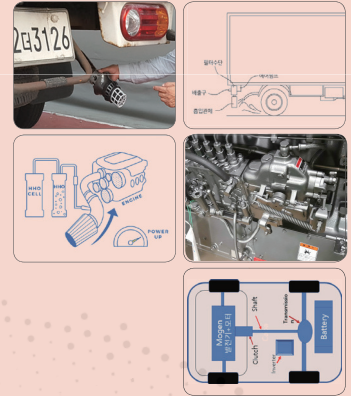


01호

해설이 있는

# 국민기술제안 인사이트

## INSIGHT



### 노후 경유차의 전기하이브리드 전환 기술



대통령 직속 자문기구인 국가기후환경회의는 미세먼지 문제해결에 필요한 국민의 아이디어 및 보유기술에 대한 창구 역할을 수행하는 「국민기술제안 자문 플랫폼」을 운영하고 있습니다.

이를 통해 국민의 미세먼지 해결 기술 제안을 적극 청취하고, 전문기관(연구개발, 특허, 인증, 사업화 등)을 통한 기술자문 및 대국민 서비스를 지원해 오고 있습니다.

본 ‘국민기술제안 INSIGHT’는 국민들이 제안한 미세먼지 문제 해결을 위한 기술아이디어 가운데 정책 반영 및 사업화 등이 필요한 아이템을 선별하여 심층적으로 분석하기 위해서 추진된 사업입니다.

앞으로, 다양한 국민들의 아이디어가 기술개발이 이루어지고 현장 적용이 확대되어 미세먼지 없는 푸른 하늘에서 숨쉴 수 있도록 적극 지원하도록 하겠습니다.

• 노후경유차 전기 하이브리드 전환 기술관련 국민기술제안 내용 •

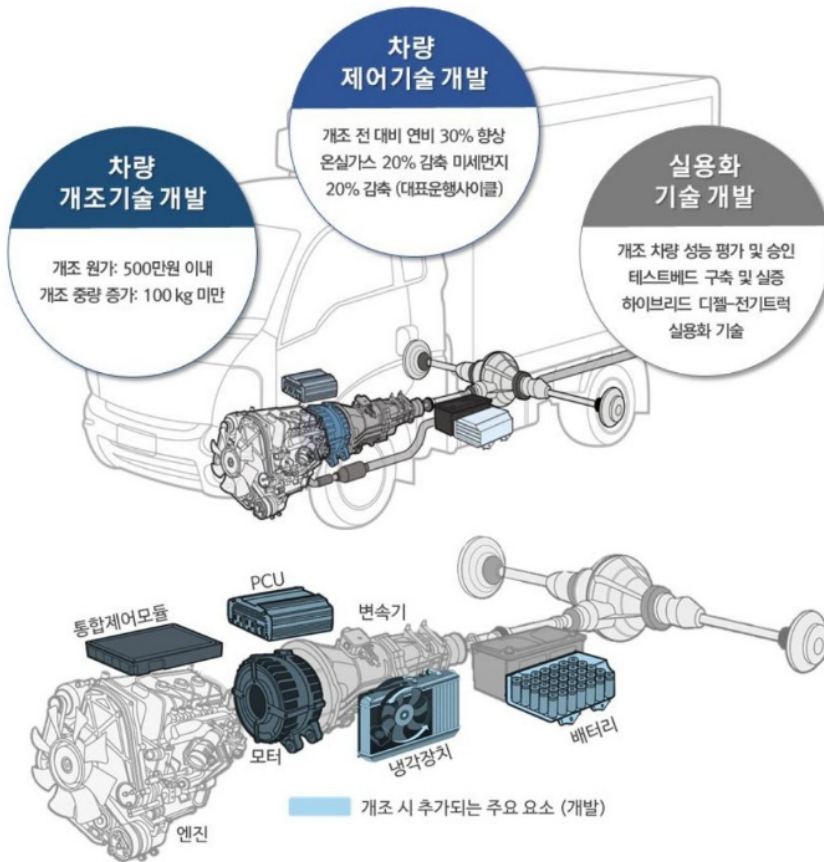
국민기술제안명 (제안시기, 제안자)	제안내용	주요사진
무충전 전기자동차 (19.8, 박*혁)	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부 충전 없이 차량 내부에 장착된 자가 발전 시스템으로, 충·방전이 지속적으로 이루어져 외부의 전기 충전 없이 무한의 거리를 주행</li> <li>수퍼 셀 리튬 배터리를 충전하여 지속적으로 방전시키며 모터를 구동하는 기술</li> </ul>	
차량 후미용 공기정화장치 (19.9, 남*욱)	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량 후미용 공기 정화장치는 차폭크기의 길이를 갖는 흡입구를 자동차 후미에 직접 장착 가능</li> <li>자동차 후미에 장착하여 타이어와 라이닝이 마모하면서 발생하는 미세먼지와 분진 머플러의 매연 등을 흡입 후 정화 배출시켜 미세먼지 저감</li> </ul>	
중소형 선박 디젤엔진 매연저감기술 (19.9, 송*권)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계식 연료제어장치를 제거하고 전자식 연료제어장치로 장착</li> <li>어선용 디젤엔진에 장착하는 매연 저감용 전자식 연료장치 개발</li> </ul>	
경유차 및 노후차량 배기가스 저감장치 (19.10, 방*환)	<ul style="list-style-type: none"> <li>자동차 머플러에 직접 부착하는 차량 미세먼지 저감 필터</li> <li>외부공기 흡입으로 장착된 팬을 돌려 머플러내의 배기가스를 강제배기시켜 배기가스를 저감</li> </ul>	
내·외연기관의 배출가스 개선 장치 적용 (20.2, 이*규)	<ul style="list-style-type: none"> <li>EGIS는 전기분해를 하여 생성되는 BROWN'S GAS를 내연기관 외연기관에 적용</li> <li>연소 효율을 획기적으로 높여 불완전 연소 시 발생하는 배출가스를 개선하는 장치</li> </ul>	

## 요약문

- ☑️ 신규 친환경 차량 보급과 운행 중 차량에 저공해장치를 부착하는 친환경화 대책을 제시함
  - 노후 경유차를 폐차하고, 친환경 전기차의 구매를 장려하거나 운행 중 차량에 매연저감장치를 부착함
  - 하지만 매연저감장치의 경우, 차량 성능의 저하 또는 대부분 차량이 미대상 차량으로 운행 중 차량을 대상으로 더욱 실효성 있는 대책 마련 필요함
- ☑️ 소형화물차의 전기화 기술개발이 필요함
  - 전기화 기술은 엔진과 모터를 구동에 사용하는 비율에 따라 구분되며, 국내에서는 내연기관 구동계를 전기 구동계로 완전 대체하는 기술이 개발됨
  - 하지만 고가의 개조비용으로 경제성 확보가 어렵고, 충분한 주행거리를 확보할 수 있는 기술 수준에 도달하지 못하여 시장 진출에 실패하였기 때문에 고효율·친환경·저가 보급형 전기화 기술의 개발 필요함
- ☑️ 하이브리드 디젤-전기 소형화물차 시스템 구축을 위하여 다음의 기술을 개발·적용함
  - (운행환경 분석기술) 실 소형화물차의 주행 빅데이터를 분석하여 주요 개조 부품의 설계 사양을 도출하고, 성능평가에 활용함
  - (동력계 구조 개조기술) 경유 엔진-플라이 휠-클러치-수동변속기-프로펠러 샤프트로 구성된 기존 내연기관 동력계 중 클러치와 수동변속기 사이에 소형 모터를 삽입함
  - (전력전자 체계) 삽입된 소형 모터에 전기에너지를 공급하기 위한 배터리와 전력 제어 장치를 개발함
  - (하이브리드 제어기술) 연비개선 및 배출가스 저감을 위하여 1) 유휴 시 엔진을 정지하는 공회전 제한 기술; 2) 저속 주행 및 가감속 등 내연기관 효율이 저감되는 구간에서 모터 혼용; 3) 회생제동하는 제어기술을 개발함
  - (부가장치) 추가 장치에서 발생하는 냉각 시스템, 엔진과 모터 간 동력 전환을 위한 자동화 클러치 그리고 운전자의 변속의도를 감지하기 위한 장치를 개발함

☑ 하이브리드 디젤-전기 소형화물차의 안전성 및 성능

- 개발된 하이브리드 디젤-전기 소형화물차 개조기술은 「자동차 관리법」에서 요구하는 성능 시험대행자의 안전성 확인시험을 통과함
- 개발된 기술은 안전성 확보 외 연비 30% 이상 및 배출가스 20% 이상을 개선할 수 있는 것으로 확인됨
- 실 환경에서 안전성 및 성능 확인을 위하여 실 물류 배송 환경에서 실증 중임



출처: 국토교통진흥원

[그림] 하이브리드 경유-전기 소형화물차 개조기술



# CONTENTS

1. 대기 환경오염 문제 배경	1
2. 국내외 대기 환경오염 현황	2
3. 국내외 노후차량 전환 기술 동향	6
4. 국내 소형화물차 시장 현황	10
5. 국내 소형화물차의 친환경화 지원 정책	13
6. 소형화물차의 전기화(Electrification) 기술	16
7. 하이브리드 경유-전기 소형화물차 개조 기술	21
8. 향후과제	24
9. 시사점	25



## 표목차

## 그림목차

[표 1] 배출가스의 종류	1	<그림 1> 초미세먼지 농도가 높은 국가순위	2
[표 2] 시판 중인 적재중량 1톤 이하 전기 소형화물차	14	<그림 2> 개도국의 대중교통 전기차 정책	4
[표 3] 매연저감장치 부착 지원사업	15	<그림 3> 파키스탄의 전기차 보급계획	5
[표 4] 소형화물차의 전기화 개조 기술 개발 사례	17	<그림 4> 파워플라자의 라보 전기 개조차 피스	6
[표 5] 해외 하이브리드 물류택배 차량	18	<그림 5> 화물차 전기차 개조를 위한 키트	7
[표 6] 전기자동차 튜닝을 위한 안전성 확인 기술검토 절차	23	<그림 6> 필리핀의 전기삼륜차 시제품	8
[표 7] 안전성 확인 시험항목	23	<그림 7> 인도 마힌드라의 전기릭샤 제품	8
		<그림 8> 태국의 첫 자율주행 전기특특	9
		<그림 9> 택배이용 횟수 추이	10
		<그림 10> 국내시장 택배물동량 추이	11
		<그림 11> 소형화물차(적재중량 1톤이하) 등록대수추이	11
		<그림 12> 소형화물차(적재중량 1톤이하) 차령분포('20년 초 기준)	12
		<그림 13> 소형화물차(적재중량 1톤이하) 차령별 차량대수('20년 초 기준)	12
		<그림 14> 소형화물차의 전기화 개조 기술 비교	17
		<그림 15> 구동계 추가 부품	21
		<그림 16> 차내 변경 내용	22







# 노후 경유차의 전기하이브리드 전환 기술

**장기태** 한국과학기술원 조천식녹색교통대학원 교수

**김유탍** 한국전지산업협회 연구기획팀장

운영 중인 노후 디젤 화물차의 연비개선 및 미세먼지 배출 저감을 위하여 고효율·친환경·저가보급형 디젤-전기 하이브리드 화물차 개조 기술을 개발

## 1. 대기 환경오염 문제 배경

- ☑ 최근 각종 운송수단에서 배출되는 미세먼지를 포함한 대기 환경오염 문제가 국내에서 사회적 문제로 대두되면서 현 운행 중 차량의 배출가스를 저감하는 기술개발의 요구가 증가하고 있으며, 자동차에서 배출가스 중 대표적인 오염물질은 미세먼지, 온실가스 등이 있음
- ☑ **탄화수소계 화석연료<sup>1)</sup>**에 의존하는 내연기관의 경우, 완전 연소시 산소와 결합하여 수증기와 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 생성하며 이외 불완전 연소로 인한 여러 유해물질이 배출됨

[표 1] 배출가스의 종류

구 분	특 징
온실가스 (Green house Gas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기 중 기체 상태의 물질로 지표면에서 우주로 발산하는 적외선 복사열을 흡수 또는 반사하는 기체로 대표적으로 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>) 등이 있음</li> <li>• 국내 교통분야에서 국내 온실가스 전체 배출량의 17.3%가 배출됨(IEA, 2019)</li> </ul>
미세먼지 (PM, Particulate Matter)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기 중 떠다니거나 흩날리는 입자상 물질 중 입자크기가 매우 작은 미세먼지를 지칭하며, 지름이 10<math>\mu</math>m보다 작은 미세먼지(PM10)와 지름이 2.5<math>\mu</math>m보다 작은 초미세먼지(PM2.5)로 구분됨</li> <li>• 국내 미세먼지 총배출량 중 도로이동오염원의 비율은 PM10의 경우 12%, PM2.5의 경우 16%를 차지함(환경부, 2016)</li> </ul>
기타 배출가스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기타 배출가스로는 일산화탄소(CO), 탄화수소(CH), 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 납화합물 등이 있으며, 이중 질소산화물은 대기 중 오존(O<sub>3</sub>) 등과 반응하여 2차 미세먼지가 됨</li> </ul>

- ☑ 국내 화물차는 총 3,599천 대이며, 이중 약 93.4%인 3,363천 대가 경유를 연료로 사용하는 차량임('20.1. 국토교통부)
- ☑ 경유 엔진은 연소실에 공기를 흡입, 압축한 이후 연료를 분사, 연소시키는 방식으로 출력의

1) 탄소와 수소로 구성된 유기화합물 기반의 지하매장 자원을 이용하는 연료

증대가 상대적으로 수월함

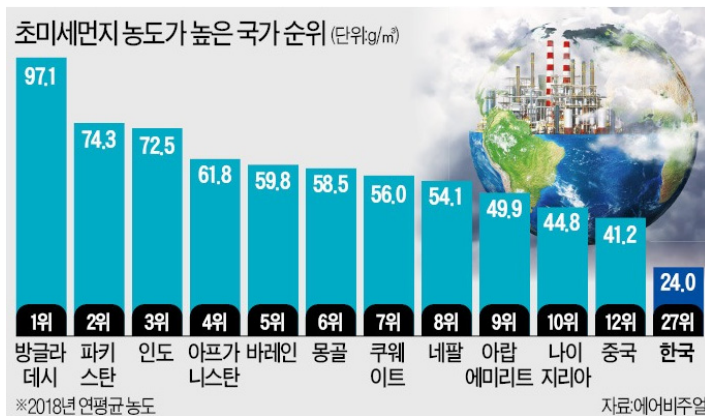
- 적은 연료소비율과 낮은 사용 연료 가격으로 인하여 경제성이 높은 편임
- 고출력의 경제적 운송이 필수적인 화물 운송에 널리 활용됨

☑ 하지만 경유 엔진의 압축 착화 방식은 연료와 공기의 불균일 혼합이 발생할 수 있어 **불완전 연소에 의한 배출가스<sup>2)</sup>**비율이 높아질 수 있음

## 2. 국내외 대기 환경오염 현황

### ☒ 해외 주요도시의 대기오염 현황

☑ 초미세먼지 농도(2018년 연평균 기준)가 높은 순으로 세계 도시 상위 100곳 중 99곳이 아시아이며, 이들 국가의 미세먼지 발생원인 중 오래된 디젤자동차, 오토바이, 오토바이를 개조한 삼륜차 및 툽툽 등 서민의 교통수단임



〈그림 1〉 초미세먼지 농도가 높은 국가순위

- 2) - 불완전 연소는 내연기관의 연소 시 산소공급 불충분으로 인하여 발생하며, 경유 엔진 내 착화 방식이라는 특징으로 인하여 불완전 연소가 빈번히 발생
- 경유 엔진은 고출력의 경제적 운송을 요구하는 화물 운송에 널리 활용. 하지만 화물의 적재·운송을 위하여 많은 양의 경유를 소비하여 배출가스의 주요원인 중 하나로 인식
  - 전국 도로에서 배출되는 PM2.5는 11,932톤이며, 이중 69%인 8,233톤이 화물차에서 배출되는 것으로 조사(환경부, 2016)
  - 경유 화물차에서 배출되는 배기가스의 감축 차원에서 대책 마련 필요

- ☑ 인도의 수도 뉴델리는 '세계에서 가장 대기 오염이 심한 도시'로 특히 2018년 10월25일부터 11월 3일까지 열흘간 '최장·최악'의 공기질을 보이고 있음

  - 이 기간 초미세먼지 농도는 평균  $509\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 세계보건기구(WHO)의 권고 수준  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 50배를 넘었음
  - 일부 지역은  $1,000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 일시적으로 넘어 학교엔 휴교령이, 인디라 간디 국제공항에서는 37편의 항공기가 우회하고 있음
- ☑ 파키스탄의 2대 도시 라호르는 18년 10월 PM2.5(지름  $2.5\mu\text{m}$  이하의 초미세 먼지) 농도가 최고  $829\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었으며, 이는 세계보건기구(WHO) 기준치  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 16배에서 33배에 이르는 수치임

  - 2019년 5월 기후변화에 관한 정부 부처회의를 주재한 자리에서 전기 자동차 공장설립 및 시장 확대를 강조, 2030년까지 전국에서 운행되는 모든 차량의 30%를 전기자동차로 전환하는 목표로 설정함
- ☑ 태국 방콕은 공기질 나쁜 도시 글로벌 순위에서 24위를 차지하고 있음

  - 2017년 1월 방콕의 시청 인근 등 일부 지역 초미세먼지 농도가 평방미터( $\text{m}^3$ )당  $170\mu\text{g}$ 을 넘어서는 등 안전 수준인  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 3배 이상임
  - PM2.5 오염물질 발생은 디젤차량 사용(52%), 쓰레기 또는 경작지 소각행위(35%)가 주요인이며, 그 밖에 중공업과 발전소발생 오염 물질에서 비롯된다고 분석(Bangkok Post)함
  - 태국의 경우 코트라가 인용한 AIT(Asian Institute of Technology)대학교 연구결과에 따르면 PM2.5 오염물질은 디젤차량사용(52%)에서 절반 이상 발생함
- ☑ 필리핀 동남아시아에서 가장 미세먼지가 적은 국가로 밝혀져 있음

  - 국제환경단체 그린피스가 발표한 '2018 세계 대기질 보고서'에서 필리핀은 초미세먼지 (PM2.5) 수치가  $14.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 주변국 대비 비교적 낮음
  - 정부차원에서 환경 개선을 위한 다양한 활동을 시행하고 있는데 지난 해는 보라카이를 자연 파괴 문제로 폐쇄하고 6개월간 관광객을 받지 않아 주목을 받은 바 있음
  - 최근 필리핀 대기오염의 주범으로 지목 받는 '지프니'를 친환경 전기 지프니로 대체하겠다고 발표함

## 동남아시아 대기오염 현황

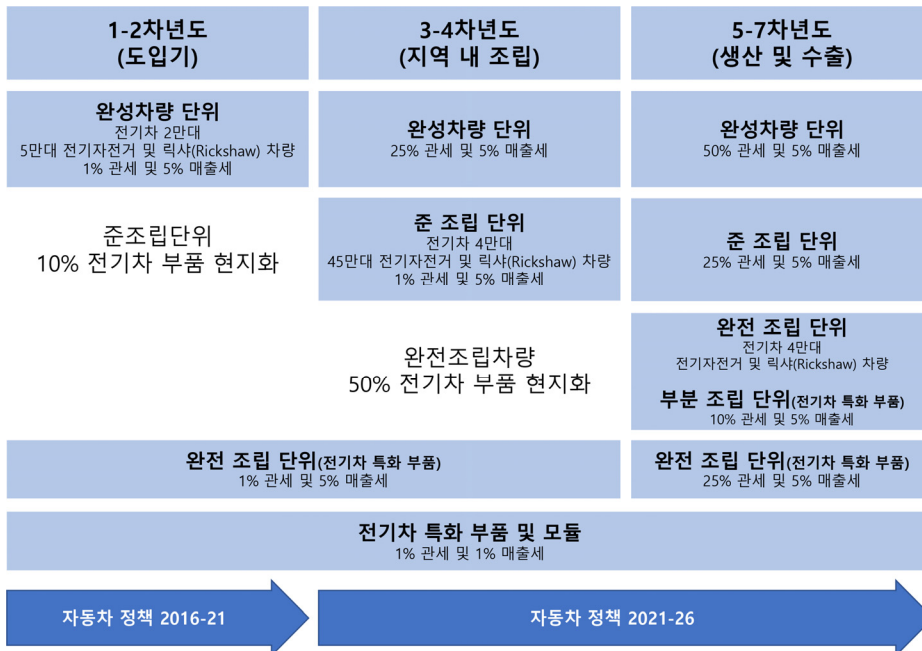
- 동남아시아 주요 6개국의 2018년 신차 판매 대수는 357만대로 10년 전과 비교해 70%증가함
  - 특히 태국·인도네시아·인도 3개국의 2016년 기준 자동차 보급대수는 8400만대로 10년 전에 비해 2.6배 증가함
  - 자동차 보급이 아시아 대도시의 대기오염 및 교통체증으로 이어질 수 밖에 없으며 대기오염은 관광객 감소의 우려도 불러옴
  - 이 같은 환경들이 아시아 대도시 대중교통 수단을 친환경으로 바꾸는 직접적인 원인이 됨



〈그림 2〉 개도국의 대중교통 전기차 정책

- 최근 인도, 인도네시아, 태국, 필리핀, 파키스탄 등 아시아 국가들은 전기차 생산과 보급을 위한 정책을 발표함
  - 인도정부는 2030년부터 전기자동차 판매만 허용하는 것을 목표로 2022년까지 3년 동안 1,000억 루피(약 1조 6천억 원)를 투입하여 전기차 보급을 지원함
  - 2019년 기준 인도 전기자동차 판매 비중은 0.06%로 다른 국가보다 미흡한 편이지만, 최근 대기오염 완화를 위해 지역단위 전기자동차 생태계 구축에 관심이 증대함

- ☑ 인도네시아는 2025년까지 40만 대의 전기자동차가 생산될 것으로 전망하며, 이는 전체 자동차 생산 대수 추정치인 200만 대의 20% 수준임
  - 전기차, 전기 오토바이 생산량을 늘림으로써 연료 소비를 줄이고 연료의 수입 의존도도 낮출 수 있을 것으로 기대됨
  - 해당 산업이 인도네시아 산업에 제대로 정착되면, 약 798조 루피아의 비용이 절감될 것으로 전망됨
- ☑ 태국은 2017년 3월부터 전기차 산업 촉진을 도모하면서 투자 기업에 혜택을 제공해옴
  - 더불어, 2036년까지 전기차 120만대 운행 목표와 함께 충전소 690곳을 설치한다는 계획을 세워 추진중임
- ☑ 필리핀 정부는 “2020년까지 100만대의 전기차를 보급한다”는 계획을 발표하고 관광지의 매연과 소음, 연료 수입을 지속적으로 감소시키고 보급을 위해 보조금도 지급을 준비중임
- ☑ 파키스탄 정부는 2040년까지 전체 자동차 신규 판매대수의 90%를 전기 자동차가 차지하는 목표를 설정함
  - 2020년부터 10만 대의 새로운 전기자동차를 출시, 2030년까지 연간 6만 대의 신규 전기 자동차를 생산하고 이는 전체 자동차 판매대수 중 30%임



<그림 3> 파키스탄의 전기차 보급계획

### 3. 국내외 노후차량 전환 기술 동향

#### ☐ 국내 주요 기술동향

- ☑ 국내 노후 디젤차량 개조의 경우 전자상거래의 활성화로 인해 택배용 소형화물차에 대한 수요가 증가중임
- ☑ 한국교통연구원의 화물운송시장 실태조사 자료에 따르면, 최근 5년간 등록된 화물차의 약 95%가 디젤 차량임
  - 화물차량 등록 대수는 2011년 95.0%, 2012년 94.6%, 2013년 92.6%, 2014년 97.1%, 2015년 95.7%임
- ☑ 경유 차량의 경우 빈번한 정차 및 가·감속으로 인한 복합연비 (9km/l 내외)대비 낮은 운행연비(일평균 3.0km/l)는 물류비용 상승의 중요 원인임
  - '14년 전체 국가물류비의 71.2%를 수송비가 차지하였으며, 이 중 도로운송비가 96.5%를 차지함
  - 경유 차량에 의해 발생하는 미세먼지 배출량은 전국 도로이동에 따른 총 배출량의 약 62%인 12,969톤임
- ☑ 국내의 경우 GM대우의 라보를 대상으로 전기차 개조사업과 1톤 전기트럭 개조 기술개발 사업을 추진해 현재 상용화 중으로 파워플라자에서는 GM대우 라보(0.5톤 적재)의 개조 전기차인 라보 Peace를 개발함
  - 이는 2014년 11월 서울시의 대기질 개선사업(전기트럭 실증사업)에 홍보용으로 활용되었고, 현재도 지자체의 보조금으로 판매중임
  - 무게는 840kg, 26kW 인덕션 모터를 사용하고 17.8kwh의 리튬배터리를 장착, 5단 수동 변속기로 1회 충전기준 67.5km 주행이 가능하며, 완전충전까지의 시간은 7~8시간이 소요, 가격은 3,780만원에 판매중임



〈그림 4〉 파워플라자의 라보 전기 개조차 피스



- ☑ 환경부에서는 소형화물 택배 차량을 전기자동차로 개조하기 위해 ‘도심형 소형화물 택배 차량의 전기자동차 개조 및 실증’ 사업을 2013년부터 추진을 통해 차량개조 키트 등을 개발함
  - 적재중량 1톤의 소형택배차량을 전기자동차로 개조하여 1회충전거리 140km 이상, 하·동절기 냉난방 가동조건에서 70km, 최고속도 100km/h 이상 성능 구현을 위한 개조키트 개발사업임
  - 최고속도는 111.8km(화물적재 500kg, SOC 25% 이하), 등판능력은 30%(화물적재 500kg, SOC 25% 이하), 가속성능(0~80km)은 19.8초(화물적재 320kg, SOC 25% 이하)임
  - 모터는 AC 3상 유도전동기(50kW(공칭), 100kW(최대)), 배터리 팩은 Lithium ion Polymer(330V, 43kWh급), BMS(Master/Slave) 포함, 단상 220VAC, 6.6kW임



〈그림 5〉 화물차 전기차 개조를 위한 키트

## ☑ 해외 주요 기술동향

### 가. 필리핀의 전기삼륜차

- ☑ 해외 기술동향 일본인 컨설턴트인 Itchiro Hatayama가 개발한 것으로, 필리핀 환경부가 주최한 E-tricycle 공모전 우수작으로 선정됨

- 해외 기술동향 안전성, 기능성, 생산의 용이성 측면에서 보완했고, 지형, 승객 수, 트라이시클 운행 환경 또한 고려, 운전자가 수익을 최대화할 수 있도록 광고 공간을 마련함



〈그림 6〉 필리핀의 전기삼륜차 시제품

- ☑ 필리핀 에너지부는 전기삼륜차 대량 공급을 위해 배터리는 3.3kWh, 모터는 5kW, 승객은 5인승, 내부충전기, BMS, 안전장치 등 규격을 제정(사이즈는 폭 1,470mm, 높이 1,885mm, 길이는 3,300mm)함
- 충전기는 4~6명 기준으로 급속(90kW)과 완속(40kW)으로 구분, 완전 충전까지는 6~8시간이 소요되며, 급속충전은 20분 소요, 충전요금은 11PhP/kWh임
- Sun E-trik 사는 태양광을 이용한 전기삼륜차 개발을 추진중이며, 최대 22인승의 디젤 지프니를 전기차로 개조하기 위한 기술개발이 추진중임

#### 나. 인도의 전기릭샤

- ☑ 인도의 10대 전기릭샤(E릭샤) 제조 메이커에는 마힌드라, GMW(Gayam Motor Works), 투크랄 E바이크, 퀸 E릭샤(Queen E-Rickshaw) 등이 있음
- ☑ 마힌드라의 첫 출시제품은 4인승 e2o 모델이며 후에 e-Veirto, 현재 Supro의 전기차 버전과 삼륜차 모델을 출시함



〈그림 7〉 인도 마힌드라의 전기릭샤 제품



- ☑ 인도의 전기릭샤는 납축전지와 리튬전지를 사용하고 있으며, 사용 수명은 5년 정도로 배터리에 대한 수입의존도가 높아, 정부는 배터리 개발을 위해 자동차연구회와 파트너십을 구축함
  - 민간차원에서 일본 기업 도시바·텐소 등과 마루티 자동차가 함께 리튬이온 배터리 공장을 건설할 예정이며, 이를 위해 기술 협력 협정을 체결하고 구자라트 지역에 1억8000만 달러를 투자할 예정임
  - 테슬라는 인도에 전기차 공장 건설을 적극적으로 검토하고 있으며, 인도를 중국에 대항하기 위한 전략적 입지로 판단하고, 인도 정부와 긴밀히 협력중임
  - 일본 스즈키자동차는 1억8000만 달러(약 2038억원)를 투자해 인도에 배터리 공장 설립을 추진중임

#### 다. 태국의 전기특특

- ☑ 2019년 카셋삿 대학교는 태국 에너지부 의뢰로 내연기관 특특(TukTuk)을 전기 특특(TukTuk)으로 개조하는 기술개발 프로젝트 진행을 완료함
  - 내연기관 엔진 제거, 전기모터로 교체 후, 하부 새시를 제외한 모든 프레임 탈착, 재가공 후 배터리팩 장착 및 시운전을 통한 호환성을 검증함
- ☑ 'Airovr'라는 스타트업에서 자율주행이 가능한 전기 특특(TukTuk)을 선보였으며 도로 시험 주행함



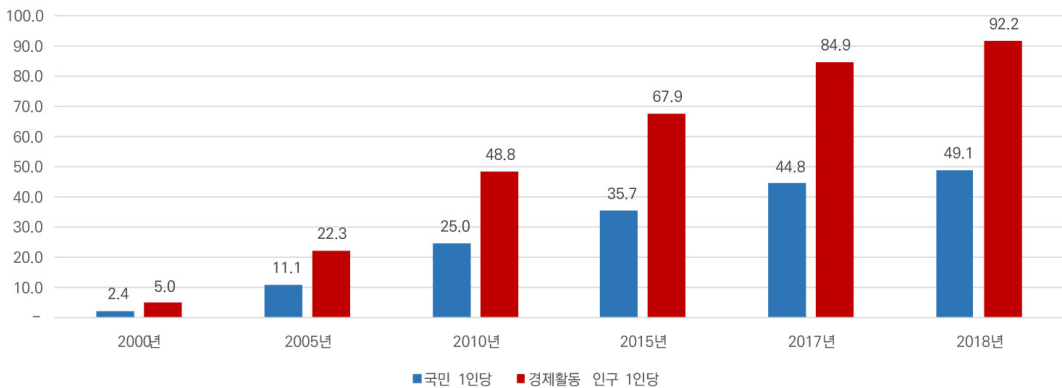
〈그림 8〉 태국의 첫 자율주행 전기특특

- ☑ 다수의 디젤특특 제조기업이 전기특특 개발을 위해 기술개발을 추진중이며, 중국 모터, 컨트롤러, 배터리를 활용한 제품개발을 추진 중임
  - 아난(Anan)의 태국 특특은 1998년부터 납축전지를 적용한 전기특특을 개발하고 있으며, 중국산 리튬배터리를 적용중임

- ASM-Siam은 연간 100대의 골프카트를 생산하는 기업으로 일본으로 판매하는 전기특특 모델을 주력으로 생산중이며, 현재는 특수유리섬유매트(AGM: Absorbent Glass Mat) 납축 전지를 이용중임
- Loxley는 자체 디자인 제품을 개발하여 판매중이지만, 배터리 가격 비중이 높으며, 태국과 일본에서 제작된 골프카트와 전기특특을 판매중임

#### 4. 국내 소형화물차 시장 현황

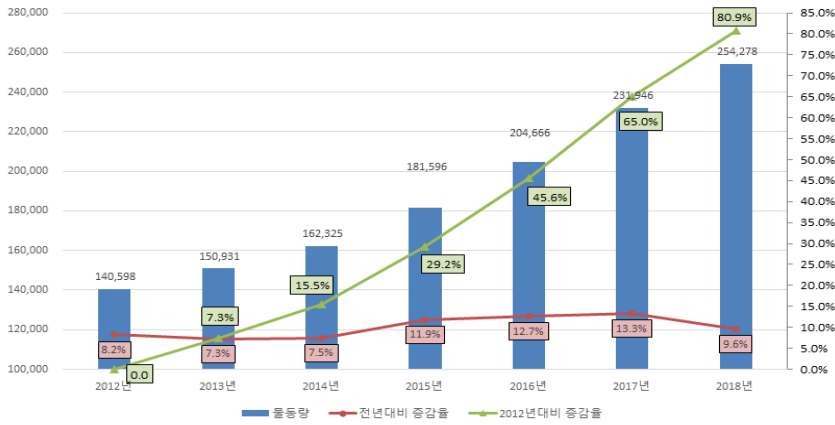
- ☑ 국내 소형화물 운송시장은 국내 전자상거래의 활성화로 인하여 소매 단위 소형화물의 배송량이 증가하는 추세로 향후 이러한 추세는 지속될 것으로 예상됨
- 소형화물 배송
- 소비자의 택배이용회수는 증가



〈그림 9〉 택배이용 횟수 추이

※ 출처 국가물류통합정보센터

- ☑ 국내시장 택배 물동량 추이
- 택배 물품량은 지속적으로 증가 추세임
- 조사시작(2012) 이후로 2018년까지 80% 증가



〈그림 10〉 국내시장 택배물동량 추이

※ 출처 국가물류통합정보센터

☑ 국내 화물차 중 적재중량 1톤 이하의 **소형화물차**<sup>3)</sup>는 약 2,901.8천 대로 전체 화물차 중 약 80%에 달함(20.1. 국토교통부)

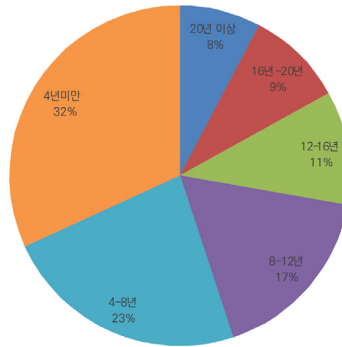
- 소형화물의 등록대수는 지속적으로 증가중임
- 운행중인 소형화물에 대한 친환경 대책 필요



〈그림 11〉 소형화물차(적재중량 1톤이하) 등록대수추이

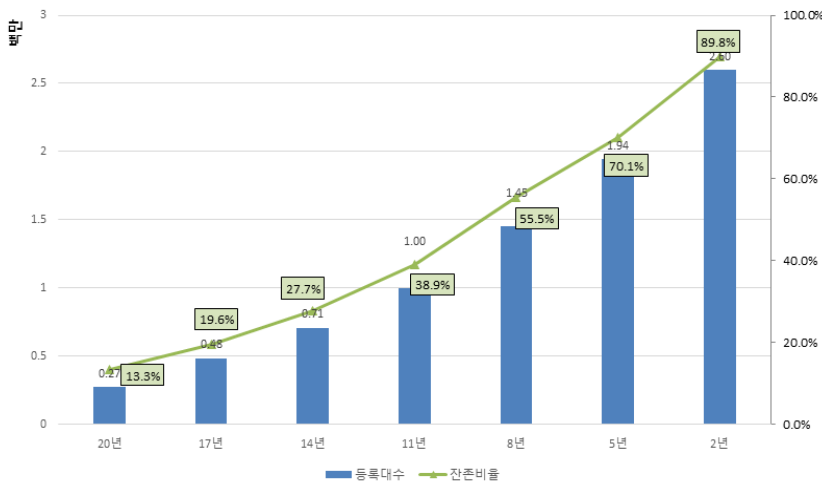
- 3) - 적재중량 1톤 이하 소형화물차는 전체 화물차의 80% 이상을 차지. 택배 시장의 증가와 함께 지속적인 증가 예상
- 소형화물차는 출시 후 10년 이상 운행되는 비율이 높음
  - 사용 연한이 지난 노후 소형화물차를 폐차하고 친환경 화물차의 보급하는 전환 정책도 중요하나, 높은 비중을 차지하는 운행 중 소형화물차의 친환경 대책 마련 필요

- ☑ 등록된 전체 약 2,901.8천 대의 적재중량 1톤 이하 소형화물차 중 차령 8년 미만의 소형화물차가 55%를 차지하고 있었으며, 평균 차령은 9.04년이었음
- 8년 이상 소형화물차가 전체의 45%를 차지함
- 16년 이상의 소형화물차도 28%에 달하고 있음



〈그림 12〉 소형화물차(적재중량 1톤이하) 차령분포('20년 초 기준)

- ☑ 매년 등록차량 대비 현재('20년 초 기준) 잔존 차량의 비율을 산출함
- 산출 결과에 따르면 현재 2년 이상 차량의 비율은 89.8%가 잔존하고 있었으며, 차량이 증가할수록 점차 감소하는 추세를 보였으나 20년 이상의 차량도 10% 이상 남아있는 것으로 나타남



〈그림 13〉 소형화물차(적재중량 1톤이하) 차령별 차량대수('20년 초 기준)

- ☑ 이들 통계에 기반하면, 신차로 구매된 차량은 10년 이상 운행되는 비율이 높은 것으로 나타남
  - 따라서, 8년 미만 55%에 달하는 소형화물차 중 많은 차량이 향후 5~10년간에도 운행될 것으로 예상되어 현재 운행 중 차량의 배출가스 저감에 대한 대책의 필요성을 시사함
- ☑ 국내 소매 화물배송의 핵심 역할을 담당하고 있는 적재중량 1톤 이하 소형화물 운송사업자는 매년 높은 유류비<sup>4)</sup>를 지출하고 있으며, 도심지 주행 특성상 낮은 연비로 인하여 더욱 악화되는 실정임
  - 소형 택배화물차주의 월평균 지출항목 중 유류비가 차지하는 비율은 화물 운송 형태에 따라 차이가 있으나 약 30%에 달하는 것으로 조사됨(한국교통연구원, 2018)
  - 택배화물 차주의 지출 중 높은 유류비 비율은 유류 가격 변동으로 인한 전반적인 물류비의 영향, 대부분 영세한 택배화물차주의 수입 감소 등의 문제로 이어지고 있음
  - 소매 화물을 최종 목적지에 배송하는 1톤 이하 소형화물차는 주행 특성상 도심지 운행으로 인한 빈번한 가·감속과 배달을 위한 정차로 리터당 9km 내외 수준의 공인 복합연비 대비 실 운행연비는 1/2 수준인 4.7~4.8km/l 내외로 조사됨(한국교통연구원, 2018)
  - 고출력을 요구하는 화물 운송의 특성, 화물 운송을 위한 지출 중 높은 유류비 비율, 빈번한 가·감속 및 정차로 인한 낮은 연비 등을 보완하기 위하여 다수의 적재중량 1톤 이하의 화물차주가 수동변속기를 사용하고 있음

## 5. 국내 소형화물차의 친환경화 지원 정책

- ☑ 현재 국내 소형화물차의 친환경화<sup>5)</sup>는 신차보급을 통한 친환경 전환과 현재 운행 차량에 저공해장치 등을 부착하여 친환경화를 유도하는 방식으로 구분됨
  - 최근 국내 친환경 소형화물차에 관한 관심이 시장수요 증가로 이어짐
  - '19년부터 자동차 회사에서는 전기 소형화물차를 본격적으로 생산 판매하기 시작함
  - 중앙정부 및 지방자치단체의 보조금 지원을 통하여 신차 보급을 장려하고 있음

4) - 국내 소형화물 운송시장에서 유류비는 매우 높은 비중

- 중량물을 적재한 후 운송하여 많은 연료 소비하며, 도심 주행 비율이 높아 빈번한 가·감속과 정차로 인한 낮은 연비가 특징  
- 따라서, 많은 소형화물차가 유류비 감소 등을 위하여 수동변속기 사용

5) - 적재중량 1톤 이하 소형화물차는 전체 화물차의 80% 이상을 차지. 택배 시장의 증가와 함께 지속적인 증가 예상

- 소형화물차는 출시 후 10년 이상 운행되는 비율이 높음

- 사용 연한이 지난 노후 소형화물차를 폐차하고 친환경 화물차의 보급하는 전환 정책도 중요하나, 높은 비중을 차지하는 운행 중 소형화물차의 친환경 대책 마련 필요

[표 2] 시판 중인 적재중량 1톤 이하 전기 소형화물차

제품명	배터리 용량 (1회 충전시 주행거리)	모터		최고 시속 (km/h)	출고가* (백만원)	제조사
		최대출력 (KW)	최대토크 (Nm)			
칼마토	34KW (121km)	90	280	100	56	(주)제인 모터스
피스	40.1KW (130km)	60	193	110	65.2	(주)파워 프라자
포테II 일렉트릭	58.8KW (211km)	135	400	120**	40.6- 42.7	현대 자동차(주)
봉고3 EV	58.8KW (211km)	135	400	120*	40.6- 42.7	기아 자동차(주)

\* 보조금 지급 이전 금액

\*\* 속도제한장치 부착으로 인한 제한 속도

- ☑ 전 세계적인 자동차 시장이 전기차를 중심으로 재편되고 있는 것을 고려하면 신차보금을 통한 소형화물차의 친환경화는 점진적이고 꾸준히 진행될 것으로 예상됨
  - 하지만 물류운송환경은 충전인프라의 충분한 구축의 어려움 및 현재 경유 화물차에 의존하는 소형화물 운송시장의 문제점들을 고려할 때, 기존 운행 중인 소형화물차의 친환경화 전환 대책 마련도 시급함
- ☑ **매연저감장치<sup>6)</sup>**(Diesel Particle Filter, DPF)는 경유엔진을 사용하는 차량에서 발생하는 미립자를 필터로 포집하고 산화(재생)시켜 이산화탄소와 수증기로 전환하여 제거하는 장치임
  - 압축 착화 방식의 경유 엔진에서 배출하는 미세먼지를 포함한 배기가스는 연소실 내부에서 국부적으로 발생하는 불균질 혼합으로 인한 불완전 연소의 결과로 발생함
  - 매연저감장치는 불완전 연소로 인하여 발생하는 배기가스를 매연저감장치 내 필터로 포집하여 재연소를 통하여 배기가스를 저감하는 장치임
- ☑ 매연저감장치가 없는 유로 3 경유차(2005~2007년 판매)의 경우, 6.775mg의 미세먼지가 생성된 반면 매연저감장치가 장착된 유로 4 경유차(2008~2010년 판매)의 경우 0.002~0.038mg의 미세먼지가 배출된 것으로 조사됨(국립환경과학원, 2011)
  - 이는 경유 소형화물차의 노화로 인한 증가분을 고려하더라도 중요한 차이임

6) - 운행 중 소형화물차 중 배출가스가 기준치를 초과한 경우, 배출가스를 포집하여 재연소시키는 매연저감장치의 부착을 의무화  
 - 매연저감장치의 작동 특성상 차량 성능(출력 및 연비) 저하 발생 가능  
 - 대기관리권역에 해당하는 차량 중 소수의 노후 경유 화물차만을 대상으로 하여 대부분의 경유 화물차가 미적용

- ☑ 『수도권 대기환경 개선에 관한 특별법』, 『대기환경보전법』, 『미세먼지 저감 및 관리에 대한 특별법』에 의거 대기환경 개선을 위하여 노후 경유자동차를 대상으로 배출가스 저감 장치를 부착하도록 지원하고 있음
  - 사업대상은 배출허용기준 초과 차량으로 시·도 조례에 따른 저공해 조치명령 대상 차량으로 '05.12.31(Euro 3) 이전 제작차 배출허용기준 적용 차량 중 세부기준을 지자체 조례에 명시하여 적용하고 있음
  - 동 법령에 의하여 배출가스 저감장치 부착을 위한 비용을 최대 90%까지 지원할 수 있도록 정하였음
- ☑ 국가에서는 보조금 등의 지원을 통하여 매연저감장치의 부착을 지원하고 있으나 기술적, 재정적 한계 등으로 인하여 문제점이 야기되고 있음

**[표 3] 매연저감장치 부착 지원사업**

구 분	매연저감장치 부착 지원사업				
사업내용	• 노후경유자동차에서 배출되는 대기오염물질을 최소화 할 수 있는 저감장치(DPF, p-DPF) 부착				
지원대상	• 대기관리권역에 등록, '05년 이전 배출허용기준(Euro-3)을 적용받아 제작된 경유자동차 - 특정경유자동차 검사 결과 배출허용 기준을 초과한 차량 또는 '05년 이전 배출허용기준(Euro-3)으로 제작 - 차량 총중량이 2.5톤 이상이고 경유를 연료로 사용하는 자동차 중 관할 지방자치단체장으로부터 저공해조치 의무화 명령 통보를 받은 차량				
지원금액	(단위: 천원)				
	구분	보조금			자기부담금
		계	장치비	유지관리비	
	DPF	3,730~9,739	3,268~9,277	462	373~1,031
	p-DPF	1,441~2,084	1,429~2,072	12	215~351
문제점	(차량성능 저하) • 디젤 차량의 연비와 출력을 악화 ※ 매연저감장치는 후처리 장치로 차량 장착 시 배기가스의 흐름의 부하와 재생 시 재연소로 인한 출력저하 및 연비 저하 발생 가능 • 배기가스의 온도가 낮을 시 기능저하 발생할 수 있으며, 관리 미흡 시 출력에 급격한 저감 발생 (제한적 지원대상) • Euro-3 이전 차량 대상으로 저감장치를 의무적으로 부착하고 출고되는 Euro-5 차량 이전에 제작된 Euro-4 차량의 경우 사업지원을 받을 수 없음 • 대기관리권역에 등록된 차량 대상으로 서울 및 인천, 경기 일부 지역의 차량들만 사업지원 (높은 비용) • 인증을 통하여 미세먼지 저감 능력이 80% 이상일 경우에만 판매할 수 있으므로 미세먼지 감소 효과는 탁월하나 높은 장치 설치 및 유지관리비 발생				



## 6. 소형화물차의 전기화(Electrification) 기술

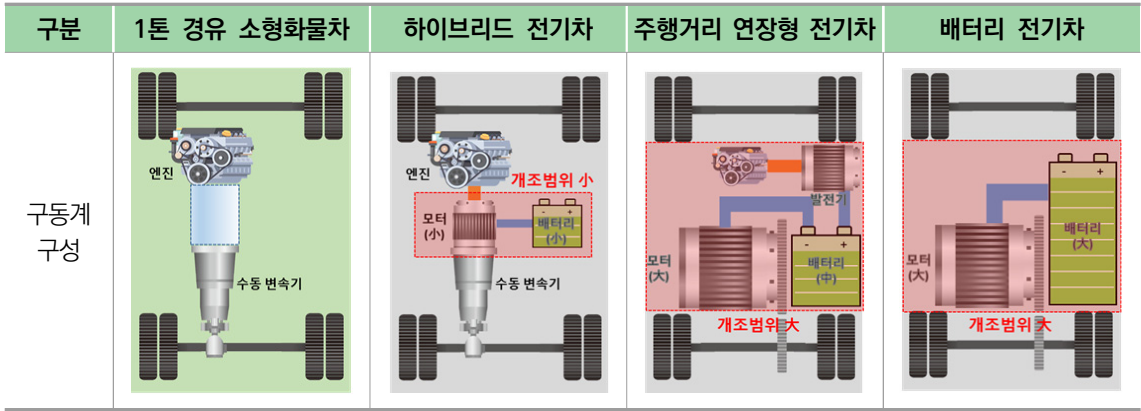
### ☐ 주요 기술개발 사례

- ☑ 기존 운행 차량을 전기차로 개조하는 기술들이 여러 연구과제로 개발되었으나, 가격 및 기술적 문제로 인하여 시장에 도입되지 못하는 실정임
- ☑ 소형화물차를 **전기화하는 기술**<sup>7)</sup>은 전기화(배터리 및 전기 모터의 용량)하는 정도에 따라 분류할 수 있음.
  - ① 하이브리드 전기차(Hybrid Electric Vehicle): 하이브리드 디젤-전기 소형화물차에 해당되며, 외부 충전이 불필요함
    - 내연기관과 주행 중 또는 제동 시 생성되는 전기에너지를 이용하여 전기 모터를 구동함
  - ② 플러그인 하이브리드 전기차(Plug-in Hybrid Electric Vehicle): 하이브리드 전기차와 유사하며, 외부 충전이 가능함
  - ③ 하이브리드 전기차와 같이 내연기관과 주행 중 또는 제동 시 생성되는 전기에너지를 이용하여, 외부 충전을 통하여 배터리를 충전하고 전기 모터를 구동할 수 있음
    - 주행거리 확장형 전기차(Range Extended Electric Vehicle): 평상 시 외부 전력으로부터 충전된 배터리의 전기에너지로 구동함
  - ④ 배터리 방전 시 부착된 발전기 역할을 하는 소형 엔진을 이용하여 충전하여 전기 모터를 구동하는 방식임
    - 배터리 전기차(Battery Electric Vehicle): 일반적으로 우리가 알고 있는 전기차로 외부 전력으로부터 충전된 배터리의 전기에너지로 전기 모터를 구동함
- ☑ 최근 가격 및 기술 경쟁력을 갖춘 소형 전기 화물차가 출시됨에 따라 기존 경유 소형화물차를 고비용을 들여 전기 소형화물차로 개조하는 효용이 떨어지고 있는 실정임
  - 하지만 순수 전기차 개조 대비 소형의 모터와 배터리를 추가하여 하이브리드로 개조하는 기술의 경우 경제적 타당성을 확보할 수 있을 것으로 기대됨

7) - 차량의 구동을 위한 전기에너지 사용비율에 따라 전기화 기술을 구분  
- 내연기관 자동차(전기에너지 사용비율 0%)에서 배터리 전기자동차(전기에너지 사용비율 100%)로 분류되며, 전기 에너지 사용비율에 따라 하이브리드, 플러그인 하이브리드, 주행거리 확장형 전기차로 구분



〈그림 14〉 소형화물차의 전기화 개조 기술 비교



☑ 국내에서는 여러 연구개발 과제를 통하여 **소형화물차의 전기화 개조 기술<sup>8)</sup>**들이 있었으나, 하이브리드 개발 연구는 경유 엔진과 전기 모터를 혼용하는 기술적 난이도로 인하여 하이브리드 경유-전기 소형화물차 개조 기술 외 개발된 사례가 없었음

[표 4] 소형화물차의 전기화 개조 기술 개발 사례

주관기관	서울시	환경부	산업부	
개발기업	파워플라자*	한국전기연구원	(주)아이티 엔지니어링	(주)디아이씨**
사업명	전기트럭실증사업	도심형 소형화물 택배 차량의 전기자동차 개조 및 실증	소형화물 전기자동차 플랫폼 기술 개발	소형화물 전기자동차 플랫폼 기술 개발
연구개발 기간	~'14년 11월	'13.5.~'16.4.	'15.6.~'18.5.	'14.9.~'16.8.
차량기술 구분	개조차량 개발	개조차량 개발	개조차량 개발	개조차량 개발
전기화 수준	배터리 전기차	배터리 전기차	배터리 전기차	주행거리 연장형 전기차
차종	GM 대우 라보	봉고III 1톤 킹캡	적재중량 0.5톤 이하	봉고III 1톤

\* 전기 소형화물차 봉고3 피스 생산 중

\*\* 자회사인 (주)제인모터스가 전기 소형화물차 칼마토 생산 중

8) - 적재중량 1톤 이하 소형화물차는 전체 화물차의 80% 이상을 차지. 택배 시장의 증가와 함께 지속적인 증가 예상  
 - 소형화물차는 출시 후 10년 이상 운행되는 비율이 높음  
 - 사용 연한이 지난 노후 소형화물차를 폐차하고 친환경 화물차의 보급하는 전환 정책도 중요하나, 높은 비중을 차지하는 운행 중 소형화물차의 친환경 대책 마련 필요

- ☑ 해외에서는 택배물류회사 주도로 하이브리드 휘발유 화물차를 개조하여 실제 물류환경에서 검증을 수행하였음
- 대부분 자동 변속기 기반의 중형 화물차 중심의 개발로 국내 소형화물차 시장에 직접적 적용이 어려움

[표 5] 해외 하이브리드 물류택배 차량

주관기관	FedEx		UPS	
	참여기업	Environmental Defense, Eaton	Freightliner, Eaton	NREL, Eaton
연구개발 기간	'99~'04 (5년, 추정)	-	-	'08~'10 (2년, 추정)
개조차량	 W700	 M2-106	 P70H step van	 P100H step van
연료	휘발유	경유	경유	경유
적재량 (톤)	2.1	6	5.4	5.4
파워 트레인 제작사	Eaton / Azure Dynamics	Eaton	Eaton	Eaton
실차주행 테스트 기관	National Renewable Energy Laboratory(NREL) U.S. Department of Energy			
운영대수	40	12	12	22
테스트 기간	'10. (12개월)	'13. (6개월)	'08.~'10. (36개월)	'10.~'11. (18개월)
운행노선	주요 택배 배송 경로 (LA)	주요 택배 배송 경로 (Ontario, California)	주요 택배 배송 경로 (Phoenix, Arizona)	주요 택배 배송 경로 (Minneapolis, Minnesota)

### ☐ 소형화물차 운행환경 분석기술

- ☑ 실제 택배트럭의 **주행 빅데이터**<sup>9)</sup>를 분석하여 운행특성을 분류하고, 실 소형화물 운송환경을 대표할 수 있는 주행 사이클을 도출하여 주요 부품 설계에 반영하고, 향후 성능평가를 위한 기반자료로 활용할 예정임
- 교통안전법에 근거하여 사업용 차량에 장착된 디지털운행 기록계(Digital TachoGraph, DTG)을 통하여 수집된 주행기록(위치, 속도, 가속도, 방위각, RPM 등) 자료 총 8,700건 이상의 일일 운행 자료를 분석하였음
- 수집된 자료에 의하면 차량의 총 가동시간 중 30% 정도를 배송 등을 위해 유휴(엔진이 구동하는 상태의 정차) 하는 것으로 나타났으며, 평균속도는 시속 18.8km(1066.3 rpm)로 운행하며, 출발 시 가속은 0.85% 정도 수준으로 산출되었음
- 또한, 세부 통행 단위의 군집 분석 등을 적용하여 기존의 공인 연비 측정방식\*이 아닌 소형화물차의 운행환경을 대표할 수 있는 속도 프로파일을 생성하였음
- ※ 미국 환경보호국(Environmental Protection Agency, EPA)의 배출가스 측정 사이클인 Federal Test Procedure(FTP)-72 또는 -75 등이 일반적으로 사용되나 국내 소형화물차의 특성을 반영하지 못함

### ☐ 하이브리드 경유-전기 동력계

- ☑ 분석된 소형화물차의 운행환경을 이용하여 경유 소형화물차의 **구동계 개조**<sup>10)</sup>를 위한 구동계의 구조 배열 기술, 구성요소의 최적 사양 도출, 핵심부품의 경량화 기술 및 구조적 안전성 등을 확인하였음
- (**구조**) 경유 소형화물차의 구동은 후륜 구동 방식으로 경유 엔진-플라이 휠-클러치-수동변속기-프로펠러 샤프트까지 직렬의 형태로 연결된 동력 전달방식을 사용함
- 본 개조 기술에서는 클러치와 수동변속기 사이에 박(薄)형 모터를 삽입하여 엔진 동력 외 모터 동력이 기존 직렬 동력 전달체계 내에 포함될 수 있도록 설계하였음
- (**모터**) 구동계에 삽입 가능한 형태의 모터는 경유 엔진과 혼용하여 연비 향상 및 배출가스 저감을 최대화할 수 있는 범위인 최대출력 34kW로 설계·제작하였음

9) - 소형화물차가 실 화물배송환경에서 주행하며 축적된 데이터

- 2008년 개정된 교통안전법에 근거하여 사업용 차량에 부착된 디지털운행기록계를 통하여 수집  
 - 빅데이터 분석을 통하여 소형화물 운송에 맞는 주행조건을 도출하고, 이를 개조 기술 설계에 반영

10) - 그동안 국내에서 개발된 순수전기차 개조 기술과는 달리 기존 내연기관 차량의 구동계를 그대로 사용하며, 전기화를 위한 주요부품들(전기모터, 배터리, 전력전자 체계 등) 삽입

- 기존 차량의 부품을 사용하여 경제성을 확보하기 위한 설계 및 안전성 확보기술 개발

- (안전성) 모터의 삽입을 위하여 프로펠러 샤프트가 약 14cm 단축됨에 따라 운행 시 발생할 수 있는 구동계의 구조적 안전성 문제를 다양한 구조해석을 통하여 검증하였음

### 🔲 하이브리드 경유-전기 전력전자체계

- ☑ 개조를 위하여 추가된 모터의 구동을 위하여 **전력전자 시스템<sup>11)</sup>**을 추가하였음
  - (배터리) 경유 엔진과 혼용을 위하여 삽입된 모터의 구동을 위한 축전지로 일반 전기차의 약 1/10~1/20 수준인 3kWh 내외의 배터리 용량을 사용함
  - (전력 제어 장치) 전력 제어 장치(Power Control Unit, PCU)는 배터리 전압과 구동 모터 전압의 균형을 맞추기 위한 정류장치인 DC-DC 변압기(converter)와 3상 교류 모터 제어를 위한 인버터(Inverter)로 구성됨

### 🔲 하이브리드 경유-전기 구동계 제어

- ☑ 하이브리드 경유-전기 소형화물차는 기존 소형화물차의 경유 엔진과 추가된 전기 모터를 혼용하여 주행함
  - 따라서, 경유 엔진과 전기 모터의 사용 범위를 결정하고, 기본 수동변속기를 사용하여 경유 엔진과 전기 모터의 구동력을 혼합할 수 있는 고도의 **제어기술을 개발·적용<sup>12)</sup>**하였음
  - (공회전 제한기능) 가장 기본적인 기능인 공회전 제한기능(Idle Stop and Go, ISG)은 소형 화물차의 주행 특성인 장시간의 유휴시간 동안 엔진을 정지하는 기능으로 특정 규칙\*에 의하여 경유 엔진을 제어함
    - \* 대기환경보전법 시행규칙에 따른 환경부 공회전제한장치 성능 인증을 통과할 수 있도록 제어 로직 설계
  - (엔진·모터 사용영역) 전기 모터는 저속 영역에서 구동 시 효율이 높은 반면 경유 엔진은 저속 운행 또는 순간적인 속도변화 상황(출발 가속 시, 급가속 시 등)에서 효율이 떨어지는 것으로 확인되었음
  - 본 기술에서는 여러 제어 로직이 적용되고 있으나, 일반적으로 저속 영역과 가속 상황 시 전기 모터를 사용하며, 고속 영역에서는 경유 엔진을 사용하여 소형화물차의 구동을 제어\*함
    - \* 배터리의 축전량(State of Charge, SoC)이 일정 수준 이하로 떨어졌을 시, 경유 엔진만을 사용하여 구동하는 등 일반 주행 시 발생할 수 있는 상황들을 고려하여 제어 로직을 개발함

11) - 전기화 개조를 위한 전력의 변환 및 제어를 위한 시스템으로 모터의 구동을 위한 배터리와 전력제어장치로 구성

- 내연기관 구동에 비효율이 발생하는 영역에서 전기모터를 사용하므로 배터리는 일반 전기차의 5~10% 수준으로 감소

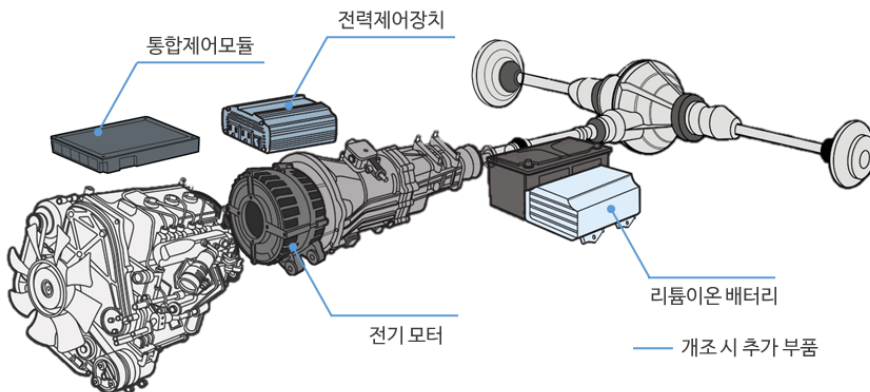
12) - 기존 차량의 경유 엔진과 새롭게 추가된 전기 모터를 혼용하여 구동하는 방식

- 1) 유휴 시 엔진을 정지; 2) 저속 주행, 가감속 등 내연기관의 효율이 떨어지는 구간에서 모터를 혼용하여 효율성 개선; 3) 제동 시 운동에너지를 전기에너지로 전환하는 회생 제동을 통하여 연료 소모를 최소화하고, 배출가스를 저감

- (회생 제동) 소형화물차의 제동 시 추가된 전기 모터는 발전기로 동작하여 소형화물차의 운동 에너지를 전기에너지로 전환이 가능하며, 이때 저항력(제동력)이 발생하는데 이를 회생 제동 (Regenerative Braking)이라 함
- 본 기술에서는 기존 소형화물차의 제동력을 고려하여 제동 시 안전상의 문제가 되지 않는 범위 내에서 제동 시 발생하는 에너지를 회수하여 배터리에 축전함으로써 에너지 사용 효율 성을 높일 수 있도록 하였음

## 7. 하이브리드 경유-전기 소형화물차 개조 기술

- ☑ 경유 소형화물차에 설계·제작된 주요부품들을 탑재하여 하이브리드 경유-전기 소형화물차로 변경하기 위한 **여러 부가적인 기술과 차량을 튜닝하기 위한 기술<sup>13)</sup>**을 개발하였음
- (냉각 시스템) 기존 경유 엔진에서 발생하는 열을 식히기 위하여 냉각수가 실린더 주변을 순환하며, 일정 수준의 온도를 유지할 수 있도록 함
- 본 기술에서는 엔진 이외에 모터, PCU 등 작동 시 발열하는 장치들이 추가되므로 이들에서 발생하는 열을 제어하기 위한 냉각라인이 추가로 설계·설치됨
- (자동화 클러치) 기존 운전자가 페달로 조절하던 클러치를 모터와 엔진 사이에 부착하고 모터를 이용하여 자동으로 조절해 운전자가 수동으로 클러치 페달을 밟지 않도록 하도록 자동화하였음
- 저속에서는 모터만으로 운행이 되므로 저속 구동 상황에서 반 클러치를 이용하지 않아 클러치의 마모를 줄일 수 있음



〈그림 15〉 구동계 추가 부품

13) - 구동계의 H/W 개조 시 추가된 부품과 함께 이를 구동하기 위한 부가장치 추가  
 - 1) 추가 부품들의 냉각; 2) 모터와 엔진의 동력 혼용 및 전환 시 동력 전달을 차단하는 자동화 클러치; 3) 운전자의 변속의도를 판단하기 위한 레버감지 기구; 4) 시스템을 제어하고 모니터링하는 장치

- (레버감지 기구) 기존 소형화물차의 수동변속기를 유지하는 방식으로 경유 엔진과 전기 모터를 혼용하므로 이중 동력원의 조화가 필요함
- 기존 클러치 페달은 운전자의 변속 의도를 가장 잘 표현하는 장치였으나, 제거되었기 때문에 레버의 움직임만으로 운전자의 의도를 감지할 수 있도록 설계 및 제작이 필요함
- 따라서 운전자의 변속 의도를 감지할 수 있도록 기어 레버에 감지기구를 추가하고, 여기서 감지된 데이터를 이용하여 엔진에서 발생한 동력과 모터에서 발생한 동력을 조화하여 속도에 따라 필요한 회전력으로 바꿀 수 있도록 구동계 제어를 위한 입력변수로 사용하였음
- (통합 제어기 및 디스플레이) 가장 최상위 단에서 각 부품으로부터 전달되는 정보를 기반으로 차량의 구동을 총괄하는 제어 모듈인 통합 제어기가 탑재되며, 이와 연계하여 에너지 흐름과 구동 상태를 모니터링하기 위한 디스플레이 장치가 추가됨



〈그림 16〉 차내 변경 내용\*

\* 디스플레이, 클러치 제거, 기어 레버 감지 기구

### 하이브리드 경유-전기 소형화물차 실용화 기술

- ☑ 주행 중인 차량에 전기 모터 등을 추가하여 하이브리드 경유-전기 소형화물차로 구동계를 개조하는 기술은 「자동차 관리법」상 튜닝에 해당되며, 절차에 따라 **안전성 확인**<sup>14)</sup>을 받아야 실제로 운행이 가능하므로 안전성 확인을 위한 여러 시험 절차 등을 수행함
- (안전성 확인 절차) 전기차로 개조하기 위한 내용은 「자동차 튜닝에 관한 규정」 제 3장에 전기자동차의 튜닝에 관하여 규정되며, 아래 표의 절차에 의하여 진행됨

14) - 개조 기술의 안전성을 확인하기 위하여 자동차 관리법에서 요구하는 성능시험대행자의 안전성 확인 필요  
- 성능시험대행자의 안전성 확인 이외에 지속적인 운행시험 수행과 실제 물류택배회사의 배송 실증을 통하여 안전성 확보 중



[표 6] 전기자동차 튜닝을 위한 안전성 확인 기술검토 절차

안전성확인 기술검토	시험자동차 인계·인수	축전지제어기 설치 및 기능입증	안전성확인 시험 실시 및 성적서 발급
<b>제14조</b> (구조·장치의 안전성확인 기술검토) <b>제15조</b> (안전성확인 기술검토의 신청 등) (신청) 전기자동차로 튜닝을 하려는 자 (접수) 성능시험대행자 신청 후 15일 내 기술검토 결과 통보(시험 시행 가능 여부)	<b>제16조</b> (안전성 확인을 위한 자동차의 인계 등) (인계) 전기자동차로 튜닝을 하려는 자 (인수 및 시험계획) 성능시험대행자	<b>제17조</b> (안전성확인 자동차의 구비요건 등) (설치 및 입증) 안전성 확인을 신청하고자 하는 자 (확인) 성능시험 대행자	<b>제18조</b> (안전성확인 시험의 실시) 제19조(성적서의 발급) (시험 및 성적서발급) 성능시험대행자 『자동차 튜닝에 관한 규정』 별표4의 시험항목에 대하여 시험

- (안전성 확인시험) 안전성 검토의 시험항목은 「자동차 튜닝에 관한 규정」 제 15조의 별표 4에 정의된 시험 항목들에 대하여 진행되며, 「자동차관리법 시행령」에서 정한 성능시험대행자인 한국교통안전공단에서 관련 절차 및 성능시험을 수행함

[표 7] 안전성 확인 시험항목

시험항목	안전기준	시험방법
고전원 전기장치 안전성시험	제18조의 2	실차 직접시험
제동능력시험	제90조	실차 직접시험
ABS자동차의 제동능력시험	제90조	실차 직접시험
조향성능시험	제14조 제1항 제4호 제89조 제2항	실차 직접시험
전자파적합성 시험	제111조의2	실차 직접시험
일반안전의 적정성 확인	제4조~제58조	실차 재원측정 및 관능검사 또는 성적서 확인
주행시험(내구 3,000km)	-	직접시험
구동축전지 안전성시험	제18조의3	단품 직접, 입회시험 또는 성적서 확인
원동기출력시험 (구동전동기)	제111조	단품 직접, 입회시험
기타성능시험대행자가 안전상 필요하다고 인정하는 시험	-	실차 또는 단품 안전기준 확인이 필요한 경우

- ☑ 국내 법으로 규정한 안전성 확인 이외에 해당 기술의 연비 및 배출가스에 대한 성능시험을 수행함

- (대표물류 운행사이클) 연비 및 배출가스는 소형화물차의 운행환경을 분석하여 도출된 운행사이클을 적용하여 측정됨
- 한국교통안전공단 자동차 안전연구원의 차대동력계(Chassis Dynamometer) 상에서 대표물류 운행사이클의 속도 프로파일을 따라 주행하며 측정하여, 연비 30% 이상, 배출가스 20% 이상 개선하는 것을 확인하였음
- (유류비 절감효과) 화물차주의 입장에서 연비 30%의 개선은 유류비와 소형화물차의 주행거리를 고려 시, 연간 약 95만원의 유류비 절감효과를 기대할 수 있는 수치로 추정됨

## 8. 향후과제

- ☑ 물류 및 운전자·승객을 수송하는 자동차는 안전성의 확보가 요구되며, 여러 시험 환경에서 안전성이 확인되더라도 여러 변수가 존재하는 실 환경에서의 검증이 필수적임
  - 현재 여러 물류 회사에서는 본 기술을 검증하기 위한 실증환경을 구축 중이며, 안전성 확인이 마무리되는 올해 상반기에 물류배송 환경에서 실증을 통한 검증이 수행될 예정임
  - 실제 환경 검증을 통하여 실제 중량물인 화물의 배송 시 기술의 안전성과 신뢰성을 검증하고 운전자별 상이한 운전특성 그리고 시험환경과는 다른 여러 환경적 변수에서도 안정적 작동 여부를 검증할 예정임
- ☑ 현재 소형화물차(적재중량 1톤 미만)의 경우, 1,500~2,000만원 대 초반의 신차가격을 고려하면, 본 기술의 적용을 통한 연비 개선을 반영한 개조를 위한 차주의 지출 비용은 250만원 수준에서 가장 사업성이 높은 것으로 조사됨(KAIST, 2017)
  - 하이브리드 경유-전기 소형화물차는 국내 원천기술로 개발된 전 세계적인 신기술임
  - 따라서 친환경 기술로서 매연저감장치, 공회전제한장치 등의 여러 기존 기술들과는 달리 보조금 등 지원방안에 대하여 검토된 바가 없음
- ☑ 본 기술은 운행 중인 소형화물차의 구동계를 유지한 상태에서 최소한의 전동화 부품을 추가하여 개조하는 경제적 방법의 친환경 차량 개조 기술임
  - 하지만 대부분 영세 사업자인 소형화물차주들은 비용을 지불하기 어려운 경우가 많음
  - 본 기술의 환경개선 효과 등의 검증을 통하여 배출가스 저감장치로써 지원에 대한 검토, 택배물류회사의 녹색 물류기술로써 지원 등 여러 측면에서 검토가 필요하며, 충분한 효과 검증 시 보조금 지원을 포함한 여러 장려책을 통한 사업성 확보와 나아가 시장 보급지원이 필요함



- ☑ 국내 화물차의 약 80% 이상을 차지하는 소형화물차(적재중량 1톤 미만)는 국내에서 발생하는 미세먼지와 온실가스의 주요 배출원으로 이에 대한 대책 마련이 필요함
- ☑ 신규 친환경 차량 보급과 운행 중 차량에 저공해장치를 부착하는 친환경화 대책 제시가 필요함
  - 노후 경유차를 폐차하고, 친환경 전기차의 구매를 장려하거나 운행 중 차량에 매연저감장치 부착을 의무화하고, 매연저감장치의 경우, 차량 성능의 저하 또는 대부분 차량이 미대상 차량임
  - 운행 중 차량을 대상으로 더욱 실효성 있는 대책 마련 필요함
- ☑ 소형화물차의 전기화 기술개발을 지속적으로 추진
  - 전기화 기술은 엔진과 모터를 구동에 사용하는 비율에 따라 구분되며, 국내에서는 내연기관 구동계를 전기 구동계로 완전 대체하는 기술이 개발됨
  - 하지만 고가의 개조비용으로 경제성 확보가 어렵고, 충분한 주행거리를 확보할 수 있는 기술 수준에 도달하지 못하여 시장 진출에 실패함
  - 고효율·친환경·저가 보급형 전기화 기술의 개발에 대한 지속적인 지원이 필요함

## 9. 시사점

- ☑ 전 세계적으로 전기자동차에 대한 전망은 성장이지만, 국가별 환경에 따라 상이한 방식의 기술과 시장이 운영될 수 있어 국내에서는 다양한 가능성을 고려한 정책적 결정이 필요함
  - 개도국에서만 적용되고 있는 전기삼륜차, 전기특특, 전기릭샤 등 전기이륜차의 기술로 구현이 가능한 제품에 대한 기술개발, 상용화, 보급이 추진되고 있어 국내의 우수기술을 활용한 기술 확보 및 시장 진입이 필요함
  - 관련 기술에서 핵심기술인 모터, 배터리, 충전기 등 국내에서 다양한 실증 데이터를 활용할 수 있는 분야에 대한 국내에서의 적극적인 제도적 지원 및 현지화를 위한 기술개발이 필요함
- ☑ 동남아 국가들의 주 교통수단인 오토바이에 대한 하이브리드 기술개발 및 실증이 필요하며, 개발된 기술의 기술이전과 확산을 위한 정책적인 지원이 필요함
- ☑ 개도국은 고가의 전기차 보급을 위한 국가의 재정적 자립도가 낮아, 서민형 전기삼륜차, 전기특특, 전기릭샤 등 운송수단에 대한 전기차화를 통해 도심의 미세먼지 저감과 친환경 조성에 기여하고 있음

- 자동차 산업은 그 동안 선진국에서만 영위하는 산업이었지만, 소형 전기차 개조 등을 통해 개도국에서 자체적으로 국가별 환경에 적합한 산업으로 지원 및 육성이 가능함
- 석유자원이 없는 국가는 수입에 의존해야하는 자원이지만, 향후 신재생에너지와 연계하는 경우 전기의 자체 생산 능력을 통해 전기생산 비용의 절감이 가능함

### 국민기술제안 관련 전문가 의견

#### ● 국민기술제안 주요내용

- 본 노후경유차 전기 하이브리드 전환 기술과 관련하여 국민들은 ① 무충전 전기자동차 기술, ② 차량 후미용 공기정화장치, ③ 중소형 선박 디젤엔진의 전자식 연료장치화, ④ 경유차 및 노후차량 배기가스 저감장치, ⑤ 내·외연기관의 배출가스 개선 장치 등의 국민기술제안들이 제시됨

#### ● 총평 / 전문가 의견

- 국민기술제안을 통하여 미세먼지를 포함한 대기환경물질을 저감하기 위한 독창적이고 다양한 기술들이 제시되었음. 국민들은 제안 기술을 통하여 내연기관 차량의 전기화 전환뿐 아니라 배기가스 저감의 필요성에 대한 인식을 함께하고 있는 것으로 보임
- 이와 동시에 혁신적인 미래 전기차 기술 개발에 대한 의견과 내연기관 교통수단(자동차 및 선박)에서 발생하는 배출가스 저감기술에 대한 현실적인 의견도 함께 제시하여 국민들이 과학기술분야에 요구하는 방향성을 파악할 수 있었음
- 국민기술제안의 현실화를 위해서는 우선 개별 기술의 실효성을 검증하기 위한 연구가 수반 되어야 할 것으로 보임. 특히, 자동차 및 교통 관련 분야에서는 직접적인 미세먼지 저감효과 외에도 설치 시 안정적 운용 가능 여부와 설치 비용 대비 효과 등에 대한 검증을 통하여 실용화 가능성 검토가 필수적임
- 현 정부에서는 다양한 방법으로 국민들이 제시한 아이디어와 기술에 대한 실용화 연구 및 사업화 등을 위한 지원사업을 추진하고 있음. 대기환경관련 또는 자동차 관련 연구는 국토교통부와 환경부 등에서 담당하고 있으며, 연구개발 전문 기관인 국토교통과학기술진흥원 등의 사업을 참고하여 국민이 제안한 기술이 연구될 수 있는 방안을 찾으면 도움이 될 것으로 생각됨

## 참·고·문·헌·

1. IEA (2019) Global Energy and CO2 Status Report 2019. International Energy Agency
2. 환경부 (2016) 바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?
3. 국토교통부 (2020) 국토교통 통계누리 자동차등록현황보고. [Online] Available from: <http://stat.molit.go.kr/portal/cate/statFileView.do?hRsId=58&hFormId=5> [Accessed February 2020]
4. 국토교통부 (2020) 국가물류통합정보센터. [Online] Available from: <http://www.nlic.go.kr/nlic/front.action> [Accessed February 2020]
5. 한국교통연구원 (2020) 화물운송시장정보센터. [Online] Available from: <https://roft.koti.re.kr/>[Accessed February 2020]
6. 국립환경과학원 (2011) 도로변 대기 중 자동차에 의한 1차 배출물질 및 잠재성 2차 입자상물질 생성특성
7. 한국과학기술원(KAIST) (2017) 택배 운송에 최적화된 친환경 하이브리드 디젤-전기 소형트럭 개발 기획 최종보고서, 국토교통부 국토교통과학기술진흥원

- 본 이슈 인사이트에서 제시한 기술은 현재 국토교통 R&D 사업으로 국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 『택배차량용 디젤트럭의 하이브리드 개조기술 개발 및 실용화 연구』 지원을 받아 개발되고 있는 국내 원천기술이다.
- 현재 주요핵심기술 등의 개발은 모두 완료되었으며, 연비 및 배출가스에 대한 성능검사와 튜닝차량 안전성 확인시험을 성공적으로 마무리하여 실 도로환경에서 운행중이다.

## 저자소개

### 장기태

한국과학기술원(KAIST) 조천식녹색교통대학원 교수  
T. 042-350-1264, kitae.jang@kaist.ac.kr



## 저자소개

### 김유탍

한국전지산업협회 연구기획팀  
T. 02-3461-9402, ytkim@battery.or.kr



## 기획편집

### 국가기후환경회의

**이동규** 국장(국제과학기술국)

**윤영기** 과장(과학기술협력과)

담당 **오상열** 선임(과학기술협력과) / **김종익** 민간4급(과학기술협력과)

T. 02-6744-0513, kji804@korea.kr

※ 본 자료는 국가기후환경회의([www.ncca.go.kr](http://www.ncca.go.kr))에서 다운로드 가능합니다.

2021-01

미세먼지 기술분야 이슈페이퍼

## 노후 경유차의 전기하이브리드 전환 기술

발행일 | 2021년 1월

발행처 | 국가기후환경회의  
서울 종로구 세문안로 7 콘코디언빌딩 13층  
T. 02-6744-0500

문 의 | 국가기후환경회의 과학기술협력과

본 보고서의 내용은 연구자 등의 견해이며, 국가기후환경회의의 공식입장과 다를 수 있습니다



미세먼지 문제 해결을 위한  
국가기후환경회의



본 인쇄물은 친환경용지와 공기름 잉크를 사용하여 만들어졌습니다.