

수온층을 고려한 저층수 취수 기술에 관한 연구

심 경 종[†], 박 회 문, 임 현 목, 조 수*, 이 수 열**, 박 태 진***

(주)삼영, *한국에너지기술연구원 건물열성능센터, **한양대학교 대학원, ***한국수자원공사 연구원

A Study on Extracting Bottom Water Taking in Concern of Temperature Level Boundaries

Kyung-Jong Sim, Hee-Moon Park, Hyun-Mook Lim, Su Cho*, Su-Yul Lee**, Tae-Jin Park***

SAMYOUNG CO., Ltd, Daejeon 306-818, Korea

*Building Energy Center Korea, Institute of Energy Research Center, Daejeon 305-343, Korea

**Department of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

***Korea Institute of Water and Environment, Daejeon 305-731, Korea

ABSTRACT: The interest in use of new field of energy and unused existing potential energy has been raised in number of advanced countries including South Korea. As a respond of the interest and the following reactions, a new technology which helps to reduce bad environmental factors and decrease national energy consumption rate in the way of extract cold-heat energy in dam water.

This research focuses on a method that enables taking the water flows in desirable temperature range whilst keeping water temperature boundaries of bottom level water. The analysis was made in simulating on CFD.

In order to keep the temperature boundary level, a deep well pump was set in piping in the simulation. As the significant result, the most alteration in temperature was found when the smallest size of pipe was plumbed. However, when the flow has small value of velocity, no matter how big the piping size was, the temperature variation was negligible. Therefore, possible hypothesis was made as bigger piping as fast flow will have better function in the way to keep the temperature boundary level.

Key words: bottom level water(저층수), CFD(전산 유체 역학)

기 호 설 명

℃ : 온도
V : 유속 [m/s]

A : 면적 [m²]
H : 높이[m]

1. 서 론

급속한 산업의 발달과 경제가 성장하면서 삶이 윤택해지고 더불어 자원에 대한 중요함이 대두되고 있다. 우리나라의 경우 1970년대 두 차례 국제 에너지 정세 변화에 의한 석유파동을 겪으며

[†] Corresponding author
Tel.: +82-42-864-3031; fax: +82-42-864-3031
E-mail address: skj8949@hanmail.net

에너지 문제가 국가안보와 직결된다는 사안에 대해 심각하게 인식하고 있다. 하지만 전체 에너지 수입 의존도가 98%이상에 육박하는 현실을 탈피하기란 쉽지 않은 것이 현실이다.

화석 연료에 대한 의존도 탈피를 위해 선진국 및 세계 다국적 석유기업, 다양한 분야의 전문가들이 장기적인 국가 에너지 정책 수립에 박차를 가하고 있다. 하지만 국내 에너지 수요, 공급에 관련한 대책은 단기적 수요예측 및 이에 대한 대응 방안을 주로 추구하고 있어 향후 정세변화에 따른 장기대책수립이 미약한 것이 사실이다.

이에 보다 적극적인 대체에너지 기술 개발을 통한 장기적으로 에너지고갈에 대비한 에너지기술 확보 및 향후 국가의 경쟁력과 직결된 기후변화협약 대응 기술을 개발해야만 한다. 이를 원활하게 수행할 수 있는 지속가능한 에너지기술 발전을 유도해야만 한다.

상기된 에너지 위기에 대한 대응, 환경오염의 방지, 거주자 요구 성능치의 향상 등의 이유로 건축물에서 신재생에너지 및 미활용에너지의 활용에 대한 관심과 대책이 마련되고 있으며 이러한 움직임의 일환으로 댐의 담수가 갖고 있는 냉열에너지원 활용을 하여 국가 에너지소비 및 환경부하 저감을 위한 신기술개발이 이루어졌다.

저층수이용 냉방시스템은 연중 일정하게 저온을 유지하는 댐 주변 및 호수의 저층수를 활용하여 수요처의 냉방 열원으로 공급하는 지속가능하고 친환경적인 청정 에너지원이다. 또한 난방시에는 표층수를 활용하여 수요처 Heat Pump와 연동하게 되면 양질의 난방열원으로 공급이 가능하다.

저층수 이용 냉방 및 난방 시스템의 주요 구성부분으로는 공급부, 순환부, 수요부, 제어부로 나눌 수 있다. 이중 공급부는 양질의 저온수를 공급하는 냉열 공급원인 저층수를 수송하기 위한 냉방열원 공급배관 및 취수펌프로 구성되어 있다.

저층수 이용 냉방시스템의 공급부 취수 펌프는 열원을 공급하는 전체 시설 중 가장 중요한 설비로써 취수 중 수온층을 유지해야 한다. 따라서 본 연구에서는 일정 수온 추출이 가능한 취수시스템을 구성하여 저층수의 수온 경계층 범위를 유지한 상태에서 필요로 하는 온도의 유량을 취수할 수 있는 방법을 CFD를 이용하여 연구하고자

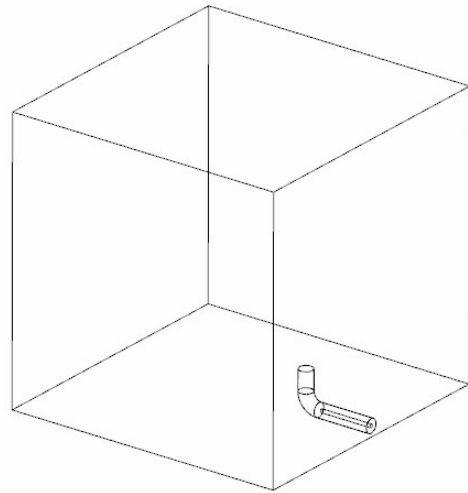


Fig. 1 3D Modeling

한다.

2. 연구모델 및 방법

2.1 시뮬레이션 형상 설계

본 연구에서는 저층수의 수온층을 유지하면서 취수하기 위하여 심정펌프를 배관의 내부에 설치하고 각각의 관경을 200mm, 300mm, 400mm의 3종류의 관을 사용하여 Fig. 2와 같이 배관내부에 심정펌프를 설치하여 저층수 취수시의 온도분포를 예측하기 위해 3D 모델링 프로그램인 Solidworks를 이용하여 Fig. 1과 같이 모델링을 하였다.

전체 높이 8m, 가로 8m, 세로 8m로 Inlet은 2m 높이로 나누어 Table 1과 같이 8~11℃로 각각 온도와 유속을 지정하였고 반대편은 전체면적을 Outlet으로 설정하여 Inlet에서 들어온 유체가

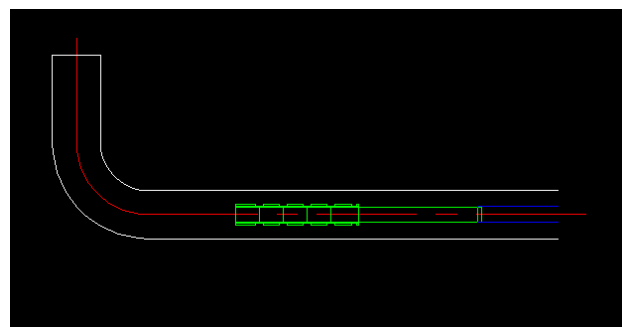


Fig. 2 Feature of deep well pump set in piping

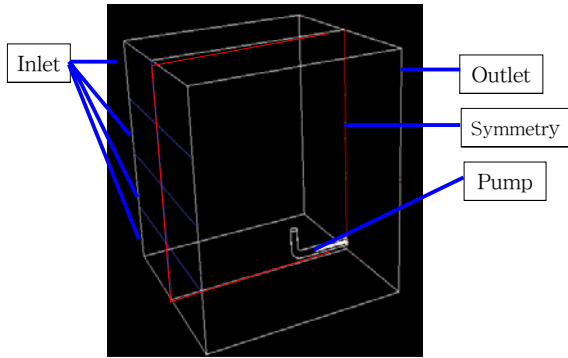


Fig. 3 3-D Modeling in simulation 자연스럽게 Outlet방향으로 흐르게 모델링하였다.

본 연구에서 시뮬레이션 하고자 하는 형상은 Fig. 3의 빨간색 라인을 기준으로 대칭을 이루고 있으므로 시뮬레이션시간을 단축시키기 위해 Symmetry로 정하고 전체 모델링을 반으로 나누워 시뮬레이션을 실시하였다.

본 Case와 같이 대칭으로 이루어진 형상을 시뮬레이션 할 때는 대칭하는 면을 Boundary Type에서 Symmetry로 설정하면 시뮬레이션 시간을 절반 이상 단축시킬 수 있고 시뮬레이션 결과는 대칭하는 면을 기준으로 해석결과를 양쪽으로 대칭하게 나타낼 수 있어 많이 이용하는 시뮬레이션 방법이다.

2.2 지배방정식 및 경계조건

본 연구에서는 탬에 저장되어 있는 물의 유동 특성 해석을 위하여 유동현상을 기술하는 지배방정식에 대하여 정상상태 비압축성 난류유동으로 가정하였다. 이에 다음과 연속방정식, 운동량 방정식, 난류 에너지 방정식, 에너지 방정식을 설정하였고 난류 모델로는 표준 k-ε 난류모델을 선택하여 시뮬레이션 하였다.

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_j u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + S_u \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j k) = \frac{\partial}{\partial x_j}(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma \epsilon}) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} + \mu_t G - \rho \epsilon \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j C) = \frac{\partial}{\partial x_j}(\frac{\mu}{Pr} + \frac{\mu_t}{Pr_t}) \frac{\partial T}{\partial x_i} + S_T \quad (4)$$

저층수를 균일한 수온 추출하기 위한 시뮬레이션을 하기 위하여 먼저 저층수의 수온층을 형성하기 위해 Fluent의 전처리 프로그램 Gambit을 이용하여 Solidworks에서 모델링을 Import 시켜 Fig. 3과 같이 Boundary Type과 Mesh 작업을 하고 Fluent에서 Boundary Conditions 설정한다.

Inlet을 Fig. 3과 같이 4개의 층으로 나누고 Table 1의 Inlet 조건과 같이 8℃에서 11℃로 온도를 설정했다. 저층수의 유동이 느린 것을 감안하여 유속은 0.01m/s로 설정했다. 실제 저층수는 깊이 30m이상의 물을 이용하는데 본 연구에서는 Fig. 4와 같이 2007년 8월 23일에 대칭댐에서 측정된 수온을 활용하였다. 측정된 수온 중 취수 펌프가 수온 전체에 영향을 미치지 못 할 것으로 생각되어 지면에서부터 8M 높이까지 모델링하고 8℃에서 11℃로 설정하여 시뮬레이션을 실시 하였다.

본 연구에서 사용하는 심정펌프의 사양은 Table 2에 나타나있다. Fluent에서 경계조건 입력을 위하여 유량(Q)을 면적(A)으로 나누어 유속(V) 0.759m/s을 구하였다. Fluent에서 영역외로 추출하기 위하여 (-)값으로 설정하여 시뮬레이션 하였다.

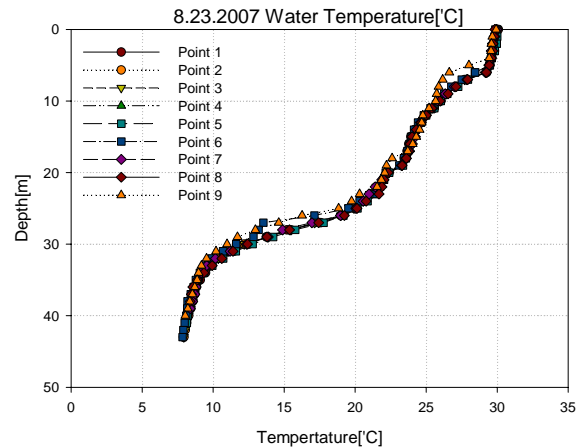


Fig. 4 Temperature alteration at Latent 9 point on 23/08/2007

Table 1 Simulation boundary condition

Inlet		Outlet	Pump (m/s)
Temp. (°C)	Velocity (m/s)		
8	0.01	Pressure -Outlet	0.759
9			
10			
11			

Table 2 Pump Feature

Pump Type	Motor		Flow Rate (LPM)	Lift (H)	Net Weight (kg)
	Type	Power [HP]			
SP 30-5	MS 4000	10	410	60	43

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 3D 모델링 형상을 Fig. 3과 같이 시뮬레이션을 위해 전처리(Pre-Process) 하여 Table 1의 경계조건으로 시뮬레이션하여 저층수 취수 과정에서의 수온층의 영향에 대해 가시화하고 분석하고자 하였다.

본 연구에서는 수온층 구현을 위하여 가로 세로 높이를 각각 8m로 모델링하고 Pump의 취수면과 수직인 면을 2m 단위로 나누워 8°C에서 11°C까지 4개의 층으로 나누워 온도층을 구현하였다. 또한 Inlet의 반대면 전체를 Outlet으로 설정하여 Inlet에서 유입된 물이 자연스럽게 빠져나가도록 하였다. 심정펌프로 취수시 수온층에 영향을 최소한으로 하기 위하여 심정펌프를 배관 내에 설치하고 각각의 배관 지점에 따라 온도층이 얼마나 영향을 받는지 비교 분석 하였다.

Fig. 5는 심정펌프를 200mm 배관내에 심정펌프를 설치하고 시뮬레이션한 결과를 Side, Top, Front에서 나타낸 온도 분포도 이다. 모든 그림에서 왼쪽이 물이 들어가는 Inlet, 오른쪽이 물이 빠져나가는 Outlet이다. Side View는 시뮬레이션의 Symmetry 면에서 바라본 온도분포도이고, Top View는 배관 입구에서 약 0.5m 위에서의 온도

분포도이다. Front View는 inlet과 평행한 면으로 배관의 중심에서 나타낸 온도 분포도이다.

Fig. 5의 Front View에서는 온도층의 변화가 유관으로 쉽게 확인되지는 않지만 온도층의 변화가 있는 것을 확인할 수 있다. Side View를 보면 물을 취수하는 배관의 입구부터 그뒤 Outlet 방향의 온도층의 변화가 있는 것을 Front View 보다 쉽게 확인 할 수 있다. Top View에서는 배관 입구에서 낮은 온도가 취수되면서 주위 온도보다 약간 높은 온도의 물이 배관 입구 주변 분포되는 것을 확인할 수 있다.

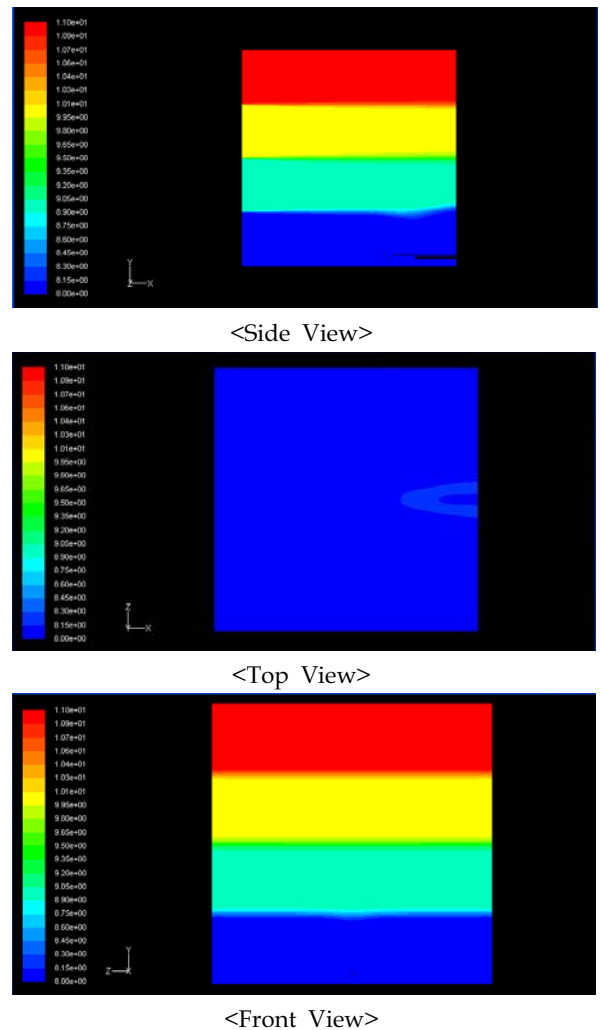


Fig. 5 Temperature distribution in 200mm plumbing

Fig. 6의 온도분포도에서도 Front View에서는 온도층의 변화가 쉽게 확인하기는 힘들지만 온도층의 변화를 확인할 수는 있다. Side View의 온도분포도에서도 배관 입구 Outlet 방향의 온도층의 변화가 Fig. 5보다 작은 것을 확인할 수 있다. 그리고 Top View에 나타난 온도분포를 보면 배관 입구주위에서만 주변온도보다 높은 온도가 형성되는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 7의 온도분포도에서 Front View의 온도분포는 Fig. 5와 Fig. 6 과 같이 약간의 온도층 변화만을 확인할 수 있다. Side View에서의 온도분포도를 확인하면 배관 입구 Outlet 방향에서 온도층의 변화를 확인할 수 있다. Side View에 나타난 온도를 앞의 Fig. 5, Fig. 6과 비교하여 보면 큰 차이를 보이는 것은 아니지만 Fig. 5에서

온도층의 변화가 세 온도분포도 중 가장 많은 변한 것을 확인할 수 있고, Fig. 7에서의 온도층 변화가 가장 작은 것을 확인할 수 있다.

Fig. 8은 Symmetry 면과 바닥면에서 약 2m 떨어진 면의 교차지점을 하나의 선으로 생서시키고 그 지점에서의 Inlet에서부터 Outlet까지의 온도를 그래프로 나타낸 것이다. d200, d300, d400은 배관의 직경을 기준으로 나타낸 선도이다. 보이는 바와 같이 d200에서의 입구, Position 약 2m 부근에서 온도가 가장 높게 올라가는 것을 확인할 수 있다. 그리고 배관 입구 전후단으로 다른 직경의 배관일때보다 온도가 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다. d400의 그래프에서는 전체적으로 온도의 영향이 많이 미치지 않는 것은 확인할 수 있고, 입구 근처에서만 미세하게 온도

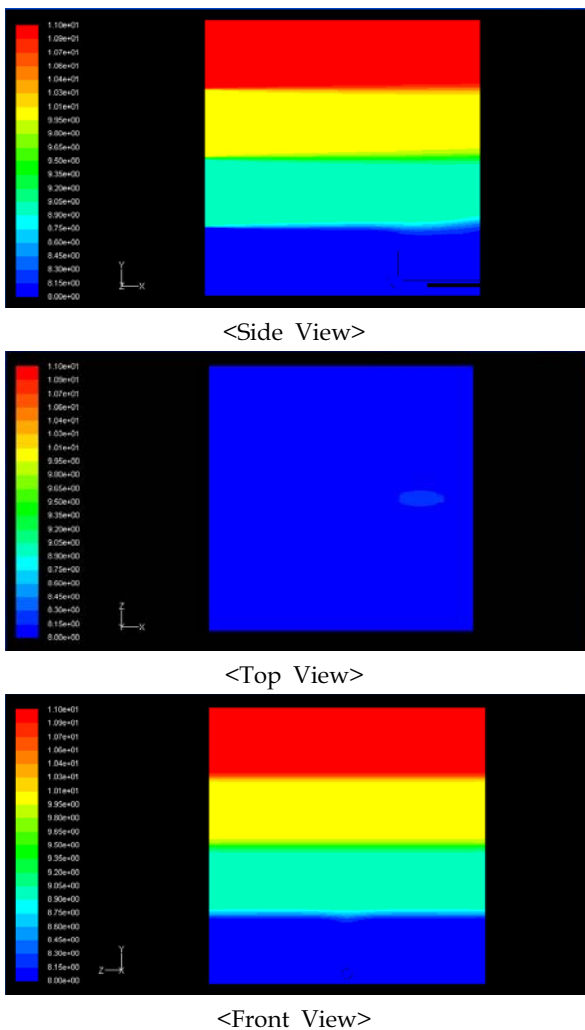


Fig. 6 Temperature distribution in 300mm plumbing

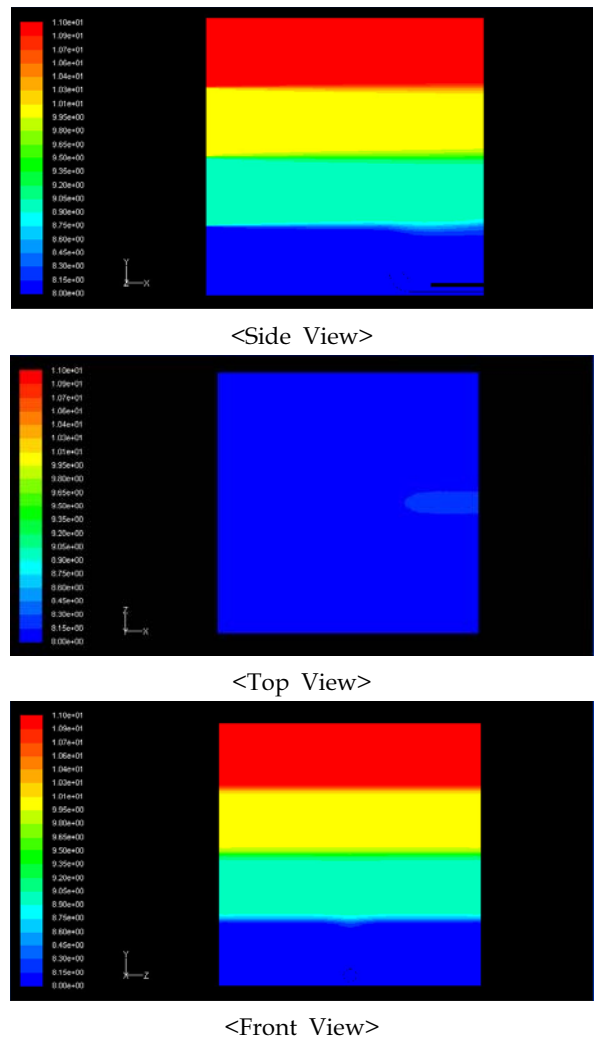


Fig. 7 Temperature distribution in 400mm plumbing

참고 문헌

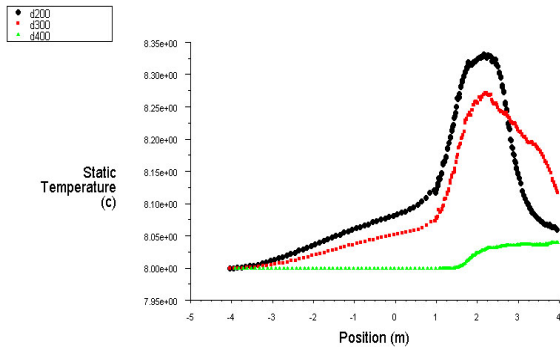


Fig. 8 Temperature at 2m height

상승 되는 것을 알 수 있다. 그래프로 보듯이 직경이 펌프의 유속이 같을 때 배관이 직경이 작은 Case에서 온도차가 가장 크게 나타나고 배관의 직경이 큰 Case에서 온도차가 가장 작게 나타났다.

4. 결론

풍부한 수량을 보유한 해양심층수와 달리 댐의 경우에는 일정한 저온의 수량이 한계가 있으므로 수온층을 유지하면서 취수하기가 매우 까다롭다. 본 연구에서는 수온층을 유지하기 위해 심정펌프를 배관 내부에 설치한 결과 일정한 속도로 취수 할 때 200mm 배관에서의 온도분포 3가지 Case 중 가장 온도변화가 심하게 나타났다. 그러나 본 연구에서와 같이 취수 속도가 작을 때는 그 온도차이가 미비하여 어떤 배관을 이용하더라도 심한 수온층에 변화는 나타나지 않을 것이다. 하지만 취수 속도가 빨라지면 관경이 넓은 배관을 이용하여 취수하는 것이 수온층을 유지하면서 취수할 수 있을 것이다.

1. 박준택, 장기창, “온도차에너지를 열원으로 하는 미활용에너지의 부존량과 이용가능성에 관한 조사연구”, 한국에너지공학회지, 제11권,제2호, pp.106-113, 2002.
2. 윤정인, 박준택외, “하천수이용 히트펌프의 화력단지 적용성 평가”, 공기조화.냉 동공학회 2000 하계학술발표회 논문집, pp.520-525, 2000.
3. 박창규, “하수처리수열의 지역난방 연계방안”, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2007.
4. 김래현 외 2명, “광역에너지 이용 네트워크 구축”, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2007.
5. 박대영 외 6명, “집단에너지사업의 활성화 방안”, 대한설비공학회 하계학술발표회논문집, 2007.
6. 박성룡외, 저온수열에너지를 이용한 지역난방 기술, 온실가스저감기술종합심포지 음, 2000.