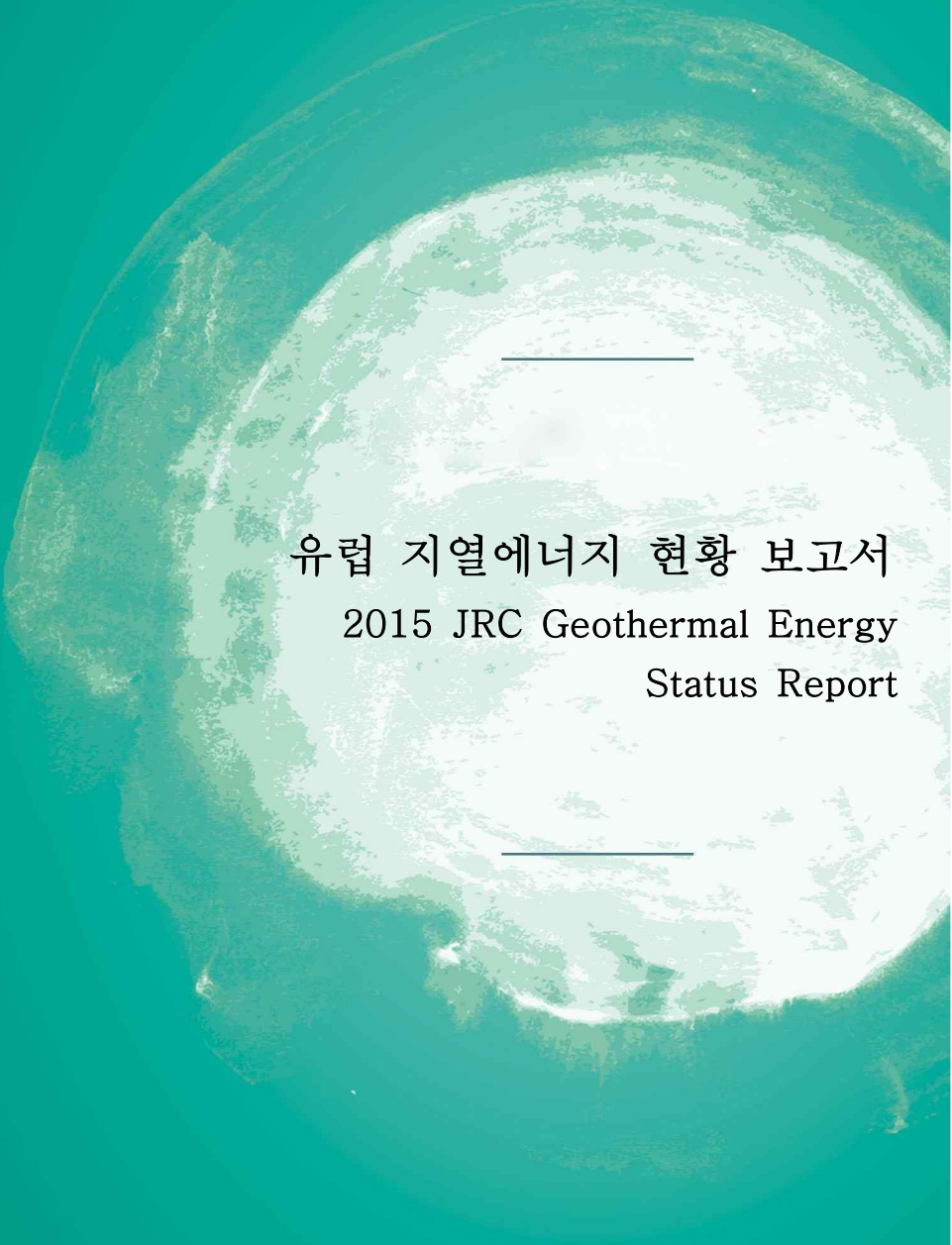


해외보고서 요약



유럽 지열에너지 현황 보고서  
2015 JRC Geothermal Energy  
Status Report

## 목 차

1. 개괄
2. 지열에너지 이용기술
3. 현재 유럽연합의 지열에너지 이용 현황과 전망
4. 지열에너지 발전의 경제적 측면
5. EGS의 향후 예측동향

## 1. 개괄

유럽합동연구원(Joint Research Centre, JRC)이 제작한 본 보고서는 유럽에서 지열 산업의 연계성을 제고하고, 지열 기술 분야의 혁신을 위한 R&D의 필요성을 강조하고자 작성되었으며, 2014년도 보고서의 개정판이다. 2014년도 판은 관련 기술에 대한 설명을 포함하여 유럽연합 내 지열에너지 분야에 대한 대략적인 설명을 제공하였으며, 이번 개정판은 해당 분야의 시장 현황, 발전 및 전망뿐만 아니라 향후 필요한 정책적 지원 등에도 초점을 맞추고 있다.

2장은 세부적인 기술과 그에 관련해 연구 및 개발의 여지가 남은 분야를 설명한다. 3장은 EU 시장 내 현황, 목표와 전망을 제시한다. 4장은 지열에너지 분야의 경제적 측면과 의의를 분석하고, 자본비용, 운영비용 및 생산된 에너지의 결과 비용 등의 비용 측면에 초점을 맞췄다. 5장은 지열과 관련된 유럽연합의 정책을 소개한다. 6장은 인공저류층생성기술(Engineered / Enhanced Geothermal System, EGS)을 더욱 상세하게 설명하고, 세계 각국이 해당 기술을 상용화하기 위해 과거로부터 오늘날까지 시도한 연구내용을 다루고 있다.

## 2. 지열에너지 이용기술

현재 지열에너지 이용기술은 지표면 열펌프(Ground Source Heat Pump), 직접사용시설(Direct Use Facility)과 지열발전소(Hydrothermal Power Plant) 등으로 나뉜다.

지열발전은 고온의 지하 암반에서 가열된 지하수가 **대류현상**으로 인해 지반 내 자연적 균열 내지 인위적인 시추공을 통해 지표면으로 이동하면서 전달한 열에너지를 이용하여 이뤄진다. 따라서 높은 투과성을 지닌 고온의 암반지역은 지열발전소 건설에 최적의 장소이며, 지열펌프/직접사용시설에도 마찬가지이다. 지열이 충분치 않거나, 투과성이 낮은 암반의 경우, 지표면의 주입정에서 유체를 주입하여 생산정으로 지하수를 추출하는 인공저류층생성기술(EGS)이 사용된다.

### 직접사용시설(Direct Use Facility)

영상 2~3도에서 150도에 이르는 지하수의 열에너지를 직접 사용하는 방식으로, 전 세계적으로는 온천욕과 난방에 가장 많이 사용된다.

지금까지 열에너지를 고르게 분배하기에 직접사용방식은 부적절하다고 여겨졌으나, 최근 각종 신기술의 도입을 통해 이를 극복하고 있다.

기존의 주입정/생산정을 모두 주입정으로 이용하고, 새로운 생산정을 추가로 시공하는 방식이 프랑스에서 시도되었으며, 이를 통해 30년의 추가 이용이 가능해졌다. 이 기법은 점점 더 많은 직접사용시설에 적용되고 있으며, 가장 최근에는 지열펌프와 결합하는 방식으로 열효율성을 높이는 기술이 개발되었다.

### 지표면 열펌프(GSHP)

지표면 열펌프는 깊이 얇은 지하의 열에너지를 이용하는 에너지 생산방식으로, 전 세계 거의 모든 곳에서 적용 가능하다.

현재 GSHP 분야에서 이뤄지는 기술개발의 초점은 비용감소와 열효율증대에 맞춰져 있다. 최근 10년 사이 GSHP 방식의 열효율은 60% 이하에서 75%로 상승했으며, 2020년에는 80%를 기록할 것으로 예상된다.

### 인공저류층생성기술(EGS)

암반이 고온이며 퇴적층인 경우, 대류는 일어나지 않고 전도현상이 일어나는데, 이를 고온퇴적대수층(Hot Sedimentary Aquifer, HSA)라 하며, 해당 암반지대에서는 EGS가 사용된다. 또한 결정형 암석으로 이루어진 암반의 경우 투과성이 충분히 높지 않아 역시 EGS가 사용되는데, 이를 암반열 EGS(Petrothermal EGS)라고 한다.

소규모 시설에서는 2007년 처음 EGS 착공 및 운용에 성공했지만, 아직 개발단계에 머물러있다. 현재 유럽에는 암반열 EGS가 한 곳, HSA EGS가 세 곳의 시설에 적용되었다.

### 3. 현재 유럽연합의 지열에너지 이용 현황과 전망

현재 유럽연합 내 지열 산업은 작은 규모이지만, 앞으로 성장 가능성이 큰 분야이다. 유럽연합 내 51개 지열발전소의 설비용량 총합은 0.95GW이며 2014년 이후 추가분은 없다.

19개 유럽연합 국가들은 국가재생에너지개발계획(National Renewable Energy Action Plan, NREAP)을 운용하며 지열 에너지를 포함하고 있다. 2014년도 계획은 직접사용시설과 지표면 지열펌프에 대한 생산량을 설정하였다. 직접 사용의 경우 현재 생산량은 2014년도 당시 목표치 대비 72%이며 2020년도 목표치를 만족시키려면 세 배 이상 증가해야 한다. 현재 지표면 지열펌프 이용을 포함한 전체 지열 전기생산량은 2014년 당시 목표치의 약 95%이며 2020년도 목표치의 약 61%이다.

굴착 및 장비설치와 관련된 비용 절감 발생 시 JRC(JRC-EU-TIMES) 모델에 따르면 2050년 총 전기생산량의 24.5%(1050-1100 TWh)로 제고될 것으로 예상된다.

### 4. 지열에너지 발전의 경제적 측면

전세계적으로 지열발전시설의 생산력 대비 실제 생산량(Capacity Factor)은 70-80%로 추산된다. 이를 97-8% 가량으로 상승시킬 수도 있지만, 높은 시설 유지관리비용으로 인해 생산단가가 오를 가능성이 있다.

시추작업(Drilling)에는 현재 지열발전소 건설비용의 30-50%가 소요되며, EGS의 경우 전체 비용의 반 이상이 쓰인다. 따라서 시추작업의 비용을 낮추는 것이 급선무이다. 이를 위해 사출, 고온시추작업, 직사, 고압전류방출 등 다양한 신기술이 고안되었으나, 실험실이 아닌 현장에선 적절한 효과를 보이지 못했다.

현재 시추기술의 혁신을 확인할 프로젝트는 두 곳으로, DESCRAMBLE 프로젝트는 아주 깊은 지하의 고온/고압 등 극단적인 조건 하에서의 효율적인 시추기술을 시험하고 있으며, Thermodrill 프로젝트는 기존 드릴링에 고압수분사를 조합해 비용은 30% 감소, 작업속도는 50% 증가를 목표로 진행 중이다.

## 5. EGS의 향후 예측동향

지열에너지발전의 전력시장 점유율을 제고하기 위해서는 EGS의 도입이 필수적이며, 해당 기술을 적용한 발전 프로젝트가 실패할 위험을 낮추기 위해서는 지하 저수지의 탐지법, 압출법, 관리법의 지속적인 개발이 필요하다.

현재 최초의 암반열 EGS 발전소가 프랑스 Soultz-sous-Forets 지역에 세워졌으며 설비용량은 1.5MW에 이른다. 또한 전세계적으로 14개의 EGS 프로젝트가 진행 중이며 그중 10개가 유럽연합에서 진행 중이다.

대규모 지열 전기 생산에는 아직 기술적인 장벽이 남아있다. 다양한 지질학적 조건이 만족될 경우 JRC 모델의 예측에 따라, EGS분야의 전력생산량은 현재의 5.6 TWh에서 2050년 540 TWh로 증가할 수 있다. 이 예측은 EGS가 향후 검증된 기술이 될 것으로 가정하지만, 주요 비용의 절감을 보장하지 않는다. 상기된 요소들을 모두 고려했을 때, 지열 전기생산량은 EU 내 총 전기생산량의 0.2 %에서 12.6%로 점유율 상승이 예측된다.

EGS와 같이 굴착심도가 수 킬로미터를 초과하지 않는 경우 수반되는 위험성이 훨씬 낮으므로 지속적으로 성장할 것으로 예상된다. 지열 기술 중 EGS 기술은 시장의 고도화가 요구되므로 가장 높은 수준의 공공 재정 지원을 필요로 하며, 이러한 지원이 이뤄진다면 해당 기술의 대규모 상용화가 앞당겨질 것이다.

## 해외발간보고서 요약분석

### 유럽 지열에너지 현황 보고서

---

발행일 : 2016년 10월 24일

발행처 : 한국환경산업기술원

---