개별 건물 단위부터 지역 단위 네크워크까지 서울시, 수열에너지 확대 장단기전략 세워야

2040년 신재생에너지 보급률 17% 달성하려면 미활용에너지 발굴 필요

도시의 기후변화 대응을 위해 온실가스 감축과 신재생에너지 보급 확대가 요구되는 상황이다. 정부는 2030년 신재생에너지 발전량 비중 20%를 목표로 하고 있으며, 서울시도 2040년 온실가스 배출량 70% 감축과 신재생에너지 보급률 17%를 목표로 설정하였다. 그러나 서울시 신재생에너지 보급률은 2018년 기준 2.6%에 그쳐, 신재생에너지 공급을 다방면으로 검토해야 하는 상황이다. 서울시는 지리적인 한계로 해양, 풍력 등 재생에너지 자원이 미약하고, 가용부지가 충분하지 않기 때문에 신재생에너지 확대가 어려운 실정이다. 이러한 맥락에서 건물의 냉·난방에 사용할 수 있으면서도 도심 내 광범위한 지역에 적용할 수 있는 미활용에너지인 수열에너지에 관심도가 증가하고 있다.

2019년 10월 수열에너지 범위에 하천수 추가 '냉·난방 열원 중요성 부각'

2019년 10월 '신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령' 개정으로 수열에너지원의 범위가 기존의 해수 표층수에서 하천수까지 확대되었다. 이에 따라 광역상수도의 상수원수, 한강 및 주요 지천의 하천수를 이용하여 생산한 열에너지가 재생에너지로 인정받게 되었다.

[표 1] 수열에너지의 기준 및 범위

구분	내용
기준	물의 열을 히트펌프(Heat Pump)를 사용하여 변환시켜 얻어지는 에너지
범위	해수의 표층 및 하천수의 열을 변화시켜 얻어지는 에너지

자료: 「신에너지 및 신재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」(이하 신재생에너지법) 시행령 [별표 1]

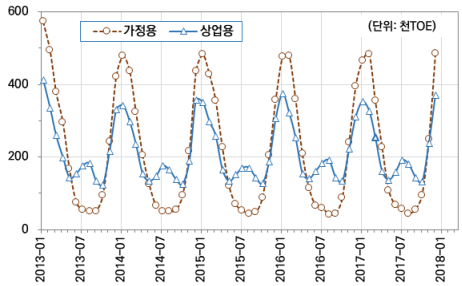
수열에너지는 기존 냉·난방 시스템 대비 약 20~50%의 에너지를 절약할 수 있고, 유출지하수 사업장, 정수장, 개별건물 등 다양한 규모와 유형에 적용이 가능하다는 장점이 있다. 법적으로 수열에너지의 범위가 해수와 하천수로 한정되지만, 물의 열을 히트펌프를 사용하여 변환시키는 방식은 동일하므로 장기적으로는 유출지하수, 수돗물, 하수 등 다양한 수열원의 발굴과 활용에 고려가 필요하다.

서울엔 하천수·수돗물·하수 등 잠재 수열원 다양… 수요처가 인근에 위치

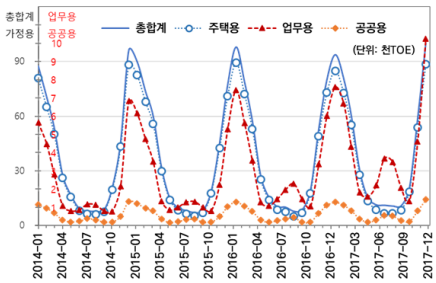
수열에너지 활용에서 중요한 것은 지리적 조건으로서, 수열원이 에너지 냉·난방 수요처 인근에 위치하여야 이용가치가 높고 열원수의 이송과 배출에 드는 비용을 절감할 수 있다. 이러한 관점에서 서울은 하천수, 수돗물, 하수, 유출지하수 등 크고 작은 다양한 수열원이 분포하며, 이들의 위치가 수요처와 가까워 활용에 유리하다. 대규모 하천수열원인 한강이 동서로 흐르고, 남북으로는 주요 지천이 뻗어있으며, 수돗물의 원활한 공급을 위한 대규모 정수장과 배수지 등 상수도시설이 도심 곳곳에 위치하여 활용하기 쉽다. 또한, 지하철역 등에서 일평균 약 450톤 이상의 유출지하수가 발생하고 있으며, 아파트 등 고층건물에서 배출되는 생활하수도 수열원으로 활용될 수 있다. 이러한 수열원은 서울시 에너지 특성을 고려하여 주택의 난방수요, 상업건물의 냉·난방 수요 대응을 위한 에너지원으로 활용이 가능하다.

수열에너지 적용 시 주택 난방수요, 상업건물 냉·난방 수요에 초점 둬야

국내 에너지 소비 특성을 살펴보면, 기후조건에 따라 계절별 부하가 크고, 겨울철 난방에너지와 여름철 냉방에너지 소비가 뚜렷하므로 냉난방에너지 믹스의 다변화가 필요하다. 특히, 지역난방 소비량은 2016년 이후부터 비주택용 부문에서 냉방을 위한 열에너지 수요가 급격히 증가하고 있는데, 이는 상업건물에서 지역난방을 이용한 냉방수요가 증가한 것으로 냉방용 열에너지 수요도 고려해야 할 부분임을 시사한다.



[그림 1] 서울시 월별 도시가스 소비량



[그림 2] 서울시 월별 지역난방 소비량

서울시는 난방에 사용되는 열의 약 90%를 주택에서 소비하며, 냉방에 사용되는 열의 약 80~98%는 업무용에서 소비하고 있다. 이에 수열에너지 적용 시 주택의 난방수요, 상업건물의 냉난방 수요에 초점을 두어야 한다.

서울시 수열에너지 잠재량 230만TOE로 '18년 신재생에너지 생산량의 6배

서울시에서 활용 가능한 하천, 수돗물, 하수, 유출지하수의 이용가능량은 약 2백3십만TOE로 2018년 서울시 신재생에너지생산량의 약 6배에 해당한다. 하천, 수돗물은 수온변화를 고려하여 유량의 일정 비율 이내로 사용하여야 하지만, 하수나 유출지하수는 100% 사용이 가능하기 때문에 에너지 잠재량이 크다.

[표 2] 서울시 수열에너지 잠재량

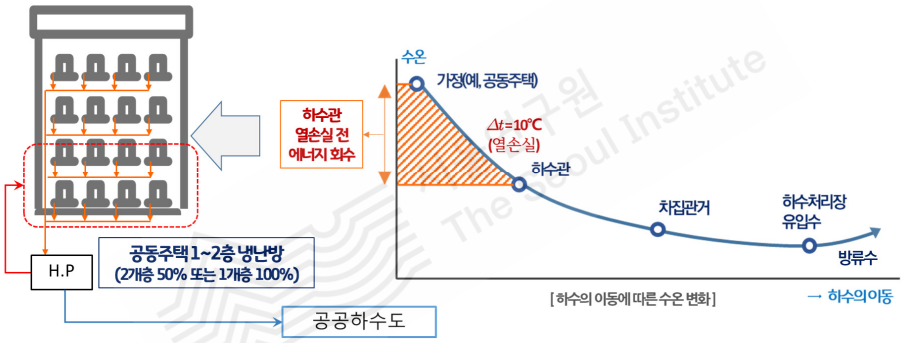
수열원	부존량 (Tcal/년)	이용가능량 (Tcal/년)	에너지생산량 (천TOE)	서울시 신재생에너지 생산량 대비 비율(%)
하천	37,769	545	54	14.3
수돗물	13,180	828	83	21.7
하수	15,428	20,861	2,085	547.2
유출지하수	449	622	62	16.3
계	**66,826**	**22,856**	**2,284**	**599.5**

주1) 수열에너지 잠재량을 파악한 것으로서 하천은 유량관측지점별 합계, 수돗물은 배수지별 합계이며, 하수는 공공하수처리시설 하수유입량을 기준으로 함

주2) 2018년 서울시 신재생에너지생산량 381천TOE

아파트단지 내 생활하수는 가장 유용하고 활용성도 높은 수열에너지원

생활하수는 에너지 공급처(하수열 발생)와 수요처가 인구밀집지역에 같이 존재하므로 도심에서 가장 유용한 열에너지원이라고 할 수 있다. 생활하수가 공공하수도에 도달하는 동안에 손실되는 열을 회수하기 때문에 유량의 100%를 사용할 수 있으며, 열수요지와 가까워 열수송을 위한 배관 비용이 적게 소요되어 경제성 면에서 효율적이다. 또한, 생활하수는 수온이 높아 에너지 밀도가 높으므로 타 수열원에 비해 냉난방 에너지원으로 활용하기 좋으므로 공공하수도로 이동 중 열에너지가 손실되기 이전에 회수하여 활용하는 것이 바람직하다. 이러한 방식은 동일한 부지면적 대비 하수 발생이 많은 공동주택에서 활용성이 높다. 공동주택에서 배출된 하수의 열을 해당 건물에서 다시 회수하여 활용한다면, 공동주택 1~2개 층에 공급할 수 있는 냉·난방 에너지를 생산할 수 있다.



[그림 3] 공동주택 생활하수 적용방안 및 사용대상

수온변동 가능성, 적지 않은 초기 투자비 등 수열 이용 걸림돌 해결해야

수열에너지는 열 이용 후 배출되는 유량과 오염물질 변동은 거의 없으나 배출수 수온에 의한 수질인자 변동에 따른 환경 영향을 고려해야 한다. 하천수나 수돗물은 수온변동을 최소화하도록 영향 범위 내에서 적정 유량을 사용하여야 하며, 수열에너지 시스템 설치 시 이용하고자 하는 수열원의 수온, 유량, 수열원 특성 등을 종합적으로 추가 검토하여야 한다.

[표 3] 수열원별 열에너지 회수 시 수온 영향 및 고려사항

구분	수온 영향 및 고려사항
하천수	에너지가 회수된 후 배출수의 수질오염도가 증가하지는 않으나, 배출수의 수온변화가 하천의 수온에 미치는 영향을 고려하여야 함
수돗물	열 회수 후 배출수의 수온이 변화함. 이후 수요처에서 가온을 위한 에너지 추가 사용 가능성을 고려하여야 함
하수	기존 시스템에서도 하수관로 이동 시 자연적인 수온의 변화가 있으므로 열 회수를 하더라도 문제가 없음
유출지하수	유출지하수로부터 열회수 후 이를 하천유지수로 활용 시 적정 수온을 유지하도록 열에너지 회수량을 산정하여야 함

수열에너지 시스템은 수요처와 수열원이 지리적으로 가까워야 효용성이 담보되며, 거리가 멀수록 비용이 증가한다. 또한 기존 설비의 열공급 온도와 히트펌프 열공급 온도가 서로 달라 설비 간 융합이 불가한 경우도 나타나며, 히트펌프 전용 냉난방 공간을 확보하여야 한다. 히트펌프는 보일러로 재순환되는 관로에 열교환을 통해 기존 설비의 보조 열원으로 이용할 수 있으며, 기존 설비로부터 냉·난방이 공급되지 않는 지하공간이나 미화원 생활공간 등 냉·난방 사각지대의 냉·난방에너지로 활용할 수 있다.

[표 4] 히트펌프 설치 여건의 한계 및 해소 방안

한계	해소 방안
열원과 수요지까지의 지리적 불일치	- 거리가 멀수록 초기 투자비가 많이 소요되어 효용성이 떨어지기 때문에 우선적으로 고려하지 않음
온수배관, 히트펌프 설치, 설치 공간 제약 등 초기 투자비 소요	- 재정지원 등 보조금 지급, 저금리 융자 등 기초 투자비용 절감 - Energy Station 개념 도입으로 열에너지 공급 거점 구축: 대규모 시설 공급 등 대량생산에 의한 비용 절감
히트펌프 설비 용량 제약	- 그린리모델링 연계 또는 신축 시 히트펌프 설치 고려
기존 냉·난방 설비와의 융합이 어려움	- 기존 보일러의 보조 열원으로 활용 - 기존 설비가 담당하지 않은 냉난방 사각지대(지하공간 등)에 활용 가능

수열에너지 도입하려면 자금지원, 에너지요금제 개편 등 복합 지원 필요

수열에너지의 효과적인 도입과 이용 확대를 위해서는 상대적으로 비용이 많이 소요되는 초기 투자비용에 대한 자금 및 융자 지원이 필요하며, 운영비용을 절감할 수 있도

서울연구원 The Seoul Institute

록 에너지 요금제 개편 등 복합적 정책 지원을 검토하여야 한다. 지원방안으로 첫째, 에너지효율화사업에 활용되고 있는 기금을 이용하여 히트펌프를 적용한 수열에너지 시스템 도입 시 융자를 지원하거나 보조금 지급 등으로 사용범위를 확대하는 것이다. 둘째, 에너지절약전문기업(ESCO)을 활용하여 수열에너지 사업에 대해 자금 융자를 제공하는 방식으로 민간 투자를 유도할 수 있다. 셋째, 수열에너지 전용 별도의 전기 요금 체계로 경제성을 확보하는 방법이다. 예로 연료전지 전용 LNG 요금으로 연료전지 보급에 탄력을 얻은 것처럼 수열에너지 히트펌프에 투입되는 전력요금을 할인해주는 등 전용 요금제를 적용할 수 있다. 넷째, 수열에너지는 열 수송에 필요한 기반시설이 갖추어져야 하기 때문에 기존 건물을 대상으로 도입하기에는 여러 제약이 있다. 따라서 히트펌프 설비를 함께 설치할 수 있는 신축건물을 대상으로 히트펌프 설치를 우선 적용하되, 기존 건물에는 '그린리모델링' 사업과 연계하여 비용을 지원하는 방안을 고려할 수 있다.

서울시 환경영향평가 심의기준에 수열에너지 인정범위 우선적 확대 필수

국외에서는 히트펌프로 생산한 열에너지를 재생에너지로 인정하고 있으며, 히트펌프 보급도 활발하다. 국내에서 재생에너지로 인정받는 수열원은 하천수와 해수에 한정되지만, 히트펌프로 열에너지를 생산하는 방식은 모든 수열원이 동일하다. 따라서 다양한 수열에너지가 신재생에너지로서 보조금 등의 혜택을 받기 위해서는, 수열원의 인정범위를 확대하여 하수, 유출지하수, 수돗물 등이 포함되도록 해야 한다.

재생에너지원 인정범위에 대한 법적 개선이 요구되나, 서울시에서 수열에너지 확대를 위해 우선적으로 시행할 수 있는 방법은 '서울시 환경영향평가 항목의 심의기준' 온실가스 부문에 다양한 수열원을 포함하는 것이다. 현행 심의기준은 건물 신축 시 신재생에너지를 20% 설치하여야 하며, 신재생에너지로 최소 14%를 만족하면 상수열, 하수열, 집단에너지 등으로 나머지 비율 6% 대체가 가능하다. 여기에서 수열에너지원을 상·하수열에만 한정하는 것이 아니라 '물을 열원으로 하는 히트펌프를 사용하여 얻어지는 에너지'로 범위를 확대함으로써 신재생에너지 비율을 대체할 수 있도록 한다면 개별 건물의 수열에너지 활용도를 높일 수 있을 것으로 보인다.

[표 5] 환경영향평가 심의기준 온실가스 부문 변경(안)

<table>
<tr><th>변경 전</th><th>변경 후</th></tr>
<tr><td>• 신·재생에너지 등 에너지생산·절약 계획 수립
– 민간 건축물의 경우 연도별 설치비율 이상으로 하되, 신·재생에너지 13%('20.1.1부터는 14%) 초과비율은 아래 사항으로 대체 가능
• 연도별 설치비율
<table>
<tr><th>구 분</th><th>2019년</th><th>2020년</th></tr>
<tr><td>설치비율</td><td>18%</td><td>20%</td></tr>
</table>
• 1차 에너지 소요량 감축설계 시 성능대체비율만큼 신·재생에너지 비율 대체
• 대상건물 대지를 제외한 서울시 전역에 신설한 용량만큼 신·재생에너지 비율 대체
• 재생에너지 이외 열병합발전, 상수열, 하수열, 집단에너지, 에너지저장시설(ESS) 등의 시설에서 에너지를 생산 또는 수급 받는 경우 신·재생에너지 비율 대체</td>
<td>• 신·재생에너지 등 에너지생산·절약 계획 수립
– 민간 건축물의 경우 연도별 설치비율 이상으로 하되, 신·재생에너지 13%('20.1.1부터는 14%) 초과비율은 아래 사항으로 대체 가능
• 연도별 설치비율
<table>
<tr><th>구 분</th><th>2019년</th><th>2020년</th></tr>
<tr><td>설치비율</td><td>18%</td><td>20%</td></tr>
</table>
• 1차 에너지 소요량 감축설계 시 성능대체비율만큼 신·재생에너지 비율 대체
• 대상건물 대지를 제외한 서울시 전역에 신설한 용량만큼 신·재생에너지 비율 대체
• 재생에너지 이외 열병합발전, 물을 열원으로 하는 히트펌프, 집단에너지, 에너지저장시설(ESS) 등의 시설에서 에너지를 생산 또는 수급 받는 경우 신·재생에너지 비율 대체</td></tr>
</table>

수열에너지 확대 위해 건물부터 지역단위 네트워크까지 로드맵 마련해야

서울시 도심 내 수열에너지 확대를 위해 단기, 중기, 장기로 구분하여 전략을 수립할 필요가 있다. 단기 전략은 수열원과 인접한 혹은 동일한 지역에 위치한 개별 건물단위 수요처를 중심으로 히트펌프를 설치하여 열에너지를 회수하는 방식이다. 에너지다소비건물, 공동주택단지, 소방서, 대형병원, 주요 공공기관 등이 대상이 될 수 있다.
중기 전략은 수열에너지를 다중의 수요처에 공급하는 방식이다. 대규모 수열원을 기반으로 하여 저탄소 열에너지 공급거점인 열에너지스테이션을 구축함으로써 생산된 열에너지를 주변의 수요처에 공급하도록 한다. 규모에 따라 다중의 수열원을 이용하며, 유량이 풍부한 한강 본류 등은 대규모로 적용이 가능하다. 열에너지스테이션을 구축한다면 수요처 가까이에 활용 가능한 수열원이 없어도 열에너지스테이션으로부터 생산된 열에너지를 손쉽게 사용할 수 있다.
장기적으로 도시 내 수열에너지 확대를 위해서 지역난방 배관을 연계한 대규모 수열에너지 공급 체계를 구축한다. 지역난방 열 수송관을 이용하여 수열에너지를 생산 및 공급하는 방법인데, 이는 여러 개의 열에너지스테이션에서 생산한 열에너지를 지역난방 배관이 설치된 어느 곳에서나 활용할 수 있도록 하는 방식이다.

서울연구원 The Seoul Institute

[그림 4] 도시의 수열에너지 확대 전략

서울연구원
The Seoul Institute