툰베리, 다보스, 2019년 1월¹¹

IPCC(기후변화에 관한 정부 간 패널)가 2018년 10월에 인천 송도에서 발표한 '지구온난화 1.5°C 특별보고서(Special Report on Global Warming of 1.5°C)'는 “사회 모든 부문에서 신속하고 광범위하며 전례 없는 변화가 필요성^{11 12}을 지적하고 있다. 과학자들은 기온 상승 폭을 1.5°C 이내로 억제해 지속가능하고 평등한 사회를 구축하기 위해서는, 온실가스 배출량을 2030년까지 최소 45% 감축 해야 한다고 말한다. 10년안에 온실가스를 45% 감축한다는 것은 결코 쉽지 않은 일이다. 하지만 우리는 머뭇거릴 시간이 없다.

지난 수십 년 간 자동차 제조사들은 스스로 기후변화의 심각성을 잘 이해하고 있다고 말해 왔다. 모터쇼에서도 여러 '친환경차'를 자랑스럽게 소개하며 언론의 스포트라이트를 즐겼다. 자동차 광고를 보면 제조사들이 우리의 행복과 안전, 특히 어린이를 위해 많은 신경을 쓰고 있는 것처럼 느껴진다. 하지만, 그러한 이미지와 현실 사이에는 커다란 간극이 존재한다.

이 보고서는 전 세계 대표적 자동차 제조사 12곳의 2017년과 2018년 탄소발자국을 계산해 자동차 산업이 기후변화에 끼친 영향을 살펴본다. 결론적으로, 제조사들은 미국, EU, 중국, 일본, 한국 등 세계 5대 주요시장에서 기후변화의 위기 상황에 제대로 대응하고 못하고 있다는 사실을 반복적으로 확인할 수 있다. 그린피스에 이 보고서를 통해 변화에 나서지 않는 자동차 기업은 결국 역사 속으로 사라질 수밖에 없음을 보여준다.

파리 기후 협약이 체결되고 4년 가까이 흐르는 동안, 환경친화적인 교통 시스템으로의 전환은 최우선 과제로 자리잡았다. 자동차 제조사들은 늦어도 2028년까지는 하이브리드를 포함해 디젤과 휘발유를 연료로 사용하는 자동차의 생산을 중단해야 한다. 이는 기후변화 완화뿐 아니라 교통체증 감소와 대기오염 문제 해결과 같은 또 다른 혜택을 가져다 줄 것이다. 하지만 자동차 업계의 더딘 움직임으로 인해 더 푸르고, 깨끗하고, 안전한 미래는 아직 요원하다.¹³

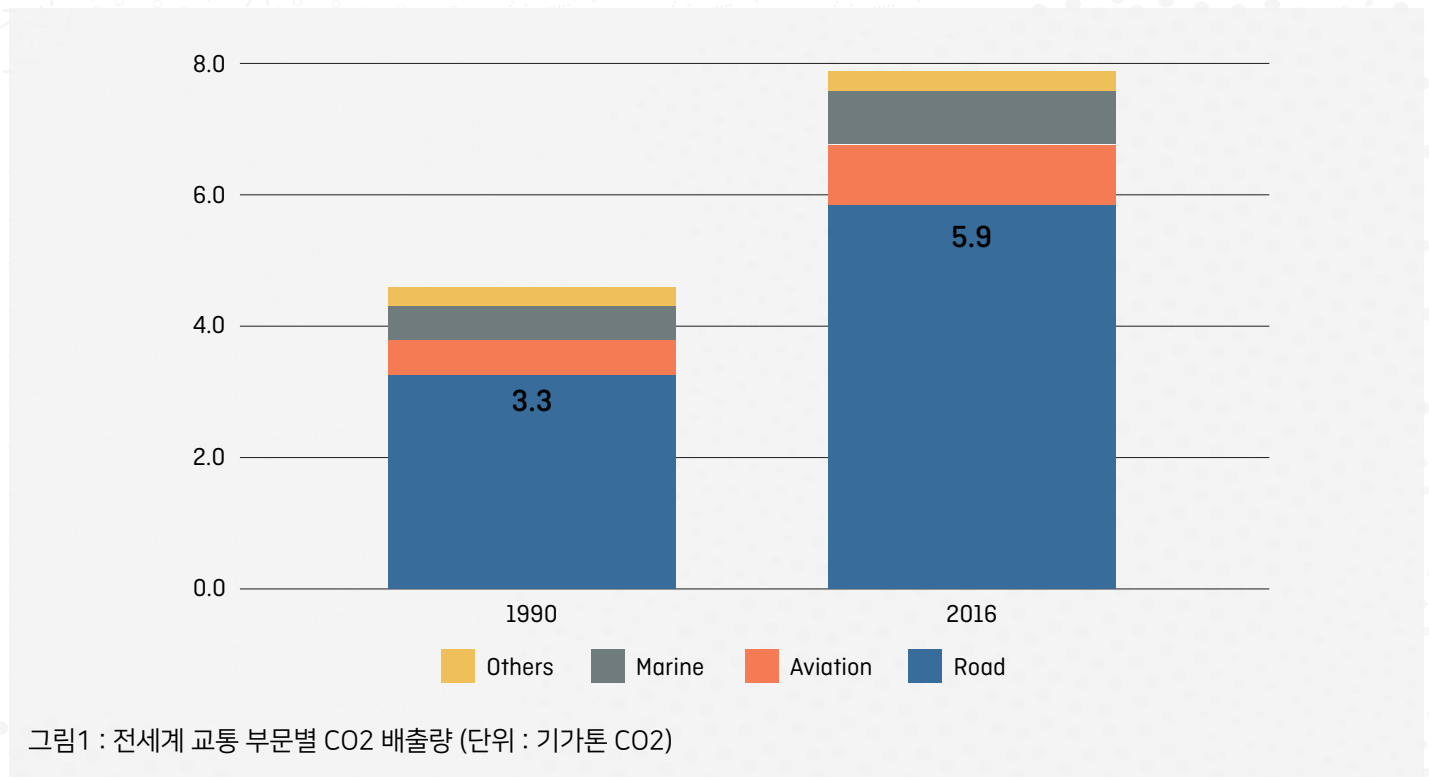
제 2장 : 기후변화의 주범, 수송

이산화탄소(CO2) 배출 관점에서의 도로교통

국제에너지기구(IEA)의 최근 공식 데이터(2018년 발간)에 따르면, 2016년 교통부문의 전 세계 CO2 배출량은 약 8Gt으로, 전체 CO2 배출량의 25%를 차지하는 것으로 분석됐다.¹⁴ 이 중 승용차, 트럭, 버스를 포함한 도로 교통부문이 교통부문 총 배출량의 74%를 차지했으며, 이는 2016년 전 세계 CO2 배출량의 18%에 이른다.¹⁵

국제에너지기구(IEA)에 따르면, 2016년 교통부문의 CO2 배출량은 예년과 비슷한 2%의 증가율을 보였다.¹⁶ 글로벌 카본 프로젝트(GCP, Global Carbon Project)가 2018년 12월 발표한 보고서도¹⁷ 2018년 전세계적으로 자동차, 트럭, 비행기 증가에 따라 배출량 증대 추세가 계속됐다고 설명한다.¹⁸

도로교통부문은 배출량 및 배출 증가율의 관점에서 온실가스 감축을 위해 반드시 살펴봐야 할 중요한 부분이다. 국제에너지기구(IEA)가 발표한 자료에 따르면, 2016년 도로 교통부문 CO2 배출량은 1990년 대비 71% 증가했다.¹⁹



출처 : CO2 Emissions Statistics: CO2 emissions from fuel combustion 2018 overview, International Energy Agency, 2018²⁰

지역 및 국가별 교통부문 온실가스 배출량

교통부문의 온실가스 배출량과 교통부문이 전체 배출량에서 차지하는 비중은 자동차가 대중화한 국가일수록 높다. 특히 미국과 영국을 포함한 몇몇 유럽 국가에서 이런 특성이 강하게 보인다. 이 보고서는 전 세계에서 가장 큰 자동차 시장이자 주요 글로벌 자동차 제조사의 근거지인 5개 국을 살펴본다.

<p>미국</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전체 배출량 중 교통부문이 차지하는 비중: 29%²¹ • 교통 부문 배출량 중 59%가 자동차 (승용차, SUV, 픽업트럭)에서 발생.²² • 1인당 교통부문 CO2 배출량은 5.39t으로 G20 평균인 1.13t보다 다섯 배 가량 많다.²³
<p>유럽</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전체 배출량 중 교통부문이 차지하는 비중: 24%²⁴ • 도로 교통부문 CO2 배출량의 73%는 승용차와 승합차 사용에서 발생.²⁵ • 지난 3년 동안 교통부문의 CO2 배출량은 꾸준히 증가했고, 신규 승용차의 평균 CO2 배출량이 2017년 처음으로 증가세로 돌아섰다.²⁶
<p>중국</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전체 배출량 중 교통부문이 차지하는 비중: 9%²⁷ • 총 배출량 중 교통부문이 차지하는 비율이 9%로 상대적으로 작은 비율 차지. 그러나 지난 5년 간 교통부문 CO2배출 상승률은 21%에 달했으며, 이는 G20 국가 중 두 번째로 높은 상승률이다.²⁸ • 2018년 판매된 2,800만대 중 대부분은 휘발유 또는 디젤 차량이다. ²⁹독일의 비영리 기관인 슈투트가르트 태양에너지·수소연구센터(ZSW)에 따르면 2018년 중국에서 판매된 자동차 중 120만대만 전기차 또는 플러그인 하이브리드 차량이었다. ³⁰
<p>한국</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전체 배출량 중 교통부문이 차지하는 비중: 16%³¹ • 교통부문 배출량 중 90%가 도로 교통부문에서 발생.³² • 지난 3년 동안 교통부문의 배출량은 매년 2.3% 증가했고, ³³ 1인당 교통부문 배출량은 2.04t 수준으로 G20인당 평균 배출량 1.13t보다 두 배 가량 많다.³⁴
<p>일본</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전체 배출량 중 교통부문이 차지하는 비중: 19%³⁵ • 교통부문 중 약 87%를 승용차, 트럭, 버스를 포함한 도로 교통부문이 차지했고, 이 중 약 50%가 승용차에서 발생했다.³⁶

제 3장 : 자동차 업계의 탄소발자국

이 보고서는 상위 12개 자동차 제조사의 2017년, 2018년 데이터를 사용하여 자동차 업계의 탄소발자국을 계산했다.

연간 탄소발자국 계산 방법

자동차 제조사의 연간 탄소발자국은 해당 연도에 판매한 차량이 배출하는 모든 온실가스의 총합으로 계산했다. 차량이 배출하는 온실가스는 다음과 같이 구성된다.

- 자동차 제조과정에서 에너지 사용 등으로 인한 직간접배출
- 운행 중 휘발유 또는 디젤 소비로 인한 직접 배출
- 연료를 채취, 가공(정유) 및 수송하는 과정에서 직간접배출
- 폐차 또는 재활용 시 직간접배출

자동차는 제조 과정에서만 온실가스 배출을 유발 하는 것이 아니라, 그 자동차가 출고된 이후의 모든 단계에서 온실가스를 발생 시킨다.³⁷

제조 단계		사용 단계		폐기 단계	전체 배출량
협력업체(공급망)	생산 공정	연료 공급	연료 소비	재활용	
5.7	0.8	5.5	29.0	2.7	43.7

표 2 : 폭스바겐 자동차 모델의 생애주기 온실가스 배출량³⁸ (단위 : 톤 CO₂e)

자동차의 생산과 재활용 공정에서 발생하는 온실가스

자동차 제조과정에서 발생하는 온실가스 배출량은 대개 자동차에 내장된 부품의 종류나 크기에 따라 결정된다. 그러므로 크기가 큰 자동차일수록 더 많은 배출가스를 발생시킨다.

독일의 리서치 기관인 에너지·환경연구소(IFEU, Institute for Energy and Environmental Research)는 소형, 준중형, 프리미엄 자동차가 제조 및 재활용 과정에서 배출하는 온실가스 양이 각각 6톤(CO₂e)⁴⁰, 7.1톤(CO₂e), 9.9톤(CO₂e) 이라고 추정한다.⁴¹ 자동차 제조사들은 각각의 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 집계하지만, 체계적으로 그것을 공개하지 않기 때문에 관련 정보를 찾기는 매우 어렵다. 또한 자동차 제조 과정에서 발생하는 평균 배출량 수치를 제공하는 자동차 제조사도 거의 없다. 최근 폭스바겐이 예외적으로 차량의 평균 온실가스 배출량을 공개했다. (표4 참조) 폭스바겐에 따르면, 평균 6.5톤(CO₂e) 상당의 온실가스를 자동차 제조과정에서 발생하며, 이는 운행, 주유, 폐차 등 모든 단계에서 배출하는 온실가스 총량의 15%에 이르는 수치다. 폭스바겐은 제조과정의 발생량 가운데 12%만 자사가 배출하며 대부분은 협력업체에서 발생한다고 주장한다. 하지만 재활용 단계에서 발생하는 온실가스 2.7톤(CO₂e)까지 포함하면 폭스바겐이 자동차 제조 및 재활용 과정에서 배출하는 온실가스 양은 1대당 9.2톤(CO₂e)에 이른다.

자동차 크기뿐만 아니라, 생산 공정 중 사용되는 재생가능에너지의 비율 및 특정 부품의 총 에너지 및 탄소 효율 또한 자동차 생산 공정의 총 온실가스 배출량에 영향을 미친다. 일부 자동차 제조사들은 자사 공장 운영을 재생가능에너지 전력으로 충당하겠다는 목표를 세웠지만, 공장에서 발생하는 온실가스 양은 전체 생산 공정 배출량의 아주 작은 부분을 차지할 뿐이다. 또한 내연기관 자동차가 생애주기동안 배출하는 온실가스 양과 비교하면 더더욱 작은 수치에 불과하다. 결론적으로, 생산 공정에만 집중하는 것은 온실가스 배출량 감축 목표를 세우는 데 적절한 접근이 아니다.

소형 내연기관차	6톤(CO ₂ E)
소형 배터리전기차 (예 : 르노 조에)	배터리 용량 22KW/H 제조 시, 6T에 3.2T 더해 총 9.2톤(CO ₂ E)
	배터리 용량 41 KW/H 제조 시, 6T에 9.2T 더해 총 15.2톤(CO ₂ E)
프리미엄 내연기관차	9.9톤(CO ₂ E)
프리미엄 배터리전기차 (예 : 테슬라 모델S PD100)	배터리 용량 100KW/H 제조 시, 9.9T에 14.5T 더해 총 24.4톤(CO ₂ E)

표 3 : 제조 과정의 배터리전기차와 내연기관차 탄소발자국 비교

배터리 전기차와 생산 공정 배출량

전기차의 배터리 생산 과정은 에너지 집약적이어서 생산 공정만 분리해 비교하면 동급의 내연기관차보다 더 많은 온실가스를 배출하는 경향이 있다. (표3 참조) 싱크탱크 Agora Verkerswende와 에너지·환경연구소(IFEU)에 따르면 배터리를 빼고 산정할때, 배터리 전기차와 내연기관차의 생산 공정 발생하는 온실가스는 비슷한 수준이다. 배터리 제조에는 많은 에너지가 소요되며 이로 인한 배출량은 전기차 생산 과정 배출량의 80%를 차지한다. 나머지 20%는 다른 공정 과정에서 발생한다.⁴² 자동차 제조 단계의 온실가스 배출은 용광로에서 철광석을 철로 제련하는 작업과 같은 등에서 가장 많이 발생한다. 싱크탱크 Agora Verkerswende와 에너지·환경연구소(IFEU)는 현재 배터리 제조 과정에서 1 kWh당 평균 145kg의 온실가스가 발생하고, 이 중 상당한 양은 감축할 수 있을 것으로 추정한다.⁴³ 테슬라 모델 S 장거리 버전(Long Range)의 경우, 100kWh 용량의 배터리를 탑재하고 있으므로 약 14.5톤(CO₂e)를 배출하며⁴⁴, 이는 동급의 내연기관차 생산 공정에서 배출되는 온실가스 양보다 두 배 이상 많다. 따라서 본격적으로 전기차 생산전환시 완전한 재생가능에너지로 생산공정을 작동시키고 작은 배터리를 사용하는 소형차를 만드는 것이 중요하다. (자동차 제조사에 대한 자세한 요구 사항은 7장 참조)

연료 사용으로 인한 온실가스 배출

자동차의 생애주기 동안 배출되는 전체 CO2 가운데 상당 부분이 배기가스 형태로 배출된다. 배기가스는 엔진의 종류, 차량의 연비, 총 주행거리에 의해 결정된다. 주행거리는 지역과 차종에 따라 달라질 수 있는데 평균적으로 190,000~230,000km이다.^{45 46}

배터리 전기차 또는 연료전지차(FCEV, Fuel Cell Electric Vehicle)는 운행 중 배기가스를 배출하지 않는다. 재생가능에너지 전력으로 충전되는 전기차나⁴⁷ 재생가능에너지를 이용한 전기화학반응을 통해 생산한 수소를 동력원으로 사용하는 수소차의 경우⁴⁸ 연료 사용으로 인한 CO2 배출이 없다.

자동차의 CO2 배출량은 연비에 따라 달라지며, 연비는 차량의 무게와 엔진 출력이 결정한다. 지난 수년 동안 차의 무게와 엔진 출력이 엔진의 연비보다 빠르게 증가했다. 또 개별 차량의 연비는 운행 거리나 속도 등 사용 패턴의 영향을 받는다. (예: 도심 주행 vs 장거리 고속도로 주행, 또는 저속 주행 vs 고속주행). 그리고 이러한 사용패턴은 내연기관차보다 플러그인 하이브리드 차량의 연비에 더 많은 영향을 미친다 (5장 참조).

연료 생산 및 공급 관련 온실가스 배출

자동차는 연료를 태울 때 나오는 직접적인 CO2 배출 외에도, 전체 생애주기 동안 필요한 연료를 공급 받는 과정에서 온실가스를 배출시킨다. 석유 탐사, 원유 정제, 휘발유 및 디젤 유통 단계에서 발생하는 온실가스가 그것이다. 그 양은 유럽을 기준으로 할 때 휘발유의 경우 평균 14gCO₂e/MJ, 디젤의 경우 평균 15gCO₂e/MJ인 것으로 추정된다.⁴⁹ 즉, 휘발유 1리터를 공급하는 데 452g의 온실가스 배출한다는 뜻인데, 이는 휘발유 1리터를 사용할 때 배출되는 온실가스 2,330g에 19.4%만큼의 배출량을 추가해 계산해야 한다는 의미다. 디젤의 경우 1리터당 561g의 온실가스가 연료 공급 단계에서 발생하며, 따라서 디젤 1리터를 쓸 때 배출되는 온실가스 2,640g에 21.3%만큼의 배출량을 추가해야 한다.

즉, 주행거리를 제외하면 자동차 제조사가 차를 어떻게 설계하는지에 따라 자동차의 생애주기 동안 온실가스 배출량은 달라진다. 자동차 제조사는 연비가 좋은 소형차에 주력할지, 대형 SUV 모델에 주력할지 선택 할 수 있다. 또 300마력의 디젤차를 제작할지 효율적인 전기차를 제작할지 선택할 수 있다. 하지만 지금까지 자동차 제조사들이 판매해온 대부분의 자동차는 환경친화적이지 않은 것이었다. SUV는 점점 주류가 되고 있고(6장 참조) 엔진의 크기 또한 커졌으며 전기차 출시는 여전히 적다.

결론 : 기후 변화의 주범은 자동차 제조사

2018년 폭스바겐은 5억 8,200만 톤(CO₂e)의 탄소발자국을 기록해 세계 자동차 제조사 가운데 최대의 기후변화 유발 기업이 됐다. 이 수치는 2018년 폭스바겐의 차량 생산 과정의 배출량과 이 차들이 평생 내뿜게 될 온실가스 배출량을 기준으로 한 것이다. 그 다음을 르노닛산(5억 7,700만 톤CO₂e), 토요타(5억 6,200만 톤CO₂e)가 이었다. 이 세 제조사의 온실가스 배출량은 호주의 연간 온실가스 배출량(5억 3,500만 톤CO₂e)보다 컸다.^{50 51} 네번째로 배출량이 높은 제네럴 모터스(5억 3,000만 톤CO₂e)는 영국의 연간 온실가스 배출량(4억 6,500만 톤CO₂e)보다 많았다. 다섯번째로 배출량이 많은 현대·기아의 탄소발자국(4억 100만t)은 폴란드의 연간 온실가스 배출량(3억 7,900만 톤CO₂e) 보다 많다. 2018년 독일 제조사 폭스바겐, 다임러, BMW의 탄소 발자국 총합은 8억 7,800만 톤(CO₂e)이었는데 이는 독일 탄소 배출량(8억 6,600만 톤CO₂e)보다 크다.⁵²

이 보고서에서 분석한 12개 자동차 제조사들은 43억 톤(CO₂e)의 온실가스를 배출하고 있다. 전체 자동차 업계가 2018년 판매한 자동차가 총 8,600만대라는 사실에 입각해 계산하면,⁵³ 자동차 산업의 총 탄소발자국은 전 세계 온실가스 배출량의 9%에 해당하는 48억 톤(CO₂e)에 달한다.^{54 55} 비교를 위해, 중국에 이어 세계 2위 탄소배출국인 미국의 연간 온실가스 배출량은 57억 톤(CO₂e)이고, EU는 41억 톤(CO₂e)이다.

2017년 대비 자동차 산업의 탄소발자국은 소폭(1%) 감소했다. 이는 12개 자동차 제조사의 총 판매대수가 감소한 것과 비슷한 감소폭이다. 포드의 매출이 10% 감소하여, 온실가스 배출량 또한 비슷하게 줄었다. 현대·기아, 다임러, BMW와 같은 다른 자동차 제조사들의 경우 평균 온실가스 배출량은 어느 정도 개선되었으나, 매출 증대로 그 효과는 상쇄됐다. GM은 자사 브랜드 중 비교적 연비가 좋은 소형차 브랜드인 오펠(Opel)과 볼스홀(Vauxhall)을 Groupe Peugeot Société Anonyme(PSA)에 매각한 여파로 평균 배출량이 큰 폭(7%)으로 상승했다.

포드, GM, FCA와 같은 미국 자동차 제조사들은 여전히 차량 한 대당 온실가스 배출량이 많다. 미국 내 판매량의 대부분이 SUV와 픽업트럭임을 고려하면 놀라운 일은 아니다. 2018년 판매량 1~3위 차량은 포드 F 시리즈, 쉐보레 실버라도(GM), 닷지 RAM(FCA)으로, 모두 많은 연료를 소비하는 대형 픽업 트럭이다.⁵⁶ SUV와 픽업트럭의 비중이 높아, 전체 생산량 중 미국 내 매출이 차지하는 비중이 큰 제조사의 배출량 또한 많다.

자동차 제조사	온실가스 배출량 (백만 톤 CO ₂ E)	완성차 판매대수 (백만대)	1대당 평균 온실가스 배출량(톤 CO ₂ E)	제조사 평균 CO2 배출량(G/KM)
폭스바겐 그룹	582	10.8	53.8	192.7
르노·닛산·미쓰비시 자동차 얼라이언스	577	10.3	55.7	196.6
토요타	562	10.4	53.8	180.8
제너럴 모터스(GM)	530	8.6	61.3	217.9
현대·기아	401	7.4	54.0	186.3
포드 자동차 회사	346	5.6	61.4	210.6
피아트 크라이슬러 오토모빌스(F.C.A.)	305	4.8	63.1	220.5
혼다	283	5.2	54.1	185.0
PSA 그룹(오펜 포함)	201	4.1	49.2	176.3
스즈키	164	3.3	49.6	168.8
다임러 AG	161	2.7	58.7	212.0
BMW AG	136	2.5	54.4	192.3
상위 12개 자동차 제조사	4246	76.0	55.9	195.0
자동차 업계	4807	86	전세계 온실가스 대비 비율	9%

표4 : 2018년 상위 12개 자동차 제조사 탄소발자국

자동차 제조사	온실가스 배출량 (백만 톤 CO ₂ E)	완성차 판매대수 (백만대)	1대당 평균 온실가스 배출량(톤 CO ₂ E)	제조사 평균 CO2 배출량(G/KM)
폭스바겐 그룹	575	10.6	54.3	191.6
르노·닛산·미쓰비시 자동차 얼라이언스	571	10.3	55.7	196.9
토요타	569	10.3	55.2	185.9
제너럴 모터스(GM)	540	9.0	60.0	203.8
현대·기아	399	7.3	54.6	188.6
포드 자동차 회사	385	6.3	61.3	211.4
피아트 크라이슬러 오토모빌스(F.C.A.)	308	4.8	63.7	223.1
혼다	289	5.3	54.8	187.4
PSA 그룹(오펜 포함)	210	4.2	49.5	176.5
스즈키	159	3.2	50.0	170.5
다임러 AG	158	2.7	58.3	212.4
BMW AG	133	2.5	54.1	193.7
상위 12개 자동차 제조사	4296	76.5	56.2	195.1
자동차 업계	4857	86.4	전세계 온실가스 대비 비율	9.1%

표5 : 2017년 상위 12개 자동차 제조사 탄소발자국

제조사 탄소발자국 측정 방법

자동차 제조사의 탄소발자국 계산은 쉽지 않다. 일부 예외적인 경우를 제외하고, 자동차 제조사가 스스로 기후에 끼치는 영향을 투명하게 밝히는 경우는 없었다. 자신들도 제대로 파악하지 못하는 경우도 있다.

계산을 위해서는 (그림 2 참조) 각 제조사별로 ▲중국, EU, 미국에서의 자동차 제작사별 평균 CO2 배출량 데이터, ▲3대 시장의 매출 데이터 및 전 세계 매출 데이터, ▲생산 공정 온실가스 배출량 데이터가 필요하다. 가능한 한 정부 데이터를 사용했으며, 필요 시 다른 기관 데이터를 바탕으로 했고, 데이터가 없는 경우에는 대체 데이터를 이용했다. 몇몇 예외적인 경우를 제외하면, 제조사들은 자신들의 세부 정보를 공개하지 않는다. 이런 관행은 앞으로 바뀌어야 한다.

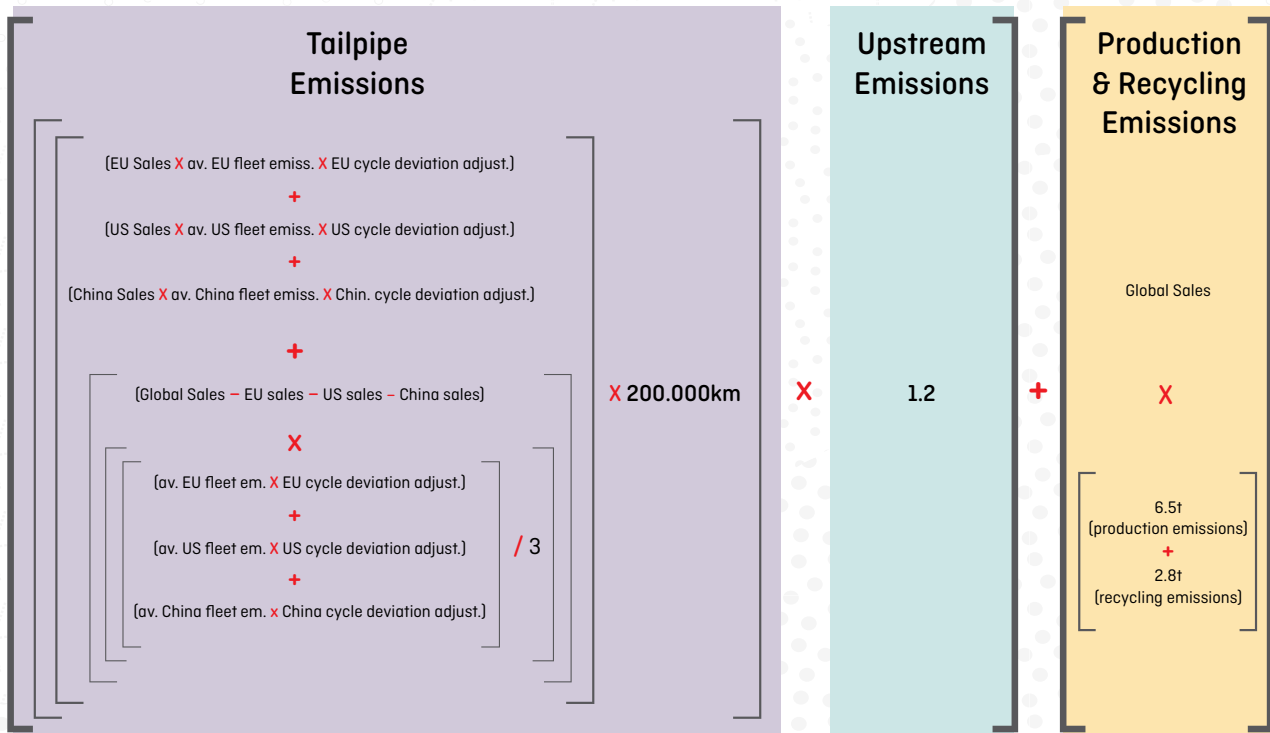


그림2 : 탄소발자국 측정방법

미국 시장의 배출량 데이터는 미국 환경보호청(EPA, Environmental Protection Agency)에서 제공하고 있으며, 1975년부터 2018년까지 각 제조사의 연도별 데이터를 확인할 수 있다.⁵⁷ EU와 중국의 경우, 각 시장에서 판매된 모델별 배출량과 매출 데이터를 공식 자료를 통해 확인해 제조사의 전체 평균을 계산했다.⁵⁸

CO2 배출량 데이터는 제조사가 모델 인증을 위해 사용하는 표준 테스트 사이클에 기반했다. 국가마다 다른 테스트 사이클을 사용하고 있는데, 실제 주행 시 연비와 CO2 배출량을 반영하는 정도가 다르다. 유럽⁵⁹과 중국에서 사용하는 NEDC(New European Driving Cycle)는 자동차의 실제 탄소 배출량을 크게 낮추어 측정하나 미국의 미국 환경보호청(EPA)의 EPA 테스트 사이클은 정확한 점(심지어 1% 더 높게 측정함)을 고려할 때, 비교 가능한 수치를 얻기 위해서는 이러한 편차를 고려해 수정할 필요가 있다.

위 세 시장에서 판매된 차량에 대한 보정계수로 국제에너지기구(IEA)와 국제청정교통위원회(ICCT, International Centre on Clean Transport)가 파악한 평균 편차(유럽 +39%, 중국 +37%, 미국 -1%)를 사용했다.⁶⁰ 중국, EU, 미국을 제외한 CO2 배출량 데이터를 얻을 수 없는 시장에서의 배출량을 계산하기 위해, 각 제조사의 이용 가능한 배출량 데이터의 평균을 대신 사용했다. 연료 생산 및 공급 과정의 배출량은 연료 소비량에 비례하므로 결국 차량이 배출하는 배기가스(tailpipe emission)에 포함해야 한다. Edwards et al⁶¹의 계산을 바탕으로, 그것을 포함할 경우 차량의 배기가스가 20% 증가할 것이라고 가정했다.

이번 분석을 위한 판매량 데이터는 Focus2move.com (전 세계 매출)과 Carsalesbase.com (주요 시장 매출)에서 확보했다. 이번 분석에서 다른 12개 제조사의 판매량은 2018년 전 세계 자동차 판매량의 88%를 차지했다.

12개 자동차 제조사의 2018년 이용 가능한 배출량 데이터는 전 세계 매출의 60%에 대해서만 존재했다. 제조사별로 이용 가능한 데이터는 판매량의 78%(폭스바겐)부터 19%(스즈키)까지 차이가 있다. 데이터 이용 가능성의 중간값은 67%이다.

일본 시장은 이용 가능한 제조사 배출량 데이터가 없다. 일본 제조사가 전 세계 매출의 큰 부분을 차지함에도, 데이터 이용 가능성 측면에서는 가장 불투명하다. 특히 스즈키는 인도에서 많은 차량을 판매하고 있으나 관련 데이터가 없으므로, 스즈키의 데이터 이용 가능성이 가장 낮다. 한국 정부는 국내 5개 제조사의 2017년 데이터만 공개했고 그 외 제조사는 수입차로 뭉뚱그려 있었으며, 2018년 제조사별 배출량 데이터는 공개하지 않았다. 비교를 위해 한국 시장의 특정 데이터는 제외해야 했고, 이로 인해 현대·기아의 배출량 데이터는 전 세계 매출의 47%에 해당하는 데이터로 제한됐다.

생산 및 재활용 관련 배출량에 관한 비교 가능한 데이터는 연료 소비량과 차량 배기가스 배출량보다도 얻기 어렵다. 제조사별로 확실히 구분할 수 있는 이용 가능한 데이터가 충분치 않았기 때문에 폭스바겐 그룹이 밝힌 6.5(톤CO₂e)을 생산 배출량, 2.7(톤CO₂e)을 재활용 배출량의 대체값으로 사용했다. 폭스바겐은 대량 생산 브랜드와 프리미엄 브랜드를 모두 영위한 그룹이기 때문에 유용한 대체값이다. 단, 이 경우 다임러와 BMW 같은 프리미엄 부문에 집중하는 자동차 제조사나 SUV와 픽업트럭 비중이 높은 자동차 제조사의 생산 온실가스 배출량이 원래보다 약간 적게 나타나지만 SUV나 프리미엄 차량을 적게 판매하는 자동차 제조사의 생산 온실가스 배출량이 조금 높게 잡힐 수 있음에 주의해야 한다.

폭스바겐과 다임러 같이 버스 및 트럭을 제조하는 자회사를 보유한 회사도 있지만 해당 사업의 온실가스 배출량은 이번 분석에 고려되지 않았다.

제 4장 : 기후 변화에 대한 자동차 업계의 소극적인 대응

“되돌릴 수 없는 기후위기사태를 극복하는 것은 전인류의 생사가 걸린 중대한 과제다[...] 우리는 비즈니스 방식부터 에너지 생산, 도시 건설, 식량 공급까지 전반적인 생활 방식을 빠르게 개선해야 한다. 지난 몇 달 동안 우리는 기록적인 폭염을 견뎌야만 했다. 이제는 모두가 행동에 나서야 할 때다”

- 안토니오 구테흐스 UN 사무총장, 2019년 8월1일⁶²

2014년 IPCC는⁶³ 승용차 및 화물차의 온실가스 배출 감축을 촉진할 방안을 발표했다. 자전거 및 대중교통 같은 친환경 교통수단 이용, 차량 및 엔진의 에너지 효율 개선, 재생가능에너지와 같은 저탄소 연료로의 전환 등이 그것이다.

하지만 이러한 변화는 아직 더디다. 그로부터 5년이 지났지만 교통부문의 온실가스 배출량은 감소하지 않고 오히려 증가하고 있다.^{64,65} 우리는 지금 기후변화 대재앙을 향해 가고 있다. 자동차 산업은 여전히 내연기관차 생산 중단, 기후 규제에 반대하는 로비 중지, 배터리 전기차나 공유 차량 판매 확대를 위한 계획을 세우라는 요구를 외면하고 있다.

신속한 전환 실패

그린피스는 지구온난화 1.5°C 목표를 달성하기 위해서는 자동차 제조사들이 더 많은 노력을 기울여야 한다고 생각한다. 가장 시급한 과제는 디젤 및 휘발유를 연료로 사용하는 차량의 생산 중단이다. 2018년 그린피스가 의뢰한 독일 항공우주 센터(German Aerospace Centre)의 연구에 따르면, 지구 평균기온 상승폭을 1.5°C에 맞추는 온실가스 감축 관리를 위해서는 유럽 승용차 가운데 하이브리드차를 포함한 모든 화석연료 차량의 생산을 빠른 시일 내에 중단해야 한다. 늦어도 2028년까지 내연기관 차량을 단종 시켜야 한다.⁶⁶ 적어도 산업화를 일찍 이룬 국가에는 모두 해당되는 내용이다. 우리는 내연기관차를 그만 만들어야 한다.

이는 운행 차량의 수가 획기적으로 감소하고 친환경 교통수단이 보다 활성화된다는 가정 하에 가능한 일이다. 결국 이처럼 외부환경 변화에 빠르게 대응하고 비즈니스를 다변화하는 제조사만이 살아남을 수 있을 것이다.⁶⁷ 하지만 현재 자동차 업계의 대처와 약속은 기후위기 대응에 필요한 변화의 규모와 속도에 비춰 한참 미흡한 실정이다.

많은 업체가 전동화 계획을 발표했으나, 이는 기한 내에 산업구조를 변화시키기에는 충분하지 못하다. 예를 들어, 2018년 말 폭스바겐은 2026년 마지막 내연기관 플랫폼을 출시하고 2040년까지 내연기관차 생산을 단계적으로 폐지하겠다고 발표했다.⁶⁸ 또한 2019년 다임러는 2039년까지 탄소중립을 달성하겠다고 발표했으나 내연기관 폐지 일정은 언급하지 않았다.⁶⁹ 다른 기업들의 발표도 2020년대 중반까지 전기자동차 모델을 확대하거나 일부 시장에서 디젤 자동차 판매를 중단하는 등 부분적인 계획에 그치고 있다.

2019 판매순위	제조사	전 세계 내연기관 모델의 완전한 폐지 약속	참고
1	폭스바겐 그룹	2040년까지 모든 화석연료 자동차 판매 중단. ⁷⁰	2026년 마지막 내연기관 플랫폼 생산 시작. 2050년까지 협력업체 포함 차량과 제조 면에서 탄소중립 달성
2	토요타 그룹	X	유럽에서 2019년까지 디젤 단계적 폐지. 2050년까지 차량 라이프사이클 CO2 배출을 0으로 만들 계획 ⁷¹
3	르노-닛산	X	닛산: 유럽에서 각 모델의 리뉴얼 때 승용차용 디젤을 중단할 계획. 상용차 디젤 판매는 일본 및 미국 내로 제한 ⁷² 르노: 2022년까지 디젤 제품 50% 감축 ⁷³
4	GM	X	구체적인 탈내연기관 날짜 없이 "ALL ELECTRIC FUTURE" 시행. ⁷⁴
5	현대-기아	X	
6	포드 그룹	X	
7	혼다	X	
8	FCA (피아트 크라이슬러)	X	2021년까지 EMEA(유럽, 중동, 아프리카) 시장에서 모든 디젤 승용차 단계적 판매 중단. (경상용차는 디젤 유지). ⁷⁵
9	PSA 그룹	X	새로운 디젤엔진 개발 중단. ⁷⁶
10	다임러 AG	X	모든 차량과 공장, 2039년까지 탄소 중립 달성. ⁷⁷
11	BMW AG	X	
12	스즈키	X	(마루티 스즈키 인도) 2020년 4월까지 디젤 단계적 생산 중단. ⁷⁸

표6 : 상위 12개 자동차 제조사 탈내연기관 계획

비교해 보자면 영국, 프랑스 네덜란드 등 다수의 국가 정부가 내연기관 자동차의 단계적 폐지 일정을 발표했다.⁷⁹ 발표한 탈내연기관 시점이 대개 너무 늦은 발표이고 법적 구속력을 지닌 규제에 뒷받침을 받는 경우는 아직 거의 없었으나, 화석연료를 사용하는 자동차에는 미래가 없다는 강력한 신호를 시장에 준 의미가 있다.

로비활동 및 이중적인 태도

자동차 업계는 오랜 기간 정부규제에 맞서 왔다. 미국 내 자동차 제조사들은 안전벨트부터 에어백까지 모든 규제에 반대하는 로비를 했다. 심지어 이러한 기본적인 안전장치 설치가 자동차 가격 인상과 인력 감축으로 이어진다고 주장했다.⁸⁰ 지금도 자동차 제조사들은 비슷한 논리를 반복하며 기후변화 관련 규제 완화를 요구하고 있다.

유럽자동차제조사협회(ACEA, European Automobile Manufacturers' Association)는 CO2 배출량 규제 강화에 대해 오랜 기간 반대의 목소리를 높여왔다. 일례로 2018년 12월 10일, 유럽자동차제조사협회(ACEA)는 유럽의회가 유엔 기후변화 협약(UNFCCC) 파리협정 목표를 위해 제시한 조항들이 "지나치게 공격적"이라고 주장하면서, 미국의 안전벨트 및 에어백 규제 강화로 인한 "비용 문제" 논쟁을 다시 언급하는 보도 자료를 냈다.⁸¹

12개의 자동차 제조사로 구성된 미국자동차제조사연합(AAM, Alliance of Automobile Manufacturers)은 트럼프 대통령 당선 후 미국 연비 및 CO2 배출 관련 정책을 와해하기 위해 수백만 달러를 지출했다.^{82 83} 미국자동차제조사연합(AAM)은 심지어 가짜뉴스를 배포하여 비난을 사고 있다.⁸⁴ 미국의 자동차 연비관리 정책인 기업평균연비(CAFE, Corporate Average Fuel Economy)는 오바마 정부 시절 크게 강화되었으나 현재 트럼프 행정부의 검토가 끝나면 상당히 약화될 위험이 있다.

트럼프 행정부는 이런 규정을 다시 철회하고 싶어 하지만 캘리포니아를 비롯한 13개 주는 그러한 변화에 저항하고 있어 상황이 복잡하다. 잠재적으로 미국 자동차 시장은 양분될 가능성이 있다.⁸⁵ 두 가지 서로 다른 기준에 직면한 4개 주요 자동차 제조사(포드, 혼다, 폭스바겐, BMW)는 자발적으로 캘리포니아주와 협약을 체결했다.⁸⁶ 그리고 2026년까지 기존 오바마 규정보다는 조금 느슨한, 갤런당 51마일의 목표를 달성기로 합의했다. (오바마 행정부의 규정은 2025년까지 갤런당 54.5 마일 달성)

이런 이중성은 Influence Map이 실시한 연구에서 잘 확인된다. 연구에 따르면 자동차 제조사들은 한편으로 대중을 안심시키면서 뒤에서 정치권에 로비하는 패턴을 보이고 있다.⁸⁷ 미국 환경보호청(EPA)을 대상으로 한 발표에서 포드는 CO2 배출량 기준이 "철회되어야 한다"⁸⁸ 고 했으나, 2018년 공개 석상에서 빌 포드 회장은 전동화 노력에 대해 열변을 토하기도 했다.⁸⁹ 한편 토요타는 미정부에 온실가스 배출 기준이 "적합하지 않다"⁹⁰ 고 말하면서도 웹사이트에는 "글로벌 사회와 협력하며 모든 사업 활동을 통해 사회와 지구의 지속가능한 발전에 기여하는 사업을 추진 중"이라고 밝히고 있다.⁹¹

이러한 이중적인 태도는 결국 "디젤게이트"로 알려진 배기가스 과다배출 스캔들을 초래했다. 이 사건은 2015년 폭스바겐 그룹이 환경기준 충족을 위한 불법 소프트웨어를 디젤 엔진에 설치한 것을 인정하며 시작됐다.⁹² 이는 우리가 생각했던 것 보다 훨씬 많은 질소산화물(NOx)이 대기중에 배출되었음을 의미한다. 질소산화물은 심각한 건강 문제를 일으킬 수 있는 오염물질이다. 디젤게이트는 업계 전반에 큰 파장을 일으키며 닌더, 닛산, 피아트 크라이슬러, 마츠다, 스즈키, 야마하, 미쓰비시, 르노, 볼보사까지 배기가스 조작 논란에 휘말리게 만들었다.⁹³ 최근 포드사가 비슷한 혐의로 미국 법무부의 범죄 조사를 받고 있다.⁹⁴

왜곡된 숫자 : 테스트 결과 VS 실제 도로 배출량

지난 20년 동안 테스트 사이클 결과와 실제 주행 시 배출량 사이의 격차가 점차 커졌다. 국제청정교통위원회(ICCT)에 따르면 실제 배출량과 NEDC 테스트 사이클 결과 간 차이는 2001년 8%였으나 2017년 39%로 증가했다.⁹⁵ 그리고 이러한 테스트 결과가 필수 기후 규제에 기반이 되면서, 실험실에서 배출량을 측정하는 롤러 벤치 테스트에 대비해 차량을 최적화할 필요 또한 커졌다. 국제에너지기구(IEA)와 국제청정교통위원회(ICCT)는 NEDC 테스트를 사용 중인 중국에서 실제 배출량과 테스트 결과 간 격차가 34% 정도 된다고 추정하고 있다. 일본은 실제 배출량과 JC08 테스트 사이클 결과 간 차이가 46%이며, 미국 기업평균연비(CAFE) 기준의 경우 평균적으로 34% 더 낮은 결과값을 제시하고 있다.⁹⁶ NEDC 등의 기준은 시대에 뒤쳐진, 현재 판매 중인 차량의 실제 사용 패턴과는 거리가 먼 특징을 갖고 있다. 이를 이용하면 롤러 벤치 테스트 시 실제 주행할 때의 배출량보다 쉽게 더 낮은 값을 얻을 수 있다. 이러한 문제를 해결하고, 테스트 시 배출량과 실제 배출량 간의 격차를 줄이기 위해, WLTP(Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure)라는 새로운 테스트 사이클이 개발됐다. 현재 유럽에서 시행 중이며, 다른 시장으로 확대될 예정이다. 그러나 국제청정교통위원회(ICCT)가 WLTP 테스트 사이클을 분석한 결과 여전히 실사용 조건과는 상당한 격차가 남아 있다는 사실을 보여준다.⁹⁷

이처럼 시험 결과와 도로 내 실제 배출량 간의 격차는 기후변화 대응에 큰 문제점으로 작용하게 된다. 또한 부풀려진 연비로 인해 소비자는 더 많은 연료비를 지출 하도록 만든다. 배출량 편차 발생의 원인이 단순히 법적 테두리 내에서 사이클을 최적화했기 때문인지, 제조사들이 불법적인 수단을 이용해 공식 CO2 배출량을 낮추고 있기 때문인지는 아직 분명치 않다. 디젤게이트가 터지자 폭스바겐은 독일 당국에 유럽 전역의 66만대 이상의 차량에 CO2 배출량 조작이 있을 수 있다고 알렸다.⁹⁸ 독일의 승인기관인 KBA는 조사 결과 관련한 폭스바겐 모델에서 어떤 이상도 발견하지 못했으며, 테스트 결과를 재현할 수 없는 다른 제조사의 모델에서 규정 위반을 발견했다고 밝혔다.⁹⁹ 그러나 미국의 승인기관인 EPA는 다른 결론을 내렸다. 그들은 폭스바겐 자동차에서 테스트 사이클 동안 연료 소비와 CO2 배출량을 줄이는 소프트웨어 조작 장치를 발견했다. 그 결과 폭스바겐은 미국에서 약 10만명의 자동차 소유주들에게 보상해야 한다.¹⁰⁰

마케팅 실패

2018년 유럽환경단체인 교통과 환경(T&E, Transport & Environment)의 조사에 따르면, 자동차 업계는 전기차 판매 확대를 위한 충분한 노력을 기울이지 않고 있다.¹⁰¹ 전기차 광고에 대한 투자가 적고, 출시 모델도 다양하지 않으며, 전시된 전기차도 많지 않아 구매 희망 구매자들은 항상 대기를 해서 기다려야 하는 상황이다. 자동차 제조사들은 전기차 충전 시설 부족과 낮은 보조금을 이유로 들지만, 이 보고서는 제조사들이 배터리 전기차 활성화를 위해 더 많은 일을 할 수 있다는 사실을 보여준다.

마케팅 분석 회사인 에비쿼티(Ebiquity)의 유럽 데이터를 참고한 교통과 환경(T&E) 조사에 따르면¹⁰², 자동차 업계는 전기자동차 마케팅에 대한 노력을 거의 하지 않고 있다. 연구원들은 영국, 프랑스, 독일에서 자동차 구매자들 가운데 30%가 전기자동차 구입을 고려중이지만, 유럽 주요 시장인 독일, 프랑스, 영국, 이탈리아, 스페인에서 탄소제로 자동차 광고에 집행되는 마케팅 비용은 전체의 단 1.5%에 불과하다고 밝혔다. 또 플러그인하이브리드에 집행되는 마케팅비는 1.4%에 그쳤고 이들 시장 외 다른 유럽 지역의 경우에는 탄소 제로 자동차에 대한 광고가 거의 없다.

반면 SUV에 집행하는 광고비는 급격하게 증가하고 있다. 그린피스 독일사무소가 진행한 독일 자동차 시장조사 결과, 2018년 SUV 광고비는 다른 어떤 차종의 광고비보다 많다.¹⁰³ 다른 나라의 경우, 관련 자료가 공개되지 않아 자동차 제조사들의 정확한 마케팅·광고 지출 내역을 확인하기는 어렵다. 자동차 제조사의 광고 또는 대표들의 발언 내용을 통해서도 SUV에 집중한다는 것을 파악할 수 있다. 예를 들어, 현대·기아차의 정의선 부회장은 승용차가 아닌 SUV 연구개발(R&D)과 판매에 집중하겠다는 계획을 발표했다. 현대·기아차는 내년 출시할 신차 중 SUV 비중을 기존 60%에서 90%로 확대할 계획을 검토 중이다.¹⁰⁴

제 5장 : 연비 개선 및 하이브리드 - 잘못된 해결책

연비 개선의 한계

지난 수십 년간 자동차 제조사들은 기후변화 대응을 위해 내연기관차의 연비를 개선하고 CO2 배출량을 저감하는 노력을 기울이겠다고 약속했다. CO2 배출량이 연료소모량과 정비례하기 때문에 제조사들의 이러한 약속은 매우 고무적이었다.

하지만 안타깝게도 이 보고서가 다루는 주요 5개국에서 판매된 신차의 평균 CO2 배출량은 개선되지 않거나 오히려 악화됐다. 이 5개국 시장은 전체 자동차 시장의 70% 이상을 차지한다.¹⁰⁵

EU를 포함한 몇몇 국가(지역)은 2030년 자동차 CO2 배출 목표 기준을 강화 하기도 했다.¹⁰⁶ 그러나 이 목표는 지구 기온 상승을 1.5°C로 억제하기 위해 2028년까지 모든 내연기관차(하이브리드 포함) 판매를 중단해야 한다는, DLR 연구결과에 따른 온실가스 저감 목표를 충족하기엔 부족하다.¹⁰⁷

다음은 지금까지 자동차 제조사들이 CO2 배출량 저감에 실패한 사례와, 2028년까지 배출량을 제로로 만들기 위해 무엇을 해야 하는지에 대한 개략적 설명이다.

EU-28

유럽연합(EU) 28개국 승용차의 평균 킬로미터당 CO2 배출량은 2001년부터 2016년까지 꾸준히 감소했다. 그러나 2015년 이후 감소폭이 급격히 둔화되어 그 후 지난 2년 간 오히려 증가세로 돌아섰다.

2018 승용차 탄소배출량 잠정수치 발표 자료에 따르면, 유럽연합(EU)에 등록된 신규 승용차의 평균 CO2 배출량은 2018년 120.4g/km였다. 이는 2001년과 비교해 50g/km 감소한 수치다. 2017년과 비교하면 2g/km 증가한 수치다.¹⁰⁸ 여기서 한가지 중요한 점은 NEDC 연비 측정방식에 기반해 인증된 공식 CO2 배출량 수치와 실제 도로 주행 시 CO2 배출량의 차이가 2001년 8%에서 2017년 39%로 커졌다는 점이다.¹⁰⁹ 이런 차이를 감안해 실제 배출량을 추정해 보면 2001년과 2018년 사이의 배출량 차이는 단 16g/km에 불과하다 (3장 참고).

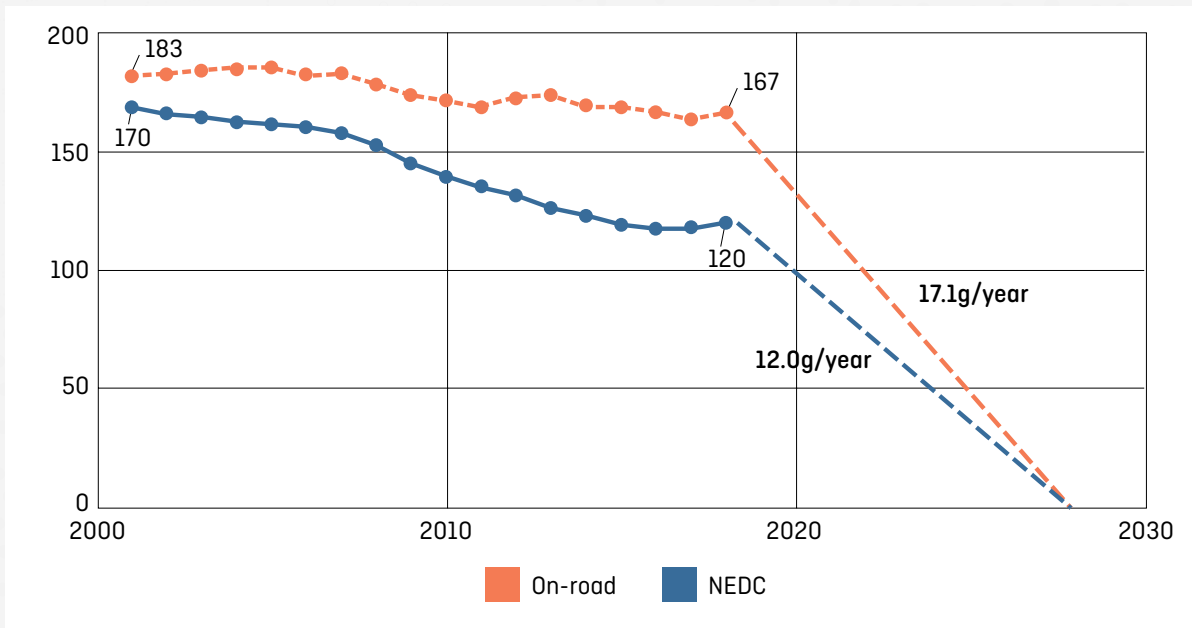


그림 3 : EU28 평균 승용차 CO2 배출량: NEDC VS 도로주행(단위: G/KM)

출처 : Average CO2 emissions from passenger cars, European Environment Agency^{110 111}

2018년 각 자동차 브랜드별 평균 CO2 배출량 감소폭은 139.6g/km (벤츠)에서 99g/km (토요타)까지 다양하다.¹¹² 국제청정교통위원회(ICCT, International Council on Clean Transportation)와 시장 분석업체 자토 다이내믹스(JATO Dynamics)에서 발표한 통계에 따르면 2016년 이후 소비자의 선호가 디젤차량에서 휘발유 차량으로, 또 더 무겁고 연비가 낮은 SUV 차량으로 바뀐 이유 등으로, CO2 배출량은 감소세에서 증가세로 돌아섰다.¹¹³

2020년 EU의 평균 차량 CO2 배출량 목표치는 95g/km로, 2030년까지는 37.5%를 더 감축하게 된다. 하지만 지구기온의 평균 상승폭을 1.5°C 이내로 억제하는데 여전히 턱없이 부족한 목표다. 심지어 일부 자동차 제조사는 수십억 유로의 벌금을 감수하면서 변화를 거부하고 있다.¹¹⁴

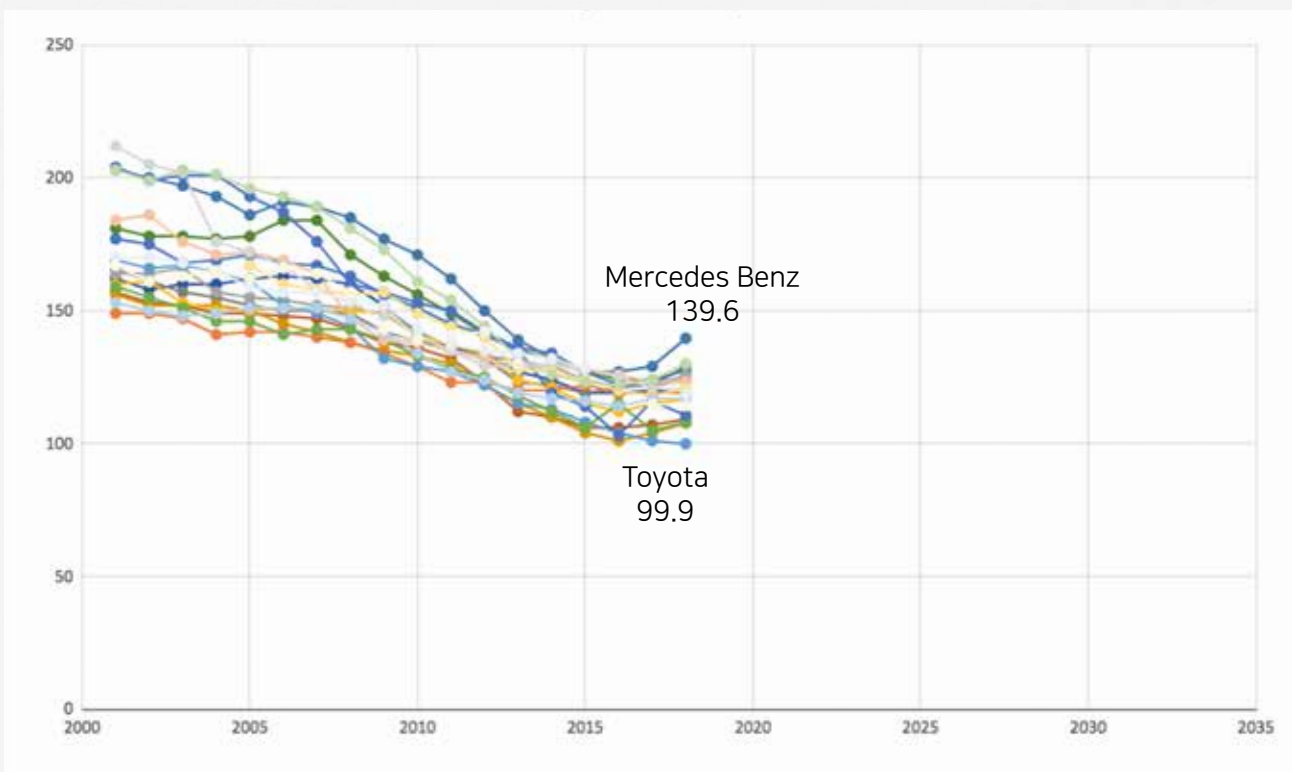


그림4 : 각 브랜드 평균 CO2 배출량(G/KM)

출처 : CO2 emissions rise to highest average since 2014, as the shift from diesel to gasoline continues, JATO¹¹⁵
European Vehicle Market Statistics Pocketbook 2018/2019, ICCT¹¹⁶

미국

미국 내 신규 판매된 자동차의 평균 CO2 배출량 또한 EU와 비슷한 양상을 보인다. 미국고속도로 교통 안전국(NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration)이 기업평균연비(CAFE) 기준 충족 여부 조사를 위해 집계한 공식 연비 자료에 따르면, CO2 배출량이 감소하긴 했으나 2013~2016년에는 감소폭이 연평균 -1g/km에 불과하다. 감소세는 현저히 둔화됐다.¹¹⁷ 2017년¹¹⁸ 같은 기관이 발표한 임시 자료에 따르면 2017~2018년에는 8g/km 정도 개선이 있었다.

그러나 자동차가 실제 도로 운행시 배출하는 양은 기업평균연비(CAFE) 테스트 결과와 크게 다르다. 국제에너지기구(IEA)와 국제 청정교통위원회(ICCT)는 도로에서의 배출량이 평균 34% 더 많은 것으로 추정한다.¹¹⁹ 규제 목적으로 이용되는 CAFE 연비 집계 결과보다 더 정확한 정보를 제공하는 미국 환경보호청(EPA)테스트가 있다. 2018년 EPA테스트 결과 CO2 차량 배출량은 216g/km이다. 2030년까지 차량 배출량을 0으로 줄이려면 연간 18g/km를 줄여야 하며, 2028년까지 연간 21.6g/km를 감축해야 한다는 계산이 나온다.

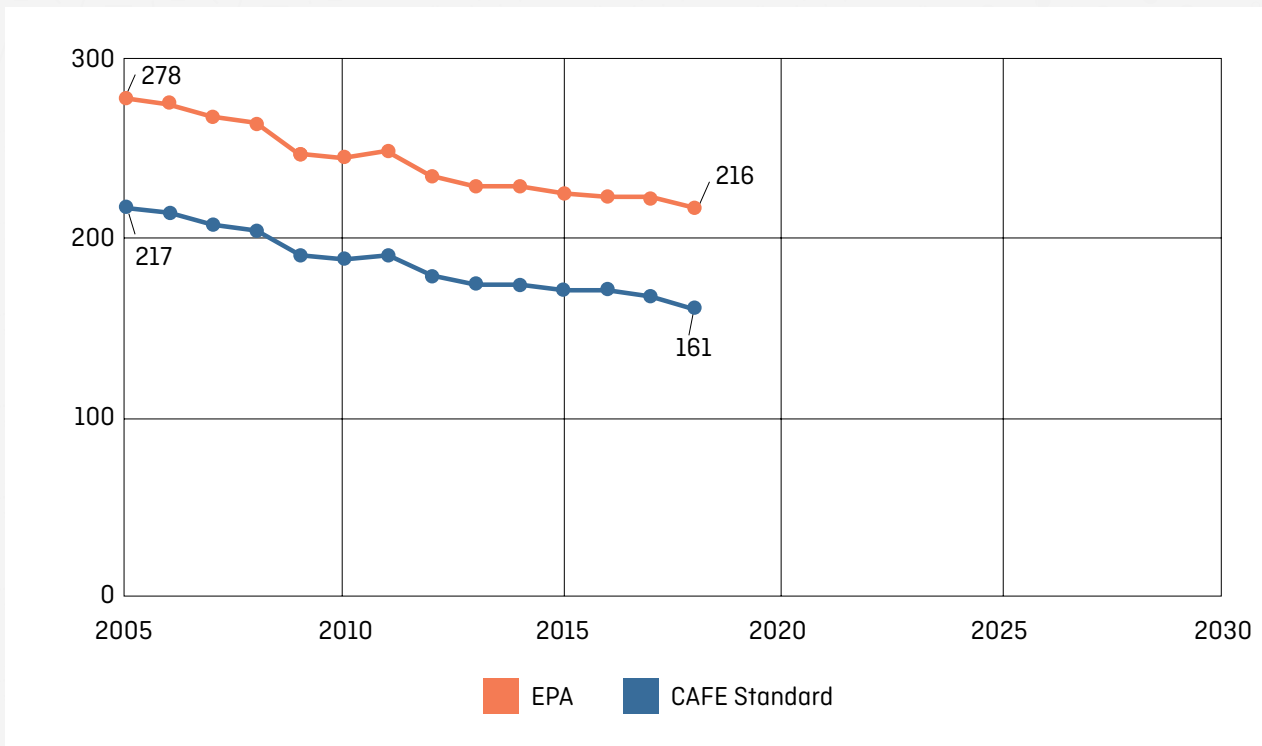


그림5 : 미국 차량의 평균 CO2 배출량: EPA VS NHTSA (G/KM)

출처 : FLEET FUEL ECONOMY PERFORMANCE REPORT, NHTSA¹²⁰
 AUTOMOTIVE TRENDS REPORT, EPA¹²¹

모든 자동차 제조사가 교통부문 CO2 배출량 감축 목표 달성을 위한 빠른 변화에 실패했다. 특히 몇몇 회사는 유난히 더 낮은 성과를 기록했다. 미국 환경보호청(EPA) 데이터에 따르면 GM, 포드, FCA는 2018년 각각 236g/km, 244g/km, 252g/km로 가장 많은 CO2를 배출했다. 2015년부터 2018년까지 포드, 닛산 미쓰비시, 폭스바겐, 마츠다가 판매한 차량의 평균 CO2 배출량은 계속 증가했다. 2018년의 평균 CO2 배출 범위는 252g/km~186g/km로 다양했다. 이는 미국 환경보호청(EPA)이 추적한 13개 브랜드 모두 근본적인 전략 변화 없이는 배출량 제로 달성이 어렵다는 사실을 보여준다.

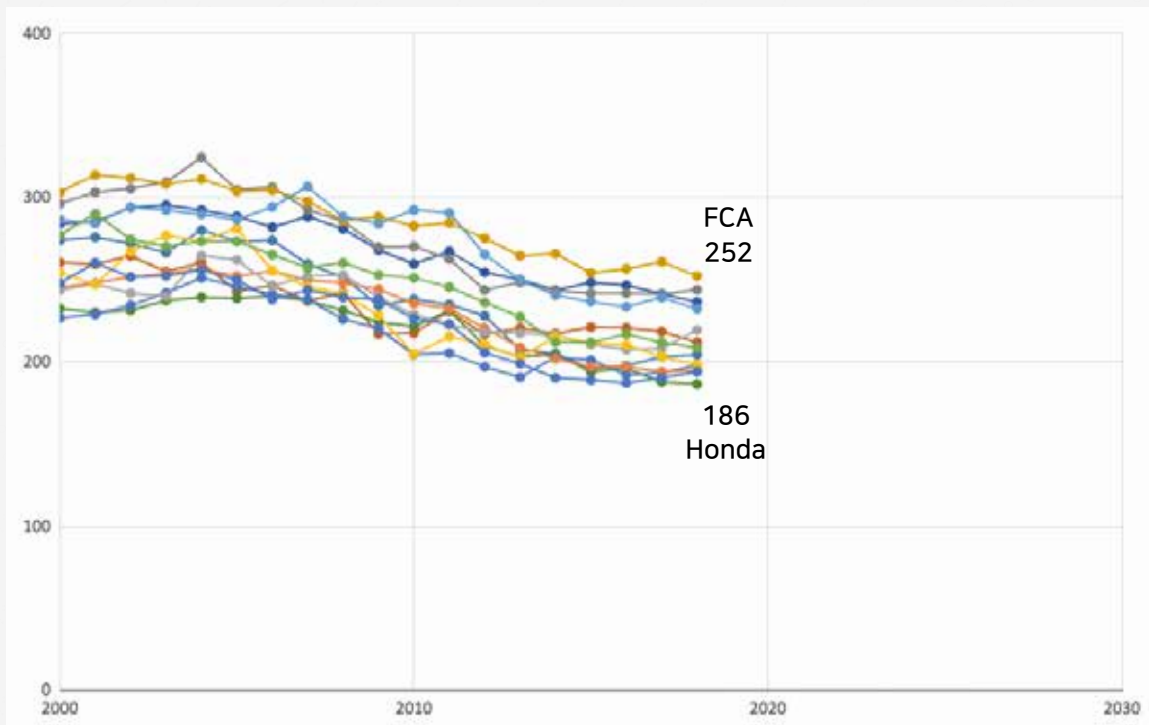


그림6 : 미국 자동차 제조사별 평균 CO2 배출량(G/KM)O2 배출량(G/KM)

출처: AUTOMOTIVE TRENDS REPORT, EPA¹²²

걱정하는 과학자 모임(The Union of Concern Scientists)에 따르면 휘발유, 디젤 및 전기와 같은 에너지 생산과 관련한 간접 배출 요인을 모두 고려할 때, 모든 자동차 브랜드의 평균 CO2 배출량은 376g/마일(233g/km) 에서 443g/마일(323g/km) 수준으로 증가한다.¹²³

미국고속도로 교통 안전국에 따르면 미국 내 자동차 보유자들은 연평균 13,476마일(21,682km)을 주행하여, 매해 5.1~6.0t의 CO2를 배출한다. 이는 지구 평균 온도 상승 폭을 1.5℃ 이내로억제하는 목표에 전혀 도움이 되지 않는 높은 수치다.

2018년 자동차업체 순위를 살펴보면 전기차 제조사인 테슬라만 유일한 예외로 나타났다. 테슬라가 판매된 지역의 전력생산과 관련된 간접 배출량을 고려할 때 테슬라의 평균 CO2 배출량은 136g/mile (85g/km)로 자동차 산업 평균인 443g/mile (275g/km) 보다 70% 낮은 수준이다.¹²⁴ 재생가능에너지 발전 비율이 늘어나면서 이 차이는 더 커질 것이다.

중국

중국의 수송부문 온실가스 배출량은 산업화와 수송 수단에 대한 수요 증대로 빠르게 증가했다. 1994년 수송부문 온실가스 배출량은 165,567Mt으로 중국의 총 온실가스 배출량의 5.5%를 차지했다. 이후 수송부문 온실가스는 급격히 증가하여 2012년에는 총 배출량의 8.5% (797,083Mt)를 차지했다.^{125 126}

자동차 판매량은 빠르게 증가하여 2010년 1,376백만대였던 연간 판매 판매량은 2014년 2,066백만대로 50%의 성장을 기록했다. 중국의 자동차 판매량은 2017년 2,900만대에서 2018년 2,800만대로 최근 20년 만에 처음으로 하락했다.

중국 정부는 수송부문의 평균 CO2 배출량과 자동차 브랜드별 CO2 배출량 정보를 공개하지 않고 있다. 대신 국제청정교통위원회(ICCT)의 2010~ 2014년 CO2 배출량 변화에 대한 보고서를 통해 브랜드별 배출량 감축 성과를 확인할 수 있다.

보고서에 따르면 평균 CO2 배출량은 2010년 200g/km~150g/km이었으며 2014년 180g/km~150g/km에 달했다.¹²⁷ 이 수치는 NEDC 인증테스트 기준이며 국제에너지기구(IEA)와 국제청정교통위원회(ICCT)에 따르면 실제 운행시 배출량은 34% 정도 더 높다.¹²⁸ 중국 자동차 시장은 여전히 내연기관 차량이 주류인 시장이다. 따라서 중국 역시 향후 배기가스 배출 제로를 달성하는데 어려움에 부딪힐 것이며 근본적인 변화가 필요하다.

미국 에너지부가 최근 발간한 보고서에 따르면, 배터리 전기차와 플러그인 하이브리드는 2018년 중국 내 판매량의 4.5%를 차지했다.¹²⁹ 제로 에미션 배터리 전기차는 3%를 차지해, 중국이 배기가스 배출 제로 전환에서 미국과 유럽을 앞섰다. 2019년 초 전기차 의무 할당제가 시작되면서 전기차의 시장 점유율은 계속 증가 할 것으로 예상된다.

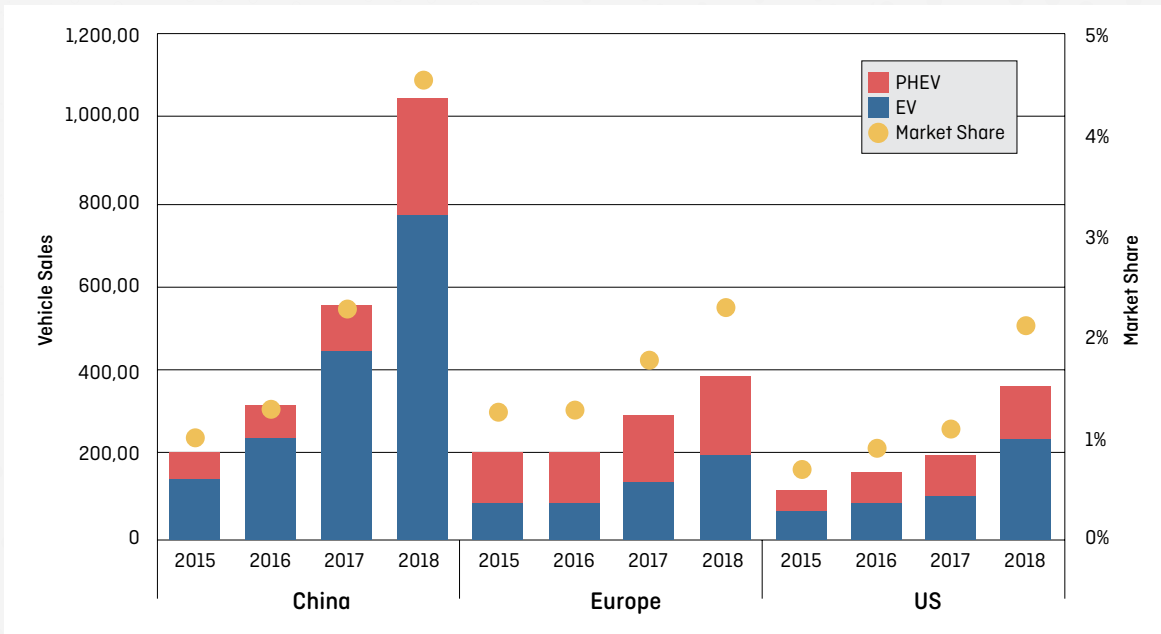


그림 7 : 국가/지역에 따른 전기차 및 플러그인 하이브리드 자동차 판매량 2015-2018

출처 : CHINA —DATA SUMMARIZED BY ARGONNE NATIONAL LABORATORY FROM HEWU WANG, XU HAO. DATA BASE OF ELECTRIC VEHICLE PRODUCTION IN CHINA, STATE KEY LABORATORY OF AUTOMOTIVE SAFETY AND ENERGY, TSINGHUA UNIVERSITY.¹³⁰

일본

이번 장에서 다룬 주요 5개국 중 일본이 수송부문 온실가스 배출량 변화에서 유일하게 다른 모습을 보였다. 일본의 승용차 및 버스의 총 CO2 배출량은 2005년 122 Mt에서 2015년 107Mt으로 감소했다. 같은 기간 운행한 승용차 수는 2005년 5,710만대에서 2015년 6,180만대로 증가했으며, 운행 버스 수는 약 23만대로 거의 변동이 없었다.

자동차의 증가에도 불구하고 CO2 배출량이 감소한 데는 복합적인 요인이 작용했다. 그 중 하나는 신형 승용차의 평균 CO2 배출량 감소다. 2005~2016년 사이에 공식 산업 평균 CO2 배출량은 157g/km에서 100g/km로 57g/km 감소했다. 하지만 2014년 이후 km당 CO2 배출량 감소 속도는 주춤해졌고, 2015년에는 오히려 1g/km 증가했다. 2016년 평균 CO2 배출량은 100g/km로 2014년과 같은 수준으로 돌아왔다. 국제에너지기구(IEA)와 국제청정교통위원회(ICCT)에 따르면 일본에서 일반적으로 사용되는 테스트는 실제 도로 배출량보다 46 % 낮은 결과를 나타낸다. 이를 감안할 경우 실제 차량 배출량은 146g/km 정도로 추정된다. (그림 8 참조)

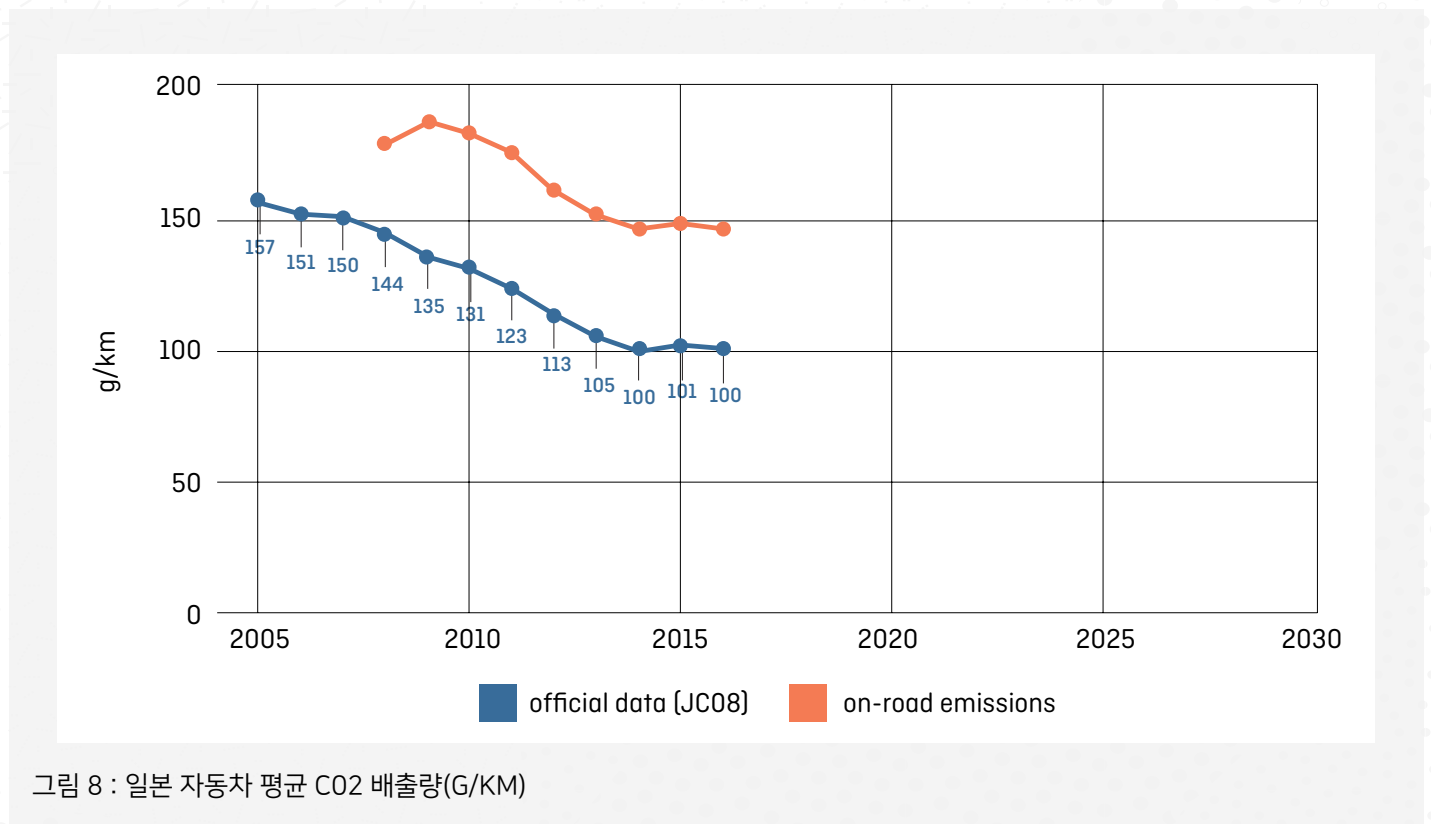


그림 8 : 일본 자동차 평균 CO2 배출량(G/KM)

출처: Motor Industry of Japan 2018, Japan Automobile Manufacturers Association¹³¹
 Real-world fuel consumption and CO2 emissions of new passenger cars in Europe, ICCT¹³²

2016년 CO2 배출량 감소의 주 요인은 하이브리드 차량의 점유율이 31.5%로 증가했기 때문이다. 2016년 일본 내 하이브리드 점유율이 31.5% 인 반면, 유럽과 미국은 각각 1.7%와 2%라는 낮은 점유율을 보였다. 하지만 앞으로는 더 빠른 감축이 필요하다. 일본 정부는 평균 연비 목표를 상향했는데, 2030년까지 전체 자동차 판매량의 최소 20~30%가 전기차 또는 플러그인 하이브리드일 때에만 이 목표의 달성이 가능하다.¹³³

한국

도로수송 부문의 CO2 배출량이 2011년 81Mt에서 2016년 95Mt으로 꾸준히 증가했다. 이러한 현상은 같은 기간 운행 차량 수가 1,840만대에서 2,180만대로 증가한 점과 신규 판매된 차량들의 평균 CO2 배출량이 증가한 점 등 여러 요인에 기인한다.¹³⁴

한국에너지공단 자료에 의하면 한국의 평균 자동차 CO2 배출량은 2013년 149.4g/km에서 2017년 151.4g/km으로 증가했다. 수입 브랜드 판매 차량의 평균 CO2 배출량이 2.3% 증가한 반면 기아자동차는 가장 큰 증가세인 3.2%를 보였다. 가장 높은 시장 점유율을 차지하는 현대자동차는 0.4%의 배출량 증가를 기록했으나, 배출량 자체는 업계 평균인 151.4g/km 보다 6.2g/km나 높은 157.6g/km 이었다. 결국 2013년부터 2017년 사이에 배출량 면에서 의미있는 성과를 달성한 브랜드는 한곳도 없었다.

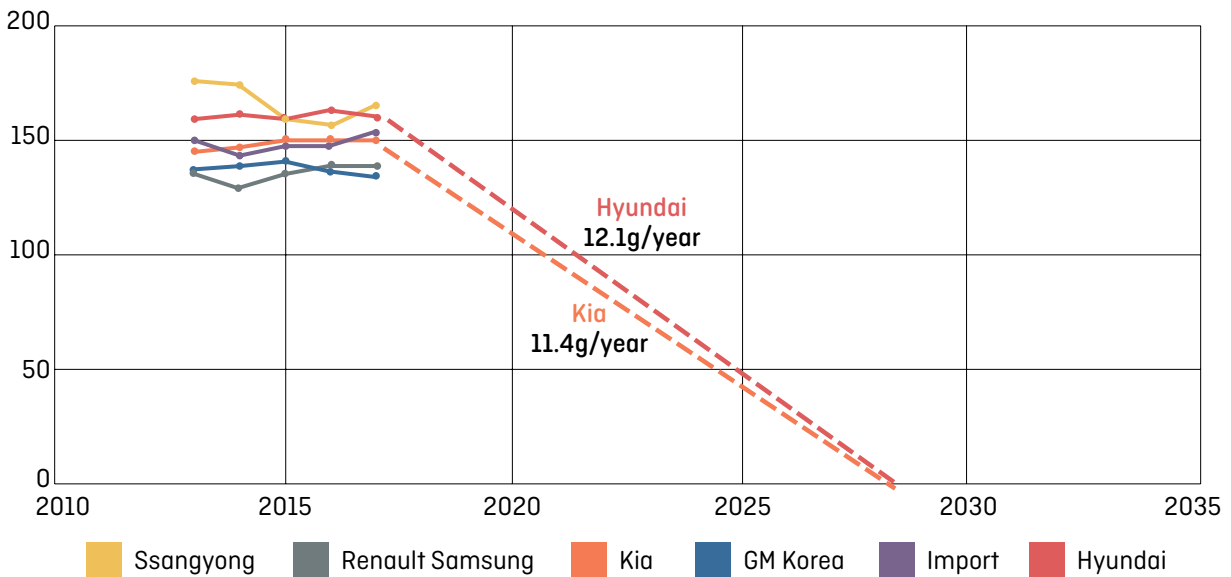


그림9 : 한국 자동차 제조사 별 CO2 배출량 (G/KM)

출처 : 2018 Vehicle Fuel Economy and CO2 Emissions Data and Analyses, Korea Energy Agency¹³⁵

내연기관 하이브리드와 내연기관 플러그인하이브리드의 한계

기후변화 악화에 따라, 자동차 회사들은 내연기관 엔진을 전기모터 및 배터리와 결합시킨 하이브리드 차량으로 바꾸는 자동차 전동화 프로젝트를 앞다투어 선언하기 시작했다. 이러한 하이브리드 차량은 기존 내연기관차 보다 적은 CO2를 배출하지만, 결국 휘발유 또는 디젤을 연소시켜 동력을 생산하기 때문에 CO2 배출을 감축하는데 분명한 한계가 있다.

하이브리드 차량에는 두가지 종류가 있다. 첫째는 기존 내연기관 기반의 하이브리드 자동차로 내연기관의 동력으로 발생한 에너지를 배터리에 충전된다. 또 다른 종류는 플러그인 하이브리드 자동차로 더 큰 배터리가 탑재되어 있으며 외부 전력을 연결하여 충전해 일정 거리를 전기차로 운행 가능하다.¹³⁶

많은 자동차 제조사들은 전기모터 및 전기배터리를 이용하는 순수 전기자동차보다 기존의 내연기관 기반 하이브리드 차량을 선호한다. 그 이유는 엔진, 변속장치, 배기가스처리 시스템 등 기존의 부품들을 계속하여 생산할 수 있기 때문이다. 이러한 부품들은 정기 점검 및 교체가 필요하기 때문에 부품 판매 및 관리를 통하여 추가적인 수익도 발생시킨다. 유럽에서 플러그인 하이브리드 자동차 활성화를 추진하는 제조사들의 속내를 살펴보면, CO2 배출 감축보다 대규모 과징금을 면할 방법을 모색하는 데 그 목적이 있다.

내연기관 하이브리드

일찍부터 하이브리드 차량을 사용한 얼리어답터들은 전기차 양산을 위한 인프라 개선과 전기차에 대한 대중의 인식을 긍정적으로 바꾸는데 일조했다. 하지만 지구 온도 상승을 1.5°C 이하로 억제하는데 큰 도움이 되지 못한다.

한 예로, 교토에서 열린 유엔 기후변화 3차 총회의 개최 하루 전날 출시된 하이브리드 자동차인 토요타 프리우스가 있다. 당시 프리우스 하이브리드는 성공적인 CO2 배출 감축의 예시로 평가받았다. 미국 환경보호국(EPA)에 따르면 2018년에 출시된 4세대 프리우스는 106g/km의 CO2를 배출한다.¹³⁷ 2001년에 출시된 1세대 프리우스 보다 22% 연비가 개선됐다. 만약 이러한 추세가 계속된다면, 내연기관 하이브리드인 5세대 프리우스는 4세대 프리우스보다 7~8% 정도 연비가 개선되어 CO2 배출량은 100g/km이 조금 안 될 것으로 보인다. 이런 작은 개선은 다소 도움이 되지만, 내연기관 하이브리드 기술에 의한 CO2 배출량 감소율은 지구 평균 온도 상승을 1.5°C로 제한하기 위한 온실가스 감축 목표를 달성하기에는 너무 부족하다.

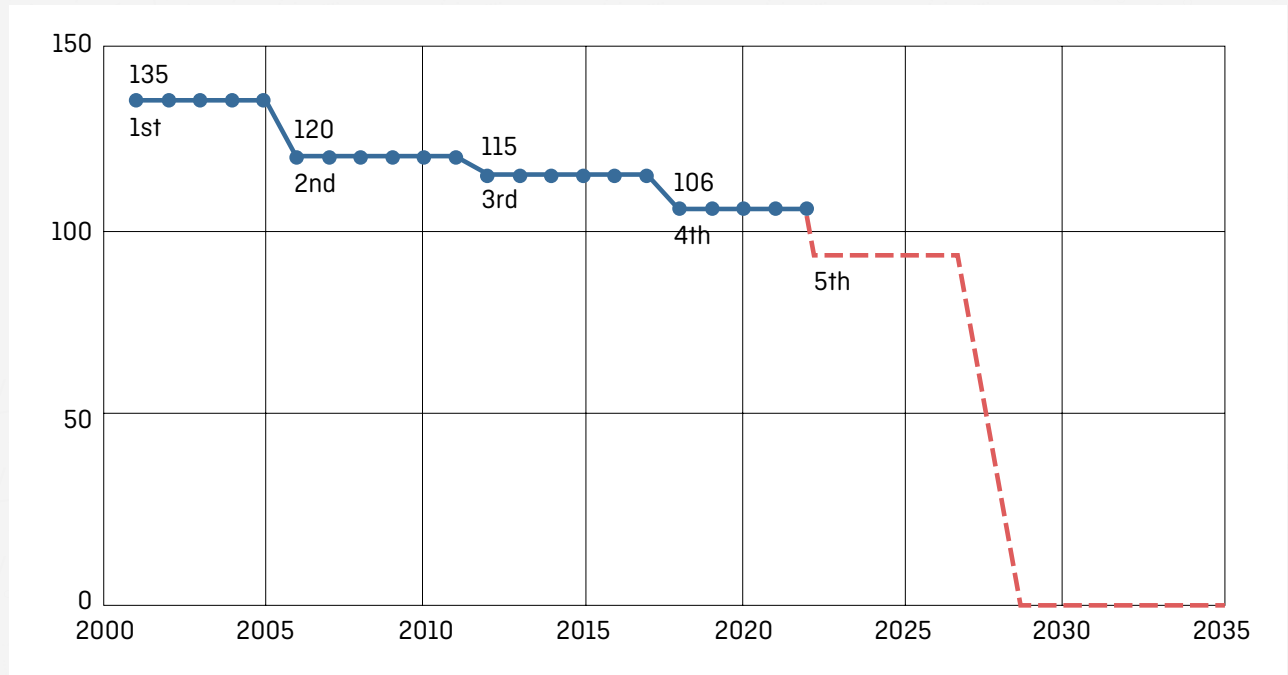


그림10 : 도요타 프리우스 1세대에서 4세대의 CO2 배출량 변화 (G/KM)

출처 : Fuel economy, United States Environmental Protection Agency¹³⁸

플러그인 하이브리드

일반 하이브리드 기술에서 한단계 진화한 플러그인하이브리드 기술은 현재 유럽, 일본, 미국 등 다양한 시장에서 자동차 제조사가 적용하고 있다. BMW와 메르세데스 벤츠처럼 순수 전기차 모델을 거의 제작하지 않는 자동차 제조사들은, 2020년부터 시행될 EU의 강화된 배출 기준(95g CO₂/km)을 충족시키기 위해 플러그인 하이브리드를 필요로 하고 있다.

그러나 플러그인 하이브리드 차량의 경우, CO₂ 배출량 감축효과가 차량 사용 방식에 따라 크게 달라진다. 배기가스를 대폭 줄이기 위해서는 짧은 거리 주행 위주로 차를 사용해야하고 반복해서 충전을 해야 한다. 만약 플러그인 하이브리드 자동차를 이런 식으로 사용하지 않는다면, 장착된 대형 배터리는 차가 내연기관으로 구동되는 동안 운반해야 할 짐에 불과하다. 그 결과 플러그인 하이브리드의 효율이 떨어져 순수 내연기관 보다 CO₂ 배출량이 비슷하거나 오히려 많아지는 결과를 낳는다.

또한, 플러그인 하이브리드 기술은 차의 출력을 높이기 위해서가 아니라, 연료 소모를 줄이기 위해 사용될 때에만 CO₂ 배출이 줄어드는 효과를 볼 수 있다. 하지만 아우디 Q5e 플러그인 하이브리드의 출력은 367마력으로 347마력인 기존 내연기관 모델 (SQ5)보다 오히려 20마력 더 높다.

유럽과 미국의 테스트 규정에 따라 측정된 플러그인 하이브리드의 공식 CO₂ 배출량은 실제 도로에서의 배출량보다 훨씬 낮게 인증 값을 갖는다.(3장 참조). 체계적인 분석은 아직 부족하지만, 독일의 자동차연맹(ADAC, Allgemeiner Deutscher Automobil-Club)의 개별 모델 테스트 결과에 따르면, 실제 휘발유나 디젤 소비량과 플러그인 하이브리드의 CO₂ 배출량은 제조사가 보고한 테스트 결과보다 2~3배 높았다.¹³⁹ 폭스바겐의 플러그인 하이브리드 골프 GTE는 공식적으로 100km 당 1.5 리터의 휘발유를 소비한다 (35g CO₂/km). 하지만 자동차연맹(ADAC)의 테스트 결과 소비량은 100km 당 3.3L (77g CO₂/km)이다.¹⁴⁰ 만약 플러그인 하이브리드가 일반적인 법인 차량의 경우처럼, 장거리 운행에 주로 사용된다면 실제 CO₂ 배출량은 인증치 대비 4~5배 더 증가할 수 있다.¹⁴¹

플러그인 하이브리드는 실제 배출량과 테스트 배출량의 차이가 내연기관차의 경우보다 훨씬 크고, 특히 유럽에서 그 편차가 심하다. 따라서 자동차 제조사 입장에서는 플러그인 하이브리드를 더 많이 판매하는 것이 EU CO₂ 규제를 충족시키기 위한 중요한 중 단기 전략 수단으로 이용된다. 또 EU 슈퍼크레딧 제도에 따라 제조사의 CO₂ 평균 배출량을 계산하는 경우 공식 배출량 50g CO₂/km 미만 차량은 1대당 2020년에는 2대, 2021년에는 1.67대, 2022년에는 1.33대로 계산할 수 있다.¹⁴² 이렇게 되면 자동차 제조사들이 차량당 평균 배출량을 더 낮출 수 있기 때문에 연비가 좋지 않은 다른 차량의 수치를 인위적으로 과도하게 상쇄 해 준다.

요약하자면, 자동차 동력장치가 내연기관을 포함하는 한 온실가스 배출량을 제로로 만드는 것은 불가능하다. 하이브리드 차량에 의존하는 태도는 그 종류를 불문하고 화석연료를 사용하지 않는 진짜 대안인 전기차가 확산되는데 방해가 된다. 공식 데이터와 실제 배출량 사이의 격차를 고려할 때, 이러한 의존은 CO₂ 배출량을 더욱 증가시킬 위험이 있다.

제 6장 : SUV 판매량 급증이 위험한 이유

“우리는 자동차 연비의 개선 속도보다 빠르게 점점 더 큰 배기량의 차를 더 많이 타고 있습니다.”

- 롭 잭슨(Rob Jackson), 스탠포드 대학교, 글로벌 탄소 프로젝트(Global Carbon Project, GCP) 의장¹⁴³

2018년 SUV 판매량은 2,977만대로, 2017년 판매량보다 7% 증가했다.¹⁴⁴ 2018년 2월, JATO는 SUV 판매 상승이 단기간의 유행이 아닌 오래 지속되는 경향이라고 진단했다.¹⁴⁵ JATO의 분석 결과, 2018년 판매율 상위 10개 모델 중 7개는 트럭 또는 SUV였다.¹⁴⁶ SUV가 한 대 판매될 때마다 판매 시점으로부터 그 차량의 수명이 다하는 기간 동안 승용차 대비 더 많은 CO2가 배출된다.

유럽환경청(European Environment Agency, EEA)이 2018년 판매된 자동차의 CO2 배출량에 대해 발표한 최근 자료를 살펴보면 SUV가 왜 문제인지 파악할 수 있다. 2018년 EU 28개국과 아이슬란드에서 판매된 SUV는 총 450만대로, 한 해 전체 판매량의 약 3분의 1에 달한다. 유럽자동차제조사협회(ACEA)의 등록 데이터를 보면 2008년 8%에서 2018년 32%로 SUV 시장 점유율이 급격히 증가했다. EEA에 따르면 2018년에 판매된 SUV는 평균적으로 133g CO2/km를 배출했고, 이는 유럽에서 판매된 휘발유 차량의 평균 배출량(120g CO2/km)보다 13g 높은 수치였다.¹⁴⁷ 그린피스 독일 사무소의 분석은 특정 SUV 모델의 CO2 배출량을 승용차 또는 왜건과 비교하면 이러한 차이가 더 커진다는 사실을 보여준다 (표 7 참조).

유럽자동차제조사협회(ACEA)가 발표한 등록 자료에 의하면 지난 10년동안 SUV 점유율은 8%(2008년)에서 32%(2018년)로 4배 이상 증가했다.

	차종	모델 연도	무게 (EMPTY)	출력	CO2 배출량 (NEDC 측정)	실제 주행시 CO2 배출량 (SPRITMONITOR 데이터)	배기가스 CO2 배출량 (200,000 KM주행시)	생애주기 온실가스 배출량 (CO ₂ e) (200,000 KM주행시)
VW GOLF 2.0 TDI VARIANT COMFORTLINE	왜건	2017 UNTIL 18	1 438 KG	110 KW	111 G/KM	159 G/KM	31.8 T	38.2 T
VW TIGUAN 2.0 TDI TRENDLINE	SUV	2016 UNTIL 18	1 568 KG	110 KW	123 G/KM	177.5 G/KM	35.5 T	42.6 T
		차이	130 KG	0 KW	12 G/KM	18.5 G/K	3.7T	4.4 T
BMW 520D (TOURING)	왜건	SINCE 2018	1 730 KG	140 KW	132 G/KM	182.8 G/KM	36.6 T	43.9 T
BMW X5 XDRIVE 25D (G05)	SUV	SINCE 2018	2 145 KG	170 KW	150 G/KM	222.6 G/KM	44.5 T	53.4 T
		차이	415 KG	30 KW	18 G/KM	39.8 G/KM	8.0T	9.6 T
MERCEDES C 220 DT (S 205)	왜건	2014 UNTIL 18	1 615 KG	125 KW	114 G/KM	164.3 G/KM	32.9 T	39.4 T
Mercedes GLC 220 d (X 253)	SUV	2015 until 19	1 845 kg	125 kW	129 g/km	193.5 g/km	38.7 t	46.4 t
		차이	230 kg	0 kW	15 g/km	29.2 g/km	5.8 t	7.0 t

표 7 : SUV 모델과 동일 승용차/왜건 CO2 배출량 비교¹⁴⁸

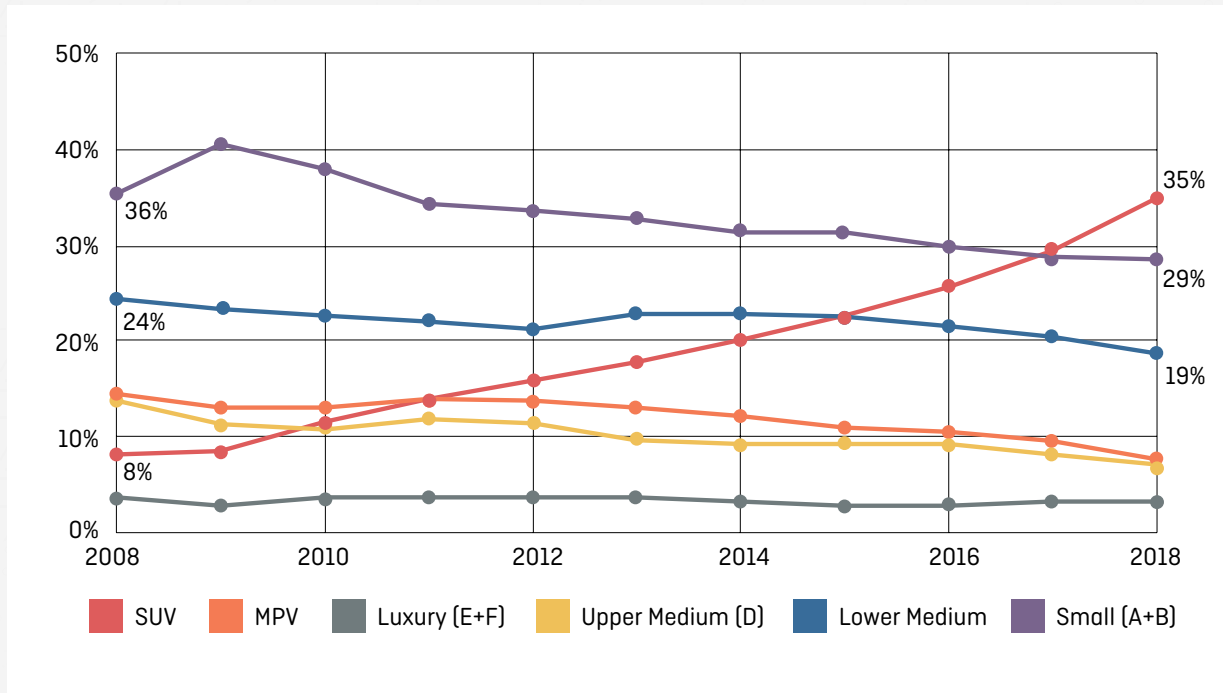


그림11 : EU 내 승용차 차종별 판매 비율

출처 : SEGMENTS BY BODY, COUNTRY, EUROPEAN AUTOMOBILE MANUFACTURERS ASSOCIATION¹⁴⁹

EU에서 판매된 SUV차량이 일반 승용차 대비 13g/km 의 CO2를 더 배출한다는 사실은 해당 차량의 수명주기 동안 CO2 배출량도 상당히 증가한다는 것을 의미한다. EU의 자동차 1년 평균 주행거리가 12,000km 임을 감안하면 SUV는 일반 승용차보다 매해 156kg 더 많은 CO2를 배출한다. 결국, 평균 수명주기를 감안할 때 2018년에 판매된 450만대의 SUV는 도로 교통부문 CO2 배출량을 10년 이상, 최소 702,000t 증가시킬 것이다.

미국 경제분석국(U.S. Bureau of Economic Analysis)에 따르면 미국에서도 SUV 판매량이 급격히 증가했다. 2018년 미국 내 판매된 차량 중 SUV 판매 비중은 관련 기록을 남긴 이래 최대인 70%에 육박했다.¹⁵⁰ 반면, SUV보다 적은 CO2를 배출하는 승용차는 2000년 이래 약 50%정도의 점유율을 유지해오다 2018년 31%로 급격히 줄어들었다.¹⁵¹

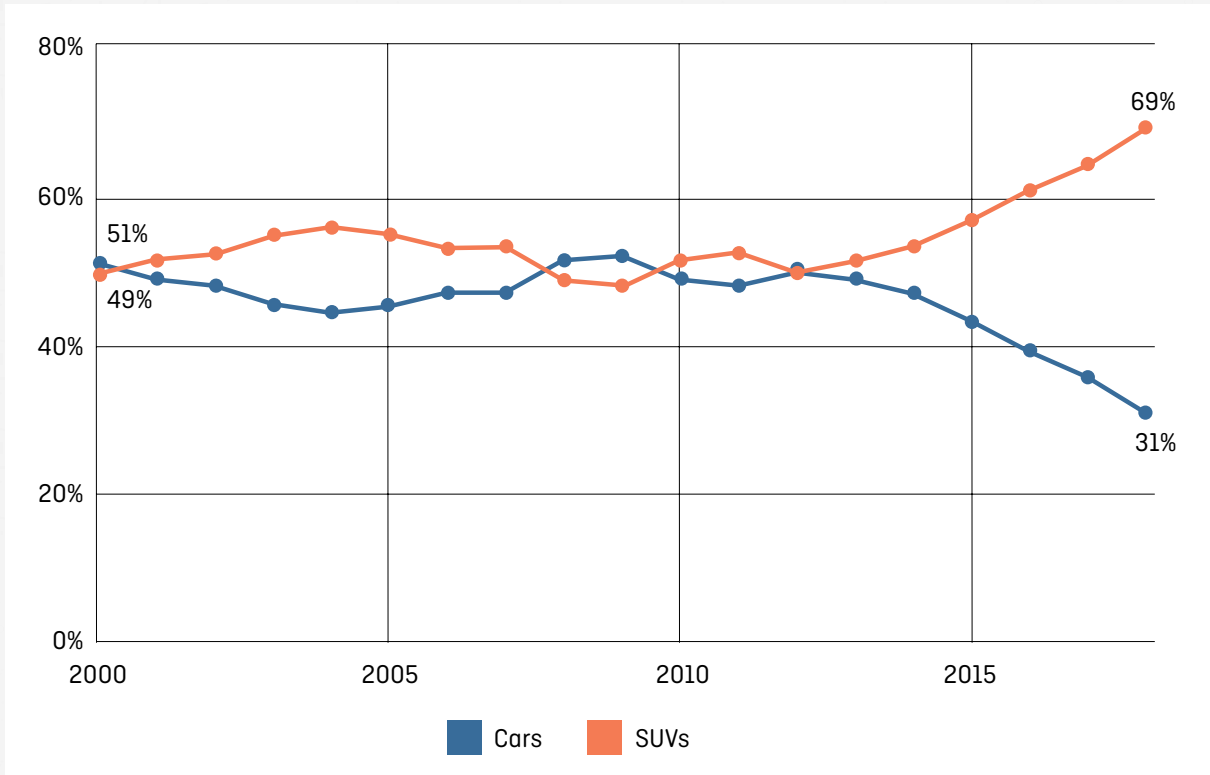


그림12 : 미국 내 승용차 차종별 시장 점유율

출처 : Light Weight Vehicle Sales: Autos and Light Trucks, US Bureau of Economic Analysis¹⁵²

SUV형 전기차

SUV형 전기차도 승용차형 전기차보다 중량이 무겁고 공기역학적인 측면에서 불리하다. 승용차형 전기차보다 더 많은 전력을 소모하고, 전력 생산을 위해 더 많은 CO2를 배출한다. 또한 100 % 재생가능한 전기로 전력을 공급 받더라도 전기 SUV는 문제가 된다. 만약 SUV가 아닌 승용차형 전기차와 동일한 주행거리를 갖도록 제조하려면 용량이 더 크고 더 무거운 배터리를 사용하기 때문에 제조 시 탄소발자국을 증가시킨다. (2장 참조).

예를 들어, 미국 환경보호청(EPA) 데이터에 의하면 승용차형 전기차인 테슬라 모델 S의 장거리 버전(Long Range Version)의 배터리 연비는 189Wh/km다.¹⁵³ 하지만 SUV형 전기차인 테슬라 모델 X는 모델 S와 동일한 구동장치와 차체를 사용함에도 불구하고 에너지 효율이 15% 낮은 208Wh/km 수준이다.

따라서 SUV형 전기차인 모델 X가 세단형 모델 S와 동일한 거리를 운행하려면 15% 더 큰 배터리가 필요하다.¹⁵⁴ 만약 75kWh 배터리의 모델 S와 같은 거리를 운행하려면 90kWh 배터리의 모델 X를 구매해야 한다.¹⁵⁵ (테슬라는 두 모델 모두 현재 100kWh 배터리를 갖춘 모델만 판매한다.) 배터리 생산 과정에서 킬로와트시 당 평균 145kg의 온실가스(CO₂e)가 배출된다는 IFEU의 결과에 따르면, 15kWh의 추가 배터리 용량을 가진 모델 X를 생산하기 위해서는 생산과정에서 온실가스가 2.2톤(CO₂e) 늘어난다.¹⁵⁶ IFEU의 예측대로 2030년에 배터리 생산 과정에서의 배출량이 절반으로 줄어든다고 하더라도 추가적인 환경영향이 불가피하다. 따라서 온실가스 감축을 SUV형 전기차가 아닌 가볍고 에너지 효율적인 차량을 선택하는 것이 필수적이다.

재생가능에너지로 전력망을 완전히 구성하기 전까지는, SUV 운행에 필요한 더 많은 전기를 생산하는 과정에서 추가적인 CO2를 배출한다. 모델 X와 같은 SUV는 사용하는 방식에 따라, 유사한 사양의 모델 S와 비교해 수명주기 동안 2.9t의 추가 CO2를 발생시킬 수 있다.(표 8 참조)

자동차 종류	Wh/km	수명주기내 전력 소비량 ¹⁵⁷	EU 연간 CO2 배출량 (295-CO2/kWh 2016)	캘리포니아 연간 CO2 배출량 ¹⁵⁸ (213g-CO2/kWh 2017)	텍사스 연간 CO2 배출량 ¹⁵⁹ (524g-CO2/kWh 2017)
MODEL S	189	37,800 KW/H	11.2 t	8.1 t	19.8 t
MODEL X	217	43,400 KW/H	12.8 t	9.2 t	22.7 t
차이	28	5,600 KW/H	1.7 t	1.2 t	2.9 t

표 8 : 테슬라 모델 S 승용차와 테슬라 모델 X SUV의 CO2 배출량 차이(장거리버전), 총 주행거리 200,000KM로 가정

제7장 : 방향 잡기- 자동차 산업의 변화를 위한 그린피스의 권고 및 요구사항

기후 재앙을 피하려면 자동차 산업의 혁신적인 변화가 반드시 필요하다. 또한 자동차 업계가 기후에 미치는 영향에 관한 정보를 보다 투명하게 공개해야 한다. 몇몇 예외를 제외하고, 자동차 제조사들은 지역별로 판매하는 차종의 평균 CO2 배출량이나 생산공정 시 온실가스 배출량, 모델별 수명주기 배출량 데이터를 공개하지 않는다.

제조사들은 지금보다 더 작고, 가볍고, 에너지 효율적인 차량을 만들어내야 한다. 또 이런 차량들을 스마트그리드에 연결된 100% 재생가능에너지를 사용해 운행해야 한다. 나아가 자동차를 소유의 대상에서 벗어나게 함으로써 도로에서 차량을 줄이는 방향으로 변화를 추구해야 한다.

자동차 제조사에 던지는 질문

- 기온 상승폭을 1.5°C 이하로 억제하기 위해 요구되는 교통 부문의 탈탄소화 노력과 당사의 목표가 상응하는가?
- 당사는 내연기관차의 단계적 생산 중단을 위한 전략과 구체적인 계획을 수립했는가?
- 당사는 전체 자동차 수와 개인 자동차 소유 감소를 위해 공유 모빌리티 서비스와 같은 솔루션 제공 등 비즈니스 모델을 다변화할 계획을 수립했는가?
- 당사는 기온 상승 폭을 1.5°C 이하로 억제하는 파리기후협약의 목표수에 부합하는 정책에 대해 분명하고 공적인 지지를 표명하는가?
- 탄소배출을 증가시킬 수 있는 정책에 대해서는 반대하고 있는가?

우선순위 1 : 2028년까지 하이브리드를 포함한 내연기관차의 단계적 생산 중단¹⁶⁰

2028년 이후 더 이상 디젤, 휘발유, LPG, 또는 하이브리드 차량을 생산하면 안된다. 이러한 결정을 빨리 내릴수록 제조사는 직원들의 고용 안정을 보장하기 위한 재교육 및 재배치 프로그램 설계에 더 많은 시간을 투자해 이러한 변화가 직원들에게 미칠 악영향을 줄일 수 있다.

우선순위 2 : 지속가능한 방식으로 작고 에너지 효율이 높은 전기차 생산

100% 배터리 및 연료전지로 구동되는 자동차를 생산할 때, 배터리가 커지고 무거워질수록 전기차의 효율은 떨어진다. 따라서 작은 배터리로 구동하는 가볍고 에너지 효율적인 자동차를 만드는 것이 중요하다. 또한, 전기차 생산 시 환경과 인권에 부정적인 영향을 미치는 것을 최소화할 책임이 제조사에 있다. 공급망을 포함한 생산 전반에 걸쳐 재생가능에너지를 확보하고 자원 효율성을 향상시켜야 한다.

우선순위 3 : 자동차 생산·판매 위주의 사업모델에서 탈피

교통부문의 신속한 탈탄소화를 위해서는 전기차로의 전환뿐만 아니라 전반적인 교통량 감소를 위한 노력이 필요하다. 자동차 제조사들은 제조와 판매 중심의 사업 구조에서 벗어나 비즈니스 모델을 다각화하고 환경친화적 모빌리티 서비스 제공자로서 변화를 모색해야 한다. 예를 들어 카셰어링이나 카풀링 서비스를 대중교통의 보완책으로 제시하여 기후 친화적인 방식으로 사람들의 이동을 가능하게 해주는 방안이 있다.

목표	자동차업계의 비즈니스 모델을 기온 상승폭 1.5°C 이하 억제 목표에 부합하도록 조정
필요사항	조치
2028년까지 하이브리드를 포함한 모든 내연기관차 생산을 중단	<p>a. 전세계 혹은 지역별로 판매되는 자동차의 브랜드별 CO2 배출량, 모델별 LCA 데이터 및 공급망 배출량을 포함하는 연간 온실가스 배출량 보고서를 확인가능한 방식으로 웹 사이트에 공개.</p> <p>b. 모든 시장에서 하이브리드를 포함한 디젤 및 휘발유 자동차 판매를 중단하기로 제조사 전체의 목표를 설정하고 100 % EV (배터리 및 연료 전지차) 전환을 위한 명확한 전략과 구체적인 로드맵 수립.</p> <p>c. 직원 재교육 및 재배치 프로그램 등을 제공하여 전기차 전환이 직원에게 미칠 수 있는 영향을 최소화 하도록 노동조합 및 기타 관련 단체와 협력.</p> <p>d. 파리기후협약의 기후 상승폭 1.5°C 이하 억제 목표에 부합하는 지역, 국가, 글로벌 차원의 정책을 지지. (예: CO2 배출규제 강화, 정부의 화석연료 단계적 사용금지 계획, 재생가능 에너지 조달)</p>
지속가능한 방법으로 작고 에너지효율이 좋은 전기차 생산	<p>a. 작고 가벼운 전기차 우선 생산.</p> <p>b. 전기차 배터리 생산의 사회적, 환경적 영향을 최소화 할 수 있는 기준 마련.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 재생가능에너지 전력망 구축 지지 (전기차 충전 및 생산) <ul style="list-style-type: none"> - 전 지역 생산 라인에서 소비되는 전력을 100% 재생가능에너지로 조달. - 협력업체도 재생가능에너지를 사용하고 온실가스 배출을 줄일 수 있도록 협력. • 배터리 공급을 위한 기준을 설정하여 책임 있고, 효율적이며 인권을 존중하는 방식으로 자원 사용 <ul style="list-style-type: none"> - 배터리의 원자재 채굴 및 가공 시 투명한 협력업체를 확보하고 모범적인 인권 및 환경 기준 수립. - 코발트, 리튬과 같은 배터리 생산에 사용되는 기존 원자재를 대체할 지속 가능한 신소재 발굴을 위해 연구 개발에 투자. - 배터리의 내구성, 수명, 수리 편의성, 에너지 효율, 재사용 및 재활용성을 개선하여 천연 재료의 사용 최소화.
자동차 생산·판매 위주의 사업모델에서 탈피	<p>a. 자가용 소유를 줄이는 모빌리티 비즈니스 모델 진흥.</p> <p>b. 교통체증을 감소시킬 수 있는 여러 이동수단에 투자.</p> <p>c. 카셰어링이나 카풀링 서비스등 대중교통의 보완 서비스 제시.</p>

표9 : 그린피스의 권고 및 요구사항 (자동차 제조사)

정책입안자에 대한 요구사항

다가오는 기후 파국을 막고 파리기후협정에서 각국의 정부가 약속한 탄소배출량 목표를 실현하기 위해서는, 국가 및 지방 정부가 가능한 빨리 교통 시스템에서 탈탄소화를 이룰 수 있는 규제를 마련해야 한다. 또한 사용이 용이한 대중교통망을 구축해야 한다. 이미 일부 국가는 대기 오염을 야기하는 화석연료를 재생가능에너지로 전환하고 청정 교통수단에 대한 투자를 확대하는 등의 변화를 실천하고 있다. 이러한 변화를 가로막는 것은 더 이상 기술적인 문제가 아니라 정치적인 의지의 문제일 것이다.

15개 이상의 국가가 휘발유, 디젤(일부 국가는 하이브리드도 포함)을 연료로 쓰는 신규 내연기관차에 대하여 단계적인 판매 금지 목표를 선언했다. 아직 이를 뒷받침할 법적 구속력이 있는 규정을 마련한 국가는 드물고 목표 시점 또한 너무 느리지만, 이러한 선언은 “앞으로 내연기관차가 설 자리는 없다”는 강력한 메시지를 시장에 전달했다.

이콜로직 인스티튜트(Ecologic Institute) 에서 수행한 연구에 따르면, 규제 및 세금의 조합이 충분히 강력한 힘을 발휘할 때 내연기관에서 전기차로 전환이 가장 효율적으로 진행된다.¹⁶¹ 도로에서 디젤 및 휘발유차를 퇴출하는 데도 전반적으로 가장 효과적인 방법은 높은 수준으로 설정된 정책이다. 따라서 정책입안자들은, 하이브리드를 포함한 신규 내연기관차의 판매를 금지하는 법적 구속력을 갖춘 규제를 마련해야 한다. 더불어 자동차 이용을 제한할 수 있는 조치들을 개발해 시행해야 한다. 그리고 다양한 종류의 대안적 교통 서비스를 제공해야 한다.

목표	교통 시스템의 탈탄소화를 통해 기온 상승 1.5°C 목표에 부합하도록 조정
필요사항	조치
내연기관 퇴출에 대한 규제 강화	<ul style="list-style-type: none"> a. 디젤, 휘발유, 하이브리드차에 대한 단계적 판매 금지 계획과 더불어 자동차 이용 제한조치 등 법적 구속력이 있는 관련 규정을 발표. b. 자동차 제조사를 대상으로 전기차 생산 및 CO2 저감 의무 할당량을 도입하고, 이를 준수하지 않는 업체에 대한 높은 과징금을 징수. c. 공공 기관 및 민간 기업의 전기차 구매를 의무화. d. 전기차 인센티브 지급. 내연기관 자동차에 부담금을 부과하면서 동시에 작고 가볍고 에너지 효율적인 자동차에 보조금 지급. e. 스마트 그리드를 통한 재생가능에너지 전력을 사용하는 전기차 충전소 보급. f. 자동차 회사가 인권과 환경을 철저히 준수하고, 특히 배터리 생산에 관한 공급망의 투명성을 확보하도록 요구.
대체 교통수단 이용 장려	<ul style="list-style-type: none"> a. 자동차 이용 제한 조치 개발 및 도입 (예, 자동차 없는 거리, 초저탄소 배출 지역, KM당 통행료, 세금 조치 등). b. 대중교통체계를 개선 및 확대하여 교통결핍지역을 최소화. c. 자전거 및 도보 기반시설의 개선 및 확대. d. 저렴한 대중 교통 네트워크, 자전거 구매 보조금 등을 통해 자가용 보다 더 친환경적인 이동 수단 장려.

표10 : 그린피스 권고 및 요청사항 (정책입안자)

참고문헌

1. 여기서 “탄소발자국”은 해당 연도 제조사가 판매한 자동차의 수명주기내 발생하는 모든 온실가스의 총량을 의미한다. 자동차 제조과정, 운행중. 연료 채취 및 가공수송 과정, 폐차시 과정에서 직간접적 배출을 포함한다.
2. <왜 그린피스는 자동차 제조사들에 늦어도 2028년까지 내연기관차 판매를 중단할 것을 요구하는가?> 참조
3. Freedom to Breathe: Rethinking urban transport, Greenpeace, 2018 https://storage.googleapis.com/planet4-international-stateless/2018/01/1b96c158-air_pollution-transport_report-2018.pdf
4. Action at car show, Greenpeace archives, 12 September 1991 <https://media.greenpeace.org/archive/Action-at-Car-Show-in-Frankfurt-27MZIF3EB-RY.html>
5. 자동차 제조업체들의 지점들도 탄소발자국 계산에 포함된다. 폭스바겐이나 다임러와 같이 트럭과 버스를 제조하는 계열사의 배출량은 분석에서 제외되었다.
6. Global car market remains stable during 2018, as continuous demand for SUVs offsets decline in sales of Compact cars and MPVs, JATO, 21 February 2019 <https://www.jato.com/global-car-market-remains-stable-during-2018-as-continuous-demand-for-suvs-offsets-decline-in-sales-of-compact-cars-and-mpvs/>
7. Emissions Gap Report 2018, UNEP, published on 5 December 2018, <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/12/UNEP-1.pdf>
8. Global Annex-I map, UNFCCC 2019, https://di.unfccc.int/global_map
9. Ibid
10. Klimabilanz 2018: 4,5 Prozent weniger Treibhausgasemissionen, Umweltbundesamt, 2019, <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimabilanz-2018-45-prozent-weniger>
11. Greta Thunberg's speech at Davos shows that if anyone is going to save the world, it's Generation Z, The Independent, 25 January 2019 <https://www.independent.co.uk/voices/davos-greta-thunberg-climate-change-global-warming-a8746536.html>
12. IPCC 보도자료, 8 October 2018, <https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/>
13. Freedom to Breathe: Rethinking urban transport, Greenpeace, 2018
14. CO2 Emissions Statistics: CO2 emissions from fuel combustion 2018 overview, 국제에너지기구IEA, 2018 <https://www.iea.org/statistics/co2emissions/>
15. CO2 Emissions Statistics: CO2 emissions from fuel combustion 2018 overview, 국제에너지기구IEA, 2018 <https://www.iea.org/statistics/co2emissions/>
16. CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights (2018 edition), IEA, November 2018, p.10 <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion-2018-highlights>
17. Global Carbon Budget 2018, Earth System Science Data, 5 December 2018 <https://www.earth-syst-sci-data.net/10/2141/2018/>
18. Cars and coal help drive 'strong' CO2 rise in 2018, BBC, 5 December 2018 <https://www.bbc.co.uk/news/science-environment-46447459>
19. CO2 Emissions Statistics: CO2 emissions from fuel combustion 2018 overview, International Energy Agency, 2018 <https://www.iea.org/statistics/co2emissions/>
20. CO2 Emissions Statistics: CO2 emissions from fuel combustion 2018 overview, International Energy Agency, 2018 <https://www.iea.org/statistics/co2emissions/>
21. Sources of Greenhouse Gas Emissions, US Environmental Protection Agency website <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>
22. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2017 – Trends, US Environmental Protection Agency, published 2019, chapter 2 p29. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-04/documents/us-ghg-inventory-2019-chapter-2-trends.pdf>
23. Brown To Green: The G20 Transition to a Low-Carbon Economy 2018, Country Facts United States, Climate Transparency, 2018 https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/01/BROWN-TO-GREEN_2018_USA_FINAL.pdf
24. Jacob Teter, Transport: Tracking Clean Energy Progress, IEA, 28 May <https://www.iea.org/tcep/transport/>
25. Infographic – Cutting CO2 road transport emissions, European Council website <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/greenhouse-gas-emissions/>
26. Progress of EU transport sector towards its environment and climate objectives, European Environment Agency, 17 January 2019 <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/term/term-briefing-2018>
27. Brown To Green: The G20 Transition to a Low-Carbon Economy 2018, Country Facts China, Climate Transparency, 2018 <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2018/11/ChinaprofileChinese.pdf>
28. Brown To Green: The G20 Transition to a Low-Carbon Economy 2018, Climate Transparency, 2018, p. 21 <https://www.climate-transparency.org/>

wp-content/uploads/2019/01/2018-BROWN-TO-GREEN-REPORT-FINAL.pdf

29. Robert Ferris, China annual auto sales fall for first time in about two decades with more pain on the way, CNBC, 3 January 2019 <https://www.cnbc.com/2019/01/03/china-annual-auto-sales-fall-for-first-time-in-about-two-decades.html>
30. Echo Huang, China buys one out of every two electric vehicles sold globally, Quartz, 18 February 2019 <https://qz.com/1552991/china-buys-one-out-of-every-two-electric-vehicles-sold-globally/>
31. Brown To Green: The G20 Transition to a Low-Carbon Economy 2018, Country Facts South Korea, Climate Transparency, 2018 https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/01/BROWN-TO-GREEN_2018_South_Korea_FINAL.pdf
32. Annual emissions data. KOTEMS(Korea Transport Emission Management System) <https://www.kotems.or.kr/app/kotems/forward?pageUrl=/kotems/ptl/emissionstat/total/KotemsPtIEmissionstatTotalEmissionLs&topmenu1=02&topmenu2=01&topmenu3=02>
33. Annual emissions data. KOTEMS(Korea Transport Emission Management System) <https://www.kotems.or.kr/app/kotems/forward?pageUrl=/kotems/ptl/emissionstat/total/KotemsPtIEmissionstatTotalEmissionLs&topmenu1=02&topmenu2=01&topmenu3=02>
34. Brown To Green: The G20 Transition to a Low-Carbon Economy 2018, Country Facts South Korea, Climate Transparency, 2018 https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/01/BROWN-TO-GREEN_2018_South_Korea_FINAL.pdf
35. Brown To Green: The G20 Transition to a Low-Carbon Economy 2018, Country Facts Japan, Climate Transparency, 2018 https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/01/BROWN-TO-GREEN_2018_Japan_FINAL.pdf
36. Transport in Japan, Foundation for Promoting Personal Mobility and Ecological Transportation, 2018, p.10 <http://www.ecomo.or.jp/english/pdf/tej2017.pdf>
37. The carbon footprint as it has been calculated here, differs from the annual emissions all the cars on the road from a specific manufacturer have produced in 2018. Estimates of this are much more difficult as we don't know how many cars with which fleet emissions are on the road in a given year. The total would have likely be higher as fleet emissions have improved over the years. But most importantly what we analyze is here focuses on which problems car manufacturers create with their current sales.
38. ID insights, Volkswagen (2019) p.5, <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/publikationen/weitere/keynotes-id-insights-sustainable-e-mobility-169>
39. VW calculates the emissions during the use phase of their vehicles based on results from official cycles test. Cycle test results however significantly underestimate on-road emissions (see chapter 4). We adjusted for that difference in our carbon footprint calculation. As a result, VW's average lifetime emissions per vehicle increase by 23%
40. A variety of greenhouse gases with varying global warming potential are emitted during the production of a car. To be able to give a single value for all, gases other than CO2 are converted into CO2 equivalents.
41. IFEU as cited in Ökobilanz gängiger Antriebstechniken, ADAC, 2019, <https://www.adac.de/infotestrat/umwelt-und-innovation/abgas/oekobilanz/default.aspx?ComponentId=317354&SourcePagelD=47733>
42. Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial, Agora Verkehrswende, 2019, p. 45, <https://www.agora-verkehrswende.de/en/projects/lifecycle-analysis-of-electric-vehicles-determining-factors-and-improvement-potential/>
43. Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial, Agora Verkehrswende, 2019, p. 45, <https://www.agora-verkehrswende.de/en/projects/lifecycle-analysis-of-electric-vehicles-determining-factors-and-improvement-potential/>
44. 테슬라 Model S PD100는 대형 배터리를 장착한 인기 전기차 모델로 해당 글의 예시로 사용되었다. 테슬라는 배터리 공장의 필요 전력을 100% 신재생에너지로 전환하는 과정 중에 있기 때문에 테슬라 차량에 탑재되는 100 kw/h 배터리의 실제 CO2 배출량은 에너지_환경연구소 (IFEU)가 계산한 산업 평균보다 낮을 수 있다. Tesla Gigafactory To Be Powered 100% By "Tesla Solar" By End Of 2019, Clean Technica, 27 August 2018
45. Sullivan, John L., et al. "Life Cycle Inventory of a Generic U.S. Family Sedan Overview of Results USCAR AMP Project." SAE Transactions, vol. 107, 1998, pp. 1909-1923. JSTOR, www.jstor.org/stable/44741137
46. Messagie et al. (2014) A Range-Based Vehicle Life Cycle Assessment Incorporating Variability in the Environmental Assessment of Different Vehicle Technologies and Fuels. <https://www.mdpi.com/1996-1073/7/3/1467/htm>
47. 배터리전기차를 100% 재생에너지로 만든 전력으로 운행하는 운전자 또는 자동차 렌탈회사들이 존재하긴 하지만 아직은 소수에 불과하다. 하지만 ICCT에서 진행한 유럽 조사에 따르면, 기본적인 전력 믹스와 제조 과정을 고려하더라도 오늘날의 배터리전기차는 대부분의 EU국가에서 동급의 휘발유 또는 디젤차보다 친환경적이다. Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions, The ICCT Briefing, February 2018 https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-life-cycle-GHG_ICCT-Briefing_09022018_vF.pdf
48. 오늘날의 수소는 전기분해가 아닌 스팀 메탄 개질방법으로 생산된다. 화석연료를 개질(reforming)하는 방법으로 생산된 전력을 사용하는 이상 수소전기차는 CO2 발생량을 감축시킬 수 없다.
49. Today most of the hydrogen is not yet produced through electrolysis but through steam reforming of fossil methane. As long as they are powered with fossil hydrogen, fuel cell electric vehicles cannot provide the needed emissions reductions.
50. Edwards et al (2014) Well-to-Tank Report Version 4.a p. 84 http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85326/wtt_report_v4a_april2014_pubsy.pdf
51. Global car market remains stable during 2018, as continuous demand for SUVs offsets decline in sales of Compact cars and MPVs, JATO, 21 February 2019 <https://www.jato.com/global-car-market-remains-stable-during-2018-as-continuous-demand-for-suvs-offsets-decline-in-sales-of-compact-cars-and-mpvs/>

52. Global Carbon Budget, Global Carbon Project, published on 5 December 2018 https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/18/files/GCP_CarbonBudget_2018.pdf
53. 2018년 글로벌 자동차 시장은 SUV에 대한 지속적인 수요 증가가 경차 및 MPV 판매 하락을 상쇄하며 큰 변화 없이 유지되었다. JATO, 21 February 2019 <https://www.jato.com/global-car-market-remains-stable-during-2018-as-continuous-demand-for-suvs-offsets-decline-in-sales-of-compact-cars-and-mpvs/>
54. 2018 EPA Automotive Trends Report Supplemental Table K: Estimated Real-World Fuel Economy Data Stratified by Manufacturer and Vehicle Type, EPA, 2019 <https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-06/420r19002-sup-table-k-v2.xlsx>
55. Monitoring of CO2 emissions from passenger cars - Data 2018 - Provisional data, EEA, 2019 http://ftp.eea.europa.eu/www/co2/CO2_passenger_cars_v17_csv.zip
56. USA best selling cars in 2018, Focus2Move, 18 January 2019 <https://focus2move.com/usa-best-selling-cars-2018/>
57. 2018 EPA Automotive Trends Report Supplemental Table K: Estimated Real-World Fuel Economy Data Stratified by Manufacturer and Vehicle Type, EPA, 2019 <https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-06/420r19002-sup-table-k-v2.xlsx>
58. Monitoring of CO2 emissions from passenger cars - Data 2018 - Provisional data, EEA, 2019 http://ftp.eea.europa.eu/www/co2/CO2_passenger_cars_v17_csv.zip
59. 2018년 9월부터 유럽에서 WLTP(Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure)가 NEDC를 대체하고 있다. WLTP는 테스트 결과와 평균 실제 배출량 간 격차를 줄여줄 것으로 기대된다. 그러나, 2018년 WLTP에 따라 인증된 차량이 판매량의 29%에 불과했고, 여전히 NEDC에 따라 인증이 행해졌기 때문에, IEA와 ICCT의 2017년 추정치를 사용했다. CO2 emissions from new passenger cars in the European Union: Car manufacturers' performance in 2018, International Council on Clean Transportation, 2019, https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_CO2_emissions_pv_EU_2018_20190806.pdf
60. Fuel economy in major car markets: Technology and policy drivers, 2005-2017, International Energy Agency (IEA) and International Council on Clean Transportation (ICCT), 2019, p 76-80 https://theicct.org/sites/default/files/publications/GFEL_WP19_Final_V3_Web.pdf
61. Well-to-Tank Report Version 4.a, Edwards et al, 2014, p. 84 http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85326/wtt_report_v4a_april2014_pubsy.pdf
62. 유엔 본부 기자회견 개최사 인사말, 유엔 사무총장, 2019년 8월 1일 <https://www.un.org/sg/en/content/sg/speeches/2019-08-01/remarks-press-encounter-un-headquarters>
63. Paraphrasing Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Chapter 8: Transport, IPCC, p603
64. Cars and coal help drive 'strong' CO2 rise in 2018, BBC, 5 December 2018 <https://www.bbc.co.uk/news/science-environment-46447459>
65. Global Carbon Budget 2018, Earth System Science Data, 5 December 2018 <https://www.earth-syst-sci-data.net/10/2141/2018/>
66. Development of the car fleet in EU28+2 to achieve the Paris Agreement target to limit global warming to 1.5°C, Greenpeace, 20 September 2018 http://www.greenpeace.org/archive-belgium/Global/belgium/report/2018/20180907_GP_EUCarFleet_1.5.pdf
67. 7장 참조
68. Dr. Herbert Diess, Leading the Transformation, Volkswagen, 2019 https://www.volkswagenag.com/presence/investorrelation/publications/presentations/2019/03_march/1_CMD_Diess.pdf
69. "Ambition2039": Our path to sustainable mobility, Daimler website <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Ambition2039-Our-path-to-sustainable-mobility.xhtml?oid=43348842>
70. Christoph Rauwald, Oliver Sachgau, VW Says the Next Generation of Combustion Cars Will Be Its Last, Bloomberg, 4 December 2018 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-12-04/vw-says-the-next-generation-of-combustion-cars-will-be-its-last>
71. What is the Toyota Environmental Challenge 2050?, Toyota website, 29 May 2019 <https://blog.toyota.co.uk/toyota-environmental-challenge-2050>
72. Nissan will abandon diesel cars in Europe, Le Point, 7 May 2018 https://www.lepoint.fr/automobile/securite/nissan-va-delaissier-les-voitures-diesel-en-europe-07-05-2018-2216448_657.php
73. 'Clémentine Maligorne, Isabelle de Foucaud, Diesel, electric: where is Renault today?, Le Figaro, 6 Oct' <http://www.lefigaro.fr/economie/le-scan-eco/dessous-chiffres/2017/10/06/29006-20171006ARTFIG00249-diesel-electrique-o-en-est-renault-aujourd-hui.php>
74. Alex Davis, General Motors Is Going All Electric, Wired, 10 July 2017' <https://www.wired.com/story/general-motors-electric-cars-plan-gm/>
75. FCA Capital Markets Day, FCA, 1 June 2018' https://www.fcagroup.com/en-US/investors/Pages/capital_markets_day_2018.aspx
76. Florian Chopin, End of diesel: the PSA Group program, l'Auto-Journal, 28 September 2018 <https://news.autojournal.fr/news/1531522/Diesel-PSA-Strat%C3%A9gie-Electrique-Hybride>
77. 'David Keating, Mercedes-Benz Will Make Entire Car Fleet Carbon-Neutral by 2039, Forbes, 13 May 2019' <https://www.forbes.com/sites/davekeating/2019/05/13/mercedes-benz-will-make-entire-car-fleet-carbon-neutral-by-2039/#1d9f3d3c4bd4>

78. Maruti's decision to phase out diesel by April 2020 may hasten the end of the road for the fuel, Business Today, 25 April 2019 <https://www.businesstoday.in/sectors/auto/maruti-decision-to-phase-out-diesel-by-april-2020-may-hasten-the-end-of-the-road-for-the-fuel/story/340488.html>
79. Greenpeace map to track ICE phase-out, car access restrictions into cities and specific cars bans within city limits. <https://www.greenpeace.org/international/act/clean-air-now/>
80. Time for a U-Turn Automakers' History of Intransigence and an Opportunity for Change, Union of Concerned Scientists, December 2017 https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2017/12/cv-fuel-efficiency-intransigence-full_0.pdf
81. Affordable mobility threatened by car CO2 targets, major auto CEOs warn, European Automobile Manufacturers Association press release, 10 December 2018 <https://www.acea.be/press-releases/article/affordable-mobility-threatened-by-car-co2-targets-major-auto-ceos-warn>
82. Trump administration freezing fuel efficiency penalties, Reuters, 13 July 2019 <https://www.reuters.com/article/us-autos-emissions/trump-administration-freezing-fuel-efficiency-penalties-idUSKCN1U801U>
83. Trump administration freezing fuel efficiency penalties, Reuters, 13 July 2019 <https://www.reuters.com/article/us-autos-emissions/trump-administration-freezing-fuel-efficiency-penalties-idUSKCN1U801U>
84. Union Of Concerned Scientists, March 2018, viewed 01/09/19 <https://blog.ucsusa.org/dave-cooke/automakers-turn-to-climate-deniers-in-quest-to-lower-fuel-economy-regulations>
85. Trump's Rollback of Auto Pollution Rules Shows Signs of Disarray, New York Times, 20 August 2019 <https://www.nytimes.com/2019/08/20/climate/trump-auto-emissions-rollback-disarray.html>
86. Automakers, Rejecting Trump Pollution Rule, Strike a Deal With California, New York Times, 25 July 2019 <https://www.nytimes.com/2019/07/25/climate/automakers-rejecting-trump-pollution-rule-strike-a-deal-with-california.html?module=inline>
87. How the US auto industry is dismantling the world's most successful climate policy, InfluenceMap Report, April 2018 <https://influencemap.org/report/How-the-US-auto-industry-is-dismantling-the-US-s-most-successful-climate-change-policy-5c079bd28ca4e219519afa0ae462db08>
88. Influence Map, viewed 01/09/19 <https://influencemap.org/evidence/-09416f0e3373c356310b1bddd543e29c>
90. Influence Map, viewed 01/09/19 <https://influencemap.org/evidence/-9d6e69f59a2429a462cfc5769710bfa4>
91. Toyota, CSR Basic Philosophy, viewed 01/09/19 <https://global.toyota/en/sustainability/csr/>
92. BBC, December 2015, viewed 01/09/19 <https://www.bbc.com/news/business-34324772>
93. Daimler: <https://www.reuters.com/article/us-daimler-emissions/daimler-to-recall-60000-mercedes-diesels-in-germany-over-emissions-idUSKCN1TN0E8>
Nissan: <https://www.bbc.co.uk/news/business-44763905>
Fiat Chrysler: <https://www.reuters.com/article/us-fiat-chrysler-emissions/u-s-judge-approves-fiat-chrysler-diesel-emissions-settlement-idUSKCN-1S91YM>
Mazda, Suzuki, Yamaha: <https://www.independent.co.uk/news/business/news/mazda-suzuki-yamaha-admit-falsifying-emissions-test-data-japan-a8485051.html>
Mitsubishi: <https://www.bbc.co.uk/news/business-36099044>
Renault: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-05-13/renault-s-anti-pollution-systems-found-to-be-faulty-monde-says>
Volvo: <https://uk.reuters.com/article/uk-volvo-emissions/volvo-warns-some-vehicle-engines-may-exceed-emission-limits-idUKKCN1MQOMI>
94. Tiffany Hsu, Ford Says Justice Dept. Has Opened Criminal Inquiry Into Emissions Issues, The New York Times, 26 April 2019 <https://www.nytimes.com/2019/04/26/business/ford-emissions-criminal-investigation.html>
95. From Laboratory to Road: A 2018 update of official and "real-world" fuel consumption and CO2 values for passenger cars in Europe, Tietge et al., 2018, p.(i) https://theicct.org/sites/default/files/publications/Lab_to_Road_2018_fv_20190110.pdf
96. Fuel economy in major car markets: Technology and policy drivers, 2005-2017, International Energy Agency (IEA) and International Council on Clean Transportation (ICCT), 2019, p.76-80 https://theicct.org/sites/default/files/publications/GFEI_WP19_Final_V3_Web.pdf
97. CO2 emissions from new passenger cars in the European Union: Car manufacturers' performance in 2018, International Council on Clean Transportation, 2019, https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_CO2_emissions_pv_EU_2018_20190806.pdf
98. Bundestag (2015) VW-Fall. Bericht der Untersuchungskommission. http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/CD12900/Dokumente/Dok.%20085%20-%20MAT%20A%20KBA-2-1,%20Ordner%20A117_%207,%20Bl.%2075-84.pdf
99. BMVI (2017) Zweiter Bericht der Untersuchungskommission "Volkswagen" Untersuchungen zu CO2-Emissionen der Fahrzeuge aus der Felduntersuchung des Kraftfahrt-Bundesamtes. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/zweiter-bericht-untersuchungskommission-vw.pdf?__blob=publicationFile
100. Falsche Sprit-Angaben - VW entsch digt 98 000 Benziner-Besitzer in den USA, Sddeutsche Zeitung, September 2nd, 2019, <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/vw-usa-abgas-software-1.4583235>

101. Carmakers STILL failing to hit their own goals for sales of electric cars, Transport & Environment, ...'
https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/2018_06_EV_announcements_report.pdf
102. Ibid
103. Ein dickes Problem. Wie SUVs und Gel ndewagen das Klima und unsere St dte ruinieren, Greenpeace Germany, 2019
https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/s02571_gp_report_suv_09_2019_es.pdf
104. Maeil Broadcasting Network, 22 August 2019,' https://www.mk.co.kr/news/business/view/2019/08/654032/?utm_source=naver&utm_medium=newsstand
105. Global car market remains stable during 2018, as continuous demand for SUVs offsets decline in sales of Compact cars and MPVs, JATO, 21 February 2019
<https://www.jato.com/global-car-market-remains-stable-during-2018-as-continuous-demand-for-suvs-offsets-decline-in-sales-of-compact-cars-and-mpvs/>
106. CO2 emission standards for cars and vans: Council confirms agreement on stricter limits, Council of the EU press release, 16 January 2019
<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2019/01/16/co2-emission-standards-for-cars-and-vans-council-confirms-agreement-on-stricter-limits/>
107. Development of the car fleet in EU28+2 to achieve the Paris Agreement target to limit global warming to 1.5°C, Institute of Vehicle Concepts, published 20. September 2018 [add p.20] https://storage.googleapis.com/planet4-italy-stateless/2018/11/4a22ffe3-4a22ffe3-development-of-the-car-fleet-in-eu28_2-to-achieve-the-paris-agreement-target_dlr.pdf
108. Average CO2 emissions from new cars and new vans increased in 2018, European Environment Agency, 24 June 2019
<https://www.eea.europa.eu/highlights/average-co2-emissions-from-new>
109. From Laboratory to Road International: A Comparison of Official and Real-world Fuel Consumption and CO2 Values for Passenger Cars in Europe, The United States, China, and Japan, ICCT pg. 28
110. Average CO2 emissions from passenger cars, European Environment Agency, 12 April 2018 https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/average-co2-emissions-from-passenger-cars-1#tab-chart_2_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%22columnFilter_Filter%22%3A%5B%22EU-28%20average%22%5D%7D%7D
111. Average CO2 emissions from new cars and new vans increased in 2018, European Environment Agency, 24 June 2019
<https://www.eea.europa.eu/highlights/average-co2-emissions-from-new>
112. CO2 emissions rise to highest average since 2014, as the shift from diesel to gasoline continues, JATO, 4 March 2019
<https://www.jato.com/co2-emissions-rise-to-highest-average-since-2014-as-the-shift-from-diesel-to-gasoline-continues/>
113. CO2 emissions rise to highest average since 2014, as the shift from diesel to gasoline continues, JATO, 4 March 2019
<https://www.jato.com/co2-emissions-rise-to-highest-average-since-2014-as-the-shift-from-diesel-to-gasoline-continues/>
114. Driving into a low emissions future - Looking beyond 2021, PA Consulting, 2018
http://www2.paconsulting.com/rs/526-HZE-833/images/PA%20CO2%202018_2019%20Report.pdf
115. CO2 emissions rise to highest average since 2014, as the shift from diesel to gasoline continues, JATO, 4 March 2019 <https://www.jato.com/co2-emissions-rise-to-highest-average-since-2014-as-the-shift-from-diesel-to-gasoline-continues/>
116. European vehicle market statistics, 2018/2019, ICCT, 5 December 2018
<https://theicct.org/publications/european-vehicle-market-statistics-20182019>
117. MYs 2017 and 2018 Projected Fuel Economy Performance Report, CAFE Public Information Center
https://one.nhtsa.gov/cape_pic/MY_2017_and_2018_Projected_Fuel_Economy_Performance_Report.pdf
118. Fuel economy in major car markets: Technology and policy drivers, 2005-2017, International Energy Agency (IEA) and International Council on Clean Transportation (ICCT), 2019, p.76-80
https://theicct.org/sites/default/files/publications/GFEI_WP19_Final_V3_Web.pdf
119. Fuel economy in major car markets: Technology and policy drivers, 2005-2017, International Energy Agency (IEA) and International Council on Clean Transportation (ICCT), 2019, p.76-80
https://theicct.org/sites/default/files/publications/GFEI_WP19_Final_V3_Web.pdf
120. 2004-2016 Fleet Fuel Economy Performance Report, NHTSA https://one.nhtsa.gov/cape_pic/CAFE_PIC_fleet_LIVE.html
121. Automotive Trends Report Supplement Table K: Estimated Real-World Fuel Economy Data Stratified by Manufacturer and Vehicle Type, EPA,
<https://www.epa.gov/automotive-trends/download-data-automotive-trends-report>
122. Automotive Trends Report Supplement Table K: Estimated Real-World Fuel Economy Data Stratified by Manufacturer and Vehicle Type, EPA,
<https://www.epa.gov/automotive-trends/download-data-automotive-trends-report>
123. Automaker Rankings 2018: The Environmental Performance of Car Companies, The Union of Concerned Scientists, June 2018, [p.9]
<https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2018/06/cv-automaker-rankings-2018-report.pdf>
124. Automaker Rankings 2018: The Environmental Performance of Car Companies, The Union of Concerned Scientists, June 2018, [p.9]
<https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2018/06/cv-automaker-rankings-2018-report.pdf>

125. Emissions Summary by China, Data by Sector https://di.unfccc.int/ghg_profiles/nonAnnexOne/CHN/CHN_ghg_profile.xlsx
126. Emissions Summary for China, United Nations Framework Convention on Climate Change https://di.unfccc.int/ghg_profile_non_annex1
127. The New Passenger Car Fleet In China, 2014: Technology Assessment And Comparison, 2014 Versus 2010, ICCT
128. Fuel economy in major car markets: Technology and policy drivers, 2005-2017, International Energy Agency (IEA) and International Council on Clean Transportation (ICCT), 2019, p.76-80
https://theicct.org/sites/default/files/publications/GFEL_WP19_Final_V3_Web.pdf
129. FOTW #1079, April 29, 2019: More Than 1 Million Plug-in Vehicles Were Sold in China in 2018
<https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1079-april-29-2019-more-1-million-plug-vehicles-were-sold-china-2018>
130. Ibid
131. Motor Industry of Japan 2018, Japan Automobile Manufacturers Association, May 2018. <http://www.jama-english.jp/publications/MIJ2018.pdf>
132. Real-world fuel consumption and CO2 emissions of new passenger cars in Europe, International Council on Clean Transportation, 2017
https://theicct.org/sites/default/files/L2R17_ICCT-fact-sheet_EN_vF.pdf
133. Japan mandates cars to be 30% more fuel efficient by 2030, Nikkei Asian Review, 4 June 2019
<https://asia.nikkei.com/Business/Automobile/Japan-mandates-cars-to-be-30-more-fuel-efficient-by-2030>
134. Automobile Registration Status, STATISTICS KOREA http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1257
135. 2018 Vehicle Fuel Economy and CO2 Emissions Data and Analyses, Korea Energy Agency
http://bpms.kemco.or.kr/transport_2012/pds/notice_view.aspx?no=213
136. Another type, so called mild-hybrids, are not considered here as the technology more resembles a classic internal combustion engine, and does not offer an electric drive mode. It only allows the internal combustion engine to be switched off when coasting, braking or stopping.
137. Compare Side-by-Side, Fuel Economy, US Department of Energy <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=16705&id=20934&id=30919&id=41161gov/>
138. Fuel economy, United States Environmental Protection Agency <https://www.fueleconomy.gov/>
139. ADAC Ecotest 2018. https://www.adac.de/infotestrat/tests/eco-test/plugin_hybride/
140. ADAC Ecotest 2018 - GOLF GTE https://www.adac.de/infotestrat/tests/eco-test/plugin_hybride/
141. Ekatarina Kel 2019 - Hohe Förderung, fragwürdiger Umweltschutz. Sueddeutsche Zeitung August 6th 2019 <https://www.sueddeutsche.de/auto/foerderung-pluginhybrid-oekobilanz-umweltpraemie-1.4553350>
142. Consolidated version of Regulation (EC) No 443/2009 of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 setting emission performance standards for new passenger cars as part of the Community's integrated approach to reduce CO2 emissions from light-duty vehicles <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:02009R0443-20180517>
143. 에너지 사용 증가로, 글로벌 화석연료 사용으로 인한 CO2 배출량은 2년 연속 증가했다. Stanford, 5 December 2018
<https://news.stanford.edu/press/view/24972>
144. Global SUV boom continues in 2018 but growth moderates, JATO, 20 February 2019, <https://www.jato.com/global-suv-boom-continues-in-2018-but-growth-moderates/>
145. Global SUV boom continues in 2018 but growth moderates, JATO, 20 February 2019, <https://www.jato.com/global-suv-boom-continues-in-2018-but-growth-moderates/>
146. 2018 (Full Year) International: Global Top Car Brands, www.best-selling-cars.com, 23 February 2019
<https://www.best-selling-cars.com/global/2018-full-year-international-global-top-car-brands/>
147. 2018년, 신규 승용차 및 승합차의 CO2 배출량이 증가했습니다. 유럽환경청(European Environment Agency), 24 June 2019 <https://www.eea.europa.eu/highlights/average-co2-emissions-from-new>
148. Greenpeace Germany (2019) Ein dickes Problem. Wie SUVs und Geländewagen das Klima und unsere Städte ruinieren
https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/s02571_gp_report_suv_09_2019_es.pdf
149. Segments by Body, Country, European Automobile Manufacturers Association, <https://www.acea.be/statistics/tag/category/segments-body-country>
150. Light Weight Vehicle Sales: Autos and Light Trucks, US Bureau of Economic Analysis, July 2019,
<https://www.bea.gov/docs/gdp/auto-and-truck-seasonal-adjustment>
151. Light Weight Vehicle Sales: Autos and Light Trucks, US Bureau of Economic Analysis, July 2019, <https://fred.stlouisfed.org/series/ALTSALES/>
152. Light Weight Vehicle Sales: Autos and Light Trucks, US Bureau of Economic Analysis, July 2019, <https://fred.stlouisfed.org/series/ALTSALES/>
153. The example is not ideal, as even the Tesla Model S with a 100kW/h battery is not a sensible vehicle from an environmental point of view. We used it anyways to be able demonstrate the difference between an electric SUV and similarly specced electric sedan. Electric car range and efficiency (EPA)

154. Electric car range and efficiency (EPA), Pushevs <https://pushevs.com/electric-car-range-efficiency-epa>
155. 2017 Tesla Model X AWD - 90D vs 2017 Tesla Model S AWD - 75D on fueleconomy.gov <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=38528&id=38524>
156. As Tesla is in the process of switching to 100% renewable electricity supply in its battery factory, the carbon footprint of their 100 kWh batteries can be expected to be lower than IFEU's estimate about the industry average. Tesla Gigafactory To Be Powered 100% By "Tesla Solar" By End Of 2019, Clean Technica, 27 August 2018 <https://cleantechnica.com/2018/08/27/tesla-gigafactory-to-be-powered-100-by-tesla-solar-by-end-of-2019/>
157. CO2 emission intensity, European Environment Agency, 18 December 2018 [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-5#tab-googlechartid_chart_11_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%22pre_config_ugeo%22%3A%5B%22European%20Union%20\(current%20composition\)%22%5D%7D%7D](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-5#tab-googlechartid_chart_11_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%22pre_config_ugeo%22%3A%5B%22European%20Union%20(current%20composition)%22%5D%7D%7D)
158. California Electricity Profile 2017, US Energy Information Administration, 8 January 2019 <https://www.eia.gov/electricity/state/california/>
159. Texas Electricity Profile 2017, US Energy Information Administration, 8 January 2019 <https://www.eia.gov/electricity/state/texas/index.php>
160. Development of the car fleet in EU28+2 to achieve the Paris Agreement target to limit global warming to 1.5°C, Greenpeace, 20 September 2018 http://www.greenpeace.org/archive-belgium/Global/belgium/report/2018/20180907_GP_EUCarFleet_1.5.pdf
161. Velten, Eike Karola, Stoll, Theresa; Meinecke, Lisa (2019): Measures for the promotion of electric vehicles. Ecologic Institute, Berlin. Commissioned by Greenpeace e. V. (국문) 전기차 확대를 위한 글로벌 정책보고서 <https://www.greenpeace.org/korea/report/5867/report-measures-for-the-promotion-of-electric-vehicles/>

#기후위기

GREENPEACE