일본의 온도차에너지 관련 동향(Ⅰ)

일본의 온도차에너지 동향과 관련한 최근 자료를 이번호에 이어 (2)에서는 온도차에너지 기술 개발동향, (3)에서는 정책, 법령, 지원제도 등을 3회에 걸쳐 연재하고자 한다.

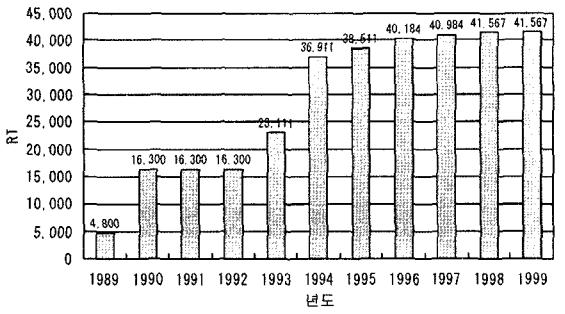
박 준 택
한국에너지기술연구원(jtpark@kier.re.kr)

「온도차에너지」란 외기와의 온도차가 있는 바다나 하천의 수온이 가지고 있는 열을 열펌프를 사용하여 냉난방 등에 이용하는 것을 말하고 있다. 일반적으로 온도차에너지는 공공성을 가지고 있으므로 공익사업인 지역냉난방시스템의 열원으로 적합하다. 일본에서는 해수, 하천수, 하수처리수 등 온도차에너지를 이용한 지역냉난방사업이 각지에서 실시되고 있다. 이에 본 고에서는 미활용에너지기술 관계자들이 참고할 만한 일본의 최근 온도차에너지 관련 데이터를 약 3회에 걸쳐 소개하고자 한다.

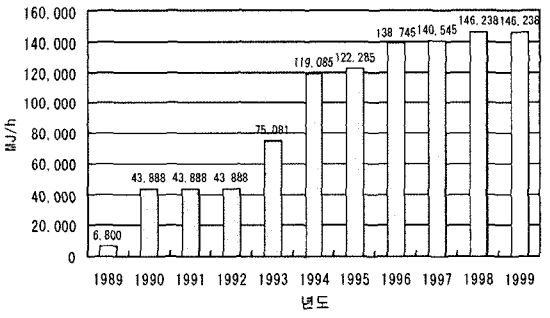
온도차에너지 도입량 · 도입추이

온도차에너지설비용량 추이

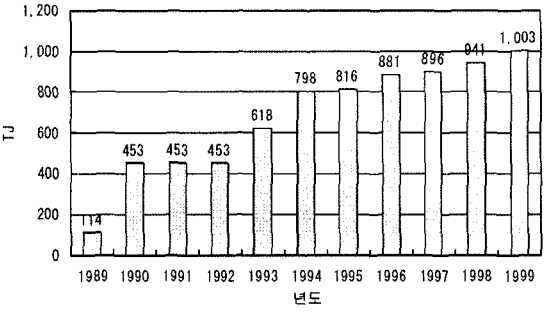
그림 1과 **그림** 2는 온도차에너지의 설비능력 추이, **그림** 3은 온도차에너지의 냉각 및 가열능력을 연간 발생열량으로 산출하여 나타낸 것이다. 또한 **표** 1은 온도차에너지 연간 발생열량을 원유환산량으로 나타낸 것이다. 이들 **그림**과 **표**에서 보는 바와 같이 일본에서는 온도차에너지의 도입이 증가되고 있음을 알 수 있으며, 1999년 기준으로 온도차에너지의 도입



[그림 1] 온도차에너지의 설비용량 추이(수열원 열펌프 냉각능력)



[그림 2] 온도차에너지의 설비용량 추이(수열원 열펌프 가열능력)



[그림 3] 온도차에너지의 발생열량

<표 1> 온도차에너지 발생열량의 원유환산량

연도	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
TJ	114	453	453	453	618	798	816	881	896	941	1,003
원유환산kl	2,933	11,711	11,711	11,711	15,959	20,605	21,084	22,745	23,150	24,307	25,901

<표 2> 온도차에너지의 이론적 부존량

①물리적한계잠재량	②실제적 잠재량
도시재개발계획(2010년까지 새롭게 478지구 정비)을 기초로 예상한 장래 온도차에너지도입잠재지구(열수요가 크고 인근에 온도차에너지가 부존하는 지구)로서 열량적으로 수송가능한 모든 열수요지 반경 1km권내의 온도차에너지(하수처리수, 하천수, 해수)를 이용할 경우 : 206만kl	A)물리적한계의 50%로 가정 : 103만kl
	B)물리적한계의 30%로 가정 : 62만kl

<표 3> 온도차에너지 도입량의 현상과 전망(만kl)

	1996년도(실적)	1997년도(실적)	1998년도(실적)	2010년도(추계)
미활용에너지 계	3.3	3.7	4.1	9.3
온도차에너지	2.9	3.3	3.6	8.8
공장폐열 등	0.4	0.4	0.4	0.4

<표 4> 온도차에너지의 도입목표(만kl)

1996년도		1997년도	1998년도	2010년도 목표			2010/1996
	%(*1)				%(*2)	%(*3)	
3.3만kl	0.5	3.6만kl	4.1만kl	58만kl	3	0.09	약20배

(*1) 1996년도의 신에너지도입량(685만kl)에 차지하는 비율 (*2) 2010년도의 신에너지도입목표(1910kl)에 차지하는 비율
(*3) 2010년도의 1차에너지 총공급량 전망(6.16억kl)에 차지하는 비율

량은 원유환산으로 25,901 kl(1kl=1toe=10^7kca)이다.

온도차에너지 이론적 부존량

표 2에는 일본에서의 온도차에너지의 이론적 부존량을 장래 온도차에너지도입잠재지구로서 열수요지 반경 1km 권내의 온도차에너지를 이용한 경우에 대해 산정한 것이다.

온도차에너지 도입 목표량

온도차에너지 도입량의 현상과 전망

표 3은 온도차에너지 도입량 현황과 전망을 나타낸 것이다. 표에서 1998년도 실적을 기준으로 보면, 일본의 경우 전체 미활용에너지 도입량 중, 온도차에너지 도입량이 약 88%로 거의 대부분을 차지하고 있으며, 2010년에는 무려 95%를 차지할 것으로 전망하고 있다.

도입량 전망의 계산방법은 과거 3년간(1996~1998년도)의 도입실적으로부터 금후도 같은 정도의 연간도입량이 유지되는 것으로 하여 추계하였다.

온도차에너지의 도입목표

표 4는 일본의 온도차에너지 도입목표을 나타낸 것이다. 2010년도의 온도차에너지 도입목표는 2010년 신에너지 도입목표량의 3%이며, 1996년 도입량의 약 20배를 목표로 하고 있다.

<표 5> 온도차에너지의 도입목표(만kl)

이용열원		공급지구명	공급대상	공급형태	공급면적 (ha)	설비규모 (MW)	공급개시 (월/년)
하수 (6)	처리수 (5)	幕張新都心 High-tech Business	오피스빌딩외	온수 · 냉수	48.9	145.3	4/90
		千葉問屋町	오피스빌딩, 호텔외	증기 · 온수 · 냉수	4.4		10/93
		盛岡驛西口	오피스, 방송국, 쇼핑센터	온수 · 냉수	7.1		11/97
		高松市番町	행정시설, 병원, 복지시설	온수 · 냉수	7.8	676.1	4/97
		下川端再開發	극장, 호텔, 병원외	증기 · 온수 · 냉수	2.2		1/99
	생하수 (1)	後樂1丁目	오피스빌딩, 호텔, 문화시설	온수 · 냉수	21.6	54.7	7/94
하천수(3)		箱崎	오피스빌딩외	온수 · 냉수	22.7	15.4	4/89
		天滿橋1丁目	호텔, 오피스빌딩, 주택	온수 · 냉수	5.1	53.5	1/96
		富山驛北口	오피스빌딩, 공공시설, 병원	온수 · 냉수	15.3	5.2	7/96
해수(2)		Seaide Momochi	호텔, 야구장, 오피스빌딩	온수 · 냉수	43.5	155.8	4/93
		大阪南港 Cosmo Square	오피스빌딩, 호텔외	온수 · 냉수	21	139.5	4/94
지하수(2)		高崎市中央	오피스빌딩, 공공 시설, 상업시설	온수 · 냉수	18.2		12/93
		高松市番町	행정시설, 병원, 복지시설	온수 · 냉수	7.8	676.1	4/97

<표 6> 기존에너지사용과의 비교에 의한 삭감효과 {보급에 의한 CO_2 삭감효과(t-CO_2)}

연도	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
TJ	114	453	453	453	618	798	816	881	896	941	1,003
CO_2 삭감량	7,724	30,835	30,835	30,835	42,041	54,253	55,513	59,887	60,955	64,000	68,198

도입사례

표 5는 일본에서의 온도차에너지 도입사례를 구체적으로 소개한 것이다. 1999년 기준으로 온도차에너지의 전체 도입은 13건이며, 하수가 6건으로 가장 도입사례가 많다. 공급대상은 주로 오피스빌딩이며 공급형태는 주로 냉온수이다. 공급면적은 전체 평균 약 17ha이며, 크게는 48.9ha에서 적게는 2.2ha이다. 설비규모는 크게는 676MW에서 작게는 5.2MW의 분포를 보이고 있다.

그림 4는 열원별 대표적 열공급 지구(site)의 전경을 보인 것이다. **그림 4**(a)는 후쿠오카 모모찌지구의 해수열이용, **그림 4**(b)는 동경 하코자키지구의 하천수열이용, **그림 4**(c)는 동경 고라쿠지구 하수열이용이다.

CO_2 삭감효과

전제조건의 정리

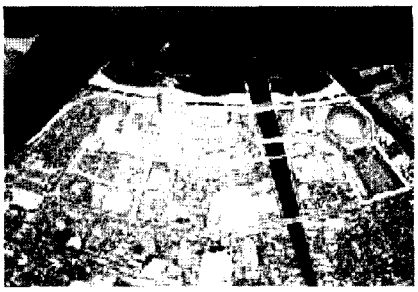
온도차에너지에 의한 판매열량분을 온도차에너지를 이용하지 않고 열공급을 행한 경우를 가정하고, CO_2 배출량을 산정하여 삭감효과로 한다.

기존에너지사용과의 비교에 의한 삭감효과

CO_2배출계수는 온실효과가스 총배출량 산정방법 가이드라인(1999년 7월, 환경청)에서 타인으로부터 공급된 열의 사용에 따른 이산화탄소 배출의 배출계수(0.068kg- CO_2/MJ)를 사용한다. 보급에 의한 CO_2 삭감효과(t-CO_2)는 **표 6**과 같다.

모모찌지구 (제1열원센터)

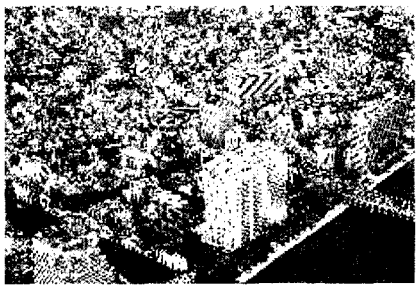
도입사업자	서일본환경에너지(주)
소재지	福岡縣福岡市
도입시기	1993년 4월
개요	열공급면적 : 43.5ha 연면적 : 885,100m² 열원 : 해수 용도 : 오피스빌딩, 보일러, 돔운동장 등
연결선	서일본환경에너지(주) 에너지솔루션사업소 TEL : 092-731-2855



(a) 후쿠오카 모모치지구 전경(해수열이용)

상기(箱崎)지구

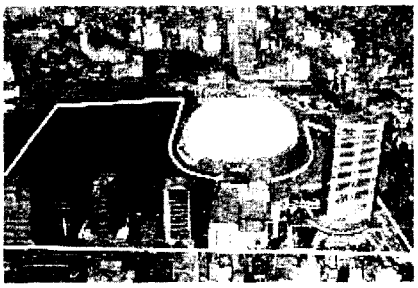
도입사업자	동경전력(주)
소재지	東京都中央區
도입시기	1999년 3월
개요	열공급면적 : 25.4ha 연면적 : 280,000m² 열원 : 하천수 용도 : 오피스빌딩, 주택 등
연결선	동경전력(주) 광고부 TEL : 03-4216-1111



(b) 동경 하코자키지구 전경(하천수열이용)

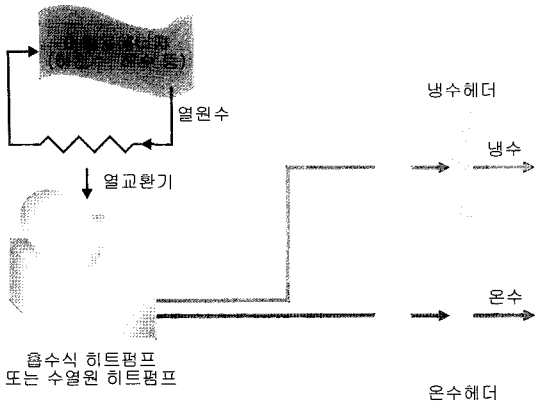
후락(後樂)펌프장

도입사업자	동경하수도에너지(주)
소재지	東京都文京區
도입시기	1994년 7월
개요	열공급면적 : 21.6ha 연면적 : 328,300m² 열원 : 하수 용도 : 오락시설, 사무시설 등
연결선	동경하수도국시설건설부 TEL : 03-5320-6681

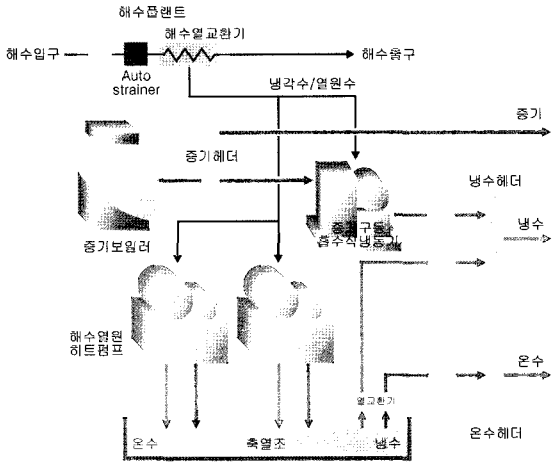


(c) 동경 고라쿠지구(하수열이용)

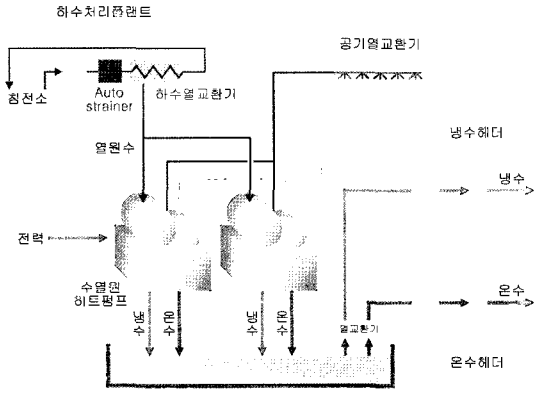
[그림 4] 열원별 대표적 열공급 지구(site)의 전경



(a) 하천수 + 흡수식 열펌프



(b) 해수이용 열펌프 + 축열조, 증기흡수식냉동기



(c) 하수열 이용 열펌프 + 축열조

[그림 5] 온도차에너지의 열원별 대표적 시스템 구성

시스템의 분류 및 구성

그림 5는 온도차에너지의 열원별 대표적 시스템 구성을 나타낸 것이다. **그림 5**(a)는 하천수의 경우, 가스 및 전력을 이용하여 흡수식 또는 전기구동 히트펌프를 이용하여 냉수 및 온수를 생산할 수 있는 시스템이다. **그림 5**(b)는 해수이용의 경우이다. 냉·온수를 제조하여 공급하고 증기보일러를 이용하여 흡수식 냉동기의 구동원으로 사용하여 냉수를 추가로 생산할 수 있도록 하여 생산된 냉·온수를 축열조에 저장하여 공급할 수 있는 시스템이다. 증기보일러의 증기는 증기공급에 직접 이용될 수 있다. **그림 5**(c)는 열원을 해수에서 하수처리수로 대체한 경우이다. 하수처리수의 연중온도의 평균값이 매우 높아 히트펌프의 열원으로 활용하여 냉·온수를 제조할 수 있는 시스템이다. 축열조를 이용하여 시스템의 규모와 시간대별 부하의 조절을 기할 수 있다.

보급촉진상의 과제

다음은 온도차에너지의 보급상의 과제를 열원별로 정리한 것이다.

하천수 이용

- 하천수의 유량과 수온의 변화를 정확하게 파악하는 것이 필요.
- 열펌프에 의한 온도차이용의 기준으로서 동절기에는 최대 3℃의 온도차를 이용할 것과, 하천수온은 4℃이상이 필요하다.
- 하천관리자로부터 유수점용허가(수리사용허가)를 받아여 할 필요가 있다.
- 하천수이용에 있어서는 하천 유황(流況)과 수온의 변화를 예측하여 주변환경에의 영향을 사전검토 할 필요가 있다. 수온변화가 3℃이상으로 되는 구역에서는 수생생물 등의 영향을 검토하여야 한다. 취수시설을 설치할 경우에는 공작물의 신축허가, 토지의 점유허가 등을 취득할 필요가 있다.

하수이용

- 생하수, 하수처리수 모두 열교환기 등에 생물이

부착하여 효율을 저하시키기 때문에 그 대책이 필요하다.

- 하수도법에서는 하수관등의 하수가 흐르는 시설에 하수사업 이외의 용도에 사용되는 시설의 설치를 원칙적으로 인정되지 않기 때문에 하수도시설 관리자의 관여가 중요하다.

해수이용

- 해수는 열교환기 등의 기기를 부식시키며, 또한 생물부착에 의한 막힘이나 열전도율의 저하를 일으킬 우려가 있기 때문에 재질선정이나 유지관리상 주의가 필요하다.
- 해수이용에 있어서는 항만시설관리자로부터 취수시설등의 공사허가, 점용허가를 득할 것과, 당해 해역에 어업권이 있는 해역에 대하여는 온도상승 범위가 1℃를 초과하는 범위에 대하여 해양생물이나 어업에의 영향을 조사하는 것을 의무로 하고 있다.
- 발전소 등에서는 복수기 냉각용 해수의 취수온도차를 7℃이하로 억제하도록 환경영향기준이 마련되어 있으며, 해수를 열원으로하는 열공급시스템에서도 이 온도차 7℃이하를 설계기준으로 하는 것도 생각할 수 있다.

<다음호에 계속>