

# 우리나라의 중점녹색기술수준 조사·분석 및 시사점

The Survey and Analysis of Technology Level on Korea's Key  
Green Technologies and its Implications

홍미영(Mi-Young Hong)\*, 황기하(KiHa Hwang)\*\*,  
홍정석(Jung Suk Hong)\*\*\*, 이경재(Kyong-Jae Lee)\*\*\*\*

## 목 차

- |                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| I. 서론              | IV. 기술수준조사 주요결과 |
| II. 국내·외 기술수준평가 사례 | V. 결론 및 시사점     |
| III. 기술수준조사 방법     |                 |

## 국문요약

우리나라 정부는 '저탄소 녹색성장'을 새로운 국가발전 패러다임으로 제시한 이래로 '녹색기술 연구 개발 종합대책(09.1)'을 통해 27대 중점 녹색기술을 도출하는 등 녹색성장의 중심으로 녹색기술 개발 전략을 수립·추진해 왔다. 본 연구에서는 대규모 녹색기술 전문가 집단이 참여하여 델파이 조사 기법을 활용한 27대 중점 녹색기술 내 총 131개의 전략제품·서비스 기술을 대상으로 기술수준 조사를 실시하였다. 2011년 기준으로 중점 녹색기술 전체에 대한 주요 5개국의 기술수준은 세계최고기술보유국(미국) 대비 EU(99.4%), 일본(95.3%), 한국(77.7%), 중국(67.1%) 순이며, 한국은 5개국 중 4위를 차지하였다. 세계최고기술보유국(미국)과 한국과의 기술격차년수는 4.1년으로 EU(3.9년), 일본(3.1년)에는 뒤져 있는 반면, 중국에는 2.1년 앞선 것으로 조사되었다. 우리나라의 기술수준이 가장 높은 중점 녹색기술은 '개량형 경수로 설계 및 건설기술(90.1%)'이며, 이어서 '실리콘계 태양전지의 고효율 저가화 기술(85.0%)', '고효율 저공해 차량기술(84.5%)' 순으로 나타났다. 중점 녹색기술의 투자유형에 따른 기술수준은 단기(85.0%), 중기(77.3%), 장기(71.1%) 집중형 순이며, 기술수준이 낮을수록 중장기적인 투자를 요하는 것으로 나타나 전반적인 투자유형 설정은 적절한 것으로 조사되었다.

핵심어 : 기술수준, 기술격차, 중점 녹색기술, 델파이 조사

※ 논문접수일: 2013.1.2, 1차수정일: 2013.4.17, 게재확정일: 2013.4.30

\* 한국과학기술기획평가원 생명복지사업실 부연구위원, myhong@kistep.re.kr, 02-589-2196, 교신저자

\*\* 한국과학기술기획평가원 사업총괄조정실 연구위원, dragonfox@kistep.re.kr, 02-589-2856

\*\*\* 한국과학기술기획평가원 녹색공공사업실 연구위원, jshong@kistep.re.kr, 02-589-2296

\*\*\*\* 한국과학기술기획평가원 사업총괄조정실 연구위원, kjlee@kistep.re.kr, 02-589-2223

## ABSTRACT

---

Korea government has established and pursued green technology development strategy as the core of green growth, for example, withdrawal of 27 key green technologies through 'green technology research and development comprehensive plan ('09.1)' since 'low carbon green growth' was proposed as a new national development paradigm. In this study, we performed the Delphi survey of technology levels of 131 strategic product and service technologies derived from 27 key green technologies, utilizing large-scale group of green technology experts. The survey of technology level among main five nations resulted in the world's leading nation (US) versus EU (99.4%), Japan (95.3%), Korea (77.7%), China (67.1%) and Korea was ranked fourth. The technology gap between the world's leading nation (US) and Korea is 4.1 years behind EU (3.9 years) and Japan(3.1 years), but 2.1 years earlier than China. For our nation, key green technologies with high technology level are 'improved light water reactor (90.1%)', 'silicon-based solar cell (85.0%)', 'high-efficiency low-emission car (84.5%)' in order. Depending on the investment type of key green technologies, technology level is represented as short-term (85.0%), mid-term (77.3%) and long-term (71.1%) in order, indicating that lower technology level requires mid- to long-term investment and that the investment type is set appropriate.

Key Words : Technology level, Technology gap, Key green technology, Delphi method

---

## I. 서 론

우리나라 정부는 2008년 8월 건국 60주년을 맞아 ‘저탄소 녹색성장’을 새로운 국가발전 패러다임으로 제시하였으며 다양한 녹색성장 전략을 수립·추진하여 왔다. 2009년 1월 국가과학기술위원회는 ‘녹색기술 연구개발 종합대책’을 통해 녹색성장 전략의 핵심으로 27대 중점 녹색기술을 도출하였으며, 국가적 정책 목표에 따라 중점 녹색기술을 중심으로 녹색기술에 대한 R&D 투자를 크게 확대해 왔다. 이는 녹색성장의 중심으로 녹색기술에 대한 선제적인 투자를 통해 환경 규제에 적극적으로 대응하면서 동시에 경제성장이라는 선순환을 달성하는데 중점을 두고 있다. 녹색기술에 대한 중장기 투자방향, 국가R&D 투자 우선순위 설정 및 추진전략의 체계적인 수립을 위해서는 핵심기술 분야인 중점 녹색기술에 대한 체계적인 조사와 진단이 요구된다.

한정된 재원의 효율적 투자 및 효과적인 기술개발전략 수립을 위해 과학기술 선진국들은 기술수요조사, 기술로드맵, 기술수준평가, 기술예측조사 등 다양한 과학기술 기획 및 조사 기법을 활용하고 있다. 기술기획과정에서 선제적으로 요구되는 기술수준평가는 특정 기술의 현 수준, 선진국과의 기술격차, 기술요인 및 추격을 위한 필요조건 등 한정된 자원의 효율적 배분이라는 목표를 달성하기 위한 중요한 기초정보를 제공해 준다. 우리나라를 포함하여 비교 대상 국가의 과학기술 수준 및 경쟁력에 대한 체계적인 조사 정보를 기반으로 상대국과의 과학기술 수준 격차를 해소하기 위한 연구개발 투자전략 등을 수립하는데 정책적 기초자료로 활용할 수 있다.

본 연구는 우리나라의 중점 녹색기술(27개)의 기술수준 및 기술격차 등을 종합적으로 조사·분석하여 녹색기술 분야에 대한 과학기술정책 수립에 활용하기 위하여 이루어졌다. 2009년 5월 녹색성장위원회에서 수립한 ‘중점 녹색기술 개발 및 상용화 전략’이 2012년 1단계 종료로 되는 시점에서 중점 녹색기술에 대한 연구개발 진척도 및 기술수준 향상에 대한 점검 및 분석이 필요하다. 중점 녹색기술은 과학기술 전 분야에 폭넓게 걸쳐 있으므로 국내·외 기술수준평가 사례에서 적용된 방법론에 대한 종합적인 검토를 통해 세부 전략제품·서비스의 기술수준을 포괄적이고 종합적으로 파악할 수 있는 전문가 의견조사 방법인 델파이(Delphi) 설문조사 기법을 활용하였다.

세부 전략제품·서비스 기술(131개) 단위에서 국가 간 중점 녹색기술수준 조사를 최초로 실시하여 전략제품·서비스 기술별로 차별화된 기술수준 및 기술격차를 조사·분석하였다. 이때 전략제품·서비스 기술 단위에서 우리나라와 세계최고기술 보유국과의 기술격차를 해소하기 위한 정책적 방안 및 기술개발 전략을 조사하였다. 또한 전략제품·서비스 기술의 실현시기 조

사를 통해 기술의 상용화 시점을 파악하고 중점 녹색기술별 투자유형의 적절성을 비교·분석함으로써 중점 녹색기술의 투자유형을 감안한 정책 이행점검 및 차별화된 R&D 투자전략을 수립하는데 활용하고자 한다.

## II. 국내·외 기술수준평가 사례

기술수준평가는 과학기술 및 산업기술 등을 대상으로 국가, 산업, 기업 등 복수의 주체에 대하여 비교·평가하는 연구를 말한다(한민규 외, 2010). 기술수준의 비교대상은 국가, 산업, 기업, 제품이나 공정 등이 있는데, 기술수준의 개념은 다음과 같이 다양하게 정의된다. ‘지식의 축적 정도가 아니라 투자, 생산, 혁신에 있어 기술지식을 효율적으로 사용하는 능력(Solow, 1957)’, ‘산업생산과 관련된 기술지식의 축적 정도(Schmookler, 1966)’, ‘기술이 목적으로 하는 기능을 얼마나 잘 수행하는가를 기능모수와 기술모수로 구분하여 정량적으로 나타낸 것(Martino, 1993)’ 등이 그것이다. 또한 OECD는 기술수준을 ‘기술자원을 생산적으로 사용가능하게 하는 연구개발능력, 시장의 존재, 교육제도, 경쟁환경 등 조직과 제도의 발전 정도’로 정의하였다. 이들을 종합해보면 기술수준평가에서의 기술수준이란 ‘특정 시점에서 특정 기술의 성능을 측정치로 나타내는 것’으로 특정 비교대상 또는 비교시점과 현재를 상대적으로 평가했을 때 의미가 있는 지표라고 정의할 수 있다(한국과학기술기획평가원, 2003).

국외의 사례로서 미국은 Rand Corporation에서 수행한 ‘U.S. Competitiveness in Science and Technology(2008)’를 통해 과학기술 선도국으로서 자국의 위치를 파악하기 위하여 관련 데이터를 국가별로 비교하였다. 일본은 과학기술정책연구소(NISTEP)에서 정기적으로 ‘Science and Technology Indicators’를 발간하면서 과학기술의 다양한 지표와 수준을 조사하여 과학기술지수를 제시하고 있다. 국외의 경우에는 광범위한 기술영역에 걸쳐 세부 기술 단위의 기술수준조사를 실시하지 않으며, 개별 혹은 세부 분야 중심으로 경쟁 상대국과의 기술경쟁력을 측정·비교하는데 초점을 두고 있다(강보영 외, 2011).

국내에서는 한국과학기술기획평가원(KISTEP)과 각 부처의 연구관리 전문기관 등에서 주기적으로 기술수준평가를 수행하고 있다(〈표 1〉). KISTEP에서는 과학기술기본법<sup>1)</sup>에 의거하여 국가 중요 핵심기술의 기술수준을 평가하고 기술수준 향상을 위한 과학기술정책 수립의 기초 자료를 산출하기 위해 2003년부터 기술수준평가를 실시하여 왔다. 과학기술 전 분야에 대한

1) 제14조2항. “정부는 과학기술의 발전을 촉진하기 위하여 국가적으로 중요한 핵심기술에 대한 기술수준을 평가(이하 “기술수준평가”라 한다)하고 해당 기술수준의 향상을 위한 시책을 세워 추진하여야 한다.”

기술을 평가해야 하는 KISTEP 기술수준평가의 특성상 대부분의 수준평가는 전문가를 대상으로 한 설문조사를 통해 이루어지고 있다. 논문·특허 분석이나 기술동향조사가 병행되고 있으나 이들은 설문조사의 객관성을 높이기 위한 방편으로 주로 활용되고 있다. 2008년에는 이명박정부의 과학기술기본계획에 포함된 90개 중점과학기술 및 364개 세부기술에 대한 기술수준을 평가하였으며, 기존의 정성적인 전문가 델파이 조사의 한계를 극복하기 위해 기술성장모형(Technology Growth Model)<sup>2)</sup>에 기반을 둔 모델을 적용한 동태적 기술수준평가를 실시하였다(변순천 외, 2008). 2010년에는 2008년과 동일한 기술에 대해 기술수준평가를 수행하여 기술수준의 시계열 변화를 조사하였다. 한국산업기술평가관리원에서는 2002, 2006, 2010년 산업기술에 대한 기술수준조사를 실시하였다. 2006년에는 정성적인 기술수준조사 이외에 산업

〈표 1〉 국내 기술수준평가 주요 사례 조사

수행기관(연도)	대상기술	조사방법	분석방법
한국과학기술기획평가원 (2008년)	중점과학기술 (90개 핵심기술)	전문가 델파이 조사	기술성장모형을 적용한 동태적 기술수준평가 실시
한국과학기술기획평가원 (2010년)	중점과학기술 (95개 핵심기술)	전문가 델파이 조사 특허·논문 조사	2008년과 동일한 기술에 대해 기술수준평가를 수행하여 기술수준의 시계열 변화 조사
한국산업기술평가관리원 (2006년)	전 산업기술분야 (874개 핵심기술)	전문가 델파이 조사	산업기술수준종합지수를 개발하여 정량적인 기술수준 측정 방법론 제시, 최고 대비 상대 비교
한국산업기술평가관리원 (2010년)	산업기술분야 (10대 산업기술)	전문가 델파이 조사	최고 대비 상대 비교
한국산업기술평가관리원 (2010년)	14대 IT 기술분야 (327개 핵심기술)	전문가 델파이 조사	IT 산업을 대상으로 민간기업의 전주기적인 기술혁신역량을 측정할 기술혁신역량지수 제시, 최고 대비 상대 비교
정보통신산업진흥원 (2008년)	5대 IT기술분야 (203개 세부기술)	전문가 델파이 조사	최고 대비 상대 비교
산업연구원 (2007년)	11개 주요 업종	기업 델파이 조사	최고 대비 상대 비교
보건산업진흥원 (2011년)	보건산업 관련 (149개 핵심기술)	전문가 델파이 조사 특허·논문 조사	기술성장모형을 적용한 동태적 기술수준평가 실시
기상청 (2006년)	기상기술분야 (44개 소분류)	전문가 델파이 조사	기상기술력지표 작성
국방기술품질원 (2008년)	국방기술분야 (3,899개 핵심기술)	전문가 델파이 조사	최고 대비 상대 비교
국방기술품질원 (2012년)	8대 국방기술분야 (24대 중분류)	전문가 델파이 조사	최고 대비 상대 비교

2) 도입기-성장기-확장기-성숙기-쇠퇴기를 거치는 기술수명주기에 따른 기술발전 모형

기술수준종합지수를 개발하여 정량적인 기술수준을 측정할 수 있는 방법론을 제시하였고, 2010년에는 IT 산업을 대상으로 민간기업의 전주기적인 기술혁신역량을 측정한 기술혁신역량 지수를 제시한 바 있다. 이외는 별도로 IT 분야에 대한 기술수준조사를 정보통신산업진흥원에서 2006년부터 실시하고 있다. 이외에도 산업연구원, 보건산업진흥원, 기상청, 국방기술품질원 등에서 관련 기술 분야에 대한 기술수준평가를 실시한 바 있다.

국내의 경우 전문가를 대상으로 한 정성적인 방법을 중심으로 국가, 산업 등의 기술수준평가가 활발히 진행되고 있다. 이들은 구체적으로 기술수준 및 기술격차, 기술개발단계, 기술격차 해소 방안 등의 항목을 전문가 델파이 또는 FGI(Focused Group Interview)를 통해 조사하고 있다. 델파이 조사 기법은 특정 영역의 이슈를 다루는데 전문가들의 종합적인 추론이 비 전문가들에 비해 정확성이 높을 것이라는 전제하에 전문가들의 집단 의견을 종합화·객관화하기 위해 개발된 조사 기법이다(김병수 외, 2010). 이는 평가대상 기술과 조사항목을 정한 후 특정 전문가 집단에 대하여 반복적인 설문조사를 수행함으로써 전문가 집단의 의견을 수렴·도출하는 방법이다. 대부분의 국내 사례들이 기술수준을 정량적으로 표현하기 위해 델파이를 비롯한 설문조사 기반의 조사방법을 사용하였는데, 이때 조사시점(또는 미래시점)에서 해당 기술의 최고기술수준 또는 최고기술보유국을 기준으로 평가대상의 기술수준을 질문한다. 전문가 델파이 조사에 의한 정성적인 조사는 연구방법론의 한계뿐만 아니라 세계최고기술의 정의, 비교 시점의 불명확, 조사항목에 대한 전문가의 이해정도 및 전문성 차이 등으로 조사결과에 대한 객관성·신뢰성에 한계가 존재한다(서규원, 2011).

그간에 실시된 다수의 국내 기술수준평가는 세계최고기술 보유국의 기술수준을 100%라고 전제하고 비교대상국의 기술수준(%)과 세계최고기술과의 기술격차(년)을 조사하였다. 이러한 정태적 기술수준평가는 세계최고기술 보유국 대비 비교대상국의 상대적인 기술수준을 평가한다. 이로 인해 기술수준의 발전추세와 시계열적인 기술수준 비교가 불가능하고, 최고기술보유국과 비교대상국의 실질적인 기술수준의 분석이 어려워 기술의 추격 및 확보를 위한 기술개발 전략 수립이 어렵다. 따라서 정태적 평가방법은 선진국 수준에 대한 상대적인 평가 개념을 토대로 하고 있고, 기술과 산업의 구분에 대한 모호성, 동태적 개념을 보유한 기술격차에 대한 정태적 관점에서의 결론 도출 등으로 실효성과 구체성에서 보완과 개선이 필요하다(최문정, 2005; 박병무, 2007). 이와 달리 동태적 평가방법에서는 기술성장모형을 도입하여 궁극기술수준<sup>3)</sup> 대비 각국의 기술수준에 대한 절대평가를 실시하였다. 다만 동태적 기술수준평가에서도 해당기술의 궁극기술수준에 대한 전문가의 이해 차이에 따라 기술수준의 평가결과가 달라질 수 있기 때문에, 해당 기술의 궁극기술수준을 구체적으로 명시하여야 비교대상국 간의 절대적

3) 해당 기술의 수준이 최고 정점에 도달한 상태 또는 해당 기술의 이론적 상한치

인 기술수준의 비교가 가능해진다.

27개 중점 녹색기술 분야는 과학기술 전 분야에 걸쳐 있고 해당 기술의 수준을 측정할 때 전문가의 정성적 판단에 의존하기 때문에 우선 조사대상 기술의 수준 측정이 가능한 정도의 세분화가 필요하다. 이에 따라 주요국 간의 기술수준 및 기술격차를 조사·비교하기 위해 중점 녹색기술의 상용화 시점에 도출되는 세부 전략제품·서비스 기술(131개)을 조사대상으로 선정하였다. 또한 정태적 평가방법의 특징인 최고선진국 수준에 대한 상대적인 평가방식을 개선하기 위해 세계최고기술 수준으로 각 전략제품·서비스 기술에 대한 성능지표와 최고 성능수준을 조사하여 활용하였다. 전문가 델파이 조사 시 중점 녹색기술 및 세부 전략제품·서비스 기술에 대한 정의와 범위를 명확히 제시하고, 전략제품·서비스 기술별로 세계최고기술 수준을 나타내는 최고 성능수준을 구체적인 수치로 제시하였다. 기술별 최고 성능수준이라는 동일한 기준 하에서 해당 기술 전문가들이 세계최고기술 보유국 대비 각국의 상대적인 기술수준을 평가하여 델파이 조사결과의 객관성 및 신뢰성을 높이고자 하였다. 또한 동태적 관점에서 기술격차의 변화를 파악하기 위해 현재 및 미래 시점에서 기술격차년수<sup>4)</sup>를 질문하였다. 무엇보다도 전문가 설문 조사를 통해 전략제품·서비스 기술 단위에서 세계최고기술 수준 대비 기술격차의 원인 및 최고기술 수준에 도달하기 위한 기술개발 전략을 파악하고 기술격차 해소 방안을 제시하고자 하였다.

### III. 기술수준조사 방법

전문가 델파이 설문조사 시 각 중점 녹색기술의 기술적 범위가 상당히 광범위하여 각 중점 녹색기술에 대한 신뢰할 수 있는 기술수준조사 결과를 얻기 위해 조사대상 기술의 수준 측정 기준 단위를 세분화하였다. “중점녹색기술개발과 상용화전략(’09.5. 녹색성장위원회)” 수립 이후 대내외 환경변화를 감안하여 전문가위원회의 자문을 통해 기술수준조사 대상으로 27대 중점 녹색기술 내 총 131개의 전략제품·서비스 기술을 도출하였다(〈표 2〉).

본 기술수준조사에 참여한 주체별 역할은 〈표 3〉에 제시하였다. 전문가위원회는 131개 전략제품·서비스 기술의 정의 및 범위에 대한 구체적인 설명을 작성하였으며, 정량적인 기술수준조사를 위한 전략제품·서비스 기술별 성능지표 및 최고 성능수준을 수치화하여 제시하였다. 설문 조사대상 전문가 그룹에는 해당 녹색기술 분야의 대표적인 연구자들로서 국가과학기술 지식정보서비스(NTIS)의 녹색기술 과제 수행 연구책임자, 녹색기술정보포털(GTNET)의 관련

4) 해당 시점에서 해당 국가의 기술수준이 세계최고 수준에 도달하는데 소요되는 시간(년)

〈표 2〉 기술수준조사 대상 중점 녹색기술별 전략제품·서비스 기술

구분	전략제품·서비스 기술	
예측 기술	<b>1. 기후변화 예측 및 모델링 기술</b> 1-1. 온실가스 관측 기술 1-2. 탄소추적 시스템 기술 1-3. 지구시스템 모델링 기술 1-4. 기후변화 시나리오 산출 기술 1-5. 기후변화 탐지 및 원인 분석 기술	<b>2. 기후변화 영향평가 및 적응기술</b> 2-1. 부문별 기후변화 감시 및 영향평가 기술 2-2. 기후변화 통합 영향평가 및 예측모델 기술 2-3. 지역/부문 종합 적응 전략 기술 2-4. 극한 기후 위험평가 기술 2-5. 자연재해 조기경보시스템 구축 기술
에너지 지원 기술	<b>3. 실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술</b> 3-1. 고품질 태양전지 및 모듈 3-2. 고효율 태양전지 및 모듈 3-3. 초박형 태양전지 및 모듈 3-4. 5세대급 a-Si 태양전지 및 모듈 3-5. 8세대급 a-Si 태양전지 및 모듈  <b>5. 바이오에너지 생산요소 기술 및 시스템기술</b> 5-1. 바이오매스 5-2. 바이오에탄올 5-3. 바이오부탄올 5-4. 바이오 탄화수소 5-5. 바이오디젤 5-6. 바이오가스  <b>7. 친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵연료주기 시스템기술</b> 7-1. 실증로(TRU 연소 목적) 7-2. TRU 금속연료 7-3. 파이로건설처리 실용화시설	<b>4. 비실리콘계 태양전지 양산 및 핵심원천기술</b> 4-1. 유리기관 CIGS 태양전지 4-2. Flexible CIGS 태양전지 4-3. 비진공 CIGS 태양전지 4-4. BIPV용 염료감응 태양전지 4-5. 유기 태양전지 모듈  <b>6. 개방형 경수로 설계 및 건설기술</b> 6-1. APR 1400 6-2. APR 1000 6-3. APR+ 6-4. EU-APR 1400 6-5. 고성능 핵연료  <b>8. 핵융합로 설계 및 건설기술</b> 8-1. KSTAR 장치 8-2. ITER 장치 8-3. 핵융합 실증플랜트
고효 율화 기술	<b>9. 고효율 수소제조 및 수소저장기술</b> 9-1. 고효율 물전기분해 9-2. 광화학적 물분해 9-3. 생물학적 수소 제조 9-4. 고압수소저장 9-5. 고압/고체 하이브리드 수소저장	<b>10. 차세대 고효율 연료전지시스템기술</b> 10-1. 발전용 연료전지 10-2. 선박용 연료전지 10-3. 건물용 연료전지 10-4. 이동형 연료전지 10-5. 휴대용 연료전지
고효 율화 기술	<b>11. 친환경 식물성장 촉진기술</b> 11-1. 분자표지를 이용한 환경저항성 식물 품종 개발 11-2. 녹비작물 품종개발 및 활용기술 개발 11-3. 미생물 활용 친환경 작물 보호제 기술 11-4. 친환경 식물공장 개발 기술  <b>13. 고효율 저공해 차량기술</b> 13-1. 클린디젤자동차 13-2. 하이브리드자동차 13-3. 신재생저탄소연료자동차 13-4. 연료전지자동차 13-5. 전기자동차	<b>12. 석탄가스화 복합발전 기술</b> 12-1. 석탄 전처리 및 가스화 기술 12-2. 가스화/정제 핵심설비 및 기자재 기술 12-3. 300 MW급 IGCC 플랜트 기술 12-4. Hybrid IGCC 플랜트 기술 12-5. IGCC 플랜트 설계표준화 기술
고효 율화 기술	<b>13. 고효율 저공해 차량기술</b> 13-1. 클린디젤자동차 13-2. 하이브리드자동차 13-3. 신재생저탄소연료자동차 13-4. 연료전지자동차 13-5. 전기자동차	<b>14. 지능형 교통, 물류기술</b> 14-1. u-Transportation 기반기술 14-2. 저탄소 첨단교통관리 14-3. 첨단자전거 교통시스템 14-4. AGV 시스템/무인이송 컨베이어시스템 14-5. sliding 방식 컨테이너 환적시스템



〈표 2〉 기술수준조사 대상 중점 녹색기술별 전략제품·서비스 기술 (계속)

구분	전략제품·서비스 기술	
고효율화 기술	<b>15. 생태공간 조성 및 도시 재생기술</b> 15-1. U·IT 기반 3D 환경생태 계획 및 서비스 시스템 15-2. 생태기능유지 녹색공간 15-3. 도시용수 통합 관리 및 물순환 건전화 기술 15-4. 자원·순환형 도시폐기물 통합관리 기술 15-5. 도시형 생태 단지	<b>16. 친환경 저에너지 건축기술</b> 16-1. 자연형(passive) 에너지절약 건축기술 16-2. 신재생에너지 건물융합시스템 16-3. 친환경 저에너지 건축 신소재 및 생산시스템 16-4. 건축기술과 에너지기술의 모둠화, 융복합패키지화 기술 16-5. 친환경 저에너지건물 보급 촉진 및 구현기술
	<b>17. Green Process 기술</b> 17-1. 친환경 제품 설계 17-2. 청정생산공정 17-3. 자원재순환(3R) 17-4. 친환경적 소재 생산 17-5. 공정시스템 및 플랜트 기술	<b>18. 조명용 LED·그린 IT기술</b> 18-1. 그린 스토리지 18-2. 그린 서버 18-3. 모바일 네트워크 18-4. 고효율 에너지 자가 수집 센서 시스템 18-5. 고휘도/고효율 LED 광원 18-6. 스마트 감성조명
	<b>19. 전력IT 및 전기기기 효율성향상기술</b> 19-1. AMI 19-2. 스마트 전력망 19-3. 대용량 전력전송 기기 19-4. 초전도 전력 기기 19-5. 지능형 전력망 감시/운영/제어 시스템	<b>20. 고효율 2차전지기술</b> 20-1. 모바일용 리튬이차전지 20-2. 그란카용 리튬이차전지 20-3. 가정용/Smart-grid용 리튬이차전지 20-4. HEV/EV용 슈퍼커패시터 20-5. Smart-grid용 슈퍼커패시터 20-6. MWh급 RFB 개발 20-7. MWh급 NaS 전지시스템
사후처리 기술	<b>21. CO<sub>2</sub> 포집, 저장, 처리기술</b> 21-1. 연소후 CO <sub>2</sub> 포집 플랜트 21-2. 순산소연소 발전 플랜트 21-3. 석탄가스화 CO <sub>2</sub> 분리 플랜트 21-4. CO <sub>2</sub> 저장 플랜트 21-5. CO <sub>2</sub> 활용 유용물질 제조 기술	<b>22. Non-CO<sub>2</sub> 처리기술</b> 22-1. 메탄 저감 이용 장치 22-2. N <sub>2</sub> O 저감 장치 22-3. 불화가스 저감 장치 22-4. 모니터링 관리 시스템
	<b>23. 수계 수질평가 및 관리기술</b> 23-1. 유역-지표수-지하수 모델링 분석기술 23-2. 오염원 실시간 감시 및 모니터링 기술 23-3. 수계오염원 유입 억제 및 처리기술 23-4. 수계 수질관리 기술	<b>24. 대체수자원 확보기술</b> 24-1. 하수재이용기술 24-2. 해수담수화기술 24-3. 우수활용기술 24-4. 누수방지 저감기술 24-5. 간접 취수 응용기술
	<b>25. 폐기물 저감, 재활용, 에너지화기술</b> 25-1. 고효율연료 연소발전 설비 시스템 25-2. 유기성폐기물 바이오가스화 발전 설비 25-3. 고효율폐기물 탄소소재/가스화 수소제조 설비 25-4. 폐스크랩 재활용 유용금속 회수 설비 25-5. 권역별 환경에너지 종합타운 인프라 시스템	<b>26. 유해성물질 모니터링 및 환경정화기술</b> 26-1. 환경매체 유해물질 자동 채취 및 모니터링기술 26-2. 유해물질 분석기기 26-3. 유해물질의 다매체 이동, 중장거리 이동평가 및 모델링 26-4. 유해물질 독성 평가기술
<b>27. 가상현실기술</b> 27-1. 모바일 혼합현실 기반 체험투어 서비스 27-2. VR+AR 기반 실감형 테마파크 27-3. 햅틱 기반 시뮬레이션 플랫폼 27-4. 산업지원형 지능형 가상현실 시뮬레이터 27-5. 교육/훈련용 가상현실 시뮬레이터		

전문가 및 연구관리전문기관의 녹색기술 전문가 등 해당 기술분야별 산·학·연 전문가 8,700명을 포함하였다.

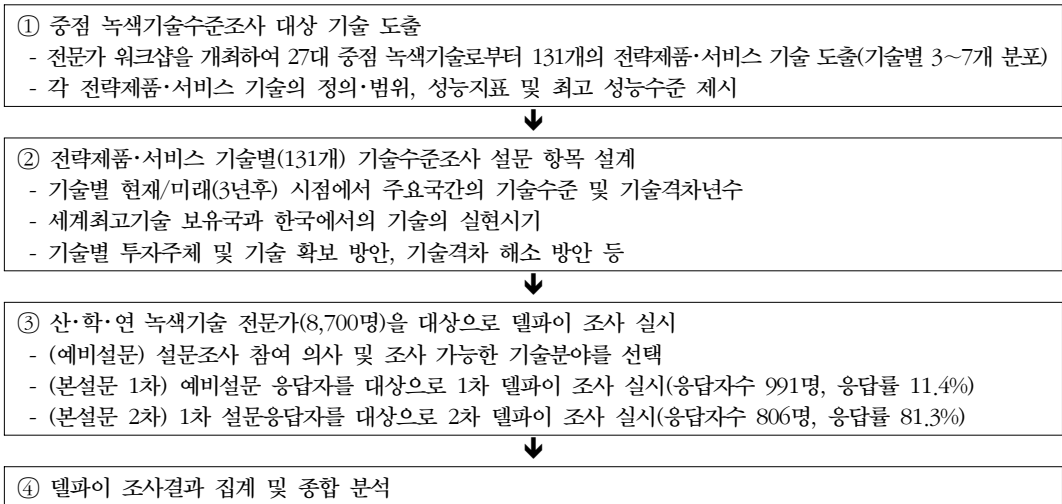
〈표 3〉 중점 녹색기술수준조사를 위한 주체별 역할분담

주체	구성	역할 내용
전문가위원회	중점 녹색기술별 산학연 전문가(54명)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 중점녹색기술별 전략제품·서비스 기술 선정</li> <li>■ 전략제품·서비스 기술의 정의 및 범위 설정</li> <li>■ 기술분야별 전문가 델파이 조사 참여</li> </ul>
실무위원회	기술수준조사 전문가	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술수준 조사·분석항목 설정 지원</li> <li>■ 델파이 설문 설계 검토</li> <li>■ 기술수준조사 추진절차 및 방법 수립 지원</li> </ul>
산학연 전문가 그룹	녹색기술 관련 산·학·연 전문가 그룹(8,700명)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 전략제품·서비스 기술별 전문가 델파이 조사 참여</li> </ul>
한국과학기술기획평가원 (KISTEP)	연구진	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술수준조사 추진계획 수립</li> <li>■ 델파이 설문 설계</li> <li>■ 전문가 델파이 조사 실시</li> <li>■ 기술수준조사 결과 집계 및 종합 분석</li> </ul>

기술수준조사 추진절차는 그림 1에 제시하였다. 설문 조사의 경우 본 설문에서의 응답률을 제고하고, 기술분야별 응답가능인원 수를 사전에 파악하고자 예비설문 조사를 통해 설문조사 참여 의사 및 조사 가능한 기술분야를 선택하도록 하였다. 중점 녹색기술 및 세부 전략제품·서비스 기술에 대한 기술의 정의 및 범위를 참고하여 전문가별로 조사 가능한 전략제품·서비스 기술을 선택하도록 하였다.

27대 중점 녹색기술 내 131개 전략제품·서비스 기술에 대한 기술수준조사는 전문가 의견을 조사하기 위해 온라인상에서 2단계 델파이 설문조사를 실시하였다. 2차에 걸친 델파이 조사 결과, 전문가별 전략제품·서비스 기술로는 평균 2.2건, 기술별로는 평균 13.7건의 응답 수를 보였다.

131개의 전략제품·서비스 기술에 대한 설문항목으로 현재(2011년) 및 3년 후(2014년) 기술수준 및 기술격차년수, 기술의 실현시기, 기술 확보 방안, 기술격차 해소 방안에 대해 조사하였다(〈표 4〉). 전략제품·서비스 기술을 대상으로 현재(2011년) 및 미래(2014년) 시점에서 각국의 기술수준과 기술격차년수를 동시에 조사하여 세계최고기술 보유국과의 상대적 기술의 변화 혹은 발전 추이를 살펴보았다. 전략제품·서비스 기술의 실현시기 조사를 통해 기술의 상용화 시점을 예측하였다. 우리나라의 중점 녹색기술의 기술수준 향상을 통한 세계최고기술 보유국과의 기술격차를 해소하기 위해 적합한 투자주체 및 기술 확보 방안, 기술격차 해소 방안 에 대한 전문가 의견을 조사하였다<sup>5)</sup>.



(그림 1) 중점 녹색기술수준 조사 추진절차

〈표 4〉 기술수준 조사항목

조사항목	설명	
기술수준	- 현재(2011년) 및 3년 후(2014년) 시점에서 세계 최고 기술수준 대비 주요국(한국, 미국, 일본, 중국, EU)의 상대적 기술수준 조사	
	구분	설명
	100%	세계 최고 기술 수준 보유
	90~99%	최고 기술보유국과 동등한 기술수준 보유
	80~89%	최고 기술보유국에 근접한 기술수준 보유
	70~79%	최고 기술보유국보다 다소 뒤처진 기술수준 보유
	60~69%	최고 기술보유국보다 낮은 기술수준 보유
59% 이하	최고 기술보유국보다 현저히 낮은 기술수준 보유	
	※ 세계최고기술보유국의 기술수준을 100으로 환산하여 각국의 기술수준 비교·분석	
기술격차년수	- 현재(2011년) 및 3년 후(2014년)의 기술력을 고려할 때 해당 시점에서 해당 국가의 기술수준이 세계최고기술보유국의 기술수준에 도달하는데 소요되는 시간(단위 : 년)을 조사 ※ 세계최고기술보유국의 기술격차년수를 0으로 환산하여 최고기술수준 대비 각국의 기술격차년수(년)을 비교·분석	
기술의 실현시기	- 세계최고기술 보유국과 한국에서의 해당 전략제품·서비스 기술의 실현시기를 구분하여 조사	
기술 확보 방안	- 해당 전략제품·서비스 기술 확보를 위한 적합한 투자주체 및 기술 확보 방안 조사	
기술격차 해소 방안	- 인력양성 강화, 연구기반(시설·정보) 확충, 제도·정책 지원, 산학연 협력 활성화, 국제 협력 활성화, 기초분야 연구지원, 개발된 기술의 사업화·활성화 지원, R&D투자 재원 확대, 기타(직접 기입) 중에서 우선순위를 부여하여 2순위까지 선택	

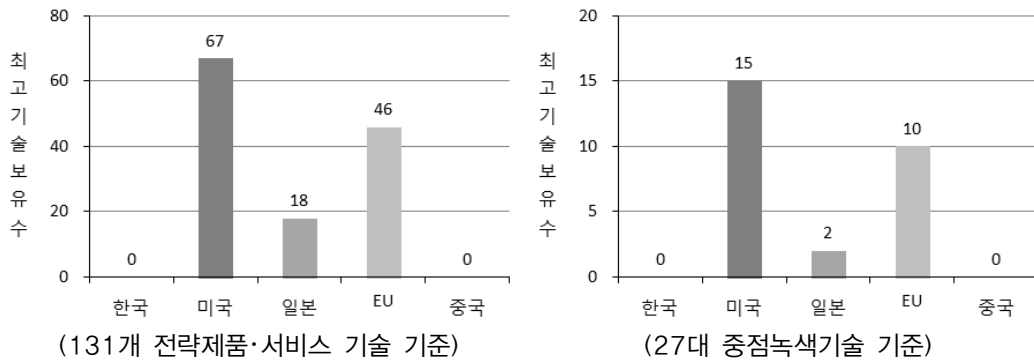
5) 이외에도 해당 기술의 연구개발단계, 기술준비수준, 기술수명주기 등 기술발전단계에 대한 조사를 실시하였으나, 본고 논의에서는 제외하기로 한다.

## IV. 기술수준조사 주요결과

### 1. 총괄

선행 연구에서는 관련분야 최고기술전문가로 구성된 FGI를 통해 27대 중점 녹색기술을 대상으로 세계최고 선진국 대비 한국의 기술수준을 조사하였으나, 본 연구는 대규모 녹색기술 전문가 집단을 활용한 델파이 조사 방식을 활용하여 중점 녹색기술별 세분화된 전략제품·서비스 기술(131개)을 대상으로 기술수준을 조사하였다. 전문가 델파이 조사·분석 결과(그림 2), 조사대상 국가별 최고기술 보유 현황을 살펴보면, 미국이 절반 이상인 67개(51.1%)에서 세계최고 기술을 보유하고, 그 다음으로 EU 46개(35.1%), 일본 18개(13.7%) 순으로 조사되었다. 한편, 한국과 중국은 보유한 최고기술이 없는 것으로 조사되었다.

27대 중점 녹색기술에 대해 주요 5개국의 최고기술 보유 현황을 분석한 결과(〈표 5〉)<sup>6)</sup>, 미국은 15개(55.6%)에서 세계최고 기술을 보유한 것으로 분석되었다. 다음으로 EU 10개(37.0%), 일본 2개(7.4%) 순이었고, 한국과 중국은 없는 것으로 나타났다.



(그림 2) 최고기술보유국 현황

27대 중점녹색기술 전체에 대한 국가별 기술수준을 분석한 결과(〈표 6〉), 2011년 현재 세계최고기술 보유국(미국) 대비 한국의 기술수준은 77.7%로 4위를 차지하였다. 세계최고기술 보유국(미국) 대비 EU(99.4%), 일본(95.3%)의 기술수준은 주요 5개국의 기술수준 평균(87.9%) 보다 높은 반면, 한국(77.7%) 및 중국(67.1%)의 기술수준은 전체평균 수준보다 낮은

6) 중점녹색기술 내 전략제품·서비스 기술(3~7개)의 기술수준 평균값을 산출한 후, 기술수준이 가장 높은 국가의 기술수준 평균값을 100%로 환산하고 이를 기준으로 각국의 기술수준 평균값을 환산

〈표 5〉 최고기술보유국 현황

중점녹색 기술번호	중점 녹색기술 기준(27개)					전략제품·서비스 기술 기준(131개)				
	한국	미국	일본	EU	중국	한국	미국	일본	EU	중국
1		///					4		1	
2		///					5			
3				///			2	2	1	
4				///			3		2	
5		///					5		1	
6		///					4		1	
7		///					2		1	
8				///					3	
9		///					5			
10		///					1	3	1	
11		///					3		1	
12		///					4		1	
13			///				1	2	2	
14				///			1		4	
15				///					5	
16				///					5	
17				///					5	
18		///					4	1	1	
19		///					4		1	
20			///					7		
21		///					4		1	
22				///				2	2	
23		///					4			
24				///			2		3	
25				///				1	4	
26		///					4			
27		///					5			
합계	-	15	2	10	-	-	67	18	46	-

※ /// : 최고기술보유국, □ : 국가별 최고기술을 보유한 전략제품·서비스 기술 수

것으로 조사되었다. 국가별 기술격차년수를 비교해 보면, 2011년 현재 한국의 세계최고기술 보유국(미국)과의 기술격차년수는 4.1년으로 주요 5개국 중 4위를 차지하였다. 한국과 주요국과의 기술격차년수를 보면, 미국(4.1년), EU(3.9년), 일본(3.1년)에는 뒤져 있는 반면, 중국에

는 2.1년 앞선 것으로 조사되었다.

2011년 대비 3년 후(2014년) 시점에서 국가별 기술수준과 기술격차년수의 변화를 살펴보면, 세계최고기술 보유국(미국) 대비 한국의 상대적 기술수준은 8.6%p 향상되고 기술격차년수는 1.4년 단축될 것으로 전망되었다. 국가별 기술수준 및 기술격차년수 순위 변화는 없으나, 국가 간 기술수준과 기술격차년수 차이는 전반적으로 줄어들 것으로 조사되었다. 특히 한국과 중국이 앞으로 세계최고기술 보유국을 빠른 속도로 추격해 기술격차를 줄여나갈 것으로 조사되었다.

〈표 6〉 세계최고기술 보유국(미국) 대비 각국의 기술수준 및 기술격차년수

	현재(2011년)		3년 후(2014년)	
	기술수준(%)	기술격차년수(년)	기술수준(%)	기술격차년수(년)
미국	100.0	0.0	100.0	0.0
EU	99.4	0.2	99.4	0.2
일본	95.3	1.0	97.1	0.7
한국	77.7	4.1	86.3	2.7
중국	67.1	6.2	78.4	4.2

## 2. 중점 녹색기술별 기술수준 및 기술격차년수

세계최고기술 보유국 대비 한국의 중점 녹색기술별 기술수준 및 기술격차는 63.5~90.1% (평균 77.7%)에 분포하는 것으로 조사되었다. 〈표 7〉에서 보는 바와 같이 한국의 경우 기술수준이 가장 높은 중점 녹색기술 분야는 ‘⑥개량형 경수로 설계 및 건설기술(90.1%)’이고, 이어서 ‘③실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술(85.0%)’, ‘⑬고효율 저공해 차량기술(84.5%)’, ‘⑩차세대 고효율 연료전지시스템기술(82.1%)’ 순으로 조사되었다. 반면, 기술수준이 가장 낮은 기술은 ‘⑫석탄가스화 복합발전기술(63.5%)’이고, 이어서 ‘①기후변화 예측 및 모델링 개발 기술(65.6%)’, ‘⑯유해성물질 모니터링 및 환경정화기술(66.5%)’, ‘⑮친환경 저에너지 건축기술(67.5%)’인 것으로 조사되었다.

〈표 8〉에서 보는 바와 같이 한국의 중점 녹색기술별 기술격차년수는 2.1~8.8년에 분포하며, 평균 4.1년인 것으로 조사되었다. 한국의 경우 최고기술 보유국 대비 기술격차년수가 가장 작은 중점 녹색기술 분야는 ‘③실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술(2.1년)’이고, 이어서 ‘⑱조명용 LED·그린IT기술(2.5년)’, ‘⑬고효율 저공해 차량기술(2.6년)’, ‘⑩차세대 고효율 연료전지시스템기술(2.9년)’ 순으로 나타났다. 반면에 최고기술 보유국 대비 기술격차년수가 가

장 큰 기술은 '⑦친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵연료주기 시스템기술(8.8년)'이고, 이어서 '⑫석탄가스화 복합발전기술(8.3년)', '②기후변화 영향평가 및 적응기술(7.5년)', '①기후변화 예측 및 모델링 개발기술(7.4년)' 순으로 조사되었다.

〈표 7〉 주요 5개국의 중점 녹색기술별 기술수준 및 변화 전망

중점 녹색 기술 번호	기술수준(%)														
	한국			미국			일본			EU			중국		
	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A
1	65.6	76.2	10.6	100.0	100.0	-	86.5	92.4	5.9	93.3	94.8	1.5	62.2	73.5	11.3
2	69.0	78.3	9.3	100.0	100.0	-	88.5	92.4	3.9	94.1	95.5	1.4	59.5	70.4	10.9
3	85.0	93.5	8.5	99.1	100.0	0.9	97.2	99.4	2.2	100.0	99.9	△0.1	80.3	90.5	10.2
4	78.2	88.5	10.3	99.6	99.9	0.3	94.4	97.6	3.2	100.0	100.0	-	68.2	81.8	13.6
5	72.5	82.7	10.2	100.0	100.0	-	81.5	90.0	8.5	91.2	95.6	4.4	65.7	78.2	12.5
6	90.1	95.7	5.6	100.0	100.0	-	94.4	95.1	0.7	99.6	99.8	0.2	70.8	80.3	9.5
7	71.9	76.1	4.2	100.0	100.0	-	91.9	90.8	△1.1	90.7	92.4	1.7	57.2	62.7	5.5
8	68.7	79.0	10.3	95.1	96.8	1.7	96.3	97.8	1.5	100.0	100.0	-	67.9	82.6	14.7
9	71.0	79.1	8.1	100.0	100.0	-	88.2	91.9	3.7	88.2	92.0	3.8	62.7	74.3	11.6
10	82.1	90.3	8.2	100.0	100.0	-	98.2	99.0	0.8	94.3	95.5	1.2	65.3	77.0	11.7
11	73.6	82.8	9.2	100.0	100.0	-	90.9	94.6	3.7	97.5	99.8	2.3	63.9	77.3	13.4
12	63.5	77.2	13.7	100.0	100.0	-	89.4	92.8	3.4	98.5	98.6	0.1	68.0	77.8	9.8
13	84.5	92.5	8.0	93.2	97.2	4.0	100.0	99.6	△0.4	99.0	100.0	1.0	66.8	79.5	12.7
14	71.4	84.7	13.3	89.8	94.4	4.6	89.6	95.2	5.6	100.0	100.0	-	60.4	74.5	14.1
15	69.0	80.2	11.2	88.0	92.2	4.2	88.8	94.2	5.4	100.0	100.0	-	52.7	66.7	14.0
16	67.5	80.9	13.4	84.7	90.7	6.0	87.7	93.6	5.9	100.0	100.0	-	58.0	72.9	14.9
17	69.7	81.4	11.7	86.3	92.5	6.2	90.3	94.1	3.8	100.0	100.0	-	58.0	73.0	15.0
18	79.9	90.3	10.4	100.0	100.0	-	91.9	96.7	4.8	94.8	97.5	2.7	74.4	85.2	10.8
19	81.7	90.2	8.5	100.0	100.0	-	93.2	96.6	3.4	94.6	97.1	2.5	70.5	80.4	9.9
20	80.2	90.1	9.9	84.7	90.5	5.8	100.0	100.0	-	80.5	87.4	6.9	73.4	83.5	10.1
21	73.6	82.8	9.2	100.0	100.0	-	90.8	93.1	2.3	97.3	98.6	1.3	64.9	76.8	11.9
22	77.7	90.7	13.0	93.0	95.9	2.9	98.3	98.9	0.6	100.0	100.0	-	66.7	84.3	17.6
23	75.2	82.3	7.1	100.0	100.0	-	91.7	93.9	2.2	92.6	96.0	3.4	61.1	71.8	10.7
24	76.7	87.8	11.1	97.2	99.1	1.9	91.7	95.1	3.4	100.0	100.0	-	59.3	74.5	15.2
25	77.1	87.6	10.5	87.7	92.2	4.5	95.4	97.5	2.1	100.0	100.0	-	64.7	77.3	12.6
26	66.5	74.4	7.9	100.0	100.0	-	85.6	91.9	6.3	89.8	94.0	4.2	56.5	71.2	14.7
27	77.1	85.0	7.9	100.0	100.0	-	84.7	90.3	5.6	86.2	90.5	4.3	64.0	74.2	10.2

※ 중점 녹색기술별 세계최고기술보유국의 기술수준을 100.0%로 하고, 각 국가의 상대적인 기술수준을 계산

두 시점의 기술수준 및 기술격차년수를 상대적으로 비교하게 되면, 기술수준의 격차 범위, 격차년수, 순위 등에 대한 변화를 통해 해당 기술의 발전 상황을 살펴볼 수 있다. 2011년 대비 3년 후(2014년) 시점에서 중점 녹색기술별 세계최고기술 보유국 대비 한국의 기술수준 차

〈표 8〉 주요 5개국의 중점 녹색기술별 기술격차년수 변화 전망

중점 녹색 기술 번호	기술격차년수(년)														
	한국			미국			일본			EU			중국		
	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A	'11년 (A)	'14년 (B)	B-A
1	7.4	5.7	△1.7	0.0	0.0	-	2.4	1.5	△0.9	1.5	1.0	△0.5	8.2	5.9	△2.3
2	7.5	5.4	△2.1	0.0	0.0	-	2.8	1.9	△0.9	1.9	1.5	△0.4	10.3	7.5	△2.8
3	2.1	1.1	△1.0	0.0	0.0	-	0.1	0.1	-	0.0	0.1	0.1	2.9	1.6	△1.3
4	3.2	1.7	△1.5	0.0	0.0	-	0.8	0.3	△0.5	0.0	0.0	-	4.9	2.6	△2.3
5	4.5	3.0	△1.5	0.0	0.0	-	2.9	1.8	△1.1	1.5	0.9	△0.6	5.6	3.7	△1.9
6	3.3	1.5	△1.8	0.0	0.0	-	2.2	1.7	△0.5	0.3	0.1	△0.2	7.8	5.3	△2.5
7	8.8	5.9	△2.9	0.0	0.0	-	2.3	2.2	△0.1	2.0	1.0	△1.0	13.4	9.1	△4.3
8	5.8	3.5	△2.3	1.2	0.9	△0.3	1.3	0.8	△0.5	0.0	0.0	-	6.2	3.3	△2.9
9	4.3	3.0	△1.3	0.0	0.0	-	1.6	0.9	△0.7	1.6	1.0	△0.6	5.4	3.5	△1.9
10	2.9	1.7	△1.2	0.0	0.0	-	0.2	0.2	-	1.2	0.8	△0.4	5.7	4.0	△1.7
11	5.4	3.5	△1.9	0.0	0.0	-	2.2	1.3	△0.9	1.2	0.5	△0.7	7.7	4.8	△2.9
12	8.3	5.6	△2.7	0.0	0.0	-	2.8	2.0	△0.8	0.3	0.3	-	7.1	4.8	△2.3
13	2.6	1.5	△1.1	1.0	0.6	△0.4	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	-	5.2	3.3	△1.9
14	4.7	2.7	△2.0	2.1	1.3	△0.8	2.1	1.2	△0.9	0.0	0.0	-	6.7	4.6	△2.1
15	5.6	3.5	△2.1	1.9	1.2	△0.7	2.2	1.2	△1.0	0.0	0.0	-	9.3	6.4	△2.9
16	5.1	3.3	△1.8	2.2	1.2	△1.0	2.0	1.2	△0.8	0.0	0.0	-	7.6	5.3	△2.3
17	5.3	3.4	△1.9	2.5	1.4	△1.1	1.7	1.1	△0.6	0.0	0.0	-	7.5	5.4	△2.1
18	2.5	1.2	△1.3	0.0	0.0	-	0.9	0.5	△0.4	0.7	0.5	△0.2	3.5	2.0	△1.5
19	3.2	1.7	△1.5	0.0	0.0	-	1.4	0.8	△0.6	1.1	0.7	△0.4	5.2	3.3	△1.9
20	3.1	1.4	△1.7	2.5	1.4	△1.1	0.0	0.0	-	3.2	2.0	△1.2	4.3	2.5	△1.8
21	4.6	3.4	△1.2	0.0	0.0	-	1.6	1.5	△0.1	0.3	0.2	△0.1	5.8	4.3	△1.5
22	3.0	1.5	△1.5	1.2	0.4	△0.8	0.2	0.1	△0.1	0.0	0.0	-	4.7	2.6	△2.1
23	6.8	4.8	△2.0	0.0	0.0	-	2.8	1.7	△1.1	2.8	1.6	△1.2	10.2	7.3	△2.9
24	4.9	2.9	△2.0	1.1	0.6	△0.5	2.5	1.5	△1.0	0.0	0.0	-	9.0	5.8	△3.2
25	5.3	3.3	△2.0	2.7	1.7	△1.0	1.1	0.6	△0.5	0.0	0.0	-	7.8	5.5	△2.3
26	6.3	4.8	△1.5	0.0	0.0	-	3.1	2.0	△1.1	2.0	1.2	△0.8	8.0	5.8	△2.2
27	3.9	2.6	△1.3	0.0	0.0	-	2.5	1.9	△0.6	2.5	2.0	△0.5	5.7	3.9	△1.8

※ 중점 녹색기술별 세계최고기술보유국과 각 국가의 상대적인 기술격차를 년수로 제시(세계최고기술보유국의 기술격차년수는 0년으로 표시)



이 및 기술격차년수는 전반적으로 줄어들 것으로 전망되었다. 현재 대비 3년 후 시점에서 기술수준(13.7%p)과 기술격차년수(2.7년)가 가장 크게 축소되는 기술은 ‘⑫석탄가스 복합발전 기술’인 것으로 조사되었다.

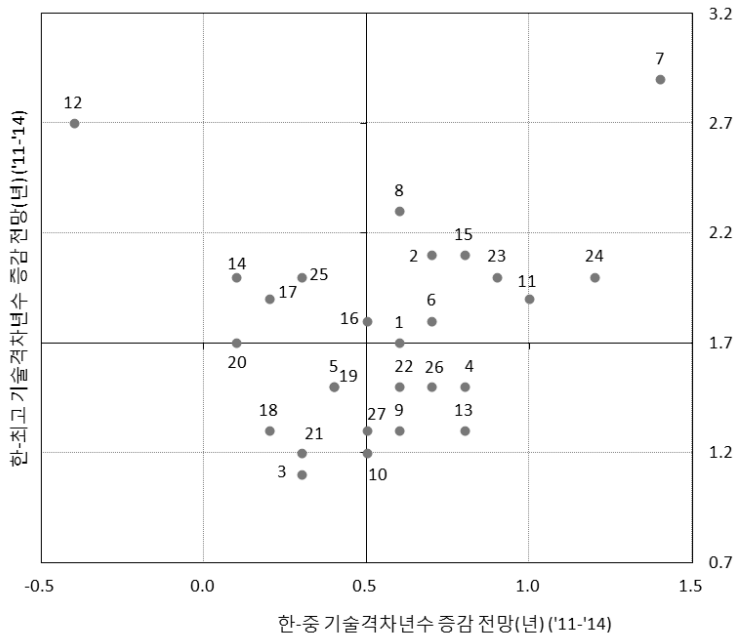
‘⑫석탄가스화 복합발전기술’을 제외한 대부분의 중점 녹색기술에서 한국의 기술수준 및 기술격차년수가 중국에 비해 앞서 있는 것으로 나타났다. 중국은 유일하게 ‘⑫석탄가스화 복합발전기술’에서 한국보다 기술수준이 4.5%p 높으며, 기술격차년수는 1.2년 앞선 것으로 조사되었다. 중국의 경우에는 ‘석탄가스화 복합발전기술’ 분야에서 2000년대에 미국과 유럽의 기술을 도입하여 상용화 규모의 IGCC 플랜트를 건설·운영하였으며, 2012년 12월 265MW급 IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle) 발전기를 개발하여 ‘IGCC 시범 발전소’가 발전 단계에 들어가는데 성공했다. 이로써 중국은 기술 성능이 선진국 수준에 근접한 반면, 우리나라는 2016년에 300MW급 IGCC 플랜트 발전이 시작될 것으로 예측되는 등 중국에 비해 기술수준이 뒤쳐진 것으로 조사되었다.

해당 기술의 발전 및 추격에 의해 현재(2011년) 대비 3년 후 시점에서 세계최고기술 보유국 대비 각국의 기술수준이 향상되고 기술격차년수는 줄어들 것으로 전망되었다. 예외적으로 일본의 ‘⑦친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵연료주기 시스템기술(91.9%→90.8%)’과 ‘⑬고효율 저공해 차량기술(100.0→99.6%)’, EU의 ‘③실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술(100.0→99.9%)’은 현재 대비 3년 후 시점에서 세계최고기술 보유국 대비 비교 대상국의 상대적인 기술수준이 낮아질 것으로 조사되었다. 일본의 ‘⑦친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵연료주기 시스템기술’은 3년 후 시점에서 세계최고기술 보유국 대비 기술격차년수는 줄어들 것으로 전망되었다. 반면 일본의 ‘⑬고효율 저공해 차량기술’과 EU의 ‘③실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술’은 현재 시점에서 최고기술 보유국으로 조사되었으나, 3년 후에는 세계최고기술 보유국 대비 기술수준이 상대적으로 낮아질 뿐 아니라 기술격차년수도 소폭 증가할 것으로 조사되었다.

### 3. 중점 녹색기술별 한국과 최고기술보유국, 중국과의 기술격차 변화

2011년 현재 대비 향후 3년 뒤인 2014년까지 기술격차년수 변화 전망을 살펴보면, 우리나라는 선진국과의 격차(평균 1.7년)가 줄어들고 동시에 중국과의 격차(0.5년) 또한 줄어드는 것으로 조사되었다(그림 3). 2014년까지 가장 큰 폭의 기술격차 감소를 보이는 것은 ‘⑦친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵연료주기 시스템기술’인데, 이 기술은 우리나라가 선진국과의 기술격차(2.9년)를 큰 폭으로 줄이지만 중국 또한 우리나라와의 기술격차(1.4년)를 크게 줄여나

갈 것으로 전망되었다. 반면에 ‘③실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술’, ‘⑱조명용 LED·그린IT기술’, ‘㉑CO<sub>2</sub> 포집·저장·처리기술’ 등은 선진국(1.1년, 1.3년, 1.2년) 및 중국(0.3년, 0.2년, 0.3년)과의 기술격차년수 축소가 타 중점 녹색기술에 비해 상대적으로 작은 것으로 전망되었다. 한편 2011년 현재 중국이 앞선 ‘⑫석탄가스화 복합발전기술’의 경우, 2014년에도 중국이 여전히 앞서 있긴 하나 우리나라가 기술격차년수(0.4년)를 줄여나갈 것으로 전망되었다. 전반적으로 중국이 우리나라와의 기술격차년수를 줄여나가겠지만, 우리나라 또한 최고기술보유국과의 기술격차년수를 크게 줄여나가는 등 국가 간 기술격차가 점차 줄어들 것으로 예상된다.



(그림 3) 중점 녹색기술별 한국과 최고기술보유국, 중국과의 기술격차 변화

#### 4. 전략제품·서비스 기술별 기술수준 및 기술격차년수

131개 전략제품·서비스 기술 중 한국의 기술수준 상위 10개의 전략제품·서비스 기술은 86.4~91.9%의 기술수준 구간에 분포하며, 하위 10개 기술은 49.2~62.6%의 기술수준 구간에 분포하였다. 한국의 기술수준 상위 10개 전략제품·서비스 기술이 포함된 중점 녹색기술을 살펴보면(〈표 9〉), ‘⑥개량형 경수로 설계 및 건설기술(4개)’, ‘⑳고효율 2차전지기술(3개)’,

‘③실리콘 태양전지의 고효율 저가화기술(2개)’, ‘⑩전력IT 및 전기기기 효율성향상기술(1개)’인 것으로 조사되었다. ‘APR 1000’은 최고기술(미국) 대비 91.9%, ‘모바일용 리튬이온전지’는 최고기술(일본) 대비 91.6%, ‘가정용·Smart grid용 리튬이온전지’는 최고기술(일본) 대비 90.6%로 조사되었으며, 이들 대부분은 세계 시장에서 선도적 위치에 있는 제품·서비스들로 알려져 있다.

세계최고기술 수준 대비 기술격차의 원인 및 최고기술 수준에 도달하기 위한 기술개발 전략에 대해 전문가의 의견을 조사하였다. ‘APR 1000’ 분야에서는 AP1000(미국) 및 ATMEA-1(프랑스·일본)에 비해 기술적 우위를 확보하기 위한 기술·제품 개발이 필요하며, 아직 기술자립이 완전하게 이루어지지 않은 부분(Core Internal Design, Reactor Coolant Pump)의 기술개발을 통한 기술경쟁력을 높여 나가야 한다. 세계최고기술 수준을 보유한 ‘모바일용 리튬이온전지’ 제품의 생산·판매는 민간 주도로 진행하는 게 바람직하며, 정부는 상대적으로 취약한 소재 및 원천기술, 인력양성 분야에 대한 연구지원을 강화해야 한다. 또한 에너지저장을 위한 ‘가정용·Smart-grid용 리튬이차전지’ 기술개발뿐만 아니라 신개념 전극활물질소재, 내열성 분리막 소재 등 기초·원천기술에 대한 연구지원 확대를 통해 기술 우위를 유지하며 신산업을 창출하여야 한다. ‘5세대급 a-Si 태양전지 및 모듈’에서는 고효율화와 저가화가 기술개발의 핵심으로 효율은 15% 이상 도달하고, 8세대 이상의 대면적으로 발전시키고, 수율은 90% 이상이 되도록 셀·모듈기술, 제조장비 핵심기술 및 양산화 기술이 확보되어야 한다. 이를 위해 정부의 안정적인 기술개발 지원과 더불어 보조금을 통한 산업화 지원 전략이 동반되어야 한다.

기술수준이 낮은 전략제품·서비스 기술을 살펴보면(〈표 10〉), ‘⑫고효율 2차전지기술’인 ‘MWh급 NaS 전지시스템’은 최고기술(일본) 대비 49.2% 수준에 머물렀다. NaS 전지분야는 2009년 효성이, 2010년에는 포스코가 특허를 출원했지만, 뒤늦게 기술개발에 착수한 만큼 선진국과의 기술격차가 매우 큰 것으로 조사되었다. 세계최고기술 수준 대비 기술격차의 원인 및 기술개발 전략에 대한 전문가 의견에 따르면, ‘MWh급 NaS 전지시스템’ 분야는 이미 상용화된 기술을 개발·확보하기 위한 적극적인 대책이 필요하며, 핵심기술인 고체 전해질 소재개발에 대한 집중 지원이 선행되어야 한다.

다음으로 ‘①기후변화 예측 및 모델링 개발기술’에 포함된 ‘탄소추적시스템 기술’ 역시 최고기술(미국) 대비 50.7%에 머물고 있다. ‘기후변화 예측 및 모델링 개발기술’ 중에서 예측시스템 운영과 결과 활용 부문은 세계 최고 수준에 근접해 있지만, 기반이 되는 원천기술은 매우 낮은 수준으로 평가된다. 무엇보다도 ‘탄소추적시스템 기술’ 개발 필요성에 대한 인식의 전환이 시급하며, 한·중·일 탄소추적시스템 네트워크 구축을 위한 국제협력을 강화해 나가야 한다.

‘⑫석탄가스화 복합발전기술’에 포함된 ‘300MW급 IGCC 플랜트 기술’의 경우도 최고기술(미국)의 57.4%, 같은 분야 ‘Hybrid IGCC 플랜트 기술’도 최고기술(미국)의 57.5%에 머물고 있다. 그간 정부 주도로 상용화 규모의 IGCC 플랜트 기술을 선진국으로부터 도입하는 중간진입전략이 추진되어 왔다. 세계 최고기술수준을 보유한 미국의 618MW급 IGCC 플랜트와 비교하여 아직 상당한 기술격차가 존재하며, 상용화 가스화기 기술 등 IGCC의 핵심 원천기술은 미확보 상태이다. 2016년부터 300MW급 IGCC 플랜트가 운전되고 국산화 모델이 검증되기 시작하면 우리나라의 기술수준은 빠르게 향상될 것으로 전망된다.

또한 ‘생물학적 수소 제조’는 최고기술(미국)의 58.0%, ‘신재생에너지 건물융합시스템’은 최

〈표 9〉 한국의 기술수준이 높은 전략제품·서비스 기술(2011년)

순위	전략제품·서비스 기술	한국의 기술수준(%)	최고기술 보유국	해당 중점 녹색기술
1	APR 1000	91.9	미국	개량형 경수로 설계 및 건설기술
2	모바일용 리튬이차전지	91.6	일본	고효율 2차전지기술
3	APR 1400	91.1	미국	개량형 경수로 설계 및 건설기술
4	가정용/Smart-grid용 리튬이차전지	90.6	일본	고효율 2차전지기술
5	5세대급 a-Si 태양전지 및 모듈	89.6	일본	실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술
6	그린카용 리튬이차전지	89.5	일본	고효율 2차전지기술
7	APR+	89.4	미국	개량형 경수로 설계 및 건설기술
8	고성능 핵연료	88.2	미국	개량형 경수로 설계 및 건설기술
9	지능형 전력망 감시/운영/제어 시스템	86.9	미국	전력IT 및 전기기기 효율성향상기술
10	고품질 태양전지 및 모듈	86.4	EU	실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술

〈표 10〉 한국의 기술수준이 낮은 전략제품·서비스 기술(2011년)

순위	전략제품·서비스 기술	한국의 기술수준(%)	최고기술 보유국	해당 중점 녹색기술
1	유해물질 독성 평가기술	62.6	미국	유해성물질 모니터링 및 환경정화기술
2	석탄 전처리 및 가스화 기술	61.7	EU	석탄가스화 복합발전 기술
3	바이오 탄화수소	61.2	미국	바이오에너지 생산요소 기술 및 시스템기술
4	메탄 저감 이용 장치	59.8	EU	Non-CO <sub>2</sub> 처리기술
5	신재생에너지 건물융합시스템	58.7	EU	친환경 저에너지 건축기술
6	생물학적 수소 제조	58.0	미국	고효율 수소제조 및 수소저장기술
7	Hybrid IGCC 플랜트 기술	57.5	미국	석탄가스화 복합발전 기술
8	300MW급 IGCC 플랜트 기술	57.4	미국	석탄가스화 복합발전 기술
9	탄소추적 시스템 기술	50.7	미국	기후변화 예측 및 모델링 개발기술
10	MWh급 NaS 전지시스템	49.2	일본	고효율 2차전지기술

고기술(EU)의 58.7%, ‘메탄저감 이용 장치’는 최고기술(EU)의 59.8%로 나타났다. ‘생물학적 수소제조’의 궁극적 기술은 아직 기초·응용연구 단계 수준에 머무르고 있어 국내에서 확보한 기초·원천기술의 경제성 평가를 토대로 기술개발의 선택 및 집중 투자전략이 추진되어야 한다. ‘신재생에너지 건물융합시스템’에서는 건물융합관리체계의 구축, 요소 시설물의 효율 개선과 요소 설비에 대한 지속적인 기술개발, 제도 개선을 통한 기술개발 및 보급 활성화가 필요하다. 메탄을 회수·분리·정제하여 에너지 또는 원료를 회수하는 ‘메탄저감 이용 장치’ 기술은 일부 핵심기술을 제외하고는 국내 기술이 자체적으로 개발되고 있어 향후 기술수준이 향상될 것으로 전망된다.

## 5. 우리나라와 세계최고기술 보유국과의 기술격차 해소 방안

우리나라가 세계최고기술 수준을 추격·확보하기 위한 기술별 정책적 지원 방안을 델파이 조사·분석한 결과(〈표 11〉), 평균적으로 ‘R&D투자 재원 확대(22.9%)’와 ‘개발된 기술의 사업화·활성화 지원(19.3%)’, ‘제도·정책 지원(12.3%)’ 및 ‘산학연 협력 활성화(11.4%)’ 순으로 나타났다. 기술수준 상위 4개 기술인 ‘③실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술’, ‘⑥개량형 경수로 설계 및 건설기술’, ‘⑩차세대 고효율 연료전지시스템기술’, ‘⑬고효율 저공해 차량기술’의 경우, 단기집중 투자에 의한 조기 기술개발 및 상용화 촉진을 위해 전반적으로 ‘R&D투자 재원 확대’ 및 ‘개발된 기술의 사업화·활성화 지원’이 중요한 것으로 드러났다. 반면 기술수준이 낮은 중점 녹색기술 중에서 ‘①기후변화 예측 및 모델링 개발기술’, ‘②기후변화 영향평가 및 적응기술’, ‘⑧핵융합로 설계 및 건설기술’, ‘⑫유해성물질 모니터링 및 환경정화기술’은 국가 R&D 연구역량 강화를 위해 ‘R&D투자 재원 확대’ 다음으로 ‘인력양성 강화’ 및 ‘연구기반(시설·정보) 확충’ 등이 중요한 것으로 나타났다.

‘⑤바이오에너지 생산요소 기술 및 시스템기술’, ‘⑬친환경 저에너지 건축기술’, ‘⑮폐기물 저감·재활용·에너지화 기술’은 ‘R&D투자 재원 확대’와 ‘개발된 기술의 사업화·활성화 지원’뿐만 아니라 바이오연료 사용을 유도하거나 친환경 저에너지 건축기술의 개발·보급 활성화를 위한 ‘제도·정책 지원’이 중요한 것으로 나타났다.

기술의 실현시기가 상대적으로 먼 ‘⑦친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵연료주기 시스템 기술’은 ‘R&D투자 재원 확대’ 다음으로 ‘국제협력 활성화’가 우선적으로 필요한 것으로 조사되었다. 일본, 프랑스, 러시아, 인도, 중국 등은 고속로를 건설하여 가동하는 기술력을 확보하고 있으나, 국내 기술력은 개념정립단계로서 고유 기술력 확보 및 기술수준 향상이 시급하다. 특히 핵연료 시제품 실증 및 파이로 건식처리 실용화시설 개발을 위해서는 미국과의 국제협력

방안이 구축되어야 한다.

‘④비실리콘계 태양전지 양산 및 핵심원천기술’ 및 ‘⑨고효율 수소제조 및 수소저장기술’은 ‘R&D투자 재원 확대’ 외에도 ‘산학연 협력 활성화’와 ‘기초분야 연구지원’이 중요한 것으로 나

〈표 11〉 기술격차 해소 방안

(단위: %)

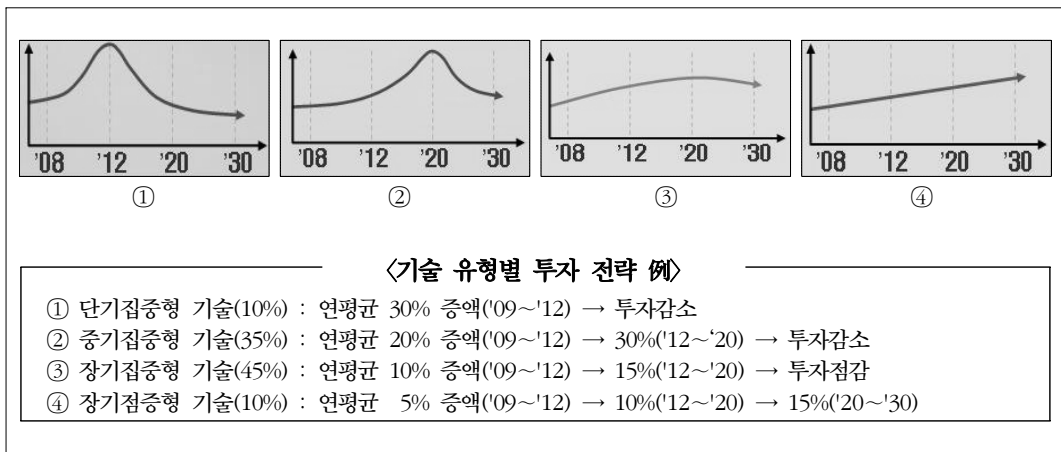
중점 녹색 기술 번호	기술격차 해소 방안								
	인력양성 강화	연구기반 (시설·정보) 확충	제도·정책 지원	산학연 협력 활성화	국제 협력 활성화	기초 분야 연구 지원	개발된 기술의 사업화·활성화 지원	R&D 투자 재원 확대	기타
1	19.5	15.3	8.2	9.6	11.4	12.7	4.4	19.0	-
2	20.4	20.6	6.9	7.4	5.9	7.6	9.0	22.3	-
3	5.8	15.8	10.3	14.7	4.6	6.1	20.1	22.6	-
4	6.1	13.3	3.5	15.3	5.2	20.1	8.1	28.4	-
5	3.2	8.6	27.3	4.0	8.1	7.3	21.2	20.3	-
6	20.2	7.4	3.9	11.5	5.1	2.0	19.1	30.8	-
7	2.6	19.6	1.3	1.3	29.9	0.0	1.3	41.3	-
8	20.5	16.1	3.3	4.4	13.4	12.3	7.1	22.8	-
9	0.9	11.5	6.5	16.9	8.9	17.3	11.0	27.0	-
10	5.5	7.3	16.1	13.1	1.2	5.8	24.4	26.3	0.4
11	8.1	9.3	8.8	10.9	5.2	14.6	25.6	16.7	0.7
12	7.2	8.8	14.6	10.0	5.1	0.0	29.7	24.7	-
13	9.5	14.1	15.2	8.4	1.7	3.2	21.0	27.0	-
14	5.7	10.3	19.6	12.4	3.0	3.9	21.1	24.0	-
15	13.6	8.8	18.9	8.9	5.5	5.3	24.1	14.8	-
16	3.4	8.4	25.3	5.9	2.5	3.3	31.9	19.2	-
17	7.1	5.5	18.9	12.3	7.1	5.6	22.0	21.5	-
18	14.8	7.2	8.7	18.0	2.5	7.8	16.2	24.9	-
19	12.0	6.9	9.4	13.8	8.0	5.5	26.4	18.0	-
20	11.1	8.7	6.5	16.5	2.1	12.7	13.4	29.0	-
21	1.8	10.7	12.5	19.4	12.7	3.8	18.0	21.0	-
22	7.3	4.2	15.9	12.3	1.8	0.0	36.0	22.6	-
23	9.2	8.4	18.2	13.0	4.4	8.5	18.4	18.9	1.0
24	5.3	13.8	17.1	12.3	1.3	3.3	31.9	15.1	-
25	10.4	4.0	25.1	8.0	0.8	2.7	34.1	12.7	2.3
26	15.7	13.4	6.7	9.6	14.6	9.6	10.5	20.0	-
27	23.3	8.5	3.2	17.8	1.8	4.4	14.4	26.5	-
평균	10.0	10.6	12.3	11.4	6.4	6.9	19.3	22.9	0.3

타났다. 비실리콘계 태양전지의 기초·원천기술 분야는 정부·민간이 공동으로 참여하는 산학연 협력이 활성화되어 기술력을 향상시켜야 세계최고기술 수준에 도달할 수 있을 것으로 기대된다. 수소제조기술에서 수소생산효율과 내구성을 획기적으로 향상시키기 위해서는 산학연 협력을 통한 원천기술의 확보가 필요하며, 수소저장기술은 고압용기용 소재 및 제작기술 역량의 부족으로 정부 지원 없이는 선진국과의 격차가 더 벌어질 것으로 예상된다.

## 6. 중점녹색기술 투자유형 및 기술수준조사 연계 분석

### 1) 투자유형별 기술수준조사 현황

중점 녹색기술 투자유형에 따라 27대 중점 녹색기술의 기술수준 조사결과를 살펴보면(〈표 12〉), 단기집중형 투자 분야에서 기술수준이 높음을 알 수 있다. 한국의 경우 단기집중형의



〈표 12〉 중점녹색기술 투자유형에 따른 조사 결과(2011년)

조사 항목		단기 집중형	중기 집중형	장기 집중형	장기 집중형	평균
선진국 대비 한국 기술수준(%)		85.0	77.3	71.1	74.0	74.8
선진국 대비 한국 기술격차년수(년)		2.6	4.4	5.8	4.1	4.8
투자 주체	정부 주도	6.4	11.6	27.6	7.3	18.3
	정부·민간 공동	85.8	78.0	69.8	85.9	75.8
	민간 주도	7.8	10.4	2.6	6.8	6.0
기술 확보 방안	해외 도입	4.6	6.1	10.5	5.9	8.0
	국내 독자 개발	62.2	59.1	37.5	52.6	48.3
	국제 공동 개발	33.2	34.8	52.0	41.5	43.7

기술수준은 85.0%로 가장 낮은 장기집중형(71.1%)에 비해 13.9%p 높으며, 기술격차년수는 2.6년으로 가장 큰 장기집중형(5.8년)에 비해 3.2년 빠른 것으로 나타났다. 기술개발 투자주체는 모든 유형에서 정부와 민간이 공동으로 해야 한다는 의견이 압도적으로 높게 나타났지만, 장기집중형에서는 정부가 주도해야 한다는 의견이 27.6%로 상대적으로 높게 나타났다. 기술 확보 방안으로 평균적으로 ‘국내 독자 개발’이 48.3%로 가장 크게 나타났지만, 장기집중형에서는 ‘국제 공동 개발’이 주요한 기술 확보 방안으로 나타났다.

## 2) 기술의 실현시기를 통해 투자유형의 적절성 판단

중점 녹색기술별 기술의 실현시기를 조사한 결과(〈표 13〉), 한국의 경우, 기술적 실현시기가 가장 먼 기술은 ‘⑧핵융합로 설계 및 건설기술(2031년)’이며, ‘⑦친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵연료주기 시스템기술(2024년)’, ‘⑨고효율 수소제조 및 수소저장기술(2020년)’, ‘㉑ CO<sub>2</sub> 포집·저장·처리기술(2019년)’, ‘⑲전력IT 및 전기기기 효율성향상기술(2017년)’도 상대적으로 먼 것으로 조사되었다. 사회적 실현시기가 가장 먼 기술은 ‘⑧핵융합로 설계 및 건설기술(2033년)’이며, ‘⑦친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵연료주기 시스템기술(2030년)’, ‘⑨고효율 수소제조 및 수소저장기술(2023년)’, ‘②기후변화 영향평가 및 적응기술(2023년)’, ‘①기후변화 예측 및 모델링 개발기술(2022년)’도 비교적 먼 것으로 조사되었다.

세계최고기술 보유국 대비 한국의 기술적 실현시기 격차가 작은 기술은 ‘⑫석탄가스화 복합발전기술(0.8년)’, ‘㉔대체 수자원 확보기술(1.0년)’, ‘㉓수계 수질 평가 및 관리기술(1.2년)’ 등인 것으로 조사되었다. 사회적 실현시기 격차가 작은 기술은 ‘㉒Non-CO<sub>2</sub> 처리기술(1.7년)’, ‘㉑고효율 2차전지기술(1.9년)’, ‘㉔대체 수자원 확보기술(1.9년)’ 등인 것으로 조사되었다.

한국의 사회적 실현시기를 기준으로 중점 녹색기술별 투자유형의 적절성을 살펴보면, 전반적으로 실현시기와 투자유형별 투자기간이 부합하는 것으로 조사되었다. 다만 일부 기술의 경우, 실현시기와 해당 기술의 투자유형에 따른 투자기간이 상이하여 투자유형에 대한 점검 후 조정이 필요한 것으로 조사되었다. 투자유형별로 살펴보면, 단기집중형 기술은 2012년까지 투자집중 후 감소하는 것으로 투자유형이 설정되어 있으나, 이번에 조사된 사회적 실현시기를 기준으로 할 경우에는 투자패턴을 현재의 단기집중형에서 상대적으로 중장기형으로 변경이 필요한 것으로 드러났다. ‘③실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술(평균 2018년)’, ‘⑥개량형 경수로 설계 및 건설기술(평균 2017년)’, ‘⑧조명용 LED·그린IT기술(평균 2017년)’이 이러한 경우에 해당한다.

대부분의 중기집중형 기술은 사회적 실현시기가 2020년 전후로, 현재 설정된 2020년까지 지속적인 투자 확대 후 감소하는 중기집중형 투자유형에 적합한 것으로 조사되었다. 단, ‘㉑고



효율 2차전지기술(사회적 실현시기, 평균 2017년)의 경우 투자유형 대비 상대적으로 빠른 사회적 실현시기를 감안하여 투자패턴을 현재의 중기집중형에서 중·단기형으로 변경이 필요한 것으로 판단된다.

〈표 13〉 기술의 실현시기와 투자유형 간 매칭 결과

중점녹색 기술번호	기술적 실현시기*(년도)		사회적 실현시기**(년도)		투자유형	실현시기와 투자유형 간 매칭 의견
	세계최고 기술보유국	한국	세계최고 기술보유국	한국		
1	2014.7	2017.6	2019.2	2022.0	장기집중	적절
2	2015.4	2017.9	2019.6	2022.6	장기집중	적절
3	2013.3	2015.8	2014.8	2017.6	단기집중	단기집중 → 중·단기
4	2014.5	2016.4	2016.2	2018.5	장기집중	장기집중 → 중기집중/장기집중
5	2015.0	2017.0	2017.8	2020.1	장기집중	장기집중 → 중기집중/장기집중
6	2013.0	2014.3	2015.1	2017.1	단기집중	단기집중 → 중·단기
7	2017.9	2024.2	2023.1	2029.6	장기집중	장기집중 → 장기집중
8	2025.0	2031.0	2027.4	2033.0	장기집중	장기집중 → 장기집중
9	2016.9	2020.1	2019.1	2022.7	장기집중	적절
10	2013.7	2016.9	2015.8	2019.3	장기집중	적절
11	2013.2	2014.8	2016.1	2018.6	장기집중	적절
12	2013.2	2014.0	2017.0	2020.2	장기집중	적절
13	2013.5	2016.9	2015.2	2018.2	중기집중	적절
14	2013.8	2015.5	2016.8	2018.9	장기집중	장기집중 → 중기집중/장기집중
15	2014.7	2016.5	2017.8	2020.6	장기집중	적절
16	2013.7	2015.6	2016.2	2020.1	장기집중	적절
17	2014.1	2015.4	2017.5	2019.5	중기집중	적절
18	2013.6	2015.3	2014.8	2016.9	단기집중	단기집중 → 중·단기
19	2014.4	2017.2	2015.9	2019.5	장기집중	적절
20	2013.6	2015.1	2015.0	2016.9	중기집중	중기집중 → 중·단기
21	2015.4	2018.5	2018.4	2021.8	장기집중	적절
22	2014.8	2016.2	2016.8	2018.5	중기집중	적절
23	2015.2	2016.4	2018.4	2021.0	중기집중	적절
24	2013.8	2014.8	2016.7	2018.6	중기집중	적절
25	2013.0	2014.3	2015.9	2018.6	중기집중	적절
26	2014.3	2016.9	2018.1	2021.5	장기집중	적절
27	2014.6	2016.0	2016.6	2018.7	중기집중	적절

\* 기술적 실현시기 : 기술의 목표된 성능을 획득하는 등 기술적 환경이 정비되는 시기(실험실에서 시제품 등으로 구현이 가능한 시기)

\*\* 사회적 실현시기 : 제품 및 서비스가 사회적으로 널리 확산되어 일반 소비자가 사용 가능한 시기(사회적 보급·활용 시기)

장기집중형 기술 대부분은 기술의 사회적 실현시기가 2020년 전후로, 2020년까지 지속적인 투자 확대 후 감소하는 장기집중형 기술 투자유형에 적합한 것으로 조사되었다. 단, ‘⑦친환경 핵비확산성 고속로 및 순환핵연료주기 시스템기술’과 ‘⑧핵융합로 설계 및 건설기술’의 사회적 실현시기(각각 평균 2030년, 2033년)가 2030년 이후로, 상대적으로 먼 사회적 실현시기와 향후 20년 이상의 시간적 불확실성을 감안하여 투자패턴을 현재의 중기집중형에서 장기집중형으로 변경이 필요한 것으로 판단된다.

장기집중형 기술은 2030년까지 지속적이고 점증적으로 투자를 확대하는 투자패턴으로 설정되어 있으나, 대부분 기술의 사회적 실현시기가 2020년 전후인 점을 감안하여 상대적으로 단기적인 투자유형인 중기집중형 내지 장기집중형으로 변경이 필요한 것으로 판단된다. ‘④비실리콘계 태양전지 양산 및 핵심원천기술(평균 2019년)’, ‘⑤바이오에너지 생산요소 기술 및 시스템기술(평균 2020년)’, ‘⑭지능형 교통·물류기술(평균 2019년)’이 이러한 경우에 해당한다. 전체 중점 녹색기술과 해당 기술별 세부 전략제품·서비스 기술의 실현시기와 기술별 특성을 감안하여 투자유형의 적절성 점검 및 조정이 필요하다.

## V. 결론 및 시사점

2011년도 시점 기준으로 27대 중점 녹색기술 내 131개 전략제품·서비스 기술에 대해 산·학·연 전문가 대상의 기술수준 델파이 조사 결과, 조사대상 국가 중 미국, EU, 일본 순으로 세계최고 수준의 기술을 보유한 것으로 조사되었다. 2011년도 중점 녹색기술에 대한 최고기술 보유국 대비 한국의 기술수준(77.7%) 및 기술격차년수(4.1년)는 주요 5개국(한국, 미국, 일본, EU, 중국) 중 4위를 차지하였다. 우리나라의 경우 세계최고기술 보유국 대비 기술수준이 높은 중점 녹색기술은 ‘개량형 경수로 설계 및 건설기술(90.1%)’, ‘실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술(85.0%)’, ‘고효율 저공해 차량기술(84.5%)’, ‘차세대 고효율 연료전지시스템기술(82.1%)’ 순으로 조사되었다. 최고기술보유국 대비 기술격차년수가 작은 중점 녹색기술은 ‘실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술(2.1년)’, ‘조명용 LED·그린IT기술(2.5년)’, ‘고효율 저공해 차량기술(2.6년)’, ‘차세대 고효율 연료전지시스템기술(2.9년)’ 등으로 조사되었다. 이들 대부분은 정부가 녹색기술의 성장동력화를 위해 선정된 10대 핵심녹색기술(‘10.2)에 포함된다.

국가 차원에서 반드시 확보해야 할 녹색기술에 대해서는 기술수준, 기술격차년수, 기술발전 단계 등 중점 녹색기술별 특성을 감안한 기술별 차별화된 연구개발 전략 수립이 필요하다. 131개 전략제품·서비스 기술에 대한 기술수준 조사결과를 토대로 선진국과의 기술수준 및 기

술격차년수 차이가 크지 않으면서 조기 상용화 및 수출 상품화가 가능한 전략제품·서비스 기술 및 중점 녹색기술에 대해서는 정부·민간의 역할분담을 고려한 단기적인 집중투자가 지속되어야 한다.

구체적으로 기술의 실현시기를 기준으로 단기간 내 상용화가 가능한 ‘개량형 경수로 설계 및 건설기술’, ‘고효율 저공해 차량기술’, ‘고효율 2차전지기술’의 경우 민간투자의 확대 추진 및 산업계의 연구 활성화를 도모해야 한다. 반면에 선진국 대비 우리나라의 기술수준 격차가 크고 상용화(실현시기 기준)에 중장기 투자가 필요한 중점 녹색기술<sup>7)</sup>에 대해서는 정부투자의 확대와 동시에 산·학·연 등 연구주체의 고른 참여 및 연구개발단계에 따른 효율적인 연계 추진을 통해 기초·원천기술 확보가 필요하다. 특히 ‘석탄가스화 복합발전기술’은 조사 대상국 중 최하위로 나타나 27대 중점 녹색기술 중 유일하게 ‘해외 도입’을 통해 기술 확보를 해야 한다는 의견이 다수를 차지하는 것으로 나타났다. 또한 CO<sub>2</sub> 포집, 저장 및 처리기술(73.6%) 등 기술수준은 낮으나 미래시장 파급 효과가 큰 기술 개발에 중점 투자가 필요할 것으로 보인다.

2011년도 현재 대비 3년 후(2014년) 시점에서 주요국간의 기술수준 차이 변화 전망을 살펴 보면, 국가별 기술수준 순위 변화는 없으나, 국가간 기술수준 및 기술격차가 전반적으로 축소 될 것으로 조사되었다. 특히 향후 3년 뒤에는 한국과 중국이 세계최고기술 보유국과의 기술수준 차이를 크게 줄일 것으로 전망되었다. 우리나라와 주요국 간 향후 기술격차년수 변화 전망 결과에 따르면, 향후 3년 뒤인 2014년에는 중국이 우리나라와의 기술격차년수(평균 0.5년)을 빠르게 줄일 것으로 예상되나, 우리나라 또한 최고기술 보유국과의 기술격차년수(평균 1.7년)를 크게 줄여나갈 것으로 전망되었다. 2011년도 한국의 기술수준은 세계최고기술 보유국(미국) 대비 77.7%로 조사되어, 이러한 추세대로라면 ‘녹색기술 연구개발 종합대책’에서 제시한 2012년도 녹색기술수준 목표치인 선진국 대비 80% 수준은 무난히 달성했을 것이다.

우리나라가 세계최고기술 수준을 추격·확보하기 위한 중점 녹색기술별 정책적 방안을 조사·분석한 결과, 기술수준이 높은 상위 기술 분야에서는 단기집중 투자에 의한 조기 기술개발 및 상용화 촉진을 위한 ‘R&D투자 재원 확대’ 및 ‘개발된 기술의 사업화·활성화 지원’이 중요한 것으로 드러났다. 반면 기술수준이 낮은 하위 기술 분야에서는 주로 국가R&D 연구역량 강화를 위해 투자 확대와 더불어 ‘인력양성 강화’ 및 ‘연구기반(시설·정보) 확충’ 등이 중요한 것으로 나타났다. 이외에도 바이오연료 소비 촉진 및 친환경 저에너지 건축기술의 개발·보급 활성화를 위한 제도·정책 지원이 필요한 것으로 나타났다. 고속로 건설·가동을 위한 기술력 확보, 핵연료 시제품 실증 및 파이로 건식처리 실용화시설 개발을 위해서는 선진국과의 ‘국제협력 활성화’가 필요한 것으로 조사되었다. 비실리콘계 태양전지 및 수소제조·저장 기술 분야는 정

7) 석탄가스화 복합발전기술(63.5%), 기후변화 예측 및 모델링 개발기술(65.6%), 유해성물질 모니터링 및 환경정화기술(66.5%), 친환경 저에너지 건축기술(67.5%) 등

부·민간 공동의 '산학연 협력 활성화'를 통해 기초·원천기술의 확보가 우선적으로 필요한 것으로 나타났다.

중점 녹색기술별 투자유형에 따라 한국의 기술수준을 분석한 결과, 단기집중형(85.0%), 중기집중형(77.3%), 장기집중형(71.1%) 순으로 기술수준이 높은 것으로 나타나는 등 전반적인 투자유형 설정은 적절한 것으로 판단된다. 기술의 실현시기, 특히 우리나라의 사회적 실현시기 조사결과를 토대로 기술별 투자유형의 적절성을 비교·평가해 본 결과, 실현시기와 투자유형별 투자기간이 전반적으로 부합하는 것으로 나타났다. 특히 대부분의 중기집중형 기술과 장기집중형 기술은 실현시기와 투자유형 상의 투자기간이 부합하는 것으로 조사되었다. 한편, 일부 기술의 경우 실현시기와 해당 기술의 투자유형에 따른 투자기간이 부합하지 않은 것으로 추정되었다. 특히 '실리콘계 태양전지의 고효율 저가화기술', '개광형 경수로 설계 및 건설기술', '조명용 LED·그린IT기술' 등 단기집중형 기술에 대해서는 단기집중 투자시기를 현재의 2012년에서 중장기 시점으로 재조정하고, '비실리콘계 태양전지 양산 및 핵심원천기술', '바이오에너지 생산요소 기술 및 시스템기술', '지능형 교통·물류기술' 등 장기집중형 기술에 대해서는 점진적 투자시기를 현재의 2030년에서 상대적으로 단기적인 시점인 2020년으로 재조정하는 방안을 검토하는 것이 필요하다. 따라서 향후 기술수준 조사결과 등을 활용하여 기술별 투자유형에 대한 점검·조정이 필요하다.

종합적으로 주요 녹색기술의 기술수준 향상을 통한 세계최고기술 보유국과의 기술격차를 해소하기 위해서는 우리나라와 세계최고기술 간의 기술수준 차이 등에 대한 지속적인 모니터링 및 기술격차 원인에 대한 체계적인 분석과 기술격차를 줄이기 위한 대책을 마련하여야 한다. 이러한 기술수준 조사·분석 결과는 중점 녹색기술의 투자유형별 정책 이행점검 및 차별화된 R&D 투자전략을 수립하는데 근거자료로 활용될 것이다. 기존에 수립된 「중점녹색기술개발 및 상용화전략(09.5)」 등 중점 녹색기술 관련 기존 계획의 갱신 및 신규 계획 수립 시, 기술수준 조사·분석결과를 연계 활용하여 계획 수립 절차 및 결과물의 신뢰성을 제고할 수 있다. 특히 투자실적과 연계된 기술수준조사 및 기술전략 수립 체계의 고도화 측면에서 기술수준 조사결과와의 활용이 기대된다. 이를 위해 동일한 조사대상 기술과 조사항목을 기준으로 기술수준조사를 주기적으로 실시함으로써 정책적으로 활용가능한 기술수준 정보의 지속적인 축적과 적극적 활용이 요구된다. 본 연구에서는 최고선진국 대비 상대적인 기술수준을 평가하는 방법을 적용하였으나, 향후 시계열적인 기술수준 관련 데이터의 활용도를 높이기 위해 기술수준 조사·분석방법 및 분석체계에 대한 후속연구가 뒷받침되어야 한다.

## 참고문헌

- 교육과학기술부·한국과학기술기획평가원 (2009), 「2008년 기술수준평가 보고서」, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 교육과학기술부·한국과학기술기획평가원 (2011), 「2010년 기술수준평가 보고서」, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 국방기술품질원 (2008), 「2007 국방과학기술조사서」, 서울: 국방기술품질원.
- 국방기술품질원 (2012), 「2012 국방과학기술수준조사서」, 서울: 국방기술품질원.
- 과학기술부·기상청 (2006), 「기상기술력수준 종합평가」, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 김병수 외 (2010), 「기술성장모형에 기반한 기술수준평가방법론 연구」, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 녹색성장위원회 (2009년), 「녹색기술 연구개발 시행계획」, 서울: 녹색성장위원회.
- 변순천 외 (2008), 「기술성장모형을 활용한 동태적 기술수준평가 방법」, KISTEP 이슈페이퍼 2008-13, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 보건산업진흥원 (2011), 「2011년 보건산업 기술수준조사 보고서」, 청원: 보건산업진흥원.
- 산업연구원 (2007), 「한국 제조업의 업종별 기술수준 및 개발 동향」, 서울: 산업연구원.
- 서규원 (2011), 「특허지표를 활용한 기술수준평가 연구방법론의 개발 및 적용」, KISTEP 이슈페이퍼 2011-14, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 정보통신산업진흥원 (2008), 「2008년도 IT기술수준조사 보고서」, 서울: 정보통신산업진흥원.
- 한국과학기술기획평가원 (2003), 「국가과학기술기획을 위한 기술예측 및 기술수준조사연구」, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 한국산업기술평가관리원 (2006), 「2006년도 산업기술수준조사분석」, 서울: 한국산업기술평가관리원.
- 한국산업기술평가관리원 (2010), 「2010년도 IT 기술수준조사분석보고서」, 서울: 한국산업기술평가관리원.
- 한국산업기술평가관리원 (2010), 「특허정보를 활용한 IT 기술경쟁력조사보고서」, 서울: 한국산업기술평가관리원.
- 강보영 외(2011), “동태적 접근방법을 통한 과학기술수준 평가 및 예측”, 「한국기술혁신학회 2011년 추계학술대회」, 11: 303-316.
- 박병무 (2007), “동태적 기술수준 측정 방법에 대한 이론적 접근 : 차세대 성장동력기술의 사례분석”, 「기술혁신학회지」, 10(2): 654-686.
- 최문정 외 (2005), “우리나라 중장기 전략기술의 수준평가에 관한 연구”, 「기술혁신학회지」,

8(2): 651-677.

한민규 외 (2010), “기술성장모형에 기반을 둔 기술수준평가 결과 및 시사점 - 바이오칩·센서 기술을 중심으로”, 「기술혁신학회지」, 13(2): 252-281.

Martino, J. (1993), *Technology Forecasting for Decision Making* (3rd ed), New York: Mc Graw Hill.

NISTEP (The Japanese National Institute of Science and Technology Policy) (2004), *Science and Technology Indicators: 2004*, NISTEP Report No. 73.

Rand Corporation (2008), *U.S. Competitiveness in Science and Technology*, Santa Monica: Rand Corporation.

Schmookler, J. (1996), *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press.

Solow, R. (1957), “Technical Change and the Aggregate Production Function”, *Review of Economics and Statistics*, 39(3): 312-320.

### 홍미영

한국과학기술원(KAIST) 생명과학과에서 이학박사학위를 취득하고 현재 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 생명복지사업실 부연구위원으로 재직 중이다. 국가 R&D 예산 배분·조정, 바이오 분야 R&D 중장기 계획 및 투자전략 수립, 기술수준조사 등에 관심을 가지고 있다.

### 황기하

한국과학기술원(KAIST) 원자력·양자공학과에서 공학박사학위를 취득하고 현재 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 사업총괄조정실에서 연구위원으로 재직 중이다. 주요 업무로는 국가R&D예산 배분·조정을 수행하고 있으며, 주요 연구 분야로는 국가과학기술기획 및 전략 수립, 미래예측과 기술예측, 그리고 이와 관련된 방법론 개발 및 적용에 관심을 가지고 있다.

### 홍정석

아주대학교 에너지학과에서 공학박사학위를 취득하고 현재 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 녹색공공사업실에서 연구위원으로 재직 중이다. 주요 업무로는 에너지 분야 국가R&D예산 배분·조정을 수행하고 있으며, 주요 연구 분야로 에너지 분야 국가과학기술기획 및 전략 수립, 평가 방법론 개발에 관심을 가지고 있다.

### 이경재

고려대학교 재료공학과에서 공학박사학위를 취득하고 현재 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 사업조정본부 연구위원으로 재직 중이다. 주요 저서는 국가연구개발 혁신주체간 연구협력 현황과 활성화 방안, 온실가스 감축관련 제3차 국가보고서, 태양광기술의 현주소와 정부R&D 역할 등이 있으며, 주요 연구분야는 국가R&D 예산배분·조정, 녹색기술 R&D 투자방향, 민간R&D 현황과 방향 등이다.