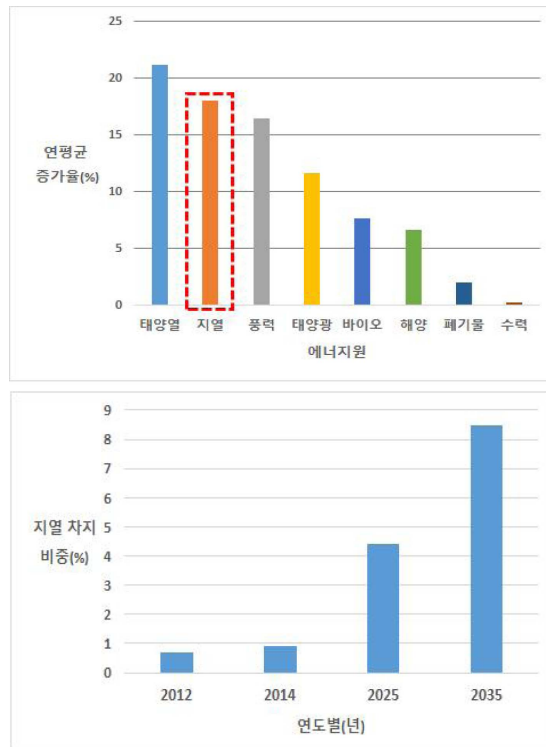


도심형 대용량 지열 기술 개발의 필요성

1. 서론

미환경청(EPA)에 의하면, 지열에너지는 현존하는 공기조화 시스템 중에서 효율이 가장 우수한 에너지원으로 선정된 바 있다. 특히 지열 에너지는 2020년 우리나라 국가온실가스 감축목표량의 50%를 담당하는 중점추진기술로 선정되었으며 국제에너지기구(IEA)는 2050년까지 지열발전량의 50%가 비화산지대에서 담당할 것을 제시한 바 있기도 하다. 이러한 국내외적인 환경에서 지열에너지 보급은 꾸준한 증가세를 보이고 있으며, 정부의 제 4차 신재생에너지 기본 계획에 의하면 2035년에는 전체 신재생에너지원 중 지열비중은 8.5% 보급을 목표로



〈그림 1〉 제4차 신재생에너지 기본계획 중 연차별 지열분야 보급 목표 (상: 보급 목표 달성을 위하여 요구되는 에너지원별 연평균 증가율, 하: 에너지원 중에서 지열이 차지하는 비율)

김 영 원

한국생산기술연구원
수석연구원

하고 있다(그림 1 참조).

위에서 언급한 제4차 신재생에너지 중 지열분야의 보급 목표를 달성하기 위해서는 2035년까지 매년 18% 수준의 성장이 뒤따라야만 목표달성이 가능한 수치라 하겠다. 그러나 국내 보급 성장치는 10% 내외인 것으로 지열업계는 추정되고 있다. 따라서 지열보급의 활성화와 더불어 상기에 언급한 보급계획목표 달성을 위해서는 국토면적이 좁고 인구밀도가 높은 국내 지리적 및 환경적 상황을 고려해 필요가 있다. 대부분이 경우 인구가 도심지역(예, 수도권 및 광역시)에 집중되어 있으므로 지열수요 또한 이 지역의 인구수에 비례할 수밖에 없을 것이다. 도심지역의 지열보급 확산을 위해서는 천공부지를 최소화하기 위한 새로운 지열공법의 개발 필요성이 최근 대두 되고 있으며, 2016년 한해에 한국에너지기술평가원의 사전 수요조사를 통하여 취급된 지열에너지 분야 연구개발과제 후보 중 대용량 지열에 관한 과제가 다수를 차지하였다.

본 지면에서 필자는 최근 한국에너지공단을 통하여 지원된 지열보급 현황을 분석, 국내에서 민간주도에 의하여 시공된 도심형 대용량 지열 시공 사례를 소개(개방형 중심으로 소개)를 통하여 향후 도심형 대용량 지열 사업 확산의 필요성에 대하여 제안하고자 한다. 단, 본 지면에 소개되는 사례는 지열 냉난방 기술에 한정하는 바이다.

2. 사례분석

2.1 정부지원 현황

한국에너지공단으로부터 지원된 최근 5년간 지열 보조금 사업의 종류로는 주택지원, 건물지원 및 융복합지원사업이 있다. 이중 주택지원사업의 경우 2015년 지원금은 2013년 대비 약 80% 수준으로 감

소하였으며, 건물지원의 경우는 2015년 정부 지원금은 2013년 대비 약 65% 수준 감소하였다. 2013년 신설된 융복합지원사업을 고려하더라도 정부에서 지원하는 지열 보조금은 2014년 대비 2015년 85% 수준으로 감소하였다.

그러나 국내 시장 규모 즉, 정부지원사업 및 민간 자체 사업을 합한 전체 시장규모는 매년 약 6~9%로 꾸준한 성장세를 보이고 있는 것으로 파악되며, 2015년 국내 시장규모는 약 3,500억원 수준인 것으로 지열업계는 추정하고 있다.¹⁾ 실제로 정부에서 지원하는 보조금 사업은 축소되었지만 전체 시장은 증가한 결과를 보였는데, 결국 이러한 증가를 견인하는 동력은 민간주도의 지열시장이 점차적으로 확대되고 있기 때문인 것으로 추정된다.

2.2 적용 사례

국내 지열업계에 의하면 최근 3년간 국내 지열설치 용량에서 수직밀폐형이 차지하는 비율은 70~80% 수준이며, 개방형이 20~30%로 추정되고 있다. 국내에서 지열이 본격적으로 도입되기 시작한 2000년대 초반에는 수직밀폐형이 전체 지열시장의 절대적인 비율을 차지하였으나 최근 개방형 시공이 지속적으로 늘어나는 추세이며, 이러한 개방형 지열의 경우 대부분 천공부지가 협소한 도심에서 선호되고 있는 것으로 파악된다. 개방형 시공부문에서 중저층 일반 개방형²⁾의 경우 전체 개방형의 85% 수준이며 나머지는 함몰방지법이 15% 수준인 것으로 추정된다. 1공당 생산용량은 수직밀폐형이 3RT, 일반 개방형이 25RT, 함몰방지법이 30RT 수준으로 설계한다. 한 지열업계의 매출 분석에 의하면 함몰방지법의 경우 지난 5년 전과 비교했을 때 현재 매출이 약 7배 성장한 것으로 보고되었다. 아울러 이러한 개방형 지열 시공 분석 결과 대부분 천공부지

¹⁾실제로 정부보조금 사업 외에 민간에서 시공하는 지열시장의 규모를 추정하기란 쉽지 않기 때문에 정확한 통계치 또한 제시하기 어려우며 추정치 임을 고려하기 바란다.

²⁾일반적인 우물관정형임

〈표 1〉 한국에너지공단 시행 지열보급사업 지원 현황³⁾ (단위:백만원)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	합계
주택지원	11,743	17,235	22,789	21,062	18,740	91,569
건물지원	4,601	5,844	4,848	4,648	3,259	23,200
융복합지원	-	-	638	3,017	2,728	6,383
합계	16,344	23,079	28,275	28,727	24,727	121,152

〈표 2〉 농림축산식품부 시행 지열보급사업 지원 현황⁴⁾ (단위:백만원)

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15	합계
강원	600	-	-	-	-	-	600
충북	911	-	-	-	-	-	911
경북	3,252	1,287	207	821	720	-	6,287
충남	8,393	978	1,616	201	898	-	12,086
제주	4,589	4,278	2,270	646	1,463	-	13,246
경남	863	1,193	4,293	3,098	2,455	2,516	14,418
전남	5,835	5,945	576	1,282	4,561	-	18,199
경기	8,834	5,454	5,382	318	-	203	20,191
전북	2,664	7,006	1,861	11,179	2,771	2,907	28,388
합계	35,941	26,141	16,205	17,545	12,868	5,626	114,326

가 협소한 도심에서 시공되었으며, 전체 매출액의 90%가 서울시내에서 시공된 것으로 파악되었다.

이는 서울시의 신재생에너지 보급 관련 조례⁵⁾와 밀접한 관련을 갖는 것으로 사료된다. 실제로 서울시 청사의 전체 지열 냉난방 설치 용량은 약 1,000RT 수준이며 이는 전체 냉난방의 60%를 차지하는 수치이다. 앞서 언급한 서울시의 조례에 의하면, 서울시는 2015년 9월부터 100,000m² 이상의 신축건물에는 신재생에너지 비율을 14% 이상 설치하는 것을 의무화 하고 있다. 최근 2년 이내 민간시장⁶⁾에서 시공을 완료하였거나 현재 공사 중인(예정 포함) 서

울시내 개방형 지열공법을 적용한 시공현장은 다수가 존재하는 것으로 파악되었으며, 이중 90% 가량이 천공면적이 가장 적게 요구되는 함몰방지법으로 시공되고 있는 것으로 조사되었다. 서울시내 대표적인 시공 현장을 간단히 소개하면, 용산역 인근 1,000RT(대기업 신사옥), 문정동 2,000RT급(지식산업센터), 신촌 1,750RT(대학교), 신반포 800RT(아파트), 응암동 7,500RT(아파트), 영등포 800RT(아파트) 등이며, 대부분 민간 주도의 지열시공현장이다. 향후 이러한 도심의 대용량 지열시공 수요는 지속적으로 늘어날 전망이다.

³⁾출처: 한국에너지공단

⁴⁾출처: 농림축산식품부

⁵⁾2015년부터 일정규모 이상의 신축건물에 대하여 신재생에너지 14% 이상 보급 의무화

⁶⁾정부 또는 지자체 보조금을 받지 않고 시공되는 현장

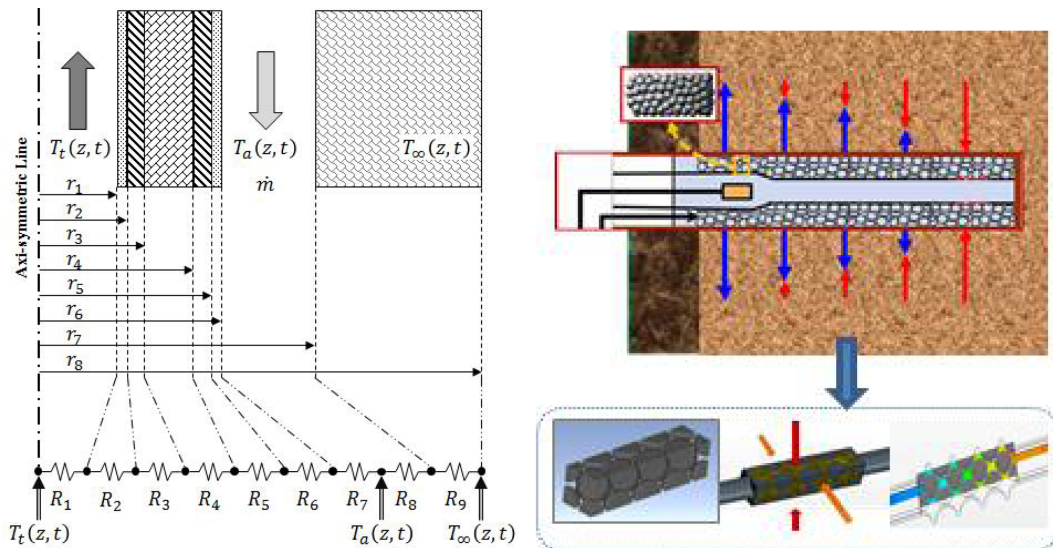
한편, 수직밀폐형의 경우 단일관정에서 추출할 수 있는 열량이 약 3RT 내외이나, 최근 6RT급으로 용량확대를 위한 정부연구개발사업이 추진되고 있으며, 개발 성공시 현재의 천공부지를 50% 수준으로 감소할 수 있을 것으로 기대된다. 한편, 수직밀폐형의 경우 도심내 천공부지 문제를 해결하기 위한 공법인 하부천공 방식을 채택하는 공사현장이 늘어나고 있다. 예를 들면 건물 신축시 지하 기초공사 구간에서 지열천공을 실시하고 상부에 건물을 건축하는 방식이다. 서울 시내에 진행되고 있는 공사현장은 여의도 180RT(대기업 사옥), 마곡지구 600RT(대기업 연구소), 하남 600RT(쇼핑몰) 등이 있는 것으로 파악되는 바, 도심에서 지열천공 문제를 해소하는 여러 가지 방안이 도출되고 있다.

필자는 이러한 지열천공부지 문제를 해소하는 대용량 개방형 지열시공 기법에 대한 연구를 수행 중에 있으며, 본 지면을 통하여 간략히 소개하고자 한다. 개방형 지열공 및 함몰방지법에서 최대의 열량을 추출하기 위한 열전달 메커니즘에 관한 연구를 수행하고 있다. 특히 기존의 전산해석을 이용할 경우 많은 시간과 비용이 소요되는데, 본 연구에서 제안하는 열전달 모델링을 이용할 경우 기존 전산해

석에 비하여 계산시간을 획기적으로 단축시킬 수 있다. 모델링을 위해서는 주입유체의 유량, 온도, 열교환 시스템 열적 특성, 암체의 특성을 고려하여 열전달 평형방정식을 도출하고 2차 연립상미분방정식의 해를 도출함으로써 토출되는 온도를 산출하게 된다(그림 2(좌) 참조). 특히 유동 영역을 다공성 매질로 처리하는 열전달 기법을 적용하기 때문에 계산시간이 빠르고 실제 유동 현상에 근접하게 모사할 수 있어 토출 열량 예측이 정확하다는 장점이 있다. 현재, 심도 200m에서 생산열량 15RT 이상을 목표로 실증 연구를 수행하고 있다. 좀 더 자세한 연구 내용은 별도의 연구논문을 통하여 소개할 예정이다.

2.3 활성화 방안 제언

앞에서 언급한 바와 같이 시장의 요구에 의하여 지열에너지는 도심속으로 점차 확대 적용이 되고 있으며, 이로 인한 지열 천공부지를 해결하는 공법이 시급히 요구되고 있다. 이러한 천공부지를 해결하는 방법으로 단일공 기존 지열시공 공법(예, 수직



(그림 2) 개방형 지열공법 열전달 모델링 기법(좌: 열네트워크 모델, 우: 다공성 유체 열전달 모델링 방법)

밀폐형, 개방형)의 용량 증대를 위한 대용량 지열 기술개발이 요구되며, 아울러 기존 공법의 안정화에 대한 연구가 뒤따라야 할 것으로 본다. 즉 수직 밀폐형의 천공부지 문제를 해결하기 위한 하부천공 방식의 경우, 일단 시공이 끝나고 나면 유지보수가 기존 수직밀폐형에 비하여 불리하다는 단점이 있어 이에 대한 검토가 필요할 것으로 사료된다. 아울러 현재 도심형 지열에 절대적으로 다수를 차지하고 있는 개방형의 경우 공벽에 대한 지속적인 사후 모니터링 또는 시공시 공벽 안정화에 대한 충분한 검토가 필요할 것으로 사료된다. 특히 함몰방지법의 경우 1공당 생산열량이 여타의 공법에 비하여 높으나 현재 정부지원제도권 테두리 외에 있는 상황이다.⁷⁾ 그러나 본 공법의 경우 민간시장에서 보급이 급격히 늘어나고 있는 점을 감안할 때 기존 시방서

의 재검토 등을 통하여 소비자들에게 공법에 대한 신뢰성을 확인시키는 것이 필요할 것으로 사료된다.

3. 결론

제 4차 신재생에너지 기본 계획의 지열분야의 목표달성을 위해서는 연평균 18% 라는 고도의 성장이어야 목표 달성이 가능하다. 이러한 목표 달성을 위해서는 국내 지리적 환경, 즉 국토면적이 좁고 인구밀도가 높은 환경적 측면을 고려하여 도심 내에 천공부지를 획기적으로 줄이는 지열공법에 대한 기술 마련이 필요할 것으로 사료된다. 한편 기존 지열에 대한 시방서 검토 등을 통하여 민간시장에서 지열사업이 활성화 될 수 있도록 정부차원의 제도 마련 등이 필요할 것으로 사료된다.

⁷⁾충진재 주입에 의한 지하수 흐름에 방해한다는 의견에 따라 한국에너지공단 지원에서 제외됨