

住まい と 環境

住まいのつくりを環境から考える

大内孝子
著



はじめに

私たち人間が、快適な暮らしをするためには、生活の場である居住空間において、光、熱、空気、音などの環境を整える必要がある。そのためには、これらの環境要素を十分理解し、空間づくりに役立てることが重要となる。

また、現代の暮らしは、科学技術の進歩により、自然エネルギーから人工照明や冷暖房などの機械力に頼るようになり、室内環境は外部環境とかけ離れた人工的な空間としてつくられるようになった。その結果、過度なエネルギー利用は地球環境に影響を及ぼし、自然エネルギーの利用が見直されるようになった。環境を無視した空間づくりを見直し、持続可能な住まいをつくるには、計画段階から自然をどのように利用し、取り入れていくか検討する必要がある。

環境工学は、身のまわりの環境要素と、住まいや生活の場となる建物との関わりを考える学問であるが、光、熱、空気、音などの物理現象が基礎となるため、物理的な説明が中心となり、学んだ内容が暮らしに具体的にどのように関わるのかすぐには理解できないことが多い。

本書は、生活空間をつくるうえで、光、熱、空気、音などの環境要素が住まいとどのように関わっているかを学ぶ。広範囲にわたり、複雑な環境工学を、まずはもっとも身近な住まいに関連する要素に絞り、初めて住まいを学ぶ学生が最低限知っておいてほしいことを、各環境要素別に、章ごとにまとめている。

また、高齢社会において、高齢者が快適な暮らしをするためには、住まいの環境をどのように考えればよいか、各章にその対応についてまとめている。さらに各章の最後に、理解を深めてもらうために、まとめとなる簡単な演習を入れた。

数式が必要な内容においては、必要最低限の数式にとどめ、数学は高校の範囲で理解できる程度とした。また、単に数式の説明だけではわかりにくいいため、具体的に数値を入れることにより理解しやすいような記述としている。

本書は住まいを中心に書かれているが、一級級建築士試験の指定科目である環境工学の授業において、テキストとして使用できる内容としている。

本書が、はじめて住まいづくりと環境を学ぶ学生の一助となれば幸いである。

2010年8月 大内孝子

目次

はじめに 3

1章 住まいを取り巻く環境

- 1-1 自然と暮らし 8
 - 1. 人と住まいと自然環境 8
 - 2. 日本の住まい 9
- 1-2 現代の住まいと環境計画 12
 - 1. 現代の暮らしと住まいの環境の変化 12
 - 2. 住まいの環境をどう計画するか 14

2章 住まいの日照・日射

- 2-1 住まいと太陽 18
 - 1. 住まいにおける太陽光 18
 - 2. 地球から見た太陽の動き 19
 - 3. 地球から見た太陽の位置 20
- 2-2 住まいの日照計画 23
 - 1. 日照と日影 23
 - 2. 隣棟間隔 28
- 2-3 住まいと日射 29
 - 1. 日射と放射 29
 - 2. 方位による日射量 30
 - 3. 日射の遮蔽 31
 - まとめと演習問題 36

3章 住まいと光

- 3-1 光の性質 38
 - 1. 光の知覚 38
 - 2. 可視光線の波長と色 39
 - 3. 視感度 40
 - 4. 光の単位 41
 - 5. 視環境への光の影響 43

3-2 自然照明の計画 49

- 1. 昼光照明 49
- 2. 昼光率の検討 50
- 3. 窓からの採光計画 54
- 4. 装置を用いた採光 57

3-3 人工照明の計画 59

- 1. 光源の種類 59
- 2. 色温度 62
- 3. 演色性 64
- 4. 照明の手法 65
- 5. 高齢者の光環境 70

3-4 色彩の計画 72

- 1. 色の見え方と表示 72
- 2. 色彩の心理的効果 77
- 3. 色彩計画 80
- まとめと演習問題 82

4章 住まいと空気

4-1 住まいと換気 84

- 1. 住まいの空気と汚染物質 84
- 2. 換気 87
- 3. 必要換気量の検討 89
- 4. シックハウス対策 94

4-2 換気の種類 97

- 1. 換気方法の種類 97
- 2. 換気計画 103
- 3. 通風 104
- まとめと演習問題 106

5章 住まいと熱

5-1 人と温熱感覚 108

- 1. 人体の熱収支 108
- 2. 温熱6要素 109
- 3. 温熱環境の指標 112
- 4. 局所不快感 115
- 5. 高齢者の温熱環境 116

- 5-2 住まいと熱 119
 - 1. 住まいにおける熱 119
 - 2. 熱の移動 120
 - 3. 熱貫流 123
 - 4. 断熱と蓄熱 126
 - 5. 木造と鉄筋コンクリート造 128
 - 6. 住宅の省エネルギー基準 131
- 5-3 住まいの湿気と結露 133
 - 1. 湿度 133
 - 2. 湿り空気線図 135
 - 3. 結露 137
 - 4. カビとダニ 141
 - まとめと演習問題 144

6章 住まいと音

- 6-1 音の性質 148
 - 1. 住まいと音 148
 - 2. 音の物理量 149
 - 3. 聴覚と音の知覚 153
 - 4. 音の伝搬 159
- 6-2 騒音と振動 163
 - 1. 騒音とは 163
 - 2. 騒音の評価 164
 - 3. 音環境の基準 167
 - 4. 遮音計画 169
 - 5. 振動と固体伝搬音 176
- 6-3 響きと吸音 180
 - 1. 残響調整の必要性 180
 - 2. 残響時間 181
 - 3. 音響障害 184
 - 4. 吸音機構の種類と特性 186
 - まとめと演習問題 190

まとめと演習問題 解答・解説 192
図版出典・参考文献リスト 194
索引 197

1章

住まいを取り巻く環境

本章の構成とねらい

1-1 自然と暮らし

環境とは、私たちの身のまわりの状況を差す。住まいは昔から、まわりの自然やその土地の気候・風土にあわせ形をなし、またその土地で手に入れやすい身近な材料を使ってつくられてきた。日本の気候の特徴や風土を学び、昔からつくられてきた日本の民家のつくりを知る。

1-2 現代の住まいと環境計画

技術の進歩とともに、暮らしは変化してきた。現代の暮らしは、照明により必要な明るさを得ることで夜でも活動ができ、夏は冷房、冬は暖房を入れることにより気温の変化に対応できる。また住まいは気密性が高く、プライバシーを尊重するつくりをしている。一方で、シックハウス問題や、照明で目が疲れるなど人工的な室内環境が身体に影響を及ぼしたり、音に対して近所に気をつかうなど、別の問題が生じている。現代の住まいは、採光、通風・換気、断熱、遮音などそれぞれの環境要素について、適切に建築的な対応をしていくことが求められる。

の大きい黒や暗褐色にすると、暖房エネルギーが削減できる。住まいを建築する地域特性により、検討する必要がある。

図2.3.2に示すように夏の東西面の日射量は大きく、南面の日射量は小さくなる。冬はなるべく室内へ日射を取り入れ、逆に夏は日射を遮るためには、夏に日射量が多い東西面に窓を設けることはなるべく避け、図2.3.3のようにできるだけ南面に窓を多くとれるよう住まいの配置計画をする。南面の冬の日射量は大きいため、暖房エネルギーを削減することができる。

植栽は周囲の住環境を向上させ日射の調整にも利用できる。落葉樹を東、南東、西、南西側に植えると、冬は室内への日射を遮らず、夏は樹木の影が長くなり建物への日射を遮蔽できる(図2.3.4)。また、夏の南面は、南中時の太陽高度が約78°と高いため植栽により遮蔽することは難しいので、庇などの建築的要素により日射の調整を行う必要がある。南面の日射の調整は、東西面に比べ比較的簡単にできる。図2.3.5に示すように庇や窓の形、高さなどを十分に検討する必要がある。

図2.3.3 住まいの配置(倉洲隆「初学者の建築講座 建築環境工学」市ヶ谷出版社、2006年より。以下同書からの引用は巻末に記載)

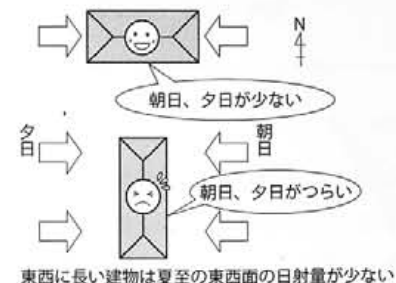


図2.3.4 植栽による日射の調整

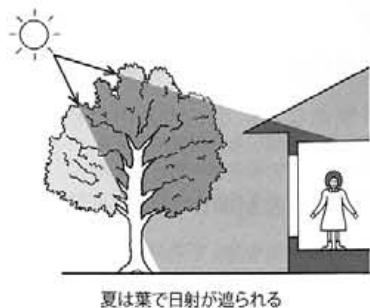
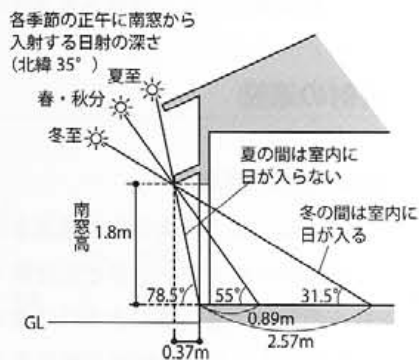


図2.3.5 南面における庇の効果(東京)



窓面における日射の遮蔽

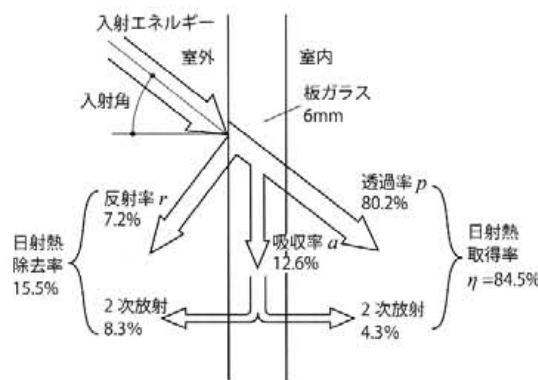
ガラスに日射が当たると、図2.3.6のように一部は表面で反射し、一部はガラス内部に吸収され、残りが室内へ透過する。このうち吸収された熱は、一部は室内へ一部は室外へ再放射(2次放射)される。ガラスを透過した熱と室内へ2次放射される熱の合計を日射熱取得量といい、その入射熱量に対する割合を**日射熱取得率**(日射侵入率) η (イータ)という。また、室外で反射される熱量と吸収され室外へ2次放射される割合を**日射熱除去率**という。

窓面の日射の遮蔽方法として、ガラスの遮熱性能を高める方法と日よけなどによる方法あるいは両者の併用が考えられる。

日射透過率が小さいガラスあるいはガラスに吸収された熱の室内への再放射が小さいガラスを用いることにより、ガラスの遮熱性能(日射の室内への侵入を抑制する性能)を高めることができる。日射の透過率を小さくするために、ガラス表面に薄い金属酸化物の膜を焼き付けて日射を反射させる**熱線反射ガラス**(ハーフミラー)と、ガラス組織の中に微量の金属成分を加えて着色し、熱を吸収させることにより透過率を抑えている**熱線吸収ガラス**がある。これらのガラスの遮熱性能は大きいですが、採光や冬の日射量が減少するため、住まいには**複層ガラス**が適している。

図2.3.7は複層ガラスの断面図である。一般に、複層ガラスは2枚の板ガラスの

図2.3.6 窓開口部を通る熱



入射角度により反射率 r 、吸収率 a 、透過率 p は異なり、 $r+a+p=1$ である。図の数値は垂直入射の場合である。

図2.3.7 複層ガラス断面図

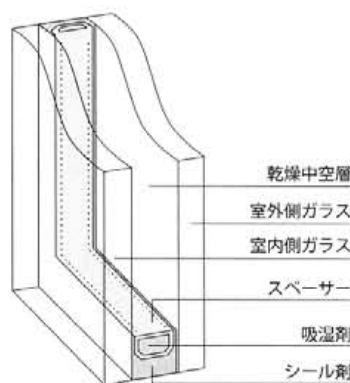


表 3.2.2 設計用全天空照度

条件	全天空照度 [lx]
特に明るい日 (薄曇り、雲の多い晴天)	50000
明るい日	30000
普通の日 (標準の状態)	15000
暗い日 (最低の状態)	5000
非常に暗い日 (雷雲、降雪中)	2000
快晴の青空	10000

きの全天空照度は、天候や時刻により変動するため表3.2.2の設計用全天空照度のなかの普通の日 (標準の状態) に当たる 15000lx を用いている。たとえば、住宅の居室の昼光率は表3.2.1より1%であるので、全天空照度を 15000lx (標準の状態) とすると、そのときの照度は 150lx となる。

3. 窓からの採光計画

窓をどのように設けるかにより、室内の光の分布は異なってくる。採光計画においては、設計段階から開口位置や光の制御方法について考えておく必要がある。

1 窓

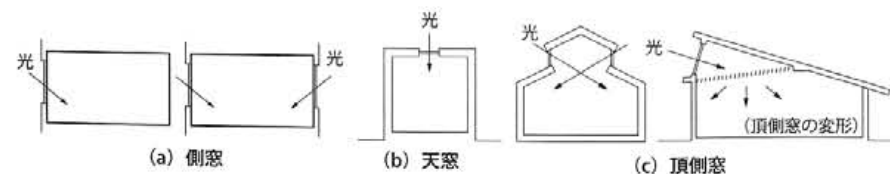
窓は採光、換気、通風などの機能が求められる。また、窓からの眺望や開放感などは心理的にも作用する。窓の大きさや数は、採光の量と質に影響する。窓が大きければ室内に入る光の量は多くなり、開放感も増す。

窓は、位置により、図3.2.7のように側窓、天窓(トップライト)、頂側窓に分けられる。

a. 側窓

壁に設けられた窓を側窓という。図3.2.7(a)に示すように片側一壁面からの採

図 3.2.7 窓の分類



光を片側採光、両側二壁面からの採光を両側採光という。片側1つの窓では、窓付近は明るい、奥は暗くなり、照度が不均一となる。両側にあると照度分布はよくなり室全体が明るくなる。また、側窓の高さによる採光の効果を図3.2.8に示す。側窓は高い位置にあるほど明るさが増し、窓から離れた場所を明るくできる。一般には構造・施工、清掃・保守は容易であり、通風、眺望が得られる。ただし、窓の外の状況により採光や通風などが不十分となることがある。

b. 天窓(トップライト)

屋根または天井面に設けられた窓をいう。構造・施工、清掃・保守が困難、通風、遮熱、直射日光の遮蔽が不利、眺望が得られないなどの短所がある。反面、まわりに家が密集している都市部では、窓が屋根または天井面にあるため、周囲の建物や樹木による影響が少なく有効である。図3.2.9に示すように同じ面積の

図 3.2.8 側窓の高さによる効果

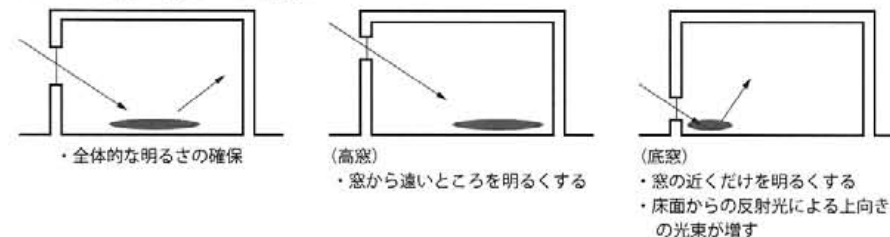
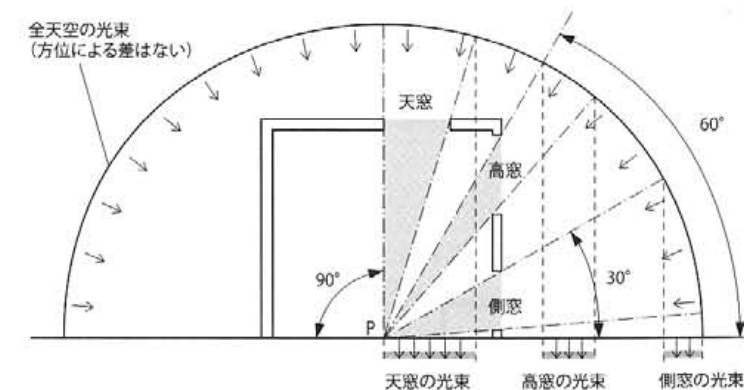


図 3.2.9 窓の位置による照度



同じ面積の窓であれば、窓の位置が高いほどP点に入射する光束の鉛直成分は増え、部屋は明るくなる。
(光束の比は上図で、天窓:高窓:側窓=1:0.5:0.4)

図3.4.7 マンセル表色系の色相環と明度と彩度

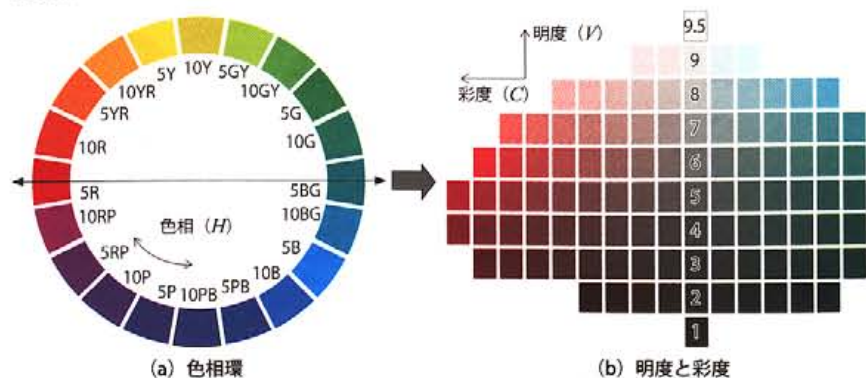
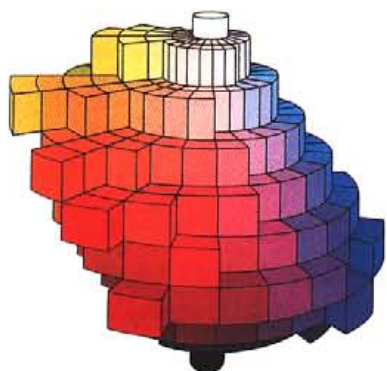


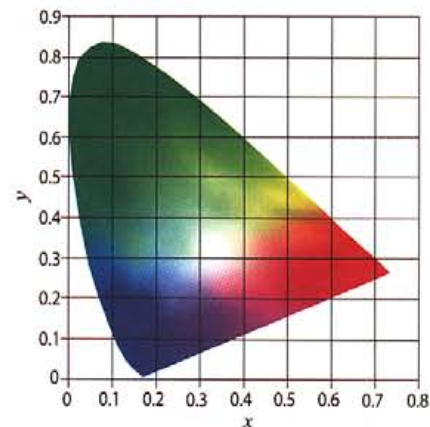
図3.4.8 マンセル色立体



に黄赤 (YR)・黄緑 (GY)・青緑 (BG)・青紫 (PB)・赤紫 (RP) の中間色相を入れた10色相としている。さらに各色相を10分割した100色相が多く使われる。各色相の代表色は5R、5BGのように5番目の色である。色相を図3.4.7(a)のように環で表したものを色相環という。この環において、180°の位置にある色は補色の関係にある。図3.4.7(a)は各色相の5番目と10番目の色でつくった20色相の色相環である。(b)は、色相環の5Rと5BGにおける、明度と彩度の関係を表している。

マンセル表色系においては、(b)に示すように明度 (V) は、無彩色軸において理想的な黒 $V=0$ から理想的な白 (反射率 100%) $V=10$ までの間を明度の知覚の差が、感覚的に等しくなるように分割して数字で表す ($V=0$ と $V=10$ は理想的な色であり、図では $V=1$ から $V=9.5$ の表現としている)。彩度 (C) は、無彩色の $C=0$ から離れた距離で表され、離れるほど彩度は高くなり、彩度の知覚の差が感覚的に等しくなるように分割され、数字で表される。もっとも高い彩度は明度と色相により異なる。図3.4.8は、この色相、明度、彩度の関係を立体的に表したマンセル色立体の概念図である。3次元で表したマンセル色立体は、色

図3.4.9 xy色度図 (JIS Z 8110-1995)



相と明度により彩度の最大値が異なるため、図のように凹凸のある形となる。

色を表すマンセル記号は、有彩色は $H V/C$ で、無彩色は無彩色を表す N を用いて NV と表される。たとえば、5PB7/4は $H=5PB$ 、 $V=7$ 、 $C=4$ のうすい青紫であり、 $N 9.5$ は白を表す。

7 XYZ表色系

CIE (国際照明委員会) により制定

された表色系である。実在する3原色 R (赤)、G (緑)、B (青) を用いた RGB 表色系をもとに実在しない3原色 X、Y、Z に変換した表色系である。

通常、 $x = X/(X + Y + Z)$ 、 $y = Y/(X + Y + Z)$ で表される色度座標 (図3.4.9) と Y が色の表示に用いられる。x、y は明るさを無視して色みの違いのみを表し、Y は色の明るさを表す。白は色度図の $(x, y) = (0.33, 0.33)$ に位置し、この位置に近づくほど色みは薄れ、周辺部へ近づくほど純度は増し鮮やかになる。2つの色の加法混色の結果は、色度図上の2つの色の色度点を結んだ直線上に表示される。

2. 色彩の心理的効果

1 温度感

暖かく感じる色を暖色、涼しさや冷たさを感じる色を寒色という。図3.4.10に示すように長波長の色相の赤紫・赤・黄赤・黄は暖色であり、短波長の緑・青

図3.4.10 暖色と寒色

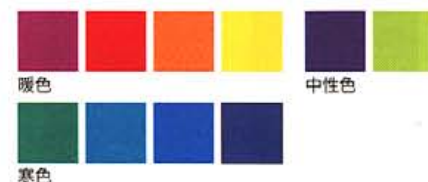


図3.4.11 進出色と後退色

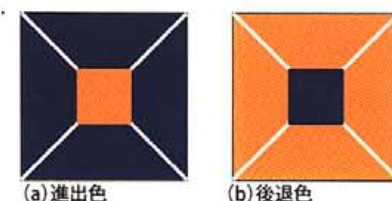
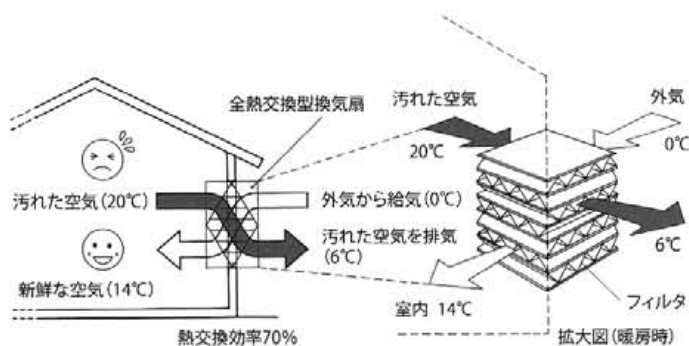


図4.2.13 換気経路計画の例



図4.2.14 全熱交換器



所の排気はファンへのダクト引きである。また、通気経路は居室のドアのアンダーカットなどにより廊下を経路としている。収納部分は換気対象外としている。

また、冷暖房時において冷やした空気や暖めた空気の熱を換気により逃がしたくない。熱損失を小さくするには、室内空気の温度と湿度のエネルギーを、給気用の外気に移し替えて換気する全熱交換器(図4.2.14)を利用する。この場合、第1種機械換気となるが、室温の変動が少なく、熱交換効率70%で省エネルギーとなる。

3. 通風

換気は室内の空気の入れ替わりの際の空気の量を重視しているのに対し、通風は室内に十分な風を通すことにより、室内で発生する熱や、日射による室内温度

の上昇を抑制し、その風によって体感温度を下げ、涼しさを得ようとする自然換気である。したがって、通風では風量とともに気流速度が重要となり、涼しさを感じる適当な気流が必要となる。人間が感じる気流の最小速度は0.4～0.5 m/sであり、机の上の紙などが飛ばされないように1.0～1.5 m/s以下が適当である。また、風通しをよくするために風の通り道を考慮する必要がある。図4.2.15(a)に示すように建物の風上と風下に、なるべく面積の大きな窓や開口を設ける。換気効率を上げるためには、夏ももっとも風が吹く方向に開口を設ける。(b)のように風下に窓がなく、側面に窓を付けると風は通るが、流れが片寄り風の弱い部分ができる。

また、立体的に見ても図4.2.16(a)のように建物の風上と風下になるべく面積の大きな窓や開口を設けることにより風の通りはよくなる。(b)のように天井近くに窓を設けると、風が天井近くだけを通り過ぎ、人に涼しさをもたらさない。(c)のように風上の方に大きな窓を設けても風が通らないことがわかる。

図4.2.15 風の通り道のでき方(平面)

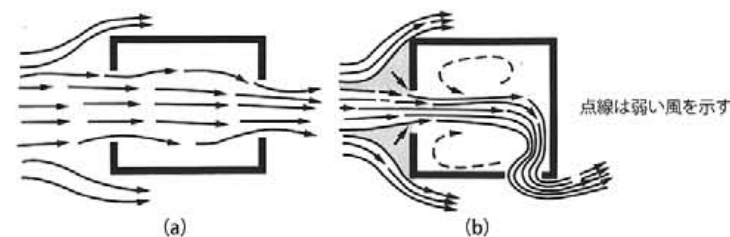
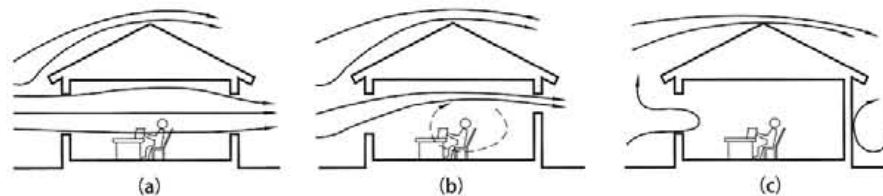


図4.2.16 風の通り方(立面)



また、高齢者には湿度も大きく影響する。特に、冬の外気は低温で湿度が低い
ため、暖房により一層乾燥しやすくなる。室内の乾燥により人の粘膜が乾燥する
ため、粘膜の除菌機能が低下し、インフルエンザなどの上気道感染を引きおこす
細菌が付着しやすくなる。高齢者は抵抗力が弱いのでインフルエンザなどに感染
しやすい。

逆に、湿度が高いと、カビやダニなどが繁殖しやすい環境となる。カビの胞子
が体力の弱い高齢者の口や鼻から入ると、肺炎などの呼吸器感染やぜんそくなど
のアレルギー症状や皮膚病が発症しやすくなる。

高齢者の住まいの温熱環境の基準として、「高齢者・身障者に配慮した住宅熱
環境評価基準値(日本建築学会、1991年)」や「健康で快適な温熱環境を保つため
の提案水準(建設省(現在の国土交通省)住宅局、1991年)」がある。ここでは高
齢者の住まいにおいて現実的レベルと思われる「健康で快適な温熱環境を保つた
めの提案水準」を表5.1.2に紹介する。

表5.1.2 健康で快適な温熱環境を保つための提案水準

要素	提案水準	提案水準に対するコメント
温度	室温の目標(活動量1.0~1.2metとして) 居室:冬季・18~22℃、夏季・25~28℃ 非居室:冬季・13~20℃、夏季・26~30℃ (着衣量:冬季・0.8~1.2clo、夏季・0.3~0.6clo)	着衣と活動の程度に応じて左記の範囲内で調節する。子ども室は15~18℃でも可。暖房停止時、非暖房室の最低は15℃程度を確保したい
湿度	湿度調節を行う場合の目標相対湿度:40~60%	体感的には50%前後が最適とされる。結露防止の観点から上限は60%とする必要がある
気流	居住域での室内気流の上限 暖房:0.15m/s 冷房:0.25m/s 夏季通風による場合は1m/s程度までを可とする	夏季通風における上限は1m/s(紙が飛ばない)、または、3.0m/s(紙の飛散を許容)程度とされる。冷房時など(扇風機を含む)間欠的気流の上限も1m/s程度
放射	表面温度の上限:40℃(暖房放熱器など人体が接触する部分の上限) 床暖房表面温度:29℃以下	皮膚表面の低温火傷の限界は40~45℃とされる。長時間接触の可能性がある場合にはこれより低くする
温度などの均一度	上下温度差 垂直温度差:3℃以内(床上1.2mまでの居住区) 室間(暖房室と非暖房室):5℃以内 外気との温度差:5~7℃以内 冷房時、外気温に応じて	上下高低型温度分布に適用、頭寒足熱型ではこの2倍程度まで許容できるとの説もある。ヒートショックの防止を目的とする。廊下、トイレなどの温度低下を防ぐ。体感的には温度差の不快感を除去するには3℃以内とする。冷房を主たる目的とする
	放射の不均一	規定しない

5-2 住まいと熱

1. 住まいにおける熱

図5.2.1は、住まいにおける熱の発生と熱の流出入の様子である。室内外に温度差があると熱の出入りがある。日射により、窓や外壁、屋根などから熱は流入する。室内では人間の活動とともに熱が発生し、さらに調理器具、暖房器具、照明器具、冷蔵庫、テレビ、パソコンなどからも熱が発生する。

熱は伝導、対流、放射(ふく射)により伝わり、室内に入る熱と室内から出ていく熱がある。外壁や床などと室内空気の間では対流により、壁や床の内部は伝

図5.2.1 住まいにおける熱の発生と流れ

