“ふく射冷暖房”のすすめ

坊垣　和明

一般社団法人　輻射冷暖房普及促進協会　会長
東京都市大学　　名誉教授

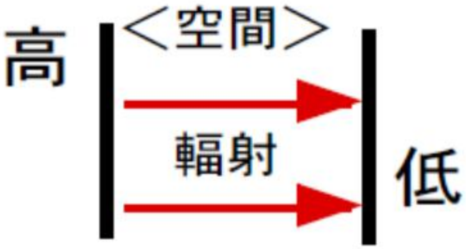
❶ 熱と環境

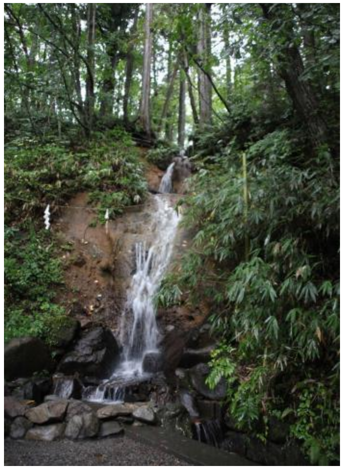
冷暖房の基礎

1. 熱の移動

1 熱は、温度の高い方から低い方へ

「伝導」「対流」「放射(ふく射)」 によって移動する





水も高い方から低い方へ流れる

1. 熱の移動

2 放射（ふくしゃ；輻射）による伝熱

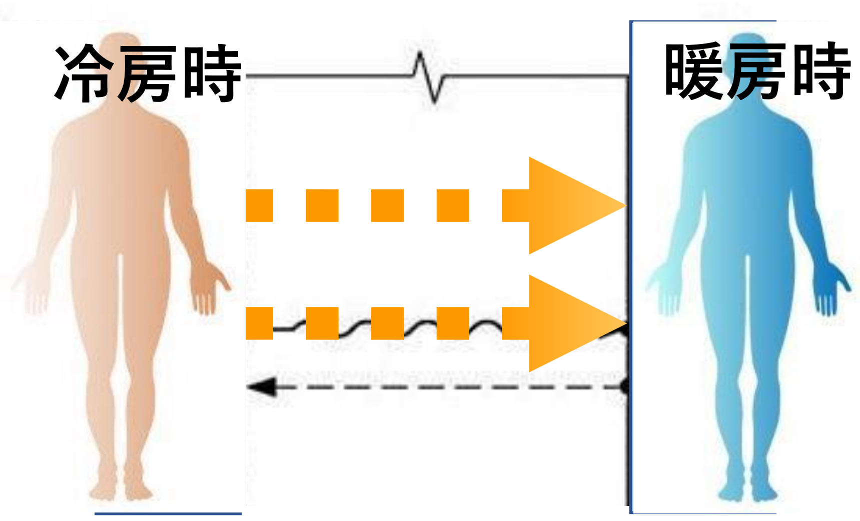
物体の表面から表面へ直接熱移動

太陽や焚火
氷柱

コロナ時代にこそ
ふく射冷暖房を

換気をしながら冷暖房
するにはふく射が最適

室温に関係なく
ふく射面と体表面との間で
直接熱授受が行われるから



ふくしゃ（放射）による熱の移動

2. 人体の熱収支

1 人体と熱の移動

体内の産熱

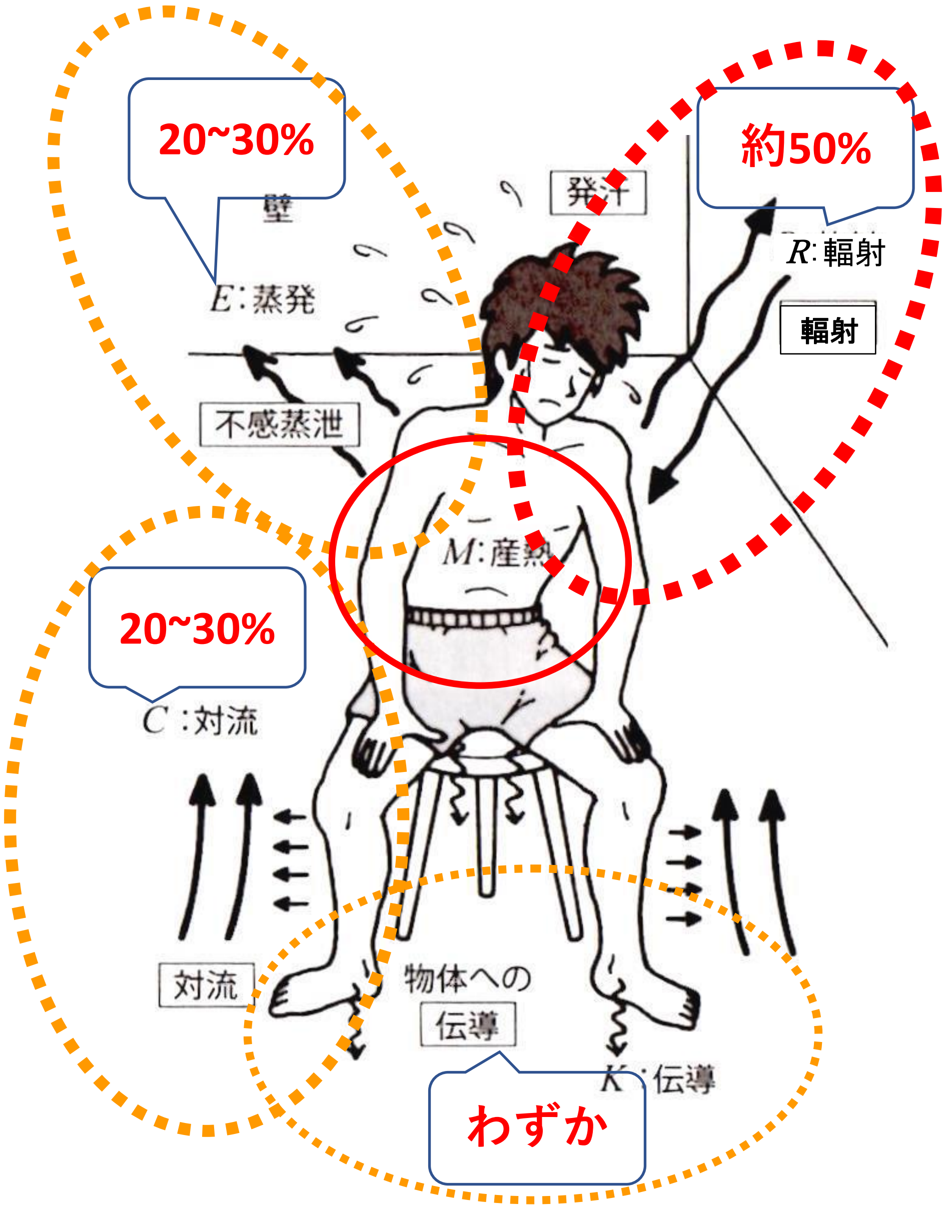
食物が熱に

体表面からの熱放散

①伝導　わずか
②対流　20～30％
③ふく射　約50％
④発汗や呼吸　20～30％

ふく射の影響が最大

➡ ふく射暖冷房が効果的



熱の放散とその割合

出典　住まいと環境　彰国社　2010.10

2. 人体の熱収支

2　体温の調節

熱の発生と放散のバランス

裸で**気温２８℃**の時、**バランスした状態**

この時、皮膚表面の平均温度は**３３～３４℃**

深部体温は**３７℃**

↓

この状態が快適（暑くも寒くもない）

体温保持の仕組み

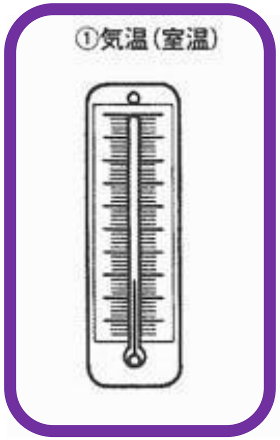
（１）体温調節　　自律性体温調節／行動性体温調節

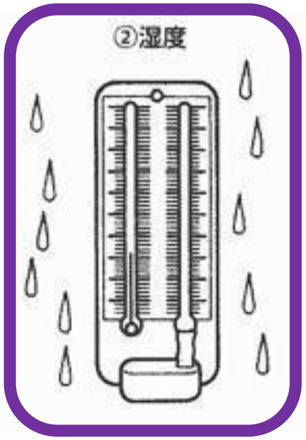
（２）環境調節　　衣服や冷暖房、寝具（ふとん）

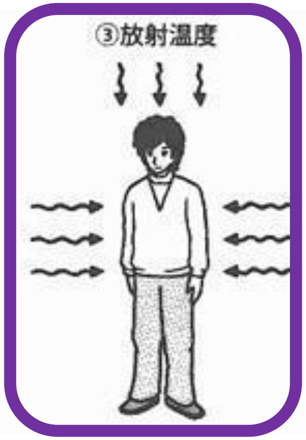
3. 暑さ・寒さを決める要素

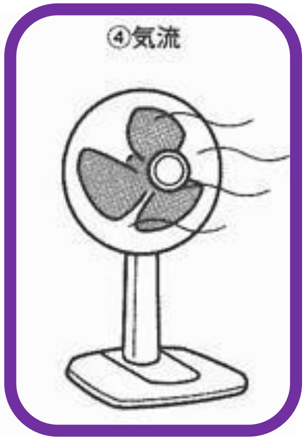
1 温熱４要素と人体側２要素

温熱４要素　①気温　②湿度　③ふく射（放射）④気流









人体側２要素　⑤着衣量　⑥活動量（代謝量）

出典　住まいと環境　彰国社　2010.10

3. 暑さ・寒さを決める要素

2 気温・湿度・気流

◆気温の効果

- 暑さ寒さは気温で表わすことが多いが・・・

◆気温の不均一の影響

- 温度むら（不均一）が無い環境が理想

◆足元は18℃ あればよい　➡ エアコンは、足元が冷える

- ふく射暖房は、床面も温めるので足元の冷えを防ぐ

◆湿度の効果

- 夏は　湿度15%＝体感温度 1℃　　冬はあまり効かない

◆気流の効果

- 夏は　気流 0.1m＝体感温度 1℃
- 冬は　　1 m/ s ＝体感温度 1℃　☚冬山の体感温度

3. 暑さ・寒さを決める要素

3 放射（ふく射）温度

- 体表面と周囲の物体表面との温度差で熱のやり取り
  - ➡ 周囲の物体の表面温度平均が平均放射温度＝ＭＲＴ
  - ➡ ＭＲＴ；Mean Radiant Temperature （℃）

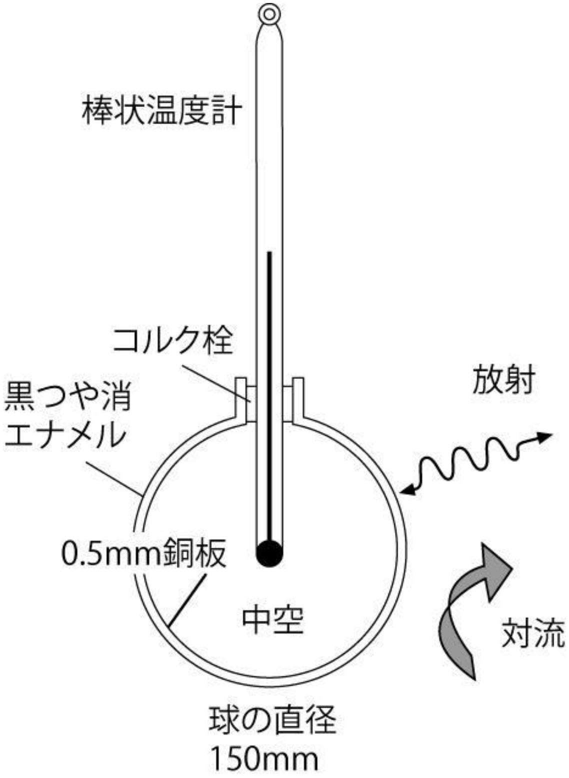
- 測定は簡単でないのでグローブ温度計を用いる

$$t_r = t_g + 2.37\sqrt{v}\,(t_g - t_a) \quad [℃]$$

ｔr；平均放射温度　℃
ｔg；グローブ温度　℃
ｖ；気流　m/ｓ　　ｔa；気温　℃

◆ふく射（放射）温度は気温と同等の効果

MRT１℃＝気温１℃



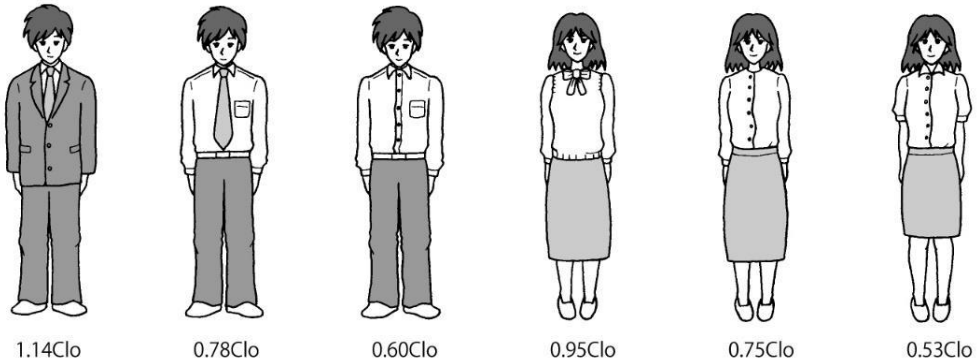
グローブ温度計

3. 暑さ・寒さを決める要素

4 着衣量　clo（クロ）値

- 着衣の熱抵抗値

  1 clo＝0.155　㎡・℃／W



着衣量とclo（クロ）値

- 具体的には

  ◆セーター１枚＝約 0.2 clo　＝ 体感温度 約 2℃

  ネクタイは約 0.1clo　靴下は約 0.05clo

  ➡ 足元の保温に　靴下、スリッパは有効

出典　住まいと環境　彰国社　2010. 10

❷ 暖冷房設備

ふく射冷暖房のすすめ

図表等の出典
文献１）日本バウビオロギー研究会　通信教育講座
　バウビオロギーBIJ第８巻「暖房設備」

1. 暖房の功罪

1 生物気候学（ビオクリマ）から見た暖房の効果

（２）健康への**良い影響**

- 皮膚の血行、代謝が良くなる
- 血圧が下がる
- 免疫システムへの良い影響
- 軽やかかつ深い呼吸
- 中枢神経が穏やかになる
- 生命力

（１）暖房による**環境影響**

- 温度差（室内の垂直・水平分布）
- 空気や建材の湿度（含水率）
- 空気の対流、ほこりの発生・循環
- 空中のバクテリア、ウィルス
- 静電気とその帯電、電磁場
- 騒音・振動

（３）健康への**マイナス要因**（暖房病）

- 疲労感、不快感、神経過敏
- 風邪
- 睡眠障害
- リュウマチ、循環器障害
- アレルギー、抵抗力の低下、能率低下

「冷房」はさらに大きな健康影響（冷房病）

出典　文献１）通信教育講座バウビオロギー第8巻「暖房設備」

2. 理想の暖房

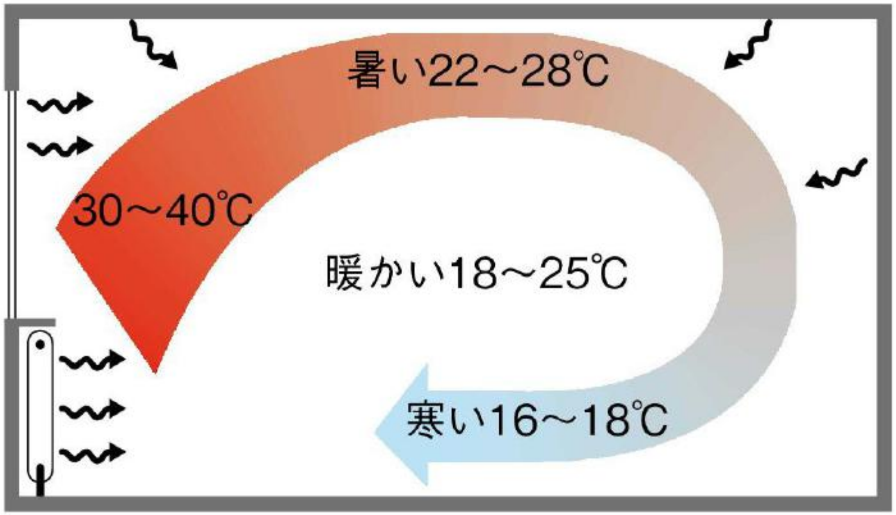
1 対流暖房とふく射（放射）暖房

上下温度差

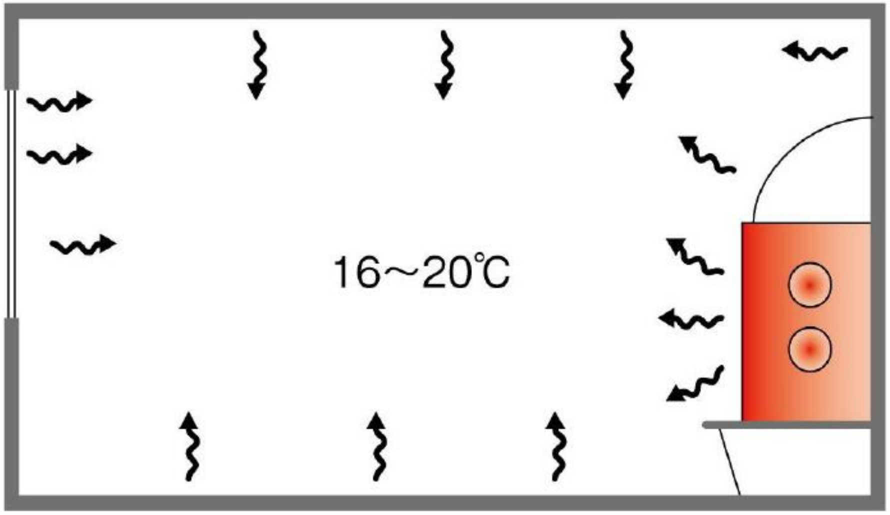
気流があり**塵埃が循環、**
過乾燥不均一

低温で均質

材料・部位の**乾燥状態維持**
過乾燥防止
室温は**18℃**で十分



対流暖房
例：エアコン、温風暖房機、ファンヒーター



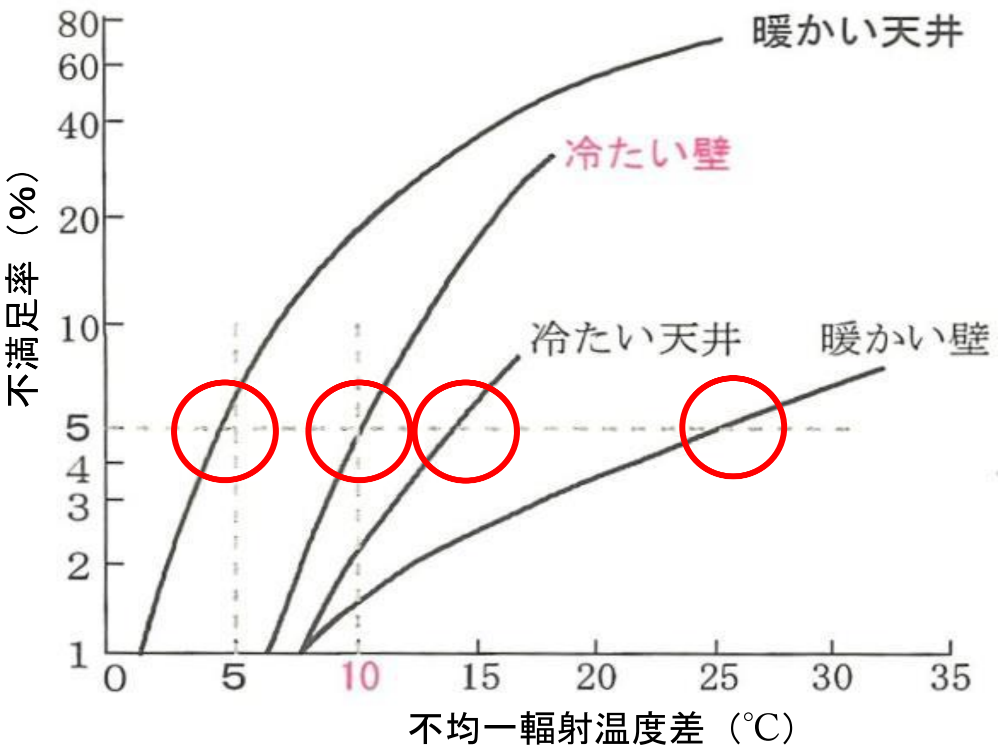
ふく射暖房
例：壁暖房、床暖房、天井暖房、暖炉

出典　文献１）通信教育講座バウビオロギー第8巻「暖房設備」

2. 理想の暖房

2 ふく射面としてふさわしい位置

- ふく射による不均一の特徴
  ふく射面としてふさわしい方向がある
- ふく射暖房では
  天井面は避ける
  壁はよい
- ふく射冷房では
  温度差を小さく



不均一ふく射と不満足率

2. 理想の暖房

3 ふく射（放射）暖房

理想の暖房システム

- 太陽の温かさを理想とするならば、ふく射（放射）暖房が望ましい。
- 人体からの放熱の約**５０%がふく射**によってなされる。

低温暖房（熱源25℃、40℃まで）

高い**ふく射熱割合**（70%以上）

低い**表面温度**（20～30℃）

大面積のふく射（周壁温に差が生じない）

省エネ、少ないメンテナンス、小さい騒音

2. 理想の暖房

4 ふく射（放射）暖房　バウビオロギーが勧める壁暖房

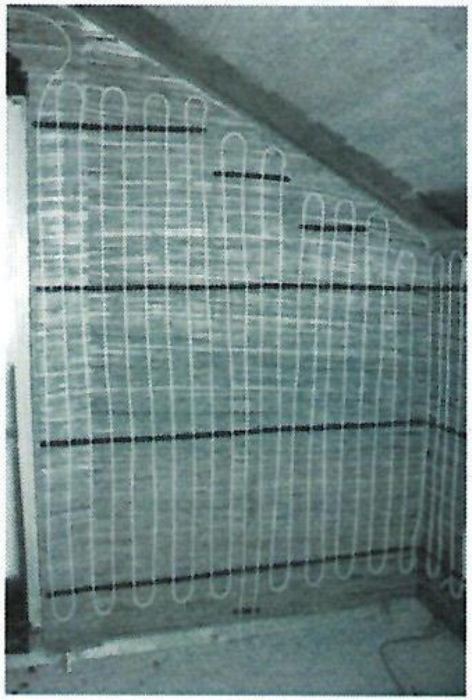


図21　ポリピロピレン管を塗り下地材であるアシボードに留めた壁暖房
（配管は土モルタル、石灰モルタルなどで塗りこむ）

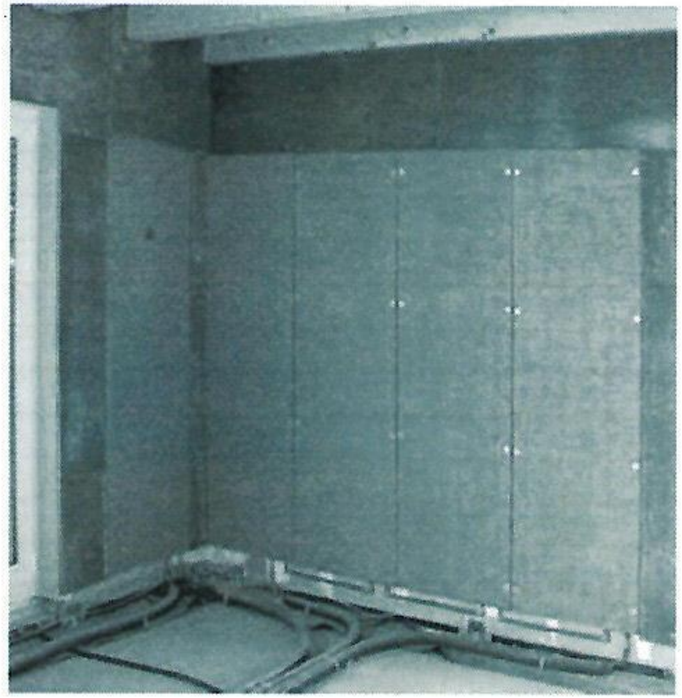


図22　配管を仕込んだ土パネルからなる壁暖房
（ボードは実になっていて、上塗りして仕上げる）

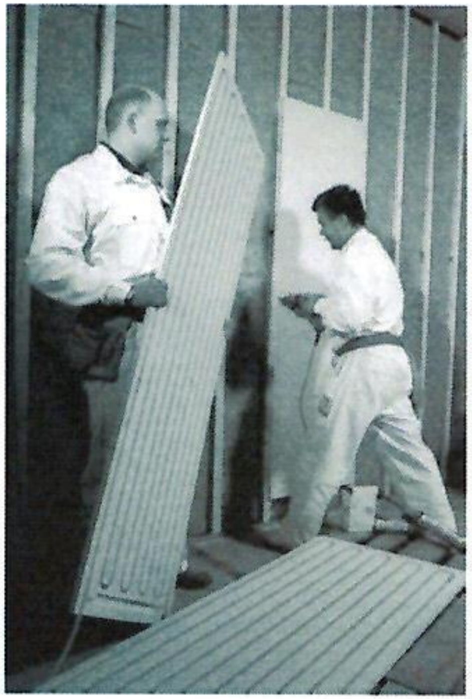


図23　混合管を仕込んである石工繊維板を用いた壁暖房
（ボードは実になっていて、上塗りして仕上げる）

出典　文献１）通信教育講座バウビオロギー第8巻「暖房設備」

❸ 快適な居住環境を作る

＜新しい壁冷暖房の可能性＞

ふく射パネルとその効果検証

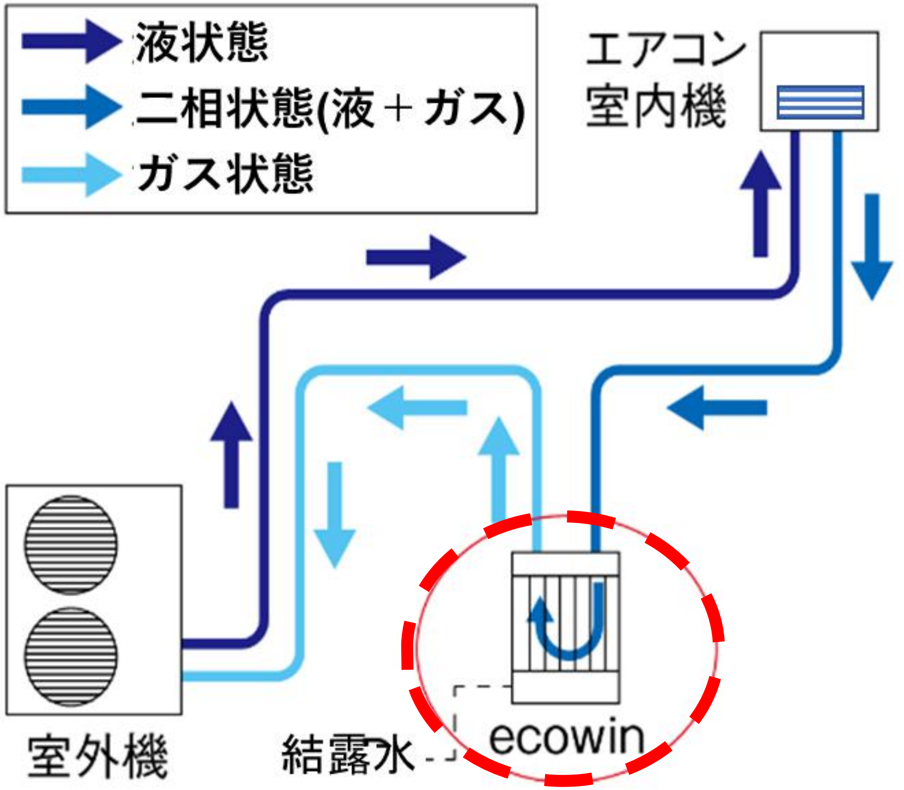
1. 新しいふく射(放射)空調システム

1 ふく射式冷暖房装置＋対流式エアコン

エアコンの冷媒配管途中にふく射パネルを配置

- 直膨式のふく射パネル　・既設のエアコンに容易に設置可能

3タイプの輻射パネル



システム図（冷房時）

1. 新しいふく射(放射)空調システム

2　パネルの特徴と表面温度　＜壁掛けタイプ＞

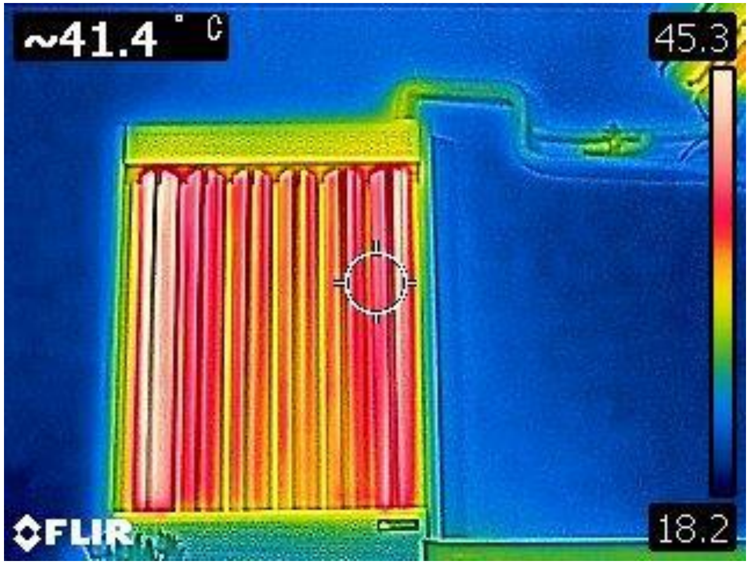
・パネルのサイズは

　外寸；H120 ×W82×T12 cm　　ふく射面；H88×W72 cm

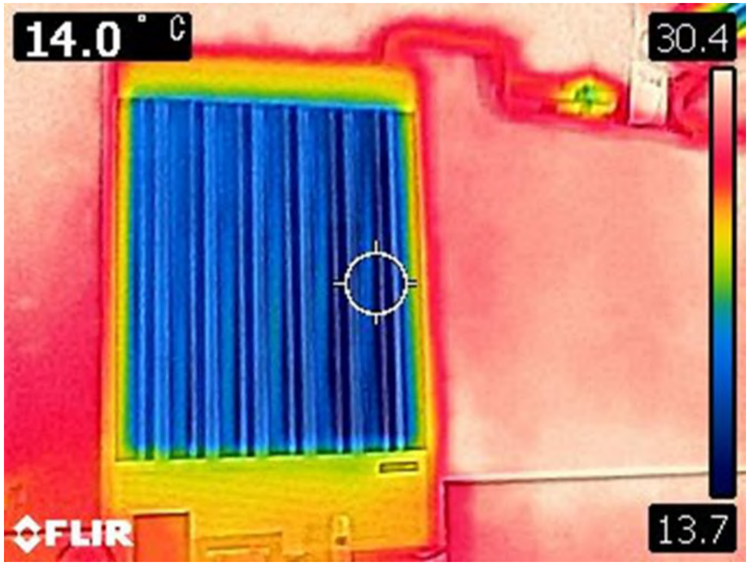
・構成部材はアルミを中心とし木材等　　重量は約20kg

・可動部分は無いので故障の心配は少ない

（ドレンポンプが必要な場合がある）



暖房運転立上り時のパネル赤外線画像



冷房運転定常時のパネル赤外線画像

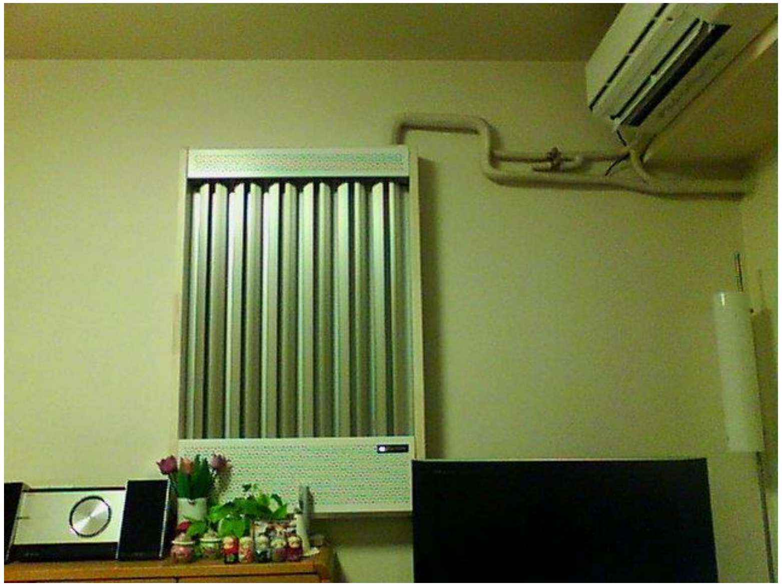
2. ふく射パネルの効果　＜住宅の場合＞

集合住宅にふく射パネル（壁掛けタイプ）を設置し、効果を検証

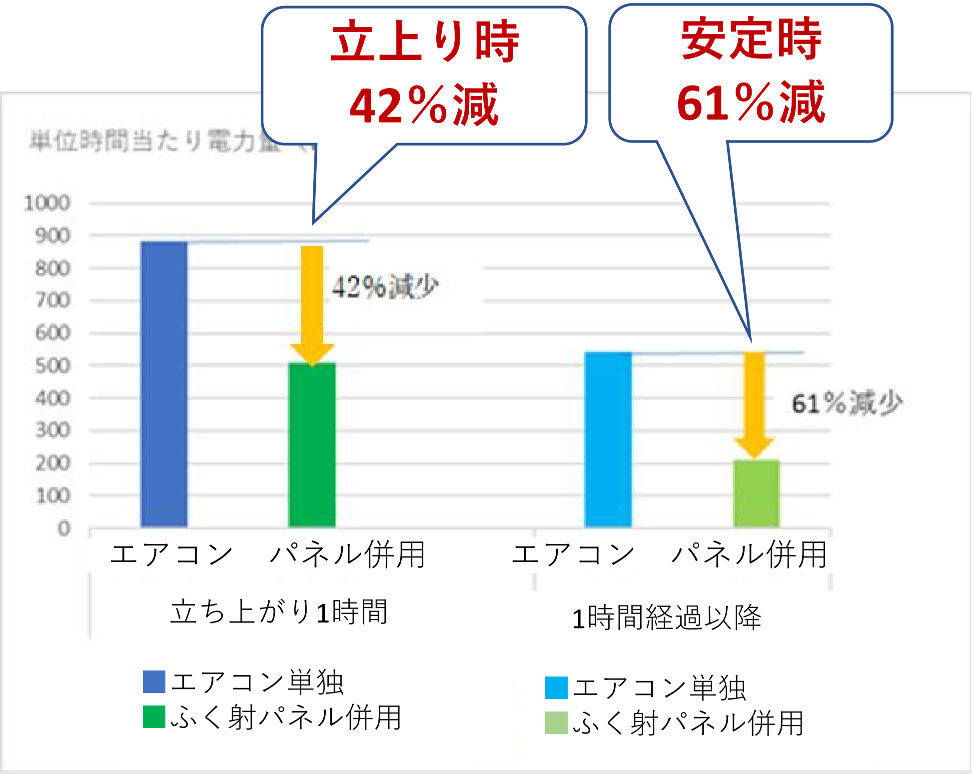
1　設置状況等

約29㎡の部屋に設置、室温、表面温等を測定

（居間部分23.5㎡、台所5.4㎡）



輻射パネル設置状況

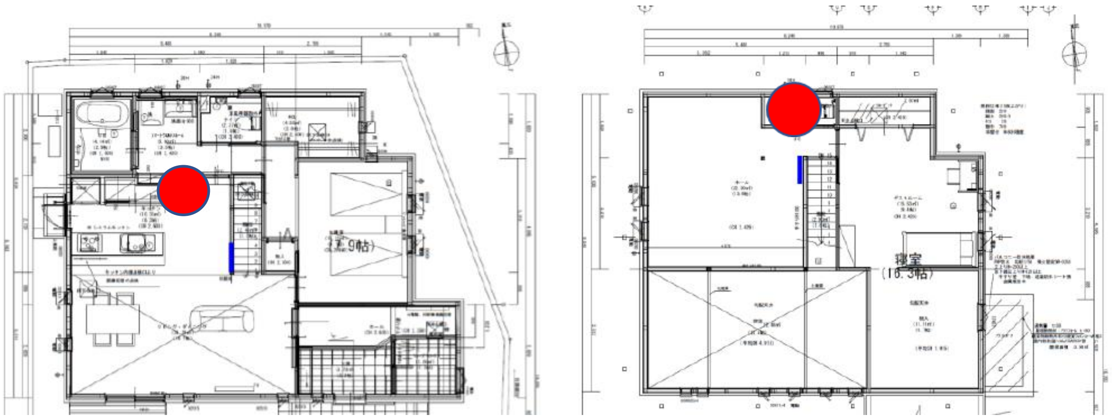


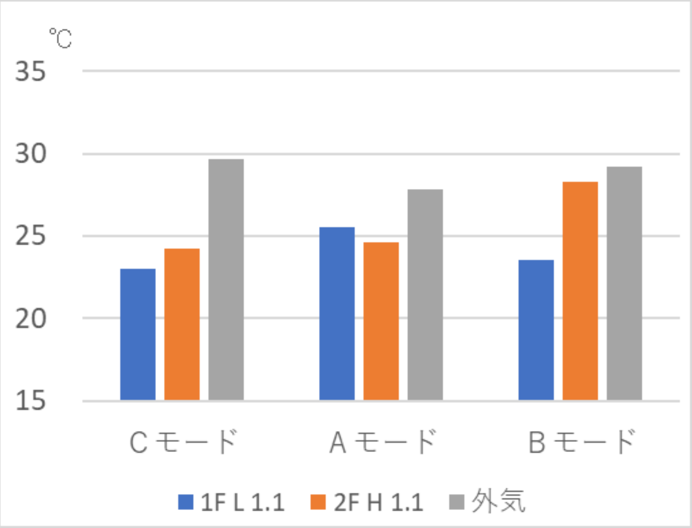
テスト運転結果

2. ふく射パネルの効果 ＜住宅＞

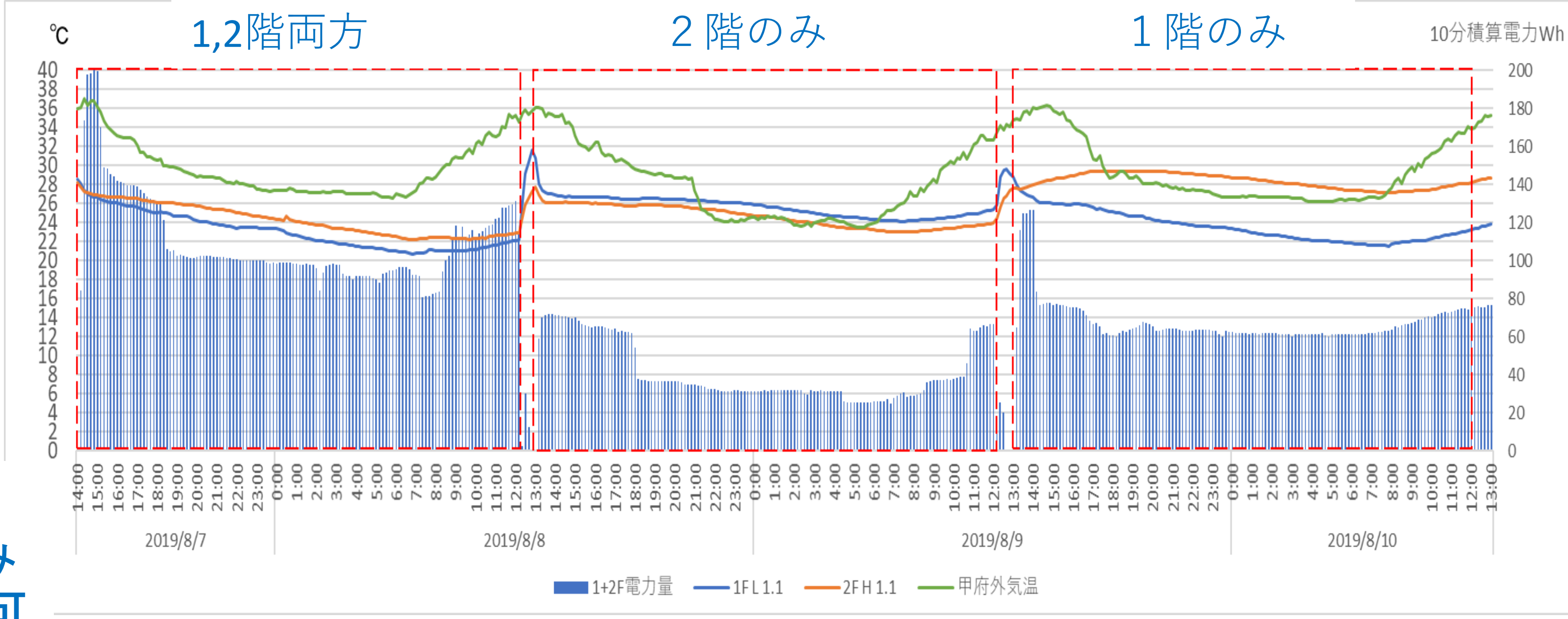
エアコンとふく射パネルで
全館空調

2 全館空調の可能性　冷房時





平均室温比較



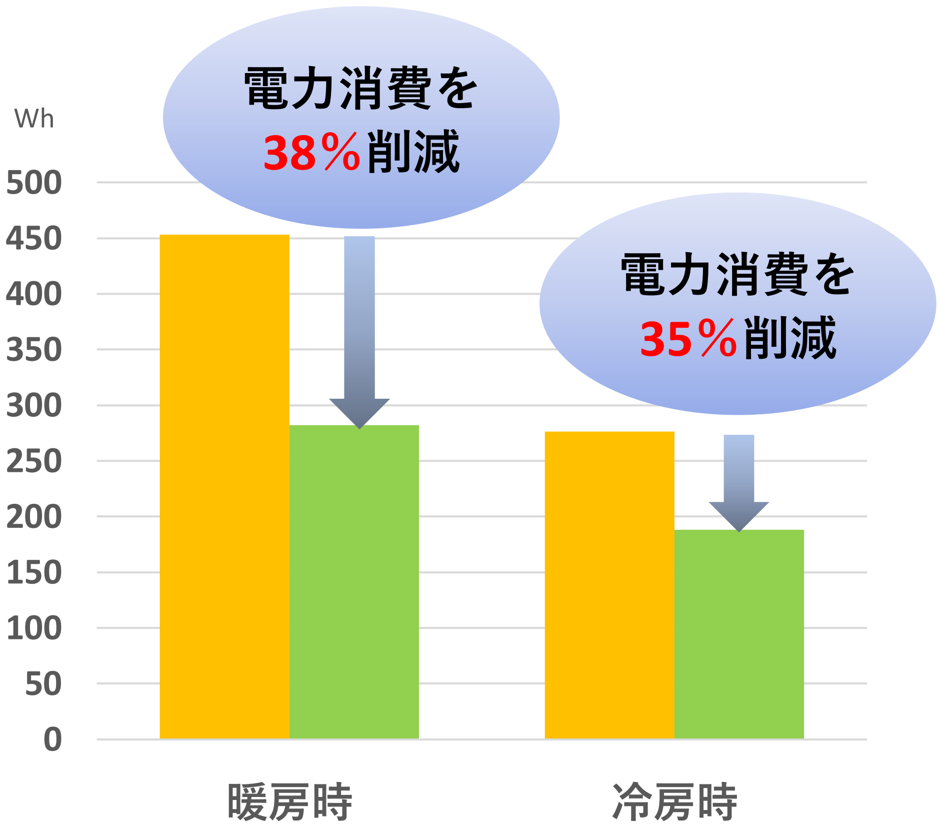
室温と合計電力消費量・外気温の推移

夏は2階、
冬は1階のみ
で全館空調可

2. ふく射パネルの効果　＜住宅＞

3 電力消費のまとめ

エアコン単独とふく射パネル併用の消費電力量比較



左図は2～3日間の連続運転時比較であるが、シーズンを通した比較でも同等の効果を確認

暖房運転期間
エアコン単独　2019/3/19-20
ふく射パネル併用　2019/5/16-17

冷房運転期間
エアコン単独　2020/8/28-30
ふく射パネル併用　2020/8/ 9-11

3. 施工事例

1 幼稚園

幼稚園に設置されたハイブリッド(併用)タイプのふく射パネル

遊戯室　　　　**トイレ**

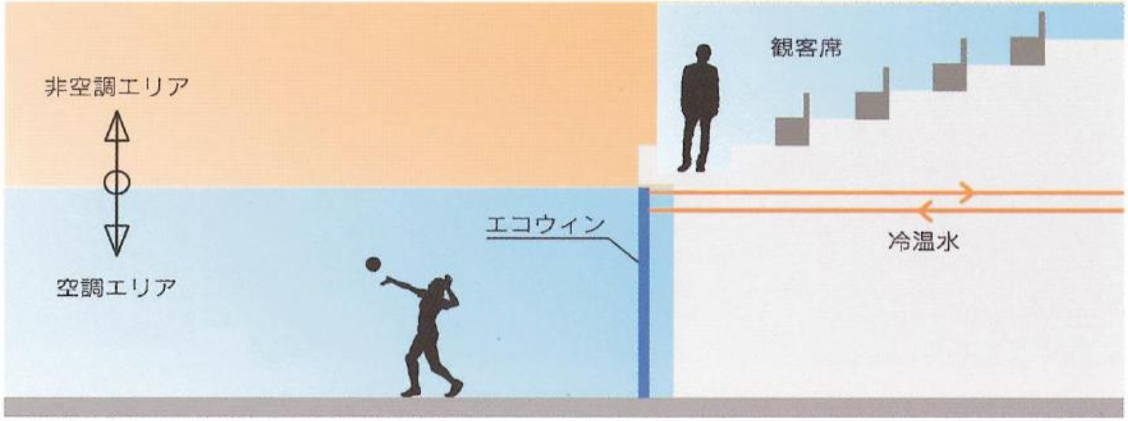
子供に優しく、子供の健康性、活性度向上が期待される

3. 施工事例＜効果＞

2 体育館の例

大空間に最適なシステム

宇土体育館(熊本県)



体育館のふく射空調イメージ

必要な部分のみを空調し、アリーナ部分では風がなくバトミントンなどの球技に最適

❹ これからの住まい・建築

WHO憲章より

WHO(世界保健機関)の健康の定義

1946年7月22日に署名、1948年4月7日に発効
日本では、1951年6月26日に条約第1号として公布

> Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity

この定訳は

> 「健康とは、完全な 肉体的、精神的及び社会的福祉の状態であり、単に疾病又は病弱の存在しないことではない」

そして、以下のようにも述べられている

「到達しうる最高基準の健康を享有することは、人種、宗教、政治的信念又は経済的若しくは社会的条件の差別なしに**万人の有する基本的権利**の一つである」

WHO(世界保健機関)の勧告
英国健康安全庁(UKHSA)の推奨

2018年11月、WHO（世界保健機関）は暖かい家と断熱を勧告した。
世界各国に向け、室温は**18℃以上**とすることを強く、また新築･改修時の断熱や夏季熱中症対策等を勧告した。

英国健康安全保障庁（UKHSA）は、
18℃を 室内最低推奨室温とし、
18℃未満で 血圧上昇、循環器系疾患の恐れ、
16℃未満で 呼吸器系疾患に対する抵抗力低下、
5℃未満で 低体温症の危険性大、
としている。