

하천수 열원을 이용한 개발 가능한 에너지량 산정

안영섭 · 김진훈 · 정우성 · 김형수

한국수자원공사 수자원연구원
E-mail : youngsub0718@hanmail.net

요 약 문

전 세계적으로 에너지 소비가 계속적으로 증가함에 따라 화석 에너지를 대체하기 위한 다양한 기술개발이 이루어지고 있으며, 지열 및 수온차 에너지 개발도 대체 에너지의 하나로 주목 받고 있다. 본 연구에서는 이러한 지열 및 수온차 에너지의 개발 가능 에너지량을 산정하기 위하여 장기간에 걸쳐 하천수 및 층적층 온도 모니터링을 수행하고 이를 바탕으로 개발 가능 에너지량을 산정하였다. 모니터링 결과 층적층이나 하상에서의 온도변화가 대기 온도에 비하여 작음을 확인하였으며, 또한 층적층의 온도 변화가 하천수보다는 온도변화 폭이 작게 나타났다. 향후 이러한 수온차를 이용한 냉난방용 열펌프시스템을 활용하여 친환경적이고도 경제적인 에너지를 확보 할 수 있을 것으로 기대된다.

key word : 층적층, 하상, 열펌프시스템, 지열, 수온차, 하천수

1. 서 론

세계 각국은 날로 고갈되어 가고 있는 지구 에너지원의 다원화, 석유 비중의 경감과 대체 에너지의 개발 촉진 등으로 적극적이고 합리적인 에너지 정책을 추구하고 있으며 산업분야에서 화석연료 사용을 절감하여 대기 오염물질 및 온실가스의 방출을 억제하는 것을 관심사로 하고 있다(조 수외, 2004). 최근 일본 및 유럽에서는 열 공급 부문에서의 에너지 이용 효율화를 도모하기 위해 미활용에너지를 이용한 지역 열공급 사례가 급증하고 있고(이영수외, 2003), 국내에서도 적극적으로 대체에너지 개발을 위한 다양한 노력을 기울이고 있다. 현재 우리 정부는 2011년까지 전체 에너지 사용량에 5%를 대체에너지로 전환하기 위하여 다양한 방안을 시행하고 있으며, 이를 위한 방안 중 하나로 2004년 4월 “대체에너지 개발 및 이용 보급 촉진법” 시행령을 공포하여 국가, 지방자치단체, 정부투자기관 등에 의무적으로 대체에너지를 사용할 것을 권고한 바 있다(김형수외, 2005).

최근 들어 여러 가지 대체에너지 중 지열 및 수온차 에너지를 이용한 냉난방시설이 보급 되기 시작하였다. 지열 히트 펌프는 공기를 열원으로 하는 냉난방시스템보다 초기 투자비가 많이 들지만 공기열원 히트펌프보다는 높은 효율을 가진다. 지열 및 하천수는 연중 온도 변화가 대기 온도에 비하여 적고, 그 온도차가 크기 때문에 이러한 온도 변화 특성을 이용하는 히트펌프시스템 이 최근 들어 관심을 갖고 있다. 또한 대기의 온도 변화에 영향을 거의 받지 않는 층적층(지하수) 및 하천수를 이용하면 에너지 활용적 측면에서 장점이 있어 열펌프의 열원으로 매우 효율적인 이용 가능성이 높다. 본 연구에서는 지열 및 하천수의 온도차 에너지 활용 가능성을 평가하기 위하여, 대청 조정지댐 주변의 층적층과 하상바닥에서 장기간 온도를 측정하여 대기온도와 비교하였으

며, 측정된 온도차를 데이터를 분석하여 하여 개발 가능한 수온차 에너지량을 개략적으로 산정하였다.

2. 현장 수온변화

2.1 대상 지역

충적층과 하상바닥의 계절별 온도 변화를 장기적으로 관측하기 위해 대전광역시 대덕구 미호동과 충북 청원군 문의면의 경계인 대청 조정지댐 직상류 및 하류를 선정하였다. OB-1은 대청 조정지댐 하류 인근 철도 옆, OB-2, OB-3는 대청댐 하류 조정지댐 인근 농경지에 깊이를 다르게 설치하였으며 온도센서는 조정지댐 하류에 설치하였다.(그림 1, 그림 2)

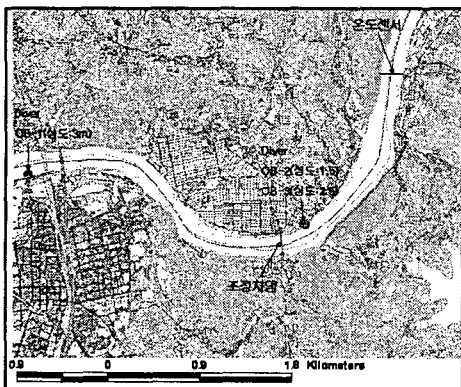


그림 1. 충적층 및 하상바닥 센서 설치 위치

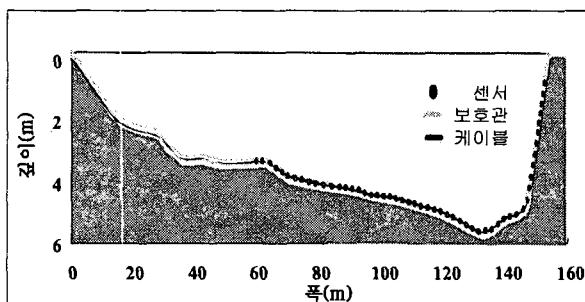


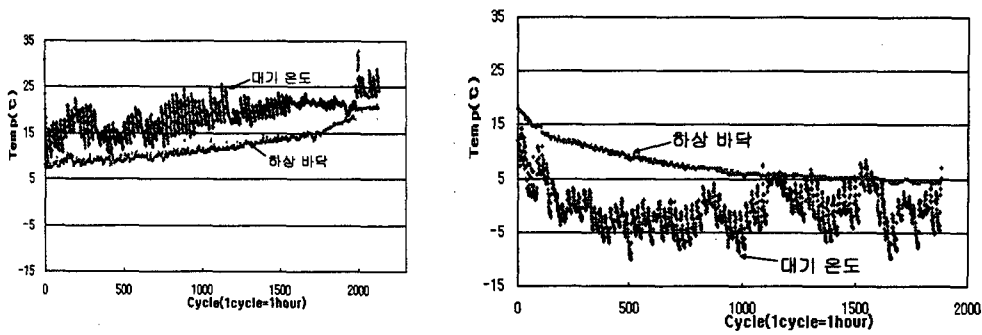
그림 2. 하상바닥에 설치된 온도센서

2.2 실험 방법

충적층에는 3곳을 각각 1.5m, 2.5m, 3.0m의 깊이로 간이 시추 하여 온도측정을 매 30분 간격으로 자동온도측정장치를 이용하여 측정하였으며 하상바닥 온도측정에 사용된 온도 센서는 단일 케이블 내 다중 온도 센서 배열 방식으로 각 측정시마다 변조신호를 송신하여 각 센서의 위치를 확인하고 동시에 온도 측정 데이터를 받아들여 저장한다(한국수자원공사 연구보고서, 2005). 2005년 4월에 38개의 온도센서는 하상 바닥, 2개의 온도 센서는 대기 중에 노출되도록 설치하여 매 1시간 간격으로 온도변화를 관측하였다.

2.3 측정 결과

그림 3은 대기온도와 하상에 설치된 온도분포를 함께 보여주고 있으며, 대기온도와 하천 온도 사이에는 약 5℃~ 10℃정도의 일정한 차이를 보이고 있다. 하지만, 봄에서 여름으로 갈수록 하상바닥의 온도와 대기 온도 차이는 점점 줄어드는 모습을 보이고 있으며, 역시 가을에서 겨울로 갈수록 서서히 온도 차이가 줄어드는 모습을 보인다. 이러한 결과는 하상바닥 온도를 이용하는 경우 한여름과 한겨울에는 수온차 에너지를 이용한 냉난방시스템에 제약으로 작용할 것이다. 한편 충적층에서 측정된 자료를 살펴보면 여름과 겨울에 대기 중 온도와 온도차이가 크게 나타났으며, 또한 깊이가 깊을수록 연중 온도변화가 작게 나타남을 확인할 수 있었다(그림 4). 하천수와 충적층에 대한 온도 모니터링을 통해 하상바닥에 비해 충적층이 더 큰 개발 가능 수온차 에너지를 가지고 있음을 알 수 있었으며, 하상바닥의 경우 하천 바닥을 굴착하여 집수암거를 설치하거나 하천 제방을 통해 집수를 하면 이러한 단점을 어느 정도 극복할 수 있을 것으로 판단된다.



(a) 봄-여름

(b) 가을-겨울

그림 3. 대기와 하상 바닥 온도변화

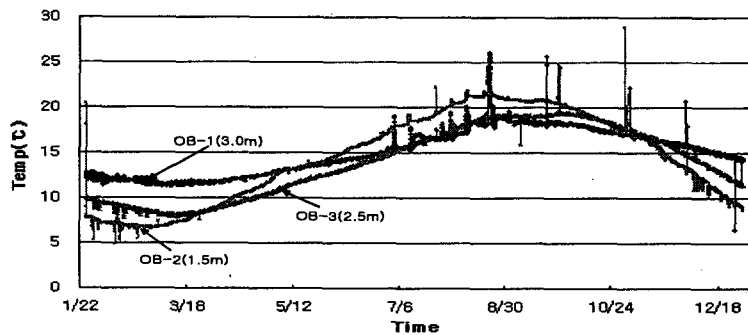


그림 4. 층적층에서 측정된 온도변화

2.4 에너지량 산정

층적층을 이용한 에너지 개발 가능량을 대략적으로 산정해 보았다. 대수층의 부피를 10m³로 가정하였고 열펌프는 하루당 9~11.35 l/min의 유량이 필요하므로 층적층을 이용한 열펌프가 필요로 하는 유량을 대략 10 l/min으로 산정하였다. 층적층과 대기온도와의 차이를 약 5°C로 가정하고 개발 가능한 에너지량을 산정하면 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}
 6 \times 10^2 \text{ l/h} \times 5^\circ\text{C} &= 3 \times 10^3 \text{ kcal/h} && (\Delta T=5^\circ\text{C 일 때, 열량으로 환산}) \\
 3 \times 10^3 / 860 &= 3.4 \text{ kW} && (860 \text{ kcal/h} = 1 \text{ kW}) \\
 3.4 \times 10^{-3} \text{ MW} &= 8.5 \times 10^{-4} \text{ toe} && (1 \text{ toe} = \text{약 } 4 \text{ MW}) \quad (1)
 \end{aligned}$$

대청 조정지 댐의 저수량으로 잠재적인 에너지량을 알아보면 저수량이 2.6×10⁶m³으로 개발 가능한 에너지량은 식(2)와 같이 산정된다.

$$\begin{aligned}
 2.6 \times 10^5 \text{ m}^3 \times 10^3 \text{ l/m}^3 / (365 \times 24) \text{ h} &= 2.96 \times 10^4 \text{ l/h} && (\text{저수량을 시간당 유량으로 환산}) \\
 2.96 \times 10^4 \text{ l/h} \times 5^\circ\text{C} &= 14.8 \times 10^4 \text{ kcal/h} && (\Delta T=5^\circ\text{C 일 때, 열량으로 환산}) \\
 14.8 \times 10^4 / 860 &= 1.72 \times 10^2 \text{ kW} && (860 \text{ kcal/h} = 1 \text{ kW}) \\
 &= 0.172 \text{ MW} = 0.043 \text{ toe} && (1 \text{ toe} = \text{약 } 4 \text{ MW}) \quad (2)
 \end{aligned}$$

식(2)에서와 같이 조정지 댐에서 평균 한 달에 방류되는 유량은 약 500m³으로 일 년으로

환산하면 6000m³의 잠재적인 에너지량이다. 냉난방으로 개발 가능한 에너지량을 계산하면 아래와 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}
 6 \times 10^3 \text{m}^3 \times 10^3 \text{ l/m}^3 / (365 \times 24) \text{h} &= 6.85 \times 10^2 \text{ l/h} && (\text{방류량을 시간당 유량으로 환산}) \\
 6.85 \times 10^2 \text{ l/h} \times 5^\circ\text{C} &= 34.25 \times 10^2 \text{ kcal/h} && (\Delta T=5^\circ\text{C} \text{ 일 때, 열량으로 환산}) \\
 34.25 \times 10^2 / 860 &= 3.98 \text{ kW} && (860 \text{ kcal/h} = 1 \text{ kW}) \\
 &= 3.9 \times 10^{-3} \text{ MW} = 9.75 \times 10^{-4} \text{ toe} && (1 \text{ toe} = \text{약 } 4 \text{ MW}) \quad (3)
 \end{aligned}$$

계산된 식(1), 식(2), 식(3)에서 각각 충적층과 조정지 댐에서의 저수량과 방류량을 가지고 잠재적인 에너지량을 산정해 보았다. 식(1)에서의 온도 차이는 5°C로 가정하였지만 측정결과 5°C 이상의 온도를 얻는 것도 가능하다. 식(2)에서 계산된 에너지량은 조정지 댐에 저장되어 있는 에너지를 산정하였고 식(3)은 조정 댐에서 방류되는 유량으로 얻을 수 있는 에너지량을 산정해 보았다. 이는 열펌프시스템에서 열원으로 하천수를 경제적으로 이용가능하다고 판단된다.

3. 결론

본 연구의 목적은 대청 조정지 댐 하천에서 충적층 및 하상바닥을 열원으로 개발가능 에너지량을 대략적으로 산정하는 것이다. 충적층 및 하상에서의 대략적인 하천수를 이용한 개발가능 에너지량을 산정하였으며 충적층 및 하상바닥의 온도관측결과 대기의 온도 변화에 영향을 덜 받는 충적층에서 하천수를 이용하면 에너지 활용측면에서 장점이 있어 열펌프의 열원으로 효율적인 활용이 가능한 것으로 판단된다. 대략적인 에너지 개발 가능량 산정을 통해 하천수를 이용한 냉난방 시스템으로 잠재적인 에너지원으로 확인하였으며 이러한 수온차를 이용한 냉난방용 열펌프시스템에 활용하면 친환경적이고도 경제적인 에너지를 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 하천수 이용 지열냉난방시스템 활용성에 대한 연구를 지속적으로 수행하여야 할 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 2005년도 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 에너지관리공단에서 지원하고 한국지질자원연구원에서 주관한, “강변여과수(충적층 및 하상)열 자원 활용기술”의 세부과제로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

- 1) 조 수, 장철용, 성욱주, 이진성, 박희문, 2004, 재열이용 열펌프의 난방성능에 대한 실험적 연구. 대한설비공학회 2004하계학술발표대회 논문집, pp.1182-1186
- 2) 이영수, 장기창, 박성룡, 윤형기, 이상남, 2003, 21C 프론티어사업에서의 미활용에너지 연구과제 현황, 대한설비공학회 2003하계학술발표대회 논문집, pp.410-415
- 3) 김형수, 서민우, 정우성, 송윤호, 2005, 강변여과수(충적층 및 하상) 열자원 활용 기술 개발, 신재생에너지학회 2005 추계학술발표대회 논문집, pp.1-5
- 4) 수자원연구원, 2005, 수자원시설물 관리를 위한 온도 모니터링 기법의 활용방안 연구(1차년도) 보고서, 한국수자원공사 연구보고서, KIWE-GG-05-03