

한-아세안 녹색전환 공동대응을 위한 기후과학기술 협력  
거버넌스 구축 연구

아세안 중점협력국 대상 녹색기술협력체계  
구축을 통한 RD&D 협력 아젠다 발굴

[모듈 1: 아세안 중점협력국 녹색기술 RD&D  
아젠다 발굴]

A Study on Establishing a Technological Cooperation System to  
Facilitate a Green Transition between Korea and ASEAN

[Module 1: the Investigation of Green Technology RD&D Agenda to  
the ASEAN Key Partner Countries]

2023. 12.



한-아세안 녹색전환 공동대응을 위한 기후과학기술 협력  
거버넌스 구축 연구

아세안 중점협력국 대상 녹색기술협력체계  
구축을 통한 RD&D 협력 아젠다 발굴

[모듈 1: 아세안 중점협력국 녹색기술 RD&D  
아젠다 발굴]

A Study on Establishing a Technological Cooperation System to  
Facilitate a Green Transition between Korea and ASEAN

[Module 1: the Investigation of Green Technology RD&D Agenda to  
the ASEAN Key Partner Countries]

2023. 12.



# 제 출 문

국가녹색기술연구소 소장 귀하

본 보고서를 “아세안 중점협력국 대상 녹색기술협력체계 구축을 통한 RD&D 협력 아젠다 발굴-(모듈 1)아세안 중점협력국 녹색기술 RD&D 협력 아젠다 발굴”의 보고서로 제출합니다.

2023. .

주관연구기관명 : 국가녹색기술연구소

부 서 명 : 글로벌사업화센터

연구책임자 : 박 철 호

연구 원 : 김 태 건

: 오 채 운

: 이 돈 민

: 송 예 원

: 이 지 영

위탁연구기관/연구책임자 : 산업연구원 / 이 진 면



# 요 약 문

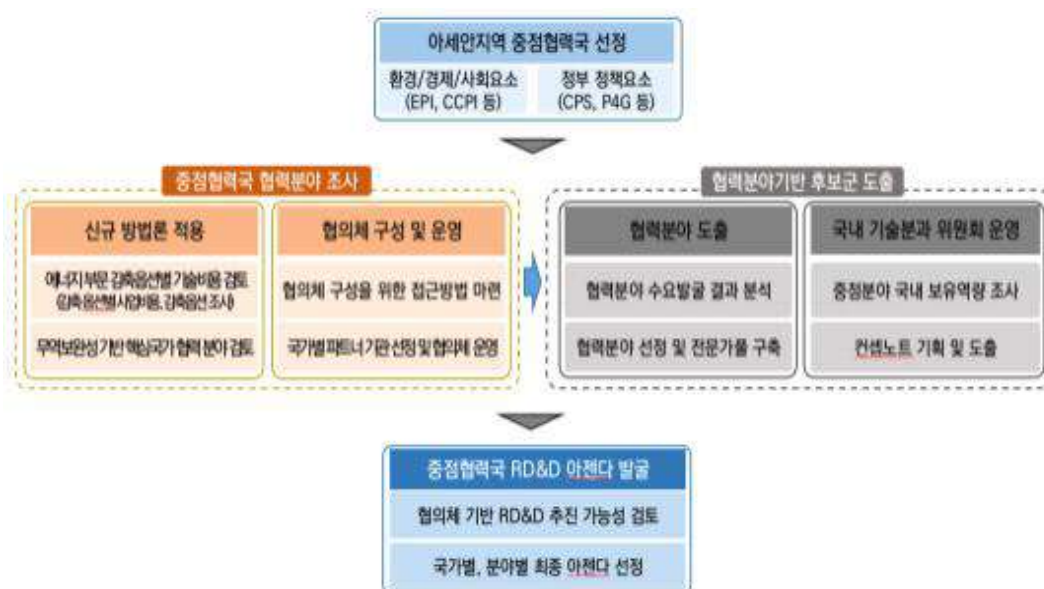
## I. 서 론

### □ 연구배경 및 목표

- 신기후체제에 따라 기후변화대응을 위한 국내 온실가스감축목표 상 국제감축부문의 비중이 상승하고 개도국의 경우 외부지원을 가정한 조건부형태(conditional)의 감축목표를 제시하고 있어 기후기술 부문 협력 중요성 증가
- 국내와 지리적으로 가깝고 정책적으로 중요한 아세안지역을 중심으로 빠른 도시화와 인구증가에 따른 환경오염이 사회적 문제로 대두되고 있어, 자원순환 및 에너지 이용 효율화 기술을 포함하는 녹색기술 발굴 및 상용화 방안 지원 요구됨
- 실효성있는 녹색기술 해외협력 추진을 위하여 해당국가 수요와 국내 산업진출 가능성 지표를 고려한 협력분야 아젠다 발굴이 필요함

### □ 연구내용 및 추진체계

- 아세안 중점협력국 녹색기술 실증연구 아젠다 발굴을 위하여, 중점국가 선정, 무역지표·기술비용 기반의 방법론 검토, 중점협력국 협의체 운영, 협력분야 및 실증연구 후보군 도출, 협력 아젠다 발굴의 5단계를 통하여 연구 수행



[연구 프로세스 및 주요 내용]

## II. 아세안 중점협력국 선정

### ☐ 녹색기술협력을 위한 아세안 중점협력국가 선정 개요

- 녹색기술 분야에서의 협력은 국가들 간에 상호 노력을 통해 기술이전을 촉진하고, 이를 통해 지속 가능한 발전을 위한 글로벌 공동 목표를 달성하기 위한 지식·역량 강화를 의미하며, 이 과정은 녹색기술협력을 위한 국가 정부터 충분한 수요분석과 RD&D(연구, 개발 및 실증), 그리고 최종적으로 기술 도입까지의 모든 단계를 포함함
- 여기서 국가 선정은 녹색기술협력의 성패를 좌우할 수 있는 결정적인 요소로, 기존 연구들을 통해 녹색기술협력에서 고려해야 하는 가능한 여건의 환경 및 경제/사회 등 다양한 요소를 고려하고, 글로벌 기후 문제와 지속가능한 발전 목표를 달성하기 위해 협력적 차원의 노력이 중요하게 고려되어야 함 제시

### ☐ 녹색기술협력 중점협력국가 선정

- 녹색기술협력에서 고려해야할 가능한 여건의 환경, 경제/사회의 요소와 함께 정부 협력을 주요 요소로 구성되는 녹색기술협력 준비도 프레임워크 구체화
- 정부의 3기 국가협력전략을 기반으로 아세안지역 6개국에 대해 환경성과지수, 기후변화성과지수, 녹색성장지수, 대외무상원조실적, 기후기술산업 해외진출 현황, P4G 가입여부의 정보를 활용하여 녹색기술협력 준비도에 대한 국가 순위를 반영하여 베트남과 인도네시아를 중점협력국으로 선정

## III. 녹색기술 실증형 R&D 기술수요 발굴 방법론 수립

### ☐ 개도국 기후기술 R&D 수요 발굴 접근법

- 기술수요 발굴을 위한 기존 접근법으로써 선진국과 개도국을 대상으로 한 기존 접근법들을 살펴보고, 특히 기후기술을 중심으로 수요 발굴 및 우선순위화에 활용되는 근거자료를 도출하는 방법으로 i) 기술수요평가(TNA), ii) 다자개발은행(MDB), 양자 공적개발원조(ODA), 국가협력전략(CPS), 기후 특화 국제기구의 협력 활동 현황 (예: 녹색기후기금, 기후기술센터네트워크), iii) 기술 흡수역량, iv) 기술준비도(technology readiness)를 정리한다. 이어, 기술수요를 발굴하는 신규 접근법으로 온실가스 배출 저감비용과 양국간 무역 경쟁력과 무역 보완성에 대한 정량 데이터를 도출하여 활용하는 방법들을 제시

### ☐ 기존 및 신규 접근법 적용

- 2장에서 도출된 인도네시아와 베트남을 대상으로 앞서 언급된 기술수요 발굴 시 활용되는 데이터에 대해서 기존 접근법과 신규 접근법을 모두 접목하여 기술수요 발굴에 실제 적용



- 기술협력 부문으로는 에너지 부문의 감축기술 옵션으로 설정
- 기존 접근법으로는 기술수요 정보를 담은 보고서인 기술수요평가(TNA) 보고서와 국가결정기여(NDC) 보고서에서 정성정보를 추출하였다. 활동정보로는 먼저, 다자개발은행으로 세계은행과 아시아개발은행과 협력대상국들의 상기 에너지 부문의 협력 활동의 데이터를 추출하고, 양자협력 차원에서는 우리나라의 예산이 확정된 국가파트너쉽전략(CPS)을 토대로 협력 현황 정보를 추출
- 신규 접근법으로 먼저 IPCC 제6차평가보고서의 방법론을 활용하여 에너지 부문 감축기술 적용시 이산화탄소 1톤당 온실가스 저감 비용을 도출
- 또 다른 신규 접근법으로 우리나라와 협력 대상국 간의 기후기술에 대한 무역 현황 지표를 도출하기위해 기후기술과 상품 코드 간의 연계작업을 실시하고, 무역경쟁력 차원에서 무역특화지수와 현시비교우위지수를 도출하고, 무역 보완성 차원에서 무역보완성 지표 도출
- 인도네시아와 베트남 각기, 기존 및 신규 접근법을 통한 데이터를 비교 분석하여 에너지 부문 감축기술 별로 우선순위 설정을 위한 해석 진행

#### IV. 아세안 중점협력국 대상 녹색기술 RD&D 수요 발굴

##### □ 대외 기술협력 사례 분석

- 아세안의 협력은 경제 및 안보 중심으로 추진되고 있으며, 대외 기술협력을 체계화 하기 위한 과학기술혁신위원회(COSTI) 및 아세안의 과학기술혁신에 관한 아세안 행동 계획(APASTI) 등을 구축하고 대화파트너국가들과 정례화된 협력논의를 진행 중
- 한국은 급속한 경제발전의 견인차 역할을 수행한 기술의 중요성을 인식하고 과학기술 기본계획 등을 통해 국제협력을 증진시키고 있으며 과기공동위 등을 활용한 과학기술 외교, 기업체를 지원하는 과학기술 기업지원, 전략적 공동연구 등이 핵심 사안임

##### □ 한-아세안 협력체계 구축

- 아세안의 녹색전환에 기여하기 위한 연구개발 기반의 현지실증 협력을 증진하고자 기존의 과기공동위 및 현지거점 등의 협력인프라에 실증형 사업기획 및 이행을 위한 신규요소들을 반영하여 협력체계를 구축하고자 함
- 선행사례 분석, 협의체 구축을 위한 접근법, 기획 및 운영 등 일련의 추진체계를 마련하고, 한국-다자형, EU-아세안 협력사례를 조사하여 시사점을 도출함
- 선행사례 조사로부터 얻은 시사점을 반영하는 협의체 구성내용 및 방법을 구체화하고, 협의체 구성안을 마련함

□ 한-아세안 협의체 운영

- 사전 세미나를 통해 협의체 운영 전반에 대한 공유 및 논의를 진행하고, 중점 협력국(인도네시아, 베트남)의 협력수요를 수령
- 개별 회의를 통해 제출된 수요 등을 재논의하고 정량적 방법을 적용하여 수요를 세 개의 분야로 추려냄

V. 국내 보유 역량 조사 및 분석

□ 국내 기술분과위 구성 및 목적

- 에너지 감축기술 중 감축비용 및 무역지표를 통해 도출한 기술 우선순위와 아세안 협의체를 통해 도출한 협력수요를 종합하여 우선 협력분야로 도출된 폐기물 관리, 수처리, 태양광 발전 분야의 전문가들을 대상으로 기술분과위 구성함
- 기술분과위를 구축할 때에는 NTIS를 활용해 기존 R&D 사업 수행 경험을 보유한 전문가 명단을 도출함

<아세안 중점협력국과 우리나라 간의 우선 협력분야 도출>

구분	협력수요		우선 협력분야
	인도네시아	베트남	
감축 비용 및 무역 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐기물 에너지화 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 풍력</li> <li>- 바이오에너지 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 수력 (→ 수처리)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 태양열 (→ 태양광 발전)</li> <li>- 바이오에너지 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 수력 (→ 수처리)</li> <li>- 폐기물 에너지화 (→ 폐기물 관리)</li> </ul>	① 폐기물 관리 ② 수처리 ③ 태양광 발전
협의체	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 블루카본 관리(해조류 활용)</li> <li>- 지하수 인공함양 (→ 수처리)</li> <li>- 방파제 설계(해안침식 방지)</li> <li>- 해안 보호 기술</li> <li>- 온실가스 모니터링 및 산정</li> <li>- 폐기물 에너지화, 순환자원 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 바이오가스</li> <li>- 청정생산 및 에너지효율</li> <li>- 녹색 및 저탄소 기술</li> <li>- 격오지용 재생에너지 (→ 태양광 발전)</li> <li>- 스마트 농업</li> <li>- 해양/어족 자원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실가스 감축 기술</li> <li>- 폐기물 에너지화 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 해양 플라스틱 오염 모니터링 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 수자원 관리</li> <li>- 가정 폐기물 처리 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 도시 대기오염 관리</li> <li>- 하천오염 및 수자원 관리 및 모니 터링/예측 기술 (→ 수처리)</li> <li>- 수처리(순환경제 차원) (→ 수처리)</li> </ul>	

□ 기술분과위 운영 결과 및 분석

- 사전 서면자문 및 대면회의, 컨셉노트 작성을 시행하여 분과위원들의 기존 사업 경험을 공유하고 향후 사업 방향에 대해 논의함
- 기술분과위 운영 결과, 시사점으로 ①기술의 가격경쟁력 확보, ②기술표준화의 중요성, ③효과적인 기술이전 및 역량배양 필요를 도출함

VI. 아세안 중점협력국 대상 협력 아젠다 발굴

□ 협력 아젠다 16개 후보 pool 도출

- 기술분과위원회를 통하여 중점협력국 3개 협력분야를 선정하고, 협력배경 및 목적, 기술분야(세부), 사업활동 내용 등으로 구성함
- 태양광 발전 분야 3건 : 고출력 및 건물외벽 설치 형태 실증 연구 과제
- 수처리 분야 8건 : 소규모 식수정화(담수화, 침출수 정화) 실증, IOT 및 재생에너지 연계한 도서지역 보급 실증 등
- 폐기물 관리 분야 5건 : 바이오매스 폐기물 활용 바이오차 변환기술, 기존 바이오매스 처리공정 부산물 재활용 기술 실증 등

〈기술분과위를 통해 도출된 아세안 중점협력국과의 협력 아젠다〉

번호	분야	국가	사업 제목
1	태양광 발전	인도네시아	고출력 Designable BIPVT 응용기술 최적화
2		인도네시아	인도네시아형 고출력 싱글드 가정용 PV 시스템 실증 및 사업화
3		베트남	베트남 기후변화 대응 건자재형 태양광 패키지 표준화 개발
4	수처리	인도네시아	인도네시아 바이오가스 공정 구축 지원 사업
5		인도네시아	도서 지역 대상 태양에너지 저장 및 수처리 시스템 연계 사업
6		인도네시아	Rock filter를 활용한 매립지 침출수 정화 시설 구축
7		베트남	베트남 병합 소화 기반 바이오가스 공정 구축 지원 사업
8		베트남	메콩델타 지역 식수 확보를 위한 담수화 기술 개발
9		베트남	베트남 지능형 물관리(SWM) 리빙랩 구축
10		베트남	베트남 친환경 불소 흡착제 활용 수질 개선 사업
11		베트남	베트남 소규모 가정용 바이오가스 설비 보급 사업
12		인도네시아	팜유 Bleaching 공정 부산물 재활용 사업
13	폐기물 관리	인도네시아	동남아 잉여 및 폐기 바이오매스 부산물의 Biochar 생산 시스템 실증
14		베트남	식음료 업종 유기성 폐기물 재활용 사업
15		베트남	미이용 초목본계 바이오매스 기반 반탄화연료 및 생산설비 모듈화 수출 사업
16		베트남	열수액화(HTL) 공정으로 가축분뇨에서 암모니아 추출 및 바이오차 개발사업

- 협력 아젠다 후보 우선순위 선정 및 7개 RD&D 기획서 도출
  - 수원국 협의체 수요기준의 우선순위 선정 평가표 작성(기후변화 대응 기여도, 수원국 정책 부합도, 해당 지역주민 참여 가능성, 해당기술 수용성 등)
  - 중점협력국별 상위 3-4개 협력과제를 선정하고 기술정의, 배경 및 필요성, 국내외 시장현황 및 기술현황, 주요 사업내용 및 기대효과 형태의 최종 기획서 도출
- ① [인도네시아] 잉여 및 폐기 바이오매스 부산물의 바이오차 생산시스템 실증
- ② [인도네시아] 도서지역 태양에너지 저장 및 담수화 시스템 연계 기술개발
- ③ [인도네시아] 고출력 쉐글드 PV 시스템 실증 및 사업화
- ④ [베트남] 식음료 업종 유기설 폐기물 재활용 사업
- ⑤ [베트남] HTL(수열액화) 공정으로 가축분뇨에서 암모니아 및 바이오차 개발
- ⑥ [베트남] 미이용 초목본계 바이오매스 기반 반탄화 및 설비 모듈화 사업
- ⑦ [베트남] 친환경 불소 흡착제 활용 수질 개선 사업

## VII. 결 론

- 신기후체제하에서 국제감축을 통한 온실가스감축 목표치 향상과 개도국에서 외부 지원을 가정한 감축목표 수립으로 기후기술에 대한 국제협력 중요성은 강조될 예정이며, 지리적으로 정책적으로 주요한 아세안지역에서 발생하는 환경문제에 대응하기 위한 녹색기술분야 실증연구를 위한 아젠다 발굴이 필요함
- ①아세안 중점협력국가 선정, ②무역지표·기술비용 기반의 방법론 검토 및 적용, ③중점협력국 협의체 운영, ④협력분야 및 실증연구 후보군 도출, ⑤협력 아젠다 발굴의 5단계를 통하여 시사점 도출
  - (중점협력국가 선정) 아세안국가들의 환경, 경제/사회 및 정부협력 지표를 기반으로 협력준비도 평가
  - (협력분야 방법론 검토) 온실가스 감축비용과 관련 녹색기술의 무역경쟁력·무역보완성에 근거한 중점협력국-한국 유망 협력분야 검토
  - (협의체 구성 및 운영) 협력국가 정책 및 기술수요 중심의 협력 네트워크 구축
  - (협력분야 및 후보군 선정) 국내 전문가 기술위원회 운영을 통한 중점협력국관련 실증연구 분야 후보군 도출
  - (협력 아젠다 발굴) 협의체 운영을 통한 수원국 수요 기반의 최종 아젠다 발굴 및 차년도 사전경제성평가를 위한 기획서 도출

# S U M M A R Y

## I . Introduction

### ☐ Research Background and Objectives

- The importance of cooperation in the climate technology sector is increasing due to several factors. Firstly, international mitigation targets under the Paris Agreement are placing a growing emphasis on international collaboration. Secondly, developing countries are proposing conditional emission reduction targets that depend on external support for technology transfer and implementation.
- As rapid urbanization and population growth in the ASEAN region lead to increasing environmental pollution, support is needed for R&D and commercialization of green technologies addressing waste recycling and energy use efficiency. This region's proximity to Korea and its policy importance further highlight the need for collaboration.
- Successful overseas green technology cooperation hinges on identifying a strategic agenda that addresses the country's specific demand while also considering the potential for domestic industry to participate and benefit

### ☐ Research Contents and Promotion System

- To identify a green technology RD&D agenda for ASEAN priority partner countries, research is conducted through five steps: selecting priority countries, reviewing methodologies based on trade indicators and technology costs, operating a priority partner country council, identifying candidate areas for cooperation and demonstration research, and identifying a cooperation agenda.

## II. Selection of priority Partner Countries for Green Technology Cooperation in ASEAN

### ☐ Overview of Selecting ASEAN priority Partner Countries for Green Technology Cooperation

- Cooperation in the field of green technology signifies mutual efforts among nations to facilitate technology transfer, enabling the exchange of knowledge to achieve global shared goals for sustainable development. This process encompasses all stages, from national government involvement for green technology cooperation, thorough demand analysis, RD&D (Research, Development, and Demonstration), to the final stage of technology adoption. Through these stages, green technology cooperation can progress efficiently and sustainably, leading to effective responses to climate change. Recognizing the pivotal role of country selection as a foundational step for the remaining stages, it is crucial to acknowledge its significance as a decisive factor influencing the success of green technology cooperation.
- Demonstrating the need for a holistic approach, this study underscores the importance of considering environmental, economic, and social factors when evaluating potential conditions for green technology cooperation, particularly in the context of accelerating the global transition to clean energy. Cooperative efforts in research collaboration and policy harmonization are crucial for achieving these goals and realizing sustainable development.

### ☐ Selection of priority Partner Countries for Green Technology Cooperation

- Building on the environmental, economic, and social factors discussed in Section 1, a framework for assessing the readiness for green technology cooperation, primarily centered on government collaboration, is detailed.
- The framework is operationalized by using environmental and climate performance indices, green technology development indices, external grant aid performance, and P4G membership status for the six priority ASEAN collaborating countries. Vietnam and Indonesia were identified as the top-ranking countries for green technology cooperation based on the derived country-specific scores.

### III. Establishment of Green Technology Demonstration R&D Technology Needs Identification Methodology

#### ☐ Approaches to climate technology R&D needs identification in Developing Countries

- This section examines existing approaches for identifying technology needs in both developed and developing countries. It then summarizes key methods used to formulate evidence-based data for identifying and prioritizing technology needs, especially for climate technologies. These methods include:
  - i) Technology Needs Assessment (TNA): Provides a country-driven framework for assessing technology needs and barriers.
  - ii) Multilateral Development Banks (MDBs), Bilateral Official Development Assistance (ODA), Country Partnership Strategy (CPS), and cooperation activities of specific climate-focused international organizations (such as Green Climate Fund, Climate Technology Centre & Network): Offer various data sources and funding mechanisms for technology needs assessment.
  - iii) Technology Absorption Capacity: Assesses a country's ability to adopt and adapt available technologies.
  - iv) Technology Readiness: Evaluates the development stage and deployment potential of specific technologies.

The section then introduces new approaches for identifying technology needs that utilize:

- Quantitative data on greenhouse gas emission abatement costs: Allows for precise cost-benefit analysis of different climate technologies.
- Bilateral trade competitiveness and trade complementarity: Helps identify opportunities for technology transfer and collaboration based on existing trade dynamics.

#### ☐ Application of existing and new approaches

- Building on the existing and new approaches explored in previous sections, this chapter utilizes relevant data to identify and prioritize technology needs in the context of Indonesia and Vietnam, the case studies chosen in Chapter 2.
- Technology needs sector is limited to an energy sector.
- To gather information on existing approaches and technology needs, we employed several methods. First, we analyzed qualitative data from Technology Needs

Assessment (TNA) reports and Nationally Determined Contributions (NDC) reports, which provide valuable insights into countries' technology priorities. Additionally, we extracted data on current and past cooperation activities relevant to the energy sector in the target countries. This included multilateral collaboration projects with the World Bank and the Asian Development Bank, as well as bilateral partnerships, for which we analyzed cooperation status information based on Korea's budgeted Country Partnership Strategy (CPS).

- As a new approach, we first used the methodology of the IPCC's Sixth Assessment Report to derive the GHG mitigation cost per ton of carbon dioxide for energy sector mitigation technologies.
- Another new approach was to derive an indicator of the trade status of climate technologies between Korea and its partner countries. To this end, we conducted linkage work between climate technology and commodity codes, derived two trade indexes of Trade Specialization Indices and Revealed Comparative Advantage in terms of trade competitiveness, and also derived a Trade Complementarity Index in terms of trade structural complementarity between Korea and partner countries of Indonesia and Viet Nam.
- Data from both existing and new approaches were compared and analyzed for Indonesia and Vietnam, respectively. This analysis was then used to interpret and prioritize potential energy sector mitigation technologies for future R&D cooperation.“ This clarifies the sequence of actions and the purpose of the analysis..

#### **IV. Demand Identification for Green Technology RD&D in ASEAN Key Partner Countries**

##### ☐ Analysis of global technical cooperation cases

- ASEAN's cooperation hinges on economic and security needs, evident in the establishment of COSTI and APASTI to streamline external technical partnerships, and regular dialogue with partners.
- Korea, leveraging technology as a catalyst for economic growth, has transitioned from a recipient to a provider of aid. To foster international collaboration, Korea is prioritizing the Basic Plan for Science and Technology, science and technology diplomacy, support for science and technology enterprises, and strategic joint research.



☐ Building ASEAN-Korea partnerships

- To foster ASEAN's green transition, we propose augmenting existing collaborative infrastructure, such as joint scientific committees and local bases, with innovative planning and implementation strategies for R&D-based local demonstration projects
- Analyzed precedents, consultative body formation approaches, and planning and operations, drawing on Korean, multilateral, and EU-ASEAN cooperation cases to derive insights
- Enhance the consultation process by incorporating insights from the case study

☐ ASEAN-Korea Council operations

- Introductory meetings to discuss Council operations and gather cooperation requests from Indonesia and Vietnam.
- Individual meetings were conducted to analyze submitted demands and identify key areas of concern

## V. Survey and Analysis of Domestic Capabilities

☐ Establishing Domestic Technology Committee

- The Technology Committee is composed of experts in the fields of waste management, water treatment, and photovoltaic power generation, which were identified as priority cooperation areas by synthesizing technology priorities derived from greenhouse gas reduction costs and trade indicators, and cooperation needs derived through the ASEAN Council.
- When establishing the Technology Committee, NTIS was utilized to identify a list of experts with experience in conducting international RD&D projects.

☐ Technology Committee Operation Results and Analysis

- Written consultations, face-to-face meetings, and concept notes were conducted to share existing business experiences of the committee members and to discuss future business directions.
- As a result of the operation of the Technology Committee, we derived as main findings ① securing the price competitiveness of technology, ② the importance of technology standardization, and ③ the need for effective technology transfer and capacity building.

## VI. Identification of Cooperation Agenda for ASEAN Priority Partner Countries

- ☐ Identify a pool of 16 candidate cooperation agendas
  - Through the Technical Subcommittee, three cooperation areas for key partner countries were selected, consisting of the background and purpose of cooperation, technical fields (details), and business activities.
  - 3 cases in the field of solar power generation: demonstration research on high power and building exterior wall installation type
  - 8 cases in the water treatment field: Demonstration of small-scale drinking water purification (desalination, leachate purification), demonstration of distribution in island areas linked to IOT and renewable energy, etc.
  - 5 cases in the field of waste management: biochar conversion technology using biomass waste, demonstration of recycling technology for by-products of existing biomass treatment processes, etc.
  
- ☐ Prioritise candidate cooperation agenda and derive 7 RD&D plans
  - Create a prioritisation evaluation table based on the demand criteria of the source country council (contribution to climate change response, conformity with source country policies, possibility of participation of local residents, acceptability of the technology, etc.)
  - Select the top 3-4 cooperation projects for each key partner country and derive a final plan in the form of technology definition, background and necessity, domestic and international market status and technology status, major project contents, and expected effects.
    - ① [Indonesia] Demonstration of biochar production system from surplus and waste biomass by-products
    - ② [Indonesia] Development of technology for solar energy storage and desalination system in remote islands
    - ③ [Indonesia] Demonstration and commercialisation of high power shingled PV system
    - ④ [Vietnam] Recycling of organic snow waste in the food and beverage industry
    - ⑤ [Vietnam] Development of ammonia and biochar from livestock manure by HTL (hydrothermal liquefaction) process
    - ⑥ [Vietnam] Semi-carbonisation and facility modularisation based on unused vegetation-based biomass
    - ⑦ [Vietnam] Water quality improvement project using eco-friendly fluoride adsorbent

## VII. Conclusions

- The increasing ambition of greenhouse gas emission reduction targets set through international mitigation efforts under the new climate regime, along with the establishment of conditional reduction targets in developing countries contingent on external support, highlight the growing importance of international cooperation on climate technology. Consequently, it is crucial to identify an agenda for empirical research in the field of green technology specifically tailored to address the environmental challenges facing the geographically and politically significant ASEAN region.
- Drawing implications through five steps: ① Selecting ASEAN key cooperation countries, ② Reviewing and applying a methodology based on trade indicators and technology costs, ③ Operating a council of key cooperation countries, ④ Identifying candidate areas for cooperation and empirical research, and ⑤ Identifying a cooperation agenda.
  - (Selection of Priority Cooperation Countries) Assessment of ASEAN countries' readiness for cooperation based on environmental, economic/social, and governmental cooperation indicators
  - (Reviewing the methodology of cooperation areas) Reviewing promising cooperation areas between key partner countries and Korea based on the cost of greenhouse gas reduction and trade competitiveness and trade complementarity of related green technologies
  - (Establishment and operation of a council) Establishment of a cooperation network centred on the policies and technology needs of partner countries
  - (Selection of cooperation areas and candidates) Identification of candidate areas for empirical research related to priority partner countries through the operation of a domestic expert technical committee
  - (Identification of cooperation agenda) Identify the final agenda based on the demand of the source country through the operation of the council and derive a plan for the next year's preliminary economic evaluation



# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구배경 및 목표 .....	1
제 2 절 연구방법, 내용 및 추진체계 .....	3
제 2 장 아세안 중점협력국가 선정 .....	5
제 1 절 녹색기술협력을 위한 아세안 중점협력국가 선정 개요 .....	5
1. 녹색기술협력 개념 및 고려사항 .....	5
2. 녹색기술협력을 위한 중점협력국가 선정을 위한 주요 요인 분석 .....	7
제 2 절 녹색기술협력을 위한 아세안 중점협력국가 선정 .....	9
1. 녹색기술협력 중점협력국가 범위 .....	9
2. 녹색기술협력 중점협력국가 선정을 위한 프레임워크 .....	9
2.1. 환경 및 경제/사회 요소 .....	11
2.2. 정부협력 요소 .....	13
3. 녹색기술협력을 위한 중점협력국가 선정 결과 .....	14
제 3 절 소결 .....	15
제 3 장 녹색기술 RD&D 수요발굴 방법론 검토 .....	17
제 1 절 개도국 녹색기술 RD&D 수요발굴 접근법 .....	19
1. 기술수요 발굴을 위한 기존 접근법 .....	19
1.1. 국가간 RD&D 협력 결정에 대한 기존 접근법 .....	19
1.2. 녹색기술 수요발굴을 위한 접근법 및 정보 검증 .....	21
2. 기술수요 발굴을 위한 신규 접근법 .....	24
2.1. 온실가스 배출 저감 비용 .....	24
2.2. 무역 지수 .....	25
2.3. 분석틀: 에너지 부문 감축기술 옵션 중심 .....	28

제 2 절	기존 및 신규 접근법 적용 .....	29
1.	사례연구: 인도네시아 .....	29
1.1.	기존 접근법 .....	29
1.1.1	수요정보: TNA 및 NDC .....	29
1.1.2	활동정보: MDB 및 CPS .....	30
1.2.	신규 접근법 .....	32
1.2.1	온실가스 저감 사업 비용 .....	32
1.2.2	한국-인도네시아 무역지수 .....	39
1.3.	종합 .....	47
2.	사례연구: 베트남 .....	51
2.1.	기존 접근법 .....	51
2.1.1	수요정보: TNA 및 NDC .....	51
2.1.2	활동 정보: MDB 및 CPS .....	51
2.2.	신규 접근법 .....	52
2.2.1	온실가스 저감 사업 비용 .....	52
2.2.2	한국-베트남 무역지수 .....	57
2.3.	종합 .....	63

제 3절	소결 .....	67
------	----------	----

제 4 장	아세안 중점협력국 대상 녹색기술 RD&D 수요 발굴 .....	69
-------	------------------------------------	----

제 1 절	대외 기술협력 사례 분석 .....	69
1.	아세안의 대외 기술협력 .....	69
1.1.	아세안 협력 개관 .....	69
1.2.	아세안 대외 기술협력체계 .....	70
2.	한국의 대외 기술협력 .....	73
2.1.	한국의 과학기술협력 개관 .....	73
2.2.	과학기술기본계획(2023-2028) .....	73
2.3.	한국의 대외 기술협력체계 : 과기공동위, 해외거점, 공동연구 .....	75

제 2 절	한-아세안 협력체계 구축 .....	76
1.	목적 및 지향성 .....	76
2.	주요내용 및 추진방법 .....	78
2.1.	추진체계 .....	78
2.2.	사례분석①: 한국-다자형 협력 .....	79
2.3.	사례분석②: EU-아세안 협력 .....	82

3. 협의체 구축 .....	83
3.1. 구성내용 및 추진방법 .....	83
3.2. 협의체 구성 .....	86
<b>제 3 절 한-아세안 협의체 운영 .....</b>	<b>87</b>
1. 사전 세미나 .....	87
1.1. 개최 개관 .....	87
1.2. 협의 아젠다 .....	89
2. 협의체 운영 .....	90
2.1. 회의 운영 .....	90
2.2. 협력수요 발굴 .....	90
2.3. 운영 시사점 .....	92
<b>제 4 절 소결 .....</b>	<b>93</b>
<b>제 5 장 국내 보유 역량 조사 및 분석 .....</b>	<b>94</b>
<b>제 1 절 아세안 녹색전환 국내 기술분과위 구성 및 운영 .....</b>	<b>94</b>
1. 기술분과위 개요 및 목적 .....	94
1.1. 기술분과위 필요성 .....	94
1.2. 대상 기술분과 선정 .....	95
2. 기술분과위 운영 방법론 및 체계 .....	98
2.1. 기술분과위 운영 방법론 .....	98
2.2. 기술분과위 운영체계 .....	104
2.2.1 사전 서면자문 .....	104
2.2.2 대면회의 .....	106
2.2.3 컨셉노트 작성 .....	107
<b>제 2 절 기술분과위 운영 결과 및 분석 .....</b>	<b>107</b>
1. 기술분과위 사전 서면자문 및 대면회의 결과 .....	107
1.1. 태양광 발전 분과 .....	107
1.2. 수처리 분과 .....	110
1.3. 폐기물 관리 분과 .....	114
2. 향후 사업 방향 도출 .....	117
3. 시사점 .....	118
<b>제 3 절 소결 .....</b>	<b>120</b>

<b>제 6 장 아세안 중점협력국 대상 협력 아젠다 발굴 .....</b>	<b>121</b>
제 1 절   협력 아젠다 후보 pool 구축 .....	121
1. 태양광 발전 분야 .....	121
2. 수처리 분야 .....	125
3. 폐기물 관리 분야 .....	133
제 2 절   협력 아젠다 후보 우선순위 선정 .....	139
1. 협력 아젠다 선정지표 구성 .....	139
2. 협의체 기반 우선순위 선정 .....	141
제 3 절   국가별 녹색기술 RD&D 기획서 도출 .....	143
1. [인도네시아] 잉여 및 폐기 바이오매스 부산물의 바이오차 생산시스템 실증 ....	145
2. [인도네시아] 도서지역 대상 태양에너지 저장 및 담수화 시스템 연계 기술 개발 ·	149
3. [인도네시아] 고출력 쉐글드 PV 시스템 실증 및 사업화 .....	152
4. [베트남] 식음료 업종 유기성 폐기물 재활용 사업 .....	157
5. [베트남] HPL(수열액화) 공정으로 가축분뇨에서 암모니아 추출 및 바이오차 개발사업	162
6. [베트남] 미이용 초목본계 바이오매스 기반 반탄화연료 및 생산설비 모듈화 수출 사업	167
7. [베트남] 친환경 불소 흡착제 활용 수질 개선 사업 .....	172
제 4 절   소결 .....	177
<b>제 7 장   결론 .....</b>	<b>178</b>
제 1 절   요약 및 시사점 .....	178
제 2 절   향후 계획 .....	183
<b>참고문헌 .....</b>	<b>184</b>



# 표 목 차

〈표 2-1〉 개발도상국의 기술적, 경제적, 사회·정치적 요소에 따른 RD&D 및 기술도입 장애요인 .....	7
〈표 2-2〉 녹색기술협력을 위한 중점요인 .....	8
〈표 2-3〉 제3기 중점협력국가(27개국) .....	9
〈표 2-4〉 녹색기술협력 준비도 프레임워크 .....	10
〈표 2-5〉 녹색기술협력 준비도의 환경/경제/사회 요소에 따른 지표 .....	11
〈표 2-6〉 녹색기술협력 준비도의 환경/경제/사회 요소에 대한 국가별 점수 .....	12
〈표 2-7〉 녹색기술협력 준비도의 정부협력 요소에 따른 지표 .....	13
〈표 2-8〉 녹색기술협력 준비도의 정부협력 요소에 대한 국가별 점수 .....	13
〈표 2-9〉 국가별 녹색기술협력 준비도 최종종합점수 및 순위 .....	14
〈표 2-10〉 국가별 환경/경제/사회 통합 점수와 ESG 지수 평균 점수 비교 .....	15
〈표 3-1〉 조직(또는 기업) 차원에서의 기술 흡수역량 영역 및 지표 .....	22
〈표 3-2〉 기후기술협력 준비도 진단프레임워크 .....	23
〈표 3-3〉 우리나라의 과학기술협력 수행 후 평가지표 유형 별 적용 현황 .....	26
〈표 3-4〉 해외의 과학기술협력 수행 후 평가지표 유형 별 적용 현황 .....	27
〈표 3-5〉 인도네시아 NDC 상의 부문별 온실가스 감축 전략 .....	29
〈표 3-6〉 세계은행 및 아시아개발은행의 인도네시아 에너지 지원사업 .....	31
〈표 3-7〉 인도네시아 CPS 상의 에너지 협력 중점분야 .....	31
〈표 3-8〉 인도네시아 에너지 감축기술 비용 계산 접근법 .....	33
〈표 3-9〉 인도네시아 에너지 감축 기술 적용 시 비용 .....	34
〈표 3-10〉 인도네시아 에너지 감축기술 기반 온실가스 배출감축 잠재량 .....	35
〈표 3-11〉 에너지 감축 기술 적용 시 감축비용(풍력/태양력 배출계수 0.03 적용시) .....	37
〈표 3-12〉 에너지 감축 기술 적용 시 감축비용(배출계수 0.87로 통일) .....	37
〈표 3-13〉 IPCC에서 도출한 에너지 기술의 감축비용 및 인도네시아의 감축비용 .....	38
〈표 3-14〉 기후기술 대·중소분류에 대한 통합키워드 적용 추출결과 .....	40
〈표 3-15〉 인도네시아의 기후기술 전체 무역현황(2017-2021년 평균) .....	41
〈표 3-16〉 인도네시아의 기후기술 중분류별 무역현황(2017-2021년 평균) .....	41
〈표 3-17〉 한국의 기후기술 전체 무역현황(2017-2021년 평균) .....	42
〈표 3-18〉 한국의 기후기술 중분류별 무역현황(2017-2021년 평균) .....	42
〈표 3-19〉 국가별 기후기술 전체 품목의 대(對)세계 무역특화지수 .....	44
〈표 3-20〉 기후기술별 인도네시아의 대(對)한국 무역특화지수 .....	44
〈표 3-21〉 기후기술별 한국과 인도네시아의 현시비교우위지수 .....	45
〈표 3-22〉 비재생·재생에너지·온기·가스·고정 기술별 한국과 인도네시아 보완성지표 산출결과: 중소 혼합분류 .....	46
〈표 3-23〉 우리나라와 인도네시아 간 에너지 부문 감축기술 수요 근거자료 .....	50

<표 3-24> 세계은행 및 아시아개발은행의 베트남 에너지 지원 사업 .....	52
<표 3-25> 베트남 CPS 상의 에너지 협력 중점분야 .....	52
<표 3-26> 베트남 에너지 감축 기술 적용 시 비용 .....	54
<표 3-27> 베트남 에너지 감축 기술 기반 온실가스 배출감축 잠재량 .....	55
<표 3-28> 베트남의 에너지 감축 기술 적용 시 감축비용 .....	56
<표 3-29> IPCC에서 도출한 에너지 기술의 감축비용 및 베트남의 감축비용 .....	56
<표 3-30> 기후기술 대·중·소분류에 대한 통합키워드 적용 추출결과 .....	57
<표 3-31> 베트남의 기후기술 전체 무역현황(2017-2021년 평균) .....	58
<표 3-32> 베트남의 기후기술 중분류별 무역현황(2017-2021년 평균) .....	59
<표 3-33> 한국의 기후기술 전체 무역현황(2017-2021년 평균) .....	59
<표 3-34> 한국의 기후기술 중분류별 무역현황(2017-2021년 평균) .....	60
<표 3-35> 국가별 기후기술 전체 품목의 대(對)세계 무역특화지수 .....	60
<표 3-36> 기후기술별 베트남의 대(對)한국 무역특화지수 .....	61
<표 3-37> 기후기술별 한국과 베트남의 현시비교우위지수 .....	61
<표 3-38> 비재생·재생에너지·온기가스고정 기술별 한국과 베트남의 보완성지표 산출결과: 중소 혼합분류 .....	62
<표 3-39> 우리나라와 베트남 간 에너지 부문 감축기술 수요 근거자료 .....	66
<표 4-1> 아세안의 경제 및 안보협력 현황 .....	70
<표 4-2> 제5차 과학기술기본계획_과학기술협력 관련 핵심내용 발췌 .....	74
<표 4-3> 한-아세안 녹색전환 과학기술 협력체계 구축 : 기존 및 신규 .....	77
<표 4-4> 한-아세안 녹색전환 과학기술 협력체계 구축 ( ‘22년- ‘24년) .....	78
<표 4-5> 한-아세안 녹색전환 과학기술협력 협의체 구축을 위한 단계별 추진체계 .....	79
<표 4-6> 한-EU 간 협력분야 .....	80
<표 4-7> 사례조사의 시사점, 구성내용 및 추진방법 .....	85
<표 4-8> 한-아세안 협의체 구성 기관(안) .....	86
<표 4-9> 외부참석자 명단 .....	87
<표 4-10> 워크숍 일정(안) .....	88
<표 4-11> 협의체 및 기술분과위 운영 일정(안) ( ‘23년) .....	89
<표 4-12> 1차 회의 개관 .....	90
<표 4-13> 협력수요 발굴 비교표 .....	91
<표 5-1> 아세안 중점협력국 대상 사업 아젠다 발굴 과정 .....	95
<표 5-2> 아세안 중점협력국과 우리나라 간의 우선 협력분야 도출 .....	97
<표 5-3> 아세안 중점협력국과의 녹색기술 국제협력 R&D 사업 도출을 위한 NTIS 검색 조건 .....	99
<표 5-4> 아세안 중점협력국과의 녹색기술 국제협력 R&D 사업 검색 결과 .....	100
<표 5-5> 전문가풀 후보군이 수행한 녹색기술 국제협력 R&D 과제 목록 .....	102
<표 5-6> 태양광 발전 분과의 전문가풀 목록 .....	103
<표 5-7> 수처리 분과의 전문가풀 목록 .....	103

<표 5-8> 폐기물 관리 분과의 전문가풀 목록 .....	104
<표 5-9> 기술분과위 대면회의 일정 .....	106
<표 5-10> 기술분과위 대면회의 일정(태양광 분과 및 수처리 분과 기준) .....	106
<표 5-11> 기술분과위 태양광 발전 분과 참여 전문가 현황 .....	107
<표 5-12> 기술분과위 수처리 분과 참여 전문가 현황 .....	111
<표 5-13> 기술분과위 폐기물 관리 분과 참여 전문가 현황 .....	114
<표 5-14> 기술분과위를 통해 도출된 아세안 중점협력국과의 협력 아젠다 .....	117
<표 6-1> 개도국 녹색기술 R&D 과제 선정 평가항목 .....	139
<표 6-2> 아세안 중점협력국 녹색기술 협력 후보아젠다 우선순위 도출을 위한 평가표 .....	140
<표 6-3> 컨셉노트기반 우선순위 선정 절차 .....	141
<표 6-4> 인도네시아 협력 아젠다 .....	142
<표 6-5> 베트남 협력 아젠다 .....	143
<표 6-6> 기획서 목차 .....	144
<표 6-7> 국내 보조 사료첨가제 프로바이오틱스 생산량 .....	159
<표 6-8> 서부 아프리카 국가의 골탄 판매 가격 .....	173
<표 7-1> 국가별 녹색기술협력 준비도 최종종합점수 및 순위 .....	179
<표 7-2> 아세안 중점협력국과 우리나라 간의 우선 협력분야 도출 .....	181
<표 7-3> 기술분과위를 통해 도출된 아세안 중점협력국과의 협력 아젠다 .....	181
<표 7-4> 국제개발협력학회 특별세션 일정 .....	183

# 그림 목 차

[그림 1-1] 연구배경 및 목표 .....	2
[그림 1-2] 연구 프로세스 및 주요 내용 .....	3
[그림 2-1] 개도국 RD&D 실증을 위한 단계 .....	6
[그림 4-1] 아세안의 과학기술혁신 협력 구조 .....	72
[그림 4-2] EU-아세안 협력관점의 상호 현황 비교 .....	82
[그림 4-3] EU-아세안 협력대화 분야 .....	83
[그림 4-4] 협의체 1차 회의 아젠다(NIGT) .....	89
[그림 5-1] 국내 기술분과위원회 운영 절차 .....	98
[그림 5-2] NTIS의 검색연산자 .....	99
[그림 5-3] 태양광 발전 분야에서 아세안 중점협력국과의 국제협력 R&D 사업에 대한 검색 결과 .....	100
[그림 5-4] 아세안 중점협력국과의 녹색기술 국제협력 R&D 과제를 활용한 전문가풀 도출 흐름도 .....	101
[그림 5-5] 기술분과위 사전 서면자문 양식 .....	105
[그림 6-1] 우선순위 선정작업 .....	142
[그림 6-2] Biochar 생성 및 활용 .....	145
[그림 6-3] Biochar의 탄소중립 기여 .....	145
[그림 6-4] Biochar 시장현황 .....	146
[그림 6-5] PYREG 생산 시스템 .....	146
[그림 6-6] Biochar 열분해 시스템 .....	147
[그림 6-7] 기존 버스바 방식과 싱글드 방식 모식도 .....	152
[그림 6-8] 온도상승에 따른 PV 출력 저하 요인 및 강판일체형 PV 모식도 .....	152
[그림 6-9] 인도네시아 수도 이전 개요 .....	153
[그림 6-10] 글로벌 태양광 설치 현황 (출처 : Bloomberg NEF) .....	154
[그림 6-11] 국내 태양광 설치 현황 및 전망(단위: MW / 출처: 한국에너지공단, 수출입은행) ....	154
[그림 6-12] 고출력 모듈 기술 동향 .....	155
[그림 6-13] 유기성 폐기물 재활용 과정 모식도 .....	157
[그림 6-14] 베트남 고형폐기물 분류체계 .....	158
[그림 6-15] 글로벌 사료용 생균제 시장 규모 및 전망 .....	159
[그림 6-16] 사료용 생균제 생산 과정 .....	160
[그림 6-17] 바이오매스의 오일 전환 과정 .....	162
[그림 6-18] 기존 기술의 질소 함량(좌) 및 HTL의 수상 함량(우) .....	162
[그림 6-19] 가축분뇨 처리에 대한 주요 신문기사 .....	163
[그림 6-20] 국내 가축분뇨 연구 현황 .....	164

[그림 6-21] 가축분뇨 처리방법 .....	165
[그림 6-22] 가축분뇨 데이터 수집용 프로토콜 모듈 개발 .....	165
[그림 6-23] CDM 확보를 위한 자료 샘플 .....	166
[그림 6-24] 제10차 전력수급기본계획 중 암모니아 및 수소 활용 계획 .....	166
[그림 6-25] 바이오매스의 반탄화 예시 .....	167
[그림 6-26] 미이용 바이오매스 반탄화 전후 분석 결과 .....	167
[그림 6-27] 바이오매스 발전단가 .....	168
[그림 6-28] 바이오매스의 이점 .....	168
[그림 6-29] 베트남의 농업부산물 발생량 .....	169
[그림 6-30] 독일의 바이오매스 공급 계획 .....	170
[그림 6-31] 바이오매스의 종류 .....	170
[그림 6-32] 발전 공기업 목재펠릿 구입비와 비용보전금액 .....	171
[그림 6-33] 가정용 불소제거 정수장치 .....	174
[그림 6-34] 마을단위 불소제거 정수시설 .....	174
[그림 6-35] 고흥착 골탄 생산공정 개발(좌) 및 기존 및 고흥착 골탄 수질 비교(우) .....	175



# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구배경 및 목표

### 1. 연구배경

2015년 파리협정 체결에 따라 이듬해인 2016년 11월부터 신기후체제가 시작됨에 따라 각 국은 기후변화에 적극적으로 대응하기 위해 장기 저탄소 발전 전략(Lt-LEDS, Long term Low greenhouse gas Emission Development Strategies)을 통해 2050년까지의 탄소 중립 계획을 수립하고 국가 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contribution) 갱신을 통해 단기 목표 제시 및 이를 달성하기 위한 다양한 노력을 진행하고 있다. 국내에서도 지난 2020년 12월 「2050 탄소중립 추진전략」을 관계부처 합동으로 수립하고 UN에 제출하였으며, 이에 기반한 세부전략과 이행방안을 각각 2021년 8월과 2023년 4월에 발표하였다. 그 결과 2030년까지 2018년대비 총 40%를 감축하기 위한 부문별 감축목표가 제시되었고 이 과정에서 국제감축을 통한 목표치를 기존 33.5백만톤CO<sub>2</sub>e에서 증가된 37.5백만톤CO<sub>2</sub>e으로 상향 조정되었다.

이는 파리협정에서 권고하고 있는 기후기술에 대한 개발도상국과의 협력적 기술·연구개발 활성화를 통하여 선진국과 개도국 간의 온실가스 배출량 감축에 대한 국가간 협력을 추진하려는 정부의 의지로 분석된다. 많은 개도국 역시 자국 NDC 수립과정에서 구체적인 감축목표를 설정하지 않거나 외부지원을 가정한 조건부형태(Conditional)의 감축목표를 지정하고 있다는 점에서 향후 자국의 온실가스 감축 및 기후 적응부문에 대한 국가간 활발한 협력이 전망된다. 특히, ADB 보고서(2015)에 따르면 아세안지역의 경우 기후변화로 인하여 동남아 지역 GDP의 11% 및 쌀 생산량의 50%가 감소할 것으로 예상하고 있으며, 취약한 위생환경으로 전염병이 확산될 것으로 예상하고 있다는 점에서 그 필요성이 강조되고있는데, 기후기술 분야의 협력뿐만 아니라 개도국의 급증하는 인구와 도시화에 따른 환경오염문제 대응도 필요할 것으로 보인다. 최근 UNDP(2023)에서도 개도국의 급격한 도시화로 인한 환경오염이 사회적 문제가 되고 있으며, 이에 대응하기 위하여 생산자책임재활용제도(EPR, Extended Producer Responsibility) 및 자원순환 관련 기술·정책지원의 필요성을 강조하고 있다는 점에서 기존 기후기술을 포함하는 녹색기술<sup>1)</sup> 범위에서의 국제협력의 중요성이 증가할 것으로 예상된다.

녹색기술 부문의 효율적인 국제협력을 추진하기 위하여 국내에서는 과학기술정보통신부를 유엔 기후변화협약(UNFCCC) 하 기술메커니즘 국가지정기구(NDE)로 선정하여, 관계부처와 합동으로

1) “녹색기술”이란 기후변화대응 기술(온실가스 감축, 기후변화 적응), 에너지 이용 효율화 기술, 청정생산기술, 신재생에너지 기술, 자원순환 및 친환경 기술 등 사회경제 활동의 전 과정에 걸쳐 화석에너지의 사용을 대체하고 에너지와 자원을 효율적으로 사용하여 탄소중립을 이루고 녹색성장을 촉진하기 위한 기술을 말한다. -기후위기 대응을 위한 탄소중립 녹색성장 기본법 (‘23.3) 1장 2조 16항

「신기후기술협력로드맵」 수립을 통하여 관련 기술·산업의 해외 확산과 진출을 지원하기 위하여 노력하고 있다. (박철호, 2022) 그러나 녹색기술부문의 다양한 형태의 정부재원 투자 및 정책지원에도 불구하고 기존 개도국 현지 수요중심의 협력 아이템 중 대다수가 다음단계인 해외 실증 및 사업화 단계로 진행되고 있지 못하다는 점에서 다양한 원인 분석연구를 통한 실효성 높은 아젠다 발굴이 요구된다.

특히 아세안지역의 경우 한국과의 높은 비중(14.8%, '21.1-8)을 차지하고 있고 일부 회원국을 대상으로 우선 핵심 협력관계<sup>2)</sup>를 맺고 있으나, 과학기술협력 부문에 있어서는 최근 한·아세안 과학기술협력센터 구축('19) 및 한·아세안 과기공동위('22) 이후에 녹색기술분야의 실질적인 협력성과가 필요한 것으로 판단된다.

이에 아세안 지역을 대상으로 중점협력국을 선정하여 기존 개도국 협의체 운영을 통한 수요 발굴 프로세스에 경제적 측면에서의 현지 기술별 소요비용과 향후 기술 사업화를 위한 한국·중점협력국간 무역상관관계 지표를 추가하여 협력 아젠다 발굴을 검토할 필요가 있다.

## 2. 연구목표

본 연구에서는 녹색기술분야 국제협력이 증가하고 있는 아세안지역을 대상으로 환경/경제·사회/정부협력 요인을 분석하여 중점협력국가 2개국을 선정하고 현지 협의체 중심의 RD&D(실증연구) 협력 수요조사 결과와 주요 녹색기술의 온실가스 감축비용(USD/tCO<sub>2</sub>) 및 한국과 해당 국가와의 무역 특화지수·무역보완성을 기반으로 중점협력 분야를 선정하였다. 도출된 선정분야의 국내 기술분과(위) 운영을 통하여 실증연구 후보 아젠다를 발굴하고 중점협력국 협의체를 통한 우선순위 도출로 향후 녹색기술협력 실증연구 수립 및 협력성과 확산을 위한 기반을 마련하고자 한다.



[그림 1-1] 연구배경 및 목표

2) 한·베 기후변화 협력 기본협정('21.5) 및 한·인니 특별전략적동반자관계행동계획('21.6)



## 제 2 절 연구방법, 내용 및 추진체계

### 1. 연구방법

본 연구에서는 「아세안 중점협력국 녹색기술 RD&D 아젠다 발굴」을 위해 다각적인 정량·정성적 방법을 활용하였다. 중점협력국의 선정 및 해당국 협력기관을 통한 수요분야 파악, 자체 조사분석 및 전문가 자문을 통한 세부 수요분야 도출, 중점협력국 협력기관과의 협의를 통한 세부 수요분야 우선순위 도출의 순서로 추진하였으며, 이 전 과정에는 정량, 정성, 정량, 정성, 정성이 혼합된 방법이 적용되었다.

혼합적 연구방법은 후기실증주의(Postpositivism)의 정량성, 구조주의(Constructivism)의 정성성에 근거를 두고 결정 대 이해, 환원주의 대 다각적 의미 등 대립되는 가치들을 아우르는 방법으로(Creswell, 2009), 본 연구와 같이 기술협력사업을 위한 수요발굴의 목적에는 가능한 다각적 형태의 자료 도출, 통계적·텍스트 분석, DB의 전반적 해석과 같은 접근이 적용되었다.

아세안 국가 중 중점협력국을 선정하는 과정에 활용한 국가전략 및 글로벌 관련지수는 정량적인 시작이며, 이후 협력연구의 시작과 끝을 해외 협력기관과의 정성적 방법으로 디자인한 이유는 성공적인 협력사업 기획 및 이행을 고려한 협력기관의 이해관계 및 의지 확인을 포함한 협력수요 제시의 의미가 있다. 자체적인 정량 및 정성의 방법에는 기술수요, 기술협력준비도, 협력사업 현황에 대한 조사분석 및 무역지수를 활용한 협력분야 매칭의 정량적 방법이 활용되었다. 다음 단계로 국내 전문가 집단토론을 통해 매칭분야 검증 및 세부 분야 도출은 정성의 과정으로 진행되었다.

### 2. 연구내용 및 추진체계

본 연구는 ❶ 아세안 중점협력국가 선정, ❷ 중점협력국 녹색기술 RD&D 기술수요발굴 신규 방법론 적용, ❸ 중점협력국 협의체 구성 및 운영, ❹ 협력분야 및 국내 RD&D 후보군 도출, ❺ 중점협력국 수요기반의 최종 협력 아젠다 발굴 등 크게 5가지 단계로 진행하였으며, [그림1-2]에서 연구 프로세스 및 주요내용을 도식화하였다.



[그림 1-2] 연구 프로세스 및 주요 내용

첫 번째로, 녹색기술 RD&D 아젠다 발굴을 위한 중점협력국 선정을 위하여 아세안지역에서 정부의 3기 국가협력전략(CPS, Country Partnership Strategy)에 부합하는 6개 국가를 대상으로 환경성과지수(EPI, Environmental Performance Index), 기후변화성과지수(CCPI, Climate Change Performance Index) 등을 활용하여 국가별 환경/경제/사회 요소를 비교하고 정부에서 지원하고 있는 원조 및 기술협력 지원사업 통계를 활용하여 정책부문에서의 우선순위를 도출하였다.

두 번째로, 기존 수요발굴 방법에서 검토되고 있는 지표인 기술수요평가서(TNA), 기술협력 준비도(readiness) 진단과 기존 공적개발원조(ODA) 혹은 녹색기후기금(GCF) 등으로 대표되는 협력사업들의 사례조사를 조사하는 대신 중점협력국가와 국내 수행자를 대상으로 경제적인 측면에서의 주요기술별 온실가스 감축 '비용'과 무역지수를 활용한 '무역특화지수', '무역보완성'을 활용한 방법론을 검토하여 인도네시아, 베트남과의 유망 협력기술분야 후보를 선정하였다.

세 번째로, 선정된 아세안 중점협력국을 대상으로 녹색기술분야 실증연구수행을 위해 필요한 파트너 기관을 선정하고 협의체를 구성 하였다. 사전회의 운영을 통하여 녹색기술 실증연구 방향을 공유하고 추진내용을 구체화 한 후, 개별기관 회의를 통하여 중점협력국 별 협력분야 수요를 도출하였다.

네 번째로, 앞서 인도네시아·베트남과 한국과의 비용·무역지수 조사결과와 협의체 운영을 통해 중점협력국 파트너기관으로부터 도출된 협력분야 후보를 정리하여 녹색기술관련 3개분야의 대한 협력범위를 선정하였다. 이를 기반으로 국내 산학연 전문가 중심으로 해당분야별 기술분과위원회를 조직하고 분과별로 사업 진행사항 공유 및 협력사업 방향에 대한 심층논의(FGD)를 진행하였다. 이를 기반으로 협력분야별 국내·현지의 시장·기술현황을 반영한 실증연구사업 후보군 리스트를 발굴하였다.

마지막으로 인도네시아·베트남 협의체 논의를 통하여 발굴된 컨셉노트의 우선순위를 선정하고 녹색기술 실증사업개발 연계를 위한 16개 아젠다를 도출하였다. 협력아젠다의 양식은 기존의 기획보고서 및 예비타당성 보고서 등을 준용하여 기술/정책/시장/환경측면에서의 필요성, 해당국가 시장전망과 기술전망, 사업의 목표와 세부내용 및 기대효과로 구성하였다. 이를 바탕으로 차년도에는 국가별 중점 아젠다 선정 및 현지지원사업 연계를 통한 성과확산 방안에 대하여 검토하였다.

## 제 2 장 아세안 중점협력국가 선정

### 제 1 절 녹색기술협력을 위한 아세안 중점협력국가 선정 개요

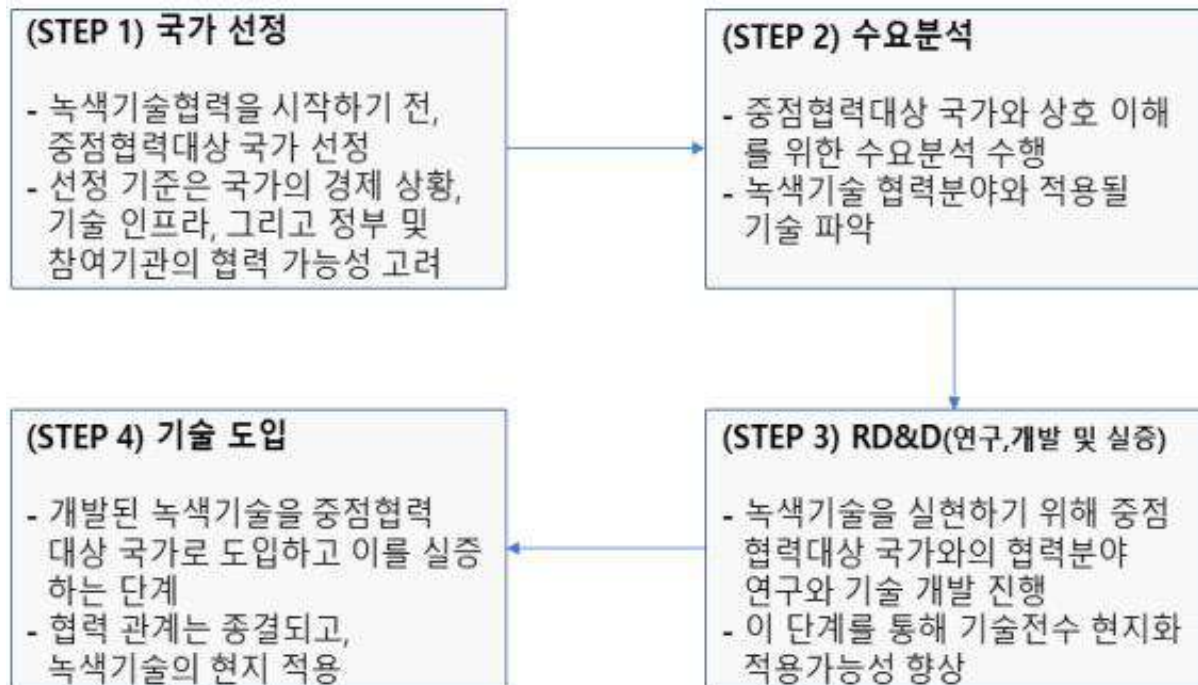
본 절에서는 녹색기술의 실증형 RD&D 적용을 위한 가능한 여건을 검토하기 위해 중점 협력 국가를 선정하는 데 필요한 요소들을 조사하고, 이러한 조사 결과를 기반으로 국가 선정 과정을 살펴보고자 한다. 가능여건이란 유엔 기후변화 협약 (UNFCCC)의 기술 이전 프레임워크에서 정의한 대로, 공공 및 민간 섹터에 기술 전달에 이익이 되는 환경을 조성하는 모든 정부의 조치를 의미한다. 이에는 공정무역 정책과 기술, 법적 및 행정적 장애요소를 없애고, 건전한 경제 및 규제 정책을 통한 투명성 향상 등이 포함된다(오채운 외, 2016). 이러한 맥락에서 녹색기술협력을 위한 국가 선정 과정에서 고려하여야 할 다양한 차원의 가능여건 요소를 분석하여, 녹색기술 협력 실증 사업의 적합성과 효과성의 기준점과 성과 관리의 방향성을 제시하고자 한다.

#### 1. 녹색기술협력의 개념 및 고려사항

「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제 1장 2조의 정의에 따르면, 녹색기술은 기후변화대응 기술과 함께 에너지 이용 효율화 기술, 청정생산기술, 신·재생에너지 기술, 자원순환 및 친환경 기술 등 사회·경제 활동의 전 과정에서 화석에너지의 사용을 대체하고 에너지와 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 기술을 말한다. 특히, 이 법을 통해 환경 및 경제적 지속가능성을 강조하고, 에너지 및 자원을 효율적으로 활용하여 온실가스 및 오염물질 배출을 최소화하는 목표로 환경오염과 자원낭비를 줄이고 지속가능한 경제를 지원하는 데 중점을 둔다. 반면, 기후기술<sup>3)</sup>은 기후변화 문제와 관련된 기술을 강조하며, 주로 온실가스 감축, 탄소중립, 기후 조절, 기후 모델링, 기후 모니터링, 해양 생태계 회복 등 의 기술을 다루며 이러한 기술을 통해 기후 변화의 부정적 영향을 완화하고 지구 온난화에 대응하기 위한 목표를 가지고 있다. 두 용어, 즉 녹색기술과 기후기술은 서로 상호 연결되어 있으며, 이들은 지속가능한 환경에 중요한 역할을 한다. 녹색기술은 넓은 의미의 지속가능한 개발을 강조하며, 경제 및 사회와 같은 더 추상적인 개념을 포괄한다. 반면에, 기후기술은 기후 변화와 관련된 과제에 집중한다. 이러한 맥락에서 본 연구에서는 녹색기술이 기후기술을 포괄하는 개념으로 보았고, 이러한 구분은 지속가능한 경제발전과 환경보호를 향상시키는 과제를 위한 포괄적인 접근을 제공함으로써 중요한 의미를 가진다. 이런 맥락에서, 녹색기술 분야에서의 협력은 국가들 간에 상호 노력을 통해 기술이전을 촉진하고, 이를 통해 지속 가능한 발전을 위한 글로벌 공동 목표를 달성하기 위한 지식 교환을 의미한다.

3) 국가기후기술정보시스템(CTIS) 홈페이지(<https://www.ctis.re.kr>) 내용을 참고하여 작성함.

이 과정은 [그림 2-1과 같이 녹색기술협력을 위한 국가 정부터 충분한 수요분석과 RD&D(연구, 개발 및 실증), 그리고 최종적으로 기술 도입까지의 모든 요소를 아우르며 아래와 같이 진행된다. 이러한 프로세스를 통해 녹색기술협력은 효율적이고 지속 가능한 방식으로 진행되며, 기후변화에 대한 효과적인 대응을 실현할 수 있다. 특히 국가 선정 단계가 나머지 단계로 가기 위한 기반 역할을 담당한다고 볼 수 있으므로 국가 선정은 녹색기술협력의 성패를 좌우할 수 있는 결정적인 요소로, 그 중요성에 주목해야 한다. 이는 녹색기술협력의 기초를 제공하고, 협력의 성과와 영향을 결정하는 데 중요한 결정요인이기 때문이다. 선정된 국가가 녹색기술의 수요가 높고, 협력에 필요한 조건을 충족할 때, 협력의 성공 가능성이 높아진다. 특히 협력 가능성은 국가가 녹색기술의 수요와 적용 분야를 어떻게 파악하고 있는지, 그리고 협력을 위한 인프라 및 정부 지원이 어떻게 구성되어 있는지를 의미한다. 또한 녹색기술협력을 위한 자원은 한정되어 제한된 자원과 예산 내에서 협력을 수행해야 하므로, 국가 선정을 통해 협력의 효율성을 높이고 효과적인 정책적 목표를 달성할 수 있다. 더하여, 선정한 국가와 장기적으로 지속 가능하고, 기후변화 대응에 실질적인 도움을 주는 가능성이 있는지 여부를 사전에 판단할 수 있기에 녹색기술협력 중점국가를 선정하는 과정은 필수 선행과정으로 볼 수 있다. 따라서 중점협력국가 선정 단계에서의 체계적이고 전략적인 접근은 녹색기술협력의 성패에 결정적인 영향을 미친다. 선택된 국가와의 관계는 전체 협력 프로세스를 이끌어가는 중심 역할을 하며, 협력의 성공을 위해 중요한 시작점이다.



[그림 2-1] 개도국 RD&D 실증을 위한 단계

## 2. 녹색기술협력을 위한 중점협력국가 선정을 위한 주요 요인 분석

녹색기술에 대한 협력을 수행할 때 기본적으로 국가에서 갖추어야 할 다양한 차원의 가능여건이 있다. 그리고 이 가능여건이 충족되지 않으면 국가 간의 녹색기술협력을 수행하여도 그 효과성을 보장할 수 없는 경우가 많다. 김기만 외(2018)에 따르면, 기후변화 대응은 글로벌 차원에서 RD&D프로세스의 중요성을 강조하고 있다. 특히, 파리협약을 준수하는 과정에서 개도국과의 협력적 기술 실증에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 기후기술 RD&D는 실제 지역적 차원을 고려한 운영 환경에서 기후와 관련된 기술을 검증하고 적용시키는 과정을 말한다. 이러한 과정은 특히 녹색기후기술 보급에 중요한 역할을 하며, 현지 적용 효과, 기술 이전 및 지식공유, 현지 시장 활성화, 지속가능한 개발을 가능하게 한다. 다시 말해, 녹색기술협력을 통한 협력적 접근은 파리협약의 이행과 기후변화 대응을 위한 효과적인 방법 중 하나로, 개발도상국과 세계적인 기술 혁신을 촉진하는 데 중요한 역할을 한다.

하지만, 녹색기술협력을 통한 협력적 접근은 개발도상국의 기술협력이 가능한 경제, 기술에 대한 인프라 환경, 정부 및 참여기관의 협조 등이 필요하고, 실증 환경 정보가 부족하다는 위험요소가 있기 마련이다. 따라서 협력을 이루고자 하는 개발도상국 선정과 이를 통한 국가별 녹색기술협력이 가능한 수요와 분야 분석은 필수적으로 수행되어야 할 선행과제이다. <표 2-1>에 따르면, 개발도상국의 기술전수에 대한 장애요인으로, 경제, 기술, 인력 인프라 환경, 해외실증 환경 정보 부족, 정부 및 참여기관의 협조를 주요 원인으로 꼽는다. 경제, 기술, 인력 인프라 환경은 개발도상국과의 녹색기술협력을 위해 해당 국가의 경제 및 기술 인프라가 적합한 상태에 있어야 하고, 그렇지 않으면 기술의 효과적인 이전과 적용이 어려울 수 있다. 해외 실증 환경 정보 부족은 해외에서의 녹색기술 실증 환경에 대한 정보 구득이 용이하지 않고, 해당 환경에 대해 익숙하지 않아 발생할 수 있다. 이를 극복하기 위해서는 국가 간 정보 공유와 국제적인 경험 교류가 필요하다. 따라서 다른 국가나 지역에서의 경험과 지식 공유는 실증 프로세스를 개선하는 데 도움이 된다. 이러한 과정을 극복하고 또한 녹색기술협력을 효과적으로 수행하기 위해서는 정부 및 참여기관의 협조는 필수적이다. 특히 정책 제정, 규제 마련, 자금 지원 및 기술이전을 지원하는 역할이 필요하며, 협력을 성공적으로 추진하는 데 중요한 역할을 한다.

〈표 2-1〉 개발도상국의 기술적, 경제적, 사회·정치적 요소에 따른 RD&D 및 기술도입 장애요인

구분	개발도상국 RD&D	개발도상국 기후기술 도입
기술적	· 지식과 정보부족 · 기술 활용가능성	· 전력수요 충족 한계
경제적	· 미성숙한 시장 · 인프라 요구사항	· 재정적 인식
사회·정치적	· 사회적 수용성	· 교육인력 부족 · 정책 부재, 규제 · 정치적 수용성

출처: 김기만 외(2018)를 참고하여 발췌수정

양리원 외(2021)의 연구에서는 기후기술협력을 평가하기 위한 진단 프레임워크를 제시하였다. 이 프레임워크는 기후기술협력을 준비하고 실현하기 위한 세 가지 주요 기준으로 구성되며, 이를 통해 개발도상국의 기후기술협력 준비도를 평가하였다. 이 프레임워크는 기후기술협력기반, 기후재원가용성, 그리고 기후기술협력역량인 세 가지 범주로 구분된다. 또한, 이 연구에서는 정부 및 참여기관(Government and Institution), 정책(Policies and Regulation), 경제(Economy), 기후변화위험정도(Climate Change Urgency Level), 인프라(Infrastructure), 재무시스템(Financial System), 기술역량(Technology Capacity)을 녹색기술협력에서 주목해야 할 세부지표로 고려하고 있다. 정부 및 참여기관은 정치적 안정성, 부패 정도, 녹색 프레임워크, 국제 환경협약 참여 등을 고려하여, 기후변화 대응을 위한 중장기 전략 수립과 관련된 정부 및 조직의 존재와 역할을 평가한다. 정책은 건전한 규제 정책, 전력 접근성 정책, 재생 에너지 인센티브 및 지원, 에너지 효율 인센티브 및 지원과 같은 세부 정책 및 규정이 기후기술 이전을 촉진할 수 있는지를 살펴본다. 경제지표로는 실질 GDP, 실질 GDP 증가율, 외국 직접투자(Foreign Direct Investment) 규모, 무역을 평가하여 국가 경제규모의 수준과 기후기술 관련 시장을 분석한다. 기후변화위험정도에서는 식량, 수자원, 보건, 생태계 서비스, 인구당 탄소 배출량(CO2 Emissions per Capita)을 통해 기후기술 이전의 필요성을 평가한다. 인프라는 전력 사용 가능 인구 비율과 ICT 인프라 현황 등을 고려하여 국가의 기초 인프라에 주목하여, 국가의 신용등급과 기술전수를 위한 기술역량도 중요한 요소로 꼽아 R&D 지출, 지적재산권 등을 포함하고 있다.

기존의 관련 연구들은 녹색기술협력에서 고려해야 하는 가능한 여건의 환경 및 경제/사회 등 다양한 요소를 고려해야함을 알 수 있다. 그리고 녹색기술협력은 글로벌 기후 문제와 지속가능한 발전 목표를 달성하기 위해 협력적 차원의 노력이 중요하게 고려되어야 한다. 왜냐하면 녹색기술협력은 다양한 국가와 이해관계자 간의 상호 협력을 바탕으로 실현될 수 있기 때문이다. 따라서 녹색기술협력의 중점요소는 <표 2-2>와 같이 환경 및 경제/사회 측면과 함께 정책협력 요소를 강조하여 녹색기술협력의 준비도의 프레임워크를 구성할 수 있다.

<표 2-2> 녹색기술협력을 위한 중점요인

중점요인	세부 내용
환경적 측면	· 녹색기술이 탄소 배출량을 줄이고 전반적인 지속가능성에 기여할 수 있는지 환경적 기반 검토
경제적/사회적 측면	· 녹색경제 촉진을 위한 시장 환경, 기술 이전, 기술역량, 기술에 대한 투자의 경제적 환경 등 녹색기술협력의 경제적 기반 검토 · 사회적 포용성, 사회적 가치 등 사회적 기반 검토
정책협력 측면	· 국가 간 또는 국제기관/다자기관 간의 협력 정도를 통한 지식과 정보 교류를 위한 기반 검토

## 제 2 절 녹색기술협력을 위한 아세안 중점협력국가 선정

### 1. 녹색기술협력 중점협력국가 범위

정부는 효과적으로 한정된 재원을 사용하기 위해 선택과 집중 전략을 사용하여, 5년마다 ODA 중점협력국을 선정하여 운영하고 있다. 양자 ODA 재원의 70% 이상을 집중적으로 지원하는 것을 목표로 하여 중점협력국과 협력을 강화해나가고 있으며, 중점협력국 대상 국가별 협력전략을 바탕으로 국가적 협력 체계와 수준을 정하고 있다. 제3기 국가협력전략(Country Partnership Strategy)은 2021년 1월에 중점협력국가를 선정하였고, 아시아 지역에서는 베트남, 인도네시아, 캄보디아, 필리핀, 방글라데시, 몽골, 라오스, 네팔, 스리랑카, 파키스탄, 미얀마, 인도로 구성된 총 12개국이 선정되었다. 이 중 아세안(ASEAN) 내 중점협력국은 베트남, 인도네시아, 캄보디아, 필리핀, 라오스, 미얀마로 총 6개국이다.

〈표 2-3〉 제3기 중점협력국가(27개국)

구분	국가명	국가수(개)
아시아	베트남, 인도네시아, 캄보디아, 필리핀, 방글라데시, 몽골, 라오스, 네팔, 스리랑카, 파키스탄, 미얀마, 인도	12 (아세안 중점협력국: 6)
아프리카	가나, 에티오피아, 르완다, 우간다, 탄자니아, 세네갈, 이집트	7
중앙아시아	우즈베키스탄, 키르기스스탄, 우크라이나, 타지키스탄	4
중남미	콜롬비아, 페루, 볼리비아, 파라과이	4

출처: ODA Korea 홈페이지의 국가협력전략(CPS)

앞서 언급한 바와 같이 녹색기술협력의 범위는 국가의 재원과 다양한 협력 차원에 따라 다양하며, 국가별 협력 체계와 수준은 이에 따라 다를 수 있다. 본 연구의 목표는 지속 가능한 개발을 실현하기 위해 개발도상국과의 녹색기술협력에 중점을 두고 있으며, 특히 아시아 내 아세안 여섯 개 중점 협력 국가를 대상 중 두 개의 국가와의 협력을 통해 향후 실증형 연구 및 개발(RD&D) 프로젝트를 설계하는 것이다. 따라서 두 국가를 선택하기 위해 핵심 중점요소를 고려하였고, 핵심 중점요소별 지표를 분석하여 중점 협력 국가에 대한 결과를 통해 국가를 선정하고자 한다.

### 2. 녹색기술협력 중점협력국가 선정을 위한 프레임워크

녹색기술협력 준비도 프레임워크는 〈표 2-2〉를 바탕으로 국가와 국가 간 녹색기술협력에 있어 기반이 되는 환경, 경제, 사회, 그리고 정부 협력을 주요 요소로 구성되며, 녹색기술협력 국가를 선택할 때는 개발도상국의 관점뿐만 아니라 국내 영향도 고려해서 평가하여야 한다. 또한, 대상

국가가 다른 국가나 관련 기관과의 협력 이력도 중요한 요소다. 국가 자체의 녹색기술 개발 및 도입 능력을 평가하고, 국내에서의 긍정적인 영향과 개선이 필요한 부분도 파악해야 한다. 이런 접근을 통해 녹색기술협력의 대상 국가를 보다 체계적이고 효과적으로 선정할 수 있으며, 지속가능한 개발을 지원하는 핵심 요소를 명확히 도출할 수 있다. 이를 위해 아래 표와 같이 환경, 경제, 사회, 정부협력에 대한 주요 요소와 그에 해당하는 지표를 바탕으로 녹색기술협력 준비도를 분석할 수 있다. 이를 위해 아세안 중점협력국인 6개국에 대해 환경성과지수, 기후변화성과지수, 녹색성장지수, 대외무상원조실적, 기후기술산업 해외진출 현황, P4G 가입여부의 정보를 활용하여 국가별 점수와 이를 통해 녹색기술협력 준비도에 대한 국가 순위를 살펴보고자 한다.

〈표 2-4〉 녹색기술협력 준비도 프레임워크

중점요인	주요요소	지표	데이터 출처
환경 (Environment)	환경보건	폐기물관리, 중금속, 위생 및 음용수, 대기질	환경성과지수* (에일대학)
	생태계	수자원, 농업, 산성비, 어업, 생태계 서비스, 생물다양성	
	기후변화	기후변화 완화(2050 GHG 배출치, F-가스, N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> 등)	
	GHG 배출	현재 수준 및 과거의 일인당 온실 가스 배출량 등	기후변화성과지수* * (Germanwatch)
	재생에너지	국가 탄소배출 감소 잠재력	
	에너지 사용	현재 수준, 최근 발전 및 현재 수준 및 2030년 목표의 2°C 호환성 (일인당 에너지 사용량을 기반)	
	기후정책	국가기후정책, 국제기후정책 평가	
경제/사회 (Economy / Society)	효율적 지속가능한 자원사용	효율적이고 지속가능한 에너지, 효율적이고 지속가능한 물사용, 지속가능한 토지사용, 효율적 재료사용	녹색성장지수*** (세계녹색성장기구)
	녹색경제기회	녹색투자, 녹색무역, 녹색고용, 녹색혁신	
	사회적 포용성	기본 서비스 및 자원접근, 성별 균형, 사회적 공정성, 사회 보호	
	자연자본 보호	환경 품질, 온실 가스 배출 감소, 생물 다양성 및 생태계 보호, 문화적 및 사회적 가치	
정부협력 (Government Cooperation)	한국과의 협력	한국의 개발도상국에 대한 원조실적	대외무상원조실적 (KOICA)
		국가 간 녹색기술협력 프로젝트 또는 프로그램 수행	기후기술산업 해외진출 현황 (국가녹색기술연구소)
	글로벌 협력	다자간 협력 프로젝트 또는 프로그램 수행	P4G 가입 여부 (P4G 사무국)

\*Environmental Performance Index Report 2022

\*\*Climate Change Performance Index Report 2023

\*\*\*Green Growth Index Report 2023



## 2.1. 환경 및 경제/사회 요소

녹색기술협력을 추진할 때, 환경, 경제 및 사회적 요소에 대한 각 국가의 협력에 필수적인 수준을 확인하는 것이 중요하다. 이를 위해 각 요소에 대한 데이터를 신뢰할 수 있는 기관에서 발표한 점수를 활용하여 각 요소의 국가별 수준을 평가하고자 한다. 분석에서는 최신 데이터를 사용하려 노력하지만, 데이터의 발표 연도가 다를 경우 데이터 통합의 신뢰성을 유지하기 위해 해당 연도나 가장 가까운 연도의 데이터를 활용하여, 데이터 구입 연도의 차이를 최소화해야 한다.

〈표 2-5〉 녹색기술협력 준비도의 환경/경제/사회 요소에 따른 지표

중점요인	주요요소	지표	데이터 출처
환경 (Environment)	환경보건	폐기물관리, 중금속, 위생 및 음용수, 대기질	환경성과지수 (에일대학)
	생태계	수자원, 농업, 산성비, 어업, 생태계 서비스, 생물다양성	
	기후변화	기후변화 완화(2050 GHG 배출치, F-가스, N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> 등)	
	GHG 배출	현재 수준 및 과거의 일인당 온실 가스 배출량 등	기후변화성과지수 (Germanwatch)
	재생에너지	국가 탄소배출 감소 잠재력	
	에너지 사용	현재 수준, 최근 발전 및 현재 수준 및 2030년 목표의 2°C 호환성 (일인당 에너지 사용량을 기반)	
	기후정책	국가기후정책, 국제기후정책 평가	
경제/사회 (Economy/ Society)	효율적 지속가능한 자원사용	효율적이고 지속가능한 에너지, 효율적이고 지속가능한 물사용, 지속가능한 토지사용, 효율적 재료사용	녹색성장지수 (세계녹색성장기구)
	녹색경제기회	녹색투자, 녹색무역, 녹색고용, 녹색혁신	
	사회적 포용성	기본 서비스 및 자원접근, 성별 균형, 사회적 공정성, 사회 보호	
	자연자본 보호	환경 품질, 온실 가스 배출 감소, 생물 다양성 및 생태계 보호, 문화적 및 사회적 가치	

〈표 2-5〉를 바탕으로 각 분류 요소에 해당하는 글로벌 지수의 국가별 점수를 조사하면 다음 〈표 2-6〉과 같다. 해당 점수는 국가별 점수를 비교가능하고, 이후 살펴볼 정부협력 요소와의 점수를 통합하여 측정하기 위해 6개국에 대한 데이터 정규화(normalization)<sup>4)</sup> 작업을 진행하였다.

환경성과지수(Environmental Performance Index; EPI)는 예일대학의 환경센터(Yale Center for Environmental Law & Policy)에서 발표하는 국가 순위 데이터로, 환경 지속가능성을 평가하기 위한 데이터 기반의 지표로 사용된다. 이 지수는 180개국을 대상으로 환경보건, 생태계, 기후변화와 관련된 11가지 주요 이슈에 대한 40개의 하위지표로 구성되어 있다. 2022년 기준으로, 아세안 중점협력국 6개 국가의 환경성과지수 점수는 라오스(30.7), 캄보디아(30.1), 필리핀(28.9), 인도네시아

4) 지표의 정규화 함수  $x_{norm\_scaled} = (x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$ 에 따라 데이터 값을 [0.1]로 변환시켜줌.

아(28.2), 베트남(20.1), 미얀마(19.4) 순서로 나타났다. 이러한 순위 정보를 통해 각 국가의 환경 지속가능성을 비교하고, 환경과 관련된 분야에서의 녹색기술협력 능력을 확인할 수 있었다.

다음으로 사용된 기후변화성과지수(Climate Change Performance Index; CCPI)는 국내 및 국제 기후 정책에서 투명성을 증진시키기 위한 도구이다. 이 지수는 전 세계에서 온실 가스 배출의 92%를 차지하는 59개 국가와 유럽 연합(EU)의 기후 성과를 비교하는 표준화된 프레임워크를 사용한다. 기후변화 성과는 네 가지 지표인 GHG 배출, 재생에너지, 에너지 사용 및 기후정책을 통해 평가하고, 2022년 기준, 필리핀(62.75), 인도네시아(54.59), 베트남(48.31) 순으로 순위를 보였다. 그러나 환경성과지수는 총 59개 국가와 유럽 연합을 대상으로 데이터를 수집하기 때문에, 캄보디아, 라오스, 미얀마는 대상국에서 제외되어 표준화 점수로 0점을 부여하였다. 이러한 평가 대상 국가가 모두 포함되어 있지 않다는 한계를 고려하더라도, 이 지수를 통해 국제 기후 정책의 투명성 측면에서 주요 온실가스 배출 대상이 되는 국가에 어떤 국가가 선정되었는지를 알 수 있고, 그로부터 녹색기술협력의 필요성이 높은 국가들을 식별하는 데 도움을 준다.

한편, 녹색성장지수(Green Growth Index; GGI)는 녹색기술에 대한 경제와 사회 측면에서 국가의 지속가능한 개발과 녹색성장을 측정하는 지표로 활용된다. 이 지수는 지속가능한 개발 목표, 파리기후협약, 생물다양성 보호 등과 관련된 국가의 성과를 평가하는데 사용되며, 효율적 자원 활용, 녹색경제기회, 사회적 포용성, 자연자본 보호에 중점을 두고 국가의 경제적 관점에서 저탄소 사회 실현을 평가한다. 2022년에는 156개 국가를 대상으로 평가를 하였고, 아세안 6개국에서는 필리핀(59.69)이 가장 높은 점수를 보여, 국가의 녹색성장을 실현하기 위한 노력의 정도를 판단할 수 있다.

〈표 2-6〉 녹색기술협력 준비도의 환경/경제/사회 요소에 대한 국가별 점수

국가명	환경성과지수 <sup>5)</sup>		기후변화성과지수 <sup>6)</sup>		녹색성장지수 <sup>7)</sup>		환경/경제/사회 통합 정규화점수
	점수	정규화 점수	점수	정규화 점수	점수	정규화 점수	
베트남	20.1	0.06	48.31	0.77	56.17	0.67	1.50
캄보디아	30.1	0.95	0	0.00	53.75	0.44	1.39
인도네시아	28.2	0.78	54.59	0.87	57.36	0.78	2.43
필리핀	28.9	0.84	62.75	1.00	59.69	1.00	2.84
라오스	30.7	1.00	0	0.00	57.05	0.75	1.75
미얀마	19.4	0.00	0	0.00	49.15	0.00	0.00

5) 2022년에 발표된 보고서를 활용하였음.

6) 2023년에 발표된 보고서를 활용하였음.

7) 2022년에 발표된 보고서를 활용하였음.

## 2.2. 정부협력 요소

정부협력 요소는 선정된 대상 국가 후보들과 녹색기술협력의 효과적인 실행 가능성을 평가하는 데 목적이 있다. 이를 위해 국가별로 한국과 글로벌 협력에 어떠한 중요도가 있는지 조사하는 것이 중요하다. 구체적으로, 개발도상국에 대한 한국의 지원과 기후기술 산업 해외진출 현황을 고려하여, 향후 협력 관계의 효과를 평가한다. 또한, 다자간 협력에 대해서는 P4G 가입을 통한 글로벌 협력체계를 구축하고 지속가능성을 높이기 위한 노력을 파악한다.

〈표 2-7〉 녹색기술협력 준비도의 정부협력 요소에 따른 지표

중점요인	주요요소	지표	데이터 출처
정부협력 (Government Cooperation)	한국과의 협력	한국의 개발도상국에 대한 원조실적	대외무상원조실적 (KOICA)
		국가 간 녹색기술협력 프로젝트, 또는 프로그램 수행	기후기술 산업 해외진출 현황 (국가녹색기술연구소)
	글로벌 협력	다자간 협력 프로젝트 또는 프로그램 수행	P4G가입여부 (P4G)

2021년 국제협력단(Korea International Cooperation Agency; KOICA)에서 발간한 대외무상원조실적 통계에 따르면, 아세안 6개 국가의 지원액은 아래 표와 같이, 베트남이 지원규모가 가장 크고, 그 다음으로 필리핀, 인도네시아 순으로 높은 지원규모를 보이고 있다.

〈표 2-8〉 녹색기술협력 준비도의 정부협력 요소에 대한 국가별 점수

국명	대외무상원조실적(2021) *		기후기술산업 해외진출**		P4G 가입***		정부협력 통합 정규화점수
	지원액 (\$, 천달러)	정규화 점수	건수	정규화 점수	가입여부 (가입: 1, 미가입: 0)	정규화 점수	
베트남	28,251	1.00	319	1.00	O(1)	1.00	3.00
캄보디아	18,624	0.60	313	0.98	X(0)	0.00	1.58
인도네시아	24,271	0.83	313	0.98	O(1)	1.00	2.81
필리핀	27,246	0.96	80	0.25	X(0)	0.00	1.21
라오스	19,729	0.64	0	0.00	X(0)	0.00	0.64
미얀마	4,311	0.00	0	0.00	X(0)	0.00	0.00

\*KOICA 오픈데이터포털([www.oda.go.kr](http://www.oda.go.kr))

\*\*국가녹색기술연구소(2022)

\*\*\*P4G 홈페이지([www.p4gpartnerships.org](http://www.p4gpartnerships.org))

마지막으로 녹색기술협력에서는 국가의 녹색기술협력 노력과 글로벌 목표에 대한 헌신을 고려하는 중요한 평가 요소가 된다. P4G(Partnering for Green Growth and the Global Goals)에 가입 여부는 국가 정책에서 지속가능성 중요 여부를 평가하는 지표로 사용될 수 있다. 따라서 P4G에 가입한 국가는 1점을, 가입하지 않은 국가는 0점을 받게 되며, 이를 표준화하여 통합 점수로 활용한다. 이 정부협력 요소를 통합한 표준화점수에서는 베트남과 인도네시아는 나머지 4개국에 비해 상대적으로 높은 점수를 보이고 있다.

### 3. 녹색기술협력을 위한 중점협력국가 선정 결과

앞서 살펴본 환경 및 경제/사회의 주요 지표와 정부협력 지수를 바탕으로 각 개별 지표에 동일한 가중치를 부여하여 데이터를 통합한 결과는 아래 <표 2-9>와 같다.

<표 2-9> 국가별 녹색기술협력 준비도 최종종합점수 및 순위

국가명	환경/경제/사회 +정부 정책	국가별 순위	국가별 ESG 지수 +정부정책	국가별 순위
베트남	4.50	2	4.00	1
캄보디아	2.97	4	1.90	3
인도네시아	5.24	1	2.82	2
필리핀	4.05	3	1.35	4
라오스	2.39	5	0.90	5
미얀마	0.00	6	0.29	6

국가 선정을 위한 국가별 녹색협력 준비도 순위를 검토하면서, 발표기관이 다른 개별지수들을 통합하는 과정에서 발생할 수 있는 오류를 검증하여 국가 간 순위의 신뢰성을 높였다. 이를 위해 세계은행 데이터를 기반한 국가별 통합 ESG 지수(Sovereign ESG Index)를 활용하여 두 개의 결과를 비교하였다. 참고로, 국가별 통합 ESG 지수를 위한 세계은행에서 발표하는 개별지표의 데이터 역시 기준연도가 상이하기는 하다<sup>8)</sup>. 이러한 비교 분석을 통해, 결과적으로 두 분석에서 베트남과 인도네시아가 상위권 순위를 차지했으며, 인도네시아와 베트남이 높은 순위를 유지하는 것은 이 두 국가가 녹색기술협력에 적합한 국가라는 가능성을 시사한다. 이것은 녹색기술협력에 투입할 자원과 여건을 고려할 때 합리적인 선택으로 간주될 수 있다.

8) Sovereign ESG Data Portal([esgdata.worldbank.org](http://esgdata.worldbank.org)) 데이터를 참고하여 작성함.

〈표 2-10〉 국가별 환경/경제/사회 통합 점수와 ESG 지수 평균 점수 비교

국가명	환경/경제/사회 통합 정규화 점수	국가별 ESG 지수	
		평균 점수*	정규화 점수
베트남	1.50	0.575	1.00
캄보디아	1.39	0.556	0.32
인도네시아	2.43	0.547	0.00
필리핀	2.84	0.551	0.14
라오스	1.75	0.554	0.25
미얀마	0	0.555	0.29

\*Jiang et al.(2022) 표A1(1990~2020년 기준)

그러나 각 발표기관이 다른 개별 수를 통합하고 가중치를 설정하는 과정에 대한 객관적인 기준은 더 정교하고 과학적인 방법을 통해 수립되어야 한다는 한계는 있다. 또한, 지표의 구성과 데이터의 구축 연도의 차이는 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 신뢰성을 고려하여 검토해야 한다. 따라서 보다 정교한 과학적인 접근 방식과 지표 구성을 고려하여, 녹색기술 협력의 준비도와 국가별 가능성을 조사하기 위한 방법론 연구를 계속 진행해 나갈 필요가 있다.

### 제 3 절 소결

본 연구는 주로 개발도상국, 그 중에서도 특히 아세안 중점협력국과 한국 간의 RD&D 협력을 중심으로 이뤄지는 녹색기술협력에 초점을 맞추었다. 개발도상국과의 RD&D 협력은 녹색기술협력의 중요한 측면 중 하나로 간주되며, 이는 글로벌 기후 문제와 지속가능한 발전 목표를 달성하는 데 필수적이다. 따라서 본 연구는 녹색기술협력을 통해 개발도상국과 협력하면서 현지에서 기술을 개발하고 검증하며, 이를 통해 현지에서의 기술 적용 효과를 확인하고 현지 시장을 육성하는 것을 주요 목표로 삼고 있다.

이러한 목표를 달성하기 위해 녹색기술협력에서의 핵심은 협력 국가를 선정하는 과정으로, 녹색기술협력을 진행할 국가와의 파트너십을 구축하고 발전시키기 위한 핵심적인 단계라 할 수 있다. 하지만 녹색기술협력 분야가 전 세계적으로 다양한 영역으로 확장되고 있지만, 효과적인 녹색기술 이전 메커니즘을 평가하고 이해하는 데 아직 부족한 부분이 있고, 기술 이전에 대한 정확한 정의에 대한 합의가 어려운 상황이라고 인식하고 있다. 따라서 이러한 한계를 극복하기 위해 녹색기술협력을 평가하고 측정하기 위한 전용 지수의 필요성이 강조되고, 이를 기반으로 한 녹색기술협력 준비도(Green Technology Cooperation Readiness) 프레임워크는 하나

의 기준점으로 역할을 할 수 있다. 이 프레임워크는 국가 차원의 녹색기술 정책 서비스에 대한 지침을 제공하고, 정책 시행을 통해 사업 실증화를 위한 기준을 제시하고, 협력 과정에서 나타날 수 있는 문제점이나 이슈를 판단하기 위한 기준점을 제공하는 역할을 한다. 이를 통해 녹색기술협력에 참여하고자 하는 국가들은 이 프레임워크를 활용하여 녹색기술의 RD&D에 대한 준비도를 측정할 수 있다.

녹색기술협력 준비도 프레임워크에서는 다양한 핵심 지표를 고려하여 평가를 수행한다. 이 중에서는 환경, 경제, 기술 협정, 정부 협력과 같은 주요 요소들이 녹색기술협력의 준비도를 결정하는 핵심 역할을 한다. 환경 요소는 녹색 기술 협력을 위한 선행지표와 결과지표로 활용되며, 환경보건, 생태계, 기후변화, 그리고 에너지와 관련된 지표들로 구성된다. 경제/사회 요소는 녹색기술협력을 위한 효율적 지속가능한 자원사용, 녹색경제기회, 사회적 포용성, 자연자본 보호 성과를 종합적으로 평가하는데 핵심적인 역할을 한다. 특히, 녹색기술협력 프레임워크에서는 글로벌 협력 이력 및 다자간 협력 지표도 국가 및 정부의 의지에 대한 해석이 존재하는 부분을 강조하고 있다는 점을 특징으로 꼽을 수 있다. 이 요소는 특정 국가가 국제적인 녹색 기술 및 환경 보호 노력을 지원하고, 다른 국가와의 협력을 통해 글로벌 차원의 문제에 대한 솔루션을 찾는 데 참여한 경험과 실적을 나타낸다. 특히 본 연구에서는 한국과의 외교적 관계, 녹색기술협력을 위한 노력에 중점을 두어 개발도상국뿐만 아니라 한국의 관점에서 협력적 관계가 형성될 수 있을지를 판단하였다. 마지막으로 이렇게 도출된 개별 점수를 바탕으로 종합 점수를 도출하여 본 연구의 중점협력국가로 베트남과 인도네시아 두 국가가 선정되었다. 이를 통해 세 가지 주요 요소들을 구성하는 개별 지표들이 녹색기술협력 국가 선정 과정에서 어떤 의미를 가지며, 어떻게 국가 간 협력의 중요한 평가 기준으로 작용하는지에 대한 통찰을 제공하고 하겠다.

하지만 이러한 핵심 지표 결합과정에서 발생할 수 있는 결과의 변동성, 지표 구성의 주관성 등에 의해 왜곡된 분석결과가 도출될 수 있다. 또한 각 지표의 데이터의 구득연도가 상이하여 기준 연도에 대한 실제 상황을 충분히 반영하지 못하거나 동일한 가중치의 임의 할당에 대한 주관성을 허용하였다는 한계는 있다. 따라서 향후 연구에서는 보다 정밀한 지표 구성과 가중치 할당 방식에 대한 과학적 방법론 연구가 필요하며, 이를 통해 보다 신뢰성이 높은 결과를 도출해갈 필요가 있다.

## 제 3 장 녹색기술 RD&D 수요발굴 방법론 검토

2015년 채택된 파리협정 제10.5조에서는 기후변화에 대응하기 위한 방안으로 기술혁신을 강조하였고, 이를 위해 개도국과의 협력적(collaborative) 연구개발(R&D, research and development)이 언급되었다. 즉, 기후기술의 개발 및 이전에 대한 국제협력의 중요성이 커지고 있다. 그런데, 기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)가 2022년 출간한 제6차 평가보고서 제3실무그룹(완화) 보고서에서는, 개도국과의 기술혁신을 위한 국제협력에 있어서, 중요한 점은 협력 대상국의 특수한 제도 및 역량이 고려해야 한다는 점이 언급되었다(IPCC 2022, E.6.2). 이는 개도국의 기술수요, 제도, 그리고 기술적 역량 등이 종합적으로 고려되어야 함을 의미한다.

개도국에 맞는 기술을 파악하여 국제협력을 도모하는 접근법은 새로운 이야기는 아니다. 유엔기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change) 하에서 2001년 도출된 기술이전프레임워크(technology transfer framework)를 구성하는 5개 주제중 하나가 기술수요평가(TNA, technology needs assessment)이다(UNFCCC 2001, Annex para 3). 이는 개도국이 필요로 하는 감축 및 적응기술을 파악하고 우선순위를 자체적으로 결정하는 국가 주도(country-driven) 방식을 강조한다. 더 나아가, 파리협정 하에서 2018년 도출된 기술프레임워크(technology framework)를 구성하는 5개 주제중 하나인 ‘이행’에 기술수요평가(TNA)의 수행 및 갱신이 주요한 행동/활동으로 포함되어 있다. 개도국들이 도출하는 이러한 TNA 보고서는 기술 공급국 또는 제공국 입장에서 개도국의 기술수요를 정확하게 파악하고 이에 맞는 협력 활동을 결정하는 데에 있어 중요한 데이터로 활용될 수 있다.

물론, 협력대상국인 개도국 기후기술 혹은 녹색기술수요 파악에 활용되는 근거 자료는 TNA에만 국한되지 않는다. 개도국들의 과거 및 최신 협력사례 또는 경험에 기반한 정보들 역시 활용될 수 있다. 다자개발은행, 양자 공적개발원조, 국가협력전략에 기반한 다양한 활동들이 있는바, 이러한 활동들을 통해 기술협력의 경향성, 협력의 확대, 또는 협력의 중복성 지양 등 다양한 의사결정이 이루어질 수 있다. 또한, 특정 기술에 대한 개도국의 기술 흡수역량(absorptive capacity)에 대한 정보 역시 중요한 역할을 한다. 또한 협력 대상국이 기술사업을 수행하기 위한 능력과 장애요인 등을 전반적으로 살펴보는 기술 준비도(technology readiness)를 분석하여 데이터를 도출하기도 한다. 그런데, 이러한 정보 데이터 산출 접근법들은 각기 장단점을 보유하고 있다. 특히, 공통적으로는 기술 제공자 또는 기술 사업자 입장에서 볼 때 중요한 ‘비용’과 ‘경제성’에 대한 부분에 대해서 명확한 시그널을 주는 데이터들은 아니다.

이에, 동 연구에서는 녹색기술 RD&D에 대한 협력 사업의 경제성을 측면에 특화된 데이터 산출을 위한 두 가지 접근법을 모색하고자 한다. 하나는 녹색기술 협력 사업에 대한 ‘사업비용’으로써 이산화탄소 1톤에 대한 저감비용을 도출하는 것이다. 이는 IPCC 제6차평가보고서

에서 제시한 감축 기술옵션 별로 이산화탄소 1톤당 저감비용을 계산한 접근법을 활용하고자 한다. 다른 하나는 기후기술 협력사업을 통해 양국 간의 경제적 호혜성, 더 구체적으로는 ‘무역 호혜성’으로써, 구체적인 감축기술에 대한 무역 경쟁력 지표와 무역 상호보완성 지표를 도출하는 것이다. 이는 기존의 상품무역을 토대로 양국 간 무역 경쟁력과 무역 보완성을 계산하는 접근법에, 상품과 ‘녹색기술’ 분류를 연계하는 작업을 실시하여, 기후기술 기반 무역 경쟁력 및 보완성을 도출해내는 것이다.

이에, 동 연구는 <표 2-8>에서 검토된 바와 같이 아세안국가를 대상으로 국내 정책 부합성과 환경/경제사회관련 다양한 지표들을 고려하였을 때, 정부의 중점협력국가에 선정되어 있으며 높은 환경성과지수와 기후변화성과지수를 나타낸 베트남과 인도네시아를 중점협력국으로 선정하고 이들 국가를 대상으로 ‘비용’과 ‘경제성’ 부문의 수요발굴 방법론 분석을 진행하고자 한다.

분석 부문은 에너지 부문의 에너지 감축기술 옵션들 중심으로 진행하고자 한다. 이에, 제1절 제1섹션에서는 우선 기술수요 발굴 및 파악을 위한 기존의 접근법들에 대해 보다 상세히 설명한다. 제1절 제2섹션에서는 신규 접근법으로써, 온실가스 배출 ‘저감비용’과 ‘무역지수’의 필요성과 접근법을 다루고자 한다. 이를 토대로, 제2절에서 인도네시아와 베트남의 사례에 기존 및 신규 접근법을 적용하여 데이터를 도출해내고자 한다.

기존 접근법으로는 기존 보고서를 활용하는 차원의 TNA 보고서 및 2030 국가결정기여(NDC, nationally determined contribution)에서 데이터를 일차적으로 추출하고, 다음으로는 기존 협력 현황을 활용하는 차원에서 국제개발은행(MDB, multilateral development bank)와 국가협력전략(CPS, country partnership strategy) 데이터를 추출한다. 그리고, 신규 접근법으로 온실가스 저감 비용을 우선 도출하고, 이어 무역지표 차원에서 무역 경쟁력 지수와 무역 보완성 지표를 도출한다. 신규 접근법의 경우, 각기 이 데이터를 도출하는 과정을 단계별로 상세하게 설명한다. 이어, 기존 접근법과 신규 접근법을 통합하여 ‘에너지 부문 감축기술’에 대해 우리나라와 인도네시아, 베트남 간의 기술협력을 위한 우선순위를 도출한다. 마지막으로 3절에서 동 연구의 의미와 한계점을 짚고 내용을 마무리한다.



## 제 1 절 개도국 녹색기술 RD&D 수요발굴 접근법

### 1. 기술수요 발굴을 위한 기존 접근법

#### 1.1. 국가간 RD&D 협력 결정에 대한 기존 접근법

국가간 RD&D 협력 결정에 대해서 선진국과 개도국에 따라 접근법이 조금 다른 양상을 띄고 있다. 먼저, 선진국과의 R&D 혹은 RD&D 협력 수요·방안 발굴의 경우, 우리나라보다 앞선 선진기술에 대한 기술획득을 목적으로 협력을 진행하고자 하는 바, 크게 두 가지 방법이 눈에 띈다. 하나는 기존의 양국간 과학기술공동위원회와 같은 상설위원회를 활용해 양측의 기존 협력을 심화하는 방안이고, 다른 하나는 해외 선진국들의 추진정책과 우리나라 추진정책의 정합성 분야를 우선 타진하고, 정책·기술수준·협력여건 등을 조사하여 정량 산정하여 세부 협력 가능분야를 도출하는 것이다. 전자의 경우, 대표적으로 전광호 외(2016)는 ICT 분야의 한-미 간 공동 R&D 추진을 위한 협력방안을 양국간 상설회의 의제를 통해 고찰하였다. 이 경우, 한-미 과학기술공동위원회 하의 ‘ICT 분과’를 통해 논의되는 의제 설정에 기반해서 협력이 이루어지고 있다. 기존의 한·미 공동 ICT R&D 공동연구는 크게 4개 분야를 중심으로 이루어졌는데,<sup>9)</sup> 한-미 과학기술공동위원회를 통해 기존 공동연구를 심화 및 확대하고, 추가적으로 인공지능을 추가하였다. 한-미 공동연구의 경우, ‘미국’의 R&D 기획 시스템에 기반해서 진행된다. 미국 NSF 연방정부 R&D 과제는 PD가 신규 R&D 분야를 제의하고, 관련 워크샵(2-5명의 PD 포함 150여명 규모)를 통해 다양한 전문가 의견을 취합하고 합의를 형성하여 기획한다. 기획이 되면, 추후 RFP가 구성되며 추후 중-기술분류에 기반해서 과제 공고가 된다.

한편, 후자의 경우, 대표적인 예로 전광호 외(2017)은 1차적으로 각 국가별 ICT 정책 및 국제공동 R&D 정책을 분석하여 전략분야를 추출하고, 이 과정에서 K-ICT 10대 전략 분야와 국가별 ICT 전략 분야의 일치성이 최우선적으로 검토한다.<sup>10)</sup> 2차적으로 평가기준에 따른 평가방법을 대입하여 세부적으로 협력가능분야를 도출하였다. 평가항목을 크게 3가지로 i) 정책기반(정책방향성, 정책 추진력), ii) 기술수준(상대수준, 논문성과, 국제 공저 비율, 특허 성과), iii) R&D 협력 여건(예산 및 비중, 해외투자 비율, 우리나라와 R&D, 공동 논문수)으로 구분하였다. 또한, 선진국과의 ‘기후기술’에 대한 협력체계 구축 차원에서, 협력수요를 발굴하는 방법으로 타겟이 되는 ‘국가들(프랑스, 스웨덴, 덴마크 등)’을 대상으로 i) 기존 정보 수집(정부간 양해각서, 과학기술 공동위원회, 정책 보고서, 논문 검토, 산-학-연-정부 전문가 인터뷰 실시)이 이루어지고, ii) 우리나라 기술수준 및 상황을 파악하고, iii) 양자 및 다자간 지식 및 정보공유를 통해 상호 관심있는 주제 및 기술을 매칭하고, iv) 국제공동연구를 기획 및 추진하는 방식을 취하고 있다 (송재령 외 2019).

9) 4개 분야는 i) 5G 네트워크 분야, ii) IoT/CPS, iii) 사이버 보안, 그리고 iv) 양자통신이다.

10) 10개 분야는 5G, UHD, 디지털 콘텐츠, 스마트 디바이스, IoT, 지능정보, 클라우드, 빅데이터, SW, 정보보안 분야이다.

다음으로, 개도국의 경우, 경제적 수준 및 기술격차로 인해 과학기술협력의 동기는 인도주의적, 시혜적, 호혜적, 경제적 동기가 혼재한다 (안혜린 · 이정재 2011). 그러나, 개도국과의 경제적 수준과 기술격차로 인해 초기 단계의 과학기술협력은 개도국에 대한 원조가 기저에 깔려 있다. 따라서, 개도국과의 기초 R&D 혹은 실증을 위한 RD&D 부문의 협력은 개도국이 필요로 하는 기술수요를 파악하고 이제 맞춘 접근법이 매우 중요하게 작용한다.

기후기술 부문에서 개도국의 기후기술협력을 결정하는 접근법은 이에 대부분 유사한 형태들로 이루어진다. 먼저, 협력 대상국의 ‘기술수요’를 파악하기 위한 근거자료들을 확보하는 작업이 가장 중요하다. 다음으로는 이 근거자료들을 토대로 ‘핵심 연구분야를 선정’하는데 여기에는 일련의 평가기준과 평가지표를 선정하고, 이를 토대로 전문가 논의 또는 자문을 통해 기후기술 협력을 위한 우선 수요를 확정하는 것이다. 대표적으로, 박철호 외(2020)와 김형주 외(2019)가 있다. 먼저, 박철호 외(2020)는 한-인도네시아 국제협력 활성화를 위한 공동협력 수요 발굴을 위해, 크게 두 가지의 접근법을 활용하였다. 먼저, 첫 번째 접근법은 개도국 수요와 현재 진행되고 있는 사업 현황 정보 구축으로, 이와 관련해서는 개도국에 대한 국가 정책 정보로 기술수요평가(TNA, technology needs assessment) 정보 수집, 개도국 기술협력 관련 법·제도, 정책, 기반시설 등에 대한 환경 분석, 개도국 정부 및 관계자 대상 심층 인터뷰 기반 수요조사가 이루어졌다. 또한, 1989~2020년 인도네시아 대상으로 추진된 ODA 사업 현황 분석이 이루어졌다. 이를 통해서 관련 분야들에 대해서, 현재 우리나라가 이를 대응할 수 있는 역량을 보유하고 있는지를 파악하였다. 이를 토대로, 양국 간공동협력 중점 연구분야를 선정하였다.

두 번째 접근은 중점 연구분야 중에서 핵심 협력분야를 선정하기 위해서 전문가 분석적계층화(AHP, Analytic Hierarchy Process) 평가를 실시하였다. 이 때, 가능한 평가지표를 10개를 선정하였는데, 여기에는 i) 개도국 수요, ii) 재원기관 관심도, iii) 기술이전 확산 가능성, iv) 추가 프로그램 발굴 가능성, v) 개도국 내 파급효과, vi) 국내 경제적 고용창출 효과, vii) 국내 기술수준, viii) 국내 투자현황, ix) 협력동기, x) 국내 기술이전 역량 우수기술이 있다. 이 중에서 최종 평가지표 7개를 선정하였는데, 여기에는 i) 기술이전 확산 가능성, ii) 추가 프로그램 발굴 가능성, iii) 개도국 내 파급효과, iv) 국내 경제적 고용창출 효과, v) 국내 기술수준, v) 국내 투자현황, vi) 협력동기, vii) 국내 기술이전 역량 우수기술이 있다.

한편, 김형주 외(2019)는 유엔기후변화협약(UNFCCC)에서 활용하고 있는 기술수요평가(TNA, technology needs assessment) 체계 등을 포함한 국제기구들의 기후기술수요 선정 혹은 기후기술사업 선정에 대한 평가 체계들을 조사하여, 평가기준을 도출하는 연구를 수행하였다. 이를 토대로, 평가항목-기준-지표를 선정하고, 전문가 자문을 통해 평가항목 및 평가기준에 대한 가중치를 선정하여 적용하는 방식을 제안하였다.

따라서, 선진국과 개도국과의 기후기술 연구 또는 실증 협력 분야를 도출하는 그 목적이나 세부 내용은 조금 다를지라도, 특정 상설 협력위원회를 이용하지 않는 경우, 상대국의 수요를 파악하기 위한 근거자료를 준비하고, 이를 토대로 일차적인 협력 수요 분야를 마련하고, 더 나아가 평가기준 및 평가지표를 적용하여 세부 협력 우선순위를 정하는 방식이 적용된다.

## 1.2. 녹색기술 수요발굴을 위한 접근법 및 정보 검증

앞서 언급된 기후기술 협력수요 발굴 과정에서 가장 중요한 부분은 기술수요를 파악하는데 필요한 ‘근거 자료’이다. 이 근거 자료들이 가장 핵심적인 정보로써 대표적인 몇 가지가 존재한다.

첫째는 기술수요평가(TNA) 결과이다. TNA는 온실가스 배출 저감과 기후변화 영향에 대한 적응을 통한 지속가능한 발전을 위해 개도국이 기술의 우선순위를 파악하고 결정하는 국가 주도적 활동이다 (UNFCCC 2001, p.24). 이는 유엔기후변화협약 하에서 개도국들이 스스로 자체 기술수요를 파악하고 평가할 수 있는 역량을 높이고 그 과정에서 우선 기술순위를 도출하도록 돕는 프로세스로, 지구환경기금이 재정적 지원을, 유엔환경프로그램과 유엔개발프로그램이 기술적 지원을 제공한다. 이 과정을 통해 도출되는 것이 TNA 보고서, 기술행동계획(technology action plan)과 사업 리스트들이다. 이는 유엔기후변화협약 하의 기술개발 및 이전에 대한 국가 포괄포인트인 국가지정기구(NDE)가 중심이 되어 도출된다. 추후, TNA의 이행 효과성을 높이기 위해서, TNA를 개도국의 국가결정기여(NDC, nationally determined contribution) 주기와 연계하여 갱신하는 것이 제안되었다 (UNFCCC 2022). 이는 ‘기술’ 자체에 초점을 두고 있다. 이러한 기술수요평가 및 이에 기반한 구체적인 사업 리스트들은 매우 실질적이고 핵심적인 정보를 제공한다.

둘째는 개도국들의 과거 또는 최신 협력사례, 즉 ‘경험’에 기반한 정보를 활용하는 것이다. 기술제공 국가가 협력 대상국에서 이미 진행되고 있는 협력 사업들에 대한 경험과 사례를 토대로 접근하는 것이다. 예를 들어 협력 대상국에서 다자개발은행(MDB), 양자 공적개발원조(ODA), 국가협력전략(CPS, country partnership strategy), 기후변화 국제기구인 녹색기후기금(GCF)이나 기후기술센터네트워크(CTCN) 등을 통해 수행한 협력사업 리스트를 토대로 최신 기술수요를 유추하거나 향후 기술수요를 도출하는 데에 중복된 부분을 배제하는 것이다. 이 정보는 최신 협력 사업을 통해 유사한 사업의 적용 또는 규모화를 하는 과정에는 매우 유리하고, 또한 이미 검증된 기술을 중심으로 사업을 진행하는 경우에 유리한 정보이다.

셋째는 ‘역량’의 관점에서 도출한 개도국 정보를 활용하는 것이다. 기술에 대한 흡수역량(absorptive capacity)에 대해서 보는 것이다. 흡수역량이란 “새로운 외부 정보의 가치를 인식하고, 이를 동화하여 상업적 목적에 활용하는 역량”을 의미한다 (Cohen & Levinthal 1990, p. 128). 그리고 기술흡수(technology absorption)는 기술을 이해하고, 활용하고, 복제하는 것을 배우는 과정으로, 기술을 선택하고 지역 상황에 적응시키며 토착기술과 통합하는 역량을 포함한다 (Olawuyi 2017, p.5). 흡수역량이란 용어는 ‘조직’ 레벨에서의 기술혁신에 활용되는 용어이기도 하면서, 또한 개도국과 같은 ‘국가’ 레벨에서의 기술혁신에 활용되기도 한다. 먼저, 조직 레벨의 흡수역량은 해당되는 조직(대부분 기업)의 기술의 i) 기존의 획득(acquisition), ii) 동화(assimilation), iii) 변환(transformation), 그리고 iv) 이용(exploitation)이라는 네 가지 측면에서 접근되며, 각각의 특징과 해당 지표는 다음의 <표 3-1>과 같이 정리될 수 있다 (Noblet et

al. 2011). 이는 특정 기업/조직과의 기술협력을 판단하는 데에 활용될 수 있는 분석틀이 될 수 있다. 한편, 국가 레벨의 흡수역량은 개도국으로의 기술이전과 관련하여 많이 활용되는 개념이다. 이에 개도국으로의 저탄소 기술을 이전에 있어서 중요한 요소로 기술수혜자인 기업의 흡수역량 뿐만 아니라 수혜국의 국가 레벨의 기술적 역량이 모두 언급되기도 한다 (Ockwell et al. 2008).<sup>11)</sup> 또한, 개도국의 기후기술 흡수(absorption)를 높이기 위한 가능여건으로서의 ‘법과 정책 체계 개발’이 강조된다. 국가 레벨에서의 필요요건으로써 i) 원천기술에 대한 관련 지식 축적,<sup>12)</sup> ii) 기술 도입 국가 및 지역의 상황과 기술 활용에 필요한 요건의 고려, iii) 기후기술 활용에 필요한 적절한 인프라와 거버넌스 시스템, 그리고 iv) 기술 도입 국가가 향후 기술 소유권에 대한 전략 보유가 언급된다 (Olawuyi 2017).<sup>13)</sup> 더 나아가서, 기술흡수를 위해 해결해야 하는 다섯 가지 장애요소로써, i) 수입되는 기술에 대한 공공 정보의 부족, ii) 이전되는 기술에 대한 약한 지적재산권 보호 체계, iii) 기술적 및 제도적 역량 부족, iv) 청정기술 기업을 위한 미약한 투자환경, 그리고 v) 기후변화법의 부재 또는 부적절성이다 (Ibid.). 따라서, 기술에 대한 흡수역량을 볼 때 해당 기술에 대한 과거 획득 및 활용 역량과 동시에 기술을 둘러싼 가능여건으로서의 법과 정책체계를 고려할 수 있다.

〈표 3-1〉 조직(또는 기업) 차원에서의 기술 흡수역량 영역 및 지표

영역	특징	지표
획득	i) 기존 투자 여부	위험 감수, 관리 지원, 훈련, R&D 투자
	ii) 기존 지식 여부	지식 레퍼토리, 지식 강화, R&D 부서 내 경험, 직원들이 보유하고 있는 최고학위
	iii) 동기	동기의 수준, 관찰, 배움의 속도
	iv) 지식 습득 및 순환	지식의 순환
동화	기술흡수 이해	해석, 이해, 형식화(formalization)
변환	내재화	재코드화
	전환	기존 사고 및 활동에 대한 도전, 적응력
이용	사용	자원 활용
	이행	핵심 역량

출처: Noblet et al.(2011)의 p.370의 Table 1

11) Ockwell et al. (2008)은 개도국으로의 기술이전 시 고려해야 할 요소들에 대해서 I) 수혜국의 기술적 역량 개발, ii) 이전되는 저탄소기술의 개발 수준(단계), iii) 기술이전계약의 형태, iv) 수혜기업의 혁신에 필요한 기술적 노하우와 지식에 대한 전략적 습득 전략, v) 지적재산권, 그리고 vi) 수혜기업의 흡수 역량과 신기술 리스크에 대해서 언급하였다. 본 원고에서는 이 중에서 국가의 기술적 역량과 기업의 기술적 흡수역량에 대해서 본문에 언급하였다.

12) 이는 신기술 활용과 관련한 스킬을 가지고 있는 인력 보유를 포함한다.

13) 기술소유권이 필요한 이유는 기술 도입 국가가 이전되는 기술을 장기적으로 유지·현대화·향상시키는 데에 필요하기 때문이다.

넷째는 협력대상국이 협력사업을 위한 ‘준비’ 또는 ‘의지’를 보는 접근법이다. 준비도(readiness)는 “사업을 수행하기 위해 필요한 능력, 장애요인, 그리고 장애요인을 극복하기 위한 의지”로 정의될 수 있다(황정아 외, 2021, p.481). 협력 대상국의 기술준비도를 파악 및 분석한 정보는 성공 또는 발전 가능성이 높은 기술협력 사업을 식별하는 데에 유용하게 활용될 수 있다(Wollenberg et al. 2015). 개도국에 대한 지원사업들을 제공하는 국제기구에서 수행하고 있는 준비도 평가 인덱스들은 거버넌스 및 기관(행정효율성, 리더십, 투명성, 안정성 등), 정책 및 규제, 인프라(에너지, 교통 접근성 등), 경제(GDP, 무역 규모 등), 사회(빈곤, 노동, 교육, 성평등, 정보 접근성 등), 환경(온실가스 배출량, 에너지 소비량, 기후변화 취약성 등), 기술재정, 국제협력 등에 대한 항목과 세부 지표들을 가지고 평가를 하고 있다(오수림 외 2021, pp.293-294). 이를 좀 더 발전시킨 연구로써, 기후기술 협력 사업에 특화된 준비도 평가 체계는 세계의 영역으로 구분되고 각 영역은 결정요인들이 설정되어 있다. 먼저, 가능여건 영역에는 i) 거버넌스 및 제도, ii) 정책 및 규제, iii) 시장, iv) 기후변화 시급성 수준, 그리고 v) 인프라 요인들이 분류된다. 다음은 기후재원 접근성 영역으로, 여기에는 i) 재정 시스템 역량과 ii) 사회 준비도 요인이 있다. 그리고 기후기술 협력 역량으로는 i) 기술역량과 ii) 협력역량으로 구분된다. 이는 다음의 <표 3-2>와 같이 정리될 수 있다. 이 분석에 기반한 정보는 협력 대상이 되는 해당 국가가 가지고 있는 전반적인 기술협력 역량에 대한 부분을 다루고 있다. 앞서 언급된 기술흡수 역량을 포함한다는 점에서 이 틀을 활용할 경우, 개도국에 대한 RD&D에 있어서 상당히 포괄적이고 전반적인 정보를 제공해 줄 수 있다고 본다.

<표 3-2> 기후기술협력 준비도 진단프레임워크

영역	결정요인	지표
가능여건	i) 거버넌스 및 제도	UNFCCC 사입, 온실가스 감축 목표 선언, 국가 전략, 담당 부처 및 기관 설립 등
	ii) 정책 및 규제	기후변화 대응 촉진 정책 규정 여부(탄소세, 친환경제품 보조금 등)
	iii) 시장	국가 경제 규모
	iv) 기후변화 시급성 수준	기후변화 취약 분야 평가 및 온실가스 배출 집약도 평가
	v) 인프라 요인	협력사업의 원활한 수행을 위한 도로망, 인터넷 설치 등 측정
기후재원 접근성	i) 재정 시스템 역량	기후재원 활용가능 시스템 측정(국가신용도, 재정건전성, 금융 시스템 등)
	ii) 사회 준비도	기후기술이전 시 향상을 고려할 사회적 요소
기후기술 협력 역량	i) 기술역량	기후기술을 받아들일 수 있는 경험 및 역량
	ii) 협력역량	협력의 경험, 경험으로 축적된 노하우, 협력체계등

출처: 황정아 외(2021)의 pp.485-486의 내용을 토대로 저자 정리

그런데, 상기 근거자료들은 각기 장단점이 존재한다. 첫째, TNA는 해당 국가의 전문가 인터뷰를 통해 기술수요를 가장 명확하게 보여준다는 장점이 있으나, 최신 TNA의 갱신이 시의적절하게 이루어지지 않는다는 단점이 있다. 다만, NDC 정보에 대해서는 갱신이 보다 최신으로 이루어지기는 하나 세부 기술보다는 광범위한 부문으로 이루어진다는 점에서 구체성이 조금 떨어질 수 있다. 둘째, 최신 협력 부문에 대한 정보는 이미 언급된 바와 같이 해당 국가의 협력수요를 경험에 기반하여 협력수요 트렌드를 알 수 있으나 이미 제공된 기술협력을 중복 적용하게 될 수도 있고 과거의 협력이 미래의 협력수요를 그대로 반영하지 않는다는 점에서도 단점이 있다. 셋째, 흡수역량 정보와 관련해서는, 우리가 제공·협력하고자 하는 ‘특정’ 기술을 먼저 확정할 경우, 해당 기술을 도입하고자 하는 국가와 조직/기업의 관련기술의 흡수역량을 평가하고 이에 따라 우선수요를 발굴하는 데에 좋은 분석이 되나, 수요기술 자체를 발굴하려는 차원에서는 조금 광범위한 정보를 파악할 수 밖에 없다. 넷째, 기술 준비도 정보 역시 상당히 종합적인 정보를 제공한다는 점에서는 장점이 있고, 어느 ‘국가’와 협력하는 것이 적절한가에 대해서는 좋은 정보가 될 수 있으나, 특정 국가를 대상으로 어떠한 기술수요가 있는지를 파악하고 협력수요 우선순위를 정하는 데에는 아주 직접적인 정보를 제공하기에는 쉽지 않다는 단점이 있다.

또한, 상기 접근법들은 녹색기술 실증기반의 기술협력 ‘수행자’ 입장에서 볼 때 중요한 ‘비용’의 문제에 대해서 명확한 시그널을 주는 정보의 영역이 미흡하다. 또한, 개도국과의 협력을 고려할 때 장기적인 경제적 호혜를 보장할 수 있는지의 여부에 대한 정량화된 지표 또한 부재하다. 이런 배경으로 경제적 측면에서의 ‘사업비용’과 ‘상호무역’ 등에 대해서 고려할 수 있는 정보를 도출해내는 방법론 확보를 통해 기존 접근법을 보완할 수 있다. 이에, 다음 섹션에서는 근거자료로서 감축비용과 무역지수에 대한 사항을 살펴보도록 하겠다.

## 2. 기술수요 발굴을 위한 신규 접근법

### 2.1. 온실가스 배출 저감 비용

최근 도출된 IPCC 제6차평가보고서에서는 감축 옵션 중에서 톤당 100달러 이하가 소요되는 감축 옵션을 활용하는 것이 2030년까지 2019년 배출량 수준의 절반 이하로 전세계 온실가스 배출량을 줄일 수 있다고 본다 (IPCC 2022, para C.12). 특히, 이 중에서 톤당 20달러 이하가 소요되는 옵션들이 절반 이상을 차지하는데, 여기에 해당되는 옵션들은 태양열, 풍력, 에너지 효율 향상, 자연 생태시스템 전환 감소, 그리고 (석탄 채굴, 석유, 가스, 폐기물 등으로부터의) 메탄 배출 감소 등이 있다 (Ibid., para C.12.1). 물론 상대적인 감축 잠재량 및 비용은 국가마다 다를 수 있다 (Ibid., Figure SPM.7).

IPCC 보고서에서는 2017년에 유엔환경프로그램이 도출한 배출갭 보고서(2017 UNEP Emission Gap Report)를 활용하여 기후기술 분야별로 균등화발전비용(LCOE, levelized cost of energy) 등의 데이터를 활용하여 전세계 수준에서의 이산화탄소 톤당 배출 감축 비용을 도출해냈다. 이는 특정

국가와 ‘기후기술’에 대한 협력을 하고자 할 때, 해당 기후기술 옵션들에 대한 감축비용을 계산하여 톤당 감축비용이 100달러 이하가 소요되는 옵션이 무엇인지 파악하고, 이러한 옵션들 중에서도 보다 낮은 감축비용인 옵션에 우선순위를 적용하여 의사결정에 도움이 될 수 있다. 그런데 앞서 언급된 바와 같이 톤당 100달러 이하가 소요되는 감축옵션에 대한 정보는 ‘국제적’ 레벨로 도출된 결과값이지, ‘국가’ 또는 ‘지역’ 레벨에서 도출된 결과값은 아니다. 따라서, 이를 국가별로 적용해 보는 작업이 필요하다.

## 2.2. 무역 지수

다음은 무역지수이다. 과학기술 R&D에 대한 국제협력이 증가하고 있지만, 현재 종합적 전략이 부재하고, 개별부처나 분야별로 실행되고는 있으나 일회성 계획이 대부분이다. 우리나라의 경우, 국제협력 이행 후 진행되는 성과지표 역시 국제협력 특성을 고려하지 않은 지표인 논문, 특허, 과정지표 등이 주로 적용되고 있다 (KISTEP 2021). 이에, 전략성이나 경제성을 담보할 또다른 객관적 논거로, 협력대상국과의 무역지표, 선진기술 습득 여부, 수출시장 확보, 국제사회 공헌 등의 활용이 중요할 수 있다. 하단의 <표 3-3>에서 보는 바와 같이, 우리나라의 과학기술협력 ‘기술지표’로 특허 수와 논문 수가 있고, ‘과정지표’로써 참여 건수, 취업 건수, 과학기술 국제협력 유형 지표, 국제협력 전개과정 지표, 과학기술국제화 실태 분석 지표, 추진전략 이행지표 등이 활용되고 있고, ‘경제지표’로 외국으로부터의 지원/투자 지표, GDP 대비 투자 지표, 기업 활동, 기술무역 규모 및 구조, 기술협력의 기술 무역 등이 있다 (KISTEP 2022).

한편, 해외의 경우, 하단의 <표 3-4>와 같이, 주로 ‘기술지표’와 ‘경제지표’를 활용하고 있다. 기술지표의 경우, 논문 및 특허에 대해서 공동/합작 결과물에 초점을 맞추는 경향이 있고, 경제지표는 해당 연구 또는 해당 기술을 중심으로 한 투자, 지출, 수출입 등이 지표로 활용되는 경향이다. 특히, 중국의 경우, 중국 과학기술부가 국제과학기술 국제협력 현황을 분석하여 과학통계 보고서를 발간하고 있는데, 이 보고서에는 중국 국내의 특허 출원 및 허가와 국제 합작논문이라는 지표 외에도 하이테크의 수출입 현황 그리고 하이테크 무역에 있어서의 기술분야 분포를 분석하고 이를 보고서로 발간하고 있다.

한국산업기술진흥협회(KOITA)에서는 기술무역 통계조사보고서를 매년 발행하고 있는데, 여기에는 우리나라의 기술무역의 현황으로 규모, 수지, 구조를 시계열로 분석하고 있다 (KOITA 2022).<sup>14)</sup> 따라서, 기술 기반의 무역현황이 RD&D 국제협력의 현황 또는 성과를 분석하는 경제적 지표로서 활용되고 있음을 볼 수 있다. 그런데, 이는 국제협력의 ‘결과’를 평가하기 위한 평가지표로서 활용되는 것이므로 국제협력 전에 어떠한 분야로 또는 어느 국가와 협력을 해야 하는가에 대한 전략을 수립하기 위한 ‘기술’ 기반 무역지표가 활용된 사례는 찾아보기 어렵다. 또한, ‘기후기술’에 특화해서 특정 상대국과의 무역 관계성을 분석한 자료 역시 거의 찾아보기 어렵다. 따라서, 기후기술 RD&D 협력 전략을 수립하는 과정에 무역지표로 무역 경쟁력 지표나 무역 보완성 지표를 활용할 수 있을 것으로 보인다.

14) 여기서 기술무역은 기술 로열티에 대한 정보를 의미한다.

〈표 3-3〉 우리나라의 과학기술협력 수행 후 평가지표 유형 별 적용 현황

기관	지표 적용 현황
한국연구재단 (NRF)	<b>[경제지표]</b> - 외국으로부터의 지원 지표 (대학연구비, 연구과제당 연구비, 성별 연구비, 학문분야별 대학연구비) - 외국으로부터 지원받은 설립형태별 지표 (대학연구비)
KIAT	<b>[과정지표]</b> - 국가별 국제협력 참여 건수 및 비중 추이/ - 부처별 현황 - 해외협력 추이 (부처별, R&D 단계별, 과학기술표준 부류별, 6T 분야별, 연구수행주체별)
KIET	<b>[기술지표]</b> - 연구원 1인당 국제공동특허 수
	<b>[경제지표]</b> - GDP 대비 해외투자 및 외국인 투자 비율 / - GDP 대비 특허 소유권
KISTEP	<b>[기술지표]</b> - 특허수 / 논문수
	<b>[과정지표]</b> - 박사학위 취득자 수 / 이공계의 국외취업계획 여부 / 국외 취업 후 복귀의향
	<b>[경제지표]</b> - 공동연구 해외 투자 금액 / 외국인 투자 수준 / 기업 활동
한국산업기술 진흥협회 (KOITA)	<b>[경제지표]</b> - 기술무역 규모 및 구조 / - 기술협력의 기술무역 / - 기술산업 별 외국인 투자현황
한국과학재단	<b>[과정지표]</b> - 과학기술국제화 실태 분석 지표 및 국제화 추진전략·이행 지표
과학기술정책 연구원 (STEPI)	<b>[과정지표]</b> - 과학기술 국제협력 유형 / - 과학기술 국제협력 전개 과정 - 정부지원 해외연구인력 활용 규모 / - 과학기술 다자간 협력 유형

출처: KISTEP(2022)의 <표 9>의 내용을 토대로, 국제협력 지표만을 분리



〈표 3-4〉 해외의 과학기술협력 수행 후 평가지표 유형 별 적용 현황

기관	지표 적용 현황
미국	<b>[기술지표]</b> - R&D 동향: 미국 동향과 국제 비교 / - 논문 성과: 미국 및 국제 동향 - 초등/중등/이공계 교육 비교 / STEM 인력 비교 - 과학기술에 대한 대중 인식/인지도 등 - 발명, 지식 전달 및 혁신
	<b>[경제지표]</b> - (기업 중심) 기업별 국제 R&D 시설 위치한 국가 관련 설문조사 결과 - 지식 및 기술 집약적 산업의 생산 및 거래
스위스	<b>[기술지표]</b> - 내/외국인 특허출원·등록·유효특허 수 - 노벨상 수상 / 1인당 노벨상 수상자 수 - 과학 연구 수준
	<b>[경제지표]</b> - 고도기술 수출액 / - 고도기술 수출 비율 / - 과학자 및 연구자 유인 매력도
네덜란드	<b>[기술지표]</b> - 논문 영향 지수 (논문 피인용 최상위 1% / 10% 포함 논문 기여도) - 연구분야별 / 대학 및 공공연구 기관 별 논문 인용 지수 - 미국/유럽/국제(삼국 특허 등록 건수) - 국제 공저 논문 비중 및 인용지수
	<b>[경제지표]</b> - 자금원 별 총 연구개발 집중도 (국외자금)
핀란드	<b>[경제지표]</b> - 1인당 GDP 대비 인바운드와 아웃바운드 FDI 비율 - 1인당 GDP 대비 인바운드 GDI 비율 - 1인당 GDP 대비 기업 R&D 지출의 해외 자금 비중
EU	<b>[기술지표]</b> - 특허-미국특허청 등록 건수 - EU 회원국 간 의 공동특허 비중 / EU 회원국과 비회원국 간 공동특허 비중 - 특허 개발자 거주 국가에 따른 특허 인용 건수
	<b>[경제지표]</b> - R&D 지출 자금 출처 (해외자금 비중)
중국	<b>[기술지표]</b> - 중국 국내의 특허출원 및 특허 허가 - 국제합작논문
	<b>[경제지표]</b> - 하이테크 수출입 현황 / - 하이테크 무역 기술분야 분포
일본	<b>[기술지표]</b> - 연구개발 산출물 / - 연구개발 인력 / -고등교육과 과학기술인력
	<b>[과정지표]</b> - 글로벌 인재배치 / -해외에서 외국인재 채용 / -일본내에서 외국인 채용
	<b>[경제지표]</b> - 연구개발비 / - 과학기술과 혁신

출처: KISTEP(2022)의 &lt;표 8&gt;의 내용을 토대로, 국제협력 지표만을 분리

### 2.3. 분석틀: 에너지 부문 감축기술 옵션 중심

신규 접근법을 적용하기 위해, 먼저 대상국으로 인도네시아를 선정하였다. 2023년은 한국과 인도네시아가 수교를 맺은 지 50주년이 되고, 2006년 ‘전략적 동반자 관계’ 수립을 통해 포괄적 협력을 진행해 왔고, 2017년 ‘특별 전략적 동반자 관계’로 협력대상의 위상을 높였다(최인아 외 2022). 특히, 미-중 기술패권 경쟁, 우-러 전쟁 이후의 국제 공급망 재편 속에서 인도네시아의 위상이 높아졌다(Ibid.), 그리고 우리나라 정부의 아세안 기업과의 기술협력 강화를 위한 노력들을 토대로,<sup>15)</sup> 인도네시아를 대상으로 선정하였다.

분석 부문으로는 녹색기술에 많은 분야가 있으나 데이터 확보 및 조정 작업에 많은 시간과 노력이 예상되는 바, IPCC 제6차평가보고서에 따라 ‘에너지 부문’의 감축기술로 한정하고자 한다. 동 부문에 속하는 세부 감축기술로는, i) 풍력, ii) 태양 발전(태양열/태양광), iii) 원자력, iv) 바이오 에너지,<sup>16)</sup> v) 수력, vi) 지열, vii) 이산화탄소 포집 및 저장(CCS, carbon capture & storage), viii) 바이오에너지 탄소포집 및 저장(BECCS, bioenergy with CCS), ivv) 석탄채굴에서 메탄 배출 저감, vv) 석유 및 가스 운영으로부터 메탄 저감으로 설정하였다.<sup>17)</sup> 그리고 인도네시아와의 최근 양자협력 회의를 통해 확인한 관심분야인 폐기물 에너지화(Waste to energy)를 추가하였다.<sup>18)</sup>

기술수요 파악 및 발굴을 위한 접근법으로는 기존 접근법과 신규 접근법을 모두 시도해 보고자 한다. 먼저, 기존 접근법으로는 먼저 인도네시아 TNA 보고서와 인도네시아 2030 NDC 문서에 도출된 기술수요를 정리하고, 다음으로는 기존의 협력 현황으로 인도네시아가 MDB를 통해 수행한 기술협력 활동과 인도네시아 CPS 차원에 포함된 기술협력 활동을 파악한다. 그리고 기존 접근법인 기술 흡수역량 및 기술준비도에 대한 내용의 경우, 인도네시아를 대상으로 도출된 데이터가 에너지 부문으로 따로 존재하지 않는 바, 동 연구에서는 이 접근법들은 다루지 않는 것으로 하였다. 다음으로, 신규 접근법으로는 먼저 인도네시아의 에너지 부문 감축기술에 기반한 ‘저감사업 비용’을 도출하고, 다음으로는 에너지 부문 감축기술에 대한 인도네시아-우리나라 간의 ‘무역 경쟁력’과 ‘무역 보완성’ 지표를 도출한다. 그리고, 이의 결과를 종합적으로 활용하여 기술수요를 파악하고 우선순위화 하였다. 동 연구에서 신규 접근법에 해당하는 내용에 대해서는 분석틀에서 내용을 따로 언급하지 않고, 분석 파트에서 그 접근 방식을 설명하면서 값을 도출해내는 형식을 취하고자 한다.

15) 과학기술정보통신부는 한-아세안 과학기술협력센터를 수립(‘19.12)하고 한국과 아세안 간의 전략적 과학기술/ICT 협력 및 네트워크 구축을 추진해 왔다(KISTEP 2021). 산업통상자원부는 2022년 「한-아세안 공동 시장진출 R&D 업무 협약식」을 개최하였다(KDI 2022).

16) 산업폐수 또는 유기성 폐기물에서 나오는 바이오가스 활용

17) IPCC(2022)의 pp.1254-1256의 표 12.3 상의 에너지 부문 감축 옵션 리스트이다.

18) 예를 들어, MSW-도시 고형 폐기물을 에너지화하는 내용을 포함한다.

## 제 2 절 기존 및 신규 접근법 적용

### 1. 사례연구: 인도네시아

#### 1.1. 기존 접근법

##### 1.1.1 수요정보: TNA 및 NDC

인도네시아의 TNA 보고서는 2012년에 발간된 인도네시아의 기후변화 완화 TNA 보고서에 기반을 두고 있다 (Indonesia 2012). TNA 보고서 상에서, 인도네시아의 에너지 분야 기술수요는 열병합 발전(combined heat and power)으로 축열식 공기연소 시스템(regenerative burner combustion system)을 도입하는 것이 포함되었다. 또한, 태양광(solar PV)이 포함되었다. 한편 TNA 보고서를 토대로, UNEP DTU Partnership(UDP)가 2020년에 정리한 인도네시아의 에너지 분야 기술수요로는 바이오 에너지 분야의 저고형 혐기성 분해(low-solid anaerobic digestion) 기술, 열병합 발전의 축열식 공기연소 시스템, 그리고 태양광이 포함되었다. 사실, 열병합 발전 부분의 기술은 ‘화석연료 발전’의 발전효율을 높이는 기술인 바, IPCC 보고서 분류체계 상 에너지 부분의 감축기술로는 포함되지 않는다.

다음으로 TNA의 이행 강화를 위해 국가결정기여(NDC) 간의 연계 측면에서 강조되고 있는 바, 인도네시아의 NDC를 살펴보고자 한다. 인도네시아는 2022년 9월에 NDC 갱신본을 UNFCCC 사무국에 제출하였다. 동 갱신본에 의하면 인도네시아는 2030년 BAU 배출량을 기준으로 무조건부로 29%, 재정지원이 수반되는 조건부로는 41%를 감축하겠다는 계획을 담고 있다 (Indonesia 2022, p.1). 또한 동 NDC에는 이러한 목표를 어떻게 달성할 것인지 배출부문별 전략이 함께 소개된다. IPCC 가이드라인에 따라 구분된 배출부문은 에너지, 폐기물, 산업(IPPU, industrial process and product use), 농업, 지이용·토지이용변화(LULUCF, land use, land use change and forestry)이다 (Ibid., p.14). 각 부문의 주요 감축 전략은 다음의 <표 3-5>와 같다.

<표 3-5> 인도네시아 NDC 상의 부문별 온실가스 감축 전략

배출부문	전략/옵션
에너지	<b>재생 에너지</b> (추가 재생에너지, 태양광 루프탑 등, 바이오연료, 혼소, 바이오매스 활용 등)
	<b>에너지 효율</b> (에너지 관리, 에너지효율 설비, 전기차, 가로등 램프, 인덕션 전기 스토브)
	<b>저탄소 배출 연료</b> (석유 연료 교체, 등유/케로신 LPG 전환, 공공교통에 CNG 활용, 가스 파이프라인 네트워크 확대)
	<b>청정 석탄기술 및 가스 발전소</b>
	<b>광산 매립 이후 (post mine reclamation)</b>

배출부문	전략/옵션
LULUCF	온실가스 저배출 작물 재배
농업	농축산업 수자원 관리
	유기비료
	비료관리와 바이오가스
	가축 식량 보조제
폐기물	매립가스(LFG) 회수 증진 및 활용
	폐기물 활용 증진(퇴비, 재활용)
	폐기물 발전(PLTSa) 및 RDF 실행
	2060년 폐기물 활용을 매립에서 제로 매립으로 전환
	산업 폐기물 관리
산업	시멘트 산업
	암모니아 공장 (천연가스 소비 집약도를 줄이기 위한 암모니아 공장 활성화 프로젝트, 암모니아 공장 개조)
	알루미늄 산업(PFCs 저감)
	질산 산업
	철강산업 CO <sub>2</sub> 회수 증진

출처: 인도네시아 NDC Indonesia(2022)

NDC 상에 나타난 다양한 감축 전략 중, 에너지 부문의 ‘재생에너지’와 폐기물 부문의 ‘폐기물 발전(PLTSa, Pembangkit Listrik Tenaga Sampah) 및 폐기물 재생연료(refuse-derived fuel) 활용’은 직접적인 재생에너지 활용에 대한 내용이라고 할 수 있다.<sup>19)</sup> 따라서 이는 인도네시아의 기술수요 중 에너지가 유의미한 비중을 차지한다는 것을 알 수 있다.

### 1.1.2 활동정보: MDB 및 CPS

#### 1.1.2.1 MDB

국제개발은행의 경우, 세계은행과 아시아개발은행을 중심으로 인도네시아의 에너지 부문 지원 사업 내용을 살펴보았다. 세계은행의 경우, 풍력 (WB 2022), 수력 (WB 2019a), 지열에너지 (WB 2021a), 바이오가스 (WB 2009; 2013) 개발 사업이 진행되었다. 다만, 바이오가스의 경우, 2009년과 2013년에 진행된 바, 최신으로 진행되고 있지는 않음을 알 수 있다. 그리고 CCS 기술에 대해서는 현재 역량배양 프로그램들이 진행되고 있다 (WB 2015a).

19) 에너지 부문의 ‘청정화력 기술 도입’ 역시 에너지 공급 부문의 감축 전략이기는 하나, IPCC의 감축기술 분류체계 상 명확하게 에너지 부문으로 분류가 되지 않는다.

한편, 아시아개발은행의 경우, 풍력 (ADB 2019a), 태양광 (ADB 2018a), 지열 (ADB 2018)에서는 사업 레벨에서 재정지원이 이루어졌다. 그리고, 바이오 에너지를 위한 바이오매스 활용에 대한 역량배양 사업(ADB 2016)과 CCS 기술에 대한 기술지원 (일종의 역량배양) 사업(ADB 2020)이 이루어졌다. 이에 대한 내용은 다음의 <표 3-6>과 같이 정리될 수 있다.

<표 3-6> 세계은행 및 아시아개발은행의 인도네시아 에너지 지원사업

구분	사업 분야
세계은행	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (사업) 풍력, 수력, 지열, 바이오가스</li> <li>- (역량배양 프로그램) CCS</li> </ul>
아시아개발은행	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (사업) 풍력, 태양광, 지열</li> <li>- (역량배양 프로그램) 바이오에너지, CCS</li> </ul>

### 1.1.2.2 CPS

국가협력전략(CPS)은 우리나라가 협력하고자 하는 개별 중점협력국에 대한 지원 목표, 중점협력분야 및 지원 계획 등을 담은 중장기 공적개발지원지원 전략이다 (Korea 2023). CPS는 중점협력국을 대상으로 하며, 여기에 포함된 인도네시아의 경우, 우리나라와 인도네시아 간의 2021-2022 기간 중 양자 ODA 협력 현황을 토대로 보면, 무상지원 차원에서 기재부 예산으로 한-인나-동티모르 태양광 에너지 접근성 향상 사업 (2020-2024), 산자부 예산으로 인도네시아 태양광 활용 전기 이륜차 마스터플랜 수립 및 역량 강화 (2021-2025), 국토부 예산으로 저탄소 통합폐기물관리 적정기술 거점센터 구축 (2019-2022)이 이루어지고 있다 (Interagency 2021, p.). 해당되는 에너지 기술 분야로는 태양광, 바이오매스 기반 바이오 에너지, 그리고 폐기물 에너지화이다. 이는 다음의 <표 3-7>과 같이 정리될 수 있다.

<표 3-7> 인도네시아 CPS 상의 에너지 협력 중점분야

분야	내용
태양광	(기재부) 한-인나-동티모르 태양광 에너지 접근성 향상 사업 (2020-2024)
태양광	(산자부) 인도네시아 태양광 활용 전기 이륜차 마스터플랜 수립 및 역량 강화 (2021-2025)
바이오에너지 및 폐기물 에너지화	(국토부) 저탄소 통합폐기물관리 적정기술 거점센터 구축 (2019-2022)

## 1.2. 신규 접근법

### 1.2.1 온실가스 저감 사업 비용

동 섹션에서는 온실가스 감축을 위한 에너지 기술들을 적용할 때의 톤당 저감비용을 계산하고자 한다. 이를 위해, 크게 세 가지 단계의 접근이 필요하다. 첫째, 각각의 에너지 감축기술에 대해 2030년도 에너지 ‘비용’을 계산한다. 둘째, 각각의 에너지 감축기술에 대한 ‘배출 저감 잠재량(emission reduction potential)’을 계산하였다. 셋째, 각 에너지 기술별 비용을 각 에너지 기술별 배출저감 잠재량으로 나누어, 1 tCO<sub>2</sub>를 저감하는 데 소요되는 비용을 도출할 수 있다. 이를 구체적으로 적용한 과정은 다음과 같다.

첫째, 각각의 에너지 감축기술에 대해 2030년도 에너지 ‘비용’을 계산하는 것이다. 이는 크게 두 가지 접근법이 있다. 하나는 IPCC 제6차 평가보고서 제3실무그룹 보고서 제12장에서 활용하고 있는, 전지구 수준의 ‘균등화발전비용(LCOE, levelized cost of energy)’을 활용하여 비용을 계산한 접근법을 적용하는 것이다.<sup>20)</sup> 국가 평균으로 구한 LCOE의 2030년 전망치를 에너지 감축 기술을 적용 시 잠재적 비용을 계산하는 데 활용하는 것이다. 다른 하나는 개별 에너지 감축기술 별로 최신 ‘사업 비용 데이터’를 활용하는 것이다.

전자의 접근법을 활용하는 경우, 일차적으로, LCOE 값을 도출해야 한다. LCOE는 해당 기술이 적용되는 지역 상황, 베이스라인 배출량, 활용되는 특정 감축기술에 따라서 다양성이 존재한다. 따라서 개별 국가 정보를 활용해야 하는데, 인도네시아의 LCOE 추정치는 필수서비스 개혁연구소(IESR, Institute for Essential Services Reform)에서 제공한 2030 인도네시아 에너지 감축기술 데이터에 기반한다. 다음으로, 2030년의 최적(optimal) 시나리오와 저탄소(low carbon) 시나리오 각각에 포함된 전력생산 유형에 따른 전력생산량을 계산한다. 이를 위해, 인도네시아 전력공사(PLN, State Electricity Company of Indonesia)가 전력공급 비즈니스 계획(2021-2030) 하에서 발간한 미래 전력생산 계획을 활용한다.<sup>21)</sup> 여기서, ‘최적 시나리오’는 인도네시아의 2030 NDC 목표 달성을 위해 현재 인도네시아가 실행하고 있는 에너지 최적 시나리오로써, 동 시나리오의 핵심은 2030년까지 전기출력 445 GW를 달성하는 것이며, 이를 위해 2025년까지 전체 에너지에서 재생에너지 비율을 23%로 하는 기술 최저비용을 달성하는 계획이다. 다른 기술과 비교했을 때 가장 적은 비용을 활용해야 하므로 석탄발전이 전체 에너지의 64%를 차지한다.

한편, ‘저탄소 시나리오’ 역시 최적 시나리오 상의 2025년까지 재생에너지 비율 23%를 동일한 목표로 설정하고 있다. 그러나 동 시나리오의 핵심은 바이오매스와 천연가스(LNG 포함)의 혼소(co-firing) 기술을 도입하는 것이다. 이를 통해 석탄발전소의 비중을 2030년에 64%에

20) IPCC는 전지구 단위의 분석이기는 하나, 엄밀히 말하자면 모든 국가의 LCOE 데이터를 활용하지는 않았으며, 실제로는 전 세계 4개 지역인 아시아(중국), 아시아(인도), 유럽, 북미의 데이터에 기반하고 있다. 비록 전세계 모든 국가 데이터를 활용한 것은 아니지만, 상기 4개 지역이 충분히 대표성을 갖는다는 전제하에 진행되었다 (IPCC, 2022, SM 12.A.2).

21) 인도네시아의 전력 비즈니스 계획(Electricity Business Plan)은 RUPTL로 불린다.

서 58%로 낮추는 것이다. 부족한 자료는 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)의 데이터를 활용하였다. 그리고, LCOE 값과 두 개 시나리오 상의 전력생산량을 곱한다. 마지막으로, 저탄소 시나리오 상의 LCOE×전력생산량에서 최적 시나리오 상의 LCOE×전력생산량 값을 뺀다. 이를 정리하면 하단의 <표 3-8>과 같이 정리된다.

<표 3-8> 인도네시아 에너지 감축기술 비용 계산 접근법

항목	근거자료
인도네시아 에너지 감축기술 별, LCOE 추정치 계산	필수서비스개혁연구소의 2030 인도네시아 에너지 감축기술 데이터
시나리오 별, 2030 전력생산량 계산 (저탄소 시나리오 및 최적 시나리오 기반)	인도네시아 전력공사의 전력공급 비즈니스 계획(2021-2030)
LCOE × 전력생산량 (저탄소 시나리오 및 최적 시나리오 각기)	-
에너지 감축기술 별 적용비용 =저탄소 시나리오 상의 LCOE×전력생산량 - 최적 시나리오 상의 LCOE×전력생산량	-

후자인 개별사업별 자본비용의 경우, 초기 발전설비 건설에 들어가는 자본비용을 설정하고 자 한다. 물론 전체 비용에는 초기 발전설비 건설에 들어가는 자본비용(capital cost)이 있고, 이후 연간 소요되는 자본지출(CAPEX, capital expenditure)과 운영지출(OPEX, operating expense), 그리고 연료비용까지 포함되어야 한다. 그런데, 이번 연구에서는 자본비용과 자본지출 정보는 있으나, 운영지출 정보는 부재한다. 또한, 자본지출 비용이 자본비용에 비해 매우 낮다. 이에 동 연구에서는 ‘자본비용’을 사업비용으로 같음한다. 인도네시아 에너지 감축기술의 자본비용을 도출하기 위해서 Enerdata의 데이터를 활용하였고, 해당 비용이 없는 경우 아시아태평양 지역의 평균 자본비용으로 대체하였다.

상기 내용에 따라, 인도네시아의 에너지 감축기술을 적용했을 때의 비용을 계산하면 다음의 <표 3-9>과 같다. 먼저, 개별사업별 자본비용을 일차적으로 기입하였다. 그리고, LCOE를 활용하여, 저탄소 시나리오와 최적 시나리오 상의 에너지 감축기술의 잠재적 비용을 계산하였다. 동 표에 따르면, 개별 사업별 자본비용에서는 ‘수력’이 가장 높고, 그 다음이 지열이며, 그 다음이 바이오에너지이다. 태양광/태양열 에너지 감축기술의 비용이 가장 낮은 것으로 나타났다. 한편, 저탄소 시나리오 상의 LCOE에 따르면, 지열발전 기술 비용이 가장 높으며, 수력의 비용도 상당히 높은 것으로 나타났고, 풍력 비용이 가장 낮은 것으로 나타났다. 최적 시나리오 상의 LCOE에 따르면, 역시 지열발전 기술 비용이 가장 높으며, 그 다음으로 높은 것이 수력발전이고, 태양광/태양열 비용이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그리고, 저탄소 시나리오 상의 LCOE에서 최적 시나리오 상의 LCOE를 뺀 값이 가장 오른 쪽 열에 표기되어 있다. 플러스 값의 경우, 에너지 감축기술에 대한 투자가 더 필요하다. 마이너스 값의 경우, 전체 에너지 감축기술 포트폴리오 상 해당 감축기술의 비중이 더 줄어든 것으로 이해할 필요가 있다.

〈표 3-9〉 인도네시아 에너지 감축 기술 적용 시 비용

	항목	개별 사업별 자본비용 (Thousand USD/MW <sup>22)</sup> )	(저탄소 시나리오) LCOE 기반 2030 비용 (USD M)	(최적 시나리오) LCOE 기반 2030 비용 (USD M)	기술비용 =저탄소 시나리오 -최적 시나리오 (USD M)
i)	풍력	1,886	133.0	188.3	-55.27
ii)	태양광/태양열	1,293	214.7	92.1	122.7
iii)	원자력	1,988	-	-	-
iv)	바이오에너지	3,500	984.1	137.1	846.97
v)	수력	5,142	1,701	1,770	-69.64
vi)	지열	3,862	2,116	2,506	-390.4
vii)	CCS	4,772*	-	-	-
viii)	BECCS	-	-	-	-
ivv)	석탄채굴에서 메탄 배출 저감	-	-	-	-
vv)	석유 및 가스 운영으로부터 메탄 배출 저감	-	-	-	-
vvi)	폐기물 에너지화	4,430	255.7	255.7	0

\* 아시아·태평양 지역 평균 자본비용 삽입

둘째, 각각의 에너지 감축기술에 대한 ‘배출저감 잠재량(emission reduction potential)’을 계산하였다. 이는 2030 인도네시아의 전기생산 확대 계획에 대한 두 가지 시나리오인 ‘최적 시나리오’와 ‘저탄소 시나리오’ 간의 차이를 기반으로 계산되었다. 이 역시, IPCC 제6차 평가보고서의 접근법을 활용한 것으로, 제3실무그룹보고서 제12장에서는 잠재 배출 감축량을 ‘기준 시나리오(reference scenario)’상의 배출량과 ‘배출저감 시나리오(emission reduction scenario)’상의 배출량 간의 차이로 계산한다.<sup>23)</sup> 인도네시아에 이를 적용할 때에는 ‘최적 시나리오’는 2030 전력공급량을 445GW로 설정하고 있다. 그리고 ‘저탄소 시나리오’는 최적 시나리오와 비교할 때 재생에너지와 천연가스의 지분을 각기 183%와 22%로 증대시키는 것에 목적을 두고 있다.<sup>24)</sup>

다음으로, 인도네시아의 저탄소 시나리오 상에서의 각 에너지 감축기술 별 2030 전기생산량을 기입하였다. 이후, 각 옵션에 배출계수(emission factor)를 적용하였다. 이는 인도네시아의 각 전력 발전소 사후(ex-post) 통합 마진(CM, combined margin) 값을 활용하였다.<sup>25)</sup> 이 배출계수

22) MW는 전력의 크기를 표시하는 단위로, 발전설비의 설비용량을 나타낸다.

23) IPCC 보고서에서는 기준 시나리오로 국제에너지기구(IEA)가 발간한 2019년 세계 에너지 전망(World Energy Outlook)의 ‘현재 정책 시나리오(Current Policy Scenario)’에 기반하고 있다. 반면 저탄소 시나리오의 경우 유엔환경계획(UNEP)이 발간한 2017년 배출격차보고서(Emissions Gap Report)에서 분석한 2030년 발전 전망을 활용한다 (IPCC, 2022, SM 12.A.2). 이는 UNEP의 접근법이 다양한 문헌에 근거해 불확실성 범위를 잘 보여주고 있기 때문으로 사료된다.

24) 여기에서 활용한 인도네시아의 최적 시나리오 및 저탄소 시나리오는 2030년 전력생산량을 동일하게 설정한 후 전력믹스에만 차이를 두고 있기 때문에 엄밀히 말하면 IPCC에서 배출저감 잠재량 계산에 활용한 시나리오와 차이가 있다. 그러나 인도네시아의 국가 특성 및 가용가능한 정보를 고려하여 이 두 시나리오를 통해 잠재량을 계산하였다.

25) 이는 Jawa-Madura-Bali 송전망 네트워크(DJAMALI, Jawa-Madura-Bali Transmission Network) 하에서 2019년 인도네시아 광물자원에너지부(Ministry of energy and mineral resources)가 발간하였다.



적용 시, 바이오에너지, 수력, 지열, 그리고 폐기물 에너지화 기술에 ‘석탄 배출계수’인 0.87 tCO<sub>2</sub>/MWh를 대입하였다. 이는 이러한 기술을 적용함으로써 석탄화력발전소로부터의 배출량을 회피하였다는 가정에 기반한다. 그리고, 풍력과 태양광에 대해서는 0.03 tCO<sub>2</sub>/MWh의 값을 대입한다.<sup>26)</sup> 이 값은 석탄발전의 배출계수인 0.87에서 태양열/광 및 풍력의 배출인자인 0.84를 뺀 값이다. 이러한 배출계수 값은 MEMR Indonesia(인도네시아 에너지자원부)의 2019년 전기 시스템의 온실가스 배출계수에 기반하고 있다 (MEMR 2019). 즉, 0.03tCO<sub>2</sub>/MWh의 배출인자 차액만큼 배출이 저감되었다는 것을 의미한다.<sup>27)</sup> 이에, 전기생산량과 배출계수를 곱한 값으로 배출저감 또는 배출회피 잠재량이 도출된다. 이를 통해, 저탄소 시나리오 상 배출저감/회피 잠재량을 계산한다. 동일한 방식으로 최적 시나리오 상 배출잠재량을 계산한다.

상기 데이터를 근거로, 2030년 배출저감 잠재량을 <표 3-10>과 같이 계산한다. 이때, 실제 배출인자가 있는 풍력과 태양광에 대해서는 최적 시나리오 상의 배출량에서 저탄소 시나리오 상의 배출량을 뺀 값이다. 그런데, 배출계수가 없어 석탄발전소의 배출인자를 적용한 바이오에너지, 수력, 지열, 그리고 폐기물 에너지화 기술의 경우에는, 저탄소 시나리오 상의 배출량에서 최적 시나리오 상의 배출량을 뺀 값이다. 눈여겨볼 점은 CCS가 가장 높은 배출저감/회피잠재량을 가지고 있고, 그 다음으로 바이오 에너지가 높은 배출저감/회피잠재량을 가지고 있다.

<표 3-10> 인도네시아 에너지 감축기술 기반 온실가스 배출감축 잠재량

	감축기술	저탄소 시나리오			최적 시나리오 배출 저감/회피 잠재량 (MtCO <sub>2</sub> )	2030년 배출저감 잠재량* (MtCO <sub>2</sub> )
		2030 전기생산 (MWh)	배출계수 (CM Ex-post) (tCO <sub>2</sub> /MWh)	배출 저감/회피 잠재량 (MtCO <sub>2</sub> )		
i)	풍력	2,181,000	0.03	0.07	0.09	-0.03
ii)	태양열/ 태양광	6,135,000	0.03	0.18	0.08	0.11
iii)	원자력	-	-	-	-	-
iv)	바이오 에너지	16,132,000	0.87	14.03	1.96	12.08
v)	수력	42,516,000	0.87	36.99	38.5	-1.51
vi)	지열	36,485,000	0.87	31.74	37.6	-5.86
vii)	CCS**	-	-	-	-	25-33
viii)	BECCS***	-	-	-	-	2.2
ivv)	석탄채굴 메탄 배출저감***	-	-	-	-	0.003

26) 인도네시아는 석탄발전 외에도 태양 및 풍력에너지의 배출계수는 발표하고 있으나, 기타 재생에너지(바이오에너지, 수력 등)의 배출계수는 발표하고 있지 않다. 우리나라의 경우 화석연료의 배출계수와 발전시스템 전반의 배출계수(0.44)는 발표하고 있으나, 개별 재생에너지원의 배출계수는 발표하고 있지 않다.

27) 그런데 IPCC 보고서에서는 재생에너지 발전원이 석탄/가스 화력발전을 대체하는 효과만 고려하고 있다. 따라서, 풍력/태양광에 대해서도 0.87을 대입하여 계산해 보는 것도 논리적으로 적절할 수 있으며, 이에 대한 시도도 필요할 것으로 보인다.

	감축기술	저탄소 시나리오			최적 시나리오	2030년 배출저감 잠재량* (MtCO <sub>2</sub> )
		2030 전기생산 (MWh)	배출계수 (CM Ex-post) (tCO <sub>2</sub> /MWh)	배출 저감/회피 잠재량 (MtCO <sub>2</sub> )	배출 저감/회피 잠재량 (MtCO <sub>2</sub> )	
vv)	석유 및 가스운영 메탄 배출저감***	-	-	-	-	0.02
vvi)	폐기물 에너지화****	1,596,000	0.87	1.39	1.39	0.00
	총합*****			84.40	79.6	<b>4.79</b>

\* 배출저감 잠재량 계산: 최적시나리오 상 배출잠재량 - 저탄소 시나리오 상 배출잠재량

\*\* 데이터는 IESR(2022)에 기반하여, 자체 계산 없이 바로 기입

\*\*\* 데이터는 Sutrisno et al. (2021)에 기반하여, 자체 계산 없이 바로 기입

\*\*\*\* 데이터는 GMI (2023)에 기반하여 기입

\*\*\*\*\* 총합 결과는 CCS, BECCS, CH<sub>4</sub> 부분을 제외하고 합산한 결과

셋째, 최종적으로 에너지 감축기술 별 감축비용을 계산한다. 감축비용은 에너지 분야 감축 기술 별로 이를 적용했을 때의 비용을 배출저감량으로 나누어, 각 기술을 활용할 때 1 tCO<sub>2</sub>를 감축하는 데 소요되는 비용을 도출할 수 있다. 즉, 이를 식으로 표현하면 다음 (식 3-1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{감축비용} = \frac{(\text{저탄소})\text{비용} - (\text{최적})\text{비용}}{(\text{최적})\text{배출량} - (\text{저탄소})\text{배출량}} \quad (\text{식 3-1})$$

이에 기반한 값은 다음의 <표 3-11>과 같다. 풍력과 태양광·태양열에 배출계수 0.03을 적용하여 도출한 값에 따르면, ‘수력’의 온실가스 톤당 감축비용(\$46.11)이 가장 낮고, 이후 ‘지열(\$66.62)’이 낮고, 다음이 ‘바이오 에너지(\$70.11)’이다. 이는 모두 톤당 100달러 이하의 값을 가지고 있다. 그런데, 배출계수 0.03를 적용한 풍력과 태양광·태양열의 감축비용이 천 달러가 넘어가며 상당히 많은 차이를 보이고 있다. 이에, 풍력과 태양광·태양열에 별도의 배출계수가 아니라, 모든 기술에 0.87의 배출계수를 통일하여 적용해 보는 작업이 필요하다고 판단하였다. 풍력과 태양광·태양열에 배출계수 0.87을 적용하여 석탄발전을 대체하는 방식으로 도출한 값은 <표 3-12>와 같다. 이 표에 따르면, 모든 옵션들이 톤당 100달러 이하의 감축비용을 보여주고 있다. 이에, 모든 에너지 감축기술에 대한 배출계수가 각기 도출되지 않았다면, 모든 감축기술에 석탄발전의 배출계수인 0.87을 대입하는 것이 적절할 것으로 보인다. 이를 대입하여 도출된 감축비용 값을 볼 때, 낮은 감축비용 순서대로 나열하면, ‘태양광’의 감축비용(\$38.46)이 가장 낮고 그 다음으로 ‘수력(\$46.12)’이 낮으며, 이후로는 ‘풍력(\$63.53)’, ‘지열(\$66.62)’, ‘바이오에너지(\$70.11)’ 순이다.

〈표 3-11〉 에너지 감축 기술 적용 시 감축비용(풍력/태양력 배출계수 0.03 적용시)

	항목	LCOE 기반 2030 비용 (저탄소-최적 시나리오 상) (USD million)	2030 배출저감 잠재량 (MtCO <sub>2</sub> )	감축비용 (USD/tCO <sub>2</sub> )
i)	풍력	-55.27	-0.03	1,856.67
ii)	태양광/태양열	122.7	0.11	1,115.45
iii)	원자력	-	-	-
iv)	바이오에너지	846.97	12.08	70.11
v)	수력	-69.64	-1.51	46.12
vi)	지열	-390.4	-5.86	66.62
vii)	CCS	-	-	-
viii)	BECCS	-	-	-
ivv)	석탄채굴에서 메탄 배출 저감	-	-	-
vv)	석유 및 가스 운영으로부터 메탄 배출 저감	-	-	-
vvi)	폐기물 에너지화*	0	0	n.a.

\* 폐기물 에너지화 기술은 인도네시아 상황 고려 시, 시나리오에 따른 설치 계획 변동이 없어 다른 미래경로를 취하더라도 변화가 발생하지 않아 감축비용을 계산할 수 없다.

〈표 3-12〉 에너지 감축 기술 적용 시 감축비용(배출계수 0.87로 통일)

	항목	LCOE 기반 2030 비용 (저탄소-최적 시나리오 상) (USD million)	2030 배출저감 잠재량 (MtCO <sub>2</sub> )	감축비용 (USD/tCO <sub>2</sub> )
i)	풍력	-55.27	-0.87	63.53
ii)	태양광/태양열	122.7	3.19	38.46
iii)	원자력	-	-	-
iv)	바이오에너지	846.97	12.08	70.11
v)	수력	-69.64	-1.51	46.12
vi)	지열	-390.4	-5.86	66.62
vii)	CCS	-	-	-
viii)	BECCS	-	-	-
ivv)	석탄채굴에서 메탄 배출 저감	-	-	-
vv)	석유 및 가스 운영으로부터 메탄 배출 저감	-	-	-
vvi)	폐기물 에너지화*	0	0	n.a.

\* 폐기물 에너지화 기술은 인도네시아 상황 고려 시, 시나리오에 따른 설치 계획 변동이 없어 다른 미래경로를 취하더라도 변화가 발생하지 않아 감축비용을 계산할 수 없다.

〈표 3-12〉의 인도네시아의 에너지 감축기술 적용시 톤당 감축비용을 IPCC 보고서의 감축비용 범주와 비교하면 다음의 〈표 3-13〉과 같다.<sup>28)</sup> 인도네시아의 에너지 감축기술들은 대부분 IPCC 보고서에서 도출한 범위 안에 위치하고 있어, 에너지 감축기술 적용시 국제적인 감축비용 트렌드를 따르고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 풍력발전의 경우 IPCC 보고서에서는 감축비용 상단을 50 USD/tCO<sub>2</sub>로 분석하였으나, 인도네시아의 풍력발전 감축비용은 63.53 USD/tCO<sub>2</sub>로 IPCC에서 제시한 비용 범주를 초과하는 것으로 나타났다. 태양광·태양열의 경우, 인도네시아의 감축비용(38.46 USD/tCO<sub>2</sub>)은 IPCC의 비용 범주(<0~100 USD/tCO<sub>2</sub>) 안에 위치하기는 하나, IPCC는 대부분의 태양광 및 태양열의 감축비용이 ‘<0 USD/tCO<sub>2</sub>’ 라고 명시하고 있다는 것을 고려할 때 인도네시아의 비용은 상단 근처라고 볼 수 있다. 태양광 비용의 경우, 국제에너지기구(IEA)는 인도네시아에서 태양광의 비용이 아직 높은 점이 보급의 장애요인이기는 하나, 그 가격이 급격히 경쟁력을 갖추고 있고 공사기간이 전통적인 발전원보다 훨씬 짧아 인도네시아에서의 보급이 훨씬 활발해질 것으로 분석하였다 (IEA, 2022, p. 6). 일반적으로 에너지 기술의 경우 최근 보급량이 급격히 증가하며 규모의 경제와 경험효과를 통해 가격이 급격히 하락하는 특성을 보인다 (IPCC, 2022, SPM B.4). 따라서 인도네시아 역시 재생에너지 발전 기술의 보급이 가속화됨에 따라 비용 역시 급격히 경쟁력을 갖출 것으로 예상된다.

〈표 3-13〉 IPCC에서 도출한 에너지 기술의 감축비용 및 인도네시아의 감축비용

	항목	인도네시아의 감축비용 (USD/tCO <sub>2</sub> )	IPCC 감축비용 범위 (USD/tCO <sub>2</sub> )	범위 상 인도네시아 위치
i)	풍력	63.53	<0 ~ 50 (대부분 <0)	범위 상단보다 큼
ii)	태양광/태양열	38.46	<0 ~ 100 (대부분 <0)	범위 내 (상단 근처)
iii)	원자력	—	<0 ~ 200	—
iv)	바이오에너지	70.11	50 ~ 200	범위 내
v)	수력	46.12	0 ~ 100	범위 내
vi)	지열	66.62	0 ~ 100	범위 내
vii)	CCS	—	50 ~ 200	—
viii)	BECCS	—	50 ~ 200	—
ivv)	석탄채굴에서 메탄 배출 저감	—	<0 ~ 100	—
vv)	석유 및 가스 운영으로부터 메탄 배출 저감	—	<0 ~ 200	—
vvi)	폐기물 에너지화*	n.a.	—	—

출처: IPCC(2022)의 Table 12.3 (p. 1254)

28) IPCC는 4개 지역으로 대표되는 전 지구를 대상으로 비용을 도출했기 때문에 그 범위가 비교적 넓다.

## 1.2.2 한국-인도네시아 무역지수

동 섹션에서는 우리나라와 인도네시아 간의 온실가스 감축을 위한 에너지 기술들에 대한 무역 경쟁력 및 무역 보완성을 계산하고자 한다. 이를 위해, 크게 세 가지 단계의 접근이 필요하다. 첫째, 온실가스 감축을 위한 에너지 감축 기술과 무역품목의 분류체계를 연계한다. 둘째, 우리나라와 인도네시아의 녹색기술에 대한 무역성과를 도출한다. 셋째, 인도네시아 에너지 감축기술에 대한 무역경쟁력을 분석한다. 넷째, 우리나라와 인도네시아의 에너지 감축기술에 대한 무역보완성을 분석한다. 이를 구체적으로 적용한 과정은 다음과 같다.

첫째, 먼저, 에너지 감축기술과 무역품목의 분류체계를 연계하는 작업이다. 에너지 감축기술의 분류체계는 과학기술정보통신부·녹색기술연구소가 수립한 기후기술 분류체계를 활용한다. 이는 감축, 적응, 융·복합의 3개 분야로 45개 기술로 구분된다. 여기서 에너지 감축 기술은 기후기술분류체계상 감축기술에 속하며, 특히 ‘비재생에너지’, ‘재생에너지’, 그리고 ‘온실가스 고정’에 상응한다.<sup>29)</sup> 한편, 무역품목에 대한 분류체계는 국제통일품목분류체계(HS, harmonized commodity description and coding system)를 활용한다. HS 코드는 무역활동 전반에 걸쳐 품목 분류의 국제적 표준화의 근간이 되는 코드이다. HS는 부(Section, 대분류)에서 류(Chapter, 중분류)에서 호(Heading)에서 소호(Sub-heading) 순의 계층적 분류체계, 해석원칙인 통칙, 용어 및 물품의 범위 등을 규정한 주(Notes)로 구성된다. 여기서 ‘부’는 산업별 또는 생산단계별로 제1부~제21부로 분류되고, ‘류’는 원료에서 시작해서 가공품 순으로 제1류에서 제97류로 분류된다. ‘호’는 HS 코드 앞부분 4자리를 말한다. 소호는 HS코드의 5 및 6자리를 의미한다. HS 코드는 이 6자리까지가 국제적인 공통 기준이다.

상기 기후기술과 무역품목의 분류를 서로 연계한다. 연계 기준으로는 관세평가분류원의 ‘품목분류 사전심사제도’ 판정사례를 설정한다.<sup>30)</sup> 연계 절차는 i) 연계대상 기술영역을 확정하고, 기술영역에 속하는 핵심어(key word)들의 집합을 선정하고, ii) 이를 토대로 기술영역별 HS 품목범위를 도출하여, iii) 기술영역 별 HS 품목범위 연계결과를 정리하고, iv) 이 과정에서 분류간 중복, 오류, 판단이 모호한 상품 등을 제거하는 보정절차를 실시하고 (<표 3-14> 참조), 마지막으로 v) 최종보정한 HS 무역품목을 아세안(ASEAN) 통일 세번 국제공통인 HS6단위와 연계가 필요하다.

29) 비재생 에너지에는 원자력 발전, 핵융합 발전, 청정화력 발전/효율화가 포함된다. 재생에너지에는 수력, 태양광, 태양열, 지열, 풍력, 해양에너지, 바이오에너지, 폐기물이 포함된다. 온실가스 고정에는 CCUS와 non-CO2 저감이 포함된다 (CTIS 2023).

30) 동 제도는 관세법 제86조 관세법시행령 제106조에 기바한 것으로, 수출입신고 전에 수출자가 자체적으로 품목 분류가 어려울 경우, 관세청 관세평가분류원장에게 신청하여 법적 효력이 있는 품목번호를 결정하여 회신을 받는 민원제도이다.

〈표 3-14〉 기후기술 대·중·소분류에 대한 통합키워드 적용 추출결과

대분류	중분류	소분류		원자료 추출	HS2017	중복·오류 제외	최종 보정
감축	비재생에너지	1	원자력 발전	399	143	109	102
		2	핵융합 발전	372	139	125	124
		3	청정화력 발전·효율화	12	4	4	4
	재생에너지	4	수력	2,865	1,083	1,009	236
		5	태양광	3,042	1,137	976	150
		6	태양열	35	16	14	14
		7	지열	1	0	0	0
		8	풍력	8,871	3,210	2,753	467
		9	해양에너지	11	4	4	4
		10	바이오에너지	1,436	274	135	88
		11	폐기물	8	5	5	5
	신에너지	12	수소제조	535	188	156	156
		13	연료전지	42	20	20	20
	에너지 저장	14	전력저장	298	122	119	119
		15	수소저장	391	152	143	143
	송배전&전력 IT	16	송배전시스템	3	1	1	1
		17	전기지능화 기기	213	115	113	113
	에너지 수요	18	수송효율화	19,678	7,187	6,399	3,264
		19	산업효율화	257	80	76	76
		20	건축효율화	11,263	4,103	3,357	1,596
	온실가스 고정	21	CCUS	9,752	3,300	2,364	357
		22	Non-CO2 저감	5,434	1,761	1,465	800
적응	농업·축산 부문	23-26	농업·축산 부문	35	16	1	1
	물관리 부문	27-30	물관리 부문	4,257	1,405	1,086	670
	기후변화 예측 및 모니터링 부문	31-32	기후변화 예측 및 모니터링 부문	839	227	210	185
	해양·수산업·연안부문	33-35	해양·수산업·연안 부문	25	7	7	6
	건강 부문	36-37	건강 부문	3	3	3	3
	산림·육상부문	38-40	산림·육상 부문	181	43	38	26
융복합	다분야중첩부문	41-45	다분야 중첩 부문	1	0	0	0
합계				70,259	24,745	20,692	8,730

둘째, 우리나라와 인도네시아의 기후기술에 대한 무역현황에 대해서는 일반적 분석 지표를 활용한다. 무역현황을 분석하는 일반적 지표로는 수출액 혹은 수입액, 이들의 증가율, 비중 및 무역수지 등이 대표적이다. 2개국의 기후기술무역을 대세계 및 국가별(한국, 중국, 일본, 미국, 유럽, 아세안)로 구분하여 수출과 수입에 대한 현황을 분석한다. 분석 기간은 HS코드의 개편과 최근 무역현황을 반영하기 위해 2017-2021년의 5개년을 기준으로 설정한다. 코로나 팬데믹의 발생 및 최근 특정연도, 특정제품의 무역규모 편중 현상 등을 조정하기 위해 5개년 평균값을 주로 사용한다.<sup>31)</sup>

먼저, 인도네시아의 기후기술 전체 무역현황과 기후기술 중분류별 무역 현황은 다음의 <표 3-15>와 <표 3-16>과 같이 정리될 수 있다. 인도네시아의 기후기술무역은 최근 5년(2017-21년) 간 연평균 수출액 23,315백만달러, 수입액은 64,458백만달러로 국가전체 수출과 수입의 각각 12.8%와 37.7% 비중을 차지하고 있다. 기후기술별 무역액은 에너지 수요, 재생에너지, 온실가스 고정, 물관리 부문 등의 순으로 비중은 높은 수준이다. 그러나 모든 중분류 기술 분류에서 수입액이 수출액에 초과하여 무역수지 적자를 기록하고 있다. 무역액이 가장 큰 에너지 수요의 무역적자가 가장 크며, 다음으로 신에너지, 물관리 부문, 재생에너지, 온실가스 고정 등의 순으로 무역적자가 큰 수준이다.

<표 3-15> 인도네시아의 기후기술 전체 무역현황(2017-2021년 평균)

(단위: 백만달러, %)

	수출			수입			무역	
	금액	비중	증가율	금액	비중	증가율	무역액	무역수지
전세계	23,315	100.0%	5.9%	64,468	100.0%	4.0%	87,783	-41,153
아세안	7,017	30.1%	4.0%	21,585	33.5%	-1.0%	28,602	-14,567
아세안 외	16,298	69.9%	6.7%	42,884	66.5%	6.8%	59,181	-26,586
한국	894	3.8%	6.1%	3,560	5.5%	3.3%	4,454	-2,665
중국	2,367	10.2%	14.0%	18,870	29.3%	13.0%	21,237	-16,503
일본	3,009	12.9%	3.7%	6,644	10.3%	-2.2%	9,653	-3,635
미국	2,790	12.0%	14.0%	2,163	3.4%	0.3%	4,953	627
EU27	2,503	10.7%	1.4%	4,094	6.4%	0.0%	6,597	-1,591
기타국 계	11,751	50.4%	4.0%	29,137	45.2%	1.1%	40,888	-17,387

출처: ASDP(2023)

<표 3-16> 인도네시아의 기후기술 중분류별 무역현황(2017-2021년 평균)

(단위: 백만달러, %)

	수출		수입		무역	
	금액	비중	금액	비중	무역액	무역수지
비재생에너지	4,725	7.5%	12,644	6.7%	17,368	-7,919
재생에너지	9,852	15.7%	23,373	12.4%	33,225	-13,520
신에너지	3,837	6.1%	19,735	10.5%	23,572	-15,899
에너지 저장	4,580	7.3%	14,457	7.7%	19,037	-9,876
송배전&전력 IT	1,660	2.6%	5,338	2.8%	6,998	-3,678
에너지 수요	17,075	27.2%	52,760	28.0%	69,835	-35,685
온실가스 고정	9,140	14.5%	22,043	11.7%	31,183	-12,904
농업·축산 부문	9	0.0%	30	0.0%	39	-21
물관리 부문	6,426	10.2%	20,160	10.7%	26,586	-13,734
기후변화 예측 및 모니터링 부문	3,835	6.1%	14,658	7.8%	18,493	-10,823
해양·수산·연안 부문	162	0.3%	1,375	0.7%	1,537	-1,212
건강 부문	15	0.0%	36	0.0%	51	-21
산림·육상 부문	1,516	2.4%	2,152	1.1%	3,668	-636
다분야 융합 부문	0	0.0%	0	0.0%	0	0

출처: ASDP(2023)의 <표 3-1>

31) 별도 표기가 없는 한 모든 금액은 2017-2021년의 5개년 평균값을 사용한다.



다음으로, 한국의 기후기술 전체 무역현황과 기후기술 중분류별 무역 현황은 다음의 <표 3-17>과 <표 3-18>과 같이 정리될 수 있다. 이를 보면, 한국의 기후기술무역은 2017-2021년 기간 연평균 수출액이 232,255백만달러, 수입액은 166,837백만달러로 국가전체 수출과 수입의 각각 48.6%와 36.1% 비중을 차지하고 있다. 기후기술별 무역액은 에너지 수요, 온실가스 고정, 재생에너지, 물관리 부문 등의 순으로 비중은 높은 수준이다. 에너지 수요, 재생에너지, 에너지 저장, 온실가스 고정, 물관리 부문, 비재생에너지, 기후변화 예측 및 모니터링 부문, 신에너지, 송배전&전력 IT, 농업·축산 부문 등의 순으로 무역수지 흑자를 시현하고 있다. 반면, 산림·육상 부문, 해양·수산·연안 부문, 건강 부문 등의 순으로 무역수지 적자 폭이 큰 상황이다.

<표 3-17> 한국의 기후기술 전체 무역현황(2017-2021년 평균)

(단위: 백만달러, %)

	수출			수입			무역	
	금액	비중	증가율	금액	비중	증가율	무역액	무역수지
전세계	232,255	100.0%	5.6%	166,837	100.0%	6.9%	399,092	65,418
아세안	59,684	25.7%	3.0%	26,096	15.6%	7.1%	85,779	33,588
아세안 외	172,571	74.3%	6.5%	140,742	84.4%	6.8%	313,313	31,830
중국	75,795	32.6%	3.2%	51,578	30.9%	10.6%	127,374	24,217
일본	15,634	6.7%	2.0%	28,357	17.0%	-0.1%	43,991	-12,723
미국	38,603	16.6%	14.3%	23,810	14.3%	4.5%	62,412	14,793
EU27	28,615	12.3%	10.6%	23,791	14.3%	6.2%	52,406	4,824
기타국 계	73,608	31.7%	2.7%	39,301	23.6%	9.3%	112,909	34,307

자료: 한국무역협회 K-stat(2023) 품목별 수출입 자료

<표 3-18> 한국의 기후기술 중분류별 무역현황(2017-2021년 평균)

(단위: 백만달러, %)

	수출		수입		수입	
	금액	비중	금액	비중	무역액	무역수지
비재생에너지	53,518	6.9%	32,975	6.2%	86,494	20,543
재생에너지	110,986	14.2%	73,946	13.8%	184,932	37,040
신에너지	48,353	6.2%	35,891	6.7%	84,244	12,462
에너지 저장	60,478	7.7%	30,168	5.6%	90,647	30,310
송배전&전력 IT	20,331	2.6%	13,354	2.5%	33,685	6,977
에너지 수요	203,084	26.0%	141,655	26.4%	344,739	61,429
온실가스 고정	113,065	14.5%	83,499	15.6%	196,564	29,566
농업·축산 부문	77	0.0%	43	0.0%	119	34
물관리 부문	94,177	12.1%	65,498	12.2%	159,675	28,679
기후변화 예측 및 모니터링 부문	69,689	8.9%	50,126	9.4%	119,815	19,562
해양·수산·연안 부문	3,012	0.4%	3,142	0.6%	6,154	-129
건강 부문	84	0.0%	146	0.0%	230	-63
산림·육상 부문	3,961	0.5%	5,255	1.0%	9,216	-1,294
다분야 중첩 부문	0	0.0%	0	0.0%	0	0

자료: 한국무역협회 K-stat(2023) 품목별 수출입 자료



셋째, 인도네시아 에너지 감축기술에 대한 ‘무역경쟁력’을 분석한다. 무역 경쟁력을 측정하는 지표로는 무역수지나 시장점유율 등 단순한 형태의 지표도 있으나,<sup>32)</sup> 주로 이용되는 대표적인 지표로는 무역특화지수(TSI, Trade Specialization Index)와 현시비교우위지수(RCA, Revealed Comparative Advantage)가 있다 (최남석 2010; ITC 2023). 먼저, 무역특화지수(TSI)는 양자 간 교역에서 특정 상품의 수출과 수입의 차이를 수출과 수입의 합과 비교한 값으로 특정상품의 비교우위를 나타내는 지표이다. t기에 i국의 j국에 대한 k상품의 무역특화지수를 도출하는 계산식은 다음 (식 3-2)와 같다. t기에 i국이 j국과 k상품을 교역할 경우, 완전히 수출(수입)만 할 경우  $TSI_{ijkt}$ 의 값은 1(또는 -1)이고 i국의 j국과의 교역에서 k상품은 완전 수출(수입)특화 품목이 된다.  $TSI_{ijkt}$ 가 1(-1)에 가까운 정도에 비례해서 i국의 j국과의 교역에서 k상품의 수출(수입)특화 정도가 강한 것으로 해석될 수 있다.

$$TSI_{ijkt} = \frac{(x_{ijkt} - m_{ijkt})}{(x_{ijkt} + m_{ijkt})} \quad \begin{array}{ll} i = \text{수출국 } i & j = \text{수입국 } j \\ k = \text{특정 상품 } k & t = \text{특정 기간 } t \\ x = \text{수출액} & m = \text{수입액} \end{array} \quad (\text{식 3-2})$$

$x_{ijkt}$  = t기 i국이 j국에 수출한 k 상품 금액  
 $m_{ijkt}$  = t기 i국이 j국에서 수입한 k 상품 금액

다음으로, 현시비교우위지수(RCA)는 세계 전체의 수출시장에서 특정상품의 수출이 차지하는 비중과 특정국의 수출에서 해당 상품의 수출이 차지하는 비중 사이의 비율로 특정 상품의 비교우위를 판단한다. 계산식은 다음 (식 3-3)과 같다. 만약  $RCA_{ikt}$  값이 1보다 크면, i국은 k상품의 수출에 대한 비교우위를 갖는 것으로 평가될 수 있다.

$$RCA_{ikt} = \frac{\sum_j x_{ijkt}}{\sum_i \sum_j x_{ijkt}} \bigg/ \frac{\sum_j \sum_k x_{ijkt}}{\sum_i \sum_j \sum_k x_{ijkt}} \quad \begin{array}{ll} i = \text{수출국 } i & j = \text{수입국 } j \\ k = \text{특정 상품 } k & t = \text{특정 기간 } t \\ x = \text{수출액} & \\ x_{ijkt} = \text{t기 i국이 j국에 수출한 k 상품 금액} & \end{array} \quad (\text{식 3-3})$$

$i$  = 모든 수출국       $J$  = 모든 수입국  
 $K$  = 모든 상품

이를 우리나라와 인도네시아에 적용해 보면, 다음의 <표 3-19>와 같이, 무역특화지수(TSI)에 의한 기후기술무역의 경쟁력은 전반적으로 한국은 경쟁력이 있으나, 인도네시아의 경쟁력은 취약한 것으로 나타나고 있다. 대(對)세계에 대해 한국의 기후기술무역은 전반적으로 무역특화지수가 양수(+)를 보여 수출에 특화된 상황이다. 다만 예외적으로 일본의 경우 수입특화이다. 인도네시아는 미국을 제외하고는 모든 국가나 지역에 대해서 수입 특화이다. 인도네시아는 한국

32) 무역수지는 어느 국가에서 특정제품의 수출액이 수입액보다 크면 경쟁력이 있고, 반대이면 경쟁력이 없는 것으로 판단하는 가장 단순한 형태로 경쟁력을 측정하는 지표이다. 또한, 시장점유율(Market Share) 또한 경쟁력을 판단하는 기초적인 지표로서, 이는 한 국가의 수출이 교역상대국의 수입에서 차지하는 비중으로 정의한다.

에 대해서 -0.5를 상회하여 경쟁력이 낮은 상태이다.

〈표 3-19〉 국가별 기후기술 전체 품목의 대(對)세계 무역특화지수

대상국	인도네시아	한국
전세계	-0.469	0.164
아세안	-0.509	0.392
한국	-0.598	-
중국	-0.777	0.190
일본	-0.377	-0.289
미국	0.126	0.237
EU27	-0.241	0.092
기타국 계	-0.425	0.304

기후기술로 별로 인도네시아의 우리나라에 대한 무역특화지수를 다음의 〈표 3-20〉과 같이, 인도네시아는 우리나라와의 무역에서 일부 기술(해양에너지, 산림·육상 부문)을 제외하고는 대부분 수입특화로 경쟁력이 낮은 수준이다.

〈표 3-20〉 기후기술별 인도네시아의 대(對)한국 무역특화지수

기후기술 분류	인도네시아
<b>기후기술 범위 전체</b>	<b>-0.598</b>
비재생에너지_원자력 발전	-0.612
비재생에너지_핵융합 발전	-0.605
비재생에너지_청정화력 발전·효율화	-0.558
재생에너지_수력	-0.820
재생에너지_태양광	-0.479
재생에너지_태양열	-0.992
재생에너지_지열	-
재생에너지_풍력	-0.648
재생에너지_해양에너지	<b>0.561</b>
재생에너지_바이오에너지	-0.385
재생에너지_폐기물	-0.958
신에너지	-0.658
에너지 저장	-0.495
송배전&전력 IT	-0.471
에너지 수요	-0.645
온실가스 고정_CCUS	-0.763
온실가스 고정_Non-CO2 저감	-0.410
농업·축산 부문	-0.970
물관리 부문	-0.586
기후변화 예측 및 모니터링 부문	-0.626
해양·수산·연안 부문	-0.985
건강 부문	-
산림·육상 부문	<b>0.089</b>



한편, 현시비교우위지수(RCA)에 입각한 경쟁력을 분석해 보면, 다음의 <표 3-21>와 같다. 인도네시아는 기후기술 전반에 걸쳐 값이 1보다 작은 현시비교우위지수가 산출되어 우리나라와의 경쟁력이 상대적으로 취약한 것으로 나타났다.

<표 3-21> 기후기술별 한국과 인도네시아의 현시비교우위지수

기후기술 분류	인도네시아	한국
<b>기후기술 범위 전체</b>	<b>0.344</b>	<b>1.306</b>
비재생에너지_원자력 발전	0.270	1.273
비재생에너지_핵융합 발전	0.315	1.360
비재생에너지_청정화력 발전·효율화	0.347	1.327
재생에너지_수력	0.288	1.319
재생에너지_태양광	0.183	1.088
재생에너지_태양열	0.036	1.738
재생에너지_지열	-	-
재생에너지_풍력	0.397	1.314
재생에너지_해양에너지	0.342	0.377
재생에너지_바이오에너지	0.323	1.349
재생에너지_폐기물	0.308	1.462
신에너지	0.347	1.652
에너지 저장	0.276	1.401
송배전&전력 IT	0.255	1.166
에너지 수요	0.288	1.307
온실가스 고정_CCUS	0.189	1.474
온실가스 고정_Non-CO2 저감	0.349	1.347
농업·축산 부문	0.051	1.875
물관리 부문	0.258	1.450
기후변화 예측 및 모니터링 부문	0.158	1.090
해양·수산·연안 부문	0.193	1.320
건강 부문	0.005	1.932
산림·육상 부문	0.565	0.540

넷째, 우리나라와 인도네시아의 에너지 감축기술에 대한 ‘무역보완성’을 분석한다. 양국 간 무역구조의 유사성은 중복범위를 나타내고, 수출에서 경쟁이 높을수록 유사성이 커지고, 중복범위가 확대되고, 경쟁국들은 자연스럽게 비슷한 수출구조를 공유하게 된다. 반면, 한 국가의 수출구조가 다른 국가의 수입구조와 유사성이 높다면 경쟁보다는 보완관계를 가질 가능성이 존재한다. 무역의 보완적 구조에 대한 정량적 지표는 Michaely(1962)의 무역보완성지수(TCI, Trade Complementarity Index)가 대표적이다. a국의 수출(또는 수입)구조가 b국의 수입(또는 수출) 구조에 어느 정도 일치하는지 계산함으로써 a국의 수출공급(또는 수입수요)에 대한 b국의 수입수요(또는 수출공급)의 적정성을 근사적으로 평가한다. 계산식은 (식 3-4)와 같다. 지수가 100에 근접할수록 양국의 보완관계는 높아 무역 협력의 필요성이 크다는 것을 의미한다.

$$TCI_{ab} = \left[ 1.0 - \left( \sum_{i=1}^n \left| \frac{X_i^a}{X^a} - \frac{M_i^b}{M^b} \right| \right) / 2 \right] \times 100$$

$X_i^a = a$ 국의  $i$ 품목 수출,  
 $X^a = a$ 국의 총수출, (식 3-4)  
 $M_i^b = b$ 국의  $i$ 품목 수입,  
 $M^b = b$ 국의 총수입

동 연구에서 핵심적으로 다루는 비재생에너지, 재생에너지, 온실가스 고정 기술을 중심으로, 한국과 인도네시아의 보완성 지표 산출결과는 다음의 <표 3-22>와 같다. 가장 보완성이 높은 분분은 청정화력발전·효율화이고, 그 다음으로 재생에너지-폐기물 분야이고, 이를 이어 바이오 에너지, 풍력, 해양에너지, 원자력, 수력, Non-CO<sub>2</sub> 저감, CCUS, 태양광/태양열 순으로 이어진다.

<표 3-22> 비재생·재생에너지·온실가스고정 기술별

한국과 인도네시아 보완성지표 산출결과: 중소 혼합분류

기후기술 별 분류	인도네시아	
	보완성	순위
비재생에너지_원자력발전	61.9%	7
비재생에너지_핵융합발전	63.5%	5
비재생에너지_청정화력발전·효율화	89.9%	1
재생에너지_수력	61.8%	8
재생에너지_태양광	50.0%	11
재생에너지_태양열	27.5%	12
재생에너지_지열	—	—
재생에너지_풍력	67.7%	4
재생에너지_해양에너지	61.9%	6
재생에너지_바이오에너지	74.8%	3
재생에너지_폐기물	80.6%	2
온실가스고정_CCUS	53.2%	10
온실가스고정_Non-CO <sub>2</sub> 저감	58.7%	9

### 2.1.3 종합

우리나라와 인도네시아 간에 에너지 부문 감축기술에 대한 한국-인도네시아 기후기술협력을 위한 수요발굴 차원에서 기존에 주로 활용되던 접근법인 TNA 보고서, NDC, 협력 활동으로서의 MDB 및 CPS, 그리고 신규 접근법으로써 온실가스 저감비용과 무역지수를 함께 적용해 보면 다음의 <표 3-23>과 같다.

이를 보면, TNA/NDC 등을 통해 인도네시아는 풍력, 태양열/태양광, 바이오에너지, 수력, 지열, 폐기물 에너지화에 대한 기술수요가 있는 것으로 나타났다. 먼저 이 기술들 중에서 국제개발은행과 양자협력 차원의 국가협력전략(CPS) 차원으로 진행된 사업레벨의 활동은 풍력, 태양광, 바이오에너지, 수력, 지열, 그리고 폐기물 에너지화이다. 온실가스 저감비용으로 볼 때, 폐기물 에너지화(\$185.18)를 제외하고, 모두 100달러 이하가 소요되는 바, 해당 기술들을 중심으로 우선 사업을 진행하는 것을 고려할 필요가 있다. 특히, 태양열/태양광은 \$36.99 그리고 수력은 \$39.95의 저감비용이 발생하는 바, 그 우선순위가 높다고 볼 수 있다. 한편, 무역지수를 보게 되면, 먼저 인도네시아와 우리나라 간의 무역특화지수를 보면, 풍력, 태양열, 수력, 폐기물 에너지화 기술의 무역지수가 마이너스(-)이면서 -0.5를 넘고 -1에 가까운데, 이는 인도네시아가 해당기술에 대해 우리나라로부터 수입이 특화된 것이다. 인도네시아와 우리나라의 기후기술에 대한 무역보완성을 보게 되면, 무역보완성이 높은 기술 순위로는 폐기물 에너지화(1위, 80.6%), 바이오에너지(2위, 74.8%), 풍력(3위, 67.7%), 수력 (5위, 61.8%), 태양광(8위, 50%), 태양열(9위, 27.5)이다.

이 결과들의 함의를 정리해 보면, TNA 보고서 및 NDC, 국제개발은행 및 CPS, 그리고 온실가스 저감비용, 무역특화지수, 그리고 무역보완성을 상위권으로 모두 충족시키는 에너지 감축기술은 없다. 감축기술 별로 현황을 해석하면 다음과 같다. NDC 상에서 언급된 ‘풍력’의 경우, 기존 MDB 차원의 협력이 있고, 우리나라와는 양자 ODA 협력이 존재하지 않는다. 그런데, 신규 접근법에 기반한 온실가스 저감비용도 이산화탄소 1톤당 100달러 이하(\$72.62/CO<sub>2</sub>eq)로 낮고, 인도네시아의 우리나라에 대한 높은 수입 특화도와 높은 무역보완성(3위, 67.7%)를 고려할 때 향후 기술협력 유망도가 상당히 높다.

다음으로, NDC 상에 언급된 ‘태양광’은 기존의 TNA 보고서 및 NDC, MDB 및 CPS 활동이 모두 존재한 기술에 속한다. 더더군다나 온실가스 저감비용이 \$36.99/CO<sub>2</sub>eq로 가장 낮게 나온다. 이러한 저감비용으로 사업수요가 존재하고 사업이 진행되어온 것으로 해석된다. 그러나 우리나라와의 무역특화지수는 -0.497(7위)로 인도네시아가 우리나라로부터 수입을 많이 하나 그 수치가 아주 높지는 않으며, 무역보완성(9위, 27.5%)도 그리 높은 편은 아니다.

NDC 상에 언급된 ‘바이오 에너지’ 역시 TNA 보고서에서 언급되고, MDB나 CPS 차원의 협력이 있어왔다. 또한, 온실가스 저감비용이 100달러 이하(\$65.37/CO<sub>2</sub>eq)이고, 무역특화지수 (-0.408)로 수입특화도가 아주 높지는 않으나, 대신 무역보완성이 2위(74.8%)인 바, 기술무역을 통해 상호간 혜택이 높을 것으로 보인다.

수력’의 경우, NDC 상에서 언급되었고 MDB 차원의 사업도 진행된 감축기술이다. 수력의 온실가스 저감비용이 \$39.75/CO<sub>2</sub>eq로 상당히 낮은 편이다. 무역특화지수는 -0.520(상대 순위 6위)으로 이는 인도네시아가 우리나라로부터 수력 기술을 많이 수입하고 있다는 것을 의미하고, 무역보완성은 61.8%로 우리나라가 향후 인도네시아로 수출할 수력기술 품목들이 아직 많이 존재한다고 볼 수 있다.

‘지열’의 경우, 인도네시아 NDC 상에서 포함된 기술로 기존에 MDB를 통한 협력 활동이 존재한다. 또한 온실가스 저감비용도 이산화탄소 톤당 \$57.78로 낮은 편이다. 그러나, 이번 분석에서는 무역지수에 대한 데이터를 찾을 수 없었다. 그 이유는 두 가지로 유추될 수 있는데 하나는 우리나라가 지열에 대해서 대(對)세계로 해외수출이 없거나, 다른 하나는 지열에 대한 품목에 대해서 품목분류판정으로 지열 품목에 대한 분류 요청이 없어 이에 대한 판정 사례가 없기 때문인 것으로 보인다. 향후, 지열에 해당하는 세부기술이 무엇인가에 대한 전문가 논의를 진행하고, 이를 무역 품목 분류를 통해 연계하는 작업이 필요할 것으로 보인다.

다음으로, ‘폐기물 에너지화’는 NDC 상에서 언급되고, MDB와 CPS 상에서 다자 및 우리나라와의 협력이 이루어지고 있는 분야이다. 현재로서는 다른 감축기술들에 비해서 상대적으로 높은 저감비용(\$185.18/CO<sub>2</sub>eq)이 발생하는 것으로 나타났다. 그러나, 인도네시아의 우리나라에 대한 높은 수입 특화도와 우리나라와 인도네시아 간의 높은 무역보완성(1위, 80.6%)을 토대로 향후 협력 유망도가 높다.

마지막으로, ‘태양열’은 기술수요도 부재하고 기존의 MDB 및 CPS 상의 다자/양자 활동은 전개된 바가 없다. 그렇지만, 온실가스 저감비용이 \$36.99/CO<sub>2</sub>eq로 가장 낮게 나온다는 장점이 있다. 대신 무역보완성은 9위(27.7%)로 낮은 편이다. 이것이 함의하는 바는 태양열 기술은 인도네시아가 우리나라로부터 이미 많이 수입하고 있는 바, 무역 보완성이 높은 것으로 예상되는 기술 품목이 많지는 않을 것으로 보인다는 점이다. 따라서, 태양열 기술 중에서도 아직 인도네시아로 수출이 많이 이루어지지 않는 기술들을 살펴보는 것이 중요하다.

정리하면, 기술에 대한 우선순위를 매기는 것이 쉽지는 않다. 다만, 신규 접근법을 통해 도출된 데이터 수치와 순위를 고려할 경우, 이는 기존 접근법에서 시사하는 협력방향성과 사뭇 다른 시사점을 제공할 수 있다고 본다. 예를 들어, 태양광에 대해서는 ‘현재’ 시점에서는 협력 수요 및 경험도 존재하고 사업비용이 가장 적게 든다는 장점이 있으나 무역특화지수나 무역보완성의 순위가 상당히 낮은 것으로 나타났다. 즉, 무역 차원에서 우리나라가 얻어갈 수 있는 경제적 혜택이 그리 크지 않다는 점을 시사한다. 그런데, 폐기물 에너지의 경우, 기술수요와 협력경험도 있으나 온실가스 저감비용이 너무 크기 때문에 사업을 시도하는 것이 쉽지 않을 수도 있으나, 무역특화지수와 무역보완성이 상당히 높기 때문에 향후 경제적 혜택의 가능성이 매우 클 것으로 예상된다. 한편, 수력, 바이오에너지, 풍력 기술의 경우, 온실가스 저감비용도 전반적으로 낮고, 무역보완성이 전반적으로 높다는 점에서 향후 협력 강화 시 경제적 혜택이 높을 것으로 예상된다.

동 연구에서 핵심적으로 본 ‘신규 접근법’ 측면에서 볼 때, 에너지 감축기술을 활용한 해외 사업 시 가장 중요한 점은 온실가스 저감에 대한 효과성과 이의 경제성이고, IPCC 보고서에서도 이산화탄소 1톤당 100달러 이하로 소요되는 기술을 우선 적용하라고 권고하고 있기 때문에 온실가스 저감비용이 가장 중요한 요인이라고 상정한다. 동시에 거시적으로 무역 측면에서 ‘현재 시점’에서 국가 경제에 긍정적 역할을 할 수 있는 기술을 뽑으면 그 순위는 태양열, 수력, 풍력, 태양광, 바이오 에너지, 폐기물 에너지화이다. 4위로 뽑으면, ‘태양열’, ‘수력’, ‘풍력’, 그리고 ‘태양광’이다. 그러나, 우리나라의 경제적 혜택의 관점에서, 무역경쟁력 지표인 무역특화지수가 현재 시점의 무역수준을 보여주고 무역보완성은 향후의 무역협력의 잠재성을 더 보여준다는 측면에 따라 ‘현재’ 무역잠재력에 더해 ‘향후’ 무역잠재력을 중요하게 고려한다면 순위는 폐기물 에너지화, 풍력, 바이오에너지, 수력, 원자력, 태양열, 태양광 등으로 이어진다. 4대 순위는 ‘폐기물 에너지화’, ‘풍력’, ‘바이오에너지’, ‘수력’이다. 이를 통해 알 수 있는 점은 첫째 신규 접근법에서도 어느 부문에 더 초점을 두느냐에 따라 기술 순위가 달라진다는 것을 알 수 있다. 둘째, 무역잠재력을 중심으로 고려할 경우, 온실가스 저감비용이 상대적으로 높기 때문에 이를 보완하기 위한 정부 지원이 필요하다는 점이다. 셋째, 무역보완성이 높으나 무역특화지수가 낮고 온실가스 저감비용이 높은 기술의 경우 이는 해당 기술에 대한 정부 차원의 연구·실증이 필요하다는 시그널을 보여준다는 것이다. 넷째, 동 연구가 우리나라-인도네시아 간의 RD&D가 필요한 기술 분야를 추출하는 것인 바, 동 연구에서는 폐기물 에너지화, 풍력, 바이오에너지, 그리고 수력을 제안할 수 있다.



〈표 3-23〉 우리나라와 인도네시아 간 에너지 부문 감축기술 수요 근거자료

	감축 기술	기존 접근법					신규 접근법			
		TNA 보고서			협력활동		온실 가스 저감 비용** (순위 & USD/tCO <sub>2</sub> )	무역지수		
		TNA	UDP TNA	NDC*	MDB	CPS		무역 특화 지수 *** (순위&값)	현시비교우 위지수 ****	무역 보완성 (순위 및 %) *****
i)	풍력	-	-	V	V	-	5위 (72.62)	3위 (-0.648)	0.397	3위 (67.7%)
ii)	태양열/ 태양광	V	V	-	-	-	1위 (36.99)	1위 (-0.992)	0.036	9위 (27.5%)
				V	V	V		7위 (-0.479)	0.183	8위 (50.0%)
iii)	원자력	-	-	-	-	-	-	4위 (-0.612)	0.270	4위 (61.9%)
iv)	바이오 에너지	-	V	V	V	V	4위 (65.37)	8위 (-0.408)	0.323	2위 (74.8%)
v)	수력	-	-	V	V	-	2위 (39.75)	6위 (-0.520)	0.288	5위 (61.8%)
vi)	지열	-	-	V	V	-	3위 (57.78)	-	-	-
vii)	CCS	-	-	-	-	-	-	5위 (-0.543)	0.189	7위 (53.2%)
viii)	BECCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ivv)	석탄채굴 메탄 배출저감	-	-	-	-	-	-	9위 (-0.364)	0.349	6위 (58.7%)
w)	석유 및 가스운영 메탄 배출저감	-	-	-	-	-	-			
vvi)	폐기물 에너지화	-	-	V	V	V	6위 (185.18)	2위 (-0.830)	0.308	1위 (80.6%)

\* NDC: 인도네시아의 2030 NDC 상에서는 원자력, CCS, BECCS, 석탄채굴에서의 메탄 저감이 포함되어 있지 않으나, 2050 LEDS 상에서는 포함됨. 특히, 원자력의 경우, 원자력 발전이 2035년 시작할 예정이고, 2050년 전력생산량은 8GW로 예상

\*\* 저감비용: 인도네시아의 2030년도 에너지 감축기술 별 생산비용과 2030 배출저감 잠재량을 계산하고, 에너지 생산비용(USD)을 배출저감 잠재량(tCO<sub>2</sub>)으로 나누어 계산한 값

\*\*\* 인도네시아의 대(對)한국 무역특화지수로, 음수(-)이면 수입특화이고, 양수(+)이면 수출 특화이며, 1(-1)에 가까울수록 특화성이 커지는 것으로 해석

\*\*\*\* 인도네시아의 대(對)한국 현지비교우위지수로, 1보다 크면 상대국보다 비교우위를 갖고 1보다 작으면 비교우위가 적은 것으로 해석

\*\*\*\*\* 한국과 인도네시아의 보완성 퍼센티지가 높은 기술을 순위별로 작성. 순위가 1에 가까울수록

무역보완성이 높고, 순위가 내려갈수록 무역보완성이 낮음

## 2. 사례연구: 베트남

### 2.1. 기존 접근법

#### 2.1.1 수요정보: TNA 및 NDC

베트남의 TNA 보고서는 2012년에 발간된 베트남의 기후변화 완화 TNA 보고서에 기반을 두고 있다 (Viet nam 2012). TNA 보고서 상에서, 베트남의 에너지 분야 기술수요는 열병합 발전(combined heat and power)이 포함되었다. 또한, 바이오가스, 수력 발전, IGCC 복합설비기술, 태양광 발전, 태양열 난방/건조, 풍력 에너지가 포함되었다. 한편 TNA 보고서를 토대로, UNEP DTU Partnership(UDP)가 2020년에 정리한 인도네시아의 에너지 분야 기술수요로는 바이오에너지, 수력, 열병합발전(청정 전력 생산 및 효율성 증대), 건물 에너지 효율성 강화가 포함되었다. 이미 인도네시아 사례에서 언급된 바와 같이, 열병합 발전 부분의 기술은 ‘화석연료 발전’의 발전효율을 높이는 기술인 바, IPCC 보고서 분류체계 상 에너지 부분의 감축기술로는 포함되지 않는다.

다음으로 TNA의 이행 강화를 위해 국가결정기여(NDC) 간의 10월에 NDC 갱신본을 UNFCCC 사무국에 제출하였다. 동 갱신본에 의하면 베트남은 2030년 BAU 배출량을 기준으로 무조건부로 15.8%, 재정지원이 수반되는 조건부로는 43.5%를 감축하겠다는 계획을 담고 있다 (Vietnam 2022, p.2).<sup>33)</sup> 또한 동 NDC에는 이러한 목표를 어떻게 달성할 것인지 배출부문별 전략이 함께 소개된다. IPCC 가이드라인에 따라 구분된 배출부문은 에너지,<sup>34)</sup> 폐기물, 산업(IPPU, industrial process), 농업, 토지이용·토지이용변화(LULUCF, land use, land use change and forestry)이다 (Ibid., p.5). 이 중에서 에너지와 관련된 감축기술을 살펴보기 위해, 에너지 부분의 에너지 공급에 활용된 감축기술들을 보면, 소규모 수력, 풍력, 태양에너지, 바이오매스 화력 발전 개발, 소각 및 매립 폐기물 발전, 바이오 가스 발전, LNG를 이용한 복합 가스터빈 기술, 초임계 열전 기술이 명시되어 있다 (Ibid., p.7). 한편, 폐기물 부문에 활용된 기술들을 보면, 퇴비 및 폐기물 재생 연료(RDF) 생산 등이 있다 (Ibid., p.8).

#### 2.1.2 활동정보: MDB 및 CPS

먼저 MDB 협력 현황을 살펴보고자 한다. 국제개발은행의 경우, 세계은행과 아시아개발은행을 중심으로 베트남의 에너지 부문 지원 사업 내용을 살펴보았다. 세계은행의 경우, 태양광과 수력에 대한 사업이 진행되었다 (WB 2019b; WB 2020). 그리고, 사업 레벨은 아니나, 풍력에 대한 로드맵 개발과 바이오매스를 활용한 바이오에너지 관련 이행계획이 마련되기도 하였다 (WB 2021b; 2015b).

33) 이는 기존의 무조건부 9%에서 15.8%로, 조건부는 27%~43.5%로 증가된 감축목표 수치이다.

34) 에너지 부문의 범주로는 에너지 산업, 산업 생산 및 건설, 수송, 기타 부문이 들어가 있다.

한편, 아시아개발은행의 경우, 풍력 (ADB 2022), 태양광 (ADB 2019b; 2023), 수력 (ADB 2019c)을 중심으로 사업이 진행되었다. 이에 대한 내용은 다음의 <표 3-24>와 같이 정리될 수 있다.

<표 3-24> 세계은행 및 아시아개발은행의 베트남 에너지 지원 사업

구분	사업 분야
세계은행	- (사업) 태양광, 수력 - (역량배양 프로그램) 풍력, 바이오에너지
아시아개발은행	- (사업) 풍력, 태양광, 수력

다음으로, 국가협력전략(CPS)은 우리나라가 협력하고자 하는 개별 중점협력국에 대한 지원 목표, 중점 협력분야 및 지원 계획 등을 담은 중장기 공적개발지원(ODA) 지원 전략이다 (Korea 2023). 우리나라와 베트남 간의 2021-2022 기간 중 양자 ODA 협력 현황을 토대로 보면, 동 연구에서 정한 에너지 부문 감축기술 옵션 범주에 속하는 기술에 대해서 베트남과의 양자협력으로는 무상지원 차원에서 KOICA에서 현재 진행 중인 베트남 타이응웬성 지속가능한 폐기물관리체계 구축을 통한 폐기물 감량화 및 자원화 지원사업(2022-2025)을 통해 폐기물 소각발전에 대한 협력이 이루어지고 있다 (Interagency 2023, p. 17). 이를 표로 정리하면 다음의 <표 3-25>와 같다.

<표 3-25> 베트남 CPS 상의 에너지 협력 중점분야

분야	내용
폐기물 에너지화	(KOICA) 베트남 타이응웬성 지속가능한 폐기물관리체계 구축을 통한 폐기물 감량화 및 자원화 지원사업 (2022-2025)

## 2.2. 신규 접근법

### 2.2.1 온실가스 저감 사업 비용

베트남은 2021년에 개최된 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)에서 2040년까지 석탄화력발전소를 폐쇄하고 2050년까지 이산화탄소 넷제로를 달성하겠다는 의욕적인 목표를 발표하였다. 이러한 의욕과 발맞춰 베트남은 2022년 7월에 ‘2050년까지의 국가 기후변화 전략 (National Climate Change Strategy to 2050)’ 을 통해 2050년까지의 넷제로 목표를 법제화하였다. 동 전략에 의하면, 다른 나라로부터의 적절한 지원을 가정할 때 2030년까지 전체 온실가스 배출량을 BAU 대비 43.5% 감축하고, 이 중 32.6%를 에너지 부문에서 감축할 것이 명시되어 있다. 또한 석탄화력발전소로부터 청정에너지원으로의 점진적 전환 역시 법제화된 동 전략에 명

시되어 있는데, 2030년 이후에는 신규 석탄화력발전소를 건설하지 않을 것과 2035년부터 기존의 석탄화력발전소를 점차 줄이겠다는 목표가 담겨 있다 (CAT, 2022).<sup>35)</sup>

동 섹션에서는 앞서 인도네시아에서 살펴본 것과 마찬가지로 베트남에서의 온실가스 저감 기술들의 톤당 저감비용을 계산하고자 한다. 전반적으로는 인도네시아와 동일한 방법론을 활용하나, 베트남의 경우 에너지 감축 기술의 비용 및 감축 잠재량 정보가 매우 제한적이다. 특히 베트남 정부에서 발표한 온실가스 감축 시나리오의 개수가 많지 않기 때문에, IPCC에서 사용한 바와 같이, 더 나아가 앞 절의 인도네시아 사례와 같이 시나리오들을 ‘기준 시나리오’와 ‘배출저감 시나리오’를 구분하여 설정하기가 용이하지 않으며, 이에 온실가스 감축 비용 및 잠재량을 도출하는 것 역시 두 개의 시나리오의 차이로 계산하기 어렵다. 따라서, 본 베트남의 사례에서는 현재 베트남에서 가용 가능한 최신의 ‘비용’ 및 ‘감축잠재량’ 정보를 바탕으로 하나의 단일 시나리오에서의 온실가스 감축 비용 및 감축 잠재량을 계산하고자 한다.

먼저 베트남 에너지 기술의 ‘비용’을 계산하고자 한다. 베트남 에너지 기술 중 풍력, 태양광 및 태양열, 수력발전에 대한 LCOE 기반 비용 정보는 국제재생에너지기구(IRENA, International Renewable Energy Agency)의 ‘2021년 재생에너지 발전비용(Renewable Power Generation Costs in 2021)’ 보고서로부터 수집할 수 있었으며 (IRENA, 2022), 바이오에너지에 대한 비용 정보의 경우 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)의 ‘균등화발전비용 계산기(Levelized Cost of Electricity Calculator, 2022년 12월 버전)’를 통해 얻을 수 있었다 (IEA, 2020). 이외 베트남의 다른 에너지 기술(원자력, 지열, CCS, BECCS, 메탄 저감, 폐기물 에너지화 등)에 대한 비용 정보는 공개된 정보로부터 찾을 수 없었다. 이러한 기타 기술에 대한 정보의 부재는 인도네시아와 유사하나, 인도네시아에서는 현재도 현지에서 활발히 활용 중인 지열발전 및 폐기물 에너지화에 대한 정보는 존재한다는 점에서, 베트남과 관련된 자료가 훨씬 더 제한적이었다.

상기의 자료를 통해 수집한 베트남 에너지 감축 기술의 LCOE 기반 비용 정보를 정리해보면 <표 3-25>와 같다. 여기에서 활용한 에너지 감축 기술별 베트남의 2030년 전력생산량은 앞서 언급한 베트남의 ‘국가 기후변화 전략’ 상에 명시된 고운영(high operating) 조건에 해당하는 전력생산량 전망치를 활용하였다. 전반적으로 베트남의 경우, 에너지 기술의 비용인 미화 697~3,817 백만달러에 형성되어 있는데, 이는 인도네시아의 에너지 기술비용보다 비교적 높은 것으로 나타났다. 이러한 비용 중에서 풍력과 수력의 비용이 각각 3,817 백만달러, 3,617 백만달러로 여타 기술(태양광/태양열, 바이오에너지)보다 훨씬 더 크게 조사되었는데, 이는 베트남이 2030년까지 풍력과 수력을 중심으로 재생에너지 발전원의 비중을 크게 확대하고자 노력하고 있기 때문으로 사료된다 (ETA, 2022).

아울러 LCOE 기반의 비용정보 외에도 이전 절의 인도네시아 사례와 마찬가지로 Enerdata를 통해 실제 수행된 개별 사업 정보를 수집하여 기술별 평균 자본비용을 도출해 <표 3-26>에

35) 무조건부 목표는 2030년까지 BAU 대비 15.8% 감축이다.

함께 표기하였다 (Enerdata, 2023). 각 사업 수준에서 베트남의 에너지 감축 기술의 자본비용은 1 MW당 1,043~5,463 천달러로 조사되었다. 세부적으로 살펴보면, 바이오에너지 설비의 자본비용이 1 MW당 5,463 천달러로 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 뒤를 CCS(1 MW당 4,772 천달러), 폐기물 에너지화(1 MW당 4,430 천달러)가 있다. 반면 베트남의 에너지 감축 기술 중 가장 자본비용이 낮은 것은 태양광 및 태양열 에너지로, 자본비용은 1 MW당 1,043 천달러로 나타났으며, 그 다음으로는 원자력 에너지가 1 MW당 1,988 천달러로 태양광의 뒤를 잇고 있다.

〈표 3-26〉 베트남 에너지 감축 기술 적용 시 비용

	항목	개별 사업별 자본비용 (Thousand USD/MW)	LCOE 기반 2030 비용 (USD M)
i)	풍력	4,186	3,817
ii)	태양광/태양열	1,043	886
iii)	원자력	1,988	—
iv)	바이오에너지	5,463	697
v)	수력	3,447	3,617
vi)	지열	3,331	—
vii)	CCS	4,772	—
viii)	BECCS	—	—
ivv)	석탄채굴에서 메탄 배출 저감	—	—
vv)	석유 및 가스 운영으로부터 메탄 배출 저감	—	—
vvi)	폐기물 에너지화	4,430	—

〈표 3-25〉와 같이 도출된 비용 정보 중, 인도네시아의 사례에서와 마찬가지로 본 연구에서는 LCOE 기반 비용 정보를 활용하여 감축 비용을 도출하고자 한다. 이러한 접근법이 IPCC 제 6차 평가보고서에서 활용하고 있는 접근법이며, 다음으로 계산한 감축잠재량과 연계하기 용이하기 때문이다. 이는 비용과 잠재량 계산에 있어 발전설비의 ‘용량(capacity)’ 정보를 동일하게 설정할 수 있기 때문이다.<sup>36)</sup>

다음으로 베트남 에너지 감축 기술의 ‘감축잠재량’을 계산하고자 한다. 인도네시아에서의 사례와 동일하게 사후 배출계수를 고려하여 감축잠재량을 계산할 수 있다. 다만 베트남의 경우 통합 마진(CM)에 대한 정보가 공개되어 있지 않아 인도네시아에서처럼 통합 마진을 활용할 수는 없었다. 대신 베트남의 천연자원환경부(Ministry of Natural Resources and Environment)에서 2018년에 발표한 운영 마진(OM, operating margin) 자료가 공개되어 있어 이를 활용하였다

36) 프로젝트 기반 비용의 경우 베트남의 현실을 더 반영한 값일 수 있으나 특정 설비의 용량만을 고려하고 있기 때문에 2030년 시나리오 기반의 용량 정보와는 다를 수 있다.

(MNRE, 2020). 이에 기반한 베트남 전력망의 사후 배출계수는 0.8795 tCO<sub>2</sub>/MWh이며,<sup>37)</sup> 이를 활용하여 각 감축 기술을 활용함으로써 인해 기존 베트남 전력망의 에너지 공급기술들을 대체하는 것을 전제로 온실가스 회피량을 잠재량으로 계산하였다. 비용 계산과 마찬가지로 에너지 감축 기술별 2030년 고운영 조건에 해당하는 전력생산량을 활용하여 계산한 감축잠재량은 <표 3-27>과 같다. 계산 결과, 베트남의 2030년 에너지 감축 기술의 배출저감 잠재량은 약 185.5 MtCO<sub>2</sub>로 도출되었다. 세부적으로 살펴보면, 수력과 풍력 발전이 각각 88.4 MtCO<sub>2</sub>, 69.9 MtCO<sub>2</sub>로 가장 큰 배출저감 잠재력을 보였다. 다음으로는 태양광/태양열, 바이오에너지 순이며, 각각 16.9 MtCO<sub>2</sub>, 10.2 MtCO<sub>2</sub>로 나타났다.

<표 3-27> 베트남 에너지 감축 기술 기반 온실가스 배출감축 잠재량

	감축기술	2030 전기생산 (MWh)	배출계수 (OM Ex-post) (tCO <sub>2</sub> /MWh)	2030년 배출저감 잠재량* (MtCO <sub>2</sub> )
i)	풍력	79,511,000	0.8795	69.9
ii)	태양열/태양광	19,253,000	0.8795	16.9
iii)	원자력*	-	-	-
iv)	바이오에너지	11,624,000	0.8795	10.2
v)	수력	100,476,000	0.8795	88.4
vi)	지열	-	-	-
vii)	CCS*	-	-	-
viii)	BECCS	-	-	-
ivv)	석탄채굴 메탄 배출저감	-	-	-
vv)	석유 및 가스운영 메탄 배출저감	-	-	-
vvi)	폐기물 에너지화*	-	-	-
	총합**			<b>185.5</b>

\* 일부 자료에 해당 기술들의 2030년 설비예상량이 소개되어 있으나, 설비용량 자료(단위: MW)만 있을뿐 전력생산량 자료(단위: MWh)는 부재하여 계산에 활용하지 않았음

\*\* 총합 결과는 동 접근법으로 계산 가능한 항목들만 합산한 결과

최종적으로 앞서 도출한 베트남 에너지 감축 기술의 비용 및 배출저감 잠재량 정보를 종합하여 감축비용을 계산하였다. 계산 방법은 인도네시아와 동일하며, 계산 결과는 <표 3-28>과 같다. 아울러, 베트남의 에너지 감축 기술의 감축비용을 IPCC 보고서에서 분석한 전지구적 비용과 비교한 결과는 <표 3-29>와 같다. 분석에 활용된 에너지 감축 기술 모두 IPCC에서 분석한 것과 유사하게 조사되었다. 다만 베트남의 풍력발전의 경우 감축비용이 54.61 USD/tCO<sub>2</sub>로, IPCC에서 제시한 비용 범주를 초과하는 것으로 나타났다. 이는 인도네시아의 감축비용에서도 동일하게 발생한 현상으로, 향후 풍력 발전의 비용 저감 잠재력이 높은 것으로 이해할 수 있다. 특히 베트남의 경우, 풍력과 수력 발전을 중심으로 재생에너지원의 확대를 꾀하고 있는바, 향후 풍력 발전 설비의 보급량이 증가함에 따라 규모의 경제 및 경험효과로 인해 비용이 하락할 수 있을 것으로 사료된다.

37) 동 배출계수는 베트남 전력 부문에서 활용하기 위해 찾을 수 있었던 가장 최신의 자료이다.

〈표 3-28〉 베트남의 에너지 감축 기술 적용 시 감축비용

	항목	LCOE 기반 2030 비용 (USD million)	2030 배출저감 잠재량(MtCO <sub>2</sub> )	감축비용 (USD/tCO <sub>2</sub> )
i)	풍력	3,817	69.9	54.61
ii)	태양광/태양열	886	16.9	52.43
iii)	원자력	—	—	—
iv)	바이오에너지	697	10.2	68.33
v)	수력	3,617	88.4	40.92
vi)	지열	—	—	—
vii)	CCS	—	—	—
viii)	BECCS	—	—	—
ivv)	석탄채굴에서 메탄 배출 저감	—	—	—
vv)	석유 및 가스 운영으로부터 메탄 배출 저감	—	—	—
vvi)	폐기물 에너지화	—	—	—

〈표 3-29〉 IPCC에서 도출한 에너지 기술의 감축비용 및 베트남의 감축비용

	항목	베트남의 감축비용 (USD/tCO <sub>2</sub> )	IPCC 감축비용 범위 (USD/tCO <sub>2</sub> )	범위 상 베트남 위치
i)	풍력	54.61	<0 ~ 50 (대부분 <0)	범위 상단보다 큼
ii)	태양광/태양열	52.43	<0 ~ 100 (대부분 <0)	범위 내 (상단 근처)
iii)	원자력	—	<0 ~ 200	—
iv)	바이오에너지	68.33	50 ~ 200	범위 내
v)	수력	40.92	0 ~ 100	범위 내
vi)	지열	—	0 ~ 100	—
vii)	CCS	—	50 ~ 200	—
viii)	BECCS	—	50 ~ 200	—
ivv)	석탄채굴에서 메탄 배출 저감	—	<0 ~ 100	—
vv)	석유 및 가스 운영으로부터 메탄 배출 저감	—	<0 ~ 200	—
vvi)	폐기물 에너지화	—	—	—

출처: IPCC(2022)의 Table 12.3 (p. 1254)



## 2.2.2 한국-베트남 무역지수

동 섹션에서는 우리나라와 베트남 간의 온실가스 감축을 위한 에너지 기술들에 대한 무역 경쟁력 및 무역 보완성을 계산하고자 한다. 이를 위해, 크게 세 가지 단계의 접근이 필요하다. 첫째, 온실가스 감축을 위한 에너지 감축 기술과 무역품목의 분류체계를 연계한다. 둘째, 우리나라와 인도네시아의 기후기술에 대한 무역성과를 도출한다. 셋째, 인도네시아 에너지 감축기술에 대한 무역경쟁력을 분석한다. 넷째, 우리나라와 인도네시아의 에너지 감축기술에 대한 무역보완성을 분석한다. 이를 구체적으로 적용한 과정은 다음과 같다.

첫째, 먼저, 에너지 감축기술과 무역품목의 분류체계를 연계하는 작업이다. 이는 인도네시아 사례에서 접근한 내용과 같다. 이를 정리하면 <표 3-30>과 같다.

<표 3-30> 기후기술 대·중·소분류에 대한 통합키워드 적용 추출결과

대분류	중분류	소분류	원자료 추출	HS2017	중복·오류 제외	최종 보정
감축	비재생에너지	1 원자력 발전	399	143	109	102
		2 핵융합 발전	372	139	125	124
		3 청정화력 발전·효율화	12	4	4	4
	재생에너지	4 수력	2,865	1,083	1,009	236
		5 태양광	3,042	1,137	976	150
		6 태양열	35	16	14	14
		7 지열	1	0	0	0
		8 풍력	8,871	3,210	2,753	467
		9 해양에너지	11	4	4	4
		10 바이오에너지	1,436	274	135	88
		11 폐기물	8	5	5	5
	신에너지	12 수소제조	535	188	156	156
		13 연료전지	42	20	20	20
	에너지 저장	14 전력저장	298	122	119	119
		15 수소저장	391	152	143	143
	송배전&전력 IT	16 송배전시스템	3	1	1	1
		17 전기지능화 기기	213	115	113	113
	에너지 수요	18 수송효율화	19,678	7,187	6,399	3,264
		19 산업효율화	257	80	76	76
		20 건축효율화	11,263	4,103	3,357	1,596
	온실가스 고정	21 CCUS	9,752	3,300	2,364	357
		22 Non-CO2 저감	5,434	1,761	1,465	800
적응	농업·축산 부문	23-26 농업·축산 부문	35	16	1	1
	물관리 부문	27-30 물관리 부문	4,257	1,405	1,086	670
	기후변화 예측 및 모니터링 부문	31-32 기후변화 예측 및 모니터링 부문	839	227	210	185
	해양·수산업·연안 부문	33-35 해양·수산업·연안 부문	25	7	7	6
	건강 부문	36-37 건강 부문	3	3	3	3
	산림·육상부문	38-40 산림·육상 부문	181	43	38	26
융복합	다분야중첩부문	41-45 다분야 중첩 부문	1	0	0	0
합계			70,259	24,745	20,692	8,730

둘째, 우리나라와 베트남의 기후기술에 대한 무역현황에 대해서는 일반적 분석 지표를 활용한다. 무역현황을 분석하는 일반적 지표로는 수출액 혹은 수입액, 이들의 증가율, 비중 및 무역수지 등이 대표적이다. 2개국의 기후기술무역을 대세계 및 국가별(한국, 중국, 일본, 미국, 유럽, 아세안)로 구분하여 수출과 수입에 대한 현황을 분석한다. 분석 기간은 HS코드의 개편과 최근 무역현황을 반영하기 위해 2017-2021년의 5개년을 기준으로 설정한다. 코로나 팬데믹의 발생 및 최근 특정연도, 특정제품의 무역규모 편중 현상 등을 조정하기 위해 5개년 평균값을 주로 사용한다.<sup>38)</sup>

먼저, 베트남의 기후기술 전체 무역현황과 기후기술 중분류별 무역 현황은 다음의 <표 3-31>과 <표 3-32>와 같이 정리될 수 있다. 베트남의 기후기술무역을 최근 5년(2017-21년)간 연평균 수출액 89,863백만달러, 수입액은 수입액은 129,931백만달러로 국가전체 수출과 수입의 각각 33.5%와 50.2% 비중을 차지하고 있다. 기후기술별 무역액은 에너지 수요, 온실가스 고정, 재생에너지, 기후변화 예측 및 모니터링 부문 등의 순으로 비중은 높은 수준이다. 산림·육상 부문, 기후변화 예측 및 모니터링 부문, 비재생에너지, 건강 부문 등의 순으로 무역수지 흑자를 실현하고 있다. 반면, 에너지 수요, 물관리 부문, 재생에너지, 온실가스 고정, 신에너지, 에너지 저장, 송배전&전력 IT, 해양·수산·연안 부문, 농업·축산 부문 등의 순으로 무역수지 적자 폭이 큰 상황이다.

<표 3-31> 베트남의 기후기술 전체 무역현황(2017-2021년 평균)

(단위: 백만달러, %)

	수출			수입			무역	
	금액	비중	증가율	금액	비중	증가율	무역액	무역수지
전세계	89,863	100.0%	19.8%	129,931	100.0%	11.0%	219,794	-40,068
아세안	7,911	8.8%	8.9%	14,383	11.1%	3.5%	22,295	-6,472
아세안 외	81,952	91.2%	21.0%	115,548	88.9%	12.0%	197,500	-33,596
한국	8,541	9.5%	10.7%	36,232	27.9%	2.5%	44,772	-27,691
중국	24,075	26.8%	17.2%	42,644	32.8%	20.4%	66,719	-18,569
일본	6,153	6.8%	8.0%	10,789	8.3%	9.4%	16,942	-4,637
미국	16,221	18.1%	48.7%	6,082	4.7%	11.3%	22,303	10,140
EU27	8,515	9.5%	19.6%	6,682	5.1%	17.5%	15,197	1,833
기타국 계	26,358	29.3%	13.9%	27,502	21.2%	8.5%	53,860	-1,143

출처: ASDP(2023)

38) 별도 표기가 없는 한 모든 금액은 2017-2021년의 5개년 평균값을 사용한다.

〈표 3-32〉 베트남의 기후기술 중분류별 무역현황(2017-2021년 평균)

(단위: 백만달러, %)

	수출		수입		수입	
	금액	비중	금액	비중	무역액	무역수지
비재생에너지	23,275	7.6%	23,202	5.2%	46,478	73
재생에너지	38,736	12.6%	67,733	15.2%	106,469	-28,998
신에너지	4,567	1.5%	16,531	3.7%	21,097	-11,964
에너지 저장	19,004	6.2%	23,986	5.4%	42,991	-4,982
송배전&전력 IT	11,460	3.7%	14,760	3.3%	26,220	-3,300
에너지 수요	81,492	26.6%	115,867	26.0%	197,359	-34,375
온실가스 고정	42,483	13.9%	68,629	15.4%	111,112	-26,145
농업·축산 부문	16	0.0%	24	0.0%	41	-8
물관리 부문	25,692	8.4%	57,677	13.0%	83,369	-31,985
기후변화 예측 및 모니터링 부문	50,149	16.4%	49,409	11.1%	99,557	740
해양·수산·연안 부문	1,247	0.4%	3,208	0.7%	4,455	-1,960
건강 부문	40	0.0%	26	0.0%	66	14
산림·육상 부문	8,355	2.7%	4,122	0.9%	12,477	4,233
다분야 중첩 부문	0	0.0%	0	0.0%	0	0

출처: ASDP(2023)의 &lt;표 3-1&gt;

다음으로, 한국의 기후기술 전체 무역현황과 기후기술 중분류별 무역 현황은 다음의 <표 3-33>과 <표 3-34>와 같이 정리될 수 있다. 이를 보면, 한국의 기후기술무역은 2017-2021년 기간 연평균 수출액이 232,255백만달러, 수입액은 166,837백만달러로 국가전체 수출과 수입의 각각 48.6%와 36.1% 비중을 차지하고 있다. 기후기술별 무역액은 에너지 수요, 온실가스 고정, 재생에너지, 물관리 부문 등의 순으로 비중은 높은 수준이다. 에너지 수요, 재생에너지, 에너지 저장, 온실가스 고정, 물관리 부문, 비재생에너지, 기후변화 예측 및 모니터링 부문, 신에너지, 송배전&전력 IT, 농업·축산 부문 등의 순으로 무역수지 흑자를 시현하고 있다. 반면, 산림·육상 부문, 해양·수산·연안 부문, 건강 부문 등의 순으로 무역수지 적자 폭이 큰 상황이다.

〈표 3-33〉 한국의 기후기술 전체 무역현황(2017-2021년 평균)

(단위: 백만달러, %)

	수출			수입			무역	
	금액	비중	증가율	금액	비중	증가율	무역액	무역수지
전세계	232,255	100.0%	5.6%	166,837	100.0%	6.9%	399,092	65,418
아세안	59,684	25.7%	3.0%	26,096	15.6%	7.1%	85,779	33,588
아세안 외	172,571	74.3%	6.5%	140,742	84.4%	6.8%	313,313	31,830
중국	75,795	32.6%	3.2%	51,578	30.9%	10.6%	127,374	24,217
일본	15,634	6.7%	2.0%	28,357	17.0%	-0.1%	43,991	-12,723
미국	38,603	16.6%	14.3%	23,810	14.3%	4.5%	62,412	14,793
EU27	28,615	12.3%	10.6%	23,791	14.3%	6.2%	52,406	4,824
기타국 계	73,608	31.7%	2.7%	39,301	23.6%	9.3%	112,909	34,307

자료: 한국무역협회 K-stat(2023) 품목별 수출입 자료

〈표 3-34〉 한국의 기후기술 중분류별 무역현황(2017-2021년 평균)

(단위: 백만달러, %)

	수출		수입		수입	
	금액	비중	금액	비중	무역액	무역수지
비재생에너지	53,518	6.9%	32,975	6.2%	86,494	20,543
재생에너지	110,986	14.2%	73,946	13.8%	184,932	37,040
신에너지	48,353	6.2%	35,891	6.7%	84,244	12,462
에너지 저장	60,478	7.7%	30,168	5.6%	90,647	30,310
송배전&전력 IT	20,331	2.6%	13,354	2.5%	33,685	6,977
에너지 수요	203,084	26.0%	141,655	26.4%	344,739	61,429
온실가스 고정	113,065	14.5%	83,499	15.6%	196,564	29,566
농업·축산 부문	77	0.0%	43	0.0%	119	34
물관리 부문	94,177	12.1%	65,498	12.2%	159,675	28,679
기후변화 예측 및 모니터링 부문	69,689	8.9%	50,126	9.4%	119,815	19,562
해양·수산·연안 부문	3,012	0.4%	3,142	0.6%	6,154	-129
건강 부문	84	0.0%	146	0.0%	230	-63
산림·육상 부문	3,961	0.5%	5,255	1.0%	9,216	-1,294
다분야 중첩 부문	0	0.0%	0	0.0%	0	0

자료: 한국무역협회 K-stat(2023) 품목별 수출입 자료

셋째, 베트남 에너지 감축기술에 대한 ‘무역경쟁력’을 분석한다. 분석 방법은 역시 인도네시아 사례에서 언급된 바 여기서는 넘어가도록 하겠다. 베트남에 대한 무역특화지수와 현시 비교우위지수를 살펴보면, 다음의 〈표 3-35〉와 같이, 무역특화지수(TSI)에 의한 기후기술무역의 경쟁력은 전반적으로 한국은 경쟁력이 있으나, 베트남의 경쟁력은 취약한 것으로 나타나고 있다. 대(對)세계에 대해 한국의 기후기술무역은 전반적으로 무역특화지수가 양수(+)를 보여 수출에 특화된 상황이다. 다만 예외적으로 일본의 경우 수입특화이다. 베트남은 미국과 EU를 제외하고는 모든 국가나 지역에 대해서 수입 특화이다. 베트남은 한국에 대해서 -0.618로 -0.5를 상회하여 경쟁력이 낮은 상태이다.

〈표 3-35〉 국가별 기후기술 전체 품목의 대(對)세계 무역특화지수

대상국	베트남	한국
전세계	-0.182	0.164
아세안	-0.290	0.392
한국	-0.618	-
중국	-0.278	0.190
일본	-0.274	-0.289
미국	0.455	0.237
EU27	0.121	0.092
기타국 계	-0.021	0.304

기후기술로 별로 베트남의 우리나라에 대한 무역특화지수를 다음의 〈표 3-36〉과 같이, 베트남은 우리나라와의 무역에서 일부 기술(해양에너지)을 제외하고는 대부분 수입특화로 경쟁력이 낮은 수준이다.

〈표 3-36〉 기후기술별 베트남의 대(對)한국 무역특화지수

기후기술 분류	베트남
기후기술 범위 전체	-0.618
비재생에너지_원자력 발전	-0.546
비재생에너지_핵융합 발전	-0.458
비재생에너지_청정화력 발전·효율화	-0.426
재생에너지_수력	-0.857
재생에너지_태양광	-0.509
재생에너지_태양열	-0.915
재생에너지_지열	-
재생에너지_풍력	-0.821
재생에너지_해양에너지	<b>0.505</b>
재생에너지_바이오에너지	-0.603
재생에너지_폐기물	-0.480
신에너지	-0.858
에너지 저장	-0.508
송배전&전력 IT	-0.452
에너지 수요	-0.624
온실가스 고정_CCUS	-0.874
온실가스 고정_Non-CO2 저감	-0.726
농업·축산 부문	-0.975
물관리 부문	-0.800
기후변화 예측 및 모니터링 부문	-0.437
해양·수산·연안 부문	-0.717
건강 부문	-
산림·육상 부문	-0.177

한편, 현시비교우위지수(RCA)에 입각한 경쟁력을 분석해 보면, 다음의 〈표 3-37〉과 같다. 현시비교우위 지수가 1보다 크면, 해당 기술/상품에 대한 수출에 대해 비교우위를 갖는 것으로 평가될 수 있다. 베트남은 무역특화지수의 결과와는 다소 상이하게 많은 기술 부문(원자력 발전, 태양광, 해양 에너지, 송배전 & 전력 IT, 산림 및 육상 부문)에서 비교우위가 있는 것으로 분석된다.

〈표 3-37〉 기후기술별 한국과 베트남의 현시비교우위지수

기후기술 분류	베트남	한국
기후기술 범위 전체	<b>0.901</b>	<b>1.306</b>
비재생에너지_원자력 발전	<b>1.009</b>	<b>1.273</b>
비재생에너지_핵융합 발전	<b>0.824</b>	<b>1.360</b>
비재생에너지_청정화력 발전·효율화	<b>0.861</b>	<b>1.327</b>
재생에너지_수력	<b>0.916</b>	<b>1.319</b>
재생에너지_태양광	<b>1.399</b>	<b>1.088</b>
재생에너지_태양열	<b>0.340</b>	<b>1.738</b>
재생에너지_지열	-	-
재생에너지_풍력	<b>0.850</b>	<b>1.314</b>
재생에너지_해양에너지	<b>2.559</b>	<b>0.377</b>
재생에너지_바이오에너지	<b>0.838</b>	<b>1.349</b>



기후기술 분류	베트남	한국
재생에너지_폐기물	0.648	1.462
신에너지	0.281	1.652
에너지 저장	0.777	1.401
송배전&전력 IT	1.210	1.166
에너지 수요	0.936	1.307
온실가스 고정_CCUS	0.706	1.474
온실가스 고정_Non-CO2 저감	0.824	1.347
농업·축산 부문	0.086	1.875
물관리 부문	0.701	1.450
기후변화 예측 및 모니터링 부문	1.413	1.090
해양·수산·연안 부문	0.978	1.320
건강 부문	0.015	1.932
산림·육상 부문	2.117	0.540

넷째, 우리나라와 베트남의 에너지 감축기술에 대한 ‘무역보완성’을 분석한다. 동 연구에서 핵심적으로 다루는 비재생에너지, 재생에너지, 온실가스 고정 기술을 중심으로, 한국과 인도네시아의 보완성 지표 산출결과는 다음의 <표 3-38>과 같다. 가장 보완성이 높은 부분은 폐기물 에너지화이고, 그 다음으로 태양열, 청정화력발전 효율화, 태양광, 바이오에너지, 해양에너지, CCUS, 원자력발전, 수력, 핵융합발전, Non-CO<sub>2</sub> 저감, 풍력 순으로 이어진다.

<표 3-38> 비재생·재생에너지·온기가스고정 기술별  
한국과 베트남의 보완성지표 산출결과: 중소 혼합분류

기후기술 별 분류	인도네시아	
	보완성	순위
비재생에너지_원자력발전	55.6%	8
비재생에너지_핵융합발전	54.3%	10
비재생에너지_청정화력발전·효율화	83.2%	3
재생에너지_수력	55.5%	9
재생에너지_태양광	79.9%	4
재생에너지_태양열	94.9%	2
재생에너지_지열	—	—
재생에너지_풍력	43.2%	12
재생에너지_해양에너지	70.6%	6
재생에너지_바이오에너지	70.8%	5
재생에너지_폐기물	96.1%	1
온실가스고정_CCUS	56.1%	7
온실가스고정_Non-CO <sub>2</sub> 저감	51.8%	11

## 2.3 종합

베트남의 에너지 감축 기술에 대한 한국-베트남 기후기술협력 수요 발굴을 위하여 기존에 주로 수요발굴 연구에 주로 활용되던 TNA 보고서, NDC, 다자은행 협력 사업 현황 등을 검토하고, 신규 접근법으로 온실가스 감축비용과 무역지수를 살펴본 결과를 정리하면 <표 3-39>와 같다.

동 결과를 자세히 살펴보면, 베트남의 에너지 감축 기술 분야에서 TNA 및 NDC, 다자은행 협력 사업 모두 풍력, 태양열/태양광, 수력 에너지에 수요가 있음을 알 수 있다. TNA 보고서와 NDC는 바이오에너지에도 기술 수요가 존재한다는 것을 보여주고 있으나 다자은행을 통한 사업으로 베트남에서 바이오에너지 사업이 시행되지는 않았다. 풍력, 태양열/태양광, 수력, 바이오에너지 발전 모두 온실가스 저감비용이 1 tCO<sub>2</sub>당 100 달러 이하만 소요되는 ‘저비용 감축 기술’로 분류가 가능하므로 모두 사업 시행 시 우선적으로 고려할 필요가 있는 기술이라고 할 수 있으나, 이 중에서도 바이오에너지가 상대적으로 비용이 높기 때문에 다자은행 사업은 바이오에너지 대신 풍력, 태양열/태양광, 수력 발전에 집중한 것으로 보인다. 한편, 베트남과 우리나라 간의 무역특화지수를 보면, 모든 에너지 감축 기술에 대하여 무역지수가 음수이면서 그 값도 -1에 가까운 바, 베트남은 분석에 활용된 모든 에너지 감축 기술에 대해 우리나라로부터 수입이 특화되었음을 보여준다. 베트남과 우리나라의 기후기술에 대한 무역보완성을 보게 되면, 무역보완성이 높은 기술 순위로는 태양열(2위, 94.9%), 태양광(3위, 79.9%), 바이오에너지(4위, 70.8%), 수력(7위, 55.5%), 풍력(9위, 43.2%)이다.

이러한 결과를 베트남의 에너지 감축 기술별로 자세히 살펴보고자 한다. 먼저 ‘풍력’의 경우, TNA 보고서와 NDC에 모두 언급되어 있고, 기존 MDB를 통한 사업 역시 존재한다. 감축비용은 54.61 USD/tCO<sub>2</sub>로 여타 감축비용 대비 다소 높은 편이며, 특히 IPCC 보고서에서 제시한 전지구적 감축비용 범주보다도 높다. 한편, 풍력 기술에 대하여 베트남과 우리나라 간의 무역특화지수는 4위(-0.821)로 베트남은 현재 우리나라로부터 풍력 관련 상품을 많이 수입하고 있으나, 다만 무역보완성지수가 9위(43.2%)로 나온바, 향후 우리나라가 베트남에 수출할 수 있는 풍력 관련 상품들이 많이 존재한다는 것을 의미한다.

다음으로 ‘태양열/태양광’의 경우, NDC 및 TNA 보고서에도 기술 수요가 존재함이 명시되어 있으며, MDB 협력 사업으로도 실제 사업이 이행되고 있고, 감축비용 및 무역지표도 매우 높게 나왔다. 감축비용은 2위(52.43 USD/tCO<sub>2</sub>)로, IPCC 보고서에서 분석한 비용범주의 상단에 가깝기는 하나 베트남의 여타 에너지 감축 기술 대비 좋은 축에 속한다고 할 수 있다. 특히 태양열의 무역특화지수는 1위(-0.915), 무역보완성지수는 2위(94.9%)로, 이미 우리나라가 베트남 간에 태양열 관련 상품의 교역이 활발히 이루어지고 있음을 보여준다. 반면, 태양광의 경우 무역특화지수는 8위(-0.509), 무역보완성지수는 3위(79.9%)로, 우리나라와 베트남 간의 무역보완성이 좋음에도 아직 많은 태양광 관련 상품의 교역이 이루어지지 않고 있음을 의미한다. 따라서 향후 태양광 부문의 기술협력 확대에 관련 교역량의 증대 역시 기대할 수 있을 것이다.

다음으로 ‘바이오에너지’의 경우, 앞서 언급한 바와 같이 베트남의 TNA 및 NDC 상에는 수요가 있다고 명시되어 있으나 아직 MDB를 통한 관련 사업은 부재한 상황이다. 감축비용 역시 4위(68.33 USD/tCO<sub>2</sub>)로 최하순위를 차지하였다. 다만 무역지표의 경우, 다른 기술 대비 순위가 높지는 않으나 무역특화지수(-0.603)와 무역보완성지수(70.8%)가 모두 절댓값 자체는 좋게 나온 바, 우리나라와 베트남 간의 바이오에너지 협력 유망도는 낮지 않다고 할 수 있다. 향후 베트남 바이오에너지의 감축비용이 더 하락될 수 있다면, 우리나라와 베트남 간의 협력 역시 크게 성장할 것으로 사료된다.

마지막으로 ‘수력’의 경우, TNA 보고서 및 NDC에 모두 기술수요가 명시되어 있고, MDB 사업 역시 이루어지고 있음을 알 수 있다. 감축비용 역시 1위(40.92 USD/tCO<sub>2</sub>)를 차지할 만큼 매력적이며, 우리나라와의 무역특화지수(3위, -0.857)도 좋아 이미 우리나라가 베트남에 수력 관련 상품을 다양하게 수출하고 있음을 알 수 있다. 다만 무역보완성지수(7위, 55.5%)가 좋은 편은 아니기 때문에 수력 관련 협력을 위해 협력 가능한 영역을 신중하게 발굴할 필요가 있어 보인다.

종합해보자면, 인도네시아의 경우와 마찬가지로 베트남 감축 기술별로 협력 기술 우선순위를 정량적으로 매기는 것이 쉽지는 않으나, 기존 접근법 상에서는 알기 어려웠던 다양한 시사점을 도출할 수 있다. 특히 수력의 경우, 베트남의 기술수요 및 MDB 사업 경험의 존재하고, 향후 감축비용 역시 매우 매력적이며, 우리나라 역시 현재 수력 분야에서 다양한 상품을 베트남으로 수출을 하고 있으나, 본래 우리나라와 베트남 간의 수력 분야 무역보완성이 좋지는 않으므로, 지속적인 수력 분야의 협력을 위해서는 협력 분야 발굴에 신중을 기할 필요가 있다는 점을 시사해준다. 반면에 태양광의 경우, 베트남의 기술수요도 존재하고 MDB 사업도 이루어지고 있으며, 우리나라와 관련 무역보완성 역시 매우 높으나, 아직 우리나라와 베트남 간에 관련 상품의 교역은 상대적으로 덜 활발하기에 향후 더 적극적인 협력을 하는 것이 유리하다는 것 또한 알 수 있다.

한편, ‘폐기물 에너지화’의 경우 감축비용을 도출할 정도로 베트남 현지의 데이터가 충분히 축적되지 않았으며, TNA 및 MDB 협력 사업으로도 관련 사업이 전무한 것을 통해 볼 때 아직까지 베트남에서 폐기물 에너지화 사업이 충분히 검토되고있지 않고 있음을 알 수 있다. 이는 우리나라와의 관련 무역특화지수가 상대적으로 좋지 않다는 점을 통해서도 우리나라와 베트남 간에 폐기물 에너지화에 대한 교역량이 상대적으로 낮다는 점이 드러난다. 반면, NDC 상에는 향후 폐기물 에너지화를 활용하겠다는 계획이 담겨 있으며, 우리나라와의 CPS에 의거한 협력으로도 최근 폐기물 에너지화 관련 사업이 시작된바, 동 기술에 대한 베트남 정부 차원의 의지를 확인할 수 있다. 특히 우리나라와 베트남 간의 폐기물 에너지화에 대한 무역보완성이 매우 우수하기에 향후 우리나라와 베트남 간에 관련 사업에 대한 협력이 더욱 활발히 이루어질 잠재력이 크다고 할 수 있다.



동 연구에서 주요하게 다루는 ‘신규 접근법’에 기반하여 베트남의 에너지 감축기술 우선 순위를 도출해보고자 한다. 아쉽게도 베트남은 데이터 축적량 및 접근성에 대한 문제로 감축 비용을 계산할 수 있었던 감축기술이 제한적이었다. 감축기술 분석이 가능하였던 풍력, 태양열/태양광, 바이오에너지, 수력 발전은 모두 이산화탄소 1톤 감축당 100달러 이하로 소요되는 기술로 이러한 측면에서는 상기 기술 모두 우선순위를 가진다고 할 수 있다. 그러나 무역 측면까지 고려해보면, ‘현재 시점’에 대한 무역경쟁력을 보여주는 무역특화지수를 감축비용과 함께 고려했을 때의 순위는 ‘태양열’, ‘수력’, ‘풍력’, 그리고 ‘태양광’ 순으로 분석되었다. 여기에 더해 ‘향후’의 무역잠재력을 보여주는 무역보완성까지 고려한다면, 에너지 감축기술의 순위는 ‘태양열’, ‘수력’, ‘태양광’, ‘바이오에너지’ 순으로 도출된다. 한편, 앞서 언급한 폐기물 에너지화의 특수성을 고려하여 향후의 무역경쟁력 및 잠재력을 고려한다면, 에너지 감축기술의 순위는 ‘태양열’이 제일 높고 ‘바이오에너지’, ‘수력’, ‘폐기물 에너지화’가 바로 뒤에서 동 순위를 이루고 있음을 알 수 있다. 이러한 에너지 감축기술 순위 분석이 시사해주는 바를 앞서 인도네시아의 사례를 통해 정리하였으나, 베트남의 사례를 통해 새로 도출 가능한 시사점으로는, 첫째, 현재까지 축적된 현지에서의 기술 데이터가 충분하지 않을 시 감축비용 도출이 어려울 수 있으니 이 경우에는 기존 접근법과 함께 무역지수를 고려할 필요가 있다. 둘째, 동 연구를 통해 우리나라와 베트남 간의 RD&D 필요 기술 분야를 정리하자면 태양 에너지, 바이오에너지, 수력, 그리고 폐기물 에너지화를 제안할 수 있다.

〈표 3-39〉 우리나라와 베트남 간 에너지 부문 감축기술 수요 근거자료

	감축 기술	기존 접근법					신규 접근법			
		TNA 보고서			협력활동		온실 가스 저감 비용** (순위 & USD/tCO <sub>2</sub> )	무역지수		
		TNA	UDP TNA	NDC*	MDB	CPS		무역 특화 지수 *** (순위&값)	현시비교우 위지수 ****	무역 보완성 (순위 및 %) *****
i)	풍력	V	-	V	V	-	3위 (54.61)	4위 (-0.821)	0.850	9위 (43.2%)
ii)	태양열/ 태양광	V	-	V	-	-	2위 (52.43)	1위 (-0.915)	0.340	2위 (94.9%)
		V			V	-		8위 (-0.509)	1.399	3위 (79.9%)
iii)	원자력	-	-	-	-	-	-	7위 (-0.546)	1.009	6위 (55.6%)
iv)	바이오 에너지	V	V	V	-	-	4위 (68.33)	6위 (-0.603)	0.838	4위 (70.8%)
v)	수력	V	V	V	V	-	1위 (40.92)	3위 (-0.857)	0.916	7위 (55.5%)
vi)	지열	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vii)	CCS	-	-	-	-	-	-	2위 (-0.874)	0.706	5위 (56.1%)
viii)	BECCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ivv)	석탄채굴 메탄 배출저감	-	-	-	-	-	-	5위 (-0.726)	0.824	8위 (51.8%)
vv)	석유 및 가스운영 메탄 배출저감	-	-	-	-	-	-			
vvi)	폐기물 에너지화	-	-	V	-	-	-	9위 (-0.480)	0.648	1위 (96.1%)

\* 저감비용: 베트남의 2030년도 에너지 감축기술 별 생산비용과 2030 배출저감 잠재량을 계산하고, 에너지 생산비용(USD)을 배출저감 잠재량(tCO<sub>2</sub>)으로 나누어 계산한 값

\*\* 베트남의 대(對)한국 무역특화지수로, 음수(-)이면 수입특화이고, 양수(+)이면 수출 특화이며, 1(-1)에 가까울수록 특화성이 커지는 것으로 해석

\*\*\* 베트남의 대(對)한국 현지비교우위지수로, 1보다 크면 상대국보다 비교우위를 갖고 1보다 작으면 비교우위가 적은 것으로 해석

\*\*\*\* 한국과 인도네시아의 보완성 퍼센티지가 높은 기술을 순위별로 작성. 순위가 1에 가까울수록 무역보완성이 높고, 순위가 내려갈수록 무역보완성이 낮음

### 제 3 절 소결

동 연구는 우리나라가 개도국과의 기후기술에 대한 국가간 RD&D 협력을 하는 과정에서 활용되는 ‘기술수요 발굴’ 과정에서 근거자료의 틀을 새롭게 설정해 보았다. 기존에 활용되는 데이터는 i) 기술수요평가(TNA) 및 국가결정기여(NDC), ii) 과거 또는 최신 협력 사례, iii) 기술 흡수역량 및 기술 준비도 등이다. 동 자료들은 대부분 정성적 데이터를 제공하며, 해당 개도국의 전문가들의 의견에 따라 도출된 자료들이다. 그런데 결국 기술수요를 파악하는 것은 ‘수요’의 존재 여부를 파악하기 위함일 뿐만 아니라 수요를 근거로 어느 기술에 대해 ‘우선’적으로 협력할 것인가, 즉 ‘우선 수요’를 파악하기 위함이다. 따라서, 기술수요 파악의 고도화를 위해, 경제적 측면에서 최근 기후기술 적용시 발생하는 ‘감축비용’과 해당 기후기술에 대한 ‘무역 경쟁력’ 및 ‘무역 보완성’ 수준을 정량적으로 도출하여 기후기술 수요 발굴에 새롭게 활용하고자 하였다. 이를 위해, 기후기술 적용 감축비용에 대해서는 IPCC 제6차평가 보고서의 제3실무그룹(완화) 보고서에서 국제적 레벨에서 기후기술에 대한 감축비용 적용 접근법을 활용하고, 기후기술에 대한 무역 경쟁력과 무역 보완성에 대해서는 상품 코드 기반 국가간 무역 경쟁력 및 무역보완성 지표를 도출하는 접근법을 활용하여 기후기술과 상품코드를 매칭하는 작업을 진행하였다. 이러한 두가지 접근법의 체계를 설정하고, 이 체계를 인도네시아의 에너지 감축기술에 대해 적용하는 사례연구를 진행하였고, 그 결과 의미있는 정량적 지표들이 도출되었다.

그 결과로, 먼저 인도네시아의 경우, 온실가스 저감비용을 최우선으로 하고 무역 측면에서 ‘현재 시점’에서 국가 경제에 긍정적 역할을 할 수 있는 기술로서 4개 기술을 추출하면 그 순위는 ‘태양열’, ‘수력’, ‘풍력’, 그리고 ‘태양광’ 순이다. 그러나, 우리나라의 경제적 혜택의 관점에서, ‘현재’ 무역잠재력에 더해 ‘향후’ 무역잠재력을 중요하게 고려한다면 4대 순위는 ‘폐기물 에너지화’, ‘풍력’, ‘바이오에너지’, ‘수력’ 순이다. 동 연구가 우리나라-인도네시아 간의 RD&D가 필요한 기술 분야를 추출하는 것인 바, 비록 현재 온실가스 저감비용은 높지만 향후 무역보완성의 잠재성이 높은 분야인 폐기물 에너지화, 풍력, 바이오에너지, 그리고 수력을 향후 RD&D 중점 기술로 제안할 수 있다.

한편, 베트남의 경우, 감축비용 측면에서 분석 가능한 에너지 감축기술이 제한적이어서 해당 기술들의 감축비용이 모두 이산화탄소 감축량 1톤당 100달러 이내의 저비용 기술로 조사되었다. 이들 중에서 ‘현재 시점’에서의 무역특화지수를 고려하여 우선순위 상위 4개 기술을 추출하면 순위는 ‘태양열’, ‘수력’, ‘풍력’, ‘태양광’이다. 그러나, 기존 접근법을 통해 검토된 베트남의 기술 수요와 데이터 부족으로 감축비용 측면에서 검토되지 못한 기술까지 함께 검토하고 ‘향후’ 무역잠재력을 함께 고려한다면, 4대 순위는 ‘태양열’, ‘바이오에너지’, ‘수력’, ‘폐기물 에너지화’로 정리가 가능하며, 이중 1위를 한 태양열을 제외한 나머지 세 가지는 모두 동점의 우선순위로 나타났다. 따라서 향후 우리나라와 베트남 간의 RD&D가 필요한 기술 분야로는 태양 에너지, 바이오에너지, 수력, 폐기물 에너지화를 RD&D 중점 기술로 제안이 가능하다.

동 연구의 의미는, 첫째, 기존의 기술수요 발굴에 활용된 데이터들이 정성적이었고, 그 데이터를 토대로 우선순위를 설정하기 위해 전문가들을 초빙하여 델파이 기법 등을 활용해 협력 우선순위를 설정하였다. 그런데, 동 연구는 기술수요 발굴 시 활용되는 데이터로 ‘정량적 데이터’ 활용을 제시하였다는 점이다. 둘째, 이러한 정량적 데이터 도출을 위해 상대국의 ‘기후 기술 적용시 저감비용’ 도출과 ‘기후기술에 대한 무역지표’를 도출한 접근법을 새롭게 제시했다는 것이다. 이렇게 제시된 접근법은 향후 다른 국가, 다른 섹터, 다른 기술을 중심으로 얼마든지 적용될 수 있다. 셋째, 기후기술 적용시 저감비용의 경우 기존에 IPCC 보고서는 ‘국제적 저감비용 범주’를 보여주고 있다면, 동 연구는 ‘국가’ 또는 ‘지역’ 레벨에서 적용될 수 있는 방향을 보여주었다는 점을 주목할만하다. 넷째, 무역지표의 경우, ‘기후기술’과 ‘상품 코드’를 매칭하는 작업을 통해, 기후기술에 대해서도 양 국가간의 무역 경쟁력과 무역 보완성 수치화하여 기술수요 발굴에 활용방안을 보여주었다는 점 역시 주목할 만하다.

물론 이러한 새로운 접근법을 적용하는 데에 한계점 역시 존재했다. 먼저, 한계는 사례연구로 설정한 인도네시아와 베트남의 경우, 기초 데이터 확보를 위한 시간과 노력이 필요했다. 또한, 에너지 부문의 감축기술로 한정했음에도 불구하고 데이터가 존재하지 않는 감축기술도 있었다. 다음으로, 무역지표를 도출하는 과정에서, 무역경쟁력과 보완성을 도출하는 데에는 상품코드를 활용하는데, 이를 ‘기후기술’에 특화하기 위해서 기후기술과 상품코드를 매칭하는 과정에서 기후기술과 상품코드가 완벽히 맞아 떨어지지 않거나 또는 중복되는 경우들이 있어 이를 조정하는 작업이 상당하고 100% 완벽하다고 볼 수는 없다. 마지막으로, 새로운 접근법으로 제시한 감축기술 별 감축비용과 무역지표를 통해 도출된 정량화된 값은 사실 현재 적용(deployment) 가능한 기술을 중심으로 한 바, 이를 향후 R&D 협력을 위한 지표로 활용하는 것이 적절한 것인가에 대해 의문을 제기할 수도 있다.

그러나, 이러한 한계점에도 불구하고, 이러한 새로운 접근법을 활용하여 개도국 기후기술 협력의 수요를 정량 데이터에 기반하여 접근하고, 이를 토대로 향후 RD&D에 대한 협력 전략을 수립하는 현재의 시도는 큰 의미가 있다고 본다.

## 제 4 장 아세안 중점협력국가 대상 녹색기술 RD&D 수요 발굴

### 제 1 절 대외 기술협력 사례 분석

#### 1. 아세안의 대외 기술협력

##### 1.1. 아세안 협력 개관

한국과 아세안 간의 협력은 다양한 분야에서 증가하고 있다. 경제·사회·산업분야의 발전 잠재성이 높은 아세안은 한국의 대외관계에서 중요한 전략적 협력대상 지역으로서, 정부의 신남방정책, 인도-태평양전략 등을 통해 지속적으로 국가 차원의 협력방안이 마련되고 다각적인 협력이 추진되고 있다. 아세안의 대외 기술협력을 알아보기 전에 아세안 및 아세안의 대외정책을 살펴볼 필요가 있다. 동남아시아국가연합(Association of Southeast Asian Nations), 즉 아세안(ASEAN)은 60년대 중반 베트남전 본격화, 중국의 문화대혁명, 인도차이나 반도의 공산주의 확산 등 다양한 지역 정세에 공동 대응할 필요성이 대두되면서, 1967년 8월 인도네시아, 태국, 말레이시아, 필리핀, 싱가포르 5개국이 창설하였다. 브루나이가 영국으로부터 독립(1984.1월) 후 여섯번째 회원국으로 가입하였고, 90년대 냉전 종식과 함께, 지역주의가 고조되면서 베트남(1995.7월), 라오스·미얀마(1997.7월), 캄보디아(1999.4월) 등 사회주의권 국가들이 가입하면서 현재의 10개국 연합 체제가 완성되었다. 창설 10여 년이 지난 1976.2월에 제1차 아세안 정상회의를 개최하고 아세안 사무국을 설치(1976.2월) 하는 등 느리게 발전해 오다가, 90년대 이후 '아세안지역안보포럼(ARF)' 창설(1994.7월), 아세안+3 체제 출범(1997.12월), 동아시아정상회의(EAS) 출범(2005.12월) 등이 이루어지고, 2008년 아세안헌장이 발효되고, 운영 방식이 확정되는 등 제도화가 완성되었다. 아세안의 의장국은 알파벳 순서로 순환하며, 아세안 10개 국가가 11개 대화상대국(한국, 중국, 일본, 호주, 뉴질랜드, 인도, 미국, 러시아, EU, 영국, 캐나다)과 1대 1로 매칭되어, 3년간 대화조정국 역할을 수행한다.<sup>39)</sup>

아세안의 주요현황을 2021년 기준으로 살펴보면, 인구 약 6억 7,330만명, 면적은 약 448만 km<sup>2</sup>(중국의 약 1/2), GDP는 3조 34,588억불, 총 교역량은 3조 3,467억불(수출 1조 7,414억불, 수입 1조 6,053억불, 한국은 2022년 기준으로 총 1조 4,250억 달러로 수출 6,900억 달러 및 수입 7,350억 달러임)<sup>40)</sup> 이다. 아세안의 주요 목표는, 아세안 공동체의 구축, 공동 관심사에 대한 협력, 경제 발전, 연구 촉진으로, 아세안 회원국들의 협력은 경제협력과 안보협력이 핵심이라고 볼 수 있다.<sup>41)</sup> 경제협력은 아세안 대외협력의 핵심 분야이다. 아세안은 1992년에 아세안 자유

39) 주아세안 대한민국 대표부의 소개된 아세안에 대한 정보이며, 해당 공관은 2011년 한-아세안 정상회의에서 상주대표부 창설을 약속하고 2011년부터 대사를 임명하여 활동이 시작되었다.

40) 한-아세안 간 경제, 사회, 문화협력 증진을 위해 2009년 설립된 국제기구인 한-아세안 센터에 소개된 정보임

무역협정(ASEAN Free Trade Area, AFTA)을 체결하고, 2015년에는 아세안 경제공동체(ASEAN Economic Community, AEC)를 출범시켰다. AEC는 아세안 10개국 간의 자유무역, 투자, 이동, 서비스 등 경제 분야의 완전한 통합을 목표로 하고 있다. 아세안은 또한 역내포괄적경제동반자협정(Regional Comprehensive Economic Partnership, RCEP)의 창립 멤버로서, RCEP의 성공적인 타결을 위해 노력하고 있다. RCEP는 아세안 10개국과 중국, 일본, 한국, 호주, 뉴질랜드 등 15개국이 참여하는 역내 최대의 자유무역협정으로, 아세안의 경제협력에 새로운 전기를 마련하고 있다. 아세안은 경제협력의 범위를 확대하기 위해, 인도와의 FTA인 아세안-인도 FTA 협상을 진행하고 있다. 또한, 남중국해를 둘러싼 분쟁과 관련하여, 중국과의 경제협력을 통해 대중관계를 개선하고자 노력하고 있다.

안보협력은 아세안의 대외협력에서 점차 중요해지고 있는 분야이다. 아세안은 1976년에 아세안 조약을 체결하고, 1997년에 아세안 평화 협력 협정을 체결하는 등 안보협력의 기반을 마련하였다. 아세안은 해상안보, 테러리즘, 범죄, 자연재해 등 다양한 안보 위협에 공동으로 대응하기 위해 노력하고 있다. 특히, 남중국해를 둘러싼 분쟁과 관련하여, 중국과의 협력과 대립을 병행하는 전략을 추구하고 있다. 아세안은 또한 역내 안보협력의 확대를 위해, 아세안+3(중국, 일본, 한국) 및 아세안+8(미국, 러시아, 인도, 호주, 뉴질랜드) 등의 협력체를 통해 협력을 확대하고 있다.

<표 4-1> 아세안의 경제 및 안보협력 현황

경제협력	AFTA, AEC, RCEP, 아세안-인도 FTA, 아세안-중국 FTA 등
안보협력	아세안 조약, 아세안 평화 협력 협정, 해상안보 협력체, 아세안+3, 아세안+8 등

## 1.2. 아세안 대외 기술협력체계

아세안의 대외적인 과학기술협력은 경제협력과 많이 연관되어 있다. 통상적으로 사용하는 개념인 과학, 기술 및 혁신은 국가의 경제적 지위 및 수준과 무관하게 아세안의 모든 경제에 필수적인 요소이며, 농업, 에너지, 교육, 금융, 제조, 관광 등 다양한 부문에 걸쳐 재화 또는 서비스 생산 등의 경제형태에 영향을 미치고 있다. 이러한 배경으로, 과학, 기술 및 혁신의 통합 및 협력 의제는 모든 아세안 회원국이 과학, 기술 및 혁신을 활용하여 지식과 연구개발을 공유하고 연구 결과물을 시민들이 직면한 현실 문제를 해결하는 실행 가능한 솔루션으로 전환하려는 공통의 비전에 깊이 포함되어 있다. 연구 결과물이 시장경제에 반영되는 과정에서 과학, 기술 및 혁신 생태계의 중요한 부문, 기술이전 및 상용화를 촉진하는 메커니즘을 통해 선행된 연구활동과 통합된다. 일반적으로 이 과정에는 민간 부문, 공공 부문 및 최종 사용자가 연결되어

41) 아세안은 크게 4개의 목적과 함께 6개의 기본 원칙이 있다: ① 모든 국가의 독립성, 주권, 평등, 영토 보전 및 국가 정체성에 대한 상호 존중, ② 모든 국가가 외부의 간섭, 전복 또는 강압으로부터 자유로이 국가를 영위할 수 있는 권리, ③ 서로의 내정에 대한 불간섭, ④ 평화적인 방법으로 이견이나 분쟁을 해결할 권리, ⑤ 무력 위협 또는 무력 사용의 포기, ⑥ 상호 간의 효과적인 협력. 상호 존중에 기반한 협력이 기본으로 이는 경제 및 안보 협력의 목적으로 연결된다.

경제사회의 요구를 충족시키는 맞춤형 과학기술 연구개발 및 혁신이 추진된다.

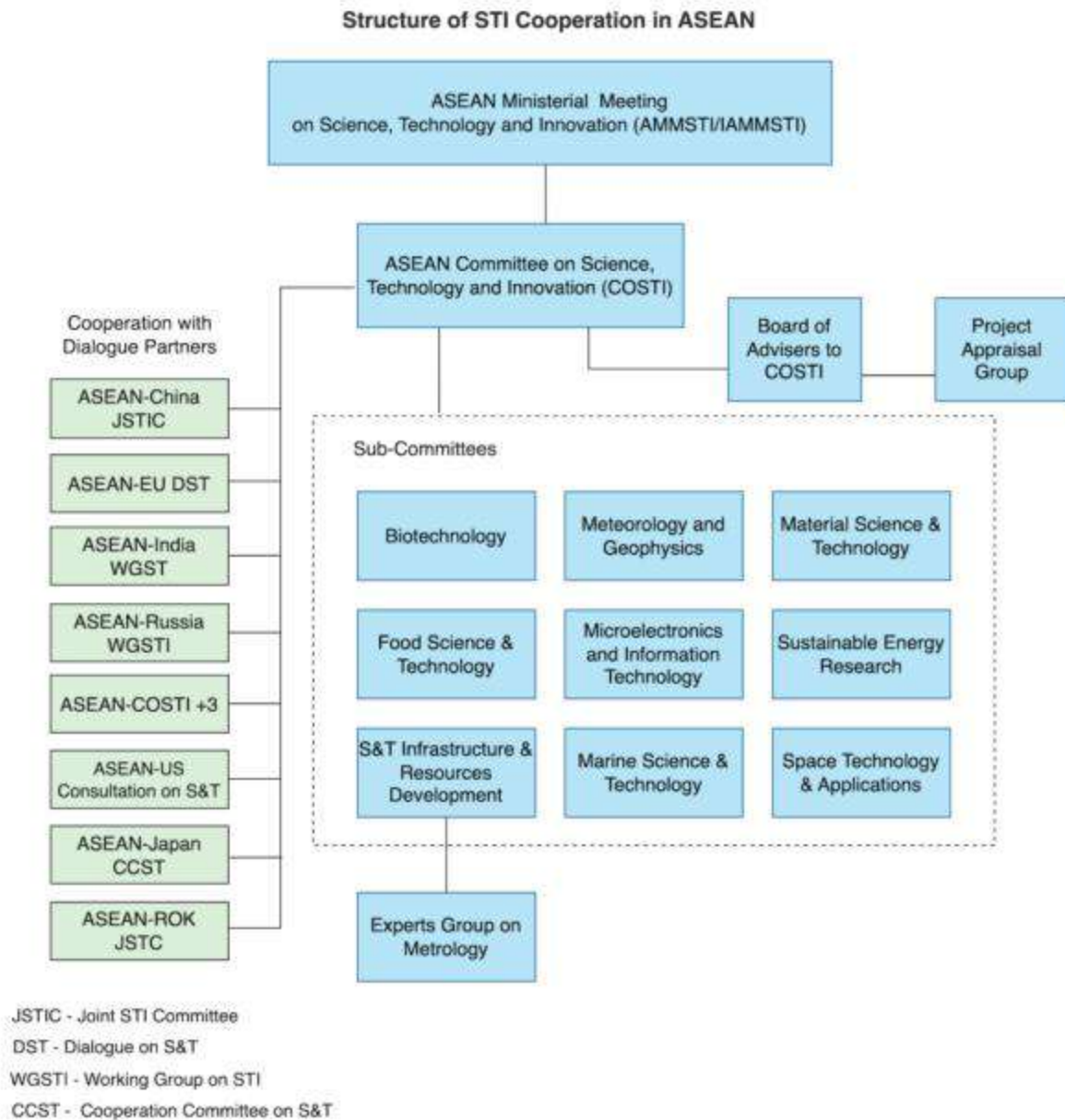
과학, 기술 및 혁신의 영향은 아이디어 단계부터 실행 및 영향 단계에 이르기까지 경제와 긴밀하게 연결되어 있다. 과학, 기술 및 혁신은 이 세 가지 단계를 통합할 수 있게 하는 원동력이며, 또한 세 단계의 완전한 영향을 달성하기 위한 협력의 원동력이기도 하다. 과학기술의 이러한 중요성에 기반하여, 과학기술을 활용하여 아세안 지역이 당면한 공통의 문제를 해결하고, 회원국의 과학기술 발전 수준을 높이기 위한 목적에 따라서 수립된 거버넌스가 있다. 이들의 역할은 아세안 회원국가 전체를 아우르는 계획을 수립하고, 이의 이행을 다각적으로 촉진하는 것이다. 아세안은 1971년 아세안 과학기술 상설위원회(ASEAN Permanent Committee on Science & Technology, PCOST)를 설립하였다. 1978년 최초의 아세안 과학기술 행동계획(ASEAN Plan of Action on Science & Technology, APAST)을 개발하면서 아세안 과학기술위원회(ASEAN Committee on Science & Technology, COST)로 개칭되었고, 1999년 캄보디아의 아세안 가입으로 총 10개국 10인으로 구성된 위원회로 성장하였다. 이들의 대표적인 활동으로는 10년 단위의 기본계획 수립 업무가 있다. 아세안의 과학, 기술 및 혁신에 관한 아세안 행동계획(ASEAN Plan of Action on Science, Technology & Innovation, APASTI / 2018년 이후 ‘혁신’을 추가함)을 마련하여 아세안 지역 대상의 과학기술 협력의 방향성, 주요이슈 및 핵심내용을 제시하고 있다.

현재 적용되는 기본계획으로 5차 행동계획(2016년-2025년)이 유효하며, 크게 네 가지의 내용으로 구성되어 있다: 첫 번째, 민관 협력을 목표로 학계, 연구기관, 우수 네트워크, 민간 부문 간의 전략적 협력을 강화하여 역량 개발, 기술이전 및 상용화를 위한 효과적인 생태계를 조성해야 한다. 두 번째, 인재 이동성, 사람 간 연결성, 포용성 문제를 해결하는 것을 목표로 한다. 과학자와 연구원의 이동성, 사람 간 연결성 강화 및 여성과 청소년의 과학, 기술 및 혁신 참여를 강화함으로써 달성할 수 있다. 세 번째는 기업 지원이다. 이를 위해 혁신적인 시스템을 구축하고 대화 및 기타 파트너와의 스마트 파트너십을 통해 과학, 기술 및 혁신 기업을 육성하여 중소기업을 지원하고 지식 창출 및 과학, 기술 및 혁신 애플리케이션을 육성하여 경쟁력을 높인다. 마지막으로 아세안 과학 기술 협력을 강화하기 위해 대중의 인식과 과학, 기술 및 혁신 교양을 조성한다.<sup>42)</sup>

아세안 내의 정례화된 과학기술부 장관급 회의(ASEAN Ministerial Meeting on Science, Technology and Innovation, AMMSTI) 이외에도 실제적인 과학, 기술, 혁신을 촉진하고 기술협력을 조정하는 기관으로 아세안 과학, 기술 및 혁신 위원회(COSTI, ASEAN Committee on Science, Technology and Innovation)가 있다. 해당 위원회는 연 2회 회의를 통해, 9개의 하부 위원회(생물, 기상&지구물리, 재료, 식량, 전자&통신, 지속가능 에너지, 과기인프라&자원, 해양, 항공우주)의 지역 프로그램에 대한 점검 및 신규 프로그램/프로젝트 이행을 지원하며, 주요한 대화협력국들(한국, 중국, 일본, 미국, EU, 인도, 러시아 등)과 정례화된 회의를 통해 협력안건

42) 아세안의 과학, 기술 및 혁신에 관한 아세안 행동계획의 이행점검 및 촉진을 위한 위원회(COSTI)는 매년 개최되는 아세안 회원국들의 과학기술부 장관급 회의의 방향성과 아젠다에 따라 운영되며, 정책입안자, 연구자, 민간기업의 참여를 통해서 상호협력 촉진, 지식 공유, 새로운 사업 개발을 위해 노력하고 있다.

발굴, 이행 지원 및 점검, 결과물 확산 등을 위한 역할을 수행하고 있다. 해당 위원회(COSTI)는 아세안 사무국을 통해 과학기술부 장관회의 및 아세안 경제공동체 협의회(ASEAN Economic Community(AEC) Council)에 보고서를 제출하여 코디네이팅 및 기술지원 기능 활동을 정기적으로 공유한다.



[그림 4-1] 아세안의 과학기술혁신 협력 구조

출처: ASEAN Science & Technology Network (ASTNET)



## 2. 한국의 대외 기술협력

### 2.1. 한국의 과학기술협력 개관

한국은 해방이후 국제개발협력(또는 공적개발부조, ODA) 형태로 선진국의 기술원조를 받으며 기술습득, 경제성장, 과학기술 역량 축적의 과정을 거치면서 전력, 철강, 화학 등의 분야에서 기초산업의 기반을 다졌다. 1960년대부터 시작된 정부의 수출 주도 산업정책에 따라서 전자, 자동차, 조선 등의 제조업이 발달하기 시작하였고, 1970년대 반도체, 디스플레이 등 첨단산업에 대한 투자를 확대하면서 1980년대를 거쳐서 반도체, 조선 등에서 세계적인 경쟁력을 확보하게 되었다. 1990년대부터는 정보통신, 생명공학 등의 신산업 분야도 성장하면서 2000년대 이후 인공지능, 빅데이터, 5G 등 미래 유망기술도 발전하고 있다. 미국, 일본, 유럽 등 선진국으로부터 기술을 도입하면서 산업화를 추진하던 한국은 1980년부터 심화된 기술무역, 기술보호주의 과정에서 과학기술 투자 확대, 공동 과학기술 연구개발 추진, 전략적 기술제휴 등을 지속적으로 추진하였다. 2010년 국제개발협력 원조를 받는 지위에서 제공하는 지위로 변모하고, 2021년 국제무역개발회의(United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD)를 통해 선진국임을 확인받는 과정까지 한국의 빠른 경제성장에는 과학기술 개발과 역량 강화가 늘 함께 하였다.

한국의 현대사에서 경제와 산업 발전의 주요 원동력으로서의 역할이 입증된 과학기술역량은 점점 더 그 중요도가 높아지고, 국가경쟁력을 제고하는 핵심 요소이다.<sup>43)</sup> 이러한 중요성에 부합되게 1967년부터 1998년까지 과학기술처로 존재하던 관련 부처는 과학기술부로 개편되고, 현재는 정보통신 분야를 포함하여 연구개발 심의·조정·평가를 담당하는 기능까지 포함한 거대 중앙행정기관(과학기술정보통신부)으로 자리잡고 있다. 경제발전을 견인하고, 이를 지원하는 국가기관의 규모와 기능 확대.등에 근간을 제공하는 한국의 과학기술은 기술지원, 공동연구 등 국제협력과 함께 성장해왔다. 최근 한국사회의 과학기술을 둘러싼 이슈들로서는, 경제분야 잠재성장률 둔화(‘11-‘15년: 3.2% → ‘21-‘22년: 2.0%), 세계적 수준의 과학기술 역량 확보를 위한 지속적인 투자와 축적 필요(국가 R&D 규모 0.2조원(‘80년)→93조원(‘20년)), 질적 우수성 제고 필요(피인용 상위 1% 논문 비중: 3.53%(14위)), 과학기술의 사회적 역할 제고 필요(현안 및 미래 이슈에 대한 문제 해결형 정책 수요 증가) 등이 있다.<sup>44)</sup>

### 2.2. 과학기술기본계획(2023-2028)

한국의 과학기술 협력체계를 논하기 이전에 성공적인 과학기술협력, 해외사업화 등 국제협력의 전략화 및 체계화를 위해 정부부처가 수립한 국가계획을 살펴볼 필요가 있다. 작년에 발표된 제5차 과학기술기본계획(2023-2028)에 따르면, 핵심 분야는 크게 세 가지(과학기술외교, 해외거점 활용, 전략적 국제 공동연구)로 정리된다. 첫 번째 분야인 과학기술외교의 고도화는 기

43) 2023년 IMD 국가경쟁력에 따르면, 한국은 28위로 이를 구성하는 가장 순위 요소가 과학인프라임(2위)

44) 제5차 과학기술기본계획(2023-2027)은 우리나라의 과학기술 현황 및 진단을 통해

후위기 대응 범지구적 과학기술 리더십의 요구와 함께, 국제사회의 책임있는 일원으로 공공외교를 추진할 필요성에 따라 대두되었다. 세부 내용으로 ① 국제사회에서의 입지 강화, ② 과학기술 ODA 체계화, ③ 일반인 대상 공공외교 활성화, ④ 남북 과학기술 협력 강화를 주요 골자로 하고 있다. ①번의 경우, 국제기구 내에서의 활동을 통한 국제사회 영향력 제고 및 글로벌 도전과제 참여·해결을 통한 다자기구 논의 주도를 포함하고 있다. ②번의 경우, ODA 주관 및 시행기관, 현지 재외공관, 과학기술 거점 간 연계·협력체계 구축에 대한 내용과 개도국의 발전 단계 및 수요를 고려한 ODA 모델 다변화를 주요내용으로 담고 있다. ③번 공공외교 활성화는, 과학기술 공공외교 프로그램 운영, ICT 역량을 결합한 융복합 콘텐츠 홍보 및 과학기술 거점 공관 활용 확대, 멀티트랙 공공외교 활성화를 골자로 하고 있다. ④번은 남북 과학기술 교류협력 기반 조성, 남북 과학기술 학술교류 재개가 핵심 사안이다.

〈표 4-2〉 제5차 과학기술기본계획\_과학기술협력 관련 핵심내용 발췌

<b>1. 국제사회를 주도하는 과학기술 외교·협력 고도화</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 과학기술혁신 및 디지털 의제 선도를 통한 국제사회 입지 강화</li> <li>② 개도국 수요 반영 과학기술 ODA 체계화 및 효과성 제고</li> <li>③ 일반인 대상 과학기술 공공외교 활성화</li> <li>④ 남북 과학기술 협력 강화</li> </ul>
<b>2. 해외거점을 통한 기업 지원 및 국가위상 제고</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 국내 기술·기업의 해외 진출 및 해외 혁신주체의 국내 유치 확대</li> <li>② 국내 과학기술 연구성과 및 정책 소통·홍보 강화</li> <li>③ 대내외 과학기술외교 협력 체계 구축</li> </ul>
<b>3. 전략적 국제 공동연구 추진 및 중장기 협력 기반 구축</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 협력 유형 및 권역별 국제협력 전략성 강화</li> <li>② 글로벌 거대과학 프로젝트 참여 확대 및 지속가능성 확대</li> <li>③ 연구자·수요자 중심의 통합적 지원 시스템 구축 및 인센티브 강화</li> </ul>

출처: 제5차 과학기술기본계획(2023-2028)

두 번째 분야인 해외거점 활용은, 주요국의 자국중심 산업정책에 따른 국제환경 변화에 대한 대응 필요성과 국내 기업의 해외시장 진출 및 국내외 연구기관 간 교류 확대 강화를 배경으로 하고 있다. 구성내용 세 가지 중 ①번은 국내 기술 및 기업의 해외 진출 및 해외 혁신주체의 국내 유치 확대이다. ICT 및 유망기술 보유 기업의 해외 조달시장 진출 지원 및 해외 혁신주체(기업, 연구소)의 국내 유치 인센티브 강화 및 협업 활성화가 주요한 세부 내용이다. ②번은 국내 과학기술 연구성과 및 정책 소통·홍보 강화가 핵심으로, 해외에 있는 다양한 국가 거점들(과학기술 거점, 과학기술·정보통신 거점공관 등)을 대상으로 과학기술 전문인력 파견 및 채용을

확대하고, 해외 과학기술인단체와의 교류 협력 확대를 통해 국내 연구성과 확산을 추진하는 내용이 담겨있다. ③번은 대내외 과학기술외교 협력체계 구축으로, 과학기술 및 외교의 2+2 장관회의 및 실무 협의체 운영, 과학기술외교 유관부처 및 기관 간 교류·협력 확대를 위한 공동연구 및 공동 교육 활성화를 제시하고 있다.

세 번째 분야인 전략적 국제 공동연구 추진 및 중장기 협력 기반 구축은 급격한 기술변화 및 공동 해결이 필요한 국제 문제가 증가하면서 국제 공동연구가 필요하며 국제질서 재편으로 협력지형의 변화를 전략적으로 활용하는 국제협력 전략 수립의 필요성이 대두됨에 따른 것이다. ①번 관련, 국제협력 R&D 예산 및 중대형 프로젝트 확대와 함께 유사입장국(영·프·독·일) 및 주요 신흥국(ASEAN·인도·브라질)과의 전략기술 및 신기술 분야의 양자다자 공동연구 프로젝트 추진을 주요 내용으로 담고 있다. ②번 글로벌 거대과학 프로젝트 참여 확대 및 지속가능성 확보에 대해서는, 과학 난제 해결형 국제 공동연구 참여 확대로 글로벌 거대과학 리더십 확보와 함께 글로벌 연구 안보 및 신흥기술 분야 윤리규범 등을 위한 관련 협의체 활동 지원 확대가 포함되어 있다. ③번 연구자·수요자 중심의 통합적 지원 시스템 구축 및 인센티브 강화 관련, 과학기술 국제협력 통합지원시스템 구축 및 관리 효율화로 우수 연구자의 국제협력 활동을 지원하며 국제 공동연구 수행에 대한 국내외 연구자 인센티브 확대로 글로벌 연구혁신 네트워크를 강화하는 내용이 핵심으로 제시되어 있다.

### 2.3. 한국의 대외 기술협력체계: 과기공동위, 해외거점, 공동연구

국가 위상에 부합되는 과학기술 외교의 강화, 해외 과학기술거점의 활용 제고를 통한 한국과 해외 간 교류 증진, 전략적인 국제 공동연구 강화라는 핵심 목표와 내용으로 구성된 현행 계획을 뒷받침하는 과학기술 협력체계로서 가장 대표적인 것은 정례화된 주요 협력국과의 과학기술공동위원회 운영을 통한 양자형 협력채널 기반 협력활동 공유 및 공동기획 논의를 들 수 있다. 한국은 주요협력국(미국, 일본, 중국, 영국, 독일, 프랑스 등)과 과학기술협정을 맺고 2년 단위의 공동위 회의를 통해 지속적인 협력활동 모니터링 및 강화·확대를 위한 협의를 추진하고 있다. 본 내용은 기본계획에서 제시된 과학기술 외교와 관련된 과기계의 가장 대표적인 활동이라고 볼 수 있다.

또한, 주요 협력국 내 거점 운영 역시 과학기술 협력을 체계적으로 추진하는데 건인 역할을 한다. 현지의 거점은 긴밀한 네트워크를 통한 협력인프라 강화로 상호 협력수요 파악 및 매칭의 장으로 활용할 수 있으며, 인력교류 및 공동연구의 고리 역할을 수행해내므로, 기본계획의 두 번째 내용으로 제시된 해외 진출과 국내 유치, 대내외 과학기술외교 협력체계 마련에 기여한다. 과학기술협력센터, 과학기술 관련 부처들의 산하기관 해외지역거점, 재외공관의 일부도 이에 포함된다 볼 수 있겠다.

전략적 공동연구 추진을 위한 협력체계는 협력대상, 접근방법 등에 대한 전략화에 기반하여 구축될 수 있다. 예를 들어 극지방을 연구거점으로 기후위기 대응을 위한 지구 자연의 변화를 모니터링하여 신속한 국가 대응전략을 만들기 위한 활동을 수행한다면, 이를 위해 최적화된 협

력국가(북극 대상: 스칸디나비아 반도 또는 러시아, 캐나다, 미국 // 남극 대상: 칠레, 아르헨티나 등 남미 지역 또는 남아프리카 공화국과 같은 아프리카, 호주 및 뉴질랜드와 같은 오세아니아 지역)를 선정하고, 과학기술 및 유관 요소(경제, 정치, 사회 등)를 고려한 협력내용 및 방법을 구체화할 수 있다. 남극 내륙지역 기지를 보유하고 있는지, 국제협력망이 잘 되어 있는 지, 논문 연구성과 수준은 어떠한 지 등을 두루 고려하여 협력체계를 만들고, 별도의 협력협약을 체결하는 등의 활동이 진행될 수 있다.<sup>45)</sup> 이 예시에서 드러나는 전략적인 측면들은 위의 기본 계획 세 번째 분야에서 언급되어 있듯이 거대과학 프로젝트 참여 확대, 유사 입장 및 핵심 협력대상과의 전략기술 공동연구 등과 잘 연계될 수 있다.

## 제 2 절 한-아세안 협력체계 구축

### 1. 목적 및 지향성

아세안은 동남아시아 주요 국가들과의 다자형 협력 및 다자 기반의 양자형 협력을 원하는 국가에게 적합한 지역공동체이다. 공동의 블록을 형성하여 공동의 이해관계를 확보하고 이의 관철을 위해 노력하면서, 이에 더해서 다듬어진 공동의 표준화된 법·제도를 구축하였다면 더없이 이상적인 협력대상이 될 수 있을 것이다. 아세안은 유럽연합과 같은 행정, 입법, 사법의 체계화된 조직구조를 보유하고 있지 않으며, 회원국 모두에게 공통으로 적용되는 범용 제도 또한 존재하지 않는다. 다자형으로 구축되어 있으나, 사안별로 개별 회원국의 각기 다른 이해관계가 검토/합의과정에 작동하는 형태로 볼 수 있다.

아세안은 9개 대화상대국과 각기 다른 협력을 추진하고 있다. 예를 들어, 일본은 실생활 문제 해결을 위한 혁신적인 연구 협력에 개방적이어서, 아세안과의 과학, 기술 및 혁신 정책 관리에 관한 기존 교류 프로그램을 확대하는데 관심이 많다. 중국은 혁신 정책 관리 및 연구, 기술 상용화를 포함한 여러 분야에서 지속적인 협력 의사를 표명하고 있다. 유럽연합과는 현재 플라스틱 폐기물 및 지속 가능한 제조 분야에서 협력하고 있다. 아세안의 관점에서 한국은 기업이 한 단계 더 높은 수준의 경쟁력을 갖출 수 있도록 육성하고 지원하는 데 필요한 플랫폼을 제공하는데 중점을 두고 있으며, 이러한 협력은 R&D에서 상업화에 이르는 혁신 활동의 전 영역을 포괄하는 센터 개발을 구체화하는 것에 관심이 많은 것으로 비춰지고 있다.<sup>46)</sup>

한-아세안 간의 대표적인 협력체계는 2013년부터 개최되고 있는 과학기술공동위원회를 들 수 있다. 지금까지 총 5회의 공동위원회를 개최하며, 상호 협력수요 확인, 협력현황 모니터링, 성과 및 정책 공유, 신규협력 모색 등의 의제를 다루고 있다.<sup>47)</sup> 이외에도 현지거점으로 아세안

45) 제4차 남극 연구활동 진흥 기본계획('22-'26)에 따르면, 남극 연구 선도 10개국 도출 시, 내륙 인프라 선도, 연구성과(논문) 선도, 국제협력 선도(국제협력망 지수)를 고려하여, 전략을 제시하고 있다.

46) 아세안의 관점에서 보여지는 상대국의 협력수요는 가장 실질적인 수요일 수 있으며, 한국이 아세안과 협력을 원하는 주요분야는 연구개발부터 상업화까지의 단계에 대한 기업 지원을 위한 현지거점 개발이다.

에 소재한 국가 지원기관, 연구기관 등이 각자의 목표에 따라서 협력체계를 구축해가고 있다. 본 연구에서는 한-아세안 간 녹색기술을 활용한 녹색전환 실증 공동연구를 협력체계 구축의 목적으로 설정하였다. 이 목적에 부합하는 협력체계를 구축하기 위해서, 기존에 존재하던 것으로 활용가능한 체계 및 신규로 만들어야할 체계를 구분하였다. 기존에 있던 체계로는 우선 재외공관으로 2012년부터 존재하고 있는 주아세안 한국대표부가 있고, 대표부 내에 과학기술협력을 담당하는 과기관(과장급)이 있다. 이외에 부처 산하의 출연연구기관 중 생기원, 생명연과 같은 현지 공동연구를 수행하는 현지조직이 있고, 한-아세안 과학기술협력센터와 같이 정부의 관련활동을 다각적으로 지원하는 기관도 있다. 신규로 고려되어야 할 체계로는, 녹색기술을 활용하여 지속가능한 녹색전환을 추진하는 정책에 대한 이해를 가지고 사업을 기획할 한국 및 아세안 내 부처/공공기관, 실제 기술연구개발 역량을 가지고 협력을 이행할 양국 내 수행기관, 성과를 공유·홍보하며 후속사업을 기획할 대상 기관 정도로 구성되는 체계가 될 것이다.

〈표 4-3〉 한-아세안 녹색전환 과학기술 협력체계 구축 : 기존 및 신규

기존		신규
과기공동위	↔	한-아세안 사업기획 기관 간
재외공관 (주아세안 한국대표부)		한-아세안 사업이행 기관 간
현지거점 (과학기술협력센터, 생기원, 생명연 등)		사업성과 홍보 및 후속사업 기획 기관 간
한-아세안 녹색전환 과학기술 협력체계		

기존 협의체로 과기공동위는 상위단위의 양측 간 협력 논의 채널이라면, 아세안 현지의 재외공관은 해당채널을 공고히 하는 역할을 수행하고, 현지거점은 각자의 공동연구 및 협력활동에 부합되게 연구를 수행하고 있다. 신규는 협력사업 수준에서 프로그램/프로젝트 기획, 이행, 평가 및 후속지원을 담당한다. 본 과제는 대표적인 실증 연구개발 사업 사례를 만들어본다는 구체적인 목표 하에, 본 과제의 선행활동이었던 '22년 과기공동위를 통한 안건 발표 및 주아세안 대표부를 통한 수요 확인 및 연구과제화 추진이 있었다. 이에 따라 '23년 연구과제에서는 녹색전환을 위한 사업에 대한 기획 및 이행 역할을 수행할 협의체를 구축하여 운영하고, 본 결과는 '24년은 연구과제 2차년도 시기에 공동의 사전 타당성 조사 및 후속사업 기획으로 추진될 예정이다. 차년도의 협의체는 협력국가, 협력대상 최종분야, 활용재원 등에 따라서 협의체의 구성이 일부 변경될 예정이다.

47) 2022년 5차 위원회 시, 양측은 과학기술정책을 공유하며 상호 정책에 대한 이해를 높였으며, 한국천문연구원도 신규협력분야로 아세안 회원국과 전파 망원경 기반 협력연구를 제안한 바 있다.(과기정통부 보도자료, 2022.6.15.)

〈표 4-4〉 한-아세안 녹색전환 과학기술 협력체계 구축 ( ‘22년- ‘24년)

‘22년 (선행 활동)	‘23년 연구과제(1년차)	‘24년 연구과제(2년차)
[기존] 수요발굴 및 발표 (COSTI) [기존] 주아세안 대표부 활동	[신규] 사업기획자간 협약체 구축 및 운영	[신규] 사업기획자·이행자 간 협약체 운영, 사 전 타당성조사 추진, 후속사업 기획, 사업이행 및 성과홍보

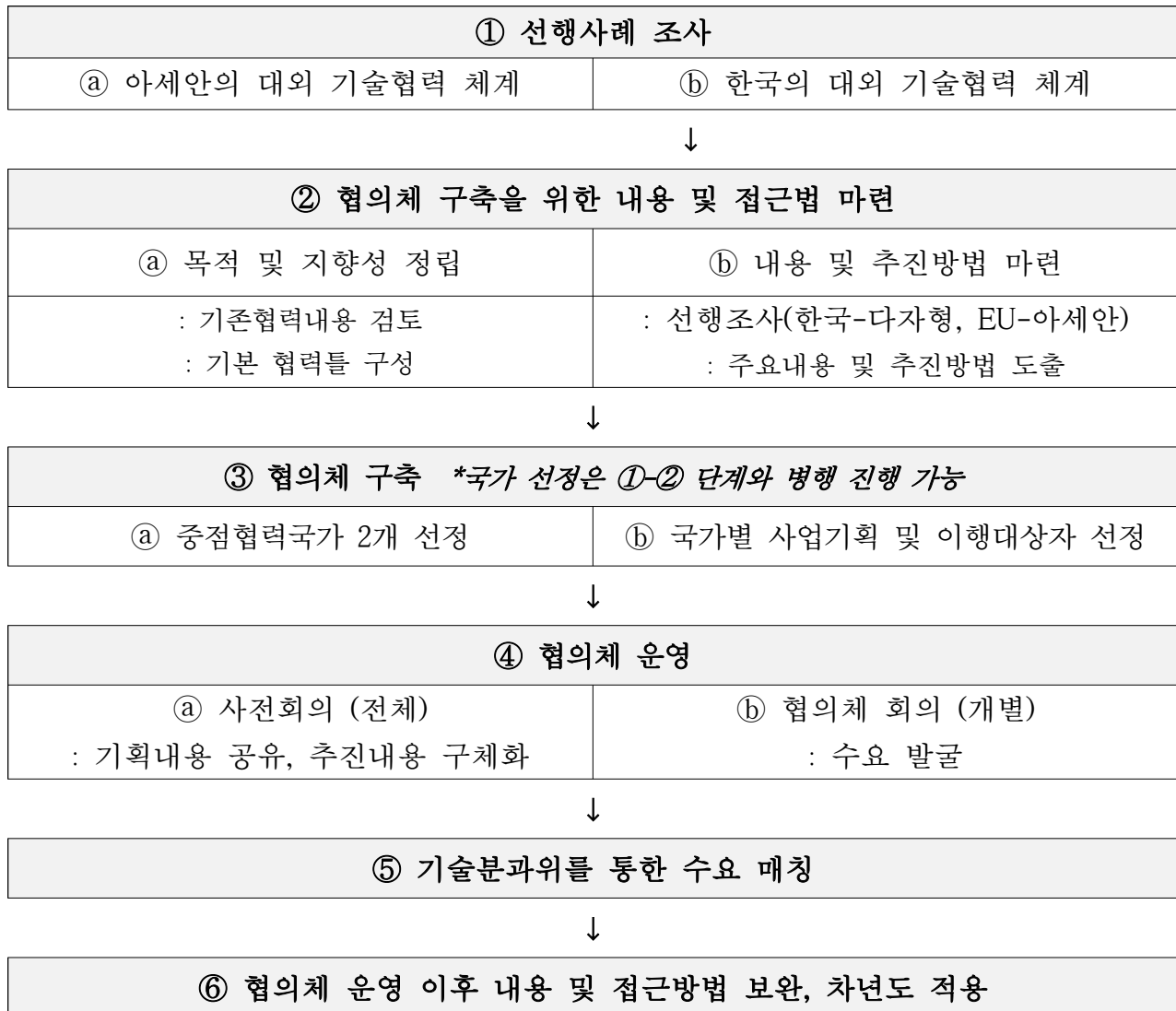
본 과제가 지향하는 방향으로, 가장 우선적인 것은 한국-아세안 및 아세안 협력대상국가 간 국익을 제고하는 점이다. 기존에 존재하는 협력체계에 신규 체계를 연계하여 양측이 구축한 인프라의 활용도를 최대화하고 이를 통해 실질적인 이익분을 공유하는 것이 본 협력의 가장 중요한 부분이라고 할 수 있다. 두 번째는 한국이 아세안을 대상으로 추진하는 국가정책 및 전략의 성공사례를 도출하는 것이다. 아세안은 앞서 설명한 제5차 과학기술기본계획(2023-2028)에 언급되어 있는 바와 같이, 공동연구와 중장기 협력기반의 대상인 주요 신흥국의 선두에 있는 지역이다. 공동연구개발활동을 시작점으로 한국기술의 아세안 현지 진출을 촉진하는 사례를 만들어 국가정책의 성과를 만들고, 참여하는 기관들에 기술진출, 경험축적의 기회를 제공하여 한국발 기후/녹색기술의 전략적인 해외진출에 대한 본보기를 마련할 수 있을 것이다. 마지막으로 세 번째는 글로벌 차원에서 기후위기에 대응하여 기술솔루션의 성과를 도출하고 확산하는 것이다. 전세계적으로 기후변화가 심화되고, 이에 대한 해결방안이 다각도로 추진되는 시점에서 협력국가 간의 협의체계에 기반하여, 수요를 매칭하고 이를 실증하여 글로벌 위기에 대응하는 기술솔루션 모델을 만들고 이를 확산하는 노력이 필요하다.

## 2. 주요내용 및 추진방법

### 2.1. 추진체계

시계열 상으로 보면, 앞서 기재한 선행사례 조사를 통해 도출된 시사점 및 업그레이드 요소를 반영하여 협의체 구성 및 운영을 위한 핵심내용 및 접근방법을 마련한 후, 선정된 국가의 파트너 기관을 선정하는 작업이 진행된다. 국가선정 작업은 첫 번째 선행사례 조사와 유사한 문헌분석활동이므로 이 과정과 병행해서 진행이 가능하다. 국가별로 파트너 기관이 선정되면, 이들을 대상으로 한 섭외를 통해 협의체 사전준비회의를 추진한다. 이를 통해 본 과업의 취지, 목적, 내용, 추진방법, 예상성과 등을 공유하고 협의과정을 거쳐, 향후 추진내용을 구체화하는 단계가 시작된다. 협의체 운영을 통해서 협력수요를 분야를 도출하고, 국내 기술분과위를 통해 한국의 수요와의 매칭을 진행한다. 이를 통해 도출한 매칭분야는 협의체와 추가 논의를 통해 협력수요로 확인하게 된다. 본 과정을 통해 우선순위 분야에 대한 컨셉노트가 마련되며, 이 내용은 차년도에 구체화하여 사전 타당성조사를 추진하게 된다. 마지막으로 올해 운영한 협의체의 경험은 재검토를 통해 차년도 운영시 보완할 부분을 점검하게 된다.

〈표 4-5〉 한-아세안 녹색전환 과학기술협력 협의체 구축을 위한 단계별 추진체계



## 2.2. 사례분석1: 한국-다자형 협력

한-아세안 간 녹색전환 과학기술 협력체계 구축을 위한 협의체가 추진해야 할 주요내용 및 방법을 구체화하기 위해서, 추가적인 선행활동을 대상으로 우선적인 조사분석을 진행할 필요가 있다. 이는 추진방법 및 내용을 효과적이고 효율적으로 구성하기 위한 단계이며, 축적된 경험을 통해 도출한 시사점을 반영하는 업그레이드의 노력이기도 하다. 첫 번째로 한국의 대외협력 사례, 특히 다자형 양자 협력의 형태에서 얻은 경험을 검토하여 본 협의체에 반영할 요소가 무엇인지 파악할 필요가 있다. 한국이 추진 중인 다자형 협력의 대표적인 사례로 한국-EU 간 협력 및 한국-P4G 간 협력을 조사 대상으로 하였다.

EU는 유럽의 27개 회원국 간의 정치경제 통합체로서 현존하는 다자형 협력체로서는 가장 발전된 형태로 이해될 수 있다. 화폐 단일화, 국경 출입국 폐쇄, 입법-행정-사업 업무를 담당하는 기구의 공동운영 등 여러 가지 면에서 공통의 이해관계가 조직적·제도적으로 잘 반영되어 있는 다자기구이다. 과학기술협력 관련, 세계에서 가장 큰 규모의 연구혁신 프로그램을 운영하여 최신 선도기술을 위한 공동연구의 기회가 한국에 매력적인 부분이다. 한국과 EU 간의 협력은 2007년 과학기술 협력 협정 체결에 따라 공식화되었다. 이에 따른 과학기술공동위원회가 정기적으로 개최되어 양측의 과학기술 협력 현황을 공유하고 신규협력사안을 논의하는 장으로 운영되고 있다. 한국은 EU가 운영하는 연구혁신 프로그램인 <호라이즌(Horizon)> 프로그램에 참여를 통해 선진기술 공동연구개발, 혁신적인 연구문화 체득, 네트워크 구축 등을 진행하고 있다. <호라이즌 2020 (2014-2020)>의 총 130개 프로젝트에 128개의 한국기관이 총 197회 참여한 바 있다. 2021년부터 2027년까지 운영되는 <호라이즌 유럽(Horizon Europe)>에는 현재까지 16개의 프로젝트에 14개의 기관이 총 17회 참여하고 있다. 최근 한국은 <호라이즌 유럽>에 유럽 회원의 자격으로 참여하기 위해 EU와 협의 중이다.<sup>48)</sup> EU는 이번 호라이즌 유럽에서 준회원국 참여 확대를 통해 비 유럽연합 국가(제3국)와의 협력을 강화하고, 개방형 과학정책을 통해 오픈 사이언스 문화를 주도하고 있다. 이외에도 행정적인 측면의 능률화 및 간소화도 같이 모색되고 있다. EU의 입장에서 한국과의 협력은 반도체, ICT 등 첨단 통신기술을 보유하고 있는 한국과의 협력을 통해 유럽 전반적인 관련기술의 수준을 제고하는 차원에서 이해관계가 높은 것으로 파악된다.

<표 4-6> 한-EU 간 협력분야

장기 공동협력분야	5G 사물 인터넷(Internet of Things) 클라우드 및 인공 지능(cloud and artificial intelligence) 나노 전자 및 나노 안전(nanoelectronics and nanosafety) 청정 에너지 혁신(clean energy innovation) 전염병 (infectious diseases) 후성유전체 연구(epigenome research) 위성 내비게이션(satellite navigation) 등
신규 협력영역	항균성 내성(antimicrobial resistance) 자율 주행 시스템(automated driving systems) 재난 복원력 및 보안(disaster-resilience and security) 극지 연구(polar research) 등

출처: EU Research and Innovation (Korea)

48) EU가 운영하는 Horizon Europe 프로그램에 대한 일반회원 참여 자격을 얻기 위하여 올해 5월부터 협상을 시작하였다. 해당협상은 2022년 한국에서 개최된 한-EU 과기공동위에서 한국이 전달한 의향서에 따른 후속조치이다. 합의가 이루어지면, EU 입장에서는 전략적 파트너국가에게 처음으로 EU 회원국가와 동등한 기회를 제공하는 경우가 될 것이다.



지금까지 한국의 프로그램 참여, 논문 및 특허 보유에 기반하여 주요한 협력분야를 <표 4-6>과 같이 제시하고, 이 영역에 대한 전략적 협력을 추진하고자 하고 있다. 한-EU 간 과학기술 협력에서 유럽은 상호교류, 협의/논의에 기반한 의사결정을 하고 장기적인 기획을 통해 안정적인 협력을 추진하는 유럽의 방식을 이끔 가능성이 높다. 또한 <호라이즌 2020>에 참여한 한국의 이력, 한국의 연구개발 투자이력, 논문 현황, 보유 특허를 평가하여 비EU 국가를 대상으로 EU회원국 자격에 준하는 참여환경을 부여하는 협상을 시작한 점은 한국과의 협력이 상호 이익에 기여할 것이라는 자체 분석에 기반한 것으로 판단된다. 한국의 입장에서는 본 협상이 성공적으로 진행되어, 유럽의 연구혁신 프로그램에 좀 더 용이한 참여자격으로 연구기획 및 운영, 결과물 도출, 연구문화 공유 등 다양한 측면에 경험을 축적하고 상호교류의 성과를 내는 기회를 얻을 수 있을 것이다.

한국에게 유럽과의 협력은 세계를 선도하는 대표적인 지역 중 하나와의 협력 네트워크 구축, 공통의 제도/규범/기준을 만들어가는 활동에 대한 동참이며, 특히 <호라이즌 2020> 회원 참여는 유럽형 선진기술 공동개발의 대표적인 장에서 동등한 자격으로 활동하는 것이기에 그 의미와 가치는 크다고 볼 수 있다. 지속적인 협력을 통해 장기적인 기획력 및 성과도출의 문화 또한 습득하는 좋은 기회가 될 것으로 예상된다.

다음 사례로 한국-P4G 간 협력은 국제 이니셔티브와의 공동작업에 대한 것이다. P4G(Partnership for Green Growth and Global Goals 2030)는 녹색성장을 통한 기후변화 대응 및 지속가능한 발전을 위한 민관 파트너십을 표방하며, 특히 기후 스마트 농업, 식량 손실 및 폐기물, 수자원 회복력, 탄소배출 제로 모빌리티, 재생에너지 영역을 대표분야로 다루고 있다. 2017년 덴마크 및 한국의 주도로 시작된 본 국제협의체는 현재 12개국으로 활동하고 있으며, 2018년 코펜하겐에서 1차 정상회담, 2021년 서울에서 2차 그리고 2023년 콜롬비아 보고타에서 3차 정상회담을 개최하며 기후위기 문제 해결에 기여하기 위해 지속적으로 노력하고 있다.<sup>49)</sup> 본 협력에서 과학기술 영역은 P4G가 지원하는 프로그램(스타트업, 스케일업 // 각 최대 10만불 및 100만불 지원)에 참여하여 기술을 바탕으로 솔루션을 제공하는 활동 속에 포함된다고 볼 수 있다. 본 국제 이니셔티브에서 한국이 활동하는 것의 시사점은, 국제무대에서 한국이 주도권을 가지고 시작한 대표적인 사례라는 점과, 모두가 동참해야 할 기후위기 문제의 영역에서, 지속가능성 있는 민관 협력(Public-private partnerships)의 접근방법으로, 실제적인 이해관계의 영역인 식량, 물, 에너지, 스마트시티, 순환경제를 대상으로 잡은 전략적인 참여가 반영되어 있다는 점이다. 특히 기술 연구개발의 결과물이 직접적으로 반영되는 물질적인 삶의 영역들이 다루는 대상으로 정리되어 있어서, 활용도가 높다고 볼 수 있다. P4G 프로젝트에 한국의 참여율은 매우 낮은 편이지만,<sup>50)</sup> 과학기술외교의 관점에서 전략적으로 효과적인 분야와 접근방법이 집약된 국제협의체에

49) P4G는 민관 간의 협력 기반으로 특정한 분야(지속가능 발전의 5개 영역: 기아종식, 깨끗한 물과 위생, 깨끗한 에너지, 지속가능한 도시와 공동체, 책임감 있는 소비와 생산)를 대상으로 한 협력을 촉진하는 국제협의기관이다. 이들은 COP28('23.11.30-12.12, 두바이)에 참여하여 녹색비즈니스 모델과 기후기업을 위한 파트너십을 위한 경제전환을 논의할 예정이다. (P4G 홈페이지)

50) 한국은 P4G 홈페이지 기준으로 총 6개의 사업 이력이 있다: start-up 4개, scale-up 1개, state-of-the-art 1개. 이 수치는 11개 회원국의 현황 중 가장 낮은 수치이다. (P4G 홈페이지)

선도적인 역할자로 참여하고 있다는 부분은 시사점이 크게, 지속가능성 있는 지원구도인 만큼 지속적인 참여와 노력을 통해 한국 과학기술의 성과물이 소개되고 활용되는 장으로 활용할 수 있을 것이다.

### 2.3. 사례분석2: EU-아세안 협력

EU-아세안 간 협력을 살펴보는 관점은, 유럽이 아세안을 대하는 방식과 내용을 확인하여 한국의 아세안 과학기술 협력에 대한 방향성 및 전략 수립에 참고하기 위함이다. 유럽과 아세안 간 협력의 주요 영역은 경제분야에서 관찰된다. 중국 및 미국 다음으로 무역량이 많은 유럽(아세안 무역량의 약 10%인 2,806억 달러, 2019년 기준) 간에는 자유무역협정 논의가 2007년부터 진행 중으로, 합의점 도출의 실패로 협의가 중지된 사례도 있었지만, 2017부터 협정들을 공동 개발하는 논의를 재개하고 있다. EU는 인도태평양 전략의 중심에 아세안이 있음을 인지하고 2020년 전략적 파트너 관계를 맺고, 크게 세 개 분야(정치·안보 협력, 경제협력, 사회문화협력)에서 협력하고 있다. 세부적으로는 다양한 영역에서 공동논의를 진행 중으로 지속가능 발전, 환경 및 기후변화, 녹색기술, 디지털경제 및 사회, 에너지, 과학 및 연구 등이 있다.<sup>51)</sup>



[그림 4-2] EU-아세안 협력관점의 상호 현황 비교

출처: EU-ASEAN Strategic Partnership 2022

51) 1977년 이래로 협력관계를 가지고 있는 양측은 지역안보 및 정치적인 관점에서 이해관계가 높으며, 다른 측면에서는 경제 분야에서도 상호 중요성이 높다고 보여진다. 유럽은 인도태평양 지역을 대상으로 총 7개 분야를 전략적인 협력영역으로 제시하고 있다: 지속가능하고 포용적인 번영, 해양 거버넌스, 연결성, 인적 보안, 녹색전환, 디지털 거버넌스와 파트너십, 보안 및 방어

## EU-ASEAN Dialogues



[그림 4-3] EU-아세안 협력대화 분야

출처: EU-ASEAN Strategic Partnership 2022

아세안의 관점에서 EU와의 관계는 1980년 협력협정 체결, 2007년 및 2012년 협력관계 확장, 아세안-유럽 행동계획(2018-2022) 수립 등 협력의 중요성이 높아지고 있다. 양측이 다자형 협력체임을 가만하면 협력의 진행속도는 다소 느린 편이지만, 체계를 갖추고 협력활동이 확장되고 있다. 특히 행동계획은 지속적으로 업데이트되면서 양측의 협력이슈 및 내용을 공유하고 신규 협력사안을 마련하는 장으로 활용되고 있다.

### 3. 협의체 구축

#### 3.1. 구성내용 및 추진방법

위에서 살펴본 바와 같이, 아세안 및 한국의 대외 기술협력 선행사례(<표 4-5에서 ①번), 협의체 구축을 위한 목적 및 지향성 정립(②번 ①), 내용 및 추진방법 마련(②번 ②)을 위한 선행조사를 통해서 한-아세안 녹색전환 과학기술협력 협의체 구축을 위한 시사점을 도출할 수 있었다. 우선 아세안의 대외 기술협력사례 조사를 통해 도출한 시사점으로, 아세안이 수립한 계획, 제도 등을 잘 파악하고 협력을 추진해야 한다는 점이다. 10개 회원국의 이해를 두루 만족시키는 합의를 이루는 과정에 많은 시간이 소요되는 만큼, 그 준용의 범위와 시간이 넓다는 것 또한 잘 인지하여야 한다. 또한, 아세안은 다자형 양자협력의 대상으로 보기에 한계가 있다

는 점이다. 모든 회원국가 간의 이해관계가 체계화되어 하나의 규정이나 제도가 통용된다기 보다는 적지 않은 부분에서는 다자형 합의가 이루어지지 않아서 애초부터 양자형으로 전략적으로 접근하는 것이 더 효과적일 수 있다는 것을 알 수가 있었다.

한국의 대외 기술협력사례를 살펴보면 파악된 내용으로는, 첫째 과학기술외교의 개념에서 국익을 위한 기술분야 활용이 강조되고 있다는 점이다. 과학기술외교 활동으로 과학을 위한 외교가 가장 고전적이며 일반적인 형태이고, 외교를 위한 과학기술 활용은 국가의 이익을 고려한 과학과 기술의 동참과 동원의 측면이 있다.<sup>52)</sup> 이러한 배경 하에도 최근의 과학기술기본계획이 제시하는 과학기술 외교 및 협력에는 과학기술 연구개발 증진을 위한 외교지원활동은 상대적으로 두드러지지 않는다. 두 번째, 해외거점 활용에 있어서 기업의 해외진출 지원 기능이 또한 강조되고 있는 부분이다. 해외 존재하는 한국정부 및 정부 산하기관의 거점들은 각자의 역할과 기능을 가지고 있기에, 기업지원과 관련성이 적은 거점의 경우는 해당업무를 수행하는 것에 한계가 있을 것으로 예상된다. 마지막으로 전략적 국제공동연구 및 중장기 협력기반 구축의 필요성은 매우 적합하며 이를 기획·이행하는 작업에 전문가의 다각적인 참여가 지속가능성을 제고할 수 있을 것으로 보여진다.

한-아세안 과학기술 협력체계 구축과 관련하여 기존내용 대비 신규내용의 핵심은 현지의 운영담당 협력기관의 필요성 및 이들과의 탄탄한 협력체계 구축이다. 한국이 해외협력사업을 추진하면서 경쟁력이 부진한 중요 이유 중 하나는 현지에서 실질적으로 운영담당을 해 줄 수 있는 협력기관의 부재 또는 협력활동의 미흡함에 있는 것으로 파악된다. 이러한 점이 보완되지 않으면 한국의 해외협력 기획, 투자, 운영의 노력이 큰 효과를 보기는 힘들 수 있다. 추가적으로 양 측의 이해관계를 잘 파악하여 지속가능성이 있는 관계와 구도 형성이 필요한 점도 간과해서는 안되는 부분이다.

한국-다자형 협력, EU-아세안 협력에 대한 조사를 통해 인지할 수 있는 이슈는 자신의 이해관계 중심으로 접근하는 EU와 같은 거대한 상대에게도 그들이 필요로 하는 것이 무엇인지를 잘 파악하고 이를 무기삼아 협상을 통해 우리가 원하는 것을 얻는 협력이 필요하다는 것이다. EU의 호라이즌 유럽 프로그램 참여는 이러한 관점에서 의미있고 적절한 활동으로 볼 수 있다. 또 하나의 문제로는 장기적이고 지속적인 정책 운영의 아쉬움이다. P4G와 같은 의미있는 국제이니셔티브에 한국의 참여가 의미를 찾을 수 있도록 지속적인 관심과 노력을 기울여야 함에도 불구하고 단시적인 성과에 만족하고 어느 기간이 지나면 활용기간이 폐기된 듯 예전과 같은 수준의 접근이나 활동이 없어서 국가 차원의 투자나 활동의 효과성이 떨어지는 상황들이 보여진다.

52) 미국 AAAS 및 영국 왕립학회가 제시한 과학외교의 세 가지 유형을 과학기술 분야에 적용하면, 가장 일반적인 형태가 과학기술을 위한 외교로 인식할 수 있다. 유형 중 외교를 위한 과학은 국익 및 대외적 관점에서 과학이 활용되는 경우가 해당된다 (배영자, 2015 / 김태건, 2019)

위에서 살펴본 사례 및 협력체계들이 제공하는 시사점들은 한-아세안 간 녹색전환 과학기술 협력 협의체 구축에 활용되게 하고자 하며, 이를 위한 작업으로 해당 내용들을 구분화하여 협의체 구축을 위한 구성내용 및 추진방법에 <표 4-7>과 같이 반영하고자 한다.

<표 4-7> 사례조사의 시사점, 구성내용 및 추진방법

구분	주요 시사점
㉠ 아세안의 대외 기술협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>아세안의 계획, 제도 등을 잘 숙지하고 협력 추진</li> <li>다자형 양자협력의 한계를 인지하고, 필요 시 양자형으로 추진</li> </ul>
㉡ 한국의 대외 기술협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학기술외교 관련, 외교를 위한 기술 활용 측면이 강조됨</li> <li>해외거점 활용에서 기업 진출이 강조됨</li> <li>전략적 국제공동연구 및 중장기 협력기반 구축은 이행자인 전문가 의견을 반영하여 지속가능성 있게 구조화 하는 것이 필요</li> </ul>
㉢ 기존 대비 신규내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>현지 운영담당 네트워크 공고히 확보</li> <li>양측 이해관계를 잘 반영한 협력구도 형성</li> </ul>
㉣ 한국-다자형 협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>상대의 수요를 인식하고 협상하여 유리한 조건 확보</li> <li>장기적이고 지속적인 정책 추진</li> </ul>
㉤ EU-아세안 협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>우리의 수요를 명확하게 전달하고 관철시키기</li> </ul>



협의체 구축을 위한 반영(안)	
구성내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>(과학기술외교) 과학기술을 위한 외교, 외교를 위한 과학기술을 두루 다루기</li> <li>(해외거점) 기업의 해외진출 지원 고려</li> <li>(공동연구) 전략적으로 지속가능성 있게 구조화</li> <li>(현지사업화) 현지 운영담당기관과의 탄탄한 협력체계 확보</li> <li>(협력구도) 양측의 이해관계를 잘 반영</li> </ul>
추진방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>(전략) 장기적이고 지속적인 전략으로 추진</li> <li>(커뮤니케이션) 수요, 공급 등과 관련 명확한 정보 공유</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>(아세안 vs 회원국가) 아세안이 다자형 양자협력 대상으로서 한계가 있음을 인지 (통합되지 않은 이해관계)</li> </ul>

### 3.2. 협의체 구성

한-아세안 녹색전환 과학기술협력 협의체 구성을 위하여, 다양한 선행사례 조사 및 구성내용과 접근법 마련을 위한 조사분석 및 검토를 진행하였다. 2장에서는 이와 병행하여 10개국으로 구성된 아세안 내 회원국 중에서 중점협력국가로 인도네시아와 베트남을 선정한 바 있다. (선정기준 및 결과는 2장 참조) 한-아세안 간에 구체화된 양자형 협력구도 하에서 상생하는 성공사례 도출 및 지속성 있는 협력구도 마련을 위해 국가별 협력대상자가 구체화될 필요가 있다. 우선 협의체에 참여하는 협력국과의 주요활동은 녹색전환에 기여하는 연구개발형 현지실증사업의 기획과 이행인 바, 이 역할과 기능을 수행할 양측의 참여기관이 협의체를 구성해야 한다. 의사결정권을 가지고 전체 정책/전략을 기획하는 공무원, 전문성을 가지고 연구개발 및 자문을 수행하는 연구자, 현지실증사업을 이행할 민간기업, 후속사업을 기획할 사업개발자 등이 필요한 구성인원으로 파악된다. 본 과제가 2년으로 구성되어 있고, 1차년도는 기획이 목표이므로 1차년도의 협의체 구성은 최소 규모로는 공무원 및 연구자로 이루어질 수 있다.

사업기획 역할과 관련, 양측에서 수행해야할 가장 중요한 일은 협력수요의 발굴이다. 상호 간 긴밀한 협의가 필요한 영역으로 효과적이고 효율적인 커뮤니케이션을 통해 수요를 파악하고 매칭하는 작업이 필요하다. 본 작업은 우선적으로 협력국으로부터 수요를 받고 한국에서 이를 검증하고 제공할 기술을 중심으로 매칭하여 상호 합의하는 방법을 추진하고자 하였다.

구성인력에 대한 내부검토를 통해 한국측의 공무원분야는 과기정통부, 연구분야는 국가녹색기술연구소가 담당하고, 인도네시아 및 베트남은 녹색전환 연구개발 기획 업무에 부합되는 기관으로 선정하였다. 인도네시아는 연구개발을 총괄담당하는 국가연구혁신청(BRIN, National Research and Innovation Agency)이 대상으로 선정되었다. 해당 기관은 공무원 조직이면서 연구기관(총 12개 Research Organization)을 보유하고 있는 특수한 거버넌스 구조를 가지고 있다. 베트남의 경우 과기부 및 연구기관으로는 자연환경부 산하 국가기상수리환경연구소(Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change, IMHEN)의 전문가를 선정하였다.<sup>53)</sup>

〈표 4-8〉 한-아세안 협의체 구성 기관(안)

	인도네시아	한국	베트남
공무	국가연구혁신청 (BRIN)	과기정통부 (주아세안 대표부)	과기부 (주한 베트남대사관)
연구		국가녹색기술연구소 (NIGT)	국가기상수리환경연구소 (IHMEN)

53) 인도네시아 및 베트남의 해당기관들은 주아세안 대표부를 통해 적정설에 대한 검토와 의견을 받은 바 있음.

### 제 3 절 한-아세안 협의체 운영

#### 1. 사전 세미나

##### 1.1. 개최 개관

준비된 협의체 구성안에 따라 선정된 중점협력국의 대상기관들과 계획된 내용을 공유하고 함께 추진하기 위한 접촉을 시작하였다. 주아세안 대표부 공관을 통해 인도네시아 및 베트남의 대상자를 섭외하였다. 한국초청행사로 추진한 본 행사는 워크숍 형태로 발표, 질의응답, 협의/논의의 방식으로 진행하였다. 참석자들은 코로나 및 비자발급 문제로 온/오프라인으로 병행하여 진행하게 되었다. 인도네시아 BRIN은 현장 및 온라인으로 참여하였고, 베트남은 주한 베트남 대사관 과학관 인원들은 현장에 그리고 연구소 인원은 온라인으로 참여하였다. 본 행사는 이들로 구성하여 협의체 계획에 대한 공유 및 논의, 인도네시아 및 베트남의 수요 소개 및 현장답사로 구성하여 진행하였다. 참석자 및 일정의 세부내용을 아래 표로 정리한다.

〈표 4-9〉 외부참석자 명단

연번	국가	소속 / 직위	이름	비고
1	한국	주아세안 대표부(Mission of the ROK to ASEAN) 과기관(First Secretary(Science&ICT))	공진호 과기관	현장 참석
2	인도네시아	국가연구혁신청(National Research and Innovation Agency, BRIN) / 연구혁신정책 실장*(Deputy for Research and Innovation Policy) * 부처 차관급	Dr. Boediastoeti Ontowirjo	현장 참석
3	인도네시아	국가연구혁신청(National Research and Innovation Agency, BRIN) / 차관비서관 (Secretary of Deputy for Research and Innovation Policy)	Mr. Yudho Baskoro	현장 참석
4	베트남	주한베트남 대사관(Embassy of the S.R. of Vietnam in Korea) 과학관(Counsellor, Head of Science and Technology Office)	Ms. Do Thi Bich Ngoc	현장 참석
5	베트남	베트남 기상·수문·환경연구원(Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change, IMHEN). 천연자원환경부(Ministry of Natural Resources and Environment, MONRE) / 부교수(Associate Professor, Researcher)	Dr. Nguyen The Chinh	온라인 참석



<표 4-10> 워크숍 일정(안)

□ 워크숍 I 일정(안)

- (일시/장소) ' 23.4.11(화) 10:00-12:00 / NIGT 대회의실
- (주요내용) 협의체 구축 및 운영의 의의, 한-아세안 간 과학기술협력 현황, 인도네시아 및 베트남의 기후변화대응 정책 및 기술협력 현황 등 공유, 한국과의 협력증진 논의
- (참석자) (외부) 1, 2, 3, 4  
(내부) 소장, 글로벌사업화센터장, 센터원



□ 워크숍 II 일정(안)

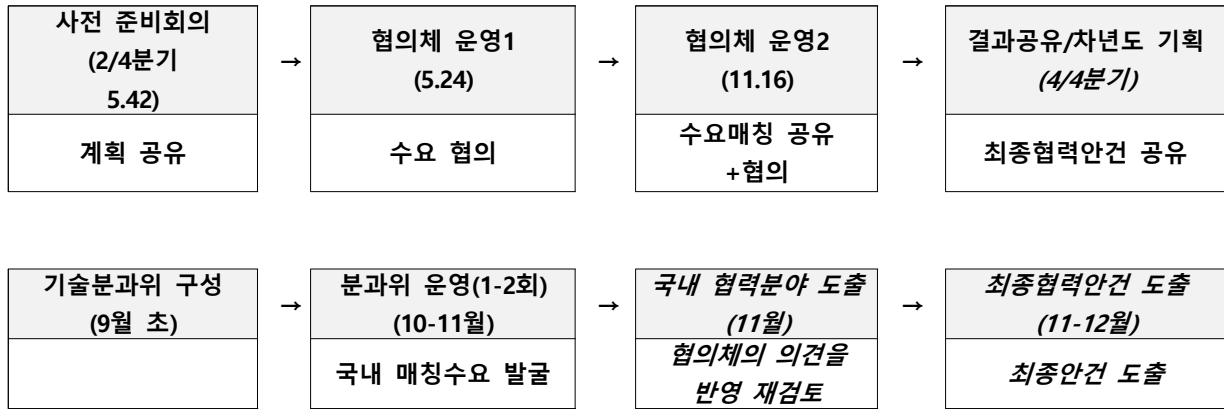
- (일시/장소) ' 23.4.12(수) 10:00-12:00 / NIGT 대회의실
- (주요내용) 인도네시아 및 베트남의 한국 대상 기후기술 협력 수요 발표, 양자형 협력을 위한 연구개발 중심의 협력방안 논의
- (참석자) (외부) 1, 2, 3, 5, 국내 유관기관(연구회, 출연연, 기업체 두 곳) 4-5인  
(내부) 소장, 글로벌사업화센터장, 센터원





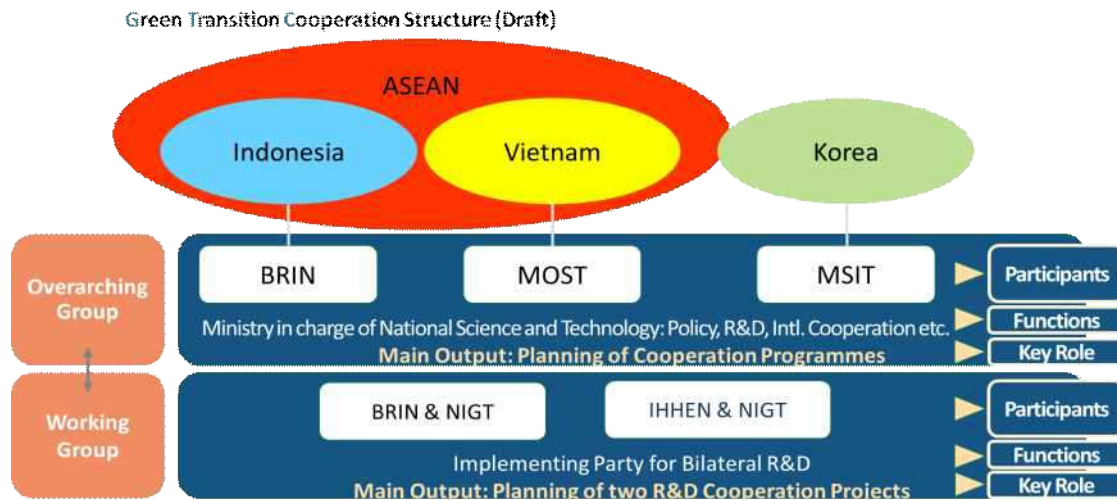
협의체의 운영은 사전 준비회의 이후, 2회 정도를 통해 수요 발굴, 한국의 매칭수요 협의의 시간을 가지며 마지막은 결과공유 및 차년도 준비협의로 진행된다.

〈표 4-11〉 협의체 및 기술분과위 운영 일정(안) ( '23년)



## 1.2. 협의 아젠다

협력아젠다는 크게 두 가지로, 협의체 기획 및 운영에 대한 공유 및 의견교환, 그리고 중점 협력국들의 수요 제안이었다. 협의체는 좀 더 세부적으로 구분하면 정책/전략을 기획하는 공무원급으로 구성된 오버아칭 그룹(Overarching Group), 그리고 수요발굴의 실무업무를 진행하는 워킹그룹(Working Group)으로 구성하였다. 인도네시아 BRIN의 경우, 양측 역할을 다 수행하는 것으로 합의하였다.



[그림 4-4] 협의체 1차 회의 아젠다(NIGT)

출처: NIGT 발표자료 ( '23.04.11-12)

## 2. 협의체 운영

### 2.1. 회의 운영

협의체 1차 회의는 준비회의 이후 가급적 빨리 개최를 시도하였다. 목적은 협력수요에 대한 협의를 진행하고자 함이었다. 베트남은 4월 27일에 주한 베트남 대사관을 방문해서, 지난 회의 랩업과 수요를 공유하고, 추가적인 수요가 없는 지 문의했다. 본 건과 관련하여 하반기에 개최되는 한-베트남 과기공동위 개최 건 등의 정보를 공유하였다. 인도네시아는 5월 24일 인도네시아 현지에서 후속논의를 통해 수요를 재확인하는 과정을 가졌다. 관련 연구자들이 다수가 참여한 가운데 오프라인 네트워킹을 하며 상호 수요에 대한 협력논의를 하였다.

〈표 4-12〉 1차 회의 개관

베트남 1차	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (일시/장소) ' 23.4.27(목) 15:00-17:00 / 주한 베트남대사관</li> <li>○ (주요내용) 준비회의 이후, 협의체 운영에 대한 질의응답, 수요발굴과정 재공유 및 추가 수요 협의, 기타 한-베트남 협력관련 현황 공유</li> <li>○ (참석자) (외부) 주한 베트남대사관 과학관 외 2인 (내부) 글로벌사업화센터원 2인</li> </ul>
인도네시아 1차	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (일시/장소) ' 23.5.24(수) 10:00-13:00 / BRIN</li> <li>○ (주요내용) 준비회의 이후, 협의체 운영에 대한 질의응답, 수요발굴과정 재공유 및 추가 수요 협의/논의, 기타 협력관련 현황 공유</li> <li>○ (참석자) (외부) BRIN 차관급 1, 차관비서관 1, 연구소장들 다수 외 (내부) 글로벌사업화센터원 2인</li> </ul>
2차	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 6장 2절에서 설명</li> </ul>

### 2.2. 협력수요 발굴

협의체에서 중점협력국이 제안한 RD&D 수요에 추가적인 분석자료를 교차비교하여 최종적인 협력분야를 도출하였다. 이에 우선적으로 활용한 자료는 인도네시아 및 베트남의 국가감축목표(NDC)이다. 그리고 한국의 ODA 과제 추진 시, 중점협력국 및 중점협력분야에 대한 지침을 제공하는 국가협력전략(Country Partnership Strategy, CPS), 그리고 대표적인 다자개발은행(WB, ADB)의 사업이력을 파악하였다. 이 과정을 거쳐 최종적으로 물, 태양광, 폐기물관리가 협력분야로 도출되었다.

〈표 4-13〉 협력수요 발굴 비교표

구분		우선협력국	
		인도네시아	베트남
과학기술 협의체 RD&D 수요		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 블루카본 관리(해조류 활용)</li> <li>- 지하수 인공함양(해안침수 대응)</li> <li>- 방파제 설계(해안침식 방지)</li> <li>- 해안 보호 기술</li> <li>- 온실가스 모니터링 및 산정</li> <li>- 폐기물 관리(폐기물 에너지화, 순환자원)</li> <li>- 바이오가스</li> <li>- 청정생산 및 에너지효율</li> <li>- 녹색 및 저탄소 기술</li> <li>- 격오지용 재생에너지</li> <li>- 스마트 농업</li> <li>- 해양/어족 자원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실가스 감축 기술</li> <li>- 폐기물 에너지화</li> <li>- 해양 플라스틱 오염 모니터링</li> <li>- 수자원 관리</li> <li>- 가정 폐기물 처리</li> <li>- 도시 대기오염 관리</li> <li>- 하천오염 및 수자원 관리 및 모니터링/예측 기술</li> <li>- 수처리(순환경제 차원)</li> </ul>
국가결정기여 (NDC)		<p>(에너지)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최종소비 에너지 효율 증대</li> <li>- 청정화력 기술 도입</li> <li>- 재생에너지</li> <li>- 교통 부문 바이오연료 활용</li> <li>- 가스 파이프라인 및 CNG 충전소 설치</li> </ul> <p>(AFOLU)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산림전용 방지</li> <li>- 온실가스 저배출 작물 재배</li> <li>- 수자원 관리</li> <li>- 가축 분뇨를 활용한 바이오가스</li> <li>- 가축 사양 보조제</li> </ul> <p>(폐기물)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 매립가스(LFG) 회수 증진</li> <li>- 폐기물 활용 증진(퇴비, 재활용)</li> <li>- 폐기물 발전(PLTSa) 및 RDF 활용</li> <li>- 가정/산업 액체 폐기물 관리</li> </ul> <p>(산업)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시멘트/석유화학 효율 증진</li> <li>- 철강산업 CO<sub>2</sub> 회수 증진</li> <li>- 알루미늄 PFCs 저감</li> </ul>	<p>(에너지)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가정/산업/교통 에너지 절약 및 효율 증대</li> <li>- 에너지 효율적 가전제품 및 산업시설</li> <li>- 재생에너지</li> <li>- 화물 수송 모델 개선 및 교통시장 구조개편</li> <li>- 민간 교통의 대중교통화</li> <li>- 연료의 바이오연료/천연가스/전기화</li> </ul> <p>(AFOLU)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경작기술 개선, 작물 재배구조 변화</li> <li>- 가축 사양 개선</li> <li>- 농축산 부산물/폐기물 처리 및 재활용</li> <li>- 지속가능한 산림경영(탄소흡수, 산림인증)</li> <li>- 산림 개발 및 복원</li> <li>- 혼농임업 모델 개발</li> </ul> <p>(폐기물)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고형폐기물 처리기술 관리/개발/활용</li> </ul> <p>(산업)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축재료 제조 기술 개선</li> <li>- 시멘트 산업의 배출량 저감</li> </ul>
국가협력전략 (CPS)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통(정책/운영 역량, 스마트 도시)</li> <li>- 공공행정(정부 디지털 전환, 공공정책 역량)</li> <li>- 환경보호(청정에너지 전환, 재난대응체계)</li> <li>- 물관리/보건위생(수자원 관리, 물 인프라/환경 개선, 보건 인프라/역량)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통(도로/철도 인프라, 친환경/스마트 교통)</li> <li>- 보건위생(병원/의료기자재, 질병 대응체계)</li> <li>- 환경(친환경 인프라/에너지, 스마트 도시, 산림, 고형/해양 폐기물, 순환경제)</li> <li>- 교육(과기연구 인프라, 취업연계형 교육, 취약계층 포용)</li> <li>- 공공행정(정부/공공기관 효율성 및 투명성, 취약계층/중소기업 지원역량)</li> </ul>
다자 은행 사업 이력	WB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농업</li> <li>- 도시/농촌 개발</li> <li>- 지열에너지 개발</li> <li>- 폐기물 관리</li> <li>- 전기화</li> <li>- 수력발전</li> <li>- 해안 탄력성</li> <li>- 대규모 수송</li> <li>- 홍수 대응</li> <li>- 디지털 전환</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 탈탄소화 및 에너지 전환</li> <li>- 도시 개발(호치민)</li> <li>- 지역 배출량 저감 프로그램</li> <li>- 전환 액셀러레이터</li> <li>- 도시 개발 및 기후탄력성 증진</li> <li>- 기후변화 및 녹색성장</li> <li>- 녹색교통 개발(호치민)</li> <li>- 에너지 효율화</li> <li>- 능동형 도시통합개발</li> <li>- HCFC 단계적 폐지</li> </ul>

구분		우선협력국	
		인도네시아	베트남
	ADB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시 기후 및 재난 탄력성</li> <li>- 물 공급</li> <li>- 지열 발전</li> <li>- 스마트 도시</li> <li>- 혼농임업 가치사슬</li> <li>- 디지털 솔루션(항구 효율 최적화)</li> <li>- 새우 양식</li> <li>- 농식품</li> <li>- 과학기술 R&amp;D</li> <li>- 지속가능하고 포용적인 에너지</li> <li>- 녹색 전환</li> <li>- 녹색 및 포용적 성장</li> <li>- 지속가능하고 신뢰가능한 에너지</li> <li>- 지속가능 관광</li> <li>- 해안 탄력성</li> <li>- 첨단 기술 및 빅데이터 분석</li> <li>- 청정 전력 전환</li> <li>- 재생가능 에너지 및 에너지 효율</li> <li>- 플라스틱 오염</li> <li>- 기후탄력적 개발</li> <li>- 위험 모니터링</li> <li>- 지속가능한 에너지 접근</li> <li>- 전기수송 및 충전 인프라</li> <li>- 재난 탄력성</li> <li>- 지열발전</li> <li>- 농업, 천연자원 및 농촌 개발</li> <li>- 액화 천연가스 발전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시 기후 및 재난 탄력성</li> <li>- 스마트 전기자동차</li> <li>- 기후스마트 바라문디/해조류 양식</li> <li>- 살기 좋은 스마트 도시</li> <li>- 디지털 솔루션(항구 효율 최적화)</li> <li>- 농식품 안보</li> <li>- 폐기물 관리 및 에너지 효율</li> <li>- 풍력</li> <li>- 녹색 및 포용적 성장을 위한 디지털화</li> <li>- 메콩 유역</li> <li>- 신규 산림, 열대림</li> <li>- 농식품 시스템 전환</li> <li>- 지속가능 관광</li> <li>- 기후변화 및 재난 탄력성</li> <li>- 에너지 부문 개발</li> <li>- 동아시아-오스트랄라시아 항로</li> <li>- 태양 에너지</li> <li>- 첨단기술 및 빅데이터 분석(스마트 인프라 설계 및 모니터링)</li> <li>- 석탄의 청정전력 전환</li> <li>- 풍력</li> <li>- 플라스틱 오염 저감</li> <li>- 열대폭풍 대응</li> <li>- 수처리</li> <li>- 기후탄력적 도시 서비스</li> <li>- 양식, 천연자원 및 농촌 개발</li> <li>- 메콩 유역 철도</li> </ul>

\* 폐기물 관리(표에서 녹색 음영), 재생에너지(황색 음영), 수처리(청색 음영)를 우선협력 기술분과로 도출함

### 2.3. 운영 시사점

한국-주요협력국 간 협의체를 통한 협력수요 1차 발굴 작업 및 이에 따른 국내 정량적인 조사 분석을 통한 수요 확인 절차는 기존 방법이 가졌던, 한국 수요에 따른 일방향 수요도출 방식이나 협력국의 수요에만 의존하는 매칭 방법을 보완하고 있다. 협력국의 의지를 확인하는 자발적인 수요 제시의 단계에 국내의 검증 및 참고자료를 통한 여과과정은 양측의 합의에 따른 수요 도출, 검증을 통한 재확인의 안전장치를 포함하고 있어서 협의체 운영의 의미가 있다고 볼 수 있다.

기존 인도네시아 및 베트남과의 협력에서 일반적인 수요로 파악되는 물, 농업, 에너지, 수송, 폐기물 등의 분야는 두 개 협력국이 1차로 제시한 수요에 대부분 포함되어 있어서, 해당 수요 자체만으로는 기존과의 상이점을 찾기는 힘들다. 하지만, 한국의 이해관계를 반영한 CPS 3기 협력 분야, 실제 협력사업의 실태를 보여주는 다자개발은행의 사업현황에서 나온 분야 그리고 해당국 가들이 NDC를 통해 주장한 목표 달성에 부합되는 분야로 검증하면 몇 가지의 분야로 추려지게 된다. 6장에서 설명되지만, 국내에서 검증된 자료는 국내 전문가를 통해 추가 정성적인 평가가 진행되고, 마지막으로 협의체를 가동하여 협력국의 우선순위를 최종 파악하는 과정을 거친다. 이러한 방법론은 사업이행까지의 단계를 통해 실질성 및 효율성을 검증하고, 주류형 방법론으로 세밀하게 만들어갈 필요가 있다. 이러한 정량-정성 혼합형 방법론 개발 및 사업기획 및 이행을 위한 과정에 협력국의 주요 기관과 협의를 진행하는 협의체는 다각적인 의미가 있다고 볼 수 있다

## 제 4 절 소 결

본 장에서는 아세안 중점협력국과의 RD&D 수요발굴을 위한 하나의 방법으로 한국-중점협력국 간 협의체를 구축 및 운영한 내용을 기술하였다. 효과적인 협력체계 구축을 위해서 우선적으로 아세안의 기술 협력체계구축과 관련된 사례들을 살펴보고, 한국의 기술협력체계 구축을 위한 접근방법도 관련사례를 통해 살펴보았다. 과학기술외교 활동, 해외거점 활용도 제고, 전략적 공동연구를 위한 방향성이 중요한 시사점임을 확인할 수 있다. 다음으로 한국-다자형 협력사례 및 EU-아세안 협력사례를 조사하여 한-아세안 협의체 구축을 위한 구성요소, 협력내용, 추진방법 등을 모색하였다. 지속가능성 있는 협력체계 구축을 위한 상호 이해관계 하의 구도 마련이 필요하며, 이에 부합되는 거버넌스 확보, 각 역할 정립이 이루어져야 함을 파악할 수 있었다.

한-아세안 협의체는 선정된 중점협력국(인도네시아, 베트남)의 녹색전환을 위한 공동연구형 현지실증활동을 촉진하는 다자 기반의 양자형 협의기관으로서 이에 부합되는 활동내용 및 추진방법을 마련하였다. 상호 간의 이해관계를 효과적으로 반영하기 위해 우선적으로 협력국으로부터 수요제안을 받고, 국내 매칭하는 작업(정량적인 서면분석, 정성적인 전문가 논의)을 통해 도출된 후보수요군을 정량적인 방법을 통해 비교구분하였다. 해당국가들의 NDC, 한국의 국가협력전략(CSP), 해당국가들의 사업이력(WB, ADB)를 살펴보고 중복되는 분야들을 도출하였다. 최종적으로는 도출된 협력후보군으로는 태양광, 물, 폐기물 등이 우선적으로 확인되었다.

올해 협의체를 운영하면서 직면하게 된 몇 가지 사안에 대해서는 차년도에 추가적인 보완 및 개선의 노력을 추진할 예정이다. 협의체 구축 및 운영에 있어 선정된 2개 국가와의 협의과정이 예상과 달리 다른 속도로 진행되어, 양 협력국가와 함께 협의하는 회의는 첫 준비회의만 운영하였고 이후에는 별도로 회의를 진행한 바 있다. 차년도에는 다른 접근방법 및 추진방법을 활용하여 유사한 성과물이 도출될 수 있도록 모색할 예정이다. 또한 차년도에는 사업 이행자의 본격적인 참여가 필요한 바, 이에 대한 협의가 이루어질 수 있도록 상반기에 준비할 예정이다.

## 제 5 장 국내 보유 역량 조사 및 분석

### 제 1 절 아세안 녹색전환 국내 기술분과위 구성 및 운영

#### 1. 기술분과위 개요 및 목적

앞서 제3장에서 다룬 감축비용 및 무역지표 분석을 통한 녹색기술 RD&D 수요발굴 방법론 연구를 통해 인도네시아 및 베트남 등의 아세안 중점협력국을 대상으로 에너지 감축 기술 분야의 세부기술별로 국제 기술협력 사업을 어떻게 수행해야 할 지를 도출했다. 반면 바로 앞에서 살펴본 바와 같이 제4장에서는 다양한 기후변화 대응기술 중 협력 대상국의 입장에서 어떠한 기술을 필요로 하는지 기술수요를 파악하였다. 두 과정 모두 아세안 중점협력국과의 기술협력 아젠다를 도출하는 데 필요한 과정이지만 그 성격이 다르기에 이 둘 자체만으로는 아젠다 도출에 충분하지 않으며, 실제 이 두 과정 역시 병렬적으로 진행되었다. 따라서 감축비용 및 무역지표 분석 연구 결과와 아세안 녹색전환 과학기술 협의체 논의과정을 상호 연계하기 위한 과정이 필요하다. 본 절에서는 두 과정을 연계하여 우선 협력분야를 선정한 과정을 소개하고, 각 우선 협력분야에서 세부적인 협력 아젠다를 도출하기 위해 기술분과위원회를 구축, 운영한 연구 결과를 정리하고자 한다.

#### 1.1. 기술분과위 필요성

우선 기술분과위원회의 필요성을 고찰해보고자 한다. 제4장 1절에서 살펴본 바와 같이 본 과제에서는 기술협력 대상국의 관계자들로 구성된 아세안 녹색전환 과학기술 협의체를 운영하고 있다. 이는 협력대상국의 수요를 파악하는 데에는 효과적이지만, 우리나라의 기술협력 수요와는 차이가 발생할 수 있다는 한계가 존재한다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는, 한 전문가 그룹의 전문성과는 차별되면서 동시에 그 질적 가치는 동등한 또 다른 전문가 그룹이 필요하며, 이 두 개의 서로 다른 전문가 그룹 사이에 상호적인 교류가 있어야 한다 (Dovidio et al., 1998). 따라서 본 과제에서는 협력대상국의 전문가 그룹 외에도 “우리나라”의 기술협력 수요를 대변할 수 있는 국내 전문가로 구성된 전문가 그룹을 구성하게 되었으며, 이를 “기술분과위원회”로 명명하였다.

아세안 협의체와 기술분과위의 운영 및 협력 방식을 정리해보면 <표 5-1>과 같다. 동 표의 순서 1-1 및 1-2는 각각 제3장, 제4장의 분석에 대한 내용으로, 병렬적으로 수행되었기에 이 둘을 묶어 순서 1로 정리하였다. 이번 제3절에서는 동 표의 순서 2~4의 내용을 다루며, 이 중 순서 2는 순서 1-1 및 1-2의 분석 결과를 토대로 우선 협력분야(기술분과위원회의 세부분과에

해당)를 도출하는 것을 다루며, 순서 3 및 4는 기술분과위원회에 참여하는 분과위원들의 심층적인 논의를 통해 우선 협력분야별로 사업 아젠다를 발굴하는 과정을 다룬다.

〈표 5-1〉 아세안 중점협력국 대상 사업 아젠다 발굴 과정

순서	내용	접근방법
1-1	( <b>감축비용 및 무역지표 분석</b> ) 기술 및 국가 수준의 경제성 분석을 통해 협력 대상 기술 분야 및 효과적 협력 방안 분석	신규방법론 개발 및 적용 통해 연구수행
1-2	( <b>협력국의 수요 분석</b> ) 협의체의 논의 내용 및 국가협력전략(CPS), 협력국의 NDC, 다자은행의 협력국 대상 사업실적에 기반한 기술수요 분석	아세안협의체 운영 및 문헌사례 조사
2	( <b>우선 협력분야 도출</b> ) 1-1 및 1-2의 분석 결과를 종합하여 아세안 중점협력국 기술 및 국가의 경제적 현황 및 수요에 기반한 우선 협력분야 도출	연구결과의 정성적 분석
3	( <b>수요 매칭</b> ) 기술분과위 자문회의를 통해 협력국의 수요와 사업 가능한 우리나라 기술과의 매칭 수행 및 우선협력분야 도출	기술분과위 자문
4	( <b>실증사업 구체화</b> ) 도출된 우선협력분야에 대하여 관련 기술분과위원을 중심으로 논의(FGD)를 통한 컨셉노트 작성	아세안협의체 및 기술분과위의 협력

## 1.2. 대상 기술분과 선정

본 섹션에서는 제3장의 감축비용 및 무역지표 분석 결과와 제4장의 아세안 녹색전환 과학 기술 협의체를 통한 아세안 중점협력국의 기술수요를 연계하여 우선 협력분야를 도출한 결과를 정리하고자 한다(〈표 5-1〉의 2번 참조).

감축비용 및 무역지표 분석 결과에 의하면, 인도네시아의 경우 감축비용 및 무역에 대한 모든 지표에서 모두 상위권에 위치한 에너지 감축 기술은 없다. 다만 감축비용을 중심으로 볼 때, 태양열 및 태양광과 수력 발전이 인도네시아의 여타 에너지 감축 기술보다 훨씬 비용이 낮게 나오며 각각 1위(36.99 USD/tCO<sub>2</sub>)와 2위(39.75 USD/tCO<sub>2</sub>)를 차지하였다. 이 두 기술 모두 무역지표 상으로는 그렇게 좋지 못하나 인도네시아는 두 기술 관련 상품들을 우리나라로부터 수입하는 양이 우리나라로 수출하는 양보다 많아 우리나라 입장에서는 인도네시아로 관련 상품 수출 우위에 있다. 다만 우리나라와 인도네시아 간에 두 기술 관련 상품들의 무역보완성이 그다지 좋지 않으므로 협력 분야를 매우 세심하게 선정할 필요가 있지만, 두 기술의 감축비용이 여타 에너지 감축 기술보다 크게 낮으므로 향후 인도네시아에서 두 기술의 수요가 커질 수 있다. 반대로, 폐기물 에너지화의 경우, 감축비용은 좋지 못하나 무역지표 상으로는 매우 상위권에 속하는 것으로 분석되었다. 이러한 측면에서 태양광과 수력, 폐기물 에너지화 기술 분야에서 인도네시아와 기술협력이 유리한 기술이 될 수 있다.

다음으로 베트남의 경우에도 모든 지표에서 고르게 상위권에 위치한 기술은 존재하지 않았다. 그러나 태양열 및 태양광의 경우 감축비용이 2위(52.43 USD/tCO<sub>2</sub>)로 상대적으로 좋게 나왔으며, 무역지수 측면에서도 태양광의 무역특화지수를 제외하면 다 상위권에 위치하고 있어 기술협력이 다른 에너지 감축 기술 분야에 비해 더 용이하다고 할 수 있다. 또한 수력 발전의 경우도 무역보완성 순위가 다소 낮으나 감축비용에서는 1위(40.92 USD/tCO<sub>2</sub>)를 차지하는 등 다른 지표에서는 매우 좋은 결과를 보인바, 기술협력을 수행하기 좋은 기술 분야라고 할 수 있다. 정리하자면 베트남과의 기술협력은 태양광과 수력 발전 분야가 유리하다고 할 수 있다.

아세안 녹색전환 과학기술 협의체의 논의 결과에서도 비슷한 결과가 도출되었다. 앞서 살펴본 <표 4-13>에서 정리된 바와 같이, 인도네시아는 수자원 및 해양자원 관리, 폐기물 관리, 청정생산 기술, 재생에너지 발전 등의 분야에서 한국과 협력을 희망한다고 밝혔다. 베트남의 경우, 협력수요는 폐기물 관리와 수처리에 더욱 집중되어 있다. 즉, 아세안 중점협력국과의 협의체 운영 결과를 바탕으로 두 나라의 수요를 종합할 때 공통적으로 포함되는 사항은 폐기물 관리와 수처리(물 공급, 하수처리, 수자원 관리 포괄)라고 할 수 있다.

여기에서 주지할 점은 폐기물 관리에 대한 내용이다. 인도네시아 및 베트남 모두 협의체를 통해 두 나라 모두 현재의 폐기물 관리 및 처리에 대한 문제가 심각하며, 삶의 질 및 기후변화 대응 차원에서 동 문제의 신속한 해결이 중요함을 역설하였다. 하지만 인도네시아의 경우 폐기물 에너지화의 감축비용이 여타 에너지 감축 기술들보다 월등히 높은 것으로 분석되었으며, 베트남의 경우 폐기물 에너지화가 제대로 이루어지지 않아 데이터 축적이 빈약하여 감축비용을 분석하는 것이 불가능하였다. 그러나 인도네시아의 경우 폐기물 에너지화의 매우 높은 감축비용에도 불구하고, 무역특화지수 및 무역보완성이 여타 에너지 감축 기술들보다 더 좋은 것으로 분석되어 우리나라가 협력하기 매우 적절한 분야라는 점이 드러났으며, 베트남의 경우 현재 우리나라와 폐기물 에너지화에 대한 교역량이 많지는 않으나 무역보완성이 매우 우수하기 때문에(1위, 96.1%) 향후 협력을 확대할 필요가 있는 것으로 분석되었다. 따라서 이를 종합할 때, 국가적으로 폐기물 처리에 대한 수요는 크게 존재하고 아직까지는 비용이 높다는 것이 장애요인으로 작용하고 있으나, 무역보완성이 높아 우리나라와 상호 협력하기에 매우 적절한 분야라는 것을 알 수 있다.

또한 수처리에 대해서도 살펴볼 필요가 있다. 협의체를 통해 도출된 수처리 기술은 정수 및 상수공급과 하수처리, 수자원 관리를 모두 포괄하는 것으로 이해할 필요가 있다. 협의체를 통해 도출된 협력수요에서 두 중점협력국 모두 깨끗한 물의 안정적 공급을 강조하였으며, 인도네시아의 경우 수중 및 수변환경 및 수력 등의 에너지원까지 언급하며 수자원의 종합적이고 효과적인 활용을 매우 강조하였다. 한편 수력 발전의 경우, 감축비용 측면에서도 인도네시아 2위(39.75 USD/tCO<sub>2</sub>), 베트남 1위(40.92 USD/tCO<sub>2</sub>)를 차지할 정도로 에너지 감축 기술 중에서 매우 우위에 있으며, 무역지표 상으로도 낮지 않은 것으로 분석되었다. 따라서 수력 발전을 포함해 다양한 수자원 관리 기술은 아세안 중점협력국과 우리나라가 서로 협력하기 좋은 분야라고 할 수 있다.



아울러 재생에너지 발전에 대해서도 추가적으로 살펴보고자 한다. 아세안 녹색전환 과학기술 협의체에서 인도네시아는 재생에너지 발전을 협력수요로 직접 명시를 하였으나, 베트남은 직접적으로 명시하지는 않았다. 그러나 제3장 2절에서 살펴본 바와 같이 베트남의 TNA 보고서 및 NDC 상에 재생에너지 발전이 명시되어 있으며, MDB 역시 베트남에 재생에너지 발전 관련 사업들을 활발히 수행 중이다. 특히, 다양한 재생에너지 발전 기술 중에서도 태양열 및 태양광 발전은 감축비용 및 무역지표 측면에서 인도네시아와 베트남 두 국가 모두에서 상위에 속하는 것으로 분석되었다. 이에, 두 아세안 중점협력국과 우리나라 사이에 태양광 발전 기술의 협력이 적절한 것으로 사료되는바, 태양광 발전까지 우선 협력분야로 포괄하는 것이 적절하다고 할 수 있다.

종합할 때, 인도네시아 및 베트남과 우리나라 사이의 우선 협력분야로 <표 5-2>와 같이 폐기물 관리, 수처리, 태양광 발전의 세 분야를 들 수 있다. 따라서, 직전 섹션에서 그 필요성을 살펴본 국내 기술분과위원회는 이 세 분야를 세부 기술분과로 설정하여 운영하였다.

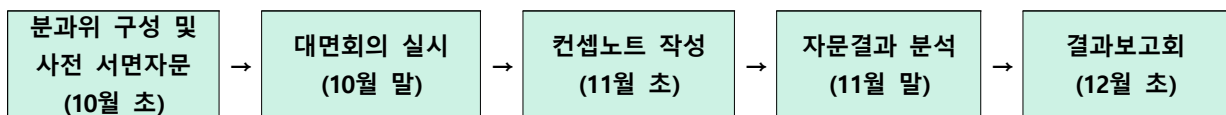
<표 5-2> 아세안 중점협력국과 우리나라 간의 우선 협력분야 도출

구분	협력수요		우선 협력분야
	인도네시아	베트남	
감축 비용 및 무역 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐기물 에너지화 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 풍력</li> <li>- 바이오에너지 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 수력 (→ 수처리)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 태양열 (→ 태양광 발전)</li> <li>- 바이오에너지 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 수력 (→ 수처리)</li> <li>- 폐기물 에너지화 (→ 폐기물 관리)</li> </ul>	① 폐기물 관리 ② 수처리 ③ 태양광 발전
협의체	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 블루카본 관리(해조류 활용)</li> <li>- 지하수 인공함양 (→ 수처리)</li> <li>- 방파제 설계(해안침식 방지)</li> <li>- 해안 보호 기술</li> <li>- 온실가스 모니터링 및 산정</li> <li>- 폐기물 에너지화, 순환자원 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 바이오가스</li> <li>- 청정생산 및 에너지효율</li> <li>- 녹색 및 저탄소 기술</li> <li>- 격오지용 재생에너지 (→ 태양광 발전)</li> <li>- 스마트 농업</li> <li>- 해양/어족 자원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실가스 감축 기술</li> <li>- 폐기물 에너지화 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 해양 플라스틱 오염 모니터링 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 수자원 관리</li> <li>- 가정 폐기물 처리 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 도시 대기오염 관리</li> <li>- 하천오염 및 수자원 관리 및 모니터링/예측 기술 (→ 수처리)</li> <li>- 수처리(순환경제 차원) (→ 수처리)</li> </ul>	

## 2. 기술분과위 운영 방법론 및 체계

### 2.1. 기술분과위 운영 방법론

아세안 중점협력국의 우선 협력수요로 도출된 태양광 발전, 수처리, 폐기물 관리의 세 개 분야에 대하여 우리나라에서 협력 가능한 기술을 선별하기 위한 기술분과위는 다음 [그림 5-1]과 같은 다섯 단계를 통해 추진되었다.



[그림 5-1] 국내 기술분과위원회 운영 절차

먼저, 기술분과위를 구성하기 위한 전문가풀 구축은 기존의 개발도상국 기술협력에 대한 국가 R&D를 수행한 경험이 있는지의 분석을 통해 추진하였다. 이를 위하여 우리나라 국가 R&D 수행현황이 데이터베이스화되어 있는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS, National Science & Technology Information System)를 활용하였다. NTIS는 과학기술정보통신부를 중심으로 다양한 국가 R&D 관리 기관 및 관련 부처의 R&D 정보를 연계하여 서비스하고 있는, 국가연구개발사업 및 연구자 정보를 한 곳에서 서비스하는 국가 R&D 지식정보 포털이다(NTIS 2023, 박성욱 2018).

NTIS는 국가 R&D 정보에 기반하여 연구동향을 분석하는 연구에 매우 유용하게 활용된다. 정인석 등(2023) 등은 국내 자율주행 연구의 동향을 분석하는 데에 NTIS를 활용하여 논문 초록을 검색하는 방법론을 제시하였다. 분야는 다르지만 정여주 등(2021)은 치유농업 분야에서, 우창화(2020)는 분리막 소재산업 분야에서 NTIS를 활용하여 각 분야에 대한 국가 R&D 동향을 분석해 국가 R&D 방향성을 도출하였다. 이처럼 R&D 동향을 파악하는 데 NTIS가 효과적으로 활용될 수 있다. 더 나아가 NTIS는 국가 R&D 사업을 수행한 연구자의 정보를 파악하는 데에도 매우 효과적이다. 이상화(2010)는 NTIS 및 국가연구자등록코드시스템을 활용해 연구원의 개인 정보 보안은 강화하면서 연구경력을 효과적으로 공개하는 방안을 연구하였다. 이를 통해 국가 R&D 참여내역을 연구자별로 관리하여 과제를 수행한 연구자도 경력 및 성과를 전산으로 용이하게 정리할 수 있으며, 개별 연구자에 대한 내용을 얻고자 하는 NTIS 사용자들도 손쉽게 검색할 수 있게 되었다.

이러한 점을 고려하여, 본 과제의 기술분과위에 참여하기에 적합한 연구자를 검색하는 데 NTIS를 활용하였다. 기술분과위 전문가풀을 구축하기 위하여 다음과 같이 NTIS 키워드 검색계획을 수립하였다. 먼저 1차로는 각 기술 키워드에 해당하는 ‘태양광’, ‘수처리’, ‘폐기물’을 검색하고자 하였다. 다음으로, 기술 키워드와 함께 사업 대상국을 한정하기 위하여 2차

키워드로 ‘인도네시아’와 ‘베트남’, 그리고 경우에 따라서는 ‘개발도상국(개도국 포함)’을 검색하는 것으로 계획하였다. 이렇게 2차 키워드까지 검색된 과제가 너무 많은 경우 추가적으로, R&D 과제의 성격을 한정하기 위하여 3차 키워드로 ‘협력’, ‘공동’, ‘기술이전’을 포함하는 것으로 계획하였다. 또한 이렇게 선별된 과제의 양이 너무 방대하기 때문에, 연구과제의 수행 기간을 최근 5년으로 한정하고자 하였다. <표 5-3>은 이러한 키워드 검색에 대한 정보를 요약하여 보여준다.

<표 5-3> 아세안 중점협력국과의 녹색기술 국제협력 R&D 사업 도출을 위한 NTIS 검색 조건

구분	내용
1차 키워드	㉠태양광, ㉡수처리, ㉢폐기물
2차 키워드	①인도네시아, ②베트남, (③개발도상국)
3차 키워드	㉠협력, ㉡공동, ㉢기술이전
기준연도	최근 5년 내 R&D 사업

상기 키워드를 순서대로 NTIS에 적용하여 검색하였다. NTIS는 [그림 5-2]와 같이 검색 연산자를 통해 다양한 검색을 가능하도록 해준다. 이번 검색 건처럼 같은 차수의 키워드 내에 여러 옵션이 있을 경우, NTIS에서는 논리연산자 ‘or’에 해당하는 “|” 검색연산자를 활용하여 검색할 수 있다. 또한 같은 차수끼리는 소괄호 ‘( )’로 묶어서 검색할 수 있다. 이러한 연산자를 이용해 <표 5-4> 및 [그림 5-3]과 같이 검색어를 입력하여 검색하였다.<sup>54)</sup> 이렇게 검색한 결과, 5년 이내의 정부 R&D 과제 중에서, 태양광 발전 분야에서는 총 63건, 수처리 분야에서는 24건, 폐기물 관리 분야에서는 52건의 과제가 검색되었으며, 이 중 중복된 과제가 있어 이를 제외하면 총 136건의 과제가 도출되었다. 이러한 결과는 <표 4-3>에 정리되어 있다.



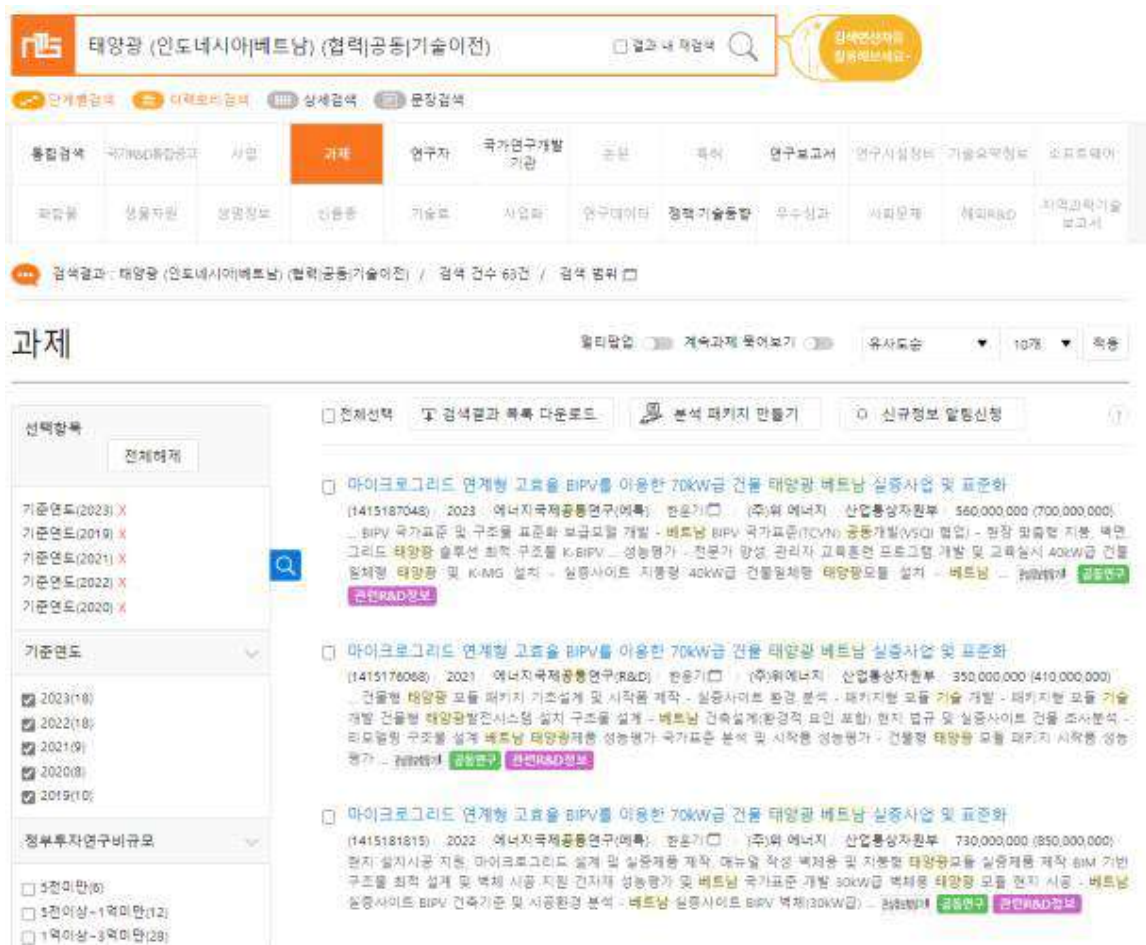
[그림 5-2] NTIS의 검색연산자

출처: NTIS 웹사이트에서 발췌

54) 실제로는 2차 키워드에서 개발도상국까지 적용하지 않더라도 충분히 원하는 과제들을 선별할 수 있었다.

〈표 5-4〉 아세안 중점협력국과의 녹색기술 국제협력 R&D 사업 검색 결과

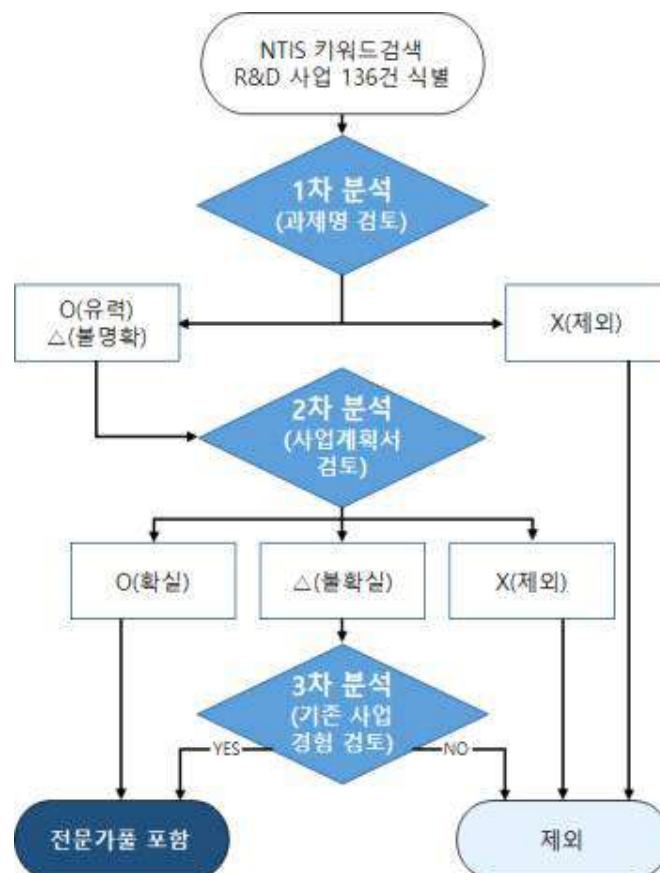
기술분과	NTIS 검색어	검색 결과
태양광 발전	태양광 (인도네시아 베트남) (협력 공동 기술이전)	63건
수처리	수처리 (인도네시아 베트남) (협력 공동 기술이전)	24건
폐기물 관리	폐기물 (인도네시아 베트남) (협력 공동 기술이전)	52건
총계		139건
총계(중복제외)		136건



[그림 5-3] 태양광 발전 분야에서 아세안 중점협력국과의 국제협력 R&D 사업에 대한 검색 결과  
출처: NTIS 검색결과 발취

이렇게 도출된 R&D 과제에 대하여 [그림 5-4]와 같이 과제의 제목 및 사업계획서, 연구책임자의 기존 사업 경험을 검토하여 추가 선별을 진행하였다. 먼저, 키워드 검색을 통해 도출된

136건의 과제 목록에 대하여 과제명을 바탕으로 1차 선별작업을 진행하였다. 과제명 검토를 통해 해외 기술협력과 무관한 사업들을 분류하여 검토목록에서 제외하였다. 단, 본 1차 분석 단계에서는 아무리 과제명 상으로 아세안 중점협력국과의 기술협력이 명확해보이더라도 최종적으로 전문가풀을 확정하는데 활용하지는 않았다. 과제명에 사업 특성이 온전히 반영되지 않은 과제가 있을 수도 있으므로, 과제명 상으로 기술협력 사업이 유력해보이는 과제와 불명확해 추가적인 검토가 필요한 과제들을 함께 모아 다음 단계를 진행하기로 하였다. 그 결과 기존 136건의 과제 중 유력 16건, 불명확 39건으로, 총 55건의 과제가 선별되었다. 이들을 대상으로 2차 분석 차원에서 각 과제의 사업계획서를 분석하였다. NTIS 시스템 상에 공개되어 있는 각 과제의 ‘연구목표’, ‘연구내용’ 및 ‘기대효과’를 검토하여 과제의 수행 내용이 실제 아세안 중점협력국과의 협력 사업인지를 확인하였다. 본 2차 분석을 통해 55건의 과제를 ‘확실’, ‘불확실’, ‘제외’의 세 개의 그룹으로 구분하였다. 이 중, 확실히 구분된 건은 바로 전문가풀 구성을 위해 최종적으로 참고할 과제 목록에 포함하였으며, ‘제외’로 분류된 건은 최종적으로 제외하였다. 반면, ‘불확실’로 구분된 건에 대하여는 추가적으로 3차 분석을 수행하였다. 3차 분석으로는 NTIS뿐만 아니라 해당 과제의 연구책임자의 공개된 이력서 및 논문 저술 현황, 이전 연구 및 사업 경험을 바탕으로 최종 과제 목록에 포함할지 여부를 결정하였다.



[그림 5-4] 아세안 중점협력국과의 녹색기술 국제협력 R&D 과제를 활용한 전문가풀 도출 흐름도

이러한 3단계의 분석 과정을 거쳐 <표 5-5>와 같이 최종적으로 15건의 R&D 과제가 선정되

었다. 이렇게 선별된 과제들로부터 전문가풀을 구성하기 위하여 각 과제의 연구책임자 및 주요 참여연구원을 검토하였고, 경우에 따라서는 연구책임자에게 연락을 취하여 전문가풀에 추천 가능한 연구자들을 추천받았다. 그 결과, 태양광 발전 분과 11인, 수처리 분과 15인, 폐기물 관리 분과 10인의 전문가로 구성된 전문가풀을 구축할 수 있었으며, 분과별 전문가 명단은 각각 <표 5-6>, <표 5-7>, <표 5-8>과 같다.

<표 5-5> 전문가풀 후보군이 수행한 녹색기술 국제협력 R&D 과제 목록

번호	과제명	연구책임자	지원기관	기술분과
1	(신남방)무음영 영농형 태양광발전 설비 개발 및 평가, 해외 실증을 통한 수출 모델 개발	오욱 (제주대학교)	농림식품기술기획평가원	태양광 발전
2	마이크로그리드 연계형 고효율 BIPV를 이용한 70kW 급 건물 태양광 베트남 실증사업 및 표준화	한운기 (위에너지)	한국에너지기술평가원	
3	신남방정책 국가 대상 수출을 위한 소규모 신재생 분산자원 에너지 관리 플랫폼 개발	강성종 (휴렘)	한국산업기술진흥원	
4	중소기업 수출형 개발도상국용 마이크로그리드 시스템 실증 및 비즈니스 모델 개발 - 인도네시아 계통 연계형 마이크로그리드 시스템 실증	이진국 (우진산전)	한국에너지기술평가원	
5	한국-인도네시아 재생에너지 협력 이니셔티브	홍종인 (중앙대학교)	한국연구재단	
6	마이크로그리드형 이동식 태양광 및 전력제어컨테이너 사업화제품 제작	한운기 (위에너지)	연구개발특구진흥재단	
7	온도안정성이 확보된 Designable PV 모듈을 활용한 스마트 태양광 가로등 요소기술 개발	정채환 (한국생산기술연구원)	중소기업기술정보진흥원	
8	해외 진출형 나노막(NF)/저압역삼투막(LPRO)기반 고도정수처리 장비개발	배광일 (시노펙스)	한국환경산업기술원	수처리
9	500L/day급 고효율 태양광 탈이온 정수기 개발 및 해외 실증	박헌균 (솔라리노)	과학기술사업화진흥원	
10	스마트워터그리드 기반 수운영 시스템 운영 및 유지관리 현장 맞춤형 패키지 기술 개발	염경택 (성균관대학교)	한국환경산업기술원	
11	미이용 바이오매스의 산업용 고품위 고형연료 제조 해외 실증 사업	진균하 (이씨티)	한국에너지기술평가원	폐기물 관리
12	베트남 농업분야 가축분뇨 활용 친환경 퇴비화 및 바이오가스 발전 기술지원 사업	윤현수 (에코시안)	한국연구재단	
13	인도네시아 저탄소 통합폐기물 관리 적정기술 거점센터 구축 사업	전덕우 (국가녹색기술연구소)	한국연구재단	
14	초본계 바이오매스의 수열탄화 처리기술 개발	전동혁	중소기업기술	

		(한국에너지기술연구원)	정보진흥원	
15	유기성폐기물 처리 및 방제용 유기산 생산 시스템의 에너지이용 고효율 화를 위한 실증기술개발	신명철 (한국생산기술연구원)	한국생산기술연구원	

〈표 5-6〉 태양광 발전 분과의 전문가풀 목록

번호	이름	소속 및 직급	구분
1	윤성	(주)엔벨롭스 대표	산
2	한승연	(주)엔벨롭스 이사	산
3	위재우	(주)컴퍼니위 대표	산
4	이상구	(주)우진산전 신사업부 수석연구원	산
5	한운기	(주)위에너지 대표	산
6	최종인	(주)벽산파워 대표	산
7	김태형	썬웨이(주)	산
8	오욱	제주대학교 교수	학
9	김연규	한양대학교 교수	학
10	정학준	한국전자기술연구원	연
11	정채환	한국생산기술연구원 본부장	연

〈표 5-7〉 수처리 분과의 전문가풀 목록

번호	이름	소속 및 직급	구분
1	방병훈	(주)에코프로텍 대표	산
2	허현철	(주)일렉트로워터 대표	산
3	홍문일	(주)우영엔지니어링 대표	산
4	배광일	시노팩스 대표	산
5	김자겸	경동엔지니어링 부사장	산
6	배석환	GS건설 책임	산
7	홍준희	가천대학교 교수	학
8	염경택	성균관대학교 교수	학
9	우윤철	명지대학교 조교수	학
10	맹민수	단국대학교 초빙교수	학
11	박헌균	한국전자통신연구원 책임연구원	연
12	정성필	한국과학기술연구원 책임연구원	연
13	조경진	한국과학기술연구원 책임연구원	연
14	김경웅	광주과학기술원 국제환경연구소장	연

15	최서형	유네스코 물 안보 및 지속가능 물 관리 국제연구교육센터 선임전문관	연
----	-----	--------------------------------------	---



〈표 5-8〉 폐기물 관리 분과의 전문가풀 목록

번호	이름	소속 및 직급	구분
1	이경구	썬플랜트기술(주) 대표	산
2	유도운	(주)엠서스 대표이사	산
3	윤현수	(주)에코시안 정책개발본부장	산
4	엄병환	한경대학교 교수	학
9	이형술	한국에너지공과대학교 교수	학
5	김상도	한국에너지기술연구원 책임연구원	연
6	최영찬	한국에너지기술연구원 책임연구원	연
7	신명철	한국생산기술연구원	연
8	이재천	한국지질자원연구원 책임연구원	연
10	이소라	한국환경연구원	연

## 2.2. 기술분과위 운영체계

앞 절에서 상술한 바와 같이, NTIS의 국가 R&D 사업 데이터베이스를 분석하여 기후기술 국제협력 사업을 시행하는 R&D 사업의 과제책임자를 중심으로 기술분과위원회 전문가 풀을 구성하였고, 동 전문가 풀에 소속된 전문가들 중에서 참여 의사 및 일정 조율 가능 여부에 따라 분과별 3~5인의 전문가들을 섭외하였다. 그 결과, 태양광 발전 분과에서 3인, 수처리 분과에서 4인, 폐기물 관리 분과에서 3인의 전문가를 섭외할 수 있었다. 이에, 총 10인의 전문가를 대상으로 국내 기술분과위원회를 운영하였으며, 세부 운영체계는 앞서 [그림 5-1]을 통해 살펴본 바와 같이 ①사전 서면자문, ②대면회의, ③컨셉노트 작성, ④컨셉노트 분석, ⑤결과공유회의의 다섯 단계로 구성되었다. 이 중, 기술분과위 내부에서만 이루어지는 과정은 ①~③이며, ④와 ⑤는 기술분과위와 협의체 간의 상호작용을 통해 이루어진다. 이에, 본 장에서는 기술분과위에서만 이루어지는 ①~③에 대해서만 다루며, ④ 및 ⑤는 제6장에서 다루도록 하겠다. 특히 본 절에서는 각각의 운영 단계의 목적과 수행 현황에 대해 살펴보려고 한다.

### 2.2.1. 사전 서면자문

국내 기술분과위원회의 첫 단계는 ‘사전 서면자문’이다. 사전 서면자문의 목적은 기존의 아세안 중점협력국과의 사업 경험의 수행 현황 및 주요 성과를 정리하여 후에 있을 대면회의를 준비하는 데에 있다. 이를 위하여 기술분과위에 참여하는 분과별 위원 각각에게 [그림 5-5]와 같이 설문을 수행하였다. 본 설문을 통해 기존의 사업 배경과 자원, 사업 수행 내용 및 주요성과를 정리하였다. 아울러 이러한 사업 경험을 바탕으로 향후에 녹색기술 국제협력 사업을 수행하고자 한다면 어떻게 수행하고자 하는지 역시 함께 설문을 진행하였다. 사업 희망국과 사업 희망 기술, 예상 소요금액과 기대효과를 간단히 서술하는 형식으로 설문을 통해 물어보았으

며, 기술분과위 대면회의 시행 약 2주 전에 [그림 5-5]와 같은 양식을 배포하여 사전에 작성해 줄 것을 요청하였다.

**I. 기존 녹색기술 국제협력 사업 경험 (견당 1페이지 이내)**

※ 기존에 수행하셨던 **기후변화대응기술 국제협력** 사업의 경험에 기반하여 응답하여 주십시오. 여러 건일 경우 대표적인 사업 하나를 선별하여 기입해주시거나, 아래 표를 복사하여 여러 건에 대하여 작성해주시는 것 모두 가능합니다.

사업명			
사업 기간		재원	
사업 배경			
사업 내용			
주요성과	(후속사업 연계현황 등)		

**II. 향후 녹색기술 국제협력 사업 수요 (견당 1페이지 이내)**

※ 아세안 주요협력국(인도네시아, 베트남)을 대상으로 향후 **기후변화대응기술 국제협력**에 대한 잠재력이 있는 사업 내용을 아래에 기입하여 주십시오.

사업명(안)			
사업희망국		예산 소요금액	
사업 희망 기술			
기대효과			

❶ 응답해 주셔서 대단히 감사드립니다. 대면회의에도 참석 요청드립니다. ❶

- 2 -

[그림 5-5] 기술분과위 사전 서면자문 양식

### 2.2.2. 대면회의

사전 서면자문의 결과를 바탕으로 대면회의를 수행하였다. 분과위원 간의 효과적인 논의를 위하여 대면회의는 분과별로 한 번씩 개최하여 세 개 분과에 대하여 총 세 번의 회의를 진행하였다. 구체적인 회의 일정은 <표 5-9>과 같다.

<표 5-9> 기술분과위 대면회의 일정

번호	분과	일정
1	태양광 발전	2023.10.25.(수) 10:00~14:00
2	수처리	2023.10.26.(목) 10:00~14:00
3	폐기물 관리	2023.10.27.(금) 14:00~18:00

분과별로 진행된 대면회의는 위원들 간의 논의를 하기에 앞서 현재 수행 중인 본 과제에 대한 개략적인 설명을 한 후, 감축비용-무역지수 분석과 아세안 녹색전환 과학기술 협의체의 운영 결과를 통해 도출한 아세안 중점협력국의 기술수요에 대해 공유하였다. 이를 통해 대면회의에 참여한 위원들에게 기술분과위의 목적에 대하여 설명하여 어떠한 배경으로 이러한 자문 회의가 진행되고 있는지 위원들이 이해할 수 있도록 하였다. 그 후, 위원별로 기존 사업의 진행상황을 공유하였고, 향후 협력사업 방향에 대하여 심층적으로 논의(FGD)하였다. 그 후, 향후 진행상황을 안내하는 차원에서 컨셉노트의 작성 방법에 대하여 설명하였다. 이러한 회의 일정을 표로 정리하면 <표 5-10>과 같다.

<표 5-10> 기술분과위 대면회의 일정(태양광 분과 및 수처리 분과 기준)

시간	주요내용	비고
10:00-10:10	개회 및 인사	NIGT
10:10-10:30	연구 및 추진내용 발표	NIGT
10:30-11:10	기존 사업 진행상황 공유	분과위원 발표
11:10-11:50	향후 협력사업 방향 논의	분과위원 논의
11:50-12:20	컨셉노트 작성 방법 설명	NIGT
12:20-14:00	점심식사 및 뒷정리	

### 2.2.3. 컨셉노트 작성

대면회의에서 공유된 기존 사업경험, 논의된 사업 방향성과 장애요인 및 이에 대한 대응방안을 고려하여 향후 아세안 중점협력국에서 사업하기 적당한 기술협력 사업을 발굴해 간단헨 개념을 공유해줄 것을 분과위원들에게 요청하였다. 이러한 자료는 향후 아세안 협의체에서 논의되는 자료로 활용될 예정이다.

## 제 2 절 기술분과위 운영 결과 및 분석

### 1. 기술분과위 사전 서면자문 및 대면회의 결과

앞 섹션에서 기술분과위 운영 체계 및 방법론에 대해 살펴보았다. 동 섹션에서는 실제 기술분과위를 운영한 결과를 기술분과별로 정리하고자 한다. 기술분과위 대면회의를 진행한 순서대로 태양광 발전 분과, 수처리 분과, 폐기물 관리 분과에 대해 각각 살펴본 후, 모든 기술분과를 아우르는 시사점에 대해 살펴보도록 하겠다.

#### 1.1. 태양광 발전 분과

태양광 발전 분과에는 세 명의 위원이 참여하여 위원별로 기존에 수행하였던 사업 경험을 공유하였다. 태양광 발전 분과위원 및 각 위원의 수행 과제에 대한 간략한 정보는 <표 5-11>과 같이 정리할 수 있다.

<표 5-11> 기술분과위 태양광 발전 분과 참여 전문가 현황

번호	기술분과위원		기존 수행 과제 정보		
	구분	소속	과제명	수행기간	지원기관
1	위원 ①	산업계	태양광 발전사업 및 융합프로젝트의 비 하드웨어 비용절감을 위한 종합 소프트웨어 및 서비스 개발사업	2020.10.01 · ~ 2023.09. 30.	중소기업기술 정보진흥원
2	위원 ②	산업계	마이크로그리드 연계형 고효율 BIPV를 이용한 70kW급 건물 태양광 베트남 실증사업 및 표준화	2021.10.01 · ~ 2023.12. 31.	한국에너지 기술평가원
3	위원 ③	연구계	온도안정성이 확보된 Designable PV 모듈을 활용한 스마트 가로등 요소기술 개발	2020.11.01 · ~ 2021.10.	중소기업기술 정보진흥원

위원①은 산업계 소속으로 해외 태양광 발전 사업을 활발히 수행 중인 중소기업의 이사로 재직 중이며, 영농형 태양광 발전 사업을 중심으로 피지, 인도네시아, 베트남 등에서 다양한 해외 사업 경험을 보유하고 있다. 동 위원은 기술분과위 사전 서면자문 및 대면회의를 통해 본인이 참여한 베트남에서의 태양광 발전 사업에 대한 경험을 공유하였다(<표 5-12>의 번호 1 참조). 해당 사업은 중소기업기술정보진흥원 사업으로 진행된 “태양광 발전사업 및 융합프로젝트의 비 하드웨어 비용절감을 위한 종합 소프트웨어 및 서비스 개발사업”으로, 2020년 10월 1일부터 2023년 9월 30일까지 36개월간 수행된 사업이다. 본 사업을 수행하게 된 배경은 베트남의 2019년 전력 소비량은 전년 대비 8.87% 증가한 2,094억 kWh를 기록했으며 2021년 66억 kWh, 2022년 118억 kWh, 2023년 150억 kWh의 전력이 부족할 것으로 전망되고 있다는 점을 우선 들 수 있다. 또한 가뭄, 홍수, 태풍, 해수면 상승 등의 기후변화와 같은 자연재해 및 그로 인한 염수침입으로 농작물의 피해가 늘어나고 농촌 지역의 경제 저하가 계속됨에 따라 기후변화 적응 기술개발, Hi-Tech 농업 시장의 성장과 농어업 지역의 안정적 전력공급 및 소득향상 기술 등이 필요한 상황이다. 특히 해수면 상승과 베트남 국내 및 주변국가의 지나친 개발로 인해 이용 가능한 토지가 줄어 들에 따라, 기후변화 적응 기술과 토지 공동 사용에 관한 중요성이 부각되고 있으며 정부의 적극적 지원이 증가하고 있다.

이러한 배경 하에서 위원①은 상기 과제 수행을 위하여 1차년도에는 베트남 현지 태양광 발전 사업 상황에 대해 파악하는 데 집중하였다. 사업을 위한 기술적 요인을 파악하기 위하여 태양광 발전 패널이 설치하기 위한 토지 사용현황에 대해 조사하고 일사량 지도를 활용해 사업 후보지를 선정하였다. 또한 비기술적 요인을 파악하기 위해 사회환경영향 분석을 시행하였고 후보지 인근 주민의 수용성 조사, 기후변화로 인한 현지 작업 환경 및 삶의 질에 대한 조사를 시행하였다. 다음으로는 태양광을 비롯한 신재생에너지 사업에 대한 정부 지원 및 인센티브에 대하여 조사하여 발전차액지원제도(FIT, feed-in-tariff) 및 인센티브, 전력구매계약(PPA, power purchase agreement)을 실제 사업 시행 시 어떻게 활용할 수 있을지 파악하였다. 이러한 현지 조사를 바탕으로 2년차 때에는 현지 규제 및 법령 조사를 통해 예비타당성 조사를 수행하고 사업화 모델을 수립하였다. 마지막 3년차 때에는 영농형 태양광 발전과 작물생산 예측을 통합하여 분석할 수 있는 모델을 개발하여 경제성을 분석하였고, 베트남 달랏대학교 부지 내에 32 kW 규모의 영농형 태양광 실증 사업을 수행하였다. 마지막으로 이러한 실증 결과를 바탕으로 10 MW 급의 영농형 태양광 사업화를 위한 비즈니스 모델 구축을 완료하고 이에 대한 투자자의 투자의향서 역시 확보하였다.

다음으로 위원② 역시 산업계 소속으로, 국내외 태양광 및 에너지저장장치(ESS, energy storage system)에 대한 사업을 활발하게 수행하고 있는 회사의 대표이다. 이 회사는 대규모 태양광 발전단지 외에도 소규모 건물형 태양광 사업도 활발히 수행 중이며, 건물 정면 및 측면, 지붕에서의 태양광(BIPV, building-integrated photovoltaics) 사업에도 강점이 있는 회사이다. 특히 컨테이너형 이동식 태양광 및 마이크로그리드시스템을 개발하여 발전설비 시공이 어렵거나

전력망이 낙후된 지역에 신속하게 태양광 발전설비를 구축할 수 있는 기술을 보유하고 있다. 이러한 기술을 바탕으로 우리나라뿐만 아니라 베트남, 우크라이나 등 개발도상국에서도 화발한 사업을 수행하고 있다. 동 위원은 이러한 사업 배경을 바탕으로, 한국에너지기술평가원의 에너지국제공동연구사업으로 추진된 “마이크로그리드 연계형 고효율 BIPV를 이용한 70kW급 건물 태양광 베트남 실증사업 및 표준화” 사업을 2021년 10월 1일부터 수행해오고 있다(<표 5-12>의 번호 2 참조). 본 사업을 수행하게 된 배경은 베트남에서 에너지 전환 및 탄소중립 달성을 위하여 분산발전 및 스마트그리드 확대 이행 정책이 수립되었고, 폭우, 폭풍의 영향을 크게 받는 베트남 현지 상황을 고려하여 지상형 태양광보다 건물형 태양광이 적절하다는 판단이 있었다는 점을 들 수 있다.

이러한 기존 사업 경험 및 배경을 바탕으로 동 위원은 고효율(22%)의 70 kW급 BIPV를 활용한 마이크로그리드 구축 사업을 수행하였다. 폭우 및 폭풍에 대비하기 위하여 지상형이 아닌 건물형으로 태양광 전환 효율 22%의 고효율 태양광 발전 설비를 설계하였으며, 실증사업으로 건물 정면 벽체에 5 kW, 측면 벽체에 35 kW, 지붕에 40 kW를 설치하였다. 또한 현지 규격에 맞추어 구조물을 설계하였고, 빈약한 전력 기반시설을 극복하고자 전력제어 시스템을 이동식 컨테이너 일체형으로 설계하여 적용하였다. 도시인접 산업단지 내 실증 사이트를 구축하여 운영한 결과를 바탕으로, 투자자본수익률(ROI, return on investment) 9.5년 및 발전량 1 kWh당 균등화발전비용(LCOE, levelized cost of electricity) 95원 이하의 경제형 표준보급모델을 제시하였다. 아울러 이렇게 진행한 실증사업을 바탕으로 한국의 BIPV 체계를 베트남 현지에서 표준화하여 인증을 받는 것을 추진하고 있다. 이렇게 한국의 표준이 베트남에서도 표준으로 인정받게 되면, 한국에서의 사업경험을 그대로 베트남에서 적용이 가능해지며, 현지 기준에 맞추어 새로 모듈을 개발할 필요 없이 한국에서 사용하는 모듈을 그대로 베트남 현지에 적용이 가능해지므로 매우 효과적이라고 할 수 있다. 향후에는 이러한 BIPV 표준모델을 바탕으로 건물 리모델링 사업 및 신축건물 건설 사업에 진출하고자 한다. 현지 민간기업과의 합작법인(JV, joint venture)을 설립하여 현지에서 생산 및 동남아 신시장(라오스, 캄보디아 등)으로의 해외수출을 하고자 준비 중이다.

다음으로 위원③의 기존 사업 경험을 살펴보고자 한다. 위원③은 정부출연연구기관 소속의 수석연구원으로 고효율 태양광 모듈 연구를 하면서 동시에 연구한 기술을 바탕으로 해외에 기술협력 사업을 함께 수행하고 있다. 특히 동 위원은 ‘싱글드’ 태양광 패널 원천기술의 원천 기술을 보유하고 있으며 이를 국내최초로 상용화에 성공하였다. 기존의 태양광 패널은 셀과 셀을 버스바(busbar)로 연결되어 바둑판 모양을 띠게 되며 패널 면적도 제한적일 수밖에 없었다. 그러나 싱글드 방식은 셀과 셀을 버스바로 연결하지 않고(busbarless) 셀들을 기왓장 모양으로 정렬, 상호연결하였다. 이를 통해 태양광 패널이 바둑판 모양을 띠지 않고 하나의 커다란 판 형태를 띠게 되어 심미성을 극대화했다고 할 수 있다. 동 위원은 사용자의 요구사항대로 유효 공간에 맞추어 태양광 패널 생산이 가능해진다는 특성을 고려하여 이러한 패널을 designable 패널이라고 명명하였다. 이러한 기술을 바탕으로 “온도안정성이 확보된 Designable PV 모듈을 활용한 스마트 가로등 요소기술 개발” 과제를 통해 인도네시아에서 급성장하고 있는 태양광 가로등 시장에 진출하고자 하였다(<표 5-12>의 번호 3 참조). 세계 태양광 가로등 시장은 2020

년 기준으로 연평균 22.5%의 성장을 하고 있으며 그 중 40% 이상이 인도네시아에서 이루어지고 있는 사업 배경 하에서, 동일면적 대비 고출력화가 가능하며 심미성을 살린 Designable 태양광 모듈을 활용하고자 하였다.

이를 위하여 위원③은 인도네시아의 고온다습한 환경에 적절한 태양광 모듈을 연구·개발하였다. 모듈의 출력이  $190 \text{ Wp/m}^2$  이상이고, 섭씨  $40^\circ\text{C}$ 에 노출되었을 때 초기출력 대비 출력 감소율이 5% 이내이면서 실제와 유사한 여러 상황(damp heat, temperature cycle, mechanical load) 하에서 초기출력 대비 출력 감소율이 5% 이내인 모듈을 개발하였다. 또한 연결되는 가로 등역시 온도안정성이 확보되면서 광효율이  $115 \text{ lm/W}$  이상인 LED 패키지를 개발하여 적용하였다. 이를 통해 전력망에 연결되지 않으면서(off-grid) 태양광 모듈을 이용한 충방전 시스템으로 작동하는 스마트 태양광 가로등을 개발하여 인도네시아에서 성공적으로 실증을 하였다. 이러한 기술을 지속적인 사업으로 진행하기 위하여 개발한 태양광 발전 기술을 인도네시아 사업화를 위하여 인도네시아 국가표준화기관(SNI, Standar Nasional Indonesia)을 통해 인증을 추진하고 있으며, 인도네시아 반둥대학교와 동 위원의 소속기관 사이에 사업화를 위한 협약을 진행 완료하였다.

위원들의 사업 경험을 종합할 때, 베트남에서 태양광 발전 사업을 시행하는 데에 있어 가장 큰 장애요인으로서는 베트남 현지의 전력망 용량 부족 상황을 들 수 있다. 현재의 전력망 용량이 충분히 확보되어 있지 않아 새로운 발전원을 전력망에 연결하는 데 많은 어려움이 있으며, 특히 대규모 재생에너지 발전설비의 전력망 연결이 현재 멈춰있는 상황이다. 그러나 태양광 발전의 경우 대규모로 사업을 수행할 때 규모의 경제를 통해 경제성이 높아지기 때문에 소규모로 사업을 진행한다면 경제성을 많이 희생할 수밖에 없다. 따라서 위원①은 향후 베트남에서의 태양광 발전 사업은 다른 나라에서와 같이 대규모 전력 생산 사업보다는 태양광 발전과 마이크로그리드, 스마트팜, 비닐하우스 자동 온도제어 등을 연계하는 사업 모델을 구축한다는 전략을 세우고 있음을 밝혔다. 위원②역시 베트남 현지 사정 상 현재로서는 태양광 발전 사업이 지속되기 어려울 수 있다는 점을 인정하며, 향후 자사의 ESS 기술과 연계하여 마이크로그리드로 베트남 사업을 진행하겠다는 계획을 수립하고 있다고 밝혔다.

또한 사업의 원활하고 지속적인 추진을 위해 사업 기술의 현지 표준화를 추진하는 것이 필요하다는 점 역시 공통적으로 제기되었다. 위원③의 경우, 기존에 수행했던 사업의 후속사업을 추진하기 위하여 인도네시아의 국가표준화기관 SNI를 통해 기술표준화 심사를 받고 있었다. 뿐만 아니라 위원② 역시 베트남 시장을 위한 BIPV 표준모델을 설계하였고, 이에 대한 표준화 추진의 중요성을 역설하였다. 이러한 사업 대상 기술들이 현지에서 표준으로 인정받게 되면, 시장 진출에도 용이하며, 다른 경쟁자의 시장 진입을 막는 효과도 있어 지속적인 사업에 있어 매우 중요하다는 점이 위원들의 공통된 의견이었다.

## 1.2. 수처리 분과

수처리 분과에는 네 명의 위원이 참여하였다. 태양광 발전 분과와 동일하게 대면회의에서는

위원별로 기존에 수행하였던 사업 경험을 공유하였다. 수처리 분과위원 및 각 위원회 수행 과제에 대한 간략한 정보는 <표 5-12>과 같이 정리할 수 있다.



〈표 5-12〉 기술분과위 수처리 분과 참여 전문가 현황

번호	기술분과위원		기존 수행 과제 정보		
	구분	소속	과제명	수행기간	지원기관
1	위원 ④	연구계	Global Knowledge Platform 연구사업	2019.05.01 ~ 2021.12.31.	기관고유 사업
2	위원 ⑤	연구계	녹색도시기술 플래그십 연구사업	2017.01.01 ~ 2017.12.31.	기관고유 사업
3	위원 ⑥	학계 (산업계)	베트남 물 관리 체계 개선을 위한 하이정시 지능형 수도관리 실증화 구축사업	2021.07.01 ~ 2022.12.31.	한국환경 산업기술원
4	위원 ⑦	학계	캄보디아 물 적정기술 거점센터 구축사업	2013 ~ 2017	-

위원④는 연구계 소속으로, 소속 기관의 고유사업을 중심으로 베트남에서 다양한 수처리 기술협력 연구를 수행해온 전문가이다. 베트남 현지에 협력 기관이 있어 동 협력 기관을 통해 현지 맞춤형으로 다양한 사업을 수행해오고 있다. 특히 “Global Knowledge Platform 연구사업”을 통해 베트남 메콩델타 지역에서 해수 담수화에 대한 연구를 수행하였다(〈표 5-13〉의 번호 1 참조). 동 사업의 배경은 베트남 메콩델타의 지리적 특성에 기인한다. 이 지역은 강의 하류로, 강물이 동 지역에 도달하기 전에 6개의 국가를 거치며 각국에서 수력발전 및 저수지 등의 목적으로 댐을 건설하게 되면서 하류 지역의 저류량이 감소하게 되었다. 이에 바닷물이 지하로 유입되며 지하수의 염수화로 인한 식수 및 농업용수 공급의 차질이 심각한 사회적 문제로 떠올랐다. 이러한 문제로 인해 현지에서는 빗물을 모아 식수로 활용하고 있고, 또한 샌드필터를 활용한 간단한 정수장치로 지하수를 여과하고 있으나, 지하수에 철분 함량이 높아 이렇게 여과된 물을 바로 활용하기에는 무리가 있는 실정이다. 이에 염수화된 지하수를 식수 및 농업용수로 활용할 수 있도록 해수담수화 기술이 꼭 필요하였다. 또한 베트남 현지의 전력 사정이 좋지 못하기 때문에 전력망에 연결되지 않고도 가동될 수 있도록 분산발전 시스템으로 구동이 가능한 기술을 필요로 하였다.

이러한 배경을 바탕으로 동 위원은 해수담수화를 위해 역삼투 공정과 분산발전 시스템을 위해 태양광 발전 기술을 연계한 지하수 담수화 시스템을 메콩델타 지역에 설치하여 실증을 수행하였다. 베트남 현지의 전력상황이 좋지 않기 때문에 분산전원으로 동작이 가능하도록 저전력 담수화 시스템을 연구하여 일 처리량 5 m<sup>3</sup> 규모의 소규모 담수화 설비를 현지에서 설치하였다. 이후, 현지에서 지속적으로 기술이 활용되고 유지보수가 이루어질 수 있도록 베트남

현지의 협력 기관에 동 기술을 이전하였다.

위원⑤는 도시 하수 처리장의 정수 기술 및 혐기성 미생물을 활용한 바이오가스 생산 기술에 대한 전문성을 가지고 있는 전문가로, 다양한 녹색 도시 기술에 대한 연구를 수행해오고 있다(<표 5-13>의 번호 2 참조). 다만, 직접적으로 국제협력을 수행한 경험이 많지는 않으나, 여러 국제 협력 사업에 자문 등으로 참여해오고 있다. 특히 청정개발메커니즘(CDM, clean development mechanism) 차원에서 아프리카 가나 등에서 하수 처리하는 과정에서 미생물의 혐기성 소화를 활용해 바이오가스를 생산하는 사업이 대표적이다. CDM에서 감축 실적을 인정받기 위해서는 사업 수행 전의 배출량 데이터를 활용하여 베이스라인을 산정하는 것이 중요하며, 사업 수행으로 인한 온실가스 감축량을 정확히 계산하는 것이 중요하다. 동 위원은 이러한 베이스라인 산정 및 사업 효과 계산에 대한 경험을 공유해주었다.

특히 동 위원이 접근하는 방법은 하수를 처리하면서 동시에 바이오가스를 얻어 에너지 및 수송 분야의 배출량 저감에도 긍정적인 영향을 미친다는 점에서 기술의 중요성이 높다고 할 수 있다. 다만 이러한 인프라 사업은 실증이라 할지라도 그 실증 규모가 클 수밖에 없고 현지에서의 여러 변수가 존재하기 때문에 현장에서의 설비 공급 및 생산에 전문성이 있는 전문가 혹은 기관과 협력하여 사업을 수행하는 것이 중요하다는 점을 강조하였다.

위원⑥은 산업체(공사)에서 오랜 기간 근무한 뒤 대학에 산학협력 중점교수로 가게 된 전문가로, 현재 소속된 학계의 의견뿐만 아니라 산업계의 의견도 대변해줄 수 있는 위원이다. 동 위원은 이전에 산업체에 소속되었을 때부터 다양한 물 관련 해외 협력 사업을 수행해왔으며, 기술뿐만 아니라 물 관련 정책 활동에도 다양하게 참여해왔다. 학계로 옮긴 후에는 요르단, 인도네시아, 베트남 등에서 ‘스마트 워터그리드’의 실증화 사업 및 ODA를 수행해오고 있다(<표 5-13>의 번호 3 참조). 스마트 워터그리드는 단순히 깨끗한 물을 얻기 위한 정수 과정뿐만 아니라 물의 수송과 공급 차원을 통합적으로 관리하는 것으로, 물의 수요 패턴을 분석하여 가장 효율적으로 물 공급 계획을 세우고 이행하는 통합적인 시스템이다. 각지에 설치된 센서를 활용하여 지역별로 어느 시간 대에 물에 대한 수요가 높은지를 파악한 후, 각 지역에 가장 효과적으로 물을 공급할 수 있는 물 저장 설비에 가장 에너지가 저렴한 시간 대에 물을 수송하는 지능형 시스템이 스마트 워터그리드라고 할 수 있다. 이를 통해 에너지 수요가 높은 시간 대에 물의 수송 및 공급을 위하여 에너지 수요가 과도하게 집중되는 것을 막아 에너지 시스템의 효율화를 꾀하고, 더 나아가 탄소 저감 효과까지 갖게 된다.

동 위원은 이러한 배경 하에서 현지 수도 사업자와의 파트너십을 바탕으로 해외 협력사업을 진행해왔다. 동 위원은 현지의 협력사가 현지의 상황을 가장 잘 알고 있기 때문에 현지에 가장 적절한 기술로 사업을 수행할 수 있으며, 현지 주민들도 기술을 더 잘 수용할 수 있었음을 밝혔다. 특히 베트남에서는 베트남 현지 수도 사업자인 ‘나와피’와의 협력을 통해 사업을 효과적으로 수행하였다. 동 위원은 이러한 협력관계를 향후에도 지속해나가며 물 관련 협력이 단회적으로 끝나지 않고 지속될 수 있도록 노력할 것임을 밝혔다.

수처리 분과의 마지막 위원으로 위원⑦은 학계 소속으로 몽골, 캄보디아 등에서 다양한 환경 기술을 활용한 사업을 추진하고 있는 전문가이다. 특히 캄보디아에서는 물 적정기술 거점센터 구축사업을 2013년에서 2017년까지 수행하였다(<표 5-13>의 번호 4 참조). 상수도 시설이 구축되지 않은 캄보디아 시골 마을 주민들은 인근 상점에서 고비용의 물병을 구매하여 식수로 이용하는 경우가 일반적이다. 그런데 여기에는 물병 구매에 대한 비용 부담뿐만 아니라, 출처가 불투명한 물병으로 인해 식수의 안전성이 확보되지 못한 실정이다. 더욱이 경제적 부담이 가중된 마을 주민들은 오염된 물을 식수원을 이용하고 있어서 수인성 질병에 노출된 상태이다. 따라서 이러한 식수 및 위생 문제를 해결하고자 마을 단위의 정수처리장을 구축하여 주민들에게 안전한 식수를 저렴하게 공급하는 것이 필요한 상황이다.

이러한 배경 하에서 동 위원은 캄보디아에 물 적정기술 거점센터를 구축하였고 현지형 수처리 적정기술을 개발하여 보급하였다. 마을 주민들의 안전한 식수공급을 위해서 저에너지로 운영 가능한 생물학적 수처리 공정인 Sequencing Batch Bio Reactor (SBBR)를 연구 및 개발하여 식수 공장 구축하여 보급하였다. SBBR은 Batch Reactor 형태로 오염된 식수를 순환시켜 처리 후 후속 단계로 물리적 처리 공정인 모래여과와 무동력 UF membrane을 적용하여 탁도, 냄새, 유기물을 생물학적+물리적으로 제거하기 위해서 식수를 생산하는 방식이다. 특히 물을 순환시키는 과정 외에는 에너지가 거의 소요되지 않아 매우 낮은 에너지로 정수 처리가 가능하다는 장점이 있다. 따라서 식수설비가 구축된 식수 공장을 물 적정기술 거점센터로서 마을에 설치하여 시중보다 저렴한 가격으로 물을 판매하는 성과를 얻을 수 있었다고 한다. 이러한 기술이 지속적으로 보급되어 현재 캄보디아에 총 7개의 식수 공장이 구축되었으며 1개당 하루에 약 2톤 정도의 식수가 공급하고 있다. 식수 공장은 지역사회에 환원되어 운영되고 있으며 각 지역의 식수 비즈니스 사업으로 추진되고 있다.

수처리 기술 분과위원들간의 논의 결과를 살펴보면, 우선 사업국 정부 관계자의 도움을 받는 것의 중요성을 강조하였다. 위원④의 경우 협력하고 있는 현지 기관을 통해 베트남 과기부의 도움을 받아 사업을 원활히 수행할 수 있었다고 밝혔다. 이러한 정부 관계자의 도움으로 인해, 사업을 하고자 하는 기술을 적합한 사업 대상지를 선정할 수 있었으며, 실증사업을 하는데 필요한 제도적 지원 역시 받을 수 있었다고 한다. 위원⑥ 역시 베트남 현지 수도 사업자인 ‘나와피’와의 협력이 베트남 현지에서의 사업에서 도움을 많이 받았다고 밝혔는데, 이 나와피가 베트남 자원환경부 산하에서 수자원 관련 계획 및 조사를 수행하고 있는 정부기관이라는 점이 크게 영향을 미친 것으로 사료된다.

다음으로 사업화하려는 기술 선정 역시 중요하다고 역설하였다. 수처리 기술은 기술의 종류도 다양하고 많은 양의 에너지를 필요로 하는 기술 역시 많아 설비를 구동하는 데에 비용이 현지에서 활용하기에 과하게 많이 드는 경우가 종종 있다. 이에, 위원⑦은 ‘적정기술’의 개념을 적용하는 것이 중요하다고 강조하였다. 현지의 상황을 고려하여 현지에서 보급 및 활용할 수 있는 기술을 바탕으로 협력 사업을 수행할 때, 이러한 기술이 현지에서 널리 보급될 수 있

기 때문이다. 위원④ 역시 사업 대상 지역의 상황에 대한 정확한 조사를 바탕으로 달성하고자 하는 목표에 적절한 수준의 기술을 개발하고 보급하였다. 위원⑤ 또한 현지의 상황을 잘 알고 사업을 진행하는 것이 필요하다고 강조하였다.

마지막으로 역량배양 측면도 위원들이 공통적으로 강조한 부분이다. 녹색기술 협력사업이 수행되는 기간뿐만 아니라 사업이 종료되더라도 현지에서 지속적으로 해당 기술을 활용하고 보급하기 위해서는 기술을 현지에 이전해주고 현지 주민들이 동 기술을 활용할 수 있도록 지원해주는 것이 매우 중요하다. 위원④는 현지 협력 기관에 사업 대상 기술을 이전해주어 현지에서 해당 기술에 대한 유지, 관리 및 활용이 가능하도록 지원해주었다. 아울러 위원⑥은 사업 대상 지역의 주민들을 RD&D 단계에서부터 참여시키는 리빙랩(living lab) 방식을 활용해 기술의 수용성을 증대시키고 리빙랩 과정에서 지역 주민들의 역량을 배양하는 것이 협력 사업을 성공시킬 수 있는 길이 될 수 있다고 강조하였다.

### 1.3. 폐기물 관리 분과

폐기물 관리 분과에는 세 명의 위원이 참여하였다. 여타 분과와 마찬가지로 대면회의에서는 위원별로 기존에 수행하였던 사업 경험을 공유하였다. 폐기물 관리 분과위원 및 각 위원의 수행 과제에 대한 간략한 정보는 <표 5-13>와 같이 정리할 수 있다.

<표 5-13> 기술분과위 폐기물 관리 분과 참여 전문가 현황

번호	기술분과위원		기존 수행 과제 정보		
	구분	소속	과제명	수행기간	지원기관
1	위원 ⑧	산업계	베트남 농업분야 가축분뇨 활용 친환경 퇴비화 및 바이오가스 발전 기술지원 사업	2022.07.01 ~ 2023.06.30.	한국연구재단
2	위원 ⑨	연구계	수출 연계형 수 MWe 급 바이오매스 발전 해외 실증	2018.06.01 ~ 2022.12.31.	한국에너지기술평가원
3	위원 ⑩	학계	미이용 바이오매스의 산업용 고품위 고형연료 제조 해외 실증 사업	2020.11.01 ~ 2023.10.31.	한국에너지기술평가원

위원⑧은 산업계 소속으로, 에너지 및 기후변화 분야에서 수요 맞춤형 컨설팅 및 사업을 수행하고 있는 회사의 이사로 재직 중인 전문가이다. 소속된 회사 차원에서 다양한 국제협력 사업 및 사업모델 개발을 수행하였으며, 우리기관과도 협력하여 다양한 연구를 한 바가 있다. 기존에 수행했던 사업 중 아세안 국가에서의 폐기물 관리 관련 사업으로는 2022년부터 수행한 한국연구재단의 ‘베트남 농업분야 가축분뇨 활용 친환경 퇴비화 및 바이오가스 발전 기술지원 사업’을 들 수 있다(<표 5-14>의 번호 1 참조). 이 사업의 배경을 먼저 살펴보면, 동 위원은 2021년 우리기관의 ‘수요창출형 역제안 모델 개발을 위한 가중치 산출 및 요구 데이터 수

집방안 조사 분석' 과제를 수행한 경험이 있는데, 그 과정에서 베트남 농업분야 및 인도네시아 교통분야의 기술수요를 분석하게 되었다. 분석 결과, 베트남 농업분야에서 1순위로 가축분뇨의 친환경 퇴비화 기술, 2순위로 농업폐기물 혐기소화를 통한 바이오가스 생산 기술이 도출되었으며, 연구 결과를 바탕으로 기술지원(TA, technical assistance)사업으로의 연계 방안을 모색하게 되었다. 현재 베트남은 양돈농장의 약 35%가 폐기물을 별도 처리 없이 단순 저장하거나, 약 40%가 처리 없이 외부로 무단 배출하고 있는 상황이며, 정부에서 정책적으로 축산 폐기물 관리 강화를 통해 온실가스 배출 저감 및 축산 폐기물의 친환경 퇴비화 및 농업부문 재활용을 추진 중에 있다. 따라서 동 위원은 '축산 폐기물 처리 및 에너지화 기술'을 높은 잠재력이 있는 기술로 평가하게 되었음을 밝혔다.

이러한 배경 하에서, 동 위원은 베트남의 농업 부문을 대상으로 가축분뇨를 활용한 바이오가스 발전플랜트 시범단지 조성 기반을 마련하기 위한 사업을 수행하게 되었다. 동 사업의 과업범위는 크게 네 가지로 정리해 볼 수 있다. 첫째로는 바이오가스 발전 플랜트 시범사업 대상지를 선정하는 것이다. 둘째로는 시범단지 조성을 위해 베트남 현지의 중앙, 지방 정부의 유관기관 관계자 및 부속기관과 네트워크를 구축하는 것이다. 셋째로는 바이오가스 발전 플랜트의 예비 타당성 조사를 진행하는 것이다. 마지막으로 현지 지역주민 참여 활성화 및 인식개선을 위한 역량강화 프로그램 운영하는 것이다. 각각의 과업 범위에 대하여 사업 수행 결과 다음과 같은 성과를 달성할 수 있었다. 먼저 바이오가스 발전 플랜트 시범사업 대상지 선정 과업 차원에서는, 사업의 수익성 및 추진 용이성 측면에서 3개소의 예비후보지를 도출하였으며, 담당기관인 베트남 농업농촌개발부(MARD)의 추천 지역 등을 반영하여 최종적으로 타이응웬성으로 결정하게 되었다. 두 번째로, 시범단지 조성을 위한 현지 유관 중앙, 지방 정부 관계자 및 부속기관 네트워크 구축 차원에서는, CTCN 사업을 담당하는 NDE인 자원환경부(MONRE), 주무부처인 MARD 외에도, 지방정부인 타이응웬성 축산국의 투자의향서(LOI)를 확보할 수 있었으며, 과기부 산하 응용과학기술연구원(NACENTECH)과 MOU를 체결하고, 하노이농업대학교(HUNRE)과도 네트워크를 구축할 수 있었다. 또한 전 이해관계자가 참석한 세미나를 개최하여 이해관계자들의 사업에 대한 이해도를 제고하고자 하였다. 세 번째로 바이오가스 발전 플랜트의 예비 타당성 조사 차원에서, 후보지에 건설 중인 대규모 축산농가에 도입 가능한 설비 용량(100 m<sup>3</sup>/day)을 도출하였으며, 이를 바탕으로 3.1 MW/day 규모의 발전설비 도입을 가정하고 경제적 및 기술적 타당성을 분석하였다. 분석 결과, 비용 대비 편익(퇴액비 및 전력 판매 수익)이 낮게 도출되어 설비 당 약 65억원 정도의 정책 지원자금(보조금 또는 융자지원)이 필요한 것으로 분석되었다. 이러한 내용을 베트남 현지의 정부 관계자에게 제언하였다. 마지막으로 현지 지역주민의 참여 활성화 및 인식개선을 위한 역량강화 프로그램 운영하였는데, 후보지 축산 농가 및 해당 지역 축산국 담당자를 포함하여 세미나를 개최하였다.

위원⑨는 중소기업의 기술사업화에 대한 연구를 수행하는 연구기관에 소속된 전문가로, 바이오매스 발전 기술을 바탕으로 기술연구 뿐만 아니라 다양한 해외 협력 사업도 수행하고 있다. 대표적인 해외사업 실적으로는 '수출 연계형 수 MWe 급 바이오매스 발전 해외 실증' 사업을 들 수 있는데, 이는 에너지기술평가원의 에너지기술개발사업으로 2018년 6월부터 작년

12월까지 수행된 사업이다(<표 5-14>의 번호 2 참조). 동 사업을 추진한 배경으로는, 국내 에너지 중소기업의 해외 분산발전 사업에 진출할 수 있는 기회가 최근 확대되고 있으며, 발전 사업을 통한 수익을 창출할 수 있는 해외 비즈니스 모델 및 관련 실증 모델 플랜트를 확보하는 것이 중요해졌기 때문이다. 특히 이러한 사업에 중국, 일본 등 우리나라 주변 국가들은 매우 활발하게 진출하고 있는데 아직 우리나라는 관련 사업 진출에 다소 소극적인 측면이 있어 국가 경쟁력 확보를 위해서도 해외 분산발전 사업에 진출하는 것이 매우 중요하다고 밝혔다. 동 위원은 이러한 점을 활용하여 정부 예산 투입에 의한 해외 진출 기회 및 기술 실증에 따른 국내 신재생 에너지 기업의 해외 진출 교두보를 확보하는 것이 중요하다고 판단하였다.

이러한 배경 하에서, 동 위원은 동남아시아의 팜유 공장에서 발생하는 바이오매스 부산물을 이용한 2 MWe 급의 분산 발전소 모델을 개발하고 건설 및 실증운영을 수행하였다. 특히 아세안 중점협력국의 바이오매스 자원 현황을 살펴보면 인도네시아에서는 팜(palm)을 활용하기에 용이하며, 베트남은 사탕수수를 활용하기에 용이하다고 분석을 하였다. 이에, 인도네시아에서 활용할 수 있는 바이오매스 발전 기술에 대하여 사업화를 추진하였다. 팜유 생산 공정에서 필연적으로 발생하게 되는 속이 빈 열매 다발(EFB, empty fruit bunch)을 바이오매스로 활용하여 발전하는 사업을 수행하였다. 특히 EFB를 바이오매스 연료로 활용하기 위해서는 건조 과정이 반드시 필요한데, 건조에 필요한 열을 발전소의 폐열로 조달을 받게 하였다. 그 결과 EFB 기반의 바이오매스 100%를 전소하여 발전을 하고, 그 결과 방출되는 폐열로 다시 EFB 바이오매스를 생산하게 되어 EFB가 계속 공급되기만 한다면 일종의 닫힌 사이클을 형성한 효과를 얻게 되었다.

마지막으로 위원⑩은 학계 소속으로 에너지기술평가원의 지원으로 다양한 에너지국제공동연구사업을 수행한 경험을 보유하고 있다. 특히 최근까지 수행한 에너지국제공동연구사업으로는 2020년 11월부터 올해 10월까지 3년간 베트남에서 수행한 ‘미이용 바이오매스의 산업용 고품위 고품위 고형연료 제조 해외 실증 사업’이 있다(<표 5-14>의 번호 3 참조). 베트남에서는 에너지 잠재력이 높지만 폐기물로 치부되는 농업 및 임업부산물이 자원화되지 못하고, 우드펠릿에 의존하고 있어 산림훼손이 발생하고 있는 실정이다. 이에, 현재 활용되지 못하고 있는 저급 원료를 이용해 우드펠릿 수준의 고품위 고형연료를 생산하여 공급하는 기술을 개발하게 된다면 직접연소가 대부분인 베트남에 에너지 기술로 진출할 수 있는 계기가 될 수 있다고 동 위원은 판단하였다. 더 나아가 이는 베트남의 대기오염을 저감하는 데에 기여할 수 있으며, 우리나라의 경제영역과 에너지 시장을 확장할 수도 있다.

이러한 배경 하에서 동 위원은 저급 바이오매스의 고품위 고형연료화를 위한 회분제거 기술과 반탄화 기술을 개발하였다. 베트남에서 지금까지는 활용되지 않고 있던 고수분 및 저발열량 특성을 지닌 저급 바이오매스를 대상으로 회분제거 및 반탄화 단일공정을 전처리로 수행하여 일 생산량 5톤 규모의 고품위 고형연료 제조 설비를 구축하여 실증을 진행하였다. 그 결과 500℃의 온도 조건에서 15분 간의 처리 공정을 통해 약 53 kg의 고품위 연료가 생산되는 것을 확인하였다. 한편, 이를 사업화할 경우의 경제성을 분석한 결과, 일 생산량 5톤 규모의 설비에

서 85%의 가동률을 보일 때 운영비는 연간 78.15억원으로 예상되었으며, 우드펠릿 가격을 제외한 운영 관련 민감도를 분석한 결과 경제성이 확보되는 것으로 파악되었다고 한다. 또한 전주 기평가(LCA, life-cycle assessment)를 진행한 결과 동 기술을 적용함으로 매년 약 410 tCO<sub>2</sub>의 배출량 저감효과가 있는 것으로 분석되었음을 밝혔다.

위원들은 공통적으로 폐기물 분야가 협력 대상 국가의 관심도가 매우 높은 분야로, 사업을 빠르게 확대하고 대형화할 수 있는 분야임을 밝혔다. 위원⑧은 폐기물 기술협력 사업이 각국의 정책에 부합하는 상황이기 때문에 경제성을 보완하여 사업을 확대하고, 이로 말미암아 우리나라 역시 감축실적을 확보할 수 있도록 국제감축사업으로 잘 설계하는 것이 중요하다고 강조하였다. 위원⑨ 역시 현지에서 지속적으로 문제로 인식되어 온 EFB를 유용하게 활용할 수 있는 기술을 선정하는 등, 협력 대상 국가의 관심이 많은 사업 아이템을 선정하여 성공적인 실증을 수행하였고 향후 사업을 더 확대할 수 있는 모델을 개발하게 되었다.

반면, 아세안 중점협력국에는 흔하게 존재하는 원료가 한국에서는 찾기 어려운 것이 있어 연구를 수행할 때 어려움이 존재한다는 의견 역시 제기되었다. 위원⑨는 우리나라에서는 팜을 활용하지 않기 때문에 EFB를 구할 수가 없어 관련 기술에 대한 연구가 어렵다는 점을 언급하였다. 특히 이러한 EFB가 재가 상대적으로 많이 발생하여 클링커 내부에서 재료 인한 문제가 발생할 수 있어 주의를 필요로 한다. 그러나 동 위원은 이러한 사항은 기술적으로 해결이 가능한 사항이라는 점 또한 밝혔다.

아울러, 전통적인 폐기물 처리 방법뿐만 아니라 새롭게 떠오르는 기술 중 사업 대상 국가에서 활용가능한 기술이 있는지 찾아 적용하는 것 역시 중요하다는 점을 위원들은 강조하였다. 특히 위원⑨와 위원⑩은 공통적으로 농업 및 임업 부산물을 활용하는 데 있어 이전에는 바이오매스로서의 연료화만을 고려했었는데 이제는 바이오차(biochar)를 생산하여 토질개선 효과와 이산화탄소 제거 효과를 함께 가져가는 것이 좋은 접근법이 될 수 있다는 점을 역설하였다. 특히 바이오차 기술의 경우, 부산물을 바이오매스로 활용할 때에는 석탄보다 높은 가격을 정당화하기 위한 방안을 찾아야 하였으나, 바이오차로 활용할 경우 훨씬 용이하게 현지에서 활용할 수 있으며, 이산화탄소 제거 실적을 얻는 것도 현재 방법론에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는바, 향후에는 제거 실적 확보 차원에서도 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 향후 사업 방향 도출

앞 섹션에서 다루었던 이전의 기술협력 사업 경험을 바탕으로 향후 아세안 중점협력국과의 협력 가능 기술사업에 대한 개념을 정리해줄 것을 분과위원들에게 요청하였다. 요청한 결과 16건의 사업 개념이 접수되었으며, 이를 표로 정리하면 <표 5-14>와 같다.

<표 5-14> 기술분과위를 통해 도출된 아세안 중점협력국과의 협력 아젠다



번호	분야	국가	사업 제목
1	태양광 발전	인도네시아	고출력 Designable BIPVT 응용기술 최적화
2		인도네시아	인도네시아형 고출력 씽글드 가정용 PV 시스템 실증 및 사업화
3		베트남	베트남 기후변화 대응 건자재형 태양광 패키지 표준화 개발
4	수처리	인도네시아	인도네시아 바이오가스 공정 구축 지원 사업
5		인도네시아	도서 지역 대상 태양에너지 저장 및 수처리 시스템 연계 사업
6		인도네시아	Rock filter를 활용한 매립지 침출수 정화 시설 구축
7		베트남	베트남 병합 소화 기반 바이오가스 공정 구축 지원 사업
8		베트남	메콩델타 지역 식수 확보를 위한 담수화 기술 개발
9		베트남	베트남 지능형 물관리(SWM) 리빙랩 구축
10		베트남	베트남 친환경 불소 흡착제 활용 수질 개선 사업
11		베트남	베트남 소규모 가정용 바이오가스 설비 보급 사업
12	폐기물 관리	인도네시아	팜유 Bleaching 공정 부산물 재활용 사업
13		인도네시아	동남아 잉여 및 폐기 바이오매스 부산물의 Biochar 생산 시스템 실증
14		베트남	식음료 업종 유기성 폐기물 재활용 사업
15		베트남	미이용 초·목본계 바이오매스 기반 반탄화연료 및 생산설비 모듈화 수출 사업
16		베트남	열수액화(HTL) 공정으로 가축분뇨에서 암모니아 추출 및 바이오차 개발사업

### 3. 시사점

기술분과위의 운영을 통해 아세안 협력국과의 기술협력 시 주요하게 고려해야 하는 사항에 대한 시사점을 얻을 수 있었다. 이러한 시사점은 ①기술의 가격경쟁력 확보, ②기술표준화의 중요성, ③효과적인 기술이전 및 역량배양 필요로 정리할 수 있다.

먼저 효과적인 기술협력을 위해서는 기술의 가격경쟁력 확보가 중요하다. 아세안 국가는 저렴한 물품의 대량 공급이 가능한 중국과 인접해 있기 때문에, 그 지리적 특성상 우리나라 기술보다 더 저렴한 기술에 노출되기 쉬운 환경에 놓여 있다. 따라서 우리나라의 기술이 아세안 협력국에게 상대적인 우위를 점하기 위해서는 가격경쟁력을 확보할 수 있는 수단에 대한 고민과 활용이 반드시 필요하다. 우리나라가 크게 접근 가능한 방법으로는, 다른 나라의 저가 기술보다 우리나라의 기술의 기대효과가 월등히 높아 높은 가격을 정당화할 수 있거나, 기술 혹은 제품의 수명이 경쟁 기술/제품보다 뛰어나 높은 초기 투자비용을 장기간에 걸쳐 충분히 회수할

수 있도록 하는 것이 대표적이라 할 수 있다. 뿐만 아니라 단순히 기술 및 제품만 수출하는 것이 아니라 협력 대상 기술 및 제품의 유지보수 및 성능보증을 제공해주는 것 역시 가능하며, 뒤에서 자세히 살펴볼 기술의 이전 및 현지 지역주민들의 기술에 대한 역량배양을 지원해주는 것 역시 가격경쟁력 확보에 도움이 될 수 있다. 그러나 한편으로는 협력 대상 기술의 수준이 협력대상국 입장에서 적절한지도 고려할 필요가 있다. 너무 높은 수준의 기술로 무리하게 사업을 추진하여 기술의 가격이 과도하게 높은 것일 수도 있기 때문이다. 현지의 기술 수요와 현지에서 요구하는 기대효과에 대한 면밀한 검토를 통해 무조건 최고 사양의 기술이 아니라 현지에서 적절한 기술이 적절한 가격으로 보급하는 것이 효과적인 기술협력 방안이 될 수 있다.

다음으로 기술표준화의 중요성에 대해 살펴보고자 한다. 협력대상국의 경우, 우리나라에 비해 기술의 보급 및 활용이 더딘 경우가 많아 국가 차원의 기술표준화 역시 아직 이루어지지 않은 사례가 많다. 이에, 우리나라와 같은 표준의 기술이 협력대상국에서도 표준으로 인정 받게 된다면, 해외 협력사업을 하는 기관 입장에서는 현지에 맞도록 기술을 수정해야 하는 노력을 경감할 수 있어 효과적인 협력이 가능해진다. 또한 이러한 표준이 우리나라에게는 촉진자로 기능할 수 있지만 다른 나라와의 협력에 있어서는 장벽이 되어줄 수 있어 우리나라 입장에서 큰 이익이 될 수 있다. 한편 우리나라 외에도 일본과 싱가포르 등의 국가들도 자국의 기술이 아세안 국가 내에서 표준으로 인정받을 수 있도록 노력하고 있다. 따라서 우리나라도 현지 기술표준화의 중요성을 인정하고, 사업 대상 기술의 현지 표준화에 더욱 박차를 가할 필요가 있다.

마지막으로 기술의 현지 이전 및 현지 지역주민들의 역량배양이 필요하다. 우리나라와 아세안 중점협력국과의 기술협력으로 우리나라의 기술이 아세안 국가에 보급되었더라도, 이를 현지에서 온전히 활용하지 못하면 힘들게 진출한 우리나라의 기술이 사장될 수 있다. 따라서 기술협력 초기에서부터 현지에서 충분히 활용 가능한 수준의 기술을 협력 대상 기술로 선정하려는 노력을 기울여야 하며, 동 기술이 현지에 보급되었을 때 지역 주민들이 자체적으로 충분히 활용할 수 있도록 역량배양을 함께 추진하여야 한다. 이를 효과적으로 하기 위해서는 사업대상 지역에 연락사무소가 있는 것이 효과적이며, 아울러 현지 지역 사정에 밝은 지역 공무원 및 정부관계자의 역할이 큰 도움이 될 수 있다. 기술분과위에 참여한 위원들 중에서도 사업대상 지역에 현지 사무소가 있거나 현지 공무원의 도움을 받은 경우에 훨씬 원활하게 사업이 진행된 사례를 다수 찾아볼 수 있었다. 이러한 모범사례들을 바탕으로 향후 협력 계획을 세우고 추진해나간다면 기술협력의 성공가능성을 크게 높일 수 있을 것이다.

### 제 3 절 소결

본 장에서는 제3장에서 감축비용 및 무역지표를 활용하여 분석한 인도네시아 및 베트남 에너지 부문의 녹색기술 협력분야 우선순위 결과와 제4장에서 아세안 녹색전환 과학기술 협의체를 통해 도출한 기술협력 수요를 종합하여 우선협력 분야를 도출하고, 각 분야별 국내 전문가들로 구성된 ‘기술분과위원회’를 구성해 우리나라 입장에서 협력 가능한 기술들을 도출하는 연구를 수행한 결과를 정리하였다. 아세안 협력국 입장에서 존재하는 다양한 협력수요 가운데 동 기술분과위를 통해 우리나라가 협력 파트너로서 공급 및 기술이전이 가능한 기술이 무엇인지 파악함으로써 말미암아 수요와 공급을 매칭하는 의의가 있었으며, 이러한 기술들을 바탕으로 향후 다시 아세안 협의체와의 논의를 통해 협력기술을 최종적으로 선정할 수 있도록 근거 자료를 마련하게 된다는 점에서도 매우 의미있는 접근이라 사료된다.

앞서 살펴본 바와 같이, 우선협력 분야로는 태양광 발전, 수처리, 폐기물 관리의 세 개 분야가 선정되었다. 각 분야에서 녹색기술 국제협력 사업을 수행한 경험이 있는 전문가를 탐색하기 위하여, NTIS를 활용해 정부 R&D를 수행한 경험이 있는 연구자들 및 이들이 추천하는 동료 연구자를 바탕으로 전문가풀을 작성하였다. 이렇게 작성된 전문가풀에서 분야별로 세 명 혹은 네 명씩 전문가 위원을 위촉하였으며, 이렇게 최종적으로 선정된 열 명의 위원들의 기존 사업 경험을 공유하고 향후 사업 방향성에 대해 논의하며 사업 방향성에 대하여 고찰하였다. 그 결과, ①기술의 가격경쟁력 확보, ②기술표준화의 중요성, ③효과적인 기술이전 및 역량배양 필요를 주요 시사점으로 도출할 수 있었다.

이러한 과정을 바탕으로 16건의 향후 사업 제안이 도출되었다. 다음 장에서는 이러한 사업 제안 내용을 살펴보고, 각 사업에 대하여 아세안 녹색전환 과학기술 협의체와의 논의를 통해 협력사업을 최종적으로 도출한 연구 결과에 대해 다루도록 하겠다.

## 제 6 장 아세안 중점협력국 대상 협력 아젠다 발굴

중점협력국 대상 협력아젠다를 발굴하기 위한 방법으로 1차 과정에서는 중점협력국 대상 온실가스 저감기술의 비용 현황과 한국과의 무역지표 중심으로 협력분야 도출(3장에 소개됨) 및 중점협력국 파트너 기관과의 협의체 운영을 통한 연구분야 구체화(4장에 소개됨)를 통해 총 3개 부문(폐기물, 수자원 관리, 태양광 발전)이 도출되었다. 5장에서는 이 결과를 가지고 기술분과위원회를 운영하여 총 16개 협력수요 아젠다 후보군을 뽑아내고 개별 후보 아젠다의 컨셉노트를 도출하였다

본 장에서는 협의체와의 논의를 통해 우선순위를 정하고, 상위 후보 컨셉노트를 발전시키는 작업을 진행하여 궁극적인 협력아젠다를 발굴하는 방법 및 연구활동이 소개된다.

### 제 1 절 협력 아젠다 후보 pool 구축

3개 부문별 기술분과위원회를 운영하여 중점협력국에서 진행되고 있는 해당 기술분야의 연구 동향을 조사한 후 진출 유망 과제에 대한 컨셉노트를 작성하였다. 컨셉노트는 협력의 배경 및 목적, 대상국가, 기술분야(세부), 사업활동내용, 예상성으로 구성되어 있다.

#### 1. 태양광 발전 분야

태양광 발전 분야에서는 전체 3건(인니 1, 베트남 1, 인니/베트남 1)의 아젠다 후보가 도출었다. 상업화가 진행된 기술 분야로 기존 태양광 기술이 가지는 한계점인 건물 외벽설치 및 분산전원 형태의 아젠다 후보군이 도출되었다

##### ① [인도네시아] 고효율 싱글드 PV 시스템 실증 및 사업화

<p>배경 및 목적</p>	<p>○ (배경) 인도네시아의 신수도 개발과 스마트시티 구축을 위한 인프라 및 기술 수요가 증가함에 따라 인도네시아 동부 칼리만탄 주변 섬지역에 자가발전을 구현하기 위한 분산전력시스템 구축이 필요함</p> <p><b>Indonesia new capital plan</b></p> 
----------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (목적) 칼라만탄 주변 섬지역내 전기수요에 대응하는 분산전력시스템 구성하고자 함. 섬지역에 전력공급을 확대하기 위해 가정내 디젤 자가 발전장치와 연계하는 태양광 발전장치를 활용한 솔라홈(solar home) 시스템을 공급하기 위한 실증연구를 목적으로 함</li> <li>- 솔라홈의 발전용량은 2~3kW급으로 고출력 싱글드 태양광모듈과 음영에 따른 태양광 모듈 효율 저하 방지기술을 적용한 멀티스트링 전력변환장치, 그리고 에너지 저장장치 배터리로 구성</li> </ul>		
대상국가	동남아시아 / 인도네시아	기술분야	EF0601(태양광, 40%), ED0905(이차전지, 40%), ED0302(전력변환기기, 20%)
사업활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 음영에 따른 태양광모듈 출력 저하를 방지하기 위한 멀티 스트링 전력변환장치를 현지 실증 및 사업화를 위한 협력 기반 구축</li> <li>○ 고출력 싱글드 모듈 현지 인증화 및 사업화 기반 확보</li> <li>○ 100kW급 실증기반 및 인프라 확보 및 실증 연구 수행</li> <li>○ 인도네시아 정부 및 민간 대외 홍보 기반 마련</li> </ul>		
예상 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인도네시아 현지 PV 시스템 분야 사업화/제품화 기반 마련 및 국내기업의 현지 시장 선점을 위한 교두보 확보 (실증 결과와 연계)</li> <li>- 수출 판로 확보 및 제품 계약 등 사업화 가속화</li> <li>- 인도네시아 국가 표준인증 (SNI) 확보 (태양광, LED 등조명, 전력변환)</li> </ul>		

② [베트남/인도네시아] 고출력 Designable BIPVT 응용기술 최적화

<p><b>배경 및 목적</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>(배경)</b> 고온다습한 기후조건, 홍수/태풍과 같은 자연재해 위험, 그리고 빠르게 증가되는 인도네시아, 베트남의 도시개발과 연계한 재생가능 에너지 확대를 위한 고출력 쉥글드 기반 BIPVT 응용기술 개발 및 실증</li> <li>○ <b>(목적)</b> 인도네시아 수도이전 및 베트남 내 대도시(하노이, 호치민 등)에서 급증예상되는 전력 수요에 대응하기 위하여 건물일체형 태양광 및 열 제품화를 위한 응용기술을 확보 (실증과 연계)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 분산에너지 생산, 저장 및 활용 분야의 현지 환경에 맞게끔 최적화</li> <li>- 현지 환경에 최적화 된 제품 내구성, 신뢰성 기술 확보 (실증 연계)</li> </ul> </li> </ul>  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>1 BIPV &amp; PVT</b> 1-1 지붕형 (Rooftop) 1-2 입면형 (Wall) 1-3 채널, 커튼월, 발코니 등 → 고효율, 심미성, 절리구현, 경량화, 내구성/안전성 확보</p> <p><b>2 그린수소 (입면전력 연계)</b> PV or PV-ESS로 수전해 수소 생산 → 수전해 시스템 일체화 및 Housing</p> <p><b>3 ESS &amp; 전력변환</b> BIPV, PVT 전력저장, 에너지 Re-Use → 풍수해 고효율 ESS 및 안전성 확보</p> <p><b>4 AI기반 에너지 관리</b> Smart EMS (효율적 생산-저장-활용) → 지능형 원형화 (에너지 관리 ZEL)</p> </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>		
<p><b>대상국가</b></p>	<p>동남아시아 / 인도네시아, 베트남</p>	<p><b>기술분야</b></p>	<p>EF0601(태양광, 40%), ED0905(이차전지, 40%), ED0302(전력변환기기, 20%)</p>
<p><b>사업활동</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 동일면적 대비 15~20% 출력 증가가 가능하고, 심미성 확보가 가능한 쉥글드 기반 PV 제조기술 확보                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rooftop, 입면형, facade, 창호형 등 다양한 시설물에 적용가능한 Designable 요소기술 확보</li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>기존 패널 방식</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>쉥글드 방식 (길이 제어)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>길이, 폭 제어가 가능한 쉥글드</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고온다습한 환경에 최적화된 강판일체형 PVT 기술을 통한 방열/열활용 및 Encapsulation 소재/공정 개발</li> </ul>		
<p><b>예상 성과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대상 동남아 국가 현지 BIPV 및 BIPVT 시스템 분야 사업화/제품화 기반 마련 및 국내기업의 현지 시장 선점을 위한 교두보 확보 (실증 결과와 연계)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수출 판로 확보 및 제품 계약 등 사업화 가속화</li> <li>- 대상동남아 인증 획득 및 사업화 연계 (태양광, LED 등조명, 전력변환)</li> </ul> </li> </ul>		



## ③ [베트남] 베트남 기후변화 대응 전자재형 태양광 패키지 표준화 개발

배경 및 목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (배경) 스마트 그린 산업단지 분야 협력사업 모델 발굴 및 추진</li> <li>○ (목적) 양국 간 산업협력, 국제개발협력(ODA), 정보교환 등의 협력 활동강화</li> <li>○ (목적) 국내 신재생에너지 분야 설비·기술 등의 인프라 구축 지원, 기업 사업화 진출 거점 마련</li> </ul>		
대상국가	동남아시아 / 베트남어	기술분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국가과학기술표준분류에 따라 세부영역 수준 기재 (<a href="https://www.nrf.re.kr/biz/doc/class/view?menu_no=322">https://www.nrf.re.kr/biz/doc/class/view?menu_no=322</a>)</li> </ul>
사업활동	<p>○ 베트남 지역 친환경에너지산업 활성화 및 우리 기업 해외 진출 마련을 위한 기반 구축 지원 및 표준개발</p>  <p>○ 한국-베트남 표준 및 사업개발 네트워크</p> 		
예상 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (공여국 측면) 태양광 미니그리드 구축을 통한 베트남 에너지 수요 대응 및 전력소외계층 전력난 해소, 신재생에너지산업 활성화 기여</li> <li>○ (수원국 측면) 기업지원 서비스 센터 구축을 통해 국내 기업 제품 현지 실증평가, 사업화 지원, 인증 지원 등 현지 시장진출 기반 마련</li> </ul>		

## 2. 수처리 분야

수처리 분야에서는 전체 8건(베트남 5, 인니 3)의 아젠다가 마련되었다. 환경오염에 의한 소규모 식수정화시설(담수화, 침출수 정화) 실증, IOT와 태양광을 활용한 도서지역 수처리 개선 및 유기성 폐기물을 활용한 바이오가스 생산 실증 사업이 주요 주제이다.

### ① [베트남] 메콩델타 지역 식수 담수화를 위한 담수화 기술 개발

배경 및 목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (배경) 베트남 메콩델타 지역의 기후변화(해수면 상승 및 메콩강 수량 감소)에 따른 식수 부족 발생</li> <li>○ (목적) 베트남 메콩델타 지역의 물 공급 안정성 확보를 위한 분산형 시스템 보급 및 탄소배출권 확보</li> </ul>		
대륙 / 언어	아시아 / 베트남어	기술분야	EH0202, EH299, EH0605, EA0704 (담수화 기술 기반 정수처리 기술 및 시스템)
사업활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 베트남 메콩 델타 지역의 지방 정부 및 중앙 정부와 협력하여 담수화 장치 설치 대상 지역 확보</li> <li>○ 국내 또는 현지 기업과 연계하여 메콩델타 지역의 물 부족 지역을 대상으로 소규모 담수화 플랜트 설치 및 운영</li> <li>○ 태양에너지 기반의 에너지 공급 장치와 연계 운영할 수 있게 시스템을 구성하였으며, 물 수요가 높은 낮 시간의 주 에너지를 태양에너지로 공급하게 함. 또한, 태양에너지만으로 구동이 가능할 수 있는 저에너지형 시스템을 적절한 수준의 염분 농도를 갖는 지역에 시설 설치를 추진함.</li> <li>○ 국내 또는 현지 기업이 지속적으로 관리할 수 있는 운영 방안 도출</li> <li>○ Global knowledge platform 사업으로 KIST에서 추진된 “메콩 델타 지역 소규모 해수담수화 기술 개발” 과제를 추진하여, 메콩델타 지역 내 벤째 지역에 5 m<sup>3</sup>/day 규모의 태양에너지 기반 소규모 담수화 플랜트를 설치 및 운영하였음. 해당 플랜트는 VKIST에 이전 하였으며, 연구 과정에서 VKIST 및 HCMUT와 연구 협력 네트워크 구축</li> </ul>		
예상 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 물 부족(적응) 문제 해결을 위한 현지 소규모 담수화 플랜트 설치 및 기술 교육 추진</li> </ul>		



## ② [베트남] 병합소화기반 바이오가스 공정 구축 지원 사업

배경 및 목적	<p>○ 사업 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화에 능동적으로 대처할 수 있는 온실가스 감축 방안이 필요함</li> <li>- 혐기성 소화 기반 바이오가스 공정은 폐수에 함유된 유기 탄소를 메탄(CH<sub>4</sub>) 가스로 전환시키는 기술로서, 오염물질을 처리함과 동시에 신재생에너지 생산이 가능함. 이는 화석연료 사용 감소에 기여하여 궁극적으로 온실가스 발생을 감축시킬 수 있음</li> <li>- 현재 베트남의 경우, 가축분뇨를 처리하는 소규모 바이오가스 공정이 다수 설치되어 있음. 그러나 가축분뇨는 일반적으로 가스발생량이 낮은 유기성 폐수로서, 단위 기질 당 바이오가스 생산을 증가시키기 위해서는 생분해도가 높은 유기성 폐수(또는 폐기물)를 가축분뇨와 함께 혼합하여 병합 소화 (co-digestion) 방식으로 운영하는 것이 바이오가스 생산에 효율적임</li> </ul> <p>○ 사업 목적</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 베트남의 소규모 바이오가스 공정을 가축분뇨와 함께 병합 처리할 수 있는 유기성 폐수(또는 폐기물) 후보군을 발굴하고 시범 적용함(소규모 병합 소화 기반 바이오가스 공정 시범 사례 확보 및 인력 교육)</li> </ul>		
대상 국가	동남아시아 / 베트남	기술분야	EF0603. 바이오연료 EH0201. 수질오염 방지기술 EH0702. 폐기물 자원화기술
사업활동	<p>○ 가축분뇨 병합처리에 적합한 유기성 폐수(또는 폐기물) 후보군 발굴</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 베트남의 현지 사정에 적합한 병합 처리 기질 후보군 도출 (발생량, 소규모 바이오가스 공정 투입 용이성, 바이오가스 생산 잠재성 (생분해도) 등을 총체적으로 고려한 기질 후보군 도출)</li> </ul> <p>○ 소규모 병합 소화 기반 바이오가스 공정 구축 및 시범 운영</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 베트남 내 소규모 병합 소화 기반 바이오가스 공정 구축 (공정 설계/구축 시 병합 소화 공정에 투입되는 기질 성상 고려)</li> <li>- 소규모 병합 소화 기반 바이오가스 공정 시범 운영 및 기초 자료 확보 (발굴된 유기성 폐수(또는 폐기물)를 가축분뇨와 함께 기질로 투입하여 병합 소화 공정 시범 운영)</li> </ul> <p>○ 소규모 병합 소화 기반 바이오가스 공정 확대를 위한 현지 인력 교육</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 병합 소화 공정 및 병합 소화를 위한 적절한 기질 발굴에 대한 교육 (향후 자체적으로 또 다른 병합 소화 기질 발굴이 가능하도록, 현지 인력에 대한 이론적 교육 시행)</li> <li>- 소규모 병합 소화 기반 바이오가스 공정 구축 및 운영 교육 (본 사업으로 구축/시범 운영한 소규모 병합 소화 기반 바이오가스 공정을 지속적으로 운영할 수 있도록 기술 교육 수행)</li> </ul>		
예상 성과	<p>○ 바이오가스 생산 증대에 따른 화석연료 사용 감소 효과 기대 (화석연료 사용 감소에 따른 온실가스 배출 감소 기여 예상)</p> <p>○ 소규모 병합 소화 기반 바이오가스 공정의 시범 사례 제시 (베트남의 병합 소화 바이오가스 공정 확산을 위한 저변 조건 확대)</p> <p>○ 베트남 현지 상황을 고려한 가축분뇨 병합 처리에 적합한 유기성 폐</p>		

수(또는 폐기물) 발굴 기여

③ [베트남] 지능형 물관리(SWM) 리빙랩 시설 구축

<b>배경 및 목적</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 베트남 상수도 수도 기술 선진화와 양국 간 기술협력                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수자원 운영관리 능력이 미흡하고, 효율적 처리 및 관리시스템 향상 필요</li> <li>- 베트남의 물산업은 중국을 제외한 아시아 국가 중 가장 빠른 성장률(연 7%), GDP의 65%를 소비하는 시장으로 성장 중</li> </ul> </li> <li>○ 베트남 지능형 물관리(SWM) 리빙랩 구축 및 국내 녹색 기술 수출                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부 ODA 1,2 단계 후속 현지 지능형 녹색 수도(SWM) 기술 리빙랩 구축, 운영 (스마트미터 1,000대 이상)</li> <li>- SWG 실시간 물정보 통합운영 플랫폼 설계 및 구축 (현지사업화)</li> <li>- 현지 사업화를 위한 다양한 현지 비즈니스 모델 개발</li> </ul> </li> </ul>		
<b>대상 국가</b>	동남아시아 / 베트남	<b>기술분야</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설/교통(EI)·건설환경설비기술(B12)·상/하수도 시스템 설계/시공/관리기술(EI1201)</li> </ul>
<b>사업활동</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정부 ODA 1,2 단계 후속 현지 지능형 녹색 수도(SWM) 기술 리빙랩 구축, 운영 (현지사업화)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업규모 : 스마트미터 1,000대 이상</li> <li>- 적용장비 : 유량계, 수압계, 수질센서, 수처리 시설</li> <li>- 적용기술 : AMI기반 실시간 수요예측, 누수저감기술, 수처리 기술, 수운영 통합운영플랫폼</li> </ul> </li> <li>○ SWG 실시간 물정보 통합운영 플랫폼 설계 및 구축 (현지사업화)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물정보 통계, 수요-공급분석, 상수관망 감시/운영/제어, 스마트 데이터베이스, 스마트 앱</li> </ul> </li> <li>○ 현지 사업화를 위한 비즈니스 모델 개발 및 녹색기술 수출</li> </ul>		
<b>예상 성과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국 녹색 기술의 수출 (에너지 절감, 누수량 절감 등)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저탄소 친환경 스마트 시티 사업 전반에 진출</li> </ul> </li> <li>○ 한국 녹색 물산업의 베트남 진출 교두보 (상수 배·급수관로, 유량계, 계측기 등 확대 보급)</li> <li>○ 베트남 수도기술 지원 및 물문제 지원 (북부 한국 진출 기업 경제구역 물문제 지원)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- QuangNinh 성, Hai Phong 시</li> <li>- Hanoi시 주변 위성도시 Bac Ninh, Hung Yen, Vinh Phuc성 등</li> </ul> </li> </ul>		
<b>기타</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과거 추진 사업과의 연관성                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 워터그리드 운영 및 유지관리 고도화 기술 개발 (환경부)</li> <li>- 베트남 하이즈영성 탄허시 Pilot Project (2018, 스마트미터 30개)</li> <li>- 베트남 물 관리 체계 개선을 위한 하이정시 지능형 수도관리 실증화 구축사업(환경부)</li> </ul> </li> </ul>		

·베트남 하이즈엉성 동락시 실증화 (2022, 스마트미터 270개)

④ [베트남] 친환경 불소 흡착제 활용 수질개선

배경 및 목적	<p>○ <b>(배경)</b> 세계적인 기후변화는 2023년 4월 베트남 하노이에 44℃의 폭염을 기록하게 되었음. 그로 인해 정부 관계자는 물 부족과 가뭄을 대비하라는 안내문까지 공지하곤 했음. 물 부족은 도시 뿐만 아니라 시골지역에서도 지하수를 식수로 이용하는 주민들에게 수질의 안정성에 위협을 주고 있음. 건기에는 지하수 수위가 낮아지면서 불소 농도가 농축되어 WHO 먹는 물 수질 기준인 1.5 mg/L를 초과함에 따라 식수의 부적합한 경우가 빈번하게 발생하였고 최근에서는 기후변화로 인해 더욱 가속화 되고 있음. 불소가 1.5 mg/L 이상으로 검출되어 음용할 경우, 불소침착증 (Dental Fluorosis), 포커척수 (Poker Back), 골격불소증 (Crippling Skeletal Fluorosis) 등의 질병을 유발함. 따라서 이러한 불소를 제거하는 기술로써 에너지가 많이 소요되는 RO (역삼투막)가 가장 효과적이지만, 탄소 발생량이 많아 기후변화 대응에 적합하지 않음. 따라서 현지에서 저에너지로 운영 가능한 불소제거용 흡착제인 골탄을 이용하여 지하수 불소를 저감시키는 기술이 요구됨. 골탄은 가축똥 (소, 돼지 등)을 태워서 만든 불소 흡착제로 현지에서 쉽게 재료를 조달할 수 있다는 장점과 저렴하게 구매할 수 있다는 장점으로 개발도상국에서 불소제거용 흡착제로 사용하고 있음.</p> <p>○ <b>(목적)</b> 지하수에서 검출되는 불소를 WHO 먹는 물 수질기준인 1.5 mg/L 이하로 낮추기 위해서 기존 RO보다 탄소 발생량이 적은 저비용, 저에너지 골탄을 시골 지역에 적용하여 안전한 식수 공급을 위한 마을 단위 불소 흡착제로 사용하기 위함.</p>		
대상 국가	동남아시아 / 베트남	기술분야	<p>○ EH0201.</p> <p>○ EH0204.</p>
사업활동	<p>○ 현지 골탄 생산을 위한 가마 구축 부지확보</p> <p>○ 가축똥을 지속적으로 확보하기 위한 축산 농가 조사</p> <p>○ 가마 제작 (배출가스 저감시설 포함) 및 골탄 생산</p> <p>○ 마을단위 지하수 불소제거 흡착 컬럼 구축 (10개 마을)</p> <p>○ 안전한 식수 판매를 통한 비즈니스 사업 구축</p> <p>○ 현지형 고효율 골탄 생산을 위한 연구개발</p> <p>○ 골탄을 이용한 지속 가능한 사업 방안 제시</p> <p>○ 식수공급을 통한 주민 만족도 조사 수행</p>		
예상 성과	<p>○ 골탄을 이용한 lab scale 연구를 통한 컬럼의 최적운전조건 도출</p>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저렴한 식수 공급을 통한 지속가능한 사업 전략 방안 도출</li> <li>○ 이해관계자 및 지역 관계기관을 통한 후속사업 도출</li> </ul>
--	--

⑤ [베트남] 소규모 가정용 바이오가스 설비 보급

배경 및 목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>(배경)</b> 베트남 시골지역에서는 나무, 석탄, 석유 등의 화석연료를 사용하여 주방에서 요리하기 때문에 이산화 탄소 등의 온실가스가 대량으로 발생할 뿐만 아니라 주부들이 호흡기 질환에도 매우 위협적인 상황에 직면하고 있어서 온실가스 저감과 주부들의 호흡기 질환 예방을 위해서 가축 분변을 이용하여 CH<sub>4</sub>를 포집하면 화석연료를 대신하여 가정에서 조리를 위한 연료 원으로서 사용할 수 있음. 베트남 시골에서는 가정에서 가축을 키우기 때문에 분변을 쉽게 구할 수 있어서 소규모의 가정용 Biogas plant를 설치하여 CH<sub>4</sub>를 공급한다면 온실가스를 줄일 수 있어서 기후변화 저감에 효과성 입증할 수 있음.</li> <li>○ <b>(목적)</b> 베트남 시골 가정에 biogas plant를 지원하여 CH<sub>4</sub>를 포집하면 주방에서 CH<sub>4</sub> 가스버너로 조리가 가능하기 때문에 기존에 사용했던 화석연료로부터 발생된 온실가스를 줄이는 것과 주부들의 호흡기 질환을 예방하는 것에 목적이 있음.</li> </ul>		
대상 국가	동남아시아 / 베트남	기술분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ EH0799.</li> <li>○ EH0703.</li> </ul>
사업활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 베트남 시골지역 화석연료 사용 현황 조사</li> <li>○ 사업 대상지역의 가구당 가축 현황 조사</li> <li>○ 가정용 저비용 Biogas plant 설계 (6~9 m<sup>3</sup>) 및 현지 제작 (20가구)</li> <li>○ 현지형 Biogas plant 설계 및 운영을 위한 공동연구</li> <li>○ CH<sub>4</sub> 가스 운송을 위한 가정내 주방까지 가스관 연결</li> <li>○ CH<sub>4</sub> 사용량 모니터링을 위한 가스 압력계 및 가스 게이지 구축</li> <li>○ Biogas 전용 2구 가스버너 주방에 구축</li> <li>○ Biogas를 이용한 가정내 CH<sub>4</sub> 가스 전등 운영</li> </ul>		
예상 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가정내 축사를 통해서 Biogas plant 운영을 위한 가축 분변 확보</li> <li>○ 가정용 Biogas plant 설계 및 제작 (20가구)</li> <li>○ 가정용 Biogas plant에서 포집한 CH<sub>4</sub>를 기존 화석연료의 대체 연료로서 사용 가능</li> <li>○ CH<sub>4</sub>를 가스버너 뿐만 아니라 가스 전등으로 사용 가능</li> <li>○ 가스 압력계 및 게이지를 통해서 주기적인 biogas 사용량 모니터링</li> <li>○ 화석연료를 통해서 생성되는 탄소발생량을 중단함으로써 탄소 배출권 확보를 위한 자료 수집</li> </ul>		

- 주방에서 요리하는 주부들의 호흡기 질환 완화 및 감소

## ⑥ [인도네시아] 바이오가스 공정 구축 지원사업

배경 및 목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사업 배경               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화에 따라 온실가스 감축 방안 마련 필요</li> <li>- 혐기성 소화 기반 바이오가스 공정은 폐수에 함유된 유기 탄소를 메탄(<math>\text{CH}_4</math>) 가스로 전환시키는 기술로서, 이를 적절히 활용하면 화석연료 사용 감소에 기여하여 온실가스 발생을 감축시킬 수 있음</li> <li>- 인도네시아의 경우, 팜오일 등을 활용한 바이오디젤 생산 공정이 활용되고 있으나, 상대적으로 바이오가스 기술 적용은 미비한 상황임</li> <li>- 바이오가스 공정은 다양한 유기성 폐수(또는 폐기물) 처리에 활용 가능한 기술로써 인도네시아 신재생에너지 생산 다각화에 기여할 수 있음</li> <li>- 이를 위해서는 인도네시아 현지 상황에 적합한 유기성 폐수(또는 폐기물)를 발굴하고, 성공적인 운전 사례를 확보하는 것이 필요함</li> </ul> </li> <li>○ 사업 목적               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인도네시아 바이오가스 공정 적용에 적합한 유기성 폐수(또는 폐기물)를 발굴하고, 이를 활용한 바이오가스 시범 운영 사례를 확보함 (발굴된 기질로부터 바이오가스 생산을 증대시킬 수 있는 적절한 전처리 공정 선정 및 적용)</li> </ul> </li> </ul>		
대상국가	동남아시아 / 인도네시아	기술분야	EF0603. 바이오연료 EH0201. 수질오염 방지기술 EH0702. 폐기물 자원화기술
사업활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인도네시아에 적합한 유기성 폐수(또는 폐기물) 후보군 발굴               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현지 사정에 적합한 기질 후보군 도출 (발생량, 바이오가스 공정 투입 용이성, 바이오가스 생산 잠재성 (생분해도) 등을 총체적으로 고려한 기질 후보군 도출)</li> </ul> </li> <li>○ 인도네시아 내 소규모 바이오가스 공정 구축 및 시범 운영               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소규모 바이오가스 공정 구축/시범 운영 및 기초 자료 확보 (공정 설계/구축/운영 시 발굴된 기질 성상 고려함)</li> <li>- 바이오가스 생산을 증진시킬 수 있는 전처리 기술 선정 및 적용 (선정된 기질의 가용화를 촉진하여 메탄가스로 전환할 수 있는 용존성 유기물 함량 증대 도모. 선정된 기질 특징 및 현지 적용 가능성 등을 통합적으로 고려하여 적절한 전처리 공정을 선정/적용함)</li> </ul> </li> <li>○ 인도네시아 바이오가스 공정 확대를 위한 현지 인력 교육               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오가스 공정에 대한 이론 교육 수행 (기질 발굴, 전처리 공정 선정, 주요 미생물 특징, 공정 유의 사항 등)</li> <li>- 바이오가스 공정 구축 및 운영 교육 시행 (본 사업으로 구축/시범 운영한 소규모 바이오가스 공정을 지속적으로 운영할 수 있도록 기술 교육 수행)</li> </ul> </li> </ul>		
예상 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오가스 생산 증대에 따른 화석연료 사용 감소 효과 기대 (화석연료 사용 감소에 따른 온실가스 배출 감소 기여 예상)</li> <li>○ 인도네시아 현지 상황에 적합한 바이오가스 공정 시범 사례 제시</li> </ul>		

	(바이오가스 공정 확산을 위한 저변 조건 확대) ○ 인도네시아 현지 바이오가스 공정에 적합한 기질 발굴 및 전처리 공정 선정 기여
--	---

⑦ [인도네시아] 도서지역 태양에너지 저장 시스템 연계 사업

배경 및 목적	○ (배경) 도서 지역의 경우 전기 공급이 어려워 디젤 발전기 등을 이용한 전기 생산이 이루어짐. 특히, 인도네시아 지역의 경우 전력망 확보가 어려움 ○ (목적) 인도네시아의 소규모 도서 지역의 경우, 전력망이 구축되기 어려우며, 태양에너지의 경우 일중 변동폭이 커 낮 동안의 잉여 에너지의 저장을 위한 시스템의 구축이 필요함. 지속적으로 공급되는 에너지를 바탕으로 하루 종일 수처리가 수행되는 경우, 수처리 용량을 줄일 수 있어 비용 절감이 예상됨		
대상 국가	동남아시아 / 인도네시아	기술분야	EH0202, EH299, EH0605, EA0704
사업활동	○ 낮 동안에 발생한 잉여 태양에너지를 위치에너지로 전환하여 저장할 수 있는 소규모 장치 또는 시스템 개발/수처리 시스템 연계 ○ 국내 또는 현지 기업과 연계하여 태양에너지 및 위치에너지 연계 발전/수처리 시스템 설치 및 운영 ○ 국내 또는 현지 기업이 지속적으로 관리할 수 있는 운영 방안 도출		
예상 성과	○ 낮 동안의 잉여 태양에너지의 저장을 통한 하루 중 지속적인 전기 에너지 공급 방안 도출 및 안정적인 수처리 시스템 구축		

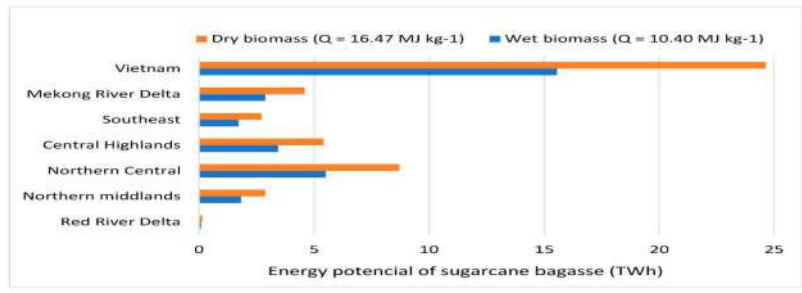
## ⑧ [인도네시아] ROCK Filter를 활용한 매립지 침출수 정화 시설 구축

배경 및 목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>(배경)</b> 인도네시아는 2021년 세계 기후 위기 지수(Global Climate Risk Index 2021)가 14위로 기후변화에 취약한 배경을 갖고 있음. 따라서 기후변화로 인해 폭우, 홍수 등에 영향을 많이 받고 있음. 이러한 기후변화로 인해 인도네시아 도심지에 위치한 매립지에 큰 영향을 줄 수 있음. 매립지는 지속적으로 침출수가 발생하는데 관리 미흡으로 인한 주변 환경 오염뿐만 아니라 기후변화로 인한 폭우와 홍수는 침출수를 주변 환경에 더욱 큰 영향을 주어 토양, 지하수, 하천을 오염시키며 목초지 성장에 악영향을 주기 때문에 기후변화 적응을 위한 방안으로써 매립지에서 발생하는 침출수 처리를 위한 저에너지 수처리 기술들이 적용될 필요가 있음.</li> <li>○ <b>(목적)</b> 매립지 침출수 처리를 위한 Rock filter는 생물학적 수처리 기술로써 개발도상국에서 저에너지와 저비용으로 운영 가능한 기술이며 오염물질의 지표인 수중의 BOD(유기물)와 냄새를 줄일 수 있는 특징을 갖고 있음. 따라서 매립지에서 발생하는 침출수를 Rock filter를 통해서 오염원을 줄인 후 방류하여 주변 환경의 오염 확산을 저감하는 것에 목적인.</li> </ul>		
대상 국가	동남아시아 / 인도네시아	기술분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ EH0201.</li> <li>○ EH0206.</li> </ul>
사업활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인도네시아 매립지 운영 현황 조사</li> <li>○ 매립지에서 발생하는 침출수 현황 및 문제점 조사</li> <li>○ 효과적인 Rock filter 운영 및 유지관리를 위한 현지 기관과 공동연구</li> <li>○ 침출수 수처리를 위한 Rock filter 구축 장소 선정</li> <li>○ Rock filter 구축 및 지속 가능한 운영 방안 제시</li> <li>○ 처리된 침출수 방류 계획 및 추가 활용 계획 제시</li> </ul>		
예상 성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rock filter는 매립지 침출수의 환경오염물질을 제거함으로써 기후변화 적응 효과를 기대할 수 있음.</li> <li>○ 처리된 침출수는 토양 및 지하수 오염을 예방하여 기후변화 적응을 유도함.</li> <li>○ 처리된 침출수는 주변 하천오염을 예방하여 지속적인 수자원의 확보가 가능하여 안정적인 식수공급량을 유지할 수 있음.</li> <li>○ 현지 협력기관과 공동연구를 통해서 Rock filter의 기술연구개발을 통해서 현지화된 매립지의 침출수 처리 기술 역량을 증대시킬 수 있음.</li> <li>○ 처리된 침출수는 물의 재이용을 통해서 생활용수 및 산업용수로 사용 가능</li> </ul>		
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국경없는과학기술자회 인도네시아 지부 활동을 통해 적정기술 및 과학 기술 교육 활동을 수행하고 있음</li> <li>○ 국경없는과학기술자회와 서강대학교 산학협력단 과학기술국제협력센터는 인도네시아 교육청과 족자카르타 지방정부와 인적 네트워크가 있음. 이를 활용해 사업의 진행 협조 요청이 가능함.</li> </ul>		

### 3. 폐기물 관리 분야

폐기물 관리 분야에서는 전체 5건(인니 1, 베트남 3, 인니/베트남 1)의 후보군이 발굴되었다. 동남아에서 많이 발생하는 바이오매스 폐기물을 반탄화 등의 공정을 통해 탄소고정효과가 높은 바이오차로 변환하는 기술과 바이오매스 처리 공정에서 발생하는 부산물을 재활용 실증관련 아젠다가 후보로 제시되었다.

#### ① [베트남] 미이용 초목본계 바이오매스 기반 반탄화연료 및 생산설비 모듈화 수출

<p><b>배경 및 목적</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 베트남과 인도네시아는 쌀과 사탕수수 등으로부터 막대한 양의 농업 부산물이 생산되고 있음. 우리나라에서 연간 900~1,000만 톤 가량의 농업부산물이 발생하는데, 베트남과 인도네시아는 연간 1억 톤 이상이 발생하는 것으로 추정되고 있음.</li> <li>○ 이토록 베트남과 인도네시아에는 연료로 사용할 수 있는 바이오매스가 풍부하지만 바이오연료의 사용은 활성화되지 않음. 이는 크게 수송과 낮은 발열량 때문임.</li> </ul>  <p>(출처: D. Benova et al., 2021)</p> <p>베트남 사탕수수 바가스의 에너지 잠재량</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이러한 상황에서 미이용 바이오매스를 반탄화 할 경우 바이오매스의 수분 함량이 감소하고, 연료특성이 향상되어 수송과 발열량 문제를 해결할 수 있음.</li> <li>○ 반탄화와 발전설비는 현지 기반시설을 고려해 소규모로 모델화하고, CHP(열병합) 가스화기를 통해 현실적인 석탄으로부터 바이오매스로의 연료전환에 대한 대안을 확보하는 것이 필요함.</li> </ul>
<p><b>대상 국가</b></p>	<p>동남아시아 / 베트남</p> <p><b>기술분야</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ EF0603. 바이오연료</li> <li>○ EF0604. 폐기물</li> </ul>
<p><b>사업활동</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 반탄화·펠릿화 후 연료사업(열량증가, 소수성확보, 회유점증가, 통관 용이 등 장점보유)</li> <li>○ 추가자원활용: 축분 및 계분 반탄화로 바이오차 및 연료생산(CDM확보)</li> </ul>
<p><b>예상 성과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 탄소중립을 위한 안정적인 고품위원료 생산 및 유통</li> <li>○ 탄소중립 실현</li> <li>○ CDM확보</li> <li>○ 국내 탄소중립 연료 대체(목질계 우드펠릿→미이용바이오매스 반탄화펠릿)</li> </ul>

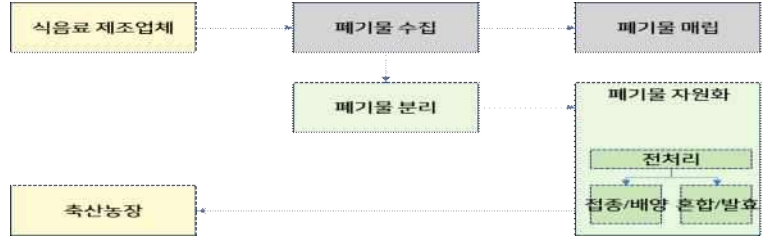



## ② 열수액화(HTL) 공정으로 가축분뇨에서 암모니아 추출 및 바이오차 개발 사업

배경 및 목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내/외를 막론하고 가축분뇨는 처리비용과 환경오염으로 인해 중요한 문제로 인식되고 있음.</li> <li>○ 현재까지 가축분뇨를 활용하는 방법은 퇴비화 뿐임. 하지만 이는 토지 부영양화, 수질오염, 그리고 악취 등을 유발하기도 해 가축분뇨를 활용할 대안이 필요함.</li> </ul> <p>가축분뇨 문제 해결책은 '에너지화'..지자체들 '가축분뇨 에너지화' 분주</p> <p>△ 장희원 기자 △ 승인 2020.12.29 11:44 △ 댓글 0</p> <p>국내 가축 사육 마릿수가 증가하면서 가축분뇨 발생량은 지난 2014년 4,623톤에서 지난해 5,184톤으로 증가했다. 축산농가에서 발생하는 가축분뇨로 인한 악취와 주변 수질오염 문제로 지역 주민의 '안티 축산' 목소리가 커지고 있다.</p> <p>그림 1. 가축분뇨 에너지화 관련 보도자료</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ HTL(Hydrothermal Liquefaction) 공정은 수분 함량이 높은 가축분뇨를 문제없이 반응시킬 수 있는 공정임. 가축분뇨를 HTL 공정에 사용할 경우 가장 큰 장점은 원 시료에 풍부한 유기질소화합물이 반응을 통해 분해되고 액상으로 회수할 수 있다는 점임.</li> </ul> <div data-bbox="483 994 874 1211"> </div> <div data-bbox="946 994 1366 1211"> </div> <p>출처: Z. Liu et al., 2022                      출처: A. Matayeva et al., 2022</p> <p>그림 2. 가축분뇨 HTL 공정 후 질소(암모니아) 수율</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이렇게 얻어진 암모니아는 다양한 곳에 사용할 수 있음. 최근에는 암모니아를 석탄과 혼소시켜 석탄 화력발전소의 탄소배출량을 줄이거나, 2차전지 또는 수소발전에 필요한 수소를 생산하는 것이 주로 연구되고 있음.</li> <li>○ 본 기술지원사업을 통해서서는 국내 또는 대상국의 가축분뇨를 HTL 공정을 이용해 암모니아를 추출하는 기술을 개발하고, 확보한 암모니아를 이용해 청정연료를 생산하는 기술 및 모듈을 확립하는 것이 목표임.</li> </ul>
대상 국가	<div> <div>동남아시아 / 베트남</div> <div>기술분야</div> <div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ EF0603. 바이오연료</li> <li>○ EF0604. 폐기물</li> </ul> </div> </div>
사업활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 무단 폐기되고 있는 가축분뇨의 자원 재활용 수요가 급증</li> <li>○ HTL 공정 후 수상 내 암모니아 및 고형 반탄화 기술확보</li> <li>○ 바이오차, 바이오 오일 등의 부산물로 석탄대체 열공급 자원 확보(CDM확보)</li> </ul>
예상 결과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨로 인해 발생하는 환경오염, 민원 등의 문제 해결</li> <li>○ 국내 수소경제 기반 확보</li> <li>○ 국내 혼소석탄발전의 안정적 자원확보 기여</li> </ul>

③ [베트남] 식음료 업종 유기성 폐기물 재활용 사업

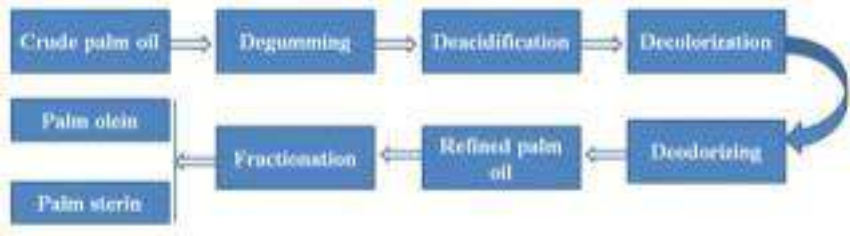
<p><b>배경 및 목적</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (배경) 베트남은 급속한 경제 발전과 함께 고형 폐기물 발생량도 매년 약 10%의 비율로 꾸준히 증가하고 있으나 수집된 폐기물의 약 10~15%만이 재사용되거나 재활용되고 나머지는 매립 또는 소각되고 있음                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- '19년 기준 베트남 내 고형 폐기물 처리시설은 매립장이 904개, 소각장 381개, 퇴비화 공장이 37개이며, 위생기준을 만족하는 매립지는 20% 미만인 상황</li> <li>- 폐기물 구성은 유기물이 절반 이상(50.2~68.9%)을 차지하여 유기성 폐기물의 지속가능한 처리 방식 도입이 시급한 상황이며, 퇴비화 방식을 적용하는 부분에 있어서도 선별과정이 미흡하여 불순물 함유량이 낮아 활용도가 떨어짐</li> <li>- 한편 베트남 식음료 산업은 코로나 이후 회복세를 보이고 있으며, '22~ '27년 식음료 산업의 연평균 증가율은 8.5%에 도달할 전망으로, 제품 생산 과정에서 발생하는 폐기물도 함께 증가할 것으로 예상되어 적합한 처리 기술 도입이 필요</li> </ul> </li> <li>○ (목적) 베트남 폐기물 발생량 중 높은 비중을 차지하는 유기성 폐기물을 대상으로 하되, 비교적 선별이 용이한 식음료 업종 부산물을 재활용하여 축산농가에서 사용 가능한 생균제 생산을 통해 폐기물 발생을 저감                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 베트남 축산업은 대규모 집단 농장 형태로 발전하고 있으나 낙후된 관리 시스템으로 가축 질병 피해가 점차 심각해지고 있으며, '17년 축산 및 양식업에서의 항생제 사용 금지 조치로 인해 대체제 수요가 늘어나고 있음</li> </ul> </li> </ul>		
<p><b>대상 국가</b></p>	<p>동남아시아 / 베트남</p>	<p><b>기술분야</b></p>	<p>EH0702. 폐기물 자원화기술</p>
<p><b>사업활동</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (동향조사) 베트남 내 유기성 폐기물을 활용한 동물 생균제 시장 현황 파악 및 식음료 업종 부산물(폐기물) 처리 현황 조사                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생균제가 포함된 배합사료 인허가 기준, 관련 법령 및 제도 조사</li> <li>- 생균제 및 배합사료 시장 현황 파악</li> <li>- 식음료 업종 부산물 처리 현황 및 활용 가능성 조사</li> </ul> </li> <li>○ (대상지 선정) 식음료 제조기업 또는 생물유래 원료를 사용하는 기업을 대상으로 생균제 배합사료 생산 연계가 가능한 기업 발굴                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 식음료 업종이 밀집된 산업단지를 중심으로 입주기업의 폐기물 배출 정보에 기반하여 기업 Pool 도출</li> <li>- 중앙 및 지방정부 관계자 대상 추천 기업 발굴하여 인터뷰 및 현장방문</li> <li>- 배합사료 생산 시 공급 가능한 인근 축산농가 및 사료 생산업체 조사</li> </ul> </li> </ul>		

	 <p>○ (타당성 조사) 생균제 생산 기술 적용 여부 및 사업 경제성 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상 기업 폐기물의 생균제 생산 적합성 확인 및 미생물 배양조건 등 검토</li> <li>- 분석결과 기반 생균제 제조 방법 및 생산조건 확정</li> <li>- 폐기물 발생량, 선별작업 여부 등을 토대로 생균제 생산 규모 및 경제성 평가</li> </ul>  <p>○ (역량강화) 사업화 추진을 위한 정부관계자, 기술도입 기업, 협력기업, 국내 기술기업, 투자기업 등 이해관계자 대상 사업화 논의</p>
<p><b>예상 성과</b></p>	<p>○ 본 사업은 폐기물을 매립하지 않고 재활용함으로써 매립에 따른 국가 차원의 환경부하를 저감하고 온실가스 감축을 유도할 수 있으며, 유기성 폐기물을 활용해 생균제 배합사료를 생산함으로써 식음료 기업의 추가적인 수익 모델 창출이 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 또한 국내 우수 기술기업 및 장비 제조기업의 해외진출을 견인</li> </ul>

## ④ [베트남/인도네시아] 잉여 및 폐기 바이오매스 부산물의 바이오차 생산시스템 실증

<p><b>배경 및 목적</b></p>	<p>○ (배경) 동남아, 특히 인니 베트남의 경우 바이오매스 관련 폐기물 활용 온실가스 저감 기회창출 가능, 그러나 관련 기술 및 투자 적극성 부재</p> <p>○ (목적) 동남아 개도국 잉여 바이오매스 폐자원 활용을 통한 적극적인 해외 CDM 확보 및 관련 국내 중소 제조기업 해외진출 사업화 기반 확보</p>
<p><b>대상 국가</b></p>	<p>동남아시아 / 인도네시아, 베트남</p> <p>기술분야</p> <p>○ EF 0604</p>
<p><b>사업활동</b></p>	<p>○ 동남아 특성 작물 및 제품생산 Mill 단위 바이오매스 폐기물 활용 BIOCHAR 생산 시스템 실증</p>
<p><b>예상 성과</b></p>	<p>○ 현지 Mill 잉여 혹은 폐기 바이오매스 부산물 -&gt; Biochar 생산 -&gt; 현지 Mill 재배 농지 투입 -&gt; 비료사용 저감, 생산성 증가로 이어지는 선순환 구조 모델의 보급 확산</p> <p>○ Biochar를 토질 개량제 혹은 비료 사용 시 탄소중립이 아닌 탄소 네거티브 모델임, 따라서, LCA 및 감축량 모니터링을 통한 효과적인 CDM 확보</p>

⑤ [인도네시아] 팜유 bleaching 공정 부산물 재활용 사업

<p><b>배경 및 목적</b></p>	<p>○ <b>(배경)</b> 인도네시아는 전세계 팜유 수출 1위 국가로 팜유 산업은 인도네시아 GDP 기여도 2위인 농업에 포함되는 핵심 산업임</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 팜유는 과육에서 바로 추출한 원유(Crude Palm Oil)를 RBD(Refined Bleached Deodorized) 공정을 통해 정제하게 되는데, 탈색과정에서 활성탄과 활성백토를 주로 사용</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용된 폐활성탄과 폐표백토는 현재 인도네시아 환경산업부 법률상 유해성폐기물(B-3)로 분류되어 매립되고 있으나, 현재 인도네시아는 폐기물 발생량이 지속 증가하고 있어 매립시설의 포화상태에 직면</li> </ul> <p>○ <b>(목적)</b> 활용가치가 높은 폐기물에 대한 처리 기준을 개선하여, 현재 유해폐기물로 분류되어 매립되는 폐활성탄 및 폐표백토를 순환자원으로 재활용할 수 있는 기반을 마련</p>		
<p><b>대상 국가</b></p>	<p>동남아시아 / 인도네시아</p>	<p><b>기술분야</b></p>	<p>EH0702. 폐기물 자원화기술</p>
<p><b>사업활동</b></p>	<p>○ (정책제언) 우리 정부의 자원순환기본법 상 순환자원 인정제도를 벤치마킹하여, 현행 인도네시아 자원순환법 개정(안) 도출</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과거 우리나라도 폐활성탄 및 폐표백토를 유해성폐기물로 분류하였으나, 현재 순환자원 인정제도를 통해 활용 가치가 높은 폐기물을 규제대상에서 제외하여 다양한 용도로 활용할 수 있도록 기반을 마련하였음</li> <li>- 인도네시아 역시 폐기물의 자원순환을 촉진하기 위하여 ‘고형 폐기물 관리에 관한 법률 제18조’, ‘환경 보호 및 관리에 관한 법률 제 32조’ 등 관련 규정을 제정하였으나, 규제간 상충하는 부분이 있어 폐기물 재활용이 어려운 상황임</li> <li>- 이에 우리나라에서 적용한 규제샌드박스 형태를 벤치마킹하여 특정 지역 또는 기업을 대상으로 시범적용하고, 제도화 가능 여부를 확인</li> </ul> <p>○ (시범적용) 팜유 정제기업을 선정하여, 정제과정의 부산물인 폐활성탄 및 폐표백토의 상성을 확인하고, 적용가능한 재활용 방법 및 기술을 모색</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우리나라의 경우 폐활성탄을 대상으로 순환자원이 인정된 사례는 석유, 정밀화학업종에서 불순물제거 용도로 사용한 폐활성탄을 활성탄 제조 원료(재활용유형 R-4-5)로 인정한 사례가 있음</li> <li>- 그 밖에도 폐활성탄 및 폐표백토를 제지업종에서 종이의 불투명성 및 광반사 특성을 증진시키기 위해 첨가하는 필러로 재활용하는 방안을 모색해 볼 수 있음</li> </ul> <p>○ (효과산정) 온실가스 감축효과를 산정할 수 있는 적용방법론 검토, 재활용 시 획득 가능한 경제적 효과 등 분석</p>		

<p><b>예상 성과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐기물을 매립하지 않고 재활용하는 방식이므로 온실가스 완화에 해당하는 사업이나 적용 가능한 감축방법론 확인이 필요</li> <li>○ 사업 추진 시 팜유 정제기업은 폐활성탄 및 폐표백토 재활용을 통해 추가적인 수익을 창출할 수 있으며, 제지기업도 기존 제품보다 낮은 가격에서 재료 수급이 가능한 이점이 있음. 국가 차원에서도 지정폐기물 매립에 따른 환경오염부하가 저감되어 직간접적인 환경개선 효과가 있음</li> <li>○ 사업의 결과로 정부 관계자 역량강화, 법령 개정(안), 예타보고서 등 도출 가능</li> </ul>
---------------------	---

## 제 2 절 협력 아젠다 후보 우선순위 선정

다음 단계로는 작성된 컨셉노트들을 분석하여 최종적으로 개도국에 적합한 기술인지에 대한 여부를 평가하는 과정을 진행하였다. 이를 위하여 분과위원들이 제출한 컨셉노트 요약본을 아세안 녹색전환 과학기술 협의체에 전달하였으며, 동 협의체에 참여하는 아세안 중점협력국 담당자는 전달받은 컨셉노트를 검토하여 적합하다고 판단되는 기술의 우선순위를 선정하였다. 협력국의 해당 담당자에게는 자국의 상황과 수요를 고려하여 순위선정을 해야한다는 지침을 전달하였다. 분과위원들이 마련해준 컨셉노트 상에 작성한 기대효과가 실제로 자국의 전문가를 통해 적절성이 검토되고, 또한 사업 이행의 가능성도 제시된 순위선정 기준에 의거하여 전반적으로 검토된다.

### 1. 협력 아젠다 선정지표 구성

유망 기술·산업 및 과제 선정에 있어, 이종인 외(2009)에서는 기술성, 시장성, 공공성으로 평가 항목을 선정하고, 선정지표로는 기술성에 기술독창성, 기술파급성을 제시하고 시장성에서는 시장규모성, 시장성장성, 투자수익성을 언급하였다. 공공성으로는 산업적 파급성, 사회적 영향성, 국가전략과의 부합성을 포함하였다. 그러나 이는 국내 기술산업 과제 선정에 한정되어 있어 개도국과의 협력 아젠다 선정과는 다소 차이가 있다.

박철호 외(2016)에서는 논리모형을 통하여 개도국 녹색기술 R&D 과제 선정평가 항목을 도출하였는데, 전체 단계를 ‘투입(input)’, ‘활동(activity)’, ‘산출(output)’, ‘성과(outcome)’, ‘파급(impact)’으로 구분하였다. 투입단계(기술니즈)에서는 개도국 기술수요, 녹색기술 효과, 기술유망성을, 활동단계(기술개발)에서는 국내 기술역량을, 산출단계(기술 사업화)에서는 사업화 가능성과 사업 타당성을, 성과단계(사업화 성과) 및 파급단계(거시적 파급효과)에서는 각각 경제적 효과와 개도국 파급효과를 평가항목으로 선정하고 아래와 같이 정의하였다.

〈표 6-1〉 개도국 녹색기술 R&D 과제 선정 평가항목

평가항목	정의
개도국 기술수요	목표 기술 또는 사업에 대한 개도국들의 실제 수요 수준
녹색기술 효과	목표 기술 활용 또는 사업 수행에 따라 예상되는 에너지 절감, 온실가스 및 오염물질 저감 등 녹색기술 고유의 친환경 효과
기술 유망성	성장성 및 파급력 등을 고려한 목표 기술 분야에서의 국내 기업들의 개발 역량
국내 기술역량	점유율 및 영향력 등을 고려한 목표 기술 분야에서의 국내 기업들의 개발역량
사업화 가능성	목표 기술 개발 자체의 성공 가능성 및 추후 목표 기술의 사업화 진행의 수월성
경제적 효과	목표 기술 활용 또는 사업 수행에 따라 예상되는 매출 기여, 비용 절감, 수요 대체 등의 효과
사업 타당성	대규모 사업확장을 위한 기술 및 인프라 확보 수준, 상용화 난이도
개도국 파급효과	목표 기술 도입 또는 사업 수행에 따라 예상되는 개도국의 거시적 파급효과

출처: 박철호 외(2016)의 p.92의 표 2-23

제시된 평가항목이 개도국과의 국제협력 R&D 수행에 있어 보다 구체적인 평가항목을 제시했다는 점에서 기존 R&D 성과지표보다 유용한 평가항목이지만, 본 연구의 경우 국내 기술분과위원회를 통해 도출된 후보군을 개도국 협의체를 통하여 우선순위를 검토한다는 측면에서 상호 가늠자의 기능이 포함되어 있다.

이에, 제안된 기술별로 공정하고 효과적인 평가를 하기 위한 용도로 <표 6-2>와 같이 평가표를 도출하였다. 이를 위하여 고려한 사안으로는, 첫째, <국제>에 대한 것이다. 국제사회 그리고 전 지구적 차원에서 각 기술이 기후변화 대응에 얼마나 기여하는 지 정도를 평가하는 영역이다. 국제기준에 적합한 수준의 기술인지, 경제적 이득을 줄 수는 있지만, 국제사회의 관점에서는 낮은 점수를 주어야 하는 경우도 있을 것이다. 둘째, 해당 기술사업의 아이템이 해당국가의 대내 그리고 대외 정책과 얼마나 부합하는지 검토되어야 한다. 아무리 좋은 기술이라도 사업을 이행하는 국가 및 협력하는 국가의 정책 방향과 맞지 않다면 현지에 제대로 도입될 수 없기 때문이다. 셋째, 지역 수준에서 협력하려는 기술이 지역현안 해결에 얼마나 도움이 되는지, 더 나아가 지역 산업의 지속가능한 방향으로의 발전에 얼마나 기여하는지가 분석되어야 한다. 넷째, 그 지역의 시민사회 이해관계자의 참여가 원활히 이루어질 수 있는지를 평가하여야 한다. 지역 상황에 맞고 다양한 이해관계자의 참여가 전제된다면 기술 협력이 더욱 원활히 이루어질 수 있고 지속성을 강화할 수가 있다. 다섯째, 녹색기술의 수용성에 대한 검토가 필요하다. 기술마다 지역별로 수용성이 다르므로, 협력사업을 추진하고자 하는 기술이 동 지역에서 얼마나 쉽게 받아들여지는 기술인지 검토가 필요하다. 더구나 녹색기술은 일반적인 경제원리로만 작동하지는 않는 기술인 바, 이에 대한 대상지역민의 수용 여부는 중요한 척도라고 볼 수 있다. 마지막으로 후속사업 연계 가능성에 대한 검토가 필요하다. 각 기술의 현지실증을 지원하는 사업이 종료된 이후에도 해당 기술이 규모화되고 현지에서 사업화될 수 있도록 지원하는 것이 중요하기 때문이다.

<표 6-2> 아세안 중점협력국 녹색기술 협력 후보아젠다 우선순위 도출을 위한 평가표

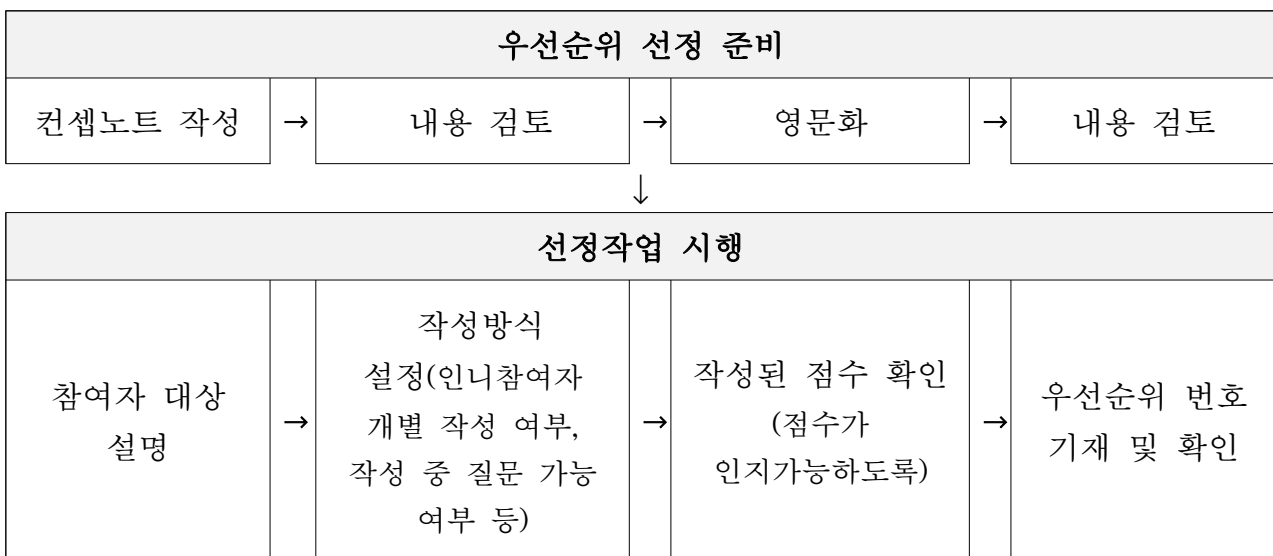
구분	평가항목				
1) (국제) 기후변화 대응 기여도	①	②	③	④	⑤
	매우 낮다	낮다	보통이다	높다	매우 높다
2) (국가) 정부 국내정책 부합성	①	②	③	④	⑤
	매우 낮다	낮다	보통이다	높다	매우 높다
3) (국가) 정부 대외정책 부합성	①	②	③	④	⑤
	매우 낮다	낮다	보통이다	높다	매우 높다
4) (지역) 지속가능한 지역현안 해결 및 산업 활성화 기여도	①	②	③	④	⑤
	매우 낮다	낮다	보통이다	높다	매우 높다
5) (시민) 시민 참여 가능성	①	②	③	④	⑤
	매우 낮다	낮다	보통이다	높다	매우 높다
6) (녹색) 녹색기술 수용 정도	①	②	③	④	⑤
	매우 낮다	낮다	보통이다	높다	매우 높다
7) (후속) 실증사업 규모화 가능성	①	②	③	④	⑤
	매우 낮다	낮다	보통이다	높다	매우 높다

평가항목은 해당 아젠다의 기후변화 대응기여도, 수원국 정부의 정책 부합성, 수원국 정부 대외정책 부합성, 수원국의 지속가능한 지역현안 해결 및 산업 활성화 기여도, 거주민의 참여 가능성, 수원국 녹색기술 수용 정도, 향후 실증사업 규모화 가능성으로 구분하였으며, 각 평가항목에 대하여 5점 리커트(likert) 척도(매우 낮다, 낮다, 보통이다, 높다, 매우높다)로 평가하는 방식으로 설계하였다. 중점협력국 출신의 협의체 참여자가 본 평가기준을 잘 이해하고 활용할 수 있도록 영문화된 컨셉노트로 준비하여 배경 및 목적, 기술분야, 사업활동, 예상 성과의 내용 등을 설명하고 작성을 요청하였다.

## 2. 협의체 기반 우선순위 선정

총 16개의 컨셉노트는 대상후보지역에 따라서 인도네시아 및 베트남으로 구분되었다: 인도네시아 7건, 베트남 9건. 우선순위 선정 작업은 불필요한 오류 요소를 줄이기 위해서, 양 국가의 참여자가 한국을 동시에 방문한 시점에 별도의 시간을 할애하여 진행하였다. 인도네시아 참여자는 3인, 베트남 참여자는 1인으로 모두 환경-에너지-연구개발과 관련한 경험을 충분히 가진 전문가 집단이었다. 총 4인을 대상으로 본 평가작업에 대한 배경설명을 하고, 각 국가별로 할당된 컨셉노트 수를 알려주고, 평가를 진행하도록 요청하였다. 인도네시아 참여자 중 2인은 본 과제의 배경을 이미 알고 있었고, 나머지 참여자 2인은 신규로 내용을 설명하였다. 최대 50분 가량 진행된 점수 평가에서 평가 참여자는 자국을 대상으로 한 컨셉노트에 대한 점수를 기재하였다. 인도네시아 참여자 3인은 컨셉노트에 기재된 기술적인 내용에 대한 상호이해를 필요로 해서 공동으로 하나의 평가지만을 제출하였다.

〈표 6-3〉 컨셉노트기반 우선순위 선정 절차







[그림 6-1] 우선순위 선정작업

본 과제에서는 차년도에 국가별 1-2개의 실증사업을 이행하고자 하는 바, 이에 부합되는 상위 순위의 사업을 최종결과물로 선택하고자 한다. 인도네시아의 경우, 전문가 3인의 의견이 반영된 결과물인 만큼 상위 3건을 선정하여 차년도에 추가협의를 통해 1개를 선정하고자 한다. 베트남의 경우, 참여자가 1인으로 한정되어, 총 8개의 답변 중 4위까지를 아젠다 후보물로 두고 추가 전문가의 의견을 의뢰하여 최종 상위 3건을 도출하였다.

## 2.1. 인도네시아

인도네시아 상위 3건 중 가장 높은 점수로 1위로 선정된 분야는 폐기물로서 잉여 및 폐기 바이오매스를 활용한 바이오차 생산 실증에 대한 것이다. 인도네시아의 폐바이오매스 처리관련 문제가 심각하다는 의견과 함께 본 건을 1위로 선정하였다. 이와 함께 많은 섬지역으로 이루어진 인도네시아 특성상 일부 도서지역의 경우 해수면 상승 등으로 인한 수자원 부족으로 해수를 담수화하여 사용하고 있으나 낮은 전력 보급률과 발전원으로 화석연료 의존율이 높다는 점에서 신재생에너지와 연계하고 있음에도 재생에너지변동성(VRE, Variable Renewable Energy)에 따라 활용율이 저조했다는 점에서 저장 시스템을 활용하여 지속성을 제시했다는 점에 그 다음 순위에 선정되었다. 마지막으로 기존 태양광 패널대비 단일면적당 20%이상의 효율향상이 가능한 신규기술 실증 아젠다가 3위로 선정되었다.

〈표 6-4〉 인도네시아 협력 아젠다

순위	분야	제목	점수
1	폐기물	동남아 잉여 및 폐기 바이오매스 부산물의 Biochar 생산 시스템 실증 / 바이오매스 폐기물 활용	33
2	물	신재생에너지 연계 수처리 사업 / 도서 지역 대상 태양에너지 저장 시스템 연계 사업	29
3	태양광	인도네시아형 고출력 싱글드 PV 시스템 실증 및 사업화	28

## 2.2. 베트남

베트남의 경우, 상위 3개 과제가 폐기물에서도 출되었는데 인도네시아와 마찬가지로 폐바이오매스 혹은 유기성폐기물에 의한 환경오염이 심각하여 이를 재활용하는 기술 수요가 높은 것으로 확인되었다. 1위로 선정된 아젠다의 경우 베트남에서 축산 양식업에서의 항생제 사용이 금지됨에 따라 이를 대체할 수 있는 생균제 보급이 필요한 상황에서 식음료업계에서 발생하는 폐기물을 활용한 기술 적용이라는 점에서 높은 점수를 얻었으며, 최근 바이오매스 반탄화·열분해과정에서 발생하는 바이오차가 높은 탄소고정효과를 가진 것으로 알려지면서 이와 관련된 아젠다가 2,3위로 선정되었다. 마지막으로 베트남의 식수에서 발견되는 불소를 친환경 흡착제를 활용하여 저감하기 위한 과제가 선정되었다.

〈표 6-5〉 베트남 협력 아젠다

순위	분야	제목	점수
1	폐기물	식음료 업종 유기성 폐기물 재활용 사업	31
2	폐기물	HTL (Hydrothermal Liquefaction) 공정으로 가축분뇨에서 암모니아 추출 및 바이오차 개발사업	26
3	폐기물	미이용 초·목본계 바이오매스 기반 반탄화연료 및 생산설비 모듈화 수출 사업	25
4	물	베트남 친환경 불소 흡착제 활용 수질 개선 사업	25

## 제 3 절 국가별 녹색기술 RD&D 기획서 도출

기술위원회를 통해 정리된 16개 후보 pool에서 협의체 선정평가를 통해 도출된 최종 7개 아젠다에 대하여 차년도 사전타당성 조사 진행을 위한 기획서를 도출하였다. 기획서의 구성은 4~5페이지 분량의 간단한 사업계획서 형태로 되어 있어, 이를 통해 아세안 중점협력국과 협력 사업을 추진하고자 하는 기술의 정의, 배경 및 필요성, 국내외 시장현황 및 기술현황, 주요 사업 내용 및 기대효과를 파악하고자 하였다. 특히 사업 배경의 경우, 기술적 측면, 정책적 측면, 시장적 측면, 기후·환경적 측면의 네 가지 차원에 대하여 복합적인 관점으로 서술할 수 있도록 작성 양식을 준비하였는데, 신규 사업 계획에 있어 사업의 적절성을 판단하는 데 다차원적 분석이 매우 중요하기 때문이다 (IPCC, 2022, Annex II, Sec. 11). 기획서 작성의 양식은 〈표 6-6〉과 같다.

〈표 6-6〉 기획서 목차

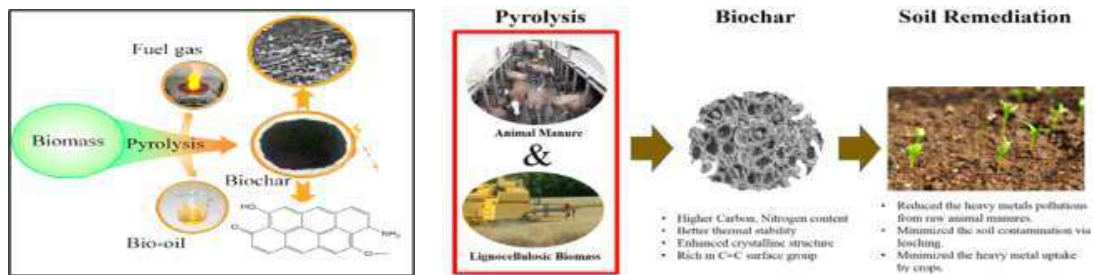
구분	내용
1. 개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술정의</li> <li>○ 배경 및 필요성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술적 측면</li> <li>- 정책적 측면</li> <li>- 시장적 측면</li> <li>- 기후 및 환경적 측면</li> </ul> </li> </ul>
2. 국내외 시장현황 및 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 시장 현황 및 전망</li> <li>○ 국내 시장 현황 및 전망</li> </ul>
3. 국내외 기술현황 및 전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 기술현황 및 전망</li> <li>○ 국내 기술현황 및 전망</li> </ul>
4. 주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목표</li> <li>○ 세부내용</li> </ul>
5. 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술적 기대효과</li> <li>○ 경제적 파급효과</li> </ul>

## 1. [인도네시아] 잉여 및 폐기 바이오매스 부산물의 바이오차 생산시스템 실증

### 1.1. 개요

#### □ 기술정의

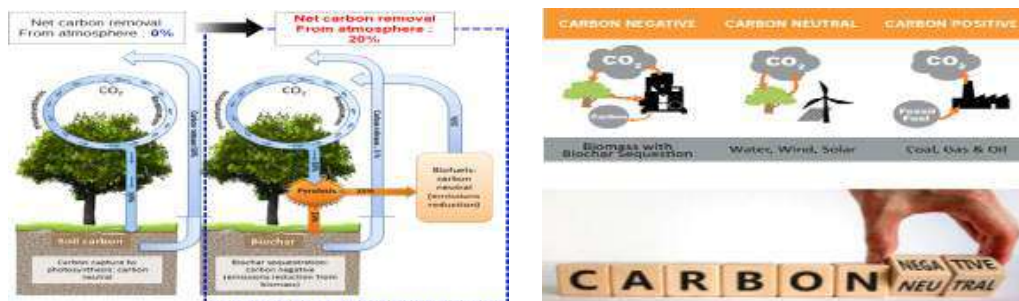
- 열분해 기술 적용 Biochar 생산 및 활용 기술 개발
- 저온 무산소 열분해 조건에서 다양한 바이오매스 리소스를 활용한 Biochar 생산 기술개발
- Biochar의 농업분야 활용성 및 탄소 네거티브 효과 검증 기술개발



[그림 6-2] Biochar 생성 및 활용

#### □ 배경 및 필요성

- (기술적 측면)
  - 인도네시아, 베트남 등 동남아 개도국 잉여 바이오매스 자원 활용을 통한 적극적인 해외 CDM 확보 및 관련 제조업 해외진출 등 해외 사업화 기반 필요
- (정책적 측면)
  - 국내의 경우 바이오매스 자원 원천적 부족, 최근 산업부 중심 NDC 목표 확보를 위해 최근 바이오매스 관련 기술 주목 및 예타 추진 중
- (시장적 측면)
  - 동남아의 경우 인도네시아 팜, 베트남 사탕수수, 벼와 같이 대형 Mill 단위 바이오매스 자원 확보를 위한 전략적 접근 필요
- (기후 및 환경적 측면)
  - Biochar의 경우 상용화 시 탄소 네거티브 효과로서 작용, 탄소중립 목표 달성에 긍정적 기대

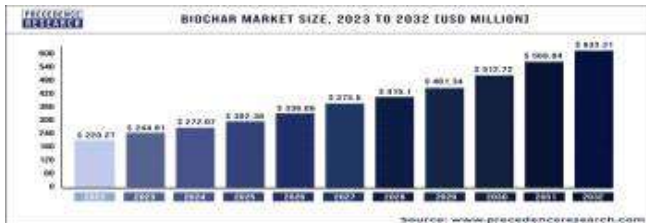


[그림 6-3] Biochar의 탄소중립 기여

## 1.2. 국내외 시장현황 및 전망

### □ 국외 시장 현황 및 전망

- 세계 Biochar 시장 규모는 22년 약 2.2억 USD 로 평가
- 연 평균 시장 성장률은 약 11~15% 정도로 2032년까지 최대 6.3억 USD 로 추정
- 아시아 태평양 지역이 주 시장
- 농업 관련 폐기물이 시장 주도 주 원료이며 토질 개량제 등 농업분야 응용부분이 시장에서 주 수익원으로 작용



[그림 6-4] Biochar 시장현황

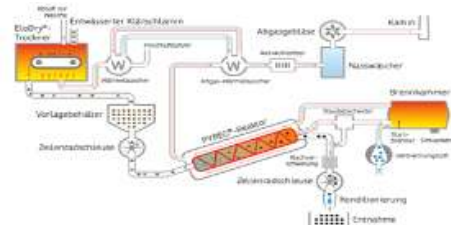
### □ 국내 시장 현황 및 전망

- 농림부 “가축분뇨 처리지원사업”을 통해 기존 퇴액비화 이외 에너지화 사업 적극 지원 : 고체연료, 바이오가스, Biochar
- 특히, Biochar의 경우 최근 농림부 지원을 통해 소규모 실증 시범사업을 수행, 향후 추진 타당성 검증 중
- 23년 9월 농림부는 농촌진흥청을 통해 농림부산물 및 가축분 Biochar를 비료공정규격에 신설 포함하고, 품질규격을 마련하는 비료공정규격 설정 고시 일부개정(안)을 공고하여 의견 수렴 절차를 수행

## 1.3. 국내외 기술현황 및 전망

### □ 국외 기술현황 및 전망

- 열분해 기술 주도 Biochar 생산 비중이 매우 큼
- 연속식 열분해 기술 최적화를 통한 시스템 에너지 효율 및 생산 효율 극대화 추세
- 기존 농업 부산물과 함께 가축분 혼합 Biochar의 경우 토양 내 영양성분 손실 제어 효과 언급
- Biochar 생산 시스템 사례 : 독일 PYREG



[그림 6-5] PYREG 생산 시스템

## □ 국내 기술현황 및 전망

- 국내 산업부 에너지기술개발 사업의 일환으로 석탄화력발전사에서의 우드펠렛 혼소 관련, 우드펠렛 열분해 Biochar 생산 후 이를 석탄과 혼소하기 위한 목적으로 연구개발 수행
- 국내 기존 하수슬러지 건조 등 분야의 기술력을 가진 중소기업에서 가축분뇨 열분해 Biochar 생산 시범사업 수행 중
- 최근 가축분뇨 활용 Biochar 생산 및 판매의 목적으로 산업융합 규제특례 사업 추진, 시범사업과 함께 실규모급으로의 실증 예정

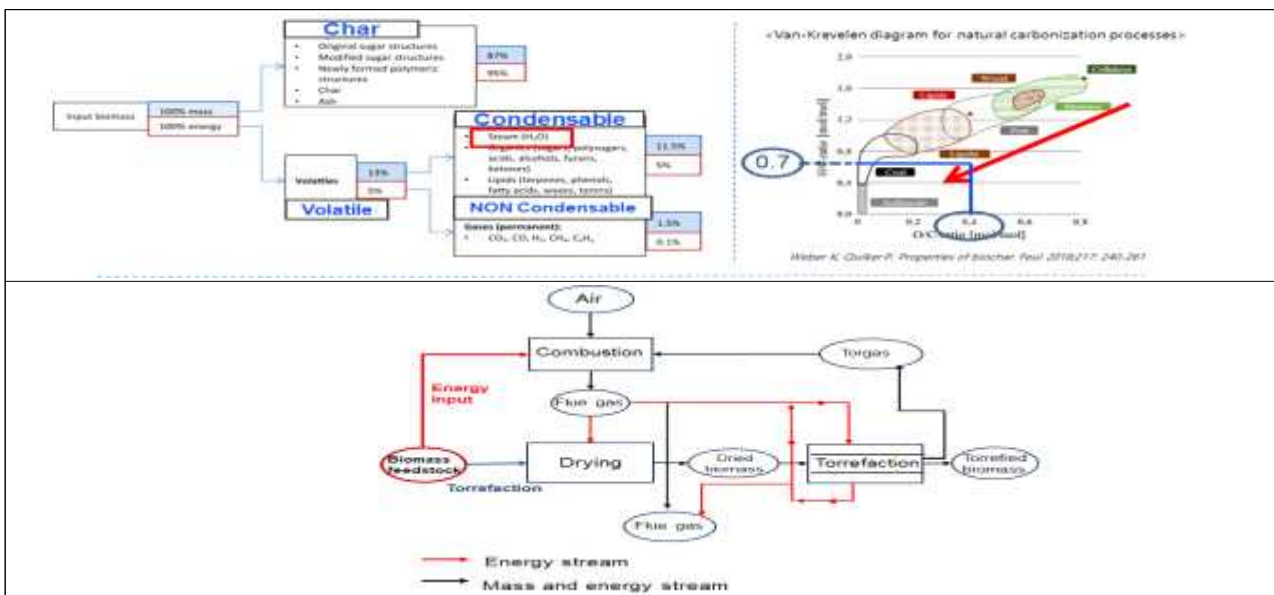
## 1.4. 주요내용

### □ 목표

- 농업 축산업 폐바이오매스 활용 Biochar 생산 열분해 및 활용 기술개발

### □ 세부내용

- 일처리량 100톤급 연속식 Biochar 생산 열분해 시스템 개발
- 열분해 시 발생하는 열분해 가스의 반응기 열원 재사용 기술개발
- 전체 시스템 배출 유해물질 저감 기술개발
- 열분해 시스템 에너지 사용 최적화 기술개발
  - 상용화를 위한 대용량 Scale up 및 현장 실증 기술개발
  - 농업분야 토질 개량재 사용을 위한 물리 화학적 효과 검증
  - 수질분야 정화작용 물리 화학적 효과 검증
  - LCA 기반 시스템 경계 내 전 주기적 탄소 감축량 모니터링
  - 대상 바이오매스 Mill 특성 기반 현지 사업화 모델 확보



[그림 6-6] Biochar 열분해 시스템

## 1.5. 기대효과

### □ 기술적 기대효과

- 열분해 기술 주도 Biochar 생산 분야에서 유럽과 동등이상의 기술 확보
- Biochar 활용의 경우 토질 개량재로서 농업 분야에 사용가능, 따라서, 동남아 현지 Mill 재배 작물 성장을 위한 보급과 연계를 위한 활용 기술 확보

### □ 경제적 파급효과

- 국외 시장현황의 경우 아시아 지역이 세계 시장을 주도, 이에 따라 동남아 진출을 위한 기술 및 사업모델 확보를 통해 관련 산업 경제적 효과 기대
- 현지 Mill 잉여 혹은 폐기 바이오매스 부산물 -> Biochar 생산 -> 현지 Mill 재배 농지 투입 -> 비료사용 저감, 생산성 증가로 이어지는 선순환 구조 모델의 보급 확산 기대
- Biochar를 토질 개량재 혹은 비료 사용 시 탄소중립이 아닌 탄소 네거티브 모델임, 따라서, LCA 및 감축량 모니터링을 통한 효과적인 CDM 확보 기대



## 2. [인도네시아] 도서지역 대상 태양에너지 저장 및 담수화 시스템 연계 기술 개발

### 2.1. 개요

#### □ 기술정의

##### ○ 태양에너지 저장 기술

- 신재생에너지 중 가장 많이 활용되고 있으며, 적도 지역에서 쉽게 활용할 수 있는 기술은 태양광 패널을 이용한 발전 기술임
- 태양광 패널 기반의 발전 기술은 하루 중 4-5시간 동안 발전이 가능하나, 오히려 낮 시간에는 전기가 과잉 생산되어 과잉 생산된 에너지를 저장하는데 필요한 고가의 배터리가 필요함
- 최근 들어, 국내외에서 태양광 패널에서 생산된 잉여 전기에너지를 배터리가 아닌 위치에너지로 저장하였다가, 태양광이 없는 시간에 양수발전을 통하여 지속적으로 에너지를 공급하는 기술 사례가 다수 상용화 되고 있음

##### ○ 담수화 기술

- 담수화 기술은 해수 또는 하폐수 등으로부터 이온을 분리하여 순수한 물을 얻는 기술로서, 일반적인 수처리 공정에 비해 에너지 및 비용이 많이 요구되나, 해수가 유일한 수자원인 지역에서는 효과적으로 사용되고 있음

#### □ 배경 및 필요성

##### ○ (기술적 측면)

- 태양광 패널 기반의 발전 기술과 양수발전 기술은 각각 상용화 수준이 높으나, 태양광 패널과 양수발전 연계 기술은 최근 추진됨
- 국내외 도서 지역의 경우, 일반적으로 담수 저장량이 부족하여 염분이 포함된 지하수를 식수로 활용하거나, 빗물을 식수로 활용하고 있어, 안정적 물 공급이 어려움
- 따라서, 해수로부터 염분을 제거하여 생활용수는 얻는 담수화 기술이 도서 지역에 적용되어 운영되고 있음

##### ○ (정책적 측면)

- 최근 국내의 잉여 태양광 발전량을 저장하기 위한 수단으로 다수의 사업이 추진 중임
- 전기를 이용하여 담수화가 가능한 역삼투 기술과 연계하는 경우, 도서 지역의 에너지 및 물 공급 문제를 동시에 해결할 수 있을 것으로 기대됨

##### ○ (시장적 측면)

- 인도네시아의 경우, 많은 수의 섬으로 구성되어 있어, 자카르타 지역 등 큰 섬을 제외하고는 물 및 에너지 공급이 원활하지 않아, 물 및 에너지 공급 시설에 대한 시장성이 있음
- 배터리 기반의 에너지 저장 장치 대비, 위치에너지 기반 에너지 저장 시설이 신재생에너지 저장에 효과적으로 활용되고 있으며, 소규모 시설도 시장성이 있을 것으로 기대됨



## ○ (기후 및 환경적 측면)

- 기후변화에 따라, 강수량의 변동폭이 크게 변동되어 안정적인 물 공급 방안에 대한 수요 발생
- 인도네시아 전력 중 83%가 화석연료 기반임. 탄소저감을 위하여 화석연료 사용을 줄이는 신재생에너지 기반의 기술 개발 필요성이 있음

**2.2. 국내외 시장현황 및 전망**

## □ 국외 시장 현황 및 전망

- 분산형 소규모 담수화 시장은 도서 지역을 중심으로 상용화되어 있으며, 역삼투 공정 기반의 컨테이너형 담수화 시설이 주로 활용 됨
- 태양광 패널의 공급량 대비 양수 발전 기술의 적용은 상대적으로 적으나, 배터리 비용 대비 효율적일 수 있어 시장이 확대될 것으로 기대

## □ 국내 시장 현황 및 전망

- 국내 소규모 담수화 시장은 도서 지역을 중심으로 존재하며, 기후변화 변동성이 증가함에 따라, 도서 지역의 물 복지 향상을 위하여 국내 시장이 일부 확대될 수 있음
- 국내 잉여 태양광 기반의 전기에너지의 저장 방안으로서 양수 발전을 적용하는 사업이 국내에서 다수 제안되고 있음

**2.3. 국내외 기술현황 및 전망**

## □ 국외 기술현황 및 전망

- 중동 및 중국 등에서 잉여 태양광 에너지를 양수 발전 등 위치에너지 형태로 저장하는 대규모 시설의 건설이 추진 중임
- 해외 소규모 담수화 시설은 대부분 역삼투 기반의 공정이 적용되어 있으나, 염분 농도에 따라 전기 투석 또는 축전식 탈염 기술도 적용되고 있음

## □ 국내 기술현황 및 전망

- 국내 태양광 및 양수 발전 기술은 상용화 단계에 있는 것으로 판단됨. 따라서, 연계 기술의 해외 적용도 가능할 것으로 기대됨
- 국내 상용 시설로서 소규모 담수화 시설을 제작 및 공급할 수 있는 다수의 기업이 존재함

**2.4. 주요내용**

## □ 목표

- 인도네시아의 소규모 도서 지역의 경우, 전력망이 구축되기 어려우며, 태양에너지의 경우 일중 변동폭이 커 낮 동안의 잉여 에너지의 저장을 위한 시스템의 구축이 필요함.

- 지속적으로 공급되는 에너지를 바탕으로 하루 종일 수처리가 수행되는 경우, 수처리 용량을 줄일 수 있어 비용 절감이 예상됨

#### □ 세부내용

- 낮 동안에 발생한 잉여 태양에너지를 위치에너지로 전환하여 저장할 수 있는 소규모 장치 또는 시스템 개발/수처리 시스템 연계
  - 태양광 발전 시스템과 소수력 발전 급 양수 발전 시스템을 연계하여 지속적인 전기에너지 발생 조건 확보
  - 지속적인 전기에너지 발생 조건 기반으로 담수화 시스템 용량 및 공정 설계
- 국내 또는 현지 기업과 연계하여 태양에너지 및 위치에너지 연계 발전/수처리 시스템 설치 및 운영
  - 인도네시아 정부 측 또는 지방 정부 측과 협력하여 대상지 선정
  - 대상 지역의 수질 정보 확보 및 전처리 공정을 포함하는 담수화 시설 설계
  - 담수화 시설과 태양에너지 기반 에너지 저장 시스템의 연계 운영 추진
  - 안정적인 에너지 및 담수 생산 규모 정보 확보
  - 국내 모사된 실험실 조건에서 소규모 에너지 확보 방안 기반 담수화 장치 운영 시나리오 및 관리 기술 개발
- 국내 또는 현지 기업이 지속적으로 관리할 수 있는 운영 방안 도출

## 2.5. 기대효과

#### □ 기술적 기대효과

- 태양에너지의 경우, 하루 중 일정 기간만 제공이 되기 때문에 양수발전 등과 연계하는 경우, 지속적인 에너지 저장이 가능함. 태양에너지 및 양수 발전 등은 기술 수준이 높아, 한 번 설치 시 오랜 기간 동안 안정적으로 동작할 것으로 기대됨
- 소규모 담수화 공정과 연계될 수 있는 위치에너지 기반 신재생에너지 저장 장치 실증화

#### □ 경제적 파급효과

- 소규모 담수화 공정의 설계 시, 에너지 공급 가능량이 포함되기 때문에 최적 효율 검증을 통한 사전 시장성 평가가 가능할 것으로 기대됨
- 국내 상용화 수준인 신재생에너지 획득 기술과 위치에너지 기반 저장 기술, 그리고 전기로 구동하는 담수화 기술을 패키징화 하는 통합형 기술이 확보되어, 신규 시장을 열 수 있는 시제품 제작이 가능할 것으로 기대됨

### 3. [인도네시아] 고출력 쉐글드 PV 시스템 실증 및 사업화

#### 3.1. 개요

##### □ 기술정의

- 동일 면적 대비 출력이 약 20% 이상 고출력이 가능한 쉐글드 방식을 적용, 고온다습 환경의 인도네시아 현지 실증 및 사업화 활성화
- 기존 모듈방식(버스바)은 전후면 버스바를 따라 금속전극이 직렬로 연결되는 방식으로, 고출력 구현을 위해 면적 증가 불가피
- 제안기술인 쉐글드 방식은 셀을 분할후 접합하는 방식으로 전면 금속전극의 노출이 없는 Busbarless 구조로, 더 많은 셀을 집적화

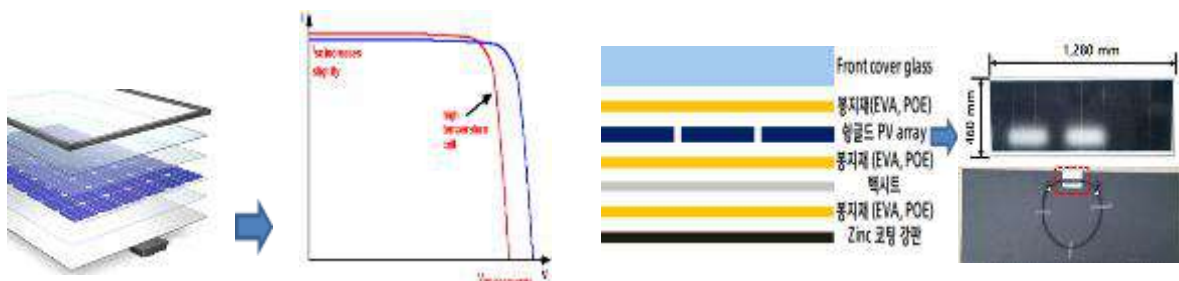


[그림 6-7] 기존 버스바 방식과 쉐글드 방식 모식도

- 기존 모듈 구조에서 벗어나 PV에 발생하는 열을 효과적으로 방열할수 있는 구조를 적용하여 쉐글드 PV를 제조

##### □ 배경 및 필요성

- (기술적 측면)
- 쉐글드 기술은 기술 확산이 상대적으로 덜 된 기술로서, 고출력화 장점이 있음에도 불구하고, 기술 완성도, 실증 데이터가 부족한 상황임
- 국내 출연(연)을 중심으로 2016년부터 원천특허를 확보, 예기평 국책과제를 수행하면서, 기술의 완성도를 높이고 있음
- PV에 사용되는 실리콘은 1℃ 상승시 출력이 0.4~0.5%가 감소되며, 이는 온도상승에 따라 셀의 개방전압 하락이 주된 이유( $V_{oc}$ 는  $2.2\text{mV}/^\circ\text{C}$  감소)



[그림 6-8] 온도상승에 따른 PV 출력 저하 요인 및 강판일체형 PV 모식도

- 온도상승에 따른 모듈 출력 저하를 막기 위하여 냉각시스템(수냉식 등) 이용시 부가적인 비용상승, bulky한 구조물 등 설치 제약 요인으로 작용
- Zinc층이 코팅된 방열강판을 적용하여, 모듈의 온도상승을 억제함으로써, 출력을 유지하는 기술이 필요
  - o (정책적 측면)
- 전세계 주요국가가 발표한 탄소중립은 글로벌 신패러다임으로 대두되어 신경제질서 및 신시장을 창출되고 있음
- 미국, 중국, EU를 중심으로 재생에너지(태양광, 풍력 등) 세금공제, 보조금 등 시행하면서 보급 확대 정책을 진행의 큰 틀에 놓여있음
- 인도네시아의 신수도 개발과 스마트 시티 구축을 위한 인프라 및 기술 수요가 증가에 따른 인도네시아 정부의 적극적인 에너지 수급 정책 수립



[그림 6-9] 인도네시아 수도 이전 개요

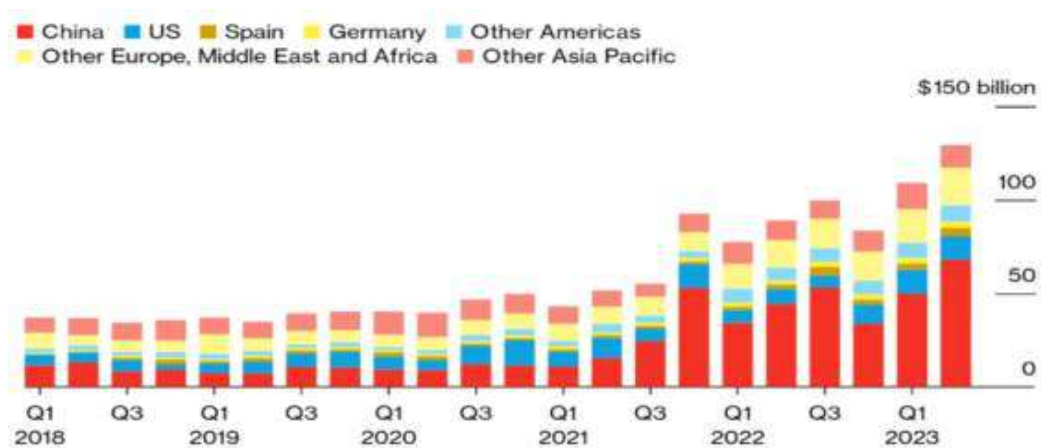
- 인도네시아 동부 칼리만타 주변 섬지역에 자가 발전을 구현하기 위한 분산전력시스템 구축이 체계적으로 필요
  - o (시장적 측면)
- 세계 태양광 시장은 2022년 기준 230 Billion dollars로서 매년 10% 내외의 성장을 지속
- 고온다습한 환경을 가지고 있는 인도네시아 등 동남아시아에서 그 수요가 급증하고 있는 추세이며, 이는 전력수급의 어려움에서 기인함
- 기존 PV 형태로 대부분을 중국에서 수입하여 활용하고 있으나, 불량률 증가, A/S 부족 등 제품 신뢰성 확보 부재로 불만족 증대
- 한국의 높은 기술과 신뢰성을 선호하면서, 최근 한국기업과 협력관계를 높이기 위한 다양한 노력을 진행
- o (기후 및 환경적 측면)
- 파리협정(2016년), UN 기후정상회의(2019.09, 2021.04) 이후 121개 국가 기후목표 상향을 위한 동맹 가입 → 2050 탄소중립 글로벌 의제화
- 기후변화에 적극 대응하기 위해 글로벌 규제 강화되고, 경영활동 변화 → 글로벌 기업, 금융사의 RE100 참여, ESG 투자 확대 등

### 3.2. 국내외 시장현황 및 전망

#### □ 국외 시장 현황 및 전망

- o 2023년 글로벌 태양광 설치량은 연초 전망치 320~340GW 대비 20GW 증가한 340~360GW로 상향조정될 것으로 추정

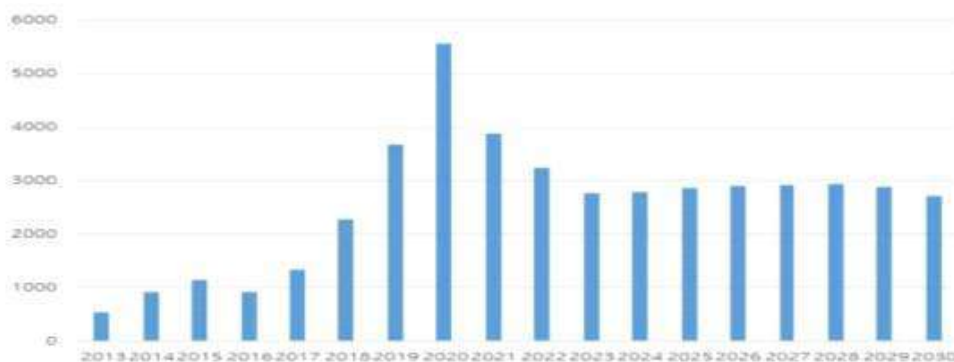
- 글로벌 태양광 설치량의 50% 이상을 차지하는 중국과 미국의 영향으로 각각 135GW, 30GW로 총 165GW로 예측
- 유럽시장은 독일 5.3GW, 스페인 4.9GW, 프랑스 3.4GW, 폴란드 3.3GW, 네델란드 3.3GW, 그리스 1.2GW로 2020년 대비 3GW 성장
- 새로운 태양광 핵심시장으로 브라질 5.5GW, 호주 4.6GW이었고, 대만과 파키스탄도 2GW 육박하는 시장을 형성
- 2020년에 이어 2021년에도 베트남 시장이 깜짝 성장을 유지(6.4GW→16.68GW)하여 시장규모 3위 등극 → 동남아시아 전역에 확산 추세
- 에너지 믹스의 탈탄소화에 대한 완전한 탈탄소화를 위해서는 태양광 설치가 지금보다 10배 이상 소요될 것으로 전망



[그림 6-10] 글로벌 태양광 설치 현황 (출처 : Bloomberg NEF)

#### □ 국내 시장 현황 및 전망

- 2023년 국내 신규 태양광 설치용량은 전년대비 15% 감소한 2.7GW가 설치될 것으로 예상
- 2030년 신재생에너지 비중 21.6% 하향조정, RPS, SMP 상한제 등 정책 변경에 따른 것이 주요인
- 2030년까지 장기적으로는 연간 2.5~3GW 수요가 발생할 것으로 예측
- 이는 글로벌 공급망에서 RE100 이행요구에 따라 국내 기업들의 태양광 수요 크게 증가 예측



[그림 6-11] 국내 태양광 설치 현황 및 전망(단위: MW / 출처: 한국에너지공단, 수출입은행)

### 3.3. 국내외 기술현황 및 전망

#### □ 국외 기술현황 및 전망

- 고출력 PV 기술은 기존 버스바 방식에서 벗어나, 다양한 방식으로 선진기업 또는 기관으로부터 제시되어 오고 있음
- 대표적인 고출력 구현 방식으로는 Meyer Burger사(독)의 SWCT (Smart wire connection technology), Schmid사(독) MBB(Multi Busbar) 등이 있음
- 현재 주도하고 있는 방식은 MBB 방식으로 초기 12개 wire에서 현재는 20개까지 증가되고 있는 추세이며, 웨이퍼 사이즈 증대와 기술개발 진행 중

기업/기관명	개발 내용	결과물	비고
Meyer Burger (독일)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart Wire Connection Technology (SWCT)</li> <li>• SnIn을 코팅한 와이어를 PET foil에 고정</li> <li>• 셀과 foil을 교차로 배치</li> <li>• 가접합 공정 → String 제조</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 낮은 공투과율</li> <li>- 추가적인 foil 사용 → 재료비 상승 요인</li> </ul>
GT Advanced Technology (미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merlin flexible mesh</li> <li>• 다른 전후면 금속 구조물의 형상</li> <li>• 셀 전후면 디자인, 전면 busbarless, 후면 point 형상으로 변경</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 리본 대비 금속 사용량 증가 (가격상승)</li> </ul>
Schmid (독일)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multi busbar connector</li> <li>• SnPb soldered wire(15개) → 배선재</li> <li>• 후면을 Ag 대신 Sn Pad로 대체</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 접합면적 감소로 어려운 스트림 제조</li> <li>- 전극 설계, 공정기술 해결</li> </ul>
Sunpower (미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zero White Space</li> <li>• High Density, Shingles</li> <li>• 분할셀 연결 → 백시트가 보이지 않음</li> <li>• 모듈 내부영역을 compact하게 구성 → 효율 증가</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교차영역 수평이 어려움</li> <li>- 전극 설계/공정으로 극복 가능</li> </ul>

[그림 6-12] 고출력 모듈 기술 동향

#### □ 국내 기술현황 및 전망

- 결정질 실리콘의 경우 국내기업을 중심으로 세계적 기술 수준을 보유하고 있으나, 고효율 태양전지와 같은 전략기술에 대해서는 단계별 사업화가 필요
- 한화큐셀, 현대에너지솔루션, 신성ENG를 중심으로 PV 패널 사업화를 진행하고 있으나, 국내 내수보다는 해외수출에 중점을 두고 있음
- 국내 기업 대부분은 MBB 기반의 패널제조에 집중하고 있으며, 중국과는 차별화된 다양한 기술 적용을 시도하고 있음
- 한화큐셀은 차세대 페로브스카이트 태양전지와 접목한 탠덤 셀을 활용한 초고출력 모듈 기술 개발에 집중하고 있음
- 한솔테크닉스, 탑선, 에스디엔, 에스에너지 등은 국내 local 시장과 더불어 해외 수출에 주력하고 있음
- 한화의 경우, 정책 및 보조금 지원정책이 높은 미국으로 공장이전을 검토, 확정짓고 있으며, 국내 태양광 산업의 큰 위기로 대두되고 있음

### 3.4. 주요내용

#### □ 목표

- 온도안정성을 갖는 고효율 쥬글드 PV를 활용한 Solar Home 시스템 실증 및 사업화 (2~3kW/가구)
  - 모듈 출력 :  $\geq 200\text{Wp/m}^2$ , 온도상승후 초기출력 대비 감소율  $\leq 5\%$
  - 내구성 시험후 출력 감소율 :  $\leq 5\%$
  - 시스템 구성 및 실증연구 : 가구당 2~3kW, 1년 이상, 총 50가구 이내
- \* Solar Home 시스템 : 쥬글드 PV + 멀티스트링 전력변환기+에너지 저장

#### □ 세부내용

- 온도상승에 따른 출력 저하율을 최소화할수 있는 방열강판형 쥬글드 PV 모듈 제조공정 최적화
- 가구당 2-3KW 1년 이상 실증할수 있는 쥬글드 PV 모듈 공급 및 모니터링 체계 구축
- 안정적인 Solar Home 시스템 구축을 위한 전력변환 및 에너지 저장장치 구성 최적화
- 실증 데이터 분석을 통한 제품 최적화를 위한 feedback과 사업화를 위한 기반 마련

### 3.5. 기대효과

#### □ 기술적 기대효과

- 세계 최고수준의 출력안전성을 갖는 쥬글드형 PV 제품화 기술 확보
- 고내구성, 온도안정성을 갖는 제품 신뢰성 기술 및 실증 데이터 확보

#### □ 경제적 파급효과

- 국내 기업의 인도네시아 고부가가치 사업화 진출을 위한 기반 기술로서, 국내 제조시설, 고용 창출, 수출입 등 매출증대에 기여
- 수도이전을 통한 SOC 전반에 걸친 에너지 수급 가능 제품으로 국내 산업분야의 동남아시아형 수출모델 확보



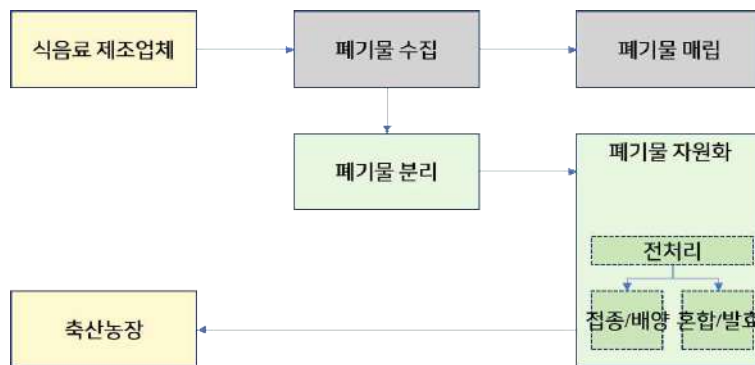
#### 4. [베트남] 식음료 업종 유기성 폐기물 재활용 사업

##### 4.1. 개요

###### □ 기술정의

○ 식음료 업종 유기성 폐기물 재활용

- 식음료 업종 중 생물유래 원료를 사용하여 제품을 생산하는 과정에서 유기성 고형 폐기물이 발생되며, 이때 배출되는 부산물을 건조, 미생물 접종·배양 후 기준에 적합한 사료 생산을 위한 보조원료 배합 등의 과정을 거쳐 최종 사료용 생균제 제품을 생산



[그림 6-13] 유기성 폐기물 재활용 과정 모식도

###### □ 배경 및 필요성

○ (기술적 측면)

- 유기성 폐기물 처리 기술
- 사료용 생균제 생산에는 비피더스균이 가장 큰 부첨가제로 활용되고 있으며, 비피더스균은 캄필로박터증과 같은 질병을 억제하고 동물의 체중 증가를 돕는다는 점에서 아시아·태평양 지역에서 소비가 급증하고 있음
- 유산균은 소화기관을 자극하고 질병을 유발하는 박테리아와 싸워 비타민 생성을 돕는 효과가 있어 비피더스균과 함께 세계 사료용 프로바이오틱스 시장의 63.5%를 차지

○ (정책적 측면)

- 베트남은 고형폐기물을 배출원에 따라 생활폐기물과 산업폐기물, 병원폐기물로 구분하고 있으며, 산업폐기물은 유해성 여부에 따라 일반폐기물과 유해폐기물로 구분하고 있음
- ‘09년에 수립된 ‘폐기물 국가전략’은 통합폐기물관리를 전략 방향으로 설정하고, ‘25년까지 ①환경질 개선을 위해 폐기물 관리의 효율성을 높이고, 지역 주민의 건강에 미치는 영향을 근절하고, 지속가능발전 달성, ②통합폐기물관리 체계를 구축하여 고형폐기물의 배출원에서 분리, 재사용, 재활용과 지역에 적합한 폐기물 처리기술을 적용하여 폐기물의 매립처리 최소화 달성, 유해폐기물의 적정 관리, ③통합폐기물관리에 대한 지역의 인식을 높이고, 환경친화적 생활양식을 형성하고, 통합폐기물관리에 필요한 인프라, 재정 및 인적 재원을 조성하는데 있음





[그림 6-14] 베트남 고형폐기물 분류체계

- ‘22년 발효된 환경보호법 개정안은 폐기물 분리배출 의무화와 함께 위반시 100만동의 과태료 처분, 환경미화원에게 분리배출되지 않은 폐기물에 대한 수거 거부권 부여 등을 규정하고 있음
- 베트남 정부는 ‘17년 가축 및 어류 사료에 대한 관리를 규정한 의결서를 통해 가축 및 어류 사료에 항생제 사용 금지를 명시하였으며, 항생 물질이 가축 및 가금류의 병을 치료하거나 예방하는 목적으로 사용될 경우, 반드시 베트남 의사 처방하에 약물로 제공되어야 한다고 규정하였음
- 생균제는 다른 사료 첨가물과 달리 살아있는 유기체로서 위장에서 활성화될 수 있고 숙주와 상호작용을 할 수 있기 때문에 보다 엄격한 기준으로 규제되고 있는데, 베트남의 경우 모든 사료첨가물의 제품 등록은 농림축산부 산하의 수산과 또는 축산과로부터 유통 공인 자격 인가를 받아야 함
- (시장적 측면)
  - 베트남 식음료 산업은 코로나 이후 회복세를 보이고 있으며, ‘22~’ 27년 식음료 산업의 연평균 증가율은 8.5%에 도달할 전망으로, 제품 생산 과정에서 발생하는 폐기물의 양도 함께 증가할 것으로 예상됨
  - 베트남 사료 생산량은 ‘15~ ‘22년 연평균 6.4%의 성장률을 기록하며 큰 폭으로 성장 중이며 가금류와 돼지 사료가 가장 빠른 성장세를 보일 것으로 예측됨
  - 베트남 사료시장은 원료의 55%가 수입으로 충당되는 사료 원료에 대한 높은 의존도와 함께 외국 기업은 우월한 시장 경쟁력으로 사료 시장의 65%를 차지하고 있음
- (기후 및 환경적 측면)
  - 베트남은 급속한 경제 발전과 함께 고형 폐기물의 발생량도 매년 약 10%의 비율로 꾸준히 증가하고 있으나 수집된 폐기물의 약 10~15% 만이 재사용되거나 재활용되고 나머지는 매립 또는 소각되고 있음
  - ‘19년 기준 베트남 내 고형 폐기물 처리시설은 매립장이 904개, 소각장이 381개, 퇴비화 공장이 37개이며, 위생 기준을 만족하는 매립지는 20% 미만인 상황
  - 폐기물의 구성은 유기물이 절반 이상(50.2~68.9%)을 차지하여 유기성 폐기물의 지속가능한 처리 방식의 도입이 시급한 상황이나, 퇴비화 방식을 적용하는 부분에 있어서 선별 과정이 미흡하여 불순물 함유량이 높아 활용도가 떨어짐

## 4.2. 국내외 시장현황 및 전망

### □ 국외 시장 현황 및 전망

#### ○ (글로벌 시장 현황)

- 사료용 생균제 시장은 '97년 EU의 동물사료에 대한 항생제 성장촉진제(AGP) 제품을 금지함으로써 주목받기 시작하여 '16년 약 12억 달러에서 '22년에는 약 17.5억 달러 수준으로 연평균 6.5%씩 성장하였고, 특히 개발도상국 지역에서 인구 증가와 동물 단백질에 대한 수요 증가에 힘입어 지속 성장하고 있음



※ 출처 : Frost & Sullivan, Global Animal Feed Probiotic Market, 2017

[그림 6-15] 글로벌 사료용 생균제 시장 규모 및 전망

#### ○ (글로벌 시장 전망)

- 전 세계 사료용 생균제 시장은 '16년을 기준으로 북미 지역이 44.1%로 가장 높고, 그 뒤를 유럽 지역이 29.5%, 아시아-태평양 지역이 20.1%로 뒤따르고 있는데, 아시아-태평양 지역의 경우 각국 정부가 동물 사료에 대한 항생제성장촉진제 사용 중단을 점차 확대하고 있어 시장이 더욱 성장할 것으로 예상됨

### □ 국내 시장 현황 및 전망

#### ○ (국내 시장 현황)

- 우리나라는 '11년부터 사료첨가용 항생제 사용 규제에 배합사료 내 성장촉진용 항생제 첨가가 금지됨에 따라 생산성 향상, 질병 예방 및 약취 저감 목적 등으로 생균제 사용이 증가하고 있음

<표 6-7> 국내 보조 사료첨가제 프로바이오틱스 생산량

구분	2016년	2017년	2018년
프로바이오틱스	23,368 톤	56,386 톤	54,316 톤

※ (사)한국단미사료협회 2018 편람

### 4.3. 국내외 기술현황 및 전망

#### □ 국외 기술현황 및 전망

##### ○ (기술현황 및 전망)

- 동물 사료 분야에서 캡슐화 산업이 빠르게 성장하고 있으며, 캡슐화를 통한 보호 효과는 동물 사료에서 생균제로서 이용 가능한 균주의 범위를 증가시킬 수 있도록 기술 개발이 진행 중

#### □ 국내 기술현황 및 전망

##### ○ (기술현황 및 전망)

- 우리나라는 사료 내 항생제 첨가가 금지된 이후 대체물질에 대한 관심이 높아짐으로써 생균제, 면역증강제, 소화제 등에 대한 다양한 연구가 이루어지며 사용량이 꾸준히 증가되고 있음
- 사료용 생균제 생산을 위한 균주 공급, 발효설비 제작이 가능한 국내 업체가 존재하며 생균제의 효과 검증을 위한 검증 및 관련 기술의 연구가 지속되고 있음

### 4.4. 주요내용

#### □ 목표

##### ○ (유기성 폐기물 재활용을 통한 생균제 생산 사업 예비타당성 조사)

- 베트남 내 식음료 업종 부산물을 활용한 생균제 생산 사업 추진을 위한 예비타당성 조사 추진

#### □ 세부내용

##### ○ (동향조사)

- 베트남 내 식음료 업종 부산물(폐기물) 처리 현황 조사
- 사료용 생균제 시장 현황 조사, 배합사료 인허가 기준 및 관련 법령 조사

##### ○ (대상지 선정)

- 식음료 업종이 밀집된 산업단지를 중심으로 입주기업의 폐기물 배출 정보에 기반하여 기업 Pool 도출
- 중앙 및 지방정부 관계자 대상 추천기업 발굴하여 인터뷰 및 현장방문
- 배합사료 생산 시 공급 가능한 인근 축산농가 및 사료 생산업체 조사

##### ○ (타당성 조사)

- 대상 기업 폐기물의 생균제 생산 적합성 확인 및 미생물 배양조건 등 기술적 검토 후 분석결과 기반 생균제 제조 방법 및 생산조건 확정
- 폐기물 발생량, 선별작업 여부 등을 토대로 생균제 생산규모 및 경제성 평가



[그림 6-16] 사료용 생균제 생산 과정

○ (역량 강화)

- 사업화 추진을 위한 정부 관계자, 기술도입 기업, 협력기업, 국내 기술기업, 투자기업 등 이해관계자 대상 사업 이해도 제고

#### 4.5. 기대효과

□ 기술적 기대효과

○ (신규 균주 개발)

- 우리나라보다 시장이 큰 베트남을 대상으로 사료용 생균제를 생산하는 과정에서 독자 균주에 대한 개발을 시도할 수 있으며, 생균제 제품에서 중요한 일관된 품질을 유지할 수 있는 방안을 연구해 볼 수 있음

□ 경제적 파급효과

○ (사업화를 통한 수익 창출)

- 버려지는 폐기물을 통해 사료용 생균제를 생산하는 사업 모델로서, 사료용 생균제 판매를 통한 수익을 기반으로, 식음료 기업의 경우 폐기물 처리 비용의 절감을 기대할 수 있으며, 축산농가의 경우 보다 경제적인 항생제 대체사료를 확보할 수 있음
- 베트남을 대상으로 사업이 진행될 경우 우리 기업의 기술 및 장비에 대한 해외진출 기반을 마련할 수 있음

○ (환경 부하 저감)

- 폐기물 매립 또는 소각하지 않고 재활용 함으로써 환경 오염에 대한 부하를 줄일 수 있어 국가 차원에서 자연력 회복에 대한 비용을 절감할 수 있음

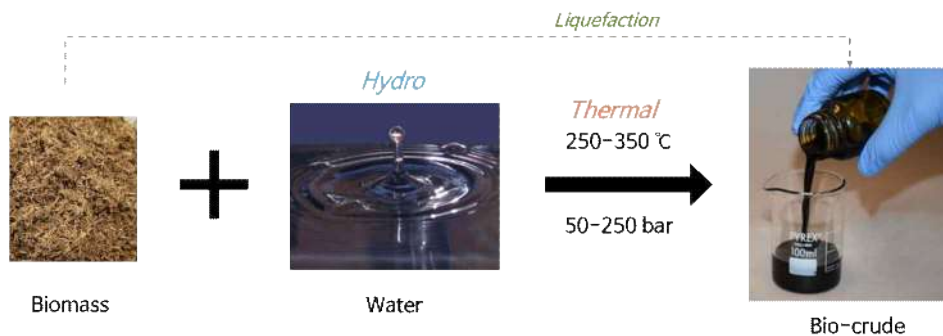
## 5. [베트남] HTL(수열액화) 공정으로 가축분뇨에서 암모니아 추출 및 바이오차 개발사업

## 5.1. 개요

## □ 기술정의

## ○ HTL (Hydrothermal liquefaction)

- HTL 공정은 바이오매스를 물과 열을 이용해 전환하는 기술로, 모든 종류의 바이오매스를 미정제 바이오 오일(oil) 수준으로 전환 가능함

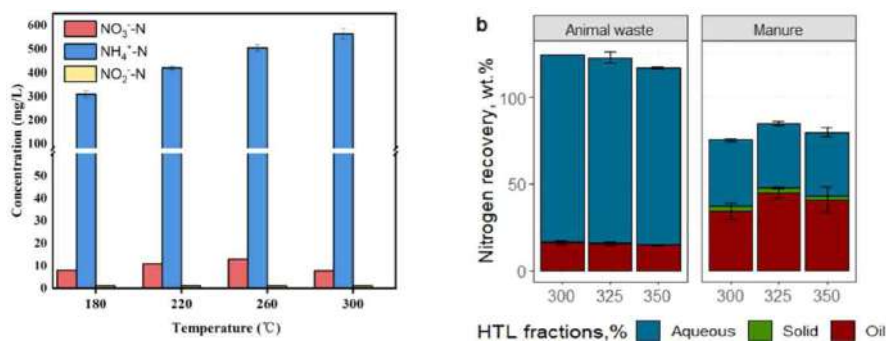


[그림 6-17] 바이오매스의 오일 전환 과정

## □ 배경 및 필요성

## ○ (기술적 측면)

- 기존의 가축분뇨 연료화 기술들은 전처리를 통해 원료 및 생산물의 질소 함량을 낮추는 것이 필요하였음.
- HTL 공정을 적용할 경우 가축분뇨 내 질소가 반응 후 수상(aqueous phase)으로 분리되어 별도의 전·후처리가 필요하지 않음.



[그림 6-18] 기존 기술의 질소 함량(좌) 및 HTL의 수상 함량(우)

출처: (좌) Z. Liu et al., 2022, (우) A. Matayeva et al., 2022

## ○ (정책적 측면)

- 전국적으로 연간 5,000만 톤가량 배출되는 가축분뇨를 사용해 암모니아, 바이오차를 생산할 경우 폐기물 및 탄소배출 관련 크레딧을 확보할 수 있음.

- 그동안 가축분뇨 처리설비의 경우 많은 투자비와 운영비로 실질적인 운영설비는 매우 적지만 본 공정을 이용할 경우 암모니아 생산 및 바이오차를 생산함으로써 농촌 지역 경제 활성화가 기대됨
- (시장적 측면)
  - 우리나라 및 아세안 국가들은 화석연료에 대한 의존도가 매우 높아 연료전환, 암모니아 혼소 등으로 경쟁력을 확보할 수 있음
  - 가축분뇨의 경우 지속적이며 안정적인 발생으로 수요변화가 적고 식생활 변화로 지속적인 증가 추세여서 원료수급의 안정성을 기대할 수 있음
- (기후 및 환경적 측면)
  - 현재까지 가축분뇨를 주로 퇴비화를 통해 처리하였지만, 이는 토지 부영양화, 수질오염, 악취 등을 유발해 대안이 필요한 상황임

### 가축분뇨 문제 해결책은 '에너지화'..지자체들 '가축분뇨 에너지화' 분주

장희원 기자 | 승인 2020.12.29 11:44 | 댓글 0

국내 가축 사육 마릿수가 증가하면서 가축분뇨 발생량은 지난 2014년 4,623톤에서 지난해 5,184톤으로 증가했다. 축산농가에서 발생하는 가축분뇨로 인한 악취와 주변 수질오염 문제로 지역 주민의 '안티 축산' 목소리가 커지고 있다.

### 탄소 중립을 위한 가축분뇨 처리·이용 다각화 필요

A 기자 | 승인 2021.07.13 15:56 | 댓글 0

[전업농신문=이태호 기자] 정부의 탄소중립 정책의 일환으로 발표한 축산환경개선대책의 핵심사항으로 기존의 퇴액비 중심의 가축분뇨 처리에서 정화방류 확대 및 비농업계 이용 확대 등이 모색되는 등 가축분뇨 처리와 이용에 대한 다각화 필요성이 점차 높아지고 있다.

[그림 6-19] 가축분뇨 처리에 대한 주요 신문기사

## 5.2. 국내·외 시장현황 및 전망

### □ 국외 시장 현황 및 전망

- 베트남 자연환경부는 자연재해 및 기후변화에 대응할 수 있는 국제협력 및 기술개발의 필요가 있다고 발표함.
- 자연환경부 기후변화국은 2040년까지 기후변화 대응을 위해 필요한 4,000억 달러 중 1,300억 달러밖에 충당할 수 없을 것으로 밝힘.

### □ 국내 시장 현황 및 전망

- 2030 NDC 검토안에 따르면 2023년까지 23GW 정도의 국내 석탄발전소에 암모니아를 20% 혼소해야 함
- 하지만 현재 국내에서 소비되는 암모니아는 전량 수입된 것으로, 2020년 수입량은 112만 톤으로 세계 4위임
- 현재 암모니아 국제 가격은 약 \$300/톤으로 지속적인 수요 증가로 상승 우려 매우 크므로 자체적인 생산방안 확보가 필요함

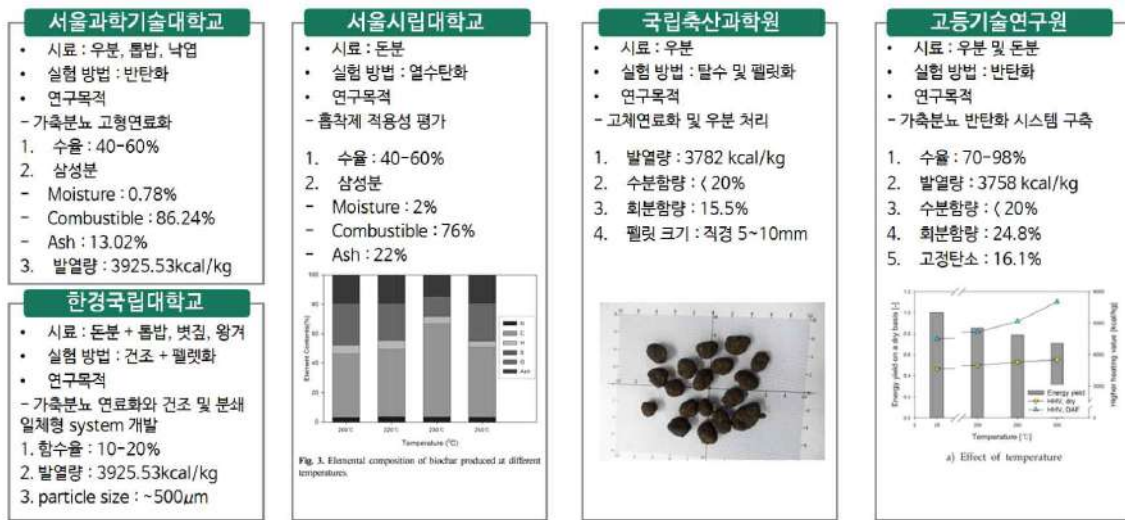
### 5.3. 국내외 기술현황 및 전망

#### □ 국외 기술현황 및 전망

- 퇴비화를 제외하고 가축분뇨로부터 암모니아를 합성 또는 추출하는 기술은 현재 없음
- 동남아시아는 지역의 풍부한 바이오매스 공급을 바탕으로 중소 규모 플랜트에 대한 수요가 많음

#### □ 국내 기술현황 및 전망

- 국내에서는 가축분뇨를 반탄화 해 고형연료를 생산하는 연구가 많이 진행됨



[그림 6-20] 국내 가축분뇨 연구 현황

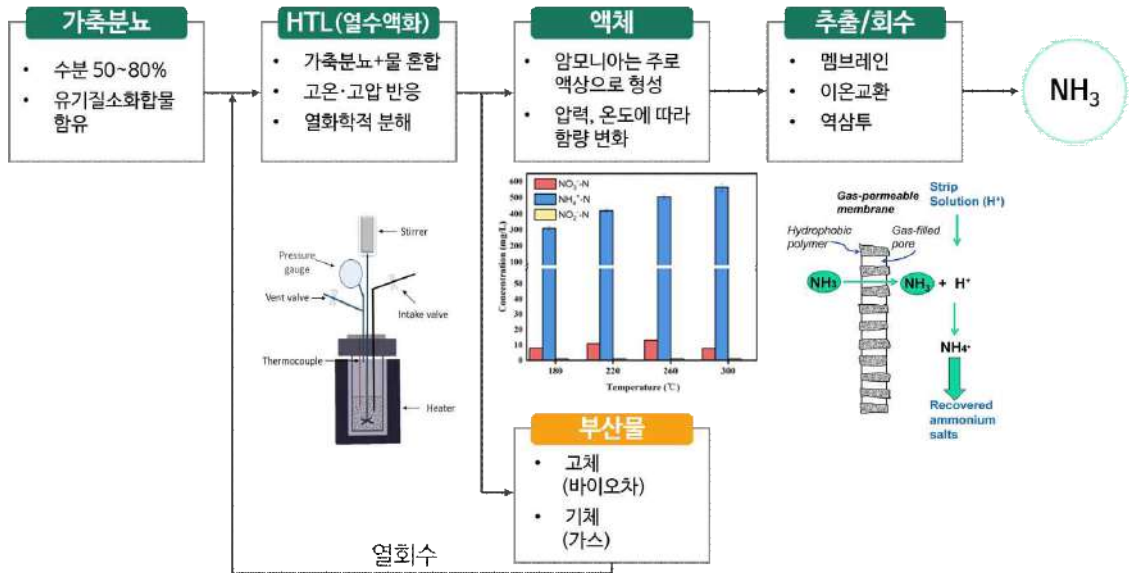
### 5.4. 주요내용

#### □ 목표

- HTL 공정을 통해 가축분뇨로부터 암모니아를 추출하는 기술의 개발
- 생산된 바이오차의 연료 활용 가능성 평가
- 실시간 IoT 데이터 수집, 분석 기반의 최적화 기술 확보

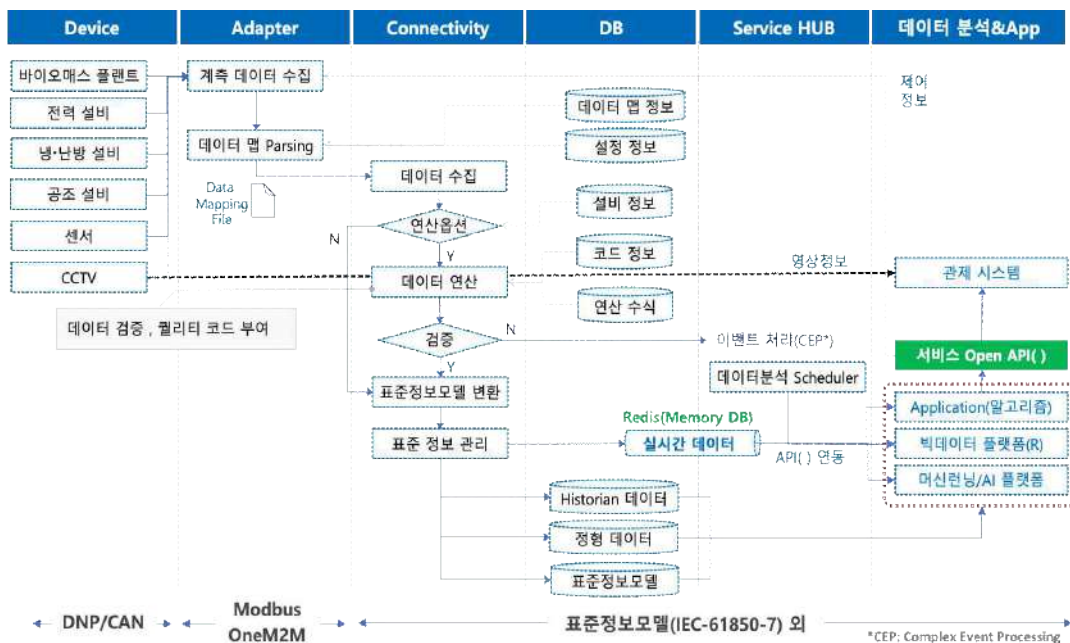
#### □ 세부내용

- 가축분뇨 확보 및 공급처 선정
- HTL 공정 후 수상 내 암모니아 및 부산물 연료화 기술 확보
  - 반응온도, 시간, 용액 등에 따라 생성물들의 암모니아 및 질산화물 분석



[그림 6-21] 가축분뇨 처리방법

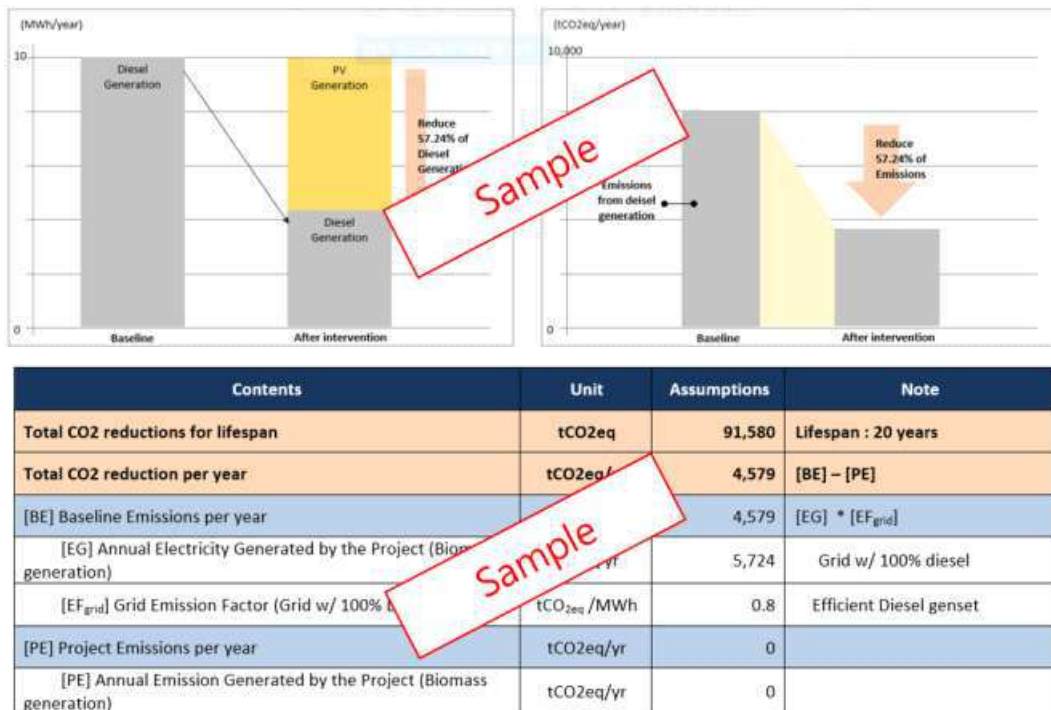
- 가축분뇨 내 질소 수지식 확립 및 바이오차 및 오일 분석
- 실시간 IoT 데이터 수집, 분석 기반의 최적화 기술 확보
- 센서 수집대상 데이터(오염물질 농도, 악취, 온도, 습도 등) 식별 및 데이터 모델링
- 데이터 수집용 국제 표준규격 프로토콜 모듈 개발



[그림 6-22] 가축분뇨 데이터 수집용 프로토콜 모듈 개발



- 바이오차, 바이오 오일 등의 부산물로 석탄 대체효과 조사(CDM 확보)



[그림 6-23] CDM 확보를 위한 자료 샘플

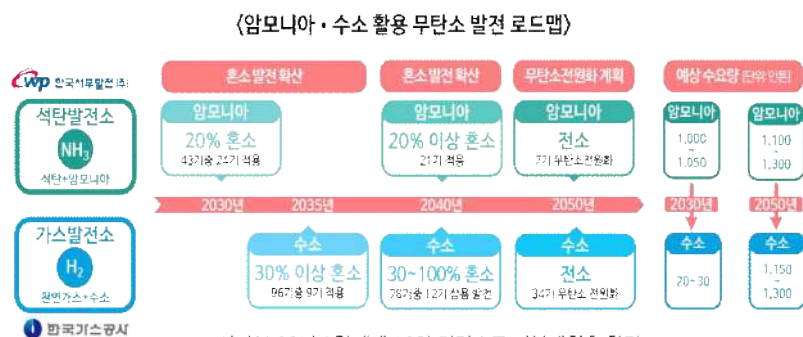
## 5.5. 기대효과

### □ 기술적 기대효과

- 가축분뇨로 인해 발생하는 환경오염, 민원 등의 문제 해결
- 암모니아, 바이오 연료 등을 통한 안정적 에너지원 확보 기여

### □ 경제적 파급효과

- 국내 에너지 정책(석탄 암모니아 혼소발전)에 따른 전량 수입에 의존하는 암모니아 구입 비용 측면에서 국부유출 최소화 가능
- 미래형 에너지원 수소경제 기반관련 연구분야 선점 확보



[그림 6-24] 제10차 전력수급기본계획 중 암모니아 및 수소 활용 계획

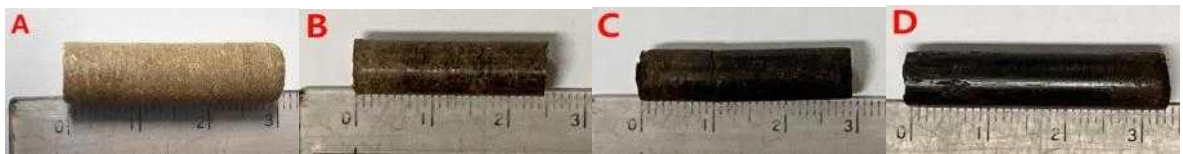
## 6. [베트남] 미이용 초목본계 바이오매스 기반 반탄화연료 및 생산설비 모듈화 수출 사업

### 6.1. 개요

#### □ 기술정의

##### ○ 반탄화(torrefaction)

- 반탄화는 바이오매스의 수송성, 저장성, 낮은 발열량 등을 해결하기 위해 낮은 온도(350~500℃)에서 바이오매스를 전처리하는 기술임.
- 아래 사진은 바이오매스 펠릿(A)과 160℃(B), 300℃(C), 440℃(D)에서 반탄화 한 시료를 펠릿화 한 예시임



[그림 6-25] 바이오매스의 반탄화 예시

#### □ 배경 및 필요성

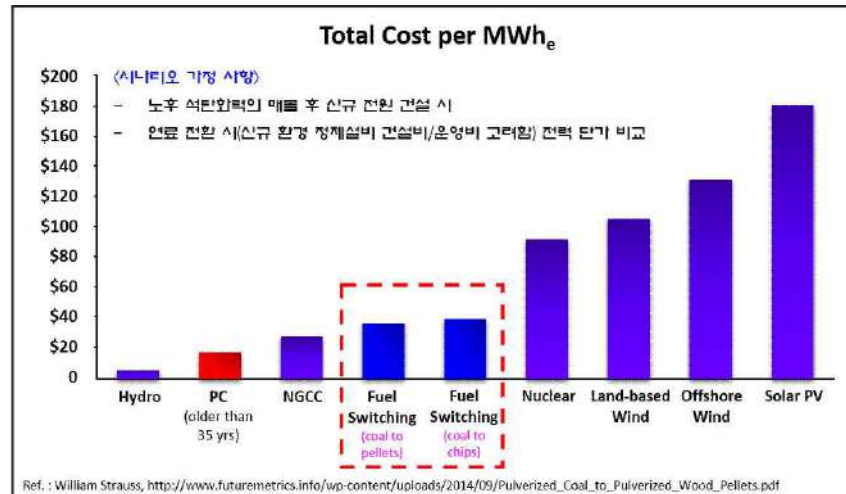
##### ○ (기술적 측면)

- 바이오매스와 바이오매스 고형연료가 발전용으로 상용화되지 못한 가장 큰 이유는 수분과 발열량임

	공업분석 (As received basis, wt%)				원소분석 (dry basis, wt%)					염소 (wt%)	미세분	고위 발열량 (HHV)	저위 발열량 (LHV)
	수분 (M.C)	휘발분 (V.M)	회분 (Ash)	고정 탄소 (F.C)	탄소 (C)	수소 (H)	질소 (N)	산소 (O)	유황분 (S)				
원료(케나프)	8.5	68.9	6.8	15.8	43.9	5.8	1.0	39.4	0.27	2.86	2.1	3,600	3,440
최종 고형 연료 (케나프)	2.2	71.8	1.7	24.3	55.7	4.7	1.2	28.6	0.09	< 0.01	0.1	5,180	5,000
45.35% 증가													
원료(왕겨)	13.6	28.4	39.25	18.75	37.47	4.57	0.13	46.01	0.09	0.52	-	3,460	3,240
최종 고형 연료 (왕겨)	4.1	34.8	25.3	35.8	50.3	3.8	0.9	18.6	0.04	0.02	-	4,510	4,290
32.41% 증가													
원료(옥수수대)	18.8	65.6	3.4	12.2	45.4	5.9	0.5	44.76	0.04	0.42	-	3,600	3,230
최종 고형 연료 (옥수수대)	4.8	70.7	1.3	23.4	53.7	5.5	0.3	39.10	0.02	0.01	-	5,180	4,870
50.77% 증가													

[그림 6-26] 미이용 바이오매스 반탄화 전후 분석 결과

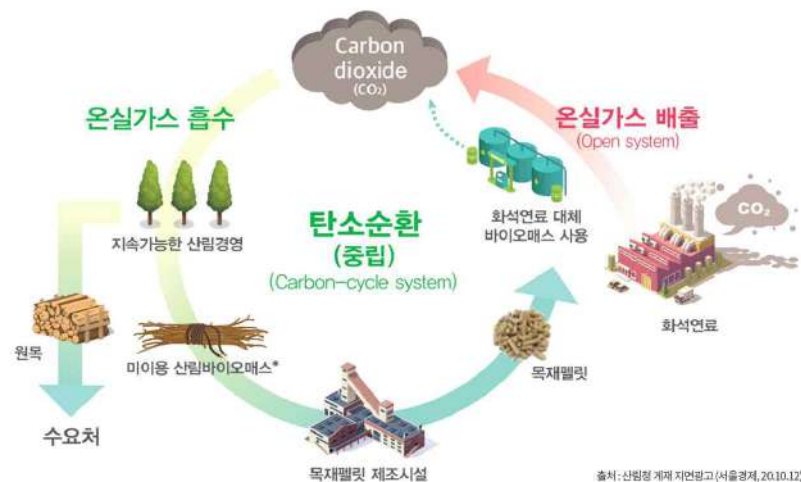
- 전력 생산에서 발전단가를 고려했을 때 바이오매스는 다른 에너지원에 비해 경제적인 이점이 많은 것으로 보고됨



[그림 6-27] 바이오매스 발전단가

## ○ (정책적 측면)

- 화석연료의 전환이 절실한 자금의 상황에서, 바이오매스는 연료 대체, 온실가스 감축, 탄소배출권 확보 등에 이점이 있음



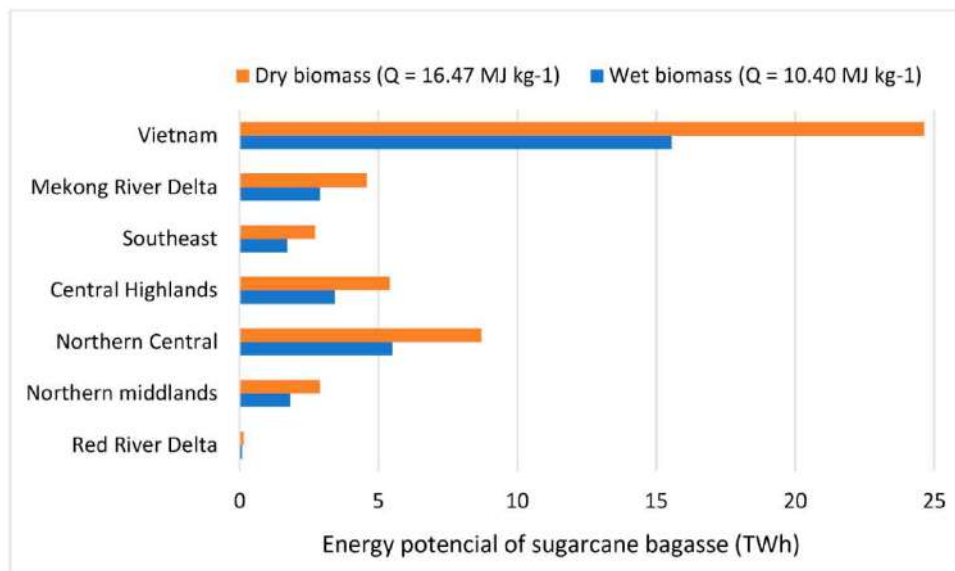
[그림 6-28] 바이오매스의 이점

출처: (주)신영이앤피

- 2050 탄소중립을 위해서 태양광, 풍력만으로 달성이 어렵고 지속적이고 버려지는 미이용 바이오매스의 활용방안이 필요
- 현재 사용하고 있는 우드펠릿의 경우 대부분 수입에 의존하는데 수입 시 통관 및 검사 절차가 까다로워 큰 비용이 발생하는 반면 반탄화펠릿의 경우는 이미 열을 이용한 가공을 했기 때문에 통관 및 검사 절차가 매우 용이함.

## ○ (시장적 측면)

- 국내는 연간 900 ~ 1,000만 톤 가량의 농업부산물 발생하는데, 베트남과 인도네시아는 연간 1억 톤 이상이 발생하는 것으로 추정됨



[그림 6-29] 베트남의 농업부산물 발생량

출처: D. Benova et al., 2021

○ (기후 및 환경적 측면)

- 볏짚, 왕겨, 사탕수수 바가스 등의 미이용 바이오매스는 농가에서 활용 또는 처리를 하지 못해 대부분 단순 불법 소각 또는 무단 배출하고 있는 실정임

## 6.2. 국내의 시장현황 및 전망

### □ 국외 시장 현황 및 전망

- 세계 바이오매스 발전시장 규모는 2015년 205억 달러에서 연평균 5.5% 성장하는 것으로 추산됨.
- 동남아시아의 바이오매스 플랜트 시장은 2011년부터 2017년까지 연평균 14.1% 성장하였고, 2017년에 10.8억 달러 규모를 달성함.

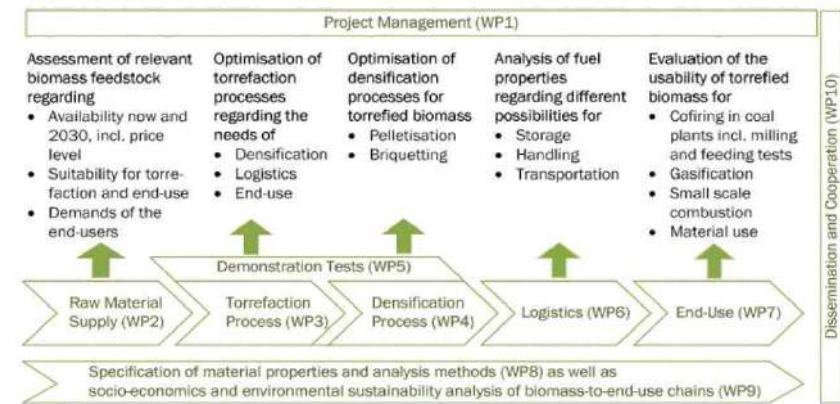
### □ 국내 시장 현황 및 전망

- 2018년 보급된 바이오매스 에너지 865MW 중 87.4%인 756MW가 혼소설비에서 발생하였음
- 이는 국내에서 대부분 발전사의 목재펠릿 혼소에 따라 발생한 것이며, 해당 펠릿은 90% 이상 수입에 의존하고 있음

## 6.3. 국내의 기술현황 및 전망

### □ 국외 기술현황 및 전망

- 바이오매스 반탄화 연료의 상업화는 유럽에서 활발히 이루어졌음. 대표적으로 독일은 2019년 발전량의 8.5%를 바이오매스로 공급함.



자료: <http://www.sector-project.eu/work-packages/workpackages,0.html>, 2013.4.13

[그림 6-30] 독일의 바이오매스 공급 계획

- 베트남, 말레이시아 등에서 EFB, PKS, 바가스 등 미이용 바이오매스를 반탄화 연구는 수행되었지만, 제도적인 지원의 부족으로 상용화까지 연속적으로 기술지원이 부재하였음

#### □ 국내 기술현황 및 전망

- 국내에서는 상용화 규모로 반탄화 연료를 생산하는 설비는 없으며, 미이용 바이오매스를 이용해 단순 펠릿을 제조하는 회사는 운영 중임

### 6.4. 주요내용

#### □ 목표

- 미이용 초·목본계 바이오매스를 사용한 반탄화 연료 생산
- 현지 적용을 위한 소규모 열공급 모듈 개발 및 수출

#### □ 세부내용

- 미이용 바이오매스 탐색 및 반탄화
  - 수급, 바이오매스의 특성 등을 고려한 바이오매스 선정
  - 반응온도, 시간 등에 따른 연료특성의 변화 확인



[그림 6-31] 바이오매스의 종류



- 반탄화 생산설비 및 열 생산 연계 설비 제작
  - 대상 지역의 인프라를 고려한 반탄화 생산 공급 및 열 생산 모듈 설계
  - 반탄화 생산설비 및 열 생산 모듈 운전 및 최적화
- 소규모 모델화를 위한 지능형 IoT 기반 반탄화 및 열 생산 Edge 플랫폼 개발
  - 데이터 수집, 원격지 모니터링 등 관리소요 확인
  - 표준 데이터모델 개발, AI 기반 생산 최적화, 통합관리 플랫폼 구성

## 6.5. 기대효과

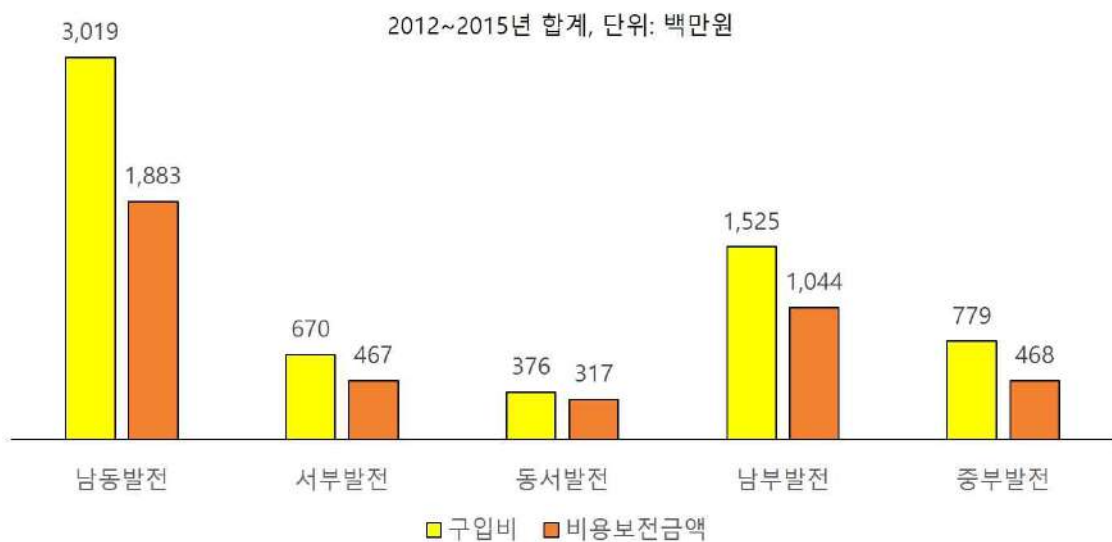
### □ 기술적 기대효과

- 국내 미이용 바이오매스 시장은 REC 가중치가 신설되었음에도 성장하지 못하고 있음.
- 베트남과 같은 바이오매스 원료를 지속적으로 생산공급 가능한 국가대상으로 국내 반탄화 및 열공급 기술을 수출하게 되면 국내 산업 활성화 또한 기대됨.

### □ 경제적 파급효과

- 한국남동발전의 영동화력 1, 2호기가 우드펠릿만을 사용할 경우 약 150만 톤이 필요함.
- 이를 본 사업을 통해 미이용 바이오매스 기반 연료로 대체할 수 있을 경우 단순 원가부터 탄소세까지 효과를 볼 수 있음

발전공기업 목재펠릿 구입비와 비용보전금액



[그림 6-32] 발전 공기업 목재펠릿 구입비와 비용보전금액

## 7. [베트남] 친환경 불소 흡착제 활용 수질 개선 사업

### 7.1. 개요

#### □ 기술정의

- 개발도상국에서 지하수 불소제거를 위해 사용되는 골탄은 주소 소뼈를 태워 만든 흡착제이며 현지에서 직접 생산이 가능하여 지속적으로 조달이 가능한 수처리제임
  - 현지에서 골탄을 직접 생산할 수 있는 고효율 가마 제작 기술
  - 수처리제로서 사용 가능한 골탄 생산 공정 확보
  - 저비용으로 골탄을 생산하여 운영할 수 있는 기후변화 적응 기술
  - 골탄은 개발도상국에서 불소제거 흡착제로 사용하고 있으며 최근 국내 연구개발을 통해서 기존보다 흡착 효율이 높은 고흥착 골탄 생산이 가능함

#### □ 배경 및 필요성

- (기술적 측면)
  - 기존 골탄은 1.0 mg-F/g의 흡착 효율을 갖고 있지만, 본 연구에서 개발된 고흥착 골탄은 3.7 mg-F/g의 흡착 효율을 갖고 있음.
  - 고흥착 골탄은 기존 골탄보다 식수에서 맛·냄새, 탁도 등이 개선되어 수질의 안정성이 강화된 흡착제임.
  - RO, 이온교환법, 전기분해 등의 다양한 수처리 기술 보다 저비용으로 현지에서 지속해서 운영 할 수 있는 수처리 기술임.
  - 우리나라는 개발도상국 현지에서 직접 운영할 수 있는 고흥착 골탄 생산 원천기술을 보유하고 있음.
- (정책적 측면)
  - 현지 정부의 안전한 식수 공급을 위한 정책 방향으로써 현지 마을대상의 WASH 정책 방향과 일치하는 기술임
  - 베트남에 대한 KOICA의 국가협력전략에서는 물관리 및 보건위생 분야가 중점분야별 지원 방향과 부합하고 고흥착 골탄을 이용한 안전한 식수공급과 연계되어 있음.
  - 기후변화 대응 및 저감을 위해서 베트남은 저탄소, 저에너지 수처리 장치로써 골탄의 정책적 활용도가 높음
- (시장적 측면)
  - 고흥착 골탄은 현지에서 제조 및 생산할 수 있는 흡착제로써 현지에서 새로운 환경산업으로 개척할 수 있는 여지가 높음.
  - 기존 정수기에 골탄의 흡착 칼럼을 추가 장착시켜 불소제거용 정수기로 새롭게 개발함으로써 기존 정수기에 불소제거를 동시에 운영 할 수 있는 장치를 개발함으로써 새로운 분야의 정수기 시장을 선점할 수 있음.
  - 시골지역에서 안전한 식수공급을 위한 불소제거용 마을단위 정수장치를 도입할 때 고흥착 골탄을 사용한 불소제거 정수시설을 개발함으로써 식수시설 판매 사업을 운영할 수 있음.

○ (기후 및 환경적 측면)

- 골탄은 기존 불소제거 정수장치보다 저에너지(중력식 운전)로 운영할 수 있어서 탄소 저감을 통한 기후변화 적응 및 저감 기술로서 사용 가능.
- 기후변화로 인한 지하수 불소 농도 증가는 지하수를 식수로 이용하는 주민들에게 안전한 식수를 공급할 수 있는 적합한 수처리 기술로서 고효율 골탄을 사용할 수 있음.

## 7.2. 국내외 시장현황 및 전망

### □ 국외 시장 현황 및 전망

○ 아프리카의 지하수 불소제거용 흡착제로 골탄을 사용하고 있음

- 서부 아프리카인 에티오피아, 케냐, 탄자니아 모잠비크 등에서는 오래전부터 지하수 불소 제거용 수처리제로 골탄을 사용하고 있으며 아래 표와 같이 판매되고 있음

〈표 6-8〉 서부 아프리카 국가의 골탄 판매 가격

가격	에티오피아	탄자니아	케냐
골탄(\$/kg)	0.8	0.6	0.7

- 케냐와 에티오피아는 국제기구 및 정부지원을 통해서 민간기업 혹은 NGO에서 골탄을 생산하여 마을단위 불소제거 정수장치에 지원하고 있음.
- 탄자니아는 중앙정부가 운영하는 연구소에서 골탄을 직접 생산하고 있으며 불소제거용 가정용 정수기와 마을단위 정수장치를 개발하여 보급하고 있음.
- 아프리카의 시골지역에서는 여전히 지하수에서 불소가 WHO 기준(1.5 mg-F/L) 이상으로 검출되고 있기 때문에 지속적인 확대가 가능함.
- 저흡착 골탄으로 생산하고 있는 현재 기술을 고효율 골탄 기술로 전환할 경우 생산자와 소비자가 모두 만족하는 시장을 형성시킬 수 있음.

### □ 국내 시장 현황 및 전망

- 국내에서는 불소제거용 수처리장치로 RO, 응집/침전, 이온교환법 등으로 사용하고 있으며 골탄과 같은 불소제거용 흡착제는 사용하고 있지 않음.

## 7.3. 국내외 기술현황 및 전망

### □ 국외 기술현황 및 전망

○ 골탄 생산을 위한 가마 운영

- 개발도상국에 운영하는 가마는 내부 열 손실이 크고 가마 내부 온도가 균일하지 않음. 따라서 골탄을 생산하는 가마 제작 기술이 매우 열악한 수준임.



- 가마 내부 온도가 450~550℃에서 최대 4시간을 균일하게 뻘을 태워야 식수에서 맛·냄새가 발생하지 않고 불소의 흡착 효율이 향상되지만, 대부분의 개발도상국에서는 가마 내부의 온도가 균일하지 않고 태우는 시간도 최대 2주 정도 걸리기 때문에 비효율적으로 가마를 운영하고 있음.
- 저효율 가마 운영을 통해서 생산된 골탄은 식수에서 놀란 색도가 발생하여 소비자의 구매력이 떨어지는 경우가 발생함. 이를 해결하기 위한 방안이 요구됨.
- 수돗물 불소 제거를 위한 가정용 불소제거 정수장치
  - 현지 가정에서는 불소제거용 가정용 정수기를 사용하고 있으며 수질의 안정성을 위해서 골탄>모래여과>UF필터 처리공정을 이용하고 있음.
  - 저흡착 골탄은 교체 주기가 짧아 유지관리비용에 큰 부담이 있음. 또한, 가정에서는 명확한 골탄 교체 시기를 파악하기 어려움 상황임



[그림 6-33] 가정용 불소제거 정수장치

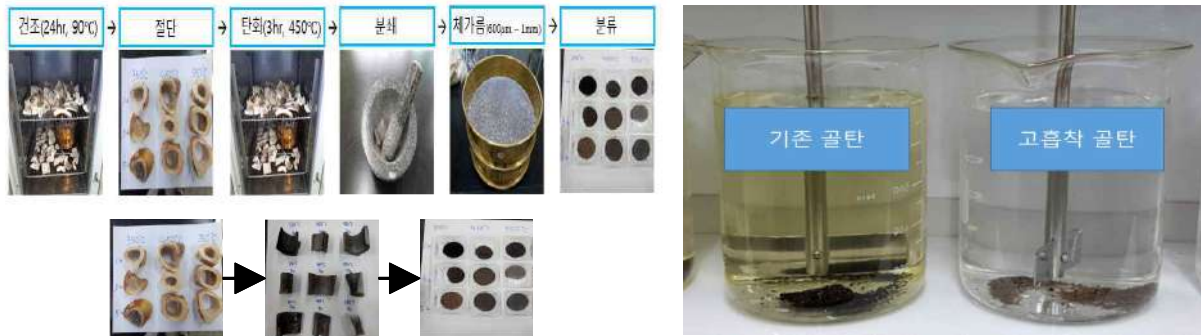
- 지하수 불소 제거를 위한 마을단위 불소제거 정수시설
  - 마을단위 불소제거 정수장치는 1~2 m<sup>3</sup>/d의 규모로 마을에 운영하고 있음.
  - 마을 수질 위원회에서 저렴한 가격으로 마을주민들에게 식수를 판매하고 얻은 수익금으로 정수장치 운영 인건비 및 유지관리비(골탄 교체비 등)로 사용하고 있음.
  - 마을단위 불소제거 정수장치도 골탄을 교체할 때 대량으로 구매하기 때문에 교체비용과 운영비에 어려움이 있음



[그림 6-34] 마을단위 불소제거 정수시설

#### □ 국내 기술현황 및 전망

- 개발도상국 골탄 품질개선을 위한 국내 고흡착 골탄 생산 기술 확보
  - 현지보다 약 3~4배 불소 흡착이 가능한 고흡착 골탄 생산 기술
  - 탁도, 색도, 유기물 등의 식수 개선 확보
  - 고흡착 골탄 생산을 위한 고효율 가마 개발 및 제작 공정 개발
  - 현지에서 생산되고 있는 골탄의 가격보다 저렴한 가격으로 보급함으로써 현지시장에 진입하여 고흡착 골탄의 기술확산을 기대할 수 있음.



[그림 6-35] 고흡착 골탄 생산공정 개발(좌) 및 기존 및 고흡착 골탄 수질 비교(우)

#### 7.4. 주요내용

##### □ 목표

- 기후변화로 인해 지하수의 불소가 WHO 기준치 이상으로 검출되는 지역에 저비용 고흡착 골탄 생산 시설을 구축하여 지속적으로 불소 흡착용 골탄을 지원함으로써 주민들에게 안전한 식수를 공급할 수 있는 환경을 조성하는 것

##### □ 세부내용

- 골탄 생산을 위한 골탄 생산공장 구축
  - 불소제거용 고흡착 골탄을 안정적으로 보급하기 위해서는 골탄 생산을 위한 복합적인 공정 단계를 효율적으로 운영하기 위해서 골탄 공장 설립이 필요함.
  - 골탄 재료인 뼈를 안정적으로 조달하고 보관하기 위한 부지와, 뼈 선별 및 절단 부지, 뼈를 태우기 위한 가마 시설, 식수용 골탄 크기 조절을 위한 체거름 부지, 골탄 세척을 위한 부지 등의 생산공장 시설 구축이 요구됨
  - 골탄 공장은 수요자 중심의 불소 분석 및 시설 구축을 위한 전문기술인력 양성을 위한 역할로서 운영할 수 있음.
- 고흡착 골탄 생산을 위한 고효율 가마 제작
  - 고효율 가마를 제작할 때 내화벽돌 사용 혹은 가마 두께 최대화를 통해서 내부 열 손실 저감 유도함.
  - 다량의 뼈를 가마 내부에 주입하고 효율적으로 태우기 위해서는 가마 내부에 층구조의 선반을 제작하여 뼈들이 여러층으로 균일하게 태워질 수 있도록 제작함.

- 최대 4시간 마다 골탄을 선반에서 신속하게 주입하고 뺄 수 있도록 판(plate)을 사용하여 효율적으로 가마를 운영할 수 있도록 제작함.
- 정수용 흡착제 사용을 위한 고흥차 골탄 제조
  - 가마를 사용하여 생선된 골탄은 파쇄기를 통해서 체거름이 가능한 크기로 제작
  - 파쇄된 골탄은 불소제거용 흡착제로 사용하기 위해서 적정 규격의 체거름기를 사용하여 선별함.
  - 적정크기로 선별된 골탄의 부착된 분진과 이물질들을 제거하기 위해서 세척과 건조과정을 통해서 고흥차 골탄으로 제작함.
- 가정용 및 마을단위 지하수 불소제거 정수장치 개발 및 보급
  - 가정에서 사용하고 있는 정수기에 불소를 저감시킬 수 있는 골탄 칼럼을 추가 장착시켜 사용함으로써 불소 제거용 정수장치를 개발하고 보급할 수 있음.
  - 1~2 m<sup>3</sup>/d 규모의 마을단위 불소제거 정수장치를 개발하여 마을에 판매함으로써 수익을 창출하고 향후 골탄 교체를 요구할 때 신속하게 고흥차 골탄을 공급할 수 있도록 지원함.

## 7.5. 기대효과

### □ 기술적 기대효과

- 기존의 골탄은 불소 흡착효율이 1 mg-F/g이지만, 고흥차 골탄은 3.7 mg-F/g의 높은 불소 흡착 효율을 갖고 있어서 기존보다 흡착제의 기술적 향상을 기대할 수 있음.
- 가정용 및 마을용 불소제거 정수장치 개발을 통해서 안전한 식수를 지속적으로 공급할 수 있는 기술을 제공할 수 있음.
- 골탄 공장 운영은 흡착제 조달 문제 해결 뿐만 아니라 식수 장치의 기술적 문제점을 해결하기 위한 전문 기술자 인력양성에 기대할 수 있음.

### □ 경제적 파급효과

- 골탄 공장 운영은 지역사회의 인력 창출 기대와 현지 물 산업 발전을 도모함으로써 지역의 활발한 경제적 환경을 조성시킬 수 있음.
- 기존 골탄보다 흡착 효율이 높아서 교체 주기가 증가한다면 유지관리 비용 절감을 통한 경제적 효과를 기대할 수 있음.
- 골탄 공장을 이용한 골탄의 대량 생산은 골탄의 단가를 낮출 수 있기 때문에 수요자 입자에서는 저렴한 골탄을 이용할 수 있는 경제적 효과를 기대할 수 있음

## 제 4 절 소결

본 장에서는 중점대상국 협력 분야를 중심으로 협력아젠다 발굴을 위하여 국내 전문가 기술분과위원회 활동을 통해 도출된 3개 협력분야 16개 후보 pool을 기준으로 컨셉노트를 도출하였다. 컨셉노트의 구성은 해당 사업의 협력 배경 및 목적, 기술분야(세부), 사업활동내용 등을 기준으로 구성되어 있으며, 이 자료를 기준으로 영문화하여 인도네시아와 베트남 협의체 구성원과 공유하였다. 후보 아젠다의 이해도를 높이기 위해 대면회의로 진행된 선정작업에는 제안된 기술별로 효과적인 평가를 위하여 몇가지 기존연구를 검토하였으나, 기존의 과제선정기준 대부분이 수원국보다 공여국의 입장에서 연구된 바, ①기후변화 대응 기여도, ②수원국의 정책 부합성, ③수원국 지역현안 접근성, ④수원국 지역 주민 참여 가능성, ⑤수원국의 해당 녹색기술 수용성, ⑥후속연계 및 확장 가능성 등을 기준으로 평가표를 준비하였다.

올해에는 중점협력국 녹색기술 RD&D 아젠다 및 기획서 도출을 추진하고 차년도에 국가별 1-2개의 사전경제성평가를 이행할 예정으로 협의체를 통하여 고득점 기준 상위 3위의 아젠다를 최종 기획서 대상으로 선정하였다. 이 과정에서 인도네시아는 자국에서 대량으로 발생하는 바이오매스 부산물을 이용한 바이오차 생산 기술 연구, 도서지역에서 발생하는 식수 확보를 위한 담수화 시설 운영에 기존 화석연료대신 신재생에너지와 저장시설을 연계한 시스템 구축 사업, 기존 장비대비 20% 고출력 기술을 적용한 태양광시설 실증 연구를 선정하였다. 베트남의 경우 전체 4가지 선정 기술 중 3가지를 유기성폐기물(음식 폐기물, 폐바이오매스 등)을 활용한 재활용 사업 혹은 바이오차 연계 사업과 친환경 소재를 활용한 식수 수질개선 사업이 선정되었다. 이렇게 선정된 7개 사업을 대상으로 기술 정의, 사업 필요성, 국내외 시장·기술현황 및 전망, 주요사업내용 및 기대효과를 조사하여 최종 RD&D 기획서를 도출할 수 있었다.

본 연구에서는 기술분과위원회를 통해 도출된 협력분야 후보에서 최종 기획서 도출과정에서 중점협력국으로 구성된 협의체의 의견을 수집했다는 점에서 의의가 있을 수 있다. 그러나 협의체 의사결정 단계에서 해당분야 전문성 확보 여부가 보완되어야 할 것으로 생각되어 확보된 기획서를 기준으로 해당분야 전문가 협의를 통해 최종 실증 과제를 선정하는 과정을 추진 예정이다. 선정평가지표의 경우도 해당분야 전문가 의견 수렴을 통해 다양한 선정지표 및 가중치에 대한 고려가 필요하는 점에서 후속 연구를 통해 보완이 필요할 것으로 판단된다.

## 제 7 장 결 론

### 제 1 절 요약 및 시사점

파리협약 비준에 따라 신기후체제가 도입되면서 기후변화대응을 위한 각국의 관심이 증가하고 있으며, 국내 온실가스감축목표 상 국제감축부문 목표치가 기존 33.5백만톤CO<sub>2</sub>e에서 증가된 37.5백만톤CO<sub>2</sub>e으로 상향되었다. 또한, 개도국의 경우 외부지원을 가정한 조건부 형태(conditional)의 감축목표를 제시하고 있어 기후기술 부문 협력 중요성은 계속 증가할 것으로 예상된다. 또한, 국내와 지리적으로 가깝고 정책적으로 중요한 아세안지역을 중심으로 빠른 도시화와 인구 증가에 따른 환경오염이 사회적 문제로 대두되고 있어, 자원순환 및 에너지 이용 효율화 기술을 포함하는 녹색기술 발굴 및 상용화 방안 지원 요구됨에 따라 실효성있는 녹색기술 해외협력 추진을 위하여 해당국가 수요와 국내 산업진출 가능성 지표를 고려한 협력분야 아젠다 발굴이 필요성이 증가하고 있다.

이에 본 연구에서는 아세안 중점협력국 대상의 녹색기술 실증연구 아젠다 발굴을 위하여, ① 아세안 중점국가 선정, ②무역지표·기술비용 기반의 방법론 검토 및 적용, ③중점협력국 협의체 운영, ④협력분야 및 실증연구 후보군 도출, ⑤협력 아젠다 발굴의 5단계를 통하여 연구를 수행하였다.

첫 번째 단계에서는 녹색기술 RD&D 아젠다 발굴을 위한 가능한 여건을 검토하기 위해 중점협력 국가를 선정에 필요한 요소들을 조사하고, 이러한 조사결과를 근거로 국가 선정을 검토하였다. 이를 위해 우선 녹색기술협력을 평가하고 측정하기 위한 전용 지수의 필요성에 따라서, 환경(Environment), 경제/사회(Economy/Society) 및 정부협력(Government Cooperation)을 기준으로 환경성과지수(Environmental Performance Index, 예일대), 기후변화성과지수(Climate Change Performance Index, Germanwatch), 녹색성장지수(Green Growth Index, GGGI), 기후산업 해외진출 현황(NIGT), 대외무상원조실적 등의 국내외 지표를 활용하여 요소별 협력준비도를 평가하였다. 도출된 평가결과의 신뢰성 확보를 위하여 세계은행 데이터 기반의 국가별 통합 ESG 지수(Sovereign ESG Index)와 비교하였다. 그 결과, 아래 표와 같이 인도네시아가 1위(5.24), 베트남이 2위(4.5)로 도출되었으며, 이 순위가 ESG지표와 동일함을 확인할 수 있었다.

핵심 지표들을 결합하는 과정에서 각 지표의 데이터 구축연도가 상이하여 동일 기준 연도로 수렴되는 데이터 기반의 결과가 아니라는 점, 그리고 동일한 가중치를 할당한 점은 본 단계를 추진하면서 파악된 한계라고 볼 수 있다. 향후 관련연구를 통해 보다 정밀한 데이터 확보, 지표 활용 방법, 가중치 할당에 대한 방법론을 지속적으로 모색하여 신뢰성이 높은 결과를 만들어갈 수 있을 것이다.

〈표 7-1〉 국가별 녹색기술협력 준비도 최종종합점수 및 순위

국가명	환경/경제/사회 +정부 정책	국가별 순위	국가별 ESG 지수 +정부정책	국가별 순위
베트남	4.50	2	4.00	1
캄보디아	2.97	4	1.90	3
인도네시아	5.24	1	2.82	2
필리핀	4.05	3	1.35	4
라오스	2.39	5	0.90	5
미얀마	0.00	6	0.29	6

두 번째 단계에서는 앞에서 발굴된 중점협력국가를 대상으로 중점협력분야 선정과 관련된 신규 방법론을 검토하고 적용하였다. 기존에 우리나라가 개도국과의 기후기술에 대한 국가 간 RD&D 수요 아젠다를 발굴하는 과정 상에서 활용되는 다양한 근거자료를 재검토하였다. 통상 활용되는 근거자료에는 ①기술수요평가(TNA) 및 국가결정기여(NDC), ②주요 협력 사례, ③기술 흡수역량 및 기술 준비도 등으로 대부분 정성적 데이터를 제공하며, 해당 개도국의 전문가들이 제시한 의견에 따라 도출된 자료들이다. 그러나 기술수요를 파악하는 목적이 ‘일반 수요’의 존재 뿐만 아니라 수요를 근거로 해당 기술에 대한 ‘우선 수요’를 파악하기 위함이기 때문에, 기술수요 파악의 고도화를 위하여 본 연구에서는 앞서 검토된 중점협력국 2개국을 대상으로 경제적 측면에서 최근 기후기술 적용 시 발생하는 ‘감축비용’과 해당 기후기술에 대한 ‘무역 경쟁력’ 및 ‘무역 보완성’ 수준을 정량적으로 도출하여 기후기술 수요 발굴에 새롭게 활용하고자 하였다. 이를 위해, 기후기술 적용 감축비용에 대해서는 IPCC 제6차평가 보고서의 제3실무그룹(완화) 보고서에서 국제적 레벨에서 기후기술에 대한 감축비용 적용 접근법을, 기후기술에 대한 무역 경쟁력과 무역 보완성에 대해서는 상품 코드 기반 국가 간 무역 경쟁력 및 무역보완성 지표를 도출하는 접근법을 활용하여 기후기술과 상품코드를 매칭하는 작업을 진행하였다. 향후 RD&D 중점 협력기술 분야로 인도네시아는 폐기물 에너지화, 풍력, 바이오에너지, 그리고 수력이 도출되었고, 베트남의 경우는 태양 에너지, 바이오에너지, 수력, 폐기물 에너지화가 분석결과로 파악되었다. .

본 단계에서는 기존 기술수요 발굴에 활용된 정량적인 데이터들을 기반으로 전문가들을 초빙하고 델파이 기법 등을 활용해 협력 우선순위를 설정하였던 방법과는 상이하게 ‘정량적 데이터’의 영역을 확장하였다. 또한, ‘기후기술 적용 시 저감비용’ 및 ‘기후기술에 대한 무역 지표’를 도출한 접근법을 새롭게 제시했다는 점이 기존과의 차별성이 있다. 또한, 기후기술 적용 시 저감비용의 경우 기존에 IPCC 보고서가 ‘국제적 저감비용 범주’를 보여주는 반면, 이번 연구를 통해서 ‘국가’ 또는 ‘지역’ 레벨에서 적용될 수 있는 방향을 보여주었다는 점이 주목할 만하다. 마지막으로 무역지표의 경우, ‘기후기술’과 ‘상품 코드’를 매칭하는 작업을 통해, 기후기술에 대해서도 양 국가간의 무역 경쟁력과 무역 보완성을 수치화하여 기술 수요 발굴에 활용할 수 있는 방안을 제시하였다는 점에서 의미가 있다. 다만, 한계 및 고려사항 역시 인지되었는데, 개도국의 기초 데이터 확보에 대한 어려움이 상존한다는 점이다. 그리

고 무역지표 도출 시, 무역경쟁력과 보완성을 확보하기 위해서 상품코드를 활용하는데, 이를 ‘기후기술’에 특화하기 위해서는 기후기술과 상품코드를 매칭하는 작업이 필요하다. 이 과정에서 기후기술과 상품코드가 부적합하게 대응되거나 또는 중복되는 경우들이 있어 추후 이에 대한 추가적인 보완방법 마련이 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로, 새로운 접근법으로 제시된 우선순위는 현재시점에서 적용(deployment) 가능한 기술을 선정하는 것인 바, 향후 추진될 실증 단계에서 우선순위의 변동이 발생할 수 있다는 점은 고려되어야 할 것이다.

세 번째 단계에서는 두 번째 단계에서 도출된 중점협력분야 후보가 중점협력국의 실제 수요와 일치하는지 비교하기 위하여 해당국가들의 NDC 상에서의 온실가스감축목표, 국내 협력전략(CPS) 및 주요사업별 사업이력(WB, ADB)을 검토하고 중점협력국(인도네시아, 베트남)의 녹색전환을 위한 공동연구형 현지 실증활동을 촉진하는 수단으로 협의체를 조직하고, 이에 부합되는 활동내용 및 추진방법을 마련하였다. 상호 간의 이해관계를 효과적으로 반영하기 위해서 우선적으로 협력국으로부터 수요제안을 받고, 국내 보유기술과 매칭하는 작업(정량적 서면분석, 정성적 전문가 논의)을 통해서 도출된 후보수요군을 정량적인 방법을 거쳐서 비교 구분하였다. 이러한 제반과정을 거쳐서 수처리, 태양광, 폐기물 분야를 중점협력분야 후보로 확인하였다.

기존 과학기술 협력분야 선정에 있어 공여국의 입장을 반영하는 다양한 노력이 진행된 바 있다. 본 과제에서는 과제 기획단계에서부터 수요국 협의체 운영을 통하여 협력분야를 도출했다는 데 의의가 있다. 협력사업을 추진하면서 축적하게 되는 중요한 교훈으로 협력국의 의지를 들 수 있다. 본 과제와 같이 기획단계부터 지속적으로 협력국의 입장 및 의지를 파악하여 사업이 성공적으로 진행될 수 있도록 관리하는 것이 매우 중요한 바, 이 사안이 위험요소로 작동하지 않도록 전체를 운영할 필요가 있다. 본 과제에서 협의체를 운영하면서 문제로 드러난 것은 협의체 구축 및 운영 과정에서 선정된 2개 국가 파트너 기관들이 상이한 속도로 협의 및 논의에 참여하여, 양 협력국가와 함께 협의하는 회의로 준비된 첫 준비회의 및 최종 선정작업, 그리고 개별로 진행된 두 번 정도의 운영회의의 성과들이 상이하게 도출되었다. 협력을 위해서는 대상이 있어야 하며, 협력대상의 이해관계에 따라서 한국이 준비한 계획안, 운영방법, 최종 성과물 등이 상이하게 도출될 수 밖에 없다. 차년도에는 이를 보완할 수 있는 접근방법 및 추진방법을 활용하여 개선된 성과물이 도출될 수 있도록 모색할 예정이다. 또한 차년도에는 사업이행자의 본격적인 참여가 필요한 바, 이에 대한 협의가 이루어질 수 있도록 참여자 추가/보완 등의 이행을 상반기에 준비하여 적용할 수 있도록 추진할 예정이다.

네 번째 단계에서는 앞서 검토된 후보분야를 정리하여 아래 표와 같이 최종 3개(수처리, 폐기물 관리, 태양광) 협력분야를 선정하고 이를 기반으로 분야별 국내 전문가 풀로 구성된 기술분과위원회를 운영하였다. 1차로 서면 의견서를 접수받고 이를 근거로 대면회의의 진행을 통하여 분야별 중점협력국가 정책 동향과 해당사업 현황에 대한 의견 및 토론을 진행하였으며, 해당수요가 있는 전문가를 대상으로 <표 7-3>과 같이 총 16개 아이템을 발굴하였다.

〈표 7-2〉 아세안 중점협력국과 우리나라 간의 우선 협력분야 도출

구분	협력수요		우선 협력분야
	인도네시아	베트남	
감축 비용 및 무역 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐기물 에너지화 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 풍력</li> <li>- 바이오에너지 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 수력 (→ 수처리)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 태양열 (→ 태양광 발전)</li> <li>- 바이오에너지 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 수력 (→ 수처리)</li> <li>- 폐기물 에너지화 (→ 폐기물 관리)</li> </ul>	① 폐기물 관리 ② 수처리 ③ 태양광 발전
협업체	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 블루카본 관리(해조류 활용)</li> <li>- 지하수 인공함양 (→ 수처리)</li> <li>- 방파제 설계(해안침식 방지)</li> <li>- 해안 보호 기술</li> <li>- 온실가스 모니터링 및 산정</li> <li>- 폐기물 에너지화, 순환자원 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 바이오가스</li> <li>- 청정생산 및 에너지효율</li> <li>- 녹색 및 저탄소 기술</li> <li>- 격오지용 재생에너지 (→ 태양광 발전)</li> <li>- 스마트 농업</li> <li>- 해양/어족 자원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실가스 감축 기술</li> <li>- 폐기물 에너지화 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 해양 플라스틱 오염 모니터링 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 수자원 관리</li> <li>- 가정 폐기물 처리 (→ 폐기물 관리)</li> <li>- 도시 대기오염 관리</li> <li>- 하천오염 및 수자원 관리 및 모니터링/예측 기술 (→ 수처리)</li> <li>- 수처리(순환경제 차원) (→ 수처리)</li> </ul>	

〈표 7-3〉 기술분과위를 통해 도출된 아세안 중점협력국과의 협력 아젠다

번호	분야	국가	사업 제목
1	태양광 발전	인도네시아	고출력 Designable BIPVT 응용기술 최적화
2		인도네시아	인도네시아형 고출력 싱글드 가정용 PV 시스템 실증 및 사업화
3		베트남	베트남 기후변화 대응 건자재형 태양광 패키지 표준화 개발
4	수처리	인도네시아	인도네시아 바이오가스 공정 구축 지원 사업
5		인도네시아	도서 지역 대상 태양에너지 저장 및 수처리 시스템 연계 사업
6		인도네시아	Rock filter를 활용한 매립지 침출수 정화 시설 구축
7		베트남	베트남 병합 소화 기반 바이오가스 공정 구축 지원 사업
8		베트남	메콩델타 지역 식수 확보를 위한 담수화 기술 개발
9		베트남	베트남 지능형 물관리(SWM) 리빙랩 구축
10		베트남	베트남 친환경 불소 흡착제 활용 수질 개선 사업
11		베트남	베트남 소규모 가정용 바이오가스 설비 보급 사업
12	폐기물 관리	인도네시아	팜유 Bleaching 공정 부산물 재활용 사업
13		인도네시아	동남아 잉여 및 폐기 바이오매스 부산물의 Biochar 생산 시스템 실증



번호	분야	국가	사업 제목
14		베트남	식음료 업종 유기성 폐기물 재활용 사업
15		베트남	미이용 초목본계 바이오매스 기반 반탄화연료 및 생산설비 모듈화 수출 사업
16		베트남	열수액화(HTL) 공정으로 가축분뇨에서 암모니아 추출 및 바이오차 개발사업

마지막 단계에서는 16개 후보 아젠다를 대상으로 해당 사업의 협력 배경 및 목적, 기술분야(세부), 사업활동내용 등의 기준으로 구성된 컨셉노트를 발굴하고 협의체를 통하여 7개 아젠다를 최종 선정하였다. 선정된 7개 아젠다를 대상으로 기술 정의, 사업 필요성, 국내외 시장·기술현황 및 전망, 주요사업내용 및 기대효과를 조사하여 최종 RD&D 기획서를 도출하였으며, 각각의 기대 효과는 아래와 같다.

첫번째, ‘[인도네시아] 잉여 및 폐기 바이오매스 부산물의 바이오차 생산시스템 실증’ 사업을 통하여 인도네시아에서 환경문제로 제기되는 폐바이오매스를 열분해 공정을 통하여 바이오차로 변환시켜 탄소감축 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

두번째, ‘[인도네시아] 도서지역 대상 태양에너지 저장 및 담수화 시스템 연계 기술 개발’을 통하여 도서지역의 식수난을 해결하고 이과정에 필요한 에너지를 재생에너지로 교체할 수 있을 것으로 예상된다.

세번째, ‘[인도네시아] 고출력 쉐글드 PV 시스템 실증 및 사업화’를 통하여 고출력 태양광 관련 기술을 확보하고 국내 관련 산업의 해외진출에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

네번째, ‘[베트남] 식음료 업종 유기성 폐기물 재활용 사업’으로 현지 목축업 항생제 사용 금지 정책에 대응한 생균제 보급 가능성 확보 및 유기성 폐기물의 효율적인 재활용이 가능할 것으로 예상된다.

다섯번째, ‘[베트남] HTL(수열액화) 공정으로 가축분뇨에서 암모니아 추출 및 바이오차 개발 사업’으로 기존 열분해 공정의 단점을 보완할 수 있는 수열액화 공정 적용을 통한 효율적인 유기질소분해 및 바이오차 생산을 기대할 수 있다.

여섯번째, ‘미이용 초목본계 바이오매스 기반 반탄화연료 및 생산설비 모듈화 수출 사업’에서는 소규모 생산설비 모듈화를 통하여 베트남에 지역별로 분산되어 있는 미이용 바이오매스를 재활용할 수 있을 것으로 예상된다.

일곱 번째, ‘친환경 불소 흡착제 활용 수질 개선 사업’에서는 가뭄으로 인한 지하침출수에 불소함량 증가에 따른 피해를 최소화함에 있어 저렴한 친환경 소재를 활용함으로써 지역주민 수용성이 높을 것으로 기대된다.



# 참 고 문 헌

- 과학기술정보통신부(2022), 제5차 과학기술기본계획 2023-2027.
- 과학기술정보통신부 보도자료(2022.6.15.), 제5차 한-아세안 과학기술공동위원회 개최
- 국가과학기술자문회의(2022), 제4차 남극 연구활동 진흥 기본계획( '22~' 26)(안)
- 국가녹색기술연구소(2022), 2021년 기후기술 산업통계, 국가녹색기술연구소
- 김기만 외(2018), 「개도국 기술실증(RD&D)의 의미와 지원방안」, 녹색기술센터
- 김태건(2019). *과학외교를 통한 기후기술 협력활동 개선방안 및 사례연구*(녹색기술센터 연구보고 2019-008).
- 김형주, 전호식, 신종석, 김아영, 주희수, 박기용, 박지애, 윤영(2019). *개도국 기후기술수요 평가체계개발 연구*(녹색기술센터 연구보고 2019-009).
- 박성욱(2018). 국가과학기술지식정보서비스의 경제적 파급효과에 관한 연구: 산업연관분석을 중심으로. *한국기술혁신학회*, 21(4), 1296-1312.
- 박철호, 염성찬, 이구용, 안세진(2020). *한국-인도네시아 국제협력 활성화를 위한 기후기술 R&D 수요 발굴 연구 최종보고서(과제번호 2019M1A2A7083547)*.
- 박철호, 한준, 구지선, 김민경, 김윤역(2016). *녹색기술 중소기업 협력과제 발굴 및 활성화 방안 연구*(녹색기술센터 연구보고. 2016-005).
- 배영자(2015). 한국 과학기술외교를 생각하며, *과학기술정책*, 25(9).
- 송재령, 박동운, 최가영, 김동우, 성민아, 김태운, 이은미(2019). *해외 선진기관과의 기후기술협력 체계구축 기획 연구*(녹색기술센터 연구보고 2019-015).
- 안혜린, 이정재(2011). *개도국과의 과학기술협력 현황 및 향후 방향*(한국과학기술기획평가원 Issue Paper 2011-16).
- [https://www.kistep.re.kr/boardDownload.es?bid=0031&list\\_no=35098&seq=2650](https://www.kistep.re.kr/boardDownload.es?bid=0031&list_no=35098&seq=2650).
- 양리원 외(2021), 「기후기술협력 준비도 분석 프레임워크 개발을 통한 기후재원 연계 방안 연구」, 녹색기술센터
- 오수림, 양리원, 조성하, 황정아(2021). 기후기술협력 준비도 진단 프레임워크 수립을 위한 탐색적 연구, *한국혁신학회지*, 18(3). <https://doi.org/10.46251/INNOS.2021.8.16.3.275>
- 오채운 외(2016), *신기후체제 하에서 기술협력 제도적 방향 - 기술메커니즘을 중심으로*, 녹색기술센터

- 우창화(2020). NTIS (National Science & Technology Information Service) Data를 이용한 분리막 소재산업 경쟁력 향상 및 국가 연구비 지원 효율화에 관한 연구. *멤브레인*, 30(2), 124-130.
- 이상화(2010). 국가연구자등록코드시스템을 통한 NTIS 활성화 방안 연구. *기술혁신학회지*, 13(1), 28-43.
- 전광호, 민승현, 유영수, 하선우(2016). ICT 분야 韓-美간 공동 R&D 추진을 위한 협력방안에 대한 고찰: 제9차 한-미 과학기술공동위원회 內 ‘ICT 분과’ 중심으로. 2016년 *한국통신학회 하계종합학술발표회*.
- 전광호, 유영수, 하선우, 박종계, 박영하(2017). 선진 주요국의 ICT 정책, 기술수준 및 R&D 협력여건을 고려한 ICT 국제 공동 R&D 협력 모델에 대한 연구. *한국통신학회 2017년도 동계종합학술발표회*.
- 정인석, 강지원, 이종덕, 박상민(2023). NTIS 데이터를 이용한 국내 자율주행 연구 동향 분석에 관한 연구. *한국ITS학회논문지*, 22(2), 147-163.
- 정여주, 김정은, 류진석, 양명석, 김대식(2021). NTIS 국가연구개발사업 정보를 활용한 치유농업 국가 R&D 동향 분석. *농촌계획*, 27(3), 85-92.
- 최남석. (2010). *한국의 대외무역지표(정책연구 2010-14)*, 한국경제연구원.
- 최인아, 이재호, 김소은, 최경희(2022). *한-인도네시아 포괄적 미래 협력 방안 연구(세계지역전략연구 22-09)*. 대외경제정책연구원.  
[https://www.kiep.go.kr/galleryDownload.es?bid=0001&list\\_no=10672&seq=1](https://www.kiep.go.kr/galleryDownload.es?bid=0001&list_no=10672&seq=1)
- 한국국제협력단(2022), 「2021년 KOICA 대외무상원조 실적통계」, 2022. 11.
- 한혁(2023). *2023년 IMD 국가경쟁력 분석(KISTEP 브리프 76)*.
- 오수림, 조성하, 양리원(2015). 개도국 기후기술협력 준비도 진단프레임 수립 방향에 대한 연구. *한국기후변화학회지*, 12(5-1), 479-491.
- ADB (2015). “Southeast Asia and the economics of global climate stabilization”.  
<https://www.adb.org/sites/default/files/publication/178615/sea-economics-global-climate-stabilization.pdf>
- ADB (2016). *Capacity Building for the Efficient Utilization of Biomass for Bioenergy and Food Security in GMS: Technical Assistance Completion Report*.  
<https://www.adb.org/projects/documents/efficient-utilization-biomass-for-bioenergy-and-food-security-gms-tcr>

- ADB (2018a). ADB finances first ever utility-scale solar PV plants in Indonesia in \$160 million renewables deal.  
<https://www.adb.org/news/adb-finances-first-ever-utility-scale-solar-pv-plants-indonesia-160-million-renewables-deal>
- ADB (2018b). Indonesia: Muara Laboh Geothermal Power.  
<https://www.adb.org/results/indonesia-muara-laboh-geothermal-power>
- ADB (2019a). ADB mobilizes public, private financing to boost Indonesia's energy sector.  
<https://www.adb.org/news/features/new-wind-farm-electricity-grid-indonesia-clean-energy-access>
- ADB (2019b). ADB, DHD deal to provide first large-scale floating solar PV in Viet Nam.  
<https://www.adb.org/news/adb-dhd-deal-provide-first-large-scale-floating-solar-pv-viet-nam>
- ADB (2019c). GMS Nam Theun 2 hydroelectric project: completion report.  
<https://www.adb.org/projects/documents/lao-37734-013-pcr>
- ADB (2020). Promoting Carbon Capture and Storage in the People's Republic of China and Indonesia: Technical Assistance Completion Report.  
<https://www.adb.org/projects/documents/reg-48282-001-tcr>
- ADB (2022). ADB, BIM Wind sign \$107 million financing package to support wind energy in Viet Nam.  
<https://www.adb.org/news/adb-bim-wind-sign-107-million-financing-package-support-wind-energy-viet-nam>
- ADB (2023). ADB, GreenYellow sign deal for commercial and industrial rooftop solar in Viet Nam.  
<https://www.adb.org/news/adb-greenyellow-sign-deal-commercial-and-industrial-rooftop-solar-viet-nam>
- ASDP (ASEAN Stats Data Portal) (2023). TRade in goods (IMT), annually, HS 2-digit up to 8-digit (AHTN), in US\$. <https://data.aseanstats.org/trade-annually>.
- Burck, J., et al. (2022). *2023 Climate Change Performance Index*, Germanwatch · New Climate Institute · Climate Action Network International.  
<https://ccpi.org/wp-content/uploads/CCPI-2023-Results-3.pdf>
- CAT (Climate Action Tracker). (2022). Viet Nam – Policies & Action.  
<https://climateactiontracker.org/countries/vietnam/policies-action/>
- CTIS (2023). 기후기술 분류체계. <https://www.ctis.re.kr/ko/contents.do?key=1141>.

- Creswell, John W. (2009). *Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, SAGE
- Dovidio, J. F., Gaertner, S. L., & Validzic, A. (1998). Intergroup bias: Status, differentiation, and a common in-group identity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(1), 109-120. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.75.1.109>
- Enerdata (2023). Enerdata database. <https://www.enerdata.net/>
- ETA (Energy Tracker Asia) (2022). The latest PDP8 Vietnam draft – Focus on renewable energy and a drastic CO2 emissions reduction. <https://energytracker.asia/the-latest-pdp8-vietnam-draft-focus-on-renewable-energy-and-a-dramatic-co2-emissions-reduction/>
- GGGI (Global Green Growth Institute) (2022). *Growth Index 2022 – Measuring performance achieving SDG targets*. GGGI Technical Report No. 27, Green Growth Performance Measurement Program, Global Green Growth Institute (GGGI), Seoul, South Korea. <https://greengrowthindex.gggi.org/wp-content/uploads/2023/02/2022-Green-Growth-Index-1.pdf>
- GMI (Global Methane Initiative). (2023). Indonesia methane emissions summary. <https://www.globalmethane.org/partners/detail.aspx?c=indonesia>
- IEA (International Energy Agency) (2020). Levelised Cost of Electricity Calculator. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/levelised-cost-of-electricity-calculator>
- IEA . (2022) *Enhancing Indonesia's Power System*. <https://www.iea.org/reports/enhancing-indonesias-power-system>
- IESR (2022). *Indonesia Energy Transition Outlook 2023: Tracking Progress of Energy Transition in Indonesia: Pursuing Energy Security in the Time of Transition*. [https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2022/12/Indonesia-Energy-Transition-Outlook\\_2023.pdf](https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2022/12/Indonesia-Energy-Transition-Outlook_2023.pdf)
- Indonesia. (2012). *Indonesia's technology needs assessment for climate change mitigations 2012*. <https://tech-action.unepccc.org/wp-content/uploads/sites/2/2013/12/technologynneedsassessment-mitigation-indonesia-13.pdf>
- Indonesia. (2022). *Enhanced nationally determined contribution: Republic of Indonesia*. [https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-09/23.09.2022\\_Enhanced%20NDC%20Indonesia.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-09/23.09.2022_Enhanced%20NDC%20Indonesia.pdf).
- Interagency. (2021). (제36-2호) '21년 국제개발협력 종합시행계획 (확정액 기준). [https://www.odakorea.go.kr/bbs/selectPlanAndResult?searchCnd=3&searchWrd=&menuNo=11052100&bbsId=kor\\_001&pageIndex=2](https://www.odakorea.go.kr/bbs/selectPlanAndResult?searchCnd=3&searchWrd=&menuNo=11052100&bbsId=kor_001&pageIndex=2).

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2022a). *Climate change 2022: Mitigation of climate change - Summary for policymakers*.  
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf)
- IPCC (2022b). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*.  
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>
- IRENA (International Renewable Energy Agency). (2022). *Renewable Power Generation Costs in 2021*.  
<https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>
- ITC (International Trade Centre). (2023). *Trade competitiveness map: Analyse country and product competitiveness with trade flow*.  
<https://tradecompetitivenessmap.intracen.org/TPIC.aspx>.
- Jiang, P. C., Feng, G. F., & Yang, H. C. (2022). New measurement of sovereign ESG index. *Innovation and Green Development*, 1(2), 100009.
- KDI (2022). 한-아세안 R&D 협력으로 신남방 진출 촉진.  
<https://eiec.kdi.re.kr/policy/materialView.do?num=223038&topic=P&pp=20&datecount=&recommend=&pg=>
- KISTEP (2021). 2020년도 하반기 국가연구개발사업 특정평가보고서-국제협력R&D분야, 수탁2021-034.
- KISTEP (2022). 과학기술외교 · 국제협력 스코어보드 및 성과평가체계기반 구축 연구(KISTEP 기관 2022-007).  
[https://kistep.re.kr/reportDownload.es?rpt\\_no=RES0220230004&seq=res\\_0026P@2](https://kistep.re.kr/reportDownload.es?rpt_no=RES0220230004&seq=res_0026P@2)
- Korea (2023). 국가협력전략(CPS).  
[https://www.odakorea.go.kr/ODAPage\\_2022/category04/L05\\_S01.jsp](https://www.odakorea.go.kr/ODAPage_2022/category04/L05_S01.jsp)
- K-stat (2023). 글로벌 무역통계 서비스 K-stat. <https://stat.kita.net/>.
- L.A. Acosta, I. Nzimenyera, R. Sabado Jr., R.M. Munezero, A. Nantulya, K. Shula, S.G.L. Quiñones, H.G.H. Luchtenbelt, T. Czvetkó, S. Lee, and G.P. Adams. (2022). *Green*
- MEMR (2019). Factor GHG emission electricity system 2019.  
[https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download\\_index/files/96d7c-nilai-fe-grk-sistem-ketena-galistrikan-tahun-2019.pdf](https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/96d7c-nilai-fe-grk-sistem-ketena-galistrikan-tahun-2019.pdf)
- MNRE (Ministry of Natural Resources and Environment of Viet Nam). (2020). *Final Report On The Study and Development of Emission Factor (EF) For Vietnamese Electrical Grid in 2018*. [http://vepg.vn/wp-content/uploads/2020/09/Final\\_Report\\_Emission\\_Factor\\_EN.pdf](http://vepg.vn/wp-content/uploads/2020/09/Final_Report_Emission_Factor_EN.pdf)

- Noblet, J-P., Simon, E., & Parent, R. (2011). Absorptive capacity: A proposed operationalization. *Knowledge Management Research & Practice*, 9, 367-377.
- Ockwell, D.G., Watson, J., MacKerron G., Pal, P., & Yamin, F. (2008). Key policy considerations for facilitating low carbon technology transfer to developing countries. *Energy Policy*, 36, 4104-4115.
- Olawuyi, D.S. (2017). From technology transfer to technology absorption: Addressing climate technology gaps in Africa. *Journal of Energy & Natural Resources Law*, 36(1), 61-84.
- PA (Paris Agreement). (2015). Paris Agreement.  
[https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf).
- Sutrisno, Z., Meiritza, A., & Raksajati, A. (2021). Understanding the Potential of Bio-Carbon Capture and Storage from Biomass Power Plant in Indonesia.  
<https://www.ije-pyc.org/index.php/IJE/article/view/99>
- UNDP (2023). Harnessing the Role of Private Sector in Waste Management through South-South and Triangular Cooperation for Inclusive Urbanization.  
<https://www.undp.org/publications/harnessing-role-private-sector-waste-management-through-south-south-and-triangular-cooperation-inclusive-urbanization>
- UNFCCC (2001) Report of the conference of the parties on its seventh session, held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001.  
<http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a01.pdf>.
- UNFCCC (2018). *Decision 15/CMA.1 Technology framework under Article 10, paragraph 4, of the Paris Agreement*.  
[https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018\\_3\\_add2\\_new\\_advance.pdf#page=4](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_new_advance.pdf#page=4).
- UNFCCC (2022). *Policy brief on linkages between technology needs assessment process and nationally determined contributions process*.  
[https://unfccc.int/ttclear/misc\\_/StaticFiles/gnwoerk\\_static/TEC\\_documents/c0cb662d56f54fef8e53d0d1838fa2d7/de6da9e857d145fdbd5b8c2be66fcd26.pdf](https://unfccc.int/ttclear/misc_/StaticFiles/gnwoerk_static/TEC_documents/c0cb662d56f54fef8e53d0d1838fa2d7/de6da9e857d145fdbd5b8c2be66fcd26.pdf)
- Vietnam (2012). Technology needs assessment for climate change mitigation.  
<https://tech-action.unepccc.org/wp-content/uploads/sites/2/2013/12/technologynneedsassessment-mitigation-vietnam-13.pdf>.
- Vietnam (2022). Nationally determined contribution (NDC) (updated in 2022).  
<https://unfccc.int/documents/622541>.



- WB (World Bank). (2009). Indonesia: Bio-gas project keeps pig farm waste from going to waste.  
<https://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/indonesia-bio-gas-project-keeps-pig-farm-waste-from-going-to-waste>
- WB (2013). Pilot plant for biogas production Seini City, Maramures County.  
<https://documents1.worldbank.org/curated/ar/584171468293733111/pdf/E15300v20EIA0B000PUBLIC00Box379856B.pdf>.
- WB. (2015a). The Indonesia carbon capture storage capacity building program: CCS for coal-fired power plants in Indonesia.  
<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/de00a86d-3396-5020-be93-a5fd611d80fa/full>.
- WB (2015b). Biomass resource mapping in Vietnam: Implementation plan.  
<https://pubdocs.worldbank.org/en/392111471599393578/Vietnam-Biomass-Mapping-Phase2-Implementation-Plan-WB-ESMAP-July2015.pdf>.
- WB (2019a). Indonesia: Scaling up geothermal energy by reducing exploration risks.  
<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/09/26/indonesia-scaling-up-geothermal-energy-by-reducing-exploration-risks>.
- WB (2019b). World Bank: Developing sustainable rooftop PV in Vietnam #1259789 HCMC and Danang.  
<https://documents1.worldbank.org/curated/ar/821141584422214541/pdf/World-Bank-Developing-Sustainable-Rooftop-PV-in-Vietnam-HCMC-and-Danang.pdf>.
- WB (2020). Powering up Vietnam with clean and affordable energy: The Trung Son hydropower plant development experience.  
<https://www.worldbank.org/en/results/2020/12/18/powering-up-vietnam-with-clean-and-affordable-energy-the-trung-son-hydropower-development-experience>.
- WB (2021a). Indonesia's first pumped storage hydropower plant to support energy transition.  
<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/09/10/indonesia-s-first-pumped-storage-hydropower-plant-to-support-energy-transition>.
- WB (2021b). Vietnam's offshore wind development roadmap report launch.  
<https://www.worldbank.org/en/events/2021/06/09/vietnam-s-offshore-wind-development-roadmap-report-launch>.

WB (2022). Indonesia' s first sustainability bond by a non-bank financial institution focuses on green and inclusive development.

<https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/07/21/indonesia-s-first-sustainability-bond-by-a-non-bank-financial-institution-focuses-on-green-and-inclusive-development>.

Wolf, M. J, Emerson, J. W., Esty, D. C., de Sherbinin, A., Wendling, Z. A., et al. (2022).

*2022 Environmental Performance Index*. New Haven, CT: Yale Center for

Environmental Law & Policy. <https://epi.yale.edu/downloads/epi2022report06062022.pdf>

Wollenberg, G., Shriver, L. H., & Gates, G. E. (2015). Comparison of disordered eating symptoms and emotion regulation difficulties between female college athletes and non-athletes. *Eat Behav.*, 18, 1-6. doi:10.1016/j.eatbeh. 2015.03.008.



---

아세안 중점협력국 대상 녹색기술협력체계  
구축을 통한 RD&D 협력 아젠다 발굴  
[모듈1: 아세안 중점협력국 녹색기술 RD&D  
아젠다 발굴]

---

인 쇄 | 2023년 12월  
발 행 | 2023년 12월  
발행인 | 이상협  
발행처 | 국가녹색기술연구소  
인쇄처 | 주식회사 동진문화사

---

※ 동 보고서의 내용에 문의 사항이 있는 경우 아래로 연락주시기 바랍니다.

국가녹색기술연구소(NIGT) 글로벌전략센터

· 주소 서울특별시 영등포구 여의나루로 60,  
여의도포스트타워 14층(우 07328)  
· 전화 02-3393-3900  
· 이메일 [nigt@nigt.re.kr](mailto:nigt@nigt.re.kr)

