

해외 선도 기관과의 기계기술 연구 분야 비교 분석

김희태 · 박상진 · 박주형 · 이운규 · 오승훈 · 전형배 · 한석현

- ① 서론
- ② 분석 방법
- ③ 기계기술 연구 분야 비교
- ④ 시사점
- 부록 해외 선도 기관 연구 분야 및 성과

해외 선도 기관과의 기계기술 연구 분야 비교 분석

김희태 · 박상진 · 박주형 · 이운규 · 오승훈 · 전형배 · 한석현

- ❶ 서론 / 1
- ❷ 분석 방법 / 2
- ❸ 기계기술 연구 분야 비교 / 6
- ❹ 시사점 / 19
- 부록 해외 선도 기관 연구 분야 및 성과 / 23

기계기술정책 원문 찾아보기

❶ 한국기계연구원 홈페이지-기술지원 탭-기계기술정책

❷ 웹페이지 : https://www.kimm.re.kr/pr_policy

※ 웹페이지에서 다운로드 시, 정기구독을 신청하시면 이메일로 받아보실 수 있습니다.

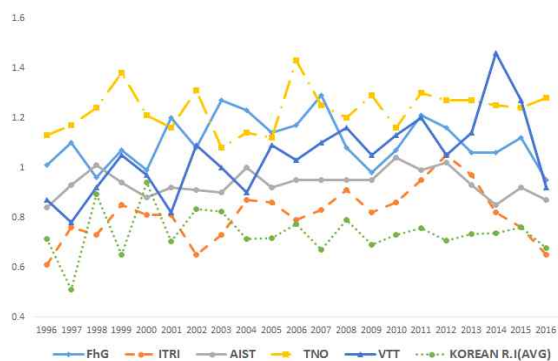
1. 서론

- (기계기술·산업) 기계분야는 경제발전에 미치는 영향이 크기 때문에 선진국에서는 전략 산업으로 육성해 왔으며, 타 산업의 기술혁신을 뒷받침하는 역할 담당
 - 기계분야는 제조업 전반에 생산설비 및 부품소재를 공급하여 기술개발의 전후방 연계 효과가 매우 크고, 장기간의 기술 축적과 지속적인 투자가 요구되어 신흥국에서 기술력을 따라잡기가 어려운 특성이 있음
 - 또한, 수요자가 기술혁신을 견인하는 특성이 있으며, 경기변동에 민감한 중간재 산업임
- (메가트렌드) 제5회 과학기술예측조사에 따르면 휴먼 임파워먼트, 초연결에 의한 혁신, 환경리스크 심화, 사회 복잡성의 진화, 경제시스템의 재편 등이 메가트렌드로 꼽히며, 이에 따른 제4차 산업혁명과 신기후체제 등에 대응하기 위해서는 기계분야의 역할이 중요
 - 메가트렌드에 대응하기 위해서는 스마트팩토리, 자율시스템, 저탄소기술, 고효율화 설비 등 기계분야 핵심 기술 필요
 - 자율화 기반 플랫폼 기술 확보, 금형 없는 제품 생산 등 기계분야 혁신기술의 지속적인 확보 노력 필요
 - R&D부터 시장 진입까지 시간 단축의 중요성이 커지며 기술의 융·복합화가 급속히 진전되고 이종기술 간 교류 확대
 - 기계의 혁신이 전 산업의 생산성과 품질에 영향을 미치기 때문에, 성공적인 기술 융·복합을 위해서는 기계분야의 다학제 융합연구 필요
- (연구 목적) 정부 R&D 투자가 늘어나고 국가의 브랜드 위상이 선진국이 됨에 따라, 미래를 주도할 연구 분야 제시 필요
 - 해외 선도 기관의 기계분야 연구개발 동향을 종합적으로 조망하여 향후 우리나라 출연연의 미래연구 방향 설정에 참고자료로 활용

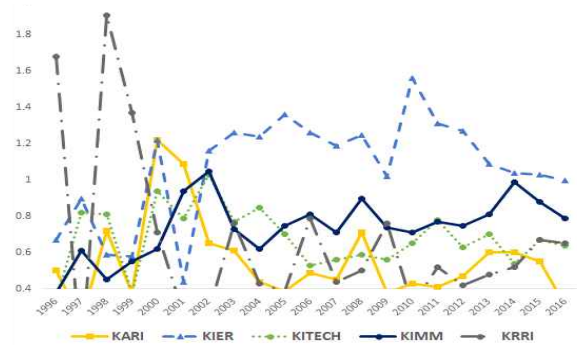
2. 분석 방법

가. 분석 대상

- 연구대상으로 기계분야 R&D 해외 선도 기관 5곳과 국내 출연연 5곳을 선정
 - 해외 선도 기관은 기계분야 강점 기관인 독일 프라운호퍼연구협회(FhG), 일본 산업기술총합연구소(AIST), 대만 산업기술연구소(ITRI), 네덜란드 국립 응용과학기술연구소(TNO), 핀란드 국가기술연구센터(VTT) 등 5개 기관 선정
 - 기계분야 국내 출연연은 국가과학기술연구회(NST) 소관 25개 연구기관 중 기계분야 관련 연구를 수행하는 한국기계연구원(KIMM), 한국생산기술연구원(KITECH), 한국철도기술연구원(KRRI), 한국항공우주연구원(KARI), 한국 에너지기술연구원(KIER) 등 5개 기관으로 한정
 - 각 해외 선도 기관의 논문 우수성지수는 전 세계 평균인 1을 다소 웃도는 수준으로 기계분야 출연연 평균보다 높음
 - * 논문 우수성지수(FWCI: Field-Weighted Citation Impact): SCOPUS 기반 연구 분야 등을 고려하여 전 세계 평균이 1이 되도록 표준화한 지수



<그림 1> 해외 선도 기관 논문 우수성지수



<그림 2> 기계분야 출연연 논문 우수성지수

나. 접근 방법

- 기관의 역량과 경쟁력을 확보한 연구 분야를 파악하기 위해서는 다양한 분석이 필요하나, 자료 접근의 제한으로 게재된 논문 수가 기관의 중점연구 개발 투자와 비례한다는 가정 하에서 분석

□ 최근 5년간 SCOPUS에 등재된 논문 데이터를 활용해 SCOPUS 논문 분류 중 기계분야 관련 대·중분류별로 분석하였고, 중분류별로 많은 논문을 게재한 순으로 높은 등급 부여¹⁾

○ 총 27개의 대분류 중 기계분야 관련 학문으로는 Engineering, Computer Science, Physics and Astronomy, Materials Science, Environmental Science, Energy, Chemical Engineering 등 7개를 선정하였고, 중분류 총 290개 중 77개 분야가 이에 포함²⁾

○ 기관별로 게재한 논문 수가 다른 점을 고려하여, 각 기관이 집중하고 있는 연구 분야를 알아보기 위한 표준화 절차를 거침

- 중분류별 게재한 논문 수의 순위를 기계분야 중분류 전체 수(77개)로 나눠 상위 몇 % 안에 속하는지 비율로 산정하여 연구 집중도 확인

등급	1	2	3	4	5
상위비율(%)	0~10	10~30	30~70	70~90	90~100

* 예를 들면, 77개의 중분류 중 7위에 속한 중분류는 상위 9.1%로 1등급으로 분류

□ 해외 선도 기관과 기계분야 출연연의 연구 집중 분야를 아래와 같은 방식으로 비교

○ 해외 선도 기관과 기계분야 출연연의 연구 집중도 비교 분석은 논문 중분류별 비중의 상대적 관계에 따라 아래 표와 같이 분류하여 접근

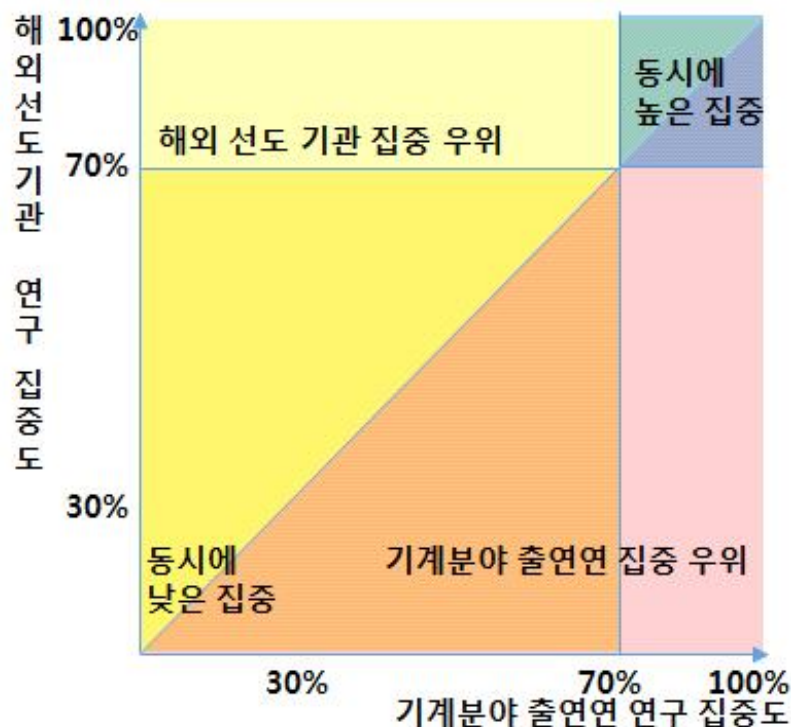
분류	기준
동시에 높은 집중	해외선도 기관과 기계분야 출연연 모두 1, 2 등급인 중분류
기계분야 출연연 집중 우위	기계분야 출연연이 해외 선도 기관보다 높은 비중으로 연구 (출연연 강점 연구 분야로 분류)
동시에 낮은 집중	해외 선도 기관과 기계분야 출연연 모두 3, 4, 5등급인 중분류
해외 선도 기관 집중 우위	해외 선도 기관이 기계분야 출연연보다 높은 비중으로 연구 (해외 선도 기관 강점 연구 분야로 분류, 벤치마킹 필요)

1) 0편인 경우 분석에서 제외

2) 포함하지 않은 대분류(20개): Medicine, Mathematics, Earth and Planetary Science, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Social Science, Agricultural and Biological Sciences, Chemistry, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics, Health Professions, Psychology, Nursing, Business, Management and Accounting, Immunology and Microbiology, Arts and Humanities, Neuroscience, Decision Sciences, Dentistry, Multidisciplinary, Veterinary

다. 비교 모형

- 해외 선도 기관과 기계분야 출연연의 연구맵을 매칭하여 비교 분석
 - 77개 중분류 중에서 가장 많은 논문을 게재한 연구 분야부터 정해진 비율에 따라 상위등급을 가지며, 절대적인 논문 수가 아닌 비율로 분석하기 때문에 방향성 비교 가능



〈그림 3〉 해외 선도 기관 연구 분야 비교 기준

- (동시에 높은 집중) 해외 선도 기관과 기계분야 출연연이 동시에 주력하고 있는 연구 분야(1, 2등급)는 앞으로도 지속적인 노력 필요 분야
 - 해외 선도 기관과 기계분야 출연연이 동시에 1 또는 2등급에 위치한 중분류
- (동시에 낮은 집중) 해외 선도 기관과 기계분야 출연연이 동시에 우선순위를 낮게 둔 연구 분야(3~5등급)는 최근에 주목받기 시작한 연구 분야이거나, 기계분야에서 중요도가 낮은 연구 분야(또는 과거에는 주목받았지만 최근 5년간 관심도가 낮은 연구 분야)로 볼 수 있음

- 최근 주목받기 시작한 연구 분야라면, 해당 분야를 선도할 수 있는 연구 조직과 그에 맞는 지원이 필요
- (해외 선도 기관 집중 우위) 해외 선도 기관이 상대적으로 더 집중하고 있는 연구 분야는 벤치마킹할 대상으로 관심을 가질 분야
- (기계분야 출연연 집중 우위) 우리 출연연이 상대적으로 더 집중하고 있는 연구 분야는 강점으로 살릴지, 또는 여전히 과거 연구 분야에 매몰되고 있는지를 판단하여 선택과 집중하는 연구 전략 필요
- 집중도가 낮은 그룹 내에서의 상대적인 우위는 적절한 시사점을 주기 어려우므로, 중분류별 등급과 함께 고려 필요
 - * 그 분야에 상대적으로 더 집중하고 있더라도 그 원인에 따라 시사점을 달리할 수 있음

라. 데이터

□ 2012년부터 2016년까지 5년간 SCOPUS에 등재된 논문 데이터 활용³⁾

- 논문 데이터는 저자의 소속(affiliation) 기관을 기준으로 분류

<표 1> 분석 대상별 SCOPUS 논문 데이터 수

기관명	논문 데이터 수
독일 프라운호퍼연구협회(FhG)	36,886
일본 산업기술총합연구소(AIST)	28,887
대만 산업기술연구소(ITRI)	9,485
네덜란드 국립응용과학기술연구소(TNO)	6,352
핀란드 국가기술연구센터(VTT)	8,122
국내 기계분야 출연연	21,740

* 한국기계연구원 부설 재료연구소의 논문 중 한국기계연구원으로 분류된 성과는 국내 기계분야 출연연의 성과에 포함

3) 2017년 8월 30일 기준

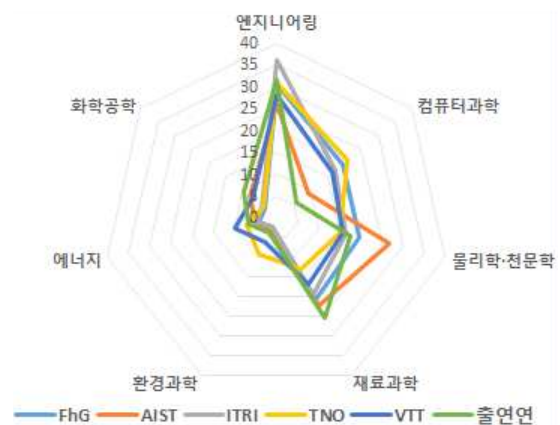
3. 기계기술 연구 분야 비교

가. 해외 선도 기관

- 해외 선도 기관과 기계분야 출연연의 연구 성과 비중을 대분류 단위에서 비교하면, AIST(물리학·천문학)를 제외한 모든 해외 선도 기관이 엔지니어링에 가장 높은 우선순위를 두고 있으며, 재료과학 또는 컴퓨터과학이 뒤를 이음

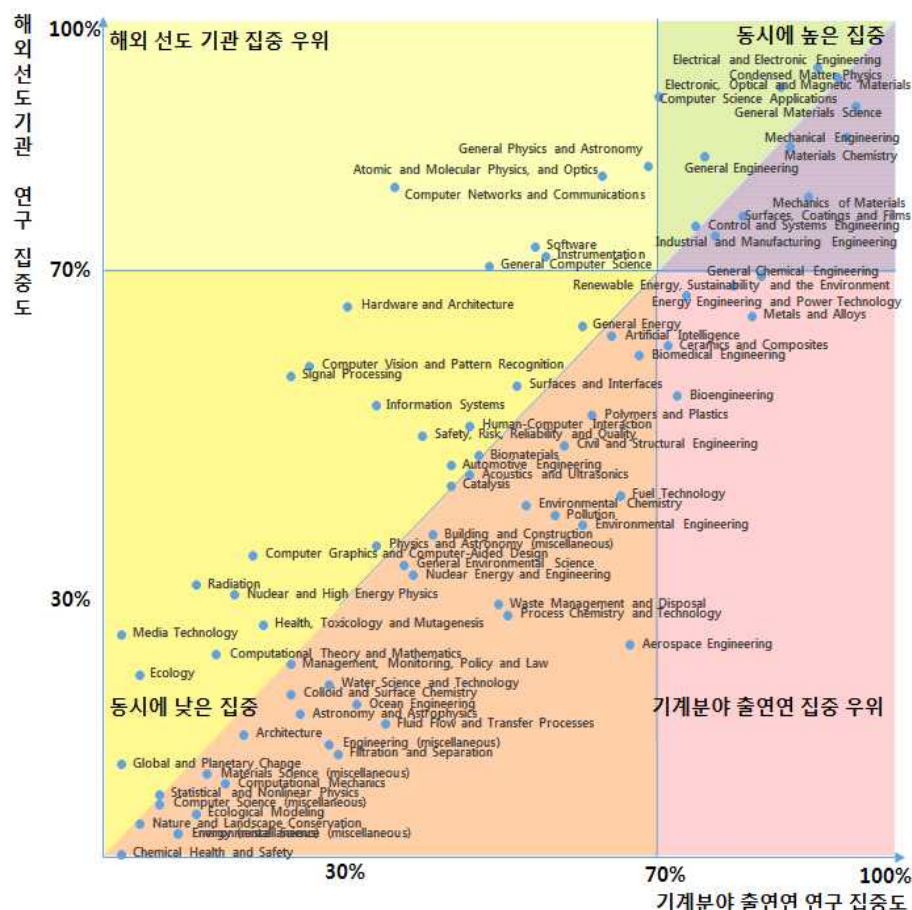
〈표 2, 그림 4〉 기관별 대분류 연구 집중도(%)

대분류	해외 선도 기관						기계분야 출연연
	FhG	AIST	ITRI	TNO	VTT	평균	
엔지니어링	30.5	26.0	35.9	30.8	28.1	30.3	31.4
컴퓨터과학	19.6	9.2	17.3	21.0	16.6	16.7	5.7
물리학·천문학	19.7	26.8	16.4	14.9	15.6	18.7	17.6
재료과학	20.5	22.1	19.4	13.1	16.7	18.4	25.4
환경과학	2.4	3.3	2.4	9.2	5.9	4.6	3.6
에너지	4.1	5.0	4.5	7.1	9.9	6.1	6.6
화학공학	3.3	7.7	4.2	4.0	7.2	5.3	9.8



- FhG, ITRI, VTT, 기계분야 출연연은 엔지니어링에 이어 재료과학에 집중하고 있으며, TNO는 컴퓨터과학에 집중하고 있음
 - AIST와 기계분야 출연연을 제외한 해외 선도 네 개 기관은 모두 컴퓨터과학에 15% 이상의 연구를 집중하고 있으며, 이는 4차 산업혁명이라는 메가트렌드와도 매우 밀접한 관련이 있다고 분석할 수 있음
- FhG, AIST, ITRI, VTT, 기계분야 출연연은 환경과학 분야에 가장 낮은 연구 집중도를 보이며, TNO는 화학공학 분야에 낮은 연구 집중도를 보임
 - 학문의 특성(논문 게재 빈도)도 반영되어 있겠지만, 타 분야보다 환경과학 분야에는 TNO를 제외한 해외 선도 기관도 연구 집중도가 낮음
- 해외 선도 기관이 컴퓨터과학, 물리학·천문학 등 기초성격의 연구 분야에서 기계분야 출연연보다 연구 집중도가 높고, 기계분야 출연연은 재료과학, 에너지, 화학공학 분야에서 해외 선도 기관보다 연구 집중도가 높음

- 엔지니어링은 공통으로 집중하는 연구 분야가 다수 포함되며, 환경과학, 에너지, 화학공학 분야에 공통으로 연구 집중도가 낮은 분야 다수 포함
- 해외 선도 기관은 엔지니어링 > 물리학·천문학 > 재료과학 > 컴퓨터과학 순으로 집중하고 있으며, 환경과학에 가장 낮은 연구 집중도를 가지는 점은 기계분야 출연연과 유사함
- Electrical and Electronic Eng., Condensed Matter Physics, Electronic, Optical and Magnetic Materials, General Materials Science 등에 해외 선도 기관과 기계분야 출연연이 동시에 가장 높은 연구 집중도를 보임
- 해외 선도 기관은 Computer Networks and Communications, H/W and Architecture 등 분야에서 기계분야 출연연에 비해 높은 연구 집중도를 보이고, 기계분야 출연연은 Aerospace Eng., Environmental Eng. 등 분야에서 높은 연구 집중도를 보임



<그림 5> 해외 선도 기관과 기계분야 출연연 연구 집중도 비교

- 해외 선도 기관은 기계분야 출연연보다 컴퓨터과학 분야에 더 높은 연구 집중도를 나타내고, 기계분야 출연연은 재료과학, 화학공학 분야에 높은 연구 집중도를 보임
- 해외 선도 기관과 기계분야 출연연의 연구 집중도를 비교한 결과는 다음과 같음
 - * 높음: 동시에 높은 집중, 낮음: 동시에 낮은 집중, 출연연: 기계분야 출연연 집중 우위, 해외 선도 기관명: 해외 선도 기관 집중 우위
- 엔지니어링 분야에서는 해외 선도 기관이 Media Technology 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보이고, 기계분야 출연연은 Mechanical Eng., Aerospace Eng., Ocean Eng., Computational Mechanics 분야에서 높은 연구 집중도를 보임
- 컴퓨터과학 분야에서는 해외 선도 기관이 Computer Science Applications, Computer Networks and Communications, General Computer Science, S/W, Signal Processing, Computer Vision and Pattern Recognition, Computer Graphics and Computer-Aided Design 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보임
- 물리학·천문학 분야에서는 Condensed Matter Physics에 동시에 높은 집중을 보이지만, 해외 선도 기관이 Atomic and Molecular Physics and Optics, Instrumentation, General Physics and Astronomy, Radiation, Nuclear and High Energy Physics 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보임
- 재료과학 분야에서는 해외 선도 기관이 Electronic, Optical and Magnetic Materials 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보이고, 기계분야 출연연은 General Materials Science, Metals and Alloys, Ceramics and Composites 분야에서 높은 연구 집중도를 보임
- 환경과학 분야에서는 해외 선도 기관이 Ecology, Global and Planetary Change 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보이고, 기계분야 출연연은 Waste Management and Disposal, Ecological Modeling 분야에서 높은 연구 집중도를 보임
- 에너지, 화학공학 분야에서는 해외 선도 기관의 연구 집중도가 낮게 나타나며, 기계분야 출연연이 에너지 분야의 Energy Engineering and Power Technology와 화학공학 분야의 General Chemical Engineering, Bioengineering, Process Chemistry and Technology, Fluid Flow and Transfer Processes 분야에 더 높은 연구 집중도를 보임
- 각각의 해외 선도 기관과 기계분야 출연연 간 연구 집중도 비교는 기관별 분석에서 다룸

<표 3> 해외 선도 기관과 기계분야 출연연과 연구 집중도 비교

분류	해외 선도 기관					
	평균	FhG	AIST	ITRI	TNO	VTT
Engineering						
Electrical and Electronic Engineering	높음	높음	높음	높음	높음	높음
Mechanical Engineering	출연연	높음	높음	높음	높음	높음
Civil and Structural Engineering	낮음	낮음	출연연	ITRI	TNO	출연연
Industrial and Manufacturing Engineering	높음	높음	출연연	낮음	TNO	높음
Control and Systems Engineering	높음	높음	출연연	ITRI	높음	높음
Building and Construction	낮음	낮음	출연연	낮음	TNO	출연연
Safety, Risk, Reliability and Quality	낮음	낮음	낮음	낮음	TNO	높음
General Engineering	높음	높음	높음	높음	높음	높음
Automotive Engineering	낮음	낮음	출연연	ITRI	낮음	낮음
Mechanics of Materials	높음	높음	높음	높음	출연연	VTT
Aerospace Engineering	출연연	FhG	출연연	낮음	TNO	출연연
Ocean Engineering	출연연	낮음	낮음	낮음	TNO	출연연
Biomedical Engineering	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Media Technology	해외 선도 기관	FhG	출연연	ITRI	출연연	VTT
Architecture	낮음	낮음	출연연	낮음	낮음	VTT
Engineering (miscellaneous)	낮음	낮음	낮음	낮음	출연연	VTT
Computational Mechanics	출연연	FhG	출연연	낮음	낮음	낮음
Computer Science						
Computer Science Applications	해외 선도 기관	높음	출연연	높음	TNO	출연연
Computer Networks and Communications	해외 선도 기관	높음	출연연	ITRI	높음	높음
General Computer Science	해외 선도 기관	높음	출연연	낮음	TNO	출연연
Software	해외 선도 기관	높음	출연연	ITRI	높음	출연연
Information Systems	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Human-Computer Interaction	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Artificial Intelligence	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Hardware and Architecture	낮음	낮음	낮음	ITRI	출연연	낮음
Signal Processing	해외 선도 기관	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Computer Vision and Pattern Recognition	해외 선도 기관	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Computational Theory and Mathematics	낮음	FhG	출연연	ITRI	낮음	출연연
Computer Graphics and Computer-Aided Design	해외 선도 기관	낮음	출연연	ITRI	낮음	낮음
Computer Science (miscellaneous)	낮음	FhG	출연연	ITRI	출연연	낮음
Physics and Astronomy						
Condensed Matter Physics	높음	높음	높음	높음	높음	높음
Acoustics and Ultrasonics	낮음	낮음	낮음	출연연	TNO	출연연
Atomic and Molecular Physics, and Optics	해외 선도 기관	높음	높음	높음	출연연	낮음
Instrumentation	해외 선도 기관	높음	높음	출연연	낮음	낮음
General Physics and Astronomy	해외 선도 기관	높음	AIST	출연연	낮음	낮음
Surfaces and Interfaces	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Astronomy and Astrophysics	낮음	낮음	낮음	출연연	TNO	낮음
Radiation	해외 선도 기관	낮음	낮음	낮음	출연연	VTT
Physics and Astronomy (miscellaneous)	낮음	낮음	낮음	낮음	출연연	낮음
Nuclear and High Energy Physics	해외 선도 기관	출연연	AIST	출연연	TNO	VTT
Statistical and Nonlinear Physics	낮음	낮음	AIST	출연연	낮음	낮음

* 높음 동시에 높은 집중, 낮음 동시에 낮은 집중, 출연연 기계분야 출연연 집중 우위, 해외 선도 기관명 해외 선도 기관 집중 우위

분류	해외 선도 기관					
	평균	FhG	AIST	ITRI	TNO	VTT
Materials Science						
Electronic, Optical and Magnetic Materials	해외 선도 기관	높음	높음	높음	출연연	높음
General Materials Science	출연연	높음	높음	높음	높음	높음
Surfaces, Coatings and Films	높음	높음	높음	높음	출연연	VTT
Materials Chemistry	높음	높음	높음	높음	출연연	VTT
Biomaterials	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Metals and Alloys	출연연	낮음	낮음	낮음	출연연	VTT
Polymers and Plastics	낮음	낮음	낮음	낮음	출연연	VTT
Ceramics and Composites	출연연	낮음	AIST	출연연	출연연	VTT
Materials Science (miscellaneous)	출연연	낮음	낮음	낮음	TNO	낮음
Environmental Science						
General Environmental Science	낮음	출연연	AIST	낮음	TNO	출연연
Pollution	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Environmental Chemistry	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Health, Toxicology and Mutagenesis	낮음	FhG	출연연	낮음	TNO	출연연
Water Science and Technology	낮음	낮음	AIST	출연연	TNO	출연연
Environmental Engineering	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Management, Monitoring, Policy and Law	낮음	낮음	낮음	낮음	TNO	낮음
Ecology	해외 선도 기관	낮음	AIST	출연연	TNO	출연연
Waste Management and Disposal	출연연	낮음	AIST	출연연	TNO	낮음
Global and Planetary Change	해외 선도 기관	출연연	AIST	출연연	TNO	출연연
Nature and Landscape Conservation	낮음	낮음	낮음	낮음	TNO	출연연
Ecological Modeling	출연연	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Environmental Science (miscellaneous)	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Energy						
General Energy	낮음	낮음	낮음	낮음	TNO	출연연
Energy Engineering and Power Technology	출연연	낮음	AIST	출연연	낮음	VTT
Renewable Energy, Sustainability and the Environment	출연연	낮음	AIST	높음	출연연	VTT
Fuel Technology	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Nuclear Energy and Engineering	낮음	출연연	AIST	출연연	낮음	VTT
Energy (miscellaneous)	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Chemical Engineering						
General Chemical Engineering	출연연	낮음	AIST	출연연	TNO	높음
Bioengineering	출연연	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Process Chemistry and Technology	출연연	낮음	AIST	출연연	낮음	낮음
Fluid Flow and Transfer Processes	출연연	낮음	낮음	낮음	낮음	낮음
Catalysis	낮음	출연연	AIST	출연연	낮음	낮음
Chemical Health and Safety	낮음	낮음	낮음	낮음	TNO	출연연
Colloid and Surface Chemistry	낮음	낮음	AIST	출연연	낮음	낮음
Filtration and Separation	낮음	낮음	낮음	낮음	출연연	VTT

* 높음 동시에 높은 집중, 낮음 동시에 낮은 집중, 출연연 기계분야 출연연 집중 우위, 해외 선도 기관명 해외 선도 기관 집중 우위

나. FhG(독일 프라운호퍼연구협회)

□ FhG는 엔지니어링에 가장 높은 비중을 두고 있고, 컴퓨터과학, 재료과학에도 많은 연구 성과를 창출하였지만, 환경 과학은 비중이 낮음

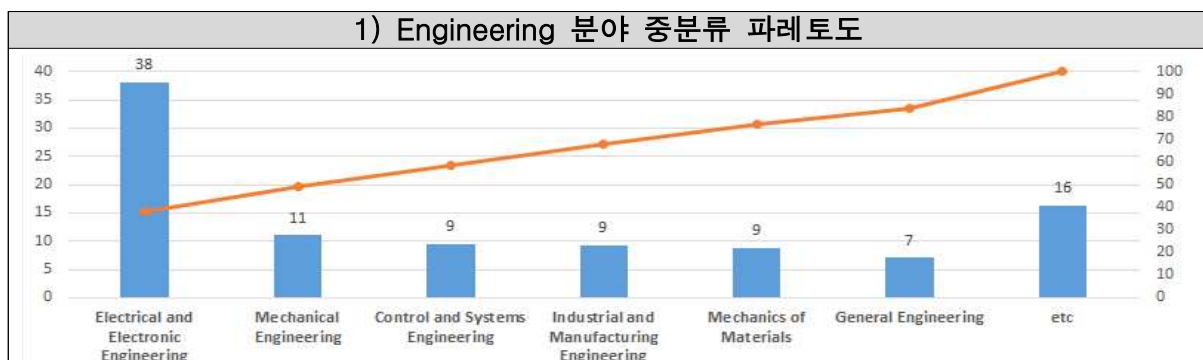
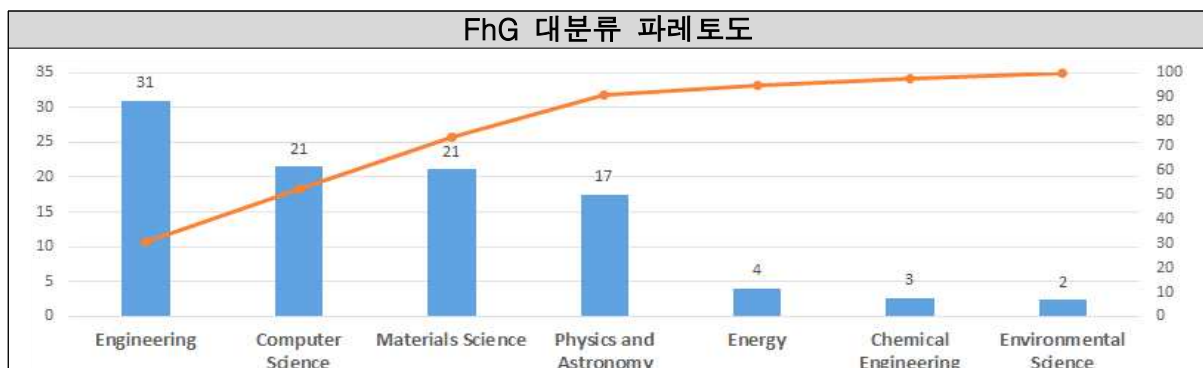
○ SCOPUS 기반 총 논문 수: 36,886편(2017년 8월 30일 기준)

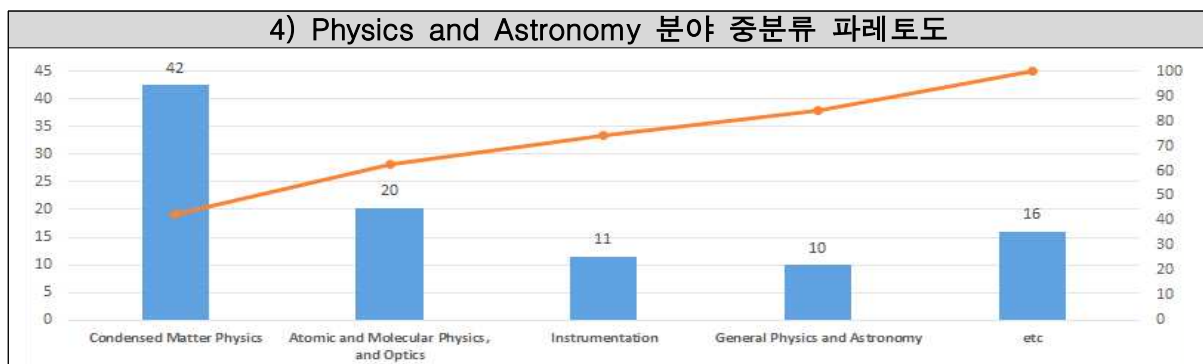
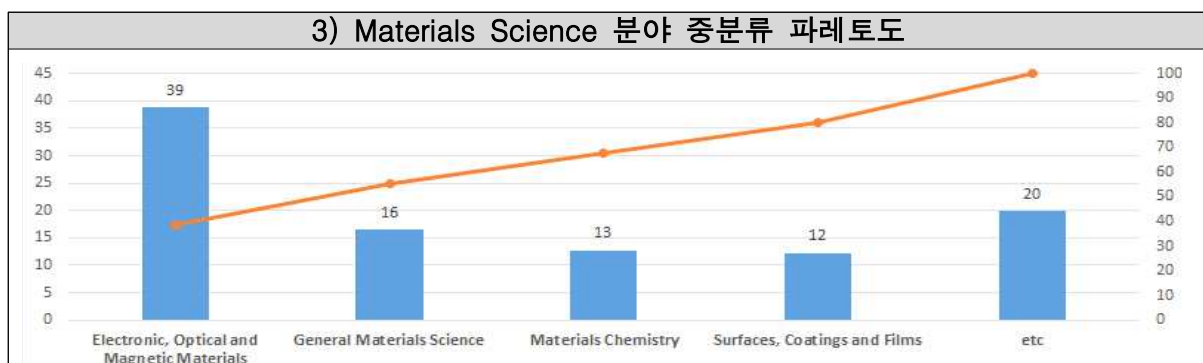
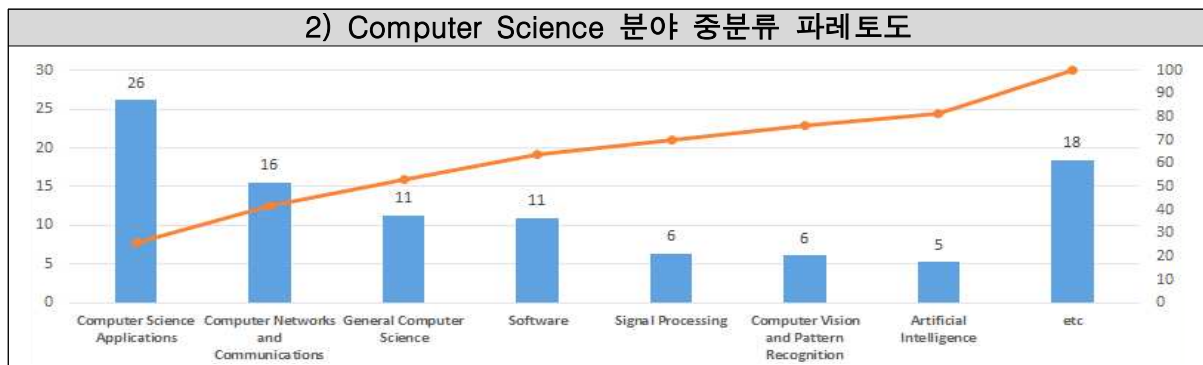
□ FhG는 컴퓨터과학, 물리학·천문학 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보이고, 재료과학, 화학공학과 에너지 분야에서는 기계분야 출연연보다 낮은 연구 집중도를 보임

○ 엔지니어링과 재료과학 분야에 동시에 연구 집중도가 높은 분야가 다수 포함되며, 환경과학 분야는 동시에 연구 집중도가 낮은 분야가 많음

○ 4차 산업혁명과 관련하여 기계분야의 신제조 장비, 스마트팩토리, 자율기계 등의 이슈에 대응하기 위해서는 컴퓨터과학에 많은 R&D 성과를 창출함

○ FhG가 위치한 독일이 신재생에너지 강국임에도 에너지와 환경과학 분야 연구 비중은 상대적으로 낮은 수준임

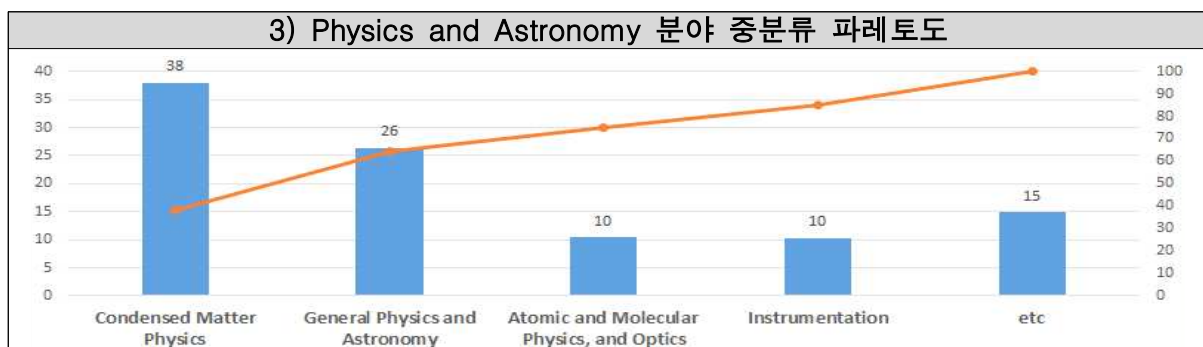
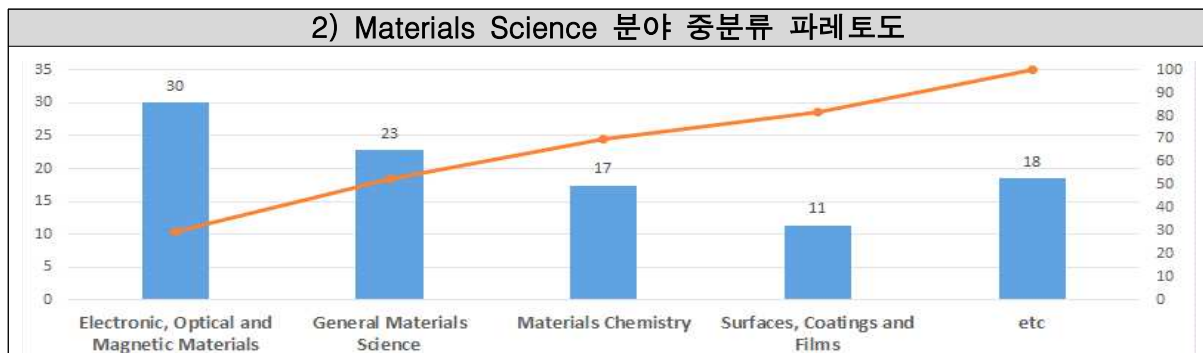
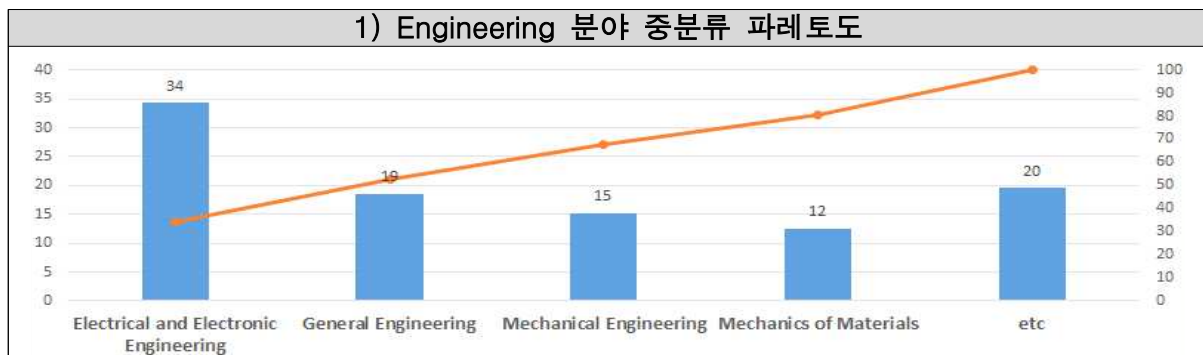
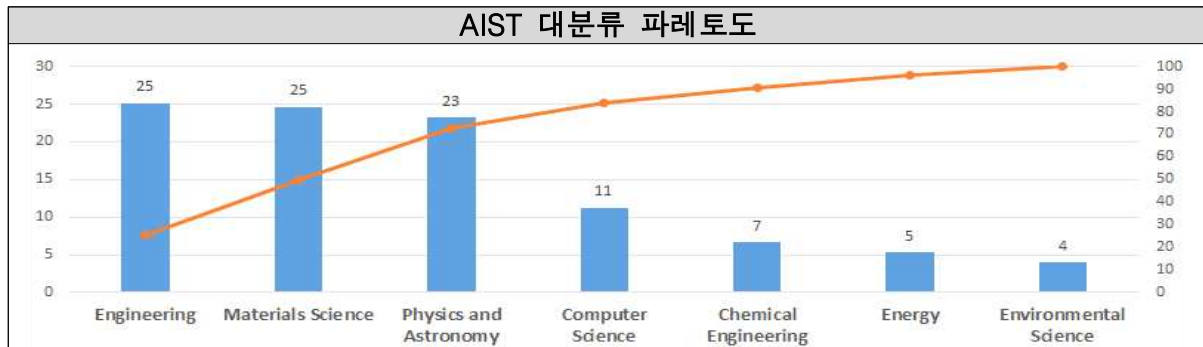


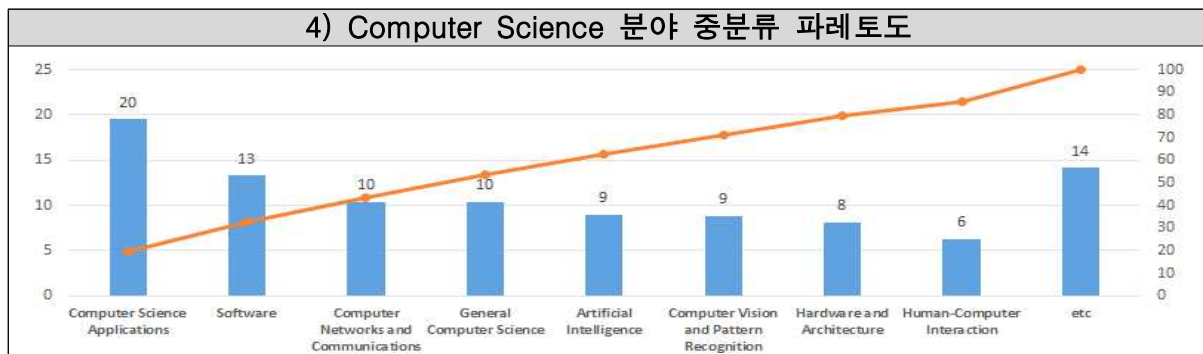


다. AIST(일본 산업기술종합연구소)

- AIST는 물리학·천문학, 엔지니어링, 재료과학 분야에 연구 집중도가 높고, 환경과학 분야는 연구 집중도가 낮음
 - SCOPUS 기반 총 논문 수: 28,887편(2017년 8월 30일 기준)
- AIST는 물리학·천문학 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보이고, 엔지니어링 분야에서 기계분야 출연연보다 낮은 연구 집중도를 보임
 - 엔지니어링과 재료과학 분야에 동시에 연구 집중도가 높은 분야가 다수 있고, 컴퓨터과학과 환경과학, 에너지 분야는 동시에 연구 집중도가 낮음

- AIST는 산업기술을 총괄하는 연구소임에도 응용학문인 엔지니어링 분야보다 물리학·천문학 등 기초과학에 집중하고 있음





라. ITRI(대만 산업기술연구소)

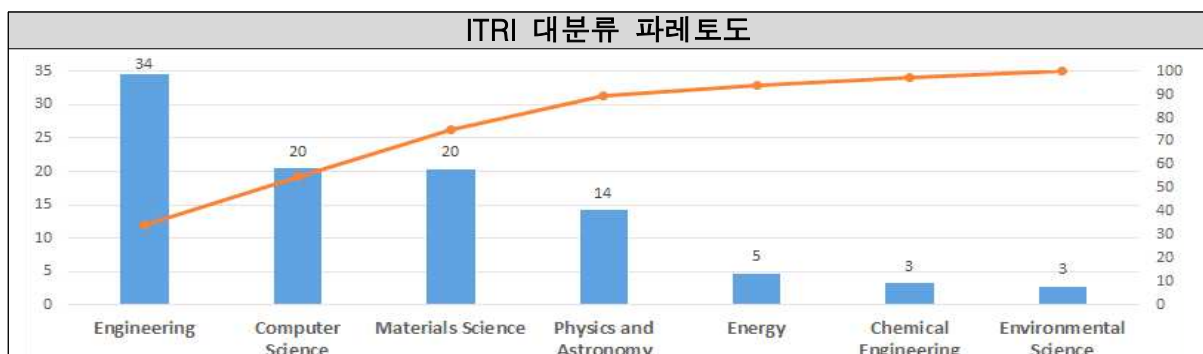
□ ITRI는 엔지니어링, 재료과학 분야에서 연구 집중도가 높고 컴퓨터과학 분야에도 두루 많은 연구 성과를 창출하고 있지만, 환경과학 분야는 연구 집중도가 낮음

○ SCOPUS 기반 총 논문 수: 9,485편(2017년 8월 30일 기준)

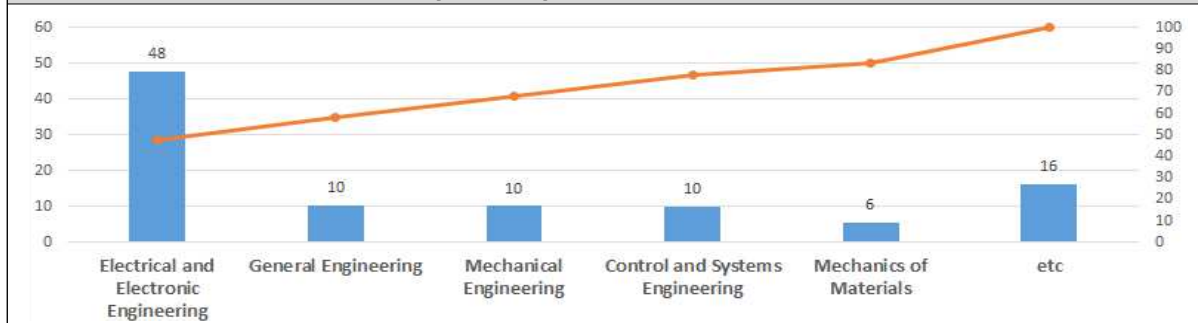
□ ITRI는 컴퓨터과학 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보이고, 엔지니어링, 재료과학, 에너지, 화학공학 분야에서 기계분야 출연연보다 낮은 연구 집중도를 보임

○ ITRI는 약 36%의 연구를 엔지니어링 분야에 집중하고 있으며, 전기전자공학 분야에서 집중적으로 연구 성과 창출

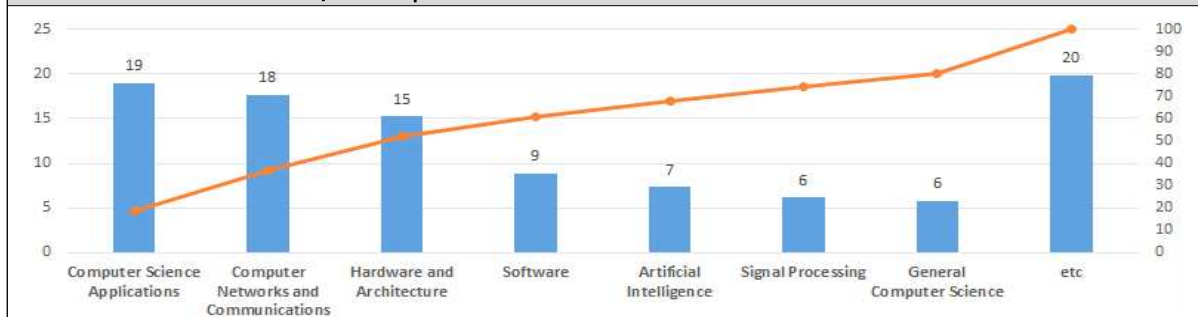
○ 엔지니어링 분야에 동시에 높은 연구 집중도를 보이고, 환경과학 분야는 동시에 낮은 연구 집중도를 보임



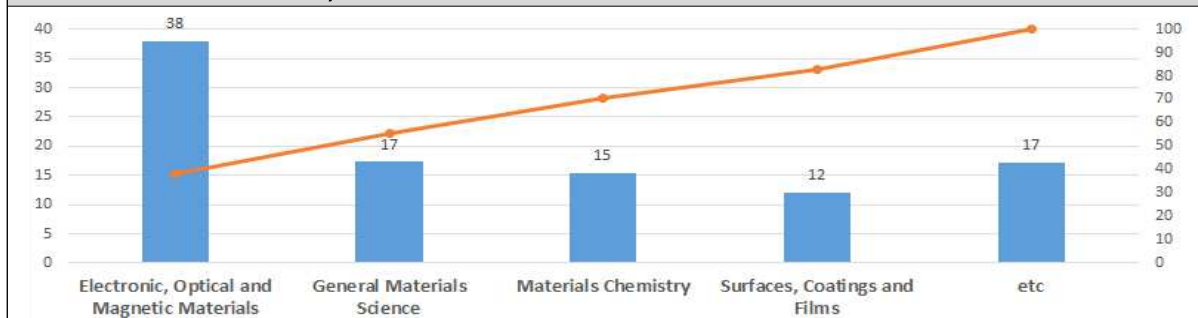
1) Engineering 분야 중분류 파레토도



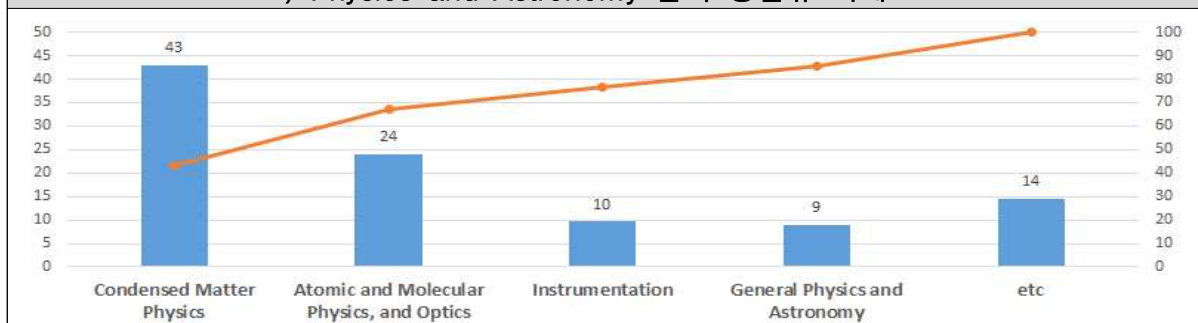
2) Computer Science 분야 중분류 파레토도



3) Materials Science 분야 중분류 파레토도

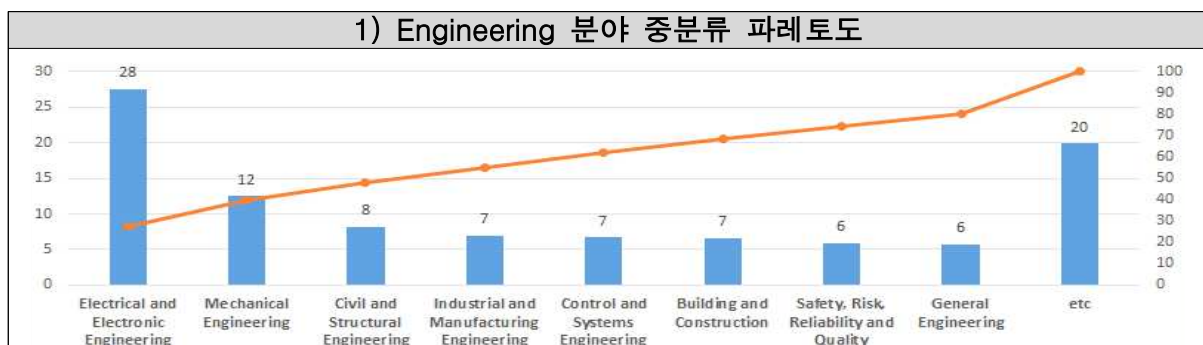
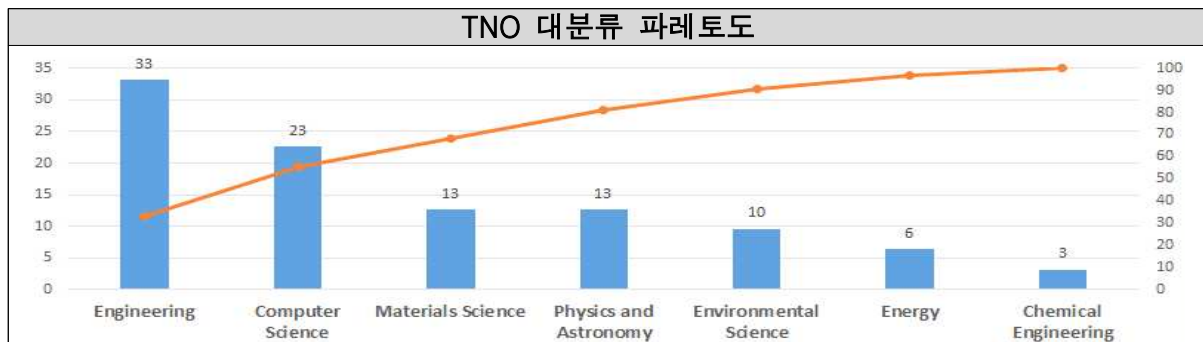


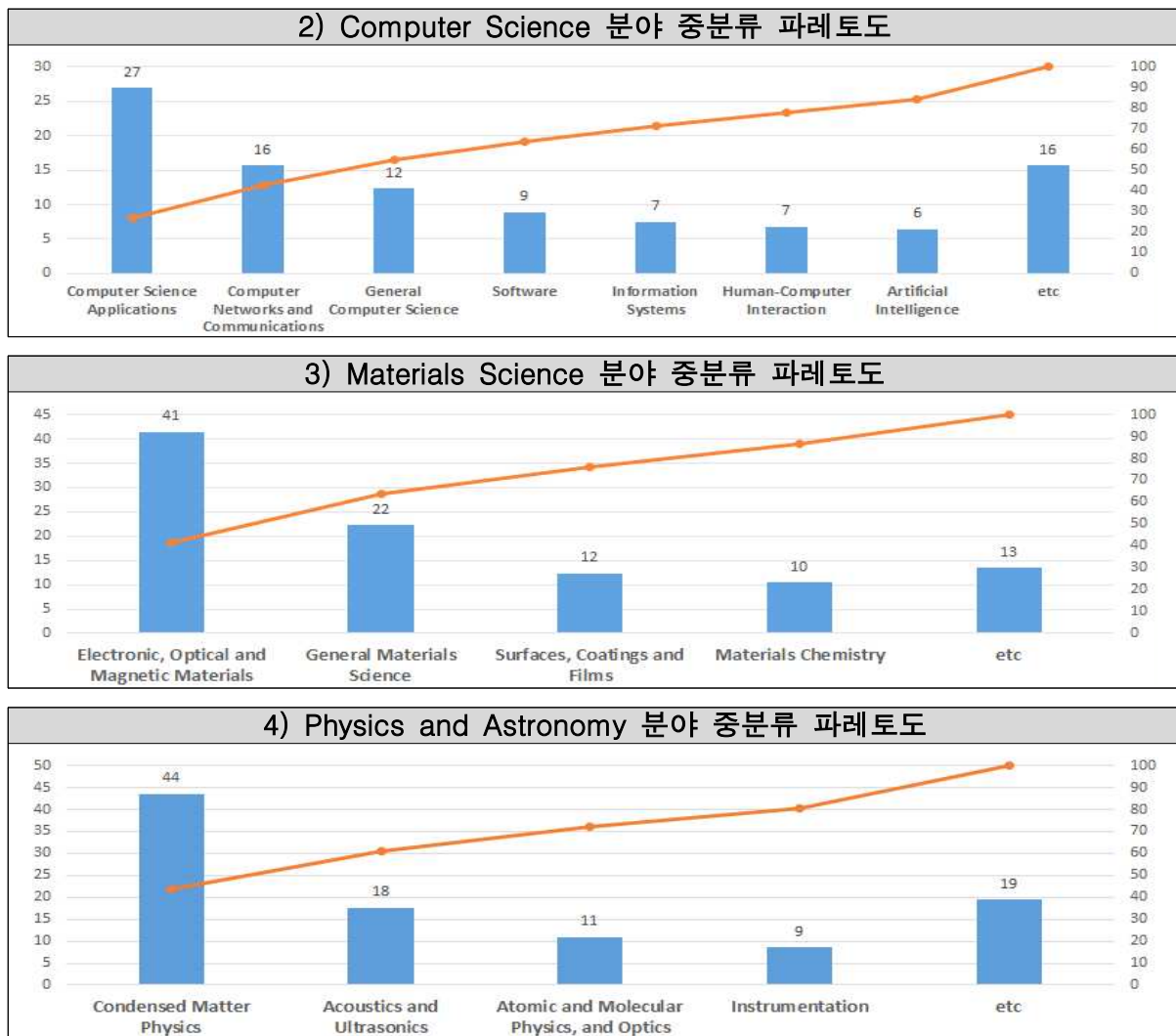
4) Physics and Astronomy 분야 중분류 파레토도



마. TNO(네덜란드 국립응용과학기술연구소)

- TNO는 엔지니어링 분야에 높은 연구 비중을 두고 있으나, 화학공학 분야를 제외한 전 분야에 두루 많은 연구 성과를 창출함
 - SCOPUS 기반 총 논문 수: 6,352편(2017년 8월 30일 기준)
- TNO는 컴퓨터과학, 환경과학 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보이고, 재료과학, 에너지, 화학공학 분야는 기계분야 출연연보다 낮은 연구 집중도를 보임
 - 엔지니어링 분야에 동시에 높은 연구 집중도를 보이고, 물리학·천문학 분야에 동시에 낮은 연구 집중도를 보임
 - 해외 선도 기관 중 유일하게 컴퓨터과학 분야에서 20% 이상의 연구 집중도를 보이는 연구소이며, 향후 4차 산업혁명과 관련하여 네트워크 등 컴퓨터과학 분야를 선도할 것으로 전망
 - 다른 해외 선도 기관과 달리 환경과학 분야 연구에 상대적으로 높은 연구 집중도를 보임

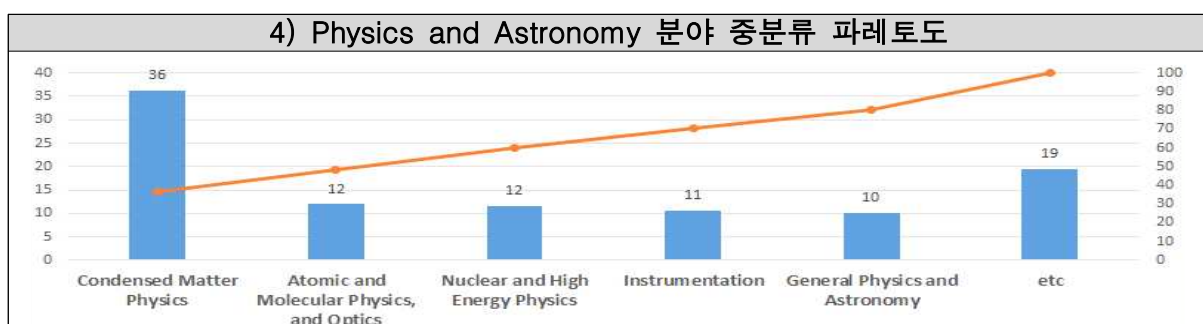
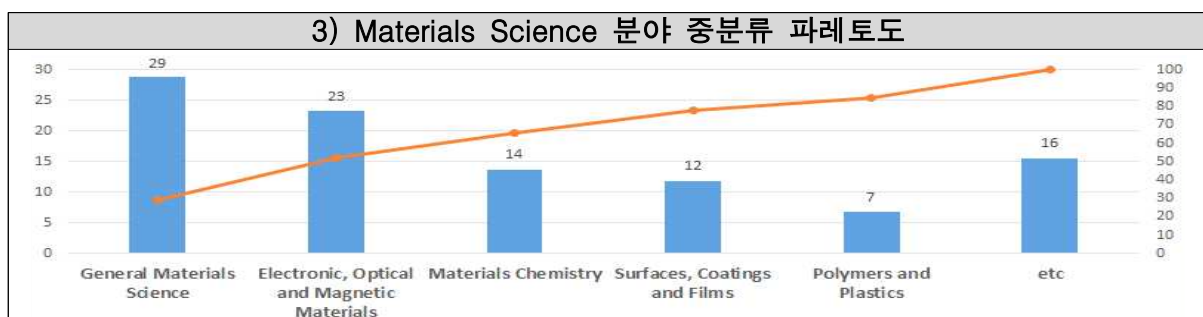
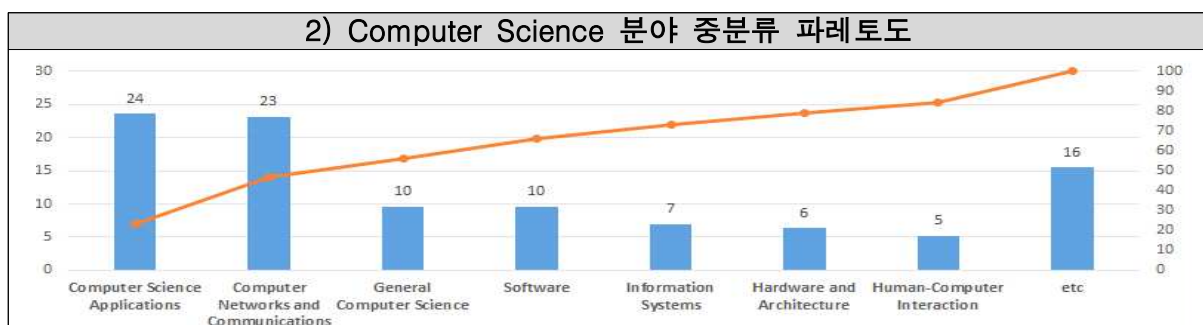
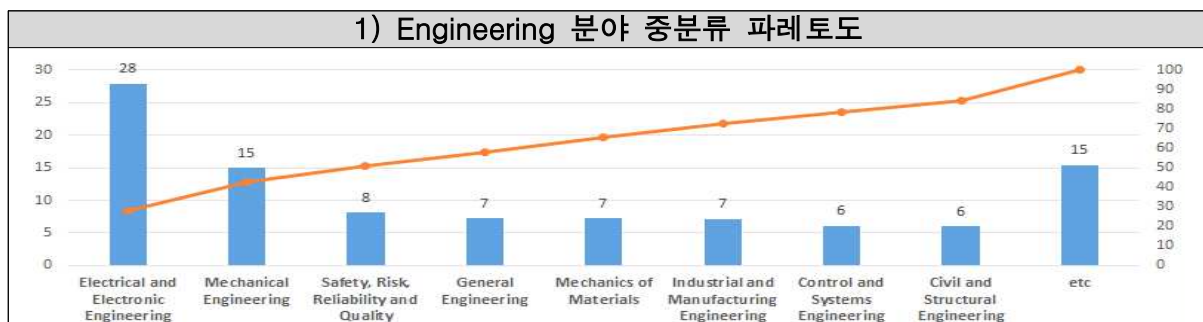
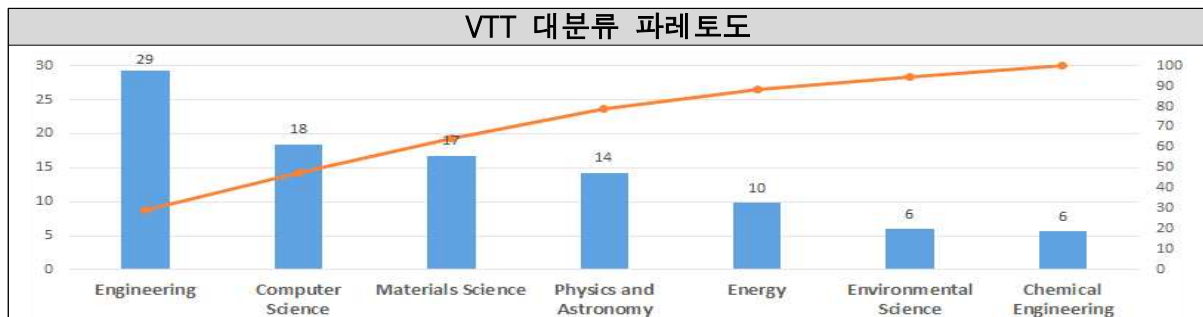




바. VTT(핀란드 국가기술연구센터)

- VTT는 엔지니어링 분야에 강점이 있고, 컴퓨터과학, 재료과학, 에너지 분야에도 많은 연구 성과가 있으나 환경과학과 화학공학 분야에는 연구 집중도가 낮음
 - SCOPUS 기반 총 논문 수: 8,122편(2017년 8월 30일 기준)
- VTT는 컴퓨터과학, 물리학·천문학 분야에서 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보이고, 화학공학 분야에는 기계분야 출연연보다 낮은 연구 집중도를 보임
 - 엔지니어링, 재료과학, 에너지 분야에 동시에 연구 집중도가 높은 분야가 다수 포함되며, 컴퓨터과학과 물리학·천문학, 환경과학에 동시에 연구 집중도가 낮은 분야가 집중하여 분포하고 있음

- 해외 선도 기관 중 에너지 분야의 연구 비중(9.9%)이 가장 높아, 에너지 문제 해소를 위한 핀란드의 연구 노력을 엿볼 수 있음



4. 시사점

□ 해외 선도 기관과 기계분야 출연연 모두 엔지니어링 분야에 가장 많은 연구 성과 집중

○ 전기전자공학, 산업공학, 제어 및 시스템 공학, 재료역학, 응집물질 물리학, 표면 코팅 필름 재료, 재료화학 등은 해외 선진기관과 기계분야 출연연 모두 높은 우선순위를 두고 연구 중임

- 동시에 높은 우선순위를 둔 중분류는 엔지니어링 분야에 가장 많은 5개 포함

〈표 4〉 엔지니어링 분야 내 연구 집중도 상위 5개 학문

(단위: %)

엔지니어링 분야 내 상위 5개 중분류	해외 선도 기관						기계분야 출연연
	FhG	AIST	ITRI	TNO	VTT	평균	
Electrical and Electronic Eng.	38.0	34.2	47.6	27.5	27.9	35.1	18.7
Mechanical Eng.	11.0	18.5	10.3	12.5	15.0	13.5	24.6
Control and Systems Eng.	9.46	15.18	10.25	8.21	8.12	10.2	2.58
Industrial and Manufacturing Eng.	9.30	12.46	10.03	6.93	7.19	9.2	7.48
Mechanics of Materials	8.85	5.19	5.51	6.70	7.19	6.7	6.97

- 해외 선도 기관과 비교하여 기계분야 출연연은 전기전자공학, 제어 및 시스템공학, 산업공학 분야는 상대적으로 더 낮은 집중도를 보이고, 전통적인 기계공학 분야는 더 높은 집중도를 보임

* 재료역학은 기계분야 출연연의 집중도가 조금 높으나 유사한 수준임

- 해외 선도 기관은 산업기술 전반을 다루는 기관을 연구대상으로 선정함으로써, 국내 기계분야 출연연의 기계분야 연구 집중도가 상대적으로 높게 분석되는 경향 존재

- IoT, S/W 등 최근 4차 산업혁명과 관련한 연구 분야인 전기전자 분야는 해외 선도 기관이 더 집중하고 있으며, 기계분야 출연연은 전통적인 기계분야에 비해 시스템 분야 연구가 부족함

* 메가트렌드에 대응하는 연구와 요소기술 이상의 시스템 기술에 대한 연구를 강화해야 하며, 과거의 연구 분야에만 얽매이지는 않았는지 분석 필요

<표 5> 기관별 강점 연구 분야

기관명	기관별 강점 연구 분야(1등급)
FhG	Electrical and Electronic Engineering, Computer Science Applications, Electronic, Optical and Magnetic Materials, Condensed Matter Physics
AIST	Electrical and Electronic Engineering, Electronic, Optical and Magnetic Materials, Condensed Matter Physics, General Physics and Astronomy
ITRI	Electrical and Electronic Engineering, Electronic, Optical and Magnetic Materials, Condensed Matter Physics
TNO	Electrical and Electronic Engineering, Computer Science Applications, Condensed Matter Physics
VTT	Electrical and Electronic Engineering, Condensed Matter Physics

□ 해외 선도 기관은 컴퓨터과학과 물리학·천문학 등 기초 과학과 S/W분야에 많은 노력

○ 컴퓨터과학, 통신, 소프트웨어, 신호처리 등 컴퓨터과학과 일반 물리학, 핵/고에너지 물리학, 분자물리학, 광학 등 물리학·천문학 분야 등 기초 성격의 연구 분야는 해외 선도 기관이 기계분야 출연연보다 높은 연구 집중도를 보임

- 빅데이터, 소프트웨어 등 ICT 신기술을 기계분야에 접목하려는 노력을 연구 집중도에서 확인할 수 있음

- 기계분야 출연연은 여전히 H/W 중심의 기계분야 연구에 집중하고 있으며, 중요성이 강조되는 S/W 분야와 기초과학에 대한 꾸준한 관심·투자 필요

* 연구원 선발 및 육성과 관련하여, 제조업의 SW 분야 연구가 가능한 융합형 인재 필요

○ 해외 선도 기관의 연구 방향을 기반으로 하여 산업계 등 고객 수요의 변화에 따른 중요 연구 영역을 도출하고 해외 선도 기관과의 협력 연구 강화 필요

□ 기계분야 출연연은 재료과학과 에너지, 화학공학 분야에 해외 선도 기관 보다 높은 우선순위를 두고 연구 수행

○ 기계분야 출연연은 일반 재료과학, 금속 등 재료과학, 전력공학과 신재생 에너지 등 에너지공학, 일반화학공학과 생명공학 등 화학공학 분야에서 선도 기관보다 중점적으로 연구를 수행

- 기계분야 출연연은 산업의 특성과 PBS 등의 연구시스템으로 새로운 분야로의 전환이 용이하지 않은 특수성으로 인해 메가트렌드에 대한 대응이 다소 늦은 경향이 있음
- 환경, 에너지, 화학공학 분야는 상대적으로 연구 성과가 부족하며, 신기후체제에 적극적으로 대응할 수 있는 연구 테마 발굴 및 기획, 성과 창출 필요
 - 동시에 낮은 집중도를 보인 분야가 많아 향후 신기후체제에 대응하기 위한 주요 연구 테마 발굴, 기획, 성과창출로 이어지는 선순환 필요
 - 4차 산업혁명에 선제적으로 대응하기 위해서는 해외 선도 기관에서도 아직 연구 성과가 부족하더라도, 인공지능, 인간-컴퓨터 상호작용 등 최근 기계분야에서 시작한 연구에 대한 관심 필요
- 기계분야 해외 선도 기관과의 연구 방향에서의 차이를 줄이기 위한 세부 분야를 도출하고, 그들의 강점을 배우고 우리의 강점은 강화 필요
 - 당장 필요한 연구와 미래에 필요한 연구, 해외 선도 기관보다 강점을 보이는 연구와 약점을 보이는 연구 등에 대해 다각도에서 살펴본 후 선택과 집중 필요
- 본 분석 내용은 기계분야 출연연의 연구 역량 및 경쟁력을 강화하기 위한 전략 도출의 배경자료 및 미래 유망 기계분야 연구 주제를 탐색하는 데 활용 가능
 - 해외 선도 기관은 어떤 분야에서 어떤 우수 연구 성과를 창출해 왔는지를 살펴보고, 상호 도움이 될 수 있는 협력연구 방안을 모색 가능

참고문헌

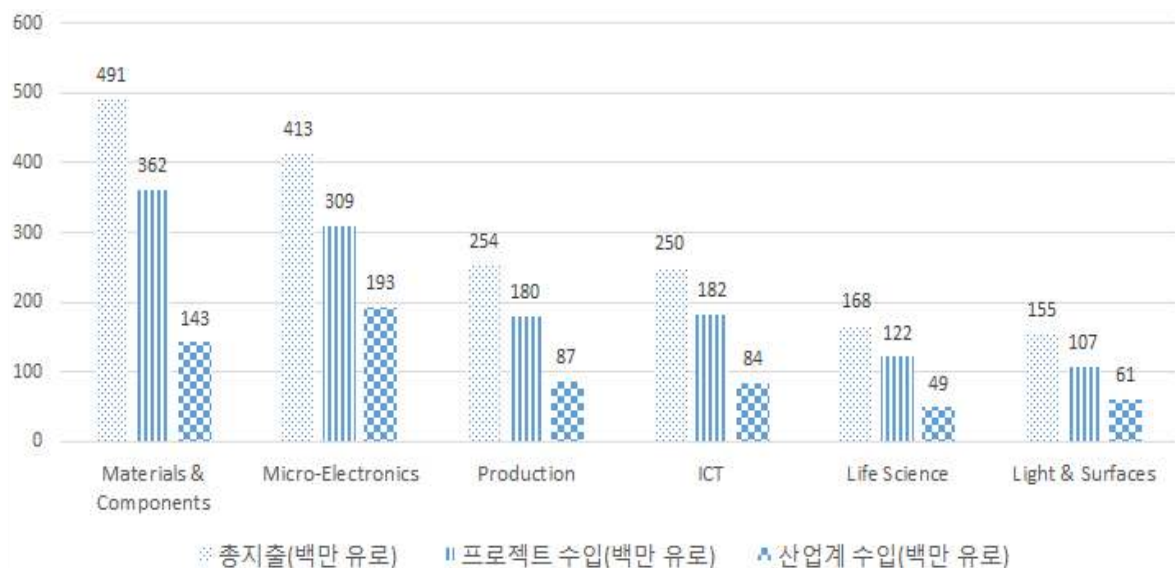
1. 감태현(2010), 일본융합기술 개발정책 주요 변화, 기계기술정책, 4(7).
2. 감태현(2010), 일본 산업기술총합연구소(AIST) 연구개발 현황, 기계기술정책, 4(1).
3. 광기호(2011), 네덜란드 TNO(응용과학연구기구) 현황 및 연구 분야, 과학 기술정책, 5(6)
4. 김정흠(1999), 한국의 기계산업의 기술, 기술혁신학회지, 2(1), 118-134.
5. 박주형(2010), 핀란드 VTT 현황과 연구분야, 기계기술정책, 4(4).
6. 박찬선(2016), 유럽 ICT 관련 연구소 현황, 주간기술동향, 정보통신기술진흥센터.
7. 스칸디나비아 과학협(2015), 북유럽 4개국(스웨덴, 노르웨이, 덴마크, 핀란드) 과학 기술분야 Technical Trend 보고서.
8. 조현대, 황용수, 김왕동, 성태경, 이대희, 이병헌, 강영주, & 이근(2007), 국내외 공공연구시스템의 변천과 우리의 발전과제, 정책연구, 1-457.
9. 최문정, 박소희, 김승태, & 차지영(2009), 주요국의 과학기술계 정부연구기관 정책동향 조사, 1-280.
10. 한국기계연구원(2014), 2014~2017 경영성과계획서.
11. Suzuki, J., Tsukada, N., & Goto, A.(2014). Innovation and Public Research Institutes: Cases of AIST, RIKEN, and JAXA, Innovation.
12. Fraunhofer Annual Report 2015 Focus on People(2016).
13. ITRI Annual Report, Connecting for innovation(2016).
14. TNO Annual Report 2015(2016).
15. VTT Review 2015(Annual Report)(2016).
16. AIST 홈페이지: <http://www.aist.go.jp/>
17. FhG 홈페이지: <https://www.fraunhofer.de/en.html/>
18. ITRI 홈페이지: <https://www.itri.org.tw/>
19. TNO 홈페이지: <https://www.tno.nl/en/>
20. VTT 홈페이지: <http://www.vttresearch.com/>

부록. 해외 선도 기관 연구 분야 및 성과

가. FhG(Fraunhofer-Gesellschaft: 프라운호퍼연구협회, 독일)

□ 총괄

- (역사) 1949년 3월 뮌헨에서 산업계, 학계, 바이에른 주정부, 독일 연방 정부의 주도 하에 설립, 1952년 독일 연방정부 경제담당 부처가 독일연구 사업의 세 번째 비대학 기관으로 지정, 1954년에 협회의 첫 번째 기관을 설립하고, 1959년에는 9개 기관으로 성장하여 현재 67개 연구소 및 연구 유닛 운영
- (목적, 비전, 목표) 응용연구는 프라운호퍼의 기초임. 독창적인 아이디어를 사회에 도움이 되는 혁신으로 이끌고, 독일과 유럽경제를 강화하기 위해 많은 기업과 파트너십을 맺음. 직원들은 프라운호퍼 또는 다른 과학이나 비즈니스의 영역에서 독자적으로 미래를 창출해가고 있기 때문에, 그들의 전문성과 개인적인 발전을 중요시함
- 인원은 총 24,084명이고, 연간 21.15억 유로의 예산을 운영(약 18억 유로가 위탁연구이고, 이 중 70% 이상이 민간/공공수탁에서 발생)



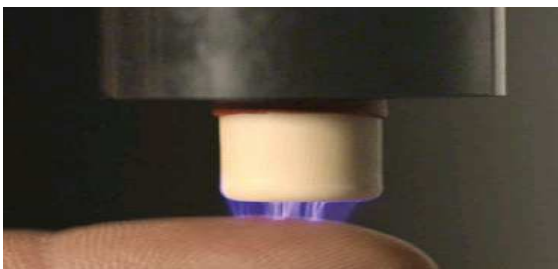
<그림 6> FhG 연구 분야별 수입·지출 내역

□ 연구 그룹 및 주요 연구 분야

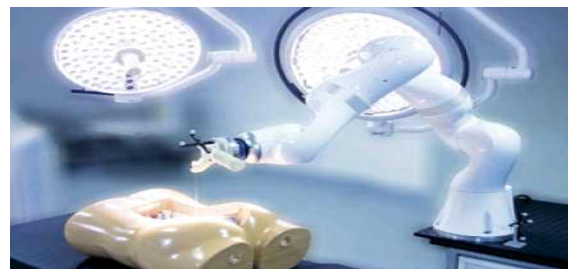
- 건강과 환경(Health and Environment), 보안 및 보호(Protection and Security), 차량 및 교통(Mobility and Transportation), 서비스 생산 및 공급(Production and Services), 통신 기술 및 지식(Communication and Knowledge), 에너지와 자원(Energy and Materials)
 - 건강과 환경: Care-O-bot®(서비스 로봇), ALIAS(고령자를 위한 적응형 생활 보조 로봇) 연구 수행
 - 정보통신 기술 및 지식: 임베디드 시스템과 지능, e러닝 로봇
 - 보안 및 보호: 재난 및 위기관리를 통한 국민 안전 연구(재난 관리를 위한 모바일 로봇 센서 네트워크), 문화재 복원 및 보호 연구(플라즈마 기술을 통해 광택을 복구하는 기술)
 - 차량 및 교통: 자동차 및 항공 기술 연구(자율 물류 및 운송수단, 전기차용 고효율 충전 인프라, 비행기 제조 모바일 로봇 등)
 - 생산과 서비스: Production 4.0 연구(개별 제품을 빠르고 유연하게 지속 생산할 수 있는 인더스트리 4.0에 대해 연구하며, 제조의 미래를 변화시키는 디지털화에 대한 연구 수행)
 - 에너지 및 재료: 풍력발전 등 신재생에너지용 전력전자, 태양전지, 냉각 및 가열을 위한 촉매연구 등

□ 최근 주요 연구 성과

- 건강과 환경: 피부를 위한 플라즈마, 목초지에서 추출한 고무, 삶을 위한 심장밸브, 패혈증을 위한 칩 기반 진단기, 착용하는 동력기, 체내 의료 보조기, 외과수술 도우미 로봇



<그림 7> 피부를 위한 플라즈마

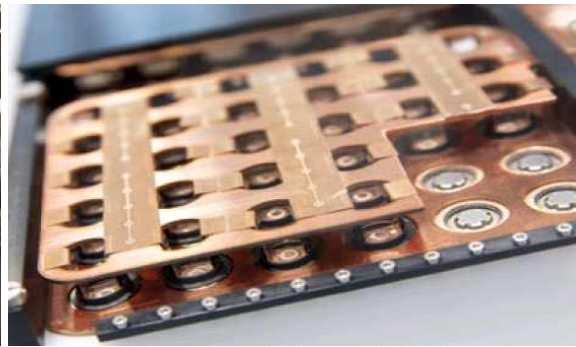


<그림 8> 외과수술 도우미 로봇

- 정보통신 기술 및 지식: 모바일 콘서트홀 기술, 효과적인 저장장치용 신물질, 밝은 디스플레이를 위한 물질, 산업용 섬유, 초경량/소형 데이터 안경, 인간과 기계 상호이해 방식, 미래 텔레비전 음향
- 보안 및 보호: 건강을 위한 네트워크, 자율형 창문틀, 스마트홈(해킹에 대비한 소프트웨어), 항공용 터빈 디스크 보호 기술, 위조지폐 확인 기술, 경량 항공안전장비



<그림 9> 인간과 기계의 상호이해



<그림 10> 전기차를 위한 레이저 연구

- 차량 및 교통: 전기자동차를 위한 난방·안전제어기기·레이저 기술, 효율적인 화물 운송, 재생 타이어의 수명연장, 무선충전 기술
- 생산과 서비스: 기계를 위한 하드코팅, 다이오드 레이저의 출력 강화 기술, 재활용이 가능한 강철 회전자, 신속한 레이저 빔 방향 전환 거울, 가구 제작용 신물질, 저렴한 마그네틱 센서, 효율적인 경량 모터, 인공 다이아몬드
- 에너지 및 재료: 배기가스로부터 원재료 추출 기술, 전자부품에서 원 재료를 추출하는 기술, 새로운 코일의 효율성 향상, 기존 저장장치에 신재생에너지를 저장하는 기술, 단열 창호 기술, LED 재활용 기술, 수중 생태계 탐사 기술, 미래형 에너지 절약 반도체, 태양광 발전을 활용한 전기자동차 충전시스템

〈표 6〉 FhG 연구 분야 중분류별 등급

대분류	등급	중분류	등급	중분류
Engineering	1	Electrical and Electronic Engineering(38.02)⁴⁾	3	Building and Construction(1.95)
	2	Control and Systems Engineering(9.46)	3	Civil and Structural Engineering(2.17)
	2	General Engineering(7.04)	3	Media Technology(1.11)
	2	Industrial and Manufacturing Engineering(9.3)	3	Safety, Risk, Reliability and Quality(2.72)
	2	Mechanical Engineering(11.03)	4	Architecture(0.53)
	2	Mechanics of Materials(8.85)	4	Computational Mechanics(0.32)
	3	Aerospace Engineering(0.9)	4	Engineering (miscellaneous)(0.24)
	3	Automotive Engineering(2.57)	4	Ocean Engineering(0.32)
	3	Biomedical Engineering(3.45)		
Computer Science	1	Computer Science Applications(26.12)	3	Computer Vision and Pattern Recognition(6.08)
	2	Computer Networks and Communications(15.57)	3	Hardware and Architecture(4.3)
	2	General Computer Science(11.23)	3	Human-Computer Interaction(4.37)
	2	Software(10.99)	3	Information Systems(5)
	3	Artificial Intelligence(5.25)	3	Signal Processing(6.32)
	3	Computational Theory and Mathematics(1.24)	4	Computer Science (miscellaneous)(0.32)
	3	Computer Graphics and Computer-Aided Design(3.22)		
Material Science	1	Electronic, Optical and Magnetic Materials(38.75)	3	Ceramics and Composites(5.74)
	2	General Materials Science(16.47)	3	Metals and Alloys(5.43)
	2	Materials Chemistry(12.73)	3	Polymers and Plastics(4.92)
	2	Surfaces, Coatings and Films(12.2)	5	Materials Science (miscellaneous)(0.27)
	3	Biomaterials(3.49)		
Physics & Astronomy	1	Condensed Matter Physics(42.46)	3	Radiation(2.49)
	2	Atomic and Molecular Physics, and Optics(20.2)	3	Surfaces and Interfaces(5.75)
	2	General Physics and Astronomy(9.93)	4	Astronomy and Astrophysics(0.53)
	2	Instrumentation(11.43)	4	Nuclear and High Energy Physics(0.62)
	3	Acoustics and Ultrasonics(3.98)	5	Statistical and Nonlinear Physics(0.14)
	3	Physics and Astronomy (miscellaneous)(2.46)		
Energy	3	Energy Engineering and Power Technology(24.81)	3	Renewable Energy, Sustainability and the Environment(35.05)
	3	Fuel Technology(9.02)	4	Nuclear Energy and Engineering(2.58)
	3	General Energy(27.25)	5	Energy (miscellaneous)(1.29)
Chemical Engineering	3	Bioengineering(24.9)	4	Filtration and Separation(2.38)
	3	General Chemical Engineering(44.52)	4	Fluid Flow and Transfer Processes(4.24)
	4	Catalysis(10.02)	4	Process Chemistry and Technology(8.26)
	4	Colloid and Surface Chemistry(4.75)	5	Chemical Health and Safety(0)
Environmental Science	3	Environmental Chemistry(13.23)	4	Waste Management and Disposal(4.6)
	3	Environmental Engineering(23.36)	4	Water Science and Technology(4.6)
	3	Health, Toxicology and Mutagenesis(12.89)	5	Ecological Modeling(1.04)
	3	Pollution(15.65)	5	Environmental Science (miscellaneous)(1.27)
	4	Ecology(2.65)	5	Global and Planetary Change(1.27)
	4	General Environmental Science(10.01)	5	Nature and Landscape Conservation(0.81)
	4	Management, Monitoring, Policy and Law(8.63)		

4) 괄호 안의 수치는 대분류 내 각 중분류가 차지하는 비중을 나타냄

〈표 7〉 FhG와 기계분야 출연연 연구 분야 비교

대분류	비교 분류	중분류
Engineering	해외 선도 기관 우위	Media Technology
	기계분야 출연연 우위	Mechanical Engineering, Ocean Engineering
	동시에 높은 집중	Control and Systems Engineering, Electrical and Electronic Engineering, General Engineering, Industrial and Manufacturing Engineering, Mechanics of Materials
	동시에 낮은 집중	Aerospace Engineering, Architecture, Automotive Engineering, Biomedical Engineering, Building and Construction, Civil and Structural Engineering, Computational Mechanics, Engineering (miscellaneous), Safety, Risk, Reliability and Quality
Computer Science	해외 선도 기관 우위	Computational Theory and Mathematics, Computer Graphics and Computer-Aided Design, Computer Networks and Communications, Computer Science (miscellaneous), Computer Science Applications, Computer Vision and Pattern Recognition, General Computer Science, Signal Processing, Software
	기계분야 출연연 우위	
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Artificial Intelligence, Hardware and Architecture, Human-Computer Interaction, Information Systems
Material Science	해외 선도 기관 우위	Electronic, Optical and Magnetic Materials
	기계분야 출연연 우위	Ceramics and Composites, General Materials Science, Materials Science (miscellaneous), Metals and Alloys
	동시에 높은 집중	Materials Chemistry, Surfaces, Coatings and Films
	동시에 낮은 집중	Biomaterials, Polymers and Plastics
Physics & Astronomy	해외 선도 기관 우위	Atomic and Molecular Physics, and Optics, General Physics and Astronomy, Instrumentation, Radiation
	기계분야 출연연 우위	
	동시에 높은 집중	Condensed Matter Physics
	동시에 낮은 집중	Acoustics and Ultrasonics, Astronomy and Astrophysics, Nuclear and High Energy Physics, Physics and Astronomy (miscellaneous), Statistical and Nonlinear Physics, Surfaces and Interfaces
Energy	해외 선도 기관 우위	
	기계분야 출연연 우위	Energy Engineering and Power Technology, Nuclear Energy and Engineering, Renewable Energy, Sustainability and the Environment
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Energy (miscellaneous), Fuel Technology, General Energy
Chemical Engineering	해외 선도 기관 우위	
	기계분야 출연연 우위	Bioengineering, Catalysis, Fluid Flow and Transfer Processes, General Chemical Engineering, Process Chemistry and Technology
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Chemical Health and Safety, Colloid and Surface Chemistry, Filtration and Separation
Environmental Science	해외 선도 기관 우위	Ecology, Health, Toxicology and Mutagenesis
	기계분야 출연연 우위	Ecological Modeling, General Environmental Science, Waste Management and Disposal
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Environmental Chemistry, Environmental Engineering, Environmental Science (miscellaneous), Global and Planetary Change, Management, Monitoring, Policy and Law, Nature and Landscape Conservation, Pollution, Water Science and Technology

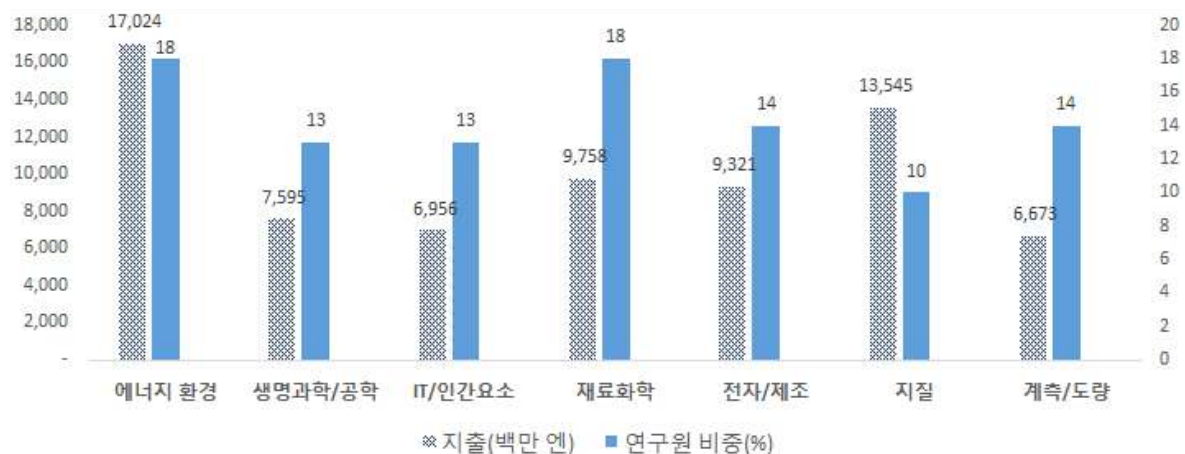
나. AIST(Advanced Industrial Science and Technology: 산업기술종합 연구소, 일본)

□ 총괄

- (역사) 1882년 농무부 산하 지질 조사국이 기반이 되어, 2001년 4월에 AIST는 15개의 산업과학기술 기반 연구소를 통합한 독립행정기관으로 조직 개편
- (목적, 비전, 목표) 지속발전이 가능한 사회의 실현, 산업경쟁력의 강화, 지역의 산업기술 발전 공헌, 산업기술정책 입안에 기여
- 인원은 총 2,970명이고, 연간 98,938백만 엔의 수입이 있으며 약 79%가 정부 수탁, 14%는 민간 수탁으로 발생

□ 연구 그룹 및 주요 연구 분야

- 에너지 환경 연구본부, 생명과학과 생명공학(Life Science and Biotechnology) 연구본부, 정보기술과 인간공학(Information Technology and Human Factors) 연구본부, 재료화학 연구본부, 전자 및 제조 연구본부, 일본 지질조사 연구본부, 일본 국립 계측/도량 연구본부로 구성



<그림 11> AIST 분야별 지출과 연구원 비중

- 에너지와 환경: 신재생에너지 연구센터(풍력·태양광), 안전과학기술 연구소, 전기화학 에너지연구소(배터리 시스템, 고분자 전해질 연료전지), 태양광 연구센터, 첨단 전력 연구소

- 생명과학과 생명공학: 건강연구소(치료진단 장치 융합, 바이오마커 분석)
- 정보통신과 인간공학: 로봇혁신 연구소(자율주행, 산업로봇, 고령화 사회 대응 로봇 기술), 자동차 인간공학 연구소
- 재료 및 화학: 나노재료 연구소(탄소나노튜브), 무기 기능재료 연구소(하이브리드 액추에이터), 지속할 수 있는 화학연구소, 화학 공정 기술 연구소, 탄소나노튜브 응용연구센터, 촉매 화학을 위한 다학제 연구소
- 전자 및 제조: 플렉시블 소자 인쇄공정 및 장비 기술 연구소, 나노전자 연구소, 전자 및 포토닉스 연구소

□ 최근 주요 연구 성과

- 에너지와 환경: SiC 내압 3.3kV 스위칭 트랜지스터 제조 공정 구축
- 생명과학과 생명공학: 산업용 로봇 기술로 구동되는 생물 의학 실험 로봇 “Maholo”의 산업적 발전
- 정보통신과 인간공학: 고급 암호 시스템 및 개인 데이터베이스 검색 시스템 개발, 라이프 스타일 지원 로봇의 유효성 및 안전성 표준 개발 및 평가



<그림 12> 생물의학 실험로봇 “Maholo”



<그림 13> 라이프스타일 지원 로봇 표준 기술

- 재료 및 화학: 원자 수준의 리튬과 같은 가벼운 원소 시각화, 초고성장 방법에 의한 탄소 나노 튜브 양산
- 전자 및 제조: 차세대 고에너지밀도 축전지용 전극 재료, 초저전력 소비형 전압 기록형 비휘발성 메모리 “Voltage Torque MRAM”의 신뢰성 있는 기록 연구

<표 8> AIST 연구 분야 중분류별 등급

대분류	등급	중분류	등급	중분류
Engineering	1	Electrical and Electronic Engineering(34.24)	4	Automotive Engineering(0.67)
	2	General Engineering(18.53)	4	Building and Construction(0.38)
	2	Mechanical Engineering(15.18)	4	Civil and Structural Engineering(0.67)
	2	Mechanics of Materials(12.46)	4	Engineering (miscellaneous)(0.51)
	3	Biomedical Engineering(4.88)	4	Media Technology(0.39)
	3	Control and Systems Engineering(5.19)	4	Ocean Engineering(0.63)
	3	Industrial and Manufacturing Engineering(4.08)	5	Architecture(0.06)
	3	Safety, Risk, Reliability and Quality(1.49)	5	Computational Mechanics(0.22)
	4	Aerospace Engineering(0.41)		
Computer Science	2	Computer Science Applications(19.52)	3	Information Systems(3.34)
	3	Artificial Intelligence(8.94)	3	Signal Processing(6.09)
	3	Computer Networks and Communications(10.42)	3	Software(13.3)
	3	Computer Vision and Pattern Recognition(8.88)	4	Computational Theory and Mathematics(1.97)
	3	General Computer Science(10.35)	4	Computer Graphics and Computer-Aided Design(2.49)
	3	Hardware and Architecture(8.16)	5	Computer Science (miscellaneous)(0.26)
	3	Human-Computer Interaction(6.29)		
Material Science	1	Electronic, Optical and Magnetic Materials(30.02)	3	Biomaterials(2.9)
	2	Ceramics and Composites(6.33)	3	Metals and Alloys(5.94)
	2	General Materials Science(22.78)	3	Polymers and Plastics(3.11)
	2	Materials Chemistry(17.38)	5	Materials Science (miscellaneous)(0.18)
	2	Surfaces, Coatings and Films(11.35)		
Physics & Astronomy	1	Condensed Matter Physics(61.36)	3	Physics and Astronomy (miscellaneous)(6.27)
	1	General Physics and Astronomy(42.61)	3	Radiation(2.39)
	2	Atomic and Molecular Physics, and Optics(16.79)	3	Surfaces and Interfaces(6.98)
	2	Instrumentation(16.61)	4	Astronomy and Astrophysics(0.56)
	3	Acoustics and Ultrasonics(3.08)	4	Statistical and Nonlinear Physics(0.99)
	3	Nuclear and High Energy Physics(3.72)		
Energy	2	Energy Engineering and Power Technology(29.97)	3	General Energy(20.44)
	2	Renewable Energy, Sustainability and the Environment(29.9)	3	Nuclear Energy and Engineering(5.73)
	3	Fuel Technology(13.74)	5	Energy (miscellaneous)(0.21)
Chemical Engineering	2	Catalysis(24.6)	3	Process Chemistry and Technology(8.15)
	2	General Chemical Engineering(34.56)	4	Filtration and Separation(1.82)
	3	Bioengineering(19.43)	4	Fluid Flow and Transfer Processes(1.54)
	3	Colloid and Surface Chemistry(6.82)	5	Chemical Health and Safety(0.06)
Environmental Science	3	Ecology(8.5)	4	Global and Planetary Change(1.59)
	3	Environmental Chemistry(21.03)	4	Health, Toxicology and Mutagenesis(7.01)
	3	Environmental Engineering(11.87)	4	Management, Monitoring, Policy and Law(5.05)
	3	General Environmental Science(9.07)	5	Ecological Modeling(1.31)
	3	Pollution(16.26)	5	Environmental Science (miscellaneous)(0.65)
	3	Waste Management and Disposal(8.6)	5	Nature and Landscape Conservation(0.56)
	3	Water Science and Technology(8.5)		

〈표 9〉 AIST와 기계분야 출연연 연구 분야 비교

대분류	비교 분류	중분류
Engineering	해외 선도 기관 우위	Media Technology
	기계분야 출연연 우위	Aerospace Engineering, Architecture, Automotive Engineering, Building and Construction, Civil and Structural Engineering, Computational Mechanics, Control and Systems Engineering, Industrial and Manufacturing Engineering, Mechanical Engineering, Ocean Engineering
	동시에 높은 집중	Electrical and Electronic Engineering, General Engineering, Mechanics of Materials
	동시에 낮은 집중	Biomedical Engineering, Engineering (miscellaneous), Safety, Risk, Reliability and Quality
Computer Science	해외 선도 기관 우위	Computer Vision and Pattern Recognition, Signal Processing
	기계분야 출연연 우위	
	동시에 높은 집중	Computer Science Applications
	동시에 낮은 집중	Artificial Intelligence, Computational Theory and Mathematics, Computer Graphics and Computer-Aided Design, Computer Networks and Communications, Computer Science (miscellaneous), General Computer Science, Hardware and Architecture, Human-Computer Interaction, Information Systems, Software
Material Science	해외 선도 기관 우위	Electronic, Optical and Magnetic Materials
	기계분야 출연연 우위	General Materials Science, Materials Science (miscellaneous), Metals and Alloys
	동시에 높은 집중	Ceramics and Composites, Materials Chemistry, Surfaces, Coatings and Films
	동시에 낮은 집중	Biomaterials, Polymers and Plastics
Physics & Astronomy	해외 선도 기관 우위	Atomic and Molecular Physics, and Optics, General Physics and Astronomy, Instrumentation, Nuclear and High Energy Physics, Radiation, Statistical and Nonlinear Physics
	기계분야 출연연 우위	
	동시에 높은 집중	Condensed Matter Physics
	동시에 낮은 집중	Acoustics and Ultrasonics, Astronomy and Astrophysics, Physics and Astronomy (miscellaneous), Surfaces and Interfaces
Energy	해외 선도 기관 우위	
	기계분야 출연연 우위	
	동시에 높은 집중	Energy Engineering and Power Technology, Renewable Energy, Sustainability and the Environment
	동시에 낮은 집중	Energy (miscellaneous), Fuel Technology, General Energy, Nuclear Energy and Engineering
Chemical Engineering	해외 선도 기관 우위	Catalysis, Colloid and Surface Chemistry
	기계분야 출연연 우위	Bioengineering, Fluid Flow and Transfer Processes
	동시에 높은 집중	General Chemical Engineering
	동시에 낮은 집중	Chemical Health and Safety, Filtration and Separation, Process Chemistry and Technology
Environmental Science	해외 선도 기관 우위	Ecology, Global and Planetary Change, Water Science and Technology
	기계분야 출연연 우위	Ecological Modeling
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Environmental Chemistry, Environmental Engineering, Environmental Science (miscellaneous), General Environmental Science, Health, Toxicology and Mutagenesis, Management, Monitoring, Policy and Law, Nature and Landscape Conservation, Pollution, Waste Management and Disposal

다. ITRI(Industrial Technology Research Institute: 산업기술연구소, 대만)

□ 총괄

- (역사) 1973년에 설립되어 산업이 경쟁력을 유지하고 지속할 수 있도록 연구개발 수행함. TSMC, UMC와 같은 세계적 반도체 선도 기업 등 240개 이상의 회사를 육성하여 첨단산업 내 약 140명의 CEO 육성을 지원하고 2016년에 446건의 특허를 출원하여 대만 내 2위를 기록하는 등(1위는 TSMC: 502건) 특허 관련 활동이 활발한 연구소로 성장함
- (목적, 비전, 목표) 응용 연구 및 기술 서비스에 종사하는 비영리 연구 개발기구로서 더 나은 미래를 위한 혁신
- 인원은 총 5,820명이고, 연간 19,997백만 NTD의 수입 확보

□ 연구 그룹 및 주요 연구 분야

- 스마트 리빙, 질 좋은 건강, 지속가능한 환경 등 세 가지 주요 응용 분야 연구
 - * 스마트 리빙: ICT, 클라우드 컴퓨팅, 대용량 데이터 처리 기술을 통합하여 지능형 서비스, 물류, 차세대기기 및 더 빠른 모바일 광대역 서비스 개발
 - ** 질 좋은 건강: 생물학, 복합 의료기기, 일반 의료기기 및 의료와 같은 기술 응용 프로그램의 개발에 중점. e-의료 서비스, 입원 위험 예측, 체외 진단 및 원격 의료 등 시스템 개발
 - *** 지속할 수 있는 환경: 녹색 에너지 개발, 에너지 절약 및 탄소 저감 기술, 고급 녹색 제조 시스템 연구
- 의·생명 공학기술 연구소: 생의학, 예방의학 및 의료기기 산업 전반
- 녹색 에너지 환경 연구소: 재생에너지, 에너지 효율성, 대체에너지, 에너지 관리 및 정책, 청정 환경 및 천연자원 연구
- 재료 화학 연구소: 섬유, 석유화학, 철강, 도자기(세라믹) 등의 전통산업 부터 첨단 소재 연구
- 기계(메카트로닉스 시스템) 연구소: 지능화, 친환경 에너지 핵심 기술

- 정보통신 연구소: 5G 무선통신 시스템, 클라우드 컴퓨팅 시스템, 첨단 SoC 및 시스템 설계, 모바일 기기 및 소프트웨어 기술, 오디오/비디오 기술, 핀테크, 자율차량, 원격 작동 차량 및 원격 조작 무인기, 사이버 보안, 인공지능의 기계학습 모델 및 심층 신경 네트워크 등 신흥 주제에 대응 연구
- 전자 및 광전 시스템 연구소: 반도체, 패키징, LED/OLED, 전기 통신, 플렉서블 전자, 3D 이미지 처리 등 디스플레이 기술 연구
- 측정기술 센터: 국가 측정 표준 수립 및 유지. 계측 및 감지, 스마트 센싱, 의료기기 평가, 에너지 및 환경 계측에 대한 연구
- 디스플레이 기술 센터: 플렉서블 AMOLED, 컨포멀 디스플레이

□ 최근 주요 연구 성과

- 스마트 리빙: PCOLED(Plasmon-Coupled Organic Light-Emitting Diode), 에어터치 제어 기술(iNTERPLAY), 무선 데이터 전송장비(USBsync Dongle)



<그림 14> 에어터치 제어기술(iNTERPLAY)



<그림 15> HSTS 웨어러블 보조기

- 질 좋은 건강: HSTS(Higher Sensitivity Tactile-file System for wearable orthosis), 웨어러블 보행 보조 골격 로봇(2WA-EXO: 하체 마비 장애인이 독립보행할 수 있도록 지원하는 외골격 로봇)
- 지속할 수 있는 환경: PolyE 멤브레인, 초고속 재충전용 알루미늄 배터리(URABat)
- 그 외에 Fluid-Driven Emergency Lighting, SpeedPro, 장거리 플로팅 멀티스크린 헤드업 디스플레이(HUD), iSmartwearR

<표 10> ITRI 연구 분야 중분류별 등급

대분류	등급	중분류	등급	중분류
Engineering	1	Electrical and Electronic Engineering(47.63)	3	Media Technology(1.07)
	2	Control and Systems Engineering(10.03)	3	Safety, Risk, Reliability and Quality(1.74)
	2	General Engineering(10.28)	4	Aerospace Engineering(0.67)
	2	Mechanical Engineering(10.25)	4	Building and Construction(0.4)
	2	Mechanics of Materials(5.51)	4	Engineering (miscellaneous)(0.15)
	3	Automotive Engineering(2.42)	4	Ocean Engineering(0.34)
	3	Biomedical Engineering(3.64)	5	Architecture(0.03)
	3	Civil and Structural Engineering(1.16)	5	Computational Mechanics(0.03)
	3	Industrial and Manufacturing Engineering(4.65)		
Computer Science	2	Computer Networks and Communications(17.67)	3	Computer Vision and Pattern Recognition(4.44)
	2	Computer Science Applications(18.97)	3	General Computer Science(5.84)
	2	Hardware and Architecture(15.25)	3	Human-Computer Interaction(5.17)
	2	Software(8.89)	3	Information Systems(5.58)
	3	Artificial Intelligence(7.34)	3	Signal Processing(6.15)
	3	Computational Theory and Mathematics(1.6)	4	Computer Science (miscellaneous)(0.31)
	3	Computer Graphics and Computer-Aided Design(2.79)		
Material Science	1	Electronic, Optical and Magnetic Materials(37.99)	3	Ceramics and Composites(2.13)
	2	General Materials Science(17.28)	3	Metals and Alloys(6.02)
	2	Materials Chemistry(15.46)	3	Polymers and Plastics(5.55)
	2	Surfaces, Coatings and Films(12.09)	5	Materials Science (miscellaneous)(0.21)
	3	Biomaterials(3.27)		
Physics & Astronomy	1	Condensed Matter Physics(43.03)	3	Surfaces and Interfaces(5.93)
	2	Atomic and Molecular Physics, and Optics(23.96)	4	Acoustics and Ultrasonics(2)
	3	General Physics and Astronomy(8.9)	5	Astronomy and Astrophysics(0)
	3	Instrumentation(9.64)	5	Nuclear and High Energy Physics(0.15)
	3	Physics and Astronomy (miscellaneous)(3.64)	5	Statistical and Nonlinear Physics(0.15)
	3	Radiation(2.6)		
Energy	2	Renewable Energy, Sustainability and the Environment(37.41)	3	General Energy(16.55)
	3	Energy Engineering and Power Technology(26.76)	4	Nuclear Energy and Engineering(2.95)
	3	Fuel Technology(16.1)	5	Energy (miscellaneous)(0.23)
Chemical Engineering	3	Bioengineering(26.8)	4	Filtration and Separation(4.25)
	3	General Chemical Engineering(50.65)	4	Fluid Flow and Transfer Processes(5.88)
	4	Catalysis(2.94)	4	Process Chemistry and Technology(5.56)
	4	Colloid and Surface Chemistry(2.29)	5	Chemical Health and Safety(0)
Environmental Science	3	Environmental Chemistry(19.31)	4	Water Science and Technology(7.72)
	3	Environmental Engineering(15.06)	5	Ecological Modeling(0.39)
	3	General Environmental Science(11.2)	5	Ecology(0)
	3	Pollution(20.08)	5	Environmental Science (miscellaneous)(0.39)
	4	Health, Toxicology and Mutagenesis(7.72)	5	Global and Planetary Change(0)
	4	Management, Monitoring, Policy and Law(7.72)	5	Nature and Landscape Conservation(0)
	4	Waste Management and Disposal(10.42)		

<표 11> ITRI와 기계분야 출연연 연구 분야 비교

대분류	비교 분류	중분류
Engineering	해외 선도 기관 우위	Media Technology
	기계분야 출연연 우위	Aerospace Engineering, Architecture, Building and Construction, Computational Mechanics, Industrial and Manufacturing Engineering, Mechanical Engineering, Ocean Engineering
	동시에 높은 집중	Control and Systems Engineering, Electrical and Electronic Engineering, General Engineering, Mechanics of Materials
	동시에 낮은 집중	Automotive Engineering, Biomedical Engineering, Civil and Structural Engineering, Engineering (miscellaneous), Safety, Risk, Reliability and Quality
Computer Science	해외 선도 기관 우위	Computational Theory and Mathematics, Computer Graphics and Computer-Aided Design, Computer Networks and Communications, Computer Science (miscellaneous), Computer Vision and Pattern Recognition, Hardware and Architecture, Signal Processing, Software
	기계분야 출연연 우위	
	동시에 높은 집중	Computer Science Applications
	동시에 낮은 집중	Artificial Intelligence, General Computer Science, Human-Computer Interaction, Information Systems
Material Science	해외 선도 기관 우위	Electronic, Optical and Magnetic Materials
	기계분야 출연연 우위	Ceramics and Composites, General Materials Science, Materials Science (miscellaneous), Metals and Alloys
	동시에 높은 집중	Materials Chemistry, Surfaces, Coatings and Films
	동시에 낮은 집중	Biomaterials, Polymers and Plastics
Physics & Astronomy	해외 선도 기관 우위	Atomic and Molecular Physics, and Optics, Radiation
	기계분야 출연연 우위	Acoustics and Ultrasonics, Astronomy and Astrophysics, Nuclear and High Energy Physics
	동시에 높은 집중	Condensed Matter Physics
	동시에 낮은 집중	General Physics and Astronomy, Instrumentation, Physics and Astronomy (miscellaneous), Statistical and Nonlinear Physics, Surfaces and Interfaces
Energy	해외 선도 기관 우위	
	기계분야 출연연 우위	Energy Engineering and Power Technology, Nuclear Energy and Engineering
	동시에 높은 집중	Renewable Energy, Sustainability and the Environment
	동시에 낮은 집중	Energy (miscellaneous), Fuel Technology, General Energy
Chemical Engineering	해외 선도 기관 우위	
	기계분야 출연연 우위	Bioengineering, Catalysis, Fluid Flow and Transfer Processes, General Chemical Engineering, Process Chemistry and Technology
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Chemical Health and Safety, Colloid and Surface Chemistry, Filtration and Separation
Environmental Science	해외 선도 기관 우위	
	기계분야 출연연 우위	Ecological Modeling, Waste Management and Disposal
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Ecology, Environmental Chemistry, Environmental Engineering, Environmental Science (miscellaneous), General Environmental Science, Global and Planetary Change, Health, Toxicology and Mutagenesis, Management, Monitoring, Policy and Law, Nature and Landscape Conservation, Pollution, Water Science and Technology

라. TNO(Netherlands Organisation for Applied Scientific Research: TNO, 국립응용과학기술연구소, 네덜란드)

□ 총괄

- (역사) 혁신적이고 실용적인 지식으로 기업과 정부를 지원하기 위해 1932년에 설립된 법정 독립조직으로 독일의 프라운호퍼와 유사한 구조임
- (목적, 비전, 목표) TNO는 사람들과 지식을 결합하여 네덜란드 산업의 경쟁력을 강화하고 국가 경제를 강화하며 사회 전반에 이익을 주는 혁신을 창출함. 경제적 사회적 영향을 달성하기 위해 국내외 기업 및 기관과 협력함
- 인원은 총 2,926명이고, 연간 예산은 정부 출연 168백만 유로, 수탁 248백만 유로 등 총 518백만 유로

□ 연구 그룹 및 주요 연구 분야

- 산업(Industry: 경기 침체부터 첨단기술 산업의 성장에 대한 연구), 건강한 생활(Healthy Living: 질병/치료에서 건강/행동에 대한 연구), 방위, 안전 및 보안(Defence, Safety & Security: 광범위한 위협으로부터 통제 가능한 위협에 대한 연구), 도시개발(Urbanization: 도시화의 병목현상에서 도시의 활력에 대한 연구), 에너지(Energy: 기존 에너지원, 지속할 수 있는 에너지 시스템에 대한 연구) 등 총 5개 분야 연구 수행
- 산업: 유연하고 자유로운 형태의 제품 연구(인쇄전자, 차세대 태양광 패널), 지속가능한 화학 연구(바이오매스, 가스 분리 기술), 반도체 장비 연구(리소그래픽 패터닝, 3D 칩 제조, 레이저 기반 스텔스 다이싱), 산업 계측기기 연구(표면 개질용 대기 플라즈마)
- 건강한 생활: 건강과 복지를 위한 통합적 접근, 예측적 진단 기술(건강한 라이프 스타일을 위한 개인 비서 시스템: PAL), 제약과 e-health(연령대에 맞는 의료 서비스), 지속할 수 있는 고용
- 방위, 안전 및 보안: 국가안보를 위한 효과적인 군용 시스템, 사이버 보안 및 복원

- 도시 개발: 차량 및 물류(친환경 차량, 안전한 차량), 건축 및 인프라 연구(온실 원예), 환경과 지속가능성(대기 질, 공공안전, 수처리기술), 스마트 시티
- 에너지: 스마트 그리드, 탄소 포집 및 저장, 가스처리, LNG 청정 선박

□ 최근 주요 연구 성과

- 산업: 제4차 산업혁명, IoT를 활용한 축산기술, 폐기물의 지속할 수 있는 자원화 연구, 기후연구를 위한 최신 기술 연구



<그림 16> 스마트 인더스트리 연구



<그림 17> 음식에 적용한 3D 프린팅 기술

- 건강한 생활: 음식에 적용하는 3D 프린팅 기술, 무설탕 케이크, 우주 기술을 활용한 당뇨병 치료, 디지털 스트레스 코치
- 방위, 안전 및 보안: 상대를 발견하고 무장 해제시키기 위한 목적의 드론 연구, 범죄에 활용되는 “Dark Web”에 대한 지식 교류, 해상 방위 연구
- 도시 개발: 20%의 CO₂를 감축하기 위한 새로운 트럭 엔진 연구, 빠르고 안전한 도로 정비 기술(깨진 아스팔트 탐지), 초미세먼지 제거 기술, 환경 및 기후 관련 연구실과의 협력 연구, 대도시의 쾌적성 유지 연구
- 에너지: 가스를 대체할 난방 시스템, 탄소 포획 및 저장 시스템, 국가 내 지하자원과 관련된 모든 정보를 개방하기 위한 연구, 석유/가스 탐사가 극지방에 미치는 영향에 대한 연구, 카리브해 지역의 지속가능성 연구

<표 12> TNO 연구 분야 중분류별 등급

대분류	등급	중분류	등급	중분류
Engineering	1	Electrical and Electronic Engineering(27.54)	3	Automotive Engineering(5.22)
	2	Building and Construction(6.6)	3	Biomedical Engineering(2.61)
	2	Civil and Structural Engineering(8.21)	3	Mechanics of Materials(4.99)
	2	Control and Systems Engineering(6.7)	3	Ocean Engineering(2.94)
	2	General Engineering(5.75)	4	Media Technology(0.52)
	2	Industrial and Manufacturing Engineering(6.93)	5	Architecture(0.28)
	2	Mechanical Engineering(12.49)	5	Computational Mechanics(0.05)
	2	Safety, Risk, Reliability and Quality(5.89)	5	Engineering (miscellaneous)(0.14)
	3	Aerospace Engineering(3.13)		
Computer Science	1	Computer Science Applications(26.89)	3	Computer Vision and Pattern Recognition(3.14)
	2	Computer Networks and Communications(15.64)	3	Hardware and Architecture(4.12)
	2	General Computer Science(12.29)	3	Human-Computer Interaction(6.77)
	2	Software(8.87)	3	Information Systems(7.47)
	3	Artificial Intelligence(6.42)	3	Signal Processing(3.35)
	3	Computational Theory and Mathematics(2.72)	5	Computer Science (miscellaneous)(0.28)
	3	Computer Graphics and Computer-Aided Design(2.03)		
Material Science	2	Electronic, Optical and Magnetic Materials(41.47)	4	Ceramics and Composites(1.99)
	2	General Materials Science(22.29)	4	Materials Science (miscellaneous)(0.87)
	3	Biomaterials(4.48)	4	Metals and Alloys(3.24)
	3	Materials Chemistry(10.46)	4	Polymers and Plastics(2.86)
	3	Surfaces, Coatings and Films(12.33)		
Physics & Astronomy	1	Condensed Matter Physics(43.63)	4	Astronomy and Astrophysics(2.25)
	2	Acoustics and Ultrasonics(17.63)	4	Nuclear and High Energy Physics(0.88)
	3	Atomic and Molecular Physics, and Optics(10.88)	4	Physics and Astronomy (miscellaneous)(1.5)
	3	General Physics and Astronomy(7.25)	4	Radiation(2.25)
	3	Instrumentation(8.5)	5	Statistical and Nonlinear Physics(0.25)
	3	Surfaces and Interfaces(5)		
Energy	2	General Energy(32.51)	3	Renewable Energy, Sustainability and the Environment(21.09)
	3	Energy Engineering and Power Technology(28.78)	4	Nuclear Energy and Engineering(1.99)
	3	Fuel Technology(15.38)	5	Energy (miscellaneous)(0.25)
Chemical Engineering	2	General Chemical Engineering(61.42)	4	Colloid and Surface Chemistry(3.55)
	3	Bioengineering(15.74)	4	Fluid Flow and Transfer Processes(4.06)
	4	Catalysis(3.55)	4	Process Chemistry and Technology(7.61)
	4	Chemical Health and Safety(3.55)	5	Filtration and Separation(0.51)
Environmental Science	2	General Environmental Science(22.91)	3	Waste Management and Disposal(5.07)
	3	Ecology(5.73)	3	Water Science and Technology(8.84)
	3	Environmental Chemistry(9.98)	4	Global and Planetary Change(3.27)
	3	Environmental Engineering(8.51)	4	Nature and Landscape Conservation(1.31)
	3	Health, Toxicology and Mutagenesis(9.82)	5	Ecological Modeling(0.82)
	3	Management, Monitoring, Policy and Law(8.35)	5	Environmental Science (miscellaneous)(0.49)
	3	Pollution(14.89)		

〈표 13〉 TNO와 기계분야 출연연 연구 분야 비교

TNO/대분류	비교 분류	중분류
Engineering	해외 선도 기관 우위	Building and Construction, Civil and Structural Engineering, Media Technology, Safety, Risk, Reliability and Quality
	기계분야 출연연 우위	Architecture, Computational Mechanics, Engineering (miscellaneous), Mechanical Engineering, Mechanics of Materials
	동시에 높은 집중	Control and Systems Engineering, Electrical and Electronic Engineering, General Engineering, Industrial and Manufacturing Engineering
	동시에 낮은 집중	Aerospace Engineering, Automotive Engineering, Biomedical Engineering, Ocean Engineering
Computer Science	해외 선도 기관 우위	Computational Theory and Mathematics, Computer Graphics and Computer-Aided Design, Computer Networks and Communications, Computer Science Applications, Computer Vision and Pattern Recognition, General Computer Science, Signal Processing, Software
	기계분야 출연연 우위	
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Artificial Intelligence, Computer Science (miscellaneous), Hardware and Architecture, Human-Computer Interaction, Information Systems
Material Science	해외 선도 기관 우위	
	기계분야 출연연 우위	Ceramics and Composites, General Materials Science, Materials Chemistry, Metals and Alloys, Polymers and Plastics, Surfaces, Coatings and Films
	동시에 높은 집중	Electronic, Optical and Magnetic Materials
	동시에 낮은 집중	Biomaterials, Materials Science (miscellaneous)
Physics & Astronomy	해외 선도 기관 우위	Acoustics and Ultrasonics
	기계분야 출연연 우위	Physics and Astronomy (miscellaneous)
	동시에 높은 집중	Condensed Matter Physics
	동시에 낮은 집중	Astronomy and Astrophysics, Atomic and Molecular Physics, and Optics, General Physics and Astronomy, Instrumentation, Nuclear and High Energy Physics, Radiation, Statistical and Nonlinear Physics, Surfaces and Interfaces
Energy	해외 선도 기관 우위	General Energy
	기계분야 출연연 우위	Energy Engineering and Power Technology, Nuclear Energy and Engineering, Renewable Energy, Sustainability and the Environment
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Energy (miscellaneous), Fuel Technology
Chemical Engineering	해외 선도 기관 우위	Chemical Health and Safety
	기계분야 출연연 우위	Bioengineering, Catalysis, Filtration and Separation, Fluid Flow and Transfer Processes, Process Chemistry and Technology
	동시에 높은 집중	General Chemical Engineering
	동시에 낮은 집중	Colloid and Surface Chemistry
Environmental Science	해외 선도 기관 우위	Ecology, General Environmental Science, Global and Planetary Change, Health, Toxicology and Mutagenesis, Management, Monitoring, Policy and Law, Nature and Landscape Conservation, Water Science and Technology
	기계분야 출연연 우위	Ecological Modeling
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Environmental Chemistry, Environmental Engineering, Environmental Science (miscellaneous), Pollution, Waste Management and Disposal

마. VTT(국가기술연구센터: VTT Technical Research Centre of Finland, 핀란드)

□ 총괄

- (역사) 1940년대 핀란드 Ryti 대통령이 핀란드 기술연구센터 특별법에 서명한 후, 1960년대 핀란드에서 가장 큰 연구기관으로 성장했고, 1970년대 Otaniemi로 재조직된 연구센터가 이전하고, 1980년대 산업계 수요를 반영한 연구 프로그램을 수행하고, 1990년대 전자 및 IT 연구를 강화하고, 2010년대 전 세계적으로 아주 강력한 연구소로 꼽힘
- (목적, 비전, 목표) 응용기술 연구는 기업과 사회의 번영과 성장에 도움을 줌
 - * VTT는 기업, 사회, 고객의 경쟁력을 향상시키는 연구서비스 개발을 주요한 목적으로 하므로 고객 수요에 상당히 민감하게 반응한 것으로 볼 수 있음(870개의 자국 기업과 370개의 해외 기업을 대상으로 협력연구를 수행)
- 인원은 총 2,470명이고, 연간 185백만 유로의 수입을 확보하며 59백만 유로는 해외 수탁연구에서 발생
 - * VTT는 EU 내에서 연구원 1인당 가장 많은 연구비 수탁 기관

□ 연구 그룹 및 주요 연구 분야

- 바이오경제(Bioeconomy), 건강과 복지(Health and Wellbeing), 디지털 사회, 저탄소 및 스마트에너지, 스마트 인더스트리, 지속가능한 스마트 시티, 사업개발, 파일럿 플랜트 및 R&D 인프라 등 8개 분야 연구 수행
 - * 우수 연구 인프라 보유: ROVIR(원격운영 및 가상현실 연구센터), 바이오기술과 식품 연구 파일럿 환경, Bioruukki(북유럽에서 가장 큰 바이오경제 파일럿 연구 시설), PrintoCent(인쇄 지능 산업을 위한 세계 최초 파일럿 공장), Micronova(세계적인 수준의 클린룸 설비, 마이크로 시스템 기반의 필름, 유리, 실리콘을 다룰 수 있는 시설), VTT MIKES 계량연구소, 섬유 작업을 위한 파일럿 단위 연구 환경
- 바이오경제: 바이오 기반 플랫폼 화학제품 연구, 액체 바이오 연료(첨단 바이오 디젤/에탄올/제트연료 등) 연구, 탄소 포집 및 재활용
- 건강과 복지: 분석 장치 및 센서 기술(광학 마이크로스펙트로미터) 개발, 에너지 자율형 웨어러블 기술, 통합 센서 기반의 건강 모니터링

- 디지털 사회: 인쇄 및 하이브리드 제조 서비스 연구(인쇄전자, 유기 태양전지, 롤투롤), 실내 내비게이션, 사이버 보안 및 네트워크 최적화
- 저탄소 및 스마트 에너지: 열병합 발전(CHP) 연구, 원자력 에너지 연구, 풍력 발전 연구, 액체 바이오 연료(매스-to-액체 솔루션)
- 스마트 산업: 북극 및 혹한 기후 솔루션 연구, 디지털 엔지니어링 및 효율적인 제품·디자인, 스마트 팩토리, 빅데이터 기반의 산업용 인터넷, 수명주기 생산성 및 안전성 연구, 공정 및 분석 측정 연구
- 파일럿 플랜트와 R&D 인프라: 바이오매스 처리 및 제품개발, 엔진 배기가스 연구시설, 차량 배출 및 에너지 사용량 분석 연구, 연료전지 및 수소 연구

□ 최근 주요 연구 성과

- 바이오경제: 에탄올 생산을 위한 노벨 박테리아 균주, 바이오 플라스틱 생산을 위한 향상된 재료, 신재생 디젤 연료



<그림 18> 신경질환 진단 기술



<그림 19> 헤드업 디스플레이

- 건강과 복지: 신경질환에 대한 진단 기술, 스마트폰을 활용한 셀프케어
- 디지털 사회: 헤드업 디스플레이, LED 가로등, 휴대용 가스 센서
- 저탄소 및 스마트 에너지: 곡물에서 에탄올을 생성하는 효소, 신선한 공기를 위한 솔루션, 수처리 기술, 지능형 교통 서비스
- 스마트 산업: 전력계통 내 디지털 변전소 관련 연구, 강력하고 유연한 그래핀, 3D 프린팅, 초경량 금속

<표 14> VTT 연구 분야 중분류별 등급

대분류	등급	중분류	등급	중분류
Engineering	1	Electrical and Electronic Engineering(27.85)	3	Building and Construction(3.74)
	2	Control and Systems Engineering(6.1)	3	Civil and Structural Engineering(6.02)
	2	General Engineering(7.19)	3	Media Technology(2.44)
	2	Industrial and Manufacturing Engineering(7.11)	4	Aerospace Engineering(1.22)
	2	Mechanical Engineering(14.98)	4	Architecture(0.5)
	2	Mechanics of Materials(7.19)	4	Engineering (miscellaneous)(0.5)
	2	Safety, Risk, Reliability and Quality(8.12)	4	Ocean Engineering(1.09)
	3	Automotive Engineering(2.9)	5	Computational Mechanics(0.17)
	3	Biomedical Engineering(2.86)		
Computer Science	2	Computer Networks and Communications(23.13)	3	Human-Computer Interaction(5.21)
	2	Computer Science Applications(23.6)	3	Information Systems(6.95)
	3	Artificial Intelligence(4.01)	3	Signal Processing(3.94)
	3	Computer Graphics and Computer-Aided Design(2.61)	3	Software(9.63)
	3	Computer Vision and Pattern Recognition(3.41)	4	Computational Theory and Mathematics(1.14)
	3	General Computer Science(9.63)	5	Computer Science (miscellaneous)(0.4)
	3	Hardware and Architecture(6.35)		
Material Science	2	Electronic, Optical and Magnetic Materials(23.25)	3	Ceramics and Composites(3.38)
	2	General Materials Science(28.92)	3	Metals and Alloys(5.37)
	2	Materials Chemistry(13.69)	3	Polymers and Plastics(6.77)
	2	Surfaces, Coatings and Films(11.85)	4	Materials Science (miscellaneous)(1.47)
	3	Biomaterials(5.3)		
Physics & Astronomy	1	Condensed Matter Physics(36.3)	3	Surfaces and Interfaces(8.3)
	3	Atomic and Molecular Physics, and Optics(11.93)	4	Acoustics and Ultrasonics(2.85)
	3	General Physics and Astronomy(10.11)	4	Astronomy and Astrophysics(2.94)
	3	Instrumentation(10.54)	4	Physics and Astronomy (miscellaneous)(1.38)
	3	Nuclear and High Energy Physics(11.67)	5	Statistical and Nonlinear Physics(0.26)
	3	Radiation(3.72)		
Energy	2	Energy Engineering and Power Technology(22.52)	3	Fuel Technology(14.09)
	2	Nuclear Energy and Engineering(29.56)	3	General Energy(11.57)
	2	Renewable Energy, Sustainability and the Environment(22.01)	5	Energy (miscellaneous)(0.25)
Chemical Engineering	2	General Chemical Engineering(49.89)	4	Filtration and Separation(1.98)
	3	Bioengineering(28.13)	4	Fluid Flow and Transfer Processes(3.96)
	4	Catalysis(3.96)	4	Process Chemistry and Technology(6.59)
	4	Colloid and Surface Chemistry(4.84)	5	Chemical Health and Safety(0)
Environmental Science	3	Environmental Chemistry(12.42)	4	Health, Toxicology and Mutagenesis(3.73)
	3	Environmental Engineering(17.6)	4	Water Science and Technology(2.07)
	3	General Environmental Science(12.84)	5	Ecological Modeling(0.62)
	3	Management, Monitoring, Policy and Law(7.45)	5	Environmental Science (miscellaneous)(0.83)
	3	Pollution(11.8)	5	Global and Planetary Change(1.45)
	3	Waste Management and Disposal(23.81)	5	Nature and Landscape Conservation(0.21)
	4	Ecology(5.18)		

〈표 15〉 VTT와 기계분야 출연연 연구 분야 비교

VTT/대분류	비교 분류	중분류
Engineering	해외 선도 기관 우위	Media Technology, Safety, Risk, Reliability and Quality
	기계분야 출연연 우위	Aerospace Engineering, Computational Mechanics, Mechanical Engineering, Ocean Engineering
	동시에 높은 집중	Control and Systems Engineering, Electrical and Electronic Engineering, General Engineering, Industrial and Manufacturing Engineering, Mechanics of Materials
	동시에 낮은 집중	Architecture, Automotive Engineering, Biomedical Engineering, Building and Construction, Civil and Structural Engineering, Engineering (miscellaneous)
Computer Science	해외 선도 기관 우위	Computer Graphics and Computer-Aided Design, Computer Networks and Communications, Computer Vision and Pattern Recognition, Signal Processing
	기계분야 출연연 우위	
	동시에 높은 집중	Computer Science Applications
	동시에 낮은 집중	Artificial Intelligence, Computational Theory and Mathematics, Computer Science (miscellaneous), General Computer Science, Hardware and Architecture, Human-Computer Interaction, Information Systems, Software
Material Science	해외 선도 기관 우위	
	기계분야 출연연 우위	Ceramics and Composites, General Materials Science, Metals and Alloys
	동시에 높은 집중	Electronic, Optical and Magnetic Materials, Materials Chemistry, Surfaces, Coatings and Films
	동시에 낮은 집중	Biomaterials, Materials Science (miscellaneous), Polymers and Plastics
Physics & Astronomy	해외 선도 기관 우위	Nuclear and High Energy Physics, Radiation
	기계분야 출연연 우위	Acoustics and Ultrasonics, Physics and Astronomy (miscellaneous)
	동시에 높은 집중	Condensed Matter Physics
	동시에 낮은 집중	Astronomy and Astrophysics, Atomic and Molecular Physics, and Optics, General Physics and Astronomy, Instrumentation, Statistical and Nonlinear Physics, Surfaces and Interfaces
Energy	해외 선도 기관 우위	Nuclear Energy and Engineering
	기계분야 출연연 우위	
	동시에 높은 집중	Energy Engineering and Power Technology, Renewable Energy, Sustainability and the Environment
	동시에 낮은 집중	Energy (miscellaneous), Fuel Technology, General Energy
Chemical Engineering	해외 선도 기관 우위	
	기계분야 출연연 우위	Bioengineering, Catalysis, Fluid Flow and Transfer Processes, Process Chemistry and Technology
	동시에 높은 집중	General Chemical Engineering
	동시에 낮은 집중	Chemical Health and Safety, Colloid and Surface Chemistry, Filtration and Separation
Environmental Science	해외 선도 기관 우위	Ecology, Management, Monitoring, Policy and Law
	기계분야 출연연 우위	Ecological Modeling
	동시에 높은 집중	
	동시에 낮은 집중	Environmental Chemistry, Environmental Engineering, Environmental Science (miscellaneous), General Environmental Science, Global and Planetary Change, Health, Toxicology and Mutagenesis, Nature and Landscape Conservation, Pollution, Waste Management and Disposal, Water Science and Technology

기계기술정책

Technology Policy for Mechanical Engineering

:: No. 87 해외 선도 기관과의 기계기술 연구 분야 비교 분석

| 발행인 | 박천홍

| 발행처 | 한국기계연구원

| 발행일 | 2017.11.

| 기획·편집 | 연구전략실

| 주소 | 대전광역시 유성구 가정북로 156

| 전화 | (042) 868-7682

