열 추진 시스템 로드맵 2020

서술형 보고서

2021년 2월 | 버전 1.0

DISCLAIMER:
Translations of any materials into languages other than English are intended solely as a convenience to the non-English-reading public and are not legally binding. We have attempted to provide an accurate translation of the original material in English, but due to the nuances in translating to a foreign language, slight differences may exist. This translation is supplied to you on the understanding you have accepted this disclaimer and no liability is accepted by the APC for the use of the translation by you or any other party if the translation is found to contain inaccuracies.

면책고지
영어 이외의 언어로 번역된 모든 자료는 비영어권 일반 대중의 편의를 위한 것으로 법적 구속력이 없습니다. 당사는 영어 원문의 정확한 번역을 제공하기 위해 노력했지만 외국어로 번역할 때의 뉘앙스로 인해 약간의 차이가 있을 수 있습니다. 본 번역은 귀하가 이 면책고지를 수락했다는 조건하에 귀하에게 제공되며, 본 번역에 부정확한 내용이 포함된 것으로 밝혀질 경우에도 APC는 귀하 또는 기타 모든 당사자가 본 번역을 사용한 것에 대한 책임을 지지 않습니다.

automotive council UK

ADVANCED PROPULSION CENTRE UK

개요: 열 추진 시스템

내연 기관은 1900년대부터 자동차 추진의 기반이 되었지만, 더 엄격한 배출가스 규제를 충족하려면 열 효율 향상, 시스템 최적화, 하이브리드화 및 새로운 넷제로 탄소 연료에 초점을 맞춘 노력이 필요합니다.

- 일반적으로 브레이크 열 효율로 측정되는 엔진 효율은 마지막 TPS 로드맵이 2017년에 발표된 이후 계속 향상되어 왔습니다. 경량 차량의 경우, 엔진 효율은 2025년까지 48%, 2035년까지 53%에 도달할 것으로 예상됩니다. 대형 차량의 엔진 효율은 2035년까지 60%에 도달할 수 있을 것으로 예상됩니다.
- 미래의 열 추진 시스템에는 더 엄격한 GhG 배출 기준을 관리하고 전체 시스템 효율을 더 높이기 위해 일정 수준의 하이브리드화가 포함될 것입니다. 넷제로 연료가 선호됨에 따라 이미 탈 화석연료 추세가 급속하게 진행되고 있습니다.
- 경량 차량의 혁신에는 열 손실 감소를 위한 고급 코팅 및 재료 사용, 희박 연소 및 물 분사 등을 통한 연효 효율 향상, 통합 하이브리드 엔진 등이 포함됩니다.
- 이와는 대조적으로, 고유한 듀티 사이클과 파워트레인 아키텍처가 적용된 대형 차량의 경우, 혁신은 폐열 회수, 저온 연소 및 장기적으로 대체 연료 사용에 대한 적응에서 비롯될 가능성이 있습니다.
- ICE의 주요 이점은 높은 수준의 장비 재활용성, 낮은 LCA 영향 및 성숙한 재활용 및 재제조 산업의 중심 요소라는 점입니다. 엔진은 이미 전 세계적으로 탄소 중립 공장에서 제조되고 있습니다.
- 익숙한 생산 시스템, 확립된 재료 공급 및 ICE의 저원가 제조를 활용하고 화석 연료를 대체하는 지속 가능한 넷제로 대안을 찾기 위한 상당한 연구가 진행 중입니다. 넷제로 대체 연료는 2020 TPS 로드맵의 새로운 중심 내용이며 장기적으로 온실 가스 배출 및 대기질 목표를 달성하기 위한 핵심 요소입니다.
- 전문가를 대상으로 실시한 설문조사에 따르면, 2035년에 ICE와 BEV 간의 코스트 패리티가 달성되고, 기존 화석 연료가 대체 연료, 특히 바이오 연료와 수소로 급격하게 전환될 것으로 예상됩니다. 바이오 연료 및 전기 연료를 포함한 이러한 연료 중 일부는 현재 엔진에 사용되는 기존 연료 혼합물을 부분적으로 또는 완전히 대체할 수 있습니다. 엔진을 변경하면 더 광범위한 종류의 합성 연료를 사용할 수 있는 가능성이 열립니다. 업계 전문가들은, 지속 가능한 넷제로 특성을 갖춘 새로운 ICE 아키텍처가 머지 않아 달성될 수 있다고 확신합니다.
- 재활용 규정과 전체 수명 영향에 대한 고려는 분해 고려 설계와 재제조에서 부품 재활용 및 더 효율적인 생산에 이르기까지 공급망 전반에 걸쳐 광범위한 접근 방식을 장려하고 있습니다. 새로운 넷제로 연료 연소 시스템에 수명주기 원칙을 포함하는 것이 중요합니다.

이 보고서의 끝에 전체 용어 해설이 나와 있습니다.

서문 및 감사의 말

APC는 이 로드맵을 개발하고 발표하는 데 업계와 학계가 광범위한 지원을 제공한 것에 대해 감사를 드리고자 합니다.

제품 및 기술 로드맵의 갱신을 의뢰하고 지속적인 지원을 제공해주신 영국자동차협회에 감사드립니다.

이 작업은 BEIS(기업, 에너지 및 산업 전략부)로부터 상당한 지원을 받았습니다.

네빌 잭슨(Neville Jackson)
소속 기관:
영국자동차협회(UK Automotive Council)

첨단 추진 기관 센터(Advanced Propulsion Centre)가 업계와 긴밀히 협력하여 개발한 2020년 자동차 추진 기술 로드맵을 공유하게 되어 기쁩니다. 이러한 로드맵은 중요한 미래 목표를 정의하고, 미래에 탈탄소화되고 지속 가능성이 향상된 차량 사용을 달성하기 위한 가장 유망한 대안을 정의합니다. 이러한 로드맵은 특히 협업 혁신과 관련된 집중적 R&D 과제를 개발하는 데 필수적인 도구입니다.

로드맵은 영국자동차협회(UK Automotive Council)의 로드맵 원안에 기반해 있고 2017년 APC에 의해 더욱 발전되었습니다. 이들은 영국의 2050년 넷제로(net-zero) 달성 목표로 전환하는 것의 시급함을 반영하기 위해서 갱신되어 왔습니다. 추진 기술의 변화 속도는 최근 몇 년 동안 더욱 빨라졌습니다. 전기차가 늘어나고 배터리 가격이 이전에 예상했던 것보다 더 빨리 하락했으며, 연료 전지와 같은 대체 배출 제로 기술이 상당한 속도로 성숙하고 있어 수소를 포함한 연소용 청정 연료가 기존 화석 연료를 대체하기 위해 등장하고 있습니다.

그러나 변화 속도가 더 빨라져야 하므로 극복해야 할 문제가 상당히 많아, 더 집약적인 R&D가 필요하고 소비자에게 훨씬 더 매력적인 적절한 가격의 제품을 출시하는 상업화가 필요합니다. 2020년 기술 로드맵은 업계 전문가 설문조사 및 패널이 개발했으며 미래의 자동차 추진 목표, 기술 및 시간 척도에 대한 압축된 견해를 제공합니다.

이 보고서의 목표는 세계적 수준의 솔루션을 가속화하고 제공하기 위해 통찰력에 기반하고 공통 기술에 초점을 맞춰 자동차 부문을 지원하는 것입니다. 로드맵은 미래의 이동성 문제, 상품 운송 및 비포장도로용 차량의 연구 및 개발에 대응하기 위한 협업적 R&D 기회를 구축하는 데 중요한 정보 출처입니다.

크리스 브레이스 교수
바스 대학교(University of Bath), APC 스포크(APC Spoke)

열 추진 시스템은 2040년 이후에도 여전히 기술의 최선두에 있을 것입니다. 우리는 엔진이 가까운 미래에 여전히 중요할 것이라는 것을 알고 있지만 그때까지 엔진이 무엇을 연료로 사용할지 알 수 없습니다.

넷제로를 향한 전환은 연료를 빠르게 탈탄소화해야 함을 의미합니다. 현재의 차량을 위한 탄소 감소 연료는 이 작업의 중요한 부분입니다. 근본적으로 새로운 지속 가능한 연료로 더 많은 진전이 이루어질 수 있을 것이며, 이를 위해 새로운 효율적인 엔진 및 추진 시스템 기술을 개발할 것입니다.

저는 엔지니어링과 과학이 전 세계의 더 많은 사람들에게 청정하고 지속 가능한 모빌리티의 이점을 제공하는 데 도움이 될 수 있다고 매우 낙관합니다.

롭 모건 교수(Prof Rob Morgan)
브라이튼 대학교(University of Brighton), APC 스포크(APC Spoke)

이 로드맵은 2017년 버전과 달리 넷제로 목표 달성에 맞춰 내용이 구성되어 있습니다. 지속 가능한 연료로 급속하게 전환하는 것의 중요성은 지속 가능한 연료의 개발 과정에서 크게 부각되었습니다. 파워트레인의 미래 요구사항에 다양한 영향을 미치는 많은 연료 솔루션이 있을 것이며, 특히 장거리 화물운송과 같이 '전동화하기 어려운 부문'에서 탄소 배출을 빠르고 지속 가능하게 저감할 수 있는 대단한 기회가 있을 것입니다.

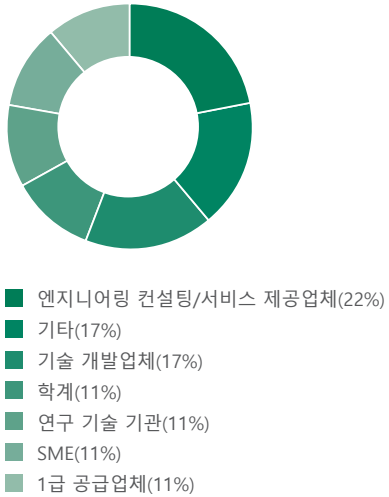
이 로드맵은 광범위한 산업 및 학계 전문가의 의견을 바탕으로 개발되었으며, 문제의 어려움과 복잡성을 고려하여 주목할 만한 합의가 이루어졌습니다. 저는 개인적으로이 프로젝트에 참여한 것을 영광으로 생각하며 로드맵이 해당 부문을 청정하고 지속 가능한 미래를 제공하도록 안내하는 데 도움이 되기를 바랍니다.

2020년 업계 전문가 온라인 설문조사에서 얻은 통찰

2035년에 BEV와 ICE 간의 코스트 패리티에 도달할 가능성이 있어 보임에 따라 연소 엔진에 사용되는 연료의 급격한 변화가 진행 중입니다.

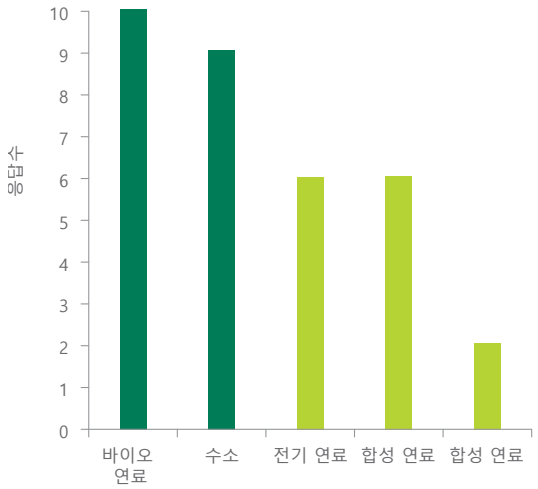
기술 설문조사 응답자

다양한 업계 전문가가 2020년 9월에 실시한 온라인 기술 설문조사에 응답했습니다.



어떤 연료가 2040년까지 연소 엔진 시장을 지배할 것으로 예상됩니까?

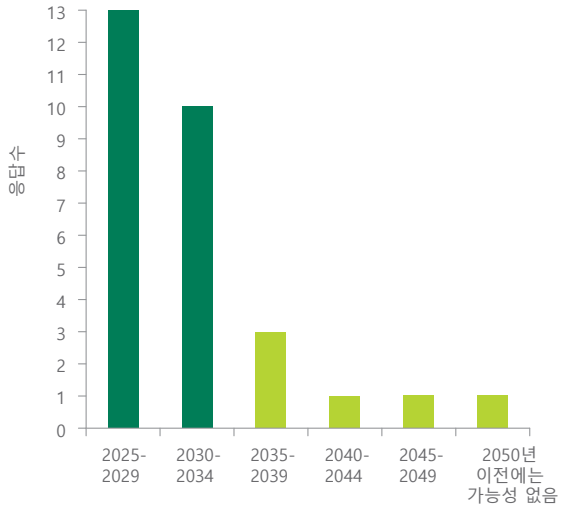
2040년까지 경량 차량용 연소 엔진 시장을 지배할 가능성이 가장 높은 연료는 바이오 연료와 수소입니다.



주의: 바이오 연료는 현재 바이오 폐기물 공급 제한으로 인해 대량으로 공급할 수 없습니다.

BEV와 ICE 간의 코스트 패리티는 언제 달성될 것입니까?

언제 BEV와 ICE 간의 코스트 패리티에 도달할 것인지 묻는 질문에 거의 80%의 응답자가 2035년 이전에 코스트 패리티에 도달할 수 있을 것이라고 대답했습니다.



주의: 양산 소형 승용차의 경우 코스트 패리티에 더 빨리 도달할 수 있을 것입니다.

경량 차량 및 대형 차량 애플리케이션용 기술 지표

대량 시장의 경쟁 환경에서 산업이 달성할 가능성이 있는 기술 지표.

브레이크 열 효율(BTE)

	2020	2025	2035
경량 차량	42%	48%	53%

	2020	2025	2035
대형 차량	47%	55%	60%

참고:

- BTE는 피크 브레이크 열 효율을 가리킵니다.
- BTE는 엔진 효율의 일반적인 지표입니다. 여기에 나와 있는 값은 동급 최고의 수치입니다.
- 단일 지점 피크 BTE 값이 표시되지만 이는 추진 기술 및 제품 애플리케이션에 따라 달라지는 실제 차량 효율의 정확한 지표가 아닙니다.

온실 가스 및 대기 질 규제 동인

정의된 동인 / 예상되는 동인

		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	...
경량 차량	CO_2e 배출	95g/km (NEDC)	-15% (WLTP)	PC -37.5% 및 Van -31% (WLTP)		넷제로 CO_2e 및 LCA 준수를 향해			
	오염과 자원	Euro 6d / EPA Tier 3	Euro 7 / EPA Tier 3			전체적인 환경 영향 법률(VOC, 자원 사용, 토지 사용) 및 LCA 준수			
대형 차량	CO_2e 배출	CO_2: VECTO 침투율	CO_2: -15%	CO_2: -30%		넷제로 CO_2e 및 LCA 준수를 향해			
	오염과 자원	Euro VI / EPA 2015 NRE Stage V	Euro VII / EPA 2015 NRE Stage V+	Euro VII + / EPA 2015 MY27 NRE Stage V++		전체적인 환경 영향 법률(VOC, 자원 사용, 토지 사용) 및 LCA 준수			

경량 차량 및 대형 차량 애플리케이션용 기술 지표

대량 시장의 경쟁 환경에서 산업이 달성할 가능성이 있는 기술 지표.

기술 지표

2020년에는 기술 지표가 로드맵의 목표를 대체하여 전진 방향과 이 기술에 대한 동급 최고의 성능을 측정하는 접근 방식을 제공합니다.

브레이크 열 효율(BTE)

	2020	2025	2035
경량 차량	42%	48%	53%
대형 차량	47%	55%	60%

브레이크 열 효율(BTE)

경량 차량과 대형 차량의 지표는 듀티 사이클과 기술 선택이 다르기 때문에 별도로 제공됩니다.

온실 가스 및 대기 질 규제 동인

정의된 동인 / 예상되는 동인

경량 차량	CO_2e 배출	95g/km (NEDC)	-15% (WLTP)	PC -37.5% 및 Van -31% (WLTP)	넷제로 CO_2e 및 LCA 준수를 향해
	오염과 자원	Euro 6d / EPA Tier 3	Euro 7 / EPA Tier 3	전체적인 환경 영향 법률(VOC, 자원 사용, 토지 사용) 및 LCA 준수	
대형 차량	CO_2e 배출	CO_2: VECTO 침투율	CO_2: -15%	CO_2: -30%	넷제로 CO_2e 및 LCA 준수를 향해
	오염과 자원	Euro VI / EPA 2015 NRE Stage V	Euro VII / EPA 2015 NRE Stage V+	Euro VII + / EPA 2015 MY27 NRE Stage V++	전체적인 환경 영향 법률(VOC, 자원 사용, 토지 사용) 및 LCA 준수

규제 요인

CO_2 배출, 오염 및 자원 규정의 변경은 TPS 로드맵에 나와 있습니다. 이러한 변경은 연소 엔진 기술의 개발 및 구현에 강하게 영향을 미칩니다.

경량 차량 및 대형 차량 애플리케이션용 기술 지표

대량 시장의 경쟁 환경에서 산업이 달성할 가능성이 있는 기술 지표.

일반 사항

예를 들어 엔진을 단일 최적화 포인트로 조정하여 최고 BTE를 더 높일 수 있지만, 이는 우리가 실제로 추구하는 목표, 즉 '넷' 듀티 사이클 효율을 달성하는 데 비실용적입니다.

시스템 효율을 정량화하지만 사용할 수 없었던 평균 드라이브 사이클 BTE 값이 선호됩니다. 최고 BTE는 궤적 개발 및 혁신의 지표를 제공합니다.

예측은 APC가 지원하는 워크샵을 통해 업계의 고위 전문가가 도출했습니다.

브레이크 열 효율(BTE)

	2020	2025	2035
경량 차량	42%	48%	53%

	2020	2025	2035
대형 차량	47%	55%	60%

경량 차량

제안된 연비 요건을 달성하기 위해, 엔진은 사용 가능한 연료 에너지를 더 효율적으로 사용해야 합니다. 엔진의 효율 수준에 관계없이 배기 및 냉각수 흐름에서 거부되는 연료 에너지의 상당 부분이 여전히 존재합니다.

일반적으로 브레이크 열 효율로 측정되는 엔진 효율은 마지막 TPS 로드맵이 2017년에 발표된 이후 계속 향상되어 왔습니다. 2026년까지 표준 4 행정이 48-50%의 BTE를 달성할 것으로 예상되며, 유기 랭킨 사이클(Organic Rankine Cycle) 원리를 적용하여 BTE가 추가로 52%까지 상승할 가능성이 있습니다. 현재 상용 엔진은 42% 이상의 최고 BTE를 달성할 수 있습니다.

대형 차량

대형 차량 파워트레인 효율은 계속 개선될 것입니다. 폐열 회수와 근본적으로 새로운 엔진 개념을 통해 상당한 발전이 있을 것입니다.

2026년까지 BTE 55%를 달성한다는 목표 하에, 압축 작업 감소를 위해 물 분사 기술에 기반하여 Euro VII 배출 기준 및 극초저공해자동차 기준(SULEV)을 준수하는 대형 화물차량용 생산 프로그램의 예가 있습니다. 일부 엔진 개발자는 ORC, 실린더 비활성화 및 기타 고효율 원리를 추가하여 2030년까지 BTE 60%를 달성한다는 목표를 갖고 있습니다.

				37.5% 및 Van -31% (WLTP)	
				전체적인 환경 영향 법률(VOC, 자원 사용, 토지 사용) 및 LCA 준수	
대형 차량	CO_2e 배출	CO_2: VECTO 침투율	CO_2: -15%	CO_2: -30%	넷제로 CO_2e 및 LCA 준수를 향해
	오염과 자원	Euro VI / EPA 2015 NRE Stage V	Euro VII / EPA 2015 NRE Stage V+	Euro VII + / EPA 2015 MY27 NRE Stage V++	전체적인 환경 영향 법률(VOC, 자원 사용, 토지 사용) 및 LCA 준수

일반 사항

GhG에 대해 정의되고 예상되는 성장 요인은 CO_2e(이산화탄소 환산량) 섹션에 나와 있습니다. 온실 가스의 양 및 종류와 상관 없이, CO_2e는 해당하는 지구 온난화 영향을 주게 되는 CO_2의 양을 나타냅니다.

NEDC: 1997년에 마지막으로 개정된 새로운 유럽 주행 사이클(New European Driving Cycle)은 승용차(경트럭 및 상용차 제외)의 엔진 배출 수준과 연비를 평가하도록 고안되었습니다.

WLTP: 세계 조화 경량 차량 테스트 절차는 기존 자동차와 하이브리드 자동차의 오염 수준, CO_2 배출 및 연료 소비와 완전 전기차의 주행 가능 거리를 설정하기 위한 국제적 표준입니다.

경량 차량

지표는 자동차 및 밴의 유럽 위원회 CO_2 배출 성능 기준(2020년부터 적용) 규정 문서에서 가져왔습니다. 승용차와 밴의 기준은 로드맵에 별도로 나열되어 있습니다.

오염과 자원은 자동차 제조에 점점 더 중요해지고 있는 다양한 천연 자원 고려사항을 지원하기 위해 별도의 범주로 제공됩니다. 여기에는 공기, 물, 토지, 생물 및 원재료가 포함됩니다.

경량 차량을 위한 Euro 6d 기준은 2020년 1월부터 모든 신차가 형식 승인을 받을 것을 요구하고 있고, 여기에는 질산화물(NOx) 함량 제한에 대한 실제 주행 배출가스 요건이 포함됩니다. Tier 3 기준은 미국 환경보호청(EPA)에서 채택한 일련의 연료 및 차량 기준을 의미하며, 캘리포니아 LEV III 기준과 긴밀하게 연관되어 있고 2017년에서 2025년까지 단계적으로 도입됩니다. 이 규제에서는 휘발유의 황 함량 제한을 강화합니다. 이 범주에서는 점점 더 엄격해지고 더 통합적인 천연 자원 규제가 예상됩니다.

대형 차량

GhG 및 오염 완화에 대한 유사한 접근 방식이 대형 차량에 요구됩니다. 유럽위원회에서 개발한 새로운 시뮬레이션 도구인 VECTO는 총차량 중량이 3.5톤을 초과하는 대형 차량(트럭, 버스 및 코치)의 CO_2 배출량 및 연료 소비량을 측정하는 데 사용됩니다.

일본 및 미국과 같은 다른 지역은 경량 차량과 유사한 연비 기준 또는 CO_2 기준을 선택했습니다. 예를 들어, 일본은 2015년을 기준으로 2025년까지 트럭의 연비를 평균 11.9% 개선할 것을 의무화하고 있습니다.

새로운 비도로 이동 기계류에서 사용되는 엔진에 대한 유럽 배출 기준(범주 NRE)은 Stage I ~ V 표준으로 알려진 점점 더 엄격한 등급을 가지고 있습니다. Stage V 규제는 입자 개수 배출에 대한 새로운 제한을 도입했습니다. PN 제한은 월-플로우 입자 필터와 같은 고효율 입자 제어 기술이 모든 해당 모든 엔진 범주에 적용되도록 고안되었습니다. 다른 변경 사항 외에도 Stage V 규제는 여러 엔진 범주에 대한 질량 기반 PM 제한을 0.025g/kWh에서 0.015g/kWh로 강화했습니다.

2035년부터는 대형 차량 및 비도로 차량에 점진적으로 엄격한 기준이 적용될 것으로 예상할 수 있습니다.

온실 가스 및 대기 질 규제 동인

경량 차량	CO_2e 배출	95g/km (NEDC)	-15% (WLTP)	PC -37.5% 및 Van -31% (WLTP)	넷제로 CO_2e 및 LCA 준수를 향해
	오염과 자원	Euro 6d / EPA Tier 3	Euro 7 / EPA Tier 3	전체적인 환경 영향 법률(VOC, 자원 사용, 토지 사용) 및 LCA 준수	
대형 차량	CO_2e 배출	CO_2: VECTO 침투율	CO_2: -15%	CO_2: -30%	넷제로 CO_2e 및 LCA 준수를 향해
	오염과 자원	Euro VI / EPA 2015 NRE Stage V	Euro VII / EPA 2015 NRE Stage V+	Euro VII + / EPA 2015 MY27 NRE Stage V++	전체적인 환경 영향 법률(VOC, 자원 사용, 토지 사용) 및 LCA 준수

로드맵 2020

열 추진 시스템

기술 로드맵

2020-2035년의 기술 지표는 1페이지에 나와 있습니다.

automotive council UK

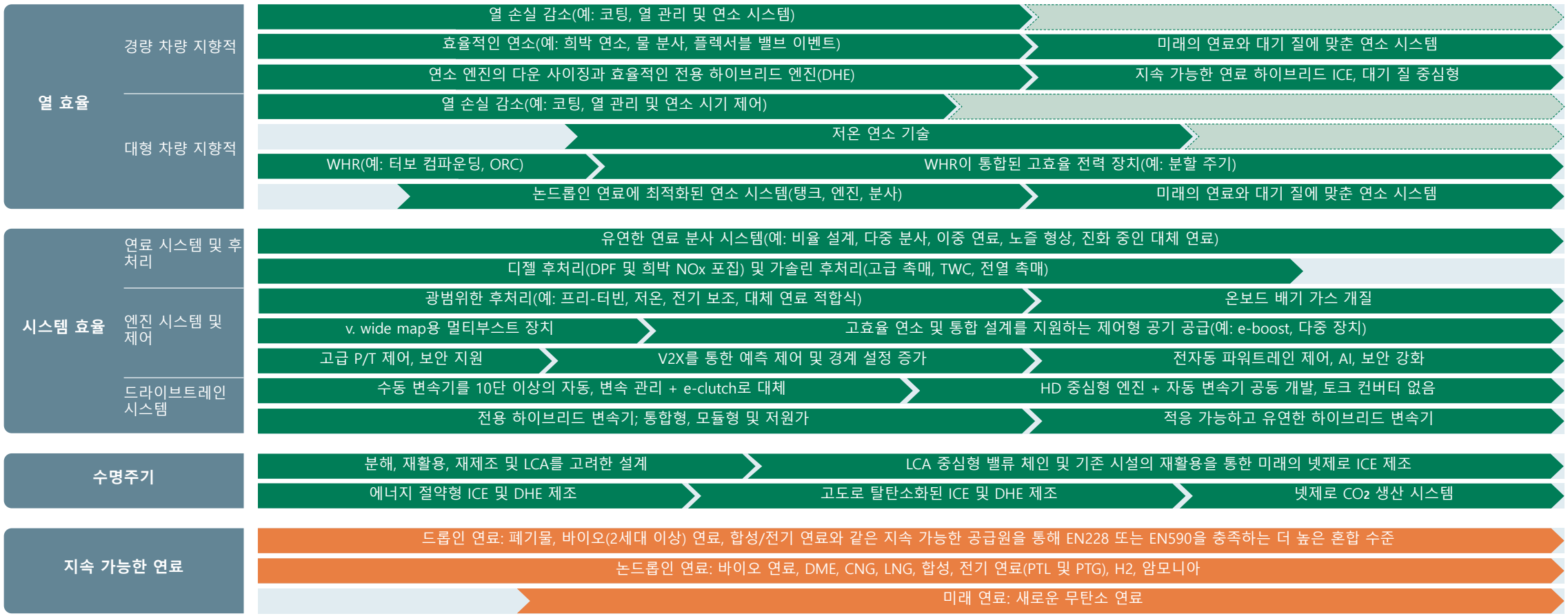
ADVANCED PROPULSION CENTRE UK

이 로드맵은 대량 시장에 채택될 것으로 예상되는 글로벌 자동차 산업 추진 기술을 시간순으로 요약한 것입니다. 특정 애플리케이션 맞춤형 기술은 지역마다 다를 것입니다.

진한 막대:
기술이 대량 시장에 적용되어 있습니다. 이 기간 동안 상당한 혁신이 예상됩니다.

전환:
전환은 시장에서 단계적으로 퇴출되는 것을 뜻하는 것이 아니라 R&D 강조점의 변화를 뜻합니다.

점선 막대:
시장 성숙 – 기술이 성숙 단계에 도달했습니다. 대체되는 분야에서 점차 사라질 때까지 대중 시장에 남아 있을 가능성이 있습니다.



기본적 기술 테마

열 효율

- 경량 차량 지향적
- 대형 차량 지향적

경량 차량 지향적: 이 섹션은 경량 차량 연소 기술 전용 섹션입니다. 경량 차량 부문에서는 연소 엔진 크기를 더욱 소형화하고 전용 하이브리드 엔진(DHE)으로 전환하는 것이 핵심 트렌드입니다.

대형 차량 지향적: HDV의 듀티 사이클 및 배출 요건은 경량 차량과 크게 다릅니다. 연소 기술의 개선 목표과 재설계된 구동 시스템 아키텍처는 단거리 및 장거리 주행 시 배출가스를 저감하고 연비 수치를 개선할 기회를 제공합니다.

시스템 효율

- 연료 시스템 및 후처리
- 엔진 시스템 및 제어
- 드라이브트레인 시스템

시스템 효율:

연료 시스템 및 후처리는 온보드 연료 공급과 CO_2 및 오염 완화 후처리를 위한 기술 변화 및 궤적을 더 명확하게 제시하기 위해 2020 로드맵에서 별도로 분리되어 있었습니다.

엔진 시스템 및 제어는 공기, 열 및 배기 가스 관리, 기생 손실 감소 및 파워트레인 제어의 발전을 통한 효율 개선을 다룹니다.

드라이브트레인 시스템은 열 추진 시스템이 감소된 속도/부하 범위에서 작동할 수 있도록 하여 효율과 배출을 상당히 개선할 수 있도록 합니다. 통합 및 하이브리드 변속기는 핵심 테마입니다.

수명주기

수명주기에는 TPS 부품의 에너지 집약도, LCA 영향, 자원 소비 및 재활용 밸류 체인이 포함됩니다. 분해 고려 설계, 재활용 및 재제조가 현재의 테마입니다. 전용 하이브리드 엔진과 새로운 넷제로 연료 연소 시스템에는 수명주기 원칙을 사전에 적용해야 합니다.

지속 가능한 연료

지속 가능한 연료: 지속 가능한 연료에 대한 새로운 섹션이 로드맵에 추가되었습니다. 연소 엔진은 연료 소비장치이므로 관련 배출 효과를 유발합니다. 엔진에 사용되는 연료를 처리하는 것은 배기 파이프의 배기와 미래의 넷제로 목표에 직접적으로 도움이 됩니다. 로드맵에는 세 가지 연료 테마(드롭인, 논드롭인 및 미래 연료)가 나열되어 있으며, 현재 사용 가능하거나 개발 중인 저탄소 및 넷제로 탄소 연료의 예가 있습니다.

열효율(경량 차량)

열 손실 감소, 효율적인 연소 및 하이브리드화는 특히 도심 차량의 경우 성능을 높이고 규제 요건을 충족하기 위한 핵심 전략입니다.

로드맵 2020

열 추진 시스템

기술 로드맵

- 열 효율
  - 경량 차량 지향적
  - 대형 차량 지향적
- 시스템 효율
  - 연료 시스템 및 후처리
  - 엔진 시스템 및 제어
  - 드라이브트레인 시스템
- 수명주기
- 지속 가능한 연료

	2020	2025	2030	2035	2040	...
1	열 손실 감소(예: 코팅, 열 관리 및 연소 시스템)					
2	효율적인 연소(예: 희박 연소, 물 분사, 플렉서블 밸브 이벤트)			미래의 연료와 대기 질에 맞춘 연소 시스템		
3	연소 엔진의 다운 사이징과 효율적인 전용 하이브리드 엔진(DHE)			지속 가능한 연료 하이브리드 ICE, 대기 질 중심형		

1

열 손실 감소

예를 들어 실린더 내의 가스에서 연소실 벽으로 전달되는 열의 손실 감소는 내연 기관의 열 효율을 개선하기 위한 핵심 기술 중 하나입니다.

세라믹 및 실리콘 기반 코팅과 같은 고급 코팅 및 재료는 열 손실을 줄여 열 효율을 개선하는 데 도움이 될 수 있습니다. 고급 코팅 및 재료는 고온의 높은 접착력, 내구성, 내식성 및 높은 부하 용량을 극복해야 합니다.

2

효율적인 연소

희박 연소란 내연 기관에서 연료를 과다량의 공기로 연소하는 것을 말합니다. 희박 연소는 연소 온도를 낮춰 열 손실을 줄이며, 제대로 이루어지면 NO_x를 매우 낮은 레벨로 저감합니다.

습식 압축에서는, 공기의 압축 과정에서 물방울의 증발로 인해 지속적인 냉각을 제공하는 흡입구에 물이 주입됩니다. 이는 잠재적으로 고효율을 제공하고 오염 물질 배출을 줄입니다.

유연한 밸브 이벤트에 의한 실린더 작동 중지는 연소 효율을 향상시키는 데 필수적입니다.

업계 데이터에 따르면 현재 48-50%의 BTE를 달성할 수 있습니다.

소프트웨어 및 제어가 향상됨에 따라 실린더 작동 중지 전략이 더욱 지능화될 것입니다. 실린더 한 개 또는 두 개를 켜고 끄는 현재의 접근 방식은 여러 개의 실린더가 주행 조건에 동적으로 반응하는 방식으로 발전할 것입니다.

3

연소 엔진의 다운 사이징과 전용 하이브리드 엔진

ICE의 다운 사이징은 이미 지정된 연료 전환 효율과 CO_2 배출 저감을 동시에 향상시키기에 매우 적합한 방법으로 인식되고 있습니다.

하이브리드화는 ICE에 통합되어 패키징 시너지 효과와 유연한 성능 이점을 제공하고 있습니다. 예를 들어, 말레(Mahle)는 고효율 2기통 또는 3기통 터보차저 가솔린 엔진이 통합된 완전한 통합형 플러그인 하이브리드 드라이브를 공급합니다.

앞으로 이러한 하이브리드는 넷제로 배출 기준을 충족하기 위해 지속 가능한 연료로 작동해야 할 것입니다.

열효율(대형 차량)

고유한 듀티 사이클과 파워트레인 아키텍처를 통해 폐열 회수, 저온 연소 및 미래 연료용 변경은 ICE 기술의 기회를 제공합니다.

로드맵 2020

열 추진 시스템

기술 로드맵

1 열 손실 감소

경량 차량의 경우, 고급 코팅 및 재료는 열 손실을 줄여 열 효율을 개선하는 데 도움이 될 수 있지만, 대형 차량에 적합한 듀티 사이클과 용도를 갖출 것입니다. 예를 들어 현재 개발 중인 세라믹 및 실리콘 기반 코팅은 고온의 높은 접착력, 내구성, 내식성 및 높은 부하 용량을 극복해야 합니다.

2 저온 연소 기술

저온 연소는 NO_x 및 매연 배출을 저감하는 동시에 더 높은 열 효율을 유지할 수 있는 최신 엔진 기술입니다.

예를 들어, 점화 전에 공기와 연료를 미리 혼합하고 희석된 혼합물을 반응시켜 NO_x와 매연 입자를 제로에 가깝게 저감하여 저온 연소를 달성할 수 있습니다.

3 폐열 회수 솔루션

연소된 연료 에너지의 대부분은 엔진 시스템에서 열로 손실됩니다. 폐열은 회수하여 열 동력으로 재사용하거나 전기로 변환할 수 있습니다(예: 온보드 배터리 충전).

폐열 회수를 사용하면 시스템의 동력 출력과 효율이 증가하고 배출이 감소합니다. 열 회수 시스템의 예로는 터보 컴파운딩 엔진과 ORC(Organic Rankin Cycle) 엔진이 있습니다.

4 연소 시스템

2020 TPS 로드맵에는 연소 엔진의 탄소 발자국을 줄일 수 있는 잠재적 논드롭인 연료가 나열되어 있습니다.

이들 중 일부는 저장 탱크, 분사 시스템 또는 엔진 내부 부품과 같은 기존 연소 시스템을 약간 또는 중간 정도 변경할 것을 요구합니다. 이는 ICE 탈탄 소화 및 넷제로 규정 준수로 가는 길을 제공합니다.

미래에 연료가 발전하려면 연소 시스템의 추가 조정 또는 변경이 필요할 것입니다.

연료 시스템 및 후처리

후처리는 매연 입자 및 NOx 배출을 저감하기 위해 계속 발전하고 있지만, 미래의 새로운 연료를 관리하는 방향으로 전환할 것입니다.

로드맵 2020

열 추진 시스템

기술 로드맵

열 효율

경량 차량 지향적

대형 차량 지향적

시스템 효율

연료 시스템 및 후처리

엔진 시스템 및 제어

드라이브트레인 시스템

수명주기

지속 가능한 연료

1 유연한 연료 분사 시스템(예: 비율 설계, 다중 분사, 이중 연료, 노즐 형상, 진화 중인 대체 연료)

2 디젤 후처리(DPF 및 희박 NOx 포집) 및 가솔린 후처리(고급 촉매, TWC, 전열 촉매)

2020 2025 2030 2035 2040 ...

1

연료 분사 시스템

연소 주기가 변화하고 새로운 연료가 도입되고 고효율 개선을 목표로 설정함에 따라, 분사 시스템은 계속 발전할 것입니다. 몇 가지 예가 나열되어 있습니다.

2

디젤 엔진과 가솔린 엔진의 후처리

배기가스 후처리의 발전은 점점 더 엄격해지는 NOx(PM 및 PN) 규제에 대한 해결책의 일부입니다. 앞으로 새로운 저탄소 및 넷제로 연료가 우위를 차지하여 2040년부터는 후처리에 대한 수요를 제한할 것입니다.

디젤 후처리의 예로는 DPF(diesel particulate filter), 희박 NOx 포집, 디젤 산화 촉매장치가 있습니다.

여과 기능 외에도, 가솔린 후처리의 예로는 가솔린 미립자 필터와 3원 촉매장치를 통해 가스 배출를 저감하는 데 기여하는 활성 촉매 코팅이 있습니다.

엔진 시스템 및 제어

엔진 시스템 및 제어의 광범위한 개선을 통해 기존 엔진의 발전과 더 새로운 설계의 출현이 지원될 것입니다.

로드맵 2020
열 추진 시스템

기술 로드맵

열 효율
- 경량 차량 지향적
- 대형 차량 지향적

시스템 효율
- 연료 시스템 및 후처리
- 엔진 시스템 및 제어
- 드라이브트레인 시스템

수명주기

지속 가능한 연료

1 광범위한 후처리

향후 폐열이 감소하더라도(특히 대형 차량의 경우) 광범위한 성능을 제공할 수 있는 시스템이 주목받고 있습니다. 장기적으로 온보드 개질과 CO_2 포집과 같은 매우 새로운 기술이 주료 대형 차량 부문에서 일정한 역할을 수행할 수 있을 것입니다. 2025년 이후 경량 차량에서는 더 좁은 엔진 작동 범위에 걸쳐 배출을 관리하는 데 초점을 맞출 것입니다.

2 부스트 장치 및 기술

부스트 시스템은 장치 결합을 통해 광범위한 효과적인 작동을 제공합니다. 이러한 장치는 재료 및 베어링 개발(고온, 저마찰)을 통해 지속적으로 개선되고 있습니다. 그런 다음 고전압(48V +)이 전동 부스팅을 광범위하게 적용하여 다중 장치 접근 방식을 보완할 수 있도록 합니다.

3 제어 시스템(파워트레인, 예측형, AI 내장)

더 스마트한 파워트레인 관리가 이미 연료 소비를 개선하고 있습니다. 이것은 곧바로 V2X 기반의 예측 제어, 복잡한 모델 기반 제어 및 알려진 도로/교통 상황에 의해 보완될 것입니다. 도시의 배출 제로 규정 준수를 유지하기 위한 적극적인 경계 설정은 엔진이 일시적으로 꺼지거나 초정정 모드로 작동하도록 할 수 있을 것입니다. 이외에도 특히 CAV와 함께 완전히 자동화된 제어 시스템이 가능합니다.

1 광범위한 후처리(예: 프리-터빈, 저온, 전기 보조, 대체 연료 적합식) → 온보드 배기 가스 개질

2 v. wide map용 멀티부스트 장치 → 고효율 연소 및 통합 설계를 지원하는 제어형 공기 공급(예: e-boost, 다중 장치)

3 고급 P/T 제어, 보안 지원 → V2X를 통한 예측 제어 및 경계 설정 증가 → 전자동 파워트레인 제어, AI, 보안 강화

2020 ▲ 2025 ▲ 2030 ▲ 2035 ▲ 2040 ▲ ...

드라이브트레인 시스템

변속기와 하이브리드화는 추진 시스템 효율을 구현하기 위한 필수 요소입니다. 공동 개발을 통해 이러한 효소를 최고 효율에 가깝게 운영할 수 있습니다.

로드맵 2020

열 추진 시스템

기술 로드맵

열 효율
- 경량 차량 지향적
- 대형 차량 지향적

시스템 효율
- 연료 시스템 및 후처리
- 엔진 시스템 및 제어
- 드라이브트레인 시스템

수명주기

지속 가능한 연료

1 변속기 및 토크 컨버터

변속기는 수동 변속기를 대체하는 스마트 수동 변속기 및 자동 변속기를 통해 최적의 엔진 작동을 가능하게 합니다(특히 경량 차량의 다중 속도 및 가변 속도). 장기적으로 경량 차량 변속기의 역할은 하이브리드화에 의해 변화될 것입니다. 대형 차량의 경우 공동 개발한 자동 변속기가 엔진 진화를 지원할 것입니다.

2 전용 하이브리드 변속기

하이브리드 시스템은 단기적으로는 전기적 및 기계식 저장 및 추진 지원을 추가하여 더 높은 에너지 회수율을 계속 제공할 것입니다. 더 높은 하이브리드화 수준에서, 최적의 엔진 작동을 위해 공동 개발된 엔진 및 하이브리드 시스템은 배출 저감과 고효율을 가능하게 합니다.

1 수동 변속기를 10단 이상의 자동, 변속 관리 + e-clutch로 대체 → HD 중심형 엔진 + 자동 변속기 공동 개발, 토크 컨버터 없음

2 전용 하이브리드 변속기; 통합형, 모듈형 및 저원가 → 적응 가능하고 유연한 하이브리드 변속기

2020 2025 2030 2035 2040 ...

수명주기

환경적으로 지속 가능한 제조는 모든 생산 공정, 원재료 및 공장 운영의 순영향 평가에 중요합니다.

로드맵 2020

열 추진 시스템

기술 로드맵

열 효율

- 경량 차량 지향적
- 대형 차량 지향적

시스템 효율

- 연료 시스템 및 후처리
- 엔진 시스템 및 제어
- 드라이브트레인 시스템

수명주기

지속 가능한 연료

1

재활용, 재제조 및 수명주기 평가

ICE는 재활용성이 높고, 성숙한 용도 변경 및 재제조 지원 산업을 갖고 있습니다. 다른 추진 기술에 비해, ICE 생산은 LCA 영향이 낮습니다.

재활용 규제 실행을 강화하면 수명 종료를 고려한 설계가 촉진됩니다. 수명주기 고려 사항이 적용됨에 따라, 더 광범위한 환경 영향이 재료 선택에 영향을 줍니다(예: 물 사용, 낭비, 전기 소비 등).

전 세계적으로 재제조 엔진의 대규모 시장이 있고, 미국과 아시아가 재제조 엔진 시장 점유율이 가장 높고 재제조 엔진 시장의 성장률이 가장 높습니다. 여기에는 제품 해체, 부품 교체 및 복원, 원래의 설계 규격에 따른 전체 제품과 개별 부품 모두의 테스트가 포함됩니다.

또한 새로운 넷제로 엔진 또는 전동화 시스템을 위한 ICE 제조 시설의 용도 변경이 향후 5년 내에 가속화될 것으로 보입니다.

2

에너지 절약 및 넷제로 제조

테일파이프 배출 가스 이외에 탈탄 소화의 핵심 요소는 파워트레인 생산으로 인한 기후 영향입니다.

제조 공장에서 소비되는 에너지에는 관련 탄소 발자국이 있습니다. 생산 공정의 에너지 사용 감소 및 넷제로 CO_2 생성을 달성하기 위한 지속적인 개선은 대다수 OEM의 공통적인 장기적 전략입니다. 엔진은 이미 전 세계적으로 탄소 중립 공장에서 제조되고 있습니다. 이것은 배터리 및 연료 전지와 같은 다른 추진 기술에는 해당되지 않습니다.

이러한 접근 방식은 고유한 재료 및 생산/조립 요구사항과 함께 미래의 넷제로 및 하이브리드화 엔진 부품으로 확장되어야 할 것입니다.

1 분해, 재활용, 재제조 및 LCA를 고려한 설계 → LCA 중심형 밸류 체인 및 기존 시설의 재활용을 통한 미래의 넷제로 ICE 제조

2 에너지 절약형 ICE 및 DHE 제조 → 고도로 탈탄소화된 ICE 및 DHE 제조 → 넷제로 CO_2 생산 시스템

2020 2025 2030 2035 2040 ...

지속 가능한 연료

기존 화석 연료에서 전환하는 것에 대해 성능 및 원가 경쟁력을 갖춘 솔루션을 제공하기 위해서 넷제로 탄소 드롭인, 논드롭인 및 미래의 연료 개발에 점점 더 초점이 모이고 있습니다.

로드맵 2020
열 추진 시스템

기술 로드맵

열 효율
- 경량 차량 지향적
- 대형 차량 지향적

시스템 효율
- 연료 시스템 및 후처리
- 엔진 시스템 및 제어
- 드라이브트레인 시스템

수명주기

1 드롭인 연료

드롭인 연료란 기존 연료에 추가할 수 없거나 기존 연료를 대체할 수 없고 기존 엔진 시스템에서 작용할 수 있는 저탄소 연료 및 넷제로 탄소 연료입니다.

전기 연료(전기 사용으로 생성되는)에서 생활 폐기물에서 생성되는 연료에 이르기까지 알려진 몇 가지 예가 나열되어 있습니다. 농업용 차량에 사용되는 바이오 연료(예: 바이오 메탄)는 현재 바이오매스 공급원에서 생성되지만 지속 가능한 식품과 열 공급원이 개발되어야 합니다. 합성 연료와 전기 연료는 실행 가능한 대안이지만 생산을 위해 재생 가능한 에너지 원에 초점을 맞출 필요가 있습니다.

2 논드롭인 연료

논드롭인 연료는 장비 변경이 필요하기 때문에 현재의 ICE 시스템을 직접적으로 대체할 수 없습니다. 변경 범위는 저장 탱크 또는 분사 장치의 간단한 변경에서 ICE 부품의 전체 변경에 이르기까지 다양합니다.

넷제로 탄소 논드롭인 연료는 디메틸 에테르(DME), 메탄올로 제조한 기체 연료, 수소(기체 또는 액체) 및 기타 여러 합성 또는 전기 연료를 포함한 더욱 다양한 연료 옵션을 제공합니다.

3 미래 연료

미래 연료는 현재 널리 사용되지 않고 있고 탄소를 배출하지 않는 주로 새로운 연료입니다.

새로운 연소 엔진 연료를 찾기 위한 노력의 일환으로, 익숙한 생산 시스템, 확립된 재료 공급 및 ICE의 저원가 제조를 활용하고 화석 연료를 대체하는 대안을 찾기 위한 상당한 연구가 진행 중입니다.

지속 가능한 연료

1 드롭인 연료: 폐기물, 바이오(2세대 이상) 연료, 합성/전기 연료와 같은 지속 가능한 공급원을 통해 EN228 또는 EN590을 충족하는 더 높은 혼합 수준

2 논드롭인 연료: 바이오 연료, DME, CNG, LNG, 합성, 전기 연료(PTL 및 PTG), H2, 암모니아

3 미래 연료: 새로운 무탄소 연료

2020 2025 2030 2035 2040 ...

용어 해설

약어	설명
AI	인공 지능. 일반적으로 인간의 지능이 필요한 작업을 수행할 수 있는 스마트 머신 및 알고리즘.
BEV	배터리 전기차
BTE	브레이크 열 효율은 크랭크샤프트에서 기본 엔진에 의해 유용한 기계적 일로 변환된 에너지의 양을 백분율로 나타낸 것입니다(변속기 및 드라이브라인 손실 제외).
CAV	커넥티드 자율 주행 차량은 자율 주행 차량과 관련된 다양한 수준의 자율성과 기술을 나타내는 포괄적인 용어입니다.
GhG	온실 가스는 대기에 열을 가두어 둡니다. 이산화탄소, 메탄, 아산화질소 및 불소화 가스가 온실 가스에 포함됩니다.
HDV	대형 차량
ICE	내연 기관
LCA	수명주기 평가. 제품 수명주기의 모든 단계(예: 원료 추출에서 가공, 제조, 사용 및 궁극적으로 재활용/폐기에 이르는)에 대한 환경 영향 평가.
ORC	유기 랭킨 사이클(Organic Rankine Cycle). 폐열에서 추가 동력을 생성합니다. 원리는 전통적인 증기 터빈과 유사하지만, 수증기 대신 유기 유체를 사용하면 몇 가지 성능 이점이 있습니다.
PM	미세 먼지는 공기 중에 부유하는 유기물 및 무기 물질의 고체 및 액체 입자의 복합적 혼합물을 가리키는 용어입니다. 한계는 오염 물질의 농도와 관련이 있습니다.
PN	입자 개수는 다양한 크기의 입자 개수를 포착합니다. 이것은 관찰된 건강 영향에서 입자 크기가 중요하다는 증거를 반영하는 것입니다.
TPS	열 추진 시스템. 엔진 또는 연료 전지를 열 및/또는 전기 시스템과 통합하여 휠에 전달되는 동력을 관리하고 폐에너지를 회수하여 성능과 효율을 개선하는 장치입니다. TPS의 주요 특징은 일차 에너지가 화학적으로(배터리처럼 전기 화학적으로가 아니라) 저장된다는 것입니다.
V2X	Vehicle-to-X는 모든 차량과 인프라 시스템이 서로 연결된 지능형 운송 시스템을 의미합니다.

이 보고서를 구상하고 작성하는 데 도움을 제공한 스펠 크리에이티브(Spell Creative) 및 마인드래프트(Mindraft), 그리고 APC를 대신하여 로드맵 산업 설문 조사를 수행하고 지원한 BMG 리서치(BMG Research)에 특별히 감사드립니다.

이것은 APC에 의해서 가능해진 업계 합의 로드맵입니다.

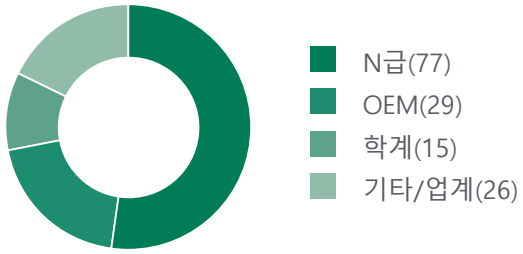
2020 로드맵 업데이트 기간 중의 기업 참여 요약

업데이트에 참여한 기업의 증가

109개의 산업 조직이 워크샵 및 인터뷰에 참여했습니다.

38개의 산업 조직이 온라인 설문 조사를 통해 참여했습니다.

총 147개 산업 조직 참여



국제적 참여를 통한 국제적 관점

오스트리아	싱가포르
벨기에	스웨덴
영국	스위스
독일	미국
네덜란드	웨일스
스코틀랜드	일본