

2014 미래기계기술포럼코리아 주요 내용과 시사점

한국기계연구원 경영전략실

- ❶ 2014 미래기계기술포럼코리아 개요
- ❷ 포럼 주요 내용
 - ❶ 차세대 제조기술
 - ❷ 에너지와 환경
 - ❸ 정부출연연구기관의 역할과 전망
- ❸ 요약

2014 미래기계기술포럼코리아 주요 내용과 시사점

한국기계연구원 경영전략실

- ❶ 2014 미래기계기술포럼코리아 개요 / 1
- ❷ 포럼 주요 내용 / 2
 - ❶ 차세대 제조기술 / 2
 - ❷ 에너지와 환경 / 15
 - ❸ 정부출연연구기관의 역할과 전망 / 23
- ❸ 요약 / 29

1. 2014 미래기계기술포럼코리아 개요

- 2014년 10월 한국기계연구원은 기계기술의 글로벌 R&D 및 사업화 성과와 미래 전략을 논의하기 위한 '미래기계기술포럼코리아(이하 IFAME)'를 개최
 - IFAME (International Forum Korea on Advances in Mechanical Engineering)을 통해 기계분야 미래유망기술을 탐색하고 국가 경쟁력 강화 방안 모색
 - 한국기계연구원 주관 국제포럼 행사는 개원 이후 처음으로 진행
 - 2014 IFAME은 2014년 10월 24일(금) 대전에서 개최되었으며, 기계기술 분야 전세계 석학 및 관계자 250여명 참석
 - 일시 및 장소: 10월 24일(금) 오전 9시~17시, 대전 ICC 호텔
 - 참석자: 국내외 귀빈 및 기계분야 산학연 관계자 250여 명
 - * 권선택 대전광역시장, 정준양 공학한림원 회장, 박재문 미래창조과학부 연구개발 정책실 실장 등
- 2014 IFAME에서는 '차세대 제조기술'과 '에너지와 환경', '정부출연 연구기관의 역할과 전망' 등 3개 세션으로 나뉘어 주제 발표와 토론 진행

<표 1> 2014 IFAME 세션 및 발표 구성

세션명	주제 발표자	제목
세션 1. 차세대 제조 기술	타일란 알탄(Taylan Altan) 미국 오하이오주립대 명예교수	차세대 제조업에서의 금속 성형의 역할
	귄터 클롭쉬(Guenther Klopsch) 한국지멘스 인더스트리 사업부문 대표	제조업의 미래
	조상휘 현대로템 기술연구소장	철도차량의 모듈기반 설계 및 제조 기술
	스테판 로스(Stephan Roth) 독일 바이에른 레이저센터사 상무이사	레이저 가공의 새로운 트렌드
	루크 리(Luke P. Lee) 미국 캘리포니아주립 버클리대 교수	빅하트(BIG HEART)* 기반 통합 맞춤형 의료용 칩 제조 솔루션
세션 2. 에너지와 환경	겐지 안도 일본 미즈비시 히타치 파워시스템즈 부사장	미래 발전산업의 과제
	우종수 포항산업과학연구원(RIST) 원장	에너지 및 환경 기술 개발의 전망
세션 3: 정부출연(연)의 역할과 전망	데이비드 코스마이어 NASA 에임스연구소 국장	NASA 에임스연구소의 주요 R&D 성과와 과제
	임용택 한국기계연구원 원장	한국기계연구원의 도전과 혁신

* Bionanoscience for Innovative Global Healthcare Research & Technology

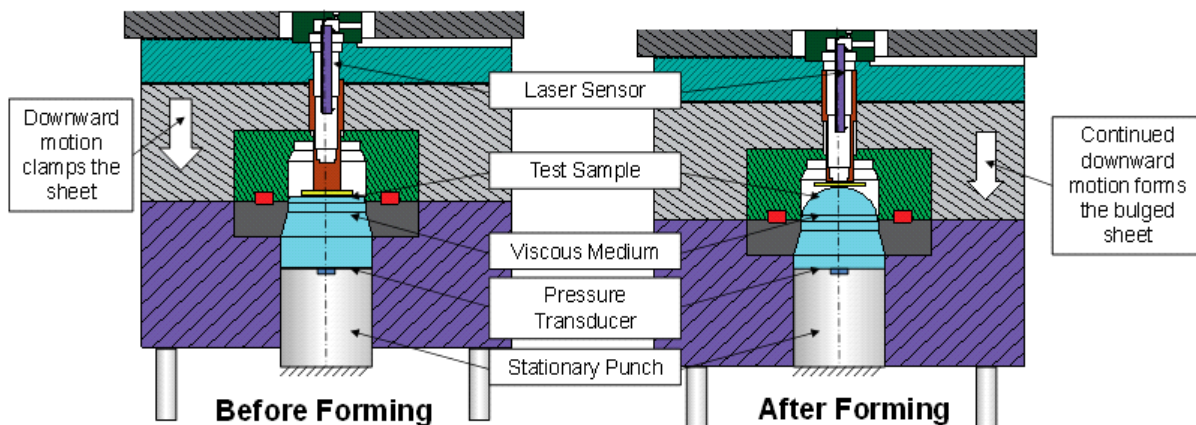
2. 포럼 주요 내용1)

(1) 세션 1: 차세대 제조기술

□ 「차세대 제조업에서 금속 성형의 역할」, 타일러 알탄(오하이오주립대)

○ VPB(Viscous Pressure Bulge : 점성유체 압력파) 테스트 소개

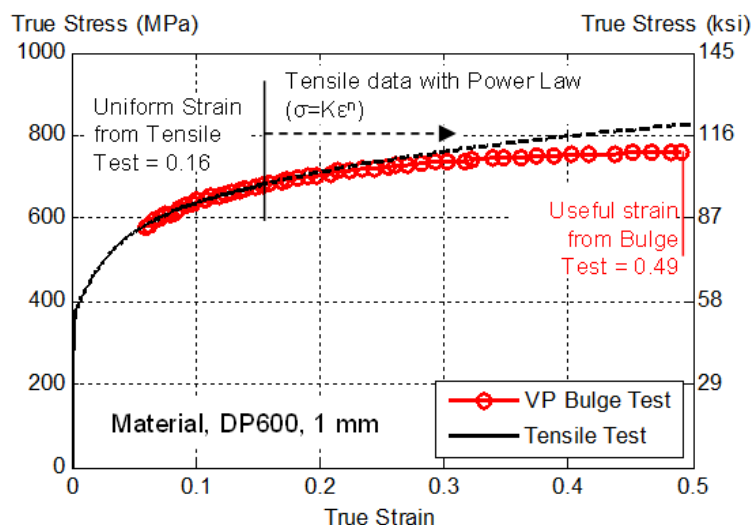
- 유동응력(flow stress)은 압력과 돔(Dome) 높이에 의해 결정



<그림 1> VPB Test 장비 구조

○ VPB Test에 의한 재료 특성 분석(DP600, 1mm)

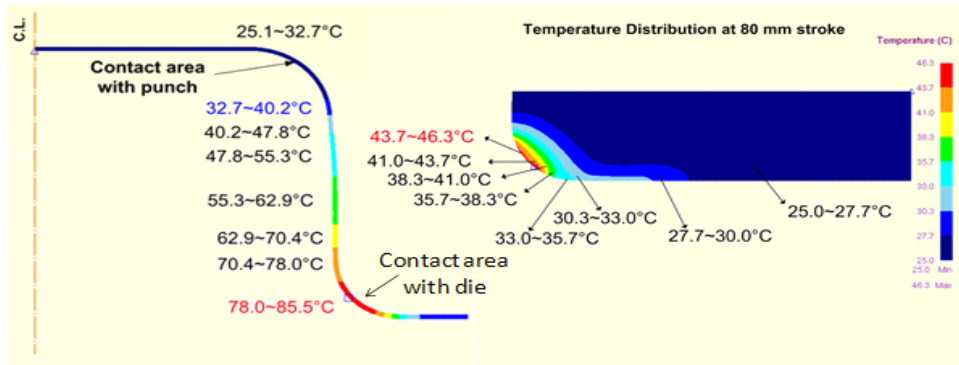
- 진변형률 0.16까지 탄성변형을 하며, 0.49까지 유용한 Data를 얻음



<그림 2> VPB Test에 의한 재료 특성 분석 자료(DP600, 1mm)

1) 기계분야 미래유망기술을 탐색하고 국가 경쟁력 강화 방안 모색 관점에서 포럼 발표 내용을 재구성 (포럼 발표 자료는 forum.kimm.re.kr을 통해 열람 가능)

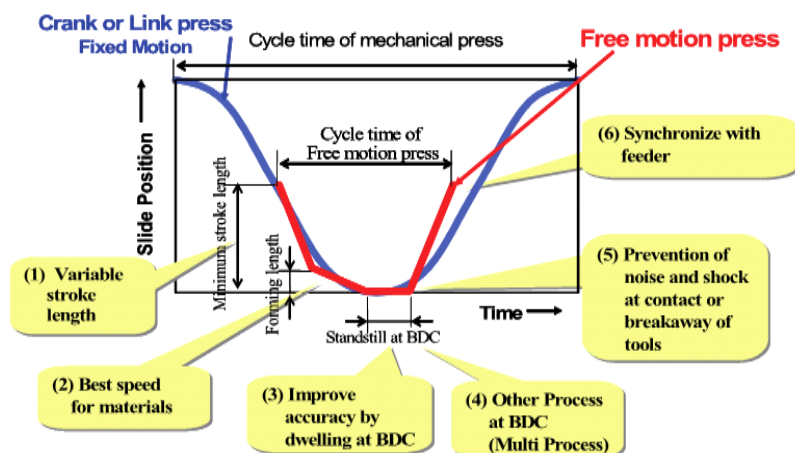
- BHF(Blank Holder Force)가 높을수록 윤활성이 좋음
- 플랜지(Flange) 컵 둘레가 작을수록 윤활조건이 좋음



<그림 3> 사례 : DP 600에 대한 컵 드로잉 테스트에서 온도 분포

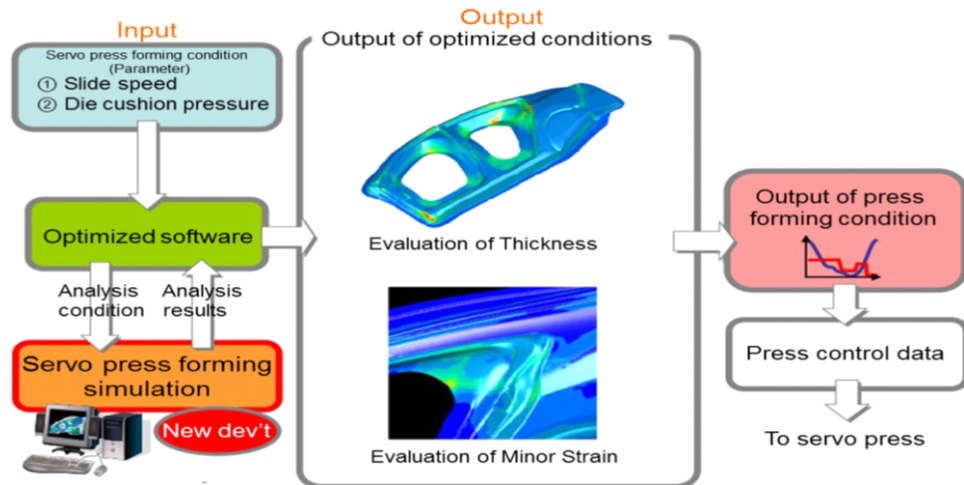
○ 서보프레스(Servo Press) 특성

- 서보프레스로 상사점과 하사점의 정지시간, 속도를 제어하여 생산성과 정밀도를 높여 금형수명 향상, 에너지 절감 등의 이점을 가질 수 있음



<그림 4> 서보프레스 모션(Free motion press) 제어 사이클

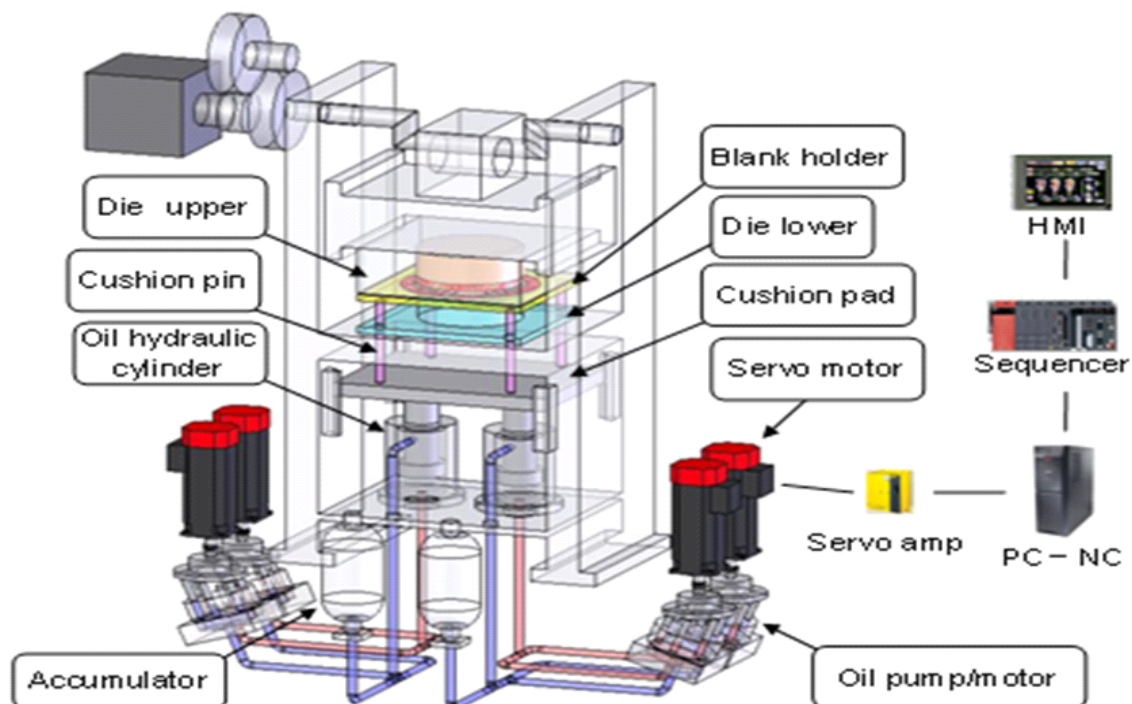
- 최적 프레스 공정을 시뮬레이션하여 파단되는 공정 제어 및 방지



<그림 5> 최적 프레스 성형 조건 도출 프로세스

○ 서보 유압 쿠션(Servo-Hydraulic Cushion) 특성

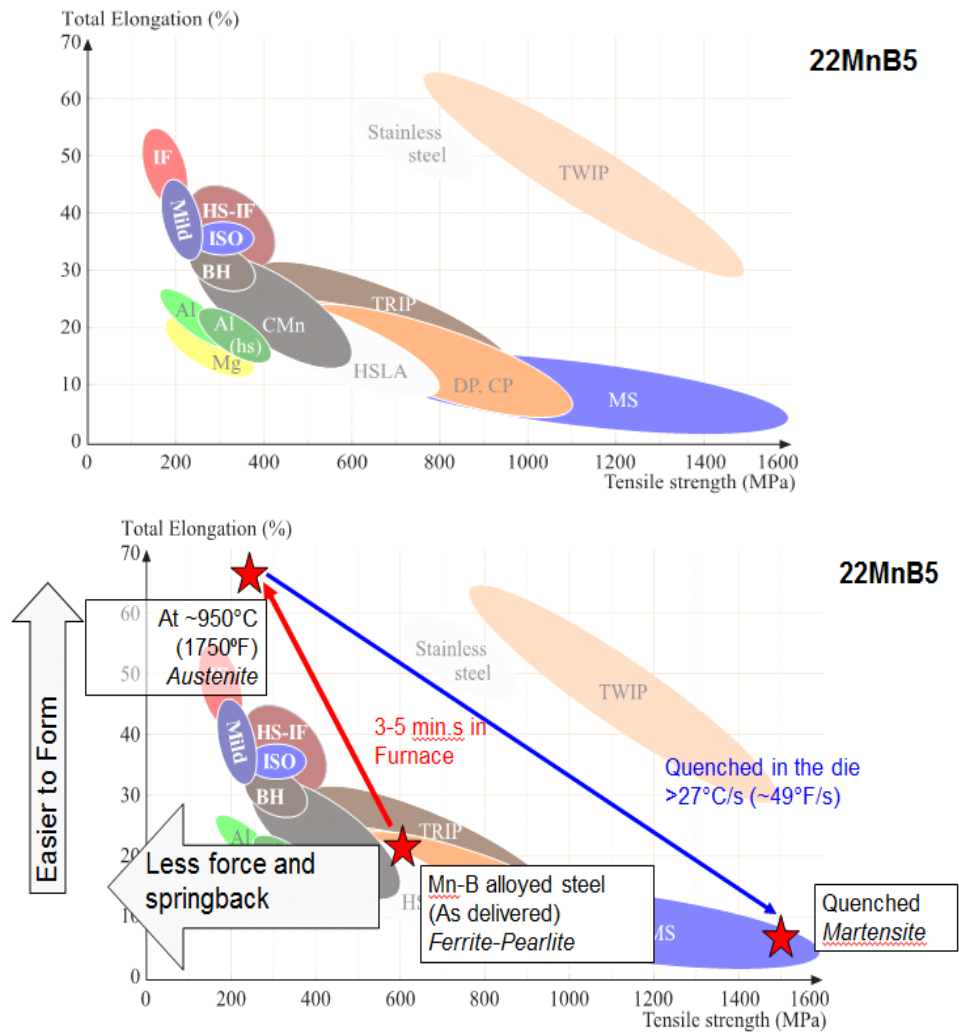
- 기존 프레스에서 다이쿠션(Die Cushion)의 가압 과정을 제거
- 다이와 블랭크 홀더(Blank Holder)간에 충격 속도를 저감
- 스트로크(Stroke) 할 때, BHF를 제어



<그림 6> BHF와 Ram Speed 프로파일>

○ 핫 스탬핑(Hot stamping)

- 950°C 내외의 고온으로 가열한 소재를 프레스 성형과 동시에 급속 냉각시켜 성형 전에 비해 강도가 3배 이상 높은 강판을 제조할 수 있음



<그림 7> 핫 스탬핑 시 재료별 인장강도와 연신율의 변화

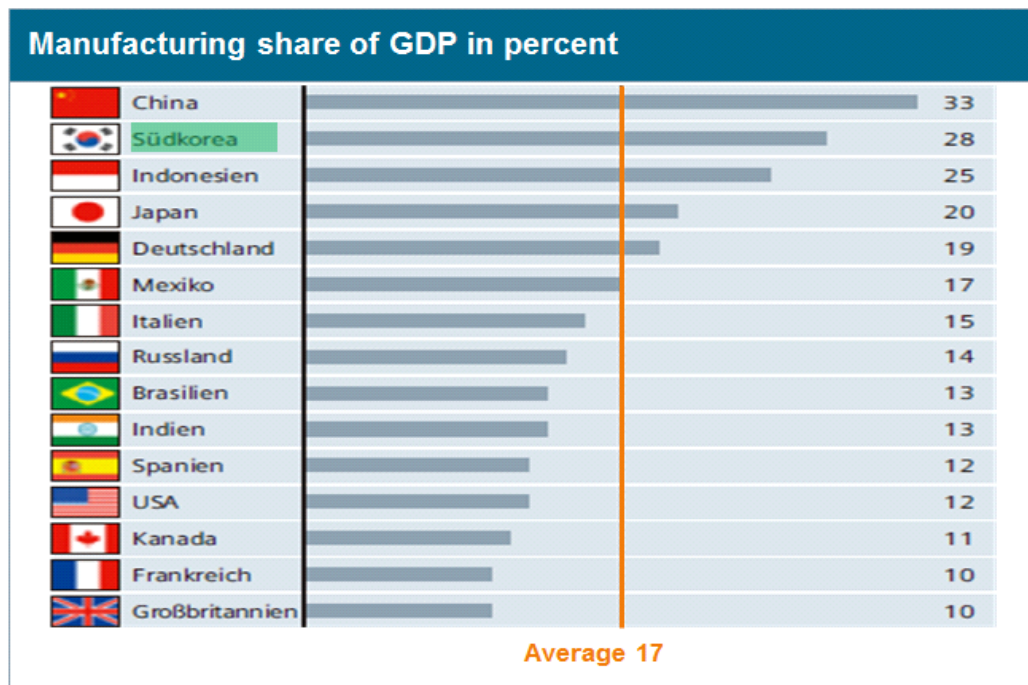
○ 향후 해결과제 또는 연구 방향

- AHSS(DP, TRIP, TWIP) : 고강도이어서 연성이 낮고 파단될 수 있음
- Al Alloys : 무게를 줄일 수 있어 활발한 연구가 진행(고강도 Al Alloy 등)에 있으나 성형 특성과 파단 경향에 대한 도전 존재
- 서보 프레스 : 생산성이 좋고, 성형속도를 변화하여 효율적으로 운환에 대처할 수 있어 성형분야에서 핵심 트렌드로 급부상 (AHSS와 고강도 Al Alloys의 성형성을 개선할 수 있음)

□ 「제조업의 미래」, 쿼터 클롭쉬(한국지멘스 인더스트리 사업부문 대표)

○ 한국의 위상

- 제조업 세계 시장 점유율 : 세계 11위('90) → 7위('10)
- GDP 대비 제조업 비중 : 28%(세계 2위)²⁾



<그림 8> 국가별 GDP 내 제조업 비중 비교

○ 경제위기 등을 겪으면서 제조업은 세계적으로 더욱 중요해지고 있으며 주요 선진국들도 제조업 강화를 위한 정책을 강력하게 추진 중

<표 2> 세계 제조업 추진 전략 및 정책 비교

국가	주요 정책
미국	Manufacturing Renaissance - 제조혁신을 위한 국가 네트워크 형성 - 디지털 제조와 디자인 혁신을 위한 연구센터 강화
독일	High-tech strategy - Industrie 4.0과 Smart Services World 추진
중국	Reform of industrial policy - 산업공정에 IT 융합기술 접목 - 에너지 효율 정책 강화

2) McKinsey Global Institute, IHS Global Insight, UN Statistics Division, BEA (Nov. 2012)

- 세계 주요국은 산업 경쟁력 강화를 위해 (1)에너지와 자원의 효율성, (2)혁신 주기 단축, (3)생산유연성 확대를 위한 정책을 추진

<표 3> 산업 경쟁력 강화를 위한 핵심 과제별 대표 사례

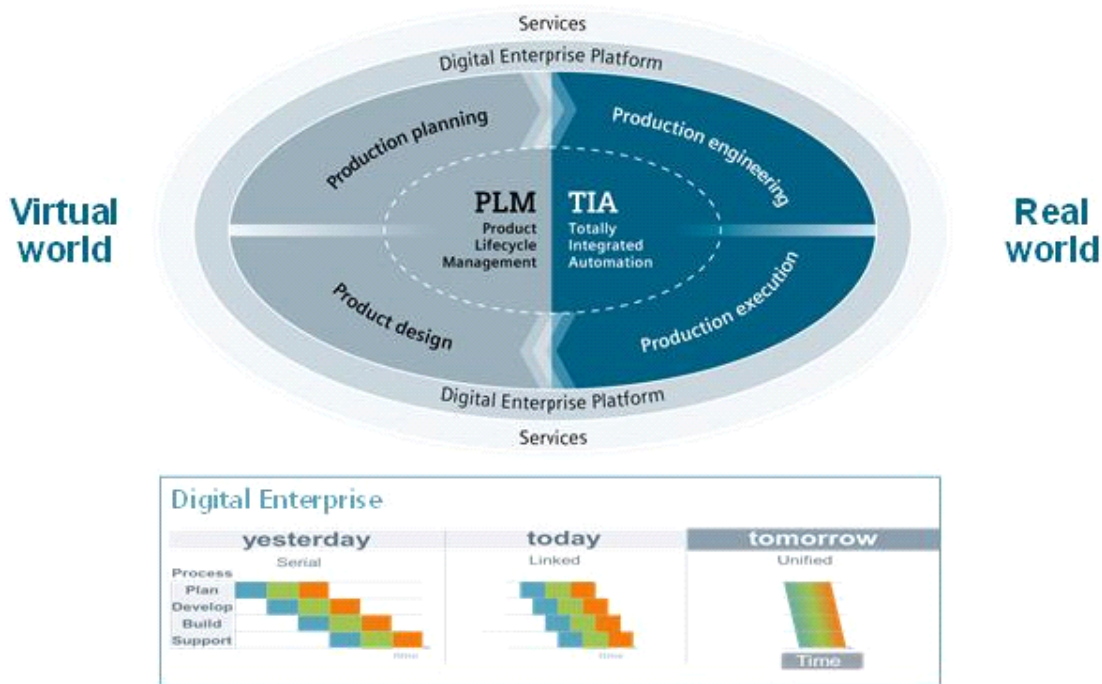
핵심 도전 과제	대표 사례
(1) 에너지와 자원의 효율성	지멘스 전자 공장(미국 앰버그 소재) - 자동으로 공장의 전기, 가스, 물 소비량 등을 계산하여 관리 - 이를 통해, 연간 20만kWh의 에너지와 10만리터의 액체질소 절감 - 12dpm(99.9988%)의 품질 관리
(2) 혁신 주기 단축	Big Data - 2000년까지 세계는 약 2 exabytes의 정보량(Data)을 생산 (현재는 하루에 2 exabytes의 정보량을 생산) - 2020년까지는 2010년 대비 50배 성장한 40zetabytes의 정보량 생산 예상
(3) 생산 유연성 확대	VW Golf 자동차 - 복잡해진 소비자 니즈를 위한 맞춤형 차량 옵션 세분화 - 엔진 11종, 기어 3종, 샤시 4종 등 총 1조 가지 이상의 조합 가능

- Industrie 4.0은 전주기 개발과 생산 프로세스에 Cyber-physical systems 개념을 도입한 독일의 대표적인 제조업 정책
 - (1) 유연 생산 네트워크, (2) 가상-현실 세계의 융합, (3) Cyber-physical systems의 3대 핵심 요소로 구성
 - Cyber-physical systems는 실제와 가상 세계를 혁신적인 소프트웨어와 강력한 하드웨어를 통해 연결함으로써 모듈라 생산 플랫폼을 구현



<그림 9> Industry 4.0의 핵심 요소

- 지멘스는 2007년 이후 40억 달러를 투자하여 TIA(Totally Integrated Automation) 소프트웨어를 개발, Cyber-physical systems를 구현
- 생산공학 · 실행 등 물리적 세계에서 진행되는 자동화를 가상의 세계 (생산 기획, 제품 설계)에 까지 적용, 혁신적 비용 절감과 빠른 실행 달성
 - * 가상 설계와 생산 프로세스를 통해 실제 생산을 검증 및 최적화



<그림 10> 지멘스의 Cyber-physical system의 개념과 의의

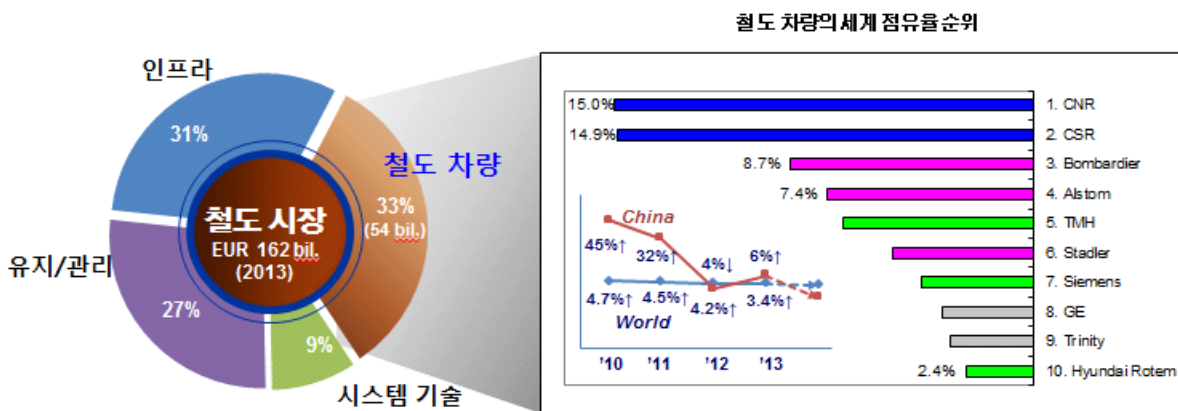
- Industrie 4.0에서는 유연 네트워크를 통한 시장의 요구사항을 실시간으로 반영하고 관리할 수 있는 특징이 있음

<표 4> Industrie 4.0과 과거 정책간의 특징 비교

Today : Industrie 3.x		Future : Industrie 4.0
회사별 관리	→	유연 네트워크 관리
실시간 커뮤니케이션	→	광대하고 복잡한 커뮤니케이션
제품과 생산의 디지털 카피	→	전 공정과 이해관계자들의 디지털 모델
제조 실행 시스템	→	유연 네트워크에 기반한 공정 최적화
산업 안전 개념	→	일시 요구조건 등을 반영한 자가 안전 개념
사람에 의한 실행과 의사결정	→	사람은 의사결정 프레임워크를 정의

□ 「철도차량의 모듈기반 설계 및 제조」, 조상휘 - 현대로템 기술연구소장

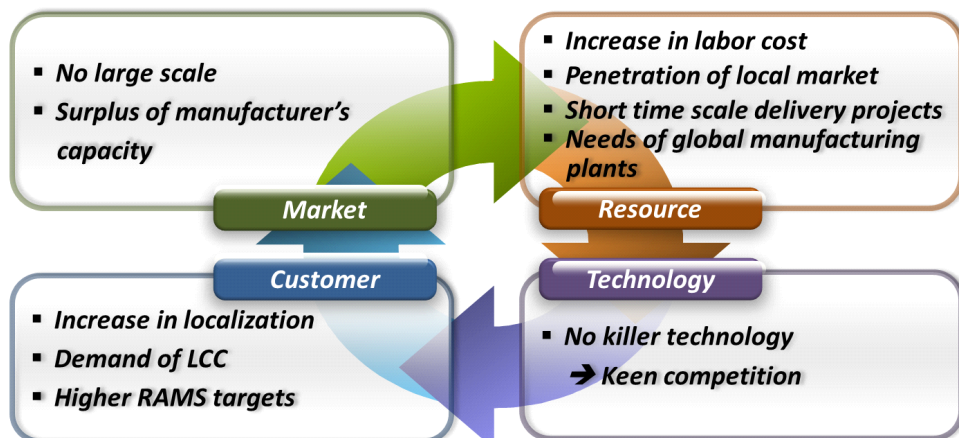
- 세계 철도 시장은 162억 유로(2013년 기준)이며, 이 중 차량이 33% 차지하고 있으며, 중국 기업의 점유율 확대가 뚜렷
- 철도 차량은 고속열차, 기관차 및 객차, 경전철, 통근열차용 'Electric Multiple Unit' 등을 포함
- 중국의 베이처(CNR), 난처(CSR) 및 캐나다의 Bombardier, 프랑스의 알스톰 등이 주요 제조 업체



<그림 11> 세계 철도 시장 구성과 기업별 점유율, 지역별 성장률

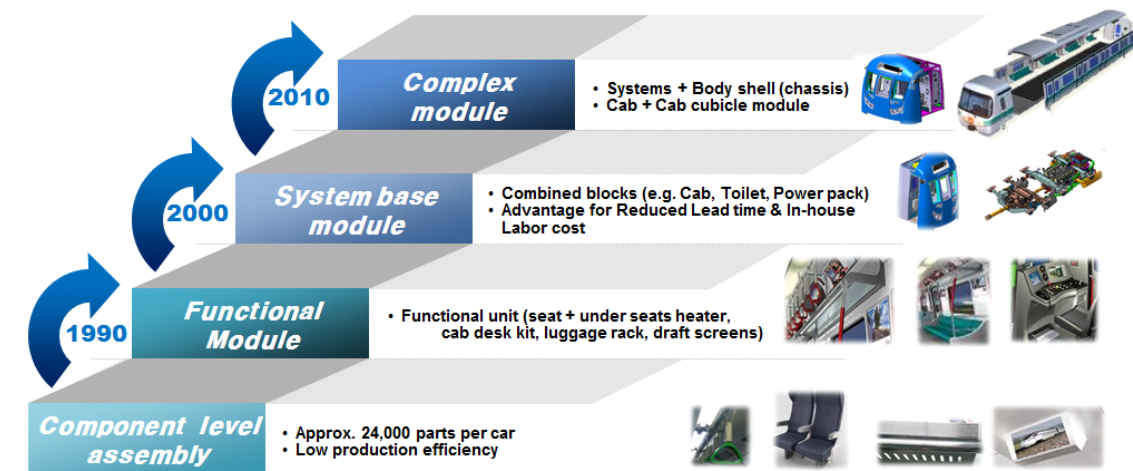
- 세계 시장 성장 둔화와 노동비용 증가, 단기 공급 대응 능력 요구, 고객 수요의 다양화 및 전문화* 요구에 대응하기 위한 생산기술 혁신이 필요
- 고객의 열차 차량에 대한 LCC와 RAMS 지원 요구 확대

* LCC(Life Cycle Cost) : 수명주기비용, RAMS(Reliability, Availability, Maintainability and Safety) : 신뢰성, 유용성, 유지용이성, 안전성



<그림 12> 세계 철도 시장을 둘러싼 메가트렌드

- 현대로템은 모듈화 생산시스템을 통해 생산성 향상, 파트너십 확대, 글로벌화를 도모하고, 원가 절감 등의 혁신 달성
- 플랫폼 기반 제품 설계 및 주요 부품의 모듈화 전략을 1990년대부터 지속 추진
- 과거에는 좌석 및 난방기, 승객용 선반 등 기능적 부품에 대한 모듈화에 그쳤으나, 2000년대 들어서는 샤시, 기관실, 제어 등 시스템 및 복잡 부품에 대한 모듈화를 달성



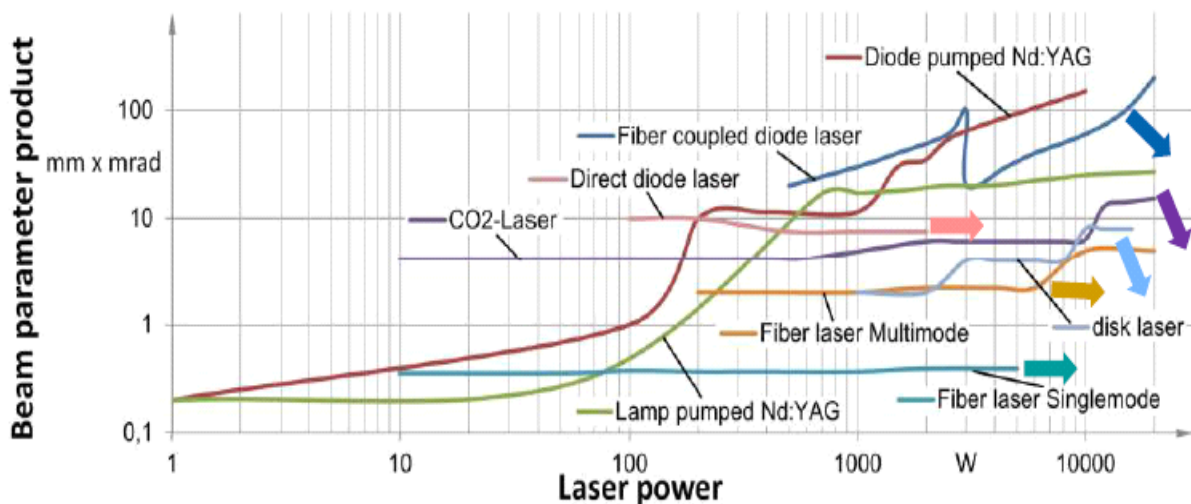
<그림 13> 현대로템의 모듈화 생산의 진화

<표 5> 현대로템의 주요 모듈화 생산 부품

부문		모듈화 생산 부품 종류
Driver's cap		Cab frame, Desk module, Cab mask, Back wall & D/B, Windshield/Wiper, Lights / Interior trim
Ceiling components		Insulation, Air flow ducts, Interior panels, Air return grilles
Ceiling cable tray		Cable tray, Wiring, Elec. accessory, Connectors
Electric Wiring connect		Train Inform. Manage. System, Terminal block and connection, Brake Elec. Control Unit Terminal block and distribution box
Under frame module	U/F complex module	Cable harness & conduits, Pneumatic components & piping, Small electric equipment
	Air brake module	Compressed air supply Equip., Pneumatic brake control Equip., Reservoirs & piping
	Propulsion module	Diesel engine module, Transmission module, Accessories
	Fuel tank (Locomotive)	Fuel tank, Filling cap, Gauges and sensors
	APU	Engine generator set, Cooling system, Accessories
End cubicle module		Distribution board, Elec. equip., Interior panels

□ 「레이저 가공의 새로운 트렌드」, 스테판 로스(바이에른 레이저센터 상무)

- 바이에른 레이저센터는 레이저 가공과 관련한 연구, 기술 컨설팅 및 개발 서비스 기업으로 1993년 설립
 - (연구기능) 상용화를 염두에 둔 연구를 통한 기술 이전, 실증 Lab. 운영, 독일연구협회(DFG) 지원에 의한 원천기술 개발
 - (기술 컨설팅 및 개발) 기술 컨설팅, 개념 정립, 연구개발서비스, 시스템 설계 및 시뮬레이션, 조형 및 Small-Scale Production, 특수 가공 기계 개발 등
 - 32명의 종업원, 매출 330만 유로 규모
- 레이저 가공은 유연성, 비접촉성, 정밀성, 자동화 측면에서 각광받고 있으며, 우주항공, 자동차, 의료 등 고부가가치 제조업에 광범위하게 적용
- 레이저 소스 기술 개발 트렌드는 고출력*이면서도 고정밀 가공을 위한 빔 직경(Beam Diameter)의 소형화가 핵심
 - * 가공시간 단축, 대형 부품 가공 등
 - 1세대 레이저인 CO₂ 뿐 아니라, 3세대 레이저로 불리는 Disk 레이저, Fiber 레이저 등에서도 빔 직경 소형화가 최근 활발히 추진



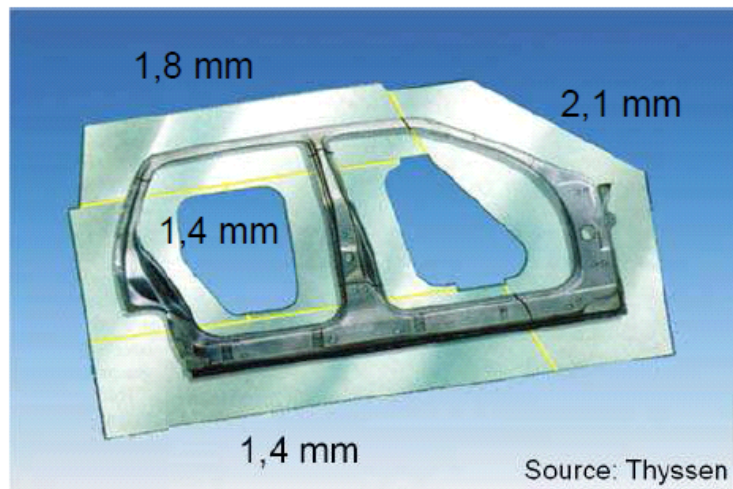
Sources: IPG Laser, Trumpf, Roфин, Direct Photonics

<그림 14> 레이저 종류별 구현 가능한 출력과 빔 직경 소형화의 범위

- 레이저 가공은 (1) 재료 활용 효율성, (2) 에너지 효율성, (3) 공정 효율성, (4) 고정밀성, (5) 적층가공성의 관점에서 발전

- (1) 재료 활용 효율성

- 테일러드 블랭크(Tailored Blank) 용접: 판 두께가 다른 강판을 레이저 용접으로 접합시킨 후, 프레스 공정을 통해 하나의 부품에 판 두께가 이질적인 구조를 실현, 부품의 경량화 가능



<그림 15> 테일러드 블랭크의 적용: 자동차 차체

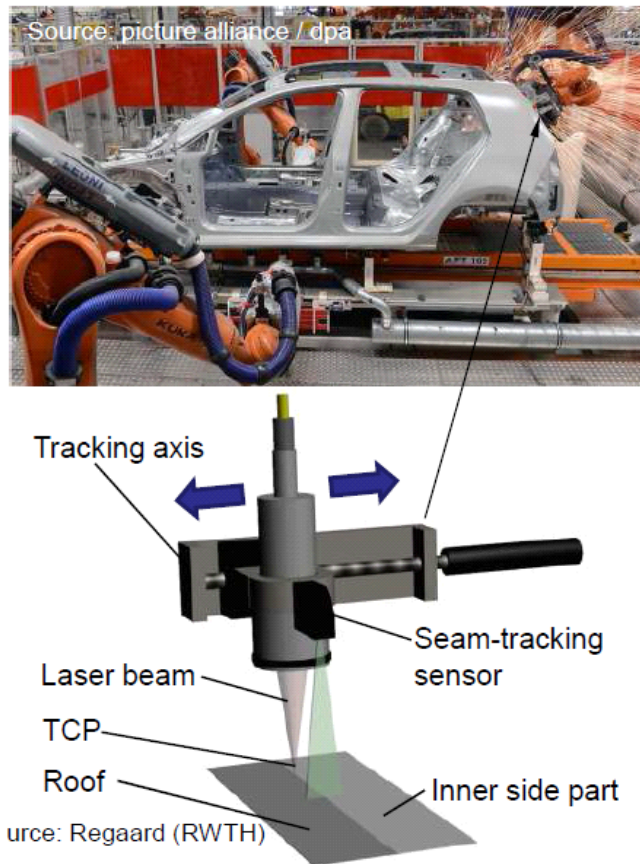
- 고장력강(High Strength Steels): 고장력강에서 레이저 용접 부위를 줄일 수 있고, 용접 후에도 균일한 장력을 가짐
 - * 필러를 채운 후 용접하고, 빔진동(Beam oscillation)을 통해 온도 분포를 모델링
 - 이종 플라스틱 접합: 금속 또는 섬유강화플라스틱(Fiber-reinforced plastic)으로 열가소성 플라스틱을 접합
 - 신용접기술: 빔진동을 응용하여 용접입열(Low heat input)을 낮추고 용접층 부위의 강도를 개선하는 기술 (Golf 7차량의 지붕 용접에 적용)

- (2) 에너지 효율성

- 빔소스(Beam Sources) : 상온에서 그린 레이저를 이용한 구리 용접은 적외선 레이저에 비해 흡수율이 높고, 낮은 레이저 출력으로도 재 활용이 가능하여 적외선 레이저와 조합하여 사용
 - * 초기 가열시 그린 레이저를 이용하고 용접시에는 적외선 레이저 사용

- (3) 프로세스 효율성

- 원격 레이저 용접(Welding on the fly) : 로봇 시스템과 원격 레이저 스캐너를 이용하여 용접심 부위를 피해서 가공이 가능한 자동 추적 프로그램 적용



<그림 16> 원격 레이저 용접(레이저 가공 자동 추적 기술)의 사례

- (4) 고정밀성

- 초단파 레이저(USP) : 레이저 파워 밀도(Intensity)가 증가하면 비선형 흡수가 일어나고 플라즈마 상태로 변화시켜 가공되므로 열손상이나 크랙 등을 획기적으로 줄일 수 있음

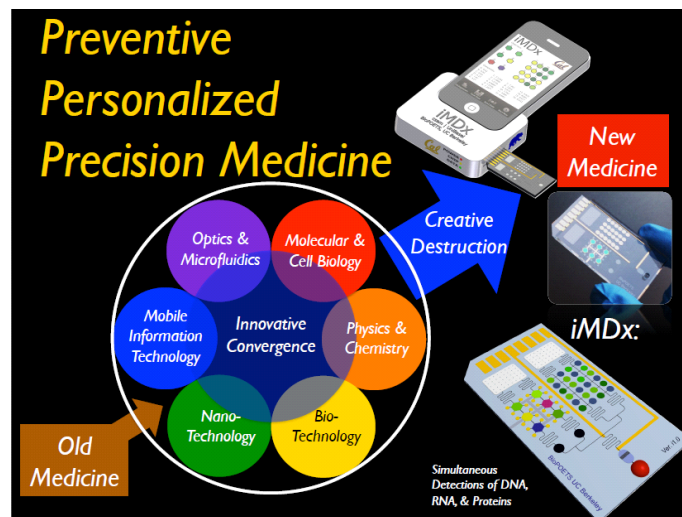
* 응용 분야 : 금속의 마이크로 가공, 레이저 빔을 이용한 패턴 타공, 초경질 재료의 절삭, 이종 재료 접합 등에 사용

- (5) 적층 가공성(3D 프린팅 기술)

- 금속 분말을 이용한 레이저 용융 적층 기술은 1999년 상용화된 이래, 마이크로 급의 용융기술로 발전

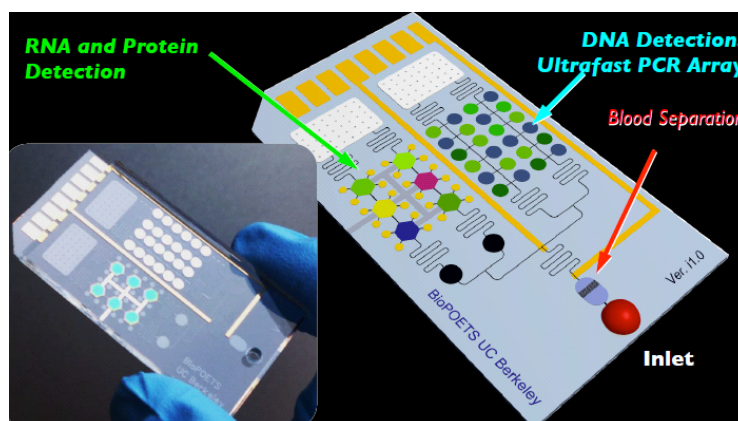
* 재료 가용성, 공정 안정성, 생산성, 재생성은 지속적인 도전으로 남아있음

- 「혁신적인 글로벌 보건의료를 위한 바이오-나노 과학」, 루크 리(UC 버클리 교수)
- 루크 리(한국명 이평세) 교수는 나노, 바이오 및 광학의 융합 분야인 나노바이오포토닉스 분야의 세계적 권위자
 - 2011년 결핵과 인간면역결핍바이러스(HIV)를 진단할 수 있는 바이오 칩 개발에 성공
 - 최근 하나의 진단 플랫폼 상에서 다양한 생물학적 시료의 특성을 분석해서 의학적인 상태를 사전에 진단하는 '통합적 분자 진단 시스템(iMDx)' 개발 주력
 - iMDx 개발을 위해서는 분자·세포 생물학, 물리, 화학, 생물학 등 기초과학 뿐 아니라 나노, 모바일 IT, 광학, 미세유체역학 등 다양한 공학적 지식이 필요



<그림 17> iMDx 구현에 필요한 기술과 융합

- iMDx에서는 혈액 분리를 통해 DNA, RNA 및 단백질 등의 생물학적 시료(생체감지 물질)를 진단



<그림 18> iMDx의 구조 및 생물학적 시료 진단 개념도

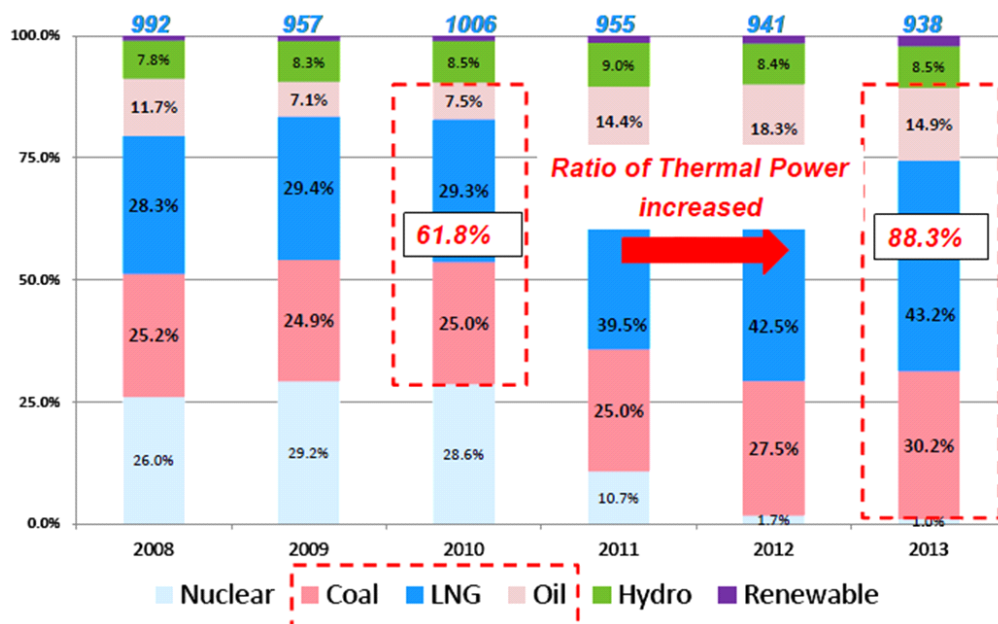
(2) 세션 2: 에너지와 환경

□ 「미래 발전산업의 과제」, 겐지 안도(일본 미츠비시히타치 파워시스템즈 부사장)

○ 2011년 동일본 대지진 이후 일본의 전력생산은 대규모 비용 증가에도 불구하고 화석연료 중심으로 전환되었으며, 천연가스가 가장 큰 비중 차지

- 천연가스 화력발전 비중은 2010년 29.3%에서 2013년 43.2%까지 확대되었으며, 2013년 발전량은 405TW 수준

- 일본 내 원자력 발전 비중은 2013년 1%대로 하락하였는데, 이는 후쿠시마 원전 폐쇄 및 원자력 발전의 안전에 대한 우려 때문



<그림 19> 일본의 연도별 전력 생산량과 에너지원별 비중 추이(Twh)³⁾

- 천연가스 화력발전 비중 확대 및 천연가스 가격 상승에 따라 일본의 전력 생산 비용은 2010년 이후 지속 증가, 2013년 7.7조 엔에 달함

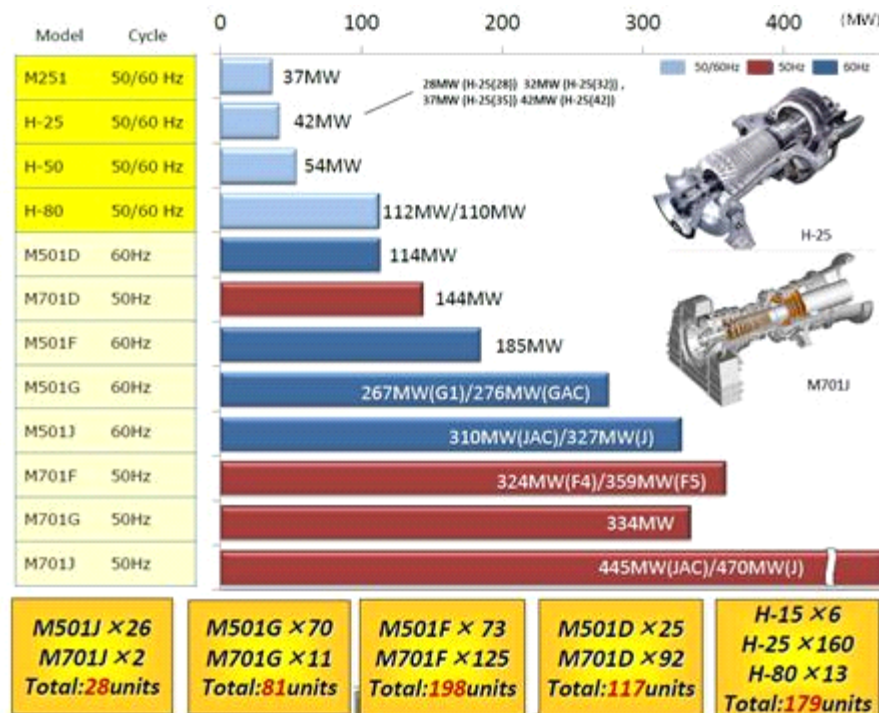
<표 6> 일본의 연도별 전력 생산 비용⁴⁾

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
전력생산비용(조 엔)	5.1	3.0	3.6	5.9	7.0	7.7
일본 LNG 도입가격 (달러/MMBtu)	12.55	9.06	10.91	14.73	16.75	16.17

3) The Federation of Electric Power Companies of Japan

4) The Federation of Electric Power Companies of Japan, 상위 10개 주요 발전사(홋카이도, 도호쿠, 도쿄, 호쿠리쿠, 추부, 간사이, 주고쿠, 시코쿠, 규슈, 오키나와) 기준 및 BP 'Statistical Review of World Energy' 각년도

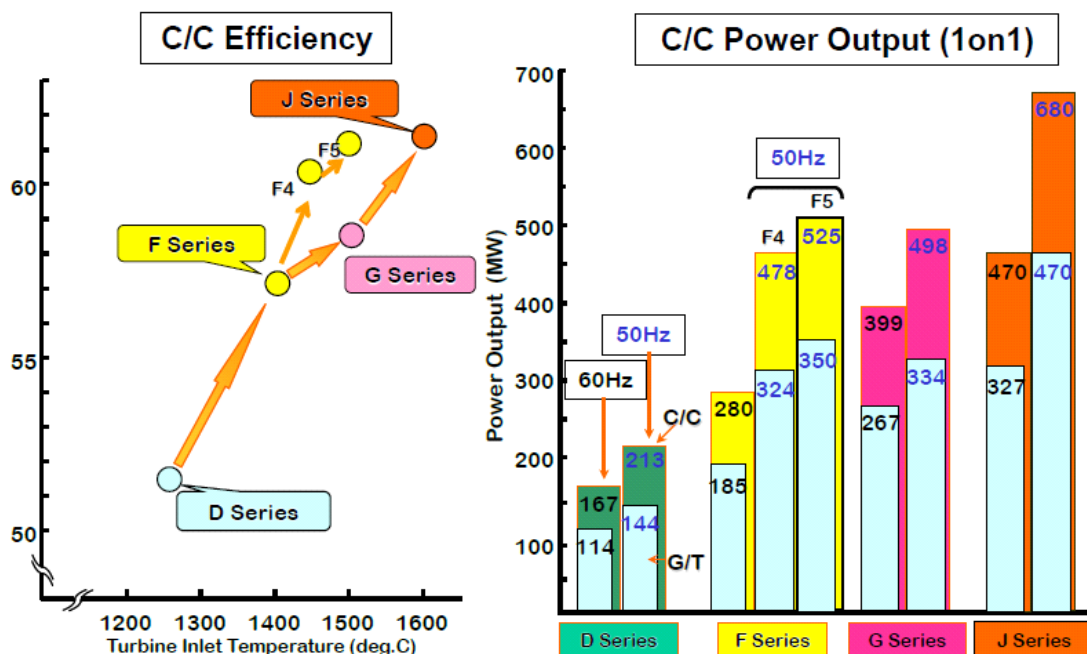
- 미쓰비시중공업과 히타치제작소는 가스터빈 사업의 글로벌 경쟁력 확보를 위해 2014년 2월 합작회사 미쓰비시히타치파워시스템즈(MHPS)를 설립
 - 양사의 가스터빈 사업은 각각 미국의 웨스팅하우스, GE와의 기술 제휴·면허 생산을 통해 시작되었으며, 1980년대 중후반 독자모델 개발에 성공
 - 1) (미쓰비시중공업) 1984년 웨스팅하우스의 W501D 모델의 개조에 기반하여 독자 모델 MW701D 개발에 성공
 - 2) (히타치제작소) 1988년 H-25 독자 모델 개발에 성공하였으며, 이를 Idemitsu Kosan의 Tokuyama 정유 공장의 열병합 발전소에 공급
 - (합작회사 설립 목적) 일본의 천연가스 화력발전 비중 확대와 천연가스 가격 상승에 대비하고 거대 복합 전력·인프라 기업으로의 진화
 - MHPS의 지분은 미쓰비시가 65%, 히타치가 35%를 보유하고 있으며, 자본금은 1,000억 엔, 종업원 수 23,000명의 거대에너지 기업으로 탄생
 - 합작회사 설립을 통한 역량 시너지 효과를 바탕으로 2014년 매출 13조 엔에서 2020년 매출 20조 엔 달성을 목표로 제시
- 합작을 통해 MHPS는 총 792대의 가스터빈 독자모델 공급을 달성한 기업으로 탄생하였으며, 소형~초대형에 이르는 제품 라인업 구축에 성공



주) 기타 모델 189대를 포함하여 총 792대 공급 (2014년 8월 기준)

<그림 20> MHPS의 제품 라인업과 모델 별 판매 실적(누적)

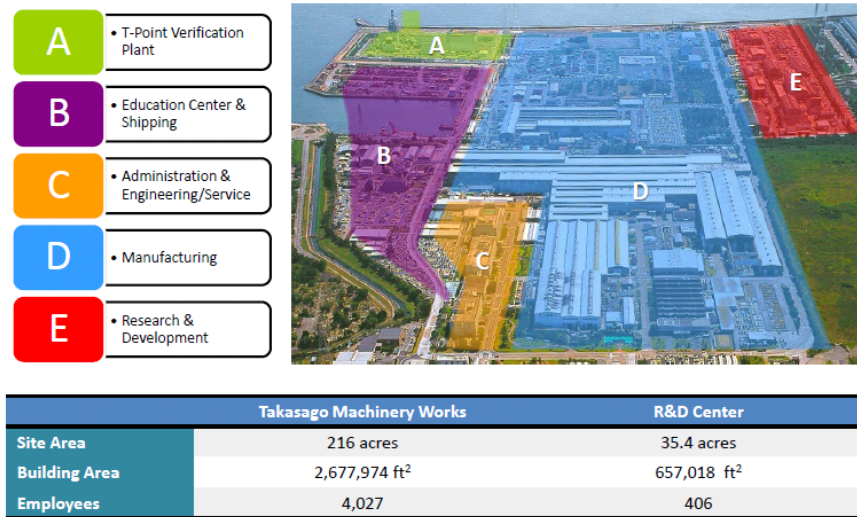
- MHPS의 최신 제품인 J 시리즈는 복합사이클 열효율 61%을 달성하였으며, 터빈은 2007년부터 시작된 일본 경제산업성(METI) 지원을 통해 개발
 - 일본 경제산업성은 터빈 입구온도 1700°C (열효율 63%) 달성을 위한 열차폐코팅, 블레이드 및 베인 냉각기술 개발을 위한 과제 지원
 - * 문부과학성(MEXT)과 일본재료연구소(NIMS)는 초고온에 견딜 수 있는 재료 개발을 담당 (New Century Heat-resistant Material Project)
 - 2009년 3월 입구온도 1600°C, 열효율 61% 달성에 성공하였으며, 약 2년간의 성능 테스트를 거쳐, 2014년부터 발전소 건설에 투입 중
 - * 우리나라의 경우 총 13기의 J 시리즈를 설치·운영하고 있거나 설치 중에 있으며, J 시리즈의 최대 구매 국가로 부상
 - 현재 J 시리즈의 발전 용량은 327MW, 470MW 2종류이며, 복합사이클 채택 시 680MW까지 발전이 가능



<그림 21> MHPS 가스터빈 기술 진보 궤적 추이(터빈입구온도, 열효율, 출력)

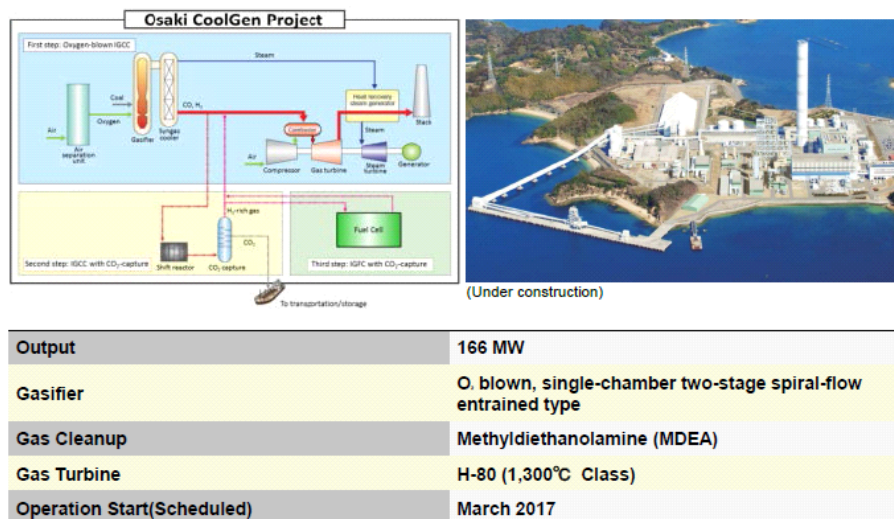
- MHPS의 가스터빈 분야 기술 경쟁력은 정부의 R&D 투자, 미츠비시의 노력과 함께 실증 시험 전용 설비(T-Point) 구축에 기인
 - Takasago Point (T-Point)는 MHPS의 Takasago 사업소에 설치되어 있는 실증시험 전용 설비로 1997년 M501G 모델 개발을 위해 설치
 - 이후 T-Point는 미츠비시중공업의 가스터빈 신 모델 실증에 지속 활용

- Takasago 사업소는 연구소와 생산 공장, T-Point 및 교육·서비스 부문이 한 곳에 집적되어 있으며, MHPS의 최대 강점으로 작용



<그림 22> MHPS Takasago 사업소의 구성과 현황

- MHPS는 Oxygen-Blown 방식을 적용한 석탄가스화복합화력(IGCC) 기술 개발도 본격 추진하고 있으며 일본 주고쿠 전력과 실증 추진 중
- IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle) 석탄을 고온·고압 하에서 가스화시켜 전기, 수소, 액화석유를 생산하는 기술
 - * 기존 석탄 발전 방식에 비해 발전 효율은 3%~10% 향상, 아황산가스와 질소산화물 저감 효과는 각각 95%, 90% 이상 우수한 것으로 알려짐
- 일본 경제산업성 지원을 받아 170MW급 IGCC 실증 플랜트가 일본 오사키 지역에서 실증 추진 중이며, 2017년 경 상용 운전 예정

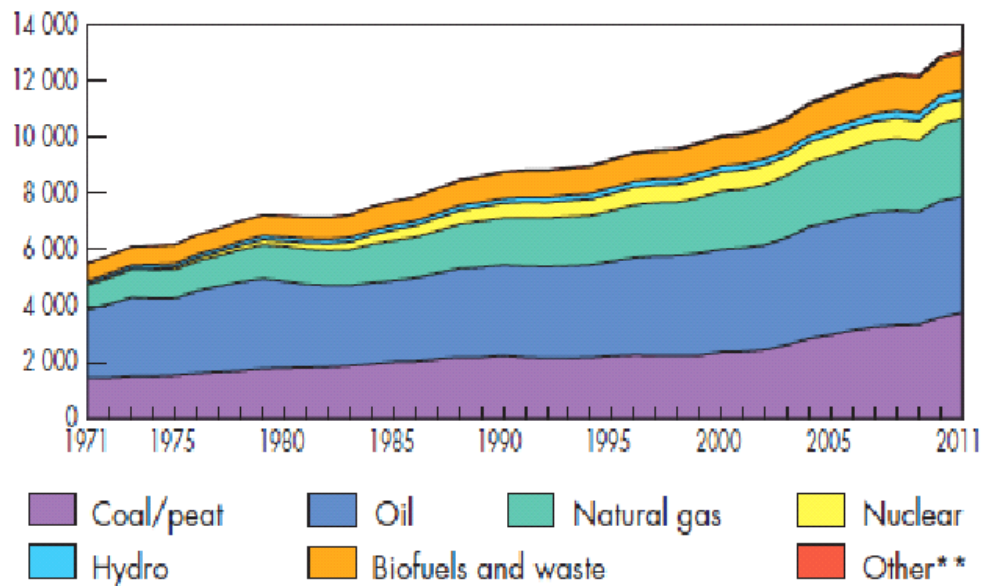


<그림 23> 일본 오사키 IGCC 실증 플랜트 개요

□ 「에너지 및 환경 기술 개발의 전망」, 우종수(포항산업과학연구원 원장)

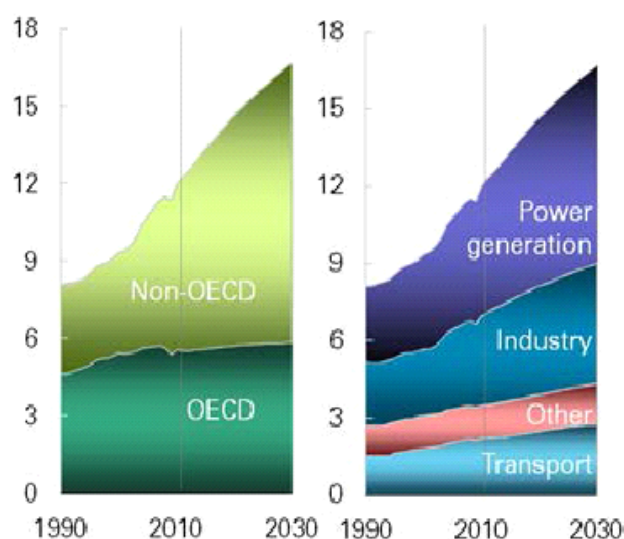
○ 에너지 및 환경 분야가 당면한 글로벌 이슈는 인구 증가와 이에 따른 에너지 소비 증가, 지구 온난화 및 경제 성장에 필요한 전력 공급임

- (에너지 공급) 전세계 에너지 공급은 1970년 6,000Mtoe에서 2011년 1,2000Mtoe까지 증가



<그림 24> 연료별 세계 에너지 공급 추이⁵⁾

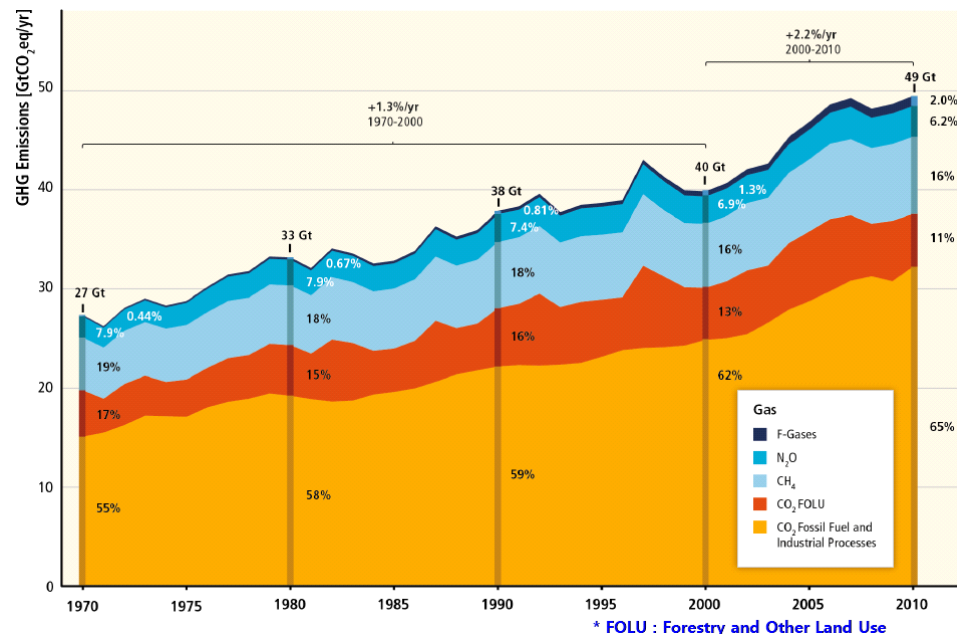
- (에너지 수요) OECD 보다는 신흥국 중심으로 수요가 폭발적으로 증가하고 있으며, 신흥국 경제 성장에 따라 발전 및 산업용 수요가 크게 확대



<그림 25> 지역·용도 별 세계 에너지 수요 추이⁶⁾

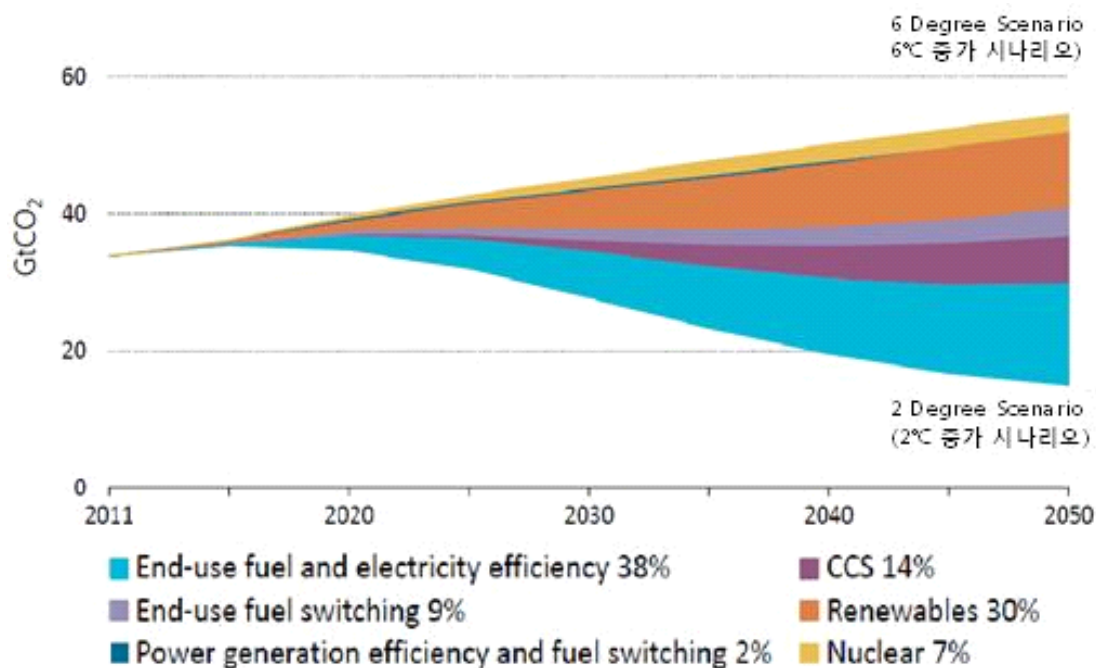
5) IEA, 2013 Key world energy statistics

- (지구 온난화) 신흥국 경제성장에 따라 온실가스 배출은 2000년 이후 연평균 2.2% 증가하였으며, 화석연료 사용에 따른 CO₂ 비중이 지속 확대



<그림 26> 세계 온실가스 종류별 배출 추이⁶⁾

- 2050년까지 지구 온도 증가를 2°C 이내로 제한하기 위해서는 에너지 효율 향상과 신재생에너지원 확대가 중요한 역할을 할 것으로 기대

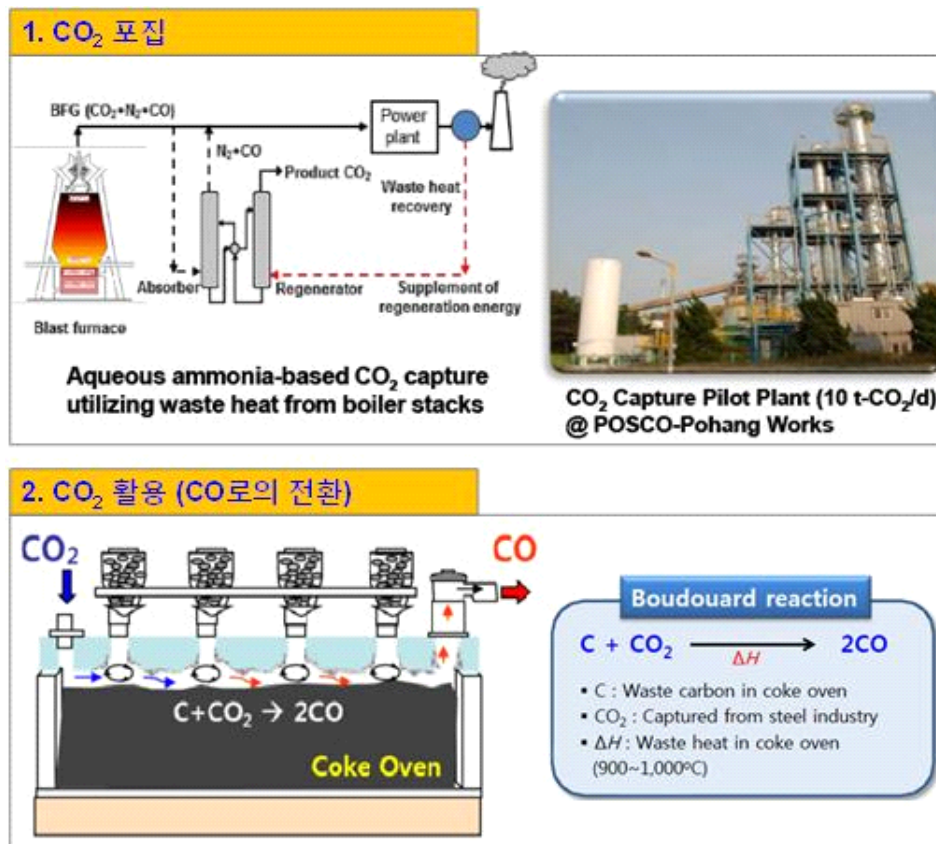


<그림 27> 2050년까지 세계기후 온도 2°C증가 시나리오 달성을 위한 기술별 기여도⁷⁾

6) IEA, 2013 Key world energy statistics

7) IPCC, 2014

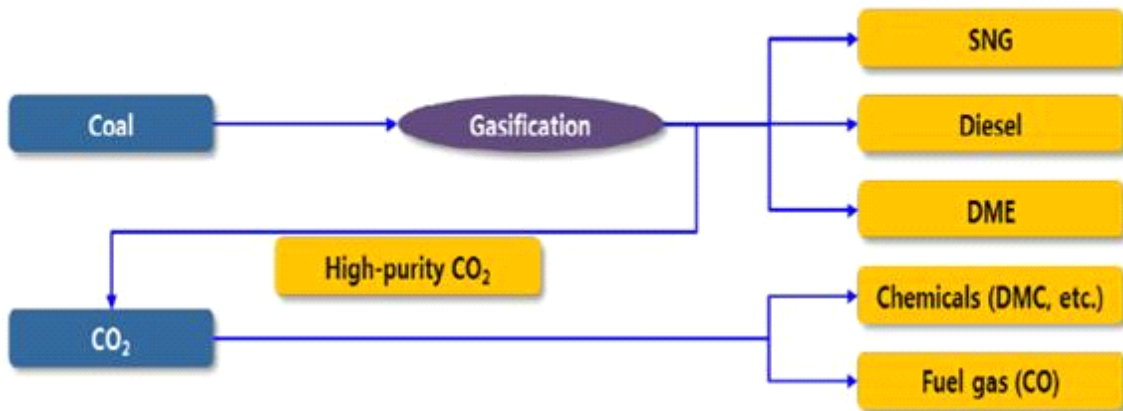
- 포항산업과학연구원의 에너지·환경 기술 연구개발은 에너지 효율 향상, CO₂ 포집·활용, 스마트 그리드, 청정 석탄, 연료전지 등 8개 분야에 집중
 - (에너지 효율 향상) 제철 공정에서의 연소기술 개선을 통한 연료 소비 감소 및 질소산화물(NO_x) 및 CO₂ 배출 감소 달성
 - (CO₂ 포집·활용) 암모니아 흡수제 분사를 통해 CO₂를 포집하고, 이를 공업용 알코올 등 다양한 화학공정에 활용할 수 있는 CO로 전환
 - * CO₂ → CO 전환율 65%를 달성



<그림 28> 포항산업과학연구원의 CO₂ 포집 및 활용 기술 개요

- (에너지 저장) 전기자동차, 모바일 기기 충전용 리튬-이온 배터리용 음극물질 개발 및 음극물질 코팅 기술 개발을 통한 수명 연장 추진
- (스마트 그리드) 스마트 그리드 기반 센서 네트워크와 IT 시스템을 통한 에너지 생산 시스템 최적화 및 효율 향상 기술 개발
 - * 포스코 적용을 위한 에너지 수요 예측 및 발전 설비 효율성 평가 시스템 데모 개발 및 연간 2백만 달러의 에너지 소비 절감 달성

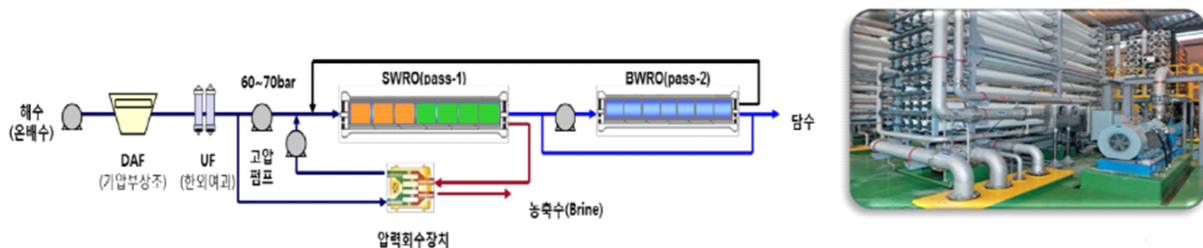
- (청정 석탄) 석탄 가스화를 통한 청정 화석연료 및 CO₂ 합성을 통한 합성수지 원료 및 연료 가스 기술 개발 추진



- 1) 합성천연가스: 석탄을 고온, 고압에서 가스화한 후 정제 및 메탄합성공정을 거치면, 천연가스와 동일한 성분을 가지게 되는 가스
- 2) 디메틸에테르(DME): 산소 함유 액화석유가스로 자동차 연료로 사용 가능
- 3) 디메틸카보네이트(DMC): 자동차 모니터·휴대폰 제조 시 사용되는 폴리카보네이트 합성수지 원료
- 4) 연료가스(Fuel Gas): 연료의 목적으로 사용하는 가스를 의미하며, 제철소의 경우 CO₂ 합성을 통해 고열로에서 발생하는 고로가스를 생산할 수 있음

<그림 29> 포항산업과학연구원의 청정 석탄 가스화 기술 개발 범위

- (환경오염 저감) 질소산화물(NO_x), 황산화물(SO_x) 저감 및 폐수 재활용 · 해수 담수화 기술 개발 및 광양지역 하루 30,000톤의 담수 설비 완공
- * 광양제철소 1일 산업용수 소요량 26만톤 가운데 11%를 공급



<그림 30> 포항산업과학연구원의 해수 담수화 기술 개발 추진

- (부산물 재활용) 제강과정에서 발생하는 슬래그(Slag)를 잘게 부수어 도로용 골재, 비료, 방파재 제조 재료 등으로 활용
- * 2013년 53만톤의 BF Slag(고로 슬래그)를 콘크리트, 빌딩 건설 등에 활용
- (연료 전지) 고체산화물연료전지(SOFC) 개발을 위한 고성능 단위전지 및 96개 단위전지로 이루어진 스택 개발 추진
- * WB-class size and performance achieved (1,100cm², 0.44W/cm² : 480W/Cel), >13kW with 96 cells stacked, 50% or higher efficiency

(3) 세션 3: 정부출연연구기관의 역할과 전망

□ 「NASA 에임스연구소의 주요 R&D 성과와 과제」, 데이비드 코스마이어 (NASA 에임스연구소 국장)

○ 에임스연구소(Ames Research Center)는 1939년 설립되었으며 미국 캘리포니아 주 마운틴 뷰에 위치 (실리콘밸리 內)

- 1920년 설립된 Langley에 이어 두 번째로 설립된 연구소이며, 2차 세계 대전 발발 임박에 따라 신형 항공기 개발 및 실증 추진에 기반

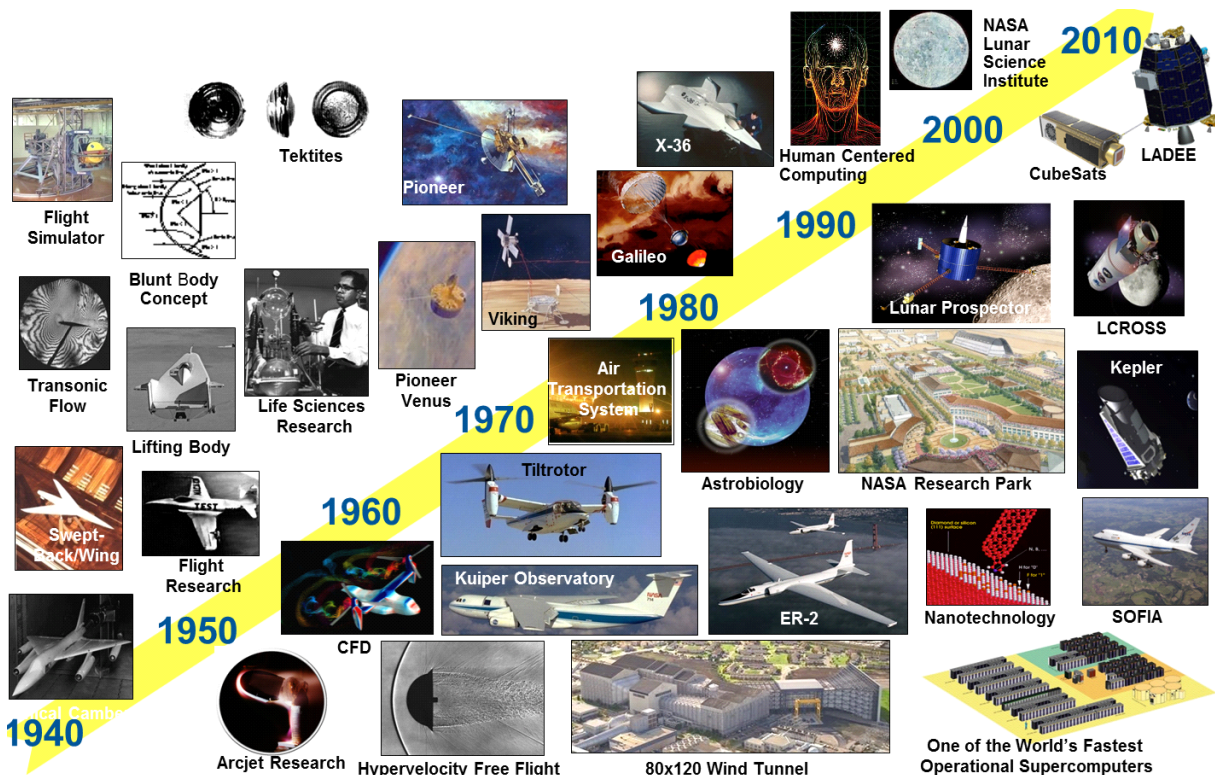
- 과학 연구, 소형 인공위성 및 탐사선 개발, 항공 원천기술·안전 및 NASA 리서치 파크 운영(교육 및 창업 지원)의 기능 수행

* 우주, 행성(지구, 달) 및 우주 생물학 등

- 우주생화학 사업단, 태양계 탐사 사업단, 항공운송 안전성 제고·혼잡성 저감, 항공기 설계 사업단 등 3개의 가상연구소(Virtual Institute) 운영

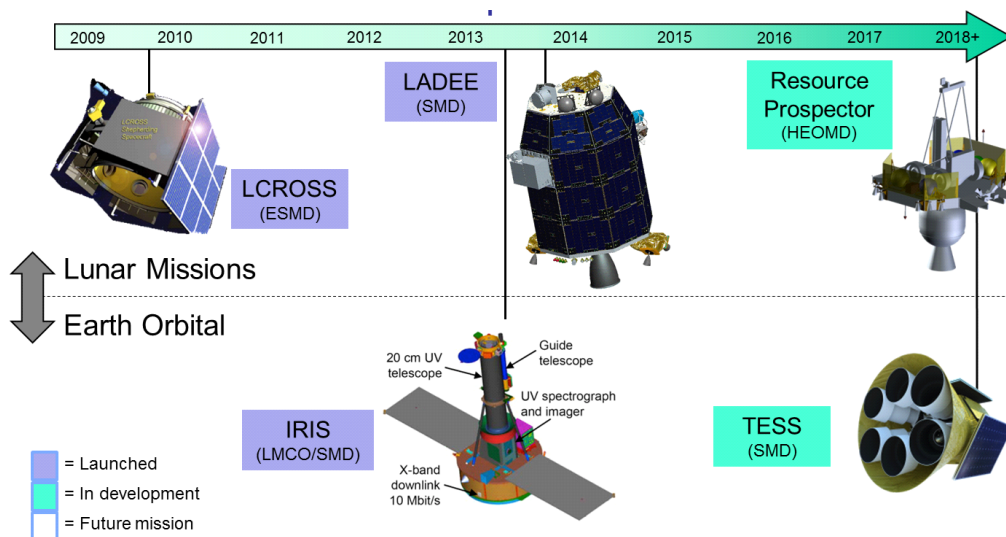
- 2014년 현재 2,480명이 근무하고 있으며, 연간 약 9억 달러의 예산 집행

* 전세계 대학을 대상으로 900명 가량의 인턴십 운영



<그림 31> NASA 에임스연구소 주요 성과 (1939~2014)

- (소형 인공위성 및 탐사선 개발) 2.5억 달러 이하의 소형 인공위성 · 달 탐사선 개발에 주력하고 있으며, 비용 절감을 위해 모듈라 설계 방식 채택
- 2009년 발사된 달 크레이터 관측 및 검출위성 LCROSS는 달의 남극 지역의 물 존재 확인 및 달 표면에 대한 심층 정보 획득에 성공 (7,900만 달러의 개발 비용 소요)
- 2013년 6월에는 태양의 코로나와 광경계면의 대기층 이미지를 촬영을 위한 망원경을 탑재한 IRIS를 발사 (1억 500만 달러의 개발 비용 소요)

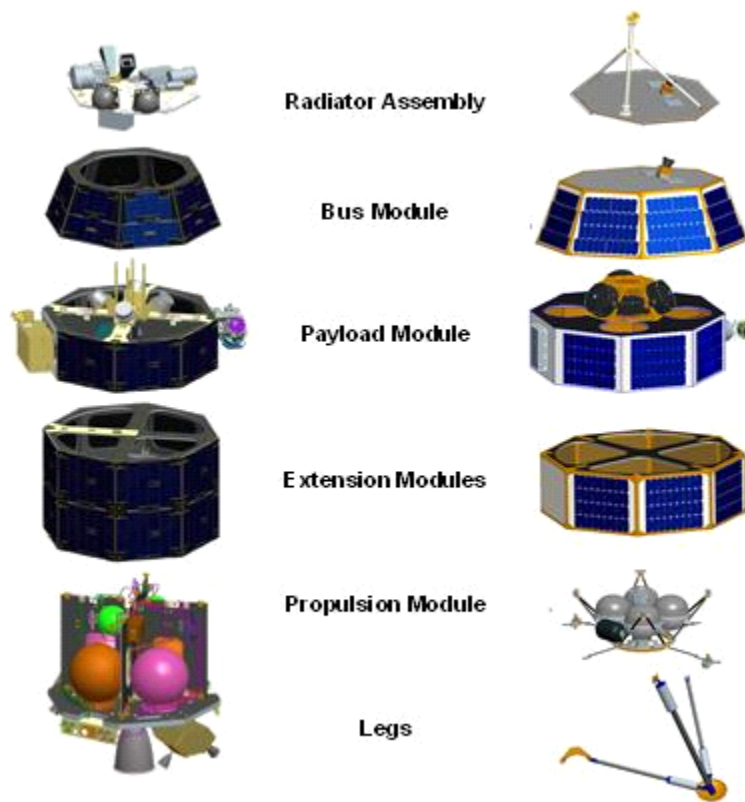


<그림 32> NASA 에임스연구소의 소형 인공위성 및 탐사선 개발 현황

- 모듈라 방식의 우주선 개발을 통해 제작 시간과 비용을 절감하고 미션에 따른 효율적인 성능 변경 및 유지보수의 용이성을 달성
- 에임스연구소가 생산하는 우주선은 '버스 모듈'을 공유하고 있으며 이를 통해 모듈 간 연결과 조립을 달성
- 달 대기층의 화학 성분과 먼지 입자 분석 임무를 마치고 2014년 4월 추락한 LADEE도 모듈라 방식으로 개발 (2.5억 달러의 개발 비용 소요)

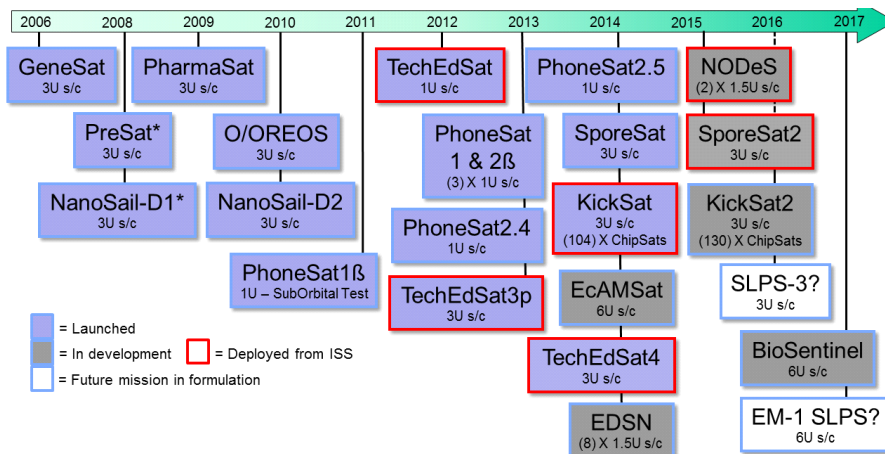
모듈라 설계(Modular Design)란?

- 제품 설계 시, 제품의 기능적 요소와 물리적 부품 간 관계가 단순하면서(예: 1:1 매핑), 부품 간 인터페이스(Interface)가 분리되어 있거나 표준화되도록 설계하는 방식
- 부품 간 인터페이스 분리는 특정 부품 사양을 변경하거나 부품 자체를 교체 하더라도 다른 부품들의 사양 변경 또는 교체 필요가 없도록 설계함을 의미



<그림 33> NASA 에임스연구소의 모듈라 방식의 소형 우주선 개발 개념

- (우주 생물학) Nanosats 프로젝트를 통해 우주의 다양한 중력과 강한 자외선이 생물체 성장과 유전자 발현 및 기능 형성에 미치는 영향 연구
- Nanosat은 부피 $1,000\text{cm}^3$ 의 정육면체 모양 Unit의 조합으로 이루어지며, 1Unit, 3Unit 또는 6Unit의 조합이 일반적
 - * 우주, 행성(지구, 달) 및 우주 생물학 등
- 에임스연구소는 2017년까지 다양한 Nanosats을 개발, 쏘아올릴 계획

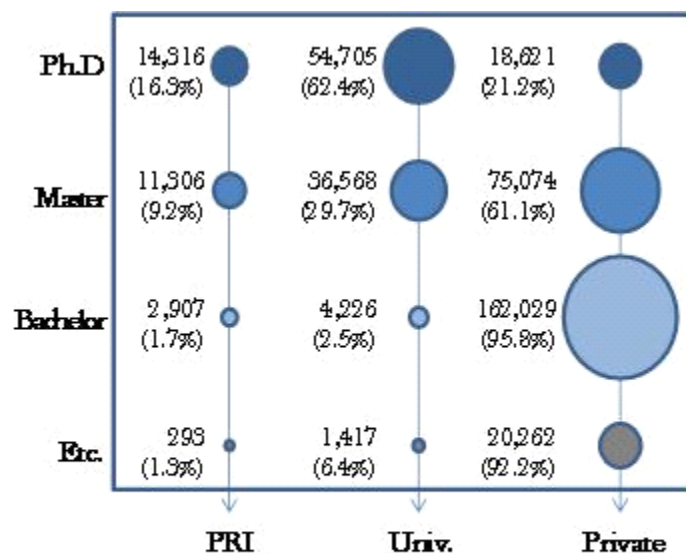


<그림 34> NASA 에임스연구소의 Nanosats 개발 계획

- NASA 에임스연구소는 최근 R&D 예산의 일부를 제조업 경쟁력 강화에 투자하고 있으며, 이의 상업적 활용에도 많은 관심
 - 에임스 설립 목적(신형 항공기 신속 개발)이 정부가 바라는 새로운 기술과 이를 통한 상업적인 활용이라는 관점에서 최근의 변화를 확인
 - 다만 상업적 활용을 염두에 둔 기초과학, 원천기술 개발에 초점을 맞추고 있으며, 제조업에서 대량생산 체제를 완성할 수 있는 기반 구축에 주력

□ 「한국기계연구원의 도전과 혁신」, 임용택(한국기계연구원 원장)

- 2012년 기준 대한민국은 세계 8위의 무역 대국으로 성장하였으며, 제조업과 R&D 투자에 기반한 경제 발전을 달성
 - 반도체, 조선, 철강, 기계 등 다양한 성장동력 산업 창출하였으며, 기계 산업의 제조업 내 생산 비중도 1999년 5.5%에서 2012년 6.8%까지 확대
 - 2012년 기준 연구원 수는 세계 6위 수준인 40만 명을 넘어섰으며, 50년 만에 130배 증가하였으며, 박사학위 소지자 수도 8.7만 명에 달함
 - 박사학위 소지자 대부분이 대학 및 공공연구기관에서 종사하고 있다는 점은 우려되는 부분



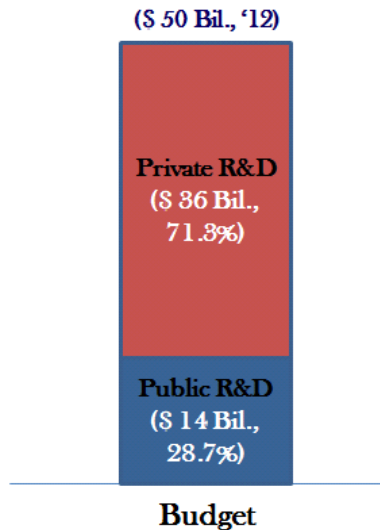
※ National R&D project survey report (KISTEP, 2012), etc.

1) PRI: Public Research Institute (PRI), composed of GRI (Government Research Institute) 92% and NRI (National Research Institute) 8%

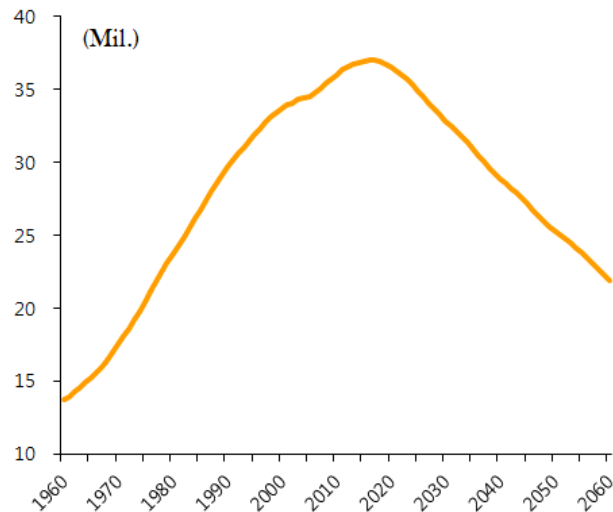
<그림 35> 우리나라 과학기술계 연구원의 학위 소지자 및 근무기관 별 분포

- 민간 R&D 투자 비중이 70%를 상회하고 있고, 출산을 저하에 따른 생산 인구 감소 추세를 고려했을 때, 출연(연)의 임무와 역할의 재설정이 필요
- 2012년 국가 R&D 총 투자(55조 원) 중 민간 투자 비중은 70%를 상회
- 생산 가능 인구는 2016년(3,700만 명)을 정점으로 하락할 것으로 예상

1. R&D Investment Portfolio



2. Productive age population(1960~2060)



Source: National R&D project survey report (KISTEP, 2012), etc., Statistics Korea

<그림 36> 우리나라 R&D 투자 구성(2012) 및 생산 가능 인구 증감 추이

- OECD는 과학기술 정부연구소의 미래 역할로 '정부의 전략·공공적 임무수행', '중장기적 국가 R&D 자산형성', 'R&D 인프라 공공활용'을 제시
- 미국의 주요 싱크탱크*는 자국 내셔널랩의 역할로 '민간 부문에서는 수행할 수 없는 국익을 위한 연구'와 '민간 및 대학이 투자·수행할 의지와 능력이 없는 분야에서의 첨단·다학제 연구 지향'을 제시

* ITIF(정보기술혁신재단), 미국진보센터(Center for American Progress) 및 헤리티지 재단(Heritage Foundation)

OECD (1989)	ITIF, Center for American Progress, and Heritage Foundation (2013)
<ul style="list-style-type: none"> Implement strategic and public mission for government Develop long-term national R&D assets (knowledge and human resources) Establish and apply R&D infrastructure for public domain (defense and environmental sector, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Develop a specific capability or meet a national interest that is not available in the private sector Carry out complex & multidisciplinary research for national science initiatives that private sector is unwilling to engage with and universities are often incapable of undertaking

<그림 37> OECD와 미국 주요 싱크탱크에서 제안한 과학기술 정부연구소의 역할

- 설립 근거, 임무, 거버넌스, 자원 확보 방식 등의 관점에서 우리나라 출연(연)은 독일 프라운호퍼, 미국 내셔널랩 등과 많은 차이를 확인

	Fraunhofer, Germany	National Lab., USA	GRI, Korea
Foundation	▪ Non-profit organization funded by Local Government	▪ Established and funded by federal government	▪ Established and funded by government
Mission	▪ Advancement of applied research for economic growth and social development	▪ Mission-oriented research for the public interest	▪ Mission-oriented research for economic growth and basic science
Governance	▪ Gesellschaft (alliance strategy)	▪ Government owned, contractor operated (GOCO)	▪ Government owned, government operated (GOGO)
Funding	▪ Public & private	▪ Mainly public	▪ Public & private

<그림 38> 독일 프라운호퍼, 미국 내셔널랩과 우리나라 출연(연) 간 비교

- 변화하는 외부 환경에 따라 한국기계연구원은 비전, 경영목표와 추진 전략 체계를 새로이 마련하고 이를 추진 중
- (외부 환경 변화) 민간 R&D 역량 강화, 새로운 출연(연) 거버넌스 출범, 국가 R&D 사업 투자의 효율적 집행 강조 등

비전	창조경제에 기여하는 기계 기술 글로벌 연구기관			
경영 목표	융합연구기반의 기관중점과제 수행 체계 강화 및 글로벌 연구환경 구축			
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기계 기술 글로벌 선도 연구팀* 3개 육성 ▪ 글로벌 연구기관 수준의 연구생산성** 7.6% 달성(2013년 6.6% → 2017년 7.6%) ▪ 연구실 안전등급*** 2등급 이상 95% 달성(2013년 54% → 2017년 95% 이상) 			
추진 전략	Knowledge	Innovation	Motivation	Marketability
	미래사회 대응 도전 기술 확보 ▪ 기관중점과제 추진 ▪ 미래원천 기술, 공공부문 확대	통합과 융합으로 혁신가치 창출 ▪ 융합연구 활성화 ▪ 선택적 글로벌 협력 강화	소통과 조화로 생동적 문화 조성 ▪ 개방적 조직 운영시스템 ▪ 연구 몰입환경 구축	고객지향형 R&D 강화 ▪ 수요자중심의 기획·사업화 강화 ▪ 중소·중견기업 육성

<그림 39> 한국기계연구원의 경영목표 체계도

3. 요약

- 2014년 10월 한국기계연구원은 기계분야 미래유망기술을 탐색하고 국가 경쟁력 강화를 모색하기 위한 ‘제1회 미래기계기술포럼코리아’를 개최
 - 차세대 제조 기술, 에너지와 환경, 정부출연(연)의 역할과 전망의 3개 세션으로 나뉘어 주제 발표와 토론을 진행
 - ‘제2회 미래기계기술포럼코리아’는 2015년 9월 대전에서 개최될 예정
- ‘차세대 제조기술’ 세션에서는 차세대 금속 성형 및 레이저 가공 소개와 함께 최근 부각되고 있는 독일의 Industry 4.0과 모듈라 생산, 그리고 융합 기술을 통한 의료용 분자 진단시스템 개발을 논의
 - 제조 기술의 진화 방향은 생산성과 정밀도의 동시 제고, 에너지 소비 절감, 제품 수명 주기 제고, 생산 유연성 확대, 원가 절감으로 요약 가능
 - 바이오 기반 의료 기술 제공을 위해서는 기초과학 뿐 아니라, 나노공정, 광학, 미세유체역학 등 다양한 기계공학적 지식이 요구됨을 확인
- ‘에너지와 환경’ 세션에서는 MHPS의 가스터빈 개발 사례와 함께 포항 산업과학연구원의 에너지·환경기술 개발 연구 현황을 공유
 - MHPS의 가스터빈 기술 역량의 원천은 자사의 노력 뿐 아니라 일본 경제산업성의 중장기 R&D 지원과 실증 시험 전용 설비(T-Point) 구축에 기인
 - 포항산업과학연구원의 에너지·환경 기술 연구개발은 에너지 효율 향상, CO₂ 포집·활용, 스마트 그리드, 청정 석탄, 연료전지 등 8개 분야에 집중
- ‘정부출연(연)의 역할과 전망’ 세션에서는 환경 변화에 따른 출연(연) 임무와 역할 변화 및 재설정에 관한 논의가 진행
 - 글로벌 경제 위기 등에 따른 공공 R&D 투자 환경 변화에 따라 NASA 에임스연구소 또한 모듈라 방식의 우주선 개발을 통해 효율성 제고
 - NASA 에임스연구소는 최근 R&D 예산의 일부를 제조업 경쟁력 강화에 투자하고 있으며, 이의 상업적 활용에도 많은 관심

- 한국의 출연(연)은 경제 성장(연구생산성 제고)과 기초원천기술 확보라는 두가지 미션의 동시 달성을 통해 정부의 창조경제 실현에 기여
- 한국기계연구원 또한 생산 가능 인구구조 변화와 국가 R&D 거버넌스의 환경 변화에 맞춰 새로운 비전과 경영목표를 수립

□ 주요 연사별 프로필 및 연락처

			
Taylan Altan 미 오하이오주립대 명예교수 altan.1@osu.edu 1-614-292-5063	Guenther Klopsch 지멘스코리아 인더스트리 부문 대표 guenther.klopsch@siemens.com 02-3450-7102	조상휘 현대로템 기술연구소장 je.ryu@hyundai-rotem.co.kr (對) 031-596-9028 (對)	Stephan Roth 독일 바이에른 레이저센터사 상무이사 s.roth@blz.org 49-9131-97790-13
			
Luke P. Lee 미 캘리포니아주립 버클리대 교수 lplee@berkeley.edu 1-510-417-9102	Kenji Ando 미츠비시 히타치 파워시스템즈 부사장 baewoo_lee@mhps.com (對) 02-2187-0200 (對)	우종수 포항산업과학연구원 원장 kimhj1006@rist.re.kr (對) 054-279-6333 (對)	David Korsmeyer 미 NASA 에임즈연구소 국장 david.j.korsmeyer@nasa.gov 1-650-604-3114

기계기술정책

Technology Policy for Mechanical Engineering

:: No. 77 2014 미래기계기술포럼코리아 주요 내용과 시사점

| 발행인 | 임용택

| 발행처 | 한국기계연구원 경영기획본부 경영전략실

| 발행일 | 2014.11

| 기획·편집 | 곽기호, 오승훈, 이운규, 박주형, 박성우

| 주소 | 대전광역시 유성구 가정북로 156번지

| 전화 | (042) 868-7682(경영전략실)