

일본에서의 미이용 에너지 활용 지역냉난방시스템

District Heating and Cooling System Utilizing Unused Energy in Japan

박 문 수
M. S. Park
생산기술연구원
생산설비개발센터



· 1963년생
· 공조냉동기기에서의 에너지 절약기술과 흡착식, 흡수식, 건조제 이용 공조냉동 및 제습에 관심을 가지고 있다.

최 병 윤
B. Y. Choi
한국전력공사
기술연구원 전력연구실



· 1956년생
· 냉·온축열시스템 및 히트펌프 분야에 관심을 가지고 있다.

1. 서 론

대도시에서는 가정용 에너지 수요의 비율이 높고, 앞으로 증가도 예상되며, 지역전체의 에너지 유효이용이라는 관점에서 도시의 미이용 에너지원의 저온배열을 실질적으로 이용하는 히트펌프 시스템과 지역 냉난방에 대한 관심이 높아지고 있다. 지역 냉난방이란 한개의 도시 또는 한개의 지역에 산재해 있는 건물에 온수, 고온수, 증기, 냉수 등의 열매체를 집중된 에너지 센터로부터 배관을 통하여 공급하고, 냉난방하는 시스템이다.

지역 냉난방의 광범위한 보급은 건물에 대한 난방이 불가결한 설비라는 점, 생활 수준이 향상되어 중앙난방이 아파트 단지에서도 보급되고 있는 점, 도시내에 설비되어 있는 화력발전소, 열병합발전, 쓰레기 소각로 등의 폐열을 적극적으로 이용할 수 있는 것

점과 깊은 연관이 있다.

우리나라에서는 1986년 목동 신시가지 아파트에 국내 최초로 지역난방이 공급된 이래, 1987년 당인리 화력발전소를 이용한 남서울 지역난방 사업이 있었으며, 분당, 평촌, 산본, 일산, 수서 등 신도시의 개발로 급격히 확대 보급되고 있다. 한편 일본에서의 지역냉난방사업은 현재(1992)는 44 사업자, 79개 지점에 이르고 있다. 동경을 중심으로 한 수도권 지역의 지역냉난방을 살펴보면 34개 지점이 이미 가동중이고, 10개 지점이 곧 가동할 예정이며, 새로운 계획도 발전을 거듭하고 있다. 또한 일본에서는 도시의 에너지 절약화가 중요한 과제로 되어, 고온열원인 쓰레기 소각장의 배열과 50도 이하의 저온배열, 즉 송·변전시설, 지하철, 하수처리장, 냉동창고, 화력발전소 등에서 발생하는 막대한 저온배열을 히트펌프의 승온기술의 진보

에 의한 유효이용에 역점을 두고 있다.

따라서 본고에서는 에너지 이용의 합리화와 도시 대기보호란 환경측면에서 유리한 도시의 미이용 에너지원의 저온배열을 이용하는 히트펌프 시스템과 지역 냉난방 성능 향상 시스템의 기술개발이 요구되는 상황에서 참고문헌 (1), (2), (3)에 근거하여 일본에서의 미이용 에너지 활용방안에 대해 알아본다.

2. 미이용 에너지 활용 시스템 도입의 필요성

경제사회의 발전과 생활수준의 향상에 수반해서 급후의 에너지 수요는 큰 폭으로 증대하리라고 예상된다. 1988년 6월에 취해진 종합에너지 조사회의 중간보고에서도 2010년까지 약 37%의 증가가 예상되고 있다.

그중에서도 특히 민생용(업무용 및 가정용)의 냉난방 열수요는 쾌적한 거주환경과 직장환경의 추구 등 국민생활의 쾌적성(Amenity) 지향이 높아짐에 따라 전체 증가의 2배에 가까운 급격한 템프로 확대되리라 예상된다(2010년까지 약 64%의 증가).

이와 같은 에너지 수요의 증가를 방지하는 경우에는 2010년까지 민생용의 열수요만으로 원유환산 약 3,200만kl로 수요가 확대하여 제3의 에너지 위기를 유발할 수 있다. 또한 지구환경문제가 심각화하는 가운데 화석연료의 소비를 최소한도로 억제하는 것이 필요하다.

이런 “민생용 에너지 수요의 급격한 확대”와 “에너지 제약에의 대응” 및 “지구 환경문제에의 대응”라고 하는 상호관계에 의한 문제를 해결하기 위한 결정적인 방법이 미이용 에너지의 유효활용이다.

미이용 에너지로는 해수, 하천수, 하수처리수 등의 “온도차 에너지”(여름에는 대기보다 차갑고, 겨울에는 대기보다 따뜻한 물)와 쓰레기 소각장, 발전소 등에서의 “배열”을 총칭하며, 즉 현재 이용되고 있지 않은

에너지를 총칭하는 것이다. 민생용 열수요의 태반이 100℃ 미만의 비교적 저온레벨이므로 질 높은 에너지를 투입할 필요가 없고 저레벨 에너지인 미이용에너지로 충분히 대응이 가능하기 때문에 에너지의 유효활용의 관점에서도 적극적으로 추진해야 하는 것이다.

이와 같은 관점에서 급후 Amenity 지향이 높아지는 것을 방해하지 않고 에너지 수요를 완화하며, CO₂ 발생량을 삭감하기 위해서는 미이용 에너지를 유효하게 활용한 지역냉난방의 보급추진을 도모하는 것이 매우 유효한 방법이다.

3. 일본에서의 미이용 에너지의 현황조사와 효과예측

미이용 에너지 활용시스템을 구축하기 위해서는 해당 지역에 있어서 열수요의 분포와 미이용 에너지의 발생량을 조사할 필요가 있으며, 따라서 각 에너지 사업단체 및 지방자치체에 의한 일본의 몇몇 도시에서의 미이용 에너지의 도입가능성의 조사내용을 간략히 서술하였다. 또한 동경 23구에서의 민생용 열수요와 미이용 에너지의 부존 상황을 나타내고 추가적으로 모델지구를 선정하여 각각의 지구에 대해서 미이용 에너지 활용 시스템을 도입한 실제의 에너지면 및 환경면에서의 효과에 관한 시험적인 계산을 나타내었다.

3.1 에너지 사업단체에 의한 조사연구

3.1.1 전기사업단체

89년도에 행해진 전기사업 연합회에 의한 미이용 에너지 활용에 관한 연구에 있어서는 전국적인 부존량과 활용후의 에너지절약 효과의 전망 등에 대해서 거시적(macro) 계산과 행정적, 기술적과제 등의 제기가 이루어져 그 결과가 미이용 에너지 활용 정책으로 확립된 계기가 되고, 90년의 종합에너지 조사 중간보고 중에 시스템화에 의한 에너

지 절약 과제로서 좋은 평을 받게 되었다.

3.1.2 가스사업단체

가스사업협회에서는 90년도부터 미이용 에너지에 대한 연구회를 설립하고, 가스 방식의 적용과 그 효율화를 탐색함과 동시에 위에 언급된 전기사업협회의 연구를 시초로 한 각지역(수도권, 大阪, 名古屋)의 미이용 에너지의 유효 부존량의 조사(지도작성)의 충실화와 평가법의 검토를 시작하였고, 유럽에서의 미이용 에너지 활용의 실정조사를 했다.

북유럽에서는 80년대 중반부터 해수, 호수, 하수처리수를 열원으로 한 히트펌프 방식과 쓰레기처리 배열이용의 열공급, 코제너레이션을 의미하는 열병합발전 시스템이 활발하게 행해지고 있다. 또한 파리시 교외에서는 80℃ 이상의 대심도 지하수를 끌어올려 주택에 열공급을 하고 있는 등 폭넓은 열원활용을 하고 있다.

3.2 각 도시에서의 미이용 에너지 도입 가능성의 조사

90년도에는 신에너지 종합개발기구(NEDO) 및 신에너지재단(NEF)의 예산과 각 지역의 통산국의 주도하에 大阪, 名古屋, 福岡, 仙台, 富山の 각 도시에서 미이용 에너지의 도입가능성에 초점을 맞춘 지역 냉난방 계획의 타당성(feasibility) 조사가 행해졌고, 大阪, 名古屋은 91년도에도 계속해서 실시되었다. 이하에 각 조사의 개요를 에너지절약 효과에 초점을 맞춰 서술하였고, 필요에 따라 경제효과를 부가하였다. 환경효과(NO_x, CO₂ 발생감소 등)는 대개 에너지절약 효과에 추종하는 것으로 생각해도 좋다.(엄밀하게는 수요리벨과 광역레벨로 나누어 생각할 필요가 있다.)

3.2.1 大阪에서의 조사

관서지구에 있어서 미이용 에너지 부존량을 계산하여 활용 가능성이 있는 29개의 공공적 프로젝트에 대한 에너지 절약량의 계산을 했다. 미이용 에너지원으로는 해수가

b, 하천수가 6, 하수처리수가 5, 지하철배열이 4, 변전소배열이 2, 쓰레기 소각열이 2, 발전소배열이 1, 해수+하수처리가 2, 해수+하수처리+쓰레기 소각열이 2이다.

그중에서 모델지구로 大阪北港南 지구의 미이용에너지 활용 지역냉난방 시스템을 선정해서 계산을 한다. (보일러+흡수냉동기)+공기열원 전동 냉동기로 한 기준시스템에 대해서 채용된 미이용 에너지원의 조합 6종류에 대해 약 7%부터 33%의 에너지절약율을 나타내고 있다. 가장 높은 에너지 절약율을 나타내는 것은 해수와 쓰레기 소각배열의 조합이고, 그중에서도 쓰레기 소각배열에 의한 효과가 반이상을 점하고 있다. 시스템은 쓰레기 배열증기에 의한 흡수냉동기 구동, 해수를 heat source 및 heat sink로 하는 히트펌프의 빙축열 운전을 조합한 것이다. 이미 大阪지구에서는 南港에 해수이용 DHC 시스템에 대한 미이용에너지 활용사업 보조가 이루어지고 있다.

3.2.2 名古屋에서의 조사

名古屋역 주변 8개 지구에 대해서 단, 중, 장기의 계획 틀(frame)을 설정하고, 열수요와 미이용에너지 부존량의 조사 추정치 이루어져 그중에서도 조기실현 가능성이 높은 것으로서 역전 據点 지구에 초점을 맞춘 모델계산이 이루어지고 있다.

이 지구는 운하수, 하수처리, 빌딩배열, 변전소배열이 기대될 수 있고, 특히 운하수를 열원으로 하여 공급하는 방식은 하천의 정화효과라고 하는 부가가치도 기대된다. 비교를 위한 시스템의 하나는 大阪과 같은 전기, 가스의 복합시스템이고, 이것을 기준 시스템 II라고 한다. 본 보고서에서 특징적인 것의 하나는 이미 1개의 기준시스템을 설정한 것이고 이미 현재에도 빌딩의 열회수로서도, 또는 가스엔진 히트펌프로써도 상술의 기준시스템 II보다는 에너지 절약적인 시스템이 채용되어 있는 상황이고, 따라서 미이용 에너지의 에너지절약 효과가 필요이상으로 과대평가 되고 있다는 반감이 있는

점을 감안하여 기준 시스템 I로서 시스템 구성은 바꾸지 않고 heat source/heat sink만을 변화시킨 경우의 계산을 하고 있다. 이것에 의해 시스템 구성법에 의한 에너지절약 개선효과와 미이용 에너지에 의한 효과가 구분되어 분명하게 되었다. 시스템은 3지구에 대해서 예전부터 얻어지고 있는 지식에 기준해서 부하형태를 주목하여 결정되었다. 실현성에 관해서는 열원수 배관의 거리와 구조적 제약에서 오는 경제성의 문제 등의 많은 과제가 남아 있어 91년도에도 계속해서 연구가 이루어지고 있다.

3.2.3 福岡에서의 조사

福岡에서는 이미 많은 해변가 지구에서 해수열원의 지역냉난방이 시공중이고, 미이용 에너지 활용 사업의 보조를 받고 있다. 본 조사는 福岡 지구에 있어서 유망한 미이용 에너지원으로서 하수, 해수, 하천, 쓰레기 소각장에 대해서 부존수량과 열량의 현황조사를 하고, 또한 구체적인 에너지절약 효과 등의 검토대상 지구를 天神 지구로 좁혀 계산을 했다.

이 지구에서는 현재 생활하수와 해수가 이용될 수 있지만, 장래를 예상하여 하수처리수와 쓰레기처리의 배열을 포함한 4가지 경우의 비교를 하고 있다. 시스템은 쓰레기처리 배열의 경우는 흡수냉동기를, 그외의 저온열원의 경우는 전동 히트펌프를 주체로 하고 백업(back-up)을 냉온수 발생기와 전동 원심 냉동기로 한다. 비교 대상의 종래 시스템은 가스 냉온수 발생기를 주체로 하여 전동 원심 냉동기와 가스보일러를 백업(back-up)으로 하고 있다. 따라서 에너지절약 효과는 쓰레기 배열 활용에 대해서는 약 50%, 그외는 15% 전후로 계산되었고, 경제성에 대해서는 열원수 배관 거리가 긴 경우는 현행의 보조금 레벨에서는 값이 비싼 것으로 나타났다.

3.2.4 仙台에서의 조사

仙台 지구의 조사는 福岡 지구와 거의 같은 방법론으로 전개되고 있지만, 미이용 에

너지원으로는 고온배열로서 발전소와 쓰레기처리 배열, 저온전용열원으로서 LNG 증발열, 그외의 저온열원으로 하천, 공업용수, 지하철, 송변전 배열을 포함하고 있다.

검토 대상 지구에는 仙台배후지와 長町 지구가 선정되어 어느 쪽에도 발전 냉각배열을 포함하는 것이 기타 지역과 다른 특징이다. 그외 전자에는 하수처리수, 해수, LNG 증발열, 후자에는 쓰레기 소각장 배열과 생활하수를 미이용 에너지원으로 하고 있다. 시스템 구성의 기본은 福岡의 경우와 동일하다. 에너지절약 효과는 저온열원 이용의 경우, 규모에 따라 5~12%, 쓰레기 소각장 배열을 포함한 경우는 50% 전후이다. 경제적으로는 이 경우에도 열원수 배관 거리가 2km부터 6km에 달하기 때문에 동등하지 않고 비용이 더드는 것으로 나타났다.

이미 仙台港 지구에서 하수처리, 발전소 배열을 대상으로 한 미이용 에너지 활용시스템의 검토에 1991년도 사업조사 보조금이 투입되어 있다.

이상 소개된 것에 의하면, 어느 경우에도 에너지절약 효과와 환경효과에 대해서는 기대하는 바의 효과가 있는 것으로 나타났지만, 열원수 배관의 거리가 긴 경우는 현재의 보조제도하에서는 경제성에 난점이 있는 것으로 여겨지고 있다.

3.3 각종 배열 이용 가능성의 조사

3.3.1 지하철 배열

(1) 札幌

지하철 배열의 지역열공급에의 이용에서 유명한 札幌시 지하철이 있고, 동절기의 혹한기에는 지하철 구내를 12℃까지 냉각하는 것을 허용하여 히트펌프에 의해 최대한의 배열회수를 한다. 이것을 또한 히트펌프에서 승온하여 난방, 급탕 및 흡수냉동기 구동용의 온수를 얻는 독특한 시스템을 채용하였다. 이 시스템은 히트펌프의 성적계수가 클때에 특히 유효하다. 물론 이것은, 전기 연료 복합방식이다.

(2) 東京

東京都도 지하철 배열 이용에 맞춰 선로 구배를 극복하기 위해 채용된 선형모터를 사용한 12호선의 건설을 계기로 90년도에 검토위원회를 설치하고, 환기, 열유동 및 지중 축열효과 등에 관한 상세한 시뮬레이션을 실시하여 그 유효성을 확인하고 있다. 그 성과는 구체적으로 부근 지역난방 설비의 열원의 일부로서 유효하게 활용될 예정이며, 검토 내용중에 전기, 가스복합 방식의 가능성도 탐색하고 있다. 이 조사연구는 91년도에는 미이용 에너지 활용에 관한 조사에 대한 국가예산에서의 보조금 적용이 되어 있다.

3.3.2 변전소 배열

변전소 배열(지중 케이블 배열을 포함)의 지역열이용의 가능성에 대해서는 오피스빌딩 지역의 각 빌딩의 열회수가 포함되면 1개의 변전소 단위의 적절한 규모의 지역난방의 난방부하 정도는 만족시킨다는 전망을 얻었다. 지하 변전소를 포함한 빌딩단위의 열회수 시스템은 다수가 있고, 금후에도 미이용 에너지의 비교적 안정한 온열배열원으로서 유효하게 활용될 것이다.

東京晴海 1丁目지구의 지역난방 계획에서는 내부발열이 많은 인텔리전트 오피스가 계획되고 지구중앙부에 변전소가 지역난방 지구를 포함한 부근 일대의 전력수요를 담당하고 있어서 그 배열에 의해 주택동을 포함해서 전(全)전기 열회수 시스템의 성립에 크게 기여하고 있다.

3.3.3 지표수(하천수, 하수)

미이용 에너지라고 하면 하천수라고 답할 정도로 동경 箱崎 지구의 하천수 이용, 千葉 幕張 지구의 하수처리수 이용의 지역난방이 유명하게 되었다. 이와 같은 지표수의 이용 가능성 조사는 수량과 온도이며, 온도차 에너지라고 일컬어지는 이 에너지의 부존량 계산방법은 여러 가지가 있다.

하수처리수 또는 생활하수도 히트펌프의 열원으로 많이 이용되고 있다. 하수처리수

의 수온은 처리장 부근의 외기 온습도 조건에 지배된다. 생활하수는 취수위치에 의해서 크게 변동하기 때문에 일괄적으로 말할 수 없다. 하수의 부존열량은 앞의 각 조사에서 행해졌던 것처럼 당해 취수지점에 있어서 수온, 수량의 실태조사에 결정한다.

3.3.4 고온배열

쓰레기 처리 배열과 발전소 배열이 고온배열이다. 어느 것도 해당 플랜트의 실태와 장래계획을 기초로 부존량이 계산된다. 열수요지에서 멀리 떨어진 경우에는 광역 네트워크를 상정하지 않는한 실제적인 이용 가능 부존량으로 계산할 수는 없다. 충분히 환경 대책을 실시한 쓰레기 처리장은 수요지 근처에 설치된 것이 많고, 이 경우에는 매우 유용하게 배열 이용이 가능한 것은 앞장의 각 사례 연구에 나타난 바와 같다.

구미의 일부에서 행해지고 있는 대규모 열병합발전 증기 네트워크를 일본에서도 장래에 구축하는 것이 대책이 될 수 있는가에 대한 토론을 필요로 한다. 열수요는 도심에 많고 도심의 냉열수요는 점점 증대하지만 온열수요는 감소하고 있다. 따라서 증기의 용도는 주로 흡수냉동기를 구동하기 위해서 사용되는 것이 좋다. 가장 바람직한 것은 이것과 함께 heat sink로서 지표수 또는 계절간 축열수와 같은 미이용 에너지원이 있을 때 적절한 규모의 코제너레이션은 열분배가 용이하게 되어 하나의 유효한 해답으로 얻어진다. 특히 주택을 포함한 신개발단지에서 하천이 근방에 있고 쓰레기, 하수와 함께 인근에서 처리되고 있는 경우에는 이상적인 조합의 열과 전기공급이 가능하다.

3.4 동경 23구의 열수요와 미이용 에너지의 부존상황의 시험계산

3.4.1 동경 23구의 열수요

(1) 동경 23구의 민생용 열수요는 대략 표 1과 같이 추정된다.

(2) 한편 동경 23구내에는 표 2와 같은 막대한 미이용 에너지가 존재한다. 이 중에서

표 1 (단위 : Tcal /년)

	냉열수요	냉방 급탕수요	합 계
업무용	9,465	10,609	20,074
가정용	1,324	22,993	24,317
민생용 합계	10,789	33,602	44,391

표 2 (단위 : Tcal /년)

<고온배열 예>

쓰레기 소각장	약 4,000
---------	---------

<저온배열 예>

하수처리장	발전소, 변전소, 송전소	지하철	하천수	해수
약 8,000	약 2,000	약 1,000	약 28,000	무한

표 3

	업무지구 (九內 14.6ha)	상업지구 (銀座 86ha)	주택지구 (光丘 184.7ha)
열원	지하철, 빌딩배열, 하천, 하수처리수	지하철, 송전선, 빌딩배열 등	쓰레기소각장, 공업용수, 하수처리장 등
에너지 절약 효과	27.3%	28.4%	36.2%
NO _x 삭감량	68.6%	59.2%	75.8%
CO ₂ 삭감량	47.8%	41.8%	57.8%

표 4 에너지절약 효과(동경 23구)

	열공급사업자			수요가 설비
	열회수설비	플랜트	공급설비	송수펌프
동력비(1)	5/100	35/100	10/100	50/100
개별에너지 절약율	-	37.5% (2)	50% (3)	50% (4)
전체에너지 절약율 (합계 44%)	-	14%	5%	25%

(주)

- (1) : 동경전력지구 열공급에 투입 에너지 비율
- (2) : 열원부하 대응 히트펌프 시스템을 활용(COP 2.5-4)
- (3) : 고밀도 열수송 시스템을 활용(열매체의 고밀도화에 의해 송수동력 반감)
- (4) : 소형 열공급 시스템을 활용(소형, 소유량화에 의한 송수동력 반감)

쓰레기가 소각장 대부분은 100℃ 이상의 고온열원이고, 흡수식 냉동기와 열교환기를 통해 비교적 용이하게 냉난방 급탕의 열원으로 된다. 그외의 도시배열, 온도차 에너지의 대부분은 35℃ 이하의 저온열원이고 냉난방 급탕을 하기 위해서는 일단 히트펌프를 사용해서 열의 승온을 할 필요가 있다.

(3) 따라서 열수요 및 열원의 각각의 분포 상황, 성질, 부하 패턴 등을 감안하여 적절한 미이용 에너지 활용시스템을 구축하는 것에 의해 에너지 이용의 효율화에 크게 기여하는 것이 기대된다.

3.4.2 모델지구에 있어서 미이용 에너지 활용 시뮬레이션

업무용 수요 중심의 지구, 상업용 수요 중심의 지구, 주택용 수요 중심의 지구 각각에

대해서 모델지구를 선정하고, 미이용 에너지 활용의 효과를 시험계산하여 표 3과 같은 결과를 얻었다.

3.4.3 기술개발의 에너지절약 효과에 관한 예측

본 기술개발 프로젝트의 성과물인 열원기기를 사용한 열공급 시스템 전체의 에너지절약효과를 예측하여 계산하면 표 4와 같다.

4. 현재 미이용 에너지 활용시스템의 문제점과 기술개발의 필요성

이상과 같이 미이용 에너지 활용시스템은 환경면과 에너지 절약면의 쌍방에 대해서 아주 유효한 것이지만, 일본에서는 미이용 에너지를 활용한 열공급시스템에 대해서는 아주 소규모이거나 안정한 대량의 열원이 열수요 밀집지역의 극히 근방에 존재하는 등 지극히 예외적인 경우에 한정되어 있는 것이 현황이다. 즉, 대규모인 미이용 에너지원이 존재해도 인근에 대규모인 열수요가 존재하지 않는 경우와 대규모인 수요가 존재하더라도 충분히 활용할 수 있는 미이용 에너지가 존재하지 않는 경우에는 미이용 에너지를 활용한 지역 열공급 시스템이 기술적, 경제적으로는 성립하기 어렵다.

따라서 현재의 지역열공급 시스템에 사용되는 열원기기에 대해서 저레벨 에너지인 미이용 에너지를 유효하게 활용하는 관점에서 한층 효율성 향상을 도모하고, 또한 대규모, 원거리 열수송과 열원기기의 구동열원 범위의 확대 등에 의해서, 유효이용이 가능한 미이용 에너지의 범위를 확대하기 위한 기술개발을 강력하게 추진하는 것에 의해서 미이용에너지 활용시스템의 근본적인 도입 추진을 도모하는 것이 필요하다.

자원에너지청에서는 1991년부터 미이용 에너지 활용시스템의 근본적 도입을 도모하기 위한 기술개발 프로젝트를 추진하는 것을 검토하고 있다.

5. 미이용 에너지 고도활용 부하평준화 냉난방기술 개발의 개요

국민생활의 쾌적성(Amenity) 지향에 수반하여 업무용, 가정용의 냉난방, 급유수요가 급격히 증대하고 전력피크의 첨예화가 예상된다. 이런 상황에서 “국민생활의 Amenity 지향”과 “에너지 제약에의 대응”을 양립시키고 풍족한 국민생활의 실현을 도모하기 위해서는 심야전력을 이용하고, 미이용 에너지를 한층 유효하게 활용하는 것 등에 의해 고효율의 대규모 지역열공급 시스템을 실현시켜 전력부하를 평준화하는 것은 중요한 과제이다.

이를 위해 일본통상성 자원에너지청은 미이용 에너지를 활용하는 경우의 저해요인인 첫째 규모적, 지역적 불일치(미이용 에너지의 자원량은 막대하지만 그 부존지역이 한정되어 열수요지에서 떨어져 있는 경우가 많다), 둘째 시간적 불일치(열수요는 시간적 변동이 커서 미이용 에너지 이용설비의 이용율이 낮아진다), 셋째 온도레벨적 불일치(미이용 에너지의 온도레벨이 수요와 합치하지 않는다) 등을 해결하여 지역 열공급 시스템의 도입추진을 도모하기 위한 기술개발에 힘을 모으고 있다.

지역열공급 시스템은 대규모로 열(냉열 포함)을 제조하는 열플랜트, 수요가에 대해서 열을 공급하기 위한 열공급 시스템 및 전체시스템을 최적으로 계획, 운전하기 위한 소프트웨어로 구성되고, 본 기술개발연구에서는 미이용 에너지를 유효하게 활용하여 전력부하 평준화에 도움이 되는 지역 열공급시스템을 구축하기 위해 필요하게 된 최적설계 프로그램, 실제로 플랜트를 최적으로 전하기 위한 프로그램 및 최적성을 검증하기 위한 Simulator의 개발을 행하는 것과 함께, 본 기술개발 성과의 시스템화에 관한 연구를 한다.

구체적으로는, 신에너지, 산업기술 총합개발기구(NEDO)와 히트펌프 기술개발센터를

시초로한 민간 22개사의 공동연구로서 1991년도부터 1997년도까지의 7년간, 총액 150억엔의 예정으로 이하의 기술개발을 실시하고 있다.

5.1 저온 미이용 에너지 활용 열플랜트의 개발(그림 1)

하수처리수, 하천수, 해수 등 비교적 저온도의 미이용 열원을 유효하게 활용하여 열공급을 하기 위한 플랜트 설비에 관한 요소기술 개발

5.1.1 고성능 열교환기

해수, 하천수, 하수처리수, 지하철 배열 등의 저온레벨 미이용 에너지로부터 효율 좋게 채열함과 동시에 오니와 미생물을 제거하여 히트펌프의 열원수로서 이용 가능하게 하는 열교환기술의 연구개발을 한다.

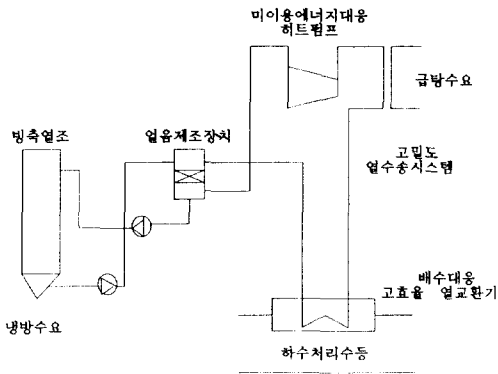


그림 1 저온 미이용 에너지 활용 열플랜트

5.1.2 고효율 압축식 히트펌프

미이용 열원의 계절간, 주야간의 온도변화에 대응하고 연중효율이 높은 히트펌프의 개발을 한다. 구체적으로는 미이용 열원의 온도변화에 대한 부하추종성을 향상시키는 방식과, 제빙효율을 향상시키기 위한 냉매와 물의 직접 접촉방식, 고온의 온열을 발생시키기 위한 액 injection 압축기 등의 연구개발을 한다.

또한 저온 미이용에너지의 주야간, 계절

간의 온도변화에 대응해서 고효율로 열을 제조하는 평균효율이 좋은 히트펌프 시스템을 구성하기 위해, 슈퍼히트펌프 프로젝트의 성과인 thrust 상쇄형 스크류식 압축기와 비공비 혼합냉매 등의 기술을 유효하게 활용하고, 혼합냉매의 조성제어와 직접 접촉식 열교환 기술 등의 개발을 한다.

5.1.3 고밀도 열수송 시스템

미이용에너지와 열수요가 사이의 열공급을 매체의 잠열을 이용하여 고밀도로 원거리 수송하는 시스템의 연구개발을 한다. 따라서 capsule형의 신형매체의 잠열을 이용한 고밀도 열수송 시스템을 실현하기 위해 열원수의 온도 등에 대해서 상변화하는 신형매체의 연구, 신형매체와 slurry 얼음의 capsule 제조기술의 개발 등을 한다.

5.2 고온 미이용 에너지 활용 열플랜트의 개발(그림 2)

쓰레기 소각장 등의 고온레벨의 미이용 열원을 유효하게 활용해서 열공급을 하기 위한 플랜트 설비에 관한 요소기술 개발

5.2.1 히트펌프 토폭(topping)시스템

쓰레기 소각장에서 얻어진 고온증기에 의해 구동되는 터빈구동 터보형 히트펌프, 다음으로 증기터빈으로 부터의 추기 증기를 구동열원으로 하고 해수, 하천수 등의 저온레벨의 미이용 에너지를 열원으로 하는 흡수식 히트펌프, 또한 그 저온배수를 구동에너지로 하는 흡수식 냉동기를 개발하여 미이용에너지 대응 토폭시스템(증기 에너지를 동력으로 해서 단계적으로 기기를 구동시키는 시스템)을 구축한다. 종래형 토폭시스템이 수요측의 부하 추종성이 부족한 경우를 급회의 시스템에 대해서는 새로운 시스템 제어를 행하는 것에 의해서 개량한다. 또한 60℃ 정도의 온수로 구동하는 흡수식 냉동기를 개발하여 미이용 에너지 대응 고효율 토폭시스템의 온배수의 유효활용을 도모한다.

5.2.2 도시배열대응 고효율 흡수식 히트 펌프

고온증기를 구동열원으로 하고, 하수처리수 등을 열원으로 하는 고효율 삼중효용 흡수식 히트펌프의 개발을 한다.

5.2.3 도시형 지하 축열조

도시부에 있어서 대규모 지역 냉난방 시스템에 대응한 공간절약형 대규모 축열조를 가능케하는 긴 원주형 지하축열조를 건설하기 위해 필요로 하는 시행기술, 보안기술 등의 개발을 한다.

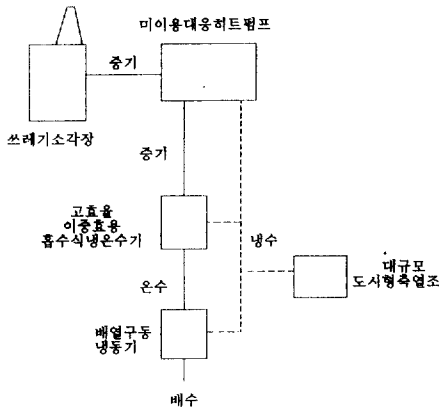


그림 2 고온 미이용 에너지 활용 열플랜트

5.3 고효율 열공급 시스템의 개발

수요가 촉에 있어서 냉열, 온열 수요에 대응하여 고효율로 열공급을 하는 시스템에 관한 요소 기술 개발

5.3.1 소유량 고효율 열공급 시스템

1차 에너지를 절감하고 소유량으로 냉·온열의 공급이 가능한 신형 고효율 열공급 시스템의 개발을 한다. 구체적으로는 시스템에 적합한 공조용 열교환기, 고밀도 축열 시스템 및 최적제어 시스템의 개발을 한다. 현재의 열공급 시스템에 있어서 수요가촉으로의 열공급 형태는 온수 또는 냉수의 송, 환수 온도차를 7도 정도로 하고 있지만 이 온도차를 30도 정도로 하는 것에 의해서 근본적인 효율성의 향상이 도모된다.

5.3.2 분산 설치, 열회수형 히트펌프

저온 미이용 열원수로부터 채열하여, 수요가의 냉열, 온열 수요에 대응해서 냉온수를 동시에 공급하는 시스템의 개발을 한다.

5.4 플랜트 최적계획, 운전시스템의 개발

시스템의 총합효율의 향상, 미이용 에너지의 유효활용, 전력부하 평균화, 환경보전 등에 최대효과를 발휘하는 최적화 소프트웨어 기술의 개발

5.4.1 플랜트 최적계획 시스템

열공급 대상지역, 미이용 에너지의 종류, 열수요량 등에 대응해서 플랜트 계획의 적합성을 신속하게 평가하여, 미이용 에너지 활용 시스템의 원활한 도입을 도모하기 위한 최적수법의 개발을 한다.

5.4.2 플랜트 최적운전 시스템

최적계획 시스템에 의해 계획된 플랜트에 대해서 미이용 에너지량, 열수요량, 열원기기의 출력변화의 예측, 시스템 가동상황의 진단을 행하는 것에 의한 최적 플랜트 운영을 실현하는 시스템의 개발을 한다.

6. 기술개발 프로젝트의 계획

6.1 계획

1991년도부터 1997년도까지 7년 계획으로 연구개발을 행한다. 개발 스케줄은 표 5에 나타냈다.

6.2 1993년도 예산()는 1992년도 예산]

6.2.1 예산

i) 미이용 에너지 활용 지역 열공급 시스템 사업비 보조금

미이용 에너지 활용 지역 열공급 사업은 아직 도입초기에 있는 것으로 미이용 에너지 활용 지역 열공급 시스템의 보급촉진을 도모하기 위해 특별히 조성해야 할 프로젝트에 대해서 적극적으로 이것을 사업화하여, 설계데이터와 운전관리면에서의 노우하우의 축적, 설비와 시스템 표준화, 성능향상

표 5 연구개발기간(총비용 약 150억엔:국비보조 약 50%)

	91	92	93	94	95	96	97
저온 미이용 에너지 활용 열플랜트 요소기술	조사, 설계		개발			실증	
고온 미이용 에너지 활용 열플랜트 요소기술	조사, 설계		개발			실증	
소유량 고효율 열공급시스템	조사, 설계		개발	실증			
최적 플랜트 계획, 운전 시스템	조사, 설계		개발			실증	

을 통해서 사업의 성숙화를 도모하기 위한 사업비 보조

보조금액 : 2,892백만엔(1,928백만엔)

보조대상 : 열공급사업자 등

보조율 : 15%(보조대상 한도액을 지급까지 1프로젝트당 연간 20억원에서 40억엔으로 확충)

ii) 미이용 에너지 활용 지역열공급 시스템 사업조사비 보조금

미이용 에너지를 활용한 지역 열공급 사업을 원활하게 도입하기 위해, 미이용 에너지 활용 시스템의 보급촉진을 도모하기 위해 특별히 조성해야 할 프로젝트에 대해서 관계자의 consensus를 형성하는 기본적인 계획을 책정하기 위한 사업조사비 보조

보조금액 : 238백만엔(200백만엔)

보조대상 : 지방공공단체, 민간단체 등

보조율 : 정액(지금까지의 보조율 1/2를 개정)

iii) 미이용 에너지 활용 지역 열공급 시스템 계몽보급 사업비 보조금

관계자에 대한 미이용 에너지 활용시스템의 이해증진을 도모하기 위한 계몽보급 사업비 보조

보조금액 : 58백만엔(25백만엔)

보조대상 : 민간단체

보조율 : 정액

iv) 미이용 에너지 고도활용 부하평준화 냉난방 기술개발비 보조금

미이용 에너지를 한층 유효하게 활용해서 비약적으로 고효율인 대규모 냉난방 시스템을 실현하기 위한 기술개발비 보조

보조금액 : 859백만엔(849백만엔)

보조대상 : 신에너지, 산업기술 총합개발기구(NEDO)

보조율 : 정액(1/2 상당)

i)~iv) 합계 4,047백만엔(전년도 대비 35% 증가) (3,002백만엔)

6.2.2 재정투용자

미이용 에너지 활용 지역 열공급 시스템의 도입에 필요로 하는 대규모 투자에 대응하기 위한 장기, 저리의 자금용자(일본 개발은행, 북해도 동북개발 공고의 저리용자 제도)

금리 : 특리 5

용자비율 : 50%

일본개발은행 : 에너지 이용 고도화에 1,410억엔의 내수

북해도 동북개발 공고 : 특리로 720억엔의 내수

8. 결 론

이미 1993년도는 1992년도의 설계에 근거하여 시작기의 제작 작업을 하고 있다. 본 기술 개발은 사업의 후반부(95~97년도)에 예정하고 있는 실증시험을 통해서 그 실용성, 유효성을 확인하여 널리 도입 보급을 도모하고자 한다. 우선 중단기적으로는 미이용 에너지 활용 지역열공급 사업비 보조금의 조성책에 의해, 장기적으로는 미이용 에너지 고도활용 부하평준화 냉난방기술 프로젝트의 실용화에 의해, 급후 미이용 에너지 활용지역 열공급 시스템이 진척으로 확대되

는 것을 기대한다.

이 기술개발 프로젝트는 관·산·학이 일체로 되어 차세대의 대규모, 고효율 미이용 에너지 활용 시스템을 목표로 한 것이지만, 미이용 에너지의 추진에 있어서는 하드면에서의 문제뿐만 아니고 지역개발과의 적합성과 관계규칙이 각 방면에 널리 걸쳐 있는 것 등 소프트면에서 해결해야 할 문제가 산적해 있다.

열공급으로서 미이용 에너지의 활용은 에너지와 환경의 조화라고 하는, 우리 국가 경제사회의 문제에 대한 유력한 해결책의 하나가 될 것이다. 그러므로 일본 통산성에서는 금후 미이용 에너지 활용 시스템의 추진을 도모하기 위해 애로인 각종 문제에 대해서 관계 관청, 지방자치단체, 열공급 사업자 등과 일체로 되어 맞잡고 노력할 것이다.

이상과 같이 일본에서 관·산·학·연이

일체가 되어 미이용 에너지원의 저온배열을 조사하고, 이것을 이용한 히트펌프 시스템과 지역 냉난방 성능향상 시스템의 기술개발상황을 살펴보았으며, 국내에서도 미이용 에너지의 활용에 대한 적극적인 노력이 경주되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. K. Motohashi, 1991 April, “도시부에 있어서 미이용 에너지-축열시스템”, Refrigeration(Japanese), Vol.66, No.762
2. N. Nakahara, 1992 June, “금후의 미이용 에너지 활용계획”, 공기조화, 위생공학 (Japanese), Vol.66, No.6
3. M. Kato, 1993 July, “미이용 에너지 활용의 필요성”, 건축설비와 배관공사 (Japanese).