

RENEWABLES 2013 GLOBAL STATUS REPORT



2013

2013 재생에너지 현황 보고서-REN21

(번역 신·재생에너지학회 녹색에너지전략연구소)

REN 21 STEERING COMMITTEE

INDUSTRY ASSOCIATIONS

Dennis McGinn
American Council on Renewable Energy (ACORE)

Ernesto Macías Galán
Alliance for Rural Electrification (ARE)

David Green
Clean Energy Council (CEC)

Li Junfeng
Chinese Renewable Energy Industries Association (CREIA)

Rainer Hinrichs-Rahlwes
European Renewable Energy Council (EREC)

Steve Sawyer
Global Wind Energy Council (GWEC)

Marletta Sander
International Geothermal Association (IGA)

Richard Taylor
International Hydropower Association (IHA)

Heinz Kopetz
World Bioenergy Association (WBA)

Stefan Gsänger
World Wind Energy Association (WWEA)

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
Public Power Corporation

INTERNATIONAL ORGANISATIONS

Bindu Lohani
Asian Development Bank (ADB)

Piotr Tulej
European Commission

Robert K. Dixon
Global Environment Facility (GEF)

Paolo Frankl
International Energy Agency (IEA)

Adnan Z. Amin
International Renewable Energy Agency (IRENA)

Veerle Vandeweerd
United Nations Development Programme (UNDP)

Mark Radka
United Nations Environment Programme (UNEP)

Pradeep Monga
United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)

Vijay Iyer
World Bank

NATIONAL GOVERNMENTS

Mariangela Rebuá de Andrade Simões
Brazil

Hans Jørgen Koch
Denmark

Manfred Konuklewitz/Karsten Sach
Germany

Shri Tarun Kapoor
India

Øvind Johansen
Norway

David Pérez
Spain

Paul Mubiru
Uganda

Thani Ahmed Al Zeyoudi
United Arab Emirates

Tom Wintle
United Kingdom

NGOS

Ibrahim Togola
Mali Folkecenter/ Citizens United for Renewable Energy and Sustainability (CURES)

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 Federation (JREF)

Harry Lehmann
World Council for Renewable Energy (WCRE)

Athena Ronquillo Ballesteros
World Resources Institute (WRI)

Rafael Senga
World Wildlife Fund (WWF)

SCIENCE AND ACADEMIA

Nebojsa Nakicenovic
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)

David Renné
International Solar Energy Society (ISES)

Kevin Nasselep
South African National Energy Development Institute (SANEDI)

Rajendra Pachauri
The Energy and Resources Institute (TERI)

EXECUTIVE SECRETARY

Christine Lins
REN21

DISCLAIMER:

REN21 releases Issue papers and reports to emphasize the importance of renewable energy and to generate discussion of issues central to the promotion of renewable energy. While REN21 papers and reports have benefited from the considerations and input from the REN21 community, they do not necessarily represent a consensus among network participants on any given point. Although the information given in this report is the best available to the authors at the time, REN21 and its participants cannot be held liable for its accuracy and correctness.

ACKNOWLEDGEMENTS

This report was commissioned by REN21 and produced in collaboration with a global network of research partners. Financing was provided by the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), the German Federal Ministry for the Environment, Nature Protection and Nuclear Safety (BMU), and the Ministry of Foreign Affairs of the United Arab Emirates. A large share of the research for this report was conducted on a voluntary basis.

RESEARCH DIRECTOR AND LEAD AUTHOR

Janet L. Sawin

(Sunna Research and Worldwatch Institute)

SECTION AUTHORS

Kanika Chawla (REN21 Secretariat)

Rainer Hinrichs-Rahlwes, Feature
(German Renewable Energies Federation – BEE;
European Renewable Energy Council – EREC)

Ernesto Macías Galdín (Alliance for Rural Electrification)

Angus McCrone (Bloomberg New Energy Finance)

Evan Musolino (Worldwatch Institute)

Lily Riahi (REN21 Secretariat)

Janet L. Sawin

(Sunna Research and Worldwatch Institute)

Ralph Sims (Massey University)

Virginia Sonntag-O'Brien (Frankfurt School – UNEP
Centre for Climate & Sustainable Energy Finance)

Freyr Sverrisson (Sunna Research)

SPECIAL ADVISOR

Ralph Sims (Massey University)

REN21 PROJECT MANAGEMENT

Rana Adib (REN21 Secretariat)

Jonathan Skeen (REN21 Secretariat)

RESEARCH SUPPORT AND SUPPLEMENTARY AUTHORSHIP

Sandra Chavez (REN21 Secretariat)

Jonathan Skeen (REN21 Secretariat)

LEAD AUTHOR EMERITUS

Eric Martinot (Institute for Sustainable Energy Policies)

EDITING, DESIGN, AND LAYOUT

Lisa Mastny, editor (Worldwatch Institute)

weeks.de Werbeagentur GmbH, design

PRODUCTION

REN21 Secretariat, Paris, France



The UN Secretary-General's initiative **Sustainable Energy for All** aims at mobilising global action to achieve universal access to modern energy services, improved rates of energy efficiency, and expanded use of renewable energy sources by 2030. REN21's *Renewables 2013 Global Status Report* includes a section on rural renewable energy, based on input from local experts working around the world. The report highlights how renewables are providing access to energy for millions of people and contributing to a better quality of life through the use of modern cooking, heating/cooling, and electricity technologies.

■ LEAD REGIONAL AND COUNTRY RESEARCHERS

Africa:

Jonathan Skeen (Emergent Energy)

Central and Eastern Europe:

Ulrike Radosch (Austrian Energy Agency, enerGEE)

Latin America and Caribbean:

Gonzalo Bravo (Fundación Bariloche)

Middle East and Northern Africa:

Amel Bida, Maged Mahmoud (ICREEE)

South East Asia and Pacific:

Benjamin Sovacool (Vermont Law School)

Sub-Saharan Africa:

Mark Hankins (African Solar Designs)

West Africa:

Eder Sernedo, David Villar (ECREEE)

Western Europe:

Jan Burck, Lukas Hermwille (Germanwatch)

Argentina:

Alejandro Garcia (GIZ)

Brazil:

Renata Grisoli (CENBIO, IEE, USP);
Henrique Magalhaes (Ministério de Minas e Energia)

Canada:

Tom Du (CanREA);
Evan Musolino (Worldwatch Institute)

Chile:

Roberto Román L. (Universidad de Chile)

China:

Frank Haugwitz (Asia Europe Clean Energy (Solar) Advisory)

Colombia:

Edgar Cruz (Energy Climate and Sustainability Solutions)

Fiji:

Atul Raturi (University of the South Pacific)

Germany:

Peter Bickel, Thomas Nieder (ZSW)

India:

Mohit Anand (Bridge to India);
Debajit Palit (TERI)

Italy:

Noemi Magnanini (GSE)

Japan:

Hironao Matsubara (ISEP)

Kazakhstan:

Jan Burck, Lukas Hermwille (Germanwatch)

Lithuania:

Inga Valuntiene (COWI Lietuva);
Edgar Cruz (Energy Climate and Sustainability Solutions)

Mexico:

Odón de Buen (ENTE SC)

Micronesia:

Emanuele Taibi (Secretariat of the Pacific Community)

Myanmar:

Amalie Conchelle Obusan (Greenpeace Southeast Asia)

Nigeria:

Godfrey Ogbemudia (CREDC)

Oman:

Ali Al-Resheidi (Public Authority for Electricity and Water)

Panama:

Rebeca Ramirez (Secretaría Nacional de Energía)

Philippines:

Fernán Izquierdo (Gamesa); Hendrik Meller (GIZ)

Portugal:

Lara Ferreira (APREN); Luisa Silverio (DGEG)

Russian Federation:

Sanghoon Lee (Korean Society for New and Renewable Energy)

Singapore:

Hiang Kwee Ho (National University of Singapore)

South Korea:

Sanghoon Lee (Korean Society for New and Renewable
Energy); Kwanghee Yeom (Freie Universität Berlin/
Friends of the Earth Korea)

Spain:

Diana Lopez (IDAE); Pablo Del Rio, Cristina Peñasco (IIPR-CSIC)

Sweden:

Max Ahman (Lund University)

Thailand:

Sopitsuda Tongsovit (Energy Research Institute, Chulalongkorn
University)

Trinidad and Tobago:

Katie Auth (Worldwatch Institute)

United Arab Emirates:

Dane McQueen (Ministry of Foreign Affairs)

United States:

Evan Musolino (Worldwatch Institute)

Uruguay:

Pablo Caldeiro, Ramón Mendez (Ministry of Industry)

ACKNOWLEDGEMENTS (CONTINUED)

■ LEAD TOPICAL CONTRIBUTORS

Bioenergy

Anselm Eisentraut (IEA); Helena Chum (NREL);
Sribas Bhattacharya (IISWBA); Zuzana Dobrotkova (IRENA);
Alessandro Flammini, Florian Steierer (FAO);
Patrick Lamers (Ecofys); Andrew Lang (World Bioenergy
Association); Agata Prządka (European Biogas Association);
Daniela Thrän (UFZ); Michael Wild (Wild&Partner LLC)

Concentrating Solar Thermal Power

Elena Dufour (ESTELA); Eduardo Garcia Iglesias
(Protermosolar); Fredrick Morse, Elisa Prieto Casaña,
Miguel Yañez Barnuevo (Abengoa Solar)

Energy Efficiency and Renewable Energy

Amit Bando, Sung Moon Jung, Thibaud Volta (IPEEC)

Geothermal Energy

Karl Gawell, Benjamin Matek (GEA); Marietta Sander (IGA)

Green Purchasing and Labeling

Job Bracker (Öko-Institut); Jenny Heeter (NREL)

Hydropower/ Ocean Energy

Simon Smith, Richard Taylor, Tracy Lane (IHA);
Pilar Oodr, Christine van Oldeneel (HEA);
Sean George, Gema San Bruno (EU-OEA);
Magdalena Muir (Johns Hopkins University)

Hydropower Sustainability

Cameron Ironside, Tracy Lane, Simon Smith,
Richard Taylor (IHA); Peter Bossard, Zachary Hurwitz
(International Rivers); Tormod Andre Schei (Statkraft)

Jobs

Rabia Ferroukhi, Hugo Lucas (IRENA);
Michael Renner (Worldwatch Institute)

Mini-Grids

Mark Hankins (African Solar Designs)

Renewable Energy Costs

Michael Taylor (IRENA)

Solar General

Jennifer McIntosh, Paulette Middleton, David Renné (ISES)

Solar PV

Gaëtan Masson (EPIA, IEA-PVPS); Solar Analyst Team
(GTM Research); Travis Bradford (Prometheus Institute);
Denis Lenardic (pvresources.com)

Solar Thermal Heating and Cooling

Franz Mauthner, Werner Weiss (AEE-INTEC);
Pedro Dias (ESTIF); Barbel Epp (Solnicol)

Subsidies

Shruti Shukla (GWEC)

Wind Power

Steve Sawyer, Shruti Shukla, Liming Qiao (GWEC);
Aris Karcianias, Birger Madsen, Feng Zhao (Navigant's BTM
Consult); Stefan Gsänger (WWEA); Shi Pengfei (CWEA)

■ LEAD RURAL ENERGY CONTRIBUTORS

Jiwan Acharya (ADB); Gabriela Azuela (World Bank);
Gonzalo Bravo (Fundación Bariloche); Akanksha Chaurey
(IT Power); Ana Coll (ILUMEXICO); José Jaime De Domingo
Angulo (ISOFOTON); Rodd Eddy (World Bank); Koffi Ekouevi
(World Bank); Tobias Engelmeier (Bridge to India);
Yasemin Erboy (UN Foundation); Gunjan Gautam (World Bank);
Mariana Gonzalez (SSIC); James Kakeeto (Creation Energy);
Johan de Leeuw (Wind Energy Solutions); Miquelina Menezes
(FUNAE); Carlos Miro (ARE); Usman Muhammad (CREACC –
Nigeria); Debajit Palit (TERI); Mary Roach (GSMA);
Gerardo Ruiz (EERES); Morisset Saint-Preux (L'Institut
Technique de la Côte-Sud); Tripta Singh (UN Foundation);
Xavier Vallve (Trama Tecnio Ambiental); Arnaldo Vieira de
Carvalho (IDB); David Vilar (ECREEE); Manuel Wiechers
(ILUMEXICO).

목 차

요약	1
1장. 세계시장과 산업 개괄	12
1. 전력부문	15
2. 난방, 냉방 부문	24
3. 운송부문	25
2장 기술별 시장 및 산업계 동향	26
1. 바이오에너지	26
2. 지열 난방 및 전력	38
3. 수력산업	49
4. 해양에너지	50
5. 태양광발전(PV)	52
6. 집광형 태양열발전(CSP)	59
7. 태양열냉난방	63
8. 풍력발전	69
3장 투자흐름	81
1. 경제단위별 투자	82
2. 기술별 투자	87
3. 유형별 투자	89
4. 재생에너지투자 총평	91
5. 개발은행과 국가은행재원	92
6. 2013년 초 투자동향	92
4장 정책경관	93
1. 정책목표	93
2. 발전정책	99
3. 냉난방정책	105
4. 수송정책	109
5. 녹색에너지 구입 및 라벨링	110
6. 도시와 지방정부의 정책	111
5장 농촌의 재생에너지	122

1. 농촌을 위한 재생에너지기술	123
2. 정책과 규제의 체계	127
3. 산업동향과 사업모델	129
4. 아프리카: 지역현황	131
5. 아시아: 지역현황	134
6. 라틴 아메리카: 지역현황	135
7. 앞으로의 전망	136
6장 특집: 시스템 전환	138
1. 패러다임 전환: 재생에너지통합에서 시스템전환으로	139
2. 기술상의 도전	140
3. 경제적 도전	142
4. 시스템전환은 이미 시작	144
5. 전망	146

표 목 차

<표 1> 전세계 재생에너지 부문의 산업별 직간접 일자리	78
<표 2> 재생에너지기술의 지위: 특징과 비용	79
<표 3> 재생에너지 지원정책	117
<표 R1> 2012년 세계재생에너지용량과 바이오연료생산량	148
<표 R2> 2012년 재생가능에너지 전력 전세계 용량과 상위지역 및 국가	149
<표 R3> 2012년 전 세계 우드펠릿 거래량	150
<표 R4> 2012년 바이오연료 전세계 생산량, 상위 15개국과 유럽연합 27개국 ..	151
<표 R5> 2012년 전세계 태양광발전 용량과 추가용량 상위 10개국	152
<표 R6> 2012년 집광형태양열발전 세계총용량과 추가용량	153
<표 R7> 2011년 태양열급탕 세계총용량과 추가용량 상위 12개국	154
<표 R8> 2012년 전세계 풍력발전용량과 추가용량 상위 10개국	155
<표 R9> 2004-2012년 전세계 재생에너지투자동향	156
<표 R10> 2010/2011년 재생에너지의 1차 에너지와 최종에너지 실제 비중과 목표치	157
<표 R11> 2011년 재생에너지로 생산된 전력의 비중과 목표치	161
<표 R12> 다른 재생에너지 목표치	164
<표 R13> 발전차액지원정책을 실시하는 국가/주/지방의 누적수치	172
<표 R14> 재생에너지할당정책을 실시하는 국가/주/지방의 누적수치	173
<표 R15> 국가와 주/지방의 바이오연료혼합규정	174
<표 R16> 시와 지방의 재생에너지정책: 선별된 사례	175
<표 R17> 지역과 국가의 전력보급률	178
<표 R18> 재래식 바이오매스로 조리하는 인구	181

그림 목 차

<그림 1> 전 세계 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중(2011년)	13
<그림 2> 2007년 말~2012년, 재생에너지용량과 바이오연료 생산의 연평균 성장률	13
<그림 3> 2012년 말, 전세계전력생산 중 재생에너지 비중	16
<그림 4> 2012년 재생에너지 전력용량	17
<그림 5> 바이오매스 이용현황	27
<그림 6> 2000~2012년 국가 혹은 지역별 우드펠릿 생산현황	28
<그림 7> 2000~2012년 연평균 바이오파워 발생량 상위 20개국	32
<그림 8> 에탄올과 바이오디젤 세계 생산량(2000~2012년)	32
<그림 9> 2012년 전세계 수력용량과 상위 5개국이 차지하는 비중	44
<그림 10> 2012년 전세계 수력 순용량 추가분 중 상위 5개국이 차지하는 비중 ·	45
<그림 11> 1995~2012년 전세계 태양광발전 용량	53
<그림 12> 2012년 전세계 태양광발전 용량 중에서 상위 10개국의 비중	54
<그림 13> 2012년 상위 15개 태양광모듈제조업체의 시장지분	54
<그림 14> 1984~2012년 전세계 집광형 태양열발전 용량	61
<그림 15> 2011년 전세계 태양열 급탕 추가용량 중 상위 12개국이 차지하는 비중 ···	66
<그림 16> 2011년 전세계 태양열 급탕 용량 중 상위 12개국이 차지하는 비중 ···	66
<그림 17> 2000~2012년 전세계 태양열 급탕 용량	66
<그림 18> 1996~2012년 전세계 풍력발전 용량	72
<그림 19> 2012년 상위 10개국의 풍력발전 용량과 추가용량	72
<그림 20> 2012년 상위 10개 풍력터빈 제조업체의 시장지분	72
<그림 21> 2004~2012년 재생가능에너지에 대한 전 세계 신규투자	82
<그림 22> 2004~2012년 전 세계 지역별 재생에너지 신규투자	84
<그림 23> 2012년 선진국과 개도국의 기술별 재생에너지 신규투자	87
<그림 24> EU의 2020년 목표치 대비 2005년과 2011년 최종에너지 중 재생에너지 비중 ···	95
<그림 25> 2013년초 기준, 재생에너지정책을 시행중인 나라	121
<그림 26> 2005년에 재생에너지정책을 시행했던 나라	121

REN21 : 21세기를 위한 재생에너지정책 네트워크

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

REN21은 에너지 안보, 경제 및 사회 개발, 빈곤 퇴치를 진전시키는 한편 기후변화 완화를 추진 중인 선진국과 개도국 모든 국가에서 재생에너지를 촉진한다.

요약

재생에너지 시장, 산업, 정책체계는 최근 급속히 발전하고 있다. 세계 재생에너지 보고서(Renewables Global Status Report)는 포괄적이고 시의적절하게 세계적 차원에서 재생에너지 시장, 산업, 투자, 정책발달에 대한 개괄을 제공한다. 이 보고서는 전세계 500 여명 이상의 기고자와 연구자 네트워크가 제공하는 최신 자료에 기반하고 있다. 보고서는 최근의 발전, 현재 상태 그리고 핵심 추세를 다루지만 의도적으로 분석 혹은 전망은 제공하지 않는다.

■ 계속된 재생에너지 성장

재생에너지에 대한 국제적 수요는 2011년과 2012년 동안 지속적으로 증가하였다. 재생에너지는 2011년 세계 최종에너지 소비의 19%를 공급한 것으로 추정되는데 그중 재래식 바이오매스의 비중은 절반이 조금 못된다. 현대적 재생에너지원에서 나온 열에너지는 최종 에너지 사용의 4.1%를 차지하였고 수력이 3.7%, 풍력, 태양광, 지열, 바이오매스에서 생산된 전력은 1.9%를 차지하였다

전세계 총 재생에너지 설비용량은 2011년보다 8.5% 증가하여 2012년 1,470GW를 초과하였다. 수력은 3% 증가하여 990GW, 다른 재생에너지 발전용량은 21.5% 증가하여 480GW를 넘겼다. 세계적으로 풍력은 2012년 추가된 재생에너지 발전용량의 39%를 차지하고 수력과 태양광이 각각 26%를 차지하며 뒤를 이었다.

재생에너지는 2012년 발전 설비용량 순증가분의 절반 이상을 차지하였다. 2012년 말 기준으로 재생에너지는 세계 발전 용량의 26%를 차지하고 전세계 전력의 21.7%

(수력 16.5% 포함)를 공급하였다. 산업, 상업, 가정 소비자는 점차 많은 국가에서 재생에너지 전력생산자로 변신하는 중이다.

냉난방분야 수요는 지속적으로 증가하고 있는 이 분야로, 아직 실현되지 않았지만 재생에너지 확대의 잠재력이 엄청나다. 이미 현대적 바이오매스, 태양열, 지열에서 생산된 열은 재생에너지 생산량에서 상당한 비중을 차지하고 있고 열분야는 여러 나라들이 지원정책을 시행하기 시작하면서 천천히 진전 중이다. 열분야의 추세는 대형시스템 증가, 열병합발전의 증가, 지역냉난방에서 재생에너지 활용, 산업용 재생에너지 열 사용 증가 등을 포함한다.

수년 간의 급속한 성장 후 바이오디젤 생산은 2012년에 지속적으로 확대되었으나 성장률은 둔화되었고 2010년에 정점에 달했던 연료 에탄올 생산은 그 후 감소해왔다. 적지만 성장 중인 가스 바이오연료는 자동차에 사용되는 중이고 전기교통시스템과 재생에너지를 연계하려는 제한적이나 점증하는 계획들이 있다.

대부분 재생에너지 기술은 2012년에 제조와 세계 수요면에서 성장세를 지속해왔다. 그러나 불확실한 정책 환경과 줄어드는 정책 지원은 상당수의 시장에서 투자 분위기에 영향을 미쳤고 유럽, 중국, 인도에서 추진력이 약화되었다.

태양광과 육상풍력은 모듈과 터빈의 생산 과잉뿐만 아니라 규모의 경제와 기술 진보 덕분에 지속적인 가격 감소를 경험하였다. 세계 경제 위기와 국제 무역에서 진행 중인 긴장이 겹치면서 이러한 전개는 특히 장비 제조업자들에 대해 산업 합병을 초래하면서 일부 재생에너지 산업에 새로운 과제를 던졌다. 하지만 그것은 또한 새로운 기회를 열었고 기업들이 새로운 시장을 탐색하도록 자극하였다. 재생에너지는 선진국과 개도국 모두에서 더 넓은 범위의 소비자들에게 더욱 더 구입 가능한 수준이 되고 있다.

재생에너지는 아시아, 남미, 아프리카에 걸쳐 모든 기술에 대한 새로운 투자로 속도가 붙고 있다. 중동과 북아프리카 지역, 남아프리카는 정책 틀의 형성과 재생에너지 보급뿐만 아니라 특히 2012년에 야심찬 새로운 목표를 시작하였다. 시장, 제조, 투자는 2012년 동안 점차 개도국으로 이동하였다.

재생에너지 발전 용량면에서 선두 국가는 중국, 미국, 브라질, 캐나다, 독일이다. 수력발전 용량을 제외하면 중국, 미국, 독일이 선두권이고 스페인, 이탈리아, 인도가 뒤를 따르고 있다. 지역별로는 브릭스(BRICS) 국가들이 세계 재생에너지 발전 용량의 35%, 수력제외 재생에너지 용량의 27%를 차지한다. 유럽연합은 2012년 말에 수력제외 재생에너지 용량이 세계 총량의 44%에 이르렀다.

재생에너지는 갈수록 많은 나라와 지역에서 에너지 공급의 비중이 빠르게 증가하였다.

□ 중국에서 풍력발전은 석탄발전보다 더 증가하였고 처음으로 원자력발전량을 능가하였다.

□ 유럽연합에서 재생에너지는 2012년 신규 발전설비 용량의 70%를 차지하였는데 대개 태양광과 풍력이었다. 2011년에 재생에너지는 유럽연합 전력 소비의 20.6%, 최종 에너지소비의 13.4%를 충족하였다.

□ 독일에서 재생에너지는 전력소비의 22.9%(2011년 20.5%), 열소비의 10.4%, 최종에너지수요의 12.6%를 차지하였다.

□ 미국은 다른 기술보다 풍력 용량이 더 많이 늘어났고 재생에너지는 총 신규발전설비의 약 절반을 차지했다.

□ 풍력과 태양광 발전은 덴마크와 이탈리아 같은 나라에서 높은 수준의 확산을 달성했다. 2012년에 각각 풍력으로 전력의 30%, 태양광으로 5.6%를 생산하였다.

선택된 지표들

		2010	2011	2012
재생에너지 설비에 대한 투자(연간) ¹	억 달러	2,270	2,790	2,440
재생에너지 발전 총용량(수력 제외)	GW	315	395	480
재생에너지 발전 총용량(수력 포함)	GW	1,250	1,355	1,470
수력발전 총용량 ²	GW	935	960	990
바이오발전량	GWh	313	335	350
태양광발전 총용량	GW	40	71	100
태양열발전 총용량	GW	1.1	1.6	2.5
풍력발전 총용량	GW	198	238	283
태양열은수난방 총용량 ³	GW _{th}	195	223	255
에탄올 생산(연간)	억 리터	850	842	831
바이오디젤 생산(연간)	억 리터	185	224	225
정책목표가 설정된 나라들	수	109	118	138
FIT 시행 주/지방/국가	수	88	94	99
RPS/쿼터제 시행 주/지방/국가	수	72	74	76
바이오연료 의무 시행 주/지방/국가 ⁴	수	71	72	76
1. 투자 자료 출처는 Bloomberg New Energy Finance. 1MW 이상의 바이오매스, 지열, 풍력발전 사업 /1~50MW의 모든 수력/모든 태양광, 해양 사업, 연간 1백만리터 이상의 바이오연료 사업 등을 포함 2. 수력발전 자료는 양수발전 용량을 제외함. 3. 태양열은수용량자료는 유광집수기만 포함함. 4. 바이오연료정책은 표 3과 표 R15에 있는 바이오연료의무규정 하에 속한 정책들을 포함함. 참고: 숫자는 반올림함. 재생에너지발전용량과 수력용량자료는 5GW에서 반올림하고, 아주 작은 숫자와 바이오연료를 제외한 나머지 수치들은 정수에서 반올림. 아주 작은 숫자와 바이오연료는 소수점 첫째자리에서 반올림.				

변동성이 있는 풍력과 태양광이 늘어나면서 덴마크, 독일, 스페인 등 여러 나라들은 더 많은 비중을 수용할 수 있도록 에너지시스템을 성공적으로 전환하는 정책과 조치를 시행하기 시작하였다.

재생에너지 부문에서 일자리에 관한 영향은 국가마다 기술에 따라 다양하지만 세계적으로 재생에너지 산업에서 종사하는 사람의 수는 지속적으로 증가하고 있다. 세계적으로 570만명이 재생에너지 부문에서 직간접적으로 일하고 있다.

■ 진화하는 정책 지형

적어도 138개국이 2012년 말까지 재생에너지 목표를 설정했다. 2013년 초를 기준으로 재생에너지 지원 정책은 127개국에서 확인되는데 그 중 2/3가 개도국 또는 신흥공업국이다. 새로운 정책과 목표를 채택하는 추세는 2000년대 초중반에 비해 상대적으로 둔화되었다. 이 부문이 성숙하면서 기존 정책의 변경은 점차 흔해지고 있다.

재생에너지 기술, 뻣뻣한 국가 예산, 세계 경제 위기의 폭넓은 영향에 대한 시장 여건의 급격한 변동에 대한 반응으로 몇몇 국가들은 기존 법률에 대한 폭넓은 수정에 착수하였는데 그 중 일부는 소급 적용되었다. 다른 나라들은 재생에너지에 대한 지원을 증가하였고 몇몇 국가들은 야심찬 새로운 목표를 채택하였다.

발전부문에서 재생에너지 목표를 지원하는 정책으로 기준가격구매제(FITs : Feed in Tariffs)와 재생에너지의무할당제(RPS:Renewable Portfolio Standard)가 빈번하게 사용되었다. 2012년 동안, FIT 정책은 아프리카와 중동의 5개국에서 추가로 시행되었다. FIT와 관련된 변화의 주류는 지원 감소와 관계된다. 새로운 RPS 정책은 2개국에서 시행되었다. 점점 많은 나라들이 재생에너지를 확대하기 위해 공공경쟁입찰 또는 입찰로 돌아섰다.

냉난방부문에서 보급 확대 정책과 목표는 발전부문보다는 느리지만 지속적으로 확대되면서 시행되고 있다. 2013년 초 기준으로 20개국이 재생에너지 목표 설정하였고 적어도 19개국과 주정부에서 재생에너지 기술의 사용을 의무화하였다. 재생에너지 냉난방은 또한 건물 규제와 다른 조치를 통하여 지원을 받고 있다.

바이오연료 혼합 의무는 27개 국가 수준에서 27개 주정부/지방수준에서 확인이 되었다. 1세대 바이오연료의 전반적인 지속가능성에 대한 논란이 커지면서 유럽과 미국 같은 주요 시장에서 점증하는 압력에도 불구하고 바이오연료의 사용을 장려하는 규제 정책은 2013년 초 기준으로 적어도 49개국에 시행 중이다.

수천개의 도시와 마을에서 재생에너지를 발전시키는 별도의 계획과 정책을 개발하고 있고 2012년에 탄력이 붙었다. 야심찬 목표를 달성하기 위해 지방정부는 FIT 혹은 기술별 용량 목표, 재생에너지 보급 지원 인센티브, 신규 건물 규제 및 기준, 태양열 의무화 같은 일련의 조치를 채택하였다. 다른 도시들은 재생에너지 집단냉난방시스템

을 발전시키고 재생가능하게 충전되는 전기교통의 사용을 촉진하며, 프로젝트를 지원하는 컨소시엄을 형성하고, 정책 옹호와 정보 공유를 개선하였다.

몇몇 도시들은 재생에너지를 촉진하기 위해 중앙정부와 협력하는 반면 다른 도시들은 아래로부터 조직을 시작하였다. 2012년 유럽에서 1,116개 새로운 도시와 마을이 기후완화, 에너지 효율, 재생에너지를 위한 계획과 CO2 20% 감축 목표에 헌신하려는 '시장의 서약'(the Covenant of Mayors)에 동참하였다.

■ 투자 흐름

재생에너지 발전과 연료에 대한 세계 신규 투자는 2012년 2,440억 달러로 전년 대비 12% 감소하였다. 총액은 여전히 두 번째로 높은 수준이며 2010년 수준에 비해 8% 많았다. 만약 50MW보다 큰 수력발전과 태양열 온수기에 대한 보고되지 않은 투자를 포함한다면 재생에너지에 대한 총 신규투자는 2,850억 달러를 넘어설 것이다.

수년 간의 성장 후 투자의 감소는 주요 선진국, 특히 유럽(36% 감소)과 미국(35% 감소)에서 지원 정책의 불확실성에서 초래되었다. 그렇지만 2012년 발전 용량의 순증가만 보면 재생에너지 발전에 대한 투자는 3년 연속으로 화석연료를 앞섰다.

2012년은 선진국과 개도국 간의 투자 활동 균형 면에서 가장 극적인 이동이 나타났다. 개도국에서 투자는 1,120억 달러에 이르렀는데 이는 8년째 깨지지 않는 성장세를 유지하면서 전세계 총액의 46%를 차지하였고 전년 대비 34% 증가한 것이다. 대조적으로 선진국에서 투자는 29% 떨어진 1,320억 달러로 2009년 이후 가장 낮은 수준이었다. 이러한 이동은 유럽과 미국에서 태양광과 풍력 개발에 대한 보조금의 감소, 전력수요가 늘고 매력적인 재생에너지 자원을 가진 신흥시장에서 커진 투자자의 관심, 풍력과 태양광 기술 비용의 하락 등에 의해 초래되었다. 유럽과 중국은 2012년 세계 투자의 60%를 차지하였다.

태양 발전은 2012년 투입된 자본의 관점에서 선도부문으로 자리매김하였다. 태양 발전은 재생에너지 신규 투자의 57%를 받았다(이 중 96%가 태양광, 4% 태양열발전). 태양광 시스템 가격이 급속히 떨어지고 스페인과 미국에서 태양열 발전 사업이 금융 조달에서 어려움을 겪었기 때문에 태양 발전은 1404억 달러로 2011년에 비해 11% 감소하였다. 태양 발전에 이어 풍력발전(803억 달러)과 50MW 이상의 수력 프

로젝트(330억 달러)가 뒤를 이었다.

■ 농촌 재생에너지

2012년 재생에너지 사용을 통해 현대적 에너지 서비스에 대한 접근성이 향상되었다. 농촌에서 재생에너지 전기의 사용은 구매가능성과 지역 재생에너지 자원에 대한 지식의 향상, 더 정교한 기술 응용으로 증가하였다. 태양광, 풍력, 인버터, 가스화, 계량기술 등의 발전에 힘입어 소형 그리드에 대한 관심이 높아졌다.

기술적 진보는 농촌 냉난방부문에서 재생에너지 사용을 개선하였다. 농촌 재생에너지 시장은 국가와 지역마다 크게 다양한 전력보급 수준, 청정 스토브에 대한 접근성, 금융 모델, 행위자, 지원 정책 때문에 상당한 다양성을 나타내고 있다.

정부 주도의 전력보급과 전력망 확대 계획은 여전히 개도국 전반에 도입되는 중이다. 그러나 지난 20년 간 오지와 농촌의 재생에너지 확대에 민간 부문의 개입이 증가해왔다. 이는 저소득 소비자도 빠르게 성장하는 시장을 제공할 수 있다는 인식의 향상과 새로운 사업 모델에 의해 촉진되었다.

재생에너지를 통한 에너지 접근성을 제공하는 정책은 광역 농촌 개발 계획과 점차 통합되는 중이다. 브라질, 중국, 인도, 남아공은 에너지 접근성과 지속가능성이라는 두 가지 과제에 대응하는 대규모 계획의 전개에서 주도적 위치에 있다. 그러나 에너지 접근성 목표가 충족되려면 대규모 재생에너지 보급을 지원하기 위해 제도, 금융, 법률 메커니즘이 창조되고 강화되어야 한다.

UN총회의 “모든 이를 위한 에너지 접근성” 목표, 2030년까지 현대적 에너지에 보편적 접근을 달성하려면 매년 360~410억 달러의 투자가 필요하다.

■ 시장과 산업 하이라이트와 현재의 추세

열, 발전, 교통을 위한 바이오매스. 열, 발전, 교통부문에서 바이오매스의 사용은 약 55EJ로 2~3% 증가하였다. 난방은 3GWth의 바이오매스 열 용량 증가(총 293GWth)와 재래식 바이오매스를 포함하여 바이오매스 사용의 대부분을 차지하였다. 바이오 발전 용량은 BRICS 국가에서 상당히 늘면서 약 83GW로 12% 증가하였고 2012년 동안 350TWh를 생산하였다. 현대적 바이오매스에 대한 수요는 바이오연료와 목재 펠릿에 대한 국제 무역의 증가를 견인하였다. 세계 목재 펠릿 생산 및 수송은 2천2백만 톤을 넘어섰고 국제적으로 8백2십만톤의 펠릿이 거래되었다.

액체 바이오연료는 약 세계 도로교통 연료의 3.4%를 차지한다. 세계 연료 에탄올 생산은 2011년보다 약 1.3% 줄어든 831억 리터였지만 바이오디젤은 약간 늘어나 225억 리터에 이르렀다. 상당수 에탄올 설비가 가동률이 떨어졌음에도 불구하고 신규 에탄올과 바이오디젤 생산 설비가 준공되었다.

지열에너지. 지열 자원은 2/3는 직접 열로, 나머지는 전기로, 2012년 재생에너지의 805PJ(223TWh)를 공급한 것으로 추정된다. 지열 열펌프의 사용은 빠르게 증가하는 중이고 2012년 50GWth 용량에 이르렀다. 적어도 78개국에서 직접 열로 지열 자원을 이용 중인데 세계 설비 용량의 2/3는 미국, 중국, 스웨덴, 독일, 일본에 분포하고 있다. 지열발전 용량은 2012년 300MW 증가하였다. 세계 총 용량은 11.7GW, 발전량은 적어도 72TWh를 기록하였다.

수력발전¹⁾. 2012년 약 30GW의 신규 수력발전 설비가 설치되어 누적 설비 용량은 990GW에 이르렀고 전년 대비 3% 증가하였다. 수력발전량은 2012년 연간 3,700TWh로 추정된다. 다시 한번 설비용량 추가 면에서 중국이 주도했고 터키, 브라질, 베트남, 러시아가 나머지 신규 설치용량의 대부분을 차지하였다. 프로젝트 규모와 수력발전 기술 용량이 증가함에 따라 지역과 국제적 파트너십이 연계된 합작 투자 사업 모델이 점차 두드러지게 되었다.

해양에너지. 상업적 해양에너지 용량(대부분 조력발전 설비)은 2012년에 증가하지 않은 채 527MW 그대로이다. 소규모 프로젝트는 미국과 포르투갈에서 보급되었다.

1) 특별히 언급한 것을 제외하고 양수발전 설비를 포함하지 않는다.

정부와 지방 당국은 지속적으로 해양 에너지 연구와 개발을 지원하고 있고 대형 전력 회사들은 꾸준한 진보를 보이는 이 분야에 참여를 늘리고 있다.

태양광(PV). 세계 총 태양광 설비용량은 100GW라는 이정표에 도달했다. 유럽이 주도하면서 아시아에서도 설치용량이 크게 늘었다. 가격 하락 덕분에 태양광은 아프리카와 MENA(중동과 북아프리카)부터 아시아와 남미까지 새로운 시장을 확대하는 중이다. 2012년 공동체소유형과 자가 발전형 시스템에 대한 관심이 지속적으로 증가하는 한편 대규모 태양광 프로젝트의 수와 규모도 동시에 증가하였다. 셀과 모듈 제조업체는 극심한 경쟁으로 고전하였고 가격과 이윤이 감소하자 기업 합병이 촉진되었으며 중국, 유럽, 미국의 제조업체 여럿이 도산하였다. 세계 태양광 생산에서 박막 필름의 비중은 더 줄어들어 생산이 15% 감소하여 4.1GW에 그쳤다.

집광형 태양열 발전(CSP). 세계 태양열발전 용량은 60% 이상 증가하여 2,550MW에 이르렀다. 대부분의 용량은 스페인에서 추가되었는데 스페인은 세계 태양열발전 설비의 3/4가 설치된 종주국이다. 미국에선 신규 설비 증가가 없었지만 1,300MW가 건설 중이다. 그 밖에 100MW 이상의 설비는 주로 북미에 가동 중이다. 이 분야는 호주, 칠레, 중국, 인도, MENA 지방, 남아공으로 확대되는 중이다. 태양광과 천연가스 가격 하락, 세계 경기 침체, 스페인의 정책 변화 등은 태양열발전 제조업체와 개발업체에 불확실성을 제공하였다.

태양열 냉난방. 2012년 말까지 세계 태양열 용량의 경우 모든 집열기 유형은 282GWth, 유광온수기 용량은 255GWth에 이르렀다. 중국과 유럽이 세계 시장의 약 90%를 차지하고 총 설비 용량의 거의 대부분을 차지한다. 태양열 냉난방은 태양열 지역난방, 태양열 냉방, 공정열 시스템 등이 등장하면서 점차 가능성이 커지고 있다. 이 분야는 특히 유럽 시장에서 지속적으로 도전에 직면해 있고 중국에서 계속되는 급속한 합병을 포함하여 주요 사업자 간의 인수 합병이 특징적으로 나타난다. 세부 기술의 혁신으로 제조공정의 자동화가 증가하였다.

풍력. 풍력은 또 하나의 기록적인 해로 적어도 44개국에서 45GW 용량이 추가되었다. 전년 대비 19% 증가하여 총 용량이 283GW로 증가하였다. 미국이 시장을 선도하였고 중국은 총 설치용량에서 선두를 유지하였다. 풍력은 가격 하락에 힘입어 새로운 시장으로 확대되는 중이다. 거의 1.3GW 용량이 해상(주로 북부유럽)에 설치되어 총

해상풍력 용량은 13개국 5.4GW에 이르렀다. 풍력산업은 가격 면에서 하향 압력, 터빈 제조업체 간의 경쟁 심화, 일부 시장에서 저비용 가스와 경쟁, 긴축 재정에서 유래된 정책 지원의 감소 같은 도전에 직면해 있다.

상위 5위 국가들

2012년 연간 투자/용량 증가/생산

	신규 설비 투자	수력 용량	태양광 용량	풍력 용량	태양열 온수기 용량	바이오디젤 생산	에탄올 생산
1	중국	중국	독일	미국	중국	미국	미국
2	미국	터키	이탈리아	중국	터키	아르헨티나	브라질
3	독일	브라질/베트남	중국	독일	독일	독일/브라질	중국
4	일본	러시아	미국	인도	인도	프랑스	캐나다
5	이탈리아	캐나다	일본	영국	브라질	인도네시아	프랑스

총 용량 - 2012년 말 기준

	재생에너지 발전(수력포함)	재생에너지 발전(수력 제외)	일인당 당 재생에너지 발전(수력포함) ²	바이오 발전	지열 발전	수력	태양열발전
1	중국	중국	독일	미국	미국	중국	스페인
2	미국	미국	스웨덴	브라질	필리핀	브라질	미국
3	브라질	독일	스페인	중국	인도네시아	미국	알제리
4	캐나다	스페인	이탈리아	독일	멕시코	캐나다	이집트/모로코
5	독일	이탈리아	캐나다	스웨덴	이탈리아	러시아	호주

	태양광발전	인구당 태양광	풍력	태양열 온수기 ¹	일인당 태양열 온수기 ¹	지열 열용량	지열 직접 열이용 ³
1	독일	독일	중국	중국	사이프러스	미국	중국
2	이탈리아	이탈리아	미국	독일	이스라엘	중국	미국
3	미국	벨기에	독일	터키	오스트리아	스웨덴	스웨덴
4	중국	체코	스페인	브라질	바베이도스	독일	터키
5	일본	그리스	인도	인도	그리스	일본	일본/아이슬란드

1. 태양열온수기의 순위는 2011년분으로, (수영장난방과 공기식 집열기용 무광시스템을 제외하고) 유광집수기의 용량만을 기준으로 삼았다. 모든 집수기와 공기식 집열기를 포함할 경우 총용량에서 2011년의 순위는 중국, 미국, 독일, 터키, 브라질 순이다.

2. 일인당 재생에너지용량순위는 수력을 제외한 총 재생에너지발전용량에서 12위권에 든 나라들만을 대상으로 삼았다.

3. 일부 국가의 경우 지열원열펌프가 지열 직접사용용량의 상당한 비중을 차지한다. 열이용의 비중은 열펌프 용량의 비중보다 낮은데, 이는 지열펌프의 설비용량이 상대적으로 낮기 때문이다. 순위는 2010년의 자료와 일부 국가의 경우 좀더 최근의 통계를 섞어서 계산했다.

참고: 대부분의 순위는 투자, 발전용량 또는 바이오연료 생산의 절대량을 기준으로 삼고 있다. 일인당을 기준으로 할 경우 많은 범주에서 순위가 상당히 달라질 것이다. 어떤 나라에서는 수력발전을 기저부하용으로 사용하지만 어떤 나라는 전력부하와 첨두부하용으로 사용하기 때문에, 설비용량(GW) 대신 발전량(TWh)을 고려할 경우 수력발전의 국가별 순위는 달라질 것이다.

1장. 세계시장과 산업 개괄

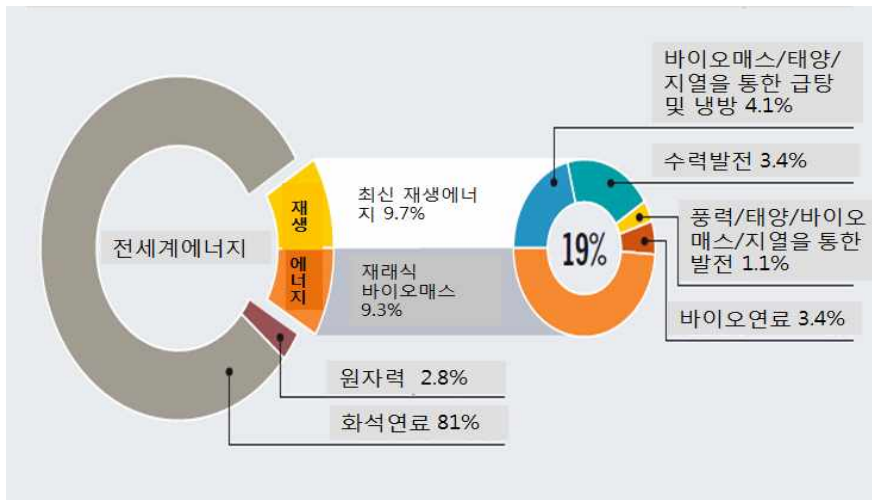
세계경제불황, 진행 중인 무역분쟁, 정책 불확실성과 일부 주요 시장의 지원 감소에도 불구하고 재생가능에너지에 대한 세계적인 수요는 2011년부터 2012년까지 계속 증가하는 추세이다. 2011년 말을 기준(이용가능한 가장 최근의 데이터)으로 전세계 최종에너지 중에서 재생에너지를 통한 공급은 약 19%로 추정되었다. 이 중 약 9.3%를 재래식 바이오매스¹⁾가 차지하고 있는데 재래식 바이오매스는 개도국의 농촌지방에서 주로 취사와 난방용으로 사용되고 있다. 최신재생가능원에서 나온 이용가능한 열에너지는 전체최종에너지소비의 약 4.1%를 차지하고 있고 수력발전에너지는 3.7%, 풍력, 태양력, 지열, 그리고 바이오매스와 바이오연료가 약 1.9%를 차지하고 있다(그림1 참조). 재생에너지는 글로벌 에너지 믹스의 핵심적인 부분이다.

최신재생에너지는 4개의 별개 시장(전력생산, 냉난방, 운송용 연료, 그리고 농촌/독립형(off-grid) 에너지 서비스)에서 화석연료와 원자력을 대신할 수 있다. 이번 장에서는 앞의 세 시장에서 나타나고 있는 최근 시장동향과 산업발전을 개괄하고 개도국의 농촌/독립형(off-grid) 에너지는 농촌재생가능에너지 부문에서 다루기로 하겠다. 그 다음 장에서는 시장의 특정 기술 분야와 산업개발 그리고 경향에 대한 부분을 다룰 것이다.

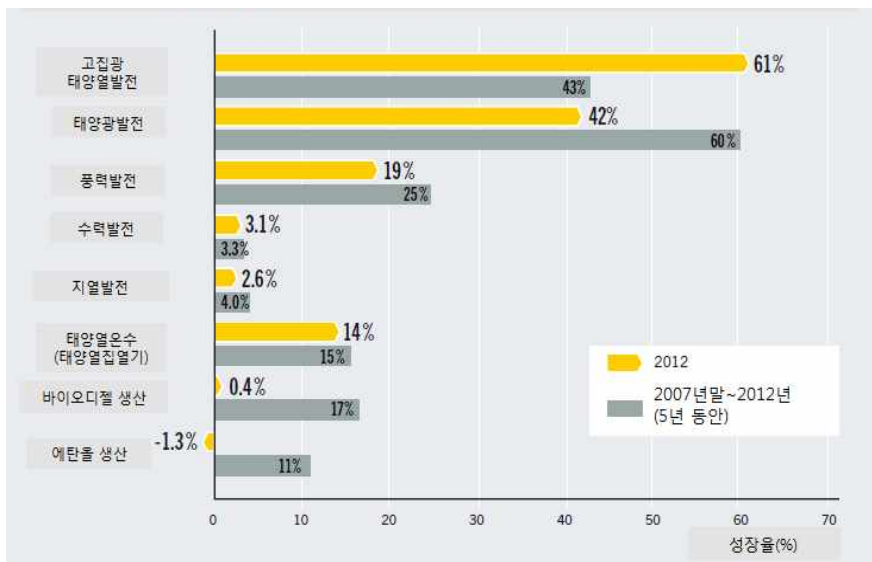
지난 5년 동안(2008년 ~ 2012년까지) 많은 재생에너지 기술의 설비용량²⁾은 빠른 속도로 커지고 있고 특히 전력부문에서 가장 빠른 증가속도를 보이고 있다. 태양광발전(PV)의 총용량은 연평균 60% 정도 증가하였고 고집광 태양열발전(CSP) 용량은 연평균 40%이상 증가, 같은 기간 동안 풍력은 연간 25% 증가하였다. 수력과 지열발전은 매우 고도의 기술로 매년 3~4% 정도의 증가율을 보이는데 그 증가율이 그다지 크지 않다. 바이오전력 또한 복잡한 기술력을 요하는데 고체와 가스 바이오매스 용량의 꾸준한 성장과 더불어 연평균 8%의 증가를 보이고 있다(그림 2 참조).

- 1) 고체바이오매스를 말하는 재래식 바이오매스는 비효율적이고 연소하면서 많은 오염물질을 발생시킨다. 난방기, 스토브, 용광로에서 열에너지를 발생시키고 이것은 일반적으로 개도국 시골지역의 주방, 편의시설, 소규모 농장 그리고 산업공정에서 사용된다. 재래식 바이오매스는 현재 개도국 지방의 에너지 수요를 충족시키는데 중요한 역할을 하고 있다. 이 보고서에서는 최신 바이오매스를 고체, 액체, 가스 바이오매스에서 효율적으로 얻어진 에너지로 정의해 놓았다(이 보고서의 용어사전 참고). 재래식 바이오매스의 지속가능성에 대한 논쟁은 계속되고 있고 재래식 바이오매스를 재생에너지로 볼 것인지 아니면 지속가능한 에너지원에서 나왔을 때만 재생에너지로 분류할 수 있는지에 대해서도 논쟁이 계속되고 있다. 재래식 바이오매스의 환경과 건강영향평가에 대해 좀 더 알고 싶다면 IPCC *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (Cambridge, U.K. : Cambridge University Press, 2011)의 H. Chum 외, "Bioenergy", 그리고 *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability* (New York: United Nations Development Programme, 2000)의 John P. Holdren 외, "Energy, the Environment, and Health"를 참고.
- 2) 다음 장에서는 가능한 경우 에너지데이터를 포함시켰지만 주로 설비용량 데이터에 집중하고 있다. p178의 방법론 참고.

냉난방 부문 특히 태양열 시스템, 지열원 열펌프(geothermal ground-source heat pumps), 일부 바이오에너지 연료와 시스템에 대한 수요 또한 급격히 증가하고 있다. 유광태양열온수기 용량은 지난 5년 동안 평균 15%를 초과하여 증가하였고 지열원 열펌프는 연평균 20% 증가하였으며 바이오열용량은 계속해서 증가추세에 있다. 목재펠릿 소비(열과 에너지에 사용)는 연간 20%의 증가를 보이고 있다.



<그림 1> 전 세계 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중(2011년)



<그림 2> 2007년 말~2012년, 재생에너지용량과 바이오연료 생산의 연평균 성장률

운송부문에서 액체 바이오연료 증가는 최근 몇 년 동안 엇갈리는 경향을 보이고 있다. 2007년 말부터 2012년 동안 연평균증가율은 에탄올이 11%, 바이오디젤이 17% 정도이다. 비록 2012년에 바이오디젤 생산이 계속 늘어나고 있지만 그 증가속도는 매

우 느리고 에탄올 생산은 2010년에 최고치를 기록하고 그 뒤로는 감소추세이다.

대부분의 재생에너지기술에 대한 생산이나 세계적인 수요는 계속 증가추세이다. 그러나 2012년, 대부분의 재생에너지기술에 대한 세계시장 성장률은 그 전의 몇 년에 비해 느리게 이루어지고 있다. 정책 뒤집기와 소급효과와 같은 불확실한 정책환경과 정책지원감소는 여러 다양한 시장의 투자환경에 영향을 미치고 유럽, 중국, 인도에서 재생에너지시장이 탄력을 받는데 방해가 되고 있다.

2012년 태양광발전과 해양풍력발전 가격이 계속해서 떨어지고 있는데 이것은 경제 규모의 증가와 기술발전뿐만 아니라 과잉 생산된 모듈과 터빈에 기인하고 있다. 국제적인 경제위기(이것으로 정책변화 이루어짐)와 국제무역분쟁과 함께 몇몇 재생에너지 산업, 특히 설비제조업체는 새로운 국면을 맞이하고 있다.

이와 함께 연중 눈에 띄는 도산이 여러 차례 이어졌고 규모에 상관없이 특히 태양, 풍력, 바이오연료산업 사이의 합병이 계속되고 있다. 제품가치 증가와 비용감소를 위해 제조업체들은 공급망을 통합하고 제품을 다양화해야 한다. 프로젝트개발과 소유권 문제도 계속 해결해야 한다.

가격하락은 많은 제조업체에게 손해를 입혔지만 그들은 새로운 기회를 얻기도 했다. 기업들은 과잉생산과 재래시장의 증가율 감소 때문에 새로운 시장을 개척해야 했다. 가격하락과 재원혁신은 선진국과 개도국 모두에서 다양한 소비자들의 재생에너지 이용가능성을 높였다. 가격하락으로 2012년에는 설비업체나 소비자들 모두 혜택을 보게 되었다.

그 결과 아시아, 라틴아메리카, 중동 그리고 아프리카에 새로이 형성된 시장은 탄력을 받게 되었고 모든 재생에너지 기술과 최종사용부문에 투자가 이루어지고 있다(사이드바 2와 투자흐름부문 참조). 2012년 동안 시장형성, 생산 그리고 투자가 개도국으로 점점 바뀌고 있다.

재생에너지는 새로운 산업분야에 적용되고 있는데 여기에는 담수화(특히 건조지대에 태양발전을 이용)와 에너지집약적인 원격지 채광산업이 포함된다. 이 모두는 나라별, 기술별로 다양하게 재생에너지부문의 일자리에 영향을 미쳤고 전 세계적으로 재생에너지산업 근로자수가 증가하고 있다(사이드바 4와 표1 참고).

1. 전력부문

2012년 세계 총재생에너지발전용량은 1,470기가와트(GW)를 넘어섰는데 이는 2011년보다 약 8.5% 늘어난 것이다. 수력발전¹⁾은 약 990GW로 늘어났고, 다른 재생에너지는 21.5% 증가하여 480GW를 넘어섰다. 2012년 전세계적으로 풍력발전은 재생에너지발전용량의 39%를 차지했고 그 뒤를 수력발전과 태양발전이 따르고 있는데 이들은 약 26% 정도이다(표 R1 참고). 태양광발전 용량은 100GW라는 고지를 지나 바이오파워를 능가하게 되었다. 이것은 수력과 풍력의 뒤를 이어 용량면(발생부분이 아니고)에서 3번째로 규모가 큰 재생에너지기술이다.

재생에너지는 매년 전세계적으로 전기용량추가분에서 차지하는 부분이 날로 커지고 있고 2012년에 전력발생용량의 순추가분의 반을 차지하였다. 2012년 말에는 재생에너지가 세계전력발생용량의 26%이상을 차지하였고 전세계전력의 약 21.7%를 공급했던 것으로 추정되며, 이중 16.5%를 수력발전이 차지하고 있다(그림 3 참고). 매년 재생에너지용량은 급속도로 증가하고 있지만 전체 발생량 중 재생에너지 점유율 증가속도는 느린데 이것은 아직도 대부분의 나라들이 계속해서 화석연료용량을 늘리고 있고 그나마 추가되고 있는 재생에너지용량(풍력과 태양에너지)은 대부분 상대적으로 낮은 설비이용률로 작동되고 있기 때문이다.

그렇기는 하지만 풍력과 태양열발전은 덴마크, 이탈리아와 같은 나라에서 보급속도가 빨라지고 있다. 2012년에 전력량의 30%를 풍력이, 5.6%를 태양광발전이 각각 차지했다. 점점 더 많은 지역에서(호주, 독일, 인도 그리고 미국과 같은 나라들이 포함) 재생에너지의 전기발생부분이 최고치를 기록하고 있고 현물시장가격은 종종 내려가지만 일시적으로 전력수요의 높은 점유율을 차지하였다.

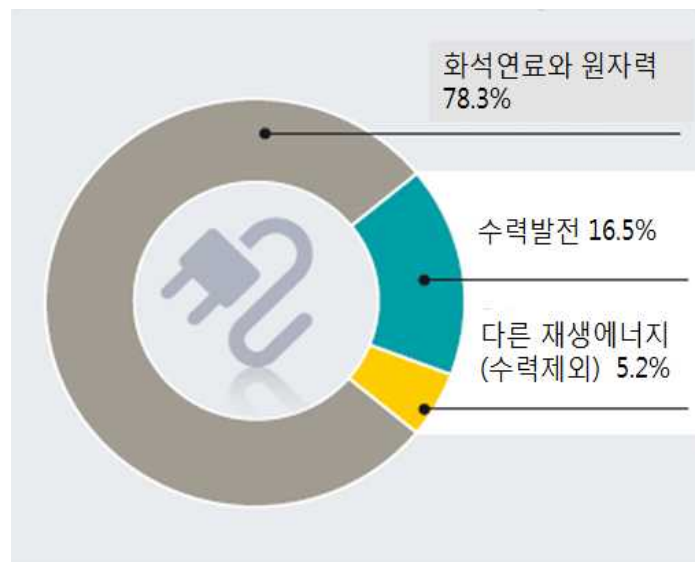
게다가 해양풍력과 태양광발전의 발전원가(levelised cost)는 감소하는 반면, 석탄과 천연가스의 전세계적인 평균비용(탄소 포함)은 높아진 자본비 때문에 증가하고 있다. 대부분의 재생에너지 기술 가격은 하락하고 있고 재생에너지가 점점 더 많은 지역에서 그리드 패리티(grid parity)를 획득하고 있다.

2012년 말을 기준으로 총재생에너지전력용량 부문에서 상위권에 해당하는 나라는 중국, 미국, 브라질, 캐나다, 그리고 독일이다. 비수력재생에너지(non-hydro renewable)전력용량 부문에서 상위권인 나라는 중국, 미국, 독일이고 그 뒤를 스페인, 이탈리아 그리고 인도가 뒤따르고 있다(그림 4와 표R2 참고). 프랑스와 일본은 6

1) 이 보고서에 나오는 수력발전데이터와 총재생에너지 통계자료를 보면 전체에서 순수양수발전저장용량(capacity of pure pumped storage)은 생략되었음을 알 수 있다. 더 많은 정보는 p178 방법론을 참고할 것.

위와 차이가 많이 나는 공동 7위이고 그 뒤를 영국, 브라질, 캐나다, 스웨덴이 뒤따르고 있다. 이 열두 나라의 1인당 비수력재생에너지전력용량은 독일이 가장 많고 그 뒤를 스웨덴, 스페인, 이탈리아, 캐나다, 미국, 영국, 프랑스, 일본, 중국, 브라질, 인도 순으로 따르고 있다²⁾(다른 순위를 보려면 p17 상위5개국표 참조). 전체적으로 이 열두 나라는 전세계 비수력재생전력용량의 84%를 차지하고 있고 상위 5개국은 64%를 차지하고 있다.

중국은 2012년을 기준으로 전세계 재생에너지발전용량의 1/5에 달하며 여기에는 수력발전용량 약 229GW와 다른 재생에너지(대부분 풍력) 90GW를 포함하고 있다. 2012년에 88GW 발전용량 추가분 중에 수력발전이 17%, 다른 재생에너지가 19%를 차지하고 있다. 2012년 중국 전기수요의 20%를 재생에너지로 충당하고 있는데 이 중 수력발전이 17.4% 차지하고 있다. 2011년과 비교해서 2012년 전력생산량은 풍력에서 35.5%, 태양광발전에서 400% 증가하였는데 풍력발전량이 석탄생산량보다 많았고 원자력발전량을 처음으로 앞질렀다.



<그림 3> 2012년 말, 전세계전력생산 중 재생에너지 비중

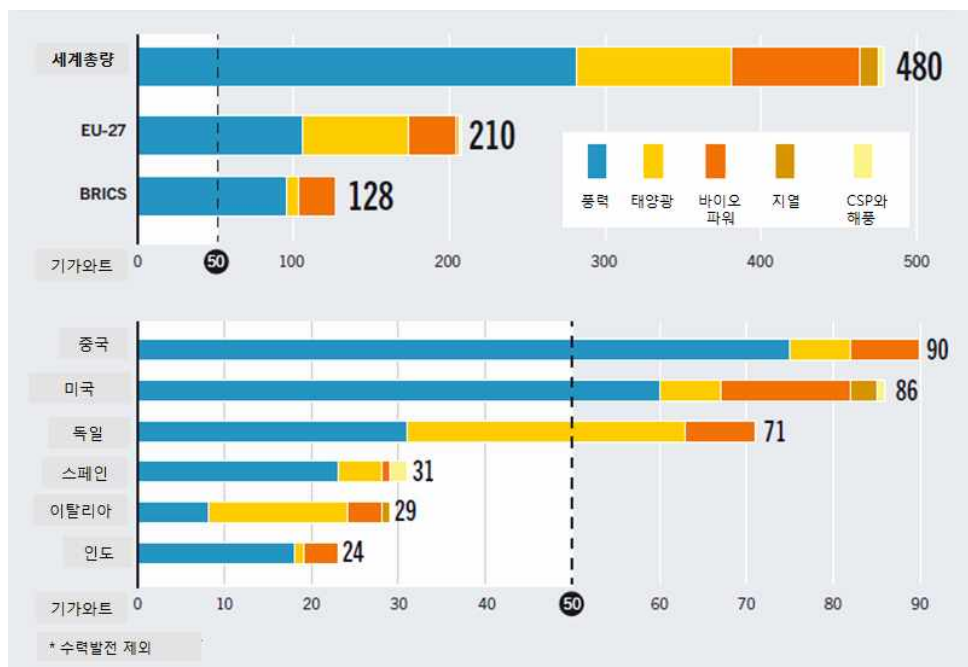
미국에서 2012년 재생에너지는 순전력발생량의 12.2%에 해당하고 2012년 말에는 총발전용량의 약 15% 이상을 차지하고 있다. 수력발전생산량은 13.4%로 감소하였지

2) 여기에 언급된 나라 외에 1인당 재생에너지용량이 높고 재생에너지원 전력이 높은 비율을 차지하고 있는 나라가 있지만 GSR은 높은 비율의 비수력용량에 초점을 맞추고 있다(표 R11 재생에너지를 통한 전력생산 비중 현황 참고).

만 다른 재생에너지 순발생량은 2011년 4.7%에서 2012년 5.4%로 증가하였다. 처음으로 전력용량 추가분의 많은 부분을 풍력에너지(45%)가 차지하였고 대부분의 재생에너지가 2012년 미국 전력용량 추가분의 반을 차지하게 되었다.

독일에서는 전력소비 중 22.9%를 재생에너지가 차지하였고(2011년보다 20.5% 증가) 재생에너지는 원자력, 가스연료, 무연탄발전소(갈탄발전소 제외)보다 더 많은 전력을 생산하고 있다. 총재생에너지전력발생량(136TWh)은 2011년보다 10%이상 증가하였고 풍력에너지가 33.8%, 그 뒤를 바이오매스 30%(바이오가스가 반 이상을 차지), 태양광발전 20.6%, 그리고 수력발전이 15.6% 차지하고 있다. 독일에서 재생에너지는 전체 최종에너지 수요의 12.6%를 차지한다(2011년 12.1%보다 증가하였음).

스페인에서는 재생에너지 용량 추가분 증가속도가 경제침체와 최근의 정책변화로 둔화되고 있다(정책전망 부분 참고). 그러나 여전히 4번째로 많은 비수력재생전력용량을 보유하고 있고 약 30.8GW가 사용 중이며 여기에 17GW의 수력발전이 더 사용되고 있다. 2012년 스페인 전력 수요 중 재생에너지는 32%를 차지하는데(2011년 33%보다 감소) 이 중 풍력에너지가 가장 많은 부분을 차지하고 있고 그 다음은 태양발전이다.



<그림 4> 2012년 재생에너지 전력용량

이탈리아는 5번째로 큰 재생에너지전력용량을 가지고 있으며 2012년 말에 비수력

재생에너지가 29GW, 수력발전이 18GW이다. 전체 전력수요의 27%를 재생에너지가 차지하고 있고(2011년, 24%에 비해 증가) 이 중 비수력재생에너지가 15%에 해당한다.

2012년 동안 인도에서는 4.2GW의 재생전력용량이 추가되었는데 여기에는 0.7GW의 수력발전, 기타 재생에너지(대부분 풍력)가 3.5GW 포함되고 연말에 총 66GW를 초과하였다. 또한 연말에 재생에너지는 총설비용량의 31% 이상을 차지하였고 이 중 비수력재생에너지가 11%에 해당한다(24GW).

브릭스(BRICS)¹⁾는 2012년 말, 세계재생전력용량의 36%를 차지하고 비수력재생에너지가 약 27% 정도이다. 러시아는 대규모의 수력발전용량을 가지고 있는 반면에 사실상 모든 브릭스의 비수력전력용량은 브라질, 인도 그리고 특히 중국이 보유하고 있다. 남아프리카는 연말까지 풍력과 CSP설비를 건설하고 있어서 중요한 전환점을 맞이하고 있다.

브릭스가 모든 재생에너지의 설비용량에서 선두를 유지하고 있을 때 유럽연합(EU)²⁾은 2012년 말에 전세계의 약 44%에 해당하는 가장 많은 비수력전력용량을 가지고 있다. 2000년부터 2012년까지 유럽연합에서 재생에너지는 전력용량 추가분의 반 이상을 차지하고 있고 2012년에는 추가분의 거의 70%가 재생에너지이다. 이 재생에너지 중 대부분이 태양광발전(2012년 추가분 중 37%)과 풍력발전(26.5%)이다. 연말에 재생에너지는 유럽연합 전체발생용량의 1/3이나 차지하게 되었고 비수력재생에너지는 1/5 이상을 차지하였다. 2011년(가장 최근의 가용성 자료)에는 재생에너지가 지역 전력소비량의 20.6%(2010년 20%보다 증가)를, 총최종에너지소비의 13.4%(2010년 12.5%)를 차지하고 있다.

유럽연합과 다른 지역에서 자발적으로 재생에너지를 구매하는 가정과 사업체가 늘어나고 있다. 몇몇 나라에서 난방과 운송용 바이오연료의 자발적 구매는 선택사항이지만 “녹색에너지” 구매는 재생전력을 위해 매우 일반적이다. 가장 많은 기업이용자는 일본, 독일, 핀란드에 있다고 알려졌다.

독일은 녹색전력의 선두 나라 중 하나이다. 2006년, 전력시장에 80만 가정용 고객이 있고 이것은 2011년 430만명으로 증가하였다. 전체 가정의 10%정도가 13.1TWh의 재생전력을 구매하였고 상업상의 목적으로 구매하는 고객은 21TWh 초과하여 구매하였다. 다른 주요 유럽 녹색 전력 시장에는 오스트리아, 벨기에(플랑드르), 핀란드, 이탈리아, 네덜란드, 스웨덴, 스위스, 영국이 있는데 이들의 시장점유율은 독일보

1) 신흥국가경제협력회에는 브라질, 러시아, 인도, 중국 그리고 남아프리카가 포함된다.
2) 여기서 유럽연합은 유럽연합 소속 27개국을 말한다.

다 작다.

미국에서는 반 이상의 전력소비자가 전력공급소매상에게 직접 녹색전력을 구매할 수 있는 선택권이 있다. 2011년에는 미국 녹색전력시장이 약 20% 증가하였고 가장 먼저 자발적 녹색전력의 자격을 받은 그린-e 에너지는 약 27.8TWh 정도이다. 2013년 초, EPA 녹색전력파트너십(Environment Protection Agency's Green Power Partnership) 자격을 받은 50개의 대규모 구매자(지방당국과 기업이 포함)들은 다양한 재생에너지원에서 연간 17TWh 이상의 전력을 구매하면서 모든 전력수요를 충당하고 있다. 녹색전력시장은 호주, 캐나다, 일본 그리고 남아프리카에도 존재한다.

50개 이상의 주요 국제 주식회사는 2012년 말에 Windmade 라벨을 선택하였다. 이 라벨은 2011년에 소비자들로 하여금 풍력에너지를 사용하는 기업과 상품에 대한 정보를 제공하기 위해 도입되었다. 그리고 2012년에는 모든 재생에너지에 대한 새로운 라벨개발을 위해 구체적인 계획이 발표되었다. 2013년 초에는 유럽 환경 NGOs 네트워크는 유럽 전체에 녹색라벨기준을 제공하기 위해 "EKOenergy"를 도입하였다.

유럽, 인도, 미국 그리고 다른 지역의 주요 산업적, 상업적 고객은 계속해서 그들 소유의 재생전력시스템을 설치하고 운영하려고 한다. 이와 더불어 지역사회 소유와 협력사업 또한 2012년 동안 그 수가 증가하였다. 소규모 재생에너지설비가 늘어나면서 원격지에 재생에너지시스템이 가능해졌고 현장에서 최소한의 전력을 발생시키는 것을 선호하는 소비자들을 위한 전력망연결시스템도 가능해졌다. 특히 유럽의 몇몇 나라에서 전력생산자가 되는 소비자들이 늘어나면서 몇몇 주요 재생에너지설비는 시장점유율을 잃어가고 있어서 최근 비즈니스모델에 부담을 주고 있다.

사이드바 1. REN21 재생가능에너지 글로벌미래보고서

2013년 1월, REN21은 국제동향 연례보고서에 REN21 재생에너지 국제미래동향보고서 (REN21 Renewables Global Futures Report)를 발간하였다. 여기에는 미래 재생에너지에 대한 현재 사조가 그려져 있다.

이 보고서에는 하나의 시나리오나 관점만이 있는 것이 아니라 170명의 선도적 전문가들의 인터뷰와 여러 기관에서 발표한 50개의 최근 에너지 시나리오를 바탕으로 종합적인 의견을 제시하고 있다. 그래서 시나리오와 전문가의 견해를 바탕으로 재생에너지 미래에 대한 신뢰할 만한 가능성을 보여준다. 이 보고서에는 특별히 “대논쟁(Great Debates)” 시리즈가 게재되어 있어서 미래의 재생에너지로 나아가는 과정에서 나타나는 현개발과정, 정책이슈, 여러 가지 선택사항들에 대해 개괄적으로 볼 수 있다.

이 보고서는 미래 재생에너지에 대한 현대 사조가 과거에 기초한다는 것을 보여준다. 예를 들어 많은 보수적인 시나리오에서 미래에 재생에너지가 전체에서 차지하는 부분이 15~20%라고 하는데 이것은 지금의 수준과 비슷하다. 그러나 이와 같은 견해는 지난 10년 동안 급격히 성장한 재생에너지시장, 획기적인 재생에너지기술발전 그리고 최근의 재생에너지비용감소와 더불어 설득력을 잃어가고 있다. 대부분의 “중도(moderate)” 시나리오는 재생에너지 비율을 30~45%로 보고 있고 이것은 몇몇 나라에서 믿을만한 수치로 나타나고 있다. 이것 외에도 50~95% 범위도 있고 이런 결과를 낸 프로젝트가 점점 더 신뢰를 얻고 있으며 주류가 되고 있다.

다양한 시나리오를 통해 2030년까지 재생에너지용량은 풍력발전용량 4~12배, 태양광발전 7~25배, CSP 20~350배, 바이오전력 3~5배, 지열에너지 4~15배, 그리고 수력발전은 30~80% 증가할 것임을 알 수 있다.

전문가 인터뷰와 시나리오 계획을 통해 2020~2025년 동안 재생에너지에 연 500억 달러(USD)가 투자될 것을 예상할 수 있다. 재정전문가들은 이와 같은 투자가 이루어지기 위해 공동기금이나 연금기금과 같은 새로운 자금출처가 많이 확보되어야 한다고 보고 있다. 또한 이들은 재생에너지 프로젝트가 위험도가 낮은 투자에 해당하고 몇몇 화석연료에 기초한 투자보다도 위험도가 낮은 것으로 봤다. 물론 어떤 전문가는 “산업재해와 비슷한 위험도”라고 얘기하기도 했다.

이 보고서에는 재생에너지를 전력망, 건물, 산업체 그리고 운송에 통합시키는 방안이 시급히 해결되어야 하는 문제라고 지적하고 있다. 보고서에는 다양한 재생에너지의 비율을 높이기 위해 12개의 옵션이 제시되어 있고 고가의 에너지저장기술이 필요하다는 근거 없는 믿음을 불식시키기 위한 시도를 하고 있다. 또한 몇몇은 통합과정에 반대하고 있지만 기타 다수가

적극적으로 선두에 서서 통합과정을 성공시키기 위해 노력하고 있다.

기존 건축자재와 관례상 건물 통합 과정이 가장 어려울 것으로 예상하지만 다양한 비용효과적인 방법이 있고 저에너지 또는 제로에너지 건물이 매우 중요하게 다루어진다. 운송부문에 서는 선진바이오연료형태의 통합과 재생에너지로 충전되는 전기자동차가 매우 중요한데 아직까지는 불확실한 부분이 많다는 것이 전문가들의 견해다. 이런 통합의 기회와 도전과제는 역사적으로 존재했던 가격기반 또는 비용기반 정책들과 병행해서, 부문별로 각각의 통합을 지원할 수 있는 새로운 정책이 필요함을 시사한다.

많은 전문가들은 재생에너지의 장기전망을 “전환형(transformative)” 에너지시스템으로 보았는데 예를 들어 전력은 공급과 수요가 상호작용하면서 더 유연해지고 다층구조를 가지게 될 것이다. 이동성에 대한 다양한 필요성을 채우면서 다양한 차량과 연료종류를 제공할 것이다. 그리고 재생에너지통합건설자재와 건설과정은 저에너지건물디자인과 더해져서 어디에서나 흔히 볼 수 있게 될 것이다.

많은 전문가들은 재생에너지가 직면하게 될 대부분의 문제들이 근본적으로 기술적인 문제도, 경제적인 문제도 아니라고 말한다. 다양한 현장에서 “그리드패리티(grid parity)”와 다른 경쟁력있는 수단들이 완결되었거나 거의 완결되고 있기 때문이다. 이 관점에 따르면 재생에너지의 미래는 기술과 경제적 흐름에 의해 이미 결정된 어떤 것이 아니라, 근본적으로 선택의 문제이다.

사이드바 2. 지역조명: 아프리카

석유, 가스 산업의 오랜 역사 속에 아프리카는 전력, 열, 운송연료를 위한 재생가능에너지원의 잠재가능성을 인정받고 있다. 남북 아프리카¹⁾의 넓은 지역은 세계적 수준의 태양발전원을 가지고 있는 것으로 유명하고 많은 아프리카 나라들이 개도국 중에서 풍력과 지열에너지의 높은 잠재력을 가지고 있다고 알려져 있다. 아프리카대륙의 수력발전 잠재가능성 중에서 불과 7%만 알려졌다고 하는 사람도 있다. 이미 재래식 바이오매스의 과중 사용자들 또한 지속가능한 바이오에너지 계획과 기술을 선택할 정도로 성숙되었다.

그럼에도 불구하고 아프리카 재생에너지 시장은 최빈개도국 수준이다. 최신 에너지 이용 규모는 총에너지수요에 비해 단편적이고 최신재생에너지(대규모의 수력발전은 제외)는 일반적으로 규모가 작은데다, 전력망에 연결되지 않은 독립형이었다.

1) REN21은 최근 MENA Renewables Status Report를 발표했는데 중동과 북아프리카지역의 재생에너지에 초점을 맞추고 있다. 이 보고서는 REN21웹사이트 www.ren21.net에서 볼 수 있다.

그러나 시장은 빠르게 변화하고 있다. 아프리카 재생에너지 가능성에 대한 인식 증가와 본격적인 경제회복, 급속한 성장과 안정된 정부는 대규모의 다양한 재생에너지 포트폴리오를 가능하게 하였다. 아프리카의 많은 나라들은 지속가능한 거시경제개발의 관점에서 봤을 때 소규모, 독립형 시스템(농어촌 전력보급 확대 프로그램의 유산)에 초점을 맞춘 재생에너지에서 공익사업 규모의 시스템과 기반시설에 초점을 둔 재생에너지로 전환하고 있다.

추가발생용량(향후 10년 동안 연평균 7GW 예상)에 대한 거대 수요에 재생에너지시장은 강한 반응을 보이고 있다. 북아프리카 풍력시장은 선두를 차지하고 있는데 2020년까지 10GW 이상을 목표로 하고 있다. 케냐를 선두로 아프리카 대륙 동쪽에서는 다양한 계획과 발전 단계에서 지열용량의 증가현상이 나타나고 있으며 수력발전용량은 전아프리카에서 증가하고 있다. 2013년, 남아프리카에서는 계획과 조정과정을 거쳐 처음으로 5MW 규모 이상의 전력 망연결형 풍력 및 태양열 발전프로젝트를 검토하고 있다.

재생가능난방시장은 아주 작은 규모이지만 사하라사막 이남 지역이 아시아(중국제외)와 미국, 캐나다 등지보다 1인당 가정용급탕에 더 많은 태양열을 생산하면서 그 규모가 점점 커지고 있다.²⁾ 그리고 몇몇 아프리카 나라에서는 지역바이오연료생산을 적극적으로 시작하거나 확장하려고 하는데 이것은 외국자본의 지원을 받는다.

아프리카는 해외기술에 많이 의지하는데 시장규모의 확장은 지역산업의 성장에 박차를 가하고 있다. “balance of system(BOS)[태양광패널 이외의 모든 태양광설비를 말함]” 현지제조 업체는 좀 더 선진적인 아프리카 경제권에서 안정된 자리를 확보하고 있다. 전도 유망하게 풍력발전용 터빈, 탑, 날개, 태양전지판 그리고 인버터와 같은 복잡한 물품들이 상업용 또는 미래영리사업의 전신으로 생산되고 있다. 기술혁신은 국민경제 계획수립에서부터 장려하고 있는데 아프리카기술정책연구네트워크(African Technology Policy Studies Network)와 같은 지역단체의 지원을 받는다.

국가별 재생에너지계획은 초기의 재생에너지 움직임에 강한 촉매역할을 하였다. 약 20여개의 아프리카 나라는 현재 공식적인 재생에너지정책을 가지고 있고, 지난 5년 동안 재생에너지 사용량이 많이 증가하였으며, 대부분 야심찬 재생에너지목표를 가지고 있다(표 R10-R12 참고). EAC, ECOWAS, MENA 그리고 SADC와 같은 정부간조직 또는 단체는 재생에너지를 위한 지역센터를 설립하였다(서아프리카의 ECREEE 그리고 북아프리카의 RCREEE). 또 이들은 지역계획을 수립하여 회원국 사이에 재생에너지개발에 대한 공통된 시각을 가지려고 하였다³⁾.

2) 2010년 가동중인 유광(평판 집열기와 진공관형 집열기) 집수기의 연간 생산량에 기초.

3) EAC는 동아프리카지역사회(East African Community), ECOWAS는 서아프리카지역의 경제공동체(Economic Community of West African States)를 말한다. MENA는 중동과 남아프리카의 약자인데 이들은 공적기관이 아니고 지리적인 그룹일 뿐이다. SADC는 남아프리카 개발 공동체(Southern African Development

급증하는 에너지 수요에 발맞추기 위해 에너지기반시설에 막대한 투자가 필요하다. 이것은 다가오는 10년 동안 아프리카 대륙 GDP의 6%이상(연간 USD 41억 달러)과 비슷한 수준이다. 투자격차를 줄이기 위해 해외직접투자가 매우 필요하고 여기서 중국이 지배적인 위치를 차지하고 있다. 중국은 에티오피아, 나이지리아, 수단, 잠비아의 대규모 수력발전과 케냐의 지열개발에 재정지원을 하고 있다. 중국기업과 투자자들은 아프리카대륙의 풍력과 태양발전에 대해서도 적극적이다. 아프리카는 전례 없는 성장과 안정성을 보여주고 있지만 대부분 시급하고 단기적인 사회경제적인 문제가 있고 이것은 국가예산과 계획수립단계에 많은 영향을 미친다. 용량확장을 위한 자본출자는 에너지수요를 따라가지 못하고 아프리카의 재생에너지 투자는 다른 나라에 비해 매우 적게 이루어지고 있다. 부정적인 국제인식도 여전히 있다. 비록 아프리카에서 활동하고 있는 해외기업은 아프리카대륙의 투자가치를 긍정적으로 보지만 아프리카에서 활동하지 않는 기업들은 매우 부정적이다. 얼마전 재생에너지성장에 대한 잠재적 악영향이 조명 받았는데 감시인조직들은 정부와 해외투자자들에 의한 재생에너지개발 위험성이 지역사회의 사회 경제적 번영에 위협을 가할 것이라고 하였다. 그럼에도 불구하고 아프리카의 경제성장과 에너지기반시설에 대한 투자는 전례 없는 수준에 이르렀고 아프리카는 전망 있는 재생에너지시장 중 하나로 널리 인식되고 있다.

“지역조명(Regional Spotlight)” 사이드바는 GSR2013에 처음으로 게재되었는데 해마다 전세계 다른 지역의 재생에너지 발달과정과 경향에 대한 내용에 초점을 맞추어 앞으로 정기적으로 보고서에 실릴 예정이다.

Community)이고 ECREEE는 재생에너지와 에너지효율성 제고를 위한 ECOWAC 센터이다. RCREEE는 재생에너지와 에너지효율성제고를 위한 지역센터이다.

2. 난방, 냉방 부문

최신 바이오매스, 태양열, 그리고 지열에너지는 전세계 수천만 가정용, 상업용 건물의 온수공급과 공간난방(몇몇은 열펌프와 흡착냉각기를 사용한 냉방)에 이용된다. 이들 재생에너지는 산업공정과 농사과정에 열을 공급하기도 한다. 패시브형 태양열건물 설계(Passive solar building design)로 많은 양의 열(빛 포함)을 제공할 수 있게 되었고 그 양은 증가추세이지만 이들에 대한 데이터가 부족해서 이번 보고서에는 포함시키지 않았다.

최신 바이오매스는 전세계적으로 재생열 부문에서 다수를 차지하고 있다. 유럽이 바이오열 소비를 가장 많이 하는 지역이지만 바이오열에 대한 수요는 다른 곳에서 증가하고 있다. 그리고 바이오가스는 개도국에서 조리용 연료로 그 중요도가 커지고 있다.

태양집열기는 가정, 학교, 병원, 호텔 그리고 정부나 상업용 건물에서 온수용(공간난방 이용도 증가하고 있음)으로 56개국 이상에서 사용하고 있다. 태양집열기는 중국에서 아주 많이 사용하는데 태양열난방장치는 전체 사용기간 동안 천연가스나 전열기보다 비용이 적게 든다.

지열에너지는 적어도 78개국에서 직접가열목적으로 사용하고 있는데 지역난방시스템, 수영장, 산업공정, 농업건조, 기타 다른 용도가 있다. 지열 열펌프는 공간난방과 냉방에 사용되는데 지열직접이용 부문에서 역사적으로 가장 빠른 증가속도와 규모를 자랑한다.

냉난방에 재생에너지기술을 이용하는 것은 전세계의 수요가능성에 비해 상대적으로 많은 한계점을 가지고 있다. 그러나 점점 관심이 고조되고 있고 여러 나라(특히 EU)에서 재생에너지원에서 나온 열을 공유하려고 하고 지지정책을 법제화하려는 움직임을 보이고 있다. 예를 들어 2012년을 기준으로 독일의 열수요 가운데 재생에너지(대부분 바이오매스)가 10.4%를 차지하였고 덴마크에서는 2013년부터 신축건물의 화석연료난방보일러 사용을 금지시켰다. 덴마크, 일본, 영국을 포함한 몇몇 나라의 소비자들은 비록 다른 녹색전력과 비교했을 때 선택할 수 있는 폭이 좁긴 하지만 자발적 구매프로그램을 통해 “녹색열(green heat)”을 선택할 수 있게 되었다.

난방(그리고 냉방) 부문의 최근 경향을 보면 대규모 시스템 사용, 열병합발전(CHP) 사용 증가, 지역냉난방을 위한 재생에너지 공급 계획 그리고 산업용으로 재생열의 사용 증가와 같은 것들을 볼 수 있다. 게다가 몇몇 EU 나라에서는 태양열과 다른 열원(바이오매스와 같은)을 연결하는 하이브리드 시스템을 검토하고 있다. 또한 몇몇의 나라는 지역난방시스템(재생에너지원에 기초)을 사용하여 다양한 전원 사이의 전력발

생 균형을 맞추고 있다. 예를 들어 바람이 아주 심한 날 과잉 전력 생성을 통하여 직접 물을 데우거나 열펌프를 이용한다.

3. 운송부문

현재 재생에너지는 액체와 가스 바이오연료 형태로 운송부문에 이용되고 있다. 게다가 기차와 전기자동차에 전력을 공급하고 재생산된 수소를 통해 연료전지자동차에 잠재적 동력을 제공하고 있다.

액화 바이오연료는 현재 전세계운송연료의 2.5%에 해당하고(도로수송연료의 3.4%, 매우 적은 비율이긴 하지만 점점 그 비중이 커지고 있는 비행연료) 수송연료의 많은 부분을 재생에너지원에서 얻어내고 있다.

제한적이지만 점점 증가하고 있는 가스 바이오연료(거의 대부분이 정제된 바이오가스에서 나온 바이오메탄)는 몇몇 유럽국가(주로 독일과 스웨덴), 미국의 일부 지역사회와 기타 지역의 자동차, 지역열차, 버스 그리고 다른 운송수단의 연료로 사용되고 있다. 중동, 아시아를 포함한 많은 나라에서 바이오메탄 생산과 자동차연료를 위한 시설 개발 계획을 진행 중이다.

전력은 열차, 도시교통기관, 점점 이용자가 많아지는 전기자동차, 모터사이클, 스쿠터, 모터바이크에 이용되고 있다. 제한적이긴 하지만 재생전력을 이용한 전기수송시스템에 연결하려는 움직임이 증가하고 있다. 예를 들어 2013년 초, 도이치반(Deutsche Bahn)은 독일 내 장거리열차의 75% 정도를 재생에너지로 이용할 것이라는 계획을 발표하였다. 어떤 지역, 특히 작은 단위의 지역에서는 전기차가 특정 프로젝트와 정책을 통해 재생가능전력을 직접 연결될 수 있을 것이다(정책경관 부문 참조).

2장 기술별 시장 및 산업계 동향

1. 바이오에너지

현대적인 에너지의 제공을 목적으로 하는 바이오매스의 사용은 건축, 산업, 수송 최종사용자부문에서 최근 몇 년간 꾸준히 증가했다. 자재 및 화학적 생산의 공급원료일 뿐만 아니라 식품원, 식이섬유원, 가축사료이기도 한 바이오매스는 전세계 1차 에너지 공급의 10% 이상을 차지하는, 세계 4위의 에너지원이다(석유, 석탄, 천연가스 다음이다).

에너지를 목적으로 하는 바이오매스의 원료는 다양하다. 그 중에서도 삼림, 목재가공, 식품작물의 부산물이 지배적이다. 특히 에너지를 목적으로 농업용지에서 재배하는, 회전이 짧은 에너지작물들은 오늘날 연간 소비되는 총 바이오매스원의 약 3-4%를 제공한다. 바이오에너지작물에 사용되는 토지의 총 면적은 자료편차가 너무 커서 정확히 집계하기 힘들다. 게다가 일부에너지작물은 비에너지용도와 경쟁하는 용도로 재배되기도 한다. 가령 사탕수수를 원료로 하는 에탄올의 생산량은 설탕상품시장가격에 따라 변동폭이 크고 팜유의 경우에는 총생산량의 약 15%가량만이 바이오디젤로 사용된다.

바이오매스 공급원료를 생산하고 이를 유용한 에너지로 변환하는 일은 다른 재생에너지와 마찬가지로 다양한 환경 및 사회경제적 영향을 미치는데, 이는 수많은 요인에 의해 좌우된다. 바이오매스생산의 지속가능성, 관련토지이용의 변화, 공급원료경쟁, 무역제한, 옥수수 등의 식품작물로 생산된 바이오연료의 영향 등이 모두 검토대상으로 향후 수요에 영향을 미칠 수 있다. 가령 전세계에서 1년간 생산되는 옥수수의 약 10%가 미국의 에탄올 생산에 소비되고 있어 식품공급에 미칠 영향에 대한 우려의 목소리가 높아지고 있다.

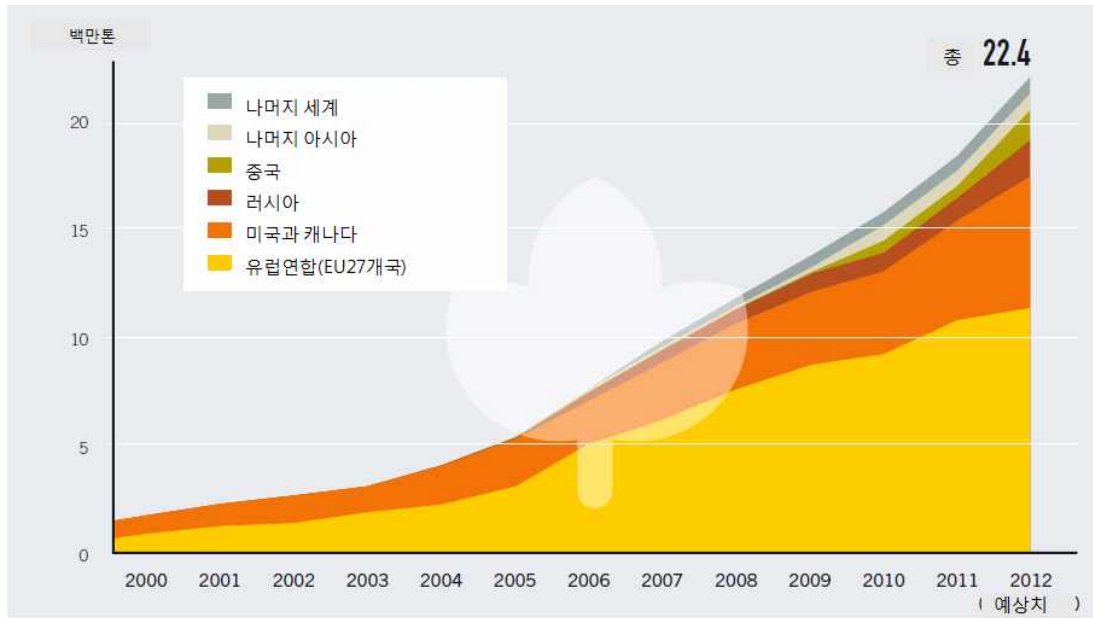
바이오에너지부문은 상대적으로 복잡한 편인데, 이는 바이오매스의 원료가 다양한 형태를 띠고 있는데다 바이오에너지 운반체가 고체, 액체, 기체 등으로 다양하고, 이를 유용한 에너지서비스로 전환할 수 있는 경로도 많기 때문이다. 또한 바이오매스시장은 비공식구조에 의존하는 경우가 많아서 자료와 경향을 공식적으로 추적하기가 힘들다. 게다가 국가별로 자료를 수집하는 기관이 통일되지 않아서 서로 협력이 잘 이루어지지 않거나 상반된 조사결과를 내놓기도 한다. 따라서 바이오매스이용과 바이오에너지수요에 대한 국가 및 세계 자료는 상대적으로 파악하기가 힘들고 그 결과 상대적으로 불확실하다.

■ 바이오에너지시장

바이오매스를 통해 공급되는 총 1차 에너지는 2012년보다 2-3% 증가하여 약 55EJ에 이르렀다.(그림 5 참조) 바이오매스 이용에서 압도적인 다수를 차지한 것은 난방(46EJ)으로, 여기에는 신식 바이오매스에서 생산된 열과, 동물분뇨, 장작, 숯, 작물의 부산물을 가지고 취사, 난방, 급탕 등을 해결하는 개도국의 비효율적인 재래식 바이오매스가 들어간다. 전기생산과 바이오연료에는 각각 약 4.5EJ의 바이오매스 1차에너지가 소비되었다.



<그림 5> 바이오매스 이용현황



<그림 6> 2000~2012년 국가 혹은 지역별 우드펠릿 생산현황

재래식바이오매스난방은 2012년 세계총 1차에너지 수요의 6-7%를 차지했던 것으로 추정된다.(5장 <농촌의 재생에너지>를 참고할 것.) 이 절에서는 (고체, 액체, 기체 연료 같은) 다양한 에너지운반체로 변환되어 난방, 전기, 수송부문에 유용한 에너지서비스를 효과적으로 제공해주는 신식 용법으로 사용되는 바이오매스에 초점을 둔다. 2012년 신식바이오매스소비의 총량은 약 18.5EJ로 세계 1차에너지의 3-4%를 차지했던 것으로 추정된다.

2011년과 비교했을 때 건물과 산업부문의 바이오열생산량은 1-2% 증가했고, 열병합발전(CHP)을 비롯한 바이오전력(전기생산)은 약 4% 늘어났으며, 바이오연료 생산량은 1% 정도 감소했다.

어떤 지역에서는 바이오매스 공급량이 부족해서 늘어나는 바이오에너지 수요를 감당하지 못하고 있지만, 공급량이 넘치는 지역도 있다. 이 때문에 고체 및 액체 바이오매스 연료의 국제거래가 추진되어 몇곳의 바이오매스거래소가 만들어졌고, 이를 통해 국내외의 거래가 활성화되었다. 국지적으로는 주로 바이오메탄, 장작, 숯, 조개탄, 농업부산물 등이 거래되는 반면, 국가 및 국제적인 거래에서는 주로 우드펠릿, 우드칩, 바이오디젤, 에탄올이 거래된다. 이 중에서 거래된 고체바이오매스연료(숯 제외)는 에너지함량 면에 있어서 바이오연료 순거래량의 두배 정도에 달한다.

크기가 작고 간편한 우드펠릿은 세계총고체바이오매스 요구량에서 불과 1-2%를

차지하고 있지만, 갈수록 급속한 성장을 거듭하여 고체바이오매스거래에서 상당한 비중을 차지하고 있다. 2012년 전 세계적으로 펠렛의 생산 및 수송(육로, 철도, 선박)은 2천2백만 톤을 넘어섰다. (그림 6 참조) 펠렛은 우드칩에 비해 에너지밀도가 높고 수분함량이 낮아서 수요가 꾸준히 늘고 있다. 또한 다루기가 쉽고 사용이 간편하며 석탄화력발전소에서도 사용할 수 있고 소형열발전소에서 자동통제 방식으로 사용할 수 있는 등의 장점이 있다. 펠렛 생산량의 2/3가량은 소형열발전소에서, 나머지 1/3 정도가 대규모발전소에서 사용된다.

2012년 국제적으로 거래된 펠렛은 약 820만톤 정도였다. 이 중 320만톤 이상(40%)이 선박을 통해 북미에서 유럽으로 수송되었는데 2011년과 비교했을 때 거의 50% 증가한 양이다. 이렇게 수요가 증가한 원인은 영국의 750MW 킬버리 Tilbury 바이오 파워발전소와 4GW짜리 석탄화력발전소(이 발전소의 절반은 연간 750만톤의 펠렛을 연소할 수 있도록 변환하고 있다)에 많은 양이 필요하기 때문이다. 이미 유럽최대의 펠렛처리지역인 영국 타인항 Port of Tyne은 앞으로 펠렛수요가 늘 것에 대비하여 3억USD를 들여 펠렛처리 및 보관시설과 철도선을 확장하고 있다.

펠렛의 소비는 다른 지역에서도 늘어나고 있다. 가령 한국에서는 2013년 초 현재 신규 펠렛공장 8곳이 건설 중이다. 또한 2020년까지 연간 추가적인 펠렛을 5백만톤 수입하여 2012년에 시행된 전력발생량에 대한 2% 재생가능에너지 의무할당량을 달성하려는 계획도 가지고 있다.

우드펠렛 외에도 국제교역에서 큰 비중을 차지하는 연료는 바이오디젤과 에탄올이다. 바이오연료는 난방과 전기생산에 사용되기도 하지만, 주로는 운송수단의 연료로 사용된다. 2012년의 두가지 사건은 액체바이오연료거래에 중요한 영향을 미쳤는데, 하나는 미국 중서부의 극심한 가뭄으로 옥수수생산량이 줄어든 것이고, 다른 하나는 설탕의 상품가격이 하락하여 브라질의 에탄올 생산량이 늘어나게 된 것이다. 그 결과 2012년 8월 미국은 2010년 1월 이후 처음으로 에탄올 순수입국(주로 브라질산)이 되었다.

선도적인 바이오에너지 시장은 다양한데, 연료형태에 따라 구분된다. 지금까지는 펠렛 시장이 주로 북미와 러시아, 유럽(주요 소비자)에 국한되어 있었다. 또한 유럽은 바이오가스과 바이오디젤의 최대시장이기도 하다. 2012년 에탄올을 가장 많이 소비한 지역은 북미였고, 남미가 그 뒤를 이었다. 하지만 형태를 불문하고 바이오에너지의 생산과 소비는 신규 국가로 확대되고 있는데, 특히 아시아에서 급속한 증가세를 나타내고 있다.

■ 바이오(냉)난방시장

고체, 액체, 기체형태의 바이오매스를 연소하면 다양한 온도와 규모에 열을 제공할 수 있기 때문에 산업시설, 농업가공, 건조, 지역 난방계획, 급탕, 개별건물의 공간난방 등에 활용할 수 있다. 2012년에는 신식 바이오매스 난방용량 약 3GW가 새로 발주되어 세계총용량은 약 293GW에 달하게 되었다. 바이오매스 기기의 규모는 가정용 나무버너와 가스화스토브(100kW 이하), 펠릿 버너(500kW 이하), 소형 보일러(1MW 이하), 산업용 및 지역난방용 대규모 보일러(1MW 이상, 일반적으로 50MW 이상) 등으로 다양한데, 정확한 수치는 알 수 없지만 2012년에도 난방수요증가를 충족시키기 위해 증가세가 지속되었다.

바이오매스 난방의 최대 소비자는 유럽이며, 그중에서도 스웨덴, 핀란드, 오스트리아, 덴마크, 독일이 상위 5개국에 속한다. 2011년 온화한 겨울 때문에 고체바이오매스 수요가 8% 줄어 약 2.9EJ에 달하기도 했지만, 2012년 유럽의 수요는 다시 증가했다. 스웨덴의 경우 총 바이오에너지수요는 10% 증가하여 약 140TWh(난방, 발전, 복합화력)였고, 2013년 초가 되자 바이오매스가 스웨덴의 지역난방발전소 총 연료수요의 70% 이상을 충족하고 가정용 펠릿버너 10만대 이상에 연료를 공급하게 되었다. 주로 삼림부산물을 연료로 사용하는 독일의 경우 삼림부산물로 가동하는 열발전소 heat plant의 용량을 50MWth에서 650MWth로 늘려서 열병합 발전소에서 약 300GJ의 열과 4.5TWh의 전기를 생산하고 있다.

바이오열의 수요는 다른 지역에서도 꾸준히 증가하고 있다. 필리핀의 바탄지역에는 12MWth 규모의 신규스팀보일러가 완공되어 지역열수요를 충족시키고 있다. 또한 유럽의 많은 국가들과 미국처럼 바탄에서도 바이오디젤을 사용하고 있는데, 이는 일부 공간난방기기에 사용하는 난방용석유를 대체하고 있다. 게다가 일부국가에서는 에탄올을 조리용연료로 사용하면서 점점 재래식 고체 바이오매스와 숲을 대체하고 있다.

바이오가스 역시 열생산용으로 점점 많이 사용되고 있다. 바이오가스는 선진국에서는 주로 열병합 발전소로 사용되고, 열전용발전소에서 사용되는 양은 상대적으로 적은 편이다. (중국, 인도, 네팔이 선두를 달리고 있는) 개도국의 경우 바이오가스는 소형가정용 조리기구에서 직접 연소되어 조리시 바이오열을 공급한다.(5장 <농촌의 재생에너지> 참조) 중국에는 약 430만대의 가정용 바이오가스발전기가 있고, 중대형(50㎡ 이상) 바이오가스 발전기의 수는 2006년 약 1만대에서 2011년 약 8만대로 증가했다.

다른 개도국들은 난방을 목적으로 바이오가스를 이제 막 사용하기 시작했다. 르완다의 경우 6곳의 교도소에서(교도소마다 재소자는 5만명 정도가 있다) 총용적 90만㎡

의 바이오가스 조리기구가 작동 중이다. 이곳에서는 생활폐기물과 기타폐기물을 바이오가스로 전환하여 조리에 사용함으로써 매일 10톤의 쌀감을 절감하고 있다.

바이오열을 이용하여 냉장사이클을 순환시키는 냉각시스템(태양의 도움을 받는 흡수식 냉각장치와 유사한 방식으로)은 아직 개발단계라서 몇 개의 시범발전소만 존재한다.

■ 바이오파워시장

2012년 말, 세계바이오파워용량은 2011년에 비해 약 12% 상승한 83GW에 달하고 있었다. 특히 일부 브릭스 국가에서 성장세가 눈에 띄게 이어졌다. 2012년 전 세계적으로 약 350TWh의 전기가 생산되었는데, 이는 전년도보다 5% 상승한 것이다. 2010년-2012년 기간의 국가별 바이오파워전력출력의 평균을 계산해 보면 미국과 독일이 각각 1위와 2위를 차지하고 브라질과 중국이 그 뒤를 바짝 추격하고 있다. 브라질과 중국은 추격속도 또한 빠르다. (그림 7)

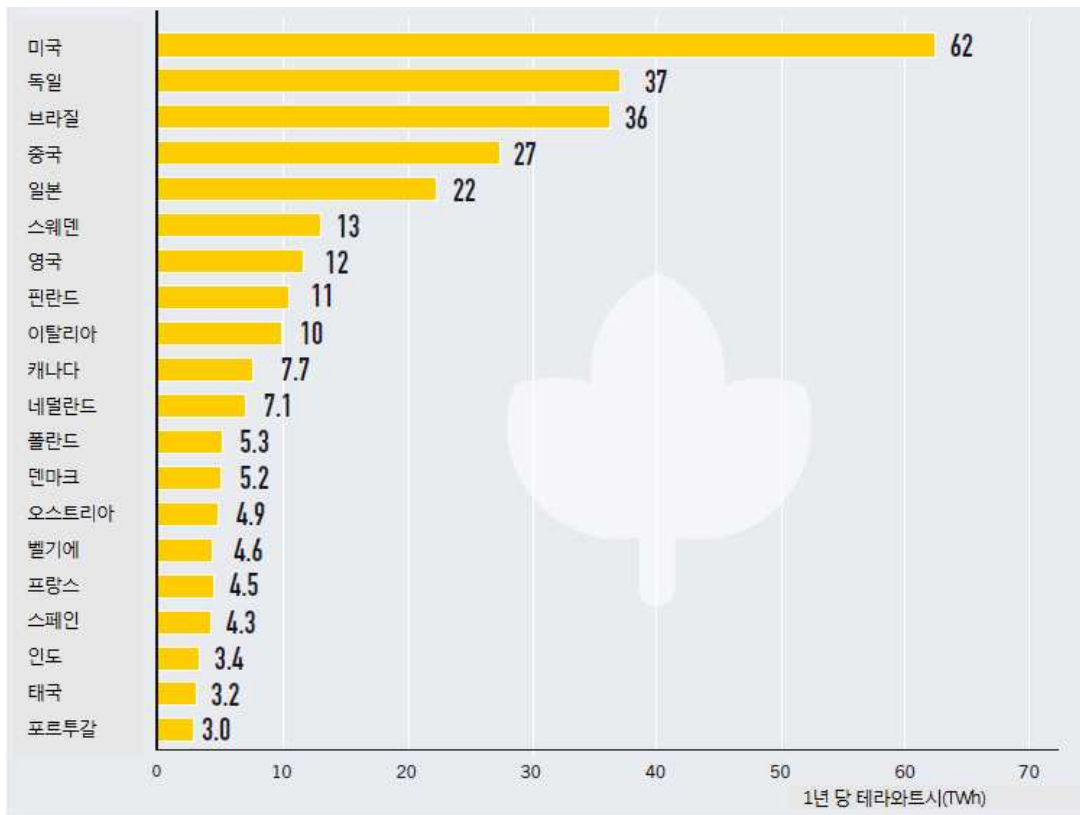
상업용 바이오파워시스템의 주요 형태는 중대형 직접연소방식 direct-fired(대부분의 석탄 및 가스화력발전소와 유사함), 혼합연소방식 co-fired, 가스발생장치 gasifier, 소규모 모듈시스템이다. 이 유형의 바이오파워시스템들은 세계전력생산량 중 약 1.4%를 만들어낸다(석탄은 41%를 차지한다).

바이오파워의 약 90% 가량은 고체바이오매스연료로 생산된다. 나머지 10%는 매립지가스, 바이오가스, 합성가스(신가스 syngas라고도 함), 액체바이오연료로 채워진다.

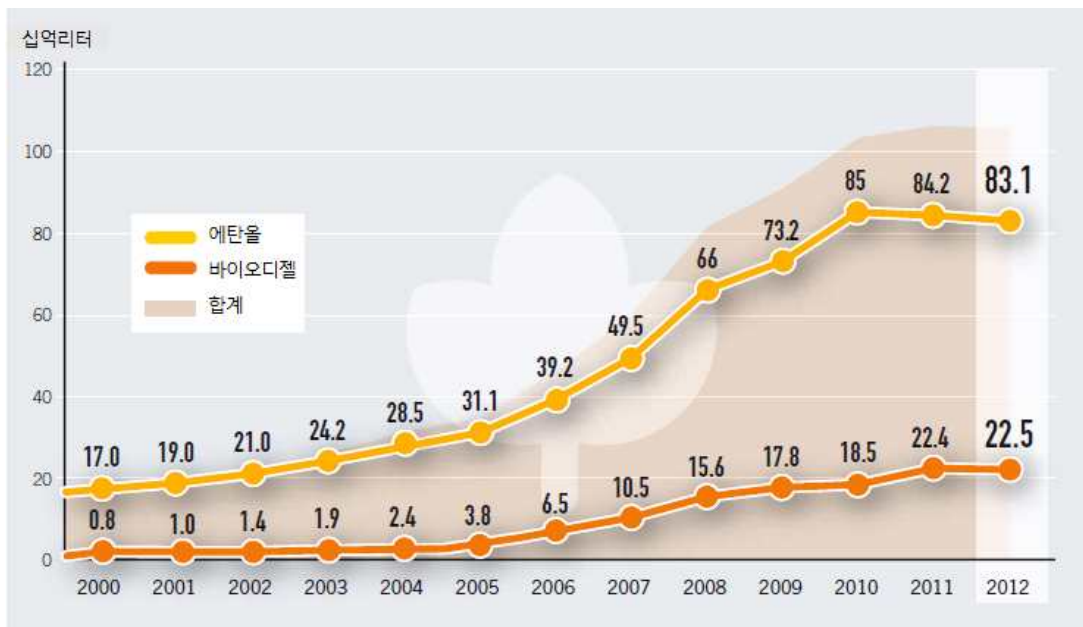
2012년 미국에서는 1백건의 바이오파워프로젝트(543MW)가 가동에 들어가 총 용량이 15GW로 늘어났다. 이는 세계총 용량의 약 18%에 달한다. 바이오파워순발생량은 2011년 60.5TWh에서 2012년 65.0TWh로 늘어났다. 브라질의 경우 2012년 바이오파워 용량이 8% 증가하여 9.6GW에 도달했고, 발생량은 약 40TWh로 늘어났다.

유럽에서는 바이오파워용량이 2012년에 약 2% 증가하여 31.4GW에 달했고, 약 136TWh를 생산했다. 이 중에서 35.9TWh는 열병합발전소의 바이오가스로 생산되었고, 18.2TWh는 지자체의 재생가능고체폐기물로 생산되었다.

유럽의 선도적인 바이오파워생산국인 독일은 발생량이 11% 늘어나 41TWh에 달했는데, 이중 절반은 바이오가스발전소에서 생산되었다. 총바이오파워용량은 0.3GW 증가하여(주로 바이오가스 열병합발전소) 7.6GW 이상에 달했다. 하지만 신규건설은 그 이전에 비해 속도가 둔화되었다. 독일의 열병합발전소는 2012년 31-36PJ의 열과 20.5TWh의 전력(2011년의 17.5TWh보다 증가함)을 생산했는데, 이는 유럽에서 바이오가스로 생산되는 전력의 절반에 해당한다.



<그림 7> 2000~2012년 연평균 바이오파워 발생량 상위 20개국



<그림 8> 에탄올과 바이오디젤 세계 생산량(2000~2012년)

아시아에서는 중국이 2012년 말까지 용량을 약 14% 늘려 8GW에 달했고, 생산량은 21% 증가하여 36TWh에 달했다. 일본의 용량은 3.3GW에 머물렀지만 생산량은 8% 감소하여 17.2TWh에 이르렀다. 인도는 전기생산용 소형가스발생장치의 총용량에 있어서 세계의 선두를 달리고 있는데, 그 용량이 155MW가 넘는다. 2012년말 인도는 2.7GW 이상의 열병합 발전용량 뿐만 아니라, 약 1.3GW의 고체바이오매스와 지자체의 고체폐기물발전 용량을 갖추고 있었다.

기존상업용 석탄 및 천연가스화력발전소는 고체바이오매스연료나 바이오가스/매립지가스로 혼합발전할 수 있도록 꾸준히 개조되고 있다. 사용되는 바이오매스의 양은 매일 다르기 때문에 정확한 자료를 구하기는 힘들다. 2012년 말 가동 중이거나 계획 중인 혼합발전소는 약 230기였고, 주로 북유럽, 미국, 아시아, 호주에 위치해있었다.

브라질 같은 대부분의 사탕수수 생산국들은 사탕수수찌꺼기를 사용하여 열병합발전소를 가동한다. 전력망에 연결된 사탕수수찌꺼기 열병합발전소는 모리셔스, 탄자니아, 우간다, 짐바브웨에도 있고, 특히 짐바브웨의 수도인 하라레에서는 유기물쓰레기를 열과 전력으로 변환시키는 공동체규모의 바이오가스발전소도 건설 중이다. 그 외에도 케냐 등의 일부 아프리카 국가들 역시 유사시설을 계획하고 있다.

■ 수송용 바이오연료시장

전 세계 육상수송용 연료의 약 3%를 차지하는 액체바이오연료는 수송연료수요에서 차지하는 비중이 아직 작지만 갈수록 늘고 있다. 또한 액체바이오연료는 항공과 해양 부문에서도 아직은 비중이 적지만 꾸준히 사용량이 늘고 있다. 마진 축소, 상품가격의 급등, 정책불확실성, 원자재에 대한 경쟁 심화, 가뭄으로 인한 작물생산성의 하락, 토지 및 수자원을 두고 벌이는 식품생산과의 경쟁에 대한 우려, 보다 폭넓게는 생산의 지속가능성에 대한 우려 등 수많은 요인 때문에 일부국가에서는 바이오연료시장, 투자, 신규발전소건설의 증가세가 둔화되었다. 그럼에도 불구하고 바이오연료 혼합 규정들 때문에 수요는 꾸준히 증가하고 있다. (4장 <정책경관> 참고)

2012년 세계 연료용 에탄올 생산량은 2011년보다 1.3% 정도 하락한 831억리터였다. 하지만 바이오디젤 생산이 소폭 상승했기 때문에 이는 어느 정도 상쇄되었다. (그림 8 참고) 미국을 제외하면 세계 에탄올 생산량은 4% 이상 증가했지만, 미국의 에탄올 생산량이 4% 이상 하락하여 504억리터에 달했는데, 이는 2012년 중반에 있었던 가뭄 때문에 옥수수가격이 상승한 것과 부분적으로 관련이 있다. 반면 브라질의 생산량은 3% 증가하여 216억리터에 달했다. 하지만 신규사탕수수에탄올공장에 대한 투자는 최근 몇 년과 비교했을 때 아주 낮았다. 전체적으로 미국이 세계에탄올생산의

61%(2011년에는 63%였음)를, 브라질이 26%(2011년 24%)를 차지했다.

2011년과 마찬가지로 그 외 다른 주요생산국으로는 중국, 캐나다, 프랑스가 있지만, 미국과 브라질에 비하면 생산량은 아주 적은 편이다. 수요가 꾸준히 증가하고 있는 스웨덴에서는 약 20만대의 에탄올겸용자동차(flex-fuel vehicles)가 지역에서 생산되거나 수입된 고크혼합 에탄올(E85까지)을 사용하고 있다.

2012년 세계평균에탄올가격은 리터당 약 0.85USD(가솔린 환산시 리터당 1.20USD)였는데, 이는 2006년 리터당 0.41USD에서 꾸준히 상승한 것이다. 미국 내에서는 2011년 리터당 0.60USD에서 2012년 리터당 0.55USD로 하락했다가, 2012년 중반 가뭄 때문에 다시 2011년 수준으로 돌아갔다. 바이오디젤의 세계평균가격은 리터당 가솔린환산 약 1.55USD 정도로 리터당 0.90에서 1.50USD를 오갔던 이전 5년의 가격보다 높았다.

세계 바이오디젤 생산량은 꾸준히 증가했지만, 2011년의 생산량이 224억리터, 2012년의 생산량이 225억리터로, 이전 몇 년간과 비교했을 때 증가속도는 아주 느렸다. 미국은 아르헨티나, 독일, 브라질, 프랑스에 이어(독일과 브라질의 생산량은 거의 같다) 다시 세계 선두의 생산국이 되었다.

미국의 바이오디젤공장에서는 2012년 36억리터를 생산했는데, 이는 2011년보다 아주 조금 많은 정도이지만, 연방재생가능연료기준(Renewable Fuels Standard)하에 환경청에서 설정한 목표치에는 도달했다. 이 기준에서는 2013년 바이오디젤 48억리터(12억8천만갤런)를 생산하여 디젤연료시장에 공급할 것을 요구하고 있다.

유럽은 세계총바이오디젤생산량의 41%를 생산했는데, 이중에서도 2012년에 약 27억리터를 생산한 독일이 선두를 달리고 있다(2011년보다 14% 감소). 생산량은 독일과 대부분의 유럽국가에서 [평균] 7% 하락(스페인(-32%), 포르투갈(-14%), 이탈리아(-44%) 포함)했지만 프랑스(18%), 폴란드(63%), 영국(53%)에서는 상승했다.

브라질에서 대두유(77-82%), 우지(牛脂)(13-17%), 면화유(2%) 등으로 생산한 바이오디젤의 연간총생산량은 27억리터로 안정세를 유지했다. 아르헨티나는 미국, 독일, 브라질 다음으로 4위를 유지했다. 그 외 다른 라틴아메리카지역 중에서는 <지속 가능한 바이오연료 원탁회의 Roundtable on Sustainable Biofuels>의 인증을 받은 자트로파 플랜테이션이 멕시코에 세군데가 있고, 자트로파 기름을 사용한 소형 바이오디젤 공장 한 곳이 쿠바에 설립되었다.

중국의 바이오연료생산량은 에탄올 21억리터와 바이오디젤 2억리터 정도로 큰 변화가 없었다. 태국의 경우 에탄올과 바이오디젤생산량이 모두 늘어 총 16억리터에 달했는데, 이는 2011년보다 40% 상승한 양이다. 인도는 에탄올생산량이 25%으로 상승

하여 5억리터에 달함으로써 2012년 바이오연료총생산량에 있어서 이탈리아를 따라 잡았다.

지역별로 보았을 때 북미는 에탄올 생산에서 선두를, 유럽은 바이오디젤 생산에서 선두를 유지했다. 하지만 아시아에서는 에탄올과 바이오디젤 생산 모두 가파르게 증가했다. 아프리카의 바이오연료생산은 아직 아주 제한적으로 이루어지고 있지만, 시장이 서서히 확대되고 있고, 에탄올생산량도 2011년 2억7천만리터에서 2012년 3억리터로 늘어났다. 가령 잠비아에서는 2011년 자트로바 바이오디젤을 20만리터 생산했지만, 사용할 수 있는 원자재가 늘어나면서 2012년에는 생산량이 세배로 늘어날 것으로 기대되었다.

2012년에는 미국에서 목질섬유소를 원료로 생산한 고급 바이오연료의 양이 2백만리터에 달했고, 2013년에는 3천6백만리터가 생산될 것으로 예상되었다. 군(軍)의 수요가 생산량 증가에 한몫할 것으로 보이기 때문이다. 하지만 이 양은 재생가능연료기준 하의 명령에서 요구한 양에 비하면 비중이 아주 작은데, 나중에 이 원안의 의무규정은 철회되었다. 중국 역시 2012년 고급바이오연료 생산에서 진척이 있었다. 옥수수대로 생산하고 가솔린과 혼합해서 사용하는 에탄올을 약 3백만리터 생산한 것이다. 유럽에는 몇 곳의 시범공장이 운영 중이지만, 지금까지는 아주 적은양만 생산하고 있다.

바이오메탄(이산화탄소와 황화수소를 제거한 뒤 남는 바이오가스)은 유럽에서 차량연료로 널리 사용되고 있다. 가령 2012년 독일에서는 천연가스 내 바이오메탄의 비중이 6%에서 15% 이상으로 증가했고, 100% 바이오메탄을 판매하는 연료충전소의 수가 35개소에서 119개소로 세배이상 증가했다. 게다가 독일의 천연가스차량 중 10%는 압축천연가스메탄이 아니라 압축바이오메탄연료를 사용했다. 스웨덴에서는 스톡홀름시의회 차량 800대중 절반이 2012년 10월 현재 바이오메탄으로 운행되었다.

■ 바이오에너지산업

범위를 더 넓게 잡았을 때 바이오에너지산업에는 바이오매스공급업체, 처리업체, 바이오매스를 최종사용자에게 보내주는 업체, 전문적인 바이오매스 수집, 처리, 저장 설비를 제조하고 납품하는 업체, 바이오매스연료를 사용가능한 형태와/또는 에너지서비스로 변환하는 발전소용 기기와 하드웨어부품 제조업체 등이 있다. 바이오에너지산업의 공급사슬에 포함되는 일부 업체들은 바이오매스 외에도 (사료작물과 목재수확기, 트랙, 증기보일러 같은) 여러 기술을 사용한다.

바이오매스원료를 가지고 많은 상품들을 공동생산할 경우 온실효과를 감소할 수 있

는 한편 가치는 극대화되고 수익성이 높아지기 때문에 바이오정제 bio-refinery 산업이 꾸준히 성장하고 있다. 미국에서는 2012년 가축사료용 주모(酒母) distillers grains, 액상과당, 구연산, 젖산, 리신 등의 공동생산물을 만들어내는 에탄올 바이오정제소가 210곳 가량 있었다(2011년보다 4곳 줄어듦).

■ 고체바이오매스산업

2012년에는 많은 수의 회사들이 바이오매스를 열과 전력으로 전환하는 바이오에너지 발전소 공급에 활발하게 간여했다. 가령 유럽에서는 핀란드기업인 Metso가 8MWth 용량의 바이오-열 발전소 bio-heat plants 여러 곳을 설비함으로써 지역난방 계획안에서 석유를 대체했고, 스웨덴의 Varnamo 지역에서 13.4MWth 용량의 열발전소 heat plant를 개발했다. 영국에서는 2013년 초 현재 Etsover Energy 사가 세곳의 바이오매스 열병합발전소를 개발 중인데, 총 용량은 52MW에 달한다. 또한 스웨덴은 Pyrogrot 시범프로젝트를 완성했는데, 이 시설은 건조된 삼림부산물 27만톤을 가지고 총에너지 약 2.59PJ와 연간 16만톤의 열분해 기름을 만들어낼 것이다.

2012년 일본에서는 JFE Engineering Corporation이 목재, 건조한 하수슬러지, 지자체고체폐기물원료를 사용하는 바이오파워 발전소의 디자인, 건설, 운영 주문을 두 배로 늘렸는데, 이는 2011년 새로운 발전차액지원제도(FIT)의 도입이 한 원인이었다.

미국에서는 Amite BioEnergy(미시시피)와 Morehouse BioEnergy(루이지애나)가 지속가능관리삼림에서 나온 바이오매스를 이용하여 연간 총 90만톤의 펠릿을 생산했다. 텍사스주의 Southern Company는 100MW 용량의 Nacogdoches 발전소의 상업 가동을 시작했는데, 이제 이 발전소는 미국 최대의 바이오매스전용시설이 되었다. 이 발전소는 Austin Energy와 20년짜리 계약을 체결하긴 했지만, 더 저렴한 천연가스화력발전소와는 아직 경쟁이 되지 않기 때문에 항상 가동되지는 않는다.

반탄화 torrefaction 기술은 시범단계에서 상업적인 규모로 진보하는 중이다. 많은 소형 배치 규모의 batch-scale 발전업자들 뿐만 아니라 Andritz(오스트리아), Thermya/Areva(프랑스), Rotawave(영국), SunCoal(독일), AVA-CO2(스위스), New Biomass Energy(미국) 같은 몇몇 대기업들이 제조공정을 효율적이고 일관되게 유지하는 것을 목표로 삼고 있다. 오늘날 바이오매스 반탄화사업은 아직 초기단계라서 반탄화바이오매스 torrefied biomass의 세계총생산용량은 아직 연간 20만톤을 밑돈다. 이 반탄화바이오매스는 기존의 우드펠릿에 비해 여러 가지 장점을 가지고 있지만, 의미있는 진척을 위해서는 일부유럽의 화력발전소에서 나타난 바 있는 형편없는 성과를 극복할 필요가 있을 것이다. 2012년 12월에는 바이오매스반탄화기술 촉진을 위해 국

제바이오매스반탄화협회 International Biomass Torrefaction Council가 창설되었다.

■ 기체바이오매스산업

젓은 폐기물 바이오매스 제품을 처리하는 용도의 농장과 공동체규모의 바이오매스 발전소의 제조 및 설비가 꾸준히 이루어지고 있는데, 특히 유럽의 경우 약 1만2천기의 발전소(대부분 열병합발전소)가 2011년 12개국에서 가동되었다. 또한 2,250곳의 하수슬러지시설이 유럽에서 가동되고 있는데, 이 시설의 약 2%는 바이오가스를 고급 바이오메탄으로 업그레이드하여 차량연료로 사용하거나 가스망에 주입한다. 2012년 12월 암스테르담항에는 하수슬러지의 바이오가스를 BioGast에서 제조한 기술을 이용하여 업그레이드 하는 신규 차량용 충전시설이 문을 열었다.

유럽 등지의 회사들은 자사에서 배출하는 폐기물로 에너지를 생산하기 위한 혁신적인 방법을 모색 중이다. 가령 2012년 프랑스의 한 다국적 소매업체는 자사 점포에서 발생한 유기폐기물에서 생산된 바이오메탄을 자사 트럭의 연료로 사용하는 계획을 발표했다, 스웨덴의 한 발전소는 세계최초로 중량자동차용 (지역목재폐기물로 만든) 액화 바이오가스를 생산하게 되었다.

■ 액체바이오연료산업

전 세계에서 가동 중인 약 650기의 에탄올 발전소의 연간총용량은 약 1천억리터이지만, 명목상의 용량보다 적게 가동되는 시설이 많고, 번덕스러운 수요와 제품의 환경적 지속가능성에 대한 우려 때문에 폐쇄하는 곳들도 있다. 2012년 미국의 경우 일부 임시폐업을 한 곳도 있었지만, 총용량은 연간 약 5백2십억리터를 유지했다. 전 세계적으로 신규에탄올 발전소가 꾸준히 새로 문을 열고 있는데, 2013년 1월 필리핀에서 생산을 시작한 연간 5천4백만리터 용량의 Green Future Innovation Inc.도 그중 하나다.

폐식용유를 가지고 지역이나 개인용 차량의 바이오디젤을 만드는 등의 소규모 발전소가 워낙 많기 때문에 현재 가동 중인 바이오디젤 시설의 수를 정확히 집계하기는 더 어렵다. 바이오디젤에 대한 수요가 꾸준히 증가하면서 전세계에서 신규발전소들이 꾸준히 문을 열고 있다. 예를 들어 Cargill(미국)은 대두유를 사용하는 최초의 바이오디젤발전소를 브라질에 건설할 계획을 발주했고, Lignol Energy(캐나다)는 호주 다윈지역에 연간 1억5천만리터 용량의 바이오디젤 발전소를 재가동시키기 위해 120만 USD

를 투자했다.

미국에서는 2012년 소량의 고급 바이오연료를 생산하는 회사가 80곳 있었다(이중 30개의 회사가 캘리포니아에 있었다). 일부회사들은 상업생산에 근접했다고 주장하고 있다. 2012년 12월 KiOR(미국)는 미시시피에 있는 일일 5백톤 규모의 신규발전소에서 셀룰로오스가 함유된 원료의 열분해로 생산된 바이오기름 3,800리터 가량을 판매했다.

유럽에서는 고급 바이오연료의 상업적인 개발을 지원하기 위한 “지속가능 바이오연료의 길잡이”라는 이니셔티브가 만들어졌다. 호주에서는 2013년 초 현재 목질섬유소와 해조류를 이용한 고급 바이오연료 시범발전소가 거의 상업적인 규모로 확장되고 있었다.

반면 효소의 가수분해과정을 이용하는 초창기 고급바이오연료 회사 중 하나인 IOGEN Energy Corporation(캐나다)과 최근 이 기업의 소유주가 된 Shell Oil은 마니토바주에 상업적인 규모의 셀룰로오스 에탄올 발전소를 개발하려는 계획을 취소했다. 2013년 초 미 상소법원에서 환경청에게 2012년 셀룰로오스 에탄올양의 추정치를 수정하라는 판결을 내리면서 2013년 기준이 미공에 빠지자 미국의 고급 바이오연료 생산업체들 역시 주춤했다. 하지만 더 넓은 범위의 고급 바이오연료는 변함없이 유지되었다.

항공산업계에서는 해조류로 생산된 바이오연료 같은 고급바이오연료의 활용 확대에 긴밀한 관심을 가지고 평가해왔다. 항공산업계의 관심이 높게 유지되고 있는 것은 현재의 석유연료에 대한 높은 의존도와 장기적인 공급의 불확실성, 다른 마땅한 연료 대안의 부재 등 때문이다. Boeing, Airbus, Embraer는 2012년 바이오연료이니셔티브에서 서로 협력했고, SkyNRG는 폐식용유에서 추출한 전처리 pre-treated 바이오연료를 구매하기 시작하는 한편, 이를 항공등급의 연료로 정제하기 위한 작업 역시 시작했다.

2. 지열 난방 및 전력

■ 지열시장

에너지를 직접적인 열과 전력의 형태로 제공하는 지열자원은 2012년 총 805PJ(223TWh) 생산되었다. 이 출력의 2/3는 직접 열로, 나머지 1/3은 전력으로 전송되었다.

2012년에는 전세계적으로 지열의 직접사용이 꾸준히 증가했다. 직접사용이란 냉난

방용으로 직접열을 추출하는 것을 말한다. 직접사용의 하위범주로는 지열원 열펌프(GHP)의 적용이 있는데, 이는 전기를 이용하여 사용된 전기에너지 한 단위를 위해 땅에서 열에너지 여러 단위를 추출해내는 것이다.

최근 지열에너지 직접사용의 증가세에 대해 구할 수 있는 자료는 제한적이지만, 2005년부터 2010년까지 출력이 연평균 10% 증가한 것으로 알려져 있다. 이 증가세의 많은 부분은 연평균 20% 성장률을 기록한 지열원 열펌프 때문이다. 이 성장세가 지난 20년간 꾸준히 지속되었다는 점을 고려했을 때 전 세계적으로 지열 열용량은 2012년 66GWth에 도달한 것으로 추정할 수 있으며, 이는 548PJ의 열에 해당한다.

열병합발전소는 지열의 직접사용에서 가장 규모가 클 뿐만 아니라 역사적으로 가장 빠르게 성장하는 부문이다. 2012년 열병합발전소는 총용량 50GWth에 달한 것으로 추정되는데, 이는 총지열열용량의 약 3/4에 달하는 양이며, 열 산출물의 절반이상(300PJ이상)에 해당한다.¹⁾ 나머지 직접열사용(거의 절반) 중에서 가장 많은 비중을 차지하는 것은 목욕 및 수영시설이고, 난방(주로 지역난방), 산업용, 양식용 저수조 난방, 농업용 건조, 제설 등은 그보다 비중이 적다.

2012년에는 최소 78개국이 직접 지열난방을 사용했다. 지열난방용량의 비중이 가장 높은 나라는 미국, 중국, 스웨덴, 독일, 일본으로 각 나라의 용량을 모두 합하면 세계총용량의 약 2/3을 차지한다. 중국은 직접지열에너지사용에서 꾸준히 선두를 달리는 것으로 추정되고(2010년 21TWh), 미국(2012년 18.8.TWh), 스웨덴(2010년 13.8TWh), 터키(2010년 10.2TWh), 아이슬란드(2012년 7.2TWh), 일본(2010년 7.1TWh)이 그 뒤를 이었다. 아이슬란드, 스웨덴, 노르웨이, 뉴질랜드, 덴마크는 1인당 연평균지열에너지사용량에서 선두를 차지하고 있다. 아이슬란드의 경우 총난방수요의 약 90%를 지열원으로 충당한다.

열펌프는 냉난방에 이용할 수 있고 열병합발전소와 연계하여 사용할 수 있다. 2005년과 2010년 사이 전세계적으로 설비된 열펌프용량은 두배로 늘었는데, 이같은 성장세는 그 뒤로도 꾸준히 이어진 것으로 보인다. 유럽연합의 경우 2010년에서 2011년 사이에 지열열펌프용량 GHP이 약 10% 증가하여 총 14GWth에 달했는데, 가장 선두에는 스웨덴(4.3GWth), 독일(3GWth), 프랑스(1.8GWth), 핀란드(1.4GWth) 같은 나라들이 있다. 2013년 초 캐나다에서 운영 중인 열펌프시스템은 10만개가 넘었고, 미국은 매년 약 5만개의 열펌프를 추가로 만들고 있다. 2012년 인디애나주에 있는 Ball

1) 열사용의 비중은 열펌프 용량의 비중보다 낮는데, 이는 열펌프가 일반적으로 다른 용도에 비해 부하시간 load hour이 짧아서 설비용량이 상대적으로 낮기 때문이다. 열펌프의 비중이 늘어나면서 지열 열용량 단위당 산출이 감소하고 있다. 열사용은 성능계수가 3.5로 추정된다.

State University에서는 건물 47개의 냉난방을 책임질 수 있는 미국 최대의 지열원 페쇄루프 지역지열시스템을 설치했다.

고온이나 중간온도 증기의 동역학적 전환을 통해 이루어지는 지열을 통한 전기생산은 2012년 최소 72TWh에 육박했던 것으로 추정된다. 전세계지열전기생산용량은 2012년 약 3백MW 증가하여(미국(147MW), 인도네시아(110MW), 니카라과(36MW), 케냐(7.5MW)에 신규용량이 가동에 들어갔다) 세계총용량이 약 11.7GW에 달하게 된 것으로 추정된다.

지열을 통한 전기생산용량이 가장 많은 나라는 아래와 같다. 미국(3.4GW), 필리핀(1.9GW), 인도네시아(1.3GW), 멕시코(1.0GW), 이탈리아(0.9GW), 뉴질랜드(0.8GW), 아이슬란드(0.7GW), 일본(0.5GW).

미국은 2012년에 지열전기생산용량이 147MW 추가되어 총용량이 5% 늘어나 3.4GW에 달하게 되었다. 이는 생산세액공제 production tax credit(PTC)를 지열프로젝트까지 확대적용키로 한 2005년의 결정 이후 역년(曆年) 중에 나타난 두 번째로 가장 높은 증가율이다. 태양광발전과 지열전기발생장치를 결합한 네바다주 Stillwater Geothermal Power Plant의 첫 시설은 특히 중요하다. 이 융합형 발전소는 열효율을 강화하고 생산안정성을 개선하며 투자위험을 낮춘 것으로 인정을 받았다. 2013년 초 미국에는 개발중인 지열프로젝트가 175개로, 이는 총 5.5GW 이상의 잠재력을 지니고 있는데, 이중 절반 정도는 향후 10년 내에 결실을 볼 수도 있다.

인도네시아는 최근에는 그리 많은 용량을 추가하지는 못했지만, 2012년 Ulubelu 발전소에서 55MW급 시설 두기를 추가했다. 또한 인도네시아는 상당한 국제적 후원을 받는 1천MW급 지열에너지투자프로그램을 강하게 추진할 것이라고 발표하기도 했다. 인도네시아는 2011년 지열산업을 시작하려는 개발업자들에게 돈을 대출해주는 지열위험완화펀드 계획에 착수했다. 인도네시아는 2025년까지 지열용량을 12.6GW로 끌어올리겠다는 목표를 세웠는데, 지금 현재 수준이 1.3GW라는 점을 고려하면 상당한 수준이다. 한편 발리에서 진행되던 165MW급의 프로젝트는 환경문제와 종교문제를 우려한 지역사회의 꾸준한 반대 때문에 결국 취소되었다.

2012년 말 니카라과에서는 San Jacinto-Tizate 프로젝트의 2차 36MW 단계가 완료되었다. 1단계는 2011년에 완료된 바 있다. 이 72MW급 프로젝트는 니카라과 전력 수요의 17%를 충당할 수 있을 정도로 크다.

2012년 초 케냐에서는 2.5MW급의 Eburru 웰헤드 발전소 wellhead plant가 발주되었고, KenGen의 한 시설에서는 모듈방식의 5MW급 웰헤드 유닛이 가동에 들어갔다. 케냐는 2012년 말 현재 지열발전 설비용량이 총 2백MW 이상으로 아프리카 최대의

지열발전국이다. Ormat Technologies는 2013년 5월까지 Olkaria III 단지에 신규 36MW 한기를 상업가동할 것이라고 발표했다. 케냐는 Olkaria에 140MW씩 [4회] 증설하여 총 560MW의 추가 시설 개발에 착수하는 공-사 파트너십에 관심을 표명하고 있다.

이탈리아의 Enel Green Energy는 Tuscany 지역의 17MW Rancia 2 발전소를 재단장하여 2012년 중순부터 가동을 시작했다. 또한 역시 Tuscany 지역에서 40MW급의 Bagnore 4 발전소 건설이 시작되었는데, 사업비는 1억6천만 USD(1억2천만 유로)이므로 MW 당 약 4백만USD(3백만 유로) 꼴인 셈이다.

아프리카에서는 케냐 이외에도 지열의 잠재력 개척에 대한 관심이 늘고 있다. 예를 들어 르완다는 최근 700MW의 지열잠재력 중 일부를 활용하기 위해 기금을 활용하여 시추에 들어갔다. 하지만 아프리카의 국가들에겐 지열발전에 들어가는 높은 탐사비용이 상당한 장애로 작용한다. 이 문제를 해결하기 위해 세계은행에서는 개도국의 탐사용시추 위험을 관리하는 세계지열개발계획 Global Geothermal Development Plan을 설립했다. 세계은행은 아이슬란드와의 협력을 통해 아프리카의 Rift Valley 지역에 있는 국가들에게 지표-탐사 연구와 기술원조를 지원하는 "Geothermal Compact"를 결성하기도 했다.

아프리카연합위원회 African Union Commission, 독일 경제협력 및 개발부(BMZ), 유럽연합-아프리카 Infrastructure Trust Fund는 동아프리카(에티오피아, 케냐, 르완다, 탄자니아, 우간다)를 위해 6천6백만 USD(5천만 유로) 규모의 지열위험완화기관 Geothermal Risk Mitigation Facility을 설립하여 지표연구와 탐사용시추를 지원하고 있다. 1차 적용시기가 지난 뒤 2012년 말에는 총 8개의 프로젝트가 선발되었다.

일본에서 개발 중인 지열발전 프로젝트는 30개가 넘는다. 하지만 최근 일본의 후쿠시마와 홋카이도에서는 국립공원의 지열프로젝트에 대한 지역사회의 반대가 일기 시작했다. 이런 반발의 원인 중 하나는 지역의 온천에 미칠 영향에 대한 상업적인 우려이다. 일본에서는 발전차액지원제도를 도입함으로써 지열로 전기를 생산하는데 필요했던 지원이 이루어질 것으로 예상된다.

용량이 늘어난 니카라과 외에 라틴아메리카에서는 엘살바도르가 90MW의 지열용량을 추가하겠다는 장기적인 계획을 세웠고 칠레가 여러지역의 탐사 입찰을 완료했다. 탐사에 참여하는 기업에는 2억5천만 USD를 지불하겠다고 밝혔다. 카리브지역의 여러 섬들(네비스, 도미니카, 영국령 몬세라트섬 등) 역시 지열발전의 사용을 시작하거나 증대하려는 계획을 가지고 있고 몬세라트섬에서는 2013년 시추가 시작될 예정이다. 2012년 도미니카는 2014년까지 10-15MW급 발전소 한기를 완공하려는 희망을

품고 시추 확대계약을 체결했다.

■ 지열산업

미국과 유럽에는 수많은 열병합발전소 제조업체들이 활동하고 있고, 대부분의 유럽 회사들은 주요시장에 본사를 둔다. 유럽과 미국에는 두 부류의 회사가 있는데, 하나는 일반난방회사와 전기난방전문회사이고, 다른 하나는 열펌프시스템 제조회사들이다.

발전부문의 경우 총용량 면에서 가장 앞선 상위 5개 터빈제조업체는 Mitsubishi(일본), Toshiba(일본), Fuji(일본), Ansaldo/Tosi(이탈리아), Ormat(이스라엘)로, 이 다섯 기업을 모두 합하면 전세계에서 가동중인 용량의 80%를 훨씬 웃돈다. 또한 그 외에도 여러 기업들이 원격지에 건설한 뒤 생산을 위해 발전소 도안에 통합할 수 있는 소규모 지열발전 유닛을 제조하고 있다.

2012년에는 발전부문의 기술이 꾸준히 향상되었다. 미국에서는 유동물질 주입과 암석 자극을 통해 인공적으로 만들어진 저류층에서 열을 추출하는 인공저류층생성기술 enhanced geothermal systems(EGS) technology에 대한 정부지원연구프로젝트가 진행되었다. 이 프로젝트는 캘리포니아주의 The Geysers에서 5MW에 해당하는 증기를 가지고 시연했다. 2013년 초 AltaRock Energy는 Newberry EGS 시범현장에 있는 한 개의 시추공 wellbore에서 여러개의 활성화구역을 만들어냈다고 발표했다. 잠재적인 이익은 이 인공저류층생성현장에서 생산비용을 상당히 낮출 수 있다는 점이다. 2013년 4월 Ormat Technologies, 미국 에너지부, GeothermEx는 이 인공저류층생성기술을 가지고 네바다주에 있던 기존 현장에서 1.7MW를 추가로 생산하는데 마침내 성공했다. 이렇게 만들어진 전력은 인공저류층생성기술로는 최초로 전력망에 연결되었다.

2012년에는 네바다주의 Florida Canyon 금광에 있는 지열발전 공동생산시설에서 또다른 최초의 사건이 있었다. 미국의 또다른 연구프로젝트에서 지열 영수에서 상당량의 리튬을 추출하겠다고 공약했다. 이 리튬은 전기차량에서 폭넓게 사용되는 리튬 전지기술의 핵심부품이다.

아이슬란드에서는 Carbon Recycling International이 지열발전소에서 나오는 이산화탄소와 전해수소를 결합하여 메탄올을 생산하는 획기적인 발전소의 가동을 시작했다. 메탄올은 가솔린과 혼합하기 좋은 완전 재생가능 연료다.

지열발전프로젝트가 열원을 찾아 상업발전을 하는 데 5-7년이 소요되는데, 석유나 광산프로젝트와 마찬가지로 열원의 크기는 시추를 하기 전까지는 확실히 알 수 없다. 개발에 들어가는 장시간과 선행투자의 위험, 탐사 때문에 지열회사들은 열원을 확인

하는데 필요한 작업에 돈을 쏟아붓는다. 미국 같은 일부 국가에서는 자본금이 뽀뽀하고 정책이 불확실해서 개발업자들이 프로젝트 펀딩을 모으기가 쉽지 않았다. 게다가 프로젝트마다 제 각각이기 때문에 각각의 발전소는 프로젝트별 조건에 맞게 설계해야 한다. 그럼에도 불구하고 한 지점의 열원이 확실히 검증되고 나면 프로젝트가 성공할 가능성은 80%가 넘는다.

3. 수력발전

■ 수력발전 시장

2012년 신규수력발전 용량이 약 30GW 가설됨으로써 전세계설비용량은 약 3% 늘어난 990GW로 추정된다.¹⁾ 수력용량에서 상위권 국가는 중국, 브라질, 미국, 캐나다, 러시아로, 이들 국가를 모두 합하면 총 설비용량이 52%에 달한다. (그림 9 참조) 캐나다의 발전량이 미국의 발전량보다 많다는 점만 제외하면 발전량의 순위도 똑같다. 미국의 경우 부하추종[전력수급의 변화에 대응하여 각 시점의 부하에 따라 즉시 전력을 내는 운전방식]적 성향이 더 강하다. 2012년 전 세계적으로 수력발전으로 생산된 전력은 약 3,700TWh이며, 국가별로 보면 중국이 864TWh로 가장 많고 그 뒤를 브라질(441TWh), 캐나다(376TWh), 미국(277TWh), 러시아(155TWh), 노르웨이(143TWh), 인도(116TWh 이상)가 잇고 있다.

중국은 신규건설용량에서도 가장 앞서고 있으며, 그 뒤를 터키, 브라질, 베트남, 러시아가 잇고 있다. (그림 10 참조) 중국은 신규용량 15.5GW를 추가로 설비하여 2012년 말 총수력발전설비용량이 거의 229GW에 달했고, 양수발전용량은 20.3GW였다. 중국의 수력발전 출력은 2012년 864TWh로, 2011년보다 1/3가량 증가했는데, 이는 용량이 증가한데다 수문학적 조건이 향상되었기 때문이다.

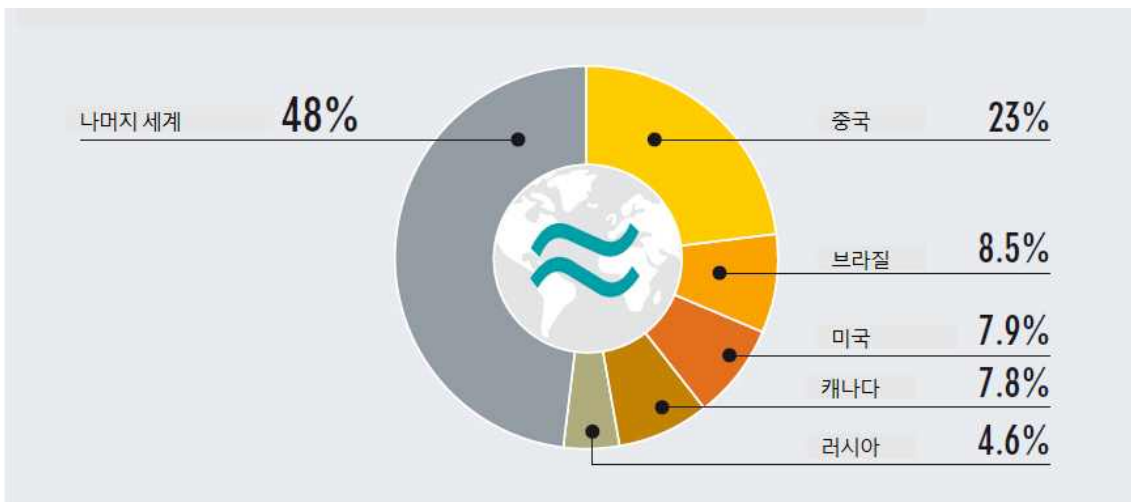
중국에서는 세계최대의 설비인 812MW급의 프란시스 터빈 발전기 Francis turbine generator가 Xianjiaba 발전소에 추가되었는데 이것이 완공될 경우 총 6.4GW가 될 것이다. 이 발전소는 삼협발전소(22.5GW)와 계락도발전소 Xiluodu plant(완공될 경우 13.9GW)에 이어 중국에서 세 번째로 큰 수력발전시설이 될 것이다. 삼협댐은 7월에 마지막 발전기 32개의 가동을 시작으로 총용량이 완성되었고, 2012년 98.1TWh라는 기록적인 산출량에 도달했다. 중국은 현행의 5개년 계획을 통해 2015년까지 총설비용량 290GW에 도달하는 한편, 댐건설 지역 인근 주민들의 이주정책 개선과 생태

1) 수력발전 자료는 별도로 설명을 덧붙이지 않은 한 순수한 양수발전용량은 포함하지 않는다. 자료에 대한 더 많은 정보는 197쪽의 방법론에 대한 설명을 참고할 것.

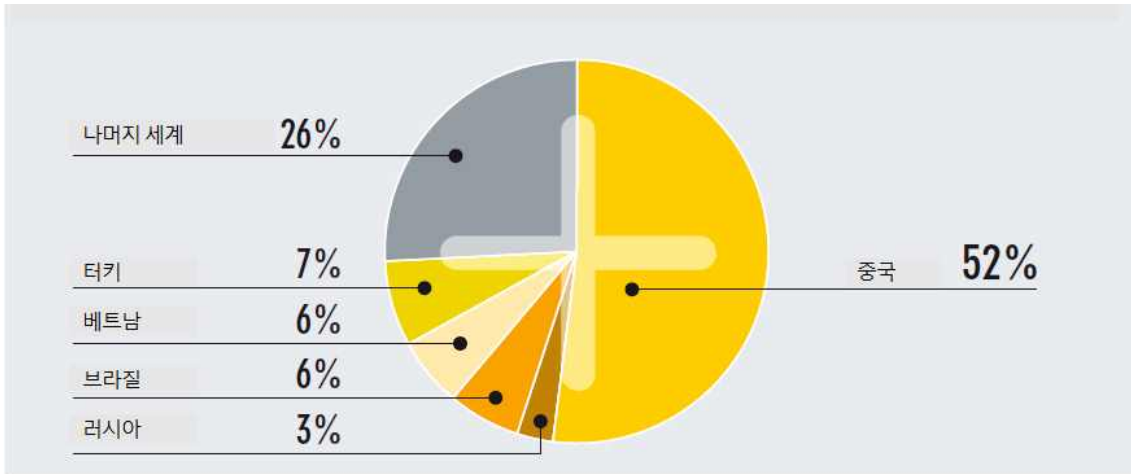
계보호를 위해 힘쓰겠다는 목표를 밝히고 있다. (사이드바 3 참조)

터키는 만성적인 전력부족과 빈번한 전력재난을 해소하기 위해 빠른 속도로 수력발전 용량을 늘리고 있다. 2012년에만 약 2GW가 추가되어 2012년 말 총 설비용량이 약 21GW에 달했다. 티그리스강의 1.2MW급 Ilisu Dam 공사가 이어지면서 과학자들은 침수에 대비해 해당지역의 문화유적들을 이동시킬 준비를 했다.

브라질은 2012년 소규모용량(30MW 이하) 394MW를 포함, 1.86GW의 수력발전을 추가가동함으로써 2012년 말 총용량이 84GW에 달했다. Estraito 발전소에 약 400MW가, Maua 발전소에 350GW가 추가되었다. 또한 2012년에 Madeira 강의 Santo Antonio 유입식 프로젝트에 70MW급 전구형 수중 bulb-type in-stream 터빈 9개(총 44개 중에서)를 연결했고, 2013년 초까지 2개를 추가로 설치했다. Madeira 강에서는 75MW짜리 전구형 터빈 50개가 들어가는 3.75GW급 Jirau 발전소 역시 순조롭게 진행되고 있다. 11.2 GW 규모의 Belo Monte 프로젝트의 공사도 지속되었는데, 이것이 완공되면 14GW짜리 Itaipu 발전소 다음으로 브라질에서 두 번째로 큰 수력발전소가 될 것이다. Itaipu 발전소는 2012년에 산출량 기록을 경신했는데, 98TWh 넘는 삼협댐과 비슷한 수준이었다.



<그림 9> 2012년 전세계 수력용량과 상위 5개국이 차지하는 비중



<그림 10> 2012년 전세계 수력 운용량 추가분 중 상위 5개국 차지하는 비중

베트남은 2012년에 신규용량은 1.8GW 이상 추가함으로써 총 용량이 12.9GW로 늘어났다. 이 증가분의 상당량은 베트남의 Son La 발전소 덕분이었다. Son La 발전소의 경우 400MW짜리 터빈 2개가 마지막으로 설치되어 2.4GW짜리 프로젝트가 완성되었는데, 이는 동남아시아 최대의 수력발전 프로젝트로 알려져 있다.

러시아에서는 Boguchanskaya 수력발전소에 2012년에는 333MW 시설 3개가, 2013년 초에는 1개가 발주되었고, 러시아의 총 가동용량은 46GW로 유지되었다. 러시아 최대의 수력발전시설인 6.4GW급의 Sayano-Shushenskaya 발전소는 2009년 끔찍한 사고가 발생한 이후로 보수공사가 진행 중인데, 2014년까지 10개의 터빈을 신규로 설치할 것이다. 2012년에 추가설치된 용량은 총 3.4GW 이상으로, 운용량추가분은 이보다는 더 낮다.

그 외 지역의 경우 멕시코가 2012년 말에 750MW급 La Yesca 수력발전소의 완전 가동에 들어가 총 용량 11.5GW에 도달했다. 이 발전소는 세계에서 가장 높은 표면차 수벽형 흙댐 concrete-faced earthfill dam 으로 높이가 220미터에 달하는 것으로 알려져 있다. 캐나다의 경우 마니토바주에서 200MW급의 Wuskwatim 발전소를 발주했고, Hydro-Quebec은 768MW급 Eastmain 1-A 발전소를 완공했으며, 그 인근에 있는 150MW급의 Sarcelle 발전소는 2013년에 완공될 예정이다. 인도는 약 750MW의 수력용량을 증설했는데, 이중 157MW는 소규모(25MW이하)로 분류된다. 이로써 2012년 말 인도의 총 용량은 약 43GW에 달했다.

아프리카의 경우 에티오피아에서 Grand Renaissance Dam이 순조롭게 진행되고

있는데, 2013년 말이면 첫단계의 발주가 시작된다. 이것이 완공될 경우 6천MW의 전기를 공급하는 아프리카대륙 최대의 수력발전시설이 될 것이다. 에티오피아에서 늘어나는 수력발전 출력을 아프리카 대륙 북동부에 있는 인근 국가로 수출하기 위해 몇 개의 송전프로젝트가 진행중이다. 2012년에는 에티오피아와 수단 간의 송전선이 완성되어 처음으로 100MW를 수출했는데 이로써 수단의 열발전 thermal generation을 대체하게 되었다. 또한 에티오피아-케냐 간 전력고속도로의 공사승인이 완료되었다. 이 2천MW급의 연결선이 완성되면 에티오피아는 풍부한 수력자원의 일부를 공급제한에 더 많이 시달리는 동아프리카지역으로 수출할 수 있다.

사이드바 3: 지속가능성 문제: 수력발전

수력의 역사는 그리스인들이 수차를 이용하여 곡식을 뿔던 2천여년전까지 거슬러 올라간다. 수세기동안 수력은 동력에너지를 공급하는데 있어서 중요한 역할을 담당했고, 최근 들어서는 전력까지 공급함으로써 인간과 경제의 발전을 지탱해주고 있다.

물을 대규모로 저장하는 수력댐은 (홍수와 가뭄 같은) 수문학적 변동성을 대비할 수 있게 해 주고 농업용지의 관개용수를 늘려주는 한편, 수송 및 레크리에이션 수단을 잠재적으로 제공할 수 있다. 수력을 특수하게 응용할 경우 장단기적으로 탄소배출을 줄이는데도 상당한 잠재력이 있다. 전력망운영자들은 수력을 이용하여 기저부하 전력을 제공하고 전기의 수급을 조절한다. 또한 수력은 전력시스템에서 갈수록 늘고 있는 여러 재생가능자원의 몫을 받쳐주는 든든한 역할을 점점 더 많이 하고 있다. (2012년 보고서의 사이드바 2을 볼 것.)

이런 장점에도 불구하고 수력의 지속가능성에 대해서는 논쟁이 끊이지 않고 있다. 수력프로젝트로 인한 환경 및 사회적 영향은 다음과 같다. 수문학적 체제에 미칠 수 있는 잠재적 영향, 침전물의 이동, 수질, 생물다양성, 토지이용변화, 주민의 이주, 하류의 물이용자들과 공중보건, 문화유산에 미치는 영향. 각각의 영향을 회피하거나 완화할 수 있는 가능성은 물론 이로 인한 심각성은 프로젝트별로 다르다. 또한 긍정적인 영향(재생가능전력의 생산 이외에도)을 극대화할 수 있는 기회도 현장에 따라 다르다.

수력의 환경적 지속가능성을 개선할 수 있는 잠재력을 가진 기술개발은 이미 많다. 이 중에는 지역에서 효과가 있는 어로나, 하류로 이동하는 물고기의 사망률을 낮춰주는 대규모나 소

규모의 “물고기 친화적인” 터빈기술, 환경의 흐름을 최적화하기 위한 모델, 터빈 장치에서 윤활유가 흘러나오지 않거나 이를 최소화하기 위한 디자인 변화(또는 생분해가 가능한 기름의 사용) 등이 있다. 세입발생과 홍수조절 같은 전통적인 우려뿐만 아니라 역동적인 기후환경영향에 대한 폭넓은 이해를 통합하는 프로젝트계획도 시작되고 있다.

퇴적문제 때문에 상류의 토지이용관리계획을 통합하는 저수지 관리계획이 있는가하면, “통행 제한” 프로젝트지역을 설정하거나 (가령 “river offsets”을 통해) 그 외 지역들을 보호함으로써 생물다양성 상실 같은 영향을 상쇄하고자 하는 경우도 있다. 예를 들어 노르웨이의 경우 National Master Plan 중 수력관련 부분에서는 프로젝트를 수용가능/수용불가로 구분하고 많은 수의 강을 보호하고 있다. 기존의 물저장 시설이나 신규다목적시설(개발, 기후변화완화, 물공급과 관개문제 해결 등)을 통한 수력용량 확대를 우선시할 경우 관련 장점을 확대하는 한편 그 부정적인 영향을 줄일 수 있다.

사회적 영향과 관련하여 여러 가지 모델 프로젝트들은 수력의 잠재적 위험에 대한 인식이 증가하고 있음을 보여주는 한편 이를 피할 수 있는 가능성을 제시했다. 프로젝트에 영향을 받는 공동체들과의 상호작용은 일반적으로 완화와 보상에 초점을 맞추지만, 일부 사례에서는 관련 공동체에 대한 적극적 참여와 지역생활수준을 개선하기 위한 협력이니셔티브를 통해 잠재적인 긍정적 영향을 극대화하려는 노력과 함께 장점 공유로 초점을 이동시킨 경우도 있었다. 이주에 대한 결정이 내려진 경우 일부 개발업자들은 공동체와 함께 재정착계획을 세우기 시작했다. 다양한 이해당사자들이 간여한 지난한 참여과정이 있는 후 라오스의 5억USD 짜리 Theum Hinboun Expansion Project 중에서 약 10%는 재정착과 사회적 사안을 해결하는데 할당되었다. 재정착한 공동체들이 떠안게 된 전반적인 문제는 아직도 논쟁적인 주제로 남아있긴 하지만 말이다.

2000년 세계담위원회 World Commission on Dams의 보고서가 발표된 이후 산업계와 국제기구 모두 지속가능성을 최적화하기 위해 수많은 기준, 원칙, 가이드라인을 개발했다. 이 중에는 세계은행보호조치World Bank Safeguards, 적도원칙Equator Principles, 수력지속가능성평가의정서Hydropower Sustainability Assessment Protocol 등이 있다. 국제금융공사의 성과표준International Finance Corporation Performance Standards과 적도원칙 Equator Principles에서는 전통소유권 또는 관습에 의한 사용을 통해 토지와 자연자원에 긴밀하게 묶여있는 원주민들에게 영향을 미치는 사업의 경우 개발업체가 자유롭고, 우선적이며, 충분한 정보를 제공한 동의 Free, Prior, and Informed Consent를 얻을 것을 요구한다. 자발적인

수력지속가능성평가의정서Hydropower Sustainability Assessment Protocol에서는 환경 및 사회적 사안을 다른 고려사항들과 동등하게 다루면서 프로젝트의 성과를 그 생애주기 내내 평가함으로써 수력부문에서 지속가능성을 선도하는 것을 목적으로 한다.

이런 수단들을 잘 준수하고 더욱 진전시키며 폭넓게 적용하면 국제적 관행이 국가별 규정의 편차에 관계없이 지역에도 적용되는 한편, 프로젝트 관련자들이 특정 프로젝트와 그로 인한 영향에 대한 논의에 참여할 수 있는 공통의 틀을 제공할 수 있는 잠재력이 생길 수 있다.

중앙아메리카 역시 상호연계를 증진시키고자 하는 지역 중 하나다. 2013년 초면 거의 완공되는 중미전력상호연계시스템 Central American Electrical Interconnection System은 그 길이가 과테말라에서 파나마까지 장장 1,800킬로미터에 이른다. 이 연결선은 중미일대에서 수력자원을 더 많이 사용할 수 있게 해줄 것으로 기대된다.

개도국의 수력발전프로젝트는 역사적으로 청정개발체제(CDM)의 수혜를 입었지만, 2012년과 2013년 초 탄소크레딧의 가격이 상당히 하락하면서 난관에 봉착할지도 모르는 상황이 되었다. 한편, 국제연합은 청정개발체제 프로젝트의 진척을 돕기 위해 토고와 우간다에 아프리카의 지역 센터를 설립했다. 오늘날 수력부문의 청정개발체제 파이프라인 프로젝트 중 아프리카에서 시행 중인 것은 1% 미만이며, 대다수는 중국에서 시행중이다.

양수발전소는 꾸준히 상당히 증가하고 있는데, 이는 대체로 다양한 재생가능발전의 비중이 늘어남에 따라 부수적인 서비스를 공급할 수 있는 능력이 생겼기 때문이다. 2012년 전 세계적으로 양수발전용량은 약 3GW 추가되어 총 138GW에 달했다. 유럽은 675MW를 증설하여 지역내 총 용량이 45GW 이상에 달했고, 중국은 2012년의 [세계총] 증가분의 절반 남짓인 1.5GW의 양수용량을 증설했다. 중국 Hebei 지역의 Fengning 발전소는 2012년에 공사에 들어갔는데, 이 3.6GW짜리 프로젝트는 완공되면 세계최대의 양수발전시설이 될 것이다.

3. 수력산업

수력산업은 지역 및 국제적인 파트너십으로 위험과 수익을 공유하는 합작투자사업 모델로 괄목할만하게 성장하고 있다. 예를 들어 우간다의 250MW급 Bujagali 프로젝트는 공사파트너십으로 2012년에 완공되었다. 국제금융공사(세계은행그룹)는 한국서부발전과 합작으로 라오스에서 1개 이상의 프로젝트를 개발했다. 베트남에서는 한국의 삼성을 비롯한 지역 및 국제적인 당사자들이 손을 잡고 Electricity of Vietnam의 자회사를 위해 Trung Son 발전소 건설 계약에 참여했다.

대규모 프로젝트의 규모가 증가하자 제조업체들은 Tianjin Alstom(중국)과 Power Machines(러시아)가 만든 1천MW급 Francis 발전소 같은 대형 터빈발생기를 개발하고 테스트하고 있다. 기록적인 812MW 급의 Francis 터빈발생기 4기를 Xiangjiaba 발전소에 장착한 Alstom은 천진의 Global Technology Center를 비롯, 중국내 수력개발에 대한 요구가 있는 곳에 1억3천만 USD(1억유로)를 쏟아붓기도 했다. 중국의 제조 및 연구시설에 투자하는 세계 주요수력발전사들의 관심은 중국의 수력발전관련 파이프라인의 꾸준한 성장과 그 중요성을 반영한다는 믿음이 지배적이다.

기업들의 투자는 다른 지역에서도 이루어지고 있다. 2013년 초 Alstom은 수년간의 현지개선활동과 수문학실험연구소의 두배확장 이후 프랑스 Grenoble에 신규수력기술센터본사를 열었다. 러시아에서는 Alstom(프랑스)이 RusHydro(러시아)와 손을 잡고 수력시설제조공장 건설에 들어갔다. 최근 몇 년간 신규제조시설에 엄청난 투자를 한 Voith Hydro(독일)은 연구와 개발, 특히 양수발전소 기술을 더 많이 강조했다.

라틴아메리카의 수력부문에서 30%의 시장지분을 가지고 있는 아르헨티나의 IMPSA는 지역에서 꾸준히 이어지고 있는 수요를 충족하기 위해 생산용량을 두배로 늘릴 수 있는 신규공장을 열었다. 일본의 경우 Toshiba가 개도국에서 열 및 수력 생산시설에 대한 수요가 늘어날 것이라는 예상 하에 신규 열/수력/재생가능발전 공학센터의 건축을 발표했다.

제조사들은 또한 변속기기와 기타 혁신을 통해 필수적인 유연성과 효율성을 추구하면서 양수발전기술을 향상시키기 위해 노력하고 있다. Electricite de France는 485MW급의 La Cheylas 발전소의 품질을 개선하여 변속으로 만들 계획을 내놓고 있다. 이 프로젝트를 위한 협력단에서는 유럽의 양수시설을 변속운영방식으로 전환할 경우 10GW의 추가적인 조절용량을 얻을 수 있다고 추정한다.

세계유수의 수력기술 및 제조사로는 Alstom, Andritz(오스트리아), IMPSA, Voith가 있는데, 이들을 모두 합하면 세계 시장의 점유율은 50%가 넘는다. 그 외에도 BHEL(인도), Dongfang(중국), Harbin(중국), Power Machines, Toshiba 같은 주요 제조사

가 있다.

4. 해양에너지

■ 해양에너지시장

한국의 254MW짜리 조력발전프로젝트와 그보다는 훨씬 작지만 스페인의 300kW짜리 파력에너지시설이 2011년에 도입된 이후 2012년에는 신규용량이 거의 증설되지 않았다. 상업적인 해양에너지용량은 약 527MW로 유지되었는데, 이중 대다수는 조력발전시설이었고, 파이프라인 쪽에 추가프로젝트가 있었다.

9월에 미국 메인주 연안의 Cobscook Bay Tidal Energy Project가 전기를 전력망에 공급하기 시작했다. Ocean Renewable Power Company(미국)의 TidGen 장치는 최고출력이 180kW이다. 대서양건너 포르투갈 연안에서는 AW Energy(핀란드)가 100kW짜리 파력변환기 3개를 설치했는데, 이들은 이를 WaveRoller라고 부른다. 이 변환기는 연안용으로 고안되었고 수심 8-20미터의 해양저에 위치한다.

2012년 말 가동된 주목할만한 해양에너지시설로는 1966년부터 운영된 프랑스의 Rance 조력발전소(240MW), 캐나다 Nova Scotia(20MW)와 중국 Zhejiang(3.9MW)의 조력발전소, 영국의 조류 및 파력에너지프로젝트(약 9MW) 등이 있다.

한국은 2011년 중반부터 가동에 들어간 시화조력발전소 외에도 국가의 녹색성장 목표를 달성하기 위해 다른 조력발전소의 건설을 계획해왔다. 하지만 2013년 초 현재 이들 프로젝트의 위상은 불확실하다. 2013년 초에 발표된 한국의 6차 전력계획에는 강화(813MW)와 가로림(520MW) 조력발전소의 개발이 들어있지만, 생태적인 이유로 대중적인 반대가 있어 진척이 쉽지 않을 수 있다.

미국에서는 Ocean Power Technologies(미국)가 2012년에 오리건 연안의 1.5MW급 파력발전소 건설승인을 받았고, 2013년에 완공될 150kW PowerBuoy(파력에너지 변환장치)가 처음으로 설치되었다. 2012년에 필요한 승인을 모두 받은 Verdant Power(미국)은 지금 뉴욕에서 진행중인 Roosevelt Island Tidal Energy 프로젝트를 진척시키고 있다. 이 프로젝트는 East River에 설치된 30개의 조력터빈을 가지고 1MW의 전력을 생산하는 것을 목표로 하고 있다.

영국에서는 오랫동안 Severn River를 조력댐 잠재력이 있는 지역으로 거론해왔지만, 높은 경제적 비용과 야생환경에 대한 잠재적인 영향이 이중의 장애물로 떠올랐다. 2012년 Cardiff 남쪽에 있는 18킬로미터 넓이의 Severn 어귀에 민간자본 5백억 USD(3백억 GBP)을 들여 6.5GW의 댐을 건설하겠다는 새로운 계획이 발표되자 이 문

제가 다시 수면위로 떠올랐다. 만일 이 댐이 건설될 경우 영국 전력 수요의 5%를 공급할 수 있다.

새로운 주요상업프로젝트가 진척되지 않고 있다는 사실은 아직 해양에너지산업이 상대적으로 미성숙 단계라는 점을 염두에 두고 평가해야 한다. 특히 영국 같은 곳에서는 수많은 시범프로젝트들이 현장에서 진행중이거나 곧 진행될 예정이다. 해양에너지가 느리지만 꾸준히 상업프로젝트화를 위한 절차를 밟고 있는 점은 긍정적으로 평가할 수 있는데, 특히 조력발전기술은 조만간 많은 곳에서 상용화될 것으로 보인다.

■ 해양에너지산업

영국의 대륙붕은 신규해양발전기술을 테스트할 수 있는 핵심적인 장소다. Orkney 연안의 European Marine Energy Center에는 테스트를 거치고 있는 파력 및 조력장치들이 아주 많다. 2012년 영국의 National Renewable Energy Centre는 가상의 조건 하에서 조력장치들을 테스트할 수 있는 시설의 문을 열었는데, 이는 기술개발자들에게 소중한 정보를 제공할 수 있다.

위의 시설들과 함께 연구개발을 수행하고 있는 해양에너지 회사들은 스코틀랜드 정부가 발주한 1억6천7백만 USD(1억3백만 GBP)의 투자자금을 비롯하여 영국 정부와 지역 행정당국에게서 지원을 받고 있는데, 이는 주로 해양에너지를 지원하기 위함이다. 아일랜드에서는 최근 몇 년간 경제상황 때문에 자금지원이 중단되긴 했지만, 연안 시설의 새로운 전력망연결장치에 대한 연구를 비롯한 해양연구시설의 연구활동이 2013년에는 확장될 것으로 예상된다.

스코틀랜드 연안의 비옥한 바다에 모인 전문지식들은 다른 지역에 테스트시설을 설립하는데도 도움을 주고 있다. European Marine Energy Center는 대만, 일본, 중국, 한국, 미국, 캐나다에 있는 협력사들과 협약을 체결하여 해양발전테스트지역에서 기술적인 지원을 하기로 했다.

민간기업의 자금지원이 없으면 정부의 보조도 크게 효과가 없다. 해양산업이 파력과 조력을 이용하기 위한 다양한 기술을 개발하고 테스트하는 지난한 과정을 거칠 때는 꾸준한 자금지원이 확보되어야 한다. 이는 일반적으로 파트너십과 합작투자 또는 대기업의 인수를 통한 자본투입을 통해 이루어진다.

주요전력기술사들 역시 해양에너지부문에서 존재감을 키우고 있다. 2012년 Alstom(프랑스)은 조력터빈기술로 특화된 Rolls Royce의 옛 자회사인 Tidal Generation Limited(영국)를 인수했다. 이후 Alstom은 수중조력터빈을 개발하기 위한 Clean Current(캐나다)와의 라이선스계약을 끝냈다. 2011년 Alstom은 스코틀랜드의

AWS Ocean Energy Ltd에서 40%의 지분을 확보한 바 있다.

Andritz(오스트리아)는 노르웨이의 해양에너지회사인 Hammerfest Strøm AS에서 다수의 지분을 확보하여 이제는 Andritz Hydro Hammerfest가 되었다. Iberdrola(스페인) 역시 스코틀랜드의 European Marine Energy Center에서 조력터빈을 운영하고 있는 이 회사의 지분을 가지고 있다. Marine Current Turbines(영국)의 소유권은 이제 완전히 Siemens(독일)로 넘어갔다. 이 회사는 최근 Northern Ireland 연안에 있는 세계 최대의 전력망연결 조류 터빈인 SeaGen 터빈 가동 5주년 기념행사를 가졌다.

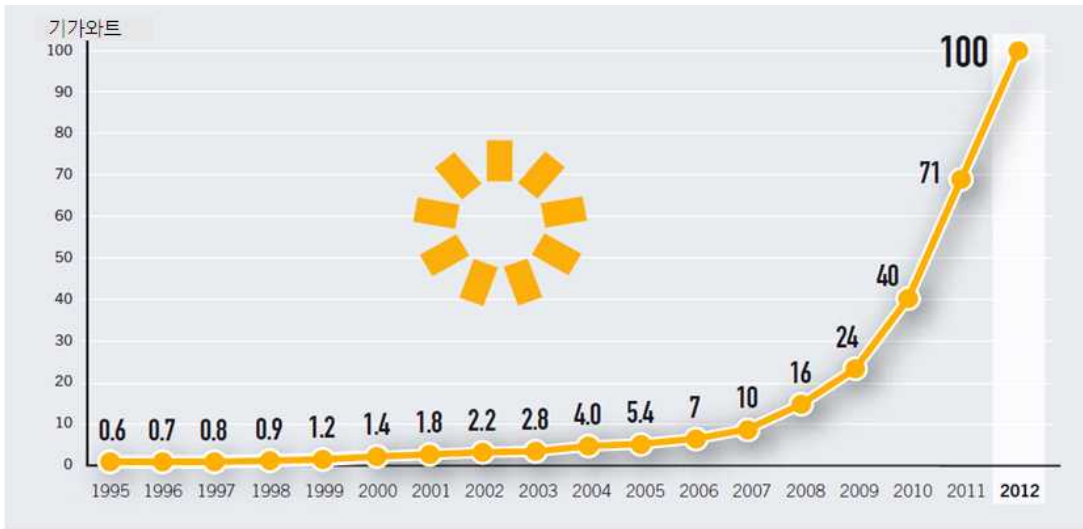
Shetland에 370MW의 풍력발전소 승인이 확정되면 Shetland 서쪽 연안의 10MW급 파력발전소 개발을 위한 Vattenfall(스웨덴)과 Pelamis Wave Power(스코틀랜드) 간의 합작투자에 불이 붙어 스코틀랜드 본토에 필요했던 상호접속이 이루어질 것이다. 이는 해양에너지와 다른 연안 재생에너지프로젝트 간에 잠재적인 상승효과가 있음을 의미할 수 있다. Vattenfall은 예전에 이 프로젝트가 이 같은 상호접속에 입각하고 있음을 밝힌 바 있다.

스코틀랜드 북부의 Pentland Firth에서는 2013년 400MW Meygen 조력발전프로젝트를 놓고 Atlantis Resources Corporation(영국)과 투자은행인 모건 스탠리, 그리고 발전사업자인 International Power(영국) 간의 합작투자가 시작될 희망이 보인다. 이 프로젝트는 지난 해 Narec 검사현장에서 테스트를 완료한 Atlantis Resources의 AR 1000 1 MW 조력터빈과 Andritz Hydro Hammerfest의 터빈을 사용할 것이다. 캐나다 정부의 새로운 자금 5백만 USD를 지원받게 된 Atlantis는 협력사들과의 합작으로 Bay of Fundy의 캐나다 대서양 연안에서 터빈 하나를 장착했다. 이 지역의 조수간만의 차는 17미터로 세계최고를 자랑한다.

5. 태양광발전(PV)

■ 태양광발전 시장

태양광발전 시장은 2012년 세계총 가동용량이 100GW에 달하는 기염을 토하면서 또다른 전기를 맞았다. 태양광발전 시장은 2011년에 비해 상당히 안정적이었는데, 전력으로 공급되는 추가 용량은 약간 적었지만 선적 수준 shipment levels은 약간 높았다. 또한 추가된 29.4GW는 2012년 말 세계총가동용량의 1/3에 달하는 수준이었다. (그림 11과 표R5 참조) 박막시장의 비중은 2011년 15%에서 2012년 13%로 하락했다.



<그림 11> 1995~2012년 전세계 태양광발전 용량

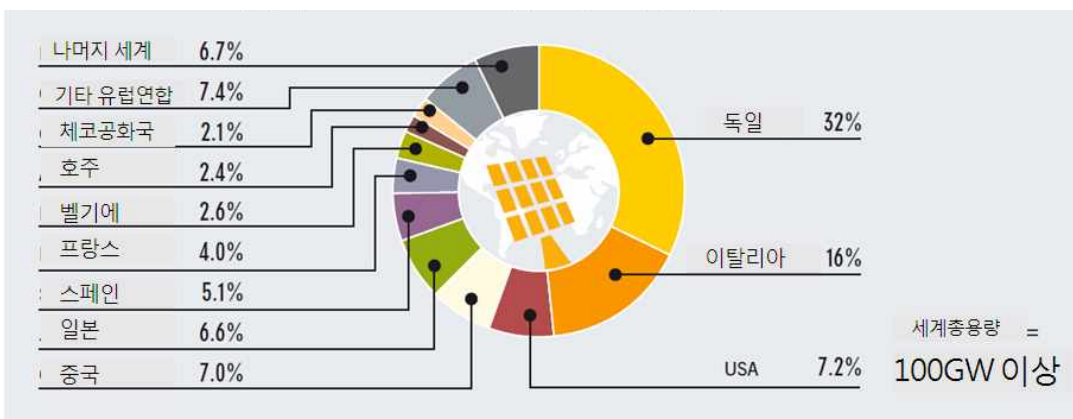
2012년 전력망에 태양광발전을 1GW 이상 추가한 나라는 총 8개국으로 신규설비는 꾸준히 폭넓게 확산되었다. 상위권 시장(독일, 이탈리아, 중국, 미국, 일본)들은 총용량에 있어서도 앞섰다. 2012년 말 유럽의 8개국, 아시아 3개국, 미국, 호주의 총용량을 모두 합하면 1GW가 넘었다. 일인당 태양광발전량에서 가장 앞서는 국가는 독일, 이탈리아, 벨기에, 체코 공화국, 그리스, 호주다.

이번에도 유럽은 16.9GW를 증설하여 신규설비용량의 약 57%를 차지하고, 2012년 말 70GW를 가동함으로써 태양광발전 시장을 장악했다. 하지만 2011년의 증가분 22GW와 세계시장의 70% 이상 점유라는 기록에 비하면 낮아진 것이다. 최소한 2000년 이후로 유럽의 태양광발전 시장이 처음으로 하락세를 겪게 된 것은 주로 인센티브의 감소(발전차액지원제도의 지불금 등), 일반적인 정책불확실성, 이탈리아의 가장 심각한 하락세 때문이다. 하지만 2001년을 지나면서 유럽연합에서는 태양광발전시설을 다른 그 어떤 전력발생기술보다 더 많이 설치했고, 그 결과 2012년 태양광발전은 모든 신규용량의 약 37%를 차지하게 되었다. 전력발생 중에서 태양광발전이 차지하는 비중이 늘어나면서 태양광발전은 유럽전력시스템의 구조와 운영에 영향을 미치기 시작했고, 기존 전력생산자와의 경쟁이나 지역전력망의 포화 같은 장벽에 갈수록 많이 부딪히고 있다.

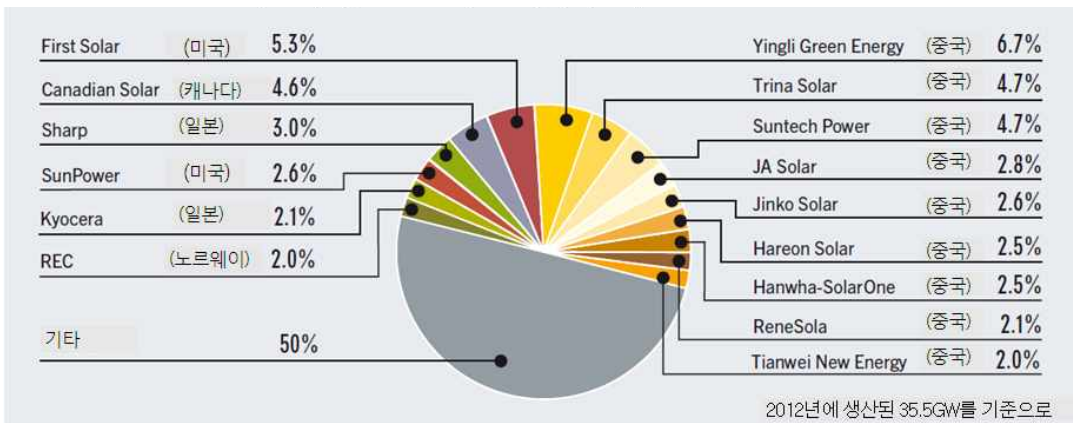
이탈리아와 독일은 모두 2012년 말에 가동중인 풍력용량보다 더 많은 태양광발전용량을 보유했는데, 이 두나라를 합하면 전세계 총 용량의 절반에 육박한다. (그림 12 참조) 독일은 지난 2년간보다 약간 늘어난 7.6GW라는 기록적인 용량을 증설했는데,

이로써 독일의 총용량은 32.4GW로 늘어났다. 2012년 독일에서는 2011년보다 45% 늘어난 28TWh의 전력을 태양광발전을 통해 생산했다. 이탈리아는 총 용량이 16.4GW에 도달했지만, 3.6GW의 추가용량은 2011년의 추가용량보다 훨씬 낮은 수준이었다.

그 외 유럽연합의 다른 상위권 시장으로는 프랑스(1.1GW), 영국(0.9GW), 그리스(0.9GW), 불가리아(0.8GW), 벨기에(0.6GW) 등이 있다. 이 국가들의 추가동용량은 모두 30% 이상 증가했고, 특히 불가리아의 경우 6배 늘어났다. 하지만 프랑스의 시장은 2011년에 비해 낮아졌다.



<그림 12> 2012년 전세계 태양광발전 용량 중에서 상위 10개국의 비중



<그림 13> 2012년 상위 15개 태양광모듈제조업체의 시장지분

유럽 이외의 지역에서는 2011년에서 8GW 늘어난 약 12.5GW가 증설되었다. 최대 시장으로는 중국(3.5GW), 미국(3.3GW), 일본(1.7GW), 호주(1GW), 인도(약 1GW)가 있다. 추가용량면에 있어서는 아시아(7GW)와 북미(3.6GW)가 유럽 뒤를 이었다.

2012년 말에는 아시아가 급성장하여 총가동용량면에 있어서 유럽 바로 뒤를 이었다.

미국의 용량은 2012년에 약 85% 증가하여 7.2GW에 도달했다. 캘리포니아주의 경우 2012년은 기록적인 해로(1GW 이상 증설) 미국 총용량의 35%를 보유하게 되었다. 하지만 태양광발전은 가격하락과 임대차계약, 공동체투자, 제3자 자금조달 같은 혁신적인 자금조달 및 소유모델 덕분에 더 많은 주로 확산되고 있다. 부정적인 면을 보면 기존발전자산에 있을 수 있는 잠재적인 좌초비용(stranded costs)에 대한 유틸리티 우려 때문에 전력요금인하제도 net metering의 미래를 둘러싼 전쟁이 시작되고 있다. 공익사업 설비는 추가분의 54%를 차지했고 2012년 말 미국용량 중 2.7GW를 차지했으며, 3GW 이상이 건설 중이다. 하지만 많은 공익사업들이 재생에너지할당제의 목표치를 따르다보니 공익사업의 조달이 느려지고 있다.

중국용량은 두배로 늘어서 2012년에는 약 7GW가 되었지만 기대치에는 미치지 못했다. 4사분기에 중국은 세계태양광패널 수출의 1/3 이상을 차지했는데, 국내태양광패널 과잉을 해소할 수 있는 시장을 창출하려는 정부의 노력에 대응하면서 독일을 치고 올라왔다. 중국 시장에서는 대규모 지면설치시설이 주를 이루고 있는데, 이 중 다수는 부하중심 load center에서 많이 떨어진 중국 서부지역에 위치해 있다. 하지만 국가정책적으로는 분산형, 건물장착프로젝트 역시 장려할 목표도 가지고 있다.

일본의 총 용량은 새로운 발전차액지원제도 덕분에 35% 상승하여 6.6GW를 넘어섰다. 2012년 말 태양광발전은 발전차액지원제도에서 인증을 받은 용량의 90%를 차지했다. 일본의 급격한 수요증가는 태양광발전에 대한 상당한 투자로 이어졌고 이는 지가상승에도 영향을 미쳤다.

호주는 2011년보다 70% 상승한 2.4GW로 2012년을 마감했다. 2012년 초 남호주 지역에는 가구 5호당 1호 꼴로 지붕설치형 태양광발전시설이 있었다. 인도 역시 총용량이 5배 이상 증가하는 상당한 증가세를 기록하여 1.2GW에 달했다.

일부 전통적인 유럽연합의 시장들이 둔화되기 시작하면서 가격이 하락하자 태양광발전은 전세계 신규시장에서 경쟁이 용이해지고 있다. 나미비아와 남아프리카공화국에서는 2012년 대형태양광발전단지가 가동에 들어갔고, 중국기업들은 최소 20개 아프리카국가에서 건설프로젝트를 시작하여 중국수출업자들의 수요에 박차를 가하는데 일조했다.

중동지역에서는 이스라엘이 유일하게 상당한 시장을 보유하고 있다. 하지만 사우디아라비아와 중동-북아프리카 지역에서도 에너지수요가 급격히 늘고 수출용 원유를 더 많이 확보하고 싶은 욕망이 있는데다, 일사량이 많다보니 태양발전에 대한 관심이 빠르게 늘고 있다.

동남아시아지역은 태국이 지배하고 있지만, 다른 곳에서도 시장이 점차 확대되고 있다. 또한 호의적인 정책들을 통해 추진력을 얻은 덕분에 라틴아메리카의 수요도 소규모 독립형off-grid 및 틈새시설에서 상업 및 산업지구의 대규모 시설로 전환되고 있는데, 특히 브라질, 칠레, 멕시코에서 이같은 현상이 두드러지게 나타난다.

특히 개도국에서는 독립형 시스템에 대한 관심이 늘고 있다(5장 농촌재생에너지 참고). 2012년에는 남태평양 토켈라우령에 세계 최대의 독립형 시스템이 완성되어 필요 전력 100%를 공급할 수 있게 되었다. 호주, 이스라엘, 노르웨이, 스웨덴, 미국 등 일부 선진국에서는 태양광발전설비용량의 상당부분을 독립형 사업이 차지한다. 하지만 오늘날 태양광발전의 대다수는 전력망 연결형이며, 독립형은 시장의 1% 밖에 되지 않는 것으로 추정되는데, 이는 20년전보다 90% 이상 감소한 것이다.

건물일체형 태양광발전(BIPV)(지붕, 벽 등 기타 건물자재의 역할도 겸하는 태양패널) 시장은 전 세계적으로 설치된 태양광발전 용량의 1% 미만을 차지하고, 2012년 추가용량은 약 100MW로 추정된다. 경제침체 때문에 건설경기가 둔화되어 건물일체형 태양광발전의 증가세도 약화되었다. 유럽은 이 분야에서 활동하는 50여개의 기업을 보유한 세계 최대의 시장이다.

또한 공동체소유형 태양광발전에 대한 관심도 일부 국가에서 늘어나는 추세다. 미국의 8개 주에는 공동체형 태양광발전프로젝트를 장려하는 정책이 있다. 2012년 말 이 되자 공동체형 프로젝트의 용량은 약 60MW에 달하게 되었다. 호주에서는 Melbourne LIVE Community Power Programme이 있어서 자신의 지붕에 시스템을 설치할 수 없는 공동체 구성원들이 이 사업에 투자할 수 있다.

동시에 대규모 태양광발전프로젝트의 수와 규모도 꾸준히 증가하고 있다. 2013년 초 가동중인 발전소 중 약 90기가 30MW 이상이었고, 400기 정도는 10MW가 넘었다. 2012년 말 세계 최대 발전소 50기를 합한 용량은 4GW를 넘었고, 유럽, 북미, 아시아에서 30MW 이상의 태양광발전시설을 보유한 나라는 12개국¹⁾이 넘었다. 이 시설 중 20개 이상이 2012년부터 가동에 들어갔는데, 이 중에는 세계최대의 태양광 발전소인 미국 아리조나주의 250MW급 박막발전소와 인도 구자라트주의 214MW급 발전소도 있다. 독일은 2012년 말 가동중인 30MW 이상 시설의 총 누적용량이 1.55GW로, 누적용량면에서 선두를 달렸고, 미국, 프랑스, 인도, 우크라이나, 중국, 이탈리아가 그 뒤를 이었다. 세계 여러지역에서 50-1000MW 규모의 프로젝트에 대한 계획이 진행 중이다.

집광형태양광발전 concentrating PV 시장은 아직 상대적으로 작지만, 일사량이 많

1) 2011년 보고서에서는 200kW 이상 규모를 공익사업규모 프로젝트라고 보고했고, 2012년 보고서에서는 20MW 이상으로 잡았다는 사실은 태양광발전시장의 급속한 변화를 보여준다.

고 습도가 낮은 지역에서 효율성이 높다는 이유로 관심이 늘고 있다. 2011년에는 세계 최초의 멀티-메가와트프로젝트가 가동에 들어갔고, 2012년 중순까지 총 100MW에 달하는 발전소 100기 이상이 전세계 20여개국에서 가동되고 있었다. 미국은 2012년부터 가동에 들어간 30MW급 콜로라도 발전소 덕분에 최대용량을 보유하게 되었고, 스페인, 중국, 대만, 이탈리아, 호주가 그 뒤를 이었다. 그 외에도 북아프리카, 중동, 남아메리카의 신규 시장에서도 확산되고 있다.

태양광발전은 일부 국가의 전력생산에서 상당한 역할을 담당하게 되었는데, 2012년 이탈리아에서는 국가전력수요의 약 5.6%, 독일에서는 약 5%를 충족시켰다. 일사량이 많은 달에는 양국 모두 그 비중이 훨씬 높아진다. 2012년 말 유럽의 태양광발전 용량은 총 전력소비량의 2.6%를 충족시킬 수 있을 정도로 충분했고, 세계 가동용량은 매년 최소 110TWh의 전력을 생산할 수 있을 정도로 충분했다.

■ 태양광발전산업

2011년과 마찬가지로 2012년은 태양광발전 유통업자, 설비업자, 소비자 모두에게 좋은 시기였지만, 전지와 모듈 제조업자들은 이윤을 남기기는커녕 생존을 위해 몸부림쳐야 했다. 2010년과 2011년에 특히 중국 등지에서 용량이 공격적으로 증가하면서 생산용량과 공급이 과잉되었고, 그 결과 과도한 경쟁과 함께 2012년에는 가격이 심하게 하락하여 제조업자들의 마진이 적어지고 산업병합이 꾸준히 이어졌다. 가격하락은 많은 박막회사들과 집중형 태양광 산업에도 영향을 미쳐 이들은 힘들게 경쟁을 하게 되었다.

결정질실리콘 모듈의 평균 가격은 2012년에 30% 이상 떨어졌고, 박막의 가격은 약 20% 하락했다. 설비시스템의 가격 역시 그렇게 빠르지는 아니지만 역시 하락하고 있는데, 이는 지역별로 편차가 큰 편이다. 2008년 2사분기부터 2012년 2사분기까지 독일주거용시스템의 가격은 와트당7.00USD에서 2.20USD로 하락했지만, 미국의 주거용시스템 평균가격은 5.5USD로 떨어졌다.

2012년에는 결정질실리콘전지 31.9GW와 모듈 35.5GW가 생산되었는데, 이는 2011년보다 약간 저조한 실적이다. 몇몇 발전소들이 문을 닫긴 했지만, 2012년 연말 모듈생산용량은 60GW 이하에서 70GW 이상으로 늘어난 것으로 추정된다. 중국 한 곳의 생산용량만으로도 전 세계 시장에 모두 공급하고도 남을 정도다. 박막생산은 2012년에 약 15% 하락하여 4.1GW가 되었고, 세계총태양광발전생산량 중에서 박막생산이 차지하는 비중은 꾸준히 하락했다.

지난 10년간 모듈생산계의 리더십은 미국에서 일본으로, 유럽으로, 다시 아시아로

이동했다. 2012년 세계총생산량 중에서 아시아가 차지하는 비중은 86%(2011년의 82%에서 상승)였는데, 특히 중국은 세계총생산량의 약 2/3를 생산했다. 유럽의 비중은 꾸준히 하락하여 2011년 14%에서, 2012년 11%가 되었고 일본의 비중 역시 6%에서 5%로 하락했다. 미국의 비중은 3%에 머물렀고, 박막은 미국생산량의 29%를 차지했는데, 이는 2011년의 41%보다 하락한 수치다. 하지만 폴리실리콘 생산 부문에서는 유럽이 아직 경쟁력이 있으며 미국이 가장 앞서고 있다.

전 세계적으로 생산된 35.5GW의 태양광발전모듈 중에서 상위 15개 제조업체가 차지하는 비중은 절반에 달했다. 이 중 11개사는 아시아 기업이다. Yingli(중국)는 Suntech(중국)와 First Solar(미국)을 제치고 1위를 차지했다. First Solar는 2위를 유지했고 Suntech는 Trina Solar(중국)에 이어 4위로 내려갔다. 다른 상위 제조업체 사이에서도 순위변동이 많았다. (그림 13과 2012년 보고서의 그림 13을 참고할 것.)

2012년에는 시장병합이 지속되었다. 프로젝트개발 부문에서는 프로젝트 파이프라인의 주식을 사들이고자 하는 대기업들이 인수합병활동을 추진했다. 제조업체들 중에서는 자금이 탄탄한 세계적 기업들마저 곤란을 겪었다. 2011년에 시작된 줄이은 실패와 도산은 모듈의 과잉생산 때문에 2013년까지 지속되었다.

최근 몇 년간 태양광 산업계를 떠난 미국제조사는 24개가 넘고, 한 추산에 따르면 2012년에는 유럽 제조사 10여곳과 중국 제조사 50곳이 사업을 접었다. 심지어 Yingli와 Trina 같은 중국의 “1급” 기업들마저 발전소 운영을 쉬고 적자를 면하기 위해 안간힘을 썼다. 2012년 말 중국의 상위 10개 제조사들이 국유은행에서 대출한 돈은 2백억 USD에 달했고, Suntech Power의 주요운영자회사는 2013년 초 파산을 선언했다. 인도에서는 2013년 초 국내제조사의 90%가 문을 닫거나 채무재조정신청을 했다.

아시아의 다른 기업들은 미국의 차세대 태양기술을 매수하느라 분주했고, 한화그룹(한국)은 2008년 최고의 모듈제조사였다가 지금은 파산한 Q-Cells(독일)을 사들였다. First Solar(미국)과 파나소닉(일본)은 생산라인을 폐쇄하거나 신규공장계획을 연기했다. GE(미국)은 콜로라도주의 박막공장건설을 중단하고 연구개발분야로 돌아갈 계획을 발표했다. Bosch Solar(독일)은 2014년부터는 더 이상 전지와 패널을 만들지 않을 것이라고 밝혔다. Siemens(독일) 역시 태양관련사업에서 손을 뗄 것이라고 밝혔다. 기존 시장에 남은 대부분의 기업들은 비용을 낮추기 위해 연구개발보다는 제조공정 개선에 투자하고 있다.

생산용량을 일시 중단시키거나 매장을 폐쇄한 제조사들도 있지만 신규시설의 문을 열고 신규시장을, 특히 개도국을 대상으로 공격적으로 찾아나선 곳들도 있다. 2012년에 신규공장이 문을 연 곳은 유럽, 터키, 카자흐스탄, 일본, 말레이시아, 미국 등이다.

2013년 초에는 에티오피아 최초의 모듈제조시설(20MW)이 국내시장을 대상으로 가동에 들어갔다.

혁신과 제품편차의 중요성은 갈수록 커지고 있고, 성공하는 제조업체는 상류 및 하류활동 모두를 다각화했는데 많은 기업들이 프로젝트 개발로 확장하거나 전략적인 파트너십을 모색하고 있다. First Solar는 주거용 시장에서 공익사업 규모의 태양광발전소 개발로 초점을 이동했다. First Solar와 SunPower(미국) 모두 중국시장에 진입하기 위한 거래가 체결되었다고 발표했다. Trina Solar는 태양광 토탈솔루션 공급업체가 되고 있고, Canadian Solar는 프로젝트 개발과 소유권쪽으로 중심을 이동하고 있다.

2012년은 태양광발전 분야에 희비가 교차하는 해였다. Skyline Solar와 GreenVolts(모두 미국) 같은 일부 회사들은 문을 닫았고 SolFocus(미국)는 매각을 결정했다고 밝혔다. 하지만 아직 운영중인 회사들은 신흥시장의 제조시설 건설에 더 많은 시간과 돈을 투자했다. 태양광 산업은 지금 상업화단계이지만, 프로젝트 규모확장에 필요한 자금 확보나 현장에서 꾸준한 고수익을 내는 문제 같은 여러 도전과제들이 남아있는 상태다.

6. 집광형 태양열발전(CSP)

■ 집광형 태양열발전 시장

집광형태양열발전시장은 2012년에도 꾸준히 확장되어 세계총용량이 60% 이상 늘어나 약 2,550MW에 이르렀다. (그림 14와 표 R6 참고.) 집광형 태양열발전 시장은 2011년의 두배로 늘어났는데, 신규가동에 들어간 970MW의 대부분을 스페인이 차지했다. 2007년말부터 2012년까지 세계총용량은 연평균 약 43%의 비율로 늘어났다.

가장 성숙한 기술인 포물선구유 Parabolic trough는 꾸준히 시장을 지배하여 2011년 말 가동중인 시설의 약 95%와, 2012년 중반까지 건설중인 발전소의 75%를 차지했다. 2012년 중반 건설중인 발전소의 18%를 차지한 타워형/중앙수집형도 갈수록 보편화되고 있고, 프레넬형 Fresnel(6%)과 아직 개발 중인 포물선접시 parabolic dish 기술이 그 뒤를 이었다.

집광형 태양열 발전 총용량 및 개발에서는 스페인이 꾸준히 선두를 유지했는데, 950MW가 추가되면서 가동용량이 95% 늘어나 총 1,950MW의 용량을 보유하게 되었다. 세계시장에서도 그렇지만 스페인에서 우위를 점하고 있는 것은 포물선구유 기술이지만 2012년에는 세계최초의 상업용 프레넬형 발전소가 완성되기도 했다. 세계최초의 집광형 태양열발전-바이오매스 혼합형 발전소 역시 가동에 들어갔다. 하지만 2012년과 2013년 초의 정책 변화(신규건축에 대한 지불유예, 발전차액지원제도의 퇴행적 변화, 모든 전력생산업체에

대한 과세) 때문에 스페인의 산업은 새로운 도전에 직면해있다.

총용량 면에서 세계 2위의 시장을 유지한 미국은 2012년 말 가동용량은 507MW였다. 2011년과 마찬가지로 신규용량은 증설되지 않았지만, 2012년 말 건설중인 용량은 1,300MW가 넘었는데, 모두 2년 내에 가동을 시작할 예정이다. 2012년 말 캘리포니아 모하비 사막에서 건설 중인 Ivanpah 시설은 75% 완성되었다. 이 시설이 가동에 들어가면 이 392MW급 타워형 발전소는 세계 최대의 집광형 태양열발전시설로서 미국의 14만가구에 전력을 공급해줄 것으로 예상된다. 2012년 말에 80% 완공된 Solana 발전소(280MW)는 완성될 경우 세계 최고(最高)의 포물선구유형 발전소가 될 것이다.

그 외 다른 지역에서는 100MW 이상의 용량이 2012년 말에 가동되었는데, 이 대부분이 북아프리카에서 이루어졌다. 일부 상대적으로 작은 프로젝트들이 가동에 들어가기도 했는데, 호주에서는 태양열을 석탄화력발전소에 공급하는 Liddell Power Station에 9MW가 추가되었고, 칠레는 한 채굴회사에 가공열을 제공하는 10MW짜리 시설을 남아메리카 최초의 집광형 태양열발전소로 보유하게 되었다. 기존에 집광형 발전소를 보유하고 있으면서 2012년에 용량을 늘리지 않은 국가로는 알제리(25MW), 이집트(20MW), 모로코(20MW) (세 국가 모두 태양열-가스 혼합 발전소 내에 태양열시설이 입지해있다), 태국(5MW)이 있다. 중국, 프랑스, 독일, 인도, 이스라엘, 이탈리아, 한국 등 몇몇 국가에서는 소규모 파일럿 발전소가 가동되었다. 아랍에미리트 연합은 2013년 3월 Shams 1(100MW)(중동-북아프리카 지역 최초의 실크기 순수 집광형 태양열발전소)가 가동에 들어가면서 집광형 태양열 발전소 보유 국가에 합류했다.

아프리카, 중동, 아시아, 라틴아메리카 등지에 투자가 확대되는 등 집광형 태양열 발전소에 대한 관심은 특히 개도국에서 늘고 있다. 2012년 가장 활성화된 시장 중 하나는 남아프리카공화국이었다. 남아프리카공화국에서는 50MW급 태양발전 타워와 100MW급 구유형발전소가 착공에 들어갔다. 나미비아는 2015년까지 집광형 태양열발전소 한기를 짓겠다는 계획을 발표했다. 몇몇 개발은행들은 중동-북아프리카지역에서 계획된 프로젝트에 자금을 지원했는데, 이 지역의 야심찬 목표에 따르면 향후 몇 년간 국내사용 및 수출용으로 북아프리카에 신규용량 1GW 이상을 증설할 계획이다. 사우디아라비아와 아랍에미리트는 집광형 태양열발전소를 설치하여 급격히 증가하고 있는 에너지 수요를 충족하는 한편 수출용 석유를 더 많이 확보할 계획을 세우고 있고, 요르단은 가능한 프로젝트를 검토 중이다. 2013년 초 사우디아라비아는 상당량의 집광형 태양열 발전용량을 포함한 경쟁 입찰 과정에 들어갔다.

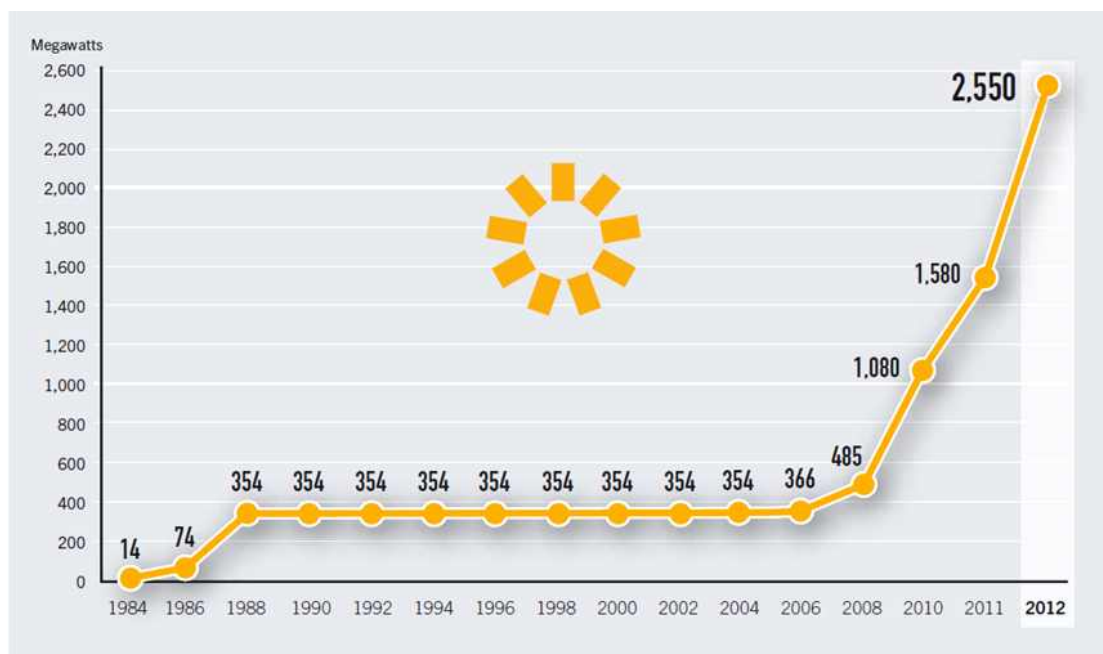
인도는 2013년 말까지 500MW를 완공할 계획을 세웠지만 일정에 맞출 수 있는 것은 이 중 1/3에 불과해보이고 일부 프로젝트는 취소되기도 했다. 인도의 National Solar Mission

2단계는 이미 지연되었다. 호주에서는 44MW급 발전소 한기가 기존의 석탄시설에 증기를 공급할 용도로 건설 중이다. 라틴아메리카의 아르헨티나, 칠레, 멕시코, 유럽의 일부 국가, 이스라엘, 중국 등 그 외 많은 국가들이 공사를 진행하고 있거나 집광형태양열발전소를 설치할 의향을 이미 밝힌 바 있다.

일부전문가들은 태양광발전의 가격이 지속적으로 하락하고 공익사업들이 태양광발전에 갈수록 친화적이 되고 있다는 점에서 집광형태양열발전의 기회의 창이 닫히고 있다는 우려를 표해왔다. 하지만 집광형태양열발전은 공익사업에 매력적인 속성을 많이 가지고 있다. 축열이 가능하기 때문에 송달이 가능하고, 여러 재생가능에너지의 비중을 늘리는데 기여할 수 있으며, 기존의 발전소에 저가의 증기를 공급할 수 있다(혼합화). 게다가 집광형 태양열발전에는 산업공정과 담수화에 필요한 냉난방을 제공할 수 있는 잠재력이 있다.

■ 집광형 태양열발전 산업

집광형 태양열발전과 관련된 활동은 주로 스페인과 미국에 집중되어 있지만, 호주, 칠레, 중국, 인도, 중동-북아프리카지역, 남아프리카공화국 등지로 점점 확대되고 있다. 스페인과 미국 등지에서는 고용의 다각화가 일반적인 추세로 나타나고, 전 세계제조용량은 약간 늘어났다. 태양광발전 및 천연가스 가격하락, 전 세계 경제침체, 스페인의 정책 변화는 모두 집광형 태양열발전 제조업체와 개발업체들에게 불확실성을 조장하는 요인으로 작용하였다.



<그림 14> 1984~2012년 전세계 집광형 태양열발전 용량

2012년 상위기업은 제조업체이자 개발업체인 Abengoa(스페인), 제조업체인 Schott Solar(독일), 개발업체인 Acconia, ACS Cobra, Torresol(모두 스페인), ABB(스위스), BrightSource(미국), ACWA였다. 사우디에 본사를 두고 있는 ACWA는 2012년에 핵심주자로 부상했는데, 남아프리카공화국과 모로코에서 Acciona와 TSK(파키스탄)과 함께 두 개의 큰 프로젝트를 따냈다. 중국기업들도 집광형 태양열발전 관련 부품산업에 뛰어들기 시작하여 가까운 미래에 주요공급자가 될 것으로 예상된다.

스페인 기업들은 2013년 초 전 세계 집광형 태양열발전 용량의 소유지분 약 3/4과 개발 또는 건설 중인 용량의 60% 이상을 가지고 꾸준히 업계를 선도했다. 하지만 스페인 기업들은 자국내 정책변화라는 도전에 직면했고, 그 외 지역에 본부를 둔 기업들 역시 여러 난관에서 자유롭지 못했다. 이미 파산한 독일의 Solar Millennium의 미국 자회사는 SolarHybrid(독일)과 마찬가지로 파산신청을 했고, BrightSource는 Ivanpah를 비롯한 여러 프로젝트 개발을 꾸준히 진행했지만, 계획대로 주식을 상장하지는 못했다. Siemens(독일)는 2012년 말 태양시장의 극심한 가격압력을 거론하며 태양산업에서 손을 떼겠다는 결정을 내렸다. Schott Solar는 11월에 백만분의 1짜리 태양열 흡수기를 생산했지만, 2013년 초에는 자사의 집광형 태양열발전기기 대다수를 입찰에 부쳤다.

집광형 태양열발전에는 대규모자본투자가 필요하기 때문에 개별기업들은 기술연구 개발에서 프로젝트 운영 및 소유권에 이르기까지 기나긴 가치사슬과 관계를 맺게 된다. 집광형 태양열발전산업과 관련된 기업들의 수가 늘어나면서 스페인과 미국에는 광범위한 공급사슬이 나타나고 있다.

기업들은 상품가치를 증대하거나 비용을 줄이기 위해 다양한 집광형 태양열발전기술을 아우를 수 있는 개발노력을 확장하기 시작했다. 독일의 Protarget은 1-20MW까지 적용할 수 있는 새로운 디자인을 출시함으로써 표준화된 제조공정과 모듈구성은 더 빠르고 비용효율적인 설비로 이어질 수 있음을 보여주었다. 3M과 Gossamer는 세계 최대의 조리개형 포물선구유 aperture parabolic trough가 달린 시범시설을 미국에서 개시한다고 밝혔다. 이 시설은 설비비용을 크게 줄이려는 목적에서 유리 대신 가볍고 아주 반사율이 높은 필름을 사용한다. Solar Power Group(독일), Sopogy(미국), Abengoa 같은 일부제조업체들은 산업용 냉난방을 위한 태양집열기술을 시장에 내놓기 시작했다.

열에너지를 저장할 수 있으면 흐린 날이나 야간에 전력을 전력망으로 수송할 수 있고, 상시용량과 보조서비스를 제공할 수 있으며, 통합상의 문제를 줄일 수 있기 때문

에 축열은 신규발전소에서 갈수록 중요한 요소가 되고 있다. 열에너지를 저장하는데 가장 폭넓게 사용하는 시스템은 용융염이지만, (증기, 화학물질, (온도의 편차를 이용하는) 변온기법, 콘크리트 등) 다른 형태들 또한 사용 중이거나 테스트 및 개발 단계에 있다.

규모의 경제를 통해 비용을 낮추기 위해 집광형 태양열 발전 프로젝트의 규모는 커지고 있다. 스페인의 발전소들은 규제 때문에 50MW로 제한되어 있지만, 미국 등지의 신규프로젝트들은 150-500MW 규모거나 그보다 더 큰 경우도 있다. 규모를 확대할 경우 규모의 경제를 통해 비용을 줄일 수 있지만, 적절한 발전소 규모는 기술에 좌우되기도 한다. 일부 프로젝트는 물의 수요를 크게 줄일 수 있는 건조냉각솔루션을 통합하고 있는데, 이는 집광형 태양열발전이 가장 큰 잠재력을 지닌 건조하고 일조량이 많은 지역에서 중요한 진전이다.

집광형 태양열발전의 가격은 축열장치가 있건 없건 관계없이 최근 몇 년간 많이 떨어졌다. 집광형 태양열 발전시설의 주요부품들은(알루미늄, 콘크리트, 유리, 강철) 상품가격 변화에 종속되어 있긴 하지만 일반적으로 공급이 뻣뻣하지는 않다.

7. 태양열냉난방

■ 태양열냉난방시장

태양열기술은 산업과정 뿐만 아니라 많은 나라의 온수생산에 크게 기여하고 있고, 갈수록 공간냉난방에도 활용되고 있다. 2011년¹⁾ 전 세계적으로 태양열용량은 약 51GWth(7천2백만 m² 이상)가 추가되어 2011년 말 세계총 태양열용량은 247GWth였다. 추가용량 중에서 약 49GWth(96% 이상)은 유광시스템 glazed water systems이었고 나머지는 유무광 unglazed/glazed 공기식 집열시스템과 수영장난방용 무광시스템 unglazed water systems이었다.

(형식에 관계없이) 태양열용량의 대다수는 중국과 유럽이 차지하고 있는데, 2011년 두 지역을 합하면 세계시장의 90% 이상, 총용량의 81%에 이른다. 총가동용량에서 상위국가는 중국, 미국, 독일, 터키, 브라질이다. 중국은 진공튜브(유광)집수기에 초점을 두는 반면, 미국에서는 대체로 수영장난방용 무광집수기를 사용한다. 무광집수기를 사용하는 주목할만한 시장으로는 호주와, 규모는 좀더 작지만 브라질 밖에 없다. 다른 핵심시장들은 주로 평판 (유광) 집수기술에 주로 의존하고 있다.

유광시스템만을 고려했을 때 ²⁾ 시장은 15% 성장했고 2011년 말 총 가동용량

1) 믿을만한 전 세계 데이터와 대부분의 국가별 통계를 구할 수 있는 가장 최근의 해가 2011년이다.

(223GWth)은 연간 약 193TWh(696PJ)의 열을 공급했다. 유광집수기 신규설비용량에서 2011년 시장을 선도한 국가들은 중국, 터키, 독일, 인도, 브라질로, 이들 국가들은 총 용량면에서도 똑같이 우위를 점했는데, 다만 브라질이 인도를 앞섰다. (그림 15, 16, 표 R7을 볼 것.)

2012년 말 가동중인 세계태양열용량은 약 282GWth에 달했고, 유광집수기의 세계총용량은 255GWth였다. (그림 17) 중국은 이번에도 태양열 수요를 끌어 올리는 주요 동력으로 44.7GWth를 추가함으로써 시장이 2011년보다 11% 확대되었다. 총용량은 18.6% 늘어나(순용량 28.3GWth) 180.4GWth에 달했는데, 이는 세계총용량의 2/3에 해당한다. 중국에서는 생애주기를 통틀었을 때 전기나 가스난방기보다 태양열 난방기가 비용이 훨씬 적게 드는데 바로 이것이 시장을 움직이는 주요인이다. 그럼에도 불구하고 건물부문의 속도 둔화와 어느 정도 포화상태에 이른 농촌지역의 상황은 2009년 이후 성장세를 늦추고 있다.

중국내 대부분의 수요는 주거용이다. 지방정부의 시행령에 따라 갈수록 많은 시스템들이 대형아파트건물에 설치되고 있다. 건물벽과 발코니에 통합된 태양열시스템 역시 중국 시장에서 갈수록 많은 비중을 차지하고 있다. 시장의 60% 이상을 차지하는 간단한 옥상 설치용 시설은 조금씩 그 비중이 줄고 있다.

나머지 추가용량 대부분을 차지하는 지역은 유럽연합이었다. 하지만 증가세는 경제위기와 태양열난방에 대한 지원정책 감소로 인해 건물보수율이 낮아지면서 지속적으로 제한되었다. 총설비면에서 유럽연합을 장기간 선도했던 독일과 오스트리아 모두 뚜렷한 감소세를 경험했다. 2012년 독일은 804MWth를 추가하여 총 용량 11.4GWth로 유럽최대의 설비용량을 유지했다. 하지만 추가용량면에 있어서는 2011년의 889MWth보다 낮아졌는데, 이는 2012년 1월의 인센티브 축소가 한몫한 것으로 볼 수 있다. 오스트리아의 시장은 2011년 17.8% 축소된데 이어 2012년 10.3% 줄어들었는데, 이는 투자자들이 태양광발전에 더 큰 매력은 느꼈기 때문이다. 경제적 혼란 속에서도 그리스의 시장은 꾸준히 상승세를 타고 있는데, 2011년에는 7.5%, 2012년에는 5.7% 증가했다. 이는 전기요금과 난방유의 가격 상승 때문이다. 유럽의 시장은 다각화되고 있으며, 덴마크나 폴란드 같은 신규 시장의 성장세는 2012년 이 지역의 더 큰 시장에서 진행중인 감소세를 만회하는데 크게 도움이 되지 않았다.

터키는 2011년 말 가동중인 유광집수기의 용량이 약 10.2GW였다. 정부인센티브도 없

2) 유광집수기 시장이 큰 나라에서는 이에 대한 자료도 추적하지만, 대부분의 국가들은 유광집수기에 대한 자료만을 수집한다. 공기식 집열기 용량은 그보다 더 불확실하지만, 전반적으로 시장에서는 역할이 미미하다. 모든 집열기에 대한 세부정보를 갖춘 국가와 그렇지 않은 국가를 뒤섞지 않기 위해 이 보고서에서는 주로 유광집수기에 중점을 둔다.

고 천연가스에 대한 높은 대중적 인식 때문에 천연가스네트워크가 확대되고 있는 상황에서도 시장은 강세를 유지했다. 터키에서는 호텔과 병원 외에 저소득주택부문도 중요한 시장인데, 대가족 주거시설은 가장 빠르게 성장하는 시장부문으로 평가되고 있다.

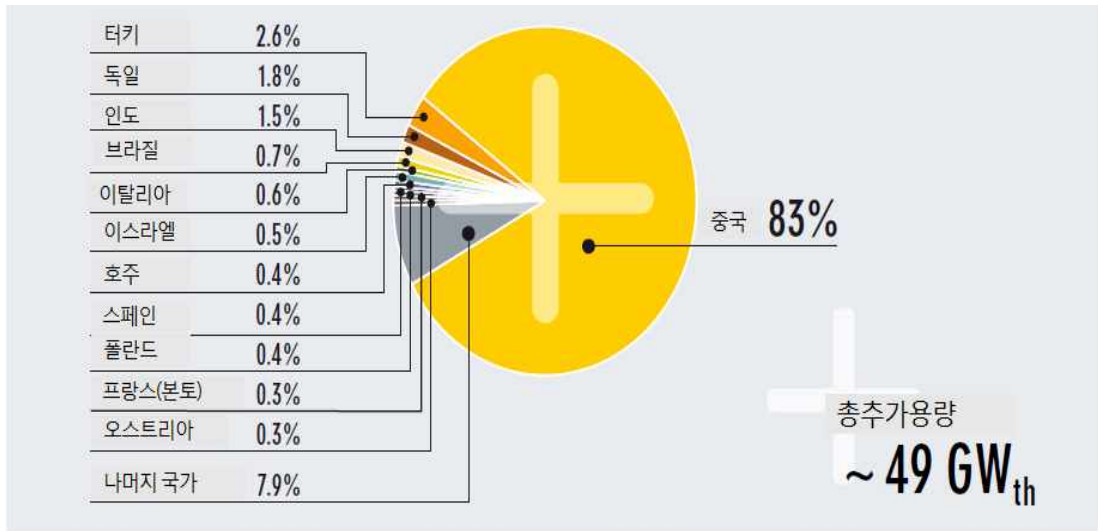
중국을 제외했을 때 아시아에서 가장 큰 시장은 일본과 인도다. 인도는 회계연도 2011-12년에 0.6GWth를 추가하여 2013년 초 총용량 4.8GWth에 도달했다. 일본시장은 2011년과 2012년에 제한적인 성장세를 경험하여 아직 2008년 수준보다 낮은 상태다. 한국은 최근 몇 년간 설비가 둔화되었다. 하지만 태국 시장은 신규하이브리드(태양열-폐열) 시스템에 대한 인센티브 덕분에 증가하고 있는데, 2012년 보조금을 받는 시스템 용량이 13% 증가했다.

브라질은 2012년 약 0.6GWth를 추가하여 총용량이 5.6GWth(무광집수기 포함)에 달했다. 브라질 시장은 부분적으로 Minha Casa Minha Vida("나의 집, 나의 삶") 같은 프로그램 덕분에 급성장했는데, 이 프로그램은 저소득층의 주택지구에 태양열시설을 의무적으로 설치할 것을 규정하고 있다. 멕시코 역시 일익을 담당하기 시작했고, 아르헨티나, 칠레, 우루과이에 도 아주 작지만 갈수록 성장하는 시장이 있다.

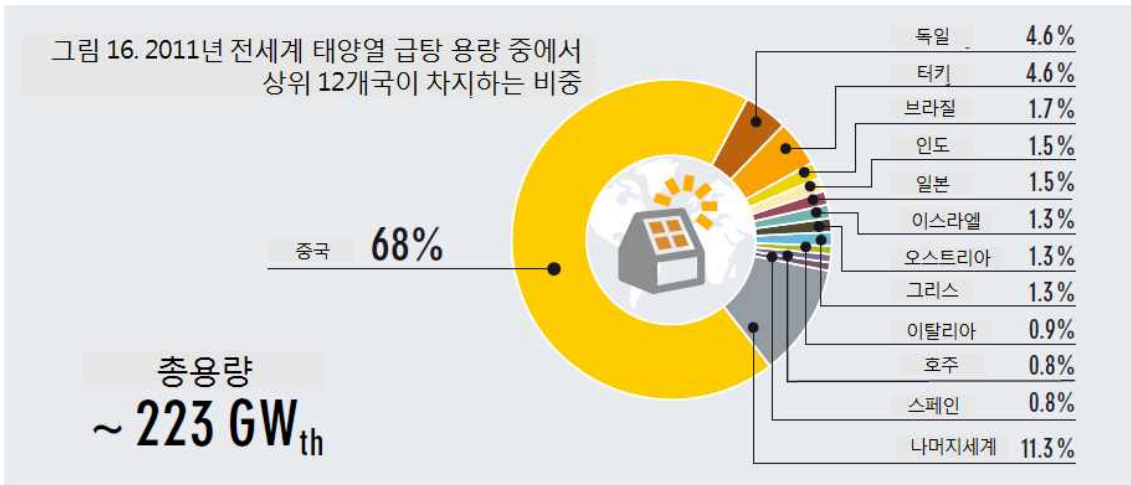
미국의 경우 가동 중인 무광집수기의 2/3를 보유하고 있다. 하지만 미국내 유광집수기 시장은 상대적으로 작고, 신규설치도 2010년에 비해 2011년에는 줄어들었다. 최소한 캘리포니아주에서는 낮은 천연가스 가격과 인식의 부족 때문에 주거시장에 이 시스템을 판매하기가 어려운 실정이다. 하지만 태양광발전과 마찬가지로 제3차소유권제도가 갈수록 늘어가는 추세이며, 일부주에서는 재생에너지의무할당제에 태양열시설을 할당해놓기도 했다.

사하라 남부지역에서 가장 성숙한 시장인 이집트, 모잠비크, 튀니지, 남아프리카공화국 같은 아프리카의 일부국가들은 태양열을 사용한다. 튀니지의 PROSOL 프로그램은 지난 5년간 연간 설비를 13배 이상 확대하여 총 용량이 64MWth에 이르렀다. 중동에서는 설비용량 면에서 가장 앞선 나라는 이스라엘이고, 요르단과 레바논이 그 뒤를 잇고 있다. 레바논의 경우 주거부문의 점유율은 13%이고, 시장의 동력은 정부보조금, 무이자대출, 지방정부령에서 나온다.

키프로스는 2011년 말 유광급탕 총용량에서 세계 22위를 차지했지만 일인당 용량에서는 선두를 유지했다. 키프로스의 주민 1천명당 용량은 541.2킬로와트열(kWth)이고, 이스라엘(396.6kWth), 오스트리아(355.7kWth), 바베이도스(321.5kWth), 그리스(268.2kWth)가 그 뒤를 이었다. 2011년 신규설비용량에서 일인당 용량을 따질 경우 이스라엘 다음으로 중국이 2위를 차지하고, 오스트리아, 키프로스, 터키가 그 뒤를 잇는 것은 주목할만하다.



<그림 15> 2011년 전세계 태양열 급탕 추가용량 중 상위 12개국이 차지하는 비중



<그림 16> 2011년 전세계 태양열 급탕 용량 중 상위 12개국이 차지하는 비중



<그림 17> 2000~2012년 전세계 태양열 급탕 용량

태양열공간냉난방 역시 성장세에 있다. 가장 시장이 세분화된 곳은 (모든 규모의 건물에서 사용할 수 있는 급탕 및 공간난방, 지역난방을 할 수 있는 대규모 발전소, 에어컨디션과 냉각장치 등) 선진기기가 시장에서 상당한 비중을 차지하는 독일과 오스트리아다. 전 세계적으로 급탕과 공간 난방을 모두 제공할 수 있는 시스템이 시장에서 차지하는 비중은 4%로 상승세에 있으며, 남미(브라질, 멕시코)와 아시아(중국, 인도, 일본)의 기성시장에 설비가 나와있다.

(바이오매스 같은 다른 열원과 연계되는 경우가 많은) 태양열기술을 사용하는 지역난방시스템이 가격경쟁력을 갖춘 곳은 오스트리아, 덴마크, 독일, 스웨덴이다. 2012년 유럽 전역에서 태양열지역난방시스템의 증설, 확장, 계획이 이루어졌다. 2012년 말 유럽지역에는 난방네트워크에 연결된 대규모 태양열시스템이 175개로 총 319MWth에 달했다. 그 외에도 200MWth가 추가로 계획되었는데, 이 중 75%는 유럽의 10대 태양열시스템의 원산지인 덴마크에서 이루어졌다. 대규모태양열시스템은 남아프리카공화국, 중국, 캐나다에서도 설치되었는데, 캐나다에는 북미최초의 계절저장형 태양열난방시스템이 공동체 공간난방수요의 97%를 충족시키는 세계기록을 세웠다.

2004년과 2012년 사이 전세계태양열냉방시장은 40%가 넘는 연평균 성장률로 성장하여 2012년 말 1천여개의 태양열냉방시설이 설치되었는데, 이는 대체로 유럽에서 이루어졌다. 대규모시스템은 경제적으로 더 유리하기 때문에 이에 대한 관심이 생겨나고 있고, 주거시설용 소규모(20kW이하) 조리시설의 상용화가능성에 대한 관심은 주로 중유럽과, 호주, 지중해도서지역, 중동 같은 맑고 건조한 기후대의 주거부문에서 늘어났다. 냉방이 상당히 필요한 국가에서는 태양열 냉방을 통해 최대전력수요를 줄일 수 있는 가능성도 또다른 동력이다.

태양열과 증기는 산업시설에 가공열과 냉방 역시 제공할 수 있다. 2010년 현재 전 세계적으로 약 200개의 가공열시스템이 가동되고 있는데, 이 모든 시설의 총용량은 약 42MWth에 달한다. 선두에는 인도가 있고(10%), 브라질(7%)과 이스라엘(6%)이 그 뒤를 이었다. 2012년 신규프로젝트로는 중국의 가죽 무두질 공장과 미국의 칠면조 가공공장 등이 있었고, 유럽에서는 하이네켄맥주생산시설 세곳에 대한 계획도 수립되었다. 호주에서는 가공열이 대규모 태양열용량에서 가장 큰 비중을 차지하고, 태국의 상업용태양열보조금 대부분도 이 가공열 시설에 51 하지만 주역난방네트워크, 태양열에어컨디셔닝, 산업용 태양가공열시설은 아직도 세계태양열용량의 1% 미만을 차지한다.

■ 태양열 냉난방산업

태양열냉난방산업은 2012년 특히 유럽에서 꾸준히 난관에 봉착했다. 유럽의 대형 난방회사들은 일을 잘 해왔지만, 태양열 전문가 내에서의 확대는 둔화되었다. 동유럽에서는 느리지만 꾸준한 확대가 이어졌다. 하지만 일부 중남부 유럽국가들의 시장 둔화 때문에 기업들은 기존시스템의 수리나 교체에 더 큰 초점을 두고 생산용량을 폐쇄하거나 유럽 밖에서 늘어나는 수요를 충족시킬 수 있는 신규생산시설을 개발할 수밖에 없게 되었다. 또한 선도적인 주자들 내에서 인수합병이 일어나기도 했다.

태양열 냉난방산업의 급속한 병합은 중국에서도 꾸준히 이어졌는데, 중국에서는 상위 100대 브랜드의 시장지분이 최근 몇 년간 40%에서 70%로 상승했고, 약 1천개의 태양열기업들이 2010년 이후로 산업계에서 밀려났다. 저렴한 중국산 튜브와 관련된 실패의 비율이 높게 나타나자 2012년에는 양질의 기준과 인증에 대한 관심이 늘어났다.

중국은 수년간 전세계태양열난방산업에서 선두를 유지했다. 중국최대의 기업들(Sunrain Group, Linuo Group, Himin Solar, Sangle Solar)은 수직통합을 지속하여 모든 단계의 제조를 아우를 수 있게 되었다. 2012년 5월 Sunrain은 태양열급탕기업 최초로 상하이 주식거래소에 상장되었다. 대부분의 중국산 집수기는 가정용 진공관시스템이지만, 갈수록 많은 기업들이 평판형과 진공관형 집수기 두가지 모두를 생산하고 있고, 이 모든 집수기의 수출은 최근 몇 년간 상당히 증가했다.

평판형 집수기를 제조하는 최대의 기업으로는 GreenOneTec(오스트리아), Bosch Thermotechnik(독일), Ezinc(터키), Soletrol(브라질), Viessmann Werke(독일)이 있다. 2007년에는 상위 19개의 평판형 제조업체 중 절반 가량이 독일에 본사를 두고 있는 기업들이었지만, 2011년에는 그 비중이 1/3으로 줄어들었다.

산업계의 대형주자들은 점점 커지고 있는 브라질 시장에 관심을 두었다. 남아프리카공화국은 최근 몇 년간 설비업자들의 수가 상당히 증가하긴 했지만, 중국산 수입품과의 경쟁 심화 때문에 국내제조업체들의 수는 줄어들었다. 레바논 역시 급속한 성장세에 있는데, 등록기업의 수가 2008년 25개에서 2011년 130여개로 늘었다.

설비시스템의 가격은 주로 노동비용과 시스템의 설비장소(즉, 신축건물인지 아니면 오래된 건물인지)에 따라 달라지기 때문에 가격은 국가별로 다르다. 제조공정의 자동화는 2012년 꾸준히 증가해서 접착제부터 자재 등에 이르기까지 혁신이 지속되었다. 이같은 진전 덕분에 수년간 생산비가 성공적으로 감소했지만 이같은 감소는 자재비용(구리, 알루미늄 합금)의 상승으로 대부분 상쇄되었다.

태양열 공기식집열기 시장이 확대되면서 제조업체와 제품의 수 역시 늘고 있다. 최

대 시장은 대부분의 공급업자들이 공기기반 시스템에 집중하는 유럽과 북미에 있지만, 중국과 인도의 제조사들도 물기반 시스템과 함께 공기기반시스템을 갈수록 많이 공급하고 있다.

태양열냉방에 대한 관심이 증가하면서 일본의 Hitachi와 Mitsubishi 같은 새로운 기업들이 태양열부분에 관심을 보이고 있다. 태양열냉방기술은 역사적으로 높은 투자비용 때문에 경쟁에 어려움을 겪었지만, 2007년과 2012년 사이에 비용이 절반으로 감소했고, 더 많이 내려갈 잠재력도 남아있다. 또한 최근에 도입된 호주의 태양열냉방기준처럼 시스템의 품질을 향상시키기 위한 노력도 진행 중이다.

8. 풍력발전

■ 풍력시장

2012년 약 45GW의 풍력용량이 신규가동에 들어가 전세계풍력용량 19%가 늘어남으로써 총용량은 약 283GW에 달했다. (그림 18과 표 R8을 볼 것) 핵심시장의 정책불확실성에도 불구하고 다른 어떤 재생가능기술보다도 더 많은 신규용량을 추가한 2012년은 풍력발전에서 기록적인 해였다. 2012년 말 세계총용량에서 상위 10개국이 차지하는 비중은 85% 이상이었지만 시장은 꾸준히 확장되고 있다. 2012년에 신규용량을 확보한 국가는 약 44개국에 달했고 최소 64개국이 10MW 이상의 용량을 보유한 것으로 보고되었으며 1GW이상의 가동용량을 보유한 곳은 24개국이었다. 2007년 말부터 2012년까지 누적풍력발전용량의 연평균 성장률은 평균 25%였다.

2009년 이후로 처음으로 신규용량의 대다수가 OECD에 설치되었는데, 이는 미국 때문이다. 하지만 개도국과 신흥경제국들이 주류로 진입하고 있다. 2012년 중국과 미국을 합하면 세계시장의 약 60%를 차지하고 독일, 인도, 영국이 그 뒤를 멀찌감치 따르고 있다. 추가용량면에서 상위 10개국에 속하는 그 외 국가로는 이탈리아, 스페인, 브라질, 캐나다, 루마니아가 있다. 유럽연합은 세계시장의 약 27%를 차지하고, 세계총용량의 약 37%를 차지한다(2011년의 40%에서 하락함).

미국은 2012년 그 어느때보다 강한 성장세를 보였고, 세계 제 1의 시장이었다. (그림 19 참조) 미국의 설비는 2011년보다 거의 2배가 늘었고, 4사분기에 총 신규용량 13.1GW의 64% 가량이 가동에 들어갔다. 이같은 강세는 터빈 부품의 국내제조 증가와 효율성 개선 및 가격하락 같은 기술 개선 등 여러 요인 때문이다. 하지만 가장 중요한 것은 연방정부의 생산세액공제제도 Production Tax Credit가 만료된다는 기대감이었다.

풍력은 미국의 신규전기생산용량의 45%를 차지함으로써 처음으로 천연가스를 앞섰고, 2012년 말 가동된 60GW는 1520만호의 미국가정에 전력을 공급할 수 있을 정도로 충분한 양이었다. 추가용량 면에서 선두를 달리는 주는 가동용량이 12GW 이상인 텍사스주(1.8GW)와 캘리포니아주(1.7GW), 캔사스주(1.4GW)이며 2012년 말 가동용량이 1GW가 넘는 주는 15개에 달했다.

중국은 약 13GW를 추가함으로써 세계시장의 27%를 차지했지만, 2009년-2011년과 비교했을 때 설비와 시장지분 면에서 상당한 하락세를 보였다. 시장이 둔화된 것은 품질, 안전성, 전력망접근에 대한 우려를 해결하기 위해 신규프로젝트의 승인절차를 더 엄격하게 만들었기 때문이다. 또다른 주요 제약은 출력량이 풍력발전을 수요 중심지로 전송하는 송전망의 용량을 일시적으로 넘어설 경우 발생하게 되는 높은 비율의 삭감(2011년 평균 16%)이었다.

하지만 2012년 말 중국은 약 75.3GW의 풍력용량을 보유했다. 2010년과 2011년처럼 이 총용량중 약 15GW는 연말까지 상업적으로 승인을 받지 못했다. 하지만 대부분은 전력을 전력망에 공급하고 있었다. 풍력은 2012년 1천4억kWh의 전력을 생산했는데, 이는 2011년보다 37% 증가한 양으로 처음으로 핵발전을 능가했다. 2012년 말 총용량의 약 25%는 내몽골자치구에서 생산되었고, 허베이(10.6%), 간수(8.6%), 랴오닝(8.1%)지역이 그 뒤를 이었지만 풍력은 중국 전력에 확산되고 있다. 3GW 이상의 용량을 보유한 지방은 9개, 1GW 이상을 보유한 지방은 14개였다.

유럽연합은 2012년 11.9GW의 풍력용량을 추가하는 기록을 세워 100GW 고지를 지나 총 용량 106GW에 도달했다. 풍력발전은 태양광발전(37%)에 이어 전력추가용량에서 2위를 차지했고(26.5%), 그 뒤를 천연가스(23%)가 이었다. 2012년 말 풍력은 유럽연합의 전력총용량에서 11.4%를 차지했다. 기록적인 성장세에도 불구하고 유럽연합이 국가별재생에너지액션플랜 National Renewable Energy Action Plan의 목표치에 이르지 못하고, 2012년 추가분은 갈수록 확대되고 있는 경제적 불확실성과 정책 불확실성을 반영하지 못한다는 우려가 있다(대부분의 용량은 이미 그 이전에 승인이 나서 자금지원이 이루어진 것들이다). 일부신흥시장은 크게 성장할 준비를 갖추어놓고 있지만, 유럽의 많은 곳에서는 마치 내륙에 너무 많은 용량을 설치함으로써 비롯된 토지문제처럼 전력망 연결성과 경제적인 문제가 향후 발전에 걸림돌이 될 것으로 보인다.

독일은 여전히 유럽최대의 시장으로서 10년만에 가장 많은 설비를 추가하며 (2.4GW) 강하게 반등했다. 이로써 독일의 총용량은 31.3GW에 달했다. 영국은 2년 연속으로 유럽 신규설비면에서 2위를 유지했는데, 총 1.9GW(이중 45%는 해상시설)

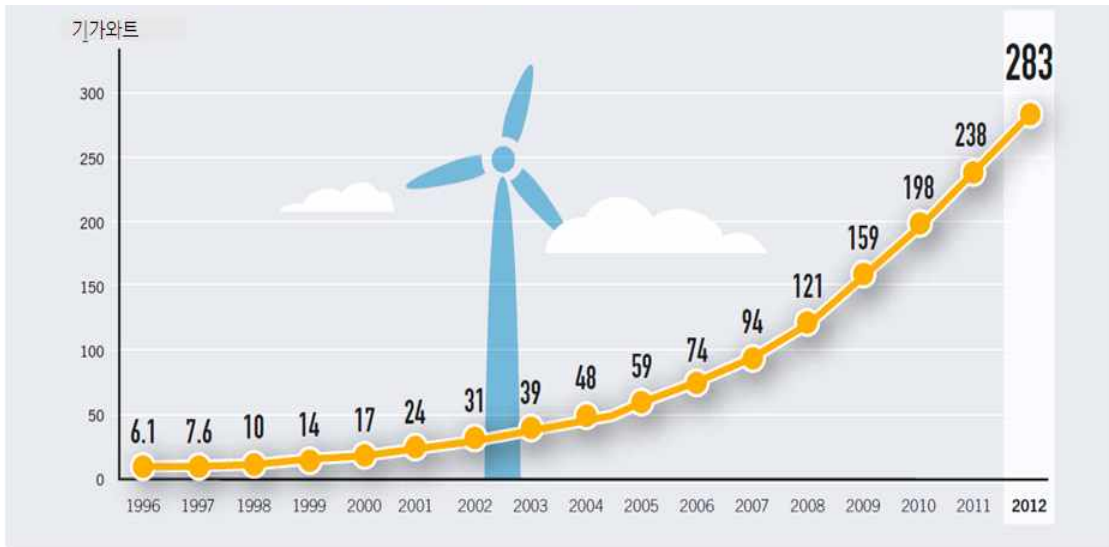
를 추가하여 총 8.4GW에 달했다. 총용량면에서는 영국이 독일과 스페인에 이어 유럽 내 3위를, 전세계적으로는 6위를 차지했다. 그 외 유럽내에서 선도적인 시장으로는 이탈리아(1.3GW), 스페인(1.1GW), 루마니아(0.9GW), 폴란드(약 0.9GW)가 있다. 루마니아와 폴란드 모두 2012년은 기록적인 해였는데, 폴란드의 경우 총 용량이 약 55%가량, 루마니아의 경우 약 두배 늘어났다.

인도는 약 2.3GW를 추가하여 2012년 말 총용량 18.4GW로 세계 5위의 순위를 유지했다. 2012년 초 인도에서는 가장 중요한 연방정부차원의 풍력인센티브가 유예되거나 감축되었다. 많은 주에서 강력한 정책을 보유하고 있지만, 국가수준의 불확실성은 투자결정에 영향을 미쳐 시장을 둔화시켰다. 중국과 인도 양국 모두에서 성장세가 둔화되었지만, 아시아는 4년 연속 가장 큰 시장으로 2012년에만 총 15.5GW의 용량을 추가했다. 이에 비해 북미는 14.1GW를, 유럽은 12.2GW를 추가했다.

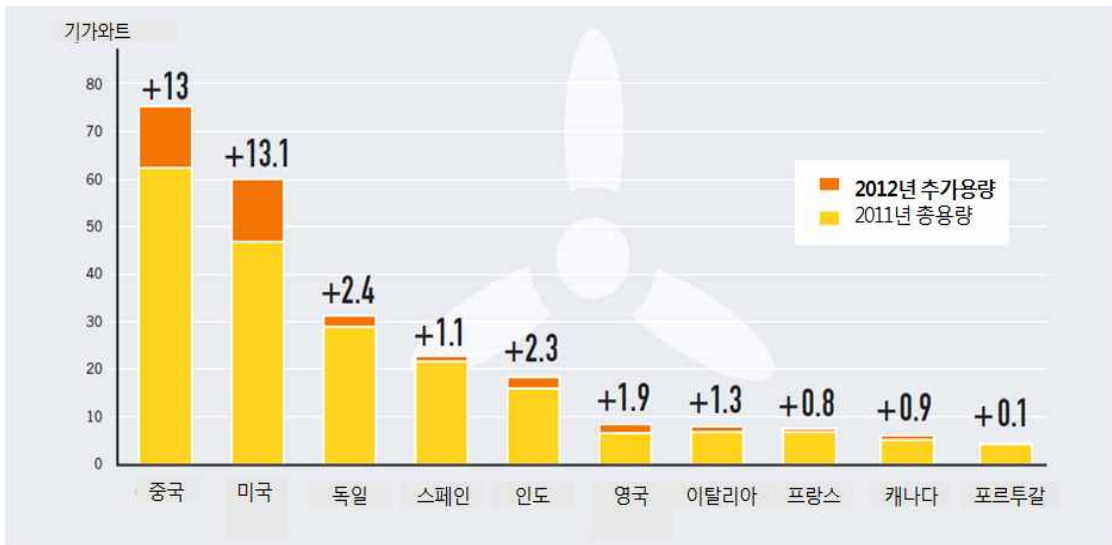
그 외에는 라틴아메리카에서 가장 큰 성장세가 나타났다. 브라질은 1.1GW의 용량을 추가하여 신규설비용량면에서 세계 8위를 차지했고, 4백만호의 전력수요를 충족시킬 수 있을 정도의 용량(2.5GW)으로 2012년을 마감했다. 하지만 브라질의 전력망은 풍력용량만큼 빠르게 확대되지 않고 있어서 신규풍력발전의 가동능력을 둔화시키고 있다. 멕시코 역시 강한 성장세를 보였는데, 0.8GW의 신규용량을 추가하여 총용량 1.4GW에 근접했고, 라틴아메리카내 최대의 프로젝트(306GW)가 가동에 들어갔다. 그 외에도 용량이 늘어난 국가로는 아르헨티나, 코스타리카, 니카라과, 우루과이, 베네수엘라가 있는데, 베네수엘라는 최초의 상업용 풍력발전기(30MW)를 주문했다.

캐나다의 경우 두 번째로 좋은 기록을 세웠는데, 0.9GW이상을 추가함으로써 총용량이 6.2GW에 달했다. 온타리오주의 총용량이 2GW를 넘어서고 알버타와 퀘벡주가 각각 1GW에 도달함으로써 3개주가 중요한 고지에 도달했다.

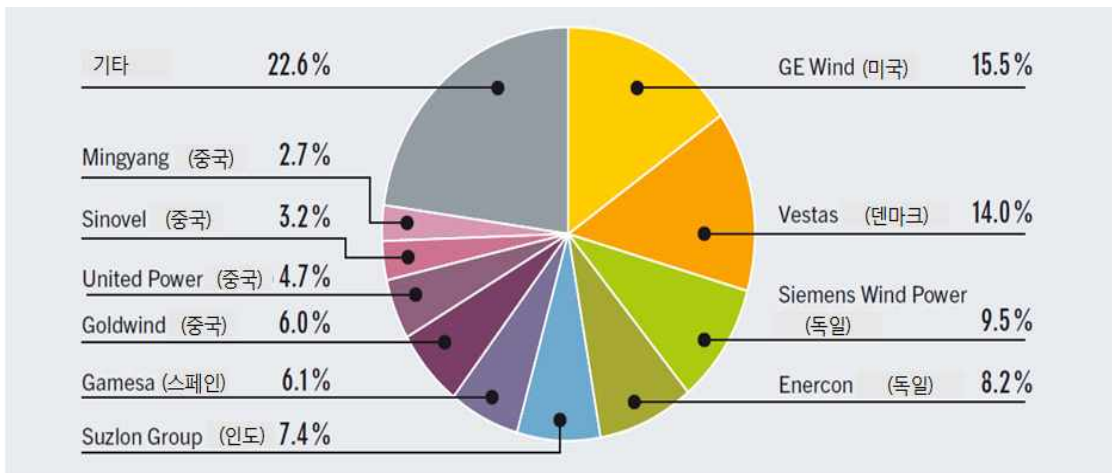
아프리카와 중동지역에서는 거의 진전이 없었지만, 튀니지가 50MW를 추가함으로써 총용량을 거의 두배로 늘렸다. 에티오피아는 52MW를 설치함으로써 상업적인 규모의 풍력발전기를 보유한 국가에 합류하였다. 또한 남아프리카공화국에서는 총용량 0.5GW가 넘는 몇 개의 프로젝트가 공사에 들어갔다. 그 외에도 터키는 0.5GW를 추가하여 총용량 2.3GW에 달했고, 호주는 추가용량(0.4GW)이 있는 태평양지역의 유일한 국가로서, 이제는 총용량이 거의 2.6GW에 도달했다.



<그림 18> 1996~2012년 전세계 풍력발전 용량



<그림 19> 2012년 상위 10개국의 풍력발전 용량과 추가용량



<그림 20> 2012년 상위 10개 풍력터빈 제조업체의 시장지분

2012년 말 전세계적으로 해상가동터빈의 신규용량은 1.3GW였고 총용량은 5.4GW였으며 이를 보유한 나라는 13개국이었다. 이 용량의 90% 이상이 북유럽 10개국의 것이었는데, 이들 10개국의 신규용량은 1.2GW(2011년보다 35% 상승), 총용량은 5GW로 해상개발을 꾸준히 선도했다. 영국은 유럽추가용량의 73%를 차지했는데, 이는 대체로 세계최대의 해상풍력발전소인 London Array의 1단계(630MW)가 완공되었기 때문이다. 2012년 말 영국에는 2.9GW 이상의 해상풍력발전시설이 있었고, 그 뒤를 이은 유럽국가로는 덴마크(0.9GW), 벨기에(0.4GW), 독일(0.3GW)이 있다. 나머지 해상풍력용량은 중국(0.4GW), 일본(25.3MW), 한국(5MW)으로 각각 127MW, 0.1MW, 3MW를 추가로 건설했다.

개별프로젝트의 규모가 갈수록 커지는 추세가 지속된 것은 주로 가격고려 때문이다. 루마니아에서는 유럽최대의 육상풍력발전소(600MW)가 전력망에 연결되었고, 오리건주에서 가동을 시작한 미국최대의 풍력발전소(845MW)는 23만5천가구에 전력을 공급할 것으로 예상된다.

오늘날 설비용량 면에서 가장 중요한 고객은 독립적인 전력생산자와 에너지공익시설이다. 하지만 호주, 캐나다, 일본, 미국, 일부 유럽 등지에서는 공동체소유형 풍력발전프로젝트에 대한 관심이 높아지고 있다. 2012년에는 미국 아이오와주 한 곳에서만 6개 이상의 공동체프로젝트가 가동에 들어갔고, 호주에서도 여러개의 프로젝트가 진행중이었다. 일본에서는 2011년 3월 후쿠시마 사고 이후 관심이 상당히 늘었다. 덴마크와 독일에서는 공동체형 발전이 주류 소유모델을 대표한다.

독립형과 전력망 연결형 에너지수요를 충족시키기 위해 소규모 터빈의 사용¹⁾ 역시 늘고 있고, 저가의 전력망연결용 변환기 개발과 화석연료가격의 불안정 또는 상승, 정부의 인센티브 등은 이를 가속화하고 있다. 독립형 off-grid과 소형전력망 mini-grid이 특히 중국 등의 개도국에서 확산되고 있다. 농촌 전력공급, 물펌프, 원거리통신, 방호, 기타 농촌용 기기들이 다양하게 개발되고 있다. 시장은 크게 두가지로 나타나는데, 하나는 10kW 이하의 정격용량을 갖춘 모델을, 다른 하나는 10-500kW 범위의 모델을 대상으로 한다. 일반적으로 시장에서는 재정조달이 좀더 용이한 50kW 이상의 터빈으로 진화하고 있다.

전 세계적으로 2011년 말 총 용량 576MW(2010년보다 27% 증가)인 최소 73만개의 소규모터빈이 가동중이었다. 전 세계 용량 중에서 중국이 40%, 미국이 35%를 차지하고, 영국(11%), 독일(2.6%), 우크라이나, 캐나다, 이탈리아, 폴란드, 스페인이 그 뒤를 이었다.

1) 소규모 풍력시스템은 일반적으로 집 한 채, 농장 한 곳, 또는 소규모 사업체에 필요한 전력을 생산하는 터빈이 들어간 것으로 보는데, 배터리 충전, 관개, 소규모 상업용품이나 산업용품에 사용된다. 국제전기기술위원회 International Electrotechnical Commission에서는 한도를 50kW로 설정하고 있고, 세계풍력에너지협회와 미국풍력에너지협회는 현재 “소규모”를 100kW 이라고 정의하는데, 본 보고서에서는 이 정의를 따르고 있다. 하지만 국가나 주/지방의 법률과/또는 필요에 따라 크기는 달라질 수 있고, 전세계적으로 공인된 정의나 크기 제한은 없다.

2012년에는 미국에서 판매된 소규모터빈의 총용량이 18.4MW였다. 중국을 제외하면 대부분의 관심은 북미와 유럽에서 일고 있으며, 신재생에너지시장에서도 조금씩 진척이 있다.

2012년 말 풍력발전의 총 용량은 전세계 전력소비량의 2.6-3% 이상을 충족시킬 수 있을 정도였다. 2012년 말 유럽연합에서 가동된 풍력용량은 바람이 정상적일 경우 유럽지역 전력소비량의 7%를 해결할 수 있을 정도의 양이었다(2011년의 6.3%보다 증가함). 덴마크(2011년 약 26%에서 2012년 30%로 증가), 포르투갈(18%에서 20%로 증가), 스페인(15.9%에서 16.3%로 증가), 아일랜드(12%에서 12.7% 증가), 독일(8.1%에서 7.7%로 하락) 등의 일부국가들은 풍력으로 더 많은 전기수요를 충족시켰다.

독일의 네 개 주에서는 2012년 말 풍력으로 전력수요의 49% 이상을 충족시킬 수 있을 정도의 용량을 갖추었고, 7월 한달동안 호주의 남호주주에서는 풍력으로 전력의 26%를 생산했다. 미국에서는 풍력이 총전력발생량의 3.5%를 차지했고(2011년의 2.9%보다 상승), 9개주에서 수요의 10% 이상을 충족시켰는데(2011년에는 5개주), 특히 아이오와주는 거의 25%에(19%에서 상승), 사우스다코타주는 24%(22%에서 상승)에 육박했다.

■ 풍력산업

2005년-2009년 사이 전세계 수요증가, 재료비 상승 등의 요인으로 터빈가격이 상승했지만, 그 이후로 규모 및 효율성의 확대를 통해 설비이용율을 개선하고 터빈가격을 낮추는 한편 가동 및 유지에 들어가는 비용도 감소시켰다. 전세계 터빈시장의 과잉공급으로 가격은 더욱 하락했는데, 화석연료에 비해 풍력의 가격경쟁력을 향상시켰다는 점에서 개발업자들에게는 좋은 일이었다. 하지만 터빈제조업체간의 경쟁과열, 일부시장의 경우 저가인 가스와의 경쟁, 경제긴축으로 인한 정책지원의 감소 등과 함께 가격하락압력이 맞물리면서 풍력산업계는 어려움을 겪었다.

2008년의 최고점에 비해 터빈가격은 서양시장에서는 20-25% 가량, 중국에서는 35% 이상 하락했고 2012년이 되어서야 안정되었다. 풍력발전기의 운영 및 유지비용 역시 계약 체결자들 간의 경쟁 과열과 터빈성능의 향상 덕분에 상당히 하락했다. 그 결과 일부시장에서는 킬로와트시를 기준으로 했을 때 육상풍력발전이 다른 관행발전방식과 가격경쟁력이 있거나 오히려 더 싸기도 하다(호주, 인도, 미국의 일부지역 등). 다만, 일부국가의 신규 셰일가스 때문에 풍력(과 다른 재생에너지)이 천연가스와의 경쟁하기가 어려워지고 있다. 해상풍력은 아직도 육상풍력에 비해 두배 이상 비싸다.

전세계적으로 상위 10개 터빈제조사가 세계시장의 77%를 장악했는데, 2011년과 마찬가지로 해당기업의 모국가는 중국(4개), 유럽(4개), 인도(1개), 미국(1개)이었다. 2000년 이후로 최상위 제조업체에 속했던 Vestas(덴마크)는 GE Wind(2011년 3위)에 자리를 내

어주었다. GE Wind는 미국시장이 강해지면서 순위권에 진입하게 되었다. Siemens는 9위에서 3위로 뛰어올랐고, Enercon(독일)과 Suzlon Group(인도)가 그 뒤를 이었는데 이 두 기업 모두 2011년보다 순위가 한단계 올랐다. 그 외 10위권 기업으로는 Gamesa(스페인), Goldwind, United Power, Sinovel, Mingyang(모두 중국)이 있다. Goldwind와 Gamesa는 모두 5위권에서 탈락되었다. (그림 20 참조)

2012년에는 미국 전역에서 풍력터빈부품을 만드는 제조시설이 550개가 넘었다. 정책불확실성이 꾸준히 지속됨에도 불구하고, 미국내에서 생산되는 시설의 비중은 지난 10년간 꾸준히 늘었고, 수송관련비용은 하락하였으며 일자리가 창출되었다. (사이드바 4 참고) 유럽에서는 갈수록 해상기술과 동유럽 및 기타 신흥시장의 프로젝트 개발에 초점을 두고 있다. 2012년 말 브라질은 11개의 제조공장을 갖추었고, GE는 한 개의 시설을 짓는 중이었으며, 인도는 총 9.5GW가 넘는 연생산용량을 갖춘 제조업체 10개를 보유했다.

하지만 일반적으로 터빈제조업은 가격상승, 정부지원감축, 과잉용량 때문에 타격을 입어 여러 제조업체들이 확장계획을 지연하거나 취소했고, 과잉용량의 규모와 노동력을 줄이거나 파산신청을 했다. 미국에서는 풍력에너지공급체인에 속한 모든 회사들이 정책불확실성 때문에 노동력을 감축하고 시설을 폐쇄했다. Vestas(덴마크)는 구조조정을 하기로 결정한 뒤 수천명의 직원을 해고하고 kW 규모의 기기생산을 중단하기로 했다. Sinovel(중국)은 노동자들에게 휴가를 주었고, 과잉용량 때문에 작은 제조업체들이 시장에서 밀려나고 있는 중국의 경우 많은 공급업체들이 벼랑 끝으로 몰렸다. Suzlon(인도)는 3년간 많은 적자를 내고 막대한 부채를 해결하느라 고전을 면치 못했다.

동시에 2012년에는 확장과 혁신도 지속되었다. 지역별 요구사항(4장 정책경관 참고) 때문에 무역분쟁이 확산되었을 뿐 아니라 터빈제조업체들이 경쟁우위 때문에 성장 중인 시장 인근에 공장을 건설하게 되었다. 중국기업들은 신흥시장들과 (정부지원을 받는 대출 등) 패키지 거래를 하고 있고 과잉용량을 해소하기 위해 자회사를 설립하는 한편 지방기업들과 파트너십을 체결하고 있다. 또한 제조업체들은 성장중인 시장의 지분을 늘려 터빈을 유지하려는 위험을 감행하고 있는데, 이는 상대적으로 안정적인 마진을 보장해줄 것으로 기대되기 때문이다.

터빈디자인은 비용감축이나 성능개선을 목적으로 날개깃을 늘리고 풍속을 낮추며, 타워용 콘크리트나 날개깃용 카본섬유 같은 신소재를 이용하는 등 꾸준히 진화하고 있다. 2012년에는 최소한 2개 기업이 풍속이 낮은 지역에 터빈을 설치했고, GE는 날개비용을 25-40%까지 줄일 수 있는 견고하면서도 유연한 섬유로 된 날개깃 개발에 들어갔다. 날개깃의 제조는 자동화하는 방향으로 선진화하고, 다른 한편으로는 전통적인 이중권선형 유도형 발전기 doubly-fed induction generator와 중간속도 혼합형 드라이브로 돌아가는 흐

름이다.

2012년에는 터빈을 대형화하는 추세가 지속되었는데, 시장에 출시된 터빈의 평균크기가 1.8MW(2011년에는 1.7GW)로 늘어났다. 평균터빈크기는 덴마크 3.1MW, 독일 2.4MW, 미국 1.9MW, 중국 1.6MW, 인도 1.2MW였다. 2012년 유럽에 설치된 해상터빈의 평균크기는 2011년보다 14% 상승한 4MW였고, 31개사가 신규해상터빈 38개를 설치할 계획을 발표했는데, 이중 3/4가 5MW 이상이였다. 대부분의 제조사들은 4.5-7.5MW 범위에서 터빈을 개발하고 있는데, 7.5MW는 상업적으로 가능한 최대의 크기다. 하지만 일부 회사들은 2012년 이보다 훨씬 큰 기기를 개발하겠다는 계획을 밝혔다. 터빈 역시 더 많은 에너지를 포집하기 위해 더 긴 날개짓을 장착하고 높이도 더 높아지고 있다. REpower는 날개중심까지의 높이가 143미터에 달하는 가장 높은 터빈을 세웠고, Siemens는 “세상에서 가장 긴 75미터짜리 날개”를 공개했다.

해상풍력산업은 터빈크기의 확대 외에도 연안에서 더 멀리 떨어진 깊은 물속으로 이동하고 있으며, 프로젝트당 총용량이 확대되면서 부유형플랫폼에 대한 관심도 늘어나고 있다. 일부 국가들은 부유형 터빈에 대한 시범프로그램을 진행하고 있고, 일본은 2012년 최초의 프로젝트(100kW 규모)를 시작했는데, 2013년까지 전체 규모를 설치할 계획이다. 유럽에서는 해상풍력발전소의 평균크기가 2011년보다 36% 늘어났다(271MW에 달함). 해상 프로젝트의 규모가 커지면서 제조용량과 설비재원을 둘러싼 경쟁이 격화되어 설비용 선박 등의 공급체인 통합 및 수직병합이 진행되는 추세다. 일부프로젝트 개발업자들은 이를 통해 선박을 확보하고 새로운 프로젝트에 자금을 지원하고 있다.

2012년에는 소규모(100kW 이하) 풍력산업 역시 꾸준히 성장하여 전세계에 수백개의 제조사들이 생겨나고 중개인네트워크가 확장되는가 하면 터빈인증의 중요성이 갈수록 증대되고 있다. 대부분의 제조업체와 서비스공급업체는 중국, 북미, 유럽에 몰려있다.

생존을 위한 다각화 노력의 한 예로 인도의 RRB Energy Ltd.은 2005년에 생산을 중단했던 약간 큰 규모의 225kW급 터빈을 아프리카 등지의 신흥시장에 판매할 계획으로 다시 생산하기 시작했다. Gamesa는 분산형 및 공동체 풍력프로젝트의 개발로 전환할 계획을 세우고 있다.

아래 표 2는 주요재생에너지기술과 그 특징 및 비용을 요약한 것이다.

사이드바 4. 재생에너지와 일자리

주로 2009년-2012년에 발표된 다양한 연구에 따르면 전세계적으로 약 570만명이 직간접적으로 재생에너지분야에서 일하고 있다.(표 1 참고) 이 수치를 2012년 보고서에서 밝힌 5백만개의 일자리와 일대일로 직접 비교해서는 안 된다. 그보다는 자료를 개선하기 위한 꾸준한 노력으로 보는 것이 좋다. 전세계 수치는 아직 불완전하고 방법론도 통일되지 않았으며 연구의 질도 모두 다르다. 전세계 재생에너지부문의 노동력은 저속련에서 고속련에 이르기까지 다양한 일자리와 직업을 아우른다.

갈수록 많은 국가들이 재생에너지부문에 투자하고는 있지만, 많은 고용이 아직도 브라질, 중국, 인도, 유럽연합회원국, 미국 등 상대적으로 적은 수의 국가에 몰려있다. 이들 국가는 시설의 주요제조국, 바이오에너지원료생산국, 생산용량면에 있어서 주요설비국들이다. 하지만 그 외 다른 나라에서도 고용이 늘고 있고, 개도국의 독립형 부문에서는 갈수록 많은 일자리가 생겨나고 있다(기술자와 판매인력). 가령 방글라데시 농촌지역에서 소형태양광패널을 판매하고 설치하며 유지하는 일은 7만명이 직접 생계를 유지하는데 도움을 준다. 여기에 직간접적으로 고용된 사람은 15만명에 이른다.

기술별로 보면 가장 많은 수인 약 138만개의 일자리는 바이오연료 가치사슬에서 발생한다. 대체로 원료의 재배와 추수와 관련된 일자리이기 때문에 계절에 따라 변동폭이 크다. 바이오연료 부문에서 가장 많은 고용을 하고 있는 나라는 브라질의 사탕수수기반 에탄올 산업이지만, 원료 수확이 갈수록 자동화되면서 사탕수수와 에탄올 가공부문의 직접적인 일자리의 수가 2011년 579,000개로 줄어들었다.

유럽연합 자료를 제외하면 바이오매스난방과 발전에 대한 추정치는 상당히 부정확하고 낮은 것이다. 표 1의 지열과 수력발전자료는 개략적인 계산에 근거했다. 태양열난방의 경우 구할 수 있는 자료 간의 차이가 상당했는데, 전세계적으로 375,000개의 일자리가 있다는 추정치에서부터 중국 한 곳에만 800,000만개에 달한다는 추정치까지 있었다.

풍력산업에서는 전세계적으로 일자리의 증가세가 어느 정도 둔화되었지만, 태양광발전부문의 고용은 최근 몇 년간 급격히 치솟았다. 하지만 엄청난 용량과잉과 가격폭락 때문에 제조부문의 해고와 부도가 야기되면서 태양광발전은 급류를 타고 있다. 하지만 설비부문의 순위는 가파르게 증가했다.

스페인 재생에너지업계의 고용은 경제위기와 부정적인 정책변화의 타격을 입어 2008년 133,000개의 일자리에서 2011년 120,000개의 일자리로 줄어들었다. 집광형 태양열발전산업은 처음으로 일자리 손실분을 어느 정도 상쇄하고 있지만, 지금은 정책변화 때문에 곤란을 겪고 있어서 2012년에는 고용이 18,000개 이하로 줄었다. 프랑스에서는 2010년과 2012년 사이에 재생에너지부문 일자리가 17% 감소했는데, 이는 주로 태양광발전과 지열열펌프 부문에서 발생했

다. 독일에서는 2012년에 태양광발전부문 일자리가 23,000개 줄어들었지만 풍력발전 부문에서 17,000개가 늘었다.

미국에서는 설비관련 고용이 치솟았지만 정책변화 등의 요인 때문에 풍력과 바이오연료 관련 일자리의 수가 부침을 겪고 있다. 가령 바이오연료 부문의 고용은 재료가격의 급등과 가뭄으로 인한 산출량 감소, 수요 감소 때문에 181,300개에서 2012년 173,600개로 줄어들었다.

전체적으로 평가했을 때 전세계 재생에너지고용은 국가별로 증감이 교차하는 역동적인(다소 어수선하긴 하지만) 과정 속에서 꾸준히 늘고 있다.

<표 1> 전세계 재생에너지 부문의 산업별 직간접 일자리

기술	세계총	중국	유럽연합	브라질	미국	인도	독일	스페인
	일자리 수(1천)							
바이오매스a	753	266	274		152f	58	57	39
바이오연료	1,379	24	109	804e	217g	35	23	4
바이오가스	266	90	71			85	50	1
지열a	180		51		35		14	0.3
수력(소규모)b	109		24		8	12	7	2
태양광발전	1,360	300d	312		90	112	88	12
집광형 태양열발전	53		36		17		2	34j
태양열 냉난방	892	800	32		12	41	11	1
풍력	753	267	270	29	81	48	118	28
총c	5,745	1,747	1,179	833	611	391	378h	120

- a. 발전 및 난방용품
 - b. 대규모수력발전의 고용정보는 불완전하기 때문에 소수력에만 초점을 둔다. 10MW를 기준으로 사용하는 경우가 많지만, 정의는 국가별로 다르다.
 - c. 모든 재생에너지기술의 총고용량을 더한 것이다.
 - d. 최대 500,000에 이를 것으로 추정된다.
 - e. 2011년에는 사탕수수 부문에서 약 365,000개, 에탄올 가공부문에서 213,400개의 일자리가 있었다. 또한 사탕수수를 수확한 후 바이오연료로 가공하는데 필요한 시설을 제조하는 간접적인 일자리 200,000개, 바이오디젤 부문의 26,000개도 들어간다.
 - f. 바이오파워와 관련된 직접적인 일자리는 15,500개 정도 밖에 안된다.
 - g. 2012년 에탄올 173,600개, 바이오디젤 42,930개 포함.
 - h. 공적자금을 지원받는 연구개발과 행정부문의 일자리 9,400개 포함. 기술별로 나누지 않음.
 - j. 스페인재생가능에너지협회 Spanish Renewable Energy Association이 추정한 2011년 자료. 스페인 열산업협회 Protermosolar에서는 같은해 고용에 대해 약간 더 낮게 추정하고 있으며(28,850개) 2012년에는 이 숫자가 17,816개로 떨어졌다.
 - i. 직접적인 일자리는 제조, 시설배분, 현장준비 및 설비 같은 핵심활동과 관계된 반면, 간접 일자리는 해당산업을 받쳐주는 것과 관련된다.
- 참고: 자료는 주로 2009-2012년 사이의 것으로 국가별, 기술별로 자료가 상이하다. 반올림 때문에 총계는 정확히 맞아떨어지지 않는다.
- 출처: IRENA, *Renewable Energy and Jobs*(Abu Dhabi: 2013)

<표 2> 재생에너지기술의 지위: 특징과 비용

기술	전형적인 특징	자본비용	전형적인 에너지비용
		(킬로와트당 USD)	(LCOE-킬로와트시당 US 센트)
전력생산			
바이오에너지연소: 보일러/증기터빈 혼합연소;지 자체유기고체폐기물	발전소크기: 25-200MW 전환효율성: 25-35% 설비이용률: 50-90%	800-4,500 혼합연소: 200-800	5.5-20 혼합연소: 4-12
바이오에너지 가스화	발전소크기: 1-10MW 전환효율성: 30-40% 설비이용률: 40-80%	2,050-5,500	6-24
바이오에너지 혐기소화	발전소크기: 1-20MW 전환효율성: 25-40MW 설비이용률: 50-90%	바이오가스: 500-6,500 매립지가스: 1,900-2,200	바이오가스: 6-19 매립지가스: 4-6.5
지열발전	발전소크기: 1-100MW 설비이용률: 60-90%	condensing flash: 2,100-4,200 binary: 2,470-6,100	condensing flash: 6-13 binary: 7-14
수력:전력망연결	발전소크기: 1MW-18,000+MW 발전소유형: 저수형, 유입형 설비이용률: 30-60%	300MW 이하 프로젝트: 2,000이하 300MW 이상 프로젝트: 2,000-4,000	2-12
수력:독립형/농촌	발전소크기: 0.1-1,000kW 발전소유형: 유입형, 유체동력형, 주간 저장형	1,175-3,500	5-40
해양발전: 조력	발전소크기: 1-250MW 설비이용률: 23-29%	5,290-5,870	21-28
태양광발전: 옥상형	최고용량: 3-5kW(주거용), 100kW(상 업용), 500kW(산업용) 설비이용률: 10-25%(고정경사)	2,275(독일, 평균주거용) 4,300-5,000(미국) 3,700-4,300(일본) 1,500-2,600(산업용)	20-46(OECD) 28-55(비 OECD) 16-38(유럽)
태양광발전: 지상형 유틸리티 규모	최고용량: 2.5-250MW 설비이용률: 10-25%(고정경사) 전환효율성: 10-30%(높은 쪽은 CPV 임)	1,300-1,950(세계일반) 평균: 2,270(미국), 2,760(일 본), 2,200(중국), 1,700(인 도)	12-38(OECD) 9-40(비 OECD) 14-34(유럽)
집광형 태양열발전	유형: 포물선구형형, 프레넬형, 타워 형, 접시형 발전소크기: 50-250MW(구형형), 20-250MW(타워형), 10-100MW(프레 넬형) 설비이용률: 20-40%(비저장), 35-75%(저장)	구형형, 비저장형: 4,000-7,300(OECD), 3,100-4,050(비 OECD) 구형형, 6시간 저장형: 7,100-9,800 타워형, 6-15시간 저장: 6,300-10,500	구형형과 프레넬형: 19-38(비저장형), 17-37(6시간 저장형) 타워형: 20-29(6-7시간 저장형), 12-15(12-15시간 저장형)
풍력: 옥상형	터빈크기: 1.5-3.5MW 설비이용률: 25-40%	1,750-1,770 925-1,470(중국과 인도)	5-16(OECD) 4-16(비 OECD)
풍력: 해양형	터빈크기: 1.5-7.5MW 설비이용률: 35-45%	3,000-4,500	15-23
풍력: 소규모	터빈크기: 100kW까지	3,000-6,000(미국), 1,580(중 국)	15-20(미국)
급탕/냉난방			
바이오에너지 열 발전소	발전소크기: 0.1-15MWth 설비이용률: 50-90% 전환효율성: 80-90%	400-1,200	4.7-29
가정용 펠릿 난방기	발전소크기: 5-100MWth 설비이용률: 15-30% 전환효율성: 80-95%	360-1,400	6.5-36
바이오에너지 CHP	발전소크기: 0.5-100kWth 설비이용률: 60-80% 전환효율성: 열과 발전 70-80%	600-6,000	4.3-12.6
지열공간난방(건물형)	발전소크기: 0.1-1MWth 설비이용률: 25-30%	1,865-4,595	10-27
지열공간난방(지역형)	발전소크기: 3.8-35MWth 설비이용률: 25-30%	665-1,830	5.8-13
지열원 열펌프	발전소크기: 10-350kWth 설비이용률: 25-30%	500-4,000	7-23

<표 2> 재생에너지기술의 지위: 특징과 비용(이어서)

기술	전형적인 특징	자본비용 (킬로와트당 USD)	전형적인 에너지비용 (LCOE-킬로와트시당 US 센트)
급탕/냉난방(이어서)			
태양열: 가정용 급탕시스템	집수기 형태: 평판, 진공튜브(열사이판과 펌프시스템) 발전소크기: 2.1-4.2kWth(단독가구), 35kWth(다가구) 효율성: 100%	단독가구: 1,100-2,140(OECD, 신규건축), 1,300-2,200(OECD, 개보수), 150-635(중국) 다가구: 950-1,850(OECD, 신규건축), 1,140-2,050(OECD, 개보수)	1.5-28(중국)
태양열: 가정용 난방과 급탕시스템(콤비)	집수기형태: 급탕전용과 동일 발전소크기: 7-10kWth(단독가구), 70-3,500kWth(지역난방), 3,500kWth(계절별로 저장하는 지역난방) 효율성: 100%	단독가구: 급탕전용과 동일 다가구: 급탕전용과 동일 지역난방(유럽): 460-780, 저장경용: 470-1,060	5-50 (가정용 급탕) 지역난방: 4 이상(덴마크)
태양열: 산업공정열	집수기형태: 평판, 진공튜브, 포물선구형, 선형 프레벨 발전소크기: 100kWth-20MWth 온도범위: 50-400°C	470-1,000(비저장식)	4-16
태양열: 냉방	용량: 10.5-500kWth(흡수냉각기), 8-370kWth(흡착냉각기) 효율성: 50-70%	1,600-5,850	자료없음
	원료	원료의 특성	생산비 (리터당 US 센트) ²⁾
수송용 연료			
바이오디젤	대두, 유채씨, 겨자씨, 팜, 자트로파, 폐식용유, 동물성지방	원료별로 헥타르당 산출량이 다르기 때문에 생산비는 국가별로 큰 차이가 있다. 고단백식이 부산물로 나온다.	대두유: 45-90(아르헨티나/미국) 팜유: 30-100(인도네시아/말레이시아/태국/페루) 유채씨유: 120-140(유럽연합)
에탄올	사탕수수, 사탕비트, 옥수수, 카사바, 수수, 밀(미래에는 셀룰로오스)	원료별로 산출량과 가격편차가 크다. 부산물로는 사탕수수찌꺼기로 생산한 난방열과 전력, 동물사료가 있다. 고급바이오연료는 아직 완전히 상업화되지 못했고 비용이 더 많이 든다.	사탕수수: 45-80(브라질) 옥수수(건조 제분): 60-120(미국)
		설비비(USD/kW) 또는 LCOE(U.S.센트/kWh)	
농촌에너지			
바이오가스 연소기	연소기 규모: 6-8m ³	자료없음	
바이오매스 가스화기	크기: 20-5,000kW	LCOE: 8-12	
솔라홈시스템	시스템크기: 20-100W	LCOE: 40-60	
가정용 풍력터빈	터빈크기: 0.1-3kW	자본비용: 10,000/kW(1kW터빈), 2,500/kW(250kW) LCOE: 15-35이상	5,000/kW(5kW)
마을 규모의 소형 전력망	시스템크기: 10-1,000kW	LCOE: 25-100	

참고: 비용은 보조금이나 정책인센티브를 제외한 평준화된 경제비용을 말한다. 에너지평준화비용(LCOE)을 결정하는 요소로는 자원의 질, 시설비용과 성능, 시스템/프로젝트비용의 균형(노동 포함), 운영 및 유지비용, 연료비용(바이오매스), 자본비용, 프로젝트의 생산수명 등이 있다. 이런 요소 중 많은 것들이 입지에 따라 달라지기 때문에 에너지의 비용은 장소에 따라 다르다. 태양전력비용은 가능한 태양자원의 수준에 따라 크게 차이가 난다. 일부재생가능기술 설비용량의 급속한 성장과 관련 비용의 감소는 위 데이터가 조만간 철회될 수 있음을 의미한다는 점에 유의할 필요가 있다. 특히 태양광발전의 비용은 빠르게 변하고 있다. 재생에너지를 사용하는 독립형 하이브리드 전력시스템의 비용은 디젤 대체품, 배터리 저장용량 같은 관련 문제와 시스템의 크기, 입지에 따라 크게 좌우된다. 농촌에너지의 자료는 풍력터빈만 빼고 2011년 보고서의 내용과 동일하다.

2) 디젤 또는 가솔린 환산 리터

3장 투자흐름

재생에너지 발전과 연료에 대한 전 세계 신규투자는 2011년의 2790억 USD보다 12% 감소한 2440억 USD였다.¹⁾ (사이드바 5와 그림 21 참고). 이 같은 후퇴에도 불구하고 2012년의 총투자액은 이제까지 두 번째로 가장 많았고, 2010년보다 8% 더 많은 양이다. 50MW 이상의 수력발전프로젝트와 태양온수집수기 부문의 보고되지 않은 투자액을 포함할 경우 2012년 신규투자총액은 2850억 USD를 넘어선다.²⁾ 하지만 이는 같은 방식으로 추정된 2011년 투자액보다는 적은 양이다.

(몇 년의 성장세 이후에 나타난) 투자의 감소는 사실상의 반동적인 지원감소와 유럽과 미국의 불확실한 지원정책이 원인이다. 긍정적인 요인으로는 기술비용의 급속한 감소도 있다.

2012년의 주요 주제는 선진국에서 개도국 경제로 투자활동이 크게 이동했다는 점이다. 물론 아직 선진국이 전 세계 투자의 절반이상을 차지하고 있기는 하다. 2007년 선진국의 재생에너지투자액(대형수력발전 제외)은 개도국보다 2.5배 더 많았다. 하지만 2012년에는 그 차이가 15% 밖에 되지 않는다. 중국은 2012년에도 재생에너지 투자부문에서 선두를 달렸다. 2012년의 또다른 주요주제는 태양광발전기술비용의 상당한 감축이었다. 실제로 태양발전과 풍력발전의 꾸준한 가격경쟁력 개선은 많은 시장의 수요를 지탱하는데 도움이 되었다.

1) 이 절의 자료는 Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance (FS-UNEP)와 Bloomberg New Energy Finance (BNEF)에서 작성한 *Global Trends in Renewable Energy Investment 2013* (Frankfurt: 2013)를 인용한 것이다. 수치는 별도의 언급이 없는 한 BNEF의 데스크탑 데이터베이스의 결과를 따랐다. 여기에 포함된 재생에너지프로젝트는 아래와 같다. 1MW 이상의 모든 바이오매스, 지열, 풍력발전, 1-50MW의 모든 수력프로젝트, 모든 태양발전프로젝트(1MW 미만으로 소규모 프로젝트나 소량분배용량이라고 불리는 프로젝트 포함), 모든 해양에너지프로젝트, 연생산용량이 1백만 리터 이상인 모든 바이오연료프로젝트. 더 자세한 정보는 FS-UNEP/BNEF *Global Trends* 보고서를 참고할 것.

2) 50MW 이상의 수력발전과 태양집수기에 대한 투자액은 재생에너지 투자총액에 포함되지 않는다. BNEF는 1MW-50MW 사이의 수력프로젝트만을 추적하고, 태양집수기는 전력을 생산하지 않는다는 이유로 소규모프로젝트에 포함되지 않는다.



<그림 21> 2004~2012년 재생가능에너지에 대한 전 세계 신규투자

1. 경제단위별 투자

2012년은 전 세계적으로 재생에너지 투자의 균형이 가장 극적으로 이동한 해였다. 선진국의 지배구조가 점점 기울면서 개도국의 중요성이 늘어난 것이다. 개도국의 재생에너지 신규지출은 1120억USD에 달했는데, 이는 2011년의 940억USD보다 상승한 것으로, 세계총투자액의 약 46%를 차지한다(2011년에는 34%, 2010년에는 37%였다). 반면 선진국의 신규지출은 2011년의 1860억USD에서 크게 줄어 2012년에는 1320USD로, 2009년 이후 최저치였다.

이같은 변화는 세가지 중요한 흐름을 반영한다. 첫째는 유럽과 미국의 풍력 및 태양 프로젝트 개발에 대한 보조금 감소이고, 둘째는 전력수요가 늘고 있고 매력적인 재생에너지자원을 보유한 신흥시장에 대한 투자자의 관심이 늘고 있는 것이며, 세 번째는 풍력과 태양광발전의 기술비용하락이다.

세계 여러 지역에서 2012년의 투자액은 2011년보다 감소했는데, 여기서 아시아, 중동, 미국과 브라질을 제외한 남북아메리카, 아프리카는 예외였다. (그림 22 참고) 유럽과 중국은 2012년에도 가장 중요한 투자자였는데, 유럽과 중국을 합하면 2012년 세계총투자액의 60%를 차지했다. 단, 유럽의 경우 2009년 이후 투자가 가장 저조했다.

국가별로 보면 상위투자국에는 4개의 개도국(대부분 BRICS 국가)과 6개의 선진국

이 들어갔다. 중국은 647억USD의 투자액으로 선두를 달렸고, 미국(342억USD), 독일(198억USD), 일본(160억USD), 이탈리아(141억USD)가 그 뒤를 이었다. 그 다음 5개국은 영국(88억USD), 인도(64억USD), 남아프리카공화국(57억USD), 브라질(53억USD), 프랑스(46억USD)였다.¹⁾

중국은 재생에너지신규투자부문에서 666억USD(연구개발비용 포함)을 차지했는데, 이는 2011년보다 22% 늘어난 수치다. 이같은 증가세에 불을 붙인 것은 공익사업규모²⁾와 소규모프로젝트(1MW 미만)를 포함한 태양발전부문의 급속한 성장이었다.

미국에서는 전반적인 자산자금이 2011년 총액보다 49% 하락한 234억USD였다. 이는 주로 2011년 말에 두가지 재생에너지인센티브가 만료되면서 대형태양프로젝트파이낸싱이 267억USD에서 69억USD로 급감했기 때문이다. 미국의 생산세액공제가 만료되는 2012년 말 전에 프로젝트를 설치하려는 계획이 쇠도하면서 2011년에는 풍력 자산자금이 높은 수준이었다. 자금조달과 건설 간의 시차 때문에 이는 2012년의 기록적인 추가용량으로 나타났다. 하지만 2012년 풍력자금조달은 2011년의 141억USD에서 겨우 5% 늘어난 148억USD였다.

재생에너지에 대한 독일의 총투자액은 35% 줄어들었지만, 다른 어떤 나라보다도 태양광발전 용량을 많이 증설함으로써 세계 3위의 투자국 자리를 지켰다. 독일이 증설한 태양광발전의 대다수는 소규모였는데, 이 소규모태양광발전프로젝트에 대한 독일의 투자가치는 15% 줄어든 150억USD로, 이는 2012년 모듈가격의 급속한 하락을 반영한 것이다.

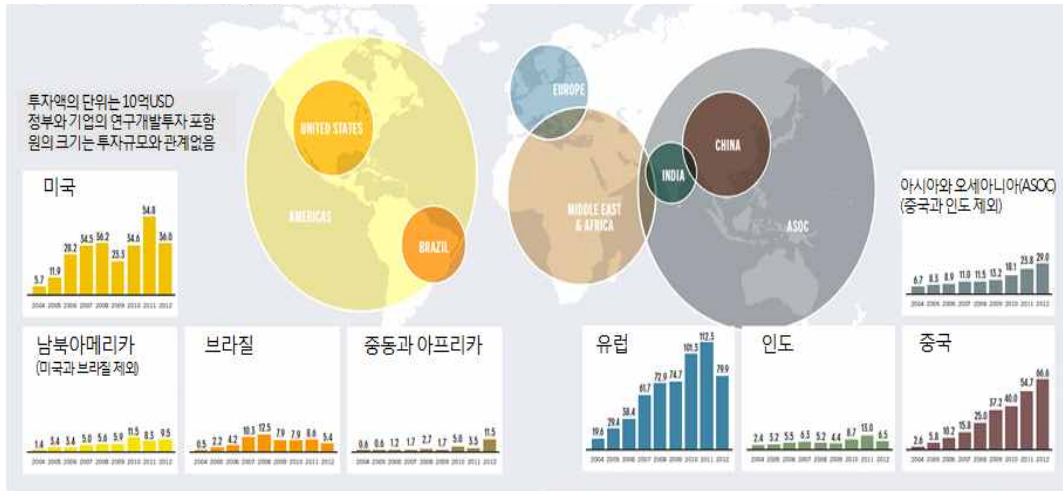
독일은 소규모 재생가능에너지에 가장 많은 투자를 한 국가였지만, 일본 및 이탈리아의 투자액과 비교했을 때 그 차이는 상당히 작았다. 미국과 중국은 소규모 용량 투자액에서 각각 4위와 5위를 차지했다.

일본의 공익사업 규모 재정은 229% 증가한 30억 USD였고, 소규모 프로젝트에 대한 투자도 56% 증가한 131억USD로 화려했다. 두 부문에서 이같은 큰 증가세를 보인 것은 2011년 3월 후쿠시마 핵사고 이후 재생에너지를 좀더 의욕적으로 진작하려는 일본의 결심을 반영한다고 볼 수 있다. 태양광발전시설에 대한 일본의 발전차액지원 제도는 그동안 투자자를 끌어들이는데 상당한 역할을 하기도 했다.

이탈리아에서는 재생에너지에 대한 투자가 2012년 53% 하락하여 141억USD에 달했다. 이는 이탈리아의 발전차액지원제도 하에서 지급금이 낮아지고, 발전차액지원제

1) 모든 국가의 정부와 기업의 연구개발비용 자료를 구할 수가 없어서 이 비용은 국가별투자총액에 포함되지 않았다.
2) 공익사업 규모는 1MW 이상의 풍력발전소, 태양발전시설, 기타 재생가능발전설비와, 용량 1백만리터 이상의 바이오연료시설을 말한다.

도의 지원을 받을 수 있는 신규풍력 및 태양발전용량의 양에 엄격한 제한을 가했기 때문이다. 소규모투자는 이 총 투자액의 대부분인 130억USD를 차지했다.



<그림 22> 2004~2012년 전 세계 지역별 재생에너지 신규투자

대부분의 선진국 시장에서는 투자액이 하락했지만, 많은 신흥시장에서는 투자액이 상당히 늘어났다. 중동과 아프리카에서는 현저한 탄력이 붙어서, 지난 2007년에는 10억USD에도 못 미쳤던 이 지역의 재생에너지 연간투자액이 2012년 115억USD로 늘어났다. 남아프리카공화국은 재생에너지에 대한 투자액이 고작 몇억 달러 수준에서 2012년 57억USD으로 늘어나는 놀라운 성장세를 보였다. 그 외 아프리카 지역 중에서는 모로코가 2억9천7백만USD에서 18억USD로 뛰어올랐고, 케냐는 2011년 거의 전무하다시피 했던 투자액이 2012년 11억USD로 늘어났다.

라틴아메리카에서는 브라질이 2012년 투자액의 38%가 감소하긴 했지만 꾸준히 선두를 유지했다. 하지만 다른 지역에서는 재생에너지에 대한 투자가 급속히 늘고 있는데, 멕시코의 투자액은 2011년 3억5천2백만USD에서 2012년 20억USD로 다섯배 이상 늘었고, 칠레와 페루는 매력적인 신흥시장임을 확인시켜주었다.

사이드바 5. 투자유형과 관련용어

다양한 공/사 조직을 통해 이루어지는 재생에너지에 대한 투자는 아이디어나 기술의 탄생에서부터 재생에너지 발전소의 건설, 재생에너지설비를 제조하는 회사의 판매에 이르기까지 광범위한 자금조달활동을 아우른다. 투자의 유형과 수준은 단계에 따라 다르다.

1. 기술연구: 신규지식과 잠재적인 상품 혹은 아이디어의 개발에 초점을 둔다. 수익이 상대적으로 불확실하지만 장기적인 투자 대상을 찾는 민간과 (주로) 공공의 연구개발 자금 부문에서 자금을 얻는다. 재생에너지기술 연구에 대한 전세계신규투자의 비중은 2012년 약 4%였다.

2. 기술개발/상업화: 연구개발활동을 통해 등장한 전도유망한 아이디어나 지식은 상업적으로 성공가능한 제품, 공정 혹은 서비스로 개발된다. 대기업들은 조직 내부의 개발활동에 자금을 대지만, 그보다 작은 조직들은 보통 외부에서 자금을 모으는데, 벤처자본 같은 고수익을 찾는 고위험 투자자의 자금이 가장 일반적이고, 가끔 민간단위 투자자들에게서 자금을 투자받기도 한다. 기술개발과 상업화에 대한 전세계신규투자의 비중은 2012년 약 1%였다.

3. 제조: 상업화된 기술은 자산의 동원과 제조시설 설립을 통해 실제로 생산된다. 이 단계의 자금은 민간조직의 확장자본 *expansion capital*과 공공주식시장에서 끌어온다. 2012년 제조 분야에 대한 전세계 신규투자의 비중은 2%를 조금 넘겼다.

4. 프로젝트(신상품발표회): 기술을 설비하고 상업적으로 운영하는 가장 자본집약적인 단계 (엔지니어링, 조달, 건축 뿐만 아니라 토지, 인허가 등에 재정이 지출된다). 프로젝트는 분산된 소규모 용량(1MW 미만)일수도 있고 공익사업 규모일 수도 있다. 공익사업 규모의 프로젝트에 대한 자금은 주로 기업의 자원(예컨대, 공익사업 대차대조표)이나 공공 주식, 연금에서 조달하고, 흔하지는 않지만 탄소시장에서 조달하는 경우도 있다. 공익사업 규모의 프로젝트 파이낸스에 대한 세계 신규투자의 비중은 61%였고, 소규모 프로젝트에 대한 비중은 33%였다.

5. 인수합병(M&A): 채용자와 기업 및 프로젝트의 판매. 합병은 두 회사를 합쳐서 새로운 기

업을 만드는 것을 말하고, 인수는 한 기업이 다른 기업을 사들이거나 취득하는 것을 말한다.

신규투자는 1-4단계에서 재생에너지프로젝트에 투자된 모든 돈을 말한다(벤처 자본, 비공개 민간자본 *private equity*, 공공주식시장, 부채시장 등). 총투자는 신규투자액에 인수합병활동을 더하기 때문에 숫자가 더 커진다.

기타 유용한 용어:

자산재원 *asset finance*. 내부적인 기업 대차대조표에서 온 것이든, 부채금융에서 온 것이든, 주식금융에서 온 것이든 발전 프로젝트 *generation projects*에 투자된 모든 돈을 말한다.

순투자와 총투자 *investment, net and gross*. 순투자는 추가설비용량에 대한 투자를 말하고, 총투자는 기존의 용량을 대체하는 신규용량에 대한 투자를 포함하는 [좀더 넓은] 개념이다.

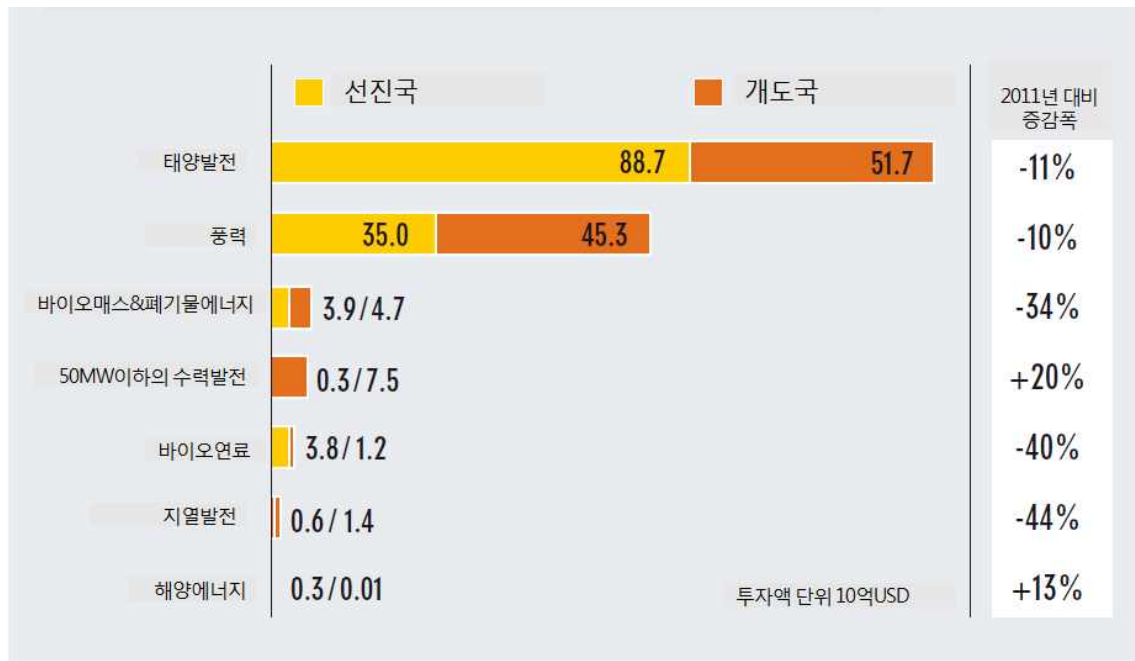
비공개민간자본 *private equity*(확장자본 *expansion capital*). 주식거래소에서 공적으로 거래 하지도, 기술발전, 대차대조표 강화 등 기업 내 요구 충족을 위해 사용하지도 않는 자기자본 을 말한다. 비공개민간자본은 한 기업의 성장 또는 확장을 통해 생산용량을 늘리거나 시장에 진출하거나 발전을 모색하거나 추가적인 운전자본을 공급할 수 있도록 하기 위한 자원이다.

공공시장 *public markets*. 견적이 공시된 기업의 주식을 거래하기 위해 조직된 시장.

벤처자본 *venture capital*. 초기단계에 있는, 잠재력과 위험이 모두 높은 신흥기업에 주식보 유를 조건으로 투자되는 금융자본.

2. 기술별 투자

2012년에는 투자액을 기준으로 보았을 때는 태양발전이 단연 선도적이었다. 투자액이 1404억USD에 달하는 태양발전 부문은 재생에너지 총신규투자액의 57% 이상을 차지했다. 803억USD의 풍력발전은 2위로 약 33%를 차지했다. 신규투자액의 나머지 10%는 바이오파워와 폐기물에너지¹⁾(86억 USD), 소수력발전(50MW 이하)(78억 USD), 바이오연료(50억USD), 지열발전(20억USD), 해양에너지(3억USD)로 구성되었다. 소수력발전과 해양에너지를 제외하면 모든 재생에너지부문에서 2012년의 투자액은 2011년보다 줄어들었다는 것이 Bloomberg New Energy Finance(BNEF)의 추적 결과다. (그림 23과 표R9를 볼 것.)



<그림 23> 2012년 선진국과 개도국의 기술별 재생에너지 신규투자

1) 폐기물을 전력으로 전환하는 모든 기술은 포함되지만, 폐기물을 가스로 전환하는 기술은 들어가지 않는다.

태양부문 투자의 약 96%가 태양광발전에서 이루어졌고(1351억USD), 나머지는 집광형태양열발전(53억USD)에서 이루어졌다. 2012년 태양부문투자가 줄어든 것은 주로 태양광발전시스템가격의 급격한 하락과, 스페인과 미국의 집광형태양열발전프로젝트 자금조달의 급감(2011년의 140억USD에서 하락) 때문이다.

태양부문에 대한 투자에서 주류를 차지하는 것은 여전히 선진국들이었는데, 선진국의 투자총액을 모두 합하면 세계투자총액의 63%에 달한다(2011년의 80%보다는 하락). 독일, 미국, 일본, 이탈리아는 2012년 상위 5개 투자국에 속했다. 하지만 세계총투자액의 22%를 차지한 중국이 가장 많은 비중을 차지했다. 2012년 중국이 투자한 313억USD는 2011년의 178억USD보다 훨씬 많아진 액수다. 전반적으로 개도국의 태양발전부문투자는 72% 상승한 517억USD였고, 선진국시장의 투자액은 31% 하락한 887억USD였다.

태양에너지분야를 제외하면 선진국이 선두를 유지한 부문은 바이오연료와 아직 초기단계에 머물고 있는 해양에너지 부문이었다. 풍력, 소수력, 바이오매스, 폐기물에너지, 지열발전 등 다른 모든 기술에서는 개도국이 더 앞서나갔다. 이는 과거와의 극적인 단절을 의미한다. 2011년에 개도국이 투자부문에서 우위를 차지했던 부문은 소수력발전 뿐이었다.

태양급탕기술이나 50MW 이상의 대형수력발전프로젝트에 대한 자세한 통계자료는 구할 수가 없다. 다만 2012년에 추가된 신규태양집수용량 약 55GWth 중 80% 가량을 중국에서 설치한 것으로 추정된다. 태양집수기술에 따라 지불가격이 크게 달라지기 때문에 중국에서 투자한 가치를 정확히 추정하기는 어렵지만, 1백억USD를 넘을 것으로 보인다.

50MW 이상의 대형수력발전프로젝트에 대한 투자는 풍력과 태양발전을 제외한 모든 재생에너지부문을 앞서며 2012년에도 꾸준히 큰 비중을 차지했다. 평균적인 프로젝트는 건설하는데 4년이 걸리기 때문에 추가용량을 연간 자산재원으로 바로 환산하는 것은 불가능하지만, 2012년에 발주된 대형수력발전프로젝트의 자산재원은 최소한 총 330억USD로 추정된다. 이는 대형수력발전을 제외한 자산재원 1485억USD의 1/5보다 많은 액수다.

3. 유형별 투자

재생에너지에 대한 전세계연구개발 지출액은 2012년 1% 더 많아진 96억USD로 연속 8년간 상승세를 기록했다(표 R9 참고). 전세계연구개발투자액은 2004년 이후로 절대적으로 두배 가까이 늘었다(93% 상승). 하지만 OECD 국가의 GDP대비 연구개발비지출은 30년전 수준의 1/4 밖에 되지 않는다. 유럽은 연구개발비 부문에서 최대 투자지역의 지위를 여전히 유지했지만, 정부지출 부문에서는 중국이 유럽을 앞질렀다. 미국은 기업과 정부지출 양분야 모두에서 완만하지만 긍정적인 상승세를 보인 유일한 지역이었다.

전체적으로 정부의 연구개발비지출액은 3% 상승한 48억USD였고, 기업의 연구개발지출액은 1% 하락하여 48억USD에 조금 못 미쳤다. 그 결과 정부지출과 민간지출은 3년 연속 비슷한 수준을 유지했다. 태양발전에 대한 투자액은 49억USD로 2011년 보다는 1% 하락했지만, 총 연구비의 절반 이상(51%)을 차지함으로써 우위를 유지했다. 그 뒤는 풍력발전(4% 상승한 17억USD)과 바이오연료(2% 상승한 17억USD)가 이었다.

재생에너지에 대한 벤처자본과 비공개민간자본은 30% 하락한 36억USD로 2005년 이후 최저치였다. 이는 벤처자본과 비공개민간자본투자자들이 유럽, 중국, 미국의 암울한 경제전망에 낙심했기 때문이다. 하락세를 유도한 다른 요인으로는 과잉용량, 상품가격의 급락, 보조금 축소, 정책불확실성의 지속이 있다. 하락세의 3/4는 비공개민간자본 부문에서, 나머지 하락세의 대부분은 초기단계의 벤처자본에서 일어났다. 반면 벤처자본의 최초단계인 시드펀딩 seed funding은 2011년 대비 146% 상승했다. 벤처자본과 비공개민간자본 부문에서도 태양발전이 여전히 가장 큰 비중을 차지했지만, 총액은 40% 감소한 15억USD로 최대의 감소폭을 보였다. 태양발전 다음으로는 바이오매스와 폐기물 에너지가 그 뒤를 이었는데, 투자액은 절반 감소한 5억USD 수준이었다.

경제불황 속에서 재생에너지에 대한 신규 공공시장투자(주식시장 내)도 60% 이상 하락하여 60억USD를 조금 웃도는 수준에서 그쳤는데, 이는 2007년의 최고치에 비해 1/5밖에 안되는 수준이다. 재생에너지에 대한 투자액이 이렇게 낮아진 이유는 과잉용량과 유럽 및 미국의 정책진전에 대한 불안 때문에 풍력 및 태양발전의 공급체인이 원활하게 돌아가지 못했기 때문이다. 가장 큰 곤경에 처한 풍력발전은 투자액이 72% 하락한 13억USD였다. 덕분에 태양발전은 2011년보다 50% 하락했음에도 신규로 발행된 주식 중 가장 큰 비중인 23억USD를 차지하게 되었다. 바이오연료는 4억USD로 3위를 차지했는데, 이는 전년에 비해 43% 감소한 액수다.

공익사업 규모의 프로젝트에 대한 자산재원은 이번에도 재생에너지 신규총투자액의 가장 큰 비중(61%)을 차지했는데, 2012년 총액이 1485억USD였다. 이는 2011년의 1801억USD라는 기록적인 액수보다는 18% 하락한 것이지만, 2010년의 1437억USD보다는 더 많은 액수다. 모든 재생에너지투자액 중에서 공익사업규모의 비중은 2011년보다 4% 하락했는데, 이는 소형(1MW 미만) 주거용 및 상업용 태양프로젝트에 대한 투자 증가세를 반영하는 것이다.

소규모분산형용량은 2012년 재생에너지의 버팀목이었다. 소규모설비에 대한 투자는 3% 상승한 8백억 USD였는데, 재생에너지에 대한 신규총투자액이 12% 감소했다는 점을 고려했을 때 이는 1MW 미만의 프로젝트가 신규총투자액의 1/3 가까이를 차지한다는 말이다. 2011년에는 이 비중이 28%, 2004년에는 27%였다. 3%의 상승률은 2011년의 24% 상승률보다는 훨씬 낮지만, 태양광발전 모듈가격이 훨씬 떨어졌다는 점을 감안할 필요가 있다.

이 부문에 대한 세계총투자액은 증가했지만, 소규모프로젝트 투자부문에서 상위 10위권에 드는 국가¹⁾ 중 그리스를 제외한 모든 국가에서 이 부문의 투자액은 감소했다. 이는 긴축재정의 타격을 입은 각국 정부들이 재생에너지 보조금을 감축함으로써 전력 소비자에 대한 압력에 제한을 두려 했기 때문이다. 2012년 소규모투자에서 8위를 차지한 그리스는 중국과 마찬가지로 195%의 증가세를 기록했다. 소규모프로젝트에 대한 투자는 미국과 일본에서도 상승했다.

최근 몇 년간 수많은 소규모 투자자들로부터 프로젝트에 필요한 자본을 모으는 새로운 메커니즘이 진화해왔다. 미국에서 처음으로 개발된 “클라우드 펀딩 crowd funding”은 이제 재생가능에너지에도 적용되고 있으며 서유럽 전역에 확산되고 있다. 이는 특히 소규모 프로젝트에 잘 맞는다.

(신규투자부문에서 2440억USD에는 포함되지 않았던) 인수합병활동은 2012년 급격히 감소한 523억USD를 기록했는데, 이제까지 중에서 최고기록인 2011년의 734억USD보다 하락한 액수다. 이는 전적으로 전반적인 경제침체 때문에 기업인수합병활동이 둔화되었기 때문이다.

1) 소규모 분산형 용량 투자에서 상위 10위권에 든 국가는 독일, 일본, 이탈리아, 미국, 중국, 호주, 영국, 그리스, 벨기에, 프랑스이다.

4. 재생에너지투자 총평

2012년에는 재생에너지를 통해 생산할 수 있는 전력용량에 대한 총 투자액 gross investment이 2270억USD였다(50MW 이상의 수력발전은 포함하지 않음). 한편, 화석연료에 기초한 용량에 대한 총투자액은 2620억USD로, 2011년과 비교했을 때 재생에너지전력용량에 대한 투자는 10%, 화석연료전력용량에 대한 투자는 약 13% 감소하여 2012년에는 양자의 차이가 줄어들었다.

또한 추가적인 화석연료용량에 대한 순투자는, 교체발전소에 대한 투자까지 포함하는 총투자보다 더 적다. 반면 재생에너지용량에 대한 거의 모든 투자는 순투자로, 이는 전반적인 발전용량에 추가분이 더해졌음을 의미한다. 2012년 화석에너지 순투자분인 1477억 USD만을 고려했을 때 재생에너지전력에 대한 순투자분은 2270USD로 3년 연속 화석에너지전력 순투자분을 앞지르고 있다. 50MW 이상의 수력발전프로젝트에 대한 투자까지 포함할 경우 재생에너지발전용량에 대한 세계투자액은 2012년 화석연료에 대한 순투자분의 1.5-2배가 된다.

5. 개발은행과 국가은행재원

2012년 개발은행은 수력 등의 재생에너지프로젝트, 제조업체, 연구, 에너지효율성, 수송, 배전 등 청정에너지를 확산시키기 위한 자금 791억USD를 공급했다. 이는 2011년보다 1% 정도 줄어든 액수다. 이중 508억USD는 재생에너지프로젝트, 제조업체, 연구부문에 투자되었는데, 이는 전년보다 약간 줄어든 액수다.

2012년에도 최대의 투자은행은 2011년보다는 10% 줄어든 260억USD(200억유로)를 투자한 독일의 KfW였고, 150억USD(1% 상승)의 중국개발은행, 브라질의 BNDES(119억USD), 유럽투자은행(60억USD), 세계은행그룹(50억USD)이 그 뒤를 이었다. 핵심재생에너지부분 대출 분야에서는 유럽투자은행이 2012년 약 56억USD(43억유로)를 지출했다.

2012년의 한가지 중요한 신규동향은 재생에너지자금조달 부문에서 규모가 작고 아직 신참인 개발은행들의 역할이 갈수록 증대되고 있다는 점이다. 이런 은행 중에는 재생에너지프로젝트에 총 10억USD의 대부분을 승인한 남부아프리카개발은행 Development Bank of Southern Africa, 모로코의 재생에너지프로그램을 지원하기 위해 8억USD의 대출을 승인한 아프리카개발은행이 있다.

6. 2013년 초 투자동향

2013년 1사분기 전세계 재생에너지 신규투자는 2012년 4사분기보다 36% 하락한 4백억USD로, 이는 2009년 1사분기 이후로 최저치의 분기실적이다.

보통 보조금이 12월 말에 만료되다보니 최근 몇 년간 네 분기중 1사분기의 실적이 가장 저조했던 적이 많긴 했지만, 2013년 1사분기의 약세는 이런 조건을 단순히 반영한다고 보기는 어렵다. 1사분기의 공익사업규모 프로젝트의 자산재원, 벤처자본, 비공개민간자본투자, 공공시장투자를 모두 합하면 총액이 210억USD 정도가 되는데, 이는 2012년 1사분기의 1/3에도 못미치는 수준이다.

2013년 1사분기 소규모프로젝트 투자는 185억USD로 2012년의 분기평균인 2백억USD보다 약간 저조하다. 이는 2012년 1사분기와 2013년 1사분기 사이에 더 많이 진척된 태양광모듈 가격의 하락을 반영한 것이다.

4장 정책경관

재생에너지기술의 발달과 전개를 지원하기 위해 전세계에서 마련된 정책과 목표치의 수는 2012년과 2013년 초에도 다시 늘어났고, 재생에너지를 지원하는 국가의 수도 꾸준히 늘었다. 2013년 재생에너지지원정책은 127개국에서 확인되었는데, 이는 2012년 보고서에서 밝힌 109개국보다 18개국 늘어난 숫자다. 이들 국가 중 2/3 이상이 개도국 또는 신흥경제지역이다. 1) (표 3, 그림 25와 26, 2012년 보고서의 그림 23을 참고할 것.)

신규정책들이 채택된 속도는 2000년대 초중반에 정책이 늘어나던 속도에 비해 계속 느린 상태다. 최근 몇 년간 그랬듯 대다수의 정책들은 기존의 정책을 손질하는데 초점을 두고 있는데, 이는 많은 경우 정책수립자들이 재생가능기술, 주로 태양광발전과 관련된 급변하는 시장조건과 예나지금이나 빠듯한 국가예산, 그리고 전세계경제위기라는 좀더 큰 영향에 빠르게 적응해야 한다는 압력을 느꼈기 때문이다.

정책수립자들은 재생에너지가 잠재적으로 국가발전에 미칠 수 있는 영향을 의식하고 있다. 재생에너지는 에너지 부문의 온실가스 배출을 줄여줄 뿐 아니라, 에너지 접근성 확대, 에너지안보 강화, 보건/교육/성평등 개선 촉진, 일자리 창출, 값비싼 수입연료와 화석연료보조금에 대한 의존도를 낮춤으로써 자국 내에 화석연료자원이 거의 또는 전혀 없는 국가 내에서 에너지 안보증진 등과 같은 부수적인 이득을 제공하는 등 사회, 정치, 경제적 성장의 중요한 동력이 될 수 있기 때문이다. (사이드바 6 참조) 이런 요인들과 함께 가격까지 하락하면서 재생에너지는 2012년 정책수립자들의 관심을 꾸준히 끌었다.

이 장에서는 특정정책이나 정책메커니즘의 효과를 평가 또는 분석하기보다는 국가, 주/지방, 지역수준에서 전개된 신규정책을 개괄하고자 한다.

1. 정책목표

2013년 초 재생에너지기술의 증대를 정책 목표로 삼은 국가는 2012년 보고서에서 밝힌 118개국보다 증가한 최소 138개국으로, 이 중 정책목표를 설정한 신규국가는 8개국이었다.

1) 확인된 정책의 증가세는 역사적으로 존재했던 수많은 정책들 뿐만 아니라 2012년과 2013년초의 신규정책들까지 추가한 것을 바탕으로 한 것이다.

재생에너지의 목표치는 여러 가지 형태를 띠는데, 이중 가장 일반적인 형태는 전력 생산에서 재생에너지가 차지하는 비중을 늘리는 것이다. 그 외에도 1차에너지와 최종 에너지, 열공급, 수송연료 내 재생에너지의 비중이나 특정재생에너지기술의 설비용량 과/또는 운전용량 등을 목표로 잡기도 한다. 목표치는 특정 목표연도를 설정하는 것이 일반적이지만, 몇 년의 목표기간을 설정하거나 아예 목표연도를 명시하는 경우도 있다.(표 R10-R12을 볼 것.)

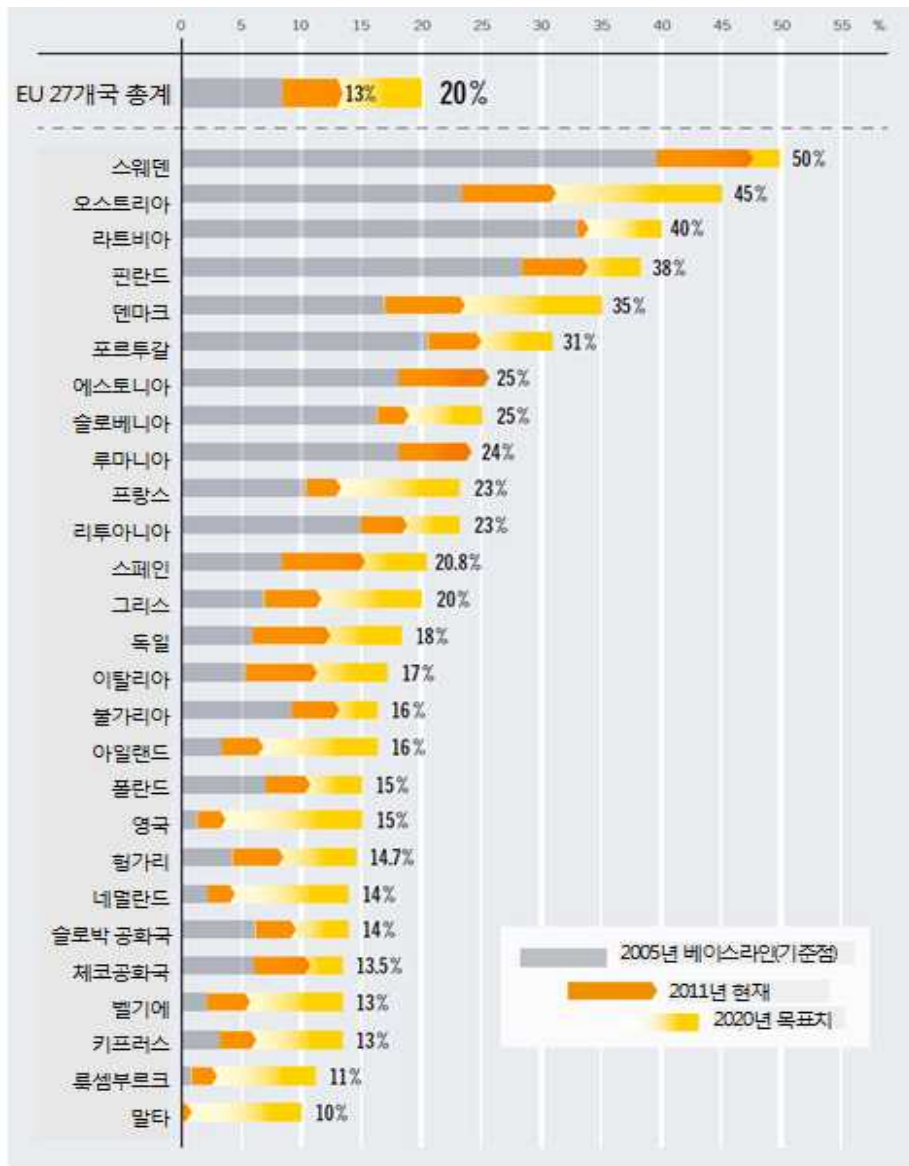
이제까지 많은 나라들이 2012년을 목표연도로 설정했었다. 이중 인도의 경우 2007년과 2012년 사이에 신규풍력용량 9천MW를 추가하겠다는 목표를 충족시킨 것으로 보인다. 반면 통가의 경우 재생에너지로 전력의 50%를 충당하겠다는 목표를 2015년으로 늦췄다. 모로코는 최종에너지소비량에서 재생에너지의 비중을 10%로 채우겠다는 목표(실제로는 1.8% 달성)와 1차에너지소비량에서 재생에너지의 비중을 8%로 만들겠다는 목표(실제로는 4%), 전력소비량 중에서 20%를 재생에너지로 충당하겠다는 목표(실제로는 9.65%), 태양온수집수기 0.28GWth(40만㎡)를 설치하겠다는 목표(실제달성용량은 0.24GWth 혹은 34만㎡)를 모두 달성하지 못했다. 2013년 초까지는 인도, 케냐, 파키스탄, 팔레스타인, 르완다 등의 다른 목표치를 평가할 수 있을 만한 자료를 구할 수 없었다. 목표치는 다양한 정도의 강도와 야심에 따라 설정되기 때문에 그 “성공”을 평가할 때는 조심해야 한다.

2012년에 만료되는 목표치를 설정했던 나라 중 인도와 팔레스타인은 새로운 목표치를 도입했다. 인도의 12차 5개년 계획에서는 2017년까지 현 재생에너지용량을 두 배로 늘려 총 53GW를 생산하겠다는 목표를 세우고 있다. 팔레스타인은 2020년까지 10%의 전력을 재생에너지로 생산하겠다는 새로운 목표를 설정하고 수많은 재생에너지기술에 대해서도 용량 목표치를 정했다.

또한 서아프리카 경제공동체²⁾와 8개 신규국가들은 2012년 정책목표를 도입했다. 서아프리카 경제공동체 15개국은 총에너지믹스에서 재생에너지의 비중을 2020년까지 10%, 2030년까지 19%로 하는 등 지역차원의 재생에너지정책을 채택했다. 중동에서는 카타르가 2020년까지 태양광으로 전력생산의 2%를 생산하고 태양광발전 용량을 640MW로 만들겠다는 목표를 설정했고, 이라크는 풍력과 태양광 용량을 2016년까지 400MW로 만들겠다는 목표를 발표했으며, 사우디아라비아는 재생에너지의 발전용량을 2020년까지 24GW, 2032년까지 54.1GW로 만들겠다는 목표를 설정했다. 동유

2) 서아프리카 경제공동체의 15개 회원국은 베냉, 부르키나파소, 카보베르데, 코트디부아르, 감비아, 가나, 기니, 기니비사우, 라이베리아, 말리, 니제르, 나이지리아, 세네갈, 시에라리온, 토고다.

럽에서는 에너지공동체 Energy Community가 유럽연합 지침 2009/28/EC를 채택하
 는데 합의하고(그림 24참고), 보스니아와 헤르체고비나(40%), 크로아티아(20%), 마
 케도니아(28%), 몬테네그로(33%), 코소보(25%)가 2020년을 목표로 한 새로운 재생
 에너지목표를 설정했다.



<그림 24> EU의 2020년 목표치 대비 2005년과 2011년 최종에너지 중 재생에너지 비중

전 세계적으로 2012년과 2013년 초에는 기존 목표치에 새로운 보완적인 목표치를
 덧붙인 나라가 많았다. 유럽에서는 알바니아(38%), 몰도바(17%), 세르비아(27%), 우

크라이나(11%)가 모두 최종에너지 중 재생에너지의 비중에 대한 목표치를 설정했다. 오스트리아는 2020년까지 전력소비량의 85%를 재생에너지로 충족시키겠다는 목표를 세웠고, 덴마크는 2020년까지 최종에너지의 35%를 재생에너지로 충당하고 총전력소비량의 50%를 풍력으로 생산하며 2050년까지 모든 에너지 수요를 재생에너지로 충족시킨다는 좀더 야심찬 목표를 수립했다. 프랑스는 2013년 태양전력프로젝트 목표치를 두배로 늘려서 1천MW를 더 추가하기로 했고, 독일은 이전에 도입했던 2030년, 2040년, 2050년 목표들을 성문화했으며 네덜란드는 최종에너지 중 재생에너지의 목표치를 2020년까지 16%로 늘렸는데, 이는 유럽연합에서 명한 것보다 2% 더 많은 수치다. 폴란드는 2020년까지 해상풍력발전 1GW를 개발하겠다는 목표를 밝혔고, 러시아연합은 2020년 재생에너지 전력 4.5%의 목표치를 채우기 위해 기술별 목표치를 밝혔다. 스코틀랜드는 단기 재생에너지전력 목표치를 2015년까지 31%에서 50%로 늘렸다.

아시아에서는 중국의 12차 재생에너지 5개년계획이 1차에너지소비량의 9.5%를 재생에너지로 채우고 태양난방용량을 총 280GWth(4억㎡)로 만들겠다는 2015년까지의 목표를 수립했다. 인도는 국가 솔라미션 National Solar Mission의 2단계 계획에 따라 만기가 임박한 태양급탕목표치(4.9GWth 또는 7백만㎡)를 연장하여 2012년과 2017년 사이에 신규용량 5.6GWth(8백만㎡)를 추가하기로 했다. 또한 일본은 2030년까지 파력과 조력용량 1,500MW를 개발하겠다는 목표를 발표했다. 카자흐스탄은 2020년까지 재생에너지용량 1.04GW를 개발하고자 한다.

2012년 7월 승인된 이집트 솔라플랜 Egyptian Solar Plan이 2027년까지 집광형태 양열발전 2,800MW와 태양광발전 700MW라는 목표치를 세우고, 요르단이 2018년까지 재생에너지 용량 1천MW라는 목표를 채택하였으며, 리비아가 국가발전믹스에서 재생에너지의 비중을 2015년까지 3%, 2020년까지 7%, 2025년까지 10%라는 목표를 수립하는 등 2012년 중동과 북아프리카지역에서는 눈에 띄는 새로운 진전이 나타났다. 그 외 다른 아프리카 지역 중에서는 2009년만 해도 재생에너지발전용량이 전무했던 지부티가 2020년까지 재생에너지로 100%를 채우겠다는 목표를 밝혔고, 레소토 왕국은 2030년까지 재생에너지발전용량 260MW라는 목표를 수립했다.

2012년에는 몇 개 나라와 캐나다의 한 주가 기존의 목표치를 한층 강화하기도 했다.(이에 대해서는 표 R10-R12와, 2012년 보고서의 표 R9-R11을 참고할 것.) 중국은 새로운 목표를 수립하기도 했지만 기존의 목표치를 늘리기도 했는데, 2013년 신규 재생에너지 전력용량 49GW를 설치하겠다고 밝히는 한편, 2015년 태양광발전목표치를 4배로 늘려 21GW로 잡았고, 2020년 태양광발전 목표치를 20GW에서 50GW로 올

렸다. 인도네시아는 2025년 재생에너지전력 목표치를 26% 늘렸다. 2020년 목표치를 이미 설정한 일본은 2030년까지 성장세를 꾸준히 유지한다는 기조 하에 해상풍력발전(8.03GW), 지열(3.88GW), 바이오매스(6GW), 조력(1.5GW) 등 기술용량목표치를 더욱 올려잡았다. 태국은 2022년의 최종에너지소비량 중 재생에너지의 비중을 25% 높였다.

사이드바 6. 세계에너지보조금의 현황

세계에너지기구(IEA)에 따르면 화석연료소비에 대한 전세계 보조금¹⁾은 2011년 5230억USD에 달한 것으로 추정되는데, 이는 2010년보다 27% 상승한 액수로, 에너지가격의 상승과 보조금을 받는 연료의 소비량 증가를 반영한 것이다. 국제통화기금은 에너지소비에서 파생되는 부정적인 외부효과까지 감안하는 “세금공제후”를 기준으로 했을 때 석유제품, 전기, 천연가스, 석탄에 대한 총 보조금²⁾은 이보다 훨씬 더 높은 1조9천억원으로 추정된다고 밝혔다(이는 전세계 GDP의 2.5%이자 전세계 모든 정부의 세수의 8%에 해당한다). 세계에너지기구의 수석경제학자인 Fatih Birol은 화석연료보조금을 “지속가능에너지발전을 가로 막는 제1의 공공의 적”이라고 불렀다.

2011년 (대형수력발전을 제외한) 재생에너지에 대한 보조금과 재정지원 총액은 880억USD로 2010년보다 24% 상승한 액수이기는 하지만 여전히 화석연료보조금의 1/6 정도에 그치는 수준이다. 이 중 약 73%는 전기부문(대부분 태양광발전을 지원함)으로 들어가고, 나머지 대다수는 바이오연료로 들어가며, 재생에너지생난방을 지원하는 데는 거의 쓰이지 않았다. 이 보조금의 약 57%는 유럽연합이, 24%는 미국이 지출한 것이다.

재생에너지에 대한 보조금을 잘 고안하면 보건향상, 고용기회, 에너지접근성과 안보 같은 장기적인 경제/환경상의 편익으로 이어질 수 있다. 반대로 화석연료에 지출되는 보조금의 대가는 보통 그 편익을 능가한다. 에너지수입국의 화석연료보조금은 일반적으로 국가재정에 큰 부담으로 작용하고 화석연료수출국에서는 낭비적인 지출로 인한 자원고갈을 가속화함으로써 장기적으로 미래의 수출소득을 감소시킬 수 있다.

2009년 G20국가 정상들은 “낭비적인 지출을 조장하는 중기(中期)의 비효율적인 화석연료

- 1) 국제에너지기구에서 정의하는 보조금이란 소비자들이 에너지에 대해 지출하는 가격 또는 생산비용을 인위적으로 낮추기 위한 정부의 수단이다. IEA, “How Big Are Energy Subsidies and Which Fuels Benefit?” WEO 2011 Factsheet (Paris: 2011).
- 2) 국제통화기금이 정의하는 소비자보조금은 기준가격과 에너지소비자가 지출하는 가격 간의 차액(최종소비를 하는 가정용과, 중간소비를 하는 사업자용 모두 포함)이고, 생산자보조금은 기준가격과 공급자가 받는 가격간의 차액이다. 국제적으로 거래되는 에너지상품의 기준가격은 분배와 수송비용 때문에 조정된 국제가격이다. 국제통화기금의 추정치에는 자료미비 문제 때문에 모든 생산자 보조금을 포괄하지는 못했다.

보조금을 합리화하고 단계적으로 폐지하겠다”며 화석연료 보조금을 없애기로 약속했다. 이들은 화석연료보조금이 시장을 왜곡하고 청정에너지원에 대한 투자를 저해하며 기후위기를 완화하려는 노력을 침식한다는 점을 인정했다. 이 같은 조치는 아시아태평양경제협력국(APEC)과 그 외 고에너지가격 때문에 보조금이 재정적으로 지속불가능해진 많은 나라들을 아우르는 더 넓은 국제적인 동맹의 설립으로 이어졌다.

2013년 2월에 열린 G20 재무장관회담에서 정상들은 화석연료 보조금을 합리화하고 단계적으로 폐지하는 과정을 보고하는 한편, 최빈층에 대한 목표량의 지원을 하기로 다시한번 다짐했다. 하지만 국제에너지기구, OPEC, OECD, 세계은행이 공동으로 발행한 두 보고서를 제외하면 별다른 국제적인 행동은 이어지지 않았다. 위 보고서는 에너지보조금의 범위와, 이 보조금을 단계적으로 폐지하는데 유용한 제언들을 담고 있다. 또한 2013년 초 IMF는 화석연료 보조금의 개혁이 경제성장과 환경 모두에 크게 도움이 될 수 있다고 주장하면서 정책입안자들에게 화석연료보조금을 개혁할 것을 촉구하는 보고서를 발행하기도 했다.

국제적인 수준에서 실제적인 노력이 미미한 것은 그 약속을 이행하고자 하는 국가들을 관리하고 보조할 조직과 추진일정이 부재하기 때문이다. 에너지보조금을 개혁하기 위한 단계를 밟고 있는 나라의 수는 아직 적고 (이란, 인도네시아, 나이지리아, 수단 같은 석유를 수출하는 비OECD국가를 포함하는) 몇몇 국가들은 보조금을 축소하기 시작했다. 또한 2009년 G20 회의 이후 많은 수의 시민사회 감시자들이 화석연료보조금문제를 추적하기 시작했다.

하지만 동시에 일부 OECD국가들은 재생에너지원에 대한 보조금을 줄이기 시작했는데, 이는 국가별 국내의 정치 및 경제적 환경과 낮은 기술가격, 재생에너지에 대한 장기적인 정책안내 부재 때문이다.

그 외에도 멕시코는 2026년 재생에너지전력 목표치를 35% 늘려잡았고, 우루과이는 전력망에 연결된 풍력발전의 2015년 목표치를 800MW에서 1GW로 늘렸다. 캐나다의 온타리오주는 수력을 제외한 재생에너지용량목표치 10,700MW 달성연도를 2018년에서 2015년으로 앞당겼다.

2012년에 목표치를 축소한 나라는 2개국이었다. 먼저 나이지리아는 바이오매스의 목표치는 늘렸지만, 풍력, 태양광발전, 소수력의 목표치는 낮췄고, 포르투갈은 2020년 재생에너지설비용량 목표치를 19.2GW에서 18%하락한 15.8GW로 낮춰잡았다.

2. 발전정책

전 세계적으로 재생에너지 전력생산을 촉진하기 위한 수많은 정책들이 시행되어 왔다. 2013년초 재생에너지로 전력을 생산할 수 있는 국가의 2/3 이상이 개도국과 신흥경제국들이었다. 몇몇 정책들은 2012년과 2013년 초에 시행되기도 했지만, 전력발전정책을 추가한 신규국가의 수는 2010년 이후로 상당히 줄어들었다. 하지만 기존의 정책들은 갈수록 더 많은 개정과 갱신을 거치고 있다.

국가 및 주/지방 수준에서 가장 널리 채택된 재생에너지 전력발전정책은 여전히 발전차액지원제도이다. 2013년 초 71개국과 28개주/지방에서 발전차액지원제도의 형태를 채택하고 있었다.(참고표 13 참조). 발전차액지원제도를 시행하는 국가의 대다수와, 2012년에 신규 발전차액지원정책 5개를 시행한 곳도 모두 개도국이었다. 나이지리아, 팔레스타인, 르완다, 우간다 모두 2012년 초에 신규 발전차액지원제도를 시행했다. 요르단은 2012년 초에 통과된 재생에너지 및 에너지효율성법을 보완할 수 있는 신규 발전차액지원제도를 2012년 말부터 시행했다.

이미 과거부터 시행한 발전차액지원정책의 초기요금 initial rate을 설정한 나라는 두곳이었다. 필리핀은 2008년에 만들어진 재생에너지법안의 발전차액지원제도 입법요구에 따라 2012년 처음으로 요금을 설정했다. 2011년 후쿠시마 핵사고 이후 시행된 발전차액지원제도에 따라 일본은 세계 최고수준을 달리고 있는 태양광발전과 풍력 발전에 대한 요금을 시행했다.

2011년과 2010년과 마찬가지로, 2012년 발전차액지원제도와 관련된 활동의 대다수는 기존정책의 개정이었다. 일부국가들은 발전차액지원제도의 특정측면을 강화했다. 프랑스는 유럽에서 제조되는 시스템의 경우 발전차액보너스 10%를 도입하고 발전차액요금을 5% 상승시키는 등 옥상형 태양광발전시스템에 대한 지원을 늘렸다. 인도네시아는 바이오매스에 신규발전차액지원제도를 도입했고, 지열발전에 대한 발전차액요금을 상당히 늘렸으며, 풍력과 태양발전의 요금이 곧 도입될 것이라고 공지했다. 아일랜드는 육상풍력, 소수력, 매립지가스, 바이오매스기술 등 신규 발전차액지원제도의 적용을 받는 기술의 목록을 늘렸다.

하지만 발전차액지원제도와 관련된 변화의 대다수는 2011년의 요금감축경향을 유지했고, 일부국가들은 경제 및 시장상황의 변화에 대한 대응에서 2012년과 2013년 초에 지불금액을 낮췄다. 오스트리아는 대부분의 기술에 대한 적정선의 감축을 선언하는 한편, 2013년부터는 500kW이상의 태양광발전소에 대한 발전차액지원을 철회한다고 밝혔다. 불가리아는 풍력의 요금을 10%, 태양광발전에 대해서는 5-39% 감축했다. 그리스는 2013년 초 태양광발전의 발전차액지원요금을 소급하여 축소하겠다는

계획을 밝혔고, 독일은 발전차액지원요금을 감축하고, 연간추가용량목표치의 범위를 설정하며, 재정지원에 제한을 두고, 생산자들이 발전차액지원제도와 보험료지원제도 feed-in premium 사이를 오갈 수 있게 함으로써 태양광발전에 대한 지원을 축소했다.

이탈리아는 설비한도를 설정하고, 발전차액지원요금을 39-43%까지 감축하였으며, 수많은 신규요구조건을 추가했지만, 동시에 풍력프로젝트의 계약기간을 15년에서 20년으로 늘리기도 했다. 룩셈부르크는 태양광발전에 대한 발전차액지원요금을 상당폭 낮추고 30kW 이상의 태양광발전시스템에 대한 발전차액지원을 중단시켰다. 세르비아는 풍력과 태양프로젝트에 대한 요금은 낮추었지만, 소수력발전에 대한 요금은 늘렸는데, 소수력발전에 대한 정의는 30MW까지 포함하는 것으로 변경되었다. 스페인은 2012년초 칙령에 따라 발전차액지원제도를 일시적으로 유예했고, 2013년 초에는 모든 태양광발전설비에 대한 발전차액지원요금 감축을 2009년까지 소급하여 이행했으며, 집광형태양열발전에 대한 인센티브를 대폭 축소했다. 영국은 2012년을 지나면서 태양광발전설비에 대한 요금을 상당폭 감축했고, 대규모풍력프로젝트와 소규모 재생에너지에 대한 요금을 낮추었다. 우크라이나는 태양광발전에 대한 요금을 낮추었다.

유럽 밖에서는 모리셔스가 신규기기에 대한 50kW 이하 발전차액지원프로그램을 폐지하고 한도를 3MW로 늘렸다. 우간다는 2013년 초 정책을 이행한지 1년도 안되어 500kW와 20MW 사이의 수력발전소에 대한 발전차액지원요금은 늘렸지만 태양광발전에 대한 지원요금은 없었다.

북미에서는 발전차액지원제도를 새롭게 시행하는 주나 지방은 전무했지만, 기존 정책에 대한 부분적인 개정은 있었다. 미국의 경우 버몬트주(발전차액지원제도를 시행하는 미국의 5개주 중 하나)가 태양광발전과 소규모 풍력발전에 대한 요금을 10% 이상 늘리고, 향후 10년간 프로그램 상한선을 10% 높혀잡음으로써 발전차액지원제도의 인센티브를 강화했다. 하지만 2012년에는 주/지방차원에서 발전차액지원제도가 축소되기도 했다. 캐나다의 경우 온타리오에서는 예정대로 발전차액지원제도를 검토하다 목표용량 달성연도를 3년 뒤인 2015년으로 늦추었고, 발전차액지원제도 2.0에서는 태양(20%)과 풍력(15%)에 대한 발전차액지원요금을 줄이기도 했다. 온타리오 주의 국산에너지에 대한 요구사항은 아직 신규발전차액지원법안에 들어있긴 하지만, 2012년 WTO의 공격으로 폐지되었다. 인도에서는 구자랏주가 2012년 1월 이후 발주되는 신규태양광발전프로젝트에 대한 요금을 낮추었다.

2012년에 논의된 추가적인 발전차액지원정책으로는 2013년이나 2014년에 시행될

예정인 폴란드의 태양발전에 대한 지원과, 사우디아라비아의 신규목표치를 충족시키기 위해 제안된 발전차액지원제도가 있는데(정책목표 절을 참고할 것), 후자의 경우 2013년에는 확정될 것으로 예상된다.

재생에너지의무할당제(RPS)는 국가수준에서는 22개국에서 시행중이고, 미국, 캐나다, 인도의 54개주/지방에서 시행되고 있다. 중국은 기존의 발전용량을 전력망에 연결하려는 시도에서 공익사업에 대한 재생에너지 15% 할당규정을 도입했고, 노르웨이는 2012년 초에 할당정책을 시행했다. 그 외에는 2012년 국가수준에서 시행된 할당정책으로 확인된 것은 없었다.

유럽에서는 2012년 기존의 재생에너지의무할당 정책 중 두 가지가 변경되었다. 폴란드는 재생에너지전력에 대한 공익사업 할당을 연간 1%로 높여잡았고, 이탈리아는 기존의 재생에너지의무할당제를 단계적으로 폐지하고 이를 발전차액지원제도로 대체할 예정이다. 아시아에서는 한국이 초기법령에서 요구하는 내용에 따라 2010년에 제정된 재생에너지 정책을 이행했다.

미국에서는 새로운 재생에너지의무할당제를 도입한 곳이 전무했지만, 주 수준에서 일부 기존 정책들이 개정되었다. 델라웨어주에서는 2026년까지 태양광발전 할당요구치를 3.5%로 잡았고, 메리랜드주에서는 재생에너지의무할당량 중 태양의 비중인 2%를 달성하는 목표연도를 2년 앞당긴 2020년으로 조정했다. 뉴햄프셔주는 재생에너지의 할당비중을 2025년까지 24.8%로 늘려잡았고, 뉴저지주는 태양에너지의 비중을 2028년까지 4.1%로 높였다. 실제로 재생에너지의 비중을 낮춘 곳은 12.5%로 축소된 오하이오주 뿐이지만, 많은 주에서 재생에너지의무할당법안을 축소하거나 폐지하려는 노력을 했다. 또한 뉴햄프셔주를 비롯한 많은 주에서 비전력생산기술도 재생에너지의무할당제도의 적용을 받을 수 있도록 자격규정을 개정했다.(냉난방정책 절을 참고할 것.)

재생에너지인증서는 종종 할당제도와 연계하여 사용된다. 2012년 초에는 노르웨이-스웨덴 녹색인증서일반시장이 2020년까지 재생에너지용량 26.4TWh를 개발할 목표하에 설립되었다. 국가적인 수준에서는 호주가 소규모 태양광발전시스템의 설치에 할당된 거래가능한 인증서의 수를 절반으로 줄였고, 루마니아는 녹색인증서제도가 투자자에게 더욱 매력적이 되게 하려는 노력에서 신규용량 개발과 신규사업자의 성장을 제한하는 등 수많은 신규규정을 도입했다.

주와 지방수준에서 일어난 인증서와 관련된 변화로는, 인도의 안드라프라데시주에서 새로운 2012년 태양발전정책 하에서 인증서 메커니즘을 이행하기 시작했고, 미국의 아리조나 주에서 재생에너지인증서 판매에서 주판매세금을 면제하기로 했으며, 벨

기에의 브뤼셀, 플랜더스, 월로미아에서는 각각의 녹색인증서제도하에서 시행하던 인센티브를 모두 축소했다는 점 등이 있다.

최근 몇 년간 일부 국가들이 공공경쟁입찰로 방향을 선회하여, 공공경쟁입찰을 하는 나라의 수는 2009년 9개국에서 2011년 말 36개국이었다. 2013년초에는 총 43개국이 확인되었는데, 이중 30개국은 소득수준이 중상위 내지는 하위권의 국가로 분류된다. 입찰제도는 기술특정입찰에서 기술중립적 입찰 등으로 분화되고, 용량수준(일부 용량한도를 설정하는 경우도 있다)에 따라 다양하며, 가격 상한선을 설정하거나, 프로젝트 선택과 관련된 다양한 기준을 포함하기 때문에 가격이 유일한 요인이거나 가장 중요한 요인은 아니다.

2012년과 2013년 초에는 풍력 및 태양기술을 개발하기 위해 수많은 나라들이 신규 입찰에 들어갔다. 칠레는 집광형태양열발전소 건설 입찰에 들어갔다. 프랑스는 최초의 해상풍력입찰에 들어갔고, 정부입찰을 통해 신규태양광발전과 집광형 태양열발전 프로젝트 541MW를 승인했다. 모로코는 2020년에 설치완료할 예정인 2GW의 풍력발전소 입찰을 시작했다. 사우디아라비아는 공개입찰을 통해 신규태양발전목표치를 달성하기 위한 공익사업규모의 태양광발전과 집광형태양열발전프로젝트를 처음으로 진행하고 있다. 국가수준에서는 인도가 갈수록 입찰을 통해 신규재생에너지용량을 확보하고 있다. 가령 타밀나두 주에서는 2012년 말 1GW의 태양발전에 대한 입찰을 발표했고, 안드라프라데시주에서는 2013년 초 공개입찰을 통해 신규태양광발전 1GW를 할당하겠다는 계획을 공개했다.

전력요금인하제도 net metering는 캐나다(8개주)와 미국(43개주와 워싱턴D.C, 4개의 령)을 비롯한 최소 37개국에서 시행되고 있다. 2012년에는 신규정책이 세 나라에서 시행되었는데, 브라질은 1MW 이하 소규모 전력생산에서 이 프로그램을 이행했고, 칠레는 100kW 이하 재생에너지에 대한 법안을 승인했으며, 이집트는 2012년 말 이 정책을 시행하기 시작했다. 또한 2012년에는 미국의 2개주를 비롯한 기존의 세 정책이 개정되었다. 캘리포니아주는 전력요금인하프로그램을 시행할 수 있는 시스템의 수를 거의 두배로 늘렸고, 매사추세츠주는 태양발전의 전력요금인하제도에 대한 한도용량을 두배로 늘려 최고 수요의 6%까지 인정하기로 했다. 또한 덴마크는 지원을 10년으로 한정하고 승인된 판매가격을 감축하는 등 전력요금인하제도의 다양한 개정을 통해 신규태양광발전설비에 대한 지원을 축소했다.

2012년과 2013년 초에는 재생에너지부문에 걸림돌이 되는 비용 및 재정상의 장애물을 해결하기 위해 사용하던 다수의 재정적 인센티브들을 추가하거나 개정했다. 카메룬에서는 모든 재생에너지상품에 대한 부가가치세(VAT)가 사라졌고, 인도에서는

집광형 태양열발전 장비에 대한 수입세가 없어졌다. 아일랜드는 기업들이 재생에너지에 대한 투자를 공제할 수 있도록 메커니즘을 확대했고, 리비아는 모든 재생에너지시설과 부품에서 관세를 면제하기로 했으며, 마다가스카르는 재생에너지시설에 대한 수입세를 반으로 삭감했다. 미국에서는 특히 풍력발전의 성장세를 이끈 주동력이었던 생산세액공제가 2013년 확장되었다. 또한 미국의 생산세액공제 규정이 개정되면서 2013년 말 규정이 만료되기 전까지 (가동이 아니라) 건설에 들어가기만 하면 프로젝트에 자격을 부여하게 되었다. 또한 미국에서는 50% 가속상각 보너스가 확장되었고, 1603 현금지원프로그램이 신규프로젝트에는 더 이상 적용되지 않았지만, 기존프로젝트에 대해서는 여전히 유효하게 적용되었다.

발전차액지원요금과 마찬가지로 일부국가들은 2012년에 재생가능에너지에 대한 보조금을 삭감했다. 벨기에는 지열, 태양열, 바이오매스, 바이오가스 발전소에 대한 투자의 세액공제를 없앴다. 인도는 2012년에 가속상각 세금 인센티브 유예와 발전기반 인센티브 generation-based incentive의 중단 등 풍력과 태양발전에 대한 인센티브를 대폭 줄였다. 하지만 발전기반인센티브는 2013년 초에 다시 부활했다. 또한 2013년 초에는 국가솔라미션 National Solar Mission 하에서 태양사업을 지원하기 위해 고안된 메커니즘인 인도 국가청정에너지펀드 National Clean Energy Fund에 대한 지분이 연기되었다.

이같은 [인센티브의] 감축 뿐만 아니라 이전에는 보조금을 지급했던 기술에 대해 세금을 걷기 시작한 나라도 많았다. 2012년 재생에너지 설비에 대한 세금을 도입한 나라는 3개국이었다. 먼저 불가리아는 태양, 풍력, 수력, 바이오매스프로젝트의 세입에 대한 일시적인 소급과세를 단행했다. 또한 그리스는 2012년에 재생에너지전력에 소비자세를 부과하고 2013년 초에는 이를 상향조정했다. 마지막으로 스페인은 재생에너지를 비롯한 모든 형태의 전력에 7%의 일률과세를 매겼다. 또한 미국은 꾸준한 무역분쟁의 결과, 중국과 베트남에서 수입된 풍력타워에 대한 관세 뿐만 아니라 중국산 태양모듈과 태양전지에 2차로 수입세를 매겼다. (2012년 보고서의 사이드바 8을 참고할 것.)

그 외 다른 곳에서는 재생에너지기술에 대해 신규 지원을 천명한 나라들도 있다. 호주는 신생 호주재생에너지국 Australian Renewable Energy Agency과 청정에너지금융회사 Clean Energy Finance Corporation을 통해 177억USD(170호주달러)의 지원을 약속했다. 아제르바이잔은 89억USD의 투자계획을 밝혔고, 키프로스는 신규시스템 구입 및 설비를 지원하기 위한 투자보조금을 이행했으며, 중국은 태양산업에 대한 추가 보조금 11억USD를 약속함으로써 연말까지 총보조금은 20억 USD에 달할 예정

이다. 이란은 국가개발펀드 National Development Fund 중 6억7천5백만USD(5억유로)을 재생에너지프로젝트에 사용할 수 있게 했고, 이라크는 16억USD를 가지고 2016년의 태양 및 풍력 목표치를 달성하기로 약속했으며, 스코틀랜드는 파력과 조력 등 재생에너지프로젝트에 대해 1억6천2백만USD(1억 3백만 영국파운드화)를 신규로 지원하겠다고 밝혔다. 또한 한국은 2019년까지 해상풍력 2.5GW를 개발하기 위해 90억USD를 지원하겠다고 약속했고, 영국은 영국녹색투자은행 Green Investment Bank를 통해 할당된 480만USD의 지원을 약속했다.¹⁾

2012년에는 새로운 약속도 있었지만 재생에너지에 대한 많은 보조금이 삭감되기도 했다. 중국은 골든선 Golden Sun 프로그램 하에 2012년 초에 설정했던 태양보조금을 21% 소급 감축했다. 유럽에서는 체코공화국이 2014년부터 모든 재생에너지보조금이 중단될 것이라고 선언했고, 에스토니아는 보조금을 15-20% 감축했으며, 없애겠다고 약속했던 풍력보조금에 대한 자격제한조건을 유지했다. 또한 스페인은 2012년 1월 신규재생에너지프로젝트에 대한 모든 재정지원을 없앴고, 영국은 태양광발전에 대한 지원을 20%를 줄였지만, 동시에 바이오파워에 대한 기존의 보조금 제한규정을 완화했다.

일부국가들은 효율성이 더 높은 신규재생에너지기술의 연구 및 개발에 대한 금융지원을 꾸준히 유지했다. 가령 호주는 340만USD(330만호주달러)로 11개의 태양광발전 연구프로젝트를 지원했고, 일본은 1천9백만USD로 지열기술의 연구개발을 촉진하는 프로그램을 설립했으며, 카타르 국가연구기금 National Research Fund에서는 국가우선연구프로그램 National Priorities Research Program의 일환으로 태양이니셔티브에 자금을 지원하기 시작했다. 또한 영국은 파력에너지개발에 3150만USD(2천만 영국파운드화)를 지원하겠다고 약속했고, 미국에너지부의 고급연구프로젝트국 산하 에너지팀 Advanced Research Projects Agency-Energy에서는 8개의 연구프로젝트에 총 1400만USD를 지출했다.

1) 모든 통화는 2013년 2월 4일의 환율에 따라 USD로 변환되었다.

3. 냉난방정책

2012년에는 냉난방부문에서 재생에너지기술을 촉진하기 위한 신규정책과 목표치들이 꾸준히 이행되었다. 하지만 냉난방부문의 경우 현대적인 바이오매스, 직접 지열, 태양원으로 난방(과 냉방)을 제공할 수 있는 어마어마한 잠재력이 있음에도 불구하고 재생에너지 발전부문에 비해 정책입안가들의 관심이 아직 훨씬 적은 실정이다.

태양열 급탕을 비롯하여 구체적인 재생에너지 냉난방목표치를 마련하고 있는 국가는 대략 20개국이다.(표 R12를 볼 것.) 또한 최소 19개국/주이 재생에너지 난방기술의 사용을 촉진하기 위한 난방의무규정을 두고 있다.(표 3을 볼 것.)

2012년에 새로 추가된 의무규정은 거의 없다. 덴마크는 2013년부터 신규건물의 석유 및 천연가스보일러 설비를 금지하고 2016년까지 지역난방을 하고 있거나 천연가스를 이용할 수 있는 곳에는 석유 보일러를 설치하지 못하게 함으로써 모든 난방을 재생에너지원으로 하게 만드는 신규난방규정을 마련했다. 케냐의 2012년 에너지(태양난방)규정 Energy(Solar Water Heating) Regulations 2012에서는 하루 1백리터 이상의 온수를 사용하는 건물에 대해 연수요의 60%를 태양에너지로 충당할 것을 요구하고 있다.

미국에서는 재생가능난방을 할당제의 요구사항에 맞추기 위해 여러 주에서 재생에너지의무할당제의 정책을 수정하고 있는 추세다. 뉴햄프셔주는 미국에서 최초로 재생에너지의무할당제 정책을 확장하여 재생에너지에서 발생한 “유용한 열에너지”의 비중에 대한 의무할당을 포함하기로 했다. 메릴랜드주는 정책개정을 통해 동물폐기물을 원료로 사용하는 바이오가스시스템의 열에너지뿐만 아니라 일부 신규지열 냉난방설비를 재생에너지의무할당제에 포함시켰다. 또한 오하이오 주는 [할당제] 대상기술의 목록을 개정하여 신규 및 개조한 집광형 태양열발전 및 폐열복원시스템을 포함시켰다. 2012년 말에는 이와 유사한 변화가 매사추세츠주와 콜로라도 주에서 논의되었다. 재생에너지 난방이 전력 중심의 재생에너지의무할당제 규정에 포함된 것은 재생에너지 난방을 촉진하는데는 긍정적이지만, 그 차이를 만회할 수 있도록 전반적인 목표치를 늘리지 않을 경우 재생에너지 전력 목표치를 실질적으로 감소시킬 수 있다.

사이드바 7. 재생에너지와 에너지효율성의 연계

재생에너지 사업의 전개와 에너지효율성의 증가는 화석연료 소비량의 증가세를 상당히 낮추었고, 향후 세계온실가스배출량을 감축하는데 핵심적인 역할을 할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 효율성이 단기적으로 중요한 요인이라면, 재생에너지원의 중요성은 시간이 갈수록 점점 더 빛을 발한다. 재생에너지와 에너지효율성 정책을 통합하면 가장 막강한 잠재력을 얻을 수 있다. 하지만 아직까지는 이 두가지를 실제로 연계하는 움직임이 거의 전무했다.

재생에너지와 에너지효율성 사이에는 중요한 상승효과가 있다. 에너지효율성이 향상되면 재생에너지는 더욱 빠르게 실효성있고 중요한 기여를 할 수 있다. 재생에너지의 비중이 늘어나면 시스템손실 감소로 이어져 에너지수요를 충족시키는데 더 적은 1차 에너지가 들어가게 될 것이다.(2012년도 보고서의 특징 Feature를 볼 것.)

지난 몇십년간 에너지효율성 개선을 통해 전지구적 에너지원단위가 1970년 0.21석유환산톤/1천USD에서 2010년 0.13석유환산톤/1천USD로 내려갔다. 같은 기간동안 평균에너지원 단위는 OECD국가의 경우 0.16에서 0.08로, 비OECD국가의 경우 0.40에서 0.21로 내려갔다. 하지만 에너지원단위의 전세계적 감소율은 상당히 둔화되었는데(1980-2000년에는 연간 평균 1.2%였다가, 2000-2010년에는 연간 평균 0.5%가 되었다), 그 원인 중 하나는 전세계 경제 활동이 꾸준히 개도국으로 이동하고 있기 때문이다.

에너지효율성을 향상시킬 수 있는 잠재력은 모든 나라가 상당히 많이 가지고 있다. 유엔산업 개발기구 UN Industrial Development Organization는 전세계 제조분야에 23-26%의 에너지 절감 잠재력이 있다고 추정했는데, 개도국의 경우는 30-35%였고, 선진국은 15-20%였다. 신축건물과 기존건물에서 현행최상규정들과 에너지효율성기술을 십분 활용할 경우 즐거움과 편의가 증대될 뿐 아니라 냉난방용 최종에너지 사용을 전세계적으로 2050년까지 2005년 대비 약 46% 줄일 수 있음을 보여주는 연구들도 있다.

재생에너지와 에너지효율성기술의 사용을 촉진할 수 있는 정책들은 각각 별도로 고안되어 다른 주체들이 이행하고 다른 정부기관의 관리를 받는 경우가 많다. 과거에는 에너지효율성정책과 재생에너지정책의 고안 및 이행을 연계하려는 노력이 산발적으로만 이루어졌다.

하지만 이같은 상황은 특히 지방수준에서 변하기 시작했다. 또한 일부국가에서는 국가수준의 정책입안자와 이해당사자들 사이에서 정책조율과 소통이 더욱 원활해지고 있다는 증거도 많아지고 있다. 가령 독일의 경우 모든 경제부문에서 에너지효율성과 재생에너지 이용도 양자를 동시에 향상시킬 수 있는 에너지하부구조에 대한 장기적이고 의미있는 투자에 무게를 두

는 “Energiewende”(에너지전환)프로그램을 통해 에너지부문을 탈바꿈하기 위한 과정을 진행 중이다. 이탈리아에서 새로 만들어진 “국가에너지전략”은 재생에너지와 에너지효율성 수단의 고안과 이행에 최우선순위를 두고 유럽연합의 2020년 목표치 이상을 달성하여 경제발전을 자극하겠다는 목표를 세우고 있다. 이 전략은 2020년까지 2억3천2백억USD(1억8천만유로)어치의 신규투자를 끌어들이는 한편, 2012년 이탈리아 GDP(현재가치)의 약 1%에 해당하는 에너지수입물에 대한 지출을 막을 수 있게 해줄 것으로 기대된다. 미국에서는 환경보호청이 주 및 부족 이행계획 *State and Tribal Implementation Plans*에 실린 재생에너지와 에너지효율성 정책 및 프로그램을 통합할 것을 고려해보라고 주, 부족, 지방 행정기관을 독려하고 있다. 소비자의 행태가 재생에너지의 선택지 및 에너지효율성 상품의 채택률에 미치는 영향에 대한 인식 역시 늘고 있다. 최근 몇십년간 소비자행태전략은 기술중심적인 프로그램에 대한 부가물로 인식되었다. 하지만 이제 소비자행태전략은 성공적인 정책계획 및 이행에 핵심적이라는 인식이 보편적으로 자리잡기 시작하면서 더 똑똑한 습관과 생활양식에 대한 강조가 늘고 있다. 또한 재생에너지와 에너지효율성을 연계한 지속가능발전에 초점을 둔 조직들의 보다 전략적이고 잘 조율된 접근법을 따르는 경향도 나타나고 있다. 국제조직들은 개도국의 지속가능한 미래를 위한 의제를 개발하는데 적극적으로 협력하고 있다. 가령 2011년 세계은행과 지구환경기금 *Global Environmental Facility*은 상하이 *Changning* 지구에서 온실가스배출저감을 위해 청정에너지기술과 에너지효율성을 통합한 프로그램인 “저탄소도시를 위한 녹색에너지계획 *Green Energy Schemes for a Low Carbon City*”을 승인했다. 또한 미주개발은행 *Inter-American Development Bank*과 일본신탕기금자문회사 *Trust Fund Consultancy*는 멕시코에서 저소득층 주거시설에 대해 재생에너지(특히 태양광발전)와 에너지효율성을 결합하여 전력망에 연결시키는 시범프로젝트를 개발 중이다. 그리고 유엔식량농업기구는 농업-식품 사슬에서 에너지효율성과 재생에너지를 진작하는 한편, 농촌지역의 에너지접근성을 향상시키기 위한 다중파트너 프로그램을 시작했다.

가장 중요한 것은 2030년까지 세계 전역에서 현대적인 에너지에 보편적으로 접근할 수 있게 하고 에너지효율성을 향상하는 한편 재생에너지원의 사용을 확대하는 것을 목적으로 하는 유엔의 “모두를 위한 지속가능에너지” 이니셔티브다. 2012년 12월 현재 아프리카, 아시아, 라틴아메리카, 군소도서개도국 *Small Island Developing States*의 50여개 정부가 이 이니셔티브에 가입하여 에너지계획과 프로그램을 개발하고 있으며, 산업계와 투자자들이 이 이니셔티브를 위해 모은 재정이 5백억USD가 넘는다.

2012년에는 재생가능난방에 대한 수많은 재정적인 인센티브가 채택되거나 개정되었는데, 이중 일부는 건물의 효율성을 촉진하기 위한 수단과 결합된 형태를 띠고 있다. (사이드바 7 참고) 유럽에서는 오스트리아가 재생가능난방에 대한 보조금을 포함하여 건물효율성 개선을 지원하기 위해 1억3천5백만USD(1억유로)의 기금을 조성했고, 체코공화국은 모든 재생가능에너지, 난방, 전력생산을 한가지 법규로 통합하고, 열을 지역난방네트워크나 산업용으로 전달하는 시스템에 대해 재생가능난방보너스 USD2.60/GJ(2.00유로/GJ)를 도입했다. 덴마크에서는 석유와 가스난방을 재생에너지 난방으로 전환하도록 촉진하는 신규자금 760만USD(4천2백만 덴마크 크로네화)와 대형열펌프 등 신규재생에너지기술을 촉진하기 위한 630만USD(3천5백만 크로네화) 등 재생에너지난방을 촉진하기 위한 수많은 재정적 수단들이 마련되었다.

독일은 재생에너지난방프로젝트에 대한 보조금을 늘렸고, 이탈리아는 향후 몇 년 내에 발전차액지원제도를 시행할 목적으로 재생에너지 난방시스템에 대한 지원금제도를 승인했으며, 룩셈부르크는 지열열펌프에 대한 지원을 가구당 2,600USD(2,000유로) 늘리는 등 건물 부문에서 재생에너지에 대한 지원메커니즘을 강화했다. 또한 포르투갈은 기존 건물에 태양열시스템을 설비할 경우 이를 지원하기 위한 135만USD(1백만유로)의 지원계획을 마련했고, 영국은 재생에너지난방에 대한 보험료납입 Renewable Heat Premium Payment 지원프로그램을 재개하는 한편 2013년 여름부터 시행될 것으로 예상되는 재생에너지난방 인센티브 발전차액지원제도 Renewable Heat Incentive FIT에서 가정용이 차지하는 비중에 대한 제안요율을 발표했다.

그 외에도, 우루과이의 경우 태양열난방시설에 대한 세금감면 등 태양열기술에 대한 수많은 신규인센티브를 이행했고, 인도는 집광형 태양열 난방용품의 개발을 촉진하기 위한 재정적 지원을 마련하고자 새로운 국가프로그램을 만들었다. 또한 인도의 Uttarakhand주에서는 태양열온수기에 대한 기존의 할인폭을 더 늘렸다.

그렇다고 해서 모든 변화가 재생에너지난방을 지원하는 방향으로 이루어진 것은 아니었다. 캐나다의 경우 태양열온수기를 설치하는 가구에 대한 지원금을 포함하는 에코에너지 가정보수 ecoENERGY Retrofit-Homes 프로그램의 만료일을 정했고, 에너지부에서는 가정용 난방유에 재생가능에너지의 함량을 2%로 규정하는 법률을 없애자고 제안했다. 뉴질랜드에서는 태양열온수기를 지원하는 지원금제도가 2012년 중반에 만료되었다.

4. 수송정책

2013년 초 현재 수송부문에서 재생가능연료의 사용을 지원하는 국가수준의 정책들은 2012년 보고서 작성당시 확인된 46개국보다 늘어난 49개국에 존재하는 것으로 확인되었다. 일반적인 정책들로는 바이오연료생산보조금, 바이오연료혼합의무규정, 세금인센티브 등이 있다. 혼합의무규정은 국가수준에서는 27개국, 주/지방수준에서는 27개 지역에서 확인되었다. (표 R15 참조)

몇 개국에서 신규혼합의무규정이 도입되었는데, 남아프리카공화국은 2012년에 E10 규정을 도입했고, 터키는 2013년 초부터 E2규정을 이행했으며, 짐바브웨는 E5 규정을 승인했다. 캐나다의 서스캐처원지방에서는 기존의 E8.5 혼합규정을 보완하기 위해 B2 혼합규정을 만들었다.

2012년에는 3개국이 기존의 바이오연료혼합정책을 제정하거나 개정했다. 인도는 원래는 2006년에 적용하기로 계획했던 국가수준의 E5 규정을 이행하기 시작했고, 태국은 바이오디젤혼합규정을 B4에서 B5로 상향조정했으며, 미 환경청은 바이오디젤요구량을 2012년 41억6천리터(11억갤런)에서 2013년 48억5천리터(12억8천갤런)로 늘렸다.

유럽과 미국의 바이오연료지원정책은 바이오연료생애주기 과정에서 배출되는 순온실가스배출량 뿐만 아니라 연료작물이 식품생산과 토지에 미치는 영향과 종다양성, 수자원 등을 우려하는 집단의 압력을 꾸준히 받고 있다. 그 결과 일부 주요시장들은 1세대 바이오연료와 고급재료를 사용하는 바이오연료 모두에 대한 지원을 하지 말라는 압력에 갈수록 더 많이 직면하고 있다.

유럽연합 집행위원회는 총수송연료 중에서 1세대 바이오연료의 비중을 5%의 상한선을 설정하고 2020년까지 식품작물을 사용하는 바이오연료의 생산보조금을 없애는 한편, 고급바이오연료의 비중은 4배로 계산해주자고 제안했다. 2013년 내에는 이같은 변화에 대한 조치가 이루어지지 않을 것 같긴 하지만, 이 제안은 이 부문에 이미 영향을 미치고 있다. 가령 오스트리아의 경우 유럽연합의 바이오연료 규정이 분명하게 마련될 때까지 E10 규정의 도입을 일시적으로 보류해놓았다. 미국에서는 가뭄 발생으로 재생가능연료기준 Renewable Fuels Standard를 폐지하려는 압력이 상당한 상태이긴 하지만 아직은 유지되고 있다. 하지만 목표치 중에서 셀룰로오스 연료의 양은 19억리터(5억갤런)에서 줄어든 3천9백7십만 리터(1천5십만갤런)로, 2년 연속 줄어들었다.

바이오연료에 대한 재정지원의 변화는 2012년과 2013년 초에 꾸준히 이어졌다. 미국의 바이오연료산업은 셀룰로오스 에탄올 생산에 대한 갤런당 1.01USD(리터당

0.27USD)의 세액공제확대와 갤런당 1USD(리터당 0.26USD)의 바이오디젤 세액공제의 재도입에서 혜택을 보았다. 호주는 고급바이오연료개발에 대한 지원금 1천5백7십만 USD(1천5백만호주달러)를 약속했다. 브라질은 사탕수수 찌꺼기로 연료를 만드는 신기술 개발에 대해 약속했던 지원금의 액수를 두배로 늘려 2014년에 대출과 보조금의 형태로 약 10억USD(20억 브라질 레알화)를 지급하겠다고 밝혔다. 하지만 기존의 지원제도가 만료된 경우도 있었는데, 뉴질랜드에서는 2012년 6월 바이오연료지원금 제도가 끝났고, 영국에서는 폐식용유로 만든 바이오연료에 대한 관세차등제도가 2012년 초에 폐지되었다.

전기차량은 차량연료 대신 재생가능전력을 이용할 수 있고 재생에너지로 만든 전기를 저장하는 기능도 병행한다는 점에서 재생에너지발전에 중요한 기여를 할 수 있다. 많은 국가들이 전기차량시장의 발전과 재생에너지와의 연계를 꾸준히 지원하고 있다. 2009년 이후로 재생에너지전력을 전기차량에 사용할 경우 에너지함량을 전력투입량의 2.5배로 계산하여, 10% 재생에너지수송의무규정 충족에 대한 우선적인 지위를 부여해왔던 유럽연합 국가들이 대표적인 사례다. 2013년 초 현재 각국 정부들은 2020년까지 약 2천만대의 전기차량 가동을 목표로 삼고 있다. 참고로 2012년 말에는 약 4만대가 사용 중이었다. 일각에서는 2020년이 되면 전기차량의 연간판매량이 380만대가 될 것이라고 예상하기도 한다. 2012년에는 인도가 2020년까지 전기하이브리드 차량 7백만대를 운영하겠다는 목표치를 밝혔다.

5. 녹색에너지 구입 및 라벨링

에너지효율성 라벨과 유사한 “녹색”에너지 라벨은 소비자들이 에너지를 구입할 때 추가적인 정보를 제공한다. 녹색에너지라벨제도는 선택가능한 에너지공급물의 생산 원료를 평가함으로써 소비자들이 “녹색” 바이오가스, 난방, 수송연료 뿐만 아니라 “녹색” 전력을 구입할 수 있는 기회를 제공한다. 정부의 채택속도는 여전히 느리긴 하지만, 전 세계적으로 많은 나라에서 녹색전력라벨을 채택하고 있다. 2013년 초 비정부기구에서 홍보하는 녹색에너지라벨 중에는 이탈리아의 “100% Energia Verde”와 유럽 16개국에서 공통으로 사용하는 “EKOenergy” 라벨, 미국의 “Green-e Energy”, 독일의 “ok-power”라벨이 있다.

개인과 산업계 에너지소비자들의 자발적인 녹색구매 뿐만 아니라 많은 정부들이 공익사업이나 전력공급업자들에게 녹색전력상품을 제공할 것을 요구한다. 또한 정부 스스로 자신들의 에너지 수요를 충당할 목적으로 녹색에너지를 구입하는 경우도 있다.

하지만 전세계적으로 재생에너지의 채택이 늘고 있는 상황에서도 녹색구매를 지원하는 국가수준의 정책 개발은 계속 더딘 상태다.

6. 도시와 지방정부의 정책

전세계 수천개의 도시와 마을이 재생에너지를 발전시키기 위한 적극적인 계획과 정책을 보유하고 있다. 2012년에는 국가수준에서는 둔화되긴 했지만, 시정부들이 고용을 창출하고 [재생]에너지수요를 증가시킬 계획을 마련하는 한편 탄소배출을 줄이고 도시를 더욱 살기 좋은 곳으로 만들기 위한 조치를 취함으로써 지방수준의 정책이 꾸준히 탄력을 받아 가속이 붙고 있다. 시정부는 국가수준의 정책과 프로그램을 보완하고 많은 경우 이를 넘어서는 이니셔티브와 정책들을 진전시켰다(표 R16을 참고할 것). 그러자 중앙정부는 국가하위 수준의 조치를 시범사례로 관찰하면서 이것이 성공적이라고 판명될 경우 국가수준의 청사진으로 활용할 의향을 비추는 경우가 종종 있다.

몇몇 도시들은 재생에너지를 발전시키기 위해 중앙정부와 협력하기도 한다. 인도에서는 50여개의 도시가 중앙정부의 “솔라시티”프로그램에 대한 대응으로 새로운 지자체 정책과 이니셔티브를 시작했고, 일본에서는 재생에너지공동체프로젝트에 대한 중앙정부차원의 신규지원프로그램이 나오자 이에 탄력을 받아 2012년 말 15개 도시가 “모델 공동체”가 되려고 애쓰고 있었다.¹⁾ 브라질, 인도네시아, 인도, 남아프리카공화국에서는 지방정부를 위해 개발된 일반적인 방법론을 사용하여, 재생에너지사업 전개 등 온실가스저배출 개발전략의 개요를 작성하기 위해 8개의 모델도시를 선정하는 작업이 시작되었다.

그 외에도 특히 유럽연합과 미국의 도시들은 국가나 주의 입법을 보완하거나 넘어서기 위해 아래로부터 스스로를 조직하기 시작했다. 유럽에서는 시장협약 Covenant of Mayors에 서명한 도시가 크게 늘었는데, 2012년에 20%의 이산화탄소 저감 목표치와 기후완화, 에너지효율성, 재생에너지에 대한 계획을 약속하며 1,116개의 도시와 마을이 새로 가입했다. 독일의 경우 도시차원에서 “Energiewende”의 함의를 평가하는 한편, 태양 및 풍력발전의 가변성을 해결하고 소비패턴을 전환하기 위한 조치를 도입하고 있다.

1) 이 프로그램의 목표는 도시수준에서 역량을 쌓을 수 있도록 돕는 한편 지역재생에너지프로젝트를 촉진하는 것이다. 여기에는 선발된 도시들이 지역에서 재생에너지의회를 조직하고, 지역조정자를 지명하며, 구체적인 사업계획을 수립하고, 가능한 사업에 대한 자금을 모으기 위해 탐색하며, 사회적 합의를 모으고, 사업프로젝트를 시작하는 것(3년 이내)이 포함된다.

전세계 지방정부는 2012년에도 재생에너지와 에너지효율성을 기초로 새로운 기후 및 에너지 계획을 꾸준히 수립하는 한편, 기존 계획을 강화했다. 덴마크에서는 코펜하겐이 2009년의 기후계획을 근거로 2025년까지 세계최초의 탄소중립 수도가 되겠다는 목표를 설정했고, 역시 재생에너지 분야에서 오랫동안 선두를 달려온 프레데릭하운 Frederikshavn이 2030년까지 화석연료에서 100% 자유로운 도시가 되겠다는 새로운 목표를 발표했다. 핀란드의 헬싱키와 미국 워싱턴주의 도시인 시애틀 역시 모두 2050년까지 탄소중립을 실현하겠다는 목표를 세우고 있다. 일본에서는 후쿠시마현이 2040년까지 재생에너지를 이용하여 100% 에너지자립을 실현하겠다는 계획을 세웠다. 한국의 수도인 서울은 2020년을 목표로 재생에너지전력 20%를 달성하겠다는 목표를 밝혔고, 중국 최대의 도시인 상하이시는 2015년까지 재생에너지 12%를 달성하겠다는 계획을 밝히고 태양광발전 150MW 등 기술별 설비목표를 설정했다.

많은 지방정부들은 자신들의 야심찬 목표를 달성하기 위해 지방의 전력배전 및 발전하부시설을 지방정부의 소유 또는 통제 하에 두는 추세가 나타나고 있다. 공익사업이 지방정부의 소유 또는 통제 하에 있으면 재생에너지를 계획하고 발전시킬 때 지방정부와 시민의 참여가 더 활성화될 수 있고, 지방정부가 재생에너지에 대한 민간투자를 촉진하는 홍보정책이나 목표치, 공익사업 투자를 직접 진전시키는 것이 가능해진다. 지방소유의 공익사업을 보유한 미국의 일부도시들은 기존의 재생에너지전력목표치를 달성하고 국가수준에서 이루어지고 있는 재생에너지의무할당제를 보완하려는 목적에서 2012년에 발전차액지원제도를 채택했다. 플로리다주 Gainesville의 2009년 태양에너지부문의 발전차액지원제도 성공사례를 따라 뉴욕주의 롱 아일랜드와 캘리포니아주의 팔로알토 및 로스앤젤레스시는 2012년 태양프로젝트에 대해 발전차액지원제도를 채택했다. 또한 캘리포니아주 마린 카운티 Marin County의 발전차액지원제도는 20년 고정가격계약을 체결하도록 2012년에 강화되었다. 콜로라도주의 포트 콜린스 Fort Collins는 2013년부터 발전차액지원제도를 활성화하는 계획을 승인했다.

지방정부는 지방의 공익사업체와 함께 이윤분담 계획에도 참여할 수 있다. 일본의 Odawara시와 Shizuoka시는 2012년 재생에너지공동체발전프로젝트를 진전시키기 위해 공사파트너십을 통해 지방에너지회사를 설립했고, 사우디아라비아의 메카시는 100MW의 재생에너지발전소를 건설하고 운영하기 위한 계약입찰을 개시했는데, 이 발전소는 계약서에 따라 투자금을 모두 회수하고 나면 메카시로 이관된다.

도시의 공익사업체가 컨소시엄을 형성하여 공동으로 프로젝트의 자금을 조달하는 경우도 있다. 가령 독일의 33개 지자체공익사업체는 2013년부터 상업가동을 시작하는 북해의 400MW해상풍력발전소에 공동으로 투자했다. 지방공동체와 협동투자모델

은 대중들 사이에서도 확산되고 있다. 베를린의 한 시민협동조합은 2014년까지 Vattenfall Europe의 영업구역에서 베를린시의 전력네트워크를 구매하는데 정식으로 관심이 있음을 밝히고 2007년 이후로 다시 지자체 소유가 된 독일의 다른 192개 배전네트워크에 가입했다. 일본의 Iida는 공동체기반 재생에너지프로젝트의 발전을 촉진하기 위한 지자체규정을 2012년 발표했다.

지방정부는 재생에너지사업의 전개를 촉진하기 위해 환불(rebate)이나 세금공제같은 재정적 인센티브 역시 시행하고 있다. 스페인의 Valencia는 프로젝트 비용의 45%까지 보조하는 지원프로그램을 시행하면서 소규모사업자와 개인에게는 추가적인 지원을 하고 있다. 샌프란시스코, 로스앤젤레스 카운티, 워싱턴 DC 등 미국 142개 도시는 PACE(California Property Assessed Clean Energy) 프로그램에 서명했는데, 이 프로그램에 가입한 도시들은 투자자에게서 빌린 자금을 지역의 부동산소유주에게 빌려줌으로써 에너지효율성과 재생에너지 추가설치에 필요한 자금을 조달하게 된다. 부동산소유주는 부동산세를 자발적으로 늘림으로써 대출을 갚고, 부동산이 팔리면 이 대출은 신규소유주에게 이전될 수 있다.

다른 도시들도 솔선수범하여 지자체에서 운영하는 시설에 전력을 공급하는 목표치를 설정하고/하거나 재생에너지설비를 위해 도시부동산을 이용하고 있다. 2012년 Rajkot, Jind, Agratala 등 인도의 몇몇 도시와 마을에서는 화석연료소비감축 목표치를 달성하기 위해 자체 사용을 목적으로 재생에너지시스템을 설치했다. 서울은 2014년까지 1천개 학교에 태양광발전패널을 설치하겠다고 밝혔고, 방글라데시의 다카는 태양광가로등과 교통신호등을 설치하여 재생에너지에 대한 대중들의 의식을 강화하려고 하고 있다. 2012년에는 최소 2개 도시가 자체 사용 목표치를 달성했다. 캐나다의 캘거리의 경우 지자체 운영시설은 100% 재생가능전력을 사용하고, 미국 텍사스주의 휴스턴시는 도시시설의 연간전력소비량의 35%에 해당하는 438GWh를 재생에너지(주로 풍력)에서 구입하겠다는 목표를 세웠다.

건물부문에서 지방정부들은 전통적인 “퍼센트 절약” 목표에서 건물에 직접 설치된 재생에너지를 포함하는 “제로에 가까운” 또는 “순제로”에너지사용 목표로 전환하는 추세다.¹⁾ 이 목표를 달성하기 위해 몇몇 도시들은 신규건물규약, 기준, 시범사업을 진행하고 있다. 2012년에는 보팔이 인도최초의 순제로건물을 보유한 도시가 되었다. 보팔의 순제로건물은 에너지저장장치와 운영시스템이 통합되어 있는 건물내 태양광

1) 순제로 건물은 재생에너지원을 이용해서 최소한 소비하는 만큼의 에너지를 생산한다. 여기에는 건물에 직접 설비된 재생에너지원에서 에너지를 만들어내는 것과 재생에너지에서 발생된 전력을 구입하는 것이 모두 포함된다. 제로에 가까운 에너지건물은 소비량보다 약간 적은 에너지를 만들어 내거나 구입한다.

발전시설로 전력과 냉방에 필요한 전력 100%를 만들어낸다. 홍콩은 폐식용유로 만든 바이오디젤과 태양 발전을 주동력으로 사용하는 최초의 순제로빌딩을 공개했다. 미국에서는 시애틀이 향후 3년간 12개의 “리빙빌딩 living buildings²⁾”의 개발을 고무하고 리빙빌딩 기준 채택을 미래도시개발의 기준선으로 평가하는 Living Building Pilot 프로그램을 시작했다. 또한 캘리포니아의 Lancaster는 2013년 1월 1일부터 건축되는 신규 단독주택에 1-1.5kW 태양시스템의 설비를 의무화했다.

지방정부들은 저에너지빌딩에 대한 요청을 의식하여 갈수록 전기온수시설이 아닌 태양온수시설을 의무화하고 있다. 국가목표치에 자극을 받은 인도의 몇몇 도시와 남아프리카공화국의 케이프타운, 요하네스버그는 태양온수시설의 사용을 장려하고 있다. 2012년 인도의 Surat은 모든 빌딩의 태양온수시설을 의무화했고, Chandigarh, Kolkata, Howrah, Durgapur, Siliguri는 병원과 5성호텔을 포함하여 모든 2층 이상의 상업건물에 태양온수시설의 설비를 의무화했다. 요하네스버그는 향후 3년간 11만호의 빈민 및 저소득가구에 태양온수시설을 공급하겠다는 목표하에 “태양온수프로그램 Solar Water Heater Programme”을 시작했다. 케이프타운은 2012년에 두 개의 프로그램을 시작했는데, 하나는 빈민가정에 무료태양온수시설을 공급하는 것이고, 다른 하나는 설비를 통해 절약된 전기가격 이하의 월상환금으로 중산층과 고소득층가구에 태양온수시설을 설치해주는 것이다. 아시아에서는 중국의 북경이 신규건물과 수영장에 태양온수시설의 설치를 의무화하고 있고, 일본의 교토가 모든 대형건물에서 3kW 태양광발전이나 태양온수시설의 설비를 의무화했다.

공간난방과 산업용 난방, 심지어는 냉방을 위해 재생에너지를 사용하고 있는 도시들도 있다. 도시, 특히 인구밀도가 높은 지역에서는 재생에너지의 통합을 위해 지역냉난방을 사용하는 것이 최선의 실천으로 자리잡고 있다. 많은 도시들이 지역냉난방을 열전용 또는 열병합발전방식의 재생에너지로 공급하는 진전을 보이고 있다. 뉴욕은 미국도시중 최초로 “바이오열”의 사용을 필수사항으로 규정하고 있다(석유 1갤런으로 발생하는 열을 사용할 때마다 최소 2%의 바이오디젤을 사용해야 한다). 밴쿠버는 2020년까지 세계 최고의 녹색도시가 되겠다는 목표를 달성하기 위한 과정의 일환으

2) International Living Building Challenge는 건물, 공동체, 하부시설을 평가하는 인증서제도다. 전세계적으로, 특히 호주, 캐나다, 아일랜드, 멕시코, 미국 등지에서 90개 이상의 Living Building 프로젝트가 진행 중이거나 개발 중이다. 인증서를 받으려면 “Living Building”은 에너지수요의 100%를 현장에 설치된 재생에너지시스템으로 충족시켜야 하고(순제로에너지), 건물내 수용인원이 꽉 찼을 때를 기준으로 건물에서 필요한 물을 최소한 12개월 연속으로 포집하고 처리할 수 있어야 하며, 재생가능 재료와 실내환경질과 관련된 기준을 충족시켜야 한다. 더 자세한 내용은 International Living Building Institute 웹사이트, <http://living-future.org/lbc>를 참고할 것.

로 지역의 지열원, 태양에너지원, 하수원을 활용할 수 있도록 기존의 증기난방시스템을 발전, 확장, 개조하는 것을 목적으로 하는 “근린에너지전략 Neighbourhood Energy Strategy”을 2012년에 채택했다. 덴마크의 Braedstrup은 2012년에 지역네트워크에 난방열을 공급하기 위해 태양에너지수집지역의 면적을 8천㎡에서 1만8천6백㎡(5.6MWth에서 13MWth)로 확장했고, 뉴질랜드의 Dunedin은 Otago 대학에 있는 7개의 대학건물에 열을 공급하기 위해 1천1백kW의 우드칩보일러를 설치했다.

하지만 여러 가지 재생에너지연료를 사용하는 열병합발전소를 건설하는 도시들도 있다. 예를 들어 2012년에는 스코틀랜드의 Aberdeen이 전력을 생산하고 제지공장에 필요한 열의 90%를 공급할 수 있는 열병합바이오매스공장 건설계획을 승인했고, 덴마크의 Aarhus는 2030년까지 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 위해 짚을 원료로 하는 110MW의 열병합발전소 건설을 승인했다.

도시의 경우 태양에너지냉방은 주로 가까운 곳에 지역난방시스템과 냉수원이 있는 지역에서 연구가 진행 중인 신규영역이다. 2012년 싱가포르는 3천9백㎡(2.7MWth)의 포집면적을 사용하는, 세계 최대의 태양에너지냉방시스템을 보유하게 되었다.

도시들은 재생에너지난방을 발전시키고 전력을 만들기 위해 지역잠재력도 이용하고 있다. 필리핀의 Kidapawan은 2012년 이 도시의 세 번째 지열발전소의 건설을 승인했다. 미국 펜실베이니아주의 필라델피아는 가정용 폐수를 이용하여 건물 난방을 하는 상업적 규모의 지열시스템을 미국 최초로 만들었다. 독일의 뮌헨은 2040년까지 완전한 재생가능지역난방시스템을 구축하겠다는 목표를 위해 지열에너지를 개발할 수 있는 15개의 부지를 확인하고 1차 개선을 2013년까지 완료하기로 했다.

콜롬비아의 보고타, 중국의 광주, 멕시코시티 등 몇몇 도시들은 녹색수송시스템을 위해 플러그인 방식의 하이브리드 전기자동차 사용을 촉진하는가 하면, 갈수록 이런 차량들을 재생에너지와 연계하고 있다. 브라질의 Curitiba시는 버스용으로 60대의 신규하이브리드전기 및 바이오디젤 차량을 입수했다. 네덜란드의 암스테르담에서는 2040년까지 100% 재생에너지로 발전된 전기운송수단을 사용한다는 시 자체의 목표를 달성하기 위해 전기차량 구입과 관련된 추가비용을 계속해서 50%까지 환급해주는 한편, 신규전기택시에 대한 보조금 13,640USD(1만유로) 지급을 재개했다. 또한 2012년 스페인의 바르셀로나는 세계최초의 풍력발전 전기차량충전소를 설치했고, 호주의 멜번은 세계최초의 태양발전충전소를 가동시켰다.

저탄소 지속가능하부구조를 위한 전세계 도시들의 이행인 “스마트시티” 이니셔티브¹⁾는 꾸준히 진척되고 있다. 2012년 일본의 Fujisawa는 Fujisawa Sustainable

1) 스마트시티 프로젝트는 정보통신기술을 이용하여 에너지효율성을 강화하고, 건물과 지역전력

Smart Town 프로젝트의 건설을 승인했는데, 주거지역과 공공건물의 태양발전시스템 설치가 포함되어 있는 이 프로젝트는 재생가능에너지로 발전되는 전기자동차와 자전거의 사용 또한 촉진할 것이다. 독일에서는 Krefeld의 도시공익사업체가 2백세대에 스마트미터기를 도입하여 스마트폰을 가지고 (소비자들에게 소비방식을 바꾸도록 장려할 목적으로) 실시간으로 에너지사용량 정보와 가격변동사항을 소비자들에게 제공한다. 또한 뮌헨시는 Siemens사와 함께 소규모 분산형 에너지원들을 하나의 단일한 설비로 모아 운영하는 20MW규모의 가상의 발전소를 가동하기 시작했다. 또한 2012년에는 브라질의 Buzios가 완성되어 라틴아메리카 최초의 스마트시티가 되었다. 2013년에는 칠레의 시범프로젝트인 스마트시티 산티아고 Smart City Santiago가 그 뒤를 이을 것이다.

갈수록 많은 도시들이 최고의 실천방법을 공유하고 그 규모를 확장하기 위한 노력의 과정에서 2012년의 에너지실천과 기후에 대해 자발적으로 보고했다. 가령 탄소와 도시기후등록프로그램 carbonn Cities Climate Registry(cCCR)에 따르면 2012년에는 25여개국 3백개의 도시들이 561개의 자발적인 기후이행노력과 2,092개의 저감 및 적응실천을 벌였는데, 이는 2011년의 51개도시보다 한층 늘어난 양이다. 2012년에는 전세계 도시네트워크에 가입하는 도시들이 점점 늘어나는 추세를 반영하듯 지방정부들이 계속해서 힘을 보았다. 예를 들어 2012년에 77개의 도시가 멕시코시티협정 Mexico City Pact에 서명함으로써 총 서명도시의 수가 285개가 되었고, 2012년 12월 현재 C40 Cities Initiative에는 63개의 협력도시가 있으며, 2013년 초 현재 EU Covenant of Mayors에는 약 5천개의 도시가 서명을 했다. 또한 이런 강령, 네트워크, 조직들은 서로 간에 협력관계를 형성하여 꾸준히 공동활동을 진전시키고 있다.

망 내에서의 재생에너지통합 및 사용을 극대화하며, 효과적인 방식으로 전기차량을 통합시키는 스마트에너지시스템을 개발한다.

<표 3> 재생에너지 지원정책

● 국가수준의 정책 ○ 주/지방수준의 정책	규제정책과 목표치							재정적 인센티브					공적자금지원			
	재생에너지 표치	발전차액보급	전력원도/현	기사업무/재너우제	공급의생지활	전력요인제 net metering	핵심인도	바우처/무정	이행규	가정용 REC	자본조달	투자세제	판매세, 탄소세, 에너지소비세, 가세금	에너지 불	공적자금	공적자금
고소득국가																
호주	●	○					○		●	●				●		
오스트리아	●	●					●		●	●	●			●		
바베이도스	●				●									●		
벨기에	●		○	○	●				●	●				●	●	
캐나다	○	○	○	○	●				●	●	●			●	●	
크로아티아	●	●								●				●		
키프로스	●	●					●			●						
체코공화국	●	●					●		●	●	●			●		
덴마크	●	●			●		●		●	●		●		●	●	
에스토니아	●	●					●						●	●		
핀란드	●	●					●		●	●		●	●			
프랑스	●	●					●	●	●	●	●	●		●	●	●
독일	●	●					●			●	●	●	●	●		
그리스	●	●					●			●	●	●		●		
헝가리	●	●					●			●		●		●		
아일랜드	●	●					●	○	●							●
이스라엘	●	●	●					●				●		●	●	●
이탈리아	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●		●	●	●
일본	●	●	●	●					●	●	●			●		
룩셈부르크	●	●					●			●		●				
몰타	●	●			●					●		●				
네덜란드	●	●			●		●		●	●	●	●	●	●		
뉴질랜드	●															
노르웨이	●						●		●	●		●		●		
오만										●			●	●		●
폴란드	●		●				●		●	●	●	●		●	●	●
포르투갈	●	●	●	●	●		●	●		●	●	●		●	●	●
싱가포르					●									●	●	
슬로바키아	●	●								●		●				
슬로베니아	●	●								●						●
한국	●		●	●	●		●	●	●	●	●	●		●		
스페인	●	●			●		●	●		●	●	●		●		
스웨덴	●		●				●		●	●	●	●		●		
스위스	●	●								●		●				
트리니다드 토바고	●										●	●				
아랍에미리트			○					○					○	○	○	
영국	●	●	●		●		●	●	●	●	●	●	●	●		
미국		○	○	○	●		○	○	○	●	●	●	●	●	●	●

1. 스페인에서는 발전차액지원제도와 전력요금인하제도가 신재생에너지프로젝트를 위한 칩령에 의해 일시 유예되었다. 하지만 이는 이미 발전차액지원을 보장받은 프로젝트에는 영향을 미치지 못한다. 부가세감면은 부양책의 일환으로 2010-2012년 사이에 이루어진다.
 참고: 국가는 일인당국민총소득에 따라 “고소득”국가는 12,476USD 이상, “중상위소득”은 4,036-12,475USD, “중저소득”은 1,026-4,035USD, 마지막으로 “저소득”은 1,025USD 이하로 분류되었다. 2012년 세계은행의 집단분류와 일인당소득수준자료를 참고했다. 또한 표에는 이미 시행된 정책만 포함했지만, 일부 정책의 경우 이행규정이 아직 개발되거나 유효한 상태가 아니어서 이행이나 영향이 파악되지 않은 상태다. 중단된 것으로 알려진 정책은 제외했다. 많은 발전차액지원정책들이 기술범위를 한정시켜놓았다.

<표 3> 재생에너지 지원정책(이어서)

● 국가수준의 정책 ○ 주/지방수준의 정책	규제정책과 목표치							재정적 인센티브					공적자금지원				
	재생에너지 표치	발전원/도입	기타당/재너우제	공급의생지할	전인제 net metering	바어무정	이정기	가한 REC	가한 REC	투자공제	자생세	매세,탄부세금	에너지화,치세	에너지화,치세	에너지화,치세	에너지화,치세	에너지화,치세
중상위소득 국가																	
알제리	●	●															●
아르헨티나	●	●				●			●	●	●	●	●	●	●	●	●
벨로루시												●					
보스니아와 헤르체고비나	●	●							●								●
보츠와나	●								●		●						
브라질	●				●	●	○			●	●	●				●	●
불가리아	●	●				●			●		●	●				●	
칠레	●		●	●			●		●		●	●				●	
중국	●	●	●			●	●		●		●	●			●	●	●
콜롬비아	●					●					●	●				●	
코스타리카	●				○												
도미니카공화국	●	●			●		●		●	●	●						●
에과도르		●									●	●				●	
그레나다	●				●						●	●					
이란		●								●			●				●
자메이카	●				●	●				●	●	●					●
요르단	●	●			●	●				●	●	●				●	●
카자흐스탄		●						●									
라트비아	●	●				●					●	●				●	●
레바논	●				●		●				●	●				●	
리비아	●										●	●					
리투아니아	●	●	●			●	●									●	
마케도니아	●	●															
말레이시아	●	●	●			●					●	●				●	●
모리셔스	●	●															
멕시코	●				●		●			●						●	●
몬테네그로	●	●															
팔라우	●		●														
파나마		●			●					●	●	●					●
페루		●				●					●	●					●
루마니아	●		●			●		●			●	●				●	
러시아	●								●								
세르비아	●	●							●								
남아프리카 공화국	●								●		●	●		●	●	●	●
세인트루시아섬	●				●												
태국	●	●				●					●	●				●	
튀니지	●				●					●	●	●				●	
터키	●	●				●			●		●	●				●	
우루과이	●	●			●	●	●		●		●	●				●	●
중저소득 국가																	
아르메니아		●															
카메룬											●						

<표 3> 재생에너지 지원정책(이어서)

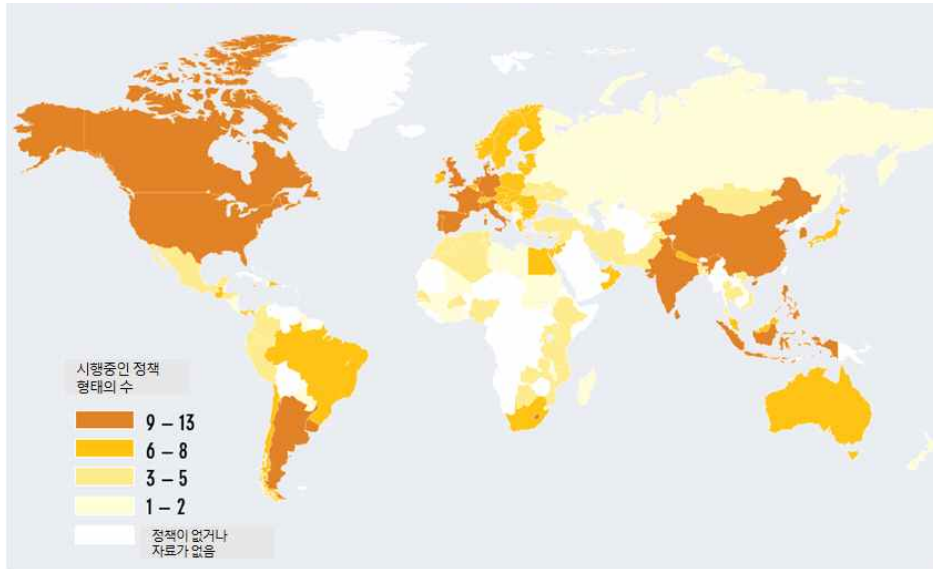
● 국가수준의 정책 ○ 주/지방수준의 정책	규제정책과 목표치							재정적 인센티브				공적자금지원		
	재생에너지 표지	발전/제조업	전력/제조업	전력/제조업	전력/제조업	바다/제조업	이전/제조업	가정용 REC	자본조달/보험	투자/제조업	매출세, 에너지세, 탄소세, 가산세, 가산세, 가산세	에너지 불금	공자, 출조금	투자/제조업
카보베르데	●				●				●		●			●
코트디부아르	●									●				
이집트	●				●			●		●		●	●	●
엘살바도르									●	●	●	●	●	●
피지	●								●	●				
가나	●	●				●		●				●		
과테말라	●				●	●			●	●				●
가이아나	●									●				
온두라스		●							●	●				●
인도	●	●	●		●	●	○	●	●	●	●	●	●	●
인도네시아	●	●	●			●			●	●		●	●	●
레소토	●	●			●				●	●		●	●	●
마셜군도	●									●				
미크로네시아 연방공화국	●						○							
몰도바	●	●								●		●		
몽골	●	●												●
모로코	●											●	●	
니카라과		●								●				
나이지리아	●	●						●				●		
파키스탄	●	●			●			○				●		
팔레스타인령2	●	●				●				●				●
파라과이						●				●				
필리핀	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●	●	●
세네갈	●	●								●		●	●	
스리랑카	●	●	●		●	●		●		●	●	●		
수단	●									●				
시리아	●	●			●				●					●
우크라이나	●	●							●	●				
베트남	●							●	●	●				
저소득국가														
방글라데시	●							●		●		●		
부르키나파소									●	●	●		●	
에티오피아	●					●				●		●		
감비아										●				
기니										●				
아이티												●		
케냐	●	●					●			●				
키르기스스탄			●					●		●				
마다가스카르	●									●				
말라위	●					●				●				

2. 팔레스타인령은 세계은행국가분류에는 “서안과 가자”로 되어 있다. 여기서는 유엔의 2009년 “점령팔레스타인령”의 일인당국민총소득(1,483USD)자료를 사용했다.

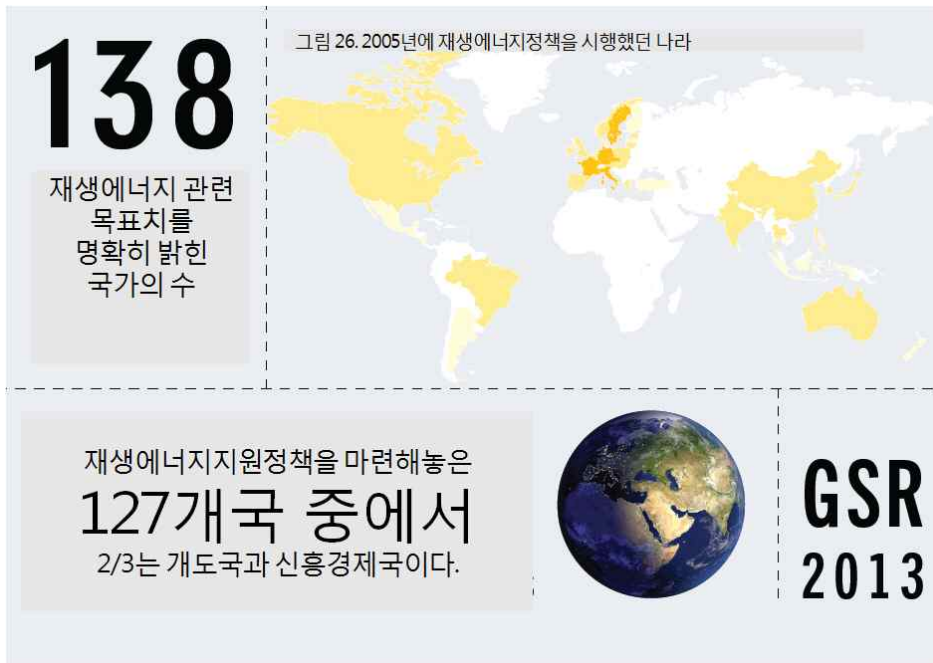
<표 3> 재생에너지 지원정책(이어서)

● 국가수준의 정책 ○ 주/지방수준의 정책	규제정책과 목표치						재정적 인센티브				공적자금지원	
	재생에너지 표지	발전원/협업	전기사업/에너지당사	공급망/에너지당사	전력망/에너지당사	바우처/에너지당사	거래 REC	자본조달/에너지당사	투자세제	판매세, 이산화탄소세	에너지세	공채/에너지당사
말리	●								●			
모잠비크	●					●					●	
네팔	●						●	●	●		●	●
르완다	●	●							●		●	
타지키스탄	●	●										
탄자니아		●							●			
토고									●			
우간다	●	●							●		●	
잠비아						●			●			

정책지도



<그림 25> 2013년초 기준, 재생에너지정책을 시행중인 나라



<그림 26> 2005년에 재생에너지정책을 시행했던 나라

5장 농촌의 재생에너지

현대적인 에너지서비스에 대한 접근은 경제성장과 지속가능한 인간의 발전에 없어서는 안 되는 필수요소다. 전세계적으로 약 13억명이 아직도 전기에 접근하지 못하는 상태이고, 26억명은 재래식 바이오매스스토브와 야외의 화덕으로 조리과 난방을 하고 있다. 전기없이 살아하는 사람들의 99% 이상이 개도국지역에 있고, 이중 4/5는 동아시아와 사하라사막 이남지역의 농촌에서 살고 있다.

재생에너지는 조명으로는 석유램프나 촛불에, 조리과 난방으로는 재래식 바이오매스에, 의사소통용 라디오의 전원으로는 값비싼 건전지 배터리를 사용하는 등 재래식 에너지원에 의존하고 있는 수십억명의 사람들에게 현대적인 에너지서비스를 제공하는데 중요한 역할을 할 수 있다. 개도국의 많은 시골지역에서는 전력망 연결공사가 경제적으로 엄두도 못 낼 정도로 값이 비싸거나, 실현한다해도 수십년씩 걸리는 작업이다. 오늘날에는 재래식 바이오에너지와 전력망의 전기, 그리고 탄소기반 연료를 대체할 수 있는 실행가능하고 가격경쟁력이 있으며, 신뢰가능하고 지속가능한 에너지서비스를 제공할 수 있는 대안이 다양하게 존재한다. 재생에너지시스템은 외떨어진 농촌지역에서 현대적인 에너지서비스로의 전환에 속도를 더할 수 있는 전례를 보기 힘든 기회를 제공한다.

전력화의 수준, 청정조리용스토브에 대한 접근, 자원조달모델, 지원정책이 국가와 지역별로 천차만별이다보니 개도국의 농촌재생에너지시장은 상당히 다양하다. 재생에너지기술과 유형, 적용기기가 다양할 뿐 아니라 상황 역시 다양해서 이 영역의 행위자 역시 아주 다양하고 지역별로 차이가 있다. 개도국의 농촌재생에너지부문의 행위자는 태양랜턴, 초소형수력시스템, 현대식조리용스토브를 보급하는 소규모민간사업자에서부터 중앙정부, 국제비정부기구, 개발은행 등 그 범위가 넓다.

농촌재생에너지부문의 주요행위자로는 최종이용자(사적인 개인과 공동체); 국가/지역/지방정부; 공익사업회사; 농촌전력보급기관; 개발은행과 다국적 조직; 국제 및 중앙개발기관; 비정부기구; 민간기부자; 제조 및 설비회사 등이 있다. 또한 전도유망한 민간투자회사, 운전 및 유지보수업체, 시스템 통합기관, 국가수준의 수입업자, 규제자, 농업연구원, 지역기술자와 산업, 소규모사업자, 소액금융기관도 포함된다.

이 영역은 다양성이 큰 반면 협력이 잘 되지 않기 때문에 데이터를 모으고 영향평가를 하기가 쉽지 않아서 신뢰할만한 정리된 자료가 없다. 게다가 소규모 재생에너지 시스템 중 많은 경우 현금으로 거래가 이루어지기 때문에 추적이 불가능하고, 그 결

과 전력망에 연결되지 않은 모든 국가의 외딴 지역에서 재생에너지의 진전과정을 세세하게 파악하기가 힘들다. 하지만 데이터를 구할 수 있는 개별프로그램과 국가도 많다. 이 절에서는 대규모 전문가 네트워크를 통해 입수한 정보를 바탕으로 농촌재생에너지시장의 최신 현황을 살펴보고자 한다.

1. 농촌을 위한 재생에너지기술

2012년에는 재생에너지 사용 전반에서 현대적인 에너지서비스에 대한 접근이 향상되었다. 가격이 적합해지고, 지역의 재생에너지원에 대한 지식이 향상되었으며, 기술적용기기가 더 정교해지면서 농촌에서 더 많은 재생에너지전력을 사용하게 된 것이다. 풍력, 태양인버터, 가스화, 계량기술의 가격이 내려가면서 소형전력망에 대한 관심이 늘어났다.

기술적인 진전 덕분에 농촌의 난방과 조리부문이 진보하게 되었고, 청정조리기구 등 현대적인 에너지서비스의 장점에 대한 농촌교육프로그램이 꾸준히 인기를 얻었다. 또한 소규모 재생에너지시스템의 수리와 유지를 위한 지역내 훈련에 초점을 둔 프로그램들이 꾸준히 지속되었는데, 외딴 지역과 도서지역의 서비스 비용이 감당하기 어려울 정도로 비싼 경우가 많다는 점에서 이는 중요한 프로그램이다.

태양광발전가격은 꾸준히 하향세를 지속했기 때문에 상대적으로 작은 설비의 가격은 훨씬 저렴해졌다. 가격하락, 효율적인 LED 램프, 배터리 개선 덕분에 접근성이 좋고 가벼우며 신뢰할만하고 수명이 긴 태양광랜턴이, 보통 기존의 석유기반 램프보다 더 싼 가격에 많은 사람들의 기본적인 필요를 충족시킬 수 있게 되었다. 자가설비와 사용이 간편한 10와트 이하의 초소형 태양광발전시스템(SPS)은 이제 다양한 용량으로 이용할 수 있게 되었다. 이제는 사하라이남 아프리카의 일부 외딴지역에서처럼 전력망에 연결되지 않은 보건소에 전기를 공급하는 등 여러 가지 용도로 사용할 수 있다.

소규모 전력망을 사용할 수 없는 농촌지역에서는 이보다는 좀더 큰 가정용 태양발전시스템(SHS)(일반적으로 10와트에서 2백와트 범위에 있는 태양발전시스템)의 설비가 갈수록 늘고 있다. 가령 방글라데시에서는 2013년 3월까지 210만개가 넘는 시스템이 진행되었다. 이같은 발전은 방글라데시 내 에너지접근성의 동학을 바꾸고 있으며, 농촌마을을 화려한 상업의 중심지로 탈바꿈시키고 있다.

선진적인 무선기술과 재료 덕분에 보통 50kW이하인 소규모 풍력터빈은 성능이 향상되었다. 중소규모 터빈은 경쟁력이 날로 높아지고 기존의 전력망에 통합하기도 쉬

워졌다. 이집트, 에티오피아, 케냐, 레소토, 마다가스카르, 모로코에서는 기존의 소형 전력망시스템에 풍력을 추가하는 계획이 진행 중이다. (사이드바 8 참조) 하부구조가 제한적인 지역에서마저 갈수록 많은 수의 중간규모 풍력시스템이 2012년 현재 kWh 당 0.10USD의 낮은 발전가격으로 수송, 설치, 유지되고 있다.

외딴 농촌지역에서는 1kW 정도의 초소형풍력발전계획이 광범위하게 사용된다. 지열에너지의 경우 자원이 있는 곳에서는 갈수록 인기가 커지고 있다. 고온의 증기원에 접근이 용이한 국가에서는 전력생산의 경쟁력이, 저온의 열원에서는 열생산의 경쟁력이, 그보다 높은 온도의 열원기기에서는 단계적으로 떨어지는 열 cascading heat²⁾의 경쟁력이 아주 높다. 소규모 전력시설은 아직 경쟁력이 없지만, 에콰도르, 케냐 등의 일부국가에서는 비용을 낮추기 위한 연구개발자금의 양을 늘렸다.

태양열기술은 성숙되어 있고 신뢰가능하며 접근가능하고 경제적으로 경쟁력이 있어서 산업공정 뿐만 아니라 주거와 상업용 냉난방의 잠재력이 막대하다. 특히 중국의 농촌과 도시지역에서는 이를 급탕에 널리 활용하고 있기 때문에, 다른 개도국에서도 큰 잠재력을 보일 것으로 예상된다.

2) 단계적으로 떨어지는 열 cascading heat이란 고온과정의 잉여열이 그보다 낮은 온도가 필요한 연속적인 과정을 수행하는데 사용되는 과정을 말한다.

사이드바 8. 에너지시스템의 혁신: 소형 전력망 mini-grids 정책수단

소형전력망은 전력망을 쉽게 깔기 어렵거나 “자립형 stand-alone” 발전시스템이 기술적으로 또는 경제적으로 불가능한 외딴 산간지역이나 삼림지역의 마을과 도서지역 등 고립된 지역의 전력문제 해결법이다. 이는 자립형 태양광발전이나 풍력시스템과는 다른데, 먼저 용량이 더 크고(1MW이하), (개별현장에만 전력을 공급하는 것이 아니라) 배전망을 통해 공동체 전체에 서비스를 공급하며, 종종 다양한 기술(예를 들어 하이브리드발전기-풍력-태양광발전시스템)을 통합할 수 있다는 점이 다르다. 소형전력망은 확장이 가능하고 공동체나 소규모 사업자가 운영할 수 있다. 전국전력망이 깔려있는 지역에서는 여기에 연결할 수도 있다.

소형 전력망에는 아래와 같은 여러 가지 유형이 있다.

- 인버터 연결형 소형전력망은 여러 가지 기술(태양광발전, 풍력, 디젤, 배터리뱅크)을 통합하고 크기는 2kW에서 300kW 이상까지 있다. 급속히 발달하고 있는 분야다.
- 수력/소수력 소형전력망은 지역의 시설, 차(茶) 공장, 소규모 공동체에서 사용하는 이미 성숙한 기술이다.
- 농업폐기물이나 바이오가스로 발전하는 가스발전형 소형전력망은 성숙단계에 있는 기술로, 설탕이나 목재산업에서 종종 상업적으로 사용한다.
- 디젤로 발전하는 소형전력망은 최근까지 가장 보편적인 선택지였다. 하지만 비용과 환경에 대한 우려 때문에 프로젝트 개발업자들은 디젤발전을 “첫번째” 해법으로 삼을지 재고할 수밖에 없게 되었다.

소형 전력망에 대한 관심이 증가하고 있는 이유는 다양하다. 중앙의 전력망을 외딴 지역으로 연장하려면 비용이 많이 들고, 농촌지역의 전역수요가 너무 낮아서 그 비용을 충당하기 어려울 수도 있다. 석유 기반 발전기의 비용은 증가하고 있지만, 태양, 풍력, 인버터, 가스화, 계량 기술의 가격이 떨어지면서 소형전력망의 비용은 엄청나게 하락했다. 오늘날 “지능적인” 공동체 소형전력망은 전력사용량을 자동적으로 측정하고 소비자에게 요금을 고지하며 시스템 운영자에게 운영데이터를 온라인으로 제공할 수 있다. 나아가 효율적인 저탄소기술에 대한 수요가 사상 최대에 이르면서 농촌의 가스공급 프로그램은 갈수록 녹색해법을 요구하게 되었다.

소형전력망이 합리화되려면 사업대상 공동체 내에서의 경제활동 또는 투자비용(원거리통신 기지국, 농업가공과정, 배터리 충전 등)을 감당할 수 있는 일정한 형태의 앵커하중 anchor

load에 대한 잠재력이 있어야 한다. 또한 최소한의 인구밀도와 소비자측의 전력수요가 있어야 한다. 그렇지 않으면 차라리 자립형 stand-alone 태양광발전이나 전기발전시스템이 더 나은 선택이다.

소형전력망은 수력과 디젤발전기술만큼 역사가 오래되었다. 아시아에는 수력을 기초로 한 공동체 소형전력망이 흔하다. 아프리카에서는 대형 전력망으로 중심이 이동하기 전인 1960년대 이전에 많이 확산되었다. 디젤기반 소형전력망은 아직도 아프리카 전역의 고립된 공동체에 전기를 공급할 때 “제1순위”의 선택이다. 최근에는 르완다나 우간다 같은 국가들이 강력한 소규모 수력프로그램을 채택했다. 도서지역이나 외떨어진 설탕 및 목재플랜테이션 지역에서는 작업용이나 인부주거용으로 바이오매스 폐기물을 기초로 한 소형전력망을 운영하는 경우가 많다. 2005년 이후로 외딴 공동체에서는 태양광발전/배터리와 인버터 기술의 사용량이 급속하게 늘었다. 예컨대 서아프리카에서는 농촌에너지청에서 수십건의 태양소형전력망을 설치했다.

하지만 아직도 폭넓게 확산되는 데는 큰 걸림돌이 남아있다. 첫째, 소형전력망기술에 대한 이해부족과 사업모델에 대한 경험부족은 의사결정자들이 검증되지 않은 “위험한” 해법보다 “전통적인” 해법을 더 많이 선택하게 되는 원인일 수 있다. 둘째, 비현실적인 전력망 연장계획과, 독립형 전력망에 투자하지 않으려는 일반적인 심리가 소형전력망에 대한 적절한 투자를 옥죄고 있다. 셋째, 소형전력망과 관련된 선행투자비용이 크데다 디젤연료에 대한 현행의 지원이 중단되지 않다보니 새로운 해법에 대한 투자가 감소한다.

“소형전력망정책수단” 프로젝트³⁾ 덕분에 소형전력망의 잠재력에 대한 인식이 증대되고 일반적인 오해가 해소되는 한편, 학습효과가 생겨나고 있다. 또한 고위 정책결정자와 그 자문가들에게 재생에너지와 하이브리드기반 소형전력망을 에너지계획과 정책에 더 많이 반영하라는 권고도 나타나고 있다.

“에너지시스템의 혁신”이라는 사이드바는 이 보고서에 정기적으로 실리는 꼭지로 재생에너지 통합과 시스템 전환과 관련된 에너지시스템의 진보에 초점을 둔다.

3) Alliance for Rural Electrification, Energy Initiative Partnership Dialogue Facility, REN21의 감독 하에 African Solar Designs와 MARGE가 만들고 있는 프로그램이다.

농촌의 전력공급과 조리에 널리 사용하는 바이오가스 발전소와 마찬가지로, 건조용과 치료용 고체바이오매스기기의 수는 꾸준히 늘고 있다. 바이오가스발전소는 단순한 기술을 사용하기 때문에 가정이나 상업용농장에서 연료로 사용할 수 있을 정도로 충분한 동물분뇨를 구할 수 있는 곳에서는 그 수가 꾸준히 늘고 있다. 하지만 대형발전소는 가동 및 운영규정이 있고, 바이오가스시스템에 친숙하지 않은데다 초기자본비용이 높다보니 가난한 농촌지역에서는 활용률이 하락해왔다. 그럼에도 불구하고 2011년 말 이후로 농촌전력공급을 위한 가정용바이오가스발전소 4800만기가 설치되었는데, 이 중 대다수는 중국(4280만기)과 인도(440만기)에 설치되었고, 캄보디아와 미얀마에도 소수 설치되었다.

재래식 고체바이오매스와 숲 대신 에탄올 역시 조리용 연료로 사용할 수 있다. 모잠비크에서는 생산용량이 연간 약 2백만리터인 에탄올 발전소가 2012년 초에 문을 열었다. 이 회사에서는 3천여명의 지역농부에게서 남은 카사바찌꺼기를 산 뒤 연료용 에탄올과 청정한 조리용 스토브를, 지역에서 판매하는 숲의 소매가격과 경쟁력이 있는 가격에 판매한다.

2. 정책과 규제의 체계

재생에너지를 촉진하고 재생에너지 사용에 방해가 되는 난관을 해소하는 정책들은 재생에너지부문에 대한 투자를 유지하고 전개하는데 핵심적인 역할을 해왔다. 많은 국가들은 에너지접근성이라는 도전에 맞서 재생에너지라는 해법을 촉진하는 것을 목적으로 하는 다양한 공식적인 전략들을 채택하고 있다. 이런 이니셔티브들은 범위가 넓고, 에너지접근성에 대한 신규투자를 끌어 모으며, 에너지시스템의 개발과 운영에 대한 지역의 참여를 지원하는 체계와 친빈곤정책에 초점을 둔 더 넓은 농촌개발계획에 갈수록 통합되고 있다.

많은 나라에서는 더 큰 정치적 노력을 통해 더욱 통합된 정책기초로 나아가도록 자극하고, 더욱 단호한 조치를 취하며, 중장기적으로 실질적인 공적 자원을 만들어내고 있다. 정책입안가들은 좋건 나쁜건 수십년간의 지난 경험에서 얻은 교훈을 바탕으로 각자의 환경이 처한 사회 경제적 현실에 더욱 민감한 프로그램을 구축하고 있다. 1990년대 말 사하라 이남의 아프리카 지역에서 농촌전력공급기관들이 채택한 것과 같은 하향식 접근법은 상향식(내생적) 과정을 통해 개발된 정책 체계를 가능하게 하는 길을 만들고 있다.

중국, 브라질, 인도, 남아프리카공화국은 에너지접근성과 지속가능성이라는 이중의

도전을 상당부분 해소할 수 있는 대규모 프로그램을 개발하면서 선두에 서 있다. 독립형 전력공급프로그램의 전반적인 계획과 이행을 감시하기 위해 농촌전력공급 협동조합을 도입한 필리핀과 코스타리카에서도 진보는 뚜렷하게 나타나고 있다. 아르헨티나, 방글라데시, 케냐, 말리, 멕시코, 스리랑카는 종종 공사부문의 자원을 혼합하여 독립형 재생에너지프로그램을 장려하고 있고, 국제원조의 혜택을 꾸준히 받는 경우도 많다. 가령 (호주, 독일, 네덜란드, 노르웨이, 스위스, 영국이 지원하는) EnDev 프로그램은 베냉, 볼리비아, 부르키나파소, 부룬디, 인도네시아, 네팔, 니카라과, 페루에 있는 9백만명에게 현대적인 에너지서비스를 제공했다.

공식적인 목표는 지금도 이런 이니셔티브들의 기초적인 구성요소이다. 전력공급 목표를 수립한 나라로는 방글라데시, 보츠와나, 에티오피아, 말라위, 마살군도, 네팔, 르완다, 남아프리카공화국, 탄자니아, 잠비아 등이 있다. (표 R17을 볼 것.) 브라질과 중국 등 몇몇 국가들은 2012년 에너지접근성 관련 목표를 수립하고 이를 달성하기 위한 자원별 할당량과 감시시스템을 설정해놓았다.

서아프리카경제공동체(ECOWAS)는 2030년까지 대체로 소형전력망을 통해 7천8백만가구에 전력을 공급할 계획을 세우고 있다. 2012년 10월에는 분산형 재생에너지시스템을 농촌인구 25%에게 제공하는 것을 목표로 하는 지역재생에너지정책을 채택했다. 이같은 이니셔티브의 목표는 서아프리카지역의 에너지접근성 문제를 직접 해결하는 것이다. 서아프리카에서는 아직도 1억7천명이 전기없이 살고 있다.

많은 프로그램들이 솔라홈시스템 같은 특정기술의 전개에 초점을 둔다. 인도의 농촌전력정책 Rural Electricity Policy은 전력망을 연결할 수 없거나 비용이 너무 많이 드는 마을이나 주거지역에 자립형 stand-alone 시스템을 설치하고, 자립형 시스템도, 전력망 연결도 불가능한 지역에는 태양광발전을 통합하는 독자적인 조명기술을 채택하는 방식의 독립형 off-grid 전력망해법을 제시한다. 방글라데시에서는 농촌전력공급 및 재생에너지개발프로젝트가 매일 약 1천개의 솔라홈시스템을 설치하고 있다. 이 프로젝트는 방글라데시 하부시설 개발회사 Bangladesh Infrastructure Development Company와 약 40여개의 비정부기구 간에 체결한 제도적인 파트너십을 통해 운영된다.

이런 프로그램을 운영하려면, 또한 야심찬 전력화 목표를 달성하려면 상당한 투자가 필요하고, 앞으로도 그럴 것이다. 유엔총회의 “모두를 위한 에너지접근 Energy Access for All”에서는 2030년까지 현대적인 에너지에 대한 보편적인 접근을 목표로 하고 있는데, 이를 위해서는 매년 약 360억-410억USD의 투자가 필요할 것이다.

재생에너지기술이 생산활동의 발전에 기여할 경우 이런 투자의 재정적 실행가능성

과 지속가능성을 상당히 향상시킬 수 있다. 또한 대규모 독립형 재생에너지프로그램은 다양한 재원조달 수단을 통해 초기자본비용장벽을 성공적으로 해결했다. 사업자들이 외딴 지역의 전력공급 계획을 개발하는 동시에 재생에너지기술을 채택하는 일에 인센티브를 주는 보조금도 자주 채택되고 있다. 초기자본비용의 이같은 바이다운 방식 buy-down 은 지난 10년간 재생에너지시스템의 전개속도를 높였다.

접근법은 지역마다 다르다. 방글라데시의 경우 재정조달인센티브로는 장기대출, 자본비용의 1/3까지 감당해주는 보조금, 저리의 대출, 5년 가량의 보험유예 등이 있다. 말리, 세네갈, 우간다의 경우 농촌의 전력공급 펀드가 초기자본비용의 80%까지 보조해줌으로써 에너지서비스회사들이 재생에너지기술을 이용하는 전력공급계획에 참여할 수 있게 해주고 있다.

많은 지역에서 보다 장기적인 재정적 지속가능성을 달성하기 위한 수단으로, 지역에서 출연한 자금을 사용하고 있다. 우간다, 말라위 같은 일부 국가에서는 2012년 재원의 격차를 없애기 위해 지역 토착자금의 동원을 촉진할 수 있는 지원정책을 만들었다. 이런 정책들은 자금과 재원을 할당하여 지역의 역량을 창출하고, 에너지계획과 의사결정과정에서 지역민들의 효과적인 참여를 보장하기 위해 에너지 판별력을 촉진하는 것을 목표로 한다.

지역재원의 촉진은 실질적이고 내재적인 지역참여가 없다면 많은 프로그램들이 해당공동체의 필요와 특성과 유리되는 경험을 했던 지난 프로그램의 교훈 속에서 시작되었다. 그 이면에는 보조금을 지원받는 소규모프로젝트가 에너지접근성의 성장에 별반 기여를 하지 못한다는 실망스러운 증거들이 배경으로 자리하고 있다.

3. 산업동향과 사업모델

농촌시장의 에너지서비스는 지난 20년간 중앙집중화된 공공분야주도의 접근법에서 폭넓은 여러 가지 유형의 공사파트너쉽과 재생에너지가 핵심역할을 맡고 있는 민간벤처로 진화해왔다. 저소득고객들은 빠르게 성장하는 시장을 제공할 수 있다는 인식이 증가하고, 이들에게 서비스를 제공하기 위한 새로운 모델이 등장하면서 농촌에너지시장은 잠재적인 사업기회라는 인식이 날로 커지고 있다.

아직도 개도국 전역에서는 특히 수직통합된 시장이든 자유화된 시장이든 전력망 연장을 위해서는 전적으로 정부와 기부자의 재원만을 투입하는 농촌전력공급프로그램을 채택하고 있다. 하지만 독립형 시장에 여러 에너지서비스를 제공하는데 있어서는 상업이나 준상업 사업모델이 주류를 이루기 시작했다. 혁신적인 다자투자자 사업모델

이 등장하여 농촌의 다양한 에너지 필요를 충족시키는데 있어서 재생에너지를 근간으로 고객의 요구에 맞는, 재정적으로 지속가능한 서비스를 제공할 좋은 조짐이 나타나고 있다.

라오스, 레소토, 네팔은 친빈곤공사파트너쉽(5P)이라고 하는 새로운 모델하에 프로젝트를 이행하고 있다. 이 친빈곤공사파트너쉽 모델은 농촌민들의 에너지서비스 접근성을 향상시키고, 정책입안가의 의식을 강화하며, 국가 및 지역수준에서 정책다양성을 높일 수 있는 역량을 쌓음으로써 에너지와 농촌개발정책을 통합하고, 미래에도 유지하고 더욱 증대할 수 있는 가치창출을 위해 민간부문과 기업투자를 유도할 수 있는 환경을 만들어내는 것을 목적으로 한다.

이런 종류의 사업모델이 추진될 수 있었던 여러 복합적인 원인으로는 기술혁신의 증가와 가격하락(소규모발전설비와 도구 모두의), 조리용화석연료가격의 상승 및 변동성 심화, 에너지접근성문제에 대한 의식증가, 청정하고 현대적인 기술에 대한 기부자의 선호 등이 있다. 동시에 사회적 기업가정신과 “임팩트 투자 impact investment”의 등장은 판매후 활동의 중요성, 소액자금의 이용가능성, 역량있는 사업환경의 창출 등 지난 경험에서 얻은 교훈을 통합함으로써 농촌시장에서 혁신적인 벤처의 구조를 형성하는데 도움을 주고 있다.

지난 20년간 가정과 소규모사업자의 전력수요를 충족하기 위한 태양광발전의 상업 보급에서는 소위 딜러모델과 서비스요금제 fee-for-service 모델이 일차수단이였다. 이 두 모델은 특정지역이나 영역에 서비스를 제공하는 독점적인 권리나 영업권을 보장하는 방식이며, 목표로 정해놓은 보조금(가령 자본비용 전액 또는 일부를 충당하는 보조금)에 의존하는 경우도 있다. 시간이 지나면서 이 모델들은 특정사업환경의 요구를 충족시킬 수 있는 다양한 유형의 공사파트너쉽을 포함하는 쪽으로 진화했다. 예를 들어 볼리비아의 프로그램은 출력량을 근거로 한 보조금¹⁾과 함께 중기적인 서비스계약을 기초로 하고, 딜러모델과 전통적인 에너지공급회사 영업권 방식을 결합하고 있다. 여기에는 2-5년의 독점기간이 들어있고, 소유방식은 여러 가지 메뉴 중에서 선택할 수 있다.

다른 모델로는 임대계약 leasing arrangement이 있다. Soluz는 온두라스와 도미니카공화국에서 임대 또는 선임대후구입 lease-to-own 방식으로 솔라홈시스템서비스를 공급하고 있다. (공급되는 솔라키트와 솔라홈시스템의 양적 측면에서) 가장 주목할만한 공사파트너쉽 프로젝트들이 아르헨티나, 방글라데시, 중국, 인도, 인도네시아,

1) 출력량을 기초로 한 보조금이란, 기본에너지서비스의 공급을 지원하는 실적기반 보조금을 말한다. 공공자금의 지불은 이런 서비스의 실제 공급량에 따라 달라진다.

몽골, 베트남에서 활발하게 진행 중이다. 이 프로젝트들은 세계은행 같은 주요 기부조직들과 중앙정부의 협력을 통해 진행되며, 랜턴과 디젤발전기를 이동이 용이하고 지속가능하며 저렴한 대안으로 교체하는 일에 중점을 둔다.

일반적으로 초소형공익사업²⁾ 사업모델은 복잡한 계획과 관리기술을 필요로 하고, 부하량, 신뢰할만한 저가의 1차에너지원 이용가능성, 소비자의 비용감당능력, 탄탄한 규제체계에 크게 의존한다. 그럼에도 불구하고 재생에너지로 성공적이면서도 혁신적인 초소형공익사업을 운영하고 있는 민간기업들의 사례는 많다.

뒤에서는 2012년 보고서의 내용에 최신 상황을 추가하여, 지역별 농촌에너지상황 및 동향을 개괄할 것이다. 아프리카, 특히 사하라사막 이남지역은 지금까지 신식에너지서비스에 대한 접근률이 가장 낮고, 아시아는 국가별로 편차가 큰 편이며, 라틴아메리카의 에너지접근률은 상대적으로 높다.(표 R 17을 볼 것)

갈수록 많은 개도국들이 연기가 피어오르는 야외화덕에서 조리를 하는 재래식 습관을 버리고 청정하고 지속가능한 조리기술과 연료로 전환하고 있다. 청정한 조리용스토브와 연료를 사용할 경우 보건과 기후 모두에 바람직한 결과가 초래되기 때문이다. 하지만 사하라 사막 이남 아프리카의 경우 아직도 6억5천만명이 넘는 사람들(이 지역 주민의 약 76%)이 난방과 조리에 재래식 바이오매스를 사용하고 있다. 아시아와 라틴아메리카에서 난방과 조리에 재래식 바이오매스를 이용하는 인구의 비중은 이보다는 상당히 낮다.(표 R18을 볼 것.)

4. 아프리카: 지역현황

사하라 사막 이남 아프리카 지역은 전력공급율을 증진시키고자 하는 노력에도 불구하고 세계 최저의 전력공급율을 보이고 있다. 이 지역 인구의 약 70%는 전기 없이 살아가고 있다.

서아프리카경제공동체 회원국들³⁾은 재생에너지 및 에너지효율성센터 Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency를 통해 농촌에너지발전프로그램을 공동

2) 초소형 공익사업은 전력회사처럼 운영되지만 규모가 더 작고, 독립적으로 작은 공동체에 서비스를 공급할 수 있는 소형전력망시스템을 운영하는데, 이 전력망은 국가전력망에 연결될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 초소형 공익사업은 많은 개도국에서 농촌에 전력을 공급할 때 일반적으로 사용하는 사업모델이다. 이들은 조명에 중점을 둘 수도 있고, 전체적인 전력공급사업을 벌일 수도 있으며, 바이오매스, 태양광발전 등의 재생에너지 뿐만 아니라 디젤발전기나 수력발전 등 다양한 기술에 의존한다. 초소형 공익사업은 일반적으로 연료구매에서부터 배전하부시설의 개발 및 유지, 요금고지와 세입징수까지 모든 가치사슬을 다룬다. 따라서 규모가 더 큰 경쟁업체들과 마찬가지로 종종 규제를 받는다.

3) 베냉, 부르키나파소, 케이프베르데, 코트디부아르, 감비아, 가나, 기니, 기니비사우, 라이베리아, 말리, 니제르, 나이지리아, 세네갈, 시에라리온, 토고

으로 계획하고 있다. 이 지역은 아프리카에서 재생에너지와 에너지효율성을 촉진하는데 가장 적극적인 곳이다. 재생에너지 및 에너지효율성센터는 조만간 서아프리카경제공동체 회원국 내에서 적용될 지역정책가이드라인을 개발하고, 다양한 국제조직들(IRENA, UNIDO, FAO 등)과 몇가지 전략적인 협약을 체결하여 농촌에너지의 접근성과 에너지효율성을 향상시키고자 한다. 2012년 10월 서아프리카경제공동체 회원국들은 재생에너지로 2020년까지 이 지역 전력의 10%를, 2030년까지 19%를 충당하겠다는 목표를 채택했다. 이 목표의 일부로, 이 지역에서는 2020년까지 농촌인구 25%에게 독립형 전력시스템을 제공할 것이라는 목표를 세웠다.

서아프리카경제공동체 지역에서는 고립된 지역에 살고 있는 사람들에게 전력을 제공할 수 있는 방안으로 소형전력망 mini-grids보다는 크기가 작지만 복수의 집이나 작은 사업체에 서비스를 제공할 수 있는 재생에너지 초소형전력망 micro-grids이 부상하고 있다. 2012년에는 (ECREEE, Lighting Africa, IRENA 같은) 몇몇 지역조직과 국제조직들이 보급 워크숍을 통해 초소형전력망 프로젝트를 촉진하는 작업을 했다.

서아프리카경제공동체의 활동에 고무된 아프리카내 다른 국가와 지역들도 그 프로그램을 따라하려는 계획을 세우고 있다. 2012년에는 남아프리카개발공동체 Southern African Development Community(SADC)와 동아프리카공동체 East African Community(EAC)의 에너지장관들이 유사한 지역 재생에너지 및 에너지효율성촉진프로그램을 만드는데 공식적으로 합의했다.

아프리카 대륙 내에서는 북아프리카의 농촌전력보급율이 가장 높은 상태다. 수단을 제외하면 마그레브지역에 있는 모든 국가들이 “최후의 마일last mile” 전력보급 프로그램을 이행하고 있다. 수단은 재생에너지 및 에너지효율성 지역센터 Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency(RCREEE)의 지원 속에 2012년 7기의 대형풍력/태양/바이오파워 발전소 건설 등을 포함하는 국가에너지효율성실천계획을 발표했다. 수단은 이해당사자들과의 협의를 통해 국내재생에너지 사업을 전개하는 통합형 재생에너지프로그램을 고안 및 이행하는 한편 공공 및 민간투자를 고무하는데 필요한 규제 및 행정적 골격을 만드는 중이다.

모로코는 “세계농촌전력보급프로그램”의 틀 아래 3,663개마을(51,559개 가구)에 독립형 시스템과 소형전력망으로 전력을 공급했다. 아주 외딴 지역의 가정에서 에너지접근성을 높이는 데는 재생에너지, 특히 태양광발전이 중요한 역할을 했다.

2012년에는 가나에서도 국가에서 지급하는 등유보조금을 줄이기 위해 전력망에 닿지 않는 외딴 지역에서 등유랜턴을 태양랜턴으로 교체하는 시범프로그램을 발표했다. 등유보조금으로 연간 지출되는 비용은 40만개이상의 태양랜턴을 가난한 농촌가구에

공급하는 비용과 맞먹었다. 등유보조금은 이제 부분적으로 축소되었다. 2012년에는 그레이터 아크라 Greater Accra, 볼타 Volta, 브롱 아하포 Brong Ahafo 지역의 도시 지역과 농촌공동체에 전력을 공급하는 방안에 대한 연구가 완료되었고, 소형전력망을 통한 전력공급프로그램이 시작되었다.

말리는 농촌전력보급프로그램을 통해 지난 6년간 주로(98%) 독립형 시스템으로 74만명에게 전력을 제공함으로써 농촌지역의 전력보급률을 1%에서 약 17%로 끌어올렸다. 지금은 전력의 3%만이 재생에너지로 생산되고 있지만 전원믹스에서 재생에너지의 비중은 2015년까지 10%로 상향될 예정이다.

모잠비크 역시 독립형 태양광발전을 통해 전력보급률을 높였다. 2010년과 2012년 말 사이에 0.5MW의 추가용량이 생겨 국가 총 용량이 1.3MW로 늘어났다. 에너지펀드인 FUNAE가 2012년 한해에만 태양발전에 투자한 액수가 약 1천3백만 USD로, 이는 용량 증가에 상당한 기여를 했다. FUNAE는 2013년에는 8개의 초소형수력프로젝트를 이행할 계획을 갖고 있으며, 재생에너지 소형전력망의 개발을 촉진하는데 8백만 USD를 배정했다.

르완다 중앙정부와 유럽연합이 공동으로 재정을 지원하는 “공사파트너십을 통한 르완다 농촌에너지보급률 확대 Increase Rural Energy Access in Rwanda through Public-Private Partnerships” 프로그램은 주로 수력발전과 지열발전을 통해 농촌지역에 전력을 보급한다. 그 목적은 2009년 6%인 르완다의 전력보급률을 2017년 50%까지 끌어올리는데 있다. 이 프로그램 하에서 스페인에 본사를 두고 있는 Isoton이 르완다 전국에 있는 3백개의 학교에 태양광발전시스템을 공급, 설치, 유지하는 프로젝트의 입찰을 2010년에 뒀다.

탄자니아는 새롭게 만들어진 소규모발전사업자 체계 Small Power Producer Framework의 결과로 2012년에 전력망에 연결된 몇기의 소규모 재생에너지발전소를 건설했다. 2012년 말에는 총용량 130MW이상에 달하는 프로젝트 60개를 보유함으로써 12개가 넘는 마을에 전력을 공급할 수 있게 되었다. 또한 2012년에는 짐바브웨가 전국에 있는 농촌의 학교에 태양랜턴을 보급하는데 150만USD를 배당했고, 농촌전력보급청 Rural Electrification Authority은 태양램프를 개발하고 태양발전일 자리를 창출하기 위해 지역산업들과 협력했다.

우간다에서는 세계은행이 우간다가속농촌전력보급계획 Uganda Accelerated Rural Electrification Plan을 체결하고 2012년 말에는 정부승인을 기다리고 있었다. 2012년 말에는 정부가 기부기관들과 함께 몇 개의 소형전력망과 수력발전, 바이오매스, 지열, 태양, 풍력으로 발전되는 시스템 등 수천개의 독립형시스템을 설치했다. 또한 2012년

에는 우간다의 전력망 연장을 가속화하기 위해 여러 형태의 자금을 결합한 집합적인 자금이 만들어졌다.

5. 아시아: 지역현황

중국과 인도 모두 최근 몇 년간 재생에너지 부문에 국가적인 차원에서 크게 투자했고, 분산형 해법을 통해 에너지접근성을 확대하는데 상당한 진전을 보였다. 그 외 다른 아시아지역에서는 진전 속도가 달랐다. 몽골, 네팔, 베트남 등의 일부국가에서는 상당한 진전이 나타났지만, 아프가니스탄, 방글라데시, 미얀마, 파키스탄에서는 농촌 전력보급율이 꾸준히 낮아서 조리와 난방을 할 때는 재래식 바이오매스에 아직도 크게 의존하고 있다.

중국과 인도는 인접해있고 두나라 모두 세계 최대의 신흥경제국가이지만, 에너지보급상황은 충격적일 정도로 다르다. 13억명 이상의 인구를 보유한 중국은 늘어나고 있는 에너지수요를 충족하기 위해 어마어마한 투자를 해왔다. 그 결과 아직도 농촌지역에서는 약 4백만명이 현대적인 에너지원에 접근하지 못한 채 살아가고 있긴 하지만, 전력망에 연결된 전력보급율이 상당히 높아졌다. 반면 인도의 경우 아직 갈 길이 멀다. 최근 몇 년간 이루어진 진전에도 불구하고 2억 9천만명이 넘는 사람들(인구의 25%)이 전력에 접근하지 못한 채 살고 있고, 인구의 66%는 일차적인 에너지원으로 아직도 재래식 바이오매스에 의존하고 있다.

2012년 중반 인도는 2017년까지 전력에 대한 보편적인 접근이 가능하도록 만들겠다는 목표를 발표했다. “오지마을전력보급프로그램 Remote Village Electrification Programme”을 통해 재생에너지시스템은 2012년 2월까지 10개월 동안 당초 목표였던 5백개마을을 훨씬 웃도는 905개마을에 공급되었다. 주(州) 수준에서는 Chhattisgarh 주가 등유램프를 태양광시스템으로 교체하는 두 개의 계획을 시작했다.

2012년 10월에는 중국국무원에서 1991년 이후 두 번째 에너지정책 관련 백서를 공식적으로 발표했는데, 이는 농촌개발이라는 맥락 속에서 재생에너지의 중요성이 증가했음을 반영한다. 중국은 2015년까지 전력보급률 100%를 달성하기 위해 농촌지역에 있는 기존의 전력망하부시설을 기술적으로 개선하는 작업에 투자하고 있다. 농촌지역의 에너지공급부족을 해소하고 연소용재래식나무연료를 단계적으로 없애기 위해 구식화력발전소를 개조하는 한편, 소형수력발전소와 태양열급탕기의 보급을 촉진하고 있다.

스리랑카는 Kantale, Padhaviya-Sripura, Seruwila에서 여섯 개의 독립형 프로젝트

와 아홉 개의 전력망연장프로젝트를 발주한 이후로 동부지역 Eastern Province에 사는 모든 사람들에게 전력을 공급하겠다는 목표를 달성했다고 2012년 발표했다. 목표는 국영전력회사 National Power Corporation의 소형발전유틸리티그룹 Small Power Utilities Group에서 담당하는, 전력을 보급받지 못하고 있거나 보급률이 낮은 외딴지역에 신뢰할만한 전력서비스를 공급하는 것이다.

아시아에서는 주로 전력보급을 증대에 초점을 두고 있긴 하지만, 청정한 조리용스토브와 대안적인 연료, 특히 바이오가스를 공급함으로써 조리시 재래식바이오매스에 대한 높은 의존도를 해결하기 위한 프로그램과 프로젝트도 많다. 2012년 인도는 2020년까지 재래식바이오매스 배출가스로 인한 영유아사망 및 장애를 17%를 해결하기 위한 “국가 조리용스토브 프로그램 National Cookstove Programme”을 발족시켰다. 방글라데시에서는 세계은행의 자금을 지원받는 프로그램이 1백만대의 조리용스토브와 2만개의 바이오가스연료묶음을 보급함으로써 농촌가구에 청정한 조리를 가능케 하는 비정부기구의 노력을 지원할 것이다.

6. 라틴 아메리카: 지역현황

다른 개도국지역과 비교했을 때 라틴아메리카는 에너지보급률, 특히 전력보급률은 100%에 가깝다. 라틴아메리카의 인구 중 전력을 공급받지 못하는 사람들은 약 6%(2천9백만명)이며, 약 14%(6천5백만명)이 난방과 조리에 재래식바이오매스를 사용한다. 전력보급 문제는 주로 농촌의 문제로, 도시지역에서는 전력을 공급받지 못하는 비중이 약 1%이지만, 농촌인구 중에서는 28%이다.

지리적인 한계 때문에 고립된 지역에 살고 있는 대부분의 사람들에게 가능한 유일한 해법은 독립형 재생에너지기술을 설치하는 것이다. 시스템은 보통 다른 지역에 본사를 두고 있는 회사들이 설치하기 때문에 지역전문가를 양성하고 이 시스템을 가동 및 유지할 수 있는 기술자를 훈련시키기 위한 교육과 훈련프로그램이 필수적이었다. 남부 아이티에 있는 L'Institut Technique de la Côte-Sud(ITCS)는 이런 프로그램의 한 예에 속한다.

멕시코는 재생에너지를 통해 농촌의 에너지보급률을 높이는 프로그램을 몇가지 만들었고, 전체 보급률을 약 98%까지 달성함으로써 상당한 진전을 이뤘다. 하지만 2012년 말 현재 약 13만개의 작은 공동체들이 아직도 전기없이 살고 있다. 남부멕시코의 농촌지역에서는 약 350만명이 전력망에서 너무 멀리 떨어져있고 마을이 너무 작는데다 경제적 자원이 제한되어 있다는 이유로 아직 전기를 공급받지 못하고 있다.

멕시코주립발전회사 Mexican State Power Company는 에너지보급율을 향상시키기 위해 2012년 최초의 독립형 태양광발전소를 가동하기 시작했다. Guaycor의 Sonoran 마을에 있는 이 65.6kWp규모의 발전소는 멕시코 최초의 태양광발전소로 50가구 이상에 전력을 공급할 것으로 예상된다. 게다가 세계은행과 세계환경기금의 자금을 지원받는 농업을 위한 멕시코 재생에너지프로젝트 Mexican Renewable Energy for Agriculture Project는 농업생산용으로 재생에너지기술을 펼치는데 초점을 두고 있다. 2012년 현재 이 프로젝트는 약 6백개의 과제를 지원했다.

페루 농촌지역의 전력보급율은 2007년 30%에서 2010년 말 55%로 늘어났다. 2012년 초에는 정부가 전력망을 연장하여 총 9만2천가구를 더 포괄하게 되었고, 재생에너지기술을 더 많이 포괄함으로써 소규모 농촌사업자들에게 전력을 공급했다. 니카라과에서는 2007년과 2011년 사이에 신규 초소형수력발전소 5기와 20개의 소형 터빈이 추가되어 5만7천여 가구에 전력서비스를 제공했고, 고립지역에 6천9백여개의 개별가구용 태양패널을 설치했다.

이 지역은 재생에너지를 이용한 농촌전력보급에서는 상당한 진전이 있었지만, 난방과 조리부문의 발달은 상당히 제한적이다. 가령 멕시코에서는 총인구의 약 1/4가 아직 야외화덕이나 비효율적인 구식스토브에서 음식을 만들고 있다. 멕시코를 비롯한 라틴아메리카의 다른 나라에서 이같은 상황을 해결하기 위해 국가 및 지역 수준에서 수많은 프로그램이 이행되었다.

멕시코와 페루는 개량형 스토브를 보급하기 위한 대규모프로그램을 진행하고 있는데, 그 목표는 각각 1만개의 보급을 완수하는 것이다. 볼리비아 역시 개량형스토브의 사용을 장려하고 있다. 공통의 정책을 보유한 일군의 중앙아메리카국가들¹⁾ 역시 2020년까지 국가별로 1백만개의 개량형 스토브를 보급하기 위해 노력하고 있다. 이를 실현하기 위한 전략으로는 소셜 마케팅, 소액금융, 의식향상캠페인, 스토브사용에 대한 실시간 모니터링 등이 있다. 과테말라, 온두라스, 니카라과 등 중앙아메리카와 카리브해 국가들 역시 조리용 스토브 프로젝트에 자금을 대기 위해 갈수록 탄소시장에 많이 의존하고 있다.

7. 앞으로의 전망

무엇보다 개도국 농촌의 에너지부족문제는 전 세계 수십억명의 사회 및 경제적 발전과 관련된 문제이다. 재생에너지기술은 특정 국가나 지역에서 이미 적응된 사업모

1) 코스타리카, 엘살바도르, 과테말라, 온두라스, 니카라과, 파나마를 말한다.

델들과 결합하여 현대적인 에너지 서비스에 대한 접근도를 높이는데 신뢰할만하면서도 저렴한 수단임이 입증되었다. 또한 기술진보와 (특히 태양광발전과 풍력발전의 경우) 빠른 가격하락 덕분에 새로운 시장으로 확산되고 있는 재생에너지기술은 갈수록 성장가도를 달리고 있다.

대부분의 개도국들은 기술과 시스템에 초점을 둘 뿐만 아니라 농촌에너지시장을 지배하는 현행 운영구조를 개선시킬 수 있는 프로그램과 정책을 규명하고 이행하기 시작했다. 이같은 진전은 잠재적인 투자자들이 농촌에너지시장에 더욱 큰 매력을 느끼게 할 뿐 아니라 빈곤경감과 경제발전이라는 결과를 낳고 있다.

재생에너지는 2030년까지 모두에게 에너지를 보급하는 목표를 달성하는데 핵심적인 역할을 할 뿐 아니라 수백만개의 지역일자리를 창출할 잠재력을 가지고 있다. 재생에너지의 발전을 지원하고, 자원에 대한 접근성을 높이며, 필요한 하부시설을 개발하고, 재생에너지기술과 그 잠재력에 대한 의식을 구축하며, 노동자들을 훈련시킬 수 있는 제도적, 재정적, 법적, 규제적 메커니즘이 구축되고 강화된다면 이같은 목표는 달성할 수 있다.

6장 특집: 시스템 전환

Reiner Hinriches-Rahlwes(독일 재생에너지연합 German Renewable Energies Federation - BEE; 유럽재생에너지의회-EREC) 씀

성장가도를 달리고 있는 재생에너지는 갈수록 많은 수의 선진국과 개도국에서 안전하고 지속가능한 에너지공급의 중추를 이루게 될 것으로 보인다. 특히 전력분야에서는 풍력과 태양 같은 변동성이 높은 재생에너지가 빠르게 성장하고 있다. 화석연료와 핵발전용량이 재생에너지기술 기반으로 대체되고, 공급사슬이 채택되면서 풍력발전, 지열, 바이오에너지는 갈수록 많은 나라에서 기존의 에너지시스템과 시장에 통합되고 있다. 반면 비중이 높으면서도 변동성이 큰 풍력과 태양에너지를 통합하려면 에너지믹스와 하부구조가 갈수록 유연해져야 하고, 가능한 곳에서는 상호연결되어야 한다. 많은 국가들이 재생에너지의 단순한 통합을 넘어서서 갈수록 비중이 높아지는 변동성이 높은 재생에너지를 수용하기 위해 에너지시스템을 전환하기 위한 정책과 수단을 시행하고 있다.

아주 높은 비중의 풍력과 태양에너지¹⁾를 달성하려는 계획을 가진 국가나 지역의 경우 가장 효율적이면서도 비용이 가장 적게 드는 방법은 시스템 전환이다. “시스템전환”은 석탄화력발전소와 핵발전소로 충당되는 전통적인 기저부하전력을 유연성에 의해 추진되는 시스템으로 교체함으로써 에너지시스템을 적응시키는 과정으로 정의된다. 유연성이 강조되는 시스템에서는 변동성이 높은 재생에너지의 비중이 크게 늘어날 수 있기 때문이다. 이는 상대적으로 견고하고 중앙화된 시스템이 좀더 기민하고 분산된 시스템으로 전환되게 만든다. 생산자, 소비자, 전력망운영자 등의 행위자들은 부분적으로 (종종 “스마트그리드”라고 하는) 정보기술의 사용을 통해, 또한 (전력, 냉난방, 수송 등) 모든 에너지부문의 상호연결성 증가를 통해 수요와 공급을 최적화하는데 있어서 더 큰 역할을 하게 될 것이다.

상대적으로 유연하지 못한 기존의 발전소와 전력망시스템들이 시간이 지날수록 지능적이고 유연한 시스템에 통합됨으로써 변동성이 크고 효율적인 재생에너지 믹스의 비중을 높여야 하는 전력부문 내에서 최초의, 그리고 최대의 도전을 잘 극복해야 한다. 남은 전력은 수송과 냉난방에서 사용할 수 있다. 따라서 전환을 위해서는 에너지

1) 특별하게 적용되는 퍼센티지는 없다. 아주 유연한 시스템에서는 10% 수준에서 시스템 전환의 필요성이 시작될 수 있지만, (기존의 대형수력발전의 비중이 높은 경우 등) 더욱 유연한 시스템에서는 20%나 30%가 넘어야 할 수도 있다.

시스템 전반의 변화가 필요하긴 하지만 [그중에서도 특히] 전력시스템의 전환은 가장 시급하고도 가능성이 높은 부문이다.

1. 패러다임 전환: 재생에너지통합에서 시스템전환으로

수년간 (대형수력발전을 제외한) 재생에너지기술은 기존의 전력시스템에서 보조적인 역할만 할 뿐이며, 기존의 전력시스템이 수용할 수 있는 변동성이 높은 재생에너지원의 비중에는 내재적인 한계가 있다는 믿음이 있었다.²⁾ 하지만 덴마크, 독일, 스페인 등지의 경험은 적절한 정책이 이행되면 불과 몇 년 전에 가능하다고 생각했던 것보다 더 많은 비중의 재생에너지를 성공적으로 통합할 수 있을 뿐 아니라 생각지 못한 편익이 발생할 수 있음이 확인되었다. 재생에너지의 비중을 높이는데 제약이라고 생각했던 것들의 대부분은 이를 가능케 하기 위해 필요한 입법과 실전을 이행할 정치적인 의지의 부족 때문이었거나, 다양한 도전을 극복할 기술적 해법이 나타나면서 틀렸음이 입증되었다. 따라서 변동성이 높은 재생에너지는 갈수록 많은 국가에서 전력공급의 주요부분을 차지하고 있다(약 15-20% 이상을 의미).

변동성이 크고 효율적인 재생에너지믹스도 안정적이고 믿음직하게 전력을 공급할 수 있음은 이제 분명하다. 재생에너지의 설비용량이 늘어나면서 다양한 재생에너지들이 전력수요의 절반이상을 충족시킬 수 있는 경우가 많아졌고, 다른 전력망과 연결될 경우 남는 전력을 수출할 수도 있게 되었다. 전력망시스템과 규제체계가 유연하고 스마트하게 운영되기만 하면 재생에너지는 연중 합리적인 가격에 밤낮으로 전력을 공급할 수 있다. 게다가 재생에너지는 전력가격을 상당히 낮춤으로써 소비자의 에너지비용 부담을 덜어줄 수 있음이 확인되었다.³⁾

변동성이 높은 재생에너지원의 비중이 높아지면서 시스템안정성에 대한 잠재적인 위험과 예비용량의 필요성, 그리고 발전소와 하부시설에 대한 앞으로의 필요한 투자에 대해 적절한 신호를 보내주지 못할 수도 있는 기존시장디자인의 한계를 둘러싸고 논의가 촉발되었다. 이 논의는 총전력믹스에서 풍력발전이 차지하는 비중이 15%가 넘는 국가와 지역(덴마크, 독일 북부지역, 스페인 북부지역, 남호주 등)에서 시작되었다. 이 논쟁은 다른 지역과 기술로 확산되고 있는데, 태양광발전의 비중이 늘고 있는

2) 신속하게 조절할 수 있어서 발전량의 균형을 잡는데 사용할 수 있는 수력발전의 비중이 높은 나라에서는 이같은 불안과 의심이 상대적으로 뚜렷하게 나타나지 않고 널리 수용되지도 않는 편이다.

3) 이는 메리트오더효과 merit order effect의 결과다. 풍력과 태양발전의 마진비용이 아주 낮다보니 다른 모든 발전소들이 메리트오더에서 밀려나 전부하시간과 그로 인한 설비용용률이 꾸준히 떨어지는 것이다. 게다가 풍력과 태양에너지의 산출량이 많을 때는 kWh 당 가격이 아주 낮아지는 경향이 있다.

스페인과 이탈리아, 그리고 독일 전역이 그 대표적인 예에 속한다. 지금의 논쟁은 이 같은 OECD국가에 집중되어 있지만, 조만간 (주요 신흥경제국들과 같은) 풍력과 태양광발전으로 점점 더 많은 전력을 생산하고 있는 다른 국가에서도 관심을 갖게 될 것이다.

부문간의 상호작용이 늘어나면 전반적인 시스템효율성이 개선되고, 시스템과 공급량의 안정성이 늘어나며 비용효율성도 높아질 것이다. 그 결과 아주 많은 비중의 재생에너지를 바탕으로 하는 에너지공급방식으로의 전환이 촉진될 것으로 기대할 수 있다. 많은 시장에서 전력수요는 건물 냉난방수요와 긴밀하게 연결되어 있음에도, 기존의 에너지시스템에서는 전력, 냉난방, 수송부문 사이의 상호작용이 아주 미미했다. 액체 및 고체연료와 전력은 상이한 채널을 통해 공급처를 찾고 거래하고 사용되었다. 하부구조와 시장이 기술적으로 상이하고, 상이한 행위자와 상이한 기술 및 경제적 규제 하에서 운영 및 유지되고 있다. 이같은 상황을 타개하기 위해 일부 국가들은 아래에서 제시하는 여러 전략들을 이용하여 부문을 통합하기 시작했다.

(예컨대 덴마크와 독일 같은) 일부 선진국들은 변동성이 높은 재생에너지를 전력공급과/또는 최종에너지공급의 기초로 삼기로 결정했다. 이들은 이제 비용으로 겨우 균형을 맞추는 재래식(상대적으로 유연성이 떨어지는) 기저부하를 기초로 하는 시스템에서 벗어나 변동성이 높은 재생에너지를 중심으로 설계된 보다 유연한 시스템으로 전력을 공급하려 하고 있다.

2. 기술상의 도전

전력생산은 항상 수요와 균형을 잘 맞춰야만 한다. 기존의 전력시스템에서 전력의 대부분은 연중 24시간 가동할 수 있는 기저부하발전소에서 생산했다. 하루동안 전력사용방식이 변화하면서 증가한 수요를 충족시키기 위해 필요한 기저부하 이상의 추가적인 전력은 (첨두부하발전소와 기저부하발전소 사이에 있는) 신속한 가동이 가능한 중간부하 발전소 intermediate cycling plant에서 끌어온다. 첨두부하는 천연가스나 바이오가스를 사용하는 가스터빈이나 수력발전, 특히 유역식수력발전이나 양수발전소 같은 분당 심지어는 초당 출력이 달라질 수 있는 유연한 발전소로 충당한다. 자원믹스에서 변동성이 큰 재생에너지의 비중이 높아지면 시스템 변동에 빠르게 대응하도록 최적화된 발전소가 시스템에 더 많이 필요하게 될 것이다.

전력공급에서는 전력망안정성 문제, 특히 빈도통제 때문에 아주 제한적인 차이만 용인된다. 전력잉여분은 전력망에서 용량을 끊어 전력생산을 줄이거나 요구부하를 변

동함으로써 제한해야만 한다.

기존의 전력망은 대부분 대규모의 기저부하발전소에서 전력을 끌어오고, 필요할 때는 중간부하발전소와 추가의 첨두부하 발전소에서 전력을 끌어오도록 설계, 건축, 설비되었다. 저압의 배전네트워크와 연결되어 있는 고압의 송전선은 중앙화된 거대한 발전소에서 여기저기 흩어져있는 소비자들에게 전력을 전달한다. 오늘날과 같은 형태의 전력망은 크기와 전력망의 수준이 상이한 수많은 분권화된 전기생산자로부터 전력을 끌어모으는 형식으로 설계되지 않았다. 따라서 좀더 분산된 전력생산방식은 소규모 재생에너지시스템에서 가능하다는 점에서 기존의 전력망은 개선작업을 통해 전달부하상의 변화에 적응하는 한편, 필요한 곳이라면 언제 어디서든 안정적이고 신뢰할 수 있는 방식으로 전력을 보내줄 수 있어야 한다.

특히 유럽 같은 곳에서는 (특히 변동성이 큰) 재생에너지의 비중이 의미있게 늘어날 수 있도록 촉진하는 한편 전통적인 기저부하발전의 비중을 낮추기 위해 다양한 해법을 이미 사용하고 있거나 평가 중이다. 이런 해법으로는 아래와 같은 것들이 있다.

- 지리적으로 분산되어 있는, 변동성이 높으면서도 바로 사용할 수 있는 재생에너지발전소(가령 양수발전소, 바이오가스발전소)를 다양한 구성으로 활용한다. 많은 개별 재생에너지발전소는 크기와 원료가 상이한 여러 가지 분산된 발전시설들로 구성된 하나의 가상발전소로 통합되어, 중앙제어장치를 통해 집합적으로 가동됨으로써 꾸준히 변화하는 수요에 맞춰 전력을 공급할 수 있다.

- 발전량이 남아돌 때는 유연성이 큰 발전소의 발전량을 줄인다.

- 모든 지역과 국가에서 모든 전압수준의 상호연결 용량을 상승시킨다. 전력망 시스템은 때로 국경을 넘어 상호연결되고 있으며, 이로써 균형지역이 확장되고 있다.

- 태양 및 풍력원에 대한 예보의 질을 높임으로써 자원예측의 정확성을 향상시킨다.

- 수요관리를 통해 수요를 변화시킨다.

- 남아도는 생산전력을 다른 부문(전기차량 충전, 급탕, 수소생산 등)으로 이동시킴으로써 수요를 조절한다.

- 가격신호를 이용해 바람과 태양을 많이 이용할 수 있는 시간으로 수요를 이동시킨다.

- 분산형 전력생산지를 소비지에 가까이 입지시킴으로써 전송과정에서 발생하는 손실과 전송용량의 필요성을 낮춘다.

- 지능형 전력망과 소프트웨어를 가지고, 유연한 시스템 서비스를 전달할 수 있도록 기술적으로 고안된 발전소와 시스템운영자 간의 실시간 정보흐름을 개선시킴으로

써 전력망의 안정성을 높인다.

- 원격충전 및 방전용량을 갖춘 분산형의 유연한 저장시스템으로 전기차량을 이용한다.

- 저장용량을 시스템에, 또는 특정발전소로 통합한다. 가령 집광형 태양열발전소를 가지고 용융염 축열을 한다. 배터리에서부터 양수발전에 이르는 저장기술은 진보하고 있으며, 이는 에너지를 수분에서 몇 달간 저장할 수 있는 능력을 제공한다. 이는 전기차량의 단기사용에서부터 바람이 약하거나 태양에 없는 몇주동안 균형을 맞추는 계절적 사용에 이르기까지 다양한 범위의 필요를 충족시킬 수 있다.(2012년 보고서 사이드바 3 참고.)

위 기술은 모두 존재하지만 분명한 정치적 결단과 이를 가능케하는 구조의 개발을 통해 이를 개선하여 전개할 필요가 있다. (덴마크, 독일, 스페인, 일본 등) 일부국가들은 스마트에너지시스템을 이용하고, 스마트그리드시스템과 적절한 중앙집중형 및 분산성 저장해법을 개발함으로써 수요와 공급의 유연성을 늘리는 등 위의 선택지들을 이용하기 시작했다.

3. 경제적 도전

기존의 전력시장을 움직이는 동력은 주로 에너지단위 당 발전비용이다. 에너지 평준화 비용과 그로 인한 메릿오더는 상이한 시장수준(선물, 일일전 day ahead, 일중 intra-day 등)을 토대로 한 가격 형성의 주요인이다. 열 발전소의 경우 자본비용은 발전비용에서 상대적으로 적은 비중을 차지하는 반면 연료비용은 (핵발전소보다는 적은 비중이긴 하지만) 총비용의 대다수를 차지한다. 따라서 불안한 연료가격은 발전소의 경제적 측면에 중요한 영향을 미친다. 반면 바이오발전소를 제외하면 재생에너지발전은 연료비용이 전혀 들지 않기 때문에 대다수의 비용은 기술, 프로젝트 건설, 전력망 연결 등 초기에 투자되는 비용이다.

따라서 대부분의 재생에너지발전과 화석 및 핵발전 간의 근본적인 차이는 자본 대 운영비용 간의 비용비율이다. 재생에너지(수력, 지열, 태양 및 풍력 등)의 한계비용은 대부분 낮고 현물시장에 나와있는 기존의 발전방식보다 더 우세한 경우가 많아서 한계비용을 기준으로 한 발전방식의 경제적 가능성을 하락시킨다.

이로 인한 결과는 이중적이다. 풍력과 태양발전의 설비용량이 높을 경우 이는 전력가격을 상당히 낮출 수 있기 때문에 주거용이나 산업소비자들에게는 이로온 결과가

나타난다. 하지만 이는 비용환수와 투자에 대한 합리적인 회수를 갈수록 어렵게 만든다. 재생에너지의 전력망접근성을 높이는 사업이 우선적으로 이루어지다보니 기존의 발전소(특히 침투부하용 발전소)는 갈수록 메릿오더에서 밀려나 갈수록 낮은 설비이용률과 낮은 수익성 속에 가동되고 있다.

기술과 관련된 도전들과 마찬가지로, 유연한 신규발전소 뿐만 아니라 전략적인 용량보유지와 전력망에 대한 투자신호를 충분하게 만들기 위한 해법들이 개발되고 있다. 발전된 전력에 대해서가 아니라 사용가능한 용량에 대해 보수를 지불하는 용량시장 capacity markets¹⁾과 다른 유연성기제들은 어느 때고 수요를 충족시킬 (신규) 용량을 확보하는 수단이다. 하지만 이같은 지불방식은 기존의 화력용량에서 헤어날 수 없는 위험을 낳는다. 화력발전은 재생에너지로의 전환이 한층 진전되기 전인 몇 년 동안만 필요할 수도 있는데 말이다. 메커니즘을 잘 고안하지 않으면 가동을 중단시켜야 하는 환경적으로 해로운 발전소에 지원금을 제공하는 결과를 초래할 수 있다.

용량시장 등 유연성에 기반한 용량메커니즘을 어떻게 가장 잘 고안할 수 있을지에 대한 논의는 진행 중이다. 하지만 그 외에도 시스템 전환을 진전시키고 가능하게 할 수 있는 몇가지 선택지들 역시 진화하고 있다. 이런 선택지로는 아래와 같은 것들이 있다.

- 변동성이 높은 재생에너지에 대한 지원의 필요성을 중심으로 에너지시스템의 모든 기술적/경제적 측면들을 개발해야 한다.
- 인센티브와 규제는 용량만을 지원하는 것이 아니라, 유연성을 높일 수 있는 고급 방안(예를 들어 전력망 하부시설, 저장용량, 수요관리, 아주 유연성이 높은 발전소)의 개발과 전개를 지원해야 한다.
- 시스템비용을 지금보다 훨씬 더 낮추기 위해 균형시장 balancing markets에서 변동성이 높으면서도 바로 발전이 가능한 재생에너지의 참여를 가능하게 하는 규제적 틀이 필요하다.
- (일중 거래 intra-day trading 등에서) 게이트 폐쇄시간의 단축²⁾은 균형시장에 변동성이 높은 재생에너지를 더욱 많이 포함시킬 수 있다. “스마트”하고 다양성이 높으며, 많은 균형영역을 아우르는 전력망 시스템은 적절하게 기능하는 균형시장과 함께 사용할 수 있다.

1) 미국 등지에서는 오랫동안 재생에너지에 대한 고려 없이 용량시장을 사용해왔다.
2) 게이트 폐쇄시간이란 실제 에너지전달을 진행하는 과정에서 입찰이 얼마나 오랜 시간을 차지해야 하는가를 설명한다. 이 시간이 짧고 실시간에 근접할수록 기상예보가 한층 정확해지기 때문에 변동성이 큰 재생에너지(특히 균형영역이 클수록)가 이 시장에 참여하기 쉬워진다.

4. 시스템전환은 이미 시작

전력시스템이 급속히 성장하고 있고 아직 형태가 갖춰지지 않은 개도국 경제에서는 변동성이 높은 재생에너지를 수용하기 위해 아주 유연성이 높은 시스템을 고안할 수 있다. 하지만 대부분의 OECD국가에서는 변동성이 높은 재생에너지가 많은 비중을 차지하는 시스템을 만들 수 있는 최적의 방안은 기존의 시스템을 유연성이 높은 시스템으로 전환하는 것뿐이다.

기존의 공급시스템과 에너지믹스에는 이미 전환에 필요한 다양한 요소들이 들어있다. 이중 일부 요소들은 통합에 도움이 되는 성숙한 해법이고, 더 큰 규모에서는 전환의 요소가 될 수도 있다. 그 외에도 이제 막 새로 도입된 방식들도 있다.

- 전력지원을 갖춘/갖추지 않은 태양온수시스템은 기존의 분산형 지역난방시스템과 결합이 가능하다.
- 바이오메탄/바이오가스는 천연가스 전력망에 주입되어 전력, 냉난방, 차량연료로 사용할 수 있다.
- 재생에너지원에서 얻은 풍부한 전력은 난방과 수소생산에 사용하거나, 나중을 위해 에너지를 비축하는 기기를 돌릴 때 사용할 수 있다.
- 천연가스와 바이오가스, 고체 바이오매스는 열병합발전시스템 안에서 상호작용한다.
- 공공교통수단과 개인차량에서 사용하는 전력과, 전력시스템의 저장 및 균형용 배터리에 대한 연구 역시 진행중이다.

풍력발전과 열병합발전용 바이오매스의 사용을 선구적으로 개척한 **덴마크**는 2012년 최종에너지사용의 24% 이상을 재생에너지로 채웠다. 2011년에는 덴마크 전력의 40% 이상이 재생에너지로 충당되었고, 2012년 말에는 풍력 한 부문이 덴마크 전력소비의 30%에 기여했다. 바이오매스-열병합발전은 덴마크 내에서 균형전력 balancing power과 시스템 안정성을 달성하는 핵심요소이고, 주로 수력(노르웨이)이나 수력과 바이오매스열병합발전(스웨덴)에서 전력을 얻는 다른 스칸디나비아 국가들과 전력망을 상호연결함으로써 변동성을 더욱 안정화시켜 균형에 이르게 한다.

가스망과 전력시스템의 운영자인 주(州)소유의 Energienet.dk(ENDK)는 2020년까지 50%를 풍력발전으로 달성하고, 2050년까지 100% 재생에너지에 기반한 에너지시스템을 달성한다는 목표를 향해 노력하고 있다. ENDK는 수요측 인센티브 등 신규시

장규정을 개발 및 이행함으로써 풍력발전의 비율증가와 그로 인한 비용효과에 대응하고자 한다. 또한 전력(과 가스)망을 강화시행하고, 신규전송라인을 설치하여(이중 일부, 특히 저전압의 경우 지하에 설비되고 있다) 덴마크의 다른지역과 연결하는 한편, 신규해상풍력발전소를 연결하고, 독일, 네덜란드, 특히 노르웨이 등 인근국가와 그곳에 있는 수력발전원과의 연계를 강화하고 있다.

이베리아반도에는 북부(즉 프랑스)와의 상호연결 용량이 충분하지 않아서 유럽인근 국가들의 전력망을 가지고 변동성이 높은 재생에너지의 균형을 맞추기가 어려운 상태다. 스페인과 프랑스 간의 상호연결 용량을 두배로 늘리기로 한 협정은 아주 최근에야 체결되었다. 이같은 문제점에도 불구하고 **스페인**¹⁾과 **포르투갈**²⁾은 유럽에서 풍력발전의 비중이 가장 높은 나라에 속한다. 이 두 국가 모두 그로 인한 도전에 성공적으로 대처하고 있다. 포르투갈에서는 수력발전과 일부 바이오발전(일부 폐기물에너지발전소 뿐만 아니라)이 유연한 용량의 대다수를 차지한다. 스페인에서는 풍력과 태양발전의 높은 비중에 성공적으로 대응하기 위한 주요수단은 2006년에 설립된 특수통제센터(CECRE)이다. CECRE의 유일한 목적은 재생에너지에서 얻을 수 있는 최고치의 전력량을 모니터하고 안전하게 통합하는 것이다.

독일은 2022년까지 핵발전소를 단계적으로 폐쇄하겠다는 2011년의 결정이 내려지기 훨씬 전부터 시작된 “Energiewende”(에너지전환) 과정을 진행하고 있다. 최초의 기준가격지원법은 1991년에 시행되었고, 2000년 재생에너지지원법을 Renewable Energy Sources Act(EEG)이 발효되자 재생에너지의 활용도에 상당한 가속이 붙었다. 재생에너지가 전력망에 우선적으로 접근하고 전송될 수 있게 함으로써 EEG는 갈수록 비중이 늘고 있는 재생에너지를 수용할 수 있도록 전력망 전환과정을 촉진했다. 풍력터빈(과 최근에는 태양광발전 역시)으로 시스템서비스(즉 전력망운영자에 의한 원격통제와 확장과 축소가 가능한 출력)를 제공하는 의무규정은 2004년에 시행되었고 2009년에 개정법안이 만들어졌다. 발전부문의 총 소비량에서 재생에너지가 차지하는 비중은 2000년 6.8%에서 2012년 22.9%로 늘었는데, 이중 절반 이상을 풍력과 태양에너지가 기여했다.

독일은 2020년까지 재생에너지로 전력수요의 35% 이상(2050년까지 80%)을 충당

-
- 1) 스페인의 경우 2012년 전력의 32%를 재생에너지에서 충당(2011년의 33%보다는 하락)했는데, 이중 57%가 풍력, 13%가 태양, 나머지는 풍력과 바이오발전 등 바로 끌어쓸 수 있는 재생에너지원이었다. Red Eléctrica Corporación, *Corporate Responsibility Report 2012* (Madrid: 2013), p. 60.
 - 2) 포르투갈의 경우 2012년 전력의 42.7%를 재생에너지에서 충당했는데, 이중 거의 절반(50.5%)이 풍력, 1.8%가 태양, 나머지가 주로 수력과 바이오매스였다. Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), *Renováveis, Estatísticas Rápidas 2012* (Lisbon: January 2013).

하고 최종에너지의 18% 이상(2050년에는 60% 이상)을 재생에너지로 충당하며, 온실가스 배출을 2020년까지 40%(2050년까지 80-95%) 감소하겠다는 목표를 세워놓은 상태다. 이 과정은 시스템전환이라는 이름으로 계획되어 있고, 높은 수준의 공급안정성을 유지하면서도 비용효율적인 방식으로 이행될 예정이다. 스마트그리드, 전력망연장, 수요반응, 전략적 보유지와/또는 발전량의 균형을 잡기 위한 용량메커니즘 등의 방안을 논의하고 있다. 2012년 말부터 발효에 들어가는 조례는 전략적으로 중요한 발전소의 운영자가 발전시스템을 위해 용량을 보유할 것을 의무적으로 규정하고 있다. 유연한 용량과/또는 용량지불방식에 대한 인센티브 역시 논의 중이다.

중국과 인도는 개도국 중에서 변동성이 높은 재생에너지의 설비용량이 가장 높고, 앞으로 재생에너지의 용량과 소비관련비중을 늘리겠다는 야심찬 목표를 채택했다.(4장을 참고할 것.) 중국, 인도 등 용량이 급속하게 늘고, 그로 인해 변동성이 높은 재생에너지의 비중이 높아지고 있는 나라들은 이를 기존의 취약하고 유연하지 못한 에너지시스템으로 통합시켜야 하는 난관에 이미 봉착해있는 상태다. 하지만 이들 국가들에게는 지금 개발중인 풍력 및 태양발전용량에 맞게 하부시설과 시장을 디자인할 기회와, 바로 이용할 수 있는 에너지원과 열병합발전을 전력망에 통합시킬 수 있는 기회, 그리고 전력을 태양온수, 전기차량 등 혁신적인 제품들로 구성된 다른 부문들과 통합시킬 기회가 있다.

5. 전망

아주 높은 비중의 재생에너지, 특히 변동성이 높은 재생에너지와 함께 전력시스템을 개발, 집행, 이행하는 과정이 진행중이다. 일부 시나리오에서는 주로 재생에너지를 사용하여 에너지공급량을 충당할 수 있는 가능성과 성공률을 강조해서 보여준다. 이런 시나리오들은 국제에너지기구, 유럽연합집행위원회 같은 수준높은 기관에서 개발한 것으로, 정책결정에 종종 정보를 제공한다. 2011년 12월 유럽연합집행위원회는 (2050년까지 1990년 수준보다 80-95%까지 감축하겠다는 유럽연합의 온실가스감축 목표에 순응하기 위한) 모든 “탈탄소화 시나리오”는 아주 높은 비중의 재생에너지(즉, 최종에너지소비의 54-75%와 전력공급량의 59-83% 정도)를 기본으로 하고, 변동성이 높은 재생에너지가 주요한 역할을 하게 될 것임을 보여주는 “Energy Roadmap 2050”를 발표했다.

기후변화에 관한 정부간패널이 <재생에너지원 및 기후변화완화에 대한 특별보고서>에서 검토한 164개 시나리오 중에서, 재생에너지의 성장, 에너지효율성의 개선,

그로 인한 온실가스 완화의 측면에서 가장 야심찬 시나리오는 (전력, 냉난방, 수송연료 등 모든 부문에서) 화석연료 및 핵발전보조금 폐지 같은 분명하고 확고한 정책결정이 있어야 재생에너지에게 공정한 경연장을 만들 수 있고, 많은 출혈을 감수해가며 화석연료 및 핵발전에 기반한 에너지생산에 고착되는 상황을 피할 수 있음을 강조했다.

시스템전환은 변동성이 높은 자원으로 재생에너지전력의 비중을 높일 수 있는 가장 효율적이고 가장 비용이 적게 드는 수단이 될 것이다. 화석연료를 연소시키는 기저부하용 화력발전소를 기초로 한 전력시스템에서 변동성이 높은 재생에너지의 비중이 높은 전력시스템으로 전력시스템을 전환하는데 필요한 기술에 대한 이해는 충분하다. 변동성이 큰 재생에너지의 비중이 높을 때 이를 감당할 수 있는 공급시스템을 설계하고 가동하는데 필요한 것들에 대해서는 그보다도 더 이해가 잘 되어 있는 상태이며, 잠재적인 경제적 비용과 편익은 이미 확인되었다. 이제 필요한 것은 이를 이행할 정치적 의지다.

참고표

<표 R1> 2012년 세계재생에너지용량과 바이오연료생산량

	2012년 추가용량	2012년말 현재
전력생산량	(GW)	
바이오발전	+9	83
지열발전	+0.3	11.7
수력발전	+30	990
해양발전	~0	0.5
태양광발전	+29	100
집광형태양열발전(CSP)	+1	2.5
풍력발전	+45	283
온수/난방	(GWth)	
신식 바이오열	+3	293
지열난방	+8	66
급탕용 태양열흡수기 1	+32	255
수송연료	(연간 십억리터)	
바이오디젤생산량	+0.1	22.5
에탄올생산량	-1.1	83.1

1. 태양열흡수기의 용량은 무광온수시스템에만 한정된다. 추가분은 순용량이고, 총추가분 gross additions은 53GWth로 추정된다.

참고: 상대적으로 작은 숫자와 바이오연료는 소수점에서 반올림했고, 나머지 숫자들은 GW/GWth 가까이에서 반올림했다. 총합에 편차가 있는 경우 이는 반올림 때문이다. 반올림은 가용한 자료의 불확실성과 비밀관성을 처리하기 위한 것이다. 좀더 정확한 자료를 원할 경우에는 표 R4-R8과 2장, 그리고 관련 후주를 참고할 것.

<표 R2> 2012년 재생가능에너지 전력 전세계 용량과 상위지역 및 국가

기술	세계총	EU-27	BRICS	중국	미국	독일	스페인	이탈리아	인도
	(GW)								
바이오발전	83	31	24	8	15	7.6	1	3.8	4
지열발전	11.7	0.9	0.1	-0	3.4	-0	0	0.9	0
해양(조력)발전	0.5	0.2	-0	-0	-0	0	-0	0	0
태양광발전	100	69	8.2	7.0	7.2	32	5.1	16.4	1.2
집광형태양열발전	2.5	2	-0	-0	0.5	-0	2	-0	-0
풍력발전	283	106	96	75	60	31	23	8.1	18.4
총재생에너지발전용량(수력제외)	480	210	128	90	86	71	31	29	24
일인당용량(수력제외)	70	420	40	70	280	870	670	480	20
수력	990	119	402	229	78	4.4	17	18	43
총재생에너지발전용량(수력포함)	1,470	330	530	319	164	76	48	47	67

참고: 총용량은 위에 나오지 않은 다른 국가들까지 포함한 것이다. 표에 나와있는 국가는 수력을 제외한 재생에너지발전총용량을 기준으로 상위 6개를 뽑은 것이다. 수력을 포함할 경우 국가와 순위는 다소 달라질 수 있다. 입수가 가능한 데이터의 불확실성과 비밀관성을 처리하기 위해 숫자는 1GW 단위에서 반올림되었다. 단 예외는 다음과 같다. 20GW 이하의 총용량은 소수점에서 반올림되었고, 일인당용량은 10W에서 반올림되었다. 총합이 맞지 않는 경우 그 차이는 반올림 때문이다. (시범프로젝트 등) 몇 MW짜리 작은 양은 ~으로 표현했다. 좀더 자세한 수치를 원할 경우 1장과 2장에 있는 관련 절, 그리고 관련 후주를 볼 것. 데이터 자체가 개선되거나 조정된 경우가 있기 때문에 연간 증가량을 확인하기 위해 앞선 보고서의 관련표에 있는 수치와 바로 비교해서는 안 된다. 수력발전총량과, 세계재생에너지총용량(그리고 일부국가의 총용량)에는 양수발전용량이 제외되었다. 수력발전과 양수발전에 대한 좀더 자세한 정보는 뒤에 실린 <방법론에 대한 설명>을 볼 것.

<표 R3> 2012년 전 세계 우드펠릿 거래량

수출국	수입국	거래량 (킬로톤)
미국	유럽연합 27개국	1,956
캐나다	유럽연합 27개국	1,221
러시아	유럽연합 27개국	676
우크라이나	유럽연합 27개국	227
크로아티아	유럽연합 27개국	132
벨로루시	유럽연합 27개국	111
보스니아헤르체고 비나	유럽연합 27개국	61
남아프리카공화국	유럽연합 27개국	88
세르비아	유럽연합 27개국	22
호주	유럽연합 27개국	19
노르웨이	유럽연합 27개국	45
뉴질랜드	유럽연합 27개국	14
기타	유럽연합 27개국	49
캐나다	일본	50
캐나다	한국	50
캐나다	미국	30

참고: 이 거래량자료는 복잡하기 때문에 국가별로 모두 표준화되지는 않았다.

<표 R4> 2012년 바이오연료 전세계 생산량, 상위 15개국과 유럽연합 27개국

국가	연료용에탄올	바이오디젤	총량	2011년 생산량과의 비교
	(십억리터)			
미국	50.4	3.6	54.0	-2.4
브라질	21.6	2.7	24.3	+0.6
독일	0.8	2.7	3.5	-0.5
아르헨티나	0.2	2.8	3.0	+0.1
프랑스	1.0	1.9	2.9	+0.2
중국	2.1	0.2	2.3	변화없음
캐나다	1.8	0.1	1.9	+0.2
태국	0.7	0.9	1.6	+0.5
인도네시아	0.1	1.5	1.6	+0.2
스페인	0.4	0.5	0.9	-0.3
벨기에	0.4	0.4	0.8	변화없음
네덜란드	0.2	0.5	0.7	-0.1
콜롬비아	0.4	0.3	0.7	변화없음
오스트리아	0.2	0.4	0.6	변화없음
인도	0.5	>0.0	0.5	+0.1
세계총	83.1	22.5	105.6	-1.0
유럽연합 27개국	4.2	9.1	13.3	-0.7

참고: 모든 수치는 1억리터에서 반올림되었다. 차이가 4천만리터 미만인 경우에는 “변화없음”이라고 표기했다. 에탄올의 수치는 연료용 에탄올로만 제한시켰다. 표의 순위는 에너지함량이 아니라 2012년에 생산된 바이오연료의 총량을 기준으로 했다(예비적인 자료를 가지고). 총량의 합이 맞지 않는 경우 그 차이는 반올림 때문이다.

<표 R5> 2012년 전세계 태양광발전 용량과 추가용량 상위 10개국

국가	2011년 말 총량	2012년 추가용량	2012년 말 총량
	(GW)		
독일	24.8	7.6	32.4
이탈리아	12.8	3.6	16.4
미국	3.9	3.3	7.2
중국	3.5	3.5	7.0
일본	4.9	1.7	6.6
스페인	4.9	0.2	5.1
프랑스 ¹	2.9	1.1	4.0
벨기에	2.1	0.6	2.7
호주	1.4	1.0	2.4
체코공화국	2.0	0.1	2.1
나머지 유럽국가	3.3	4.1	7.4
나머지 세계	4.1	2.6	6.7
세계총	71	29	100

1. 프랑스의 경우 이전에 설비된 프로젝트들은 2012년에 전력망에 연결되었지만, 신규설비에는 제한적인 기여만을 했다. European Photovoltaics Industry Association, *Market Report 2012* (Brussels: February 2013).

참고: 국가의 순위는 총가동용량에 따른 것이다. 용량은 0.1GW에서 반올림되었다. 세계총용량은 1GW에서 반올림되었다. 반올림은 데이터의 불확실성과 비일관성을 처리하기 위한 것이다. 즉 총합이 맞아떨어지지 않는 경우 그 차이는 반올림 때문이다. 데이터는 여러자료에서 가져왔는데, 그중 일부는 서로 상당히 달라서 계산방식이나 방법론 상에 차이가 있었던 것으로 보인다. 더 자세한 정보와 통계를 보려면 2장에 있는 태양광발전 결과 관련 각주를 볼 것.

<표 R6> 2012년 집광형태양열발전 세계총용량과 추가용량

국가	2011년 말 총량	2012년 추가용량	2012년 말 총량
	(MW)		
스페인	999	951	1,950
미국	507	0	507
알제리	25	0	25
이집트	20	0	20
모로코	20	0	20
호주	3	9	12
칠레	0	10	10
태국	5	0	5
세계총	1,580	970	2,550

참고: 위 표의 국가들은 2012년 말 상업용 태양광발전가동용량을 보유한 곳들이다. 2012년 말 중국(약 2.5MW), 프랑스(0.75MW 이상), 독일(1.5MW), 인도(5.5MW), 이스라엘(6MW), 이탈리아(5MW), 한국(0.2MW), 태국(5MW) 등 일부국가에서는 소형시범발전소가 가동되었다. 2012년 보고서에는 17MW의 이란도 들어있었지만, 가동이 되지 않고 있는 것으로 보고되어 이번에는 제외시켰다. 수치는 MW에서 반올림했다. 반올림은 데이터의 불확실성과 비일관성을 처리하기 위한 것이다. 따라서, 총량의 합이 다를 경우 그 차이는 반올림 때문이다.

<표 R7> 2011년 태양열급탕 세계총용량과 추가용량 상위 12개국

국가	2011년 추가용량	2011년 말 총용량
	(GWth)	
중국	40	152
독일	0.9	10.3
터키	1.3	10.2
브라질	0.4	3.7
인도	0.7	3.3
일본	0.1	3.3
이스라엘	0.3	3.0
오스트리아	0.2	2.9
그리스	0.2	2.9
이탈리아	0.3	2.1
호주	0.3	1.9
스페인	0.2	1.8
나머지 세계	4	25
세계총	29	223

참고: 국가의 순서는 총설비용량에 따랐다. 자료는 (수영장난방용 무광집수기를 제외한) 유광집수기만을 대상으로 한 것이다. 세계추가용량은 추가된 총용량이다. 모든 숫자에는 폐쇄비용(allowances for retirements)이 포함되어 있다. 중국, 나머지세계, 세계총량 데이터는 1GWth에서 반올림했고, 나머지 데이터는 0.1GWth에서 반올림했다. 반올림은 데이터의 불확실성과 비일관성을 처리하기 위한 것이다. 따라서, 총합이 맞지 않을 경우 그 차이는 반올림 때문이다. 관례에 따라 1백만평방미터는 0.7GWth와 동일하다. 2011년은 확실한 전세계자료와 대부분의 국가통계를 구할 수 있는 가장 최근의 해이다. 하지만 2012년 말 가동중인 모든 형태의 태양열용량은 282GWth이고 전세계에서 가동중인 유광집수기는 255GWth 인 것으로 추정된다. 자세한 내용과 자료의 출처정보를 원할 경우 2장의 태양열냉난방절을 참고할 것.

<표 R8> 2012년 전세계 풍력발전용량과 추가용량 상위 10개국

국가	2011년 말 총량	2012년 추가용량	2012년 말 총량
	(GW)		
중국1	45.1/62.4	15.8/13	60.8/75.3
미국	46.9	13.1	60.0
독일	29.1	2.4	31.3
스페인	21.7	1.1	22.8
인도	16.1	2.3	18.4
영국	6.6	1.9	8.4
이탈리아	6.9	1.3	8.1
프랑스	6.8	0.8	7.6
캐나다	5.3	0.9	6.2
포르투갈	4.4	0.1	4.5
세계총	238	45	283

1. 중국의 경우 왼쪽 수치는 전력망에 공식적으로 추가되거나 가동 중으로 분류된 양이고, 오른쪽 수치는 총설비용량이다. 세계총량의 경우 중국은 높은 수치가 들어갔다. 이 내용과 관련하여 자세한 사항은 2장에 있는 풍력발전 결과 관련 각주를 볼 것.

참고: 국가의 순서는 총설비용량을 따랐다. 2012년 추가용량에서 상위 10개국의 순서는 미국, 중국, 독일, 인도, 영국, 이탈리아, 스페인, 브라질, 캐나다, 루마니아이다. 국가별 자료는 0.1GW에서 반올림했고, 세계자료는 GW에서 반올림했다. 반올림은 데이터의 불확실성과 비일관성을 처리하기 위한 것이다. 따라서 총합이 맞지 않는 경우 그 차이는 반올림이나 기존자료의 갱신/삭제 때문일 수 있다. 다양한 자료를 사용했고, 그중 일부는 약간 달라서 계산법이나 방법론에 차이가 있었던 것으로 보인다. 자세한 정보와 통계는 2장의 풍력발전 결과 관련 각주를 볼 것.

<표 R9> 2004-2012년 전세계 재생에너지투자동향

범주	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
십억 USD									
단계별 신규투자									
1. 기술연구									
정부연구개발	2.0	2.1	2.3	2.7	2.8	5.2	4.7	4.7	4.8
기업연구개발	3.0	2.9	3.3	3.6	4.0	4.0	4.6	4.8	4.8
2. 개발/상업화									
벤처자본	0.4	0.6	1.2	2.2	3.2	1.6	2.5	2.6	2.3
3. 제조									
민간확장자본	0.3	1.0	3.0	3.7	6.8	2.9	3.1	2.6	1.4
공공시장	0.3	3.8	9.1	22.2	11.6	12.5	11.8	10.6	4.1
4. 프로젝트									
자산금융	24.8	44.0	72.1	100.6	124.2	110.3	143.7	180.1	148.5
(재투자자산)	(0.0)	(0.1)	(0.7)	(3.1)	(3.4)	(1.8)	(5.5)	(3.7)	(1.5)
소규모 분산형용량	8.9	10.5	9.8	14.3	22.5	33.5	62.4	77.4	80.0
총 신규투자	39.6	64.7	100.0	146.2	171.7	168.2	227.2	279.0	244.4
5. 인수합병 거래									
총투자	48.4	90.7	135.6	204.7	231.0	232.5	285.8	352.5	296.7
기술별 신규투자									
태양발전	12.3	16.4	22.1	39.1	59.3	62.3	99.9	158.1	140.4
풍력발전	14.4	25.5	32.4	57.4	69.9	73.7	96.2	89.3	80.3
바이오매스와 폐기물에너지	6.3	8.3	11.8	13.1	14.1	13.2	13.7	12.9	8.6
50MW이하 수력발전	1.5	4.6	5.4	5.9	7.1	5.3	4.5	6.5	7.8
바이오연료	3.7	8.9	26.1	28.2	19.3	10.6	9.2	8.3	5.0
지열발전	1.4	0.9	1.4	1.8	1.8	2.7	3.5	3.7	2.1
해양에너지	0.0	0.1	0.9	0.7	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3
총 신규투자	39.6	64.7	100.0	146.2	171.7	168.2	227.2	279.0	244.4

참고: 총량의 합이 맞지 않는 경우 이는 반올림 때문이다. 이 표의 각 범주에 대한 더 자세한 정보는 3장과 사이드바 5를 참고할 것.

<표 R10> 2010/2011년 재생에너지의 1차 에너지와 최종에너지 실제 비중과 목표치

국가	1차에너지		최종에너지	
	비중 (2010/2011)1	목표치	비중(2011)	목표치
유럽연합 27개국			13%	->2020년까지 20%
알바니아		->2020년까지 18%		->2020년까지 38%
알제리				
아르헨티나	9.8%			
호주	3.7%			
오스트리아2	27%		31%	->2020년까지 45%
바베이도스		->2012년까지 10% ->2016년까지 20%		
벨로루시	6.5%			
벨기에			5.5%	->2020년까지 13%
보스니아헤르체고비나	7.7%			->2020년까지 40%
보츠와나				->2016년까지 1%
브라질	46%			
불가리아	7.0%		13%	->2020년까지 16%
부룬디				->2020년까지 2.1%
카메룬	69% (2009년)			
캐나다	17%			
칠레	27%			
중국	8%			->2015년까지 9.5%
콜롬비아	32%			
코스타리카	83%			
코트디부아르		->2013년까지 3% -> 2015년까지 5%		
크로아티아	12%			->2020년까지 20%
키프로스			6%	->2020년까지 13%
체코공화국2	8%		10%	->2020년까지 13.5%
콩고민주공화국	97%			
덴마크	19%		26%	->2020년까지 35% ->2050년까지 100%
지부티				->2020년까지 100%
도미니카공화국				->2025년까지 25%
에콰도르	17%			
이집트	4.1%			
엘살바도르	76%			

<표 R10> 2010/2011년 재생에너지의 1차 에너지와 최종에너지 실제 비중과 목표치(이어서)

국가	1차에너지		최종에너지	
	비중 (2010/2011)1	목표치	비중(2011)	목표치
에리트레아	65%			
에스토니아	18%		26%	->2020년까지 25%
피지				->2013년까지 100%
핀란드	20%		33%	->2015년까지 25% ->2020년까지 28% ->2025년까지 40%
프랑스	6%		13%	->2020년까지 23%
가봉				->2020년까지 23%
독일2	9%		12%	-> 2020년까지 18% -> 2030년까지 30% -> 2040년까지 45% -> 2050년까지 60%
그리스2	6.1%		11%	-> 2020년까지 20%
그레나다		-> 2020년까지 20%		
과테말라	94%			-> 2026년까지 80%
온두라스	97%			
헝가리2	8.3%		8.2%	-> 2020년까지 14.65%
인도	7%		4.9%	
인도네시아	3.8%	-> 2025년까지 25%		
이란	1.2%			
아일랜드	9.1%		6.2%	-> 2020년까지 16%
이스라엘				-> 2020년까지 50%
이탈리아	11%		12%	-> 2020년까지 17%
자메이카		-> 2020년까지 15% -> 2030년까지 20%		
일본	6.9%	-> 2020년까지 10%		
요르단		-> 2015년까지 7% ->2020년까지 10%		
케냐	69%			
코소보				-> 2020년까지 25%
라오스				-> 2025년까지 30%
라트비아	50%		33%	-> 2020년까지 40%
레바논				-> 2020년까지 12%
리비아		-> 2020년까지 10%		
리투아니아	14%	-> 2025년까지 20%	18%	-> 2020년까지 23%
룩셈부르크			2.8%	-> 2020년까지 11%
마케도니아	10%			-> 2020년까지 28%
마다가스카르				-> 2020년까지 54%

<표 R10> 2010/2011년 재생에너지의 1차 에너지와 최종에너지 실제 비중과 목표치(이어서)

국가	1차에너지		최종에너지	
	비중 (2010/2011)1	목표치	비중(2011)	목표치
말라위	88%	-> 2020년까지 7%		
말리		-> 2020년까지 15%		
몰타			0.4%	-> 2020년까지 10%
모리타니아		-> 2015년까지 15% -> 2020년까지 20%		
모리셔스		-> 2025년까지 35%		
멕시코	6.9%			
몰도바		-> 2020년까지 20%		-> 2020년까지 17%
몽골		-> 2020년까지 20-25%		
몬테네그로				-> 2020년까지 33%
모로코		-> 2012년까지 8%		-> 2012년까지 10%
모잠비크	97% (2009년)			
네덜란드2			4.4%	-> 2020년까지 16%
뉴질랜드	39%			
니카라과	65%			
니제르		-> 2020년까지 10%		
노르웨이	65%			-> 2020년까지 67.5%
페루	24%			
팔라우		-> 2020년까지 20%		
팔레스타인				-> 2020년까지 25%
필리핀	41%			
폴란드	8.9%	-> 2020년까지 12%	11%	-> 2020년까지 15%
포르투갈	23%		25%	-> 2020년까지 31%
루마니아	16%		24%	-> 2020년까지 24%
러시아	5.6%			
르완다	87%			
사모아		-> 2030년까지 20%		
세르비아	12%			-> 2020년까지 27%
슬로바키아	7.5%		9.5%	-> 2020년까지 14%
슬로베니아	14%		19%	-> 2020년까지 25%
소말리아	96% (2008년)			
한국	2.75%	-> 2015년까지 4.3% -> 2020년까지 6.1% -> 2030년까지 11%		
남수단	66%			

<표 R10> 2010/2011년 재생에너지의 1차 에너지와 최종에너지 실제 비중과 목표치(이어서)

국가	1차에너지		최종에너지	
	비중 (2010/2011)1	목표치	비중(2011)	목표치
스페인 2	13%		15%	-> 2020년까지 20.8%
세인트루시아		-> 2020년까지 20%		
수단	70% (2009년)			
스웨덴 2	38%		48%	-> 2020년까지 50% -> 2020년까지 49%
스위스	14%	-> 2020년까지 25%		
시리아		-> 2011년까지 4.3%		
탄자니아	>90%			
태국	21%	-> 2022년까지 25%		
통가				-> 2013년까지 100%
터키	11%	-> 2023년까지30%		
우간다	90%			
우크라이나	1.8%	-> 2030년까지 19%		-> 2020년까지 11%
영국	4%		3.8%	-> 2020년까지 15%
우루과이	44%	-> 2015년까지 50%		
베트남	3.2%	-> 2020년까지 5% -> 2025년까지 8% -> 2050년까지 11%		

1. 다른 언급이 없는 경우 국가의 비중은 2010/2011년치이다.
2. 모든 유럽연합 27개국의 최종에너지목표치는 유럽연합령 2009/28/EC하에 설정되었다. 오스트리아, 체코공화국, 독일, 그리스, 헝가리, 스페인, 스웨덴 정부들은 EU의 목표치를 넘어서는 추가적인 목표를 설정했다. 네덜란드 정부는 원래 좀더 야심찼던 목표치를 유럽연합령에서 설정한 수준으로 낮추었다. 일부국가들은 다른 유형의 목표치를 선보였다(표 R11과 R12 참고).

<표 R11> 2011년 재생에너지로 생산된 전력의 비중과 목표치

국가	비중(2011년)	목표치	국가	비중(2011년)	목표치
유럽연합 27개국	20.6%		룩셈부르크	11.6%	->2020년까지 11.8%
알제리	2.2% (2012년)	->2017년까지 5% ->2030년까지 40%	마다가스카르	52%	->2020년까지 75%
앤티가 바부다		->2015년까지 5% ->2020년까지 10% ->2030년까지 15%	말레이시아		->2015년까지 5% ->2020년까지 9% ->2030년까지 11% ->2050년까지 15%
아르헨티나	31%	->2016년까지 8%	말리	58%	->2020년까지 25%
호주	11%	->2020년까지 20%	마셜군도		->2020년까지 20%
바하마		->2020년까지 15% ->2030년까지 30%	모리셔스		->2025년까지 35%
방글라데시	4.6%	->2015년까지 5% ->2020년까지 10%	멕시코	16%	->2026년까지 35%
바베이도스		->2029년까지 29%	몽골		->2020년까지 20-25%
벨기에	10.8%	->2020년까지 20.9%	모로코	33% (2012년)	->2020년까지 42%
카보베르데	7.5%	->2020년까지 50%	뉴질랜드	76%	->2025년까지 90%
칠레2	5.9%	->2014년까지 5% ->2024년까지 10%	나이지리아	20.1%	->2015년까지 5% ->2025년까지 10%
쿡 제도		->2015년까지 50% ->2020년까지 100%	니우에		->2020년까지 100%
코스타리카		->2021년까지 100%	파키스탄2	~0%	->2012년까지 10%
크로아티아	46%	->2020년까지 35%	팔레스타인	0.72% (2012년)	->2020년까지 10%
덴마크 3	40%	->2020년까지 50% ->2050년까지 100%	필리핀	2%	->2020년까지 40%
도미니카		->100%(연도자료없음)	포르투갈	47%	->2020년까지 59%
동티모르		->2020년까지 50%	카타르		->2030년까지 20%
이집트	11%(2012년)	->2020년까지 20%	루마니아	28.1%	->2020년까지 43%
에리트레아		->50%(연도자료없음)	러시아2	0.3%	->2015년까지 2.5% ->2020년까지 4.5%
에스토니아	9.1%	->2015년까지 18%	르완다	55%	->2012년까지 90%
피지		->2015년까지 90%	세네갈		->2020년까지 15%
프랑스	12%	->2020년까지 27%	세이셸		->2020년까지 5% ->2030년까지 15%
가봉	42%	->2020년까지 70%	솔로몬 제도		->2015년까지 50%
독일	21%	->2020년까지 35% ->2030년까지 50% ->2040년까지 65% ->2050년까지 80%	남아프리카공화국	2.2%	->2030년까지 9%
가나		->2020년까지 10%	스페인	30.5%	->2020년까지 38.1%
그리스	15%	->2020년까지 40%	스리랑카2	0.1%	->2016년까지 10% ->2020년까지 20%
과테말라	64%	->2022년까지 60%	세인트키츠네비스		->2015년까지 20%
가이아나		->90%(연도자료없음)	세인트루시아		->2013년까지 5% ->2015년까지 15% ->2020년까지 30%
인도	11%	->2012년까지 10%	세인트빈센트 그레 나딘 제도		->2015년까지 30% ->2020년까지 60%
인도네시아	16%	->2025년까지 26%	수단		->2016년까지 10%
이라크	11%	->2030년까지 2%	태국		->2011년까지 11% ->2022년까지 14%
아일랜드	20%	->2020년까지 40%	통가		->2015년까지 50%
이스라엘	0.5%	->2014년까지 5% ->2020년까지 10%	러시아2	0.3%	->2015년까지 2.5% ->2020년까지 4.5%
이탈리아2	14% 수력제외	->2014년까지 5% ->2020년까지 10%	르완다	55%	->2012년까지 90%
자메이카		->2020년까지 15%	세네갈		->2020년까지 15%
키리바시		->10%(연도자료없음)	세이셸		->2020년까지 5% ->2030년까지 15%
쿠웨이트		->2030년까지 15%	솔로몬 제도		->2015년까지 50%
라트비아	51%	->2020년까지 60%	남아프리카공화국	2.2%	->2030년까지 9%
레바논		->2020년까지 12%	스페인	30.5%	->2020년까지 38.1%

<표 R11> 2011년 재생에너지로 생산된 전력의 비중과 목표치(이어서)

리비아	0% (2012년)	->2020년까지 7% ->2025년까지 10%	스리랑카2	0.1%	->2016년까지 10% ->2020년까지 20%
리투아니아	8.4%	->2020년까지 20%	세인트키츠네비스		->2015년까지 20%
세인트 루시아		-> 2013년까지 5% -> 2015년까지 15% -> 2020년까지 30%	세인트빈센트와 그 레나딘		->2015년까지 30% ->2020년까지 60%
수단		-> 2016년까지 10%	태국		->2011년까지 11% ->2022년까지 14%
통가		-> 2015년까지 50%	튀니지	5.5% (2012년)	->2011년까지 4% ->2016년까지 16% ->2030년까지 40%
터키	25.3%	->2023년까지 30%	투발루		->2020년까지 100%
우간다	54%	->2017년까지 61%	영국과 스코틀랜드	10.3%	->2015년까지 50% ->2020년까지 100%
우루과이	74.6%		바누아투		->2014년까지 23%
베트남		->2020년까지 5%	예멘		->2025년까지 15%

<표 R11의 부록> 2011년 재생에너지를 통한 전력생산의 비중현황(목표치가 없는 나라)

국가	비중(2011년)1	국가	비중(2011년)1
오스트리아	69%	말라위	96.8%; 수력발전을 제외할 경우 2.8%
바레인	0.006%(2012년)	몰타	0.8%
벨로루시	0.8%	몰도바	2.1%
보스니아헤르체고비나	29%	몬테네그로	43%
브라질	89%	모잠비크	99.9%
불가리아	8.4%	네덜란드	10.9%
캐나다	63%	니카라과	32.7%
카메룬	88%	노르웨이	96.6%
중국	18%	파푸아뉴기니	35.5%
콜롬비아	80%	페루	56.9%
코스타리카	91%	폴란드	11.9%
코트디부아르	30%	세네갈	10.3%
쿠바	3.2%(2010년)	세르비아	23.9%
키프로스	4.7%	슬로바키아	17.2%
체코공화국	9.2%	소말리아	69%(2012년)
콩고민주공화국	99.6%(2009년)	한국	3%
엘살바도르	63%	수단	63%
에티오피아	84%	스웨덴	55%
핀란드	32%	스위스	57%
온두라스	65%(2010년)	탄자니아	46%
헝가리	7.6%	태국	7%
아이슬란드	100%	토고	0.6%
이란	5.1%	튀니지	5.5%(2012년)
일본	10.5%; 10MW이상의 수력발전을 제외할 경우 3.8%	우크라이나	5.8%
요르단	0.5%	미국	13%
카자흐스탄	14%	우즈베키스탄	18%
케냐	67.5%; 수력발전을 제외할 경우 3.8%	베네수엘라	73%
레바논	12%(2012년)	잠비아	99.6%(2010년)
마케도니아	21%		

1. 다른 언급이 없는 경우 국가의 비중은 2011년치이다.
2. 일부국가의 경우 비중현황에 대형수력발전소가 제외되어 있다. 이 경우 목표치 역시 대형수력발전을 제외한 것이다. 이런 경우에 속하는 국가로는 칠레, 이탈리아, 룩셈부르크, 파키스탄, 러시아, 스리랑카가 있다.
3. 덴마크의 경우 2020년까지 풍력발전으로 전력소비량의 50%를 채우겠다는 목표를 2012년 3월에 수립했다.

참고: 10% 이상의 수치는 소수점에서 반올림했다. 단, 관련 목표치가 다르게 표현된 경우는 예외다. 위 표에는 많은 수의 주(州)/지방행정구역에서 설정한 추가적인 목표는 들어가지 않았다. 미국과 캐나다의 경우 기존의 재생에너지할당정책을 통해 사실상 주 또는 지방정부 수준의 목표치를 수립하고 있고, 국가차원의 목표치는 없다(표 R12-R16 참조). 일부국가들은 다른 형태의 목표치를 수립했다(표 R10과 R12 참조). 국가 하부단위의 목표치에 대한 더 자세한 정보는 4장을 참고할 것. 비중 현황은 개략적인 것으로 전적으로 신뢰할만한 수치는 아니다. 전력의 비중은 다른 방법을 사용하여 계산된 것일 수 있다. 보고된 수치들은 정확히 어떤 방법을 사용하여 계산된 것인지 밝히지 않은 경우가 종종 있어서 위 표의 전력비중 수치에는 다른 방법론이 뒤섞여 있을 수 있고, 따라서 국가별로 단순비교하기 어렵다. 특히 Observ'ER에서 가져온 일부 비중들은 보고서 작성에 참여한 사람들이 REN21에 제공한 수치들과 다르다. 비중이 서로 맞지 않을 경우에는 보고서 작성에 참여한 사람들이 REN21에 제공한 수치를 올렸다.

<표 R12> 다른 재생에너지 목표치

국가	부문/기술	목표치
유럽연합27개국	수송	모든 유럽연합 27개국은 2020년까지 수송부문의 최종에너지소비량의 10%를 재생에너지로 충족시켜야 한다.
알제리	풍력	2013년까지 10MW; 2015년까지 50MW; 2020년까지 270MW; 2030년까지 2,000MW
	태양광발전	2013년까지 25MW; 2015년까지 241MW; 2020년까지 946MW; 2030년까지 2,800MW
	집광형태양열발전	2013년까지 25MW; 2015년까지 325MW; 2020년까지 1,500MW; 2030년까지 7,200MW
아르헨티나	재생에너지전력	2016년까지 3GW
	지열	2016년까지 30MW의 전력생산
호주 (South Australia)	재생에너지전력	2020년까지 전력생산량의 33%
오스트리아	풍력	2020년까지 2,000MW 추가
	태양광발전	2020년까지 1,200MW 추가
	수력	2020년까지 1,000MW 추가
	바이오에너지와 바이오가스	2020년까지 200MW 추가
방글라데시	태양발전	2015년까지 500MW
	농촌 독립형 태양 발전	2015년까지 250만대
	바이오에너지	2014년까지 2MW급 전력생산발전소
벨기에	바이오가스	2016년까지 15만대의 발전소; 2014년까지 4MW급 전력생산발전소
	수송	2020년까지 수송부문 총최종에너지소비량에서 재생에너지의 비중 10.14%
(Walloonia)	냉난방	2020년까지 냉난방부문의 총최종에너지소비량에서 재생에너지의 비중 11.9%
(Walloonia)	수송	2020년까지 수송부문 총최종에너지소비량에서 재생에너지의 비중 10.14%
(Walloonia)	최종에너지	2020년까지 재생에너지의 비중 20%
(Walloonia)	재생에너지전력	2025년까지 재생에너지전력 연간 8TWh
베냉	농촌에너지	2025년까지 재생에너지로 농촌전력의 50%
브라질	풍력	2021년까지 15.6GW
	소수력발전	2021년까지 7.8%
	바이오에너지	2021년까지 19.3%
불가리아	태양광발전	2014년까지 80MW의 태양광발전소 가동
	수력	2011년까지 80MW의 수력발전소 발주; 2017-18년까지 174MW급 수력발전소 3기
캐나다		
(New Brunswick)	재생에너지전력	2020년까지 재생에너지전력 40%;, 2016년까지 재생에너지비중 10% 상승
(Nova Scotia)	재생에너지전력	2012년까지 20%; 2015년까지 25%
(Saskatchewan)	재생에너지일반	2030년까지 33.3%
(Prince Edward Island)	풍력	2030년까지 2011년보다 30MW 증가
(Ontario)	재생에너지전력	2022년까지 107,000MW
	풍력	2025년까지 5,000MW
	태양광발전	2025년까지 40MW
	수력	2025년까지 1,500MW
중국	재생에너지전력	2013년 신규재생에너지용량 49GW
	풍력	2015년까지 100GW 전력망에 연결; 2020년까지 200GW
	태양광발전	2013년 10GW; 2015년까지 20GW
	집광형태양열발전	2015년까지 1GW
	수력	2015년까지 290GW
	바이오에너지	2015년까지 13GW
	태양열	2015년까지 280GWth (4억 m ²)

<표 R12> 다른 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술	목표치
콜롬비아	전력망에 연결된 재생에너지	2015년까지 3.5%; 2020년까지 6.5%
	독립형 재생에너지	2015년까지 독립형 전력의 20%; 2020년까지 30%
체코공화국	수송	2020년까지 수송부문의 총최종소비량에서 재생에너지의 비중 10.8%
덴마크	풍력	2020년까지 전력소비량 중 50%
	냉난방	2020년까지 39.8%
	수송	2020년까지 10%
지부티	태양광발전	2017년까지 농촌보급전력의 30%
이집트	비수력 재생에너지	2020년까지 전력의 14%
	풍력	2020년까지 전력의 12%/7,200MW
	태양광발전	2020년까지 220MW;2027년까지 700MW
	집광형태양열발전	2020년까지 1,100MW;2027년까지 2,800MW
에리트레아	풍력	전력생산의 50%(연도자료없음)
에티오피아	풍력	2014년까지 770MW
	수력	2015년까지 10,641.6MW(90% 이상이 대형); 2030년까지 22,000MW
	지열	2015년까지 75MW;2018년까지 450MW;2030년까지 1,000MW
	바이오에너지용 사탕수수 찌꺼기	103.5MW(연도자료없음)
핀란드	풍력	2020년까지 884MW
	수력	2020년까지 14,598MW
	바이오에너지	2020년까지 13,152MW
프랑스	태양광발전과 집광형태양열발전	2013년에 신규용량 1GW 설비
	풍력	2020년까지 25GW
	해상풍력과 해양에너지	2020년까지 6GW
	냉난방	2020년까지 33%
	수송	2020년까지 10.5%
독일	난방	2020년까지 총난방공급에서 14%를 재생에너지로
그리스	태양광발전	2030년까지 2,200MW
	냉난방	2020년까지 냉난방의 20%를 재생에너지로
기니비사우	태양광발전	2015년까지 1차에너지의 2%
인도	재생에너지전력	2017년까지 용량 53GW
	풍력	2017년까지 5GW
	태양에너지	2017년까지 10GW;2022년까지 20GW 전력망연결; 2020년까지 2,000MW 독립형전력; 2020년까지 2천만대의 태양조명시스템
	소수력	2017년까지 2.1GW
	바이오에너지	2017년까지 2.7GW
	태양열 급탕	2012년과 2017년 사이에 5.6GWth(8백만㎡) 신규용량 추가
인도네시아	풍력, 태양, 수력	2025년까지 1차에너지 중 1.4%(합해서)
	풍력	2025년까지 0.1GW
	태양광발전	2025년까지 156.76MW
	수력	2025년까지 0.43GW의 초소형 수력발전 포함, 2GW
	양수발전 1	2025년까지 3GW
	지열	2025년까지 1차에너지의 6.3%와 12.6GW의 전력
	바이오연료	2025년까지 1차에너지의 10.2%
이라크	풍력	2016년까지 80MW
	태양광발전	2016년까지 240MW
	집광형태양열발전	2016년까지 80MW

<표 R12> 다른 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술	목표치
아일랜드	난방	2020년까지 재생에너지 비중 15%
이탈리아	풍력(지상)	2020년까지 18,000GWh의 발전과 12,000MW의 용량
	풍력(해상)	2020년까지 2,000GWh의 발전과 680MW의 용량
	태양광발전	2017년까지 23,000MW
	수력	2020년까지 42,000GWh의 발전과 17,800MW의 용량
	지열	2020년까지 6,750GWh의 발전과 920MW의 용량; 2020년까지 냉난방분야에서 300ktoe
	바이오에너지	2020년까지 19,780GWh의 발전과 3,820MW의 용량; 2020년까지 냉난방분야에서 5,670ktoe
	냉난방	2020년까지 17.1%
	태양열급탕과 공간난방	2020년까지 1,586ktoe
	수송	2020년까지 17.4%
일본	바이오연료	2020년까지 수송분야에서 2,899ktoe
	풍력	2020년까지 5GW; 2030년까지 해상풍력 8.03GW
	태양광발전	2020년까지 8GW
	수력	2020년까지 49GW
	지열	2020년까지 0.53%; 2030년까지 3.88GW
	바이오에너지	2020년까지 3.3GW; 2030년까지 6GW
요르단	파력과 조력	2030년까지 1,500MW의 신규용량
	재생에너지전력	2018년까지 1,000MW
	풍력	2020년까지 1,200MW
	태양광발전	2020년까지 300MW
	집광형태양열발전	2020년까지 300MW
카자흐스탄	태양열급탕	2020년까지 가구의 30%(2010년은 13%임)
	재생에너지전력	2020년까지 1.04GW
케냐	재생에너지전력	2012년까지 설비용량을 두배로 늘림
	지열	2030년까지 5,000MW
	태양열급탕	매일 1백리터 이상의 온수를 사용하는 건물의 연간 수요 중 60%를 충족시킴
쿠웨이트	풍력	2030년까지 3.1GW와 7.5TWh
	수력	2030년까지 3.5GW와 4.2TWh
	집광형태양열발전	2030년까지 1.1GW와 3.2TWh
레바논	풍력	2015년까지 60-100MW
	수력	2015년까지 40MW
	바이오가스	2015년까지 15-25MW
	태양열급탕	2009-2014년 동안 신규설비용량 133MWth(19만㎡) 달성
레소토	재생에너지전력	2030년까지 260MW
	농촌에너지	2020년까지 재생에너지로 농촌보급전력의 35%를 충당
리비아	풍력	2015년까지 260MW; 2020년까지 600MW; 2025년까지 1,000MW
	태양광발전	2015년까지 129MW
	집광형태양열발전	2020년까지 125MW; 2025년까지 375MW
	태양열급탕	2015년까지 80MWth; 2020년까지 250MWth

<표 R12> 다른 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술	목표치
룩셈부르크	냉난방	2020년에 냉난방부문 총최종소비량 중 재생에너지의 비중이 8.5%
말라위	수력	2014년까지 설비용량 346.5MW
말레이시아	재생에너지전력	2,065MW(대형수력발전 제외), 11.2TWh 또는 국가공급량의 10%; 2015년까지 6%의 용량; 2020년까지 11%의 용량; 2030년까지 14%의 용량; 2025년까지 36%의 용량
미크로네시아	재생에너지전력	2020년까지 도심지에서는 재생에너지전력 10%, 농촌지역에서는 50%
모로코	풍력	2020년까지 2,000MW
	태양	2020년까지 2,000MW
	수력	2020년까지 2,000MW
	태양급탕	2012년까지 280MWh(400,000㎡); 2020년까지 1.2GWth(170만㎡)
모잠비크	풍력, 태양, 수력	각각 2,000MW(연도자료 없음)
	태양광발전	82,000개의 시스템 설비(연도자료 없음)
	태양급탕 및 공간난방	농촌지역에서 10만개의 시스템 설비(연도자료 없음)
	물펌프용 풍력발전소	3,000개 설비(연도자료 없음)
	바이오가스용 생분해기	1,000개의 시스템 설비(연도자료 없음)
	재생에너지기반 생산시스템	5,000개 설비(연도자료 없음)
네팔	풍력	2013년까지 1MW
	태양	2013년까지 3MW
	초소형 수력	2013년까지 15MW
네덜란드	바이오연료	2013년까지 수송용 연료혼합물에서 5%; 2020년까지 10%
나이지리아	풍력	2015년까지 1MW; 2025년까지 20MW; 2035년까지 40MW
	유틸리티 규모의 (1MW 이상) 태양광발전	2015년까지 1MW; 2025년까지 50MW
	소수력	2015년까지 100MW; 2025년까지 734MW; 2035년까지 19,000MW
	바이오에너지	2025년까지 100MW; 2035년까지 800MW
노르웨이	재생에너지전력	2016년까지 30TWh의 전력생산
	스웨덴과의 공통 전력인증시장	2020년까지 26.4TWh
팔레스타인	풍력	2020년까지 40MW
	태양광발전	2020년까지 45MW
	집광형태양열발전	2020년까지 20MW
	바이오에너지	2020년까지 21MW
필리핀	재생에너지전력	2030년까지 2020년의 재생에너지 전력용량의 3배
	풍력	2030년까지 1,975MW 추가
	태양	2030년까지 284MW 추가
	수력	2030년까지 5,394.1MW 추가
	지열	2030년까지 1,165MW 추가
	바이오에너지	2030년까지 81MW 추가
폴란드	해양에너지	2030년까지 71MW
	풍력(해상)	2020년까지 1GW

<표 R12> 다른 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술	목표치
포르투갈	재생에너지전력	2020년까지 15.8GW
카타르	태양광발전	2014년까지 1.8GW
루마니아	냉난방	2020년까지 22%
	수송	2020년까지 10%
르완다	수력	2017년까지 340MW
	소수력	2015년까지 42MW
	지열	2017년까지 310MW
	바이오가스	2017년까지 300MW
	독립형 재생에너지	2017년까지 5MW
사모아	재생에너지전력	2030년까지 에너지서비스와 공급량에 있어서 재생에너지의 기여분 20% 증가
사우디아라비아	재생에너지전력	2020년까지 24GW; 2032년까지 54GW
	태양 풍력, 지열, 폐기물에너지2	2032년까지 41GW(집광형태양열 25GW와 태양광발전 16GW) 모두 합쳐 2032년까지 13GW
세르비아	풍력	1,390MW(연도자료 없음)
	태양	2017년까지 150MW
남아프리카공화국	재생에너지전력	2030년까지 17.8GW
한국	용량	
	풍력	2020년까지 415만4천 toe
	태양광발전	2030년까지 136만4천 toe
	태양열	2030년까지 188만2천 toe
	수력	2030년까지 147만7천 toe
	지열	2030년까지 126만1천 toe
	바이오에너지	2030년까지 1035만7천 toe
	지자체의 유기폐기물2	2030년까지 1102만1천 toe
	해양에너지	2030년까지 154만 toe
	전력생산	
	재생에너지전력	2015년까지 13,016GW(2.9%); 2020년까지 21,977GWh(4.7%); 2030년까지 39,517GWh(7.7%)
	풍력	2013년까지 100MW; 2016년까지 900MW; 2019년까지 1.5GW; 2030년까지 16,619GWh
	태양광발전	2030년까지 2,046GWh
	태양열	2030년까지 1,971GWh
	대형수력	2030년까지 3,860GWh
	소수력	2030년까지 1,926GWh
	지열	2030년까지 2,803GWh
삼림 바이오에너지	2030년까지 2,628GWh	
바이오가스	2030년까지 161GWh	
매립지가스	2030년까지 1,340GWh	
해양에너지	2030년까지 6,159GWh	

<표 R12> 다른 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술	목표치
스페인	전력	
	육상풍력	2020년까지 35,000MW
	해상풍력	2020년까지 750MW
	태양광발전	2020년까지 7,250MW
	집광형태양열발전	2020년까지 4,800MW
	수력	2020년까지 13,861MW
	양수발전1	2020년까지 8,811MW
	지열	2020년까지 50MW
	(고체)바이오에너지	2020년까지 1,350MW
	지자체의 유기폐기물2	2020년까지 200MW
	바이오가스	2020년까지 400MW
	해양에너지	2020년까지 100MW
	냉난방	
	일반재생에너지	2020년까지 18.9%
	태양급탕과 공간난방	2020년까지 644ktoe
	지열	2020년까지 9.5ktoe
	바이오열	2020년까지 4,653ktoe
	열펌프	2020년까지 50.8ktoe
	수송	
	일반재생에너지	2020년까지 수송부문의 최종에너지 소비 중 재생에너지 11.3%
	바이오디젤	2012년과 2013년까지 수송용 연료 사용에 있어서 최종에너지의 7%; 2020년까지 2,313ktoe
	에탄올/바이오ETBE	2020년까지 400ktoe
	수송용 전기	2020년까지 재생에너지원으로 501ktoe
	최종에너지	
	풍력	2020년까지 6.3%
	태양	2020년까지 3%
	수력	2020년까지 2.9%
지열, 해양에너지, 열펌프	2020년까지 5.8%	
바이오에너지, 바이오가스, 지자체의 유기폐기물2	2020년까지 5.8%	
바이오연료	2020년까지 2.7%	
스리랑카	풍력, 소수력, 바이오파워	2015년까지 전력생산의 10%
	바이오연료	2020년까지 모든 액체연료 공급량의 20%
수단	풍력	2031년까지 320MW
	태양광발전	2031년까지 350MW
	집광형태양열발전	2031년까지 50MW
	수력	2031년까지 54MW
	(고체)바이오에너지	2031년까지 80MW
	바이오가스	2031년까지 150MW

<표 R12> 다른 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술	목표치
스와질란드	태양급탕	2014년까지 모든 공공건물의 20%에 설치
스웨덴	재생에너지전력	2020년까지 2002년보다 25TWh 많은 재생에너지전력
	노르웨이와의 공 통전력인증시장	2020년까지 26.4TWh
	수송	2030년까지 화석연료에서 독립적인 수송차량
스위스	재생에너지전력	2035년까지 11.94TWh; 2050년까지 24.22TWh
	수력	2035년까지 43TWh
시리아	풍력	2015년까지 150MW; 2020년까지 1,000MW; 2025년까지 1,500MW; 2030 년까지 2,000MW
	태양광발전	2015년까지 45MW; 2020년까지 380MW; 2025년까지 1,100MW; 2030년까 지 1,750MW
	집광형태양열발 전	2025년까지 50MW
	바이오에너지	2020년까지 140MW; 2025년까지 260MW; 2030년까지 400MW
타지키스탄	소수력	2020년까지 100MW
태국	전력	
	풍력	2022년까지 1,200MW
	태양	2020년까지 2,000MW
	수력	2020년까지 1,608MW
	지열	1MW
	바이오에너지	2022년까지 3,630MW
	바이오가스	2022년까지 600MW
	지자체의 유기폐 기물2	2022년까지 160MW
	파력과 조력	2022년까지 2MW
	난방	
	태양	2022년까지 100ktoe
	고체바이오매스	2022년까지 8,200ktoe
	바이오가스	2022년까지 1,000ktoe
	지자체의 유기폐 기물2	2022년까지 35ktoe
	수송	
에탄올	2022년까지 하루 9백만리터	
바이오디젤	2022년까지 하루 597만리터	
고급바이오연료	2022년까지 하루 2천5백만리터	
트리니다드 토바고	재생에너지전력	2020년까지 첨두수요의 5%(또는 60MW)
튀니지	재생에너지전력	2016년까지 1,000MW(16%); 2030년까지 4,600MW(40%)
	풍력	2030년까지 1,500MW
	태양광발전	2030년까지 1,900MW
	집광형태양열발 전	2030년까지 300MW
	(고체)바이오에 너지	2030년까지 300MW

<표 R12> 다른 재생에너지 목표치(이어서)

국가	부문/기술	목표치
우간다	가정용태양광시스템	2012년까지 400kWp; 2017년까지 700kWp
	대형수력	2012년까지 830MW; 2017년까지 1,200MW
	초소형 및 소형 수력	2012년까지 50MW; 2017년까지 85MW
	지열	2012년까지 25MW; 2017년까지 45MW
	지자체의 유기폐기물 2	2012년까지 15MW; 2017년까지 30MW
	태양급탕	2012년까지 4.2MWh(6,000㎡); 2017년까지 21MWh(30,000㎡)
	바이오연료	2012년까지 연간 72만㎡ 생산; 2017년까지 연간 216만㎡ 생산
우크라이나	태양	2030년까지 에너지균형의 10%; 2015년까지 연간 90% 성장률
아랍에미리트연합		
(아부다비)	재생에너지전력	2020년까지 발전용량 중 재생에너지 7%
(두바이)	재생에너지전력	2030년까지 발전용량의 5%와 1GW
영국	열	2020년까지 12%
	바이오연료	2014년까지 5%
우루과이	풍력	2015년까지 1GW
	바이오에너지	2015년까지 200MW
베트남	바이오연료	2015년까지 국내석유수요의 1%에 상응하는 양; 2025년까지 국내석유수요의 5%
	풍력	2025년까지 400MW
예멘	태양광발전	2025년까지 4MW
	집광형태양열발전	2025년까지 100MW
	지열	2025년까지 200MW
	바이오에너지	2025년까지 6MW
	바이오연료	2015년까지 액체연료 중 10%

- 순수한 양수발전소는 에너지원이 아니라 에너지 저장수단이다. 따라서 양수에는 변환손실이 따른다. 게다가 양수발전소는 재생에너지와 비재생에너지원 모두로 가동할 수 있다. 양수발전을 여기에 포함시킨 이유는 발전의 균형을 잡을 때, 특히 변동성이 큰 재생에너지원의 균형을 맞추는 데 중요한 역할을 할 수 있기 때문이다.
 - 지자체폐기물의 경우 (플라스틱이 포함된) 전체인지 아니면 유기물만 들어있는지를 판별하는 일이 항상 가능하지는 않다. 태국은 모두 유기물임이 확인되었고, 우간다는 유기물이 주를 이룬다.
- 참고: 위의 일부국가들에게는 다른 형태의 목표치도 있다(표 R10과 R11 참고).

<표 R13> 발전차액지원정책을 실시하는 국가/주/지방의 누적수치

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	56	남호주(호주); 알바니아; 불가리아; 크로아티아; 도미니카공화국; 핀란드; 마케도니아; 몰도바; 몽골
2008	70	퀸즐랜드(호주); 캘리포니아(미국); Chhattisgarh, Gujarat, Haryana, Punjab, Rajasthan, Tamil Nadu, West Bengal(인도); 이란; 케냐; 필리핀; 탄자니아; 우크라이나
2009	81	Australian Capital Territory, New South Wales, Victoria(호주); 하와이, 오레곤, 버몬트(미국); 일본; 카자흐스탄; 세르비아; 남아프리카공화국; 대만
2010	86	보스니아헤르제고비나; 말레이시아; 모리셔스; 몰타; 영국
2011	92	로드아일랜드(미국); 노바스코샤(캐나다); 가나; 몬테네그로; 네덜란드; 시리아
2012	97	요르단; 나이지리아; 팔레스타인; 르완다; 우간다
2013 (초)	97	
	99	총계

참고: “누적수치”는 해당연도에 발전차액지원정책을 실시한 행정구역의 수를 말한다. “총계”에는 이후에 정책을 중단한 것으로 알려진 5개국(브라질, 모리셔스, 남아프리카공화국, 한국, 미국)을 제외하고, 발전차액지원정책을 실시하고는 있으나 정확한 시행연도를 알 수 없는 7개국(온두라스, 레소토, 파나마, 페루, 세네갈, 타지키스탄, 우루과이)을 포함시켰다. 미국의 PURPA 정책(1978년)은 발전차액지원제도의 초기버전으로 그 이후 꾸준히 진화했다.

<표 R14> 재생에너지할당정책을 실시하는 국가/주/지방의 누적수치

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, 몬테나(미국); Gujarat(인도)
2006	39	워싱턴주(미국)
2007	44	일리노이, 뉴햄프셔; 노스캐롤라이나; 오레곤(미국); Northern Mariana Island(미국)
2008	51	미시건, 미주리, 오키오(미국); 칠레; 인도; 필리핀; 루마니아
2009	52	캔사스(미국)
2010	55	브리티시컬럼비아(캐나다); 한국; 푸에르토리코(미국)
2011	56	이스라엘
2012	58	중국; 노르웨이
2013 (초)	58	
	76	총계

참고: “누적수치”는 해당연도에 재생에너지할당제도를 실시한 행정구역의 수를 말한다. 행정구역은 최초정책시행 연도에 따라 나열했다. 많은 정책들이 이후에 수정되거나 갱신되었고, 일부는 폐지 또는 소멸되기도 했다. “총계”에는 재생에너지할당제도를 시행하고 있지만 정확한 시행연도가 알려지지 않은 18개의 행정구역이 포함되었다(인도네시아, 키르기스스탄, 리투아니아, 말레이시아, 팔라우, 포르투갈, 루마니아, 스리랑카, 아랍에미리트연합, 그리고 인도의 Chhattisgarh, Haryana, Kerala, Punjab, Pajasthan, Tamil Nadu, Uttarakhand, Uttar Pradesh, West Bengal 주이다). 미국에서는 정책목표를 보유한 주/령이 10개 더 있지만, 법적 구속력은 없다(괌, 인디애나, 노스다코타, 오클라호마, 사우스다코타, 미국령 버진아일랜드, 유타, 버몬트, 버지니아, 웨스트버지니아). 캐나다에도 법적 구속력이 없는 정책목표를 보유한 지방이 세군데 더 있다(앨버타, 마니토바, 퀘벡). 이탈리아의 재생에너지할당제도는 새로운 정부령에 의해 곧 폐지될 예정이지만, 2013년 초에는 아직 시행중이었다.

<표 R15> 국가와 주/지방의 바이오연료혼합규정

국가	규정
앙골라	E10
아르헨티나	E5와 B7
호주	지방: New South Wales E4와 B2; Queensland E5
벨기에	E4와 B4
브라질	E18-25와 B5
캐나다	국가: E5와 B2. 지방: 브리티시컬럼비아 E5와 B4; 앨버타 E5와 B2; 서스캐처원 E7.5와 B2; 마니토바 E8.5와 B2; 온타리오 E5
중국	9개의 지방에서 E10
콜롬비아	E8
코스타리카	E7과 B20
과테말라	E5
인도	E5
인도네시아	B2.5와 E3
자메이카	E10
말라위	E10
말레이시아	B5
모잠비크	2012-2015년 E10; 2016-2020년 E15; 2021년부터 E20
파라과이	E24와 B1
페루	B2와 E7.8
필리핀	E10과 B2
남아프리카 공화국	E10
한국	B2.5
수단	E5
태국	E5와 B5
터키	E2
미국	국가: 재생가능연료규정2(RFS2)는 2020년까지 수송용 연료에 연간 1천3백6십억리터(3백6십억갤런)의 재생가능연료를 혼합할 것을 요구하고 있다. 주: 미주리와 몬태나 E10; 플로리다 E9-10; 하와이 E10; 루이지애나 E2와 B2; 매사추세츠 2012년까지 B4, 2013년까지 B5(모두 해당연도의 7월 1일까지); 미네소타 E10과 B5, 2013년까지 B10, 2015년까지 E20; 뉴멕시코 2012년 7월 1일 이후로 B5; 오레건 B10과 B5, 펜실베이니아의 경우 주내 바이오디젤 생산량이 4천만 갤런에 도달한지 1년 뒤에는 B2, 1억갤런에 도달한지 1년 뒤에는 B5, 2억갤런에 도달한지 1년 뒤에는 B10, 4억갤런에 도달한지 1년 뒤에는 B20; 워싱턴주의 경우 E2와 B2였다가, 주내 원료 및 기름용씨앗 분쇄용량이 3%의 요구치에 도달한지 180일 뒤에는 B5로 상향조정.
우루과이	B5; 2015년까지 E5
베트남	E5
잠비아	E10과 B5
짐바브웨	E5에서 E10과 E15로 상향조정할 예정

참고: 멕시코의 경우 Guadalajara시에 E2 시범규정이 있다. 도미니카 공화국의 경우 2015년을 기준으로 B2와 E15 규정이 있지만, 지금 당장 적용되는 혼합규정은 없다. 칠레의 경우 E5와 B5라는 목표를 가지고 있지만, 지금 당장 적용되는 혼합규정은 없다. 파나마는 2014년에 E4, 2015년에 E7, 2016년에 E10이라는 에탄올 규정을 2013년에 도입할 계획을 세우고 있다. 피지는 2011년에 B5와 E10을 자발적으로 이행할 것을 발표했는데, 이는 의무규정으로 변경될 수도 있다. 케냐에 있는 Kisumu시에는 E10 의무규정이 있다. 나이지리아의 경우 E10을 목표로 세우긴 했지만 지금 당장 적용되는 규정은 없다. 에콰도르도 2014년까지 B2, 2024년까지 B17이라는 계획을 수립했고, 몇 개지역에서 E5 시범프로그램을 진행하고 있다. 이 표에는 바이오연료혼합규정만 나와있고, 추가적인 수송 및 바이오연료 목표치는 표 R12에 있다.

<표 R16> 시와 지방의 재생에너지정책: 선별된 사례

에너지 중 재생가능에너지의 비중 목표치, 모든 소비자	
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%
영국, 런던	2030년까지 총에너지의 25%
일본, 나가노현	2050년까지 총에너지의 70%
프랑스, 파리	2020년까지 총에너지의 25%
스웨덴, Skellefteå	2020년까지 바이오매스, 수력, 풍력에너지의 순수출국이 됨
전력 중 재생가능전력의 비중 목표치, 모든 소비자	
호주, 아델레이드	2014년까지 15%
네덜란드, 암스테르담	2025년까지 25%; 2040년까지 50%
미국, 텍사스, 오스틴	2020년까지 35%
남아프리카공화국, 케이프타운	2020년까지 15%
독일, 뮌헨	2025년까지 100%
일본, 나가노현	2050년까지 30%; 2030년까지 10%; 2020년까지 10%
미국, 캘리포니아, 샌프란시스코	2020년까지 100%
스웨덴, Skellefteå	2020년까지 100%
대만, 타이베이시	2020년까지 12%
독일, 울름	2025년까지 100%
뉴질랜드, 웰링턴	2020년까지 78-90%
재생에너지전력용량 목표치	
호주, 아델레이드	2020년까지 주거용 및 상업용 건물에 태양광발전 2MW
미국, 캘리포니아, 로스앤젤레스	2020년까지 태양광발전 1.3GW
미국, 캘리포니아, 산디에고	2013년까지 50MW 재생에너지 목표
미국, 캘리포니아, 샌프란시스코	2020년까지 첨두수요의 100%(950MW)
재생에너지 정부 자체사용구매 목표치	
인도, Bhubaneswar	재생에너지 사용 및 에너지 효율성을 통해 2012년까지 관행 에너지사용량을 15% 축소
호주, Hepburn Shire	공공건물 자체사용 에너지의 100%; 공공조명용 전력의 8%
스웨덴, Malmö	2030년까지 자체사용 에너지의 100%
미국, 오리건, 포틀랜드	2030년까지 자체사용 전력의 100%
인도, Surat	2014년까지 비관행에너지원으로 자체사용 전력의 82% 달성
호주, 시드니	건물 자체사용 전력의 100%; 가로등 전력의 20%
미국, 워싱턴 DC	2012년에 자체사용전력의 100%

<표 R16> 시와 지방의 재생에너지정책: 선별된 사례(이어서)

난방관련 규정	
네덜란드, 암스테르담	2040년까지 최소 20만채의 주택을 대상으로 지역난방(바이오가스, 바이오매스, 폐열을 이용)
인도, Chandigarh	2013년 현재 산업시설, 호텔, 병원, 교도소, 구내식당, 주거단지, 정부 및 주거용 건물에 태양급탕의 사용 의무화
미국, 캘리포니아, 로스앤젤레스	(2010년 현재) 모든 신규건물에 태양에너지를 포집할 수 있는 지붕과 전기차량 관련 부속품을 의무화
포르투갈, Loures	2013년 현재 일조량이 좋은 모든 스포츠시설과 학교에 태양열시스템의 설치를 의무화
독일, 윈첸	패시브형 태양디자인(공간난방, 공정열, 급탕)을 통해 2058년까지 (2009년 기준) 난방수요를 80% 감축
프랑스, 낭트	2017년까지 지역난방시스템을 확장하여 도시거주자 절반에세 바이오매스 보일러로 난방을 제공함
화석연료감축목표, 모든 소비자	
스웨덴, Göteborg	2050년까지 총에너지의 탈화석연료 100% 달성
스페인, 마드리드	2020년까지 화석연료사용량의 20% 감축
인도, Rajkot	2013년까지 화석연료사용량의 10% 감축
한국, 서울	2030년까지 화석연료와 핵에너지 사용량 30% 감축
스웨덴, Växjö	2030년까지 총에너지의 탈화석연료 100% 달성
인도, Vijayawada	2018년까지 화석연료사용량의 10% 감축
이산화탄소 배출량 감축 목표치, 모든 소비자	
덴마크, Aarhus	2030년까지 탄소중립 달성
독일, Bottrop	2020년까지 (2010년 기준) 50% 감축
미국, 일리노이, 시카고	2050년까지 (1990년 기준) 80% 감축
덴마크, 코펜하겐	2015년까지 20% 감축, 2025년까지 탄소중립
미국, 텍사스, 댈러스	2030년까지 탄소중립 달성
독일, 괴팅겐	2020년까지 50% 감축; 2050년까지 100%
독일, 함부르크	2020년까지 40% 감축; 2050년까지 80%(1990년 기준)
스웨덴, Malmö	2020년까지 순배출량 제로
노르웨이, 오슬로	2030년까지 (1991년 기준) 50% 감축; 2050년까지 탄소중립
한국, 서울	2020년까지 (1990년 기준) 50% 감축
스웨덴, 스톡홀름	2015년까지 일인당 배출량 3톤으로 감축(1990년 일인당 배출량 5.5톤 기준)
일본, 도쿄	2020년까지 (2000년 기준) 25% 감축
캐나다, 온타리오, 토론토	2050년까지 80%; 2020년까지 30% 감축(1990년 기준)

<표 R16> 시와 지방의 재생에너지정책: 선별된 사례(이어서)

도시계획	
영국, 스코틀랜드, 글래스고	“지속가능한 글래스고”는 2020년까지 (2006년 기준) 이산화탄소 30% 감축을 목표로 하고, 아래와 같이 감축 목표를 세분하고 있음: 열병합발전/지역난방: 9%; 바이오매스: 2%; 바이오가스 및 폐기물: 6%; 기타재생에너지: 3%; 수송: 3%; 연료전환: 3%; 에너지 관리시스템: 6%. 그 외에도 아래와 같은 계획이 있음. 모든 신규건물은 지역난방시스템을 통해 난방을 해야 하며 그렇지 않을 경우 그보다 낮은 탄소배출을 할 수 있는 대안을 제시해야 함; 연간 76GWh의 풍력발전; 저탄소 운송수단(바이오가스/전기차량)에 대한 재정적 인센티브
중국, 홍콩	중국 “최고의 녹색지역”이 되고자 함. 관련전략으로는 아래와 같은 것들이 있음: 2020년까지 전력생산믹스에서 석탄이 차지하는 비중을 10% 이하로 제한하고, 2020-2030년까지 기존의 석탄발전소를 단계적으로 폐쇄함; 해수를 이용하는 지역냉방하부시설의 건설/운영에 투자함; 2020년까지 10만가구의 전력수요를 (매립지와 폐수의) 바이오가스로 충당함; 모든 정부건물과 수영장에 태양급탕시스템을 설치함; 2020년까지 총전력수요의 1-2%를 충족시키기 위해 풍력터빈을 설치함; 2020년까지 E10과 B10을 달성함. 또한 다음을 통해 의식을 고취함: 정부건물에 전시된 태양광시설; 홍콩에서 사용하기에 적합한 재생에너지기술 관련 정보를 제공하는 웹사이트; 홍콩의 재생에너지시설 공급자들과 관련된 정보, 교육자료, 뉴스/이벤트.
스웨덴, Malmö	“2020년 탄소중립 Climate Neutral by 2020”에서는 에너지 믹스를 주로 태양, 풍력, 수력, 바이오가스로 전환하는 계획이 담겨있음. 또한 2020년까지 일인당 에너지소비량을 20% 감축하는 목표도 세우고 있음(기준선: 2001년에서 2005년 사이 평균연간 이용량). 핵심전략은 아래와 같음: 지역냉난방의 확대; 재생에너지 100% 지역 개발; 구형차량을 100% “녹색차량”으로 교체; 전기차량 관련 하부시설을 개발
한국, 서울	2030년까지의 목표는 아래와 같음: 총에너지의 20%를 재생에너지로 충당; 에너지소비량의 20% 감축; (1990년 기준) 온실가스배출량의 40% 감축; 태양전지, 폐기물 복원, 녹색빌딩 등 열가지 녹색기술을 증진함으로써 1백만개의 신규녹색일자리 창출. 국내 시장을 양성하기 위해 서울은 아래의 것들을 공급할 예정임: 종자자금; 자본대출; 중소기업에 대한 신용보증; 2030년까지 연구개발 분야에 1억 USD 투자(연간 기술당 2만 USD); 해외 마케팅 지원
호주, 시드니	“지속가능한 시드니 2030”에서는 온실가스배출량을 상당량 감축하는 방안과 전체론적 접근법이 기술되어 있음. 2030년까지 2006년 수준보다 배출량을 70% 감축하고, 2020년까지 전력 중 재생에너지 전력의 비중 25%를 목표로 함. 종합계획에서는 바이오가스 상층 열병합발전소 trigeneration plant로 발전하는 “저탄소구역” 15곳; (바이오)가스로 전력/냉난방을 제공하는 분산형 발전. 송전. 배전네트워크(하부시설)의 개발; 2030년까지 바이오가스를 사용하는 상층 열병합발전으로 전력용량 360MW를 달성하는 목표; 센트럴 파크에 11개의 “에너지-플러스” 건물에 대해 구체적으로 규명할 것임.
캐나다, 브리티시컬럼비아, 밴쿠버	“최고의 녹색도시 2020”은 2020년까지 제로탄소, 제로폐기물, 건강한 생태계라는 목표를 달성하기 위한 행동계획임. 이 안에는 10가지 작은 계획이 들어있는데, 각각에는 아래와 같은 장기적인 목표와 2020년 목표가 있음: 2020년 이후로 건설되는 모든 건물에서 탄소중립; 태양급탕설치에 대한 재정적 인센티브; 건물에 전기차량 충전소; 2020년까지 (2010년 수준을 기준으로) 녹색일자리의 수를 두배로 늘림.
일본, 요코하마	“요코하마 에너지비전”에서는 2020년까지 (1990년을 기준으로) 일인당 온실가스 배출량을 30% 이상, 2050년까지 80% 이상 감축하기 위해 건물, 전기차량, 태양광발전, 풍력, 바이오매스, 바이오가스, 태양급탕관련 목표를 세움. 중기목표로는 아래의 것들이 있음: 2013년까지 1,300대의 전기차량, 4천대의 스마트계량기, 4천4백대의 태양발전시스템; 태양급탕시설과 전기차량 구입에 대한 보조금; 재생에너지 및 에너지효율성에 대한 저리대출; 시범사업으로 요코하마 스마트시티 프로젝트 실시

<표 R17> 지역과 국가의 전력보급률

지역/국가	전력보급률	전력을 공급받지 못하는 사람의 수	목표
	전력을 공급받는 사람들의 비중(%)	백만	비중(%)
모든 개도국	76.0%	1,265	
아프리카	43.0%	590	
북아프리카	99.0%	1	
사하라이남 아프리카	30.0%	585	
서아프리카 경제공동체1	27.2%	173	->2030년까지 100%
아시아 개도국2	82.0%	628	
중국과 동아시아	91.0%	182	
남아시아	68.0%	493	
라틴아메리카	94.0%	29	
중동	91.0%	18	
아프가니스탄	16.0%	23.8	
알제리	99.3%	0.2	
앙골라	26.2%	13.7	
아르헨티나	95.0%	1.1	
바레인	99.4%	0.0	
방글라데시3	46.0%	88.0	->2021년까지 100%
바베이도스	98.0%	0.005	
벨리즈	96.2%	0.01	
베냉	24.8%	6.7	
볼리비아	71.2%	2.2	
보츠와나	55.0%	1.1	->2016년까지 80%
브라질	99.7%	3.3	
브루나이	99.7%	0.0	
부르키나파소	14.6%	12.6	
캄보디아	24.0%	11.3	
카메룬	48.7%	10.0	
카보베르데	87.0%	64.0	
칠레	99.5%	0.0	
중국4	~100%	4.0	->2015년까지 100%
콜롬비아	94.9%	2.9	
코스타리카	99.2%	0.3	
북한	26%		
콩고민주공화국	15.0%	58	
도미니카공화국	96.2%	0.4	
에콰도르	93.4%	1.1	
동티모르	22.0%	0.9	
이집트	>99.0%	0.3	
엘살바도르	96.8%	0.8	
에리트레아	32.0%	3.4	
에티오피아	23.0%	65	->2015년까지 75%
미크로네시아연방공화국	4.0%(농촌)		
가봉	36.7%	0.9	

<표 R17> 지역과 국가의 전력보급률(이어서)

지역/국가	전력보급률	전력을 공급받지 못하는 사람의 수	목표
	전력을 공급받는 사람들의 비중(%)	백만	비중(%)
가나	70.0%	9.4	
그레나다	82.0%		
과테말라	84.4%	2.7	
기니	15.0%	8	
기니비사우	15.0%	1	
가이아나	82.0%		
아이티	34.0%	6.2	
온두라스	79.3%	2.2	
인도	75.0%	293	->2017년까지 100%
인도네시아6	73.0%	63	
이란	98.4%	1.2	
이라크	86.0%	4.1	
이스라엘	99.7%	0.0	
자메이카	96.8%	0.2	
요르단	99.0%	0.0	
케냐	18.0%	33	
쿠웨이트	100%	0.0	
라오스	55.0%		
레바논	100%	0.0	
레소토	16.0%	1.7	
라이베리아	15.0%	3	
리비아	99.0%	0.0	
마다가스카르	19.0%	15.9	
말라위	1%(농촌) <9%(국가전체)	12.7	->2020년까지 30%
말레이시아	99.4%	0.2	
말리	18.0%	13	
마셜군도	100%(도시)		->2015년까지 95%(농촌)
모리셔스	99.4%	0.0	
멕시코	97.6%		
몽골	67.0%	0.9	
모로코	97.0%	1.0	
모잠비크	12.0%	20.2	
미얀마	13.0%	43.5	
나미비아	34.0%	1.4	
네팔	10.0%	16.5	->2030년까지 30%
니카라과	64.8%	1.6	
니제르	8.0%	14	
나이지리아	50.0%	79	
오만	98%	0.1	
파키스탄	67.0%	56	
팔레스타인7	99.4%		
파나마	83.3%	0.4	

<표 R17> 지역과 국가의 전력보급률(이어서)

지역/국가	전력보급률	전력을 공급받지 못하는 사람의 수	목표
	전력을 공급받는 사람들의 비중(%)	백만	비중(%)
파라과이	98.4%	0.2	
페루	78.6%	4.2	
필리핀 ⁶	83.0%	16.0	
카타르	98.7	0.0	
르완다			->2012년까지 16%
사우디아라비아	99.0%	0.3	
세네갈	42.0%	7.3	
시에라리온	15.0%	5	
싱가포르	100%	0.0	
남아프리카공화국	75.0%	12.3	->2014년까지 100%
남수단	1.0%		
스리랑카	76.6%	4.8	
수단	36.0%	27.1	
수리남	90.0%		
시리아	99.8%(농촌)	1.5	
탄자니아	2%(농촌) 15.0%(국가전체)	38.0	->2015년까지 30%(농촌)
태국	>99%	0.5	
토고	22.0%	5.3	
트리니다드토바고	92.0%	0.0	
튀니지	99.5%	0.1	
우간다	8.0%	29.0	
아랍에미리트연합	100%	0.0	
우루과이	99.8%	0.1	
베네수엘라	97.3%	0.3	
베트남	98.0%	2.0	
예멘 ⁶	42.0%	14.2	
잠비아	3.1%(농촌) 47.6%(도시) 20.3%(국가전체)	10.5	2030년까지 ->51%(농촌)/90%(도시)/66%(국가전체)
짐바브웨	41.5%	7.3	

1. 서아프리카경제공동체는 베냉, 부르키나파소, 카보베르데, 코트디부아르, 감비아, 가나, 기니, 기니비사우, 라이베리아, 말리, 니제르, 나이지리아, 세네갈, 시에라리온, 토고 등 서아프리카의 15개국으로 구성되어 있다.
 2. 아시아 개도국은 아래와 같이 구분한다. 중국과 동아시아에는 브루나이, 캄보디아, 중국, 동티모르, 인도네시아, 라오스, 말레이시아, 몽골, 미얀마, 필리핀, 싱가포르, 한국, 대만, 태국, 베트남 등 남아시아를 제외한 아시아 국가와 지역이 들어간다. 남아시아에는 아프가니스탄, 방글라데시, 인도, 네팔, 파키스탄, 스리랑카가 들어간다.
 3. 방글라데시 정부가 정의하는 전력보급률은 전력이 보급된 마을의 수로, 총 78,896개의 마을 중 5만개에 보급되어 있다.
 4. 중국의 자료는 총 인구 13억 중 전력을 공급받지 못하는 사람들의 수가 4백만이라는 2011년의 공식보고를 사용한 것이다.
 5. 미크로네시아연방의 경우, 농촌전력화율은 (도시라고 볼 수 있는) 주도(州都)를 보유한 4개성을 제외한 모든 섬의 전력보급률로 정의된다.
 6. 인도네시아, 필리핀, 예멘의 경우 전력보급률을 전기가 연결된 가구의 수로 정의된다.
 7. 팔레스타인의 전력보급률은 국가전력망에 연결된 마을의 수로 정의된다.
- 참고: 별도의 언급이 없을 경우 비율과 목표치는 국가전체에 해당한다.

<표 R18> 재래식 바이오매스로 조리하는 인구

지역과 일부국가	인구	
	퍼센트	백만
아프리카	68%	698
나이지리아	74%	117
에티오피아	96%	82
콩고민주공화국	93%	63
탄자니아	94%	42
케냐	80%	33
기타 사하라이남 아프리카	75%	328
북아프리카	1%	2
아시아개도국1	51%	1,814
인도	66%	772
방글라데시	91%	149
인도네시아	55%	128
파키스탄	64%	111
필리핀	50%	47
베트남	56%	49
나머지 아시아개도국	54%	171
라틴아메리카	14%	65
중동	5%	10
모든 개도국	49%	2,558
세계2	38%	2,588

1. 아시아 개도국은 아래와 같이 구분한다. 중국과 동아시아에는 브루나이, 캄보디아, 중국, 동티모르, 인도네시아, 라오스, 말레이시아, 몽골, 미얀마, 필리핀, 싱가포르, 한국, 대만, 태국, 베트남 등 남아시아를 제외한 아시아 국가와 지역이 들어간다. 남아시아에는 아프가니스탄, 방글라데시, 인도, 네팔, 파키스탄, 스리랑카가 들어간다.
2. OECD국가와 동유럽/유라시아국가가 추가된다.

방법론에 대한 설명

이번 2013년판 보고서는 (2008년을 제외하고 2005년부터 꾸준히 발간된) 앞서 일곱편에 걸쳐 발행된 Renewables Global Status Report에 이어 나오게 된 것이다. 이 보고서를 만들기 위해 사용한 정보의 지식기반은 한해가 지날 때마다 재생에너지 산업과 시장 그 자체와 함께 꾸준히 확장되고 있지만, 지금 보고서의 기초가 된 역사적으로 중요한 세부사항과 노고에 대해 알아보기 위해서는 이전 보고서들을 참고할 필요가 있다.

이 보고서에서 보여주고 있는 국가 및 세계총용량, 성장, 투자에 관련된 대부분의 2012년 자료는 예비적인 형태로 적절히 반올림하였다. 필요한 경우 상충되거나 부분적이거나 오래된 정보와 자료는 논리적인 판단과 역사적인 성장추이를 사용하여 조정하였다. 후주에서는 참고자료, 근거가 되는 정보, 관련된 추정치 등 추가적인 세부사항을 제시하고 있다.

매보고서들은 수백개의 출간된 참고문헌, 다양한 전자뉴스레터, 전세계에 있는 보고서작성 기여자들이 제출한, 출간되지 않은 수많은 자료, 전문가들과의 개인적인 소통, 웹사이트 등을 근거로 삼는다.

일반적으로 전세계 재생에너지 통계와 관련된 정보원은 단한가지로 충족되지 않는다. 일부 세계총합은 개별국가의 정보를 추가 또는 종합하여 아래로부터 위로 쌓아올려야 한다. 가령 개도국을 하나의 집단으로 다루는 자료는 상대적으로 거의 없는 편이다. 개도국에 대해 얻을 수 있는 최신자료는 선진국 자료보다 몇 년 늦은 경우가 종종 있기 때문에 목표연도와 관련된 추정자료를 얻기 위해서는 역사적인 성장률과 추정치를 근거로 이전의 자료로부터 얻어야 한다. 좀 더 정확한 연간증가량은 보통 풍력, 태양광발전, 태양집수용량, 바이오연료 생산량에 한해서만 얻을 수 있다.

세계재생에너지현황보고서는 전 세계 수준에서 모든 재생에너지원을 정확하게 포괄하고, 가장 질 좋은 자료를 제공하고자 노력한다. 일부자료는 통계자료의 개선 또는 조정을 거쳤기 때문에 실제용량변화를 반영하지 않으므로, 연간 증가량을 확인하기 위해 이전 보고서와 비교해서는 안 된다.

계산 및 보고방식에 대한 설명

재생에너지용량과 출력을 계산하고 보고할 때는 여러 가지 문제가 제기된다. 아래에서는 이 보고서에서 선택한 방법론에 대한 약간의 설명과 이에 대한 논거, 그리고

이런 문제 중 몇 가지를 논할 것이다.

1. 용량 대 에너지 자료

이 보고서의 목적은 에너지 발전량 뿐만 아니라, 추가용량과 총용량을 정확하게 추정하는 것이다. 이 두가지는 모두 불확실한데, 불확실성의 수준은 기술별로 다르다. 1장과 2장에서는 가능할 경우 생산된 에너지의 추정치를 포함시켰지만, 주로 전력발생이나 열용량 자료에 중점을 둔다. 이는 용량자료의 경우 좀더 확실하게 추정할 수 있기 때문이다. 실제 열 및 전력생산수치는 일반적으로 사후 12개월 동안에만 구할 수 있고, 전혀 구하지 못하는 경우도 종종 있다.(특정기술이나 에너지원에서 발생한 평균 에너지생산량에 대해서는 표2에 있는 설비이용율을 참고할 것.)

2. 건설용량 대 연결용량과 가동용량

지난 몇 년간 태양광발전과 풍력발전시장에는 전력망에 연결되었지만 아직 공식적으로 가동이 안 된 용량이나, 연말까지 전력망에 연결되지 않은 건설용량(그리고 설치된 해와 전력망에 연결된 해가 다른 용량)의 양이 갈수록 늘어났다. 이같은 현상은 특히 2009년부터 2012년까지 중국의 풍력발전설비에서 두드러졌다. 또한 최근 몇 년간 주로 벨기에, 프랑스, 독일, 이탈리아의 태양광발전에서도 비슷한 현상이 늘었다. 여러 자료들은 서로 다른 타임라인과 계산방법론을 사용한다. 게다가 건설, 전력망연결, 가동용량에 대한 수치의 차이는 일시적인 것이며, 또한 급속한 사업진행 속도 때문이기도 하다. 경우에 따라 전력망연결의 능력, 의지와/또는 법적 의무보다 훨씬 앞서서 설비가 진행되기도 했고, 설비가 공식적인 용량 한계를 많이 넘어서기도 했다. 이같은 상황은 가장 고속으로 성장하고 있는 시장에서 구체적인 연간통계의 수집을 계속 어렵게 만들 수 있고, 따라서 전력망연결에 대한 기술적, 법적인 틀과 관련된 길고도 잦은 변화는 논의의 대상으로 남아있다.

이전 판에서 본 보고서는 주로 건설용량에 중심을 두었다. 왜냐하면 건설용량이 그 해의 자본투자흐름과 가장 높은 상관관계를 보이기 때문이다. 2012년판부터, 특히 태양광발전과 풍력발전에서는 일부 용량의 설비가 이전해에 이루어졌다 하더라도, 역년(曆年)동안(1월부터 12월까지) 가동에 들어간 용량(전력망에 연결되어 전력을 공급하는 용량 또는 독립형 설비인 경우 전력을 생산하는 용량)으로 중심을 옮기기 시작했다.

그 이유는 본 보고서가 참고한 자료들은 설비를 계산할 때 종종 서로 다른 방법론

을 사용하고, 대부분의 공식기관들은 전력망연결통계자료 보고서를 내기 때문이다(최소한 태양광발전과 관련해서는). 그 결과 많은 나라에서 실제 설비에 대한 자료는 갈수록 입수하기가 힘들어지고 있다. European Photovoltaic Industry Association, Global Wind Energy Council³⁾ 같은 일부 재생에너지산업집단들은 설비용량이 아닌, 가동/전력망연결용량을 추적하고 보고하는 변화를 보이고 있다.

그 결과 2011년에 설비된 일부 태양광발전용량은 2012년에 새로 전력망에 연결된 용량으로 계산되고, 2012년에 설비되었지만 연말까지 가동되거나 전력망에 연결되지 못한 경우는 2013년까지 계산에 포함되지 못할 것이다. 이는 매년의 국가별 자료 뿐만 아니라 보고되는 연간세계성장률에도 일정한 영향을 미칠 수 있다. 중국에서는 풍력발전의 경우 신규용량 중 상당량이 연말까지 상업적으로 인증받지 못했음에도, 대부분의 설비용량은 전력망에 연결되어 전력을 공급하고 있다는 점에서 태양광발전과 상황이 약간 다르다. 중국의 상황은 최근 허가규율상의 변화 때문에 오래 지속되지는 않을 것이다.

3. 바이오파워용량

이 보고서는 기존의 복잡성과 한계를 인정하고 바이오에너지 개발상황과 관련하여 가장 질 좋은 최신자료를 제공하고자 노력했다(2012년 보고서의 사이드바 2 참고). 바이오매스를 연료로 쓰는 열병합발전소시스템에 대한 보고는 국가별로 상이해서, 열 및 전력의 총용량과 바이오에너지 산출량을 산정할 때는 어려움이 배가된다. 가능할 경우 제시된 총 바이오파워자료에는 석탄이나 천연가스로 공동연소시킬 때 바이오매스연료에서 발생한 전력의 양 뿐만 아니라 고체바이오매스, 매립지가스, 바이오가스, 액상바이오연료를 사용하는 열병합 시스템과 전력전용시스템에서 발생한 용량과 전력발생량을 포함시켰다.

이전 판에서는 주요 본문과 표에는 지자체고체폐기물의 “유기물” 연소에서 발생한 에너지는 포함시키지 않았다(공식적인 데이터를 특정한 곳에서는 관련 후주에 포함시키긴 했지만). 2012년판부터는 참고표 R1과 R2에 제시된 전세계 바이오파워 자료 뿐만 아니라 주요 본문에도 포함시키고 있다. 이 같은 변화는 국제적인 데이터베이스

3) 가령 European Photovoltaic Industry Association, *Global Market Outlook for Photovoltaics 2013-2017* (Brussels: May 2013)을 볼 것. 또한 Global Wind Energy Council에서는 2011년 말 멕시코의 누적설비용량을 569MW로 보고했는데, 연말까지 304MW의 추가용량이 완공될 것이긴 하지만, 이 용량은 2012년 초까지 전력망에 완전히 연결되지 않았기 때문에 연간시장은 50MW 뿐이었다. GWEC, *Global Wind Report, Annual Market Update 2011*(Brussels: 2012)를 볼 것.

(가령, 국제에너지기구, 미국 전자산업협회, 유럽연합 등)에서 이제는 지자체의 고체 폐기물 중 유기물 부분을 다른 고체폐기물과 별도로 추적하여 보고하고 있기 때문이다. 자료마다 정의는 약간 다르기 때문에 보고서에 나오는 모든 지자체유기폐기물이 같은 정의에 속한다고 확신해서는 안된다는 점에 주의 할 것.

4. 수력발전 데이터와 양수발전 처리방식

2012년판부터 본 보고서는 순수한 양수저장용량(저장을 목적으로 수원지 간에 물을 이동시키는 데에만 사용된 용량)을 제외한 수력발전용량을 보고하려고 하고 있다. 양수저장은 에너지원이 아니라 에너지저장의 수단이라는 점에서 차이가 있다. 따라서 양수저장에는 변환손실이 발생하고, 재생에너지이든 아니든 간에 모든 형태의 에너지에서 공급될 수 있다.(사이드바 3에서 설명했듯 양수저장은 특히 변동성이 큰 재생에너지원이 전력생산믹스에 많은 비중으로 들어갈 경우 전력의 균형을 맞추는 중요한 역할을 할 수 있다.)

이같은 계산방법은 이미 산업계에서도 수용하는 관행이다. International Journal of Hydropower and Dams라는 학술지에서는 용량자료에 양수저장용량을 포함하지 않는다고 한다. 또한 독일 환경부는 수력발전과 재생에너지발전용량을 보고할 때 양수저장용량을 제외시킨다. 국제수력발전협회 역시 용량수치를 분리해서 추적 및 보고하고 있다.

이번판과 2012년판에서 양수저장용량 데이터를 수력발전통계에서 제외시키자 전세계 수력발전용량에 상당한 변화가 발생했고, 따라서 이전판의 보고서와 비교했을 때 전세계재생에너지전력발생총용량에도 상당한 영향을 주게 되었다. 따라서 이번판과 2012년판 보고서에 있는 전세계 통계중 총수력발전 및 총발전용량을 이전 보고서의 수치들과 단순비교 해서는 안된다. (하지만 이 보고서 14쪽에 있는 Selected Indicators표에 있는 2010년 용량수치는 방법론상에 이런 변화를 감안한 것임에 주의 할 것.) 수력발전을 제외한 재생에너지용량의 데이터는 이같은 변화에 영향을 받지 않았다. 이후 보고서에서도 데이터를 더욱 개선하기 위해 꾸준히 노력할 것이다.

용어

흡수냉각기 Absorption Chillers. (태양, 바이오매스, 폐열 등) 원료가 어떤 것이든 지 간에 열에너지를 이용해서 에어컨디셔닝이나 냉각시스템을 가동시키는 냉각기. 열원이 기계적인 압축기의 전력소비를 대체한다. 흡수냉각기는 기존(수증기압축)냉각시스템과 두가지 점에서 다르다. 첫째, 압축과정은 본질적으로 기계적인 것이 아니라 열-화학적 성격을 띤다. 둘째, 냉매로 프리온이라고도 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, 바이오파워, 바이오연료 등 모든 형태의 바이오매스에서 추출한 에너지. 바이오열은 (건조된 썰나무 같은) 고체바이오매스나 다른 액상, 기체상태의 에너지전달물질의 연소에서 발생한다. 이 열은 바로 사용하거나, 아니면 증기를 발생시켜 전력발생기를 움직이는 터빈이나 엔진을 돌림으로써 바이오파워를 생산하는데 사용할 수 있다. 그렇지 않을 경우 바이오메탄, 매립지가스, (바이오매스의 열에 의한 가스화를 통해 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 (바이오가스 뿐만 아니라 액체연료용 에탄올, 바이오디젤 등) 액체와 기체상태의 다양한 연료는 차량용 엔진에서 수송용 연료로, 그리고 정지상태의 엔진에서 열이나 전력을 발생시키는 용도로 연소될 수 있다. 또한 가정용 난방과 조리(가령 에탄올 겔처럼)에 사용할 수도 있다. 고급 바이오연료는 아직은 시범, 시연, 상업화초기단계에 있는 기술을 이용하여 지속가능하게 생산된 비식품 바이오매스 원료에서 만들어진다. 한가지 예외는 수소처리된 야채유(기름에서 산소를 제거하여 디젤과 좀더 유사한 탄화수소연료를 만들기 위해 산소를 사용한다)인데, 이는 몇

개의 발전소에서 상업적으로 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 등이 다. 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 반탄화펠릿 torrefied pellet은 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 조리기기용연료로도 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 기간동안 발생한 전력이나 열의 실제 산출량의 비율.

자본 보조금 Capital Subsidy. (태양온수기 같은) 어떤 자산의 초기자본비용 중 일부를 해결해주는 보조금. 여기에는 가령, 소비자보조금, 환불금, 공익사업자/정부부처/정부소유의 은행에 의한 일시납입 등이 있다.

열병합발전 Combined Heat and Power(CHP)(cogeneration이라고도 함). 열병합 시설물은 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(CSPL나 STE라고도 함). 거울을 이용하여 햇빛을 강력한 태양광선으로 모아 태양수집기에 있는 유동체를 데운 뒤, 터빈이나 열엔진/발생기를 돌려 전력을 생산하는 기술. 거울은 다양한 방식으로 배열할 수 있는데, 모두 태양광선을 수집기로 보내주는 역할을 한다. 상업적인 집광형 태양열 발전시스템에는 포물선구유형 parabolic troughs, 선형 프레넬 linear Fresnel, 발전타워형 power towers, 접시/엔진형 dish/engines 총 네가지 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 집광형 태양열발전소는 전력망에 안전하게 통합되기 위해 필요한 유연성을 갖추게 된

다.

변환효율 Conversion Efficiency

에너지전환기기에서 나온 유용한 에너지 산출량과, 거기에 들어간 에너지투입량 간의 비율. 예컨대 태양광모듈의 전환효율성은 발생한 전력과 태양광모듈이 받아들인 총태양에너지 사이의 비율이다. 만일 태양의 일조량 중 100kWh를 받아들이고 10kWh의 전력을 생산할 경우 전환효율성은 10%가 된다.

분산형 발전 Distributed Generation. 곳곳에 흩어져있고, 일반적으로 소비지에서 가까운 소규모 시스템에서 얻은 전력생산량

에너지 Energy. 일을 할 수 있는 능력. 열, 빛, 운동, 화학적, 잠재적, 전기적 등 수많은 형태를 띤다. 일차에너지는 석탄, 천연가스, 재생에너지원 같이 자연자원(의 에너지잠재력)으로 구체화된 에너지이다. 최종에너지는 (콘센트로 전달되는 전기 같이) 최종사용시설에 전달된 에너지로서, 여기서 사용가능한 형태의 에너지가 되며, 조명, 냉장 등의 서비스를 제공한다. 일차에너지가 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 걸거나, 필요한 유지서비스를 제공하는 등 광범위한 에너지 해법을 공급하는 회사. 에너지서비스회사는 전력공익사업자나 협동조합, 비정부기구, 민간기업일 수도 있고, 일반적으로 고객이 있는 현장이나 가까이 에너지를 설치한다. 또한 에너지보존 및 관리 방안 뿐만 아니라 (건물이나 산업 등) 시스템의 에너지효율성을 개선하는 방법에 대한 조언을 할 수도 있다.

에너지시스템의 전환 Energiewende. 독일어로 “에너지시스템의 전환”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 좀더 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, 민간회사가 장비의 소유권을 보유하고, 서비스계약기간 동안 그 유지와 부품교환에 대해 책임진다. 서비스요금제는 임대나 에너지서비스회사 모델이 될 수도 있다.

발전차액지원제도 Feed-in Tariff. (a) 재생가능전력을 판매하고 전력네트워크에 공급하는 정해진 기간 동안 정해진 가격을 설정하여 보장해주거나 (b) 재생에너지전력 발전기에 대한 전력망 접근권을 보장해주는 정책. 고정된 요금을 제공하는 정책도 있고, 도매시장요금이나 비용관련 요금에 덧붙여지는 고정된 보험료납입금을 제공하는 경우도 있다. 그 외에도 다양한 변형이 존재하며, 열에 대한 발전차액지원제도가 진화 중이다.

재정적 인센티브 Fiscal Incentive. (개인, 가구, 회사 등) 행위자들에게 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 재생에너지발전업체로부터 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.

그리드 패리티 Grid Parity. 어떤 전원(電源)의 에너지평준화비용이 전력망에서 나오는 전력의 소매가와 같거나 그보다 낮아질 때를 말함.

열펌프 Heat Pump. 냉장순환의 원리에 따라 전환을 추진하는 전력을 사용하여 열원에서 나오는 열을 열흡수원 heat sink로 전환하는 장치. 땅, 물, 주위의 공기는 가열 모드에서는 열원으로, 냉각모드에서는 열흡수원으로 사용할 수 있다. 열펌프는 그 내재적인 효율성과 가동조건에 따라 몇가지 다양한 전력에너지투입물에서 에너지를 추출할 수도 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.

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 신규투자과 인수합병활동(기업이나 프로젝트의 차환과 판매)을 합한 것을 말한다.

투자세액공제 Investment Tax Credit. 재생에너지에 대한 투자에 대해 프로젝트개발자/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)줄

과 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, 비정부기구)가 자립형 stand-alone 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.

에너지평준화비용 Levelised Cost of Energy(LCOE). 프로젝트가 진행되는 동안 수익의 현재가치를 비용의 현재가치와 동일하게 만드는 어떤 프로젝트의 에너지산출량의 고유한 비용가격(가령, USD/kWh 또는 USD/GJ).

의무규정. Mandate/Obligation. 지정된 당사자(소비자, 공급자, 발전사업자)에게 최소한의, 조금씩 늘어나는 재생에너지 목표치를 충족시키라고 요구하는 수단. 총공급량에 대한 일정한 비중이나 용량 중 정해진 양으로 할당되는 식이다. 일반적으로 비용은 소비자가 부담한다. 의무규정으로서는 재생에너지의무할당제(RPS), (종종 에너지 효율성 투자와 결합하여) 재생에너지난방이나 전력기술의 설치를 요구하는 건물규정이나 의무사항, 재생에너지난방구매 요구, 수송용 연료에 대한 바이오연료 혼합규정 등이 있다.

시장권리모델 Market Concession Model. 경쟁과정을 통해 민간기업이나 비정부기구를 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.

신식 바이오에너지. Modern Bioenergy. (재래식 바이오에너지와 다르게) 공간난방, 전력생산, 열병합, 수송 같은 현대적인 기기를 위해 고체, 액상, 기체상태의 바이오매스 연료에서 효과적으로 추출해낸 에너지.

전력요금인하제도 Net Metering. 자가발전시스템을 소유한 공익사업소비자들은 공

익사업체에서 공급받는 순전력량에 대해서만 돈을 지불하는 (총소비량 - 현지의 자가 발전량) 통제된 요금제. “넷 빌링 net billing”은 전력요금인하제도의 한가지 변형으로, 전력을 구입하는 것과 남는 전력을 다른 곳으로 파는 것에 대해 다른 요금을 적용하는 두가지 계산법을 따르는 방식이다.

해양에너지 Ocean Energy. (표면을 지나는 바람이 만들어낸) 바다의 파도, 조류, 염분의 농도차, 해양의 온도파에서 포집한 에너지. 파력변환기는 표면의 파도 에너지를 포집하여 전력을 생산하고, 조류 전력발전기는 움직이는 물의 운동 에너지를 이용하여 터빈을 가동한다. 또한 조력보는 본질적으로 조류가 들고 날 때 에너지를 포집하는, 하구만을 가로지르는 댐이다.

전력 Power. 에너지가 시간 단위당 변환되는 비율로, 와트(줄/초)로 표현된다.

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 표준시장수준보다는 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, 발전차액지원제도, 바이오연료혼합의무규정, 재생에너지난방의무규정 등 의무규정 또는 할당제가 대표적인 예에 속한다.

재생에너지인증서 Renewable Energy Certificate(REC). 재생에너지 1단위(일반적으로는 1MWh의 전력이나 그보다 좀더 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). 판매되는 총전력이나 총난방열, 또는 발전설비용량 중 최소한의 비중을 재생에너지원을 이용하여 공급할 것을 조치. 의무적용을 받는 공익사업체는 해당 목표를 충족시켰음을 확인시켜줘야 한다. 그렇지 못할 경우 보통은 벌금을 매긴다.

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 흡수기 Solar Collector. 태양에너지를 열에너지로 변환하는 기기. 주로 이 열은 가정용 급탕에 사용하지만, 공간난방, 산업공정열에도 사용할 수 있고, 열냉각기계를 가동시킬 수도 있다. 전 세계적으로 가장 널리 사용되는 태양열 흡수기는 물 또는 물/글리콜 혼합물이 열전달 매체의 역할을 하는 진공관과 평판흡수기이다. 이 기기는 태양에서 나온 광선이 먼저 (열단열을 위해) 판유리를 때린 뒤 에너지가 열로 전환되어 열전달매체를 통해 다른 곳으로 옮겨지기 때문에 유광집광판이라고 부르기도

한다. 수영장흡수기라고 부르기도 하는 무광집광판은 플라스틱으로 만들어진 간단한 흡수기로 저온의 기기용으로 사용한다. 무광 및 유광 공기포집기는 열전달 매체로 물이 아닌 공기를 이용하여 실내공간을 따뜻하게 만들거나, 농업 및 산업용의 건조공기나 연소용 공기를 예열하는데 사용된다.

솔라홈시스템 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 지붕타일 같은 건축재료로 사용할 수 있다. 건물내장형태양광발전은 지붕이나 건물의 외관 같은 마감재의 일부로 기존의 재료 대신 사용한다.

초소형 태양광발전시스템 Solar Pico System(SPS). 태양램프, 정보통신기기 등, 보통 전압이 최고 12볼트 정도에 전력출력이 1-10W인 아주 작은 태양발전시스템.

태양온수기 Solar Water Heater(SWH). 태양열 흡수기, 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 흡수기를 설치한다. 태양온수기의 종류는 두가지로, 펌프형 태양온수기는 기계적인 펌프를 사용하여 흡수기 순환관을 통해 열의 이동흐름을 순환시키는 반면(적극적인 시스템), 열사이편형 태양온수기는 자연대류가 만들어낸 부유력을 이용한다(소극적인 시스템).

보조금 Subsidies. 소비자들이 에너지에 대해 지불하는 가격을 인위적으로 낮춰주거나 생산비용을 줄여주는 정부의 조치.

재래식 바이오매스 Traditional Biomass. (신식 바이오매스와 반대되는 개념으로) 농업부산물, 동물의 배설물, 임산물, 땃나무 등 주로 개도국의 농촌지역에서 조리, 안락향, 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 고체연료로서 펠릿의 형태를 띠는 경우가 종종 있다. 상대적으로 에너지농도가 높고, 연마하여 가루형 연료로 사용하기가 좋으며, 방수성이 있는 등 고체연료로서 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. 가정 전력소요량이 100W인 전구를 1시간 동안 켜 놓으면 100Wh의 에너지가 소비되는데, 이는 0.1kWh 또는 360kJ과 같다. 이는 100W의 전구를 한시간, 또는 25W의 전구를 4시간 켤 수 있는 양의 에너지이다. kWh는 1kW를 1시간 동안 꾸준히 유지할 수 있는 에너지의 양이다.

『Renewables 2013 – Global Status Report 』 REN21

- 번역 원본은 www.ren21.net 에서 내려받기를 할 수 있습니다.
- 발행 : 신·재생에너지학회 녹색에너지전략연구소
- 번역 : 황성원, 신지현, 이상훈