

地 熱 第 39 卷 第 1 号 (平成 14 年 3 月)  
JOURNAL OF THE JAPAN GEOTHERMAL ENERGY ASSOCIATION  
VOL. 39, NO. 1 (March, 2002)

---

別 刷  
Reprint

---

## 地中熱源氷蓄熱ヒートポンプシステム導入事例

柴 芳郎・池内 研

社団法人 日本地熱調査会

(平成 14 年 3 月)

## 地中熱源氷蓄熱ヒートポンプシステム導入事例

柴 芳 郎\*・池 内 研\*\*

### 1. はじめに

日本で利用されている家庭用のエアコンや業務用の空調機のはほとんどは空気熱源として利用して冷房・暖房を行う空気熱源ヒートポンプである。それに対して、近年において、北欧や北米では地中熱を利用しての冷房・暖房が急速に普及している。これは地中熱源ヒートポンプと呼ばれ、地中に地中熱交換器を設置してブライン（不凍液）と熱交換させて、そのブラインを熱源（Heat Source）または冷却水（Heat Sink）としてヒートポンプによる加熱と冷却を行う装置である。また、地下水を上記と同様に温熱源や冷熱源として利用して地中に還元する方式（井水還元方式）も地中熱源ヒートポンプの1つのバリエーションである。空気熱源ヒートポンプと比較して地中熱源ヒートポンプは温熱源や冷熱源としての温度条件が空気より地中の方が良いことから、ヒートポンプの能力や効率が高くなる。特に、井水還元方式は直接地下水の温度を利用できるのでさらに効率が向上する。

新潟県糸魚川市下早川地区の公民館である「藤のさとセンター」では井水還元方式の地中熱源ヒートポンプが導入されるとともに、氷蓄熱システムも採用された。氷蓄熱システムは料金が安く、環境にもやさしい（電力平準化に寄与する）夜間電力を利用して冷熱を氷という形で蓄え、昼間の冷房をこの氷を解かして行うシステムである。

本報告では、藤のさとセンターの地中熱源氷蓄熱ヒートポンプの冷房・暖房運転の運転状況につ

いて報告する。

### 2. 地中熱源ヒートポンプ

地中熱源ヒートポンプ（Geothermal Heat Pump, 以下GeoHPとする）は、冷房・暖房・給湯に適用可能であるが、現状では寒冷地域での採用例が北欧や北米で多く見られる（表1参照）。

比較的温暖な日本でのGeoHPの採用は現在のところ非常に少ないが、冷房・暖房・給湯の効率が良く環境負荷が少ないので、今後は急速に普及してゆくものと思われる。

GeoHPは冷暖房・給湯・融雪で利用され、特に寒冷地ではGeoHPが有効である。これは、外気温が低い場合、空気熱源ヒートポンプ（Air Source Heat Pump, 以下ASHPとする）は効率が悪くなるとともに、空気熱交換器の除霜運転（デフロスト）が頻繁に起こり、通常の運転の妨げとなってしまふのに対して、GeoHPでは安定した地下の温度を熱源として利用することで高効率運転を実現可能である。また、寒冷地以外においても、外気温に対しての地下温度が夏季は低く、冬季は高いことから、冷房運転と暖房運転の両方において有利となる（図1参照）。

ヒートポンプサイクルのPH線図（モリエル線図, Mollier Diagram）でこの理由を説明する

表1 地中熱源ヒートポンプ導入状況  
(財ヒートポンプ蓄熱センター調べ)

	推 定 導 入 件(台)数	推 定 年 間 件(台)数
ア メ リ カ	4000,000~500,000 (井水熱源含む)	30,000~40,000 (井水熱源含む)
ス ウ ェ デ ン	266,000	16,600
ド イ ツ	45,400	4,100
ス イ ス	26,800	2,900
オーストリア	119,000	3,800
日 本	20	今後次第

平成13年12月25日 受理

\*ゼネラルヒートポンプ工業(株)

\*\*地熱エンジニアリング(株)

地熱 Vol. 39, No. 1 (Ser. No. 168) 2002

(図2, 図3 参照)。暖房 (給湯・融雪) 時は ASHP よりも GeoHP の方が蒸発温度が高いため、圧縮機における冷媒ガスの比重が高くなるので冷媒循環量が増加するために能力が大きくなり、また、圧縮機の冷媒ガス入口と出口における比エンタルピー差が小さくなるので、必要動力が小さくなり、効率も向上する。冷房時は ASHP よりも GeoHP の方が凝縮温度が低くなるので、蒸発時の比エンタルピー差 (冷凍効果) が大きくなり能力が向上するとともに、圧縮機の入出口に

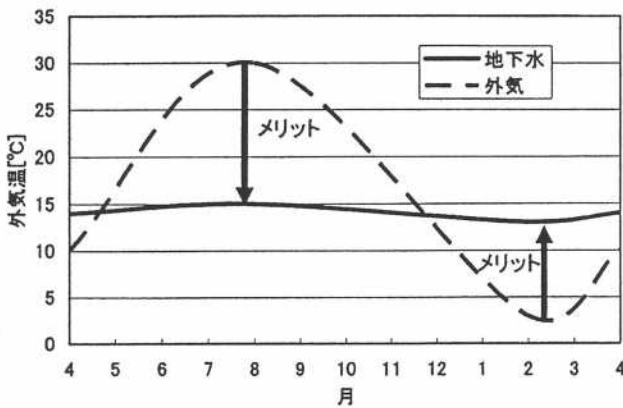


図1 外気温と地下水温

(地下水温 (地中熱温度) は、夏は外気温より低く、冬は外気温より高いことから GeoHP の方が ASHP より効率の高い運転が可能)

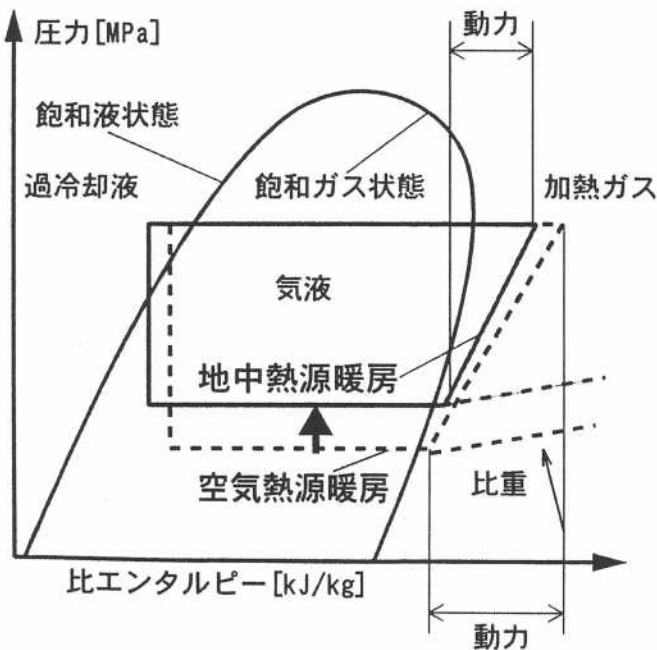


図2 暖房 (給湯・融雪) 時 PH 線図

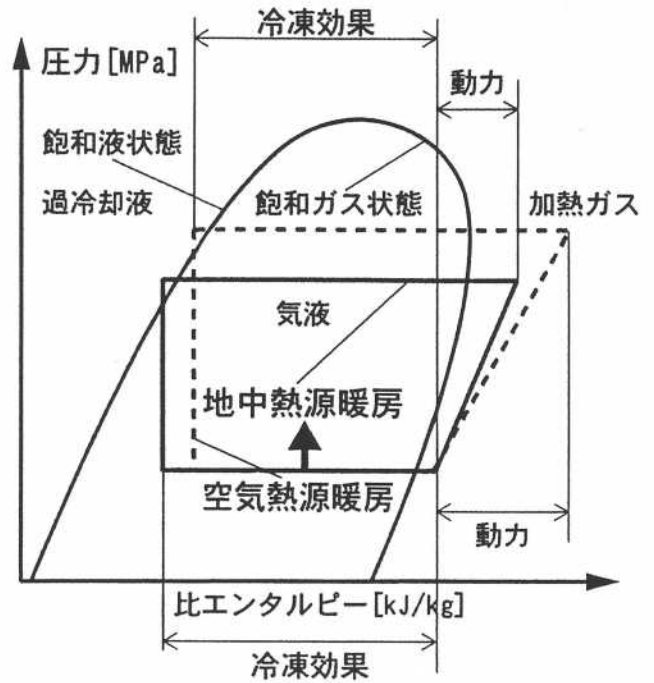


図3 冷房時 PH 線図

における比エンタルピー差も小さくなるので動力が小さく効率も向上する。

### 3. 施設概要とシステム構成

藤のさとセンターの建築概要は以下のとおりである。

- 1) 所在地：新潟県糸魚川市上覚 22-2
- 2) 構造：木造平屋建て
- 3) 建築面積：1,004m<sup>2</sup>
- 4) 延床面積：989m<sup>2</sup>
- 5) 空調面積：422m<sup>2</sup>

空調方法は、GeoHP により生成された冷温水をファンコイルユニットに送水・循環する方式である。

藤のさとセンターの熱源設備概要は以下のとおりである。熱原系統図は図6に示す。

- 1) 地中熱源水蓄熱ヒートポンプ：7.5馬力×2  
冷媒：新冷媒 R407C  
定格加熱能力：45.4kW  
定格冷却能力：55.8kW  
定格水蓄熱能力：31.4kW
- 2) 熱源：井水還元方式  
揚水井：50m×150A  
還元井：50m×150A

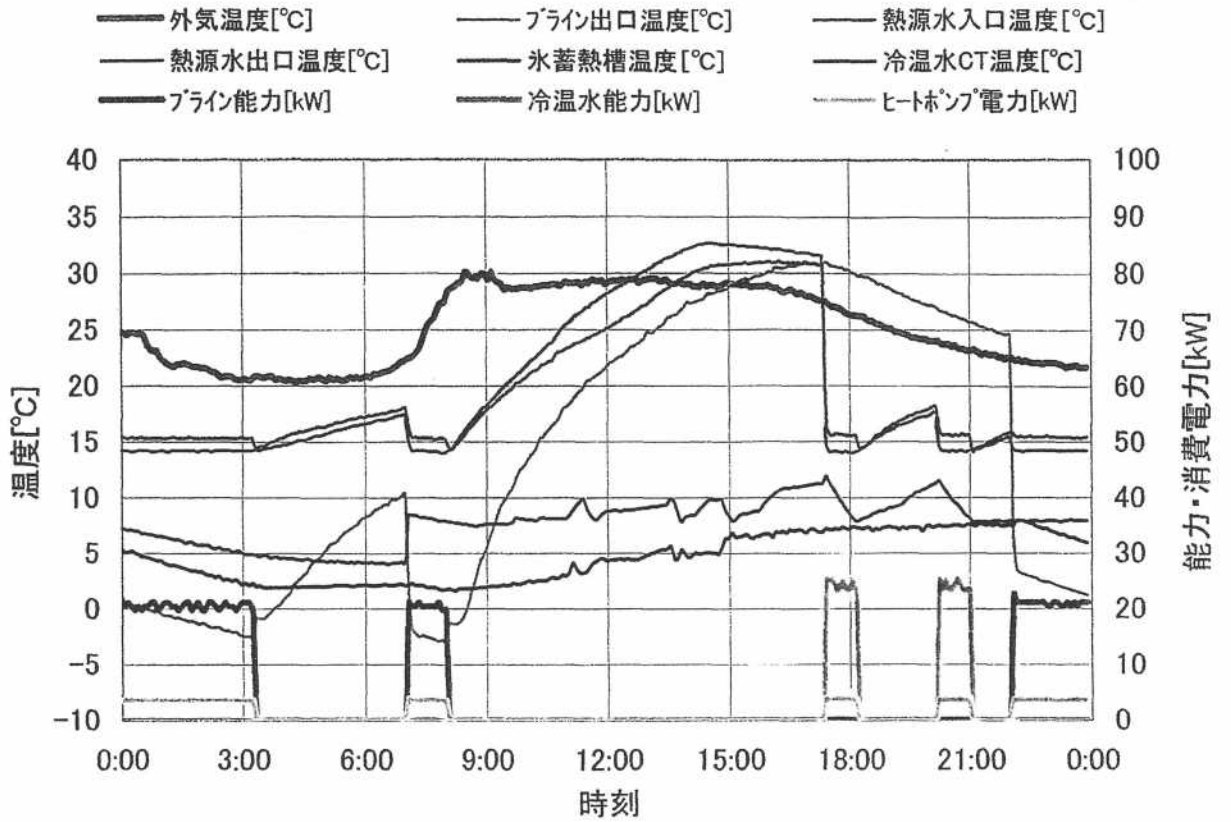


図4 藤のさとセンター冷房運転観測 (8月23日)

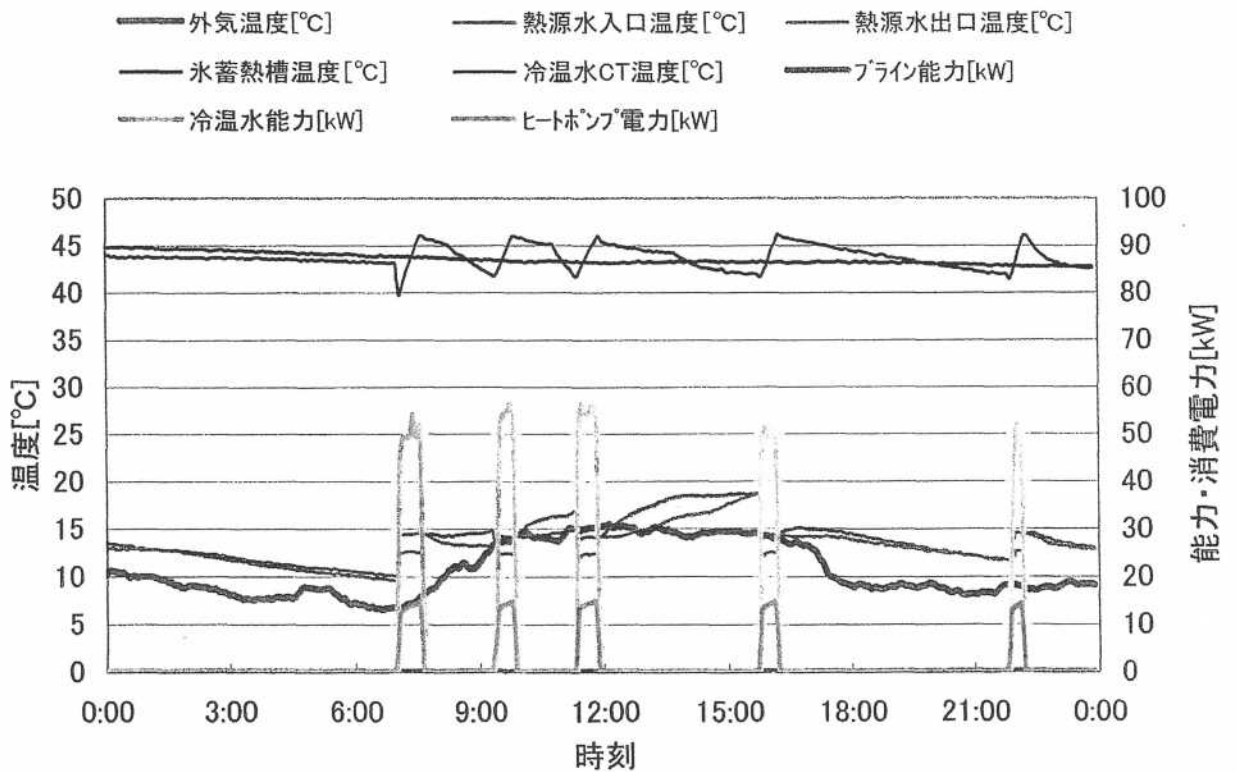


図5 藤のさとセンター冷房運転観測 (11月16日)

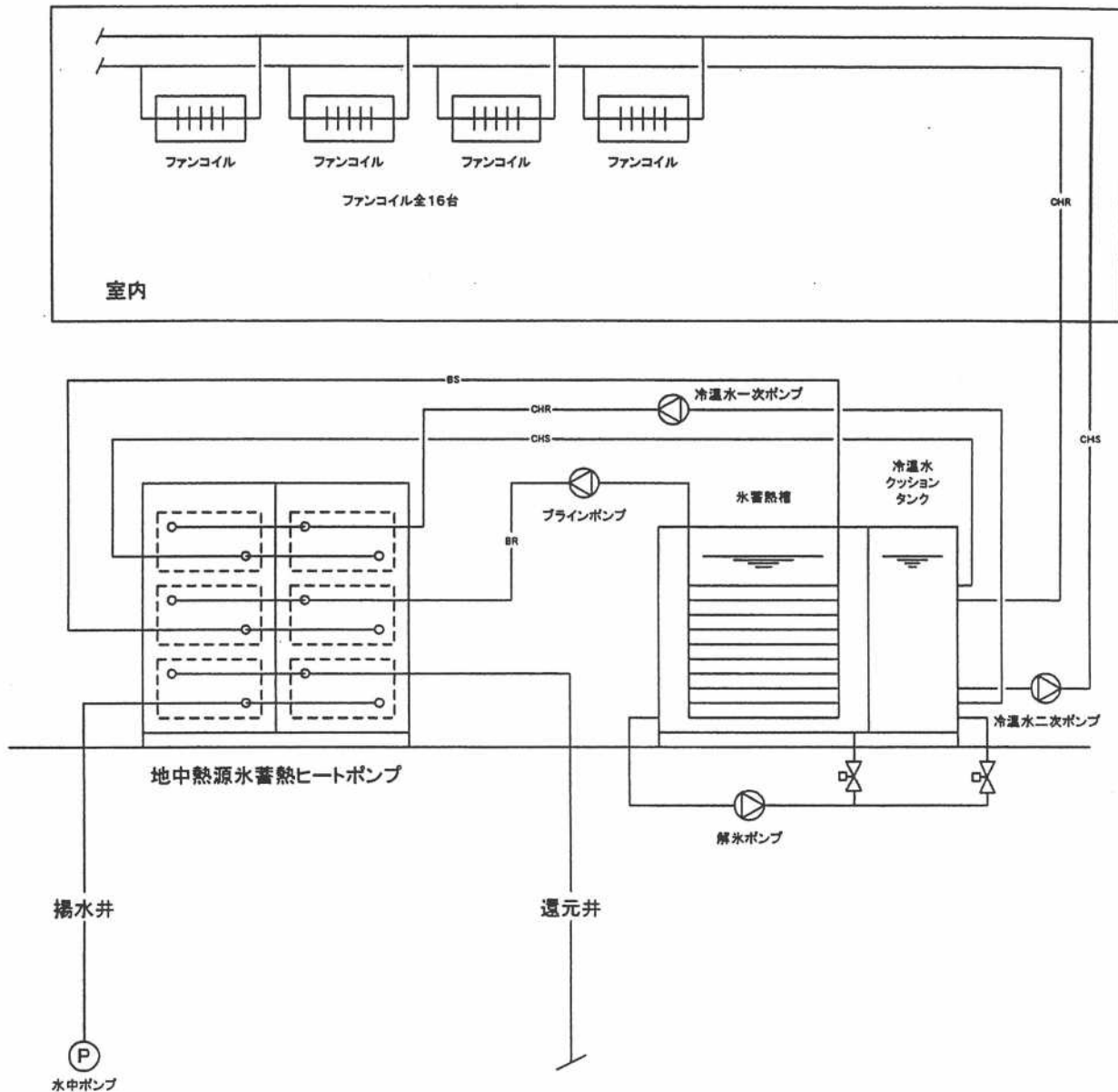


図6 藤のさとセンター熱源系統図

- 2) 氷蓄熱槽  
 大きさ：2,500 L × 2,000 W × 2,000 H  
 (mm)  
 実容量：8.0m<sup>3</sup>
- 3) 冷温水クッションタンク  
 大きさ：2,000L×500W×2,000H (mm)  
 実用量：1.6m<sup>3</sup>
- 4) 中央監視装置 (事務室設置パソコン)
- 5) 遠隔監視装置 (ゼネラルヒートポンプ<sup>(株)</sup>及び地熱エンジニアリング<sup>(株)</sup>より監視可能)

#### 4. 運転実績

##### 4.1 冷房運転状況

藤のさとセンターの冷房運転状況を表2に示す。空調時間は午前7:00～午後9:00であり、この間、冷温水二次ポンプが運転して冷温水を各部屋へ搬送しており、各部屋に設置されたファンコイルが運転すると熱が消費されて負荷となる。

藤のさとセンターの全室同時使用はほとんどないのでこのことなので、冷房運転についてはヒートポンプの運転は2台中の1台のみ行っている。代表期間(平成13年8月22日～8月28日)においては

表2 藤のさとセンター冷房運転状況

		8/22	8/23	8/24	8/25	8/26	8/27	8/28	期間計
熱源機 COP	昼間	なし	6.6	なし	5.1	なし	なし	なす	6.1
	夜間	6.0	5.8	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	5.8
	総合	6.0	6.0	5.7	5.8	5.7	5.6	5.6	5.8
生成熱量 [MJ]	昼間	0	125	0	68	0	0	0	193
	夜間	693	454	680	479	477	441	287	3,512
	総合	693	579	680	547	477	441	287	3,705
熱源消費電力 [kWh]	昼間	0	6	0	3	0	0	0	9
	夜間	34	22	33	23	23	22	14	171
	総合	34	28	33	27	23	22	14	181
地中排熱量 [MJ]		811	675	734	623	533	490	317	4,184
還元井戸温度 [°C]		14.2	14.2	14.2	14.4	14.2	14.2	14.2	14.2
蓄熱料金メリット [円]	基本	364	364	364	364	364	364	364	2,549
	従量	210	138	206	145	145	134	87	1,064
	合計	574	502	570	509	509	498	451	3,613

氷蓄熱の放熱でほとんどの負荷に対応でき、昼間の追い掛け運転が2日間しか運転しておらず、しかも運転時間が非常に短い結果となった。

計測期間において地中熱源氷蓄熱ヒートポンプの効率は、昼間の運転においては6.1、夜間の氷蓄熱運転においては5.8という結果となった。これは冷却水である還元井戸温度が14.2°Cと安定しており、当社における水冷ヒートポンプ（冷房 COP：3.2）の冷房運転における定格の冷却水温度30°Cに対して15°C以上も低い温度となっているため、このような高い数値となったと考えられる。

平成13年8月23日の運転状態をみると、夜間に氷蓄熱を行い、午後5時までは氷蓄熱の放熱運転で賄っていたが、氷蓄熱槽の温度が7°Cとなり蓄熱量がなくなり、追い掛け冷房運転が午後5時～6時頃、午後8時～9時頃まで運転した。

氷蓄熱システムを採用することにより、電力デマンドを約10 kW 程度抑えることができるので基本料金が安くなり、さらに安い夜間電力を利用できるので従量料金も安くなり、計測期間中の非蓄システムに対する電気料金メリットは一日あたり約450円～570円となった。今年度の計測においては負荷が十分になかったが、負荷が大きい場合は従量料金メリットがさらに大きくなると考えら

れる（表2、表4参照）。

今後は、次年度以降の冷房運転における負荷ピーク時のデータ解析が必要であろう。

#### 4.2 暖房運転状況

藤のさとセンターの暖房運転状況を表3に示す。

空調時間は冷房時と同様に午前7:00～午後9:00である。暖房運転ではヒートポンプ2台運転となっている。代表期間（11月14日から11月20日）においては、昼間の追い掛け運転を中心に運転し、夜間も昼間の半分程度運転している。これは氷蓄熱のように潜熱を利用できないためであり、暖房の場合は追い掛け運転が中心となっている。

計測期間において地中熱源氷蓄熱ヒートポンプの効率は、昼間3.6、夜間3.4、平均3.5という結果となった。これは、熱源水として還元井戸温度が冷房時と同様に平均14.2°Cであり、当社における水冷ヒートポンプ（暖房 COP：3.4）の冷房運転における定格の熱源水温度14°Cに対してほぼ同程度の温度となったためにこのような数値となったと考えられる。この場合でも、ASHP の場合は効率が3程度であるので、GeoHP のメリットが出ている。

平成13年11月16日の運転状態をみると、ほとん

表3 藤のさとセンター冷房運転状況

		11/14	11/15	11/16	11/17	11/18	11/19	11/20	期間計
熱源機 COP	昼間	3.6	3.7	3.6	3.6	3.5	3.7	3.6	3.6
	夜間	3.5	3.2	3.6	3.6	3.4	3.3	3.5	3.4
	総合	3.6	3.5	3.6	3.6	3.4	3.6	3.6	3.5
生成熱量 [MJ]	昼間	816	578	269	427	205	292	320	2,906
	夜間	229	381	128	189	217	242	243	1,630
	総合	1,045	959	397	616	422	534	563	4,536
熱源消費電力 [kWh]	昼間	65	46	21	34	16	23	25	231
	夜間	18	30	10	15	17	19	19	129
	総合	83	76	32	49	33	42	45	360
地中排熱量[MJ]		766	658	283	437	307	378	408	3,236
還元井戸温度[°C]		14.4	14.3	14.1	14.3	14.2	14.2	14.5	14.2
蓄熱料金メリット [円]	基本	364	364	364	364	364	364	364	2,549
	従量	94	157	53	78	89	100	100	672
	合計	459	527	417	442	453	464	464	3,221

表4 東北電力低圧蓄熱調整契約

	低圧電力	低圧蓄熱 調整契約※
基本料金[円/kW]	1,150	
電力量料金(その他季)[円/kWh]	10.23	4.50
電力量料金(夏季)[円/kWh]	11.25	4.50
力率(kW に対して)	0.95	
燃料調整費 [円/kWh]	0.31	

※午後10時～午前8時使用の電力

ど暖房追い掛け運転にて運転している。冷温水クッションタンク (CT) 温度が42°Cを下回ると、45°C以上になるまで追い掛け運転を行い、連続運転時間は30分～40分行われる。

計測期間中の非蓄システムに対する電気料金メリットは、夏季と同様に計算すると一日あたり約420円～520円となった(表3, 表4参照)。

計測期間中は当初の設計負荷の4割程度だったので、今後は外気温がさらに低下したときや、部屋の利用頻度が高いときの運転状況を調査する必要がある。

## 5. 終わりに

本報告では本年8月下旬と11月中旬に実施した藤のさとセンターでの冷房・暖房運転状況について評価した。現段階では本格的に空調が稼働していないが、蓄熱による料金メリットは出ている。また、個々の運転(氷蓄熱運転, 冷房運転, 暖房運転)について効率が高くなっており、特に氷蓄熱と冷房については顕著である。今後は、空調負荷が大きい場合の解析も行い、総合的な評価とより効率の良い運転方法を検討する予定である。

本報告に資する運転観測データは、糸魚川市教育委員会のご協力のもと採取している。データの採取・公表にご協力いただきました糸魚川教育委員会及び同委員会黒坂課長・山崎課長補佐に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 財団法人新エネルギー財団, 地熱エネルギー Oct. 2001, Ser. No. 96.
- 2) R. D. ヒープ, 柏心社, ヒートポンプ<原理と応用>.
- 3) 山田治夫, 養賢堂, 冷凍機および熱ポンプ