
**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 **51**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。

**誤りを発見し p.29 の表の数字を訂正し
ました。はなしの論旨は変わりませんが、
お詫びします。 2011.11.09.**

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 :

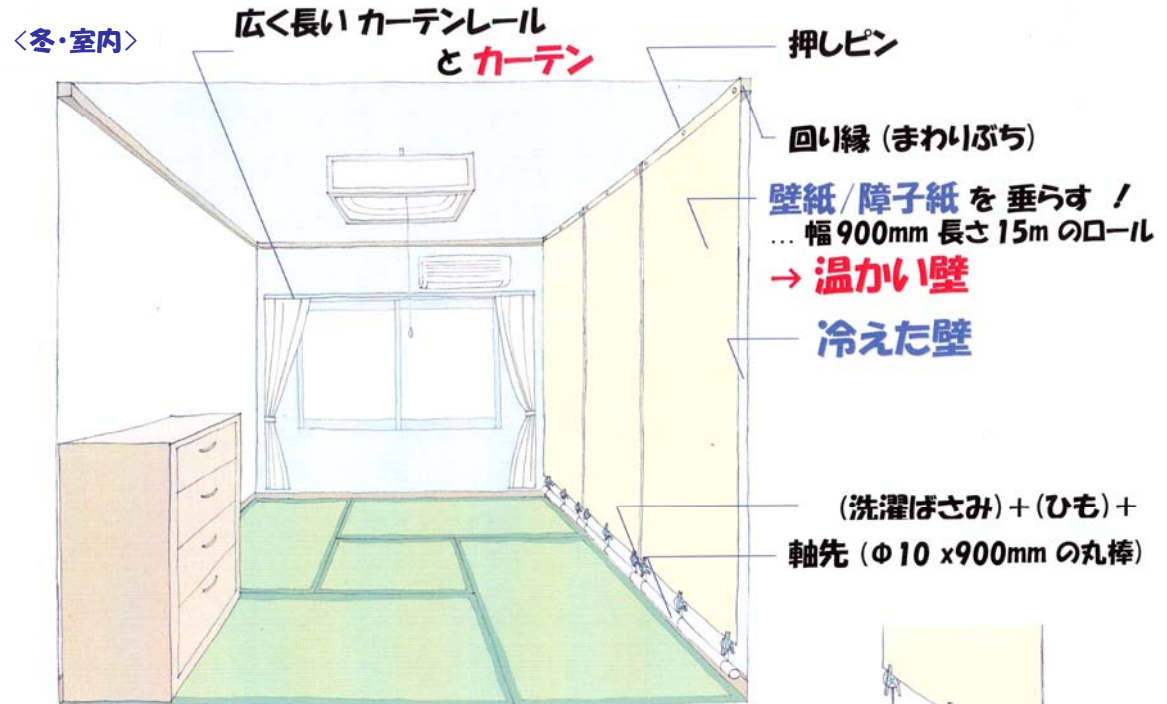
浴室には **ぷちぷち** を 垂らそう,

居間には **壁紙** や **障子紙** を 垂らそう,

→ そうすれば, 寒さは やわらぐ !



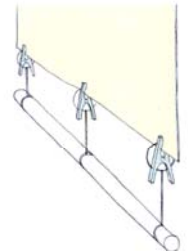
ぷちぷち
のある 浴室



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) —

(2011~2012の冬に検証実験の予定)



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
満足してはいけません。

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。

すこしまわりくどいが、
説明から始めて :

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 of 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！
-

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

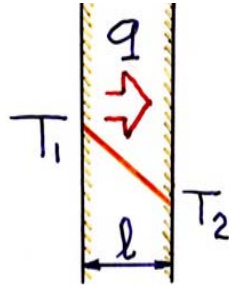
photon

伝導伝熱・対流伝熱・ふく射伝熱

ふく射伝熱 とは ？

伝熱のすべて

(1) 伝導伝熱

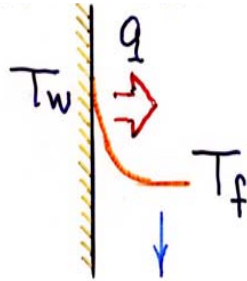


Fourier's law

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

↑
thermal conductivity
熱伝導率

(2) 対流伝熱

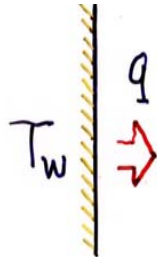


Newton's cooling law

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

↑
heat transfer coefficient
熱伝達率

(3) ぶく射伝熱



Stefan-Boltzmann's law

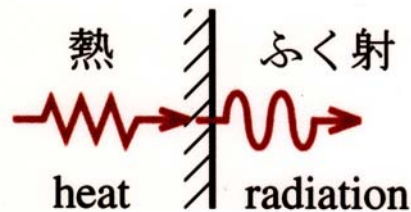
$$q = \varepsilon \sigma T_w^4$$

↑
(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!**

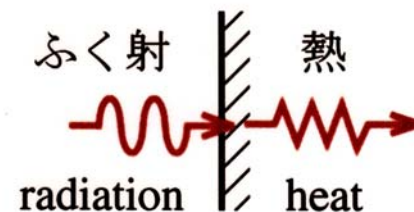
ふく射伝熱とは？

ふく射の伝搬 propagation of radiation



変換

ふく射の **放射**
emission of radiation

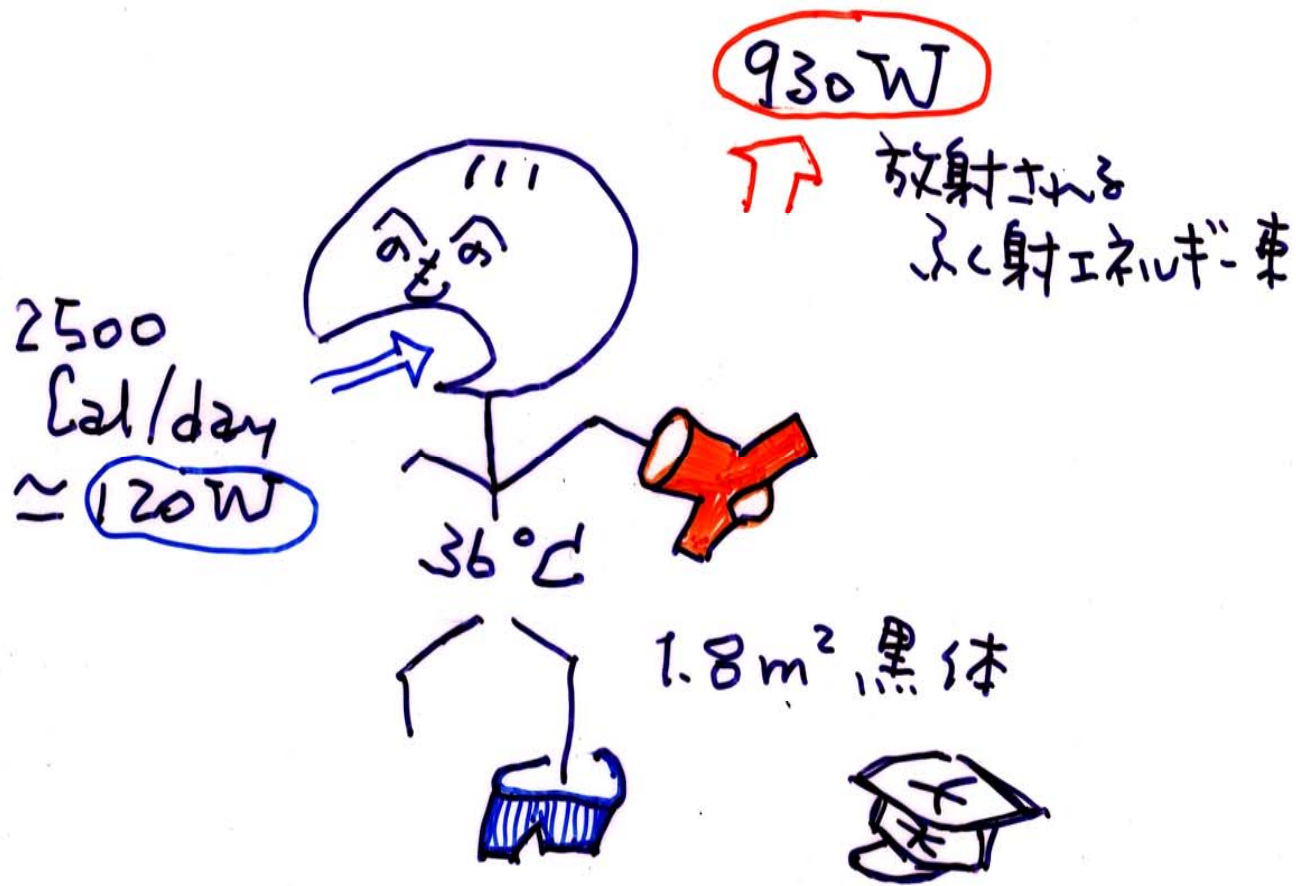


変換

ふく射の **吸収**
absorption of radiation

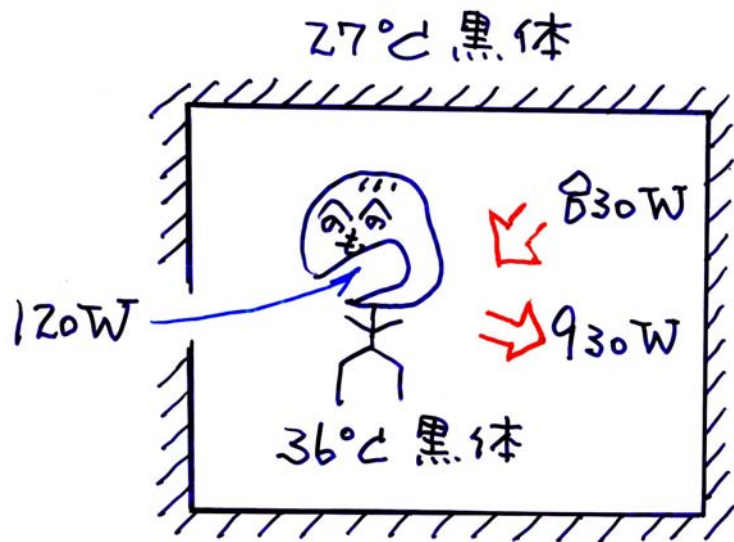
heat → radiation → heat
《 熱 → ふく射 → 熱 》

ふく射伝 **熱**
radiative heat transfer



Stefan-Boltzmann の法則？

2500 kcal/day = 120 W の食事で 930 W のふく射を放射していたら、
とても生きていけないでしょう？ しかし！



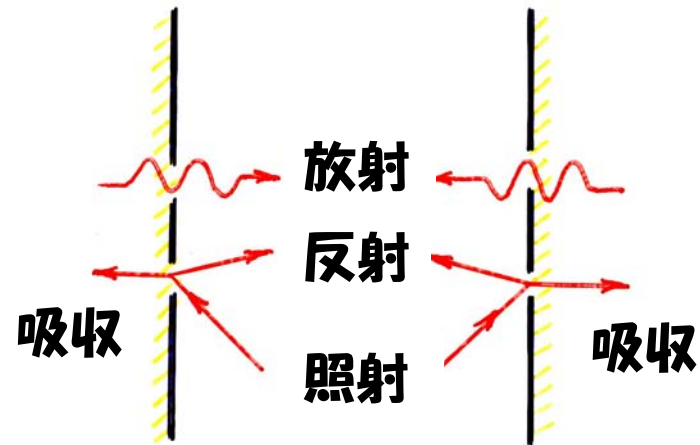
Net flux:

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

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**！

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

ふく射伝熱を体感する！

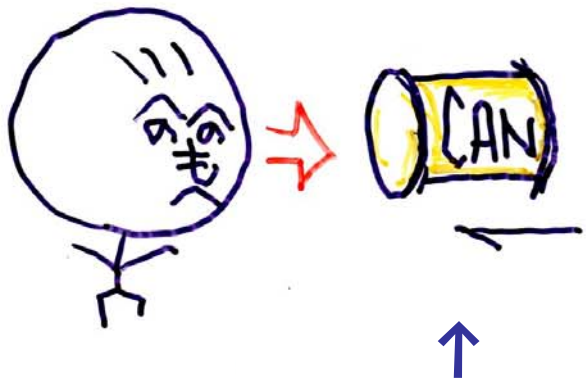
夏にはみかんの缶づめを凍らせて
シャーベット状にしたものを食べるとよい。
実にうまい。

私の部屋の冷蔵庫にはみかんの缶づめがある。

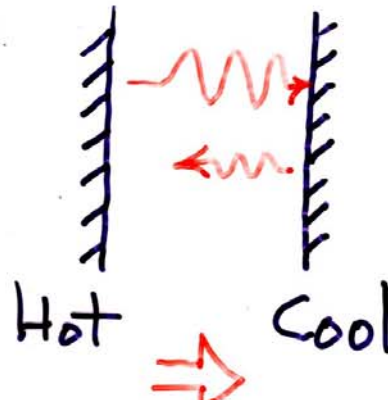
その缶づめを頬に近づけると涼しい。

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

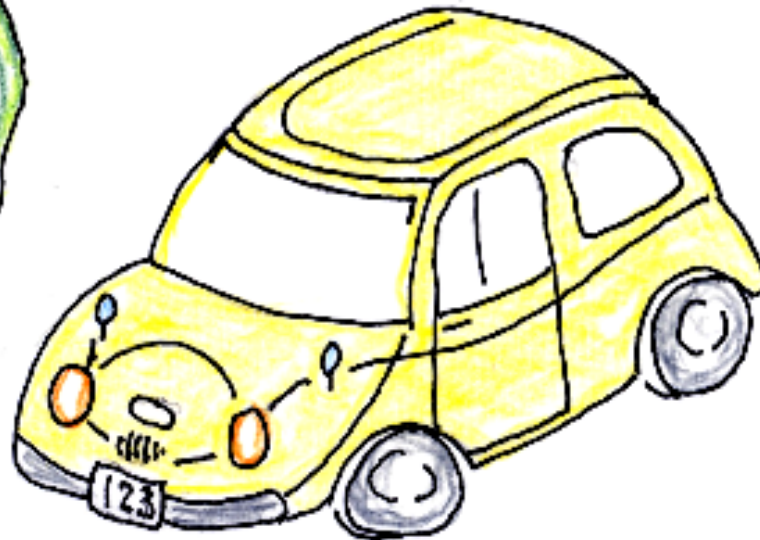


<冬・屋外>

冬の日の朝：自動車のフロントガラスの凍結

気温は 5°C くらいなのに、屋根は凍らないのに。

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

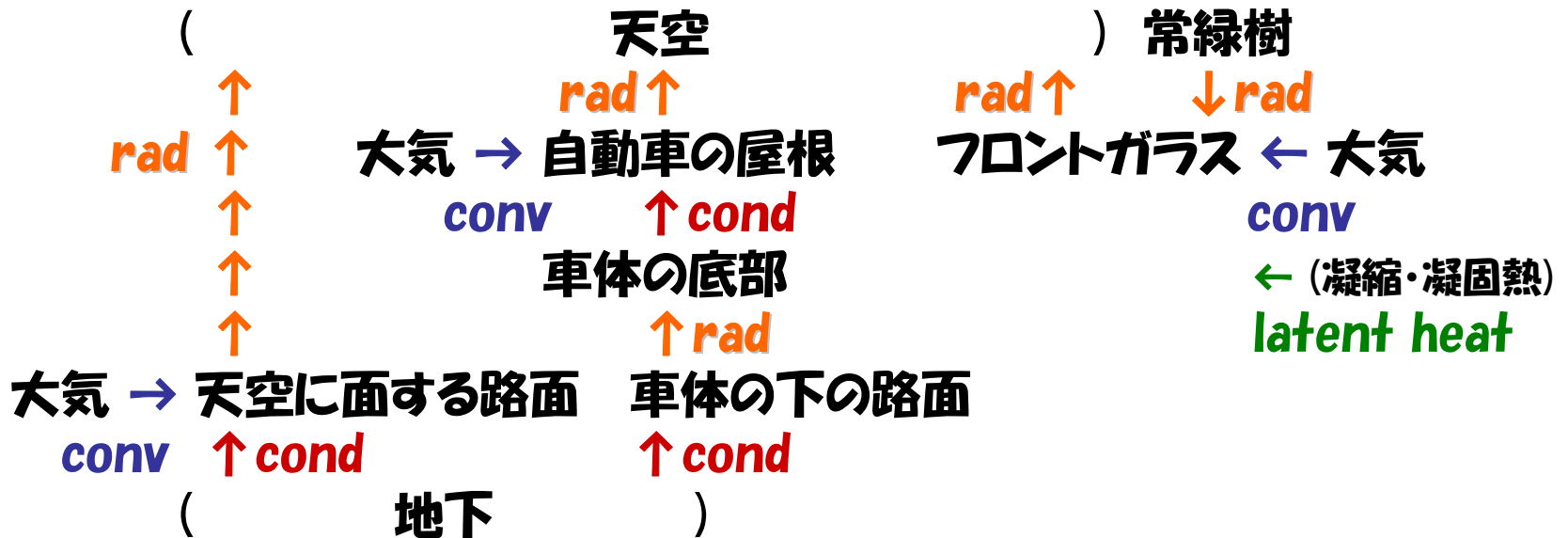


ここで、

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



〈冬・屋外〉

木の葉は、寒い冬にも凍らない！

「駐車場には **常緑樹** を植えよう！」(pp.14-15) 再考

駐車場の常緑樹の葉：

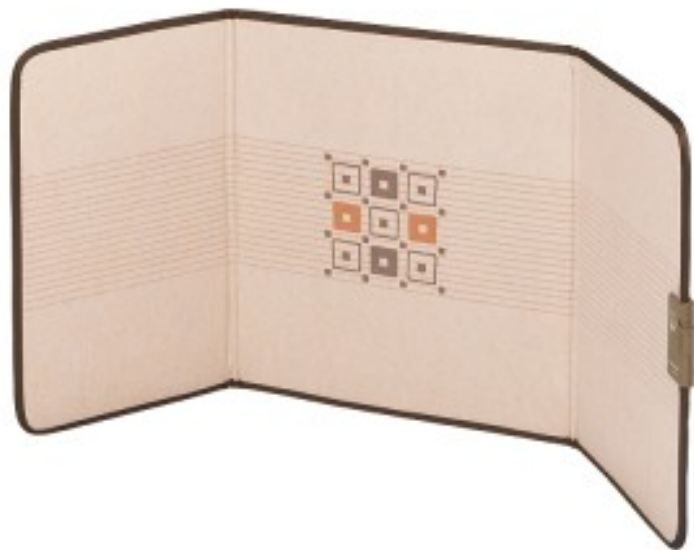
冬には、車から天空への ぶく射の放射を阻む(遮ぶく射する)のみならず、
すこし温かい土中の水を吸って温まり(木の葉は なかなか凍らない)、
冷えた車に ぶく射を返す。

夏には、遮光するのみならず、
葉から車への ぶく射の放射を(ビルの壁からの放射に比べて)小さいものにする。
駐車場の常緑樹は、夏にも よいものである。

〈冬・室内〉

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

パナソニック(株) DC-PKD3
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

ふく射伝熱の体感経験 いろいろ

晴れた **冬** の日の夜

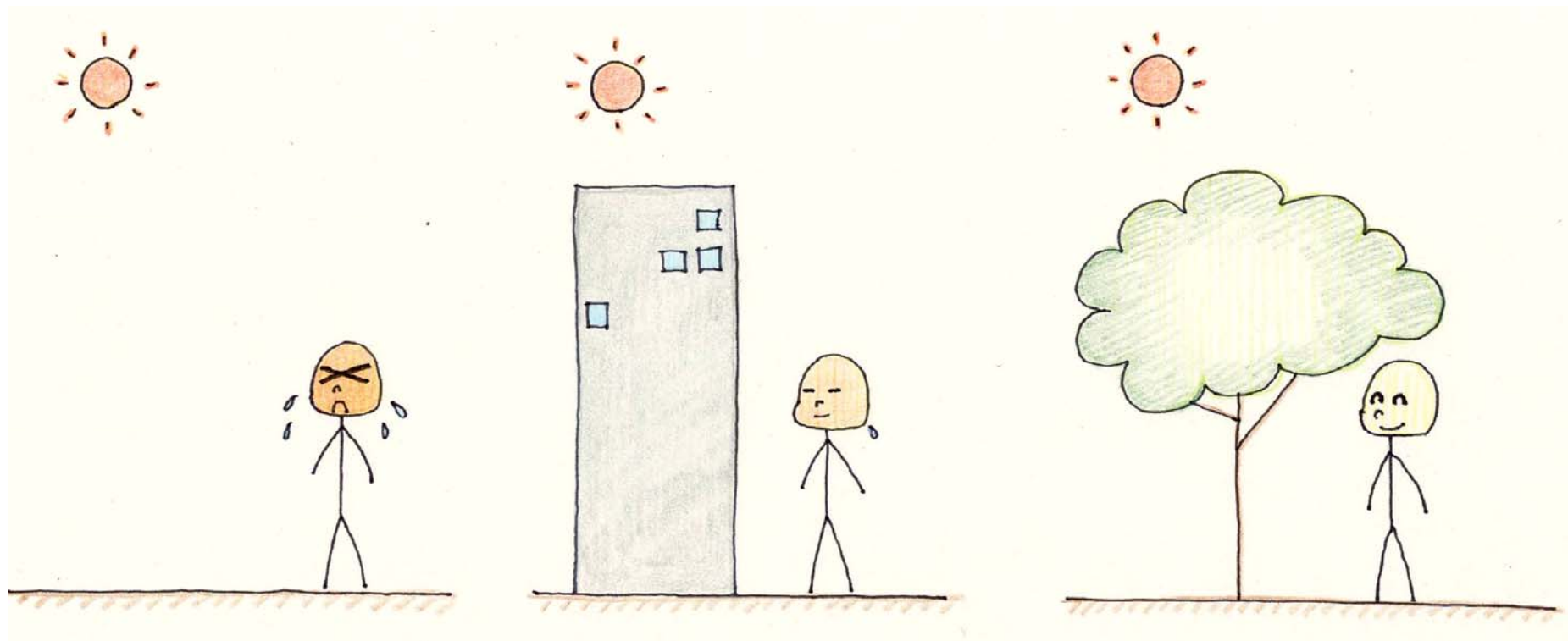
ベランダの手すりが冷たくなる, 触れられないほどに.
自動車のフロントガラスが凍り付く,
最低気温は 0°C より高かったのに.

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・屋外>

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。

〈夏・屋外〉

緑のカーテン・茶色いカーテン

ー 冷えたカーテン・熱いカーテン ー

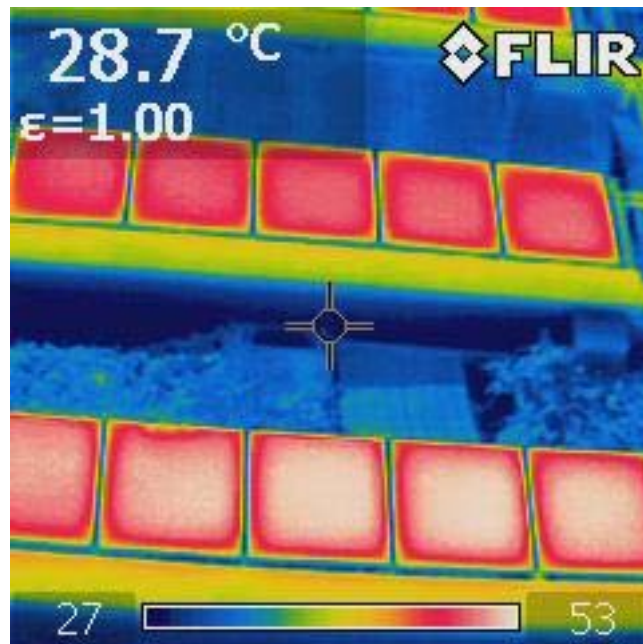
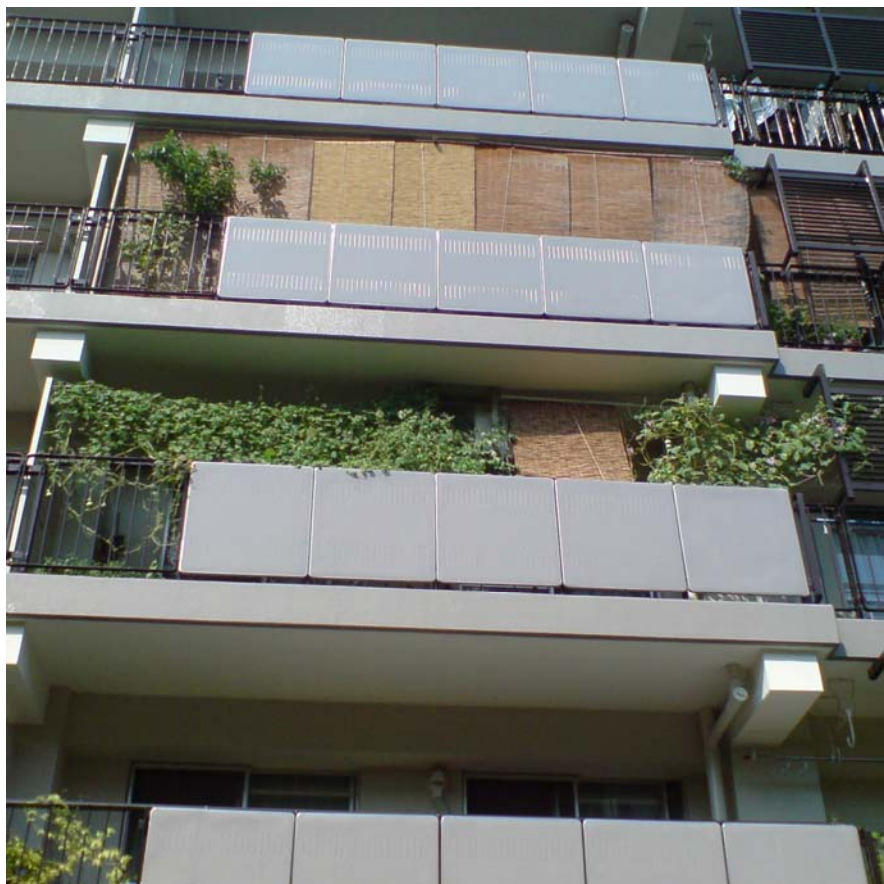
夏の猛暑の日のために、
住居のベランダには、ゴーヤ や へちま の **緑のカーテン** を育てよう！
その葉は、根から吸った水を蒸散して、
葉の温度を自分でコントロールする。冷えたカーテンが できあがる。
すだれ や よしず の **茶色いカーテン** もよいが、これは遮光するだけ。
自分は熱くなって、住居の窓や壁に ぶく射を放射する。
窓や壁は **熱いカーテン** に向き合うことになる。



茶色の
カーテン

緑の
カーテン

no
カーテン



右の写真は、いわゆるサーモグラフィーで測定した赤外画像である。
ただし、その画像に表示されている”温度”は実は正しい温度ではない。
[(その表面が放射するふく射) + (周囲からやって来るふく射のその表面での反射ふく射)]
に対応する色が示されている。

〈夏・屋外〉

夏の日の打ち水

夏の暑い日に、地面に打ち水をすると涼しくなる。
なぜ涼しくなるのか？

打ち水は、地面により熱せられて、温度が上が(地面から顕熱を奪い)、
より蒸発しやすくなって蒸発し、地面から蒸発熱を奪う。
地面は、水を温める熱(顕熱)と蒸発熱(潜熱)を奪われ、温度が下がる。

地面と接する空気の温度も多少は下がる。
しかし、より重要であるのは、地面の温度が下がり、
(ひと → 地面) の **ふく射伝熱** が増加することである。

すなわち、打ち水の涼しさは、
(ひと → 空気) の 対流伝熱 のおかげではなく、
おもに、(ひと → 地面) の **ふく射伝熱** のおかげである。

... 「どうすれば よいよくなる」 を示せないのが残念である。

— 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！

緑のカーテン・茶色のカーテン

冷えたカーテン・熱いカーテン、夏の日の打ち水

凍りつく自動車のフロントガラス

車は建物に向けて駐車しよう。駐車場には常緑樹を植えよう。

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。

25℃の室温は暑いか寒いか？

夏のTシャツの25℃と冬のセーターの25℃

過酷な ぶく射環境

冬の日 の 冷えた浴室 を 温かく ！

〈冬・室内〉

冬の浴室を温かく！

... ぶく射伝熱

ひんやりした浴室

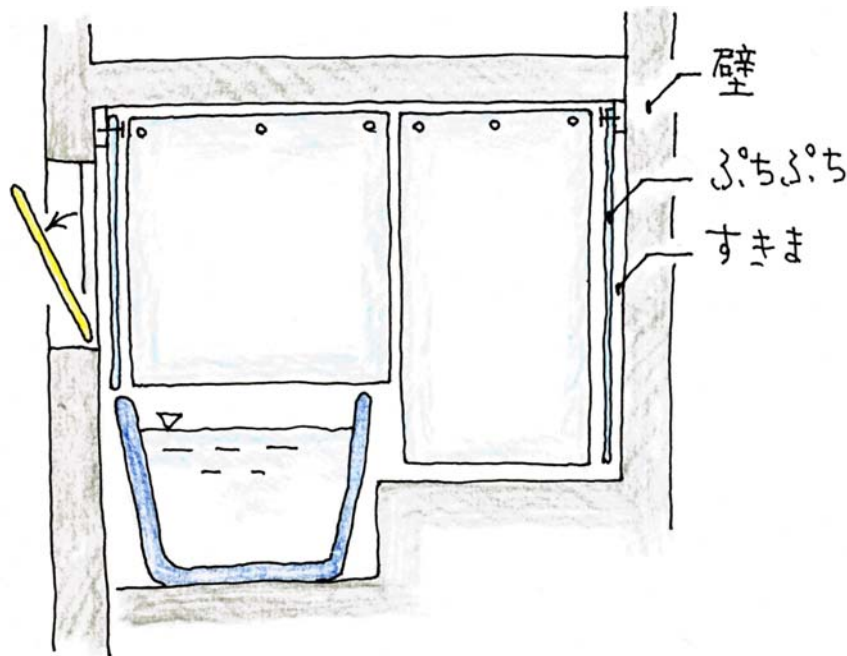
お湯という熱源はある、それゆえ空気は暖まる、

しかし、熱容量の大きい壁あるいは断熱性のよくない壁は温まらない、

それで、寒い。

ならば、熱容量の小さい壁/カーテンを設ける！

→ 温かい浴室ができあがる。



ぷちぷち petit-petit

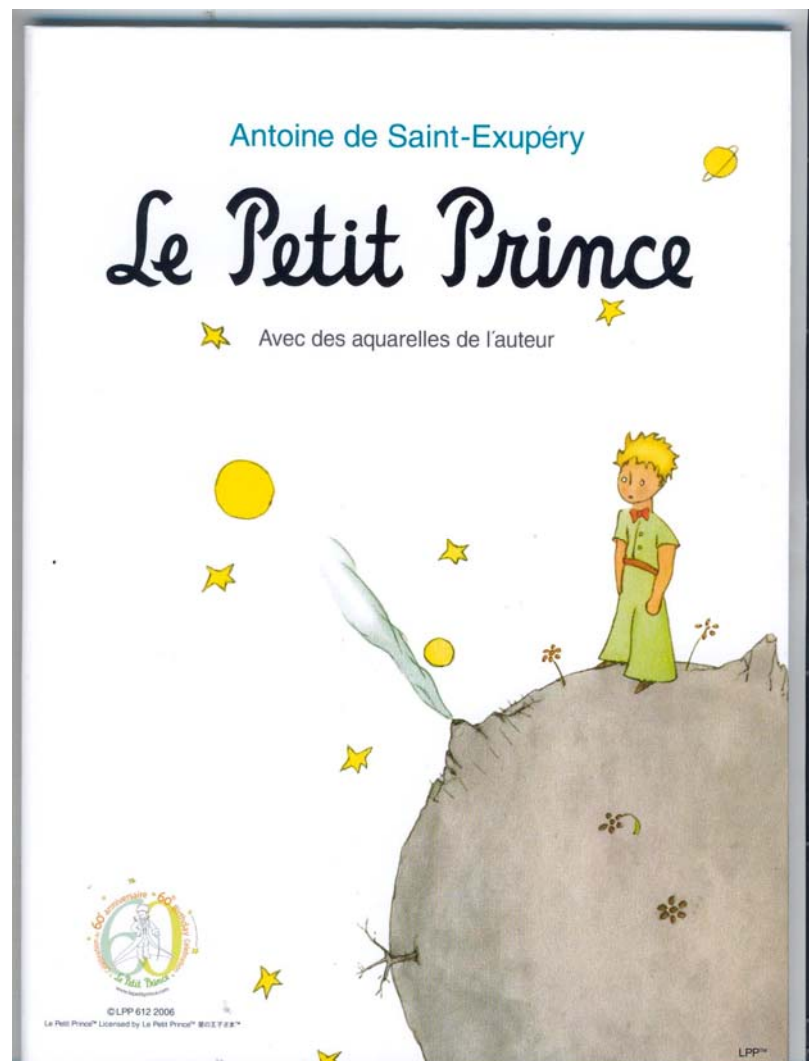


梱包用緩衝吸収材のエアクッション。
直径10 mm、高さ5 mmの円柱状の空洞を
ピッチ11 mmで千鳥格子状に並べたもの。

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」





↑ シャワー

ぷちぷちは、
貼るのではなく、垂らす。
... 貼っては効果が半減する。



ぷちぷちのある わが家の浴室

湯は風呂の蓋をとって張る。浴室の空気とぷちぷちが温まる。
ぷちぷちにシャワーを掛けて、それから脱いで浴室に入るとさらによい。

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

(つっぱり棒)+(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 ぶく射断熱)

わが家の浴室での実験の結果:

Table 人体からのエネルギー損失 (数値訂正後 111114)

“ぷちぷち” なし

〈湯張り前〉

〈湯張り後〉

radiation convection

radiation convection

140 W

120 W

134 W

84 W

13 °C ← 33°C → 12.6°C

14°C ← 33°C → 18.7°C

(壁)

(ひと)

(空気)

(壁)

(ひと)

(空気)

“ぷちぷち” あり

〈湯張り前〉

〈湯張り後〉

radiation convection

radiation convection

116 W

120 W

101 W

84 W

16°C ← 33°C → 12.6°C

18°C ← 33°C → 18.7°C

(壁)

(ひと)

(空気)

(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 **シャワーを掛ける** 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**！。それゆえ **湯温の水蒸気の凝縮**が見られる。

浴室に湯気が満ちる。

ふ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

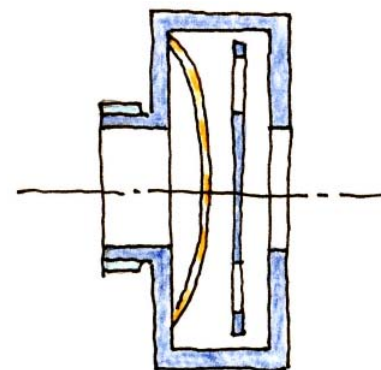
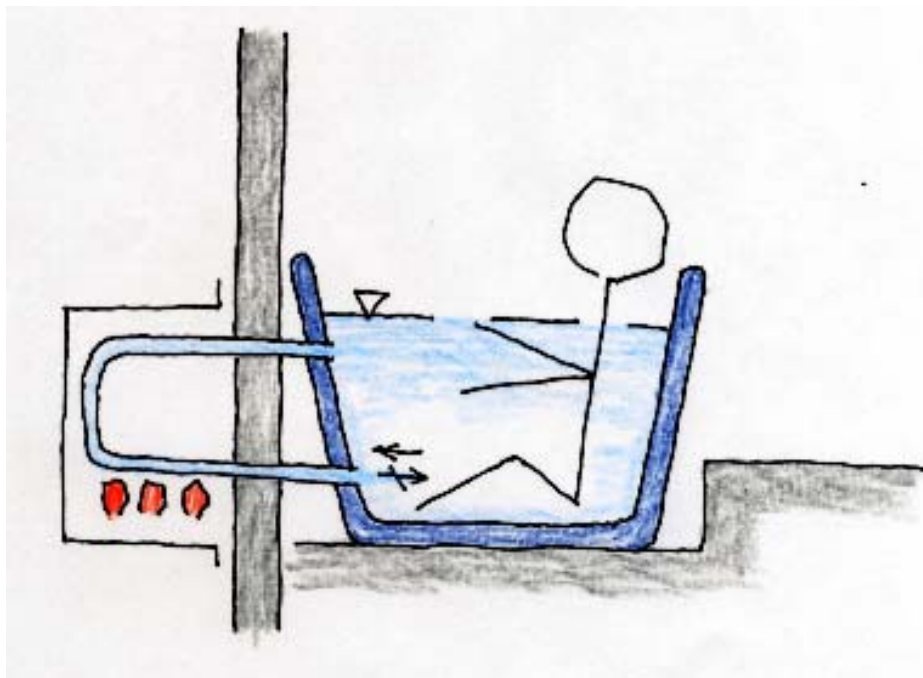
... 冷えた水は軽い

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



ふろッキー
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

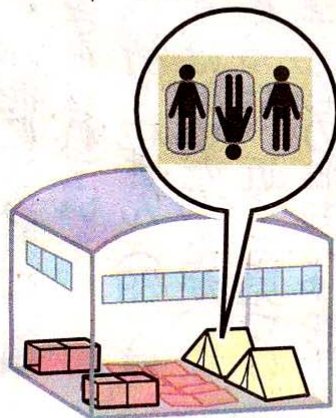
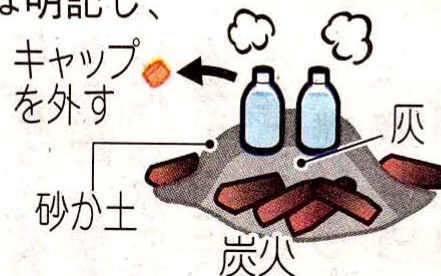
体の保温をする

- 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



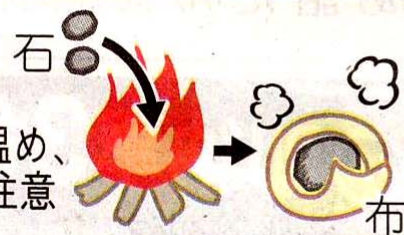
あるものを利用して暖を取る

- 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 !



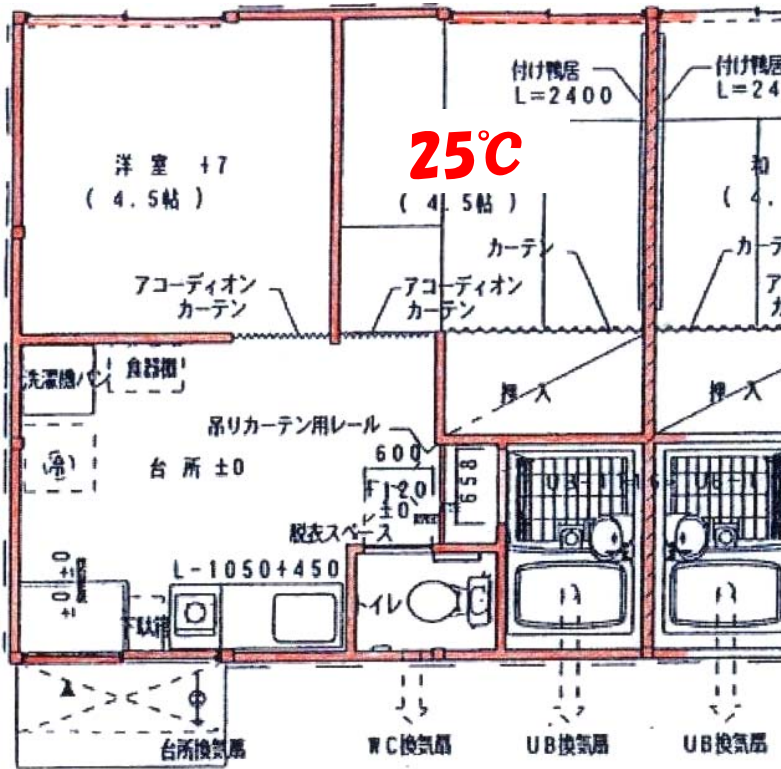
学校に設営された陸前高田市の
仮設住宅 (2011年4月11日)
(Wikipedia「仮設住宅」から)

〈夏/冬・室内〉

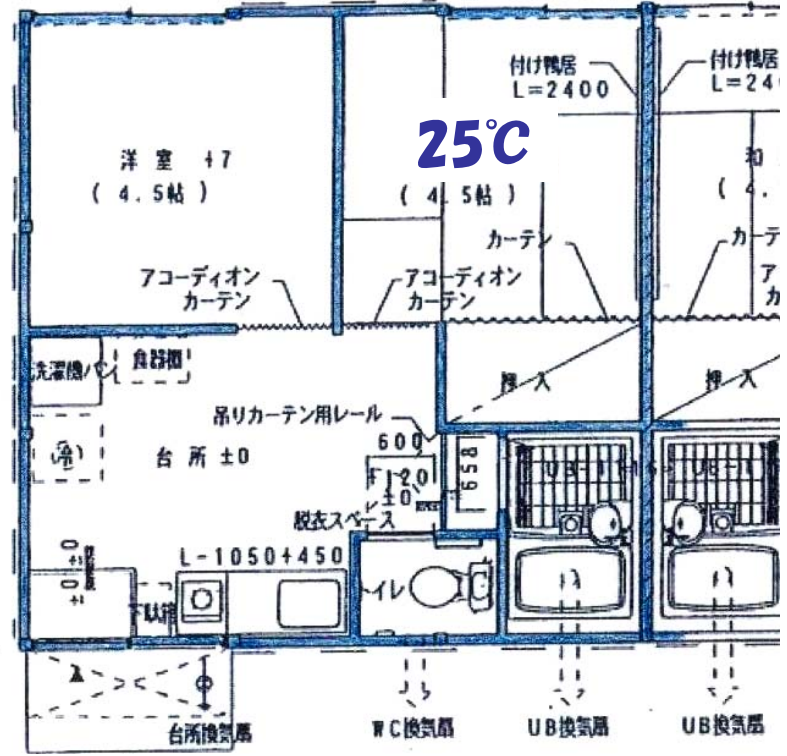
仮説住宅の居間の壁にもカーテンを！

放熱/吸熱フィンとして機能する **壁/壁**

夏



冬



25°Cの室温は暑いかな寒いかな？

“7月、25°Cは夏日でも、12月、室温25°Cで寒い”

オイルヒーターのweb pageから: <http://www.delonghi.co.jp/product/heater/index.html>

〈冬・室内〉

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)

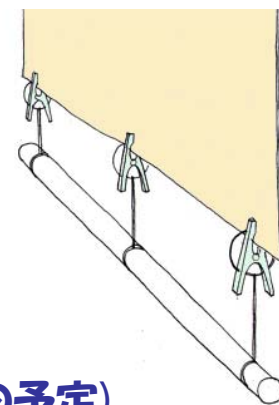
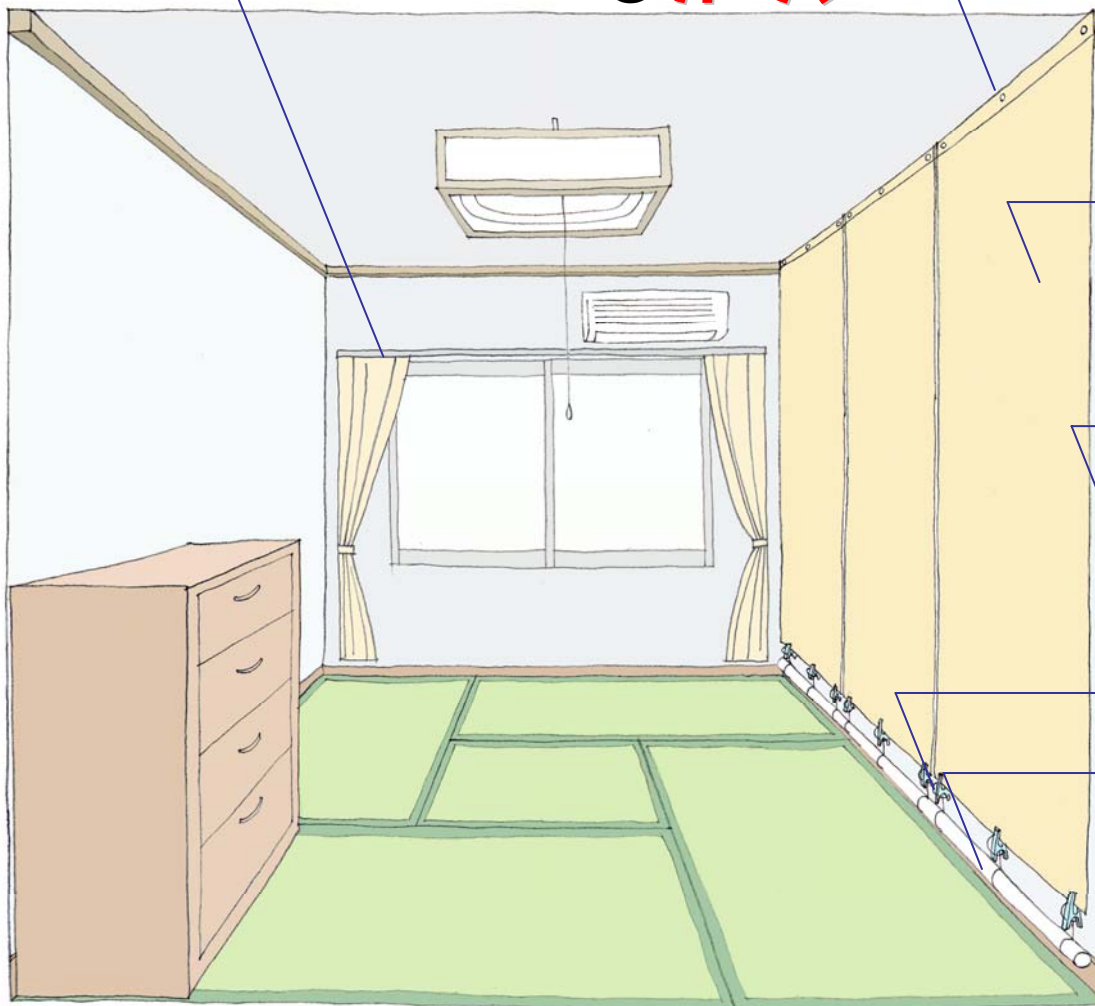
壁紙/障子紙を垂らす!
... 幅900mm 長さ15mのロール

→ 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) —

(2011~2012の冬に検証実験の予定)

↓ 壁の温度測定用の壁が剥きだしのスペース

この温度比較↓はダメで、障子紙の裏の温度を測るべきかもしれない。



2011 の わが家の居間, エアコン をつけて 扇風機 を壁に向けて運転する.
居間の壁の前には 障子紙 を垂らす.

... この試みは, うまく行きそうであるが, まだ実験していない.

... (夏には ほとんど効かなかった.)



↑ シャワー

浴室には もちろん **ぷちぷち** を！

ぷちぷちは、
貼るのではなく、垂らす。
... 貼っては効果が半減する。



ぷちぷち のある わが家の浴室

湯は 風呂の蓋をとって張る。浴室の空気と **ぷちぷち** が温まる。
ぷちぷち にシャワーを掛けて、それから脱いで浴室に入ると さらによい。

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
満足してはいけません。

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 おしまい

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

<夏/冬・室内>

空気調和の考え方のブレークスルーを！

— 広く射伝熱への着眼 — 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

しつらえた熱容量の小さい壁（壁紙、障子紙）を冷やす/温める！

扇風機を使うとよい。

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 テスクヒーター

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 30~33°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 20~25°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、温度計の温度を測る！

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
測定用のフローフ**



**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
多く射伝熱 を考慮するものになっ
てしまっている。 図らずも。**

Comments:

- ・熱容量が極めて小さい表面－たとえば障子紙－の温度を測るには, p.44の Photo 2 のフローブもふさわしくない。
- ・ふく射温度計 や サーモグラフィー は, 温度の絶対値を求めるのには, 正確(*accurate*)なものではないという理由でふさわしくない。
しかし, ふく射温度計は(表面からの放射) + (表面での反射)に相当するふく射流束を測るので, ふく射環境評価のためには有効な測定器であいうる。
ただし, そのふく射温度計は波長特性のない(熱電堆や焦電素子)などの検知器をもち, 帯域透過フィルターなどを通さないものであるべきである。

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。そのためには扇風機がよい。

扇風機は、ひとではなく、熱容量の小さい壁に向かって当てる。

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・電気代の節約にも繋がる。

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

25℃の室温は暑いか寒いか?

壁は放熱フィン・吸熱フィン

断熱と断ふく射 遮光と遮ふく射

熱容量の小さい壁/カーテンの設置!

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と扇風機

快適さの確保/追求は省エネ・電気代の節約にも繋がる

ふく射環境のコントロール

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
満足してはいけません。

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。