

수송기기 경량화를 위한 R&D 혁신 전략

| 저자 | 장응성 PD / KEIT 금속재료 PD실
장경미 박사 / KEIT 금속재료 PD실
성시영 박사 / 자동차부품연구원

SUMMARY

// 목적

- ★ 국가의 핵심 전략 산업인 수송기기 산업의 경쟁력 확보를 위한 경량화 기술의 국내외 현황 분석과 수송기기 경량화 혁신을 통한 산업생태계와 글로벌 경쟁력 확보 전략 제시

// 주요현황

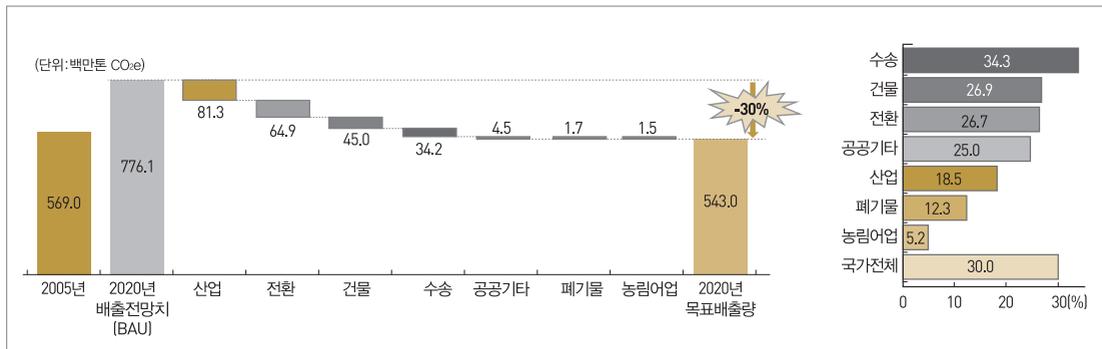
- ★ 정부는 지난 6월, 2030년 온실가스 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축목표를 확정하였으며, 수송기기 산업은 2020년까지 1,640만톤의 온실가스 감축 달성시 사회, 경제적 편익 59조원의 발생이 예상되어 수송기기의 연비향상과 배출가스 저감을 위한 경량화는 선택이 아닌 필수임
- ★ 수송기기 경량화는 소재-부품 개발 차원이 아니라 경량화 소재 설계, 성형 및 가공 공정 개발, 부품 모듈화 및 재활용까지 lifecycle에 걸친 접근이 필요한 산업으로, value chain간 기술 융합이 필수적인 산업 생태계임
- ★ 미, EU, 일 등 선진국은 강화되는 연비 및 배출가스 규제에 능동적 대응을 위해 소재-가공-모듈-완성차 산업간 유기적으로 융합된 수송기기 경량화 기술 개발 추진 중
- ★ 국내의 경우 소재기술 중심 경량화, 기업 단기 사업화 기술 위주, 시장 중심 기술개발 협업체계 미흡, 내수시장에서의 Testbed 기회 부족 등 선진국 대비 전략적 R&D 및 상용화 체계 미흡

// 시사점 및 정책제안

- ★ 「경량화」는 환경, 효율, 에너지, 제조업 경쟁력 등 국가적 주요 아젠다와 맞물린 Key-Technology로서 글로벌 경쟁력이 필요한 자동차, 철도, 선박 및 항공기 주요 산업과 소재-부품, 가공산업이 연계한 경량화 혁신프로젝트(LIFT: Lightweight Innovation for Transportation) 도입 필요
- ★ 경량화 혁신프로젝트는 기존의 기술개발 사업을 포함하여 산업생태계간 연계 강화, 소재-가공-수요기술간 시너지 창출을 위한 유기적 협업체계, Testbed 활성화를 통한 신기술 실용화 가속화, 국내 관련 규정 및 법규 제정 지원 등을 포함 수송기기 산업 생태계 고도화에 기여

1. 수송기기 경량화 필요성

온실가스 CO₂ 감축 규제 강화

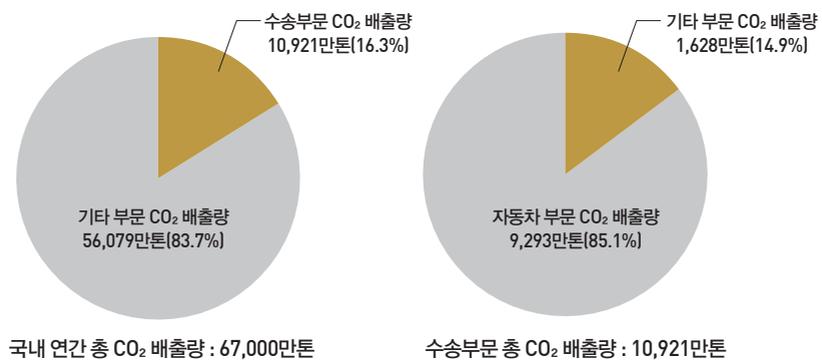


[그림 1] 국내 2020년 총 CO₂ 배출량 감축 목표 및 산업 부분별 감축률 |

* 출처 : 2014년 녹색성장위원회, 국무회의 보고 자료

★ 환경 및 에너지 관련 규제인 온실가스 감축에 대한 규제가 전 세계적으로 강화되고 있으며, 대한민국의 온실가스 감축 목표는 2030년 배출전망치(BAU : Business As Usual) 대비 37%임

- 2009년 11월 온실가스 감축목표 국제사회에 약속, 국내는 「저탄소 녹색성장기본법」 시행령 제25조에 명시



[그림 2] 국내 2010년 총 CO₂ 배출량, 수송부문 CO₂ 배출량 현황 |

* 출처 : 2012년 자동차 업종 온실가스-에너지 감축연구회 결과보고서(한국자동차산업협회)

- ★ 2010년 기준 국내 수송기기 산업 CO₂ 배출은 국내 연간 총 CO₂ 배출량의 16.3%에 해당
 - 수송기기 산업 배출량은 10,921만톤, 그 중에서 자동차 산업이 85.1%인 9,293만톤 배출
 - 수송기기 산업에서 배출되는 CO₂는 제조, 생산 및 폐기 과정 14.9%, 운행과정이 85.1% 차지
- ★ 수송기기 산업 2020년 감축 목표는 BAU 대비 34%로 가장 효율적인 감축 수단으로서 수송기기 경량화가 시급한 과제임
 - 2020년까지 1,640만톤 온실가스 감축시 5년간 총 8조원의 사회적 편익 발생 예상
 - 2020년까지 BAU 34% 감축 달성시 연료절감에 따른 경제적 편익 51.4조원 발생 예상
 - 수송기기 산업의 CO₂ 배출 저감 목표 달성시 사회 및 경제적 편익은 총 59조원으로 예상

수송기기 산업 분야별 연비 및 배출가스 규제 현황

- ★ 수송기기 산업에서 CO₂ 발생의 85%를 차지하는 자동차 산업의 연비 및 배출가스 규제는 2020년까지 2015년 대비 평균 25% 이상 강화
 - 2020년 EU는 규제대비 5% 수준인 CO₂ 배출 5 g/km 초과시 10조 9천억원 부담금 발생 (EU 1 g/km당 €95, 1,730만대)
 - 2020년 북미는 규제대비 5%인 2.3 mpg 초과시 2조 6천억원 부담금 발생 (북미 0.1 mpg당 \$5.5, 1,740만대)
 - 2020년 국내는 규제대비 5%인 CO₂ 배출 5 g/km 초과시 2,250억원 부담금 발생 (국내 1 g/km당 1만원, 450만대)

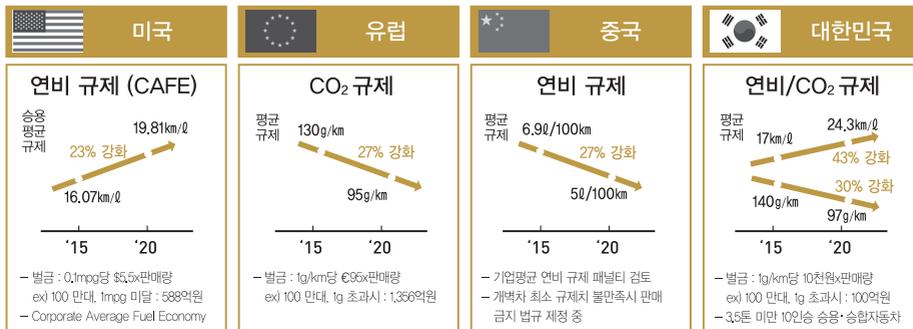
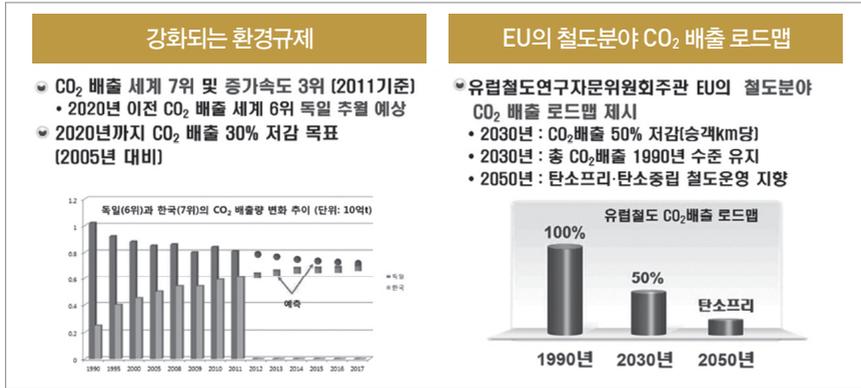


그림 3 2020년 국가별 자동차 연비 및 배출가스 규제 현황

* 출처 : 2014년 환경부/산업통상자원부 보도자료 (자동차 평균 온실가스·연비 기준)

- ★ 철도 산업의 온실가스 규제는 기관차 엔진과 전력사용으로 인한 간접 배출 모두 포함
 - 북미는 US Clean Air Nonroad Diesel Rule of 2004에 의하여 2012년부터 Sulfur의 배출량을 15 ppm 수준으로 감축하고 있으며, Tier 4의 규제는 2015년 1월 부터 실시
 - EU는 EU stage III Standard for Locomotive Engines 규제를 통하여 1990 ~ 2020년간 유럽철도의 CO₂ 저감 계획에 따라서 2020년까지 30% 감축을 목표로 설정



| 그림 4 철도산업 환경규제 강화 및 향후 CO2 배출 로드맵 |

- ★ 조선 산업 온실가스 배출 규제는 국제해사기구 IMO(International Maritime Organization)에 의하여 EEDI (Energy Efficiency Design Index) 만족 여부로 규제
 - EEDI는 선박이 1톤의 화물을 1해리(nautical mile) 운송시 발생하는 CO₂ 질량으로 표시되며 단위는 g/ton-nm
 - 2013년부터 신규선박에 EEDI 수치가 부여되며, 수치가 IMO 기준 이하시 운항이 허용되며, 부여된 수치는 폐선까지 유지

| 표 1 선종 및 선박 용적별 EEDI 저감 규제 기준 |

선종	선박용적	EEDI 저감율 (%)			
		Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3
		2013/1/1 ~ 2014/12/31	2015/1/1 ~ 2019/12/31	2020/1/1 ~ 2024/12/31	2025/1/1 ~
화물선	20,000(Z) 이상	0	10	20	30
	10,000(Y) ~ 20,000(Z)	N.A	0-10	0-20	0-30
가스탱크	10,000(Z) 이상	0	10	20	30
	2,000(Y) ~ 10,000(Z)	N.A	0-10	0-20	0-30
탱크	20,000(Z) 이상	0	10	20	30
	4,000(Y) ~ 20,000(Z)	N.A	0-10	0-20	0-30
컨테이너선	15,000(Z) 이상	0	10	20	30
	10,000(Y) ~ 15,000(Z)	N.A	0-10	0-20	0-30
일반화물선	15,000(Z) 이상	0	10	15	30
	3,000(Y) ~ 15,000(Z)	N.A	0-10	0-15	0-30
냉동화물선	5,000(Z) 이상	0	10	15	30
	3,000(Y) ~ 5,000(Z)	N.A	0-10	0-15	0-30

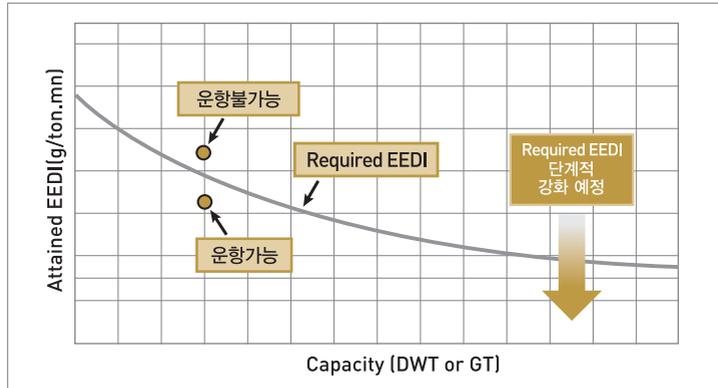


그림 5 IMO의 EEDI 규제 개념도

- ★ 항공 산업에서 온실가스 배출 규제는 2012년 EU가 이산화탄소 배출 부담금 부과 결의로 2013년부터 시행
 - 미국 EPA(Environmental Protection Agency)는 2015년 6월 항공기의 온실가스 배출 규제 방안과 상용항공기 엔진의 CO2 배출 표준에 관한 로드맵 발표
 - 2020년부터 2040년까지 매년 2~3% 수준의 연비 향상시 규제 만족 가능으로 강화됨
 - 국제민간항공운송협회 IATA(International Air Transport Association)는 항공사가 자발적으로 2005년 대비 2020년까지 최소 25%이상의 CO2 감축을 목표로 제시
 - 오바마 행정부가 '항공기의 CO2 배출량'을 규제하는 혁신적 신 환경보호 정책 제안 예정인데 환경보호정책 덕분에 자동차산업은 친환경차 개발이 가속화 되었듯이 항공기 규제 역시 친환경 비행기 개발을 촉진하는 계기가 될 것이며 항공기 경량화가 핵심 이슈

2. 수송기기 경량화 산업과 기술개발 동향

수송기기 경량화 산업 개요

- ★ 수송기기 경량화는 소재 및 부품 개발의 단발성 기술이 아니라, 경량화 소재 설계, 성형 및 가공 공정 개발, 부품 모듈화 및 재활용까지의 전과정의 측면의 접근이 필요한 산업으로, 각각의 기술 융합이 필요한 산업 생태계임
 - 수송기기용 경량화 소재는 금속의 경우에는 주철, 주강과 철강소재에서부터 알루미늄, 마그네슘 및 타이타늄 등이며, 고분자 소재는 구조재료로 적용 가능한 범용, 엔지니어링 플라스틱, LFT 복합소재, 수퍼엔지니어링 플라스틱 및 CFRP 등
 - 수송기기용 경량화 성형 가공은 고/액 상변태를 이용하는 정형가공 주조, 고상 소성변형을 이용하는 단조, 압출, 압연, 인발 등의 소성가공, 접합, 열처리 및 표면 처리 등의 뿌리 기술

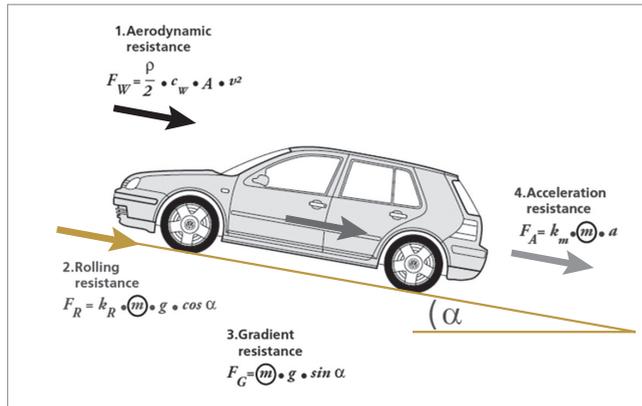
- 수송기기 경량화 부품 모듈화는 성형·가공된 중간재를 이용하여, 수송기기에 필요한 부품화 및 모듈화를 통하여 수송기기를 완성하는 생산 공정 기술
- 수송기기 경량화 재활용은 기존에는 철강 소재 및 비철 소재 정도의 구분을 통한 저급한 scrap을 제조하는 기술이었으나, 향후 고품위 재활용에서는 경량화를 위하여 융합된 소재를 이용하여, scrap을 primary로 재활용할 뿐만 아니라 새로운 합금 및 고부가가치 모합금으로 재탄생시키는 신소재 기술



| 그림 6 수송기기 경량화 산업 구성 및 개요 |

// 수송기기 경량화 기술개발 동향

- ★ 수송기기 산업에서 CO2 발생량의 85.1%를 차지하며, 국가 주력산업인 자동차를 중심으로 경량화의 필요성과 경량화 기술개발 현황 및 향후 개발대상 기술 정리
- ★ 그림 7에 나타난 것과 같이 자동차의 주행에서는 크게 공기역학 저항, 회전 저항, 경사 저항 및 가속 저항 등의 4가지 저항이 발생되며, 공기역학 저항을 제외하고 모두 경량화에 따라서 개선이 되는 저항이기 때문에, 연비 향상 및 배출가스 저감을 위하여 경량화가 반드시 필요

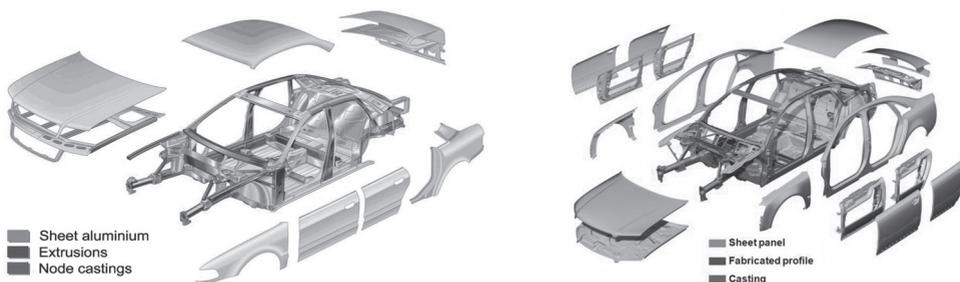


| 그림 7 자동차 주행중 발생하는 저항력의 종류 |

* 출처 : 2013 Aluiminum in Cars, 유럽알루미늄협회

1) 단일 금속 소재 대체 경량화

★ 자동차 산업에서 초기 경량화 기술은 기존의 철강 소재 차체를 알루미늄 및 마그네슘 소재로 대체하는 기술과, 철강 소재의 강성 향상에 따른 두께, 형상 및 제조 공법 변경을 통한 경량화로 모두 단일 금속 소재를 중심으로 경량화 기술개발이 진행



| 그림 8 Audi A8에 적용된 알루미늄 소재 차체 세대별 구성도 |

* 출처 : 2013 Aluiminum in Cars, 유럽알루미늄협회

★ 스포츠카 및 프로토타입으로 제조하는 미래지향적 컨셉트카를 제외하고, 양산에서 자동차 경량화를 위한 경량 소재 적용은 1994년 독일 Audi A8의 BIW (Body in White)에 적용된 ASF® (Aluminum Space Frame) 알루미늄 합금이 최초임

- 1994년 Audi를 시작으로 2003년 Jaguar XJ 등 유럽 고급 세단 및 스포츠 자동차를 중심으로 알루미늄 BIW 적용이 지속
- 1994년 D2 플랫폼에서는 알루미늄 압연판재, 압출재 및 주조재로 구성
- ASF[®]를 바탕으로 차체 부품의 주조 성형을 위한 열처리 및 용접 가능 전용 주조용 합금개발, 고강도 알루미늄 압출재 및 성형성 향상 알루미늄 판재 기술개발 및 생산량 급증
- 알루미늄 차체 초기 적용시에는 알루미늄 판재 성형을 위하여 하이드로 포밍 및 롤러 헤밍과 같은 특수 설비를 이용하였지만, 현재는 인장강도 300 MPa, 연신율 30% 이상 및 성형성 제어 판재 개발을 통하여 기존 철강 설비를 그대로 이용할 수 있음
- ★ 기존 철강 소재 차체를 고급 세단부터 알루미늄 소재로 대체가 시작됨에 따라서, 전 세계 철강 기업 35개사가 공동으로 ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body) 프로젝트를 1995년부터 시작하여, 철강 소재만으로 기존 철강 차체 대비 25%의 경량화 가능성을 제시
 - 항복강도 210-550 MPa의 고장력강 및 항복강도 550 MPa 이상의 초고장력강 비율 90% 이상
 - 0.65 - 2.0 mm 두께의 다양한 판재 및 샌드위치 판넬 적용
 - 판재의 두께가 변하는 TRB (Tailor Rolled Blank) 및 하이드로 포밍 성형 공법 적용
 - 레이저 용접을 통한 접합강도 향상 공법 적용



| 그림 9 ULSAB 프로젝트 phase 2로 완성된 철강 소재 BIW |

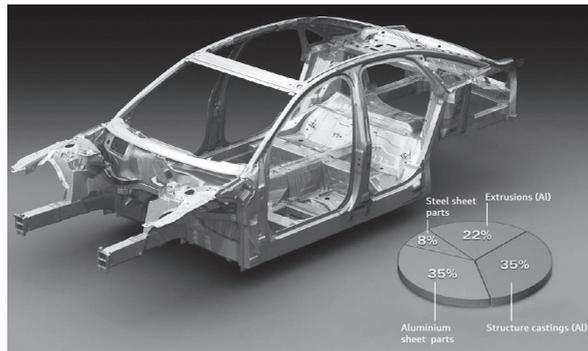
* 출처 : <http://www.worldautosteel.org/>

- ★ ULSAB 프로젝트는 철강회사 및 포르쉐 등 자동차 메이커의 연구 결과 기존 대비 25% 경량화 가능성을 제시하였으나, 제조 단가 상승을 최소화하는 것을 만족하지 못하였음.
 - 고장력 및 초고장력강 성형시 스프링백 및 금형수명 저하에 따른 생산 비용 상승
 - 특수 성형 및 접합 공정 도입에 따른 비용 상승 문제

- 강화되는 충돌 안전성 평가 대응을 위한 설계 변경 및 무게 증가
- ULSAB-AVC (Advanced Vehicle Technology) 후속에서 기술 개발 성과를 이용하여 기존 철강 소재 차체 경량화 및 성능 향상에 지속적으로 기여
- 전기동력 자동차용으로 FSV (Future Steel Vehicle) 프로젝트가 2008년부터 시작되었으며, TWIP 강까지 적용되어 현재 컨셉트 자동차 수준의 기술개발 진행 중

2) 다중 금속 소재 경량화

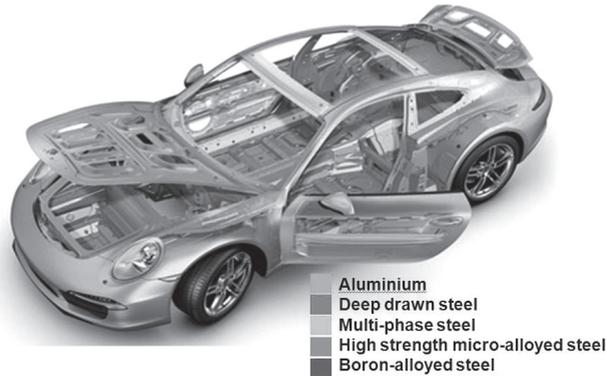
- ★ 초기의 자동차 경량화는 기존 철강 소재를 알루미늄 및 초고장력 철강 소재로 대체하는 개념으로 시작되었으나, 제조단가, 생산성 및 충돌 안전성 확보 측면에서 단일 소재가 아니라 다중 금속 소재 적용 필요성 대두



| 그림 10 Audi A8에 적용된 알루미늄 및 철강 소재 차체 구성도 |

* 출처 : 2010 Euro car body, German

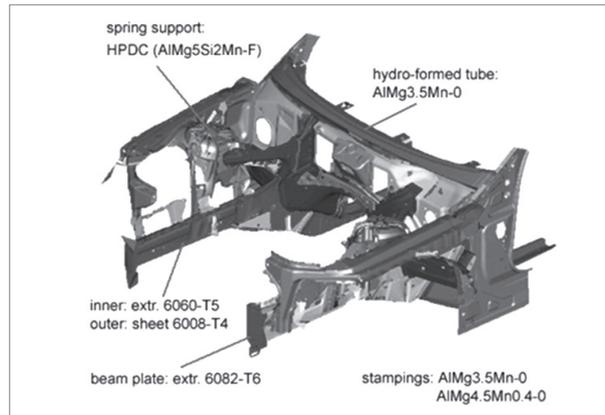
- ★ Audi의 A8은 ASF® 기술의 대명사임에도 불구하고, 센터 필러 및 충돌시 강화가 필요한 주요 부위에 초고장력강을 적용
 - 초고장력을 적재적소에 사용하는 것이 알루미늄 단일 소재 적용시보다 경량화 및 충돌 안전성 확보에 유리
 - 이종 금속간의 접합시 부식 문제 해결을 위하여 기계적 리벳 및 화학 본드 적용 확대
 - 철강 소재를 적용하던 메이커에서도 차량 구동 성능 및 NVH 성능 향상이 필요한 부위에는 알루미늄을 적용하고, 차체 강성 확보가 필요한 부위에는 고장력강 적용이 증가하고 있음



[그림 11 Porsche 911 Carrera 적용 철강 및 알루미늄 차체 구성도]

* 출처 : 2013 Euro car body, German

- ★ 다중 금속소재 적용을 통한 경량화는 전세계 자동차 메이커의 가장 보편화된 경량화 기술이 되어 가고 있지만 기술적으로 극복이 필요한 기술들이 늘어나고 있음
 - 다중 금속소재 적용시 이종 금속간 전위차에 의한 부식문제 해결 필요
 - 이종 금속 접합시 부식 문제 방지를 위하여 기계적 접합 및 화학 접착제를 사용함에 따라서 적절한 접합 강도 확보 방안 필요
 - 이종 금속 접합에 화학 접착제 적용시 생산성 저하, 치수 정밀도 저하 및 변형 방지에 대한 근본적 해결 기술이 필요



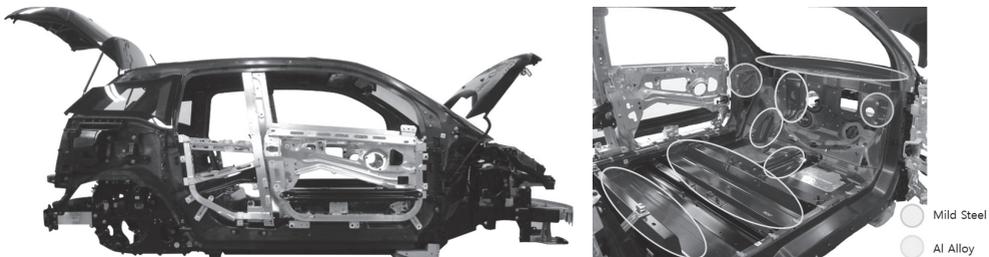
[그림 12 BMW 5 시리즈에 적용된 알루미늄 및 철강 소재별 차체 구성도]

* 출처 : 2013 Aluimium in Cars, 유럽알루미늄협회

- ★ 현재까지 다중 금속소재 적용시 문제점은 소재 및 생산 과정에 초점이 맞추어져 있지만, 다중 금속소재 적용 1세대 차량의 수명이 다하는 향후 5년 후부터 실질적인 문제가 바로 재활용성 저하임
 - ELV (End of Life Vehicle) 규제는 ISO 22628에 의거 자동차의 재활용가능율 85%, 재회수 가능율 95%를 만족하도록 함
 - 100g 이상의 플라스틱 부품 및 200g 이상의 고무 부품은 재질 마킹이 필요하지만, 금속 소재의 경우에는 재질 마킹 및 재질 구분에 상관없이 재활용 및 재회수 가능율 100%로 구분하고 있음
 - 다중 금속소재는 단일 소재 대비 재활용 및 재회수 가능율이 현격하게 낮아질 것으로 예상되며, 다중 금속의 적용시에는 재활용 및 재회수 가능율에 대한 새로운 표준안이 필요
 - 다중 금속소재의 ELV 재활용 및 재회수 가능율 조정시 저급한 scrap과 고품위 primary화 재활용 여부에 따라서 가능율에 가중치 부여 등 차등화 방안 및 표준이 필요

3) 다중 금속 및 고분자 소재 융합 경량화

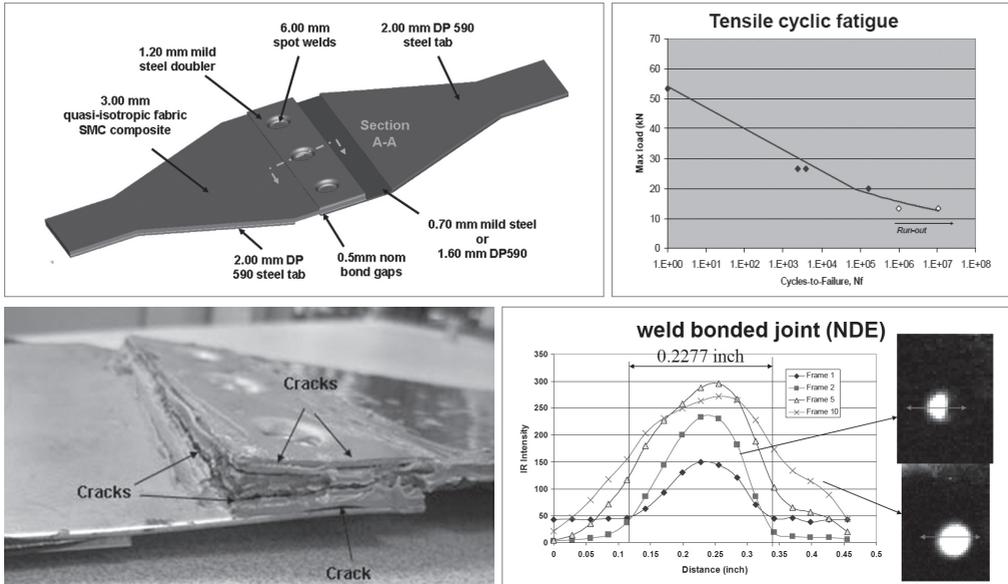
- ★ 자동차에서 경량화 요구가 기존 내연기관보다 더 큰 전기동력 자동차 및 고급 자동차의 경우에는 기존의 다중 금속 소재 경량화만이 아니라 고분자 소재까지 적용한 MMI(Multi material Integration) 기술이 필요



| 그림 13 BMW i3 전기자동차 적용 CFRP, 알루미늄 및 철강 적용 차체 |

* 출처 : 자동차부품연구원, 그린네트워크 (www.greenet.katech.re.kr)

- ★ BMW i3는 항공용 소재로 알려진 CFRP를 저가로 대량 생산할 수 있는 RTM (Resin Transfer Molding) 공법과 접착제를 이용하여 CFRP, 알루미늄 및 철강 소재로 이루어진 경량 차체를 개발하여 상용화 하였으며, 향후 내연기관 자동차에까지 확대할 예정임
 - 기존의 금속과 금속간의 이종 소재 접합에서는 부식 문제 해결이 가장 중요하여 기계적 리벳 및 클린칭과 같은 공법이 가장 많이 적용되었으나, MMI 차체에 적용된 접합 기술은 접착제 기술이며, BMW i3의 경우 차체에 170 미터 이상 적용
 - MMI 차체를 통한 경량화에는 성공하였으나, 1일 생산량 100대를 초과할 수 없는 생산성 문제는 향후 개선이 필요



| 그림 14 MMI 구현을 위한 접합 기술 개발 사례 (Oak Ridge National Laboratory) |

* 출처 : Composite Underbody Attachment (DOE Project)

★ 기술 선진국의 MMI 경량화 연구 핵심은 다양한 소재간의 접합성 문제 해결이며, 이를 위하여 다양한 접합 공법과 접착제가 개발되고 있음

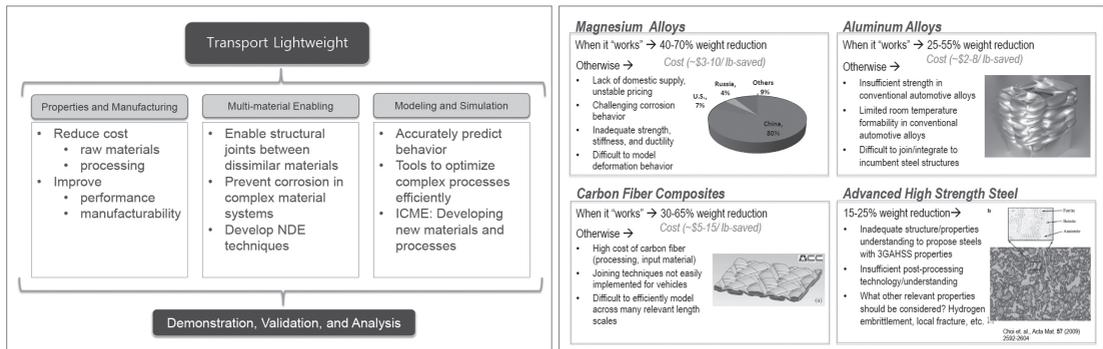
- MMI 생산 및 제조 단계에서 반드시 해결해야할 문제가 접합시 변형 및 부식 문제인 것은 기존 선행 연구 및 선진 차량에서 확인되고 있음
- 재활용시 금속 다중 소재 적용시보다 재활용 및 재회수 가능성이 저하될 것으로 예상되며, 소재 단위에서부터 제조 단계까지 재활용을 고려하지 않을 경우 향후 MMI 차체는 실적용에 제한을 받을 수 있음
- 국내의 MMI 경량화 기술은 이제 개념 정립 단계로 선진 기술을 Follow up 하는 수준이지만, 단순한 모방이 아니라 후발 주자가 선진 기술을 추월하기 위하여는 현재까지 선진 기술 개발에서도 중요성을 인식하지 못하고 있는 재활용 관련 기술을 소재 적용 단위에서부터 제조 및 재활용 과정까지 확보해야함

// 선진국 경량화 기술정책 및 개발 동향

★ 일본은 혁신적 신구조재료 기술개발(Innovative Structural Materials Association, ISMA)로 2014년 대비 2022년까지 자동차 등 수송기기 50% 경량화 목표

- ISMA는 일본 경제산업성(METI) 미래개척연구프로젝트 일환으로 진행
- 2014년의 경우 총 38,200억엔 규모로 기술개발에 역량을 집중

- ★ ISMA는 수송기기의 기존대비 50% 경량화를 위하여 기술로드맵을 바탕으로 5개의 분류로 기술개발 추진
 - 이종소재 접합 : 철강, 알루미늄, 마그네슘, 타이타늄 및 CFRP 소재간의 접합 기술 개발
 - 30 GPa% 강성지수 스틸 개발 : 강도 1.5 GPa, 연신율 20% 철강 소재 개발
 - 자동차용 고특성 저가비철 개발 : 구조재용 고강도 저가형 알루미늄, 마그네슘 및 타이타늄 소재 개발
 - 저가 대량생산 CFRP 개발 : 항공기 이외의 수송기기 적용 가능 경제적 CFRP 소재 개발
 - 전략적 원천 소재 개발 : 대학 및 연구소 등을 중심으로 혁신 구조재료, 평가 기술 및 파고 메카니즘 규명과 같은 원천 기술을 전략적으로 확보
- ★ 미국의 수송기기 경량화 기술은 Lightweight Materials 프로그램으로 2002년 대비 2015년까지 50% 경량화 목표
 - 국가적인 차원에서 경량화 목표 및 개발 로드맵에 맞추어서 경량화 생태계 육성을 정책적으로 지원하고 있음
 - 2014년 2,800만불의 연구비가 지원되었으며 2008년부터 2014년까지 지원된 연구 성과로 차체경량화 49.8%까지 달성
 - 2016년부터 새로운 기준연도 대비 50% 경량화 목표로 2단계 지원이 진행될 예정



| Lightweight Materials 프로젝트 구성 |

| 특성 향상 및 제조 공정개발 |

Magnesium Alloys

- Corrosion (galvanic and general)
- Difficulty Joining
 - Mg-Mg
 - Mg-X
 - Riveted Joints
- Questionable compatibility with existing paint/cooling systems

Aluminum Alloys

- HAZ property deterioration
- Difficulty joining mixed grades
 - Joint integrity
 - Joint formability
- Difficulty recycling mixed grades

	Mg	Si	Cu	Zn
5182	2.0-3.0	<0.2	<0.15	<0.25
6111	0.5-1.0	0.6-1.1	0.5-0.9	<0.15
7075	2.1-2.9	<0.4	1.2-2.0	5.1-6.1

Magnesium Alloys

- Complicated deformation in HCP Mg alloys
 - Highly anisotropic plastic response
 - Profuse twinning
- Few established design rules for anisotropy
- Substantial gaps in basic metallurgical data

Aluminum Alloys

- Basic metallurgical models are well established
- Substantial fundamental data is available
- Useful predictive models established for some conditions
- Truly predictive, multi-scale models are still lacking

Carbon Fiber Composites

- Corrosion and environmental degradation
- Some difficulty joining
- Questions regarding non-destructive evaluation

AHSS

- HAZ property deterioration
- Limited weld fatigue strength
- Tool wear, tool load, infrastructure

Carbon Fiber Composites

- Insufficient capability in modeling relationships between physical properties, mechanical properties, and ultimately behavior
- Lack of validated, public databases of CFC material properties
- Inadequate processing-structure predictive tools

AHSS

- General lack of understanding on structures, phases, and deformation mechanisms to achieve 3GAHSS properties
- Very complicated structures, phases, and deformation mechanisms likely

| Multi Material 융합 기술개발 |

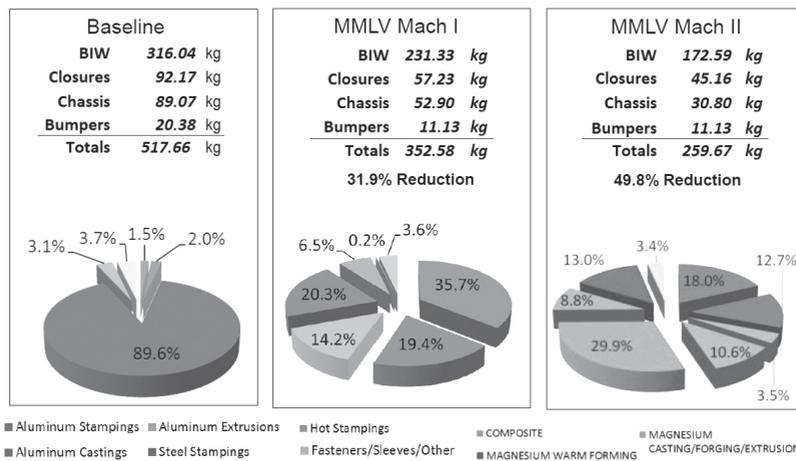
| 모델링 및 해석 기술 개발 |

| 그림 16 미국의 Lightweight Materials 프로젝트 구성 |

* 출처 : 2013 Lightweight Materials Program, DOE

★ Lightweight Materials은 2008년부터 2015년까지 크게 3가지 기술 분야를 지원

- 소재 구분 : 단기 성과 소재로 철강 및 알루미늄, 장기 성과 과제로 지원할 소재는 마그네슘 및 CFRP로 구분하여 지원
- 특성 향상 및 제조 공정 기술 개발 : 철강, 알루미늄, 마그네슘 및 CFRP 소재 자체의 특성 향상 및 제조성 향상 기술개발 지원
- Multi Material 융합 기술개발 : 철강-철강, 철강-비철금속, 비철금속-비철금속, 금속-고분자 등의 다양한 소재 융복을 위한 기술개발 지원
- 모델링 및 해석 기술 개발 : 원자 단위의 소재부터 성형 공정의 모델링 및 해석을 통한 정밀 예측, 신소재 및 공정 기술개발 지원



| 그림 17 미국의 Lightweight Materials 프로젝트로 지원된 기술개발 성과 |

* 출처 : Lightweight Materials R&D Program, 2013 DOE

★ 기술 선진국의 수송기기 경량화를 위한 R&D 지원 프로그램의 장단점

- 국가적 차원에서 도전적 목표인 기존 대비 50% 이상의 경량화를 위한 기술 로드맵 바탕의 원천 기술 확보는 장점임
- 기술 로드맵이 경량화를 위한 소재 및 성형공정에 한정되어 이와 연관된 전방 및 후방 산업간의 Value chain 연계 부족으로 실적용성 저하
- 국가적 차원의 지원과 로드맵을 바탕으로 진행되는 혁신적 경량화 기술임에도 불구하고, 다양한 소재와 공법을 적용할 경우 경량화에만 초점이 맞추어져 있으며, 융합시 변형 및 부식과 소재의 전주기적 관점에서 해결해야 할 재활용 관련 기술 개발의 부재
- 기술 선진국의 수송기기 경량화를 위한 기술 프로그램의 장점을 최대한 살리고, 단점을 보완할 수 있는 국내 산업 현황 연계 혁신적 수송기기 경량화 프로그램 필요

/// 국내 수송기기 경량화 기술개발 지원 현황

★ 국내의 수송기기 경량화 관련 기술개발 지원은 단품 및 모듈 단위의 경량화를 위한 소재 및 성형 공정을 중심으로 지원

표 2 국내의 최근 3년간 자동차 경량화 관련 지원 현황 |

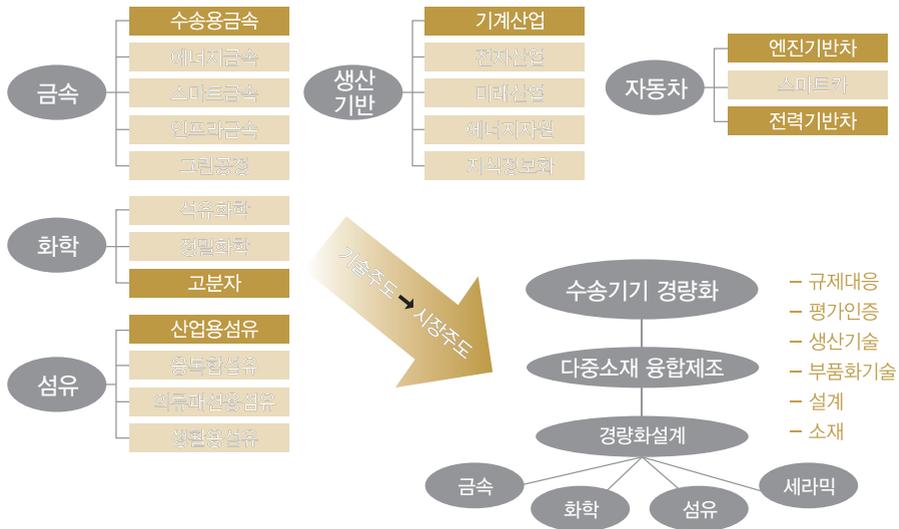
지원년도	과제명	기간예산	비고
'13년	1GPa급 이상 초고강도강 및 알루미늄 차체부품 대응 통재 판재 성형기반기술개발	5년 50억	성형
'13년	제품회수율 90%이상 및 400MPa급 고강도 알루미늄 정형부품 제조를 위한 점진적 응고제어 및 주단조 연계화기술개발	5년 50억	주조 공정
'14년	자동차 경량화를 위한 연속성 탄소섬유강화 프리프레그 복합소재 차체 부품 고속 금형성형기술개발	3년 35억	복합 소재
'14년	경량화 15% 및 안전성 5%를 향상을 위한 1GPa급 초고강도강과 Al합금을 적용한 자동차 차체부품 제작용 고생산성 하이브리드 마찰교반접합기술개발	3년 33억	접합
'14년	가변단면 튜브 적용 경량화를 30%이상의 770mm급 일체형 장구동축 복합성형기술	4년 40억	성형
'14년	미래수송기기 경량화를 위한 주조-전신재 겸용 강도연성지수 12GPa%급 친환경 Duplex 알루미늄소재 개발	5년 50억	소재
'15년	CAFE 2025 대응형 자동차 차체 및 사시부품용 1GPa급 아연도금강판 용접기술개발	3년 24억	접합
'15년	1.5GPa급 초고강도 차체부품 변형제어 냉간 정밀 프레스 성형기술개발	3년 24억	성형
'15년	SOL(Small Overlap) 충돌범규 대응 경량 다중소재 융합 차체프레임 제조	3년 27억	성형
'15년	연속탄소섬유 보강 열가소성수지(CCFRTP)부품용 금형성형기술	5년 5억	복합 소재
'15년	차체 경량화를 위한 상온성형용 연신율 25%이상 GIGA급 저비중 경량강재 및 부품화 기술개발	5년 50억	소재 부품화

- 수송기 경량화를 위한 국내의 연구 개발 지원 예산은 타 기술개발과 유사한 수준으로 지속적으로 지원
- 국가적 차원의 수송기기 경량화 로드맵을 바탕으로 일관성 있는 기술개발 지원보다는 기업에서 단기 사업화가 가능한 수요에 맞춘 기술개발 중심
- 선진국의 기술 로드맵에 의한 원천기술 확보 지원보다 실적용성은 우수하지만 각각의 기술들이 융합된 시너지 효과는 부족
- 국내의 경우에도 청정생산기술 사업이 있지만, 수송기기 경량화를 위한 기술 개발시 소재의 전과정적이 관점에서 재활용까지 고려한 기술개발 지원 및 재활용을 통한 신소재화 등의 고품위 재활용 기술 개발 실적은 부족
- 선진국 대비 기술이 현장 맞춤형으로 실적용성은 우수하지만 수송기기 경량화의 경우에는 강화되는 규제에 능동적 대처를 위하여 국가적 차원의 로드맵을 통한 전략적 경량화와 산업생태계로 육성이 필요

3. 수송기기 경량화 산업생태계 육성 전략

// 경량화 소재 R&D 정책 변화 필요성

★ 국내 경량화 관련 R&D는 다양한 소재 기술, 생산기반, 부품 및 완성차 관련 기술이 별도 사업으로 진행되며 여전히 소재 기술 중심의 개발이 주를 이루는데 비해 선진국은 시장 주도의 개발과 기술융합형 프로젝트 또는 연구소 운영으로 시너지 효과와 상용화 가능성 높음



| 그림 18 선진국과 국내 경량화 관련 연구체계 비교 |

// LIFT (Lightweight Innovation for Transportation) 전략

★ 수송기기 경량화를 단순 기술이 아니라 전략산업으로 육성하기 위하여 도전적 목표 및 새로운 형태의 기술 개발인 LIFT (Lightweight Innovation for Transportation) 프로젝트 필요

- 2015년 대비 2020년까지 평균 25% 이상 강화되는 연비 및 배출가스 규제에 능동 대응이 가능한 기존 대비 50% 이상 수송기기 경량화 목표
- 기존 소재원천 및 전략적 핵심소재를 바탕으로 확보된 First Mover형 혁신적 구조재료의 경제적 양산
- 철강에서부터 알루미늄, 마그네슘, 타이타늄 및 고분자 소재에 이르기까지 다양한 소재의 융합을 통한 경제적 경량화
- 다양한 소재의 융합에 따른 수송기기 운용시 CO2 저감 동시에 신자원화가 가능한 다양 소재 적용 수송기기의 재활용



| 그림 18 LIFT (Lightweight Innovation for Transportation) 프로젝트 구성 |

4. 맺음말

- ★ 2020년 대한민국의 온실가스 감축 목표는 2030년 BAU 대비 37%이며, 수송기기 산업은 2020년까지 1,640만톤의 온실가스 감축을 달성시 사회, 경제적 편익 59조원의 발생이 예상되어 수송기기의 연비 향상 배출 가스 저감을 위한 경량화는 선택이 아닌 필수임
- ★ 수송기기 경량화는 소재 부품 개발을 위한 단순 기술이 아니라, 경량화 소재 설계, 성형 및 가공 공정 개발, 부품 모듈화 및 재활용까지의 전과정의 측면의 접근이 필요한 산업으로, 각각의 기술 융합이 필요한 산업 생태계임
- ★ 일본은 ISMA 프로그램을 통하여 2022년까지 자동차 등의 수송기기 50% 경량화를 미국은 Lightweight Materials 프로그램으로 2002년 대비 2015년까지 50% 경량화를 목표로 국가적 차원의 기술로드맵을 바탕으로 원천 기술 확보 추진 중
- ★ 국내의 경우 소재기술 중심 경량화, 기업 단기 사업화 기술 위주, 시장 중심 기술개발 협업체계 미흡, 내수시장에서의 Testbed 기회 부족 등 선진국 대비 전략적 R&D 및 상용화 체계 미흡
- ★ 「경량화」는 환경, 효율, 에너지, 제조업 경쟁력 등 국가적 주요 아젠다와 맞물린 Key-Technology로서 글로벌 경쟁력이 필요한 자동차, 철도, 선박 및 항공기 수요 산업과 소재·부품, 가공산업이 연계한 경량화 혁신프로젝트(LIFT: Lightweight Innovation for Transportation) 도입 필요
- ★ 경량화 혁신 프로젝트는 기존의 기술개발 사업을 포함하여 산업생태계간 연계 강화, 소재-가공-수요기술간 시너지 창출을 위한 유기적 협업체계, Testbed 활성화를 통한 신기술 실용화 가속화, 국내 관련 규정 및 법규 제정 지원으로 수송기기 산업 생태계 전략 수립 필요

[참고자료]

1. 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵 (2014, 녹색성장위원회 심의자료, 관계부처합동)
2. 자동차 업종 온실가스·에너지 감축연구회 결과보고서 (2012, 한국자동차산업협회)
3. 자동차 평균 온실가스·연비 기준 (2014, 환경부/산업통상자원부 보도자료)
4. Lightweight Materials 2013 (2014, US DOE)
5. IMO의 선박기인 CO2 배출 규제 동향 및 고찰 (2011, 한국해양환경공학회지)
6. 온실가스배출 감소와 연료절감을 위한 최적 운용절차 방안에 관한 연구 (2013, 한국항공운항학회)