

輻射冷暖房の理論と原理

E.S.S. 櫻井進一 2014/8/20

輻射冷房は、熱い部屋の表面および人間から輻射エネルギーを吸収する天井パネルを利用しています。輻射暖房に適用されるのと同じ原理が輻射冷房にも適用されます。加えて、全体の冷房メカニズムの一部は、天井部分での熱い空気層の対流冷却です。輻射パネルを通過する水循環は、パネルが吸収した顕熱を運び去ります。

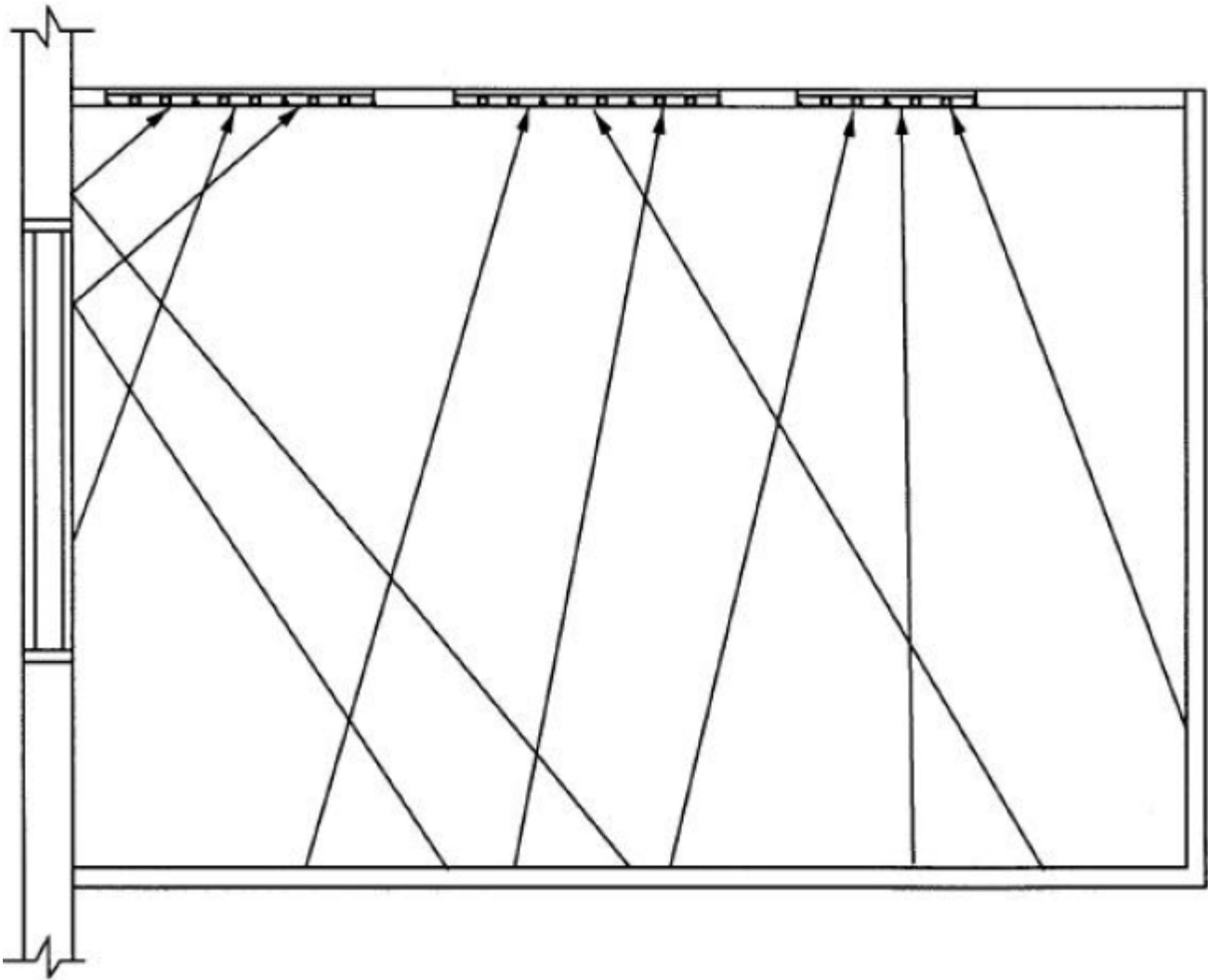
ASHRAE(米国空調冷凍工業会、アシュレイ)は、降下した表面温度と冷却された輻射天井への居住者の熱移動により、対流システム比べ、高い室温において、輻射冷房システムにより優れた快適性レベルが得られることを認めています。輻射パネルの配管を通じて循環する冷水温度は、全空間の露点温度よりも0.5~1°C高くなければなりません。一般的な設計水温の上昇は、通常2~3°Cです。輻射天井の冷房能力は、室温と平均冷却水温との温度差に依存しています。より高い設計室温設定及び下げた夏用の設計相対湿度レベルに基づいたより低い平均水温は、より低い供給水温を可能とし、また同様に、より大きな輻射冷房能力をもたらします。

輻射パネルが顕熱冷房の大部分を行っているため、必要な空気量を削減することができます。設定露点温度を維持するためには、必要な換気空気が全ての潜熱冷房負荷を吸収します。顕熱冷房の残り部分は、換気によって行われます。

システムは、湿度の高い地域においても問題なく採用されています。設計水温の維持、換気空気の質と量の調整、気密性のビル構造(最小限の外気侵入)は、長年の結露の無い輻射冷房の成功をもたらしています。標準的な温水循環暖房用のコントロールバルブを輻射システムに使用することができ、天井の低い熱容量により、優れたシステム応答性を提供します。

輻射冷房と暖房は、人体と周壁の間の最良のバランスを提供する一つです。冬においては、輻射天井が熱を周囲の壁、家具及び床へ熱を移送し、それが居住者からこれら表面への熱損失を減少させます。夏においては、冷却された輻射天井がこれらの表面から顕熱を吸収し、また、人体は、温度の低い輻射天井へ熱を放熱する。一般的な強制空気対流システムは、快適とは思われない多量の加熱あるいは冷却空気を必要とします。

輻射冷房エネルギーのグラフ的表現と工学的公式



放射熱交換の基本式は、1992 ASHRAE システムハンドブック 8 章に示されているホッテル(Hottel)式で、しばしば輻射冷房の基本式として用いられています。

$$Q_r = 0.5 \left[\left(\frac{AUST + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_p + 273}{100} \right)^4 \right]$$

ここで、

Q_r = 輻射により部屋の表面からパネルにより取り去られた熱量(W/m²)

T_p = 部屋の平均気温

AUST = 冷却されていない部屋の表面の面積加重平均温度

水循環冷却輻射天井パネルの利点/利益

快適性：

輻射暖房及び冷房システムは、高温及び低温両方の外壁を無くし、均一な部屋表面温度を提供する一方でドラフト(気流)を最小限に抑えます。熱を冷却天井に失うことは、居住者にとって最も快適で自然な環境の一つを提供します。最小限の供給空気量は、気流の問題の無い環境を提供します。

良好な室内空気室(IAQ)：

換気及び除湿のための空気量を減らすことができるため、より高性能なろ過システムを用いることが経済的に可能です。100%外気を使用する一回使用空気システムは、二次汚染のリスクを除去します。

疾病の制御：

バクテリア及びウイルスの温床となる危険がある濡れたままのコイルを無くすことができる。輻射パネルは、容易にクリーニング及び消毒が可能で、また、一回使用空気システムは、空気感染する病気の二次汚染を無くします。

バイオ/ケミカルハザードの低減：

より少ない空気量により、空調設備及びダクトサイズを小型化することができ、より高精度なモニタリングとろ過が可能となる。

必要空間：

より小さなダクトサイズにより、天井裏空間の高さを低くすることが可能で、スラブとスラブ間の高さを減少させることができる。機械装置室及びダクトシャフトサイズを小さくすることが可能で、ビル外被内の利用あるいはレンタル空間をより広くすることができる。輻射パネルシステム全体が天井/プレナム内に設置されるため、各部屋あるいはゾーン内の外壁にある装置を無くし、床スペース全部を有効利用することができる。

HVAC(Heating, Ventilation & Air-Conditioning)：

エアハンドリングユニットやダクトサイズの小型化、VAV(可変風量制御装置)システムの省略、スプリンクラー配管と冷温水配管システムの統合一体化により、セントラル HVAC システムを小型化することが可能である。もし、ファン駆動 VAV ボックスやファンコイルの電気モーターを省略すれば、電気配線を減らすことができる。

運転コスト：

水循環システムは、一般的に、全空気方式で使用されるエネルギーの 20%を必要とします。ファン駆動 VAV ボックスあるいはファンコイルに使用されている分数馬力モーターの省略は、エネルギーとメンテナンスコスト両方を削減します。輻射システムのメンテナンスコストは、最小限で済みます。

ライフサイクルコスト：

輻射システムと他の典型的な HVAC システムとの以前の評価は、ライフサイクルコストの面で利点があることが証明されています。正確な解析を得るには、ビル外被の削減、HVAC 装置、運転及びメンテナンスを含めた全てのコストを十分に評価しなければならない。

騒音制御：

断熱材を裏面に密封した有孔輻射パネルは、一般的な吸音天井よりも低い騒音レベルを実現することができます。分数馬力モーターの省略と空気量の削減は、更なる騒音レベルの低下をもたらします。

コントロールレスポンス：

効率的で軽量の輻射パネルは、迅速な温度上昇と下降を行います。

美的感覚：

ペリメーター輻射冷暖房システムは、天井全体を天井全体を使ったデザインを補完することができます。輻射パネルを用いた天井デザインは、素晴らしい美的感覚を提供する建築的な多様性があります。

グリーンビルデザイン：

輻射冷暖房システムによる省エネルギー性能、居住者の快適性及び低い運転コストとライフサイクルコストは、LEED(Leadership in Energy & Environmental Design)認証の加点を得る潜在的な可能性が十分です。