

北海道におけるヒートポンプ利用技術の開発

岡 喜秋, 保科 秀夫, 加藤 誠一*, 柳田 清志**, 加藤 正夫***

Development of Technology using Heat Pump in Hokkaido

Yoshiaki OKA, Hideo HOSHINA, Seiichi KATO
Kiyoshi YANAGIDA, Masao KATO

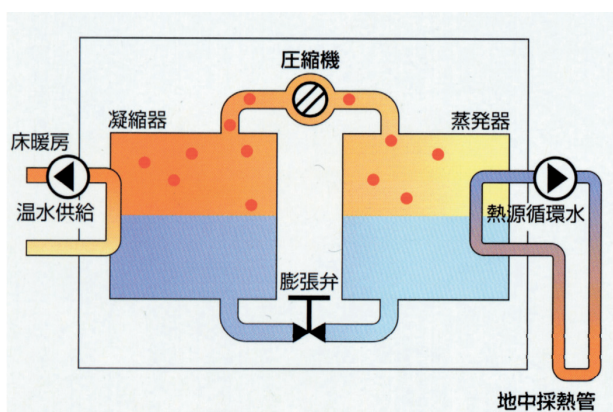
キーワード：ヒートポンプ, 地中採熱, 酪農, 農業, 地下水

1. はじめに

ヒートポンプの歴史は古く、北海道立工業試験場においても昭和54年から研究が行なわれてきた。その研究内容としては、地下水などの水を熱源としたディーゼルエンジン駆動のヒートポンプの開発¹⁾、換気廃熱、外気などの空気を熱源としたヒートポンプの高効率化研究²⁾、空気熱源給湯用ヒートポンプの開発³⁾、地中熱採熱ヒートポンプの開発⁴⁾、ロードヒーティング用ガスエンジン駆動ヒートポンプの開発⁵⁾などである。

ヒートポンプは優れた省エネルギー機器で、その原理は低温度の熱量に電気などにより機械エネルギーを加えることにより、高温度の熱量に変換できる。

低温度では利用価値の無かった熱量を高温度に変換するこ



地中熱利用促進協会資料より引用

図1 ヒートポンプ原理図

* (株) ロック建築技術研究所 ** (有) 柳田電気 *** (株) サークル鉄工
事業名：技術開発派遣指導
課題名：エネルギー循環型住宅技術の開発、酪農牛舎の搾乳廃熱回収ヒートポンプシステムの開発

とにより、暖房、加熱などに利用することができる。ヒートポンプの原理について図1に示す。これは、地中熱から熱エネルギーを採熱するヒートポンプの原理図である。図の右側に地中採熱管が表示されている。一方、左側には、できた温水は床暖房に使用されている様子が示されている。ヒートポンプは、圧縮機、凝縮器、蒸発器、膨張弁の4要素から構成されており、他は、制御器、安全装置などからなる。圧縮機で圧縮された作動媒体（フロンガス、炭酸ガス、アンモニアなど）は高温、高圧となり凝縮器で液化し、その際発生する凝縮潜熱を水などに熱交換し温水を製造する。その温水が床暖房などにより室内を暖める。液化した作動媒体は膨張弁により減圧され、作動媒体の一部が蒸発して気化熱を奪い、作動媒体は低温度となる。低温度の作動媒体は蒸発器で熱源循環水から熱を奪いガス化して圧縮機に戻る。このサイクルを繰り返すことにより、地中から土壌の熱を取り、床暖房用の循環温水に熱を供給する。北海道は寒冷な気候のため、外気を熱源としたヒートポンプでは、経済性の採れる稼働は難しく、一年中温度の安定した地中の土壌熱を利用するヒートポンプが最適と考えられる。しかし、地中熱ヒートポンプシステムは、地中から熱を採るためのボアホール掘削の経費が高くなり、道内での普及は進んでいないのが現状である。それでも最近、道内でも50箇所ほど設置、稼働している。

以下に、最近の道内での地中熱（地下水も含む）から熱をヒートポンプにより汲み上げて、色々な分野に応用する試みが行なわれている。それらの事例を3件紹介する。

- (1) 地中熱を汲み上げるため50mのボアホールを3本掘削し、Uチューブを挿入後、不凍液を循環して熱交換し、事務所ビルの暖房に利用するシステムである。暖房方式は、低温度でも暖房可能な床暖房方式とした。また、ロードヒーティングについては地下水を汲み上げて熱交換し、再び地下に還元する方式である。
- (2) 農業への応用例で、地下水を汲み上げ、熱交換器を介し

てヒートポンプにより50℃ほどの温水をつくり、グリーンソーラからの温風により、農業ハウスを加温する。

- (3) ヒートポンプの利用としては特殊な例であるが、酪農業への応用である。搾乳直後の生乳は38℃の温度があり、5℃まで冷却しなければならない。生乳からの熱を利用してヒートポンプにより温水をつくるシステム。

2. 事務所ビルの空調（札幌市，平成17年度）

(株)ロック建設技術研究所は札幌市内に平成16年に新社屋を建設し、その暖房を地中熱ヒートポンプにより行なっている。図2に示すように、50mの地中熱採熱用の井戸を3本掘削した。また、社屋前のロードヒーティングについては井水を熱源としたヒートポンプによるもので、排水は地下還元を行なっている。暖房方式は2，3階の事務室は床暖房で、夏季の冷房はファンコイルユニットを使用している。1階は物置，機械室のため、空調は行なっていない。

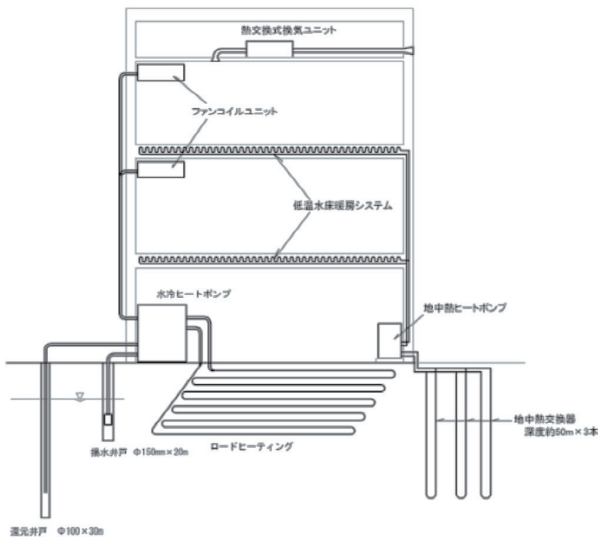


図2 ヒートポンプ配管図



写真1 ロック建設技研社屋外観

ロック建設技研の新社屋の概要は以下のとおりである。

住所 札幌市中央区
 構造 木造3階建て
 床面積 2階 66.3㎡，3階66.3㎡
 外断熱 グラスウール16kg，100mm
 基礎工事 EPS100mm
 換気 熱交換型第1種換気
 熱損失係数 約1.3 W/㎡・k

2.1 地中採熱ヒートポンプによる空調

地中熱利用ヒートポンプは地下水利用のヒートポンプに比較して、スクリーンなどの閉塞，地下水位の低下による取水量不足によるヒートポンプ停止などのトラブルの心配はない。しかし、掘削費が高価などの欠点もある。ロック建設技研(株)では50mの井戸を3本掘削し、Uチューブ方式の熱交換器を埋設した。



写真2 ボーリング作業

ボーリング作業状況を写真2に示す。この地域は豊平川扇状地の中央部で、地質は砂礫層である。地中の温度は深さ10m程までは変化し、それからは約10℃で一定となる。この温度は夏，冬においてほとんど変わらず、一定の傾向がある。

ボーリングについてはロータリーパーカッション方式のボーリング装置を使用した。この装置はドリルの先端のビットの回転に加えて、油圧により衝撃を与えるので能率良く掘削作業を行なうことができる。

使用したボーリング装置の仕様を示す。

鉦研工業(株)製 K150低騒音型
 掘削口径 101～225mm
 掘削深さ 80m
 トルク 80kN・m
 打撃数 2,200bpm
 回転数 35～80rpm

2.2 床暖房

この建物の暖房方式は、低温度の温水で暖房の可能な床暖房を採用した。

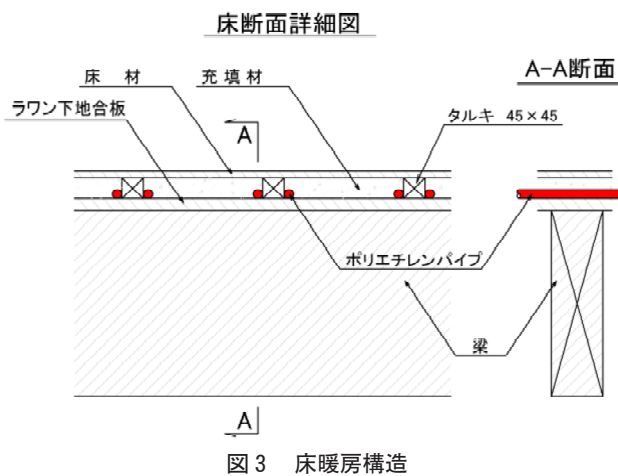


写真3 床暖房施工状況

図3に事務所の2, 3階のフロアーに採用した床暖房の構造を示す。約30cmの間隔の垂木材に樹脂パイプを這わせて固定し、隙間に軽量モルタルを充填している（写真3参照）。その上にフローリング材を敷き詰めた構造である。樹脂パイプの周りが空気層では、パイプ表面からの熱伝達率が小さくなる。このため、軽量モルタルを充填することにより熱伝達性を向上させ、床材への熱の供給を増加させている。ここで使用した軽量モルタルの単位重量は 1.13 tf/m^3 で、熱伝導率は $0.37 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ である。

一般的なモルタルは、単位重量として 2.0 tf/m^3 で、熱伝導率については $1.4 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ である。ここで使用したモルタルは普通モルタルと比較して、単位重量が約1/2となっているが、熱伝導率については1/4となっており、若干熱特性の悪いモルタルで、今後改善の余地がある。



写真4 床暖房用ヒートポンプ及び配管

写真4に床暖房に使用したヒートポンプの外観と、以下に仕様を示す。

型式	サンポット(株)製GSHP-701
暖房能力	5.3kW
消費電力	1.7kW
封入冷媒	R410
圧縮機	インバータ制御スクロール式
成績係数COP	暖房4.0 (圧縮機のみ)
外形寸法	740×650×470mm (80kg)
安全装置	漏電遮断器, 過熱防止装置, 空焚き防止

2.3 試験結果

図4, 図5に2月5日の一日のヒートポンプの動作状況を示す。電力会社との契約がホットタイム22のため、16時から20時の間で2時間カットされる。このため、この間で30分間おきにオンオフを4回繰り返す。しかし、建物に蓄熱性があるため、室温は 20°C ほどでほとんど変化はない。この時のCOPについても4.5程度の成績が得られ経済性の高いシステムであることが判る。

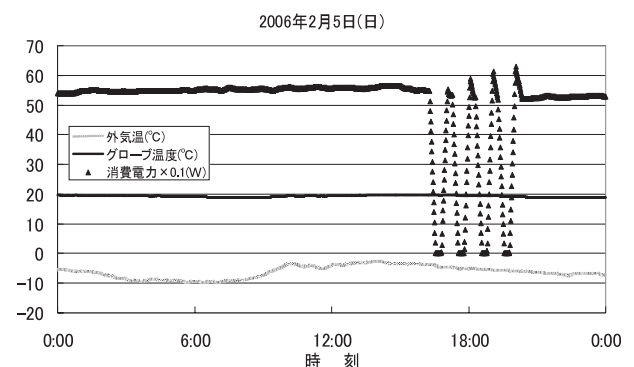


図4 ヒートポンプの動作状況

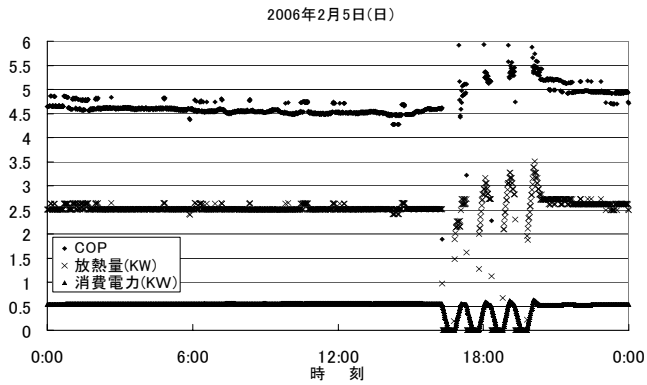


図5 COP, 放熱量, 消費電力

これらについてまとめた結果を以下に示す。

暖房面積：133㎡

採熱井戸：50m, 3本

暖房方式：温水式床暖房（軽量モルタル充填）

不凍液温度：3～6℃, 温水温度：30～35℃

平均出力：2.3kW, 平均消費出力：0.5kW

成績係数（COP）：4.5, 室内温度：20～24℃

電力の契約：ホットタイム22（約4,000円/月）

冬季を通して試験した結果から、地中から熱を採取する不凍液の温度が平均して3～6℃とプラスの温度で、地中から良い状態で熱を取っていることが判る。このことからヒートポンプの蒸発温度、圧力も高くヒートポンプのCOPは良好であることが予測される。また、暖房方式は床暖房のため、温水温度は30～35℃のため、一般のコンベクタ方式の50℃より格段に低い温度である。このことよりヒートポンプの凝縮温度、圧力は低くなる。蒸発圧力が高く、凝縮圧力が低くなることから、圧縮機の圧縮比が小さくなるため圧縮機の消費電力が小さくなる。このため、効率の良い稼働ができる。北海道のような寒冷な気候では外気熱源方式ヒートポンプによる暖房は経済性が無く、地中熱ヒートポンプによる床暖房が最適と考えられる。

2.4 ロードヒーティング

ロードヒーティングについては揚水は20mの井戸により水を汲み上げ、30mの還元井戸に戻している。ロードヒーティング面積は100㎡で30℃前後に暖められた不凍液を、道路表層に埋設した樹脂パイプ内に循環させて融雪を行なっている。

ロードヒーティング試験結果を表1に示す。また、使用したヒートポンプの外観を写真5に示す。ヒートポンプは1階の機械室に設置しており、アクア冷熱研究所製のAQ-8型である。



写真5 ロードヒーティング用ヒートポンプ

表1 ロードヒーティング試験結果

		単位	MIN	MAX
地中熱交	HP入口	°C	10.6	10.7
	HP出口	°C	6.4	8.2
RH	HP入口	°C	9.2	13.6
	HP出口	°C	23.5	35.8
流量	地熱交	L/h	1252.2	3380.7
	RH	L/h	1304.1	2294.1
地中熱交換量		kcal/h	6383.2	13973.9
		W	7422.4	16248.7
RH熱量		kcal/h	9931.0	20984.7
		W	11547.6	24400.8
消費電力		W	2463.2	4625.8
COP			4.69	5.38

ヒートポンプの仕様を以下に示す。

型式 アクア冷熱研究所製AQ-8

加熱能力 25.5kW

消費電力 6.0kW

寸法 900×702×500mm (140kg)

圧縮機 スクロール方式

冷媒 R407

熱交換器 蒸発器, 凝縮器ともにプレート方式

膨張弁 温度式自動膨張弁

表1のロードヒーティング試験結果より、地下水温度はほぼ10℃と安定している。このヒートポンプは地下水を直接、蒸発器に入れる構造のため、効率よくヒートポンプを稼働できる。ロードヒーティング用不凍液温度は20～30℃であるが、COPは4～5と非常に高い値を示している。この値は圧縮機基準であり、温水ポンプ、井戸ポンプの消費電力は含まれていない。

3. 農業温室への応用（滝川市，平成18年度）

地下水からの熱エネルギーをヒートポンプにより取得して、農業用ビニール温室の加温によりオオバ（青ジソ）を育成する試みを滝川市内の㈱サークル鉄工，㈱ロック建設技術研究所と共同で実験を行なった。



写真6 栽培されているオオバ



写真7 農業用ビニール温室

農業ビニールハウスは、10m×40mほどの大きさで、㈱サークル鉄工が滝川市内に実験用として平成19年に建設したもので、天井は2枚のビニールシートにより空気層を形成し、シロッコファンにより空気圧を加えている。これにより、冬期間の積雪を落下しやすいよう工夫している(写真7)。

図6に温室内のヒートポンプなどの設備系統図を示す。加温設備はヒートポンプが主で、A重油温風ボイラーが設置しており、冬季の極寒時に、ヒートポンプのバックアップ用に設置されている。

写真8に、ヒートポンプ関連のヒートポンプ本体、貯湯槽、温風を発生するグリーンソーラ、地下水と熱交換するプレー

3.1 試験システム

写真6に写真7のビニール温室で栽培されているオオバ（青ジソ）を示す。オオバは刺身の付け合わせとして利用されており、年中安定して出荷の必要があり、比較的高値で取引されており、温室栽培でも十分経済性のある作物である。

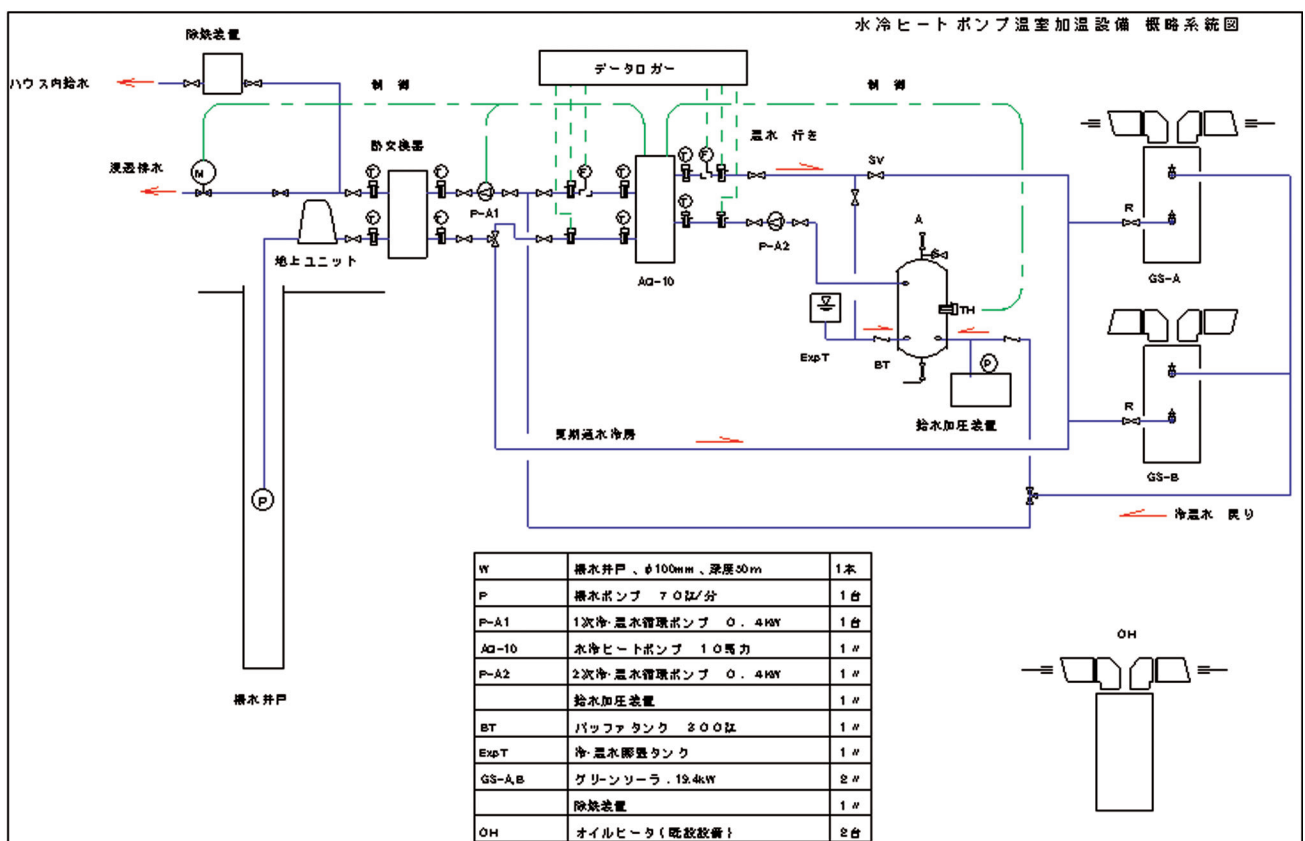


図6 温室配管系統図

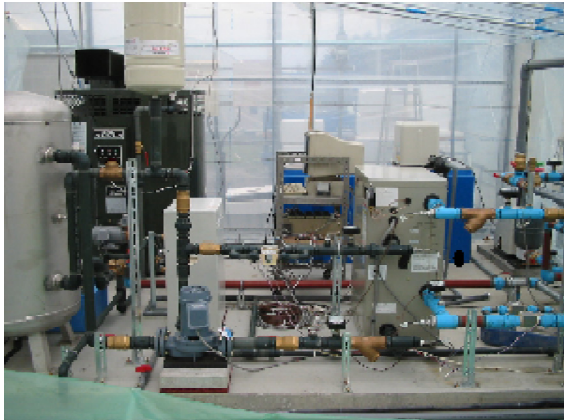


写真8 ヒートポンプ及び配管

ト式熱交換器、温水、冷水用ポンプなどを示す。
使用したヒートポンプの仕様は以下のとおりである。

型式	AQ-10
名称	アクアヒートポンプユニット
消費電力	6.9kW
暖房能力	33.8kW
重量	146kg
圧縮機	全密閉スクロール式
凝縮器	プレート式 (SUS316)
蒸発器	プレート式 (SUS316)
冷媒制御	温度式碎道膨張弁
冷媒	R-407C (充填量2.5kg)
保護装置	高圧開閉器, 可溶栓, 凍結防止サーモ クランクケースヒータ

熱源である井戸は、ビニール温室の近くに新しく掘削したもので、井戸の深さは30mほどである。この地域の地下水は、鉄分が多くヒートポンプの蒸発器に直接入れると、スケール生成による熱交換性能低下の危険性があることから、熱交換方式とした。使用した熱交換器は、アルファラバル製プレート式熱交換器である。ここでの排水は主に地下還元であるが、一部ミスト農法のミスト水に使用するため、除鉄装置で処理した。ミスト農法とは写真9に示すように白色のケース内に液肥を霧状に散水する方式である。ケース内部は上面に栽培されたオオバの根があり、根にミストが付着して生育を保持する。土壌をほとんど使用しないため温室内部は清潔に保たれ、作物の管理が容易となる。

温室内の加温のため、ヒートポンプから得られた50℃ほどの温水から温風を発生させるため、写真10に示す温風発生装置を2台使用した。この温風発生機は、一般的に温室で使用されているもので、普通は温水ボイラからの循環水により温室内部を加温する。

以下に温風発生機の仕様を示す。

型式	RWE-134E
----	----------



写真9 ミスト農法

名称	ネボン(株)製グリーンソーラ
熱出力	28.4kW
送風機	0.62kW (消費電力)
ポンプ	0.5kW (消費電力)
熱交換方式	多重ヘリカルコイル型



写真10 温風発生機

3.2 試験結果

平成18年度に温室、ヒートポンプ、取水井戸などを設置し、冬期間試験栽培を行なって、温室内部温度、ヒートポンプ稼働時間、消費電力、バックアップボイラのA重油消費量、作物の生育状況などについて調査した。この結果を、図7、図8に示す。計測期間は平成18年12月9日から翌年の3月19日の間である。平成19年1月14日から2月11日の間、ヒートポンプの稼働時間割合が100%の割合に近い値となっているが、これはヒートポンプの管理ミスによる冷媒不足のためであると考えられる。冷媒不足によりヒートポンプの熱出力が減少して、稼働時間が増加した。ヒートポンプのCOPも3.2から3.0ほどまで低下している。COPは熱出力を消費電力で割った値で、ヒートポンプはできるだけ高い値で稼働させる方が

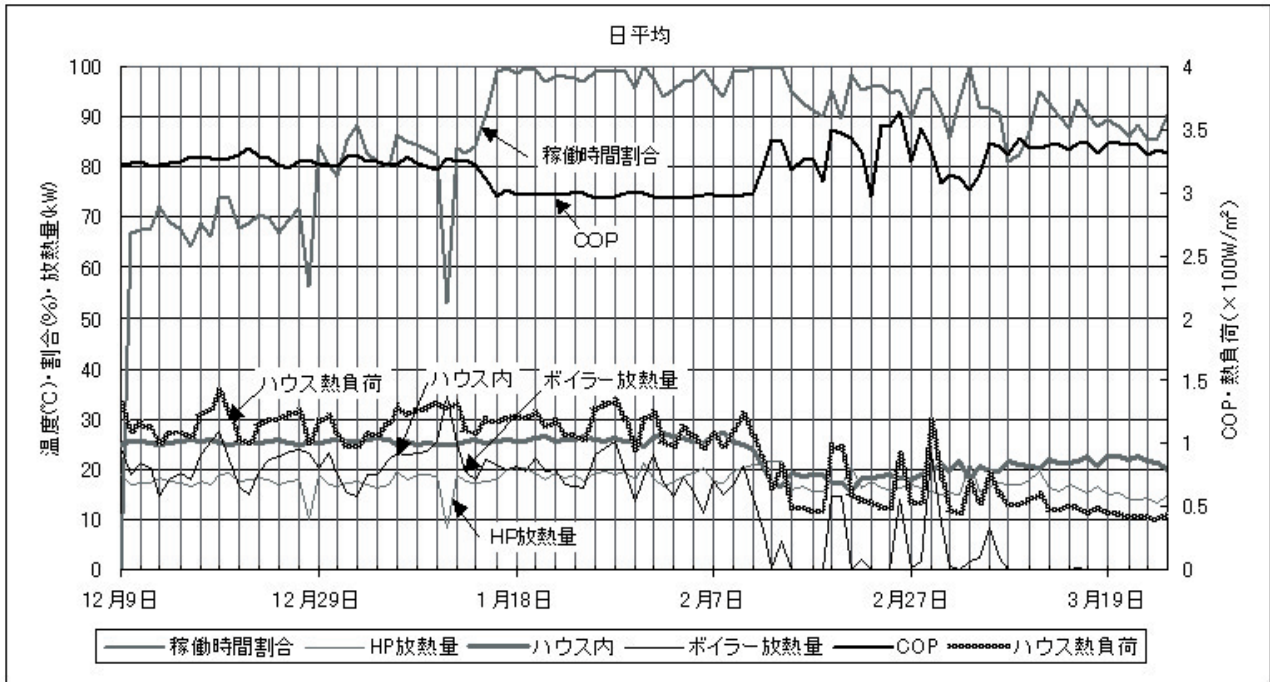


図7 計測結果

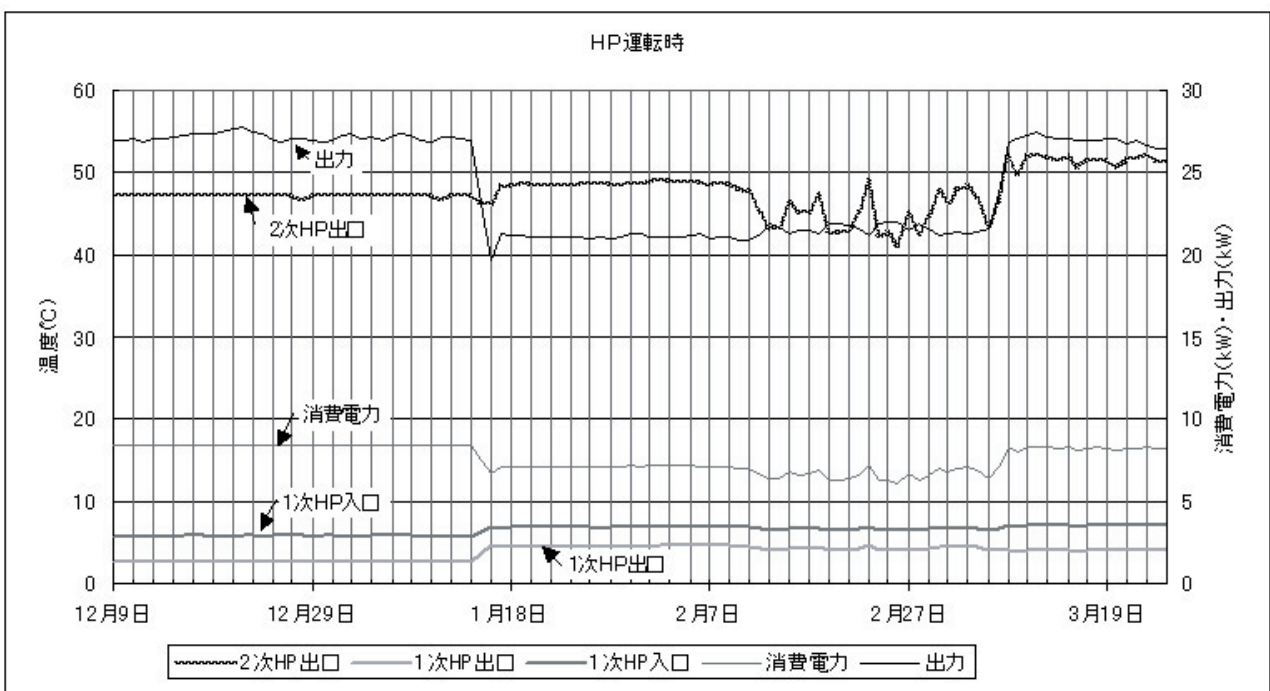


図8 温度と消費電力の変化

経済性が高くなる。また2月11日から温室内の設定温度を25℃から20℃に低下させて実験を行なった結果、所要熱負荷が低下し、バックアップボイラの稼働が無くなったものと考えられる。COPについても3.4程で、ヒートポンプは稼働している。今回は井水の水質の関係から、プレート熱交換器を間にいれ、また、温風側もグリーソーラにより発生させた。しかし、ヒートポンプを効果的に稼働するためには、できるだ

け熱交換器を使用せず、温風についても凝縮器から直接に温風発生させて、温室を暖める方式が良いと考える。しかし、ヒートポンプ方式は、井戸設備、ヒートポンプ、温風発生機、井水の還元設備など、ボイラ方式に比較して設備費が非常に高価となる欠点がある。

4. 酪農への応用（中標津町，平成19年度）

道東の中標津町は酪農の盛んな地域で，周辺に別海町，標津町，標茶町があり，この地域は，日本では最大の酪農地帯である。一件の農家は平均100頭前後の乳牛を飼育しており，午前，午後の2回搾乳をおこなう。一日約4,000Lの生乳を生産しており，雑菌の増殖を防ぐため，搾乳後，短時間で5℃前後に冷却の必要がある。このため，各農家は生乳冷却用のバルククーラを備えており，おおよそ一日で生産される生乳の貯蔵が可能である。図9に従来の搾乳設備を示す。乳牛から搾乳機により生乳を搾り，その後，バルククーラに貯蔵し，5℃前後で保存する。

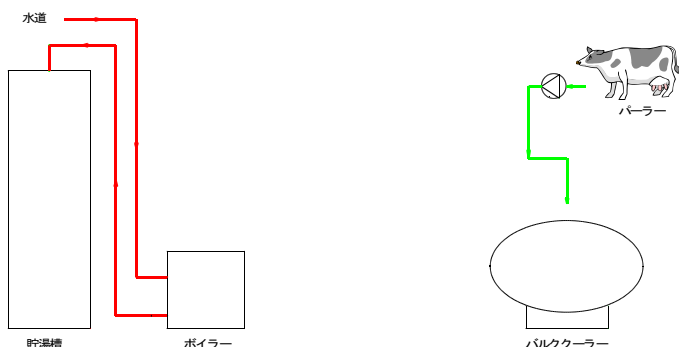


図9 従来の設備

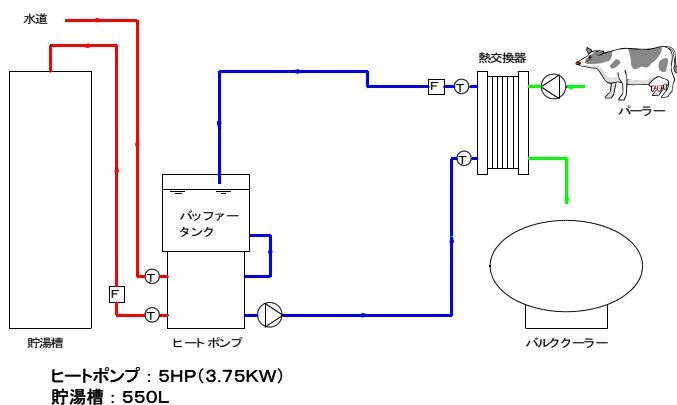


図10 ヒートポンプを設置した設備

4.1 試験設備

その他の設備として，搾乳システムを消毒，洗浄するために温水ボイラーが常備されている。このボイラーの熱源は灯油，電気など一般的に使用されている。搾乳直後の生乳の温度は38℃ほどあり，主にバルククーラにより電力を消費して冷却している。このため，図10の様に，搾乳機とバルククーラの配管の間に熱交換器を入れて，図の中央に示すヒートポンプを設備して，生乳の熱を採取し，熱源としてヒートポンプを稼働させる。これにより，ヒートポンプの凝縮器により50℃ほどの温水を作り，図の左側にある貯湯槽に保存する。50℃以上の温度が必要であれば，電力により加熱する。この温水は次回の搾乳に使用する。



写真11 バルククーラ

写真11にバルククーラの外観を示す。衛生のためほとんどステンレス鋼板で製作されており，内部は生乳を冷却するため冷凍機の冷媒配管が装備されている。冷凍装置はバルククーラの近傍にあり，冷媒凝縮熱は大気冷却がほとんどで，利用されず大気中に放熱される。ここでの研究は，大気中に放熱される熱を，温水の製造にヒートポンプを利用して回収するものである。使用したヒートポンプは札幌市内にあるキーテック㈱製の定格消費電力3.7kWである。（写真12）



写真12 ヒートポンプ

この装置は尙柳田電気の試験室に設置されたもので，圧縮機，プレート式凝縮器，プレート式蒸発器，温度式自動膨張弁，安全装置などは露出しているが，試験中に各部の動作状況を調査するためである。ヒートポンプの蒸発圧力，凝縮圧力を表示するブルドン管式圧力計が付いている。また，温度については蒸発温度，凝縮温度，圧縮機温度を測定するため配管に熱電対を貼り付けて測定した。温水，不凍液の流量はパルス出力型の愛知時計㈱製の小型流量計を使用した。



写真13 貯湯槽

写真13の貯湯槽は、550Lの電気温水器を直列に配管して、全容量1,650Lで使用している。3.7kWのヒートポンプでは60℃の温水を300L/hの能力があるため、約5時間の貯湯が可能となる。写真14には、搾乳システムの一部を示しており、中央のタンクは生乳用のバッファータンクである。搾乳時が真空ポンプにより、常時真空状態で乳牛から生乳を吸い出している。生乳がタンク内で、一定レベルになるとポンプにより、プレート熱交換器を通してバルククーラに移動され、5℃ほどに冷却される。柳田電気の実験室では生乳は用いず、38℃にボイラで暖めた温水を用いて実験を行なった。この模擬牛乳は2tのステンレス製のタンクにあらかじめ貯めておき、実験時にバッファータンクに供給して、ヒートポンプによる冷却実験を行なった。



写真14 搾乳システム

実際の牛舎での搾乳の状態を写真15に示す。パーラに乳牛が順番に入ってきて、搾乳器を各乳牛に人力でセットする。一般的な農家では、乳牛が100頭ほど飼育されており、10頭ほどが同時に搾乳できるシステムが設備されている。乳牛一



写真15 パーラでの搾乳



写真16 牧場に設置したヒートポンプ

頭の一回の搾乳量は平均15Lほどのため、一回の搾乳量は1,500Lほどである。これを1～2時間で行なう。

4.2 試験結果

写真16に中標津町内の牧場に設置した生乳熱を冷却して温水を作るヒートポンプシステムを設置した状況を示す。ここで、搾乳時にヒートポンプ性能測定を行なった結果を表2に示す。このヒートポンプの圧縮機はインバータにより回転制御されているので、50Hzと60Hzの場合について実験を行なった。測定時間は短いけど定常状態で温度、電力、流量を測定

表2 試験結果

周波数	Hz	60	50
測定時間	min	0:30	0:10
消費電力	kW	4.9	4.0
二次側HP出口温度	℃	61.7	61.1
二次側HP入口温度	℃	7.1	7.1
二次側流量	L/min	4.6	4.2
放熱量	kcal/h	15104.4	13562.3
	kW	17.6	15.8
COP		3.6	4.0

した。この試験ではヒートポンプ出湯温度60℃で250～280 L/hの流量である。この時のCOPが周波数50Hzで4.0で、60Hzで3.6となった。このCOP値が3以上のため、経済性の採れるシステムと考えられる。周波数50HzのときがCOP値が高いが、これは、ここでの測定はしていないが、生乳からの採熱量が60Hzに比較して少ないため、蒸発温度、圧力が高くなり、圧縮機の負荷が小さくなって、性能が上がったものと考えられる。このように、生乳は38℃と地下水温度10℃に比較すると、かなり温度が高く、高い性能でヒートポンプを稼働できる。生乳を冷却しながら、60℃の給湯も可能になり、ヒートポンプの冷却と加熱の両方を利用できる、ヒートポンプの理想的な利用法と考えられる。

5. おわりに

- (1) 地中熱を汲み上げるため50mのボアホールを3本掘削し、Uチューブを挿入後、不凍液を循環して熱交換し、ヒートポンプにより事務所ビルの暖房を行なうシステムについて検討した。暖房方式は、低温度でも暖房可能な床暖房方式とした。その結果、室温20℃で快適な暖房環境であった。電力会社とはホットタイム22で契約した結果月の暖房経費は4,000円程であった。また、ロードヒーティングについては地下水を汲み上げて熱交換し、再び地下に還元する方式について試験を行なった。この結果COPが4～5の性能であった。北海道の電気を使用した一般家庭、小規模事務所などの暖房は、地中熱ヒートポンプを利用した床暖房方式が最適と考える。
- (2) 農業への応用例で、地下水を汲み上げ、熱交換器を介してヒートポンプにより50℃ほどの温水をつくり、グリーンソーラからの温風により、農業ハウスを加熱する方式について検討した。この結果、ヒートポンプの性能、温室内温度環境については良好であった。しかし、井戸の掘削、ヒートポンプ設備、制御装置、バックアップボイラなどの設備の経費が大きい。そのため、栽培作物の種類などを考慮して、さらに検討の余地がある。
- (3) ヒートポンプの利用としては特殊な例であるが、酪農業への応用である。搾乳直後の生乳は38℃の温度があり、5℃まで冷却しなければならない。この生乳からの熱を利用して、ヒートポンプにより温水をつくるシステムについて検討をした。生乳温度は38℃と、地下水温度10℃に比較すると、かなり温度が高く、ヒートポンプを高い効率で稼働できる。生乳を冷却しながら、60℃の給湯も可能になり、ヒートポンプの冷却と加熱の両方を利用できる、ヒートポンプの理想的な利用法と考えられる。さらに夜間の深夜電力により、ヒートポンプを稼働させて冷熱を蓄え、搾乳時にこの冷熱で生乳を冷却させる方式を今後検討する。この方式は、安い深夜電力により経費を抑えることができ、電

力のピーク値を下げられるので契約電力も抑えることができる。

引用文献

- 1) 三上正樹・岡 喜秋・石山栄三；省エネルギー暖房システムに関する研究—ディーゼルエンジン・ヒートポンプの性能評価、北海道立工業試験場報告、No279, pp.165～175(1980)
- 2) 岡 喜秋・三上正樹・石山栄三；空気熱源ヒートポンプの性能、北海道立工業試験場報告、No280, pp.209～216(1981)
- 3) 岡 喜秋・富田和彦・三上正樹；空気熱源給湯用ヒートポンプの開発、北海道立工業試験場報告、No285, pp.123～134 (1986)
- 4) 富田和彦・岡 喜秋・三上正樹；ヒートポンプによる地中採熱（第1報）、北海道立工業試験場報告、No281, pp.267～274 (1982)
- 5) 岡 喜秋・石山栄三・富田和彦・上出光志・保科秀夫・菅原久広・伊藤俊孝；ガスエンジンによるロードヒーティングシステムの開発、北海道立工業試験場報告、No291, pp.85～93(1992)