



국제에너지기구 지열실행분과의 활동

일반원고

송 윤 호

한국지질자원연구원 지하수지열연구부장

잘 알려진 바와 같이, 국제에너지기구(International Energy Agency; IEA)는 제1차 석유파동 때인 1974년에 석유공급위기를 타개하기 위하여 16개 선진국들로 구성된 경제개발협력기구(OECD)에 의해 세워졌고, 2006년 현재 26개 회원국에 안정적이고 깨끗한 에너지 확보를 도와주는 정책 자문기구로서 활동하고 있다. IEA의 본부는 프랑스 Paris에 위치하고 있으며 회원국의 에너지 및 통계 전문가로 이루어진 150여명의 직원들이 이사회 및 각 위원회의 업무를 수행하고 있다. IEA의 이사회 산하에는 다음과 같은 5개의 위원회가 있는데, 이 중 에너지관련 기술의 연구개발은 에너지연구기술위원회(CERT)에서 담당하고 있으며 그 산하에 40여개의 실행분과가 조직되어 활동 중에 있다. 일반적인 사항은 IEA의 홈페이지(<http://www.iea.org>)에서 잘 소개되어 있으므로 여기서는 CERT 산하의 지열실행분과에 대해 알아본다.

IEA-CERT

표 1에서 소개한 바와 같이 에너지연구기술위원회(CERT)는 IEA의 에너지 기술개발을 총괄하는 위원회로서 기술별로 5개 실무위원회(Working Party)가 있고, 2005년말 현재 그 산하의 실행합의분과(Implementing Agreement; IA)가 총 40개로 이루어져있으며 각각 위원회별 IA는 표 2에 정리되어있다. 2005년 말 현재 우리나라는 총 14개의 분과에 가입하여 활동하고 있다.

표 2에서 확인할 수 있듯이, IEA CERT 산하에는 에너지관련 정보 및 기술에 관한 거의 모든 분야가 망라되어 있으며, 2006년도에는 재생에너지의 중요성을 반영하여 Renewable Energy Technology Deployment (RETD)라는 IA가 새로이 구성되어 이제 활동을 시작하고 있다. 이 IA는 재생에너지실무위원회 (Renewable Energy Working Party; REWP) 산하 9개 IA의 상호 기

〈표 1〉 IEA의 5개 위원회 및 그 임무

위원회 명칭	임 무
비상대책 상임위원회 (Standing group on Emergency Question; SEM)	- 비상시 석유수급 총괄 - 석유 비축 총괄
석유시장 상임위원회 (Standing Group on Oil Market; SOM)	- 석유시장 정보 수집 및 제공 - 석유 회사 자문 등
에너지연구기술 위원회 (Committee on Energy Research&Technology; CERT)	- 연구개발협력사업총괄 - 에너지 R&D전략 검토
장기협력 상임위원회 (Standing Group on Long Term Co-operation; SLT)	- 각국의 에너지 정책 검토 - 천연가스 수급, 석탄 무역 문제
비회원국 위원회 (Committee on Non-Member Countries; NMC)	- 비회원국과의 에너지협력사업총괄

<표 2> CERT 산하 working party 및 40개 실행 분과 (2005년말 현재)

Working Party 명칭	산하 실행 분과 (Implementing Agreement)
Cross-Sectional Activities	<ul style="list-style-type: none"> - Climate Technology Initiative - Energy and Environmental Technologies Information Centres* - Energy Technology Data Exchange* - Energy Technology Systems Analysis Programme*
Fossil Fuels Working Party	<ul style="list-style-type: none"> - Clean Coal Sciences - Enhanced Oil Recovery - Fluidized Bed Conversion* - IEA Clean Coal Centre - IEA Greenhouse Gas RD Programme* - Multiphase Flow Sciences
Renewable Energy Working Party	<ul style="list-style-type: none"> - Bioenergy - Geothermal* - Hydrogen* - Hydropower - Photovoltaic Power Systems* - Solar Heating and Cooling - SolarPACES - Wind Energy Systems* - Ocean Energy Systems
End Use Working Party	<ul style="list-style-type: none"> - Advanced Fuel Cells* - Advanced Materials for Transportation - Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme - Energy Conservation and Emissions Reduction in Combustion - Demand-Side Management* - District Heating and Cooling* - Advanced Motor Fuels - Energy Conservation Through Energy Storage - Heat Pumping Technologies - Assessing the Impacts of High-Temperature Superconductivity (HTS) on the Electric Power Sector* - Hybrid and Electric Vehicles - Process Integration - Pulp and Paper
Fusion Power Coordinating Committee	<ul style="list-style-type: none"> - Large Tokamaks - Environmental, Safety and Economic Aspects of Fusion Power - Fusion Materials - Nuclear Technology of Fusion Reactors - Plasma Wall Interaction in TEXTOR - Reversed Field Pinches - Stellarator Concept - Toroidal Physics in, and Plasma Technologies of Tokamaks with Poloidal Field Divertors (ASDEX-Upgrade) *

* 2005년말 현재 우리나라가 가입해있는 총 14개 분과

술협력을 통해 새로운 기술의 실제 보급을 목표로 새로이 구성되었다.

1. 지열실행분과 (GIA)

지열실행분과(Geothermal Implementing Agreement; GIA)는 REWP 산하 9개 위원회 중 하나로 1997년에 발족되었으며, 정식 명칭은 Cooperative Programme on Geothermal Research and Technology 이나 GIA로 간단하게 부르며 홈페이지도 <http://www.iea-gia.org> 이다. 통상적으로 개개 IA는 기본 5년간의 활동 기간을 가지며 4년차 후반기에 활동보고서(End of Term Report)를 제출하고 REWP 및 그 상위 위원회인 CERT의 평가를 받아 다음 기의 활동여부가 결정된다. GIA의 경우에 1997년 3월에 발족되었으므로 2007년 3월로 2기 활동이 마무리되며 따라서 2006년 11월-12월 중에 평가를 받게 예정되어있다.

2006년 10월 현재 IEA GIA 회원은 10개국, 1개 기구, 그리고 3개 sponsor (회사)을 합해 총 14개 회원으로 이루어져 있으며 각각의 회원은 집행위원(ExCo member)을 통해 집행위원회(Executive Committee; ExCo)를 구성한다. 이 집행위원회는 매년 2차례를 전체회의를 열며, 전체회의를 통해 필요한 기술개발 프로그램의 구성 및 회원국들의 이해관계 도모 등의 업무를 조정, 수행하고 있다. 집행위원회의 상반기 회의는 통상적으로 프랑스 Paris에 위치한 IEA 본부에서 열리며 하반기 회의는 지열관련 국제 학회 개최시 그 전후에 열린다. 참고로 2006년 3월의 15th ExCo 회의는 Paris에서, 9월의 16th ExCo 회의는 미국 지열학회(Geothermal Resources Council; GRC) 연례회의가 열린 미국 San Diego에서 개최되었다. 집행위원회의 위원장은 Mexico의 Dr. David Nieva가, 부 위원장은 미국의 Dr. Allan Jelacic, 스위스의 Prof. Ladislaus Rybach가 맡고 있으며 사무국은 New Zealand

의 Dr. Mike Mongillo가 운영하고 있다. 표 3은 2006년 10월 현재의 회원국 및 집행위원을 정리한 것이다.

표 3에 나타난 회원국들은 소위 선진국 들 중에서 지열발전이 활발한 나라를 망라하고 있는데 즉, 미국, 이탈리아, 아이슬랜드, 뉴질랜드, 일본 그리고 멕시코 6개국이 2005년에 생산한 지열발전량은 총 34,523 GWh로 전 세계 지열발전량의 약 60%를 차지하고 있다. 직접이용면에서는 모든 회원국을 합쳐 2005년에 69,015 TJ를 공급하여 전세계 총 이용량의 25%를 차지하고 있다. 이러한 이유로 IEA GIA는 지열에너지자원의 개발과 관련된 기술을 선도하는 중추적인 역할을 수행하는 국제기구로서의 사명을 띠고 있다고 할 수 있다. 각각의 회원국 및 기관은 그 나라의 경제 규모에 걸맞는 분담금을 제공하여 이 분담금으로 사무국의 운영과 각종 인쇄물의 인쇄경비를 충당하고 있다.

우리나라는 2006년 9월에 정식 회원으로 가입하였는데, 한국지질자원연구원이 정부(산업자원부)를 대신하여 회원기관으로 가입하였다. 지열 선진국에 비해 우리나라에서의 지열에너지 보급 수준은 상당한 격차를 보이고 있고, 또한 화산활동이 없는 지질학적인 특성으로 보아 고온 지열발전을 기대할 수 없는 우리나라로서는 GIA 전체활동에 미치는 영향이 클 수 없으나, 기술 개발 후진국으로서 선진국의 경험 및 최신 기술 개발 동향에 대한 정보획득의 목적으로 가입을 추진하였다.

2007년부터 5년 기간으로 시작될 제3기 IEA GIA 활동의 새로운 비전 및 임무를 원문 그대로 소개하면 다음과 같다. 먼저 비전은 “For the Geothermal Implementing Agreement to become a multinational forum with sufficient governmental and industrial strength to positively influence the design of Participants’ RD&D plans, to optimize Participants’ returns on RD&D investment by coordinating joint projects and sharing

information, and to effectively support and complement IEA's efforts to promote geothermal as a clean, economic, renewable energy resource which will contribute significantly to global energy needs and security, and at the same time protect the environment.”으로 정해졌으며, 다음으로 임무(mission)는 “To promote the sustainable utilization of geothermal energy throughout the world by improving existing technologies, by developing new technologies to render exploitable the vast and widespread global geothermal resources, by facilitating the transfer of know-how, by providing high quality information and by widely communicating geothermal energy's

strategic, economic and environmental benefits.”으로 정의된다.

즉 ① 회원(국)의 연구개발 및 설치(Research, Development and Deployment; RD&D) 계획의 수립에 긍정적인 영향을 줄 수 있도록 정부 및 산업계에 영향력있는 국제 포럼이 되고, ② 공동연구수행 및 정보 공유를 통해 회원(국)의 RD&D 투자에 대한 회수를 최적화하며, 또한 ③ 범 지구적인 에너지 수요 및 안보에 상당히 기여하는 동시에 환경을 보존하는 청정하고 경제적인 재생에너지자원으로서의 지열 개발을 증진시키도록 IEA의 노력을 뒷받침하는, GIA가 되는 것이 비전으로 요약된다. 한편으로, 임무는 ① 기존 기술을 개선하고, ② 범 지구적으로 넓게 막대한 양이 부존하는 지열자원의 개발과 활용을 가능하게 하는 새로운 기술의 개발, ③ know-how의 전달, ④

〈표 3〉 2006년 9월 현재 IEA GIA의 회원국, 대표기관 및 집행위원 목록

회원국(기구)	대표 기관	집행위원
Australia	Primary Industries and Resources SA (PIRSA)	Barry Goldstein
European Commission	Commission of the European Communities	Jeroen Schuppers
Germany	Forschungszentrum Jülich GmbH(F-J)	Dieter Rathjen
Iceland	Orkustofnun (The National Energy Authority)	Helga Tulinius
Italy	ERGA Spa (ENEL Group)	Guido Cappetti
Japan	New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO)	Hirofumi Muraoka
Mexico	Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)	David Nieva
New Zealand	GNS Science	Chris Bromley
Republic of Korea	Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(KIGAM)	Yoonho Song
Switzerland	Swiss Federal Office of Energy	Ladislaus Rybach
United States of America	US Department of Energy (US DOE)	Allan Jelacic
회원사 소속 국가	회원사 명	
Australia	Geodynamics Limited	Doone Wyborn
Australia	Green Rock Energy Limited	Adrian Larking
United States of America	ORMAT Technologies Inc.	Dan Schochet

고 품질의 정보제공, ⑤ 그리고 지열에너지의 전략적, 경제적 및 환경적 잇점에 대한 폭넓은 의사교환을 통해 전세계적으로 지열에너지의 지속가능한 활용을 증진시키는 것으로 요약된다. 이러한 비전 및 임무는 상위 기구인 IEA CERT의 비전과 임무를 모두 포함하며 재생에너지이면서 동시에 지하자원인 지열에너지자원의 특성을 반영한 것이라 할 수 있다.

이러한 비전과 임무를 만족시키기 위해 제3기 GIA 활동은 다음과 같은 6개의 전략목표를 달성하기 위한 활동을 수행하게 된다.

- (1) 협동연구 프로그램, 워크숍 및 세미나 등을 통해 지열 RD&D에 대한 효과적인 협력방안의 적극적인 증진
- (2) IEA 회원 및 비회원국을 위해 지열에너지 RD&D 정책 정보의 수집, 개선/개발 그리고 전파
- (3) 지열에너지 RD&D 이슈와 기회를 확인하고, 기존 기술을 개선하며, 또한 새로운 기술과 방법론의 개발
- (4) GIA 회원(국) 수 증가
- (5) 지열관련 다른 국제기구 및 IEA 산하 IA들과 협력을 증진
- (6) 정책결정자, 투자자, 연구자 및 일반 대중에게 GIA 활동 및 결과에 대한 정보 전파를 폭넓게 증진

2. 지열실행분과(GIA)의 부속 프로그램 (Annex)

앞 장에서 설명한 비전, 임무 그리고 이에 따른 전략목표 중 (2), (3)항에 해당하는 기술적 그리고 정보 수집/공유의 목적으로 GIA는 각종 부속 프로그램(Annex)을 진행하고 있으며, 각 Annex 별로 별도의 담당기관(Operating Agent) 및 Task Leader 가 활동하고 있는데, 현재 진행 중인 Annex와 활동국은 표 4와 같다.

표 4에서 알 수 있듯이, 현재 진행 중인 Annex 중의 대부분이 심부 지열을 이용한 발전 또는 EGS (Enhanced Geothermal System), 그리고

이를 위한 심부 시추 등에 관한 것이며, Annex I - Environmental Impacts of Geothermal Development의 경우에도 EGS를 통한 심부 수압파쇄시에 발생하는 인공지진 (Induced Seismicity)나 발전 후 지열수의 방류에 따른 환경문제 등에 초점이 맞추어져 있다. 따라서 우리나라의 현실에 유용한 것은 Annex VIII - Direct Use of Geothermal Energy이며 이러한 이유로 우리나라에서는 현재 한국지질자원연구원이 이 Annex에 참여해서 연구를 수행하고 있다. 한편, 각각의 Annex 활동 및 그 하부 주제(Subtask)에 필요한 인력 및 연구비는 모두 Task sharing의 개념 하에 이루어진다. 즉 참여기관의 필요에 의해 자기들의 인건비 및 연구비를 사용해서 연구 활동이 이루어지고 GIA에서의 보조는 없다.

지열 열펌프를 포함해 지열에너지자원의 직접이용에 대한 모든 것을 다루는 Annex VIII은 아이슬랜드의 정부지분 산업체인 (우리나라로 따지면 공사에 해당) The Federation of Icelandic Energy and Waterworks (Samorka)이 책임기관이며 Reykjavik Energy의 Dr. Einar Gunnlaugsson이 Task Leader를 맡고 있다. 이 Annex는 표 4에 나타난 바와 같이 2003년에 착수되었으나, 실제적인 연구활동은 2005년 9월부터 시작되었는데, 이는 구체적인 연구분야(이 경우 Subtask) 및 참여기관이 당시의 14th ExCo 회의 직전에 열린 Annex 회의에서 결정되어 착수되었기 때문이다. 이 Annex는 5개의 Subtask를 수행하고 있는데, 다음은 각각의 Subtask 명과 그 책임자를 보여준다.

표 5에서 Subtask B는 잠정적으로 Subtask C와 통합되어 운영되고 있으며, 계획된 바대로 수행된다면, 각 나라별 각종 규제나 지원제도 등에 대한 모든 정보가 수집, 분석됨으로써 우리나라에도 지열에너지 활용 증진을 위한 정부 정책자료로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 한편 우리나라에서도 조속한 시일내에 확립해야할

설계 및 시공 기준에 대한 분야인 Subtask E는 현재 국제지열협회(International Geothermal Association; IGA)의 회장을 맡고 있는 미국 Geo-Heat Center의 Prof. John Lund가 이끌게 됨에 따라 각국의 기준을 종합/분석한 매우 중요한 결과가 도출될 것으로 기대되고 있다.

통상적으로 Annex 활동은 e-mail과 Task Leader 들이 운영하는 자체 web server를 통한 자료 공유 및 연구 결과 보고의 형식으로 이루어지며, 보통 이틀간 이루어지는 ExCo 회의의 시작 전 또는 끝난 후의 하루를 이용해서 전체 보고회의를 가짐으로써 그간의 활동 결과에 대한 정리

및 필요시 보고서 채택으로 이어진다. 또한 각종 지열관련 국제회의시에 Annex의 활동 결과로서 얻어진 연구결과를 발표함으로써 IEA GIA 활동 목적중 하나인 정보 공유와 전파라는 임무를 수행하고 있다.

3. 맺음말

표 5에 나타낸 5개의 Annex에 더해 2007년부터 수행코자 3개의 Annex가 현재 제안되어 있는데, 이는 다음과 같다. Annex의 번호가 연속적이지 않은 것은 제안된 시기 별로 번호가 주어지

<표 4> GIA 에서 수행하고 있는 Annex와 참여국(기관) 목록

Annex	I	III	IV	VII	VIII
참여국(기관)	Environment Impacts of Geothermal Development	Enhanced Geothermal Systems	Deep Geothermal Resources	Advanced Geothermal Drilling Techniques	Direct Use of Geothermal Energy
Australia	G	G	G		
EC	G	G		G	
Germany		G	OA, G		
Iceland	G, U			G	OA, I
Italy	I	I	I		
Japan	R	OA, R			R
Mexico	G		G	G	
New Zealand	OA, R, I		R, I	I	R
대한민국					R
Switzerland		G			G
USA	N	N		OA, N	U
Geodynamics Limited	I	I	I	I	
Green Rock Energy Limited	I	I	I	I	
ORMAT Technologies Inc.		I	I	I	
착수 연도	1997	1997	1997	2001	2003
종료 연도	2009	2009	2006	2009	2007

* G: 정부, I: 산업체, R: 연구기관, U: 대학, N: 국립연구소(미국), OA: Operating Agent

고 실제 착수는 참여기관과 Task Leader (OA 포함)가 정해진 순간부터 시작되기 때문이다.

Annex V – Sustainability of Geothermal Resources
 Annex VI – Geothermal Power Generation Cycles
 Annex IX – Geothermal Market Acceleration

위에서 보면 특히 지열자원의 지속가능성에 대해 다루는 Annex V가 중요하게 여겨지는데, 이는 오랜 기간 동안 (적어도 50년) 적절한 생산량을 유지할 수 있도록 즉, 지열 저류층 또는 (열펌프 활용을 위해서는) 지중 온도분포를 지속가능하도록 열(수)의 추출/주입이 이루어져야 만이다. 다음 세대에 까지도 유용한 재생에너지자원인 지열에너지자원의 활용이 지속될 수 있다는 의미에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 이런 점에서 스위스의 대표인 Prof. Ladislaus Rybach는 2006년 9월 미국 San Diego에서 열린 GRC meeting에서 IEA GIA를 대표하여 지열에너지자원의 지속가능성에 대한 논문을 발표함으로써, 본격적인 연구 수행을 위한 화두를 제시하였다.

기본적으로 지열에너지자원은 지속가능성을 만족하나, 지열 저류층의 특성을 고려하지 않고 발전 후 열수를 지하에 재주입하지 않음으로써 생산량이 줄어드는 경우가 있어왔으며, 그 대표적인

예가 미국 California의 The Geysers Field이다. 또한 지하의 열적 특성(열 물성이나 지하수 부존 상황)을 고려하지 않고 좁은 간격의 시추공 배열과 과도한 순환량으로 지중 열교환을 강행한다면 오래지 않아 지하의 온도가 많이 변하게 되어 지열 열펌프의 냉난방 성능이 현저히 떨어질 수도 있다. 따라서 지속가능한 지열에너지자원 개발 및 활용에 대한 연구는 앞으로 매우 중요한 연구 주제로 다루어질 것으로 예상된다.

지금까지 국제에너지기구(IEA)의 에너지기술연구위원회(CERT) 산하 지열실행분과(GIA)의 출범 목적, 활동상황, 그리고 직접이용 부속 프로그램의 연구내용을 간략히 살펴보았다. GIA는 매년 연차보고서를 발간하고 비회원에게도 홈페이지(<http://www.iea-gia.org>)를 통해 공개하고 있다. 우리나라에서는 한국지질자원연구원이 정부를 대신한 대표기관이고, 또한 GIA의 주 주체가 발전이나 심부 지열개발 분야에 치우쳐있어 현재까지는 일반인에게 많은 관심을 끌여오지는 못하고 있다. 그러나 직접이용 부속 프로그램에 한국지질자원연구원에서 적극적으로 참여하여 전 세계적인 자원 부존 현황이나 개발 현황에 대한 자료의 수집/분석에 관여하고 있으므로, 앞으로 우리나라에서의 올바른 지열에너지 개발/활용 기술 및 지침 보급에 도움이 될 것으로 기대된다.

<표 5> Annex VIII의 Subtask 및 책임자

	Subtask 명	책임자 (소속)
Subtask A	Resources Chracterization	Hirofumi Muraoka (일본, AIST)
Subtask B	Cost and Performance Database	미정
Subtask C	Barrier and Opportunity Identification	Yoonho Song (대한민국, KIGAM)
Subtask D	Equipment Performance Validation	미정
Subtask E	Design Configuration and Engineering Standard	John Lund (미국, Geo-Heat Center)