

天井放射冷暖房パネルの設計ガイド

(DG-01 Ver. 1.0)

2022 年版

複製を禁ず

一般社団法人 放射・輻射冷暖房協議会

The Association of Radiant Cooling and Heating systems of Japan (ARCH)

目 次

1 章	放射空調の概要とシステム構成	3
2 章	放射空調の長所と短所	4
3 章	放射空調の建築的前提条件	5
4 章	各空調負荷構成と各々の負荷対応について	6
5 章	放射パネルの設計・選定	7
6 章	放射パネル (RP) の適正配置	13
7 章	配管設計	14
8 章	自動制御	18
9 章	熱源方式、インフラ条件	20

1章 放射空調の概要とシステム構成

省エネ性と快適性を両立できる方式として放射空調方式が注目されているが、ビルオーナーや設計者等の関係者から「原理がわかりにくい。特徴・メリットを説明しにくい」といったご意見をいただくことが多い。そこでまず、放射空調の原理、特徴、システム構成を図 1-1 で説明する。

1.1 放射の原理

人間と環境との間の熱エネルギーのバランスには、主に空気温度、放射温度、湿度、気流の環境側の 4 要素と、着衣量、活動量の人体側の 2 要素が影響している。人間は代謝によって産みだされる熱(産熱)と、人間から環境に放出される熱(放熱)のバランスをとって、体温が一定となるように体温調節を行っている。体表面から環境への放熱には、主に伝導、対流、放射、蒸発の 4 つのモードがある。もしも、産熱よりも放熱が多ければ寒さを感じ、放熱よりも産熱が多ければ、体に熱が貯まり暑さを感じる。日常生活において、壁や床、天井の表面や窓ガラス面、また太陽から、それらに直接触れていなくても、熱のエネルギーを感じることは多い。これは、熱放射としてのエネルギーのやりとりが行われることにより生じる温冷感である。

放射の冷暖房は、天井の放射パネルによってこの熱移動を積極的に利用することで、快適な放射環境を形成するものである。同方式は、室内空気との間では対流熱交換をするが、人体、床、壁、家具等とは放射によって持続的・直接的に熱交換をすることになり、意識されない中立的な快適性をもたらすことができる。多くの建築資材は表面放射率が比較的高く、放射熱を吸収・再放射して放射環境を形成し、熱的快適性をもたらすことができる。

図 1-1 放射空調の概要とシステム構成



1.2 放射環境の特徴

- ・部屋全体を風でなく、放射によって冷却・加熱し、人体からの放熱を直接吸熱・抑制する。
- ・対流の風を使用しない冷却・加熱により、人体に中立的な快適環境を提供する。
- ・ドラフトがなく、騒音も最小である。
- ・結果として、快適で健康的な環境をもたらす。

2章 放射空調の長所と短所

2.1 長所

(1) 快適性

- 人体の放熱特性は放射と対流と蒸発によるが、放射空調方式は、現状の一般的な対流による室温だけでなく、平均放射温度と両方で制御するため、温熱的快適性がより満足できるものである。
- 放射空調は他の空調システムに比べ、快適レベルを向上することができる。なぜなら、空調冷温風を必要とせず、換気は必要最少量だけでよく、放射で顕熱負荷を直接的にやり取りできるからである。
- 可動部がなく、ファンコイルのような騒音が発生しない。

(2) 省エネ性

- 室内の温熱快適性に対する室温と放射温度の平均(作用温度)を維持する中で、室内の平均放射温度を主として制御することにより、暖房時には室温を多少低くし、冷房時にはより高くしても快適性を確保できる。結果的に冷暖房負荷を低減できる。
- 放射空調は、高温冷水と低温温水で他の冷暖房設備の下流(2次冷水として)に直列的に接続可能であり、エネルギーの効率的利用をもたらす。
- 放射空調は、排熱や低エンタルピーエネルギー源(井水等)およびヒートポンプにより、冷温水を直接接続することができ、不要な機器(空調機等)とその運転を必要としない。広く選択できる運用温度は、最小コストで最大の熱的効率での最適設計を可能にする。
- 送風量は必要換気量のみで再循環が不要となり、省エネである。
- 室内各種設備や要求諸元(潜熱・顕熱、空気質、風速等)が、それぞれ単独かつ相互の影響なしに制御・対処でき、システムの最適化が図れる。

(3) メンテナンスの分離

- 空調された部屋内部に機械設備機器を設置する必要がない。この特徴は、病院、ホテル、オフィスおよび高 cleanliness の必須な空間、または内部にメンテナンス等が入ることが許されない高度な空間に対して有効である。外部からメンテナンスができ、感染の防止、ファイバジーの確保、セキュリティーの確保ができる。

2.2 短所: 結露防止対策 (参考文献ASHRAE)

- 単独の放射空調システムでは、除湿による放射パネル表面の結露防止が最重要事項である。従い、室内空間の潜熱処理空調システムを採用しなければならない。
- 不適正な制御や放射パネルの取り付けは応答時間の遅延を招く。
- 放射パネルの系統毎の不適正な接続数や冷暖房熱源の選定は、放射パネルの不均一な表面温度分布と熱源容量の不足の要因となる。

3章 放射空調の建築的前提条件

建築の省エネ性、内部空間の熱的居住環境の快適性は非常に重要で、外皮断熱性能、室内表面温度の均一性、気密性の高度化が不可欠である。

3.1 外皮性能と室内表面温度

- 建築外皮は、十分な断熱と日射遮蔽性を有し、適切な放射環境を確保できるようにする。
- 外皮の断熱性能と日射遮蔽性計画など、建築と設備が一体となった計画が必要である。
建築的要素例：ダブル/トリプルスキン、庇、外ルーバ等
設備的要素例：エアバリア、パネルヒータ(寒冷地)、アクティブチルドビーム等
- 内外壁、床、天井の室内側表面温度について、放射の不均等な状況が生じないようにする。
- 放射の不均一性：図 3-1 参照
不均一放射に対する不満足者率を示す。暖かい壁面、冷たい天井に関しては不快感が少ない。暖かい天井、冷たい窓と壁面に対しては十分な配慮が必要である。
- 室内の上下温度差：図 3-2 参照
室内上下温度による不満足者率を示す。足元と頭との温度差を 3°C 以内に収めることが望ましく、放射空調では 2°C 以内も可能である。
- 床面温度の不満足者率：図 3-3 参照
床温度と不満足者率の関係を示す。18°C～29°C (靴履き椅座状態)が推奨される。

3.2 建物の気密性

- 放射パネル表面の結露防止が必須であり、容易に外気の流入・室内空気の流出がないこと。
- 建物の気密性が保持できること。
- 内外部のエアバランスが保たれ、内部がやや加圧状態で外気が容易に侵入しないこと。
- 煙突効果で外気が流入しないこと。

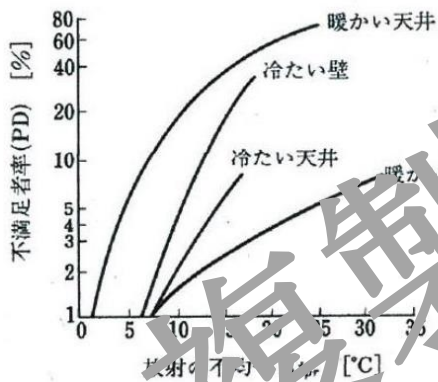


図 3-1 輻射の不均一による不満足率¹⁾

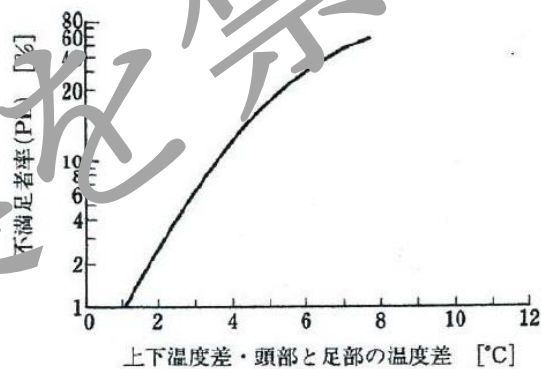


図 3-2 上下温度差による不満足率¹⁾

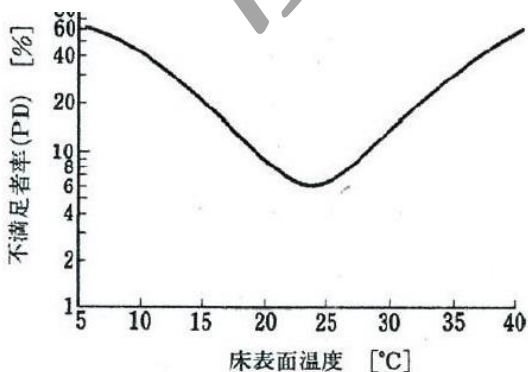


図 3-3 床温度による不満足者率¹⁾

参考文献

1) ANSI/ASHRAE : ANSI/ASHRAE Standard 55-2020 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2020

4章 各空調負荷構成と各々の負荷対応について

顕熱・潜熱負荷、外気負荷と内部負荷、インテリア負荷とペリメータ負荷の分類と負荷処理分担について、表 4-1 に示す。なお、隙間風負荷は室内負荷に含まれることとする。

表 4-1 放射パネル+アクティブチルドビーム+外調機の負荷処理分担表

負荷別・部位別	外調機/デシカント DOAS Hocs Hocl	放射パネル RCP Hrpzcs	アクティブチルドビーム /ファンコイル ACB/FC Hbzcs	従来方式
外気負荷	○			
顕熱 Qocs	○			
潜熱 Qocl	○			
室内負荷	△			
顕熱 Qics	△ 注1 Qics①	○ 注3 Qics②	△ 注4 Qics③	
潜熱 Qicl	○ 注2			
隙間風負荷				
顕熱 Qls	○			
潜熱 Qll	○			
部位負荷				
ペリメータ		△	△	△パネルヒーター等
内部負荷	△	△	△	
人員外気換気	○			
特殊換気		×	×	
高負荷			○	
別系統運転	×	×	×	○

○:含む △:一部 ×:含まない

注1：外調機は外気の顕熱負荷を処理するが、さらに給気温度を室温以下の 16℃（天井吹出し）～ 20℃（床吹出し）程度に冷却することで、その冷房能力により室内負荷の一部を負担することができる。²⁾ (Q_{ICS} ①)

注2：放射パネルおよびアクティブチルドビームは室内の潜熱負荷を処理することができない。外調機により、潜熱負荷を処理しなければならない。(H_{OCL} = Q_{OCL} + Q_{ICL} (Q_{LL}を含む))

注3：放射パネルは放射環境を形成するため、ベース負荷および最低限 50%以上の負荷を処理することが望ましい。²⁾ (H_{RPZCS} > 50% × Q_{ICS})

注4：アクティブチルドビームは、外調機と放射パネルで不足する顕熱負荷を処理する。なお、アクティブチルドビームは比較的能力が高いため、ペリメータ等の高負荷エリアに適する。

(Q_{ICS} = Q_{ICS} ① + Q_{ICS} ② (=H_{RPZCS}) + Q_{ICS} ③ (=H_{BZCS}))

5章 放射パネルの設計・選定

5.1 設計・選定手順

放射パネルは、室内空間の用途に応じた意匠(デザイン)や照明計画等の天井システムにより、放射パネル形状や最大敷設面積が決定される。同時に外気処理空気供給や補助冷暖房方式も決定される。また、室内の温湿度条件により放射パネルへの送水温度(冷/暖)が決定し、これらにより放射パネルによる冷却・加熱能力を決定している。(図5-1参照)

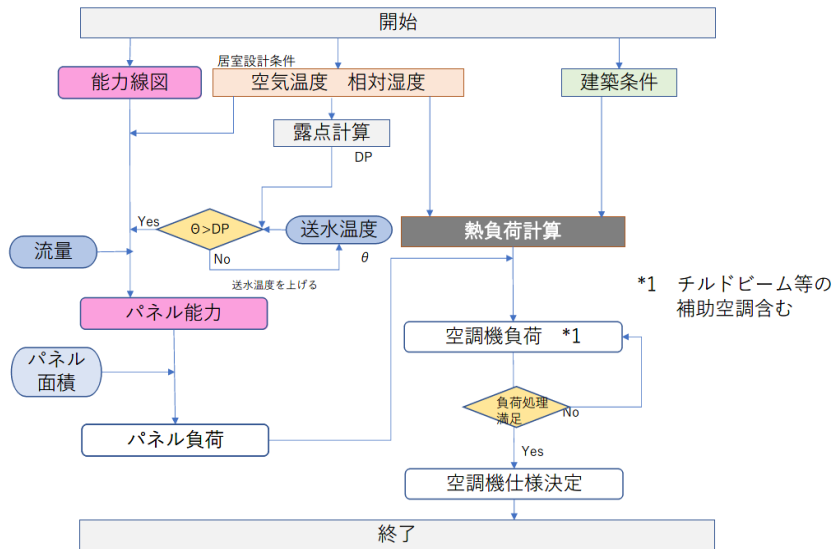


図5-1 放射空調設計フロー

設計時においては、簡易な非放射パネル面温度の予測や放射パネル近傍の気流速の予測が困難なことから、「5.5 放射パネルの冷却/加熱能力の算定」の項で使用する放射パネル冷却・加熱能力設計値は、ARCH規格(ARCH 2017 CHTRS)での計測・評価値を採用する。(ARCH規格の詳細については協議会 HP を参照。)

図 5-2 に放射パネルの設計フローを示す。

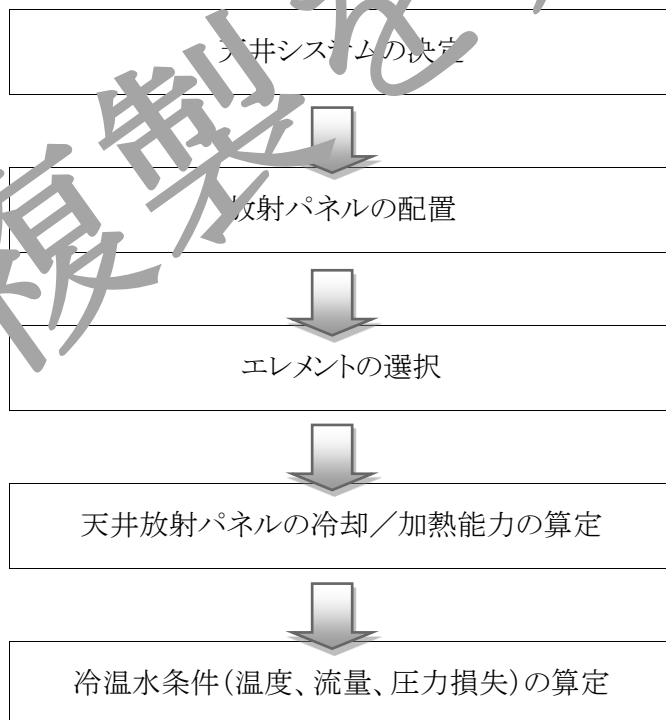


図 5-2 放射パネル設計フロー

5.2 天井システムの決定

天井システムは、室内空間の用途に応じた意匠(デザイン)や照明計画等の条件により決定する。表5-1に天井システムの詳細、図5-3～5に設置事例を示す。

表5-1 天井システム詳細

天井システム		天井パネル寸法	パネル支持材	特徴
システム 天井	600×600 グリッド天井	600×600	市販 T バー Tバー 48 15 天井パネル	支持材、天井器具等、 規格品対応可能
	600×1200 グリッド天井	600×1200		



図5-3 600×600 グリッド天井



図5-4 600×1200 グリッド天井

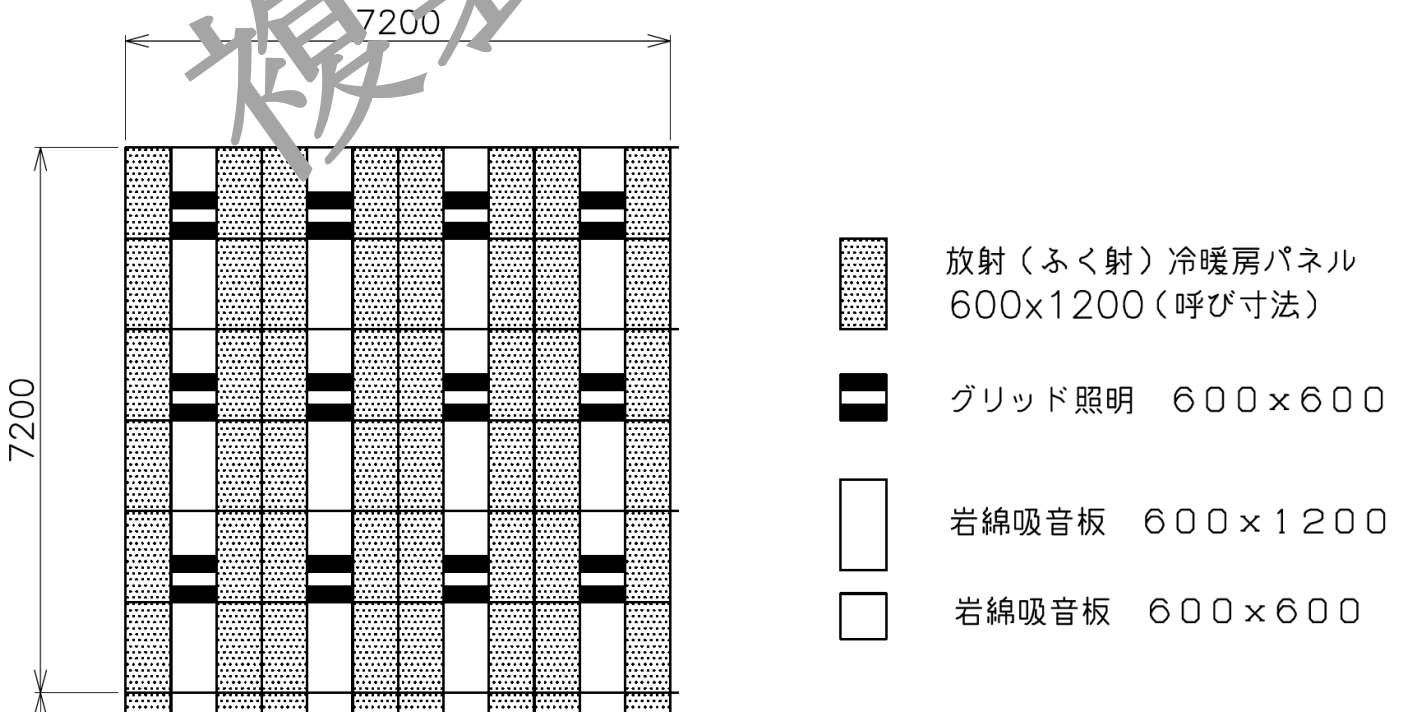


図5-5 グリッド配置例

5.3 放射パネルの配置

(1) 基本事項

- 1) 照明計画や天井付防災機器配置計画とともに、選択した放射パネルの配置を検討する。
- 2) 天井に必要な面積・数量の放射パネルを配置する。
- 3) 頻繁に点検等で開閉するパネルは、放射パネルとしない。
- 4) 内装制限による放射パネルの要求性能(不燃)を確認する。
- 5) 天井耐震性能、天井パネルの落下防止方法を確認する。

(2) 放射パネルの割り付け

放射パネルの配置は以下の手順を進める。

- 1) 放射天井の範囲を決定する。
- 2) 天井パネルの割り付けは、柱芯基準等で決定する。
- 3) 照明の配置を決定する。
- 4) 大梁下の収まり寸法を確認する。
- 5) 間仕切り壁対応(取り合い)方法を決定する。
 - 6) 処理外気供給方法や補助機器の配置等を決定する。
 - 7) 必要に応じて点検口(ダミーパネル)を配置する。

(3) 天井パネル支持材

天井パネル支持材は、天井システムに対応した部材・工法の採用や、耐震基準に適合する必要がある。

5.4 放射パネルエレメントの選択

基本的に放射パネルのサイズは下地グリッドに依存するため、呼び寸600x600又は600x1200となる。

パネルの呼び寸法についてはグリッドを構成する下地(Tバー、yバー)のサイズにより、若干変わる場合があるため、注意を要する。(各メーカーに問合せ下さい。)

グリッドシステム以外の天井下地(ライン天井等)に対応するパネルサイズについては各メーカーに問合せ下さい。

5.5 放射パネルの冷却/加熱能力の算定

放射パネルの冷却能力と加熱能力は、「送水温度」「室内温度」によりほぼ決定することができ、それらの能力は種類毎に能力線図で得られる。

(1) 放射パネルの能力測定方法

天井放射冷暖房パネル性能試験規格書（ARCH 2017 CHTRS Ver. 1.2）による。

冷却・加熱能力の測定方法を表 5-2 に示す。客観的で再現性のある能力評価が可能である。

表 5-2 冷却・加熱能力測定方法

冷却 ・加熱	測定方法
冷却能力	<p>1) 試験室概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 幅:長さ比を 0.5 以上とする。4.0m×4.0m を推奨寸法とする。 ② 室内の高さ（断熱材内寸）は 2.7m～3.0m とする。 ③ 床面積（断熱材内寸）は 10.0 m²～21.0 m²とする。 ④ 侵入空気量は差圧 50Pa 時、0.8L/s・m²以内とする。 ⑤ 天井・床・壁の平均熱流量は 0.4W/m²以下とする。 ⑥ 天井・床・壁の表面放射率は 0.9 以上とする。 ⑦ 天井・床・壁の表面温度は個別に温度調整が可能であること。 <p>2) 測定方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 計測は定常状態の下で各冷却水流量について、3 種類の温度差（Δt）で行なう。 ② 冷却基準温度は試験室中心のグローブ温度計で、22℃～27℃の間とする。 ③ 冷却水入口温度は試験室内の露点温度より 2K 高く設定。 ④ 冷却能力の測定は、定常状態で行なう。 ⑤ 試験室の天井・床・壁の表面温度と冷却基準温度との最大温度差が 1.0K 未満になるよう調節し維持すること。 ⑥ 供試体の冷却熱量、試験室周囲からの熱伝達量及び疑似熱負荷の熱収支が、冷却表面の総冷却量の 5% 未満の場合の計算結果を採用する。 ⑦ 計測は最低 3 セット行ない、最低値の値を採用する。
加熱能力	<p>1) 試験室概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 幅:長さ比を 0.5 以上とする。4.0m×4.0m を推奨寸法とする。 ② 室内の高さは 2.7m～3.0m とする。 ③ 床面積は 10.0 m²～21.0 m²とする。 ④ 侵入空気量は差圧 50Pa 時、0.8L/s・m²以内とする。 ⑤ 天井・床・壁の表面放射率は 0.9 以上とする。 （平滑つや消し塗装仕上げ） ⑥ 天井・床・壁の表面温度は個別に温度調整が可能であること。又、各表面温度の平均温度差は 0.5K 以内とする。 <p>2) 測定方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 計測は定常状態の下で各加熱水流量について、3 種類の温度差（Δt）で行なう。 ② 冷却基準温度は 20℃とする。 ③ 冷却能力を決める測定は、定常状態で行なう。 ④ 計測は最低 3 セット行ない、最低値の値を採用する。

(2) 放射パネルの使用環境に対する冷却能力

各種実験により以下の報告がされているため、使用環境により放射パネル能力の検討が必要である。

- 1) 放射パネル近傍気流速度が大きいほど、室内側熱流量および全熱流量が増加する。
- 2) 放射パネルの対流熱伝達率は、常温域においてパネル近傍気流速度にほぼ比例する。
- 3) 放射パネル天井の内側に断熱材がなく、熱負荷がある場合は、熱負荷がない場合に比べて室内側からの熱流量が減少する。
- 4) 放射・対流熱伝達率の試験室での実測の代表例は以下の通り。
 - ・放射熱伝達率 $[W/(m^2 \cdot K)]$: 5.5 ~ 6.2
 - ・対流熱伝達率 $[W/(m^2 \cdot K)]$: $1.1 \cdot (t_r - t_p)^{0.51}$
 - $t_r [^\circ C]$: 室温
 - $t_p [^\circ C]$: 放射パネル表面温度

(3) 放射パネルの冷却・加熱能力の算定

設計で採用する放射パネルの冷却/加熱能力値は、天井放射冷暖房パネル性能試験規格書 (ARCH 2017 CHTRS Ver. 1.2) 規格に準じた測定方法によるものである。測定値例を図 5-6 に示す。

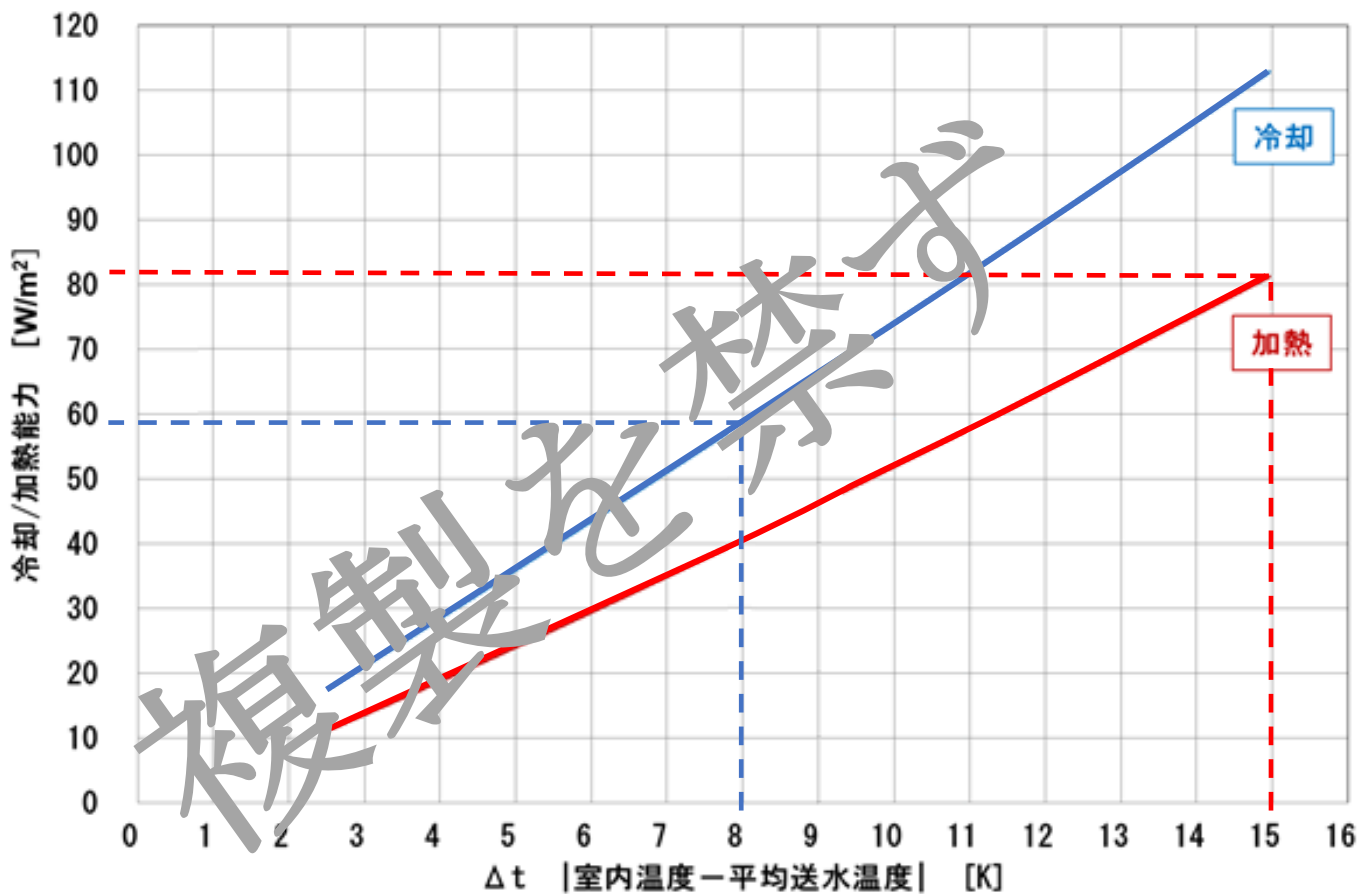


図 5-6 輻射パネル 冷却・加熱能力線図

算定例として、

冷房時、室温：26°C、冷水往温度：17°C、冷水還温度：19°Cとした場合、横軸の Δt は、8K となり、放射パネル（断熱材あり）冷却能力は 58W/m²が得られる。

暖房時、室温：20°C、温水往温度：36°C、温水還温度：34°Cとした場合、横軸の Δt は、15K となり、放射パネル（断熱材あり）加熱能力は 81W/m²が得られる。

5.6 冷温水条件(温度、流量、圧力損失)の算定

前項までで冷温水温度と放射パネルの冷却・加熱能力を算出したが、次に冷温水の流量と圧力損失を算定する。

(1) 流量の算出

放射パネルは複数枚を直列に接続することができる(パネル種類毎に最大値あり)。その直列 1 回路毎の流量を算出し、次に各回路の流量を合計してヘッダー流量やゾーン流量等に使用する。冷却能力の算定は式(5・1)、流量の算定は式(5・2)で行なう。

・ 1 回路の放射パネル冷却能力 H_{rpsc} [W]

$$H_{rpsc} = a \cdot n \cdot h_{rpsc} \quad \dots \dots (5 \cdot 1)$$

h_{rpsc} : 放射パネル単位面積冷却能力[W/m²]
(図 7-6 等の当該放射パネルの能力線図より算出する)

n : 1 回路の放射パネル枚数[枚]

a : 放射パネル 1 枚の面積[m²]

・ 1 回路の流量 F_{rp} [L/min]

$$F_{rp} = 0.0143 \cdot H_{rpsc} / (T_{io} - T_{ic}) \quad \dots \dots (5 \cdot 2)$$

H_{rpsc} : 1 回路の放射パネル冷却能力[W]

T_{ic} : 1 回路の放射パネル冷水入口温度[°C]

T_{io} : 1 回路の放射パネル冷水出口温度[°C]

* ($T_{io} - T_{ic}$) = 2°C とする

$$0.0143 = \frac{3.6}{4.19 \times 1.0 \times 60}$$

3.6 : kJ → Wh の換算係数[kJ/Wh]

4.19 : 水の比熱[kJ/(kg・K)]

1.0 : 水の密度[kg/L]

60 : h → min の換算係数[$\frac{min}{h}$]

(2) 圧力損失の算出

放射パネル単体の圧力損失は、横軸:流量[L/min]、縦軸:圧力損失[kPa/枚]のグラフより読み取る。放射パネルの圧力損失線図グラフの参考を図 5-7 に示す。

放射パネルは、通常、複数枚を直列に接続され、その前後にバルブ類が設置される。よって、循環ポンプ選定等に使用する圧力損失計算は、放射パネル以外の圧力損失も算出・加算する必要がある。

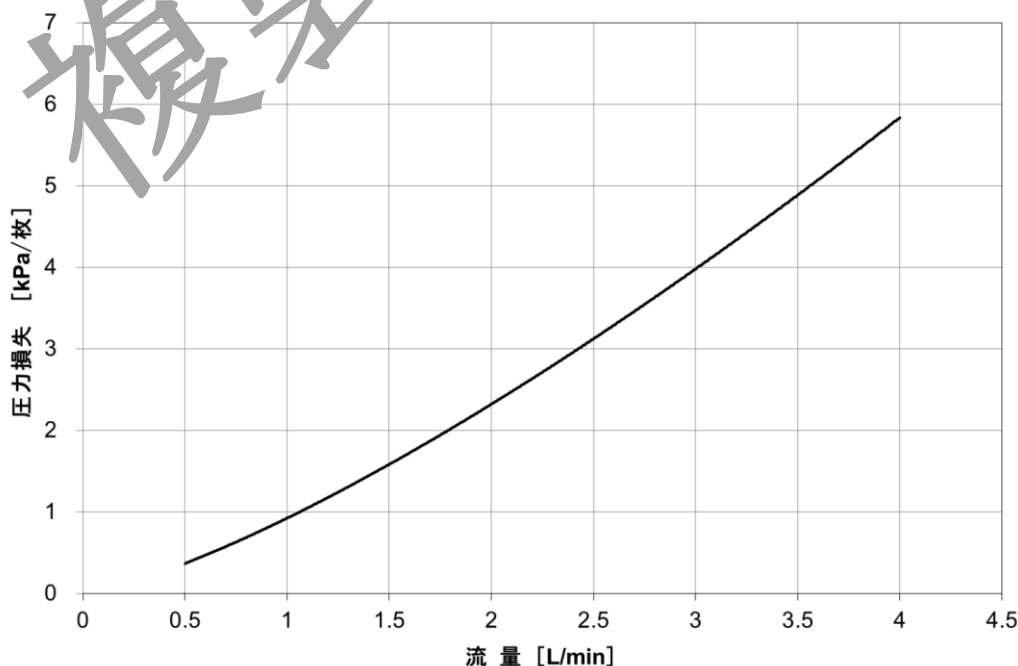


図 5-7 放射パネルの圧力損失線図 (参考)

6章 放射パネル (RP) の適正配置

設計の基本的考え方

・放射パネル (RP) は、居住エリアの放射環境維持のためベース顕熱負荷を処理する。

(1) 放射パネル (RP) の配置

放射環境の形成：ベース内部負荷は RCP で処理する。

設計事例 1

①表 6-1 に室内条件、表 6-2 に冷房時の設計条件を示す。

表 6-1 室内の設計条件

面積 [㎡]	室容積 [㎡]	人員		換気空気		室内顕熱負荷			
		人数 [人]	密度 [人/㎡]	単位風量 [㎡/ (h・人)]	風量 [㎡/h]	人 [W/㎡]	照明 [W/㎡]	本機器 [W/㎡]	合計 [W/㎡]
52	146	11	11	30	330	14	20	30	64

注：現状、照明・内部機器負荷は要求設計条件により差異がある。

表 6-2 冷房時の設計条件

室温 [℃]	湿度 [%]	送水温度 [℃]	給気温度 [℃]	放射パネル (RP)		換気空気 冷却能力 [W]
				サイズ [mm]	冷却能力 [W/㎡]	
6	50	16-18	16	600×1200	45	1,089

注：1次空気の供給は照明一体型吹出し口を使う。

換気空気能力の算出式 $0.33 \times 330 \text{ m}^3/\text{h} \times (26-16^\circ\text{C}) = 1,089 \text{ W}$

②図 6-1 に RP の敷設例を示す。

600×1200 グリッドシステム天井での最大の敷設率 (77%) である。

③表 6-3 に冷却能力の算定表 (算定結果) を示す。

合計の冷却能力は 69W/㎡で、室内顕熱負荷 64W/㎡を満たす。

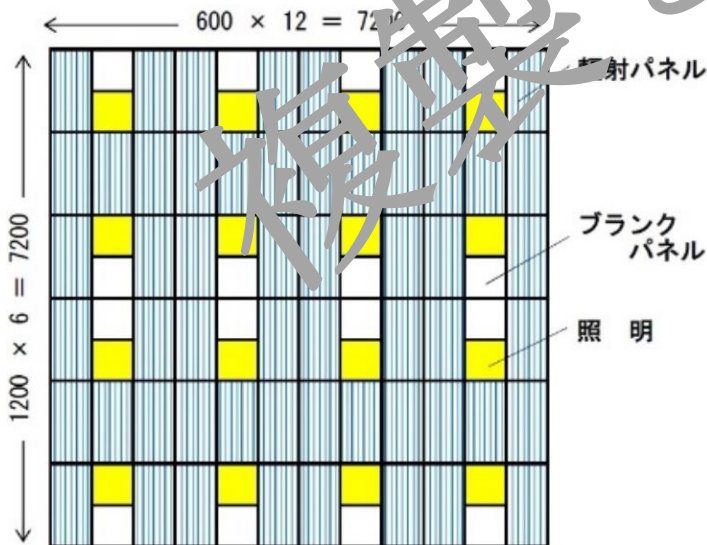


図 6-1 RCP 敷設図 (例 1)
(敷設率 : 77%)

表 6-3 冷却能力算定表 (例 1)

項目	放射パネル (RCP)	換気空気
単位冷却能力	45W / 枚	-
数量	56 枚	-
冷却能力	2,520	1,089W
合計	3,609W (69W/㎡)	

7章 配管設計

この章では、主に熱交換器から放射パネル側の配管設計について説明する。放射パネルによる配管材料や機器の選択、流量・圧力損失の算出方法の概略について述べる。

7.1 概要

放射パネルに関する基本的な概要・システムを図7-1に示す。また、解説を以下に述べる。

- (1) 1次側設備(熱源)と2次側設備(放射パネル=RCP)は、熱交換器を介して熱の授受を行なう。
但し、熱源側で放射システム用の高温冷水・低温温水が用意出来れば熱交換器を省略することが可能となる場合があるので、耐圧を含め各メーカーに相談のこと。
- (2) 2次側冷温水循環回路は密閉回路とする。
- (3) 空調負荷や室用途により、ゾーンや室毎に冷暖房モードを切り替えたい場合は「冷暖フリー方式(冷暖切替式)」を採用する。
- (4) 一般的な2次側の冷温水の行き温度は、冷水: 16~20℃、温水: 34~30℃であり、高温冷水・低温温水の採用が可能である。(行き還り温度差は2℃が標準)

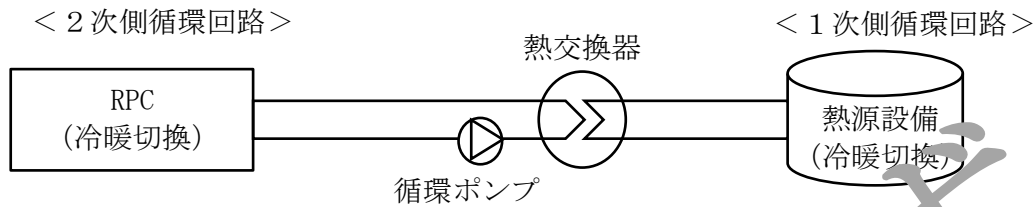


図7-1 冷暖切替方式(2管方式)

7.2 2次側配管設備

- (1) 配管方式(熱交換器~各制御ゾーン)

概要図(ACBありの場合)を図7-2に示す。また、解説を以下に述べる。

- 1) 配管方式は、原則としてリバーシタターン方式を採用し、各制御ゾーンに対して最小限の機器と調整作業で適切な流量を常時確保する。
- 2) 熱交換器、循環ポンプの配置はゾーン毎の検討のほか、配管の耐圧(延長ホース使用の場合はホース部で0.4MPa以下、その他の場合は1MPa以下)を考慮しなければならない。
- 3) インテリアゾーン: 冷房専用(2管方式)、ペリメータゾーン: 冷暖フリー(4管方式)の計画が一般的だが、インテリアゾーンでの冬期の朝の暖房要求の有無の検討が必要である。

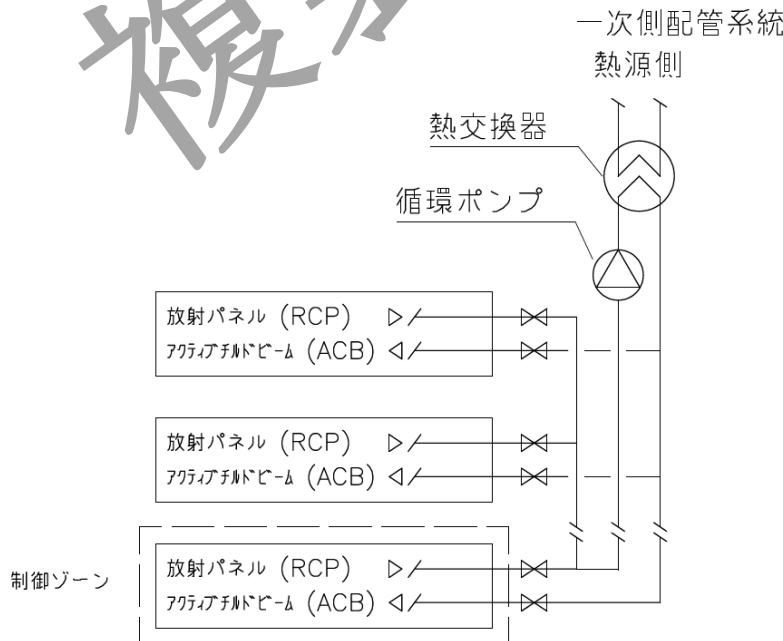


図7-2 2次配管の概要図

7.3 熱交換器

①材質・構造

(1) パネル配管が酸素透過性の場合、接液部はすべて SUS および銅合金の耐食性材質とする。

パネル配管が酸素不透過で密閉循環の場合や溶存酸素対策がなされた場合、接液部に SGP 配管を使用しても良い。

(2) 1、2 次側の耐圧仕様に適合したものとする。

②熱交換量の算定

熱交換器の容量は、式(7・1)、式(7・2)で算定する。

詳細は各メーカー資料を参照。

$$H_{EC} = K_1 \cdot (K_2 \cdot H_{rpZCS} + H_{abZCS}) \quad \dots \dots (7 \cdot 1)$$

$$H_{EH} = K_1 \cdot (K_2 \cdot H_{rpZHS} + H_{abZHS}) \quad \dots \dots (7 \cdot 2)$$

H_{EC} : 熱交換量 (冷房時) [W]

H_{EH} : 交換熱量 (暖房時) [W]

H_{rpZCS} : 放射パネル冷却能力 [W]

H_{rpZHS} : 放射パネル暖房能力 [W]

H_{abZCS} : アクティブチルドビーム冷却能力 [W]

H_{abZHS} : アクティブチルドビーム暖房能力 [W]

K_1 : 配管熱損失係数 [-] (=1.0)

K_2 : 余裕率 [-] (=1.15)

※余裕率について

放射パネルの能力は、放射による吸熱(放熱)と対流による吸熱(放熱)の合算で表わす。本資料で表記している放射パネル能力は、ARCH 規格に準じた計測を行っており、計測室は、床、壁、天井内を断熱し、室内には人工的な気流は発生させないよう管理している。よって、室温と送水温度より算出された本資料の表記能力は「能力基準値」と考える。実際の室内では室内気流や壁や床からの熱の入出があり、これらの負荷を放射パネルの能力に加味する必要がある。この能力の余裕部分を「余裕率」として表現している。

7.4 ポンプ

(1)材質・構造

1) 放射パネルの配管が酸素透過性の場合には、接液部はすべて SUS および銅合金の耐食性材質とし、酸素不透過の場合は材質の制限はない。

2) 冷温水回路内の水質維持のため、軸封部はメカニカルシールを採用する。

②ポンプ揚程の算定

ポンプの揚程 [kPa]は、式(7・3)で算定する。具体的な各抵抗値は各メーカーに問合せ下さい。

$$P = K \cdot (P_1 + P_2 + P_3) \quad \dots \dots (7 \cdot 3)$$

K : 余裕率 [-] (=1.15)

P_1 : 配管 (直管、曲がり等) 抵抗 [kPa]

P_2 : 熱交換器抵抗 [kPa]

P_3 : 放射パネル、チルドビーム抵抗 [kPa]

7.5 付属機器、配管材ほか

冷温水回路の付属品、配管材等は以下の仕様条件に従う。放射パネルの配管が酸素透過性の場合は、接液部はすべて SUS および銅合金、樹脂等の耐食性材質とする。酸素不透過の場合は、使用材料の制限はない。

(1) 配管材

- 放射パネルの配管材質により、配管材の材質を選択する。

(2) 密閉式膨張タンク

- 2次側冷温水回路を密閉回路とするため、密閉式膨張タンクを設置する。
- 保有水量の算出に必要な放射パネルとチルドビームの保有水量の算出は、各メーカーに問合せ下さい。

(3) 安全弁

- 設定値と設置場所は、膨張タンク選定計算とともに算定する。

(4) エアセパレーター、自動エア抜き弁

- 密閉循環回路内の気泡等を分離・排出し、放射パネルの空気溜まりによる閉塞や配管の流水音による騒音を防止する。
- 自動エア抜き弁はエア吸い込みを防止するため、エア排出部を逆止弁付とする。

(5) 補給水

- 循環回路内の圧力を保持するため、補給水を循環回路のポンプ吸い込み側に接続する。
- 補給水が飲料水系統のみの場合は、補給水配管にクロスカンタクションとならない処置を行なう(減圧式逆止弁、パワーシスターンの設置等)。
- 循環回路内の水量(封入圧力)確保のため、定期的に手動または自動の補給操作が必要である。

複製を禁ず

8章 自動制御

放射空調では、室内温度や気流以外に室内の天井、壁、床、窓等の表面温度による平均放射温度も温熱評価の要因としているため、基本的に室内温度による放射パネル流量制御や送水温度制御は適切ではない。しかし、これまでに放射温度を制御に反映して PMV 等による制御が採用された事例があるが、放射空調先進国であるドイツ・スイスの事例では、室温による送水流量制御が多いのが実態である。従い、ここでは室温による送水流量制御を 8.1a に、パネル表面温度による流量制御を 8.1b に説明する。

8.1 冷温水系統基本システム

8-1a に室温制御の基本システムを示す。

ペリメータに外壁負荷対応のアクティブチルドビーム (ACB) を配置した例。

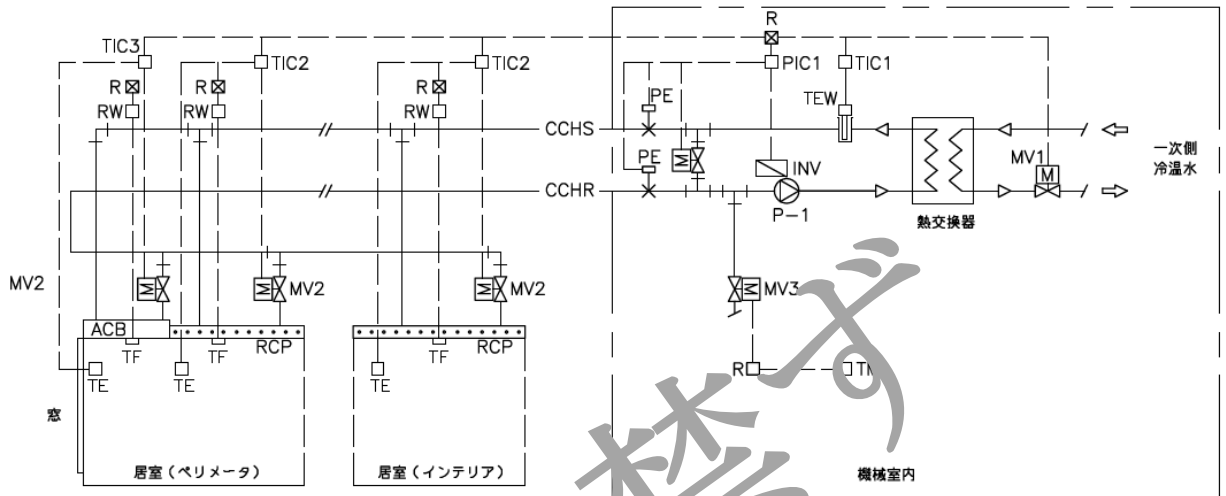


図 8-1a 基本システム図

凡例

TF : 結露センサー	TIC : 温度指示、調節器
RW : 結露コンパネ	TEW : 配管挿入型温度検出器
R : リレー	MW : 電動弁
TM : タイマー	TE : 室内温度検出器
P-1 : 圧力調整器	PE : 圧力検出器
RCP : 天井放射パネル	ACB : アクティブチルドビーム

送水温度が設定値になるように熱交換器一次側の流量制御を行う。

室温により放射パネルゾーン毎に二方弁で流量制御を行う。

上記制御にて締切り運転を防止するため、ポンプ出入り口の差圧が設定値以下になるようにバイパス制御を行う。

パネルで結露が発生した（結露センサーが発報）場合には対象ゾーンへの送水を停止する。

定期的な給水を行う（図はタイマーによる自動給水例）

8-1b は放射パネルの表面温度により各ゾーンへの送水を制御しており、室温による制御よりも即効性を持たせている。（他の制御は 8-1a と同じ）

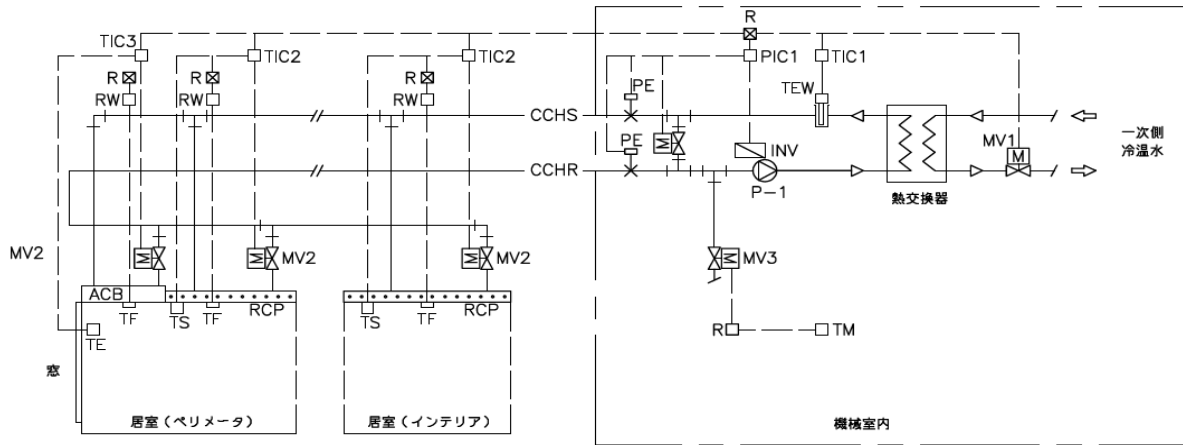


図 8-1b 基本システム図（パネル表面温度制御）

凡例

TF : 表面温度計	TIC : 温度指示、調節器
TF : 結露センサー	TEW : 配管挿入型温度検出器
RW : 結露コンバーター	MW : 電動弁
R : リレー	TE : 室内温度検出器
TM : タイマー	PE : 圧力検出器
PIC : 圧力調整器	ACB : アクティブチルトビーム
RCP : 天井放射パネル	

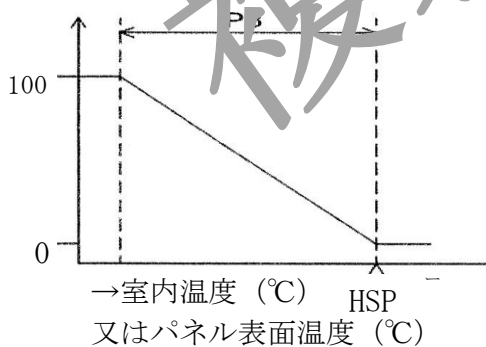
8.2 放射パネル廻りの制御

(1) 室内温度制御及びパネル表面温度制御

図 8-2 に示すように、室内温度検出器 (TE) の計測数値が設定値になるよう、冷温水 2 方弁 (MV2) の比例制御を行なう。

・暖房運転時

暖房 PID 出力 (%)



・冷房運転時

冷房 PID 出力 (%)

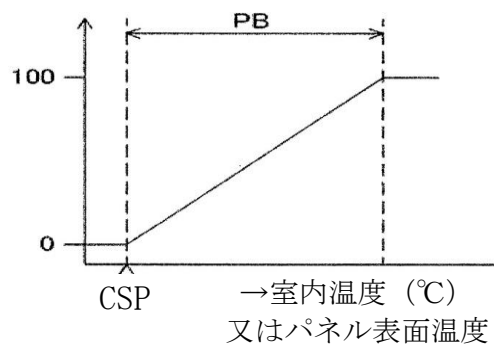


図 8-2 室内温度制御

(2) 放射パネルの結露センサー動作・制御

放射パネル表面に取り付けられた結露センサーが結露を感知した時、当該エリアの 2 方弁を全閉とする。復帰は自動とし、復帰後は 2 方弁の通常の制御を再開する。結露センサーの信号は結露コンバータ (RW) に送られ、ON-OFF の 2 位置信号に変換される。

9章 熱源方式、インフラ条件

放射空調の特徴を生かしたエネルギーの有効利用として、熱源方式・自然エネルギー利用、搬送動力低減、地域冷暖房への要望、運用等を以下に示す。

9.1 放射におけるエネルギーの有効利用

①高温冷水・低温温水の利用

1) 機器の高効率運転による省エネ

- ・インバーターターボ冷凍機では中間期、冬期の高効率運転が有効。
COP20 以上の高効率運転のメーカーデータがあり、機器選定時に要確認。
フリークーリングを最適条件で選択制御出来ればより省エネとなる。
- ・空冷ヒートポンプチラーでは中温冷温水の高効率運転が有効。
- ・冷却塔を水フリークーリングとして中間期、冬期利用すると省エネとなる。
(東京の運転実績で、年間 6~7 カ月可能とする論文報告がある。)

2) 排熱・熱回収による冷温水の利用

- ・コージェネ廃熱で冷温水を予熱または採熱する。
- ・ヒートポンプや冷温水発生機の高効率運転が有効。

3) 地域冷暖房(地冷)の有効利用と高効率機器の利用許可の交渉

- ・冷水レタンのカスケード利用で省エネとなる。
- ・個別ビルのフリークーリングの利用許可(冷却塔の設置許可)。
- ・空冷 HP コンプレッサー内蔵のデシカント空調機利用で省エネとする。
1 次換算エネルギー SCOP が地冷より優れており、かつ屋外機等を必要としない省エネ機器を採用する。

4) 自然エネルギーの利用

ヨーロッパでは、自然エネルギーの利用を推進しており、各国の省エネ目標はますます強化されている。冷房用に使用される電気量も制限され、湖水利用等が実施されている。

以下に自然エネルギーの利用例を示す。

- ・暖房、デシカント再生熱に太陽熱を利用する。
- ・ヒートポンプ熱源として地中熱を利用する。
- ・井水を冷水として直接利用、またはヒートポンプ熱源として利用する。
- ・ヒートポンプ熱源として河川水を利用する。

②空気から水への方向転換により搬送動力の削減を計る。

- ・水式放射冷暖房の採用で省エネとする。
- ・適切な全外気外調機の設計により空気搬送を少なくする(外気の最小・最適量の設計)。

ARCH DG-01 Ver. 1.0

(2022 年版)

改訂履歴

一般社団法人 放射・輻射冷暖房協議会
The Association of Radiant Cooling and Heating systems of Japan (ARCH)

放射（輻射）冷暖房協議会
株式会社インターセントラル
協立エアテック株式会社
株式会社ササクラ
E-mail : info@archs.j.jp

「無断転載・複製を禁ず」

Copyright © The Association of Radiant Cooling and Heating systems of Japan, All rights reserved.