



2015 재생에너지현황보고서



발행 : 한국에너지공단 신재생에너지센터
번역 : 한국신·재생에너지학회 녹색에너지전략연구소

REN21

STEERING COMMITTEE

INDUSTRY ASSOCIATIONS

Ernesto Macias Galan
Alliance for Rural Electrification (ARE)
Todd Foley
American Council on Renewable Energy (ACORE)
Li Junfeng
Chinese Renewable Energy Industries Association (CREIA)
Kane Thornton
Clean Energy Council (CEC)
Rainer Hinrichs-Rahlwes
European Renewable Energies Federation (EREF)
Steve Sawyer
Global Wind Energy Council (GWEC)
Marietta Sander
International Geothermal Association (IGA)
Richard Taylor
International Hydropower Association (IHA)
Heinz Kopetz
World Bioenergy Association (WBA)
Stefan Gsanger
World Wind Energy Association (WWEA)

INTERNATIONAL ORGANISATIONS

Bindu Lohani
Asian Development Bank (ADB)
Piotr Tulej
European Commission (EC)
Robert K. Dixon
Global Environment Facility (GEF)
Paolo Frankl
International Energy Agency (IEA)
Adnan Z. Amin
International Renewable Energy Agency (IRENA)
Marcel Alers
United Nations Development Programme (UNDP)
Mark Radka
United Nations Environment Programme (UNEP)
Pradeep Monga
United Nations Industrial Development Organisation (UNIDO)
Anita Marangoly George
World Bank

NGOs

Irene Giner-Reichl
Global Forum on Sustainable Energy (GFSE)
Sven Teske
Greenpeace International
Emani Kumar
ICLEI – Local Governments for Sustainability, South Asia
Tetsunari Iida
Institute for Sustainable Energy Policies (ISEP)
Tomas Kaberger
Japan Renewable Energy Foundation (JREF)
Ibrahim Togola
Mali Folkecenter / Citizens United for Renewable Energy and Sustainability (CURES)
Harry Lehmann
World Council for Renewable Energy (WCRE)
Athena Ronquillo Ballesteros
World Resources Institute (WRI)
Rafael Senga
World Wildlife Fund (WWF)

MEMBERS AT LARGE

Michael Eckhart
Citigroup, Inc.
Mohamed El-Ashry
United Nations Foundation
David Hales
Second Nature
Kirsty Hamilton
Chatham House
Peter Rae
REN Alliance
Arthouros Zervos
National Technical University of Athens (NTUA)

NATIONAL GOVERNMENTS

Mariangela Reboa de Andrade Simoes
Brazil
Hans Jørgen Koch
Denmark
Tania Rodiger-Vorwerk / Karsten Sach
Germany
Tarun Kapoor
India
Øivind Johansen
Norway
David Perez
Spain
Paul Mubiru
Uganda
Thani Ahmed Al Zeyoudi
United Arab Emirates
Nick Clements
United Kingdom

SCIENCE AND ACADEMIA

Nebojsa Nakicenovic
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
David Renne
International Solar Energy Society (ISES)
Kevin Nassiep
South African National Energy Development Institute (SANEDI)
Rajendra Pachauri
The Energy and Resources Institute (TERI)

EXECUTIVE SECRETARY

Christine Lins
REN21

목 차

REN21 : 21세기를 위한 재생에너지 정책 네트워크	7
감사의 글	9
요약	13
2014년 재생에너지 지표	18
상위 5위 국가들	19
01 전세계 개괄	31
전력부문	37
냉난방부문	43
수송부문	46
02 시장과 산업 동향	53
바이오매스 에너지	55
지열발전과 난방	70
수력	77
해양에너지	82
태양광발전(PV)	88
집광형 태양열발전(CSP)	99
태양열난방	104
풍력	113
03 투자동향	125
경제지역별 투자	126
기술별 투자	130
유형별 투자	131
재생에너지 투자전망	133
투자재원	133
2015년 초 투자동향	134
04 정책지형	137
전력생산	138
냉난방	148
수송	154
도시와 지방정부	156
05 에너지 접근성 향상을 위한 분산형 재생에너지	166
농촌지역의 에너지접근성 현황	167
분산형 재생에너지기술	169
정책개발	172
재원마련과 투자	178
비즈니스모델	180
06 에너지효율성 : 재생에너지의 양대 기둥	185
건물과 전자기기	189

수송	191
산업	193
에너지효율성향상 정책	194
재생에너지-에너지효율성 연계향상 정책	197
07 특집 : 재생에너지를 이용한 기후변화 적응	201
재생에너지로 복원력 높이기	202
에너지서비스의 공급을 보장해주는 재생에너지	204
전망	205

표 목 차

표 1. 전세계 재생에너지원별 직간접 고용창출 현황 추정	51
표 2. 재생에너지 기술현황(특징, 비용)	122
표 3. 재생에너지 지원정책	161
표 4. 생산적인 에너지서비스와 경제발전을 위한 분산형 재생에너지	172
표 R1. 전세계 재생에너지 용량과 바이오연료생산량(2014년)	207
표 R2. 전세계 재생에너지 전력 용량, 상위지역/국가(2014년)	208
표 R3. 전세계 우드펠릿 거래량(2014년)	209
표 R4. 전세계 바이오연료생산량, 상위 16개국과 EU-28(2014년)	210
표 R5. 전세계 지열 발전용량과 증가분, 상위 6개국(2014년)	211
표 R6. 전세계 수력발전 총용량과 증가분, 상위 6개국(2014년)	212
표 R7. 전세계 태양광발전총용량과 증가분, 상위 10개국(2014년)	213
표 R8. 집광형태양열발전 세계총용량과 증가분(2014년)	214
표 R9. 태양열온수 집열기 세계 총 용량과 증가분, 상위 12개국(2013년)	215
표 R10. 풍력발전 세계총용량과 증가분, 상위 10개국(2014년)	216
표 R11. 전세계 재생에너지 투자동향(2004년~2014년)	217
표 R12. 1차에너지와 최종에너지에서 재생에너지가 차지하는 비중, 2012/2013년 현황과 목표치	218
표 R13. 전력생산에 있어서 재생에너지의 비중, 2013년 현황과 목표치	221
표 R13. 목표를 수립하지 않은 국가의 전력생산 중 재생에너지 비중 현황(2013년)	222
표 R14. 현대식 재생에너지 기술로 충족하는 냉난방 비중, 2013년 현황과 목표치	223
표 R15. 기타 재생에너지 목표치	224
표 R16. 기준가격구매정책을 시행하는 국가/주/지방의 누적 수치	231
표 R17. 할당제 정책을 시행하는 국가/주/지방의 누적 수치	233
표 R18. 국가와 주/지방의 바이오연료혼합의무규정	234
표 R19. 시와 지방의 재생에너지 정책: 일부 사례	235
표 R20. 지역과 국가별 전력보급률	237
표 R21. 전통적 바이오매스로 취사하는 인구	241
표 R22. 분산형 재생에너지 및 설치용량 : 일부사례	243
표 R23. 에너지접근성을 높이기 위한 프로그램: 일부 사례	249
표 R24. 에너지접근성을 향상시키기 위한 네트워크: 일부 사례	251

그림 목 차

그림 1. 세계최종에너지소비량 중 재생에너지가 차지하는 대략의 비중, 2013년	33
그림 2. 재생에너지용량과 바이오연료 생산량의 연평균증가율, 2009년 말~2014년	34
그림 3. 전세계전력생산에서 재생에너지가 차지하는 비중, 2014년 말	41
그림 4. 세계, EU-28개국, BRICS, 상위 7개국의 재생에너지 발전용량, 2014년.	44
그림 5. 재생에너지 일자리 현황	52
그림 6. 바이오에너지 전환경로	54
그림 7. 전세계 목재펠릿 거래흐름(2014년)	58
그림 8. 전세계 열과 전력생산에서 바이오매스 에너지원 비중(2014년)	61
그림 9. 에탄올, 바이오디젤, HVO 세계 생산(2000년~2014년)	61
그림 10. 국가별, 지역별 목재펠릿 세계 생산(2000년~2014년)	61
그림 11. 전세계 바이오 공급원료 가격(2005년~2014년 월별)	69
그림 12. 지열발전 신규 설비용량, 국가별 신규용량 비중(2014년)	72
그림 13. 지열 누적 설비용량과 신규 설비용량(2014년)	72
그림 14. 전세계 수력 발전용량과 상위 6개국이 차지하는 비중(2014년)	77
그림 15. 전세계 수력신규 설비용량, 상위 6개국이 차지하는 비중(2014년)	77
그림 16. 전세계 태양광 발전용량(2004년~2014년)	91
그림 17. 전세계 태양광 누적 설비 및 신규용량, 상위 10개국(2014년)	91
그림 18. 전세계 집광형태양열발전 국가별, 지역별 용량(2000년~2014년)	101
그림 19. 전세계 태양열 온수 용량, 상위 10개국이 차지하는 비중(2013년)	107
그림 20. 전세계 태양열 온수 신규용량, 상위 10개국(2013년)	107
그림 21. 전세계 태양열 온수 용량(2004년~2014년)	107
그림 22. 전세계 풍력 발전용량(2004년~2014년)	115
그림 23. 상위 10개국 풍력 발전용량과 추가용량(2014년)	115
그림 24. 상위 10개 풍력터빈 제조업체의 시장지분(2014년)	115
그림 25. 전세계 재생에너지 발전과 연료분야 투자 흐름(2004년~2014년)	126
그림 27. 세계 재생에너지 신규투자 동향(2014년)	132
그림 28. 재생에너지정책과 목표치가 있는 국가들, 2015년 초.	142
그림 29. 재생에너지정책과 목표치가 있는 국가들, 2005년.	142
그림 30. 재생에너지정책이 있는 국가의 수, 유형별, 2011년~2015년 초.	142
그림 31. 재생에너지정책을 보유한 국가의 비중, 소득집단별, 2004년~2015년 초	145
그림 32. 재생에너지정책을 두고 있는 개도국과 신흥경제국, 2004년, 2009년, 2015년 초	148
그림 33. 재생에너지냉난방규정을 두고 있는 국가의 수, 유형별, 2011년~2015년 초	150
그림 34. 재생에너지수송의무규정을 갖춘 국가의 수, 유형별, 2011년~2015년 초	156
그림 35. 세계의 전기보급률과 지역별 미보급지역, 2012년	169
그림 36. 세계의 청정취사보급률과 지역별 미보급지역, 2012년	169
그림 37. 세계에너지집약도, 1990-2013	188
그림 38. 국가 및 지역별 수송의 에너지집약도, 2000년, 2005년, 2010년, 2013년	193
그림 39. 국가 및 지역별 산업의 에너지집약도, 2000년, 2005년, 2010년, 2013년	194

재생에너지 연간보고: 10년의 우수성

REN21은 전세계적으로 재생에너지 시장, 정책 구조 및 산업 분야에서 발전을 매년 확인할 수 있도록 GSR 보고서를 제공한다. 각 보고서는 이용가능한 최신의 정보를 제공하는 공식 및 비공식 데이터를 이용한다.

신뢰성 있고, 시의적절하고, 정기적으로 업데이트되는 재생에너지 데이터는 본질적으로 정책결정자 의사결정 기준으로 사용될 수 있다. 에너지부문에 재생에너지 역할이 증가하는 것을 증명할 수 있고, 재생에너지 전환이 현실이라는 것을 입증할 수 있다.

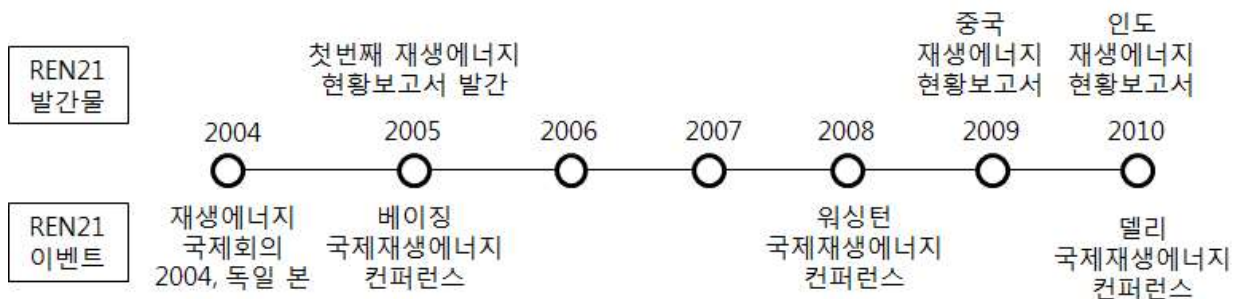
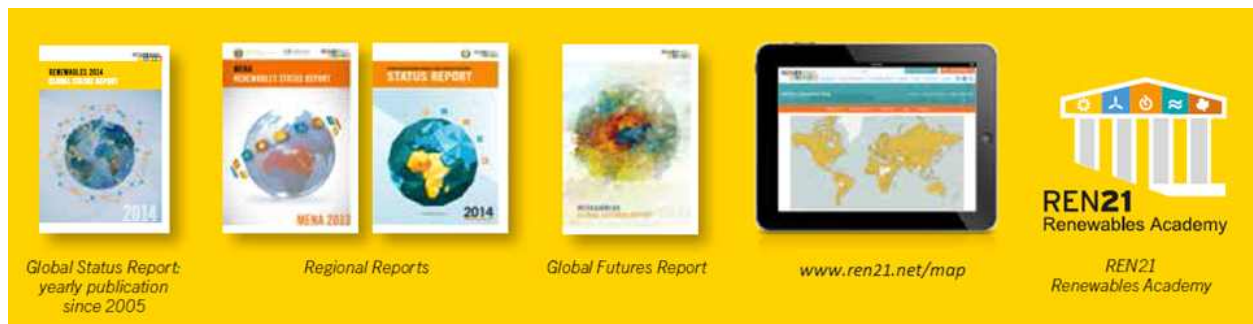
올해는 REN21 GSR 보고서를 발간한지 10년째 되는 해이다. 지난 10년 동안 GSR은 다루는 지역과 주제의 범위와 깊이가 확장된 한편 데이터 수집의 정밀함 또한 개선되었다. GSR은 수백개가 넘는 문서, 수천개의 데이터요소, 전세계 전문가와 소통에서 수집된 결과를 체계적으로 정리한 결과물이다. 이는 500명이 넘는 다양한 전문가 커뮤니티 덕분에 가능한 일이다.

10년 동안 GSR은 산업과 정책지형, 재생에너지 시장 등 가장 자주 언급되고 활용되는 보고서로 자리매김하였다.

REN21 : 21세기를 위한 재생에너지 정책 네트워크

REN21은 정부, 국제기구, 산업계, 학계, 시민사회를 포함하는 폭넓은 범위의 핵심 행위자를 연결하는 세계 재생에너지 정책 이해관계자 네트워크이다. REN21은 재생에너지로의 신속한 세계적 전환을 향하여 지식 교환, 정책 개발, 공동 행동을 촉진하는 것을 목적으로 한다.

REN21은 정부, 비정부기구, 연구 및 학술기관, 국제기구 그리고 산업계가 서로 상대를 통해 배우고 재생에너지를 진전시키는 성공을 구축할 수 있도록 결집시킨다. 정책 결정에 도움을 주기 위해 REN21은 고품질의 정보를 제공하고 토론과 논쟁을 활성화하며 주제별 네트워크의 성장을 지원한다.



REN21은 재생에너지에 대한 종합적이고 시의성 있는 정보 수집을 용이하게 한다. 이 정보는 재생에너지에 대한 오해를 불식하고, 정책 변화를 촉진하며, 민간 및 공공부문 모두의 다양한 관점을 반영한다. 아래 6개 항목을 통해서 수행한다.

재생에너지현황보고서

2005년에 첫 번째 보고서 출시, REN21 GSR 보고서는 500명 이상의 저자, 기여자 및 검토자 등 국제 네트워크의 공동의 노력에 의해서 완성됐다. 오늘날 재생에너지 시장, 산업 및 정책 동향에 가장 많이 참조하는 보고서이다.

지역 보고서

지역보고서는 특정지역의 재생에너지 개발현황, 생산, 지역데이터 수집과정 및 정보에 의한 의사결정을 자세하게 보여준다.

재생에너지 지도

재생에너지지도는 전세계 재생에너지 개발을 추적하는 연구도구이다. 지속적으로 업데이트한 시장현황, 정책정보, 국가정보 등을 GSR에 제공한다.

국제미래보고서

특정 주제영역 내에서 신뢰할 수 있는 재생에너지의 미래를 보여준다.

재생에너지 아카데미

REN21 참여자 커뮤니티 간 활발한 교류의 기회를 제공한다. 미래지향 정책 솔루션을 브레인 스토밍 할 수 있는 장소를 제공하며, 참가자가 적극적으로 재생에너지 전환의 핵심에 기여할 수 있다.

국제재생에너지컨퍼런스

수준높은 정치컨퍼런스이고, 재생에너지에만 오로지 집중할 수 있다. 2년마다 열리고, REN 21과 정부가 개최한다.



감사의 글

이 보고서는 REN21의 의뢰로 연구 협력자들의 국제적 네트워크의 협업으로 만들어졌다. 재정은 독일연방경제 협력개발부(BMZ), 독일연방경제에너지부(BMWi), 국제 연합공업개발기구(UNIDO)에서 지원하였다. 이 보고서를 위한 연구의 상당부분은 자원봉사에 기반하여 수행되었다.



유엔사무총장의 전세계 이니셔티브로 2030년까지 1) 현대적 에너지서비스 보편적 접근 2) 에너지효율개선 속도 2배 증대 3) 재생에너지원으로 공급되는 세계 에너지 비중을 2배로 확대 등 세 가지 목표를 달성하고자 한다. REN21의 2015 재생에너지보고서는 에너지 접근성을 확대하고, 재생에너지의 역할을 보여줌으로써 SE4ALL의 이니셔티브에 기여한다. 분산형 재생에너지는 부분은 개도국에 현대적인 에너지서비스(취사기기, 냉난방, 전기기술) 공급을 통해 삶의 질 향상에 기여하는 방법을 도식화한다. REN21은 세 가지 목표를 성취하기 위해 새로운 10년(2014~2024) 간 SE4ALL 이니셔티브와 긴밀하게 협력 할 것이다.

RESEARCH DIRECTION AND LEAD AUTHORSHIP

Janet L. Sawin Lead Author and Content Editor (Sunna Research)
Freyr Sverrisson (Sunna Research)
Wilson Rickerson (Meister Consultants Group)

SECTION AUTHORS

Christine Lins (REN21 Secretariat)
Evan Musolino (Worldwatch Institute)
Ksenia Petrichenko (Copenhagen Center on Energy Efficiency, C2E2)
Wilson Rickerson (Meister Consultants Group)
Janet L. Sawin (Sunna Research)
Kristin Seyboth (KMS Research and Consulting)
Jonathan Skeen
Benjamin Sovacool (Danish Center for Energy Technology)
Freyr Sverrisson (Sunna Research)
Laura E. Williamson (REN21 Secretariat)

SPECIAL ADVISOR

Frank Wouters (Wouters Ltd.)

PROJECT MANAGEMENT AND GSR COMMUNITY MANAGEMENT

Rana Adib (REN21 Secretariat)
Hannah E. Murdock (REN21 Secretariat)

RESEARCH AND COMMUNICATION SUPPORT (REN21 SECRETARIAT)

Martin Hullin
Ayla Reith
Alana Valero
Laura E. Williamson

EDITING, DESIGN, AND LAYOUT

Lisa Mastny, editor (Worldwatch Institute)
weeks.de Werbeagentur GmbH, design

PRODUCTION

REN21 Secretariat, Paris, France

LEAD AUTHOR EMERITUS

Eric Martinot (Institute for Sustainable Energy Policies, ISEP)

■ 국가 및 지역별 연구진

중동부유럽

Ulrike Radosch (Austrian Energy Agency, enerCEE)

동남아프리카

Mark Hankins, Dennis Kibira, Karin Sosis (African Solar Designs); Joseph Ngwawi (Southern Africa Research and Development Centre, SARDC)

서아프리카경제협력체

Contributors to the ECOWAS Renewable Energy and Energy Efficiency Status Report (produced by REN21)

라틴아메리카 및 카리브해

Gonzalo Bravo (Fundacion Bariloche); Arnaldo Vieira de Carvalho (Inter-American Development Bank, IDB)

북아프리카

Tarek Abdul Razek (Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency, RCREEE)

태평양 국가

Mina Weydahl (United Nations Development Programme, UNDP)

사하라이남 아프리카

Detlef Loy (Loy Energy Consulting)

알제리

Samy Bouchaib (Renewable Energy Development Center Algeria)

호주

Michael Cochran (Ecco Consulting Pty Ltd.)

방글라데시

Shahriar Ahmed Chowdhury (United International University); Sebastian Groh (MicroEnergy International); Mahmood Malik (Infrastructure Development Company Limited, IDCOL)

벨기에

Michel Huart (Association for the Promotion of Renewable Energy)

부탄

Karma Tshering, Tandim Wangmo (Ministry of Economic Affairs, Royal Government of Bhutan)

볼리비아

Ramiro Juan Trujillo Blanco (TRANSTECH)

브라질

Suani T. Coelho, Maria Beatriz Monteiro (CENBIO); Diego Oliveira Faria (Brazilian Ministry of Mines and Energy); Camila Ramos (Clean Energy Latin America)

불가리아

Georgi Jetchev (Central European University)

부르키나파소

Yonli Banseli (Ministere des Mines et de l' Energie / Direction Generale de l' Energie); Francis Sempore (International Institute for Water and Environmental Engineering)

브룬디

Jean-Marie Nibizi (Services to Humanity for Integration, Neighbourliness and Equity, SHINE)

캐나다

Pierre Lundahl (Canadian Hydropower Association)

차드

Ann Kanmegne Mbah (Association pour la Gestion Durable de l'Environnement et le Developpement)

칠레

Cristian Cortes, Andreas Haberle, Alan Pino (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems Chile, ISE); Rodrigo Escobar (Fraunhofer ISE / Pontificia Universidad Catolica de Chile)

중국

Hongmin Dong (Chinese Academy of Agricultural Sciences); Frank Haugwitz (Asia Europe Clean Energy Solar Advisor); Amanda Zhang Miao (Chinese Renewable Energy Industries Association, CREIA)

콜롬비아

Javier E. Rodriguez (Unidad de Planeacion Minero Energetica)

코스타리카

Mauricio Solano Peralta (Trama TecnoAmbiental)

쿠바

Julio Torres Martinez (Centro de Investigaciones de la Economia Mundial)

에콰도르

Eduardo Noboa (Instituto Nacional de Eficiencia Energeticay Energias Renovables)

이집트

Mohammed El-Khayat (New & Renewable Energy Authority)

에스토니아

Raul Potisepp (Estonian Renewable Energy Association)

피지

Atul Raturi (University of the South Pacific)

프랑스

Romain Zissler (Japan Renewable Energy Foundation, JREF)

조지아

Murman Margvelashvili (Georgia Institute of Energy Studies)

독일

Peter Bickel, Thomas Nieder (Zentrum fur Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, ZSW)

가나

Daniel Kofi Essien (Renewable Energy Learning Partnership)

과테말라

Maryse Labriet (Eneris Environment Energy Consultants)

이탈리아

Luca Benedetti, Noemi Magnanini, Estella Pancaldi, Paolo Liberatore, Silvia Morelli (Gestore dei Servizi Energetici, GSE); Alex Sorokin (InterEnergy); Riccardo Toxiri (Study and Statistics Unit)

인도

Naomi Bruck (Lighting Asia Program India); Anjali Garg (International Finance Corporation, IFC); Shirish Garud (TERI); Jyoti Gulia, Jasmeet Khurana (Bridge to India); Sadanand Kadiyam, Rohith Krishna, Abhijeet Kumar (Great Lakes Institute of Management); Michael Lytton (Lytton Consulting); Bikash Kumar Mallick (Gandhi Institute for Education and Technology, Odisha); Pallav Purohit (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA); Kartikeya Singh (Fletcher School of Law and Diplomacy, Tufts University)

인도네시아

Nimas Puspito Pratiwi (Warung Energi)

이란

Shahriar Jalaee (Renewable Energy Organisation of Iran)

이스라엘

Gadi Hareli (Israeli Wind Energy Association)

일본

Keiji Kimura, Mika Ohbayashi, Tatsuya Wakeyama (Japan Renewable Energy Foundation, JREF); Hironao Matsubara (ISEP)

자메이카

Ruth Potopsingh (University of Technology Jamaica)

요르단

Samer Zawaydeh (Association of Energy Engineers)

케냐

Robert Pavel Oimeke (Energy Regulatory Commission)

마다가스카르

Herivelo Ramialiarisoa (Ministere de l'Energie et des Hydrocarbures)

말레이시아

Wei-nee Chen and additional staff of SEDA (Sustainable Energy Development Authority Malaysia); Wong Pui Wah and additional staff of MIGHT (Malaysian Industry-Government Group for High Technology)

몽골

Myagmardorj Enkhmend (Mongolian Wind Energy Association)

모로코

El Mostafa Jamea (MENA Renewables and Sustainability); Philippe Lempp (Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit, GIZ)

네팔

Mukesh Ghimire (Alternative Energy Promotion Centre)

뉴질랜드

Molly Melhuish, Ian Shearer (Domestic Energy Users' Network)

노르웨이

Anund Killingtveit (Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet)

파키스탄

Faiz Bhutta (Solar Institute); F H Mughal (Independent Consultant); Irfan Yuosuf (Alternative Energy Development Board)

페루

Gabriela Pella (Energia Sin Fronteras)

필리핀

Ferdinand Laron (GIZ)

폴란드

Oliwia Mroz, Izabela Kielichowska (Polish Wind Energy Association)

포르투갈

Susana Serodio (Associacao Portuguesa de Energias Renovaveis)

르완다

Sam Dargan (Great Lakes Energy)

세르비아

Ilija Batas Bjelic (University of Belgrade)

시에라리온

Said Bijary (Independent Consultant)

싱가포르

Ho Hiang Kwe (Energy Studies Institute)

남아프리카

Maloba Tshela (GreenCape Sector Development Agency)

대한민국

Sanghoon Lee (Korean Society for New and Renewable Energy)

스페인

Sofia Martinez (Instituto para la Diversificacion y Ahorro de la Energia, IDAE)

스리랑카

Harsha Wickramasinghe (Sri Lanka Sustainable Energy Authority)

수리남

Roger Sallent Cuadrado (IDB)

수단

Hazir Farouk Abdelraheem Elhaj (World Bioenergy Association, WBA)

대만

Gloria Kuang-Jung Hsu (National Taiwan University) Thailand Sopitsuda Tongsoptit (Energy Research Institute)

토고

Sossouga Dosse (Amis des Etrangers au Togo)

튀니지

Khadija Dorra Esseghairi (Arab Platform for Renewable Energy and Energy Efficiency)

우크라이나

Andriy Konechenkov (Ukrainian Wind Energy Association)

우루과이

Staff (Ministry of Industry, Energy and Mining)

베네수엘라

Oguier Garavitto (Universidad del Zulia); German Massabie (Independent Scholar)



BIONICS means learning from nature to inspire technology development.

Biomimetics or **biomimicry** is the imitation of the models, systems, and elements of nature for the purpose of solving complex human problems.

Access to sustainable energy is one of the greatest challenges facing the world. Nature can inspire innovative solutions for future energy systems and technology design. Some **renewable energy technologies** already imitate processes found in nature; however, more can be learned to help us successfully address our future energy needs.

ES

bi·on·ic [bī-ŏn'ik]

From bi (as in "life") + onics (as in "electronics").

The design and production of materials, structures, and systems that are modelled on biological entities and processes.

Bionics means learning from the nature for the development of technology. The science of "bionics" itself is classified into several sections, from materials and structures

요약

개발도상국의 에너지소비가 증가하고, 하반기에는 유가가 급락하는 상황에서도 재생에너지는 꾸준히 성장했다. 전세계 에너지사용량이 증가하고, 세계경제가 성장했음에도 불구하고 이산화탄소 배출량은 40년 만에 처음으로 안정세를 유지했다. 이 안정세는 재생에너지 보급이 확대되고 에너지효율성이 개선되었기 때문이다.

전 세계적으로 재생에너지(와 에너지효율성) 보급 확대는 기후변화 문제와 새로운 경제적 기회 창출, 그리고 전기서비스 혜택을 누리지 못하는 수십억 인구에게 매우 중요하다. 재생에너지는 기존 에너지시스템의 회복력을 개선하고, 에너지서비스 접근을 강화해주는 등 변화하는 기후 조건 하에서 주요한 요소이다.

2013년에 재생에너지는 전세계 최종에너지소비량의 약 19.1% 공급했고, 2014년에도 설비용량과 발전량은 꾸준히 확대되었다. 난방용량은 안정적인 추세로 확대되었고, 수송용 바이오연료 생산은 2011~2012년의 부진을 딛고 2년 연속 증가했다. 발전부문은 풍력, 태양광, 수력이 주도하여 빠른시간에 큰 규모로 성장했다.

성장을 이끈 요소는 재생에너지 지원정책과 가격경쟁력 향상 등 여러 요소가 있다. 많은 나라에서 재생에너지는 전통적인 에너지원과 경쟁이 가능한 편이다. 하지만 개도국의 경우에는 화석연료와 원자력에 대한 보조금이 재생에너지의 성장을 꾸준히 방해하고 있다.

유럽은 여전히 중요한 재생에너지 시장이지만, 재생에너지 수요는 다른 지역으로 꾸준히 이동하고 있다. 중국은 2014년에도 재생에너지 신규보급을 선도했고, 브라질, 인도, 남아프리카공화국은 각 지역에서 재생에너지가 신규설비의 큰 비중을 차지했다. 아시아, 아프리카, 라틴아메리카 등 많은 개도국들이 재생에너지 기술의 중요한 생산시장이자 설치시장이 되었다.

2014년에는 재생에너지 시장이 성장하면서 전 부문에서 개발과 보급에 상당한 진전이 나타났다. 또한 수송과 난방부문의 전기화(electrification)는 미래 기술간 융합 잠재력의 높은 가능성을 나타냈다.

발전: 석탄과 가스의 추가용량보다 더 많은 재생에너지용량이 추가됨

2014년 재생에너지는 전세계 신규설비용량 순 추가의 약 58.5%를 차지했다. 모든 지역에서 신규설비가 상당히 증가했고, 풍력, 태양광, 수력이 대부분을 차지했다. 2014년 말, 재생에너지는 전세계 발전용량의 약 27.7%를 차지했는데, 전력의 약 22.8%를 공급할 수 있는 양이다.

재생에너지는 몇몇 국가에서 높은 수준의 보급률을 기록했다. 관련하여 재생에너지 보급이 높은 국가의 정책입안자들은 재생에너지 변동성 문제에 대응하기 위하여 비즈니스 모델과 전력망 인프라를 개선하는 정책적 요구를 하고 있다. 호주, 유럽, 일본, 북아메리카에서는 주거지형 프로슈머(자신이 쓸 전기를 생산하는 전기고객)의 수가 상당히 증가했다. 2014년에 전세계 대기업과 공공기관들은 재생에너지 전력을 구매하거나 자가설비에 투자하는 등 상당한 기여를 했다.

냉난방: 느린 성장, 하지만 큰 잠재력-에너지 전환의 핵심

2014년 세계 최종에너지소비의 약 절반은 건물과 산업에 필요한 열을 제공하기 위해 들어갔다. 이중 약 8%를 현대적인 재생에너지(대부분 바이오매스)가 차지했다. 재생에너지는 급성장중인 냉방에도 사용되었다. 특히 유럽에서 재생에너지는 지역냉난방시스템에 더 많이 통합되었고(공급이 수요를 초과할 때 지역냉난방시스템을 이용하여 재생에너지 전기로 생산된 열을 흡수), 하이브리드시스템을 이용하여 다양한 열에너지 기기를 작동시켰다. 이 부문에서 혁신이 일어나고 재생에너지의 큰 잠재력이 확인되었음에도 불구하고, 정책적 지원의 상대적 결핍 등 여러 요인에 의해 제약을 받았다.

수송: e-mobility가 급성장하는 가운데, 바이오연료가 주도

수송부문의 정책, 시장, 산업의 주요 관심은 액체 바이오연료였다. 수송부문에서 재생에너지 비중은 아직 크지 않고, 그 중에서도 액체 바이오연료가 대부분을 차지한다. 바이오연료를 위한 신규시장과 신기술 개발(상업용 항공기들이 항공용 바이오연료를 사용하는 것과 같은)은 2014년에도 지속되었고, 바이오메탄은 차량연료로 사용되고 있다. 열차, 경전철, 트램, 2륜 및 4륜 전기차 전기공급 확대는 재생에너지가 수송에 통합될 수 있는 기회를 넓히고 있다.

진화하는 정책지형

재생에너지의 발전은 2014년에도 정부정책에 의해 대체로 결정되었다. 유럽에서 재생에너지 전력에 새로운 세금을 부과하거나, 미국연방의 생산세공제가 만료되는 등과 같은 정책변화와 불확실성 때문에 재생에너지는 일부 국가에서 어려움을 겪었다. 하지만 2014년에는 재생에너지 목표와 정책을 보유한 국가의 수가 다시 증가했고, 일부 행정구역에서는 (많은 수가 100% 재생에너지 혹은 전력 목표치를 두는 등) 기존의 목표치를 좀 더 높게 조정했다. 2015년 초를 기준으로 최소 164개국 이 재생에너지 목표치를 설정했고, 약 145개국 이 재생에너지 지원 정책을 도입했다.

정책입안가들은 급변하는 비용과 환경에 보조를 맞추기 위해 상이한 정책메커니즘 혼합, 전력과 열 수송간 지원과 연계 강화, 에너지믹스에 재생에너지 비중 확대 등 기존 정책들을 조정하는데 주력했다.

전기를 위한 재생에너지 정책

구조변화를 동반한 정책결합

정책입안가들은 주로 전력부문에 중점을 두는데, 지금의 정책지형을 결정한 것도 바로 이런 흐름이다. 가장 널리 사용되는 지원메커니즘은 FIT제도와 RPS제도이다. FIT는 108개의 행정구역(국가, 주/지방 수준)에서 시행되었다. 새로운 FIT 정책을 국가적으로 시행한 유일한 나라는 이집트였고, (특히 유럽의) 정책입안가들은 기존정책을 수정하는 흐름을 이어갔다. RPS 정책은 주와 지방수준에서 가장 인기가 있는데, 국가 수준에서는 최소 26개국, 그리고 72개의 주/지방에서 시행되고 있다. 하지만 기존의 RPS 정책에 대해서 미국의 몇몇 주는 꾸준히 반대하고 있다. 입찰제도는 전 세계에서 갈수록 널리 사용되고 있다. 2015년 초를 기준으로 최소 60개국 이 재생에너지 입찰을 시행했다. 넷미터링 제도는 48개국에서 이행되고 있고, 재생에너지에 금융지원 정책이 존재하는 국가는 약 126개였다.

에너지저장용량을 늘리고 전력망 인프라를 현대화하기 위해 전통적인 메커니즘 역시 사용되고 있다. 정책입안가들은 전통적인 지원 메커니즘 외에 녹색은행과 녹색채권 같은 혁신적인 정책을 선호하고 있다. 전 세계적으로 재생에너지가 전력생산을 위한 정책으로 두각을 나타내고 있고, 재생에너지에 대한 요금을 도입하는 나라의 수도 늘어나고 있다.

냉난방을 위한 재생에너지 정책

재생에너지 전력정책보다 느리게 확산

국가 정책입안가들은 재생에너지냉난방 정책에는 상대적으로 관심을 덜 쏟고 있다. 2015년 초를 기준으로 재생에너지 냉난방에 대한 목표치를 두고 있는 나라는 약 45개국이었다. 재생에너지 냉난방시스템에서 널리 시행되는 정책형태가 금융 인센티브 제공이다(몇몇 제도들이 재도입되거나 기존의 프로그램들이 강화되기도 했다). 기타 정책수단으로는 태양에너지에 특화된 재생에너지열의무(RHO) 규정과 기술중립적인 의무규정이 있는데, 전자는 11개국의 국가 혹은 주/지방수준에서 추진중이고, 후자는 2015년 초를 기준으로 10개국에서 이행되고 있다.

재생에너지 수송정책

재생에너지를 통한 수송이동

수송정책은 대부분 바이오연료와 도로수송에 꾸준히 초점을 맞춰왔다. 재생에너지와 전기차 연계를 활성화하는 정책은 아직 중심에 서지 못했다. 2015년 초를 기준으로 바이오연료혼합의무규정(RFS)을 두고 있는 나라는 33개국이었었는데, 국가수준의 의무규정을 두고 있는 곳이 31개국이었고, 주/지방수준의 의무규정을 두고 있는 곳이 26개였다. 많은 국가들이 2014년에 기존의 RFS를 강화했다. 하지만 1세대 바이오연료의 지속가능성을 둘러싼 논란은 지속되었다.

도시와 지방정부의 재생에너지 정책

지자체가 주도권을 잡다

도시는 높은 재생에너지 목표를 설정 및 달성하고, 중앙정부와 광역지자체의 흐름을 이끌어가는 등 주도적인 역할을 했다. 2015년 초를 기준으로 몇몇 행정단위(대다수 도시/지방수준)들이 100% 재생에너지 혹은 전력 목표치를 설정하고 있다. 이중 많은 지자체들이 이미 목표치를 달성하기도 했다.

전세계 도시의 정책입안가들은 건물규정을 통해 재생에너지 열 기술과 재생에너지 전력의 사용을 의무화하는 흐름을 이어갔다. 지역냉난방시스템의 개발은 냉난방을 위한 재생에너지의 규모 확대를 활성화하는 중요한 수단으로 등장했다. 재생에너지의 보급을 위해 갈수록 민관파트너십이 널리 사용되고 있고, 미국과 유럽의 지자체들은 공동체규모 발전시스템을 만들었다. 정책입안가들은 구매권한을 이용하여 바이오연료와 전기차를 공공수송에 포함시키고 관련된 지원인프라를 개발하는 등 모든 경제부문에서 재생에너지의 보급을 지원하기 위해 꾸준히 노력했다.

2014년 재생에너지 지표

		2004년 초	2013년	2014년
투자				
재생에너지 전력과 연료에 대한 신규 투자(연간)	10억 달러	45	232	270
전력				
재생에너지 발전용량(수력 제외)	GW	85	560	657
재생에너지 발전용량(수력 포함)	GW	800	1,578	1,712
수력 발전용량	GW	715	1,018	1,055
바이오 발전용량	GW	<36	88	93
바이오발전량	TWh	227	396	433
지열용량	GW	8.9	12.1	12.8
태양광 발전용량	GW	2.6	138	177
태양열 발전용량	GW	0.4	3.4	4.4
풍력 발전용량	GW	48	319	370
열				
태양열온수난방 용량	GW _{th}	86	373	406
수송				
에탄올 생산(연간)	10억 리터	28.5	87.8	94
바이오디젤 생산(연간)	10억 리터	2.4	26.3	29.7
정책				
정책목표 설정된 국가들	#	48	144	164
FIT 시행 주/지방/국가	#	34	106	108
RPS/쿼터제 시행 주/지방/국가	#	11	99	99
입찰제 시행 주/지방/국가	#	n/a	55	60
열공급 의무 시행 국가	#	n/a	19	21
바이오연료 의무 시행 국가	#	10	63	64

상위 5위 국가들

2014년 연간 투자/용량 증가/생산

	1	2	3	4	5
재생에너지 발전과 연료 투자 (수력 제외)	중국	미국	일본	영국	독일
GDP 당 재생에너지 발전과 연료 투자	브룬디	케냐	온두라스	요르단	우루과이
지열 발전용량	케냐	터키	인도네시아	필리핀	이탈리아
수력 발전용량	중국	브라질	캐나다	터키	인도
태양광용량	중국	일본	미국	영국	독일
태양열 발전용량	미국	인도	-	-	-
풍력용량	중국	독일	미국	브라질	인도
태양열 온수용량	중국	터키	브라질	인도	독일
바이오디젤생산	미국	브라질	독일	인도네시아	아르헨티나
연료에탄올생산	미국	브라질	중국	캐나다	태국

2014년 말 기준 총용량 또는 발전량

	1	2	3	4	5
전력					
재생에너지 발전 (수력포함)	중국	미국	브라질	캐나다	독일
재생에너지 발전 (수력제외)	중국	미국	독일	스페인/이탈리아	인도
1인당 재생에너지 발전용량 (수력 제외)	덴마크	독일	포르투갈	스페인/스웨덴	오스트리아
바이오발전	미국	독일	중국	브라질	인도
지열발전	미국	필리핀	인도네시아	멕시코	인도
수력	중국	브라질	미국	캐나다	러시아
수력발전량	중국	브라질	캐나다	미국	러시아
집광형태양열발전	스페인	미국	UAE	인도	알제리
태양광발전(PV)	독일	중국	이탈리아	일본	미국
1인당 PV용량	독일	이탈리아	벨기에	그리스	체코
풍력	중국	미국	독일	스페인	인도
1인당 풍력용량	덴마크	스웨덴	스페인	포르투갈	아일랜드
열					
태양열온수	중국	미국	독일	터키	브라질
1인당 태양열온수용량	키프로스	오스트리아	이스라엘	바베이도스	그리스
지열	중국	터키	아이슬란드	일본	이탈리아
1인당 지열	아이슬란드	뉴질랜드	헝가리	터키	일본

시장과 산업 흐름

2014년 모든 재생에너지 시장은 성장했는데, 이중 신규용량 측면에서 풍력과 태양광이 주도했다.

- 바이오매스에너지: 열, 발전, 수송을 위한 바이오매스

2014년의 바이오-열 생산은 2013년보다 1% 늘어나 안정세를 유지했다. 바이오-열 포트폴리오의 구성은 지역에 따라 다양하게 나타났는데, (미국처럼) 산업에서 대규모로 생산되기도 하고, (중국처럼) 가정용 소규모 바이오 소화장치의 수가 크게 늘기도 하였다. 전세계 바이오-전력 생산량은 약 9% 증가했다. 추가설치용량은 중국, 브라질, 일본이 많고, 상대적으로 추가용량은 적었지만 발전량은 미국과 독일이 높다.

액체 바이오연료는 2014년에 전년대비 9% 증가해 생산량이 가장 높게 나타났다. 미국과 브라질이 큰 비중을 차지하긴 했지만, 아시아의 생산증가율이 특히 높았다. RFS 때문에 수요가 증가한 바이오연료시장은 정책이 긍정적인 영향을 미쳤지만, 특히 유럽, 미국, 호주에서는 정책불확실성이 산업에 부정적인 영향을 미쳤다. 하반기 저유가는 특히 공급원료 생산에 다소 긍정적인 영향을 미쳤지만, 일부 바이오에너지 비즈니스의 매출은 감소했다.

2014년에는 고체연료와 액체연료 모두 무역흐름이 약간 바뀌었다. 북미 우드펠릿의 상당한 비중이 아시아로 유입되면서 과거 유럽이 주도했던 흐름이 한풀 꺾였다. 유럽에 도입되는 바이오연료의 교역 비중은 약간 감소한 반면 새로운 시장(특히 연료용 에탄올)은 다른 지역에서 확대되었다.

- 지열에너지: 느리지만 꾸준한 성장

2014년에는 약 640MW가 신규설비가 추가되어 누적용량이 12.8GW에 달했고, 약 74TWh의 전력을 생산했다. 신규 발전용량이 가장 많이 보급된 곳은 케냐로, 이는 동아프리카에서 지열에너지가 확대되고 있음을 보여준다. 지열의 직접사용(열) 용량은 약 1.1GW_{th} 추가 되어 총 용량이 20.4GW_{th}에 달했고, 출력은 약 263PJ로 추정되었다. 지난 5년간 총 발전용량은 연평균 3.6%, 열용량은 약 5.9%씩 성장했다. 지열산업은 프로젝트개발에 따른 위험에 지속적으로 직면하고 있고, 개도국과 선진국에서는 리스크를 완화하기 위한 노력이 진행 중이다.

- 수력발전: 재생에너지 중에서 아직은 가장 거대함

2014년에는 약 37GW의 신규설비가 추가되어 전세계 총용량은 약 1,055GW에 달했고, 발전량은 3,900TWh로 추정된다. 중국(22GW)은 지금까지 가장 많은 용량을 설치했고, 브라질, 캐나다, 터키, 인도, 러시아에서도 상당한 용량이 추가되었다. 수력은 효율적이고 신뢰도 높은 발전시설이 되기 위해 지속적인 혁신을 하고 있다. 특히 800MW 터빈과 같은 대형 발전유닛 설치의 효율성을 높이고, 발전단가를 낮추는 요구에 부합했다. 또한 향상된 출력효율과 새로운 규제에 맞는 성능을 갖추기 위해 기존발전소 개보수에 대한 요구가 늘어났다. 더불어 양수발전소의 변속기술을 통해 재생에너지 변동성 통합을 지원하는 등 혁신이 진행 중이다.

- 해양에너지: 지체된 전진 하지만 전도가 유망함

해양에너지 용량은 대부분 조력 발전용량이며, 2014년에도 약 530MW 수준에 머물렀다. 신규설비는 모두 일종의 실증프로젝트였다. 두 개의 파력개발회사가 어려움에 직면했고, 해양에너지 분야에서 이해당사자들을 엮어 문제해결과 협력을 추구하는 목적에서 유럽해양에너지포럼이 발족되었다. 다양한 실증현장에서 기술개발이 지속되었고, 조력과 파력 장치들이 지금까지 존재하는 모든 해양에너지기술을 한 단계 끌어올렸다.

- 태양광발전: 신규시장으로 급속하게 확산

태양광은 설치비용 하락으로 보조금을 받지 않고도 화석연료와 비용경쟁이 가능해졌다. 이러한 지역이 늘어나면서 태양광이 전력생산에서 상당한 역할을 하기 시작했다. 2014년에 약 40GW의 설비가 보급되었고, 누적 설치량은 약 177GW에 달해 새로운 기록을 달성했다.

신규설비는 대부분 중국, 일본, 미국에 설치되었다. 하지만 그 외 라틴아메리카에서도 급성장했고, 아프리카 국가에서도 상당량의 신규설비가 추가되었으며, 중동지역에서도 새로운 시장이 등장했다. 유럽연합 시장은 3년 연속 감소했지만, 유럽(특히 독일)은 누적 설치량과 발전량 측면에서 꾸준히 세계를 선도했다.

2013년에 시작된 태양광산업의 회복세는 2014년에도 지속되었다. 지난 몇 년간 기업도산은 크게 줄었지만 제조업체들 간의 인수합병은 지속되었다. 증가하는 수요를 맞추기 위해 셀 및 모듈생산시설이 전 세계로 진출하려는 움직임이 이어졌다.

- 집광형태양열 발전: 기술과 기기의 다각화

집광형태양열 발전시장은 다른 재생에너지 시장보다 아직 미숙한 상태이다. 그럼에도 불구하고 10년간 높은 성장세를 보여 총용량이 4.4GW(27% 성장)에 달했다. 포물선 구유형 발전소가 계속해서 기존용량의 대부분을 차지했지만, 2014년에는 기술 다각화로 세계최대 선형프레스넬 발전소와 타워형 발전소가 건설되었다.

2014년에 전력망에 새로운 태양열발전 시설을 추가한 나라는 미국과 인도 뿐이었지만 비슷한 움직임은 대부분의 지역에서 발견되었다. 특히 남아프리카공화국과 모로코에서 건설과 계획이 활발하게 진행되었고, 스페인은 여전히 누적용량 측면에서 세계 1위를 유지했다.

스페인과 미국시장 침체는 기업 인수합병을 촉진하였다. 집광형태양열 발전은 전세계 선(Sun)벨트 지역을 중심으로 비용이 하락하고 있고, 다양한 기술이 개발되고 있다. 특히 열에너지 저장장치(TES)의 중요성이 부각되면서 TES는 광범위한 연구개발의 중심이 되고 있다.

- 태양열냉난방: 신규시장의 성장과 기존시장의 둔화

태양열 기술 보급은 유럽과 중국시장의 침체로 2014년에도 성장이 둔화되었다. 태양열 집열기 누적용량은 2014년 말 약 406GW_{th}에 도달했고(공기식 집열기는 추가로 2GW_{th} 늘어났다), 이로써 연간 약 341TWh의 열을 제공할 수 있게 되었다. 중국은 태양열 집열기 시장의 약 80%를 차지했다. 터키, 브라질, 인도, 독일이 그 뒤를 이었고, 최근추세는 호텔, 학교, 기타 복합단지시설에 더 큰 가정용 온수난방시스템을 설치하는 방향으로 나아갔다. 또한 지역난방시스템, 태양열 냉방, 산업용 고급형 집열기 사용에 대한 관심도 증가했다. 하지만 아직 고급형 시스템은 세계시장에서 차지하는 비중이 작다.

아시아국가와 아프리카 일부, 그리고 라틴아메리카에서는 내수시장이 확대되었다(일부 영역의 강력한 시장 성장에 대응하기 위해 유통채널 확대). 반면 유럽의 산업계는 합병이 지속되면서 힘든 한해를 보냈다. 중국은 2014년 수요가 약해지면서 과잉공급 때문에 곤란을 겪었지만, 중국은 장기적인 주도권을 유지했다.

- 풍력발전: 신규 전력생산을 위한 가장 저렴한 선택지

전세계 풍력시장은 다시 반등하여 2014년 말 51GW를 신규설치 함으로써(모든 재생에너지 기술 중에서 최고용량) 누적 설치량은 370GW에 달했다. 해상에서는 약 1.7GW의 추가용량이 전력망에 연결되어 해상풍력 설치량은 8.5GW를 넘어섰다.

풍력은 많은 지역에서 신규설치 비용이 낮아졌고, 아프리카, 아시아, 라틴아메리카에서 새로운 시장이 꾸준히 나타났다. 아시아는 중국의 주도 하에 7년 연속 최대 시장 지위를 지켰고, 총 설비용량 면에서 유럽을 따라잡았다. 미국은 발전량에서 선도적인 국가였다. 덴마크, 니카라과, 포르투갈, 스페인 등 몇몇 나라에서는 풍력이 전기 수요의 20% 이상을 충족시켰다.

대부분 터빈제조업체들은 수년간 적자운영을 해오고 있지만, 상위 10대 기업들은 모두 설비기록을 경신하면서 흑자로 돌아섰다. 해상과 육상용 터빈설계는 꾸준히 진화하여 다양한 풍황과 여건 속에서 경제성을 향상시키기 위한 노력이 이어졌다.

투자흐름

모든 지역의 투자 상승

재생에너지 전력과 연료에 대한 전 세계 신규투자(50MW이상 수력발전 제외)는 2013년보다 17% 늘어나 2,703억달러에 도달했다. 50MW 이상 수력발전프로젝트 투자까지 포함하면, 재생에너지 전력과 연료에 대한 총 신규투자액은 최소한 3,010억달러에 도달했다. 재생에너지는 신규 발전설비에 대한 순 투자액 측면에서 5년 연속 화석연료를 앞질렀다.

3년 만에 처음으로 투자액이 증가한 것은 유럽 해상풍력 프로젝트에 대한 투자 증가와 중국과 일본에서 태양발전설비가 호황을 맞은 것이 주요한 원인이었다. 2014년 개도국의 투자액은 2013년보다 36% 늘어난 1,313억달러였고, 선진국의 총 투자액은 2013년보다 불과 3% 늘어난 1,389억달러였다. 전 세계에서 투자액이 2013년보다 더 늘어났고, 개도국의 투자는 선진국의 총 투자액을 넘어서기 직전에 도달했다.

중국은 투자가 가장 많이 증가했다(재생에너지 발전과 연료에 대한 개도국 총 투자액의 약 2/3를 차지). 그 외 미국, 일본, 영국, 독일이 상위권 국가를 차지하고 있다. 2014년에는 신규시장 투자가 꾸준히 확대되었는데, 칠레, 인도네시아, 케냐, 멕시코, 남아프리카공화국, 터키는 각각 재생에너지에 10억달러 이상을 투자했다.

투자를 기준으로 가장 선도적인 기술은 태양발전과 풍력이다. 태양발전(대부분 태양광)과 풍력은 각각 신규투자의 55%, 36.8%를 차지하며 모두 2013년보다 크게 증가했다. 태양발전 투자액은 25% 증가한 1,495억달러였고 풍력발전은 11% 늘어난 995억달러였다. 2014년에 재생에너지에 대한 신규투자의 25% 이상이 태양광 소규모프로젝트였다.

지열발전투자액은 23% 증가했고, 해양발전(100% 증가)도 전년도 투자액이 적었지만, 상당히 좋은 성적을 보였다. 그 외 나머지 재생에너지는 성적이 좋지 않았다. 바이오연료는 8% 감소하여 10년 만에 최저치였고, 바이오매스와 폐기물에너지는 10% 하락했으며, 소수력발전은 17% 감소했다.

투자 유형별로 보면 모두 2013년보다 늘었는데, 유틸리티 규모의 프로젝트에 대한 자산금융(asset finance)이 총투자의 대다수를 차지했다. 2014년에는 남-남 개발은행 두 곳이 신규로 만들어졌다. 5개 BRICS 국가들은 1,000억달러 규모의 신개발은행을 만들었고 아시아 23개국은 아시아인프라투자은행을 만들었다. 재생 에너지를 위한 신규투자수단으로 일드코(yield co), 녹색채권(클라우드펀딩 같은)

이 확대되면서 새로운 자본공급자 계층이 유입되었고, 재생에너지 자본비용 감소에 도움을 주고 있다.

에너지 접근성을 위한 분산형 재생에너지

긴요하고 생산적인 서비스를 제공

전세계 인구의 15%인 10억명 이상의 사람들이 아직도 전기의 혜택을 받지 못하고 있다. 특히 아프리카는 총 발전용량이 약 147GW에 불과해 독일보다도 적다. 게다가 약 29억명 사람들이 청정한 취사에 접근하지 못하고 있다. 분산형 재생에너지 기술은 개도국 외딴지역과 농촌에 생산적인 에너지 서비스를 제공함으로써 이런 상황을 개선하는데 보탬이 되고 있다. 개별가구에 설치된 재생에너지 시스템을 통해 초소형 전력망에 전력을 공급할 수 있다. 기존 옵션보다 더 저렴하고 편리하기 때문에 이 역할은 계속 증대되고 있다.

2014년에는 가정용태양시스템, 초소형수력발전소, 태양열 집열기 등이 더욱 확산되었을 뿐만 아니라 새로운 유형의 장비, 구성, 기기들이 발전했다. 원격통신에 전력을 공급하는 소형풍력터빈, 관개키트에 동력을 공급하는 태양발전 등 보조서비스와 모니터링의 디지털화를 통해 비용을 낮추고 판매후서비스를 개선하여 더 많은 사람들의 접근이 가능할 수 있도록 했다.

몇몇 요인들은 분산형 재생에너지의 재원(공공과 민간)을 확대하는 결과로 이어졌다. 여기에는 독립형 취사 및 전기시스템, 그 중에서도 특히 재생에너지 시스템이 외딴 지역에 에너지서비스와 새로운 경제적 기회를 제공할 수 있는 가장 비용효과적인 선택지라는 인식이 증가한 것도 한몫했다.

이렇게 재생에너지는 많은 국가에서 농촌 전기보급과 청정한 취사에 중요한 요소가 되었다. 페루는 분산형 재생에너지의 역경매를 준비하고 이행한 최초의 국가 중 하나로 2014년에 1건의 계약을 마무리 지었다. 몇몇 국가들은 2014년에 재생에너지를 통해 에너지 접근성을 확대하는 새로운 프로그램에 착수했는데, 칠레, 미얀마, 스리랑카는 전기를 공급하기 위해 재생에너지를 개발했고, 에콰도르, 과테말라, 방글라데시, 인도는 청정한 취사 확산을 위한 이니셔티브를 발족시켰다.

2014년에는 수십 개의 글로벌 이해관계자들이, 양자 및 다자간 정부 프로그램 뿐만 아니라 SE4ALL 같은 국제적 이니셔티브를 통해 재생에너지로 접근성을 확대하는데 기여했다. 다자적 금융기관들과 개발은행들 역시 2014년에 재생에너지

프로젝트에 꾸준히 재정을 지원했다. 기존단체들 외에 민관파트너십과 NGO들 역시 분산형 재생에너지를 활성화시키고 있다.

민간부문의 참여가 확산되고 있는데, 이는 주로 전력망에 연결되지 않은 저소득 고객들이 앞으로 빠르게 증가하는 상품 및 소비시장을 점유하게 될 것이라는 인식이 증가했기 때문이다. 2014년 분산형 재생에너지시스템은 기타자금원 뿐만 아니라 벤처자본가, 상업적인 은행, 기업으로부터도 꾸준히 투자를 끌어모았다.

에너지 효율성: 재생에너지의 양대 기둥

기술적 맥락과 정책적 맥락 모두에서 또한 건물과 전자서비스에서부터 수송과 산업에 이르기까지 다양한 부문에서 에너지효율성과 재생에너지원 사이에는 특수한 상승관계가 존재한다. 1990년 이후 거의 모든 지역에서 (주로 경제산출물 단위 당 에너지소비량을 의미하는) 에너지집약도가 개선되긴 했지만, 에너지효율성을 개선할 수 있는 잠재량은 아직도 크다.

에너지 안보 강화, 경제성장, 기후변화 완화 등이 에너지 효율 향상을 촉진하는 정책을 추동하는 역할을 한다. 저개발국가에서 효율성이 개선되면 에너지에 접근하지 못한 사람들에게 에너지서비스를 제공하기가 더 쉬워질 수 있다. 이런 목표를 달성하기 위해 많은 국가들이 건물, 전자기기, 수송용 차량, 산업의 효율성을 개선하기 위한 목표치와 정책들을 채택하고 있다.

2014년 많은 수의 국가들이 이런 목표치를 두고 있었고, 목표치를 달성하기 위해 새로운 정책을 도입하거나 기존의 정책을 개정했다. 일부 지자체는 2013년과 2014년에 건물효율성을 개선하기 위해 성능요건이나 인센티브를 이행했다. 전자기기와 기타 에너지소비 제품의 효율성을 개선하는데 주로 사용되는 수단은 기준과 라벨링 프로그램인데, 2014년 기준 81개국이 관련 프로그램을 두고 있다. 2013년 말 기준으로 산업용전동기에 대한 기준이 도입된 나라는 44개국이었다. 2014년 말 기준 기준으로 차량연비기준은 세계 경차시장의 70%에 도입되어 있었다. 지금까지는 정책영역에서 에너지효율성과 재생에너지를 연계하려는 시도가 상대적으로 적었다. 건물 관련 인센티브 및 경제전반에 걸친 목표치 및 규제를 통해 이를 동시에 해결하려는 노력을 시작했고, 그 수는 꾸준히 늘고 있다.

재생에너지의 주류화 : 정책입안가들을 위한 핵심결론

특히 풍력과 태양광에서 생산되는 전력의 경우 정부지원에 힘입어 비용경쟁력이 증가하였고, 그 결과 재생에너지 보급을 위한 시장조건이 변하고 있다. 미래 정책들은 새로운 방향을 내놓았고, 그에 따른 기회와 도전에 대응할 필요가 있다. 여기서 말하는 새로운 방향이란, 특히 개도국처럼 새로운 국가로 재생에너지 보급을 확대하는 것, 재생에너지 전력을 통합하기 위해 기존의 에너지 인프라와 시장을 개선하는 것, 그리고 비 전력부문(가령 냉난방과 수송)의 전기화 증대를 말한다.

재생에너지현황보고서(GSR)가 기록하고 있듯 재생에너지는 전세계 사람들에게 에너지서비스를 제공하는데 있어서 갈수록 중요한 역할을 하고 있다. 지금 도전과제는 재생에너지로의 전환을 이끄는데 필요한 정책구조를 개발하여 모두를 위한 지속가능하고 보편적인 에너지접근성을 획득하는 것이다.

변화하는 환경에 적응할 수 있는 안정적이고 예측가능한 정책을 개발하라

재생에너지 보급을 지속하려면 정책구조가 안정적이고 예측가능 해야 한다. 재생에너지 산업이 투자를 끌어들이고, 생산용량을 늘리며, 신기술을 개발하고, 지속가능한 일자리의 수를 확대하려면 예측가능성이 요구된다.

하지만 정책에는 어느 정도의 유연성이 확보되어야 시장변화에 적응하고 불필요한 공적지출을 피할 수 있다. 정책환경에서는 급격한 변화를 피하는 것이 대단히 중요하다(가령 FIT를 갑자기 뒤집을 경우 재생에너지산업에 부정적인 영향을 크게 미칠 수 있다).

따라서 새로운 정책시스템으로 전환하기 위해서는 변화와 새로운 비즈니스 모델에 적응할 수 있는 충분한 지식과 시간, 산업이 필요하다.

대규모 전력을 공급할 수 있는 재생에너지 능력을 홍보하라

많은 개도국들이 에너지 생산용량을 빨리 늘려서 증가하는 수요를 충족시키고, 에너지접근성 문제를 해결하며 경제성장을 달성해야 한다는 압박에 시달리고 있다. 이런 압박에 직면한 정책결정자들은 재생에너지가 신속하게 의미있는 역할을 할 수 있다는 사실을 종종 과소평가한다. 중국, 덴마크, 포르투갈, 스페인, 미국은 기존 인프라에 상당한 비중의 재생에너지를 성공적으로 통합하였고, 재생

에너지 기술믹스와 에너지효율 개선 및 스마트 관리를 통해 적절한 가격에 신뢰성 높은 전력공급이 가능함을 보여준다.

재생에너지는 기저부하 전력을 공급할 수 없다는 오해를 바로 잡으려면 이런 성공과 경험을 서로 소통하고 학습하는 것이 중요하다.

가격경쟁력을 증대하기 위해 공정한 플랫폼을 만들어라

꾸준한 노력에도 불구하고 화석연료와 원자력에 대한 전 세계 보조금은 아직도 높은 수준을 유지하고 있다. 보조금은 정의와 계산방식에 따라 그 추정액은 연간 5,500억달러(IEA)에서 56,000억달러(IMF)에 이른다.

특히 개도국의 화석연료와 원자력에 대한 보조금은 재생에너지 성장(과 에너지 효율성 개선)을 가로막고 있다. 전통적인 에너지는 보조금 영향으로 가격이 낮게 유지되면서 효율개선과 에너지보존 노력에 방해가 되기도 한다.

공정한 플랫폼에서는 금융자원의 효율적인 할당이 가능하고, 에너지효율성과 재생에너지기술의 개발 및 이행을 이끌어가는 이니셔티브를 강화하는데 도움이 된다. 전 세계적으로 화석연료와 원자력에 대한 보조금을 없애면 에너지생산에 따른 외부비용이 더 정확하게 반영될 것이다.

개도국에서 에너지 또는 연료 보조금을 소비자에 초점을 맞출 경우, 보조금은 에너지효율과 재생에너지를 선택하는 옵션으로 변화될 것이다.

재생에너지 전력: 에너지시스템에 대한 사고가 필요하다

변동성이 큰 태양광과 풍력의 발전비중을 확대하기 위해서는 다양한 기술들이 하나의 전력 공급망에 통합되어야 한다. 따라서 정책프로그램은 단일기술 지원 체계에서 다양한 기술의 균형있는 결합을 지원하는 체계로 이동해야 한다. 정책과 규제 메커니즘은 보다 유연한 전력 공급망을 지원해야/가능하게 해야 하고, 수요관리를 늘려야 하며, 재생에너지 기반 전력시스템을 수송, 건물, 산업, 냉난방 부문에 통합시켜야 한다.

유틸리티와 전력망 시스템 운영자들 역시 재생에너지가 지배적인 에너지시스템에서 수요와 생산을 관리하는데 중요한 역할을 할 것으로 예측하고 있다. 분산형 전력생산시설의 운영뿐만 아니라 산업, 수송시스템, 가정 수요관리를 위해서는 새로운 비즈니스모델을 지원하는 다양한 에너지정책이 필요하다. 지금보다 높은 비중의 급전가능한(dispatchable) 재생에너지 전력생산을 주류화 할 수 있는 신기술을 역시 필요하며, 이를 위해서는 인프라투자를 유인할 수 있는 새로운

인센티브가 있어야 한다.

정책입안가들은 에너지집약적 산업처럼 대규모 에너지소비자 뿐만 아니라 유틸리티 및 전력망시스템 운영자들과 함께 새로운 정책메커니즘과 규제구조를 설계해야 한다.

재생에너지 냉난방 부문에 대한 지원을 늘려야 한다

전 세계적으로 냉난방은 총에너지수요의 약 절반을 차지한다. 하지만 이 부문은 재생에너지 기술개발과 보급지원정책에 있어서 재생에너지 발전부문보다 계속 훨씬 뒤쳐져있다.

(에너지효율성 개선과 재생에너지기술 보급에 대한) 건물의무규정은 재생에너지 냉난방 기술의 확산을 가속화하는데 중요하다. 건물, 산업, 지역난방시스템에 재생에너지를 통합하는 규정은 재생에너지 난방시스템 지원뿐만 아니라 변동성 있는 전력생산을 통합하여 전력망의 압박을 덜어주기 때문에 중요하다.

최종에너지수요에서 열이 차지하는 비중이 큰 것을 고려할 때 각국 정책입안가들은 재생에너지 열 개발 지원을 적극 검토해야 한다. 난방과 전력부문에 대한 통합적인 접근법을 개발하면 전력망 압박을 낮추는데도 도움이 될 수 있다.

개도국에서 재원마련에 대한 접근을 개선해야 한다

개도국에서 다양하고 안정적인 에너지공급원을 확보하려면 재원마련이 핵심이다. 재생에너지를 통해 에너지공급을 확대하는 일은 어려운 일이 아니지만, 가용한 재원부족, 높은 자본비용, 혹은 투자자 측에서 내켜하지 않음 등의 정치적, 재정적 한계에 부딪힌다.

에너지시장을 확대하여 보편적인 에너지접근을 달성하려면 공공부문이 정치적 안정성을 확보하여, 투자자들에게 긍정적인 신호를 보낼 필요가 있다. 대출담보뿐만 아니라 선별대출과 지원금 같은 공공재원메커니즘은 민간재원의 결핍을 극복하고 시장개발을 활성화하며, 위험을 완화함으로써 민간부문의 투자를 추진하는데 효과적일 수 있다. 금융수단은 공급과 수요측면 모두에서 이행될 수 있으며, 이를 통해 프로젝트 개발자와 에너지사용자 모두를 지원하여 해당프로젝트가 높은 수준으로 발전하는 원동력이 될 수 있다. 게다가 재원마련과 매입을 위해서는 기술에 대한 신뢰가 필요한데, 이를 위해서는 기준과 인증서 등 품질을 보장할 수 있는 수단이 필요하다. 이는 재생에너지제품 수출과 지역산업을 개발하는데도 마찬가지로 중요하다.

양질의 데이터를 가지고 양질의 결정을 내려야 한다

에너지계획 확정, 목표치 설정, 정책수단 설계, 지속적인 평가 및 투자 확보를 위해서는 신뢰성 있고 규칙적으로 업데이트되는 데이터가 반드시 필요하다. 재생에너지 관련된 데이터의 상황(특히 발전부문에서)은 최근 몇 년간 크게 개선되었음에도 불구하고 데이터의 이용 및 접근가능성은 특히 분산형 재생에너지(현대적인 재생에너지 열 포함)의 경우 여전히 제한적이다. 시장의 잠재력을 이해하고 정책개발을 이끌며 투자자들을 유인하기 위해서는 지금보다 향상되고 통합된 데이터가 필요하다.

정책입안가들은 특히 개도국의 분산형 재생에너지와 재생에너지 냉난방에 관한 데이터의 상황을 개선하는데 관심을 기울여야 한다. 분산적 속성 때문에 데이터를 모으기 쉽지 않지만 에너지접근 목표를 달성하고 에너지 전환을 달성하는데 핵심적이다. 그래서 데이터수집, 가공, 확인에 대한 혁신적이고 협력적인 접근법이 필요하다. 데이터 공백을 메우기 위해서는 비공식 데이터가 중요하지만, 이를 위해서는 데이터 수집에 대한 새로운 방법과 접근법의 통합뿐만 아니라(농업, 산업, 보건 등) 다양한 비에너지부문의 새로운 주체들과의 협력이 필요하다.

재생에너지 데이터의 정의를 확대하고, 규칙적이고 체계적인 방식으로 데이터를 수집하며, 투명성을 높여야 한다.

분산형 재생에너지를 통해 에너지 접근성을 향상시키기 위해서는 꾸준한 데이터 수집과 보고를 정책프로그램과 활동에 포함시켜야 한다.



The most successful biological organisms avoid centralised control in favour of allowing multiple agents to sense independently and **respond quickly to environmental change**. The **OCTOPUS**, which has a powerful central brain, knows how to balance its advanced cognitive capabilities with quick responsiveness by decentralising the decision-making function. Similarly, **distributed and decentralised energy systems** using renewable energy can be designed to adapt more quickly to changing energy demands.

01



01 전세계 개괄

2014년 재생에너지는 하반기에 석유가격이 크게 하락하고 전세계 에너지소비량이 증가하는 상황에서도 꾸준한 성장세를 유지했다. 최종에너지소비량은 개도국의 수요증가로 인해 최근 연간 약 1.5%씩 늘어났다.

경제가 성장하고 에너지사용량이 증가하고 있는 상황에서도 처음으로 에너지소비와 관련된 전세계 이산화탄소배출량은 안정세를 유지했다. 과거에는 경제가 침체되면 배출량이 하락했지만, 2014년의 탄소안정화는 재생에너지 보급과 에너지효율성이 증가했기 때문이었다. 유럽연합과 (중국, 멕시코, 미국 등) 일부국가들은 미래를 내다보고 기후변화 관련 약속을 선언함으로써 재생에너지와 에너지효율성에 투자하기 위한 발판을 마련했다.

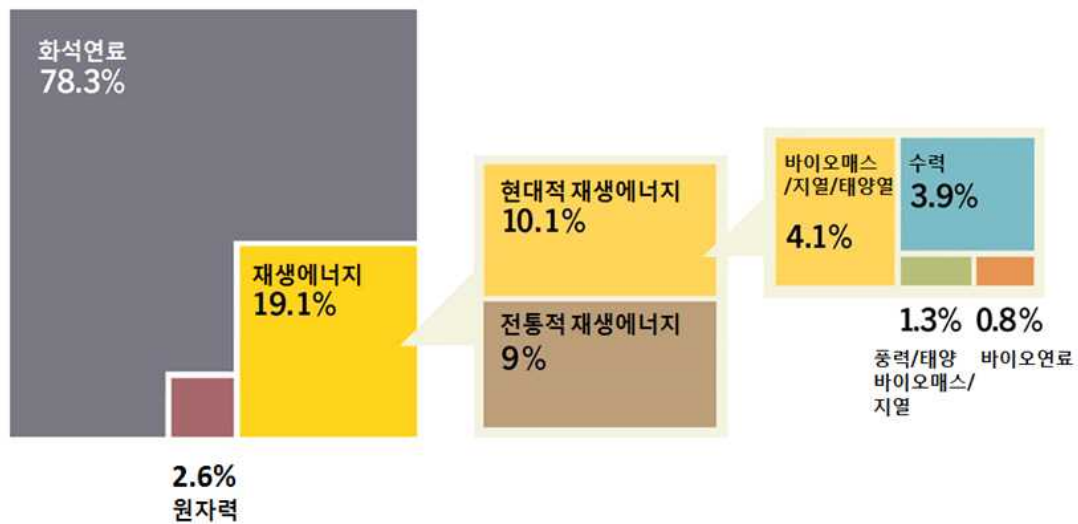
전 세계적으로 재생에너지와 에너지효율성은 기후변화 문제 해결뿐만 아니라 새로운 경제기회 창출과 아직도 현대적인 전기서비스를 누리지 못하는 수십억명의 사람들에게 에너지접근성을 강화하는데 중요한 역할을 할 것이다. 재생에너지는 (여러나라에서) 농촌전력보급프로그램의 핵심요소이고, 많은 의사결정자들이 재생에너지를 통해 에너지접근성을 향상시키는 일에 참여했다.

재생에너지와 에너지효율성을 통한 지속가능발전의 중요성을 인식한 UN은 2014년을 모두를 위한 지속가능한 에너지의 10년 Decade of Sustainable Energy for All(SE4ALL)의 첫해로 선언했다(SE4ALL은 2010년 18%인 전 세계에너지믹스 중 재생에너지의 비중을 2030년 36%로 두 배 늘리겠다는 목표를 세웠다).

2013년에 재생에너지는 세계최종에너지소비량의 약 19.1%를 차지했다. 개도국 농촌지역과 외딴지역의 취사와 난방에 주로 사용되는 재래식바이오매스가 약 9%를 차지했고, 현대적인 재생에너지는 2012년보다 비중이 약간 늘어나 약 10.1%였다.

현대적인 재생에너지가 점점 많이 이용되는 시장은 전력생산, 냉난방, 수송, 농촌/독립형 에너지서비스 등 4곳이다. 원별로 2013년 수력발전은 최종에너지소비량의 약 3.9%를 차지했고, 다른 재생에너지전원이 1.3%를 차지했으며, 재생가능 열에너지가 약 4.1%, 수송용 바이오연료가 약 0.8%를 공급했다.

그림 1. 세계최종에너지소비량 중 재생에너지가 차지하는 대략의 비중, 2013년



2014년에는 전반적인 재생에너지의 설비용량과 에너지 생산량이 상당히 증가했다. 지난 5년 평균보다 2014년에 보급이 더 빠르게 성장한 기술도 있다. 난방부문에서 추가 설비용량은 지속적으로 증가하였고, 수송용 바이오연료 생산은 2011-2012년의 둔화이후 2년 연속 증가했다. 증가속도와 설비용량 규모면에서 가장 큰 성장이 일어난 분야는 전력부문이었다.

많은 재생에너지기술이 급속한 팽창을 경험해왔지만, 아직 SE4ALL의 목표를 달성하는데 부족하다. 게다가 대부분의 신규 용량과 투자는 태양광, 풍력, 수력에 쏠려있다.

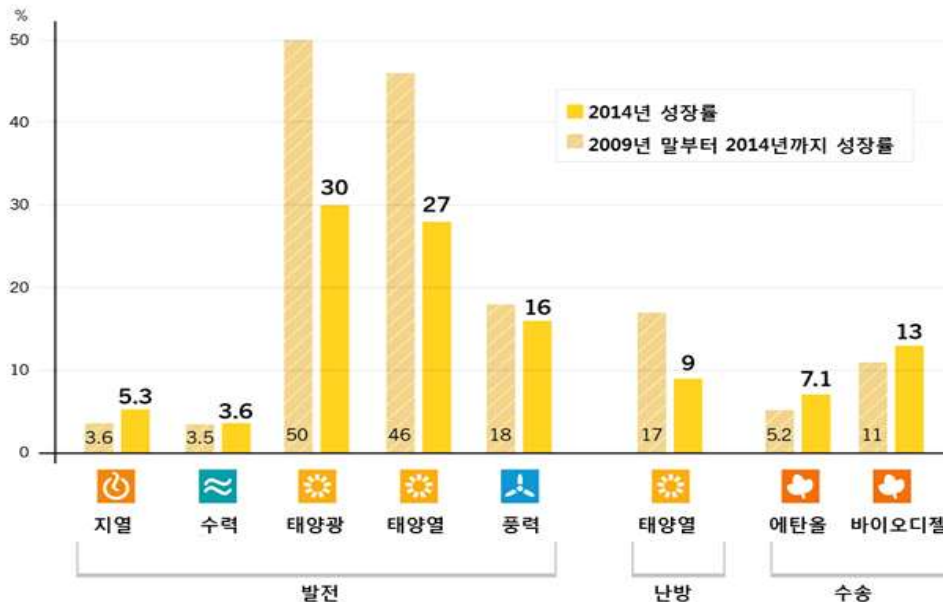
2014년에도 재생에너지의 성장은 주로 정부정책에 의해 주도되었다. 하지만 일부국가에서는 새로운 세금 부과(유럽), 생산세 공제 만료(미국) 같은 정책변화나 불확실성에 직면했다. 동시에 재생에너지 목표치와 정책을 갖춘 국가는 2014년에 다시 증가했고, 일부 행정단위들은 기존의 목표를 좀 더 높게 조정하기도 했다. 정책입안가들은 주로 전력부문에 집중하고 냉난방이나 바이오연료 이외의 수송부문에는 관심을 가장 적게 기울였다.

2015년 초까지 100% 재생에너지나 전력 목표치를 보유한 행정구역이 몇 개 있었다. 이런 목표치의 대다수는 도시/지방수준에서 마련되었지만, 100% 목표를 추구하는 지방정부의 수도 늘고 있다. 가령 카보베르데, 코스타리카, 덴마크 같은 나라에서는 국가수준에서도 100% 재생에너지와 전력목표에 대한 탐색이 이루어지고 있다.

재생에너지의 가격경쟁력 증가 역시 성장세를 지속시킨 큰 힘이다. 재생에너지 발전단가는 2014년에 꾸준히 하락했기 때문에 많은 나라에서 기존 에너지원과 경쟁할 만하다. 비용과 환경성과의 측면에서 분산형 재생에너지시스템은 도서지역과 외딴 지역의 열과 전력을 공급하는데 있어서, 그리고 일반적으로 현대적인 에너지서비스를 제공하는데 있어서 화석연료(특히 디젤)와 경쟁할 만하다. 개도국의 외딴 지역과 농촌에서 재생에너지는 필수적이고 생산적인 에너지서비스를 제공하는데 있어서 큰 역할을 하고 있으며, 이 역할은 꾸준히 증대될 것으로 보인다. 이는 재생에너지가 비용효과적이라는 인식이 확대되고 있기 때문이다.

동시에 재생에너지의 성장(과 에너지효율성 개선)은 특히 개도국에서 화석연료와 원자력에 대한 보조금이 의해 꾸준히 억제되고 있다. 보조금은 관행적인 에너지의 가격을 인위적으로 낮게 유지하기 때문에, 재생에너지가 경쟁하기 어렵게 만든다. 인위적으로 낮은 가격은 에너지효율성개선과 보존을 위한 노력을 무색하게 하여, SE4All의 목표를 충족시키기 위해 생산해야 하는 재생에너지의 양을 증가시킨다. 2013년 화석연료에 대한 전세계 보조금은 5,500억달러를 넘어섰다. 2014년, 30개에 가까운 국가들이 화석연료 보조금을 줄이거나 없앴는데, 이 중 일부는 저유가에 대한 대응에서 이런 조치를 단행했다.

그림 2. 재생에너지용량과 바이오연료 생산량의 연평균증가율, 2009년 말~2014년



사이드바 1. 지역조명: 동아시아

지역으로 보았을 때 동아시아는 재생에너지 기술에 대한 최대의 투자자일 뿐만 아니라 세계 최대의 재생에너지 소비자이자 생산자가 되었다. 동아시아는 동북아시아의 주요경제국들(중국, 일본, 한국, 대만)과 동남아시아의 급성장 중인 경제국(인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 싱가포르, 태국, 베트남 등)으로 구성된다.

재생에너지는 여러 가지 이유에서 동아시아에 중요한 위치를 점하게 되었다. 이 지역은 세계 최대의 탄소배출지역이고, 이 지역에 속하는 많은 국가들이 기후변화 위협에 대단히 취약하며, 급성장하는 도시들은 매년 수백만 건의 조기사망을 유발하고 있다. 재생에너지는 동아시아에 대단히 필요한 청정에너지 선택지를 제공할 뿐만 아니라, 수입산 화석연료에 대한 의존도가 높아지면서 나타날 수 있는 에너지공급안정성 위협을 완화하는데도 도움을 줄 수 있다. 또한 대부분의 동아시아국가들은 재생에너지를 신산업정책의 핵심적인 전략적 요소로 바라보고 있다.

2013년까지 동아시아의 총 재생에너지 발전용량은 약 457GW(세계총용량의 29% 이상)로 추정되었고, 중국이 80% 이상을 차지했다. 수력발전은 총용량의 상당한 비중을 차지했지만(동아시아전체는 322GW, 중국은 260GW), 중국의 주도로 풍력에너지가 주요부문으로 부상하게 되었다. 중국과 일본은 세계 상위 2대 태양광 발전시장이었고, 필리핀과 인도네시아는 각각 세계에서 두 번째와 세 번째로 큰 지열발전 생산국들이었으며, 한국은 조력발전 분야에서 두각을 나타냈다.

동아시아는 재생에너지 열 분야에서 세계를 선도하고 있다. 최근 몇 년간 태양열온수기 용량추가분의 80% 이상이 중국에서 발생했으며, 그 결과 중국은 세계 총용량의 약 2/3를 보유하고 있다. 하지만 바이오연료 분야에서 동아시아는 세계 에탄올 생산량의 3%와 바이오디젤 생산량의 12% 밖에 점하지 못해 거대한 세계 주자들보다 뒤쳐져 있다.

시설생산에서도 위와 유사하게 인상적인 수치들이 확인된다. 10년 전만 해도 중국은 세계 태양광모듈의 5% 밖에 만들지 못했지만, 이제는 2/3를 생산하고 있다. 중국은 세계 태양열온수기의 약 3/4를 제조한다. 또한 세계에서 가장 많은 풍력터빈(대형과 소형)을 생산한다. 중국은 다양한 재생에너지 설비의 비용을 낮추는데 기여해왔다. 일본, 한국, 대만의 기업들은 (태양광발전, 태양에너지, 지열에너지 등) 많은 분야에서 기술을 선도하고 있고, 중국은 재생에

너지관련 전 분야에서 기술혁신을 위해 타고난 역량을 빠르게 개발하고 있다. 동아시아지역에서 핵심적인 흐름은 정부가 재생에너지를 장기적이고 다방면에 걸쳐있는 전략과 정책에 통합시키고 있다는 점이다. 한국의 녹색성장전략, 일본의 신성장전략, 중국의 12차 5개년계획, 베트남의 녹색성장전략, 말레이시아의 10차 계획 모두 야심찬 재생에너지개발프로그램을 포함시키고 있다. 게다가 동아시아에서는 국가소유의 에너지기업들이 재생에너지 설비, 장비생산, 지원인프라, 신기술개발, 투자에서 핵심적인 주체로 활동한다.

하지만 각 국가계획은 실적이 부진해서 그 신뢰성에 의문이 제기되기도 한다. 일부 국가 목표치들은 반복적으로 달성되지 못했고(한국과 일본), 일부 정부는 핵심부문에서 적극적인 목표를 마련하지 못했다고(주로 국내에서) 비난을 샀으며(일본, 한국, 대만, 싱가포르), 일부 장기계획들은 빈번하게 개정되었다(가령 태국은 겨우 6년 동안 3개의 장기적인 “대안에너지” 전략을 발족시켰다).

그럼에도 불구하고 이런 계획들은 국가와 지역, 지방 수준에서 입법 구조를 개선시켰을 뿐만 아니라, 풍족한 자금지원을 받는 정책 인센티브와 그 외 여러 형태의 국가지원을 도입했다. 또한 이런 조치들은 지난 10년간 동아시아에서 재생에너지 보급을 빠르게 촉진하는데 기여했다. FIT, 경매, 건축규정, RPS는 점점 인기있는 정책수단이 되었다. 갈수록 많은 수의 도시 및 지방정부들 역시 각자의 재생에너지 전략과 정책을 고안하여 지방수준에서 재생에너지의 보급을 활성화하고 있다.

급증하는 상당량의 에너지수요, 다양한 상업적 기회, 역동적인 기업가 정신은 재생에너지 시장과 산업개발에 더욱 박차를 가해왔다. 22억명의 인구를 보유한 동아시아는 세계에서 가장 빠르게 성장하는 경제지역이다. 분산형 발전과 유틸리티규모의 재생에너지 설비에 대한 그 막대한 잠재력은 도시와 농촌지역에서 비슷하게 개발되고 있다. 중국에서는 국가소유의 기업들이 재생에너지 산업의 가치사슬 대부분을 지배하고 있지만, 태양과 풍력에너지 설비제조에서는 Sinovel, Goldwind, Trina, Yingli 같은 기업들을 중심으로 역동적인 민간부문이 형성되고 있다. 이들 기업들은 이제 모두 세계에서 손꼽히는 기업들이다.

동아시아에서 재생에너지의 규모를 더욱 확장하는 데 다양한 과제들이 놓여 있다. 대규모 수력발전은 중국과 동남아시아에서 많은 논란을 일으켰고, 이용 가능한 잠재력을 거의 모두 다 활동하다시피 했다. 중국과 다른 동아시아지역

에서 송전인프라의 병목현상은 꾸준히 풍력에너지 개발을 저해하고 있다. 그리고 바이오에너지 부문에서는 환경적인 지속가능성과 식량안보를 둘러싼 논란들이 제기되고 있다. 이 지역에서 석탄용량이 계속 확대되면서 재생에너지 보급이 위축되었을 가능성도 있다.

게다가 최근에는 불공정한 국가개입이라는 주장 때문에 중국의 태양광모듈, 풍력터빈, 희토광물 수출을 둘러싼 무역분쟁이 발생하고 있으며, 풍력과 태양에너지 같은 급성장하는 분야에서 경쟁이 격화되면서 미래에도 분쟁이 지속될 것으로 보인다. 하지만 세계무역기구의 환경상품협정이 체결되고 그 회원국들이 확대되면, 동아시아의 경쟁력있는 기업들은 상당한 이익을 챙길 가능성이 있다. 마지막으로, 동아시아가 재생에너지개발에 있어서 지금보다 하향식 방식에 적게 의존하려면, 청정에너지혁명에서 동아시아 사회의 적극적인 참여가 중요할 것이다.

비용이 떨어지면서 재생에너지시장은 지역적으로 꾸준히 다각화되었다. 유럽은 여전히 중요한 시장이자 혁신의 중심지였지만, 수요는 지속적으로 다른 지역으로 이전했다. 2014년에는 다시 중국이 재생에너지 전력 신규용량에서 세계를 선도했고, 브라질, 인도, 남아프리카공화국이 각각의 지역에서 추가된 용량 중 큰 비중을 차지했다. 동시에 재생에너지 기술관련 제품을 제조하고 보급하는 아시아, 아프리카, 라틴아메리카 개도국의 수는 꾸준히 늘어났다.

2014년에는 재생에너지 전력과 연료에 대한 전 세계투자액이 반등했고, 세계 모든 지역에서 투자액이 늘어났다. 재생에너지는 전력용량 추가분에 대한 순투자액의 관점에서 5년 연속 화석연료를 앞질렀는데, 이는 주로 태양과 풍력발전에 대한 투자액이 증가했기 때문이다.

투자액을 기준으로 주도한 나라는 중국, 미국, 일본, 영국, 독일이었다. 하지만 신규 재생에너지 전력과 연료에 대한 투자액을 연간 GDP와 비교해서 고려했을 때, 상위국가에는 부룬디, 케냐, 온두라스, 요르단, 우루과이가 들어갔다. 인구당 투자액 부문에서 선도적인 국가는 네덜란드, 일본, 우루과이, 영국, 아일랜드, 캐나다(아일랜드와 캐나다는 거의 동일했다)였다.

선진국과 개도국에서 재생에너지를 위한 크라우드펀딩 플랫폼의 수와 종류가 늘어나면서, (녹색채권, 일드코, 금융증권화(securitisation) 같은) 재생에너지를 위한 새로운 투자수단들 역시 늘어났다. 이런 혁신들은 새로운 자본공급자계층(가령 제도투자자나 유통업투자자)을 끌어들이고, 재생에너지 프로젝트 파이낸싱을 위

한 자본비용을 낮추는데 도움을 주며, 그 결과 재생에너지의 경쟁력을 더욱 향상시킨다.

2014년에는 재생에너지시장의 성장과 함께, 에너지 전 분야에서 저장시스템의 개발과 보급이 상당한 진전을 보았다. (양수저장, 배터리, 열저장, 기타 수단을 통한) 에너지저장은 주로 전력부문에선 침투부하 이동과 진동수 조정서비스를 제공하는데 사용되며, 수송부문에선 전기차량 추진용 배터리와 냉난방 부문에서 열에너지 저장용 배터리 시장도 성장하는 중이다. 배터리는 전 세계 저장용량에서 차지하는 부분이 극히 작지만, 몇 가지 흐름을 통해 성장가능성이 충분함을 파악할 수 있다. 가령 2014년에는 재생에너지와 전력망 연결식 저장(on-grid storage)을 통합하는 혁신적인 비즈니스와 보급모델들이 성장했고, 리튬이온배터리 생산을 위한 거대한 제조공장 건설계획이 중국과 미국에서 발표되었다.

2014년에도 전기수송 및 전기난방기기의 수요가 지속적으로 증가했는데, 이는 앞으로 더 많은 융합기술이 나타날 잠재력이 있음을 보여준다. 전기로 작동하는 개인차량과 난방시스템의 증가는 기존의 전력부문 목표치(가령 RPS)를 달성하기 위해 재생에너지 용량을 더욱 늘리는 요구로 이어질 것이다. 동시에 전기로 작동하는 수송과 난방은 변동성이 높은 재생에너지 전력발전의 균형을 맞추는데 사용될 수도 있다. 가령 전기난방은 시스템 수준에서(가령 전력망의 전기를 사용하여 열을 지역난방네트워크로 보내는 방식), 그리고 소비자 수준에서(가령 태양광발전과 열펌프의 결합) 양자의 균형을 맞추는데 사용되고 있다.

□ 전력부문

2014년에 가장 주목할 만한 성장은 전력부문에선 일어났다. 전 세계 재생에너지 설비용량은 2014년 말 약 1,712GW에 도달했는데, 이는 2013년보다 8.5% 늘어난 것이었다. 수력 용량은 3.6% 늘어나 약 1,055GW에 도달했지만, 다른 재생에너지 들은 약 18% 증가하여 총 660GW에 도달했다. 전 세계적으로 풍력과 태양광은 각각 추가용량이 기록적으로 증가하여 모두 수력을 뛰어넘었고, 이 둘을 합치면 2014년 비수력 설비의 90% 이상을 차지했다.

2014년 재생에너지는 전세계 발전용량 순 추가분의 약 58.5%를 차지했고, 일부 나라에서는 추가용량에서 훨씬 더 많은 비중을 차지하기도 했다. 2014년 말 재생에너지는 전 세계 추가 설비용량의 약 27.7%를 차지했다. 이는 전 세계 전력의 약 22.8%를 제공하기에 충분한 양이며, 이중 수력은 약 16.6%를 제공할 수 있다. 2007년부터 2012년 사이 재생에너지 발전량은 연평균 5.9%의 속도로 증가

했다. 반면 같은기간 동안 전 세계 전력소비는 연평균 2.7%의 속도로 증가했고, 비OECD국가에서는 전력소비량이 두 배 더 빠르게 증가했다.

일부 국가에서는 변동성이 있는 재생에너지들이 상당한 수준으로 증가하고 있다. 가령 2014년 풍력은 덴마크에서는 전력수요의 39.1%, 포르투갈에서는 27%, 니카라과에서는 21%를 충족시켰다. 또한 태양광발전은 이탈리아에서는 전력수요의 약 7.9%, 그리스에서는 7.6%, 독일에서는 7%를 달성하기에 충분한 수준이었다.

2014년 말을 기준으로 재생에너지 총 발전용량이 상위에 드는 국가들은 중국, 미국, 브라질, 독일, 캐나다였다. 중국은 약 280GW의 수력발전을 포함, 전 세계 재생에너지 발전용량의 약 1/4을 보유했다. 비수력 부문에서 상위에 드는 국가는 중국, 미국, 독일이었고, 그 뒤를 이은 이탈리아, 스페인, 일본, 인도는 모두 비슷한 용량수준으로 2014년을 마무리했다. 비수력 재생에너지 발전용량 상위 20개국 중에서 1인당 가장 많은 용량을 보유한 나라는 덴마크였고 그 뒤를 독일, 스웨덴, 스페인, 포르투갈이 이었다.

- 지역적으로 아시아는 가장 많은 발전용량을 설치했다. 전 세계에서 풍력, 태양광, 수력 발전용량을 가장 많이 추가한 나라는 중국이었다. 아시아는 시장이 상당히 커졌는데, 태국은 유럽국가들 보다도 더 많은 태양광발전(0.5GW)을 추가했고, 필리핀과 파키스탄은 각각 상당량의 풍력 발전용량을 추가했다.

- 유럽연합 내에서 재생에너지는 7년 연속 신규 발전용량의 다수(78%)를 차지했다. 독일은 비수력 재생에너지 발전의 비중을 2010년 10.5%에서 2014년 24%로 늘렸고, 스코틀랜드는 전력의 절반가까이를 재생에너지로 공급했다.

- 북미에서는 아직 태양광과 풍력이 많이 이용되고 있지는 않지만, 2014년 두 분야의 시장이 상당히 성장했다. 미국에서는 천연가스 용량보다 재생에너지 용량이 더 많이 보급되었고, 비수력 발전원이 처음으로 수력발전을 능가했다.

- 라틴아메리카와 카리브해 지역에서는 브라질이 신규설치용량 면에서 꾸준히 앞서나갔다. 브라질은 3GW이상의 수력 발전용량과, 기록적인 2.5GW의 풍력 발전용량을 발주했다. 칠레와 멕시코 모두 풍력과 태양광발전이 상당히 늘어났고, 우루과이는 1인당 풍력용량이 세계에서 제일 크다.

- 재생에너지 추가설비는 아프리카에서도 크게 늘었다. 남아프리카공화국은 인도를 앞지르고 처음으로 세계 10대 태양광발전 시장(9위를 차지함) 중 하나가 되었고, 신규 풍력설비에서 아프리카 대륙 선두를 달렸다. 케냐는 세계 신규지열 용량의 절반 이상을 설치했고, 르완다는 신규수력 발전용량(최소 30MW)과

8.5MW의 태양광발전소를 추가하여 총 발전용량을 상당히 늘렸다.

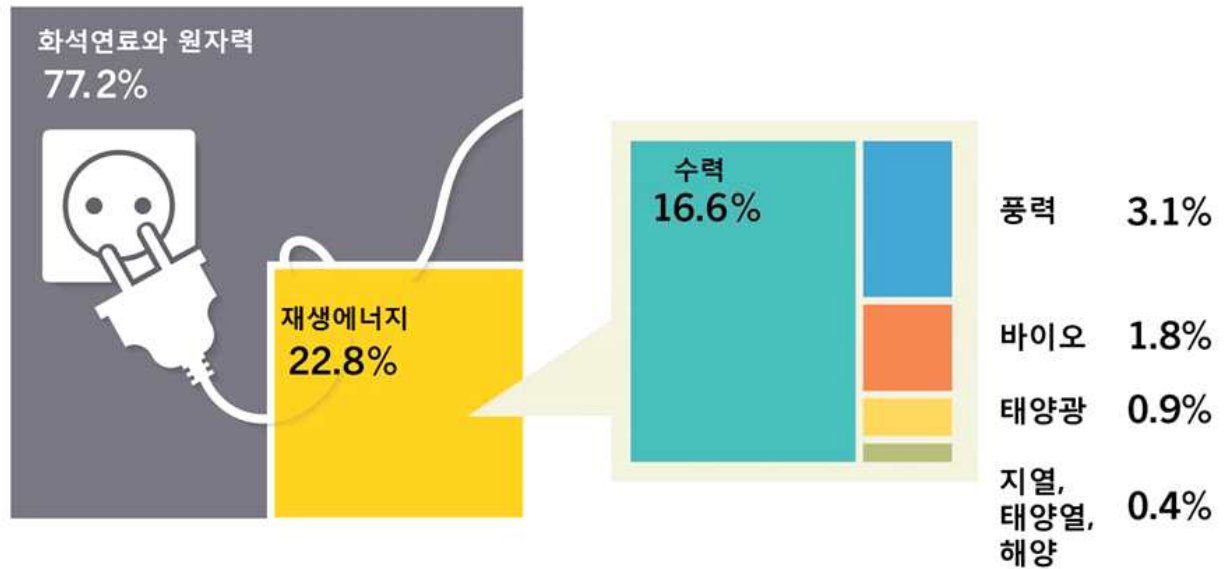
2014년 재생에너지 전력생산의 급성장은 기회와 도전과제를 동시에 만들어냈다. 에너지 및 전력수요가 증가하는 국가에서는 재생에너지와 화석연료 발전이 동시에 개발되고 있다. 반면 전력소비량이 느리게 성장하거나 오히려 감소하는 나라에서는(가령 일부 OECD국가들처럼) 재생에너지가 갈수록 기존의 전력생산을 대체하고 있다. 이런 경쟁에 대비하여 유럽과 북미의 일부 유틸리티공급자나 전력공급자들은 화석연료 투자를 줄이고, 재생에너지 비중이 상당한 다른 유틸리티를 인수하는 등 상당한 재생에너지 자산을 확보함으로써 새로운 입지를 모색하고 있다.

동시에 일부 행정구역의 정책입안자들은 비즈니스 모델과 전력망 인프라를 재정비하여 늘어나는 재생에너지 비중을 지원하기 위해 유틸리티를 인수하고 있다. 게다가 일부 국가들은 재생에너지 확산을 위해 송전선로를 강화하거나 추가로 건설하였다. 전세계 국가들은 늘어나는 재생에너지의 비중에 적응하기 위해 새롭고 혁신적인 접근법을 모색하고 있다.

전 세계적으로 재생에너지 전력생산은 2014년에도 대규모(가령 MW규모) 발전사업 시스템이 주도했다. 하지만 호주, 유럽, 일본, 북미에서는 주거지형 “프로슈머” (자체 전력을 생산하는 전기소비자)의 수가 상당히 증가하기도 했다. 프랑스는 프로슈머를 지원(하고 관리)하는 최고의 방법에 대한 국가적인 토론회를 개최했고, 유럽연합은 회원국들을 위해 자가소비 규정에 대한 지침을 조사하기 시작했다. 선진국과 개도국에서는 산업적인 프로슈머 역시 농업 및 임업 폐기물 바이오매스에서 상당량의 재생에너지 전력을 생산했다.

2014년에는 특히 태양광발전의 경우처럼, 전력망에 연결된 재생에너지를 지역사회와 협동조합에서 소유하는 형태도 확대되었다. 지역사회가 소유한 재생에너지를 지원하는 FIT제도는 태국과 노바스코샤 같은 행정구역에서 꾸준히 가동되었다. 또한 스코틀랜드에는 지역사회 소유형 해양에너지시스템이 최초로 설치되었다. 덴마크와 독일 양국은 재생에너지시스템을 지역사회와 지방에서 소유하는 오랜 전통을 가지고 있다. 독일의 경우 2012년을 기준으로 재생에너지 전력생산의 47%가 개인 혹은 투자자 협동조합 소유였지만, 이 비중은 최근 몇 년 간 하락했다.

그림 3. 전세계전력생산에서 재생에너지가 차지하는 비중, 2014년 말



사이드바 2. 에너지시스템의 혁신: 발전시스템 전환

전력시스템은 발전과 대단히 유사한 방식으로 계획 및 운영되었다. 하지만 오늘날에는 다양한 요인들이 상당한 변화를 일으키고 있다. 화석연료의 온실가스 배출이 지역과 세계에 미칠 영향에 대한 우려가 증가하고, 에너지안보에 대한 인식이 빠르게 진화하고 있으며, 보편적인 에너지 접근성에 대한 요청이 제기되고, 기술비용이 급변하는데다, 에너지 공급이 더욱 민주화되고, 물과 토지이용 부문과 상호작용이 증가하고 있으며, 네트워크 지능과 시스템 최적화가 극적으로 개선되었기 때문이다.

이런 힘들은 발전시스템의 상당한 전환을 요구한다. 전 세계에서 수집된 증거들은 새로운 시스템 역량을 해제할 수 있는 기술적, 제도적 혁신들이 부상하고 있음을 보여준다. 새롭게 등장하여 확산되기 시작한 혁신들은 계획과정, 운영 업무, 가격과 요금, 가능하게 하는 기술이라는 크게 네 가지 범주로 나눌 수 있다. 각 범주에 대한 사례는 다음과 같다.

계획과정. 에너지생산이 물과 기후, 건강에 미치는 영향에 대한 이해와 측정의 폭이 넓어지면서, 일부 행정구역에서는 이를 통합적인 자원계획에 분명하게 포함시키고 있다. 가령 미국의 건조한 남서부에서 Arizona Public Service의 유틸리티 계획과정은 다양한 물 시나리오와 배출시나리오의 위험과 편익

을 검토하여, 재생에너지 기술을 통한 공급을 더욱 강조하는 결과가 나타나고 있다. 일부 신흥시장 역시 에너지접근성과 경제발전 같은 독특한 특성을 설명하기 위해 보다 예방적이고 포괄적인 에너지계획과정으로 이전하고 있다.

이미 재생에너지 비중이 높거나 늘어나고 있는 행정구역에서는 계획과정에 재생에너지원에 대한 향상된 지리적 분석, 재생에너지 전력생산에 맞추어 송전망 확장을 조정하는 새로운 접근법, 그리고 재생에너지 비중이 증가함에 따라 신뢰할 수 있는 발전시스템이라는 확신을 줄 수 있도록 좀 더 세세한 신뢰성 척도를 포함하는 방향으로 진화하고 있다. 가령 아일랜드의 송전시스템 운영자(EirGrid)는 송전과 풍력발전을 통한 전력생산의 체계적인 보급을 유지하기 위해 여러 단계에 걸친 절차를 개발했고, 대단히 세밀한 신뢰성 분석기법을 차용하여 미래 풍력발전 시나리오 하에서 시스템의 운영을 검토하고 있다.

운영 업무. 전력공급과 수요의 균형을 잡는 일에는 항상 변동성과 불확실성이라는 요소가 존재하는데, 이는 재생에너지 비중이 늘면 함께 증가한다. 정확한 날씨예보, 개선된 발전기 스케줄 관리, 이웃 전력망시스템과 조율 증가 등 다양한 운영 방법들은 재생에너지 변동성과 불확실성 요소를 좀 더 비용효율적이고 신뢰할 수 있는 방식으로 관리할 수 있게 도와준다. 가령 정확한 날씨예보는 캐나다, 중국, 독일, 아일랜드, 포르투갈, 스페인, 미국에서처럼 풍력발전량이 많은 지역에서는 주요시스템으로 자리잡았다.

가격과 요금. 가격과 요금 설계는 전력시스템 구조에서 핵심적인 역할을 해왔다. 오늘날 가격과 요금은 재생에너지 채택을 유도하는 데 뿐만 아니라 수요반응, 발전사업자들의 유연한 수행능력, 에너지효율성, 분산형 발전에 대한 투자를 독려하는데 있어서도 중요성이 커지고 있다. 가령 재생에너지의 비중이 높은 다양한 시장에서는 풍력과 태양에너지가 제로 혹은 제로에 가까운 누적비용으로 입찰하면서 전력도매시장가격이 전체적으로 하락하고 있다. 이런 가격하락은 긴요한 전력망 서비스를 제공할 수 있는 발전사업자들의 수익성을 하락시킬 수도 있다. 이에 대응하여 일부 시장운영자들은 급전가능한 공급을 제공하고 전력망의 균형을 맞추는 발전사업자들과 수요반응 공급자들에게 적정한 보상을 해주기 위해 (용량요금이나 “성과별지급” 메커니즘 같은) 특정 상품을 이행하고 있다.

가능하게 하는 기술. 발전시스템 전환을 지원하기 위해, 혁신적인 물질약발전 기술, 역동적인 동력출력조정을 가능하게 할 수 있는 새로운 태양광발전을 위한 “스마트” 인버터, 수요반응을 가능하게 하는 스마트 미터 등 기술, 배터리와 양수저장, 유연한 열발전장치 등 가능하게 하는 기술에 대한 투자가 늘고 있다. 가령 독일의 유틸리티들은 변동성이 큰 재생에너지원을 더욱 유연하게 통합하기 위해 기존 석탄화력 발전소가 더 빠르게 증감할 수 있도록 보수하고 있다. 덴마크에서는 열병합발전소가 가변적인 풍력발전의 전력저장 시설로 기능하고 있다.

이와 함께, 이런 혁신들은 재생에너지 보급에 대한 대응에서, 그리고 재생에너지 보급을 지원하기 위해 인식이 얼마나 광범위하게 바뀌고 있는지를 알 수 있게 해준다. 향후 몇 십 년간 재생에너지와 저장시설, 네트워크지능기술의 비용이 떨어지면서 훨씬 더 많은 변화가 나타나게 될 것이다. 따라서 발전시설 전환의 전략적 관리는 갈수록 중요한 초점이 될 것이다.

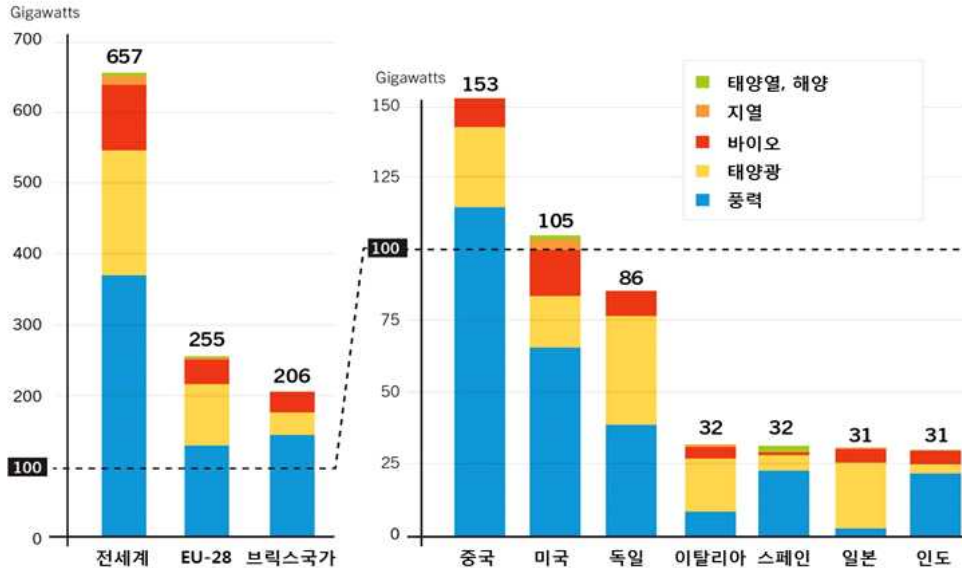
“에너지시스템 혁신” 사이드바는 재생에너지 통합과 시스템 전환에 관련된 에너지시스템의 진전을 집중적으로 다루는 GSR 보고서의 정규특집이다.

전세계 주요기업들과 기관들은 2014년 재생에너지를 구입하기 위해 상당히 노력했고, 상위의 기업들은 RE100 이니셔티브 하에서 100% 재생에너지 달성에 전념했다. 대기업들은 재생에너지 발전설비를 소유(하거나 재생에너지를 통해 생산된 전기를 구입)하기 위해 수십억 달러를 투자하겠다고 발표하기도 했다. 광산업계는 신뢰성을 개선하고 에너지비용을 낮추기 위해 재생에너지시스템에 투자하고 있다. 브라질, 캐나다, 칠레, 남아프리카공화국, 탄자니아의 광산에서는 전기와 열을 생산하는 재생에너지시스템이 설치되거나 개발 중이다.

전력부문을 중심으로 전통적인 유틸리티들의 자발적인 재생에너지 구입이 꾸준히 증가했다. 독일은 여전히 세계녹색전력 선도자 중 하나였고, 2006년 80만명에서 2013년 570만명으로 늘어났고, 가정의 14.3%가 총 19.5TWh의 재생에너지 전기를 구입했다. 상업적인 고객들을 포함시켰을 때 독일의 녹색전력구매량은 29.6TWh가 넘는다. 다른 유럽국가들 역시 적극적인 녹색전력시장을 보유하고 있다.

녹색전력시장은 호주, 캐나다, 일본, 남아프리카공화국, 미국에도 존재한다. 미국 전력고객의 절반 이상이 직접 지역의 유틸리티나 전력공급자로부터 녹색전력을 구매하겠다는 선택을 할 수 있다. 2013년 미국의 녹색전력 도매판매량은 총 62TWh(미국의 전기총판매량의 약 1.7%)였고, 구매자는 약 540만명에 달한다.

그림 4. 세계, EU-28개국, BRICS, 상위 7개국의 재생에너지 발전용량, 2014년.



□ 냉난방부문

2014년 난방용 에너지사용량은 세계최종에너지소비량의 약 절반을 차지했다. 재생에너지는 난방분야에서 최종에너지사용량의 25% 이상을 공급했는데, 이중 2/3 이상이 재래식 바이오매스였다. 나머지 1/3은 현대적인 재생에너지가 제공했는데, 이는 총 열 에너지의 약 8%에 해당한다. 따라서 현대적인 재생에너지 난방은 최종에너지사용량 중 재생에너지의 총 기여분에서 상당한 비중을 차지하고, 재생에너지 난방과 특히 저온난방기기의 잠재력은 아직도 크다.

2014년에는 바이오에너지가 현대적인 재생에너지 비중의 90% 이상을 차지했고, 그 나머지는 태양열과 지열이 공급했다. 현대적인 재생에너지 열의 절반이상을 산업계에서 소비했는데, 산업계에서는 재생에너지가 총 열수요의 약 10%를 충족시켰고, 이는 거의 바이오매스를 통해 생산되었다(최근 몇 년간 산업부문의 성장은 상대적으로 느린 편이었다).

재생에너지 열 소비량의 나머지 절반은 공간난방, 급탕, 취사를 위해 건물에서 사용되었으며, 이는 주로 바이오매스로 생산되었고, 태양열과 지열은 훨씬 더 적

은 기여를 했다. 많은 입지와 환경에서 재생에너지 열 기술은 화석연료와 비교했을 때 가격경쟁력이 있음에도 불구하고, 건물부문에서 재생에너지 열 사용량 증가는 대부분 지원정책을 통해 이루어졌다.

취사용 재생에너지는 아시아, 유럽, 중동, 북미 등 여러 지역에서 관심이 증대되고 있다. 취사에 재생에너지를 사용할 경우 전기 부하를 감소시킬 수 있기 때문이다. 최근 몇 년간 전 세계 태양 냉방시장은 연간 40% 이상의 속도로 성장했지만, 전 세계에 보급된 설비용량은 아직도 제한적이다.

열에너지에 대한 전 세계 수요는 2002년과 2012년 사이에 연평균 2.6%의 속도로 성장했는데, 이는 주로 개도국의 산업과 건물에서 열 수요가 증가했기 때문이다. 에너지접근성이 향상되고 평균기온이 상승하면서 냉방수요 역시 극적으로 증가했다(2000년부터 2010년까지 10년간 60% 증가).

최근 몇 년간 개도국의 도시화와 현대적 에너지원에 대한 접근이 증가하면서 전 세계 난방용 재래식 바이오매스 추세는 안정세에 접어들기 시작했다. 반면 난방부문에서 현대적인 재생에너지의 전 세계 소비량은 2007년부터 2013년까지 연평균 2.4%씩 성장했다. 열에 대한 최종에너지소비가 꾸준히 증가하고 있기 때문에 난방부문에서 현대적인 재생에너지가 차지하는 총 비중은 안정적으로 유지되었다.

많은 나라에서 바이오매스를 산업용으로 사용하기 때문에 난방용 재생에너지는 꽤 고르게 분포해있다. 하지만 지역에서 재생에너지 난방 흐름에는 중요한 차이가 존재한다.

- 아시아는 난방부문 전체적으로 현대적인 재생에너지 사용량이 가장 많은데, 이는 주로 인도와 기타 아시아 국가들이 사용하는 산업적인 바이오-열(bio-heat)의 양이 많기 때문이다. 중국은 2014년에도 전세계 태양난방시장을 지배했고, 지열의 직접적인 사용과 난방용 바이오가스 부문에서 세계를 선도했다.

- 유럽은 난방에너지의 일부를 차지하는(2013년 14.7%) 현대적인 재생에너지 부문에서 세계를 선도하고 있고, 아이슬란드, 노르웨이, 스웨덴 같은 유럽국가들은 세계에서 재생에너지 난방이 가장 널리 보급된 곳들이다(50% 이상). 유럽은 태양열병합시스템, 태양열 산업공정 및 지역에너지네트워크로의 통합, 소규모 지열 열병합 개발 같은 혁신기술에서도 앞서 나가고 있다.

- 태양열온수 집열기 시장은 최근 몇 년간 둔화되긴 했지만, 미국은 2014년 설비용량에서 꾸준히 선두를 유지했다. 전체적으로 북미에서 난방용 총 재생에너지는 산업부문의 바이오매스 소비량이 줄었기 때문에 2007년부터 2013년까지 감

소했다.

- 라틴아메리카에서는 최근 몇 년간 바이오매스의 성장 때문에 재생열에너지의 사용량이 늘어났다. 동시에 브라질에서는 태양열온수난방이 크게 성장했고, 멕시코에서도 주목할 만한 성장을 이루었다. 몇몇 다른 국가들에서도 공공인센티브가 없음에도 태양열온수난방이 증대되었다.

- 아프리카에서는 특히 모리셔스, 에티오피아, 케냐처럼 사탕수수산업(버개스로 열병합발전소의 연료를 공급)이 있는 나라에서 현대적인 재생열에너지가 중요한 역할을 한다. 2014년에는 아프리카 전역에서 태양열난방용량을 꾸준히 추가했고, 남아프리카공화국이 가장 우수하다.

- 중동에서는 태양열온수가 많은 나라에서 중요한 자원이다. 태양열온수 집열기의 누적용량에서 가장 앞선 곳은 이스라엘이고 그 뒤를 팔레스타인, 요르단, 레바논이 잇고 있다. 이스라엘 가구의 약 85%가 태양열온수 집열기를 사용한다. 태양열난방에 대한 관심 역시 이 지역에서 증가하고 있다.

2014년에는 냉난방부문에서 재생에너지의 역할이 증대될 수 있음을 보여주는 몇 가지 흐름들이 발견되었다. 산업공정과 냉난방시스템, 건물 에너지효율성 개선, 순제로 에너지건물 관심 증대, 순제로 에너지의무규정(2020년과 그 이후)을 신설한 국가 증가를 꼽을 수 있다.

지역에너지시스템의 확대 역시 재생에너지 냉난방이 증대되는 효과로 이어질 수 있다. 지역에너지는 유럽에서 가정용 및 상업용 난방의 약 12%를 제공하고 있고, 유럽과 그 외 일부 국가에서는 그보다 훨씬 더 많은 비중을 차지하기도 한다. 가령 중국은 2005년부터 2011년 사이에 지역난방네트워크를 두 배로 늘렸고, 이를 통해 난방수요의 약 30%를 공급하고 있다. 전 세계적으로 이런 네트워크를 통해 건물에 제공되는 현대적인 재생에너지 열은 약 6% 수준이다. 유럽국가들은 태양열, 바이오매스, 지열의 열을 지역난방시스템에 통합시키고 있다. 덴마크는 2012년부터 2014년 말 사이에 지역난방 네트워크의 총 태양열 용량을 두 배 이상으로 늘렸다.

덴마크와 아일랜드는 지역난방시스템과 기타기술을 이용하여 과잉공급 시기동안 재생에너지 전력생산에서 발생하는 열을 흡수하기 시작했다(즉 열펌프나 저항가열기를 사용하여). 중국은 바람이 많은 지역에서 바람을 열로 전환시키는 기술을 시범적으로 테스트하여 지역전력망의 부담을 완화하고, 지역의 대기오염 수준을 낮추기를 요청했다.

또 다른 중요한 흐름으로는 태양열 혹은 바이오매스와 열펌프를 통합하여 다양

한 열기기를 작동시키는 하이브리드 시스템으로 넘어가는 움직임이 있다. 하이브리드 열펌프제품에 대한 중국시장은 유럽의 두 배에 달하며, 급속히 커지고 있다. 산업공정 뿐만 아니라 지역난방을 위한 대규모 열펌프 사용에 대한 관심 역시 늘고 있다.

재생에너지 난방에 대한 이 같은 혁신에도 불구하고 기술에 대한 인식제한, 난방시장 파편화와 소비의 분산된 성격, 정책적 지원부족 때문에 이 분야의 성장이 지체되고 있다. 게다가 이 부문은 에너지효율성 개선이나 다른 재생에너지 시스템(가령 태양광발전, 열펌프, 태양광발전 및 열펌프 하이브리드) 같은 다른 가능한 투자들과의 경쟁 뿐만 아니라, 낮은 화석연료 가격과 꾸준한 화석연료 보조금(특히 천연가스에 대한) 때문에 역풍을 맞고 있다. 태양열은 현대적인 재생에너지원 중에서 가장 빠른 성장을 경험했지만, 이런 도전들 때문에 2014년의 성장속도는 지속적으로 둔화되었다.

□ 수송부문

수송부문의 재생에너지에는 세 가지 주요한 진입지점이 있다. 첫 번째 지점은 100% 액체바이오연료 혹은 관행연료와 혼합된 바이오연료 사용이고, 두 번째 지점은 천연가스의 역할 증대이며, 세 번째 지점은 수송의 전기공급 확대다. 이 세 분야의 흐름은 수송부문 재생에너지 발전에 기여해왔다. 하지만 지금까지 수송부문의 정책과 시장, 산업은 주로 액체 바이오연료에 주로 초점을 맞추었다.

주로 개도국에서 자동차 소유가 늘어나면서 수송분야에서 석유수요는 크게 증가했다. 하지만 개선된 수송전략 뿐만 아니라 자동차 및 기타 경차 연비향상은 수요를 누그러뜨리는데 도움을 주었다. 2008년~2012년 동안 차량 가솔린에 대한 전 세계 수요는 연간 1.2% 상승했는데, 비OECD 국가는 연간 5.1%의 증가율을 보였다.

수송부문의 재생에너지 비중은 여전히 많지 않다. 재생에너지는 2013년 도로수송을 위한 에너지수요의 약 3.5%를 차지했는데 이는 2007년의 2%보다 약간 늘어난 정도다(동시에 수송용 연료는 전 세계적으로 재생에너지 일자리에서 두 번째로 많은 비중을 차지했다). 액체 바이오연료(주로 에탄올과 바이오디젤)는 재생에너지 비중의 대다수를 차지한다. 일부유럽국가와 미국, 브라질(브라질의 경우 2014년 도로수송 연료에서 바이오연료의 비중이 20%가 넘었다)에서는 수송부문에서 바이오연료의 기여가 더 높다. 액체바이오연료는 주로 여객차량과 대형도로용 차량을 위해 사용된다.

액체 바이오연료 이외, 차량연료로 사용되는 바이오메탄(정화된 바이오가스) 등 가스형태의 바이오연료는 상대적으로 양은 적지만 점점 늘고 있다. 재생에너지는 열차, 경전철, 트램, 이륜 및 사륜구동 전기차량을 위해 전기 형태로 사용되기도 한다.

일부지역에서는 바이오연료의 환경적, 경제적, 사회적 지속가능성에 대한 우려가 성장을 억제했지만, 2014년에는 거의 모든 생산국에서 전년대비 바이오연료 생산량을 늘렸다.

- 미국은 바이오디젤과 에탄올 생산 모두에서 꾸준히 앞서나갔다. 정책불확실성에도 불구하고 2013년부터 2014년까지 에탄올 생산량은 늘어났다. 캐나다 역시 바이오연료 생산량이 약간 늘었고, 세계 5대 연료용 에탄올 생산국 중 하나에 속했다.

- 2014년에 브라질 에탄올 및 바이오디젤 생산량이 확대되었고, 브라질보다 생산량이 적은 라틴아메리카 국가들도 생산량이 늘었다. 아르헨티나의 생산량은 국가 인센티브와 혼합의무규정 덕분에 28% 증가했고, 2014년에 바이오연료 생산량에서 세계 5위에 올랐다.

- 유럽연합은 설탕, 녹말, 기름용 작물에서 추출된 바이오연료를 제한할 것을 고려했다. 동시에 유럽연합은 수송부문에서 재생에너지 목표치를 충족시키기 위해 고군분투했다. 이런 배경에 힘입어 2014년 바이오연료 생산량이 증가했는데, 가장 앞선 나라는 독일이었다.

- 바이오연료 생산량은 2013년~2014년에 아시아에서 급속하게 확대되었는데, 중국, 인도네시아, 태국을 모두 합하면 생산량이 16% 늘어났다.

- 사하라사막이남 아프리카 국가 일부가 국가차원에서 RFS(대부분 에탄올) 규정을 두고 있긴 하지만, 생산량은 많지 않았다.

바이오연료와 관련해서는 새로운 시장과 기기들이 꾸준히 나타나고 있다. 2014년 노르웨이와 스웨덴은 항공용 바이오연료가 사용되었고, 브라질, 중국, 인도네시아, 남아프리카공화국, 아랍에미리트연합, 영국, 미국의 항공사들은 항공용 바이오연료를 미래의 비행에 포함시키겠다는 계획이나 항공용 바이오연료 공급협약을 발표했다.

전세계적으로 2014년에는 (호주, 칠레, 이탈리아, 미국의 해군 등) 군대들이 바이오연료 개발을 꾸준히 이어갔다. 미군은 2014년 12월 재생가능한 이소부탄을 연료로 최초의 초음속 비행을 성공시켰다고 밝혔다.

액체바이오연료 이외에, 가스형태의 연료와 전기화 흐름은 꾸준히 재생에너지를

수송에 통합시키기 위한 과정을 만들어갔다. 압축천연가스 차량과 연료충전소의 수는 꾸준히 확대되어 바이오메탄 같은 가스형 바이오연료에도 그만큼 기회가 만들어졌다. 일부 유럽연합에서(가장 주목할만한 곳으로는 독일, 핀란드, 스웨덴) 자동차와 버스 등의 차량에 연료를 제공하는 바이오메탄의 양은 아직은 제한적이지만 늘고 있는 추세다. 바이오메탄의 생산은 주로 유럽에 집중되어 있지만, (아시아와 북미의 국가들 뿐만 아니라 브라질 등) 다른 지역에서도 생산 및 차량연료충전 시설을 개발하기 위한 계획이 진행 중이다.

수송부문의 전기화는 훨씬 더 많이 확대되었다. 도로여객용 전기차 수는 2013년 35만대에서 2014년 66만5천대로 거의 두 배 늘었다. 전기차 승객이 가장 많은 나라는 미국이지만, 2014년 연간차량판매 중에서 전기차 비중이 가장 높은 나라는 노르웨이였다(12%). 2015년 초 기준으로 중국은 전 세계에 있는 전기이륜차 2억3천5백만대 중 97%, 전 세계 전기버스 4만6천대 중 79%를 보유하고 있다. 2014년에는 여객용 전기기차, 경전철, 트롤리 시스템 확대 등 전기 대중교통 역시 꾸준히 확대되었다. 부탄은 일단 정부차량과 택시에서 출발하여 수송부문을 전기화 하는데 다량의 재생에너지를 사용하겠다고 밝혔다.

이 같은 흐름은 재생에너지의 수송부문 통합을 가속화하고 있지만, 전기차량은 발전원이 재생에너지가 아닌 경우 재생가능이라고 보기 어렵다는 점에서, 관련된 전기수요를 재생에너지로 충족시킬 필요가 있다. 전기차량이 재생에너지 충전소에 직접 연결될 수도 있고, 재생에너지가 전기차량의 다른 설계에 직접 통합될 수도 있지만, 이런 직접적인 연결은 아직 보기 드물다. 전기차의 저장용량을 이용하여 변동성이 있는 재생에너지 전력의 균형을 맞출 수도 있지만, 이 기능은 아직 실증단계에 머물러 있다.

유럽에서는 소내 재생에너지와 자발적인 녹색전력구매프로그램을 결합시켰다. 일부 철도시스템이 재생에너지 전기와 연료로 동력을 얻고 있거나 얻게 될 것이라고 천명하게 되었다. 스웨덴의 여객용 철도회사(SJ)는 수년간 100% 재생에너지에서 열차의 동력을 얻었고, 스위스연방철도회사(SBB)는 75%인 재생에너지 비중을 2025년까지 100%로 끌어올리기 위한 계획을 세우고 있으며, 독일의 Deutsche Bahn은 과거 2050년까지 100% 재생에너지를 달성하겠다고 약속했다. 2014년에는 네덜란드의 국영철도시스템이 2015년까지 50% 재생에너지, 2018년까지 100% 재생에너지를 달성하겠다는 목표를 수립했고 독일의 Rhein-Hunsruck지역은 남은 재생에너지 발전량을 수송시스템으로 돌리고 있다. 유럽이외의 지역에서는 인도철도회사가 열차의 바이오연료 사용량을 5%까지 올리겠다고 약속했다.

사이드바 3. 재생에너지 내 일자리

유럽과 북미에서 중국과 다른 아시아국가로 넘어가는 꾸준한 지역적인 이동 뿐만 아니라, 다양한 산업 및 무역정책, 산업재편성, 기술개발 등이 재생에너지 관련 고용을 지속적으로 결정하고 있다. IRENA에 따르면, 2014년 이 분야에서 직간접적으로 고용된 사람의 수는 약 770만명으로 추정되고, 대형수력발전에서만 150만명이 추가되었다.

가장 많은 일자리를 보유한 부문은 250만개의 일자리를 보유한 태양광으로 대부분이 중국에 집중되어 있는데, 이는 중국이 급성장하는 국내시장을 보유하고 있을 뿐만 아니라 제조부문에서도 선두를 달리고 있기 때문이다. 일본, 미국, 방글라데시에서도 태양광부문 고용이 증가했다. 반면에 유럽 태양광산업의 일자리는 35% 감소하여 2013년 16.5만개로 내려갔다.

두 번째는 180만개에 가까운 일자리를 보유한 액체 바이오연료다. 바이오연료 관련 일자리를 가장 많이 보유한 나라는 브라질이며, 미국이 그 뒤를 잇고 있다. 그 외 중요한 나라로는 인도네시아, 중국, 콜롬비아, 태국이 있는데, 이는 바이오연료가 노동집약적으로 운영되기 때문이다.

전세계 풍력부문 고용은 2014년에 1백만개 문턱을 넘었다. 중국과 미국에서 특히 강력한 성장세를 나타냈고, 브라질과 유럽연합은 소소한 수준의 증가를 겪었다.

나머지 재생에너지 기술에 대한 데이터는 많지 않다. 태양열 부문에서 중국은 약 76.4만개의 일자리를 차지하고 있다. 이보다 고용은 적지만 인도, 미국, 브라질 역시 언급해줄만한 나라들이다.

2015년 IRENA는 처음으로 전세계 대형수력발전의 고용을 추정해보았는데, 이 부문에서 발생한 직접적인 일자리는 약 150만개로 나타났다. 2013년에 고용이 많은 나라는 중국, 브라질, 인도, 러시아였다. 대부분의 일자리는 건축과 제조에서 발생했고, 운전 및 유지관리가 그 뒤를 이었다.

재생에너지 고용은 독립전력망 부문에서 꾸준히 증가하고 있다. 방글라데시는 태양광 발전을 통해 에너지접근성 개선과 고용이 개도국의 농촌지역으로 확대될 수 있는 잠재력을 보여주었다. 방글라데시에서 가정용태양시스템 설비가 2015년 초 380만개로 증가했고, 약 11.5만개의 일자리가 늘어났는데 주로 판매, 설치, 유지에서 발생했다.

340만개의 일자리를 보유한 중국은 재생에너지와 관련된 일자리를 가장 많이

보유한 국가로서 입지를 확고히 굳혔다. 태양광발전, 태양온수난방, 풍력발전, 소형수력, 바이오가스 부문에서 중국은 독보적인 지위를 점하고 있다.

유럽에서는 재생에너지 분야의 고용이 3년 연속 감소했는데, 이는 불리한 정책적 조건에서 기인한 전반적인 투자감소를 반영한다. 2013년 총 120만개인 일자리는 전년보다 4% 감소했다. 바이오매스(열과 전력)와 풍력발전에서 작은 성과가 있었지만 태양광발전 부문에서 일자리가 두드러지게 감소하여 전체적으로는 상쇄효과가 나타나지 못했다. 2013년 독일은 가장 좋은 수준의 고용을 보유하고, 프랑스, 영국, 스페인, 이탈리아가 그 뒤를 이었다.

미국에서는 2014년 태양산업(2013년 이후 22% 상승)과 에탄올산업(34% 증가)에서 일자리가 크게 증가했다. 바이오디젤 고용은 생산량 감소와 함께 약간 감소했다. 풍력제조업체들은 2013년의 하락세를 만회했고, 새로운 풍력설비로 전체적 고용이 2014년 45%까지 증가했다.

브라질의 고용상황은 꾸준히 바이오에너지가 주도했다. 기계화로 사탕수수 추수 노동력이 위축되긴 하지만, 이 흐름은 바이오디젤 부문의 성장에 의해 상쇄되기도 남았다. 풍력과 태양온수난방 분야에서 고용된 사람들의 수 역시 늘고 있다.

인도는 높은 태양광 설치목표를 보유하고 있지만, 제조업체들은 값싼 수입품 때문에 고전을 겪고 있다. 2014년에는 인도의 2.3GW 모듈생산용량 중 겨우 25%정도 가동되었다. 태양열온수난방기 산업 역시 중국 수입품과 심한 경쟁을 하고 있다.

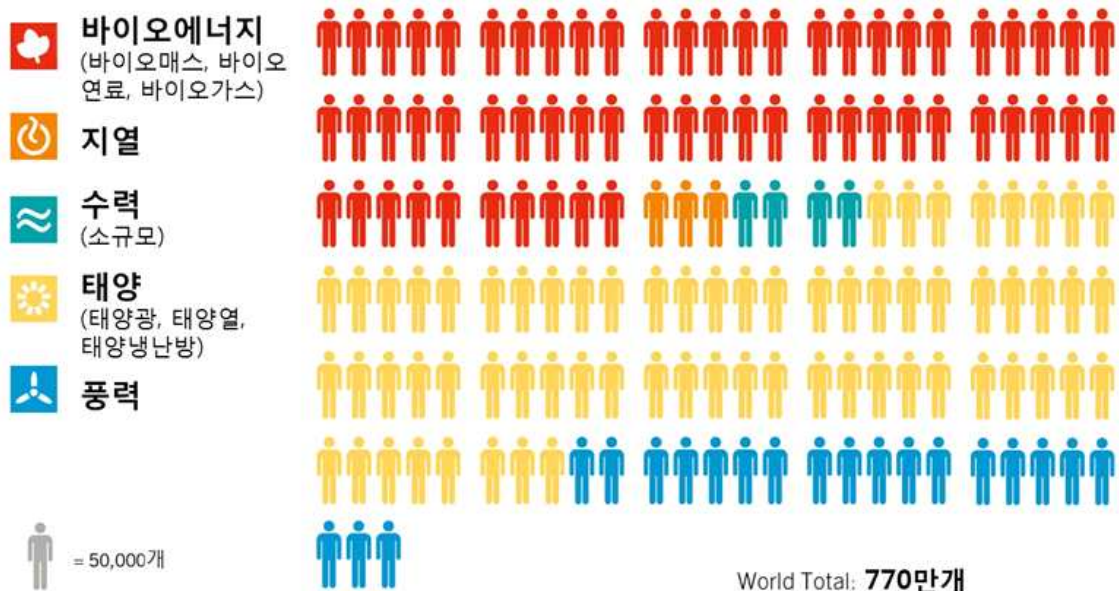
많은 아시아 국가들이 태양광발전을 잘 진척시키고 있다. 설비의 강력한 증가에 힘입어 일본의 태양광부문 일자리는 2013년 두 배 이상 늘어났다. 말레이시아는 우호적인 투자환경으로 다양한 태양광 제조업체들을 유혹하여 2014년 1.8만명을 고용했다. 한국과 관련하여 구할 수 있는 최신 추정치는 태양광발전제조업 부문의 일자리가 2013년 7,500개라는 것이다.

재생에너지 일자리

표 1. 전세계 재생에너지원별 직간접 고용창출 현황 추정

	전세계	중국	브라질	미국	인도	일본	방글라 데시	EU		
								독일	프랑 스	나머지 유럽
단위 : 1,000개										
바이오매스	822	241		152	58			52	53	238
바이오연료	1,788	71	845	282	35	3		26	30	42
바이오가스	381	209			85		9	49	3	14
지열	154			35		2		17	33	54
소수력	209	126	12	8	12		5	13	4	24
태양광	2,495	1,641			125	210	115	56	26	82
CSP	22			174				1		14
태양열난방	764	600	41		75			11	7	19
풍력	1,027	502	36	73	48	3	0.1	138	20	162
합계	7,674	3,390	934	724	437	218	129	371	176	653

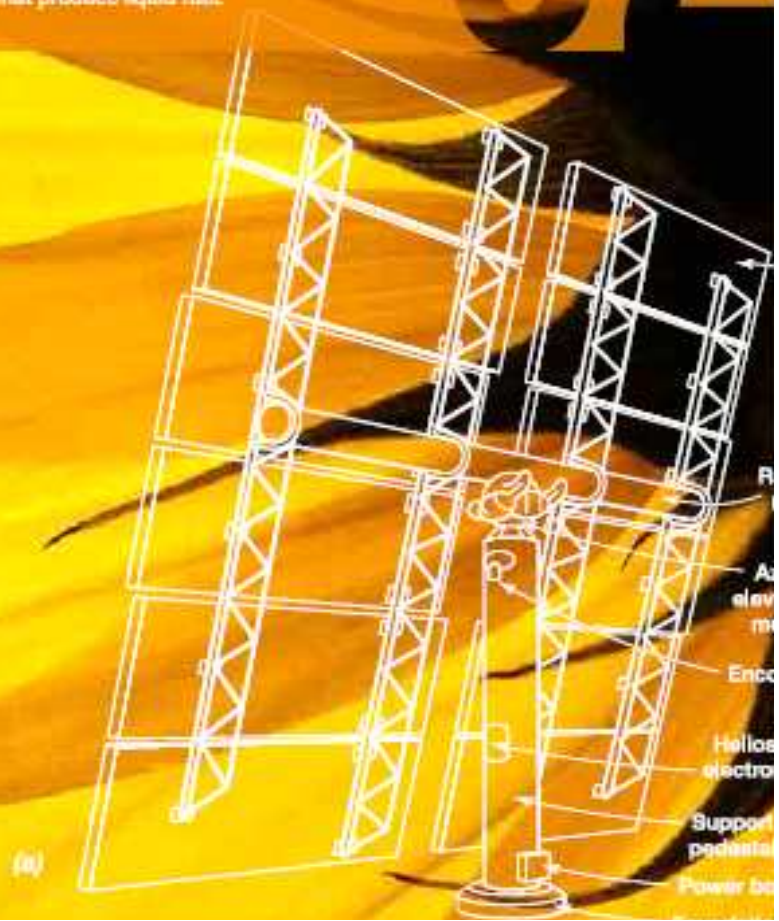
그림 5. 재생에너지 일자리 현황



i - Employment information for large-scale hydropower not included.

Innovations from the past, innovations for the future. Nature offers new ways to think about renewable energy: using the tracking mechanism in SUNFLOWERS to inform the design of heliostats to track the sun; mimicking the human body's blood cooling system to increase the performance of solar PV systems; examining the aerodynamics of an owl's wing to compose more efficient wind turbine blades and harnessing the chemical process of photosynthesis to develop bionic/artificial leaves that produce liquid fuel.

02



02 시장과 산업 동향

바이오매스 에너지

다양한 바이오매스(유기폐기물, 에너지 작물, 조류 등 포함)에서 생산된 에너지 운반체는 주거, 상업, 산업공정열, 전력, 수송 등 유용한 에너지서비스를 제공할 수 있다.

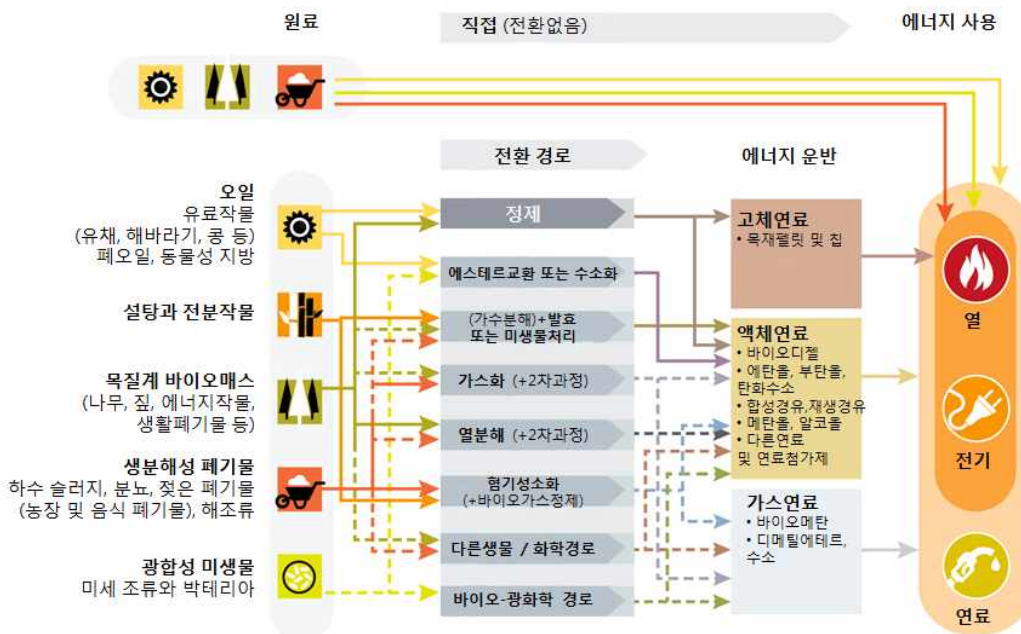
바이오매스는 광범위한 자원분포에 따른 다양한 특성과 복잡성을 갖고 있고, 기관마다 자료 수집이 제한적이기 때문에 상대적으로 측정하기 어렵고, 자료마다 큰 편차를 보인다. (사이드바 4번)

□ 바이오에너지 시장

2014년 바이오매스 1차에너지 총 수요는 약 16,250TWh (58.5EJ)로 나타났다. 세계 총 1차에너지 소비량에서 바이오에너지의 비중은 10%로 나타나고, 2000년 이후 비슷한 수준에 머물러 있다.

바이오에너지 사용량 중 재래식 바이오매스의 비중은 54~60%로 나타난다. 재래식 바이오매스의 상당수(장작, 숯, 농업부산물, 축산분뇨)는 화로, 가마솥, 취사용 오븐, 난로에 활용된다. (분산형 재생에너지 부분 참조.)

그림 6. 바이오에너지 전환경로



사이드바 4. 재생에너지 통계: 분산형 설비와 생산량

재생에너지에 대한 신속하고 정확하고 접근 가능한 자료는 합리적인 정책결정에 있어서 필수적이다. 재생에너지 보급이 증가하고 지리적 범위도 확대되면서 자료수집, 신뢰성, 일치성에 대한 복잡성도 증가했다. (사이드바 1, GSR 2014.) 난방과 취사목적의 재래식 바이오매스 이용자료 취합에 대한 문제는 오랫동안 존재해왔고, 바이오매스의 직접 소비에 대한 자료는 항상 추정할 수 밖에 없었다. 이런 과제는 현대식 재생에너지까지 확장되며, 특히 분산형 소규모 재생에너지 설비의 경우 추적하기가 어렵고 국가 에너지 전략 수립에 있어서 부차적인 것으로 여겨지기 십상이다.

전체적으로, 분산형 소규모 재생에너지는 재생에너지 총 용량과 국가 또는 세계 수준의 발전량에서 상당한 비중을 차지할 수 있다. 독일은 모든 태양광 발전소(1MW 미만)가 태양광 신규용량의 68% 차지)가 중앙시스템에 등록되어 자료로 수집되고 있다. 분산형 재생에너지가 세계적으로 빠르게 늘어나고 있기 때문에, 재생에너지 설비와 발전량을 생략하지 않고 전체적인 현황에 넣기 위한 방안이 요구된다. 에너지 집계와 새로운 방법은 재생에너지 생산과 소비의 그림을 완성하기 위해 필요하다.

분산형 에너지 생산량의 집계와 있어서 문제점들은 주로 전력과 냉난방 부문에서 발생한다(반면, 수송용 재생에너지연료는 보통 대규모 시설에서 생산되기 때문에 추적이 쉽다). 분산형 발전과 냉난방은 자가 용도가 일반적이다. 재정지원제도(가령 발전차액지원제도)에서 발전량을 요구하는 경우를 제외한다면, 발전량은 설치용량에 근거해 추정돼야 한다. 하지만 에너지자료 수집을 담당하는 당국이 시장규모에 대한 정보가 없는 경우가 다수이며, 특히 개발도상국은 심각한 수준이다.

이런 문제들을 해결하기 위해서 중앙과 지방정부는 자료조사와 취합을 개선하기 위한 노력을 강화하고 있으며, 국제기구와 NGO도 자료수집과 협력에 혁신적인 접근방법을 취하고 있다.

정부의 공식자료에만 의존했던 국제기구들은 국가마다 통계방법이 차이가 있다는 것을 인지하고 자료수집과 추정방식을 조율하고 있다. 국가 공식 재생에너지 통계를 발표하는 것 외에도, 국제에너지기구(IEA)는 다수의 비정부기관과 자체추정을 통해 얻은 자료를 바탕으로 보완적 통계를 내고 있다(매년 중기 재생에너지시장보고서에서 이를 다루고 있음). 국제재생에너지기구(IRENA)는 재생에너지통계 설문지를 통해 분산형 시스템에 대한 국가별 상세자료를

수집함으로써 기존의 자료를 개선하고 있다.

추가적인 방법론으로 고품과 액체바이오매스 그리고 태양광과 같은 재생에너지 설비 국제교역자료(관세와 수입세 신고서 양식에서 추출)에 초점을 두고 있다. 이런 정보는 새롭게 설치된 설비를 파악하거나 재생에너지 소비 자료를 개선하는 데 활용될 수 있다. 하지만 국제무역 코드는 최대 여섯 자리밖에 지정되지 않아, 여러 종류의 재생에너지원과 설비를 명확하게 파악하기에는 한계를 갖는다. 다른 과제로는 설비의 통화 가치로부터 각각의 용량을 환산해야 할 필요성, 수입설비의 시공과 가동 날짜를 둘러싼 불확실성이 있다.

재생에너지 통계를 폭넓은 조사와 자료로부터 추출할 잠재적 기회는 더 있다. 세계은행은 에너지의 보편적 이용을 측정하기 위한 다층적 접근 방식을 새롭게 고안 중에 있다. 세계은행의 방법론은 편리와 취사 목적의 전력과 열 공급을 위한 설비관련 정보를 포함하는데, 재생에너지 사용량의 간접적인 추정치를 제공하는 데 활용될 수 있다. 가령, 전력의 보편적 이용에 관한 조사는 태양광발전(태양광랜턴) 관련 자료를 포함하기 때문에 규모와 사용시간을 전제하면 용량이나 발전량을 추정할 수 있다. 열에 대한 조사는 취사도구의 유형에 따라 수집된 자료를 기기 효율성에 근거해 목재 소비량을 추정할 수 있다. 하지만 이런 조사를 통해 재생에너지에 초점을 맞춘 정보의 추출은 노동 집약적이고 소규모 재생에너지 설비에 대한 지역적인 현황만을 제공할 수도 있다.

기관과 국가간 협력은 분산형 재생에너지에 대한 자료를 개선하는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 핵심은 자료 비교가능성을 향상시키기 위한 방법론에 대한 공동의 합의와 접속가능한 지식포탈에 대한 공헌이다. 이런 포탈은 피드백 창구를 허용해 자료의 정확성을 크게 향상시킬 수 있다.

예를들면, 광범위한 국제 네트워크를 통해 이루어진 REN21 인터랙티브 지도(그리고 연간 재생에너지현황보고서와 지역현황보고서)가 있다. IRENA가 새롭게 공개한 REsource 포탈도 좋은 사례이다. 이 포탈은 IRENA 고유의 작업에만 의존하고 있지만, 이후단계는 다수의 신뢰성 높은 재생에너지 행위자를 포괄할 것이다. 모두를 위한 지속가능한 에너지(SE4ALL) 이니셔티브도 이해관계자를 함께 묶어 자료수집에 있어서 시너지(에너지 접근성과 소규모 재생에너지의 연관성)에 대한 이해를 높이고 있다.

에너지부문 바이오매스 사용량에서 현대식 난방은 재래식바이오매스 다음으로 높은 비중을 차지한다. 주거부터 산업에 이르기까지 광범위하며 분산형 혹은 계통연계형(지역난방시스템)인 경우도 있다. 현대식 바이오열에 이어 수송 바이오연료와 바이오발전도 있다. 고품 바이오매스는 열과 발전 부문에서 가장 큰 비중을 차지하며 액체 바이오연료는 수송 부문에서 주요한 에너지원이다. (그림8번)

에너지부문 바이오매스는 대다수는 지역에서 공급되고 있다. 고체 바이오매스는 국경을 넘어 비공식 거래도 나타나지만, 공식적인 국제거래도 빠르게 증가하고 있다. 목재펠릿과 우드칩, 에탄올 연료와 바이오디젤은 오늘날 대규모로 거래되는 것이 일반적이다. 추가적으로 바이오메탄은 가스관을 통해 유럽 내에서 거래되고 있다.

2014년에 목재펠릿 무역거래는 변화의 움직임이 관찰되었다. 세계최대 무역거래를 자랑하는 북미(미국과 캐나다)와 유럽연합 간 목재펠릿 수송량은 2011년 수준으로 떨어진 반면, 캐나다에서 아시아(특히 한국)로의 수송량은 크게 증가했다. (그림 7번과 참고표 R3.) 아시아에서 일차적인 공급은 자국 또는 아시아 지역(한국, 베트남 등) 내에서 이루어지고 있다.

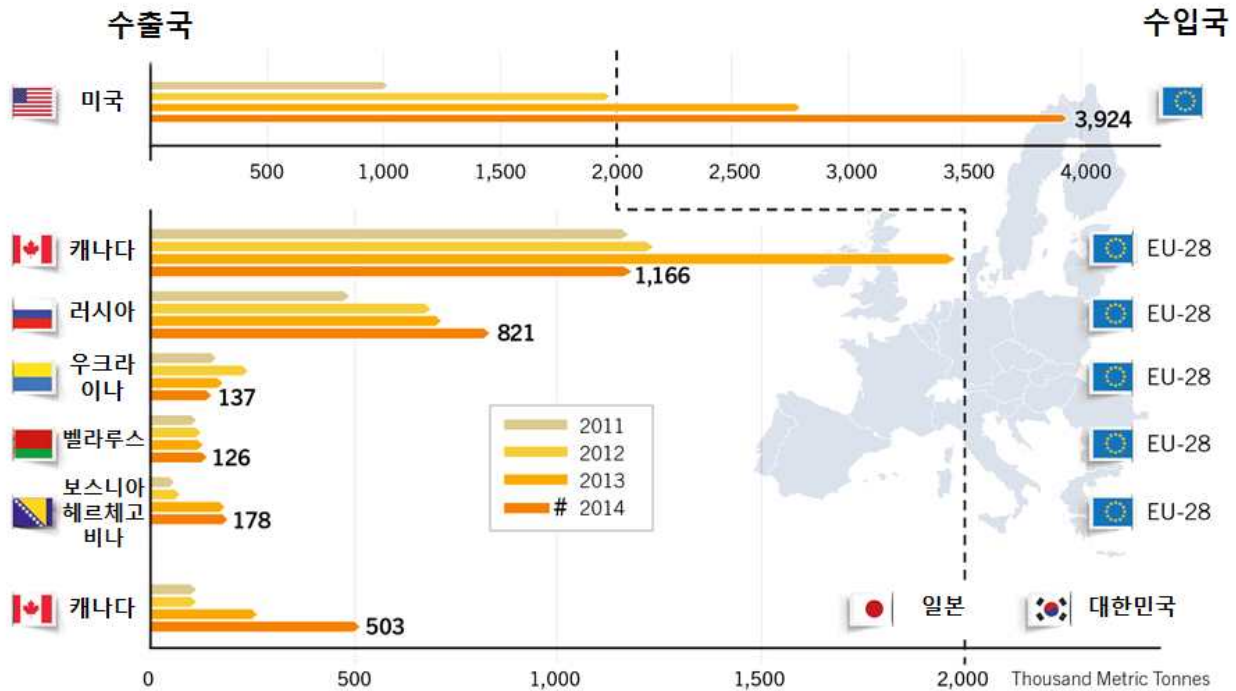
미국 에탄올 수출량은 2014년 24억 리터로 2013년 대비 37% 증가했으며 이는 미국 생산량의 4%에 해당한다. 증가요인은 생산단가 하락과 그로 인한 일시적인 경제성 확보, 미국 내수시장 포화, 새로운 시장(인도, 필리핀, 한국, 튀니지, 아랍에미리트연합) 수요증가 등이다.

반면, 브라질은 환율과 기타요인 등으로 인하여 2013년에 비해 수출량이 42% 줄어 들었다. 그 결과 국내 에탄올 판매량이 증가하였다.

2014년 유럽의 (비변성) 에탄올 수입량 규모는 3% 하락한 6억 리터에 달했다. 일부 에탄올 연료는 유럽에 수송되기 이전에 관세를 면제받는 3차 국가를 통해 수입되기도 했다. 유럽연합위원회와 개별 회원국은 이러한 교역의 허점을 차단하는 방법으로 문제에 대응하였다(유럽연합에 대한 주요 수출국은 브라질, 페루, 과테말라, 미국이 있다).

유럽연합은 전통적으로 가장 큰 바이오디젤 시장이었다. 하지만 2014년에 수입량은 1백만 리터를 겨우 넘는 양(규모가 크지 않았던 2013년보다 3,560만 리터보다 하락)에 불과했다. 아르헨티나, 인도네시아, 말레이시아에 반덤핑 관세를 부여함으로써 바이오디젤 수입 가격이 상승한 결과이다.

그림 7. 전세계 목재펠릿 거래흐름(2014년)



바이오열 시장

고형, 액체, 기체 바이오매스는 연소 시 고온의 열(200-400°C)을 공급할 수 있기 때문에 산업, 지역난방, 농산물 과정, 열병합(CHP) 발전소에 활용된다. 건조를 위해 저온(<100°C)에서 연소하는 경우에는 가정, 상업, 산업용 온수 공급과 개별 건물의 난방에 활용된다.

세계적으로 바이오매스에 의한 열 생산량은 2014년 12,500TWh (45EJ)을 기록해, 2013년 12,360TWh (44.5EJ)보다 상승했으며, 세계 총 1차 에너지수요의 약 77%를 차지했다. 이 중에서 재래식 바이오매스 생산량은 약 70% (8,805 TWh)를 차지했으며, 우선적으로 아시아(5,305TWh 또는 19.1EJ)와 아프리카(3,222TWh 또는 11.6EJ)에서 열 공급에 활용된다.

현대식 바이오매스 열 생산은 주로 유럽(861TWh 또는 3.1EJ), 아시아 개발도상국 (750TWh 또는 2.7 EJ), 그리고 북미(약 722TWh 또는 2.6EJ)에서 이루어졌다. 현대식 바이오매스 열 생산용량은 2014년에 약 9GW_{th} 추가됐고, 세계 총 용량은 약 305GW_{th}로 확대됐다.

유럽(스웨덴, 핀란드, 독일, 프랑스, 이탈리아)은 세계 최대의 현대식 바이오매스 열 소비지역이다. 유럽에서 바이오에너지 열 비중은 꾸준히 증가했고, 대부분 지

역난방에 공급된다(2014년 기준, 약 12~23%를 기록했다). 고품 바이오매스 열 소비는 정책적으로 목재연료 소비를 촉진하는 국가에서 빠르게 증가하고 있는데, 가령 프랑스의 세금공제와 영국의 재생에너지 열 인센티브(국내 제외)가 있다. 장작은 가정용 난방으로 많이 사용되고, 바이오가스는 유럽에서 소비의 절반이 열 생산(92TWh)에 활용된다.

바이오가스는 아시아 열 생산에서 상당한 비중을 차지하고 있다. 2014년에 중국은 100,000개의 대규모 현대식 바이오가스 발전소와 4,300만 개의 가정용 소화장치(주로 취사용)가 보급되었다. 중국은 개인과 단지 규모의 바이오가스 발전소에서 상당한 열을 공급하여 매일 약 400GWh의 전력을 생산하고 있다. 인도에서는 2014년에 82,730대가 넘는 가정용 바이오가스 소화장치를 설치하면서, 누적설치가 총 475만 대에 이르렀다. 한국은 바이오가스 생산량의 약 24%가 열 공급에 활용됐다.

미국에서 바이오매스 열 생산 대부분은 펄프와 제지 산업 등 주로 산업 부문에 사용됐다(미국은 420개의 대형보일러와 11,000개가 넘는 소형보일러가 있다). 미국은 800,000개의 가정용 펠릿난로가 보급되면서, 가정 부문이 펠릿수요를 이끌고 있다. 2014년에 목재난방은 2013년 대비 약 4% 증가한 271만 가구에서 이용했다.

바이오발전 시장

바이오 발전용량은 2014년 약 5GW 증가해, 세계 총 용량은 약 93GW에 도달했다. 바이오발전량도 증가해 2013년 396TWh에서 2014년 약 433TWh으로 상승했다. 국가별 바이오 발전량은 미국 (69.1TWh), 독일(49.1TWh), 중국(41.6TWh), 브라질(32.9TWh), 그리고 일본(30.2TWh) 순이다.

미국은 바이오발전 공급량과 용량에서 선두를 달리지만, 2014년 말 가동용량은 16.1GW로 추가용량은 0.3GW에 불과했다(2013년 대비 약 50% 하락). 최근 들어 신규 발전소에 대한 인센티브 제약으로 성장세가 둔화됐다. 미국 바이오발전은 열병합 발전소에서 주로 목재와 농업부산물을 연소하며, 바이오 열과 마찬가지로 대부분 펄프와 제지 산업에서 소비된다. 목재바이오매스에 기반한 전력 생산량은 6% 증가한 42TWh로 늘어났고, 폐기물바이오매스는 2% 하락한 19.7TWh를 기록했다.

2014년 중국의 바이오 발전용량은 1.5GW 증가해 총 10GW로 나타났다. 중국은 아시아에서 목재펠릿과 우드칩 주요 소비국으로서 총 용량의 대부분(약 53%)은

농업과 산림 연료와 지방 고형폐기물(약 45%)이 차지했다.

일본은 고형 바이오매스를 0.9GW 이상 새롭게 추가했고(대부분 MSW), 6MW의 바이오가스 발전을 확대했다. 인도에서는 0.5GW가 추가되어 2014년 말 기준 총 5GW를 기록했다. 인도는 원료공급의 불확실성으로 인해 부분적으로 2012년과 2013년 대비 축소됐다. 인도는 아시아 목재펠릿과 우드칩 바이오발전 생산량에서 가장 앞서지만, 대부분의 바이오발전 공급량은 당분 찌꺼기와 기타 농업부산물을 활용하고 있다. 한국은 연간 바이오가스 생산량의 약 59%로 1.5TWh의 전력을 공급했다.

지역별로 보면, 유럽은 바이오발전 공급량과 용량에서 가장 많으며, 2014년 말 기준 가동용량은 약 36.5GW로 나타났다. 2014년에 영국에서 0.5GW가 확대됐는데, 드락스 석탄화력 발전소(총 6기) 중 0.66GW의 설비를 고형 바이오매스로 교체한 덕분이다. 독일은 0.4GW 설비를 신규로 설치했고, 대부분 바이오가스와 바이오메탄을 연료로 한다.

2014년 유럽에서 고형 바이오매스를 통한 전력 총 공급량은 약 81.6TWh를 기록했다. 유럽의 상위 5개국(독일, 핀란드, 영국, 스웨덴, 폴란드)의 공급량을 합산하면 유럽 총 공급량의 약 63%를 차지한다. 바이오매스는 주로 발전용으로 사용하는 국가(영국, 아일랜드, 헝가리)가 다수이다. 바이오발전의 약 65%는 열병합 발전소에서 공급됐고, 2013년 대비 63% 증가했다.

그림 8. 전세계 열과 전력생산에서 바이오매스 에너지원 비중(2014년)

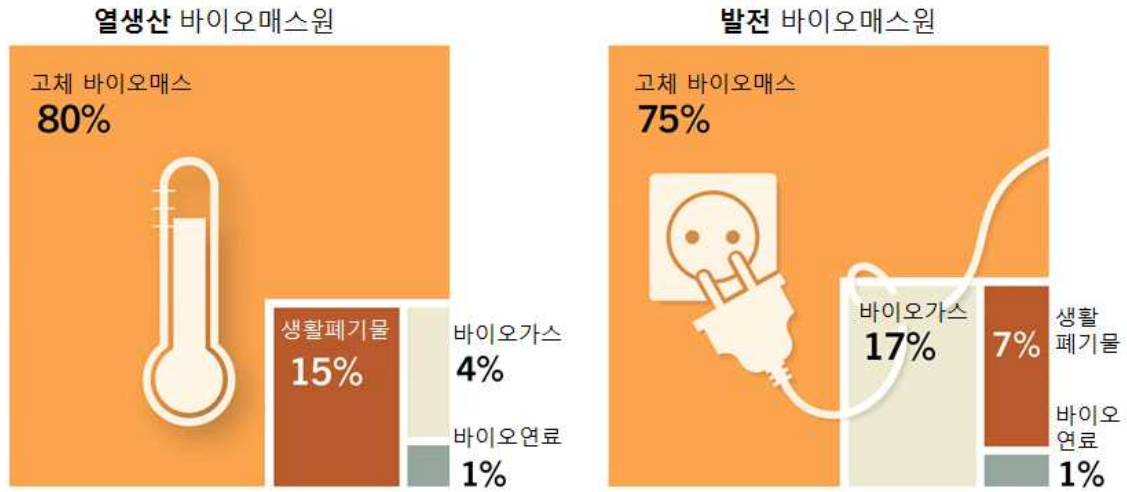


그림 9. 에탄올, 바이오디젤, HVO 세계 생산(2000년~2014년)

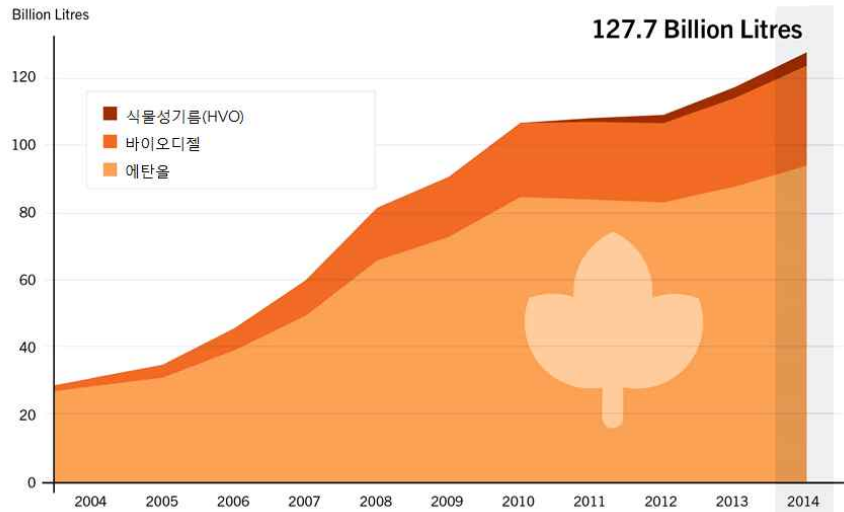
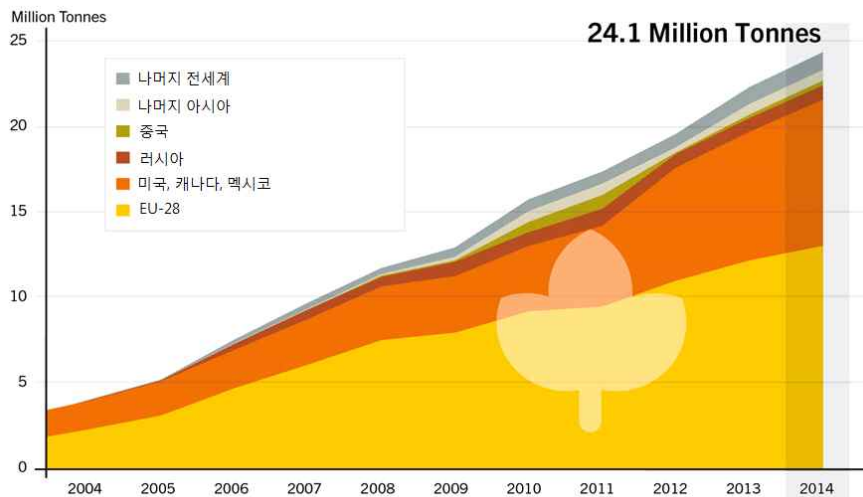


그림 10. 국가별, 지역별 목재펠릿 세계 생산(2000년~2014년)



추가적으로, 2014년 유럽의 총 바이오가스 생산량(92.3TWh) 중 약 50%는 전력 생산에 활용됐다. 유럽에서 가동 중인 바이오가스 발전소는 14,560개 이상이고, 총 용량이 7.9GW 수준이다. 독일은 바이오가스 발전소가 총 용량에서 약 절반을 차지하며(약 3.9GW), 연간 전력생산은 약 29TWh를 기록했다. 바이오가스 발전소 수는 이탈리아(1,391개), 스위스(620개), 프랑스(610개) 순이다.

브라질 바이오발전 부문은 지속적인 성장을 보였다. 1.49GW에 이르는 새로운 설비 추가로 브라질 누적 설비용량은 2014년 12.3GW에 도달했다. 바이오매스 화력발전소(사탕수수 찌꺼기와 흑액 활용)의 전력생산량은 총 발전량의 7.6%로 안정적인 비중을 유지했다. 추가적으로 2014년에 22기의 계통연계형 바이오가스 발전소(폐기물 매립지가 대부분)에서도 전력을 공급했다. 2007년부터 2017년까지(지역 발전사업자로 하여금) 매년 입찰을 통해 2GW 이상의 신규 재생에너지 용량을 확보하도록 규정한 정책은 실제로 바이오매스 보급확대에 큰 도움이 되지 않았다. 대부분 사업자들이 풍력발전(정부 인센티브 지원)을 선호하기 때문이다. 아프리카도 바이오발전 생산량이 증가했다. 모든 사탕수수 공장은 찌꺼기를 활용한 열병합 발전시설에서 전력을 충당하고, 에티오피아, 케냐, 모리셔스, 시에라리온, 수단, 우간다에서는 잉여전력을 국가 전력계통에 판매한다. 2014년에 일부 실증사업이 준공됐고 나이지리아 폐기물에너지 발전소가 대표적이다.

수송 바이오연료 시장

세계 바이오연료 생산량은 2014년 9%가 증가해 총 1,277억 리터에 달했고, 각 바이오연료 종류마다 최고치를 기록했다. 에탄올은 총 생산량 중 74%를 차지했고, 바이오디젤(주로 지방산메틸에스터)은 23%, 수소처리된식물성기름(HVO)은 제한적이지만 규모가 늘어났다. (그림9번) 바이오연료 최대생산국은 미국, 브라질, 독일, 중국, 아르헨티나이다. (참고 표 R4.)

세계 에탄올 생산량은 생산단가 하락(옥수수과 사탕수수 수확증대, 저유가 영향)으로 7% 늘어나서 940억 리터에 달했다. 미국은 에탄올 생산량의 58%를 차지했고, 브라질 28%, 중국 3%, 캐나다 2%, 그리고 태국 1% 순으로 나타났다. 유럽(프랑스, 독일)은 세계 생산량의 6%를 차지했다.

미국 에탄올 생산량은 8% 늘어난 540억 리터에 달했는데, 지난 2년 하락세에서 반등한 수치이다. 2014년 말 기준, 16개 주 약 100개의 주유소에서 E15(15%의 에탄올 연료, 85%의 석유) 혼합제품을 판매했다¹⁾. 캐나다는 국내 생산용량이 확

1) 에탄올이 15%까지 혼합이 된다는 내용을 점차 여러 자동차업체들이 명시하고 있다.

대되지 않은 가운데 효율이 향상되면서 생산량이 소폭 증가했다.

브라질은 생산량이 4% 증가한 270억 리터에 달해, 국내 소비량의 약 88%에 해당했다. 2015년 초 브라질의 혼합연료 의무 비율은 E27까지 인상됐다. (참고 표 R18.)

2014년 중국의 에탄올 생산량은 5% 증가했고, 총 생산량은 약 30억 리터에 달했다. 중국의 에탄올 혼합비율은 8~12% 범위다. 태국은 정부보조금을 통해 에탄올 혼합유(12~40%) 생산량이 증가하였고, E20과 E85 혼합유를 판매하는 주유소 개수도 늘어나고 있다. 다른 아시아 국가들도 빠른 성장세를 나타냈다. 필리핀은 67%, 인도는 46% 생산량이 증가하였다.

유럽도 상당히 성장하여 에탄올 생산량은 2013년 대비 13% 늘어난 52억 리터를 기록했다. 벨기에(22% 상승)와 네덜란드(35%)가 가장 주요한 비중을 차지했다. 호주는 에탄올 생산량이 감소한 국가 중 하나이다. 운전자들이 E10에서 고옥탄 등급 석유연료로 이동하면서 2013년 대비 생산량이 16% 하락했다.

생산량은 낮지만 아프리카 일부 국가들은 약 10%의 혼합연료를 지원하고 있다. 에티오피아(E10), 케냐(10%), 말라위(10%에서 20% 사이), 짐바브웨(5%에서 15% 사이)가 여기에 해당한다.

세계 바이오디젤(대부분 FAME) 생산량은 13% 증가한 300억 리터를 기록했다. 최대 생산국은 미국이고 세계 총 생산량의 16%를 차지했고, 브라질과 독일(각각 11%), 인도네시아(10%), 아르헨티나(9.7%) 순으로 나타났다. 유럽은 2014년 세계 바이오디젤 생산량에서 38%를 차지했다.

유럽은 바이오디젤 생산량이 115억 리터에 달해 2013년 대비 9%가 상승했다. 미국 생산량(FAME)은 정책 불확실성으로 인해 2013년 대비 5% 하락한 47억 리터를 기록했다. 미국에서 HVO 생산량과 소비량도 상승했지만, 아직 규모는 작은 편이다.

브라질은 혼합의무제도에 따라 혼합비율이 B5에서 B7으로 상향됐으며 이는 생산량 증가로 이어져 전년대비 17% 상승한 34억 리터를 기록했다. 대부분의 바이오디젤은 국내에서 소비된다. 아르헨티나의 생산량은 약 28% 상승했는데 정부 보조금과 10% 혼합의무 제도의 영향이다.

아시아 지역의 바이오디젤 생산량은 크게 증가했다. 인도네시아는 아시아에서 최대 생산을 기록하며, 41% 증가한 31억 리터를 기록했다. 말레이시아는 상대적으로 규모가 작지만 생산량이 높게 증가했다(141%). 인도는 디젤가격 규제완화, 최종 소비자에 바이오디젤 직접판매 허용, 철도부문 바이오디젤 혼합 계획에도

불구하고 소폭 하락했다.

중국의 바이오디젤 생산량은 5% 상승한 11억5천만 리터에 달했다. 이는 식용유 원료를 바이오디젤에서 공급하도록 하고, 불법적 재활용에 대한 규제가 주요했다. 2014년 말 기준, 중국에서 350만 톤(대략 40억 리터) 이상의 용량을 갖춘 바이오디젤 생산공장은 50개 이상에 달했고, 다수의 시설이 건설 중이다. 하지만 원료에 대한 대규모 수거 체계가 부재하기 때문에 중국에서 시설 가동률은 28%에 불과하다.

호주에서는 바이오디젤 FAME 생산량은 에탄올과 동일한 추세를 나타냈다. 호주 생산용량의 약 30% 가량이 가동 중이며, 2014년 총 5,000만 리터가 생산됐다. 하지만 HVO 생산량은 33% 증가한 2,000만 리터에 달했다. 세계적으로 HVO 생산량은 2014년 23% 상승한 40억 리터에 달했다. HVO 생산량 대부분은 네덜란드, 미국, 싱가포르에 해당했다.

수송연료로 바이오메탄 활용도 증가하였다. 유럽연합은 최대시장으로 바이오에탄 생산량의 약 10%가 수송부문에서 소비됐다. 시장은 꾸준한 성장세를 보이며, 2014년 말까지 스웨덴에서 1TWh, 독일에서 0.55TWh, 핀란드에서 약 0.02TWh(약 15% 상승)을 나타냈다. 이탈리아는 천연가스차량 인프라를 강력하게 지원하고 있으며(유럽 천연가스 충전소 약 31%가 이탈리아에 소재), 스웨덴은 거의 모든 도시에서 통근버스 차량에 지역에서 생산된 바이오가스를 주입하고 있다.

바이오메탄 사용을 촉진하기 위한 중요한 인프라 개선이 여러 지역에서 일어났다. 가령 한국은 6개의 바이오메탄 충전소를 지원하며 600대의 바이오연료 버스가 운행되고 있다.

□ 바이오에너지 산업

바이오에너지 산업은 원료 공급업체와 가공업체, 최종소비자에게 배송하는 업체, 바이오매스 수확, 처리, 저장 기기의 제조와 배급 업체, 바이오매스를 유용한 에너지원과 서비스로 변환하기 위한 전자제품과 기기 부품 제조업체 등으로 이루어져 있다. 공급망 중 일부에서 바이오매스에 국한되지 않은 기술을 활용하기도 한다(사료 작물과 목초 수확기계, 트럭, 증기 보일러).

2014년 바이오매스 산업은 유럽에서 농업 생산물 수확량(원료 가격에 영향), 거래수단, 지속가능성에 대한 사회적 우려 등 다수의 요인에 영향을 받았다. 특히 원유가격과 관련정책이 바이오매스 산업에 복합적인 영향을 끼쳤다. 일부 국가에서 시행중인 바이오연료 혼합 의무화 정책은 바이오연료에 대한 수요 증가를

불러왔지만, 정책 불확실성(특히 호주와 미국)과 유럽에서 식량작물로 만든 바이오연료의 총량 규제를 둘러싼 논쟁이 이어져 상반된 영향을 불러왔다.

2014년 하반기 저유가 영향은 원료생산과 수송비용을 절감시켰다. 하지만 이는 공급망에서 사업자의 매출하락으로도 이어졌다(일부 기업들은 2014년 하반기 30%의 매출 하락을 보고했고, 사업 지연을 불러왔다)

지속가능성에 대한 우려를 해결하기 위한 산업계의 노력은 부문별로 이루어지거나(유럽에서 열과 전력 생산용 고품 바이오매스의 지속가능한 바이오매스 파트너십), 원료별(지속가능한 팜오일을 위한 라운드테이블), 그리고 연료별(재생에너지연료협회)로 진행됐다. 여러 바이오에너지 기업들은 지속가능성인증제도에 자발적으로 참여해왔고, 원료 공급과 가공에 있어서 우수 운영사례를 활용하거나 관련 비용을 운영에 포함시키고 있다.

바이오정제(바이오매스 원료로부터 화학물질이나 동물사료와 같은 부산물을 생산) 사업도 이어졌다. 2014년 미국에서는 에탄올과 함께 다양한 종류의 부산물을 생산하는 바이오정제 시설이 213개에 달했다. 바이오정제 시설은 다른 나라에도 존재하는데, 가령 네덜란드에서는 5개의 상업용 바이오정제 시설을 운영 중이며, 12개의 실증시설과 시범시설이 있다.

고형 바이오매스 산업

2014년에 고품 바이오매스를 목재펠릿과 우드칩으로 변환시키고 열과 전력을 생산하는 바이오에너지 발전 사업에 다수의 기업들이 참여했다.

지속가능성의 기준은 주로 바이오연료에 초점을 맞추고 있지만, 고품 바이오매스에 대해서도 논의가 이루어졌다. 유럽연합위원회는 고품 바이오매스에 대해서는 기준을 마련하지 않겠다고 확정하면서, 회원국들에게 책임을 남겨두었다. 2015년 3월 기준, 영국, 네덜란드, 덴마크는 지속가능성 기준을 발표한 유일한 국가들이고, 독일과 벨기에도 이 문제에 대해 논의를 계속하고 있다.

약 190만 m의 목재연료(통나무, 우드칩 - 목재 가공에 의한 부산물, 흑액, 회수된 목재 폐기물은 제외)가 매년 생산되고 있지만 연간 증가량은 작다. 목재연료를 생산하는 주요지역은 아시아 태평양(41%), 아프리카(35%), 그리고 낮은 비중으로 남미, 유럽, 북미 등이다.

숯은 여러 국가에서 취사용으로 쓰이거나 브라질에서는 철강과 같은 산업에 활용되고 있다. (참고 표 R21.) 숯 생산량은 2009년 이후 약 9% 증가했다. 아프리카는 생산량의 대부분(61%)을 차지하고, 유일하게 생산량과 비중에서 모두 증가

한 지역이다. 숲의 재래식 활용이 증가한 이유는 액화석유가스(LPG)에 대한 보조금이 중단되면서 나이지리아에서 숲의 가격경쟁력이 높아졌다.

2014년 세계 목재펠릿 생산량은 9% 상승해 2,400만 톤을 넘어섰으며, 견고한 상승곡선을 유지해왔다. (그림 10번.) 주요 목재펠릿 생산 지역은 유럽(약 62%)과 북미(약 34%)로 나타났다. 국가별로는 미국(총 생산량의 26%), 독일(10%), 캐나다(8%), 스웨덴(6%) 그리고 라트비아(5%) 순이다.

2014년 미국에서 목재펠릿을 생산하는 발전소는 약 184개에 달하는 것으로 나타났다. 미국의 최대 생산용량을 갖춘 기업으로는 Enviva LP, German Pellets GmbH, 그리고 Biomass Secure Power Inc. 등이며, 이외에도 다수의 소규모 업체들이 있다. 유럽의 경우, 고품 바이오매스 발전소의 주요 운영사는 Drax Group plc(영국), UPM/Pohjolan Volma Oy(핀란드), E.ON(독일), Fortum(핀란드), 그리고 Vattenfall(스웨덴)이 있다.

반탄화(torrefaction)는 연료 품질을 향상시키기 위한 바이오매스의 열화학적 처리를 말하는데 2014년 성장세를 보였다. Solvay와 New Biomass Energy(NBE)는 합작회사를 만들어 NBE에 의해 건설 및 개발되는 미시시피 발전소를 확장했다. 생산량을 연간 250,000톤으로 3배 가량 높이겠다는 목표를 내세웠다.

액체 바이오매스 산업

2014년에 세계적으로 바이오연료 생산 설비에 대한 투자액은 감소해 전년 대비 8% 하락했고 지난 10년간의 최저치인 51억달러를 기록했다. 브라질, 유럽, 미국과 같은 주요 시장에서 제조 시설의 확대는 둔화됐다. 하지만, 개발도상국(대부분 중국)에서 바이오연료 투자 규모는 2014년 23% 증가했다.

대부분의 주요 바이오연료 원료의 국제 가격은 하락했다. (그림 11번.) 2013년 대비 국제 가격은 옥수수 -26%, 콩기름 -14%, 팜오일 -4%, 설탕 -4%로 나타났고, 코코넛유는 예외였다. 원료는 일반적으로 생산단가의 70% 가량을 차지하며, 가공, 수송, 기타 가격이 나머지에 해당한다. 따라서 원료가격 하락은 전반적인 생산비용을 낮추는데 도움이 됐다.

2014년 에탄올의 대부분이 당료 작물로 제조됐고(약 61%), 곡물이 나머지에 해당했다(약 39%). 원료는 국가와 지역마다 큰 편차를 보이고 있다. 가령, 미국의 에탄올 생산량은 주로 옥수수에 의존하고 있고, 브라질에서는 대부분 당료 작물로 이루어져있으며, 중국의 경우에는 사탕수수, 카사바, 그리고 기타 비곡물류에 해당한다.

2014년에 미국의 옥수수 생산량은 처음으로 3억7800만 톤(140억 부셸)을 넘어서면서, 미국 에탄올 생산에 영향을 주었다. 브라질은 사탕수수 수확량이 2013년 가뭄에 의한 생산량 하락 이후 다소 회복되면서 3%정도 상승했다. 하지만 2014년 시행된 (그리고 이후에 폐지된) 비공식적인 임시조치로 소매 연료펌프 가격에 상한선이 정해졌고, 에탄올 가격이 사탕수수 생산비용을 맞출 수 없기 때문에 바이오연료 산업에 부정적인 영향을 미쳤다. 12개 사탕수수 공장(총 370개)이 조업을 중단하는 결과로 이어졌다.

당료 작물의 공급량은 제한적이었는데, 화학물질 작물과 음료 산업과의 경쟁으로 에탄올 생산량은 말라위를 비롯한 여러 국가에서 잠시 중단되었다. 인도는 에탄올 생산을 위한 정제설탕의 사용을 금지하고 있어서 부산물인 당밀에 의존하고 있다. 그 결과 2014년 동안 정제 설탕의 과잉공급에도 에탄올 생산을 위한 사탕수수의 부족을 메울 수 없었다. 태국에서는 당밀 공급량의 부족으로 카사바를 원료로 사용하게 됐다.

2014년 세계 에탄올 산업의 주요 기업들은 다음과 같다: 미국 생산업체인 Archer Daniels Midland (ADM)는 5개의 세계 최대 규모의 에탄올 공장을 갖고 있으며 연간 생산용량은 50억 리터에 달한다. Novozymes(덴마크)는 세계 옥수수 에탄올 생산량의 약 60%에 대해 효소를 공급하고 있다. DuPont은 나머지 시장의 대부분을 차지하고 있으며, 이외에도 Odebrecht Agroindustrial (브라질), Abengoa Bioenergy (스페인), 그리고 Henan Tianguan Group (중국) 등이 있다.

세계 바이오디젤 생산은 주로 식물성기름에 의존하며, 유채(유럽), 콩(미국, 브라질, 아르헨티나), 팜(인도네시아) 그리고 자트로파와 코코넛 등이 있다. 바이오디젤 생산량에는 취사용 기름(중국의 주요 원료), 동물성 지방과 같은 산업 부산물이 포함된다. 유럽에서 바이오디젤의 취사용 기름과 텔로(소, 양 기름)가 차지하는 상대적 비중은 점차 증가했는데 원료를 수송 부문의 목표에 이중집계 하도록 허용하는 정책 때문이다.

미국의 최대 바이오디젤 생산시설은 RBF Port Neches LLC이다. 프랑스의 Diester Industrie는 유럽 내 최대 바이오디젤 생산업체이며, 250만 톤(28억 리터)의 용량을 갖추고 있다.

바이오연료(특히 바이오디젤) 생산량의 둔화 요인으로는 높은 생산단가, 불안정한 원료 공급(가령, 중국), 물류문제(가령 인도네시아 섬 사이 운송의 높은 비용), 정책 불확실성(미국, 브라질, 유럽)이 있다.

미국의 바이오디젤 생산업체들은 바이오디젤 세금 우대의 축소(약 0.26달러/리

터)와 RFS제도 발표지연과 같이 정책 불확실성에 따라 생산 작업을 중단하기 시작했다. 석유가격 하락과 유럽의 수입관세는 아르헨티나의 바이오디젤 수출 계약에 상당히 부정적 영향을 미쳤다. 중국에서는 원료 공급 부족으로 인해 바이오디젤 생산용량의 20~25%만이 가동 중이다. 호주에서는 다수의 바이오디젤 공장이 문을 닫았다.

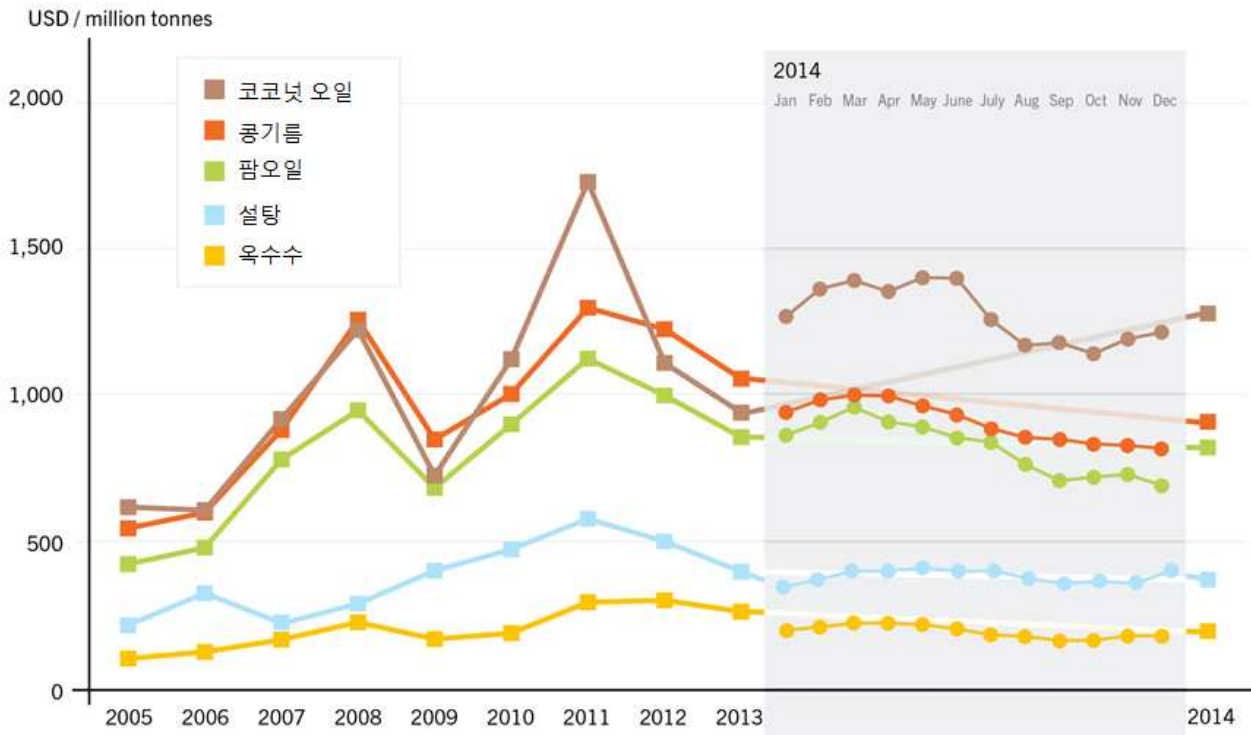
유럽연합은 모든 회원국들이 2020년까지 수송연료의 10%를 재생에너지원으로 충당하도록 요구하고 있다. 2015년에 시행하는 새로운 법안은 지속가능성에 대한 우려(주로 간접적인 토지이용 변화에 관한 우려)를 이유로 설탕, 녹말, 기름 작물에 의한 바이오연료의 비중을 제한하게 될 것이다. 이는 일부 국가의 국내 바이오연료 정책 수정과 맞물리면서 생산업체들에게 불확실성을 심화시켰다.

일부 재래식 바이오연료 생산 시설이 폐쇄되긴 했지만, 2014년 고급 바이오연료 생산 시설들이 새롭게 가동에 들어가기도 했다. 여기에는 미국에서 셀룰로오스 식물재료(주로 옥수수대)를 원료로 하는 3개의 신규 바이오정제시설, POET-DSM, DuPont, 그리고 Abengoa가 해당한다. 브라질에서 3개의 상업용 2세대 바이오연료 사업이 가동에 들어갔으며, GranBio 상업용 셀룰로오스 에탄올 발전소, Raizen/Iogens 발전소 그리고 Solazyme-Bunge 발전소 등이다.

하지만 고급 바이오연료 산업도 난관에 처했다. 미국에 소재한 Kior는 파산 신청을 하고 미시시피에 있는 셀룰로오스 바이오연료 공장을 폐쇄했다. 유럽에서는 고급 바이오연료 개발사업이 지원 부재로 인해 지연됐다. 다만 일부 회원국은 국가 정책으로 시행에 들어갔다(이탈리아는 2018년까지 0.6%의 고급 바이오연료 혼합을 의무화하기로 발표했다).

항공 바이오연료는 2014년 강한 진전을 나타냈다. 유럽(노르웨이와 스웨덴)에서는 항공 바이오연료 공급이 훨씬 용이해졌으며, 이듬해부터 공급을 시작하기로 한 새로운 계약이 미국에서 체결됐다. 추가적으로, 바이오연료에 기반한 최초 상업용 항공기가 유럽과 브라질에서 완성됐다. Boeing은 “그린 디젤”을 사용하는 항공기를 세계 최초로 완성했는데, 이 연료는 육상 수송에서 쓰이는 바이오디젤과는 화학적으로 차이를 갖는다. 2014년 10월, 중국 국유기업 SINOPEC의 자회사는 Boeing과 공동으로 실증사업을 통해 취사용 기름 18억 리터를 제트연료로 변환시킬 계획이다.

그림 11. 전세계 바이오 공급원료 가격(2005년~2014년 월별)



기체 바이오매스 산업

세계적으로 주택, 단지, 공동체 규모의 바이오가스 발전소 제조와 설치는 2014년에도 이어졌다. 바이오가스, 하수처리 가스, 매립지 가스를 품질 높은 바이오메탄으로 변환시켜 수송연료로 활용하거나 가스관(발전, 수송, 열 생산을 위해)에 주입하는 시설도 확대하였다.

유럽에서 바이오가스는 농업 폐기물, 가축 분뇨, 에너지 작물(5.1GW의 전력 생산 용량에 해당), 매립지 가스(1.4GW) 그리고 작은 규모로 하수 슬러지 등에서 얻는다. 생산용량과 원료는 국가마다 다르다. 유럽의 주요 바이오가스 제조업체들은 독일에 소재해 있으며, Schmack Biogas GmbH, MT-Energie, PlanET, 그리고 EnviTec 등이 있다.

성장은 체코(+15%)와 영국(+15.4%)에서 두드러졌다. 영국은 농업 바이오가스 발전소 확대가 바이오가스 생산량 증가에 주요한 원인으로 작용했다. 새로운 지원 정책의 영향을 받아 39개에서 62개로 59% 증가했다. 반면, 독일은 바이오가스 발전에 대한 지원을 축소하겠다는 정책으로 인해 다른 유럽 국가들도 이를 따를 것이란 우려가 제기되기도 했다.

유럽은 세계 최대의 바이오메탄 생산지역으로 282개의 공장에서 생산되는 양은 연간 9.4TWh에 달한다. 대부분 생산시설은 독일(154개), 스웨덴(54개), 네덜란드(23개)에 있다. 2014년 동안, 18개의 새로운 공장이 완공됐다.

다른 지역의 경우 바이오가스는 주로 매립지 기반 발전소나 소규모 가정용 소화장치에 의해 생산된다. 미국은 170개 이상의 혐기성 소화장치가 농장에 설치되어 있고(100MW), 1,500개의 하수처리장 소화장치(250개는 자가 발전으로 에너지 소비), 그리고 560개 이상의 매립지 발전소가 있다. 브라질은 6개의 매립지 발전소가 국내 바이오가스 생산량의 68%를 차지한다. 2기의 산업용 발전소가 추가적으로 26%의 비중을 차지하며 나머지는 소규모 농업, 바이오폐기물, 하수처리장 발전소에서 공급된다.

아시아의 경우, 중국은 2014년 약 150억m의 바이오가스를 생산했다(90TWh의 칼로리 에너지). 인도에서는 475만 가구에 바이오 소화장치가 있고, 12개의 바이오-CNG 발전소가 있다. 한국은 82개 바이오가스 발전소에서 연간 2.58TWh를 생산했으며, 절반이상이 매립지(52%)에서 비롯됐고 하수 슬러지(37%)와 바이오폐기물(음식물 쓰레기, 보조기질) (10%)도 큰 비중을 차지했다.

아프리카에서 소규모 시도가 있었지만 사례는 많지 않다. 인프라와 수용성 부족으로 인해 개발이 지연되어왔다. 아프리카에서 바이오메탄 생산은 드물지만, 케냐에서는 2014년에 처음으로 계통연계형 바이오가스 발전소 건설에 착수했고, 2015년부터 전력을 공급할 것으로 기대된다.

지열발전과 난방

□ 지열 시장

지열 자원은 전력과 냉난방의 형태로 에너지를 공급하며, 2014년 공급량은 총 528PJ(147TWh)에 달했다. 지열 발전량은 최종 지열 생산량(74TWh)의 절반에 달하며, 나머지는 직접 이용에 해당한다. 일부 지열 시설은 전력과 열 에너지를 동시에 공급한다.

2014년 약 640MW의 신규 지열발전 설비가 설치되면서, 세계 지열발전의 총 설비용량은 12.8GW 수준에 이른다. 2014년 신규로 설치한 국가는 케냐, 터키, 인도네시아, 필리핀, 이탈리아, 독일, 미국, 일본이다(신규 설치 순서, 그림 12번 참고). 케냐는 신규 설비용량의 절반 이상을 차지했다. 2014년 말 기준, 국가별 지열 설비용량은 미국(3.5GW), 필리핀(1.9GW), 인도네시아(1.4GW), 멕시코(1.0GW), 뉴질랜드(1.0GW), 이탈리아(0.9GW), 아이슬란드(0.7GW), 케냐(0.6GW), 일본(0.5GW), 터키(0.4GW) 순이다(그림 12번 참고).

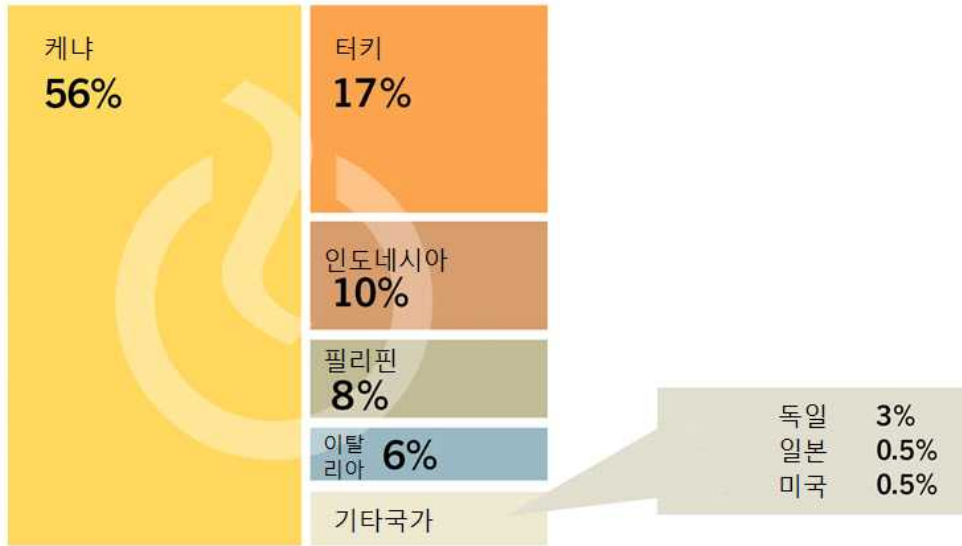
2014년 세계 지열 발전량은 74TWh로 나타났다. 지난 5년간 가동 중인 총 설비용량은 연평균 3.6% 씩 증가한 반면, 연평균 발전량은 다소 낮은 1.8%의 증가율을 보였다. 세계 지열발전 가동률은 같은 기간 2009년 약 71%에서 2014년 약 66%로 하락했다. 유럽과 오세아니아 지역의 평균 가동률은 80%로 세계 평균보다 상당히 높은 수준을 기록했고, 신규설비 도입에 의한 것으로 보인다. 일부 지역에서 설비 노후화로 인한 효율 감소, 바이너리 설비비중 증가 등이 가동률 하락에 영향을 준 것으로 보인다.

케냐는 2014년 358MW를 추가하여 누적설비가 600MW로 증가했다. 13MW 규모의 바이너리 발전설비 2기가 2월에 준공되면서 올카리아 III 복합시설의 용량은 110MW로 확대됐다. 140MW 용량의 올카리아 IV 사업이 10월에 승인을 받았고, 올카리아 I 발전소는 12월 70MW 규모의 신규 발전설비 2기가 추가로 가동에 들어갔다. 2014년 총 52MW에 달하는 유정전원장치 방식의 지열발전이 가동에 들어갔다는 사실도 주목할 만하다. 유정전원장치 방식은 지열자원을 보다 효율적으로 활용할 수 있는 가치가 있다.

터키에서는 2014년 약 107MW의 지열발전 설비를 도입해, 총 0.4GW에 이른 것으로 나타났다. 모든 설비는 바이너리 발전설비로서 각각 6~26MW 범위의 용량을 갖는다. 터키는 2023년까지 1GW의 지열발전을 확대할 계획이다.

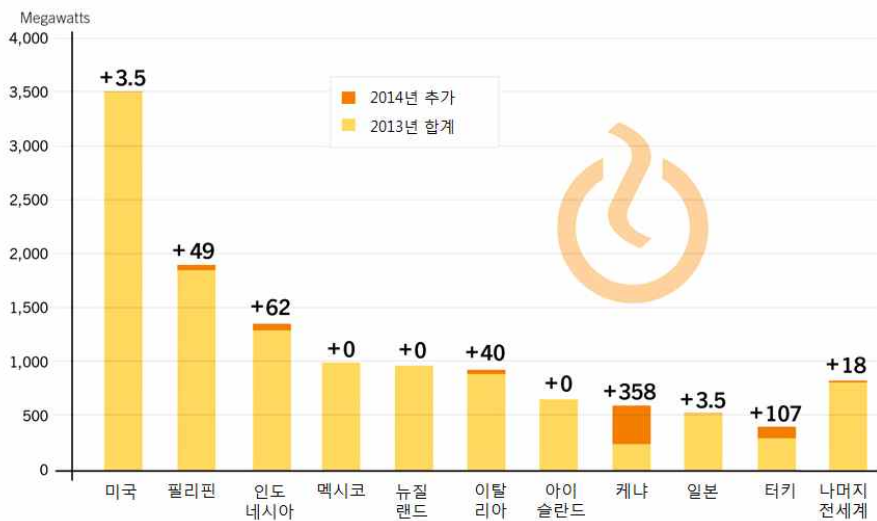
지열발전

그림 12. 지열발전 신규 설비용량, 국가별 신규용량 비중(2014년)



전세계 생산량
 전력 74TWh
 열 73TWh

그림 13. 지열 누적 설비용량과 신규 설비용량(2014년)



인도네시아는 2014년 3기의 지열발전소를 도입하여 전체 설비용량이 1.4GW로 약 5% 증가했다. 최대 설비는 파투하 1호기로서 55MW에 이른다. 인도네시아 신규 지열발전 승인은 몇 가지 제한요인에 의해 지연되어왔다(화석연료 발전설비에 대한 보조금과 지열발전에 대한 낮은 보조금). 산림보존 지역과 국립공원 지역 규제 등으로 인해 지열업계도 시설 설치를 위해서는 산림과 수문학적 환경을 보호할 필요성을 인정했다. 인도네시아의 지열 잠재량은 29GW로 나타나고, 복잡한 허가 요건을 간소화하기 위해 새로운 법이 2014년 발효됐다. 이 법은 지열 사업에 대한 허가 업무를 중앙정부에 통합하고 새로운 가격 체계를 제도화했다. 게다가 광산사업과 지열 개발의 범주를 재정의 하면서 이 법은 산림보존 지역 내 규제를 완화하는 동시에 개발 사업자에게 지역 공동체와 이익을 공유하도록 요구했다.

2013년 시범사업과 계통연계를 성공시키면서 필리핀의 20MW 마이바라라 지열 발전 사업은 2014년 초 상업발전에 들어갔다. 이어서 49.4MW의 나술로 발전소가 가동되면서 필리핀의 총 설비용량은 1.9GW로 증가했다. 2008년 시행된 재생 에너지법은 현재와 향후 지열발전 보급의 기반을 이루는 제도로써 투자를 촉진 시킬 것으로 기대된다.

이탈리아의 경우, 2기의 20MW 용량의 바그노레 4 발전소가 연말까지 가동에 들어갈 예정이다. 이는 17년 동안 가동 중인 투스카니 지역의 아미아타산에 있는 20MW의 바그노레 3 발전소를 잇는 설비이다. 독일 바바리아 지역에서는 몇 기의 지열 열병합 발전이 가동을 시작해 18MW를 추가하며 총 51MW에 이르렀다. 미국과 일본에서는 각각 2MW 이하 바이너리 지열 발전소를 설치했다. 일본은 미국과 인도네시아에 이어 세계 3위의 지열 잠재량을 보유하고 있지만, 과거 20년 동안 신규설비 증가가 거의 없었기 때문에 발전량에서는 세계 8위를 차지했다. 하지만 2011년 후쿠시마 사고 이후 정부의 지열발전에 대한 지원에 힘입어 2014년 기준으로 계획 또는 추진 중인 지열 사업은 40개 이상에 이른다.

166MW 규모의 뉴질랜드 테미히 발전소가 2013년 완공돼 신규 설비용량에 반영됐지만(GSR 2014 보고서 참조), 공식적으로 2014년부터 가동에 들어갔다. 도시바가 제작한 2기의 83MW 터빈이 와이라케이의 기존 설비를 대체한 것으로 실제 순 증가량은 약 115MW 수준이다.

케냐를 제외하고 아프리카 동부 지역에서 지열 보급이 늘어날 전망이다. 에티오피아는 급증하는 전력 수요에 대한 공급원으로써 지열관련 제약과 재원 마련 방안을 강구중이다. 최근 아이슬란드와 일본의 개발기관이 에티오피아에서 새로운

지열 계획에 대한 지원을 제공해왔지만, 높은 초기 비용과 사업 리스크 그리고 지역의 제한된 기술 역량으로 인해 진행이 더뎠다. 2014년 세계은행은 에티오피아 알루토와 알라로바드 지역의 지열 사업에 대해 2억 달러의 재원 지원을 약속했다. 지부티에서는 국제개발기관들이 탐사와 개발의 재추진을 지원 중이고, 여기에 50MW 규모의 아살-피알레 사업도 포함된다.

중양아시아 지역도 상당히 유망하다. 온두라스는 Platanares 지열 사업 추진을 2014년 재개했고 2016년 가동을 목표로 하고 있다. 코스타리카는 Las Pailas 발전소에서 55MW의 추가 확대 공사가 진행 중이다.

지열 직접이용은 난방을 위한 직접적인 열 추출을 의미하며, 히트펌프는 제외한다. 지열의 직접 이용량은 2014년 263PJ(73TWh)로 추산됐고, 1.1GW가 추가되면서 총 용량은 20.4GW를 기록했다. 지난 5년간 직접이용 용량의 연평균 증가율은 5.9%, 연평균 직접적 열 소비량은 3.3%로 나타났다. 직접 지열발전의 세계 평균 가동률은 2014년 41%로 나타났다.

지열의 직접이용은 수영장과 기타 공중목욕탕이 해당된다(설비용량 9.1GW, 사용량 33.2TWh). 하지만 이 분류는 가동 방식의 차이로 인해 계량화하기 어렵다. 그 다음 최대 직접이용 분야는 지역난방을 포함한 난방이다(7.6GW, 24.5TWh). 자원 잠재량이 풍부하거나 지역난방 시스템이 잘 발달된 지역의 경우 시장 진입이 용이하다. 예를 들어 아이슬란드에서는 10개 중 9개의 건물이 직접 지열이용을 도입했다. 이외에도 주택 온수공급, 온실난방, 산업공정, 수경재배, 해빙, 농작물 건조 등이 있다.

2014년 추진된 열 공급 사업은 대체로 유럽에서 활발했는데, 전통적인 고온 자원이 상대적으로 부족한 국가에서 지역 열 공급 계획을 진행한 경우이다.

이탈리아에서는 투스카니에서 6.5MW 그리고 비첸차에서 0.7MW를 비롯한 2기의 소규모 지열 발전소를 건설했다. 추가적으로, 독일은 앞서 서술한 2기의 열병합 발전소를 준공했고, 헝가리는 2기의 설비를 완성했으며(각각 2MW와 3MW), 프랑스는 파리 근교에 있는 아르케이-젠틸리의 10MW 발전소를 추진했다. 지열과 천연가스에서 파생하는 열을 결합시키는 파리분지사업은 2013년 말에 착수해 2015년 완공할 것으로 기대된다. 파리 지역의 새로운 5개 지역에서 지역난방 시스템을 도입할 단기 계획이 마련됐다. 핀란드에서는 2016년 완공을 목표로 직접 열 교환기가 도입된 40MW의 지역재순환 열 발전소가 계획 중이다.

2014년 말 기준 지열의 직접 이용의 최대 용량을 기록한 국가로는 중국(6.1GW), 터키(2.8GW), 일본(2.1GW), 아이슬란드(2.0GW), 인도(1.0GW), 헝가리(0.9GW), 이

탈리아(0.8GW), 미국(0.6GW) 순이다. 합산한다면, 이들 8개 국가는 세계 총 용량의 약 80%를 차지한다.

설치 용량에 비례해서 중국은 지열의 직접이용 부문에서 세계 최고치(20.6GWh)를 기록했다. 터키(12.2TWh), 아이슬란드(7.4TWh), 일본(7.1TWh), 헝가리(2.7TWh), 미국(2.6TWh), 뉴질랜드(2.4TWh) 순으로 높았다. 이들 국가들은 2014년 지열의 직접 이용에서 약 70%에 해당했다. 1인당 통계로 환산하면 아이슬란드가 매년 1인당 22MWh로 가장 두드러졌고, 뉴질랜드, 헝가리, 터키, 일본은 모두 1인당 0.5MWh 이하 수준으로 나타났다.

□ 지열 산업

2014년 UN 기후변화당사국회의에서 지열발전 확대를 가로막았던 높은 비용과 투자 리스크를 해결하기 위해 세계지열연맹이 출범했다. 연맹은 혁신적 투자 촉진, 리스크 완화, 규제 및 제도 개선, 지열 시스템 개발을 위한 역량 확대와 기술적 지원의 역할을 맡았다.

세계은행은 개발도상국에서 지열문제를 해결하고 주요한 초기 투자를 위해서 2014년 말까지 총 2억35백만 달러의 기금을 조성했다. 이 재원은 아르메니아, 칠레, 지부티, 도미니카공화국, 에티오피아, 인도네시아, 케냐, 멕시코, 니카라과, 세인트루시아, 터키와 같은 국가들에서 사업 개발을 지원하기 위한 것이며, 추가적으로 16개국의 36개 지열 사업에까지 확대할 구상이다.

재원 부족과 사업 리스크는 개발도상국에만 해당된 문제가 아니다. 유럽의 지열 산업계는 몇 가지 요인으로 지열발전 산업이 기대만큼 빠르게 성장하지 못 하는 것에 대해 우려하고 있다. 지열에너지의 잠재력과 가치에 대한 인식 부족, 다른 기술원에 비해 낮은 공적투자 지원, 국가경제를 넘어선 유럽 차원의 초국가적 위험보험 기금 부족이 그것이다.

미국은 정부의 연구 프로그램을 통해 지열확대 관련 기술적 제약 또는 리스크 극복을 목표로 하고 있다. 예를 들어, 심부지열발전(EGS)은 생산성이 없거나 상업성이 낮은 지열정을 피해서 시추 리스크를 낮춘다. 심부지열발전은 지하 암반의 파쇄를 통해 열의 산출량을 높여 자연 발생적인 기존의 지열 발전소와 유사한 생산량을 확보한다. 이 기술은 재래식 수열자원에 국한되지 않기 때문에 잠재량이 높아 미국에서만 100GW로 추산된다.

이외에도 일부 지역에서 잠재적인 유해 대기오염물질이 지역발전소로부터 배출되는 문제가 있다. 미국 하와이의 푸나 지열발전소의 경우, 2015년 초 관리 기준

에 맞지 않은 황화수소의 배출로 인해 벌금에 처해졌다. 아이슬란드 레이카비크 교외에 있는 303MW의 헬리쉬디 지열 발전소도 황화수소 배출 문제로 우려를 일으켰다. 문제해결을 위해 발전회사는 수소 포집과 재주입 방안을 시작했다.

2014년 지열 산업계의 혁신 중 하나는 지열-태양열 하이브리드 시스템이었다. 에넬그린파워(이탈리아)는 미국의 파트너와 공동으로 집광형 태양열발전을 활용해 네바다 주에 있는 스틸워터 바이너리 발전소의 지열을 보완하는 방식을 시도했다. 이탈리아에서 에넬사는 또 다른 하이브리드 발전소 건설에 착수했는데, 산림 바이오매스와 지열발전을 결합시킨 것이었다. 이 시스템은 기존보다 높은 증기 온도를 확보해 효율과 발전량을 증가시킬 것으로 기대된다.

2014년 말 기준 세계적으로 612기의 지열 발전소가 가동 중이다. 설치 용량의 대부분인 7.8GW 또는 발전량의 63%는 237기의 플래시 발전소에 해당한다. 플래시 발전소란 터빈 가동 이전에 증기를 수증기와 분리시키는 방식으로 온도가 180°C 이상의 증기가 풍부한 지역에서 활용된다. 수에 비해 용량은 상대적으로 작은 바이너리 사이클 발전소는 286기가 있으며(1.8GW, 발전량의 12%) 보통 100~180°C 온도에서 가동된다. 가장 오래된 지열 발전소 유형인 건조 증기 방식은 63기가 있으며(2.9 GW, 발전량의 22%) 물/증기 분리가 요구되지 않은 경우에 도입된다.

2014년 주요 지열 발전사는 미국의 세브런과 칼파인(각각 1.3 GW)이 있고, 필리핀의 EDC(1.2 GW), 멕시코 국영기업 CFE와 이탈리아 에넬그린파워(각각 1GW) 그리고 미국 오멧(0.9GW)가 뒤따르고 있다. 새로운 터빈 설치 시장은 미쓰비시, 오멧, 후지 일렉트릭에 주도되고 있으며, 이들 기업의 합산 규모는 2013년 신규 설비의 60%와 기존 설비의 75%를 차지했다. 기존 설비용량의 경우 시장 주도권은 도시바, 미쓰비시, 후지 일렉트릭 등 대부분 일본 기업이 차지하고 있고, 용량은 각각 2.6~3.0GW에 이른다. 오멧(바이너리 기술)과 안살도-토시(각각 1.7GW)가 뒤를 이었고, 제너럴일렉트릭-누오보 피요네가 6위를 차지했다(500MW). 다른 기업들은 규모가 상당히 작은 상황이다. 오멧 이외에 (대부분 바이너리) 터빈 제조사로는 Exergy, Atlas Copco, Electra Therm, TAS Energy, Cryostar, 그리고 Turboden가 있다.

수력발전

그림 14. 전세계 수력 발전용량과 상위 6개국이 차지하는 비중(2014년)

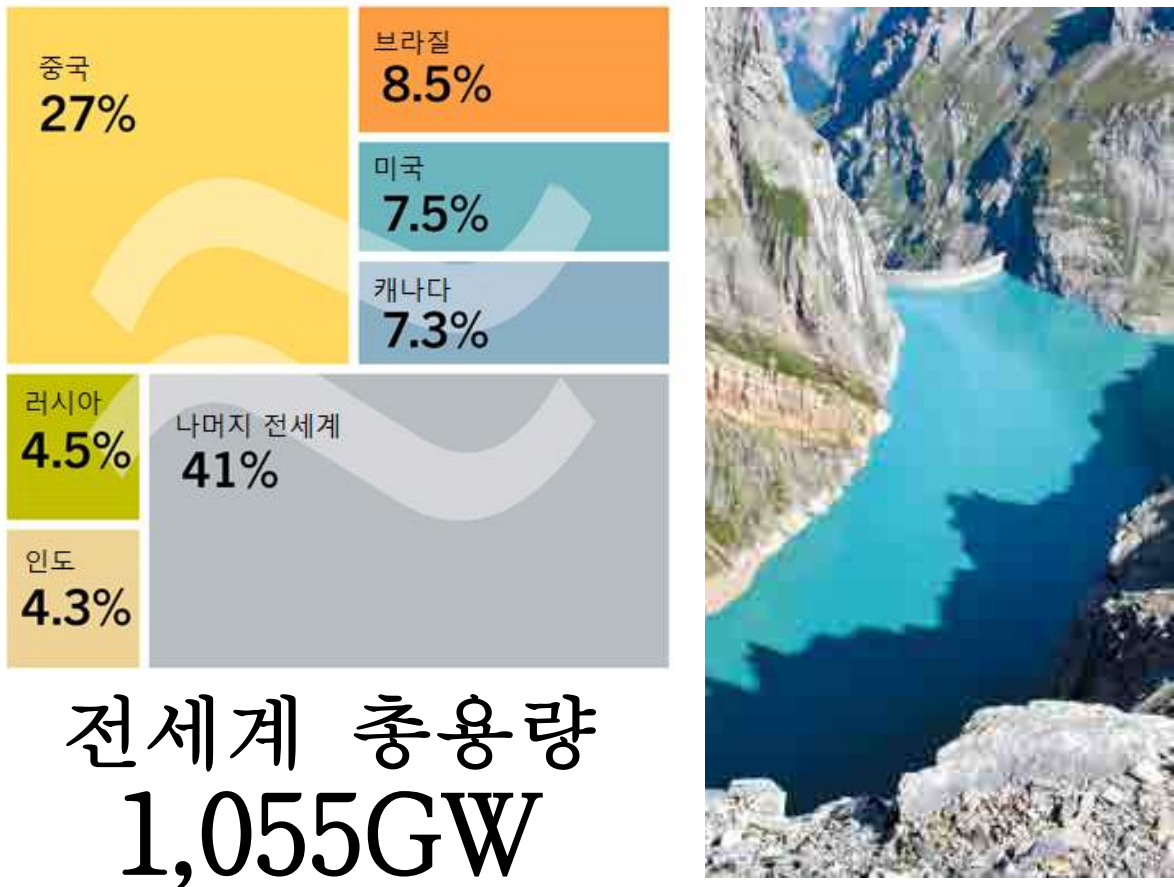
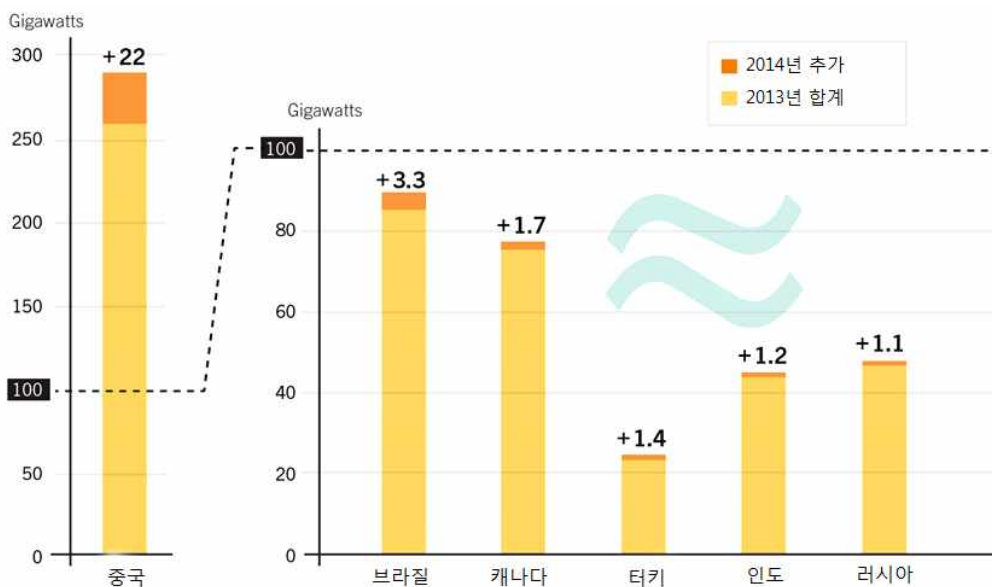


그림 15. 전세계 수력신규 설비용량, 상위 6개국이 차지하는 비중(2014년)



수력

□ 수력 시장

2014년 승인된 수력 발전용량은 약 37GW이고, 세계 총 설비용량은 3.6% 늘어나 총 1,055 GW로 증가했다. 수력발전 설비용량과 발전량이 높은 국가들은 중국, 브라질, 미국, 캐나다, 러시아, 인도로 변동이 없으며, 이들 국가의 합산 규모는 세계 총 설비용량의 약 60%를 차지했다(그림 14번과 참조 표 R6 참고). 세계 수력발전량은 수리학적 상황에 따른 매해 변동이 생기는데 2014년 약 3,900TWh로 전년 대비 3% 이상 증가했다. 수력발전은 가뭄으로 인해 여러 국가에서 감소했지만, 중국에서 2013년 감소 이후 상당한 회복세를 보였다. 세계 양수 발전용량은 2014년 말 기준 약 142GW에 달하는 것으로 집계됐다.

신규설비 대부분이 중국에 설치되었고, 브라질, 캐나다, 터키, 인도, 러시아도 상당한 용량의 설비를 추가했다(그림 15번 참고). 중국의 총 수력 발전용량 280GW 중 2014년 말까지 승인된 설비용량은 22GW에 해당한다. 중국의 신규 설비용량이 큰 규모를 나타냈음에도 2013년과 비교해 29% 하락한 수준이다. 중국의 수력 발전량은 약 20% 증가해 최초로 1,000TWh를 초과했는데(1,070 TWh), 이는 수리학적 상황이 개선됐기 때문이다. 시루오두 발전소(13.86GW)는 2013년 발전용량의 2/3 수준으로 최초 가동을 시작해 2014년 완공했으며, 중국 쑤샤와 브라질 이타이푸에 이어 세계에서 세 번째로 큰 수력발전소에 등록됐다. 시루오두 하류의 진샤강에서 6.4GW의 쌍지아바 발전소가 가동을 시작하면서, 중국 내 3번째 규모의 수력발전소가 됐다. 추가적으로 5.85GW의 화녕 누오자두 발전소는 6월부터 가동에 들어갔다. 중국의 수력설비 투자액은 156억 달러(960억 위안)로, 2013년보다 21.5% 하락했다.

브라질 신규 수력발전은 3.3GW 추가됐는데, 이 중 소수력(30MW미만)은 138MW에 해당했다. 2014년 말 총 수력 용량은 89.2GW로 나타났다. 브라질에서 수력에 의한 발전량(2014년 393TWh)은 장기화된 가뭄에 의해 심각한 타격을 받았으며, 일부 저수지는 지속적으로 낮은 수위를 보였다. 연간 발전용량이 증가했음에도, 총 발전량 중 수력비중은 2011년 91%에서 2014년 73%로 하락했다. 마테이라 강 복합단지에 있는 지라우 발전소(재생에너지 청정개발체제 중 최대의 단일 프로젝트)에서는 2014년 말 기준 75MW터빈 24기가 상업 가동을 시작했다. 이 시설

이 모두 완공되면 3.75GW 규모가 될 것이다. 지라우 그리고 산토 안토니오 발전소(완공시 3.57GW)는 마테이라 강에 위치해 있는데 상류 볼리비아 지역에서 폭우에 의한 홍수가 발생하면서 환경영향평가 재승인 명령이 내려졌다. 콜롬비아에서는 820MW의 소가모소 발전소가 완공됐는데, 전력 수요의 10%를 공급할 것으로 기대된다.

가뭄으로 인해 수력발전이 피해를 입은 또 다른 국가는 미국이다. 2014년 미국의 수력발전량은 259TWh로, 3년 연속 하락세를 나타냈다. 과거 9년간의 연평균 기록보다 5.3% 낮은 수준이다. 미국은 2014년 말 기준 수력 설비용량은 79.2GW로 나타났다.

캐나다는 2014년 1.7GW를 추가해 77.4GW에 도달했다. 신규 설치용량에서 세계 3위 국가이지만 발전량은 375TWh로 3.1% 하락했다. 2015년 초까지 온타리오의 로우어 마타가미강 재개발 사업이 완공되면서 수력 발전용량은 두 배 가까이 늘어 총 924MW로 확대됐다. 195MW 규모의 Forrest Kerr 수력발전소는 2014년 브리티시 콜럼비아 주에서 전력 공급을 시작했다. 이 두 사업은 다른 사업과 달리 호수 개발로 인해 토착지가 피해를 받는 원주민과의 협력을 통해서 이루어졌다는 점에서 주목할 만하다. 캐나다에서 이러한 협력은 새로운 수력발전 사업에서 점점 더 빈번해지고 있다.

터키는 2014년에 1.35GW를 추가해 총 23.6GW를 나타냈다. 수력발전량은 연간 40.1TWh를 기록하면서 2013년에 비해 32% 감소했다. 이는 최근 몇 년 간 이어진 가뭄의 결과다.

인도는 1.2GW를 추가했고 총 수력 발전용량은 44.9GW에 이른다. 이 중 228MW는 소규모(설비당 25MW 미만)로 분류됐다. 연간 발전량은 144TWh로 나타났으며 대규모 수력(25MW 이상)에 의한 발전량은 131TWh로, 2013년과 변동이 없다. 승인 과정에서 물 이용 제약을 비롯한 기술적 난관에 처했던 유리 II 프로젝트(240MW 규모)는 2014년 초 완공됐다.

러시아에서 2014년 수력발전의 순 증가량은 1.1GW였으며, 총 설치 용량은 47.7GW로 나타났다. 설비용량 면에서도, 수력발전량(164GWh)은 전년에 비해 4.4% 하락했다. 사야노-슈센스카야 수력발전소(6.4GW)에서 640MW 터빈 10기가 2014년 말 완공되면서 2009년 심각한 사고를 겪은 이후 발전소 복구 작업이 모두 마무리됐다. 보구찬스카야 수력발전소의 경우 333MW 급 9기 모두가 승인을 받았다. 2015년 말 저수지의 수위가 확보된 이후 총 3GW 용량에 이를 것으로 기대된다.

에티오피아 청나일강에 있는 그랜드 르네상스 프로젝트(완공시 6GW)는 2014년에도 진전을 보였다. 하지만 하류 지역 주민들이 이 사업으로 인한 피해에 대해 우려를 제기해왔다. 2014년 에티오피아, 이집트, 수단은 이 사업에 대해 추가 조사를 진행하기로 합의했고, 2015년 초 나일강 유역 수자원의 지속가능하고 공평한 이용을 위한 협력 원칙에 대해 공동선언문을 발표했다.

르완다는 새로운 냐보론고 수력발전(28MW)의 가동을 시작했다. 국제적으로 보면 소규모지만, 자국민들은 르완다 전력부족을 완화(2014년 말 기준 전력공급률 19%)할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 소수력발전소인 루카라라 2 수력발전소(2.2MW)는 2014년 가동에 들어갔고, 농촌지역에서 소수력이 전력 보급률 향상에 기여하는 사례로 알려졌다. 2012년 기준, 전세계 10MW 이하의 소수력 설치용량은 총 75GW로 추산된다. 소수력은 농촌 전력 공급률 향상 및 사회적 수용과 지속가능한 발전의 잠재성에 있어서 가능성을 인정 받아왔다.

세계 양수 발전용량은 2.4GW가 추가되어 2014년 말 146GW에 이르는 것으로 집계됐다. 새로 설치된 양수발전은 카나리아 제도의 가장 작은 섬인 엘 이에로 섬에 있는 발전소다. 6MW 용량은 규모 측면에서는 작지만 중요성은 크다. 이 섬은 풍력발전(11.5MW)과 양수발전의 조합을 통해 전력 자립이 가능해졌고, 기존의 디젤 발전에서 벗어날 수 있게 됐다. 오스트리아는 레이섹 II 양수발전소를 2015년 초 완공했다.

2015년 초 신규 변속 양수발전소 사업이 유럽에서 일부 계획 또는 건설 중에 있고, 1개의 기존 발전소가 변속 양수발전소로 개조 중이다. 신규 또는 개조된 변속 양수발전소는 펌프 효율성을 향상시킬 뿐 아니라 전력계통의 상황에 따라 발전과 펌프 모드에서 전력 통제 기능을 작동시킬 수 있기 때문에 탄력적으로 운용이 가능하다. 건설 중에 있는 스위스의 1,000MW 린탈 발전소는 2015년 완공될 경우 최초의 고용량 변속 양수발전소 댐으로 기록될 것이다. 완공을 앞두고 있는 다른 설비로는 2015년 가동 예정된 1.3GW의 남아공 잉굴라 양수발전소와 이집트에서 건설 예정인 2.1GW 양수발전이 있다.

양수발전의 용도는 수력을 예비 전력으로 활용하는 것 외에 재생에너지의 변동성을 낮추는 목적이 있다. 노르웨이의 풍부한 수력 용량을 이용해 주변 국가들과 수급균형을 유지하기 위해 노르웨이, 영국, 독일은 2014년 2기의 1.4GW 전력망 건설에 합의했다.

수력 개발의 맥락에서 지속가능성은 중요한 주제이다. 2014년 세계은행은 수력의 지속가능성 평가 규약(2011년 발효)에 대해 지속가능한 수력발전을 위한 유

용하고 보완적인 수단이라고 평가했지만, 세계은행의 정책과 보호장치를 대체하고 있지는 않다고 밝혔다. 미국 의회는 프로젝트 금융을 위한 사회 환경 보호조치를 개선하기 위한 법안을 2014년 발효했고 세계은행은 2015년 초 수력 개발에 의한 재정착 관련 보호조치를 강화하기 위한 방안을 강구하겠다고 밝혔다. 2015년 초 미국 행정부는 108MW의 파키스탄 굴퍼 수력 사업에 대한 세계은행의 기금 지원과 관련해 부정확하고 부적절한 환경리스크평가를 근거로 반대 입장을 제출했다.

사회 환경적 피해를 둘러싼 우려로 인해 여러 수력발전 사업이 지연되거나 취소되는 사례가 발생했다. 터키에서는 티그리스 강의 1.2GW 일리수 댐 사업이 지형학적 요인으로 인해 2014년 계속 지연되는 상황을 겪었다. 고고학적으로 가치가 높은 고대 유물 지대의 범람 가능성 논란이 해소되지 않은 이유도 작용했다. 인도에서도 2GW 규모의 로우어 서반시리 사업에 대해 지역주민의 반대로 추가 지연이 발생했다. 베트남에서는 불법 토지취득과 관리 소홀을 이유로 당국이 투자자의 사업권 박탈을 심사 중이다. 댐 하류 지역의 농업과 산림 파괴에 대한 보상책으로 제시된 조림사업을 사업자가 이행하지 않았기 때문이다.

□ 수력 산업

산업계는 수력 시설의 유연성, 효율성, 신뢰성을 제고하기 위한 혁신을 계속해왔다. 제조사들은 양수 발전으로 증가하는 수요에 대응해왔는데, 이는 변동성을 갖는 재생에너지 전력 비중증가를 반영하기 위해서다. 효율성과 발전량을 늘릴 뿐 아니라 새로운 규제 기준에 맞는 환경성능을 향상시키는 목적으로 특히 북미와 유럽에서 수력발전 시설을 개선하려는 목소리가 높아지고 있다. 혁신의 다른 요인은 낮은 발전단가에 대한 요구이다. 낮은 발전단가는 고효율 설비개발을 달성하는 데 기여해왔고, 2014년 중국에 설치된 800MW 2기의 Xiangjiaba 수력발전소가 여기에 속한다.

수력분야는 기후변화 위기에 대응하며 취약성 관련 연구를 확대해왔고, 일부 경우에서 프로젝트 설계와 운영 방식을 통합하고 있다. 유량의 잠재적 변동 예측, 극단적 홍수로 인한 댐의 안전성, 발전량 변동성 전망, 유량의 변동성 증가에 따른 터빈 최적화와 기타 설계 변수 등이 이에 해당한다.

주요 설비 제조사로는 알스트롬(프랑스), 안드리츠 하이드로(오스트리아), 호이트 하이드로(독일)를 꼽을 수 있으며, 이들 기업은 비등한 시장 점유율을 나타내고 있다. 다른 제조사로는 하빈(중국), 동팡(중국) 그리고 파워머신(러시아)가 있다.

안드리츠 하이드로는 최근 세계 시장 축소로 인해 2년 연속 판매와 신규 주문 물량이 하락했다. 신흥경제국에서 기존 수력시설 개선과 소수력 설비 시장이 성장하는 가운데 낮은 투자비용이 절대적으로 중요하다.

호이트 하이드로는 매출이 2013년에 비해 5% 하락했지만, 신규 물량은 같은 기간 24% 증가했다. 하지만 호이트는 북미, 러시아, 동유럽을 중심으로 기존 수력 시설 개선 사업에서 기회를 엿보고 있다. 호이트에 따르면 이 시장의 한 가지 약점은 남미 정치경제적 상황으로 인해 사업 추진이 지연된 것이다. 호이트는 태양광의 전력피크 비중이 증가하는 맥락에서 양수발전의 수입이 충분하지 않다는 우려도 제기했다.

제너럴일렉트릭(GE)의 알스트롬에 대한 잠재적 인수합병과 관련해 유럽위원회는 일부 시장에서 경쟁력 상실에 대해 사전 우려를 표했는데, 이 합작 회사의 수력 발전 사업에 대해서는 우려를 제기하지 않았다.

해양에너지

□ 해양에너지 시장

해양에너지는 파도, 조수(간만), 조류, (영구적) 해류, 수온차, 염도차를 활용해 해양에서 얻는 에너지를 말한다. 2014년 말 기준, 세계 해양에너지 용량은 약 530MW로 변동이 없었고, 대부분은 조력발전, 특히 만과 하구 퇴적지를 가로지르는 조력발전 댐에 해당한다. 해양발전 기술의 개발 사업 대부분은 조력, 조류, 파력에 집중되어 있다.

세계 최대 규모의 해양에너지 시설은 조력발전소이다. 한국 254MW 시화조력(2011년 완공), 프랑스 240MW 랑스조력(1966년), 캐나다 노바스코티아 20MW 아나폴리스조력(1984년), 중국의 3.9MW 지양샤조력(1980년)이 대표적이다. 다른 조력 사업은 소규모이거나 실증사업이고, 영국에 설치된 조류와 파력 발전소가 주목할 만하다.

2014년 세계적으로 추가된 용량은 거의 없다. 실제로 모든 신규 설치는 실증사업 형태로 이루어졌으며, 유럽 해역에서의 사업이 대부분을 차지했다. 추진 중인 가장 주요한 사업은 스코틀랜드의 398MW 메이젠 조류 발전이다. 영국의 해저관리를 담당하는 왕립토지관리위원회는 메이젠 프로젝트 1단계 사업을 위해 1,550만 달러(1,000만 파운드) 투자를 선언하면서 사업의 건설과 운영을 활성화하겠다고 밝혔다. 왕립토지관리위원회는 영국 해상에서의 추가적인 파력과 조류 기술 연구 및 실증사업을 위해 공유지를 개방했고, 일부는 지역 기관을 위해 사용했다. 영국과 프랑스 사이의 올더니 해협에서 조력 사업도 추진되고 있으며, 이곳의 조력 자원은 1.4GW로 추정된다.

□ 해양에너지 산업

2014년은 해양에너지 분야 상용화를 위한 혁신과 발전의 해였다. 하지만 해양에너지 산업계는 역풍에 직면한 시기이기도 했는데, 특히 스코틀랜드의 두 기업인 펠라미스 웨이프파워와 아쿠아마린 파워에게 더욱 그랬다.

펠라미스는 해양에너지 변환장치 개발에 필요한 자원 마련에 실패하면서, 2014년 말 파산관리에 맞닥뜨렸다. 스코틀랜드 정부는 펠라미스의 연구를 진척시키기 위해 일부 직원들의 보수를 스코틀랜드 파력에너지에서 지원했다. 결과적으로, 스코틀랜드 파력에너지는 지적재산권과 펠라미스의 유형자산을 취득했고, 여기에 2,200만 달러(1,430만 파운드)의 자금을 투입했다.

2014년 말 아쿠아마린 파워는 사업 축소를 선언하면서 핵심 인력의 유지와 오크니에 위치한 유럽해양에너지센터(EMEC)의 오이스터 800 파력 설비에 대한 운영을 지속하기로 했다. 이번 결정은 전체 해양에너지 분야가 직면하고 있는 재정적, 제도적, 기술적 장벽의 결과라고 언급됐다.

발전 위기를 극복하기 위해서 새로운 해양 시뮬레이션 시설이 에딘버러대학 내 설치됐다. 플로웨이브 실험탱크는 모의실험을 통해 실제 해상에서의 막대한 비용 부담 이전에 잠재적인 개발 과정의 리스크를 줄일 수 있게 했고, 플로웨이브와 정부 지원을 받는 다른 실험시설과 연구들은 기술적 리스크를 개선하도록 했다. 장기적 재원 확보의 불확실성과 최적 해양에너지 자원이 전력계통과 떨어져 있다는 점을 고려했을 때 계통연계 방안도 과제로 남아있다.

해양에너지 관련 이해당사자의 해법 마련과 공동협력을 위해 2014년 유럽 해양에너지포럼이 발족됐고, 궁극적 목적은 연구개발 강화와 투자 리스크의 분담을 위한 플랫폼 마련에 있다.

2014년 설치사례는 대부분은 상업화 이전 단계 사업으로 개발자는 이를 더 확대하기를 기대하고 있다. 카네기 파력에너지(호주)의 퍼스 프로젝트는 3기의 상호 연결된 CETO 5 파력 장치를 2014년 말과 2015년 초에 설치하면서 중요한 전환점을 지났다. 이 장치는 전력생산과 해수담수화 기능까지 설계에 포함됐다.

다른 주요 사업으로는 노바이노베이션(스코틀랜드)의 30kW 조력발전소가 2014년 4월 셰틀랜드(스코틀랜드) 지역에 설치된 사례이다. 스코틀랜드 정부로부터 재정 지원을 받은 이 사업은 세계 최초로 공동체 소유의 조력발전이 되었다. 결과적으로 노바와 협력사인 ELSA(벨기에)는 같은 지역에서 100kW 설비를 활용한 500kW 조력발전 설치를 위한 추가 재원을 확보했다. 2015년 초 3기의 계통연계형 조력발전소가 네덜란드 해역에 설치됐다. 이 조력발전은 토카르도와 네덜란드조력실험센터가 협력해 추진됐고 향후 평가를 통해 현재 300kW 설비를 2MW까지 확대할 계획이다. 해당 기업은 대한민국 목포에서 28MW 조력에너지 사업과 영국의 맨 섬의 조력발전 사업자로 선정되기도 했다.

난항을 겪는 상황에서도 아쿠아마린은 2015년 초 오이스터 800이 기대치만큼 실적을 나타냈고, 유리한 해상 조건에서는 실적이 훨씬 초과했다고 밝혔다. 해당 기업이 다른 기관과 협력을 통해 개발 중인 해저 파력 에너지 발전장치인 WavePOD와 함께 차세대 장치에 대해서도 개발을 계속 진행할 계획이다.

아틀란티스 리소스(영국/싱가포르)는 2014년 초 발표를 통해 중국 저장성 해양 시범사업의 일환으로 아틀란티스 1MW AR1000 조류 발전터빈 설치 사업의 사전

시험을 위한 동광 일렉트릭얼 머시너리(중국)와 계약을 체결했다고 밝혔다. 아틀란티스가 록히드 마틴(미국)과 협력을 통해 개발한 새로운 1.5MW AR1500 터빈에 대해서도 동광은 저비용으로 생산에 들어갈 예정이다.

아틀란티스 리소스는 2013년 스코틀랜드의 메이젠 사업에 대한 다수 지분을 확보한 이후 2015년 초 터빈과의 계통연계용 해저 케이블 설치를 위해 육상시설 건설(방향성 천공 포함)을 시작했다고 발표했다. 아틀란티스는 이 사업을 위해 록히드 마틴과 AR1500 터빈 제작을 발표했고, 2016년 납품될 예정이다. 이 터빈 기술은 회전체 능동제어와 풀 나셀 요잉 기능을 갖췄다. 추가적으로 아틀란티스는 안드리츠 하이드로(노르웨이)와 메이젠 1단계 사업에 3기의 1.5MW 조력 터빈을 공급하기로 계약을 체결했다.

오픈하이드로(2013년 이후 프랑스 DCNS의 자회사)는 올더니 재생에너지와 300 MW 조력발전 사업에서 협력하기로 했다. 레이스 타이들이라는 합작투자회사는 2MW 터빈 150기를 활용할 계획이다. 브르타뉴(프랑스)에서의 실증결과를 바탕으로 오픈하이드로와 EDF(프랑스)는 2015년 2기의 조력을 시범사업으로 추진하기로 했고, 향후 몇 년간 준상업화 단계에 이를 것으로 기대했다.

알스톰(프랑스) 역시 이 지역에서 사업 계획을 추진 중이다. 2014년 GDF 수에즈(프랑스)와 공동으로 알스톰은 프랑스 정부로부터 블랑샤르(올더니 레이스) 조력 시범사업에 대한 새로운 조력 터빈 4기의 공급업체로 선정됐다. 이 사업은 2017년부터 가동에 들어가 20년 동안 운영될 것으로 기대된다. 알스톰은 향상된 조력터빈인 1.4MW의 Oceade 18 기술을 활용할 예정으로, 가변피치날개와 조류 흐름에 최적화된 회전식 나셀을 장착했다.

노트리티티(스코틀랜드)는 2014년 새핀세이 사운드(스코틀랜드)에 있는 EMEC의 테스트베드에서 500kW의 2중 역방향 회전자 수중 터빈(CoRMaT)의 시험을 마쳤다. 2015년 초 이 업체는 EMEC의 폴오브워니스 부지(강력한 조류가 발생하는 거친 해양 조건)에서 교환 계통연계 시험을 검증했다. Magallanes Renovables(스페인)은 최초의 해상 시험을 위해 EMEC에서 부상 ATIR 터빈의 프로토타입을 2014년 말 개시했고, 이는 유럽연합의 후원을 받는 마린넷 사업으로부터 지원을 받았다. 온전한 규모를 갖추게 된다면, 이 사업은 2MW 용량에 달할 것이다. 오픈하이드로는 EMEC에서 기술 시험과 개발을 계속했고 2014년 초 차세대 장치의 설비를 설치했다.

캐나다 펀디해양에너지연구소(FORCE)는 펀디 만에서의 신규 조력발전 사업을 계획 중이다. 오픈하이드로와 협력사인 에페라는 상업규모의 ‘케이프 샤프 타

이들’ 1단계로써 2015년 2MW 조력 터빈 설치 계획의 사업자로 고려되고 있다. 선박 추진기 제조사인 쇼텔(독일)의 자회사인 블랙라타이드파워(캐나다)는 타이들스트림(영국)의 트리톤 플랫폼과 16기의 쇼텔 70 kW 수상 조력발전(STG)을 결합한 기술을 적용할 시범사업 기회를 얻었다. 쇼텔은 지속가능해양에너지(UK)가 운영하는 화이트섬 해상 실험부지에도 STG 터빈을 설치했다. 2014년 새롭게 설립된 쇼텔 하이드로는 새로운 해양터빈(SIT)를 발표했다. 이 기술은 터빈 사이즈를 축소할수록 출력과 물질사용에서 유리하다는 전제에 기반하고 있다.

2014년 해양전력 산업계 일부에선 인수합병이 이루어졌는데, 스코틀랜드 파력의 펠라미스 자산 인수, 포텀(핀란드)의 핀란드 파력에너지 기업 웰로 소량 지분 인수가 그것이다. 웰로의 단일 장치인 ‘펭귄’은 2011년 개발 당시의 모든 원본 부품을 그대로 유지하면서 설계 완성도를 담보하게 됐다. ‘펭귄’은 파도에 의해 작동되는 편심 회전체를 탑재한 수상 플랫폼으로써, 풍력 터빈에 전형적으로 활용되던 발전기를 가동시킨다. 토카르도는 로열 IHC로부터 네덜란드 기업인 IHC 타이들 에너지를 인수했다. 동시에, 토카르도는 기존의 수평축 터빈에 더해 상용화를 눈 앞에 두고 있는 수직축 터빈 기술을 보완하게 됐다. 2015년 초 토카르도는 스완터빈(영국)의 해저 조력터빈 기술 관련 지적재산권도 취득했다.

최근 조력과 파력 기술은 해양에너지 기술 전반의 발전을 불러왔고, 조력 상용화가 파력에 비해 더 일찍 현실화 될 것으로 보인다. 조력 기술은 동일한 설계로 수렴되는 반면, 파력 설비는 보다 다양하며 전반적으로 개발 수준이 상이하 다. 파력 에너지의 차별성은 해저 깊이에 따른 파도 자원 특성의 변동성에 일부 기인한다.

사이드바 5. 지속가능성에 대한 초점: 물-에너지-식량의 결합

수요증가와 자원부족에 시달리는 세계에서 물, 에너지, 식량 시스템간의 상호 연결성을 관리하는 것은 지속가능성과 공급의 안정성을 담보하는 데 핵심이다. 인구증가, 경제발전, 도시화는 깨끗한 물과 에너지, 식량에 대한 소비를 부추기고, 장기적으로 점점 상승할 것이다. 이런 증가하는 수요를 충족하는 것은 자원 부족과 기후변화 피해, 육구의 상호 충돌로 인해 더욱 어려워질 것이다.

깨끗한 물에 대한 수요가 늘어나고 공급량은 희소해지면서 더 많은 에너지가 펌프와 담수화, 처리, 공급에 투여될 것이다. 에너지 부문(채굴, 처리, 정련, 발전)에서 연간 취수량은 세계 담수 사용량의 약 15%를 차지하며 향후 수십

년 동안 크게 증가할 것으로 보인다. 농업 식량 부문은 세계 에너지 소비량의 30%를 차지하며 담수 취수의 70%에 해당한다. 식량수요가 늘어나면서 관련 에너지와 물 투입량도 함께 상승할 수밖에 없으며, 다른 부문을 압박할 것이다.

상호연계성에 기반한 정책과 해결책은 이런 충돌되는 접점을 완화하거나 제거할 수 있으며 시너지의 잠재력을 높일 수 있다. 재생에너지가 해법이 될 수 있다. 재생에너지 기술과 관련된 과제들이 남아있지만, 재생에너지가 지속적으로 보급된다면 과도한 수요를 완화하고 물, 식량, 에너지 안보를 강화할 수 있다.

태양광이나 풍력과 같이 물 투입량이 상대적으로 적은 재생에너지를 확대하는 것은 에너지 부문에서 사용하는 물 수요를 줄일 수 있다. 최근 IRENA 보고서에 따르면 독일, 인도, 영국과 같은 국가들에서 재생에너지의 비중 확대를 통해 전력 부문에서 취수량과 물 소비량을 줄일 수 있다. 재생에너지에 기반한 기술은 물 안보를 강화할 수도 있다. 재생에너지에 의해 전력을 공급 받는 펌프와 관개시설은 선진국(미국, 호주 등)과 개발도상국(인도 등)에서 모두 활용될 수 있다. 재생에너지에 의한 담수화시설의 활용은 점차 증가하고 있으며, 사우디아라비아에서 대규모 태양광 담수화 시설이 건설 중인 것처럼 중동에서 특히 두드러진다.

재생에너지는 화석연료 가격상승에 취약한 농업식량 부문의 약점을 보완해 식량안보 강화에 기여할 수 있다. 이런 취약성은 2007-2008년 세계 식량 위기와도 연관되어 있다. 재생에너지 이용은 개발도상국에서 식량손실을 줄이고 농산물 가치를 높일 수 있다. 개발도상국은 가공과 냉장을 위한 에너지가 부족하여 농업 생산물의 30~40%가 손실되고 있다. 태양열건조기는 파키스탄 북부에서 과일을 보존하기 위한 용도로 활용되며, 바이오가스 발전소에 의한 냉방기능은 우간다 유제품 산업에 도입됐다. 유기폐기물과 비(非)식량작물에 의한 바이오에너지는 지역농가의 생산성을 높여서 수입을 증가시킬 수 있다.

현재와 미래의 상호연계 문제를 해결하기 위해서 물-에너지-식량 이 세 가지 부문을 모두 고려하는 통합적 접근방식이 반영되어야 한다. 통합적 접근의 첫 번째 단계는 적절한 평가수단과 추가 방법론 개발로 정책결정과 이행을 알릴 수 있게 한다. 기존의 상호연계 관련 수단은 자원흐름과 영향을 모델화하고 지역 환경을 분석하며 정책적 선택지를 평가한다. 방법론은 모든 상호연계성을 고려하는 통합적 접근을 택하거나 한 가지 요인의 영향에 대해서 초점을

맞추는 입구 접근을 택할 수 있다. 스톡홀름환경연구소의 WEAP-LEAP 모델은 물과 에너지 시스템을 모델화하고 분석하기 위해 통합적이고 양적접근 방법을 활용한다. UN 농업식량기구와 IRENA는 식량과 재생에너지에 대해 각각 입구 접근을 활용했고, 양적·질적 방법을 병행했다.

연구기관과 NGO는 이미 상호연계성 평가 방식을 도입했는데, 가령 에티오피아의 성장과 전환 계획에 적용된 잠재적인 상호연계적 접근을 평가하고, 마다가스카르에서 대안적 농업 양식과 바이오연료 생산 잠재력을 평가하는 사례이다. GIZ와 ECOWAS 같은 기관들은 이런 접근 방식과 수단을 폭넓은 정책 수준에 통합시키기 위한 작업을 진행 중이다. 추가적으로 물-에너지-식량의 상호연계성은 SE4ALL 이니셔티브에서 High Impact Opportunity로 인식되었다.

여러 진전과 접근을 통합시키기 위한 평가수단의 활용 가능성이 커지고 있음에도 불구하고 정부, 산업계, 학계, 시민사회가 상호연계성 사고방식을 정책결정과 사업개발에 제대로 통합하고 활용하기 위해서는 여전히 갈 길이 멀다.

태양광발전(PV)

□ 태양광 발전시장

2014년은 태양광 전지가 처음으로 공개된 지 60주년을 맞는 해이다. 게다가 태양광 성장의 새로운 전기를 기록한 해로 40GW의 태양광 설비가 추가되어 전 세계 총용량은 177GW를 달성했다. 태양광 시장은 유럽 신규물량 감소세, 중국 태양광 목표(특히 분산형) 달성을 둘러싼 논쟁, 작은 신규시장 등에도 불구하고 강세를 나타냈다. 2014년 말 기준 전세계 가동 중인 태양광 60% 이상이 지난 3년 동안 설치된 설비에 해당했다(그림 16번과 참고 표 R7 참조).

중국, 일본, 미국은 최대 태양광 시장 규모를 유지했고, 영국, 독일이 뒤를 이었다. 프랑스, 호주, 한국, 남아공, 인도가 나머지 상위 10개국에 해당했다. 1GW 이상 계통연계된 국가는 5개국으로 2013년에 비해 9개국이 줄었다. 신규 설치용량의 대다수가 특정국가에 집중된 상황에도 불구하고, 가격하락에 힘입어 분산형 신규설치는 더 확대되었다. 모든 국가에서 태양광이 일정 규모 이상 가동 중이다. 2014년 말 기준, 1GW 이상의 태양광 용량을 갖춘 국가는 20개국으로 지난해 대비 17개국이 늘어났다. 1인당 태양광 용량 순위는 독일, 이탈리아, 벨기에, 그리스, 체코, 일본으로 나타났다.

아시아는 세계 태양광 신규 물량의 약 60%를 차지하면서 다른 시장을 압도했다. 중국은 10.6GW를 추가해 총 28GW를 넘어섰고, 누적 태양광 용량이 60% 증가했다(그림 17번 참조). 중국에서 신규설비의 80%는 대규모 발전소에 해당했고 나머지는 지붕 분산형 또는 소규모 용도로 설치됐다. 송전 시설이 태양광 용량의 급격한 확대를 따라가지 못해, 일사 조건이 좋은 서부의 태양광 발전시설이 에너지 수요가 높은 중부나 동부에 송전할 수 있는 기반시설을 갖추지 못했다.

2014년 내몽고, 칭하이, 장수성은 각각 태양광 1GW 이상을 설치하며 가장 두드러졌다. 중국의 태양광 시장은 빠르게 성장하고 있지만, 분산형 설치와 같은 부문에서는 자체 목표 달성에 어려움을 겪고 있다. 2014년 중국 태양광 발전량은 약 250억 kWh를 기록하였고, 전년 대비 200% 증가하였다.

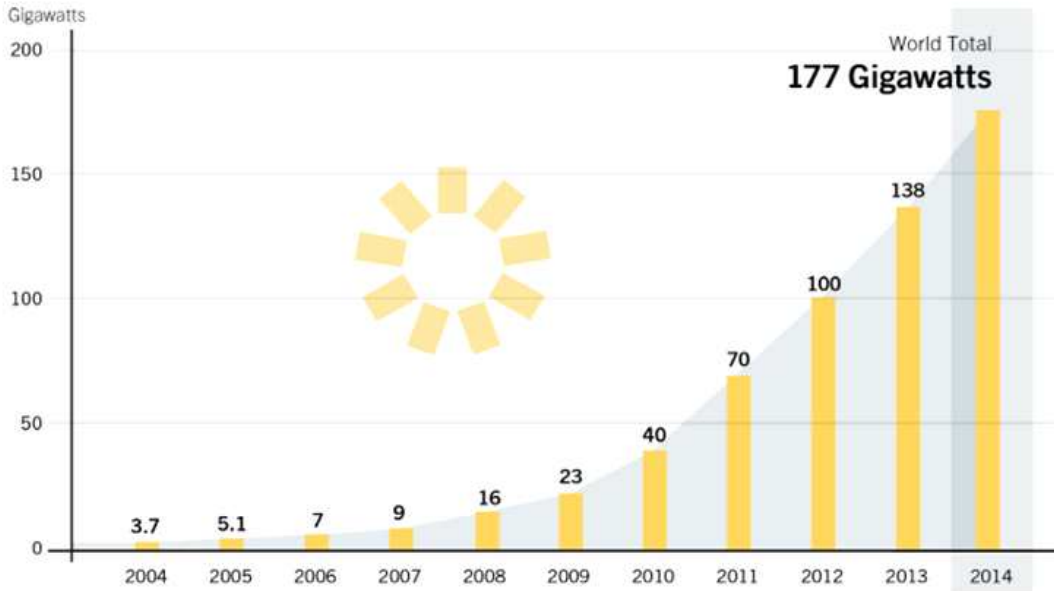
일본도 급격한 성장세를 유지하며, 약 9.7GW를 보급하여 누적 설치량은 23.3GW에 달했다. 기록적인 증가에도 불구하고 주택 태양광 시장은 2007년 이후 첫 감소세를 나타냈다. 겨우 0.9GW 늘어나는 데 그쳐서 총 누적설비는 7.5GW를 기록했다. 상업용 또는 발전사업용 규모의 사업은 2년 연속 확대되면서, 전력 소매판매자에 등록된 기업수(식당, 주택 건축업체)가 빠르게 늘어났다.

계통연계와 적절 부지 확보의 어려움으로 인해 공업단지, 공터, 지붕과 같은 공간을 활용하는 태양광 사업자가 늘고 있다.

2014년 말, 일본에서는 추가적인 변동성 전원의 연계 용량에 대한 우려를 이유로 4개의 발전사가 태양광발전에 대한 신규 계통연계를 보류하기로 했다. 정부는 신규 계통연계에 대한 용량제한을 마련하는 방안을 마련했다. 일본 발전차액 지원제도의 개정을 통해 발전사는 변동성 전원에 대한 계통 용량이 피크에 도달할 경우 태양광 발전사업자에게 출력 제한을 요구하도록 허용했고, 출력 제한에 따른 발전사의 보상 이행 의무를 폐지했다. 2015년 초, 4개의 발전사는 새로운 법(동경전력을 비롯한 3개의 주요 발전사에게는 아직 적용되지 않음)에 따라 계통연계를 재개했다.

태양광발전

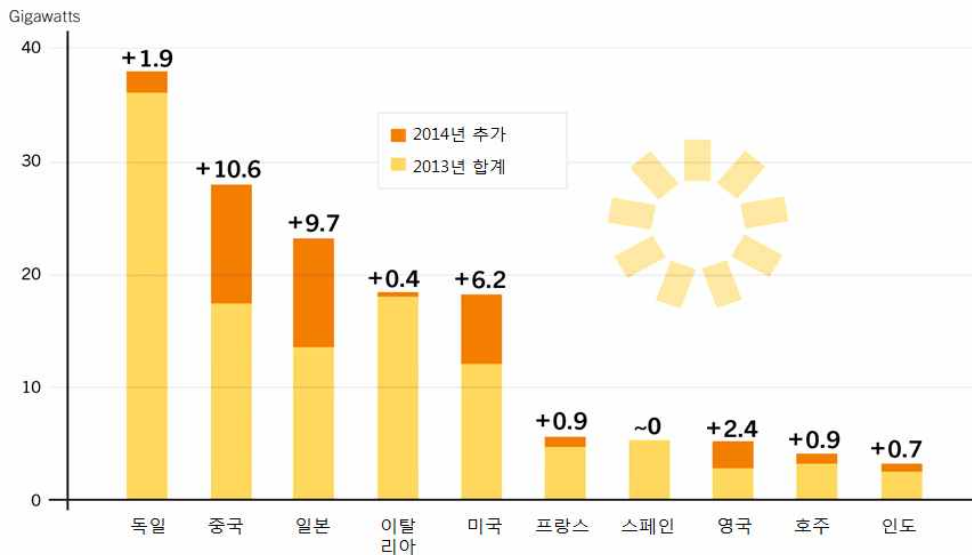
그림 16. 전세계 태양광 발전용량(2004년~2014년)





2014년 추가 40GW

그림 17. 전세계 태양광 누적 설비 및 신규용량, 상위 10개국(2014년)



아시아에서 중국, 일본 다음으로는 한국(0.9GW), 인도(0.7GW), 태국(0.5 GW) 순으로 나타났다. 인도는 정부의 정책 불확실성(보조금 지연에 따른 재원 확보 어려움)이 태양광 보급을 막는 큰 장벽으로 작용했고, 2012년과 2013년에 비해 보급이 감소했다. 2014년 말 기준, 인도에서 가동 중인 태양광 설비용량은 3.2GW로 새 정부의 재생에너지 지원정책과 국제금융기관의 지원에 힘입어 상황은 조금 나아졌다.

아시아를 제외하고, 새로 설치된 태양광 용량 15~16GW의 대부분이 북미와 유럽에서 집중됐다. 북미에서 태양광은 2014년 6.7GW가 확대됐는데, 캐나다는 0.5GW를 차지하며 연말 기준 총 1.7GW를 기록했다. 나머지는 미국에 해당한다. 미국은 2013년 대비 30% 상승한 수치인 6.2GW를 새로 추가하면서 누적설비는 총 18.3GW로 증가하였다. 미국 태양광 시장은 지속적인 태양광 설치비용 하락(특히 태양광 주변장치), 금융지원 개선, 정책안정화에 따라 활성화 되어왔다. 최초로, 주요 3대 시장 부문(주택, 상업, 발전사업)에서 각각 1GW 이상의 설치용량을 나타냈다. 다만 상업 부문의 수요는 소폭 하락했다. 발전사의 태양광 신규 설치(3.9GW 추가)는 RPS제도와 전력시장에서 태양광의 가격 경쟁력 상승(특히 천연가스 대비)에 힘 입었다. 2015년 초까지, 발전사가 계획 중인 14GW 이상의 태양광 설치 사업은 2016년 말 예정된 연방 세금공제 개혁 이전에 가동에 들어갈 것으로 기대된다.

미국 주택 태양광 수요(1.2GW)는 3년 연속 50% 이상 성장률을 보였는데, 가격 하락과 함께 금융과 소유 방식의 선택권이 확대된 것에서 기인했다. 일부 대규모 사업자들은 직원들에게 매우 낮은 비용으로 태양광 설치를 제공하기 위해 대량 구매 사업을 시작했고, 일부 주정부에서도 이와 같은 사업을 시행했다. 캘리포니아(3.5GW)는 연속해서 태양광 최대 설치를 기록했고, 노스캐롤리나(0.4GW)가 뒤를 이었다. 2014년 말 기준, 캘리포니아의 총 태양광 설비용량은 8.7GW로 가장 높았고, 하와이는 1인당 설치용량에서 가장 높았다.

유럽연합은 세계에서 가동 중인 태양광 용량이 가장 많은 지역(87GW)이며, 태양광 전력 공급 비중도 가장 높다. 하지만, 유럽 시장은 3년째 하락세를 나타냈는데, 2014년에는 6.3GW가 늘어난 것으로 추정되며 2011년에 비해 낮은 수준이다(22GW로 최대치를 기록). 유럽 대부분 시장에서 정책지원 감소와 일부 국가에서 불리한 세제로 인해 태양광은 하락세를 보였고, 이는 투자 신뢰성을 약화시켰다. 프랑스, 독일, 이탈리아, 영국과 같은 국가에서는 보험료 납부와 같은 시장 중심의 정책을 특히 대규모 사업 대상으로 확대하고 있다(정책 현황 부분 참조).

이탈리아와 스페인은 가파른 하락세를 보였고, 독일도 2013년에 비해 43%가 줄어들었다. 과거 GW 규모의 시장이었던 벨기에, 불가리아, 체코, 그리스, 스페인에서는 2014년 매우 적은 용량의 증가를 기록했다. 이런 추세에서 예외를 보인 국가로는 프랑스, 네덜란드, 스위스, 영국이다.

영국과 독일은 유럽연합의 최대 태양광 설치국가로, 세계 신규용량 규모에서 각각 4위와 5위를 차지했다. 영국은 2.4GW의 태양광을 설치해 2014년 말 5.2GW를 기록했다. 2014년 영국에서 125,000개 이상의 주택지붕에 태양광을 설치했고, 대규모 지상 태양광 시장으로 유럽에서 유일하다. 독일은 2.5GW를 목표로 하는 재생에너지법(EEG)에 따라, 1.9GW를 새로 추가해 총 38.2GW로 나타났다. 독일 태양광 시장의 축소는 FIT제도의 보전가격 하락(2006년 이후 70% 이상 하락)과 자가소비에 대한 추가요금 부과를 둘러싼 우려 때문이었다. 소규모 지붕 태양광(10kW 미만)은 자가소비에 대해 재생에너지법의 적용을 받지 않았기 때문에 대규모와 같은 요금 할인을 받지 못했다. 독일은 태양광을 통해 약 33TWh의 전력을 공급했고, 2014년 기준 누적 설치량은 세계에서 가장 많다.

호주는 2014년 신규 태양광 설치에서 세계 7위를 기록했으며, 0.9GW를 추가해 총 4.1GW로 늘어났다. 주택의 약 14%가 지붕 태양광을 설치했는데, 사우스오스트레일리아주가 가장 높은 비중(24%)을 차지했다. 15,000개 이상의 상업시설이 자가발전용 태양광을 도입했다. 정책 불확실성으로 인해 일부 대규모 사업이 지연되는 사례가 발생했지만, 2015년 초 최소 2건은 공사에 들어가 연내 가동에 들어갈 예정이다.

남미는 국가마다 상황이 다르긴 하지만 가장 급속한 성장세를 보이는 지역이다. 칠레는 기존 12MW에서 395MW를 추가하면서, 남미 신규 물량의 대부분을 차지했다. 칠레에서 신규 설치용량의 상당량은 대규모 사업으로 광산에 전력을 공급하거나, 현물시장 판매를 위한 대규모 상업용 발전 사업에 해당한다. 멕시코에서도 태양광이 상당한 용량(64MW)으로 확대됐고, 브라질에서는 2014년 말 대규모 태양광 사업(31개 태양광 부지에 대한 총 1GW 규모)에 대한 첫 승인이 이루어졌다. 계통연계와 재원 지원 등이 남미의 태양광 확대를 위한 향후 과제로 남아 있다.

개발도상국과 신흥경제국에서 재원 확보는 공통적으로 안고 있는 과제이다. 태양광 설치의 리스크가 낮아 대형은행에서 지원하는 사례가 대부분이다. 그럼에도, 일부 시장에서 계통연계형과 독립형 모두에서 태양광 설치가 활성화되고 있다. 예를 들어, 남아공은 2014년 약 0.8GW의 태양광을 설치해 세계 신규 확대

용량에서 9위에 해당했다. 남아공에서 태양광 설치는 대규모 단지에서 이루어졌고 입찰사업 결과가 대부분이다. 케냐는 외딴 지역에서 독립형 태양광을 확대하는 데 초점을 두고 있으며, 이미 MW급 대규모 발전사업을 추진 중이다. 르완다는 국가 설치용량의 약 7%에 해당하는 태양광 발전단지(8.5MW) 사업을 2014년에 승인했다(개발도상국에서 독립형 태양광에 대해서는 분산형 재생에너지 부분을 참조). 이집트도 FIT제도에 따라 총 2.3GW의 태양광을 보급하겠다는 계획을 발표했다.

중동 시장도 활기를 보이고 있으며, 여러 국가에서 태양광 확대 목표를 마련했다(참고 표 R15 참조). 이스라엘은 2014년 태양광 신규 설치용량이 약 50% 늘어난 0.7GW를 기록하면서 중동 지역에서 가장 높았고, 요르단은 태양광보급제도를 중동에서 최초로 시행한 국가로 발돋움했다. 아랍에미리트연합도 태양광 수요와 제조에 있어서 중요한 거점으로 떠오르고 있으며, 태양광 사업에 대한 대규모 입찰을 발표했다. 중동지역은 높은 일사량, 급증하는 에너지 수요, 태양광의 적은 물 소비량, 담수화 잠재량 등이 태양광 활성화 요인으로 보인다.

2015년 초 기준, 50MW 이상에 해당하는 최소 70개의 태양광발전소가 14개국에서 가동 중이다. 상위 10개국은 중국, 인도, 미국으로서, 세계 최대 발전소인 토파즈 솔라, 데저트 선라이트(각각 55 MW)가 각각 2014년 말과 2015년 초에 가동에 들어갔다. 최대 용량을 가진 세계 상위 50개의 태양광은 2015년 초 누적용량이 7.1GW에 이르렀고 세계 총 용량의 약 4%를 차지하게 됐다. 이 중 최소 17개 발전소가 2014년과 2015년 초에 가동에 들어갔으며(또는 최대 용량에 도달), 칠레에서 1기(100MW)와 남아공에서 6기(합계 500MW 이상)가 해당 대륙에서 최대 용량을 기록했다. 중국 칭하이성에서는 160MW의 태양광-수력 하이브리드 발전소가 준공됐다. 세계적으로, 총 용량이 4MW 이상의 태양광 사업은 약 65% 증가해 35.9GW에 이르렀으며, 아시아, 유럽, 북미에서 균등한 용량으로 분포했다. 2014년 말 기준, 호주, 프랑스, 일본, 파키스탄, 필리핀, 러시아를 비롯한 몇 개 국가에서 대규모 태양광 사업이 준공되거나 건설 중이다.

발전사업 규모의 태양광 비중이 증가했음에도 불구하고 일부국가는 고객층 축소와 세입 감소에 대한 우려가 작용하여 발전회사는 분산형 태양광 확대를 계속 지연시키고 있다. 미국 여러 주에서 넷미터링과 요금제도를 둘러싼 논쟁이 계속됐고, 호주에서는 주요 발전회사들이 미래 사업모델에 대한 우려를 나타내며 태양광 확대를 지연시키거나 중단시키기도 했다. 일본에서 발전회사들은 태양광 계통연계 제한에 나섰고, 유럽에서는 탈집중형 전력 생산량이 늘어난 맥락(자가

발전 비중 확대 포함)에서 소매 전기요금에 대한 논의가 진행됐다. 그럼에도 해당 국가와 다른 국가에서는 발전회사들이 태양광 확대 및 운영을 증대해왔다. 공동체 소유의 태양광 사업은 점차 많은 국가에서 다양한 형태로 활성화되고 있는데, 호주, 일본, 폴란드, 영국, 태국과 같은 국가에서는 FIT제도에서 공동체 태양광의 목표를 정하고 있다. 미국의 공동체 태양광 사업은 지역 발전사에 전기를 판매하고 투자자들에게 매달 인증서를 공급하는데, 2014년에도 계속 확대됐으며, 미국 일부 주에서는 공동체 태양광 사업을 적극적으로 지원하고 있다. 주로 태양광 사업을 하는 공동체 소유의 소형 발전사는 개발도상국에서도 점차 일반화되고 있다.

집광형 태양광(CPV)은 광범위한 지역의 햇빛을 각 셀에 집중시키는 광학 시스템을 포함하는데 아직 초기의 소규모 단계에 있다. 하지만 높은 직달일사량과 낮은 습도를 가진 고효율 조건의 지역에서는 틈새시장의 기회가 조성되고 있다. 주요 국가로는 호주, 중국, 이탈리아, 남아공, 미국, 그리고 소규모 발전소(1~2 MW)가 가동 중인 멕시코, 사우디아라비아, 기타 국가들이 있다. 2014년 1월부터 11월까지 약 70MW의 용량이 설치됐고, 남아공에서 44MW의 투스리버 발전소가 여기에 포함된다. 2014년 말 기준, 전세계 총 용량은 최소 330MW에 이른다. 20MW 규모 이상의 발전사업이 몇 건 진행되고 있지만, 대규모 시설에 대한 계획은 취소되거나 지연되었다.

연간 전력수요에서 태양광 비중은 이탈리아 약 7.9%, 그리스 7.6%, 독일 7%를 기록하여 전력공급의 중요한 역할을 담당하는 것으로 나타난다. 2014년 말 기준, 유럽의 태양광 용량은 총 전력소비량의 약 3.5%(2008년에서 0.3% 증가)와 피크 수요의 7%를 공급할 수 있는 것으로 추산된다. 세계에서 가동 중인 태양광은 연간 최소 200TWh의 전력을 공급할 수 있다.

□ 태양광 산업

2013년 시작된 태양광 산업의 회복세는 세계적 수요 증가에 힘입어 2014년에도 이어졌다.

평균 모듈비용은 2014년 동안 하락했고, 다결정 실리콘 모듈의 현물가격은 약 14% 떨어진 0.6달러/W를 기록했다. 모듈비용 하락, 낮은 지역가격수준, 예상보다 약한 수요(특히 중국) 등에 의해 현물가격은 떨어졌다.

태양광 산업계는 비 하드웨어 부문의 비용 절감에 역점을 뒀다. 2014년은 세계적으로 설치비용이 감소했고, 사업 지역과 규모에 따라 큰 편차를 나타낸다. 예

를 들어 미국과 일본에서 비 하드웨어 비용이 호주나 독일에서보다 더 높았다. 단가가 하락하면서 점차 여러 국가에서 태양광 전기는 보조금 없이도 화석연료와 가격 경쟁력에서 우위를 갖기 시작했다. 브라질, 인도, 아랍에미리트연합에서는 태양광 비용이 크게 낮아지면서(상위 6개국의 경우 0.06달러/kWh), 정부가 계약용량을 두 배로 상향 조정할 수 있게 만들었다.

결정질 실리콘 셀과 모듈 생산량은 2014년 증가세를 나타냈다. 셀과 모듈 생산은 물론 생산용량은 자료가 다양하여 추정하는 데 오차가 있다. 외주화와 브랜드 변경이 증가하면서 생산량과 유통량의 통계를 구축하는 것이 해마다 복잡해지기 때문이다. 2014년 생산량 예비 통계는 셀의 경우 약 45GW에서 60GW에 이르고, 모듈의 경우 약 50GW에서 70GW 범위에 이른다. 박막 필름의 생산량도 약 25% 가량 증가해 세계 태양광 생산량 비중의 약 10%를 차지한다.

지난 10년 동안, 모듈 생산국은 미국과 일본에서 유럽으로 이동했다가 2009년 이후 중국이 물류의 중심이 되면서 다시 아시아로 넘어왔다. 2014년 기준, 아시아는 세계 생산량의 87%를 차지했고(2013년 대비 83% 상승), 중국은 세계 총 생산량의 64%를 담당했다(2013년과 동일). 유럽은 계속 하락하여 2014년 8%를 기록했으며(2013년 10%), 미국의 비중은 약 2%로 나타났다.

2014년 주요 모듈 생산업체로는 중국 기업인 트리나, 잉리, 캐나다 솔라, 징코 솔라와 한화큐셀(한국), 퍼스트솔라(미국)가 있다. 샤프 솔라와 교세라(일본)는 중국의 다수 모듈업체를 인수해 브랜드 변경을 했고 2014년 최대 판매업체 중 이름을 올렸다.

여러 시장에서 증가하는 수요를 맞추기 위해 아시아, 미국, 그리고 일부 유럽 국가에 소재한 제조업체들은 중단됐던 생산공정을 재개하고, 셀과 모듈 제조시설을 신설하거나 세계 곳곳에서 생산용량을 확대하겠다고 발표했다. 중국 패널 제조업체가 말레이시아를 비롯한 해외에서 공장 건설에 나서게 한 주요 요인은 미국에 의해 제기된 중국 내 생산품에 대한 반덤핑 과세를 회피하기 위해서다. 미국에 기반한 제조사들은 특히 중국과의 경쟁에 대응하기 위해 자국에서 생산용량을 확대하거나 자동화와 효율화에 대한 투자를 늘려왔다. 이와 동시에, 일부 제조업체는 다른 시장에 집중하기 위해 유럽에 있는 시설을 폐쇄하기도 했다. 예를 들어, 쏘라리아 에너지(스페인)는 남미와 아시아태평양 지역의 새로운 시장에 집중하기 위해 뵈에르또야노에 있는 제조공장을 폐쇄했다.

제조업체 내 합병은 2014년에도 이어졌지만, 속도는 둔화됐다. 중국은 세계 최대 시장이지만, 정부가 과다공급의 악화를 피하고 제조업체의 합병을 촉진하기 위

한 조치를 취하면서 태양광 산업계는 큰 난관에 봉착했다. 중국의 셀 제조업체인 LDK 솔라는 파산과 정리채무를 맞은 지 일년 만에 주요기업에 올라섰다.

몇 건의 인수합병이 2014년에 이루어지기도 했다. 일부 제조사는 기초자재 부문의 시장으로 사업을 확대하거나 신규 지역으로 진출을 시도했고, 경쟁력 확보에 성공한 한편, 비 태양광 업체들이 시장에 뛰어들기도 했다. 예를 들어, 개발, 금융, 설치 분야 사업자인 솔라시티는 모듈 제조사인 실레보(모두 미국)를 인수해 에너지 효율화와 저장 사업으로 이동하고 있다. 선런(개발 및 금융)은 배전업체인 AEE 솔라와 태양광 구조물 제조업체인 스냅엔랙(모두 미국)을 인수했다. 중국의 건축자재와 유리 제조업체인 CNBM은 독일의 CIGS 제조업체인 아반시스를 인수했다. 2015년 초 캐나다안솔라(중국)는 미국의 리커런트에너지를 샤프(일본)으로부터 인수해 미국 사업을 확대하려고 하고, 미국의 최대 발전사인 듀크에너지는 개발사업자인 REC 솔라의 다수 지분을 확보했다.

다수의 기업이 기술 개발과 범위를 확장하기 위해 전략적 제휴를 강화했다. 예를 들어, 선에디슨(미국)은 JIC 캐피탈(중국)과 합작사업의 계약 체결을 발표하면서 중국 내 최대 1GW 규모의 사업 개발, 건설, 소유에 대한 투자를 진행할 예정이다. 하너지와 선택(중국)은 새로운 파트너십을 통해 각각 스위스와 베네룩스 국가로 사업을 확대했다. LG전자(한국)는 미국 시장 내 태양광 모듈 공급을 위해 보레고솔라(미국)와 손을 맞잡았다. 트리나, 잉리, 캐나다안솔라는 새로운 대규모 발전사업을 위해 금융 투자자와 협력하겠다는 계획을 발표했다. 일부 파트너십은 일본, 미국, 일부 유럽과 다른 국가에서 상업과 주거 부문에서의 에너지 저장 사업에 초점을 맞췄다. 가령, 교세라와 샤프는 태양광과 연계한 혁신 저장 기술에 대한 마케팅을 시작했고, 지멘스(독일)는 주택 전력충전 시스템인 VersiCharge를 선런의 전기차 고객에게 제공하는 계획을 발표했다.

새로운 사업 모델과 혁신적인 자금 조달 방안이 계속 등장하였다. 2014년 일부 태양광 투자기업(또는 일드코)은 상대적으로 저렴한 사업개발을 연결시켜 발전 단가를 낮출 수 있도록 하고 있다. 새로운 온라인 플랫폼은 세계 각지에서 태양광 사업에 대한 투자를 가능케 하고 있다. 미국에서는 태양광 개발, 시공, 투자기업과 은행 등 가치사슬을 총 망라한 업체 증가로 인해 태양광 자금조달 시장이 창출됐다. 예를 들어, 미국 모듈 생산업체인 선파워는 태양광발전소의 판매와 자금조달 사업을 시작했다. 구글은 주택태양광 자금지원을 위한 기금 사업을 시작했다.

태양광 대여 사업이 미국을 넘어 유럽, 인도, 태평양과 기타 지역에 확산되고 있

다. 중국에서 캐나다안솔라는 투자관리 업체인 시촨개발과 함께 중국 내 태양광 사업에 대한 개발, 시공, 소유 부문에서 공동협력을 하기로 했고, 트리나솔라는 순타이리싱의 지분을 획득했다(개발도상국의 독립형 전력망 부문의 자금조달에 대해선 분산형 재생에너지 부분을 참조).

태양광 제품은 효율개선에 초점을 맞추고, 광범위한 조건(고온, 습도, 먼지, 모래 퇴적)에서의 내구성과 저항성을 갖추면서 새로운 환경과 지역에 보급될 수 있게 되었다. 태양광 셀의 효율성은 2014년 동안 기록을 갱신하며 향상됐다. 페로브스카이트(Perovskites)셀은 실험 조건에서 효율성을 갱신했지만, 이를 상용화하기 위해서는 넘어야 할 장벽이 남아있다. 단기적으로는 PERC(Passivated Emitter Rear Cell) 코팅 기술이 표준제조공정을 통해 효율상승을 목적으로 하고, 신기술 개발과 잠재적인 GW 규모의 생산용량 마련을 위해 작업해왔다. 추가적으로, 아직 연구개발 단계이긴 하지만, 태양광발전으로 작동하는 가역성 히트펌프에 기반한 차세대 태양광 냉각 시스템이 등장할 예정이다.

기술발전에도 불구하고 일부시공과 부품품질을 둘러싼 우려는 지난 몇 년 동안 제기되어 왔고, 2014년에 내수 목적으로 제작된 패널에서 심각한 결함이 발견됐다. 이는 중국에서 일부 태양광발전소가 예상보다 훨씬 낮은 전력을 생산하고 있다는 의미이다. 중국에서 부각된 이런 문제는 최근 몇 년간 태양광 단가하락에 따른 비용 절감이 품질 저하로 연결되고 있다는 우려를 불러일으켰다. 일부 개발도상국과 신흥경제국에서 에너지 생산량에 대한 불확실성은 자금조달 거부로 이어져 사업 개발을 지연시키는 결과를 낳았다.

긍정적인 측면은 태양광 인버터가 전력계통 관리에 적합하도록 더 정교해졌다는 것이다. 그 결과 인버터는 전력계통과 통신, 제어, 상호작용 기능을 강화시키면서 태양광 발전시스템의 부가가치에 있어서 점차 중요한 역할을 담당하고 있다. 원래 그늘진 옥상 조건을 겨냥한 부가 제품으로 간주되던 마이크로인버터는 태양광 산업에서 가장 빠르게 성장하는 부문으로 자리잡았다. 새로운 인버터 제품은 광범위한 고객층의 필요에 맞게 안전성과 축전 관리를 비롯한 여러 기능을 갖추게 됐다.

인버터 산업에서 경쟁이 심화되면서 단가(세계 총 순익도 마찬가지) 하락으로 이어졌고, 2014년에도 하락세를 유지했다. 그 결과 인수합병이나 사업축소(독일의 인버터 기업인 SMA 포함), 그리고 최소 1건 정도 파산이 발생했다. 생산용량이나 서비스를 확장하거나, 태양광 패널 제조업체가 인버터 사업으로 전향한 기업도 있었다.

집광형 태양광 산업은 2014년 또 다른 도전에 직면했다. 파산 및 폐쇄하거나 태양광 사업을 중단하는 기업이 속출했다. 집광형 태양광 모듈과 셀 기술의 효율성이 기록을 갱신했음에도, 여전히 규모의 경제성에 도달하거나 일반 태양광의 단가하락과 비교해 경쟁력을 갖추지 못했다. 2013년 소이텍(프랑스) 캘리포니아 신규공장 가동률은 100%에 도달했고, 2014년에는 새로운 독립형제품 판매와 남아공 44MW 발전소 준공, 효율성 기록 갱신을 이루어냈다. 하지만 2015년 초, 남캘리포니아에서 대규모 발전사업 계약의 수정과 궁극적인 취소로 인해 소이텍은 태양광 사업을 중단하기로 선언했다. 다른 주요 기업도 2014년 인수 합병되었다. 집광형 태양광 산업의 다른 기업들은 제품 개선과 전략 확장을 위해서, 중동과 북미(MENA) 지역과 중국에서의 적극적 마케팅과 사업 개발을 위한 협력 구축에 역량을 투입하고 있다.

집광형 태양열발전(CSP)

□ 집광형 태양열발전 시장

집광형 태양열발전(CSP) 분야는 다른 대부분의 재생에너지에 비해 시장이 안정화되지 않았다. 그럼에도, 이 분야는 2014년 거의 10년 가까운 강력한 성장세를 이어갔다. 총 0.9GW 이상에 달하는 4개의 새로운 사업으로 인해 전세계 총 용량은 27% 상승한 4.4GW에 이르렀다(그림 18번과 참고 표 R8 참조). 2009년 말부터 2014년 말까지 5년간, 세계 가동 용량은 연평균 46%씩 증가했다. 미국은 2년 연속 세계 최대 시장이었고, 인도는 2014년 동안 신규 상업발전을 도입한 유일한 국가였다. 남아공은 주요 시장으로 떠오르고 있으며, 높은 직달 일사량(DNI) 조건의 새로운 시장에서 집광형 태양열발전에 대한 추가 개발과 관심이 활발해지고 있다.

파라볼릭 트로프 발전소가 현재 용량의 대다수를 차지하지만, 2014년 집광형 태양열발전의 기술 현황은 다양성 측면에서 획기적인 진전을 보였다. 새롭게 설치된 파라볼릭 트로프와 타워 발전소의 용량 비중은 각각 46%, 41%로 대등했다. 타워 기술 용량이 증가한 것은 미국에서 Ivanpah 발전소에 대한 승인으로, 이 발전소는 세계 최대 집광형 태양열발전소다. 세계 최대의 선형 프레스넬 발전소(125MW)는 세계 신규 용량의 13%를 차지하며 인도에서 가동을 시작했고, 신규 기술 형태의 다양성을 높였다. 2015년 초 기준, 건설 중인 용량에서 파라볼릭 트로프 발전소는 절반을 약간 넘는 비중을 차지했고 타워/중앙집중형 방식은 약 40%에 해당했다.

미국은 집광형 태양열발전의 가동용량이 0.9GW에서 1.6GW로 증가하면서 기록적인 해를 맞았다. 가동을 시작한 발전소는 이반파 타워 발전소(377MW), 모하비 발전소(250MW), 제네시스 발전소 2호(125MW, 총 250MW)가 있으며, 뒤의 두 발전소는 모두 파라볼릭 트로프 기술을 적용했다. 2015년 미국 신규 설치용량은 크게 떨어질 것으로 보이며, Crescent Dunes 파라볼릭 트로프 발전소(100MW)가 연내 가동에 들어갈 유일한 발전소이다.

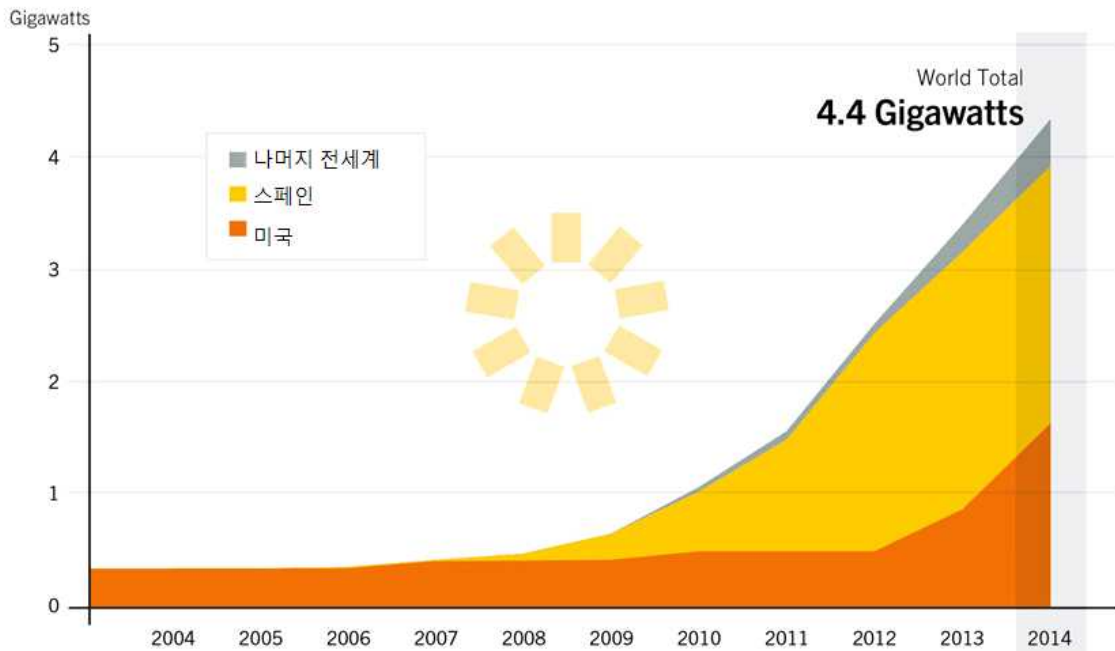
인도는 Dhursar 발전소(125MW)와 Megha 발전소(50MW)의 가동에 따라 집광형 태양열발전의 설치용량이 4배 이상 늘어나 225MW 용량에 도달했다. 인도 라자스탄주에 있는 Dhursar 발전소는 아시아 최대 규모다. Megha 발전소는 인도 안드라프라데시주에 위치해 있으며, Jawaharlal Nehru 국가솔라미션 1단계 계획에 따라 승인된 세 번째 태양열발전소다.

스페인과 미국은 2014년 집광형 태양열발전소 설치용량이 없음에도, 2.3GW의 누적용량으로 세계 1위를 유지하고 있다. 스페인 시장의 동결은 최근 수정된 정책 시행에 따른 것으로, 2012년 신규 발전소 FIT에 대한 지급유예 그리고 2014년 가동 중인 발전소에 대한 지원금의 대대적 인하가 그것이다.

남아공 시장은 빠른 성장세를 이어갔다. 2014년 말 기준, 총 300MW에 달하는 4기의 발전소가 건설 중에 있다. 여기에는 2015년 초 가동을 시작한 100MW 발전소, 연말에 가동 예정인 2기의 50MW 발전소, 2017년 가동 예정인 100MW 발전소가 포함된다. 다른 발전소들도 계획 중이며, 2기의 100MW 발전소가 2015년 말 시공을 앞두고 자금조달을 완료할 것으로 보인다.

모로코는 Noor 발전소 1호기(160MW) 건설이 2014년에 계속됐고, 2015년 상업운전에 들어갈 것으로 예측된다. 후속단계를 위해 2015년 초 사업자 선정이 이루어졌다. 추가적으로 총 350MW에 이른다.

그림 18. 전세계 집광형태양열발전 국가별, 지역별 용량(2000년~2014년)



기존의 집광형 태양열발전을 갖고 있지만 2014년 가동에 들어간 신규 설비가 없는 국가로는 아랍에미리트연합(100MW), 알제리(25MW), 이집트(20MW), 모로코(20MW), 호주(13MW), 태국(5MW)이 있다. 소규모 실증사업을 운영 중인 일부 국가로는 중국, 프랑스, 독일, 이스라엘, 이탈리아, 한국 그리고 터키를 꼽을 수 있다.

2014년 아프리카, 아시아, 남미, 중동 등 신규 시장 확대에서 가시적인 성과가 나타났다. 중국에서는 최초로 50MW 용량의 집광형 태양열발전소가 건설에 들어갔다. Qinghai Delingha 발전소는 파라볼릭 트로프 기술이 적용됐다.

중동 지역의 경우, 쿠웨이트가 50MW 발전사업에 대한 우선 협정대상자를 선정했고 태양열복합발전시스템(ISCC)에 기반한 추가 사업개발을 추진했다. 사우디아라비아에서도 태양열복합발전시스템 계획을 추진하는 단계에 있다. 이스라엘은 2015년 초 기준 121MW 발전소를 계획 중이며, 열 저장장치를 결합한 10MW의 태양열발전-바이오매스 발전소도 계획 단계에 있다.

아프리카 남부의 나미비아에서 집광형 태양열발전 계획은 예비 단계에 머물러 있다. 남반구의 다른 국가로 눈을 돌려보면, 칠레에서 계통연계 규모의 첫 발전소 건설이 승인됐다. 칠레 아타카마 사막에 있는 The Cerro Dominador 발전소(110MW)는 2017년 가동에 들어갈 예정이며, 18시간의 열 저장장치와 결합돼 광산운영에 기저 전력을 공급할 것으로 기대된다. 호주는 몇 건의 집광형 태양열발전 사업이 검토 중이지만, 2014년엔 자원 확보와 정책의 불확실성에 부딪혔다. 추가적인 하이브리드 방식의 집광형 태양열발전 기술이 등장했는데, 쿠웨이트와 사우디아라비아에서 계획된 태양열복합발전시스템이 그것이다. 미국에서는 세계 최초의 집광형 태양열발전-지열 발전소가 건설중에 있으며, 호주에서는 Cogan Creek Solar Boost 사업이 지연 속에서도 추진됐다(기존 석탄발전소를 보완). 이탈리아에서 소규모 시범사업으로서 집광형 태양열발전-바이오매스 하이브리드 시스템이 가동을 시작했고, 인도에서 다른 발전사업이 계획 중에 있다. 하이브리드형 집광형 태양열발전은 여러 요인에 의해 추동되는데, 화력발전소 배출량 감축과 경제성 개선 그리고 열에너지저장 장치와의 결합을 통한 변동성 완화 등이 다.

□ 집광형 태양열발전 산업

2013년 진행됐던 집광형 태양열발전 산업 내 통합은 2014년에도 계속됐다. 이는 스페인의 지속적 침체와 미국의 예견된 둔화에 따른 것이었다.

프랑스의 선형 프레스넬 전문기업인 아레바는 심각한 손실을 입은 이후 집광형 태양열발전 사업을 중단하겠다는 계획을 확정했다. 이번 행보는 선형 프레스넬 기술의 광범위한 상업적 발전과 관련해서 충격으로 다가왔다. 쇼트솔라는 생산체계의 재조직과 수요 하락으로 인해 독일 내 제조공정을 중단하겠다고 발표했다. 유리-금속 밀폐제품 생산은 계속될 예정이다.

2014년 주요 업체로는 Abengoa, Acciona, ACS Cobra, Elecnor, Sener/Torresol Energy, FCC (모두 스페인), 그리고 Brightsource와 Solar Reserve (모두 미국), ACWA Power International (사우디아라비아) 그리고 쇼트솔라 (독일) 등이 있다. 모든 기업이 사업 개발, 시공, 소유, 운영과 관리, 제조에 있어서 한 가지 또는 여러 사업을 병행하고 있다. Abengoa 솔라는 세계최대 가동 또는 건설 중 발전 이력을 갖고 있으며, 2014년 신규 설치용량의 25%, 건설 중 용량의 약 60%를 차지했다.

스위스 기업 ABB는 노보텍 솔라로의 지분 매각을 통해 2013년 집광형 태양열발전시장을 떠나게 됐지만, 프랑스의 경쟁업체인 알스툼은 이 분야 사업을 확대해나갔다. 사우디아라비아 정부와 사유 재벌은 국제 집광형 태양열발전 기업의 전략적 인수와 연구기관의 전략적 제휴를 계속해나갔다.

용융염을 사용한 축열 장치(TES)는 스페인과 미국에서 상용화되었다. 변동성을 갖는 태양광과 풍력의 성장, 그리고 축열장치를 결합한 집광형 태양열발전의 전력계통 신뢰성에 대한 역할을 염두에 두면서, 집광형 태양열발전 연구분야는 축열장치 시스템의 개선에 주안점을 두고 있다. 2014년 개발과 평가 중인 축열장치 시스템은 다음과 같다: 고체 콘크리트 열 저장장치, 저압 열저장을 위한 고온 및 저온 수소저장합금(잠재적으로 물질수명을 연장하고 열전달 물질의 냉각을 방지), 열 저장장치의 유동층에 대한 모래 활용, 높은 에너지밀도 성능을 위한 상변이 물질의 활용 등이다.

태양 일사 예측은 여러 실험 및 연구기관에서 점차 중요하게 다루는 연구 주제가 되고 있으며, 중장기 날씨 예측과 그에 따른 발전소 운영을 위한 방법론 개발 및 개선 중에 있다. 비용효과적인 태양 자원의 정확한 측정 방법론 개발도 우선순위가 높은 연구 분야이다.

집광형 태양열발전은 태양광발전의 단가하락으로 인해 2014년 도전에 직면했고, 다른 재생에너지원에 비해 비싼 에너지원으로 남아있다. 하지만 비용 절감과 최적화 전략(대규모 추세와 규모의 경제 확대로써, 세계 최대 규모의 이반파와 모하비 발전소가 이를 증명해주고 있음)이 전반적인 비용개선 효과로 나타나고 있다. 아벤고아는 남아프리카에서의 신규 발전소 발전단가를 스페인의 기존 발전소에 비해 약 절반으로 낮췄다고 보고했고, ACS 코브라는 열 저장장치와 연계한 집광형 태양열발전은 적절한 직달일사 조건에서 천연가스 발전과 경쟁할 수 있는 잠재력을 갖췄다고 언급했다. ACWA 역시 모로코에서 건설 중 또는 건설 예정인 파라볼릭 트로프와 타워 발전소의 가격 경쟁력에 대해 보고한 바 있다.

태양열 냉난방

□ 태양열 냉난방 시장

태양열 기술은 여러 국가에서 온수 공급에 큰 기여를 하고 있고, 지역 냉난방과 산업공정 분야에서도 중요성이 강조되고 있다. 2013년 세계시장은 유럽과 중국 시장의 축소로 인해 둔화됐다. 세계 태양열 설비용량은 55GW_{th}으로, 2012년 54.1GW_{th}보다 증가했다. 가동 중인 모든 유형의 집열기 누적용량은 44GW_{th}만큼 증가해 연말기준 총 374.7GW_{th}를 기록했다.

대부분 국가에서 유광액체식 집열기가 주요하며, 중국과 인도에서는 진공관액체식 집열기(ETC)를 설치하고, 다른 주요 시장에서는 평판형 집열기(FPC)를 도입하고 있다. 미국은 수영장에 온수공급을 위해서 무광액체식 집열기를 사용하고 있다. 무광액체식 집열기를 사용하는 다른 국가로는 호주와 브라질이 있다. 모든 태양열 시스템의 약 3/4는 열사이펀 시스템이며, 나머지는 펌프식 시스템이다(북미와 중북부 유럽에 일반적).

시장의 둔화는 2014년에도 계속되면서, 액체 집열기 총 용량은 약 33GW_{th} 증가해 세계 총 가동 태양열 용량은 406GW_{th}로 확대됐다(그림 21번 참조). 이 용량은 연간 약 341TWh(1,228PJ)의 열을 공급할 수 있는 것으로 평가된다. 단독주택은 주택용 온수 시스템에서 가장 중요한 시장이다.

중국은 2014년 신규 태양열 설비용량에서 가장 큰 비중을 차지했다. 하지만 최근 몇 년 동안의 급격한 성장이 이어지면서, 중국 시장은 2013년에 비해 약 18% 하락했다. 약 36.7GW_{th}의 추가 설비용량 중 약 27GW_{th}가 신규 설치된 용량으로(기존 설비를 대체한 신규 집열기가 약 26%), 중국의 총 가동 용량은 289.5GW_{th}로 확대됐다.

중국은 소매시장에서 상업규모로 추세가 옮겨가고 있다. 농촌 주거지역과 같은 소매시장은 일부 지역에서 시장포화와 히트펌프와 경쟁으로 인해 둔화되었다. 광역과 기초지자체의 태양열의무제도와 새로운 주택 건설(저소득층에 대한 정부 지원 사업 포함)로 평판형 집열기 보다 정교한 건물일체형 시공에 대한 수요가 늘어나고 있다. 게다가 학교, 대학, 호텔에서 온수 공급을 목적으로 한 사업도 주목할 만하며, 대형 저수조와 연계한 대규모 중앙집중형 지붕 시스템도 중요하다. 이 부문의 성장은 농촌시장에서의 손실을 상쇄하지 못하였다(여전히 중요하나 정체 또는 하락 추세에 있다)

인도와 일본은 중국을 제외하고 아시아 최대시장이다. 상당한 투자 보조금이 지

원했던 2012년은 예외로 한다면, 인도는 2013년 인센티브 지급 유예로 인하여 감소하였다. 2014년 인도 신규 설치용량은 0.8GW_{th}로, 전년 대비 8%가 증가해 총 4.7GW_{th}에 이르렀다. 인도는 진공관액체식 집열기(대부분 중국산) 수요가 높았으며, 이는 평판형(10년 전에는 가장 주요했던 기술)에 비해 비용이 저렴하다. 일본은 2012년과 2013년 동안 약 9% 하락했고, 누적용량은 노후 설비에 대한 해체로 인해 감소하고 있다.

터키는 2013년 신규 설치용량 규모에서 2위를 차지했고, 지속적인 성장세를 기록했다(2012년 대비 18% 증가). 1.3GW_{th}가 새롭게 추가돼 2013년 말 기준 총 11GW_{th} 가량을 기록하면서 총 가동용량에서 4위에 해당했다. 다가구주택에 진공관액체식 집열기와 연계한 주택용 온수 난방기가 확대되면서 아직 낮은 비중이지만 중요한 시장이 될 것으로 보인다.

브라질은 2013년 신규용량에서 3위를 기록했다. 브라질 시장은 2013년 대비 약 4.5% 증가해 연말 기준 총 7.7GW_{th}로 확대됐다. 태양열의 가격 경쟁력 상승과 극빈층의 신규주택에 대한 태양열온수기설치를 의무화한 지방 정부의 규제와 Minha Casa, Minha Vida(나의 집, 나의 인생)와 같은 공공주거 계획은 전반적인 수요를 증가시켰다. 부문별로 주거부문(60%)이 가장 큰 시장이고, 공공주택(19%), 상업(18%), 공정열(3%) 순으로 나타났다. 멕시코는 2013년 신규 설치용량에서 세계 11위를 차지했고, 콜롬비아, 엘살바도르, 과테말라에서는 공공 인센티브 지원이 없음에도 성장세를 나타냈다.

유럽연합(EU-28)은 가장 광범위한 유형의 태양열 기술을 지원한다. 동시에, 유럽 시장은 계속 감소추세에 있다. 2013년 유럽 시장규모는 연간 2.14GW_{th}에 달하였는데, 최대치를 기록했던 2008년 대비 1/3 수준으로 축소되면서, 연말 기준 총 30.2GW_{th}를 나타냈다. 2012년 상당한 성장곡선을 그렸던 덴마크, 폴란드와 같은 대규모 시장이 축소됐다. 스페인은 예외로 시공 증가와 지방정부 차원의 새로운 인센티브로 인해 시장이 안정기에 들어갔다.

그림 19. 전세계 태양열 온수 용량, 상위 10개국 이 차지하는 비중(2013년)

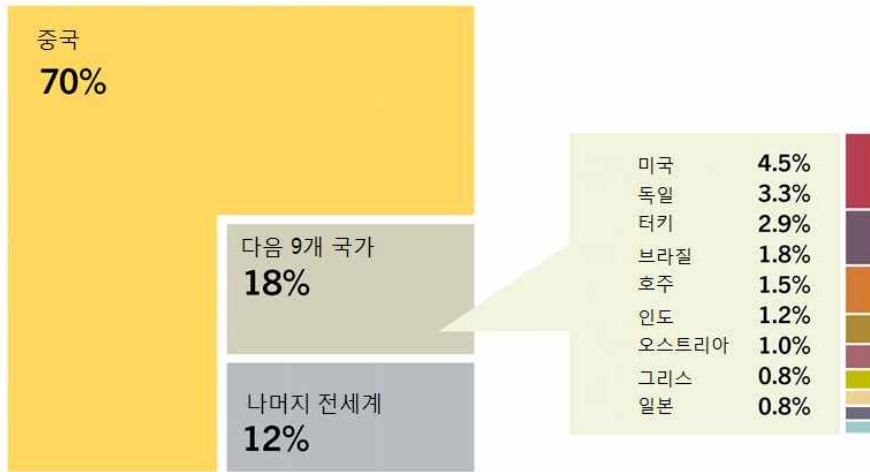


그림 20. 전세계 태양열 온수 신규용량, 상위 10개국(2013년)

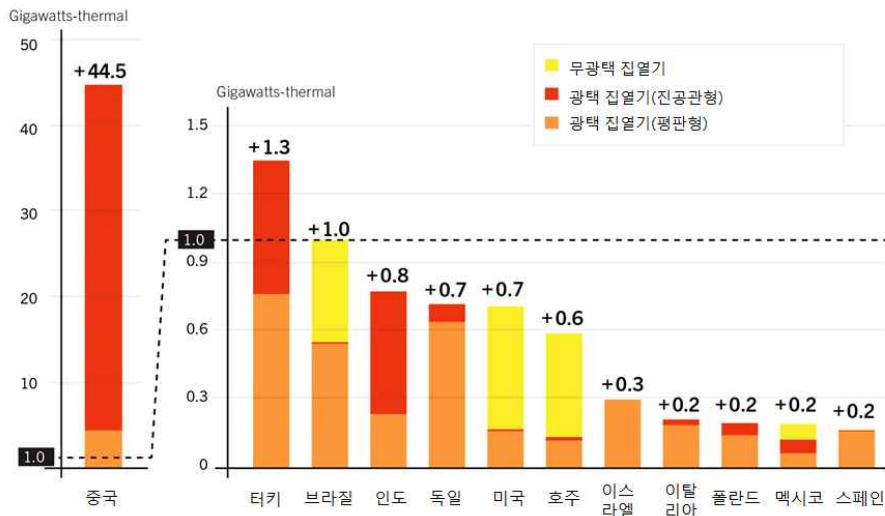
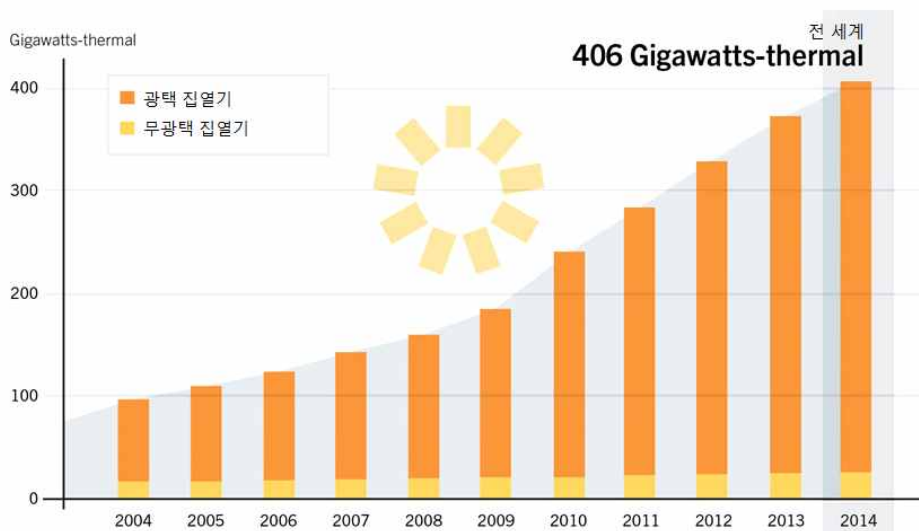


그림 21. 전세계 태양열 온수 용량(2004년~2014년)



2014년 유럽은 6년연속 하락했다. 국가마다 다른 제도 및 효과적인 지원정책 부재, 시공업체 부족, 많은 법규와 조건사항, 녹색 투자옵션과의 경쟁 등이 원인으로 작용했다. 독일은 유럽 최대 태양열 설치국가로서 200만번째 설비가 가동에 들어갔지만 약 12% 감소해 2007년 이후 최저치를 기록했다(약 0.6GW_{th} 용량이 추가되어 누적용량 12.9GW_{th}로 나타났다). 독일의 태양열 시스템은 2014년 동안 7.3 TWh의 열을 공급했다.

미국은 2013년 세계 신규용량에서 다섯 번째를 기록한 가운데(0.7GW_{th}), 전체 집열기 부문에서는 2013년 말 기준 16.7GW_{th}로 2위를 차지했다(그 중 14.6GW_{th}는 수영장 온수 공급을 위한 무광액체식 집열기에 해당). 전체 무광액체식 집열기 중 약 58%가 미국에서 가동 중이다.

호주는 무광액체식 집열기 부문의 또 다른 주요 시장으로 총 용량의 13% 이상을 차지한다. 2013년 호주는 태양열 집열기 신규 설치용량에서 6위에 해당하고, 미국의 뒤를 이었다. 2014년, 호주에서 약 0.6GW_{th}(78%는 무광)의 용량이 추가됐고 0.2GW_{th}의 노후설비가 해체되어 연말 기준 약 6GW_{th}(60%는 무광)에 이르렀다. 약 50,000개의 신규 태양열온수시스템이 설치돼 2014년 말 기준 총 900,000개를 초과했다.

이집트, 케냐, 모로코, 모잠비크, 나미비아, 튀니지, 짐바브웨, 남아공 등 아프리카 국가에서 태양열시스템은 온수 목적으로 활용되며, 이 지역은 사하라 이남에서 가장 활발한 시장에 속한다. 남아공은 최근 몇 년 동안 해마다 18%에 가까운 성장률을 보였지만, 품질보증 수단과 숙련노동자 부족이 열악한 제품으로 이어져 결국 태양열에 대한 신뢰성을 약화시켰다.

중동에서는 이스라엘이 총 설치용량에서 가장 높고, 팔레스타인, 요르단, 레바논 순으로 나타났다(2014년 말 기준 가동용량 255MW_{th}). 이스라엘 주택의 약 85%가 태양열 온수기를 설치했고, 팔레스타인도 높은 수준의 1인당 설치비율을 나타냈다. 요르단은 사해연안에 있는 국제적인 호텔 체인점의 약 95%가 태양열 설비를 도입했다. 다만, 2014년 전반적인 수요가 증가했음에도 소규모 설비 시장은 새로운 태양광 FIT제도 시행에 따른 투자 이전으로 감소했다.

키프로스는 2013년 말 기준, 1000명당 423kW_{th}를 기록하여 모든 액체식 집열기 기준 1인당 누적 설치용량에서 가장 높다. 키프로스 가구의 93% 이상 그리고 호텔의 52%가 태양열 온수기를 설치한 것으로 추정된다. 키프로스 다음으로는 호주(385kW_{th}), 이스라엘(374kW_{th}), 바베이도스(319kW_{th}), 그리스(271kW_{th}) 순이다. 2013년 1인당 신규 설치용량은 이스라엘(38kW_{th}), 중국(33kW_{th}), 팔레스타인

(19kW_{th}), 터키(17kW_{th}), 호주(15kW_{th})순으로 나타난다.

대부분 태양열시스템은 가정용 온수기로 활용되며, 일반적으로 소비량의 40~80%를 충당한다. 호텔, 학교, 다세대주택, 기타 대규모 단지에서 대규모 온수시스템을 도입하고 있는 추세이다. 난방용 태양열 집열기는 특히 중유럽에서 확대되고 있으며, 100% 태양열 난방 건축물이 선보이기도 했다(다만 보통 태양열 난방은 소비량의 15~30% 충당). 온수와 난방을 병행하는 이른바 Combi-systems은 세계 태양열 시장에서 약 4%를 차지하고, 유럽에서 가장 대중적이다. 오스트리아와 독일에서 Combi 시스템은 약 40%를 차지하고, 용량을 기준으로 하면 더 높은 비중을 차지한다. 태양열은 다양한 보조열원 장치와 연계될 수 있으며 히트펌프와 연계된 하이브리드 시스템은 유럽에서 점차 대중화되고 있다.

태양열액체식 집열기와 달리 기체식 집열기는 태양 복사열을 흡수해 (액체 대신) 건물 내에 열을 전달하거나 산업 공정에서 건조공기를 공급해준다. 이 설비는 건물난방을 위한 재래식 설비의 에너지소비량을 20~50% 줄여주거나, 농업 또는 공정에서 건조용으로 활용된다. 2013년 말 기준, 태양열 기체식 집열기(유광/무광 포함)는 세계 태양열 가동용량의 1% 미만 또는 1.7GW_{th} 미만을 기록했다. 유광기체식 집열기는 일본이 가장 큰 시장이다. 무광기체식 집열기는 호주와 미국이 큰 시장인데, 다만 북미 생산량은 인센티브 중단에 따라 최근 정체를 보이고 있다. 스위스는 무광 집열기 설치용량에서 가장 높았는데, 주로 건초를 건조시키는 용도이고, 최근 신규설치는 거의 없다.

가정용 태양열 난방과 온수 설비는 평판형과 진공관형 집열기로 설치되고, 보통 60°C 이하의 온수를 공급하는 반면, 고급형 집열기는 지역난방은 물론 산업이나 상업적 용도로 일반적으로 60~120°C의 온도로 가동되며, 일부 냉방 기능도 포함한다. 파라볼릭 트로프, 접시형, 프레스넬 집열기와 같은 집광형시스템은 고온열(보통 120-250°C, 최대 400°C)을 산업공정이나 이중 또는 삼중 효율 흡수식냉동기의 가동에 활용된다.

지역난방시스템에 태양열 기술을 적용하는 사례가 점차 늘어나고 있는데, 보통 바이오매스와 같은 다른 열 에너지원, 그리고 계간축열 장치와 연계되는 경우도 많다. 이런 유형의 시스템 시장은 아직 비중이 낮지만, 최근 확대 추세에 있다. 가동용량의 대부분은 북유럽에 있으며, 최근 남부지역으로 이동하는 모습을 나타낸다. 대규모 설비가 가동 중인 캐나다, 중국, 남아공에서도 관심이 높아지고 있다.

2014년 말 기준, 약 20개 유럽국가에서 227개의 태양열 지역난방 발전소(551 MW_{th})가 가동 중인데, 이는 2013년의 216개(433MW_{th})에 비해 증가된 것이다(오스트리아, 독일, 스웨덴에서는 각각 20개 발전소가 지어졌다). 유럽에서 11개의 신규 발전소는 모두 덴마크에서 설치됐으며, 화석연료에 대한 높은 세금으로 태양열이 가격경쟁력을 갖추었다. 덴마크는 2014년 43%가 상승한 61개 발전소로 총 389MW_{th}에 달했다. 추가적으로, 유럽 기존 4기의 발전소는 2014년 증설됐고, 오스트리아 1기와 덴마크 3기에 해당한다. 덴마크의 보옌스에 위치한 증설 설비는 2015년 5월 승인되면서 계간축열 장치와 연계된 세계최대발전소(49MW_{th})가 됐다.

아직은 미미한 태양열 냉방 시장은 2004년 이후 연평균 40%를 초과하는 성장률을 기록했으며, 2014년까지 모든 기술 유형과 규모를 아울러 총 1,200개의 설비가 설치됐다. 설비의 75% 이상은 유럽에 속하며, 여기에 최소 17개의 지역난방 시스템이 포함됐다. 태양열 난방은 호주, 인도, 지중해 도서국가, 중동과 같이 햇빛이 많고 건조한 기후 지역에서 증가하고 있다.

태양열 냉방 시장은 피크 전력수요를 낮추는 잠재량이 있으며, 특히 냉방수요가 높은 국가에 필요하다. 주택용 소규모 냉방 장치(20kW 미만)는 중부 유럽과 다른 지역에서 주목 받고 있으며, 대규모 설비는 유리한 경제성으로 인해 호응을 얻고 있다. 대부분 태양열 냉방 설비는 15kW에서 500kW 범위를 보이며, 1MW 이상의 대규모 설비는 2011년 이후 설치되고 있다. 2014년 남아공의 첫 태양열 냉방설비 사업이 요하네스버그에서 이루어졌고, 세계최대 설비(3.4MW_{th})가 미국 아리조나주의 한 학교에 완공됐다(민간 투자자의 지원을 받았고 에너지서비스 업체(ESCO)로서 운영된다).

태양열이 산업공정에 활용되는 사례가 늘어나며, 열과 증기의 공급과 냉장 용도로 활용되고 있다. 다만, 높은 비용과 연계 문제, 표준화된 설비 부족으로 인해 확대의 한계를 갖는다. 주요 산업공정으로는 음식물 가공, 취사, 직물 제조가 있다. 2014년 후반 기준, 세계에서 최소 138개의 설비가 총 95MW_{th}의 용량을 기록했는데, 중국, 인도, 멕시코와 같이 최근 설치가 급증한 국가는 통계에 빠져있다. 음식물 건조 용도의 태양열건조기는 비중이 낮지만 여러 개발도상국에서 틈새시장을 형성하고 있다.

2014년에 멕시코의 사료펠릿 사업, 이스라엘 집단농장, 포르투갈의 금속가공업체를 비롯해 태양열 활용 공정열 사업이 진행됐다. 호주의 콘크리트 재료 생산시설에 설치된 사례가 최대 규모에 해당한다. 인도는 집광형 태양열시스템(대부분

취사) 분야에서 대표적이다. 중동-북미 지역을 비롯한 여러 지역에서 안고 있는 문제는 재생에너지가 여전히 막대한 보조금을 통해 낮은 비용을 유지하고 있다는 것이다.

태양열지역난방, 환기 시스템, 산업용 공정열 분야에 대한 관심이 세계적으로 확대되고 있음에도 태양열 용량은 약 1%에 머물러 있다. 정수와 담수화와 같은 새로운 분야에서도 새롭고 거대한 잠재력이 남아있다.

□ 태양열 냉난방 산업

2014년 태양열 냉난방 산업은 지역에 따라 상황이 달라졌다. 아시아의 대부분 국가, 아프리카 일부, 그리고 남미(특히 브라질)에서는 높은 수요증가로 인해 내수와 유통경로가 확대됐다. 반면, 유럽과 칠레, 러시아 일부, 미국은 2014년이 난관의 해였다. 유럽에서 수요하락을 견뎌내기 위해 여러 소규모 제조업체는 비용구조를 최적화하고 수출 비중을 높이며 사업이력을 확장하거나 그렇지 않다면 사업을 중단해야만 했다.

태양열 유형에 따른 상황도 천차만별이었다. 2014년 평판형 집열기 제조업체는 민간 부문의 수요증가로 생산량 규모와 판매 실적은 최근 크게 증가했다. 인도의 경우, 평판형 집열기 부문은 진공관형 집열기 부문의 시장 우위에 따라 난관에 부딪혔고, 2014년 말 최대 제조업체는 진공관형 집열기 조립업체(Supreme Solar)가 되었다. 3개의 터키 진공관형 제조업체는 중국산 진공관형에 대한 높은 수입관세에 대응하기 위해 설립되었고, 수출전략을 통해 세계시장에서 중국과 경쟁이 가능하도록 발돋움시켰다.

평판형 집열기의 최대 생산업체(2013년 집열기 부문 생산량 기준)로는 Greenonetec(호주), Soletrol(브라질), Prosunpro(중국), Five Star(중국), Bosch Thermotechnik(독일), 그리고 Ezinc(터키) 등이 있다. 진공관형 집열기의 최대 제조기업은 Linuo Group, South East Corporation (Sunrain and Micoe brands), 그리고 Himin(모두 중국) 등이다. 지난 3년간, 평판형 시스템에 특화됐던 일부 기업들은 세계최대 제조업체 목록에서 제외됐고, 시장비중이 낮아졌거나 사업을 중단했다.

중국은 수요하락에 의한 과잉공급으로 난관에 봉착했다. 그럼에도, 중국은 2014년 태양열 집열기 생산량이 36.7GW_{th}를 기록하며 세계 태양열 산업에서 다년간 정상적 지위를 유지했다. 중국 산업은 500개 이상의 시스템 공급업체로 구성됐으며(영세 사업자 포함), 이로 인해 시장이 분절화 됐지만, 일부 대기업이 공격

적 마케팅을 통해 시장 지분을 확대하고 있다. 수출규모는 산업계의 총 매출액과 비교하면 여전히 매우 미미하며, 약 3억달러로 2013년과 유사하다.

2014년 유럽의 가장 주요한 합병은 1979년부터 집열기 생산업체였던 Wagner & Co Solartechnik이 파산으로 인해 기존의 고객이었던 Sanderink Holding(네덜란드)에 매각된 사례이다. 유럽에서 터키 대형 공급업체의 합병으로 2015년 초 VKR Holding이 Sunmark Solutions(모두 덴마크)를 인수해 자회사인 Arcon Solar와 합병한 것이 가장 주요했다. Arcon Solar는 지난 10년간 대규모 태양광 시공 분야에서 가장 우세했다.

시스템 품질과 가격은 국가마다 상이하며, 태양열 비용은 시스템 가격만큼 빠르게 하락하지는 않았다. 유럽에서는 하드웨어 가격을 넘어 기술 향상과 플러그-앤드-플레이 방식의 간편한 설치를 통해 태양열의 최종단가를 낮추기 위한 노력이 진행되고 있다. (중국, 이스라엘, 다른 국가에서는 태양열로 공급하는 온수가 화석연료와 비교해 이미 가격 경쟁력을 갖췄다.) 태양열 집열기의 부피를 줄이거나 내구성을 향상시키고 지붕 설치를 용이하게 하는 혁신 노력도 진행 중이다.

2014년에도 새로운 기술개발이 이어졌다. 중국 강제순환형 태양열온수시스템이 그 중 하나로 건물 일체형 기술에 대한 지방정부의 의무제도에 따라 촉진되고 있다. 태양열 지역난방과 연계한 계간축열 장치를 위한 멤브레인라이너와 절연 유동커버도 진전을 보였으며, 지역난방을 위한 대규모 태양열과 축열은 위험을 최소화하면서 기술력을 검증하였다. 태양광/태양열 하이브리드(PVT) 시스템은 햇빛을 전기로 변환시키는 한편 패널에서 발생하는 열을 흡수해 온수로 공급하는 기술로 발전되었다.

기체식 집열기 산업은 중대한 고비를 맞았는데, 기업들이 시장을 시험하기 위해 들어왔다가 수익목표가 달성되지 않자 철수하면서 심화됐다. 일부 기업들은 2013~2014년 사업을 중단한 한편, 2014년에 새롭게 사업에 뛰어든 기업은 Brassolar (브라질), Elsol(세르비아), 그리고 Sammler(그리스) 등이 있다.

태양열냉방키트의 비용은 계속 하락했으며, 2007년부터 2012년까지 (시스템 규모에 따라) 45~55% 가량 감소했다. 2014년에 열 냉각기의 종류는 다양해졌고 표준화 수준도 상승했다. 일부 유럽 기업들은 시스템이 5kW 까지 내려간 새로운 냉각기를 발표했다. 대안적인 열 배출 시스템(시스템에 의해 발생된 폐열의 제거)이 단가하락을 위한 개발과 계획 단계에 있다.

새로운 냉각기에 더해 대규모와 산업 시스템과 같은 부문에서 혁신적 기술이 계

속 등장하고 있다. 냉각기의 효율향상과 태양열의 온도범위 확대로 인해 평판형과 진공관형 집열기는 $-20\sim 10^{\circ}\text{C}$ 범위로 냉난방 장치와 슬래브 냉방 시스템을 가동할 수 있다. 파라볼릭 트로프와 프레스넬 집열기와 같은 집광형태양열 장치는 -20°C 까지 냉동기를 작동할 수 있다. 시스템이 대형화되면서 태양열 에너지 서비스 업체들은 금융과 장기 리스크를 극복할 수 있는 유망한 사업모델을 제시하고 있다.

산업용 집광형 집열기를 전문으로 제작하는 업체 수가 늘어나고 있다. 인도 제조 기업들은 태양열 파라볼릭 접시형 분야를 주도하고 있고, 파라볼릭 트로프와 프레스넬 집중형 분야는 유럽과 미국에 의해 주도된다. 태양열 이용 공정열은 오늘날 틈새시장에서 경쟁력을 갖췄고, 확대된 온도 범위를 제공하는 기술과 화석연료 관련 비용과 변동성 증가로 인해 경제성이 개선되고 있다. 이 분야의 기술은 저온(100°C 미만)부터 고온(최대 400°C)에 이르기까지 획기적인 활용 잠재량을 갖췄지만, 인지도는 낮은 수준이다.

2014년에도 품질기준과 인증에 대한 관심이 계속되어 태양열에 대한 세계적 인증 네트워크가 개발 중에 있다. 제품품질을 향상시키고 시험과 인증 관련 비용을 저감할 수 있다. 남미와 중동-북미 지역은 지역 태양열 시스템 기준을 마련해나갔다. 브라질은 태양열에 대한 품질보증 라벨링 의무화를 2015년 말로 연기했고, 인도는 태양열 기술을 위한 2개의 실험센터를 개소했다. 기존의 표준(유럽)을 다른 국가나 지역에 적용시키는 추세에 있으며, 공공주택에 태양열을 도입하거나 국제무역을 지원하기 위한 요인이 일부 작용했다. 2014년 태양열 냉방에 대한 산업표준 개발도 이루어졌다.

풍력

□ 풍력 시장

2013년 둔화 이후, 이듬해에 풍력 시장은 반등했다. 2014년에 51GW 추가되어 전년대비 44% 증가했고 세계 총 용량은 370GW로 확대됐다. (그림 22번과 참고 표 R10.) 세계 총 용량이 11.5GW였던 2005년에 비해 큰 폭으로 증가했다.

신규보급 절반을 차지한 아시아는 7년 연속 가장 큰 풍력시장을 유지했고, 유럽과 북미가 뒤를 이었다. OECD 비회원국이 설치용량의 대부분을 차지했는데, 이는 2010년 이후 지속됐다(2012년 제외). 중국은 세계 신규 용량의 약 45%를 차지했고 독일과 미국, 브라질, 인도가 상당한 차이로 뒤를 이었다. 상위 10개국에 속하는 다른 국가는 캐나다, 영국, 스웨덴, 프랑스, 터키 등이다. (그림 23번)

가장 큰 시장의 일부 성장은 미래 정책변화 및 On-Off 정책의 불확실성에 의해 주도되었다.

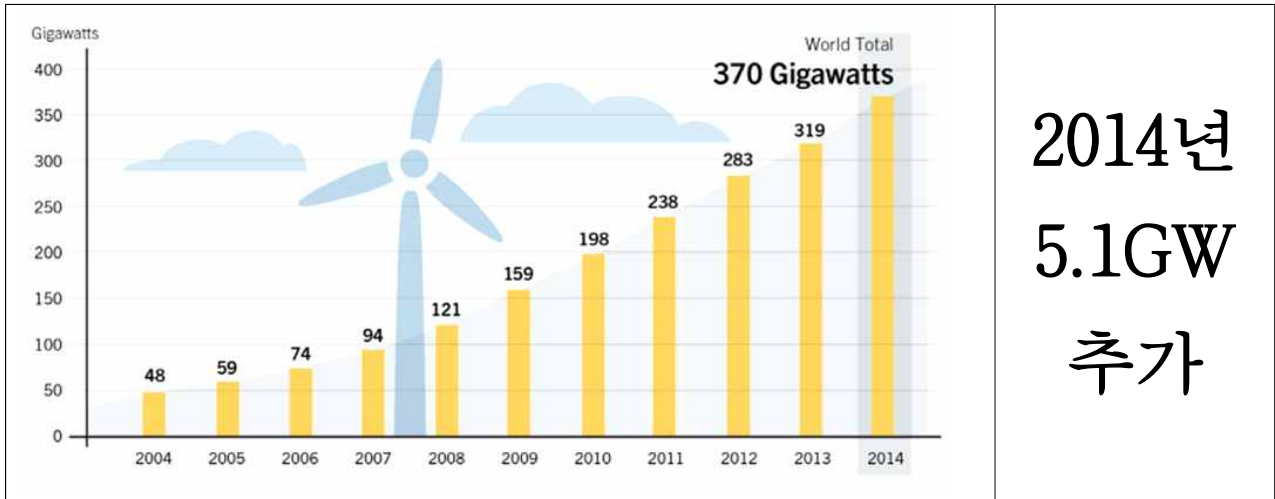
2014년에 아프리카, 아시아, 남미에서 새로운 시장이 등장했고, 점점 더 많은 시장에서 가장 저렴한 발전원이 되고 있다. 1인당 풍력용량은 우루과이가 세계에서 가장 높고, 상위 국가로는 덴마크, 스웨덴, 독일(6위에서 상승), 스페인, 아일랜드 등이다.

중국은 육상풍력 FIT 보조금이 축소될 것이라는 예측으로 인해 신규설치가 급속하게 증가했다. 신규용량은 23.2GW로 세계 최대를 기록했으며, 누적용량은 총 115GW에 근접했다. 신규용량 중 약 20.7GW가 국가 전력계통에 접속되어 FIT 지원을 받기 시작했다. 2014년 말 기준, 공식적으로 계통이 연결된 풍력용량은 약 95.8GW로 나타났고, 발전량은 2013년 대비 2.6% 상승하여 156.3TWh를 기록했다(발전비중 2.8%). 내몽고 지역이 용량의 21.1%를 차지했고, 간수(10.3%), 허베이(9.2%), 신장(8.1%) 순으로 나타났다. 간수와 허베이는 새로운 송전망과 개선된 전력망 운용으로 인한 혜택을 받았다.

중국은 풍력단지에서 전력 수요지까지 송전에 어려움을 겪었다. 하지만, 새로운 송전선로, 계통연계여건이 좋은 지역에서 풍력개발, 수요지와 근접하지만 바람조건이 불리한 사업에 대한 인센티브 지급으로 인해 풍력의 가동률이 높아졌다. 그 결과, 단축정도가 2013년 12%에서 2014년 8%로 떨어졌다. 이는 14.9 TWh에 달하는 잠재적 발전량이 축소됐다는 의미이다. 북동부에서 잉여풍력 발전량을 중앙난방과 지역난방 시스템에 공급하려는 시도가 진행 중이며, 전력 단축 문제를 해결할 수 있는 보완대책이다.

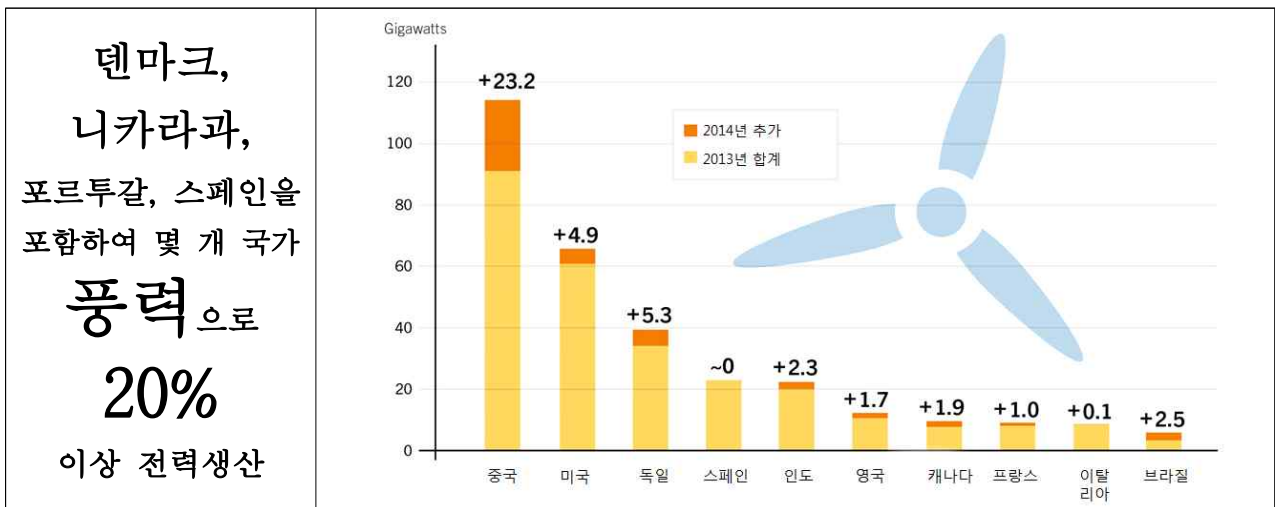
풍력발전

그림 22. 전세계 풍력 발전용량(2004년~2014년)



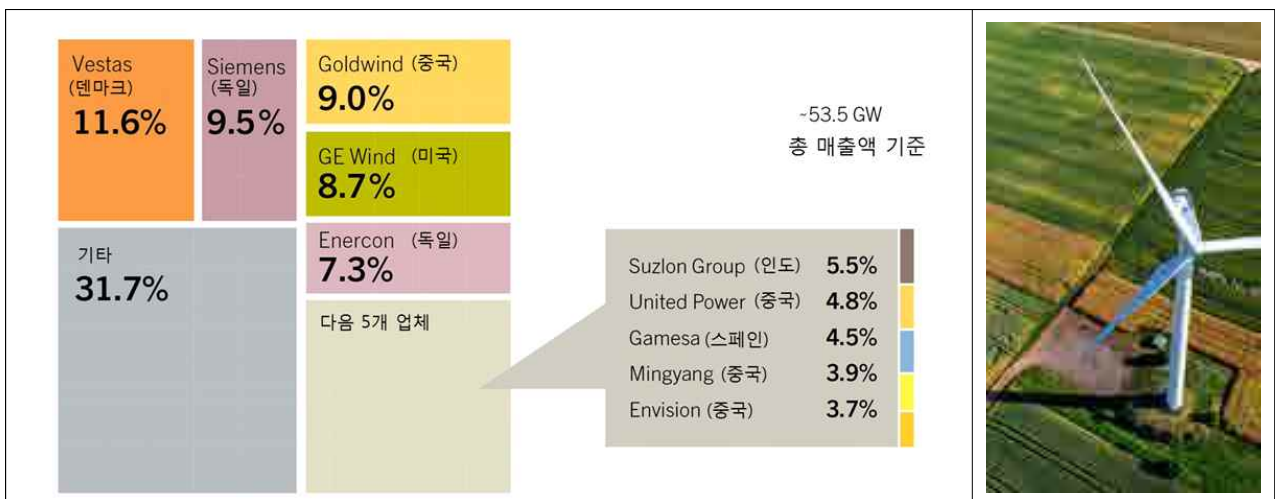
2014년
5.1GW
추가

그림 23. 상위 10개국 풍력 발전용량과 추가용량(2014년)



덴마크,
니카라과,
포르투갈, 스페인을
포함하여 몇 개 국가
풍력으로
20%
이상 전력생산

그림 24. 상위 10개 풍력터빈 제조업체의 시장지분(2014년)



인도네시아, 몽골, 파키스탄, 필리핀, 태국, 베트남 등 다른 아시아 지역에서도 새로운 시장이 부상하고 있다. 필리핀은 동남아시아 최대 민간 풍력사업(150 MW)을 준공했고, 2014년에 두 번째로 큰 풍력(81MW) 사업을 승인했다. 파키스탄은 150MW를 추가해 연말 기준 총 256MW에 도달했다. 일본은 복잡한 환경영향평가 절차로 인해 풍력 사업이 지연됐다(130MW). 인도는 세계 5위(2.3GW, 2013년 대비 34% 상승)이고 누적용량도 세계 5위를 유지하고 있다(22.5GW).

유럽연합은 2014년에 최대시장 자리를 아시아에게 양보했지만, 2013년에 비해 4% 증가했다. 유럽 신규용량은 역사상 두 번째로 가장 높았는데(2012년 이후), 독일의 영향이 주요했다. 풍력은 2014년 유럽 신규 발전용량에서 가장 큰 비중을 차지(약 44%)했고, 태양광이 그 다음이었다. 11.8GW 이상의 풍력(순 증가량 11.4GW)이 유럽 전력망과 연계되면서, 총 129GW에 도달했다. 연말 기준, 유럽 연합 16개 국가들이 1GW 이상의 발전용량을 갖췄다.

그럼에도 불구하고 유럽 풍력투자는 규제와 정책적 불확실성으로 인해 약화되었고, 정책 안정성이 높은 국가에 투자가 집중되었다. 독일과 영국은 유럽연합 내 설치용량의 59%(2013년 46%)를 차지했다. 독일은 5.3GW 설비를 계통에 연결했는데 이것은 2013년 기록을 갱신한 수치이다. 해체된 육상풍력 용량(약 0.4GW)을 고려했을 때, 독일의 풍력용량은 4.9GW 증가해 연말 기준 총 39.2GW에 도달했다(계통연계가 되지 않은 해상풍력 용량까지 포함하면 40.5GW). 리파워링을 포함하는 재생에너지법(EEG) 개정과 신규 풍력우선지역의 등장에 따라 육상풍력 시장 강세는 지속되었고, 풍력의 총 발전량은 56TWh(2013년 51.7TWh에서 상승)를 기록했다.

영국은 1.7GW를 계통에 추가하여 총 12.4GW에 이르렀고, 해상풍력은 36%를 차지했다. 2014년 풍력은 31.5TWh의 발전량을 생산해 총 전력 공급량의 9%를 차지했다. 다른 주요시장으로는 스웨덴(1.1GW), 프랑스(1GW)가 2013년 대비 괄목할 만한 증가를 보였고 각각 연말 기준 5.4GW와 9.3GW에 도달했다. 덴마크, 이탈리아, 스페인과 같은 기존의 주요시장은 2013년 대비 하락했다.

미국은 2014년 말 기준 신규용량에서 세계 3위(약 4.9GW), 누적용량에서 2위(65.9GW), 그리고 발전량에서 1위(181.8TWh)를 차지했다. 미국은 2015년 초 건설 중인 풍력이 13GW로 반등했다. 텍사스주(1.8GW이상)는 가장 많은 신규설비를 보급했고, 오클라호마, 아이오와, 워싱턴, 콜로라도가 뒤를 이었다. 연방세액 공제(PTC)는 2013년 만료됐는데 2014년 12월 중순에 소급 적용됐다가 연말에 다시 만료됐다. 캐나다도 2013년 기록을 갱신하며 성장세를 이어나갔다. 약 1.9GW

가 추가되어 총 9.7GW에 이르렀으며, 온타리오(1GW 추가), 퀘벡(0.5GW), 알버타(0.4GW) 순이었다.

남미와 카리브해 국가에서 새로운 시장을 통해 풍력이 활기를 나타냈다. 이 지역에서는 약 4.3GW의 풍력이 추가됐는데, 멕시코(0.6GW), 칠레(0.5GW), 우루과이(0.4GW), 페루(기존 2MW에서 146MW 추가)는 브라질에 이은 최대 시장이다. 브라질은 2.5GW의 풍력을 추가해 2013년 대비 누적설비가 2배로 확대되었고, 세계 신규용량 4위를 차지했다. 브라질에서도 풍력보급 속도가 너무 빨라 중국과 유사하게 건설 시점과 송전선 계통연계 간의 시간차가 발생하는 일이 벌어졌고, 새로운 송전 정산제도가 문제를 해결할 수 있기를 기대하고 있다. 브라질은 풍력터빈 공급부족과 national content rules가 다른 과제로 나타난다. 브라질은 연말 기준 5.9GW 설비에 대해 승인을 마쳤고, 이중 5.6GW는 계통연계된 상업 발전에 해당한다.

호주는 약 0.6GW의 용량을 추가해 총 3.8GW에 이르렀다. 2014년 풍력은 호주 전력의 4%를 공급했다. 하지만 2015년 초 정책 불확실성으로 인해 대부분의 투자와 사업 추진이 잠정 중단됐다. 태평양 지역에서 사모아가 유일하게 550kW 용량의 풍력터빈을 신규로 설치했다.

터키는 0.8GW를 추가하면서 (2010년 이후 연간 약 0.5GW 추가) 상위 10개국에 들어섰으며 누적용량은 3.8GW가 되었다. 중동은 신규설치가 거의 없었다. 반면 아프리카에서는 첫 대규모 풍력발전을 승인한 알제리(10MW) 덕분에 2014년 약 1GW의 풍력을 새로 확대했다. 이집트(60MW), 모로코(300MW), 남아공은 일 년 만에 10MW에서 570MW로 급성장했다. 모로코는 총 0.8GW의 풍력을 갖춰 이집트(0.6 GW)를 추월했고, 연말 기준 아프리카에서 최대 용량을 기록했다. 두 국가에서 2015년 동안 건설중인 풍력발전 프로젝트 수는 매우 많다. 지난 3년간 재원확보의 어려움으로 보류됐던 케냐의 레이크투카나(310MW) 사업은 2014년에 빠른 진척을 보였고, 가나, 세네갈, 탄자니아에서도 풍력사업들이 추진에 들어갔다.

2014년에 해상풍력은 약 1.7GW가 추가됐고, 누적설치량은 8.5GW를 넘어섰다. 1.5GW의 계통연계형 해상풍력 설비추가로 11개국의 해상에서 총 8GW에 이르렀다. 영국은 새로운 계통연계형 해상풍력의 48%(813MW)를 차지했고, 독일(529MW), 벨기에(141MW)가 뒤를 이었다. 2014년 말 기준, 영국은 계통연계형 해상풍력의 규모에서 세계 다른 국가들의 합보다 앞섰다. 하지만 영국에서는 조건 악화로 인해 GW급 규모의 사업이 취소되는 일도 벌어졌다.

독일에서 계통연계형 해상풍력은 2014년 말 기준 1GW를 초과했고, 추가적으로 1.3GW가 계통연계 대기 중이다. 덴마크는 2015년 추가적인 풍력가동으로 누적 용량은 1.3GW로 2위를 유지했다. 해상풍력 사업은 일본, 한국, 대만, 베트남에서 추진 중이다. 다만, 유럽을 제외하면 주요시장은 중국으로 200MW를 계통에 연결하면서(약 230MW 설치) 총 440MW에 이르렀다(660MW 설치). 2015년 초 기준, 7개국에서 약 6GW가 건설 중이며(아시아와 유럽), 미국은 첫 번째 해상풍력 건설이 2015년 중순 예정돼있다.

풍력에 의해 생산된 전력과 터빈에 대한 대기업 구매자의 수는 2014년 동안 계속 증가했다. 게다가, 공동체 그리고 시민 소유 풍력발전 사업이 호주, 캐나다, 일본, 미국, 다른 유럽 국가에서 활발해지고 있다.

2013년 소형풍력 용량은 세계적으로 12% 증가했는데, 2012년 18% 증가에 비해서는 낮은 수준이다. 최소 870,000개의 소형풍력(755MW 이상)이 2013년 말 기준 가동 중에 있다(2012년 678MW에서 증가). 통계에 따르면, 2014년에 255MW가 추가된 것으로 나타났다. 방위, 농촌 전력공급, 물 펌프, 배터리 충전, 통신 등은 물론 외딴 지역에서도 소형풍력은 디젤발전을 점차 대체하고 있다.

대부분의 국가에서 소형풍력이 가동중이고, 2013년 말 기준 중국(305MW), 미국(221MW)이 소형풍력 주요국가로 나타난다. 그 다음으로는 영국(113MW), 이탈리아(29.1MW), 독일(21.9MW), 캐나다(12.6MW), 우크라이나(12.5MW) 순이다. 2014년 미국과 영국에서는 인센티브 감소와 태양광과 경쟁으로 인해 상당한 둔화를 나타냈지만, 미국에서는 새로운 대여모델을 개발 중이다. 일반적으로, 풍력시장은 재원조달이 유리한 대규모 추세로 나아가고 있다. 소규모 수직축 풍력도 주목을 받고 있지만 시장비중은 여전히 낮은 상황이다.

기존의 노후 풍력터빈을 더 크고, 높고, 효율적이고, 신뢰성 있는 설비로 대체하는 리파워링은 유럽과 일본에서 새로운 시장흐름을 만들어내고 있다. 2014년 동안, 해체에 들어간 노후 풍력터빈은 약 444MW 규모로 유럽에서 430MW, 일본 11MW, 대만 2MW 등이다. 최대시장은 독일로 최소 544개의 터빈(약 0.4GW)이 해체됐고, 리파워링 사업으로 1,148MW가 설치됐다. 재활용 풍력의 국제 시장도 일부 개발도상국과 신흥경제국에서 확대되고 있다.

풍력은 점차 여러 국가에서 주요한 전력공급 역할을 담당하고 있다. 유럽에서 풍력 전력생산 비중은 2014년 약 7.5%를 차지했고, 연말 기준 가동용량은 10% 이상의 전력공급 규모를 갖췄다. 덴마크(39.1%), 아일랜드(19%), 포르투갈(27%), 스페인(20% 이상)을 비롯한 유럽 국가들은 풍력으로 전력수요의 상당비중을 공

급했다. 2014년 말 기준 독일 4개 주에서는 전력소비량의 55% 이상을 풍력으로 공급했고, 호주의 사우스오스트레일리아주에서 풍력은 약 40%의 전력량을 담당했다. 미국에서 풍력은 총 전력생산량의 4.4%를 차지하고, 9개 주에서 발전량의 12%를 공급했다. 니카과라는 40MW 설비를 추가해, 누적 설치량은 총 186MW를 기록했고, 전력의 약 21%를 공급했다. 2014년 말 기준 전 세계적으로 풍력은 총 전력소비의 3.1% 이상을 충당할 수 있는 규모를 갖췄다.

□ 풍력 산업

터빈 제조사들은 몇 년간 적자 운영이후, 2014년에 흑자로 돌아섰다. 주요 업체들은 제품과 서비스 부가가치 향상, 수익률 유지, 화석연료와 비용경쟁력 제고를 위해 광범위한 아웃소싱을 단행했다.

지난 몇 년 동안, 풍력은 경쟁과 가동률을 높인 기술향상을 통해서 자본비용이 하락했다. 육상풍력은 신규 석탄이나 가스 발전소와 비교해 비용 경쟁력을 이미 갖췄거나 거의 근접했으며, 지원제도가 없는 경우에도 마찬가지이다. 이러한 흐름은 호주, 브라질, 칠레, 멕시코, 뉴질랜드, 터키, 남아공, 유럽 여러 국가, 인도 일부 지역, 미국 등 여러지역에서 나타나고 있다. 통계에 따르면 육상풍력 MWh 당 세계 평균비용은 2009년부터 2014년 사이 약 15% 하락했다. 해상풍력은 해안 멀리 떨어진 곳이나 깊은 곳에 설치하는 조건 때문에 비용이 상승하던 시기가 있었지만, 지금은 단가가 하락하고 있다는 정황이 뚜렷하다.

주요 터빈제조업체는 중국, 덴마크, 프랑스, 독일, 인도, 일본, 스페인, 미국에 있으며, 부품은 여러 국가로부터 공급된다. 브라질은 제조업체가 늘어나는 추세이며 한국 또한 풍력기술 제조국으로 부상하고 있다. 블레이드 제조업은 유럽에서 북미, 남아시아 동남아시아, 그리고 최근 남미로 새로운 시장을 열었다.

세계 상위 10대 터빈 제조업체가 2014년 시장의 68%를 점유했다(2013년 70%에서 하락). Vestas(덴마크)가 선두에 올랐고, Siemens(독일)는 2단계 상승한 2위를 차지했다. Goldwind(중국)는 1단계 하락한 3위를, GE(미국)는 설치용량이 두 배로 늘어 5위에서 4위로, Enercon(독일)은 3단계 하락한 5위를 기록했다. 기타 상위 업체로 Suzlon Group(인도), Gamesa (스페인), 그리고 United Power, Mingyang, Envision(모두 중국) 등이 있다. 상위 10대 기업들은 2014년 기록을 모두 갱신했다.

풍력 발전량과 전력공급 비중이 상승하면서 일부 국가에서 계통문제가 발생하였다. 또한 송전망 부족, 계통연계 지연, 이웃 국가를 통한 송전경로 재설정 필요,

규제와 제어관리시스템, 재생에너지 변동성 등이 문제로 직면하였다. 전력단축은 이익감소를 유발하기 때문에 중국 풍력산업이 직면한 가장 큰 도전이다.

주요 부품과 재료의 공급과잉은 2014년에도 이어져 많은 생산시설이 생산용량의 일부만 운영했다. 공급과잉은 공급체인 여러 분야에서 보다 폭넓은 선택사항, 유연성, 비용 조절을 가능하게 했지만 일부 국가에서는 그 결과로 난관에 처했다. 중국에서는 일부 제조사들이 고군분투해야 했고, 터빈 제조업체 수는 2009년 80개 이상에서 2014년 약 30개로 감소했다(이후 다소 개선). 유럽에서 제도의 불안정성과 경기침체로 인한 시장축소는 제조업체들이 새로운 전략을 구상하거나 해외로 공장을 이전하도록 만들었다. 미국에서 2006~2009년 동안 여러 생산공장이 생겨났는데, 당시에 업체들은 연방지원제도에 대해 낙관적이었다. 하지만 일부 제조업체들이 가동을 중단하고 고용을 줄이자, 미국 풍력부품 공장의 수는 2013년 550개에서 500개로 줄었다.

다른 지역의 경우에는 세계적인 공급과잉에도 불구하고 생산용량을 확장시켰다. 브라질에서는 국내제품 요건에 따른 수요를 맞추고 부품 부족을 해결하기 위해 설비를 증설시켰다. Suzlon(인도)은 남미에 공장을 건설하여 공급체인 개발에 나서겠다고 밝혔다. 2015년 초 Alstom과 Andrade Gutierrez(브라질)는 합작투자를 통해 브라질에 알스톰의 세 번째 공장을 건설하겠다고 밝혔다. Vestas도 브라질 투자 계획을 발표했고, 해상풍력 블레이드를 화이트섬(영국)의 새로운 공장에서 생산하겠다는 계획을 밝혔다.

산업 내 구조조정이 이어져, 주요한 인수와 합작투자가 이루어졌다. 미국 SunEdison이 풍력 개발업체인 First Wind(미국)를 인수한 것이 2014년 최대규모(240만달러) 거래였다. 대규모 풍력사업 소유권도 이전되는 사례가 있었으며, 총 24.6GW 규모에 달했다. Vestas와 Mitsubishi(일본)는 합작회사를 만들어 Vestas의 8MW 해상풍력 터빈에 집중했다. 이외에도, 프랑스 정부의 승인에 따른 GE의 Alstom 전력부문 인수, Areva(프랑스)와 Gamesa의 해상풍력 부문 합작회사, 인도, 브라질, 중국, 멕시코, 남아공, 터키의 고성장 시장에 집중하기 위한 Suzlon의 Senvion(구 Repower) 매각 등이 있다.

터빈설계는 진화를 거듭하면서 장치의 대규모화(블레이드 길이 확장, 구조물 높이 상향화, 공칭용량 확대), 운영관리 비용저감, 광범위한 운영조건에서 경제성 향상을 위한 기술과 전략전환이 이루어지고 있다. 블레이드는 전략적 혁신 대상이 되면서 설계, 재료, 제조공정에서 주요한 변화가 이루어지고 있다. 이런 추세는 특히 해상풍력에서 두드러지고 있으며, 첨단 블레이드는 길이가 80m를 넘어선다.

회전자 분야에 대한 발전은 가동률을 높여 더 낮은 풍속에서도 발전량을 증대시키며, 이는 유리한 풍속 조건을 갖춘 지역이 부족해지거나(유럽에 해당) 수요지와 근접한 지역에서의 풍력개발(중국)이 이루어지는 국가에서 점차 중요해지고 있다. 낮은 풍속에 맞게 설계된 새로운 터빈도 모습을 나타냈다.

터빈용량의 대형화 추세는 2014년에도 계속됐는데, 평균 2MW(2013년 1.9MW) 규모로 상승했다. 평균 터빈규모는 독일 2.9MW, 브라질과 캐나다 2.1MW, 미국 2MW, 중국 1.8MW, 인도 1.5MW를 나타냈다. 유럽 해상풍력의 평균 터빈규모는 약 3.7MW로 2013년 대비 하락했다(지멘스의 3.6MW 설비비중 증가). 5~8MW 범위의 새로운 터빈이 유럽과 아시아에서 실증되고 있으며, 2015년 초 해상풍력으로 설치된 최대용량은 Vestas의 8MW 터빈이다.

해상풍력은 육상풍력과 기술적으로나 공급에 있어서나 차이를 보인다. 터빈 대형화 이외에도, 해상풍력 산업은 더 깊고 더 멀리 떨어진 지역에서 대규모사업 기회를 노리고 있다. 유럽에서 2014년 완공됐거나 일부 설치가 끝난 해상풍력은 해안과의 거리가 32.9km, 해수깊이는 22.4m를 기록했다. 대서양과 지중해 그리고 일본의 깊은 해역에서도 풍력자원을 활용하기 위해, 산업계는 수상터빈에도 투자하고 있다.

부지조건이 점차 까다로워지고, 근해 특수기계 개발, 구조물, 선박, 운영관리, 더 안전하고 저렴하고 나은 건설기술 등으로 설치비용은 상승했다.

공급체인 병목현상은 대부분 극복했고, 남아있는 과제로는 숙련노동자 부족, 자켓 구조물(심해용) 연속생산, 고압 직·교류 송전시스템, 최대규모 터빈, 기반 구조물, 케이블 수송을 위한 선박의 활용성(특히 일본과 대만) 등이다.

가장 주된 문제는 비용감축이다. 이는 시설이 대형화되는 움직임의 원인이 되고 있다. 해상풍력은 보통 육상풍력에 비해 50~60% 높아 영국 (송전 시설까지 포함한) 약 204달러/MWh부터 독일 170달러/MWh 범위를 나타내며, 덴마크 Horns Rev 3(2020년 완공 예정)의 입찰 계약은 125달러/MWh에 이루어졌다. 유럽은 2020년까지 122달러/MWh에 전력 공급을 목표로 하고 있다. MHI-Vestas, Siemens, DONG Energy는 2020년까지 해상풍력 단가를 낮추기 위한 공동선언에 서명했다.

소형풍력 산업은 5개국(캐나다, 중국, 독일, 영국, 미국)이 2013년 기준 터빈 제조업의 50% 이상을 차지했다. 중국을 제외하면, 개발도상국의 역할은 미미했다. 2013년 영국과 미국은 수요 감소로 제조업이 고비를 겪었다. 미국은 내수부진을 상쇄하기 위해 제품수출을 공략했다. 그래서 2013년(13.6MW)은 2012년(8MW) 대

비 70% 상승했다. 9개의 미국 제조업체와 1개의 수출업체는 2013년 100만달러의 판매실적을 보고했는데, 이는 2012년의 총 1,700만달러보다 하락한 수준이다. 2014년 초, 소형풍력 제조업체인 Quiet Revolution(영국)은 파산신청을 했다. 일부 미국 소형풍력 및 분산형 풍력 업체들은 소형풍력 경쟁력을 향상시키기 위해 장기대여 사업을 시작했다.


표 2. 재생에너지 기술현황(특징, 비용)

기술	특징	발전단가 (달러/KW)	연료비용 LCOE 센트/kWh
발전부문			
바이오매스 발전(고체)	규모:0.5-200MW 변환효율:25-35% 설비이용률:25-95%	800-4,500 발전:200-800 최대 1,000(중국 및 인도)	3-22 발전:4-12 14(유럽) 5-6(중국)
바이오매스 발전(가스화)	규모:0.03-40MW 변환효율:30-40% 설비이용률:40-80%	2,050-5,500	6-24
바이오매스 발전(혐기성소화)	규모:0.075-20MW 변환효율:25-40% 설비이용률:50-90%	바이오가스:500-6,500 매립가스:1,900-2,200	바이오가스:6-19 매립가스:4-6.5
지열	규모:1-100MW 설비이용률:60-90%	응축:1,900-3,800 바이너리:2,250-5,500	응축:4-14 바이너리:7-24
수력(그리드기반)	규모:1MW-다수GW 유형:저수, 수로 변환효율:20-80%	20MW이상:750-2,500 20MW이하:750-4,000	20MW이상:2-8 20MW이하:3-23
해양(조력)	규모:<1to>250MW 설비이용률:23-29%	5,290-5,870	21-28 35-42(유럽)
지붕태양광	첨두용량: 3-5kW(가정),100kW(상업) 500kW(산업) 설비이용률:10-25%(각도고정)	가정-2,200(독일), 3,500-7,000(미국) 4,260(일본), 2,150(중국), 3,380(호주) 2,400-3,000(이태리) 상업-3,800(미국), 2,900-3,800(일본)	21-44(OECD) 28-55(비OECD) 16-38(유럽)
태양광	첨두용량:1-250MW 설비이용률:10-25%(틸트고정)	1,200-3,000, 1,670(중국), 2,710(일본), 1,495(독일), 2,080(영국), 2,218(미국), 1,510(인도) 집광형 태양광:1,480-2,330(10MW)	10-38(OECD) 7-40(비OECD) 14-34(유럽), 11(중국), 25(일본), 11(미국) 집광형:10-15
집광형 태양열발전(CSP)	유형:파라볼릭 트로프, 타워, 접시형 규모:50-250MW(트로프), 20-250MW(타워), 10-100MW(프레넬) 설비이용률:20-35%(저장없음), 35-80%(저장포함)	트로프, 저장없음: 5,000-7,000(OECD),3,100-4,050(비OECD) 트로프, 6시간저장:6,000-8,000 타워:6,000(미국, 저장없음) 9,000(미국, 저장포함)	트로프와 프레넬: 19-38(저장없음), 17-37(6시간저장) 타워:12.5-16.4(미국; 고급 저장기술)
육상풍력	터빈규모:1.5-3.5MW 설비이용률:20-50%	925-1,470(인도), 660-1,290(중국) 2,300-10,000(미국), 5,873(영국)	4-16, 6-7(아시아, 유라시아, 북미), 5-10(중남미)
소형풍력	터빈규모:최대100kW 0.85kW, 0.5kW(중국), 1.4kW(미국), 4.7kW(영국)	2,300-10,000(미국), 1,900(중국), 5,870(영국)	15-20(미국)
해상풍력	터빈규모:1.5-7.5MW 설비이용률:35-45%	4,500-5,500 2,250-6,250(OECD)	15-23

기술	특징	설치비용 혹은 LCOE(달러/KW or 센트/kWh)
개발도상국 분산형 재생에너지		
바이오가스(소화)	규모:6-8 m ³	612 달러/unit (아시아), 886 달러/unit (아프리카)
바이오가스(가스화)	규모:20-5,000kW	LCOE:8-12, 5-6(중국)
주택태양광	규모:20-100W	LCOE:160-200, 4(방글라데시)
가정용풍력발전기	규모:0.1-3kW(그리드없음, 가정용) 1.1-2.5MW(산업용)	자본비용:10,000/kW(1kW), 5,000/kW(5kW), 2,500-3,500/kW(250kW) LCOE:15-35+
수력(그리드없음/농촌지역)	규모:0.1-1,000kW 유형:수로, 주행저장, 유체	자본비용:1,175-6,000 LCOE:5-40
마을단위 소규모그리드	규모:10-1,000kW	LCOE:25-100

기술	원료	원료 특징	추정 생산비용(센트/리터)
수송연료			
바이오디젤	콩, 유채, 겨자씨, 팜, 자트로파, 폐 식물유, 동물성 지방	각 원료는 면적당 작물수확량이 다르기 때문에 생산비용이 국가별로 다양하게 나타난다. 고단백질 meal 포함	대두유:56-72(아르헨티나), 100-120(전세계 평균) 팜유:100-130(인도네시아, 말레이시아, 그 외), 유채유:105-130 (EU)
에탄올	사탕수수, 사탕무, 옥수수, 카사바, 수수, 밀	각 원료별 수익과 비용의 변동성이 다양하게 나타난다. 사탕수수찌꺼기 및 잔여물에서 나온 사료, 열, 전력을 포함한다. 고급바이오연료는 아직 완벽히 상용화되지 않아서 비용이 높다.	사탕수수:82-93(브라질) 옥수수(dry mill): 85-128 (미국)

기술	특징	자본비용(달러/KW)	연료비용 LCOE 센트/kWh
냉난방/온수			
바이오매스 열	규모:0.1-15 MW _{th} 설비이용률:-50-90% 변환효율:80-90%	400-1,500	4.7-29
가정용 펠릿보일러	규모:5-100 MW _{th} 설비이용률:15-30% 변환효율: 80-95%	360-1,400	6.5-36
바이오매스 열병합	규모:0.5-100 kW _{th} 설비이용률:-60-80% 변환효율:70-80% 열 및 전력	600-6,000	4.3-12.6
지열 건물난방	규모:0.1-1 MW _{th} 설비이용률:25-30%	1,865-4,595	10-27
지열 지역난방	규모:3.8-35 MW _{th} 설비이용률:25-30%	665-1,830	5.8-13
지열원 히트펌프(가정 및 상업)	규모:10-350 kW _{th} 변환효율:280-500%	500-2,250	7-13
온수히트펌프	규모:1-2 kW _{th} 변환효율:250-300%	300-350	6-7
수열원히트펌프(가정, 다가구주택 포함)	규모:4-40 kW _{th} 변환효율:300-400%	500-700	5-7
공기열원히트펌프	규모:1-2 kW _{th} 변환효율:300-400%	350-400	5-7
태양열 가정온수	집열기 유형:접시형, 진공관(열사이판, 펌프시스템) 규모:2.1-4.2 kW _{th} (독신가구), 35 kW _{th} (다가구) 효율:100%	독신가구:1,100-2,140(OECD, 새건축), 1,300-2,200(OECD, 개보수), 147-634(중국) 다가구:950-1,850(OECD, 새건축), 1,140-2,050(OECD, 개보수) 직접열사이판:100-250(중국, 인도, 터키), 630-650(남아공), 1,100(호주) 간접열사이판:2,300(미국) 직접펌프:1,700(미국), 760-820(남아공) 간접펌프:2,300(미국), 850-1,900(유럽 중앙), 1,600-2,400(북유럽) 통합저장형:450-800(미국), 대규모SWH:350-1,040(유럽)	1.5-28(중국) 5-8(호주)
태양열 복합시스템	집열기 유형:온수와 같음 규모:7-10 kW _{th} (독신가구), 70-130 kW _{th} (다가구), 70-3,500 kW _{th} (지역난방), 3,500kW _{th} 초과(지역난방 계절저장) 효율: 100%	독신가구:온수와 같음 다가구:온수와 같음 지역난방(유럽):460-780,(덴마크 350-400) 저장포함:470-1,060	5-50 (가정온수) 지역난방:4이상(덴마크)
태양열 산업공정열	집열기 유형:접시형, 진공관, 파라볼릭 트로프, 선형프레넬 규모:100 kW _{th} -20 MW _{th} 온도범위:50-400°C	470-1,000 (저장없음), 265-1,060(유럽), 210-320(인도, 터키, 남아공, 멕시코) 집광형시스템:420-1,900(파라볼릭 접시형, 인도), 640-2,120(파라볼릭 트로프), 1,270-1,900(선형프레넬), 집광형:980-1,400(중국), 1,800이상(독일)	4-16 2.6-8.5(유럽) 집광형시스템:6.4-9.6
태양열 냉방	용량:10-1,000kW(흡수식냉각기), 5-430 kW(흡착식냉각기) 효율:50-75%(단일효과 냉각기), 120-140%(이중효과 냉각기)	1,600-3,200	n/a



The DANDELION uses the multiplier effect to ensure its survival. Its flower head is composed of hundreds of seeds that scatter with the smallest gust of wind and contain the necessary material to generate and form a new flower. Populating the landscape with efficient financial instruments can support the implementation of renewable energy systems to meet energy needs, cleanly and sustainably.

03

03 투자동향

Bloomberg New Energy Finance(BNEF)에 따르면 재생에너지 전력과 연료에 대한 전 세계 신규투자(50MW이상 수력프로젝트 제외)는 2014년에 2,702억달러였다. 전년 대비 17% 늘어난 수치이며 3년 만에 처음으로 상승했다. 50MW 이상 수력발전 프로젝트에 대한 투자를 포함할 경우 재생에너지 전력과 연료에 대한 총 신규투자는 2014년 최소 3010억달러였다(재생에너지 냉난방기술에 대한 투자는 포함되지 않았다).

유럽 해상풍력 프로젝트(186억달러)에 대한 최종 투자결정과 중국과 일본에서 태양발전 설비가 호황을 맞은 것이 투자증가의 원인이 되었다. 중국과 일본의 총 투자액은 749억달러에 달했다. 전체적으로 2014년에는 재생에너지 신규투자의 25% 이상(약 735억달러)이 소형프로젝트에서 이루어졌다. 개발도상국에서 중앙집중적 전력시스템에 대한 대안으로써 소형프로젝트(소규모 분산형 태양광발전 시스템 등)는 각광받고 있다.

2014년에는 개도국 내 투자가 꾸준히 상승했다. 전년 대비 36% 증가하여 1313달러에 달했다. 개도국투자액은 선진국의 총 투자액을 넘어서기 직전에 도달했다. 선진국 투자액은 2013년보다 겨우 3% 증가한 1389억달러였다.

2014년 내내 재생에너지에 대한 투자는 새로운 시장으로 확산되었다. 칠레, 인도네시아, 케냐, 멕시코, 남아프리카공화국, 터키 각각은 재생에너지에 10억달러 이상을 투자했다. (요르단, 미얀마, 파나마, 필리핀, 우루과이 등) 다른 개도국들의 투자액은 5억에서 10억달러 사이였다.

그림 25. 전세계 재생에너지 발전과 연료분야 투자 흐름(2004년~2014년)



전체적으로 태양발전에 대한 투자액은 25% 증가한 1,496억달러에 달하고, 풍력 발전에 대한 투자는 11% 증가하여 995억달러로 나타났다. 지열 발전용량에 대한 투자 역시 증가해서 전년보다 23% 늘어난 29억달러에 도달했다. 반면에 다른 재생에너지는 이보다 실적이 좋지는 못했다. 바이오연료는 8% 감소하여 51억달러에 달했고(10년만에 최저치), 바이오매스와 폐기물에너지는 10% 감소한 84억달러였으며, 소수력발전은 17% 감소한 45억달러에 그쳤다.

재생에너지 발전용량에 대한 신규투자(대형수력발전을 제외하면 2,425억달러)는 화석연료에 대한 총 투자(약 2,890억달러)보다 적지만, 2014년 추가적인 화석연료에 대한 순 투자총액(1,320억달러)보다는 훨씬 많았다. 대형수력발전에 대한 투자를 포함할 경우 2014년 재생에너지 발전용량에 대한 세계투자액은 화석연료 투자액보다 2배 이상 많다.

□ 경제지역별 투자

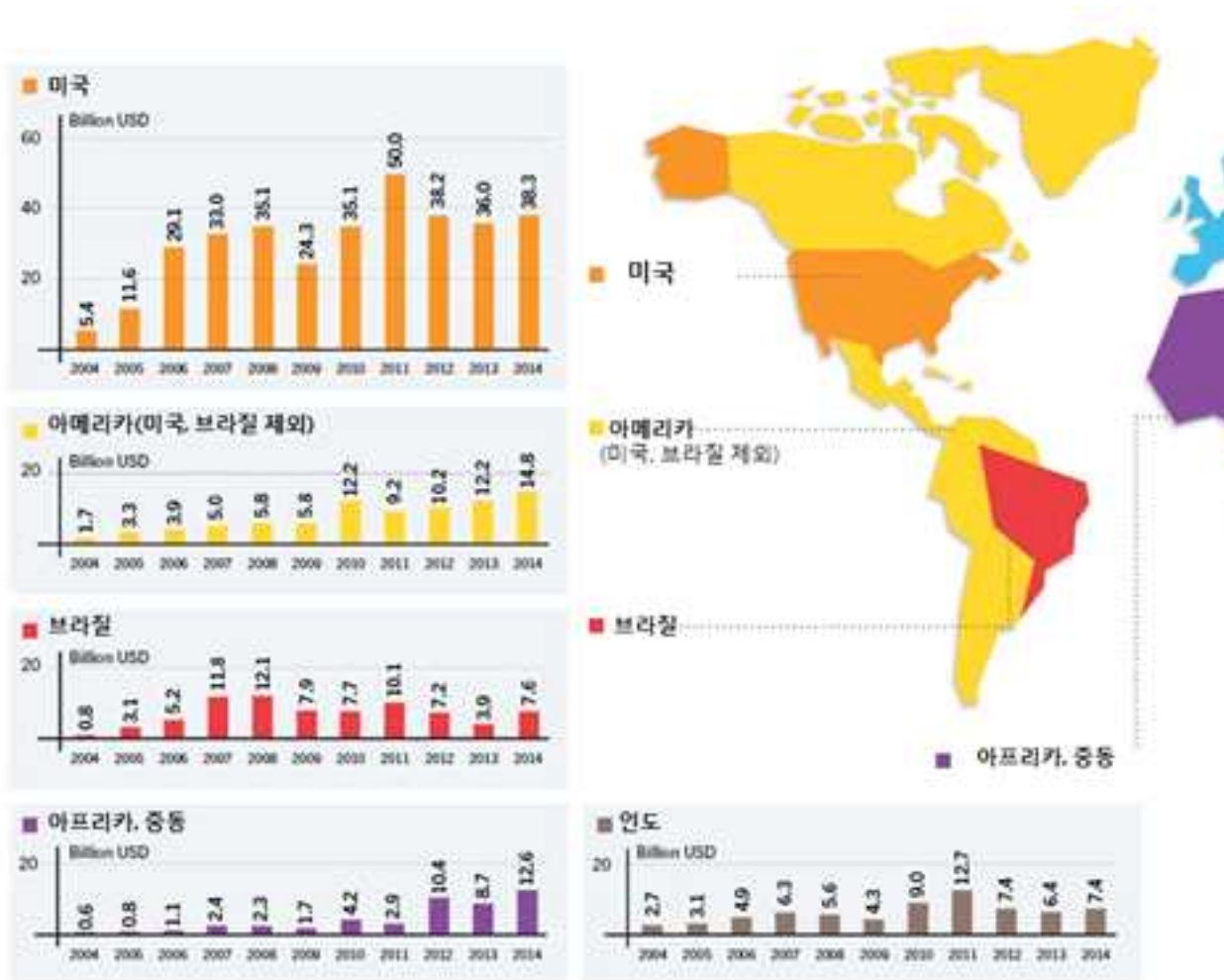
2014년에는 전년도에 비해 개도국과 선진국 모두에서 재생에너지 투자액이 증가했다. 선진국 투자액은 전년보다 3% 증가한 1,389억달러로 괄목할만한 증가는 아니었지만, 주요 개도국(중국, 브라질, 인도)의 투자액은 36% 증가한 1,313억달러로 큰 폭의 증가율을 보였다. 그 결과 2014년 전세계 투자액에서 개도국이 차지하는 비중은 전년보다 6% 증가한 49%를 달성했다. 개도국 투자액 중 중국은 2014년에는 63%를 차지했고(2013년 61%), 이로서 전세계 총 투자액 중 개도국의 비중이 늘어나는데 크게 한몫했다.

전세계 재생에너지투자액은 2013년보다 늘어났다.(그림 26 참조) 중국의 투자액은 2013년보다 39% 늘어났고, 인도의 투자액은 64억달러에서 74억달러로 늘었다. 나머지 아시아-오세아니아지역 역시 재생에너지에 대한 연간 투자액이 큰 폭으로 늘어나 487억달러에 달했다(약 9% 증가). 유럽 투자액은 1% 줄어든 575억달러였다. 미국은 2013년보다 7% 늘어난 383억달러를 투자했지만, 여전히 2011년 최고액에는 미치지 못했다. 나머지 아메리카지역(브라질과 미국 제외)에서는 투자액이 21% 이상 증가하여 148억달러에 달했다. 중동과 아프리카지역 역시 투자액이 상당히 증가하여 126억달러(2013년 89억달러)에 달했다.

상위 10대 투자국은 4개의 개도국(모두 BRICS 국가들)과 6개의 선진국으로 구성된다. 세계 재생에너지 투자액의 약 1/3을 차지하는 중국이 이번에도 선두를 달렸고, 미국, 일본, 영국, 독일이 그 뒤를 이었다. 캐나다, 브라질, 인도, 네덜란드,

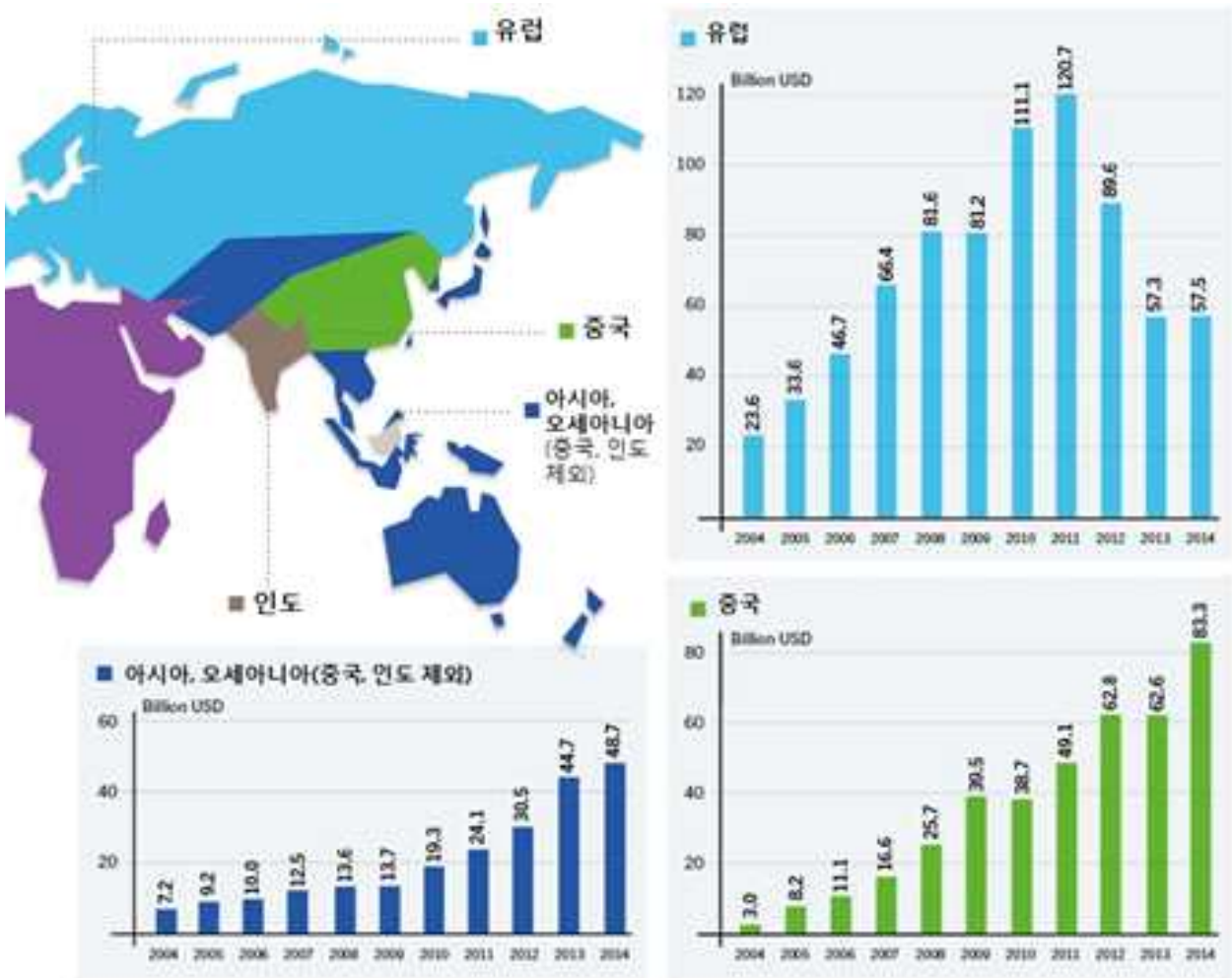
남아프리카공화국이 나머지 5개국 자리를 차지했다. 투자액이 가장 많이 증가한 나라는 중국으로 2013년보다 총 207억달러가 늘어났다. 네덜란드와 브라질은 비중이 가장 크게 증가했는데, 네덜란드에서는 투자액이 3배 이상 증가하여 74억 달러에 달했고, 브라질에서는 두 배 가까이 증가하여 76억달러에 달했다.

중국은 재생에너지 신규투자액이(연구개발 포함) 833억달러였는데, 미국보다 두 배 이상 많은 액수이다. 유틸리티규모 프로젝트에서 풍력발전은 379억달러의 자산금융(asset finance)을 끌어모았고, 태양발전이 297억달러로 그 뒤를 이었다. 태양발전분야 내에서는 소규모 태양광발전에 대한 투자액이 2013년의 12억달러에서 2014년 76억달러로 다시 상승했다. 중국은 소수력발전에 24억달러를 투자했고, 대수력발전에도 상당한 금액을 투자하여 총 22GW의 신규설비가 운영에 들어갔는데, 이중 대다수가 50MW 이상 프로젝트였다.



(연구개발 포함) 383억달러를 투자한 미국은 선진국 중에서 가장 많은 금액을 투자했다. 재원형태로 보았을 때 태양발전에서 벤처캐피탈과 사모펀드가 2013년 3.73억달러에서 2014년 13억달러로 증가했다. 태양발전에서 미국의 공개시장 활동 역시 좋은 실적을 냈고, 전년보다 76% 증가하여 59억달러에 달했다. 미국 풍력발전은 2014년 어려운 한해를 보냈는데, 투자액(연구개발 제외)이 반으로 줄어든 69억달러였다. 정책불확실성(생산세공제 연장 여부) 때문에 재원충당이 지연되었다.

일본은 (연구개발 제외) 투자액이 343억달러로 미국과의 격차가 크지 않았다. 일본은 FIT제도 덕분에 총 투자액 중 약 82%를 소형태양광프로젝트에 투자했다.



영국은 재생에너지 투자액이 조금(1%) 늘어난 139억달러(연구개발 제외)였다. 풍력발전 투자액이 80억달러로 가장 큰 비중을 차지했고, 이중 86%가 해상프로젝트에 투자되었다. 반면 태양발전에 대한 투자액은 27억달러였다. 또한 영국은 해양에너지에 대한 투자를 독려한 몇 안 되는 나라 중 하나였다.

해상풍력프로젝트 분야에서 또 다른 선도적 투자국인 독일의 전체 재생에너지 투자액(연구개발 제외)은 4% 늘어난 114억달러였다. 풍력발전은 2013년과 비교했을 때 2.5배 증가한 투자액을 끌어모았다. 하지만 과거 투자액이 최고였던 태양광(소형태양광발전)은 2년연속 반으로 줄어들었다. 이는 2014년 8월에 도입된 자가소비 추가요금과, 발전차액지원 감소 때문이었다.

캐나다는 최근 몇 년간 재생에너지에 안정적인 투자를 해왔다. 2014년 캐나다는 전년보다 약 31% 늘어난 80억달러의 투자액(연구개발 제외)을 끌어모았다. 증가분의 대부분은 자산금융의 형태로, 주로 온타리오와 퀘벡의 대규모 풍력프로젝트와 태양광발전을 위한 것이었다.

브라질은 2014년 재생에너지에 74억달러(연구개발 제외)를 투자하여 상위 10개국에 재진입 했는데, 투자총액의 84%를 풍력발전이 차지했다. 브라질에서 두 번째로 큰 재생에너지 부문인 바이오연료에는 5.74억달러가 투자되었는데, 2007년의 83억달러와 비교하면 큰 차이가 있다. 브라질 외 다른 라틴아메리카지역에서도 재생에너지에 대한 투자는 폭넓게 진행되었는데, 멕시코는 전년보다 투자액이 19% 증가한 20억달러였고, 그 뒤를 칠레(14억달러), 우루과이, 파나마, 코스타리카가 이었다.

인도의 재생에너지 투자액은 전년보다 14% 증가한 74억달러였다. 태양발전은 유일하게 투자액이 증가하여 2014년에 30억달러에 달했다. 용량경매는 2013년과는 다르게 투자자들의 참여가 확대되어 신청이 빠짐없이 이루어졌다. 풍력발전은 인도의 총 투자액 중 거의 절반인 34억달러를 끌어모았다. 아시아-오세아니아 지역에서 두 번째로 큰 투자국은 인도네시아(18억달러)였고, 미얀마, 필리핀, 스리랑카, 태국이 그 뒤를 이었다.

재생에너지 투자액 상위 10개국 중에서 2013년과 비교했을 때 가장 빠른 증가율을 보인 것은 네덜란드였다. 투자액은 2013년의 19억달러에서 2014년의 65억달러로 증가했는데, 이중 대부분이 해상풍력프로젝트 투자액이었다.

남아프리카공화국은 아프리카 대륙에서 선두를 달리며 상위 10개국에 이름을 올렸다. 남아프리카공화국의 재생에너지투자액은 전년보다 5% 증가한 55억달러였다. 남아프리카공화국에서 재생에너지 투자 원동력은 국가입찰프로그램이다.

2014년에 약 16억달러(30% 이하)가 풍력에 지출되었고, 총 투자액의 71%가 태양광발전과 집광형 태양열발전에 지출되었다. 아프리카에서 두 번째로 큰 투자국은 케냐(13억달러)였고 알제리, 이집트, 나이지리아, 탄자니아가 그 뒤를 이었다.

□ 기술별 투자

2014년에 투자된 금액을 기준으로 가장 선도적인 분야는 역시 태양발전이었다. 태양발전에 대한 투자액은 1,496억달러로 재생에너지 전력 및 연료(50MW이상 수력발전 제외)에 대한 총 신규투자액의 55% 이상을 차지했다. 그 뒤를 이은 것은 총 투자액의 36.8%(2013년보다 11% 늘어나 신기록을 세움)인 995억달러인 풍력발전이었다. 나머지 8%는 바이오매스와 폐기물에너지(84억달러), 바이오연료(51억달러), 소규모수력발전(50MW 이하)(45억달러), 지열발전(27억달러), 해양에너지(27억달러)로 구성되었다. 이 기술들 중에서 2014년에 투자액이 증가한 에너지는 지열(23% 상승)과 해양(110% 상승)이었고, 바이오연료(-8%), 바이오매스와 폐기물에너지(-10%), 소수력발전(-17%)은 투자액이 감소했다.

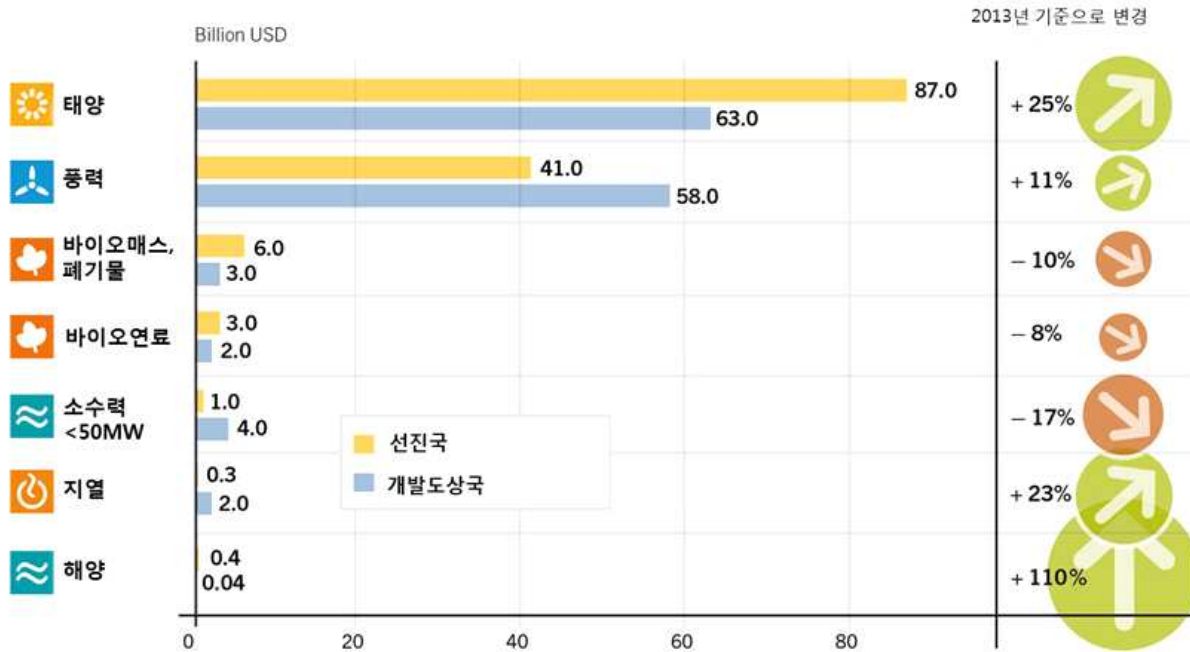
풍력, 소수력, 지열발전에서 개도국이 투자액의 대다수를 차지했고, 그 외 나머지 기술에서는 선진국이 개도국을 앞섰다.

태양발전투자액 중 약 90%는 태양광발전(1,348억달러)에 지출되었고, 나머지는 집광형 태양열발전(2.5%)과 그 외 불특정태양발전(7.4%)에 지출되었다. 태양발전 투자액은 2013년 보다 25% 증가했고, 투자액의 대다수는 여전히 선진국(58%)이 차지했다. 이는 세계 총 투자액의 25% 이상을 주도한 중국의 약진 때문이다. 선진국 중에서 태양발전에 가장 많이 투자한 나라는 일본으로 전체 투자액의 23%를 차지했고, 미국(19%)이 그 뒤를 이었다.

풍력발전에서 상위투자국은 중국(곧 FIT제도가 축소된다는 예측에 부분적으로 힘을 받음)이고, 상당한 차이가 있지만 그 뒤를 영국, 독일, 네덜란드, 브라질, 인도가 이었다. 다른 재생에너지 기술들은 상반된 흐름을 보였는데, 소수력발전에 대한 투자액은 선진국에서는 증가했지만, 개도국에서는 상당히 감소했고, 바이오연료와 지열발전은 선진국에서는 감소했지만 개도국에서는 증가했다. 선진국과 개도국 모두에서 바이오매스는 감소했지만, 해양에너지 투자액은 증가했다. 50MW 규모 이상 대수력 발전프로젝트는 태양, 풍력에 이어 3번째로 중요한 재생에너지 투자부문임에도 불구하고 BNEF는 자세한 통계를 추적하지 않는다. 평균적으로 프로젝트가 건설 되는 데 4년이 걸리기 때문에, 수력 발전용량 추가분을 연간 자산금융달러로 치환하는 것은 쉽지 않은 일이다. 하지만 BNEF는 2014

년에 발주된 대수력 프로젝트에 들어간 자산금융이 최소한 210억달러에 달했다고 추정한다.

그림 27. 세계 재생에너지 신규투자 동향(2014년)



□ 유형별 투자

전세계 연구개발은 2014년 2% 증가한 117억달러로, 정부 연구개발이 51억달러, 기업연구개발이 66억달러였다. 지금까지 재생에너지 연구개발 분야에서 최대의 투자처는 유럽인데, 총 투자액의 36%(43억달러)를 지출하여 미국과 중국의 지출액을 합한 것에 거의 육박한다.

태양발전에 대한 총 연구개발 지출액은 2% 증가한 61억달러였다. 태양발전은 4년연속 다른 부문을 합한 것보다 더 많은 투자를 끌어모았다. 풍력발전에 대한 연구개발투자는 약간 감소한 20억달러였고, 바이오연료, 바이오매스, 해양에너지 기술에 대한 연구개발 지출은 증가했다.

유틸리티규모 프로젝트의 자산금융은 재생에너지 총 투자액의 대다수를 차지했다. 2014년 동안 유틸리티규모 프로젝트의 자산금융은 2013년보다 10% 증가한 1,707억달러에 달했다.

소규모분산형 용량에 대한 투자, 그중에서도 주로 지붕형태양광발전에 대한 투자는 735억달러였다. 이는 2013년보다 34% 늘어난 금액이다.

재생에너지 기업과 펀드에 대한 공개시장투자는 42% 늘어난 151억달러였다. 2년에 걸쳐 강한 성장세를 보이고 있는 공개시장투자는 2012년보다 거의 4배 가까이 늘었다. 공개공모(initial public offerings) 자금은 2013년보다 20% 하락한 31억달러였다. 하지만 이차발행(secondary issues)과 상장기업 사모투자(private investment in public equity)는 60% 이상 증가하여 62억달러를 달성했고, 전환사채발행은 58억달러로 두 배 이상 늘었다.

일드코(yield co)에 대한 공개시장을 통한 투자는 꾸준히 성장했고, 투자자들은 저금리, 저위험에 안정적인 배당금을 제공해주는 것으로 인식하고 있다. 태양발전투자액은 73% 증가한 83억달러였고, 풍력발전은 120% 증가한 54억달러였다. 소수력발전과 해양에너지의 공개시장 자본(equity)은 그 기초가 대단히 미미했지만 2014년에 성장세를 보였다. 하지만 바이오연료와 바이오매스는 감소했고, 지열은 2013년 대대적인 사유화 이후 제로로 떨어졌다.

2014년 106개의 청정에너지 기업들을 추적한 WilderHill New Energy Global Innovation Index(NEX)는 같은 기간 동안 3% 하락했다. 이 하락은 주로 태양발전과 풍력발전 분야에 닥친 정책불확실성과 유가하락에 대한 투자자들의 반응 때문이었다.

재생에너지에 대한 벤처캐피탈과 사모투자(VC/PE)는 2014년에 25% 이상 증가한 28억달러를 기록했다. 그럼에도 불구하고 2008년의 최고치에 비하면 1/3에 미치지 못했다. 투자자들은 초반에 투자하기를 망설였고, 후반의 모험에 자금을 대는데도 아주 조금 관심을 보였을 뿐이었다.

미국은 재생에너지에 대한 벤처캐피탈 투자의 세계 중심지였고, 유럽의 자본모집(equity-raising)량은 크게 줄었다. 사모확장자본(private equity expansion capital)은 미국의 가정용 태양기업과 관련된 상당한 거래에 힘입어 20% 성장했다. 바이오연료는 기술 상업화에 가까워지면서 여러 바이오연료 제조업체들이 투자를 확보했다.

(신규투자에서 2,702억달러의 일부로 계산되지 않은) 인수활동 역시 증가했다. 이는 2013년보다 20억달러가 늘어나 2014년에는 688억달러에 달했다. 이 수치에는 기업 인수합병, 전력인프라 인수와 부채 재융자, 사모매수, 무역바이어의 전문기업 지분 구입 등이 포함된다.

기업 인수합병은 2014년 35% 하락한 98억달러에 달했다. 자산인수와 재 금융화는 지난 10년간 줄어들다가 반등하여 11% 증가했고, 결국 545억달러라는 기록을 세웠다. 공개시장투자는 19억달러로 거의 변화가 없지만, 사모매입(private

equity buy-outs)은 25억달러로 2013년보다 4배 늘어났다. 인수활동은 풍력(약 410억달러)과 태양발전(200억달러를 약간 넘는 액수)이 주도했다. 풍력과 태양발전을 합하면 모든 활동의 약 89%를 차지했는데, 이는 2013년의 83%보다 늘어난 비중이다.

□ 재생에너지 투자전망

재생에너지 신규 발전용량에 대한 총 투자(50MW이상 수력발전 제외)는 2013년보다 17% 늘어난 2,425억달러였다. 이런 증가세에도 불구하고 재생에너지 투자는 화석연료용량에 대한 총 투자액보다는 여전히 뒤쳐졌다. 화석연료용량에 대한 총 투자는 7% 늘어난 2,890억달러였다.

하지만 화석연료에 대한 투자의 대부분은 기존 석탄, 석유, 가스화력 발전소를 대체하는데 쓰이고, 추가용량을 건설하는데 1,320억달러만 들어갔다. 반면에 재생에너지의 거의 모든 투자는 추가용량 건설에 들어간다. 2014년 순 투자액만 고려했을 때 재생에너지 투자액은 2,425억달러로 화석연료용량에 대한 순 투자액 1,320억달러를 크게 앞질러 5년 연속 화석연료보다 앞섰다. 50MW 이상 수력 발전에 대한 투자까지 고려하면 2014년 재생에너지 발전용량에 대한 전세계투자액은 같은 해 화석연료 발전용량에 대한 순 투자액의 두 배를 넘는다.

□ 투자재원

2014년 청정에너지기금 분야는 주가가 하락했는데, 유가하락이 부분적으로 영향을 미쳤다. 청정에너지기금이 관리하는 자산가치는 2013년에 비해 13.5% 하락했다. 하지만 새로운 형태의 수익지향 금융수단들이 꾸준히 관심을 끌었다. 미국의 일드코 회사 세 곳이 상장하여 총 16억달러 자금을 조달했다. 미국의 일드코에 해당하는 영국의 listed project funds는 2014년에 6개로 늘어났다. 6%의 배당금 수익으로 투자자들을 끌어 모았는데, 10년까지 국채가 2%임을 감안하면 높은 수익이다. 전체적으로 미국의 일드코와 영국 listed project funds, 그리고 독일에 있는 비슷한 성격의 회사 한 곳은 2014년 주식시장 투자자들로부터 총 50억달러를 거둬들였다.

클라우드펀딩은 점점 많은 나라에서 주요 수단으로 자리잡고 있다. 클라우드펀딩을 통하여 중소기업들이 소액투자자들에게 자본지분이나 정해진 지불금, 혹은 상품을 주는 대신 자본을 얻을 수 있다. 미국 달러로 투자할 수 있는 가장 큰 재생에너지 클라우드펀딩 플랫폼은 네덜란드에 본부를 두고 있는 De

WindCentrale이다. 2014년 9월을 기준으로 이 플랫폼은 1,700만달러가 넘는 자본금을 모았다.

녹색채권 발행은 2014년 390억달러로 신기록을 세웠다. 이는 전년도 총액보다 약 2.6배 더 많은 금액이다. 이렇게 기록적인 금액을 모을 수 있었던 것은 세계은행 같은 대출기관과 각국 정부기관들의 발행이 두 배로 늘었고, 발행인들이 스스로 라벨을 붙인 회사채가 5배 늘어났기 때문이었다.

반면 청정에너지프로젝트 채권은 82% 줄어든 6.3억달러를 조달하는데 그쳐 큰 성공을 거두지는 못했다. 유럽에서 태양광단지를 대상으로 은행대출이 확대되면서 기존과 같이 대규모 채권을 발행하는 일이 반복되지 않았기 때문이다. 그럼에도 불구하고 2014년에는 라틴아메리카에서 최초의 청정에너지프로젝트 채권이, 아시아의 민간부문에서는 최초의 녹색채권이, 그리고 명백하게 “녹색”이라는 라벨을 붙일 수 있는 세계최초의 프로젝트 채권이 나타났다.

(연기금, 보험회사, 재산관리기관 등) 기관투자자들의 역할이 갈수록 커졌다. 이는 청정에너지와 연계된 고정이율 상품으로 녹색채권이 출현하고, 재생에너지 전력 프로젝트의 현금흐름에 노출된 자본상품으로써 일드코와 프로젝트 펀드가 출현한데서 확인된다. 프로젝트에 대한 직접 투자는 청정에너지사업에 기관투자자금을 모으는 데 중요한 역할을 하고 있다. 2013년 18억달러였던 직접투자는 2014년 28억달러로 큰 폭으로 증가했다.

2014년에는 개발은행이 여전히 청정에너지투자에서 중요한 역할을 했다. 브라질의 BNDES는 유틸리티규모 자산금융 거래의 선두주자로 부상했다. 2013년에 15억달러였던 신용은 2014년 27억달러로 늘어났다. 유럽개발은행은 15억달러으로 2위로 물러났는데, 2013년의 총액보다 20% 하락한 액수다.

2013년에는 새로운 남-남 개발은행이 두 곳 만들어졌다. 2014년 7월 BRICS 5개국은 1,000억달러 규모의 신개발은행을 창설했다. 각 참여국이 초기에 100억달러씩을 출자하여 인프라 확대와 지속가능개발프로젝트에 초점을 맞춘다(대출은 2016년부터 시작). 이후 아시아 23개국(일본과 한국 제외)이 아시아인프라투자은행을 창설하는데 합의했다. 초기에 중국이 500억달러를 출자했고, 운영은 2015년 말부터 시작될 예정이다.

□ 2015년 초반 투자동향

브라질, 중국과 같은 큰 시장과 유럽에서 거래성사가 둔화되면서, 재생에너지에 대한 전세계 투자는 2015년 1사분기에 502억달러에 그쳤다. 1사분기는 2015년에

서도 가장 저조한 시기가 될 가능성이 높지만, 이 총액은 전년도와 비교해도 10%가 낮았다(559억달러). 하지만 그 사이 달러강세로 감소분의 일부는 상쇄됐다.

2015년 1사분기 투자액을 지역별로 보면, 유럽은 전년도에 비해 29% 하락했고, 중국(-23%), 브라질(-62%), 미국을 제외한 나머지 아메리카대륙(-18%) 역시 하락했다(미국은 46% 증가). 일본(-3%)과 나머지 아시아-오세아니아지역(-42%) 역시 하락했는데, 인도는 예외적으로 전년도와 비교했을 때 투자액이 59% 증가했다. 가장 높은 실적을 보인 곳은 남아프리카공화국으로, 2014년 1사분기 투자액은 거의 제로에 가까웠지만, 2015년 1사분기에는 투자액이 31억달러로 치솟았다. 남아프리카공화국 입찰과정에서 체결된 태양광, 집광형태양열, 풍력 프로젝트로 자금이 흘러들어갔기 때문이다.

모든 형태의 투자는 전년도 1사분기에 비해 낮았지만, 전년보다 11% 증가한 203억달러의 투자액을 기록한 소규모분산형 용량(주로 지붕형 태양광발전)만은 예외였다. 분야별로 보면, 2015년 1사분기 투자액은 2014년 1사분기와 비교했을 때 태양광(7% 늘어난 318억달러)과 바이오매스 및 폐기물 에너지(94% 늘어난 17억달러)의 경우 늘어났다. 하지만 풍력(-30%; 151억달러)과 바이오연료(-64%; 4.47억달러)의 경우는 감소했다.

이런 감소세에도 불구하고 수치를 보면 저유가 상황이 재생에너지 투자에 큰 영향을 미치지 못했음을 보여준다.



Collective behaviour and nest architecture of **SOCIAL INSECTS**, like bees, can inspire **innovative policy design** for future energy systems. While individual social insects exhibit relatively simple behaviours, collectively, the colony can address complex issues. Future energy systems will be based on renewables which often can be both distributed and decentralised. Policy design will need to adapt to changing conditions, integrating the different specificities of the renewables, the changing energy demands and the behaviour patterns of a wide variety of players.

04



04 정책지형

재생에너지기술은 [각국이 설정한] 목표와 정책에 힘입어 주류에너지원이 되었다. 대부분의 국가들은 기후변화를 완화하고 수입연료 의존도를 낮추며, 유연하고 복원력있는 에너지시스템을 개발하고, 경제적 기회를 창출해야 할 필요성 때문에 발전, 냉난방, 수송부문에서 재생에너지 관련 정책들을 펼쳐왔다.

2015년 초를 기준으로 재생에너지 지원정책은 145개국에서 확인할 수 있다. 2014년의 138개국보다 늘어난 것이며, GSR 2005에서 보고했던 15개국보다 9배 이상 늘어난 수치다. 대다수의 국가들은 이미 일종의 재생에너지 지원정책을 채택했기 때문에 최근 신규정책 채택은 둔화되었다. 정책입안가들은 기존의 정책들을 급변하는 비용과 환경에 맞게 적응시키는데 관심을 모으고 있다. 최근 흐름으로는 다양한 정책메커니즘 요소들의 혼합, 전기, 난방, 수송부문간의 지원연계확대, 큰 비중의 재생에너지를 에너지믹스에 포함시킬 수 있는 혁신적인 기제의 개발 등이 있다.

재생에너지활성화 전략은 광역적인 수준에서도 꾸준히 진화 및 확대되어 왔다. 2014년 유럽연합은 2020년 이후 에너지부문을 관장하는 신규규정을 만들고, 2030년까지 재생에너지의 비중을 27%까지 도달하는 광역규모의 목표를 설정했다. 역시 2014년, 아랍연맹과 그 22개 회원국들은 아랍재생에너지프레임워크의 채택과 함께, 재생에너지의 발전과 전개를 위한 광역적인 틀을 짜는 (유럽연합과 카리브해공동체 같은) 광역규모의 시도에 합류했다. 아랍재생에너지프레임워크는 2013년 채택된, 재생에너지적용개발을 위한 범아랍 전략:2010-2030을 발판으로 삼고 있다.

2015년 초를 기준으로 재생에너지 보급과 관련된 목표는 2014년 144개국보다 많은 164개국에서 확인되었다. 재생에너지 보급과 관련하여 경제전분야에 걸쳐서 재생에너지 목표치를 설정한 국가도 있지만, 목표치의 대다수는 (전력, 냉난방, 수송 등) 특정부문에 집중되어 있다. 2014년 이후 시스템 전반에 목표치를 새로 설정하거나 개정한 사례로는 프랑스(2030년까지 최종에너지소비의 32%를 재생에너지로 충당하는 목표)와 우크라이나(2020년까지 국가에너지믹스의 11%를 재생에너지로 충당하는 목표)가 있다.

많은 목표치들이 특정한 정책메커니즘이나 조달프레임워크를 확립하는 과정에서 제시되고 있다. 가령 미국에서 주 수준의 재생에너지 의무할당정책은 재생에너지 전력(혹은 용량)이 일정한 비중에 도달해야 한다고 규정하고 있다. 전 세계적으로

각광받고 있는 재생에너지 입찰메커니즘은 조달과정에서 용량목표를 정하고 있다. 이 절에서는 의무규정, 인센티브, 능력부여 메커니즘 등 2014년과 2015년 초에 전력, 냉난방, 수송 분야에서 추가되거나 개정된 다양한 정책들을 조명한다. 때로 여러 가지 정책들이 결합해서 이행되긴 하지만, 각각의 정책메커니즘과 관련된 진전들은 독립적으로 서술된다. 이 절에서는 특정정책메커니즘의 유효성에 대한 평가나 분석은 시도하지 않는다.

□ 전력생산

정책입안가들은 예나 지금이나 발전용 재생에너지 활성화 정책에 관심이 많다. 전력부문의 목표치는 재생에너지에 대한 지원의 가장 일반적인 지표이다. 이 절에서 다루는 목표치들은 에너지정책프레임워크, 국가에너지계획문서, 국가원수의 공식적인 선언 등 다양한 방식으로 정해졌다.

몇몇 국가들이 전력생산목표치를 추가하거나 개정했다. 일본과 니카라과는 새로운 목표치(비중)를 추가했다. 2014년에 발표된 일본의 제4차 기본에너지계획은 2020년까지 국가 전력의 13.5%(2030년까지 20%)를 달성하는 목표를 채택하였다. 니카라과의 신규 발전확대계획은 2027년까지 재생에너지 전력 보급비중을 90%로 잡았다. 또한 볼리비아와 싱가포르는 새로운 재생에너지기술용량 목표치를 추가했다. 볼리비아는 향후 10년간 태양, 풍력, 지열, 바이오 발전용량을 추가로 160MW 개발한다는 목표를 수립했고, 싱가포르는 2020년까지 태양광 350MW 보급하는 목표를 수립했다.

기존의 목표를 개정하거나 확장시킨 국가 혹은 그에 준하는 행정단위는 7개였다. 알제리는 에너지계획을 개정하여 2030년까지 새로운 재생에너지 목표들을 채택했다. 중국은 2015년 초 기준 2017년까지 풍력 150GW, 태양광 70GW(35GW는 유틸리티규모, 35GW는 분산형), 수력 330GW를 보급한다는 목표를 수립했다. 또한 2015년 한 해 동안 태양광 17.8GW를 설치한다는 계획을 세웠다. 인도는 2022년까지 재생에너지용량을 170GW까지 보급하는 목표를 수립했고, 2022년까지의 태양광발전 목표치를 100GW로 확대하였는데, 기존 목표보다 5배 더 많은 양이다. 또한 수력발전 목표치가 들어있는 국가 소수력계획을 선포했다. 세인트루시아섬은 2020년까지 재생에너지 전력 목표치를 20%에서 35%로 상향조정했다. 터키는 기존의 풍력에너지 목표치(20GW)에 바이오매스(1GW), 지열(1GW), 수력(34GW), 태양광(5GW)의 누적용량 목표치를 추가했다. 모든 목표는 2023년까지 달성하도록 되어 있다. 국가 하부 수준에서는 두바이 에미리트가 2030년까

지 재생에너지 전력 목표를 5%에서 15%로 상향조정했다. 다른 국가들도 목표치를 상향조정했지만, 사우디아라비아는 목표치를 낮추어 2032년부터 2040년까지 8년간 태양발전에서 전력의 33%를 충당하기로 했다.

FIT정책은 오랫동안 전 세계적으로 재생에너지 지원정책 중에서 가장 인기가 있었다. 2015년 초를 기준으로 FIT정책은 국가수준에서는 73개국에서 시행되고 있었고, 호주, 캐나다, 중국, 인도, 미국의 35개주/지방에서 시행되고 있었다. FIT는 변화하는 시장조건과 정책우선순위에 따라 꾸준히 조정되었다. FIT에서 지원금이 (다소 역진적으로) 하향조정 되었고, 일부 제도설계에는 다른 정책유형(가령 경쟁입찰이나 소내소비)의 요소들을 통합시켰다.

FIT 관련된 동향과 진전은 소득집단과 지역에 따라 다르다. 아프리카의 국가들은 재생에너지 보급을 활성화시키기 위해 갈수록 FIT에 의존하는 추세다. 10년 전 아프리카에서 FIT를 시행하는 나라는 알제리뿐이었지만, 2015년 초를 기준으로 8개의 국가가 이 정책을 시행하고 있다. 이집트는 2014년에 새로 FIT를 도입한 유일한 나라였다. 이집트는 태양발전(태양광발전과 집광형태양열발전)의 경우(5개 범주로 구분되고 최고용량은 50MW인) 설비규모를 기준으로 지급액을 다르게 하는 방식을 채택했고, 풍력발전에 대해서는 총생산시간을 가지고 지급액을 결정하는 방식을 따른다. 그 외 알제리의 경우 발전차액지원프로그램을 개정하여 풍력과 태양광발전 프로젝트의 보급에 대해 추가적인 지원을 제공한다. 2015년 기준 신규 FIT정책이 감비아, 세네갈, 짐바브웨에서 논의 중이다.

아시아는 2014년에 카자흐스탄에서 FIT제도가 발효되었고, 몇몇 다른 아시아 국가들은 기존 정책을 개정했다. 중국(소규모 분산형 태양광발전과 해상풍력)과 베트남(폐기물에너지) 두 나라에서는 기존의 발전차액지원프로그램이 신기술을 포함하는 방식으로 확대되었다. 중국(육상풍력 요금 축소)과 필리핀(수력, 바이오매스, 풍력, 태양발전 요금 축소)에서는 낮은 신규요금이 도입되었다. 일본은 FIT에 들어가는 재정을 마련하기 위해 전기요금고지서에 포함되는 소비자 추가요금을 두 배로 늘렸고, 자격요구사항을 개정하겠다는 의향을 밝혔으며, 태양광발전에 대한 보조금을 축소했다(2015년 4월부터 시작). 말레이시아 FIT는 새로운 지역을 포괄하는 방향으로 확장되었고, 2014년 초 누감요금이 하향조정 되었다가 하반기에 다시 증가했다. 2015년 초, 인도는 투자 및 태양광발전 규모를 확대하려는 노력의 일환으로 FIT에 우호적인 입찰 제도 폐기를 검토 중이다.

라틴아메리카와 카리브해지역의 많은 나라들이 FIT정책을 시행하고 있다. 미국령 버진아일랜드는 규모 10-500kW의 태양광 발전시스템을 지원하기 위해 신규

FIT를 채택했다. FIT와 입찰을 기초로 한 혼합형메커니즘을 이용하고 있는 코스타리카는 2014년 FIT를 개정했고, 2015년 초 태양광 발전시스템에 대한 발전차액지원요금을 승인했다. 코스타리카는 20MW 이하의 독립발전생산자가 운영하는 발전소 뿐만 아니라, 1MW 규모 이하의 자가설비에서 전력망으로 내보낸 잉여전력에 대해 차별화된 금액을 지불한다.

북미에서는 FIT정책이 국가 하부 수준에서만 나타나고 있다. 미국에서는 2년 연속으로 FIT정책을 새롭게 추가한 주가 한 곳도 없었고, FIT정책을 시행하는 주는 5개주로 유지되었다. 캐나다의 경우 온타리오 주가 발전차액지원프로그램의 3차 적용시기를 완료하긴 했지만, 2014년에 FIT제도를 추가한 지역은 한 곳도 없었다.

(FIT 메커니즘을 진전시키는데 가장 중요한 역할을 하고 있는) 유럽 국가들은 기존정책을 개정하는 최근의 흐름을 이어가고 있다. 하지만 유럽연합집행위원회의 지침에 따라 FIT제도에서 멀어지는 움직임이 공식화되고 있다. 2014년에 발표된 유럽연합집행위원회 국고보조 가이드라인은 2015~2016년 신규재생에너지 프로젝트에 대한 지원은 입찰을 이용하여 할당하고, 2017년부터 모든 신규프로젝트 지원은 재생에너지 입찰을 통해 할당하라고 지시하고 있다.

한편 유럽국가들은 대부분 기존 FIT제도를 개정했다. 덴마크와 폴란드는 소규모 풍력프로젝트(덴마크는 25kW 이하, 폴란드는 10kW 이하)의 발전을 지원하기 위해 새로운 요금을 만들었다. 2013년 프랑스의 발전차액지원정책 프로그램이 불법적인 국고보조라고 판결한 유럽연합집행위원회의 결정에 따라 프랑스는 규정에 맞게 FIT를 개정했다. 그 결과 과거에 유예되었던 풍력 보조금을 다시 지급할 수 있게 되었다.

2014년에는 (불가리아, 독일, 그리스, 이탈리아, 스위스 등) 많은 유럽국가들이 국가수준에서 FIT요금을 삭감했는데, 대부분의 삭감은 주로 태양광발전과 풍력 발전에 집중되었다. 그리스와 스페인 등과 같이 이런 개정을 소급적용 시키는 경우가 조금씩 늘고 있다. 몰타는 계절에 따라 조정되는 태양광발전 FIT요금을 새로 승인했고, 러시아는 국내부품사용요건을 시행하고 있는데, 줄어든 요금에는 국내부품사용요건(70%)이 적용되지 않는다. 국가 하위 수준에서는 크림반도에서 FIT요금이 줄어들었다.

독일, 이탈리아, 스위스 등 일부 유럽국가에서는 누감 메커니즘이 시행되고 있다. 영국에서는 2015년 1월을 기준으로 모든 신규재생에너지 발전설비에 대해 최소누감을 3.5%가 적용되었다(설비총량은 더 높은 자동적인 감축율을 작동시키지 못했다).

정책지도

그림 28. 재생에너지정책과 목표치가 있는 국가들, 2015년 초.

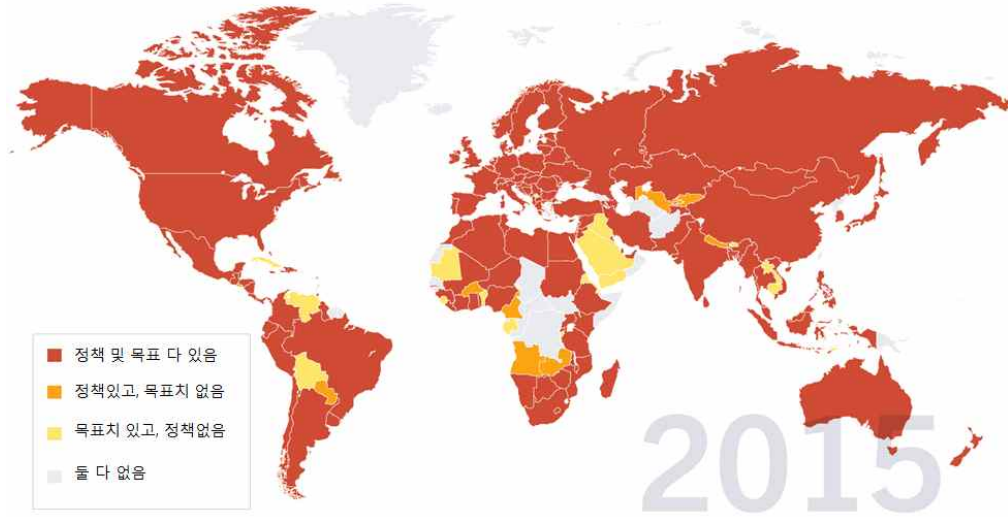
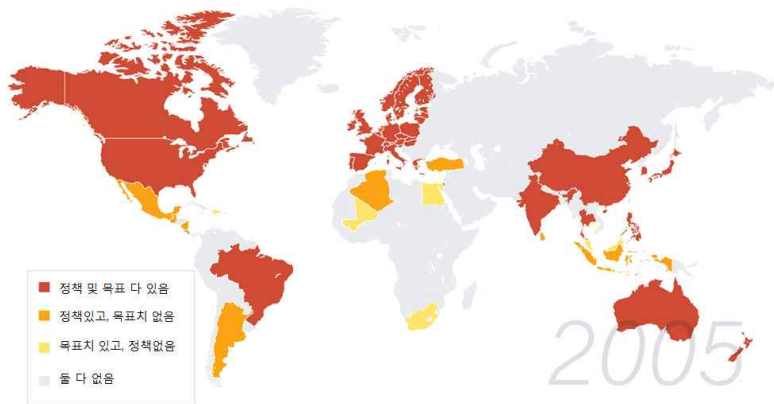
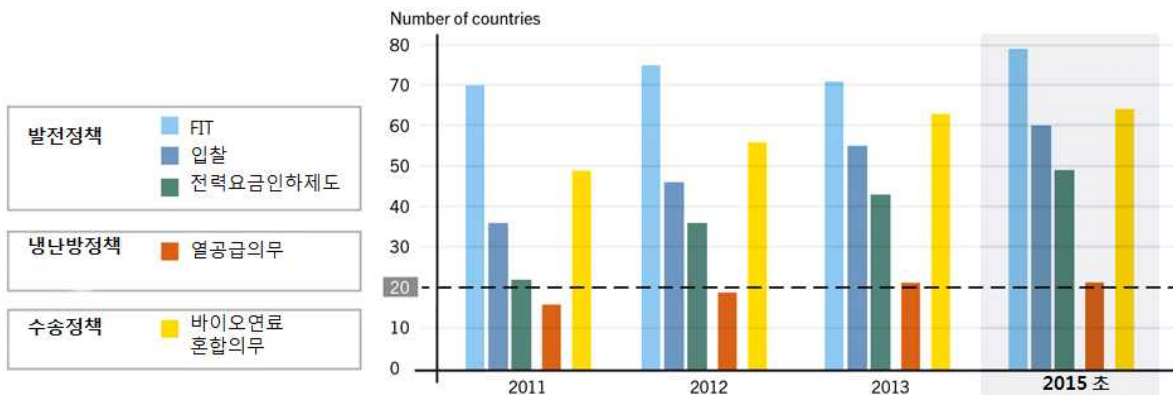


그림 29. 재생에너지정책과 목표치가 있는 국가들, 2005년.



164개
국가에서
재생에너지
목표확인
(2015년초)

그림 30. 재생에너지정책이 있는 국가의 수, 유형별, 2011년~2015년 초.



사이드바 6. 경쟁입찰/입찰: 정책설계의 추세

1980년대와 1990년대에 북미와 유럽에서 시작된 경쟁입찰 혹은 입찰은 수십년간 재생에너지 전력을 마련하고 인센티브를 부여하기 위해 사용되었다. 최근 몇 년간에는 세계 모든 지역으로 경쟁입찰이 확산되었다.

경쟁입찰을 설계하는 데는 참여의 요구조건을 어떻게 설정할 것인가, 가격을 기준으로 입찰가를 판정할 것인가 아니면 다른 요인을 사용할 것인가, 얼마나 많은 승자를 둘 것인가, 실제로 무엇을 수여할 것인가(즉, 장기적인 인센티브를 줄 것인가 아니면 장기적인 계약협상을 할 수 있는 권리를 줄 것인가) 등과 관련한 다양한 선택지가 존재한다. 이를 비롯한 여러 설계 선택지들은 극적으로 다른 결과로 이어질 수 있다.

최근 몇 년간 가장 규모가 큰 경쟁조달 중 몇몇은 신흥경제국(인도, 러시아, 남아프리카공화국)에서 나타났는데, 최근의 활동들은 라틴아메리카에 크게 집중되어 있다. 아르헨티나, 브라질, 칠레, 페루는 2007년부터 입찰을 통해 1만3천여MW의 용량에 대한 계약을 체결했고, 우루과이는 경쟁입찰을 이용하여 2012년 40MW인 풍력 발전용량을 2015년까지 1GW로 늘릴 계획이다. 중앙아메리카에서는 엘살바도르, 과테말라, 온두라스, 파나마가 각각 2014년에 재생에너지에 대한 입찰을 발표했다.

라틴아메리카 등의 지역에서 최근 입찰과 관련하여 주목할 만한 흐름은 재생에너지계약가격, 그 중에서도 특히 태양광 발전단가가 크게 줄어든 것이다. 브라질에서 최근 이루어진 태양광발전입찰에서는 890MW의 용량에 대해 0.087달러/kWh의 평균입찰가격으로 계약을 체결했다. 두바이에서는 2014년 11월에 태양광발전 100MW에 대한 한 입찰이 0.06달러/kWh라는 낮은 입찰가를 받았다. 파나마는 태양광발전 172MW에 대해 평균 0.088달러/kWh라는 가격으로 계약을 체결했지만, 파나마의 도매시장 현물가격은 2014년에 0.30달러이상으로 치솟았다.

최근 일부 국가에서 태양광발전 계약가격이 낮게 책정되면서 이 가격으로 과연 해당 프로젝트의 미래를 보장할 수 있는지를 둘러싼 의문이 제기되고 있다. 정책입안자들이 고려해야 할 이슈는 최근에 체결된 계약 중 실제 프로젝트의 건설로 이어지는 것이 몇 개인지다. 경쟁입찰은 재생에너지 비용을 하락시키는 압력을 행사할 수 있다. 하지만 투기적인 행동이나 경험이 없는 입찰자들 때문에 가격이 비현실적으로 낮아질 경우, 이는 높은 수준의 계약실패로 이어질 수도 있다. 이런 위험을 낮추려면 세밀한 설계가 필요하다.

경쟁입찰이 전 세계적으로 꾸준히 확산되면서, 입찰이 다른 정책프레임워크와 어떻게 교차하는지가 중요한 문제가 되었다. 2000년대 초 이후, FIT와 단기적인 인증서거래 같은 다른 정책형태들과 입찰의 상대적인 장점을 둘러싼 논쟁이 있었다. 남아프리카공화국에서는 입찰이 주요한 재생에너지조달 메커니즘으로 FIT를 대신하게 되었고, 중국과 아일랜드는 FIT가 입찰을 대신하게 되었다.

요즘에는 정책입안가들이 FIT와 경쟁입찰을 결합하여 보급하고 있다. 일부 행정단위에서는 입찰과 FIT가 다양한 시장부문을 지원하기 위해 병렬적으로 전개되었다. 프랑스와 대만에서는 소규모 태양광 발전시스템 지원에 FIT를 사용하고, 대규모 시스템 지원에는 입찰을 사용한다. 우간다에서는 입찰은 태양광 발전을 지원하고, FIT제도는 다른 에너지를 지원하는데 사용된다.

FIT제도와 경쟁입찰 설계의 일부를 섞어 혼합형 정책을 사용하는 행정단위들도 있다. 경쟁입찰의 결과를 가지고 FIT요금을 정할 수도 있다. 이런 결합형 정책들은 정책입안가들에게 더 큰 유연성을 보장해주었지만, 진행과정에서 전통적인 라벨을 사용하는 정책 형태들을 구분하기가 어려워질 수도 있다.

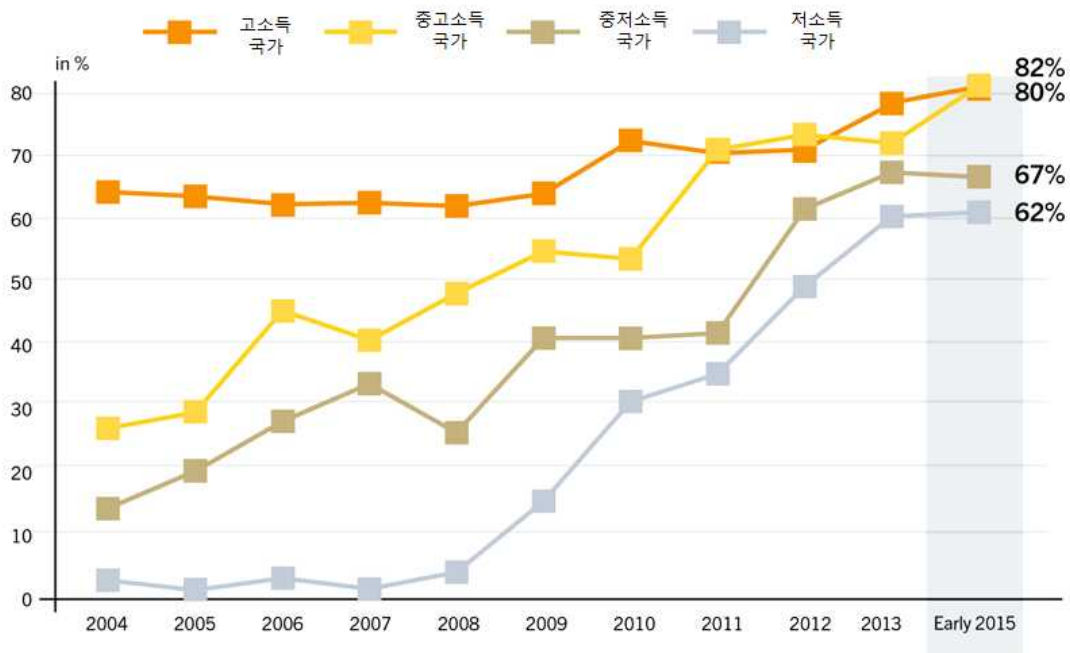
재생에너지입찰은 갈수록 많은 나라들이 채택하고 있다. 2015년 초를 기준으로 기술중립적 단일기술 재생에너지 입찰을 보유한 나라는 60개국이다. 요르단, 러시아, 우간다는 2014년에 다중기술 입찰을 사용했고, 아르헨티나, 이집트, 인도, 모로코, 르완다 등의 국가들은 단일기술 입찰을 사용했다. 브라질과 남아프리카공화국 같은 나라들은 다중기술입찰과 단일기술입찰을 모두 사용했다.

다중기술입찰의 구체적인 형태로는 요르단이 최초의 재생에너지 입찰에서 12개의 태양광 발전프로젝트와 2개의 풍력프로젝트를 할당한 것과, 우간다가 세 번째 입찰을 통해 수력, 바이오매스, 버개스 발전프로젝트 개발자를 선정한 것을 들 수 있다. 단일기술입찰 사례는 아르헨티나(2015년 초 지열입찰 시작), 인도(입찰을 이용하여 국가수준에서 태양광발전부문을 발전시키고 6개주에서 태양광발전 입찰 시행), 르완다(태양광발전 경매 시행) 등이 있다. 북아프리카에서는 이집트와 모로코 모두 풍력 경매를 진행했다. 국가하위수준에서는 호주수도특별지역에서 대규모 풍력발전에 대한 입찰을 진행했다. 2015년 초에 채택된 폴란드의

신규 재생에너지 법은 기존의 녹색인증서거래 제도를 대체하기 위해 새로운 입찰 제도를 만들었다.

정책입안가들은 기존의 입찰 제도를 더 정교하게 만들기 위해 많은 수정을 했다. 유럽에서는 덴마크와 프랑스가 입찰설계에서 민간부문과 긴밀한 공조를 취하기 시작했다. 또한 정책입안가들이 입찰 운영과 관련한 신규 규정들을 이행하는 곳도 있다. 브라질은 입찰요구조건을 개정하여 모든 프로젝트 입찰 전에 전력망접근성을 확보하도록 했고, 중국은 입찰 결과에 대한 개입을 피하기 위해 투명성 메커니즘을 강화했다.

그림 31. 재생에너지정책을 보유한 국가의 비중, 소득집단별, 2004년~2015년 초



넷미터링 혹은 넷빌링 정책은 2015년 초를 기준으로 48개국에서 시행되었다. 2014년에 신규로 넷미터링을 채택한 국가는 콜롬비아, 코스타리카, 온두라스였다. 국가하위 수준에서는 두바이가 요르단에 이어 지붕형태양광발전에 대한 전력요금인하 프로그램을 만들었다. 전력요금인하 크레딧 이월분을 한시간(다른 나라들처럼 한 달이나 일 년이 아니라)으로 제한한 덴마크는 급속한 시장변화에 대응하기 위해 넷미터링을 개정했다.

그 외에도 많은 국가와 지역들이 기존의 넷미터링을 개정했다. 미국령 버진아일랜드는 넷미터링과 발전차액지원 규정 하에서 일정보다 빨리 태양광발전 15MW라는 용량한도를 달성하고 난 뒤 태양광 발전사업을 일시적으로 중단시켰다. 많

은 도서국들은 잉여전력에 소매가격을 매기는 관행에서 이탈하여 소매가격 이하를 매기기 시작했다. 가령 세이셸의 전력요금인하 프로그램은 잉여전력에 대체된 연료비용 88% 수준의 가격을 책정한다. 바베이도스와 세인트빈센트 그레나딘은 자체전력을 소비하고, 전력망에 전송된 전력에 대해서는 소매가격 이하의 보상을 받을 수 있는 정책을 도입했다. 하지만 양국에서 규모가 큰 시스템은 자체전력을 소비하지 못하며 생산된 모든 전기를 전력망에 팔아야 한다.

RPS는 유틸리티가 공급하는 재생에너지 발전용량 혹은 발전량에 의무비중을 설정한다. RPS는 전통적으로 REC 같은 이행메커니즘과 의무목표치가 포함되어 있다. 2015년 초를 기준으로 했을 때 국가수준에서 RPS를 시행하는 나라는 (중국, 이스라엘, 영국 등) 26개국이었고, 주/지방 차원에서는 벨기에(2), 캐나다(4), 인도(27개주와 7개 연방직할령), 미국(29개주, 컬럼비아 특별구, 두 개의 령) 등 72개 주/지방이 시행하고 있었다.

미국에서는 주 수준에서 재생에너지를 활성화하는 규제적인 방안으로 RPS를 선호해왔다. 주에 따라 내용은 크게 다르지만, 재생에너지로 전력의 33%를 발전하도록 규정한 캘리포니아는 미국에서 가장 높은 수준에 속한다. 2014년과 2015년 초 주 수준의 RPS 정책은 꾸준히 반대에 직면했고, 오하이오주는 미국에서 처음으로 2017년까지 RPS를 보류하기로 결정했다. 2015년 초 웨스트버지니아주는 RPS정책을 완전히 폐지한 최초의 주가 되었다. 콜로라도, 캔자스, 뉴멕시코, 오클라호마, 텍사스 같은 다른 주들 역시 RPS정책을 축소하거나 폐지하는 문제를 놓고 고민하고 있다.

2015년 초를 기준으로 전세계 약 126개국이 세금감면, 보조금, 저리대출 등 일정한 형태의 재정적인 지원정책을 채택했다. 2014년 동안 기존의 프로그램을 개정하거나 새로운 지원계획을 도입하는 사례가 줄을 이었다. 콜롬비아의 재생에너지법에는 수입관세면제, 부가세 면제, 가속상각, 소득세 공제 등 재생에너지를 촉진하기 위한 새로운 세금인센티브들이 많이 포함되었다. 말레이시아는 2014년에 태양광 패널에 대한 부가세를 삭제했고, 파키스탄은 태양광 패널 수입에 대해 수입관세와 일반판매세를 없앴다.

미국에서는 2015년 1월 1일 이전에 공사를 시작한 프로젝트에 대한 소급지원을 위해, (2013년 말에 종료된) 여러 재생에너지기술을 아우르는 생산세공제가 2014년 12월 2주간 한시적으로 재이행 되었다. 주 수준에서는 캘리포니아주가 더 많은 태양광발전으로 수요를 충족하기 위해 세금환불 시스템을 개정했다. 개정된 인센티브는 남향 대신 서향시스템 설치에 대해 15% 더 많은 환불을 해준다.

전통적인 지원메커니즘 외에도 (2014년에 시작된 뉴욕그린뱅크나, 영국에서 시작된 그린뱅크들 같은) 그린뱅크와 녹색채권 같은 혁신적인 제도는 정책입안가들의 지지를 받고 있다.

몇몇 중앙 및 주정부들은 재생에너지 전력부문으로 재정지원을 확대했지만, 2014년에 인센티브를 축소한 지역도 있다. 가령 우크라이나는 재생에너지 전력을 판매하는 기업에 대한 소득세 감면을 철회했다. 미국에서는 플로리다주의 규제자들이 태양광발전 세금할인프로그램을 2015년 말에 중단하도록 허용하는 조치에 들어갔다.

갈수록 많은 나라에서 재생에너지 전력에 요금 혹은 수수료를 책정하고 있다. 이런 수수료는 다양한 형태를 취하며, (유틸리티의 고정비용 등) 다양한 비용을 만회하는데 사용된다. 최근에는 (체코공화국, 그리스, 스페인 등) 일부 국가들이 재생에너지를 통해 생산된 전력에 대한 세금이나 전력망연결 요금을 만들었다 (자체소비용과 전력망에 되팔기 위한 전력 등). 불가리아는 태양광발전과 풍력발전을 통한 전력생산에서 발생한 소득에 대해 20%의 세금을 책정했다(이후 대법원은 이 세금이 위헌이라고 판단해서 이를 뒤집었다). 독일은 FIT 추가요금을 확대하여 10kW 이상의 태양광발전 설비에서 생산되는 소내소비 전력에 적용하였고, 이탈리아는 태양광발전에서 생산되는 자체소비 전력에 5%의 요금을 부과했다.

남북아메리카에서는 코스타리카가 재생에너지시스템의 전력망 상호연결에 대한 요금을 부과했다. 2015년 초를 기준으로 미국 8개주는 신규 및 기존 태양광발전 시스템에 요금을 부과하고, 11개의 주는 이에 대해 논의중이다.

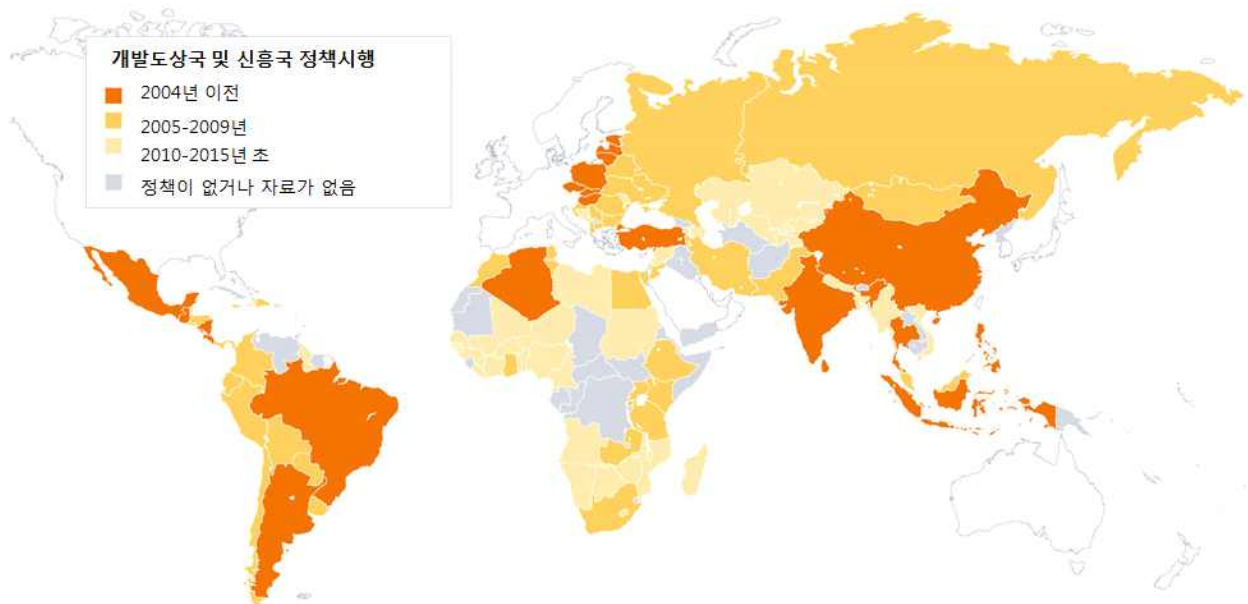
일부국가들은 자국의 제조업체들을 보호하려는 노력에서 재생에너지 수입부품에 대한 수수료를 만들기도 했다. 태양광 부품을 둘러싼 미국과 중국의 분쟁이 지속되었고, 2015년 1월, 미국은 중국과 대만에서 수입한 태양모듈이나 셀에 대한 91% 관세를 만들었다. 한편 중국은 유럽연합의 폴리실리콘에 대해 42%의 반덤핑관세를 부과했다. 2014년 미국은 인도의 국내부품사용요건에 대해 세계무역기구에서 공식적인 반격을 시작했고, 2015년 초 캐나다는 수입된 중국산 태양설비에 대해 관세를 부과했다.

국제무역을 둘러싼 여러 논쟁들에도 불구하고, 2014년에는 몇 가지 합의에 도달했다. 가령 미국과 인도는 재생에너지개발 규모를 키우기 위한 양자계약에 합의했고, 미국이 인도의 재생에너지와 기후목표를 지원하기 위해 20억달러를 지출하기로 약속했다. 게다가 미국과 중국은 무수한 청정에너지활성화 조항을 포함

하는 상호적인 기후변화 퇴치 노력에 대한 합의에 도달했다.

재생에너지가 전력믹스에서 상당한 비중을 차지하게 되면서, 프로젝트 개발을 단순화하고 관련된 소프트비용(비하드웨어)을 낮추는 동시에, [전력망] 통합 문제를 완화하기 위한 노력이 정책제도에 포함되고 있다. 영국은 상업용 부동산에 설치되는 태양열난방시스템과 지붕태양광발전에 대한 요구조건을 개정하여, 1MW 규모 이하의 프로젝트에 대해서는 허가요건을 면제해주기로 했다. 주 수준에서는 캘리포니아가 태양광발전 프로젝트에 대한 허가과 검토 과정을 단순화했다.

그림 32. 재생에너지정책을 두고 있는 개도국과 신흥경제국, 2004년, 2009년, 2015년 초



에너지저장용량을 늘리고 전력망 인프라를 현대화하기 위한 전통적인 메커니즘이 사용되고 있다. 케냐는 태양전력을 저장하는데 사용되는 일부 충전기에 대해 부가세를 면제해주고, 일본은 에너지저장개발을 위한 인센티브에 7억달러를 지출하기로 했다. 반면 파키스탄은 태양충전지 수입에 대해 수입관세와 세금을 부과했다.

미국에서는 국가하위 수준에서 일부 주가 신규전력망 및 저장 인프라 프로젝트를 적극적으로 추진하고 있다. 캘리포니아는 에너지저장규정을 충족시키기 위해 경쟁입찰을 통해 264MW 저장용량에 대한 계약을 체결했다. 2014년에는 하와이 역시 전력망 네트워크를 강화하기 위한 조치를 만들어서, 전력망 운영자들이 태

양광발전의 상호접속과정을 개선하고, 수요대응 프로그램에 투자하도록 요구했다. 매사추세츠주는 유틸리티들에게 향후 10년간 전력망을 현대화하라고 명령했고, 복원력이 높은 에너지 인프라를 개발하기 위한 여러 프로젝트(충전기 저장과 초소형 전력망 등)에 1,800만달러를 지원하겠다고 약속했다. 뉴저지주는 13개의 에너지저장프로젝트에 300만달러를 지급하기로 했다.

□ 냉난방

재생에너지냉난방기술들은 국가에너지시스템에서 중요한 역할을 할 수 있는 잠재력이 있음에도, 정책입안가들은 관심이 높지 않다. 하지만 상황이 조금씩 바뀌고 있다.

재생에너지난방기술은 냉방 기술보다 더 많은 정책적 관심을 받았다. 난방기술 중에서도 태양열(주로 태양열온수기)이 공공정책의 큰 관심을 받았다. 오스트리아, 덴마크, 독일, 인도, 멕시코, 태국, 튀니지 모두 유틸리티규모나 산업적인 재생에너지 열을 지원하는 인센티브 제도를 두는 등 산업용 열에 대한 관심이 증대하였지만, 국가정책은 가정용과 상업용 건물에 초점을 맞추고 있다. 공공자금 조달 메커니즘들이 정책입안가들로부터 가장 많은 관심을 받았고, 전력부문도 마찬가지로 정책입안가들은 목표치와 요금설정, 인센티브 정책, 규제적인 규정, 공공자금조달 메커니즘을 섞어서 재생에너지 냉난방을 활성화했다.

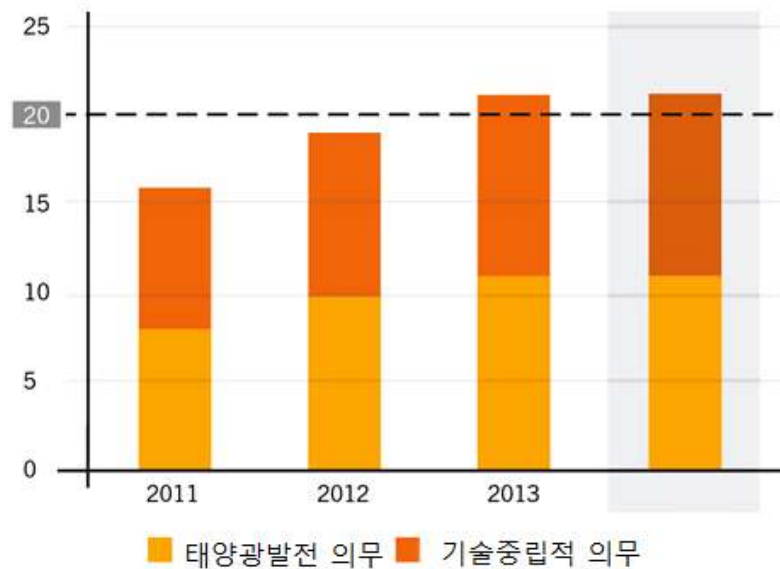
재생에너지 냉난방 목표치는 유럽에 국한되어 있지만, 2015년 초를 기준으로 전 세계 약 45개국이 목표치를 설정하였다(2014년에 추가된 신규 목표치는 없었다). 국가 하위 수준에서는 독일의 바덴뷔르템베르크주가 열 목표치를 개정하여, (2010년 이후 발효된) 가정용 건물에 대한 RHO(Renewable Heat Obligation) 규정을 10%에서 15%로 상승시켰다.

전통적으로 목표치들은 재생에너지기술로 충족되는 총 냉난방수요의 구체적인 비중을 설정하거나, 특정한 용량 혹은 재생에너지 난방시스템의 설치에 중점을 두었다. 유럽에서는 유럽연합과 에너지공동체회원국의 목표치 대부분이 각국의 국가재생에너지실천계획을 통해 도입되었다.

종종 건물규정에 포함되기도 하는 재생에너지 냉난방활성화 규정들은 지방정부 수준과 비교했을 때 국가 수준에서는 상대적으로 늦게 도입되었다. 정책입안가들은 일반적으로 두 가지 다른 형태의 규정들을 채택해왔다. 하나는 국가나 주/지방 수준에서 11개국에서 시행되어 온 태양발전의무규정이고, 다른 하나는 2015년 초를 기준으로 10개국에서 시행되고 있는 기술중립적인 재생에너지열 규

정이다.

그림 33. 재생에너지냉난방규정을 두고 있는 국가의 수, 유형별, 2011년~2015년 초



남아프리카공화국은 2014년에 유일하게 새로운 규정을 만들었다. 이 규정(2011년에 처음으로 시행되었지만, 2014년 9월까지 효력이 없었던)은 신규 및 보수 건물의 온수 중 최소 50%를 열 복원시스템 뿐만 아니라 태양, 지열, 바이오매스 난방 같은 재생에너지원으로 충당할 것을 요구하고 있다. 국가수준의 정책들은 대부분 유럽에 집중되어 있다. 유럽은 건물에너지성능지침을 통해 RHO 규정들이 시행되었다(지침의 건물효율성 규정을 이행하기 위해).

그리스, 요르단, 케냐, 우루과이 등 많은 재생에너지 냉난방 규정들은 태양열온수에 중점을 둔다. 하지만 그리스를 제외한 유럽 대부분의 규정들은 (프랑스, 독일, 아일랜드 등과 같이) 일반적으로 기술중립적인 입장에서 전반적인 재생에너지 열 기술을 지원한다.

2014년에는 기존의 규정들이 대체로 바뀌지 않았지만, 미국의 몇몇 주정부들이 RHO 규정을 전기사업에 포함하기 시작했다. 매사추세츠주는 향후 RPS 제도 하에서 크레딧을 받기 위해서는 RHO 규정을 충족해야 한다(미국 주정부중에서 콜롬비아 특별구, 메릴랜드, 뉴햄프셔, 노스캐롤라이나 다음).

열 부문에서는 제한된 수의 성능기반 정책메커니즘이 채택되어 사용되었다. 2014년 영국은 기존의 비가정용 제도를 보완하기 위해 (생산량을 기준으로 지불

금을 제공하는 장기적인 인센티브 프로그램인) 가정용 재생에너지난방 인센티브를 지급하기 시작했다. 단일한 가정용 건물에서 사용하는 태양열온수기, 바이오매스 보일러와 스토브, 지열 원 및 공기열원 열펌프에서 발생된 열에 대해 지불금을 지급한다. 2014년에는 기존의 재생에너지난방 인센티브 제도에서 지불하는 요금이 증가하기도 했다.

2014년에도 금전적인 인센티브는 재생에너지난방 시스템 정책 중에서 가장 널리 시행되었다. 이 메커니즘은 일반적으로 보조금, 소프트론, 혹은 세금인센티브를 통해 투자비용을 낮추는데 도움을 준다. 2014년에는 4개국(알제리, 칠레, 루마니아, 슬로베니아)이 이전에 만료된 인센티브 제도를 재도입했다. 알제리는 시스템 비용의 35%까지 지원하는 보조금을 통해 태양열온수기를 활성화하고 있다. 칠레는 가정용 태양열시스템에 대한 세금공제를 재 시행했고, 이를 확장시켜 사회적 주택개발까지 포함시켰다. 루마니아는 태양열 시스템과 바이오매스 시스템을 보급하는데 보조금을 제공하는 Casa Verde 프로그램을 다시 시작했다. 슬로베니아는 태양열시스템과 화목보일러에 지원금과 저금리 대출을 꾸준히 제공하기 위해 환경공공펀드를 확대했다.

기존의 금전적 인센티브를 개정하기도 했다. 체코공화국, 인도, 케냐는 인센티브를 강화했다. 체코공화국은 낮은 수준의 재정지원과 상대적으로 높은 행정부담에 대한 민간의 우려 속에 Green Savings 프로그램으로 제2차 금융지원에 들어갔다. 인도는 태양열시스템 제조에 사용되는 부품들에 대해 소비세와 수입세를 감면해주기 위해, 태양발전 부품에 대한 관세면제규정(14~21%)을 개정했다. 케냐는 기존 관세규정을 개정하여 태양열온수기에 대한 부가세를 없앴다. 반면 남아프리카공화국과 이탈리아는 기존의 인센티브를 축소했다. 남아프리카공화국은 수입한 태양열온수기에 대한 모든 지원을 없애고, 고압시스템에 대한 환불을 70%까지 국내 부품으로 제한시켰다. 이탈리아는 Conto Termico 인센티브 제도에 대한 보조금 상한선을 설정하여, 이 프로그램의 보조금을 투자비용의 65%로 제한했다.

미국에서는 매사추세츠주가 상업용 태양열온수기 시스템에 제공하는 최대 환불액을 두 배로 올리고 가정용시스템과 공공 혹은 비영리 투자자에 대한 인센티브를 늘렸다. 또한 미네소타주는 가정용 및 상업용 태양열온수기에 대한 환불프로그램(10년간)을 실시했고, 뉴욕주는 2015년에 고효율, 저배출 화목난방시스템을 설치하는 가정용 및 상업용 소비자에 대한 2,700만달러의 환불기금을 만들었다. 정책입안가들은 또한 재생에너지 열을 에너지허가 및 계획 과정에 더욱 폭넓게

통합시키기 시작했다. 가령 스코틀랜드는 2014년에 국내 재생에너지 열 시장의 규모를 확장시키기 위한 몇 가지 규정을 만들었다. 재생에너지 열 기술 절차를 간소화하기 위해 스코틀랜드는 지역난방시스템의 계획과 허가를 관장하는 새로운 조항들을 만들었고, 열 수요와 공급 그리고 연결 시스템을 알기 쉽게 보여주는 재생에너지 열 지도를 가지고 교육을 진행했다.

사이드바 7. 건물과 지역난방네트워크를 위한 통합형 재생에너지 냉난방정책 현대적인 재생에너지로 충족되는 냉난방 부하는 8%밖에 안되지만, 열에너지는 전 세계 에너지 사용량의 약 50%를 차지한다. 에너지안보, 온실가스배출저감, 경제발전이라는 목표를 달성하기 위해서는 재생에너지냉난방이 널리 확산될 필요가 있다. 재생에너지냉난방의 규모를 확대하기 위해서 각국 정부는 재생에너지냉난방을 스마트 지역난방네트워크 뿐만 아니라 신규 및 기존 건물에 통합시키는 혁신적이고 통합형 에너지정책을 개발하고 있다. 최근에는 에너지 및 기후와 관련된 더 넓은 목표에 재생에너지냉난방을 맞추기 위해 (인센티브, 의무규정, 건물 박람회, 계획이니셔티브 등) 몇몇 신규 정책들이 보급되기도 했다.

신규 및 기존 건물에서 재생에너지냉난방

(상오스트리아와 덴마크 같은) 일부 리더들을 제외하면, 대부분의 세계는 건물과 관련된 재생에너지냉난방 정책들의 필요를 간과해왔다. 이런 분위기가 변하기 시작했다. 가령 2012년 영국은 상업용 및 산업용 소비자들을 위해, 난방에 대한 최초의 포괄적인 성능기준 인센티브인 재생에너지난방인센티브를 개시했고, 2014년에 이 인센티브는 가정용 부문으로 확대되었다. 재생에너지난방인센티브는 생산된 재생에너지 열 단위에 대해 페니/kWh당 가정용, 상업용, 공공용, 산업용 소비자들에게 정해진 요금을 지급한다.

2008년 독일은 2020년까지 재생에너지냉난방 14% 달성이라는 법적으로 구속력있는 목표를 설정했다. 독일의 정책입안가들은 모든 신규건물 건축시 태양열온수기, 바이오매스, 지열원 열펌프, 기타 재생에너지냉난방기술 등 재생에너지냉난방시설을 넣도록 함으로써 이 목표를 달성하기 위해 노력하고 있다. 독일의 바덴뷔르템베르크주는 이 목표를 한층 더 심화시켜 기존의 가정용 건물이 중앙난방시스템을 교체할 때 열의 최소 10%를 재생에너지원으로 충당하도록 요구했다. 2015년 7월부터 바덴뷔르템베르크는 이 규정을 15%로 높일 것

이다. 2012년 케냐는 하루 1백리터 이상의 온수를 사용하는 모든 기존건물들이 5년 이내에 태양온수시스템을 설치하여 수요의 60%를 충당하도록 의무화하는 법률을 공포했는데, 이 규정은 모든 신규건물에도 적용된다.

이런 정책들이 건물에서 재생에너지냉난방의 사용을 직접적으로 장려해왔다면, 순제로에너지 건물의 건설을 활성화하기 위해 만들어진 정책들 역시 재생에너지냉난방을 지원하고 있다. 냉난방은 건물에서 가장 많은 에너지를 사용하는 부문이기 때문에 재생에너지냉난방기술은 순제로에너지 건물지위를 달성하는데 대단히 중요하다. 그 결과 순제로에너지 목표치와 의무규정 등의 프로그램들은 재생에너지냉난방을 실질적으로 추진하는 정책들로 기능하고 있다.

가령 유럽연합 건물에너지성능 지시문서(2002/91/EC, EPBD)에서는 유럽연합회원국들에게 2020년까지 모든 신규건축에 대해 제로에너지에 가까운 지위를 달성하도록 요구하고 있다. 미국에서는 캘리포니아주가 2020년까지는 가정용 건물, 2030년까지는 상업용 건물의 모든 신규건물을 순제로에너지 건물로 만들기 위한 탄탄한 계획과정을 진행하고 있다. 매사추세츠와 뉴욕 등 다른 미국의 주들은 순제로에너지개발의 잠재력을 알아보기 위해 각각 시범적인 건물 보조금과 건물간 경쟁을 시행하고 있다. 일본은 2020년까지는 모든 신규공공건물을, 2030년까지는 민간건물들을 순제로에너지 건물로 만드는 목표를 세우고 있다. 모든 경우에 정책입안가들과 건물소유주, 개발자와 설계자는 재생에너지냉난방 기술의 역할을 건물에너지목표를 달성하기 위한 통합형 에너지시스템의 일환으로 고려하고 있다.

재생에너지난방과 스마트지역에너지네트워크

역사적으로 기존 지역난방네트워크는 열을 일방적으로 최종사용자에게 분배하는 소수의 중앙집중식 대형 생산자들로 구성되었다. 반면 스마트난방네트워크는 많은 분산형 생산자들이 에너지를 공급망으로 되돌려보낼 수 있게 한다. 이는 열 네트워크에 더 큰 유연성과 신뢰성을 보장해준다. 또한 지역난방네트워크에서 재생에너지냉난방과 에너지효율성 기술을 더 많이 사용할 수 있게 해준다. 하지만 스마트지역 난방네트워크의 폭넓은 보급은 무수한 기술적 난관과 시장의 장벽에 가로막혀 있었고, 정책입안가들과 공급망 운영자들(특히 유럽에서)은 이제 막 이런 장벽과 난관들을 걷어내기 시작했다.

기존의 지역난방네트워크는 (고압시스템으로) 고온이나 중간온도 열을 사용하

여 소비자들에게 열을 공급해왔다. 이런 시스템들은 일반적으로 바이오매스, 열병합, 화석연료 보일러로 가동되기 때문에, 태양온수나 고급형 열펌프 같은 저온 재생에너지냉난방기술의 폭넓은 통합을 저해해왔다.

이런 기술적인 난관을 해결하기 위해 지역난방공급자들과 에너지계획가들은 저온지역 난방공급망 시범적 운영을 준비하고 있다(캐나다와 덴마크 같은 경우는 이미 시범사업을 진행하고 있다). 가동시 온도가 낮기 때문에 이런 네트워크는 효율이 훨씬 높고 최종사용자들이 남는 저온의 열을 건물에서 다시 열 공급망으로 되돌려 보낼 수도 있다. 저온네트워크는 재생에너지냉난방과 에너지효율성기술을 건물에 통합시킬 수 있는 지역공동체의 유연성을 증대하여 “스마트시티 중추 기능”을 할 것으로 기대된다.

시장의 장벽을 걷어내고 분산형 생산자들에게 인센티브를 부여하여 열을 스마트난방 공급망에 보내도록 하려면 새로운 상호접속, 전송, 요금 정책이 필요하다. 이를 위해 함부르크에서 개최된 국제건물박람회에서는 새로운 규제정책을 적용한 빌헬름스부르크지역 실증프로젝트를 선보였다. 규제정책은 중앙화된 열생산, 분산형 재생에너지냉난방 생산, 열 저장을 통합하는 스마트난방 공급망의 운영을 가능케했다.

빌헬름스부르크 프로젝트를 감독하는 지역조직은 재생에너지 FIT 원칙을 난방에 적용시켰다. 2012년 이 규정들은 분산형 열 수출업자들에게 공급망의 연간 열 요구량을 10%까지 우선적으로 전송할 수 있게 했다. 공급망 운영자는 분산형 생산자들에게 이들이 판매하는 재생에너지 열 kWh에 대해 고정된 요금을 지불한다. 시간이 지나면서 이 제한선을 높이면 분산형 난방생산자들이 빌헬름스부르크 중앙의 공급망을 위해 필요한 열의 25%까지 공급할 것이라는 기대가 형성되어 있다.

지역냉방을 위한 계획과 기술적 지원

일부정부들은 당국의 권위를 이용하여 지역냉방을 위한 계획을 세우고, 이를 규제하며, 재정을 조달하거나 이를 개발하는데 도움을 주고 있다. 가령 두바이시(아랍에미리트)는 2030년까지 지역냉방을 통해 자체 냉방용량의 40%를 충당하는 목표를 세웠다. 두바이의 경우 가장 큰 동인은 전체 전력소비량의 약 70%를 차지하는 에어컨 부하를 줄여야 하는 필요였다. 두바이는 앵커부하(anchor load)를 제공하여 부하위험을 낮추고 투자를 활성화하는 등, 시의 자산과 규제권한을 이용하여 지역냉방설비를 지원해왔다. 특히 모든 공공부문의

건물과 새로운 개발지들은 이 지역냉방시스템을 연결해야 한다.

유럽에서는 유럽연합집행위원회가 Renewable Smart Cooling Urban Europe 프로젝트에 공동으로 자금을 지원하고 있다. 이 프로젝트는 기술적 지원을 통해 지역 정책입안자들이 저탄소지역냉방시스템의 개발 및 이행과 관련된 도전을 해결할 수 있도록 돕는다. 에너지계획가들과 기술직들을 위한 지원패키지는 프로젝트 개념화와 실행가능성에서부터 이행에 이르는 개발가이드라인을 담고 있다. 많은 도시들이 이 프로젝트의 지원을 받아 유럽연합 Covenant of Mayors' Sustainable Energy Action Plans에 대응하여 탄소를 저감하는 수단으로 지역냉방의 잠재력을 평가하는 실행가능성 연구를 시작할 것으로 예상된다.

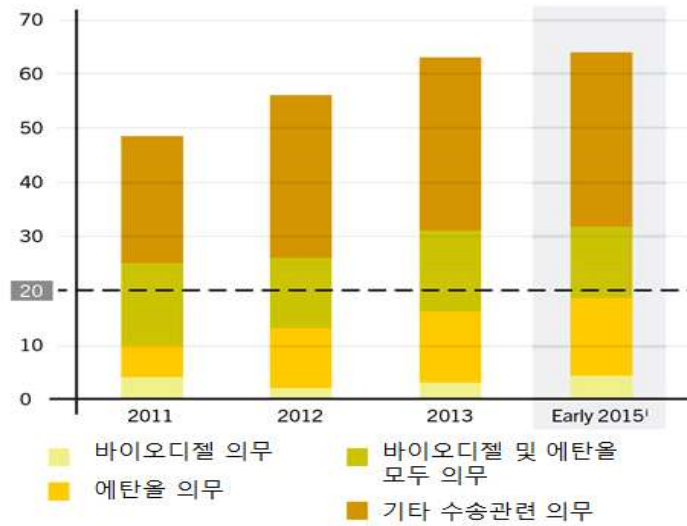
□ 수송

재생에너지수송연료의 활성화는 규제 조치와 재정적 인센티브를 섞어서 이루어지고 있다. 재생에너지와 연계된 전기차 활성화는 제한적이지만, 전기차에 대한 관심은 갈수록 늘고 있다. 최근 몇 년간 그랬듯, 수송관련 정책의 대부분은 바이오연료와 도로수송 부문의 발전에 초점을 맞추었다.

RFS(Renewable fuel standard) 규정은 이제 33개국에서 시행중인데, 이중 31개는 국가의 의무규정이고 26개는 주/지방에서도 의무규정이다. 이런 정책구조 내에서 44개국이 바이오에탄올의 의무규정을 두고 있고, 27개국은 RFS 규정을 두고 있다. 많은 나라들이 두 연료 모두에 대해 의무규정을 시행하고 있었다.

2014년에 일부국가들은 기존 의무규정을 강화했다. 아르헨티나는 2014년 12월에 기존의 에탄올혼합의무규정을 상향조정하여 과거 7%(E7)규정을 10%에탄올 의무화(E10)로 올리고 별도의 10% 바이오디젤(B10) 의무규정을 도입했다. 브라질은 RFS 의무규정을 7월 1일부터는 5%에서 6%로, 그리고 다시 11월 1일부터 7%로 두 번 상향조정했다. 또한 최대 에탄올 혼합 비중을 25%에서 27.5%로 상향조정했다. 말레이시아는 기존 바이오디젤 5% 의무규정을 10%로 상향조정했다. 파나마의 에탄올혼합규정은 2014년 2%에서 5%로 올라갔고, 다시 2015년 초에 7%로 올라갔다. 베트남은 7개시에게 5% 에탄올혼합의 시행을 요구하는 국가적인 의무규정을 발표했다. 미국에서는 미네소타주가 10% 바이오디젤 혼합을 의무화한 최초의 주가 되었다.

그림 34. 재생에너지수송의무규정을 갖춘 국가의 수, 유형별, 2011년~2015년 초



재생에너지연료 사용을 의무화하는 규정이 늘어나면서, 이런 의무규정을 충족시키기 위해 사용되는 제1세대 바이오연료의 지속가능성을 둘러싼 논쟁이 많은 나라에서 계속되었다. 2014년 유럽연합 에너지부장관들은 곡물이나 기타 녹말성분이 많은 작물, 설탕, 기름용작물로 생산되는 바이오연료와 바이오액체가 유럽전역의 재생에너지수송연료 목표치(총 수송연료의 10%)에 기여하는 비중을 최고 7%로 제한하는데 합의했다. 2013년 유럽연합집행위원회 권고치는 최고 5%였다. 2015년에 7% 상한선에 대한 최종결정이 이루어질 것으로 예상된다. 이탈리아는 고급 바이오연료에 대한 구체적인 의무규정(2018년까지 고급바이오연료의 0.6%)을 마련한 유럽연합 최초의 국가가 되었다. 스페인은 관련 규정을 개정하면서 바이오연료의무규정을 충족시키기 위한 원재료를 찾는 데 주력하고 있다.

각국은 재생에너지연료를 활성화하는 추가적인 수단으로 바이오연료 개발과 생산에 대한 재정적인 지원을 제공했다. 가령 브라질은 2014년 에탄올 수출에 대한 세금감면을 승인했고, 인도는 바이오디젤 판매에 대한 규제를 완화하여 생산자들이 직접 소비자들에게 판매할 수 있도록 허용했다. 또한 인도의 국유철도회사인 India Railways는 기관차연료에 바이오디젤을 5%까지 혼합하겠다는 목표를 두고 있다. 바이오연료에 대한 지원을 삭감한 나라들도 있다. 가령 호주의 2014년 예산에는 Ethanol Production Grant 프로그램을 2015년 중반에 종료하기 위한 대비 비용이 포함되었고, 우크라이나는 대안적인 수송연료에 국가소비세를 징수하기로 했다.

2014년에는 바이오연료 국제무역이 꾸준히 정책입안가들의 관심을 받았다. 남아프리카공화국은 유럽연합과 새로운 경제적 파트너십 협약을 체결했고, 이 협약에 따라 남아프리카공화국은 유럽연합에 면세에탄올을 8만톤까지 수출할 수 있게 되었다. 하지만 많은 나라에서 바이오연료 부문의 개발을 둘러싼 불평을 제기했다. 인도네시아는 유럽연합이 바이오디젤 수출물량에 부과한 반덤핑관세에 대한 공식적인 불평을 세계무역기금에 제출했다. 아르헨티나 역시 자국의 바이오연료 산업을 위해 유럽연합을 상대로 이와 유사한 반발을 하고 있다.

전기차는 세계자동차시장에서 차지하는 비중이 아직은 낮지만, 점점 늘어나고 있다. 전 세계는 전기차 판매를 확대하기 위한 다양한 인센티브들이 존재하지만, 동력원이 무엇이든 간에 재생에너지 전력생산과 전기차 연계에 집중하는 국가는 거의 없다. 전기차와 재생에너지는 각각 단독으로 개발하는 것보다는 동시에 개발할 때 온실가스 감축 잠재력이 크다. 나아가 전기차에 에너지저장용량을 제공함으로써 전력망 네트워크에 균형을 유지하는 잠재력도 있다. 중국은 2014년부터 2016년까지 정부에서 구입하는 차량의 최소 30%를 전기차로 충당하도록 하는 규정을 만들었다. 미국의 메릴랜드주가 주차장에 전기차량충전용 태양광발전기 설치를 지원하는 2백만달러 규모의 프로그램을 시행했다.

□ 도시와 지방정부

시와 지자체들은 재생에너지를 전력인프라, 건물, 수송시스템에 통합시키는데 앞장서고 있다. 수천개 도시와 마을들은 고유의 구매 및 규제권한을 이용하여 재생에너지 보급을 활성화하기 위한 정책과 목표치를 이행해왔다. 지방정부들은 더 넓은 차원의 생태발전이나 기후프로그램을 통해 직접적인 지원메커니즘과 간접적인 지원을 혼합하여 사용해왔다.

지방정부에서 도입한 목표치와 정책 수준이 혁신적인 경우가 종종 있다. (독일에서 지방차원에서 수행하는 FIT, 스페인의 태양발전관련 의무규정 같은) 지방수준의 정책들은 주와 국가 정책의 청사진으로 기능하기도 했다. 지방관료들은 민간부문의 파트너십을 발전시켜 재생에너지기술의 규모를 키우는 데 선도적인 역할을 해왔고, 전력부문 재생에너지기술 보급지원은 도시 수준의 정책 개발에서 중요한 역할을 하고 있다.

정책지원은 전력부문 이상으로 확장해왔다. 국가수준에서 재생에너지난방 정책의 채택이 더뎠던 것과는 반대로, 여러 지자체들이 재생에너지 열 기술의 활용을 증대하기 위해 자체적인 계획 및 규제권한을 사용해왔다. 가령 유럽과 남아

메리카에서는 재생에너지 열 부문이 시에서 보유한 독자적인 규제권한의 혜택을 받아왔고, 이를 통해 재생에너지를 통합한 지역냉난방네트워크를 개발하고, 태양열온수기를 폭넓게 보급하는 결과로 이어졌다. 도시 역시 바이오연료와 전기차를 공공수송시스템에 통합하고 전기차 충전소 같은 지원인프라를 개발하는 등 재생에너지수송 대안들을 활성화시켜왔다. 이 절에서는 지자체 정책실천들의 목록을 광범위하게 제시하기보다는 도시들이 취하고 있는 조치들을 개괄적으로 보여주고자 한다.

세계의 많은 대도시를 비롯해 전세계 여러 지자체들이 지방차원의 재생에너지보급 관련 목표치를 설정해왔다. 이런 도시들 대부분이 선진국에 속해있긴 하지만, 목표치를 설정하는 개도국 도시의 수도 갈수록 늘고 있다. 목표치는 크기도 범위도 천차만별이며 국가 목표치보다 더 높게 설정한 경우도 종종 있다. 주목할 만한 도시의 사례는 다음과 같다. (미국) 텍사스 오스틴은 2025년까지 시의 유틸리티가 재생에너지비중 65%에 달성하도록 하겠다는 계획을 수립했고, (미국) 뉴욕시는 10년간 신규태양광발전 350MW를 보급하겠다는 목표를 세웠으며, (일본) 도쿄는 2024년까지 재생에너지로 전력의 20%를 충당한다는 목표를 수립했다. 재생에너지 열 부문에서는 (오스트리아) 비엔나가 2025년까지 열수요의 절반을 태양열에너지로 충당한다는 새로운 목표를 세웠다.

지자체들이 전력부문 혹은 경제전반에서 재생에너지 100%를 달성하려는 움직임도 나타나고 있다. 독일에서만 100% 재생에너지 혹은 전력 목표를 약속한 지자체가 140개에 이른다. 2014년에 새로 100% 재생에너지 목표를 수립한 곳은 일본 후쿠시마지역(2040년까지 재생에너지 100% 달성)과, 하와이 마우이카운티섬(재생에너지로 전체 전력 100% 달성)이 있다. 독일의 74개 도시 및 지자체를 비롯한 전 세계 많은 도시와 지자체들이 이미 100% 재생에너지 목표에 도달했는데, 대부분의 경우 100% 재생에너지 전력을 달성하는데 주력한다. 2014년 미국 버몬트 주의 벌링턴시는 재생에너지 전력 100% 목표를 달성했다. 유럽의 100% RES Communities and RES Champions League, Global 100% RE 이니셔티브 같은 공동의 노력들은 지자체 수준에서 100% 재생에너지를 달성하기 위한 노력에 추가적인 관심을 불러 모았다.

재생에너지활성화 수단으로 의무규정들이 두각을 나타내고 있다. 의무규정은 종종 건물 건축과 리노베이션에 재생에너지 시스템을 포함시키는 새로운 건물 규정을 통해 이행된다. 의무규정들은 재생에너지난방기술을 활성화하기 위해 널리 사용하는 수단으로 자리잡기도 했다. 도시 의무규정의 대다수는 태양열온수기의

보급에 중점을 두고 있다. 상파울루 등 브라질의 주요도시들은 재생에너지 열 기술을 활성화하는 건물규정을 채택하는데 주도적인 역할을 해왔다. 중국의 도시들 역시 이런 조항들을 이용하여 태양열온수기 사용을 촉진하는데 특히 적극적이다. 2014년을 기준으로 산둥지역의 10개 도시가 가정용 건물에서 태양열온수기 사용과 관련된 의무규정을 채택했다. 재생에너지발전 기술을 촉진하기 위한 의무규정 역시 사용되고 있다. 2014년에는 태양광발전 사용을 의무화하는 도시 대열에 두바이(아랍에미리트)와 구라곤(인도)이 포함됐다.

지방정부들은 재생에너지 보급에 박차를 가하기 위해 규제수단들도 이행해왔다. 국가나 주/지방정부에 정책이 아직 갖추어지지 않은 곳에서 지방의 정책입안가들은 넷미터링을 중요한 수단으로 사용해왔다. 2014년에 인도의 델리와 방갈로르시는 신규 넷미터링 프로그램을 승인했다. 그리고 두바이는 중동최초로 태양광발전시스템을 설치하고 잉여전력을 전력망에 주입할 수 있도록 허용하는 법안을 채택했다.

지방 수준에서는 발전차액지원정책(feed-in policy)이 사용되거나(캘리포니아의 로스앤젤레스 같은 경우처럼 국가 혹은 주/지방 정책들보다 더 높은 요금을 지원하기도 한다) 국가 혹은 주/지방의 FIT제도보다 먼저 도입되었다(많은 독일의 도시들처럼). 하지만 발전차액지원정책들은 도시수준에서 그렇게 널리 채택되지는 못했고, 지역수준의 정책이 채택된 곳에서도 국가수준의 정책들과 유사한 도전에 직면하기도 한다. 2014년에 도시수준의 발전차액지원제도는 여러 개정작업을 거쳤다. (캐나다) 앨버타주의 밴프가 FIT를 시행하는 최초의 지자체가 되었고, (미국) 캘리포니아주의 팔로알토는 발전차액지원프로그램에 대한 용량상한선을 상향조정했으며, (미국에서 지방수준의 FIT를 선구적으로 도입했던) 플로리다주의 게인즈빌은 과잉용량을 제한하고 전력요금을 관리하기 위해 FIT를 유예했다.

공적자금 지원정책은 재생에너지 전력시스템과 태양열기술, 대안적인 수송을 지원하는 중요한 역할을 하고 있다. 2014년에는 (스페인) 바르셀로나가 태양열온수기 설치 등 옥상 리노베이션을 활성화하는 1,370만달러 규모의 보조금 제도를 승인했다. (호주) 멜버른은 태양광발전시스템(기업대상)의 구입과 설비를 위한 세금을 환불해준다. 도시들은 민간의 전기차 구매를 진작하기 위해 재정적인 지원 메커니즘을 시행해왔다. (중국) 선전시(市)가 전기차 택시 수를 늘리기 위해 택시 운전사에게 계약금이 없이도 전기차를 장기임대 할 수 있게 프로그램을 시행했

다.

재생에너지 자원은 풍부하지만 예산이 한정된 지자체에서 재생에너지프로젝트를 이행하기 위한 수단으로 민관파트너십을 활용한다. 중국에서는 (바오딩시의 관할인) 쑹 현이 지열원을 이용하는 파트너십 접근법을 채택하였고, 현재 지열원으로 현의 지역난방지역에서 열수요의 90%를 충당하고 있다. 멜버른시는 도시 전역의 대규모 에너지이용자들이 에너지수요를 결집시켜 규모의 경제를 통해 혜택을 볼 수 있는 집단구매모델을 시험하고 있다.

지방정부는 직접적으로 지자체 건물이나 공공인프라 개선을 위해 재생에너지시스템을 구매함으로써 선도적 역할을 하기도 한다. 도시들은 전기차 뿐만 아니라 재생에너지기술을 공공구매에 통합시키기 위한 혁신적인 수단을 만들어왔다. 국가수준의 전기차 정책과 유사하게 정책입안가들은 전기차 활성화를 재생에너지에 직접적으로 연계하는 메커니즘을 채택하는데 아직도 소극적이다. 샌프란시스코 공공버스를 모두 바이오연료와 전기차로 전환한 정책 덕분에 2014년 샌프란시스코 시정부 기관들은 미국에서 전기차를 가장 많이 구매했다. 공공차량 중에서 전기차 비중과 사용을 늘리는 것은 수송부문에 있어서 화석연료소비를 줄이기 위한 시 차원의 핵심적인 노력 중 하나이다. (프랑스) 파리는 시범적으로 1,200~4,900만달러 규모의 전기버스를 구매하겠다고 발표했다.

지자체가 지역 유틸리티의 통제권이나 소유권을 확보하는 것은 지역수준에서 재생에너지 전력보급에 긍정적인 영향을 미쳤다. 유럽에서는 커뮤니티 발전시스템의 개설을 지원하기 위한 커뮤니티파워 프로젝트가 개발되었다. 미국에서는 2015년 초를 기준으로 2천여 개의 지역공동체가 재생에너지 활용을 위한 커뮤니티 발전시스템을 만들었다. 텍사스주 오스틴의 경우 Austin Energy가 시의 재생에너지 목표치를 달성하는 책임을 지고 있다. 이 외에도 미국에서는 8백여 개의 추가적인 전기협동조합이 소비자소유형 발전시스템의 혜택을 확대하는데 힘을 보태왔다.

재생에너지 활성화에 기여하는 또 다른 수단은 지역냉난방시스템이다. 도시 수준에서 지역에너지네트워크는 계획과 규제에 대한 지자체의 감시를 통해 촉진되었다. 재생에너지에 의존하는 시스템 중에서 주목할 만한 도시 사례로는 두바이와 파리가 있다. 두바이는 2030년까지 시의 냉각수요 40%를 충족시키기 위해 수냉각 기술을 이용하였고, 그것을 바탕으로 세계최대의 지역냉방네트워크를 발전시켰다. 또한 파리는 센강에서 냉각의 동력을 끌어와 유럽최초의 지역냉방네트워크를 만들었다. 그 외 (덴마크) 코펜하겐, (핀란드) 헬싱키, (리투아니아) 빌뉴

스 같은 도시들은 지역에너지네트워크에서 냉난방 수요를 거의 다 충족한다. 유럽 전역(특히 북유럽)에서는 지역에너지네트워크에 공급하기 위해 대규모 태양열난방발전소들이 개발되었다. 총 누적설비는 덴마크가 가장 앞서 있지만, 오스트리아, 독일, 스웨덴의 도시와 마을들 역시 대규모 시스템을 개발하는데 주도적인 역할을 해왔다.

많은 도시의 정책입안가들은 재생에너지 보급을 가로막는 행정적인 장애물들을 완화하고 허가절차를 간소화하는데 주력해왔다. 상하이 등 몇몇 중국도시들도 태양광발전 설비에 대한 행정절차를 간소화했다. 미국에서는 로스앤젤레스시가 태양광발전 온라인허가절차를 도입하여 신규시스템을 설치하는 주택소유주에게 비용을 줄여주고 있고, 미국연방의 SunShot 이니셔티브는 태양에너지 시스템의 총 설비비용을 2020년까지 0.06달러/kWh로 낮추기 위해 여러 지역공동체들과 파트너십을 체결했다.

도시들은 더욱 실효성 있게 재생에너지 보급에 박차를 가하는 동시에 한정된 자원을 최대한 이용하기 위해 많은 협력을 하고 있으며, 2014년 9월 유엔기후정상회의에서는 시장협약을 실시하였다. 시장협약은 재생에너지와 에너지효율성기술 보급 등 도시 수준의 기후행동을 활성화하고 지원하기 위해 2천여 개 도시의 협력을 추구한다. 유럽 중심의 이니셔티브인 시장서약은 행정당국이 지자체나 해당지역에서 재생에너지와 에너지효율성을 증진하는 것을 목적으로 한다. 2014년 말 이 시장서약에 서명한 행정당국은 6,149개로 확대되었고, 2015년 초에는 작은 지자체 71개 집단이 각자의 자원을 집결시켜 규모의 경제 혜택을 누리기 위해 시장서약의 하에 공동지속가능에너지실천계획을 채택했다. 2014년에는 중국, 일본, 한국, 몽골의 도시들이 2030년까지 재생에너지 100%라는 목표를 달성하는데 힘을 실어주기 위해 에너지안전도시 동아시아프로그램을 발족시켰다.

표 3. 재생에너지 지원정책

재 에 지 표 치	생 너 목 표 치	규제정책							재정적 인센티브와 공공대출							
		FTT/프 리 업 급	전 기 유 티 의 당 당 RPS	넛 터 링	미 연 의 규 정	바 오 료 무 정	열 무 정	의 규 정	거 가 한 REC	입 찰	자 본 나 환	금 조 환	투 자 세 계	판 매 세, 에 너 소 가 세 금	에 너 지 세 금	공 공 대 출
고소득국가																
안도라		○													○	
호주	○	●	○			●	●	○	★*	○						○
오스트리아	○	○				○		○		○	○					○
바레인	○															○
바베이도스	○			○								○				○
벨기에	○		●	●	○			○		●	○	○				
캐나다	●	R*	●	●	○				○	○	○	○				○
칠레	○		○	○					★	○	★	○				○
크로아티아	○	○			○											
키프로스	○	○		○	○				○	○						
체코공화국	○				○			○		○	○	○				R
덴마크	○	R		R	○			○	○	○	○	○				○
에스토니아	○	○			○									○		○
핀란드	○	○			○			○		○		○		○		
프랑스	R	R			○	○	○	○	○	○	○	○				○
독일	○	R			○	○	○			○	○	○				○
그리스	○	R		○	○	○				○	○	○				○
아일랜드	○	○			○	●	○	○								
이스라엘	○	○	○	○		○		○				○				○
이탈리아	○	R		○	★	○	○	○	○	○	R	○				○
일본	R	R	○	○				○	○	○						○
쿠웨이트	○								○							
라트비아	○	○		○	○				○			○				
리히텐슈타인		○														
리투아니아	○	○	○		○											○
룩셈부르크	○	○			○					○						
몰타	○	R		○						○		○				
네덜란드	○	○		○	○			○		○	○	○		○		○
뉴질랜드	○									○						○
노르웨이	○		○		○			○	○	○		○				○
폴란드	○	R	○		○			○	R			○				○
포르투갈	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○				○
러시아	○	R							★	○						
산마리노		○														
싱가포르	★			○					○							○
슬로바키아	○	○			○			○				○				
슬로베니아	○	○						○	○	○	○	○				R
한국	○		○	○	○	○	○	○		○	○	○				○
스페인	○			○	R	○	○			○	○			○		
스웨덴	○	○	○		○			○		○	○	○				○
스위스	○	R						○		○		○				
트리니다드 토바고	○										○	○				
아랍에미리트	R*		●			●		●						●	●	
영국	○	○	○		○			○		○		○		○		○
미국	R*	R*	R*	R*	○	●	●			○	R	○				○
우루과이	○	○		○	○	○		○		○		○		○		○

○기존 국가수준의 정책, ● 기존 국가하위수준의 정책, ★ 신규, R 개정, × 폐지/만료, * 국가하위수준

표 3. 재생에너지 지원정책(이어서)

	재 에 지 표 치	규제정책							재정적 인센티브와 공공대출				
		FTT/프 리 임 급	전기 유틸리티 당 부/RPS	넷 미 터 링	바 오 료 무 정 의 규	의 규 정	거 가 한 REC	입 찰	자 금 조 환 불	본 보 나 투 자 세 계	관 세, 에너지 세, 소 세 등	에 탄 부 가 세 금	에 지 산 불 금
중고소득국													
알바니아	○	○	○		○		○	○		○	○	○	○
알제리	R	R						○	○				★
앙골라					○								○
아르헨티나	○	○		○	R			★	○	○	○	○	○
아제르바이잔	○												○
벨로루스	○	○	○								○		○
벨리즈	○							○					
보스니아헤르체고비나	○	○						○	○				
보츠와나	○								○		○		
브라질	○			○	R	●		★		○	○		○
불가리아	○	R			○								○
중국	R	R	○		○	○		○	○	○		○	○
콜롬비아	○			★	○					★	R		★
코스타리카	○	R		★	○			○			○		
도미니카공화국	○	○		○				○	○	○	○		○
에콰도르	○	○			○			○			○		○
피지	○									○	○		
그레나다	○			○							○		
헝가리	○	○			○				○		○		○
이란	○	○								○		○	○
자메이카	○			○	○			○		○	○		
요르단	○	○		○	○	○		★			○		○
카자흐스탄	○	★					○		○				
레바논	○			○							○		○
리비아	○										○		
마케도니아	○	○											
말레이시아	○	○	○		○						○		○
몰디브	○	○						○					
마셜군도	○										○		
모리셔스	○							○	○		○		○
멕시코	○			○				○		○			○
몬테네그로	○	○											
나미비아	○					○							
팔라우	○		○										
파나마	○	○		○	○			○		○		○	
페루	○	○	○		○			○			○		○
루마니아	○		○		○		○						R
세르비아	○	○							○				
세이셸공화국	○			★					○	○			
남아공	R		○		○	○		★	R		R		○
세인트루시아	R			○							○		
세인트빈센트그레나딘	○			○									
태국	○	R			○						○	○	○
튀니지	○			○					○		○		R
터키	R	○			○				○				○

표 3. 재생에너지 지원정책(이어서)

	재생에너지 표지	규제정책							재정적 인센티브와 공공대출						
		FTT/프미지 리업급	전기 유틸리티 당	유 터링	미 터링	바 오 료 무 정	이 연 의 규	의 규	거 래 능 한 REC	입 찰	자 본 보 나 조 환 불	투 자 생 세 공 제	관 매 세 , 에 너 지 탄 소 가 세 면 감	세 , 세 세 금	에 너 지 생 지 불 금
중저소득국가															
아르메니아	○	○													
카보베르데	○			○					○		○			○	
카메룬												○			
코트디부아르	○								○			○			
이집트	○	★		○					○	○		○			
엘살바도르									○		○	○		○	○
가나	○	○	○		○			○		○		○			○
과테말라	○			○	○				○		○	○			
가이아나	○											○			
온두라스	○	○		★					○		○	○			
인도	R	○	○	●	○	●	○	★	○	○	○	★	○	○	○
인도네시아	○	○	○		○				○	○	○	○			○
키르기스스탄			○							○		○			
레소토	○			○					○	○	○			○	○
미크로네시아	○			●											
몰도바	○	○													○
몽골	○	○							○						
모로코	○			○					○						○
니카라과	○	○										○			
나이지리아	○	○			○					○		○			○
파키스탄	○	○		○	○		○			●		★			○
팔레스타인	○	○		○								○			
파라과이					○							○			
필리핀	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○
세네갈	○	○	○	○					○			○			
스리랑카	○	○	○	○	○					○		○	○	○	○
수단					○										
시리아	○	○		○					○		○				
우크라이나	○	○		○	○					○		X			○
우즈베키스탄									○						
바누아투	○											○			
베트남	○	○			○			○		○	○	○			
잠비아										○		○			○

표 3. 재생에너지 지원정책(이어서)

	재생에너지 표지	규제정책							재정적 인센티브와 공공대출					
		FTT/프 리업급	전기 사업의 /RPS	사 당부	미 터링	바 오 료 무 정	이 연 의 규 정	방 부 의 규 정	거 래 능 한 REC	입 찰	자 본 조 환 불	투 자 산 공 제	판 매 세 , 에 너 지 세, 탄 소 세 등 감 면	에 너 지 부 들 세 금
저소득국가														
방글라데시	○								○	○		○		○
부르키나파 소									○		○	○	○	
에티오피아	○					○						○		○
감비아	★											○		
기니	○											○		
아이티	○													○
케냐	○	○						○	○			R	○	○
라이베리아	○											○		
마다가스카 르	○											○		
말라위	○											○		○
말리	○					○						○		○
모잠비크	○					○						○		○
미얀마	○											○		
네팔	○	○						○	○	○	○	○		○
니제르	○											○		
르완다	○	○							★		○	○		○
타지키스탄	○	○										○		○
탄자니아	○	R								○		○	○	○
투고	○											○		
우간다	○	○							★	○		○		○
짐바브웨	○					○						○		○



Bioluminescence in **FIREFLIES** is nearly 100 percent efficient, meaning that little energy is wasted to produce their light. The process of bioluminescence and the structure of firefly lanterns is being used to improve the design of a standard light-emitting diode (LED) to significantly increase its efficiency. This new design could be employed in the near future to produce low-cost LED bulbs and ensure better lighting services. Using energy more efficiently reduces overall energy costs, making energy services more accessible in developing countries.

05



05 에너지 접근성 향상을 위한 분산형 재생에너지

사하라사막이남 아프리카에서 여자아이들은 말라리아나 영양실조보다 실내취사에서 발생하는 가스와 연기를 들이마셔서 사망할 가능성이 더 높다. 남아시아에서 농촌여성들은 취사용 연료를 모으는데 한 달에 보통 40시간 정도를 소비한다. 북아시아 일부지역에서는 너무 가난해서 겨울철에는 취사용 목탄을 구입하지 못하는 사람들도 있다. 그리고 많은 지역에서 전기와 현대적인 에너지서비스가 부족해서 의료와 교육서비스에 지장이 초래될 수도 있다.

전 세계적으로 전기 없이 사는 사람은 7명당 1명꼴이고, 5명중 2명 이상이 가정에서 필요한 에너지를 충당하기 위해 재래식 바이오매스에 의존한다. 많은 사람들에게는 아직도 기본적인 필요를 충족시키는 것이 전투와 같다. 개도국의 많은 농촌지역에서 중앙전력망에 접근하는 일은 높은 비용 때문에 엄두도 낼 수 없는 일이며, 가능하더라도 수십 년이 걸린다. 게다가 전력망에 연결된다고 해서 지속가능한 방식의 난방과 취사를 완전히 할 수 있는 것도 아니다.

분산형 재생에너지 시스템은 지속가능한 취사와 난방도구; 저렴한 조명, 통신, 냉장; 교육; 향상된 의료서비스; 가공 및 기타 생산적인 활동을 위한 에너지접근성을 향상시킴으로써, 외딴 농촌지역에서 현대적인 에너지로 전환할 수 있는 기회를 제공한다. 이런 목표들은 재생에너지 보급을 위한 제도적, 재정적, 법적, 규제적 지원메커니즘을 만들고 강화함으로써 달성할 수 있다. 메커니즘은 기금에 대한 접근성을 향상시키고, 필요한 공급망 인프라를 개발하며, 지속가능에너지원에 대한 접근 부재에서 발생하는 문제들과 재생에너지의 잠재력에 대한 의식을 형성함으로써 도움을 줄 수 있다.

실행력과 가격경쟁력을 갖춘 다양한 기술 활용을 통해 신뢰성 있고, 지속가능한 에너지서비스를 제공할 수 있다. 가능한 기술 중에는 독립형 소규모 전력발전시스템, 조명, 배터리충전, 통신, 양수 등 생산적인 용도로 사용할 수 있는 초소형 전력망이 있다. 또한 공간난방과 온수, 냉방, 청정한 취사를 위한 재생가능한 에너지시스템도 여기에 해당된다. 혁신적이고 지속가능하며 지역과 관계를 맺는 모듈식의 분산형 재생에너지 해법들은 에너지안정성을 높이고, (화석연료보조금 등) 연료비용을 낮추며, 노동력과 교육기회를 증진하고, 땀감을 수집하는 부담을 덜어주며, 등유램프와 비효율적인 화덕에서 발생하는 해로운 배출물질을 피할 수 있게 해주는 동시에 개인과 공동체의 에너지필요를 충족시킬 수 있다.

이 절에서는 개도국 분산형 재생에너지시장의 현황을 살펴보고 2014년에 가동된

주요네트워크와 프로그램들을 개괄할 것이다.

□ 농촌지역의 에너지접근성 현황

(2015년 초 기준) 가장 최근 자료에 따르면 세계 인구 15%에 해당하는 약 10억 명의 사람들이 아직도 전력망에 접근하지 못하고 있다. 청정한 취사를 할 수 없는 사람들도 약 29억 명에 달한다. 전기와 청정한 취사를 누릴 수 없는 조건에서 살고 있는 사람들은 세계 곳곳에 흩어져있다. 하지만 전기 없이 사는 사람들의 절반 이상은 사하라사막이남 아프리카지역에서 살고 있고, 청정한 취사를 하지 못하는 사람들이 가장 많은 지역은 남아메리카다.

전기과 청정한 취사를 누리지 못하는 문제는 아직도 주로 농촌의 문제다. 도시에서 전기를 쓰지 못하는 사람의 수는 1.39억명인 반면에 농촌에서 전기를 쓰지 못하는 사람의 수는 9.41억명에 달한다. 마찬가지로 청정한 취사를 하지 못하는 도시민은 약 4억명이지만 같은 문제를 겪고 있는 농촌민은 24억명에 달한다. 하지만 이것만으로 새로 나타나고 있는 경향을 설명하지 못한다. 이 수치들이 암담해 보이기는 하지만, 전력공급 상황은 개선되고 있다(전세계 전력공급율은 1990년 75%에서 2012년 85%로 향상되었음).

물론 수치와 경향은 지역별로 차이가 있다. 사하라사막이남 아프리카에서는 인구의 2/3 이상을 차지하는 6.2억명 이상이 전기없이 살고 있고, 7.3억명이 오염을 유발하는 취사형태에 의존한다. 아프리카대륙에는 약 10억명이 살고 있지만, 전세계 전기 중 겨우 4%만이 이곳에서 생산된다. 총 설비용량이 약 147GW인 아프리카는 발전용량이 독일보다도 적다. 사하라사막 이남에 있는 모든 나라 47개국(남아프리카공화국 제외)의 재생에너지 설비용량을 다 합쳐도 23GW밖에 안 되는데, 이는 인도의 재생에너지 전력 총 설비용량의 1/3에도 미치지 못한다. 게다가 인구가 증가하면서 1인당 GDP는 늘었지만 청정한 취사에 접근하지 못하는 사하라사막이남 아프리카 인구 역시 증가했다(1995년부터 2012년 사이에 연간 약 2.7%씩 증가).

북아프리카와 중동은 전력보급과 현대적인 에너지서비스에 대한 접근에서 상당한 진전을 이루었다. (인구의 40%가 전기와 현대적인 에너지서비스를 누리지 못하고 살아가는) 예멘을 제외하면, 이 지역 국가들은 거의 완전한 전력보급을 달성했다. 하지만 특히 북아프리카와 레반트[그리스, 이집트, 시리아 등 동부지중해지역을 말함]의 산악지역과 농촌지역에서는 전기에 대한 접근성 문제가 아직도 남아있고, 농촌의 많은 사람이 재래식 바이오매스에 의존하고 있다.

그림 35. 세계의 전기보급률과 지역별 미보급지역, 2012년

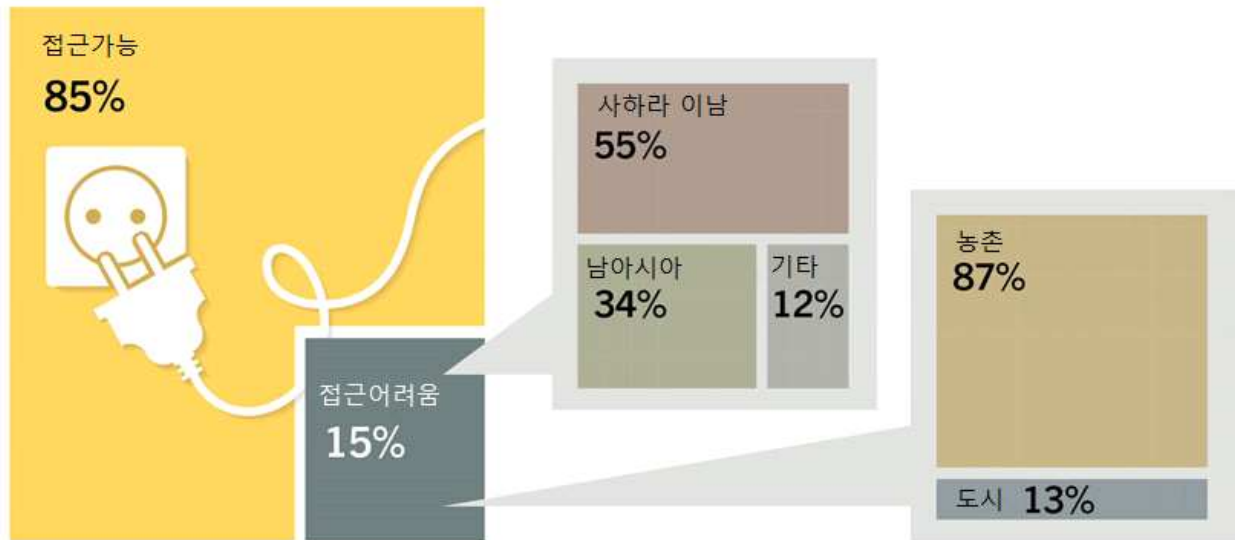
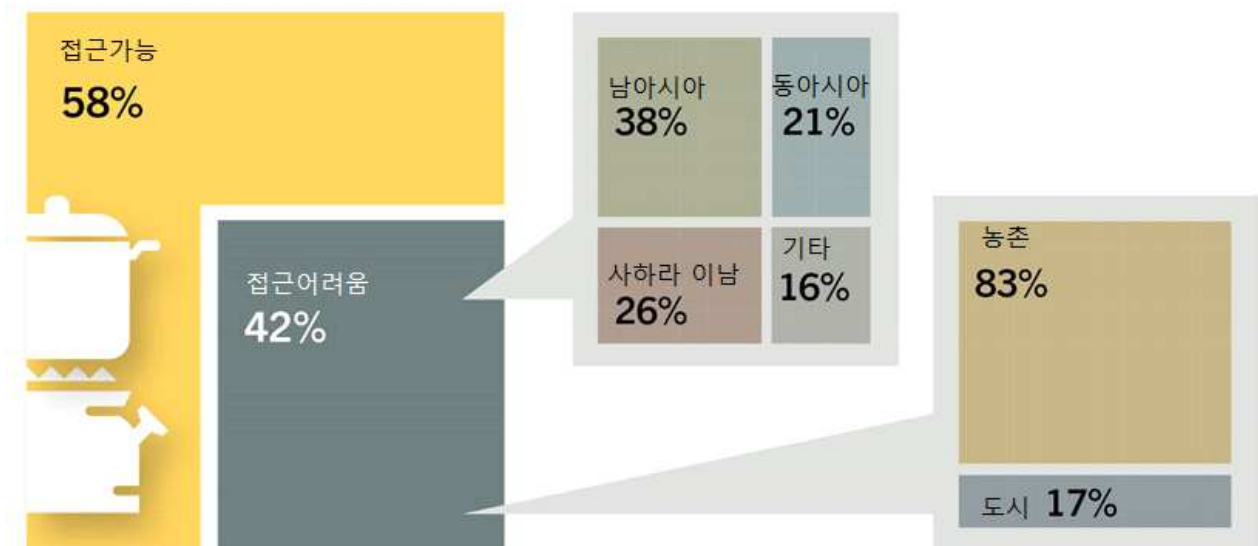


그림 36. 세계의 청정취사보급률과 지역별 미보급지역, 2012년



(아프가니스탄, 방글라데시, 부탄, 인도, 네팔, 파키스탄, 스리랑카 등) 남아시아에 밀집해 살고 있는 사람들은 아프리카대륙에서 살고 있는 평균적인 사람들보다 1인당 에너지소비량이 더 적다. 인도는 고형연료로 취사를 하고(7.78억명) 전기를 공급받지 못하는 사람의 수가 많다(2.63억명). 중국의 전기보급률은 100%에 가깝지만, 약 6.7억명에 달하는 사람들이 아직도 취사 시 고형 연료에 의존한다.

피지나 바누아투 같은 오세아니아의 군소도서국에 살고 있는 사람들에게 현대적 에너지서비스를 공급하는 일은 어렵고도 비용이 많이 드는 일이다. 아직도 수입산 디젤에 많이 의존하고 전력망이 작으며 전기요금이 비싸다.

라틴아메리카와 카리브해 지역의 경우, 서반구에서 최악인 나라(아이티는 30% 미만이다)부터 거의 100%인 나라까지(브라질은 99% 이상을 달성했다) 다양하지만, 전반적인 전기보급률은 높은 편이다. 하지만 청정취사의 경우는 상황이 다르다. 중앙아메리카에서는 취사를 위해 화목을 이용하는 사람이 50% 이상인 것으로 추정되지만, 개량형 스토브를 보유한 사람은 겨우 10% 정도 밖에 되지 않는다. 아마존분지(볼리비아, 브라질, 콜롬비아, 에콰도르, 페루)의 농촌지역에서는 사람들이 아직도 취사와 난방을 위해 화목연료에 크게 의지하고 있다.

□ 분산형 재생에너지기술

농촌과 오지 사람들은 다음 3가지 방식으로 에너지에 대한 접근성을 향상시킨다. 1) 가구 수준의 전력공급과 난방 및 취사를 위해 독립형 기기 및 시스템 사용 2) 공동체 수준에서 초소형 전력망 시스템 이용 3) 전력망을 도시 및 준도시 지역 너머 연장. 이 절에서는 에너지접근성을 향상시키는 앞의 두 가지 (분산형) 수단을 중심으로 살펴볼 것이다.

분산형 재생에너지 시장과 설비용량 관련된 신뢰할만한 정량적인 자료는 상대적으로 제한적이다. 하지만 가정과 비가정용의 (소규모 태양광발전과 독립형 조명 시스템, 풍력, 바이오디젤, 전기와 냉난방기기를 위한 초소형/극소형수력발전소, 취사도구 등) 분산형 재생에너지 기술들은 시장에서 상당한 존재감을 과시하고 있고, 이 존재감은 점점 커지고 있다.

LED 조명과 새로운 리튬기반 배터리 같은 저렴하고 효율적인 기기들이 이용가능해지고 동시에 태양광 전지비용이 하락하면서 태양광시스템의 규모가 크지 않은 경우에도 비용이 저렴해졌다(시장에 따라 가격은 다르다). 2014년에는 태양광 랜턴과 극소형태양광발전시스템(1-10W 용량), 그보다 약간 더 큰 가정용 태양시스템(10-200W)의 인기가 꾸준히 상승했다. 방글라데시에서 가장 성공적인 가정용 태양시스템은 2014년 5월 말을 기준으로 2백만개 이상의 시스템이 가동중이며(매달 6만5천개의 유닛이 팔렸다), 이를 통해 총 인구의 9%에 달하는 1,300만 명이 혜택을 누리고 있다.

(태양광랜턴, 손전등, 배터리식 LED 기기 등) 독립형 조명시스템은 특히 사하라 이남 아프리카지역에서 확산되기 시작했다. 게다가 2014년에는 소규모 풍력터빈

이 주로 배터리충전, 원거리통신, 관개, 양수를 위해 사용되고 있었다.

1kW 크기의 초소형/극소형 수력발전소들이 여전히 많은 나라에서 지역공동체에 저렴하게 전기를 공급하고 있다. 일반적으로 이런 수력시스템은 최소 20년간 문제없이 가동하고 (취수구 거름망에 부스러기가 쌓이지 않도록 유지하는 것 외에는) 관리에도 크게 신경 쓸 필요가 없다. 네팔의 경우 2013년 말 기준 설치된 초소형/극소형 수력 시스템은 2,600개가 넘고, 총 용량은 45MW가 넘는다.

갈수록 많은 바이오매스와 바이오가스 시스템들이 전기를 공급하는데 이용되고 있다. 또한 많은 국가에서 발전기의 연료로 디젤 대신 팜, 코코넛, 자트로파 등의 야채유를 이용하고 있다. 태국에서는 폐식용유를 가지고 발전용 바이오디젤을 소규모로 생산하고 있다. 캄보디아와 인도, 베트남 등지에서는 마른 나무, 잡초, 볏짚을 가지고 만든 바이오가스를 연료로 삼아 발전기를 돌려 초소형 전력망에 전기를 공급하는 사람들이 많아지고 있다.

별목을 통한 산림훼손 문제에 대한 인식이 개선되고 관련기술이 발전하면서 농촌 취사와 난방부문이 꾸준히 발전해왔다. 교육프로그램은 농촌에서 현대적인 바이오매스와 태양열시스템에 대한 인식개선에 기여했다. 상당수의 가구들이 현대적인 바이오매스 화덕을 활성화하는 프로그램들을 수용했는데, 이는 대체로 중국 정부와 청정한 취사용 스토브를 위한 세계동맹의 국제적인 노력 덕분이다. 그 외 가정용 취사를 위해 사용되는 연료로는 훨씬 적은 양이긴 하지만 석탄, 등유, 액화석유가스(LPG) 같은 비재생연료 뿐만 아니라 에탄올, 바이오가스, 목재펠릿, 태양에너지 등이 있다. 에티오피아는 액체바이오연료를 이용하는 취사용 스토브 프로그램의 중심지이고, 나이지리아에서는 SMEFunds가 에탄올 젤을 연료로 사용하는 약 20만대의 청정연소 스토브를 보급했다. 간단한 혐기성 소화장치 기술은 동물의 분뇨, 작물부산물, 기타 유기폐기물 원료를 가지고 청정한 취사용 바이오가스 연료를 만들어낼 수 있다. 바이오가스는 매일 충분한 동물분뇨(와 인간의 부산물)를 모을 수 있는(약 1억5천5백만개의) 가정과 상업적인 농장에 가장 적합하다. 네팔에는 바이오가스지원프로그램을 통해 33만여대의 발전장치를 설치했고, 세계에서 가장 성공적인 바이오가스프로그램으로 거듭났다.

가로등 조명과 생산적인 용도의 에너지 등 분산형 재생에너지에 의존하는 기타 기기들이 꾸준히 나타났다. 몇몇 국가에서 확산된 태양발전 공공조명이 농촌전기 보급프로그램의 첫 단계로 자리잡았다. 아이티에서는 2014년에 정부가 14,000대의 태양광가로등 설치를 지원했고, 민간단체들도 무수한 태양광가로등을 세웠다. 나이지리아의 아부자에도 태양광가로등이 설치된 도로가 100곳이 넘는다.

게다가 여러 분산형 재생에너지시스템들은 생산용 에너지 혹은 기계작동에 필요한 에너지에 연결된 다양한 에너지 서비스들을 제공할 수 있다. 분산형 재생에너지는 디젤발전기보다 저렴하고 편리하기 때문에 개도국에서 학교, 보건소, 일부도시 주거지에 에너지를 공급하는데 큰 역할을 하고 있으며 이 역할은 점점 증대되고 있다. 그 외에도 분산형 재생에너지는 오지의 원격 통신탑에 동력을 제공하거나, 남은 에너지를 공동체의 초소형전력망으로 되돌려 보내는 등의 방식으로 활용이 가능하다.

분산형 재생에너지시스템은 초소형/소형 전력망을 통해 고유의 장점을 살릴 수도 있다. 적절하게 배치하면 중앙집중식 전력공급망보다 더 비용 효율적으로 작동할 수 있다. SunEdison은 인도의 5천개 마을에 태양발전 초소형전력망을 세우는데 합의했다(누적용량 250MW). 가봉의 Meagle Sun은 배터리가 장착된 100개의 공동체 가정용태양시스템을 단일한 하나의 초소형 전력망 형태로 배치하는 방식으로 개발하여 설치했다. 인도정부도 2014년 40GW의 지붕형 태양광발전소를 설치하는 원대한 목표를 발표했다. 이 발전소들은 1kW부터 500kW 용량에 이르는 공동체의 초소형전력망으로 5년 뒤 완공될 예정이다.

농촌지역에서도 초소형 전력망이 설치되었다. 네팔의 Gham Power는 공공전력망의 불안정한 전력공급에 대한 해법으로, 도시의 디젤-태양 초소형전력망을 위한 비즈니스 모델을 개발했다. Gham Power는 병원, 은행, 호텔, 공장 등 30여개 조직을 위해 약 4MW의 태양광발전-디젤 혼합 발전기를 건설하고 있다.

기존 기술들 외에도 2014년에는 새로운 분산형 재생에너지 장비, 배치, 응용기기들이 다양하게 진화했다.

표 4. 생산적인 에너지서비스와 경제발전을 위한 분산형 재생에너지

에너지서비스	기술	새로운 소득기회	기존활동의개선	추가적인 혜택
조명	소규모태양광발전, 독립형 조명시스템; 극소형풍력, 바이오디젤, 극소형/초소형수력발전소; 바이오디젤 엔진	가로등조명은 야간좌판과 오락시설을 가능케 한다.	음식점, 카페, 가게를 더 늦게 폐점함; 교육과 독서; 야간 제조업	야간활동의 기회창출, 안전성 증대, 사회적 교류 강화
취사	청정한 바이오매스 취사 용스토브, 바이오가스, 태양열조리기	상업적인 현대적 연료와 스토브의 판매와 유통	더 청정하고 더 비용효과적인 취사	뿔감수집, 취사, 조리도구 청소에 들어가던 시간 절약; 건강개선
취사/냉장	대규모태양광발전과 풍력, 바이오디젤, 초소형/극소형수력발전소; 바이오디젤 엔진	우유, 치즈, 요거트, 컵드 등 냉장제품을 위한 새로운 시장; 말린 생선 대신 신선한 생선	농수산 폐기물이 줄어듦, 더 많은 소득창출, 의약품의 안전한 저장	상품을 신선하게 유지하는데 들어가는 시간과 에너지 절약; 의약품으로 목숨을 구함
난방	태양열온수기, 바이오가스, 바이오매스	새로운 산업공정들과 농업가공 같은 기타 활동을 위한 가공열	가정과 상업용 건물의 안락함 증대	난방용 뿔감을 수집하는 시간 절약
정보통신기술 (핸드폰, 라디오)	태양광발전, 극소형풍력	인터넷카페, 핸드폰충전, 라디오방송국	실시간 시장가격을 확인할 수 있음	통신, 은행업무, 요금납부에 관련된 이동시간과 비용 감소
관개	바이오연료를 연료로 사용하는 디젤양수시스템, 초소형수력, 태양광발전, 풍력	더 많은/새로운 종류의 작물을 재배	천수답방식의 농업과 비교했을 때 기존의 땅에서 더 나은 수확을 얻음	작물에 물을 주는데 들어가던 시간 절약
농업가공	바이오디젤펌프, 초소형수력, 초소형전력망, 태양건조기	농업작물을 손질하여 가치를 부가함	처리량증가와 비용감소	손으로 제분하고 빵고 건조하는데 들어가던 시간 절약
기계에너지	바이오디젤펌프, 초소형수력	용접과 금속가공을 가능케함	목공작업의 질과 속도 개선	반복적으로 설계된 기계화를 통해 시간절약

□ 정책개발

에너지접근성 확대는 전력망의 확장만으로 이루어지지 않기 때문에 정책입안자들은 다양한 정책과 규정, 목표치를 가지고 분산형 재생에너지를 지원하고 있다. 에너지접근성을 향상시키기 위해 개발된 대부분의 시스템은 취사와 냉난방보다 전력공급을 강조했다.

브라질, 중국, 인도, 남아프리카공화국은 대규모 독립형(off-grid) 재생에너지프로그램을 개발하는데 앞장서고 있고, 에너지접근성과 지속가능성이라는 2가지 과제를 해결하는데 기여하고 있다. 이들 국가에서 재생에너지 이니셔티브가 성공한 중요한 요인은 장기적인 농촌전력보급 프로그램에 재생에너지가 포함되어 있기 때문이다.

대부분 프로젝트 개발자들은 에너지시장에 시장경쟁 메커니즘을 이용하고 있다. 가령 페루는 최저가를 제시하는 사업자가 사업을 확보하는 분산형 재생에너지

역경매를 준비 및 이행했다. 경매준비는 2013년에 이루어졌고, 2014년 말 건설, 설치, 운영, 유지, 기타 필요한 교체를 포함하는 15년간의 계약을 통해 50만개의 독립형 태양광발전시스템에 대한 계약이 체결되었다.

2014년에는 일부 국가들이 분산형 재생에너지와 관련된 자체적인 부처나 과를 만들었거나 만드는 중에 있다. 2014년 방글라데시는 지속가능재생에너지개발부처를 신설했다. 차드 역시 에너지 접근성 관련 개발을 조절하고 분산형 재생에너지 분야의 투자를 활성화하기 위한 자율적인 기관 신설을 준비중이다.

사이드바 8. 혁신적인 신생 분산형 재생에너지기술들

최근 다양하고 혁신적인 기술들이 미래 분산형 재생에너지의 잠재력을 반영하고 있고, 그에 대한 사례는 아래와 같다.

전열발전기스토브는 자체 열을 이용하여 송풍기나 팬을 가동할 수 있기 때문에, 외부전원이 필요 없고 연소효율성 또한 높여준다. 이 발전기로 만들어진 전기는 핸드폰 같은 작은 기기를 충전하는데 사용할 수도 있다. 전열발전기스토브는 갈수록 비용경쟁력이 높아지고 있으며, 재래식스토브와 비교했을 때 오염물질이 적은 것으로 나타났다. 2014년에는 아이티, 인도, 말라위, 네팔, 니카라과에서 수십 개의 기업들이 지지하는 다양한 모델들이 필드테스트를 하고 시험적으로 가동되었다.

Flexi-biogas systems은 폴리에틸렌이나 비닐봉지로 만든 풍선형(혹은 관모양) 소화장치를 이용하기 때문에 가볍고 이동이 가능하다. 재래식 장치와 비교했을 때 다음 장점이 있다. 일반적으로 하루만에 만들 수 있고 자전거나 오토바이로 운반할 수 있으며, 비용과 재료가 적게 든다. 또한 처음에 불을 붙일 때 분뇨가 적게 필요하고, 폐기물을 에너지로 전환하는데 들어가는 시간이 더 짧다. 국제농업개발기금과 바이오가스인터내셔널은 2011년부터 2014년까지 케냐에 500개 시스템을 배포했다. 국제농업개발기금은 인도, 르완다, 상투메, 프린시페에서 그리고 다자간투자기금은 멕시코에서 Flexi-biogas systems 실증사업을 진행중이다.

극소형풍력터빈은 대단히 낮은 비용으로 오지의 원격통신에 동력을 제공할 수 있는 기술이다. 불과 몇 년 전에 설립된 Fairwind라는 회사는 플라스틱병과 칼과 가위로 몇 분 만에 만들 수 있는 소형풍력기계를 설계했다. 이 기계는 겨우 “가벼운 산들바람” 만을 가지고도 핸드폰을 충전할 수 있고, 3~4시간 정도면 충전이 완료된다. Fairwind는 남아프리카공화국에서 이 시스템 실

중사업을 진행중이고, 2015년에는 사하라사막이남 아프리카지역과 남아시아(인도와 네팔)등 더 많은 지역에 확대할 계획이다.

태양발전 관개키트가 있으면 농부들은 고가의 과일과 야채를 재배할 수 있다. SunCulture가 만든 관개도구세트는 비용효율적인 태양펌프기술과 고효율 점적식 관개시스템을 결합시켜놓았다. 이 시스템은 아프리카의 농부들이 수확량을 300%까지 늘리고 물을 80%까지 절약하는데 도움을 준다. 베냉에서는 태양전기조명기금이 “Solar market gardens”을 활성화시켜왔다. 이 프로젝트는 태양광발전유닛(1.5-3kW)을 점적식 관개시스템과 결합시킨다. 시추공형태로 구멍을 뚫는 점적식 관개시스템은 0.5ha 농지에 물을 공급할 수 있다. 2014년 방글라데시에서는 Infrastructure Development Company Limited 가 18,700개 디젤기반 관개펌프를 대체하기 위해 160MW의 독립형 태양관개펌프를 보급했다. 재생에너지와 에너지효율성파트너십 역시 에티오피아와 케냐에서 태양발전관개에 투자해왔다.

보조서비스와 모니터링은 디지털화를 활용하고 있고, 사물인터넷은 시스템사용 및 현황에 대한 데이터 수집을 가능하게 함으로써 애프터서비스와 고객서비스를 향상시킨다. 이렇게 비용을 낮춰주는 원격모니터링시스템은 분산형 재생에너지분야에서 독자적인 흐름을 만들고 있다. Product Health는 분산형 재생에너지 기업에 대한 서비스 일환으로, 먼 곳에 있는 태양유닛의 배터리상태와 사용패턴에 대한 데이터를 수집하여 분석한다. SparkMeter 초소형전력망 계량시스템은 초소형전력망 운영자들이 전력에 대한 선불방식을 이행할 수 있게 해주고, 실시간 모니터링과 통제를 할 수 있게 해준다. 저비용시스템들은 4개의 하드웨어 부품과 클라우드기반 운영자인터페이스, 그리고 모바일화페(혹은 현금기반) 선불시스템으로 구성되어 있다.

2014년에는 다자간투자기금이 라틴아메리카와 캐리비안지역을 위해, 셀룰러시그널을 통한 원격시스템모니터링, 모바일 지불서비스와 호환성, 초소형 전력망 혹은 국가전체 전력망접속 같은 추가적인 기술을 통합시킨 태양충전컨트롤러를 개발하기 시작했다. 취사부문에서는 Project Surya가 무선센서를 활용하여 스토브가 취사에 사용되는 횟수와 지속기간을 원격으로 확인할 수 있는 Cookstove Temperature Monitoring System을 개발했다.

태양직류초소형전력망은(LED 조명, 배터리로 작동하는 전화와 컴퓨터, 텔레비전 등) 일부 전자제품과의 호환성이 우수해서 인버터를 쓸 필요가 없다. Schneider Electric은 저압방사상배전선을 태양광발전유닛에 결합시킨 직류초

소형전력망시스템을 개발 중이다. 방글라데시의 한 회사는 더 적은 선로손실과 더 높은 직류전압으로 배전이 가능한 직류컨버터 충전컨트롤러를 개발했다.

혼합형 혹은 통합형 패키지시스템으로 상품과 서비스를 연계하는 것(특히 전기과 제품사용, 원거리통신, 취사를 활성화시키는 묶음) 역시 영향력이 큰 혁신이 될 수 있다. 가정용태양시스템에 직접 연결시킬 수 있는 초고효율 직류기기가 등장하고 있는데, 이는 LED와 함께 최근에 시작되어 라디오, 면도기, 환풍기 뿐만 아니라, 12V시스템으로 작동하는 텔레비전 등 다른 기기로 확대되고 있는 추세이다. 인도에서는 TERI가 조명, 핸드폰충전, 강제통풍 취사용 스토브의 환풍기 작동을 위해 기본적인 태양에너지시스템에 접근할 수 있는 새로운 Integrated Domestic Energy System을 설계했다. 2015년 3월을 기준으로 TERI는 인도에 7,793개의 유닛을 보급했다.

에너지 접근성을 농촌 및 오지지역으로 확대하기 위해 새로운 프로그램을 준비하는 나라들도 있다. 칠레는 농촌공동체의 접근성을 향상시키고, 소규모재생에너지프로젝트에 자금을 조달하기 위해 에너지접근성펀드를 개시했다. 전력공급 100% 달성을 위해 노력을 기울이고 있는 미얀마는 2015년에 국가전력보급계획이 완성될 예정이다. 또한 스리랑카는 전력망에서 벗어나 있는 1,200세대에 전력을 공급한다는 목표와 함께 전력망에서 벗어나 있는 나머지 세대 100%를 겨냥한 Sunithyalokaya 프로그램을 신설했다.

바베이도스, 중국, 가나, 남아공, 남수단, 스리랑카를 포함하여 많은 나라들은 모든 국민이 전기에 접근할 수 있도록 목표를 세우고 있다. 필리핀 농촌전기보급확대프로그램은 2017년까지 90% 가정에 전기를 보급한다는 목표를 세우고 있고, 2014년 4월 기준 barangays(마을)에 잠재적으로 99.98%에 전기를 보급했다.

많은 프로그램들이 가정용태양시스템 같은 특정기술의 활성화에 중점을 둔다. 코스타리카는 농촌지역에서 독립형 태양광발전 설비를 보급하는 이니셔티브가 지속되었고, 2014년 초에는 가정용 태양광발전시스템 공급과 관련 8백개 이상의 입찰이 발표되었다. 가나는 2013년에 시작된 태양광랜턴보급프로그램이 지속되었다. 이 프로그램의 목표는 전력망에 연결되지 않은 농촌공동체에서 등유사용을 대체할 수 있도록 5년간 랜턴 20만개를 보급하는 것이다. 이 프로그램은 도로로 접근할 수 없는 공동체나 섬을 겨냥하여, 지역에 조립형 발전소를 설립하여 의식을 개선하고자 한다.

2014년에는 청정한 재생에너지 취사와 관련된 새로운 이니셔티브도 생겨났다. 7월에는 에콰도르가 2016년까지 3백만대의 solar induction cooktops을 보급하는 계획을 시작했다. 과테말라는 고급 취사용 스토브와 청정연료 클러스터를 만들어 여기에서 일하는 개인과 조직들을 대변하는 한편, 연료효율성 개선과 기술전유, 사회적 책임성을 도모할 뿐만 아니라 가정 내 공기오염 문제와 화목의 과도한 사용에 대한 기술적, 사회적, 경제적 해법을 제공하고자 한다. 방글라데시는 2030년까지 청정한 스토브 3천만개를 보급하여 주방에서 그을음이 생기지 않도록 하는 목표를 포함하는 국가실천계획을 발표했다. 또한 2014년에는 인도가 2017년까지 청정한 스토브 275만개를 개발 및 보급하기 위한 프로그램에 착수했다. 인도는 국가바이오가스및동물배설물관리프로그램을 지속했고, 2014년부터 2019년까지 11만기의 바이오가스발전소를 세우겠다는 계획을 수립했다. 나이지리아와 세네갈 등 일부 아프리카 국가들 역시 청정한 취사용 스토브 수백만대를 보급하기 위한 프로그램을 보유하고 있다.

독립형 재생에너지 전기보급 프로그램에서는 많은 국가들이 높은 초기비용 문제를 해결하기 위해 (대출, 지원금, 세금감면 같은) 재정적 인센티브를 성공적으로 사용해왔다. 접근법은 국가별로 다양하지만 가장 보편적인 방법은 지역공동체에서 전력공급 계획을 개발할 때 재생에너지기술을 채택하도록 보조금을 제공하는 것이다.

2014년에는 (최소한 30개의 프로그램과 20개의 글로벌네트워크 등) 수십개의 국제적인 행위자들이 개별국가 수준을 넘어서 분산형 재생에너지를 보급하는데 간여했다. 가장 가시적인 노력중 하나는 반기문 유엔사무총장이 2012년 착수하고 세계은행총재가 공동으로 주도하는 Sustainable Energy for All(SE4ALL)이다. SE4ALL이니셔티브의 여러 가지 목표 중 하나는 2030년까지 현대적인 에너지서비스에 보편적으로 접근할 수 있도록 힘을 실는 것이다.

SE4ALL 이니셔티브는 2014년에도 꾸준히 동력을 모았고, 6월에는 SE4ALL 1차 연례회의에서 유엔 지속가능한 에너지 10년(2014-2024)을 개시했다.

SE4ALL 이니셔티브는 국가수준의 활동을 통해 각국 정부가 실천의제를 마련하도록 힘을 보태는 한편, (청정에너지 초소형 공급망과 여성 및 아동보건을 위한 에너지 등) 파급효과가 크고 잠재력 있는 몇 개의 영역에서 작업을 진두지휘하고 있다. SE4All 이니셔티브 하에서 농촌전력보급동맹과 유로아프리카녹색에너지 파트너(PANGEA)가 2014년 말 바이오매스기반 분산형 재생에너지시스템 개발을 지원하여 에너지 접근성을 증진하기 위한 파트너십을 구축할 계획이다. SE4ALL

과정의 재생에너지 허브인 국제재생에너지기구(IRENA)는 개도국에 대한 투자자들의 자신감을 강화할 수 있는 플랫폼을 제공하는 등 각국이 분산형 재생에너지의 보급을 위한 정치적, 규제적 틀을 만드는데 도움을 주는 한편, 분산형 재생에너지분야의 핵심적인 관련자들 간의 정기적인 교류를 지원한다.

그 외에도 각국 정부는 양자 및 다자간 원조를 제공할 수 있는 노력을 기울여왔다. 가장 규모가 큰 프로그램 중 하나는 사하라사막이남 아프리카에서 전력에 대한 접근성 문제를 해결하기 위한 미국의 이니셔티브인 파워아프리카(Power Africa)이다. 2014년 8월을 기준으로, 미국은 260억달러 이상을 재정지원과 대출담보에 투자했고, 노르웨이, 스웨덴, 영국은 총 120억달러를 내놓겠다고 약속했다. 호주, 독일, 네덜란드, 노르웨이, 스위스, 영국의 이니셔티브(EnDev)는 2018년 말까지 최소 1,500만명에게 지속가능한 현대적인 에너지서비스를 제공하는 것이 목표다. 2014년 말까지 EnDev는 아프리카, 아시아, 라틴아메리카의 1,290만명에게 도움을 주었다. 정부와 손을 잡고 분산형 재생에너지의 지속가능한 보급을 지원하는 정책과 규제의 틀을 만들고 이행하는 프로그램들도 있다. 가령 독일의 GIZ는 인도, 케냐, 마다가스카르, 파키스탄 등 몇몇 나라에서 이런 프로그램들을 지원한다.

정부와 국제조직 같은 전통적인 행위자들 뿐만 아니라, 민관파트너십과 비정부조직들 역시 분산형 재생에너지를 활성화하고 있다. 청정한 취사용 스토브를 위한 세계동맹은 국가 및 민간기부자로부터 높은 수준의 헌신을 이끌어내 2020년까지 1억가구에 청정한 취사용 스토브와 연료를 보급할 계획이다. 1차시기(2010-2014년)가 종료되었고, 취사용 스토브를 위한 국제표준화기구(ISO)의 요건을 개발하는데 30개국을 참여시켰다. 2차시기(2015-2017년)는 투자 유도, 혁신강화, 프로젝트 규모 확대에 중점을 둔다. 세계조명에너지접근성 파트너십은 에너지접근성 해법을 위한 상업적인 시장을 개발하는 작업을 한다. 2014년 세계조명에너지접근성 파트너십은 Lighting Africa 프로그램을 꾸준히 지원하여 아프리카에 고품질 독립형 조명시스템 270만개를 판매했고, 이를 통해 29개국 700만명이 혜택을 입었다.

□ 재원마련과 투자

역사적으로 에너지접근성을 향상하는데 앞장서온 것은 정부와 국제조직이었다. 하지만 지난 10년간 관주도의 중앙집중식 접근법이 서서히 민관파트너십과 민간 벤처, 그리고 재생에너지에 대한 집중으로 발전했다. 민간부문의 참여가 확대된 것은 주로 (핸드폰시장과 마찬가지로) 전기를 공급받지 못하는 저소득 고객들이 급성장하는 상품과 서비스시장의 점유율이 확대될 것이라는 인식이 증가하기 때문이다. 외딴 지역에서 가정과 기업체에 에너지서비스를 제공하는데 재생에너지 시스템이 가장 비용효과적이라는 인식이 늘면서 그 역할이 증대되고 있다. 기술이 꾸준히 개선되고 비용이 하락하면서 갈수록 부정할 수 없는 사실로 자리잡고 있다. 이 모든 요인들은 분산형 재생에너지를 위한 기금(민간과 공공)이 확대되는 결과로 이어졌다.

분산형 재생에너지 시스템은 벤처자본가, 상업은행, 기업들로부터 꾸준히 투자를 끌어모았다. 가령 Khosla Impact와 Solar City 같은 에너지회사들은 2014년 독립형 태양광발전예 약 639억달러를 투자했다. (미국의) Bank of America는 정상적으로는 리스크평가를 통과할 수 없는 분산형 재생에너지프로젝트의 재원마련에 힘을 보태기 위해 10억달러를 지원하고, Catalytic Finance Initiative에 종자돈을 마련하여 파급력이 큰 청정에너지프로젝트에 최소 100억달러의 신규투자를 활성화하겠다고 약속했다. 이런 이니셔티브들은 혁신적인 재원마련 메커니즘의 개발을 지원함으로써 투자위험을 낮추고 더욱 폭넓은 제도적인 투자자들을 분산형 재생에너지 분야로 끌어들이는 것이다.

그 외의 다른 재정조달흐름은 많지 않다. 아프리카에서 모두가 에너지에 접근할 수 있는 방법을 모색중인 전문투자은행 Persistent Energy Capital은 가나, 탄자니아, 우간다 등지에서 재생에너지상품과 서비스를 제공하는 기업에 투자해왔다. 재생에너지 및 에너지효율성 파트너십(REEEP)은 중소기업이 분산형 재생에너지 시스템을 채택할 수 있도록 종자돈 수준의 지원금이나 전환대출을 제공하는 한편, 투자자에게 코칭, 자문, 상담주선 서비스를 제공하는 경쟁적인 인큐베이터 프로그램을 시작했다.

다자적인 금융기관과 개발은행들은 2014년에도 꾸준히 업적을 쌓았다. 세계은행은 아직도 여전히 화석연료를 지원하고 있지만, 2014년 재생에너지 투자액은 최소 36억달러였다(세계은행은 이 자료를 분산형 재생에너지나 비분산형 재생에너지로 구분하지 않았다). 아시아개발은행은 Energy for All Initiative하에서 에너지 접근성 개선을 위해 약 4억달러의 기금을 모았고, 825만명에게 혜택이 전달될

예정이다. 미주간개발은행은 꾸준히 다자적 투자기금을 지원했고, 누적대출 금액은 2014년 20억달러를 넘어섰고, 1,800여개의 개별적인 분산형 재생에너지프로젝트에 지출되었다. 아프리카개발은행은 아프리카를 위한 지속가능에너지기금에 6,000만달러를 배당했는데, 개별사업들은 국가별로 나이지리아에서는 취사용 스토브, 카메룬에서는 태양광발전, 탄자니아에서는 태양-디젤 초소형 공급망에 초점을 맞추었다. 이슬람개발은행은 1.25억달러 규모의 빈곤감소를 위한 재생에너지 프로그램에 들어갔는데, 이는 주로 사하라이남 아프리카에 있는 6개국에서 저렴한 비용의 분산형 재생에너지원을 활성화시키기 위한 것이었다. 그리고 2014년에 독일개발은행(KfW)은 2백만명 이상이 현대적인 에너지에 접근할 수 있도록 에너지프로젝트를 위한 기금을 지출했다.

이중 일부은행들은 새로운 재원마련 메커니즘으로 경쟁을 활용한다. 미주간개발은행은 라틴아메리카와 카리브해 지역에서 재생에너지, 에너지효율성, 에너지접근성 영역의 혁신적인 프로젝트를 지원하는 에너지혁신 콘테스트를 매년 개최한다. 2014년에는 칠레 티에라 델 푸에고와 파타고니아 오스트랄의 외딴 공동체를 위한 유체역학(해양과 하천) 프로젝트와, 니카라과의 가정용태양시스템에 원격서비스와 관리를 제공하는 프로젝트가 상을 받았다. 또한 다른 콘테스트에서는 가장 효율적인 독립형 LED등과 텔레비전이 상을 받았다.

또한 녹색기후기금이 유엔기후변화협약의 당사국총회 절차를 통해 수십억 달러의 자금을 모으기 시작했다. 녹색기후기금은 분산형 에너지시스템과 기술이전을 양대 주안점으로 삼아, 세계은행, 지구환경기금, 적응기금, 교토의정서의 청정개발체제, 그리고 G8의 에너지 및 수송인프라와 관련된 재원마련 노력 간의 조화를 도모한다. 2014년 말을 기준으로 녹색기후기금은 102억달러를 확보했다.

재원이 증가하면서 크라우드펀딩 같은 새로운 메커니즘의 활약도 점점 커지고 있다. 많은 기관들이 새로운 상품을 출시하거나 새로운 영역으로 확장하는 캠페인을 시작하면서 크라우드펀딩이 꾸준히 인기를 모았다. 유엔재단의 에너지접근성실무자네트워크는 크라우드펀딩을 이용해 SE4All의 다양한 노력에 사용할 목적으로 20만달러를 모았다. 케냐의 외딴 공동체에 에너지접근을 활성화하고, 아이티에서 분산형 재생에너지 기업가들을 지원하기 위해 크라우드펀드 대출을 이용하여 초소형 공급망을 설치한 행위자들도 있다.

□ 비즈니스모델

2014년에도 혁신적인 비즈니스모델은 꾸준히 성장했다. 여기에는 에너지절약전문회사(ESCOs), 마이크로 파이낸스와 마이크로 크레딧, 선불제(pay as you go), 그리고 원스탑샵이 있다.

에너지절약전문회사 모델 혹은 서비스수수료는 기업이 유지, 운영, 관리하는 재생에너지시스템 사용에 대한 요금을 고객이 규칙적으로 납부하는 방식이다. 장점으로 양질의 서비스 전달, 전문적인 유지관리, 미 작동시 시스템교체 등이 있고, 사용자가 소유주가 아니다보니 부주의하게 다루거나 해를 입힐 수 있다는 단점이 있다. 갈수록 많은 에너지절약전문회사들이 직원들의 이직을 막고 관리를 활성화하며 지역일자리를 창출하기 위해 교육기관을 세우고 있다.

마이크로 크레딧 모델(마이크로 파이낸스)을 이용할 경우 구매자(가구, 소기업)는 은행으로부터 소액 융자를 받아 분산형 재생에너지 장비 비용을 충당한다. 사용자는 초기비용을 할부로 납부할 수 있기 때문에 이 모델은 일반적으로 재생에너지시스템이 감당해야 하는 높은 초기비용의 부담을 덜어준다. 마이크로 파이낸스는 지난 10년간 개도국에서 에너지시스템을 보급할 때 가장 인기있는 모델 중 하나로 입증되었다. 2014년 아이티, 인도, 우간다 모두 마이크로 파이낸스 기업 프로그램을 이용하여 태양광랜턴과 청정한 취사용 스토브를 위한 소비자금융의 이용가능성을 확장시켰고, 방글라데시는 청정한 취사용 스토브, 바이오가스 소화장치, 가정용태양시스템의 비용문제를 개선하기 위한 프로그램을 지속적으로 활용했다.

선불제 방식을 활용할 경우, 소비자들은 일반적으로 LED등의 전력을 공급하고 핸드폰 같은 기기를 충전하는데 사용할 수 있는 컨트롤장치와 이동가능한 시스템, 태양광충전키트의 초기요금을 지불한다. 그 후 필요한 에너지 혹은 소비량에 따라 규칙적으로 돈을 납부한다. 이런 소액지불방식은 비즈니스모델에서 가장 인기있는 범주 중 하나였다. 가격수준과 납부일정이 소비자의 가변적인 현금흐름과 에너지소비패턴에 맞추어 설정되기 때문에 이런 방식은 특히 태양광충전키트 같은 기술에서 효과가 있다. 아프리카에서 운영 중인 한 선불제모델은 2014년을 기준으로 해당공급채널에 3만개의 태양광발전유닛이 연결되어 있고, 2014년 말까지 소비자의 집에 15,000개의 유닛이 설치되었다. 케냐는 이미 가정용태양시스템을 위해 대규모로 선불제 방식을 이용하고 있고, 인도는 태양램프를 위해 이와 유사한 선불제도에 착수하겠다고 발표했다.

원스탑샵모델 역시 꾸준히 이용이 확대되고 있다. 이 모델에서는 하나의 조직이 재생에너지 홈시스템을 판매하는 동시에 이 비용을 위한 대출을 공급한다(본질적으로 해당회사는 에너지공급자이자 마이크로금융업자의 역할을 하는 것이다). 이 방식이 일반적으로 사용되는 방글라데시에서는 한 조직이 15%의 계약금을 받고 가정용태양시스템을 판매하고, 고객에게 3년간 6% 이자의 용자와 판매후서비스, 장기제품보증을 제공한다. 또한 해당조직은 방글라데시 농촌전역에서 전문적인 교육을 실시하고, 기업가, 특히 여성에 대한 교육을 통해 이들이 자신의 재생에너지기업을 소유할 수 있게 이끌고 있다.

사이드바 9. 여성과 분산형 재생에너지

분산형 재생에너지시스템은 에너지빈곤층, 그중에서도 특히 여성들의 삶을 개선하는데 상당한 기여를 할 수 있다. 여성들이 에너지빈곤 속에서 살아갈 경우 반복적이고 육체적으로 고된 노동에 시달려 건강이 악화되고, 휴식시간이나 자녀들을 위한 시간, 소득창출을 할 시간이 부족하다.

그을음이 발생하지 않는 화목스토브나 바이오가스 스토브는 땀감을 모으는데 들어가는 시간과 무거운 짐을 나르는 수고, 그리고 이와 관련된 건강상의 위험을 줄여주는 동시에 주방을 청정하게 해준다. 우간다에서는 바이오가스가 여성들의 취사시간을 하루 1시간까지 줄여주고, 간식과 음료를 준비하는데 남성들의 더 많은 참여를 독려한다는 보고가 있다. (등유랜턴이나 양초가 아닌) 태양광발전으로 제공되는 양질의 조명과 백열전등은 여성들이 집안일을 하는 시간을 유연하게 조절할 수 있게 해주고, 에너지비용을 줄여주며, 아이들이 더 건강하고 안전한 조건에서 공부할 수 있게 해준다. 스리랑카에서는 가정용태양시스템을 통해 제공된 조명 덕분에 여성들이 일부 집안일을 밤에도 할 수 있게 되었고, 덕분에 낮 시간을 더 탄력적으로 관리할 수 있게 되었다. 동아프리카 여성들은 등유램프를 태양램프로 교체한 후 가계지출의 30%까지 절약하였다.

분산형 재생에너지기술은 오지에 전기를 보급하여, 사람들이 텔레비전, 라디오, 핸드폰 등의 서비스를 이용할 수 있게 해준다. 이런 장치와 서비스들은 여성들이 다른 곳에서 일하는 가족들과 연락할 수 있도록 도움을 주고, 전통적인 은행을 통하는 것보다 더 빠르고 저렴하게 송금을 받거나 요금을 납부할 수 있게 해주며, 여성들이 현대적인 세계의 일원이라는 느낌을 갖게 한다.

재생에너지기술 공급사슬 내에서는 개도국 여성들이 판매팀, 그리고 기업가로서 역할을 맡고 있기 때문에 소비자 이상이라는 인식이 확대되고 있다. 아시

아, 아프리카, 라틴아메리카의 재생에너지기업 42개를 대상으로 한 설문조사에 따르면, 많은 수의 기업가들이 (개량형 취사용 스토브 같은) 가정에서 사용되는 장비의 설계에 여성들을 참여시키는 것이 제품 성공에 중요한 요인이라고 인식하였다. 여성소비자들에게 제품을 판매할 때 남성판매원보다 여성판매원을 더 좋은 곳에 배치하는 경우도 있다. 방글라데시에서는 (가정용태양시스템, 개량형 취사용 스토브, 바이오가스 소화장치를 판매하는) Grameen Shakti가 잠재적인 여성고객들의 가정을 직접 방문하여 친밀한 관계를 형성할 수 있는 지역의 여성엔지니어와 기술자들을 모집하여 교육시킨다. 이런 일은 남성들이 항상 할 수 있는 일은 아니다.

개도국 여성들은 재생에너지 기업가가 되고자 할 때 남성들보다 훨씬 많은 장벽에 부딪힌다. 가령 여성들은 대출을 받을 때 필요한 담보와 창업자본이 부족하고, 또한 사업에 필요한 기술과 전문지식, 금융지식이 남성보다 부족할 가능성이 높다. 일부국가에서는 재생에너지기술 관련 일이 “남성들의 일”로 인식되기도 한다.

만일 고용주가 여성을 고용하고자 할 경우 이들은 회사와 고용방식이 여성친화적임을 보여줘야 한다. 인도의 Greenway Grameen Infra는 스토브판매직원의 25% 이상을 여성으로 채우려고 했지만, 단체고용을 발판으로 한 유연한 고용정책과 적절한 위생시설이 필요함을 깨달았다. 단체고용을 시행할 경우 여성들이 집안문제로 일을 하기 어려울 때 서로를 지원하고 대신 일을 해줄 수도 있다.

여러 가지 비즈니스모델을 사용하는 다양한 프로그램들이 재생에너지 공급사슬에 여성들이 참여할 수 있도록 지원하는 방향으로 설계되어 있다. ENERGIA의 여성경제역량강화프로그램은 에너지서비스조달 분야에 종사하는 3천명의 여성기업가들을 지원한다. 이 여성들은 5개국 2백만여명의 소비자들을 대상으로 사업을 펼칠 것이다. 이 프로그램에 참여하는 Solar Sister는 지역사회의 가정에 이동식 태양기술을 보급하기 위한 물품목록, 교육, 마케팅지원 등으로 이루어진 창업키트(business in a bag)를 제공하는 동아프리카의 사회적 기업이다. 인도네시아 Kopernik는 여성이 운영하는 노점에 태양광랜턴을 보급한다. 함께 일하는 여성들은 연대와 지원을 통해 서로가 직면한 장벽을 극복한다. 남아프리카공화국 Khulumani Gogos Going Green은 태양조명과 전기를 이용하기 위해 저축모임을 결성한 농촌지역의 나이든 여성들이 시작한 작은 기업이다. 웨스턴솔로몬 지역공동체계획은 남성보다 여성들이 더 믿을만하다고 판단

하기 때문에 자금관리책임을 여성들에게 부여하기도 한다. 방글라데시의 외딴 섬마을인 Char Montaz에서는 40명의 여성들이 가정용태양키트를 조립 및 판매하는 협동조합을 만들고, 멀리 떨어진 지국에 추가로 15명을 더 고용하였다. 이런 형태가 이웃섬으로 확산되고 있는 것으로 보아 이 비즈니스모델은 성공했다고 볼 수 있다.

여성들이 재생에너지공급사슬에 이용자로서 뿐만 아니라 기업가로서 참여하도록 지원하는 데는 정책환경도 중요하다. 가령 우간다 재생에너지정책은 여성들이 집안일에서 재생에너지 혜택을 볼 수 있도록 하기 위해, 마이크로파이낸스의 활성화 같은 전략들이 들어 있다. 인도의 국가바이오연료프로그램은 특히 바이오디젤작물을 재배할 때 여성의 역할을 언급한다. 그 결과 Karnataka의 Hassan지역 여성들은 뒤뜰에서 작물을 재배할 수 있게 되었는데, 덕분에 여성들은 집안일과 병행할 수 있고 소득도 얻을 수 있게 되었다.

SEED나 Ashden상 같은 포상제도를 통해 여성의 업적을 인정해줄 경우 여성들이 재생에너지관련 사업에 더욱 적극적으로 참여하도록 독려할 수 있다. 탄자니아 농촌에너지국은 여성주도의 기업들도 포상제도에서 수상할 잠재력이 있음에도 불구하고 Lighting Rural Tanzania Competition에 참가신청한 대부분의 조직과 기관들이 남성주도임을 깨달았다. 그래서 이제는 여성들의 참여를 독려할 수 있는 젠더중립적인 언어로 대회를 공지한다. Ashden Awards를 통해 여성기업가들이 얻을 수 있는 추가적인 혜택은 소규모재생에너지조직들을 위한 Ashden India Renewable Energy Collective를 설립한 경우를 들 수 있다. 여성들은 이 공동사업체에서 주도적인 역할을 하고 있고, 이를 통해 여성들은 정부정책에 더 큰 목소리를 내고 있다.



JELLYFISH have one of the most efficient means of propulsion on the planet: the recoil drive. Through an ingenious design of elastic-type material, jelly fish can recover and reuse energy previously used for forward movement. This energy-saving capability allows them to move quickly for short periods of time. Called "passive energy recapture", this mechanism can be used to increase significantly the efficiency of engines or other mechanical devices when long-term motor speed is not important.

006



06 에너지효율성 : 재생에너지의 양대기둥

재생에너지와 에너지효율성은 지속가능한 에너지미래의 양대기둥이다. 에너지서비스가 보다 효율적으로 전달되면, 재생에너지는 더욱 신속하게 1차에너지 공급에 효과적이고 중요한 기여를 할 수 있다. 동시에 재생에너지의 비중이 늘어나면 같은 수준의 에너지서비스를 제공하는 다른 1차에너지의 비중이 줄게 된다. 에너지효율성수단과 재생에너지선택지들은 협력을 통해 시스템 전반의 환경 및 경제적 비용을 낮출 수 있다. 가령 분산형 재생에너지시스템은 에너지효율성개선과 함께 전력망의 피크전기수요를 낮추는 한편, 전송손실과 병목장애를 완화시켜줄 수 있다. 풍력, 태양, 수력 같은 재생에너지는 화석연료와 같이 열 손실이 없기 때문에 그 자체로 시스템의 효율을 향상시켜준다. 이 양대기둥이 서로 힘을 보태면 기술적 혹은 경제적으로 실용성이 떨어졌던 장비들이 상용화되고, 이를 통해 부분의 합보다 더 큰 결실이 생기게 된다.

기본적인 서비스를 제공하는데 필요한 에너지의 총량은 에너지원과, 각 단계에서 발생하는 손실(즉, 1차에너지 추출, 변형, 수송, 전송, 최종사용) 두 가지에 의해 좌우된다. 각 단계마다 전반적인 시스템의 에너지효율성을 향상시킬 수 있는 기회가 있는데, 이는 1차에너지원이 무엇이든 유리한 기회가 될 수 있다. 하지만 에너지효율성과 재생에너지원 간에는 기술적인 맥락과 정책적인 맥락 모두에서 특수한 상승효과가 존재한다. 이런 상승효과의 사례에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 시스템 장점이 커지게 하는 상승효과. 효율적인 건물시스템과 설계는 소내 재생에너지발전과 결합되면 최종에너지 수요와 전력망 폭주 및 손실, 연료수송과 관련된 금전적 지출 및 에너지소비를 줄여준다.
- 에너지믹스에서 재생에너지의 비중을 늘려주는 상승효과. 최종 효율성 개선과 소내 재생에너지 사용의 증대는 1차에너지 수요를 줄여준다. 최종에너지 요건이 낮아지면, 낮은 에너지밀도의 재생에너지원으로 전체 에너지서비스의 필요를 충족시킬 수 있는 기회가 늘게 된다. 총에너지소비량에서 재생에너지의 비중을 늘리는 목표는 재생에너지의 양을 늘림과 동시에 총에너지소비량을 낮춤으로써 달성될 수 있다.
- 재생에너지와 효율성에 대한 투자가 증대되는 상승효과. 최종에너지 효율성 개선은 재생에너지로 최종사용서비스를 조달하는 비용을 낮춰주고, 효율성을 통해 절약된 비용은 추가적인 효율성향상이나 재생에너지기술 보급에 보탬이 될

수 있다.

이런 상승효과들은 건물과 전기서비스에서부터 수송과 산업에 이르기까지 여러 가지 영역에서 존재한다.

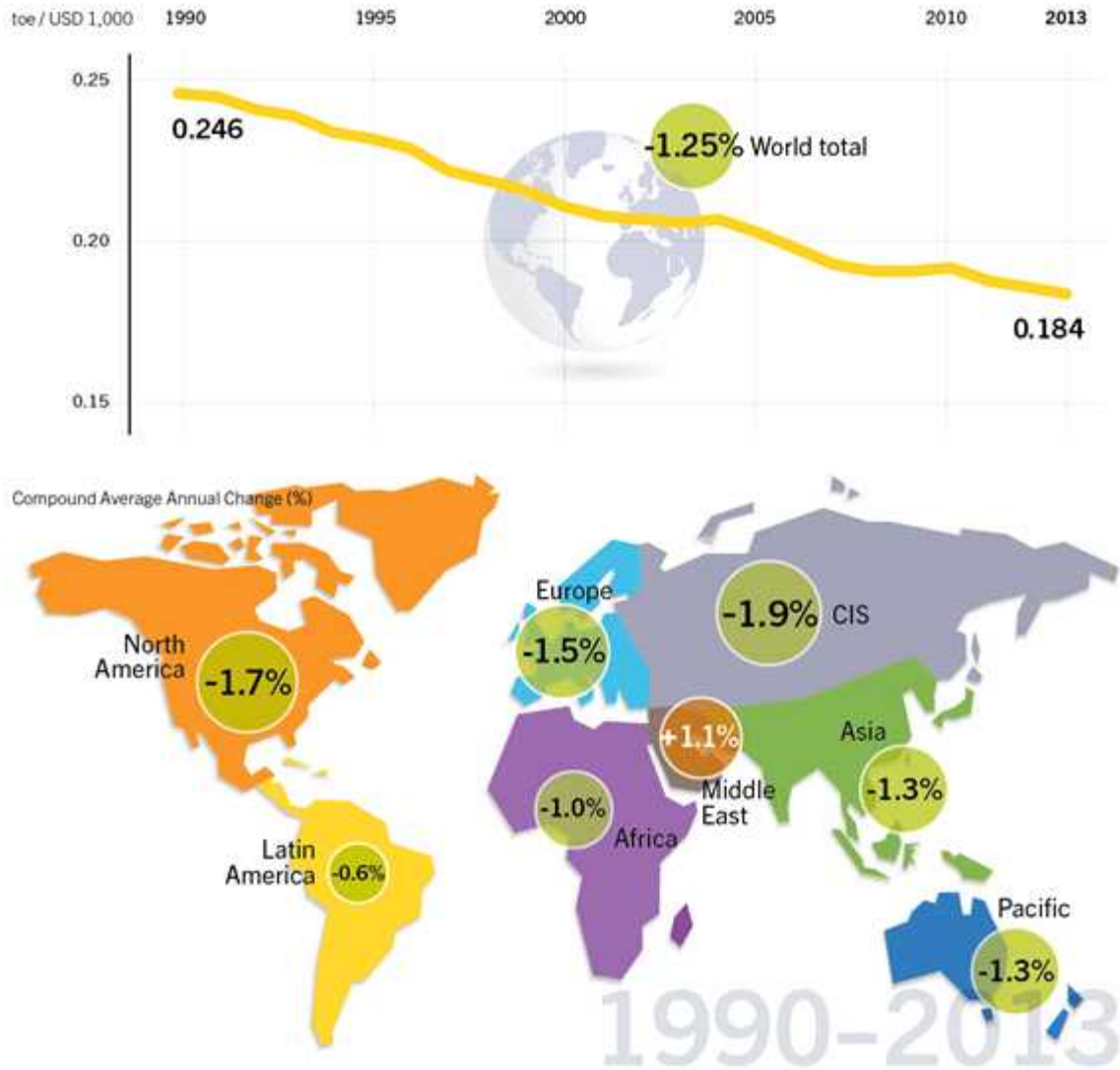
에너지집약도(즉, 경제생산물 단위당 1차에너지소비)는 일반적으로 거시수준의 분석을 할 때 에너지효율성을 가늠하는 기준으로 사용된다. 이는 에너지효율성을 측정하기 위한 국제적으로 합의된 높은 수준의 지표가 없기 때문이다. 전 세계 차원에서 에너지집약도는 1990년부터 2013년까지 연평균 약 1.25%로 감소했고, 대부분의 지역들에서 총 에너지집약도는 이 기간동안 개선되었다. 에너지집약도에서 가장 의미있는 감소는 독립국가연합[1991년까지 소련연방의 일원이었던 국가들], 북아메리카, 유럽에서 확인되었다. 하지만 이들 국가들의 구조적 변화가 에너지집약도 감소에 기여했을 가능성이 높다. 중동은 전체적인 에너지집약도가 상승한 유일한 지역이다.

일부국가들은 다른 국가들보다 에너지를 좀 더 효율적으로 사용하기 때문에(경우에 따라 차이가 상당하다), 국가와 지역에 따라 잠재적인 절약분이 크게 차이가 난다. 그럼에도 불구하고 모든 국가와 경제지역에서 에너지효율성이 더욱 개선될 가능성이 남아있다.

다음절에서는 건물과 전기제품, 수송, 산업부문의 에너지효율성과 관련하여 현황과 흐름, 사건들을 다룰 것이다. 각 영역들은 전세계 최종에너지수요의 약 1/3 정도를 차지한다. 그 외 나머지 부분에서는 에너지효율성을 증진하고, 에너지효율성과 재생에너지간의 상승효과를 높이기 위한 정책의 현황을 다룰 것이다. 이 절에서는 각 영역내의 최신 기술들과 최근의 정책개발에 집중할 것이며, 전체적인 상황을 모두 다루지는 않을 것이다.

올해 보고서의 이번 부분은 에너지효율성과 재생에너지발전간의 중요한 연결고리를 인정하면서 최초로 이 주제를 독립된 장으로 다룬다는 의미가 있다.

그림 37. 세계에너지집약도, 1990-2013



사이드바 10. 에너지효율성 데이터의 현황

에너지효율성 향상은 여러나라에서 최우선 정책이지만, 국가수준이나 세계수준에서 에너지효율성 흐름을 측정하는 지표에 대한 합의는 국제적으로 이루어지지 못했다.

에너지효율성 향상을 보여주는데 널리 사용되는 합계지표 중 하나는 에너지집약도이다. 하지만 에너지집약도의 변화는 에너지효율성 외에도, 경제구조 변화(가령 에너지집약적인 산업에서 서비스업으로의 전환) 같은 다른 요인들에 의해 좌우될 수 있기 때문에, 이 지표의 효과는 제한적이다. (에너지효율성

지표, 채점표 같은) 다른 접근법들은 일반적으로 부문별 또는 정책별 세부데이터를 요구하는데, 이는 부문이나 국가에 따라 구할 수 없는 경우가 있다. 건물부문에서 가장 핵심적인 데이터중 하나는 건물에너지성능이다. 관련 데이터베이스를 공개적으로 이용할 수도 있지만, 보통 지역적으로 제한되어 있고, 극소수 빌딩만을 대상으로 한다. 여기에 속하는 사례로는 미국국가건물성능데이터베이스, 미국고성능건물데이터베이스, 독일정부가 지원하는 순제로에너지건물지도 국제프로젝트, New Building Institute의 “NZE인증 및 NZE 신규 프로젝트 사례연구”가 있다. 또한 패시브하우스 개발을 추적하는 데이터베이스도 있다.

(17개 회원국을 대상으로) 유럽전역에서 저에너지건물의 시장흡수를 모니터링하고 정책평가 및 최적화를 위한 데이터와 근거들을 만들어내는 EU ZEBRA 2020 프로젝트가 2014년에 시작되었다.

건물인증과 라벨링제도를 통해 건물에너지성능 데이터를 수집하는 노력들도 같은 방법을 활용하고 있다. 2013년에는 뉴질랜드가 호주에서 성공한 국가건조환경등급 시스템을 차용하여 상업적인 건물의 에너지성능을 측정하고 등급을 매기는 자발적인 제도(NABERSNZ)에 착수했다. NABERSNZ에서는 상업적인 건물의 에너지성능을 평가하고 여기에 점수를 매긴다.

다양한 성능데이터 수집은 에너지절약과 그 외 에너지효율성 향상의 장점을 홍보하는 캠페인과 비교연구에 사용될 수 있다. 2014년 알제리는 건물의 에너지효율성을 측정하고 몇몇 지역의 냉난방 에너지절약을 평가하는 Ecobat라는 실증프로젝트에 들어갔다. 평가의 일환으로 에너지효율성 기준에 맞춘 건물의 에너지성능과 기존 건물의 성능을 비교하고 있다.

여러 분야와 지역에서 제대로 된 의사결정을 위해서는 품질을 개선하고 에너지효율성 데이터를 확보하는 것이 중요하다. 데이터수집 노력이나 지표개발은 꾸준히 개선되고 있긴 하지만, 전체적으로 에너지효율성 데이터의 질과 범위는 재생에너지원 데이터와 비교했을 때 아직도 뒤쳐져있다.

여기에는 몇 가지 이유가 있다. 첫째, 에너지효율성은 재생에너지에 비해 구체적인 형태가 없고, 에너지효율성의 향상을 정의하고 측정하는 법에 대해서는 아직 불확실성이 남아있다. 둘째, 에너지효율성 데이터의 중요성에 대한 인식이 없고, 꾸준히 데이터를 수집할 자원과 역량이 부족하다보니 대부분의 나라에서 에너지효율성 데이터에 대한 수요가 아직 낮다. 마지막으로 데이터 수집을 하려는 나라에서도 수집은 다양한 수준에서(즉, 국가차원, 국가하위차

원, 지방정부차원 등) 이루어지는 경우가 있고, 각각 방법론과 질이 달라서 일관성을 확보하는데 큰 어려움을 초래하고 있다.

□ 건물과 전자기기

건물부문은 전세계 최종에너지수요의 약 1/3을 차지한다. 건물에서 소비되는 에너지의 약 40%는 공간냉난방에 사용되고, 나머지는 온수, 조명, 전자기기 작동 등에 사용된다. 건물의 에너지사용량을 줄이고 안락함을 증진할 수 있는 기회는 다양하게 존재한다. 여기서 말하는 안락함의 증진이란 건물 방향과 설계의 최적화를 통한 패시브로 태양에너지의 장점 극대화(가령 난방이나 낮 시간의 조명을 위한), 열교현상의 감소, 창유리(glazing)의 개선, 공기밀폐도의 개선, 열용량의 증대를 통해 열을 흡수하고 저장하는 건물의 능력 개선, 통풍개선 등이 있다.

최근 몇 년간 개별시스템의 효율향상보다는 건물에너지성능개선에 대한 전체론적인 접근법을 더 많이 강조하고 있다. 이는 주어진 지리적 위치에서 가장 비용 효율적인 방식으로 전체적인 성능을 최적화할 수 있는 방법으로 건물설계의 모든 측면들을 효율적으로 만드는 것을 의미한다. 건물기준 사례로는 미국의 Energy Star와 주로 유럽에서 건물에너지고성능을 위한 일반적인 기준인 Passivhaus Standard가 있다. 정의상 패시브하우스는 에너지수요가 대단히 낮고, 기존의 냉난방기술을 사용하지 않고도 높은 수준의 열 쾌적성을 제공한다. 2000년부터 2012년 사이 유럽에서만 이런 건물의 수가 3배로 증가했는데, 이 성장세를 주도한 것은 독일과 오스트리아였다.

순제로에너지건물(NZEBs)과 제로에너지에 가까운 건물(nZEBs)은 에너지효율성 개선을 통해 에너지수요를 크게 감소시키고 그 외 나머지 에너지수요(nZEBs의 경우는 거의 전부)를 재생에너지로 충당하는 건물을 말한다. 매년 새로운 순제로에너지건물이 각국에 세워지고 있어, 다양한 지역과 기후에서 순제로에너지 건물의 성능을 유지할 수 있다는 데이터가 쌓이고 있다. 새로운 순제로에너지 건물 관련 흐름과 시사점에는 다음과 같은 것들이 있다.

- nZE와 NZE의 잠재적인 편익을 사람들에게 교육하기 위해 점점 더 많은 공공건물에 가능성을 시연하고 있다. 북아메리카에서는 공공건물이 기존의 NZE 프로젝트의 2/3를 차지하고 있으며, 미국의 공익프로그램들은 오리건주와 캘리포니아주에서 성공적인 시범 NZEBs로 이어졌다.

- (바닥면적이 5,000m² 이상인) 대형 NZE 건물이 점점 일반화되고 있다.
- 전세계 건축가들이 nZE 설계에 점점 익숙해져가고 있다. 2014년 국제건축가연맹(124개국 130만여명의 건축가들을 대표하는)은 회원조직들이 2050년까지 nZE 설계를 100%하기로 약속하는 2050 Imperative를 채택하는데 만장일치로 의견을 모았다.
- 북아메리카는 NZE 성능이 신규건축에만 한정되지 않음을 보여주었다. 북아메리카에서 NZE 인증을 받은 건물의 24%가 리노베이션 프로젝트에 해당한다. 주로 몇몇 유럽연합 국가에서는 기존 건물을 가지고 NZE/nZE 프로젝트와 목표치를 설정하려는 움직임이 확산되고 있다.
- 프로젝트는 하나의 건물을 넘어서서 점차 확장되고 있으며, 전체적인 에너지 균형은 이웃한 건물들의 포트폴리오나 공동의 NZE 목표치를 적용받는 전체 지구를 대상으로 측정한다. 가령 북미에서는 미군시설과 몇 개 대학 등 18개의 NZE지구가 있다.
- 기존의 NZEB 프로젝트는 대부분 선진국에서 이루어지고 있지만, 중국, 케냐, 말레이시아, 대만 등 몇몇 개도국과 신흥경제국에서도 시범적인 NZEBs가 건설되었다.
- (유사한 기존의 건물들과 비교했을 때) NZEBs에 대한 추가적인 투자비용은 5~19% 범위로 추정된다. 보조금이 없는 경우, 에너지효율성에 대한 투자 회수율은 5~12%인 것으로 추정된다.

건물 효율성은 냉난방 등 시스템과 설계에 의해 주로 판가름난다. (열원이 공기든, 땅이든, 물이든) 열펌프는 냉난방수요를 충족시킬 수 있는 효율적인 기술이 될 수 있다. 2011년부터 2014년까지 전세계 열펌프 시장은 약 150만유닛에서 200만유닛으로 확대되었는데 주된 동력은 아시아, 그 중에서도 특히 중국이었다. 열펌프에는 건물 냉난방에 적합한 재생에너지를 제공할 잠재력이 있다. 건물 단열이 효과적일 경우, 열펌프로 냉난방수요를 충족시키기가 훨씬 수월하기 때문에 상승효과가 존재한다. 태양열과 현대적인 바이오매스시스템 역시 마찬가지다. 마지막은 건물 내에서 사용하는 전자기기와 전자장치이다. (냉장고, 식기세척기, 건조기 같은) 대형전자기기는 가정용 전력소비량의 상당한 비중을 차지하지만, 효율향상 덕분에 대형전자기기의 에너지소비량은 급감했다. 가령 1996년 연간 450~800kWh에 달했던 냉장고의 에너지소비량은 2011년 연간 250~400kWh로 줄어들었다(이 시기 가장 효율이 높은 것은 유럽연합의 냉장고였다).

텔레비전(과 컴퓨터 모니터) 역시 지난 10년간 효율이 상당히 향상되었다. 브라

은관이 평판기술(LCD와 PDP)로 대체되고, 아날로그가 디지털로, 그리고 냉음극형광등배면광이 LED 배면광으로 전환되었다. 텔레비전에 대한 전력관리시스템이 채택된 결과이다. 2015년에 상업적으로 이용가능한 기술중에서 가장 효율이 높은 모델들은 기존의 냉음극형광등배면광이 들어오는 LCD 텔레비전과 비교했을 때 32~71%까지 에너지를 절약할 수 있다. 2010년부터 2014년 사이 효율성이 낮은 냉음극형광등-LCD의 전세계 수출선적은 거의 90%까지 하락한 반면, LED-LCD의 선적은 8배 증가했다.

전세계 조명시장은 백열등에서 에너지집약적인 LED로 전환하는 중이다. LED등은 전통적인 백열전구보다 90% 더 적은 에너지를 소비하고, 수명이 약 6배 더 길다. 최근 몇 년간 LED기술은 급속하게 발전했고 비용은 크게 떨어졌다. 60w급 LED 전구의 비용은 2011년부터 2012년 사이에 약 40% 하락했다. 국가차원에서 백열전구를 금지하면서 많은 나라에서 LED 제품이 시장에 확산되었고, 이로 인해 급속하게 상용화되고 있다. 주도적인 LED 시장으로는 유럽(세계시장의 23%), 중국(21%), 미국(19%), 일본(9%)이 있다.

전자기기 및 장비는 가동될 때 에너지를 소비하고, 주요기능을 수행하지는 않지만 대기전력을 소비하는 제품들이 많다. 대부분의 선진국에서는 대기전력이 보통 가정용 전력사용량의 5~10%를 차지한다. 개도국(특히 도시)에서는 대기전력소모량이 이보다 적긴 하지만 점점 비중이 늘어나고 있고, 상업용 건물에서도 대기전력소모량이 전체에서 차지하는 비중이 더 적긴 하지만 여전히 상당하다. 2010년에 선진국에서 마련된 규제로 인하여 단위당 대기전력소모량은 최근 몇 년간 줄어들었다.

□ 수송

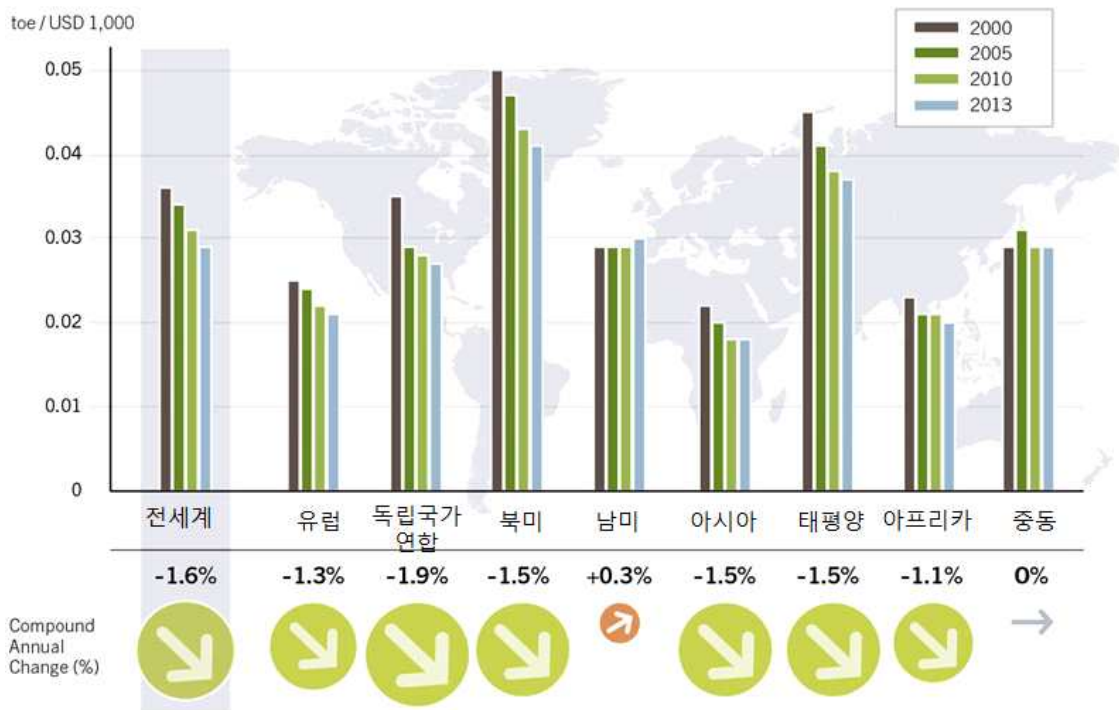
수송은 세계 최종에너지수요의 30%를 약간 밑도는 비중을 차지한다. 수송용 에너지사용량 중에서 (경차, 버스, 대형트럭 등) 도로수송이 차지하는 비중이 81.4%에 달하며, 항공수송 8%, 수상수송 4.5%, 파이프라인수송 3.8%, 철도수송 2.3%를 차지한다. 지금까지 효율성향상에 대한 강조는 대부분 도로수송 영역에서 이루어졌다.

도로수송부문의 핵심적인 흐름으로는 민간차량의 연비향상, 전기차와 하이브리드차량의 보급확산, 더 지속가능한 여행형태로 이전(가령 대중교통, 철도, 간선급행버스체계)을 꼽을 수 있다. 그 결과 연비성능은 지난 15년간 꾸준히 향상했고, 평균적인 에너지집약도는 상당히 하락했다.

가령 미국에서는 자동차와 경트럭의 연비가 지난 10년간 약 25% 향상되었고, 1975년과 비교하면 85%가 향상되었다. 2014년 미국시장에서 구입할 수 있는 최고급 디젤 모델과 가솔린모델차량(모두 가솔린 하이브리드 차량)의 연비는 리터당 30~32km(갤런당 70~76마일)였다.

전기차는 전력망에서 끌어온 전기에너지의 약 59~62%를 동력으로 전환시킨다. 2008년부터 2013년 사이 전세계 전기차 판매량은 약 1만대에서 40만대 이상으로 폭등했고, 성장률은 연평균 100%가 넘는다. 하지만 아직 세계시장과 국가별 시장에서 전기차가 차지하는 비중은 크지 않다. 2013년 전기차 비중이 가장 높은 곳은 노르웨이(6.1%)였고, 그 뒤를 네덜란드(5.6%), 캘리포니아(4%, 미국 전체는 1.3%)가 이었다.

그림 38. 국가 및 지역별 수송의 에너지집약도, 2000년, 2005년, 2010년, 2013년



개인차량에서 간선급행버스체계 같은 공공교통으로 중심이 이전할 경우에도 이동의 효율성을 향상시키는데 도움이 될 수 있다. 2013년을 기준으로 전세계 150여개의 도시가 일종의 간선급행버스체계를 채택하여 주중 약 2,800만명의 승객들을 실어 나르고 있다.

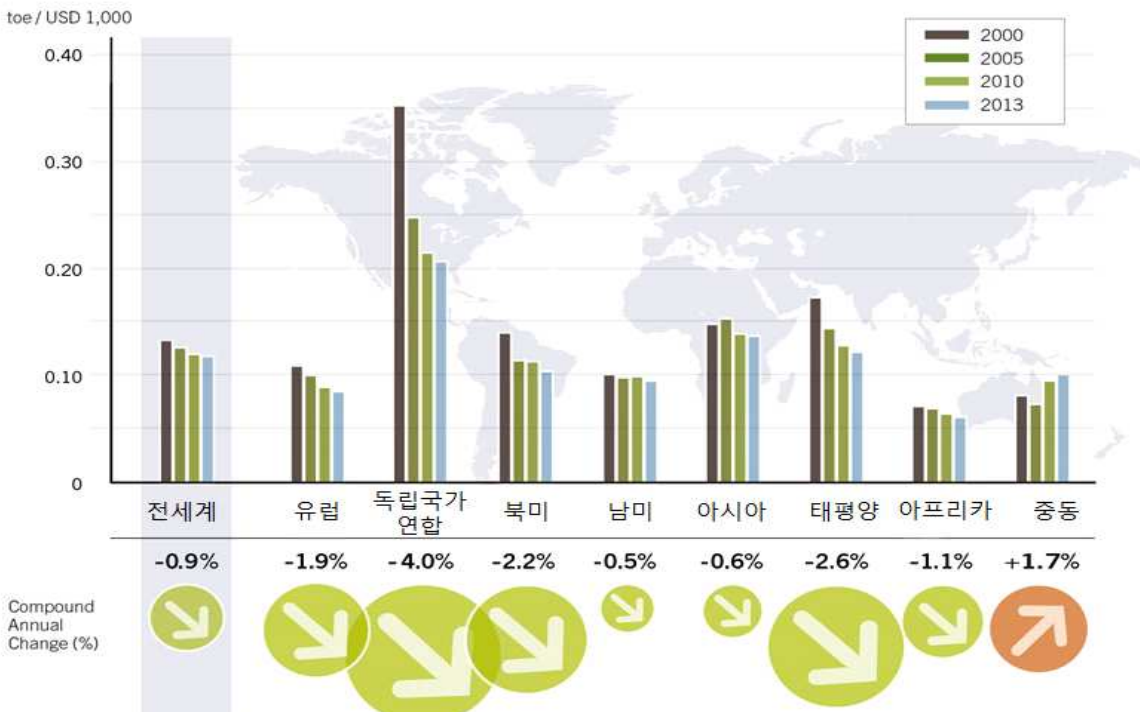
□ 산업

전 세계 최종에너지의 약 40%가 전기, 열, 기계적인 에너지의 형태로 산업부문에 소비된다. 2000년부터 2013년까지 중동을 제외한 전 세계 거의 모든 지역에서 에너지집약도가 하락했다.

에너지집약도가 가장 높은 산업은 (정제 등의) 화학, 금속과 합금, 펄프와 제지, 시멘트다. 이런 산업들은 에너지효율을 증진시킬 수 있는 잠재력이 상당하다(모두 이미 존재하는 최고의 방법을 통해). 전 세계적으로 에너지사용량을 줄일 수 있는 기술적인 잠재력은 펄프와 제지산업 26%, 화학 24%, 철강 21%, 시멘트산업 18%, 알루미늄생산 11% 있는 것으로 추정된다.

이 부문에서 에너지효율성 향상의 긍정적인 흐름으로는 산업시설에서 국제표준 화기구(ISO) 기준 50001 같은 에너지관리시스템의 이행이 확대되고 있는 것을 꼽을 수 있다. 에너지관리시스템은 (ISO 50001이 만들어진) 2011년부터 2014년 5월까지 전세계 7,200여개 현장에서 이행되었다.

그림 39. 국가 및 지역별 산업의 에너지집약도, 2000년, 2005년, 2010년, 2013년



□ 에너지효율성향상 정책

에너지효율성개선을 활성화하는 정책은 에너지안보 강화, 경제성장 지원, 기후변화 완화 등의 이유로 추진된다. 에너지효율성 증진은 경제성을 확보하는데도 중요하다. 저소득 국가에서 (전자제품과 전등 등의) 효율이 향상되면 에너지에 접근하지 못하는 사람들에게 에너지서비스를 더 용이하게 제공할 수 있다. 이를 위해 많은 수의 국가들이 건물, 전자제품, 수송수단, 산업의 에너지효율성을 향상시키기 위한 정책을 이행해왔다.

광역 및 정부차원에서 에너지효율성 향상 목표치를 설정하고 있다. 2014년 말, 유럽연합은 (1990년 수준과 비교했을 때) 2030년까지 최소 27%까지, 그리고 2020년에는 20%까지 효율성을 향상시키겠다는 구속력 없는 목표를 설정했다. 유럽연합 전체를 대상으로 한 2020년의 목표를 달성하기 위해 일부회원국들은 2020년의 국가별 고시목표(indicative targets)를 마련했다. 2013~2014년까지 14개 회원국들이 국가규모의 에너지절약 목표치를 설정했고, 20개 유럽연합이 이 목표를 어떻게 달성할지를 개괄하는 국가에너지효율성실천계획을 제출했다.

유럽연합 이외에 에너지효율성 향상 목표를 채택한 국가와 지역으로는 중국, 인도, 남아프리카공화국, 태국, 미국, 그리고 서아프리카경제협력체에 속한 모든 국가들이 있다. 2015년 초 중국은 에너지집약도를 3.1%까지 낮추는 계획을 발표했다(2014년에는 4.8%를 낮췄다).

각국 정부는 경제전분야의 효율성을 끌어올리기 위해 기존의 규정을 개정하거나 새로운 규정을 도입하고 있다. 건물부문에서 새로운 진전이 일어난 경우는 다음과 같다. (캐나다) 브리티시컬럼비아는 2014년 단독주택과 소형건물에 대한 더욱 엄격한 에너지효율성 요건을 도입했고, 벨기에와 리투아니아는 2013년 새로운 건물에너지성능요건을 채택했으며, 영국의 에너지기업의무요건은 국가의 에너지 소비량을 줄이는 한편, 연료 빈곤상태로 살고 있는 사람들을 지원하려는 목표에서 마련되었다. 베트남은 역시 에너지효율성요건을 포함한 새로운 건물규정을 도입했다.

전자기기와 기타 에너지소비제품의 효율성을 개선하는데 사용되는 1차적인 수단은 기준과 라벨링 프로그램이다. 2014년까지 이런 프로그램을 도입한 국가는 81개국이었고, 의무적인 에너지성능기준은 55개의 제품형태에 적용되었는데, 이중 가장 일반적인 규제대상은 냉장고, 실내에어컨, 조명, 텔레비전이었다. 전 세계적으로 (에너지성능과 관련된) 모든 형태의 기준과 라벨링 조치의 수는 지난 10

년간 3배 가까이 증가해서 2014년 3,600개를 넘어섰다.

지난 20년간 일부 기준과 라벨링 제도가 확대되거나 강화되었다. 가령 폴란드, 일본, 한국은 라벨링 범위를 모든 에너지소비제품으로 확대시켰다(이전에는 가정용 제품만을 대상으로 했다). 독일은 자발적인 라벨링제도로 기후관련제품에 대한 상위 100대 에코라벨을 도입했다. 그 외 다른 국가들도 기준과 라벨링 프로그램을 개발하는 중이다. 가령 코트디부아르는 2011~2030년 전략적발전계획 하에서 가정용 제품에 대한 기준과 라벨을 개발 중이다.

특히 개도국과 신흥경제국에서는 취사기술의 에너지효율성이 중요해져서 관련 규제와 기준을 채택하기 시작했다. 이란은 2013년에 cookstoves and hobs/cooktops에 대한 에너지성능기준을 이행했고, 베트남은 의무적인 라벨링제도를, 2014년에는 밥솥에 대한 에너지성능기준을 채택했다. 그 외 유사한 수단을 고려중이거나 개발중인 국가로는 방글라데시, 칠레, 인도네시아, 멕시코가 있다. 또한 부르키나파소, 감비아, 가나, 기니, 말리, 니제르, 세네갈, 토고 등 일부개도국들은 효율적인 취사용 스토브를 활성화하기 위한 프로그램을 보유하고 있다. 에너지효율성기준과 라벨제도는 점점 수송과 산업부문에서도 활발하게 채택되고 있다. 수송부문에서 최근에 나타난 진전은 다음과 같다. 미국과 캐나다는 2025년까지 연비기준을 마련했고, 멕시코도 최초의 기준을 마련했다. 유럽연합, 중국, 일본은 [5톤이하의] 경량 연비기준을 강화 및 확대했으며, 인도는 기준을 개발하고 이행을 준비 중이다. 칠레는 최초의 연비 라벨링 정책을 도입했고, 모리셔스는 개도국 최초로 연비/이산화탄소 기준 feebate system(차량연료효율성을 기준으로 요금과 환불금을 정하는)를 개발하여 이행했다. 2014년 말 기준으로 차량연비기준은 세계경차시장의 70%에 적용되었다.

산업부문에서 에너지성능기준은 종종 특정장치를 대상으로 하기도 한다. 2013년 말 현재, 브라질, 중국, 한국, 미국 등 44개국에서 전동기에 대한 기준을 도입했다. 2013년 중국은 국내 대형에너지사용자들을 대상으로, 지방수준에서 에너지관리프로그램을 이행하도록 의무화했다. 미국에서는 41개주가 지방납세자들의 기금으로 마련된 에너지효율성프로그램을 운영하고 있고, 35개주의 에너지청은 지방납세자들의 기금으로 마련된 프로그램의 지원을 받거나 그와는 별개로, 산업 에너지효율성 프로그램을 보유하고 있다.

에너지효율성을 향상하기 위해서 (세금환불, 세금감면, 저금리 대출 같은) 재정적 인센티브 역시 활용되었다. 가령 일부 유럽국가들은 건물부문에서 재정적인 인센티브를 이행해왔다. 2014년에는 이탈리아와 네덜란드가 건물의 에너지효율

성 프로젝트(이탈리아에서는 산업설비와 생산공정의 에너지효율성 역시 대상으로 한다)에 필요한 자금을 마련하기 위해 회전기금(revolving fund)을 만들었고, 체코공화국은 EU-ETS 경매수입 8,300만달러를 건물효율성개선에 할당하는 녹색 투자제도 New Green Savings 2014+를 만들었다. 또한 폴란드는 2013년에 건물 효율성증진을 독려하기 위해 두 개의 지원금 프로그램을 시작했다. 에너지효율성주거프로그램은 주택소유주에게 성능을 기준으로 리노베이션이나 효율적인 건축을 위한 지원금을 제공하고, 공공건물을 대상으로 하는 유사프로그램에서는 건물의 에너지효율성등급에 따라 투자의 30~70% 범위에서 지원금을 제공한다. 수송부문에서는 (재정적인 인센티브의 일환으로) 전기차 같은 에너지효율성이 높은 차량에 대한 세금공제와 세금환불이 시행되고 있다. 2013년 폴란드는 도시 수송에서 에너지소비량을 줄이는 프로젝트를 지원하는 재원조달계획을 도입했다. 이 계획의 수혜자로는 지자체, 지역의 대중교통당국 산하 공익회사, 그 외 지자체와 계약을 맺은 도시의 수송서비스공급자들이다. 미국과 프랑스는 연료효율이 좋은 하이브리드 전기차나 전기차에 대해 세금을 환불해준다. 산업부문에서도 재정적인 인센티브를 활용했다. 터키는 산업시설의 에너지효율성을 독려하기 위해 투자인센티브계획을 수정하겠다고 발표했고, 독일은 에너지효율성과 관련된 기업의 투자와 인증, 측정을 지원하기 위해 2가지 보조금 프로그램을 도입했다. 2014년을 기준으로 유럽연합 회원국 40% 이상이 에너지관리시스템의 사용을 독려하기 위한 인센티브를 실시하고 있고, 회원국의 약 15%가 환경관리시스템에 대한 인센티브를 보유하고 있으며, 약 35%가 자발적인 협약을 갖추고 있다. 또한 재생에너지에서 사용하는 녹색인증계획처럼 에너지효율성에 적용되는 인증계획인 백색인증계획 같은 에너지효율성 증진을 위한 시장메커니즘들이 존재한다.

□ 재생에너지-에너지효율성 연계향상 정책

많은 국가들이 에너지효율성과 재생에너지를 각각 지원하는 정책을 개발하고 있지만, 정책영역에서 이 두 가지를 체계적으로 연계하려는 노력은 상대적으로 부족한 편이다. 일부사례에서는 에너지효율성과 재생에너지가 경쟁관계에 놓이기 까지 한다. 하지만 갈수록 많은 정책들이 건물관련 인센티브와 경제전반의 목표치 및 규제를 통해 효율성과 재생에너지를 함께 다루기 시작했다.

지금까지 취해진 중요한 접근법은 세 가지이다. 첫째, 경제전반에 걸쳐 재생에너지와 에너지효율성을 동시에 장려하는 것(두 영역에 대해 유사한 목표를 설정). 둘째, 경제전반에 걸쳐 재생에너지와 에너지효율성을 통합시키는 것(둘 중 하나 혹은 두 가지 모두로 충족시킬 수 있는 RPS 시행). 셋째, 재생에너지와 에너지효율성을 동시에 이행할 것을 요구하는 것(재생에너지를 이행하려면 그 전에 에너지효율성을 개선하도록 요구하는 것).

유럽연합수준 뿐만 아니라 몇몇 개별국가들은 최근 에너지효율성과 재생에너지를 결합시킨 목표치들을 채택하고 있다. 가령 유럽연합은 2020년과 2030년을 위한 에너지효율성 목표치 외에, 전반적인 에너지믹스에서 재생에너지의 비중을 늘리겠다고 약속했다(2030년까지 27%). 2013년에는 인도가 12차 5개년 계획(2012~2017년)을 도입했는데, 이 계획은 2020년까지 에너지집약도를 20~25% 낮추고, 2012~2017년 동안 재생에너지 30GW를 추가하는 목표를 달성하는데 필요한 조치에 중점을 두고 있다. 또한 2013년에는 일본이 에너지효율성과 재생에너지기술을 개발 및 확산시키기 위한 저탄소기술계획을 채택했다.

모든 회원국들에게 공공건물과 모든 신규건축을 각각 2018년과 2020년까지 nZE 형태로 요구하고 있는 유럽연합지침을 달성하기 위해 (벨기에, 덴마크, 프랑스, 독일, 이탈리아, 영국 등) 일부 유럽국가들은 공공건물에 대한 중간적인 목표치를 만들었다. 국가별로 건물규모나 목표연도 같은 요인들에 따라 이 목표치는 차이가 있다. 수송부문에서 역시 효율성과 재생에너지를 증진시키기 위한 목표치가 사용되고 있다. 가령 체코공화국은 2014년에 총 수송에너지 소비에서 재생에너지의 비중을 2020년까지 10% 끌어올리는 동시에 에너지소비량과 배출량을 줄이겠다는 목표를 채택했다.

일부 정책입안가들은 효율성과 재생에너지 증진을 결합시킨 규제를 사용하기도 한다. 2015년 초 스위스는 2020년 이후부터 (유럽연합건물에너지성능 지시문서의 유럽연합 요구사항들과 유사한) nZEB 기준을 포함시키는 건물에너지규정과 난방시스템 보수시 재생에너지 10%를 의무화하는 규정을 만들었다. 2014년에는

미국의 캘리포니아주가 모든 가정용 및 상업용 신규건물을 각각 2020년과 2030년까지 NZE로 하도록 하는 개정판건물규정을 이행하기 시작했다.

호주는 건물규정을 연방차원에서 마련하지만 시드니는 지방차원에서 건물의 에너지효율성과 재생에너지계획에 대한 통합적인 접근 사례를 보여준다. 2015년 초를 기준으로 시드니는 건물 재생에너지사용량(과 관련된 온실가스배출량)을 줄이기 위한 에너지효율성마스터플랜 초안에 대한 자문을 구하는 중이다. 이 마스터플랜은 시드니시의 재생에너지마스터플랜과 트라이제너레이션마스터플랜(Trigeneration Master Plan)과 함께 이행될 것이다.

일부국가들은 목표치와 규정 이외에도 재정적인 인센티브를 사용하여 재생에너지와 효율성을 동시에 증진시키고 있다. 2014년 초 캘리포니아는 (건물의 에너지효율성 개선과 지붕의 태양광발전 설비를 지원하는) 성공적인 PACE 재원조달 프로그램을 복원하기 위해 모기지대출기관들의 우려를 종식하는 작업에 들어갔다. 2015년 초에는 캘리포니아의 38개시와 3개의 카운티가 새로운 PACE 프로그램에 착수했다.

역시 2015년 초에 독일은 자체적인 기후목표를 달성하기 위해 건물의 재생에너지 열 비중을 높이는 보조금 가이드라인을 개정했다. 이 인센티브프로그램은 에너지효율성 뿐만 아니라 태양열을 지원한다. 2014년 콜롬비아는 재생에너지원 개발을 활성화하고 이를 전력시장에 통합시키기 위한 1715 법률을 제정했다. 또한 이 이니셔티브의 재원마련에 도움을 주기 위한 비관행 에너지와 효율적인 에너지관리기금의 신설 등 에너지효율성 증진을 위한 법적 구조와 재정적 수단들을 마련했다. 2013년 룩셈부르크는 기존의 구조나 새로운 고성능구조에서 재생에너지원 사용을 확대하고 에너지절약을 개선하는 프로젝트에 지원금을 주는 제도를 채택했다. 같은 해 이탈리아는 기존건물의 에너지효율성 개선, 소규모 고효율시스템, 재생열에너지기술에 대한 투자비의 40%까지 보전해주는 인센티브를 도입했다.

다른 부문에서는 재생에너지와 에너지효율성 모두에 동시 적용되는 재정적인 인센티브의 사례가 없지는 않지만 제한적인 것으로 보인다. 가령 폴란드는 2013년 에너지효율성과 재생에너지 사용 등 도시수송에서 배출량을 감소시키는 프로젝트에 대해 투자지원금(45%까지)을 주는 프로그램을 도입했다.

에너지효율성을 개선하고 이를 재생에너지활용과 결합시키는 방향의 조치들이 취해지고 있긴 하지만, 아직은 반동효과(rebound effect)가 나타날 위험이 있다. 효율성 증가로 비용이 절감되면 이를 계기로 사용량이 늘어날 때 반동효과가 발

생한다(가령 더 오랜시간 동안 가전제품이나 차량을 가동시키거나 전등이나 전자제품 기기의 수를 늘리는 것). 하지만 아직은 관련연구가 제한적이어서 일반적인 에너지효율성프로젝트의 반동효과에 대한 결론을 내리기는 시기상조이다.



Natural ecosystems can provide lessons about adaptability and system resilience. **MANGROVES** demonstrate considerable resilience in a dynamic environment, adapting constantly to changing water levels, fluctuating levels of salinity, and shifting landforms. Due to their structure and functionality, **renewable energy** systems can improve the resilience of existing energy systems and ensure the delivery of energy services under changing climatic conditions.

07



07 특집 : 재생에너지를 이용한 기후변화 적응

인간활동에 의한 온실가스 증가가 기후변화(지구 평균기온 상승과 온난한 날씨가 지속되는 등)의 원인이라는 과학적 증거는 명확하다. 기후변화의 정확한 규모와 그 영향에 대한 불확실성이 남아있긴 하지만 IPCC의 최신평가보고서는 기후변화가 극단적인 날씨의 빈도와 격렬함 모두에 영향을 준다는 결론을 내리고 있다.

기후변동성 증가의 사례에는 다음과 같은 것들이 있다. (홍수로 이어지는) 강우, 폭풍해일, 산사태, 강한바람, 흑한, 열파, 계절성 가뭄의 세기 증가. 이는 모두 도로, 교량, 터널, 식수와 식품공급, 하수시설, 원거리통신, 에너지시스템 등 한 나라의 인프라에 영향을 미칠 것이다.

현대적인 에너지시스템은 날씨 외에도 다양한 요인(전쟁, 지진, 연료공급부족, 테러리즘 등)에 민감하지만, 기후변화에 관련된 여러 영향들과 극단적인 날씨는 에너지인프라의 취약성을 한층 높일 것이다. 연료 공급망을 교란시키고 서비스에 혼란을 초래하는 자연재해가 늘고 있다. 게다가 많은 개도국들이 에너지를 얻기 위해 재래식 바이오매스에 크게 의존하고 있다. 기후변화 영향 때문에 식생이 감소하고 자원희소성이 증대되면, 취약한 인구집단들은 기본적인 에너지에 접근하기가 더 어려워진다. 에너지가 경제발전과 전반적인 사회의 작동에서 중요한 역할을 하고 있음을 고려했을 때, 날씨조건의 변화에 관계없이 에너지시스템이 꾸준히 작동하도록 만드는 것이 중요하다. (화석연료와는 반대로) 재생에너지 지원을 사용하면 큰 도움을 얻을 수 있다.

적응이란 위해를 누그러뜨리거나 피하기 위해 실제자극이나 예상되는 자극, 그리고 그로 인한 영향에 대응하여 어떤 시스템을 조절하는 것을 말한다. 기후변화라는 맥락에서 적응은 잠재적인 위해를 완화하거나, 날씨패턴의 변동이 만들어낸 편익을 포착하기 위해 과정과 실천, 구조를 바꾸는 것을 의미한다. 유엔기후변화협약은 미래에 나타날 영향에 대비하는 동시에 이미 발생하고 있는 변화에 대응하여 기후변화의 부정적인 영향에 적응하는 것이 중요하다고 지적한다. 탄소배출량이 줄어들어도 각 사회는 과거와 미래의 이산화탄소 배출이 야기하는 변화에 적응할 필요가 있다.

재생에너지사용이 기후변화 완화(기후변화의 규모와 속도를 늦추는 노력)에 중요하다는 인식은 이미 널리 확산되어있다. 하지만 재생에너지는 기후변화 적응에도 중요한 요소다. 1) 변화하는 기후의 영향에 대응하여 기존 에너지시스템의

복원력을 증진시키고 2) 변화하는 기후조건하에서 (조명, 냉난방 등) 에너지서비스의 조달을 보장해주기 때문이다.

□ 재생에너지로 복원력 높이기

기후변화적응의 요소 중 하나는 에너지시스템의 복원력을 높여 기후관련 위협 속에서도 수요를 충족시키는 것이다. 모든 에너지시스템은 기후변동성과 극단적인 기후에 취약하다. 가령 저수지 수위 하락과 가뭄은 냉각시스템에 의지하는 발전소의 가동중단으로 이어질 수 있다. 홍수 사이에 반복적으로 나타나는 건기는 침식과 퇴적패턴을 바꿀 수 있고, 그러면 바이오매스의 성장속도가 변해 잠재적인 연료의 질과 양에 영향을 미칠 수 있다. 기온상승으로 인한 빙하의 용융은, 발전용량에 영향을 미칠 뿐만 아니라 홍수와 세사유입으로 인프라 피해를 유발하여 수력발전시스템에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 태양광발전은 기온이 올라가고 먼지가 쌓이면 효율성이 떨어지고, 대부분 풍력터빈은 시간당 100~120km가 넘는 바람이 불면 고장이 난다.

시스템취약성 감소에 대한 일반적인 대응은 기존 인프라를 강화하고(송전탑과 송전선로를 강화하는 등), 핵심시스템의 중복성(redundancy)을 확보해놓으며, 발전소 주변에 해일을 막는 방조제를 건설하고, 발전소 냉각수 수요를 줄이며, 발전소에 저장하는 연료의 양을 늘리는 등의 방식으로 진행된다. 이보다 좀 더 혁신적인 전략으로는 지역적인 발전과 저장, 에너지원의 다각화, 스마트그리드와 스마트기술의 통합사용, 위기상황에 개별시스템을 중앙의 전력망시스템에 연결시켰다가 분리시킬 수 있는 용량 개선 등이 있다.

재생에너지시스템 역시 기후변화에 취약하긴 하지만, 재생에너지 고유의 특성들은 에너지인프라의 복원력을 강화하고 변화하는 기후조건 아래서 에너지서비스의 공급을 보장해주는데 적합하다. 모듈방식의 시스템, 분산형 전개, 연료의 지역적인 이용가능성과 다양성(에너지시스템 복원력의 중요한 요소들)은 대부분의 재생에너지시스템이 가진 핵심적인 특징이다. 궁극적으로 재생에너지시스템은 좀 더 다각적이고 분산된 자산풀(pool)에 집단적으로 기여함으로써 기존 재래식 발전시스템의 복원력을 향상시킨다.

모듈방식: 많은 재생에너지기술은 모듈단위로 설계된다. 모듈방식은 에너지서비스를 바꿔야 할 때 유닛을 추가(하거나 선에 연결)하는 방식으로 규모를 조절할 수 있다. 많은 재생에너지기술은 상대적으로 짧은 사이클(몇 개월) 덕분에 화석

연료발전이나 원자력발전(몇 년)에서는 불가능한 유연성을 누릴 수 있다. 많은 저지대 도서 국가들처럼 기후변화 때문에 인구이동이 발생할 수 있는 상황에서 이는 특히 중요할 수 있다.

재생에너지의 모듈방식(특히 일부태양기술)은 위기상황에 서비스를 빠르게 공급해줄 수도 있다. 허리케인 샌디는 내륙의 공동체 뿐만 아니라 미국의 대서양해안지대 전체에 영향을 미쳐 850만명의 전기공급을 끊은 무시무시한 재난이었다. 뉴욕 롱아일랜드 지역에서는 롱아일랜드전력당국의 고객 110만명 중 90%가 며칠간 (경우에 따라 몇 주간) 전기를 공급받지 못했다. 그 사이에 필요한 전력을 공급한 것이 재생에너지였다. 솔라샌디프로젝트(Solar Sandy Project)는 롱아일랜드전력당국이 전력을 복구하기 위해 애쓰는 지역에 이동식 태양발전기를 공급하여 정전피해를 입은 사람들에게 핵심적인 에너지서비스를 공급했다.

분산형, 분권형 전개: 재생에너지기술은 분산형으로 전개될 수 있기 때문에 날씨가 나 재난으로 인해 전력공급인프라에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 낮다. 게다가 분산형 시스템은 전력망에 한 두개의 유닛에 문제가 있어도 작동할 수 있다. 분산형 시스템에는 기능을 복원하고, 연쇄적인 정전이 위험을 줄이며, 중요한 서비스를 더 빠르게 복구시키고, 전반적인 공급안정성을 보장해줄 잠재력이 있다. 하지만 오늘날 전력망에 연결된 대부분의 재생에너지는 동기화할 전력망을 필요로 한다. 따라서 중앙발전시스템에 문제가 발생할 경우, 분산형 발전 역시 작동하지 않게 된다. 이런 한계는 기술자체 때문이 아니라 전력망이 운영되는 방식 때문이다. 독일 같은 일부 국가에서는 극단적인 상황에서 전력망을 안정화시키는 방법을 이행함으로써 이 문제에 대한 대책을 찾고 있다.

중복성(redundancy): 시스템복원력을 높이는 전통적인 방식은 시스템 안에 중복성을 구축하는 것이다. 이는 한 가지 전달형태(가령 송전선로)가 제 기능을 하지 못할 경우, 전력원에서 에너지를 직접 끌어오든, 대체시스템을 선로에 끼워넣든, 에너지에 접근할 수 있는 대안적인 방법이 마련될 수 있도록 이용가능한 분산형 시스템을 다양하게 준비해놓는 것을 말한다. 전력의 중복성을 확보하는 일반적인 방법은 예비발전시설을 갖추는 것이다. 많은 나라에서 핵심시설(제련시설, 병원, 데이터통신센터 등)에 예비발전시스템을 갖추도록 규정을 통해 요구하고 있는데, 이런 예비발전시스템은 일반적으로 디젤발전소들이다. 규칙적인 연료공급에 의지해야 하고 비용이 높으며, 종종 오염을 유발하는 디젤발전 예비시스템을

대체하려면 많은 경우 재생에너지가 적합할 수 있다.

이용가능성: 어떤 형태의 재생에너지원은 지역에 따라 에너지원의 다양성이나 품질의 차이가 있지만 사람들이 있는 곳이면 어디든지 이용가능하다. 어떤 특정 지역에서 가장 양이 많은 재생에너지는 종류에 관계없이 재생에너지기술에 동력을 공급하여 에너지수요를 충족시키는데 사용될 수 있다. 게다가 해수면상승, 해일, 산사태, 홍수, 강풍 때문에 (도로, 철도, 항만 같은) 인프라가 손상되면 연료 저장 및 수송도 위태롭게 된다. 지역에서 이용할 수 있는 재생에너지원을 사용하면 연료조달사슬에서 나타날 수 있는 문제를 피할 수 있다.

다양성: 재생에너지원의 다양한 포트폴리오는 개별 자원형태가 맞닥뜨릴 수 있는 기후스트레스를 완화시키는데 도움이 될 수 있다. 일부지역들은 전력공급을 위해 대규모 수력발전에 크게 의지한다. 가령 라틴아메리카에서는 수력발전이 전력의 50~60%를 차지한다. 기존의 수력의존적인 에너지시스템을 비수력시스템으로 보완하는 것은 취약성을 줄이는 한 가지 방식이 될 수 있다. 브라질, 케냐, 우간다 등은 수력발전 부족에 대응하여 수력발전위험을 완화하기 위해 다른 재생에너지용량을 확대하고 있다.

□ 에너지서비스의 공급을 보장해주는 재생에너지

재생에너지는 (개별, 때로 분산형 단위로나, 더 큰 다각화된 에너지시스템의 일부로써) 복원력을 높일 뿐만 아니라 기후변화 영향에 대한 즉각적인 대응으로 에너지서비스의 공급을 보장해줄 수 있다.

가나에서는 매년 전력수요가 10%씩 늘고 있다. 하지만 아프리카 서부의 기후조건이 변해 연간 강수량이 줄고 평균기온이 상승하면서 수력발전 생산량이 줄어들었다. 그 결과 국가적인 전력위기가 나타나게 되었다. 가나에너지위원회는 최근 태양에너지가 전력수요 대응에 도움이 될 수 있고, 동시에 시스템복원력과 수입산 화석연료로부터의 독립과 관련된 우려를 해결해줄 수 있다고 권고했다. 국가에너지안보에 대한 더 넓은 논의에서 기후변화와 안정적인 에너지공급 간의 관계를 다뤄야 한다는 주장도 대두되고 있다.

네팔 저지대에서는 강우의 빈도와 강도가 변하면서 지역공동체들이 양수기로 퍼올린 지하수로 지역의 상수공급을 할 수밖에 없는 상황이 되었다. 태양광펌프가 지하수를 끌어올리면 태양 정수시스템으로 이 지하수를 정화한다. 재생에너지를

동력으로 하는 시스템을 구축한 이유는 상수시스템에 안정적이고 복원력이 높은 에너지공급체계를 확보하고, 변화하는 강우패턴에 대응하며, 탄소배출량을 완화하는 것이다.

앞에서도 언급했듯이 기후변화는 극단적인 조건 및 상태가 만들어 질 수 있다. 지역냉난방시스템 같은 더 큰 규모의 응용시설은 재생에너지를 이용하여 더 많은 부하를 충족시킬 수도 있다. 바람이 강하고 항상 구름에 덮여있는 북유럽의 덴마크 코펜하겐은 여름기온이 20℃ 중반을 거의 넘지 않기 때문에 에어컨이 필요한 곳은 아니다. 코펜하겐의 여름최고기온은 온난한 기후대와 비교했을 때는 그렇게 높은 편이 아니지만, 2050년까지 2~3% 상승할 것으로 예상되며, 이와 함께 하루평균기온도 상승할 것으로 보인다. 향후 몇 십년간 냉방수요가 늘어날 것으로 예상된다.

지역냉방시스템을 이용하여 항구에서 끌어온 해수를 사용하면 코펜하겐은 탄소배출을 늘리지 않고도 예상되는 기온증가에 적응할 수 있다.

□ 전망

기후제약을 받는 환경에서 필요한 에너지서비스를 공급하려면 미래의 에너지시스템은 강건하고, 유연하고, 적응력 있는 시스템을 갖추으로써 극단적이고 변화하는, 혹은 예측할 수 없는 상황 속에서도 서비스를 유지하고 복원력을 지속시킬 수 있어야 한다.

하지만 에너지시스템 복원력, 그리고 더 넓게는 적응활동에서 재생에너지의 구체적인 역할에 대한 논의는 아직 상대적으로 제한적이다. 대부분의 문헌들은 전력 인프라에 초점을 두고, 수요가 증가하거나 전력망에 문제가 생겼을 때 재생에너지가 제공할 수 있는 예비기능이나, 재생에너지가 재난복원에 어떻게 기여할 수 있는지를 주로 살핀다. 기후변동성이 에너지시스템에 미치는 영향에 대한 논의가 갈수록 늘고 있지만(국가수준과 지방수준에서, 다양한 연구포럼에서, 광역적인 이니셔티브와 UNFCCC 같은 국제기구를 통해, 갈수록 많은 문서와 연구에서), 주된 초점은 지금 목격되고 있는 영향을 규명하고 미래의 영향을 예측하는데 쏠려 있다. 재생에너지가 에너지시스템 복원력 향상에 예방적인 역할을 하거나 기술이 더 큰 적응활동의 일환으로 서비스를 공급할 수 있는 방법에 대한 참고문헌은 거의 없는 실정이다.

그럼에도 불구하고 재생에너지를 기후적응전략의 핵심적인 일부로 고려해야 한다는 신호가 나타나고 있다. 기후대비를 위한 백악관의 2014년 보고서는 에너지

부문에서 계획과 투자 기회가 발생할 때, 기후복원력과 에너지효율성이 높고 청정한 에너지시스템을 우선적으로 고려해야 한다고 분명히 밝히고 있다.

기후완화에서 재생에너지의 역할은 이미 입증되었다. 극단적인 날씨의 영향이 분명해질수록 재생에너지를 가지고 적응활동을 지원하여 에너지서비스를 확실하게 보장하기 위한 방안에 대한 관심을 더 많이 쏟게 될 것이다. 기후변화에 대한 완화와 적응은 서로 독립적인 관계일 수 없다. 그보다 이 두 대응은 동시에 전개되어 기후변화라는 도전과제를 해결하는데 있어서 집합적인 역할과 상호보완적인 성질을 드러내야 할 것이다.

표 R1. 전세계 재생에너지 용량과 바이오연료생산량(2014년)

	2014년 신규	2014년 말 총 용량
전력생산량(GW)		
바이오발전	5	93
지열발전	0.5	12.8
수력발전	37	1,055
해양발전	~0	0.5
태양광발전	40	177
집광형태양열발전	0.9	4.4
풍력발전	51	370
난방/온수(GW_{th})		
현대식바이오열	9	305
지열난방	1.1	20
온수용태양집열기	33	406
수송용연료(10억 리터/연)		
에탄올생산량	6.2	94
바이오디젤생산량	3.3	30
수소처리된식물성기름	0.8	4

표 R2. 전세계 재생에너지 전력 용량, 상위지역/국가(2014년)

	세계	EU-28	BRICS	중국	미국	독일	이탈리아	스페인	일본	인도
기술	GW			GW						
바이오발전	93	36	29	10	16.1	8.8	4	1	4.7	5
지열발전	12.8	1	0.1	~0	3.5	~0	0.9	0	0.5	0
수력발전	1,055	124	463	280	79	5.6	18	17.3	22	45
해양발전	0.5	0.2	~0	~0	~0	0	0	~0	0	0
태양광발전	177	87	32	28	18	38	18.5	5.4	23	3.2
집광형태양열발전	4.4	2.3	0.2	~0	1.6	0	~0	2.3	0	0.2
풍력발전	370	129	144	115	66	39	8.7	23	2.8	22
재생에너지전력 용량 (수력포함)	1,712	380	668	433	185	92	50	49	54	76
재생에너지전력 용량 (수력제외)	657	255	206	153	105	86	32	32	31	31
1인당용량 (와트/주민, 수력제외)	90	500	70	110	330	1,070	530	680	250	20

표 R3. 전세계 우드펠릿 거래량(2014년)

수출국	수입국	양(킬로톤)	
		2013	2014
미국	EU-28	2,276	3,924
캐나다	EU-28	1,963	1,166
러시아	EU-28	702	821
우크라이나	EU-28	165	137
벨로루스	EU-28	116	126
보스니아헤르체코비나	EU-28	171	178
세르비아	EU-28	70	71
호주	EU-28	31	0
노르웨이	EU-28	48	18
이집트	EU-28	17	20
기타	EU-28	23	33
EU-28	스위스	87	59
EU-28	노르웨이	30	27
EU-28	일본	6	6
캐나다	한국, 일본	250	503

표 R4. 전세계 바이오연료생산량, 상위 16개국과 EU-28(2014년)

국가	연료용에탄올	바이오디젤	수소처리된 식물성기름	총	2013년과 비교
십억 리터					
미국	54.3	4.7	1.1	60.1	+3.9
브라질	26.5	3.4		29.9	+1.6
독일	0.9	3.4		4.3	+0.6
중국	2.8	1.1		3.9	+0.3
아르헨티나	0.7	2.9		3.6	+0.8
인도네시아	0.1	3.1		3.2	+0.9
프랑스	1.0	2.1		3.1	+0.1
네덜란드	0.4	0.7	1.7	2.5	+0.2
태국	1.1	1.2		2.3	+0.4
캐나다	1.8	0.3		2.1	+0.1
인도네시아	0.6	0.7		1.3	+0.2
스페인	0.4	0.8		1.2	+0.1
싱가포르	0	0	1.0	1.0	+0.1
폴란드	0.2	0.8		1.0	+0.1
콜롬비아	0.4	0.6		1.0	변화없음
호주	0.2	0.1		0.3	-0.1
EU-28	5.2	11.6	1.8	18.6	1.9
세계 총	94	29.7	4	127.7	10.4

표 R5. 전세계 지열 발전용량과 증가분, 상위 6개국(2014년)

	2014년 순 증가분	2014년 말 총용량
	MW	GW
총 용량을 기준으로 한 상위국가		
미국	4	3.5
필리핀	49	1.9
인도네시아	62	1.4
멕시코	-	1.0
뉴질랜드	-	1.0
이탈리아	40	0.9
순 증가분을 기준으로 한 상위국가		
케냐	358	0.6
터키	107	0.4
인도네시아	62	1.4
필리핀	49	1.9
이탈리아	40	0.9
독일	18	0.03
세계 총	640	12.8

표 R6. 전세계 수력발전 총용량과 증가분, 상위 6개국(2014년)

	2013년 순 증가분	2013년 말 총용량
	GW	GW
총 용량을 기준으로 한 상위국가		
중국	22	280
브라질	3.3	89
미국	0.0	79
캐나다	1.7	77
러시아	1.1	48
인도	1.2	45
순 증가분을 기준으로 한 상위국가		
중국	22	280
브라질	3.3	89
캐나다	1.7	77
터키	1.4	24
인도	1.2	45
러시아	1.1	48
세계 총	37	1,055

표 R7. 전세계 태양광발전총용량과 증가분, 상위 10개국(2014년)

	2013년 말 총용량	2014년 증가분	2014년 말 총용량
	GW		
순 증가분을 기준으로 한 상위국가			
중국	17.5	10.6	28.2
일본	13.6	9.7	23.3
미국	12.1	6.2	18.3
영국	3.4	2.4	5.2
독일	36.3	1.9	38.2
프랑스	4.7	0.9	5.7
호주	3.2	0.9	4.1
한국	1.5	0.9	2.4
남아프리카공화국	0.1	0.8	0.9
인도	2.5	0.7	3.2
총 용량을 기준으로 한 상위국가			
독일	36.3	1.9	38.2
중국	17.5	10.6	28.2
일본	13.6	9.7	23.3
이탈리아	18.1	0.4	18.5
미국	12.1	6.2	18.3
프랑스	4.7	0.9	5.7
스페인	5.3	~0	5.4
영국	2.8	2.4	5.2
호주	3.2	0.9	4.1
인도	2.5	0.7	3.2
세계 총	138	40	177

표 R8. 집광형태양열발전 세계총용량과 증가분(2014년)

국가	2013년 말 총용량	2014년 증가분	2014년 말 총용량
	MW		
스페인	2,300	0	2,300
미국	882	752	1,634
인도	50	175	225
아랍에미리트	100	0	100
알제리	25	0	25
이집트	20	0	20
모로코	20	0	20
호주	12	0	12
중국	10	0	10
태국	5	0	5
세계 총	3,425	925	4,350

표 R9. 태양열온수 집열기 세계 총 용량과 증가분, 상위 12개국(2013년)

	2013년 증가분			2013년 총용량		
	GW _{th}			GW _{th}		
국가	유광	무광	총	유광	무광	총
중국	44,492	0	44,492	262.3	0	262.3
미국	165	540	705	2.1	14.6	16.7
독일	714	0	714	11.9	0.4	12.3
터키	1,344	0	1,344	11.0	0	11.0
브라질	530	435	965	4.7	2.1	6.7
호주	130	455	585	2.3	3.3	5.6
인도	770	0	770	4.3	0	4.3
오스트리아	125	1	126	3.2	0.4	3.5
그리스	159	0	159	2.9	0	2.9
이스라엘	294	2	296	2.9	0	2.9
일본	102	0	102	2.9	0	2.9
이탈리아	208	0	208	2.6	0	2.6
나머지	5,286	337	5,623	35.1	4.2	39.3
세계 총	53,260	1,690	54,950	348	25	373

표 R10. 풍력발전 세계총용량과 증가분, 상위 10개국(2014년)

	2013년 말 총용량	2014년 증가분	2014년 말 총용량
GW			
순 증가분을 기준으로 한 상위국가			
중국	75.5/91.4	20.7/23.2	95.8/114.6
독일	34.3	5.3	39.2
미국	61.1	4.9	65.9
브라질	3.5	2.5	5.9
인도	20.2	2.3	22.5
캐나다	7.8	1.9	9.7
영국	10.7	1.7	12.4
스웨덴	4.4	1.1	5.4
프랑스	8.2	1	9.3
터키	3	0.8	3.8
총 용량을 기준으로 한 상위국가			
중국	75.5/91.4	20.7/23.2	95.8/114.6
미국	61.1	4.9	65.9
독일	34.3	5.3	39.2
스페인	23	~0	23
인도	20.2	2.3	22.5
영국	10.7	1.7	12.4
캐나다	7.8	1.9	9.7
프랑스	8.2	1	9.3
이탈리아	8.6	0.1	8.7
브라질	3.5	2.5	5.9
세계총	319	51	370

표 R11. 전세계 재생에너지 투자동향(2004년~2014년)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
10억 달러											
단계별신규투자											
기술연구											
정부R&D	1.9	2.1	2.3	2.7	2.8	5.3	4.7	4.6	4.5	4.9	5.1
기업R&D	3.2	2.9	3.1	3.5	4.0	4.1	4.2	5.1	5.0	6.6	6.6
개발/상업화											
벤처자본	0.4	0.6	1.2	2.1	3.2	1.6	2.5	2.5	2.4	0.7	1.0
제조											
비공개 민간확장자본	0.3	1.0	3.0	3.6	6.8	2.9	3.1	2.6	1.7	1.4	1.7
공공시장	0.3	3.7	9.1	20.7	10.9	13.1	11.4	10.1	3.9	10.5	15.1
프로젝트											
자산금융	30.4	52.5	84.7	110.4	135.4	120.0	154.6	181.2	163.2	154.6	170.7
(재투자된 자기자본)	0.0	0.2	0.7	3.1	3.7	1.9	5.6	3.3	2.9	1.9	3.6
소규모 분산형용량	8.6	10.3	9.5	14.1	22.3	33.4	62.2	76.1	78.8	54.9	73.5
총 신규투자	45.1	72.9	112.1	153.9	181.8	178.5	237.2	278.8	256.4	231.8	270.2
인수합병거래	8.8	26.2	36.0	58.5	59.3	64.2	58.4	73.5	67.7	66.8	68.8
총투자	53.9	99.1	148.1	212.5	241.1	242.7	295.7	352.3	324.1	298.6	339.0
기술별 신규투자											
태양발전	12.0	16.3	22.1	38.0	60.8	63.7	103.3	155.7	144.3	119.8	149.6
풍력발전	17.9	29.1	39.6	61.6	75.2	81.2	98.9	84.2	84.1	89.3	99.5
바이오매스와 폐기물에너지	7.4	9.6	12.1	15.8	16.9	13.9	16.0	17.4	12.4	9.3	8.4
바이오연료	3.7	9.6	28.4	28.7	19.2	10.2	10.1	10.4	7.0	5.5	5.1
50MW이하 수력발전	2.6	7.2	7.6	7.1	7.8	6.3	5.7	7.2	6.4	5.5	4.5
지열발전	1.2	1.0	1.5	2.0	1.7	2.9	3.0	3.7	1.8	2.2	2.7
해양에너지	0.0	0.1	0.9	0.8	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4
총 신규투자	45.1	72.9	112.1	153.9	181.8	178.5	237.2	278.8	256.4	231.8	270.2

표 R12. 1차에너지와 최종에너지에서 재생에너지가 차지하는 비중, 2012/2013년 현황과 목표치

국가	1차에너지		최종에너지	
	비중	목표치	비중	목표치
EU-28			15%	→2020년까지 20%
알바니아		→2020년까지 18%		→2020년까지 38%
알제리				→2030년까지 40%
아르메니아		→2020년까지 21% →2025년까지 26%		
오스트리아			33%	→2020년까지 45%
아제르바이잔		→2020년까지 9.7%		
바베이도스		→2016년까지 20%		
벨로루스				→2015년까지 28% →2020년까지 32%
벨기에			7.9%	→2020년까지 13%
보스니아헤르체고비나				→2020년까지 40%
보츠와나				→2016년까지 1%
브라질	41%(2014)			
불가리아				→2020년까지 16%
부룬디				→2020년까지 2.1%
중국				→2015년까지 11.4% →2017년까지 13%
코스타리카			37%	
코트디부아르		→2015년까지 5% →2020년까지 15% →2030년까지 20%		
크로아티아			18%	→2020년까지 20%
키프로스			8.1%	→2020년까지 13%
체코공화국			12%	→2020년까지 13.5%
덴마크			27%	→2020년까지 35% →2050년까지 100%
에콰도르	9.3%			
이집트		→2020년까지 14%		
에스토니아			26%	→2020년까지 25%
피지				→2030년까지 23%
핀란드			37%	→2015년까지 25% →2020년까지 38% →2025년까지 40%
프랑스	9.5%		14%	→2020년까지 23% →2030년까지 32%
가봉				→2020년까지 80%
독일			11%(2014년)	→2020년까지 18% →2030년까지 30% →2040년까지 45% →2050년까지 60%
그리스			15%	→2020년까지 20%
그레나다		→2020년까지 20%		
과테말라				→2026년까지 80%
헝가리			9.8%	→2020년까지 14.65%
인도	2%			
인도네시아		→2025년까지 25%		

표 R12. 1차에너지와 최종에너지에서 재생에너지가 차지하는 비중, 2012/2013년 현황과 목표치(이어서)

국가	1차에너지		최종에너지	
	비중	목표치	비중	목표치
아일랜드			7.8%	→2020년까지 16%
이스라엘				→2020년까지 50%
이탈리아			17%	→2020년까지 17%
자메이카			8%	→2020년까지 15% →2030년까지 20%
일본	7.2%	→2020년까지 10%		
요르단		→2015년까지 7% →2020년까지 10%		
코소보				→2020년까지 25%
라오스				→2025년까지 30%
라트비아			37%	→2020년까지 40%
레바논				→2020년까지 12%
레소토			3%	
리비아		→2020년까지 10%		
리투아니아		→2025년까지 20%	23%	→2020년까지 23%
룩셈부르크			3.6%	→2020년까지 11%
마케도니아				→2020년까지 28%
마다가스카르				→2020년까지 54%
말라위		→2020년까지 7%		
말리		→2020년까지 15%		
몰타			3.8%	→2020년까지 10%
모리타니		→2015년까지 15% →2020년까지 20%		
모리셔스	4.2%	→2025년까지 35%		
몰도바		→2020년까지 20%		→2020년까지 17%
몽골		→2020년까지 20~25%		
몬테네그로				→2020년까지 33%
나우루				→2020년까지 50%
네팔		→2030년까지 10%		
네덜란드 ²			4.5%	→2020년까지 16%
니카라과			75%(2014)	
니제르		→2020년까지 10%		
노르웨이			65.5%	→2020년까지 67.5%
팔라우		→2020년까지 20%		
팔레스타인				→2020년까지 25%
파나마		→2023년까지 18.3%		
필리핀	38%			
폴란드		→2020년까지 12%	11%	→2020년까지 15.5%
포르투갈			26%	→2020년까지 31%
루마니아			24%	→2020년까지 24%
사모아		→2030년까지 20%		
세르비아				→2020년까지 27%
슬로바키아			9.8%	→2020년까지 14%
슬로베니아			22%	→2020년까지 25%

표 R12. 1차에너지와 최종에너지에서 재생에너지가 차지하는 비중, 2012/2013년 현황과 목표치(이어서)

국가	1차에너지		최종에너지	
	비중	목표치	비중	목표치
한국		→2015년까지 4.3% →2020년까지 6.1% →2030년까지 11%		
스페인			15%	→2020년까지 20.8%
세인트루시아		→2020년까지 20%		
스와질랜드	17%			
스웨덴			52%	→2020년까지 50%
스위스		→2020년까지 24%		
시리아		→2030년까지 4.3%		
탄자니아			29%	
태국				→2021년까지 25%
우크라이나		→2030년까지 18%		→2020년까지 11%
영국			5.1%	→2020년까지 15%
우루과이	49%	→2015년까지 50%		
베트남		→2020년까지 5% →2025년까지 8% →2050년까지 11%		
잠비아			10%	

표 R13. 전력생산에 있어서 재생에너지의 비중, 2013년 현황과 목표치

국가	비중	목표치	국가	비중	목표치
EU-28	25.4%		그리스	21%	→2020년까지 40%
알제리		→2017년까지 5% →2030년까지 27%	과테말라		→2027년까지 80%
앤티가 바부다		→2015년까지 5% →2020년까지 10% →2030년까지 15%	기니비사우		→2015년까지 2%
			가이아나		→90%(목표년도 불명)
			아이티		→2020년까지 50%
온두라스		→2022년까지 60% →2038년까지 80%			
아르헨티나		→2016년까지 8%	헝가리	6.6%	→2020년까지 10.9%
호주		→2020년까지 20%	인도네시아		→2025년까지 26%
오스트리아	68.1%	→2020년까지 70.6%	이라크		→2030년까지 10%
아제르바이잔		→2020년까지 20%	아일랜드	20.9%	→2020년까지 42.5%
바하마		→2020년까지 15% →2030년까지 30%	이스라엘		→2014년까지 5% →2020년까지 10%
바레인		→2030년까지 5%	이탈리아	31%	→2020년까지 26%
방글라데시		→2015년까지 5% →2020년까지 10%	자메이카	7%(2012)	→2020년까지 30%
			일본	12%(2014)	→2020년까지 13.5% →2030년까지 20%
바베이도스		→2029년까지 29%	카자흐스탄		→2020년까지 3% →2030년까지 50%
벨기에	12.3%	→2020년까지 20.9%			
벨리즈		→50%(목표년도 불명)	키리바시		→2020년까지 3%
브루나이공화국		→2035년까지 10%	쿠웨이트		→10%(목표년도 불명)
불가리아	18.9%	→2020년까지 20.6%	라트비아	49%	→2020년까지 60%
카보베르데		→2020년까지 50%	레바논		→2020년까지 12%
캄보디아		→2015년까지 15%	라이베리아		→2021년까지 30%
칠레	8.6%(2014)	→2025년까지 20%	리비아		→2020년까지 7% →2025년까지 10%
코스타리카	90%	→2021년까지 100%	리투아니아	13%	→2020년까지 21%
크로아티아	39%	→2020년까지 39%	룩셈부르크	5.3%	→2020년까지 11.8%
쿠바		→2030년까지 24%	마케도니아		→2020년까지 24.7%
키프로스	6.6%	→2020년까지 16%	마다가스카르	63%	→2020년까지 75%
체코공화국	12.8%	→2020년까지 14.3%	말레이시아		→2015년까지 5% →2020년까지 9% →2030년까지 11% →2050년까지 15%
				덴마크	43%
지부티		→2020년까지 100%			
도미니카		→100%(목표년도 불명)	몰디브		→2017년까지 16%
도미니카공화국		→2015년까지 10% →2025년까지 25%	말리		→2015년까지 10% →2033년까지 25%
에콰도르	48%	→2017년까지 85%	몰타	1.6%	→2020년까지 3.8%
이집트		→2020년까지 20%	마셜제도		→2020년까지 20%
에리트레아		→50%(목표년도 불명)	모리셔스		→2025년까지 35%
에스토니아	13%	→2015년까지 18%	멕시코		→2026년까지 25%
피지		→2030년까지 100%	몰도바		→2020년까지 10%
핀란드	31%	→2020년까지 33%	몽골		→2020년까지 20~25%
프랑스	20%(2014)	→2020년까지 27%	미얀마		→2020년까지 15~18%
가봉		→2020년까지 70%	나미비아		→2020년까지 10%
감비아		→2020년까지 35%	네덜란드	10%	→2020년까지 37%
독일	28%(2014)	→2025년까지 40~45% →2035년까지 55~60% →2040년까지 65% →2050년까지 80%	뉴질랜드	80%(2014)	→2025년까지 90%
			니카라과	51%(2014)	→2027년까지 90%

표 R13. 전력생산에 있어서 재생에너지의 비중, 2013년 현황과 목표치(이어서)

국가	비중	목표치	국가	비중	목표치
나이지리아		→2020년까지 10%	세인트루시아		→2015년까지 15% →2020년까지 35%
파키스탄	1.7%(2014)	→2015년까지 10%	세인트빈센트그 레나딘	17%	→2015년까지 30% →2020년까지 60%
팔레스타인		→2020년까지 10%	수단		→2031년까지 11%
페루		→2025년까지 60%	스웨덴	61.8%	→2020년까지 62.9%
필리핀	29%(2012)	→2020년까지 40%	탄자니아		→2015년까지 14%
폴란드	10.7%	→2020년까지 19.3%	태국	7.6%	→2021년까지 10%
포르투갈	49%	→2020년까지 45%	동티모르		→2020년까지 50%
카타르		→2020년까지 2% →2030년까지 20%	토고		→2020년까지 15%
루마니아	38%	→2020년까지 43%	통가		→2015년까지 50%
러시아		→2015년까지 2.5% →2020년까지 4.5%	튀니지		→2016년까지 11% →2030년까지 30%
세네갈		→2017년까지 20%	터키		→2023년까지 30%
세이셸		→2020년까지 5% →2030년까지 15%	투발루		→2020년까지 100%
시에라리온		→2015년까지 18% →2020년까지 33% →2030년까지 36%	우간다	91%	→2017년까지 61%
슬로바키아	21%	→2020년까지 24%	우크라이나	1%(2014)	→2020년까지 12.4% →2030년까지 20%
슬로베니아	32.8%	→2020년까지 39.3%	영국	19%	→2015년까지 50%
솔로몬제도		→2015년까지 50%	우루과이	84%	→2015년까지 92%
남아공		→2030년까지 9%	바누아투		→2014년까지 23% →2015년까지 40% →2020년까지 65%
스페인	36.4%	→2020년까지 38.1%	베트남		→2020년까지 5%
스리랑카		→2016년까지 10% →2020년까지 20%	예멘		→2025년까지 15%
세인트키츠네비스		→2015년까지 20%			

표 R13. 목표를 수립하지 않은 국가의 전력생산 중 재생에너지 비중 현황(2013년)

국가	비중
브라질	79%(2014)
브룬디	70%
카메룬	60%
콜롬비아	72%
에티오피아	99%
조지아	78%(2014)
인도	12%(2014)
이란	21%
케냐	65%
모잠비크	95%(2014)
르완다	60%(2014)
수리남	40%(2014)
탄자니아	38%(2014)
미국	13%(2014)

표 R14. 현대식 재생에너지 기술로 충당하는 냉난방 비중, 2013년 현황과 목표치

국가	비중	목표치	국가	비중	목표치
오스트리아	33.5%	2020년까지 총냉난방공급량의 32.6%를 재생에너지로	리투아니아	37.7%	2020년까지 총냉난방공급량의 39%를 재생에너지로
벨기에	8.1%	2020년까지 총냉난방공급량의 11.9%를 재생에너지로	룩셈부르크	5.6%	2020년 냉난방 최종소비량의 8.5%를 재생에너지로
부탄		2025년까지 3MW의 태양에너지냉난방시설	몰타	23.7%	2020년까지 총냉난방공급량의 6.2%를 재생에너지로
불가리아	29.2%	2020년까지 총냉난방공급량의 24%를 재생에너지로	몰도바		2020년까지 총냉난방공급량의 27%를 재생에너지로
중국		2015년까지 280GW _{th} (4억㎡)의 태양온수시설	몬테네그로		2020년까지 총냉난방공급량의 38.2%를 재생에너지로
크로아티아	18.1%	2020년까지 총냉난방공급량의 19.6%를 재생에너지로	모로코		태양온수시설:2020년까지 1.2GW _{th} (170만㎡)
키프로스	21.7%	2020년까지 총냉난방공급량의 23.5%를 재생에너지로	모잠비크		태양온수 및 공간난방: 농촌지역에 10만개의 시스템 설치(목표연도 불명)
체코공화국	15.3%	2020년까지 총냉난방공급량의 14.1%를 재생에너지로	네덜란드	3.6%	2020년까지 총냉난방공급량의 8.7%를 재생에너지로
덴마크	34.8%	2020년까지 총냉난방공급량의 39.8%를 재생에너지로	폴란드	13.9%	2020년까지 총냉난방공급량의 17%를 재생에너지로
에스토니아	43.1%	2020년까지 총냉난방공급량의 17.6%를 재생에너지로	포르투갈	34.5%	2020년까지 총냉난방공급량의 30.6%를 재생에너지로
핀란드	50.9%	2020년까지 총냉난방공급량의 47%를 재생에너지로	루마니아	26.2%	2020년까지 총냉난방공급량의 22%를 재생에너지로
프랑스	18.3%	2020년까지 총냉난방공급량의 33%를 재생에너지로	세르비아		2020년까지 총냉난방공급량의 30%를 재생에너지로
독일	10.6%	2020년까지 총냉난방공급량의 14%를 재생에너지로	시에라리온		2015년까지 호텔, 게스트하우스, 레스토랑에 태양온수시설 1% 보급;2020년까지 2%;2030년까지 5% 2030년까지 주거부문에 태양온수시설 1% 보급
그리스	26.5%	2020년까지 총냉난방공급량의 20%를 재생에너지로	슬로바키아	7.5%	2020년까지 총냉난방공급량의 14.6%를 재생에너지로
헝가리	13.5%	2020년까지 총냉난방공급량의 18.9%를 재생에너지로	슬로베니아	31.7%	2020년까지 총냉난방공급량의 30.8%를 재생에너지로
인도		2012년과 2017년 사이에 태양온수시설 신규용량 5.6GW _{th} (8백만㎡)를 추가함	스페인	14.9%	2020년까지 총냉난방공급량의 18.9%를 재생에너지로 바이오에너지: 2020년까지 4,653ktoe 지열: 2020년까지 9.5ktoe 히트펌프: 2020년까지 50.8ktoe 태양온수 및 공간난방: 2020년까지 644ktoe
아일랜드	5.7%	2020년까지 총냉난방공급량의 15%를 재생에너지로	스웨덴	67.2%	2020년까지 총냉난방공급량의 62.1%를 재생에너지로
이탈리아	18%	냉난방:2020년까지 총공급량의 17.1%를 재생에너지로 바이오에너지:2020년까지 냉난방용도로 5,670ktoe 지열:2020년까지 냉난방용도로 300ktoe 온수와 공간난방:2020년까지 1,586ktoe	태국		바이오에너지:2020년까지 8,200ktoe 바이오가스:2022년까지 1,000ktoe 지자체의 유기폐기물:2022년까지 35ktoe 태양온수시설:2022년까지 30만개의 시스템 가동, 100ktoe
요르단	13% (2010)	태양온수시설:2020년까지 가구의 30%에 설치	우간다		태양온수시설:2017년까지 21MW _{th} (3만㎡)
케냐		태양온수시설: 하루 1백리터 이상의 온수를 사용하는 건물의 1년 수요의 60%	영국	2.6%	2020년까지 총냉난방공급량의 12%를 재생에너지로
라트비아	49.7%	2020년까지 총냉난방공급량의 53.4%를 재생에너지로			
레바논		태양온수시설: 2009년~2014년에 133MW _{th} (19만㎡)의 신규용량 증설			
리비아		태양온수시설:2015년까지 80MW _{th} ; 2020년까지 250MW _{th}			

표 R15. 기타 재생에너지 목표치

국가	부문/기술비중	목표치
EU-28	수송	모든 EU-28국가는 2020년까지 수송용 최종에너지 수요의 10%를 재생에너지로 충당해야 한다.
알바니아	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
알제리	전력	2030년까지 22GW
	폐기물을 통한 바이오전력	2030년까지 1GW
	지열발전	2030년까지 15MW
	태양광	2030년까지 13.5GW
	집광형태양열발전	2030년까지 2GW
	풍력발전	2030년까지 5GW
아르헨티나	전력	2016년까지 3GW
	지열발전	2016년까지 30MW
아르메니아	수력(소수력)	2020년까지 377MW: 2025년까지 397MW
	지열발전	2020년까지 50MW: 2025년까지 100MW
	태양광	2020년까지 40MW: 2025년까지 80MW
	풍력	2020년까지 50MW: 2025년까지 100MW
오스트리아	고형바이오매스와 바이오가스를 통한 바이오전력	2010~2020년 사이에 200MW 추가
	수력	2010~2020년 사이에 1GW 추가
	태양광	2010~2020년 사이에 1.2GW 추가
	풍력	2010~2020년 사이에 2GW 추가
	수송	2020년까지 최종 수송에너지수요의 11.4%
아제르바이잔	전력	2020년까지 1GW
방글라데시	고형바이오매스를 통한 바이오전력	2014년까지 2MW; 2.6 m3 발전소 100,000개(40MW)
	바이오가스를 통한 바이오전력	2014년까지 4MW: 2017년까지 7MW
	바이오가스 소화장치	2016년까지 15만대
	태양광	2015년까지 500MW
	태양광(농촌독립형)	2016년까지 가정용태양광시스템 600만개(240MW): 150kW 미니그리드 50개; 2017년까지 태양광 관개펌프 1,550개
베냉	전력(농촌독립형)	2025년까지 농촌보급전력의 50%
부탄	전력	2025년까지 20MW
	고형바이오매스를 통한 바이오전력	2025년까지 5MW
	태양광	2025년까지 5MW
	풍력	2025년까지 5MW
볼리비아	전력	2015~2025년 사이에 재생에너지설비 160MW 추가
브라질	바이오전력	2021년까지 19.3GW
	수력(소형)	2021년까지 7.8GW
	풍력	2021년까지 15.6GW
불가리아	수력	2017~18년까지 174MW 발전소 3기
	태양광	2014년까지 80MW의 태양광발전단지 가동
	수송	2020년까지 최종수송에너지 수요의 11%
브룬디	고형바이오매스를 통한 바이오전력	4MW
	수력	212MW
	태양광	40MW
	풍력	10MW

표 R15. 기타 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술비중	목표치
중국	바이오발전	2015년까지 13GW
	수력	2017년까지 330GW
	태양광	2017년까지 70GW(35GW 대규모태양광, 35GW 분산형발전)
	집광형태양열발전	2015년까지 1GW; 2020년까지 3GW
	풍력	2017년까지 150GW
콜롬비아	전력(전력망연결)	2015년까지 생산량의 3.5%; 2020년까지 6.5%
	전력(독립형)	2015년까지 생산량의 20%; 2020년까지 30%
크로아티아	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
키프로스	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 4.9%
체코공화국	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10.8%
덴마크	풍력	2020년까지 전력의 50%
	수송	2020년까지 최종수송에너지의 10%
지부티	태양광	2017년까지 농촌전력의 30%
도미니카공화국	분산형발전	2016년까지 전력의 20%
이집트	수력	2020년까지 2.8GW
	태양광	2020년까지 220MW; 2027년까지 700MW
	집광형태양열발전	2017년까지 2.8GW; 2020년까지 1.1GW
	풍력	2020년까지 전력생산량의 12%, 7.2GW
에리트레아	풍력	전력생산량의 50%(목표년도 불명)
에스토니아	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 2.7%
에티오피아	사탕수수폐기물을 통한 바이오발전	103.5MW(목표년도 불명)
	지열발전	2015년까지 75MW; 2018년까지 450MW; 2030년까지 1GW
	수력	2015년까지 10.6GW(90% 이상 대형); 2030년까지 22GW
	풍력	2014년까지 770MW
핀란드	바이오발전	2020년까지 13.2GW
	수력	2020년까지 14.6GW
	풍력	2020년까지 884MW
	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 20%
프랑스	해양발전과 해상풍력	2020년까지 6GW
	풍력	2020년까지 25GW
	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10.5%
독일	풍력	2020년까지 2.5GW의 육상풍력발전 2020년까지 6.5GW의 해상풍력발전; 2030년까지 15GW의 해상풍력발전
	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 20%
그리스	태양광	2030년까지 2.2GW
	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10.1%
기니	태양광	2025년까지 전력의 6%
	풍력	2025년까지 전력의 2%
기니비사우	태양광	2015년까지 1차에너지의 2%
헝가리	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
인도	전력	2014년~2015년 3.77GW; 2012년~2017년 30GW, 2022년까지 170GW 추가
	바이오발전	2014년~2015년 400MW; 2012년~2017년 2.7GW
	수력(소규모)	2014년~2015년 250MW; 2012년~2017년 2.1GW
	태양광	2014년~2015년에 1.1GW PV 및 60MW 소규모 PV 추가; 2010년~2022년에 2천만개의 태양조명시스템 추가
	태양광과 집광형태양열발전	2022년까지 100GW
풍력	2014년~2015년에 2GW; 2022년까지 60GW	

표 R15. 기타 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술비중	목표치
인도네시아	수력발전, 태양광, 풍력	2025년까지 (합계) 1차에너지의 1.4%
	바이오연료	2025년까지 1차에너지의 10.2%
	지열발전	2025년까지 12.6GW의 전력
	수력	0.43GW의 소수력발전 포함, 2025년까지 2GW
	양수발전	2025년까지 3GW
	태양광	2025년까지 156.8MW
	풍력	2025년까지 100MW
이란	태양광과 풍력	5GW(목표년도 불명)
이라크	태양광	2016년까지 240MW
	집광형태양열발전	2016년까지 80MW
	풍력	2016년까지 80MW
아일랜드	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
이탈리아	바이오발전	2020년까지 3.8GW의 용량으로 연 19,780GWh 발전
	지열발전	2020년까지 920MW 용량으로 연 6,750GWh 발전
	수력	2020년까지 17.8GW 용량으로 연 42,000GWh 발전
	태양광	2017년까지 23GW
	풍력(육상)	2020년까지 12GW 용량으로 연 18,000GWh 발전
	풍력(해상)	2020년까지 680MW 용량으로 연 2,000GWh 발전
	수송	2020년까지 바이오연료로 최종수송에너지수요의 10.1%(2,899ktoe)
일본	바이오발전	2020년까지 3.3GW; 2030년까지 6GW
	지열발전	2020년까지 0.53GW; 2030년까지 3.88GW
	수력발전	2020년까지 49GW
	해양발전(파력과 조력)	2030년까지 1.5GW
	태양광	2020년까지 28GW
	풍력	2020년까지 5GW; 2030년까지 해상풍력 8.03GW
요르단	전력	2018년까지 1GW 용량
	태양광	2020년까지 300MW
	집광형태양열발전	2020년까지 300MW
	풍력	2020년까지 1.2GW
카자흐스탄	전력	2020년까지 1.04GW
케냐	지열발전	2016년까지 1.9GW; 2030년까지 5GW
	수력발전	2016년까지 794MW
	태양광	2016년까지 423MW
	풍력	2016년까지 635MW
쿠웨이트	태양광	2030년까지 3.5GW
	집광형태양열발전	2030년까지 1.1GW
	풍력	2030년까지 3.1GW
라트비아	고형바이오매스를 통한 바이오전력	2016년까지 전력생산의 8%
레바논	바이오가스를 통한 바이오발전	2015년까지 15-25MW
	수력	2015년까지 40MW
	풍력	2015년까지 60-100MW; 2020년까지 400-500MW
레소토	전력	2030년까지 260MW
	전력(농촌독립형)	2020년까지 농촌전력보급의 35%
라이베리아	바이오연료	2015년까지 총수송연료의 5%
리비아	태양광	2015년까지 129MW; 2020년까지 344MW; 2025년까지 844MW
	집광형태양열발전	2020년까지 125MW; 2025년까지 375MW
	풍력	2015년까지 260MW; 2020년까지 600MW; 2025년까지 1GW
리투아니아	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
룩셈부르크	수송	2020년까지 최종 수송용에너지수요의 10%

표 R15. 기타 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술비중	목표치
마케도니아	고형바이오매스를 통한 바이오전력	2020년까지 50GWh
	바이오가스생산용 바이오소화장치	2020년까지 20GWh
	수력(소규모)	2020년까지 216GWh
	태양광	2020년까지 14GWh
	풍력	2020년까지 300GWh
말라위	수력	2014년까지 346.5MW
말레이시아	전력	2.1GW(대형수력발전제외), 11.2TWh/연, 혹은 국가공급량의 10%(목표연도 불명); 2015년까지 총용량의 6%; 2020년까지 11%; 2030년까지 14%;2050년까지 36%
몰타	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10.7%
미크로네시아	전력	2020년까지 도시중심지는 10%, 농촌지역은 50%
몰도바	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 20%
모로코	전력	총용량의 42%
	수력	2020년까지 2GW
	태양광과 집광형태양열발전	2020년까지 2GW
	풍력	2020년까지 2GW
모잠비크	바이오가스생산용 바이오소화장치	1천개의 시스템 설치(목표연도 불명)
	수력, 태양광, 풍력	각각 2GW(목표연도 불명)
	태양광	8만2천개의 가정용태양발전시스템 설치(목표연도 불명)
	양수용 풍력터빈	3천대 설치(목표연도 불명)
	재생에너지 기반 생산시스템	5천개 설치(목표연도 불명)
네덜란드	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
나이지리아	바이오발전	2015년까지 50MW; 2025년까지 400MW
	수력(소규모)	2015년까지 600MW; 2025년까지 2GW
	태양광(대규모, 1MW 이상)	2015년까지 75MW; 2025년까지 500MW
	풍력	2015년까지 20MW; 2025년까지 40MW
	집광형태양열발전	2015년까지 1MW; 2025년까지 5MW
노르웨이	전력	2016년까지 연간 30TWh 생산
	전력	2020년까지 스웨덴과 공동으로 26.4TWh의 전력인증시장 형성
팔레스타인	바이오발전	2020년까지 21MW
	태양광	2020년까지 45MW
	집광형태양열발전	2020년까지 20MW
	풍력	2020년까지 44MW
필리핀	전력	2030년까지 2010년 재생에너지전력용량을 세배로 늘림
	바이오발전	2010-2030년에 277MW 증설
	지열발전	2010-2030년에 1.5MW 증설
	수력발전	2010-2030년에 5,398MW 증설
	해양발전	2010-2030년에 75MW 증설
	태양광발전	2010-2030년에 284MW 증설
폴란드	풍력(해상)	2020년까지 1GW
	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
포르투갈	전력	2020년까지 15.8GW
	고형바이오매스를 통한 바이오발전	2020년까지 769MW
	바이오가스를 통한 바이오발전	2020년까지 59MW
	지열발전	2020년까지 29MW
	수력(소규모)	2020년까지 400MW
	해양발전(조력)	2020년까지 6MW
	태양광	2020년까지 670MW
집광형태양열발전	2020년까지 50MW	

표 R15. 기타 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술비중	목표치
포르투갈	풍력	2020년까지 육상풍력 5.3GW; 2020년까지 해상풍력 27MW
	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
카타르	태양광	2014년까지 1.8GW
	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
루마니아	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
러시아	수력발전(소형), 태양광, 풍력	2020년까지 합계 6GW
르완다	바이오가스발전	2017년까지 300MW
	지열발전	2017년까지 310MW
	수력	2017년까지 340MW
	수력(소규모)	2015년까지 42MW
	전력(독립형)	2017년까지 5MW
사모아	최종에너지	2030년까지 총에너지수요의 현 비중보다 20% 증가
사우디아라비아	전력	2040년까지 54GW
	태양광과 집광형태양열발전	2040년까지 41GW(집광형태양열발전 25GW와 태양광발전 16GW)
세르비아	태양광	2032년까지 합계 13GW
	풍력	2017년까지 150MW
시에라리온	태양광	1.4GW(목표연도 불명)
싱가포르	전력	1GW(목표연도 불명)
슬로바키아	태양광	2020년까지 350MW
슬로베니아	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10%
남아프리카공화국	수송	2020년까지 최종수송에너지수요의 10.5%
한국	전력	2030년까지 17.8GW; 2010-2030 신규 발전설비의 42%
	고형바이오매스를 통한 바이오발전	(모든 발전량 목표치는 연간생산량임) 2015년까지 13,016GWh(총 생산량의 2.9%) 2020년까지 21,977GWh(4.7%), 2030년까지 39,517GWh
	바이오가스를 통한 바이오발전	2030년까지 2,628GWh
	매립지가스를 통한 바이오발전	2030년까지 161GWh
	지열발전	2030년까지 1,340GWh
	수력(대규모)	2030년까지 2,046GWh
	수력(소규모)	2030년까지 3,860GWh
	해양발전	2030년까지 1,926GWh
	태양광	2030년까지 6,159GWh
	집광형태양열발전	2030년까지 2,046GWh
	풍력	2030년까지 1,971GWh
스페인	최종에너지	2016년까지 900MW; 2019년까지 1.5GW; 2030년까지 연간 16,619GWh, 2019년까지 해상풍력 1.5GW
	고형바이오매스, 바이오가스, 지자체의 유기폐기물을 통한 바이오에너지	2020년까지 0.1%
	지열에너지, 해양발전, 히트펌프	2020년까지 5.8%
	수력	2020년까지 2.9%
	태양광발전	2020년까지 3%
	풍력	2020년까지 6.3%
	전력	
	고형바이오매스를 통한 바이오발전	2020년까지 1.4GW
	지자체의 유기폐기물을 통한 바이오발전	2020년까지 200MW
	바이오가스를 통한 바이오발전	2020년까지 400MW
	지열발전	2020년까지 50MW
	수력	2020년까지 13.9GW

표 R15. 기타 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술비중	목표치	
스페인 (이어서)	양수발전	2020년까지 8.8GW	
	해양발전	2020년까지 100MW	
	태양광	2020년까지 7.3GW	
	집광형태양열발전	2020년까지 4.8GW	
	풍력(육상)	2020년까지 35GW	
	풍력(해상)	2020년까지 750MW	
	수송		
	바이오디젤	2020년까지 최종수송에너지수요의 11.3%	
	에탄올/바이오ETBE	2020년까지 2,313ktoe	
	수송용 전력	2020년까지 연간 4.7GWh(2020년까지 재생에너지원으로 501ktoe)	
스리랑카	수송	2020년까지 바이오연료를 가지고 최종수송에너지수요의 20%	
수단	고형바이오매스를 통한 바이오전력	2031년까지 54MW	
	바이오가스를 통한 바이오전력	2031년까지 68MW	
	수력	2031년까지 63MW	
	태양광	2031년까지 667MW	
	집광형태양열발전	2031년까지 50MW	
	풍력	2031년까지 680MW	
스웨덴	전력	(2002년 기준) 2020년까지 재생에너지 1년 용량 25TWh 추가	
	전력	2020년까지 노르웨이와 공동으로 26.4TWh 규모의 전력인증시장 형성	
	수송	2030년까지 화석연료에서 독립한 차량 마련	
스위스	전력	2035년까지 연간 12TWh; 2050년까지 24.2TWh	
	수력	2035년까지 연간 43TWh	
시리아	바이오발전	2020년까지 140MW; 2025년까지 260MW; 2030년까지 400MW	
	태양광	2015년까지 45MW; 2020년까지 380MW; 2025년까지 1.1GW; 2030년까지 1.8GW	
	집광형태양열발전	2025년까지 50MW	
	풍력	2015년까지 150MW; 2020년까지 1GW; 2025년까지 1.5GW; 2030년까지 2GW	
타지키스탄	수력발전(소형)	2020년까지 100MW	
태국	수송		
	에탄올	2022년까지 하루 9백만 리터	
	바이오디젤	2022년까지 하루 6백만 리터	
	고급바이오연료	2022년까지 하루 2천5백만 리터	
	전력		
	고형바이오매스를 통한 바이오발전	2021년까지 4.8GW	
	바이오가스를 통한 바이오발전	2021년까지 600MW	
	지자체의 유기폐기물을 통한 바이오발전	2021년까지 400MW	
	지열발전	2021년까지 1MW	
	수력	2021년까지 6.1GW	
	해양발전(조력과 파력)	2021년까지 2MW	
	태양광	2021년까지 3GW; 2014년에 1GW 추가	
	풍력	2021년까지 1.8GW	

표 R15. 기타 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술비중	목표치
트리니다드토바고	전력	2020년까지 최고수요의 5%(혹은 60MW)
	풍력	100MW(목표연도 불명)
튀니지	전력	2016년까지 1GW(16%); 2030년까지 4.6GW(40%)
	고형바이오매스를 통한 바이오발전	2016년까지 400MW; 2030년까지 300MW
	태양광	2016년까지 140MW; 2030년까지 1.5GW
	집광형태양열발전	2030년까지 500MW
	풍력	2016년까지 430MW; 2030년까지 1.7GW
터키	고형바이오매스를 통한 바이오발전	2023년까지 1GW
	지열	2023년까지 1GW
	수력	2023년까지 34GW
	태양광	2023년까지 5GW
	풍력	2023년까지 20GW
우간다	지자체의 유기폐기물을 통한 바이오발전	2017년까지 30MW
	지열발전	2017년까지 45MW
	수력(대규모)	2017년까지 1.2GW
	수력(초소형과 소규모)	2017년까지 85MW
	태양광(가정용태양발전시스템)	2017년까지 700kW
	바이오연료	2017년까지 연 22억 리터
영국	풍력	2030년까지 해상풍력 39GW
	수송	2014년까지 최종수송에너지수요의 5%; 2020년까지 10.3%
우루과이	바이오발전	2015년까지 200MW
	풍력	2015년까지 1.3GW
베네수엘라	전력	2013-2019년 신규설비 613MW 추가
	풍력	2013-2019년 신규설비 500MW 추가
베트남	바이오발전	2015년까지 200MW
	수력	2020년까지 19.2GW
	풍력	2020년까지 1GW
	바이오연료	2015년까지 수송용석유에너지수요의 1%; 2025년까지 5%
예멘	바이오발전	2025년까지 6MW
	지열발전	2025년까지 200MW
	태양광	2025년까지 4MW
	집광형태양열발전	2025년까지 100MW
	풍력	2025년까지 400MW
짐바브웨	수송	2015년까지 최종수송에너지수요의 10%

표 R16. 기준가격구매정책을 시행하는 국가/주/지방의 누적 수치

연도	누적수치	해당연도에 추가된 국가/주/지방
1978	1	미국
1990	2	독일
1991	3	스위스
1992	4	이탈리아
1993	6	덴마크; 인도
1994	9	룩셈부르크; 스페인; 그리스
1997	10	스리랑카
1998	11	스웨덴
1999	14	포르투갈; 노르웨이; 슬로베니아
2000	14	
2001	17	아르메니아; 프랑스; 라트비아
2002	23	알제리; 오스트리아; 브라질; 체코공화국; 인도네시아; 리투아니아
2003	29	키프로스; 에스토니아; 헝가리; 한국; 슬로박공화국; Maharashtra(인도)
2004	34	이스라엘; 니카라과; 프린스에드워드섬(캐나다); Andhra Pradesh와 Madhya Pradesh(인도)
2005	41	Karnataka, Uttaranchal, Uttar Pradesh(인도); 중국; 터키; 에콰도르; 아일랜드
2006	46	온타리오(캐나다); 케랄라(인도); 아르헨티나; 파키스탄; 태국
2007	55	남호주(호주), 알바니아, 불가리아, 크로아티아, 도미니카공화국, 핀란드, 마케도니아, 몰도바, 몽골
2008	71	캘리포니아(미국); 퀸즐랜드(호주); 캘리포니아(미국); Chhattisgarh, Gujarat, Haryana, Punjab, Rajasthan, Tamil Nadu, West Bengal(인도); 이란; 케냐; 리히텐슈타인; 필리핀; 탄자니아; 우크라이나
2009	81	Australian Capital Territory, New South Wales, Victoria(호주); 하와이, 오레곤, 버몬트(미국); 일본; 세르비아; 남아프리카공화국; 대만
2010	87	벨로루스; 보스니아헤르체고비나; 말레이시아; 모리셔스; 몰타; 영국
2011	94	로드아일랜드(미국); 노바스코샤(캐나다); 가나; 몬테네그로; 네덜란드; 시리아; 베트남
2012	99	요르단, 나이지리아, 팔레스타인, 르완다, 우간다
2013	101	카자흐스탄, 파키스탄
2014	103	버진아일랜드(미국); 이집트
총계	108	

표 R16. 기준가격구매정책을 시행하는 국가/주/지방의 누적 수치(이어서)

2014 FIT 조정	
불가리아	수력: 5% 축소 태양광: 28% 축소 풍력: 22% 축소
중국	태양광: 10% 축소 해상풍력: 0.12 달러/kWh (0.75-0.85 위안/kWh) [New] 육상풍력: 0.003-0.006 달러/kWh (0.02-0.04 위안/kWh) 축소
크림반도	육상과 태양광: 0.09 달러/kWh 축소
덴마크	10 kW 이하 풍력: 0.4 달러/kWh (0.33 유로/kWh) [New] 10 kW-25 kW 풍력: 0.24 달러/kWh (0.2 유로/kWh) [New]
독일	태양광: 매달 1% 축소 풍력: 매년 1.5% 축소
그리스	태양광: 115.4 달러/MWh (95 유로/MWh)에서 209 달러/MWh (171.9 유로/MWh) 축소
일본	태양광 0.24 달러/kWh (29 엔/kWh) 19% 축소
카자흐스탄	태양광: 0.176 달러/kWh [New] 풍력: 0.115 달러/kWh [New]
몰타	40kW 이하 태양광: 5월1일~10월31일 0.2 달러/kWh (0.165 유로/kWh) ; 11월1일~4월30일 0.19 달러/kWh (0.155 유로/kWh) 40kW 이상 태양광: 5월1일~10월31일 0.19 달러/kWh (0.16 유로/kWh) ; 11월1일~4월30일 0.18 \$/kWh (0.15 유로/kWh)
필리핀	바이오매스: 0.15 달러/kWh (6.63 페소/kWh) 축소 수력: 0.13 달러/kWh (5.9 페소/kWh) 축소 태양광: 0.22 달러/kWh (9.68 페소/kWh) 축소 풍력: 0.19 달러/kWh (8.53 페소/kWh) 축소
폴란드	3 kW이하 풍력: 0.21 달러/kWh (0.17 유로/kWh) [New] 3-10 kW 풍력: 0.18 달러/kWh (0.15 유로/kWh) [New]
러시아	개정된 FIT에서는 기술에 상관없이 국내 요건의 70%를 채우지 못할 경우 50% 이상 축소
스위스	29.9kW 이하 태양광 23% 축소 30 kW 이상 1 MW이하 태양광 18% 축소 1MW 이상 태양광 12% 축소
버진아일랜드	태양광: 0.26 달러/kWh [New]
베트남	폐기물에너지: 풍력에 할당 된 것보다 25 % 이상 높은 비율 [New]

표 R17. 할당제 정책을 시행하는 국가/주/지방의 누적 수치

연도	누적수치	해당연도에 추가된 국가/주/지방
1983	1	아이오와(미국)
1994	2	미네소타(미국)
1996	3	아리조나(미국)
1997	6	메인, 매사추세츠, 네바다(미국)
1998	9	코네티컷, 펜실베이니아, 위스콘신(미국)
1999	12	뉴저지, 텍사스(미국); 이탈리아
2000	13	뉴멕시코(미국)
2001	15	Flanders(벨기에); 호주
2002	18	캘리포니아(미국); Wallonia(벨기에); 영국
2003	21	일본; 스웨덴; Maharashtra(인도)
2004	34	콜로라도, 하와이, 메릴랜드; 뉴욕; 로드아일랜드(미국); 노바스코샤, 온타리오, 프린스에드워드섬(캐나다); Andhra Pradesh, Karnataka, Madhya Pradesh, Orissa(인도); 폴란드
2005	38	컬럼비아 특별구, 델라웨어, 몬태나(미국); Gujarat(인도)
2006	39	워싱턴주(미국)
2007	45	중국; 일리노이, 뉴햄프셔; 노스캐롤라이나, 오레곤(미국); Northern Mariana Island(미국)
2008	52	미시건, 미주리, 오하이오(미국); 칠레; 인도; 필리핀; 루마니아
2009	53	캔사스(미국)
2010	56	브리티시컬럼비아(캐나다); 한국; 푸에르토리코(미국)
2011	58	알바니아; 이스라엘
2012	59	노르웨이
2013	59	[확인된 곳 없음]
2014	59	[확인된 곳 없음]
총계	99	

표 R18. 국가와 주/지방의 바이오연료혼합의무규정

국가	규정
앙골라	E10
아르헨티나	E10와 B10
호주	New South Wales E6와 B2; Queensland E5
벨기에	E4와 B4
브라질	E27.5과 B7
캐나다	국가: E5와 B2. 지방: 앨버타 E5와 B2; 브리티시컬럼비아 E5와 B4; 마니토바 E8.5와 B2; 온타리오 2016년까지 E5, B2와 B3; 서스캐처원 E7.5와 B2
중국	10개 지방에서 E10
콜롬비아	E8
코스타리카	E7과 B20
에콰도르	B5
에티오피아	E10
과테말라	E5
인도	E5
인도네시아	E3과 B5
이탈리아	2018년까지 0.6%; 2022년까지 1%
자메이카	E10
말레이시아	B5
모잠비크	2012-2015년 E10; 2016-2020년 E15; 2021년부터 E20
노르웨이	B3.5
파나마	E7; 2016년 4월까지 E10
파라과이	E25와 B1
페루	E7.8과 B2
필리핀	E10과 B2; 2015년에 B5
남아프리카공화국	2015년 10월 E2와 E5
한국	B2; 2015년 8월까지 B2.5; 2018년까지 B3
수단	E5
태국	E5와 B5
터키	E2
우크라이나	E5; 2017년까지 E7
미국	국가: 재생가능연료규정2(RFS2)는 2022년까지 수송용 연료에 연간 136십억리터(36십억갤런)의 재생가능연료를 혼합할 것을 요구하고 있다. 2013년의 재생가능연료규정은 49.21십억리터(13십억 갤런)로 축소되었다. 주: 하와이 E10; 루이지애나 E2와 B2; 메사추세츠 B5; 미네소타 E20과 B10; 미주리와 몬태나 E10; 뉴멕시코 B5; 오레곤 E10과 B5; 펜실베이니아의 경우 2억갤런 도달 1년 뒤 B2, 4억갤런 도달 1년 뒤 B20; 워싱턴주의 경우 E2와 B2였다가, 원료 및 기름용씨앗 분쇄용량이 3%의 요구치에 도달한지 180일 뒤에는 B5로 상향조정
우루과이	E5와 B5
베트남	E5
짐바브웨	E5에서 E10과 E15로 상향조정

표 R19. 시와 지방의 재생에너지 정책: 일부 사례

에너지 중 재생에너지의 비중 목표치, 모든 소비자	
미국, 텍사스, 오스틴	2025년까지 총에너지의 65%
미국, 콜로라도, 보울더	2020년까지 총에너지의 30%
캐나다, 앨버타, 캘거리	2036년까지 총에너지의 30%
남아프리카공화국, 케이프타운	2020년까지 총에너지의 10%
일본, 후쿠시마현	2040년까지 총에너지의 100%
독일, 함부르크	2020년까지 총에너지의 20%; 2050년까지 100%
인도, 하우라	2018년까지 총에너지의 10%
일본, 나가노현	2050년까지 총에너지의 70%
멕시코, 오악사카	2017년까지 총에너지의 5%
프랑스, 파리	2020년까지 총에너지의 25%
스웨덴, 셸레프테오	2020년까지 바이오매스, 수력, 풍력에너지를 순수출국이 됨
스웨덴, 벡세	2030년까지 총에너지의 100%
전력 중 재생에너지전력의 비중 목표치, 모든 소비자	
네덜란드, 암스테르담	2025년까지 25%; 2040년까지 50%
미국, 콜로라도, 아스펜	2015년까지 100%
미국, 텍사스, 오스틴	2020년까지 35%
남아프리카공화국, 케이프타운	2020년까지 15%
미국, 캘리포니아, 랭카스터	2020년까지 100%
스웨덴, 말뫼	2020년까지 100%
독일, 뮌헨	2025년까지 100%
일본, 나가노현	2020년까지 10%, 2030년까지 20%, 2050년까지 30%
미국, 캘리포니아, 샌프란시스코	2020년까지 100%
미국, 캘리포니아, 산호세	2022년까지 100%
스웨덴, 셸레프테오	2020년까지 100%
대만, 타이페이	2020년까지 12%
일본, 도쿄	2024년까지 20%
독일, 울름	2025년까지 100%
뉴질랜드, 웰링턴	2020년까지 78-90%
재생에너지전력용량 목표치	
호주, 아델레이드	2020년까지 가정용 및 상업용 건물에 태양광발전 2MW
스웨덴, 에스킬스투나	2020년까지 풍력 48GWh, 태양 9.5GWh
미국, 캘리포니아, 로스앤젤레스	2020년까지 태양광발전 1.3GW
미국, 뉴욕, 뉴욕	2024년까지 태양광발전 350MW
미국, 캘리포니아, 샌프란시스코	2020년까지 피크수요의 100%(950MW)
재생에너지 정부 자체사용구매 목표치	
호주, 코크번	2020년까지 도시건물 자체사용에너지의 20%
벨기에, 겐트	2020년까지 자체사용에너지의 50%
호주, 험번웨어	공공건물 자체사용 에너지의 100%, 공공조명용 전력의 8%
스웨덴, 크리스티안스타드	2020년까지 자체사용에너지의 100%
스웨덴, 말뫼	2030년까지 자체사용 에너지의 100%
미국, 오리건, 포틀랜드	2030년까지 자체사용 전력의 100%
호주, 시드니	건물 자체사용 전력의 100%, 가로등 전력의 20%

표 R19. 시와 지방의 재생에너지 정책: 일부 사례(이어서)

난방관련 규정	
네덜란드, 암스테르담	2040년까지 최소 20만채의 주택을 대상으로 지역난방(바이오가스, 바이오매스, 폐열을 이용)
인도, 찬디가르	2013년 현재 산업시설, 호텔, 병원, 교도소, 구내식당, 주거단지, 정부 및 가정용 건물에 태양급탕의 사용 의무화
포르투갈, Loures	2013년 현재 일조량이 좋은 모든 스포츠시설과 학교에 태양열시스템의 설치를 의무화
독일, 뮌헨	패시브형 태양디자인(공간난방, 공정열, 급탕)을 통해 2058년까지 (2009년 기준) 난방수요를 80% 감축
프랑스, 낭트	2017년까지 지역난방시스템을 확장하여 도시거주자 절반에 바이오매스 보일러로 난방을 제공함
오스트리아, 비엔나	2050년까지 전체 난방 50%(태양열 포함)

표 R20. 지역과 국가별 전력보급률

지역/국가	전력보급률	전력을 공급받지 못하는 사람의 수	목표
	전력을 공급받는 사람들의 비중(%)(2012)	백만명(2012년)	비중(%)
아프리카	43%	622	
북아프리카	99%	1	
사하라이남 아프리카	32%	620	
아시아 개도국	83%	620	
라틴아메리카	95%	23	
중동	92%	18	
아프리카			
알제리	99%	0.4	
앙골라	30%	15	
베냉	28%	7	
보츠와나	66%	1	→2016년까지 80%
부르키나파소	16%	14	
브룬디	10%	9	
카보베르데	94%	0.2	
카메룬	54%	10	
중앙아프리카공화국	3%	4	
차드	3%	12	
코모로	45%	0.4	
콩고	35%	3	
코트디부아르	26%	15	
콩고민주공화국	9%	60	
지부티	50%	0.1	
이집트	99.6%	0	
적도기니	66%	0.3	
에리트레아	32%	4	
에티오피아	23%	70	
가봉	60%	1	
감비아	35%	1	
가나	72%	7	→2016년까지 100%
기니	12%	10	
기니비사우	20%	1	
케냐	20%	35	→2020년까지 70%
레소토	28%	2	→2020년까지 40%
라이베리아	2%	4	
리비아	99.8%	0	
마다가스카르	19%	15	
말라위	9%	15	
말리	27%	11	→2015년까지 55%(도시) →2015년까지 15%(농촌)
모리타니	21%	3	
모리셔스	100%	0	
모로코	99%	0.4	
모잠비크	39%	15	

표 R20. 지역과 국가의 전력보급률(이어서)

지역/국가	전력보급률	전력을 공급받지 못하는 사람의 수	목표
	전력을 공급받는 사람들의 비중(%)(2012)	백만명(2012년)	비중(%)
중동아프리카			
나미비아	30%	2	
니제르	14%	15	→2020년까지 15%
나이지리아	45%	93	→2020년까지 75%
르완다	19%	9.5	
상투메프린시페	59%	0.1	
세네갈	55%	6	→2016년까지 60%
세이셸공화국	99%	0	
시에라리온	5%	6	→2015년까지 30% →2025년까지 75% →2030년까지 100%
소말리아	15%	9	
남아프리카	85%	8	→2019년까지 100%
남수단	1%	11	
수단	35%	24	
스와질랜드	27%	1	
탄자니아	24%	36	→2035년까지 75%
토고	27%	5	
튀니지	100%	0	
우간다	15%	31	
잠비아	26%	10	
짐바브웨	40%	8	→2030년까지 66% →90%(도시) →51%(농촌)
아시아 개도국			
방글라데시	60%	62	→2021년까지 100%
브룬디	99.7%	0	
캄보디아	34%	10	
중국	99.8%	3	→2015년까지 100%
북한	26%	18	
인도	75%	304	
인도네시아	76%	60	
라오스	78%	1	
말레이시아	99.5%	0	
몽골	90%	0.3	
미얀마	32%	36	
네팔	76%	7	
파키스탄	69%	56	
필리핀	79%	21	→2017년까지 90%
싱가포르	100%	0	
스리랑카	89%	2	
태국	99%	1	
베트남	96%	4	

표 R20. 지역과 국가의 전력보급률(이어서)

지역/국가	전력보급률	전력을 공급받지 못하는 사람의 수	목표
	전력을 공급받는 사람들의 비중(%(2012)	백만명(2012년)	비중(%)
라틴아메리카			
아르헨티나	96%	1.5	
바베이도스	98%	0.0	→2021년까지 100%
볼리비아	88%	1.2	→2015년까지 100%(도시) →2025년까지 100%(농촌)
브라질	99.5%	1.0	
칠레	98%	0.4	
콜롬비아	97%	1.4	→2017년까지 97.45%
코스타리카	99%	0.0	→2015년까지 100%
쿠바	98%	0.2	
도미니카공화국	96%	0.4	
에콰도르	94%	0.9	→2022년까지 98.92%(도시) →2022년까지 96.29%(농촌)
엘살바도르	93%	0.5	
과테말라	86%	2.2	
아이티	28%	7.3	
온두라스	89%	0.9	
자메이카	98%	0.1	
멕시코	98%	3.7	
니카라과	75%	1.6	
파나마	91%	0.3	
파라과이	99%	0.1	
페루	91%	2.7	
수리남	90%	0.1	
트리니다드토바고	97%	0.0	
우루과이	99%	0.0	

표 R20. 지역과 국가의 전력보급률(이어서)

지역/국가	전력보급률	전력을 공급받지 못하는 사람의 수	목표
	전력을 공급받는 사람들의 비중(%)(2012)	백만명(2012년)	비중(%)
중동			
바레인	100%	0.0	
이란	98%	1.2	
이라크	98%	0.6	
요르단	100%	0.0	
쿠웨이트	100%	0.0	
레바논	100%	0.0	
오만	98%	0.1	
팔레스타인	99%		
카타르	100%	0.0	
사우디아라비아	99%	0.3	
시리아	93%	1.6	
아랍에미리트	100%	0.0	
예멘	42%	13.8	
오세아니아			
미크로네시아	4%	0.0	→2015년까지 75%
모든 개발도상국	76%	1,283	
전세계	82%	1,285	

표 R21. 전통적 바이오매스로 취사하는 인구

지역과 일부국가	2012년 비중(%)	인구(백만명)
아프리카	67%	728
사하라이남 아프리카	80%	727
북아프리카	1%	1
아시아 개도국	51%	1,875
라틴아메리카	15%	68
중동	4%	8

아프리카		
앙골라	56%	12
베냉	94%	9
보츠와나	37%	1
부르키나파소	95%	16
브룬디	98%	10
카보베르데	31%	0.2
카메룬	75%	16
중앙아프리카공화국	97%	4
차드	93%	12
코모로	71%	1
콩고	76%	3
코트디부아르	79%	16
콩고민주공화국	93%	61
지부티	14%	0.1
적도기니	78%	1
에리트레아	63%	4
에티오피아	95%	87
가봉	21%	0.3
감비아	95%	2
가나	84%	21
기니	96%	11
기니비사우	98%	2
케냐	84%	36
레소토	62%	1
라이베리아	98%	4
마다가스카르	98%	22
말라위	97%	15
말리	98%	15
모리타니	56%	2
모로코	3%	1
모잠비크	96%	24
나미비아	55%	1
니제르	94%	16
나이지리아	68%	115
르완다	98%	11
상투메프린시페	71%	0
세네갈	56%	8
시에라리온	98%	6
소말리아	96%	10
남아프리카	13%	7
남수단	97%	11

표 R21. 전통적 바이오매스로 취사하는 인구(이어서)

아프리카(이어서)		
수단	72%	27
스와질랜드	62%	1
탄자니아	96%	46
토고	95%	6
우간다	97%	35
잠비아	83%	12
짐바브웨	70%	10
아시아 개도국		
방글라데시	89%	138
캄보디아	89%	13
중국	33%	448
북한	47%	12
인도	66%	815
인도네시아	42%	105
라오스	65%	4
몽골	70%	2
미얀마	93%	49
네팔	80%	22
파키스탄	62%	112
필리핀	49%	47
스리랑카	74%	15
태국	24%	16
베트남	51%	45
라틴아메리카		
아르헨티나	1%	0.6
볼리비아	25%	2.7
브라질	6%	12.5
콜롬비아	15%	7.1
코스타리카	6%	0.3
쿠바	7%	0.8
도미니카공화국	8%	0.9
에콰도르	4%	0.6
엘살바도르	21%	1.3
과테말라	64%	9.6
아이티	93%	9.4
온두라스	51%	4.1
자메이카	13%	0.4
니카라과	54%	3.2
파나마	17%	0.7
파라과이	46%	3.1
페루	36%	10.7
중동		
이라크	1%	0.3
예멘	33%	7.8
모든 개발도상국	49%	2,679
전세계	38%	2,679

표 R22. 분산형 재생에너지 및 설치용량 : 일부사례

국가	기술/시스템	2014년 추가	2014년 말 누적	추가정보 (프로그램, 금융파트너 및 프로젝트 개발자 포함)
아프리카				
앙골라	태양광전원합		299kW _p	-897명의 거주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
베냉	태양광(pico)	100개	100개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광램프	1,500개	2,825개	SNV 투자 독립형 태양광시장개발프로그램 하에 시행
	태양광전원합		50kW _p	-250명의 주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	하이브리드 소규모 그리드		30kW _p (2013)	EsF 프로젝트 하에 북베냉 시행
	바이오가스 축진제	100개	107개	SNV와 정부기금에 의해 시행
	취사용스토브	60,900개	214,600개	EnDev 프로그램 하에 시행
부르키나 파소	태양광홈시스템	159kW _p	342kW _p	-3,365명의 주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	태양광램프	3,000개	3,325개	SNV 투자 Pico PV 아프리카 프로젝트 하에 시행
	태양광(pico)	21,352개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	소규모그리드 (태양광/경유)		45kW _p	-3개 혼합 태양광-경유 소규모그리드 프로젝트, 각각 15kW _p 설치 -국가수준에서 통합
	바이오가스 축진제	1,448개	5,462개	-4,741 가구 -DGIS, ABP 프로그램 SNV/HIVOS 하에 시행
	취사용스토브	24,500개	124,700개	EnDev 프로그램 하에 시행
브룬디	태양광램프	250개	500개	국가수준에서 통합
	태양광(pico)	5,300개	9,800개	EnDev 프로그램 하에 시행
	취사용스토브	900개	1,700개	EnDev 프로그램 하에 시행
카메룬	소규모그리드		23MW	-30개 혼합소규모그리드 운영 -국가수준에서 통합
	바이오가스 축진제	104개	302개	SNV 투자프로젝트 하에 시행
콩고	태양광		60kW _p	국가수준에서 통합
코트디부 아르	태양광가로등		9kW _p	-45개 태양광가로등 설치 -ARE 회원국에 의해 설치
콩고민주 공화국	태양광램프	508개	508개	SNV 투자 Pico PV 아프리카 프로젝트 하에 시행
	태양광(pico)	37,452개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	소규모그리드 (바이오연료)	16kW _p	16kW _p	-팜오일 기반 소규모그리드 운영 -100가구에 전력화 -DGIS 및 FACT제단프로젝트, SNV 투자하에 시행
	취사용스토브	1,528개	1,728개	SNV 투자 개선된 취사용스토브 프로그램 하에 시행
에티오피 아	태양광		5MW	-농촌 통신프로그램 60%, 물펌프 20%, 태양광홈시스템 20% -국가수준에서 통합
	태양광(pico)	44,300개	71,700개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광(pico)	580,930개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	태양광물펌프		15개(2012)	ACP-EU 에너지시설프로그램, Plan International 시행
	태양광램프		9,000개	ARE 회원국에 의해 설치
	태양광전원합		500kW _p	-1,500명의 주민들에게 전력화 -ARE 네트워크에 의해 설치
	태양광홈시스템	1,600개	3,200개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광홈시스템		500개	ARE 회원국에 의해 설치
	바이오가스 축진제	1,465개	10,678개	-2012-2014년 3,136가구 설치 -DGIS, ABP 프로그램 SNV/HIVOS 하에 시행
	취사용스토브	15,100개	352,200개	EnDev 프로그램 하에 시행
취사용스토브	3,200개	3,200개	SNV 투자 통합 재생에너지서비스 프로젝트 하에 시행	

표 R22. 분산형 재생에너지 및 설치용량 : 일부사례(이어서)

국가	기술/시스템	2014년 추가	2014년 말 누적	추가정보 (프로그램, 금융파트너 및 프로젝트 개발자 포함)
아프리카				
에리트레아	태양광		310kW _p	ARE 회원들에 의해 지역사회 법원에 설치
감비아	태양광물펌프		26kW _p	-지역사회 물공급 및 관개를 위해 16개 물펌프시스템 -ARE 회원들에 의해 설치
	소규모그리드(풍력)		350kW _p	국가수준에서 통합
가나	태양광		3.2MW	국가수준에서 통합
	태양광램프	1,033개		SNV 투자 프로젝트 하에 시행
	태양광 마이크로스테이션		6kW _p	-2개 마이크로스테이션으로 1,800명에게 전력공급 -ARE 회원들에 의해 설치
	소규모그리드 (태양광)		6kW _p	-2개 소형미니그리드 -ARE 회원들에 의해 설치
	취사용스토브	1,200개	1,233개	-중소규모 농업용 생산에 사용 -EPGAP 프로젝트, SNV 투자 하에 시행
기니비사우	태양광		127개	국가수준에서 통합
	태양광흡수시스템	138kW _p	279kW _p	-2,041명의 주민들에게 전력화 -ARE 회원들에 의해 설치
케냐	태양광(pico)	36,900개	56,800개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광(pico)		695개(2012)	SNV 투자 프로젝트 하에 시행
	태양광(pico)	599,052개	1,574,078개	GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	태양광키트	150개	150개	REPIC 공동투자, Oolux 하에 시행
	태양광키트	100개	100개	SYMPHASIS 공동투자, Oolux 하에 시행
	태양광랜턴		7,155개(2012)	SNV 투자 프로젝트 하에 시행
	태양광전원함		430kW _p	-1,290명의 거주민들에게 전력화 -ARE 회원들에 의해 설치
	태양광흡수시스템		100개	REPIC 공동투자, Mobisol 하에 시행
	독립흡수시스템		320,000개	-6~8MW 설치 -국가수준에서 통합
	소규모그리드		19MW	-18개 시스템 설치 -국가수준에서 통합
	소규모그리드 (태양광)		113kW _p	소규모그리드(45kW), 25개 소형그리드(58kW), 4개컨테이너소 규모그리드(10kW) 등 ARE 회원에 의해 설치
	바이오가스 축진제	2,533개	14,112개	-10,873 가구설치 -SNV/HIVOS 투자 DGIS, ABP 프로그램 하에 시행
	취사용스토브		917,700개	EnDev 프로그램 하에 시행
	취사용스토브	839개		SNV 투자 프로젝트 하에 시행
레소토	태양광흡수시스템		1,537개	레소토재생에너지기반 농촌전력화프로그램하에 시행(2013년 3 월종료)
라이베리아	태양광(pico)	7,000개	7,500개	EnDev 프로그램 하에 시행
	취사용스토브	600개	1,100개	EnDev 프로그램 하에 시행
마다가스카르	태양광	150kW _p		-2개마을에 75kW 태양광발전소 설치 -국가수준에서 통합
	태양광물펌프		10kW _p	-지역사회 물공급 및 관개를 위해 4개 물펌프시스템 -ARE 회원들에 의해 설치
	소규모그리드		3.2kW _p	-2kW 마이크로 그리드 -REPIC과 AgenaEnergies 투자 하에 시행
	수력	3개	3개	-5kW 터빈 3개 설치 -REPIC 공동투자 하에 시행
말라위	태양열온수기		1,500개	-태양열온수기 개당 용량 200리터 -국가수준에서 통합
	독립흡수시스템		700kW _p	-5000개 시스템 설치 -국가수준에서 통합
	취사용스토브	10,200개	14,400개	EnDev 프로그램 하에 시행

표 R22. 분산형 재생에너지 및 설치용량 : 일부사례(이어서)

국가	기술/시스템	2014년 추가	2014년 말 누적	추가정보 (프로그램, 금융파트너 및 프로젝트 개발자 포함)
아프리카				
말리	태양광		13개	-20~240kW 범위 독립형그리드 -국가수준에서 통합
	태양광		902kW _p	-태양광홈시스템과 소규모그리드로 6,314명에게 전력공급 -ARE 회원들에 의해 설치
	태양광		2개	-학교에 독립형그리드 시스템 설치 -Plan International 시행
	태양광(pico)	700개	1,800개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광램프	2,275개	2,867개	SNV 투자 프로젝트 하에 시행
	태양광홈시스템		3kW _p	Plan International 시행
	태양광키오스크	9kW _p	30개	ACP-EU 에너지시설프로그램, Plan International 하에 충전 스테이션 설치
	태양광홈시스템	86kW _p	280kW _p	-2,286개 시스템 설치 -FRES에 의해 설치
	독립홈시스템		216kW _p	국가수준에서 통합
	소규모그리드(태양광)		622kW _p	FRES에 의해 설치
	소규모그리드 (태양광/경유)		2.1MW	-21개 소규모그리드 설치 -국가수준에서 통합
	취사용스토브	17,529개	25,459개	-가정용 스토브 -EPGAP 프로젝트, SNV 투자 하에 시행
	취사용스토브		3,100개	Plan International 시행
모리타니	태양광물펌프		16kW _p	-지역사회 물공급 및 관개를 위해 8개 물펌프시스템 -ARE 회원들에 의해 설치
	소규모그리드 (태양광/경유)		6개	태양광/경유 발전소(15-20kW _p 3개, 25kW _p 3개)
모로코	태양광홈시스템		51,599개 (2013)	정부농촌전력화프로그램 하에 시행
모잠비크	태양광(pico)		6,600개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광마이크로스테이 션		6kW _p	-1,800명의 주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	소규모그리드 (태양광)		9kW _p	-3개 소형그리드 설치 -ARE 회원국에 의해 설치
	취사용스토브	4,500개	4,700개	EnDev 프로그램 하에 시행
니제르	태양광		4MW	국가수준에서 통합
	태양광램프	7,600개		SNV 투자 프로젝트 하에 시행
	소규모그리드 (태양광)		27.5kW _p	-105가구 전력화 및 전력공급 -ECREEE EREF II 하에 Plan International 시행
나이지리아	태양광(pico)	147,396개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	태양광 마이크로스테 이션		23kW _p	-6,900명의 거주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	태양광가로등		5.4kW _p	-40개 태양광가로등 설치 -국가수준에서 통합
	독립홈시스템		5개	국가수준에서 통합
	소규모그리드		6개	국가수준에서 통합
	소규모그리드(수력)		4kW _p	-150명의 주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	소규모그리드 (태양광)		16kW _p	-12개 소형그리드 설치 -ARE 회원들에 의해 설치

표 R22. 분산형 재생에너지 및 설치용량 : 일부사례(이어서)

국가	기술/시스템	2014년 추가	2014년 말 누적	추가정보 (프로그램, 금융파트너 및 프로젝트 개발자 포함)
아프리카				
르완다	태양광(pico)	80,111개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	태양광흡시스템	400kW _p		-4,000개 설치;21,200 명에게 전력공급 -Mobisol에 의해 설치
	소규모그리드(수력)		1,000kW _p	EnDev 프로그램 하에 시행
	소규모그리드 (태양광/경유)		50개	-3-6kW짜리 50개 소형그리드 건강센터에 설치 -국가수준에서 통합
	바이오가스 시스템	200개	1,700개	EnDev 프로그램 하에 시행
	취사용스토브	24,769개	24,769개	-진흙기반, 효율적인 Canarumwe스토브 -World Bank 투자, 취사용스토브 프로그램 SNV 하에 시행
세네갈	태양광		21MW	GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	태양광(pico)	14,930개		국가수준에서 통합
	독립흡시스템		50,000개	국가수준에서 통합
	태양광흡시스템	700개	2,600개	EnDev 프로그램 하에 시행
시에라리온	태양광			EnDev 프로그램 하에 시행
	소규모그리드 (태양광/수력)		1개	국가수준에서 통합
소말리아	태양광		5kW _p	-냉방목적 사용 -ARE 회원국에 의해 설치
남아프리카공 화국	태양광전원함		504kW _p	-1,640명의 주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	태양광흡시스템		1,317kW _p	-18,065명의 거주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
수단	태양광흡시스템		100개	국가수준에서 통합
탄자니아	태양광 마이크로스테이션		66kW _p	-1,800명의 주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	태양광(pico)	1,800개	1,800개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광(pico)	787,488개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	태양광램프	750개	1,050개	SNV 투자 국제재생에너지서비스 프로그램 하에 시행
	태양광흡시스템		900kW _p	-7,500명의 거주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	태양광흡시스템	1,000kW _p		-2014년 56,000명에게 전력공급 -Mobisol에 의해 10,000개 시스템 설치
	독립흡시스템		4MW	-4,000-8,000개 설치 -국가수준에서 통합
	소규모그리드 (태양광)		6kW _p	-2개 소형그리드 -ARE 네트워크에 의해 설치
	바이오가스 촉진제	2,304개	11,103개	-8,532 가구 설치 -SNV/HIVOS 투자 DGIS, ABP 프로그램 하에 시행
	취사용스토브	2,200개	2,800개	EnDev 프로그램 하에 시행
	취사용스토브		960개	SNV 투자 프로젝트 하에 시행
우간다	태양광(pico)	5,900개	14,000개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광(pico)	70,022개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	태양광키트	200개	200개	REPIC 공동투자, Oolux 하에 시행
	태양광키트	130개	130개	SYMPHASIS 공동투자, Oolux 하에 시행
	태양광흡시스템	600개	1,700개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광흡시스템	114kW _p	544kW _p	-3,482명의 주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치

표 R22. 분산형 재생에너지 및 설치용량 : 일부사례(이어서)

국가	기술/시스템	2014년 추가	2014년 말 누적	추가정보 (프로그램, 금융파트너 및 프로젝트 개발자 포함)
아프리카				
우간다	독립홈시스템		400kW _p	-15,000개 시스템 설치 -국가수준에서 통합
	소규모미니그리드		5kW _p	국가수준에서 통합
	취사용스토브	5,200개	12,400개	EnDev 프로그램 하에 시행
	취사용스토브	3,847개	3,847개	SNV 투자 국제재생에너지서비스프로그램 하에 시행
	바이오가스 축진제	527개	5,695개	-3,793 가구 설치 -SNV/HIVOS 투자 DGIS, ABP 프로그램 하에 시행
짐바브웨	태양광전원함		550kW _p	-1,650명 거주민에게 전력화 -ARE 회원들에 의해 설치
	태양광램프	25,000개	25,803개	SNV 투자 프로젝트 하에 시행
아시아 개도국				
방글라데시	태양광		630kW _p	-3,600명 거주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	태양광		550kW _p	-태양광지붕을 통해 2,500명 거주민들 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	태양광랜턴		106개	국가수준에서 통합
	태양광홈시스템	271,200개	3,600,000개	-2014년 4월 정보 -태양광을 통해 1300만명에게 전력공급 -EnDev 프로그램 하에 2014년 시행
	태양광홈시스템		28,800kW _p	-720,000명 거주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	소규모그리드 (태양광)		300kW _p	-7,500명의 거주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	바이오가스 축진제	5,173개	37,059개	-37,059가구 설치 -DGIS/KfW 투자 바이오가스 프로그램 SNV 시행
	취사용스토브	87,200개	382,100개	EnDev 프로그램 하에 시행
부탄	바이오가스 시스템	581개	1,420개 (2013)	ADB 투자 아래 SNV 하에 시행
캄보디아	태양광랜턴		10,000개	국가수준에서 통합
	바이오가스 시스템	700개	1,100개	EnDev 프로그램 하에 시행
	바이오가스 시스템		22,119개	-22,119가구 설치 -DGIS 투자 바이오가스 프로그램 SNV 시행
인도	태양광(pico)	1,054,051개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	태양광랜턴		27,913개	국가수준에서 통합
	소규모그리드		1,123MW	국가수준에서 통합
	바이오가스 축진제	82,733개	4,750,000개	국가수준에서 통합
인도네시아	태양광(pico)	54,473개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	소규모그리드(수력)	500kW _p	5,000kW _p	EnDev 프로그램 하에 시행
	소규모그리드(태양광)	2,000kW _p	3,700kW _p	EnDev 프로그램 하에 시행
	바이오가스 시스템	1,000개	1,700개	EnDev 프로그램 하에 시행
	바이오가스 시스템	2,861개	14,192개	-14,192가구 설치 -DGIS, 바이오가스프로그램 SNV/HIVOS 하에 시행
라오스	바이오가스 시스템		2,888개	DGIS 투자 아래 SNV 하에 시행
	취사용스토브	21,240개	28,000개	EU/Oxfam/Blue Moon Fund 투자 아래 SNV 하에 시행
몽골	태양광		100,000가구	100,000개 태양광 게르프로젝트 하에 시행
미얀마	태양광(pico)	26,764개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행

표 R22. 분산형 재생에너지 및 설치용량 : 일부사례(이어서)

국가	기술/시스템	2014년 추가	2014년 말 누적	추가정보 (프로그램, 금융파트너 및 프로젝트 개발자 포함)
아시아 개도국				
네팔	소규모그리드(수력)	500kW _p	600kW _p	EnDev 프로그램 하에 시행
	소규모그리드 (태양광/풍력)	7kW _p		-5kW _p 풍력터빈 및 2kW _p 태양광
	바이오가스 시스템	35,108개	70,526개	-70,526가구 설치 -DGIS, 바이오가스프로그램 SNV 하에 시행
	취사용스토브	19,046개	32,246개	-32,246가구 설치 -OFID 및 SNV 투자프로젝트 하에 시행
필리핀	태양광전원함		406kW _p	-2,030명의 주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
	태양광랜턴		34kW _p	-20,000 태양광랜턴 설치 -ARE 회원들에 의해 설치
파키스탄	태양광(pico)	17,411개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행
	태양광전원함		26kW _p	-80명의 주민들에게 배전 -ARE 회원국에 의해 설치
	바이오가스시스템	2,015개	5,360개	-5,360가구 설치 -DGIS, 바이오가스프로그램 SNV 하에 시행
스리랑카	태양광흡수시스템		30,000개	국가수준에서 통합
베트남	바이오가스시스템	5,300개	8,900개	EnDev 프로그램 하에 시행
	바이오가스시스템		173,905개 (2013)	DGIS/ADB/World Bank/JICA/Blue Moon 기금에 의해 프로젝트 시행
라틴아메리카				
볼리비아	태양광(pico)	260개	260개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광랜턴		5,705개	EDAU-GPOBA 기금, 가정과 사회에 태양광 설치
	바이오가스시스템		500개	EnDev 프로그램 하에 시행
	취사용스토브		44,400개	EnDev 프로그램 하에 시행
콜롬비아	소규모그리드 (태양광/수력)		4kW _p	-90명의 거주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
코스타리카	태양광		2,800가구	국가수준에서 통합
과테말라	태양광흡수시스템		335가구	IDB기금, 농촌전력화프로그램(목표 3,335)하에 시행
온두라스	태양광흡수시스템	1,100개	4,100개	EnDev 프로그램 하에 시행
	바이오가스시스템		4개	-중소규모 농업용 바이오가스 생산 -DANIDA.US Embassy 기금 하에 SNV 시행
	취사용스토브		9,800개	EnDev 프로그램 하에 시행
니카라과	태양광흡수시스템		406가구	IDB기금, 농촌전력화프로그램(목표 4,218)하에 시행
	바이오가스시스템	279개	283개	IDB/Nordic기금/HIVOS 프로젝트 하에 SNV 시행
파나마	태양광흡수시스템		1,425가구	IDB기금, 농촌전력화프로그램 하에 시행
페루	태양광(pico)	2,200개	3,000개	EnDev 프로그램 하에 시행
	태양광흡수시스템	1,100개	4,900개	EnDev 프로그램 하에 시행
	소규모그리드 (바이오가스)	16kW _p		-50가구 전력화 -정부/Dutch 재단 기금, SNV 시행
	소규모그리드 (수력/태양광)	4kW _p		-192 거주민에게 전력화 -ARE 회원들에 의해 설치
	취사용스토브	20,000개	124,800개	EnDev 프로그램 하에 시행
베네수엘라	태양광		2.5MW	정부 Sowing Light 프로그램 하에 3,139개 설치
중동				
사우디아라 비아	태양광 전원함		14kW _p	-50명의 거주민들에게 전력화 -ARE 회원국에 의해 설치
아랍에미리트	태양광		80kW _p	국가수준에서 통합
오세아니아				
호주	태양광		275kW _p	ARE 회원국에 의해 설치
파푸아뉴기니	태양광(pico)	23,833개		GOGLA 및 World Bank 공동프로젝트 하에 시행

표 R23. 에너지접근성을 높이기 위한 프로그램: 일부 사례

이름	간단한 설명
ACP-EU Energy Facility	아프리카, 카리브해, 태평양지역 국가의 빈곤한 농촌지역과 도시주변지역에서 지역행정당국과 공동체의 참여를 통해 지속가능하고 저렴한 에너지서비스의 접근성을 높이기 위해 일하는 공동재정마련수단
Africa-EU Renewable Energy Cooperation Programme (RECP)	2020년까지 최소한 1억명에게 현대적인 에너지를 공급하고 재생에너지의 사용을 증대한다는 African EU Energy Partnership의 정치적 목표에 기여하기 위한 프로그램. 정책조언, 민간부문의 협력, 프로젝트 준비지원활동, 역량개발 등을 제공한다.
African Renewable Energy Fund(AREF)	남아프리카공화국을 제외한, 사하라이남지역에서 진행되는 중소규모의 재생에너지사업에 투자하는 비공개기업투자펀드. 정부가 재생에너지와 탄소감축 목표치를 달성하고 일자리를 창출할 수 있도록 도움을 주는 것이 목적이다. AfDB와 SE4ALL이 공동후원자이자 고정투자자다.
Asian Development Bank-Energy for All Initiative	에너지접근성에 대한 아시아개발은행의 투자를 강화하기 위한 이니셔티브. 2008년부터 2014년까지 아시아개발은행의 투자 52억 달러를 통해 8천6백만명이 혜택을 받았다.
Capital Access for Renewable Energy Enterprises Programme (CARE2)	기업에 자본공급을 늘리고 효과적인 자본활용을 할 수 있도록 개입함으로써 케냐, 탄자니아, 우간다, 르완다에서 재생에너지시장을 확대하기 위한 7백만 달러 규모의 프로그램. CARE2는 스웨덴 국제개발협력처의 지원을 받고 있다.
Central America Clean Cooking Initiative (CACCI)	과테말라, 온두라스, 니카라과, 엘살바도르 같은 국가에서 청정한 취사 접근 및 해결을 확대할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. 보조금으로 충당하는 활동은 2030년까지 보편적으로 청정한 취사 접근 로드맵을 달성하기 위한 개발을 포함한다. 그 로드맵은 2020년까지 지역의 지속가능한에너지전략을 구축할 것이다.
CleanStart	빈곤한 가정과 소기업들이 소액대출을 통해 저렴한 청정에너지를 이용할 수 있도록 UNCDF와 UNDP이 개발한 프로그램. 다른 사람들이 쉽게 모방하고 규모를 확대할 수 있는 방식으로, 2017년까지 최소한 250만명이 에너지 빈곤에서 벗어날 수 있게 돕는 것이 목적이다.
Energising Development (EnDev)	호주, 독일, 네덜란드, 노르웨이, 스위스, 영국이 아시아, 아프리카, 라틴아메리카 24개국과 협력하는 이니셔티브. 2018년 말까지 1500만명 이상에게 현대적인 에너지 서비스에 지속가능한 방식으로 접근할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 현재 1290만명을 대상으로 사업을 펼쳤다.
Energy, Environment Resiliency in Africa(EERA)	베냉, 말리, 토고에서 국가에너지정책들을 평가하고 에너지정책이 어떻게 기후복원력과 지속가능한 에너지 목표에 보탬이 될 수 있을지를 밝히는 작업을 할 때 에너지관련 의사결정자들을 도와주는 프로젝트.
EU-Africa Infrastructure Trust Fund(ITF)	EU와 그 회원국, 그리고 주로 전력생산 부문에서 지역 하부시설 프로젝트를 지원하는 은행들로부터 지원금과 대출금을 모아놓은 기금. 2013년 말까지 총 2억4천만유로에 달러에 달하는 프로젝트 지원금 36건이 승인되었다.
GIZ-HERA Basic Energy Supply	재생에너지와 그 지속가능하고 효율적인 사용에 대한 접근을 향상시키기 위한 프로그램이다. HERA는 독일정부를 대신하여 GIZ에 의해 에너지접근프로젝트를 지원하고 빈곤중심의 기본적인 에너지서비스의 전략과 컨셉을 개발 및 배포한다.
Global Alliance for Clean Cookstoves	청정하고 효율적인 가정용 취사기기 시장을 전세계적으로 키움으로써 생명을 살리고 생활을 향상시키며, 여성들의 힘을 북돋고 환경을 보호하기 위해 힘쓰는 공-사 파트너십. 2020년까지 1억가구가 청정한 취사기기와 연료를 사용하게 만드는 것이 목표다.
Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund(GEEREF)	EU, 독일, 노르웨이가 후원하는 지속가능개발 수단. 유럽투자은행그룹이 자문을 맡고 있다. 공공자본과 민간자본을 동원하여 중소규모 재생에너지/에너지효율성 사업을 지원하고자 한다.
Global LEAP Awards for Outstanding Off-Grid Products	세계최고의 저압 직류 독립형 기기를 뽑는 국제 대회. 1회대회(2014년 5월에 개최됨)에서는 방의 조명과 평판컬러텔레비전에 사용할 수 있는 에너지효율성이 높고 품질이 좋으며 전력망에 연결하지 않는 LED기기를 선별하는 것이 목표였다.
Global Lighting and Energy Access Partnership(Global LEAP)	10여개의 정부와 개발파트너들이 회원으로 참여하는 Clean Energy Ministerial의 이니셔티브. 독립형에 적합한 초효율적인 기술로 시장이 전환할 수 있도록 독려하는 품질보증구조와 프로그램을 지원한다.

표 R23. 에너지접근성을 높이기 위한 프로그램: 일부 사례(이어서)

이름	간단한 설명
Global Sustainable Energy Islands Initiative(GSE II)	NGO와 다자기구가 함께 군소도서개발국(SIDS)을 돕기 위해 기후변화 이슈와 에너지 안보를 연결하는 이니셔티브이다. 인력양성, 인식제고, 에너지효율과 재생에너지 프로젝트를 실행한다. 재생에너지 프로젝트, 에너지효율 교육, 바이오연료 타당성 조사, 국가에너지계획 준비를 위해 100만달러를 지출한다.
Green Climate Fund(GCF)	2010년 칸쿤 기후변화협약 당사국총회에서 개도국의 기후변화 대응을 지원하기 위해 설립됐다. 매년 1,000억 달러 규모의 기후재원을 운용하며 개도국별로 차별화된 기후재원을 제공할 예정이다.
IDEAS-Energy Innovation Contest	라틴아메리카와 카리브해지역에서 재생에너지, 에너지효율성, 에너지접근성과 관련된 혁신적인 프로젝트의 이행을 지원하는 이니셔티브. 지역내에서 모방하고 규모를 확대할 수 있는 혁신적인 에너지해법을 확산시킨다.
IRENA-Abu Dhabi Fund for Development	다음에 해당하는 재생에너지사업을 지원하는 기금: 혁신적이면서도 모방가능한 접근방식으로 에너지접근성을 확대하는 사업; 새천년개발목표와 SE4All의 목표에서 밝힌 사회경제적 문제를 해결하는 사업; 에너지안정성문제를 해결하는 사업
Lighting a Billion Lives	2008년에 결성된 국제 이니셔티브로 에너지 자원연구소에 의해 에너지가 부족한 지역사회에 청정한 조명과 취사에 대한 접근을 용이하게 하는 솔루션을 강구한다. 혁신적이고, 알맞고, 신뢰할 수 있는 독립형 태양광 솔루션 제공하는 에너지서비스 모델을 기업적으로 운영하는 프로그램이다. 2015년 3월에 인도, 사하라 이남 아프리카, 남아시아 등 350만명의 주민들에게 청정한 조명과 취사에 대한 접근을 제공했다.
Lighting Africa	아프리카 전역의 저소득가정과 소기업에 저렴하고 현대적인 독립형 조명을 공급하기 위한 IFC와 세계은행프로그램. 2014년 초 기준, Lighting Africa는 770만여명에게 청정한 조명을 제공했다.
Lighting Asia	전력망이 설치되지 않은 인도와 방글라데시 농촌지역에 소규모 그리드를 연결하고, 현대적 독립형 조명을 제공하는 등 청정한 에너지 접근을 강화하는 프로그램이다. 민간영역에서 시장정보, 위탁사업 연결, 현대적 조명에 대한 소비자 인식 제고 등 시장진입 장벽을 제거한다. 2016년까지 방글라데시 230만명과 인도 3백만명에게 혜택을 제공하는 것이 목표다.
Power Africa	사하라이남 아프리카 지역에서 재정지원과 대출금 260억 달러 이상을 가지고 전력을 공급하기 위한 미국 정부의 이니셔티브. 아프리카의 전력부족문제를 해결하여 경제적 잠재력을 실현하고자 하는 것이 목표다. 2014년 8월에 노르웨이, 스웨덴, 영국으로부터 120억달러 추가지원을 하기로 했다.
Readiness for Investment in Sustainable Energy (RISE)	새로운 World Bank 프로젝트로서 SE4ALL 이니셔티브에서 집중하는 3가지(에너지접근, 에너지효율개선, 재생에너지) 영역에서 국가의 투자환경을 비교하고 지표를 제공한다.
Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership (REEEP)	개발도상국의 CO2 감축 및 번영을 구축하고 청정에너지 시장에 투자하는 파트너십이다. 효과적인 프로젝트 전략적 포트폴리오를 기반으로 에너지접근, 생활과 경제적 기회 증진, 지속가능한 시장 구축, 기후변화 대응 등의 활동을 한다. 120개 이상의 정부, 은행, 기업, NGO 및 정부간기구들과 협력관계를 형성하고, 145개가 넘는 프로젝트에 약 2천만 달러를 투자했다.
Scaling Up Renewable Energy in Low Income Countries(SREP)	Strategic Climate Fund(SCF)의 프로그램으로 최빈국에서 재생에너지시장을 확대하고 재생에너지활동의 규모를 확장하기 위해 설립되었다. 에티오피아, 온두라스, 케냐, 라이베리아, 몰디브, 말리, 네팔, 탄자니아 등 추가적으로 14개 국가에서 시범사업을 진행중이다.
SNV Netherlands Development Organisation - Biogas Practice	다영역개발접근법을 통해 전세계에서 국가적인 차원의 바이오가스프로그램을 준비하고 이행을 것을 지원한다. 파트너들과의 공조속에 2013년 말까지 아시아, 아프리카, 라틴아메리카 18개 개도국에서 57만9천개의 바이오가스발전소를 설치했다(2013년 한해에만 7만4천대).
Sustainable Energy for All Initiative(SE4ALL)	유엔사무총장 반기문의 전세계 이니셔티브로 2030년까지 다음 세 가지 목표를 달성하고자 한다. 1) 전기와 청정한 취사기기에 대한 보편적 접근 2) 재생에너지원으로 공급되는 세계 에너지 비중을 2배로 확대 3) 에너지효율성의 향상속도를 두 배로 늘림.
Sustainable Energy Fund for Africa(SEFA)	아프리카개발은행이 관리하는 기금으로 덴마크정부의 5천7백만 달러에서 출발했다. 기술지원과 역량개발, 투자자본, 유도용 지원금을 가지고 아프리카에서 중소규모의 청정에너지/에너지효율성사업을 지원한다.

표 R24. 에너지접근성을 향상시키기 위한 네트워크: 일부 사례

이름	간단한 설명
African Bioenergy Development Platform	상호적이고 다자적인 분석을 통해 관심있는 아프리카국가들이 바이오에너지잠재력을 개발하여 인적 발전과 경제적 발전을 증진할 수 있도록 도와주는 UNCTAD의 플랫폼
African Center for Renewable Energy and Sustainable Technologies (ACREST)	아프리카의 재생에너지와 지속가능한 기술에 대한 정보제공 및 연구를 위해 2005년에 설립됐다. 임무는 사람들의 생활환경과 빈곤을 개선하기 위해 재생에너지기술 및 지속가능한 기술을 촉진하는 것이다.
African Renewable Energy Alliance(AREA)	아프리카에서 재생에너지가 빠르게 확산될 수 있도록 정책, 기술, 재정메커니즘에 대한 정보와 조언을 교환하는 전 지구적인 다자적 플랫폼
AKON Lighting Africa	2014년 2월에 발족되었고, 아프리카의 에너지위기와 미래 발전을 위한 토대를 마련하고자 풀뿌리 수준에서 구체적인 응답을 제공한다. 아프리카 마을에 청정하고 저렴한 전기에너지원을 공급하기 위해 혁신적인 태양광을 개발하는 것을 목표로 한다.
Alliance for Rural Electrification (ARE)	개발도상국과 신흥경제국 농촌지역에 분산형에너지와 재생에너지로 전력화 시장을 통합하는 대표적인 국제비즈니스 협회이다. DRE 시스템 전체 가치사슬을 따라 전세계 80개국 이상이 회원으로 참여한다.
Clean Energy for Africa(CLENA)	아프리카에서 지속가능에너지를 증진하고 에너지빈곤을 경감하기 위해 5개년 실천계획(2012-2016년)을 가지고 진행중인 Youth Volunteers for the Environment의 프로젝트
Climate Technology Initiative Private Financing Advisory Network (CTI PFAN)	UNFCCC 전문가 그룹 기술이전과 기후기술이니셔티브(CTI)에 의해 시작된 다자간, 공공·민간 파트너십이다. 투자와 청정 에너지 기업 사이의 격차를 연결한다. “오픈소스” 네트워크는 기존 세계 및 지역 이니셔티브, 청정에너지 금융에 관심있는 모든 이해관계자들이 포함될 수 있도록 설계되었다.
Consultative Group to Assist the Poor (CGAP)	World Bank에 있는 34개 선도기업의 글로벌 파트너십이고, 진보된 금융포용성을 추구하고. 규모의 접근이 가능하게 금융서비스 제공, 정책입안자, 기금제공자가 함께 실제 연구에 참여하여 혁신적인 솔루션을 개발한다.
CTI-Private Financing Advisory Network	초기단계에서 전도유명한 청정에너지사업을 발굴하고 사업계획, 투자, 성장전략 등에 대해 조언해주는 네트워크
ENERGIA International	젠더문제, 여성의 권한신장, 지속가능에너지에 중점을 둔 국제네트워크. 2014년 초까지 아프리카와 아시아에서 활동하는 22개 조직이 참여하고 있다.
Energy Access Practitioner Network	2000개가 넘는 영리 및 비영리단체와 170여개국에 참여하는 글로벌 네트워크이고, 분산형 저탄소 주택과 지역사회 전력화를 추구하고. 시장기반으로 하는 어플리케이션(소득 증대, 건강, 농업, 교육, 중소기업 및 통신)에 혁신적인 금융 및 비즈니스 모델을 지원한다.
Global Network on Energy for Sustainable Development (GNESD)	에너지접근과 재생에너지 촉진을 통해 빈곤을 줄이는 것을 중점적으로 하는 네트워크이다. 아시아, 아프리카, 남아메리카 지역에 에너지와 빈곤 관련 워크숍, 보고서발간 등 활동을 한다.
Global Renewable Energy Islands Network (GREIN)	도서국에 재생에너지 보급을 돕기 위해 만들어졌다. 도서국가와 지역에 비용효과적인 재생에너지기술과 지식, 모범사례 공유, 혁신적 솔루션을 추구하기 위한 플랫폼이 될 것이다.
HEDON Household Energy Network	지식의 격차를 해결하고, 협력관계를 활성화하며, 정보공유를 증진함으로써 가정에너지접근성에 대한 장벽을 넘어설 수 있도록 실무자들의 힘을 북돋는 네트워크.
International Network for Sustainable Energy (INFORSE)	리오협약 일환으로 설립되었고, 60개국 140개의 NGO 네트워크이다. 정부, 다자기구, 시민사회 단체가 연합으로 기금을 지원한다. 지속가능에너지 사용에 대한 인식제고, 정부간 제도개혁 추진, 지역과 국가 역량 구축, 연구개발 지원 등 4가지 영역에 초점을 맞추고 있다.
La Via Campesina (LVC)	비공식적으로 국제농민운동으로 알려졌고, 이주노동자, 농부, 농촌여성, 농촌개발문제를 다루는 토착공동체 등 약 150개 조직이 그룹을 이룬다. 지속가능한 농업, 물, 여성인권 프로그램 등을 진행하고, 식량안보와 바이오연료 사이에 연결을 농촌 에너지사용 관점에서 다룬다.
RedBioLAC	라틴아메리카와 카리브해지역에서 혐기성바이오소화를 연구하고 보급하며, 유기폐기물을 관리하고 처리하는데 간여하는 기관들의 다국적 네트워크
Small-Scale Sustainable Infrastructure Development Fund (S3IDF)	사회적 머천트뱅크 접근을 용이하도록 지원하고, 지역에서 작은회사를 만드는데 필요한 정보를 제공한다. 2015년 초 인도 관련된 기업에 200여개 소규모 투자를 진행했고, 한창 진행중인 100개의 프로젝트를 추가적으로 지원했다.
WindEmpowerment	농촌지역 지속가능한 전력화를 위해 소규모 풍력터빈을 개발하는 협회이다.

용어

흡수냉각기 Absorption Chillers. (태양, 바이오매스, 폐열 등) 원료가 어떤 것이든 지 간에 열에너지를 이용해서 에어컨이나 냉장시스템을 가동시키는 냉각기. 열원이 기계적인 압축기의 전력소비를 대체한다. 흡수냉각기는 기존(수증기압축)냉각시스템과 두 가지 점에서 다르다. 첫째, 압축과정은 본질적으로 기계적인 것이 아니라 열-화학적 성격을 띤다. 둘째, 냉매로 프레온이라고도 하는 염화불화탄화수소(HCFCs)나 염화불화탄소(CFCs)가 아니라 물이 순환한다. 냉각기에는 보통 지역열, 폐열, 열병합발전소의 열이 공급되고, 지열, 태양, 바이오매스에서 나오는 열로도 가동할 수 있다.

바이오디젤 Biodiesel. 대두, 평지씨(카놀라), 팜오일 등 오일씨작물과, 폐식용유, 동물성지방 같은 기타 기름원료로 생산된 연료. 바이오디젤은 정지된 열 및 발전시설 뿐만 아니라 자동차, 트럭, 버스, 등의 차량에 장착된 디젤엔진에서 사용된다.

바이오에너지 Bioenergy. 바이오열, 바이오발전, 바이오연료 등 모든 형태의 바이오매스에서 추출한 에너지. 바이오열은 (건조된 땃나무 같은) 고체바이오매스나 다른 액상, 기체상태의 에너지전달물질의 연소에서 발생한다. 이 열은 바로 사용하거나, 아니면 증기를 발생시켜 전력발생기를 움직이는 터빈이나 엔진을 돌림으로써 바이오발전을 가동하는데 사용할 수 있다. 그렇지 않을 경우 바이오메탄, 매립지가스, (바이오매스를 열로 가스화시켜 생산한) 합성가스 같은 기체상태의 에너지전달물질을 가스 엔진에 연료를 공급하는데 사용할 수도 있다. 수송용 바이오연료는 종종 바이오에너지라는 용어 속에 포함되기도 한다(바이오연료를 볼 것).

바이오연료 Biofuels. 바이오매스에서 추출한 액체와 기체상태의 다양한 연료. (바이오가스 뿐만 아니라 액체연료용 에탄올, 바이오디젤 등) 바이오연료는 차량용 엔진에서 수송용 연료로, 그리고 정지상태의 엔진에서 열이나 전력을 발생시키는 용도로 연소될 수 있다. 또한 가정용 난방과 취사(가령 에탄올 젤처럼)에 사용할 수도 있다. 고급 바이오연료는 아직은 시범, 시연, 상업화초기단계에 있는 기술을 이용하여 지속가능하게 생산된 비식품 바이오매스 원료에서 만들어진 다. 한 가지 예외는 수소처리된식물성기름인데, 이는 몇 개의 발전소에서 상업적

으로 생산되고 있다.

바이오가스/바이오메탄 Biogas/Biomethane. 바이오가스는 유기물질의 혐기성소화에 의해 생산된 (산소가 없는 상태에서 미생물에 의해 분해된) 이산화탄소와 메탄이 주로 섞인 기체상태의 혼합물이다. 유기물과/또는 폐기물은 소화장치 안에서 바이오가스로 전환된다. 적당한 원료로는 농업부산물, 동물성폐기물, 식품산업 폐기물, 하수슬러지, 특별한 용도로 기른 녹색작물, 지자체의 고체폐기물 중 유기물질 부분 등이다. 생 바이오가스를 연소시키면 열과/또는 전력이 생산된다. 또한 이산화탄소, 실록산, 황화수소 같은 불순물을 제거하는 스크러빙이라는 간단한 과정을 거쳐 바이오메탄으로 바꿀 수도 있다. 바이오메탄은 천연가스 공급망에 바로 주입할 수 있고, 부식될 염려 없이 내열연소엔진에서 천연가스 대용으로 사용할 수도 있다.

바이오매스 Biomass. (원래 태양으로부터 받은) 에너지를 화학적으로 저장하고 있으며 다양한 형태의 편리한 에너지전달물질로 전환할 수 있는, 화석연료나 이탄을 제외한, 생물학적 기원을 가진 모든 물질. 액상 바이오연료, 바이오가스, 바이오메탄, 열분해기름, 고체바이오매스 펠릿 등 수많은 형태를 띠 수 있다.

바이오매스 펠릿 Biomass Pellets. 폐목재, 농업부산물처럼 분쇄시킨 건조한 바이오매스를 압축시켜 만든 고체 바이오매스 연료. 바이오매스 펠릿을 가열하여 만든 반탄화펠릿은 분쇄성, 물 저항성, 저장가능성이 더 높을 뿐만 아니라 킬로그램 당 에너지 함량이 더 높다. 펠릿은 보통 원통형에 직경이 약 10밀리미터, 길이는 30-50밀리미터이다. 펠릿은 처리, 저장, 수송이 쉽고, 전력생산과 열병합발전에서 뿐만 아니라 난방과 취사기기용 연료로도 사용한다.

연탄 Briquettes. 곡물의 짚 등 고체바이오매스 연료로 만든 벽돌모양의 인화성 물질. 우드펠릿의 생산방식과 유사한 과정을 거치며 압축된다. 직경 50-100밀리미터, 길이 60-150밀리미터로, 물리적으로는 펠릿보다 훨씬 크다. 자동으로 처리하기는 상대적으로 어려운 편이지만, 땔나무목재의 대체품으로 사용할 수 있다.

용량 Capacity. 열이나 전력을 만들어내는 발전소의 정격용량이란 즉각적으로 생산할 수 있는 열이나 전력 산출량 또는 (풍력발전소나 태양광패널 집합체 같이)

이런 시설의 집합체에서 얻을 수 있는 잠재적인 산출량의 총합을 말한다. 설비용량은 가동을 하건 하지 않건 간에(즉 전력망에 전기를 전달하거나, 유용한 열을 공급하거나, 바이오연료를 생산하거나 그렇지 않거나 간에) 건설된 시설의 용량을 말한다.

설비이용률 Capacity Factor. 일정한 기간(보통 1년) 동안 정격용량에서 중단없이 가동할 경우 생산할 수 있는 이론적인 산출량과, 같은 기간 동안 발생한 전력이나 열의 실제 산출량의 비율.

열병합발전 Combined Heat and Power(CHP)(cogeneration이라고도 함). 열병합시설물은 지열원이나 태양열원 뿐만 아니라 화석연료나 바이오매스연료의 연소를 통해 열과 전력 모두를 생산한다. 이 용어는 열에 의한 전력발생과정에서 “폐열”을 회수하는 발전소에도 적용된다.

집광형 태양광발전 Concentrating Photovoltaics(CPV). 거울이나 렌즈를 이용하여 햇빛을 상대적으로 작은 면적의 태양광전지에 집중시켜 전력을 생산하는 기술. (사용하는 반사판이나 렌즈의 디자인에 따라) 저/중/고집광 태양광발전시스템으로 나뉘며, 태양의 빛이 집중되고 직접 내리쬐는 곳에서 가장 효과적으로 작동한다.

집광형 태양열발전 Concentrating Solar Thermal Power(CSP나 STE라고도 함). 거울을 이용하여 햇빛을 강력한 태양광선으로 모아 태양수집기에 있는 유동체를 데운 뒤, 터빈이나 열엔진/발전기를 돌려 전력을 생산하는 기술. 거울은 다양한 방식으로 배열할 수 있는데, 모두 태양광선을 수집기로 보내주는 역할을 한다. 상업적인 집광형태양열발전 시스템에는 포물선구유형, 선형 프레넬, 발전타워형, 접시/엔진형 총 네 가지 유형이 있다. 앞의 두 기술은 태양의 에너지를 집중시켜 4백도씨의 온도를 만들어낼 수 있는 선-집중형 시스템이고, 뒤의 두 기술은 8백도씨 이상의 온도를 만들 수 있는 점-집중형이다. 이렇게 만들어진 고온 덕분에 열에너지의 저장은 간편하고 효과적이며 저렴해진다. 유동체(가장 일반적으로는 용융염)를 사용하여 열을 저장하는 저장방식이 추가되면 집광형태양열발전소는 전력망에 안전하게 통합되기 위해 필요한 유연성을 갖추게 된다.

변환효율 Conversion Efficiency. 에너지전환기기에서 나온 유용한 에너지 산출량과 거기에 들어간 에너지투입량 간의 비율. 예컨대 태양광모듈의 변환효율성은 발생한 전력과 태양광모듈이 받아들인 총태양에너지 사이의 비율이다. 만일 태양의 일조량 중 100kWh를 받아들이고 10kWh의 전력을 생산할 경우 변환효율성은 10%가 된다.

클라우드 펀딩 Crowd Funding. 일반적으로 인터넷이나 소셜미디어를 이용하여 많은 사람들(“클라우드”로부터 소액의 돈을 모아 프로젝트나 벤처의 재원을 마련하는 방식. 클라우드펀딩으로 돈을 걷는다고 해서 돈을 낸 사람이 반드시 벤처기업의 지분을 갖게 되는 것은 아니며, 이 벤처가 성공한다고 해서 돈을 돌려받는다든 보장도 없다. 하지만 일부형태의 클라우드펀딩은 후원자에게 지분, 체계적인 상환, 그리고/또는 기타 상품 등의 형태로 보답을 한다.

분산형 발전 Distributed Generation. 곳곳에 흩어져있고, 일반적으로 소비지에 가까운 소규모 시스템에서 얻은 전력생산량

에너지 Energy. 일을 할 수 있는 능력. 열, 빛, 운동, 화학적, 잠재적, 전기적 등 수많은 형태를 띤다. 1차에너지는 석탄, 천연가스, 재생에너지원 같이 자연자원(의 에너지잠재력)으로 구현된 에너지이다. 최종에너지는 (콘센트로 전달되는 전기 같이) 최종사용시설에 전달된 에너지로써 여기서 사용가능한 형태의 에너지가 되며 조명, 냉장 등의 서비스를 제공한다. 1차에너지가 유용한 에너지로 전환될 때는 항상 손실이 따른다.

에너지서비스회사 Energy Service Company(ESCO). 장기적인 관점에서 재생에너지시스템에 대한 소유권을 유지하면서 거기에서 나오는 에너지서비스를 판매하거나, 소비자로부터 규칙적으로 납입금을 걷거나, 필요한 유지서비스를 제공하는 등 광범위한 에너지 해법을 공급하는 회사. 에너지서비스회사는 전력공익사업자나 협동조합, NGO, 민간기업 일수도 있고, 일반적으로 고객이 있는 현장이나 가까이 에너지시스템을 설치한다. 또한 에너지보존 및 관리방안 뿐만 아니라(건물이나 산업 등) 시스템의 에너지효율성을 개선하는 방법에 대한 조언을 할 수도 있다.

에너지전환 Energiewende. 독일어로 “에너지전환” 을 의미하는 단어. 에너지효율성개선과 재생에너지를 통해 핵에너지와 화석에너지에서 지속가능한 경제로 변화해가는 움직임을 일컫는다.

에탄올(연료) Ethanol(fuel). (주로 옥수수, 사탕수수, 작은 곡물 등의) 바이오매스로 만든 액체 연료로 일반적인 불꽃점화기관(고정된 것이거나 차량용)에 적당한 비율로 섞어 가솔린을 대체하거나, “플렉스연료차량” 에서처럼 약간 개조된 엔진에서는 그보다 좀 더 높은 비율(보통 에탄올은 85%까지이고, 브라질에서는 100%)로 사용할 수 있다. 일부 에탄올생산은 연료용보다는 산업용, 화학용, 음료용 기기에 사용된다는 점에 주의할 것.

서비스요금제 Fee-for-service Model. 소비자에게 전력서비스를 제공하는 방법의 하나로 민간기업이 장비의 소유권을 보유하고, 서비스계약기간 동안 그 유지와 부품교환에 대해 책임진다. 서비스요금제는 임대나 에너지서비스회사 모델이 될 수도 있다.

기준가격구매정책 Feed-in Policy (a) 재생에너지 전력을 판매하고 전력네트워크에 공급하는 정해진 기간 동안 일정가격을 보장하여 지불하거나 (b) 재생에너지 전력 발전시설에 대한 전력망 접근권을 보장해주는 정책. 고정된 요금이나 최저가격을 제공하는 정책도 있고(기준가격구매제도를 볼 것), 도매시장요금이나 비용관련 요금에 덧붙여 프리미엄을 지불해주는 경우도 있다(프리미엄지원제도를 볼 것). 기준가격구매정책은 때로 입찰과 결합되기도 한다. 이 경우 전력생산자는 입찰과정에서 자격요건을 갖춰야 한다. 그 외 여러 변형이 존재하며, 난방에 대한 기준가격구매정책이 진화중이다.

프리미엄지원제도 Feed-in Premium. 피드인 정책의 일종. 재생에너지원으로 전력을 생산한 생산자는 시장가격으로 전기를 판매하고, 이 기장가격에 프리미엄을 붙여줌으로써 높은 비용을 충당하고 재생에너지생산의 재정적 위험을 완화해주는 제도. 프리미엄은 고정프리미엄(일정기간동안 시장가격에 고정된 액수가 더해짐)으로 정해질 수도 있고 변동프리미엄(시장가격, 전력수요, 정해진 상한가, 정해진 하한가 등 다른 기준에 좌우되는 정확한 액수)으로 정해질 수도 있다. 일반적으로 고정프리미엄은 전력생산자를 더 높은 시장위험에 노출시키고, 변동프

리미엄은 최소한 약간의 시장가격 변동과 그로 인한 위험을 완화시켜준다.

기준가격구매제도 Feed-in Tariff. 기준가격구매정책의 기본형태. 전기를 판매하고 전력네트워크에 공급할 수 있도록 정해진 기간동안 단위당(일반적으로 kWh 나 MWh) 정해진 최저가격을 보장해준다. 일반적으로 이와 함께 전력망에 접근하여 송전할 수 있는 우선권을 주거나 전력망 접근을 보장해준다.

최종에너지 Final Energy. 변환, 송전, 배전에서 발생하는 손실을 제하고 난 뒤, 소비자에게 전달되어 난방, 온수, 조명 등의 서비스를 제공할 수 있는 1차에너지의 일부. 최종에너지의 형태로는 전기, 지역난방, 기계적인 에너지, 등유나 연료유 같은 액상탄화수소, 수소 등이 있다. 최종에너지는 정유소나 발전소에서 일어나는 손실처럼 최종사용자에게서 멀리 떨어진 곳에서 일어나는 변환 손실에서 차지하는 비중이 크지 않다.

재정적 인센티브 Fiscal Incentive. 개인, 가구, 기업 등에게 수입이나 기타 세금을 통해 국고에 대한 기여를 줄여주거나 할인이나 지원금의 형태로 국고로부터 직접 지불금을 받는 등의 경제적 인센티브.

발전 Generation. 풍력에너지, 태양에너지, 천연가스, 바이오매스 등 1차에너지원의 에너지를 전력이나 유용한 열로 전환하는 과정.

지열에너지 Geothermal Energy. 지구의 지각 안에서, 주로 뜨거운 물이나 증기의 형태로 분출되는 열에너지. 화력발전소에서 전력을 만들어 내거나 건물, 산업, 농업용으로 다양한 온도의 열을 바로 공급하는데 사용할 수 있다.

녹색에너지구매 Green Energy Purchasing. 주거, 상업, 정부, 산업소비자들이 에너지거래업체나 공익사업회사, 제3의 재생에너지 발전업체로부터 직접, 또는 재생에너지인증서(RECs)를 거래함으로써 간접적으로 재생에너지(주로 전력이지만 열과 수송용 연료도 포함된다)를 자발적으로 구입하는 행위를 말함. 이는 재생에너지용량이나 발전에 대한 추가적인 수요를 창출함으로써 정부지원정책이나 의무적인 시행령에서 비롯되는 결과를 넘어서게 할 수도 있다.

히트펌프 Heat Pump. 냉장순환의 원리에 따라 외부의 전력이나 열에너지를 가지고 열원에서 나오는 열을 열흡수원으로 전환하는 장치. 땅, 물, 주위의 공기는 가열모드에서는 열원으로, 냉각모드에서는 열흡수원으로 사용할 수 있다. 히트펌프의 최종에너지 산출물은 그 내재적인 효율성과 가동조건에 따라 몇 가지 다양한 전력에너지투입물이 될 수도 있다. 히트펌프의 산출물은 최종에너지를 기준으로 했을 때는 최소한 부분적으로 재생에너지로 분류된다. 하지만 투입에너지의 구성과 도출방식에 따라, 1차에너지를 기준으로 했을 때는 재생에너지적 요소가 이보다 훨씬 낮아진다. 가령 전력의 경우 여기에는 발전과정의 효율성이 들어간다. 투입에너지가 완전히 재생에너지인 경우 히트펌프의 산출물은 완전한 재생에너지가 될 수 있다.

수력발전 Hydropower. 포집된 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동할 때 나오는 잠재적인 에너지에서 추출한 전력. 수력발전프로젝트의 범주로는 유입식, 저수지식, 수중보식 low-head in-stream(가장 개발이 안됨)이 있다. 수력발전은 프로젝트 규모면에서 대형(주로 설비용량 10MW 이상으로 정의하지만, 국가마다 차이가 있다)에서 소형, 초소형, 극소형 등 다양하게 나뉜다.

수소처리된식물성기름 Hydrotreated Vegetable Oil(HVO). 수소를 가지고 폐식용유, 지방, 야채유에서 산소를 제거하여 즉석에서 만들어낼 수 있는 바이오연료. 이렇게 만들어진 탄화수소연료는 지방산메틸에스테르 같은 트리글리세리드를 가지고 만든 바이오디젤과 비교했을 때 디젤과 제트연료와 훨씬 잘 섞인다.

투자 Investment. 미래에 우호적인 보상을 기대할 수 있는 가치를 가진 상품을 구입하는 행위. 이 보고서에서 재생에너지에 대한 신규투자는 기술연구 및 개발, 상업화, 제조시설 건축, 프로젝트 개발(풍력발전소 건설, 태양광발전시스템 구입 및 설치 등)에 대한 투자를 일컫는다. 총투자는 신규투자와 인수합병활동(기업이나 프로젝트의 차환과 판매)을 합한 것을 말한다.

투자세액공제 Investment Tax Credit. 재생에너지에 대한 투자에 대해 프로젝트 개발자/산업/건물소유주 등의 수입에서 완전히 또는 부분적으로 공제해주거나 납세의무를 완전히 또는 부분적으로 면제해주는 납세수단.

줄/킬로줄/메가줄/기가줄/테라줄/페타줄/엑사줄. 줄(J;joule)은 1초 동안 1와트의 전력을 생산하는데 들어가는 에너지와 같은 일 또는 에너지의 단위이다. 가령 1줄은 사과 한 개를 수직으로 1미터 들어올릴 때 들어가는 에너지와 같다. 쉬고 있는 한 사람이 열로 방출하는 에너지는 1초당 약 60줄이다. 킬로줄(kJ; kilojoule)은 1천(10³)줄과 동일한 에너지 단위이고, 메가줄(MJ; Megajoule)은 1백만(10⁶) 줄이며, 이후로 모두 10³씩 배가된다. 1배럴의 기름에 저장되어 연소시 배출되는 잠재적인 화학에너지는 약 6기가줄이고, 마른 장작 1톤에는 약 20기가줄의 에너지가 들어있다.

임대 또는 선임대후구매 Leasing or Lease-to-own. 임대회사(일반적으로 중개회사, 협동조합, NGO)가 자립형 재생에너지시스템을 사들여 이를 고객이 있는 곳에 설치한 뒤 소비자들이 임대기간 동안 모든 납부금을 다 낼 때까지 소유권을 유지하는 서비스요금제. 임대기간은 대부분의 소비자대금 상환조건보다 길기 때문에 월납부요금은 더 낮아서 더 많은 사람들이 이용할 수도 있다.

에너지균등화비용 Levelized Cost of Energy(LCOE). 프로젝트가 진행되는 동안 수익의 현재가치를 비용의 현재가치와 동일하게 만드는 어떤 프로젝트의 에너지 산출량의 고유한 비용가격(가령, 달러/kWh 또는 달러/GJ).

의무규정 Mandate/Obligation. 지정된 당사자(소비자, 공급자, 발전사업자)에게 최소한의 재생에너지 목표치를 충족시키라고 요구하는 수단. 이 목표치는 점진적으로 늘어나는 경우가 많다. 총공급량에 대한 일정한 비중이나 용량 중 정해진 양으로 할당되는 식이다. 일반적으로 비용은 소비자가 부담한다. 의무규정으로는 재생에너지의무할당제(RPS), (종종 에너지효율성 투자와 결합하여) 재생에너지난방이나 전력기술의 설치를 요구하는 건물규정이나 의무사항, 재생에너지난방구매 요구, 수송용 연료에 대한 바이오연료 혼합규정 등이 있다.

시장권리모델 Market Concession Model. 경쟁과정을 통해 민간기업이나 NGO를 선발하여 자신의 서비스영역 내에서 고객의 요청에 따라 소비자에게 에너지서비스를 제공하는 독점적인 의무를 부여하는 모델. 시장권 접근법은 영업권 보유자에게 주어진 상황에서 가장 적절하고 비용효과적인 기술을 선택할 수 있게 해준다.

메리트오더 Merit Order. 단기적인 한계생산비용을 기준으로 비용이 적은 것에서 많은 순서로 에너지원(특히 전력생산)의 순서를 정렬하는 방식. 즉, 한계비용이 가장 적은 것이 맨 처음에 오고 한계비용이 가장 큰 것이 맨 마지막에 온다. 메리트오더는 변동비용이 낮은 발전소의 시장진입이 가능해지기 때문에 메리트오더에 따라 혹은 공급곡선에 따라 시장가격이 변동하는 효과를 가져온다. 이는 (수요에는 변함이 없다는 가정하에) 생산비가 높은 발전소를 시장에서 밀어내고 저가의 전기가 시장에 진입할 수 있게 한다.

소형전력망 Mini-Grid. 배전네트워크를 통해 전체지역공동체에 서비스를 제공하는 작은 전력망. 최근까지 대부분의 소형전력망은 디젤연료에 의존했다. 수력발전 전력망 기술은 이미 성숙한 상태이고, 농업계치물이나 바이오가스로 발전하는 가스화력발전 소형전력망 기술은 성숙단계에 있다. 다양한 재생에너지와 기술(배터리뱅크 등)을 통합하는 변환기 장착형 소형 전력망의 사용도 빠르게 늘고 있다.

현대식 바이오매스 에너지 Modern Biomass Energy. 고체, 액체, 기체 바이오매스 연료를 효율적인 소형가정용기기에서 연소시키거나, 공간난방, 전력생산, 열병합, 수송의 현대적인 활용을 위해 대규모 산업용 변환발전소에서 연소시켜 얻은 에너지.

순계량제도 Net Metering. 자가발전시스템을 소유한 공익사업소비자들은 공익사업체에서 공급받는 순전력량에 대해서만 돈을 지불하는 (총소비량 - 현지의 자가발전량) 통제된 요금제. “Net billing”은 순계량제도의 한 가지 변형으로, 전력을 구입하는 것과 남는 전력을 다른 곳으로 파는 것에 대해 다른 요금을 적용하는 두 가지 계산법을 따르는 방식이다.

해양에너지 Ocean Energy. (표면을 지나가는 바람이 만들어낸) 바다의 파도, 조류, 염도차, 해양의 온도차에서 포집한 에너지. 파력변환기는 표면의 파도에너지를 포집하여 전력을 생산하고, 조류 전력발생기는 움직이는 물의 운동에너지를 이용하여 터빈을 가동한다. 또한 조류보는 본질적으로 조류가 들고 날 때 에너지를 포집하는, 하구만을 가로지르는 댐이다.

선불식 소액지불제 Pay-as-you-go (PAYG) Micro-Payment Schemes. 소비자들이 하나의 설비에서 현대적인 에너지를 얻을 수 있고 핸드폰단문서비스를 이용하여 다양한 양의 에너지를 구입할 수 있게 하는 유연한 요금제도. 약간의 현금을 지불한 뒤 고객은 필요에 따라 얼마나 많은 에너지를 구입할지 결정하게 된다.

전력 Power. 에너지가 시간 단위당 변환되는 비율로, 와트(줄/초)로 표현된다.

1차에너지 Primary Energy. 자연적으로 발생한 에너지원(석탄, 석유, 천연가스, 우라늄 원광, 지열에너지, 바이오매스에너지 등)이 유용한 최종에너지로 변환되어 최종사용자에게 전달되기 전, 이론적으로 쓸 수 있는 에너지들을 말함. 1차에너지가 다른 형태의 유용한 최종에너지(가령 전력과 연료)로 변환되는 과정에서 손실이 발생한다. 일부 1차에너지는 아무런 변환을 거치지 않고 최종에너지로써 최종소비자 수준에서 바로 소비되기도 한다.

생산세 공제 Production Tax Credit. 양질의 부동산이나 시설의 투자자나 소유자에게 해당시설에서 발생하는 재생에너지(전력, 열, 바이오연료)의 양을 근거로 연간 세금공제를 해주는 징세방식.

공공경쟁입찰 Public Competitive Bidding(경매라고도 함). 공공기관이 주로 가격에 근거하여 주어진 재생에너지공급량이나 용량에 대한 입찰을 요구하는 조달메커니즘. 판매자는 자신들이 기꺼이 받아들일 수 있는 최저가격으로 공급하지만, 일반적으로 표준시장 수준보다는 높은 가격이다.

양수발전 Pumped Storage Hydropower. 잉여전력을 이용하여 낮은 저수지에서 높은 저수지로 물을 끌어올려 필요할 때 전력을 생산하는 발전소. 에너지원은 아니며 에너지 저장수단이다. 전반적으로 80-90% 가량의 시스템 효율성을 보인다.

규제정책 Regulatory Policy. 적용대상의 행동을 인도 또는 통제하는 규율. 재생에너지와 관련해서는 재생에너지의무할당제, 기준가격구매제도, 바이오연료혼합의무규정, 재생에너지난방의무규정 등 의무규정 또는 할당제가 대표적인 예에

속한다.

재생에너지인증서 Renewable Energy Certificate(REC). 재생에너지 1단위(일반적으로는 1MWh의 전력이나 그보다 좀 더 적은 양의 열)를 만들어냈음을 증명하기 위해 수여하는 인증서. 재생에너지인증서에 기반한 시스템에서는 인증서를 모아서 재생에너지의무규정을 충족시키거나 소비자/생산자 사이의 거래 수단으로 삼을 수 있다. 또한 자발적인 녹색에너지의 구입을 가능하게 하는 수단이기도 하다.

재생에너지 목표치 Renewable Energy Target. 정부가 미래 어떤 기년까지 일정량의 재생에너지를 확보하기 위해 설정한 공식적인 약속, 계획, 목표(지역, 주, 국가, 광역수준에서 이루어질 수 있다). 입법화되는 경우도 있고, 규제기관이나 관련부처에서 설정하기도 한다.

재생에너지의무할당제 Renewable Portfolio Standard(RPS). 정부가 공익사업체, 기업집단, 소비자에게 설비용량 혹은 생산되거나 판매된 전력/열 중에서 미리 정해진 최소한의 비중의 재생에너지를 공급 혹은 사용하도록 하는 의무규정. 이를 준수하지 않을 경우 벌을 받을 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 행정단위에 따라 “renewable electricity standards”, “renewable obligations”, “mandated market shares” 라고도 한다.

스마트에너지시스템 Smart Energy System. 스마트에너지시스템의 목표는 (열, 가스, 연료 등) 비전력분야와 전력분야 모두에서 상호연계된 에너지기술 및 과정의 전반적인 효율성과 균형을 최적화하는 것이다. 이는 역동적인 수요공급관리, 전력, 열, 연료기반 시스템 자산의 모니터링 강화, 소비자 시설, 기기, 서비스의 통제와 최적화, (규모가 크던 작던 간에) 분산된 에너지의 통합개선, 공급자와 소비자 모두를 위한 비용 최소화 등을 통해 이루어진다.

스마트그리드 Smart Grid. 정보통신기술을 이용하여 발전사업자, 전력망운영자, 최종사용자, 전력시장 이해당사자들의 요구와 역량을 조절하는 전력망. 모든 부분이 최대한 효과적으로 가동되고, 비용과 환경영향을 최소화하며, 시스템 신뢰성과 복원성, 안정성을 극대화하는 것이 목표다.

태양열 집열기 Solar Collector. 태양에너지를 열에너지로 변환하는 기기. 주로 이 열은 가정용 급탕에 사용하지만, 공간난방, 산업공정열에도 사용할 수 있고, 열냉각기계를 가동시킬 수도 있다. 전세계적으로 가장 널리 사용되는 태양열 집열기는 물 또는 물/글리콜 혼합물이 열전달 매체의 역할을 하는 진공관과 평판 집열기이다. 이 기기는 태양에서 나온 광선이 먼저 (열단열을 위해) 판유리를 때린 뒤 에너지가 열로 전환되어 열전달매체를 통해 다른 곳으로 옮겨지기 때문에 유광집광판이라고 부르기도 한다. 수영장집열기라고 부르기도 하는 무광집광판은 플라스틱으로 만들어진 간단한 집열기로 저온의 기기용으로 사용한다. 무광 및 유광 공기포집기는 열전달 매체로 물이 아닌 공기를 이용하여 실내공간을 따뜻하게 만들거나, 농업 및 산업용의 건조공기나 연소용 공기를 예열하는데 사용된다.

가정용태양발전시스템 Solar Home System(SHS). 상대적으로 작은 태양광모듈, 배터리, 때로 충전통제기로 구성된 자립형 시스템으로, 작은 전력기기의 전원을 공급하고, 보통은 전력망에 연결되지 않은 농촌이나 오지에서 적당량의 전력을 집에 공급하여 조명과 라디오를 쓸 수 있게 해준다.

태양광발전 Solar Photovoltaics(PV). 태양광을 전력으로 전환하는데 사용하는 기술. 태양전지는 태양열을 가지고 전자에서 원자를 분리하여 전류를 만드는데 사용하는 반도체 물질을 가지고 만든다. 개별 태양전지를 서로 연결하면 모듈이 된다. 단결정모듈은 다결정실리콘 모듈에 비해 효율이 더 높지만 상대적으로 더 비싸다. 박막태양광발전물질은 기존의 벽면에 펼쳐 유연한 막처럼 쓰거나 지붕 타일 같은 건축재료로 사용할 수 있다. 건물내장형태양발전은 지붕이나 건물의 외관 같은 마감재의 일부로 기존의 재료 대신 사용한다. 양면태양광발전모듈은 양면으로 태양광을 받아 전기를 발전하는 양면의 패널로 주로 건물내장형 부문에서 사용된다.

태양광열 하이브리드시스템 Solar Photovoltaic-Thermal(PV-T). 태양광을 전기와 열에너지로 변환하는 태양광모듈 아래 태양열 집열기를 설치한 태양광열복합시스템. 태양열 집열기가 태양광모듈에서 불필요한 열을 제거해주기 때문에 효율성이 더 높다.

초소형 태양광발전시스템 Solar Pico System(PS). 태양램프, 정보통신기기 등, 보통 전압이 최고 12볼트 정도에 전력출력이 1-10W인 아주 작은 태양발전시스템.

태양열온수기 Solar Water Heater(SWH). 태양열 집열기, 저장탱크, 물파이프 등으로 구성되어 태양에너지를 가정용 급탕, 공간난방, 공정열 등 “유용한” 열에너지로 전환하는 시스템 전반을 말함. “유용한” 에너지 수요의 성격(마실물, 급탕, 공기건조 등)과 바람직한 온도수준에 따라 거기에 맞는 적절한 태양열 집열기를 설치한다. 온수기 종류는 두 가지로, 펌프형 태양열온수기는 기계적인 펌프를 사용하여 집열기 순환관을 통해 열의 이동흐름을 순환시키는 반면(적극적인 시스템), 열사이편형 태양열온수기는 자연대류가 만들어낸 부유력을 이용한다(소극적인 시스템).

보조금 Subsidies. 소비자들이 에너지에 대해 지불하는 가격을 인위적으로 낮춰 주거나 생산비용을 줄여주는 정부의 조치.

전통적 바이오매스 Traditional Biomass. 농업부산물, 동물의 배설물, 임산물, 땃나무 등 주로 개도국의 농촌지역에서 취사, 안락함, 소규모 농업 및 산업과정에 열에너지를 사용하기 위해 종종 지속불가능한 방식으로 사용하고, 비효율적이고 오염을 유발하는 야외화덕, 스토브, 아궁이에서 연소시키는 고체 바이오매스.

반탄화목재 Torrefied Wood. 제한된 공기조건에서 나무를 200-300도씨로 가열하여 만들어내는 고체연료로써 펠릿의 형태를 띠는 경우가 종종 있다. 상대적으로 에너지농도가 높고, 연마하여 가루형 연료로 사용하기가 좋으며, 방수성이 있는 등 고체연료로써 유용한 특징을 지닌다.

와트/킬로와트/메가와트/기가와트/테라와트-시. 와트는 에너지전환 또는 이전비율을 측정하는 전력의 단위이다. 킬로와트는 103와트와 같고, 메가와트는 106와트와 같으며, 계속 103씩 곱해진다. MW는 전력을 말하고, MWth는 열에너지를 말한다. 전력은 에너지가 소비 또는 발생되는 속도를 말한다. 가령 전력소요량이 100W인 전구를 1시간 동안 켜 놓으면 100Wh의 에너지가 소비되는데, 이는 0.1kWh 또는 360kJ과 같다. 이는 100W의 전구를 한 시간 또는 25W의 전구를 4

시간 켤 수 있는 양의 에너지이다. kWh는 1kW를 1시간 동안 꾸준히 유지할 수 있는 에너지의 양이다.

『Renewables 2015 - Global Status Report』 REN21

- 번역 원본은 www.ren21.net 에서 내려받기를 할 수 있습니다.
- 발행 : 한국에너지공단 신재생에너지센터
- 번역 및 편집 : 녹색에너지전략연구소, 황성원, 이지언, 이상훈, 윤성권