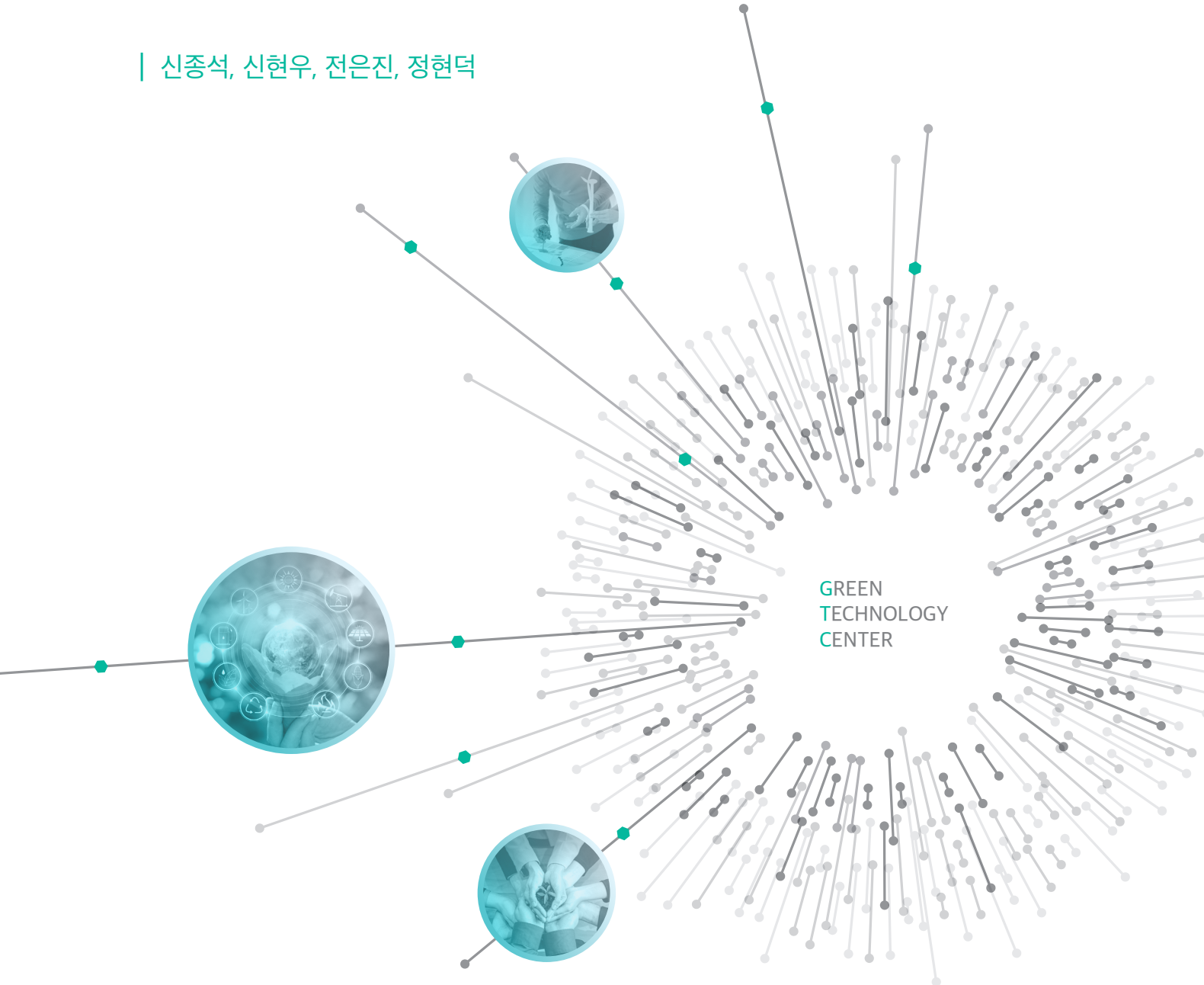


## 융·복합 녹색·기후기술의 개념과 그 유형에 대한 검토

: 기술 융·복합에 대한 문헌검토와 유형의 사례분석

| 신종석, 신현우, 전은진, 정현덕



# GTC FOCUS

2020  
Vol.1 No.4

## 융·복합 녹색·기후기술의 개념과 그 유형에 대한 검토

: 기술 융·복합에 대한 문헌검토와 유형의 사례분석

| 신종석, 신현우, 전은진, 정현덕



# 융·복합 녹색·기후기술의 개념과 그 유형에 대한 검토

: 기술 융·복합에 대한 문헌검토와 유형의 사례분석

| 신종석, 신현우, 전은진, 정현덕

| 융·복합 녹색·기후기술, 유형화, 기술 융합, CTCN TA

|   |                                     |          |
|---|-------------------------------------|----------|
| 1 | 서론                                  | p. 1~2   |
| 2 | 융·복합 녹색·기후기술의 개념 정립                 | p. 3~10  |
| 3 | 융·복합 녹색·기후기술의 유형화 및 사례분석            | p.11~18  |
| 4 | 결론                                  | p. 19~20 |
|   | 참고문헌                                | p. 21    |
|   | 붙임1. 기존 문헌들에서의 기술 융·복합의 정의 및 주요 키워드 | p. 22    |
|   | 붙임2. 기후기술분류체계                       | p. 25    |

# 요약

## 1. 서론

- ◆ 신기후 체제의 출범과 함께 **선진국과 개도국 모두 탈탄소 사회로의 전환이 의무화**되었으며, 이를 위해 **녹색·기후기술의 상용화와 혁신적인 기술의 도입에 대한 필요성 강조**
  - 최근 연구들에 따르면, 현재 파리협정에 따른 국가 온실가스 감축 목표(National Determined Contribution, NDC)를 이행하더라도 지구 평균온도의 상승폭을 2℃ 이하로 낮추는 것이 어려울 것으로 전망
  - 2018년 IPCC 총회에서 채택된 “지구온난화 1.5℃ 보고서”에서는 기후변화 대응을 위해 전반적인 분야에서 탈탄소 사회로의 전환을 촉구하고 있으며, 이를 위해 투자·정책·금융 및 기술혁신이 필요함을 강조
- ◆ 기후변화로 야기되는 문제들은 **다양하고 복잡한 형태로** 나타나기에, 이들 문제해결을 위한 방안으로 **기술의 융·복합적 접근**이 요구됨
  - 기후변화의 영향으로 발생하는 문제들은 다양한 환경에서 복잡한 양상을 나타내기에, 이에 대한 해결책 또한 다각적, 다학제적 접근 필요
  - 단일 기술을 통한 기후변화 대응은 복잡다양한 형태로 나타나는 기후변화의 영향에 대응함에 있어 한계가 있어 도입에 어려움이 많음
  - 특히, 국제사회에서 온실가스 감축과 기후변화 적응에 대한 융·복합적 수요가 지속적으로 증가하는 추세
  - 과거에는 기후변화 대응에 있어 감축기술과 적응기술은 독립적인 요소로 인식되었으나, 최근 이들의 상호보완적 관계 및 다기능적 시너지 효과에 대한 가능성이 부각됨에 따라 **상호보완적 기술의 발굴·도입**을 위한 노력이 추진
- ◆ 본 연구는 세계적 기술수요에 대응하고 녹색·기후기술 분야에서 기술혁신을 통한 기술 융·복합을 위해, ‘**무엇이 융·복합 녹색·기후기술인가?**’, ‘**어떻게 융·복합 녹색·기후기술을 도출할 수 있는가?**’에 대한 질문에 답을 하고자 함

- 그 동안 기술 융합 혹은 복합에 대해, 유사 개념이 많고 의미의 혼동으로 기술 융합, 기술복합, 기술수렴 등 다양한 용어가 혼용되었음
- 이에 녹색·기후기술 분야의 특성을 고려하여 **융·복합 녹색·기후기술에 대한 개념을 정립**하고, 나아가 개념을 바탕으로 **유형을 도출하고 그 실효성을 검토**하여 실질적으로 활용 가능한 융·복합 녹색·기후기술에 대한 유형을 제시하고자 함

## 2. 융·복합 녹색·기후기술의 개념 정립

- ◆ 기술 융합의 개념은 1900년 초 처음 제시되었으며, 현대의 기술 융합에 대한 개념은 기술과 기술 간 **‘화학적 결합’**의 결과로 새로운 시장 혹은 산업을 창출하는 것으로 정의
  - 기술 융합과 관련하여 유사 개념들이 많이 등장하였으며, 이로 인해 연구자 및 정책결정자들 간 혼동 및 혼용이 많음
  - 기술 융합의 대표적 차별성은 (기술과 기술간) ‘화학적 결합’으로 이루어지며 그 결과 ‘새로운 가치 및 신시장·신산업의 창출’됨을 강조
  - 첨단기술, 복합기술, 적정기술과 비교했을 때, **기술 융합은 높은 기술혁신과 높은 기술 간 상호연계**를 요구하여 대규모 자원·시간의 투자가 필요
- ◆ **과학기술 분야**에서 기술 융합은 20세기 후반부터 이슈가 되기 시작하여 복잡·다양한 문제들에 대한 해결책이면서 단일기술의 한계를 극복하기 위한 기술혁신의 일환으로 대두
  - 융합의 사전적 정의는 “다른 종류의 것이 녹아서 서로 구별이 없게 하나로 합하여지거나 그렇게 만듦, 또는 그런 일”
  - 특히 21세기 초 등장한 4차 산업혁명을 대표하는 빅데이터, 인공지능 등의 기술들을 바탕으로 기술 간, 또는 기술과 학문 간 전문영역의 융합이 가속화될 수 있는 원동력으로 작용
- ◆ 기술 융합의 초기에는 NBIC 첨단기술 중심으로 추진되었으나, 이후 그 영역을 타 분야 기술을 비롯하여 인문사회 분야, 나아가 기존 산업과의 결합으로까지 확장되어야 할 필요성이 제기됨
  - 기술 융합의 초기에는 나노기술(NT), 바이오기술(BT), 정보통신기술(IT), 인지과학(CS)로 대표되는 NBIC 기술들을 중심으로 첨단기술간 결합이 강조
  - 이후 타 기술과의 융합을 비롯해 인문사회 분야, 기존 산업과의 결합까지 영역을 확장해야 할 필요성이 제기되었고, 에너지·환경 분야 등 다양한 과학기술 분야에서 기술 융합을 추진
- ◆ 기후변화 대응 및 지속가능한 발전 등 글로벌 이슈에 있어 기술요소들은 **문제의 복잡성과 다양성**으로 인해 융·복합적 접근이 요구됨
  - 특히, 녹색·기후기술 분야에서는 온실가스 감축과 기후변화 적응을 효과적으로 대응하기 위하여 녹색·기후기술간 결합 및 ICT 기술과 같은 **타 분야 기술과의 융·복합**이 활발히 일어나는 추세

- 더 나아가 기술적 측면에서의 결합 뿐 아니라 정책·재정과의 결합이 활발히 추진
- 개도국들의 기후변화 현안들은 단일 문제로 그치지 않고 경제적·환경적·사회적 영향이 복합적으로 나타나 그 해결 방안 혹은 기술들 또한 다기준, 다차원적인 관점에서 접근해야 할 필요가 있으며 이러한 관점에서 녹색·기후기술에 대한 융·복합이 활발한 추세
- ◆ 본 연구는 과학기술 분야에서의 융·복합에 대한 개념을 조사·분석하여 주요 키워드를 도출한 결과 ‘문제해결’, ‘(물리·화학적) 결합’, ‘새로운 가치의 창출’, ‘기술혁신’이 주요 키워드로 도출
  - 기존 과학기술 분야에서의 기술 융합 및 복합에 대한 개념들로부터 키워드를 도출: ‘문제해결’, ‘(화학적) 결합’, ‘새로운 가치(시장·산업)’의 창출
  - 추가적으로 기술 융·복합과 관련성이 높은 ‘기술 혁신’ 또한 하나의 키워드로 도출
- ◆ 융·복합 녹색·기후기술의 개념은 다음과 같이 정립:

“ 융·복합 녹색·기후기술은 기후변화 문제를 해결을 위한, 감축기술과 적응기술로 대표되는 녹색·기후기술들이 그 자체적으로 혹은 타 기술, 산업, 학문과 물리적·화학적으로 결합하는 기술 혁신을 통해 기존의 특성을 대체 혹은 보완하며 새로운 가치 혹은 신 시장을 창출하는 기술”

- 녹색·기후기술 분야에서는 기후변화라는 문제의 복잡성·다양성으로 인해 통합적·다학제적 접근이 강조되며, 이를 통해 융·복합 녹색·기후기술의 산업화를 앞당기고 새로운 미래 시장이 창출될 것으로 기대
- 또한 융·복합 녹색·기후기술은 현재의 기후위기를 해결하고자 도입함에 있어서 지속가능한 비즈니스 모델 수립에 대한 한계를 돌파할 수 있는 대안으로 논의
- 기술 융합과 복합은 그 접근법이 다르지만, 공통적으로 문제해결(기후변화)을 목적으로 하기에, 녹색·기후기술 분야에서는 융합과 복합을 구별하지 않고 ‘융·복합’으로 통합하며, 융·복합의 결과물로 창출되는 새로운 시장 혹은 산업의 발전과 함께 기존 시장·산업의 개선 혹은 고도화 추구
- 융·복합 녹색·기후기술은 선진국과 개도국 모두 대상으로 삼기에 첨단기술 뿐 아니라 복합기술, 적정기술 등과의 결합을 모두 포함하는 포괄성이 특징적이며, 과학기술분야에서의 기술융합과 차별성을 가짐

### 3. 융·복합 녹색·기후기술의 유형화 및 사례 분석

- ◆ 융·복합 녹색·기후기술에 대해, 그 현상의 복잡성·다양성으로 인해 체계적인 접근이 요구됨
  - 과학기술 분야에서 많은 연구들이 기술 융·복합의 유형에 대한 많은 연구가 수행되었으며, 대표적으로 (1) 결합 요소기술에 초점을 맞추는 접근과 (2) 융·복합 결과물에 초점을 맞추는 접근으로 구분 가능
  - 융·복합의 결합 요소기술에 초점을 맞추는 접근은, ① 결합의 정도에 따른 분류, ② 결합되는 요소기술들의 구성(동종·이종, 이종·다중), ③ 융·복합 기술의 범위(신기술, 학문, 산업) 및 세부적 결합 조합, ⑤ 대상 기술 분야(NBIC)에 따른 분류로 나뉨

- 융·복합의 결과물에 초점을 맞춘 접근 ① 기술과 제품, 대체와 보완 측면에서의 분류, ② 활용 목적에 따른 분류로 나뉨
- ◆ 과학기술 분야의 기존 문헌들에 대한 검토를 바탕으로, 녹색·기후기술 분야에서의 융·복합에 대한 유형을 도출한 결과 **5가지 유형**으로 구분
  - 5가지 유형에는 ‘녹색·기후기술 간 결합’, ‘녹색·기후기술과 타 분야 기술 간 결합’, ‘녹색·기후기술과 타 분야 학문 간 결합’, ‘녹색기후기술과 타 분야 산업 간 결합’, ‘녹색·기후산업과 타 분야 기술 간 결합’
- ◆ 융·복합 녹색·기후기술의 **유형화**를 통해, 본 연구는 글로벌 녹색·기후기술 분야에서 문제해결을 위한 **융·복합 기술의 도출에 대한 방향성을 제시**하고자 함
  - 상기 제시한 유형(안)은 과학기술 분야의 문헌 검토를 통해 개념적으로 도출한 것으로, 이들 유형의 실효성을 검토할 필요가 있음
  - 따라서 본 연구에서는 실제 사례들을 바탕으로 제시한 융·복합 녹색·기후기술 유형(안)을 적용하여 그 적절성을 검토하고자 하며, 이를 위해 **CTCN<sup>1)</sup>의 기술지원(Technical Assistance, TA) 사업들을 활용**
- ◆ 2015년부터 현재까지의 CTCN TA사업들을 대상으로, 기술의 도입 및 적용과 관련성이 높은 사업들을 중심으로 융·복합 녹색·기후기술의 유형에 대입
  - 전체 CTCN TA 사업 183개 중 사전 선별을 통해 96개 사업을 분석 대상으로 하였으며, 분석 결과 대부분(약 59%)의 사업들이 단일 기술에 의한 것으로 파악
  - 융·복합 녹색·기후기술의 유형을 TA 사업에 적용하는 과정에서 도출된 어려움으로는, (1) 녹색·기후기술에 대한 구체적인 분류가 모호하여 타 기술 혹은 타 산업과의 구분이 어려웠으며, (2) 비슷한 맥락에서 ‘녹색·기후산업’에 대한 정의가 정확하지 않아 다른 유형들과의 구분이 모호
  - 따라서 **유형을 수정·보완**하여, (1) 녹색·기후기술의 분야는 녹색기술센터에서 제시한 “**기후기술 분류체계**”에 근거하여 분류하고, 그 이외의 기술과 산업은 타 분야로 간주하도록 전제조건을 제시하고, (2) 현재 산업분류체계가 확정되어 있지 않아서 그 범위가 모호한 **녹색·기후산업에 대해서는 제외**하고 4 가지 유형으로 분류
- ◆ 따라서 최종적인 융·복합 녹색·기후기술의 유형은 다음과 같이 도출: (1) ‘**녹색·기후기술 간 결합**’, (2) ‘**녹색·기후기술과 타 분야 기술 간 결합**’, (3) ‘**녹색·기후기술과 타 분야 학문 간 결합**’, 및 (4) ‘**녹색기후기술과 타 분야 산업 간 결합**’

1) 기후기술센터-네트워크는 UNFCCC 하 기술 메커니즘의 이행 기관으로서, 개도국으로의 기후기술 개발 및 이전을 활성화하고 기술협력력을 촉진하고자, 기술지원·지식공유·네트워킹 및 역량강화 등의 활동 수행



## 4. 결론

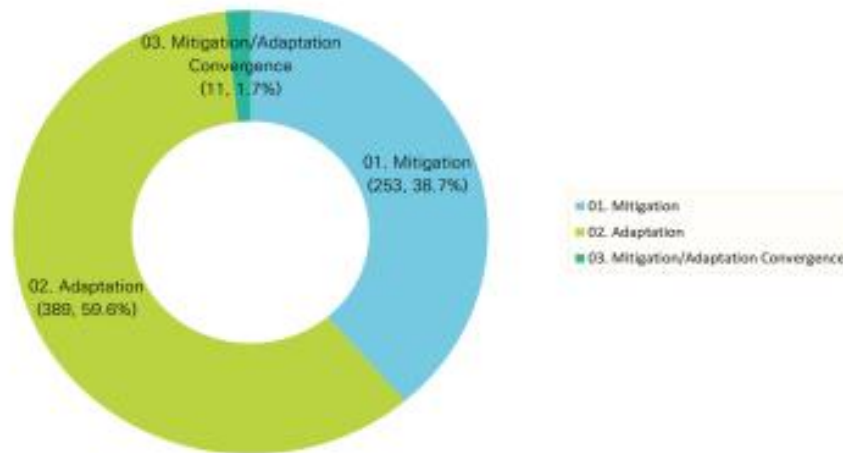
- ◆ 융·복합 녹색·기후기술의 도출에 있어, 본 연구는 우선 과학기술 분야에서의 기술 융합과 복합에 대한 개념을 살펴보고 융·복합 녹색·기후기술에 대한 개념을 정립
  - 융·복합 녹색·기후기술의 개념에 대해, **주요 키워드**는 “문제해결”, “(기술 혹은 산업 간) 물리·화학적 결합”, “(공동의) 기술혁신”, “사회 및 시장에서의) 새로운 가치 창출” 로 도출
  - 따라서 융·복합 녹색·기후기술의 개념은 다음과 같이 정의: “기후변화 문제를 해결하기 위해, 녹색·기후기술들이 그 자체 혹은 타 분야의 기술, 산업, 학문과 물리적·화학적으로 결합하는 등의 기술혁신을 통해 기존 특성을 대체하거나 보완하여 새로운 가치 혹은 시장·산업을 창출하는 기술”
- ◆ 본 연구는 융·복합 녹색·기후기술이 지닌 **개념적 모호성을 명확히 하고자** 하며, 나아가 융·복합 녹색·기후기술을 추진함에 있어 **그 방향성을 제시하고자** 사례검토를 통한 유형화 도출
  - 융·복합 녹색·기후기술의 유형화를 통해 기술 개발 혹은 사업화에 있어, 문제해결형 혹은 시너지 창출형과 같이 세부적으로 어떠한 방향으로 융·복합 녹색·기후기술이 추진되는지 파악 가능하도록 함에 기여할 수 있을 것으로 기대함
  - 나아가 제시되는 4 가지 유형을 통해, 융·복합 녹색·기후기술의 연구·개발에 있어 상대적으로 추진 방향을 설정하여 목표를 구체화할 수 있도록 함에 기여할 수 있을 것으로 기대함



## 서론

- ◆ 신기후 체제의 출범과 함께 선진국을 비롯한 개도국들 또한 이산화탄소 순배출량을 ‘제로(Zero)’으로 감축하는 ‘넷제로(net-zero)’의 달성을 의무 부담하게 되었으나, 현재 파리협정에 따른 국가 온실가스 감축 목표(National Determined Contribution, NDC)를 이행하더라도 지구 평균온도의 상승폭을 2℃ 이하로 낮추는 것이 어려울 것으로 전망되고 있음(UN, 2018)
  - 이러한 예상으로 인해, 이산화탄소를 비롯한 **온실가스에 대한 적극적인 제거 노력이 절실한** 상황으로 평가되고 있음
- ◆ ‘탈탄소(Decarbonization)’의 추진 필요성이 전 세계적으로 공감되면서, 이를 위해 **녹색·기후기술의 상용화**와 함께 보다 **혁신적인 기술의 도입**에 대한 필요성이 강조되고 있음
  - 2018년 10월, 제 48차 기후변화 정부간 협의체(IPCC) 총회에서 지구 온난화로 인한 피해를 적극 방지하기 위해 지구 평균기온 상승폭을 1.5℃로 제한하는 것을 권고하는 “지구온난화 1.5℃ 보고서”를 만장일치로 채택하였음
  - 1.5℃ 보고서에서는 기후변화 대응을 위해 에너지·토지이용·도시·기반시설·산업 시스템 등에서 탈탄소 사회로의 전환을 촉구하고 있으며, 이를 위한 **투자, 정책, 금융과 기술혁신이 필요함**을 강조하고 있음
- ◆ 기후변화로 야기되는 문제들은 그 성격이 **다양하고 복잡한 형태**를 나타내고 있어 문제해결을 위한 방안으로 기술의 융·복합적 접근이 요구됨
  - 기후변화의 영향으로 발생하는 에너지·물·식량 등을 포함한 문제들은 다양한 환경에서 복잡한 양상으로 나타나고 있어, 이를 해결하기 위해서는 **다각적, 다학제적 접근**이 필요
  - 또한 기후변화의 영향을 해결하기 위한 단일 기술의 도입에 있어서도, 다양한 사회·환경·경제적 요소들이 장애요인으로 작용하여 실질적인 도입에 어려움이 있음
- ◆ 온실가스의 감축과 기후변화 영향에의 적응에 대해 **국제사회에서 융·복합적 수요**가 지속적으로 증가하는 추세임
  - 특히 개도국들의 경우 융·복합적 수요가 지속적으로 증가하는 추세이며, 그 일환으로 UNFCCC에서 추진하고 있는 **개도국 기술수요평가**(Technology Needs Assessment, TNA) 결과에서도 감축과 적응을 함께 고려하는 수요가 지속적으로 나타나고 있음

[그림 1] TNA Phase II의 개도국 기술수요 분야별 비율



※ 출처: UNEP-DTU Partnership, 저자 재편집

- 과거에는 기후변화 대응에 있어서 감축과 적응 관련 기술들은 각각 독립적인 요소로 인식되어 추진되었으나, 최근 들어 이들의 **상호보완적 관계성 및 다기능적 시너지 효과의 가능성**이 관심을 받으며 이들 관계에 대한 재해석이 이루어지고 있음(김형주 외, 2018)
- 또한 파리협정 이후 세계적으로 온실가스 감축기술과 함께 기후변화 적응기술의 중요성이 부각되어, 이를 동시에 해결하기 위한 **상호보완적인 기술의 발굴 및 도입**을 위한 노력이 추진되고 있음
- ◆ 본 연구는 전 세계적 수요에 대응하고 녹색·기후기술 분야에서의 기술혁신을 위한 융·복합을 위해, 그 시작점으로서 **‘무엇이 융·복합 녹색·기후기술인가?’**, **‘어떻게 융·복합 녹색·기후 기술을 도출할 수 있는가?’**에 대한 질문에 대해 답을 제시하고자 함
  - 그 동안 기술의 융합과 복합은 개별적인 개념을 사용되어 왔으며, 그 의미와 개념에 대한 혼동과 유사 개념들과의 혼용이 이루어졌음
  - 이에 녹색·기후기술 분야 내에서 분야의 특성을 고려하여 기술 **융·복합에 대한 개념을 정립**하고자 하며, 나아가 융·복합 녹색·기후기술을 도출함에 있어서 **방향성을 제시**하고자 함
  - 특히 융·복합 녹색·기후기술과 그 유형에 대한 개념적 접근과 실제 **기후기술협력 사례**들을 바탕으로 **각 유형의 실효성을 검토**하고 이를 바탕으로 실질적으로 활용가능한 융·복합 녹색·기후기술의 유형을 도출하고자 함

## 2

## 융·복합 녹색·기후기술의 개념 정립

### 2.1 과학기술분야에서의 기술 융합의 동향

- ◆ 20세기 후반부터 이슈가 되기 시작한 복잡·다양한 문제들을 해결하기 위하여 기술의 융합은 단일 기술의 한계를 극복하고 돌파구를 마련하는 **기술혁신의 새로운 방안**으로 대두
  - 기술과 기술, 기술과 그 이외 요소 간 결합을 의미하는 기술 융합은 과학기술분야에서 기술혁신에 대한 새로운 방안으로 주목받고 있음
  - 융합에 대한 **사전적 정의**<sup>2)</sup>: “다른 종류의 것이 녹아서 서로 구별이 없게 하나로 합하여지거나 그렇게 만듦, 또는 그런 일”
  - 20세기 후반부터, 고령화, 청정에너지의 확보 및 사용, 기후변화 대응 및 지속가능한 발전과 같이 복잡하고 다양하면서 상호연계되는 문제들이 이슈로 부각
  - 과학기술분야에서는 이러한 복잡하고 상호연계되는 문제들을 해결함에 있어 단일기술로서는 한계가 있음을 인식하고, 이를 극복하는 방편으로 기술혁신을 추구
  - 기술혁신의 일환으로, 기술 융합은 단일기술이 직면하는 한계를 극복하는 **새로운 돌파구**로서 주목 받기 시작
  - 21세기 초 등장한 4차 산업혁명의 대표적인 기술들인 빅데이터, 인공지능 등을 바탕으로 기술과 기술, 기술과 학문 등 전문영역의 융합이 가속화될 수 있는 원동력으로 작용
- ◆ **기술융합의 개념**은 로젠버그(Rosenburg)에 의해 제시되었으며, ‘다양한 산업에서 각각의 문제를 해결하기 위해 공동으로 추진하는 기술혁신’으로 정의 (Rosenburg, 1996)
  - 로젠버그는 1840년~1910년 영국의 공작기계의 기술혁신 변천사 관련 연구에서 혁신 과정에서 발생하는 현상에 주목
  - 예를 들어, 기계를 이용하여 금속가공을 하는 작업에서 다양한 문제들이 발생하는데, 이에 대한 해결책들이 무기제작, 섬유, 자전거 공장 등 금속을 다루는 곳에서 각각 개발되었으며, 그 과정에서 공동의 기술혁신이 발생함을 확인

2) 표준국어대사전, 네이버사전 발췌

- 하지만 로젠버그가 제시한 기술융합의 개념은 현대 과학기술분야에서 인식되는 기술의 융합과 차이가 있으며, 현재의 기술융합보다는 **‘기술 수렴화’** 현상에 더 가깝다고 볼 수 있음(정병순, 황원실, 2010)
- ◆ 현대적 의미의 기술융합은 고다마(Kodama)에 의해 제시되었으며, **기술과 기술간 융합**의 개념으로 정립
  - 일본 제조업에서의 패러다임 변화를 살펴보았을 때, 고다마는 기술혁신을 기술돌파형에서 기술융합형으로 변화하는 것임을 명시
  - 대표적인 기술융합을 통한 기술혁신의 사례로, 기계기술(메카닉스)과 전자기술(일렉트로닉스)의 결합을 통해 발생한 ‘메카트로닉스’를 들 수 있음
- ◆ 2000년대에 이르러 정보기술(IT), 생명공학기술(BT), 나노기술(NT)의 등장과 인지과학(Cognitive Science, CT)의 부각으로 이들 기술들을 바탕으로 한 융합기술 패러다임 등장
  - 대표적으로 미국 국립과학재단(National Science Foundation, NSF)의 워크샵에서 신기술 융합에 대한 논의가 시작되었으며, 이를 통해 통칭 **‘NBIC 융합기술’** 패러다임이 등장(류성한, 2015)
  - 이후 미국, 유럽연합, 일본 등 선진국들을 중심으로 NBIC와 같은 **원천기술을 중심으로** 한 기술융합에 대한 경쟁이 시작됨
  - 미국의 경우, 미국 NSF를 중심으로 빅 아이디어 해법 모색을 위한 융합연구를 확대 추진
    - ※ 데이터 혁명의 활용, 신북극 탐사, 차세대 양자혁명 등의 해결 방안들을 단계적으로 수행
  - 유럽연합의 경우, Horizon 2020을 통해 해결이 필요한 대형·복합 문제들을 중심으로 3년간 70억 유로 투자
  - 일본의 경우, 초 스마트 사회로 간주되는 ‘Smart 5.0’을 구현하기 위한 산·학·연 간 협력을 바탕으로 5 대 신 성장 전략분야 육성
    - ※ 전략 분야: 건강 및 수명의 연장, 이동수단의 혁명, 전력공급망의 첨단화, 쾌적한 도시의 조성, 핀테크 등
- ◆ 기술 융합은 초기 NBIC 기술을 중심으로 한 기술 결합을 강조했으나, 이후 기술을 비롯한 인문사회 분야, 기존 산업과의 결합까지로 그 범위를 확장
  - 초기 기술 융합은 미국에서 제안한 NBIC, 즉 나노기술(NT), 바이오기술(BT), 정보통신기술(IT), 인지과학(CS)을 중심으로 한 첨단기술간 결합이 강조되었음
  - 이후 NBIC 중심에서 확장하여 타 분야 기술과 인문사회 분야, 나아가 기존 산업과의 결합까지 고려해야 할 필요성이 제기\*되었고, **에너지·환경 등 다양한 과학기술 분야에서의 기술 융합**을 추진
    - \* 국가과학기술위원회, 2008
  - 주요 선진국들(미국, 유럽 등)에서도 이러한 영역의 확장이 강조되어 **환경과학, 시스템이론** 등을 비롯하여 **인문사회 영역**으로 범위를 확장

- ◆ 최근 기술 기반 연구·개발에 있어 기술 중심이 아닌 **문제 해결 중심의 융합연구를** 촉진하는 형태로 연구·개발의 경향이 바뀌고 있음
  - 최근 빅데이터, 인공지능(AI) 등 **첨단과학기술간 융·복합**과 나아가 **과학기술과 인문사회간 결합** 등 다양한 형태로 기술 융합이 확대 되는 경향임
  - (EU) 차세대 유럽연합(EU)의 연구 및 혁신(Research & Innovation: R&I) 지원 프로그램 제안서를 통해서 유럽연합의 지속적 연구혁신 달성을 위하여 세부 프로그램을 구상
  - 본 프로그램에서는 Horizon2020의 문제점 분석을 통하여 연구목표를 설정하였으며, 글로벌 문제해결을 위한 R&I 개발을 통하여 산업과 사회에서 혁신적 해결방안을 흡수·지원하고 궁극적으로 문제해결을 도모하고자 함
  - (영국) 2018년 7개 연구회, Innovate UK, Research England를 통합하여 비정부·공공기관인 연구혁신기구(UKRI)가 설립되었으며, 특히 다학제간 융합 연구는 산업 및 개도국이 직면한 문제해결형 프로그램을 지원
  - 특히, Global Challenge Research Fund는 개도국이 직면한 문제를 해결하기 위하여 개도국과 영국기관들 간의 협력 네트워크를 강화하고 네트워크 당 최대 15만 파운드를 지원
  - (독일) 2000년대 이후, 과학기술분야를 둘러싼 연구환경의 변화에 따라 사회적 수요를 연구에 반영하기 위한 문제중심형 연구와 융합연구가 활성화되었으며, 이를 효과적으로 수행하기 위한 연구네트워크 거버넌스가 강화
  - 특히 최초의 하이테크 전략('06년) 수립 후, 하이테크 전략('10년), 신 하이테크 전략('14년) 및 하이테크 전략 2025이 지속적으로 추진되고 있으며, 이러한 전략의 이행을 통하여 혁신기술의 확보와 ICT 융합을 가속화하면서 4차 산업혁명시대를 선도해나가는 역할을 수행하고 있음
  - (일본) “혁신적 환경 이노베이션 전략(2020.01)”을 통해, 에너지 공급, 수요(운송 및 산업), 업무·가정·기타·횡단영역, 농림수산, 탄소흡수원 등 5개 부문에서 16개 과제, 39개 기술테마를 도출하였음
  - (미국) 국립과학재단(National Science Foundation, NSF)은 융합연구의 효과를 인식하고 학제간 연구를 가속화하기 위한 정책적 가이드라인을 제시하여, 융합 엑셀러레이터 (Convergence Accelerator) 프로그램을 통해 다양한 학문 간 융합을 통해 과학기술 분야의 연구성과를 고도화하고 융합을 촉진하고자 함(박혜경, 2019)
  - 주요 목적은 학문간 파트너십을 활용한 기초 연구의 진행을 가속화하고자 하며, 이를 위해 데이터 혁명의 활용, 인간-기술 간 협력적 업무 환경 조성 등 2개 연구 분야를 우선적으로 투자('19~)
- ◆ 우리나라의 경우, 기술융합에 관해 2008년 시작하여 「**국가융합기술 발전 기본계획**」을 수립하고 5년 간격으로 갱신하여 제시하고 있음
  - 기술한계를 극복하고자, 원천 융합기술 개발에서 시작하여 나아가 사회문제 해결을 위한 기술융합으로 확대해 나가고 있음

- **1차 기본계획:** 창조적 원천 융합기술의 발전을 위한 기반 마련
- **2차 기본계획:** 1차 기본계획에서 발전하여 융합기술의 기술개발 전 과정에 대한 성과를 창출하고자 함
- **3차 기본계획:** 모두가 함께 참여하는 ‘포용적’ 기술융합을 추구하여 융합연구개발의 생태계를 조성하고 이를 통해 혁신 창출을 목표로 함  
 ※ 포용적 기술융합: 연구자, 국민, 기업이 모두 참여할 수 있는 융합연구 생태계의 조성

**[표 1] 우리나라 융합기술 발전전략 수립 방향**

| 비교영역  | 1차: '09 - '13<br>국가융합기술 기본계획   | 2차: '14 - '18<br>창조경제실현을 위한 융합기술<br>발전전략  | 3차: '18 - '27<br>융합연구개발 활성화 기본계획   |
|-------|--|---|--|
| 가치 측면 | 경제 성장  | 경제 성장, 국민 행복  | 도전과 혁신   |
| 범위 측면 | 융합기술에 대한 초기 개념정립 및<br>기반 형성  | 5개 기술의 미래상,<br>15대 국가전략융합기술 선정  | 3대 기본방향 및 7대 중점과제 도출   |
| 투자 영역 | 융합기술 전반  | 선정 융합기술 중심으로 집중투자<br>및 육성   | 3대 기본방향 집중투자   |
| 전략 방향 | - 기술의 한계를 돌파하기 위한<br>원천융합기술 개발<br>- 융합기술을 통해 신(新)산업<br>창출을 기존 산업의 고도화<br>- 학제간 융합연구를 확대할 수<br>있도록 지원 | - 사회문제의 해결을 목표로<br>융합기술 개발<br>- 사업화 촉진을 통해 융합기술의<br>실용화 가능성 증대<br>- 인문학과 과학 간 융합 확대 | - 도전적 융합연구를 촉진하고<br>선도분야 발굴<br>- 문제해결을 위한 융합연구 관련<br>플랫폼 구축, 국민 체감형 해결책<br>제시<br>- 기술 융합 기반 성장동력의<br>선순환 체계 마련 |

※ 출처: 류성한, 2015, 저자 재편집

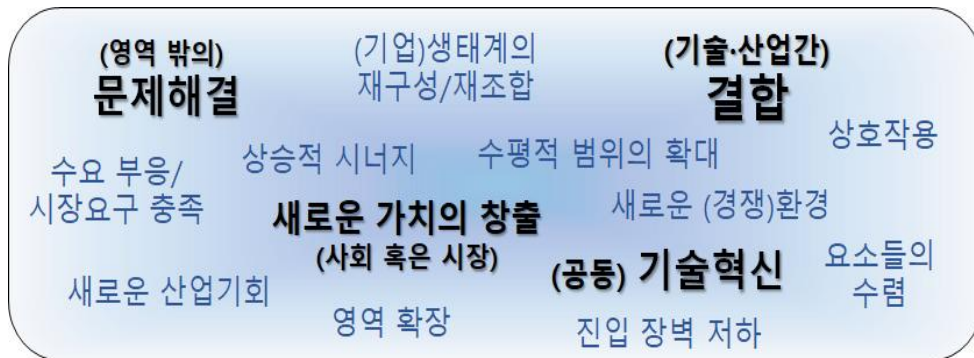
## 2.2 과학기술 분야에서의 융·복합에 대한 주요 키워드

- ◆ 본 연구는 **녹색·기후기술 분야에서의 융·복합에 대한 개념을 정립**하고자 하며, 이를 위해 우선적으로 과학기술 분야에서의 연구들로부터 기술의 융·복합에 대한 정의들을 바탕으로 **주요 키워드를 도출**
  - 과학기술분야의 다양한 연구들에서 기술의 융·복합에 대한 정의를 내린 바 있으며, 이러한 정의들에서 **중점적으로 강조하는 키워드**를 도출<sup>3)</sup>
- ◆ 과학기술분야의 기술 융·복합의 개념들을 바탕으로 빈도와 대표성을 고려하여 주요 키워드를 도출하면, **“문제해결”, “(화학적) 결합”, “새로운 가치(산업·시장)의 창출”**로 나타남
  - **문제해결:** 기술 융·복합은 기후변화, 지속가능한 발전과 같이 단일 기술로 해결이 어려운 문제들을 해결하고자 하며, 이러한 문제해결을 통해 나아가 신시장 혹은 신산업을 창출하는 성과를 달성하고자 함
  - **(기술·산업의) 화학적 결합:** 기존 문헌들에서 제시하는 기술 융·복합의 개념들 간 비교에서 중점적으로 다루는 차이점이 이러한 결합, 세부적으로 ‘화학적’ 결합임

3) 기술 융·복합에 대한 기존 정의 및 이로부터 도출된 주요 키워드는 [붙임1.] 참조

- **새로운 가치(산업·시장)의 창출:** 기존의 유사한 개념들과 융·복합의 주요 차이점 중 하나가 새로운 가치의 창출이며, 기술·산업간 결합을 통해 새로운 기술 분야, 신산업 혹은 시장의 창출활동으로 해석할 수 있음
  - ※ 참고로 기술복합은 융합과 달리 기존 가치의 개선 및 고도화를 주목적으로 하여 차별성을 두고 있으나, 본 연구에서는 융·복합을 따로 구분하지 않고 하나의 범주로 다루고자 하며, 따라서 기존 가치의 개선으로부터 새로운 가치를 창출하는 것 까지 고려하고 있음
- 추가적으로, 기술 융·복합과 관련이 많은 **‘기술 혁신’** 또한 하나의 주요 키워드로 도출하고자함
  - 기존 문헌들에서 기술 융합을 정의함에 있어 문제해결 및 새로운 가치의 창출을 위해 기술·산업간 (물리적·화학적) 결합이 이루어지는 것을 기술혁신의 일환으로 간주하기에, 주요한 방법론적 키워드(‘결합’)와 목적 키워드(‘문제해결’, ‘가치 창출’)의 연결고리로 인식됨
- 따라서 기존 과학기술분야에서의 융합 및 복합의 정의에 대한 문헌 검토를 바탕으로, 기술 융·복합에 대한 주요 키워드는 다음과 같이 요약하고자 함: **“문제 해결”, “(물리·화학적) 결합”, “새로운 가치의 창출”, “기술혁신”**

[그림 2] 기존 문헌 조사·분석을 토대로 도출된 기술 융·복합의 주요 키워드



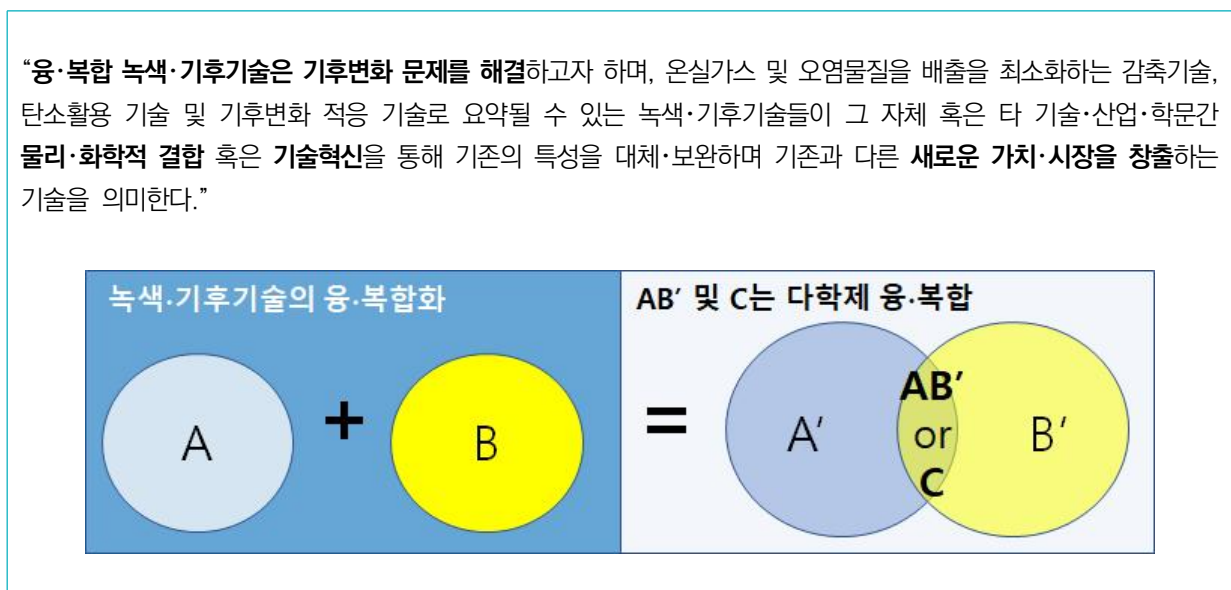
### 2.3 융·복합 녹색·기후기술의 개념 및 주요 특징

- 현대에 들어 문제의 정의 및 범위의 명확한 설정이 어려워졌으며, 기후변화에의 대응이 대표적인 사례로 꼽힘
- 기후변화에의 대응을 위한 녹색·기후기술 또한 기존 단편적인 방식의 접근에 대한 한계에 직면했으며, 따라서 이를 극복하는 방안으로 기술의 융·복합에 대한 접근이 이루어지고 있음
- 기후변화 대응에 있어 해결을 위한 기술요소들 혹은 응용기술들은 문제의 복잡성과 다양성으로 인해 **융·복합적 특징**들을 보임
  - 녹색·기후기술 분야는, 온실가스 감축 및 기후변화 적응을 위한 녹색·기후기술간 결합 및 ICT 기술과 같은 타 기술과의 결합 등의 형태로 기술의 융·복합이 활발히 일어나는 추세
  - 기술적인 측면에서의 결합뿐 아니라, 앞서 언급한 기술 융·복합의 확장의 맥락으로 **정책 및 재정**과의 연계·결합 또한 활발한 추세



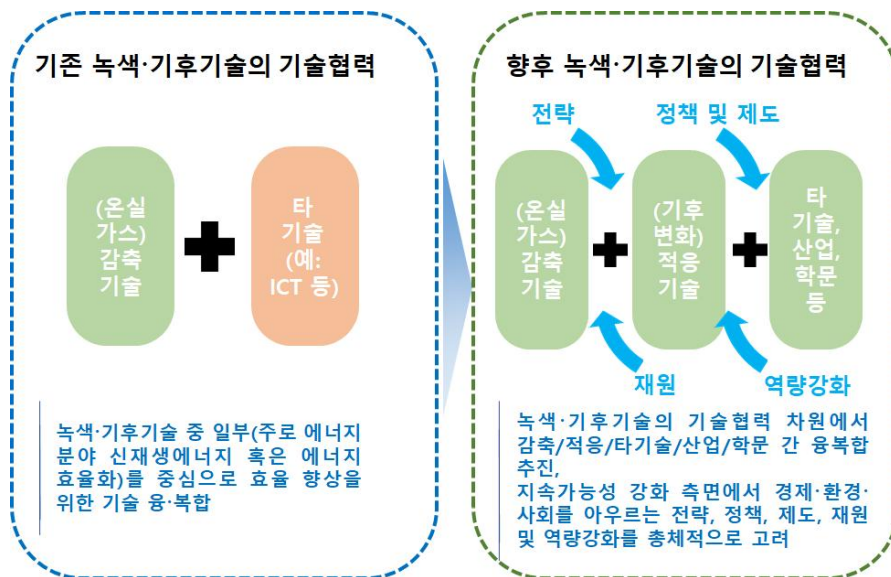
- 특히 개도국들은 기후변화의 현안들이 단일 문제로 부각되기 보다는 **경제적·환경적·사회적 영향**이 복합적으로 작용하는 형태로 나타나기에, 이를 해결하기 위해서는 해결책 또한 다기준, 다차원적인 관점에서 접근해야 할 필요가 있어 녹색·기후기술의 융·복합이 활발한 추세
- 최근 연구(김형주 외, 2018)에서는 녹색·기후기술 분야에서 융·복합의 필요성을 강조하고 있으며, 이에 녹색·기후기술 분야에서의 융·복합을 다음과 같이 정의함: “기후변화 대응을 위한 온실가스 감축 및 기후변화 적응과 관련한 기존 기술·제품의 성능을 개선할 수 있는 기술과, 이후 첨단기술과의 융합을 통해 새로운 가치, 즉 신 시장·신 산업을 창출하여 신 기후체제에 대응하는 모든 기술”
- ◆ 본 연구는 녹색·기후기술 분야에서 융·복합에 대한 개념을 과학기술분야의 주요 키워드를 바탕으로 정립하고자 함
  - 녹색·기후기술은 특징적으로 기후변화 대응에 있어 선진국과 개도국 모두 활용 가능한 기술들로서 **기술적·재정적·인적 역량이 부족한 상황에서도** 활용 가능할 수 있어야 함
  - 이러한 관점에서 **녹색·기후기술의 융합은 많은 시간과 자원의 투자를 요구**하기에 개도국들로서는 단기적 효과를 기대하기 어려워 현실성이 떨어진다고 볼 수 있음
  - 따라서 녹색·기후기술의 경우 **기술 융합과 기술복합을 하나의 범주로** 묶어 고려하고자 하며, 이를 통해 선진국과의 협력을 바탕으로 새로운 기술의 개발 및 개도국들의 기후변화 대응을 위한 대안을 제시하고자 함
- ◆ 따라서 융·복합 녹색·기후기술의 개념을 아래와 같이 정립함

[그림 3] 융·복합 녹색·기후기술의 개념 및 모식도



- ◆ 융·복합 녹색·기후기술은 기후변화라는 사회·경제적으로 복잡하게 연결되어 다양한 양상으로 나타나는 난제를 해결하기 위한 기술로서 **문제해결을 위해 상호연계성에 대한 고려**가 요구됨
  - 특히 개도국은 직면하고 있는 기후변화로 인해 환경적·경제적·사회적 영향이 복합적으로 얽혀서 나타나기에 **하나의 영역에서만 접근하기에 한계**가 있음
    - ※ 대표적으로 수자원 관리, 에너지 부족, 식량 부족 등이 상호 영향을 미치기에 하나의 영역에 대해서만 고려할 수 없음
  - 예를 들어, 기후변화 대응에 있어 특히 물, 에너지, 식량 관련 복잡한 연계성이 주목받고 있으며, 통합적 관점에서 해결책을 모색하기 위해 ‘물-에너지-식량 넥서스(Water - Energy - Food Nexus)’에 대한 관심이 부상
  - 더불어, 기후변화 대응은 과거 환경문제에 대한 접근과 마찬가지로 온실가스 배출에 의한 ‘외부적’ 문제를 해결하기 위해 외부의 비용을 법·제도·규제 등을 활용하여 내부화하고 사회적 편익을 추구하는 것으로 이해할 수 있기에, 자연발생적인 초기 시장의 창출 보다는 정부의 개입을 통해 인위적으로 시장을 형성하는 **공공재의 성격**을 나타냄(김형주 외, 2018)
  - 이렇듯, 녹색·기후기술분야에서는 문제해결을 위해 **통합적 접근**이 강조되며, ICT, BT와 같은 첨단기술과의 융·복합을 통해 **시너지 효과**를 증대시키고자하는 노력이 이루어지고 있음
  - 최근 들어 융·복합의 대상이 타 기술에서 나아가 **정책·금융·역량강화** 등으로 그 범위를 넓히고자 하는 시도가 증가하고 있으며, 범위의 확장을 통해 **통합적·다학제적 기술협력**을 통해 녹색·기후기술에 대한 산업화를 앞당기고 새로운 미래 시장을 창출하고자 노력
  - 이러한 범위를 확장하는 접근은 개념적으로 **광의의 융·복합**과 맥락을 같이하며, 녹색·기후기술이 기후위기를 해결하고자 도입됨에 있어 **지속가능한 비즈니스 모델** 수립에 있어서의 한계를 돌파할 수 있는 대안으로 논의되고 있음

[그림 4] 융·복합 녹색·기후기술의 개념 및 모식도



※ 출처: 김형주 외, 2018, 저자 재편집

- ◆ 녹색·기후기술은 현재의 어려움을 극복하고자 하는 접근과 지속가능한 기후변화에의 대응을 위한 추진 등 다양한 측면에서 융·복합적 특성과 맥락을 같이함
  - 과학기술분야에서의 융·복합과의 차별성을 꼽자면, 녹색·기후기술은 그 대상이 선진국과 개도국 모두 포함되기에 첨단기술 뿐만 아니라 적정기술, 복합기술 등과의 결합을 모두 포함하는 **포괄성이 특징적임**
  - 기술 융합과 복합은 그 접근방식이 다르지만, 공통적으로 문제해결(기후변화)을 목적으로 하고 있으며, 따라서 녹색·기후기술분야에서는 기술 융합과 복합을 아우르는 ‘융·복합’의 관점이 적절하다고 판단됨
  
- ◆ 따라서 녹색·기후기술의 융·복합을 통해, 당면하고 있는 현재의 문제를 해결함과 동시에 **새로운 가치의 창출**을 통해 신산업·신시장을 도출하고 기존 시장·산업을 개선·고도화 할 수 있을 것으로 기대함



## 융·복합 녹색·기후기술의 유형화 및 사례분석

### 3.1 과학기술분야의 융·복합 유형화에 대한 문헌 검토

- ◆ 융·복합 녹색·기후기술에 대해, 그 현상의 복잡성과 다양성으로 인해 융·복합에 대한 체계적인 접근이 요구되며 그에 따라 **융·복합 기술의 유형**에 대한 연구 필요성이 강조됨
  - 많은 연구에서 기술 융·복합에 대한 연구를 수행(Gerum et al, 2004; 유경만, 2006; 국가과학기술위원회, 2008; 정병순, 황원실, 2008; 황다영 외, 2008; 류태규 외, 2011; 류성한, 2015; 고병열 외, 2019)
  - 이들 연구는 대표적으로 두 가지 유형으로 구분 가능함: (1) 결합되는 요소기술에 초점을 맞추는 접근과 (2) 기술의 융·복합으로 인해 도출되는 결과물에 초점을 맞추는 접근
- ◆ 첫 번째, **요소기술에 초점**을 맞춘 융·복합의 유형화 방식은 ① 결합의 정도, ② 결합되는 요소기술의 구성, ③ 융·복합의 범위, ④ 기술 분야 등으로 연구마다 다양한 접근을 추진
- ◆ 황다영 외(2008)는 융·복합의 요소기술들이 **결합되는 정도**에 따라 이에 대한 세부 지표를 도출하여 17개로 융·복합의 유형을 제시
  - 기초적인 맥락에서는 기술 융·복합은 화학적 결합(융합)과 물리적 결합(복합)으로 나눌 수 있음
  - 녹색·기후기술 분야의 경우 매우 복잡한 구조를 지니고 있어 해당 분야에서의 기술 융·복합은 경계를 명확하게 구분하여 이분화하기에는 어렵기에 결합의 정도를 측정하는 것 또한 중요한 연구 주제로 인식됨
  - 기술간 결합의 정도를 측정하기 위한 방편으로 연구·개발의 결과물인 **특허를 활용하는 방안**도 고려되며, 특허의 세부 정보를 활용하여 기술 융·복합을 판별하고 그 정도를 측정하는 연구들이 수행 된 바 있음(류태규 외, 2011; 고병열 외, 2019)
- ◆ 기술 융·복합은 기본적으로 어떠한 기술과 기술이 결합되는 것을 의미하기에, 그 요소기술들의 성격에 따라 ‘동종’ 혹은 ‘이종’간 결합, ‘이종’결합 또는 ‘다중’ 결합으로 융·복합의 유형을 구분할 수 있음(유경만, 2006; 황다영 외, 2008)

- 같거나 유사한 기술 분야간 융·복합이 일어나는 것을 동종기술간 융·복합으로 볼 수 있으며, 다기능 중심의 병합적 융·복합임
- 반대로, 서로 다른 기술 분야 내 요소기술간 융·복합이 일어날 수 있으며(이종기술간 결합), 이는 과학기술 혹은 사회문제를 해결하기 위한 결합성 융·복합으로 구분됨
- 또한 결합되는 기술의 수에 따라 '이중' 결합 혹은 '다중' 결합으로 구분가능하며, 따라서 기술 융·복합은 결합되는 기술의 분야와 수에 따라 '**동종이중 결합**', '**동종다중 결합**', '**타종이중 결합**', '**타종다중 결합**'으로 유형화할 수 있음
- ◆ 위와 유사한 접근으로, 기술 융·복합이 다루고자 하는 범위에 따라 유형을 구분한 바 있으며, 이를 통해 '**신기술**', '**학문**', '**산업**'의 융·복합에 대해 유형화하였음
  - 세부적으로 융·복합의 유형화는 '신기술간 결합', '신기술과 (전통적) 학문간 결합', '신기술과 기존 산업과의 결합' 등으로 구분 (정병순, 황원실, 2008)
  - 추가적으로, 류성한(2015)은 상기 요소간 결합에 대해 보다 구체적으로 유형을 분류하여 5가지 유형을 도출하였음
    - ① **타 분야 아이디어·방법론의 도입**: 특정 분야의 한계돌파를 위해 활용하는 일반적인 방법으로, 해당 분야와 관련성이 적은 영역에서의 방법론 혹은 아이디어를 응용하는 것으로 대표적인 사례로 생태모방기술(Biomimetics)을 들 수 있음
      - ※ 기술 융·복합에서는 결합의 범위를 기술과 인문사회 분야간 융·복합으로 확장하여 아이디어 및 방법론을 도입할 수 있음
    - ② **과학기술 이외 분야에 대해 과학기술을 도입**: 인문사회·문화예술·체육 분야에서 과학 기술을 비롯한 공학적 요소들을 활용하여 직면하는 문제를 해결하는 경우로, 현재 스포츠 분야에서 활발히 사용되고 있으며('과학 스포츠') 나아가 최근 문화예술 영역에서도 그 활용도가 점차 증가하고 있음
    - ③ **특정 기술의 산출물이 다른 기술의 투입요소로 활용되는 결합**: 선행 연구·개발의 결과물을 받아들여 새로운 기술에 대한 연구·개발의 투입요소 혹은 요소기술로 활용하는 것으로 대표적인 사례로 나노바이오 센서 기술을 들 수 있음
    - ④ **두 개 이상 요소기술들의 유기적 결합**: 둘 이상의 요소기술들이 개별적으로 개발된 이후, 유기적인 연계를 바탕으로 통합 과정을 거쳐 새로운 기술을 도출하거나 시너지 효과를 창출하는 융·복합 사례로서, 이에 대한 대표 사례는 스마트 폰, 스마트 자동차, 스마트 홈 등을 들 수 있음
    - ⑤ **요소기술들이 공통의 목표 달성을 위해 결합(상호수렴)**: 공통의 목표 달성을 위한 일환으로, 서로 다른 요소기술들이 그 경계가 모호해지면서 융·복합이 이루어지는 경우로, 최근 활발하게 연구가 이루어지고 있는 뇌와 컴퓨터 간 결합을 위한 뇌-컴퓨터 인터페이스를 대표 사례로 들 수 있음
      - ※ 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술은 장애를 지닌 사람들의 삶의 질 개선이라는 공통의 목표를 달성하기 위해 기술 융·복합을 통해 한계를 극복한 사례

- ◆ 융·복합의 개념 정립 단계 초기 제시되었던 신기술 분야를 기준으로 한 융·복합은 **‘NBIC’ 기술분야**를 중심으로 융·복합을 유형화함
  - 기술 융·복합의 개념에 대해 대표적으로 언급되는 미국의 나노기술(NT), 바이오기술(BT), 정보기술(IT), 인지과학(CS)을 기반으로 기술 융·복합을 분류
  - 기술 융·복합은 이론적인 관점에서는 어느 기술이든 결합가능하나, 현실적으로는 첨단기술들을 기반으로 새로운 신기술을 개발하거나 새로운 시장·산업을 창출하는 방향으로 추진됨
  - 최근 들어 NBIC 기반 이외 환경에 대한 이슈가 부각됨에 따라 **환경기술(Environmental Technology, ET)**가 추가되어 ET 기반 기술 융·복합이 새로운 분류로 제시
- ◆ 두 번째, 기술 융·복합의 **결과물을 기준**으로 그 유형을 도출하는 접근은, 기술과 제품, 대체 및 보완의 측면에서의 분류와 활용 목적에 따른 원천기술 창조, 신산업 창출, 산업고도화로 분류
- ◆ 기술 융·복합의 결과물에 대해, 류태규 외(2011)는 기술과 제품, 기존 기술에 대한 대체 혹은 보완의 측면에서 융·복합의 결과물을 유형화
  - 기술 융·복합은 기술과 기술간, 산업 내, 기술과 산업간 결합 등으로 유형화 가능하며, 이들은 각각 목적에 따라 그 범위를 달리함(특허청, 2008)
  - ‘기술과 제품’, ‘대체 혹은 보완’의 관점에서 ‘기술 대체’, ‘기술 통합’, ‘제품 대체’, ‘제품 보완’으로 구분 가능함
  - **기술 대체**: 도출되는 융·복합의 결과가 기존 산업에서 특정 기술을 대체하는 경우
  - **기술 통합**: 각각 다른 산업들에서 연관성이 있는 기술끼리 상호보완하여 새로운 시장을 형성
  - **제품 대체**: 특정 산업에서 융·복합의 결과물이 기존 유사한 성격을 지닌 제품을 대체
  - **제품 보완**: 관련이 적은 두 제품이 상호보완하여 해당 제품의 품질 혹은 성능을 대폭 향상시킴
  - 상기 유형들은 산업 동향 파악 및 경영전략 수립에 대해 서로 다른 파급력을 지니고 있음이 확인됨(Gerum et al, 2004)
- ◆ 융·복합의 결과물을 어떤 목적으로 활용하느냐에 따라 구분할 수 있으며, 세부적으로 그 목적에 따라 ‘원천기술 창조형’, ‘신산업 창출형’, ‘산업고도화형’로 구분됨
  - 이러한 분류는 국가과학기술위원회에서 과학기술분야 융·복합에 대한 전략수립 단계에서 도출된 분류
  - **‘원천기술 창조형’**은 신기술 간 혹은 신기술과 학문간 융합이 이루어져 새로운 기술을 도출하는 유형으로, 장기적 관점에서는 새로운 원천기술의 개발을 목적으로 함
  - **‘신산업 창출형’**은 기술의 융·복합을 통해 경제적·사회적·문화적인 관점에서 시장 혹은 산업의 수요에 부응하여 새로운 가치, 즉 신시장, 신사업 혹은 새로운 서비스를 창출하고자 목표함
  - **‘산업고도화형’**은 기존 산업과 신기술이 융·복합하여 현재의 시장요구에 부합하거나 현재의 문제·한계를 극복하여 산업 혹은 서비스를 고도화 하는 것을 목적으로 함

[표 2] 융·복합 기술의 목적에 따른 유형화

| 명칭       | 개념  |
|----------|---|
| 원천기술 창조형 | - 서로 다른 신기술 혹은 신기술과 전통 학문 간 결합을 통해 새로운 원천기술을 도출<br>- 중장기적으로 새로운 원천기술을 확보하는 것을 목표로함                        |
| 신산업 창출형  | - 경제·사회·문화 등 시장과 산업에서의 수요에 대응하여 융·복합을 통해 새로운 산업, 시장 및 서비스를 창출함<br>- 국가차원에서는 범정부 관점에서 추진되어 새로운 산업을 도출하고 육성 |
| 산업고도화형   | - 기존 산업과 신기술의 융·복합을 통해 현재 시장의 요구에 대응하여 기존 산업·서비스를 고도화하고자 함  |

※ 출처: 정병순, 황원실, 2010, 저자 재편집

### 3.2 녹색·기후기술 분야에서의 융·복합 유형화

- ◆ 녹색·기후기술 분야에서의 융·복합에 대한 유형화를 도출함에 있어, 기존 과학기술 분야의 유형화의 목적과 기준을 고려하여 도출하였음
  - 우리나라의 녹색·기후기술을 우선 대상으로 삼고 있기에, 기본적으로 우리나라의 **융합기술 종합발전 기본계획**에서 제시하는 융·복합의 유형을 기본틀로 삼음
  - 또한 융·복합 녹색·기후기술의 개념 및 유형화의 주 목적이 녹색·기후기술 분야에서의 연구자들이 연구·개발함에 있어 그 방향성을 제시하고자 하기에, 목적에 따른 분류보다는 세부적으로 **결합 방식에 따른 분류**를 통해 융·복합에 대한 초기 접근의 방향을 제시하고자 함
- ◆ 따라서 융·복합 녹색·기후기술에 대한 유형화는 이를 구성하는 요소들, 즉 ‘**녹색·기후기술**’, ‘**녹색·기후기술 산업**’, ‘**타 분야 기술**’, **타 분야 산업** 및 ‘**타 분야 학문과의 결합**’으로 유형화를 도출하고자 함
  - 앞서 융·복합 녹색·기후기술의 개념에서 논의한 바와 같이, 녹색·기후기술은 첨단기술만이 아닌 기존 기술의 현지화 등 **선진국과 개도국 모두를 아우르기에** 기존 NBIC 유형만의 첨단기술 분류는 제외
  - 결과적으로, 녹색·기후기술 및 산업과 타 분야 기술·학문·산업의 결합을 통해 다음과 같이 **5개 유형**을 도출

[표 3] 융·복합 녹색·기후기술 유형화(안)

| 유형                   | 설명 및 예시   |
|----------------------|---|
| 1) 녹색·기후기술 + 녹색·기후기술 | - 공통의 목표 달성을 위한, 혹은 동일 지역의 기후변화 대응(감축과 적응)을 위해 시너지 효과를 발생시킴<br>- 예: 특정 (동일)지역에의 감축기술과 적응기술의 융·복합  |
| 2) 녹색·기후기술 + 타 분야 기술 | - 녹색·기후기술 분야에서 직면하고 있는 문제해결을 위해 타 분야 기술을 도입하여 한계를 극복<br>- 예: 개도국에서 격·오지 에너지 자립 시스템을 효과적으로 운영·관리할 수 있도록 ICT 모니터링 및 원격 제어 기술의 도입                |
| 3) 녹색·기후기술 + 타 분야 학문 | - 생태모방기술과 같이, 녹색·기후기술분야에서 활용 가능한 타 학문의 방법론 혹은 아이디어를 도입<br>- 예: 식물 광합성을 모방하여 인공 광합성 기술 개발  |
| 4) 녹색·기후기술 + 타 분야 산업 | - 녹색·기후기술을 타 산업에 도입하여 공통의 목표를 달성하거나 시너지를 창출하여 해당 산업의 시장을 확장<br>- 예: 교통산업에 대해 전기차 등 이모빌리티(e-mobility)를 개발하고 도입하여 교통시장에의 변화를 촉진하고 관련된 새로운 시장 창출 |
| 5) 녹색·기후산업 + 타 분야 기술 | - 녹색·기후기술 관련 산업에 대해 타 분야의 기술을 도입하여 목적을 달성하거나 새로운 가치를 창출<br>- 예: 기후변화 적응산업에 있어 드론 기술을 도입하여 재난 대응 및 복구에 대한 목표 달성을 통해 기후변화에의 적응력 제고              |

### 3.3 녹색·기후기술 분야에서의 융·복합 유형화에 대한 사례분석: CTCN TA

- ◆ 본 연구에서는 제시하는 녹색·기후기술에 대한 융·복합의 유형화는 이론적인 측면에서 융·복합의 개념과 기존 과학기술분야에서의 유형화를 바탕으로 구성되었기에 **그 실효성에 대한 검토**가 요구됨
- ◆ 이러한 맥락에서, 본 연구는 융·복합 녹색·기후기술이 유형(안)에 대해 실제 사례들을 바탕으로 활용의 적절성을 검토하고자 하며, 이를 위해 대표적인 녹색·기후기술 사례인 **기후기술센터·네트워크**(Climate Technology Center and Network, CTCN)<sup>4</sup>의 **기술지원(TA) 사업**들을 활용하고자 함
  - CTCN TA 사업은 개도국의 **녹색·기후기술 이전을 촉진**하는 것을 목표하기에 정책 수립, 기술 평가, 교육·연수 등 역량강화, 의사결정을 위한 툴·방법론 개발, 실행계획 수립 등 다양한 유형의 활동을 수행하여 개도국을 지원
  - CTCN의 TA 사업은 국제사회에서 **신기후 체제하 기술 메커니즘 이행의 대표적인 사례**로 일컬어지며, 지금까지 수행된 **TA 사업에 대한 정보(이행 계획 및 적용결과)가 체계적으로 수집·공개**되어 있음
- ◆ CTCN의 TA 사업 183개 중, 사업이 완료되었으며 문제해결을 위한 유형을 선별하여 **총 96개 TA 사업**에 대한 자료 조사·수집
  - TA 사업 유형 중, **(i) 추진경과와 (ii) 문제해결을 위해 기술** 등이 제시된 사업 유형을 중심으로 선별하여 융·복합 녹색·기후기술의 유형을 적용
  - (i) TA 사업의 추진 경과에 대해서는 다음으로 한정: ‘Completed’ 혹은 ‘Implementation’
  - (ii) TA 사업 유형은 다음으로 한정: ‘Decision-making tools and/or information provision’, ‘Feasibility of technology options’, ‘Piloting and deployment of technologies in local conditions’, ‘Private sector engagement and market creation’, ‘Research and development of technologies’. ‘Technology identification and prioritization’
  - 그 결과, 2015년부터 2020년 현재까지의 CTCN TA 183개 사업 중 **96개 사업**을 분석 대상으로 선별

4) 기후기술센터·네트워크는 기후변화협약 하 기후변화 대응을 지원하기 위한 기술 메커니즘을 담당하며, 개도국의 기후변화 대응을 지원하기 위한 일환으로 기술지원(Technology Assistance, TA)사업을 지원하고 있음



**[표 4] CTCN TA 사업 조사·분석 사례 유형 및 사업 수**

| CTCN TA 사업 유형*  | 사업 수(개) |
|---|---------|
| Decision-making tools and/or information provision          | 40      |
| Feasibility of technology options                           | 17      |
| Piloting and deployment of technologies in local conditions | 9       |
| Private sector engagement and market creation               | 4       |
| Research and Development of technologies                    | 4       |
| Technology identification and prioritization                | 22      |
| 합계  | 96      |

\* 사업의 진행 경과에 대해, 추진경과가 ‘Completed’ 혹은 ‘Implementation’인 사업으로 한정

### 3.4 융·복합 녹색·기후기술의 유형화

- ◆ 융·복합 녹색·기후기술의 유형을 대상 TA 사업에 적용한 결과, 아래 그림과 같이 해당 TA의 비율이 나타남
  - ※ TA 사업 중 1개 사업은 완료되었으나 아직 결과가 공개되지 않아 분석에서 제외하였음
  - 융·복합 녹색·기후기술에 해당하지 않는 사업이 65개로 전체의 68.4%를 차지하여 가장 많았으며, 이 중 **단일 기술을 활용한 TA 사업**이 58.95%로 비 기술부문에 비해 매우 큰 비중을 차지하였음
  - 융·복합 녹색·기후기술의 유형 중에서는 [유형 1]과 [유형 5]가 8.4%, 그 뒤를 [유형 4]가 7.4%, [유형 2]가 4.21%, 그리고 마지막으로 [유형 3]이 2.11%를 차지함

**[표 5] 융·복합 녹색·기후기술 유형별 대상 TA 사업의 분포**

| 융·복합 녹색·기후기술 유형         | TA 사업 수(개) | 비율(%) |
|-------------------------|------------|-------|
| 유형 1: 녹색·기후기술 간 결합      | 8          | 8.42  |
| 유형 2: 녹색·기후기술 + 타 분야 기술 | 4          | 4.21  |
| 유형 3: 녹색·기후기술 + 타 학문    | 2          | 2.11  |
| 유형 4: 녹색·기후기술 + 타 산업    | 7          | 7.37  |
| 유형 5: 녹색·기후산업 + 타 분야 기술 | 8          | 8.42  |
| 유형별 해당사항 없음(전체)         | 65         | 68.42 |
| - 해당사항 없음(단일 기술)        | 56         | 58.95 |
| - 해당사항 없음(비 기술부문)       | 9          | 9.47  |

- ◆ TA 사업들은 대부분 단일 기술을 중심으로 추진되어 왔으며, 이는 아직까지 융·복합 녹색·기후기술의 개념이 개도국을 대상으로 기후기술협력을 추진하는 기후기술협력 사업에서는 충분히 반영되지 못하였으므로 해석 가능
  - TA 사업 분석 과정에서 각 유형별 분석에 있어서의 어려움을 살펴보면,
  - **[유형 1(녹색·기후기술 간 결합)]과 [유형 4(녹색·기후기술과 타 산업의 결합)], [유형 5(녹색·기후산업과 타 분야 기술 간 결합)]**이 ‘녹색·기후기술’, ‘녹색·기후산업’과 ‘타 산업’의 범위를 어떻게 정의하느냐에 따라 서로 중복이 되는 등 혼선을 초래

- **녹색·기후산업과 타 산업의 구분**이 명확하지 않으며, 이러한 장애의 주요 원인은 녹색·기후 기술의 분류를 명확하게 규정하지 않았기 때문으로 사료됨
- 또한 **[유형 3(녹색·기후기술과 타 학문간 결합)]**이 가장 적은 비중을 차지하는 것으로 나타나는데, 그러한 이유로 생각해 볼 수 있는 것은, (i) 학문과의 결합은 대부분 새로운 (원천)기술 혹은 첨단기술을 개발하는 경우가 많으며, 이들은 개도국에서는 상대적으로 역량이 부족하여 도입하기에 어려움이 있고, 또한 (ii) CTCN TA 사업의 목적이 개도국으로의 기술이전이기에 이미 검증되고 실용화가 가능한 수준의 기술이 대부분이기 때문으로 유추할 수 있음
- 따라서 본 연구에서 제시하는 융·복합 녹색·기후기술의 유형에 대해 **수정**이 필요하다고 판단되는 바, 녹색·기후기술의 분류에 대해 정의를 전제조건으로 삼고, **[유형 5]를 제외**하고 해당 TA 사업들을 재검토하여 [유형 2]로 흡수하는 방안으로 융·복합 녹색·기후기술 유형을 수정·보완함
  - CTCN TA 사업에 대한 적용·검토를 통해, (1) 녹색·기후기술에 대한 명확한 분류가 요구됨을 확인하였고, (2) 관련한 ‘녹색·기후산업’에 대한 모호성이 유형화에 장해요인을 작용하는 것을 확인하였음
  - 대안 1) 녹색·기후기술에 대한 **전제조건**을 다음과 같이 제시: **녹색·기후기술이라 함은, 녹색기술센터에서 발간한 “기후기술 분류체계”<sup>5)</sup>를 바탕으로 정의하며, 이외의 기술들을 ‘타 분야 기술’로 구분함**
  - 더불어, 그 개념이 명확하지 않은 녹색·기후산업에 대해서는 별도의 개념을 정립하기 보다는 타 분야의 기술 활용 측면을 강조하여 [유형 5]를 제외하고 이에 해당하는 TA 사업들에 재검토를 통해 [유형 2] 등으로 다시 유형화하여 조정함
  - 그 결과, 최종적인 융·복합 녹색·기후기술의 유형은 아래 [표 10]과 같이 정리되며, 이를 활용하여 개발도상국을 대상으로 기술협력사업을 추진 중인 대표적인 기업들의 융·복합 사례를 유형화하면 다음과 같음

**[표 6] 수정·보완한 융·복합 녹색·기후기술 유형**

| 유형  | 설명 및 예시   |
|---|---|
| 1) 녹색·기후기술 + 녹색·기후기술  | - 공통의 목표 달성을 위한, 혹은 동일 지역의 기후변화 대응(감축과 적응)을 위해 시너지 효과를 발생시킴<br>- 예: 특정 (동일)지역에의 감축기술과 적응기술의 융·복합  |
| 2) 녹색·기후기술 + 타 분야 기술  | - 녹색·기후기술 분야에서 직면하고 있는 문제해결을 위해 타 분야 기술을 도입하여 한계를 극복<br>- 예: 개도국에서 격·오지 에너지 자립 시스템을 효과적으로 운영·관리할 수 있도록 ICT 모니터링 및 원격 제어 기술의 도입                |
| 3) 녹색·기후기술 + 타 분야 학문  | - 생태모방기술과 같이, 녹색·기후기술분야에서 활용 가능한 타 학문의 방법론 혹은 아이디어를 도입<br>- 예: 식물 광합성을 모방하여 인공 광합성 기술 개발  |
| 4) 녹색·기후기술 + 타 분야 산업  | - 녹색·기후기술을 타 산업에 도입하여 공동의 목표를 달성하거나 시너지를 창출하여 해당 산업의 시장을 확장<br>- 예: 교통산업에 대해 전기차 등 이모빌리티(e-mobility)를 개발하고 도입하여 교통시장에의 변화를 촉진하고 관련된 새로운 시장 창출 |
| ※ <b>전제조건</b> : 녹색·기후기술의 정의는 녹색기술센터에서 발간한 기후기술분류체계(염성찬 외, 2017)에 입각하여 그 종류를 분류하며, 그 이외의 기술들을 타 분야 기술로 간주하여 기술과 기술, 기술과 산업 등 융·복합의 유형을 설정함 |   |

5) 출처: 염성찬 외, 2019, 기후기술 분류체계 마련 연구, 녹색기술센터 (※ 기후기술분류체계 내 기술에 대해서는 불임 참조)

- ◆ 유형1(녹색·기후기술간 결합) 사례: 마이크로그리드 기반 융·복합 송배전 시스템
  - 개도국의 낙후된 전략 송배전 문제를 해결하고 신재생에너지 기반의 전력공급을 중앙 집중식 전력망이 아닌 독립된 소규모 분산형 전력망을 통해 보급할 수 있도록 하는 융·복합 기술이며, 다양한 신재생에너지원 간 연계를 통해 신재생에너지의 간헐성을 극복하고자 함
- ◆ 유형2(녹색·기후기술+타 분야 기술간 결합) 사례: 태양광 IT 플랫폼 확대를 통한 에너지 전환
  - 가상발전소(VPP) 운영에 필요한 ICT 기술을 결합하여, 수요예측 기반 구역 전기사업 가상발전소 운영 프로그램을 통해 소규모 전력중개사업을 연계하여 태양광 발전에 대한 리스크를 줄이고 관리 효율성을 증대
- ◆ 유형3(녹색·기후기술+타 분야 학문간 결합) 사례: 에너지 및 교육문제 해결을 위한 솔루션
  - 개도국의 에너지 부족과 교육문제에 대한 다학제적 융·복합 솔루션으로, 일명 ‘솔라카우(Solar Cow) 시스템’으로 불리고 있으며, 태양광 발전과 보조배터리 충전 시스템을 활용하여 전력접근이 낮은 아프리카 지역의 학교 교육 시스템에 접목하여 교육의 기회를 증대시킴
- ◆ 유형4(녹색·기후기술+타 분야 산업간 결합) 사례: 영농 연계형 신재생에너지 발전
  - 태양광 발전과 함께 농작품 제배를 동시에 진행하여 솔라쉐어링으로 불리며, 에너지와 식량 문제를 동시에 해결하기 위한 방안으로 주목 받고 있음
  - 태양광 발전 하단에 농작물을 동시에 경작하며, 에너지와 식량을 동시에 생산함으로써 농업용수의 효율적 사용이 가능하게 되며 토지사용률도 더욱 집약시킬 수 있음



## 결론

### 4.1 융·복합 녹색·기후기술의 개념 및 유형화

- ◆ 융·복합 녹색·기후기술의 도출에 있어서, 본 연구는 융·복합에 대한 개념을 과학기술 분야에서의 문헌에 대해 조사·분석하여 융·복합 녹색·기후기술의 개념을 도출하고자 하였으며, 나아가 융·복합 녹색·기후기술의 유형을 도출하고자 하였음
  - 융·복합 녹색·기후기술의 개념에 대해, 주요 키워드는 “문제해결”, “(기술 혹은 산업간) 결합”, “(공동의) 기술혁신” 및 “(사회 및 시장예의) 새로운 가치 창출”로 도출됨
  - 주요 키워드를 바탕으로, 융·복합 녹색·기후기술의 개념은 다음과 같이 정립됨:  
“융·복합 녹색·기후기술은 기후변화 문제를 해결하고자하는 감축기술과 탄소활용기술, 그리고 적응기술로 요약되는 녹색·기후기술들이 그 자체 혹은 타 분야의 기술·산업·학문과 물리적으로 또는 화학적으로 결합하는 등의 기술혁신을 통해 기존 보유 특성을 대체·보완하여 기존과는 다른 새로운 가치 및 시장을 창출하는 기술”을 의미한다.
- ◆ 융·복합 녹색·기후기술은 다음과 같은 특징을 가지며, 이에 과학기술분야의 융·복합이 강조하는 요소들과 맥락을 같이함
  - 기후위기는 복잡하고 다양하며 광범위한 문제를 해결하고자 하며, 이를 위해 통합적이고 다학제적인 접근이 강조되고 있음
  - 나아가 기술적인 통합뿐만 아니라 정책, 제도 및 자원 등에 대한 고려·결합을 통해 상호간 결합을 촉진하고 있어 광의의 융·복합과 일맥상통함
  - 궁극적으로 기후위기를 해결하기 위해 도입되면서 지속가능한 비즈니스 모델 수립이라는 한계를 돌파할 수 있는 방안을 모색하여, 개념적으로 환경보존과 경제성장을 함께 추진하고자 하는 디커플링(decoupling)을 통한 기술혁신을 추구하여 새로운 가치를 탄생시키고자 함
  - 일반적인 융합 혹은 복합과 달리, 융·복합 녹색·기후기술은 기후위기에의 대응·해결이라는 공통의 목표 달성을 위해 첨단기술, 적정기술, 복합기술 등 융·복합적인 요소들을 모두 포괄하며 새로운 가치, 신 시장 혹은 신 산업을 창출하거나 기존 시장·산업을 개선하고 고도화하고자 함
- ◆ 융·복합 녹색·기후기술의 개념에 입각하여, 이를 추진함에 있어 그 방향성을 제시할 수 있기 위한

유형을 도출하고자 하였음

- 과학기술분야에서의 융합 및 복합에 대한 유형에 관한 문헌을 조사·분석하여 융·복합 녹색·기후기술의 유형에 대한 초안을 도출하였으며, 이를 실제 사례에 적용해봄으로써 융·복합 녹색·기후기술의 유형화의 실효성을 검토하였음
- 융·복합 녹색·기후기술의 실효성 검토를 위해 95개<sup>6)</sup>의 CTCN TA 사업에 대한 검토를 수행하였고, 검토 과정에서의 애로사항 등을 바탕으로 유형에 대해 수정·보완하였음
- 그 결과, 융·복합 녹색·기후기술 간 결합(유형 1), 융·복합 녹색·기후기술과 타 기술의 결합(유형 2), 타 학문과의 결합(유형 3), 타 산업과의 결합(유형 4)으로 유형을 구분하였음
- 본 유형에 대한 전제조건으로, 녹색기술센터에서 제시한 ‘기후기술분류체계’에 근거하여 녹색·기후기술의 분류를 정의하고, 그 이외의 기술에 대해서는 타 기술로 정의함

## 4.2 기대효과

- ◆ 본 연구는 ‘무엇이 융·복합 녹색·기후기술인가?’라는 질문에 대한 답을 제시하고자 하였으며, 이를 통해 향후 융·복합 녹색·기후기술의 연구개발 및 실증 등에 있어 보다 **구체적인 목표 설정이 가능하도록** 함에 기여
  - 이를 통해 상대적으로 개념이 모호한 ‘융·복합’이라는 개념이 아직까지 명확하고 통일된 개념 및 분류가 정립되지 않은 ‘녹색·기후기술’에 적용됨으로 인해 야기되는 **개념적 모호성을 극복**하고자 하며, 보다 구체적인 개념과 특징을 제시함으로써 융·복합 녹색·기후기술의 연구·개발 및 실증에 있어서 보다 명확하고 구체적인 목표 설정에 기여할 수 있다고 판단됨
- ◆ 상기 질문에 이어, ‘어떻게 융·복합 녹색·기후기술을 도출할 수 있는가?’에 대한 답을 제시하고자 하였으며, 이를 통해 녹색·기후기술분야에서 융·복합 기술을 연구·개발·실증·상용화하는데 그 **방향성 제시하고자** 하였음
  - 유형화를 통해 녹색·기후기술의 개발 혹은 사업화에 있어 문제해결형, 시너지 창출형 등 어떤 목적을 설정하여 연구를 추진할 것인지를 설정함에 기여할 수 있을 것으로 생각함
  - 나아가 제시된 **4 가지 유형**을 바탕으로, 각각의 목표를 달성함에 있어 어떠한 방식으로 접근할 것인지에 대한 연구·개발의 방향을 설정함에 기여할 수 있을 것으로 기대함

## 4.3 한계 및 향후 연구

- ◆ 본 연구는 다음과 같은 한계를 지니고 있으며, 이에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 생각됨
  - CTCN TA 사업 검토 사례에서 보았듯이, 대부분의 TA 사업들이 **단일기술을 활용한** 사업들임을 확인하였으며, 따라서 융·복합 녹색·기후기술에 대한 **충분한 자료**가 검토되지 않았다고 판단되어, 보다 많은 사례에 대한 검토가 추가적으로 필요할 것으로 생각됨
  - 녹색·기후기술의 분류에 대해 분류를 활용할 필요가 있으며, 본 연구에서 전제조건으로 내세운 기후기술분류체계에 입각하여 녹색·기후기술 사업들에 대한 검토가 이루어져야 할 필요가 있음

6) 조사·분석한 TA 사업 96개 중 결과가 공개되지 않은 1개 사업을 제외하여 95개에 대한 분석 수행

## 참고문헌

- ◆ 고병열, 김소영, 이재민, 2019, 융합지수 측정을 통한 출연연 융합연구영역 발굴 모형 연구, 기술혁신학회지 22:3, 446-474
- ◆ 과기정통부, 2020, 제 3차 융합연구개발 활성화 기본계획('18-'27), 한국과학기술연구원 융합연구정책센터
- ◆ 국가과학기술위원회, 2008, 국가융합기술 발전 기본계획('09-'13)(안)
- ◆ 김형주 외, 2018, 기후변화 대응을 위한 과학기술 융복합 활성화 방안, 국가과학기술자문회의
- ◆ 류성한, 2015, 국가연구개발사업 관점에서 본 융합기술 R&D 활성화 전략, 융합연구리뷰, KIST 융합연구정책센터
- ◆ 류태규 외, 2011, 융복합 기술의 신개념 정립 및 국제특허분류(IPC)의 융복합성 분석, 한국지식재산연구원, 특허청, 서울
- ◆ 박혜경, 2019, 융합R&D 성과 향상을 위한 미 NSF의 Covergence Accelerator, 융합FOCUS, vol.140 한국과학기술연구원 융합연구정책센터
- ◆ 유경만 2006, 융합기술분야 연구개발 활성화를 위한 정책제언, ISSUE PAPER 2006-09, 한국과학기술기획평가원, 1-7.
- ◆ 이관영 외, 2013, 융합연구 분석을 위한 기반체제 구축 연구, 한국연구재단
- ◆ 이광민, 김다운, 홍재범, 2014, 기술연관분석을 활용한 기술융합구조 분석: 중소기업 융복합기술개발 사업 사례, 기술혁신연구 22:3, 1-35
- ◆ 정병순, 황원실, 2010, 기술 융복합에 대응하는 개방형 서울혁신체계 구축, 서울 시정개발연구원
- ◆ 특허청, 2008, 융·복합 기술 관련 심사·심판 품질 향상에 관한 연구
- ◆ 황다영, 김영인, 이병민, 2008, 기술융합 특성에 따른 새로운 분류체계의 제안, 기술혁신학회지 11:4, 592-612
- ◆ IPCC, 2018, Global warming of 1.5°C – an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, WMO, UNEP
- ◆ Gerum E, Sjurts I, Stieglitz N, 2004, Industry Convergence and the Transformation of the Mobile Communications System of Innovation, ITS Biennial Conference
- ◆ Rosenberg, Nathan, 1996, Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840-1910, Journal of Economic History, Vol. 23, No. 4, pp.414-443

# 붙임1. 기존 문헌들에서의 기술 융·복합의 정의 및 주요 키워드

기술 융합의 개념에 대해, 초기 그 개념이 명확히 정립되지 않아 유사 개념들이 많이 등장하였으며, 이로 인해 연구자와 정책결정자들 간 혼동 및 혼용이 있었음 (이관영 외, 2013)

- 다양한 연구들에서 기술 융합 및 복합의 개념에 대한 정의를 내리고 유사 개념들과 비교분석함(정병순, 황원실, 2010; 황다영 외, 2008)

### [붙임 1] 기술 융합 관련 유사 개념간 비교

| 명칭   | 개념   |
|--|--|
| 기술 수렴<br>(Technological Convergence)           | 다양한 산업들에서 각각의 기술적 문제들을 해결해 나가는 과정을 통해 발생하는 공동의 기술혁신                      |
| 기술 퓨전<br>(Technological Fusion)                | 기존 기술들간 재조합을 통해 새로운 혁신적인 형태로의 재탄생하는 것                                    |
| 기술 융합<br>(Technological Convergence)           | 2개 이상의 요소기술들이 화학적 혹은 기계적 결합을 통해 개별 요소기술들의 속성이 사라지고 대신 새로운 특성을 가지게 되는 현상  |
| 기술 복합<br>(Technological Integration)           | 특정 기능을 수행함에 있어, 다양한 기술이 수직·수평적으로 결합되는 현상 단, 개별 요소기술들의 고유 속성이 사라지지 않고 유지됨 |
| 융합과 지식의 통합·통섭<br>(Convergence and Consilience) | 융합의 개념은 지식의 수평적 통합을 의미함<br>통섭의 개념은 지식의 수직적 통합을 의미함                       |

※ 출처: 정병순, 황원실, 2010, 저자 재편집

- ◆ 정병순과 황원실(2010)은 유사개념들의 비교를 통해 기술융합에 대해 범위에 따라 정의를 달리함
  - **(광의의 기술융합)** 다양한 영역에서의 광범위한 기술간 융합 현상으로 정의
  - **(협의의 기술융합)** 특정 기술분야(NBIC 등)로 한정하여 기술융합 정의
- ◆ 기술과 기술이 합쳐짐에 있어서, 대표적으로 요소기술의 결합 방식에 따라 기술 융합, 기술 복합, 기술수렴으로 구분
  - **기술 복합:** 요소기술들의 속성이 유지되는 상태로 ‘물리적’으로 결합되는 경우
  - **기술 수렴 및 기술 융합:** 요소기술들의 속성이 사라지고 새로운 형태의 기술 혹은 제품으로 재탄생 (‘화학적’ 결합)
  - 기술 수렴과 기술 융합은 그 구분이 명확하지 않으나, 기술 융합이 **새로운 기술 분야 및 시장·산업을 창출**한다는 측면에서 차별점이 있음
  - 우리나라 국가융합기술 기본계획에서는 이러한 차이를, (1) 기존 기술을 개선하거나 향상 시키고 기존 시장에서 우위를 점하는 산업 관점의 결합을 기술 복합으로, (2) 혁신성과 새로운 기술을 개발하여 새로운 시장을 형성하는 결합을 기술 융합으로 간주하여 차별점을 두고 있음 (국가과학기술위원회, 2008)

- ◆ 기술간 융합은, 다른 기술간 **‘화학적’인 결합**을 통해 그 결과로 **신(新)시장, 신(新) 산업을 창출**하는 것이 다른 개념들과의 가장 큰 차이점
  - 많은 연구들이 기술융합은 ‘이종(異種) 간 요소기술 특성이 사라지는 결합’으로 도출되고 그 결과로 ‘새로운 가치’가 창출되는 것임을 강조하고 있음(황다영 외, 2008; 류태규 외, 2011; 이광민 외, 2014; 고병열 외, 2019)
  - 특히 기술과 기술이 화학적으로 결합한다고 하더라도, 이를 통해 **‘새로운 가치’**가 창출되지 못한다면 진정한 융합으로 볼 수 없음을 주장(류성한, 2015)
    - ※ 여기서 새로운 가치라 함은 대표적으로 ① 기존의 한계를 극복하여 돌파구가 되거나 ② 새로운 영역을 개척하는 것을 의미
- ◆ 단일 기술 분야들의 개념들과 비교하여 과학기술분야 내 기술 융합의 특징을 살펴보면, 상대적으로 **높은 수준의 기술혁신과 기술 간 상호연계**가 요구됨
  - 첨단기술, 복합기술, 적정기술 등 유사개념의 기술들과 요구되는 기술혁신 수준, 기술간 상호연계성을 살펴보면 다음과 같음
  - **첨단기술**: 단일분야 높은 기술혁신을 요구하는 반면 기술 간 상호연계성에 대한 요구는 낮음
  - **복합기술**: 상대적으로 낮은 수준의 기술혁신과 높은 기술 간 상호연계를 요구
  - **적정기술**: 타 기술 개념들과 비교했을 때, 상대적으로 낮은 기술혁신 수준과 기술 간 상호연계를 요구
  - 이들에 비해 기술 융합은 **높은 수준의 기술혁신**과 더불어 **높은 수준의 기술간 상호연계**를 요구
  - 기술 융합은 타 기술 개념들에 비해 특징적으로 **대규모 자원 및 시간의 투자를 요구**하며, 기술 융합의 결과는 다양한 영역에서 활용 가능
  - 또한, 기술 융합은 복잡하고 다양한 문제를 해결하기 위해 **해당 영역의 ‘밖’**에서 해결책을 찾는 과정으로 정의하여 결합의 범위를 영역 내에서만 아니라 외부와의 결합을 통해 **시너지를 창출**하는 것으로 설명(고병열 외, 2019)

### [붙임 2] 기존 문헌들에서의 기술 융·복합의 정의 및 주요 키워드

| 출처                                       | 기술 융·복합의 정의   | 주요 키워드            |
|--|---|-------------------|
| Grossman and Helpman 1991; Romer, 1993   | 기계와 전자 분야가 합쳐 만들어진 ‘메카트로닉스’와 같이, 하나의 제품에 여러 기능이 뒤섞여 절묘하게 연결되는 현상                        | (여러 기능이) 뒤섞임      |
| Rosenburg, 1996                          | 다양한 산업이 각자의 문제를 해결하기 위한 과정에서 발생하는 공동의 기술혁신 현상<br>※ 기술 수렴에 가까운 개념                        | 공동 기술혁신           |
| Kodama, 1996                             | 둘 혹은 그 이상 기술간 결합을 통해 새로운 기술이 개발되거나 이를 통해 급진적인 혁신이 발생                                    | 기술간 결합, 급진적 혁신    |
| Yoffie, 1997; European Commission, 1997  | 기술들이 합쳐지고 제품과 제품간 서로 묶이는 현상으로, 디지털화로 인한 컴퓨터·전화·TV 등의 기능들이 하나로 통합되는 현상<br>※ 디지털 컨버전스의 개념 | 기술들이 합쳐지고 제품이 묶이는 |
| Anthreya and Keeble, 2000; Cameron, 2005 | 동일한 기술 문제를 겪는 여러 산업들이 결과적으로 유사한 방식 혹은 과정을 통해 문제를 해결하는 현상<br>※ 기술 수렴의 개념                 | 공동 기술혁신           |



| 출처                                       | 기술 융·복합의 정의   | 주요 키워드                     |
|--|---|----------------------------|
| Pennings and Puranam, 2001               | 급속하게 변하는 경쟁 환경 속에서 이에 대응하고자 기존 자원 및 역량을 바탕으로 (해당 영역) 외부의 이질적인 자원 및 역량과 상호작용하는 과정                                  | 이질적 자원·역량, 상호작용            |
| Choi and Valikangas, 2001; Hacklin, 2008 | 둘 이상 기술 분야가 서로의 경계가 모호해지거나 하나로 결합하는 것   | 경계 모호, 결합                  |
| Besselaar and Heimeriks, 2001            | (기술 복합) 다른 관점에서 타 학문을 활용하여 이론적 관점이나 다양한 학문이 결국 통합되지 않음<br>(기술 융합) 이론적 개념 및 방법론적인 정체성이 새로이 형성되어 결합을 통해 일관되게 통합됨    | 결합/통합, 새로운 정체성             |
| Raco and Bainbridge, 2003                | 나노기술(NT), 바이오(BT), 정보(IT), 인지과학(CS)의 첨단기술들이 서로간 이루어지는 상승적 결합  | 상승적 결합                     |
| Lind, 2004                               | 산업 간 경계 및 시장의 진입장벽이 낮아져서 각 시장들이 서로 합쳐지는 것   | 결합, 경계/진입장벽 낮춤             |
| Bally, 2005                              | 단순히 결합되는 것 이상의 현상으로, 기술 융합으로 인해 각각 별개의 기술들이 상승적 시너지효과를 일으켜 공동 성장하고 새로운 경쟁환경을 형성하는 것                               | 상승적 시너지, 새로운 경쟁환경          |
| 이공래, 황정태, 2005                           | 둘 이상의 기술들이 서로 결합하는 것으로, 단일기술 보다 더 과학에 기반을 둔 기술  | 결합                         |
| 유경만, 2006                                | (기술의 복합) 개별 요소기술 간 물리적 결합을 의미하며, 이를 통해 기존 산업이 직면한 한계를 극복<br>(기술의 융합) 성질이 다른 기술들이 화학적 결합을 이룸                       | 결합, 한계 극복, 화학적 결합          |
| 박진서, 2007                                | (기술의 복합) 결합되는 요소기술들의 다양성만으로도 의미가 있음<br>(기술의 융합) 독자적인 신규 기술 분야를 확립하는 것에 의미가 있으며, 특정 문제를 해결함에 목적이 있음                | 다양성, 신규 기술 분야, 문제해결        |
| 국가융합기술발전 기본계획, 2008                      | NT, BT, IT와 같은 신기술들끼리의 혹은 기존 산업·학문과의 상승적 결합을 통해 새로운 가치를 창출하고 미래의 경제·사회·문화에 대한 변화 주도                               | 상승적 결합, 새로운 가치 창출          |
| 황다영 외, 2008                              | 기술 융합·복합 공통적으로 특정 문제를 해결하기 위한 발생  | 문제해결                       |
| Thomson, 2010                            | 특정 문제 해결을 위한 방법 혹은 해당 기술이 영역 밖의 문제를 해결하기 위해 적용되는 과정   | 영역 밖, 문제해결                 |
| 김덕현, 2010                                | 둘 이상의 산업에서 활동하는 기업들이 기술 융합을 바탕으로 제품을 개발·판매함으로써 시장의 요구에 부응하기 위한 기업생태계를 재구성하는 것                                     | 요구에의 부응, 기업생태계 재구성         |
| 정병순, 황원실, 2010                           | (기술 통합·복합) 기술간 종적·횡적 결합이 일어나며 개별 속성 유지<br>(기술융합) 개별 요소기술들의 속성이 감소하거나 사라지거나, 이종 기술 간 결합을 통해 새로운 기술 분야와 대응하는 시장의 출현 | 기술간 결합, 새로운 기술분야           |
| 산업융합 촉진법, 2011                           | 산업간, 기술간, 산업과 기술 사이에서 창의적인 결합과 복합을 통해 산업을 혁신하거나 새로운 산업·시장을 창출하는 활동  | 창의적 결합·복합, 산업혁신, 새로운 산업·시장 |
| 류태규 외, 2011                              | 서로 다른 기술 분야에서 기술들이 결합하여 새로운 기술 분야를 형성, 그 결과로서 경쟁력 있는 제품·서비스가 개발되며, 무한한 가치 창출가능                                    | 결합, 새로운 기술분야, 무한한 가치       |
| 이광민 외, 2014                              | 기존 주력분야를 벗어나, 성장 동력을 강화하기 위해 새로운 시장·산업에 대한 먹거리 창출   | 새로운 시장·산업                  |
| 김덕현, 2014                                | 독립적 개체들의 화학적 결합을 통해 가치를 증대시키고 새로운 개체 창조, 투입요소들이 보유하던 가치보다 매우 큰 가치를 생성하는 결과를 만드는 활동                                | 화학적 결합, 가치 상승              |
| 류성한, 2015                                | 다른 종의 기술간 화학적 결합, 새로운 가치를 창출함으로써 두 가지 특성을 모두 만족시킬 수 있어야 함   | 새로운 가치 창출, 다양한 영역으로의 확장    |
| USPTO <sup>7)</sup>                      | 종(種)간 경계가 불분명해지고 종의 중간에 해당하는, 잡종의 번식력이 강화되는 생명과학적 현상이 기술혁신에서 발생   | 경계의 불분명, 기술혁신              |

## 붙임2. 기후기술분류체계

| 대분류 | 중분류        | 소분류              | 대분류              | 중분류             | 소분류             |                  |
|-----|------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 감축  | 비재생에너지     | 1. 원자력 발전        | 적응               | 농업·축산           | 23. 유전자원·유전개량   |                  |
|     |            | 2. 핵융합 발전        |                  |                 | 24. 작물재배·생산     |                  |
|     |            | 3. 청정 화력발전·효율화   |                  |                 | 25. 가축 질병 관리    |                  |
|     | 재생에너지      | 4. 태양광           |                  |                 | 26. 가공·저장·유통    |                  |
|     |            | 5. 태양열           |                  |                 | 27. 수계·수생태계 관리  |                  |
|     |            | 6. 바이오에너지        |                  |                 | 28. 수자원 확보 및 공급 |                  |
|     |            | 7. 폐기물           |                  | 29. 수처리         |                 |                  |
|     |            | 8. 지열            |                  | 30. 수재해 관리      |                 |                  |
|     |            | 9. 해양 에너지        |                  | 31. 기후예측 및 모델링  |                 |                  |
|     |            | 10. 풍력           |                  | 32. 기후정보 경보 시스템 |                 |                  |
|     |            | 11. 수력           |                  | 33. 해양생태계       |                 |                  |
|     |            | 신에너지             |                  | 12. 수소 제조       | 34. 수산자원        |                  |
|     | 13. 연료전지   |                  |                  | 35. 연안재해 관리     |                 |                  |
|     | 에너지 저장     | 14. 전력저장         |                  | 건강              | 36. 감염 질병 관리    |                  |
|     |            | 15. 수소저장         |                  |                 | 37. 식품안전예방      |                  |
|     | 송배전·전력 IT  | 16. 송배전 시스템      |                  | 산림·육상           | 38. 산림생산 증진     |                  |
|     |            | 17. 전기 지능화기기     |                  |                 | 39. 산림피해저감      |                  |
|     | 에너지 수요(사용) | 18. 수송 효율화       |                  |                 | 다분야 중첩          | 40. 생태·모니터링·복원   |
|     |            | 19. 산업 효율화       |                  |                 |                 | 41. 신재생에너지 하이브리드 |
|     |            | 20. 건축 효율화       |                  | 42. 저전력 소모 장비   |                 |                  |
|     | 온실가스 고정    | 21. CCUS         |                  | 43. 에너지 하베스팅    |                 |                  |
|     |            | 22. Non-CO2 저장기술 |                  | 44. 인공광합성       |                 |                  |
|     |            |                  | 45. 기타 기후변화 관련기술 |                 |                 |                  |

출처: 염성찬 외, 2019, 기후기술 분류체계 마련 연구, 녹색기술센터

본 내용은 녹색기술센터(GTC)의 주요사업(신현우, 이구용, 전은진, 오지현, 신종석, 정현덕, 「문제해결형 융·복합 녹색·기후기술 도출 및 적용을 위한 전략 연구」)으로 수행한 내용을 요약·정리한 것입니다.



## 집필진

신종석 jshin@gtck.re.kr  
녹색기술센터 기술총괄부 연구원

신현우 hwshin@gtck.re.kr  
녹색기술센터 기술총괄부 책임연구원

전은진 honeysuckle@gtck.re.kr  
녹색기술센터 기술총괄부 선임연구원

정현덕 kate5684@gtck.re.kr  
녹색기술센터 기술총괄부 연구원

2020 Vol.1 No.4

The logo for GTC FOCUS features a stylized green 'G' icon on the left, followed by the letters 'GTC' in a bold, teal, sans-serif font, and the word 'FOCUS' in a larger, bold, teal, sans-serif font to the right.

발행인 정병기

발행일 2020년 12월 30일

발행처 녹색기술센터

주소 04554 서울특별시 중구 퇴계로173  
남산스퀘어 빌딩 17층

전화 02.3393.3961

팩스 02.3393.3919~20

홈페이지 <http://www.gtck.re.kr>

ISSN 2734-1437(오프라인)  
2765-1851(온라인)

디자인 리드릭 02.2269.1919



# GTC FOCUS



04554 서울특별시 중구 퇴계로173  
남산스퀘어 빌딩 17층  
Tel. 02.3393.3900  
Fax. 02.3393.3919~20  
[www.gtck.re.kr](http://www.gtck.re.kr)

GTC FOCUS는 기관에서 수행하는 기술정책, 국제협력 연구내용과 관련하여 심도있는 조사·분석에 의한 연구결과를 제시하고 정책적 시사점을 제공  
\* 본 GTC FOCUS의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 센터의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.