

---

**東北の友人たちが  
仮設住宅で東北の寒い冬を乗り切るために  
われわれが  
なにかの知恵を送ることができないか？**

---

**以下に 45枚のスライドを示します。**

**その“まとめ”を、次のスライドに示します。**

**... お急ぎの方は、ここ↑だけ見てください！**

**多少は“なぜか”もほしい方は、先に進んでください。**

**その知恵は、ちょこざいなものです。**

**しかし、ちょこざい が少しでも お役に立てれば幸いに存じます。**

**スライド作成・文責：  
日本熱物性学会会員・京都大学教授  
牧野俊郎**

# Abstract

東北の寒い冬を 仮設住宅 で 乗り切るために :

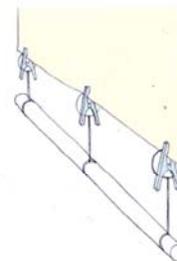
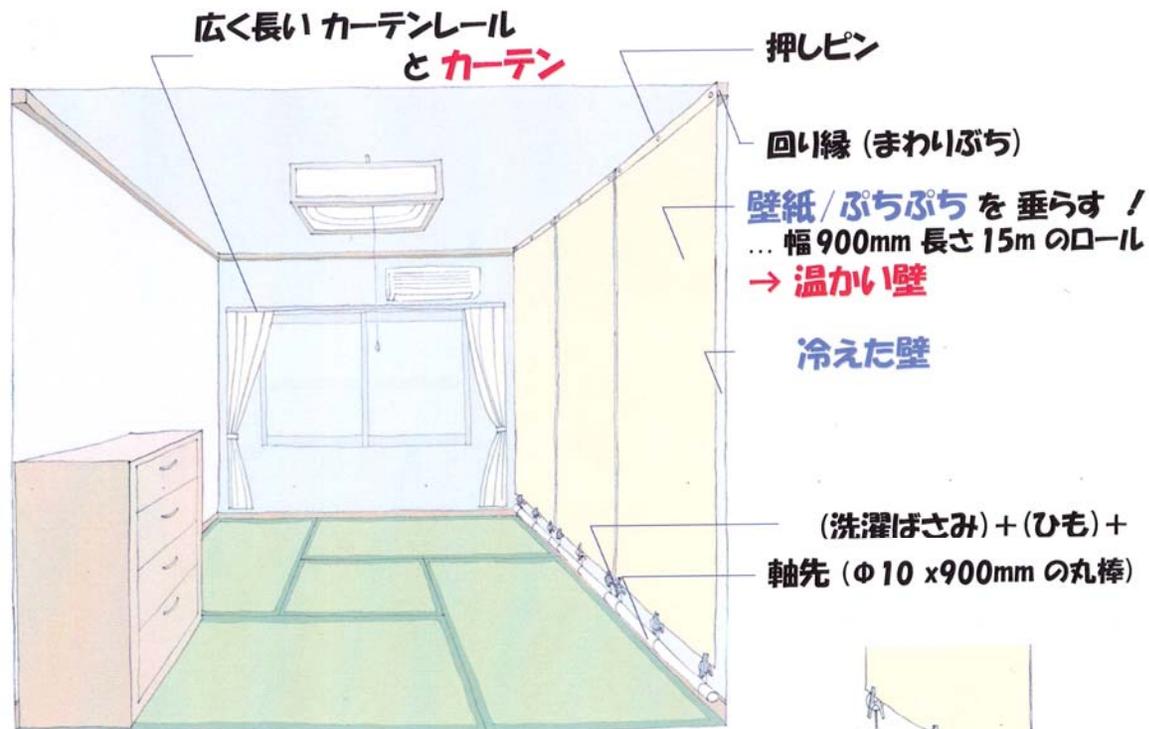
浴室には **ぷちぷち** を 垂らそう,

居間には **壁紙** を 垂らそう,

→ そうすれば, 寒さは やわらぐ !



**ぷちぷち**  
のある 浴室



冬の 仮設住宅 を 温かく !

- 熱容量の小さい壁の設置 in たたみ6畳間 (居間 兼 寝室) -  
夏には エアコンが その壁を 冷やす.

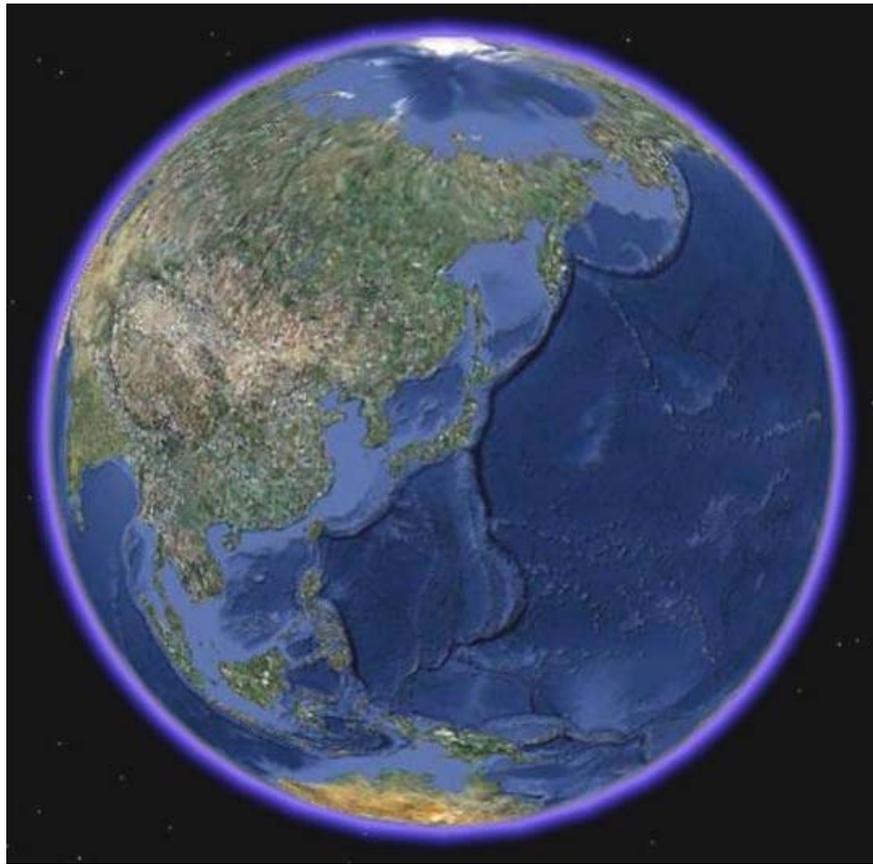
# ふく射と壁への着眼

---

- ・ 熱とふく射  
ふく射は熱ではない
  - ・ 伝導伝熱・対流伝熱・ふく射伝熱  
ふく射伝熱とは？
  - ・ 身近かなふく射・ふく射環境  
気づかないがみんながふく射を感じている
  - ・ 過酷なふく射環境  
冬の日 冷えた浴室を温かく！
  - ・ 被災地の**仮設住宅**は寒いでしょう？  
なんとかせにゃあ～ 熱容量の小さい壁をつくる
  - ・ エアコンの考え方の転換を！  
より涼しく より温かく そして省エネも
  - ・ 温度の測定はむずかしい！  
いい加減な方法では正確に測れない
  - ・ Summary  
さあ、やってみよう！
-

*from* Makinotosh iro070602 生活環境懇話会  
*after* 東日本大震災 110311

# “Think Globally, Act Locally!” by Dr. R. Dubos



こういうことでしょうか？

大局的にものを考えましょう。  
しかし、大局を理解して  
留まっていたはずい。

小さなことでよいのだが、  
なにか具体的に動きましょうね。

すこしまわいくどいが、  
説明から始めて ..... :

**熱とふく射**

**ふく射は熱ではない**

# ふく射 は 熱ではなくて 光である！

heat  
熱

radiation  
ふく射  
光

弾性波  
電子波

電磁波

energy of 粒子

energy of 電磁場

$$\frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{1}{2}\epsilon E^2 + \frac{1}{2}\mu H^2$$

↑  
質量

↙ ↘  
場

in 物質

even in 真空

phonon  
electron

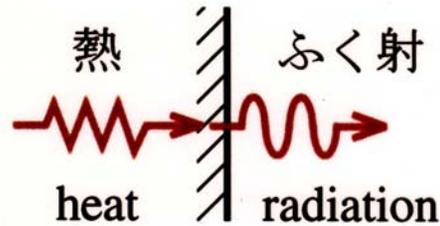
photon

**伝導伝熱・対流伝熱・ふく射伝熱**

**ふく射伝熱 とは ？**

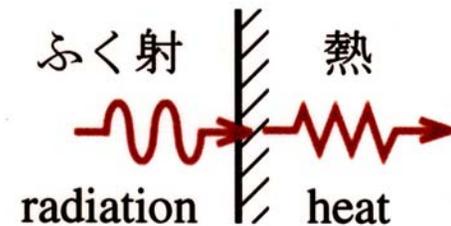
# ふく射伝熱とは？

## ふく射の伝搬 propagation of radiation



変換

ふく射の **放射**  
emission of radiation



変換

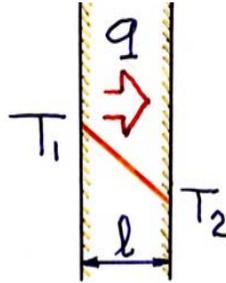
ふく射の **吸収**  
absorption of radiation

《 **heat** (熱) → radiation (ふく射) → **heat** (熱) 》

ふく射伝**熱**  
radiative heat transfer

# 伝熱のすべて

## (1) 伝導伝熱

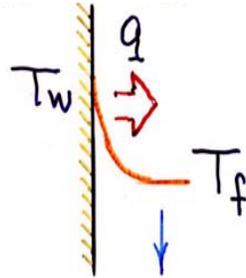


## Fourier's law

$$q = \lambda (T_1 - T_2) / l$$

↑  
thermal conductivity  
熱伝導率

## (2) 対流伝熱

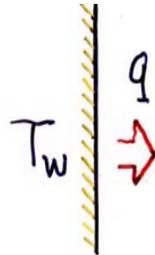


## Newton's cooling law

$$q = h (T_w - T_f)$$

↑  
heat transfer coefficient  
熱伝達率

## (3) ぶく射伝熱



## Stefan-Boltzmann's law

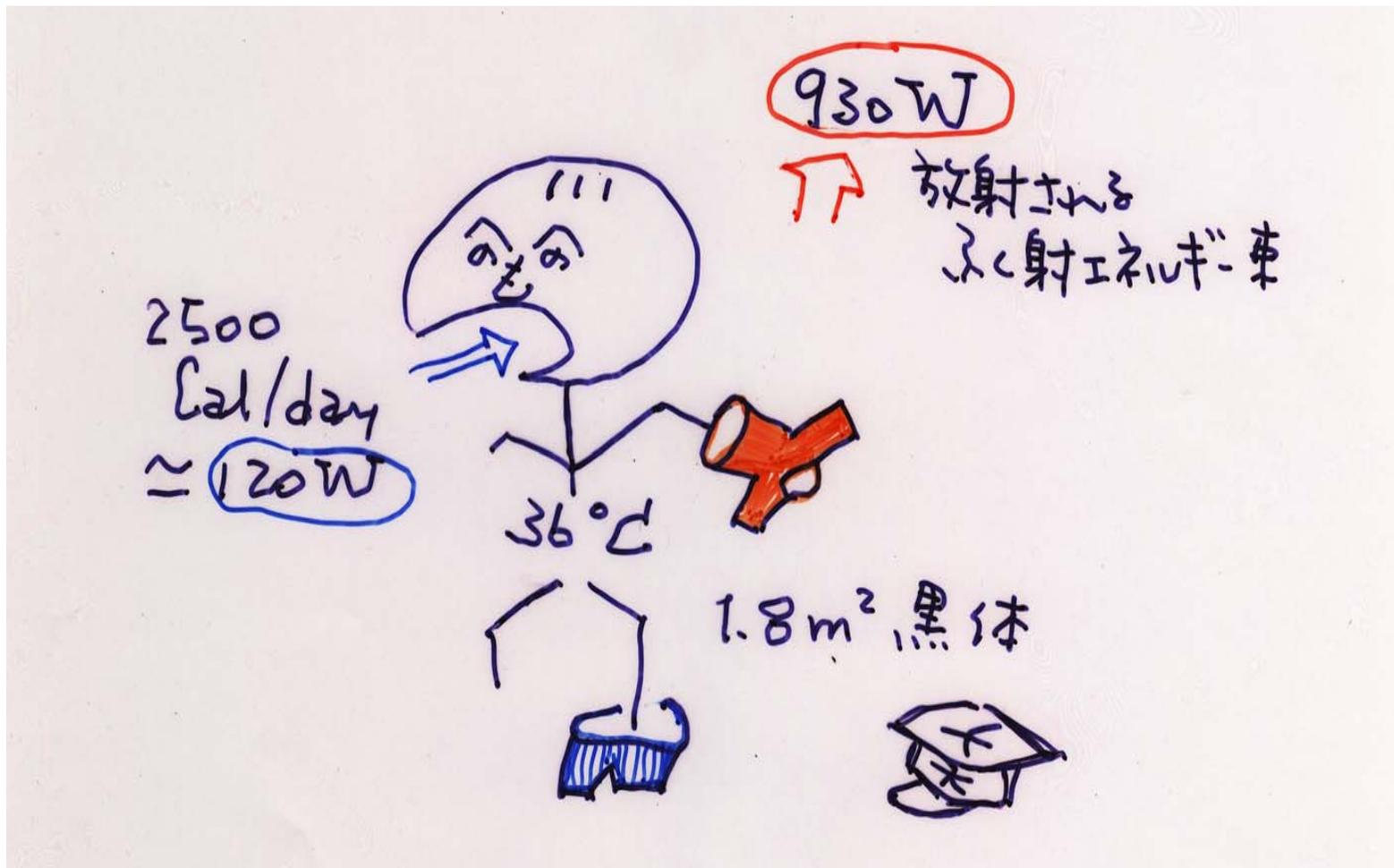
$$q = \varepsilon \sigma T_w^4$$

↑  
(total hemispherical) emittance  
(全半球)放射率

(1) と (2) は 悪くない. しかし, (3) は **むちゃくちゃ!**

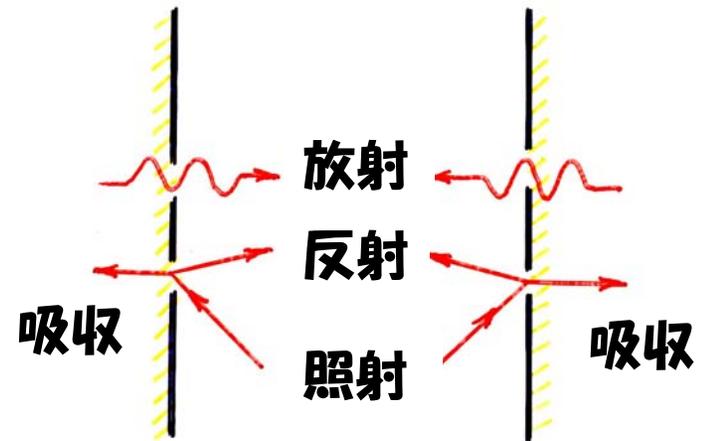
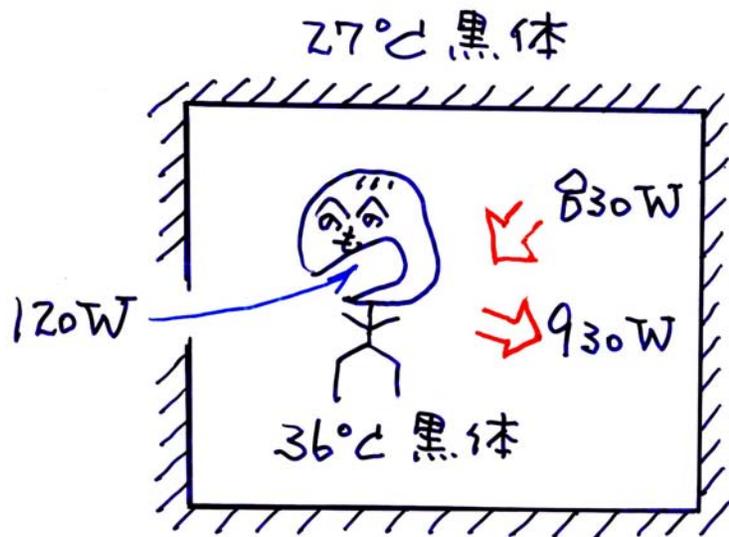
**身近かな ふく射・ ふく射環境**

**気づかないが みんなが ふく射 を感じている**



## Stefan-Boltzmann の法則？

2500 kcal/day = 120 W の食事 で 930 W の 放射エネルギーを放射していたら、  
とても生きていけないでしょう？ しかし！



Net flux:

$$930 \text{ W} - 830 \text{ W} = 100 \text{ W}$$

人間一人 100 W.

人間は一人で生きているのではない！

壁が敵にも味方にもなる。

## ふく射の吸収と放射

ふく射/光と物質との相互作用

ふく射伝熱には相手がある！

ひとの相手は 壁！

# ふく射伝熱を体感する！

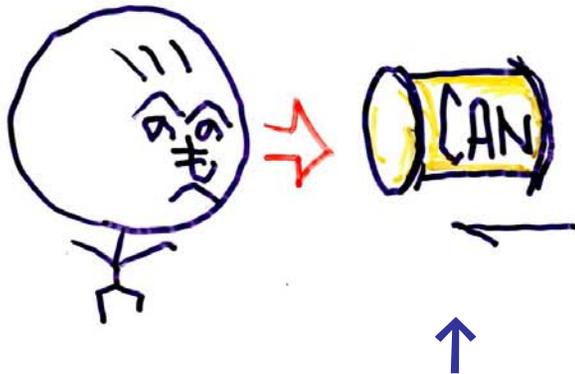
夏にはみかんの缶づめを凍らせて  
シャーベット状にしたものを食べるとよい。  
実にうまい。

私の部屋の冷蔵庫にはみかんの缶づめがある。

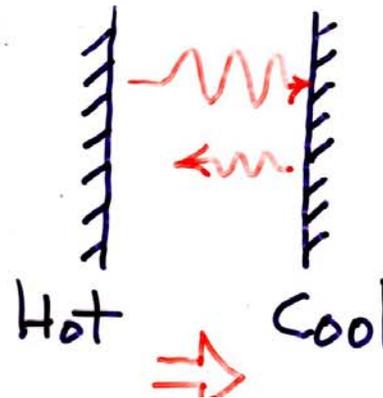
その缶づめを頬に近づけると涼しい。

なぜか？

↓ 冷えた **壁** の接近 (形態係数の増加), **涼しい!**



冷やしたみかんの缶づめ



# 冬の日の朝：自動車のフロントガラスの凍結

気温は  $5^{\circ}\text{C}$  くらいなのに。屋根は凍らないのに。

→ 駐車場には **常緑樹** を植えよう！ ... 設計段階では  
車は建物に向けて駐車しよう！ ... 制御段階では



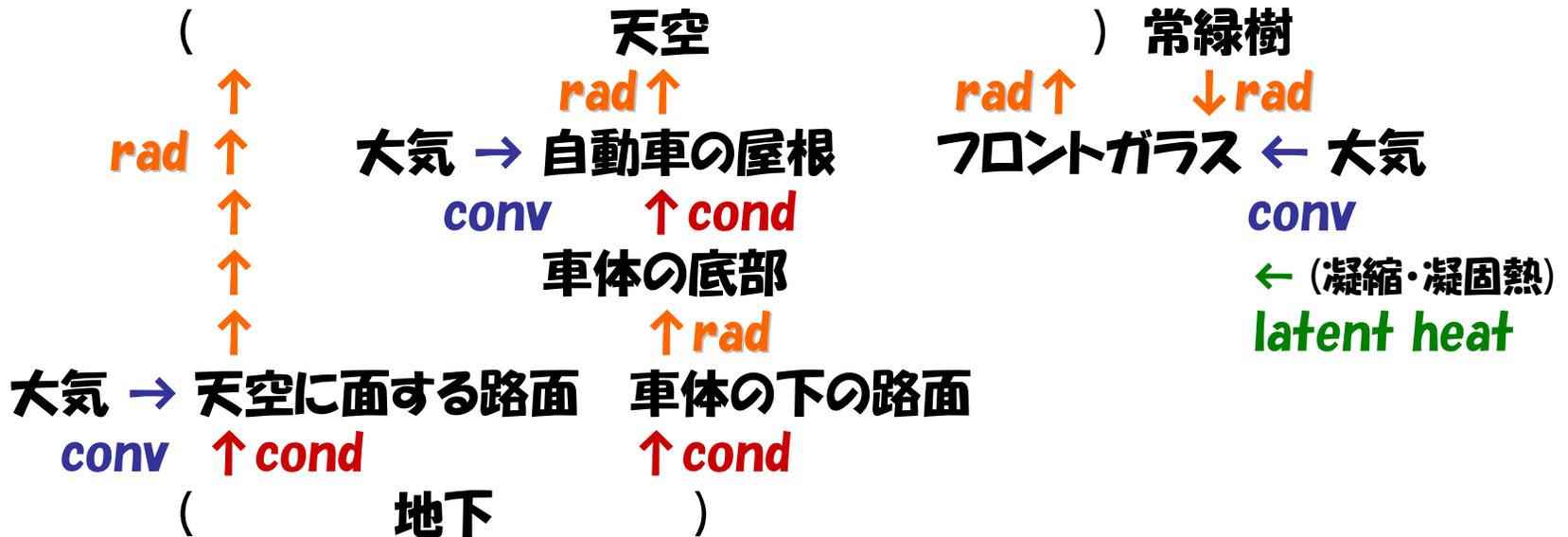
ここで、

**壁** は 天空

- 自動車のフロントガラスが凍りつく
- まず 結露, そして 凝固 (凍結)
- ボディー 車体の底部 路面 霜が降いる

## 冬の夜の駐車場における定常伝熱のモデル

---



# ふく射伝熱の体感経験 いろいろ

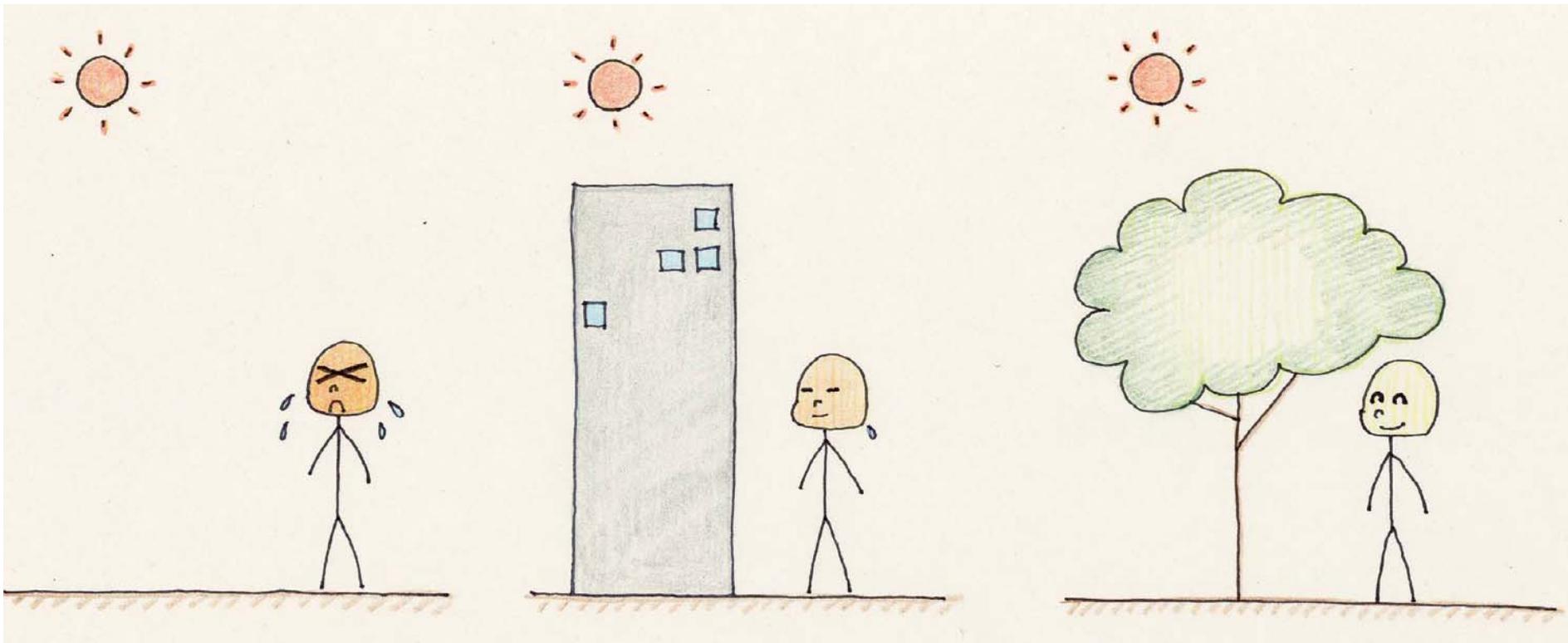
## 晴れた **冬** の日の夜

ベランダの手すりが冷たくなる、触れられないほどに。  
自動車のフロントガラスが凍り付く、  
最低気温は  $0^{\circ}\text{C}$  より高かったのに。

## 晴れた **夏** の日の日中

ベランダの手すりが熱くなる、触れないほどに。  
干した布団・洗濯もの  
... その温度は気温よりも高くなる。

# 夏の日の ぶく射伝熱



暑い夏の日に、

木陰に入ると 涼しく気持ちよい。

しかし、ビルの陰に入っても 涼しくはない。

木の葉は 自分の温度を 自分でコントロールしている。

しかし、ビルの **壁** には そんな 能力/知恵 はない。

そこからは 猛烈な ぶく射 が やって来る。そして 暑い。

**デスクヒーター：**

**このすぐれもの、冷え性の強～い味方！**



**165 W**  
**¥ 3.7 / h**

**松下電器(株) DC-2456P-C**  
**1万円くらい**



**少しだけ温かい壁をつくる！**  
**絵：中尾美江さん**

# — 広く射伝熱 への 着眼 —

生活実感 から 生活科学/ 工学/ 商品 まで  
快適性と省エネの両立を！

## Motives:

人間一人100W

人間は 一人で生きているのではない。

夏の木陰は涼しい！ しかし、ビルの陰は涼しくない  
植物の葉の 温度調節機能！

凍りつく自動車のフロントガラス

駐車場には 常緑樹を植えよう。  
車は 建物に向けて駐車しよう。

デスクヒーター

このすぐれもの、 冷え性の強〜い味方！

冷え込んだ冬の浴室

お風呂場を温かく。 居間も温かく。

**過酷な ぶく射環境**

**冬の日 の 冷えた浴室 を 温かく !**

# 冬の浴室を温かく！

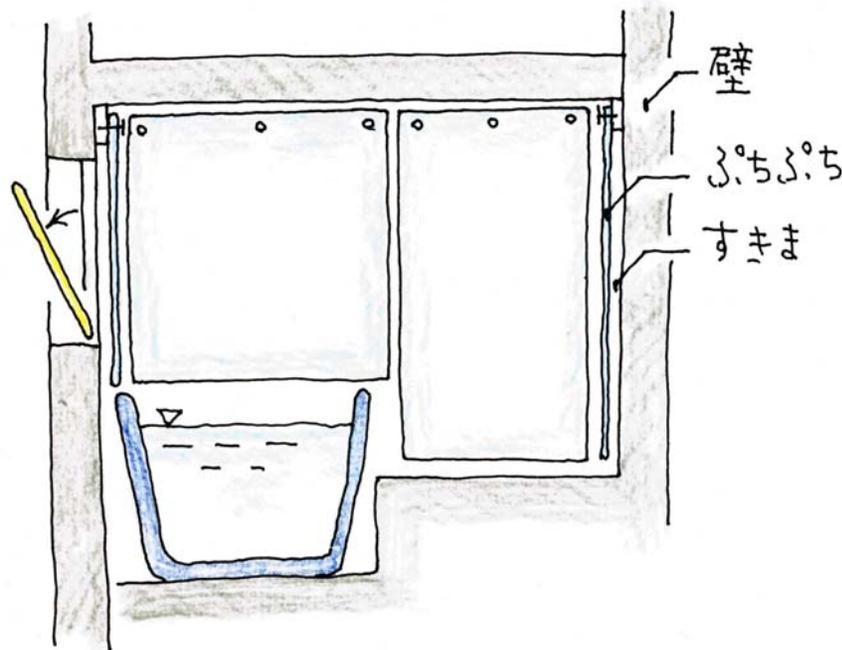
... ぶく射伝熱

ひんやりした浴室

熱源はある, しかし熱容量の大きい壁

あるいは断熱性のよくない壁

熱容量の小さい壁 / カーテンを設ける! → 温かい浴室



# ぷちぷち petit-petit

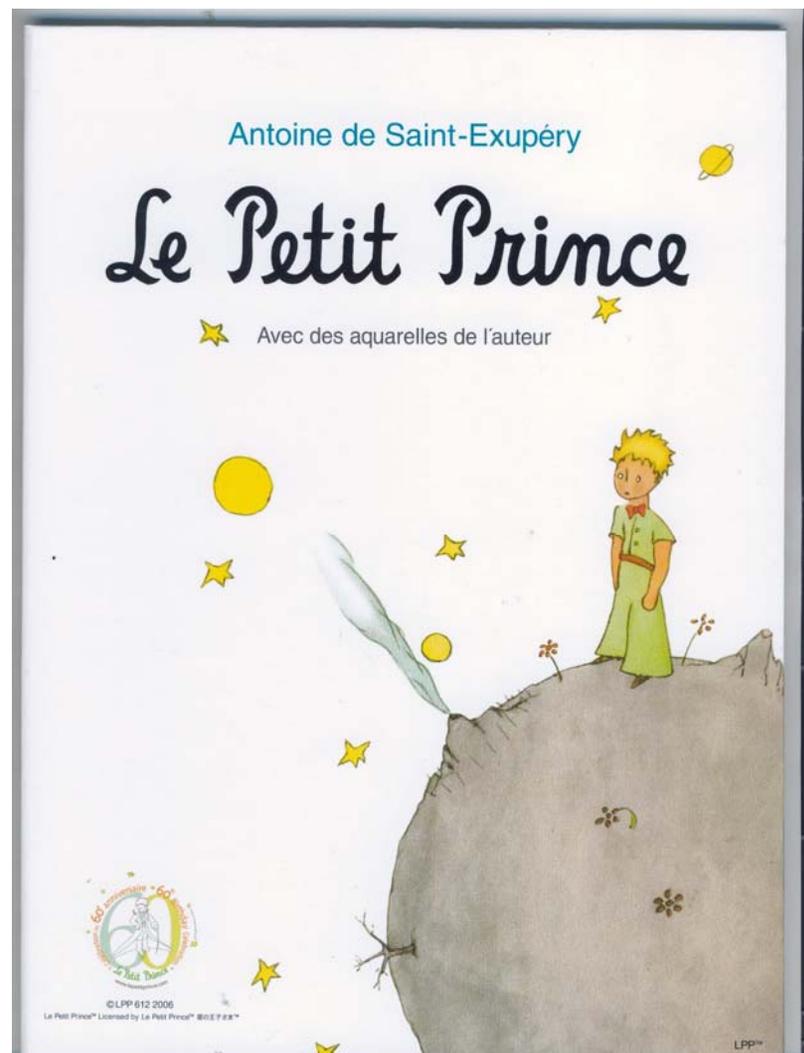


梱包用緩衝吸収材のエアクッション。  
直径10 mm、高さ5 mmの円柱状の空洞を  
ピッチ11 mmで千鳥格子状に並べたもの。

幅900 mm、15 mのロールとして  
1,200円くらいで市販されている。

全半球放射率  $\varepsilon_H^{\text{total}} = 0.48$

**petit** : fr. 小さい, かわいい  
これ↓ 邦訳は「星の王子さま」





**わが家の浴室**

## 2010.12. における 展開/進歩



まわりぶち(天井と側壁の境の木の部分)  
のない壁へのぶちぶちの設置法

(洗濯ばさみ)+(ひも) でぶら下げる



トイレの断熱・断ふく射  
(窓部は3重のふく射断熱)

# Table 人体からのエネルギー損失

人間一人 100 W, なのに 1 kW, **たいへんだ!**

## “ぷちぷち” のない場合

〈湯張り前〉

*radiation*    *convection*  
1.17 kW      0.10 kW  
13°C ← 33°C → 12.6°C  
(壁)      (ひと)      (空気)

〈湯張り後〉

*radiation*    *convection*  
**1.12 kW**      0.07 kW  
14°C ← 33°C → 18.7°C  
**(壁)**      (ひと)      (空気)

## “ぷちぷち” のある場合

〈湯張り前〉

*radiation*    *convection*  
0.76 kW      0.10 kW  
16°C ← 33°C → 12.6°C  
(壁)      (ひと)      (空気)

〈湯張り後〉

*radiation*    *convection*  
**0.67 kW**      0.07 kW  
18°C ← 33°C → 18.7°C  
**(壁)**      (ひと)      (空気)

**わずかに +4 °C  
ぷちぷちの  
低い放射率  
のなせるわざ!**

その後 の コメント:

“ぷちぷち” に *shower flush* すると、より 効果的 である。  
裸になる前と入浴中に ときどき これ↑をやれば 完璧 である。

浴室に 湯気 が満ちる。  
ポカポカ感 も得られる。

... 空気は あまり温まっていない!。湯温の水蒸気の凝縮 → *droplets*  
ぶく射の寄与の実験的評価・COP的評価はやさしくない!  
ポカポカ感 の評価は むずかしい!

# お風呂の話の おまけ

## 水とお湯

湖の氷は上から張る

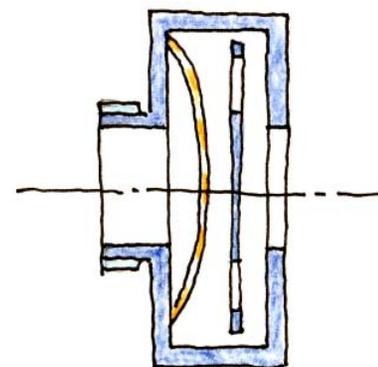
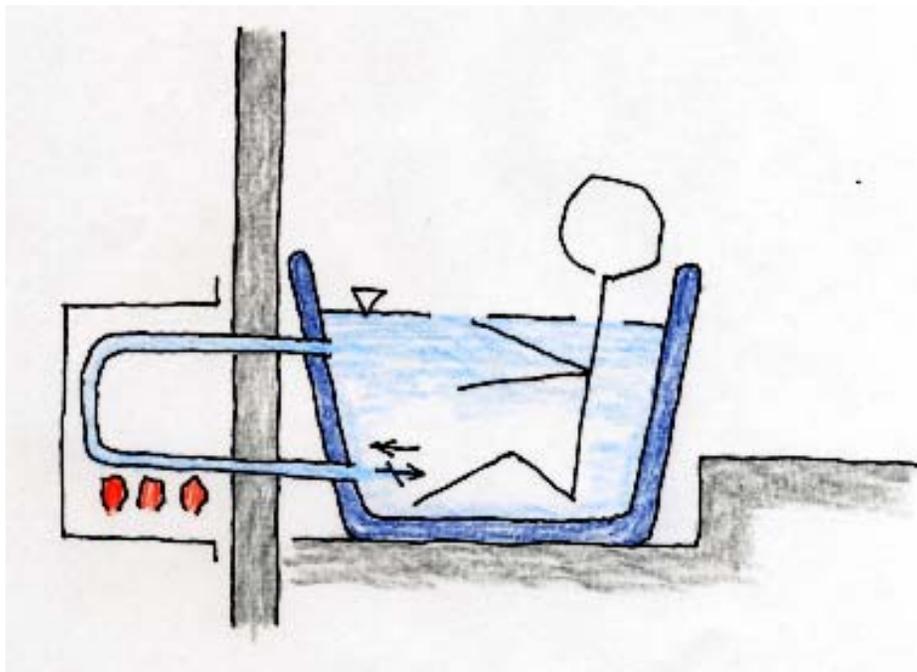
... 冷えた水は軽い

風呂はかき混ぜてから入れ

... 熱い水は軽い

風呂の湯が冷めないようにするには？

これは 対流伝熱



ふろっきー  
省エネ大賞 だそうな !



**おばあさんの知恵**

**風呂のしまい湯には水を足す  
翌日の朝の洗濯のために**

**被災地の仮設住宅は寒いでしょう？**

**なんとかせにゃあ～**

**熱容量の小さい壁をつくる**

お人形さんに布団を掛けあげても  
お人形さんは温かくない。

しかし、それとは違って、  
そこに**熱源**はある。しかし 寒い。

**断熱** と **断ふく射** をいかに？

## 段ボール・新聞紙・テント！

... すぐに温かくなる

熱容量の小さい **壁**

over 冷えた 避難所 の壁と床

**Idea :**

仮設住宅には、

回り縁(まわりぶち)を、

そこから 壁紙 を垂らす、

壁紙の下端には

軸先(木の棒) を付ける。

## 登山の知恵を生かした低体温症予防策

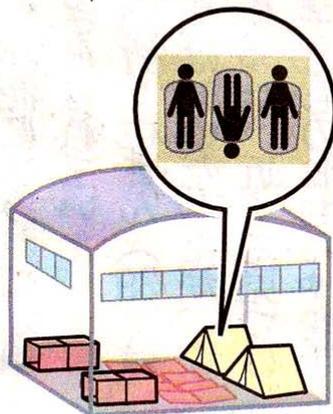
### 体の保温をする

- 床に段ボールなどを敷く
- 首、脇の下、脚の付け根をカイロや湯たんぽなどで温める



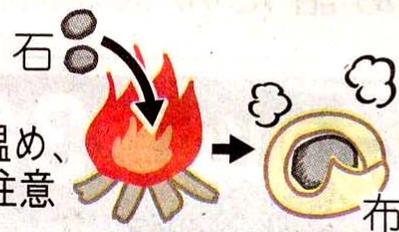
### あるものを利用して暖を取る

- 新聞紙を服の下に巻く
- 即席湯たんぽを作る...  
水を入れたオレンジキャップの加熱用ペットボトルを炭火などで温める。  
飲用水でない場合は明記し、誤飲を避ける



- 広い室内には、テントや段ボールハウスを設置する。  
床に段ボールを敷き詰める

- 代用カイロを作る...  
石をたき火で適温に温め、布でくるむ。やけどに注意



(日本登山医学会のブログを参考に作成)

避難生活で大切な知恵は

## 仮設住宅 / フレハフ住宅

(福島県相馬市 HP から)

3～4人用:

4軒長屋,

各戸 2DK (4.5畳×2間, DK) 9坪

部屋の仕様 等:

**風呂**, トイレ, **照明器具**, **ガスコンロ**,  
**エアコン 1台**

日本赤十字社 から 支援の予定:

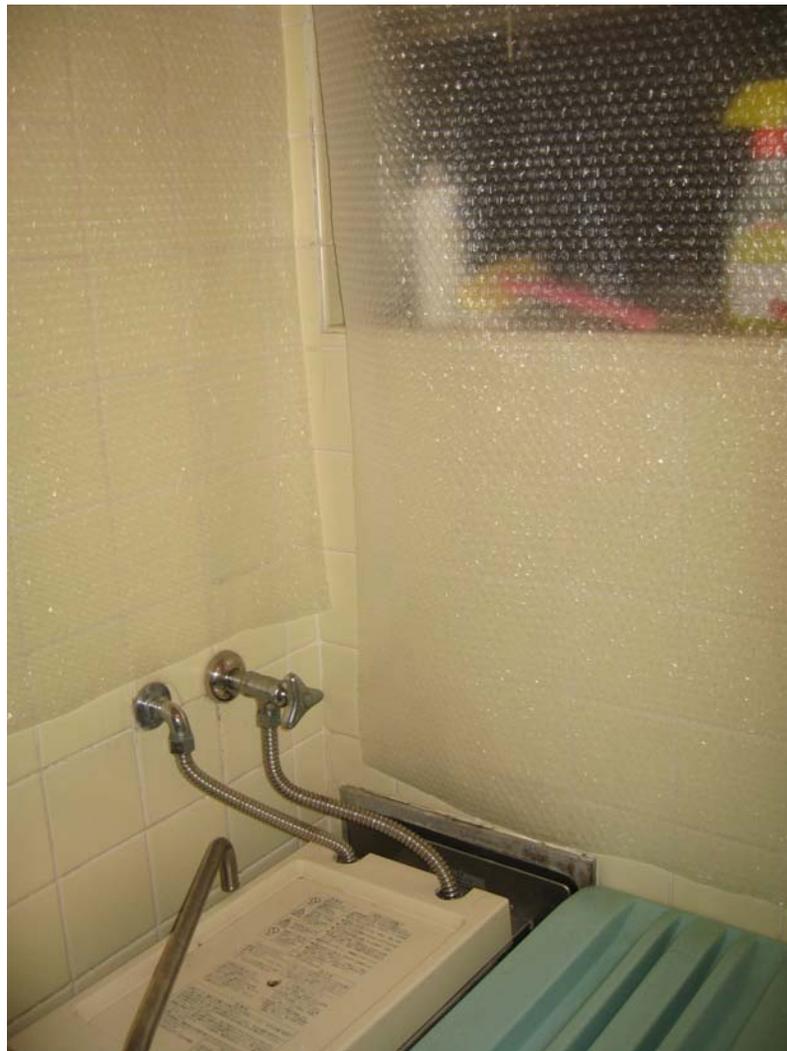
**冷蔵庫**, **テレビ**, **電子レンジ**, **電気ポット**, **洗濯機**, **炊飯器**.

- ・ **熱源** (これらも **熱源**) はある.
- ・ あとは **ふく射断熱・断ふく射 !**
- ・ 壁紙 か ぷちぷち の カーテン を !



学校に設営された陸前高田市の  
仮設住宅 (2011年4月11日)  
(Wikipedia「仮設住宅」から)

**浴室には もちろん ぴちぴち を！**

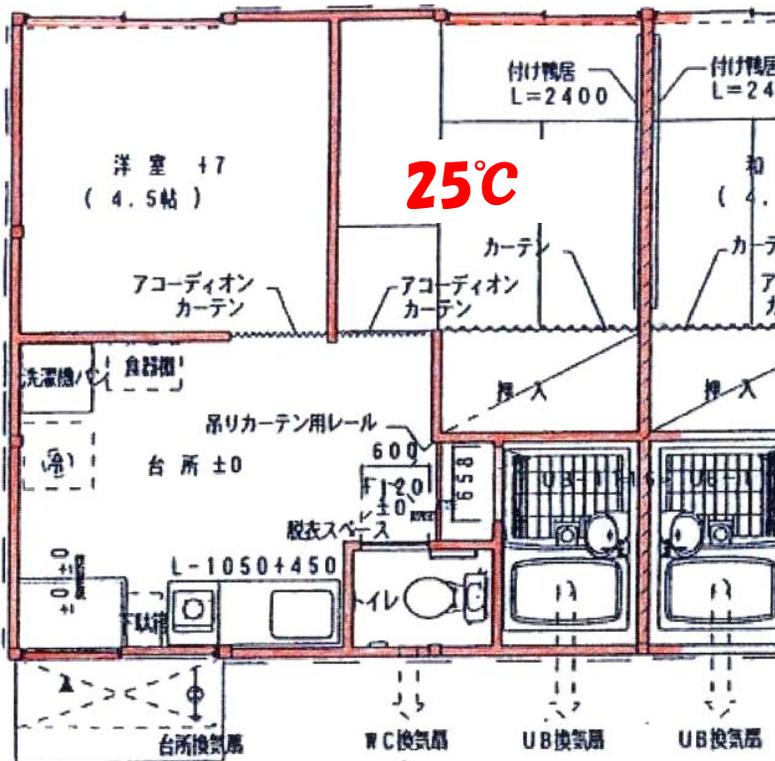


**わが家の浴室**

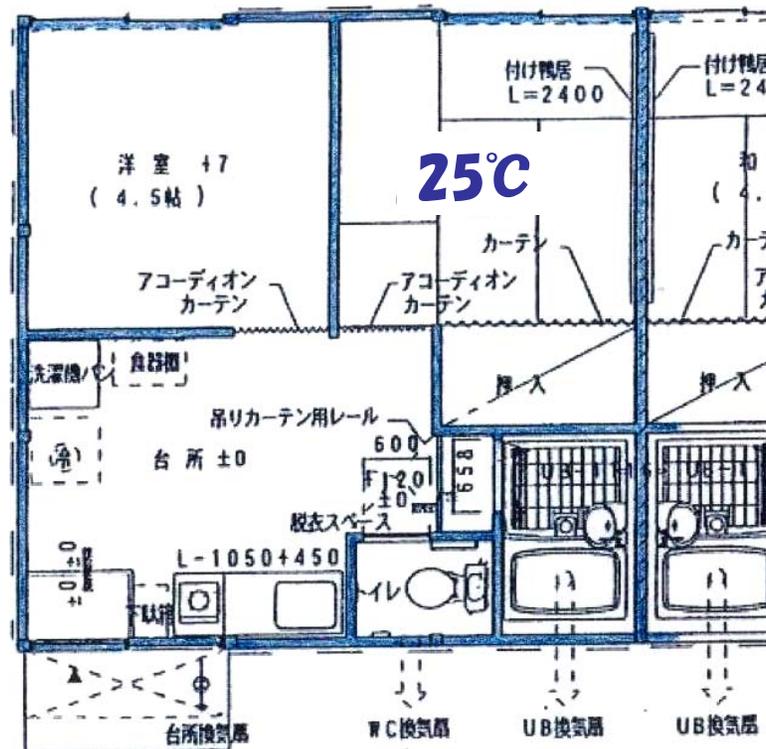
# 仮説住宅の居間の壁にもカーテンを！

放熱 / 吸熱フィンとして機能する **壁** / **壁**

夏



冬



“7月, 25°Cは夏日でも, 12月, 室温25°Cで寒い わけ”

オイルヒーターのweb pageから:

<http://www.delonghi.co.jp/product/heater/index.html>

広く長いカーテンレール  
とカーテン

押しピン

回り縁 (まわりぶち)

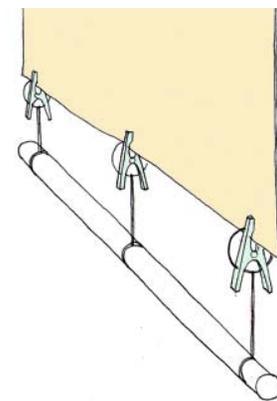
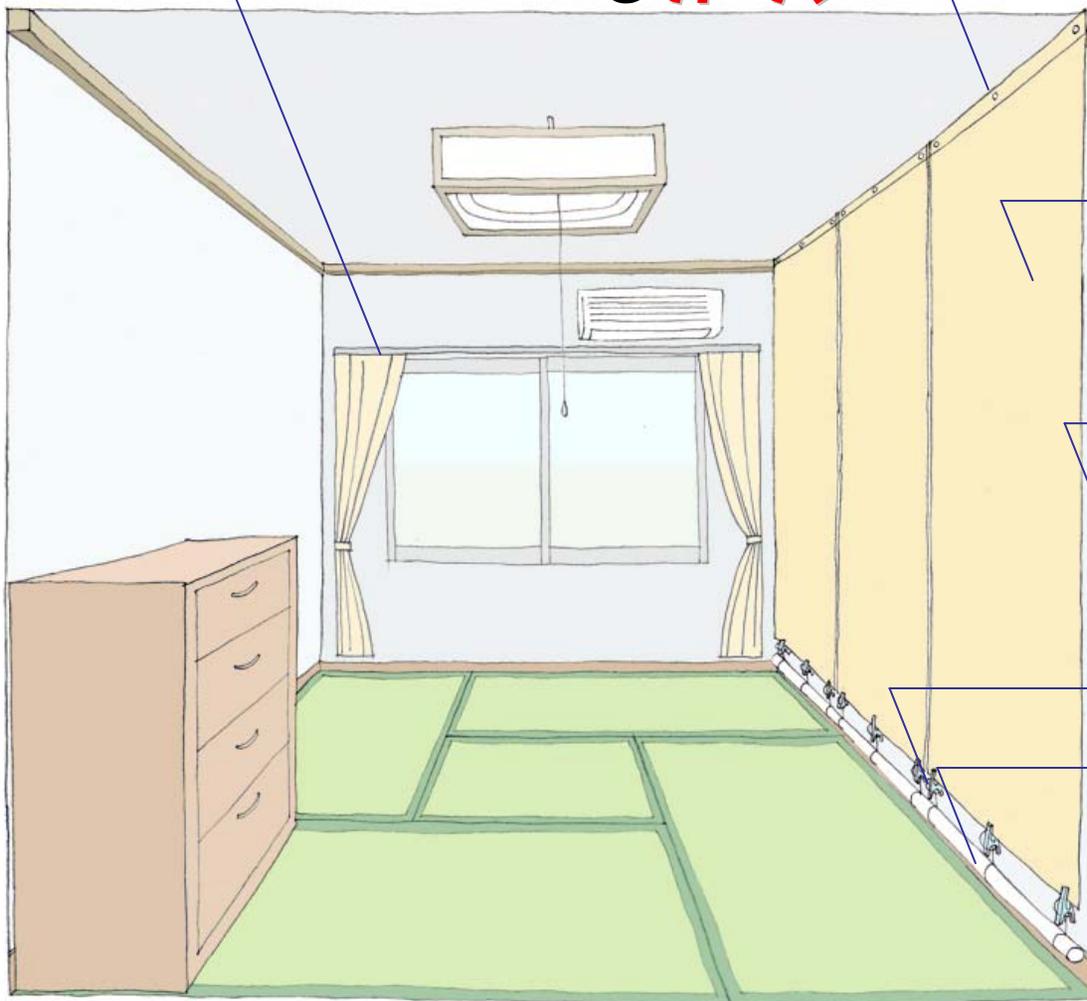
壁紙 / ぷちぷち を 垂らす !  
... 幅 900mm 長さ 15m のロール

→ 温かい壁

冷えた壁

(洗濯ばさみ) + (ひも) +

軸先 (Φ10 x 900mm の丸棒)

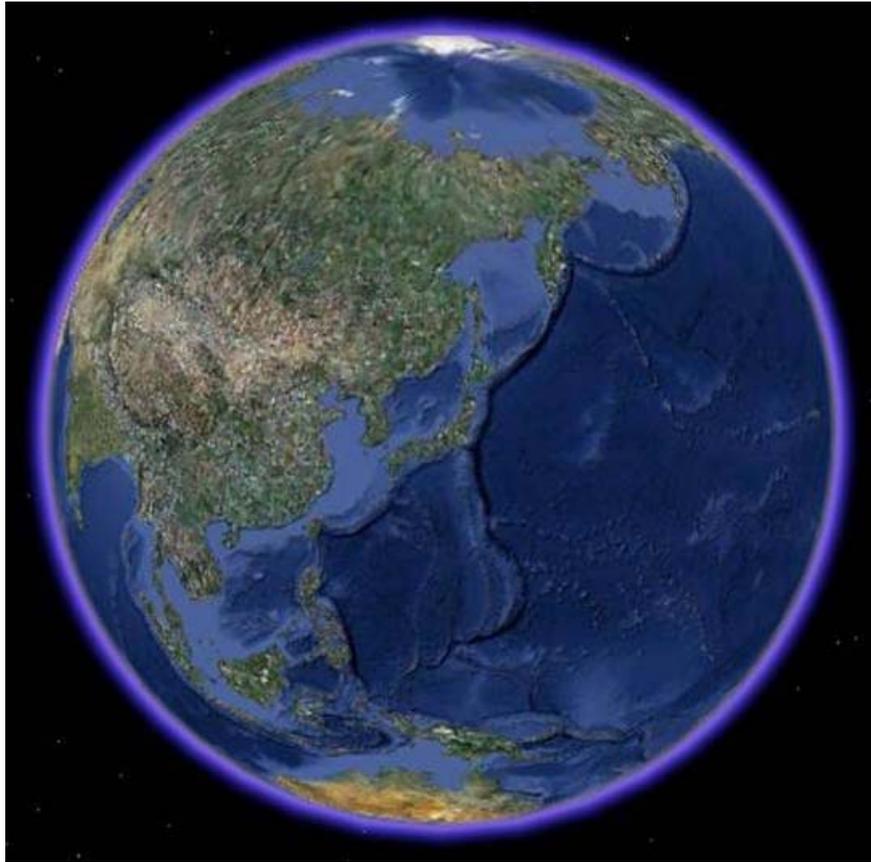


冬の 仮設住宅 を 温かく !

— 熱容量の小さい壁の設置 in たたみ6畳間 (居間 兼 寝室) —  
夏には エアコンが その壁を 冷やす。

*from* Makinotosh iro070602 生活環境懇話会  
*after* 東日本大震災 110311

# “Think Globally, Act Locally!” by Dr. R. Dubos



こういうことでしょうか？

大局的にものを考えましょう。  
しかし、大局を理解して  
留まっていたはずい。

小さなことでよいのだが、  
なにか具体的に動きましょうね。

ひとまず おわり

あとは 平時の 生活科学

**エアコンの考え方の転換を！**

**より涼しく より温かく そして省エネも**

# 空気調和の考え方のフレイクスルーを！

— ぶく射伝熱への着眼 — 生活実感から工学/商品まで

## ◆ 空調の目的はなにか？

空気を冷やす/温めるは目的ではない！

目的は、人間を冷やす/温めるである。

## ◆ そのためには、

エアコンで、空気を冷やし/温め、その空気で

つくられた熱容量の小さい壁を冷やす/温める！

ついでに、空気も冷やす/温める。

## ◆ 補遺

温ったかプレート は床近くに立てる like for デスクヒーター

冷やしのプレート は天井に

## ◆ Keywords:

熱容量の小さい壁と温熱源/冷熱源 (エアコン)！

# 三菱電機(株) 加賀邦彦 氏

## との discussion 中に気づいたこと 101217

冬に 暖房機 からの気流があると心地よくない。

暖房機 からは **ポカポカ感** を感じられない。

これ↑を 翻訳すると, たとえば ↓:

- ・ 温かさは おもに むき出しの皮膚 (とくに うなじ部) あるいは 薄着の部分 (たとえば スッキング部) で感じる.
- ・ 皮膚の温度は  $30\sim 33^{\circ}\text{C}$  の程度であり, いっぽう 暖房機からの気流の温度は皮膚に達するときには  $20\sim 25^{\circ}\text{C}$  の程度? である.
- ・ とすれば, **暖房機からの気流** は皮膚という壁面を **強制対流冷却** するものではないか?
- ・ 気流は 皮膚の触覚(痛点?)を刺激するのみならず, 皮膚の温点・冷点をも刺激し, それらが「心地よくない」, 「ポカポカ感を感じられない」に繋がるのではないか?

**温度の測定はむずかしい！**

**いい加減な方法では正確に測れない**

ところで、

**温度（空気の温度・壁の温度）の測定はむずかしい：**

**... 温度計は、温度計の温度を測ってしまう！**

**冷えた浴室に入れば、温度計だって寒い。**



**Photo 1 気体の(時間空間平均)  
温度測定用の温度計**



**Photo 2 固体表面の温度  
測定用のフローブ**



**左の完全防御の温度計は、  
空気の温度(室温)を正しく測る。**

**壁に面する他の2つの温度計は、  
空気の温度を正しくは測らない。**

**冬には 低めの温度値を指示し、  
夏には 高めの温度値を指示する。**

**2つの温度計は、  
(十分にはほど遠いが) 少しでも  
よく射伝熱を考慮するものになっ  
てしまっている。 図らずも。**

# **Summary**

**さあ、やってみよう！**

# Summary :

人体を温めあるいは冷やしたい。

空気を冷やしたい/温めたいするのは目的ではない。

**ふく射伝熱** に注目しよう！

生活空間においても **ふく射伝熱** の寄与は大きい。

空気の温度よりも **壁の温度** に注目しよう！

壁は外気や天空から冷やされ/温められる。

壁は室内では **吸熱フィン/放熱フィン** になる。

ひとは壁によって冷やされ/温められる。

冬の 25℃ はセーターを着てなお寒い、夏の 25℃ は Tシャツ の夏日である。

熱容量の大きい壁はなかなか温まらず、なかなか冷えないからである。

ならば、熱容量の小さい壁を設けてそれを温め/冷やそう。

空気を温め/冷やし、そして壁を温め/冷やす。

**ふく射伝熱** に注目しよう！

それが生活環境・生産環境の改善、そして省エネにも繋がる。

## Key words: めも

**生活実感: 暑い/温かい/涼しい/寒い**

**ひとと壁の間のふく射伝熱**

**壁は放熱フィン・吸熱フィン**

**断熱と断ふく射**

**熱容量の小さい壁の設置!**

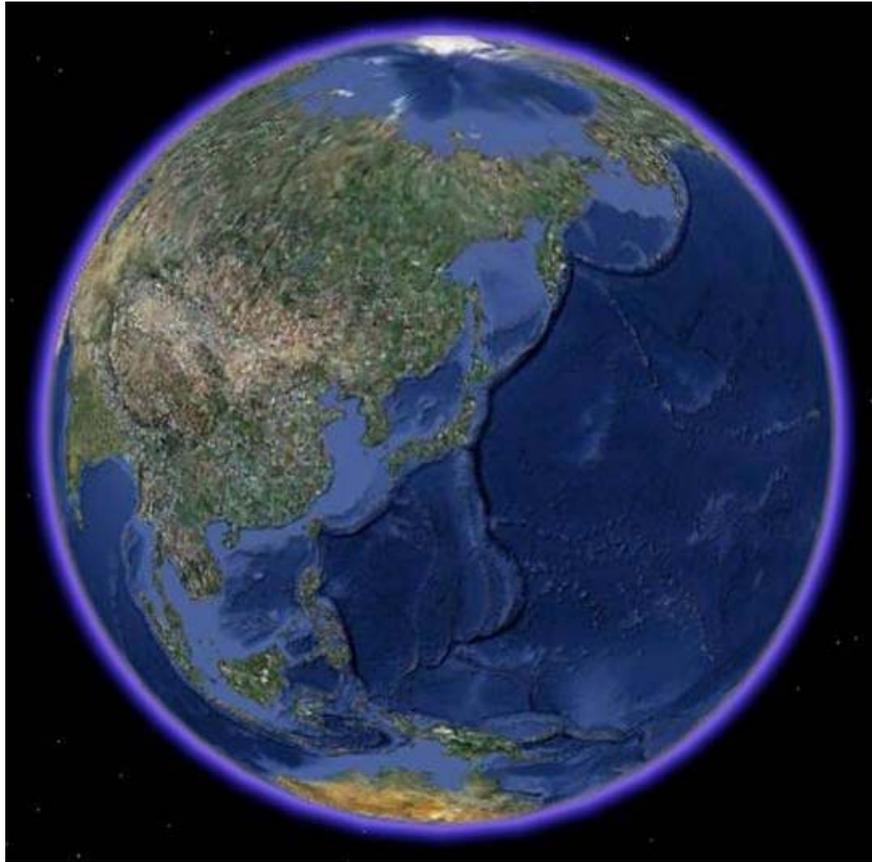
**熱源・冷熱源としてのエアコン**

**壁を温め/冷やすためのエアコン**

**快適さの確保/追求は省エネにも繋がる**

*from* Makinotosh iro070602 生活環境懇話会  
*after* 東日本大震災 110311

# “Think Globally, Act Locally!” by Dr. R. Dubos



こういうことでしょうか？

大局的にものを考えましょう。  
しかし、大局を理解して  
留まっていたはまずい。

小さなことでよいのだが、  
なにか具体的に動きましょうね。