

지열발전 현황 및 기술 동향

전 세계의 지열발전 현황을 살펴보고, 최근 들어 독일, 미국 및 호주를 중심으로 활발하게 추진되고 있는 비화산지대의 지열발전 기술 동향을 소개한다. 또한 향후 전망과 경제성에 대해서도 알아본다.

지열에너지자원 개요

최근 들어, 심부 시추기술 및 이와 관련된 엔지니어링 기술의 발달에 힘입어 화산활동이 없는 비화산지대에서도 상업적인 지열발전의 성공 사례가 보고됨에 따라, 우리나라에서도 산업계 및 연구계 등에서 지열발전에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 이러한 높아진 관심과 기술적인 타당성 검토 결과에 의거해서 2010년 말에는 지열발전 실증(pilot plant) 과제가 정부로부터 지원받기에 이르렀다. 여기서는 지열발전의 역사와 현황, 지하 저류층 특성에 따른 기술 및 최근 성공사례를 살펴보고 앞으로의 전망 및 기술과제를 다룬다.

지열은 햇빛, 바람과 함께 지구가 생성될 때부터 가지고 있는 에너지이다. 이러한 지구 고유의 에너지를 우리 인류는 온천이라는 아주 간편하고 안락한 형태로 수천년 동안 사용해왔으며 지금도 온천은 지열의 중요한 활용 형태의 하나이다. 그러나 현대적인 지열의 활용은 지열발전과 그 역사를 함께 해왔다고 해도 과언이 아니다. 지열에너지는 그 온도범위에 따라 활용범위가 매우 넓은데, 지하 2 km 정도 깊이에 있는 온도 180°C 이상의 지열수(또는 증기)를 끌어올려 발전기 터빈을 통해 전기를 생산하는 전통적인 지열발전에서부터, 60~70°C의 지열수를 끌어올려 지역난방을 공급하고, 그리고 지하 100~200 m 깊이의 연중 15~17°C로 일정한 온도와 대기와의 온도차

송윤호

한국지질자원연구원

지열자원연구실

책임연구원

song@kigam.re.kr



[그림 1] 1904년 이탈리아 라데렐로에서 행해진 세계 최초의 지열발전 실험에 이용된 엔진과 이를 발명한 Prince Piero Ginori Conti (Dickson and Fanelli, 2004).

를 이용해 건물의 냉난방에 활용하는 것을 대표적으로 들 수 있다. 여기에 지역난방에 활용하고 식은 지열수를 온실재배나 양어장에 단계별로 공급하는 2차 활용, 또한 좀 더 낮은 온도의 지열수나 열펌프(heat pump)를 이용해 가열한 온수를 주차장이나 도로의 제설 등에 활용하는 기술 등 까지 포함한다면 모든 온도의 지열이 생활이나 산업에 활용될 수 있다. 실제로 조금만 관심있게 살펴본다면 미국, 유럽이나 중국, 일본 등지에서 많은 활용사례를 만날 수 있다.

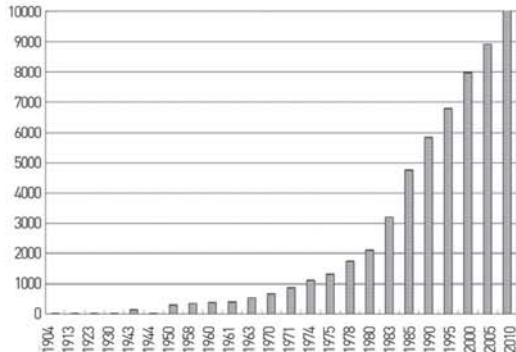
지열이 여타 재생에너지와 다른 가장 큰 차이는 역시 에너지의 원천이 땅속에 있다는 데에서 찾을 수 있다. 즉, 최근 각광받고 있는 태양에너지나 풍력은 날씨나 기후에 의해 영향을 받아 가동시간이 제한되어 있는 반면, 지열은 연중 무휴로 에너지를 공급받을 수 있다. 따라서 기저부하(base load)를 담당하는 유일한 재생에너지원이라는 점이 가장 큰 장점이다. 여기에 에너지를 땅속에서 생산하기 때문에 발전소나 열 플랜트가 차지하는 면적, 즉 지상설비가 동일한 용량의 다른 에너지에 비해 소규모여서 공간적, 시각적인 면에서도 환경친화적이다. 또한 지상설비가 작기 때문에 유지보수비가 상대적으로 저렴한 경제적인 이점도 있다. 최근 독일에서의 저온 지열발전 사

례에서 볼 수 있다시피 소규모, 저소음, 무배출(zero emission)의 특성 덕분에 도심지에서의 열병합발전도 속속 등장하고 있다.

지열발전의 역사와 현황

지열 증기로부터 발전을 이룬 최초의 시도는 1904년에 지금도 지열발전이 매우 활발한 이탈리아의 라데렐로(Larderello)에서 이루어졌다(그림 1 참조). 이 실험의 성공은 지열에너지의 산업적인 가치를 세상에 분명하게 보여주었고 세계적으로 지열의 이용이 급속하게 확대된 계기가 되었다. 라데렐로의 발전은 상업적으로도 성공을 거둬 1942년에는 127,650 kW의 생산용량을 갖추게 되었다. 이탈리아의 이러한 성공을 거울삼아 몇몇 다른 나라에서도 발전을 위한 움직임이 뒤따랐는데, 1919년에 일본의 첫 번째 지열 시추공이 베루(Beppu)에, 뒤이어 1921년에 미국 캘리포니아 주의 가이저(The Geysers)에 각각 굽착되었다. 1958년에는 뉴질랜드에서 소형 지열발전소가 가동되기 시작했고, 1959년 멕시코, 1960년 미국, 이후 해가 갈수록 많은 나라가 뒤를 이었다.

1904년 라데렐로에서 지열발전 실험에 성공한 것에서 비롯되어 1913년 상업적인 발전이 시작된 후 현재도 이 지역에서는 547 MW의 발전용량을 갖추고 있다. 2010년 1월 현재 전 세계 발전시설용량은 10.7 GW, 연간 발전량은 67 TWh를 넘어서고 있는데, 그림 2는 지난 100년간 전 세계의 지열발전 증가추세를 보여주고 있으며 1980년 이래로 매년 10% 이상의 높은 증가율을 나타내고 있다. 그림 3은 2010년 1월 현재 전 세계 국가별 지열발전 시설 용량 현황을 그림으로 나타낸 것으로서 미국에 이어 필리핀과 인도네시아, 뉴질랜드, 아이슬란드 등이 활발하게 용량을 추가하고 있으며 2015년에는 18.5 GW에 이를 것으로 전망하고 있다(Bertani, 2010).

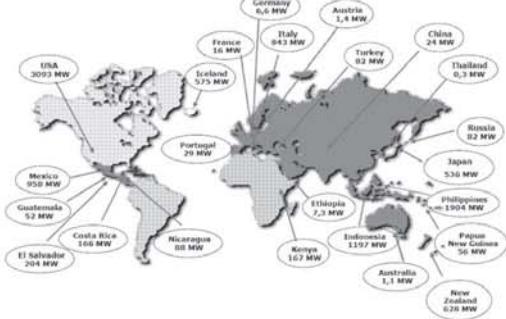


[그림 2] 지난 100여년간 전 세계 지열발전 용량 증가 추이 (Bertani, 2010). 2010년 1월 현재 10.7 GW의 용량을 갖추고 있다.

지질특성별 지열발전 기술 고온 열수발전 기술

전통적으로 화산지대 등에서 이루어지고 있는 고온 열수(hydrothermal)발전은 지하 2~3 km 깊이에 부존하는 180°C 이상의 고온 저류층(지열수+증기가 부존하는 층)에 시추공을 굴착해서 지표로 스스로 솟구치는 증기로 발전기 터빈을 돌려 전기를 생산하는 기술이다. 지열 저류층의 온도가 매우 높아 저류층 내에 증기만 부존할 경우 건증기(dry steam) 발전이라 하고 물이 섞여있을 경우에 물을 별도로 분리하여 증기만 터빈으로 보내는 방식을 사용하는데 이를 플래시(flash) 발전이라 하는데, 이탈리아의 라데렐로, 미국의 가이저, 인도네시아의 카모장(Kamojang) 지열발전소가 대표적인 건증기 방식이고 나머지는 대부분은 플래시 방식에 해당한다.

한편 경제성 있는 지열 저류층이 존재하기 위해서는 열원, 저류구조, 유체(지열수)의 조건을 갖추어야 하며 주로 화산지대가 여기에 해당하는데(그림 4 참조), 2010년 1월 현재 전 세계 지열발전설비용량 10.7 GW 중 약 90%가 고온열수 발전이며 통상적으로 하나의 터빈은 20~50 MW급이나 최근에는 130 MW급 대형 발전기도 뉴질랜드에서 가동 중이다. 가장 큰

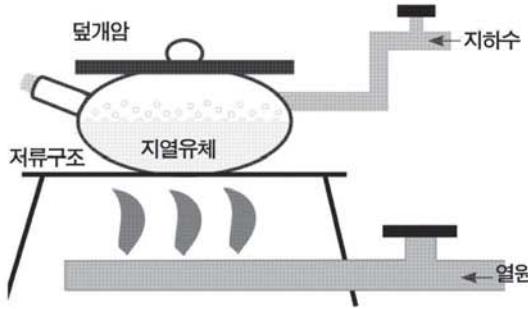


[그림 3] 2010년 1월 현재 국가별 지열발전 시설 용량 현황 (Bertani, 2010).

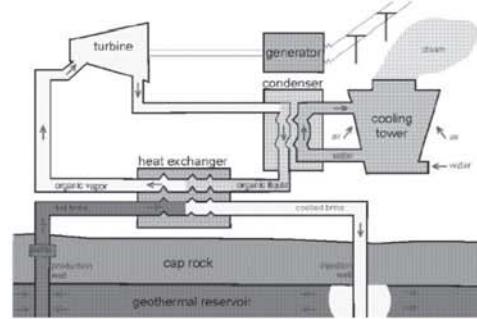
지열발전 지대는 미국의 가이저로서 총 26개의 터빈을 갖추고 있다(총 발전용량 1,585 MW).

저온 바이너리(binary) 발전 기술

지열수는 풍부하게 부존하나 온도가 180°C 이하로 증기압력이 높지 않을 때 끓는점이 낮은 냉매(주로 유기냉매)와 지열수의 열교환을 통해 증기화된 냉매가 발전기 터빈을 돌려 전기를 생산하는 기술이다. 따라서 고온 열수발전에 비해 발전소의 규모가 작아 통상 3~5 MW급 터빈이 적용되는데, 비화산지대에서도 지열발전이 가능케 한 핵심 기술로서 2010년 1월 현재 총 약 1.1 GW의 바이너리 지열발전이 보급되어 있다(표 1 참조). 한편, 고온 열수발전과는 달리 냉매가 지속적으로 순환하기 위해서 터빈을 돌리고 난 기체 냉매를 응축하는 냉각장치의 가동에 전력이 소요되므로 냉각방식의 선택이 순(net) 발전량의 크기를 좌우한다. 열역학 기술의 발달로 발전이 가능한 온도가 점차 낮아지고 있으며, 가장 낮은 온도로 지열발전소가 가동되는 곳은 미국 알라스카주 Chena Hot Springs로 74°C의 지열수로 200 kW급 발전기 3대가 가동 중인데, 여기서는 연중 온도 5°C 내외의 풍부한 지표수가 존재하여 냉각에너지가 별도로 필요하지 않기



[그림 4] 심부 지열자원의 3요소 개념도.



[그림 5] binary 지열발전 모식도(Clauser, 2006).

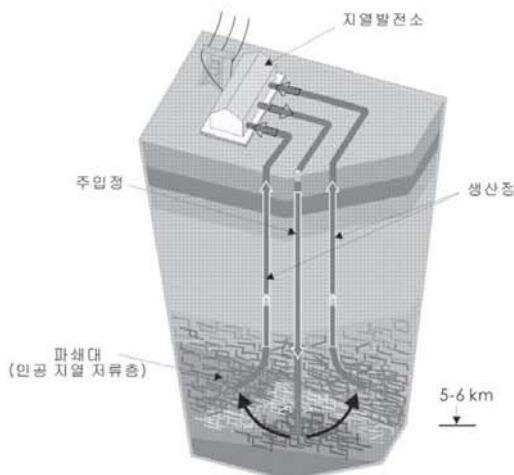
때문에 낮은 온도로도 상업적 발전이 가능해졌다.

인공 지열 저류층 생성 기술 (Enhanced Geothermal System: EGS)

비화산지대이면서 지하에 충분한 지열수가 부족하지 않을 때에 약 5 km 깊이까지 굴착하여 수압으로 암반의 균열대를 활성화시킴으로써(수압파쇄 또는 수압자극) 지열 저류층을 생성한 후 물을 주입하고 지하 암반내를 흐르며 열교환되어 가열된 증기(+물)를 생산정을 통해 끌어올려 발전하는 기술이다. 1970년대 미국 로스 알라모스(Los Alamos) 국립연구소에서 고온 암반 지대를 대상으로 연구를 시작한 후, 일본과 영국 등지에서도 시도되었고 1980년대 말부터 프랑스 알사스 지방의 솔츠(Soultz)에서 EU 공동 프로젝트로 수행되어 2007년말에 1.5 MW급 발전소를 건설한 것이 최초의 성공 사례이다. 미국, 호주, 독일 등지에서 활발히 시도되고 있으며, 독일의 란다우(Landau)에서 저온 열수발전에 EGS기술을 접목한 2.9 MW 열병합발전이 가장 성공적인 사례로 인정받고 있다.

이 EGS기술은 앞으로 전 세계 지열발전의 주요 기술로 자리잡을 것으로 기대되며 미국에서는 2050년까지 100 GW를 보급함으로써 미국 기적부하의

10%를 담당할 수 있을 것으로 전망하고 있다. 통상적인 고온 열수발전에서 전체 지열발전소 건설비용 중 시추비용이 차지하는 비중이 약 25%인데 반해, EGS에서는 지하 5~6 km 깊이까지의 시추에 전체의 75% 가량에 이르는 막대한 비용이 필요하므로 상업적인 성공을 위해서는 저비용 시추기술의 개발이 핵심 요소가 된다. 현재 미국, 유럽 등지에서는 2030년 까지 경제성을 확보하기 위한 기술개발 투자가 이루어지고 있다.



[그림 6] EGS 지열발전 개념도.

발전방식별 분포

이상과 같은 기술별로 발전량을 살펴보면 **(표 1)**과 같이 물-증기 혼합형 지열 저류층을 대상으로 한 플래시 방식 지열발전이 가장 많이 보급되어 있다. 한편 건증기 방식은 미국의 가이저, 이탈리아의 라데렐로와 같이 저류층내 온도와 압력이 매우 높은 곳에 해당되면 상대적으로 큰 발전용량을 보인다(평균 기당 45 MW). 지열발전 터빈은 일본의 Mitsubishi, Toshiba, Fujii 3사가 전체의 70% 이상(7,301 MW)을 공급하고 있고, 미국의 ORMAT사는 유기 랭킨사이클(Organic Rankine Cycle; ORC)를 이용한 바이너리 발전기를 공급하고 있는데, 거의 대부분의 바이너리 발전소가 ORMAT사 제품이다(1,100 MW 공급).

대표적인 EGS 지열발전 사례

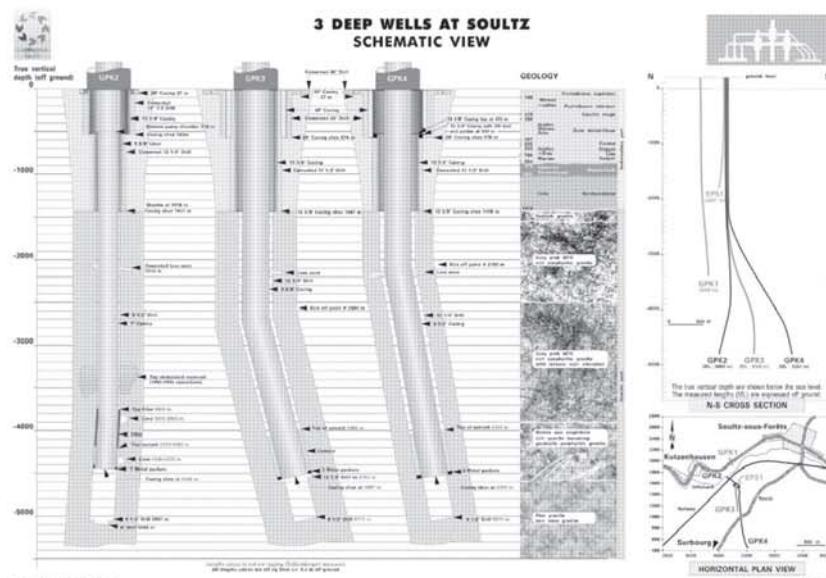
우리나라에는 화산활동과 관련된 고온 열수자원이 부존하지 않고 바이너리 발전에 가능한 열수자

(표 1) 지열발전 방식별 보급 용량 및 발전기 개수(Bertani, 2010).

발전 방식	설치용량		발전기 개수	
	MWe	%	No. Units	%
Dry Steam	2,878	27	62	12
Single-flash	4,421	41	141	27
Double / Triple-flash	2,092	20	61	11
Binary	1,178	11	236	45
Back Pressure	145	0	25	5
합 계	10,715	100	526	100

원의 부존 여부도 아직 확인되고 있지 않기 때문에, EGS를 통한 지열발전을 우선 고려해야 할 것이다. 따라서 대표적인 EGS 사례로 손꼽히는 프랑스 솔츠와 독일 란다우 발전소의 사례를 살펴본다. 이 두 발전소는 Upper Rhine Graben에 위치하여 지질학적으로 동일한 지역에 속하나, 솔츠는 완전하게 EGS 기술에 의하여 발전을 하는 반면에 란다우는 저온 열수발전에 EGS 기술을 접목한 점이 서로 다르다.

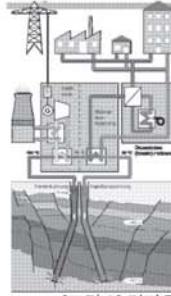
솔츠 EGS 프로젝트는 프랑스 알사스 지방의



[그림 7] 프랑스 솔츠 EGS 발전소에 굽착된 5 km 깊이 3개 시추공의 제원(왼쪽) 및 실제 시추공 구적(오른쪽)(Dezayes et al., 2005). 지표에서 시추공 정호(well head)는 서로 6 m 떨어져 있으나 방향성 시추를 통해 지하 5 km 깊이에서는 550 m와 600 m 떨어져 있다.



[그림 8] 솔츠 EGS 지열발전소 전경.



[그림 9] 란다우 프로젝트 모식도(왼쪽) 및 지열발전소 전경(오른쪽)

(Baumgärtner et al., 2007).

Soultz-sous-Forêts 지역에서 1980년대 말부터 EU 공동 프로젝트로서 진행되었는데, 이 지역은 16세기부터 역청(bitumen) 형태의 유전개발 과정에서 수 많은 조사 및 탐사를 통해 지구대(graben) 형태의 지하 구조 및 높은 온도증가율이 확인되었던 곳이다. 5km 깊이의 시추를 통해 암반 온도 200°C를 확보하였고, 수압 자극(hydraulic stimulation)을 통해 인공적으로 저류층을 생성한 후 저류층 빌달 방향으로 생산井 2 개를 굴착하여 2007년 11월에 1.5 MW급 ORC 바이너리 지열발전소를 완성하였다. 이 프로젝트는 EGS 기술을 통한 세계 최초의 지열발전소로서 미국, 독일, 스위스 및 호주의 활발한 EGS 개발 사업을 이끌어낸 직접적인 계기를 마련하였으며, 인접한 독일 란다우에서 저온열수+EGS 기술 접목을 통해 상업적인 지열 발전소의 성공을 이루게 된 기본 기술 자료를 제공하였다는 점에서 큰 의의를 갖는다.

한편 독일 란다우 지열발전소는 프랑스 솔츠 프로젝트의 기술진들이 그 기술적 경험에 기초하여 상업적으로 최초로 성공한 저온열수형+EGS 지열발전 소라는 면에서 큰 의의를 가지는데, 지하 약 3.3 km 하부 괴체대를 따라 풍부하게 부존하는 저온 열수 (150~160°C) 저류층에 EGS 기술을 접목하여 지열 수순환시스템을 완성하였다. 프로젝트 추진 면에서 보면, 2004년 1월에 지방 전력회사와 민간자금의 투

자로 사업에 착수하여 2007년 11월에 2.9 MW급 지열 발전소를 준공한 후 열병합 발전으로 확장한 상업적 프로젝트이며, 독일의 적극적인 발전차액보조(Feed-in-Tariff; FIT)제도에 힘입은 성공적인 사례로 꼽힌다. 이 프로젝트의 성공으로 독일에서는 인근 인샤임(Insheim)을 비롯해 10여개 지역에서 지열발전 프로젝트가 가동 중이며 2012년부터는 기본 보조금을 16 Euro-cents/kWh에서 25 Euro-cents로 인상하고 지원대상 발전용량의 상한선도 철폐하는 등의 더욱 획기적인 FIT 제도가 시행될 예정이다.

우리나라 지열부존 상황을 고려한 발전 전략

잘 알려져 있는 바와 같이 우리나라에는 화산이 없고 따라서 전통적인 지열발전에 활용할 고온 지열 수(또는 증기)가 부존하고 있지 않다. 현재 가장 높은 온도를 보이는 온천이라고 해도 부곡온천의 78°C 정도이므로, 냉각수를 고려할 때 바이너리 지열발전에도 적합하지 않다. 한편, 최근 독일의 란다우와 운터하킹(Unterhaching)등지에서 성공하여 인근 지역으로 확산되고 있는 저온 지열발전 프로젝트와 같이 지하 3.5 km 내외의 깊이에서 135~150°C의 지열수를 대량 개발하여 3 MW급의 바이너리 발전을 추진하는 것을 생각해볼 수도 있다. 그러나 우리나라의 지질조건이 독일의 뮌헨 지방과 같이 지열수가 풍부한 퇴적

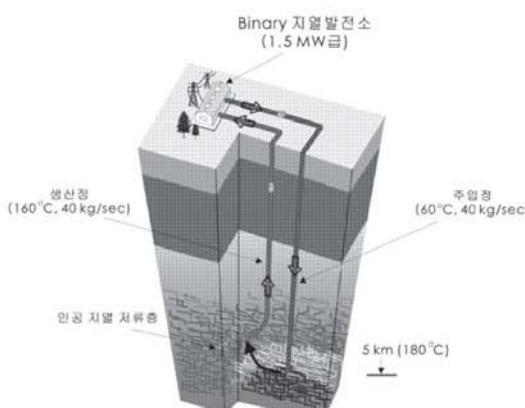
층이 발달하고 있지 않고, 또한 라인강 유역과 같이 심부 지열수가 풍부히 부존하는 지구대(graben) 구조의 부존도 입증된 바 없기 때문에 현재로서 3.5 km 깊이 내외에서 다량의 지열수가 부존할 가능성이 높지 않다.

따라서 우리나라에서는 앞서 살펴본 바와 같이 5 km 깊이 이상의 시추를 통한 EGS 지열발전을 고려해야 할 것이다. EGS 발전에서도 발전량은 지열수(유체)의 열에너지와 유량에 비례하기 때문에 가능하면 동일한 깊이에서 온도가 높은 지역이 유리함은 당연하다. 따라서 EGS 지열발전 대상 부지의 선정에서 온도는 가장 중요한 결정 요소가 될 것이고, 그 다음으로 인공적으로 지열 저류층을 생성하는 즉, 암반에 균열을 발생시키기 쉬운 구조를 갖추고 있는 지역을 생각해야 한다.

한편, 지금까지 우리나라에서 지열발전이 시도된 바가 없기 때문에, 시작단계에서 곧바로 상업적 발전을 추진하는 것은 무리가 있다. 특히 우리나라의 지질환경은 석유개발 또는 지열개발이 활발하게 이루어지고 있는 미국이나 유럽, 호주와 매우 다르다. 더욱이, 육상에서 석유개발을 위한 심부 탐사나 심부 시추조사가 이루

어진 경우가 없기 때문에 그 만큼 심부 지질구조에 대한 기초 자료가 부족하여, 자세한 사전조사 없이 무조건 대규모 지열발전 프로젝트를 진행한다는 것은 자칫 시행착오가 발생할 경우에 지열발전에 대한 광범위한 오해를 불러일으킬 우려마저 있다. 따라서 외국의 여러 가지 경험을 면밀히 검토하고, 충분한 조사와 탐사에 기초한 소규모 실증(pilot plant) 프로젝트를 통해 심부 지열개발의 경험을 축적한 후에 단계별로 규모를 늘려 나가는 전략이 타당할 것이다.

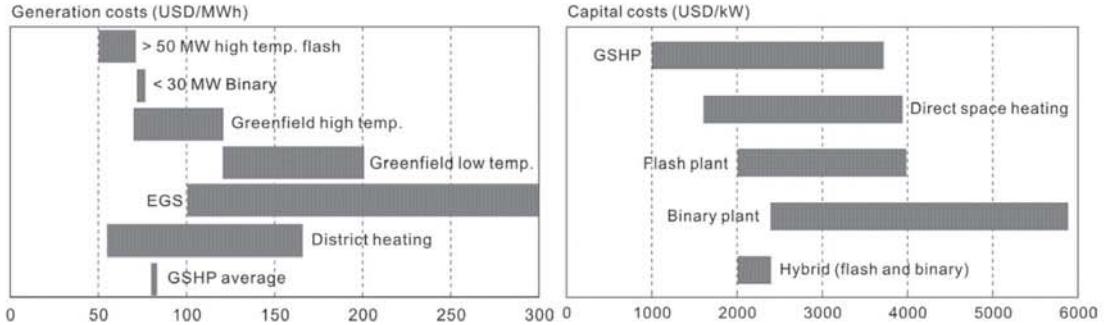
이러한 점들이 고려되어 2010년 12월에 5년 계획으로 EGS 실증 프로젝트가 지식경제부 신재생에너지기술개발사업으로 선정되기에 이르렀다. 프로젝트의 대상지역으로는 지금까지 우리나라에서 가장 높은 지온증가율을 보이는 것으로 알려진 경상북도 포항 지역이 선정되었으며, 5 km 깊이의 주입정과 생산정 각 하나씩으로 이루어진 더블렛(doublet) 시스템으로 순 발전량 1.5 MW급의 바이너리 지열발전소 건설을 목표로 하고 있다. 5 km 깊이에서의 암반 온도는 180°C로 예상되며 성공적으로 지열 저류층이 생성되면 온도 160°C, 유량 40 kg/sec의 지열수 순환시스템을 이를 것으로 예상된다(그림 10 참조).



[그림 10] 현재 수행 중인 EGS 실증 프로젝트 개념도.

지열발전의 경제성과 파급효과

그림 11은 국제에너지기구(IEA)에서 발행한 'Renewable Energy Essentials: Geothermal'에서 밝힌 자료로서 전기 또는 열생산 용량 1 kW당 투자 단가 및 전기 또는 열 공급량 1 MWh당 단가를 각각 나타낸 것이다. 통상적인 고온 발전인 플래시 발전의 건설비용은 1 kW당 US\$ 2,000~4,000 범위이고 최근 지열발전의 가동율이 85%에 이르는 것을 감안할 때 현재 가동되고 있는 지열발전소의 발전단가는 US\$ 75/MWh 이하로서 가격 경쟁력을 확보하고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 EGS를 보면 발전단가가 US\$



[그림 11] 지열발전의 kW당 투자비용(왼쪽)과 MWh발전당 발전단가(오른쪽)(IEA, 2010).

100~300/MWh로 큰 편차를 보이고 있는데, 이는 지열자원의 품위(즉, km 깊이당 온도 증가율)가 지역별로 큰 차이를 나타내고 있고 이제 상업화 시작단계여서 자료가 불충분하기 때문이다. 즉, 세계 최초로 EGS 지열 발전소를 건설한 프랑스 솔츠 지역에서는 5 km 깊이에 200°C의 온도를 보이는 반면, 호주 Cooper 분지에서는 4.3 km 깊이에서 이미 250°C 이상의 암반온도를 나타내고 있다.

통상적인 고온 지열발전에서 전체 투자비 중 시추비가 차지하는 비중은 약 25%에 불과한 반면, EGS 발전에서는 그 비중이 75%까지 올라가는데 이는 EGS의 경우 깊게 시추하는 반면 온도 및 생산량은 상대적으로 부족하기 때문이다. 따라서 앞으로 EGS의 전 세계적인 성공여부는 시추비용을 얼마나 줄이느냐에 달려있다고 해도 과언이 아니고, 여기에 지하 암반내 저류층을 생성시키는 효율을 늘려 하나의 시추공에서 지열수의 생산량을 늘리는 것이 다음 과제이다. 유럽에서는 이러한 노력에 성공함으로써 2030년 까지는 US\$ 74/MW 수준으로 발전단가를 낮추는 것을 목표로 삼고 있다.

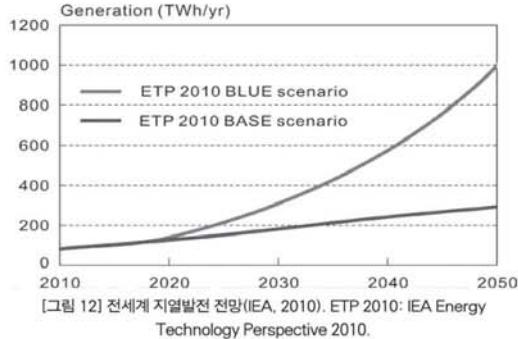
지열발전의 경우, 상시 가동이 가능하기에 기저부하(base load)를 담당할 수 있다는 특성을 가진다. 지열발전의 가동율은 최신 시설의 경우에는 연간

85% 정도를 보이고 있으나, 오래된 발전소는 증기압력의 변화에 따라 이보다 낮다. 따라서 발전량의 화석연료 절감효과에 대해서는 추정 기관별로 차이가 있을 수 있는데, 국제에너지기구(IEA) 산하 지열실행분과(Geothermal Implementing Agreement: GIA)에서는 표 2와 같은 지열발전과 직접이용의 화석연료 및 CO₂ 배출 절감효과를 정리하였고(Mongillo, 2005), 매 5년마다 개최되는 세계지열학회(World Geothermal Congress)에서도 이를 채택하고 있다.

지열에너지가 여타 에너지원에 비해 갖는 또 다른 중요한 장점은 에너지의 원천이 땅속에 있기 때문에 발전이나 열공급을 위해 필요한 지표 시설의 면적(foot print)이 매우 작다는 점이다. 최근 미국에서의 연구결과에 의하면 연간 1 TWh 발전을 위해서 원자력 발전이 가장 적은 면적을 필요로 하며 그 다음이

〈표 2〉 국제에너지기구 지열실행합의(IEA GIA)에서 채택하고 있는 지열활용의 파급효과(Mongillo, 2005).

구 분	지열발전 (화력발전효율 35% 기준)	직접이용 (보일러 연소효율 70% 기준)
석유절감 (toe)	70.4 toe/TJ 253.4 toe/GWh	35.2 toe/TJ 126.7 toe/GWh
CO ₂ 절감 (kgMWh)	천연가스 대비	97 kg/MWh (26,944 kg/TJ)
	석유 대비	409 kg/MWh (113,611 kg/TJ)
	석탄 대비	477 kg/MWh (132,500 kg/TJ)



[그림 12] 전세계 지열발전 전망(IEA, 2010). ETP 2010: IEA Energy Technology Perspective 2010.

지열로서 7.5 km^3 이 필요하다. 이는 환경적인 면과 경제사회적인 면에서 상당히 유리한 것으로서 특히 우리나라와 같이 평지 면적이 부족한 지역에서는 시간이 지날수록 그 장점이 부각될 것으로 예상된다.

전 세계와 우리나라의 지열발전 전망

지열에너지는 기후변화에 영향을 받지 않아 기저부하를 담당할 수 있는 유일한 재생에너지이다. 또한 심부 시추기술의 발달에 따라 EGS 발전이 상업화되면서, 천부 지중열을 이용한 냉난방 활용과 더불어 언제 어디서나 활용이 가능한 유비쿼터스(ubiquitous) 에너지원이다. 특히 EGS 기술을 통해 2050년까지 미국내에서만 100 GW의 발전이 가능하다는 연구결과와 더불어 전세계적으로 140 GW의 발전이 가능하다고 보고되고 있으며 연 가동율을 85% 수준으로만 잡아도 그림 12에 나타낸 바와 같이 2050년에 전 세계적으로 연간 1,000 TWh의 전기가 공급될 수 있을 것으로 전망하고 있다.

한편, 우리나라에서 EGS 지열발전을 시도하게 되면 상업적 발전시설은 실증규모에서 시작하여 2020년의 기술 수준으로 20 MW급을 달성할 수 있을 것으로 예상하고 있다. 2030년까지 전국에 10개의 상업적 EGS 발전소를 건설한다고 가정하면 우리나라에서

200 MW의 지열발전공급이 가능해질 것으로 전망된다. 이를 통한 실제 발전량은 2030년에 충분히 달성 가능한 85%의 가동율을 가정할 경우 연간 1,489 GWh가 되며, 이는 표 2를 통해 연간 38만 toe의 석유수입대체, 그리고 연간 140만ton의 CO₂ 배출절감 효과(석탄발전대비)를 가져올 수 있을 것으로 전망된다.

참고문헌

- Baumgärtner, J., Menzel, H., and Hauffe, P., 2007, The geox GmbH project in Landau - The first geothermal project in Palantinate / Upper Rhine Valley, First European Geothermal Review, October 29–31, 2007, Mainz, Germany, 33.
- Bertani, R., 2010, Geothermal power generation in the world: 2005–2010 update report, Proc. World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25–30 April 2010.
- Clauser, C., 2006, “Geothermal energy”, in Heinloth, K., Ed, Landolt-Börnstein, Group VIII: Advanced materials and technologies, Vol. 3, Energy technologies, Subvol. C, Renewable energies, pp. 480–595, Springer Verlag.
- Dezayes, Ch., Gentier, S., and Genter, A., 2005, Deep geothermal energy in western Europe: the Soultz project, BRGM/RP-54227-FR, 48p.
- Dickson, M. H., and Fanelli, M., 2004, What is geothermal energy?, International Geothermal Association, <http://iga.igg.cnr.it>.
- International Energy Agency (IEA), 2010, Renewable Energy Essentials: Geothermal, <http://www.iea.org>.
- Mongillo, M., 2005, Saving factors for geothermal energy utilization, <http://www.iea-gia.org/>. (40)