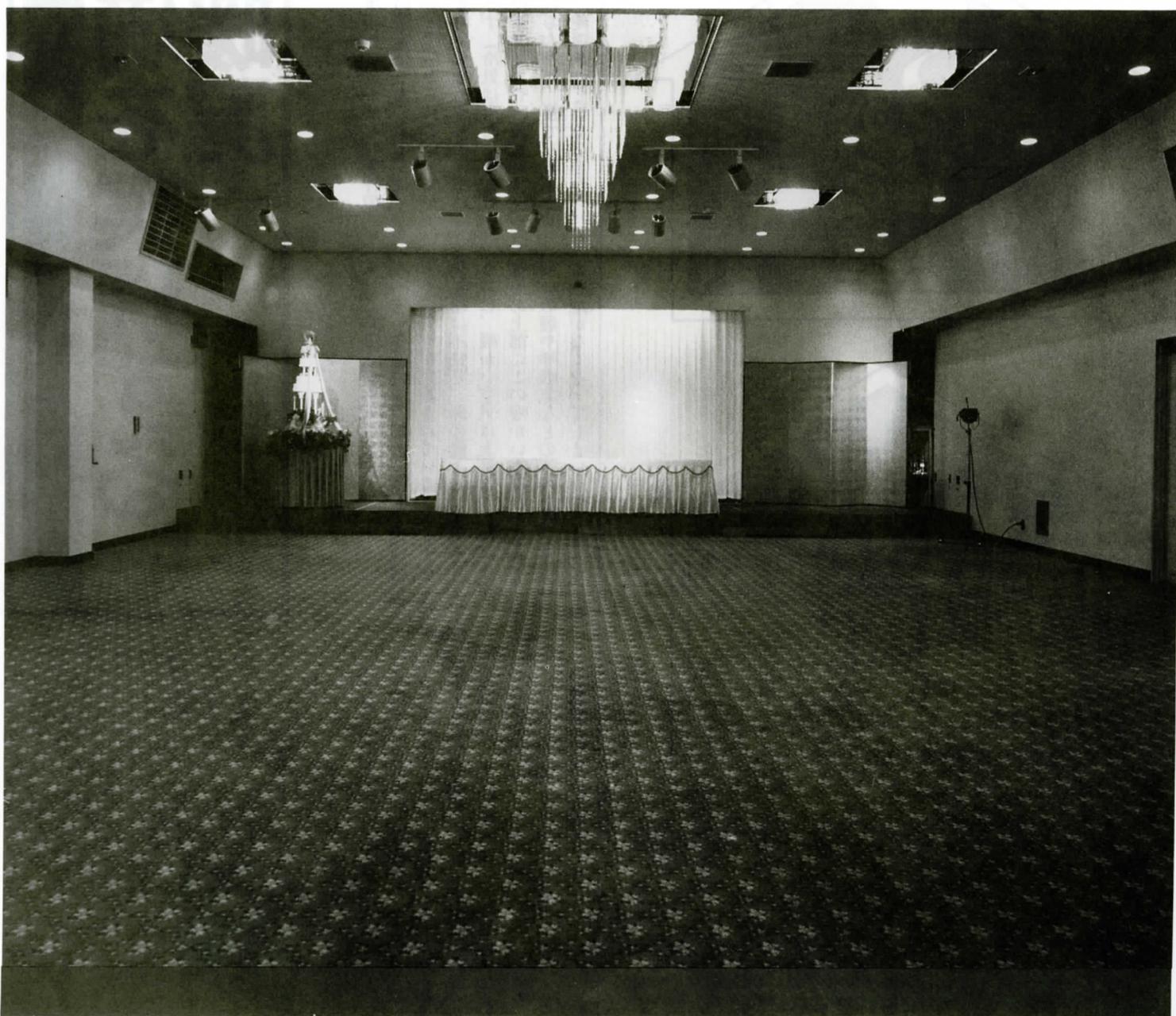


# 輻射熱暖房の諸特長と 今後の課題



# 健康環境を実現する 輻射熱暖房

「頭寒足熱」は健康維持に欠かせない条件の一つです。建築家の清家清さんのお宅では、夏季、冷房しながら床暖房をされていますが、どのように暑い夏でも足元を冷やしすぎず健康を害するからです（冷気は床面に降りてくる）。冷房のきいたオフィスや店舗、美容院などに勤務されている人々が、夏でも靴下やヒザ掛けを持参し、使用されていることから

も、このことがわかります。一方、冬季はどうでしょうか。温風暖房で多くの人々が経験されていることですが、頭熱足冷は不快で、頭の働きもぶつてきます。さらに、暖かい空気は上昇するわけですが、部屋の上部にこの暖かい空気がたまると、タバコの煙や呼吸気などの不快な空気が上昇する余地がなくなってしまう。従って、図

のように空間的に大変狭いところに押し込まれているのと同じ状態になります。「頭寒足熱」は住宅はもとより、大勢の人が集まる集会場や結婚式場、ホテル、病院、美容院など、すべての空間に必要な要素なのです。こうした「頭寒足熱」の環境を実現するのが輻射熱暖房の床暖房です。



「頭寒足熱」は健康の基本です。夏でも、足元は暖かい方が良いとされています。このことは、店舗、オフィス、美容院などに勤める方々が、実際に体験されていることです。冬にも同じことが言えます。頭上が冷たい方が快適です。頭が暖かいと不快であるばかりでなく、部屋の上部に暖かい空気があると、タバコの煙、呼吸気、体息などの不快な空気が上がる余地がなくなってしまう。ですから、空間的に非常に狭い所に押し込まれているのと、同じ状態になってしまうのです。このような理由から、「頭上冷房・足元暖房」は、多数の人が集まる、集会場、結婚式場、ロビー、ホール、病院、美容院、お店などの「従業員の方々」のためにも必要になります。このような高度な空調に、「冷熱」が同時に発生し、大量の熱のストックができる「氷蓄熱ヒートポンプチラー」は、うってつけのシステムです。

# 輻射熱暖房システム

輻射熱暖房システムは大別すると二方法があります。一つの方法は古くは中国のカン、韓国のオンドルが有名であり、現在はこれに電気を熱源とする電気カーペット、またはニクロム線ヒーターや電気の各種抵抗体を床下に埋設するものがあります。このように裸火と放熱部が直接接触している方式を直熱式といえます。

これに対してもう一つの方式は、間接加熱式といい、放熱部には直接裸火が触れず、熱媒によって加温する方式です。熱媒には、液体、気体等を用います。この方式の特長は、安全であること、熱の出し入れが簡単のため制御が容易、設置場所を限定しないことです。熱媒式のため、蓄熱が放熱部に関係なくできるので、熱源が大きくなっても良く、また、蓄熱したものを一度に大量に放出できるので、立ち上がりが早いなど数々の利点があり、現在ではこの熱媒式が主流となっています。

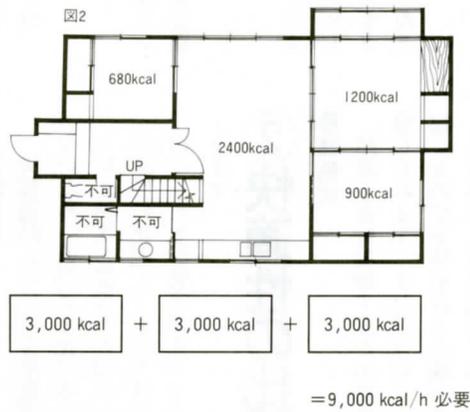
ちなみに、輻射熱暖房の本家である韓国でも、毎年、練炭等のオンドルの熱源による中毒事故で多数の死者を出し、現在ではヨーロッパや日本にならって間接式が急速に普及しています。

現在わが国で行われている代表的な直接的な方式である電気ヒーター（面状発熱体を含む）などの埋設型直熱式と間接加熱式（熱媒式）を例にとり、以下比較してみましよう。

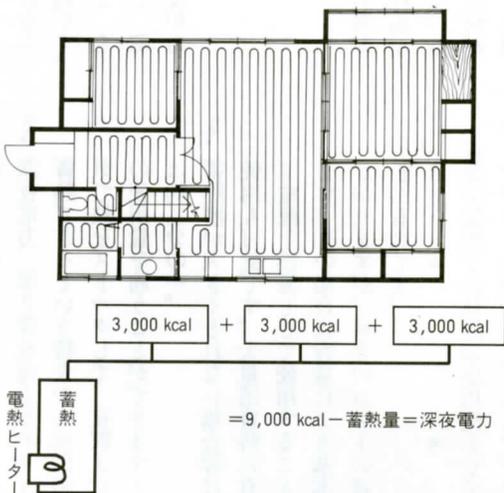
## ①

### 直熱式（電気カーペット方式）と間接加熱式（本格熱媒方式）の比較

図① 直熱式



図② 間接加熱式



使用時間帯 1日8時間使用 モデル住宅の設定  
チェックポイント・基本契約料金

電気を直接「熱」に使うことは、経済的に考えれば大変不利な方法ですが、ここでは直熱式と間接加熱式の方式の比較をするため熱源を電気に限定します。

図1、2のような住宅での各項目を比較してみましよう。

## ① 安全性の比較

### ●直熱式

床下に電熱線（面状発熱体）があり、電気が通電しているため漏電、感電の（電氣的に）心配があります。また直接熱源と接触してい

るため、局部過熱の恐れがあります。現実には低温やけど、脱水症状等の心配があるため、使用上十分な注意が必要です。

#### 〔温度管理1〕

直接熱源と接触しているため、温度コントローラーがない場合は、極限温度まで過熱する恐れがあります。

#### 〔温度管理2〕

発熱体の一部の温度を管理することによって、面積全体の温度を管理する方式のため、全体の温度状況を把握することができません。そのために局部過熱の恐れがあります。

以上のような理由から一般に使用している製品には、「放熱面の上に布団等を敷いて使用しないでください」「幼児、老人を放熱部の上に寝かせないでください」「放熱面を覆うような形で家具等をびったり床に置かないでください」等々の注意書きがあるのが通常です。

#### 〔電気的1〕

床下に電気が通電しているため、上からの刺激（衝撃）、部材の疲労等で長期的に漏電、感電の危険性があります。この方式は一時、畜舎等に多く用いられていましたが、実際に感電死のトラブル等も起きています。前述のような理由により、風呂の洗い場洗面所等の水による感電の恐れのある所には使用しないのが、賢明な方法です。

#### 〔電気的2〕

電気特有の誘電作用があり、電気に敏感な人は不快な違和感を訴えます。

#### ●間接加熱式

熱源が放熱部と離れているために、直接裸火による影響はありません。熱媒によって放熱部を加熱する方式です。

#### 〔温度管理1〕

熱源が熱媒を暖める方法であるため温度管理が容易で、放熱部分は熱媒の温度以上にはならないので、温度管理上の絶対的な（最終的な）安全性を確保できます。

#### 〔温度管理2〕

局部過熱についても熱媒温度以上にならないため、直熱式と比べると断然有利です。しかし熱媒の温度を高温にしておくと、その温度に比例して温度上昇をするので、部材に与える影響等はチェックする必要があります。

## ② 快適性の比較

#### ●直熱式

熱源と直接接触するため刺すような刺激が感じられます。また前述のように誘電作用が起こるので不快を訴える場合があります。さらに放熱部（金属板等）の上に直接上材が張つてあるため、暖房使用中は刺すように加温され、暖房を止めると金属による冷伝導と冷放射による不快感を生じてきます。足下から熱を奪われることは夏であっても不愉快な感覚です。

#### ●間接加熱式

間接加熱式は直火の不快感はなく非常に快適です。しかし、金属パネル等を使用した場合は、直熱式であげたように暖房を止めると冷伝導や冷放射による不快感が生じます。

## ③ 経済性の比較 維持費（電気料金）

#### ●直熱式

1. 暖房使用量により（電気発熱量 860  
\*キロワット/キログラムを熱源として使用）。

2. 直熱式の性質上100%の電源しか使用できません（200%使用不可）。最大使用時の契約電気料は全面積を同時使用した場合の容量契約が必要となります。基本契約料金——契約量による固定費大。

#### ●間接加熱式

1. 電気消費料金は暖房使用量によりますが、内容は大きく異なります。放熱部と関係なく蓄熱できるので、一日の平均値で電気容量を抑えることができます（100%使用

時）……基本料金が低減。

2. 深夜電力、第2深夜電力が利用できます。蓄熱できるという特長から夜間の安い電気で熱をストックして、夜間または翌日の使用量を賄うことができます……料金は約二分の一。

3. 蓄熱槽が大きくとれない場合等は200%の使用も可能です。大量消費時に有利な200%電源を熱源として使用することができます。この場合は容量により基本料金がかりますが、料金のコストの違いから断然有利です。

\* \*  
電気を使用した熱源の応用例としてヒートポンプチャラーの熱が利用できます。ヒートポンプチャラーは電気を熱に替える方法としては非常に優れています。機器性能にもよりますが、一般的には消費電力の3〜3.5倍程度の熱量が得られます。  
860 \*キロワット×3 || 25、800 \*キロワット

その他、その時々最も有利な熱源が併用できます。現在、最も安い灯油、またはそれに準ずるガスや商店、農家等の場合は焼却熱、温泉地の場合は温泉熱、排出熱からの熱回収等々、現場の状況により対応できます。

\* \*  
〔熱移動のための電気は小さい〕  
間接加熱式の不利な点として、熱媒を移動するための電力量があります。熱媒は熱を移動するための動力が必要になります。

気体の場合は送風機、液体の場合はポンプで行います。気体に比べ液体は熱容量が大きいため、熱を移動するエネルギーは比較的小さくすすみます。

## ④ 操作性の比較

#### ●直熱式

操作性は簡単です。オン、オフのスイッチ切り替えて使用できます。

### ●間接加熱式

直熱式同様のスイッチ操作ですが、各部屋のスイッチの他に熱源機のスイッチが一つ必要となります。

この操作性に関しては、直熱式、間接加熱式共に簡単なスイッチ操作で、誰でも使用できる方式です。また両者タイマーを組み込み、タイマーによる操作も可能です。

## ⑤故障の比較

### ●直熱式

使用上の制約があるため、使用上の注意を怠ったり長期間使用していると、過熱、漏電感電、断線等の故障が出やすく、また床の仕上材等に与える影響も大きくなります。コントローラー等は常に調整する必要があるため、消耗が激しく耐久性に乏しいといえます。

### ●間接加熱式

構造的に故障するところは全くありません。放熱部は熱媒温度以上には絶対になりませんので、使用上の制約はありません。一番心配される漏水も、乾式施工法のユニット継ぎ手(後述)によって解消されています。またサビ、湯アカ等による管づまりも定量密閉配管方式(後述)をとることで解消されます。

## ⑥立ち上がり時間の比較

左の表に示したように、直熱式は間接式に比べ、表面温度上昇、室内温度上昇ともに長い時間を要します。

## ⑦制御の比較

### ●直熱式

発熱体の一部の温度を管理することによって、全体の温度管理をするので、全体の微少な温度制御はできません。せいぜい強、中、弱の三段階であり、使用中にたびたび温度制御をする必要が生じてきます。

### ●間接加熱式

熱媒の温度制御及び流量制御により、放熱部の温度制御(表面温度)が自由にできます。また、一度適温に設定しておけば、毎日の微妙な温度調整もほとんど必要ありません。

## ⑧仕上材の種類

### ●直熱式

①クッションフロア②じゅうたん③コルクタイル④リノリウム等……主に張り物、敷物

### ●直熱式

暖房状況	表面温度上昇	室内温度上昇
下地及び仕上げ		
下地の金属板の上にクッションフロア	5分~10分	30分
金属板の上にじゅうたん	20分	40分
金属板の上にコルクタイル	20分	35分

※表面温度の時間はメーカー公表のものを示しました。

※室内暖房感得時間は、部屋の構造により若干変わります。

### ●間接加熱式

暖房状況	表面温度上昇	室内温度上昇
下地及び仕上げ		
木質系床材仕上げ(厚さ12~25mm)	15分~40分	30分~60分
下地コンパネ等の板材クッションフロア	15分~20分	40分
じゅうたん	25分	45分
コルクタイル	25分	45分
タタミ(60mm蓆床)	60分	120分
下地コンクリートクッションフロア	40分	60分
じゅうたん	40分	60分
タイル	40分	60分
コルクタイル	40分	69分
下地金属板クッションフロア	5分	15分
じゅうたん	10分	20分
コルクタイル	10分	20分

※表面温度の上昇時間は下地の種類によって変わります。

※室内暖房感得時間は部屋の構造と冷輻射の有無により変わります。

類。金属板の上に糊で接着する工法のため、使用できる部材が限定されます。本格的な床には不向きです。というのも、パネルの継ぎ目の部分が温度変化のたびに伸縮するので、表面仕上材にシワが寄ったり、段差がつきやすからです。

### ●間接加熱式

一般合成(無垢)フロア材、縁甲張り、乱尺張り、寄木張り等②クッションフロア③リノリウム④じゅうたん⑤タイル⑥コンクリート⑦タタミ⑧コルクタイル等。施工法も一般建築で用いられる工法はほとんど可能です(注…タタミで改良タタミ等は要注意)。

## ⑨電源供給の比較

### ●直熱式

100ボルト電源に限定されます。また受電イコイル放電(放熱)となるため、深夜電力等の有効利用もむずかしくなります。さらに全面積を同時に使用した場合の容量契約が必要です。

### ●間接加熱式

使用状況に応じて100ボルト、200ボルトどちらも使用が可能です。熱源で熱媒を暖める方式のため、放熱部と関係なく蓄熱が可能ですので、深夜電力、第2深夜電力等の有効利用が図れます。しかも、一日の平均値で電力容量を抑えることができますので、大容量の契約は必要ありません。他の熱源との併用も可能です。

## ⑩施工性の比較

### ●直熱式

極めて簡単です。放熱部材(カーペット、パネル等)の布設のみで配管等の施工は必要ありません。(ただしコントローラーの電気配線等が必要となります)。

### ●間接加熱式

放熱部材(パネル、放熱窓等)の施工の他に、熱源機、蓄熱槽、配管等の工事が必要となります。ただし、特殊な工具、機械、技術、法的認可手続き等は原則的には不要です。

## ⑪ その他の比較

### ●直熱式

特に老人や幼児等のいる家庭では、使用するのに十分な注意が必要です。家具等も放熱部の上に置いてはいけません。

### ●間接加熱式

温度調整ができるので、誰が使用しても安全で、最高の快感が得られます。

## ②

### 直熱電気式と 間接加熱電気式の 結論

(1) 安全性に関しては、温度管理の容易なことや、漏電等の心配が全くない間接加熱式の方が有利といえます。

(2) 快適性に関しては、直火方式の不快感や誘電作用のない間接加熱式の方が有利です。

(3) 経済性に関しては、維持費等全般的において、間接加熱式が有利といえます。

(4) 操作性に関しては直熱式、間接加熱式双方共、簡単な操作で使用が可能です。

(5) 故障に関しては使用上の制約も特になく長い将来においても故障の心配のない間接加熱式の方が有利といえます。

(6) 立ち上がり時間に関しては、下地など仕上げ部材にもよりますが、同一部材で比較した場合には熱量が大きくとれるため、間接加熱式の方が有利です。

(7) 制御に関しては、微妙な制御が容易に可能

となる間接加熱式の方が有利といえます。

(8) 仕上材に関しては、あらゆる仕上材に対応できる間接加熱式の方が有利といえます。

(9) 電源の供給に関しては、蓄熱が可能で200ワットまで使用できる間接加熱式が有利です。

(10) 施工性に関しては、熱源機や配管等不要な直熱式の方が有利といえます。

(11) その他として、使用上特に制約のない間接加熱式は直熱式と比べ、誰にでも安心して使用できるということがいえます。

以上のような各点において、直熱式に比べ間接加熱式の方がはるかに優れた方式だといえます。

直熱式は、10平方メートル(6畳間)程度の小規模な広さに電気カーペットを使用するという程度には優れていますが、大規模で長時間使用、長期間使用の建物用には難があります。

直熱式は、10平方メートル(6畳間)程度の小規模な広さに電気カーペットを使用するという程度には優れていますが、大規模で長時間使用、長期間使用の建物用には難があります。

## 第3章

# 間接加熱式の 種類と特長

### 設計、建設業及び 輻射熱暖房施工業 者のための章

## ①

### 熱媒温度による 分類

る分類とそれぞれの特長に言及してみます。

#### ① 温度による分類

##### (1) 超高温

100度C以上で、高圧温水、蒸気、ガスを使用します。

##### (2) 高温

70度C～90度Cです。

パイプの口径が小さくてすみませす。熱の移

動機器(ポンプ等)が小さくてすみむため、一般的に設備費が安くすむ等の理由により、一時広まりました。放熱温度が高いため(パネル形状からくる必然性による)、狭い面積で暖房するのに適しています。半面、温度が高いため快適性に欠けます。無駄な放熱があり不経済で、また仕上げ部材に影響が出るため、部材が限定される等の理由により現在では停滞している状況です。(低温やけど、乾燥等で

この章では間接加熱式の中で熱媒温度によ

健康面の問題もあります。設備費を安くするために温度を上げる方式です。

間接加熱式なので、種々の熱が利用できませんが、低レベルの熱源の利用には向きませんが、ヒートポンプ・チラー等の熱は使えません。

### (3) 中温、中高温、低温

40度C～60度C (平均50度C)。

低位温熱を熱媒の温度として暖房する方法です。快適さと操作性、経済性等の面に重点を置いた方式です。高温式に比べパイプ、ポンプ等の機材も、多少大きくなり、設備費は単純計算においては上昇しますが、制御、納まり、メンテナンス等々の総合計算においてはほぼ同一レベルになります。(高温式に比べ制御機器の簡略化が図れます)。

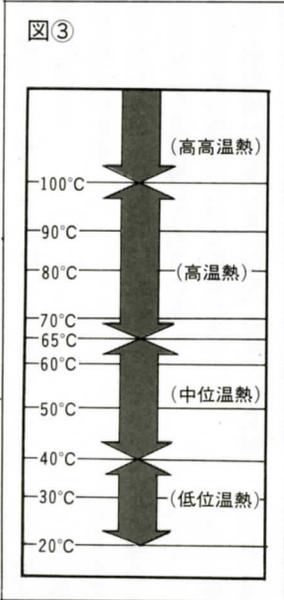
この方式は総合的評価が高く、バランスのとれたものです。また熱源も排熱、温泉熱、ヒートポンプ・チラーの熱、ソーラー熱など、各種の熱源に対応が可能です。

熱の温度域が一般に一番利用しやすい温度帯のため、浴槽排熱、給湯熱、浴槽加温等とのコンビネーションも良く、高温熱と違い危険性はなく、機器に悪影響も与えません。仕上げ部材に与える影響もほとんどありません。

### (4) 低位温熱

20度C～40度C。

特殊な状況に使用します。広いホールなどを長時間にわたって暖房する場合や、ロードヒーティング等、蓄熱量(熱容量)の大きい放熱部材を加温するのに適しています。立ち上がり時間はかかりますが、一度暖まるとなかなか冷めないのが特徴です。石造りの家、



コンクリート造りの家等は低位温熱式でも十分な効果は得られます。また、利用できる熱は低レベルの熱でも良いことから種々の熱が利用できます。

以上のように間接加熱式輻射熱暖房の分類の中の温度による分類にも種々あります。もちろん高温式のものにも中位温熱、低位温熱の熱媒を通すことは可能です。反対に、低位温熱式のものに高温を通すことも、もちろん可能です。

## ② 輻射熱面の表面温度

### (1) 低位温熱輻射 (30度C以下、低温度)

① 体温及び通常の生活環境気温以下 ② 局部異常加温なし ③ 低温やけど等の心配なし。

### ● 利点

通常の気候で存在する温度のため、建築部材に与える影響は少なく、低位温熱媒を使用しているのが家具敷物等による局部過熱はありません。低位温度域による輻射熱効果で暖房を有効にします。

ただし、一般に高温式に比べて広い設置面積が必要で、十分な敷き込み面積の得られない場合には向きません。

### ● 高位温熱輻射 (30度C以上、高温)

① 生活環境の温度として不適 ② 人体温度を越えることは問題、③ 動植物に熱、湿度的に影響が出る、④ 通常の気温と差があるため建材等に与える悪影響は未解決。

### ● 利点

温度を上げるため、全体に敷き込みがでないパネルでも、ある程度の温度の暖房感は得られます。また、注意して使用することで危険を回避することはできます。局部過熱による火災の心配はありませんが、平面的に置いた布団、家具等により、下の床材が変質する可能性があります。技術的、予算的な要因

により狭い面積しか設置できない時はやむを得ずこのような方法をとることがありますが、好ましくありません。

### (3) 超高温

壁、天井の輻射として使います。工場等の生産環境用輻射熱です。

## ② 熱媒の種類による分類

熱媒には液体、気体、ごくまれには固体(粉体、果粒体)も考えられます。

一般に搬送が容易で熱容量が大きく、安全性(操作性)も高い液体が使われます。ここでは液体の熱媒について考察してみました。

一般的には水、またはブライン、不活性オイル等を用います。凍結防止と防錆効果を得るためには、ポリプログリコール系のブラインを使用します。この液体は食品添加物にも認定されている無害な溶液ですので、万一、漏れ等が発生しても安心です。

## ③ 施工法による分類

施工法を大きく分けると、現場作業により製品を完成させる現場施工タイプと、工場生産部の比重が圧倒的に大きく、現場においては組み立て作業のみのユニット組立式とに分かれます。それぞれに特長があります。

## ① 現場施工型

- ① 品質にむらがある（すばらしく良いものと悪いものと）
- ② 工期がかかる
- ③ 工期がつかみにくい
- ④ 現場の作業環境に左右される
- ⑤ 技術者の技能における影響が大きい
- ⑥ 工事現場の仕事が多いため、現場の作業面積、時間を多く必要とする（そのために他の職種や工期に影響を与える場合があります）

## ② ユニット型

- ① 一定の品質が得やすい
- ② 短期間で作業が終了する
- ③ 工期がはっきりつかめる
- ④ 現場環境や技術者のレベルによる影響が小さい
- ⑤ 現場に与える悪影響（工期、場所）

表①		湿式
工法	ユニット(乾式) —プレハブ工法	乾式
	現場施工(湿式) —在来工法	乾式
表②		湿式
工法	ユニット型 (広い意味で乾式)	乾式
	現場施工 (広い意味で湿式 という場合もある)	乾式

## ④

### 接続法 (組立方法 による分類)

ユニット型もその組立方法、接続工法によ

り、乾式工法と湿式工法に分けられます。この場合もまた前述と同様な分類が必要になります。

湿式とはウェット法ともいいますが、現場で水、火、薬品、電気、接合剤等を用いて施工し、組み立てる方法です。語源は主として左官工事の床、壁、天井等の施工の方法について水、セメント(接合材)、骨材等を用いる湿式工法と、水、接合材等現場加工をなくして、ユニットを組み立てていく乾式工法というように使われていましたが、現在ではいろいろな分野に使われています。原則的にはユニット型といえども現場作業(組み立て)に大きな重点が置かれているものと、本来の目的通りに現場組み立ては文字通り組み立てだけで済むかにより決定します。

## ⑤

### フロアヒーティング 輻射熱暖房工事での 湿式と乾式の違い

#### ① フロアヒーティング で湿式の場合

工事の性格上、配管の接続方法が重点になります。管の接続法にはネジ切り、溶接、フレアー継ぎ手、ユニット継ぎ等の方法があります。銅管の一貫システムであるフロアヒーターの接続としては溶接、フレアー継ぎ手、ユニット継ぎ手の方法があります。

#### ●溶接、溶着

ロー付け、低温式等部材の性質により種類があり、熟練した技術者が適切な施工をした場合は確実な方法です。ただし未熟な技術者や、熟練者といえども適切な加工でない場合は問題が起きます。また部材に熱を加えて溶

材と一体化させるため、加熱後の処理等が適切でないとか熱(過熱)による脆化疲労が残る場合があります。

#### ●フラックス、 半田付け

近年、簡易式の接合法として普及していますが、修理の効く露出部ならばともかく、陰部(基本的に修理不可能)に使用する場合は注意が必要です。

#### 【問題点】

- 1 接合材(半田、フラックス等)の管周に対する溶材(接合材)の付きは動に頼るしかない。
- 2 接合材の溶着の状況の様子(適温かどうか)も確認ができない(生が残っている場合もある)。
- 3 熱を加えすぎると全く効果がなくなる。温度による降状点がある。
- 4 接合する部材の物理的な前処理(油污れ等をよく落とし、サンドペーパー等で部材の外径、内径をよく磨く)が適切でないとか合しない。
- 5 接合材は基本的には、化学薬品により表面の地肌を侵して地金を出し、半田により溶着させますから、金属に対して侵食する位の強い薬品(主として塩素薬)が使用されています。この薬品が管の内外及び溶接部に残留するという問題を起こします(接合部が脆くなる)。管の系統にビニール系樹脂が使用されている場合は確実に侵されます。
- 6 半田、フラックスの接合は期間(使用年数)による脆化現象、及びある種の温度域(温度は使用部材と状況による)になると、極端に強度が弱くなる性質を有しています。ある時期及びある温度になると、ポロツトはがれるという現象です。原因は今のところ解明されていません。
- 7 接合強度が弱い——半田、フラックスによる接合は物理的(力学的)強度が得られない

健康面の問題もあります。設備費を安くするために温度を上げる方式です。

間接加熱式なので、種々の熱が利用できませんが、低レベルの熱源の利用には不向きです。ヒートポンプチャラー等の熱は使えません。

### (3) 中温、中高温、低温

40度C ~ 60度C (平均50度C)。

低位温熱を熱媒の温度として暖房する方法です。快適さと操作性、経済性等の面に重点を置いた方式です。高温式に比べパイプ、ポンプ等の機材も、多少大きくなり、設備費は単純計算においては上昇しますが、制御、納まり、メンテナンス等々の総合計算においてはほぼ同一レベルになります。(高温式に比べ制御機器の簡略化が図れます)。

この方式は総合的評価が高く、バランスのとれたものです。また熱源も排熱、温泉熱、ヒートポンプチャラーの熱、ソーラー熱など、各種の熱源に対応が可能です。

熱の温度域が一般に一番利用しやすい温度帯のため、浴槽排熱、給湯熱、浴槽加温等とのコンビネーションも良く、高温熱と違い危険性はなく、機器に悪影響も与えません。仕上げ部材に与える影響もほとんどありません。

### (4) 低位温熱

20度C ~ 40度C。

特殊な状況に使用します。広いホールなどを長時間にわたって暖房する場合や、ロードヒーティング等、蓄熱量(熱容量)の大きい放熱部材を加温するのに適しています。立ち上がり時間はかかりますが、一度暖まるとなかなか冷めないのが特徴です。石造りの家、

コンクリート造りの家等は低位温熱式でも十分な効果は得られます。また、利用できる熱は低レベルの熱でも良いことから種々の熱が利用できます。

以上のように間接加熱式放射熱暖房の分類の中の温度による分類にも種々あります。もちろん高温式のものにも中位温熱、低位温熱の熱媒を通すことは可能です。反対に、低位温熱式のものに高温を通すことも、もちろん可能です。

## ② 放射熱面の表面温度

### (1) 低位温熱放射 (30度C以下、低温度)

① 体温及び通常の生活環境気温以下 ② 局部異常加温なし ③ 低温やけど等の心配なし。

### ● 利点

通常の気候で存在する温度のため、建築部材に与える影響は少なく、低位温熱媒を使用しているのが家具・建物等による局部過熱はありません。低位温度域による放射熱効果で暖房を有効にします。

ただし、一般に高温式に比べて広い設置面積が必要で、十分な敷き込み面積の得られない場合には不向きです。

### ● 高位温熱放射 (30度C以上、高温)

① 生活環境の温度として不適 ② 人体温度を越えることは問題、③ 動植物に熱、湿度的影響が出る、④ 通常の気温と差があるため建材等に与える悪影響は未解決。

### ● 利点

温度を上げるため、全体に敷き込みができないパネルでも、ある程度の温度の暖房感は得られます。また、注意して使用することで危険を回避することはできます。局部過熱による火災の心配はありませんが、平面的に置いた布団、家具等により、下の床材が変質する可能性があります。技術的、予算的な要因

により狭い面積しか設置できない時はやむを得ずこのような方法をとることがありますが、好ましくありません。

### (3) 超高温

壁、天井の放射として使います。工場等の生産環境用放射熱です。

## ②

## 熱媒の種類による分類

熱媒には液体、気体、ごくまれには固体(粉体、果粒体)も考えられます。

一般に搬送が容易で熱容量が大きく、安全性(操作性)も高い液体が使われます。ここでは液体の熱媒について考察してみました。

一般的には水、またはブライン、不活性オイル等を用います。凍結防止と防錆効果を得るためには、ポリプログリコール系のブラインを使用します。この液体は食品添加物にも認定されている無害な溶液ですので、万一、漏れ等が発生しても安心です。

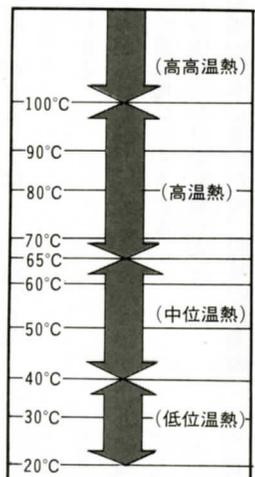
## ③

## 施工法による分類

施工法を大きく分けると、現場作業により製品を完成させる現場施工タイプと、工場生産部の比重が圧倒的に大きく、現場においては組み立て作業のみのユニット組立式とに二分されます。それぞれに特長があります。

## ① 現場施工型

図③



ため、応力等かかる個所に使用することは危険です。

8 接合のために火力（ガスバーナー、電気熱源）を用いるため、現場運営上、不利といえます。

9 接合材は侵食性のある薬品のため、他の製造物を汚す（侵す）おそれがあります。現場作業においては養生等の注意が必要です。余談ではありますが、接合材として半田、フラックスは長い歴史を持った非常に便利なものです。現在では耐久性と精度を増すために別の方法が開発されていますが、以前は電気コードを接合するには欠かせないものでした。金属の接合には現在でもよく使われます。

要はその接合が強度を必要としているか、いなかの状況と、万一接合力が落ちた場合の結果がどの程度の被害ですむか。修理の可能性、期待した耐久性、信頼性、使用時間、使用温度等により、この便利な接合材を利用することが肝要です。

そのような観点からは、液体の通る管路に安易に用いることは不適切ではないかと考えられます。あえて用いる場合は、常温液体の温度が比較的一定している単純な給水銅管の修理可能な部分や、他の方法がなく、やむを得ない場合は給湯管の機械室部等、修理可能な箇所、また応急的に使用するもので、その程度の耐久性を必要としない箇所等、適材適所に用いることでその特長が発揮されます。

## ② 乾式フロアヒーター タイミングの場合

### ① フレアー継ぎ手

銅管を拡張してそろばん玉を入れて圧着する接続法です。冷凍機、油圧、空圧の機械回りなどに用いられる方法です。

確実な接合と着脱ができることから工場製作の着脱個所の接続法として用いられます。管を広げるフレアー部の精度を確実な締め込み圧力により接合します。現場作業では、湿

式と比べ優れ、拡張作業の工程が若干面倒ですが、そのやり方による品質にはムラがありません。部品コストは高く、高級接合法といえます。なお、フレアー加工には注意が必要です。

### ② ユニット継ぎ手

拡張作業を必要としないのが、ユニット式継ぎ手です。外径が同一であれば異種管との接合も容易です。現場作業の内容が締め込みのみの単純作業のため、環境、技術者のレベル、精神状態（気分）等による品質への影響は極めて少ないのが特長です。

接合のための使用工具は締め込み用レンチのみで完了するため、現場を広く占有できません。火源、薬品等使用しないため、安全に作業できます。ガスネジにもそのまま接続できる製品もあります。

単純な工具でも規定トルクで締め付けすることで、誰がやっても同一の品質が得られます。接合費の内訳は、部材の方に重点があり、工賃分、施工費、加工費（技術分）が低い等の理由から、接続技術に自信がある場合、以前習得した技術の発揮のしどころがないため、プロには敬遠されやすいのですが、時代の要請は確実にこの方向に進んでいます。プロを自認する方々も現場の要求するニーズを的確に把握し、短時間に確実な作業で高い品質の仕事をお願いするコストで安全に、耐久性のある作業に切り替える必要があると思います。

### ③ 湿式か乾式か

ここで接続法についてまとめますと、工場作業は、一定のレベルの作業環境、一定のレベルの技術者確保、モラルの維持、機械設備の充実、自動化への対応等が比較的容易に整えられる関係上、部材コストを下げ、加工性を上げて生産効率を追求します。

それに比べて、現場作業では、安全に対する厳しい管理は各職入り乱れる現場においてむずかしく、それだけに危険に結びつく要因

は少しでも取り除く必要があります。技術者のレベルの確保も年々建設技術者の熟練技術者が減少し、高齢化、技術の未熟さが問題になっています。このような状況下で一定の技術を持つ者のみの施工は不可能です。

このような状況下では、誰もが施工できて均一の高いレベルの品質が得られるようにその方法を考えることが急務です。

①各職方が交錯し、人間関係も十分疎通していない現場では、安定した精神状況での作業がやりにくい。

②工程上の無理が突貫工事でも通常の工程でも部分的にしばしば起こり、その結果時間に追われるため品質が一義的になる場合が多い。

③現場において建物、他の職種に与える安全性とは別に、作業者自身の安全性も配慮することはもちろんです。

④施工現場と工場とは違うため、現場に持ち込む機械類は、少ない程コストには好影響を与えます。

⑤全体的施工管理が最も重要でです。

⑥現場は一定の品質を決められた期間に完了することを求めます。そのためには完成度の高い高品質の部材の供給が必要でです。

つまり、高価な部材を用いても、短期間に適合する機能システムを完成させることでその責任を果たし、生産効率を上げる方法が今後の方向であると思います。そのために部材費は高くても、誰でも一定の指導のもとに施工でき、高品質にでき上がり、安全で、短時間で仕事が完了する方式の採用が結果的には有利と考えられます。

施工の重点は職人の芸から技術者の管理能力へと変革してきます。

フロアヒータータイミングを始めとする輻射熱暖房の施工法も確実にその方向に向かっていくといえます。

## 6

### 対応速度 による分類

輻射熱暖房は、その歴史的な背景から蓄熱式でないとは不可能ではないかと誤解されてきました。つまり、北欧のペチカ、韓国のオンドルのように輻射熱放熱部材は従来、蓄熱性のあるものが使用されていたからです。

現代の建築様式においても暖房されたビルの壁、天井の温もりは、低いレベルの赤外線を放射しており、それによる輻射熱で建物内部は暖かいというように熱を蓄えたり、放熱(射)したりする場合は、質量の大きなもの(蓄熱性のあるもの)がよく利用されます。

また、時代の要求で、速熱性も求められ、輻射熱暖房にも時間の概念が必要とされるようになりました。本項ではその点について考察します。

### ① 立ち上がり 速度の遅いもの

1時間以上のもので、5時間〜10時間のものもあります。

10〜20<sup>cm</sup>位のコンクリート床、土床、砂、石材等に温度を加え、熱が貫通して行くことで輻射熱を発生させます。

長い時間かけて暖める必要がありますが、一度暖めると長時間暖かく冷めにくいのが特長です。従って継続的に使用する場所に適します。2直、3直交替制の工場、畜舎、温室等。または、熱源が止まっても放熱部に蓄熱がある間は暖かいから、熱源が単純な設備でも可能です。

適さない場所としては断続的に使用する所、外気環境が変化する所、急いで使うことがあ

る場所。

例えば朝や日中、室内に日が差し込まない時は寒いが、日が入ると暖かくなる部屋で、寒い時間帯に、なかなか暖まらなくて、いよいよ暖かくなってきたときには、日光が差し込み暑くてたまらなくなる。窓を開けてもまだ暑いので室外避難するなどといった笑えない例もあります。また、時間を予測して夜にそなえて蓄熱する場合も、まだ暖かい日中から温度を上げるため、どうしても無駄が生じ、不要、不快な温度になるケースが少なくありません。朝に備えて夜間に温度を入れる場合も熱容量が大きいため、どうしても余計な熱量を供給することになってしまいます。

従って、自在に変化する居住空間にはあまり適しません。温室、畜舎等のように変化の状況が外気温なみというような場所には適す方式です。

蓄熱部がイコール放熱部である関係から対応性に乏しいことが唯一最大の欠点だといえます。また熱容量が大きく、部材の重量も大きくなってくるため荷重が問題になってくる場合もあります。

間けつ使用の場合、無駄な時間帯にも暑くしているという関係上、燃費的に不利になる場合もあります。なかでも一番困ることは暑くなりすぎた場合、手の打ちようがないということです。

### ② 速熱式 (蓄熱量少)のもの

放射面蓄熱式の欠点を補う意味合いと、居住空間やその用法がその利用状況により多様に変化するために、もっと対応性の良い輻射熱暖房をと近年開発されている方式です。

直熱式(電気カーペット、面状発熱体も含む)から間接加熱式のものまで多様な方式があります。スタートから1時間以内にその能力が発揮されるもの(暖房の立ち上がり時間)が速熱式です。通常は10〜30分位のものを目指

します。仕上げ面を金属性のもので施工する場合等は、1分以内に熱くなるものもありますが、居住する場所には適しません(用途は工場、作業現場等に利用されます)。

この方式の特長は、使用時、不要時の切り替えに対して対応性が良いこと、熱容量が少ないため、無駄な時間帯には完全に切るか、ごく低温で運転します(このようにしても立ち上がりに問題はありません)。蓄熱が小さいので、不要時には止めておけるため燃費的にも経済的です。

1 細かく熱供給する必要があるために熱源に安定した性能を持つ熱源機が必要です。

2 直熱式の電気熱源(電気カーペット、電気面状発熱体等)の場合は、同型式の蓄熱式のものとは比べて制御が煩雑であり、電気コントロール等一部の部品の消耗が激しい。

3 対応性が良いため熱源側の温度がすばやく放熱部に移動するため、過熱または冷熱温度になる場合もあります。

4 熱源温度に対する反応が良いため、熱源の温度管理には慎重を要します。

5 立ち上がりの利便性を追求するため、安全性、快適性、経済性、耐久性、健康面への配慮等、建築的な納まり、使用していない時の問題等がないがしろになりやすいから注意が必要です。

日本の住宅(建築)は木を主体にしているため、欧米の建築と比べて建物全体の熱容量が少ないといわれています。そのため、部屋の暖房熱で建物全体が暖まり、壁、天井等から発生する2次の輻射熱は余り期待できません(そこで、暖房感を得るのに空気ばかりを熱くする方法に頼りムンムン暑くするのですが、そのわりに暖まらないわけです)。そのような状況の建物であるだけに、体全体に暖かさを与える輻射熱暖房は、絶対必要です。ところが従来からの輻射熱暖房の方式がペチカ、オンドルに代表される蓄熱性のある放射材であったため、多様多忙の生活環境にそぐわない

ことと、また、靴の生活とはだしの生活習慣の違いで、暖房不要の夏であっても、レンガ、タイル、石、コンクリートの上に生活することは足腰の冷え、ヒザ、腰に与える影響等は木の生活になじんだ者には苦痛です。

このことはコンクリートのマンションに生活した人達の大部分の者が、木造住宅、または木質仕上げを望んでいるという事実でわかります。

このような状況下で、快適に暖かく、必要な時素早く機能し、不要な時は切るといった対応性の良さと、暖房不要時に冷感、衝撃感がなく建築的に納まりの良い安全性の高い放射熱暖房方式が望まれているわけです。

理想的な暖房装置(環境)とは、対応性が良く、安全性、経済性が高く、暖房時の快適性はもちろん、暖房不要時の快適性、健康性等全て満足させるものでなくてはなりません。へこの項で用いた蓄熱性は、放射放熱する部分に蓄熱させることを意味しています。放熱部以外に熱を蓄える蓄熱運転システム(蓄熱槽)については別項で説明します。

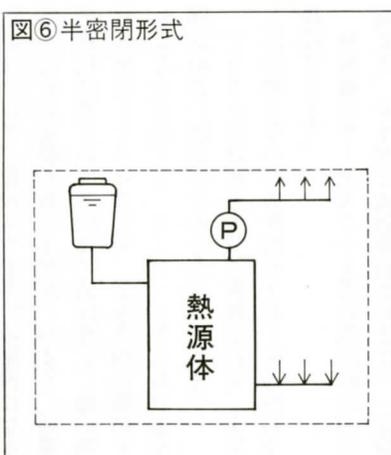
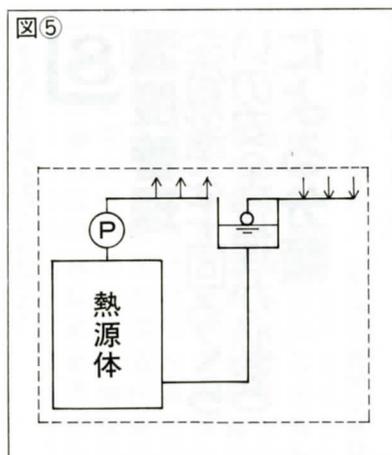
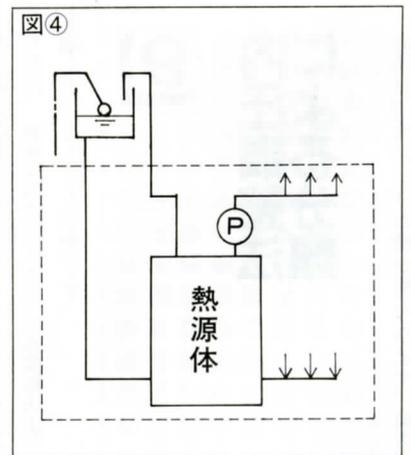
# 7

## 熱媒供給方式による分類

間接加熱式放射熱暖房で熱媒に液体を用いることは日常良く行われます。熱媒の供給方式には次の二通りがあります。

- 初期供給——水道水直結方式、システム方式、減圧弁方式、ポンプ圧入方式
- 通常供給——水道水直結方式、システム方式、減圧弁方式、ポンプ圧力方式、無補給方式

### ①開放式



図④は、従来からセントラルヒーティン

グで広く用いられている方式です。暖房水を循環するための理論上の問題は、システムタンクがほとんど解決していますが、近年になり著しく現れている錆、腐食等に対する対策は未解決です。また大気に開放されているためブライン等の使用はしないのが一般的です。しかもシステムタンクは高い位置に設置する必要があるため、長い管延長を有し、使用しない場合には凍結の心配があり、凍結した場合には始末におえなくなります。そのためフロアヒーティングにおいては不向きです。また一般住宅等屋上が使用できない所では、壁などに設置するケースが多く、美観上も問題が生じる場合があります。

タンクからの蒸発により、水溶液の濃縮もあり、長期的には水中の硬度物質(硫酸、シリカ、カルシウム等)による管のつまりも考えられます(高位置開放式)。

図⑤は、④の方式の美観上の点を解決している方式です。システムタンクが低い位置にあるため、タンク部の設置は問題がなくなりましたが、④の形式のものは循環系統が環状でしたが、⑤は循環系統がシステムタンクの所で絶縁されるため、ポンプはラインポンプ本来の機能でなく、揚水ポンプの機能として働きます。ラインポンプを揚水ポンプとして使用することはポンプに非常に無理があり、理論上も実際も不向きです(高圧のポンプを使用する場合は気泡が入りません(抜けやすい))。④、⑤の形式とも市水(飲用水)と絶縁をして、一定の暖房水を循環する機能はありますが、その他の重要ポイントの錆、つまり、凍結に対して対応できません(低位地開放式)。

●補給水(常時補給)は必要です。補給水があるという点とは万一漏水があった場合、気がつくまで(処理を完了するまで)永続的に漏水があるということですが。

## ② 半密閉式 つごもいえる方式

図⑥の半密閉形式は基本的に密閉方式ですが、内圧を逃がす部分が補給水部と併用しているため、液の膨張、収縮により大気を導通します。そのために、空気との接触があり、溶存酸素による悪影響を避け得ません。また大気と接触することにより、溶液の蒸発等による、液の濃縮も考えられ、長期的には管のつまり等の原因になることも考えられます。

大気との開放接触によるブライン中の成分の変化もあり、凍結対策も完全な状態では図りにくくなります。

内圧には限度（1kg/cm<sup>2</sup>以下）があり、2階以上の輻射熱暖房の設置はむずかしくなります。また本来のシスタタンクが持っている熱源機の気泡を取り除く機能は期待できません。

液補給はタンクの液位を確かめて、減ると補給する方式となります。

多大な漏水は発見できますが、わずかな漏水は発見がむずかしい方式です。

## ③ 定量完全密閉方式

一定量のブライン液を完全に密閉し、温度変化による液量の増減はエキスパンションタンクを用いて対応する方式です。

漏水箇所がない限り液は減少しない方式のため、わずかな漏水があっても内容量に変化があり、機能しなくなる方法です。これは万一の漏水の被害を最小限に押えるために有効な方法です（早期発見、早期対応可能なシステム）。つまり暖房が効かなくなりますので、すぐに発見できます（対策を講じないと使えない）。

完全密閉のため、溶液中の金属に与える悪影響を極めてわずかな量に限定できるため、溶液中の溶存酸素、塩素等の原因に起因する化学的腐食はまったくありません。また、大

気開放による溶液の濃縮と、それに補う液補給がないので、管の「つまり」の原因になる硬度物質の蓄積もあります。つまり、通常の運転状態では、溶液は不活性化し、他の物質に反応しなくなるため、半永久的に使用することが可能です。ヨーロッパ等における密閉式の長い歴史がそれを実証しています。

式輻射熱暖房では主として熱源機に入る溶液の量が、温度変化により体積変化するわけですが、その管延長が長い放熱部の内容量も無視できません。

いずれにしても、システムの溶液の量の何%かが増加（減少）するため、それと対応する手段を講じておかなければポンプ、機械等を破損することにもなりかねません。そこで従来からいろいろの方法がとられてきました。

## ⑧

### 温度管理

（法規準を上回るくらい）の安全管理が必要による分類

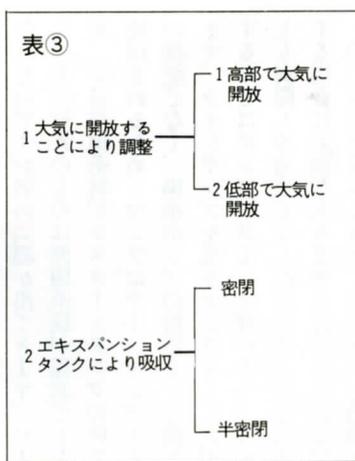
熱源機を温度管理し、安全性と機能を維持する重要ポイントです。

液圧式サーモスタットと、電子式隔測温度管理方式の直列2重管理方式で、絶対として良い程の信頼性の高いシステムもあります。もちろん、異常高温停止機能（空運転防止）も備えていることも必要です。

## ⑨

### 内圧調整法による分類

液体は温度により体積が異なります。熱媒



## ① 大気に開放

1 内圧調整異常圧開放、缶体気泡除去、補給水の配管から水源側への逆水防止等の優れた機能をもつ基本的な方法です。しかし、

① 大気に開放されているため、別の事項の発生により高度な機能を有するシステムには、現在のところ対応できません。② 高所設置方式のため、設置場所に制約されます。③ 前述の1の方式の②の部分、設置場所の制約を改良したものです（アレンジした方式です）。

前項で述べたようにポンプの使用法が不適切になると、缶体の気泡が抜けにくくなります。そこでポンプの位置について検討してみます。

### ● ポンプ位置が図⑦の①の場合

ポンプの点検、修理のたびにタンクの液体を捨て（回収）なければならず、大変な作業となります。ポンプ部等、機器の前後にはバルブを取り付けることは常識（原則）です。

が、バルブを付けると閉め具合により危険な状態になる可能性も出るため、絶対にバルブは付けられません。

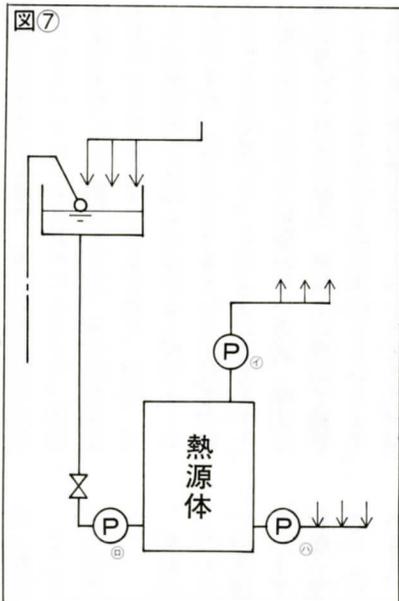
(1)の1の場合、逃がし管は自然の状態ではタンクに開放されていますが、この場合はポンプ圧により開放されているため、ポンプ停止時または異常時には膨張管の役目をせず不適切です。その上、個別制御のために、経路に電磁弁、電動弁等付けることになるとほとんど内圧調整、異常圧開放の機能は、この部分では果たせません。

①の場合、ポンプ圧が高いものを使用しなければ熱媒液の循環は図れませんが、ポンプ圧が高いものを使用することは熱源機に無理な応力を生じ、耐久性、安全性に障害が起ります。また1kg/cm<sup>2</sup>以上の圧力になることは、法規上の問題にも対応する必要があります。(耐圧、安全性、資格)。

### ●ポンプ位置が図⑦の①の場合

1ポンプの前後にバルブ等設けても安全性が確保できます(タンクと缶体との間にバルブがなければ)。

2(この項共通)ポンプ休止時は管内の液の逆流を考慮した大きいタンク容量が必要であり、ごく小規模の物以外には実際的ではありません。膨張分だけでは不十分で、管の中の液体が最終的には全部もどると考えるべきです。それだけの膨張代がない場合は、熱媒液はいつもオーバーフローしてし



まい、補給しなければなりません。

特殊な方法により管内液の逆流を防ぐ方法もありますが、空気抜き弁からの空気の流入や、放熱部の空気除去作業時には全て流失してしまうので、無駄が多く不適切です。ポンプによる缶体圧は一例に働きますので圧力的問題はありません。

補給液の供給圧力が小さいため、熱媒(水)の循環に無理があります。この場合でも、ポンプ以後を開放と考えてシスタータンクと熱源機との間にバルブを設置することは絶対に避けるべきです。

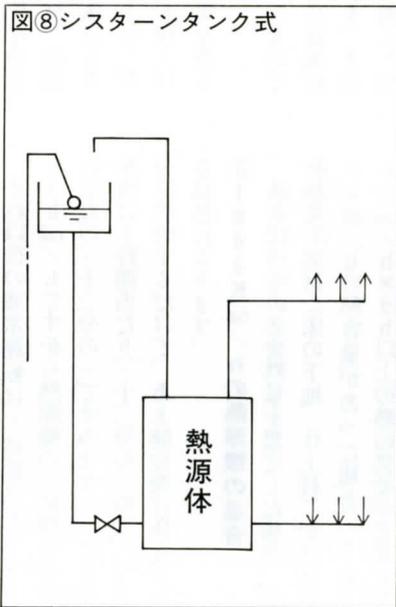
前述のように、ポンプ以降のシスタータンクの開放度は極めて限定された状態のみ可能であり、通常は開放されていまいと考えるべきです。そのため、缶体低部とタンクとを結ぶ管のみが唯一の圧力調整、及び異常圧力開放ということになります。

この場合、図の②方向からのリタンの取り入れ方式を取ると、従来からの高架シスタータンクと同様の機器となり、問題の多くは解消しますが、使用位置はタンク部以下であり、従来のシスタータンク方式と何ら変更なく、分類にも高架シスタータンク方式に入れるべきものとなります。

### ●ポンプ位置が図⑦の②の場合

この場合は見かけ上、従来からのシスタータンク方式に類似しています。

- 1 缶体に圧力がかかる。
- 2 タンクに逆流する。
- 3 前項2を防ぐ意味でキャッチ弁等をつけるると安全性に大きな問題が生じてくる。
- 4 この場合はポンプはラインポンプ式で良いが、この系統は膨張弁を付けることにより前項二番と同



じ評価となります。

以上の形式の各項目の理論と実際にわたり検討してきましたが、従来のシスタータンク方式に勝る部分は全くなく、弊害のみ増えたという改悪されたシステムの見本のようなものです。ただし、用途を限定して使用する場合(使用場所がシスタータンク部以下)等は、従来からのシスタータンク方式として使用することは不可能ではありません。この場合はシスタータンク方式の項と同様の特長を有することになります。

## ② 異常圧力開放

熱源機は通常はサーモスタットやシスタータンク、またはエキスパンションタンク等の機構により安全運転されています。

しかし方が一、万が一ということに備えて対応策を考えておかなければなりません。そのためには各部品が壊れるという前提で対策を立てておきます。

### ●異常時の対策

寒冷地等で膨張管が凍結した場合は要注意です。膨張管の回路には絶対にバルブは付けないことです。給水が止められるからポンプ、熱源機等の修理は容易にできます。

## ③ バネ式安全弁を使った二重安全機構

オートバスターシステム等において第一槽

を暖房に使用する場合、通常の膨張圧の吸収はエキスパンションタンクによります。異常圧は安全弁により開放します。異常圧発生は本来あってはならないことであり、何年、何十年の使用中でも起こらないことが望ましいわけですが、逆もありうるという前提で対処することも必要です。そのように考えますと、日常の操作に対して影響のない方式、確実な開放機能を日常の操作、運転上の理由で犠牲にするような方式のものは不向きといえます。長期使用の間の慣れで、うっかりミス等が発生しやすいものもいけません。前提条件を忘れても、安全であるものが必要です。

以上の理由から、うっかり操作しない方式、凍結しない方式、不便だという理由で改造、機能低下等させない方式、知らない人（不用意の操作）の誤操作をさせない方式、安全のための機能が確実に働き、また確認テスト等簡単に行ける方法、他の機能と、まぎらわしくなるような使用配置は避け、修理改造の時にもその部分に影響しないような位置、機能等の理由を満足するものでなければなりません。よって単純使用、併列2重安全弁方式の採用は、まさに安全な方式といえます。

## 10 熱源機による分類

### ①能力

1 暖房立ち上がり時の要因(最大熱負荷)  
フロアヒーティング(輻射熱暖房)においては液体を熱媒に用いる場合、原則的にはポイラー等は何でも使えます。しかしサーモスタット完全自動着火(消火)フルリモコン熱源管理機能、各種安全装置等の機能がなければ

一般的なには使えません。

ここでは一定レベル以上の機能を持つ熱源方式の中で、種々のタイプを比較してみました。

輻射熱暖房の特長の一つである省エネルギー性から、従来暖房(対流暖房)の約三分の一の熱消費量ですむことは一般によく知られています。この点を勘違いして出力三分の一程度の熱源機を採用しますと、立ち上がりの悪い(いつまでも暖まらない)暖房設備になります。

つまり、輻射熱暖房は、暖まってくると熱量は少なくてすみませんが、部材を暖めるまでには相当量(部材による)の熱が必要なのです。このように放熱部材(室内仕上材)の熱容量を考慮して設計しますと、木の床はもちろん、暖まりにくいコンクリート仕上げ、石貼り、タイル貼りの個所の放熱部材も10~15分位で暖房効果が表われるような結果を得ることができま。

輻射熱暖房は運転中の出力は小さなもので良いのですが、起動時(暖房開始時)には部材を暖めるために大きな熱量を要します。その熱量を何時間(何分)どのくらいの間に供給するかによって暖房の立ち上がりの時間に對する限度が決定します。これらにより、輻射熱暖房の方が対流暖房と比べ大出力の熱源機を必要とすることが理解できます(仕上げ下地を薄い金属にする場合は別項)。

#### 2 通常運転中の要因(通常負荷計算)

前述の要因に基づいてある出力の熱源機を考えてみます。仮に10坪(33平方尺)の面積としてコンクリート5<sup>cm</sup>厚とします。

#### ① 9000 kcal/h の熱源機の場合

通常運転中は、1000 kcal/h で間に合う現場で、輻射熱発生部(この場合は床の下地材、仕上材)9000 kcal/h の熱容量であるところに9000 kcal/h の熱源機を使用した場合です。

この場合、暖房の効果を発揮するまでの時

間は1時間かかります。しかし、一度部材が暖まってくると、1000 kcal/h で間に合います。よって時間当たりの能力9000 kcal/h の九分の一で良いこととなりますから、稼動時間は九分の一時間ということになります。つまり九分の八時間は休んでいるというわけです。

#### ② 3万3000 kcal/h の熱源機

輻射熱発生部材(床の下地材、仕上材)9000 kcal/h のところから3万3000 kcal/h の能力のある熱源機で熱供給しますから、四分の一時間=15分間で、9000 kcal/h の熱を供給(部材を暖めること)できます。

それ以後の通常運転は1時間当たり1000 kcal/h ですから熱源機の1時間当たりの能力の三十三分の一ですみます。つまり熱源機は1時間当たり三十三分の一時間、一八分位燃焼するだけで、あと58分間は休んでいる状態になります。

#### ③ 1000 kcal/h の熱源機の場合

通常暖房時の必要熱量を想定した場合、輻射熱発生部材(床の下地、仕上材)が9000 kcal/h の熱容量があった場合、1000 kcal/h × 9 h 以上の熱の供給が必要になります。暖房感を得るまでに9時間かかるということになります。通常運転中も余力がないためにずっと稼動しつづけます。

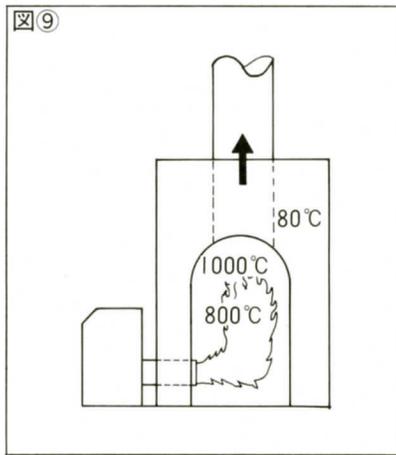
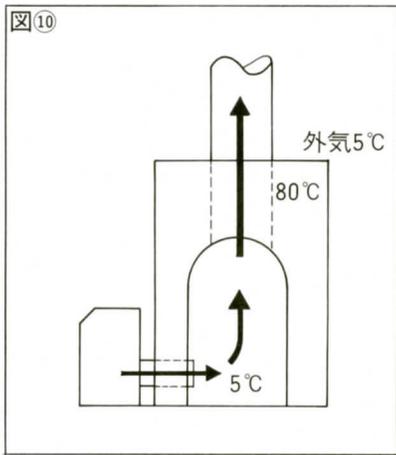
以上の3つのケースをまとめてみますと、

(1) 輻射熱暖房では輻射熱発生部材(床の構成部材)の熱容量が少ない程、暖房の効き目は早い。

(2) 同一の熱容量の床面構成部材ならば熱源機の出力が大きい程、暖房効果が出る時間は早い。

(3) 出力(能力)の大きい熱源機は通常運転中は休止している時間が大きい。

この段階で理解できることは輻射熱暖房には出力の大きな機械が有利で、小出力の機械は不利といえます。連続運転でなく断続的に使用する場合は(まして日本建築のように



熱の容量が小さく残存熱量が期待できない場合、暖房立ち上がり時は十分な熱供給をしなければ暖房効果がありません。

## ② 燃料消費量と経済性

前項で実証された通り熱源機が大きければ立ち上がり時間が早くなるだけ有利であり、通常運転時は休止しているわけですから、一般に燃料消費量は変わらないと考えられがちです。

この項においては、熱源機の選定における燃料消費量とその経済性について考察してみました。

### ① ボイラーの出力の違いによる休止時間

室内放熱部の条件が同じであれば室内熱消費量は変わりません。しかし熱源機側の条件は大きく異なります。

前項①は九分の一時間、燃焼中はボイラーとして働きますが、九分の八時間は放熱機として働きます。

前項②は三十三分の三十二時間は放熱機として働きます。

前項③はずっと熱源機として働いています。

### ② ボイラー運転休止時の放熱量

一般に排気筒を有するボイラー等は図のようなシステムとなっています。

燃焼温度850～1000度C程度のガスが、拡散等により700～800度C位になった所で、缶水温度60～80度Cの水冷壁と接触して熱交換を行います。

この時の燃焼ガスと伝熱面の温度差は

$$\frac{800 - 80}{720 - 80} \text{ (燃焼ガス) (水缶温度) (温度差)}$$

つまり、この条件下でボイラーは規定の出力(能力)を出すように設計されています。

この条件の時1万kcal/h、または、3万3000kcal/h、5万kcal/h、10万kcal/hとそれぞれの規格が決まります。この規格のボイラーが休止しているときはどのように

なるかといえます。

缶体温度80度Cは外気温5度Cと接触し、80度C～5度C＝75度Cの温度差の冷却用熱交換機になります。つまり、定格出力の10%以上の条件を備えた冷却機に早替わりすることになります。

このように考えてきますと、従来のセントラル・ヒーティングの大変な無駄もよく理解できます。計算上では圧倒的に経済性のある輻射暖房が、実際はそれ程経済的でないという実例を多く聞くこともうなずけます。

熱量を多く必要としない輻射暖房では、通常ボイラーはサーモ休止時においてその定格出力の10%以上の熱を無駄に放熱する機械に早替わりします。

### ● 燃焼機能を持たない熱源機

#### ① 電気ヒーター

電気を直接電源として利用するやり方はあまり経済的とはいえませんが、状況により使われるケースもあります。

間接加熱方式での利用は電気カーペットのような直接利用と異なり、深夜電力、第2深夜電力等も利用でき有利になります。また基本契約料も、小額になり、受電設備も小さくて済み、いろいろな面で有利となります。

また、輻射熱利用状況に見合う蓄熱槽が必要で、

#### ② ヒートポンプチャラー

ヒートポンプチャラーは直接電気を使う形式と比べ、格段に維持費が安くなります。約3倍～3.5倍も安くつき、基本熱源は電気他に空気熱(外気熱)、水の熱(地下水等)、また排熱(気体、液体、固体も可)を利用する方式もあります。

水の顕熱を利用する場合、ソーラー(太陽熱)と組み合わせる熱の復元をはかる方法もあります。地下埋設管方式により、地中熱を回収する方法もヨーロッパでは取られています。

外気熱を回収する場合、外気温が下がると

効率が落ちます。限定温度以下になると全く効果がなくなります。

地下水の利用は大量の地下水が使える所ではないと無理があります。しかも地下水温度が低くなると効率が悪く、湯水などであると使用不能となってしまいます。蓄熱式(水蓄熱はビル等で一般に使われている方式で、大型タンクが必要となります。地下熱回収はある程度広い土地が利用できる場合は良い方法といえます)。

排熱回収は、相当量の排熱が継続的にある場合には非常に有利で、継続的でない場合はタンクに蓄熱する方法と併用します。

水蓄熱、水蓄方式(水の潜熱、顕熱を利用)は最も進んだヒートポンプ熱利用法です。蓄熱槽は水式と比べ約十分の一でよく、水を溶かすことで熱量の90%以上の復元がはかれるため、低レベルの熱も利用でき、地熱、太陽熱、大気熱、排熱等の量が非継続的にかつ少量であっても最大限利用可能です。

蓄冷タンクは氷の製造、冷凍、冷房、冷蔵等の多機能な利用が可能となります。冷房時も深夜、第2深夜電力の利用ができます。設備のイニシャルコストの低価格も実現できます。

冷の蓄熱ができるということは、温熱利用に対してこの対応能力が著しく上昇します。また、外気温、地下水等の外的要因の影響を受けにくいのも一つの特長です。

③ 熱交換機(熱源・ソーラー、温泉熱、排熱) ヒートポンプ等の方式によらずに熱交換により別種の熱を輻射熱暖房に利用する方式です。

高効率の熱交換により同量、同位の熱交換も可能です。安価に得られる熱がある場合は非常に有利です(廃排熱、温泉熱)。メカニカルな部分がないために、故障等の心配はありません。

また蓄熱槽と組み合わせることにより一層利用範囲が広がります。

温蓄熱タンクは、種々の方法で製造した温熱を蓄えるタンクで、断熱性がよく、蓄熱容量が大きい程高性能です。

わずかな熱量を長い時間をかけて蓄える場合や、出力の小さい熱源機の熱を蓄えて使うという使い方が多いので、その状況に対応したものでなければかえって起動時負担があり、機動性に欠けるケースをよく見受けられます。

#### (1) 多機能機……エネルギーステーション

熱源としての種類は灯油、ガス、A重油、電気（ヒートポンプも可）と多様に対応します。また熱交換、温泉熱、ヒートポンプ、太陽熱等に対応、熱回収機能として浴槽排熱回収機能や、一般排熱回収機能等有する熱の給湯機能を持ったエネルギーミナルです。小規模なものは一台から、大規模なものは数十台にわたるものまで現場状況により機能対応。制御は完璧な無段階比例制御方式の熱利用です。運転はサーモスタットによりオン、オフ運転、休止時に種火等残っていません。

排気からの放熱を完全ストップする熱トラップ機構内蔵。起動時以外は低負荷です。輻射熱暖房にはその特性から最適です。他に給湯、浴槽再加熱一定温度維持機能等を有した熱源機です。

#### (2) 超音波風呂、温室等にも利用

プール加温、サウナ熱源等に利用できる多目的な熱利用ができます。住宅からホテル、病院、ビル等の熱を利用する所は全て対応可能です。

#### (3) その他の熱源用熱源機

##### ① 温泉熱直接利用

##### ② 太陽熱直接利用

##### ③ 地熱（高温側）直接利用

##### ④ 廃排熱直接利用

① 温泉地等では温泉の熱を利用した温泉熱利用も有効な方法です。ただし、温泉成分の長期にわたる影響を考える場合は熱交換は絶対が必要です。温泉の量にもよりますが使用量の変動に対応するためには蓄熱槽を

設ける必要があります。熱を無限に使える状況にない場合は、エネルギーステーション等と組み合わせることにより、いっそう効果的な方式となります（この場合、給湯浴槽加温等多目的利用もできます）。最も少量の温泉熱を最も有効に利用するにはヒートポンプチャラーによる熱回収等が効果的です。

② 太陽熱を、暖房等の熱に直接利用することはあまり実際的ではありません。日射量の多い夏季の太陽ならともかく、弱い冬の日差しから熱を回収するには困難な点が多くあります。まして日射のない雨の日、雪の日、夜間等に最も熱を必要とすることを考慮しますと、現状においての太陽熱暖房は問題が多いといえます。ただし太陽熱の間接的利用法（氷蓄熱ヒートポンプチャラーの解氷用）や大量にお湯を使う所での冷水の余熱用、大規模タンクの設置可能な現場の蓄熱槽加温等、ごく限られた範囲で慎重に検討した上で利用し、経済性を満足させることは可能です。

#### ③ 地熱利用

地熱が高温な場所に限ります。ガス成分の影響を受けない素材で熱交換し、無害の形にした温熱を利用します。まず液体熱媒形式をとることが必要です。気体を加温して熱媒とする場合、有害ガスの発生も考えられるので、絶対避けるべきです。

#### ④ 廃熱、排熱利用

工場、ホテル、ビル各種施設で多大な熱を排出したり、また捨てたりしている場合はその熱の利用が図れます。

例えばクリーニング工場のドレン熱や各製造加工のプロセスで発生する廃熱、排ガス熱、換気用排気熱、天井照明の熱、機械のヒーター発生熱、冷凍庫の排出熱等はその放熱量が使用量より大きければ直接利用も可能です。

一日の絶対量は間に合っても瞬間的供給量が少ない場合は、ヒートポンプ等を組み合わせ

せることが必要です。いずれにしても使用するために作る熱ではないので使用状況に対応していないのが当然ですから、熱の利用度を上げるためと不便を感じない使い方をするためには、エネルギーステーション等と組み合わせることが必要と考えます。

固型燃料、可燃性ゴミ等の焼却熱の利用もできます。しかし、固型燃料は液体、気体燃料に比べ燃焼制御がむずかしく、自動制御は特別のプラントを設計するような場合を除いては不可能に近く、また、そのようなことに費用を掛けるのは費用対効果を考えると無理があります。そこで一般的な利用方法としては、人が付いて管理している間に熱を利用、無管理な状態では使用しないように原則を定めておいて、その枠の中の熱利用をはかることが賢明な方法といえます。

このような場合の熱利用は余熱サイドで利用し、仕上げサイドは自動運転可能なインターフェースの良いシステムに組み込むことで、どのような小さな熱量でも無駄にしない合理的な方式がとれます。熱使用負荷に対応しにくい熱源という点で、太陽熱や廃排熱利用に準じて考えるべきものであり、燃料、経済性を重視するあまり、火災等の発生に対する注意を忘れてはいけません。事故を起こすと、何の目的で設置したのかわからなくなります。熱源機は単純で、安全で、耐久性のある熱量の大きなものが良い。あまりにも操作するところの多いものは不適です。また、混焼タイプはかえって不経済になります。

## 11

### 熱源による分類

現在一般的に使用されている熱源は灯油

ガス、A重油、電気（ヒートポンプを含む）が一般に多く利用され、地域により固型燃料、温泉熱、まれに太陽熱等が利用されています。灯油、天然ガス等の資源の少ないわが国では現在の燃料事情だけでなく、将来にわたる長期的な観点から考えなければなりません。一般の設備は熱源が変わると、システム全体が使えなくなるタイプが多いため、利用する熱源の選択は慎重を要します。

## ① 灯油

最も安価な熱源で、世界中で一番利用されているものです。発熱量当たりの単価が安いので、自動制御が容易にできることが魅力で、家庭用から業務用まで広く使用されています。



## ② 都市ガス

ガスにはLPGと都市ガスとの2系統があります。

都市ガスは灯油と比べると、高価ですが、第一次オイルショックのとき、灯油が払底した時も安定供給したことにより、供給に対する信頼性は増大しました。実際は、ほとんど輸入に頼る点で他の燃料と変わりませんが、灯油と比べて産出する地域が灯油ほど偏在していません。安定供給の問題は国際情勢の変化等による要因では石油より有利といわれています。

難点は、安全性の面で、目に見えない非常に引火性のある気体のため、管理がむずかしい事故があった場合、大事故になりやすいということです。そのため、高層マンション等ではノーガスマンションが随分進んでいます。石油ほど完全な意味での自動運転が簡単でないため、機器が複雑になる傾向で高級機は石油よりも高価です。

大都市のガス供給体制は安全性の面からも心配ありません。各地域のガス種が異なるため、引越し等の場合、機器が使えない場合や改造しなければならない場合、多額の改造費がかかることもあるので、各ガス種に対応する基本性能を持つものを選択することが必要でしょう。

## ③ プロパン(LPG)

都市ガスに準ずるものだから燃料コスト、安定供給、安全性で都市ガスの方が若干有利です。

LPGでも団地等で集中供給しているところは都市ガスと区別がつけにくく、公共料金の形態の都市ガスと比べ価格競争もあるので大量消費の場合は都市ガスより安価な場合もあります。

都市ガスに比べガスの発熱量は大きく火力も強く、全国的に同一品質のガスであるため、使用地域が変わることによる機器の改造等はありません。

大量消費の場合は貯蔵も法規上厳しくなっているため確認が必要です。

## ④ 天然ガス

全国各地に産出する天然ガスと、外国から輸入する液化天然ガスがありますが、ここでは小規模に産出する天然ガスを考えます。発熱量の小さいものもあり、若干、難燃性のガスもあります。そのようなガスの中には自動運転に不向きなものもあります。

供給面でもガス圧量等、不安定な場合もあるので、地域のガス供給体制を確認する必要があります。

## ⑤ バイオガス

有機成分が発生する生物系ガスです。主としてメタンが主成分で、家畜のし尿や植物の腐敗、発酵等により発生するものです。ガスの中では難燃性で、消費に見合うガス量の供給のバランスがむずかしいのがこのガスの難点です。

牧場、食品工場、製材パルプ等、有機物残渣が大量に発生する所に適します。

## ⑥ A重油

主として、業務用として大量に消費されます。

発熱量当たりの単価は、灯油より安いですが、小消費量では、価格は同等、またはそれ以上の場合が多い（主として配送の関係から）。灯油に比べると扱いは面倒で、燃焼、排気中の煤煙等、管理が必要になる場合もあります。現在では、少量消費には不向きですが、石油精製過程で産出される成分ですので、将来は少量消費の場合も価格的に有利になる可能性もあります。そのためには、小型機でもA重油燃焼機能を持つことが望ましいでしょう。

## ⑦ 電気

1 直接利用

100ワット・電気の熱を直接利用する方法は経済的ではありませんが、少量の熱量しか使用しない場合は利便性があります。

200ワット・使用状況にもよりますが、一般にある程度の量を消費する場合は、100ワットより大幅に安くなります。

2 深夜電力・第2深夜電力

発電システムの特性から不需要時の余剰電力を安価に供給して、需要を均一化させる制度です。

この料金制度が利用できる場合は、直接電力利用でも、経済的に見合う数値になります。

### 3 ヒートポンプ

電力の形の変った利用法として、ヒートポンプ方式があります。この方法はモーターが消費した熱量（直接消費量と同等）の3倍から、3.5倍ぐらい有効に熱回収できます。

つまり、カロリー当たりの電気料金が通常電気料金の三分の一から三・五分の一になったとも考えられ、非常に経済的になります。

しかし、本来高価なカロリー当たりのコストが、灯油・ガスと比べるようにするには、100<sup>ワット</sup>の平常電力では無理で、200<sup>ワット</sup>を使用し、電力コストを下げます。

蓄熱タンク等を利用し、深夜、第2深夜料金の適用を受けます。蓄熱運転奨励制度を利用する等の方法をとれば、経済的に有利なシステムになります。

氷蓄熱式ヒートポンプでは、冷房時期をずらすことと、均一運転方式で機器能力を大幅に節減できます。そのため、電力基本料金、受電設備等のインシャルコスト、ランニングコストとも、低減が図れます。

## ⑧ その他の熱源

### 1 太陽熱

太陽熱を暖房に应用することは思っているほど得てはなりません（原則的には不利です）。太陽が最もその威力を発揮する夏の日差しを前提として、太陽熱利用を考えると失敗します。

太陽熱を冬季利用する場合は弱い日差しと短い日照時間、低い外気等を考慮して設計、施工する必要があります。

実用に耐える設備にするには相当の設備費を必要とし、大掛かりな設備をしなければ不可能です。それらの機器の耐久性、維持費等を差し引いて経済性を得るには現在の燃料コスト、設備費では困難といえます。

大気熱、太陽熱は低レベルの熱（低い温度）を大量に得るのに有利な方法です。冷たい水を大量に加温して、数度温度上昇させて業務用給湯の水源とし、それを仕上げ機能付きの熱源で設定温度まで上昇させて使うというような、一定条件下でこそ有利性を発揮します。また、近年開発された氷蓄熱式ヒートポンプチャラーの氷を解氷する場合のように、低レベルの温度で大量の熱の復元をする場合に有効です。

まれに太陽熱で大量の蓄熱水を加温し、輻射熱暖房に用いるケースもありますが、設備費対経済効果等を無視した実験段階で、それぞれ貴重なデータを今後のために収集するた

めに行われているのです。

### 2 温泉熱

温泉が湧出する地域のみしか利用することができないのが残念ですが、地の利を活かした利用方法を用いることで非常に経済的なシステムが構成できます。低温だが湯量が豊富な温泉、高温だが少量の温泉、硫黄分の強い温泉、成分は多いが、温度の低い温泉等、千差万別です。

個々の温泉に対するレポートは、別に報告する機会を持ちたいと思います。

### 3 固型燃料（雑燃料含む）

地域、職種により大量に可燃物が発生する場合は、その可燃物の始末及び有効利用には頭を悩ませます。燃料が高価な時はその経済効果が得やすいのですが、燃料が安価な時はかえって不経済になる場合もあり、一概には評価できません。一般に固型燃料は制御がむずかしく負荷に対応することができませんので、余熱源として用いることをおすすしません。余熱された熱を優れた仕上げ機能を有するシステムで有効に利用する技術は、近年長足に進歩しています。

## 第4章

# 快適環境を実現するために 快適環境を實現する ための方式選びのヒント

# ① 輻射熱暖房の熱量はどの程度必要か

空気を暖める形式の暖房（従来暖房）と異なり、輻射熱暖房はその必要熱量よりも、身体に与える輻射熱の照射状況でその効果が大きく左右されます。わずかな熱量であっても効果的な輻射熱の照射があると十分な暖房感があります。

また、輻射熱が他の熱の伝わり方（対流熱伝導熱）と大きく異なるのは、集積効果があることです。このため、目的物だけ暖めて余計な場所、物を暖めないことも可能です。目的物のみを高温照射することも可能です。

光と同様な性質を持つ輻射熱の放射装置は、今後、大発展をするといわれていますが、その過程で未成熟な技術の暴走を避けるためのチェックも当然必要となります。

輻射熱暖房の代表のようにいわれている、「オンドル」も下部から上部に向けて輻射熱を放射するタイプの輻射熱暖房のひとつに過ぎず、他に壁面、天井から照射するタイプ等、多様なバリエーションがあります。このフロアヒーティングは輻射熱の他に足、腰等床に接触している部分である程度の伝導熱も発生していますが、この伝導熱が仮になくても暖かさは十分にありまます。逆にフロアヒーティングシステムにとっては、この伝導性という不確定要素があるために熱量計算等がむずかしいものになっています。

例えば、身体に接触する部分が体温より高温である、「低温やけど」の危険性が多分にあり、確実に、電気カーペット等で多く発生しており、製品取扱説明書には必ず注意事項として記載されています。また、家具、什

器、楽器、植物、動物に与える影響等、接触するがための問題は沢山あります。

それゆえに熱源と直接、接触しているか否か、温度は高いか低いか等の検討が非常に大切になるわけです。

このような諸要素を考慮しなければ熱量計算は決定できませんが、一般的に従来から使用されている数式は、対流暖房の三分の一、平方メートル当たりの必要カロリー数は、80 kcal程度といわれています。この数値の根拠は前に述べたような経験からの最大公約数的な数値です。実際には、この数値以下ですむ場合と、不足する場合があります。この過不足は家の造作とか、使用状態等の要因が各現場でまちまちのため、輻射熱発生パネルの原因ではありません。

しかし、現在の住宅は一般的に高品質化しているため、この80 kcal/m<sup>2</sup>の数値は、ほとんど小さくなっています。最終的には、外気に奪われた熱量のみの補充ということになります。

輻射熱は、人体からも発生しています。もし、私達が放熱のない箱に入ったとしたら、暖房設備がなくても十分に暖かいはずです。さらに内面をアルミ箔等、反射率の高いもので内張りをしたら、身体から出す輻射熱の反射作用で、汗ビツシヨリになるでしょう。この原理は、美容、減量用レオタード等に応用されています。

基本的には、放熱がなければ消費熱量は、ごくわずかですみますが、実際は屋外の景色も見たいし、外気、外光の取り入れのための窓の開閉、台所の排気、出入り時の外気流入、建物自体の放熱等、諸要素を勘案したものがその建物の熱負荷となります。従って、負荷の大きな建物は、輻射面積を内壁まで広げる方法や、場合によっては対流暖房との併用で暖房感を補うこともまありまます。

低い温度設定で熱量を算出しておきますと、熱負荷が設定値より大きくなった場合や、予

想外の寒さの場合に対応できる余地が残っているため、有利となります。

高温設定方式のものは限界能力のため、対応できません。高温式は、別項のようにこの他にも種々問題があります。

# ② パネル・パイプの防錆防食

長期間使用するシステムにあつては、部材の耐久性は重要かつむずかしい問題です。まず、材料として樹脂系は紫外線、熱変化、薬品、水による劣化、経年変化等、不確定要素が多く、30〜50年、またはそれ以上というようなレンジでの耐久性を期待することは到底できません。一方金属系はといいますが、鉄は物理的強度はあるが、耐食性はなく、ステンレスは合金であるため、粒間腐食の恐れがある上、加工性に若干問題があります。銅は銀に次いで熱伝導性がよく、耐食性のよさは古い社寺の屋根の保存状態や、古くは銅剣、銅鐸の存在からも推察がつかまます。加工性もよく、滅菌力のあることもよく知られています。

この他、アルミ、マグネシウム、合金等も考えられますが、色々な点からこれらの実用性には疑問があります。ここで、耐久性に最も影響を及ぼす腐食について、その一般的な要因を述べまます。

## ① 電気イオンによるいわゆる電食現象

金属には起電力作用があります。高いレベルから低いレベルにイオンが流れる時、ちょうど電気メッキの原理のように物質が侵されます。これは、同一金属を重ねた場合でも起

こります。まして異種金属ならば強い電位を発生させ、部分腐食を起させます。

銅の樋とブリキ屋根の接触部分でこの現象がよく見受けられます。銅は電氣的に強い金属です。電食現象を利用したものが、犠牲防食というサビ止め方法で船舶の船体や、パイプライン、港湾設備等で広く応用されており、そのための亜鉛合金も開発されています。

俗にいうトタン—亜鉛メッキ鋼板—や、メッキパイプ—H鋼や、ブリキ—錫メッキ鋼板—もこの原理を応用した最も簡単で、経済的な防錆方法です。ボイラー等にマグネシウム電極棒を挿入して防錆を図っているのも同様の理由です。

この犠牲防錆法は、電位的に負なる金属が侵されて、本体金属を守るわけですが、負なる金属が消滅してしまうと本体自体が侵されてしまうので、重要部分に使用するには疑問があります。30〜50年、それ以上の耐久性を持たせるためには、この電食を防ぐことが重要で、イニシャルコストが多少上がっても全てに銅を使用するのが理想的です。

## ② 化学的要因による腐食

### 「塩素化合物」

安定した金属といわれる銅といえども、化学薬品、空気中や水中の酸素には反応してしまいます。

近年、水道パイプ系統の寿命が著しく短くなったといわれていますが、これは水源の汚濁により、浄水場での殺菌、滅菌処理が強い薬剤で処理されていることと無関係ではありません。

この薬剤処理には主として塩素系を使っています。水道水中のこの残留塩素が腐食の原因となり、以前なら30年位寿命があった水道用亜鉛メッキ鋼管が現在では10年程度に縮まったといわれています。このため、これら水道管には鋼管または、樹脂ライニング鉄管が使

われ出しています。

### 「酸素」

空気中に存在する酸素は、水中に含まれると溶存酸素といい、水中生物には必要ですが水と接触する金属には好ましくありません。これは空中の酸素は他の気体同様、安定して不活性化していますが、気泡となって浮上する溶存酸素や蒸気中の酸素は、O<sub>2</sub>またはO<sub>3</sub>そのもので、ほかの物質と化合しやすいと考えられています。

例えば、空気中で高温にさらされている金属や、満水状態のボイラーは、さほど腐食しないのに、雨にぬれた金属の蒸発面や、水面と空気面の界面、いわゆるスプラッシュゾーンにある金属の腐食進行が早いことはよく知られています。

いずれにしても、水中生物には有用であっても、金属には好ましくないこの溶存酸素による腐食を防がなければ、耐久性は期待できません。これを防止するため、業務用ボイラー等に脱酸材を混入することもありますが、沈殿物の蓄積となり、管のつまり原因ともなりかねず、100%の対策ではありません。

### 「アンモニア、塩類、硫化物」

自然界にあって、金属はすべて化合物の状態として存在し、人間がそれを加工して不純物を取り除く—利用しているわけですが、金、プラチナ等一部を除き各金属は、元の姿—化合物—に戻る性質を持っています。

サビやすい金属とは化合しやすい金属であり、この点、銅は比較的安定している金属ではありませんが、アンモニア、各種塩類硫化物等と常時接触していることは好ましいことではなく、これら化合物と絶縁することが望ましいのです。

当初、封入する熱媒には、ある程度、金属に対する有害物質が混入していますが、これは問題ではなく封入以後の絶縁が最重要といえます。というのは、当初の有害物質は極めて少量で有限であるのに対し、以後継続的に混

入することは無限の量であるからです。当初混入しているかもしれない塩素、酸素等の酸性物質、アンモニア等のアルカリ物質は、ある程度の悪影響を管に与える可能性があります。が、金属と反応後は有害成分ではなくなり、後は、無害成分だけが存在するというようになります。

このように、不活性化した溶液は、金属にほとんど影響を与えず、長く安定した性能の熱媒として使用できます。補給水等の継続送入は、有害物質の継続補給となるので、厳に慎むべきです。つまり、補給水の量や経費、手間の問題ではなく、補給水が持ち込む塩素系物質、溶存酸素等の金属に対する有害物質が問題なのです。

## ③ 物理的要因による腐食

物理ストレスによる金属腐食としては、概略次の要因があげられます。

① 流体との接触による粒界腐食（いわゆる虫食い現象）。

② 高流速液との接触によるキャビテーション（バブリングともいう）。

③ 高温による腐食、変質。

④ 応力の継続、または残留応力による腐食、金属疲労、脆化。

⑤ 熱収縮膨張による金属疲労、脆化。

このようなストレスは、その要因をできるだけ取り除くことと、最小限残った要因に対応することが必要です。

すなわち①②のキャビテーションに対しては、大口径の管を使用し、低流速化を図ることが肝要です。③の温度に起因する腐食、変質には、常温に近く温度設定しても暖房機能が低下しないようなシステムが必要となります。

また最小限の収縮については、あらゆる方向に対して考慮が必要です。④の応力に起因することは、パネル構造を柔構造化すること

によって、対応するメカニズムで解決します。管と管との接合部はどのようにしても非常に無理な応力がかかります。いわゆるロー付けの場合、パイプの材質と接合材（ロー棒）を高熱で触着させるため、局部昇温があり、その部分の材質が変化し、脆化または軟化します。適正、適切な作業では起こりにくいことですが、現場で多数の個所に正しく作業することは事実上不可能であり、科学的な検査もできません。また、半田等の接着は、金属部を前処理しなければならず、少しでも残った前処理液（塩素系）が長時間で、部材そのものを侵食していきます。

いずれにしろ、冶金的接着は、応力が残る上、不完全であり、これらの欠点を解決するには、火を使わないことです。

ドライジョイント方式で、プラス応力を残さないフレキシブル継ぎ手が完全な対応策です。

### 3

## 管の詰まり対策

水にはカルシウム、シリカ、硫酸、灰分等、管のつまりを起こす物質が混入しています。

洗面器や薬缶の水を蒸発させると、内側に白い物質が付着しているケースはよく知られています。蒸気ボイラー等では、この物質（硬度成分）をスケールといい、熱効率の低下防止と安全のためにこのスケールを定期的に除去することが法的に定められています。

これは、蒸気ボイラーは液体を蒸発させるため、スケールが特に著しく付着するからです。

温水ボイラーでは蒸発現象がないので、この意味のスケールはありませんが、放射熱暖

房のように長い管、延長を有するシステムでは熱媒液が空気と接触している所では必ず蒸発現象が起きます。これをカバーするため、少量の補給液が必要ですが、問題は長時間に行うことにより、熱媒液が濃縮され、スケールの蓄積となり、管つまりを起こす可能性があります。特に口径の小さいシステムでは、問題があります。膨張タンクが開放、または空気と接触している場合は、これらのスケール対策が必要です。

### 4

## 管路における流量調整

放射熱暖房の流量調整は、長い管延長と管内状況の把握ができないのでむずかしい面がありました。しかし、未調整のまま施工することは並列設置の場合、流量のムラがそのまま立ち上がり時間のムラとなり、暖房能力すべてに関係してきます。はなはだしきは全く暖まらないケースさえあります。対応策として、放熱部の各分岐にバルブコックを用いる方法が多いようですが、仕上がり床の中にこれらを設置することは、保守修理と調整操作の煩わしさは、否めません。これらの対策としては、フレキシブル継ぎ手のオリフィス効果を利用し、1系統から数箇所への分岐を流量に過不足なきよう、自動的に調整します。

### 5

## パネル部の柔構造とは

〔熱伸縮に対して〕  
放射熱暖房における放熱部加熱による体膨張、線膨張は柔構造によって吸収し、熱変型に起因するユガミ、曲がり、スキ間等一切生じないように設計します。従って、漏水等は考えられません。

〔建物のユガミ変形に対して〕  
木質系、SRCの建物は常に微妙に動いています。またRCも地震の際等には大きくゆれ動きますし、建物一般に長期間使用している間にゆがんで来る場合もあります。

柔構造タイプのパネルは、これらの軽度の建物変化に微妙に追従し、機能低下や機器の損失を招かないよう考慮されています。

余談ですが、直接式のオンドルや電熱線埋設タイプでは、一酸化炭素漏れで死傷者が発生したり、床クラックによる感電で家畜に被害が出ているケースもあります。

### 6

## 凍結対策

水は凍ると流動性を失い体積が増加します。凍結が度重なると、管回り等機器の破損につながってくるので、不凍対策が要求されます。通常は、低氷点液（不凍液）使用で対応しています。良く知られているグリコール系や、アルコール系、シリコン系等、いろいろあります。

〔不凍液選定のチェックポイント〕

- ① 万一、口中に入っても無害であること（食品添加認可物質）。
- ② 液の熱容量が大きいこと。
- ③ 不凍性能が良いこと。
- ④ 経年変化がなく、またあってもわずかで済むこと。

# 7

## 結露対策

結露は暖かい空気に冷たい物体が触れると発生します。結露状態は、その時の温度差と湿度によって異なります。一定温度の空気がある温度まで下げて結露した時、その温度を露点温度といえます。

建物の場合、冷たい物体とは外気に接触している外壁です。

外壁から伝った冷気は、中壁に伝わって室内の暖かい空気と接触しますので、ちょうど夏のビールビンのように露点温度となったときに結露します。

- つまり、室内温度が一定ならば、
- ①室温が高い程、結露しやすい。
  - ②外気温が低い程、結露しやすい。
  - ③壁の熱伝導率が高い程、結露しやすい。
  - ④壁を二重にしても、外壁の中側で結露しやすい（内壁から熱を逃げないようにして、外壁、内側温度が上がらないようにすれば別です）。

- これらの対策として、
- ①室温をあまり上げない。
  - ②外壁の断熱を十分に作る（二重壁の場合も同様）。

が、考えられますが、一般に同一条件の建物では、輻射熱暖房の方が結露に対して有利です。その理由は①室温を上げない（対流熱暖房と比べ低温でも暖かい）、②乾燥しないので、加湿する必要がない、③過度の温度上昇がない、④石油、ガス燃焼時に水蒸気が発生し、結露原因となるが、燃焼がないので、その心配がない。

# 8

## 管内気泡除去対策

液体を熱媒とする輻射熱暖房において施工上、最も注意を要するのは、管内気泡（エア）の問題です。循環ポンプは本来、押し上げ吸い込み機能を考慮していないので、管内気泡があると機能しません。

管末が開放されている給水、給湯管のようなものも、気泡の発生により、水・湯が出なくなることもしばしばあります。このような状態をさけるため、山型（鳥居型）配管を避けたり、またどうしても避けられないときは、空気抜き弁を設置します。

このように管末が解放されている系統においてさえ気泡の問題はやっかいなことです。これが閉鎖されている場合は、通常のラインポンプではほとんど循環しません。従って、一般の暖房では、気泡を管内に留めないよう回路に一定の勾配をつけ、頂部にエア抜き弁を取り付ける等の配慮を系統の全部に徹底させ、機能させているのが現状ですが、通常、ファンコイル暖房の何十倍、何百倍にも及ぶ管延長のある輻射熱暖房では、その困難は並大抵のものではなく、一般設備業者には、敬遠されがちです。

この気泡問題は、工事完成当初だけでなく、使用中も継続的に発生する問題ですから、定期的に放熱機や管頂部の空気に注意してなければならず、使用者にとって大変不都合です。現在比較的安価になった空気抜き弁を使用し、屋内管頂部や気泡の滞留しやすい所に安易に設置するケースを見受けられますが、自動エア抜き弁も保守点検しなければ、正常に機能しない上、ゴミ、錆等により熱媒をたれ

# 9

## 健康に与える影響

流しているケースもままあります。屋内のどの位置にしろ水が漏れているのは問題ですし、水漏れ用の排水管自身がエア溜まりのため、機能していないこと等々で、問題の完全解決にはなっていないようです。

こうした点を解決した新技術も開発されています。液体と気体の性質の違いから循環に障害が出るのですが、逆にこの性質を利用して液体の熱膨張を吸収させるエキスパンションの役目を、除去した気体にやらせる方法です。

### 【長所】

対流式暖房は、空気を加温するだけですから「暑い」だけです。「暑く」ても「暖かくない」場合や、「暑くなく」ても「暖かい」ケースは、私たちがしばしば経験していることです。

「暑い」とは「暖かい」の上位レベル表現ではないということ。つまり「暑い」は温度感を表し、感覚的（肉体的）には危険度の表現ということ。空気だけを熱して暖かさない温風暖房に比べ、温度は高くないが暖かさのある輻射熱暖房の方がより健康的といえるでしょう。

例えば、家庭の風呂では暖まらないが、銭湯の風呂は床や壁から出る輻射熱のため、身体の内から暖まります。これは、熱容量の大きい建物、物質は最終的に輻射熱を放射しているということにほかなりません。

これら医学上の諸点は現在専門家に検討願っています。現象的には、

- ①頭が熱くて、足腰が冷えることがない（頭

寒足熱です。

- ②乾燥要素がないので快適。
  - ③室内上部温度が対流式に比べて、低いから呼吸気、煙草の煙、体臭等が上部に上昇し、降って来ないので室温環境がよい。
  - ④対流がないので、ホコリ、ゴミが舞い上がらない。
  - ⑤燃焼ガスによる空気汚染の危険がない。
- 等々の利点が、利用者に喜ばれているのは事実です。

#### 〔短所〕

輻射熱暖房の床設置方式では、温度を上げすぎて使用しますと、

- ①身体が放射熱面と触れている時、ヤケドの危険性がある。
  - ②ホテリの発生を生じる。
  - ③熱すぎる床に長時間寝をべつっていると、血行が不自然となりダルサを感じる。
- 等の現象があります。

そこで問題となるのは、表面温度を何度におさえるかということですが、現状では体温以下ということと通常使用は30度C以下です。長時間寝をべつたり、座つたりしても体温以下なら不快感や前述の現象は起こりにくいようです。

なお、現在当協会が中心となり、健康温度、安全温度の研究を進めています。当面30度C以下としています。いずれにしろ、30度C以上の高温使用は非常識と考えられます。

#### 〔高温となる理由〕

直熱式電気カーペットのように熱源温度が高くなるのは、①敷込面積が、何らかの理由で小さいので、高温にしないと暖房感がない。

②すべての敷込面積をセンサーで温度制御できないので、センサーのない所は過熱しがちである。



③ヒーターが熱くなると、電気抵抗が増えます。つまり過熱する。

④センサー故障の場合、等の理由によりです。

この他、高温弊害としてチクチク刺すような刺激感もあります。

間接式であっても高温水式の場合は、①床、パネル面の流量が少ないためと熱源温度を上げて熱量供給をはかる。

②十分な敷込面積がない場合、使用温度を上げて暖房効果を得ようとする。

③センサー能力不足のため、温度管理が不完全。

等の理由により、高温使用のケースがあると、考えられます。

ところが最近、高温使用をあたかも高性能のように宣伝しているメーカーがあり、問題となっています。

敷込面積が少なければ設備コストも安上がりとなりいつけん割安な感じがします。これに飛び付いたユーザーこそ後で馬鹿を見るということになります。このようなメーカーは輻射熱暖房の健全な発展を妨げこそすれ、尽力しているとはいえません。

輻射熱暖房が安心して幅広く利用され、その省エネ性、快適性、健康性が社会に役立ち利用者から感謝されるまでには、まだまだいくつかの課題があるといえます。

これらの解決には、今後関係者一同のいっそうの研究、努力等、業界全体で一定レベルの合意を得るべく努力しなければ達成できません。現状ではユーザーはどのシステムを選択したらよいか、総合判断に迷うばかりです。

## 10

### 植木草花への影響

輻射熱暖房をした部屋の草花、観葉植物が非常に生き生きと、長持ちするということは、実際数多く見受けられます。これは、過度の加温、空気乾燥がなく、植物が活性化しているからと考えられています。植物は本来、太陽光線により生態活動を行っていますが、輻射熱照射がそのメカニズムによく似ている上、葉で行う光合成、外皮の年輪、茎の構成要素がより自然に近い状態を接続しているからといわれています。このような現状から現在では、温室栽培、培農園の方々もその省エネ性生産物の品質向上、ロスの減少等に注目して、温室加熱を輻射熱暖房に切り換えるケースが出ており、数か所の温室実験場で、データ取得の作業を行っております。

## 11

### 建物・家具・調度品・楽器等に与える影響

輻射熱暖房は室温を上げる対流式と異なりあまり室温を上げません。せいぜい20度C止まりで通常はそれ以下です。従って、建物・家

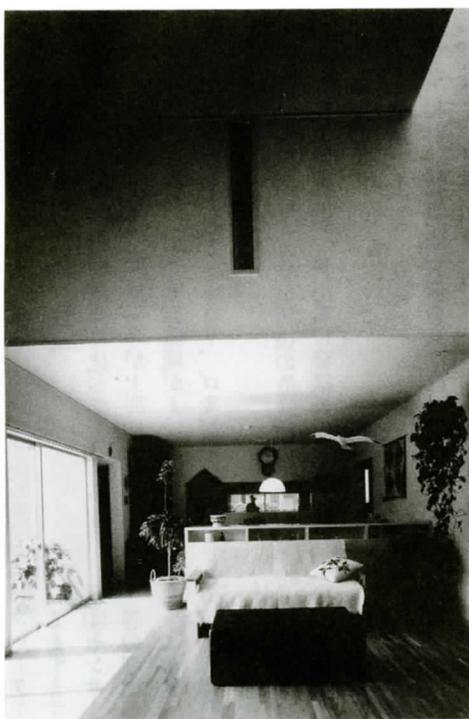
具・調度品に与える影響は極めて少ないので  
す。放熱面からの熱伝導も、直接式や間接式  
(高温の場合)ほど心配ありません。湿度は、  
対流式暖房の部屋上部温度のように30度Cを  
超え、しかも乾燥している状態と違い、春秋の  
気温と同等で自然に近いので、悪影響は全く  
なく、逆に年間室温の差があまりないので、  
ピアノの調律には好都合という専門家もいま  
す。

## 12

### 湿度の影響

#### 「多湿の場合」

輻射熱暖房において熱媒体に水を使用する  
場合、湿気を心配される方々もいるように  
が、管内溶液の滴り、漏れは一切ないので、  
この面の湿気は全く発生しません。それより  
も、従来暖房でガス、灯油が燃焼時に発生さ  
せるCO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>Oの水蒸気やファンヒーター、  
ファンコイル使用時の加湿器からの水蒸気、  
超音波加湿器からの湿気が壁や衣服のシミを  
作ったりすることが問題となっています。こ



の点輻射熱暖房は、全く安心です。

## 13

### 燃料費

種々の暖房方式の燃料費の大小を比較する  
ことは、条件設定がむずかしいのですが、こ  
こでは一定の状況を想定して、暖房方式の違  
いによる燃料費の差を検討してみます。

つまり、熱源、熱源機、建物、暖房の使用  
時間、その温度、給湯、浴槽加温の有無、そ  
他の熱利用の有無等が同一とした場合、対流  
式暖房と輻射式暖房の燃料費の差は、暖房に  
ついては室内側で約二・一で輻射式が節約で  
きる計算となります。

しかし、実際はこの比率で燃費が節約でき  
るとは限りません。なぜならば、

対流式：室内消費量+機械の運転ロス+管  
部の放射ロス  
輻射式：室内消費量+機械の運転ロス+管  
部の放射ロス

という形となり、基礎的熱損失量を加味し  
て考えると一般に60%位節約になると考えら  
れます。また、その他の熱  
負荷、給湯、浴槽、加温等  
ある場合は、

対流式：室内消費量+給  
湯+浴槽+機械の運転ロス  
+管部の放射ロス  
輻射式：室内消費量+給  
湯+浴槽+機械の運転ロス  
+管部の放射ロス

となりますから、実際には  
全体の2〜3割削減とな  
ります。

また、ファンヒーター、

石油ストーブ等との比較では、  
対流式：室内消費量+ロス  
輻射式：室内消費量+ロス(機械の運転ロ  
ス・管部の放射ロス・缶体の残量)  
となります。

つまり、ファンヒーター、石油ストーブ等  
の小型暖房機器では、機器、配管等の熱損失  
(ロス)が輻射式に比べ少ないため、室内消  
費量の格差分が輻射式の熱損失と相殺される  
ので、暖房が小規模になる程、節約率は低く  
なる傾向になります。

(日本高度輻射熱利用促進協会)会長・杉靖  
三郎(資料より)



## まとめ

これまで、いろいろなチェックポイント  
を設定し、考察してきましたが、居住空間には  
どのような方式が適しているか、ここでま  
めてみましょう。

## ●方式

小規模(10平方メートル)の場合は、直熱式(電気カーペット)が軽便で有利です。中規模(住宅程度)以上では安全性、快適性、経済性の三大要素を始め、各項目すべてに間接式が圧倒的に有利です。

## ●温度

低位温熱(30度C以下)が安全性、快適性、経済性の面から適しています。

## ●工法

ユニット型が均一の品質が得られ、工期、工費とも有利です。

## ●施工法

完全乾式工法が均一の品質が得られるため有利で、素人でも施工でき、設備費の低減化が図れます。

●サビ、水漏れ、管のつまり等に対する基本適性を保持しているか  
定量、完全密閉式が最も理想的です。

●長期にわたる保証とその根拠は明確か  
合成樹脂の長期耐久性は未知数であり、当然、長い歴史を持った安定した金属である銅管が有利です。しかし、銅といえどもまったく腐食しないわけではなく、十分に対応策を講じているものを選ぶことが大切です。

●暖房効果が出るまでのスピード  
仕上材にもよりますが、速熱式の方が使用に当たって利便性が得られます。

●放熱部の耐荷重性能  
ピアノや本棚、オフィスではコンピュータや各種OA機器が入るため、放熱部の耐荷重性能は大きいほど適しています。

●敷込面積  
自然の暖房感を得るには、できるだけ広く布設することが肝要です。部屋の形状に合わせ敷き込みができるものがよいでしょう。十分な敷込面積が得られないタイプのものは、温度を高温にしなければ暖房効果は上がりません(高温設定は種々の弊害を生じます)。

●管及び放熱板の接合

接合部は種々の無理が生じやすいため、同一材質で応力対応(吸収)できるものが長期間安心して使う上で望ましい。

●建物のゆがみや地震対策  
あつてはならないことですが、建物も長期間のうちにはゆがむ場合もあります。また、日本は地震国ですので、地震対策も考えておく必要があります。このような点まで配慮したメーカーのものを選ぶ必要があります。

●凍結対策  
液体を熱媒に用いる場合は、凍結に対する対策が必要です。不凍対策は現在、ブライン(自動車の不凍液のようなもの)を使用しているものがほとんどです。このブラインは不凍効果を得るためだけに、防錆対策は別途考えなくてはなりません。

●熱源  
家庭で用いる場合は方が一を考えて、食品添加物認定品等の安全なものを選びます。使用上、成分の確認を忘れてはいけません。

●熱源機  
温度調節器がセットされるタイプの熱源機(温水機)であれば、基本的には使えます。しかし、安全性、設置スペース、経済性、利便性を考慮した場合、凡用機能がある多機能型がよく、熱源も石油、ガス、電気等に対応できるエネルギーレーション型が理想的です。対流式暖房に比べて低燃費ですみますが、熱源機出力は大きいものがよいでしょう。

●制御方法  
完全個別対応できるものが適しています。単一ポンプ式のものでは低負荷時に無駄が生じ、ポンプに無理がかかって維持費もかさむ傾向がみられます。制御はシンプルにまとめ

るものの方が安全で、使いやすいでしょう。

## ●室内放熱部のメンテナンス

放熱部にメンテナンス個所のあるものは面倒で、メンテナンスフリーが理想的です。

## ●タイマーによる自動運転

タイマーによる自動運転は、朝起きたときに暖まっているので好評です。別荘等でテレホンコントロールを使う例もあり、それらに対応できると便利です。

## ●仕上材の制限

現在の板張りブームを見てもなく、住まいの仕上材は板張りが理想です。これからのフロアヒーターは板張りに施工できることが必要条件となります。タイルや石貼り、じゅうたん、タタミ等、各種仕上材に対応できるものであることはいうまでもありません。

## ●システムをシンプルに機能させる

熱媒に液体を用いたフロアヒーターでは、そのシステムを機能させるために、液体をスムーズに循環させなければなりません。一般の温水式のファンコイル暖房と違い、管の延長が長大で、しかも1階、2階、3階等、設置面に高低差がある場合には、管内に滞留する気泡のため、循環がスムーズに行かないことがしばしば生じます。

このような現象が起こるため、熱媒式のフロアヒーターはむずかしいとされてきました。そのため、管の頂部それぞれにエア抜き弁を取り付け、点検や操作を複雑なものにしました。この問題を解決し、完全個別対応型においても室内にエア抜き弁等を用いないで、室内側をメンテナンスフリーとした技術もあるメーカーでは完成しており、工法特許として認定されています。優れた技術で設備できるだけ簡略化し、設備費の低減化と操作上のわずらわしさをなくすことは、大事なチェックポイントです。長期間にわたり、地道に数多くの現場を施工している専門メーカーの技術には、短期間では達成できない蓄積があり、信頼がおけます。

# 輻射熱暖房を考える

フロアヒーティング

その健康性、経済性、安全性を徹底解剖



定価 1500円 昭和63年5月15日発行  
発行所 株学習研究社  
東京都大田区上池台4丁目40番5号  
電話03東京726-8201  
振替口座番号・東京8-142930  
113-175-10

発行人 今井建一郎  
編集人 田口隆成  
印刷所 大日本印刷株式会社  
製本所 大日本印刷株式会社  
落丁、乱丁本はお取り替えいたします  
©GAKKEN.

我が家には  
やすらぎがある

我が家には  
くつろぎがある

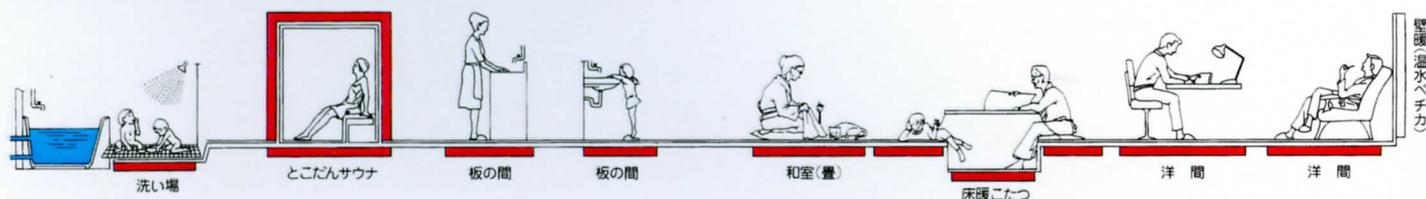
我が家には  
夢がある

# 皆さんの健康に貢献するフロアヒーティング



「やっぱり床は板張りが良い……」という方々が増えています。

輻射熱暖房で板張りに完全に対応できるのは常暖パネルだけです。



日本高度輻射熱利用促進協会会員  
西独アルコ社相互技術提携

**FPA** 富士プラント・アルコ株式会社

本社・ショールーム 〒160 東京都新宿区西新宿3-7-28 宝幸西新宿ビル10階 電話03-348-3801  
工場 〒401-03 山梨県南都留郡河口湖町小立1909 電話0555-73-1511

オートバスシステム  
システム管理の  
**ABC**  
Automatic Bus Controller