

하천수이용 냉난방시스템의 현황과 과제

박준택*, 장기창**

*한국에너지기술연구원, **미활용에너지 지열연구센터 책임연구원

1. 서론

하천수는 이미 오래전부터 하천에 인접한 공장, 발전소 등에서 냉각수로 이용되어 왔으나, 최근에는 히트펌프기술의 발달과 더불어 냉·난방용 열원으로서 주목을 받게 되었다. 국내 하천수의 수온은 지역에 따라 다소 차이가 있으나, 하절기 22~28℃, 동절기 3~16℃ 정도이며, 여름철에는 그 수온이 주위의 기온보다 낮고, 겨울철에는 높다.

이러한 하천수의 특성 때문에 하천수 열에너지를 이용한 열원기기의 성적계수(COP)는 공기를 이용한 열원기기보다 높다. 또한 물의 열전달계수가 공기의 열전달계수보다 높아 수열원방식이 공기열원방식보다 실제로 성적계수가 높다. 이와 같이 하천수 열에너지를 이용한 냉난방은 기존의 냉난방방식(보일러+냉동기)보다 고효율로 냉난방할 수 있다.

따라서 하천수 열에너지의 부존량, 국내외 하천수 열에너지의 이용사례, 하천수 열이용상의 과제 등에 대하여 소개하고, 특히 일본에서 하천수열을 이용한 지역열공급의 최초의 사례로서, 동경지역의 Sumida강(隅田川)을 이용한 Hakozaki(箱崎) 지역의 하천수 이용에 대하여 구체적 내용을 소개하고자 한다.

2. 국내 하천수 열에너지의 부존량

국내 하천수의 부존열량 및 이용가능열량을 개략적으로 조사, 산정하였다. 조사대상 하천은 연중 수량이 풍부한 전국의 직할하천 17개 수계 50개 하천을 대상으로 하였다. 하천수 열에너지는 그 부존량이 막대하다고 볼 수 있으나, 열오염(thermal pollution)과 같은 환경적인 요인에 의해 그 사용량이 제한될 수 있다. 하천수의 부존량을 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$E = \Delta t \cdot Q \cdot C \quad (1)$$

여기서, E는 부존량(Mcal/mon), Δt 는 이용온도차(℃), Q는 유량(m³/mon), C는 비열(Mcal/m³·℃)이다. 유량은 하천의 월평균유량을 사용하고, 이용온도차는 5℃로 하였다.

한편, 이용가능열량은 식 (3) 및 식 (4)에 의해 산정하였다. 다만, 동일 흐름에서는 상류와 하류에서 이용가능열량을 이중으로 계산하지 않도록 하고, 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위해 유량의 1%를 온도차 5℃로 이용하는 것으로 하였다.

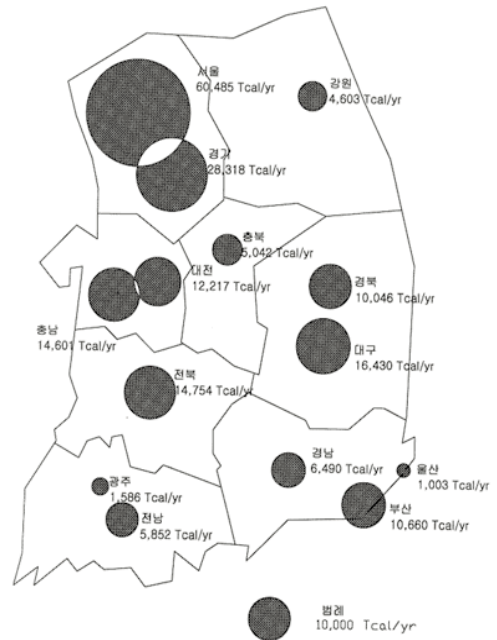
$$\text{냉방용 } E_C = \Delta t \cdot Q \cdot C \frac{COP}{COP+1} \quad (2)$$

$$\text{난방용 } E_H = \Delta t \cdot Q \cdot C \frac{COP}{COP-1} \quad (3)$$

조사 산정결과는 표 1과 같다. 국내 하천수에너

〈표 1〉 지역별 하천수 열에너지의 부존량과 이용가능열량

지역	유량 (m ³ /sec)	에너지부존량 (10 ³ Tcal)	이용가능 열량(Tcal)	주요 배후도시
서울	387.71	60.485	512.790	서울
인천				
경기	178.92	28.318	236.830	안양, 평택, 수원
강원	28.53	4.603	37.901	원주, 강릉, 삼척
충북	31.93	5.042	43.140	청주
대전	84.905	12.217	103.370	대전
충남	92.36	14.601	124.175	공주, 논산
전북	93.36	14.754	125.360	전주, 정읍, 남원, 군산
광주	10.00	1.586	13.000	광주
전남	36.94	5.852	48.237	구례, 나주
대구	103.85	16.43	143.190	대구
경북	63.7	10.046	86.960	구미, 안동, 포항
부산	67.40	10.66	92.520	부산
울산	6.34	1.003	8.654	울산
경남	40.98	6.49	56.410	진주
계	1,226.925	192.087	1,632.537	



[그림 1] 하천수열 에너지 부존량 맵

지의 부존량은 192,100Tcal/년 정도이며, 환경에 미치는 영향 등을 검토하여 산정한 이용가능량은 1,630Tcal/년인 것으로 추산되었다.

3. 국내의 하천수 열에너지 이용사례

3.1 국내

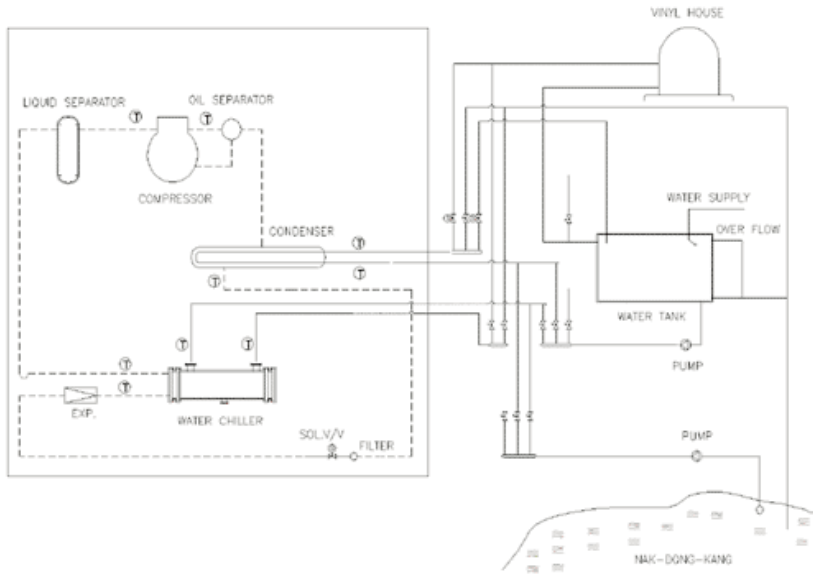
국내에서 하천수 열에너지를 난방에 이용한 최초의 사례로서, 1999년도에 낙동강유역의 하천수를 시설원예용 온실 난방시스템에 적용한 사례이다. 기존의 경유를 연료로 한 온수난방방식 대신에 그림 2에서와 같이 온실 10평형 2동 규모에 하천수열원 히트펌프를 설치하여 열을 공급하도록 설계한 것이다. 설치된 시스템의 설계사양은 표 2와 같다.

히트펌프시스템은 크게 압축기, 열원회수용 증발기, 팽창밸브, 다관원통식 응축기, 냉매저장용 수액기, 장치운전에 필요한 제어장치, 열원수 공급 및 하우스 온수공급용 펌프 및 기타 배관으로

구성되어 있다.

본 시스템에 사용된 압축기는 5HP 정도의 반밀폐형이며, 설계조건은 열원수 온도 5℃를 기준으로 냉매의 증발온도 -5℃, 응축온도 약 50℃로 압축기를 선정하였다. 온수 공급용 응축기는 열교환 효율이 높고, 설치공간을 작게 차지하는 다관원통식으로 응축온도 50℃를 기준으로 설계하였다. 하천수로부터 열원을 회수할 증발기도 하천수의 수질을 고려하여 다관원통식을 사용하였고, 증발기의 설계조건은 하천수 겨울철 최저온도를 약 5℃로 기준하고, 냉매의 증발온도를 약 -5℃를 기준으로 설계하였다.

온실내 온도와 외기온도차에 의한 부하에 대응하여 히트펌프가 자동운전되도록 하기 위하여 각종 제어 시스템을 구성하였다. 온실내 온도를 감지하여 순환펌프를 자동으로 운전하기 위해서 온도감지 센서를 두었으며, 온실내에 공급되는 온수는 히트펌프시스템에 의해 승온되어 먼저 축열조에 저장되고, 온실내에서 감지한 온도에 의해 일



[그림 2] 낙동강 하천수이용 온실난방시스템 개략도

<표 2> 시스템의 설계사양

설계사양	설계규격
1. 열원	하천수 +5℃
2. 열용량	12,000 kcal/h
3. 열원수	
- 유량	4.62 Ton/h
- 입/출구온도	+41℃/+45℃
A. 히트펌프	
- 압축기(HG3/235-4S)	BOCK사 반밀폐 왕복동식
- 응축기	관/튜브(크기φ 216.3×1360)
- 증발기 (COIL IN TANK)	관/튜브(크기φ 216.3×1360)
- CONTROL PANEL	조작 및 기동
B. 물 공급회로	
- 강물에서 증발기로	
· 유량	100 LPM
· 수력높이	15M
· 모터	3φ×380/220V×60Hz×2HP
· 펌프모델	PSV-5040B
- 응축기에서 온실로	
· 유량	100LPM
· 수력높이	15M
· 모터	3φ×380/220V×60Hz×2HP
· 펌프모델	PSV-5040B

정 온도로 공급되도록 온실 온수 공급관에 전자밸브를 설치하였다.

하천수열원을 이용할 경우 예상되는 에너지절약 및 CO₂, NO_x 등 환경개선효과 산출결과는 온실 재배 농가수 845세대, 온실 평균규모 1,500평, 난방열량 평당 469kcal/h 기준으로 1년에 5개월, 하루 14시간 열을 공급할 경우(단, 성능계수: 2.2 낙동강 온도 3℃로 가정함), 석유보일러와 대비하여 CO₂, SO_x, NO_x의 삭감율이 각각 27, 79, 91%까지 환경의 개선효과가 있는 것으로 보고하고 있다.

또한, 하천수이용 히트펌프 난방시스템의 동절기 난방 성능계수 COP=1.9~2.5로 운전되었고, 히트펌프를 난방 가동시간중 4시간을 비심야전력을 사용하고 심야전력 적용시간(10시간)에는 심야전력을 사용했을 경우는 에너지 가격면에서 COP가 1.66 이상이면 경제성이 있음을 확인할 수 있었으며, 심야전력과 기름보일러를 병용하였을 경우는 열펌프의 COP가 0.59 이상이 되면 기름보일러에 비해 운전비면에서 경제성이 있음을 보고하고 있다.

3.2 국외

해외에서의 하천수를 이용한 대표적인 열공급사례를 표 3~4에 나타내었다. 일본에서는 지역난방용으로 주로 이용하고, 유럽에서는 지역난방용으로 주로 이용하고 있으며, 북미에서는 냉각수로 주로 이용하고 있다.

이하에서는 일본에서 하천수열을 이용한 지역열공급의 최초의 사례로서, 동경지역의 Sumida강(隅田川)을 이용한 Hakozaki(箱崎)지역의 하천수 이용에 대하여 구체적 내용을 소개한다.

1) Hakozaki(箱崎)지구 지역난방

가) 지역난방 개요

箱崎지구가 Sumida강에 접하고 있는 입지여건을 살려서 일본에서 최초의 하천수열을 이용한 지역난방시스템을 적용한 것이며, 기본적으로는 이 지역에 공급하는 열 전량을 하천열로 감당하는 것을 전제로 하여 계획되었다. 1987년 12

월 21일 사업허가를 받아 1989년 4월 1일 열공급을 개시하였다. 1992년 4월 1일까지 1만명이 넘는 건축자가 방문한 것으로 보고되고 있어 관심이 매우 높음을 알 수 있다.

箱崎지역은 동쪽의 隅田川, 남쪽의 日本橋川, 북쪽의 동경시티에어터미널(Tokyo City Air Terminal)에 둘러싸여 있으며, 그 부지가 隅田



[그림 3] 箱崎지구 지역난방 전경

<표 3> 일본에서의 하천수를 이용한 열공급사례

공급지구명	공급대상	공급형태	공급면적 (ha)	공급개시 (월/년)
箱崎	오피스빌딩외	온수·냉수	22.7	4/89
天満橋1丁目	호텔,오피스빌딩,주택	온수·냉수	5.1	1/96
富山驛北口	오피스빌딩,공공시설,병원	온수·냉수	15.3	7/96

<표 4> 유럽, 북미지역에서의 하천수(호수포함)를 이용한 열공급사례

국명	공급구역명	공급형태	설비 규모 (MW)	수요처 종별
독일	돌스텐	고온수(90℃)	4.5	주택·학교등
영국	독그렌드	온수(60℃) 냉수(7℃)	6	업무
스위스	로잔느	온수(최대 65℃)	15	대학시설등
	츄리히	고온수(70℃)	10	주택,대학시설등
	루짜른	온수(70℃)	2.6	업무·상업·학교
미국	뉴욕	냉수(5.6℃)	5,200	업무·상업
	하트 포드	증기, 냉수	56	주택·업무
	올버니사우스몰	증기, 냉수	21	업무·상업
캐나다	캐나다 문명박물관	온수, 냉수	8	박물관
	Public Works	증기, 냉수	145	업무

川에 접하여 있고 隅田川邊 지구를 친수공간으로 하기 위하여 소위 환경사형의 대규모 제방으로 하는 구상이 있었기 때문에 그 시기에 맞추어서 隅田川의 하천수를 이용하는 히트펌프시스템을 채용하기로 三井창고 箱崎빌딩의 기획단계부터 결정되었다.

1999. 3. 31 기준으로 열공급구역면적은 동경도 중앙구 日本橋箱崎町の 일부 약 25.4ha, 공급선은 업무용 빌딩 5동, 주택 100호 등이다. 열제조 플랜트 위치는 삼정창고상기빌딩 지하 3층 1,633m²이며, 공급조건은 지역배관은 4관식으로 온수(47℃, 주택은 45℃), 냉수(7℃, 주택은 9℃) 주택에는 급탕(60℃)을 공급하고 있다.(표 5 참조)

<표 5> Hakozaki지구 지역냉난방 공급조건

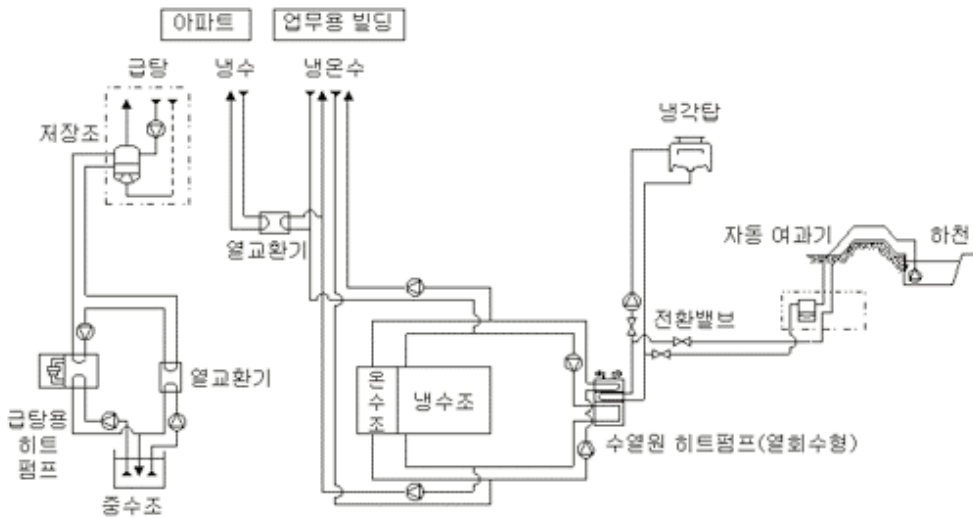
온도	업무용	냉수	7℃
		온수	47℃
	주택	냉수	9℃
		온수	45℃
		급탕	60℃
압력	업무용	2~4kg/cm ³	
	주택	2~13kg/cm ³	

나) 지역냉난방시스템의 특징

열공급시스템의 개략도는 그림 4과 같다. 열원측에서는 Sumida강에서 양수된 하천수를 직접 히트펌프로 인입하고, 냉수제조시에는 냉각수로, 온수제조시에는 열원수로 열교환하며 재차 Sumida강으로 반송한다.

Sumida강의 수온은 하절기에는 약 25℃, 동절기에는 약 8℃이며 연간 20℃ 전후로 변동하고 월간 2~3℃ 전후로 변동하고 있어 외기에 비해 안정되어 있다. 취수량은 환경영향을 고려하여 통상 전체 유량의 1% 정도 이용하는데, Sumida강의 유량은 최저 15m³/s이며, 본 지구의 에너지공급에 필요한 취수량(최대 0.64m³/s)은 충분 확보 가능하다. 하천높이는 7m이고 취수구 높이는 5m이며, 하천수 이용온도차는 하절기 +5℃, 동절기 -3℃ 이다.

한편 제조된 냉온수는 값싼 심야전력을 이용하기 위해 설치된 축열조에 저장된 후 지역 열수요에 따라 공급된다. 플랜트 설비 주요기기는 표 6과 같고 냉열 27Gcal/h, 온열 20Gcal/h의 공급능력을 가진 플랜트가 된다.



[그림 4] 箱崎지구 하천수이용 지역열공급시스템 개략도

〈표 6〉 箱崎지역 열공급플랜트 주요기기 구성 및 규모

장치 면적	중앙장치 (1,633 m ²), 보조장치 (150 m ²)		
	Volume	열용량 & 단위	
		중앙 장치	보조 장치
수열원 히트펌프 (열회수기)	냉방 MJ/h(RT)	20,254(1,600)X2	-
	난방 MJ/h(Mcal/h)	14,233(3,400)X2	-
수열원 냉동기	냉방 MJ/h(RT)	20,254(1,600)X1	-
공기열원 히트펌프 (난방탑이 있는 열회수기형식)	냉방 MJ/h(RT)	-	5,063(400)×1
	난방 MJ/h(Mcal/h)	-	2,570(614)×1
공기열원 히트펌프 (열회수기 형식)	냉방 MJ/h(RT)	-	2,911(230)×1
	난방 MJ/h(Mcal/h)	-	3,357(802)×1
공기열원 히트펌프	냉방 MJ/h(RT)	-	1,063(84)×2
	난방 MJ/h(Mcal/h)	-	1,256(300)×2
고온수 공급을 위한 히트펌프	난방 MJ/h(Mcal/h)	147(35)×2 92(22)×2	-
총 냉방 열용량	MJ/h(RT)	60,762(4,800)	10,100(798)
총 난방 열용량	MJ/h(Mcal/h)	28,944(6,914)	8,439(2,016)
냉각수 탱크		950 m ³	-
고온수 탱크		560 m ³	-
냉각/고온수 탱크		3,470 m ³	285 m ³
총 탱크 열용량		4,980 m ³	285 m ³

(1) 열원설비

현재 설치되어 있는 열원기기는 열회수형 수열원 히트펌프[냉방능력 1,600USRT, 난방능력 3400Mcal/h) 2대]와 급탕용 히트펌프(35Mcal/h 2대)가 있다. 수열원 히트펌프는 기기효율 (COP)이 높아야 함은 물론, 저압 냉매 사용에서 고압가스 규제법에 의거한 유자격자의 상주가 필요없는 등의 이유로 고효율이며 대용량인 원심식 터보 압축기를 채용하고 있다.

히트펌프가 열회수형으로 되어 있는 것은 계절에 따라 운전모드를 변화해도 냉수 모드 운전시에 온수를, 온수모드 운전시에 냉수제조가 가능하기 때문이다. 실제로 공급도 여름철에는 냉온수를 제조함과 동시에, 온수를 제조하여 급탕열원으로 공급하고 있으며, 한편 겨울철은 퓨터공조용으로 냉수를 제조해서 공급하고 있다.

또, 하천수를 직접 히트펌프의 열교환기(응축기 또는 증발기)로 유도하기 위해 열교환 기의

재질은 화력발전소 등에서 효율성이 있는 티타늄 합금을 사용하며, 튜브내에 부착이 예상되는 스케일 제거를 위해 청소용 나일론 브러시가 내장되어 있다. 이는 열교환기 내의 물의 흐름방향을 히트펌프 외부의 4방향 밸브로 변화함으로써 브러시를 이동시켜 튜브내에 부착된 스케일을 제거하는 장치이다.

(2) 축열조

축열조는 냉수 전용조 950m³, 온수 전용조 560m³, 냉온수 전환조 1,770m³ + 1,700m³의 합계 4,980m³이다. 축열조의 형상은 모두 수심 7m의 수직형 축열조이다. 수직형 축열조는 연직 방향으로 온도 성층이 형성되는 구조인데, 설계에서는 온도 성층을 교란시키지 않는 유속의 설정과, 동일 평면상의 균일 분산성 확보가 과제이다(평면형인 경우 최대 16m×19m). 여기서는 축열조내의 토출, 흡입 양측에 헤더를 설치,

유속을 0.1m/s 이하로 억제함으로써 이 과제를 해결하였다.

(3) 배관설비

하천수 이용에 수반하여 Sumida강에서 플랜트내의 히트펌프에 이르는 열원수 배관을 설치하였다. 하천 구역은 제방 정규 단면상에 직경 500mm 3개의 유리 에폭시 라이닝 강관을 설치하고, 건물구역 내에는 직경 900mm 1개로 합류시켜 건물에 인입하였다.

건물 내에는 자동여과장치를 설치해서 고형물을 제거하여, 히트펌프에 이르게 하도록 하고 있다. 취수구에서 히트펌프까지의 배관길이는 약 120m이다. 최종 수요규모에서의 최대유량 1.59m³/s를 취수하기 위해 취수장 내에서 210kW의 열원수 펌프 3대를 설치하였다.

플랜트 내에서 가열된 하천수는 방수장(폭 3.19m, 길이 4.1m, 높이 4.9m)의 방수구에서 방수된다. 방수장은 이 지역이 바다와 인접하여 간만의 차가 미치는 곳이므로 하천의 수류 방향이 변화해도 방수된 하천수를 바로 재취수하는 현상을 일으키지 않도록 취수구 상하류 방향에 각각 25m의 간격을 두고 2개소 설치되어 있다.

축열식 히트펌프에 준한 플랜트 설비는 축열조 중심으로 생각하면 기본적으로 야간은 축열, 주간은 방열이 된다. 단, 주간 방열시에도 히트펌프로 제조된 냉온수를 일단 축열조에 넣고, 그것을 공급 펌프로 양수해서 지역으로 공급하는 예가 많다(축열조와 히트펌프의 직렬 배치). 그러나 箱崎지구의 플랜트는 축열조와 히트펌프를 병렬 배치하며, 열공급 펌프와 히트펌프에 대한 냉온수 1차 펌프의 유량 밸런스에서 열공급 펌프유량, 냉온수 1차인 경우 펌프유량은 방열, 열공급 펌프유량, 냉온수 1차인 경우는 펌프유량은 축열로 해서 반송동력의 효율화를 도모하고 있다.

또, 콤팩트화 플랜트 공간에 대용량의 배관을 처리하기 위해 설계시에 30분의 1인 모형을 제작하고, 3차원적인 처리와 검토를 하고 있다.

수요가에 대한 공급 도관은 플랜트가 입주하고 있는 三井창고, 箱崎빌딩 및 인접 주택가에 공급하는 1계통과 기타 수요가에 공급하는 2계통으로 구분되며, 전체적으로 3계통으로 되어 있다. 도관은 냉온수 모두 이중 강관을 사용, 단열재는 경질발포 우레탄으로 두께 50mm이다. 도관공사의 시공방법은 시일드 공법에 의해 평균적으로 도로표면 밑 5m 깊이의 외관 내에 부설되어 있다.

현시점의 공급펌프 동력합계는 냉수 1,528kW, 온수1,020kW이다. 수요변화에 대응하기 위해 펌프는 1계통에 대해 4대 분할하고, 중속 제어에 준해 피크부하에서 저부하까지 효율적으로 냉온수 공급할 수 있게 되어 있다.

(4) 운전관리

플랜트 설비의 상태 감시나 기동정지를 집중적으로 하기 위해 감시점 약 500점의 중앙감시시스템을 도입하고 있다. 플랜트 설비 각부의 운전 상태나 온도, 압력, 또한 축열조 내 각 포인트 (각조의 상하 방향에 12포인트)의 온도를 모니터한다. 하천수의 취수 및 방수에 관해서는 수위, 취수량 등의 데이터도 표시된다.

또, 기동·정지는 순서 계획 운전에 의한 자동제어 외에, 수록된 데이터에 의거하여 히트펌프의 축열 운전이나 펌프의 대수제어도 자동적으로 행해진다. 더불어 일보, 월보의 작성, 제조열량, 사용전력량이나 플랜트 시스템의 성적계수(COP) 등을 동적으로 계산 기록하는 기능을 갖추고 있으며, 운전관리의 인력절감에 기여하고 있다.

다) 열부하와 운전실적

공급대상 바닥면적의 80%가 三井창고, 箱崎빌딩이기 때문에 그 열특성에 크게 추종되어 냉수 부하는 연간 총부하의 90%를 점하고 있다. 일별 부하에 있어서도 온수부하가 냉수부하를 상회하는 경우는 없고 한겨울에도 일일부하의 70% 이상이 냉수부하였다.

(1) 하절기 운전

22시부터 히트펌프를 냉방모드로 운전하여 야간냉수부하에 대응한 축열을 하고 익일 오전 8시에 축열을 완료한다. 오전중에는 축열을 가능한 유지하도록 부하에 대응해서 히트펌프를 운전하고, 전력피크 시간대인 13시부터 16시까지는 히트펌프를 1대 정지하고 있다. 이것에 의해 약 1,800kW의 전력 시프트(shift)를 실현하고 있다. 축열조는 냉수조 3기, 온수조 1기로 사용되고, 소량의 온수부하에는 매일 1시간 정도의 열회수 운전에 의해 축열하여 공급하고 있다.

(2) 동절기 운전

동절기에도 냉수부하가 온수부하를 상회하고 있어 축열조는 냉수조 2기, 온수조 2기로 사용되고 있다. 히트펌프는 열회수 모드로서의 운전을 주로하고 이것에 의해 동절기의 히트펌프는

고효율을 달성하고 있다.

라) 하천수이용에 의한 효과

하천수 이용은 1990년 7월부터 본격적으로 가동되었고, 그 후의 운전실적을 그 이전의 대기열원에 의한 운전실적과 비교하였다. 냉수부하의 비율이 크므로 하절기의 운전실적을 비교하고, 대기열원으로서 1988년 8월을, 하천수이용으로서 1990년 8월 및 1991년 7월을 대표로 하였다. 특히 1988년 8월과 1991년 7월은 외기의 월간 평균온도가 거의 같아 비교하기에 최적이다.

(1) 주기기 동력 비교

하천수이용에 의해 냉각수온도를 약 5℃ 내릴 수 있어 냉동사이클에서 응축온도(압력)가 저하하여 효율이 향상되며, 압축기 동력이 13% 감소하였다.

<표 7> 하절기 운전실적 비교

항목	년 월	1989년 8월	1990년 8월	1991년 7월	1992년 8월
외기온도(월간평균)		26.5℃	28.3℃	26.3℃	26.6℃
외기습도(월간평균)		82%	75%	80%	84%
하천수온(월간평균)		-	26.9℃	24.4℃	24.6℃
주기기동력/공급열량		100	94	87	88
보조기동력/공급열량		100	54	54	55
성적계수(공급열량/기기동력)		100	115	121	120
보급수량 m ³		6,485	172	0	0

<표 8> 箱崎지역 지역냉난방사업 요약

시설명	동경전력 箱崎 열공급센터		
소재지	동경도 중앙구 日本橋箱崎町 19-21		
하천수이용용도	히트펌프 열원		
시설의 소유주	동경전력(주)		
사업허가	1987년 12월 21		
공급개시	1989년 4월 1일		
총투자비	3,000,000천엔		
하천수이용 시설투자비	600,000천엔		
하천수이용 현황	하천유량	하절기 250t/s	동절기 130t/s
	이용수량	하절기 0.64t/s	동절기 0.5t/s
	이용온도차	하절기 +5℃	동절기 -3℃

(2) 보조기기 동력 비교

대기열원에서의 보조기기 동력은 냉각탑 팬 및 냉각수 펌프가 295kW이지만 하천수이용에서는 210kW이며, 또한 인버터제어를 함으로 인해 46% 대폭 삭감하였다.

(가)와 (나)에 의해 성적계수(공급열량/전체 동력)는 약 20% 향상되었다.

(3) 수도물 사용량

대기열원방식에서는 냉각수의 증발, 비산 및 수

<표 9> 箱崎지역 지역냉난방설비 요약

항 목		사 양	
취수시설	취수량	0.64m ³ /s 34,730m ³ /일	
	취수구방식	피트방식	
	관 크기	φ500×3	
	여과장치	스트레이너	
수조	용도	냉온수저장	
	재질	철근콘크리트조	
	크기	W17×L52m	
	유효수심	7m	
히트펌프 설비	용량	5,000m ³	
	수조수	4	
	제작사	Ebara Corporation	
	대수	2대	
	설계출입구 수온	가열시	온수온도 48℃/41℃ 열원수온도 4℃/7℃
		냉각시	냉수온도 5℃/12℃ 냉각수온도 33℃/28℃
	합계능력	가열 6,800Mcal/h, 냉각 9,670Mcal/h	
	소비전력	가열 1,084×2kW, 냉각 1,257×2kW	
	정격 COP	가열 3.7 냉각 4.5	
	압축기형식	전밀폐, 원심식	
증발기 형식	Shell & Tube 건식		
응축기 형식	"		
하천수펌프	대수	3	
	kW	210	
운전상황	하천수이용에 따른 열원기기에의 영향, 대책	티타늄 튜브 등 사용에 의한 부식성 향상	
	하천수이용에 따른 하천수의 영향, 대책	하천수이용 온도차를 하절기 +5℃, 동절기 -3℃ 이내로 함	
	고장시 back-up 대책	냉각탑설치	
	운전요원	8인 24시간 상시	
	장치, 배관의 부식대책	티타늄 튜브사용, 유리제에폭시라이닝관 사용	
하천수열이용 효과	장치, 배관의 오염대책	자동여과장치(Auto Strainer) 설치, 튜브내 세정브러쉬 취부	
	비교대상시스템	냉열 · 온열 37,911Gcal/년	
	에너지절약효과 (원유환산)	1,090㎏/년	
	환경개선효과	CO ₂ 저감효과 1,550t/년, NO _x 저감효과 1.053kg/년	

질유지를 위해 다량의 보충수가 필요로 한다. 1988년 8월에는 6,485m³의 물을 사용하였지만 하천수 이용에는 전혀 불필요하며 하기에는 특히 귀중한 수자원 절약에 큰 효과를 거두고 있다.

(4) 환경오염저감 효과

대기열원방식에 비해 CO₂ 저감효과는 1,520t/년으로 약 33% 저감되었으며, NO_x 저감효과는 1,053kg/년으로 약 35% 저감되었다.

위에서 소개된 箱崎지구 지역냉난방 내용을 종합, 정리하여 표 8와 표 9에 제시하였다.

4. 하천수 열이용상의 과제

하천수는 갈수기에 유량이 줄어들기 때문에 이에 대한 대책과 하천의 수온·수질·생물 등이 접촉하는 부분에 부식이 일어날 수가 있으므로 내식성, 경제성 및 전열성을 고려하여 사용기기, 배관의 재질을 선택할 필요가 있고, 생물이나 slime 등의 부착으로 전열성능의 저하나 열교환기의 폐쇄가 발생할 수도 있다. 그리고 부유물, 비닐류, 목재 등과 같은 이물질이나 하천의 생물이 취수부에 장애를 일으킬 수가 있으므로 이를 제거하는 장치가 필요하다.

제도상으로는 하천법에 의해 하천의 유수나 토지점유의 허가과 공작물의 신설이나 하천수를 이용하기 위해서는 하천관리자의 허가가 필요하다. 그리고 하천생태계에 영향을 치지 않는 정도의 수온변화를 환경상으로 규정하고 있기 때문에 하천유량, 이용가능량과 온도확산 등을 충분히 검토할 필요가 있다. 즉, 일본에서는 유량의 1%, 이용온도는 동절기에 -3℃, 하절기에는 3℃로 하여 하천관리자의 허가를 받도록 하고 있다.

무엇보다도 히트펌프의 이용온도차 기준 동절기 최대 3℃로 이용하려면, 하천수온도 4℃ 이상이 필요하므로 취수지점의 수심이 4m 이상이 요구되며, 지역에 따라서는 실질적으로 동절기의 열이용이 곤란한 경우도 있을 수 있다.

참고문헌

1. 河田正志, 1992, 河川水利用ヒートポンプシステムの 實, 建築設備士, Vol. 24, No. 5, pp.21~26
2. 奥田敏宏, 1992, "下水熱/河川水利用ヒートポンプ", 産業機械, No.505 pp.38-44
3. 부경대학교, "낙동강 하천수 이용 영농화훼단지 난방시스템개발", 2000, 부산광역시보고서.
4. 박준택, 하천수 온도차에너지이용 지역냉난방사례, 에너지관리, 통권246호, p.130-132, 1996. 11.
5. 허재영, 박준택, 하천수열에너지 부존량에 관한 연구, 공기조화·냉동공학회 하계 학술대회 논문집, 1998. 6.
6. 윤정인, 박준택외, 하천수이용 히트펌프의 화훼단지 적용성 평가, 공기조화·냉동공학회 2000하계 학술발표회 논문집, pp.520-525, 2000
7. 박성룡, 박준택, 하천수이용열펌프시스템, 공기조화·냉동공학회 2000년도냉동부문강연회, ,2000.8
8. 박준택, 해외미활용에너지이용사례(1)-하천수 열이용에 의한 Hakozaki지구의 지역냉난방-, 설비, 20(11)118-124('03. 11)
9. 박준택, 해외미활용에너지이용사례(9)-유럽, 북미에서의 하천수이용 지역열공급-, 설비, 21(7)88-96('04. 7).
10. 박준택, 해외미활용에너지이용사례(11)-하천수를 이용한 OAP의 지역냉난방, 설비, 21(10)97-100('04. 10).
11. 박준택, 해외미활용에너지이용사례(12)-하천수를 이용한 도야마역 북구지구 및 기타 열공급사례-, 설비, 21(12)85-88('04. 12).
12. 박준택, 해외 미활용에너지 이용사례, 도서출판 성화, 2006.7.20