



## 친환경 시대를 맞이하는 내연기관 자동차의 기술 고도화

오 세 두 (공저: 강 정 호)

그린카연구본부 동력성능연구센터  
책임연구원

### Executive Summary

- ◆ 자동차가 급증하는 신흥국 중심으로 내연기관 자동차 수요가 지속되면서, 향후 글로벌 시장에는 내연기관, 전기차, 수소전기차 등 다양한 파워트레인이 공존할 것으로 예상
  - 신흥국은 인프라 구축이 어렵거나 경제성이 부족하여 전기차·수소전기차의 보급이 제한되며, 내연기관 중심으로 자동차 시장 확대 가능성이 높음
- ◆ 글로벌 완성차 업계도 친환경·고효율 내연기관차의 개발전략을 수립하며 다가올 미래에 대비
  - 내연기관 기술개발은 친환경·고효율 달성이라는 목표 하에 진행되고 있으며, 이를 위해 다양한 기술 대안들이 경쟁적으로 제시되고 있음
- ◆ 친환경 시대를 위한 대표적인 내연기관 신기술은 마일드 하이브리드, 가변시스템, 압축 착화 등임
  - 48V 마일드 하이브리드 시스템은 낮은 비용으로 내연기관 자동차의 친환경화 달성 가능
  - 엔진에 가변시스템을 적용하여 차량 주행조건에 따라 효율·출력 최적화 가능
  - 가솔린엔진에 압축착화를 구현하여 디젤엔진과 가솔린엔진의 장점을 동시에 확보 가능
- ◆ 글로벌 환경규제 강화 추세에 발맞춰 전기차·수소차 보급 확대 및 고효율 내연기관차 기술 개발 등 상호 보완적 정책 지원이 필요
  - 전기차·수소전기차의 보급 속도 및 정책환경의 변화에 따라 내연기관의 중요성이 달라지므로, 특정기술에 대한 선택과 집중보다는 균형 있는 지원 정책 고려

## ■ 자동차가 급증하는 신흥국을 중심으로 내연기관 자동차 수요는 지속될 전망

- 전기차·수소전기차의 확산에 가장 중요한 요소인 충전 인프라 및 경제성 확보가 어려운 신흥국을 중심으로 내연기관 자동차 수요가 지속될 전망

- 인도 등 일부 신흥국에서 적극적인 전기차 보급 확대 정책을 발표한 사례도 있으나, 막대한 인프라 구축 비용을 고려하면 실현 가능성은 낮은 것으로 평가

- 중동, 중앙아시아, 남미 등 산유국이 많은 지역에서는 전기차·수소전기차의 운용 경제성이 상대적으로 돋보이지 않아 친환경차 확산이 제한될 전망

- 경제발전 및 소비력 증대에 힘입어 자동차 수요가 급격히 증가하는 신흥시장 상황을 고려하면, 당분간은 국가별, 용도별, 지역별 특성에 따라 다양한 파워트레인이 공존할 것으로 예상

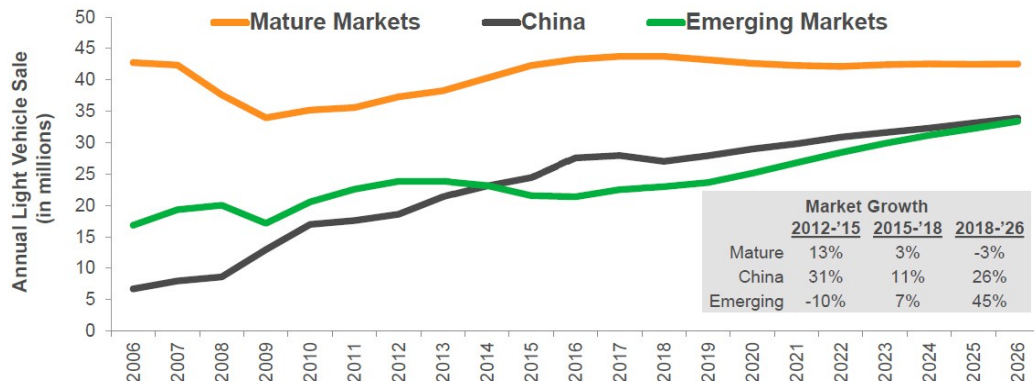
- 포화 상태인 북미·유럽 자동차 시장은 전기차·수소전기차로의 교체 수요 중심으로 유지되고, 확대되는 신흥국 자동차 시장은 내연기관 자동차 신규 수요 중심으로 성장

\* '18~'26년 사이 유럽, 미국 등의 선진국(Mature) 시장의 신차 판매는 3% 감소하는 반면 신흥시장(Emerging)의 신차 판매는 45% 증가할 것으로 전망(IHS Markit, 2019)

- 기관별로 다양한 시장전망을 제시하고 있으나, 적어도 향후 10년 이상은 고효율 내연기관차와 전기차·수소전기차가 공존할 것으로 예상하고 있음

\* '31년 기준 글로벌 신차 파워트레인은 순수 내연기관 46%, 마이크로 하이브리드 29%, 하이브리드 5%, 플러그인 하이브리드 7%이로 전망되며 이는 내연기관 탑재 자동차가 전체의 87% 이를 것이라는 의미(IHS Markit, 2019)

### Ⅰ '26년까지의 주요 지역별 자동차 신차 판매량 전망 Ⅰ



\* 출처: IHS Markit, Automotive Industry Outlook(2019)

### ■ 글로벌 완성차 업체도 친환경·고효율 내연기관차의 개발전략 수립 중

- 완성차 업체는 전기차·수소차 개발 계획뿐만 아니라 내연기관 로드맵을 수립하여 병행 개발 중
  - VW 및 BMW는 '25년 기준 70% 이상을 하이브리드 포함 내연기관 차량으로 운영할 계획이며, 도요타 및 Mazda는 내연기관의 효율성을 높이기 위해 최소 '25년까지의 로드맵을 공개
  - 현대자동차도 '18년 Smart Stream 엔진으로 전환 후 지속적인 내연기관 개발 로드맵 보유
- 내연기관 기술개발은 친환경·고효율이라는 목표 아래 진행되고 있으며, 이를 위해 다양한 기술 대안들이 경쟁적으로 제시되고 있음
  - 엔진 효율을 끌어올리기 위한 기술 개발 및 배출가스를 줄이기 위한 노력이 계속되고 있으며, 내연기관의 내구성을 높이기 위한 연구 또한 진행 중
  - 한편 내연기관차와 전기차의 장점을 결합한 하이브리드 시스템의 효율을 높이기 위한 연구도 진행 중이며, 이를 통해 내연기관의 활용 기간은 더욱 길어질 전망

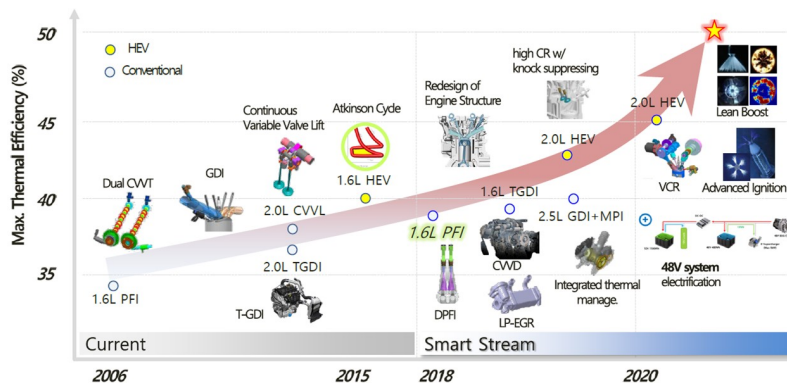
### ■ 글로벌 자동차 업체별 내연기관 개발현황

업체	개발 현황
TOYOTA	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ TNGA* 기반의 연비와 주행을 양립하는 고효율 Dynamic Force 엔진 개발 중</li> <li>- 2023년까지 도요타 차량의 80%에 적용, 열효율 목표 : 40%('15년) → 50%('25년)</li> </ul>
VW	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ '22년까지 22조 투자 (내연기관 연비 10~15% 향상 목표, '17.4월)</li> <li>- 내연기관은 여전히 시장 잠재력을 보유하고 있으며, 하이브리드 형태로 유지</li> </ul>
MAZDA	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ SPCCI** 연소방식을 적용하여 가솔린엔진 압축착화 최초 실용화 (SKYACTIV-X, '17)</li> <li>- 열효율 목표 : 40%('17) → 50%('20, 2세대 SKYACTIV), → 56%('25, 3세대 SKYACTIV)</li> </ul>
BMW	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 디젤 및 가솔린엔진은 각각 향후 20~30년간 유지할 것으로 전망하여 효율 개선 지속</li> </ul>

\* Toyota New Global Architecture : 플랫폼 하나로 여러 차종을 만들면서 핵심부품을 공유하는 방식

\*\* Spark Controlled Compression Ignition : 가솔린 엔진을 디젤엔진과 같이 압축착화하는 연소방식

### ■ 현대자동차의 내연기관 기술개발 로드맵



## ■ 친환경 시대의 생존을 위한 내연기관 관련 신기술들

- (마일드 하이브리드) 최근 차량연비를 향상시키는 신기술로써 대부분의 자동차 업체는 48V 마일드 하이브리드\* 시스템을 검토하며 기술개발에 주력하고 있음

\* 차량 구동을 내연기관이 주도하면서 48V 전기모터가 시동, 토크보조, 회생제동, 발전 등의 작동을 통해 차량연비 개선에 지원하는 하이브리드 시스템

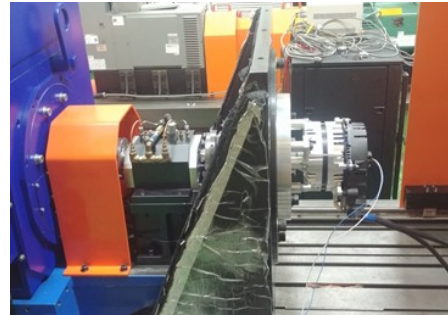
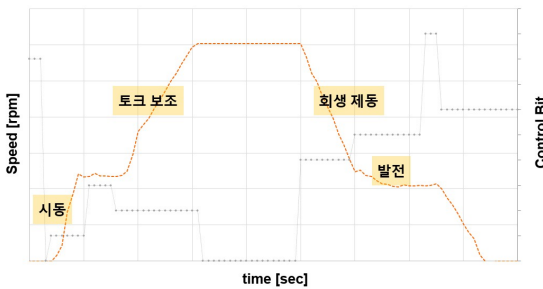
- 48V 하이브리드 기술 적용을 통해 연비 15% 이상 개선과 배출가스 저감이 가능하고, 비용 대비 효과가 우수하여 차기 환경규제 대응 기술로 자동차 업체가 양산 검토하는 신기술

\* '23년 전동화차량 판매대수 2,044만대 중 50% 이상인 1,060만대가 48V 시스템을 채용할 것으로 전망 (IHS)

- 한국자동차연구원도 스타터 제너레이터, 전동식 수퍼차저 등의 48V 하이브리드 핵심부품 개발에 활용 가능한 시뮬레이터 등을 기반으로 핵심부품 및 시스템 개발을 지원 중

\* 또한 48V 시스템의 시동, 토크보조, 회생제동, 발전 등의 작동모드에 따른 엔진 및 차량의 연비, 배출가스 분석을 통해 성능 최적화 개발 중

### ■ 48V 하이브리드 핵심부품의 작동조건별 성능 최적화 ■



- (가변시스템) 내연기관의 열효율 향상을 위해 완성차 기업마다 독자적인 가변시스템\*을 개발하여 경쟁력 확보

\* 차량 주행조건에 따라 가장 효율이 높은 조건에 엔진이 운전되도록 시스템을 가변 제어하여 연비·출력을 향상시키는 시스템

- (인피니티 가변압축터보 기술) 연소실 높낮이를 조절하여 엔진 운전 상태에 따라 스스로 압축비를 변경하여 성능과 효율을 동시에 향상

- (현대차 연속가변밸브드레이션 기술) 엔진의 작동 조건에 따라 흡기 밸브의 여닫는 타이밍을 최적화하여 엔진의 성능과 효율을 동시에 향상시키고 배출가스도 저감

- 한국자동차연구원은 내연기관 가변밸브시스템 기능 개발 및 가변 펌프, 가변 열관리시스템 적용 엔진 효율 개선 등의 연구를 수행 중이며, 부품업체의 개발부품 지원을 통해 기술 축적 중

- **(압축착화) 가솔린엔진에 압축착화를 구현하여 연비와 출력을 동시에 향상시키는 기술**
  - 일반적인 가솔린 엔진과 달리 압축공기에 가솔린 연료를 분사하여 착화하는 방식으로 디젤 수준의 연비와 가솔린 엔진의 장점을 동시에 활용 가능
  - HCCI(Homogeneous Charge Compression Ignition)이라고 불리는 이 기술은 현재 Mazda에서 일부 상용화하였으며 기존 대비 약 30%의 연비 향상·배출가스 저감 평가
  - \* 이 엔진은 SkyActiv-X라는 명칭을 갖고 있으며 '19년부터 Mazda 3 차량에 마일드하이브리드 시스템과 결합하여 탑재 중

**▶ 참고: 한국자동차연구원 추진 고효율·저배기 내연기관 R&D 과제 ▶**

**개발 현황**

- 내연기관 효율 향상을 위한 신기술 적용 엔진 시스템 최적화 개발 추진
  - ① 48V 마일드 하이브리드 시스템 및 전동화 부품 탑재 엔진/차량 연비 향상 기술
  - ② 과급/연료계/보기류/배기계 등 핵심 요소부품 개발 및 평가 분석 기술

---

- EURO-7, SULEV 등 차기 배기규제 대응을 위한 배기 성능 개발 추진
  - ① 포스트 배기규제 대응 복합 후처리시스템 국산화 개발 지원 및 미세먼지 저감을 위한 저감장치 저감효율 최적화
  - ② 열유체 해석을 활용한 후처리시스템 유동해석 및 최적설계
  - ③ 운행자동차의 미세먼지 저감장치 성능 인증 및 실도로 평가모드 개발

---

- 미세먼지 저감을 위한 저탄소 연료\*(CNG, LPG) 및 신재생 연료\*\*(바이오 에탄올) 등의 친환경 대체연료 엔진 성능 캘리브레이션 및 연료계 핵심부품 제어 기술
  - \* LPG 직접분사 연료시스템 및 천연가스 엔진 연료시스템 국산화 개발 지원 및 차량 성능 최적화 기술
  - \*\* 직접분사 에탄올 FFV 차량 SULEV 규제 대응 기술

**▶ 전기차·수소전기차 보급과 내연기관차 기술 개발을 위한 정책 지원 병행 필요**

- **전기차·수소전기차 등 자동차의 전동화 추세는 분명하나, 보급 속도 및 정책환경 변화에 따라서 내연기관의 중요성은 달라질 가능성이 높음**
  - (보급 속도) COVID-19에 따른 투자 재원 문제 등으로 전기·수소차 성장세가 조정될 경우, 각국의 내연기관 기술 경쟁이 상대적으로 부각될 가능성이 있음
  - (정책 환경) 국가적으로 CO<sub>2</sub>를 줄이기 위해 현재의 주행단계(Tank-to-Wheel) 기반의 정책에서 LCA 기반의 정책 전환을 준비 중이며, 이 경우 내연기관에 대한 평가 급변 가능
  - \* LCA(Life Cycle Assessment)는 기존 주행 중 오염물질 뿐만 아니라 제조단계에서의 배출량까지 더한 값이며, 일부 연구에서는 전과정평가(LCA) 결과 내연기관의 친환경성이 전기차에 비해 높은 것으로 평가되고 있음

**Ⅰ 최근 친환경차 보급에 관한 주요국 정책 변화 Ⅰ**

업체	정책 변화
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 자동차 평균연비·온실가스 규제 완화: 당초 연평균 5.0% 개선에서 1.5%로 대폭 완화하여 목표 확정 고시('20.3.31)</li> </ul>
EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ '20년부터 강화된 자동차 환경규제 적용 또는 미충족시 과징금 유예 등을 건의(유럽자동차협회 등)</li> </ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 신규 자동차 배출가스 기준(China 6) 전국 적용 시점('20.7월) 유예 건의(중국자동차협회)</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 보조금 지급대상 차종을 온실가스 저배출량 차량에 한정 또는 가솔린·디젤 등 모든 차종으로 확대 방안 검토 중</li> </ul>

- **전동화 중심의 산업생태계 전환이 가시화되는 가운데, 내연기관에서 전기·수소로의 전환을 위한 중간 단계로 고효율 내연기관 기술 개발 지원을 통한 국내 자동차산업 경쟁력 확보 필요**
  - (완성차업계) 온실가스 및 대기오염물질 저감을 위한 내연기관 기술 경쟁력 확보 및 전기구동기술·수소연료전지 기술 지원을 통한 미래산업 준비 병행
  - (부품업계) 장기적으로 자동차 경합을 축적한 내연기관 부품업체들의 단계적인 전기·수소차 분야 진출 및 업종 전환을 통해 기업 운영의 연속성 제고
  - (정부) 각국의 환경규제 및 정책에 따라 다양한 동력원이 공존할 것으로 예상되므로 특정기술에 대한 선택과 집중보다는 균형 있는 지원 정책 필요