

図 説 テ キ ス ト

建築環境工学

第二版

加藤信介・土田義郎・大岡龍三著

彰國社

建物は、人の生活と生産活動の「場」を提供する。円滑にこれらを行うには、その「場」にふさわしい環境を整える必要がある。建築の環境工学は、建物にふさわしい「場」のうち、主に雨風や暑さ寒さ、明るさやうるささ、衛生性などを整えるために必要となる知識を検討する。

生活と生産の基本になるものは、人そのものである。そのため建築の環境工学には人間自身を深く理解することが求められている。そして、その人が求める環境を具体的に明らかにし、これを実現するために必要となる手段を明らかにすることが求められている。建築環境工学で検討する雨風や暑さ寒さ、明るさやうるささなどは、これらにかかわる人体の生理的な性質と、熱、空気、光、音などの物理的な性質にその多くを依っている。言い換えれば建築の環境を理解するには、人体の基本的な性質と、人体を取りまく物理的な環境の性質を十分に理解することが必要とされているわけである。

本書は、建築の初学者にこの建築環境を理解するうえで必要となる知識を、簡明に解説することを意図している。物事の理解の過程には順序が重要である。建築の環境工学の理解には、人と物理の両者に関するある程度の基礎知識を必要とする。前者の人に関する基礎知識は、学ぶ人が自分自身の体験を通して、ある程度のイメージを形成しており、その意味では、理解は容易で、それほど多くの前提知識が必要とされるものでもない。本書でも建築環境に関係する人に関する基礎知識にはさほど深くふれていない。後者の物理に関しては、中学、高校で学習する物理に関する一般的知識がある程度必要とされる。中学、高校では、さまざまな形態で生じる日常の物理現象には共通の法則があり、この法則を利用すれば、一見、複雑な物理現象もこれを十分に予測し、人が必要とするように変更できることを学習してきている。複雑な現象から共通の法則を抽出し、これを利用することは、少しく高度な理解が必要であり、相応の学習時間を必要とする。そのため、これら学習に時間を割くことができず、物理に関する必要な知識を得ないで建築環境を学ばざるを得ない状況の建築初学者も多いものと考えられる。本書は、中学で学習する程度の物理や数学の知識があれば、高校で学習する高度な物理の知識をもたない人も、建築の環境工学を学べることを意図して編集されている。

理解することは、複雑な現象のなかで何か共通する性質を抽出して、その性質に基づいて、その先を予測できるようになることも考えられる。その過程として、記号化された言葉や数学の式でこれらを表現することも可能であるが、これは必ずしも誰もが容易に行えるものでもない。人の顔の特徴を言葉で記述しても、その言葉を聞いて、これをイメージすることはなかなかむずかしい。しかし似顔絵で表してやれば容易にその特徴が理解される。本書は、このように図の活用による理解を重点に編集されている。

本書を学ぶ人は、建築の環境をあまり苦労することなく理解されるものと信じている。

2002年10月

加藤信介

第二版に当たって

本書は、初版が出版されて早くも6年が経過し、第二版を迎えることとなった。今回は、規格などで変更があったものに関連して多少の修正をしている。しかしながら本書の大筋は初版と同じである。これは、このテキストを建築に関わる音、熱、空気、光という物理とその中心に位置する人の性質という、幅広く散漫になりがちな内容を網羅しつつも平易に記述し、人間を中心とする建築環境の総合的理解を促すという、本書の意図がよく反映されている故であろう。

2008年9月

加藤信介

まえがき 3

第1章 私たちを取りまく環境

1.1	安全、衛生と快適	8
	安全、衛生と快適を提供する建物	8
	安全、衛生と快適を脅かす要素	8
	環境制御の目標と原理	9
	建物と建築設備による環境制御	10
1.2	人間と環境の調和を目指す室内環境設計	13
	システム	13
	線形システム	16
	入力関数の直交関数展開	17
	知覚	17
	環境を変える	17
1.3	波の性質をもつ音と光	19
	波の性質1 波の重ね合せと干渉	20
	波の性質2 回折と屈折 ホイヘンスの原理	21
	波としての音	22
	波としての光	22
1.4	熱と風	23
	熱とは何か	23
	熱の伝わり方/伝導と対流と放射	24
	運動の法則	24
	流れの原理	26
1.5	太陽と地球	27
	太陽位置と地球の公転、自転	27
	日照と日影	29
	太陽からの放射と地球放射	30
	地球の大気と気象	31
1.6	建築と地球	33
	建物にかかわる地球温暖化とオゾン層破壊	33
	サステイナブルな循環社会	35
	都市環境	36
	環境共生建築	37

第2章 光の美 光の機能

2.1	光の知覚と物理量	40
	光の知覚	40
	光の物理量	41
2.2	明るさと快適性	43
	快適な視環境のために	43
	視環境に影響する諸現象	45
	光源の種類と特徴	46
	電灯照明の方式	47
	昼光照明の方式	48
2.3	照明の設計	50
	照明の設計手順	50
	電灯照明による室内の明るさ	50
	昼光照明による室内の明るさ	52
2.4	建築の色彩設計	55
	色の名前	55
	色彩の心理	57
	色彩設計	59

第3章 熱と空気

3.1	暑さ、寒さと人間	64
	人体の熱収支と快適方程式	64
	寒さ、暑さに対する人間の反応	65
	温熱快適性の6要素	66
	温熱環境指標	67
3.2	建築と熱	69
	熱の流出入と発熱	69
	断熱と蓄熱	72
3.3	湿気と結露	76
	湿気	76
	結露と、その防止法	77

第4章 音を生かす 音を防ぐ

3.4	室内空気汚染と換気79
	室内空気汚染 79
	換気の種類と必要換気量 80
	換気の種類と原理 81
3.5	気候風土に適応した建築的工夫と建築の熱環境設計85
	寒い地方の建築的工夫 85
	暑い地方の建築的工夫 87
	これからの建築熱環境設計 91
4.1	音の強さ94
	音の物理量 94
	音の知覚 96
	音の伝搬 99
4.2	音環境の計画101
	必要な音と不要な音 101
	音の評価 103
	空気音の予測と防止 104
	環境振動と固体音 111
4.3	音の響きの計画113
	響きと知覚 113
	特異現象のいろいろ 116
	索引 118

執筆分担●第1章/加藤信介
第2章/土田義郎
第3章/大岡龍三
第4章/土田義郎

第1章

私たちを取りまく環境



写真は、タイのメナムチャプタイ川の両岸に並ぶ水上の住宅である。高温多湿な気候区では、夏の暑さをしのぐことが建物にとって重要である。川を渡る風が自由に入る建物は涼しげに見える。日本の河川は、急峻であり台風などによる増水で水面は数メートルも上昇し、河川敷に建物を建設することなど想像もつかないが、大陸の流域面積の広い大河川では水位が安定しており、川岸にこのような住宅を設けることが可能である。河岸の上には電灯線が張りめぐらされ、水上の家に冷房装置も取り付けられている。水面を渡る風を最大限、建物内に呼び込んで利用する水上の家に、部屋の開口を閉じて屋外と室内をなるべく隔絶することが有利となる人工的な冷房を設けることは、現代建築の環境制御の抱える矛盾を象徴しているようである。

った場合、壁体内部に結露が発生する可能性がある。これが内部結露である。冬期の暖房時を対象にもう少し具体的に説明しよう。

結露の害 (図3-3-5)

結露が発生すると、どのような害が起こるのであろう

図3-3-5 a
結露の害の例



図3-3-5 b
結露の害の例
(ナミダタケ被害)

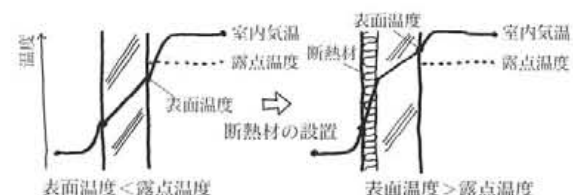


図3-3-6 表面結露防止法(表面温度を上げる)

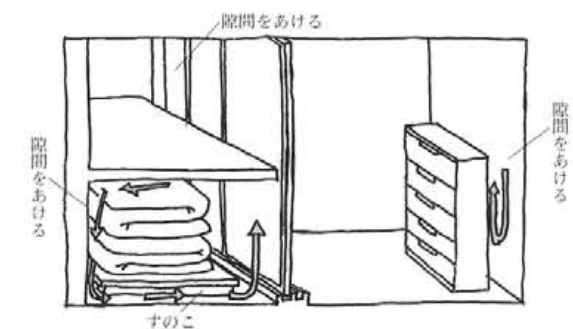


図3-3-7 表面結露防止法(通気をよくする)

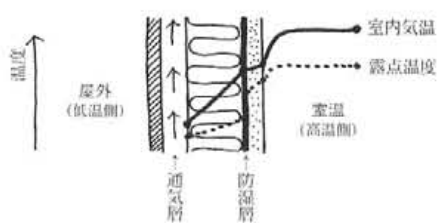


図3-3-8 内部結露防止法

か。結露の起こった箇所が黒くすす汚れた状態になっているのは見たことがあるだろうか。これはラスマークといって、空気中のほこり等が結露部分に付着するために起こる。これは建物の商品価値を著しく低下させることになる。さらに結露水があることによって、その箇所でカビや細菌が繁殖し、感染症やアレルギー、中毒症を引き起こす要因となる。また、木材を腐らせる腐朽菌が発生し、建物の強度、耐久性を著しく損なうことになる。腐朽菌として有名なものに、北海道の高断熱住宅で大発生したナミダタケがある。

結露の防止法

結露を防ぐ方法はいろいろあるが、まず第一に、できる限り余分な水蒸気を発生させないことである。とはいえ調理や入浴、暖房など人間が生活していくうえで、どうしても水蒸気が発生してしまうことがある。そのような場合には、換気などにより迅速に屋外に放出することが望ましい。それでも水蒸気が室内に残り、結露してしまう場合の防止法について説明する。簡単なものは、建物内の各場所で温度差を付けないことである。前述したように、表面結露は壁や窓の表面が露点温度以下となるために起こる現象である。したがって、二重窓にするとか、断熱材を封入することにより断熱性を高め、これらの表面の温度が低下することを防いでやればよい(図3-3-6)。また押入の中やタンスの裏は湿気が高く、低い温度の空気が溜まりやすく、結露しやすくなる。このような場所は、適当な隙間をあけて通気性をよくして湿気を適当に逃がすとよい(図3-3-7)。内部結露の場合は、話がもう少し複雑になる。グラスウール等の繊維系断熱材の場合、熱は通さないが、水蒸気に対してはほとんど抵抗がない。そのため断熱材の前後で温度は急激に変化するが、水蒸気量、すなわち絶対湿度はほとんど変わらない。したがって急激に温度低下する箇所においては、相対湿度が増大し結露しやすくなる。前述した北海道のナミダタケの発生は、水蒸気の透湿能力を考慮せずに断熱材を封入したために内部結露が発生したことによる。したがって内部結露を防ぐためには、断熱材の高温側に防湿シートを貼り、水蒸気が断熱材内部に侵入しないようにすればよい(図3-3-8)。間違えて低温側に防湿シートを貼ると、水蒸気がせき止められ、内部結露の被害が拡大する。また壁の外側に通気層を設けて、壁内にたまった水蒸気を排出することにより、内部結露の危険性を軽減することができる。

出典
1) 環境工学教科書研究会編『環境工学教科書 第二版』朝日社、2000
2) 撮影：シントーファイン(株)櫻井誠

3-4 室内空気汚染と換気

室内空気汚染

汚される空気

人間は空気を吸って生活している。また、一生のうちの80~90%を室内で生活しているといわれている。したがって室内の空気を清浄に保つことは、人間の健康にとって非常に重要である。一方、室内ではさまざまな汚染物質が排出されている。図3-4-1に室内における汚染物の発生状況を示す。汚染源として考えられるのは、①人間そのもの、②燃焼器具、③建築内装仕上げ、④そのほか室内に侵入する、あるいは発生した各種物質等である。人間からは、二酸化炭素(CO₂)や水蒸気、臭気等が発生する。燃焼器具からは二酸化炭素、一酸化炭素(CO)、硫黄酸化物(SO_x)、窒素酸化物(NO_x)、排熱、水蒸気等が発生する。建築内装仕上げからは、ホルムアルデヒドやVOC(揮発性有機化合物)に代表される化学物質や、粉塵、臭気等である。そのほか室内に侵入するもの、発生するものとして粉塵や細菌、カビ等がある。

さまざまな汚染物質

次に汚染物質の種類と影響について説明しよう。汚染物は大きく、ガス状汚染物質と粒子状汚染物質に分けられる。

1. ガス状汚染物質には以下のものが存在する。

二酸化炭素(CO₂) 二酸化炭素は人間の呼吸や燃焼によって発生する。通常、外気中には0.03%(300ppm)の二酸化炭素が存在し、空気中の濃度が数%以上になると、呼吸困難や頭痛など直接の被害を人間にもたらす。少々の二酸化炭素では、人体には直接の影響を及ぼさないが、二酸化炭素が増加すると、他の汚染物質もそれに比例して増大するだろうと考えられ、従来より、二酸化炭素濃度は室内空気の汚れ具合を示す指標とされてきた。「建築基準法」と「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」(ビル管理法と略称)では、室内における二酸化炭素の濃度許容量を0.1%(1000ppm)以下としている。

一酸化炭素(CO) 一酸化炭素は空気中の酸素不足のための不完全燃焼によって発生する。一酸化炭素は、血液において酸素を運ぶ役割をするヘモグロビンと強く結びつくため、わずかの一酸化炭素でも吸引すると、血液の酸素運搬能力は低下し、酸欠状態に陥る。したがって燃焼器具の取扱いには十分な注意が必要である。またタバコの吸気中や自動車の排気ガス中にも一酸化炭素は存在し、喫煙常習者や交通量の多い場所で働く労働者は、そうでない人と比べて、体内に蓄積されている一酸

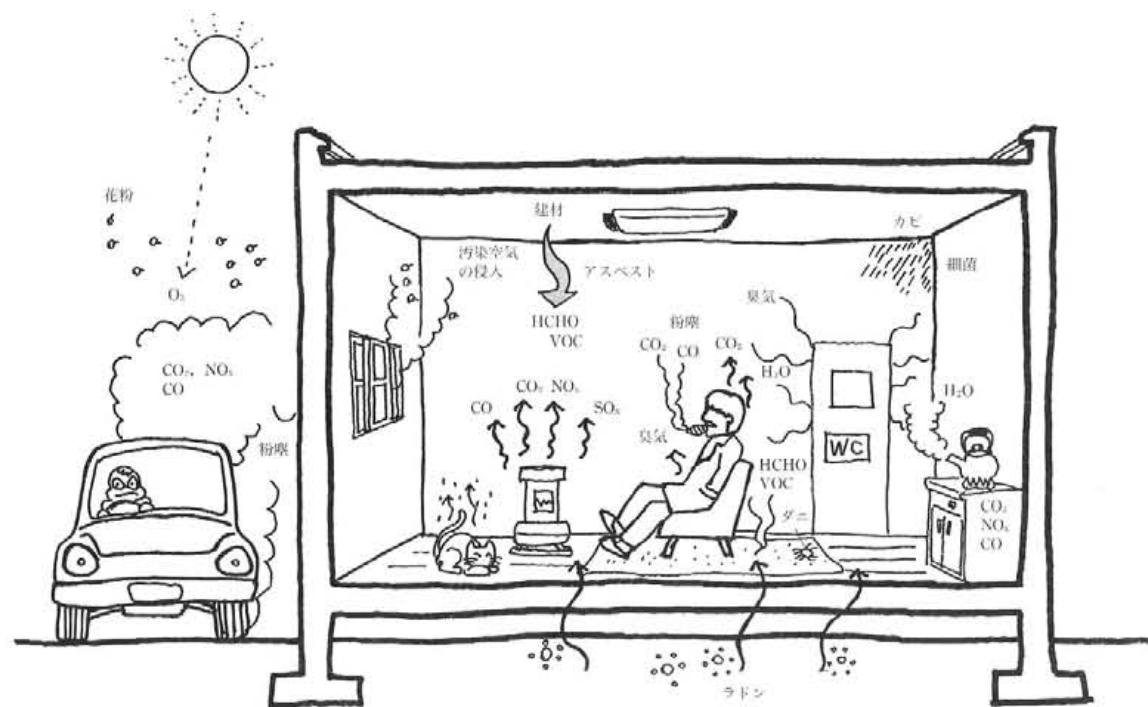


図3-4-1 建築における空気汚染源

換気方式の分類

換気の方式は、この駆動力である圧力差を生じさせるのに機械力に頼らない自然換気と、機械力を利用する機械換気に大きく分類される(図3-4-5)。自然換気は室内外温度差を利用した温度差換気(重力換気ともいう)や風力を利用した風力換気に分類される。機械換気は給気ファンと排気ファンの組合せにより、後述するように第一種機械換気から第三種機械換気まで分類される。自然換気は機械動力を必要としない点で、省エネルギーの点からも有利であるが、換気量が不安定で、制御が困難であるという欠点がある。また室内における換気範囲をもとに全体換気と局所換気に分類する場合もある。

自然換気

自然換気は、自然の力で生ずる圧力差を利用するものである。図3-4-6に温度差換気の原理を示す。空気は温度が高いほど密度が小さくなるため、室内外に温度差があるとき、その空気には密度差が生じ、その結果、室内外において圧力差が生ずる。これにより、室外から室内へ、また室内から室外へと空気が流れるのである。冬期の暖房時を考えると、室外のほうが室内よりも気温が低く、空気の密度は大きい。したがって、室下部においては、室外のほうが室内よりも圧力が大きくなり、室上部

においては室内のほうが圧力が高くなる。特に、室内外の圧力が等しくなる場所を中性帯と呼んでいる。この圧力差により、室下部より外気が侵入し、室上部より外部へ室内空気が流出する。このことより、冬期の暖房時においては、室下部より隙間風が侵入することが理解できる。また、天井付近と床付近がそれぞれ最も室内外の圧力差が大きい。したがって、温度差換気により大きな換気量を得るためには、開口部をそれぞれ天井付近と床付近に設けてやればよい(図3-4-7)。

次に図3-4-8に、風力換気の原理を示す。風が建物に当たると、風の運動エネルギーは圧力に変化し、建物の外壁面には、場所によって異なる圧力(風圧)が発生する。特に建物の風上正面では、建物がないときに比べて圧力が大きくなり(正圧)、風下背面では、建物がないときに比べて圧力が小さくなる(負圧)。壁面に開口があれば、これらの圧力差によって換気が駆動される。便宜上、自然換気を温度差換気と風力換気に分類したが、通常は両方のメカニズムが働いていることが多い。もちろん風のないときには風力換気はまったく働かない。

機械換気 (図3-4-9)

機械換気は、送風機や排風機の配置により第一種機械換気、第二種機械換気、第三種機械換気に分類される。

第一種機械換気は給気と排気の両方に機械力を用いるものである。給気、排気ともに機械を利用しているため、換気量は安定しており、最も確実な換気方式である。また、この方式では室内と室外の圧力差が生じないので、隣室への影響が小さく、室内外の圧力差によって、扉が勝手に開いたりとか、窓が音を立てたりといったこともない。換気量が安定しているため、映画館や劇場など大空間の換気に向いている。この方式の欠点は、送風機と排風機の両方が必要になること、給気量と排気量をバランスさせるように制御する必要があることなどから、設備費が高額になることが挙げられる。

第二種機械換気は、送風機のみを用いて室内に空気を押し込み、排気は自然に任せる方法である。空気を室内に押し込んでいるので、室内の圧力は外部よりも高くなる(正圧)。このため給気口以外に外部より空気が侵入することや、壁の表面や内部に存在する汚染物を室内に引っ張り出すことが少ない。したがってこの方式は手術室やクリーンルーム等、外部からの汚染空気の流入を嫌う部屋に向いている。

第三種機械換気は、第二種機械換気とは逆に、排風機のみを用いて室内から空気を引っ張り出し、給気は自然に任せる方法である。室内から空気を引っ張り出して

るので、室内の圧力は外部よりも小さくなる(負圧)。このため、排気口以外から外部へ空気が流出することはない。したがってこの方式は、ほかの部屋に汚染空気を出してはならない場合に用いられ、便所や厨房、浴室等の湿気や臭気の発生が多い部屋に適している。

全体換気と局所換気

室内全体の空気を換気することを全体換気という。また汚染物の発生近くで、その汚染物質が拡散しないうちに効果的に捕集して換気することを局所換気という。局所換気は通常、機械換気を利用する。台所のレンジの上にある換気扇や、工場等で排熱や汚染物を発生する機器の周辺のみ換気等が局所換気の代表例である。また、ある程度の大きな部屋の場合、室内を全体換気で十分に換気しようとする換気量が非常に大きくなる。このような場合、新鮮空気を必要とする空間(たとえば居住者周辺)のみ換気すると、効率がよくなり、全体の換気量を削減することができ、省エネルギーでもある。これも局所換気の一つである。

図3-4-10に局所換気における効果的な汚染物の捕集の工夫を示す。ただし局所換気だけでは汚染物を捕集しきれない場合も多く、一般には全体換気と併用して用いられる。

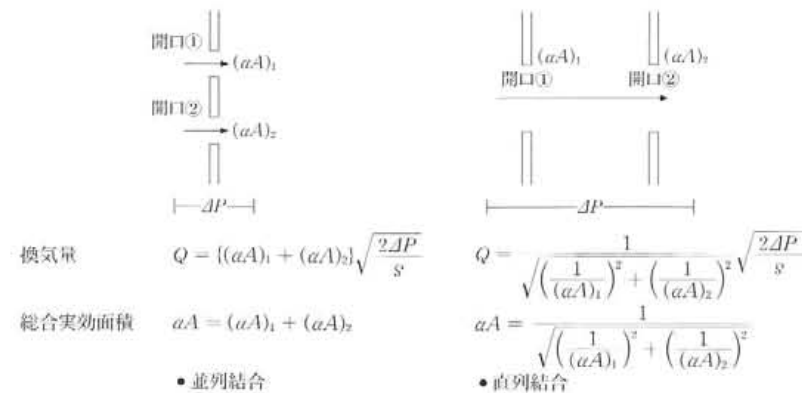


図3-4-4 開口部の配置と換気量の関係

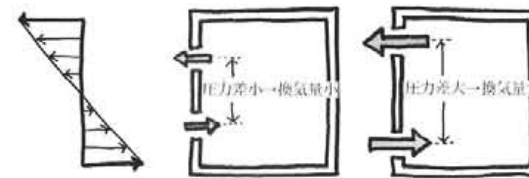


図3-4-7 開口位置と換気量の関係

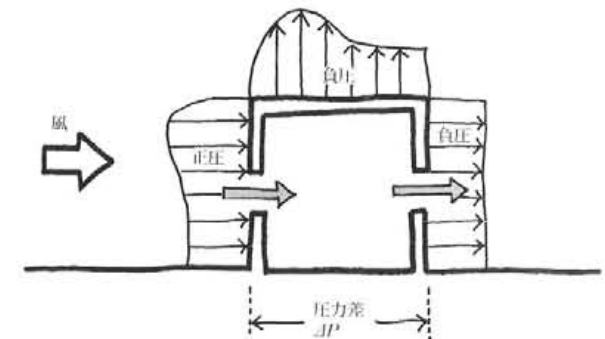


図3-4-8 風力換気の原理

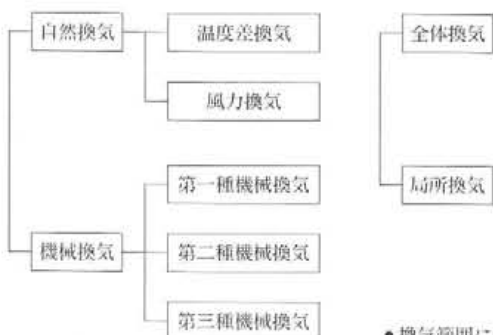


図3-4-5 換気方式の分類

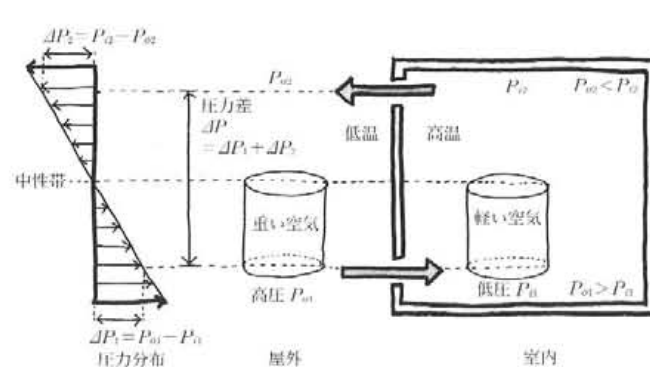


図3-4-6 温度差換気の原理(暖房の場合)

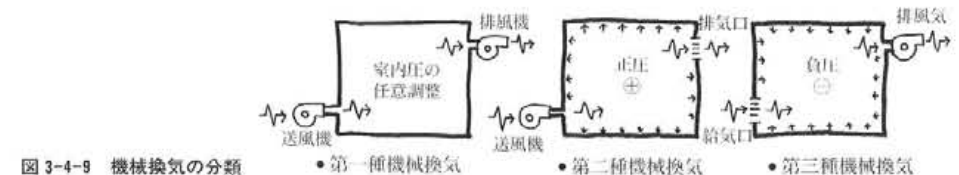


図3-4-9 機械換気の種類

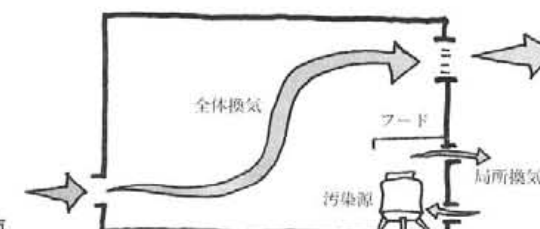


図3-4-10 全体換気と局所換気

換気をするうえでの注意と計画換気

図3-4-11に示すように、給気口と排気口の距離(換気経路という)が長いほど、換気は一般に効率よく行われる。換気した空気が汚染空気に触れる距離が長くなり、効率的に汚染物の捕集が行われるからである。ところが給気口と排気口の距離が近ければ、せっかく給気した新鮮空気が部屋の隅々まで行き渡らず、十分に汚染物を捕集せず、すぐに排気されてしまう。またこの場合には、排出した汚染空気が十分に拡散希釈されず、ふたたび給気口から流入してくることも考えられる。このような給気口と排気口の距離が近い場合に起こる現象をショートサーキットと呼んでいる。効率的な換気を行うためには、給気口と排気口の位置には十分に注意する必要がある。また換気の空気が通る順路も、換気の良しあしを判断するうえで非常に重要である。

図3-4-12に、住宅において換気空気が各室を通る順路の良い例と悪い例を示す。良い例とは新鮮空気を必要とする順番に空気を送っていく方法である。これが逆になれば、本来新鮮な空気が必要とされる場所に、悪臭などの汚染空気が侵入してくることになる。住宅の各室の配置が良い換気の順路を考えて設計されているかどうかを調べるためには、トイレや浴室換気扇だけを回したときの、換気の順路を見てやればよい。このときに新鮮空気を必要とする順番に空気が通っていけば、それは良い設計といえる。

コンクリートの事務所ビル等はずっと気密性が高いが、最近では住宅においても省エネルギーの観点や隙間風

の防止の意味から気密性が高いものがふえてきている。このような建物では、自然換気だけでは換気量が不足するため、機械換気により強制的に必要な換気量を確保しなければならない。この必要換気量を確保し、上に述べたような換気経路も十分に考慮した換気を計画換気という。高気密高断熱住宅において、計画換気は必要不可欠なものである。ただし計画換気であれ、自然換気であれ、換気とは外部と空気を交換することであるから、これによって、室内においてせっかく暖めた空気や冷やした空気は外に逃げていってしまう。換気により新鮮な空気は取り入れるが、熱損失はできるだけ少なくするために用いられるのが熱交換器である(図3-4-13)。熱交換器には顕熱交換器と全熱交換器がある。熱が固体から気体に伝わる方法には顕熱と潜熱(ここでは水蒸気のこ)の二つがあったが、顕熱交換器は空気は交換せず、顕熱だけを交換する装置である。一方、全熱交換器は、熱を交換する部分のフィルターが空気分子(N_2 , O_2 , CO_2 等)は透さないが、水蒸気分子(H_2O)は透すような材料からできており、潜熱も回収することができるため、顕熱交換器よりも熱交換効率はよくなる。ただし、悪臭のもとであるアンモニア分子(NH_3)が水蒸気分子と同じぐらい小さいため、これも回収してしまうという欠点も有している。

出典
1) 空気調和・衛生工学会編『空気調和設備の実務の知識(改訂第3版)』オーム社、1986

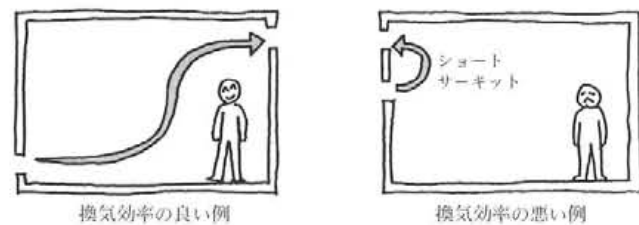


図3-4-11 換気経路と換気の効率

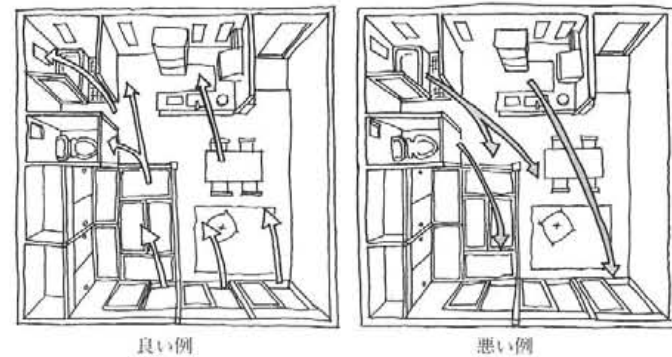


図3-4-12 換気順路の良い例と悪い例

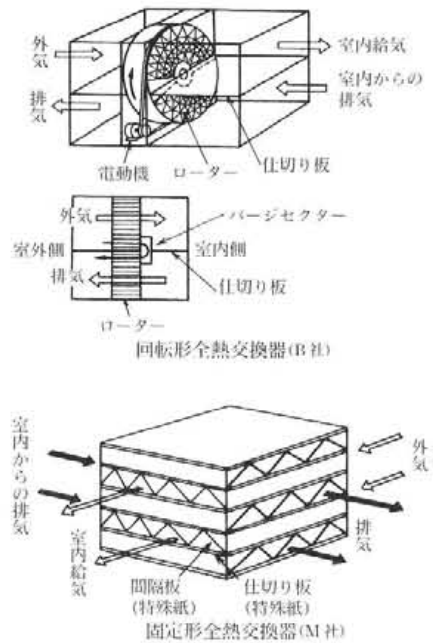


図3-4-13 熱交換器¹⁾

3-5 気候風土に適応した建築的工夫と建築の熱環境設計

寒い地方の建築的工夫

暖かい場所を選ぶ

日本の山岳地の集落は、渓谷により形成される三角州を農地とし、これを中心に山の東西南面の裾野に形成される場合が多かった。このような場所は、日当たりがよく、冬の北からの寒風を山が防いでくれるからである(図3-5-1)。スイスの山岳地帯においても同じように、北風を防ぎ、太陽の暖かさを得るために、南斜面に家を建てている(図3-5-2)。

地中熱を利用する

住居の寒さを和らげる簡単な方法は、地中熱を利用することである。地下深さ2m以上になれば、1年間を通じて、地中温度はほとんど変化がなく、その温度は、その地の年平均気温とほぼ同じ値であるといわれている。したがって、亜寒帯等では、外気が氷点下になっても地中は10℃以上に保たれている場所がある。

地中熱を利用した代表的な例としては、屋根や壁が土で覆われたアイスランド北部の農家(図3-5-3)や、中国北部の地中に横穴を掘ってつくられたヤオトン(図3-5-4)等があり、現在でもこれに近い地下住居は実際に計画、利用されている。地下住居は自然採光しにくいところが難点ではあるが、ドライエリア等を活用すれば、これらの問題もかなりの部分改善される。

熱損失を防ぐ

建物の表面積が大きくなればなるほど熱損失が大きくなる。建物の容積を維持しつつ表面積を最小に抑えようと建築形態は球に近くなる。北極のエスキモーはイグルーと呼ばれる半球状の住居に居住している(図3-5-5)。現在のように断熱材を工業的に生産できなかった時代には、紙やわら、下し草、動物の毛皮等が比較的簡単に手に入る断熱材であった。モンゴルのゲル(パオ)は羊など動物の毛皮やフェルトなどを断熱材として利用している(図3-5-6)。私たちの生活でも、厚手のカーテン等が窓からの熱損失のかなりの割合を防いでくれることはよく知られているだろう(図3-5-7)。熱損失には隙間風による部分も無視できない。ログハウス等では丸太と丸太の間に泥を塗り込めて隙間風を防いでいる(図3-5-8)。高断熱高気密住宅では断熱材により断熱性を高めるとともに、隙間風を防ぐために気密サッシュや気密シート等を利用して気密性を高めている(図3-5-9)。



図3-5-1 日本の山岳地の集落¹⁾



図3-5-2 スイスの山岳地帯



図3-5-3 アイスランド北部の農家²⁾



図3-5-4 ヤオトン³⁾

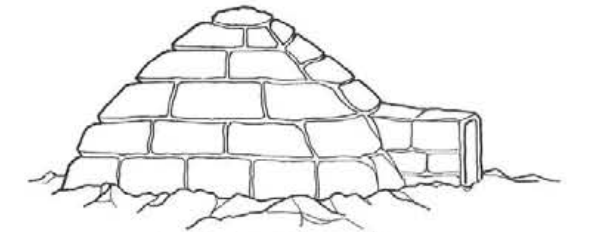


図3-5-5 エスキモーイグルー

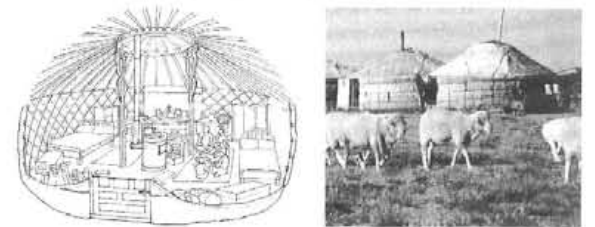


図3-5-6 モンゴルのゲル(パオ)⁴⁾



図3-5-7 カーテンの効用

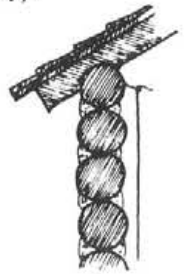


図3-5-8 ログハウス⁵⁾

熱を有効に利用する

寒い地方や冬期を暖かく過ごすためには、上記のように建物からの熱損失を小さくすること以外に、外部から効果的に熱を取り入れ、また室内で発生した熱を有効に利用することも必要となる。寒い地方での外部から取り入れることのできる熱の大きな部分は、昼間の直達日射である。機械的な力を使わずに、これら太陽熱をはじめとした自然エネルギーを有効に利用する住宅をパッシブソーラーハウスと呼んでいる。パッシブソーラーハウスの太陽熱利用方法には大きく分けて、窓から入る日射を室内に直接取り入れて、床や壁などの蓄熱体に熱を蓄える**直接方式**(図3-5-10)と、南面窓の内側に**トロンブウォール**と呼ばれる壁に蓄熱させる**間接方式**(図3-5-11)とがある。どちらの場合も、夜間、室温が下がるときに蓄熱体から自然放熱し、室温を維持することが期待され

ている。現在の太陽熱給湯システム(図3-5-12)やOMソーラーハウス(図3-5-13)による空気集熱も太陽熱を有効利用している例である。一方、室内で発生する熱の多くは調理用の熱と暖房用の熱である。日本の囲炉裏は調理用と暖房用の熱を兼ねて利用している(図3-5-14)。ただし囲炉裏の場合には、熱が煙とともに室内を自由に上昇するため、発熱量のわりに室温を上昇させる効果は小さく、そのほとんどを放射熱により暖を取っていたものと考えられる。韓国のオンドルは、調理により生じた熱が煙突から排出される前に、住宅の床下を流れ、床暖房として効率的に利用されている(図3-5-15)。

また現在の住宅においても床暖房の利点が見直されている。空気で暖房すると暖かい空気は上昇するので、天井が高い場合には上下温度分布がつきやすく、肝心の居住域である床近くが暖かくなることがよくある。ま

た上下温度を均一にするために、室内で風を起して熱を攪拌すると、不快なドラフトを形成してしまう場合がある。床暖房の場合は、室温の上下分布がつきにくく、放射で直接人体を暖めるので、空気で暖房するよりも省エネルギーで快適性が高くなることが期待されている(図3-5-16)。

法は、日射を反射する材料で建築をつくることである。反射性の高い塗料を塗ってもよい。図3-5-17にエーゲ海のコノス島の建物群を示す。一面白亜の建物が並んでおり、日射熱の多くの部分は反射され、室内に侵入することはないであろうと考えられる。ただし、建物表面に高反射特性をもたせることは、建物にかかる熱負荷を減少させるのに都合がよいが、その照り返しにより、屋外空間をさらに劣悪な環境にする可能性がある。

樹木等で日陰をつくるということもよく行われる。特に冬には、それなりに寒くなる温帯地方では、落葉樹を植えておくと夏は日射を防いでくれるが、冬には葉が落ちて、暖かい日射を通してくれる(図3-5-18)。

屋根は非常に大きな日射受熱面であるので、日射熱を遮断するには、この部分を工夫することが必要となる。日本では伝統的に屋根の下に小屋裏空間を設け、この部

暑い地方の建築的工夫

日射を遮断する

太陽の光は寒い地方では歓迎されるものであるが、暑い地方の日射はしばしば、熱射病や皮膚がん等の原因になり、過酷な環境を形成する。したがって、このような地方で環境制御を行う場合には、まず日射を遮断することを考えることが一般的であろう。日射を遮る一番簡単な方

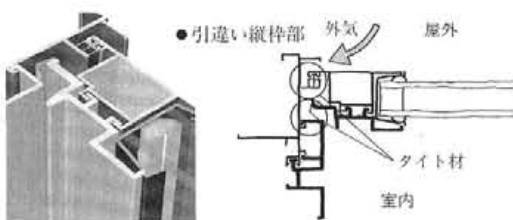


図3-5-9 気密サッシ⁹⁾

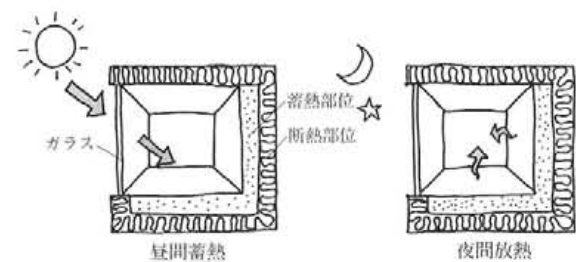


図3-5-10 パッシブソーラーシステム(直接方式)

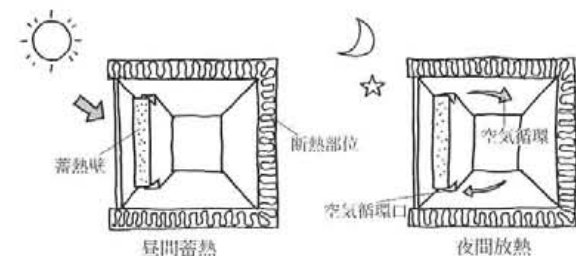


図3-5-11 パッシブソーラーシステム(間接方式)

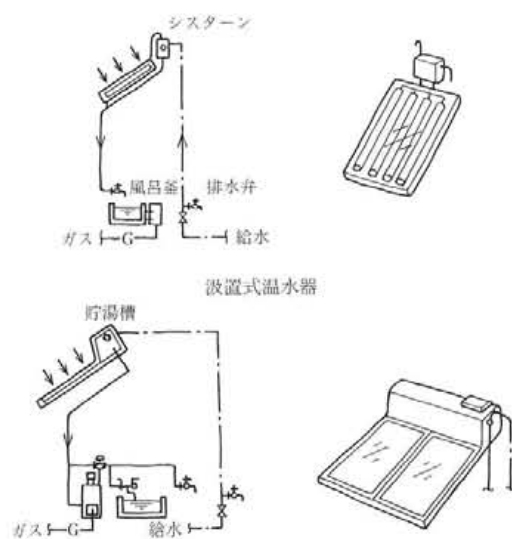


図3-5-12 太陽熱給湯システム¹⁰⁾

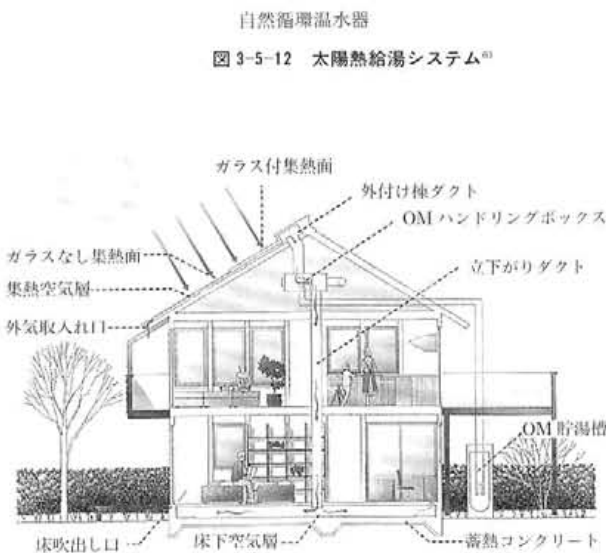


図3-5-13 OMソーラーハウス(冬の仕組み)¹¹⁾

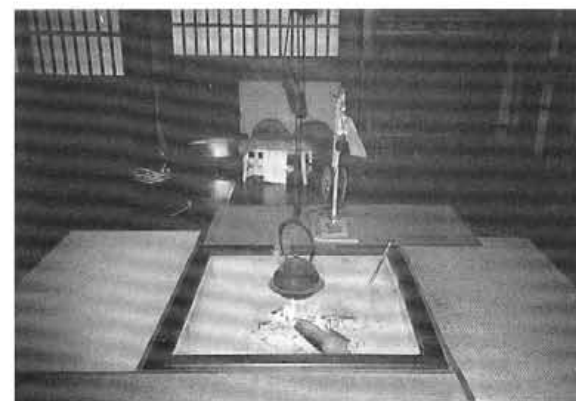


図3-5-14 日本の囲炉裏



図3-5-17 エーゲ海ミコノス島¹²⁾

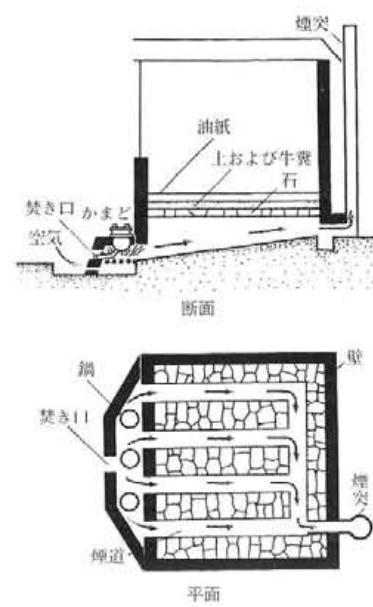


図3-5-15 オンドル¹³⁾

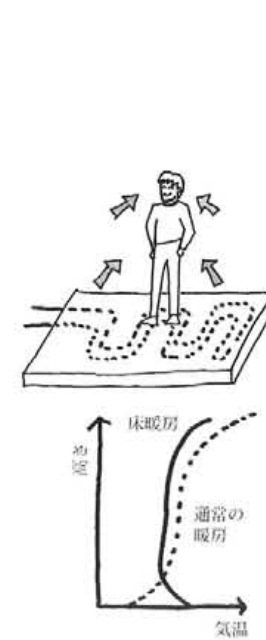


図3-5-16 床暖房とその効果

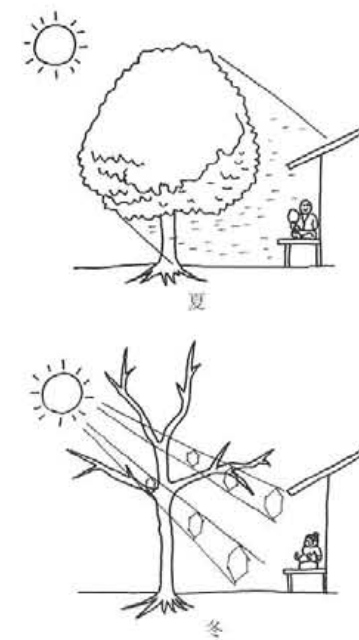


図3-5-18 落葉樹の効用

分が緩衝空間となると同時に、小屋裏換気を行うことで日射によって形成された熱気を室内に侵入させることなく外部に排出することができる。また古民家の茅葺き屋根は厚みが数十 cm から 1 m 程度に達し、大きな断熱性能があることが知られている。茅葺き屋根は雨の後は水分を含み、その後、強い日射にさらされると水分が蒸発し気化熱を奪ってくれる(図 3-5-19)。これによって屋根が過度に加熱されることを防いでいるのである。

現在の日本の住宅における屋根からの日射熱の侵入を防ぐ方法に、屋根に断熱材を張る**屋根断熱**と天井に断熱材を張る**天井断熱**、**屋根裏通気層**などがある。屋根裏通気層は屋根の野地板等の下に厚さ 25 mm 程度の通気層を設けて、その中に空気を通すことによって熱気を奪う(図 3-5-20)。特に南に向けた傾斜屋根に通気層を設ければ、風がなくても中の空気が日射で暖められ、浮力に

よって上昇し、外部に排出される。

日射の影響を受ける部分で忘れてはならないのは窓などの開口部であろう。もともと窓は光を取り入れることがその目的なので、日射の侵入は宿命的なところがある。それでも日射を遮る工夫は昔からなされている。たとえば、東南アジアや日本の伝統的な建物の屋根の庇は、一般に非常に深い。深い庇は日射を防ぎ、影をつくるのに好都合であったと思われる。さらに日本のような中緯度地域の場合、この庇の深さを調節することにより、夏の過酷な日射を遮り、冬には暖かな日差しを室内に取り入れることが可能となる(図 3-5-21)。また昔から日本では、藪や簾、部戸などが日射を遮るものとして利用されている。それ以外に現在もよく利用されている日射遮蔽具は、大きく分けて開口の外部に施すものと、開口内に取り付けるものがある。開口の外部に取り付け



図 3-5-19 茅葺き屋根から水蒸気が蒸発している様子(岐阜県白川郷)¹¹⁾

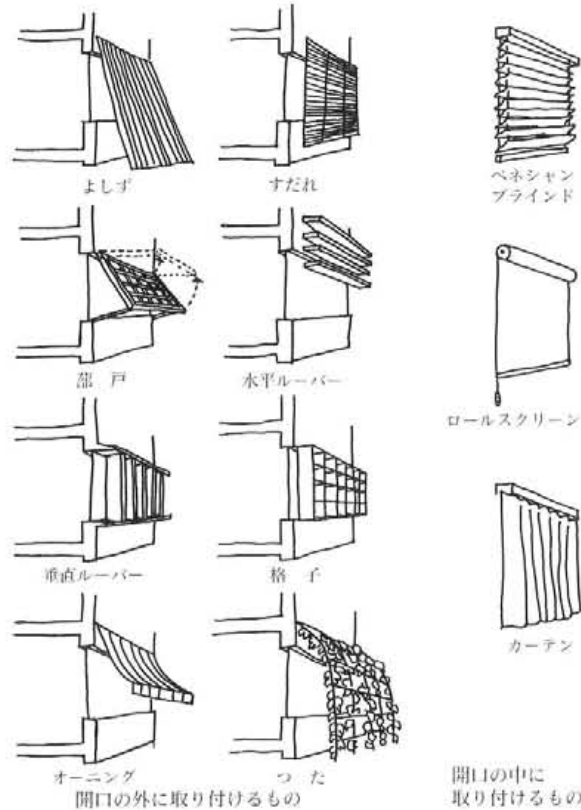


図 3-5-22 日除けの種類(庇以外)

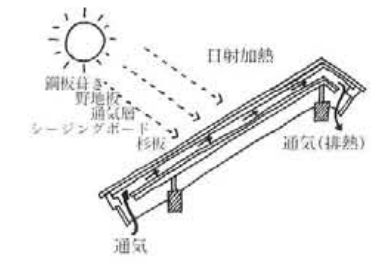


図 3-5-20 屋根裏通気層の例

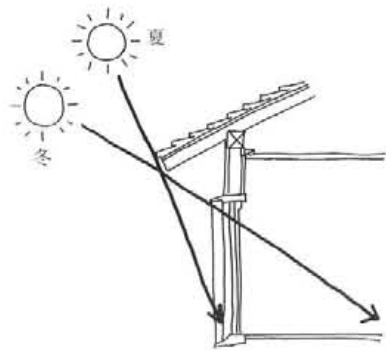


図 3-5-21 庇の効果

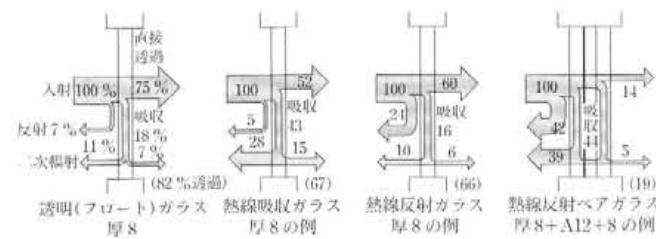


図 3-5-23 ガラスの種類による日射透過の制御(垂直入射)

るものとしてはルーバー(垂直と水平がある)、格子、オーニング、蔦などがある。一方、開口内に取り付けるものとして、ベネシャンプラインド、ロールスクリーン、カーテンなどが一般的である(図 3-5-22)。また窓ガラスを熱線吸収ガラスや熱線反射ガラスにすることにより、日射を防ぐ方法もある。熱線吸収ガラスは日射をガラス面で熱に変えるものであり、ガラス面で発生した熱の一部は室内に伝わる。この点からは熱線反射ガラスのほうが有利である(図 3-5-23)。

通風や換気を促進する

通風は、人体からの蒸発散熱(3-1 節参照)を促進すると同時に、可感気流として体感温度を下げる働きをする。東南アジアや日本の伝統的な民家は、主として木質材料を用いた軸組構法である。そのため開口部が大きく、開放的なつくりをしており、通風の点で非常に優

れている(図 3-5-24)。このように開口部を大きく取れない場合においても、パキスタンやイランヤズド地方では通風や換気を促進するために採風塔(バードギア、バードギル等という)を設けている(図 3-5-25)。イランのバードギルでは外部風があるときには塔上部の開口から採風を行い、無風ときには塔の壁体が日射で加熱され、上昇流を起こし、塔上部から排風する。日本の越し屋根や吹米のキューボラも有風時には採風を行い、無風時には室内の熱気を外に排出することにより換気を促す効果をもつ(図 3-5-26)。さらに欄間やよろい戸、がらり等は開口を閉じていても、通気性をもたせるのに役に立つ(図 3-5-27)。現代の超高層ビルなどでも、建物に風穴を開けたり(図 3-5-28)、光庭の上下に生ずる圧力差を利用することによって(図 3-5-29)、通風による排熱を促進している例がある。

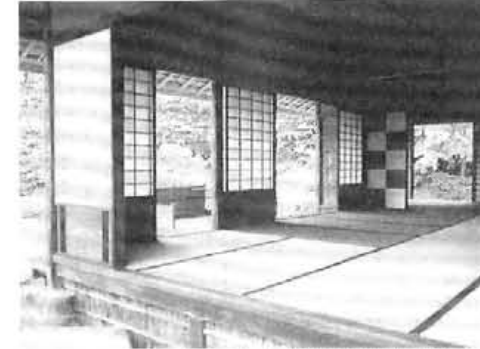


図 3-5-24 開口を大きくとり、通風に配慮した開放的な日本の伝統的な住居

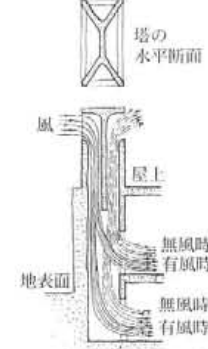


図 3-5-25 イランのバードギル¹²⁾

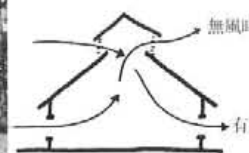


図 3-5-26 越し屋根による通風促進

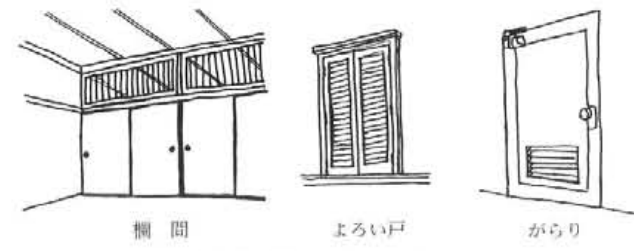


図 3-5-27 通風のための工夫



図 3-5-28 明治大学創立 120 周年記念館 リハйтиタワーの風の穴¹³⁾
(設計/日建設計)