

생태도시에서의 자원활용에 관한 연구
- 주택 에너지 시스템 개선을 위한 하수 에너지흐름 분석 -

정 용 현
부경대학교 환경공학과
(2003년 2월 5일 접수; 2003년 8월 8일 채택)

Study on Utilizing Resources in Ecopolis
- Evaluation of Energy Flows of Sewage for Enhanced energy system
of residence -

Yong-Hyun Chung

Dept. of Environmental Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

(Manuscript received 5 February, 2003; accepted 8 August, 2003)

When the city water was heated for the optimum use of unused energy, the energy flows and losses were calculated and evaluated to improve the value of heated water systems at dwelling side. To obtain this purpose, It was simulated on heat flows under two conditions like with heat pumps or not and calculated the energy savings. Furthermore, recycling water system was suggested for enhancing the value of heated water system. From this results, the energy flows without heat pumps showed that it was 3-4 percents of heat losses from pipes, 62 percents of energy savings from hot water uses and 34 percents of unutilized heat. When the heated water system adopt the recycling water system at dwelling side, it was improved 12 percents of total energy savings.

Key words : Energy flow, Sewage, Waste heat, Energy saving

1. 서 론

최근, 경제성장과 더불어 에너지 사용의 급격한 증가는 도시에 존재하는 미활용 에너지에 대한 관심을 불러일으키고 있다¹⁾. 이는 도시에 각종 경제 활동에 투입된 에너지 가운데 유효하게 회수, 이용되지 않고 환경 중으로 배출되고 있는 고온 및 저온의 열에너지(소각장 폐열, 공장 폐열, 지하철 폐열, 변전소 폐열)와 대도시 주변의 자연에 풍부하게 대량으로 존재하면서 기술적, 경제적인 문제로 지금까지 활용되지 못한 온도차에너지(하천수, 해수, 지하수, 하수 및 처리수)로 구별된다. 이러한 미활용 에너지가 최근에는 기술의 발달로 에너지 절약 및 환경부하의 저감 면에서 매우 중요한 요소기술로 평가되고 있다²⁾. 이에 따라 미활용 에너지는 개별적

혹은 지역 열공급 시스템을 중심으로 활용되고 있으며 그 결과 에너지 절약 및 도심 환경개선에 크게 기여하고 있다³⁾. 한편, 미활용 에너지를 이용하는 지역 열공급 시스템에서 경제적인 이유로 주택이 제외되어 왔고, 활용 면에서도 열원과 수요지 사이의 거리적인 불일치로 인하여 주택에서의 이용에 제한적이었다⁴⁾. 따라서, 주택에서 미활용 에너지의 적극적인 도입 및 활용을 목적으로 비교적 활용가치가 높은 미활용 열을 상수 시스템에 공급하여 상수를 온도 조절한 뒤 주택에 반송하는 시스템에 대한 연구를 실시한 결과⁵⁻⁷⁾, 수도관을 통해 수송된 열은 급탕용 에너지 삭감정도였으며, 승온된 상수를 주택에서 활용한 후 발생하는 생활하수의 보유열량에 대한 연구에서는 하수로 버려지는 열이 증가되는 것과 하수에 포함된 열을 열원기기로 회수할 수 있음을 확인하였다^{8,9)}. 따라서, 주택에서의 열원 활용에 대한 효율을 높이기 위하여, 열 시스템 뿐 아니라 하수의 재 이용과 같은 수 시스템의 개선을 통한

Corresponding Author : Yong-Hyun Chung, Dept. of Environmental Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea
Phone : +82-51-620-6444
E-mail : chungyh@mail1.pknu.ac.kr

전체적인 시스템 성능을 향상시킬 필요가 있다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 연구에서는 미활용 열원에 의해 승온된 상수를 열원으로 활용하는 주택의 에너지 흐름과 손실을 파악하고자 한다. 또한, 새로운 배수시스템을 도입함에 따른 기존 시스템과의 차이를 파악하기 위하여 에너지 흐름과 손실을 통하여 주택 관련 수 시스템의 개선방법을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

Fig. 1과 같이 미활용 열원으로 수돗물을 승온했을 때, 주택에서 열원기기를 활용한 경우와 활용하지 않는 경우에 대한 에너지 흐름 평가를 실시하여 열 및 수 시스템 개선에 대한 연구를 실시하였다. 이를 달성하기 위하여, 주택에서의 수사용량 및 사용온도를 파악하였으며, 열원기기의 운전방법 및 성능을 제시하였다.

2.1. 하수열원에 대한 계산조건

2.1.1. 계산조건 설정

주택에서의 에너지 흐름 및 손실을 알아보기 위하여 상수의 용도별 사용수량 및 온도 배관에 대하여 설정하였다. 최근의 연구를 기준으로 하여 사용수량과 온도를 Table 1에 설정하였고,¹⁰⁻¹²⁾ 지역 및 습관에 따라 약간씩 차이를 보일 수 있으나, 용도별 배수 패턴의 시간에 따른 사용 패턴을 Table 2와 같이 설정하였다.¹²⁾ 또한, 용도별 배수 패턴에 있어서도 사용 후 바로 배수되는 용도는 물 사용패턴을 기준으로 결정하였고, 욕조 및 세탁용도 등의 시간

차가 발생하는 배수에 대하여서는 시간차를 가정하여 배수패턴을 결정하였다. 실측치와 계산치의 검증에 따라 하수 보유열의 계산은 급탕 부하의 90%, 시간 간격을 가지고 배출되는 용도(세탁, 목욕)의 경우 50%의 열을 보유한 것으로 하였다⁹⁾.

2.2. 다기능히트펌프 활용

온도 변화된 상수를 열원으로 활용하는 경우, 난

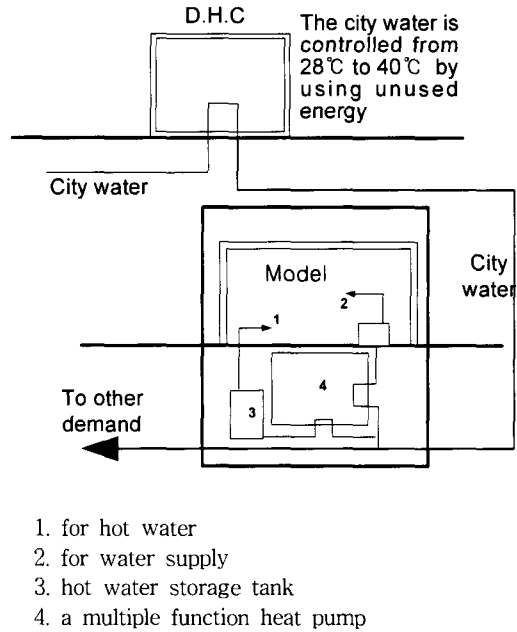


Fig. 1. the outline of model system.

Table 1. Water consumption and it's temperature for various uses at different seasons

N0.	Usage	Heating Season	Intermediate	Cooling Season
1	Drinking	1.0 Natural temperature	1.0 Natural temperature	1.0 10-15
2	For eating	17.0 Natural temperature	17.0 Natural temperature	17.0 Natural temperature
3	Hot Water	17.0 45°C	17.0 45	17.0 45
4	Bath	30.8 45°C	30.8 45	30.8 45
5	Shower/Bath	17.5 43°C	19.2 43	21.7 43
6	Washing Face	16.3 42°C	15.3 Natural temperature	14.0 Natural temperature
7	Laundry	38.0 35°C	53.5 35	75.0 35
8	Washing Dish	18.8 35°C	18.8 30	18.8 Natural temperature
9	Water for miscellaneous use	7.9 Natural temperature	7.9 Natural temperature	7.9 Natural temperature
10	Washing car/Watering	13.7 Natural temperature	13.7 Natural temperature	13.7 Natural temperature
11	Toilet	36.5 Natural temperature	38.5 Natural temperature	41.3 Natural temperature
	Amounts for N.T water	76.1	78.1	112.6
	Amounts for hot water	138.3	154.5	144.6
	Total	214.4	232.6	257.2

Left Number : (L/a person/day) , Right Number : Temperature (°C)

Table 2. Time patterns about using percents of each wastewater

Time usage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1					5	15	7.5	2.5	2.5	1.5	10	2.5	1.5	1.5	2.5	5	13	13	12.5	2.5	2.5	0.5		
2					7.5	15	7.5	2	2	2.5	2	2	2	2.5	5	10	10	11	11	5	2	1		
3					7.5	15	7.5	2	2	2.5	2	2	2	2.5	5	10	10	11	11	5	2	1		
4																		10	15	15	20	25	15	
5					7.5	10	2.5												20	20	20	10	10	
6					13	35	10	2.5			2.5				2.5	5	2	2	2	2	7	10	5	
7					5	10	30	20	5							2.5	2.5	5	5	5	5	2.5	2.5	
8					7.5	15	7.5				5	5	10		5	13	15	12.5	5					
9						5	10	15	15	10	10	15	15	5										
10						10	20	20	10	10	5	2.5	5	10	7.5									
11						10	5	5	2	2	2	2	1	1	1	2.5	5	5	5	7.5	7.5	7.5	4	

Numbers mean percents of the amounts of using water per day

The number of usage matches the usage number of Table 1

방 및 급탕 운전이 가능하며 물을 열원으로 하는 열원기기가 필요하다. 이를 수행하기 위하여 주택용 다기능히트펌프를 도입하였다. 도입에 따른 배수의 보유열량을 계산하기 위하여 기기의 제어 방법과 계산식을 나타내었다.

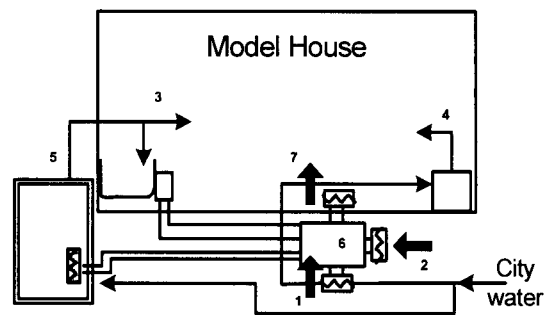
2.2.1. 운전방법

Fig. 2에서 나타낸 것과 같이 난방운전은 통상적으로 외기를 이용하는 공기열원과 상수열원을 겸용한다. 이때, 열원으로 이용되는 물은 Table 1에서 나타낸바와 같이 가온 하지 않아도 되는 용도의 물이며, 이 양에 의해 열원으로 사용되는 하루 동안의 수량이 정해진다. 운전은 어느 시점에서, 성적이 좋은 쪽의 열원을 사용한다. 상수를 열원으로 이용하는 경우에는 공기 열원의 성적과 동등한 온도까지 열회수 하는 것으로 하였으며, 동결점을 고려하여 최저회수온도는 5℃로 하고 그이하의 온도까지는 열회수 불가능한 것으로 하였다. 급탕 운전의 경우에는 다기능히트펌프에 의한 외기 열원 운전과 열회수 운전이 기본적인 운전으로 난방기, 중간기에는 온수저장 탱크에 설정온도를 유지하여 설정온도 이하가 되면 가온 하게 된다. 또한, 욕탕 잔열 회수를 통하여 열 회수를 실시한다.

2.3. 제어방법과 모델

열교환기 교환열량, 투입일량, COP를 이용한 열평형식을 이용하여 다기능 히트펌프의 열교환량을 구하였다. 단, 부분부하효율은 부하에 대응하는 소비전력으로 운전 가능한 것으로 하였다.

또한, 미활용 에너지 등으로 상수 온도를 조절함에 따른 COP의 추정이 필요하다. 일반적으로 히트펌프를 작동시킬 경우, 공기 보다 물 쪽의 열용량이



1. get heat from water
2. get heat form air
3. for hot water supply
4. for water supply
5. hot water stroage tank
6. multiple function heat pump
7. heating

Fig. 2. The heating mode using multiple heat pump.

크고, 열교환 효율이 좋기 때문에 같은 열원온도로 운전 될 때에도, 물을 열원으로 이용하는 쪽이 효율이 좋다. 따라서, 본 시스템에서는 물을 열원으로 이용하는 히트펌프의 성능예측모델인 온도차 효율모델을 이용하였다¹³⁾. 이는 히트펌프 COP의 이론상 최대치는 역 카르노사이클¹⁴⁾이므로, 온도차 효율모델에서는 역 카르노사이클의 COP와 실제 COP의 비를 효율 η 로 표현하였으며, 이는 소비 측 부하에 따른 기기의 용량에 따라 다른 값을 나타낸다.

급탕 운전의 경우, 급탕 온수 저장 탱크의 온도를 60℃로 설정하였으며, 급탕 저장탱크의 열계산은 완전혼합모델을 적용하였다. 잔열 회수운전의 경우에는 욕조에서 급탕 저장탱크로 열회수가 가능하므로 잔열 회수는 외기의 열원과 비교하여 등가의 COP

가되는 옥조의 온도까지 열회수를 실시하는 것으로 하였다.

배관에서 열손실을 계산하기 위하여 고온수 배관은 2관 식으로 지중 매설하여 열손실을 계산하였다¹⁵⁾. 단, Rp에 관하여서는 금속관으로 열저항을 무시하여 계산하였다.

$$Q_c = A \cdot COP \cdot W \quad (1)$$

$$Q_e = Q_c - A \cdot W \quad (2)$$

$$COP = \eta \cdot COP_{\text{carnot}} \quad (3)$$

$$COP_{\text{carnot}} : \frac{T_c}{T_h - T_c} \text{ (cold)} \quad (4)$$

$$COP_{\text{carnot}} : \frac{T_h}{T_h - T_c} \text{ (hot)} \quad (5)$$

$$Q = (t_1 - t_o) / (R_s + R_p) \quad (6)$$

Rs와 Rp에 대한 식은 다음과 같다.

$$R_s = \frac{1}{2\pi \lambda_s} \left(\frac{2h_1}{d_3} + \sqrt{\left(\frac{2h_1}{d_3}\right)^2 - 1} \right) \quad (7)$$

$$R_p = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} \right) \quad (8)$$

- Qc : 응축기 교환열량 [kJ/h]
- Qe : 증발기 교환열량 [kJ/h]
- W : 투입전력 [kW]
- COP: heat pump 성적계수
- A : 일의 열 환산치 [kJ/kW · h]
- Th : 히트펌프 응축온도
- Tc : 히트펌프 증발온도
- Q : 관 단위길이당 열 손실량 [W/m · K]
- to : 외기온도 [°C]
- Rs : 관의 바깥 면과 지표면 관의 토양 열저항 [m · K/W]
- Rp : 관의 보온재, 공기 층 등의 총열저항 [m · K/W]
- λs : 토양의 열전도율 [W/m · K]
- h1 : 관중심까지의 깊이 [m]
- λ1 : 보온재의 열전도율 [W/m · K]
- λ2 : 공기방사, 대류에 대한 총열전도율 [W/m · K]
- d1 : 매설관 외경 [m]
- d2 : 매설관 보온재 외경 [m]
- d3 : 매설관 공기층 외경 [m]

3. 결 과

3.1. 열원기기를 활용하지 않은 상수 가온 시스템에서 열 흐름

보다 효율적인 상수 가온 시스템을 목적으로 주택사이드에서 상수 사용용도에 따른 열 흐름에 대

하여 해석하였으며, 상수 가온 시스템의 개선 방법을 찾기 위해 일정온도로 상수를 가온시키는데 사용된 열 및 열 손실에 대한 해석을 실시하였다.

가온 상수에 대한 처리를 별도의 기기를 활용하지 않고, 주택사이드에서 각각 28°C, 32°C, 40°C 온도로 가온 된 상수를 사용한 결과를 Fig. 3, 4, 5에 나타냈다. 이는 2월(난방기)의 평균 일에 대한 24시간 계산값의 누적결과이다. 하수에 대한 보유열의 계산은 음용수 및 화장실 용도를 제외한 전 용도에 대하여 각각의 온도에 대한 결과로, 열 손실은 배관 및 가온이 필요없는 부분인 상온의 상수용도에서 발생하고 있음을 알 수 있다. 28°C로 가온 한 경우를 보면, 배관부분에서 열 손실이 약 3.4%, 상온의 상수용도에 포함된 열에너지는 34.3%이었고, 사용 후 하수로 버려진 열은 23.6%이었다. 이는 미활용 에너지 등으로 상수를 가온 한 열량 중에 약 1/3 정도가 활용되지 못하고 있음을 나타내고 있다. 따라서, 상온의 상수용도에 포함된 열의 대부분이 활용되지 못하고 버려지고 있는 것을 알 수 있으며, 배수에는 약 24%의 열이 포함되고 있어 히트펌프활용을 고려한다면 귀중한 열원으로 가치가 있음을 알 수 있다. 이런 점에서 가온 열을 활용하는 주택에서의 개선에 대한 고려가 필요하다. 여기서, 배수의 보유열량은 상수를 가온 하지 않은 경우의 배수온도를 기준으로 한 열량이고, 값이 0 일 때는 상수를 가온 하지 않은 경우와 같음을 나타내고 있다.

또한, 공급온도차에 의한 영향을 보면, 28°C와 32°C는 열 손실에 다소 차이는 있지만, 거의 동등함을 알 수 있다. 이에 비하여 40°C이상의 온도로 공급할 경우에는 급탕 이용에서도 사용하지 못하는 열이 발생하고 에너지 절약량도 감소하는 것을 알 수 있다. 이는, 급탕 용도에 대한 사용온도와 관련되어 있어, 40°C이상으로 공급할 경우 40°C이하로 공급하는 것에 비교하여 열 손실이 발생하기 때문이다. 이와 같이 특별한 기기를 활용하지 않은 상태로 상수를 가온 한다면, 필요이상으로 가온하는 경우에 열 손실이 발생하기 때문에 열의 유효이용관점에서 30°C 정도나 그 이하의 온도로 공급하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

3.2. 히트펌프를 활용한 상수 가온 시스템에서 열 흐름

히트펌프를 이용하여 28°C, 32°C, 40°C로 가온된 상수를 난방용 열원으로 활용하는 경우의 상수열 흐름에 대한 해석을 실시했으며, 이에 대한 열 흐름의 결과를 Fig. 6, 7, 8에 나타냈다.

28°C 가온의 경우, 배관부분의 열손실은 Fig. 3, 4, 5에서의 결과와 같으며, 물의 사용용도는 급탕 용도

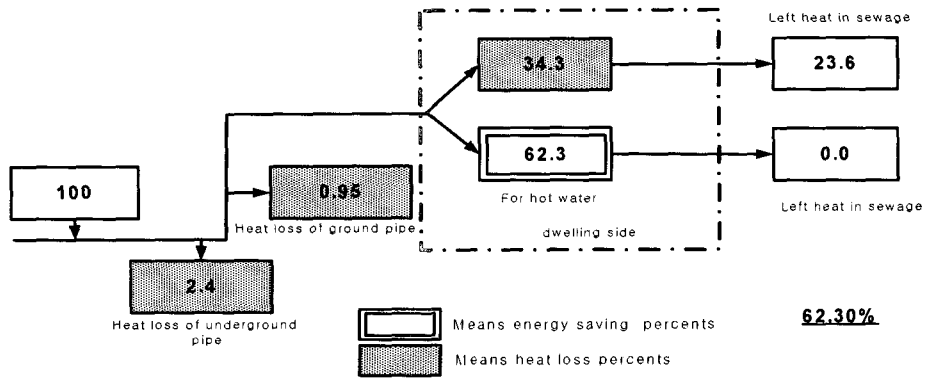


Fig. 3. Energy flow on using city water thermally controlled to 28°C as energy source.

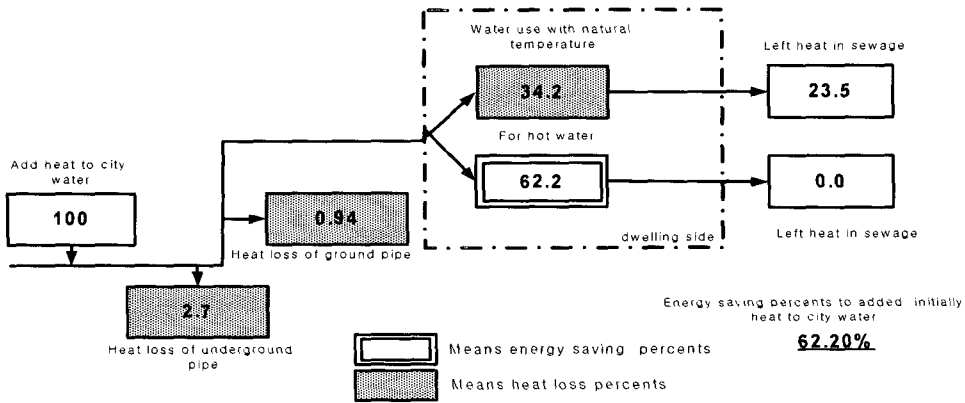


Fig. 4. Energy flow on using city water thermally controlled to 32°C as energy source.

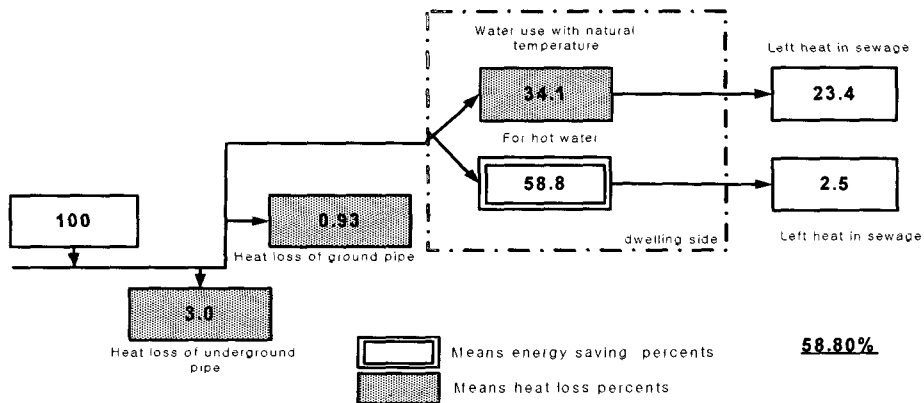


Fig. 5. Energy flow on using city water thermally controlled to 40°C as energy source.

와 가열이 필요 없는 용도의 상수 즉, 난방용 열원으로 이용되는 상온의 상수용도로 나눌 수 있다. 급탕 이용의 경우, 가온한 열량이 거의 급탕부하 삭감에 이용되었음을 알 수 있으며, 급탕 부분에서도 히

트펌프를 이용하고 있으므로 가스 급탕기를 사용했을 때와 비교하여 가온한 열량에 대한 에너지 절약량을 계산하였다. 또한, 급탕 후 배수되는 열의 경우에도 히트펌프로 회수되어 열원기기를 활용하지 않

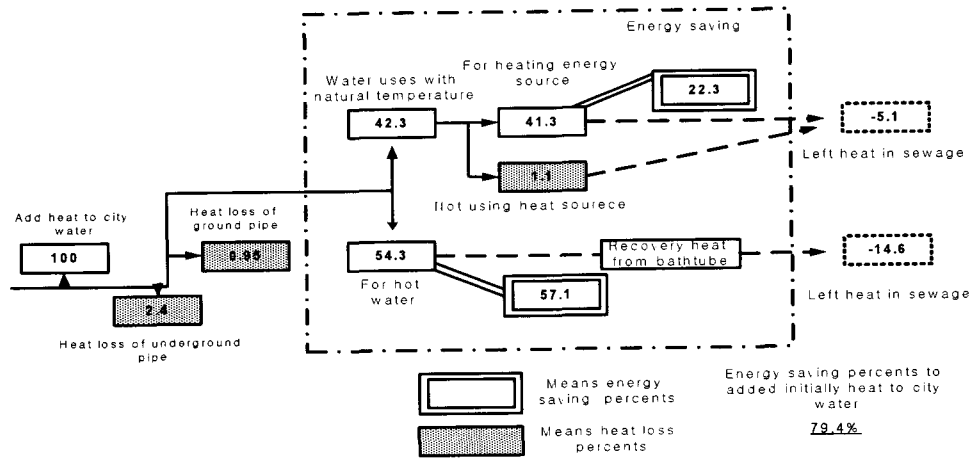


Fig. 6. Energy flow on using city water thermally controlled to 28°C as energy source of heat pump.

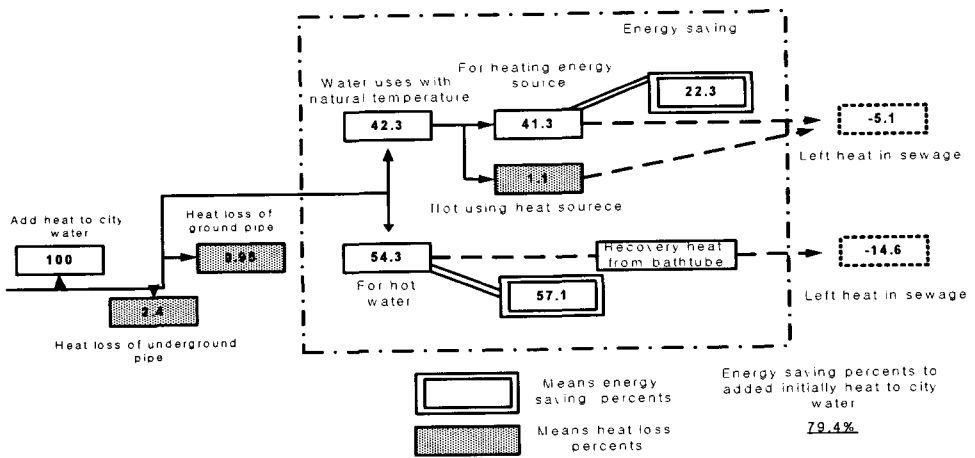


Fig. 7. Energy flow on using city water thermally controlled to 32°C as energy source of heat pump.

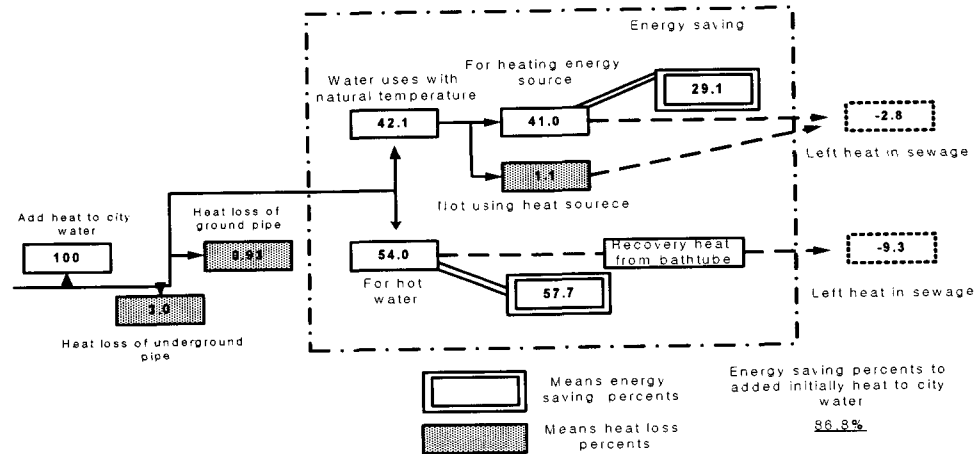


Fig. 8. Energy flow on using city water thermally controlled to 40°C as energy source of heat pump.

을 때와 비교하여 열량이 마이너스가 될 때까지 활용되고 있음을 알 수 있다.

미활용 열원으로 가온 된 상수 가운데, 상온용도의 상수를 난방용 열원으로 활용시, 난방열 수요와 상수 사용 시간이 불일치하여 열원으로 사용되지 못하는 상수가 발생하였다. 이를 개선하기 위하여 보조 탱크를 설치하여 극복하는 것으로 하였다. 에너지 절약량은 상수를 히트펌프의 열원으로 이용하고 있으므로 공기열원과 비교하여 계산하였다. 열원기기를 활용시, 상온용도의 상수가 난방용 열원으로 사용됨으로 인하여 약 22.3%, 전체 79.4%의 절약을 나타냈고, 열원기기를 사용하지 않을 때와 비교하여 약 17% 이상의 에너지절약을 나타내고 있다. 또한, 가온 온도의 변화에 따른 차이를 보면, 상수온도가 높을수록 히트펌프의 성적이 개선되고, 에너지 절약량도 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한, 난방열원으로 이용되는 경우 히트펌프의 성적이 개선되어 상수의 온도가 높을수록 가온 열량에 대한 에너지 절약량이 증가하고 있음을 알 수 있다. 가온 상수에 대한 처리를 별도의 기기를 활용하지 않고, 주택사이드에서 각각의 온도로 가온된 상수를 사용한 결과와 비교하면, 히트펌프를 활용한 경우, 각각 약 17%이상의 성적이 향상되어 가온 된 열이 유효하게 사용되고 있음을 알 수 있다.

3.3. 배수 재 이용 시설의 활용에 따른 열 유효 이용

별도의 열원기기를 활용하지 않은 경우와 열원기기로 히트펌프를 활용했을 때에 대한 열 흐름 결과로부터, 히트펌프를 활용한 경우에 가온 한 열이 더 유효하게 사용되고 있음을 알 수 있었다. 히트펌프를 이용한 경우에는 배수중의 열량도 상수를 가온 하지 않은 경우보다 감소되어 더 이상의 시스템 성

능을 높이는 것은 어려울 것을 판단된다. 그러나, 열원기기를 이용하지 않는 경우에는, 배수로 버려지는 열이 약 24% 존재한다. 이는 가온 된 상수 중, 상온의 상수용도 부분에 의한 열 손실로 이 부분의 수량을 줄이면 시스템 성능의 개선이 가능해질 것으로 판단된다. 가온 된 상수 중, 상온의 상수용도인 화장실 용수나 잡용수를 중수로 이용하거나 빗물을 재이용하면 될 것이다. 최근에는 심각한 수자원 문제로 인하여 Fig. 9와 같이 배수를 재이용 하는 설비가 늘고 있으며, 대규모 아파트, 집합 주택 등에서도 재이용에 대한 가능성이 매우 높다고 말할 수 있다. 또한, 수질 면에서 그다지 높은 수질이 요구되지 않으나, 재이용수 수질을 높일수록 경비가 많이 소요되므로 사용용도의 목적에 맞는 수질 설정이 필요하다. 따라서, 목표 수질에 따라 I류(화장실용, 공조용), II류(세차, 살수, 청소, 연못, 분수)로 나누어 각각의 사용수질에 따른 분류를 달리하였으며, 이에 준하여 주택에서도 용도에 따른 재이용 수준별로 I류(화장실용), I·II류(세차, 살수, 청소)로 재이용 했을 때에 32℃로 가온 된 상수 공급에 대한 열 흐름을 파악하여 Fig. 10, 11 에 나타냈다. Fig. 4와 비교하면 상온용도 측의 상수량이 감소함으로 가온

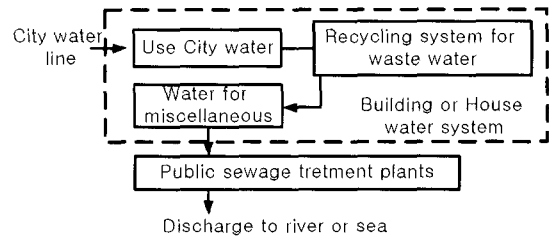


Fig. 9. Reusing systems of waste water.

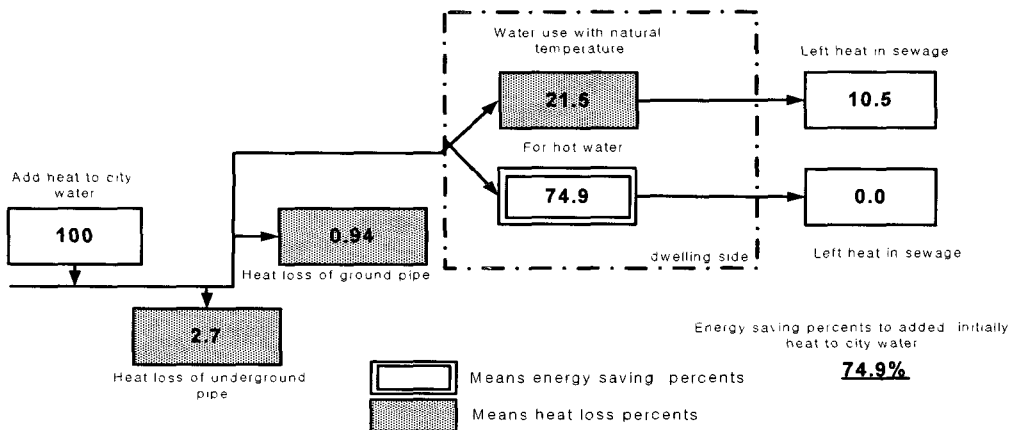


Fig. 10. Energy flow on using recycling water to level I as energy source.

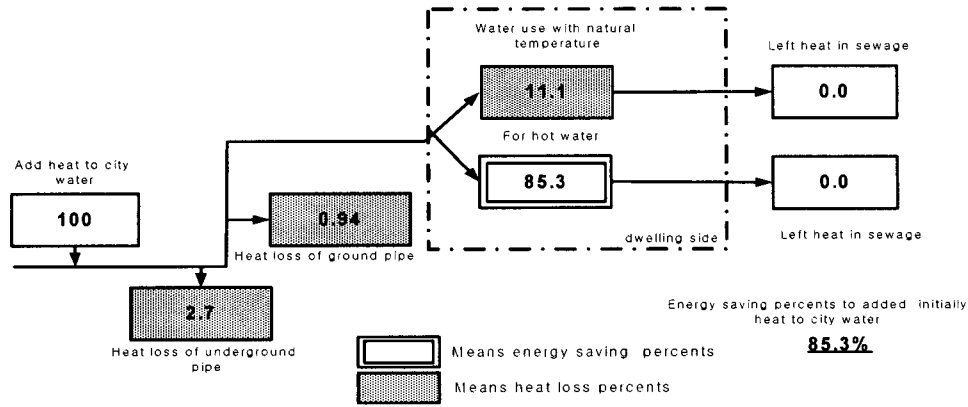


Fig. 11. Energy flow on using recycling water to level I · II as energy source.

열량이 더 효율적으로 사용되고 있음을 알 수 있다. 물의 수준별 이용으로 지금까지 문제점으로 제시된 상수 가온 시스템의 열손실 문제를 크게 개선할 수 있음을 보이고 있다. I류에 해당하는 물을 재이용하는 경우에는 약75%, I·II류에 해당하는 물을 재이용한 경우에는 약85%의 가온 열이 에너지 절약으로 나타나고 있다.

4. 상수 시스템 변경제한 및 고찰

4.1. 재이용 시스템

전술한 바와 같이 물의 재이용 시스템은 상수 가온 시스템에 기여하고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 물 재이용 시스템이 의무화 된 건물이나 지역에서는 상수 가온은 매우 유효한 수단이 될 수 있을 것으로 판단된다.

4.2. 다원급수

열 시스템의 활용을 위하여 수 시스템은 질을 고려한 다원급수를 고려해 볼만하다. 상수에 대한 음용수로 이용되는 양은 Table. 1에서 나타난 바와 같이 약 15%정도에 지나지 않지만, 상수라 하면 음용수로 생각하기 때문에 상수의 다목적용도에 제약이 있다고 생각된다. 따라서, 고도 처리된 상수는 상수의 다목적이용이라는 측면에서 문제점으로 지적할 수 있다. 따라서, 적어도 음용수와 잡용수 만이라도 구별된다면 음용수는 물을 고도 처리하여 음용수 전용 수도관을 이용하고, 현재의 상수관을 잡용수관으로 전환하게 되면, 가온 온도의 제약도 받지 않게 될 것으로 판단된다.

4.3. 상수관, 배수관, 하수도관의 열적 대응

본 연구에서는 미활용에너지로 상수를 온도조절하는 것을 전제로 시스템 검토를 실시하였으나, 현 상황에서는 상수 시스템의 열 수송에 대하여 전혀

고려되지 않고 있으나, 상수 공급계의 배치에 있어 열의 활용이라는 면을 고려하게 되면 에너지 절약이 기대된다. 또한, 열회수를 위한 배수계의 단열이나 열용량의 삭감, 관로의 단축 등은 실현 가능할 것으로 판단되며, 지상에 노출된 상수배관에 대한 단열도 비교적 실현 가능한 것으로 열적 손실을 막을 것으로 판단된다.

따라서, 상수 및 하수의 수 시스템에 대한 활용방법으로는 열적 포텐셜을 지구별로 이용하는 것이 효과적인 방법으로 판단되며, 이에 대한 구체적 시스템은 흥미 있는 검토과제로 생각된다.

그리고, 다원급수의 유용성과 배수의 재이용은 물문제의 관점에서 볼 때에 보급해야될 기술로, 경제성이나 유지관리 등의 문제가 해결되면 실현가능성이 있을 것으로 판단된다. 따라서, 상수 가온이라는 문제는 열적 활용에 따른 에너지 절약의 구동력을 높이는 것으로, 앞으로 환경 친화적인 시스템의 실현을 추진하기 위한 중요한 과제로 생각된다.

5. 결 론

환경 친화적 에너지인 미이용 열원으로 승온 된 상수를 열원으로 활용했을 때, 주택측면에서 물의 사용 용도에 따라 열 손실과 열 흐름에 대하여 해석하였으며, 전체적인 시스템의 효율을 향상시키기 위하여 중수이용과 같은 재활용 시스템의 도입을 제안하여, 도입에 따른 에너지 효율의 개선에 관한 평가를 실시하였다.

1) 히트펌프를 활용하지 않은 경우의 에너지 흐름에 대한 해석결과, 배관에서의 열 손실은 3-4%였으며, 승온에 따른 에너지 절약은 급탕 용도가 대부분으로 약60% 정도이었다. 또한, 주택에서 승온이 필요 없는 물 사용 용도에 의하여 34%의 열이 활용되지 못하였으며, 그 중에서 23%가 배

수에 포함되어 활용되지 못하는 것으로 해석되었다.

- 2) 히트펌프를 활용하여 가온 열을 회수하는 경우, 에너지 절약은 히트펌프를 활용하지 않은 경우와 비교하여, 각각 상수 온도 28℃, 32℃, 40℃로 승온 되었을 때, 약 17%, 19%, 28%의 증가를 나타냈다.
- 3) 물 사용 시스템에서 용도에 따른 배수의 재 이용이나 빗물을 활용하는 경우, 열원기기를 활용하지 않은 경우와 비교하여 약12%이상의 에너지 절약효율을 개선할 수 있었다. 따라서, 중수사용 시스템을 열 시스템에 결합하여 미활용 에너지를 이용한 수 시스템의 효율이 개선되었다.

참 고 문 헌

- 1) 박준택, 2003, 미활용에너지의 현황과 전망, 대한설비공학회 2003년도 하계학술발표대회 논문집, 398-403pp.
- 2) Ichiro, T. S., 1992, Effective use of unused energies, 66, The society of Heating, Air-conditioning and sanitary engineers of Japan, 413-417pp.
- 3) Shimoda, Y., M. Mizuno, S. Kametani, T. Momose and T. Kanaji, 1996, Evaluation Method of Energy Saving Availability by utilizing urbah unused thermal energy, transactions of SHASEJ, 61, 67-77.
- 4) 落合, 長野, 中村, 山縣, 渡辺, 1992, 廢熱利用による地域熱供給システムの構成と評價, 空氣調和・衛生工學會學術講演會講演論文集, 965-972pp.
- 5) 水野稔, 野田博和, 1999, 工場廢熱活用地域冷暖房

と水道管による住宅への熱サービスの結合の考察, エネルギー資源學會第18回研究發表會講演論文集, 157-160pp.

- 6) 野田博和, 水野稔, 鄭用賢, 1997, 住宅用熱源として水道の利用に関する研究, 空氣調和・衛生工學會近畿支部學術講演會論文集, 47-50pp.
- 7) Chung, Y. H, M. Mizuno, Y. Simimoda, 1998, Study on energy saving properties by using city-water as a heat source for dwellings, Journal of Air-conditioning and refrigeration, 168-176pp.
- 8) 野田博和, 水野稔, 鄭用賢, 1998, 住宅用熱源として水道の利用に関する研究(その2 地域レベルにおけるシステム導入の検討), 空氣調和・衛生工學會學術講演會論文集, 737-740pp.
- 9) 정용현, 2003, 생태도시에서의 자원활용에 관한 연구-하수 에너지 활용을 위한 보유열량 평가-, 한국환경과학회지, 12(6), 583-591.
- 10) 大阪市水道局, 1996, 水道局事業年報, 98pp.
- 11) 空氣調和・衛生工學會, 1996, 空氣調和・衛生工學會便覽, 丸善, 5(12), 238.
- 12) 村上三郎, 1993, 水使用行爲分析に基づく集合住宅の使用水量豫測に関する研究, 日本建築學會計畫系論文報告書, 409, 304-312.
- 13) 金地孝行, 1994, 都市未利用エネルギー活用可能性評價のため熱源器機性能モデルの検討, 空氣調和・衛生工學會近畿支部研究會論文集, 47-50pp.
- 14) Octave, L., 1996, Understanding engineering thermo, Prince-Hall, Inc., 219pp.
- 15) 早川一也, 1972, 地域冷暖房計畫, 丸善株式會社, 115pp.