



일반원고

일본의 지열발전 현황

정 광 섭, 김 상 훈*

서울산업대학교 건축학부 교수, *서울산업대학교 에너지환경대학원

1. 지열발전의 역사

일본의 지열발전 역사는 1919년 山内万壽治가 지열이용을 위한 분기공(憤氣孔) 굴착에 처음 성공하였고, 그 후 사업을 이어받아 太刀川平治박사가 1925년에 일본 최초 지열발전(출력 1.12kW)에 성공하였다.

2. 지열발전의 의의

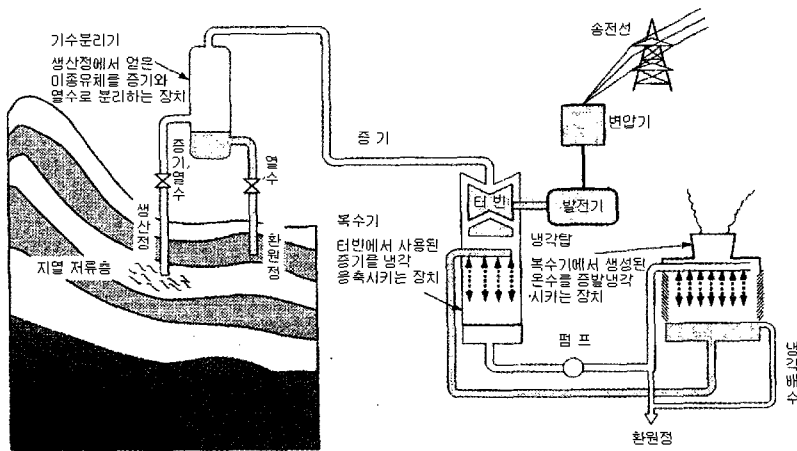
지열지대는 화산활동에 수반하여 형성되며, 특징적인 지하구조를 활용하여 지열발전을 수행한다.

2.1 시스템의 원리

지열발전은 지열정(井)에서 취출된 지열유체(기액혼합유체)가 지나는 에너지를 전력으로 변

환하는 것이며, 기본적인 발전의 원리를 그림 1에 나타냈다.

화산지역 등에서는 지하 수백 m~3,000 m 정도의 심부에 고온의 열수(熱水)나 증기가 저장되어 있는 장소(“지열 저류층(貯留層)”이라 한다)가 있고, 그곳에 생산정(증기를 취출하기 위한 우물)을 굴착하면 지열유체가 분출된다. 분출되어 생긴 지열유체는 기액혼합상태로 지표의 기수분리기에 의해 증기와 열수로 분리되고, 분리된 증기를 이용하여 터빈(또는 이것에 연동하는 발전기)을 회전시키는 것에 의하여 발전하는 것이다. 또한, 분리된 열수는 지열 저류층으로 환원정을 통하여 되돌린다. 다시 말하면, 지열발전은 “자연 보일러”를 이용하는 기력(氣力)발전이고, 지표에서의 기수분리 이후의 시스템은 보통 화력발전소와 원리는 같다.

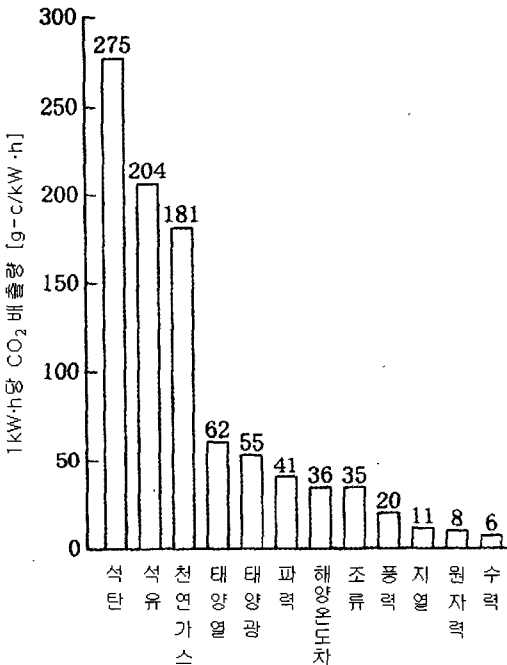


출전 NEDO : 기대되는 지열

[그림 1] 지열발전의 원리

2.2 특징

- ① 환경성이 우수한 에너지 [그림 2] : 지열발전은 자연에너지이고, 지하에서 취출된 증기 중에는 적지만 CO₂가 포함되어 있어 발전과 수반하여 대기 중으로 방출된다. 하지만, 화석연료의 연소에 의해 방출되는 CO₂의 양과 비교하면, 단위출력당 1/10~1/100 정도로 적다.
- ② 공급신뢰성이 높은 자연에너지 : 자연에너지는 일반적으로 기상의 영향을 받기 쉽기 때문에 인간의 생활기반인 전력의 공급신뢰성이 문제시 되고 있다. 그러나, 지열발전은 기상에 거의 영향을 받지 않기 때문에, 평균 70% 이상의 이용율을 확보 할 수 있고 공급 신뢰성이 높은 전원이다.



주)원료의 채굴에서 건설·수송·정제·운용(실제의 발전)·보수 등을 위하여 소비되는 모든 에너지를 대상으로 CO₂배출량을 산정 (원자력에 대해서는 재처리·폐기물 처리·원자로 폐기까지 포함)
 (예) 석탄 : 채굴, 선탄 → 수송 → 발전 → 석탄재 처리
 출전 : 일본 전력중앙연구소 ; 전력경제연구 No.29

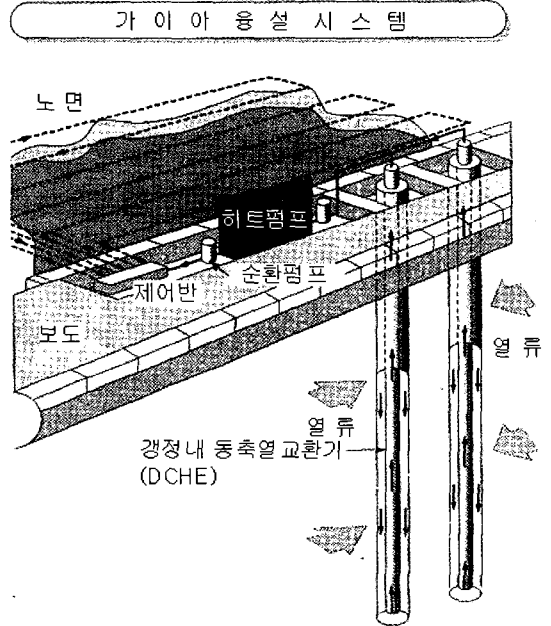
[그림 2] 발전의 종류에 따른 CO₂ 배출량

- ③ 자연환경·온천과의 조화 : 지열 지역은 그 특성상 온천지 근방의 자연 경관이 뛰어난 산간지역에 편재되는 경우가 많아, 자연공원이나 주변온천과의 조화가 과제이다. 발전소의 설치에 있어서는 경관이나 온천 보호 등의 관점에서 주변환경과의 조화를 도모해야 한다. 지열발전소를 설치하는 때는 주변환경과 조화되도록 개발 계획을 수립하고, 환경영향조사에 의하여 주변환경 규제범위 내에서 영향이 없는 것을 확인한 후, 개발을 진행한다.

3. 최근의 현황

3.1 발전

일본에서는 2차레의 오일쇼크를 경험하면서 전국적으로 지열개발이 촉진되어 현재의 인가출력



▲ 가이아 융설시스템의 개념/
 냉정내 동축열교환기와 히트펌프를 사용한 도로의 융설시스템
 출전 일본지열조사회 : 일본의 지열연구 -그 개요와 전망

[그림 3] 지중열의 이용 개념도

은 535.25 MW로 되어 있다. 또한, 신규 플랜트는 하초바루(八丁原) 발전소 구내에 일본 처음으로 허가출력 2,000 kW의 소규모 바이너리(Binary) 발전설비가 설치되어 현재 시험운전 중에 있다. 바이너리(Binary) 발전은 지열증기를 그대로 터빈에 도입하는 것이 아니라, 지열유체를 열교환기에 통과시켜 비등점이 낮은 매체(Iso-pentane 등)를 증발시키는 것에 의하여 고압매체 증기로 터빈을 구동시키는 발전방식이다. 이것에 의하여 보통의 지열발전방식에서는 이용이 불가능한 저압증기나 100℃ 정도의 중~저온 열수(熱水)를 발전에 이용할 수 있는 장점이 있다.

3.2 열이용

지열발전소의 배열수(100℃ 정도)는 하천수 등과 열교환 하여 지역난방, 시설원예, 목욕, 도로 융설 등에 이용되고 있으며, 최근 지열히트펌프의 발전이 기대되고 있다. 지열히트펌프는 연간 온도 변화가 적은 지하에 열교환용 파이프를 매설하고 불투액(不透液) 등의 매체를 환원시키는 시스템

으로, 이 시스템의 성적계수(COP)는 평균 3.5 이상이며 이산화탄소의 배출이 없기 때문에 지구온난화에 대해서도 유효한 냉난방시스템이다.

4. 장래의 전망

지열발전의 개발을 저해하는 요인으로 조사에서 개발까지의 기간이 길다는 점, 단일기기 출력이 상대적으로 낮다는 점 등을 들 수 있지만, 기존 개발지역에서의 증설에 의한 리스크저감 분산행 전원에 의한 전력공급방식이 고려되고 있으며, 새로운 개발방향도 모색 중이다.

자원이 적은 일본은 환경성이 우수하고 공급신뢰성 높은 자연에너지인 지열을 어떻게 유효하게 활용할지가 앞으로의 과제이다.

※자료 : 日本空氣調和衛生工學會, 空氣調和衛生工學會誌 : 平成16年特輯號(技術動向), pp.13-15. 