

CARBON NEUTRAL



자동차 분야 탄소중립 전략

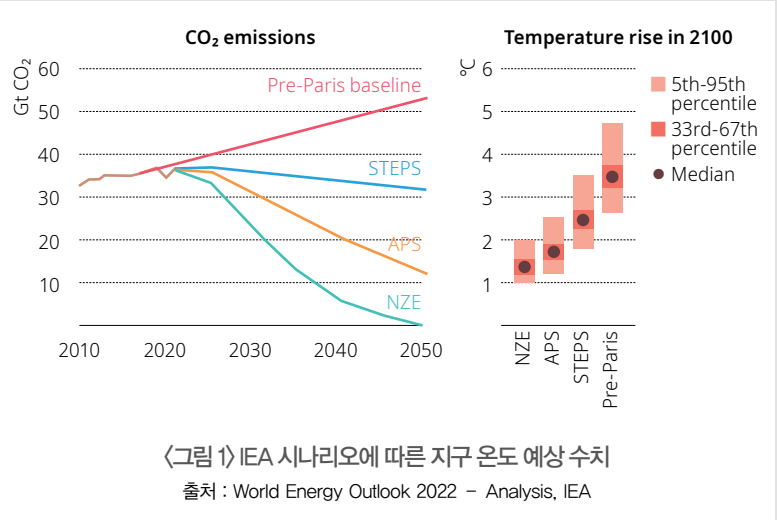
2022년 우리나라 자동차와 자동차 부품 수출액이 760억 달러가 넘을 정도로 자동차산업은 무역수지 개선, 고용효과 등 국내 경제에 큰 영향을 주며 전후방 산업 연관 효과가 매우 크다. 현재 자동차산업은 이산화탄소(CO₂) 배출가스 규제 강화, 커넥티드카, 자율주행, 모빌리티로 확대되는 대변혁기에 놓여 있다. 글로벌 자동차 분야의 CO₂ 저감을 도모할 방향과 전략을 알아본다.



민경덕
[서울대학교
기계공학부 교수]

수송 분야 전 세계 CO₂ 발생 중 16.2% 차지

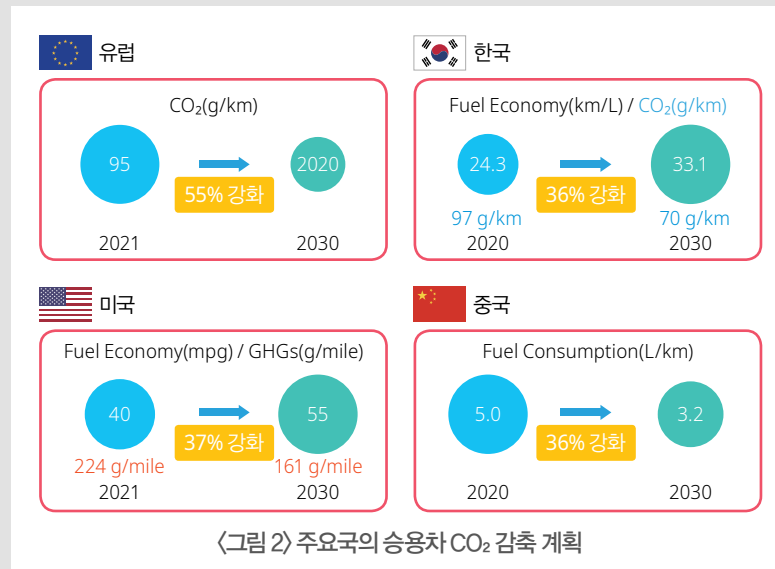
작년 국제에너지기구(IEA)는 세계에너지전망 보고서에서 2100년에 지구 온도 상승을 1.5도 이하로 억제하려면 2050년까지 전 세계가 CO₂ 넷제로(Net Zero)를 달성해야 한다는 시나리오를 발표했다<그림 1>. 이러한 시나리오를 실현하려면 우리는 한 번도 경험해 보지 못한 험난하고



도전적인 노력을 해야 한다. 전 세계 수송 분야 온실가스 배출 비중은 16.2% 수준이다. 2022년 환경부 자료에 따르면 우리나라는 14.4%를 차지하고 있다. IEA에 따르면 CO₂ 넷제로와 관련해 수송 분야에서 장기적으로 추진해야 할 핵심 사항은 전동화(Electrification), 그린수소·저탄소를 이용해 만든 수소 사용, 수소를 활용한 합성연료·바이오연료 사용 등 화석연료 사용을 최소화하는 것이다. 더불어 수소 생산 시 사용하는 화석연료는 탄소포집을 이용해 재사용하거나 저장해야만 한다. 단기적으로는 2030년까지 매년 8% 이상 차량의 평균 연료소비효율을 향상시키거나, 전기차 판매 비율을 현재 약 8%에서 63% 이상으로 높여야만 달성 가능한 수치이므로 매우 도전적인 목표라 할 수 있다.

주요국 자동차 CO₂ 저감 정책

각국의 자동차 분야 탄소중립 정책은 기존 자동차회사, 부품업체, 연료회사 등의 중장기 성장 패러다임에도 대대적인 혁신을 요구하고 있다. 국가적으로는 무공해차 시대로의 신속한 전환을 도모하고자 인센티브 제공과 청정에너지원 발굴을 위한 탈탄소정책 수립에 많은 노력을 기울이고 있다.



특히 2021년 7월 유럽의 'Fit for 55' 입법 패키지 발표로 촉발된 화석연료를 사용하는 내연기관차의 실질적인 판매 금지 계획은 각국의 자동차 전동화 전환 전략을 가속화하는 계기가 됐다. 이 제도는 2030년 승용차의 평균 CO₂ 저감을 2021년 대비 37.5%에서 55%(현재 플러그인하이브리드차의 경우 km당 43g의 CO₂가 발생하는데, 하이브리드차도 이 기준을 채우지 못하는 높은 수치임)로〈그림 2〉, 2035년에는 100% 감축하는 법안을 상정해 올해 최종 결정을 앞두고 있다. 미국도 조 바이든 행정부가 다시 CAFE(Corporate Average Fuel Economy) 수치를 2021년 대비 2026년 37% 저감하는 규제를 시행하는 가운데, 캘리포니아주는 2035년까지 판매하는 모든 승용차의 CO₂ 제로화를 달성해야 한다. 또한 일본에서는 2035년 승용차를 100% 전동차(전기차, 연료전지차, 하이브리드차)로 판매해야 한다. 세계 최대 온실가스 배출국인 중국은 2060년 탄소 중립 목표를 달성하기 위해 2035년까지 신차 판매 목표를 신에너지차(NEV) 50%와 나머지 50%를 하이브리드차로 구성했다. 한편, 최근 중국에서는 자동차 생산업체에 지급하는 신에너지차

보조금을 전면 폐지했다. 지금까지는 중국산 배터리와 부품을 사용한 전기차에만 보조금을 지급하는 보호무역주의와 자국우선주의를 추진해 전기차산업 발전을 견인했으므로 보조금 정책의 변화가 신에너지차 보급에 끼칠 영향을 면밀히 주시할 필요가 있다.

우리나라도 2050년 탄소중립 선언 이후 2050 탄소중립 시나리오와 2030 NDC 감축 목표를 기존 26.3%에서 40%로 상향한다고 확정 발표했는데, 이를 달성하려면 수송 분야에서 8년 안에 37.8%를 감축해야 한다. 정부는 향후 전기차·수소전기차 450만 대 보급, 바이오디젤 연료 확대, 대중교통 등 수요관리 강화를 주요 대안으로 추진할 예정이다.

세계 각국은 수송 분야 CO₂를 줄이기 위해 2030년을 중간 단계로 설정하고 매우 공격적인 자동차 CO₂·연비 기준을 실행 중이다. 대표적으로 노르웨이가 2025년, 아이슬란드와 네덜란드는 2030년, 프랑스와 덴마크는 2035년 내연기관차 판매 금지를 선언한 바 있다. 더불어 기존 내연기관차보다는 무공해자동차 보급을 확산시키기 위해 다양한 인센티브 정책도 시행 중이다.

현재 자동차의 CO₂·배출가스 규제가 Tail-pipe 기준으로 무공해자동차를 결정하므로 전 세계가 전기차와 수소전기차의 보급에 적극적이다. 유럽은 2035년 승용차의 CO₂ 배출 제로법안에 대한 최종 결정을 기다리고 있으며, 각 자동차 업체는 이 기준을 만족하지 못할 경우 CO₂ 배출 1g당 95유로에다 유럽 내 자동차 판매 대수를 곱한 부과금을 매년 납부해야 한다. 내연기관 차량 이외의 전기차 및 수소전기차는 제로 CO₂ 차량으로 간주한다. 이에 “전기차와 수소전기차의 CO₂ 배출은 제로일까?” “그린모빌리티인 친환경차는 운행 단계만을 고려하는 게 과연 정당할까?”라는 의문이 있는 것도 사실이다.

자동차 전과정평가(LCA)에 관심을

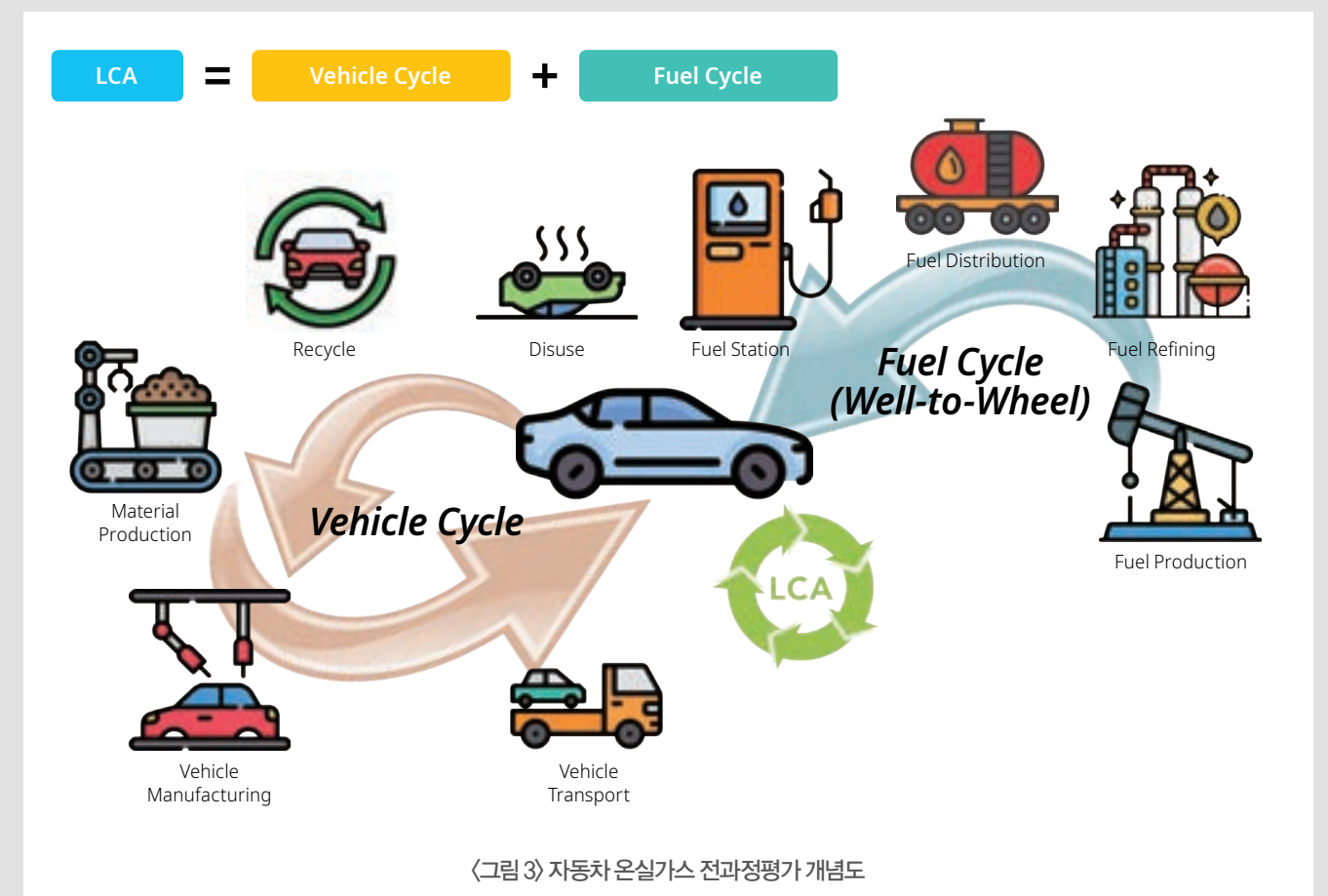
현 제도를 기준으로 모든 차량을 무공해자동차인 전기차와 수소전기차로 교체할 경우, 자동차 분야 CO₂ 발생은 좁은 의미(차량 운행 단계)로는 제로일 수 있어도 자동차 관련 분야의 CO₂ 배출은 줄어든 수도, 증가할 수도 있다. 차량 생산 단계 또는 에너지(연료·전기·수소 등) 생산 시 CO₂가 발생할 경우, 단지 운행 단계에서 CO₂ 발생이 없다고 무공해자동차라는 의미는 아니다. 기존의 내연기관차, 전기차, 수소전기차의 차량 구성 요소와 사용하는 에너지가 상이하므로 자동차의 생산, 폐기 및 재활용과 연료 또는 에너지 생산 과정, 그리고 차량 운행 과정 중 발생하는 총 CO₂를 줄여야만 진정한 감축 효과가 있다.

자동차의 온실가스 전과정평가(LCA)는 차량

생산과 폐차 또는 리사이클 시 발생하는 CO₂를 고려한 차량순환(Vehicle Cycle)과 연료 또는 에너지 생산 및 차량 운행 시 발생하는 CO₂를 고려한 연료순환(Fuel Cycle)으로 구성된다(그림 3). Fuel Cycle은 WTT(Well-to-Tank, 에너지 생산과 수송)와 TTW(Tank-to-Wheel, 운행 단계)로 나눌 수 있다. 전기차는 운행 단계에서 CO₂ 발생이 제로지만 전기를 생산하고 배터리를 제조할 때 CO₂가 발생한다.

내연기관차, 전기차, 수소전기차 제품의 원료 조달, 생산, 유통, 폐기 및 재활용까지 포함한 전생애주기 동안의 환경 부하를 정량적으로 분석해 적용한다면 연료별·동력원별 CO₂ 발생량을 공정하고 객관적으로 평가할 수 있을 것이다.

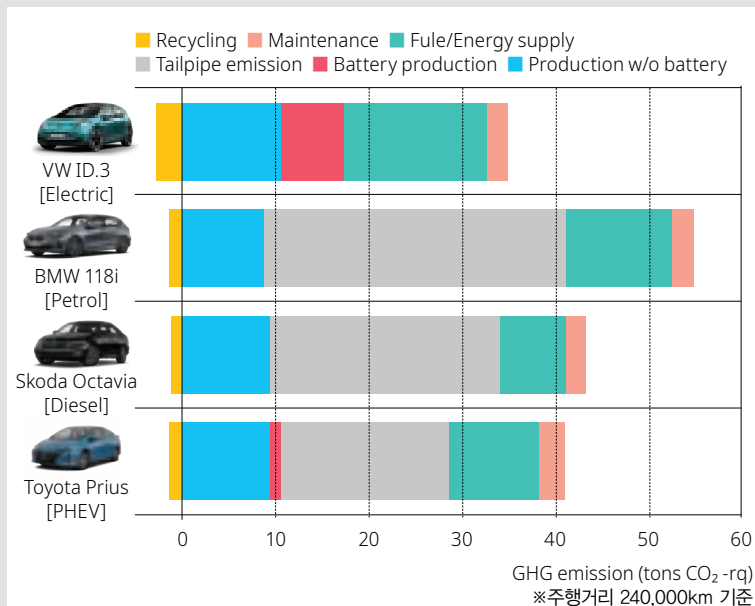
최근 각국에서는 CO₂ 및 온실가스, 연비 규제에



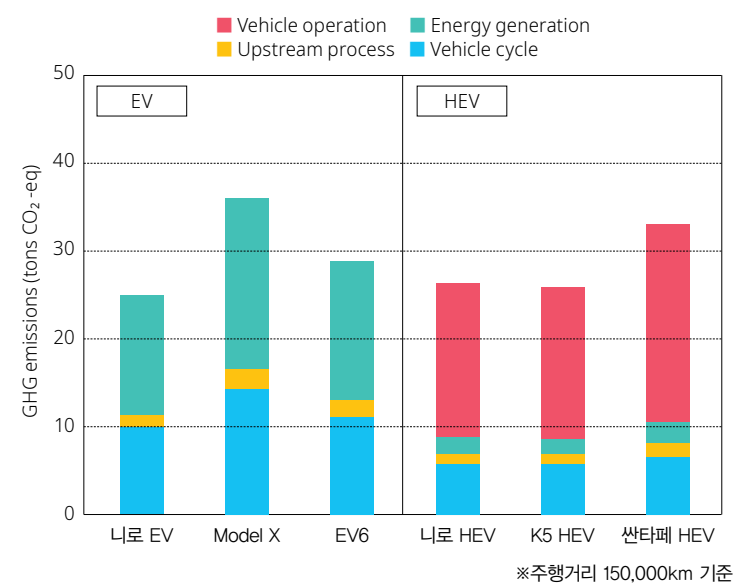
LCA 도입 계획을 발표했다. 현재 LCA 방법론에 관해 통일된 국제적 지침은 없는 상황으로 유럽 집행위원회(EC)에서는 승용차와 경사용차를 대상으로 자동차 전주기 동안의 온실가스 산정을 위한 규정을 올해까지 확립, 유럽연합(EU) 공통의 방법론을 제시할 예정이지만 2025년까지 순연될 가능성도 있다. 또한 UNECE WP.29/GRPE(에너지·대기오염 작업반)는 2022년 5월 말 IWG(비공식 작업반)를 신설, LCA 적용을 위한 국제적인 논의의 장을 마련해 한국과 일본이 공동의장국을 맡아 정기적인 회의를 진행하고 있다. 미국은 자동차 LCA에 관한 직접적인 정책 설정을 위한 움직임은 없으나 1990년대 중반부터 에너지부(DoE)의 지원을 받아 LCA 분석 모델(GREET·Greenhouse Gas, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies)을 개발, 연료 및 차량 기술의 기존 연료와 대체연료(RFS)의 탄소집약도를 산정하고 있다. 일본은 2020년 4월 WTW(Well-to-Wheel)에 의한 승용차 연비규제 평가 방법을 2030년 도입하기로 발표했고, 중국은 2030년 탄소배출 피크아웃과 2060년 탄소중립을 목표로 2025년까지 자동차 LCA 규제(리사이클 및 폐기 단계는 대상에서 제외)를 도입할 수 있도록 검토하고 있다. 우리나라도 2021년 관계 부처 합동으로 수립된 ‘제4차 친환경 자동차 기본계획’에서 온실가스 관리 체계를 LCA로 대전환해 2025년 도입한다는 목표를 발표했다.

유럽은 2019년부터 소비자에게 자동차의 환경친화도 정보를 제공하기 위해 신차의 연료소비효율, 온실가스 및 배출가스 수준을 고려한 Green NCAP 제도를 운영하고 있다. 최근에는 전기차 판매 확대에 따라 연료별·동력원별 LCA지수를 추가해 발표했다. <그림 4>에서 보듯 전기차는 생산 단계에서 내연기관차보다 2배의 CO₂가 발생하며

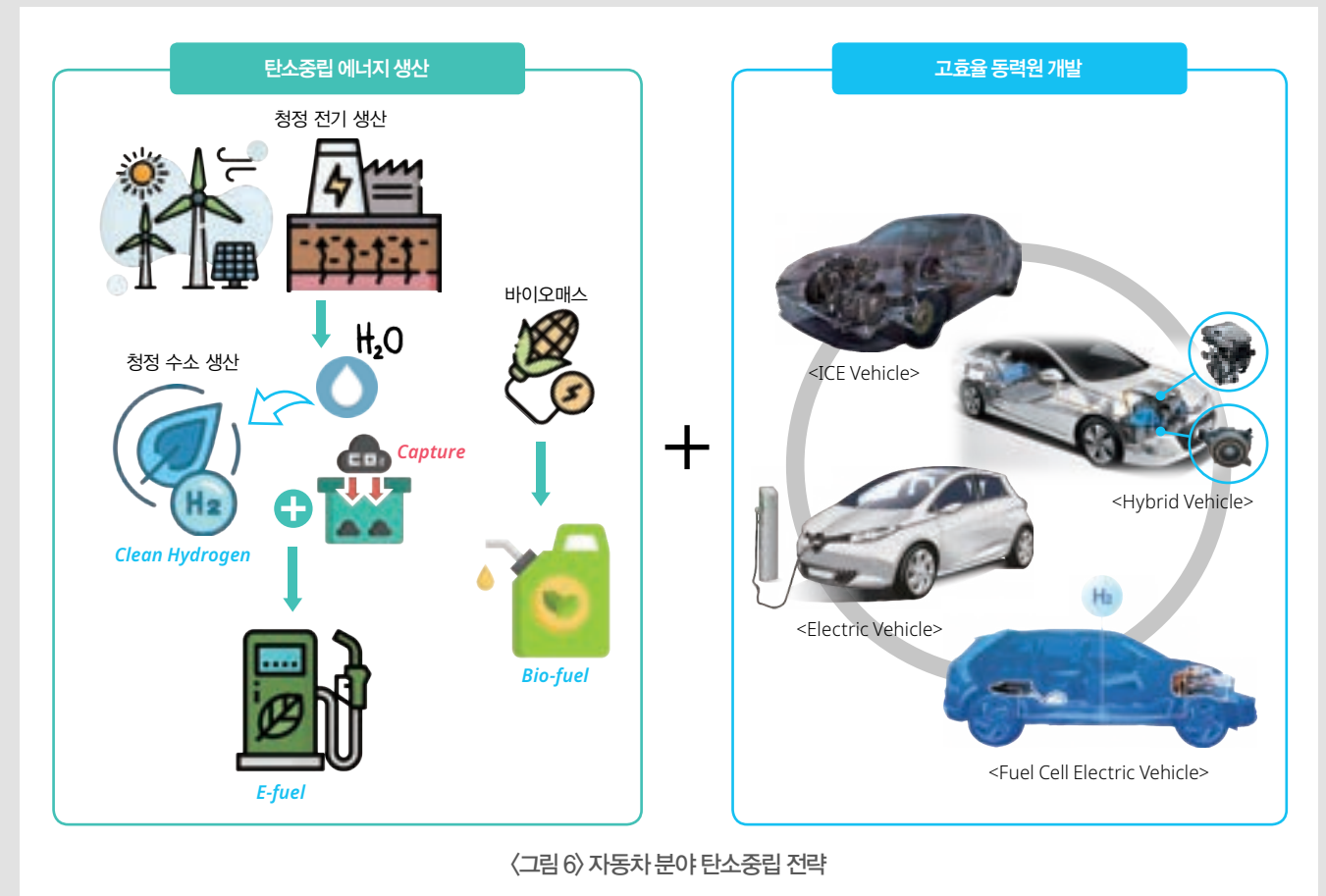
전체적으로 전기차가 디젤차 대비 20%, 가솔린차 대비 40%, 플러그인하이브리드차 대비 10% 정도 적게 발생하는 것을 볼 수 있다. 최근 필자가 탄소중립연구소와 함께 국내에 판매되는 하이브리드차와 전기차의 LCA 자료를



〈그림 4〉동력원별 LCA 온실가스 배출량
출처 : Green NCAP



〈그림 5〉전기차와 하이브리드차의 LCA 온실가스 배출량 비교
출처 : 서울대, 탄소중립연구소



〈그림 6〉자동차분야 탄소중립 전략

분석한 결과, 전기차는 운행 단계에서 CO₂ 발생은 없지만 차량 생산 단계에서 내연기관차의 80~100%에 해당하는 CO₂가 발생한다. Fuel Cycle까지 포함한 전체 수치는 하이브리드차와 전기차는 동등 수준의 CO₂가 발생하는 것을 볼 수 있으며, 전기 생산 MIX에 따라 총 발생량의 수치가 다른 국가에서 발표한 수치와 다를 수 있음을 보여준다<그림 5>. 중요한 것은 전기차가 운행 단계에서는 CO₂ 발생이 없지만 생산 단계, 그리고 전기 생산 시 발생하는 CO₂를 어떻게 줄이느냐가 관건이다.

자동차 배출 CO₂ 감축 전략

“내연기관차가 수송 분야 CO₂ 발생의 주범이 아니다”는 인식 전환이 필요하다. LCA 분석에서

보듯이 수송 분야 CO₂ 발생을 줄이려면 투트랙 전략이 필요하다<그림 6>. 첫째는 다양한 자동차 동력원(엔진, 하이브리드, 전기차, 수소전기차 등)에 사용되는 에너지의 청정화다. 화석연료의 사용을 줄일 수 있는 저탄소·무탄소, 탄소중립연료(E-fuel)와 청정전기의 생산이 중요한 과제다. 둘째는 각 동력원의 에너지 사용을 줄일 수 있는 지속적인 고효율화 동력원 기술 개발이다.

탄소중립 에너지 생산 – 현재 전기차와 수소전기차로의 전환이 가속화하는 상황에서 청정전기와 그린수소, 탄소중립 연료를 생산하는 기술 개발과 인프라 구축이 필요하다. 국내에서 청정전기를 생산하는 방법은 태양광과 풍력을 이용하는 재생에너지와 원자력발전인데, 국내 실정과 상황에

