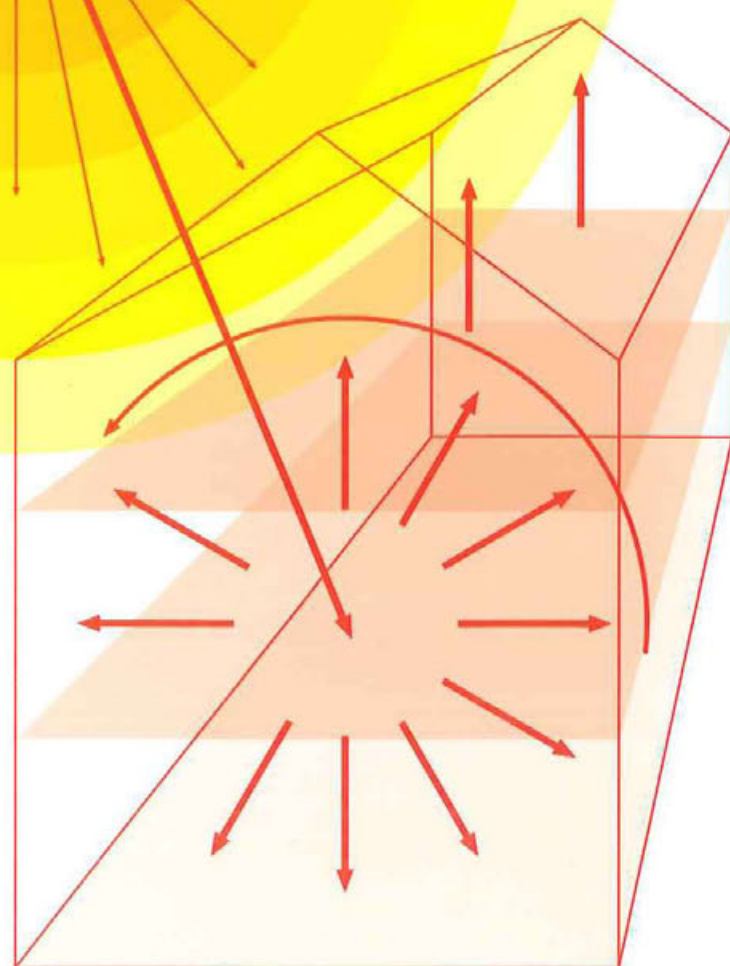


自然エネルギー利用のための

パッシブ建築 設計手法事典

新訂版



彰国社編

本書は、1983年に『自然エネルギー利用のためのパッシブ建築設計手法事典』として発行されたものを、今回新訂版として刊行するものです。

特別な動力機器を用いず、自然の要素である太陽光、太陽熱、風、雨水、大地等のもつ性質を、建築的に利用して室内気候調節を行おうとするのが、パッシブ設計の考え方です。古来わが国では、そうした考え方は、建築の基本とされてきましたが、潤沢なエネルギーの供給とこれを前提とした設備技術の発達につれ、その手法と、その手法のもつ良さは次第に忘れられがちとなりました。

環境問題、あるいは石油危機による省エネルギー問題などを契機として、そうしたあまりにもハイテクノロジーに依存しすぎた建築や都市の在り方を、人間主体の根源的なところに立ち返って考察し直してみたところから、パッシブ建築設計の思想が確立してきたといえます。

パッシブという言葉は、自然を共生すべき対象として認識することに由来しますが、その目的は、よりアクティブな生活空間を形成することにあります。そしてこれはもちろん、単純なプリミティブな技術への回帰ではなく、現代科学や技術の蓄積の上に新たな展開を求めるものです。

本書は、そのパッシブ建築設計手法を、「屋根の形と熱のコントロール」など、35項目に分類し、それぞれ、①基礎資料、②手法の原理、③設計の要点、④事例、⑤補足事項などの内容で構成し、この手法で設計を行おうとする際の入門書、あるいは手引書としてご活用いただけるよう心掛けました。また、21世紀の新たな時代の要請に対応できるよう、基礎資料や事例なども最新のものを多く集めることに努めました。

編集作業は、執筆者との協同により、また原稿の執筆も執筆者相互の協同作業によって行われました。したがって、目次の各手法ごとに記した執筆者名は、その項目の主な担当者名を示します。

なお、小玉祐一郎、堀越哲美の両氏には、全体にわたる監修および細部にわたる作業等に甚大なご努力を払っていただきましたことを記して、深く感謝の意を表します。 (編集部)

■ 統 括

小玉祐一郎 (神戸芸術工科大学)

■ 主 査

堀 越 哲 美 (名古屋工業大学)

■ 執 筆 (50音順)

石 田 信 男 (石田信男設計事務所)

伊 藤 昭 (日建設計)

絵 内 正 道 (北海道大学)

小玉祐一郎 (前掲)

小 室 大 輔 (ドイツ在住)

澤 地 孝 男 (独立行政法人建築研究所)

宿 谷 昌 則 (東京都市大学)

須 永 修 通 (首都大学東京)

武 政 孝 治 (広島女学院大学)

並 木 裕 (大成建設)

堀 越 哲 美 (前掲)

松 原 斎 樹 (京都府立大学)

■ 協 力 (50音順)

井山武司 (太陽建築研究所)

加藤義夫 (加藤義夫アトリエ)

木村建一 (国際人間環境研究所)

野沢正光 (野沢正光設計工房)

福島駿介 (琉球大学)

梅干野尻 (東京工業大学)

パッシブソーラー建築序論

——民家の教訓からハイテクの活用まで——

小玉祐一郎

■ パッシブソーラーの誕生

雨風をしのぎ、暑さ、寒さを防ぐことは住居の基本的な性能の一つである。住まいをつくるにあたって太陽をはじめとする自然要因に配慮することは、程度の差こそあれ、古来どの地域においても見られることである。そのような建築的な工夫と区別してソーラーハウスという言葉が生まれたのは1920年ごろで、シカゴの新聞社による造語だといわれるから約80年前のことである。給湯や暖房を目的として、より積極的に、より科学的に太陽熱を活用しようとする研究が行われ、その成果を組み込んだ住宅を指したものらしいが、これからも分かるように、そもそもソーラーハウスの出発点は給湯設備や暖房設備といった住宅設備の熱源を太陽に求めるものであった。

その後の住宅設備の進歩、普及はめざましく、アメリカでは豊富なエネルギーに支えられて冷房も急速に普及するようになる。第一次エネルギー危機が起きたのは1973年だが、それによって注目されるようになったソーラーハウスの関心は、主と

して太陽エネルギーを熱源としエネルギー交換技術を駆使して、暖冷房、給湯を行うソーラー技術に向けられたものであった。それまで、このような住宅設備が依存していたエネルギー資源に代替できるエネルギー源として太陽が注目されたのは当然のことであったが、やがて、このようなアプローチのソーラーハウスをアクティブソーラーハウスと呼び、これとは別にパッシブソーラーの概念がつくられていく。1976年のことであった。

それは、次第に社会に受け入れられていくが、その背景には時代の流れを読み取ることもできるであろう。アクティブからパッシブへという変化の理由としてアクティブソーラーシステムのエネルギー効率が、まだコストアナリシスを満足することができなかった点が挙げられることが多い。これも大きな理由であるに違いない。と同時にそこには居住環境のあり方について、また住まいの快適さについての基本的な考え方の変化という、きわめて建築学的な問題があることを見逃してはならないだろう。



田麦股の民家。大きな屋根が風土適応の第一の特徴



奈良、慈光院。庭と一体化した室内空間。

■ 自然環境のポテンシャル

アクティブシステムとパッシブシステムの違いを簡単に言えば、前者が従来の暖冷房設備を駆動させる熱源を太陽エネルギーに求めているのに対して、後者は、機械設備の使用を前提としないで、もっぱら建物のシェルター機能の増強、建築的な方法によって室内環境を形成することを目的としているという点である。アクティブ (能動的)、パッシブ (受動的) という言葉のニュアンスは、積極的に人工環境を形成していく姿勢と、自然環境に適応しながら、そのポテンシャルを活用しようとする姿勢の違いを示したものと理解できるのである。重要なことは、間断ないエネルギーの補給によって成立する完全に人工的な居住環境と、自然と一体化し、自然のリズムが実感できる居住環境との質が等しいものでないことを明確に認識した上で、いずれかが、主体的に選択されるようになったということなのである。

このような認識は多くのエネルギーを住宅に投入した方がより快適であるとか、複雑で高度な機械を駆使した人工環境が良質であるといった近代の神話の崩壊を意味することにほかならない。

このような背景があればこそ、太陽熱の



厚い茅葺き屋根。大きな開口部。竹質の子の床。神奈川の民家



中庭と緩衝空間としての縁側。竹原の町家

■ 気候特性の把握

建物には常に熱が流入しており、また流出している。そのような熱の流れは建物の熱的な特性によって異なるものであり、パッシブシステムは、その熱特性を工夫することによって、熱の流れをコントロールし、快適な室内気候を形成する方法だともいえる。

Fig-1 は、建物に流入し、建物から流出する熱がどのような形のものであるかを示し、また、それらがどのような気候要素で表されるかを示したものである。パッシブヒーティングでは流入する熱（熱の取得）を最大にして流出する熱（熱の損失）を最小にし、さらに熱の取得と損失が生ずる時間的なずれを調整するために適切な蓄熱を行うことであり、パッシブクーリングはその逆である。

さて、図から建物の熱の移動に関する気候要素は、気温、風、太陽、湿気の四つの大きな項目に整理できる。パッシブシステムの設計はこれらの気候要素をいかに利用し、また防御するかということなのであるが、そのためには対象とする地域で各々の気候要素がどれほどのポテンシャルを持ち、また、どのような組合せで同時発生しているかが重要になる。気温が低くても、日射量が十分にあればパッシブヒーティングはしやすいし、気温が高くても、そのとき、湿度が低かったり、風があったりすれば

パッシブクーリングは容易である。

Fig-2 は、東京とロンドンの各月の平均気温と日射量を比較したものである。気温だけ見ると、ロンドンに比べて、東京は、冬の気温がほんの少し高いだけで夏は大幅に高い。これからただちに、冬の寒さはロンドン並みの、夏は熱帯並みに暑いと思いがちである。しかし、多くの人が陰鬱なロンドンと明るい東京が同じ寒さと思わないように、冬の日射量は、東京の方が4倍近くも多い。このことは、もし日射がなければ、東京とロンドンは同じ暖房量が必要だが、日射をうまく活用できれば暖房量の大幅な軽減が可能であることを示している。ソーラーシステムの成立条件として、東京はすぐれた自然のポテンシャルを持っているといえるのである。

ちなみに、日本と世界の幾つかの都市における日射量と気温の関係を示すと Fig-3 のようになる。

概して、日本の多くの都市は冬の日射に恵まれているといえるが、冬の太平洋岸と日本海岸では大きな差がある。帯広は1月の平均気温が -8°C にも達するが、日射量は著しく多い。また、新潟は気温はそれほど低くはないが、日射量も少ない。

月の変化にも各々の地域の特徴を見ることができる。Fig-4 は標準気象データをもとにして1年間の温度区分別時間数を求め、都市別に比較したものである。 5°C ごとに発生する時間数を年間に対する比で示

したもので、不快指数75以上になる時間数もあわせて示してある。地域によって異なる温度発生状況がよく示されている。北から南へ行くにつれて次第に暖かい期間が増していくのは当然だが、その傾向は地域の特性を反映して必ずしも一律ではない。

仮に、不快指数75以上の範囲を冷房の必要な範囲、気温 10°C 以下の範囲を暖房の必要な範囲と考えて、それらの期間の長さを比較してみると、那覇を例外として暖房期間の方がはるかに長く、東京であっても、暖房の必要な期間が冷房の必要な期間の4倍以上あることが分かる。

わが国は温暖な気温下にあるとはいえ、暖房の必要度は高く、そのエネルギーを太陽エネルギーに求めることの意義は大きい。

冬の日射量と気温は、パッシブヒーティングの設計を左右する大きな気候要素であるが、他の気候要素も含めて、より詳しく変化の状況を知ることができれば、建築的な対応も考えやすい。

目次

3	パッシブソーラー建築序論／小玉祐一郎
5	パッシブシステムの設計プロセス／小玉祐一郎
8	手法-1 屋根の形と熱のコントロール／石田信男
10	手法-2 屋根の表面と熱のコントロール／石田信男
12	手法-3 屋根の断熱・保温／澤地孝男
14	手法-4 屋根の冷却／須永修通
18	手法-5 壁の形と熱のコントロール／小玉祐一郎
20	手法-6 壁の表面と熱のコントロール／小玉祐一郎
22	手法-7 壁の断熱・保温／須永修通
24	手法-8 壁への蓄熱／須永修通
28	手法-9 床の断熱・保温／絵内正道
32	手法-10 床への蓄熱／小玉祐一郎
36	手法-11 窓の断熱・保温／小室大輔・宿谷昌則
40	手法-12 出入口と熱のコントロール／小室大輔・松原斎樹・宿谷昌則
42	手法-13 日射のコントロール／小室大輔・宿谷昌則
46	手法-14 昼光の有効利用／小室大輔・宿谷昌則
50	手法-15 伝熱タイムラグの利用／武政孝治
52	手法-16 熱と結露／絵内正道
54	手法-17 建物の表面積と熱／伊藤 昭
56	手法-18 空間形と熱負荷／小室大輔・宿谷昌則
58	手法-19 空間構成と暖房方式／絵内正道
62	手法-20 熱特性を活用した空間の構成／絵内正道
66	手法-21 屋根の形と風のコントロール／小玉祐一郎
68	手法-22 壁と風のコントロール／伊藤 昭
70	手法-23 床下空間と通気／澤地孝男
72	手法-24 換 気／澤地孝男・松原斎樹
76	手法-25 開口部と通風／伊藤 昭
80	手法-26 室内空間形と通風／伊藤 昭
84	手法-27 建物の形と周辺気流／堀越哲美
88	手法-28 照返しのコントロール／堀越哲美
90	手法-29 地中温度の利用／堀越哲美
94	手法-30 地形の利用／堀越哲美
98	手法-31 樹木による光と熱のコントロール／武政孝治
100	手法-32 樹木と風のコントロール／武政孝治
102	手法-33 湖沼池水の利用／並木 裕
106	手法-34 建築空間と水の利用／石田信男
108	手法-35 材料と湿気のコントロール／澤地孝男
112	図版出典および写真撮影者リスト

Fig-2 東京とロンドンの
気温・日射量の比較

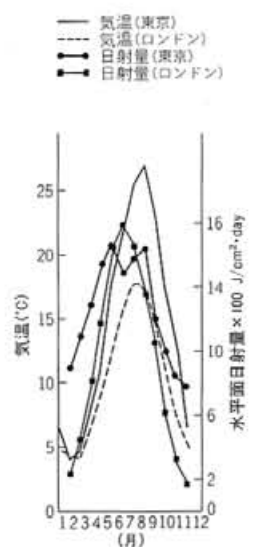


Fig-3-1 主な都市における
気温と日射量の関係 (日本)

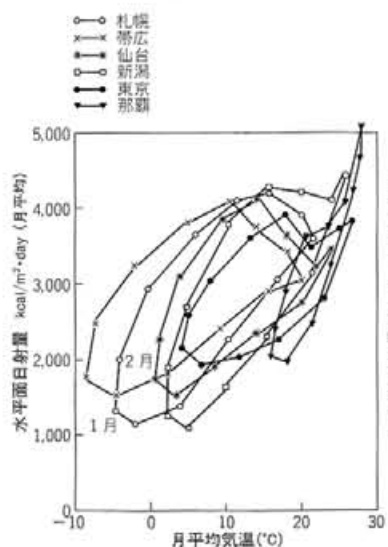


Fig-3-2 主な都市における
気温と日射量の関係 (世界)

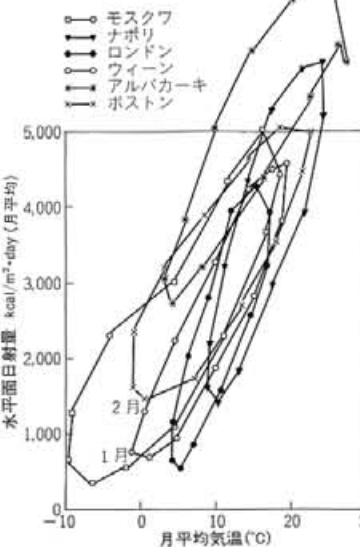
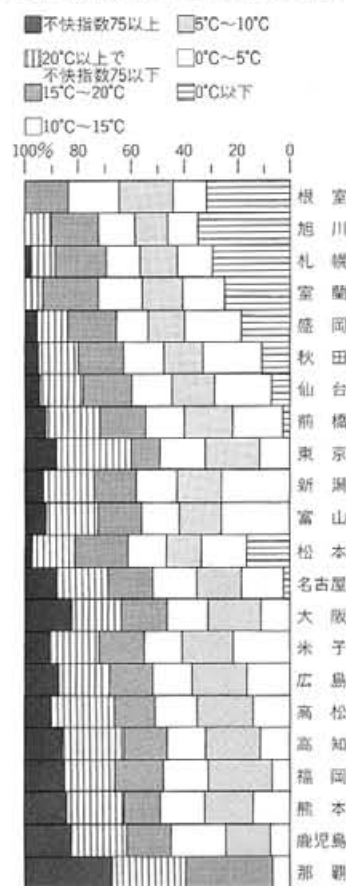


Fig-4 温度区分別期間長さ (1年間の100とする)



手法-6 壁の表面と 熱のコントロール

壁の表面も、屋根の表面と同様に、シェルターとして建物の外被を構成する重要な部分である。屋根に比べて直接目に触れ、また手に触れることができる部分であるため、視覚的にも、日常生活に直接的に大きな影響を与える。視覚的には壁の表面の色彩やテクスチャは、建物のイメージをつくり出す主要素であり、集合としては街並みを構成する要素ともなる。熱的には照返しなどが生じることを考えなくてはならない。ここでは、これらのことも十分踏まえて、材料の表面のみにとらわれることなく、建物外表面とその周囲も含めて、熱的問題を考えてみることにする。

壁は、多様な機能をもつ層によって構成されるのがふつうである。二重壁、三重壁などがそれである。層が多くなれば、外表面の問題は相対的に小さくなるといえるが、経済的には外表面の工夫によって層を減らすことも工夫の一つであろう。

手法の原理

外表面の仕上げ

日射の反射

白い漆喰で仕上げると、日射の反射率は90%近くにも達する。狭い路地は日陰をつくるが、明るさは反射光で十分である。同じ断面構造をしていても、表面の日射吸収率によって日射の遮蔽効果が異なる。白色系のペイントで仕上げられた表面（日射吸収率小、長波長放射率大）は、暗色系（日射吸収率大）に比較して遮蔽の効果が大きいほど、表面の日射吸収率による侵入熱量の差が顕著である。

Fig-1 サントリーニの住居



ファサードを考える

ファサードの形態

太陽光線を調整する方法は数多いが、日除けがフォサード（ブリーズソレイユ）の形に直接取り入れられて建築的表現の手法となったのはコルビュジエ以後であり、それが国際様式として一般化していった。それは、機能と表現の合体を目指す建築観と合致したからであろう。ブリーズソレイユとは、フランス語で日除け（太陽をこわすもの）の意。日本では建築化された日除けを指す。

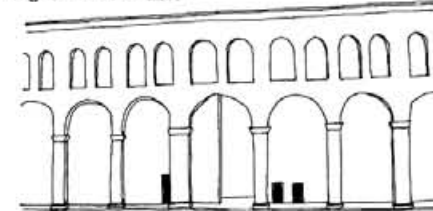
Fig-2 アーメダバドのオフィスビル
(ル・コルビュジエ)



回廊を利用する

壁の前面の開放的な廊下（回廊）や格子が、建物のファサードの形に反映されている。砂漠的気候のために木陰つくる木さえ育たない亜熱帯にある国では、開放的な回廊玄関と涼み廊下が樹木に代わる。

Fig-3 モスクの回廊



植物を這わせる

両面のコンクリート打放しの上につたを這わせる。夏は、繁茂して西日を遮断する。道に面しているので、四季の変化を映し、街並みの修景ともなっている。

葉と壁面との間の数十センチの空気層によってさらに遮断する。

冬季には葉が落ちて蔓だけになるため、日中は壁が直接日射を吸収し、また、つたが残っているときには、平滑なコンクリート面に比べて表面付近の対流熱伝達率は小さくなると考えられる。

Fig-4 久が原の家（清家清）



設計の要点

壁の構造と表面

耐震性は外壁表面の第一の条件だが、壁の断面構成によって「表面」の役割が異なる。

1. RC両面打放し。夏の焼け込み、冬の冷え込み、結露など熱容量がマイナスに作用することが多い。
2. 断熱壁。十分な断熱によって、夏の遮熱、冬の保温ができる。
3. いわゆる内断熱構法。コンクリートの熱容量を

装置化

壁の装置化

ルーバーと壁の組合せによる一種の二重壁である。冬の寒い夜間にはルーバーを閉じて空気層をつくって外の再放射を防ぎ、昼はルーバーを開けて、太陽光から蓄熱する。一方、夏の夜間は壁から外気へ熱を逃がすためにルーバーを開け、日中はルーバーを閉じて太陽光を反射させるとともに、空気層内の対流を利用して熱を排出する。

Fig-6 ルーバーと壁の組合せ



外周を可動式のアルミルーバーで囲み、その開閉で日射と風を制御する。

Fig-7 大阪水上消防署（シーラカンス）

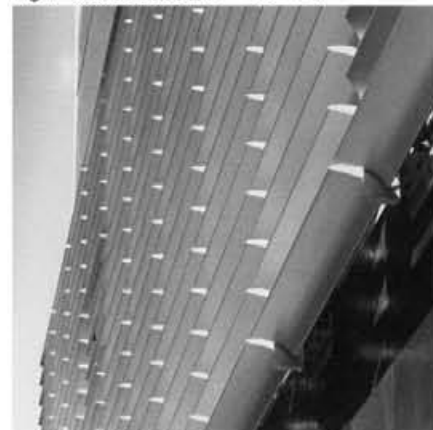
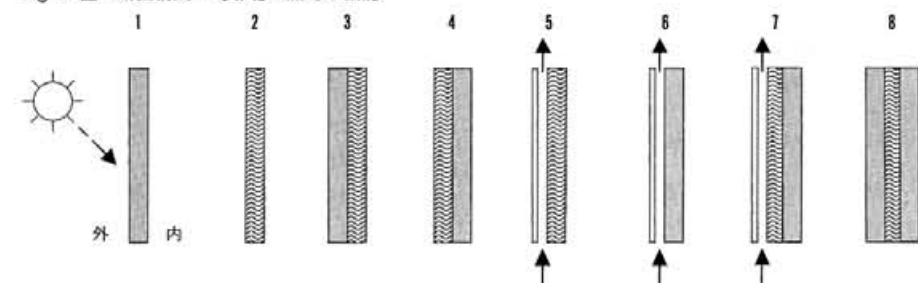


Fig-5 壁の断面構成と「表面」の熱的な機能



- 生かすことができない。熱容量の影響を受けない利点もある。
4. いわゆる外断熱構法。冬、夏とも熱容量を生かした蓄熱、蓄冷が可能。
5. いわゆる通気構法。湿気を排出して結露を防ぐとともに、日射遮蔽の効果もある。

6. 日射遮蔽の効果はあるが、冬の保温の効果は期待できない。
7. 4と5の双方の特性を併せもつ。
8. 北欧など寒冷地に多く見られる。外側の熱容量は日射や気温変化の影響を遅らせ、ピークカット効果もある。

外周全面を可動のガラスルーバーで覆い、その開閉で日射、風、熱の流れを制御する。

Fig-8 デイビス社(R.ピアノ)



緑化

壁の緑化は、熱的な意味でも夏は遮熱、日射遮蔽、空気冷却、冬は風や天空放射の影響の緩和など、熱的な効果も得られる。Fig-9は、建物の一部となったような常緑のつた。

Fig-9 緑化された壁（ベルリン）



南向きのガラス窓トレリスの落葉つた植物は、全自動の日除け装置である。

Fig-10 つくばの家-1(小玉祐一郎)



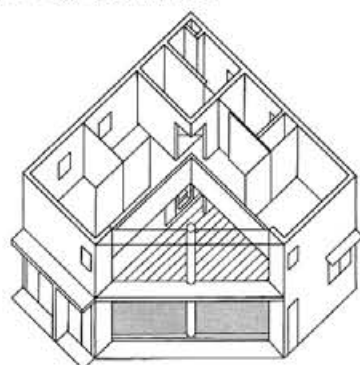
Fig-11 繁茂したつたに覆われた、つくばの家-1



◆ダイレクトゲイン(直接蓄熱)型

RC躯体の熱容量を活用したダイレクトゲインシステムで、吹抜けの居間の南側全面が集熱窓である。居間の北、東西側には個室群を配置して熱損失を減らすとともに、居間からの熱の供給を容易に行う。最大の集熱と最小の熱損失を意図した平面計画で、冬の効率的な集熱ができる。また、庇と両翼の壁によって夏の日射が完全に遮断される。

Fig-12 坂戸の家(井山武司)



2階上部の大きな連窓から日射を取り入れコンクリートデッキに当て、そのタイムラグを利用して、ゆっくり室内へ放熱させる。他の床や壁も蓄熱用である。

Fig-15 荒谷邸(荒谷 登)



RC壁式構造の外側を断熱施工し、壁・床・屋根を蓄熱部位とするダイレクトゲインシステム、室内はほぼワンルーム形式で部屋の間の熱の移動が容易であり、高断熱と蓄熱の効果により室内温度分布は均一である。暖房の太陽依存率は70%。

Fig-13 つくばの家-1(小玉祐一郎)



夏は、南集熱窓前面のトレリスのつた植物が日射を遮蔽する。開放的なプランは、通風に有利で夜間換気による蓄冷効果も顕著。

Fig-14 つくばの家-1

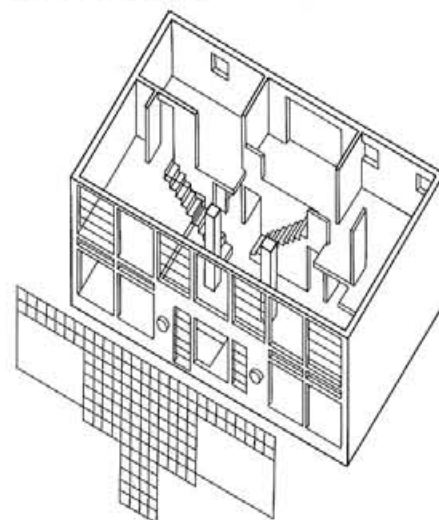
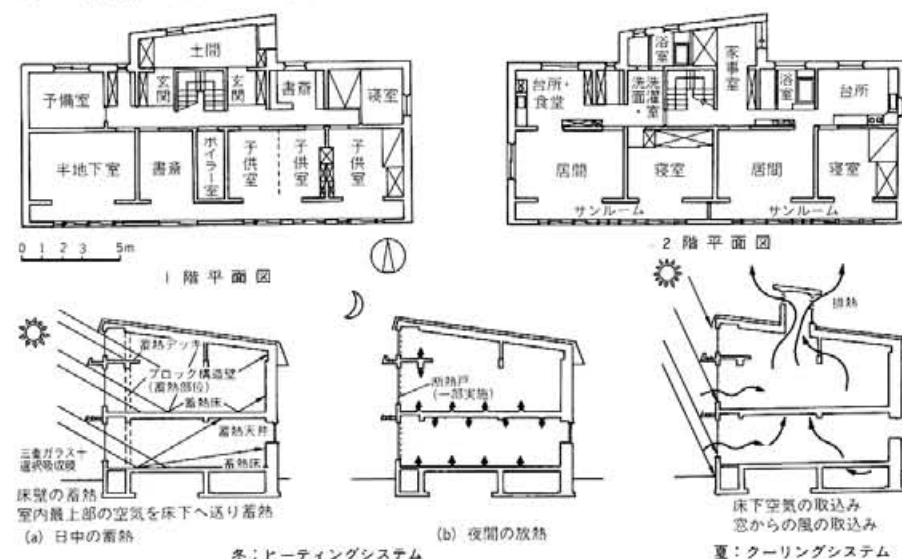


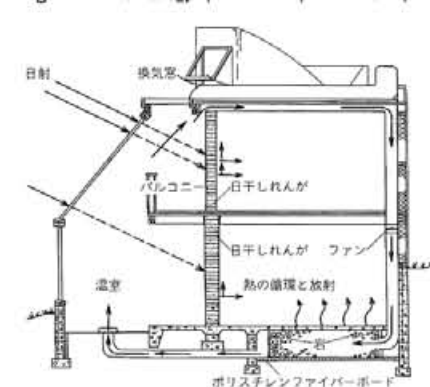
Fig-16 荒谷邸におけるヒーティングシステムとクーリングシステム



◆温室利用型

Fig-17は、温室で熱せられた空気を床下のロックベッドへ循環して蓄熱する。室内の床からの放射によって暖房する。循環空気を直接室内へ出さないで臭気やかびの心配はない。

Fig-17 バルコム邸(D.バルコム, S.ニコラス)



◆床下空間利用型

Fig-18は、小屋裏が集熱室で、ここで生じた温風を地下室へ循環させ、地下室の壁と床へ蓄熱する。壁は外側断熱だが、床は断熱しておらず、大地と一体化されている。居室との熱交換は自然対流で行われる。

Fig-18 地下室への蓄熱(鈴木憲三)

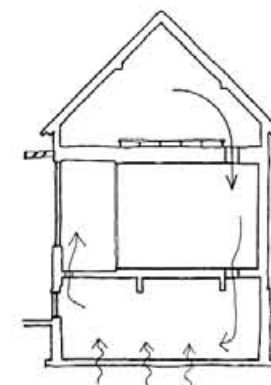
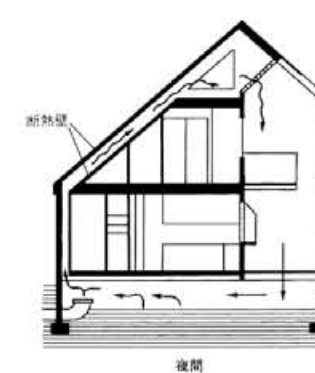
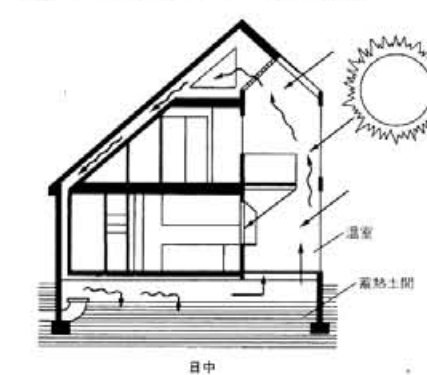


Fig-19, 20は、家全体が二重壁構造で、壁の間の空気層の空気を自然循環させ、保温効果を得ると同時に、南側のサンルームで集めた熱を床下空間(地下室を含む)に蓄熱する。夜間の空気の流れは日中とは逆になり、熱が放出される。

Fig-19 ダブルエンベロープハウス



Fig-20 ダブルエンベロープハウス断面



◆床暖房の歴史

朝鮮半島の伝統的な民家にはオンドルという暖房方式がある。床下に煙を通して床暖房をする方式である。同じような方式は古代ローマにも見られるが、普及度から見ればオンドルには遠く及ばない。この地方の民家は、夏の開放的なマルと呼ばれる空間と、床暖房を組み込んだオンドルと呼ばれる冬のための閉鎖的な空間を、必ずセットにして平面計画がされる場所に大きな特徴がある。オンドル部屋は木造であるが、高床の床は石と土でつくられ、大きな熱容量がある。朝夕の食事の支度に使われる炉の煙道を床下空間につなぎ、煙の廃熱を床に蓄えて終日の暖房効果を得る仕掛けである。床は、土をコテで均した後、油紙を張って煙が漏れないようにする。

オンドルの起源は、中国東北地方の炕と呼ばれる暖房装置にあるといわれる。それが次第に南下してオンドルとなり、朝鮮半島の最南端の済州島まで普及している。さすがに済州島まで来ると、オンドルのシステムはややおろそかになる感はある。南方系の囲炉裏と共存していたりする。

しかし、この暖房装置は日本では普及しなかった。日本の冬は結構寒いにもかかわらず、ついに本格的な暖房システムをもたなかった。オンドルが日本で普及しなかった理由に、地震が挙げられることがある。地震で揺さぶられると地面から持ち上げられている土の床にクラックが入って、そこから燃焼ガスが漏れ出し、一酸化炭素中毒の事故が多発したためだといわれている。

戦後になって、石油ファーンレスと組み合わせた温風床暖房システムが吉村順三や奥村昭雄によって開発された。清家清らの温水床暖房システムとともにわが国の床暖房の先駆けとなり、ブームを引き起こした。吉村らの方式は今日の温風床暖房の基礎となった。

吹抜けを利用した通風経路

気積を大きくとり、煙突効果も利用して通風を促進する。

吹抜けの上下部に換気窓を設けることにより、温度差を利用した自然換気を促進する手法。

日中の外気温が30℃に達し、風の弱い飯綱高原の夏を涼しく過ごすために、地下1階と1階屋根裏に高低差7mの窓を設け、温度差換気を図った。

夜間の無風状態において上下温度差は4~6℃と大きく、温度差換気だけで4~6回/hの換気回数を確保している。

Fig-15 飯綱山荘 (日建設計)

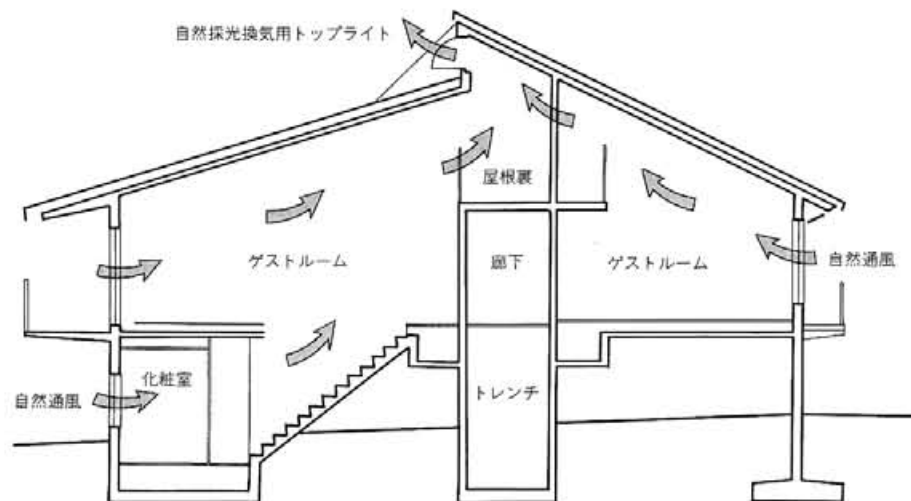


Fig-16 夜間換気時の上下温度差

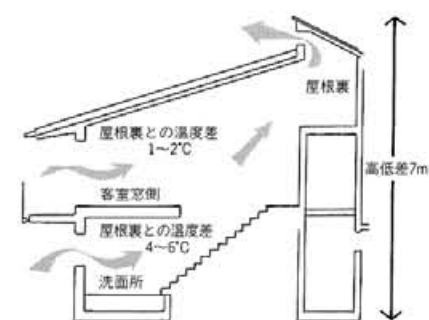
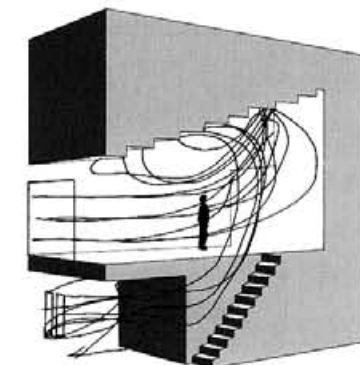


Fig-17 自然通風の気流シミュレーション



夏の通風と冬の採光を求めた障子天井

Fig-18 宮城野山荘 (丸谷博男)

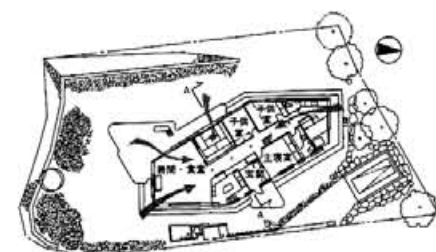


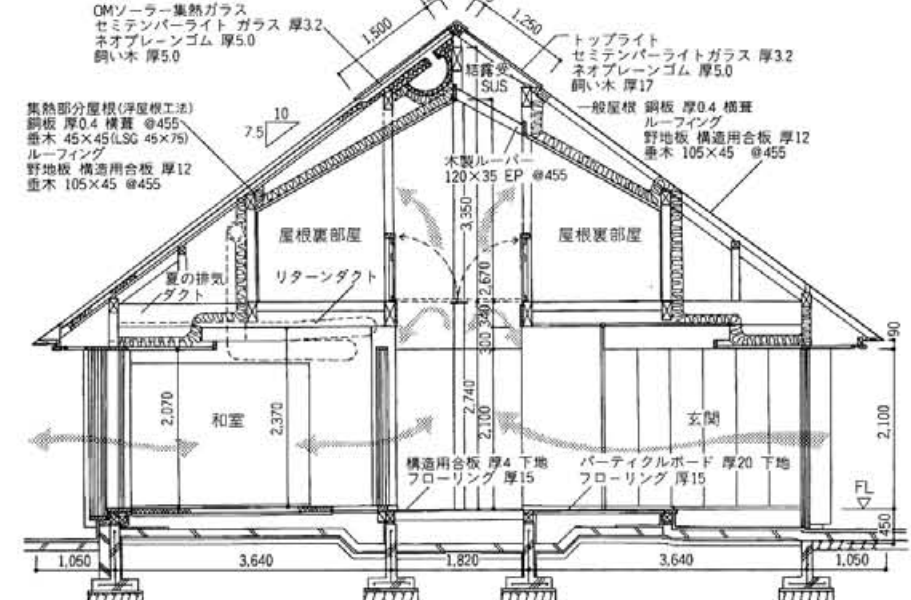
Fig-19 宮城野山荘



Fig-20 宮城野山荘



Fig-21 宮城野山荘



オープンスペースによる通風経路の確保

各学年ごとに中庭を取り囲んで、夏季の通風を確保する目的でオープンスペースを配置している。

Fig-22 那覇市立城西小学校 (原広司)



・高層ビルにおいては、冬季の隙間風による影響をはじめ、防災上の問題を含めて検討する。

Fig-23 那覇市立城西小学校

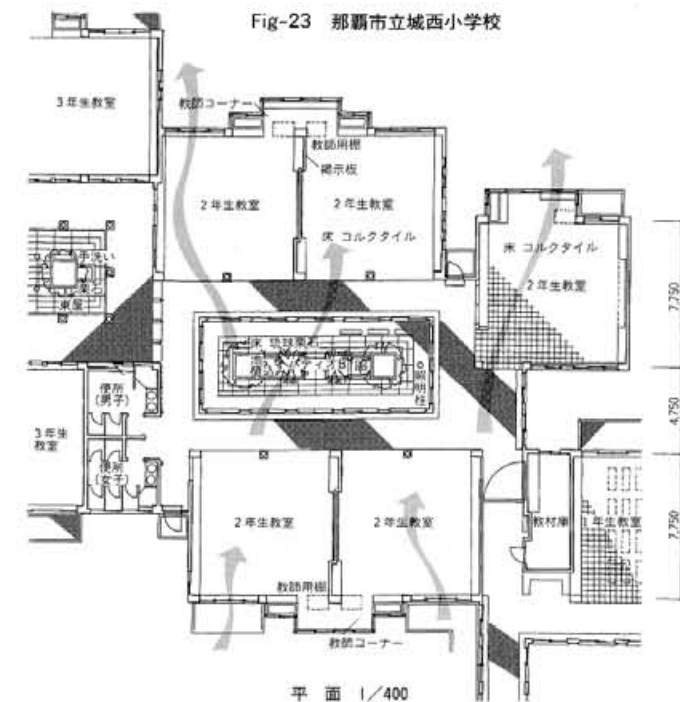


Fig-24 NT (設計組織ADH)

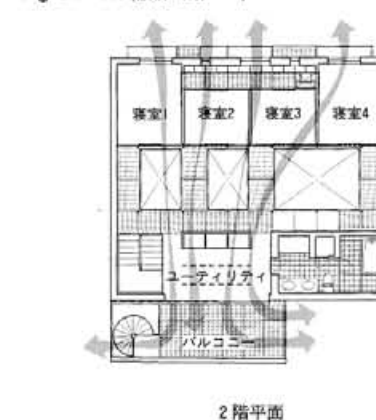


Fig-25 NT

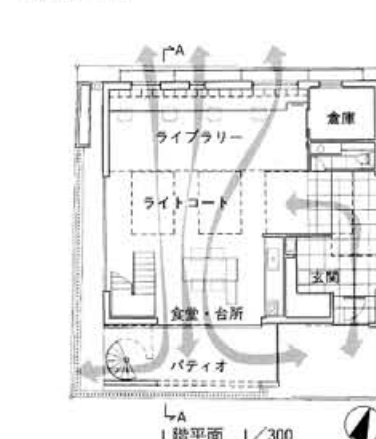


Fig-26 NT

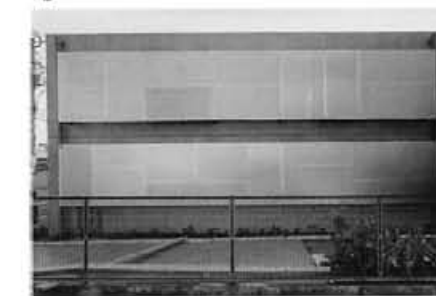


Fig-27 NT



Fig-28 NT

