

기계연구원의 미래기술 기획 및 연구현황

김재윤, 박주형, 김완두 | 한국기계연구원

1. 서론

지난 8월 14일에 보도된 자료에 의하면, 산업자원부의 산업기술 R&D 지원 시스템이 15개 국가 전략기술 개발 중심으로 전면 개편되고 R&D 사전기획이 강화될 예정이라고 한다. 과학기술부는 물론이고 산업자원부 등 정부 대부분의 부처들이 기술예측을 통하여 전략적 계획을 세우고, 이를 실현하기 위한 기술을 사전에 분석하고 평가하는 종합적인 기획을 수행하여 R&D에 대한 전주기적 관리를 체계화할 계획이다

이는 선진국을 중심으로 활성화되고 있는 기술혁신의 흐름을 반영한 자연스런 대응이라고 판단된다. 변화하는 시대적 트렌드와 정부 정책에 대한 핵심 내용들과 의미들을 제대로 읽어내는 것은 기계연구원의 혁신을 이루어내고 올바른 발전 방향을 만들어 나가기 위해서 필요한 시급한 과제로 부각되고 있다.

본 고에서는 과학기술부에서 수행한 과학기술예측조사(2005-2030)와 미래 국가유망기술 21의 주요 내용들을 분석하여 미래사회와 한국과학기술의 전망을 살펴보고, 이를 토대로 기계연구원이 수행할 수 있는 유망기술들을 고찰하였으며 미래기술연구부의 전반적인 연구현황을 소개한다.

2. 과학기술예측조사 (2005-2030)의 주요 내용

2.1 과학기술예측조사 개요

전 세계적으로 국가차원에서 과학기술을 전략적으로 기획할 수 있는 정책의 필요성이 증대되고 있다. 하지만 과학기술의 발전속도가 점점 빨라지고 있고 사회의 변화양상이 복잡해지고 있는 현실에서 선진국의 경우에도 이러한 전략적 기획 및 정책의 결정은 그리 쉬운 일이 아니다. 또한 과학기술과 사회의 연관성이 점점 더 강화되고 있기 때문에 과학기술기획은 기술적인 예측 및 평가뿐만 아니라 경제·사회적인 영향성을 함께 포함해야하는 현실이다. 따라서 전략적 과학기술기획을 위해서는 특정영역 뿐 아니라 보다 넓은 개념에서 다양한 정보들과 의견을 수렴하는 과정이 필요하다.

OECD에 따르면 과학기술예측조사는 “최대의 경제사회적 이익을 창출할 것으로 기대되는 미래기반기술 및 전략적 연구영역의 선정을 위해 장기적인 입장에서 과학기술 및 경제사회의 미래를 통합적으로 검토하는 과정”으로 정의된다.

현대사회의 기술예측조사(technology foresight)는 과거 과학기술 전문가에 의해 이루어지던 시기를 지나 현재에는 광범위한 사회의 이해관계자들을 포함해 사회적 요소까지도 포함하는 문제해결형의 개념으로 이행되고 있다. 이는 그 전에 통용되던 협의의 기술예측 개념(technology forecasting)과는 미래를 보는 시각에서 차이를 보인다. 즉, 이전의 기술예측이 단지 하나의 미래를 상정하고 기술의 실현시기를 묘사하는 것과는 달리 새로운 기술예측조사의 개념은 사회구성원에 의해 미래가 선택될 수 있으며 이러한 결정과정에 과학기술의 역할을 강조하는 과정에서 출발하고 있다. 따라서 오늘날의 기술예측조사 개념은 기술과 사회, 현재와 미래 사이의 상호작용을 포함하는 것으로서 기존의 개념보다 훨씬 동적인 과정이다.

과학기술예측조사(20005-2030)는 이러한 제3세대 예측조사 개념을 도입하여 미래사회의 변화전망을 토대로 과학기술의 발전방향과 추세를 예측하고 우리나라의 현재 위치를 선진국과 비교 분석함으로써 정책 목표의 제시와 기술 전략 수립에 필요한 유용한 기초자료를 도출하는 것을 목적으로 하고 있다.

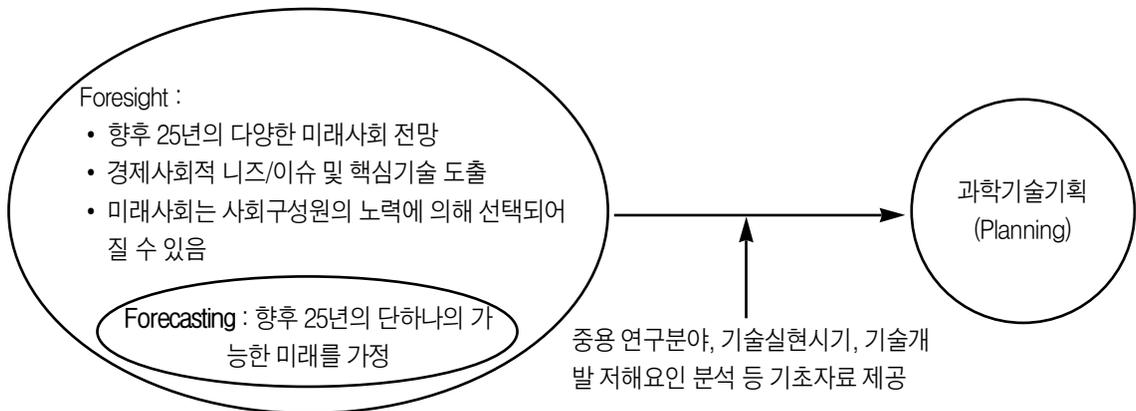


그림 1. 기술예측조사의 개념 변화

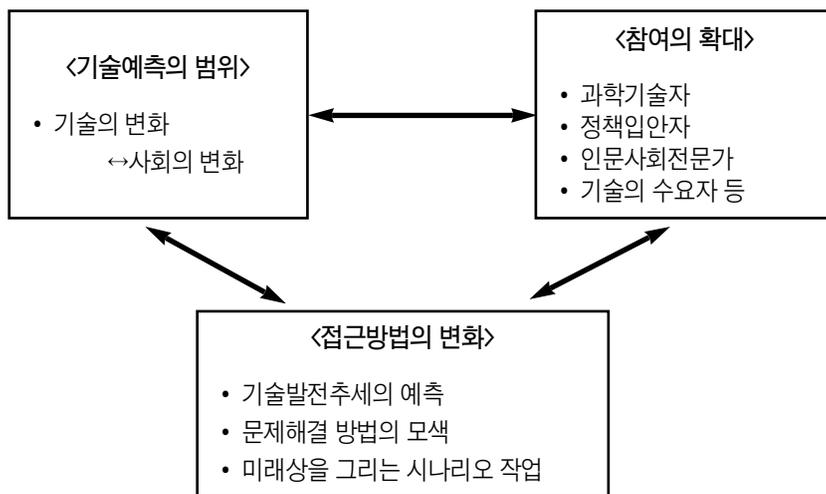


그림 2. 과학기술예측조사(2005-2030)의 개념도

2.2 과학기술예측조사 방법

기술예측조사는 세계적으로 보편화되고 있으며, 대부분의 경우 정부 주도하에 개별 정부부처나 연구기관 및 민간기업에서 고유의 목적에 부합하는 프로그램을 개발하여 시행하고 있다. 국가적인 수준의 기술예측조사를 위해 일반적으로 이용되고 있는 방법은 델파이(Delphi)법과 시나리오작성법이다.

우리나라와 일본의 경우 델파이 조사를 이용하고 있는데, 이는 델파이 방법이 가지고 있는 기법상의 용이성과 범위의 포괄성이라는 장점과 20-30년 정도의 장기예측을 위해서는 전문가 의견이 이용 가능한 유일한 정보이기 때문이다.

그러나 기술예측조사에 대한 시대적 요구의 변화에 따라 방법론도 진화하고 있으며, 일본의 경우 2003년에 시작된 제 8회 기술예측조사에서부터 시나리오 기법을 일부 도입하기 시작했다. 영국은 특정 주제에 대한 패널 중심의 시나리오기법을 활용 중에 있으며, 독일의 경우 과학기술전문가뿐만 아니라 일반시민을 대상으로 광범위한 이슈들에 대한 의견을 수렴하여 선도비전을 도출하기 위한 FUTUR 프로그램을 진행한 바 있다.

표 1. 세계 각국의 기술예측사례

연 도	델파이	혼합	패널/시나리오
1998	오스트리아 독일 미국 조지워싱턴대학		남아프리카공화국, 뉴질랜드 스웨덴, 4th 미국 - 핵심기술 노르웨이, APEC EU-IPTS Futures, 네덜란드
1999	2nd 한국 스페인	APEC 헝가리-TEP	2nd 영국 독일 - FUTUR(→현재) 아일랜드 이태리
2000		베네수엘라	2nd 프랑스 - 100가지 핵심기술 이태리 2nd Industry 예측 중국, 포르투갈, 브라질
2000	7th 일본		체코, 말타, 사이프러스, 에스토니아
2002		터키	불가리아, 루마니아, 3rd 영국
2003 -	3rd 한국 8th 일본 중국		EU(FP 6→2006) UK (매년실시) 독일 (매년실시) UN, OECD

이번 과학기술예측조사(2005-2030)에서는 미래사회의 변화모습을 근간으로 하여 과학기술의 변화와 발전을 조망해 보고자 하는 개념에서 접근을 시도하였으며, 3단계로 나누어 진행하였다. 1단계 연구에서는 2030년까지의 우리나라 미래사회 변화모습을 인구, 경제, 사회, 기술, 환경, 문화 등 각 분야별로 전망하여 제시하고 이를 바탕으로 미래사회에서 우리나라가 반드시 해결해야 할 경제·사회적 니즈 및 이슈를 도출하였다. 2단계 연구에서는 1단계에서 도출된 경제·사회적 니즈를 반영한 미래기술과제를 선정하고 관련 전문가 대상으로 델파이 조사를 실

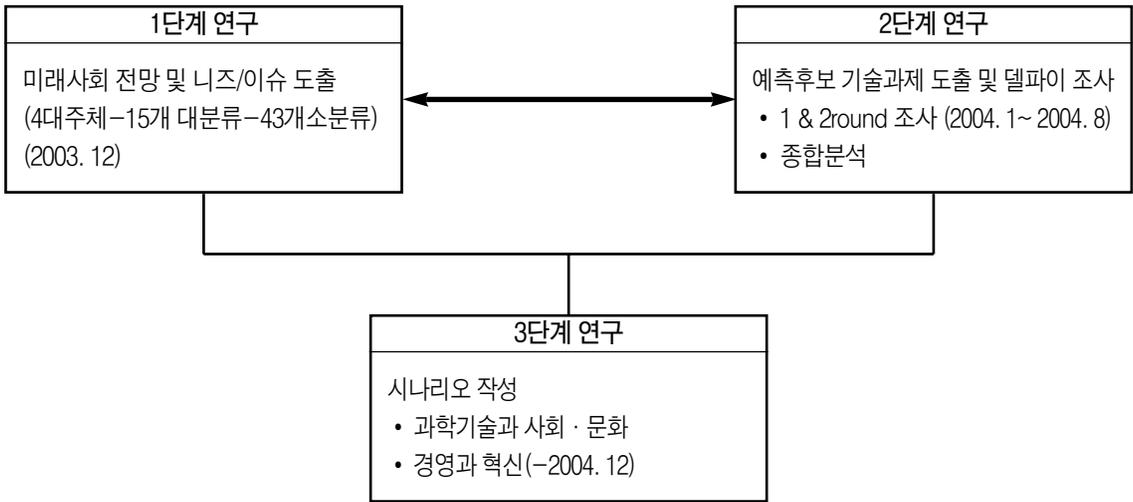


그림 3. 과학기술예측조사(2005-2030)의 단계별 연구

시하였다. 3단계 연구에서는 미래사회의 변화전망과 과학기술의 발전 추세를 연계하여 과학기술의 변화와 발전이 가져올 우리나라 미래사회의 변화모습을 부분적으로 예측해보고자 하였다.

또한 과학기술 전문가뿐만 아니라 다양한 인문사회 전문가가 참여하는 “기술예측위원회”, “기술분석위원회” 및 “전문분과위원회”를 구성하여 전문분과별 미래사회 니즈 및 기술과제를 도출한 후, 2차에 걸친 델파이조사를 실시하고 그 결과를 토대로 기술예측보고서를 작성하였다.

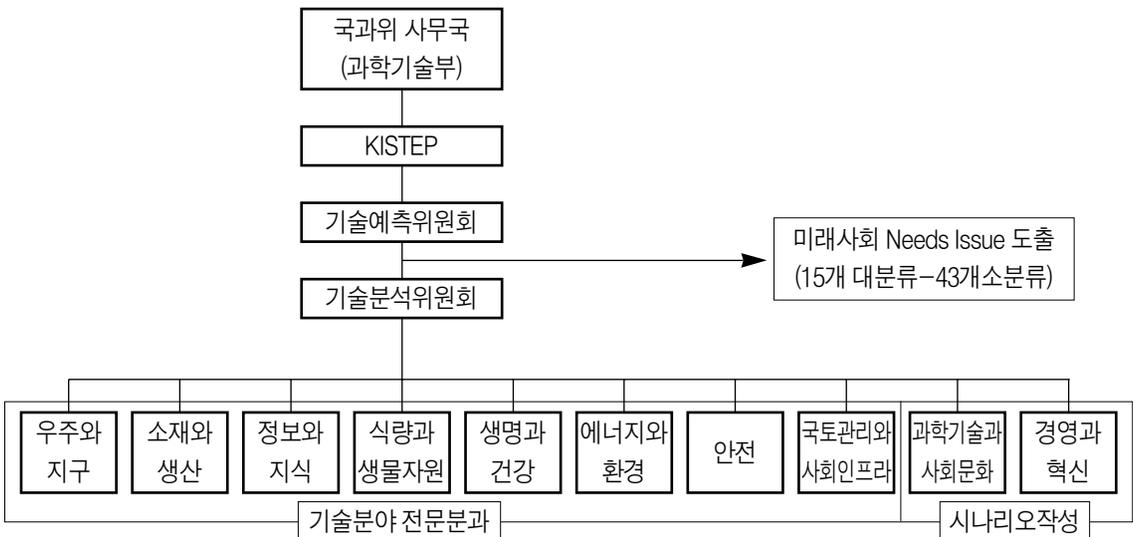


그림 4. 과학기술예측조사(2005-2030)의 추진체계

2.3 미래사회의 변화 전망 및 우리사회의 니즈

향후 장기적 관점에서 사회 전반에 걸쳐 어떠한 변화가 나타날 것인가에 대해서 전 세계적으로 수행된 자료들을

표 2. 미래사회의 주요 이슈

① 지속 가능한 발전	② 물
③ 인구성장과 자원	④ 민주주의
⑤ 장기적 관점의 정책결정기구	⑥ 정보통신기술
⑦ 빈부격차 해소	⑧ 새로운 질병
⑨ 신속하고 정확한 의사결정	⑩ 공동체 가치공유와 새로운 안전 전략
⑪ 여성의 지위	⑫ 국제범죄조직의 근절
⑬ 에너지 수요의 해결	⑬ 과학기술
⑭ 정책결정에 있어 윤리적인 고려	

토대로 15개의 대주제에 대하여 미래사회의 전망을 분석하였다.

과학기술예측조사에서 분석한 미래사회의 모습은 고령화시대에 대한 통계적인 예측과 여성인구의 취업률 예측, 에너지 및 수자원에 대한 수요와 공급 전망, 환경 및 자연재해에 관한 전망 등을 포함한다.

또한 변화된 미래사회의 모습에 대한 전망을 토대로, 향후 인류의 지속 가능한 발전을 위해서 필요한 주요 니즈를 도출해내고 이를 4대 주체, 15개 대분류, 43개 소분류로 정리하였다.

표 3. 미래사회의 주요 니즈

4대 주체	15개 대분류	43개 소분류(예시)
I. 개인	①건강한 삶 ②보람차고 충실한 인생 ③편리하고 안전한 생활 ④고령인과 장애인의 자립	• ‘질병의 극복’ 등 • ‘다양한 교육기회’ 등 • ‘편안한 주거시설’ 등 • ‘불편없는 일상생활 환경’ 등
II. 사회	⑤효율적인 교통운송시스템 ⑥쾌적한 환경 ⑦원활한 정보교환 ⑧사회문제 해결	• ‘교통수단의 발달’ 등 • ‘깨끗한 물과 공기’ 등 • ‘건전한 정보화 사회’ 등 • ‘범죄의 방지’ 등
III. 국가	⑨국가안보와 남북통일 ⑩에너지 · 자원의 확보 ⑪지속적인 경제성장 ⑫재해의 예방 및 복구 ⑬사회통합	• ‘자주국방역량 확보’ 등 • ‘깨끗한 에너지의 효과적 활용’ 등 • ‘지속적인 기술혁신 및 성장기반 확충’ 등 • ‘효과적인 방재체제 구축’ 등 • ‘지방의 균형적 발전’ 등
IV. 세계	⑭세계평화 및 안보 ⑮인류번영	• ‘전쟁 및 테러 억제’ 등 • ‘국제환경협약 대응’ 등

2.4 미래사회 니즈별 관련 기술과제 도출

도출된 미래 우리 사회의 니즈를 해결하는 데 필요한 기술과제들을 8개분야로 구분하여 총 761개를 선정하고 델파이조사를 수행하였다.

표 4. 분야별 기술과제 수

① 우주와지구 (117개)	② 소재와 생산 (94개)
③ 정보와 지식 (71개)	④ 식량과 생물자원 (92개)
⑤ 생명과 건강 (95개)	⑥ 에너지와 환경 (116개)
⑦ 안전 (88개)	⑧ 국토관리 및 사회인프라 (88개)

델파이조사는 기술과제의 실현시기, 중요도, 연구개발수준, 연구개발과 투자주체, 기술과제 실현의 장애요인 등 9개 항목을 대상으로 2차에 걸쳐서 진행하였으며, 각각의 항목에 대한 조사 결과를 분석하여 종합적인 기술예측 보고서를 작성하였다.

3. 미래 국가유망기술 21 및 기계(연) 유망기술

3.1 미래 국가유망기술 21

과학기술예측조사(2005-2030)의 결과를 바탕으로, 미래 국가유망기술을 선정할 필요성이 제기 되었으며 이를 위하여 미래 국가유망기술위원회를 발족하고 8개 기술부분별 실무팀이 워크샵을 통해 5대 선정 기준 축에 따라 189개를 후보 기술 분야로 선정하였다. 이후 189개 후보 기술 분야에 대한 설문조사 실시와 결과 분석을 통하여 8대 기술 분야별 120개 분야, 5대·3대 선정 기준 축별 80개·33개 후보 기술 분야를 단계적으로 압축·선정하고 공청회, 관계 부처 워크샵, 각 부처의 의견수렴을 거쳐 유망기술후보 38개 분야를 선정하였다.

위원회는 이를 바탕으로 10~20년 후 우리 사회를 ① 풍요롭고(시장성), ② 건강·쾌적하며(삶의 질), ③ 안전한(공공성) 선진사회로 만드는 데 기여할 핵심 기술 분야 21개를 선정하여 미래 국가유망기술 21로 명명하였다.



그림 5. 미래 국가유망기술 21

현재 정부에서는 미래 국가유망기술 21을 실현하기 위해서 요소기술에 대한 의견수렴 및 기술지도 작성과 중장기 국가 R&D 투자방향 설정기준안을 마련하고 있다. 이를 통하여 미래 국가유망기술 개발을 위한 구체적 추진방안과 현 추진과제와의 연계성 확보, 연구개발 관리시스템 등을 반영한 미래 국가유망기술 21 종합계획안을 수립할 계획이다.

3.2 기계(연) 유망기술

이러한 정부의 정책을 토대로 기계(연)의 유망기술을 도출하고 향후 사업전략을 수립하기 위하여 미래 국가유망기술 21의 동향 및 내용을 분석하고 이와 관련한 기계(연)의 기술현황에 대한 조사를 수행하였다. 센터별 설문 조사를 통하여 미래 국가유망기술 21과 관련된 연구내용 및 관심분야를 체계적으로 정리하였으며, 향후 세부기술 별로 정부가 추진 중인 기술로드맵 및 Total Road Map 작성과 종합계획안 수립과정에 적극적으로 기계연구원의 의견을 반영할 수 있도록 노력할 계획이다.

표 5. 기계(연) 유망기술 분야

기계(연) 유망기술 분야	
<ul style="list-style-type: none"> ■ 유비쿼터스 사회기반 구축관리기술 - 기계시스템신뢰성기술 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 청정 · 신재생 에너지기술 (신재생 에너지, 신에너지 소재, Zero - emission 기술) - 청정환경, 에너지기계, 친환경엔진기술, 에너지재료기술, 환경재료기술, 표면기술
<ul style="list-style-type: none"> ■ 인지과학 · 로봇기술 (휴머노이드 로봇, 뇌-기계 인터페이스) - 지능기계기술, 바이오기계기술 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 생태계 보전 · 복원기술 (생태계보존 · 복원, 순환형 환경시스템 구축, 고효율 수처리) - 청정환경기술, 환경재료기술
<ul style="list-style-type: none"> ■ 감성형 문화컨텐츠기술 (오감 체험형 장비, 차세대 디스플레이) - 정보장비기술, 표면기술 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 초고속 운송, 물류관리기술 (차세대 비행체, 초고속 운송) - 기계시스템기술
<ul style="list-style-type: none"> ■ 차세대 원자력시스템기술 (원자력 안전관리, 폐기물처리) - 에너지기계기술 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 재해, 재난 예측 관리기술 - 에너지기계기술
<ul style="list-style-type: none"> ■ 나노 · 고기능성 소재기술 (기능성소재, 친환경소재) - 나노공정기술, 분말재료기술, 표면기술, 소재성형기술, 재료평가기술 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 맞춤형약 · 신약기술 (맞춤의학, 유비쿼터스- healthcare, 생체정보 수집 · 관리 · 활용 첨단 의료) - 바이오기계기술

4. 미래기술연구부 소개

4.1 개요

미래기술연구부는 기술혁신의 패러다임 변화와 미래 기술수요에 대비하기 위해 보다 창조적이고 미래지향적인 기술을 발굴 · 개발하고자 2005년 1월부터 새롭게 출범한 신생부서이다. 미래기술연구부의 주요 임무는 국가의 주요 미래성장 산업과 연계해 주요 연구영역과 원천기술을 발굴 · 기획하고 관련 원천기술 및 다학제간 융합기술을 개발해 나가는 것으로, 본연의 임무를 충실히 수행해 나가기 위해 다각도로 노력하고 있다.

한편 부서 설립의 취지에 따라 부서 인력은 기계, 화학, 의공학 등 다양한 전공자로 구성, 다학제간 연구를 수행하고 있으며, 기존의 중견연구인력과 신규연구인력 간 균형과 조화를 통해 최대한의 잠재능력과 시너지 효과를

이끌어 내고 있다.

4.2 현황 및 실적

미래기술연구부는 미래 유망기술을 탐색하고 선행 연구를 수행하는 연구기능과 미래 사회 및 기술의 수요를 파악하여 보다 계획적이고 예측가능한 연구수행을 위한 기술정책 수립, 기술기획 등의 역할을 수행하고 있다.

구성원은 출범 당시 중견연구원 6명과 신규연구원 6명으로 출발하였는데, 2006년 7월 1일 현재 연구원이 15명으로 증가하였고, 위촉연구원 6명이 참여하여 그 기능이 크게 강화되었다. 특히 우수한 여성과학자 6명이 함께 하면서, 미래 성장 가능성이 높은 새로운 연구사업에 도전, 세계적 전문연구집단으로 성장할 수 있는 기틀을 마련해 나가고 있다.

미래기술연구부에서 수행하는 연구분야는 IT, BT, NT가 융합된 복합첨단 응용기술로서 자연모사(Nature-Inspiration) 응용 기계시스템 기술, 기계기반의 바이오 마이크로/나노 시스템 원천기술 개발, 미래형 에너지 및 환경기술 개발, 미래 기계기술 기획 등의 연구를 수행하고 있다.



그림 6. 미래기술연구부의 주요 연구분야

자연모사는 자연에 존재하는 생체시스템의 원리, 구조, 메커니즘 등을 모사하여 공학에 응용하는 기술로 당 부서에서는 나노 섬모 자연구조물을 모사하여 인공 청각기관, 초미세/초감도 센서, 자기 세정 등에 응용될 수 있는 새로운 원천기술을 개발하고 있다. 수행 중인 주요 연구로는 “나노섬모 자연모사 원천기술 및 기반구축사업”을 통해 게코 도마뱀의 부착능력에 대한 공학적 원리 분석, 수치계산을 통한 정량적 분석과 이를 이용한 건식부착물 제작 공정 개발 등이 있다.

기계기반의 바이오 시스템 원천기술은 향후 고부가가치를 창출한 바이오산업의 기술 경쟁력 확보를 위해서는 반드시 필요한 융합기술이다. 이와 관련하여 미래기술연구부에서는 의료, 환경, 군사 등의 다양한 영역에 응용될 수 있는 초감도 바이오/나노 센서 원천기술 개발, 인공장기에 사용되는 나노 해상도의 스케폴드 제작 원천기술 개발에 관한 연구를 수행하고 있다.

주요 연구분야로는 전기방사를 이용한 생체조직용 고기능 나노파이버 장비 개발을 목표로 하고 있다. 전기방사 장비 부문은 고분자가 녹아 있는 용액에 고전압을 이용한 정전기력을 부가하여 나노스케일의 섬유를 생산하는 장

치를 개발하고 있으며, 이를 활용해 연골 등 인체 생체조직을 제조하는 고성능·신개념의 바이오 조형장비 개발 분야로 확대하고 있다. 이러한 장비들은 산업용 뿐만 아니라, 인공피부, 혈관 등 생체 의료용 및 나노센서 등 그 적용 범위가 매우 넓은 기술이다.

또한 바이오 물질을 측정하기 위한 캔틸레버 센서와 전도성 고분자를 이용한 나노 와이어 센서 개발에 대한 연구를 진행하고 있다. 이러한 요소기술을 바탕으로 향후 바이오 장기 시장의 수요에 대비해 인체 임플란트용 자기감응담체(self-sensing scaffold)를 만들 수 있는 바이오조형기(bio-plotter) 제작 기술을 전문연구 사업으로 수행하고 있다.

미래형 에너지 및 환경기술은 전 세계적으로 엄격해지고 있는 환경규제와 심각한 에너지 문제에 대응하기 위한 기술인데, 미래기술연구부에서는 스테링 엔진 시스템을 응용하여 에너지 효율이 높은 신에너지 사이클 시스템을 개발하고 있다. 향후 가정용 초소형 열병합 발전, 극저온 냉동, 하이브리드 자동차용 엔진 등에 활용을 목표로 연구에 박차를 가하고 있기도 하다.

주요 연구분야로는 신에너지 분야에서 이상적인 사이클로 인정하고 있는 스크롤형 에릭슨 사이클 엔진/냉동 기술에 대한 실험장치 구축과 이를 통한 스크롤 압축기/팽창기에 대한 연구가 있다. 또 이들 장치의 열전달 구조를 해석하고 최적의 시스템 구현을 위해 국내외 관련 업체 및 연구기관과 지속적으로 협력해 나가고 있다.

미래 기계기술 기획 분야는 미래 사회에서 필요한 기술을 조사, 분석하여 핵심기술들을 발굴하고, 연구원의 효율적인 연구환경 구축을 위하여 다양한 방법을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 미래기계기술에 대한 동향 조사·분석 및 사업기획, 전략 기획방법 조사 및 개발, 효율적인 연구환경 구축 방법 개발 등에 대해 연구를 진행하고 있다.

미래기술연구부에는 나노스케일 자연구조물 현상해석 및 자연모사의 공학적 원리를 측정·분석하고 제작할 수 있는 공정기반과 나노/바이오센서, 조직공학 관련 측정·분석장비 등을 구축·운영하고 있다. 주요장비로는 생체 재료의 물성 측정, 표면의 형상 측정 등에 활용되는 Bio-AFM, 전자소자의 전류, 전압, 전하량을 정밀하게 측정할 수 있는 Probe Station, 생체조직 재생용 담체를 제작할 수 있는 Bio-Plotter, 뼈, 연골 등 생체조직 구조를 분석하는 마이크로 CT, 플라스틱 소재 점탄성 특성을 분석하는 데 활용되는 DMA(Dynamic Mechanical Analyzer), 세포 배양에 필수적인 Cell Culturing System 등이 있다.

현재의 기술패러다임은 다양한 분야의 기술이 융합되는 융합기술(Fusion Technology) 부문에 초점이 맞춰져 있다. 미래기술연구부는 이러한 융합기술을 비롯해 그동안 연구원이 시도하지 않은 새로운 분야를 개척해 나가는 선구자로서의 역할을 다할 것이며, 항상 새로운 분야에 도전하고 세계적인 연구성과를 산출해 나가겠다는 사명감을 가지고 연구에 매진해 나가고 있다.

5. 결 론

서두에서 언급했듯이 정부의 과학기술정책은 세계적인 흐름에 맞추어 전략적이고 총체적인 혁신체계를 지향하고 있다. 하지만 그러한 결과물들이 과학기술현장과 이어지지 못하고 단지 정책을 위한 정책에 머무른다면 현실적으로는 별다른 성과를 만들어내지 못할 것이다. 또한 현장의 연구자들도 자신만의 영역에 안주하면서 세계나 사회의 변화를 제대로 읽어내지 못한다면 기술경쟁력을 확보하기가 어려운 현실이다. 본 고에서 수행한 과학기술예측

조사(2005-2030)와 미래 국가유망기술 21에 대한 일련의 과정 및 결과들의 정리가 현장의 연구자들이 자신의 위치를 되돌아보고 향후 연구방향을 모색하는데 미약하나마 도움이 되기를 기대해본다. 또한 미래기술연구부의 역할과 연구 활동 소개를 통해 서로간의 이해를 넓히고 상호 협력의 계기가 마련되기를 바란다.

❁ 참고 문헌

- [1] 과학기술부, 과학기술예측조사(2005-2030), 1-3권, 2005
- [2] 국가과학기술위원회, 과학기술예측조사(2005-2030) 결과와 향후 추진방향(안), 2005
- [3] 국가과학기술위원회, 미래국가유망기술21 추진방향, 2005
- [4] 산업자원부, 산업기술 R&D 시스템 혁신 추진계획(안), 2006



김 재 윤

- 한국기계연구원 미래기술연구부 선임연구원
- 관심분야 : 기술정책, 융합기술
- E-mail : kimjy@kimm.re.kr



박 주 형

- 한국기계연구원 미래기술연구부 선임연구원
- 관심분야 : 기술경영, 기술정책
- E-mail : parkjooh@kimm.re.kr



김 완 두

- 한국기계연구원 미래기술연구부 부장
- 관심분야 : 자연모사, 생체역학
- E-mail : wdkim@kimm.re.kr