

# 제5회 과학기술예측조사 2016-2040

## 미래사회 주요 이슈 해결을 위한 미래기술 발굴

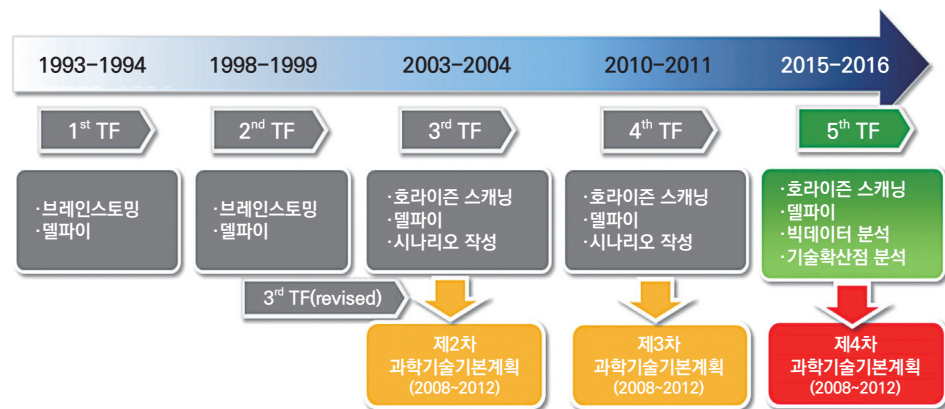
박종화(한국과학기술기획평가원 부연구위원), 지선미(한국과학기술기획평가원 연구원)

### 1. 개요

글로벌화, 정보화 등으로 인해 불확실성이 높아진 미래 환경을 사전에 예측하고 이에 대응하는 과학기술정책의 수립 및 집행이 점차 중요해지고 있다. 한정된 자원을 이용하여 과학기술의 발전을 이루기 위한 전략적 과학기술기획의 필요성이 증대되고 있으며, 이를 위해 세계 주요국은 미래변화 대응 수요분석, 전략적 기술기획, 연구개발 활동 방향 설정 등의 유용한 정보를 예측할 수 있는 국가차원의 과학기술예측활동을 수행하고 있다.

우리나라 역시 국내의 특수한 상황을 반영하여 미래변화를 전망하기 위한 노력의 일환으로 1994년 이후 매 5년 마다 과학기술예측조사를 수행·발표하고 있으며, 2012년에는 제4회 결과를 발표하여 제3차 과학기술기본계획 수립 등에 활용한 바 있다. 과학기술예측조사는 최근의 환경변화를 분석하고 중장기 관점에서의 우리사회의 미래변화 전망 및 수요를 도출하며, 과학기술 발전방향 등을 설정하여 관련 정책 수립의 기틀을 마련한다는 점에서 의의가 있다. 또한 새로운 예측 방법론의 도입을 통해 우리나라 과학기술 분야 예측을 선도하고 있다.

그림 1  
과학기술  
예측조사  
추진 경과



현재 과학기술예측조사는 과학기술기본법 제13조 및 동법 시행령 제22조에 근거하여 과학기술기본계획 수립과 같은 주기로 실시하고 있다.

### 〈과학기술예측조사 추진 근거〉

#### ◎ 과학기술기본법 제13조(과학기술예측)

- ① 정부는 주기적으로 과학기술의 발전 추세와 그에 따른 미래사회의 변화를 예측하여 그 결과를 과학기술정책에 반영하여야 한다.
- ② 정부는 제1항에 따른 예측(이하 “과학기술예측”이라 한다)의 결과를 바탕으로 새로운 기술을 발굴하고 개발할 수 있도록 노력하여야 한다.

#### ◎ 과학기술기본법 시행령 제22조(과학기술예측 등)

- ② 미래창조과학부장관은 법 제13조 제1항에 따른 과학기술의 발전 추세와 그에 따른 미래사회의 변화에 대한 예측(이하 “과학기술예측”이라 한다)을 5년마다 실시하고, 그 결과를 기본계획에 반영하여야 한다.
- ③ 미래창조과학부장관은 과학기술예측의 실시결과를 심의회에 보고하고 공표하여야 한다.

※ 과학기술기본법 시행령 제22조제4항에 의거, 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에 위탁하여 실시.

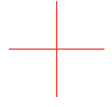
## 2. 제5회 과학기술예측조사 목적 및 체계

### 추진 목적 및 방향

제5회 과학기술예측조사의 목적은 크게 세 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 대내외 환경변화를 고려하여 미래사회를 전망하고 과학기술 전 분야에 걸쳐 출현이 예상되는 미래기술을 예측하여 분석하는 것이다. 이번 예측조사에서는 미래사회 수요 변화와 과학기술 발전에 의해 2040년까지 출현할 미래기술을 도출하였다. 둘째, 미래사회에 대한 사회·경제적 수요와 과학기술 발전 전망을 반영하여 미래 대응력이 강화된 과학기술 기획 및 정책 수립에 기여하는 것이다. 기술 실현시기, 중요도, 미래기술 실현방안 등 정책 수립의 기초자료를 제공하며, 제4차 과학기술기본계획 수립(‘18~’22)시 필요한 미래기술 정보를 제시하는데 활용될 예정이다. 셋째, 미래사회에 파급효과가 클 것으로 예상되고 국민들의 실생활에 관련된 주요 혁신기술을 대상으로 하여 사회적 확산의 관점에서 기술확산점을 예측하였다. 기술이 사회에 급속도로 확산될 경우 발생하게 될 양상과 시기를 예측하였으며, 기술확산 실현을 위한 과제를 함께 제시하여 미래준비에 활용할 수 있도록 하였다.<sup>1)</sup>

제5회 예측조사는 미래사회 주요 이슈에 효과적으로 대응하기 위한 목적지향적 미래기술을 도출하여 예측 결과의 활용도를 제고하였고, 특별히 한국사회에서 중점적으로 관심을 가져야 하는 주요 이슈를 선정하고 분석하였다. 예측조사 결과의 활용 범위를 확대하기 위하여 미래기술의 구성을 다양화하고, 미래기술명 제시 방식을 개선하였으며, 과학적 방법론을 도입하여 예측조사 결과의 신뢰성·객관성을 확보하고자 노력하였다. 이를 위해 지식맵 분석을 통한 Tech-Push<sup>2)</sup>형 미래기술 도출을 확대하였고,

1) 기술확산점 분석은 별도 책자로 발간(기술이 세상을 바꾸는 순간, 2017.3.31.)되었음.



분석·예측 시 단계 구분을 통해 먼 미래에 실현될 미래기술 발굴을 확대하였으며, 기술별 조사 결과의 이해도 및 활용도 제고를 위하여 미래기술명에 대한 표준화를 진행하였다.

## 추진 절차 및 체계

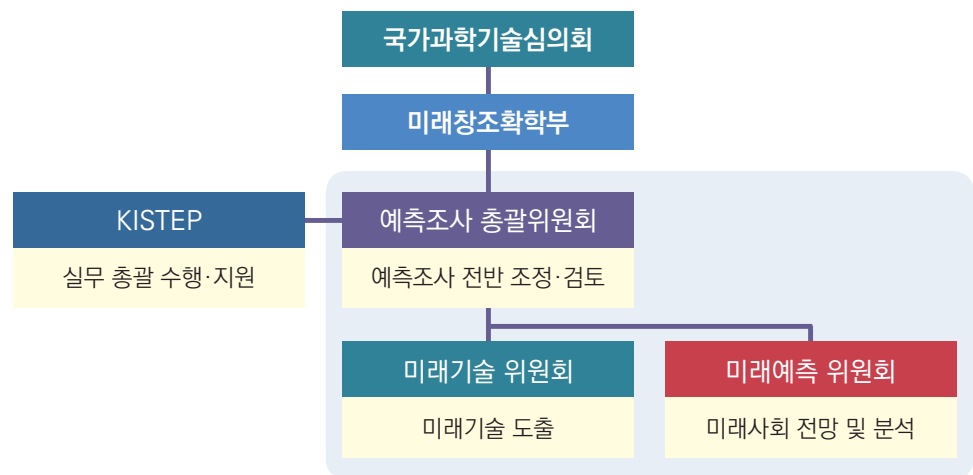
과학기술예측조사는 총괄위원회, 미래예측위원회, 미래기술위원회 등 세 개의 위원회를 통해 추진되었다.

예측조사 총괄위원회는 과학기술 및 사회과학 전문가로 구성되었으며, 과학기술예측조사 전반의 주요 사항에 대해 검토하고 조정하는 역할을 했다. 세부적으로는 미래사회 전망 결과(안) 검토, 기술확산점 분석 대상 선정 및 미래기술리스트 도출 결과(안) 검토, 제5회 과학기술예측조사 결과(안) 검토 등을 수행하였다.

미래예측위원회는 휴먼 그룹, 사회·경제 그룹, 지구 그룹 등 3개 분과로 구성되었으며, 과학기술 및 사회과학 전문가를 중심으로 각 분과별 12인 내외의 인원으로 구성되었다. 미래사회 이슈 및 니즈를 도출하는 역할을 하였으며, 세부적으로는 트렌드 분석 결과 검토, 트렌드별 주요 이슈 도출, 주요 이슈 분석 검토 및 사회·경제적 니즈 도출 등을 진행하였다.

미래기술위원회는 사회인프라, 생태계·친환경, 운송·로봇, 의료·생명, 제조·융합, 정보·통신 등 6개 분과로 구성되었으며, 과학기술 전문가를 중심으로 각 분과별 12인 내외의 인원으로 구성되었다. 미래 니즈 및 과학기술 트렌드를 토대로 미래기술을 도출하는 역할을 하였으며, 세부적으로는 주요 이슈 및 니즈, 과학기술발전에 따른 미래기술 후보군 도출, 미래기술 후보군 가공 및 정제를 통한 미래기술 확정 등을 수행하였다.

그림 2\_ 제5회 과학기술 예측조사 추진체계

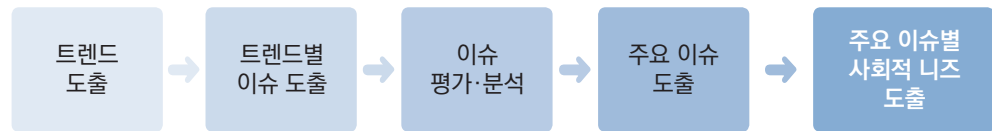


2) 제5회 과학기술예측조사에서는 해당 과학기술 분야 및 관련 분야의 발전을 통해 견인되는 미래기술을 Tech-Push형 미래기술로 정의.

그림 3\_1  
미래사회 전망  
프로세스

### 3. 미래사회 전망

미래사회 전망은 미래사회 트렌드 및 메가트렌드 분석, 트렌드별 이슈 도출, 이슈 평가·분석을 통한 주요 이슈 도출, 주요 이슈별 니즈 도출의 과정을 통해 도출되었다.



#### 〈제5회 과학기술예측조사를 위한 미래전망 단계 정의〉

- ◎ 미래 트렌드: 미래 사회에 예상되는 동향, 흐름, 추세.
- ◎ 이슈: 해당 트렌드로 인해 미래에 발생할 것으로 예상되는 논의의 주제 또는 걱정거리가 되는 문제.
- ◎ 주요 이슈: 이슈 중 우리사회에 영향을 줄 가능성, 우리사회에서의 파급효과(정도, 범위), 과학기술적 해결 가능성 등이 높은 이슈.
- ◎ 니즈: 주요 이슈의 해결을 위해 필요하고 대응이 가능한 '정책적' 및 '과학기술적' 수단.

미래사회 트렌드 및 메가트렌드의 분석을 위해 가장 먼저 2040년까지(시간축)의 중장기적 관점에서 우리 사회가 주목해야 할 전 세계적(공간축)인 미래사회 변화 트렌드를 분석하였고, 트렌드 간 연관성을 분석하여 메가트렌드를 도출하였다. 제4회 예측조사(11년) 이후 발간된 국내외 미래전망 보고서, 동향분석, 웹사이트 등을 분석하였으며, 거시적 환경 분석 모형인 STEEP(Society-사회, Technology-기술, Economy-경제, Ecology-환경, Politics-정치)를 활용하여 카테고리별 환경 스캐닝을 통해 트렌드 간 패턴(Clustering)을 도출했다. 그 결과 총 5개의 메가트렌드와 40개의 트렌드가 도출되었다.

표 1\_1  
트렌드 및  
메가트렌드

| 메가트렌드      | 트렌드명        | STEPP |
|------------|-------------|-------|
| 휴먼 임파워먼트   | 기대수명증가      | 사회    |
|            | 자아 중심 사회    |       |
|            | 출산율 저하      |       |
|            | 여성 임파워먼트    |       |
|            | 인간 능력 확대    | 기술    |
|            | 초고속 이동      |       |
|            | 인공지능과 자동화   |       |
|            | 새로운 소재      |       |
|            | 우주 시대       |       |
| 초연결에 의한 혁신 | 디지털 네트워크 사회 | 사회    |
|            | 초연결 기술      | 기술    |



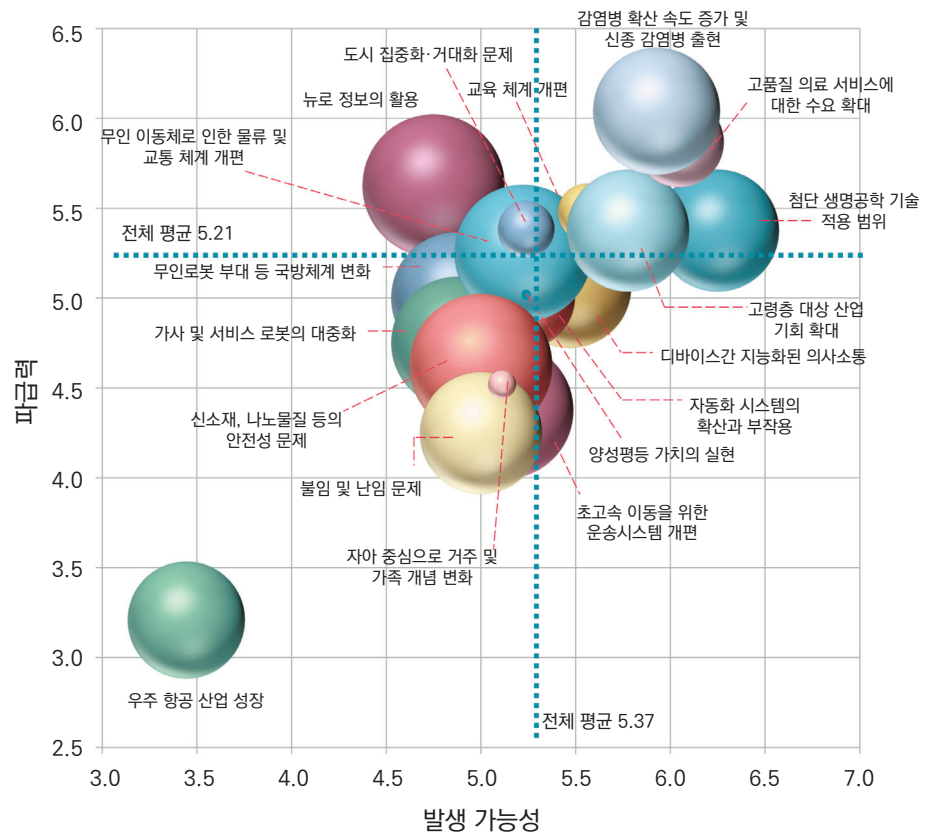
| 메가트렌드      | 트렌드명            | STEEP |
|------------|-----------------|-------|
| 초연결에 의한 혁신 | 네트워크 중심의 권력이동   | 정치    |
|            | 전자민주주의 가속화      |       |
| 환경 리스크 심화  | 식량위기 악화         | 환경    |
|            | 에너지 수급 불균형      |       |
|            | 물 스트레스 심화       |       |
|            | 자연재난 증가         |       |
|            | 생태계 파괴 심화       |       |
| 사회복잡성의 진화  | 국제적 갈등 심화       | 사회    |
|            | 문화적 다양성 확대      |       |
|            | 경제·사회적 불평등 심화   | 기술    |
|            | 융합을 통한 창조       |       |
|            | 기술발전에 따른 부작용 증가 | 환경    |
|            | 사회적 재난 증가       |       |
|            | 건강 위협요인 증가      | 정치    |
|            | 통일 이슈 증가        |       |
|            | 국제권력의 유동성 심화    |       |
|            | 안보 위협요소의 진화     |       |
| 경제시스템의 재편  | 글로벌 인구 이동       | 사회    |
|            | 도시화 확대          |       |
|            | 세계 인구 증가        |       |
|            | 글로벌 경제의 연결성 강화  | 경제    |
|            | 신흥국·개도국의 부상     |       |
|            | 중국의 국제적 영향력 확대  |       |
|            | 신경제 시스템의 확산     |       |
|            | 일자리 구조적 변화      |       |
|            | 선진국 저성장 위험 지속   |       |
|            | 그리노믹스의 활성화      |       |
|            | 제조업 패러다임 변화     |       |
|            | 시장의 패턴 변화       |       |

트렌드 분석결과를 토대로 우리 사회에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 이슈를 도출했다. 각 이슈가 영향을 미치는 시기를 장·단기로 구분하여 이슈를 도출함으로써 실현시기가 다양한 미래기술 후보가 선정될 수 있도록 유도하였고, 그 결과 단기적 관점(10년 내)의 이슈 65개, 장기적 관점(11년 후 ~ 25년 내)의 이슈 35개 등 총 100개의 이슈를 도출하였다. 도출된 이슈 중 한국 사회에서 특히 중점적으로 관심을 가져야 하는 미래 사회 이슈를 평가하여 주요 이슈로 선정하였고, 최종 총 40개의 주요 이슈(단기

그림 4\_  
휴먼 임파워먼트 관련  
주요 이슈의 평가  
결과 분석(예시)\*

18개, 단·장기 14개, 장기 8개)를 도출하였다.

도출된 주요 이슈에 대한 평가 결과를 메가트렌드 중 휴먼 임파워먼트를 기준으로 우리 사회에서의 발생 가능성(가로축), 우리 사회에서의 파급력(세로축), 과학기술적 대응 가능성(동그라미 크기)으로 표시하면 다음과 같다.



\* 전체 평균은 해당 항목의 40개 주요 이슈 평균을 의미.

주요 이슈 간 관계 파악 및 주요 이슈별 관련 기술 등은 빅데이터 기반<sup>3)</sup> 네트워크 분석(자연어 처리 기반 텍스트 마이닝)을 통해 도출했다. 이 분석 결과를 토대로 관련 주요 이슈들을 그룹화하여 사회인프라, 생태계·친환경, 운송·로봇, 의료·생명, 제조·융합, 정보·통신 등 6개의 주요 이슈 그룹을 도출하였다.

3) 2012.1.1. 부터 2015.11.30.까지 포털 및 국내 언론사 홈페이지에서 수집된 뉴스기사 총 26,108,658건(일간지, 방송사 뉴스, 인터넷 뉴스 등)을 분석.

그림 5  
이슈 네트워크  
핵심 링크 추출  
(2012~2015)

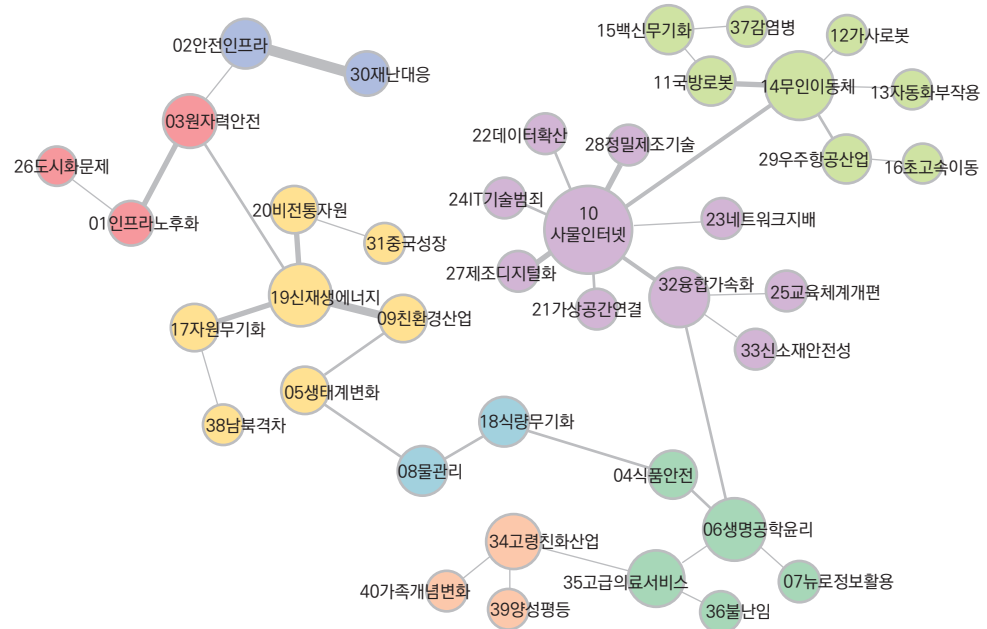


표 2  
네트워크  
분석을 활용한  
주요 이슈  
그룹 구분

| 주요 이슈 그룹 | 시기  | 주요 이슈                      |
|----------|-----|----------------------------|
| 사회인프라    | 단기  | 공공안전 인프라에 대한 사회적 관심 고조     |
|          | 단기  | 원자력 안전성                    |
|          | 장단기 | 남북한 격차의 지속적 심화             |
|          | 장단기 | 도시 집중화·거대화 문제              |
|          | 장단기 | 재해 피해 최소화를 위한 대응           |
|          | 장기  | 사회인프라 노후화로 인한 대형 재난 발생 가능성 |
| 생태계·친환경  | 단기  | 새로운 非(비)전통 자원 탐색           |
|          | 단기  | 식품 안전성                     |
|          | 장단기 | 기후 변화 대응을 위한 물 관리 고도화      |
|          | 장단기 | 식량의 무기화                    |
|          | 장단기 | 신재생 에너지 개발 보급 확대           |
|          | 장단기 | 자원의 무기화                    |
|          | 장단기 | 친환경 산업구조로 재편               |
|          | 장기  | 기후 변화로 인한 생태계 변화           |
| 운송·로봇    | 단기  | 무인 이동체로 인한 물류 및 교통 체계 개편   |
|          | 단기  | 자동화 시스템의 확산과 부작용           |
|          | 장단기 | 양성평등 가치의 실현                |
|          | 장단기 | 우주 항공 산업 성장                |
|          | 장기  | 초고속 이동을 위한 운송시스템 개편        |

| 주요 이슈 그룹 | 시기  | 주요 이슈                         |
|----------|-----|-------------------------------|
| 운송·로봇    | 장기  | 가사 및 서비스 로봇의 대중화              |
|          | 장기  | 무인로봇 부대 등 국방체계 변화             |
| 의료·생명    | 단기  | 감염병 확산 속도 증가 및 신종 감염병 출현      |
|          | 단기  | 고령층 대상 산업 기회 확대               |
|          | 단기  | 고품질 의료 서비스에 대한 수요 확대          |
|          | 단기  | 불임 및 난임 문제                    |
|          | 장기  | 뉴로 정보의 활용                     |
|          | 장기  | 백신의 무기화                       |
|          | 장기  | 첨단 생명공학 기술 적용 범위              |
|          | 장기  | 고숙련 정밀 제조 및 첨단 제조 기술의 중요성     |
| 제조·융합    | 단기  | 산업간 및 기술간 융합 가속화              |
|          | 단기  | 신소재, 나노물질 등의 안전성 문제           |
|          | 단기  | 우리나라 주력 기술 및 산업 경쟁력이 추월당할 가능성 |
|          | 장단기 | 전통적 제조 방식의 전환                 |
|          | 장단기 | IT 기술을 이용한 범죄                 |
| 정보·통신    | 단기  | 자아 중심으로 거주 및 가족 개념 변화         |
|          | 단기  | 초연결 기반 빅브라더 출현                |
|          | 단기  | 데이터의 빠른 확산 및 막대한 정보 유통        |
|          | 장단기 | 가상 공간에서의 사람 간 연결성 확대          |
|          | 장단기 | 교육 체계 개편                      |
|          | 장단기 | 디바이스간 지능화된 의사소통               |
|          | 장단기 | 디바이스간 지능화된 의사소통               |

주요 이슈별 니즈는 주요 이슈에 대응하기 위한 과학기술적 방안을 설정하는 것을 목적으로 하였으며, 주요 이슈별 심층 분석을 토대로 미래 우리사회의 경제·사회적 수요를 과학기술적 대응의 측면에서 구체적으로 제시하였다.

표 3-  
주요 이슈별  
니즈 예시

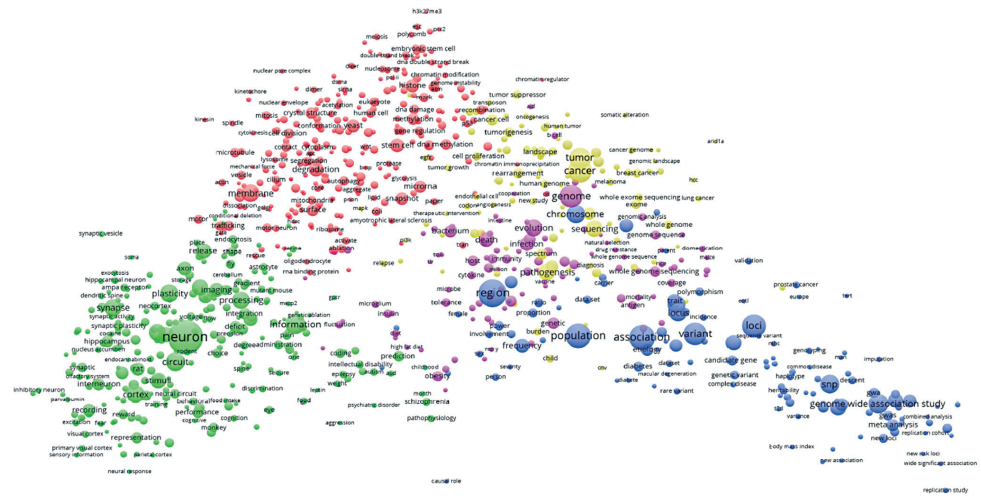
| 주요 이슈                      | 예시                                 |
|----------------------------|------------------------------------|
| 사회인프라 노후화로 인한 대형 재난 발생 가능성 | - 노후 인프라 수명 연장 기술                  |
| 공공안전 인프라에 대한 사회적 관심 고조     | - 위성 통신 기반의 국가 재난망 구축              |
| 원자력 안전성                    | - 고준위 폐기물 영구처분 기술                  |
| 식품 안전성                     | - RFID-스마트폰 연계를 통한 식품 이력 추적 시스템    |
| 기후 변화로 인한 생태계 변화           | - 병충해 대응 기술                        |
| 첨단 생명공학 기술 적용 범위           | - 병원성 미생물 및 바이러스에 대한 on-site 판별 기술 |
| 뉴로 정보의 활용                  | - 뇌지도 구축 완성                        |



| 주요 이슈                         | 예시                                                            |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 기후 변화 대응을 위한 물 관리 고도화         | - 저비용 해수 담수화 기술                                               |
| 친환경 산업구조로 재편                  | - 전기차 배터리 효율 증대 기술                                            |
| 디바이스간 지능화된 의사소통               | - 디바이스 자가 진단 기술                                               |
| 무인로봇 부대 등 국방체계 변화             | - 국방분야 AI 알고리즘 개발                                             |
| 가사 및 서비스 로봇의 대중화              | - 가사·비서·기사·육아 등 개인 지원 로봇 서비스                                  |
| 자동화 시스템의 확산과 부작용              | - 네트워크 오류 발생 차단 기술                                            |
| 무인 이동체로 인한 물류 및 교통 체계 개편      | - 무인 이동체 신호 체계 및 중앙 통제 시스템 기술                                 |
| 백신의 무기화                       | - 백신 개발을 위한 시스템 생물학                                           |
| 초고속 이동을 위한 운송시스템 개편           | - 초고속 운송시스템 이용자의 인체 안전성 확보                                    |
| 자원의 무기화                       | - 희토류 등 희귀 자원의 대체 소재 기술 개발                                    |
| 식량의 무기화                       | - 내고온 내재해성 품종개발                                               |
| 신재생 에너지 개발 보급 확대              | - 바이오 에탄올 효율 향상 기술                                            |
| 새로운 非(비)전통 자원 탐색              | - 비전통연료 탐사 및 채굴 기술 개발                                         |
| 가상 공간에서의 사람간 연결성 확대           | - Social Network를 위한 다양한 신서비스 개발                              |
| 데이터의 빠른 확산 및 막대한 정보 유통        | - 거짓 정보 판별을 위한 가용 데이터 선별 기술                                   |
| 초연결 기반 빅브라더 출현                | - 비대칭성 축소를 위한 Open Source 확대                                  |
| IT 기술을 이용한 범죄                 | - 테러 방지 기술 및 시스템 고도화                                          |
| 교육 체계 개편                      | - 가상현실 기술의 고도화를 통한 온라인 교육 개선                                  |
| 도시 집중화·거대화 문제                 | - 네트워크를 통한 재택근무 기술                                            |
| 전통적 제조 방식의 전환                 | - 3D 프린터 소재 기술 고도화(재활용, 친환경, 내구성 등)                           |
| 고속권 정밀 제조 및 첨단 제조 기술의 중요성     | - 첨단 정밀 제조 기술 고도화                                             |
| 우주 항공 산업 성장                   | - 우주 및 항공 설계 국산화 기술 개발                                        |
| 재해 피해 최소화를 위한 대응              | - IoT, Nano tech 융합 기반 자연 재해 계측 경보 시스템                        |
| 우리나라 주력 기술 및 산업 경쟁력이 추월당할 가능성 | - 아날로그와 디지털 산업의 융합을 통한 차별화                                    |
| 산업간 및 기술간 융합 가속화              | - NBIT 융합연구 활성화                                               |
| 신소재, 나노물질 등의 안전성 문제           | - 나노 등 신소재의 인체 및 환경 안전성 측정 기술                                 |
| 고령층 대상 산업 기회 확대               | - 고령층 대상 사고관리 시스템                                             |
| 고품질 의료 서비스에 대한 수요 확대          | - 고기능의료장비 개발                                                  |
| 불임 및 난임 문제                    | - 습관성 유산 원인 파악 및 치료 기술                                        |
| 감염병 확산 속도 증가 및 신종 감염병 출현      | - 국제적 감염병 데이터베이스 구축                                           |
| 남북한 격차의 지속적 심화                | - 북한 비대칭 전력 무력화 기술(예, anti-EMP, 잠수정/저고도 침투기 탐지, 생화학전 대응 백신 등) |
| 양성평등 가치의 실현                   | - 가사의 자동화를 통한 가사 노동 경감                                        |
| 자아 중심으로 거주 및 가족 개념 변화         | - 반려동물 의사 인지를 통한 케어 시스템                                       |

그림 6  
지식맵 작성  
및 해석 예시 :  
생명분야\_3기  
(2010~2014)

마지막으로 과학기술 발전 트렌드 분석을 위해 연구 분야별 시계열 분석을 통해 새로운 기술 및 연구 분야 또는 부상하는 연구 영역을 도출하였고, 연구 분야 간의 연관성 및 발전 흐름을 가시적으로 파악하였다. Tech-Push형 미래기술 후보군 도출에 활용하기 위해 과학기술 지식맵(Science Map)<sup>4)</sup>을 작성하였으며, 지식맵 작성 결과는 해당 기술 분야 전문가의 해석 및 분석 과정을 거쳐 미래기술 후보 도출 시 활용하였다.



#### 4. 미래기술 도출

이번 예측조사에서는 미래기술을 2040년 이내에 기술적으로 실현되어, 우리나라 과학기술·사회·경제에 큰 영향을 미칠 가능성이 높은 구체적 기술(제품, 서비스, 시스템 등)로 정의하였다. 제4회 예측조사에서 기술명을 구체적으로 제시했던 것과 달리, 제5회 예측조사에서는 결과의 이해도 및 활용도 제고를 위해 기술명과 기술 설명을 표준화하여 제시하였다. 미래기술명은 핵심키워드 위주로 이해하기 쉽게 간결화하였고, 미래기술 설명은 보다 상세히 작성하였다. 또한 미래 기술의 범주(level)를 상향 조정함에 따라, 최종 도출되는 미래기술 수를 제4회 대비 약 50% 수준으로 조정하였다.

미래기술리스트(안)은 미래기술 후보를 도출하고 이를 수정 및 조정하는 과정을 통해 확정되었다. 미래기술 후보는 주요 이슈 네트워크 분석결과에서 도출된 6개의 미래이슈 그룹에 해당하는 주요 이슈별 니즈 및 과학기술 지식맵 분석·해석 결과를 검토하여 도출하였다.

도출된 후보를 대상으로 유사·중복, 미래기술로서의 적절성, 기술 범주(level) 조정, 기술명 및 기술설명 보완 등을 진행하여 미래기술 후보 수정·조정(안)을 마련하였고, 총괄위원회의 최종 검토 과정을 거쳐

4) SCOPUS에 등재된 과학기술 분야 대표 주요 저널을 13개 분야로 구분하여 15년간('00~'14) 데이터 분석.

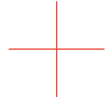


표 4  
주요 이슈  
그룹별  
미래기술 수

미래기술리스트를 확정하였다. 이를 통해 주요 이슈 해결을 위한 미래사회 니즈와 과학기술 발전에 의해 2040년까지 등장할 총 267개의 미래기술을 도출하였다.

| 주요 이슈 그룹 | 기술 수 | 기술명(예시)                                   | 기술설명(예시)                                                                                             |
|----------|------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 사회인프라    | 51   | 다양한 건축물 개보수 공사 시 최적화 기법 지원을 위한 의사결정 소프트웨어 | 건축물 개보수 공사 시, 전 생애주기 탄소 배출로 인한 환경 영향, 건물의 에너지 효율, 실내 쾌적도, 소요 비용을 고려한 최적화된 개보수 대안 선정 및 의사 결정 지원 도구 개발 |
| 생태계·친환경  | 59   | 원격탐사를 활용한 실시간 연속 지구 수질 감시·관리 시스템          | 시간·공간·편광 분해능이 향상된 정지궤도·극궤도 인공위성 영상 및 다중 유·무인기를 포함한 원격탐사 자료 처리·활용·통합 운용을 통한 실시간의 연속 수질 감시·관리 시스템      |
| 운송·로봇    | 43   | 수중 인명 구조 로봇                               | 해상 재난 사건 시, 다이버를 대신하여 신속하게 물속으로 투입하여 인명을 구조하는 로봇                                                     |
| 의료·생명    | 47   | 개인유전자 지도를 이용한 맞춤형 이종 인공장기 배양 시스템          | 개인별 유전자를 활용한 실험동물의 유전자 조작을 통해 맞춤형 장기 제작을 하는데 있어 이식 거부 등의 면역 반응을 최소화하여 문제 장기를 대체하는 기술                 |
| 제조·융합    | 48   | 대면적 플렉서블 기기 제작을 위한 고성능 전자소자 인쇄 기술         | 원천적인 생산기술 능력 우위와 유연소자와 같은 신기능성 제품의 선도적 기술 확보를 위하여 전자소자의 생산을 인쇄 공정화 하는 기술                             |
| 정보·통신    | 39   | 3차원 시각 및 촉각을 자극시키는 햅틱 홀로그램 기술             | 가상공간의 정보를 실 공간으로 표출하는 기술로 3차원 공간상에 시각 및 촉각을 자극하는 홀로그램 광파 및 음파 3차원 생성 및 재현기술                          |
| 합계       | 287* |                                           |                                                                                                      |

\* 미래기술 267개 중 20개 기술이 두 개 그룹과 연관되어 총합은 287개로 표기.

## 5. 미래기술 분석

### 델파이 조사

미래기술 분석을 위해 미래기술리스트 267개를 대상으로 미래기술의 특성, 중요도, 기술적 실현시기, 필요 정부정책 등을 조사하였고, 기술확산점 분석 대상 24개 기술을 대상으로 기술확산점 도달 시기, 기술확산을 위한 정책 등을 별도로 조사하였다. 조사 방식은 과학기술 전문가를 대상으로 2-round 델파이 조사를 실시하였으며, 미래기술리스트 기준 1차 조사는 4,133명 응답(12,884건), 2차 조사는 3,621명(11,085건)으로 재응답률은 87.6%의 응답결과를 받았다.

그림 7\_1  
미래기술의  
기술적  
실현시기  
분포

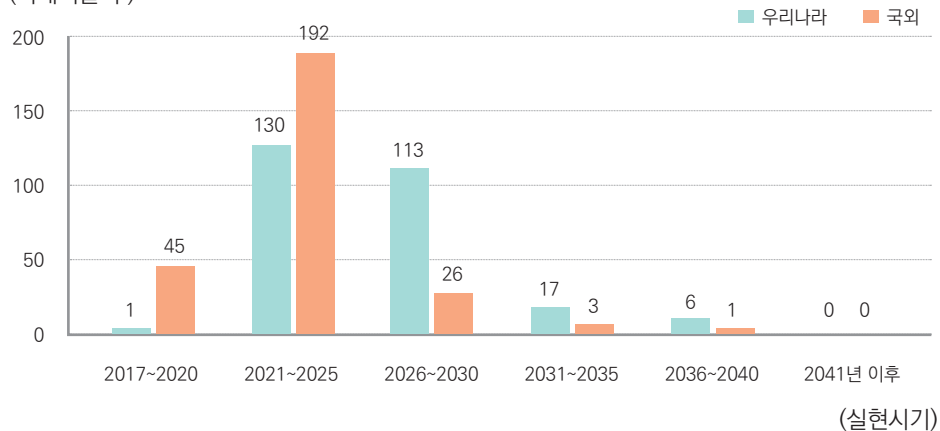
### 주요 분석 결과<sup>5)</sup>

제5회 과학기술예측조사의 주요 이슈 40개 중, “도시 집중화·거대화 문제” 이슈에 대응하기 위한 미래기술이 21개, “고품질 의료 서비스에 대한 수요 확대” 이슈에 대응하기 위한 미래기술이 19개로 상대적으로 많이 도출되었다. 주요 이슈들을 해결하기 위한 미래기술들은 2030년 이내에 대다수가 실현(244개/267개, 91.4%)될 것으로 예측되었다. “공공안전 인프라에 대한 사회적 관심 고조” 등 28개 주요 이슈의 경우 2030년 이내 관련 미래기술들이 실현될 것으로 예측되었으나, “우주 항공 산업 성장”의 경우 2031년 이후 실현될 것으로 예측되는 장기 실현 기술들이 많이 분포하였다.

구체적으로 살펴보면, 총 267개 미래기술 중 대부분의 기술이(243개, 91.0%) 2021년부터 2030년까지 실현될 것으로 예상되었다. 또한 2020년 이전에 1개, 2021~2025년에 130개(48.7%)의 기술이 단기(10년 내) 관점에서 실현될 것으로 예측되었다. 상대적으로 장기 관점(11년 이후)인 2026~2030년에는 113개(42.3%), 2031년 이후에는 23개(8.6%) 기술이 실현될 것으로 예측되었다.

국외에서는 전체 267개 기술 중 192개(71.9%) 기술이 2021년에서 2025년 사이에 실현되는 것으로 예측되었다. 단기 관점에서 2020년 이전에 실현될 기술은 45개(16.9%), 2021년에서 2025년 사이는 192개(71.9%)이고, 장기 관점으로 2026~2030년에는 26개(9.7%), 2031년 이후에는 4개(1.5%) 기술이 실현될 것으로 예측되었다.

(미래기술 수)



267개의 미래기술 중 우리나라에서 가장 먼저 기술적 실현이 이루어지거나 국외와 동일한 시기에 이루어질 것으로 예측된 기술은 13개(4.9%)이며, 국외와 3~4년의 격차를 나타내는 미래기술이 118개(44.2%)로 가장 많이 존재하는 것으로 나타났다. 1~2년의 작은 격차를 보인 기술은 76개(28.5%)였으며, 7년 이상의 격차를 보인 기술은 16개(6.0%)였다.

5) 본 기고에서 제시되지 않은 267개 미래기술리스트를 포함한 세부분석 내용은 제5회 과학기술예측조사 본보고서를 참조(KISTEP 홈페이지 자료실에서 다운 가능).

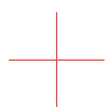


그림 8  
미래기술의  
기술적  
실현시기  
격차 분포

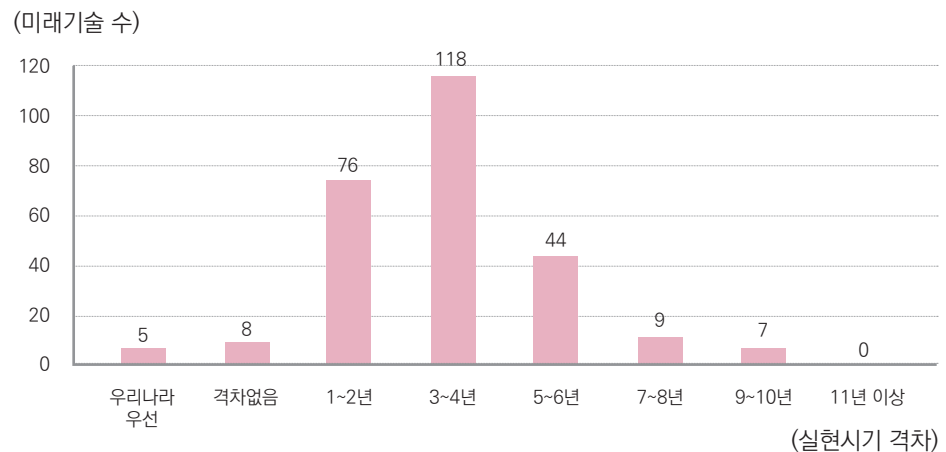


표 5  
미래기술의  
기술적  
실현시기  
격차 분포

| 격차            | 우리나라<br>우선 실현 | 격차<br>없음 | 1~2년        | 3~4년         | 5~6년        | 7~8년      | 9~10년     | 11년<br>이후 |
|---------------|---------------|----------|-------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 미래기술<br>수(비중) | 5<br>-1.9     | 8<br>-3  | 76<br>-28.5 | 118<br>-44.2 | 44<br>-16.5 | 9<br>-3.4 | 7<br>-2.6 | 0<br>0    |

미래기술의 기술적 실현 방안으로는 정부 차원에서의 연구비 확대(27.5%)와 인프라 구축(22.8%) 정책이 우선적으로 필요한 것으로 나타났다. 상대적으로 단기에 실현(10년 이내)될 것으로 예상되는 미래기술의 경우 정부의 연구비 확대와 인프라 구축 외에 산·학·연 및 국제 협력 연구를 위한 정책적 지원이 중요하며, 장기 관점(11년 후)의 실현 기술의 경우 정부의 연구비 확대에 이어 인력 양성의 중요성이 강조되었다.

표 6  
미래기술의  
실현을 위해  
필요한  
정부 정책  
(%)

| 구분       |            | 인력<br>양성 | 협력<br>활성화 | 인프라<br>구축 | 연구비<br>확대 | 제도<br>개선 |
|----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 전체       |            | 21.4     | 18.7      | 22.8      | 27.5      | 9.5      |
| 실현<br>시기 | 단기(~2025년) | 19.9     | 20.2      | 23.8      | 25        | 11.1     |
|          | 장기(2026년~) | 22.9     | 17.3      | 21.8      | 30        | 8        |

또한 미래기술의 기술적 실현을 위해서는 무엇보다 출연연·국공립연구소의 주도적인 연구개발이 중요한 것으로 조사되었다. 특히 장기 실현 미래기술의 경우 출연연·국공립연구소의 주도적 역할이 강조되며, 단기 실현 미래기술은 산업계의 주도적 역할이 가장 중요한 것으로 조사되었다.

## R&amp;D InI

표 7\_미래기술의 실현을 위해 필요한 연구 주도 주제(%)

| 구분   |            | 산    | 학    | 연    |
|------|------------|------|------|------|
| 전체   |            | 35.2 | 20.5 | 44.2 |
| 실현시기 | 단기(~2025년) | 46   | 16.3 | 37.7 |
|      | 장기(2026년~) | 24.9 | 24.6 | 50.6 |

미래기술의 특성을 분석하기 위해 혁신성<sup>6)</sup>, 불확실성<sup>7)</sup>, 미래기술의 중요도, 기술경쟁력<sup>8)</sup> 등의 항목을 분석하였다.

267개 미래기술 중 혁신성과 함께 불확실성이 상대적으로 매우 높아 정부 차원의 지원이 중요한 기술인 I 그룹의 미래기술로는 “주변 환경영향을 최소화하는 국부적 기상재해 경감기술”, “달 및 화성의 유인기지 구축 기술” 등 90개의 미래기술이 분포하였다. 상대적으로 혁신성이 매우 높고 불확실성이 낮아 높은 기대성과가 예상되어 집중적인 투자가 필요한 II 그룹의 미래기술로는 “인공지능과 빅데이터 클라우드 시스템을 이용한 스마트팜”, “스마트 에너지그리드 구축기술” 등 45개 미래기술이 분포하였다.

표 8\_미래기술의 혁신성과 불확실성 분포

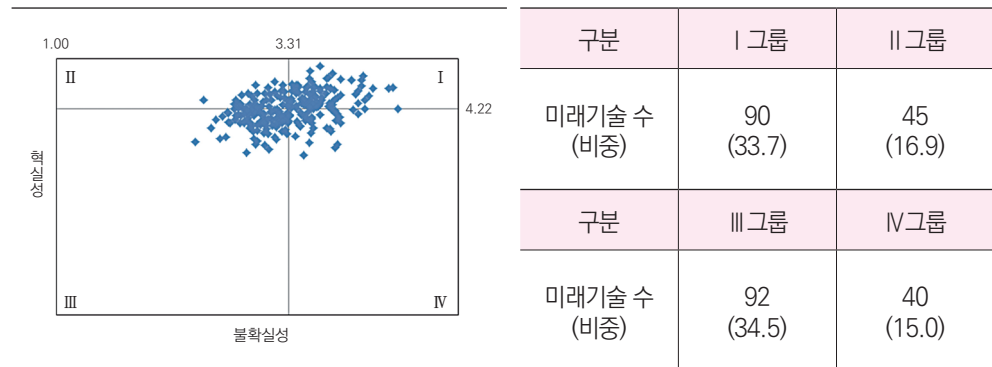


표 9\_혁신성과 불확실성이 모두 높은 미래기술 (I 그룹, 상위 10개, 5점 척도)

| 기술 번호 | 미래기술                           | 혁신성 | 불확실성 |
|-------|--------------------------------|-----|------|
| 10    | 주변 환경영향을 최소화하는 국부적 기상재해 경감기술   | 4.2 | 4.4  |
| 128   | 달 및 화성의 유인기지 구축 기술             | 4.6 | 4.3  |
| 129   | 소행성 및 달의 우주자원 채굴 기술            | 4.5 | 4.3  |
| 216   | DNA 칩 기반 대용량 데이터 저장 및 정보 관리 기술 | 4.5 | 4.2  |

6) 연구개발 성과가 현재의 연장이 아니라, 와해성(disruptive) 혁신을 일으키는 정도.

7) 연구개발에 있어 확률적 요소가 많고, 실패의 허용 등 여러 방법적 검토가 필요한 정도.

8) 해당 기술을 미래에 기술적으로 실현하는 데 있어 현 시점에 갖춰진 제반 경쟁력을 의미.



표 10  
혁신성은 높으나  
불확실성은 낮은  
미래기술  
(II그룹,  
상위 10개,  
5점 척도)

| 기술<br>번호 | 미래기술                              | 혁신성 | 불확실성 |
|----------|-----------------------------------|-----|------|
| 127      | 우주환경에서 재배 가능한 작물 개발 기술            | 4.4 | 4.1  |
| 145      | 기억 스캔, 저장 및 조정 기술                 | 4.4 | 4.1  |
| 246      | 초고속 연산을 위한 양자컴퓨팅 기술               | 4.7 | 4.1  |
| 124      | 자력 발사 및 비행 가능 우주 비행체              | 4.6 | 4    |
| 92       | 우주 태양광 발전기술                       | 4.7 | 4    |
| 153      | 뉴로정보 보안을 위한 고정확도의 신경신호 기반 개인인증 기술 | 4.5 | 4    |

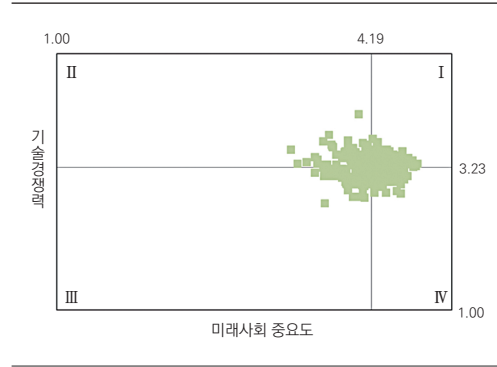
※ I 그룹 내에서 불확실성이 높은 순으로 배열.

| 기술<br>번호 | 미래기술                                            | 혁신성 | 불확실성 |
|----------|-------------------------------------------------|-----|------|
| 49       | 인공지능과 빅데이터 클라우드 시스템을 이용한 스마트팜                   | 4.4 | 2.5  |
| 93       | 스마트 에너지그리드 구축기술                                 | 4.3 | 2.8  |
| 203      | 다품종 생산을 위한 자가진화형 가변 제조라인 스케줄링 시스템               | 4.4 | 2.8  |
| 193      | 3D 프린팅 특화 설계 기술                                 | 4.3 | 2.8  |
| 91       | GW급 대규모 가스 터빈 발전                                | 4.2 | 2.8  |
| 109      | 환경인식 기반 스마트 네비게이션 기술                            | 4.3 | 2.8  |
| 58       | 식용곤충 이용 대체 식량 개발                                | 4.3 | 2.8  |
| 209      | 생산라인에 적용 가능한 실시간 표면 및 투과 이미징<br>머신비전 기술 및 검사 장비 | 4.3 | 2.8  |
| 44       | 웨어러블 로봇의 동작시간 연장을 위한 에너지 공급장치 기술                | 4.4 | 2.8  |
| 38       | 태양광 발전 및 에너지 능동 대응형 건축물 외장재 기술                  | 4.2 | 2.9  |

※ II 그룹 내에서 불확실성이 낮은 순으로 배열.

종합적인 중요도와 기술경쟁력이 모두 매우 높아 기술 우위를 유지하기 위한 지속적인 투자가 중요한 I 그룹(선도형 투자)의 미래기술로는 “지능적 상황 극복 오지탐사 로봇”, “온실가스 무배출 수소환원 제철 기술” 등 70개의 미래기술이 포함되었다. 종합적인 중요도가 매우 높으나 기술경쟁력은 낮아 선택과 집중을 통한 투자가 필요한 분야인 II 그룹(추격형 투자)의 미래기술로는 “표현형-유전형 상관관계 분석에 기반한 빅데이터 해석 기술”, “전기자동차용 자동 무선충전 주차장” 등 72개 미래기술 포함되었다.

표 11\_미래기술의 중요도와 기술경쟁력 분포



| 구분          | I 그룹      | II 그룹     |
|-------------|-----------|-----------|
| 미래기술 수 (비중) | 70 (26.2) | 66 (24.7) |
| 구분          | III 그룹    | IV 그룹     |
| 미래기술 수 (비중) | 59 (22.1) | 72 (27.0) |

표 12\_중요도와 기술경쟁력이 모두 높은 미래기술 (I 그룹, 상위 10개, 5점 척도)

| 기술 번호 | 미래기술                                  | 기술 경쟁력 | 중요도 |
|-------|---------------------------------------|--------|-----|
| 133   | 지능적 상황 극복 오지탐사 로봇                     | 3.7    | 4.2 |
| 79    | 온실가스 무배출 수소환원 제철 기술                   | 3.6    | 4.3 |
| 134   | 난조건하에서 단시간에 최적의 임무수행을 위한 자율 합체·분리형 로봇 | 3.6    | 4.3 |
| 159   | 다중 혈액분석을 위한 초고감도 미세유체역학 바이오센서 시스템     | 3.5    | 4.3 |
| 189   | 3D 프린팅 기법을 적용한 초미세 3차원 고기능 소자         | 3.5    | 4.3 |
| 112   | 고신뢰성 및 고안전성의 유무인 항공기 통합 관제 시스템        | 3.5    | 4.4 |
| 260   | 양자원리를 통해 역산이 불가능한 암호체계 키분배 고도화 기술     | 3.5    | 4.5 |
| 172   | 차세대 유전자분석(NGS) 기술                     | 3.5    | 4.2 |
| 193   | 3D 프린팅 특화 설계 기술                       | 3.5    | 4.3 |
| 212   | 비파괴 검사용 방사선 동위원소 대체 기술                | 3.4    | 4.4 |

※ I 그룹 내 기술경쟁력이 높은 순으로 배열.

표 13  
중요도는 높으나  
기술경쟁력은 낮은  
미래기술(Ⅳ그룹,  
상위 10개,  
5점 척도)

| 기술<br>번호 | 미래기술                              | 기술<br>경쟁력 | 중요도 |
|----------|-----------------------------------|-----------|-----|
| 175      | 표현형-유전형 상관관계 분석에 기반한 빅데이터 해석 기술   | 2.8       | 4.5 |
| 48       | 전기자동차용 자동 무선충전 주차장                | 2.8       | 4.3 |
| 142      | 상황 적응형 복합무기체계 소프트웨어의 동적 자가 구성 기술  | 2.8       | 4.2 |
| 91       | GW급 대규모 가스 터빈 발전                  | 2.9       | 4.4 |
| 153      | 뉴로정보 보안을 위한 고정확도의 신경신호 기반 개인인증 기술 | 2.9       | 4.3 |
| 266      | 테러용 드론 탐지 및 방어 기술                 | 2.9       | 4.2 |
| 1        | 고고도 광역 자연 환경 및 시설물의 통합 감시 시스템     | 3         | 4.3 |
| 97       | 자율형 에너지관리 시스템 기반 스마트 제조 공정        | 3         | 4.5 |
| 248      | 만물인터넷을 위한 초고속·초저전력 통신시스템          | 3         | 4.3 |
| 57       | 유전자 편집기술을 이용한 고기능성 신물질 개발기술       | 3         | 4.5 |

※ Ⅳ그룹 내 기술경쟁력이 낮은 순으로 배열.

## 6. 맺음말

제5회 과학기술예측조사는 이전의 예측조사에 비해 다음과 같은 특징을 가진다. 첫째, 우리 사회에서 발생할 것으로 예측되는 주요 이슈를 해결하기 위한 미래기술 도출을 수행하였으며, 유사 주요 이슈를 빅데이터 기반 네트워크 분석을 통해 묶은 주요 이슈 그룹을 기준으로 미래기술을 도출했다. 따라서 기술의 수요대응력을 강화하였다. 둘째, 미래기술 명칭 및 설명의 표준화를 통해 미래기술의 이해도 및 활용도를 제고하였다. 또한 미래 기술의 범주를 상향 조정하여 시스템적인 기술들이 많이 도출되었다. 셋째, 향후 25년까지를 바라보는 시각에서 장기적 관점에서의 미래 전략 수립에 기여하기 위해 비교적 먼 미래에 실현될 것으로 예측된 기술의 비중이 확대되었다. 넷째, 지식맵 등 정량적 분석 및 해석을 통해 도출된 미래 유망 연구 분야를 사회적 니즈와 함께 고려하여 미래기술을 도출하였다.

사회의 필요에 의해 새로운 기술이 탄생하고 새로운 기술에 의해 사회가 급격히 변화하는, 사회와 기술의 공진화적인 특성은 점점 짙어지고 있다. 그만큼 미래기술의 중요성이 점점 높아지고 있다는 것이다. 과학기술예측조사에서 제시하는 미래기술과 실현시기에 대한 예측은 미래예측 시 필연적으로 발생하는 불확실성에 의해 틀릴 가능성이 존재한다. 그럼에도 불구하고 미래사회를 대비하기 위한 생산적인 논의와 준비사항을 점검하는데 필요한 사항들을 제시한다는 것이 예측조사의 가장 큰 의의라고 할 수 있다. 이번 제5회 과학기술예측조사의 결과가 연구자들에게는 새로운 연구 아이디어를, 정책 입안자에게는 미래를 준비하는 체계적인 계획 수립을, 일반 시민에게는 다가올 미래에 대한 관심과 준비를 이끌어 낼 수 있기를 기대한다.