

## 特 集

## ヒートポンプ

## 寒冷地におけるヒートポンプの利用

## Applications of Heat Pump to Cold Areas

後 藤 藤 太 郎\*

Totaro Goto

## 1. はじめに

寒冷地では、どうしてもエネルギーの消費量が多くなる。たとえば、冬期の暖房用熱エネルギーは食料や水と同じく生活の基盤をなす必須条件である。毎年、短い夏が終ると、来るべき冬の暖房用燃料、特に灯油の値段が人々の話題になるのが北国の習慣である。なるべく少ない経済的負担で、いかに冬期を快適に過すか——これは寒冷地の古くて新しい問題である。この他、施設農業やスポーツ施設、融雪に何かとエネルギーを多く消費する。それだけに省エネルギーの強力な手段であるヒートポンプへの期待も大きい。一方、日本のヒートポンプの利用は、冷房を中心に発達してきたため、寒冷地での経験に乏しい。また、後で述べるように寒い地域でのヒートポンプの本格的普及を図るには、多くの技術的課題を解決しなければならない。しかし、最近、これらの難点を克服する芽が育ちつつあり、少しづつではあるが、北海道にもヒートポンプが導入され始めた。目を海外に転ずれば、IEAは1850年の“エネルギー研究開発および実証に関する戦略的見解”の中でヒートポンプの開発と普及を第1位の優先順位にした。また、北ヨーロッパでは、加熱専用のヒートポンプの利用に多くの経験を持ち、着実に省エネルギーの実をあげている。

この小文では、こうした状況を踏まえ、寒冷地用ヒートポンプの利用について若干の考察を試みる。なお、吸収式および化学式ヒートポンプは寒冷地用として、まだ一般的普及を図る段階にないと思われるので、圧縮式を対象とした。

## 2. 寒冷地におけるヒートポンプの重要性

寒冷地では、全エネルギー消費量に占める暖房用エネルギーの割合が大きい。たとえば、ヨーロッパにおい

ては、全エネルギー消費量の30%あるいは、それ以上の地位を占めており、国によっては工業用消費に匹敵する量である<sup>1)</sup>。特に北欧3国では40%にも達する<sup>2)</sup>。したがって、暖房は、これらの国のエネルギー政策の重要な柱となっている。参考のため、1979年のヨーロッパ主要国におけるエネルギー消費量の総量と内訳を表1に示した<sup>3)</sup>。

翻って、わが国の状況はどうであろうか。表2は地域別家庭用エネルギー消費量である<sup>2)</sup>。この表にみられる通り、北海道における暖房用エネルギー消費量は、全国平均の4倍弱であり、東北地方に比べても2倍弱となっている。現在、北海道の暖房は、ほとんど石油製品によって行われているが、石油関係の域内消費量は昭和50年で4,018億円に達し、域際収支赤字の実に32%を占めている<sup>3)</sup>。石油製品による暖房が北海道経済に大きな負担を強いているわけである。

表1 ヨーロッパ主要国のエネルギー消費  
単位：石油換算百万トン

|       | 西ドイツ | イギリス | フランス | オランダ | スウェーデン |
|-------|------|------|------|------|--------|
| 石 炭   | 72   | 70   | 33   | 3.2  | 5.3    |
| 石 油   | 145  | 96   | 109  | 31.0 | 28.4   |
| 天然ガス  | 43   | 40   | 20   | 33.5 | —      |
| 原 子 力 | 8    | 9    | 7    | 0.9  | 4.8    |
| そ の 他 | 4    | 1    | 16   | 0.2  | 14.7   |
| 合計    | 272  | 216  | 185  | 68.8 | 53.2   |

表2 地区別家庭用エネルギー消費原単位  
単位：Gcal / 戸・年

| 地区別     | 用途別 |     |      |
|---------|-----|-----|------|
|         | 暖房用 | 給湯用 | 合 計  |
| 北 海 道   | 9.5 | 3.4 | 12.9 |
| 東 北     | 5.0 | 3.4 | 8.4  |
| 関 東*1   | 2.2 | 3.1 | 5.3  |
| 関 西*2   | 2.0 | 2.7 | 4.7  |
| 全 国 平 均 | 2.6 | 3.1 | 5.7  |

\*1 関東には、北陸、関東、東海を含む。

\*2 関西には、近畿、中国、四国、九州を含む。

\* 工業技術院北海道工業開発試験所第一部長  
〒061-01 札幌市豊平区月寒東2条17-2-1

表3 各地の月および年平均気温

単位: °C

| 地名      | 1月   | 2月   | 3月   | 4月   | 5月   | 6月   | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  | 年平均  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 稚内      | -5.7 | -5.6 | -1.6 | 4.3  | 8.7  | 12.4 | 16.8 | 18.9 | 16.4 | 10.6 | 3.2  | -2.3 | 6.3  |
| 旭川      | -8.5 | -7.7 | -2.8 | 4.7  | 11.5 | 16.2 | 20.3 | 20.4 | 15.2 | 8.5  | 1.5  | -4.4 | 6.3  |
| 釧路      | -6.4 | -6.1 | -1.8 | 3.4  | 7.8  | 11.4 | 15.5 | 17.6 | 15.2 | 9.8  | 3.4  | -2.1 | 5.6  |
| 札幌      | -4.9 | -4.2 | -0.4 | 6.2  | 12.0 | 15.9 | 20.2 | 21.3 | 16.9 | 10.6 | 4.0  | -1.6 | 8.0  |
| 仙台      | 0.9  | 1.3  | 4.2  | 10.0 | 14.9 | 18.4 | 22.2 | 23.9 | 20.0 | 14.3 | 8.7  | 3.7  | 11.9 |
| 東京      | 4.7  | 5.4  | 8.4  | 13.9 | 18.4 | 21.5 | 25.2 | 26.7 | 22.9 | 17.3 | 12.3 | 7.4  | 15.3 |
| 大阪      | 5.6  | 5.8  | 8.3  | 14.5 | 19.2 | 22.8 | 27.0 | 28.0 | 24.1 | 18.3 | 12.7 | 7.8  | 16.2 |
| 福岡      | 5.7  | 6.4  | 9.3  | 14.2 | 18.4 | 22.0 | 26.7 | 27.3 | 23.4 | 17.8 | 12.7 | 8.1  | 16.0 |
| オスロ     | -6.9 | -6.3 | -2.3 | 3.2  | 9.4  | 13.6 | 16.0 | 14.6 | 10.0 | 4.5  | -0.6 | -3.9 | 4.3  |
| ストックホルム | -2.9 | -3.1 | -0.7 | 4.4  | 10.1 | 14.9 | 17.8 | 16.6 | 12.2 | 7.1  | 2.8  | 0.1  | 6.6  |
| モスクワ    | -9.9 | -9.5 | -4.2 | 4.7  | 11.9 | 16.8 | 19.0 | 17.1 | 11.2 | 4.5  | -1.9 | -6.8 | 4.4  |
| ベルリン    | -0.5 | 0.2  | 3.9  | 9.0  | 14.3 | 17.7 | 19.4 | 18.8 | 15.0 | 9.6  | 4.7  | 1.2  | 9.5  |
| ロンドン    | 4.2  | 4.4  | 6.6  | 9.3  | 12.4 | 15.8 | 17.6 | 17.2 | 14.8 | 10.8 | 7.2  | 5.2  | 10.5 |
| パリ      | 3.1  | 3.8  | 7.2  | 10.3 | 14.0 | 17.1 | 19.0 | 18.5 | 15.9 | 11.1 | 6.8  | 4.1  | 10.9 |
| ワルシャワ   | -2.4 | -3.3 | 0.6  | 7.3  | 12.9 | 17.3 | 18.7 | 17.8 | 13.1 | 8.2  | 3.0  | 0.4  | 7.8  |
| ボストン    | -1.2 | -0.9 | 3.2  | 8.8  | 14.9 | 19.9 | 23.2 | 22.1 | 18.5 | 12.8 | 7.2  | 0.7  | 10.8 |
| シカゴ     | -3.3 | -2.3 | 2.4  | 9.5  | 15.6 | 21.5 | 24.3 | 23.6 | 19.1 | 13.1 | 4.4  | -1.6 | 10.5 |
| ニューヨーク  | 0.9  | 0.9  | 4.9  | 10.7 | 16.7 | 21.9 | 24.9 | 24.1 | 20.4 | 14.8 | 8.6  | 2.4  | 12.6 |

以上、ヨーロッパおよび北海道の場合を例として、寒冷地における暖房の重要性を示した。なお、暖房負荷は気温のほか、建物の構造、特に断熱性能によって大きく変化する。表3は寒さの日安である月別および年平均気温を主要都市について比較したものである<sup>5)</sup>。この表によれば、スカンジナビア半島やモスクワは4~6°Cの年平均気温で、北海道の釧路、稚内、旭川より若干寒く、ワルシャワは札幌と同じ位である。また、ヨーロッパの主要都市であるロンドン、パリ、ベルリンおよび米国のシカゴ、ボストンなどは10~11°Cで北海道と本州の中間にある。

### 3. 寒冷地用ヒートポンプの特徴

寒冷地での暖房費負担が避けられないとすると、当然これをできるだけ軽減しようとするニーズが生ずる。そこで低品位の熱エネルギーを昇温して利用できるヒートポンプに期待が集まる。

寒冷地用ヒートポンプを特徴づけるのは、次の2つの点にあると思われる。すなわち、

- ①熱源の温度が低い
- ②暖房負荷が主で、冷房負荷はほとんどないか、あっても小さい。

#### 3.1 熱源

第1の特徴である熱源の問題が寒冷地用ヒートポンプの最も重要な課題である。

ヒートポンプの熱源は、大きく分けて3種類ある。最もよく用いられ、コストも安いのが空気熱源である。次に地下水に代表される水熱源で、河川水、湖沼水も対象になる。最後は地中から採熱するもので、スウェーデンにみられるが、わが国では試験段階である。

さて、寒冷地で暖房を必要とする冬期では気温が低い。したがって、大気を熱源にすると、低い温度のエネルギー源から熱を汲み上げることになる。一方、暖房に必要な熱エネルギーは、一定の温度、たとえば55°C(最も低くてよい床暖房で30~40°C)と考えられるから、気温が低いほど昇温幅は大きくなる。昇温幅が大きいほどヒートポンプの効率は低下する。さらに熱源の外気が5°C以下になると、蒸発器の伝熱面が空気中の水分で着霜し、伝熱係数を下げる結果、一層ヒートポンプの出力が減少する。特に後者の着霜は寒冷地用ヒートポンプにとって深刻で、除霜を行わなければ運転ができなくなる。すなわち、気温が低くなるほど暖房能力も低下することになり、実際の要求とは逆になる。

現在の所、特別な場合を除き、寒冷地での大気熱源は困難視されている。最も経済的な空気熱源が着霜や

成績係数低下のため使用できないのは、寒冷地用ヒートポンプの最大の難点であり、技術開発の期待が集まる所でもある。除霜するには、電気駆動ではサイクルを逆にして蒸発器の伝熱面を加熱する方法が採られ、エンジン駆動ではエンジンの排気ガスを伝熱面に吹きつけるのが一般的である。どの方法を採用するにせよ、成績係数の低下は免れない。着霜しない伝熱機構あるいはエネルギー損失なしに除霜する方法が開発されなければ、根本的解決にならない。

冬期でも比較的高い温度の空気熱源が得られる所はヒートポンプ利用の可能性がある。後で述べるように札幌市の地下鉄では、構内の換気からヒートポンプで熱回収し、暖房および融雪を行っている。事業所や事務所ビルの排気もヒートポンプの熱源になりうる。

十分な温度と量を持つ空気熱源が得られない場合、水熱源を利用する。水熱源のヒートポンプは空気熱源に比較して若干初期投資は増加する。しかし、地下水は気温より温度が年間を通じて安定しており、特に恒温層といわれる深度以上の地下水は温度が一定である。したがって、熱源として好ましい性質を持っている。ただし、地盤沈下を起こさないよう注意が必要で、地下還元を行わなければならない。

寒冷地の地下水は温暖地に比べて温度は低いが、外気温ほどの差はない。札幌市では12℃前後が普通で、中には20℃のものもある。したがって、寒冷地における熱源は、ほとんど地下水が利用されている。河川水や湖沼水は気温の影響が大きく、使用しにくい。水熱源の温度が10℃以下になると、採熱の際に凍結の心配が出てくるが、冬期の河川水は、この温度以下になる。

地下水の利用は市街地で一斉に行える性質のものではない。過剰汲み上げや環境に与える影響など、慎重に対処しなければならないからである。ここに寒冷地でのヒートポンプ普及の困難さがある。もちろん、空気と同じように温排水が得られる場合は、大いに利用すべきである。下水処理場からの排水は冬期でも温度が高いし、水質も充分である。

地下水が熱源として一般的でないとする、残るのは地中採熱になる。地中採熱は、地下にパイプを埋め込み、適当な熱媒体を介して地中熱を採取しようとするものである。北ヨーロッパでは、地下2m位の深さに横にパイプを入れ、地熱を取り出す方式が行われているが、広い面積を必要とし(暖房面積の約2倍の採熱面積)、地温を下げるので、わが国では縦に10~20mの採熱パイプを打ち込む方法が試験されている。地中

から採取される熱量は、土壤の伝熱係数によりかなりの差がある。一般に水分の多いほど地中採熱の量は多い。もし、地下滞水層があれば、理想的である。地中採熱の実験として、外径15cm、長さ16mの鋼管で採熱し、連続運転では470kcal/hr、8時間運転、16時間休止の間欠運転で540kcal/hrの熱量を得た例がある<sup>6)</sup>

以上に述べたように、寒冷地用ヒートポンプでは、熱源が最も重要な問題である。現状は地下水利用が大部分で、本格的普及は蒸発器の着霜問題を解決した大気熱源あるいは経済的地中採熱法が開発されてからになるであろう。そうなれば、北ヨーロッパを始め、カナダ、米国、ソ連、アジアなどぼう大な潜在市場が開けてくる可能性がある。

### 3.2 暖房専用

寒冷地用の暖房専用ヒートポンプ採用の利点は、燃焼型暖房機器に比較して運転費が安く、初期投資の大きさを打ち消す点にある。したがって、両者の総合コストをよく検討する必要がある。経済性が同じならばヒートポンプは安全性、清潔性、利便性などの点で優位になる。

寒冷地の熱源は一般に温度が低いので、成績係数を低下させないようにするには、出力温度(取り出し温度)をなるべく低くする必要がある。出力温度を低くして暖房用として使用するには、床暖房が適している。

床暖房の効果を発揮させるため、建物自身を高断熱化し、隙間風をなくするようにしなければならない。熱損失が大きいと、多量の熱エネルギーを補給し、室の上下に温度差がでやすい。そこで、高断熱化し、床から低い温度で加熱すれば、室の上下の温度差が少なくなり、理想的暖房ができる。建物の高断熱化は、ヒートポンプによる床暖房の必要条件とみなされている。

ヒートポンプの暖房能力は厳寒期ほど低下する傾向がある。そこで、設計の際にヒートポンプの容量を厳寒期に合わせると、大部分の期間は部分負荷運転となる。したがって、部分負荷特性のよいことが必要である。

その他、冷媒についても見直しが行われており、技術的に改良の余地があるといわれる。今まで冷房用に優れた特性を持つR-22が使用されてきた。しかし、取り出し温度が入用の場合、かなり高圧にする必要(たとえば55℃で23kg/cm<sup>2</sup>)があり、圧縮機の負担が大きくなる。冷媒をR-12あるいは混合系にすれば、性能の向上を図れる可能性がある。たとえば、実機による試験で

R-22とR-114を1：1に混合した冷媒は単一冷媒に比較し、50%近く成績係数が増加する<sup>7)</sup>。

#### 4. ヒートポンプの利用状況

##### 4.1 北海道における実態調査

昭和52、53年頃、加温用に設置されたヒートポンプの数は10件に満たなかったが、昭和58年現在で220～230件に増えているといわれる<sup>8)</sup>。なお、これらのうち約100件が個人住宅用である。

北海道電力㈱は昭和58年1月～3月に北海道内のヒートポンプ使用者にアンケート調査を実施し、実態調査を行った<sup>9)</sup>。調査対象は158件で、熱源は地下水148件、空気熱源9件、地熱1件であった。これらのヒートポンプは約8割が昭和55年から57年にかけて設置されており、最近急速に増加していることが分かる。

使用目的は暖房用88.6%、給湯66.5%、冷房32.3%で、その他は融雪、温泉加熱、ビニールハウス、洗車、浴場、プールの水温アップ用などである。

設置費用は需要家によりかなりの幅があるが、100万円から400万円が比較的多く、建物に占める費用の割合は10%～20%程度である。ヒートポンプの容量は3kW～7kW台が多い。

地下水の採水深度は1.6mより400mまであり、水温は10℃～15℃程度である。地下水の汲み上げ規制がないので、還元井により処理しているのは11.4%にとどまり、下水道による処理が68.4%と圧倒的に多い。その他は排水溝や河川などに放流している。

補助暖房は使用していないのが65.8%で最も多く、ときどき補助暖房を使用しているのが24.1%ある。補助暖房の種類は灯油ストーブが多い。また、満足度については、“満足している”が60.1%、“ほぼ満足している”が34.2%で、“満足していない”は4.4%しかない。

以上の調査結果から、北海道におけるヒートポンプの導入は、地下水の豊富さが基礎になっており、一応成功しているといえる。

##### 4.2 具体例

(1) オール電化マンション<sup>10)</sup>におけるヒートポンプ  
安全性と経済性の両立する全電化暖房・給湯システムは、今の所ヒートポンプの応用によるものが最良と考えられる。昭和58年11月、札幌市白石区に建築された“三和ハイツ本郷”は小型ヒートポンプによる戸別空調給湯システムを採用している。建物の延床面積4,800㎡、地上10階建、50戸の集合住宅である。

熱源は10～15℃の地下水で、一度地下貯水槽(120トン)へ汲み上げた後、この貯槽から各戸のヒートポンプへ供給している。使用済みの熱源水は還元井で地下に還元している。

ヒートポンプの仕様は次の通りで、系統図を図-1に示す。

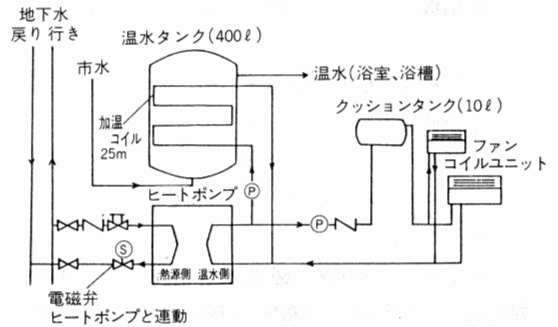


図-1 暖房・給湯配管系統概略図

圧縮機：2.2kW×1台、冷媒：R-22

使用範囲：温水温度 25～60℃

冷水出口温度 5～20℃

定格加熱能力：9,700kcal/hr

COP=3.44(温水出力温度55℃、熱水出口温度7℃、加熱能力9,400kcal/hrのとき)

運転実績は表4の通りで、熱源水温度11℃、出湯温度は最高55℃である。平均成績係数は3.20であるが、これは圧縮機以外の動力ポンプも含まれるため、現在制御法を変えているので、実際は改善されているとのことである。

表4 1日当りのヒートポンプ延べ  
運転時間及び積算消費電力

| 部屋番号(タイプ)           | 801(A) | 601(A) | 206(F) |
|---------------------|--------|--------|--------|
| 方 位                 | S      | S      | NW     |
| 部屋面積 (㎡)            | 75.04  | 75.04  | 62.52  |
| ヒートポンプ<br>運転時間(hr.) | 6.15   | 6.8    | 7.6    |
| 消費電力(kW)            | 25.0   | 26.0   | 30.0   |

測定時間：24時間

測定時間：昭和59年2月15日～20日

(2) ヒートポンプによる小学校の床暖房<sup>11)</sup>

北海道斜里郡小清水町は、冬期間の気温が低い地域で知られているが、地下水の温度が15～20℃と高いところから、改築した水上小学校にヒートポンプ利用の床暖房方式を採用し成功している。建物の延面積702

m<sup>2</sup>、鉄筋コンクリート平屋建で、竣工は昭和58年2月である。

設計温度は室内18℃、外気温-18℃とし、暖房負荷を73,660kcal/hr(面積当り負荷105kcal/hr・m<sup>2</sup>)と見積った。

ヒートポンプの仕様は次の通りである。

圧縮機：MYCOM F4A型(前川製作所製)、冷媒 R-12

電動機：定格出力18.5kW

加熱能力：73,800kcal/hr

吸熱能力：59,400kcal/hr

加温水：40℃ 410 ℓ/min→43℃

地下水：15.3℃ 300 ℓ/min→12℃

ヒートポンプ系統図を図-2、昭和58年2月の運転実績を日平均熱出力(日日出熱量/日稼動時間)および日平均成績係数(日日出熱量/日消費電力量)として図-3に示した。図-3にみられる通り、2月の厳寒期でも熱出力は68,000kcal/hr、成績係数は3.8~4.0である。運転費はボイラーを設置した場合に比較し、厳寒期(11, 12, 1, 2月)で61%、中間期(3, 4月)で64%、端境期(5, 6, 10月)で70%であった。

以上のように、ヒートポンプによる床暖房方式は運転費が安く、室内温度も上下差が少なく、優れた暖房方法であることが明らかになった。

(3) 地下鉄排熱を利用する冷暖房と融雪<sup>12)</sup>

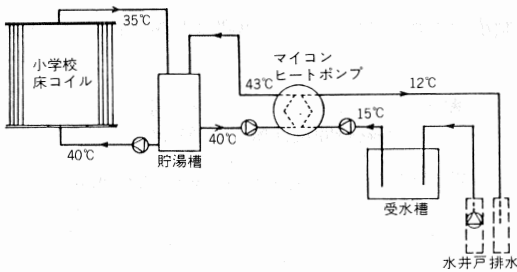


図-2 ヒートポンプのフローシート

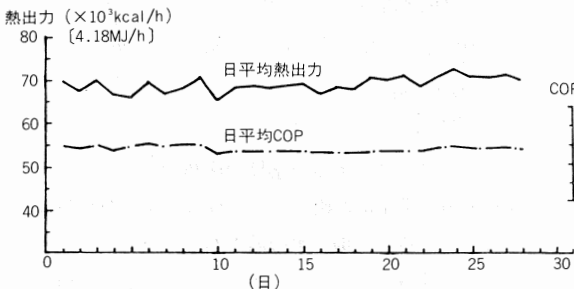


図-3 ヒートポンプの熱出力とCOP

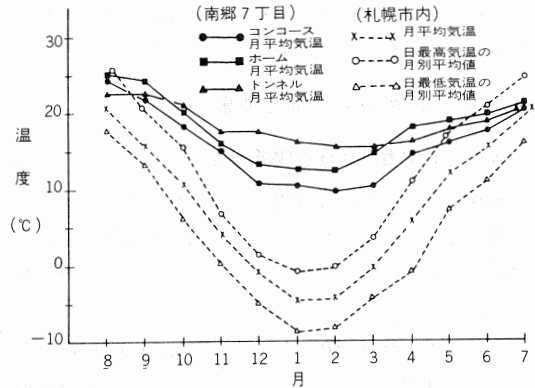


図-4 地下鉄内の温度推移 (東西線南郷7丁目駅、昭和58年1月~12月)

地下鉄は防災上の観点からエネルギーの大半を電力にしなければならない。したがって、車両走行、換気搬送、照明などで消費する電気エネルギーが人体発熱と一緒に構内に熱エネルギーとして発散される。図-4は札幌市の地下鉄内の温度の例を示す。この図にみられるように構内の気温は厳寒期でもかなり高い。また、排気は排気塔に集約されているので熱回収しやすい。そこで、ひばりが丘駅では機器類の冷却水と排気熱を熱源としてヒートポンプを運転し、30℃の温水を蓄熱槽に貯え、この温水を熱源にした第2次ヒートポンプで駅居室の暖房を行っている。さらに隣接する東営業所では蓄熱槽の温水を路面融雪に利用している。運転実績からの推定によると、在来システムに比べ、暖房で430万円/年、融雪で460万円/年、合計890万円の年間経費の節約になるといわれる。

(4) エンジン駆動ヒートポンプ

西ドイツでは、1977年頃よりガスエンジン駆動ヒートポンプ(GEHP)の開発が始まり、1983年現在、300件以上設置されているといわれる<sup>13)</sup>。熱源は80%が空気熱源、出力は50~300kWが多く、冷媒はR-12が一般的と考えられる。

日本では、㈱ほくさんが同社の研究所の暖房を対象にディーゼルエンジン駆動で試験を行っている<sup>14)</sup>。熱源は水で、冷媒はR-12である。一方、㈱金門製作所も北海道ガス㈱と共同でガスエンジンを用いて試験しており、空気熱源の場合の貴重なデータを提供している<sup>15)</sup>。

5. あとがき

ヒートポンプのハード面で日本は進んでいるが、利用のソフト面ではヨーロッパに学ぶ所が多いといわれ

ている。“暖房先進国”スウェーデンの経験などは特に参考になるであろう。情報交換を通じ、互に足らざる所を補い合って発展への基礎固めをしたいものである。

### 参 考 文 献

- 1) 工業技術院・ムーンライト計画推進室；ヨーロッパにおける省エネルギー(暖房とヒートポンプを中心とした調査)(1980), 工業技術院
- 2) 北海道工業開発試験所；暖房システム調査研究報告書(1984), 北海道工業開発試験所
- 3) 省エネルギーセンター；欧州省エネルギーミッション'80報告書(1980), 省エネルギーセンター
- 4) 北海道東北開発公庫北海道支店；地域エネルギーの促進とヒートポンプについて, 北海道におけるヒートポンプ(1984) 73, 北海道経済連合会
- 5) 東京天文台編纂；理科年表, 気象部(1982), 丸善
- 6) 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), 北海道立工業試験所報告 No. 281(1982) 267
- 7) 渡部康一, 上松公彦；混合冷媒圧縮ヒートポンプ, '83新テクノロジーシンポジウム part 4, 明日のヒートポンプを考える Session 2 (1983), 日本能率協会
- 8) 三上正樹；寒冷地におけるヒートポンプの課題, 省エネルギー, 35巻, 12号(1983), 2~9
- 9) 北海道電力㈱営業部；北海道におけるヒートポンプの使用実態調査報告書(1983), 北海道電力㈱
- 10) 大政信広；オール電化マンションにおけるヒートポンプの採用, 北海道におけるヒートポンプとその応用(1984) 30, 北海道電力㈱営業部 サービス課
- 11) 太田徹；水上小学校のヒートポンプによる床暖房について, 同上(1984), 21
- 12) 岸實；札幌市ひばりが丘駅の地下鉄排熱の回収について 同上(1984), 7
- 13) 桜井貞夫；日独技術フォーラムの紹介, '83新テクノロジーシンポジウム Part 4, “明日のヒートポンプを考える” Session 4 (1983), 日本能率協会
- 14) ㈱ほくさん；エンジンヒートポンプについて, 北海道におけるヒートポンプ(1984) 33, 北海道経済連合会
- 15) 北海道ガス㈱；ガスエンジン・ヒートポンプ, 同上(1984) 53

### 話 の 泉

### 超純水とエレクトロニクス

水は生活資源として地球上には特に無限と表現される程存在し、それによって人類をはじめ凡ゆる生物を中心とした大自然の活動の源をなしているが、その水自体は厳密に言えば純粋の水ではなく、夾雑物のもとより何れの場合も極めて多くの物質を溶かしており、水溶液と表現する方がむしろ適当かも知れない。

この生態系は未来永劫に続くものと思われるとはいえ、これが完全な水(H<sub>2</sub>O)でなく多くの物質を適度に混合、溶解しているところにその鍵があるらしい。海水をはじめとして淡水、雨水にはそれぞれ個々の物質とその濃度があり、それによって多くの生態系のバランスが成り立っている。

一方最近のエレクトロニクスの進歩はめざましく、特にLSI, 超LSIさらに超々LSIという表現もみられ、内容をそのまゝ表わしているかどうかは別として、それらの進歩の陰には殆ど完全なH<sub>2</sub>Oで示されるような理論的純水が貢献していることは案外一般に知られていない。

エレクトロニクスの花形となっているトランジスタは、シリコンの純度の限界に挑戦した結果の製品とみることでもでき、またその集積回路としてのLSIは限りなく前進するとはいえ、微細構造単位としてはサブミクロンのオーダーが一つの限界ではなからう

か。

物質の純度の限界は高度の純化技術があるとしても終局は周辺の不純物の濃度によって支配されることになり、ppm, ppb, pptと純度の高い材料の創造が技術の鍵となろう。

超LSIの最終の仕上げ工程には水洗があり、それに使用される水の純度が最終製品の死命を決することになる。すなわちサブミクロンのオーダーをもつ微細な電気回路に、たとえばミクロンオーダーの不純物は勿論のことバクテリア1個の付着によって何千ビット、何万ビットといわれる集積回路が駄目になることがあるかも知れず、このことから文字通りH<sub>2</sub>Oで示される水が要求されることになる。

現在このような完全な水は、高度な特殊技術と多くの純化装置例えばイオン交換、限外ろ過、紫外線照射、逆浸透などの合理的組み合わせによってなされているが、完全な純水を再処理回収して使用するとはいへ常に大量に準備貯蔵する周辺技術の問題が別に残されているらしい。

エレクトロニクス技術が将来どこまで前進するかは予断を許さないが、その進歩に応じて超純水、超々純水の要求が新しく浮び上る時がくるかも知れない。

(F)