

# 청정에너지 R&D 투자전략 수립 연구

(A study on R&D investment strategy for clean energy technology)

연구기관 : 과학기술정책연구원

2016. 11. 30.

미래창조과학부

## 안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의 개인적 견해이며 미래창조과학부의 공식견해가 아님을 알려드립니다.

미래창조과학부 장관 최 양 희

# 제 출 문

미 래 창 조 과 학 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “청정에너지 R&D 투자전략 수립 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 11. 30.



# 목 차

1. 서론.....	1
1.1 연구 배경.....	1
1.2 분석 대상.....	5
1.3 연구 목적.....	7
2. 분석 프레임워크.....	9
2.1 선행문헌 연구.....	9
2.1.1. 개요.....	9
2.1.2. 국가과학기술위원회·미래기획위원회(2009.01), “녹색기술 연구개발 종합대책(안)” .....	13
2.1.3. 최윤희·문선웅(2006), “차세대 성장동력산업의 경쟁력 현황과 시장전략”..	21
2.1.4. 오동훈(2006), “정부 R&D 투자우선순위 설정에 있어서 전략성 제고 방안”	22
2.1.5. 류동현·박정용·이우진(2011), “국가 IT R&D 전략과제 선정 모형개발”.....	24
2.2 본 연구 분석 프레임워크.....	27
3. 분석 결과.....	32
3.1 기술경쟁력 분석.....	32
3.2 환경기여도 분석.....	40
3.2.1. 분석 과정.....	40
3.2.2. 분석 결과.....	44
3.2.3. 세부 분야별 분석 결과.....	54
[참고] 민간 R&D 활성화 정도 분석.....	61
1. 분석 프레임워크.....	61

2. 분석 결과.....	63
4. 투자 중요도 분석 및 전략 유형 분류.....	69
4.1 투자 중요도 분석.....	69
4.2. 전략 유형 분류.....	73
4.2.1. 개요.....	73
4.2.2. (1안) R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용.....	76
4.2.3. (2안) R&D 투자 경로 가이드라인으로 활용.....	78
[참고] '17년 정부 R&D 투자방향 내용 중 본 연구 분석대상 기술 관련 내용 ·	80
5. 요약.....	83
5.1 주요 결과 요약.....	83
5.2 본 연구 특징과 한계.....	88
참고문헌.....	91

## 표 목 차

<표 1-1> 혁신미션 참여국 기준금액 현황.....	3
<표 1-2> 혁신미션 참여국 청정에너지 R&D 중점 투자 분야.....	4
<표 1-3> 청정에너지기술 범위.....	5
<표 1-4> 본 연구 분석대상 청정에너지기술 범위.....	6
<표 2-1> 2×2 매트릭스 분석을 통한 일반적인 사업 포트폴리오 전략 유형화.....	9
<표 2-2> 포트폴리오 분석을 이용한 R&D 투자 전략 관련 문헌.....	12
<표 2-3> 녹색성장 기여도 분석결과에 따른 그룹별 투자 전략.....	15
<표 2-4> 전략적 중요도 분석을 통한 투자전략 그룹 간 조정.....	15
<표 2-5> 주요 녹색기술에 대한 우선순위 도출 결과.....	17
<표 2-6> 27대 중점육성 녹색기술 선정.....	18
<표 2-7> R-R 포트폴리오 모형.....	25
<표 2-8> IT R&D 전략과제 선정을 위한 포트폴리오 분석의 평가 기준.....	25
<표 2-9> 투자 중요도 포트폴리오 분석에 따른 전략 유형화.....	29
<표 3-1> ‘녹색기술 수준조사’의 설문조사(델파이)에 대한 전문가 참여 현황.....	34
<표 3-2> ‘녹색기술 수준조사’의 기술수준별 의미.....	35
<표 3-3> 분석대상 13개 기술의 기술격차 및 기술격차지표 평균의 비교.....	35
<표 3-4> 분석 대상 기술별 기술수준 및 기술격차.....	36
<표 3-5> 분석대상 기술 간 상대적 기술경쟁력 비교·분석 결과.....	39
<표 3-6> 2020년 국가 온실가스 배출전망.....	41
<표 3-7> 청정에너지 분석대상 기술과 ‘감축 로드맵’ 연계 결과.....	43
<표 3-8> 하위분류 기여도 판단기준.....	45
<표 3-9> 분석대상 기술 간 상대적 감축기여도 분석결과.....	45
<표 3-10> ‘국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵’ 주요내용.....	46
<표 3-11> ‘국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵’과 본 연구 분석기술과의 연 계 .....	50
<표 3-12> 신재생에너지 원별 비중 현황 및 목표.....	54
<표 3-13> 신재생에너지 원별 비중 현황 및 목표 (연료전지 포함 100%로 재환산).....	55

<표 3-14> 신재생에너지 원별 비중 현황 및 목표.....	57
<표 3-15> 원자력 발전소 설비계획.....	58
<표 3-16> 원자력 발전량 및 CO <sub>2</sub> 배출 기여도 추정.....	58
<표 3-17> 국내 석탄발전 계획.....	59
<표 3-18> 투자중요도, 민간 R&D 활성화 정도에 따른 포트폴리오분석 프레임워크	63
<표 3-19> 민간 R&D 활성화 분석을 위한 지표 자료.....	63
<표 3-20> 분석 대상 기술별 국가연구개발사업 중 정부투자 및 기업 매칭 규모.....	64
<표 3-21> 정부-민간 R&D 투자 현황 분석에 따른 정부 R&D 필요성.....	65
<표 3-22> 시장성숙도 비교·분석에 따른 정부 R&D 필요성.....	66
<표 3-23> 민간 R&D 활성화 정도 분석 결과 요약.....	68
<표 4-1> 투자 중요도 분석 결과.....	70
<표 4-2> 투자 중요도 포트폴리오 분석에 따른 전략 유형화.....	72
<표 4-3> R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용하는 안 (예시).....	76

## 그림 목 차

[그림 1-1] 기후변화 대응분야 국가정책 흐름('08~'15) .....	2
[그림 1-2] 혁신미션 참여국 전체의 기준(연도/금액) 및 목표(연도/금액).....	4
[그림 1-3] 연구의 분석 틀.....	8
[그림 2-1] 전략적 투자를 위한 중점기술 선정 과정.....	13
[그림 2-2] 투자전략 도출 방법론.....	14
[그림 2-3] 녹색성장 기여도 및 전략적 중요도 분석 결과.....	16
[그림 2-4] 27대 중점육성 녹색기술 투자 전략.....	19
[그림 2-5] 27대 중점육성 녹색기술 투자 유형.....	20
[그림 2-6] 차세대 성장동력산업 특성에 따른 정책지원 수위.....	21
[그림 2-7] 차세대성장동력사업 포트폴리오분석(기술수준, 기술격차, 정부R&D 투자)	23
[그림 2-8] 투자 중요도 포트폴리오 분석 프레임워크.....	28
[그림 2-9] 본 연구의 실증분석 과정.....	30
[그림 3-1] 2015년 녹색기술 수준조사 추진 경과.....	33
[그림 3-2] 분석대상 기술 간 상대적 기술경쟁력 비교분석.....	37
[그림 3-3] 분석대상 기술의 군집분석 결과 (기술격차 및 기술수준 지표 이용).....	38
[그림 3-4] 투자중요도, 민간 R&D 활성화 정도에 따른 포트폴리오분석 프레임워크	62
[그림 3-5] 정부 R&D와 민간 R&D 구분.....	65
[그림 3-6] 2014년 녹색기술 국가연구개발사업 중 정부 R&D 및 민간 매칭 규모...	66
[그림 3-7] 본 연구 분석 기술 간 상대적 시장성속도 비교분석.....	67
[그림 4-1] 투자 중요도 포트폴리오 분석 프레임워크.....	69
[그림 4-2] 2016~2012년까지 R&D 투자 2배 확대 목표.....	75
[그림 4-3] R&D 투자 확대 비율의 가이드라인 활용 결과 (예시).....	77
[그림 4-4] 투자 경로 가이드라인 구분 기준 (예시).....	78
[그림 4-5] 투자 경로 가이드라인 (예시).....	79



# 1. 서론

## 1.1 연구 배경

### □ 연구 배경

- 국제사회는 전 지구적 문제인 기후변화에 대응하고 온실가스를 저감하기 위해 지속적으로 노력
  - 2015년 제21차 UN 기후변화협약 당사국총회(COP21, 파리)에서는 모든 국가가 참여하는 ‘파리협정(Paris Agreement)\*’을 채택
    - \* 국제사회 공동의 장기목표로 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승을 2°C 보다 상당히 낮은 수준으로 유지하고, 1.5°C로 제한하기 위해 노력. 모든 국가가 2020년부터 기후행동에 참여하며, 5년 주기 이행점검을 통해 점차 노력을 강화하도록 규정
  - 또한, 제21차 UN 기후변화 당사국총회 당시 한국을 포함하여 미국, 프랑스 등 20개국은 향후 5년 내 청정에너지 R&D 공공투자 두 배 확대 등을 목표로 한 ‘청정에너지 혁신미션(Mission Innovation) 선언’에 참여
    - \* 2016년 3월 미국은 ‘Mission Innovation’을 추진하기 위한 2017 회계연도 예산안을 발표하였는데 청정에너지 R&D 투자액은 77억 달러로 2016 회계연도의 64억 달러에 비해 약 20% 증가 (5년 후인 2021 회계연도에는 128억 달러가 배정될 계획)
- 그간 정부는 기후변화 대응, 온실가스 저감, 신성장 동력 창출 등을 목표로 관련 정책 및 R&D 계획을 추진해 왔으며 최근에도 노력을 지속
  - 「기후변화대응 핵심기술개발 전략(2014.7)」을 수립하여 6대 핵심기술\*을 선정
    - \* 태양전지, 연료전지, 바이오에너지, 이차전지, 전력IT, CCS
  - 「기후기술 확보·활용 촉진로드맵(CTR)」 수립 방안(2016.3)을 마련하여 탄소저감기술, 탄소활용기술, 기후변화적응기술 등의 확보·활용을 위한 로드맵 수립 중
- 신기후체제(파리협정) 대응, ‘혁신미션’ 참여, 기후변화 관련 신시장 선점을 위해서는 기후기술, 청정에너지 분야 R&D 투자가 필요하나, 재정 상황 및 정부 R&D 투자 증가율 둔화 추세 등을 고려하면 전략적 R&D 투자가 필요

- 2014년 기준 한국의 R&D 투자비중은 GDP 대비 4.29%로 세계 1위이나, 정부  
재원 비중은 주요국에 비해 낮은 수준이고 정부 R&D투자 증가율은 둔화 추세로  
(국가과학기술심의회, 2016.4.11.), 이에 따라 R&D 투자의 전략성 강화\*가 강조  
\* 시장성, 기술수준, 연구생산성, 공공성 등을 분석해 중점투자영역을 도출하고 이를 예산  
에 연계

[그림 1-1] 기후변화 대응분야 국가정책 흐름('08~'15)

자료 : 박노언 외 (2016)

#### □ 혁신미션(Mission Innovation) 선언

- UN 파리협정 당시 주요 선진국들은 혁신미션 선언을 통해 청정에너지 공공 R&D  
투자를 5년간 2배 확대 노력키로 약속
  - 청정에너지 기술혁신을 가속화함으로써 기후변화 대응, 에너지의 안정적 공급  
및 경제성장을 도모
- 2016년 6월 '제7차 청정에너지장관회의'에서 참여국별 혁신미션 투자계획 발표
  - 참여국별 청정에너지 R&D 투자확대를 위한 중점분야, 기준(연도/금액) 및 목표  
(연도/금액)를 공유
  - \* 기준 : 2016년 현재 기준 청정에너지 투자 금액을 명시

\* 목표 : 5년 후인 2021년 기준 청정에너지 2배 투자 금액을 명시

○ 혁신미션 21개 전체 회원국의 기준금액 총합은 약 147억불

- 한국의 기준금액은 5,600억원(4.9억불)으로 6위 수준

\* 정부재정 4,500억원(3.9억불) + 공기업 1,100억원(1억불)

<표 1-1> 혁신미션 참여국 기준금액 현황

(단위 : 억불, 금액순)

회원국	기준 금액
미국	64.15
중국	38
EC	11.11
독일	5.06
프랑스	4.94
한국	4.9
일본	4.1
영국	2.9
캐나다	2.67
이탈리아	2.50
브라질	1.5
노르웨이	1.40
호주	0.78
사우디	0.75
인도	0.71
덴마크	0.45
멕시코	0.21
인니	0.17
스웨덴	0.17
UAE	0.1
칠레	0.04
합계	146.6

자료 : Mission Innovation Secretariat (2016.06.02)

[그림 1-2] 혁신미션 참여국 전체의 기준(연도/금액) 및 목표(연도/금액)

자료 : Mission Innovation Secretariat (2016.06.02.)

○ 혁신미션 회원국 중점 투자분야

- 미국과 캐나다는 전 영역, 한국은 기초연구를 제외한 전 영역을 포함

<표 1-2> 혁신미션 참여국 청정에너지 R&D 중점 투자 분야

구분	한국	EU	호주	브라질	캐나다	칠레	중국	덴마크	프랑스	독일	인도	인도네시아	이탈리아	일본	사우디	멕시코	노르웨이	스웨덴	UAE	영국	미국	
산업 & 건물	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
수송	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○			○
바이오연료	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○
재생에너지	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
원자력	○		○	○	○		○												○	○	○	○
수소, 연료전지	○	○	○	○	○			○	○	○	○			○	○		○				○	○
청정화력	○			○	○		○	○		○	○	○			○							○
CCUS	○	○	○	○	○		○	○	○	○				○	○	○	○		○	○	○	○
송배전	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
에너지저장	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○
기초연구		○	○		○			○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○			○

자료 : Mission Innovation Secretariat (2016.06.02.)

## 1.2 분석 대상

### □ 분석 대상 기술

- 혁신미션은 청정에너지기술의 범위에 대해 각국의 재량사항으로 규정하여, 참여국 별로 독자적으로 청정에너지기술을 정의
- ‘미션이노베이션’ 위원회는 청정에너지를 “저탄소 에너지경제로의 전환을 위해 에너지의 생산·저장·전달·소비단계에 적용되며, 온실가스 감축 및 신산업 육성에 기여하는 기술”로 정의
  - 청정에너지의 문헌적 의미(‘청정’에 내포된 '온실가스 감축'의 의미와 국제에너지기구의 에너지기술 개념), 혁신미션 취지(청정에너지 기술혁신을 통해 기후변화 대응, 에너지의 안정적 공급, 경제성장에 기여), 정책방향(기후변화를 신산업 창출 기회로 활용) 등을 반영하여 정의
    - \* 미션이노베이션 위원회 : 혁신미션 선언이라는 국제공조에 참여, 대응하기 위해 관계부처 및 산학연 전문가 200여명으로 구성된 국내 대응 위원회
- 청정에너지 기술범위로는 국내외 에너지 관련 분류체계(기후변화 대응기술 분류, 국제에너지기구 기술분류, 과학기술표준분류 등)등을 종합적으로 고려하여 6대 분야, 14개 세부기술 영역으로 선정
  - 청정에너지기술 정의에 부합하는 기술 분야 중 2030년 온실가스 감축에 직접적 기여가 어려운 분야는 전략적 제외
    - \* 非에너지, 非기후변화 대응기술 제외, 에너지관련 산업기술 중 전기차, 이차전지 등은 포함
    - \* '25년까지 상업화가 힘든 분야(핵융합, 미래형 원자력 등)는 별도 정책적 관리

<표 1-3> 청정에너지기술 범위

6대 분야	14개 세부 기술 영역
신재생	태양광, 풍력, 수소·연료전지, 바이오·폐기물, 기타 신재생
효율향상	산업, 수송, 건물
수요관리	에너지저장장치(ESS), e-프로슈머(ICT 융합 등)
원자력	원자력 안전·해체
화력·송배전	스마트그리드, 청정화력
CCUS	이산화탄소 포집·전환·저장

자료 : 국과심 운영위(2016.06.27.)

- 본 연구에서는 <표 1-3>에서 제시된 청정에너지 세부 기술을 분석 대상으로 하  
되, 일부 자료 구득이 어려운 기술은 유사한 기술로 대체하여 분석을 진행
- e-프로슈머는 신산업 분야로 본 연구에서 필요한 지표자료가 부재하여 분석에서  
제외
- 원자력 분야의 경우 안전·해체 관련 지표자료 부재로 원자력 전반으로 분석
- 스마트그리드의 경우 전력망과 전기기기를 포함하여 차세대전력망·전기기기로  
분석을 진행
- 이에 따라 아래 <표 1-4>에서 제시된 ‘분석 대상 세부 기술 영역’의 기술인 6  
대 분야, 13개 세부기술 영역을 대상으로 이후 분석을 진행

<표 1-4> 본 연구 분석대상 청정에너지기술 범위

분야	분석 대상 세부 기술 영역
신재생	태양광, 풍력, 수소·연료전지, 바이오·폐기물, 기타 신재생
효율향상	산업, 수송, 건물
수요관리	에너지저장장치(ESS)
원자력	<u>원자력</u>
화력·송배전	<u>차세대전력망·전기기기</u> , 청정화력
CCUS	CCUS

## 1.3 연구 목적

### □ 연구 목적

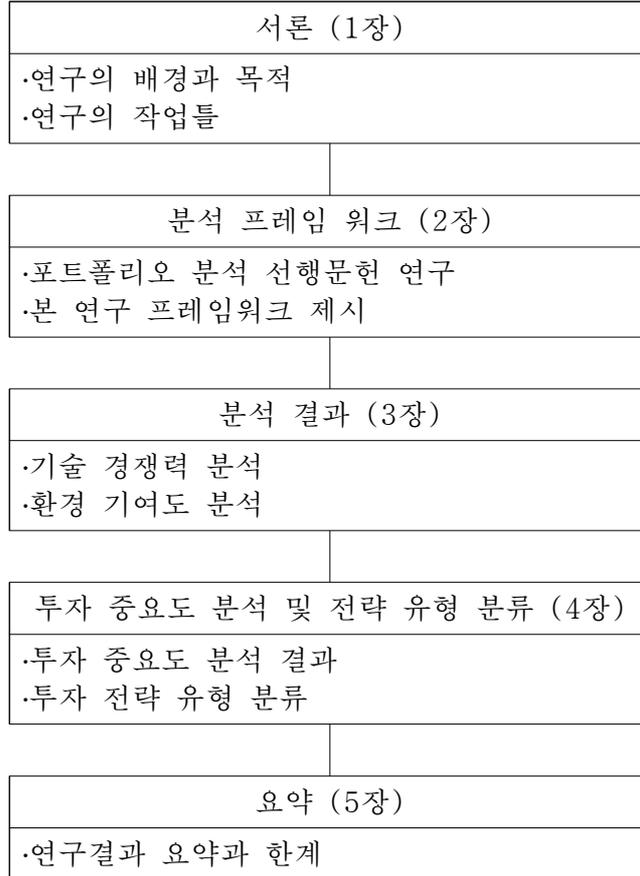
- <표 1-4>에서 제시된 ‘분석 대상 세부 기술 영역’의 기술을 대상으로 정부·공공 기관 등에서 발표한 정량 지표를 활용하여, 주요 기술 간 상대적 비교·분석을 통해 R&D 투자 전략을 유형화
- ‘청정에너지 혁신미션’ 등 국제사회 노력에 부응하면서도, 국내 재정 여건 및 기술적·정책적 환경을 고려한 청정에너지 R&D 투자 전략 방향을 모색

### □ 보고서 구성

- 본 연구의 작업 틀(framework)은 [그림 1-1]과 같으며, 분석 프레임워크 설계, 자료 취합 및 분석 수행, 중요도 분석 및 전략 유형 도출 등 세 가지 모듈로 연구 내용을 구성
- 제1장에서는 연구의 목적과 접근방법에 대해 논의함
  - 연구의 추진배경과 목적 등을 설명
  - 연구의 작업 틀을 제시
- 제2장에서는 포트폴리오 분석을 이용해 R&D 투자 전략을 모색한 선행 연구 사례를 살펴보고 본 연구의 프레임워크를 제안
- 제3장에서는 실제 분석을 수행
  - 기술 경쟁력 분석
  - 환경 기여도 분석
- 제4장에서는 투자 중요도 분석 및 전략 유형 분류를 도출
  - 투자 중요도 분석 결과를 제시
  - 투자 전략 유형 분류 도출

○ 제5장에서는 연구 결과 요약과 한계를 제시

[그림 1-3] 연구의 분석 틀



## 2. 분석 프레임워크

### 2.1 선행문헌 연구

#### 2.1.1. 개요

##### □ 일반적인 사업 포트폴리오 분석<sup>1)</sup>

###### ○ 개념

- 포트폴리오 분석은 보스턴컨설팅 그룹에서 개발한 프레임워크로, 2×2 매트릭스 분석을 통해 사업별 중요성에 따른 포지셔닝을 하고 전략을 유형화하는 방법론
- 일반적으로 포트폴리오 분석은 사업(또는 제품이나 서비스)별 시장성장률을 종축(Y축)으로 하고, 사업별 시장점유율을 횡축(X축)으로 하여, X-Y 평면 위에 사업을 배치
- 여기에 사업별 매출액 규모를 원 그래프 형식으로 추가할 수 있음

<표 2-1> 2×2 매트릭스 분석을 통한 일반적인 사업 포트폴리오 전략 유형화

		시장점유율	
		낮음	높음
시장 성장률	높음	<b>[문제아]</b> 적극 투자(매수) 또는 철수 중 선택	<b>[스타]</b> 적극투자
	낮음	<b>[싸움에 진 개]</b> 철수 또는 투자의 최소화	<b>[젓소]</b> 비용 구조 개선과 투자의 억제

자료 : 기와세마고토(2010), p.217

1) 이하 내용은 기와세마고토(2010: 215~219)를 토대로 작성

○ 문제아 영역 (왼쪽 위 분면)

- 성장 기대치는 높지만 시장이 성숙되어 있지 않거나, 혹은 시장은 있지만 자사가 본격적으로 참여하지 않은 영역
- 일정 기간 도전해 보고 나서(적극투자), 다음 단계인 스타로 성장하지 못하는 사업은 정리할 필요가 있음(철수)

○ 스타 영역 (오른쪽 위 분면)

- 시장도 매력적이고, 자사도 강하기 때문에 적극적으로 공략해야 할 영역

○ 젓소 영역 (오른쪽 아래 분면)

- 성숙한 시장에서 점유율을 유지하며 안정적으로 수익을 창출하는 사업 영역
- 공정 개선 혹은 비용 절감 같은 대책을 통해 확실하게 이익을 확보하는 전략이 필요

○ 싸움에 진 개 (왼쪽 아래 분면)

- 시장의 성장률도 낮고, 자사의 경쟁력도 떨어지는 사업
- 추가적인 자원 투입 없이 철수해야 하는 영역

□ 포트폴리오 분석을 이용한 R&D 투자 전략 관련 문헌과 시사점

- 포트폴리오 분석은 녹색기술, 성장동력 산업 등의 투자 전략, 정책 지원 전략 등의 유형 도출을 위한 목적으로 다양하게 활용
- 유형 분류의 목적(투자 전략, 지원 전략 등)에 따라 포트폴리오 분석의 기준이 상이함
  - 국가과학기술위원회·미래기획위원회(2009.01)은 여러 녹색기술 중 중점적으로 육성해야 할 녹색기술을 선정하고 이에 따른 투자 전략(적극적 확대, 평균적 확대, 소극적 확대)을 정하기 위해 포트폴리오 분석을 수행
  - 이에 따라 녹색성장 기여도(경제성장과 저탄소 기여도)를 기준으로 포트폴리오 분석을 수행하고 유형을 분류하였는데, 이는 경제성장 기여도와 저탄소 기여도가 상대적으로 큰 녹색 기술 분야에 대한 투자를 확대하겠다는 전략 목표를 위한

것이었음

- 반면, 최윤희·문선웅(2006)은 10대 차세대 성장동력 산업에 대한 정책 지원 유형을 결정하고자 포트폴리오 분석을 수행하였는데, 이때는 기술/시장성숙도와 국내 기술/시장 경쟁력을 기준으로 상대적으로 기술/시장이 미성숙하고 국내 기술/시장 경쟁력이 약한 영역은 정부 지원을 강화하되, 기술/시장이 성숙하고 국내 기술/시장 경쟁력이 강한 부분은 민간 기업이 주도하는 전략을 제안함
- 즉, 두 연구의 경우 유형 분류 목적에 따라 포트폴리오 분석의 기준이 다르고, 정책 지원의 역할(잘하는 분야에 투자 확대 vs 경쟁력이 약한 분야에 투자 확대)도 상이
- 따라서 포트폴리오 분석을 함에 있어 유형 분류 목적, 분석의 기준, 정책 지원의 역할 등을 사전에 결정하여 분석을 진행하는 것이 필요
- 이하에서는 국가과학기술위원회·미래기획위원회(2009.01), 최윤희·문선웅(2006), 오동훈(2006) 등 포트폴리오 분석을 이용한 R&D 투자전략 분석 문헌의 내용을 살펴봄

<표 2-2> 포트폴리오 분석을 이용한 R&D 투자 전략 관련 문헌

문헌	주요 내용
국가과학기술위원회 · 미래기획위원회 (2009.01)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 녹색기술 분야 중 전략적 투자 대상 기술을 선별하고 투자 전략 유형을 구분하기 위해 분석 수행</li> <li>- 경제성장 기여도와 저탄소/환경지속성 기여도를 기준으로 포트폴리오 분석 수행 후 투자전략 유형 도출</li> <li>- 투자유형을 ① 적극적 투자확대, ② 평균적 투자확대, ③ 소극적 투자확대 등의 3가지 그룹으로 분류</li> </ul>
최윤희·문선웅 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10대 차세대 성장동력 산업의 특성에 따른 정책 지원 유형을 결정하고자 포트폴리오 분석을 활용</li> <li>- 포트폴리오 분석의 기준은 기술 및 시장성속도와 국내 기술 및 시장 경쟁력</li> <li>- 분석 결과로 차세대 성장동력 산업의 정책 지원 수위를 ① 저준위 정책지원, ② 중준위 정책지원, ③ 고준위 정책지원 등의 3가지 유형으로 분류</li> </ul>
오동훈(2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10대 차세대 성장동력 산업에 대한 정량자료를 근거로 분석</li> <li>- 기술 수준, 기술 격차를 포트폴리오 분석 기준으로 활용</li> <li>- 분석 결과 차세대 성장동력 산업을 3가지 유형으로 분류하고 전략 방안을 제안</li> </ul>
류동현 외 (2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정보통신(IT) 분야 R&amp;D 과제 중 전략과제를 선정하기 위해 위험의 정도(Risk), 수익의 정도(Return)을 양축으로 한 R-R (Risk-Return) 포트폴리오 분석 수행</li> <li>- 평가대상 과제들의 사전기획 자료로부터 세부 평가기준에 대응하는 평가지표를 구득하고, AHP 분석을 통해 도출한 세부 평가기준에 대한 가중치를 적용</li> <li>- 평가기준과 가중치를 활용한 가중평균을 통해 분석대상 과제별로 R-R 포트폴리오 분석들에 맵핑</li> </ul>

## 2.1.2. 국가과학기술위원회·미래기획위원회(2009.01), “녹색기술 연구개발 종합대책(안)”<sup>2)</sup>

### □ 분석 목적

- 중점육성 녹색기술 후보군 기술 분야 중 전략적 투자 대상 기술을 선별하고 투자 전략 유형을 구분하기 위해 분석을 수행
- 기술후보군 등급 분류
  - 관련 부처가 제시한 중점육성 후보군 기술 분야(중·소분류 기준)에 대해 경제성장 기여도, 저탄소·환경지속성 기여도, 전략적 중요도를 고려하여 등급을 분류
  - \* 등급 분류 : 적극적 투자확대군, 평균적 투자확대군, 소극적 투자확대군 등
- 중점육성기술 도출
  - 전문가 평가결과 및 부처제시 우선순위, 영역간 우선순위 등을 고려하여 녹색기술위원회에서 후보군 기술(75개) 중 27개 중점육성기술을 선정

[그림 2-1] 전략적 투자를 위한 중점기술 선정 과정

자료 : 국가과학기술위원회·미래기획위원회 (2009.01), p.38

### □ 투자 전략 도출 방법론

- 첫째로, 경제성장 기여도와 저탄소/환경지속성 기여도의 두 기준으로 포트폴리오

---

2) 이하 내용은 국가과학기술위원회·미래기획위원회(2009.01)의 “녹색기술 연구개발 종합대책(안)”을 토대로 작성

분석을 수행한 후 투자전략 유형을 도출한 후, 둘째로 전략적 중요도를 적용하여 기술별 투자전략 유형 간 조정을 수행

### [그림 2-2] 투자전략 도출 방법론

- 투자전략 유형은 포트폴리오 분석(2×2 매트릭스 분석)을 통해 도출
  - 포트폴리오 분석의 기준은 경제성장 기여도와 저탄소/환경지속성 기여도
  - 포트폴리오 분석 결과로 후보 대상 기술을 앞서 언급한 3가지 유형인 ① 적극적 투자확대, ② 평균적 투자확대, ③ 소극적 투자확대 등의 3가지 그룹으로 분류

### □ 분석 자료 및 판단 기준

- 경제성장기여도
  - 2020년 GDP전망<sup>3)</sup>에 따른 분야별 녹색산업의 GDP 기여도 분석
    - \* World Bank GDP 실적자료 기반 2020년 GDP 예측치에 R&D 목표 설정에 따른 기술 분야별 10%의 동일한 시장 점유율 가정하여 분석
- 환경지속성 기여도
  - 에너지 관련 기술에 대해서는 저탄소화 기여도, 환경 관련 기술에 대해서는 환경기여도 분석
    - \* 국제에너지기구(IEA)의 'ETP2008 보고서' 및 국내 '이산화탄소 저감 및 처리기술 TRM'에 따른 CO<sub>2</sub> 감축기여도 분석
    - \* 환경부의 '환경기술동향 수준조사 및 미래환경 신기술 예측 보고서'에 따른 환경기여도 분석

3) 2007년 9,699억불 및 2001년~2007년 평균 성장률 4.7% 기준

○ 전략적 중요도

- 기술 차원이 아닌 전략적 중요도 관점에서 전문가 대상의 설문조사를 통한 분야별 중요도 도출

\* 국가 정책 및 전략 등과의 부합정도, 국가 차원에서의 획득확보의 필요성 등의 관점에서 총 418명의 과학기술자가 응답

□ 분석 결과

○ 투자 우선 순위 조정

- 녹색성장 기여도 분석에 따라 3개 그룹으로 분류하고 그룹별 투자 우선순위 설정
- 녹색기술의 투자확대를 목표로 한 분석이기 때문에, 후보 기술의 영역을 적극적 투자확대, 평균적 투자확대, 소극적 투자확대 등의 유형으로 구분함

<표 2-3> 녹색성장 기여도 분석결과에 따른 그룹별 투자 전략

구분	투자 전략
그룹 I	경제성장 기여도와 저탄소/환경지속성 기여도가 상대적으로 높은 영역으로 녹색성장을 위한 적극적 투자확대
그룹 II	경제성장 기여도와 저탄소/환경지속성 기여도가 평균 수준의 영역으로 녹색성장을 위한 평균적 투자확대
그룹 III	경제성장 기여도와 저탄소/환경지속성 기여도가 상대적으로 낮은 영역으로 녹색성장을 위한 소극적 투자확대

자료 : 국가과학기술위원회·미래기획위원회 (2009.01), p.40

- 이후 전략적 중요도 분석결과를 적용해 투자전략 그룹 간 조정 시행

<표 2-4> 전략적 중요도 분석을 통한 투자전략 그룹 간 조정

전략적 중요도 기준	투자 전략
上	현재 속한 그룹에서 한 단계 높은 그룹으로 이동
中	현재 속한 그룹에서 그룹간 이동 없음
下	현재 속한 그룹에서 한 단계 낮은 그룹으로 이동

자료 : 국가과학기술위원회·미래기획위원회 (2009.01), p.40

- 최종적으로 녹색성장 기여도 및 전략적 중요도에 따라 분석 결과에 따라 3개의 그룹으로 분류하고, 그룹별 투자 우선순위 설정

[그림 2-3] 녹색성장 기여도 및 전략적 중요도 분석 결과

자료 : 국가과학기술위원회·미래기획위원회 (2009.01), p.30

○ 영역별 우선순위 결과

<표 2-5> 주요 녹색기술에 대한 우선순위 도출 결과

구분	소분류기술	경제성장 기여도	저탄소/환경지속성 기여도	전략적 중요도	우선 순위
그룹 I	수송 효율성 향상	상	중	중	적극적 투자확대
	제조공정/소재 효율성 향상	상	중	중	
	발전 효율성 향상	상	중	중	
	원자력	상	중	중	
	폐기물 자원화 및 에너지화	상	중	상	
	수처리/수자원 확보	상	중	중	
	초전도 활용·전력IT	상	중	중	
	녹색국토	중	상	중	
	CO <sub>2</sub> 포집저장처리	하	상	상	
	기후변화예측 및 영향평가	하	상	상	
	태양광	중	중	상	
	LED·IT기기	중	중	상	
에너지 저장	중	중	상		
그룹 II	수소·연료전지	상	하	중	평균적 투자확대
	석탄액화(CTL) 및 가스화	중	중	중	
	풍력	중	중	중	
	친환경 공정 및 제품	중	중	중	
	해양에너지	중	중	중	
	바이오에너지	중	중	중	
	Non-CO <sub>2</sub> 모니터링 및 처리	하	상	중	
그룹 III	가스액화(GTL)	하	중	중	소극적 투자확대
	수력	하	중	중	
	생태계 복원	하	중	중	
	토양지하수 복원	하	중	중	
	신화석연료	하	중	하	
	위해성 평가	하	중	중	
	지열	중	중	하	
	태양열	중	중	하	

자료 : 국가과학기술위원회·미래기획위원회 (2009.01), p.41

□ 27대 중점육성 녹색기술 선정

○ 전문가 평가결과 및 부처제시 우선순위, 영역간 우선순위 등을 고려하여 녹색기술 위원회에서 후보군 기술(75개) 중 27개 중점육성기술을 선정

<표 2-6> 27대 중점육성 녹색기술 선정

녹색기술		중점육성기술명
대분류	중분류	
예측기술	기후변화 예측 및 영향 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기후변화예측 기후변화 예측 및 모델링개발 기술</li> <li>■ 기후변화적응 기후변화 영향 평가 및 적응기술</li> </ul>
에너지원기술	재생에너지	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 실리콘계 태양전지의 고효율, 저가화 기술</li> <li>■ 비실리콘계 태양전지 양산 및 핵심원천 기술</li> <li>■ 바이오에너지 생산요소기술 및 시스템 기술</li> </ul>
	원자력/핵융합	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 개량형 경수로 설계 및 건설 기술</li> <li>■ 친환경 핵비확산성 고속로 및 순환 핵주기시스템 개발 기술</li> <li>■ 핵융합 핵융합로 설계 및 건설 기술</li> </ul>
	수소연료전지	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고효율 수소제조 및 수소저장 기술</li> <li>■ 차세대 고효율 연료전지 시스템 기술</li> </ul>
	친환경 제조 공정	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 친환경 식물성장 촉진기술</li> </ul>
고효율화 기술	화석연료 활용성 향상 및 고효율화	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 석탄가스화 복합발전 기술</li> </ul>
	수송부문 효율성 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고효율 저공해 차량기술</li> <li>■ 지능형 교통, 물류기술</li> </ul>
	녹색국토	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 생태공간 조성 및 도시재생 기술</li> <li>■ 친환경 저에너지 건축기술</li> </ul>
	친환경 제조 공정	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 환경부하 및 에너지 소비 예측을 고려한 Green Process 기술</li> </ul>
	전력 효율성 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 조명용 LED·그린 IT 기술</li> <li>■ 전력 IT 및 전기기기 효율성 향상 기술</li> <li>■ 고효율 2차 전지기술</li> </ul>
사후처리 기술	대기오염 모니터링 및 제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CO<sub>2</sub> 포집, 저장, 처리기술</li> <li>■ Non-CO<sub>2</sub>(이산화탄소제외 온실가스) 처리기술</li> </ul>
	수질환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 수계수질평가 및 관리기술</li> <li>■ 대체수자원 확보기술</li> </ul>
	폐기물 폐기물 자원화 및 에너지화	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 폐기물 저감, 재활용, 에너지화기술</li> </ul>
	폐기물 및 환경 보건 위해성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유해성물질 모니터링 및 환경정화기술</li> </ul>
무공해 산업경제	CT, 소프트기반 IT 및 지식서비스 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 가상현실 기술</li> </ul>

자료 : 국가과학기술위원회·미래기획위원회 (2009.01), p.15

## □ 27대 중점육성 녹색기술 투자 전략

- 27대 중점육성기술들은 2008~2012년까지 2008년 기준 투자 수준 대비 2배 이상 확대를 목표
  - \* 2008년 기준 0.8조원에서 2012년 1.6조원 이상으로 적극적 확대
- 반면 27대 중점육성기술 외 후보군 기술들은 평균적/소극적 투자수준을 유지
  - \* 2012년까지 2008년 대비 1.5배 확대(국정과제)되는 R&D 투자재원과 연계

[그림 2-4] 27대 중점육성 녹색기술 투자 전략

자료 : 국가과학기술위원회·미래기획위원회 (2009.01), p.16

- 현재의 투자규모, 기술수준, 상용화 시점 등을 종합적으로 고려하여 4가지 투자유형 기반의 기술별 투자방향 제시
  - ① 단기집중투자 : 단기간에 실증·보급과 적시 시장 진입이 필요한 기술
    - \* 실리콘계 태양전지, 개량형 경수로, 조명용 LED
  - ② 중기집중투자 : 중기적 경쟁력 확보를 통한 시장 우위선점이 필요한 기술
    - \* 고효율 저공해 차량, 그린 프로세스, 2차전지, Non-CO<sub>2</sub> 처리, 수계수질 관리, 대체수자원 확보, 폐기물 저감, 가상현실

- ③ 장기집중투자 : 장기집중 투자로 세계적인 선도기술로 육성이 필요한 기술
  - \* 기후변화예측, 기후변화 영향평가적응, 고속로, 핵융합로, 수소에너지, 연료전지, 친환경 식물성장, IGCC, 도시재생, 친환경 건축, 지능형 전력망, CCS, 유해성 물질
- ④ 장기집중투자 : 지속 투자를 통한 기초원천 확보 필요 기술
  - \* 비실리콘계 태양전지, 바이오에너지, 지능형 교통물류

[그림 2-5] 27대 중점육성 녹색기술 투자 유형

자료 : 녹색성장위원회 외 (2009. 5. 13), p.13

2.1.3. 최윤희·문선웅(2006), “차세대 성장동력산업의 경쟁력 현황과 시장전략”<sup>4)</sup>

□ 전략 도출 방법론

○ 10대 차세대 성장동력 산업\*의 특성에 따른 정책 지원 유형을 결정하고자, 포트폴리오 분석을 활용

\* 디지털 TV/방송, 디스플레이, 지능형 로봇, 미래형 자동차, 차세대 반도체, 차세대 이동통신, 지능형 홈네트워크, 디지털콘텐츠/SW솔루션, 차세대 전지, 바이오 신약/장기

○ 정책 지원 수위는 포트폴리오 분석(2×2 매트릭스 분석)을 통해 도출

- 포트폴리오 분석의 기준은 기술 및 시장성속도와 국내 기술 및 시장 경쟁력
- 포트폴리오 분석 결과로 차세대 성장동력 산업의 정책 지원 수위를 ① 저준위 정책지원, ② 중준위 정책지원, ③ 고준위 정책지원 등의 3가지 유형으로 분류

[그림 2-6] 차세대 성장동력산업 특성에 따른 정책지원 수위

자료 : 최윤희·문선웅(2006), p.13

---

4) 이하 내용은 최윤희·문선웅(2006)의 “차세대 성장동력산업의 경쟁력 현황과 시장전략”을 토대로 작성

#### 2.1.4. 오동훈(2006), “정부 R&D 투자우선순위 설정에 있어서 전략성 제고 방안”<sup>5)</sup>

##### □ 분석 목적

- 앞서 살펴보았듯이 최윤희·문선웅(2006)은 차세대 성장동력사업에 대한 투자우선순위 설정을 위해 포트폴리오 분석을 수행
  - 기술성숙도와 국내역량에 따라 차세대 성장동력사업을 3개 그룹으로 분류하고, 각 그룹 추진주체 및 전략에 대한 의견을 제시
    - \* ① 저준위 정책지원 → 민간기업 주도
    - \* ② 중준위 정책지원 → 민간 + 정부 공동
    - \* ③ 고준위 정책지원 → 정부지원
  - 하지만 동 분석은 관련 전문가들의 정성적 의견을 바탕으로 한 분석으로, 실제 자료를 통한 분석이 아니었음
- 오동훈(2006)은 이를 보완하기 위해 10대 차세대 성장동력 산업에 대한 정량적 자료를 근거로 분석을 수행

##### □ 전략 도출 방법론

- 기술 및 시장 성숙도, 국내 기술 및 시장 경쟁력, 정부 R&D 투자 수준 등의 기준을 이용해 10대 차세대 성장동력 산업에 대한 포트폴리오 분석 수행
  - 기술 경쟁력은 기술 수준 평가 결과\*를 활용
  - 기술 성숙도는 기술 격차 평가 결과\*를 활용하였는데, 이는 기술 격차는 제품 ‘양산화’의 개념을 포함하고 있어, 기술 성숙도로 생각할 수 있기 때문
    - \* 한국과학기술기획평가원(2004), 『2003년도 기술수준평가 보고서』.
  - 정부 R&D 투자 수준은 국가연구개발 조사분석\* 자료를 활용
    - \* 한국과학기술기획평가원(2005), 2005년도 국가연구개발사업 조사·분석 DB 자료

5) 이하 내용은 오동훈(2006)의 “정부 R&D 투자우선순위 설정에 있어서 전략성 제고 방안”을 토대로 작성

[그림 2-7] 차세대성장동력사업 포트폴리오분석(기술수준, 기술격차, 정부R&D 투자)

자료 : 오동훈(2006), p.18

□ 분석 결과

○ I 그룹

- 차세대 이동통신, 홈네트워크, 디지털TV/방송, 디지털콘텐츠/SW 솔루션 분야
- 개발연구에 대한 정부연구개발투자를 축소하고 기초와 응용연구에 대한 투자를 확대함으로써 기술경쟁력과 기술성숙도를 줄이는 전략이 필요

○ II 그룹

- 로봇, 차세대 반도체, 미래형 자동차, 디스플레이 분야
- 개발연구에 대한 투자비중을 일정 수준 유지하여 상품이 출시될 수 있도록 지원하여 신제품에 의한 시장형성을 촉진

○ III 그룹

- 바이오 신약/장기, 차세대 전지 분야
- 기초, 응용, 개발에 이르는 전 분야에 대해 지속적 투자 필요

2.1.5. 류동현·박정용·이우진(2011), “국가 IT R&D 전략과제 선정 모형개발”<sup>6)</sup>

□ 분석 목적

- 국가 정보통신(IT) 분야 연구개발(R&D) 사업에 대한 전략과제를 선정하기 위한 모형으로 포트폴리오 분석을 활용
- R-R(Risk-Return) 포트폴리오 모형을 국가 R&D 체계에 맞게 개발·적용
- R-R 포트폴리오 분석 틀
  - ① New engine target  
: Low Risk & High Return 기술로 신성장(New engine) 을 위한 상용화기술개발 사업으로 추진하는 전략과제 (상용화 사업)
  - ② Challenge target  
: High Risk & High Return 기술로 위험관리 관점의 원천기술사업으로 추진하는 전략과제 (핵심원천사업)
  - ③ Question target  
: Low Risk & Low Return인 기술로써 R&D예산 투자여부 재평가사업 (응용사업)
  - ④ Never target  
: High Risk & Low Return인 기술로써 R&D예산 투자 보류사업 (응용사업)

---

6) 이하 내용은 류동현·박정용·이우진 (2011)의 “국가 IT R&D 전략과제 선정 모형개발”을 토대로 작성

<표 2-7> R-R 포트폴리오 모형

		위험(Risk)	
		낮음	높음
수익 (Return)	높음	[New engine target]	[Challenge target]
	낮음	[Question target]	[Never target]

자료 : 류동현 외 (2011)을 토대로 작성

□ 전략 도출 방법론

- 위험의 정도(Risk), 수익의 정도(Return)을 양축으로 한 R-R(Risk-Return) 포트폴리오 분석의 자료로는 평가대상 과제들의 사전기획 자료를 활용
  - 전략과제 선정을 위한 R-R 포트폴리오 각 축에 대해 세부 평가기준 선정
  - 평가대상 과제들의 기술로드맵(IT Technology Roadmap, TRM)과 기술수준조사(Technology Level Survey, TLS) 결과 등으로부터 구득되는 정성적·정량적 지표를 평가 기준의 자료로 사용

<표 2-8> IT R&D 전략과제 선정을 위한 포트폴리오 분석의 평가 기준

구분	평가기준	세부 평가기준
Risk	Technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술수준 및 격차</li> <li>■ 기술성숙도</li> </ul>
	Marketability	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시장 규모, 경쟁자</li> <li>■ 시장 성장 및 성숙도</li> </ul>
	Budget	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ R&amp;D 투자예산</li> </ul>
Return	Vision	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 전략과의 일치성</li> </ul>
	Technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술의 중요도,</li> <li>■ 긴급성과 파급효과</li> </ul>
	Marketability	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 상업성, 시장 수익 및 점유율</li> </ul>
	Originality	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ IPR &amp; 표준화</li> </ul>

자료 : 류동현 외 (2011), p.505

- AHP(계층화분석)를 통하여 평가항목별 가중치를 설정하고, 지표자료 값을 반영하여 포트폴리오 분석을 수행
  - 분석대상 과제별로 세부 평가기준에 대응하는 TRM과 TLS 자료의 기술수준, 기술격차 등의 지표를 취합
  - 세부 평가기준에 대한 가중치는 AHP 분석을 통해 구득
  - 평가기준과 가중치를 활용한 가중평균을 통해 분석대상 과제별로 R-R 포트폴리오 분석틀에 맵핑

## 2.2 본 연구 분석 프레임워크

### □ 개요

#### ○ 분석 대상

- 본 연구의 분석대상은 <표 1-4>에서 제시된 청정에너지 기술로 분석단위는 13개 세부 기술 영역

#### ○ 분석 목적

- 13개 청정에너지 기술 중 향후 5년 간 혁신 미션 목표 경로 달성을 위해 기술 분야 간 투자 전략의 유형을 제시하고자 분석을 진행
- 2016년 대비 2021년 청정에너지 R&D 투자 2배 확대 목표 달성을 위해 세부기술의 R&D 투자 유형 선정에 참고자료를 제시하는 것

#### ○ 투자 전략 유형 분류

- 일반적으로 분석 목적에 따라 투자 전략 유형 분류가 달라짐
- 예를 들어 ‘기술 경쟁력’이라는 기준으로 투자 전략 유형을 구분한다고 할 때, 기술 경쟁력을 높이기 위한 목적이라면 ‘기술 경쟁력’이 낮은 분야에 투자를 확대하는 전략이 제시되나, 기술경쟁력을 지속적으로 유지하기 위한 목적이라면 ‘기술 경쟁력’이 높은 분야에 투자를 확대하는 전략이 제시
- 투자 전략의 목적에 따라 상대적으로 경쟁력이 약한 분야에 투자를 확대하는 전략이 제시되기도 하고, 반면 상대적으로 경쟁력이 강한 분야에 투자를 확대하는 전략이 제시되기도 함
- \* 앞서 선행연구를 살펴보면 국가과학기술위원회미래기획위원회(2009.01)는 경제성장기에도 저탄소/환경지속성 기여도가 큰 분야(즉, 상대적으로 경쟁력이 강한 분야)에 투자를 확대하자는 전략인 반면, 최윤화문선웅(2006)은 기술 및 시장이 성숙하고 국내 기술 및 시장의 경쟁력이 우수한 분야는 정부 지원을 줄이고 민간이 주도하되, 기술 및 시장이 미성숙하고 국내 기술 및 시장의 경쟁력이 낮은 분야)는 정부 지원을 확대 하자는 전략

### □ 포트폴리오 분석과 전략 유형화

○ 본 연구 투자 전략 유형 분류

- 본 연구는 ‘우리 기술의 경쟁력이 높고, 온실가스 감축 기여도가 높은 기술 분야’에 R&D 투자를 확대하기 위해 포트폴리오 분석을 수행하고 투자 전략을 모색
- 분석대상 13개 세부 기술 중 상대적으로 경쟁력이 있는 분야에 R&D 투자를 확대하자는 것으로, 이는 향후 5년 내에 실현가능성이 있는 분야에 대한 투자 확대를 목적으로 하는 미션 이노베이션의 기본 철학을 반영한 것임
- \* 미션 이노베이션 대상 기술 선정에서도 이러한 점이 반영되어, 청정에너지기술 정의에 부합하는 기술 분야 중 2030년 온실가스 감축에 직접적 기여가 어려운 분야, 2025년까지 상업화가 힘든 분야 등은 미션 이노베이션 정책 틀에서는 제외하고, 별도의 정책으로 관리

○ 포트폴리오 분석 및 투자 전략 유형화

- ‘우리 기술의 경쟁력이 높고, 온실가스 감축 기여도가 높은 기술 분야’
- ‘기술 경쟁력’, ‘온실가스 감축 기여도’에 따라 상대적 중요도를 3가지 수준으로 분류

[그림 2-8] 투자 중요도 포트폴리오 분석 프레임워크

- ‘기술 경쟁력’, ‘온실가스 감축 기여도’에 따라 상대적 중요도를 3가지 수준으로 분류

<표 2-9> 투자 중요도 포트폴리오 분석에 따른 전략 유형화

구분	내용
중요도 (上)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 환경 기여도가 크고, 기술 경쟁력 지속 필요성이 있는 분야</li> <li>→ R&amp;D 중요도 높음 (적극적 투자 확대)</li> </ul>
중요도 (中)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 환경 기여도는 작으나, 기술 경쟁력이 있어 경쟁력 유지가 필요한 분야</li> <li>→ R&amp;D 중요도 중간 (지속적 투자 확대)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 환경 기여도는 크나, 기술 경쟁력이 낮아 R&amp;D가 필요한 분야</li> <li>→ R&amp;D 중요도 중간 (지속적 투자 확대)</li> </ul>
중요도 (下)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 환경 기여도와 기술 수준이 모두 낮은 분야</li> <li>→ R&amp;D 중요도 낮음 (소극적 투자 확대 또는 현상 유지)</li> </ul>

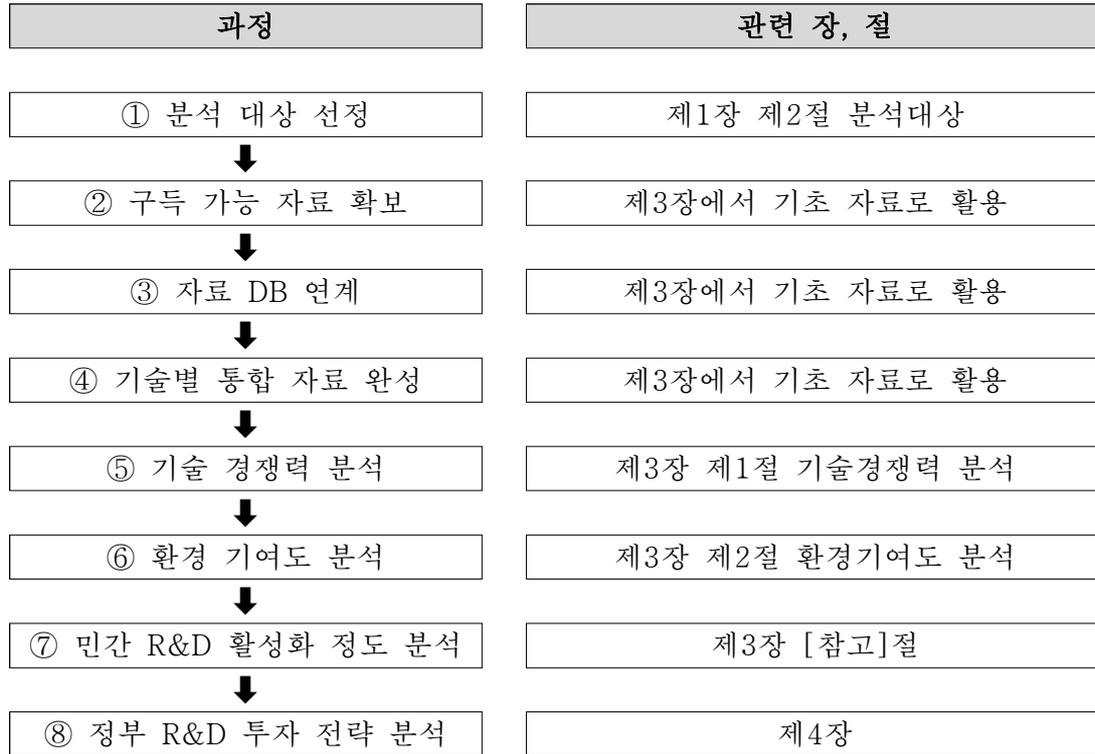
□ 분석 프로세스

- ① (분석 대상 선정) <표 1-4>에서 제시된 13개 청정에너지기술을 분석대상으로 함
- ② (구득 가능 자료 확보) 분석 프레임워크를 고려하면 분석에 필요한 자료는 13개 청정에너지 기술의 경쟁력, 온실가스 감축 기여도, 정부/민간 R&D 투자 현황 등으로 구분할 수 있음
  - 이에 분석 대상 기술별로 구득 가능한 지표 자료 조사, 자료원(source) 조사 및 데이터베이스(DB) 확보가 필요
- ③ (분석대상 기술 분류체계 - 자료 DB 분류체계 연계) 분석 대상 13개 청정에너지 기술 분류와 기술 경쟁력, 온실가스 감축 기여도, 정부/민간 R&D 투자 현황 등에 대한 통계 자료별 분류체계가 다르기 때문에 이를 연계하는 것이 필요
  - \* 예를 들어 ‘녹색기술 수준조사’ 자료는 ‘27대 녹색기술분류’에 따라 조사된 내용이기 때문에, 이를 13개 청정에너지기술 분류체계에 연계하여 지표 자료에 대한 수치 도출 필요
- ④ (기술별 통합 자료 완성) ②, ③ 과정을 통해 분석 대상 기술별 자료 수집
- ⑤ (기술 경쟁력 분석) ④의 자료를 활용해 기술 경쟁력을 분석
- ⑥ (환경 기여도 분석) ④의 자료를 활용해 환경 기여도를 분석

⑦ (민간 R&D 활성화 정도 분석) ④의 자료를 활용해 기술별 민간 R&D 활성화 정도의 상대적 수준을 비교

⑧ (정부 R&D 투자 전략 분석) ⑤, ⑥ 분석을 토대로 기술별 R&D 투자전략을 제시

[그림 2-9] 본 연구의 실증분석 과정



□ 본 분석의 특징

- 첫째, 본 분석은 <표 1-4>에서 제시된 13개 세부 기술을 대상으로 투자 전략의 유형을 구분하고자 수행된 13개 세부 기술에 대한 상대적 수준에 대한 비교분석임
  - 온실가스 감축 기여도와 기술경쟁력을 기준으로 비교하나 이는 절대적 수준에 대한 비교라기보다는, 유형을 분류하기 위해 상대적 수준의 차이를 고려하는 것임
  - \* 기본적으로 본 연구에 분석 대상인 13개 기술은 청정에너지 기술이기 때문에 온실가스 감축 기여도는 타 기술에 비해 우수함. 그러나 상대비교를 하면 13개 기술 내에서는 차이가 날 수 있음

- 둘째, 본 분석은 정부·공공기관 등에서 발표한 정량적 지표를 활용하되 일부 정성적 판단을 적용하여 비교분석을 수행
  - 전문가들의 판단에 의거하여 R&D 투자 전략을 모색하는 방법론(ex. AHP 등)을 보완하여, 객관적 자료 혹은 정량적 지표를 활용하는 방법론을 제시하는 것임

## 3. 분석 결과

### 3.1 기술경쟁력 분석

#### □ 분석 자료

##### ○ 기술 경쟁력 관련 지표

- 국내 청정에너지 관련 주요 기술의 경쟁력을 조사·분석하는 자료로는 크게 GTC(녹색기술센터)의 ‘녹색기술 수준조사’, KISTEP(한국과학기술기획평가원)의 ‘기술수준평가’ 등이 있음
- GTC의 ‘녹색기술 수준조사’(가장 최근 조사년도는 2015년)<sup>7)</sup>는 ‘저탄소 녹색성장 기본법 제26조’에 근거해 중점녹색기술에 대한 기술수준을 비교·분석 (800명 이상 전문가 델파이 조사)
- KISTEP의 ‘기술수준평가’(가장 최근 조사년도는 2014년)<sup>8)</sup>는 ‘과학기술기본법 제14조 및 동법 시행령 제24조’에 따라 120개 국가전략 기술에 대한 기술수준을 매 2년 주기로 평가
- 기술경쟁력은 주로 세계최고기술수준 대비 국내 기술의 수준을 평가하는 ‘기술 수준’ 지표와 세계최고기술보유국 기술수준에 도달하는데 소요되는 시간을 평가하는 ‘기술 격차’ 등을 활용하여 평가

##### ○ 본 연구는 기술 경쟁력 관련 지표로 GTC의 ‘녹색기술 수준조사’를 활용

- 그 이유는 첫째로 KISTEP 자료에 비해 GTC 평가는 녹색기술에 초점을 두어 세부 녹색기술에 대한 평가도 가능하며,
  - \* ‘녹색기술 수준조사’는 27대 중점 녹색기술, 87개 전략 제품서비스 기술에 대해 조사
- 둘째로 현재 구득 가능한 가장 최신의 자료이며,
  - \* 가장 최근 조사년도인 2015년에 조사를 진행

7) 녹색기술센터(2016), 「2015년 녹색기술 수준조사」

8) 한국과학기술기획평가원(2015), 「2014년 기술수준평가」, 미래창조과학부

- 셋째로, 녹색기술 국가연구개발 조사통계와 연계하여 기술별로 정부 R&D 투자 규모를 파악하는 것이 가능하기 때문

□ 2015년 녹색기술수준조사 개요

○ 조사대상 기술

- 27대 중점 녹색기술, 87개 전략 제품·서비스 기술에 대해 조사

○ 추진경과

[그림 3-1] 2015년 녹색기술 수준조사 추진 경과

과정	시기	내용
① 녹색기술 수준조사 추진계획 수립	'14년 5월	- 녹색기술 수준조사 추진계획(안) 검토 - 녹색기술 수준조사 대상기술 분류체계 구성 방안(안) 검토
② 녹색기술 수준조사 대상기술 분류체계 1차 조정	'14년 12월	- 녹색기술 수준조사 온라인 분석 시스템 설계 및 구축 - 중점 녹색기술별 전략 제품/서비스 기술 선정 및 요소기술 초안 작성
③ 녹색기술 수준조사 대상기술 분류체계 2차 조정	'15년 5월~6월	- 중점 녹색기술별 전략 제품/서비스 기술 및 요소기술 최종 조정
④ 기술수준조사 온라인 분석 시스템 최종 조정 및 사전 검증	'15년 6월~7월	- 녹색기술 수준조사 온라인 분석시스템 설계 및 구축 - 녹색기술 수준조사 온라인 분석시스템 사전 검증
⑤ 제1차 전문가 델파이 조사 실시	'15년 7월~8월	- 전략제품/서비스 기술별 델파이 기술수준조사 실시 (1차 조사)
⑥ 제1차 전문가 델파이 조사 결과 검수 및 분석	'15년 9월	- 델파이 1차 조사결과 분석 - 델파이 2차 조사 온라인 분석시스템 구축
⑦ 제2차 전문가 델파이 조사 실시	'15년 9월~10월	- 전략제품/서비스 기술별 델파이 기술수준조사 실시 (2차 조사)
⑧ 기술수준 조사결과 분석	'15년 10월	- 기술수준조사 데이터 오류 검토 및 DB화 - 기초통계분석 실시
⑨ 기술수준조사 분석보고서 작성	'15년 10월~11월	- 주요 항목별 전문가 델파이 기술수준조사 결과 분석 - 국가별 기술수준 및 기술격차 비교분석 - 기술수준조사 분석보고서 작성

자료 : 녹색기술센터(2016), 2015년 녹색기술 수준조사

○ 조사방법

- 27대 중점 녹색기술 분야 산·학·연·관 소속 연구자들을 대상으로 전문가 델파이 조사 시행
  - \* 상대적 기술수준격차, 연구개발단계, 기술준비수준, 기술수명주기, 기술적·사회적 실현시기, 녹색성장 정책적 요소별 기여도, 투자 주체, 기술확보방안, 기술격차 해소 방안 등에 관해 다수 전문가 집단을 대상으로 2차례에 걸쳐 온라인 설문
- 1차 설문은 기술분야별 전문위원회 위원의 참여하에 기술수준 및 격차 등에 대한 설문 진행
- 2차 설문은 1차 조사 분석 결과를 공개하여 기존 의견을 수정하거나 새로이 의견을 개진할 기회를 제공함으로써 전문가 집단의 의견 수렴

<표 3-1> ‘녹색기술 수준조사’의 설문조사(델파이)에 대한 전문가 참여 현황

구분	설문 참여 현황(응답자/전문가)
1차 델파이 조사	831명
2차 델파이 조사	924명

참고 : 2차 델파이 조사의 경우 1차 설문 응답자(831명)의 분석 내용을 일반 공개하여 실시

자료 : 녹색기술센터(2016), 2015년 녹색기술 수준조사

□ 기술 경쟁력 분석 개요

- 기술수준, 기술격차 지표를 이용해 분석대상 기술간 상대적 기술경쟁력을 비교·분석
- 분석의 첫 단계로 분석 대상 13개 청정에너지 기술 분류와 ‘녹색기술 수준조사’의 기술분류체계를 연계(<표 3-4>)
  - \* ‘녹색기술 수준조사’ 자료는 ‘27대 녹색기술분류’에 따라 조사된 내용이기 때문에, 13개 청정에너지기술 분류체계에 해당하는 27대 및 세부 녹색기술을 연계
- 기술수준지표
  - 현재(2015년) 및 3년 후 시점(2018년)에서 세계최고기술수준(100%) 대비 주요국의 상대적 기술수준을 평가

- 따라서 기술수준이 100%에 가까울수록 국내 기술이 우수함을 의미

<표 3-2> '녹색기술 수준조사'의 기술수준별 의미

구분	의미
100%	세계최고기술 수준 보유
90~99%	최고기술보유국과 동등한 기술수준 보유
80~99%	최고기술보유국에 근접한 기술수준 보유
70~79%	최고기술보유국보다 다소 뒤쳐진 기술수준 보유
60~69%	최고기술보유국보다 낮은 기술수준 보유
59% 이하	최고기술보유국보다 현저히 낮은 기술 수준

자료 : 녹색기술센터(2016), 2015년 녹색기술 수준조사

○ 기술격차지표

- 현재(2015년) 및 3년 후(2018년) 시점의 기술력을 고려할 때 현재 시점에서 해당 국가의 기술력이 세계최고기술보유국 기술수준에 도달하는데 소요되는 시간(단위 : 년)
- 세계최고기술보유국의 기술격차년수를 0년으로 환산하여 최고기술수준 대비 각국의 기술격차년수를 비교하기 때문에, 소요 시간이 짧을수록 국내 기술이 우수함을 의미

○ 분석대상 13개 기술의 기술격차 및 기술격차지표

- 분석대상 13개 기술의 기술격차 평균은 4.11년, 기술수준 평균은 78.21%으로, 27대 중점녹색기술이나 120개 국가전략기술의 기술격차 평균, 기술 수준 평균과 크게 차이가 나지는 않았음

<표 3-3> 분석대상 13개 기술의 기술격차 및 기술격차지표 평균의 비교

구분	본 연구 분석대상 13개 기술	27대 중점녹색기술	120개 국가전략 기술
국내 기술의 기술격차 평균	4.11년	4.0년	4.4년
국내 기술의 기술수준 평균	78.21%	79.1%	78.4%

자료 : 녹색기술센터(2016), 한국과학기술기획평가원(2015)

- 13개 기술 분야별 비교가 목적이기 때문에 관련 기술이 여러 개인 경우 기술 수준과 기술 격차의 평균 값을 도출하여 13개 기술 비교에 활용함

\* 예를 들어 태양광의 경우 실리콘계 태양전지, 비실리콘계 태양전지 기술의 기술수준, 기술격차 평균값을 태양광 분야의 기술수준과 기술격차 지표로 사용함

\* 수소·연료전지의 경우 수소제조, 수소저장, 연료전지 기술의 기술수준, 기술격차 평균값을 수소·연료전지 분야의 기술수준과 기술격차 지표로 사용함

<표 3-4> 분석 대상 기술별 기술수준 및 기술격차

분석 대상 기술		GTC 녹색기술 수준조사 (2015)			
분야	세부	관련 기술	기술수준 (%)	기술격차 (년수)	
신재생	태양광	■ 실리콘계 태양전지	89.4%	1.9년	
		■ 비실리콘계 태양전지	87.2%	1.8년	
	풍력	■ 풍력	73.3%	4.8년	
	수소·연료전지	■ 수소제조	78.8%	4.5년	
		■ 수소저장	79.1%	3.0년	
		■ 연료전지	81.1%	3.1년	
	바이오·폐기물	■ 폐기물 저감, 재활용, 에너지화	77.1%	4.7년	
		■ 바이오에너지	74.1%	4.5년	
기타신재생	■ 지열	69.2%	5.8년		
	■ 해양에너지	81.4%	4.0년		
화력·송배전	청정화력	■ 석탄 액화 및 가스화	71.0%	7.3년	
		■ 가스액화	78.9%	3.3년	
	차세대전력망·전기기기	■ 전기기기 효율성 향상	80.0%	2.3년	
		■ 전력IT	78.6%	3.1년	
원자력	■ 개량형 경수로	86.7%	5.0년		
	■ 고속로	68.8%	9.3년		
CCUS	■ CO <sub>2</sub> 포집, 저장, 처리	70.0%	5.8년		
	■ Non-CO <sub>2</sub> 처리	80.5%	3.2년		
효율향상	산업	■ 친환경 공정 및 제품	75.7%	4.3년	
		■ 제조공정/소재 효율성 향상	71.7%	5.6년	
	수송	■ 고효율 저공해차량	81.3%	3.0년	
		건물	■ 그린 홈/그린빌딩	75.0%	5.0년
			■ 조명용 LED	86.5%	1.9년
■ 그린 IT	82.5%	2.4년			
수요관리	ESS	■ 에너지 저장(2차 전지)	87.7%	1.7년	
		■ 전기차 충전, 리스	73.3%	4.7년	

## □ 기술 경쟁력 분석 결과

### ○ 평균을 기준으로 크게 2개의 그룹으로 분류

- 분석 대상 기술별로 기술수준과 기술격차 지표를 적용하여 맵핑한 결과, 평균 기준으로 크게 2개의 그룹으로 분류가 됨

\* 분석대상 13개 기술의 평균 : 기술격차는 4.11년, 기술수준은 78.21%

[그림 3-2] 분석대상 기술 간 상대적 기술경쟁력 비교·분석

### ○ 군집분석을 통한 검증

- [그림 3-2]의 맵핑 결과를 검증하기 위해 기술별 기술수준과 기술격차 지표를 이용해 기술 간 거리를 계산하여 계층적 군집 트리(hierarchical tree of cluster)를 생성

- 기술격차, 기술수준 등 척도 혹은 범위가 다른 자료를 비교하기 위해, 원자료 값의 단위(scale)를 변환하는 표준화(Z-변환법 이용)를 적용

\* 예를 들어 기술수준은 십의 단위를 가지고 있고 기술격차는 일의 단위를 가지고 있어, 단위 변환 없이 군집분석을 위한 거리를 측정하게 되면 상대적으로 기술수준 지표의 영향력이 기술격차 지표의 영향력 보다 크게 반영이 됨

\* 이는 바람직하지 않기 때문에 Z-변환법을 이용하여 표준화를 적용하였고, 표준화 이후 기술수준과 기술격차 지표는 평균이 0이고, 분산이 1인 새로운 표준화된 자료로 변환됨

$$* Z_{n,i} = \frac{X_{n,i} - \mu_i}{\sigma_i},$$

여기서  $i = 1$ (기술격차 값),  $2$ (기술수준 값),  $n = 1, \dots, 13$  (13개 비교 대상 기술)

그리고  $Z_{n,i}$ 는  $n$ 기술의  $i$ 지표 값의 표준화 결과 값,  $X_{n,i}$ 는  $n$ 기술의  $i$ 지표 값,  $\mu_i$ 는 분석대상 13개 기술의  $i$  지표 평균값 (즉, 기술격차는 4.11년, 기술수준은 78.21%),  $\sigma_i$ 는 분석대상 13개 기술의  $i$ 지표 값의 표준편차 값

- 군집 분석 수행 결과는 [그림 3-2]의 맵핑 결과와 동일하게 나타남

[그림 3-3] 분석대상 기술의 군집분석 결과 (기술격차 및 기술수준 지표 이용)

○ 최종적으로 기술경쟁력을 2개 그룹으로 분류

- 분석 대상 13개 기술들의 상대적 기술 경쟁력 수준을 2단계(크다, 작다)로 평가
- 앞서 살펴본 것처럼 분석대상 13개 기술의 기술격차 평균은 4.11년, 기술수준 평균은 78.21%로 나타남
  - \* 원자력 분야의 기술수준은 비교 결과 상대적으로 낮은 것으로 나타났음. 이는 원자력 관련 기술에 개량형 경수로와 고속로가 포함되었기 때문에 기인한 결과로, 개량형 경수로는 기술수준 86.7%, 기술격차 5.0년으로 상대적으로 기술수준이 높으나, 이에 반해 고속로는 기술수준 68.8%, 기술격차 9.3년으로 상대적으로 기술수준이 낮았음. 따라서 두 기술의 평균으로 원자력 분야 기술수준이 평가되어 상대적으로 기술경쟁력이 낮은 것으로 나타남
- 120개 국가전략기술에 대한 기술수준평가결과(한국과학기술기획평가원, 2015)에 따르면 한국의 전체기술 수준은 세계 최고 수준인 미국의 78.4% 수준이고 기술격차는 4.4년
- 국가전략기술에 대한 기술수준 평가 결과에 근거할 때, 분석대상 13개 기술의 기술격차 및 기술수준 평균 값은 120개 국가전략기술의 평균 값과 비슷한 수준이기 때문에, 평균을 기준으로 높은 기술과 낮은 기술로 상대적 기술 경쟁력 수준을 2단계(크다, 작다)로 평가

<표 3-5> 분석대상 기술 간 상대적 기술경쟁력 비교·분석 결과

구분	내용
기술 경쟁력 (크다)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술수준이 높고, 기술격차가 짧은 분야 : 태양광 / 수송효율 / 건물효율 / ESS / 수소·연료전지 / 차세대전력망·전기기기</li> </ul>
기술 경쟁력 (작다)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술수준이 낮고, 기술격차가 긴 분야 : 원자력 / 바이오·폐기물 / 기타 신재생 / CCUS / 청정화력 / 산업효율 / 풍력</li> </ul>

## 3.2 환경기여도 분석

### 3.2.1. 분석 과정

#### □ 분석 자료

- 본 절은 [그림 2-2]에서 제시된 포트폴리오 분석의 한 축인 환경기여도 정도를 판단하기 위해 <표 1-4>에서 제시된 분석 대상 13개 기술별로 온실가스 감축 기여도의 상대적 수준을 비교하는 것을 목적으로 함
  - 즉, 절대적 비교가 아니라 포트폴리오 분석을 위한 상대적 비교임
- 앞서 기술 경쟁력 분석에서는 GTC의 ‘녹색기술 수준조사’, KISTEP의 ‘기술수준평가’ 등에서 조사되고, 여러 선행문헌에서 기술 경쟁력을 나타내는 지표인 기술수준, 기술격차 등을 이용하여 분석 대상 13개 기술별로 상대적 기술 수준을 비교하였음
- 그러나 환경기여도의 경우에는 기술 경쟁력 분석과는 달리 분석 대상 13개 기술별로 동일한 기준으로 비교할 수 있는 자료가 부재한 상황임
- 이에 본 절은 ‘국가 온실가스 감축목표(2020년) 달성을 위한 로드맵’(이하 ‘2020 감축 로드맵’)<sup>9)</sup>에 근거하여 분석 대상 13개 기술별로 온실가스 감축 기여도 정도를 비교하고, <표 1-4>에서 제시된 분석 대상 기술의 분류체계와 일치하지 않거나 부족한 자료는 타 정부계획을 활용하여 상대적 비교를 진행함
  - ‘2020 감축 로드맵’에 근거한 이유는 첫째로 ‘감축 로드맵’이 국가의 온실가스 감축목표 달성을 위한 체계화된 이행계획을 명시한 범부처 계획이며,
  - 둘째로 ‘2020 감축 로드맵’은 부문별로 온실가스 배출전망치(BAU, Business As Usual) 감축 목표량 등을 구체적으로 제시하고 있으며,
  - 셋째로 이러한 감축 목표에 기여하는 감축 정책과 수단(기술 등)을 체계화하여 종합하고 있기 때문에 분석 대상 13개 기술별 연계를 통해 온실가스 감축 기여

9) 관계부처 합동(2014.1), “국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵”

도 정도의 상대적 비교가 가능하기 때문

- 이러한 과정을 통해 분석 대상 기술이 ‘2020 감축 로드맵’에서 제시된 목표에 기여하는 정도를 평가함으로써 포트폴리오 분석에 활용되는 ‘온실가스 감축 기여도’를 분석

□ ‘국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵’ 개요<sup>10)</sup>

○ 수립 배경

- 정부는 2009년 11월 온실가스 감축목표를 2020년 배출전망치(BAU) 대비 30%로 결정하고 국제사회에 약속
- 이후 2011년 7월 세부 감축목표를 설정하였으나 구체적인 이행방안은 미제시
- 이에 온실가스 감축 국제공약을 안정적으로 이행하기 위한 부문별 실효성 있는 이행계획 수립이 필요함에 따라 관계부처 및 전문가 참여 공동작업반을 통해 2014년 1월 ‘감축 로드맵’을 마련

○ 주요 내용

- 국가 온실가스 배출전망치(BAU) 및 부문별 온실가스 배출전망 제시
- \* 2020년 국가 온실가스 배출 전망 결과는 776.1백만톤CO<sub>2</sub>e임(순발열량)

<표 3-6> 2020년 국가 온실가스 배출전망

(단위 : 천tonCO<sub>2</sub>e)

구분	2005년(실적)	2020년(전망)	2020년 배출 비중
에너지(연료 연소)	467,832	626,869	80.8%
비에너지	100,920	149,206	19.2%
- 산업공정	64,587	116,571	15.0%
- 농축산	20,896	18,801	2.4%
- 폐기물	15,487	13,835	1.8%
합계	568,751	776,075	100.0%

자료 : 관계부처 합동(2014.1), “국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵”, p.8

10) 이하 내용은 관계부처 합동(2014.1)의 “국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵”을 토대로 작성함

- 국가 온실가스 감축목표 및 부문별 감축목표 제시
  - \* 2020년 국가 감축목표는 배출전망치(776.1백만톤CO<sub>2</sub>e) 대비 30% 감축으로 감축 후 목표는 543.0백만톤CO<sub>2</sub>e임
- 부문·업종별 감축 잠재량 제시
  - \* (총괄) 2020 BAU 776.1백만톤 대비 30% 감축 (총감축량 233백만톤)
  - \* (부문 현황) 수송·건물 등 비산업 부문 감축률이 상대적으로 높게 나타나지만, 총 감축량 대비 비중은 산업·전환 부문이 50% 이상 차지

## □ 감축기여도 분석 절차

- ① (자료 정리) ‘2020 감축 로드맵’에 제시되어 있는 부문·업종의 온실가스 배출전망치(BAU), 연도별 감축률, 연도별 감축량, 연도별 목표배출량 등을 종합하여 자료 정리
  - 구체적인 내용은 <표 3-10> 참고
- ② (‘2020 감축 로드맵’의 감축수단과 분석 대상 기술의 연계) ①의 자료를 토대로 ‘감축 로드맵’에서 제시된 감축수단에 대해 <표 1-4>에서 제시된 분석대상 기술을 연계
  - 구체적인 내용은 <표 3-11> 참고
- ③ ②의 자료를 토대로 분류체계를 적용해 재분류하고 기여도 산출

<표 3-7> 청정에너지 분석대상 기술과 ‘감축 로드맵’ 연계 결과

분야	세부 기술	BAU 대비 수단별 감축량 (백만톤)	감축수단별 감축 기여도 (100% 환산)
신재생	소 계	24.2	10.4
	바이오·폐기물	14.0	6.0
	신재생-건물(가정)	1.4	0.6
	신재생-건물(상업)	1.1	0.5
	신재생-전환	7.5	3.2
	기타	0.2	0.1
화력·송배전	소 계	55.5	23.8
	차세대 전력망 및 기기	9.5	4.1
	전력/원자력/신산업	46.0	19.7
CCUS	소 계	59.0	25.3
	CO <sub>2</sub>	1.9	0.8
	Non-CO <sub>2</sub>	57.1	24.5
효율향상	소 계	66.6	28.6
	건물	35.3	15.2
	산업	13.3	5.7
	수송	17.9	7.7
기타	소 계	26.6	11.4
	정책 및 행태	26.6	11.4
	연료대체	1.2	0.5
총합계		233.0	100.0

④ (세부 기술별 분석) ③의 단계를 거쳐 <표 3-7>와 같은 결과를 도출하였으나 <표 1-4>에서 제시된 분석 대상 기술 중 일부는 추가적으로 세부 분야별 기여도 파악이 필요하기 때문에, 관련 정부계획 자료를 이용하여 세부 분야별 기여도를 추정

- 신재생에너지 : 태양광, 풍력 등과 같은 세부 원별 기여도 상세분류 필요

\* 예컨대 본 연구 분석대상으로 신재생에너지는 태양광, 풍력, 수소·연료전지, 바이오·폐기물, 기타 신재생 등으로 나뉘지기 때문에 세부 기술별로 온실가스 감축 기여도에 대한 상대적 비교가 필요하나, ‘감축 로드맵’을 통해서는 더 이상 상세분류 어려움

- 화력·송배전, 원자력, 수요관리 등도 각각에 대한 기여도 분류 필요

- 세부 분야별 기여도 산출 과정은 '3.2.3. 세부 분야별 분석 결과' 참조

⑤ (상대적 감축 기여도 도출) ④의 단계 후 최종적으로 분석 대상 기술별 상대적 감축 기여도 도출

- 감축 기여도 판단에 있어 상위분류(분야), 하위분류(세부기술) 각각에 대한 판단 기준을 적용하여, 최종적으로 13개 분석기술별 온실가스 감축기여도의 상대적 수준을 2단계(상, 중)로 평가

\* 기본적으로 청정에너지 기술이므로 온실가스 감축 기여도가 여타 다른 기술에 비해 크기 때문에 상, 중, 하의 3단계가 아닌 2단계로 평가

- 구체적인 내용은 다음 '3.2.2. 분석 결과' 참조

### 3.2.2. 분석 결과

#### □ 감축기여도 판단 기준

○ 2020년 감축목표 기여도를 바탕으로 향후 2025~2030년까지의 미래 기여도를 같이 고려하여 판단

○ 상위분류(분야별) 기여도 판단 기준 : 2020년 감축로드맵의 기여도 및 해당분야의 향후 확대 전망 반영

- 상 : 2020년 감축기여도 10% 이상, 향후 계속 확대

- 중 : 2020년 감축기여도 5% 이상, 향후 계속 확대

- 하 : 2020년 감축기여도 5% 이하, 향후 유지 또는 감소

○ 하위분류(세부기술별) 기여도 판단 기준 : 해당 상위 분류 내 기여 비중과 향후 지속적인 기여 역할 기대 정도 (각 분야별 특성을 고려한 별도 기준 정의)

<표 3-8> 하위분류 기여도 판단기준

구분	판단기준
신재생에너지	- 상 : 2025년에 2014년 대비 증가율이 100% 이상 - 중 : 2025년에 2014년 대비 증가율 상승 - 하 : 2014년 대비 2025년 비중 축소
화력·송배전	- 상 : 2020년 감축목표 기여도가 전체의 5% 이상 - 중 : 2020년 감축목표 기여도가 전체의 1~5% - 하 : 2020년 감축목표 기여도가 1% 이하
효율향상	- 상 : 2020년 감축목표 기여도가 전체의 5% 이상이면서, 해당분야 미래 에너지수요 지속 증가 - 중 : 2020년 감축목표 기여도가 전체의 5% 이상이면서, 해당분야 미래 에너지수요 유지 - 하 : 2020년 감축목표 기여도가 5% 이하이면서, 해당분야 미래 에너지수요 감소
수요관리	- 하위분류에 대한 구체적인 판단기준 설정이 한계가 있어서, 상위분류와 같은 수준 설정

□ 감축기여도 분석결과

<표 3-9> 분석대상 기술 간 상대적 감축기여도 분석결과

분야		세부 기술	
구분	감축기여도	구분	감축기여도
신재생	상	태양광	상
		풍력	상
		수소/연료전지	상
		바이오/폐기물	중
		기타 신재생	중
화력·송배전	상	청정화력	상
		차세대 전력망 및 전력기기	중
원자력	상	-	-
CCUS	상	-	-
효율향상	상	산업	상
		수송	상
		건물	상
수요관리	상	e-프로슈머	상
		ESS	상

<표 3-10> '국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵' 주요내용

부문	세부 분야	감축기술	2020 BAU (백만톤)	감축 수단별 감축률 (%)	BAU 대비 기술별 감축량 (백만톤)	분야별 감축량 계 (백만톤)	감축률 (BAU총량 대비) (%)	분야별 감축률 계 (%)
산업	정유	연료대체(중유→LNG)	16.6	2.4	0.4	1.23	0.051	0.16
		열병합발전 확대		0.4	0.1		0.009	
		고효율 전동기/보일러/건조기 도입		4.6	0.8		0.098	
	광업	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.6	4.6	0.0	0.03	0.004	0.00
	철강	폐열회수발전	116.9	4.4	5.1	7.60	0.663	0.98
		연료대체(중유→LNG)		0.1	0.2		0.020	
		연료대체(석탄류→폐플라스틱), 바이오매스(폐목재 고품질 확대)		0.8	0.9		0.116	
		고효율 전동기/보일러/건조기 도입		0.8	0.9		0.121	
		신기술 도입(Finex 확대, Consteel 도입, ECOARO도입)		0.4	0.5		0.060	
	시멘트	포틀랜드 시멘트 혼합재 증대	40.8	3.4	1.4	3.47	0.179	0.45
		슬래그시멘트 증대		2.9	1.2		0.152	
		연료대체(유연탄→폐합성수지)		1.1	0.4		0.058	
		고효율 전동기/보일러/건조기 도입		0.7	0.3		0.037	
		폐열회수발전 확대		0.4	0.2		0.021	
	석유화학	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	59.6	2.7	1.6	4.53	0.207	0.58
		질산 생산공정에서 발생하는 질산(N <sub>2</sub> O)을 촉매분해		1.5	0.9		0.115	
		연료대체(중유→LNG)		1.1	0.7		0.084	
촉매최적화로 공정에너지 효율 증대		1.0		0.6	0.077			
공정부생가스 이용 열병합발전 확대		0.9		0.5	0.069			
연료대체(유연탄→바이오매스)		0.2		0.1	0.015			
아디핀산 생산공정에서 발생하는 N <sub>2</sub> O 분해		0.2		0.1	0.015			
제지	바이오매스 열병합 도입	7.3	2.3	0.2	0.52	0.022	0.07	

부문	세부분야	감축기술	2020 BAU (백만톤)	감축 수단별 감축률 (%)	BAU 대비 기술별 감축량 (백만톤)	분야별 감축량 계 (백만톤)	감축률 (BAU총량 대비) (%)	분야별 감축률 계 (%)
목재		바이오매스 스팀비중 확대		1.9	0.1		0.018	
		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입		2.9	0.2		0.027	
섬유 ·가죽		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	9.3	6.3	0.6	0.59	0.076	0.08
유리 ·요업		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	5.2	4.0	0.2	0.21	0.027	0.03
비철금속		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	4.8	4.1	0.2	0.20	0.025	0.03
기계		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	12.4	7.6	0.9	0.94	0.121	0.12
전기/전 자-에너 지		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	40.8	2.2	0.9	0.90	0.116	0.12
전지-전 자-비에 너지	충전기기 SF6 90% 회수 가전제품(냉장고, 에어컨)용 HFCs 64% 회수			60.3	24.6	24.60	3.170	3.17
전자표시 장치 (디스 플레이)		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	70.2	4.2	2.9	27.73	0.380	3.57
		SF6 분해설비 도입 및 효율개선		35.3	24.8		3.193	
반도체		PFCs 분해설비 도입 및 효율개선	14.2	23.5	3.3	3.95	0.430	0.51
		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입		4.3	0.6		0.079	
자동차- 에너지		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	11.8	5.4	0.6	0.64	0.082	0.08
자동차- 비에너지	자동차용 냉매 HFCs 회수			27.4	3.2	3.23	0.417	0.42
조선		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	3.6	6.7	0.2	0.24	0.031	0.03
음식료품		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	5.8	5.0	0.3	0.29	0.037	0.04
기타 제조업		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	16.1	1.7	0.3	0.27	0.035	0.04
건설업		건설기계 바이오 디젤 혼합비율 증대	3.0	5.3	0.2	0.21	0.020	0.03
		중온아스팔트 포장기술 보급		1.8	0.1		0.007	

부문	세부분야	감축기술	2020 BAU (백만톤)	감축 수단별 감축률 (%)	BAU 대비 기술별 감축량 (백만톤)	분야별 감축량 계 (백만톤)	감축률 (BAU총량 대비) (%)	분야별 감축률 계 (%)
농림업	농림어업	논 물관리 개선	28.5	0.5	0.1	1.48	0.018	0.19
		화학비료 사용절감		0.3	0.1		0.011	
		가축분뇨 처리시설(에너지화 및 자원화) 확충		1.1	0.3		0.040	
		장내발효 개선 (양질 조사료 공급)		0.3	0.1		0.011	
		신재생에너지 도입 - 지열 히트펌프		0.7	0.2		0.024	
		신재생에너지 도입 - 목재펠릿		0.7	0.2		0.024	
		농어업 에너지절감 시설		1.7	0.5		0.062	
수송	운수업/자가용	수송수단 전환(도로에서 철도 및 연안해운으로 전환) 및 행태변화(에코드라이빙+대중교통 확대) 등 수요관리 정책	99.6	14.3	14.2	34.16	1.835	4.40
		그린카 반응으로 연비개선(승용차)		12.9	12.8		1.656	
		그린카 반응으로 연비개선 강화(승용차, 버스, 화물)		4.9	4.9		0.629	
		바이오연료 혼합비율 증대		2.0	2.0		0.257	
		선박에너지 효율개선		0.2	0.2		0.026	
건물	가정	신축/기존주택의 에너지저감 및 성능향상	81.2	6.9	5.6	21.84	0.722	2.81
		냉난방 설비 및 열원 효율개선		3.9	3.2		0.408	
		가전기기 효율개선		7.2	5.8		0.753	
		냉난방에너지 절약행태 개선		5.6	4.5		0.586	
		LED 보급, 조명기기 고효율화		1.6	1.3		0.167	
		신재생에너지 보급		1.7	1.4		0.178	
	상업	신축/기존주택의 에너지저감 및 성능향상	86.4	5.1	4.4	23.07	0.568	2.97
		냉난방 설비 및 열원 효율개선		5.0	4.3		0.557	
		사무용 전자제품 효율개선		1.7	1.5		0.189	
		냉난방에너지 절약행태 개선		7.8	6.7		0.868	
		LED 보급, 조명기기		5.8	5.0		0.646	

부문	세부분야	감축기술	2020 BAU (백만톤)	감축 수단별 감축률 (%)	BAU 대비 기술별 감축량 (백만톤)	분야별 감축량 계 (백만톤)	감축률 (BAU총량 대비) (%)	분야별 감축률 계 (%)
		고효율화						
		신재생에너지 보급		1.3	1.1		0.145	
공공 기타	공공 및 기타	조명기기 고효율화	17.9	6.4	1.1	4.46	0.148	0.57
		기존 및 신축건물 부하저감		3.9	0.7		0.090	
		냉난방기 효율개선		3.2	0.6		0.074	
		BEMS 보급		3.2	0.6		0.074	
		전동기 효율개선		2.9	0.5		0.067	
		가로등 고효율화		2.5	0.4		0.058	
		사무용 전자제품 효율개선		1.4	0.3		0.032	
		실내 냉난방 온도제한 1°C		1.4	0.3		0.032	
폐기물	폐기물	유기성 폐기물 에너지화율 확대	13.8	4.8	0.7	1.71	0.085	0.22
		사업장폐기물 원단위 감축(폐기물 감소)		2.5	0.3		0.044	
		매립가스 회수 및 발전		2.0	0.3		0.036	
		가연성폐기물 에너지화율 확대		1.5	0.2		0.027	
		생활폐기물 감량화 정책 추진		1.5	0.2		0.027	
		폐목재 재활용 활성화		0.1	0.0		0.002	
도시가스			2.0					
도시가스 탈루 배출량			7.6					
총 계			776.0		168.1	168.09	21.7	21.7
전환	전환	전력수요 절감으로 전력 MIX 개선 효과	243.2	18.9	46.0	64.93	5.923	8.37
	전환	신재생에너지 비율 7.2%로 확대		3.1	7.5		0.972	
	전환	CCS 도입(2백만톤 감축)		0.8	1.9		0.251	
	전환	스마트그리드(10백만톤 감축)		3.9	9.5		1.222	
총 계 (전환부문 감축량 포함)			776.0		233.03	233.03	30.03	30.03
- 전환부문 감축량 : 발전용 에너지 구성비율 변화(신재생 비중 증가) 등에 따른 추가적 감축량								
- 전환부문 2020 BAU 배출량(243.2백만톤)은 전환부문에서 생산된 전력을 사용하는 수요부문의 간접배출량으로 포함되었기 때문에 총계에 포함되지 않음								

<표 3-11> '국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵'과 본 연구  
분석기술과의 연계

부문별	세부분야	감축기술	BAU 대비 수단별 감축량 (백만톤)	감축률 (BAU 총량 대비) (%)	감축수 단별 감축 기여도 (100% 환산)	분석 대상기술	
						분야	세부
산업	정유	연료대체(중유→LNG)	0.40	0.05	0.17	기타	연료대체
		열병합발전 확대	0.07	0.01	0.03	에너지효율	산업
		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	0.76	0.10	0.33	에너지효율	산업
	광업	고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	0.03	0.00	0.01	에너지효율	산업
	철강	폐열회수발전	5.14	0.66	2.21	신재생	바이오·폐기물
		연료대체(중유→LNG)	0.16	0.02	0.07	기타	연료대체
		연료대체(석탄류→폐플라스틱 , 바이오매스(폐목재 고품질) 확대)	0.90	0.12	0.38	신재생	바이오·폐기물
		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	0.94	0.12	0.40	에너지효율	산업
		신기술 도입(Finex 확대, Consteel 도입, ECOARO도입)	0.47	0.06	0.20	에너지효율	산업
	시멘트	포틀랜드 시멘트 혼합재 증대	1.39	0.18	0.60	신재생	바이오·폐기물
		슬래그시멘트 증대	1.18	0.15	0.51	신재생	바이오·폐기물
		연료대체(유연탄→폐합성수지 )	0.45	0.06	0.19	신재생	바이오·폐기물
		고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	0.29	0.04	0.12	에너지효율	산업
		폐열회수발전 확대	0.16	0.02	0.07	신재생	바이오·폐기물
	석유화학	고효율 전동기/보일러/ 건조기 도입	1.61	0.21	0.69	에너지효율	산업
		질산 생산공정에서 발생하는 질산(N <sub>2</sub> O)을 촉매분해	0.89	0.12	0.38	CCUS	Non-CO <sub>2</sub>
		연료대체(중유→LNG)	0.66	0.08	0.28	기타	연료대체
		촉매 최적화로 공정에너지 효율 증대	0.60	0.08	0.26	에너지효율	산업
		공정부생가스 이용 열병합발전 확대	0.54	0.07	0.23	신재생	바이오·폐기물
		연료대체(유연탄→바이오매스 )	0.12	0.02	0.05	신재생	바이오·폐기물
		아디핀산 생산공정에서 발생하는 N <sub>2</sub> O 분해	0.12	0.02	0.05	CCUS	Non-CO <sub>2</sub>

부문별	세부분야	감축기술	BAU 대비 수단별 감축량 (백만톤)	감축률 (BAU 총량 대비) (%)	감축수단별 감축 기여도 (100% 환산)	분석 대상기술	
						분야	세부
	제지·목재	바이오매스 열병합 도입	0.17	0.02	0.07	신재생	바이오·폐기물
		바이오매스 스팀비중 확대	0.14	0.02	0.06	신재생	바이오·폐기물
		고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.21	0.03	0.09	에너지효율	산업
	섬유·가죽	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.59	0.08	0.25	에너지효율	산업
	유리·요업	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.21	0.03	0.09	에너지효율	산업
	비철금속	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.20	0.03	0.08	에너지효율	산업
	기계	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.94	0.12	0.40	에너지효율	산업
	전기/전자-에너지	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.90	0.12	0.39	에너지효율	산업
	전지-전자-비에너지	중전기기 SF6 90% 회수 가전제품(냉장고, 에어컨)용 HFCs 64% 회수	24.60	3.17	10.56	CCUS	Non-CO2
	전자표시장치 (디스플레이)	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	2.95	0.38	1.27	에너지효율	산업
SF6 분해설비 도입 및 효율개선		24.78	3.19	10.63	CCUS	Non-CO <sub>2</sub>	
산업	반도체	PFCs 분해설비 도입 및 효율개선	3.34	0.43	1.43	CCUS	Non-CO <sub>2</sub>
		고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.61	0.08	0.26	에너지효율	산업
	자동차-에너지	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.64	0.08	0.27	에너지효율	산업
	자동차-비에너지	자동차용 냉매 HFCs 회수	3.23	0.42	1.39	CCUS	Non-CO <sub>2</sub>
	조선	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.24	0.03	0.10	에너지효율	산업
	음식료품	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.29	0.04	0.12	에너지효율	산업
	기타제조업	고효율 전동기/보일러/건조기 도입	0.27	0.04	0.12	에너지효율	산업
	건설업	건설기계 바이오 디젤 혼합비율 증대	0.16	0.02	0.07	신재생	바이오·폐기물

부문별	세부분야	감축기술	BAU 대비 수단별 감축량 (백만톤)	감축률 (BAU 총량 대비) (%)	감축수단별 감축 기여도 (100% 환산)	분석 대상기술	
						분야	세부
		중온아스팔트 포장기술 보급 (에너지절약)	0.05	0.01	0.02	에너지효율	산업
농림어업	농림어업	논 물관리 개선	0.14	0.02	0.06	정책·행태	정책 및 행태
		화학비료 사용절감	0.09	0.01	0.04	정책·행태	정책 및 행태
		가축분뇨 처리시설(에너지화 및 자원화) 확충	0.31	0.04	0.13	신재생	바이오·폐기물
		장내발효 개선 (양질 조사료 공급)	0.09	0.01	0.04	CCUS	Non-CO <sub>2</sub>
		신재생에너지 도입 - 지열 히트펌프	0.19	0.02	0.08	신재생	기타
		신재생에너지 도입 - 목재펠릿 보일러	0.19	0.02	0.08	신재생	바이오·폐기물
		농어업 에너지절감 시설	0.48	0.06	0.21	에너지효율	산업
수송	운수업/자가용	수송수단 전환 (도로에서 철도및 연안해운으로 전환) 및 행태변화(에코드라이빙+대중교통 확대) 등 수요관리 정책	14.24	1.84	6.11	정책·행태	정책 및 행태
		그린카 반영으로 연비개선(승용차)	12.85	1.66	5.51	에너지효율	수송
		그린카 반영으로 연비개선 강화(승용차, 버스, 화물)	4.88	0.63	2.09	에너지효율	수송
		바이오연료 혼합비율 증대	1.99	0.26	0.85	신재생	바이오·폐기물
		선박에너지 효율개선	0.20	0.03	0.09	에너지효율	수송
건물	가정	신축/기존주택의 에너지저감 및 성능향상	5.60	0.72	2.40	에너지효율	건물
		냉난방 설비 및 열원 효율개선	3.17	0.41	1.36	에너지효율	건물
		가전기기 효율개선	5.85	0.75	2.51	에너지효율	건물
		냉난방에너지 절약행태 개선	4.55	0.59	1.95	정책·행태	정책 및 행태
건물	가정	LED 보급, 조명기기 고효율화	1.30	0.17	0.56	에너지효율	건물
		신재생에너지 보급	1.38	0.18	0.59	신재생	신재생-건물 (가정)
	상업	신축/기존주택의 에너지저감 및 성능향상	4.41	0.57	1.89	에너지효율	건물
		냉난방 설비 및 열원 효율개선	4.32	0.56	1.85	에너지효율	건물
		사무용 전자제품 효율개선	1.47	0.19	0.63	에너지효율	건물

부문별	세부분야	감축기술	BAU 대비 수단별 감축량 (백만톤)	감축률 (BAU 총량 대비) (%)	감축수 단별 감축 기여도 (100% 환산)	분석 대상기술	
						분야	세부
		냉난방에너지 절약행태 개선	6.74	0.87	2.89	정책·행태	정책 및 행태
		LED 보급, 조명기기 고효율화	5.01	0.65	2.15	에너지효율	건물
		신재생에너지 보급	1.12	0.14	0.48	신재생	신재생-건물 (상업)
공공 기타	공공 및 기타	조명기기 고효율화	1.15	0.15	0.49	에너지효율	건물
		기존 및 신축건물 부하저감	0.70	0.09	0.30	에너지효율	건물
		냉난방기 효율개선	0.57	0.07	0.25	에너지효율	건물
		BEMS 보급	0.57	0.07	0.25	에너지효율	건물
		전동기 효율개선	0.52	0.07	0.22	에너지효율	건물
		가로등 고효율화	0.45	0.06	0.19	에너지효율	건물
		사무용 전자제품 효율개선	0.25	0.03	0.11	에너지효율	건물
실내 냉난방 온도제한 1°C	0.25	0.03	0.11	정책 및 행태	정책 및 행태		
폐기물	폐기물	유기성 폐기물 에너지화율 확대	0.66	0.09	0.28	신재생	바이오·폐기물
		사업장폐기물 원단위 감축(폐기물 감소)	0.35	0.04	0.15	정책·행태	정책 및 행태
		매립가스 회수 및 발전	0.28	0.04	0.12	신재생	바이오·폐기물
		가연성폐기물 에너지화율 확대	0.21	0.03	0.09	신재생	바이오·폐기물
		생활폐기물 감량화 정책 추진	0.21	0.03	0.09	정책·행태	정책 및 행태
		폐목재 재활용 활성화	0.01	0.00	0.01	신재생	바이오·폐기물
전환	전환	전력수요 절감으로 전력 MIX 개선 효과	45.96	5.92	19.73	전력/원자 력/신산업	전력/원자력/ 신산업
		신재생에너지 비율 7.2%로 확대	7.54	0.97	3.24	신재생	신재생-전환
		CCS 도입(2백만톤 감축)	1.95	0.25	0.83	CCUS	CO <sub>2</sub>
		스마트그리드(10백만톤 감축)	9.48	1.22	4.07	전력	차세대 전력망 및 기기
<b>합 계</b>			<b>233.03</b>	<b>30.0</b>	<b>100.0</b>		

### 3.2.3. 세부 분야별 분석 결과

#### □ 신재생에너지

- ‘2020 감축 로드맵’에서 신재생에너지 전체의 2020년 감축기여도는 10.4% (<표 3-7>)
- <표 3-7>에서 제시된 ‘2020 감축 로드맵’ 연계 결과에 의하면 신재생에너지 중 바이오/폐기물이 산업부문을 중심으로 기여도가 큰 것으로 파악되었으나, 반면 건물과 발전부문에서의 구체적인 신재생에너지 원별 기여도 구분은 어려운 상황
- 따라서 전체적인 세부 원별 기여도는 ‘제4차 신재생에너지 기본계획’(산업통상자원부, 2014.9)에 의거하여 추정 (아래는 ‘제4차 신재생에너지 기본계획’의 주요 내용)
  - 2035년까지 1차 에너지의 11.0%를 신재생에너지로 공급
    - \* (’12) 3.2 → (’14) 3.6 → (’20) 5.0 → (’25) 7.7 → (’30) 9.7 → (’35) 11
  - 폐기물 비중 축소, 태양광과 풍력을 핵심 에너지원으로 육성
    - \* 원별비중(% , ’12→’35) : 폐기물(68.4→29.2), 풍력(2.2→18.2), 태양광(2.7→14.1)

<표 3-12> 신재생에너지 원별 비중 현황 및 목표

(단위 : %)

구 분		2014	2025	2035	비 고
태양광		4.9	12.9	14.1	1차 에너지기준
풍력		2.6	15.6	18.2	1차 에너지기준
수소/연료전지	연료전지	4.9	11.6	10.5	발전량 기준 (2025 대신 2020 적용)
바이오/폐기물	소계	80.3	57.8	47.2	1차 에너지기준
	바이오	13.3	19.0	18.0	1차 에너지기준
	폐기물	67.0	38.8	29.2	1차 에너지기준
기타 신재생	소계	12.2	13.8	20.6	1차 에너지기준
	태양열	0.5	3.7	7.9	1차 에너지기준
	수력	9.7	4.1	2.9	1차 에너지기준
	지열	0.9	4.4	8.5	1차 에너지기준
	해양	1.1	1.6	1.3	1차 에너지기준
합계		104.9 <sup>11)</sup>	111.7	110.6	-

자료 : 산업통상자원부(2014.9), “제4차 신재생에너지 기본계획”, p.5를 토대로 연료전지를 추가하여 작성,

11) 1차 에너지기준 분류에 없는 연료전지 추가에 따라 합계가 100이 넘음

<표 3-13> 신재생에너지 원별 비중 현황 및 목표 (연료전지 포함 100%로 재환산)  
(단위 : %)

구 분		2014	2025	2035	'14년 대비 '25년 증가율	비 고
태양광		4.7	11.5	12.7	147%	1차 에너지기준
풍력		2.5	14.0	16.5	463%	1차 에너지기준
수소/연료전지	연료전지	4.7	10.4	9.5	122%	발전량 기준 (2020년 적용)
바이오/폐기물	소계	76.5	51.7	42.7	-32%	1차 에너지기준
	바이오	12.7	17.0	16.3	34%	1차 에너지기준
	폐기물	63.9	34.7	26.4	-46%	1차 에너지기준
기타 신재생	소계	11.6	12.4	18.6	6%	1차 에너지기준
	태양열	0.5	3.3	7.1	595%	1차 에너지기준
	수력	9.2	3.7	2.6	-60%	1차 에너지기준
	지열	0.9	3.9	7.7	359%	1차 에너지기준
	해양	1.0	1.4	1.2	37%	1차 에너지기준
합계		100.0	100.0	100.0	-	-

- 신재생에너지 상위분류 및 하위분류의 기여도는 앞서 제시한 기여도 판단 기준에 의거하여 평가
  - 바이오/폐기물의 경우 하위분류 판단기준으로는 정부의 폐기물 비중 축소라는 정책 방향에 기초할 때 미래 온실 가스 감축 기여도가 줄어들 것으로 예상됨에 따라 '하'로 평가할 수 있음
  - 하지만 바이오와 폐기물 중 바이오가 비중과 증가율이 커지고 있음을 고려하여 '중'으로 판단

□ 화력·송배전

- 화력·송배전은 청정화력과 차세대 전력망 및 전력기기로 구성
- 차세대 전력망 및 전력기기
  - '2020 감축 로드맵' 중 전환부문의 스마트그리드를 차세대 전력망 및 전력기기에 포함 (감축량 : 9.5 백만톤, 감축비중 : 4.1%)

- 2020년 이후에도 동 분야의 지속적인 양적 확대가 기대되나, 비중 측면에서는 현재의 수준이 유지될 것으로 판단
- 아울러 스마트그리드(마이크로그리드) 등 요소분야가 에너지신산업과도 연계되어 있어, 에너지신산업의 효과에도 잠재적으로 반영될 것인 만큼 현재 비중 유지로 판단

○ 청정화력

- ‘2020 감축 로드맵’의 전환부문 전력 Mix 개선효과에 청정화력의 효과가 포함된 것으로 판단(감축량 : 46백만톤, 감축비중 : 19.7%)
- 이 중 19.5백만톤(8.3%)는 원자력발전의 전원 Mix 효과로 추정(아래 원자력분야 설명 참고)
- 나머지 26.5백만톤은 EMS/ESS 보급 및 수요관리시장(에너지신산업), USC/LNG 복합화력 등 청정화력 보급 확대의 효과로 추정 가능
- 다만, 이들 효과를 구분할 더 이상의 근거자료 확보는 어려우며, 따라서 청정화력은 에너지신산업에 비해 단기간에 적용 효과가 높을 것으로 판단하여 60%의 효과로 추정(감축량 : 15.9%, 감축비중 : 6.8%)

○ 화력·송배전 기여도(상위분류)

- 이상의 청정화력과 차세대 전력망 및 전력기기의 감축 기여량과 비중을 합한 것을 화력·송배전 상위분류의 기여도로 적용
- 감축량 : 25.4백만톤, 감축비중 : 10.9%

□ 효율향상

- 효율향상 분야는 ‘2020 감축로드맵’ 상에서 28.6%의 높은 기여도를 나타냄
  - 효율향상 분야별 기여도 : 건물 15.2%, 산업 5.7%, 수송 7.7%
- 향후 동 분야의 지속적인 감축기여도를 판단하기 위해 장기 에너지수요 전망을 살펴본 결과, 지속적인 에너지수요 확대가 예상되어 미래 감축기여도 역시 높을 것으로 판단함

<표 3-14> 신재생에너지 원별 비중 현황 및 목표

(단위 : 백만toe)

구분	2011	2025	2030	2035
산업	126.9	151.6	152.3	148.4
수송	36.9	44	45.5	46.5
가정	21.6	24.2	24.6	24.9
상업	15.9	23.6	26	28.1
공공기타	4.6	5.4	5.8	6.2
계	205.9	248.8	254.2	254.1

자료 : 산업통상자원부(2014.1), “제2차 에너지기본계획”, p.36

□ 원자력

- ‘2020년 감축로드맵’에서 원자력의 감축기여도는 구체적으로 언급되지 않음
  - 로드맵의 전환부문의 전력 Mix 개선효과(45.96백만톤)에 포함되어 있을 것으로 판단되나, 더 이상 상세한 설명은 없음
- 따라서 원자력의 2014년 대비 2020년 발전량 증가량을 토대로 온실가스 감축가능량을 산출하여 이를 바탕으로 기여도를 추정하는 방법을 적용
  - 전력 CO<sub>2</sub> 배출 원단위 : 2013년 국내 총 발전량은 537,169,276MWh<sup>12)</sup>이었으며, 발전부문 CO<sub>2</sub> 배출량은 233.4백만톤<sup>13)</sup>
  - 국내 총 발전량과 온실가스 배출량을 이용하여 산출한 전력부문 CO<sub>2</sub> 배출 원단위는 0.43 kg.CO<sub>2</sub>/kWh
    - \* 전력거래소 보도자료(2012.12.26.)<sup>14)</sup>에서 발표한 2011년 실적 기준 배출 원단위는 0.44 kg.CO<sub>2</sub>/kWh(이후 년도에는 배출계수를 발표하지 않음)로 동 자료와 앞서 본 연구에서 계산한 2013년 배출 원단위를 비교할 때 충분한 신뢰성이 있다고 판단
- 위의 방법으로 계산 시 2020년에 총 19.5백만 톤의 감축효과를 추정할 수 있으며, 이는 2020년 전체 감축목표의 8.3%에 해당

12) 에너지경제연구원(2015), 「에너지통계연보」

13) 관계부처 합동(2015.6), “Post-2020 온실가스 감축목표 설정 추진계획”

14) 전력거래소 보도자료(2012.12.26.), “발전부문 배출계수 개발로 배출권거래제 방향타를 잡다”

- 다만 원자력 발전의 경우 2020년 감축 기여도는 8.3%이나, 2030년 온실가스 감축목표의 제3안에 원자력 발전 확대가 포함되어 있고, 제7차 전력수급기본계획에 원자력발전 증설이 계획되어 있어 향후 감축 기여도가 기대됨에 따라 기여도를 '상'으로 판단

<표 3-15> 원자력 발전소 설비계획

(단위 : MW)

구분	2014	2020	2025	2029
정격용량	20,716	26,729	32,329	38,329

자료 : 산업통상자원부(2015.7), “제7차 전력수급 기본계획”

<표 3-16> 원자력 발전량 및 CO<sub>2</sub> 배출 기여도 추정

	2014	2020	2025	2029
정격용량(MW)	20,716	26,729	32,329	38,329
발전량(MWh)	154,251,336	199,024,134	240,721,734	285,397,734
발전 증가량(MWh)		44,772,798	86,470,398	131,146,398
CO <sub>2</sub> 감축량(백만톤)		19.5	37.6	57.0
감축기여도(%)		8.3		26.1 <sup>15)</sup>

주 : 원자력 이용률은 2014년 평균 적용 85%<sup>16)</sup>

□ CCUS

- ‘2020 감축 로드맵’에서 CCUS는 25.3%의 비중을 차지하여 높은 기여도를 나타냄
  - \* CO<sub>2</sub>를 대상하는 CCS 기술의 기여도는 0.8%, 나머지 24.5%는 Non-CO<sub>2</sub> 회수 및 처리분야의 기여도
- 다만, ‘2020 감축 로드맵’의 기여도 상에서 CO<sub>2</sub> 분야의 기여도가 낮으나, 다음과 같은 이유에서 CO<sub>2</sub> 분야 역시 미래 기여도는 높을 것으로 판단하여, CCUS분야 전체의 기여도를 '상'으로 판단

15) 2029년 감축목표는 2015년에 발표한 국가 INDC 감축목표 제3안의 2030년 감축량을 기준으로 추정. 단, 2030년 감축량은 신재생 등의 확대에 의한 전체 전력 이산화탄소 배출계수 하향 조정 예상치를 반영하지 않은 것으로 과대추정 가능성 있음

16) 한국전력공사(2015.5), 「2014년 한국전력통계」

- 대규모 CCS 기술개발 프로젝트들이 진행 중이며, 주 적용 대상인 석탄발전이 향후에도 중요한 비중을 유지할 계획

<표 3-17> 국내 석탄발전 계획

유연탄 발전	2014	2020	2025	2029
정격용량(MW)	25,149	36,913	43,293	43,293

자료 : 산업통상자원부(2015.7), “제7차 전력수급 기본계획”

- IEA 기술전망<sup>17)</sup>에서도 CCS의 전 세계 온실가스 감축기여도를 14%로 전망

## □ 수요관리

- 에너지프로슈머 : 소규모 신재생에너지, ICT 기술 등을 활용하여, 누구나 직접 전기를 생산하고 소비하는 신산업(마이크로 그리드, 수요자원시장, 제로에너지빌딩, 친환경에너지타운, 태양광 홈 등<sup>18)</sup>
  - 분산자원 유형 : 태양광, 풍력, 전기발전보일러, 에너지저장장치, 전기차 등
- 수요관리 부분은 최근 새로 제시된 산업유형으로 감축기여도를 구체적으로 추정할 수 있는 근거자료가 부족하나, ‘2020 감축 로드맵’의 전환부문 전력 Mix 개선 효과에 수요관리 부문(e-프로슈머, ESS)의 효과가 일부 포함된 것으로 추정(수요관리 시장)
  - 전력 Mix 개선효과 : EMS/ESS 보급 및 수요관리시장, USC/LNG 복합화력 등 청정화력 보급 확대, 원자력 비중 확대 등 포함
  - 다만, 신산업은 다양한 기술적 구성요소를 포함하고 있어 효과를 정량적으로 추정하는데 한계가 있음
- 따라서 2020 감축로드맵의 가장 유사한 분류를 적용하여 이의 효과를 추정
  - 2020년 감축로드맵을 기준으로 전력 Mix 개선효과 : 46백만톤, 19.7%

17) IEA(2014), Energy Technology Perspectives

18) 관계부처 합동(2015.11), “2030 에너지신산업 확산전략”

- 이 중 원자력발전의 전원 Mix 효과로 추정 : 19.5백만톤, 8.3% (원자력분야 설명 참고)
  - 남은 26.5백만톤 중 60%를 청정화력 효과로 추정 : 15.9백만톤, 6.8% (전력분야 설명 참고)
  - 나머지 40%를 에너지신산업(EMS/ESS 보급 및 수요관리시장)의 효과로 적용 가능 판단 : 10.6백만톤, 4.5%
  - 이외에 장기적으로는 에너지신산업에서 언급되는 수요자원 거래시장, 마이크로 그리드, 제로에너지빌딩, 친환경에너지타운, 태양광 홈 등이 다양한 요소가 추가 효과로 고려될 수 있음
- 현재의 여건에서 이들의 장기적인 효과를 정확히 추정하기 어려우나, 2030 에너지신산업 확산전략에서 수요자원 거래시장의 효과로 제시한 2030년 전력피크의 5%(약 6.3GW) 대체 등의 효과를 고려하면, 기여도는 매우 클 것으로 추정
- 6.3GW 대체효과(2030년) : CO<sub>2</sub> 15.3백만톤 감축효과  
(전력부문 CO<sub>2</sub> 배출 원단위 0.43kg.CO<sub>2</sub>/kWh 적용 산출)
- 이상에서 살펴 본 수요 관리 부문의 현재 및 미래 기여도 정도를 종합적으로 고려하여 기여정도를 '상'으로 판단

## [참고] 민간 R&D 활성화 정도 분석

### 1. 분석 프레임워크

#### □ 본 장 내용에 대한 이해

- 앞서 제2장에서 ‘기술 경쟁력’, ‘온실가스 감축 기여도’를 두 축과 기준으로 하는 본 연구의 포트폴리오 분석 프레임워크를 제시한 바 있음
  - \* <표 2-9>, [그림 2-2] 참고
- ‘기술 경쟁력’, ‘온실가스 감축 기여도’ 외에도 정부 및 민간의 R&D 투자 규모 현황·수준은 특히 정부 재정이 투입되는 R&D 투자 전략 수립에 있어 중요한 기준이 될 수 있음
  - 즉, 경쟁력이 높은 분야라 하더라도 민간의 R&D가 활성화되어 있다면 이 분야에 대한 추가적인 정부 R&D 투입은 필요가 없다고 판단할 수 있음
  - 따라서 정부 및 민간의 R&D 투자 규모의 현황은 정부 R&D 전략 수립의 중요한 기준이 될 수 있음
- 본 절의 내용은 정부-민간 R&D 투자 현황을 포트폴리오 분석 시 또 다른 기준으로 적용한 결과를 간략히 소개하고자 함
  - 민간 R&D 활성화 정도 분석은 활용할 수 있는 지표 자료가 적절치 않아 실제 R&D 투자 유형 도출에는 활용이 되지는 않았음
  - 그러나 포트폴리오 분석의 중요한 기준으로 향후 연구 등에서 활용될 수 있기 때문에 연구진이 분석을 시도한 내용을 본 절에 기술함
- 본 절의 내용은 여러 한계로 인해 정부-민간 R&D 투자 전략 분석에 활용되지는 못하였으며, 다만 향후 관련 분석의 참고 자료로 간략히 소개함

## □ 포트폴리오 분석틀

### ○ 분석 대상

- <표 1-4>의 청정에너지 기술로 앞서 살펴본 기술경쟁력, 환경기여도 분석과 동일

### ○ 분석 목적

- ① 기술 경쟁력이 높고 온실가스 감축 기여도가 높은 분야에 R&D 투자를 확대 하되(투자 중요도), ② 민간 R&D 활성화에 따라 정부 R&D의 역할을 구분하자는 것

### ○ 포트폴리오 분석 기준

- ① 투자 중요도(기술 경쟁력, 온실가스감축 기여도 등)와 ② 민간 R&D 활성화 정도(민간 R&D 투자 현황 등 정책적 측면)임

[그림 3-4] 투자중요도, 민간 R&D 활성화 정도에 따른 포트폴리오분석 프레임워크

\* (예시, 투자 중요도) 투자 중요도 수준(예시 3단계로 상, 중, 하)에 따라 R&D 투자 확대 전략을 '적극 확대', '지속 확대', '소극적 확대 / 현상 유지'로 구분

\* (예시, 민간 R&D 활성화) 민간 R&D 수준(예시 2단계로 크다, 작다)에 따라 정부 R&D 투자 전략을 '정부 R&D 중심', '정부-민간 공동 R&D 중심'으로 구분

\* 요컨대, ① 분석대상 기술을, ② 투자 중요도(기술적 측면), 민간 R&D 활성화 정도(정책적 측면) 등을 기준으로, ③ 최종적으로 6개 유형으로 분류하는 문제

○ 전략 유형화

- 투자 중요도와 민간 R&D 활성화 정도에 따라 6가지의 차별적인 전략을 제안

<표 3-18> 투자중요도, 민간 R&D 활성화 정도에 따른 포트폴리오분석 프레임워크

기술	투자 중요도	민간 활성화	전략 내용
기술 A	上	小	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (투자 중요도) R&amp;D 투자의 중요도 높음</li> <li>■ (민간 R&amp;D) 민간 R&amp;D가 작고, 정부 R&amp;D 비중이 큼 → R&amp;D 투자 확대가 필요하고, 정부 R&amp;D 중심으로 확대</li> </ul>
기술 B	上	大	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (투자 중요도) R&amp;D 투자의 중요도 높음</li> <li>■ (민간 R&amp;D) 민간 R&amp;D가 높은 등 민간 투자 활성화 → R&amp;D 투자 확대가 필요하고, 정부-민간 공동 R&amp;D 중심으로 확대</li> </ul>
...			
기술 E	下	小	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (투자 중요도) R&amp;D 투자의 중요도 낮음</li> <li>■ (민간 R&amp;D) 정부 R&amp;D 비중이 큼 → R&amp;D 투자는 소극적 확대</li> </ul>

2. 분석 결과

□ 분석 자료

○ 투자 중요도 분석의 자료는 앞서 살펴본 기술경쟁력, 환경기여도 분석과 동일하게 활용이 가능함

○ 따라서 민간 R&D 활성화 정도를 분석하기 위해 다음의 두 가지 자료를 활용

<표 3-19> 민간 R&D 활성화 분석을 위한 지표 자료

구분	판단 지표	자료원
R&D 접근법	국가연구개발사업 중 정부 R&D 현황과 민간기업 매칭펀드 현황	GTC(2015), 2014년도 녹색기술 국가연구개발사업 조사·분석 통계
시장 접근법	기술수명주기 사회적실현시기	GTC(2016), 2015년 녹색기술 수준조사

○ (판단 지표) R&D 측면, 시장성숙도 측면 접근법 등 활용

- (민간 R&D 활성화) 녹색기술 국가연구개발사업 조사통계를 이용해 민간 매칭 R&D가 작은 경우 정부(공공) R&D가 필요하다고 판단
- (시장성숙도) 시장 미성숙 분야의 경우 정부(공공) R&D가 필요하다고 판단 (시장성숙도 판단은 '기술의 사회적 실현시기', '기술수명주기' 지표 활용)

<표 3-20> 분석 대상 기술별 국가연구개발사업 중 정부투자 및 기업 매칭 규모

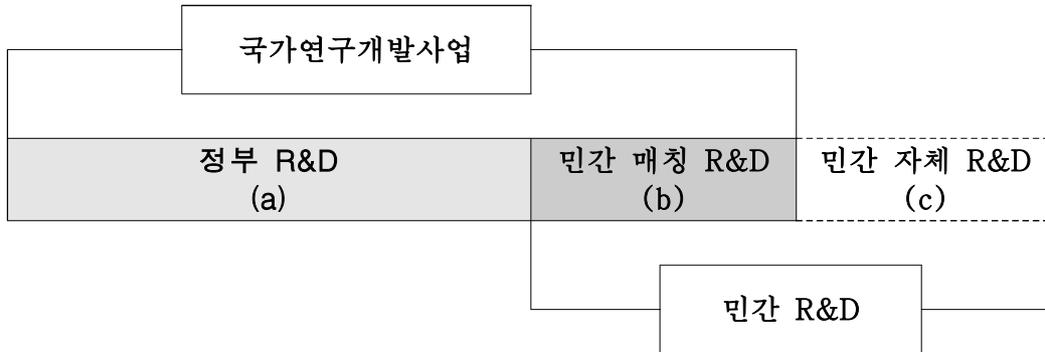
분석 대상 기술		GTC 국가연구개발사업 투자 분석 (2014)			
분야	세부	관련 기술	정부 R&D (억원)	민간기업 매칭 (억원)	
신재생	태양광	■ 실리콘계 태양전지	789	541	
		■ 비실리콘계 태양전지	1,040	233	
	풍력	■ 풍력	736	573	
	수소연료전지	■ 수소제조	158	42	
		■ 수소저장	90	24	
		■ 연료전지	672	419	
	바이오폐기물	■ 폐기물 저감, 재활용, 에너지화	1,063	604	
		■ 바이오에너지	934	268	
	기타신재생	■ 지열	134	302	
		■ 해양에너지	355	96	
화력·송배전	청정화력	■ 석탄 액화 및 가스화	707	1,199	
		■ 가스액화	89	78	
	차세대전력망 전기기기	■ 전기기기 효율성 향상	479	298	
		■ 전력IT	638	400	
원자력		■ 개량형 경수로	1,354	327	
		■ 고속로	22	0	
CCUS		■ CO <sub>2</sub> 포집, 저장, 처리	745	162	
		■ Non-CO <sub>2</sub> 처리	103	52	
효율향상	산업	■ 친환경 공정 및 제품	1,513	840	
		■ 제조공정/소재 효율성 향상	1,031	560	
	수송	■ 고효율 저공해차량	1,506	1,046	
		건물	■ 그린 홈/그린빌딩	1,124	599
			■ 조명용 LED	1,190	911
	■ 그린 IT	536	216		
수요관리	ESS	■ 에너지 저장(2차 전지)	1,441	969	
합계			19,152	10,760	

□ 분석 세부 결과

○ (R&D 측면, ㉠) 민간 R&D 활성화에 따라 정부-민간 역할 구분

- 녹색기술 국가연구개발사업 조사·통계를 이용하여 기술별 민간 R&D 활성화 정도를 비교·분석

[그림 3-5] 정부 R&D와 민간 R&D 구분



\* 원칙적으로는 그림에서 (b)와 (c)를 합한 영역이 민간 R&D 규모이나, (c)에 대해 현재 구득 가능한 정부, 공공기관, 관련 협회 등의 자료 부재로 (b) 부분을 민간 R&D 규모로 대체

- 민간 매칭 R&D 규모를 기술별로 비교해, 민간 매칭 R&D 규모 하위 6개 기술을 정부(공공) R&D가 필요하다고 판단

<표 3-21> 정부-민간 R&D 투자 현황 분석에 따른 정부 R&D 필요성

정부 R&D 필요성	해당 기술
크다	■ CCUS / 바이오·폐기물 / 산업 / 청정화력 / 수소·연료전지 / ESS / 기타 신재생
작다	■ 수송 / 건물 / 차세대전력망·전기기기 / 태양광 / 풍력 ■ 원자력

\* (주의) 원자력의 경우 국가연구개발사업이 아닌 공기업 R&D를 고려할 시 민간 R&D 규모는 커지므로, 판단에 있어서는 민간 R&D 규모가 큰 것으로 판단

[그림 3-6] 2014년 녹색기술 국가연구개발사업 중 정부 R&D 및 민간 매칭 규모

○ (시장성숙도 측면, ⑥) 시장 성숙도에 따라 정부-민간 역할 구분

- 녹색기술수준조사 자료 중 ① 기술의 사회적 실현시기, ② 기술수명주기점수를 시장성숙도 자료로 활용

\* 기술의 사회적 실현시기 : 제품 및 서비스가 사회적으로 널리 확산되어 일반 소비자가 사용 가능한 시기 → 현재에 가까울수록 시장이 성숙되었다고 판단

\* 기술수명주기점수 : 기술수명주기를 7점 척도(1점: 기술개념정립기 → 7점 : 기술쇠퇴기)로 표현한 것 → 7점에 가까울수록 기술이 성장성숙단계에 있어 시장이 성숙되었다고 판단

<표 3-22> 시장성숙도 비교·분석에 따른 정부 R&D 필요성

정부 R&D 필요성	해당 기술
크다	사회적 실현시기가 멀고, 기술이 시험·도입기에 있는 분야 ■ CCUS / 바이오·폐기물 / 산업 / 청정화력 / 수소·연료전지 / ESS / 기타 신재생
작다	사회적 실현시기가 가깝고, 기술이 성장기에 있는 분야 ■ 수송 / 건물 / 차세대전력망·전기기기 / 폐기물 / 태양광 / 풍력 ■ 원자력

[그림 3-7] 본 연구 분석 기술 간 상대적 시장성숙도 비교·분석

□ 시사점

○ R&D 측면, 시장성숙도 측면에서 도출된 결과가 상이

- 일부 자료의 미비로 두 방법의 결과가 일치하지 않았고 세부기술별 결과 중 일부는 현실과 상이하여, 본 분석결과는 활용하지 않음

\* ‘산업효율’은 현재 시장이 성숙한 것으로 평가받고 있으나, 분석결과는 반대로 도출

<표 3-23> 민간 R&D 활성화 정도 분석 결과 요약

청정에너지 기술		정부(공공) R&D 필요성	
6대 분야	세부기술	R&D 활성화 측면 (a)	시장성숙도 측면 (b)
신재생	태양광		
	풍력	0	
	수소·연료전지	0	0
	바이오·폐기물		0
	기타신재생	0	0
화력·송배전	청정화력		0
	차세대전력망· 전기기기	0	
원자력			
CCUS		0	0
효율향상	산업		0
	수송		
	건물		
수요관리	ESS		0

\* (참고) 정부 R&D 필요성이 있는 경우 '○(있다)'로 표현

\* (예) 국가연구개발사업 중 민간 매칭 R&D가 작은 경우 0로 표시

\* (예) 시장 미성숙 분야의 경우 0로 표시

## 4. 투자 중요도 분석 및 전략 유형 분류

### 4.1 투자 중요도 분석

#### □ 투자 중요도 분석 결과

- 제2장에서 살펴보았듯이 본 연구는 ‘기술 경쟁력’, ‘온실가스 감축 기여도’에 따라 상대적 투자 중요도를 3가지 수준(상, 중, 하)으로 분류하는 포트폴리오 분석을 활용

[그림 4-1] 투자 중요도 포트폴리오 분석 프레임워크

참고 : [그림 4-1]은 [그림 2-2]과 동일한 그림임. 제4장에서 제시할 투자 중요도 분석의 결과를 설명하기 위해 제2장 ‘분석 프레임워크’에서 제시한 그림을 본 장에서 다시 활용함

- 기술경쟁력 (a)
  - 분석 대상 기술별로 기술수준과 기술격차 지표를 적용하여 맵핑을 한 결과, 13개 분석기술은 기술수준 및 기술격차 평균 기준으로 2개의 그룹으로 분류가 됨
  - 군집분석 결과, 120개 국가전략기술에 대한 기술수준평가결과 등을 비교하여 최종적으로 13개 분석기술 간 상대적 기술 경쟁력 수준을 2단계(크다, 작다)로 평가

- \* 분석대상 13개 기술의 기술격차 평균은 4.11년, 기술수준 평균은 78.21%
- \* 27대 중점녹색기술의 기술격차 평균은 4.0년, 기술수준 평균은 79.1%
- \* 120개 국가전략 기술의 기술격차 평균은 4.4년, 기술수준 평균은 78.4%

○ 감축기여도 (b)

- 13개 분석기술에 대한 분석을 통해 온실가스 감축기여도에 대한 상대적 수준을 2단계(크다, 작다)로 평가
- 기본적으로 청정에너지 기술이므로 온실가스 감축 기여도가 여타 다른 기술에 비해 크기 때문에 상, 중, 하의 3단계가 아닌 2단계로 평가

○ 투자 중요도 분석 결과 (a+b)

- a, b 분석 및 [그림 4-1]에서 제시된 포트폴리오 분석 프레임워크를 적용하여 13개 분석기술에 대한 투자 중요도를 다음과 같이 도출

<표 4-1> 투자 중요도 분석 결과

세부기술	중요도		
	기술 경쟁력 a	감축 기여도 b	종합 평가 c
■ 수소·연료전지	크다	크다	상
■ 태양광	크다	크다	상
■ 수송	크다	크다	상
■ 건물	크다	크다	상
■ ESS	크다	크다	상
■ 풍력	작다	크다	중
■ 차세대전력망·전기기기	크다	작다	중
■ CCUS	작다	크다	중
■ 청정화력	작다	크다	중
■ 원자력	작다	크다	중
■ 산업	작다	크다	중
■ 기타 신재생	작다	작다	하
■ 바이오·폐기물	작다	작다	하

○ 투자 중요도 분석과 전략 유형과의 연계

- 제2절에서 자세히 살펴보겠지만 투자 중요도 분석의 결과를 전략 유형으로 연계하는 과정은 정책 의사 결정과 관련이 있음
- 본 연구는 ‘우리 기술의 경쟁력이 높고, 온실가스 감축 기여도가 높은 기술 분야’, 즉 중요성이 큰 분야(상대적으로 경쟁력이 높은 분야)에 R&D 투자를 확대하는 정책 의사 결정에 기초하여 전략 유형을 제시하고자 함
- 제2장에서 언급하였지만 이는 향후 5년 내에 실현가능성이 있는 분야에 대한 투자 확대를 목적으로 하는 미션 이노베이션의 기본 목적에 의거하여 경쟁력이 높은 분야에 투자를 좀 더 집중하는 전략임
- 투자 확대의 전략은 아래 <표 4-2>처럼 중요도에 따라 유형화(예컨대 적극적 투자 확대, 지속적 투자 확대, 소극적 투자 확대 또는 현상유지) 될 수 있는데, 구체적인 형태에 대해서는 서로 다른 방안이 마련될 수 있음
- 예를 들어 제2장에서 살펴본 국가과학기술위원회·미래기획위원회(2009.01)의 “녹색기술 연구개발종합대책(안)”에서는 투자 중요도 분석 결과를 첫째로 투자 확대 비율 선정, 둘째로 시간 변화에 따른 R&D 투자 경로 선정 등에 활용함
  - \* (투자확대 비율 선정에 활용) 27대 중점육성기술들은 2008~2012년까지 2008년 기준 투자 수준 대비 2배 이상 확대를 목표로 하였고, 반면 27대 중점육성기술 외 후보군 기술들은 평균적/소극적 투자수준을 유지하여 1.5배 내외 확대를 목표로 함
  - \* (투자 증가 유형 곡선 선정에 활용) 현재의 투자규모, 기술수준, 상용화 시점 등을 종합적으로 고려하여 시점 변화에 따라 27대 중점 기술에 대한 4가지 투자 경로를 제시 : ① 단기집중투자, ② 중기집중투자, ③ 장기집중투자, ④ 장기점증투자

<표 4-2> 투자 중요도 포트폴리오 분석에 따른 전략 유형화

구분	내용
중요도 (上)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 환경 기여도가 크고, 기술 경쟁력 지속 필요성이 있는 분야 → R&amp;D 중요도 높음 (적극적 투자 확대)</li> </ul>
중요도 (中)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 환경 기여도는 작으나, 기술 경쟁력이 있어 경쟁력 유지가 필요한 분야 → R&amp;D 중요도 중간 (지속적 투자 확대)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 환경 기여도는 크나, 기술 경쟁력이 낮아 R&amp;D가 필요한 분야 → R&amp;D 중요도 중간 (지속적 투자 확대)</li> </ul>
중요도 (下)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 환경 기여도와 기술 수준이 모두 낮은 분야 → R&amp;D 중요도 낮음 (소극적 투자 확대 또는 현상 유지)</li> </ul>

참고 : <표 4-2>는 <표 2-9>과 동일한 표임. 제4장에서 제시할 투자 중요도 분석에 따른 전략 유형화를 설명하기 위해 제2장 '분석 프레임워크'에서 제시한 표를 본 장에서 다시 활용함

## 4.2. 전략 유형 분류

### 4.2.1. 개요

#### □ 전략 유형 분류

##### ○ 목적

- 정책 의사 결정에 참고할 수 있도록 포트폴리오 분석에 따른 <표 4-2>의 중요도 결과로부터 투자 전략의 구체적 형태를 제안

##### ○ 두 가지 활용 방안

- 국가과학기술위원회·미래기획위원회(2009.01)의 “녹색기술 연구개발종합대책(안)”을 참고 및 벤치마킹하여 ① R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용하는 방안, ② R&D 투자 경로 가이드라인으로 활용하는 방안 등의 두 가지 방안을 제안함

#### □ 유형 분류 전제

##### ○ 혁신미션 선언의 목표

- 앞서 <표 1-1>에서 혁신미션 선언에 참여하는 주요국이 발표한 기준금액을 살펴보았는데, 이는 주요국이 2021년까지 2배 확대 목표의 기준이 될 2016년 현재의 청정에너지 R&D 규모를 발표한 것
- 2016년 청정에너지 R&D 투자에 대한 총액과 주요 투자 분야에 대한 발표 내용에는 세부 분야별 투자 금액이 포함되어 있지는 않음
- 이는 세부 분야별 투자 금액 결정과 2016년부터 2021년까지 세부 분야별 투자 금액 계획 등은 참여국이 재정 상황, 전략 목표 등에 따라 자율적으로 결정하는 사항이기 때문임

##### ○ 향후 정부 R&D 투자 방향

- 투자 유형 분류에 있어 다른 한 축으로 중요하게 고려해야 할 요인은 정부 재정 상황 등에 따른 향후 정부 R&D 투자 방향임

- GDP 대비 국내 R&D 투자비중은 세계 1위(2014년, 4.29%)이나 경기 둔화에 따라 세입은 크게 증가되지 않는 반면 복지수요 등 재정 지출은 매년 확대 추세로, 당분간 R&D 투자 확대가 어려운 상황 (국가과학기술심의회, 2016.6.30)

\* 정부 R&D 투자 증가율(%) : ('09) 10.8 → ('12) 7.6 → ('15) 6.4 → ('16) 1.1

○ 혁신미션 선언과 정부 R&D 투자 방향 고려에 따른 유형 분류의 의미

- 혁신미션 선언과 정부 R&D 투자 방향을 고려할 시 <표 4-1>에서 제시된 투자 중요도 결과를 세부 기술별 구체적인 수치의 형태로 제시하기에는 어려움이 있음
- 이는 첫째로는 2016년 청정에너지 R&D 투자에 대한 총액과 주요 투자 분야에 대한 발표 내용에는 세부 분야별 투자 금액이 포함되어 있지 않기 때문에 세부 기술 분야별로 2021년의 R&D 투자 금액 목표치를 제시하는 것이 의미가 없기 때문이며,
- 둘째로 향후 재정여건 등에 따라 정부 R&D 예산 및 배분 방향이 지속적으로 변할 것이기 때문에 세부 기술 분야별로 2016년부터 2021년까지의 R&D 투자 목표 선정은 정부의 R&D 예산 및 배분 방향과 연계하여 결정해야 되는 사항이기 때문임
- 본 연구는 <표 4-2> 중요도 결과를 정책 의사 결정에 활용할 수 있는 사례로 ① R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용하는 방안, ② R&D 투자 경로 가이드라인으로 활용하는 방안 등의 두 가지 방안을 제안하고자 함
- 다만, 앞서 언급한 두 가지 어려움으로, 유형 분류의 활용 방안은 세부 기술별 구체적인 수치의 형태로 제시하기 보다는 가이드라인 예시로 제안함

□ 유형 분류 과정

① (대상 선정) 2016년 기준금액 선정에 포함되는 청정에너지 기술

- 앞서 제1장에서 살펴보았지만 ‘미션이노베이션’ 위원회에서 혁신미션 선언의 기준 금액 선정에 포함되는 청정에너지 기술로 6대 분야, 14개 세부기술을 선정
- 따라서 <표 1-4>에서 제시된 ‘분석 대상 세부 기술 영역’이 중요도 분석 및 유형 분류의 대상

- ② (2016년 기준 금액 결정) ①에서 선정된 청정에너지 기술별 R&D 투자 금액을 합친 2016년 기준 금액
  - 앞서 살펴보았지만 혁신미션 선언에 참여하는 주요국이 2021년까지 2배 확대 목표의 기준이 될 2016년 현재의 청정에너지 R&D 규모를 발표
- ③ (2021년 목표 금액 결정) ②에서 2016년 기준 금액 발표에 따라 2021년 목표 금액이 정해짐
  - \* 결국 아래 [그림 4-2]와 같은 형태의 기준 및 목표 금액이 결정됨

[그림 4-2] 2016~2021년까지 R&D 투자 2배 확대 목표

- 이상 ①에서 ③은 혁신미션 선언에 참여한 회원국 간 정보공유, 회원국별 자발적 투자 계획 발표 등 정책 의사 결정 과정을 통해 기 결정된 사항임
- 이후 다음단계 ④에서 ⑥은 본 장에서 제시되는 내용임
- ④ (투자 중요도 분석) 분석대상 13개 기술에 대한 투자 중요도를 도출(<표 4-1> 참조)
- ⑤ (기술별 배분) 2016년부터 2021년까지 향후 5년 간 총액 중 세부기술의 R&D 투자 규모의 배분
  - 다음 (1안) [그림 4-2]와 같은 형태로 제시
- ⑥ (2016년에서 2021년까지 투자 경로) 2016년부터 2021년 목표 금액까지의 R&D 투자 경로
  - 다음 (2안) [그림 4-4]와 같은 형태로 제시

#### 4.2.2. (1안) R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용

##### □ 내용

○ [그림 4-1]와 같은 형태로 청정에너지 총 R&D 투자 규모에 대한 2016년의 기준 금액과 2021년의 목표 금액이 결정된 상황에서, 총 R&D 투자 중 세부 기술이 어느 정도 규모로 확대되어야 하는지를 투자 중요도에 따라 분류

○ 확대 비율 가이드라인 (예시)

- 투자 중요도 上 (2.5배 내외) : 아래 예시 중 ‘세부기술 4’
- 투자 중요도 中 (2.0배 내외) : 아래 예시 중 ‘세부기술 2’ 등
- 투자 중요도 下 (1.5배 내외) : 아래 예시 중 ‘세부기술 1’ 등
- 투자 중요도에 따른 확대 비율(2.5배, 2.0배, 1.5배 내외)은 재정 상황, 2016년 현재 기준 세부 기술별 정부 R&D 투자 규모에 따라 추가적으로 조정할 필요가 있음
- \* 예컨대 2016년 현재 기준 R&D 투자 규모가 많은 세부기술의 경우 투자 중요도가 ‘상’으로 평가되었다하더라도 2.5배율을 적용하는 것은 재정 현황 상 어려우므로, 추가적인 투자 확대 폭 조정이 필요할 수 있음 (예시, 上 → 中)

<표 4-3> R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용하는 안 (예시)

세부 기술	2016년 R&D 투자 규모 ⓧ	2021년 R&D 투자 규모 Ⓨ	투자 중요도	R&D 투자 확대 비율 Ⓨ/ⓧ
세부 기술 1	10	15	하	1.5배
세부 기술 2	25	50	중	2.0배
세부 기술 3	15	30	중	2.0배
세부 기술 4	20	50	상	2.5배
세부 기술 5	5	10	중	2.0배
세부 기술 6	5	10	중	2.0배
세부 기술 7	10	20	중	2.0배
세부 기술 8	10	15	하	1.5배

참고 : 2016년 및 2021년의 R&D 투자 규모는 R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용하는 안을 설명하기 위한 예시의 수치임

○ 확대 비율 활용 결과 (예시)

- <표 4-3>의 가이드라인을 활용하여 2016년부터 2021년까지 세부 기술별 투자 확대 계획의 도출이 가능

[그림 4-3] R&D 투자 확대 비율의 가이드라인 활용 결과 (예시)

### 4.2.3. (2안) R&D 투자 경로 가이드라인으로 활용

#### □ 내용

- [그림 4-1]와 같은 형태로 청정에너지 총 R&D 투자 규모에 대한 2016년의 기준 금액과 2021년의 목표 금액이 결정된 상황에서, 총 R&D 투자 중 세부 기술이 어떠한 경로를 통해 확대되어야 하는지를 투자 중요도, 현재 R&D 투자 규모, 상용화 목표 시점 등을 고려한 포트폴리오 분석을 통해 제시
- 투자 경로 가이드라인 (예시)
  - ① (갭 분석) 기술별로 투자 중요도와 현재 R&D 투자규모 간 차이(갭)를 분석
  - ② (상용화 목표 시점) 세부 기술별로 R&D 목표 달성 혹은 상용화 목표 시점을 명확화
  - ③ (기술별 맵핑과 유형화) ①, ② 분석을 토대로 기술별로 포트폴리오 분석들에 맵핑하고, 맵핑 결과에 따라 투자 경로 가이드라인 도출

[그림 4-4] 투자 경로 가이드라인 구분 기준 (예시)

[그림 4-5] 투자 경로 가이드라인 (예시)

## [참고] '17년 정부 R&D 투자방향 내용 중 본 연구 분석대상 기술 관련 내용

### □ 검토 배경

#### ○ 중요도 분석 결과와 R&D 예산 배분

- 포트폴리오 분석에 따른 중요도 결과로부터 투자 전략의 정책적 활용 방안으로 첫째로 R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용하는 방안, 둘째로 R&D 투자 경로 가이드라인으로 활용하는 방안 등을 제안함
- 하지만 가이드라인에서는 구체적인 수치를 제안하기는 어려운데 이는 앞서 언급하였지만, 첫째로는 2016년 기준 금액과 주요 투자 분야 발표 내용에는 세부 기술 분야별 투자 금액이 포함되지 않기 때문이며, 둘째로는 세부 기술 분야별 2016년부터 2021년까지 R&D 투자 목표 선정은 정부의 R&D 예산 및 배분 방향과 연계하여 결정해야 되는 사항이기 때문임
- 이에 본 참고에서는 본 연구에서 제시한 가이드라인을 정부 R&D 예산 및 배분 방향에 활용하기 위해 참고해야 할 2017년 정부 R&D 투자방향 내용 중 특히 본 연구 분석 대상인 13개 기술에 해당하는 내용을 발췌하여 정리함

### □ 기술동향 및 미래전망<sup>19)</sup>

- (에너지저장) 전기자동차 및 신재생에너지 연계형 중대형 에너지 저장장치 개발 수요 증가
  - 전기자동차용 리튬이차전지 분야는 핵심부품 소재의 국산화 및 성능개선 연구가 활발
  - 태양전지, 풍력발전 등과 연계한 에너지저장장치 개발 움직임 확대 추세
- (신재생에너지) 고효율·저가화 연구와 분산형 발전시스템 개발을 위한 융합연구 확대 추세

19) 이하 내용은 국가과학기술심의회 운영위원회(2016.04.11.), “2017년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)”의 p.52~53 중 일부를 발췌한 것임

- 차세대 박막 태양전지의 고효율화 및 연료전지와 풍력발전 기술의 대용량화 연구 활발
- (온실가스처리) CCS(Carbon Capture and Storage) 기술 보급을 위한 대규모 통합·실증 및 저비용 혁신적 기술 수요 증대
  - CCS 상용화 촉진을 위한 대규모 통합·실증 프로젝트 추진 및 CO<sub>2</sub> 포집 비용 절감을 위한 혁신적 소재 개발 등이 중요기술로 주목
- (원자력발전) 원자력의 온실가스 감축 역할은 계속되는 동시에, 안전에 대한 사회적 요구가 증대되어 안전성 강화기술 및 노후 원전 처리기술에 대한 수요 증대
  - 상용원전 고도화, 제4세대 원자력시스템 개발 등 세계시장 확보 경쟁이 심화되고, 사용후핵연료 관리 및 원전해체기술 확보가 현안 이슈로 대두
- (원자력안전) 일본 원전사고 이후 안전성 향상을 위한 각국은 중대사고 대응 등 강화된 안전기준 도입 노력
  - 기존 설계기준사고(Design Basis Accidents)에서 중대사고 단계로 범위 확대, 비상대응능력 제고 등 국제 안전기준 강화 추세
- (전력) 전력망과 ICT 기술을 융합한 스마트그리드 관련 기술의 경쟁심화 및 전력 에너지 전송기술의 효율화 요구 확대
  - 근거리 발전-단거리 송전에서 원거리 발전-장거리 송전으로 발전하고 있으며, 대륙 간 송전망 연계를 통한 전력 사용의 효율화 요구

□ 2017년도 투자방향<sup>20)</sup>

- (에너지저장) 세계시장 확대에 대응하기 위해 차세대 저장장치 및 기존 기술을 개선·대체하는 원천연구에 집중하고 소형 이차전지 등 기술이 성숙된 분야는 비중 축소
  - 시장선점을 위해 대용량 ESS실증 및 차세대 이차전지 원천기술 개발을 확대하고 소재·부품의 국산화 지속 투자

20) 이하 내용은 국가과학기술심의회 운영위원회(2016.04.11.), “2017년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)”의 p.54~57 중 일부를 발췌한 것임

- (신재생에너지) 에너지 분야 기후변화 대응력 향상 및 신시장 창출을 위해 기존 기술의 성능한계 극복 및 사업화로 연계될 수 있는 핵심 기술 중심으로 투자
  - 기후변화대응 핵심기술에 해당되는 분야를 중심으로 신시장창출이 가능한 차세대 기술에 전략적 효율적 투자 강화
    - ※ 신재생에너지를 중심으로 추진될 주요 청정에너지 부문에 선택·집중하여 투자
  - 수소에너지 및 해양에너지 등의 분야는 보급 및 상용화 촉진을 위한 인프라 구축에 지속 투자
- (온실가스처리) 시장선점 경쟁에 대응하기 위해 CO<sub>2</sub> 포집-저장 통합실증 기술개발 중심으로 투자하며, 시장성이 확보된 분야는 민간 확대 유도
  - CO<sub>2</sub> 포집기술은 저비용 고효율화 기술 중심으로 투자를 내실화하고, CO<sub>2</sub> 저장 기술은 대규모 실증 중심으로 투자
- (원자력발전) 지속가능한 원자력 이용을 위한 원전 사후처리 및 미래형 원자력 기술에 투자를 강화하고, 상용원전은 수출용 신규노형 중심으로 효율적으로 지원
  - 원전 해체폐기물 처리 및 사용후핵연료 운반·저장기술에 투자를 강화하고, 소듐 냉각고속로 및 파이로 기술의 적기 실증을 위해 지속투자
  - 상용원전 건설 및 성능향상 기술은 중소·중견기업 지원 분야 및 중소형 원자로, 신형 원전 등 차세대 노형의 실증 중심으로 효율적 투자
- (원자력안전) 원전 신기술의 개발·적용에 따른 위험요인에 대응하기 위한 연구에 지원을 강화하고, 안전기준 강화에 대응하기 위한 원전 안전성 향상기술 및 현안 문제 해결을 위한 연구에 지속 지원
  - 사용후핵연료 관리, 미래형 원전 등 신기술의 안전성 확보 및 기준 마련을 위한 연구에 중점 지원하고, 원전사고대응 및 방사선 안전관리 등 현안대응 지속 투자

## 5. 요약

### 5.1 주요 결과 요약

#### □ 연구 개요

##### ○ 연구배경

- UN 파리협정 당시 주요 선진국들은 ‘혁신미션(Mission Innovation)’ 선언을 통해 청정에너지 공공 R&D 투자를 향후 5년간 2배 규모로 확대할 것을 노력하기로 약속
- 2016년 6월 ‘제7차 청정에너지장관회의’에서 참여국별 혁신미션 투자계획 발표(중점분야, 기준 연도인 2016년 투자 금액, 목표 연도인 2021년 투자 금액)
- 현재 정부는 기후변화 대응, 온실가스 저감, 신성장 동력 창출 등을 목표로 청정에너지 관련 R&D를 지속 추진
- 신기후체제(파리협정) 대응, ‘혁신미션’ 참여, 기후변화 관련 신시장 선점을 위해서는 기후기술, 청정에너지 분야 지속적 R&D 투자가 필요하나, 재정 상황 및 정부 R&D 투자 증가율 둔화 추세 등을 고려하면 전략적 R&D 투자가 필요

##### ○ 연구 목적

- ‘혁신미션’ 중점분야 대상인 청정에너지 기술 6대 분야, 13개 세부기술을 대상으로 정부·공공기관 등에서 발표한 정량 지표를 활용하여, 주요 기술 간 상대적 비교분석을 통해 R&D 투자 전략을 유형화
- 6대 분야(13개 세부기술)는 신재생에너지 분야(태양광, 풍력, 수소·연료전지, 바이오·폐기물, 기타 신재생), 효율향상 분야(산업, 수송, 건물), 수요관리 분야(에너지저장장치), 원자력 분야(원자력), 화력·송배전 분야(차세대전력망·전기기기, 청정화력), CCUS 분야(CCUS) 등임
- ‘청정에너지 혁신미션’ 등 국제사회 노력에 부응하면서도, 국내 재정 여건 및 기술적 정책적 환경을 고려한 청정에너지 R&D 투자 전략 방향을 모색

## □ 분석 방법론

### ○ 일반적인 포트폴리오 분석

- 포트폴리오 분석은 2×2 매트릭스 분석을 통해 사업별 중요성에 따른 포지셔닝을 하고 전략을 유형화 하는 방법론으로, 일반적으로 사업(또는 제품이나 서비스)별 시장성장률을 종축(Y축)으로 하고, 사업별 시장점유율 횡축(X축)으로 하여, X-Y 평면 위에 사업을 배치
- 외적 요인(환경 요인)인 시장 성장률과 내적 요인(자사 경쟁력)인 시장 점유율을 기준으로, 사업별 전략을 4가지 유형으로 구분하여 추진하는 전략

### ○ 본 연구의 포트폴리오 분석

- 본 연구는 ‘우리 기술의 경쟁력이 높고, 온실가스 감축 기여도가 높은 기술 분야’에 R&D 투자를 확대하기 위해 포트폴리오 분석을 수행하고 투자 전략을 모색
- 분석대상 13개 세부 기술 중 상대적으로 경쟁력이 있는 분야에 R&D 투자를 확대하자는 것으로, 이는 향후 5년 내에 실현가능성이 있는 분야에 대한 투자 확대를 목적으로 하는 미션 이노베이션의 기본 철학을 반영한 것
- 따라서 포트폴리오 분석의 횡축(X축)은 ‘기술 경쟁력’, 종축(Y축)은 ‘온실가스 감축 기여도’로 하여 분석대상 13개 세부 기술의 상대적 중요도를 3가지 수준으로 분류

### ○ 투자 중요도 분류

- ‘중요도(上)’은 환경 기여도가 크고 기술 경쟁력 지속 필요성이 있는 분야로 적극적 투자 확대 전략을 제안
- ‘중요도(中)’은 환경 기여도는 작으나 기술 경쟁력이 있어 경쟁력 유지가 필요한 분야 혹은 환경 기여도는 크나 기술 경쟁력이 낮아 R&D가 필요한 분야로 지속적 투자 확대 전략을 제안
- ‘중요도(下)’는 환경 기여도와 기술 수준이 모두 낮은 분야로 소극적 투자 확대 또는 현상 유지 전략을 제안

## □ 기술 경쟁력 분석

### ○ 분석 자료

- 녹색기술센터의 '녹색기술 수준조사'에서 조사된 세계최고기술수준 대비 국내 기술의 수준을 평가하는 '기술 수준' 지표와 세계최고기술보유국 기술수준에 도달하는데 소요되는 시간을 평가하는 '기술 격차' 등의 지표를 활용하여 기술경쟁력을 비교

### ○ 분석 결과

- 분석 대상 기술별로 기술수준과 기술격차 지표를 적용하여 맵핑한 결과, 평균 기준으로 크게 2개의 그룹으로 분류가 됨
- 분석대상 13개 기술의 기술격차 평균은 4.11년, 기술수준 평균은 78.21%
- 분류 결과를 검증하기 위해 기술별 기술수준과 기술격차 지표를 이용해 기술간 거리를 계산하여 계층적 군집 분석을 수행한 결과도 동일하게 2개 그룹으로 분류함
- 이에 따라 최종적으로 기술경쟁력을 2개 그룹으로 분류
- '기술 경쟁력이 상대적으로 큰 그룹'은 기술수준이 높고 기술격차가 짧은 분야로 태양광, 수송효율, 건물효율, 에너지저장장치(ESS), 수소·연료전지, 차세대전력망·전기기기 등의 세부기술 영역이 포함
- '기술 경쟁력이 상대적으로 작은 그룹'은 기술수준이 낮고 기술격차가 긴 분야로 원자력, 바이오·폐기물, 기타 신재생, CCUS, 청정화력, 산업효율, 풍력 등의 세부기술 영역이 포함

## □ 환경 기여도 분석

### ○ 분석 자료

- 포트폴리오 분석의 한 축인 환경기여도 정도를 판단하기 위해 분석 대상 13개 기술별로 온실가스 감축기여도의 상대적 수준을 비교
- 환경기여도의 경우 기술 경쟁력 분석과는 달리 분석 대상 13개 기술별로 동일한 기준으로 비교할 수 있는 자료가 부재한 상황

- 이에 ‘국가 온실가스 감축목표(2020년) 달성을 위한 로드맵’에 근거하여 분석 대상 13개 기술별로 온실가스 감축 기여도 정도를 비교하고, 분류체계와 일치하지 않거나 부족한 자료는 타 정부계획을 활용하여 상대적 비교를 진행

#### ○ 분석 결과

- 2020년 감축목표 기여도를 바탕으로 향후 2025~2030년까지의 미래 기여도를 같이 고려하여 판단
- 13개 기술별로 온실가스 감축기여도의 상대적 수준 비교 결과 태양광, 풍력, 수소·연료전지, 청정화력, 원자력, CCUS, 산업 효율향상, 수송 효율향상, 건물 효율향상, 에너지저장장치(ESS) 등이 상대적으로 온실가스 감축기여도가 높은 것으로 분석되었고, 바이오·폐기물, 기타 신재생, 차세대 전력망 및 전력기기 등이 상대적으로 낮은 것으로 분석됨

#### □ 투자 중요도 분석

- 기술 경쟁력 분석, 환경 기여도 분석에 따라 분석대상 기술의 상대적 투자 중요도를 3가지 수준(상, 중, 하)으로 분류
  - ‘중요도(上)’에는 수소·연료전지, 태양광, 수송 효율향상, 건물 효율향상, 에너지저장장치(ESS) 등이 포함
  - ‘중요도(中)’에는 풍력, 차세대전력망·전기기기, CCUS, 청정화력, 원자력, 산업 효율향상 등이 포함
  - ‘중요도(下)’에는 기타 신재생, 바이오·폐기물 등이 포함

#### □ 전략 유형 분류

- 정책 의사 결정에 참고할 수 있도록 포트폴리오 분석에 따른 중요도 결과로부터 투자 전략의 구체적 형태를 제안
  - ① R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용하는 방안
- 청정에너지 총 R&D 투자 규모에 대한 2016년의 기준 금액과 2021년의 목표 금

액이 결정된 상황에서, 총 R&D 투자 중 세부 기술이 어느 정도 규모로 확대되어야 하는지를 투자 중요도에 따라 분류

○ 확대 비율 가이드라인 (예시)

- 투자 중요도 上(2.5배 내외), 투자 중요도 中(2.0배 내외), 투자 중요도 下(1.5배 내외)
- 투자 중요도에 따른 확대 비율(2.5배, 2.0배, 1.5배 내외)은 재정 상황, 2016년 현재 기준 세부 기술별 정부 R&D 투자 규모에 따라 추가적으로 조정할 필요가 있음

② R&D 투자 경로 가이드라인으로 활용하는 방안

- 청정에너지 총 R&D 투자 규모에 대한 2016년의 기준 금액과 2021년의 목표 금액이 결정된 상황에서, 총 R&D 투자 중 세부 기술이 어떠한 경로를 통해 확대되어야 하는지를 투자 중요도, 현재 R&D 투자 규모, 상용화 목표 시점 등을 고려한 포트폴리오 분석을 통해 제시

## 5.2 본 연구 특징과 한계

### □ 특징

- 정부·공공기관 등에서 발표한 정량 지표를 최대한 활용하여, 주요 기술 간 상대적 비교·분석을 통해 R&D 투자 전략을 유형화 함
  - 본 연구는 분석 대상 13개 기술별로 R&D 투자 전략 유형화를 위한 상대적 수준의 비교를 목적으로 함
  - 상대적 수준의 객관적 비교를 위해 정부·공공기관 등에서 발표한 정량 지표를 최대한 활용하여 분석을 진행함
- 유형 분류 방법론과 활용 방안 등은 기존 정부 정책 추진 과정에서 제시된 프레임워크를 활용함
  - 중점 녹색기술 선정과 이에 따른 투자 전략(적극적 확대, 평균적 확대, 소극적 확대 등) 제시를 위해 사용된 포트폴리오 분석 방법론과 투자 경로 가이드라인 등을 본 연구 분석에 참고하여 활용함

### □ 한계

- 정부 R&D 투자 방향 고려에 따른 유형 분류 결과의 향후 활용 필요
  - 본 연구에서는 포트폴리오 분석에 따른 중요도 결과로부터 투자 전략의 정책적 활용의 방안으로 첫째, R&D 투자 확대 비율의 가이드라인으로 활용하는 방안, 둘째, R&D 투자 경로 가이드라인으로 활용하는 방안 등을 제안함
  - 하지만 가이드라인을 넘어 구체적인 수치를 제안하지는 못하였는데, 이는 향후 재정여건 등에 따라 정부 R&D 예산 및 배분 방향이 지속적으로 변할 것이기 때문에 세부 기술 분야별로 2016년부터 2021년까지의 R&D 투자 목표 선정은 정부의 R&D 예산 및 배분 방향과 연계하여 결정해야 되는 사항이기 때문
- 기술경쟁력 분석의 한계
  - 본 연구는 청정에너지 기술범위로 6대 분야, 14개 세부기술 영역을 대상으로

하고 있으며, 투자 중요도 분석은 이중 구득 가능한 자료가 존재하는 13개 기술을 대상으로 진행하였음

- 중요도 분석 대상인 13개 기술 분야는 범위가 다양하고 또한 포함되는 세부 기술의 범위도 다양하기 때문에, 각 기술 분야에는 서로 기술 수준이 다른 여러 기술들이 포함됨
- 본 연구의 목적은 청정에너지 분석 대상 기술에 대해 정부·공공기관 등에서 발표한 기술경쟁력, 환경기여도 관련 정량 지표를 활용하여, 주요 기술 간 상대적 비교·분석을 통해 R&D 투자 전략을 유형화하는 것임
- 이에 따라 13개 기술 분야별 포함되는 세부 기술이 다양하고 기술 수준 차이가 존재하지만, 13개 기술 분야별 비교가 목적이기 때문에 관련 기술이 여러 개인 경우 기술 수준과 기술 격차의 평균값을 도출하여 13개 기술 비교에 활용함
- 이러한 과정은 13개 기술 분야 내 관련 기술의 특성을 고려하지 못하고 상위 기술을 고려한다는 측면에서 정보의 손실, 하위 기술의 특성을 고려하지 않는 일괄적 판단의 위험을 내포한다는 한계가 있음

#### ○ 환경기여도 분석의 한계

- 환경기여도 분석은 분석 대상 13개 기술별로 온실가스 감축기여도의 상대적 수준을 비교하였는데, 기술수준, 기술격차 등 정량적 지표를 사용한 기술경쟁력 분석과는 달리, 환경기여도 분석 시에는 분석 대상 13개 기술별로 동일한 기준으로 비교할 수 있는 정량적 지표 자료가 부재하였음
- 이에 본 연구는 ‘국가 온실가스 감축목표(2020년) 달성을 위한 로드맵’에 근거하여 분석 대상 기술별로 온실가스 감축 기여도를 비교하고, 분석 대상 기술의 분류체계와 일치하지 않거나 부족한 자료는 타 정부계획을 활용하여 상대적 비교를 진행함
- ‘국가 온실가스 감축목표(2020년) 달성을 위한 로드맵’을 사용한 이유는 동 자료가 국가 온실가스 감축목표 이행계획을 명시한 범부처 계획이며, 부문별로 온실가스 배출전망치와 감축 목표량 등을 구체적으로 제시하고 있고, 감축 목표에 기여하는 감축 정책과 수단(기술 등)을 체계화하여, 분석 대상 13개 기술별 연계를 통해 온실가스 감축 기여도 정도의 상대적 비교가 가능하기 때문이었음
- 따라서 본 연구 분석 결과는 ‘국가 온실가스 감축목표(2020년) 달성을 위한 로

드맵'에 근거한 결과로, 동 자료의 정확성에 따라 환경기여도 분석 결과의 신뢰성도 달라진다고 볼 수 있음

- '국가 온실가스 감축목표(2020년) 달성을 위한 로드맵'은 본 연구 수행 당시 구득 가능한 최신의 자료였으나, 향후 감축 기여도에 대한 더욱 정확한 자료가 나온다면 이 자료에 근거하여 분석을 추진할 필요가 있음

○ 민간 R&D 투자 현황 자료 구축과 정부-민간 R&D 현황을 고려한 전략 수립 필요

- 기술 경쟁력, 환경 기여도 외에도 정부 및 민간의 R&D 투자 규모 현황·수준은 특히 정부 재정이 투입되는 R&D 투자 전략 수립에 있어 중요한 기준이 될 수 있음
- 예컨대 민간 R&D가 활성화되어 투자가 많이 이뤄지는 분야의 경우, 시장실패를 보완하는 정부 R&D 투자의 개입 필요성은 낮다고 볼 수 있음
- 또한 경쟁력이 높은 분야라 하더라도 민간의 R&D가 활성화되어 있다면 이 분야에 대한 추가적인 정부 R&D 투입은 필요 없다고 판단할 수 있음
- 정부 R&D 투자 증가율 둔화 추세와 정부 재정 상황을 고려하게 되면, 청정에너지 분야 R&D 투자를 확대하더라도 필요하고도 시급한 분야에 우선적으로 투자하는 전략이 필요하며, 이를 위해서는 기술경쟁력, 환경기여도 외 민간 R&D 활성화 정도를 정부 R&D 전략 수립의 중요한 기준으로 고려할 필요가 있음
- 본 연구에서도 기술경쟁력, 환경기여도, 민간 R&D 활성화 등 3가지 기준을 포트폴리오 분석에 적용하는 프레임워크를 제안하였으나, 분석 대상 13개 청정에너지 기술분야별로 민간 R&D 투자 현황을 파악할 수 있는 적절한 자료가 존재하지 않아 R&D 투자 유형을 도출하는 실증분석에는 활용하지 못함
- 그러나 포트폴리오 분석의 중요한 기준으로 향후 후속 연구 등에서 민간 R&D 활성화 정도를 고려할 필요가 있으며, 이를 위해서는 청정에너지 분야별 민간 R&D 투자 현황 자료 파악과 구축이 필요함
- 자료 구축은 청정에너지 분야별 협회 등을 통한 조사, 녹색기술국가연구개발사업 조사 중 기업 매칭펀드 외 기업 자체 R&D 투자 금액 조사 등의 방안을 고려할 수 있음

## 참고문헌

- 관계부처 합동(2014.1), “국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵”
- 관계부처 합동(2015.11), “2030 에너지신산업 확산전략”
- 관계부처 합동(2015.6), “Post-2020 온실가스 감축목표 설정 추진계획”
- 국가과학기술심의회(2016.6.30.), “2017년도 정부연구개발사업 예산 배분·조정(안)”
- 국가과학기술심의회 운영위원회(2016.04.11.), “2017년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)”
- 국가과학기술심의회 운영위원회(2016.06.27.), “기후변화 대응과 신산업 창출을 위한 청정에너지 발전전략(안)”
- 국가과학기술위원회·미래기획위원회(2009.01), “녹색기술 연구개발 종합대책(안)”
- 기와세마고토(2010), 「스토리텔링으로 배우는 경영전략워크북」, Kpub
- 녹색기술센터(2015), 「2014년도 녹색기술 국가연구개발사업 조사·분석 통계」
- 녹색기술센터(2016), 「2015년 녹색기술 수준조사」
- 녹색성장위원회 외(2009. 5. 13), “중점녹색기술개발과 상용화 전략(안)”
- 류동현·박정용·이우진(2011), “국가 IT R&D 전략과제 선정 모형개발”, 「한국정보통신 학회논문지」, 제15권 제3호, pp.501-509
- 박노언 외(2016), 「기후변화 대응기술의 현주소 분석을 통한 투자효율성 개선연구」, 한국과학기술기획평가원
- 산업통상자원부(2014.1), “제2차 에너지기본계획”
- 산업통상자원부(2014.9), “제4차 신재생에너지 기본계획”
- 산업통상자원부(2015.7), “제7차 전력수급 기본계획”
- 에너지경제연구원(2015), 「에너지통계연보」
- 오동훈(2006), 「정부 R&D 투자우선순위 설정에 있어서 전략성 제고 방안」, 과학기술정책연구원
- 전력거래소 보도자료(2012.12.26.), “발전부문 배출계수 개발로 배출권거래제 방향타를 잡다”
- 최윤희·문선웅(2006), “차세대 성장동력산업의 경쟁력 현황과 시장전략”, 「KIET 산업

경제(2006년 3월)」, 산업연구원  
한국과학기술기획평가원(2015), 「2014년 기술수준평가」, 미래창조과학부  
한국전력공사(2015.5), 「2014년 한국전력통계」

Mission Innovation Secretariat(2016.06.02.), “Baseline, Doubling, and Narrative  
Information Submitted by Mission Innovation Countries and the European Union”

IEA(2014), Energy Technology Perspectives