



[2018-3-RP-001]

신·재생에너지 분야 국제공동연구 현황 분석과 함의

변영호^{1)*} · 박노언¹⁾

Analysis of International Joint Research into New and Renewable Energy Technology

Young Ho Byun^{1)*} · Noeon Park¹⁾

Received 1 December 2016 Revised 29 November 2017 Accepted 15 January 2018

ABSTRACT In this study, we selected the new and renewable energy sector, which is an important investment area in the government R & D investment plan among the technologies designed to cope with climate change and has a high share of international joint research support, to analyze the implications and derive suggestions for strategy enhancement. To this end, we analyzed the share of R & D investment as a function of the type of technology studied in international joint research projects carried out with government subsidy between 2012~2014. The main results are as follows. It was found that these papers match the trends in technology and exchange with countries with active research in new and renewable energy. On the other hand, the extent of cooperation with developing countries and international joint research for the purpose of entering new markets was very limited. In addition, in order to effectively carry out international collaborative research with developing countries, it is necessary to expand the capacity building business, which has exhibited a trend of international cooperation with developing countries in recent years.

Key words New and renewable energy(신·재생에너지), International joint research(국제공동연구), SCI Paper, Social network analysis(사회 연결망 분석), Technology needs assessment(기술수요평가)

1. 서 론

지구온난화 문제는 인류의 생명과 안전을 위협하는 전 지구적 대응이 필요한 글로벌 이슈이자 국제사회의 최우선 해결과제이다. 2015년 12월 프랑스 파리에서 개최된 제21 차 기후변화협약 당사국총회(COP21)에서 출범된 新기후 체제(post-2020)는 전 세계 온실가스 배출량의 86%를 차지하는 국가들이 지구 평균 기온 상승을 2°C미만으로 제한하는 것을 목표로 각국의 노력을 할 것을 약속했다. 특히,

이번 협상은 이전 교토의정서와는 달리 선진국, 개도국의 구분 없이 모든 국가들이 자발적 온실가스 감축목표(INDCs; Intended Nationally Determined Contributions)를 발표하고 이에 대한 이행결과를 매 5년마다 제출하게 된다. 글로벌 온실가스 배출량 세계 1위인 중국은 2030년까지 2005 년 대비 GDP 원단위 60~65% 감축하겠다고 발표하였으며, 세계 2위인 미국은 2025년까지 2005년 대비 26~28% 감축하겠다고 선언하였다. 우리나라도 이러한 추세에 따라 2030년 온실가스 감축목표를 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축하기로 하였다. 이는 국제사회에서 우리나라의 온실가스 감축의지가 강하다는 인식을 심어주게 될 것이다. 그러나 이러한 목표설정은 현재 배출추세를 고려했을 때, 달성

1) Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

*Corresponding author: yhbyun@kistep.re.kr

Tel: +82-2-589-6109

이 쉽지 않은 상황이므로 기술혁신과 글로벌 협력 강화 등을 통해 난황을 타개하는 것이 필요하다. 이를 위해 미국, EU, 중국, 일본, 한국 등 21개 주요국은 혁신미션(Mission Innovation)를 통해 청정에너지 R&D투자규모를 2021년 까지 2016년(150억불/년) 대비 2배 확대하겠다고 선언하였다. 청정에너지기술의 범주는 각국의 현실과 여건을 고려하여 자유롭게 설정되었다. 신재생에너지, 에너지효율화(건물, 수송 등), 전력저장, 원자력, 이산화탄소 포집 및 저장 등 다양한 분야가 제시되었다. 대부분의 회원국들은 신재생에너지 분야를 청정에너지기술에 포함하고 있으며 향후 5년 간 집중 투자할 예정이다. 따라서 본 연구에서는 온실가스 감축과 관련이 높은 기후변화 대응 핵심기술 중 글로벌 중점 투자 분야이자 국제공동연구 지원비중이 높은 신재생에너지 분야를 선정하여 추진현황을 분석하고 전략성을 제시하기 위한 시사점을 도출하였다. 이를 위하여 지난 3년(2012~2014) 간 정부지원금으로 수행된 국제공동연구 과제를 대상으로 세부기술별 R&D투자 비중을 파악하였다. 더불어 신·재생에너지 분야 SCI논문 계재 현황 분석을 통한 선진연구 동향 파악과 개도국들의 수요기술을 파악할 수 있는 UNFCCC CTCN의 TNA(기술수요 평가) 등을 참고하여 개도국과의 협력을 강화해야 할 세부기술 분야를 살펴보았다.

2. 연구방법론

2.1 R&D 투자분석

신·재생에너지 분야 국제공동연구 투자현황은 최근 3년간(2012~2014) 간 정부지원금으로 수행된 국제공동연구 및 국제위탁 연구과제를 대상으로 분석되었다. 연구과제의 목표 및 연구내용을 토대로 신·재생에너지원별(태양전지, 풍력, 연료전지 등) 기술분류를 하였으며, 추가적으로 신·재생에너지융합¹⁾ 및 신·재생에너지기타²⁾를 포함하여 분석하였다. 또한 과제수행연도, 유형(국제공동연구, 국제위탁연구), 참여형태(국제협약, 연구자해외파견, 외국연구자유치, 정보교환) 및 국제공동연구 대상국별 투자현황을 조사하였다.

1) 예) 태양전지+연료전지 등

2) 정책연구, 표준화 및 인증 등

2.2 연구네트워크 분석

신·재생에너지 분야 연구네트워크를 분석하기 위해 Web of Science에서 제공하는 SCI 논문 DB를 이용하였으며, 분석기간은 연구과제 분석기간과 동일한 2012~2014년에 발표된 SCI 논문을 대상으로 하였다. 우선 기술전문가 설문을 통해 신·재생에너지원별 주요 키워드를 도출한 후 논문 초록과 제목에 키워드 검색을 통해 SCI 논문 후보군 DB를 구축하였다. 신·재생에너지원별 기술전문가 재검토를 통해 신·재생에너지 분야 SCI 논문 DB 확정 및 원별 분류를 수행하였다. SCI 논문 제1저자를 기준으로 국가, 연도, 원별 등 양적분석을 실시하였으며, 2015년 5월 기준으로 발표된 논문의 피인용건수를 기반으로 질적 분석을 수행하였다. 이와 함께 新기후체제 출범 이후 개도국과의 기술이전 및 개발의 중요성이 강조됨에 따라 개도국 수요기술 파악을 위해 UNFCCC CTCN의 TNA(기술수요 평가)를 참고하여 개도국 대상 국제공동연구의 추진방향을 모색하였다.

국가 간 연구네트워크는 SCI 논문의 공동저자를 기준으로 분석하였다. 네트워크 분석 소프트웨어인 Netminer4(사이람)를 사용하였으며, 네트워크의 노드(Node)와 링크(Link)는 각각 국가와 논문을 대상으로 하였다. 네트워크 특성을 이해하기 위해 연결정도 중심성(Degree Centrality)³⁾와 매개 중심성(Betweenness Centrality)⁴⁾ 등의 네트워크 지수를 계산하여 특성분석을 실시하였다.

3. 연구결과

3.1 신·재생에너지 분야 국제공동연구 투자현황

최근 3년 간 신·재생에너지 분야에 투입된 국제공동연구 및 국제위탁연구 총 투자 규모는 622억 원이며, 2014년도 R&D투자규모는 289억 원으로 전년대비 85.5% 증액되었다. 유형별로 살펴보면 국제공동연구의 투자비중이 총투자

3) 네트워크를 구성하는 노드(국가)와, 이 노드와 직접적으로 연결된 다른 노드(국가)들과의 연결 정도를 측정하여, 각 노드(국가)가 네트워크에서 얼마나 중심에 위치하는지 나타내는 지표로, 하나의 노드(국가)가 많은 연결고리를 가질수록 중심성이 높게 나타남

4) 해당 노드(국가)의 중계자 역할정도를 나타내는 지표. 다른 노드(국가)간의 최단 경로에 많이 포함될수록 중심성이 높아지며, 매개 중심성이 클 경우 네트워크 내 의사소통의 흐름에 영향을 줄 소지가 많음

의 94.7%로 대부분을 차지하고 있으며, 참여형태는 외국인연구자유치(76.7%)의 투자비중이 가장 높았다.

신·재생에너지원별 국제공동연구(위탁연구 포함) 투자비중을 살펴보면, 바이오매스 투자비중이 37.7%로 가장 높으며, 그 다음으로 연료전지(25.4%) 및 태양전지(23.1%), 풍력(7.3%) 등의 순으로 나타났다. 상위 4개 기술의 투자비중 합계가 93.5%로 국제공동연구 투자의 대부분을 차지하고 있었다.

신·재생에너지 분야에서 우리나라와 국제공동연구를 수행하고 있는 대상국 수는 총 28개이며, 미국과 캐나다와의

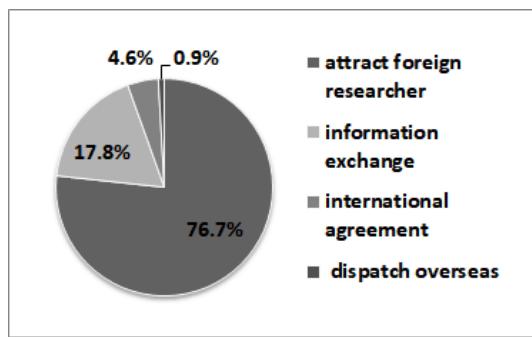


Fig. 1. R&D Investment portion of international joint research on new and renewable energy by participation type (2012~2014)

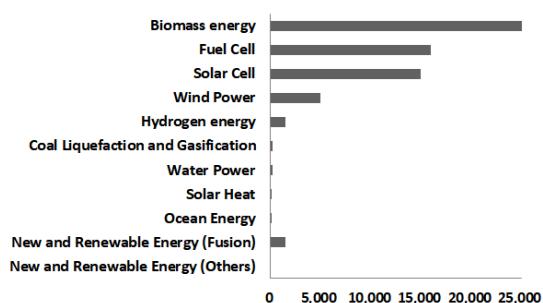
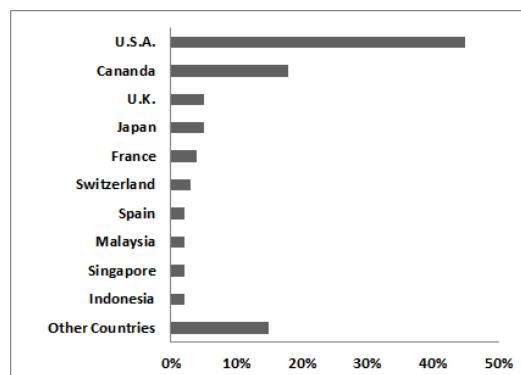


Fig. 2. R&D Investment of international joint research by new and renewable energy source (2012~2014)

Table 1. Investment scale of International joint/ commissioned research on new and renewable energy (2012~2014)
(unit : 1 milion won)

	International joint research	International commissioned research	Total
2012	16,595	1,109	17,704
2013	14,317	1,250	15,567
2014	27,973	910	28,883
총합계	58,885	3,268	62,153

국제공동연구 투자비중이 각각 43.7% 및 17.6%로 1위 및 2위를 차지하고 있었다. 선진국 중에서는 미국, 캐나다, 영국 및 일본 등과의 국제공동연구 투자비중이 높았고, 개도



※ Other Countries : Italy, Germany, Thailand, Netherlands, Costa Rica, Denmark, New Zealand, Nepal, India, China

Fig. 3. R&D Investment portion of international joint research on new and renewable energy by country (2012~2014)

Table 2. Top 3 countries of international joint research by new and renewable energy source (2012~2014)
(unit : %)

New and renewable energy source	Top 3 countries of international joint research (Investment scale)		
Biomass Energy	Canada (36.4)	U.S.A. (24.6)	Malaysia (7.2)
Fuel cell	U.S.A. (68.7)	Spain (9.1)	U.K. (8.9)
Solar cell	U.S.A. (41.3)	Japan (11.1)	France (9.1)
Wind Power	U.S.A. (81.1)	Denmark (12.3)	Spain (6.6)
Hydrogen energy	Switzerland (44.1)	U.S.A. (42.7)	New Zealand (3.7)
Coal liquefaction and gasification	U.K. (56.6)	U.S.A. (43.4)	-
Water Power	Kyrgyzstan (100.0)	-	-
Solar Heat	Germany (71.4)	U.S.A. (21.4)	U.A.E. (7.1)
Ocean Energy	U.S.A. (100)	-	-
New and Renewable Energy (Fusion)	Canada (89.0)	Nepal (6.8)	U.S.A. (4.1)
New and Renewable Energy (Others)	Cambodia (100)	-	-

국 중에서는 말레이시아(2.7%), 인도네시아(2.3%) 등이 높게 나타났다. 개도국 상위 2개국과의 국제공동연구는 바이오매스 분야에서 우리나라가 해외시장 진출을 위해 활발히 추진되고 있음을 알 수 있었다.

3.2 신·재생에너지 분야 연구네트워크 현황

3.2.1 신·재생에너지 SCI논문 게재현황

최근 3년(2012~2014) 간 신·재생에너지 분야 SCI논문 게재건수는 18,642건(2012년)에서 28,447건(2014년)으로 연평균 23.5% 증가하였다. 신·재생에너지원별 SCI논문 게재건수를 살펴보면, 태양전지 분야가 총 논문건수의 28%로 가장 많으며, 바이오매스(17.1%), 연료전지(10.3%) 등의 순으로 나타났다. 그리고 신재생에너지융합기술 분야의 SCI논문 게재건수도 지속적으로 증가 추세이다. 우리나라(1 저자 기준)에서 발표된 SCI논문 게재건수는 1,310건(2012년)에서 1,984건(2014년)으로 연평균 23.1% 증가하고 있으며, 원별 게재건수는 태양전지(54.1%), 연료전지(16.1%), 바이오매스(11.5%) 등의 순으로 글로벌 현황과 비교 시 태

양전지 분야 SCI논문 발표건수 비중이 상대적으로 높게 나타났다.

최근 3년 간 총 134개국에서 신재생에너지 분야 SCI논문을 발표(1저자 기준)하였으며, 중국이 총 발표논문의 21.5%를 계재함으로서 세계 1위를 차지하였다. 그 다음으로 미국(14.2%), 한국(6.9%), 일본(4.7%), 독일(4.3%) 등의 순으로 나타났다. 개도국 기준(IMF 기준)으로 살펴보면, 인도(4.3%, 세계 6위)가 신·재생에너지 분야 SCI논문을 가장 많이 발표하고 있으며, 그 다음으로 이란(1.8%, 세계 14위), 브라질(1.6%, 세계 15위), 터키(1.4%, 세계 16위), 말레이시아(1.0%, 세계 20위) 등의 순으로 나타났다.

3.2.2 신·재생에너지 연구네트워크 현황

신·재생에너지 분야의 국가 간 국제공동연구는 주로 미국, 중국 및 독일이 연구네트워크 중심에 있으며, 영국, 일본, 한국, 대만 등과 협력네트워크가 활발한 것으로 나타났다. 한국의 경우 미국과 연구네트워크가 가장 활발하며, 중국, 인도, 사우디아라비아 등 아시아 지역 국가들과도 연구네트워크를 구성하고 있었다. 한국의 연구기관 간 연구네트워크는 지리적 특성이 많이 반영된 것으로 나타났다. 서울에 위치한 한국과학기술연구원(KIST)와 고려대학교 간 연구네트워크가 활발하며, 대전에 위치한 한국에너지기술연구원(KIER) 및 한국과학기술원(KAIST) 간 협력연구가 활발하였다. 또한 전남대학교와 Shivaji 대학(인도)과의

Table 3. The number of SCI papers published by new and renewable energy source (2012~2014)

	International			Korea		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Solar cell	6,408	7,742	9,883	726	820	1,109
Biomass Energy	3,935	4,950	5,835	115	214	237
Fuel cell	2,759	2,772	3,328	252	255	282
Hydrogen energy	1,467	2,749	3,027	84	134	135
Waste Energy	1,493	1,821	2,218	40	49	60
Wind Power	1,047	1,327	1,549	45	65	74
Solar Heat	381	821	822	5	12	21
Coal Liquefaction and Gasification	416	548	612	16	27	30
Ocean Energy	269	362	441	14	15	19
Geothermal Energy	208	406	289	8	12	4
Water Power	82	146	114		1	1
New and Renewable Energy (Fusion)	153	252	298	5	11	12
New and Renewable Energy (Others)	24	35	31		2	

Table 4. The number of SCI papers published in the top 20 Countries on new and renewable energy field (2012~2014)

Rank	Region	Share	Rank	Share	점유율 (%)
1	China	21.5	11	Canada	2.4
2	U.S.A.	14.2	12	France	2.3
3	Korea	6.9	13	Australia	2.0
4	Japan	4.7	14	Iran	1.8
5	Germany	4.3	15	Brasil	1.6
6	India	4.3	16	Turkey	1.4
7	Taiwan	3.5	17	Sweden	1.2
8	Spain	3.1	18	Singapore	1.1
9	Italy	3.0	19	Netherlands	1.1
10	U.K.	2.5	20	Malaysia	1.0

연구네트워크도 상대적으로 높게 나타났다. 한국과 연구네트워크를 구축하고 있는 국가들의 네트워크 지수(중심성 및 매개 중심성)를 산정한 결과 미국과 일본이 가장 높은 값을 나타내고 있어 한국과의 연구네트워크에 있어 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있었다. 한국과의 연구네트워크 구축에 있어 개도국의 역할을 살펴보면, 사우디아라비아 및 인

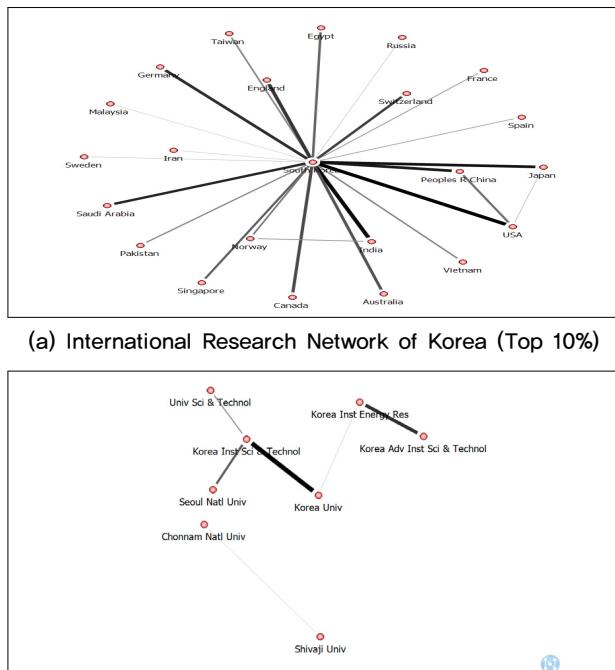


Fig. 4. Research Network of Korea on new and renewable energy field (2012~2014)

Table 5. Top 10 Centrality and Betweenness Centrality Index of International Research Network of Korea on new and renewable energy field (2012~2014)

Rank	Centrality Index	Rank	Betweenness Centrality Index
1	U.S.A.	1	U.S.A.
2	Japan	2	Japan
3	China	3	Saudi Arabia
4	Saudi Arabia	4	Germany
5	Germany	5	U.K.
6	U.K.	6	China
7	India	7	India
8	Canada	8	Switzerland
9	France	9	Canada
10	Switzerland	10	France

도와의 연구네트워크에서 상대적으로 높은 중심적인 역할을 하고 있는 반면, 국제공동연구 투자비중이 상대적으로 높은 말레이시아와 인도네시아는 매개 중심성 세계 순위가 각각 20위 및 34위를 나타냈다.

3.3 신재생에너지 분야 개도국 수요기술 현황

3.3.1 말레이시아

말레이시아는 개도국 중 최근 3년간 한국과의 신재생에너지 분야 국제공동연구 투자비중이 가장 높은 나라로, 정부의 국제공동연구 추진에 있어 매우 중요한 국가이다. 말레이시아는 2015년에 발표한 ‘11차 말레이시아 개발계획’을 통해 2020년까지 신재생에너지 전원 비중을 7.8%(2,080 MW)까지 늘리는 신재생에너지원 개발 계획을 수립했다. 신재생에너지원별 발전 설비 확충 용량은 바이오매스 38%, 소수력 24%, 고형폐기물 17%, 바이오가스 12%, 태양광 9%로 구성될 예정이다. 말레이시아의 신재생에너지 시장은 현재까지 소형 태양광 위주로 개발되어 왔으나 향후 대용량 태양광부터 바이오매스, 소각로 발전 등 다양한 에너지원과 대용량 발전 사업을 장려하는 방향으로 추진 될 것으로 예상된다. 말레이시아 정부는 신재생에너지 부문 투자 증대를 위해 FIT제도를 2011년부터 시행해 왔으며, 이를 보완한 NEM(Net Energy Metering, 요금상계거래)제도를 통해 신재생에너지 발전을 지원할 계획이다. NEM 제

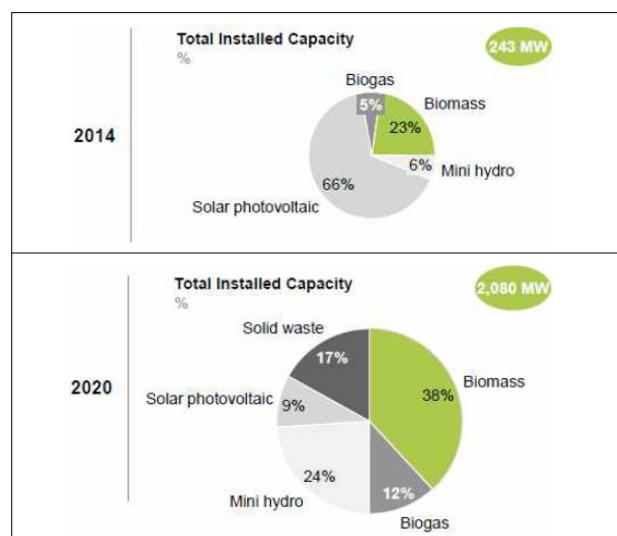


Fig. 5. Development goal of Malaysia Plan (2016~2020) on renewable energy source

도는 태양광발전 시스템으로 생산된 전력 잉여분을 국영 전력기업에 판매하는 제도로 2017년부터 시행되며, 자가소비용 태양광 발전에 매년 100MW의 쿼터를 설정하여 2020년까지 총 200MW를 할당하는 것이 목표이다. 따라서 한국의 태양광 관련 기업들이 진출할 적기이며, 고효율 제품이나 비용절감형 플랜트로 시장 진출을 모색해야 할 것이다. 정부는 말레이시아의 태양광 시장을 주목할 필요가 있으며, 국제공동연구를 추진함에 있어서는 2020년경에 가장 큰 비중을 차지할 신재생에너지원인 바이오매스, 소수력 분야에 관심을 기울일 필요가 있다.

3.3.2 인도네시아

인도네시아는 개도국 중 최근 3년간 한국과의 국제공동연구의 투자비중이 말레이시아에 이어 두 번째로 높은 국가이며, 바이오매스 분야를 중심으로 추진 중이다. 바이오매스가 현재 인도네시아의 신재생에너지 발전용량 중 큰 비중을 차지하고 있으나, 최근 인도네시아에서는 지리적 난점을 극복할 수 있고, 대규모 설비가 필요하지 않은 태양에너지에 대한 관심이 증대되고 있다. 실제로 신재생에너지 발전 프로젝트 중 태양에너지 관련 비중이 높으며, 인도네시아 전력공사(PLN)의 「Vision 25/25」의 일환으로 진행되는 「Solar Home System」과 최근 발표된 「3,500MW Indonesia」의 힘입어 태양에너지 산업 발전이 가속화될 전망이다. 태양에너지에 대한 인도네시아의 수요는 UNFCCC CTCN TNA

보고서에서도 확인할 수 있다. 인도네시아의 UNFCCC CTCN TNA 상의 에너지 분야 수요기술을 살펴보면 공공수송기술 향상, CNG, 태양전지 등이 높은 순위를 차지했으며, 바이오매스는 가장 낮은 순위 중 하나였다. 인도네시아 정부는 2025년까지 1,000MWp(megawatts peak)의 PV 용량을 확보하는 내용의 목표를 설정한 바 있으나, 지방 정부 관계자, 기업 및 금융 기관의 기술 이해도 부재 및 상대적으로 높은 PV 가격으로 인한 어려움을 겪고 있다. 향후 인도네시아와의 국제공동연구 추진 시 태양에너지 분야의 협력을 강화한다면 온실가스 감축에 기여하고, 새로운 시장 창출을 위한 기회가 될 수 있을 것이다.

3.3.3 태국

태국은 에너지 수입 의존도가 높으며, 천연가스를 통한 발전비중이 대부분을 차지하고 있는 나라이다. 향후 10년 이내에 고갈될 것으로 보이는 천연가스의 비중을 40% 이하로 낮추고, 신재생에너지를 통한 발전 비중을 높일 예정이다. 2015년에 태국 에너지부에서 발표한 대체에너지개발계획(Alternative Energy Development Plan, 2015~2036)의 에너지 생산계획에 따르면 태양광, 풍력, 바이오매스 등의 생산량을 확대할 예정이며, 발전차액 제도 등을 통해 신재생에너지 보급에 힘쓰고 있다. 그 결과 태양에너지 발전은 2016년 기준으로 목표량을 초과 달성하였으며, 풍력, 바이오매스 등은 목표 대비 달성을 낫은 상황이다. 이에 따라 향후 태국 정부의 신재생에너지 발전의 초점은 바이오매스 및 바이오가스, 풍력 등에 맞춰질 것으로 예상된다. 대체에너지개발계획에서도 폐기물에너지(열병합), 바이오매스를 대체생산에너지 관련 우선순위로 설정하였다. 우리나라와 태국은 주로 바이오에너지 및 폐기물 분야에서

Table 6. Priority Demand of GHG Reduction Technology in Indonesia (2012)

Technology	Score
Solar cell	82.0
Wind Power	61.9
Integrated Gasification Combined Cycle	74.7
Geothermal Energy	76.9
Biomass Energy	62.2
Nuclear Power	67.5
steam supply and power generation	70.8
Electric Vehicle	72.0
Pump and Fan System	70.0
Intelligent transportation system	74.7
Improvement of Public Transportaiton	85.7
CNG	83.2

Table 7. New Renewable Energy Development Status in Thailand ('16 December)

(Unit : MW)

Energy Source	Runing Operation	Goal 2016
Solar energy	2,655.9	1,679.0
Others*	6,213.1	6,864.1
Total	8,869.0	8,543.1

* Biomass Energy, Biogas Energy, Waste Energy, Small hydro power, Wind Power

국제공동연구를 진행하고 있어, 해당 분야의 R&D를 지속하고 확대해 나간다면 향후 좋은 성과를 거둘 수 있을 것으로 예상된다.

3.3.4 캄보디아

우리나라와 캄보디아의 국제공동연구 투자규모는 개도국 중에서 높은 편에 속하며, 태국과 비슷한 규모를 투자하고 있다. 캄보디아는 2007년에 발표한 ‘2008~2021 캄보디아 전력개발 계획(Cambodian Power Development Plan)’을 바탕으로 국가 에너지 정책을 추진하고 있으며, 2020년 까지 캄보디아 시골에 100% 전력 공급을 목표로 삼고 있다. 이를 달성하기 위해 소수력, 바이오매스 등의 신재생에너지를 이용할 예정이며, ‘2014~2018 국가전략개발계획’ 및 UNFCCC에 제출한 ‘자발적 감축목표’에 신재생에너지원 개발 및 활용을 중진하겠다는 정책 목표가 포함되어 있다. 이러한 캄보디아의 정책 및 계획에 따라 지속적인 전력 수요 증가가 예상되며, 신재생에너지 분야의 수요도 빠르게 증가할 것으로 예상된다. 특히, 신재생에너지를 통한 캄보디아의 전력생산은 거의 대부분이 수력으로 이루어지고 있기 때문에 향후 우리나라는 소수력, 바이오매스 분야 등에서 국제공동연구를 추진을 모색하는 것이 효과적일 것이다.

4. 결 론

기후변화 대응 분야 중 신재생에너지 기술은 화석연료대체 분야에서 향후 CO₂ 배출량을 줄이는데 가장 큰 비중을 차지할 것이다. 2015년 파리에서 출범한 신기후체제로 인

해 국가 간의 협력은 더욱 중요해지고 있다. 우리나라 정부는 최근 3년(2012년~2014년) 사이 신재생에너지 분야에서 국제공동연구를 꾸준히 진행하고 있었으며, 미국을 중심으로 기술선진국과의 교류는 많았으나, 개도국들과의 교류는 활발하지 않았다. 참여형태별로는 외국연구자 유치가 76.7%로 대부분을 차지한 반면, 국내연구자의 해외파견은 0.9%로 매우 미진한 것으로 나타났다. 세부기술별 투자비중은 바이오매스가 37.7%로 가장 높았으며, 연료전지(25.4%), 태양전지(23.1%) 분야 등도 높은 비중을 차지하였다. 최근 3년(2012~2014) 신·재생에너지 분야 SCI논문 게재 현황을 살펴보면, 전체 게재 건수 중 가장 많은 비중을 차지한 기술 분야는 태양전지(28%)였으며, 바이오매스(17.1%), 연료전지(10.3%) 분야가 그 뒤를 이었다. 우리나라에서 발표된 신재생에너지 분야 SCI 논문 역시 태양전지, 바이오매스, 연료전지 분야의 비중이 높았으나, 태양전지 분야의 비중이 54.1%로 매우 높게 나타났다. 국가별로는 중국이 21.5%로 1위였고, 미국(14.2%), 한국(6.9%) 등이 높은 비중을 차지하였다. 신재생에너지 분야 연구 네트워크를 살펴보면 미국과의 네트워크가 가장 활발했으며, 일본, 중국 등 지리적으로 가까운 국가들과 상대적으로 강한 네트워크를 형성하고 있었다. 우리나라의 신재생에너지 분야 정부 국제공동연구 현황과 SCI 논문 게재 현황, 연구 네트워크를 비교한 결과, 신재생에너지 분야에서 연구가 활발한 국가나 기술 분야의 트렌드와 부합하는 것을 알 수 있었다. 반면에, 개도국들과의 협력 및 신시장 진출을 위한 국제공동연구는 매우 미진하며 추진전략도 부재한 상황이다. 우리나라는 주로 말레이시아, 인도네시아, 태국, 캄보디아 등의 개도국들과 국제공동연구를 추진 중인데, 규모도 작지만 국가별 추진 전략이 부재하다고 판단된다. 예를 들어 인도네시아의 경우, 주로 바이오매스 분야에만 공동연구를 추진 중인 반면에 인도네시아는 태양에너지에 대한 기술 수요가 높은 것을 확인할 수 있었다. 또한 말레이시아도 태양에너지 분야가 각광을 받고 있는데 우리나라와의 국제공동연구는 최근 3년간 이루어지지 않았다. 태국과 캄보디아의 경우에는 최근까지 국제공동연구를 추진 중인 바이오매스와 폐기물 분야에서 협력을 강화한다면 효과적일 것이다. 향후 개도국과의 국제공동연구 추진 시, 해당국가의 니즈를 고려하여 협력기술을 다변화하고, 개도국을 대상으로 연구자 파견

Table 8. Cambodia's strategy for using renewable energy sources

Energy Source	Usage Strategy
Large Hydro Power	Increasing power supply at national level
Small hydro power, Solar energy, Biomass Energy, Biogas Energy	Focused on rural power generation projects
Wind Power·Geothermal Energy and other energy source	Potential capacity is not large, but development centered on applicable areas

형태로 추진하는 것이 강화되어야 할 것이다. 정부 R&D 사업 추진상의 저해요인으로는 출연연을 비롯한 수행기관들의 경험부족과 국가 간 상이한 행정체계 등이 가장 크다고 할 수 있을 것이다. 최근 들어 국제개발협력의 패러다임이 지속가능개발목표(SDGs)로 전환되고 있어 기후변화대응과 관련된 역량강화 연구가 확대·변화되고 있는 추세이다. 초기에 단순 개발원조 형태에서 최근에는 수원국들의 인적 자원 개발과 연계하여 기술이전 및 교육훈련을 강조하는 기술협력의 단계로 변화되었다. 미국과 유럽의 선진국들은 World Bank, ADB 등 MDB(다자개발은행)들의 재정적 지원을 통해 이미 오래전부터 수원국들의 기술 수요를 파악하고 수요에 맞춘 기술교육이나 이전을 진행해오고 있다. 또한 UNDP와 같은 국제기구 산하 기관들은 다년간 구축된 자원과 경험을 바탕으로 역량강화 프로그램을 보다 효과적으로 지원하고 있다. 이러한 추세에 따라 정부 출연연을 비롯한 국내기관들도 개도국 대상의 역량강화 사업들을 확대해나가고 있으나 대부분이 포럼, 워크숍 같은 형태로 일회성에 그치는 경우가 많다. 보다 효율적으로 개도국과의 국제공동연구를 추진하기 위해서는 역량강화 형태의 국제협력의 지속적인 추진이 필요하며, 이를 위해서는 체계적인 관리 시스템과 협력채널의 다양화 등이 요구된다. 또한 개도국과의 국제공동연구에 대한 정부의 재정지원은 한계가 있으므로 GCF나 MDB들의 지원을 받는 재원의 다양화가 필요하다. 우리나라는 몇몇의 정부기관들만이 이러한 재원을 이용해본 경험이 있을 뿐, MDB 사업들의 참여율은 다소 낮은 편이다. 정부의 국제공동연구사업의 Bottom-up 수요가 거의 없을 정도로 역량 있는 기업들이 부재한 실정이다. GCF, MDB 등의 재원으로 개도국과의 국제협력을 확대해나가기 위해 국내 기업들의 역량강화를 위한 정책적 지원이 필요하다. 마지막으로 국제공동연구 수행에 있어 국가 간 상이한 행정체계(서식, 사업관리 방식 등)로 인해 애로를 호소하는 사례들이 있으므로 연구자 편의 중심의 행정체계 개선이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 한국과학기술기획평가원 연구과제(기후변화 대

응 R&D 전략성 강화를 위한 통합적 접근방법 연구, 2016년) 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- [1] Noeon Park, Gabi Cho, 2016, "Study on the Improvement of Investment Efficiency through Analysis of Current Status of Climate Change Technologies", KISTEP, Korea.
- [2] "Indonesia's technology needs assessment (for Climate Change Mitigations)", 2012, National Council for Climate Change, Indonesia.
- [3] "Vietnam's technology needs assessment (for Climate Change Mitigations)", 2012, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam.
- [4] "Technology needs assessment report for Climate Change (Mitigation)", 2012, National Science Technology and Innovation Policy Office, Thailand.
- [5] "Strategy for the development of clean energy technology to cope with climate change and create new industry", 2016, National Science and Technology Council, Korea.
- [6] "Research and Analysis of National R & D Project in 2015", 2016, National Science and Technology Council, Korea.
- [7] "Alternative Energy Development Plan 2015~2036", 2015, Ministry of Energy, Thailand.
- [8] "Developing country Energy Analysis Report of Developing country", 2016, Korea Energy Agency.
- [9] "Malaysia Plan (2016~2020)", 2015, Federal Government Administrative Centre, Malaysia.
- [10] Hyun-Goo Kim, Chang Ki Kim, Yong-Heack Kang, Na-He Lee, Woonho Baek, Ki-Dong Yoon, 2017, "Consideration on Strategic Direction of Official Development Assistance Through Status and Needs Survey on Renewable Energy of Pacific Island Countries", New & Renewable Energy, 13(2), 69-77.
- [11] Moon Jung Kang, Dong Un Park, Jisu Han, Hyun Woo Shin, 2017, "Partnership evolution in the Clean Development Mechanism and its implications for the Paris Agreement", New & Renewable Energy Conference, 141.