

自然に暮らすための「蓄熱」について



IZENA

エネルギーと熱環境プロデュース

Profile

前田誠一経歴

2018年12月現在

生まれ:1944年 5月1日生

住まい:我孫子市在住

なり業:株式会社イゼナ 経営者

水蓄熱のAquaLayerを開発、

床暖房にかかわって39年、

脱サラして32年

熱環境の大切さを認識

ランニングコストが下がり快適さが向上

現ざい:これから必要になるだろう

太陽熱の蓄熱システム「ヒートバッテリー®」の

拡販に奮闘中



「現在」はどんな時代か

地球温暖化の原因は何か？
CO₂の排出①

人間活動がCO₂の濃度を急上昇させている

温室効果ガスと地球温暖化の関係について、今から100年以上前の1860年に、ある興味深い論文が発表されています。著者は、スウェーデンの化学家スベン・アレンius（1802～1927）です。アレンiusは、「人間の活動が排出するCO₂によって、大気中のCO₂濃度が上昇す

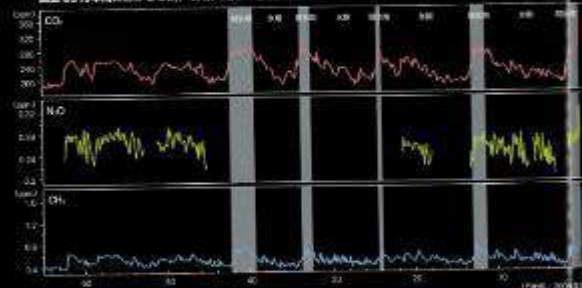
る可能性がある」と主張しました。さらに、大気中のCO₂の濃度が増加の勢いに伴って影響を計算し、次のような結論を導きました。「もし大気中のCO₂が2倍に増加したら、地球の気温は度C上昇するだろう」。

アレンiusの予想は長らく注目されませんでした。「た

がが人間の活動が大気中のCO₂の濃度を急激に増加させるかもしれない」と考える人が多かったのです。また、「CO₂が濃くなっても、海がそれを吸収してしまうので、大気中の濃度は変わらない」という説論もありました。

しかし、その状況を一変させる発見がありました。アメリカ、カリフォルニア大学のチャールズ・サーリング（1928～2005）が、ハワイのマウナロア山で1958年から観測を行い、実際に大気中のCO₂濃度が年々増加していることを報告したのです。

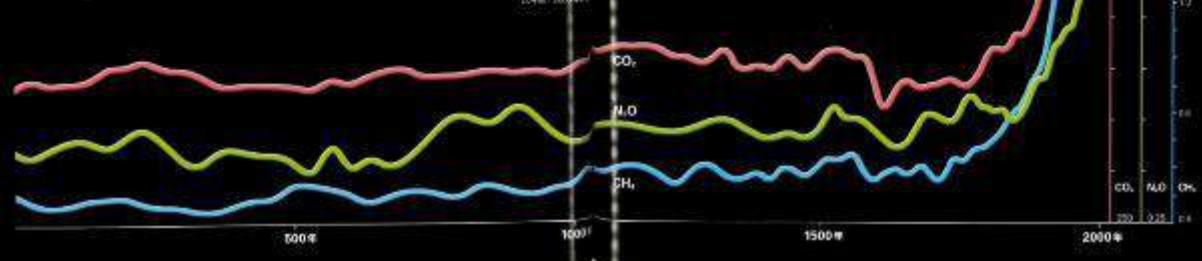
過去65年間にわたるCO₂、CH₄、N₂Oの濃度変化



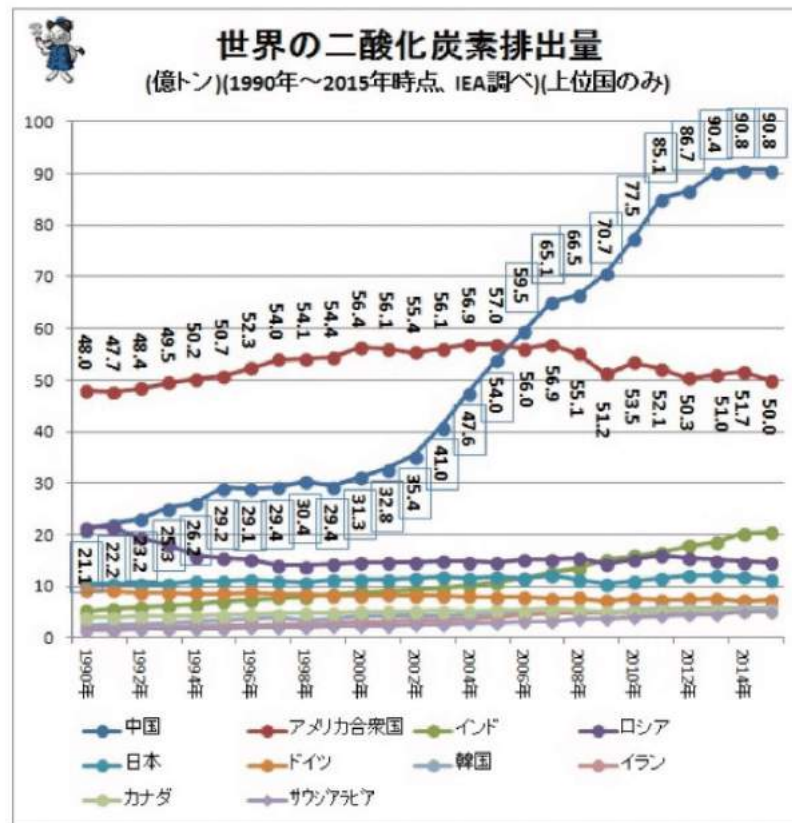
急上昇した温室効果ガスの濃度（下、右）

過去65年間にわたる、大気中のCO₂、CH₄、N₂Oの濃度変化を示すグラフに示した。赤はCO₂、青はCH₄、黄緑はN₂Oの濃度である。いずれも、産業革命以降は急激に濃度が上昇を続けている。2010年現在の濃度は、それぞれ、産業革命前の濃度から、CO₂は約1.4倍、CH₄は約2.5倍、N₂Oは約1.2倍に上昇していることがわかる。

出典：IPCC第4回評価報告書

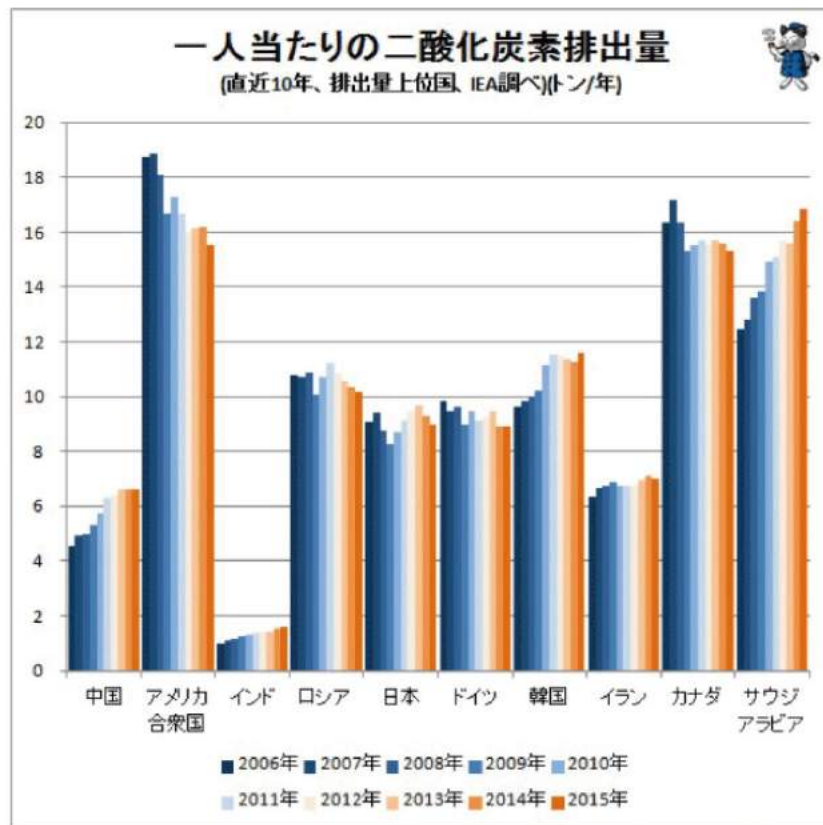


主要国のCO2の増加



世界の二酸化炭素排出量(億トン)(1990年-2015年時点、IEA調べ)(直近年上位国のみ)

主要国の一人当たりのCO2



↑ 一人当たりの二酸化炭素排出量(直近10年、排出量上位国、IEA調べ)(トン/年)

気候大変動

- ・80万年前から地上の動植物は、400ppmの高濃度なCO2の中で生きたことがない

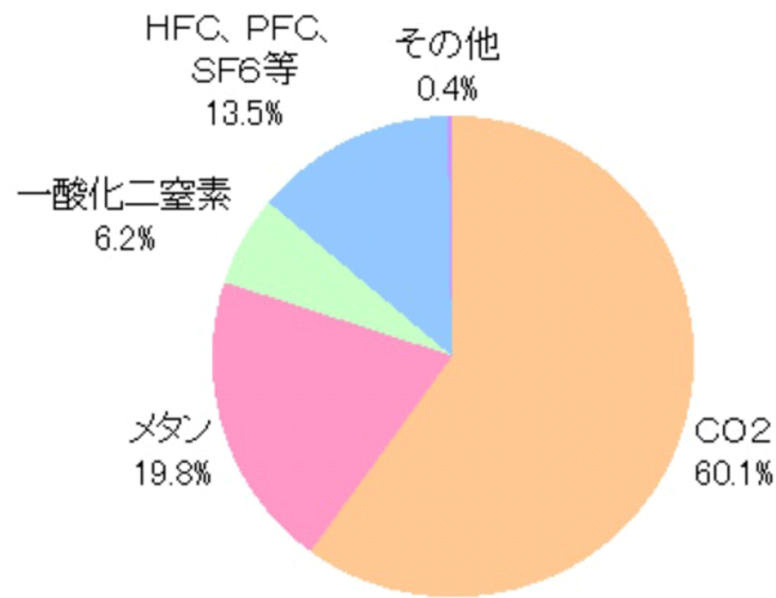


- ・もし、地球上の氷がすべて氷解したら海面は66m上昇する

- ・このまま温暖化が進めば、私たちの生活は大きく破壊されそうだ



温室効果ガスの地球温暖化への寄与度



(IPCC第三次評価報告書より作成)

温室効果ガスの地球温暖化への寄与度（世界全体）

温暖化減速のために住まいの温熱環境を考える

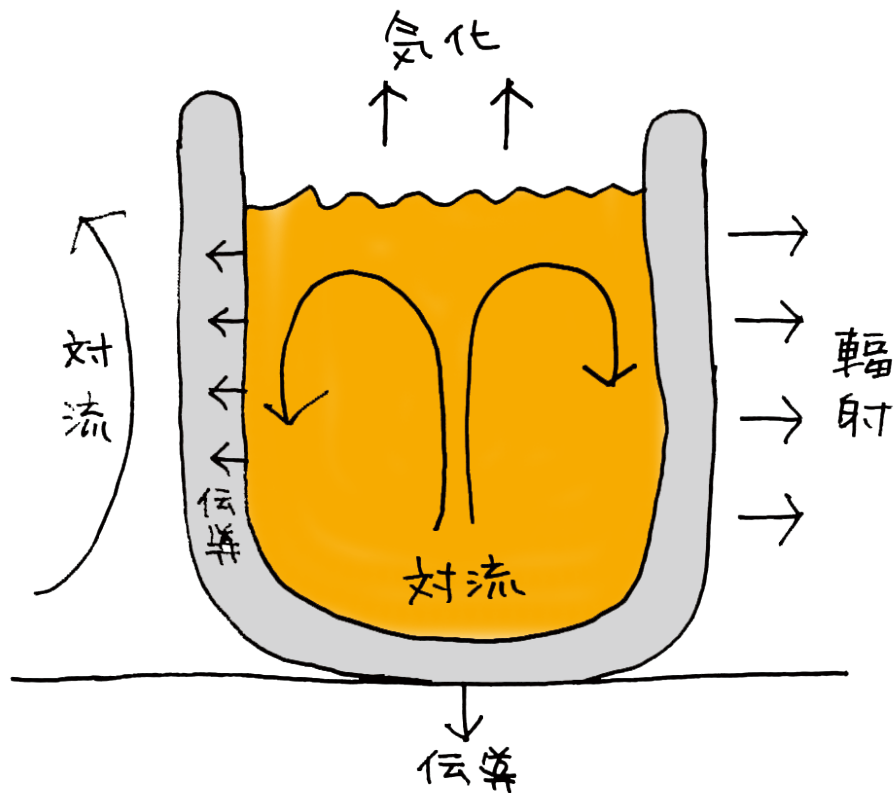
- ・自然に暮らすための「蓄熱」について
- ・家に熱を蓄えることが安定した温熱環境を提供する
- ・自然対流が部屋の隅々まで熱を運んでくれる
- ・無機質な「水」は腐らない



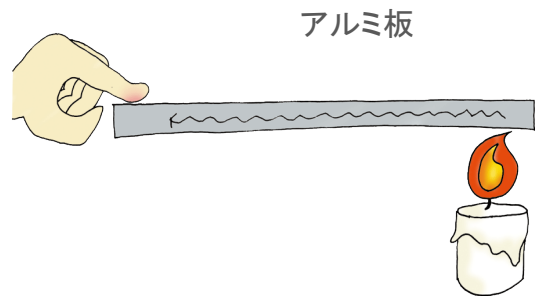
水蓄熱の「AquaLayer」



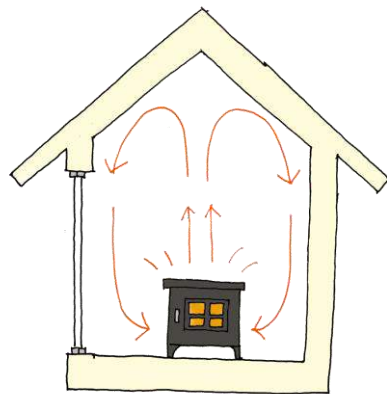
例えば、バケツの熱の伝わり方



生活の中の熱の伝わり方イメージする



伝導



対流



輻射

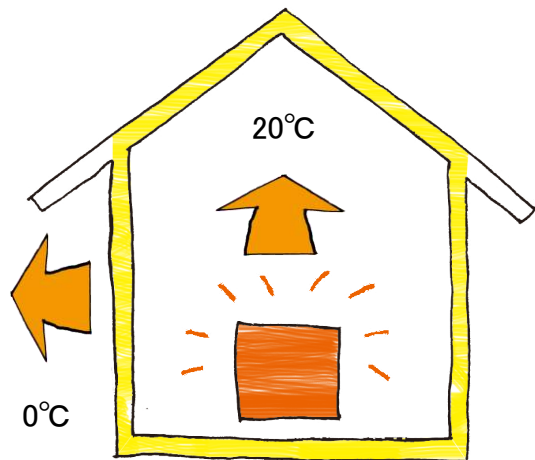


暖房とは、家から逃げていく熱を補うもの



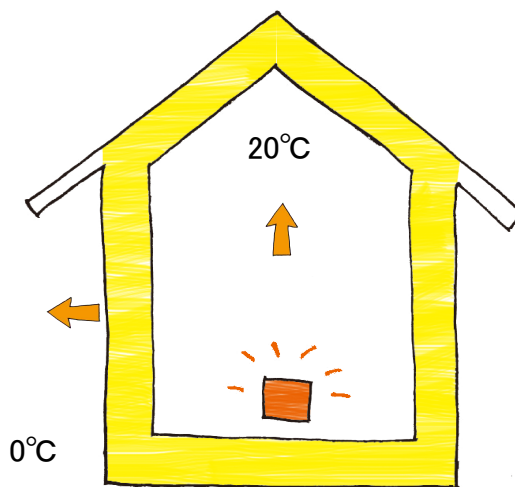
低断熱の人

身体の熱を
燃やす必要がある



低断熱の家

浪費する家＝逃げる熱量が大きい家



高断熱の人

身体の熱を
燃やす必要が無い

高断熱の家

倏約の家＝逃げる熱量が小さい家

家から熱を逃がさない方法ー1

断熱を向上させる ⇒ 輻射環境が向上 ⇒ 快適さが向上

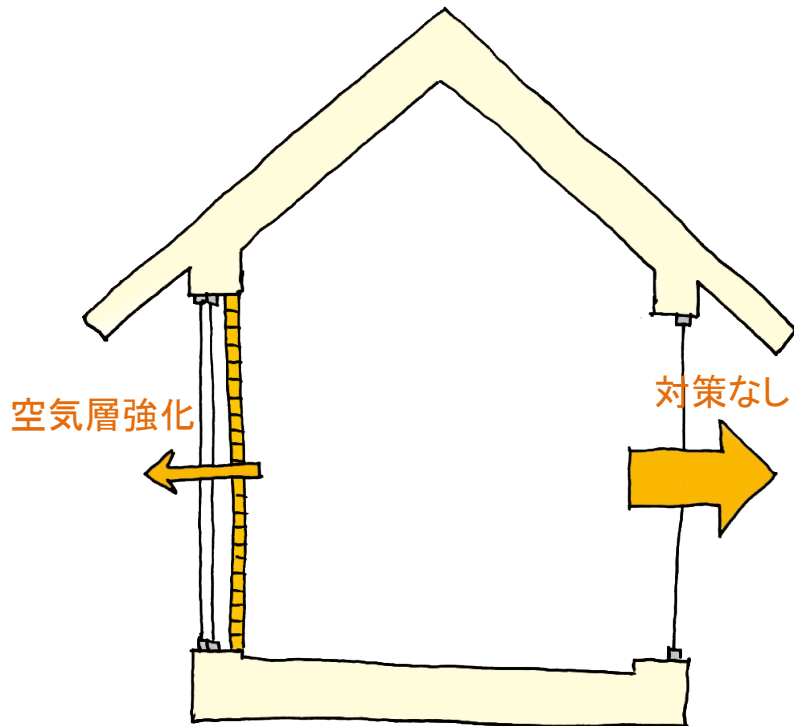


$$\frac{\text{室温} + \text{平均輻射温度}}{2} = \text{体感温度}$$

一般的に20℃～22℃程度が快適

家から熱を逃がさない方法ー2

開口部の空気層を増強 ⇒ 冷輻射の低減 ⇒ 輻射環境向上 ⇒ 快適性向上



例えば…

グラスウール100mmの熱貫流率は

$0.36\text{W/m}^2\text{K}$

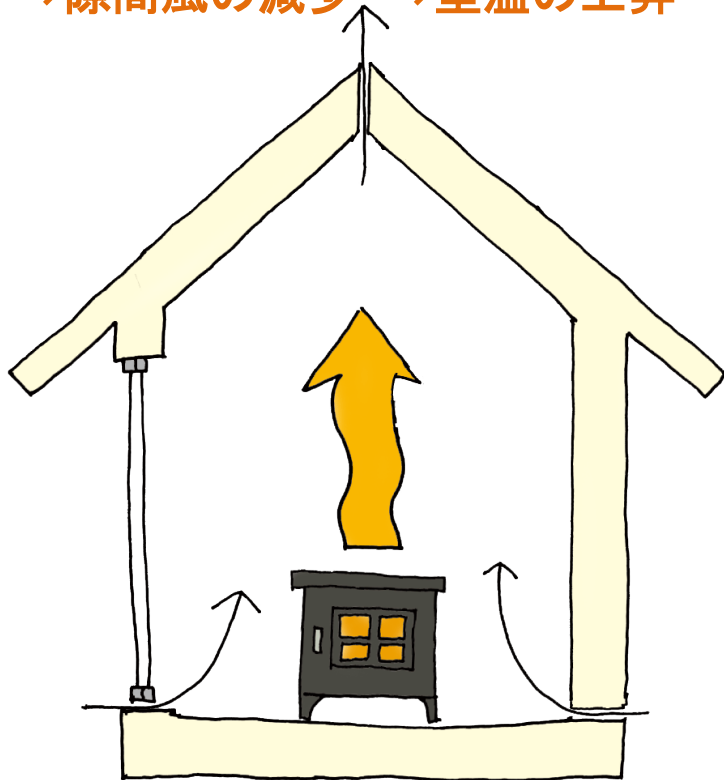
Low-eペアガラスの熱貫流率は

$2.5\text{W/m}^2\text{K}$

その差 約7倍!!

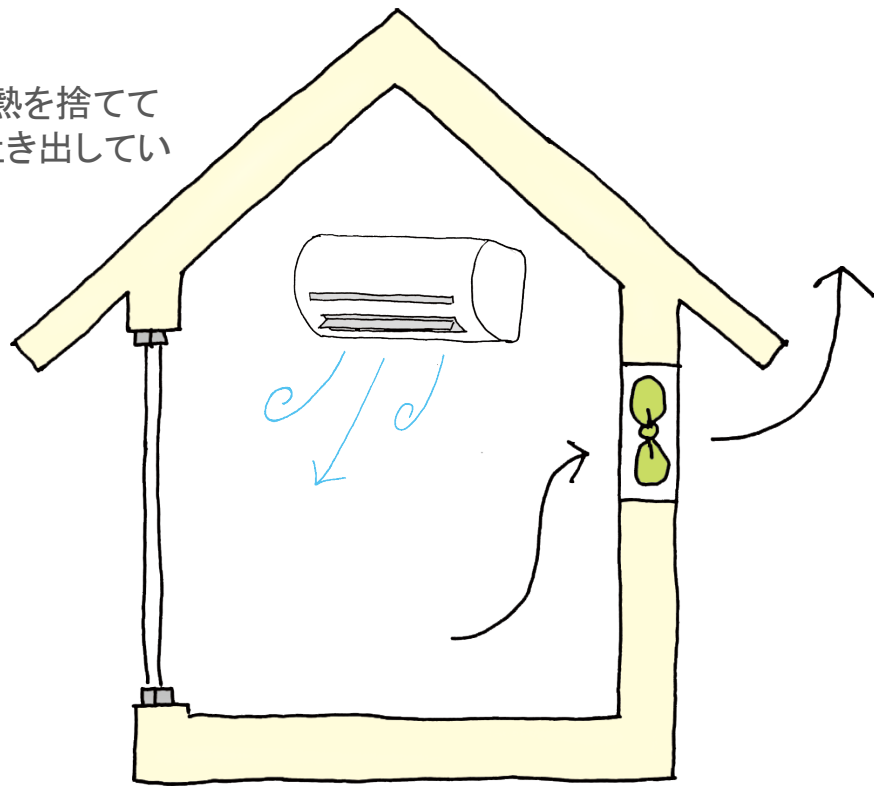
家から熱を逃がさない方法ー3

気密性能UP ⇒隙間風の減少 ⇒室温の上昇 ⇒快適性向上

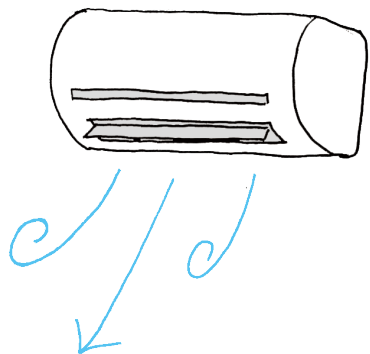


冷房とは、家の中の熱を外に捨てること

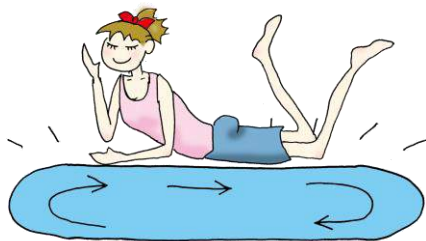
エアコンは家の中の熱を捨てて
冷たくなった空気を吐き出してい
る。



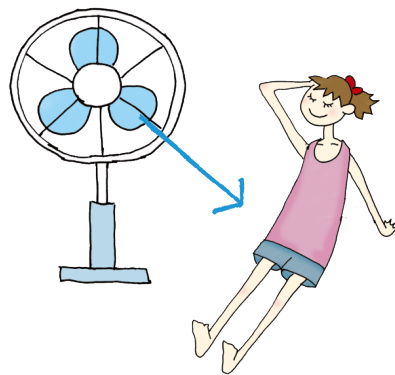
冷たいとは？



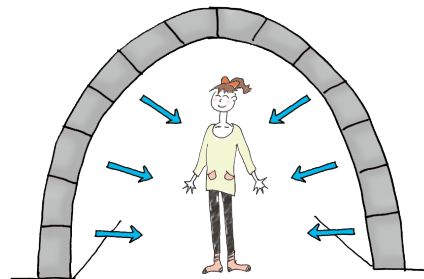
冷気で熱を奪う



伝導で熱を奪う



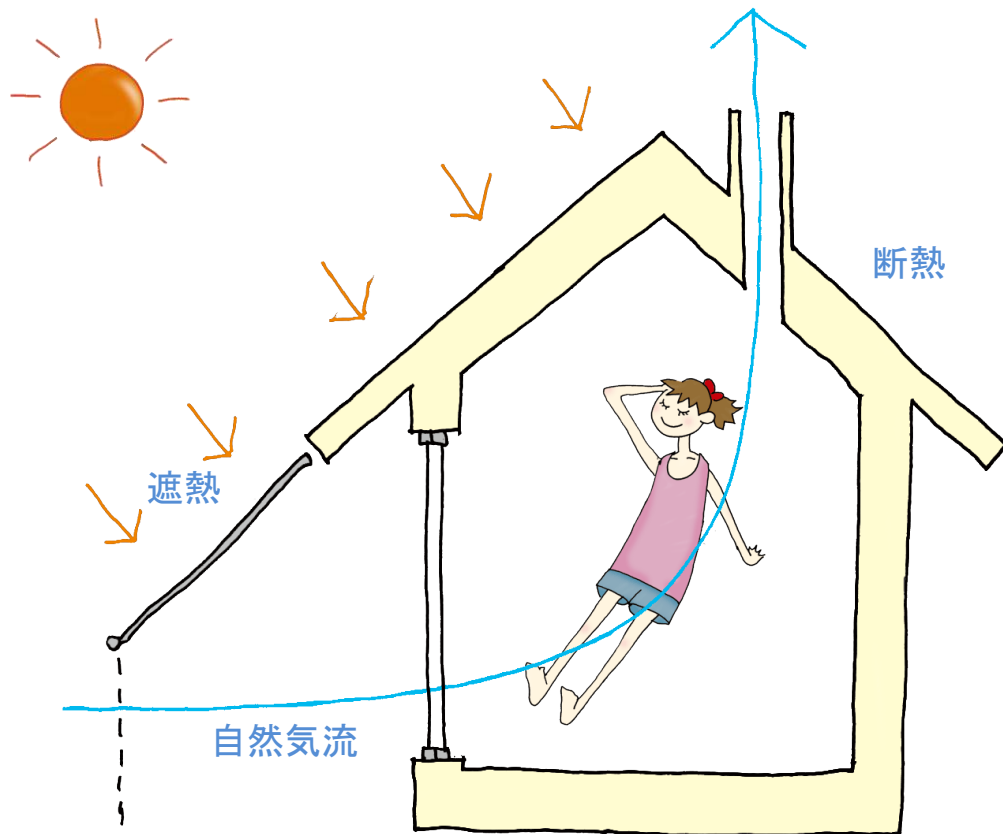
発汗気化熱



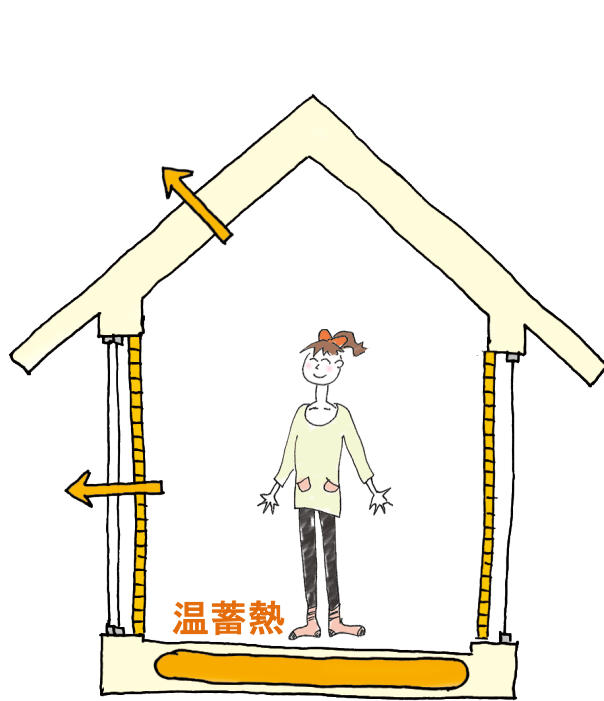
冷輻射熱



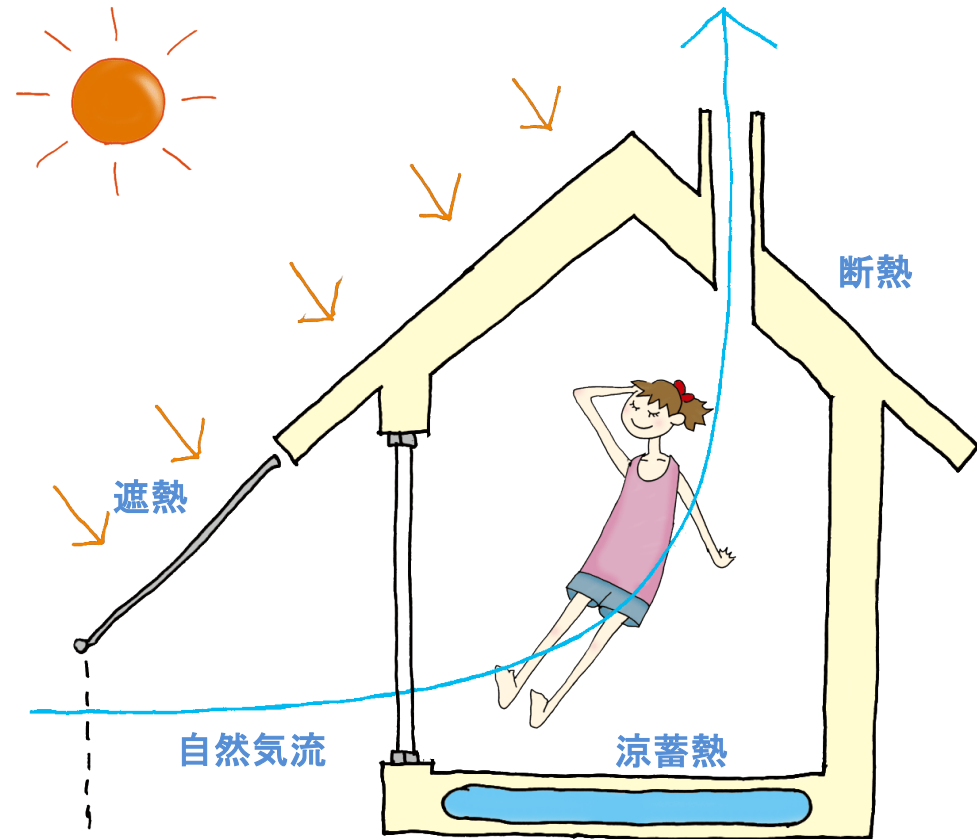
暑さ対策は「断熱」+「遮熱」+「自然気流」



家は「夏を旨とすべし」



冬は断熱のみ

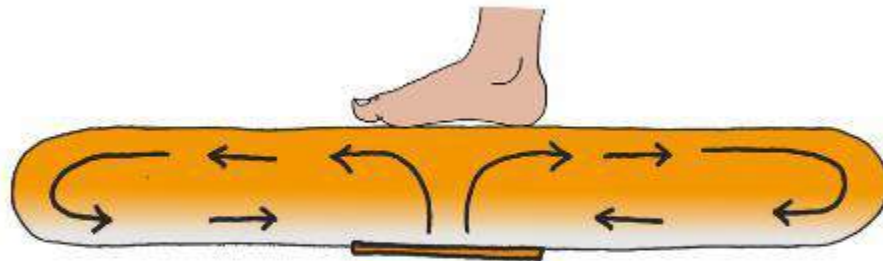


他の床暖房

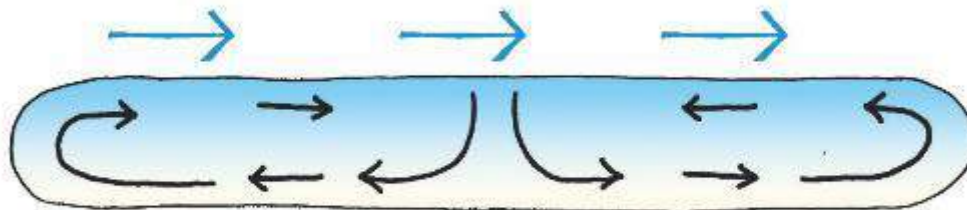
- ・電気ヒーター式(電気)
- ・温水配管式(ガス、灯油、薪、電気(ヒーポン)、太陽熱)
- ・コンクリート埋設式(電気式、温水式)
- ・潜熱蓄熱式
- ・温風配管式
- ・床下温風式(OMソーラー、エアコン室内機)



水蓄熱のAquaLayerは「水自然対流式」の蓄熱層です



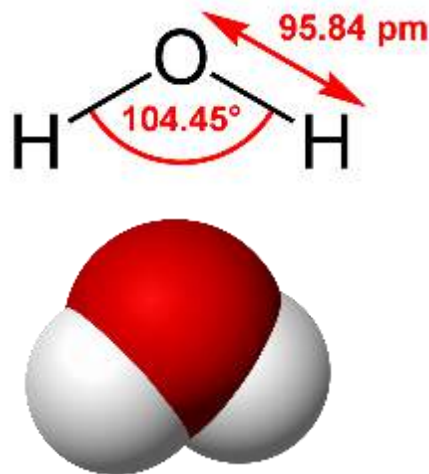
温める時は下から



冷やす時は上から

温かいものは上昇して、冷たいものは下降する理に適った性質

水蓄熱のAquaLayerは「非常用備蓄水」になります



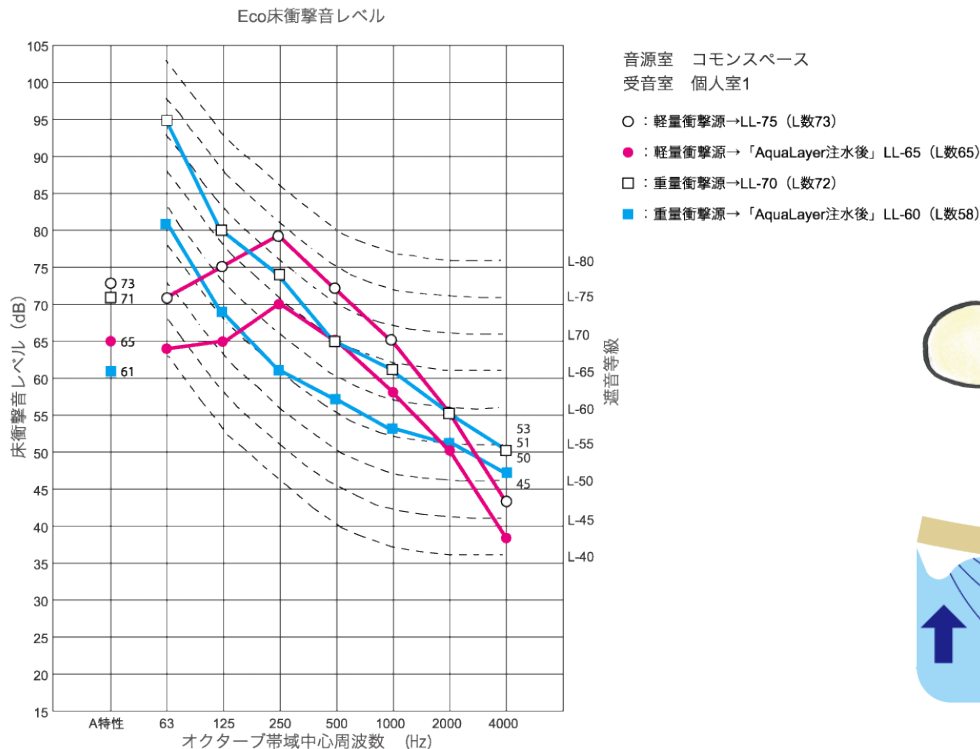
- ・安定している物質
- ・どこでも手に入る物質
- ・何度も再利用可能な物質



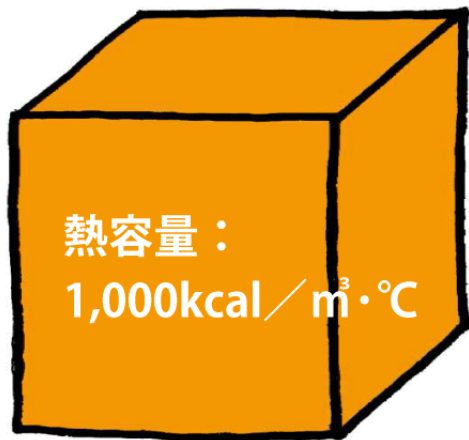
米軍の倉庫から見つかった
50年前の水の缶詰
飲める水質です

水蓄熱のAquaLayerは「床衝撃音吸収材」になります

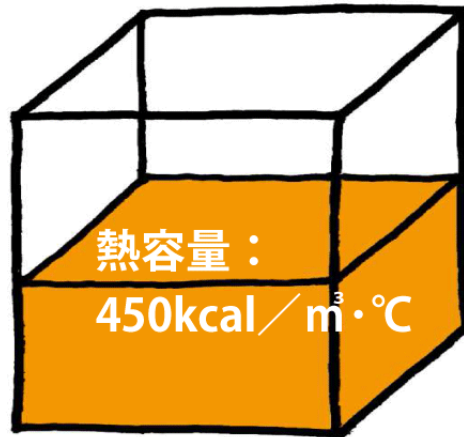
アルミ実験住宅（つくば市）にて測定



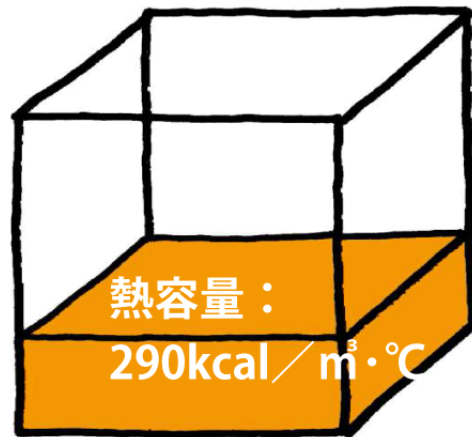
水蓄熱のAquaLayerは「高熱容量」になります



水



コンクリート



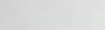
木材(マツ)

建材の中でも熱を貯める能力は最大級

A close-up photograph showing a wooden structure, possibly a formwork or scaffolding, with several wooden slats and a metal grate visible. The image is somewhat blurry and shows signs of wear and debris.

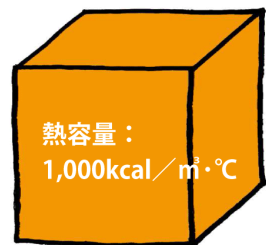
The diagram illustrates the concept of '必要熱量' (Required Heat) in a swimming pool. It shows two scenarios:

- Scenario 1:** A pool with a small heater (4.5kW) and a small volume of water (1.5m³) is labeled '足りない' (Not enough).
- Scenario 2:** A pool with a larger heater (4.5kW) and a larger volume of water (3.0m³) is labeled '足りない' (Not enough).

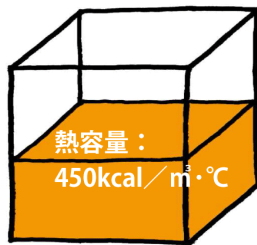


完全な
独自商品

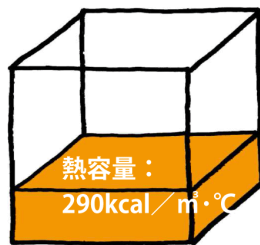
蓄熱材として使う「水」のカー1



水



コンクリート



木材(マツ)

高熱容量である

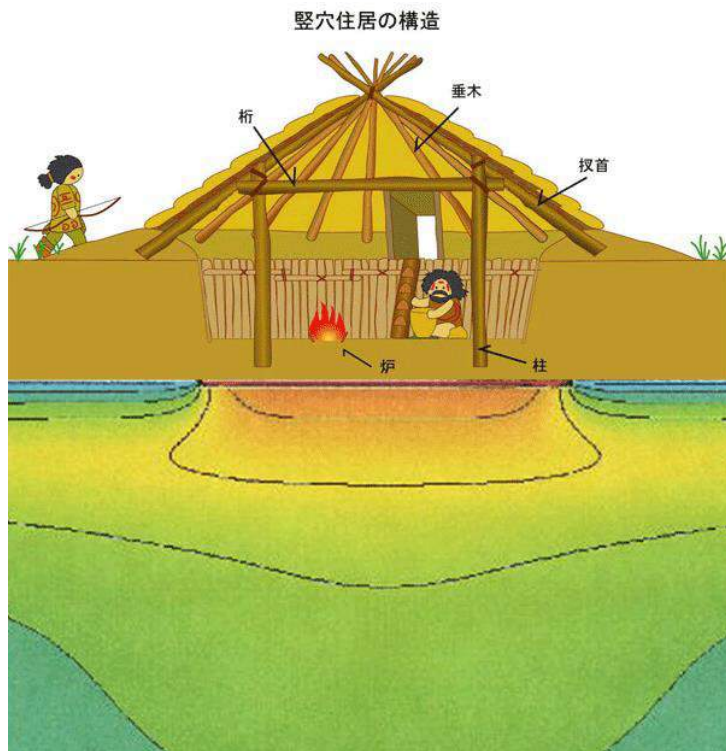


太陽エネルギーを効率よく溜める

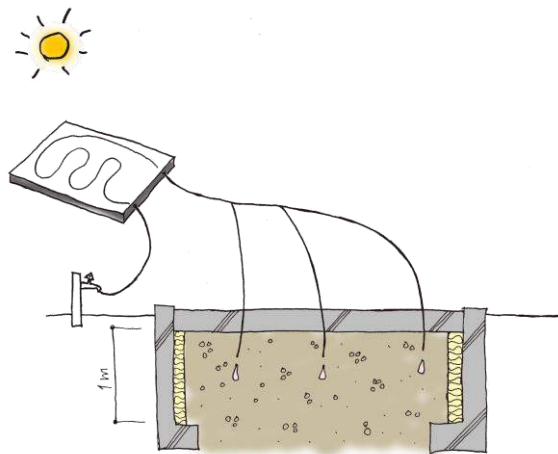
AquaLayerからヒートバッテリー®へ



その他 地中熱容量の利用



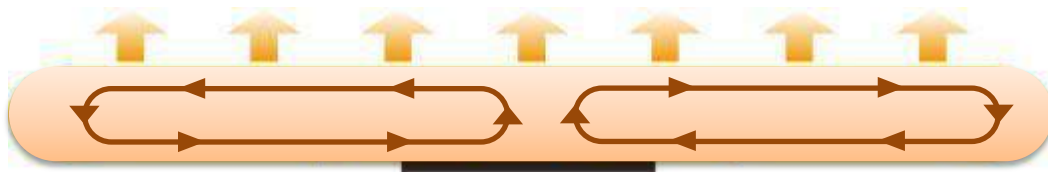
- ・太陽熱をお湯に変えて浸み込ませる
- ・ヒートポンプの熱源を既存の地中熱利用にする

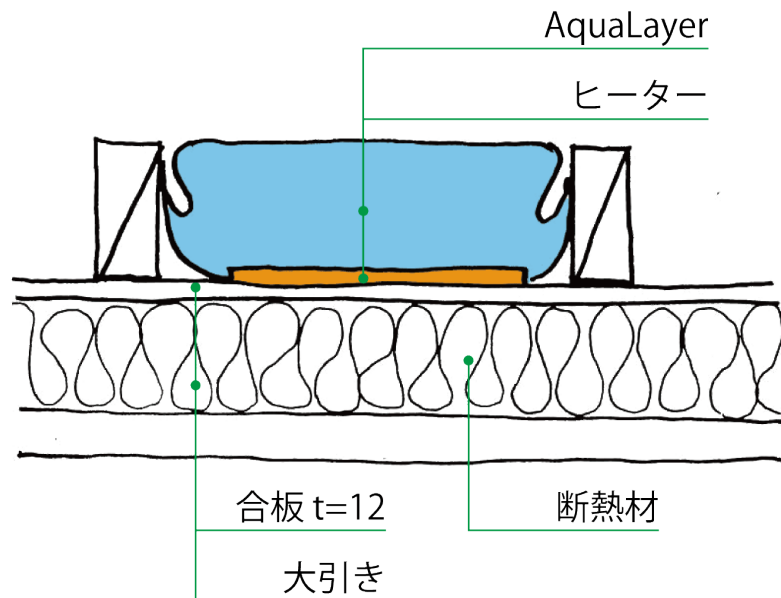


世界初

アクアレイヤー

—さまざまな熱源利用—





● SH(シートヒーター)

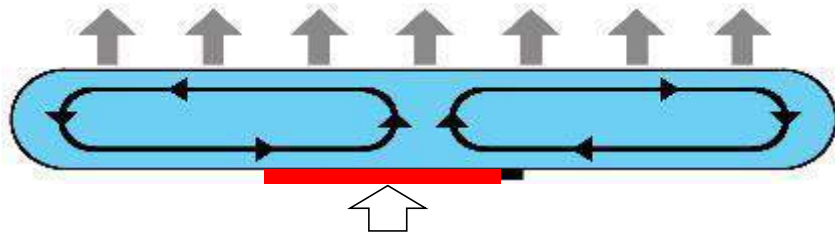
AquaLayerの下にシートヒーターを
敷いて熱源とします。
建物の熱性能に合わせて
ヒーターの容量を設定します。

シートヒーター



対流が温度を均一にする

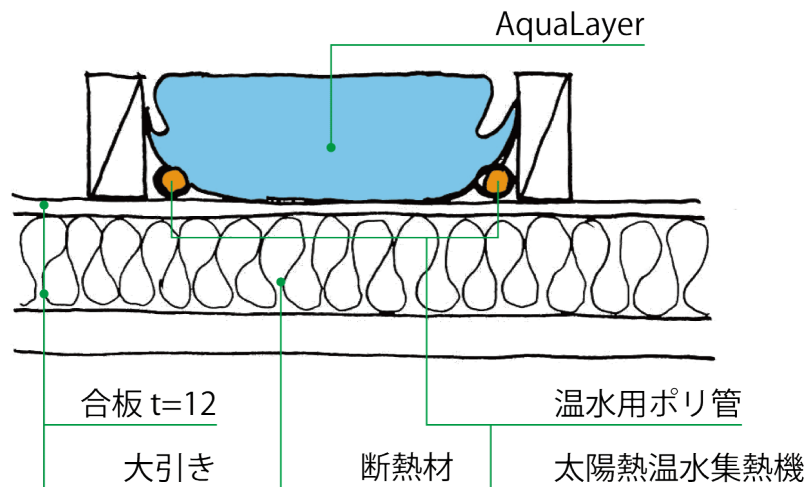
床全面から発熱するので低い温度での暖房を可能に



熱源(シートヒーター・温水パイプ)の面積は少なくとも
部屋の隅々まで均一の温度に



温水配管



● HP(ヒートポンプ) その他配管タイプ

ヒートポンプをはじめ、
ガスボイラー、灯油ボイラー、
集熱器など配管式熱源です。
サステナブルな熱源に
対応できます。

ヒートポンプ

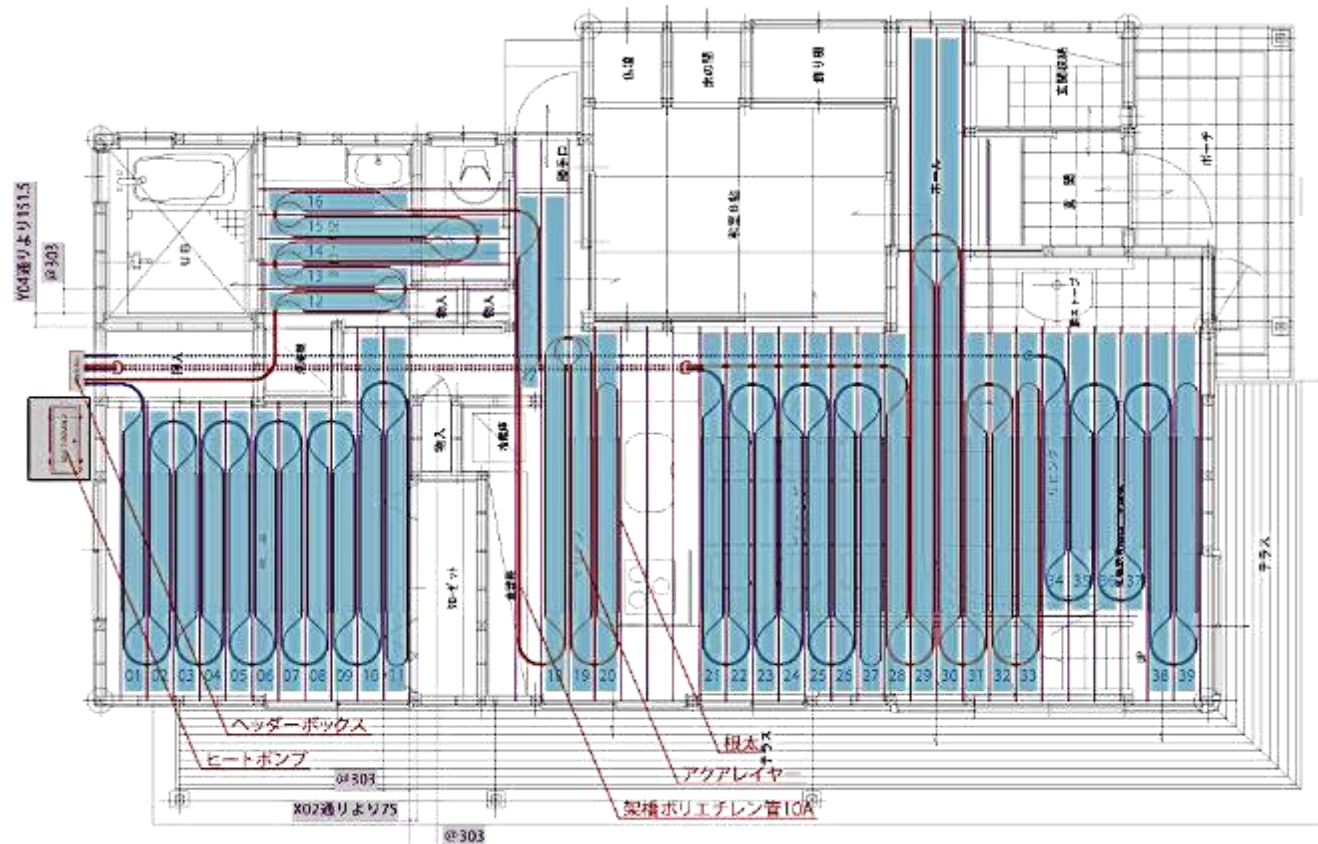
ガスボイラー

灯油ボイラー

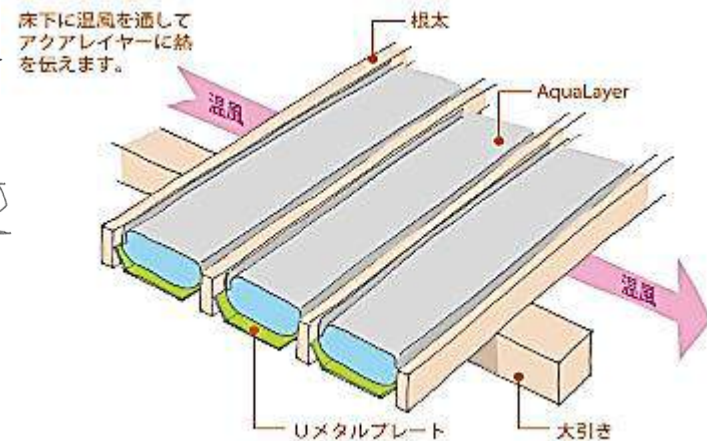
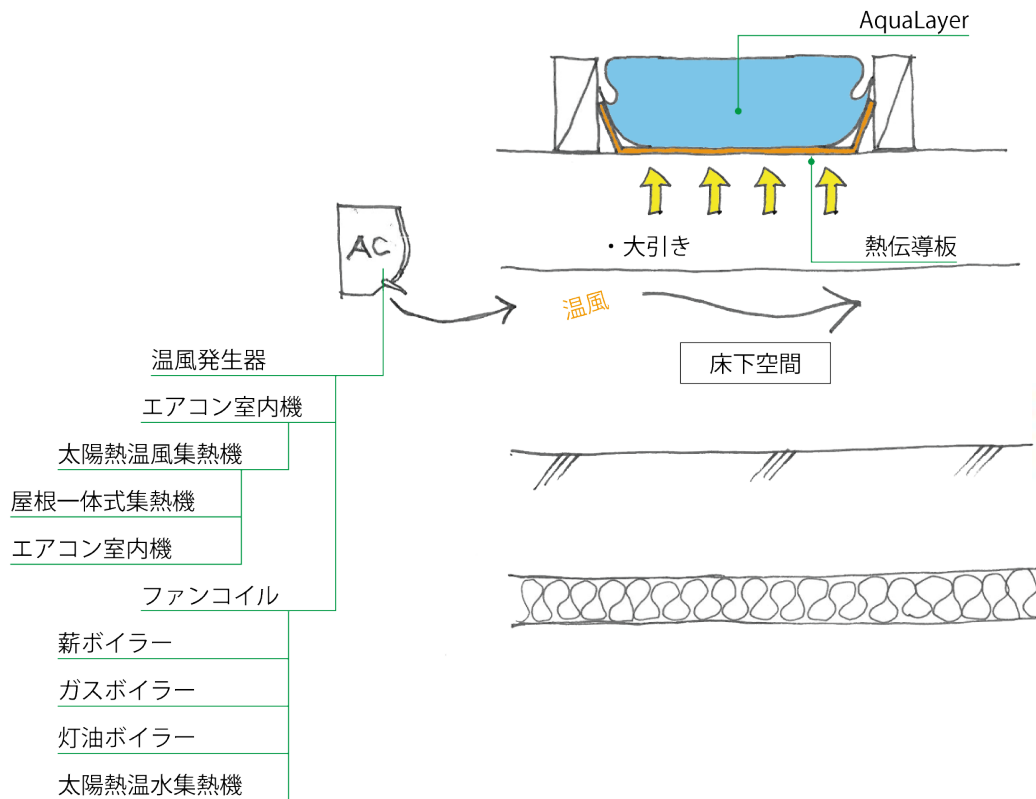
薪ボイラー



ヒートポンプ熱源配管参考図



床下エアコン(空気熱源)







特集：「環境住宅」新時代

箱の家153

Boxhouse153
埼玉県羽生市

難波和彦+界工作舎
Kazuhiko Namba+Kai Workshop

環境問題の新しい試み

大井と小さな子供とりのたのみの住んでゐる。池には木田と住むが流れては行く。川は北門が流道道なるので、川口の100mの奥に生じた。池は川と相良の谷を繋いでいる。川口とした。西側に建物を一体化した大井と池の間に、玄関、トイレ、4畳の部屋、キッチンと奥まで1.8mの土間、ベンチと木、これに並んで奥まで3.6mの土間、トイレ、キッチン、浴室、そして、1.8mの土間、大井と池を繋いでいる。大井と池は大井と池を繋いで大井と池に繋いで、大井と池の間にその間に奥まで1.8mの土間とトイレ、

ンを通して、すべての居室に冬季のダイレクトゲインを取り入れると共に、南に広がる田園風景を眺めることができる。

橋桁は集成材軸組構法で、屋根梁は45mm厚×240mm径のIVLを455mmピッチで均一に配置し、外壁は同じサイズの間柱を立てて、床版は断面共に12mm径の鋼筋用有数の円鋼による鉄筋コンクリート造の平板構造とすることで、簡便な施工が可能となる。自然素材を用いたことで、外観上木材のイメージを演出できるとともに、間柱には断熱材として高気密・高断熱の家づくりを実現する。

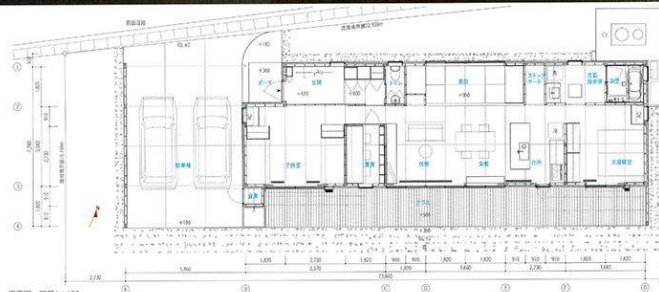
建築環境を改善する。この設計の中心となるのは、小屋裏へ自然光を取り入れ、小屋裏の空気を、北庭溜池の水面に太陽ランプで加熱し、夏の暑さを抑え、同時に空気に含まれた水分を、壁の高さを用いて北面の壁の隅に暖湿気を含み、客室と人間の自然採光と自然空調を実現している。同時に壁には熱く、暖房された高品位な木材（スギ・ササバ）を加工した1cm程度の薄板を、この薄板の間にLED照明を配置し、空間に柔らかな光を演出する。また、この薄板を、スギ・ササバの自然乾燥材を用いて、木質系式暖房（カマド）と接続し、暖房する。

でローコストなシステムである(34頁(参照))。これ
までの標準化によるパンプな方法と、新しいア
プローチな方法を採用することによって、商
社等で開放的に「新の案」を実現して今後の
「新」の道にチャレンジしようとしていること
を聞かしている。(建設和立・協同体)

南側外観。東西に約24mに亘る平屋建てで、南側に張り出す軒下は1.8mの奥行きをもち、夏季は陽射しを遮り冬季に十分な日射を得る。開口部には高性能アルミサッシを使用。



図4・左側、床は45×40mm厚のひのきを45mmピッチで配し、右側、外壁側に12mm厚の構造用合板の外側に発泡断熱材を入れた外断熱構造としている。天井高は最上で2.700mm。



平面図 縮尺：1/150

132 2016.06



配置図 縮尺：1/2,000

環境コメント

Q1. どのような経緯で環境的な留意をしたのか。

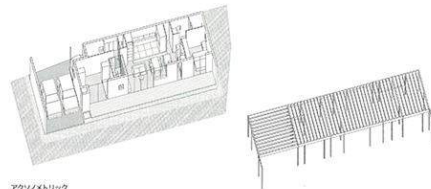
「家の実用性」のデザインコンセプトが自然環境なので、クライアントはそれを前提条件として設計を依頼してくる。「家の家」の概念性である、アフレイヤー・森庭所、天井高、屋根意、外断熱などについては、オープンハウスで実体験してもらった。その結果を示す実測データを提示することによって理解する。

Q2. 環境シミュレーションをどのように行っているか、それに対する意見。

大学在籍中は、建築研究室と共同で環境シミュレーション研究を行っていたが、最近では環境研究者や設備メーカーに呼びかけて共同研究を実施している。

Q3. 2030年に義務化される「改正省エネルギー基準」についてどのように考えるか。

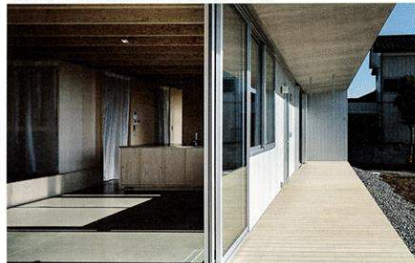
基本的には賛成だが、本来ならば基準値、家族構成、生活様式、空間構成を考慮したトータルな住宅設計の観点の中で位置づけるべきではないかと思う。



アウソメトリック



台所から子供室方向を捉る。壁下の突き当たり下部にエアコンが設置されている。



南西軒側の開口部際に造りこみ窓は、小室裏へ取り込んだ天井は北壁裏部の換気ベンチキャップから排出し、夏の昼時熱を排出する。ガラスは25mm厚のヒノキを装う。

2016.06 133

水蓄熱式冷暖房の新しい試み

アクリレイヤー・システムの改良

アクリレイヤー・システムは、高い蓄熱と温度変化によって自然対流する（水）の物理性を利用した蓄熱式の床暖房である。「アルミエコハウス」（※2000）ではじめて有効性を確認できたので、「箱の家02」以降は標準仕様としている。アルミ断熱を蓄熱したポリエチレン管に水道管を封入した（アクリセル）を床下の全面に敷き込み、深夜電力利用の電熱シートあるいはヒートポンプやガス給湯器を熱源として40℃程度に温め、昼間に放射させる蓄熱システムである。これまでの標準仕様では、土間スラブと基礎外周を外部断熱したうえで、土間スラブ上に根太を敷き、根太間に直接アクリセルを敷設し、コンクリート基礎の熱容量を利用したシステムとしてきた。アクリレイヤー・システムは、一室空間仕居でシムルターの性能が高い「箱の家」にふさわしい床暖房システムだといえる。

今回の「箱の家153」では、長期優良住宅と同等の性能を求めたため、メンテナンス用の床下空間を設ける必要があった。この条件を活用してアクリレイヤー・システムと床下空間を組み合わせた新しい空調システムを試みることになった。まず、根太を支える大引と基礎スラブの間には高さ350mmの床下空間を確保し、300mビッチの根太間に断熱伝導率の高い薄鉄板プレートを進め込み、その上に90mm厚の水

袋を敷き込んでいる。家庭用の壁掛け空調機を建物長手側の両端部の床下に設置し、そこから床下に空調管を敷き込むことによって、アクリセルと基礎コンクリートに蓄熱させる。この空調管は開口部側の床面や壁の根太の下に設けた開口部から引出し室内に引き出し、再び空調管へ戻しと循環させる。従来のアクリレイヤー・システムとの相違は、暖房と冷房が可能になる点と、輻射と対流の空調を利用できる点にある。入居前の短期の室内環境実測から、以下の性能が判明した（※2000）。

1. アクリレイヤーの床下の対流により室内に均一に熱が伝わるので、熱源の位置は比較的自由だが、建物全体への対流を考えると、中央のリビング付近に熱源を設置した方がより効果的である。
2. 床・壁・天井の放射温度は28℃ほどでは均一となり、冬の快適な室内環境を維持している。
3. 冬季の直射日光によるデレクティングが効果的に働いている。
4. 床下の土間コンクリートの蓄熱効果がきわめて大きい。

今回の実測では、熱源のエネルギー消費を計算していないため、省エネルギーが達成されているかどうかは不確定であり、今後の長期実測で検証する必要がある。

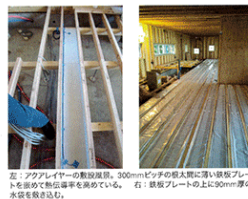


左：床下に吹き込まれた空調管の放射熱を伝へ、右：十分な歩行を妨げず、メンテナンススペースを確保して使用。

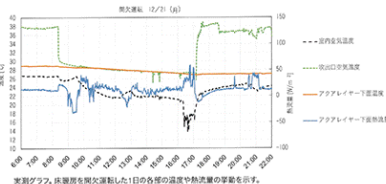
要がある。

6. 空調室内機は建物両端の壁面に設置しているが、深夜電力を利用し夜間運転する場合はファンの暗騒音が問題になる可能性がある。

今後は、以上の結果を入居後の長期実測を行い、住み手の生活習慣と自然環境の季節によって、機械学習を用いて多変数モデルに想定し、空調消費エネルギーの最適化を図りたい。さらに、実測結果を空調システムだけでなく、建築のデザインにもフィードバックすることによって「箱の家」を進化させていきたいと考えている。（前後和彦・前内秋彦）



左：アクリレイヤーの敷設様子。300mmビッチの根太間に薄鉄板プレートを進めて断熱伝導率を高めている。右：鉄板プレートの上に90mm厚の水袋を敷き込む。



実測データ、床暖房を開いた直後1日の各部分の温度や熱流束の変動を示す。

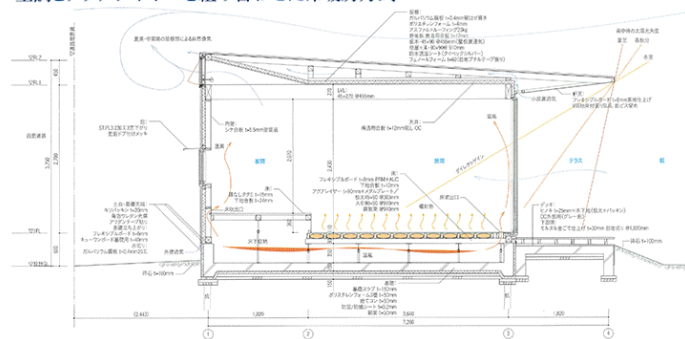


左：広い開口で通達する北側廊下。中：玄関に設置する系列。壁・壁面に開口部を設けて、室内の空気が壁面上部に蓄熱され天井付近に引きあがると同時に、外熱が排出される。右：書斎。

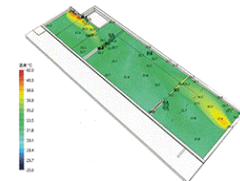


左：広い開口で通達する北側廊下。中：玄関に設置する系列。壁・壁面に開口部を設けて、室内の空気が壁面上部に蓄熱され天井付近に引きあがると同時に、外熱が排出される。右：書斎。

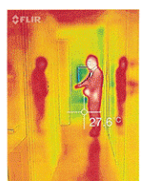
Environmental Strategy 空調とアクリレイヤーを組み合わせた冷暖房方式



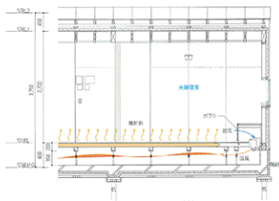
断面詳細図 階尺1:60



床下空調機稼働時の床下空間の温度分布をCFD解析によりシミュレーション。実測値とはほぼ同一で、32℃程度で安定した。

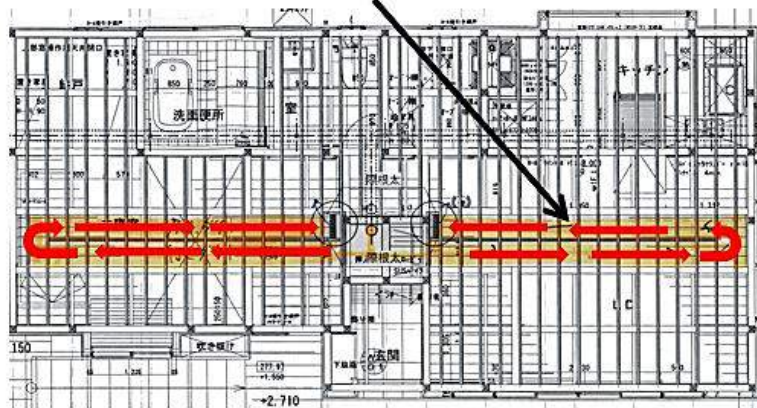
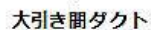


サーモ画像。床・壁・天井の放射温度がほぼ均一で、快適な条件が得られている。



空調機取り手側断面詳細図 階尺1:80

箱の家153 所在地 埼玉県春日部市 主要用途 専用住宅 家族構成 夫婦/大人2人+子供1人	延床面積 172.24㎡ (建築費33.56% 評価60%) 延床面積 136.53㎡ (設備費21.28% 評価20%) 1階 136.53㎡	高さ 3.300mm 最上階の高さ 3.883mm 敷地面積 512.19㎡ 建築面積 172.24㎡ (建築費33.56% 評価60%) 延床面積 136.53㎡ (設備費21.28% 評価20%) 1階 136.53㎡	天井/保温用合板 t=12mm オスモカラー塗装 製作家具/シナパンパーコート t=21mm オスモ カラー塗装 メラミン化粧板 断熱/青銅断熱 E-1713 東芝 EFD15L1732 コイズミ照明 ASE430888 マサキカ S-POT T9055 x 28039	断熱/保温用合板 t=12mm オスモカラー塗装 製作家具/シナパンパーコート t=21mm オスモ カラー塗装 断熱/青銅断熱 E-1713 東芝 EFD15L1732 コイズミ照明 ASE430888 マサキカ S-POT T9055 x 28039
設計 設計 設計 設計 設計 シミュレーション 中川 (早稲田大学) 実測 中川 (早稲田大学) 中川 (早稲田大学) ※実測結果 (早稲田大学)	施工 システム設計 設計/環境設計 建築 中川 設計/環境設計 水工 建築 設計/環境設計 電気 建築 設計/環境設計 設備 建築 設計/環境設計 設備 建築 設計/環境設計 設備 建築 設計/環境設計	設備 断熱/保温用合板 t=12mm オスモカラー塗装 製作家具/シナパンパーコート t=21mm オスモ カラー塗装 断熱/青銅断熱 E-1713 東芝 EFD15L1732 コイズミ照明 ASE430888 マサキカ S-POT T9055 x 28039	設備 断熱/保温用合板 t=12mm オスモカラー塗装 製作家具/シナパンパーコート t=21mm オスモ カラー塗装 断熱/青銅断熱 E-1713 東芝 EFD15L1732 コイズミ照明 ASE430888 マサキカ S-POT T9055 x 28039	設備 断熱/保温用合板 t=12mm オスモカラー塗装 製作家具/シナパンパーコート t=21mm オスモ カラー塗装 断熱/青銅断熱 E-1713 東芝 EFD15L1732 コイズミ照明 ASE430888 マサキカ S-POT T9055 x 28039



ダイレクトゲインを有効的に活用する

