

基礎からわかる
建築環境工学
Architectural Environment Engineering

槇 究 + 古賀 誉章
Maki Kiwamu & Koga Takaaki

基礎からわかる
建築環境工学
Architectural Environment Engineering

楨 究十古賀誉章
Maki Kiwamu & Koga Takaaki

彰国社

建築は環境のアブソーバーだ

私達の多くは都市に住んでいる。「いや、私は田舎に住んでいる」という場合でも、住んでいる家は誰かがつくったものだろう。このように、私達は「自然環境」に生息しているのではなく「人工環境」で生活している。

どうして環境をつくり替えるのかと言えば、自然環境はそのままではぶれが大きいからだ。太陽に焼かれる夏もあれば、みぞれ交じりの冬もある。まぶしい日中もあれば、自分の手さえ確認できない闇もある。1日を戸外で過ごしたい穏やかな日もあれば、台風が荒れ狂う日もある。建物の中に居ればそれが和らぐ。

そう、建築は環境のアブソーバー（緩衝装置）なのだ。

昔は、計画原論と呼ばれていた

住みやすい家を考えてみると、このような調節機能が重要な役割を果たしていることがわかる。立派な応接セットがあっても雨漏りしては台無しだ。ステレオセットで音楽を楽しむのも、通りを走る車の騒音が絶え間なく入り込んでくるのは難しい。いや、もう少しポジティブに考えてみようか。照明を工夫すれば、窓から差し込んでくる光より料理をおいしく見せることができるかもしれない。

動作に必要な寸法とか、団らんに向いた間取りとか、窓からの庭の見せ方とか、建築家はさまざまなことを考える訳だが、光、音、熱、空気といった物理的環境について考えることも、それに負けず劣らず重要だ。そこで、それに「計画原論」という名前を付けた。原論というのは基本となる考え方のことだから、とても大事なものと考えた訳だ。

そしてサステナビリティ

計画原論は、いつからか「建築環境工学」と名前を変えた。そして、人間が居心地良く過ごすためにどんどんエネルギーをつぎ込んでもいいと考える時代も過ぎ去った。現代では、人間にとっての快適性と環境問題は、同時に考慮すべき課題となっている。

この課題は、「光環境」「音環境」「熱環境・空気環境」のデザインについて論じた1章～3章にも見え隠れするだろうが、4章には「環境のサステナビリティ」と題した章を用意した。これは、地球環境問題についての知識が、建築・都市を考えていく上で不可欠になっているという著者らの認識による。建築を単体として眺めるだけでなく、地域・地球といったマクロなものの方とリンクして捉えてもらえるとうれしい。

基本から環境の現実まで理解したい

建築環境工学では科学的であることを重視する。だから、建築環境工学のテキストには数式がたくさん並んでいることが多い。しかし、数式が得意な人はいいが、そうでない人はその意味をきちんと理解できていないと感じてしまうかもしれない。また、それが実際の設計にどのように応用されるのか見えてこないかもしれない。

この本は「理解」に重点を置いている。環境デザインの方向性に沿って解説するという構成を一部取り入れたのも、そのためである。建築環境デザインのあらすじをつかむことから始め、幹となるその流れと枝葉となる知識との関連をイメージすることが理解には大事だと考えたのである。例題を用いて感覚を掴んでもらい、コラムでは身近な建築環境の話題に触れる。建築に組み込まれている設備の解説も取り入れてみようと思う。巻末には演習問題も用意した。

身の回りの建築環境を見渡したとき、なぜそこがそうになっているのか、その原理から具体的なデザインまでを理解できたなら、この本の目的が達せられたことになると思う。



1章 光環境のデザイン

1 目が感じる光

可視光線.....	8
視感度.....	8
測光量.....	10

2 均一な照明環境を目指して

照度による光環境の設計.....	14
推奨照度.....	15
均斉度.....	15
照度計算.....	16
PSALI.....	18
モデリング.....	18
スカラー照度とベクトル照度.....	19
グレア.....	21
光膜反射と反射映像.....	21
オフィスでのグレア・反射映像.....	23
反射と光沢.....	23

3 不均一な照明の設計へ

不均一な照明.....	24
魅せる照明.....	25
TAL.....	25
配光曲線.....	26
独立型照明器具.....	27
建築化照明.....	28
不整形の空間.....	29
省エネルギーに向けて.....	29

4 照明の色・部屋の色

照らす色、照らされる色.....	30
物体色.....	31
光源の分光分布.....	31
色温度.....	32
演色性.....	33
さまざまなランプ.....	34
インテリアの色彩設計.....	35
面積効果.....	36
壁面色と明るさ.....	36
光・色に対する個人差への対応.....	37

5 昼光照明

昼光照明.....	38
全天空照度と昼光率.....	39
昼光率の計算方法.....	40
建築基準法の採光規定.....	42
窓面の位置と形状.....	43
直射日光の制御.....	44

シルエット現象	44
昼光利用の工夫	45
省エネルギーと昼光照明	45

6 照明計画

照明環境のデザイン	46
雰囲気と意味	47
生活と照明	48
照明設計の今後	49

2章 音環境のデザイン

1 音の響きのデザイン

音は波である	52
建築がつくる響き	54
響きのコントロール	55
初期反射音の制御	55
残響時間	56
残響時間の計算	56
反射と吸収	57
建築材料の吸音率	58
吸音のメカニズム	59
音響障害	60
コンサートホールの室形状	62
音響計画	62

2 音の強さ・大きさ

音圧・音の強さ	64
音圧レベル、音の強さのレベル	65
ラウドネスレベル(音の大きさ)	66
騒音計	66
音の合成	67

3 静かな環境をつくる

騒音を防ぐ	68
距離による音の減衰	68
回折	69
音の透過と吸収	70
壁体の透過損失	71
二重壁による遮音	72
開口部、隙間の影響	73
遮音等級	74
固体音	75
重量衝撃音と軽量衝撃音	75
床衝撃音の遮音等級	76
床と天井の実際	77
設備騒音対策	77
騒音の許容値	78
騒音・振動を抑える	79

4 音の意味

騒音といらだち	82
音の選択	82



環境音楽	83
サウンドスケープ	84
音を計画する	84

3章 熱環境・空気環境のデザイン

1 温熱感と空気調和

世界の住居	86
古民家の熱環境	87
温熱6要素	87
環境側の4要素	88
人体側の2要素	88
温熱感覚指標	89
一定の温熱環境を目指して	91

2 断熱と伝熱

断熱	94
伝熱	94
熱貫流	95
熱橋・冷橋と隅角部	98
断熱材	99
窓の断熱	100
総合熱貫流率	101
建物全体と外部の熱のやり取り	101
住宅の省エネルギー基準	103

3 湿気と結露

結露	104
湿度	104
湿り空気線図	105
表面結露	107
局所暖冷房	107
間欠暖冷房	107
内部結露	108
屋根・天井の断熱、基礎断熱	112

4 パッシブな手法

パッシブという考え方	113
熱容量	114
室温変動	115
パッシブな手法	118

5 気候と日照・日射

気候	120
クリモグラフ	120
風向	121
晴天と曇天	122
方位と日照	123
日照権と日影規制	126
日影図と等時間日影図	126

6 換気と通風

室内空気汚染と換気	128
-----------	-----

シックハウス症候群	130
必要換気量	131
機械換気	132
換気計画	133
隙間の影響	133
風力換気と温度差換気	134
通風	135
高気密高断熱+ α	137

4章 環境のサステナビリティ

1 水環境

水の役割	140
循環する水	141
給水のしくみ	142
排水のしくみ	144
生活排水と富栄養化	147

2 都市の空気・温熱環境

都市環境とは	148
ヒートアイランド現象	149
微気候	151

3 環境汚染・環境破壊

過剰な環境負荷	152
酸性雨	153
ダイオキシン	153
土壌汚染	154
廃棄物	155
資源乱獲・乱開発	155

4 地球環境問題

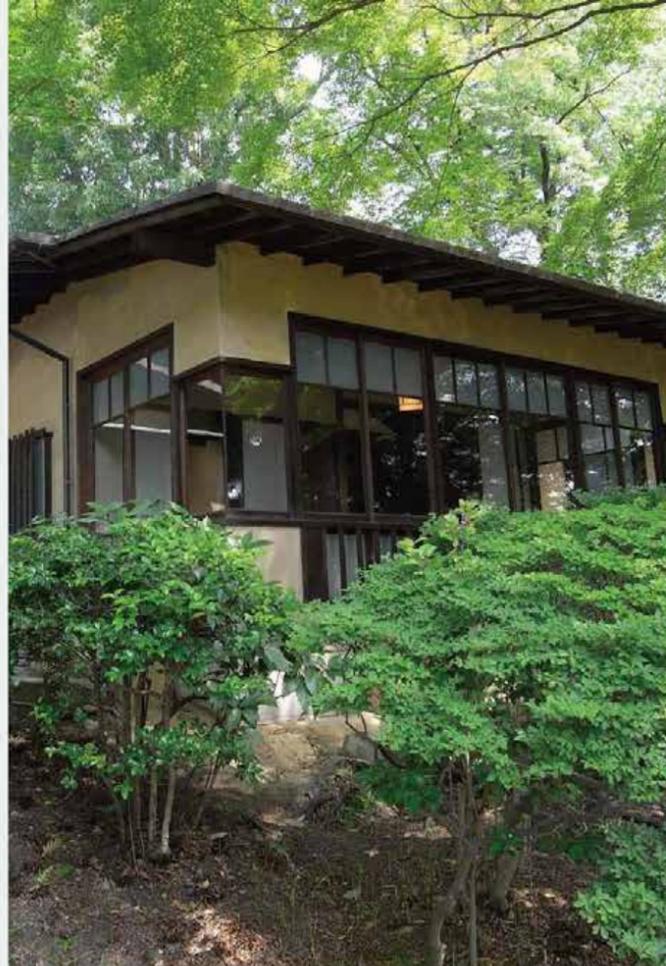
気候変動問題	156
オゾンホール	157

5 持続可能な暮らし

サステナビリティとエコ	158
エネルギーの効率的利用	159
環境に配慮したものづくり	161
緑化	162
環境と共生する暮らし	163

演習問題	165
------	-----

索引	180
図版出典、写真撮影・提供、引用文献、参考文献	186



1章 光環境 の デザイン

写真は、住宅の居間を模した実大の実験室である。この実験室でさまざまな照明状態をつくり印象評価させたところ、印象の主要な軸が3つ抽出された。1つ目は「明るいー暗い」の軸、2つ目が「すっきりしたーごちゃごちゃした」の軸、3つ目が「居心地の良いー悪い」の軸である。これらはそれぞれ、「明るさ(机上面照度)」「光の分布」「光色」と大きな関連を持っていた。この章では、これら3つの軸の制御を中心に光環境の整備について述べていこうと思う。まずは、「明るさの単位(測光量)」について学び、議論の礎を身に付けることにしよう。

* Challengeと図表タイトルに「#」が付いている部分には、対応するExcelシートが存在する。著者ホームページよりダウンロードできるので、活用して欲しい(「基礎からわかる建築環境工学 ファイル」で検索のこと)。



照明の色 部屋の色



私達の目が捉えているのは、照明の光が物体に当たって反射・透過した光だ。したがって、室内の見え方は、照明光色によって変化する。インテリアのカラーデザインは、壁や家具の色を決めただけでは完結しないということになる。

照らす色、照らされる色

見える色は照明で変化する

光源の色がオレンジがかっているのか、それとも白いのか、青みがかっているのか。本章の中扉で紹介した実験に基づけば、それは部屋のくつろぎや居心地といった感覚と関連するだろう。光色は

それだけでも影響を及ぼしていると言えるが、光色が変われば、照らし出される空間や物体の色も変化して見える。ここでは、照明光と物体色の関係、物体色のデザインについても解説する。

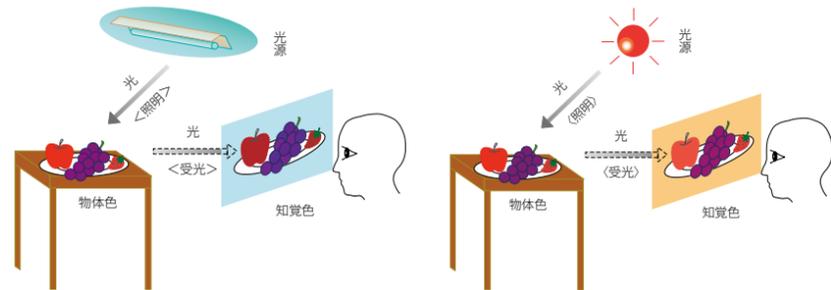
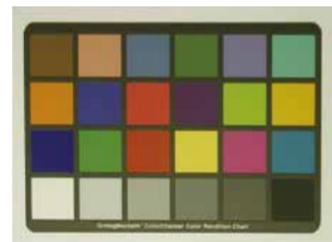


図33—光源の違いが物体の色の見えを変化させる

目に見える色は、物体がまったく変化しなくとも、照明光の分光分布が変化すれば変わる可能性がある。



蛍光灯(昼白色)で照明したカラーチャート



蛍光灯(電球色)で照明したカラーチャート

物体色

波長ごとの光の反射率で表される

8頁において、見える色が波長によって変化すると説明した。しかし、実際に私たちの眼に届く光のほとんどは単一波長ではなく、図34で表されるような、なだらかな分布を持った光である。

物体表面で反射した光は、どの波長の成分が多いかによって見える色が変わる。長波長の成分が多ければ赤っぽく、短波長の成分が多ければ青っぽく感じられる。まんべんなく反射すれば白っぽく、まんべんなく光が吸収されれば黒っぽく感じられる。

物体色は可視光線の**分光反射率**(波長ごとの反射率)で規定され、昼光のような可視光線をまんべんなく含んだ光で照らした時の物体の色の見えに対応する。

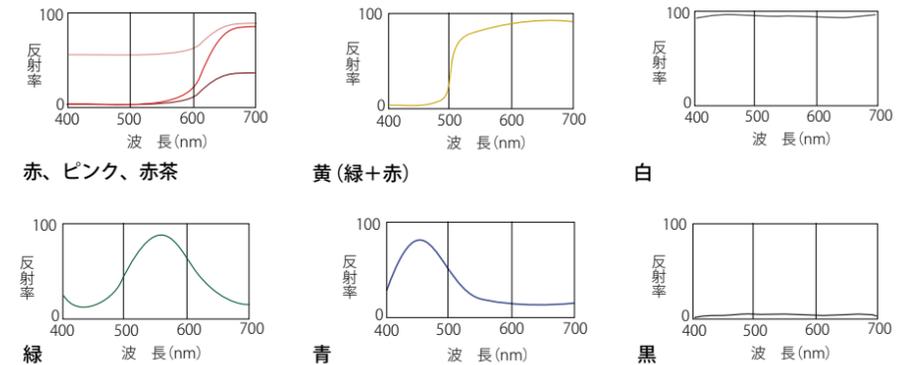


図34—物体色の分光反射率

赤、ピンク、赤茶は、みな赤系統の色である。長波長領域だけでなく全体的にも反射するならば白っぽくなるのでピンク、長波長領域をあまり反射しないなら赤茶になる。白は可視光線全体をまんべんなく反射し、黒は全体に反射しない。緑は中波長域、青は短波長域を主に反射する。黄は中・長波長域を反射する時に感じら

れる。もちろん580nm付近は黄に感じられるのだが、そこだけでは反射率が小さくなるので暗い黄に感じられてしまう。緑と赤を混ぜ合わせた黄は、多くの光を反射するので明るく鮮やかである。

なお、青と黄が補色と言われるのは、それらを組み合わせると白の分光分布となるためである。

光源の分光分布

波長ごとの光の強さ

波長ごとの光の強さを表したものを**分光分布**という。図35は、代表的な光源の分光分布を示したものである。自然光や燃焼系の光源の場合には分光分布の山はなだらかであるが、蛍光灯のように**ルミネッセンス**(luminescence=冷光：放熱を伴わない発光)を利用した光源の場合には**輝線スペクトル**が現れる。

なだらかな分光分布の場合、短波長成分が多ければ青っぽく、長波長成分が多ければ赤っぽい照明となり、照らし出される風景もその色に染まる。

一方、輝線スペクトルが存在する場合は簡単ではない。光の三原色と呼ばれるR、G、B(赤、緑、青)3つの光源があれば、その混合によってほとんどの色をつくれることが知られている。つまり、輝線スペクトルが3本あれば、さまざま

な光色を生み出せる可能性がある。しかし、分光分布からその色を推測することは簡単ではない。また、照らし出された物体の色は、同じ色に見える光で照らした場合でも、その分光分布が異なれば異なる色として知覚されることがある。分光分布から照明光色や照らし出された光

景の色を直感的にイメージすることは難しいのである。

そこで、照明光の色みを表現する指標として**色温度**、照明された風景の色みを基準光とのずれとして表現する**演色評価数**という指標が用いられるようになった。

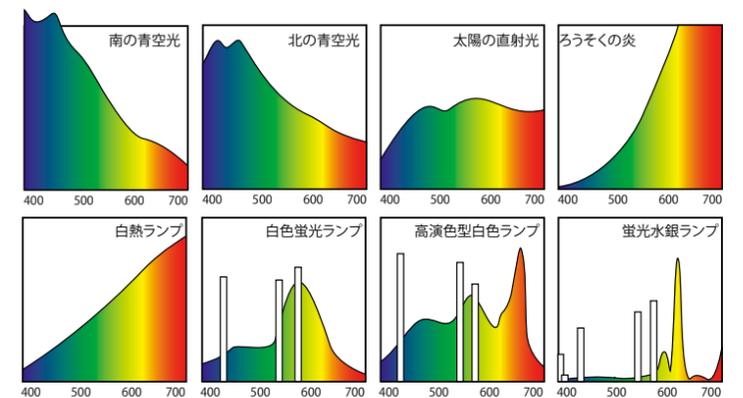


図35—自然光と人工光の分光分布 (竹内義雄『ライティングデザイン』産調出版、1999)

1 音の響きのデザイン



大太鼓の音も、膜の振動が空気を動かした結果として生じている。

音は波である

音の3要素

音波 (sound wave) という言葉がある。それは音が波であることを表している。

太鼓をドンと鳴らす。そうすると太鼓に張られた革が振動する。その振動が周囲の空気に伝わり、空気に疎密が生じる。それが音波となり、だんだん減衰しながら伝搬していく。そして音波が耳の鼓膜を振動させる。その振動を捉えたものが音として感じられる。

小太鼓は細かく震えるので疎密の周期が短く、大太鼓はゆっくり震えるので

期が長い。周期が短ければ高い音、長ければ低い音に聞こえる。単位時間あたりの周波数はヘルツ (Hz) で表されるが、人は20Hzから20,000Hzほどの音を聞き取ることができる。これが可聴域である。それより大きな周波数のものは超音波、短い周波数のものは超低周波音と呼ばれ、聞き取ることにはできない。

さて、太鼓は強く打てば大きく揺れ、弱く打てば小さく揺れるが、その違いは波の振幅に現れる。それが音の大きさに

対応する。

ただし、私達が耳にする音の大半は、図1のようなきれいなサインカーブを描かない。いくつかの波が混じり合った複雑な波形をしていることの方が多いのである。その混じり具合によって音色が変化する。

音の大きさ、音の高さ、音色を音の3要素という。

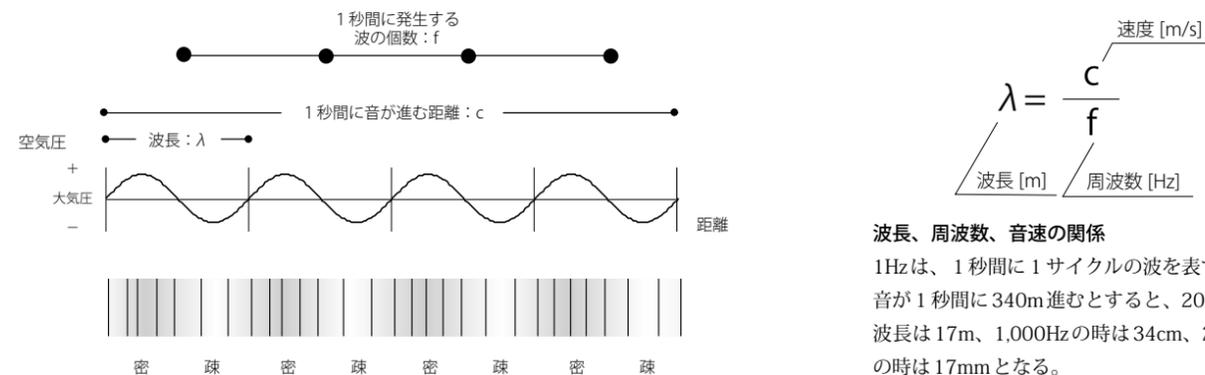


図1—音波(純音)

音は疎密波である。波の高い部分は大気圧が高いこと、つまり空気の密度が高いことを表す。一方、波の低い部分は大気圧が低いこと、つま

り空気の密度が低いことを表している。この図は4Hzを表しており、音が秒速340m/sで進んでいるとすれば、波長λは85mということになる。

波長、周波数、音速の関係

1Hzは、1秒間に1サイクルの波を表す。音が1秒間に340m進むとすると、20Hzの時の波長は17m、1,000Hzの時は34cm、20,000Hzの時は17mmとなる。

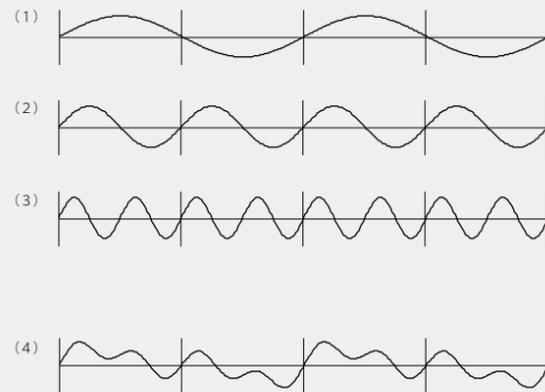
Column

楽器の響き—音の混ざり具合

バイオリンやピアノは、弦を擦ったり叩いたりして振動させ音をつくる。それを共鳴させる箱で反射させて、さまざまな音色をつくり出す。

楽器の音(楽音)には、倍音と呼ばれる基音の整数倍(=2倍、4倍…)の周波数の音が含まれる。このような構成の音では、一番低い周波数の音(基音)の周波数で音程が定まる。

基音以外の周波数成分を上音と呼ぶ。



左のようなきれいな波形(正弦波=サインカーブ)をした単一の周波数の音を純音という。音叉を叩いた音は純音に近い。

音(正弦波)の合成

(2)、(3)の波形は、(1)の波の2倍、4倍の周波数を持つ波を表している。これら3つの波を重ね合わせると(4)の波が生まれる。バイオリンの音は、このような鋸形の波形を示す。

【関連用語】

音階

低いドと高いドというように、1オクターブごとに同じ音名の音が現れる。それは、周波数でみるとちょうど元の2倍になっている。たとえば、3オクターブ上がると、周波数は $2^3=8$ 倍になる。

音速

空気中の音の伝搬速度(音速:c)は、圧力と気温で変わるが、気温 θ [°C]、大気圧での音速は下式で表される。

$$c \approx 331.1 + 0.61 \theta \text{ [m/s]}$$

15°Cでは約340m/sの速さで進むことになる。

粒子速度

音の伝搬速度をcで表すが、もう1つ、vという記号も速さ、ただし空気粒子の速度を表すのに用いられる。音は疎密波であるから(太鼓の革周辺の空気をイメージしてもらおうというと思うが…)、ある点の近くで行きつ戻りつしている。音圧のサインカーブはそれを表している。そのスピードはサインカーブの山や谷で遅く、その中間で最速となることが図1から読み取れるだろう。

雑音

雑音は、非周期的で同じ波形が繰り返されず、無数の周波数成分が混じっている音である。とくに全周波数帯域で平均的にエネルギーが出ているものをホワイトノイズといい、テレビやラジオの放送終了後の砂嵐のような音である。音響測定時に用いられる。一方、パワーが周波数に反比例し、ホワイトノイズが低音域ほど強くなったような特性を示すものをピンクノイズといい、音響調整時に用いられる。

温熱感と空気調和



- ①五箇山（日本）
- ②ヤオトン（中国）
- ③アイト・ベン・ハッドウ（モロッコ）
- ④キューロス（スコットランド）
- ⑤チチカカ湖（ペルー、ボリビア）
- ⑥イバン（マレーシア）
- ⑦コン・ムアン（イラン）

世界の住居

バナキュラーな建物の工夫

クーラーも石油ファンヒーターもない頃、建築は今よりも気候に適応させてつくる必要があった。その名残を各地に残るバナキュラー（vernacular：土着的）建築に見ることができる。

たとえば、中国北部黄土高原にあるヤオトンは、地面に穴を掘って中庭とし、その四周に掘った横穴を住居としたものである。一日の気温の変化が激しい乾燥

した気候の中で、地中の温度変化が小さいという特性を利用したものと言える。

東南アジアに見られる水上住居を見ると、高床で床下が開放されている。これは、水上で冷やされた風を通すための形態だと考えられる。そのことにより体感温度が下がっているという実測結果がある。^[1]

五箇山の住居の屋根は、その厚みと勾

配が特徴的である。厚みは断熱性と、勾配は雪を落とす必要性和関係がある。

このように見てくると、さまざまな特色を持った建築があることがわかる。

これらの建築は、気候の特徴と関連している訳だが、南北に長く、四季の変化に富んだ日本の住居の特徴は、どんなところにあるだろうか。

古民家の熱環境

日本の家は、夏を旨とすべきか？

「家のつくりやうは夏をむねとすべし。冬はいかなる所にも住まる。暑き頃わろき住居は堪へがたきことなり」

—『徒然草』第55段より

元来、日本の家は夏の暑さをしのぐことを第一につくられていたようである（→解説①）。冬は火を焚けばなんとか暖は取れる。しかし、クーラーなどなかった鎌倉時代、暑さは我慢するしかなかっただろう。日射を避ける大きな屋根と深い庇、風の吹き抜ける開放的な開口部、湿気の上がらない高床。考えてみれば、確かに伝統的な民家は夏快適に過ごすのに適しているようだ。一方、冬は日が入り込まず、床下に外気が入り込み、風が抜けるのでは寒そうである。

700年を経て、最近の住まいは、夏も冬も快適に過ごせることを考えたものになってきている。クーラーやヒーターなどの設備が一役買っている場合も多い

が、石油や電気のエネルギーをできるだけ使わず、太陽の熱や夜の冷気をうまく利用して、夏涼しく、冬暖かい住まいを目指したものもある。

そういった温熱環境のコントロールに果たす建築の役割は大きい。そのメカニズムについて学んでいくにあたって、温熱感を規定する6要素の話題から始めよう。

温熱6要素

暑さ・寒さを規定する要因

暑さ・寒さに関わる環境要素として、まず挙げられるのは気温であろう。夏は気温が高く、冬は気温が低い。しかし我々の温熱感、気温以外にも、湿度、気流、放射、着衣量、代謝量の影響を受けると言われる。これらを温熱6要素と呼ぶ（図1）。

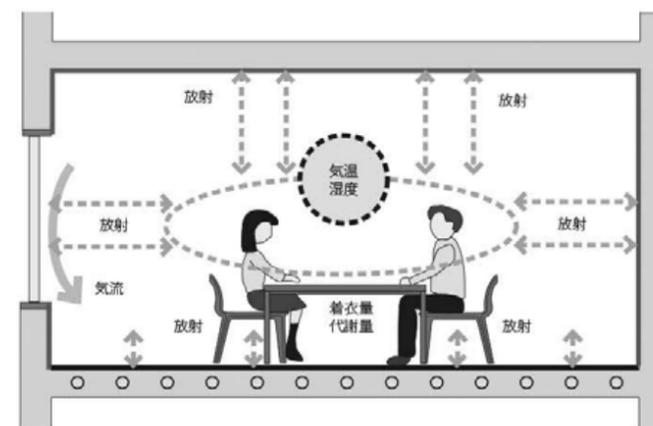


図1—温熱感覚と関係する要素

解説①

伝統的な和風木造住居の熱環境——日本のバナキュラー建築の熱環境的特色

伝統的住居について、熱・空気環境はどうであったか見てみよう。^[2]

【夏】

- ◇建物の周囲の開口部が大きい
→風が通る
- ◇部屋と部屋の間仕切りは襖
→風が通る
- ◇庇が深く、縁側がある
→直達日射が差し込まない
- ◇屋根が高く、藁葺きや瓦葺きで断熱がよく、天井裏の換気も良い
→屋根から熱が入ってこない
- ◇床が高く、床下の換気が良い
→地中からの湿気が入りにくい
- ◇コンクリート造や石造に比べて熱容量が小さい
→夜間まで熱が残らない



茅葺き屋根は優秀な断熱材
藁はストローというくらいだから中空になっている。藁や茅は動かない空気を溜め込んだ優秀な断熱材なのである。断熱材としてよく用いられるグラスウールと同程度の断熱性があるという。

【冬】

- ◇建具の周囲や柱と土壁の間に隙間がある
→隙間風が通る
- ◇庇が深い
→直達日射が少ない
- ◇いろりの煙出しとして屋根に孔が設けられている
→暖かい空気が屋外に逃げる
- ◇天井は張られていないか、竿縁天井である
→暖かい空気が天井裏・屋外に逃げる
- ◇熱容量が小さいので蓄熱されない
→夜間に冷え込む



写真は、1990年代の東京港中央防波堤内側のゴミ埋立処分場の様子である。ゴミと土を交互に積み上げ、標高30m(当時)の島が出現した。当時プラスチック系ゴミは、ダイオキシン発生問題もあって不燃ゴミとしてそのまま埋め立てられていた。また可燃ゴミも焼却能力が追いつかず、一部はそのまま埋め立てられていたので、強烈な臭いとともに、残飯を狙って海鳥たちが大量に群がっていた。さらに、ゴミが土中で分解されるにしたがって、大量のメタン(可燃性・温

室効果ガス)を放出しながら、土地が沈下していくので、数十年間は都市的な利用はできない。現在は、風車が立ち、100万本の植樹による緑化が行われるなど、環境を考える先端地となっている。時代を経て、現在の処分地はこの沖合いに展開しているが、プラスチック系ゴミも資源回収の上、焼却・減量して埋め立てるなど徹底しており、以前のようなショッキングな光景は見られなくなっている。

過剰な環境負荷

人間の営みの負の影響

人間の生活や生産活動によって、環境は当然影響を受ける。もともと自然環境には浄化作用があり、多少人間が資源を搾取しても、廃棄物を出しても、軽微ならば自然がうまく対応して元通りになる。しかし、人間の力がここまで強大になると、自然が独力では修復できない場合も出てくる。こうして自然環境がダメージを負ってしまうのが、環境汚染や

環境破壊である。

汚染されるのは、大気であり、水であり、土壌である。破壊されるのは地形であり、生態系である。影響はたいがい地域的な広がりや限定されるが、大気に拡散するものや経済・流通に関係する場合には、国を越えて影響が及ぶ場合もある。大気の汚れは雨に混じって地面に降り注ぎ、土が汚れば河川や地下水を伝って

広がり海を汚す。いずれも、自分達が豊かなくらしをするために行った行為に対して、人間はしっぺ返しをうけているのである。自然の力ばかりに任せず、自分達で汚染物質を除外し、環境を守っていかなくては、このままの生活を継続することは不可能なのである。

酸性雨

健康を害し、森を枯らし、構造物を破壊する

工業活動や自動車から発生し、大気中に放出されるエアロゾルのうち、粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質をPM2.5という。PM2.5は小さいので肺の奥まで入り、ぜんそくや肺がんとの関連が疑われている。

また、その中でも窒素酸化物(NO_x)・硫酸酸化物(SO_x)・炭素酸化物(CO_x)や塩酸、酸性のエアロゾルなどが、雨滴に吸収されると酸性の雨や雪になって地表に降り注ぐ。pH5.6以下を酸性雨といい、時にはpH2を示すこともある。

酸性雨は、人体の目・喉・皮膚に刺激を与え、森を枯らし。土壌や河川の酸性化による微生物・植物・水生生物への影響は深刻である(図16)。その他、金属や大理石・コンクリートなどの建材を腐

食させる。古代ギリシャの神殿などの文化財の崩壊も問題になっている。酸性雨で最もpHが低いのは降り始めで、大気中のちりや埃をたっぷり含んでいるので、十分な注意が必要である。

酸性雨・PM2.5対策は、有害物質除去技術の確立・エネルギー使用形態の見直しなど、大気汚染の防止対策を徹底するしかない。しかし、日本での酸性雨・



図16—酸性雨で枯れた樹木

PM2.5は、中国で排出された汚染物質が偏西風で運ばれたきたものの影響が大きいともいわれ、問題は国際的である。

Column

黄砂——風は西から吹いてくる

日本の上空には偏西風(ジェット気流)という強い西風が常に吹いている。だから、天気も西から変わってくる。

PM2.5や酸性雨の原因となる酸化物だけでなく、風に乗って中国から飛んでくるものに“黄砂”がある。黄砂自身は沙漠の砂が飛んでくる自然現象だが、汚染物質を吸着して運ぶことで、健康被害・経済被害が懸念されている。また、近年の中国内陸部の急速な砂漠化とともに、黄砂の頻度が増えていることもあり、黄砂は単なる自然現象というよりは、環境問題の側面を強く持っている。

ダイオキシン

さまざまなものを燃やすとできてしまう猛毒物質

以前はどここの学校にも小さな焼却炉があって、毎日ゴミを燃やしていた。それが平成9(1997)年の文部省通達で使えなくなった。猛毒のダイオキシンの発生が心配されたからである。

ダイオキシン類は、似たような構造を持ち、似たような毒性を持つ有機化合物の総称である。人工物質としては最も強い毒性を持つ物質のひとつである。また強い発ガン性も有し、環境ホルモンとしても疑われている。ダイオキシンは、無色無臭の固体で、水には溶けず、脂肪などには溶けやすい。安定した物質なので、いったんできてしまうと容易には壊れない。煙突や巻き上がった灰から大気や土壌に拡散し、食物連鎖の中で動物の体内に濃縮され蓄積される。体内に取り込む

と、量が半分になるのに約7年かかると言われている。

ダイオキシンは炭素・酸素・水素・塩素を含む物質を熱するような工程で、意図せずにできてしまう。金属精錬・紙などの塩素漂白工程・農業製造時の不純物など、さまざまなところで発生する。森林火災・火山活動などの自然現象でも発生し、タバコの灰からも見つっている。ゴミ焼却では、とくに低温での燃焼で生じやすいことが問題視され、上述の学校焼却炉の撤去につながった。公共のゴミ焼却場でも、面倒がって身勝手にゴミ分別のルールを守らない人間がいると、生み出されてしまう。ビニール袋や新建材などに安価で便利に使われている“ポリ塩化ビニル(塩ビ)”が、プラスチックの

中でもとくに塩素を多く含むのでやり玉に挙げられ、不買運動なども起きた。しかし現在では、さまざまな物質の燃焼からできることがわかっており、塩ビだけが悪者にされることはなくなった。

ダイオキシン対策としては、不燃ゴミの分別を徹底し、燃やさずにリサイクルや埋め立て処分をすることが1つである。もう1つは、より高温で完全燃焼させてしまうことである。800℃以上の燃焼ではダイオキシンは発生しないとされており、新しい焼却炉はすべてこの高温タイプの炉になっている。可燃・不燃を分けずに収集している自治体では、新型炉ですべて焼却していることが多い。

1章 光環境のデザイン

1-1 目が感じる光

1. 次の問いに○・×で答えよ。

- (1) 可視光線は電磁波である。
- (2) 和室の天井から釣ってある照明の豆球が点いている。そのあたりは薄明視と考えてよい。
- (3) 12cd/m^2 の光を捉えているのは錐体である。
- (4) 曇りの日の空は $1,000\text{cd/m}^2$ 程度の明るさである。
- (5) 壁面で反射される光の量は、壁面の照度と関連している。
- (6) 天井からつるした照明で机の上の紙を照らす。紙が白くても黒くても照度は変わらないが、輝度は変化する。

2. 次の()内に適切な答えを入れよ。もしくは選択せよ。

- (1) 200nm の電磁波は()線、 $1,000\text{nm}$ の電磁波は()線と呼ばれる。
- (2) 明所視の場合、最大比視感度の()nmと比較すると、 500nm では約()割の感度しかない。つまり、ほぼ()lm/Wの感度ということになる。暗所視時、 580nm ではその最大比視感度と比較し、()割程度の感度となるので、ほぼ()lm/Wの感度ということになる。
- (3) 照明器具から発せられるすべての光の量を表すのであれば、()を単位とするのが適切である。
- (4) 机上面に置いた紙を等距離から同じ照明器具を用いて照らした場合、上方から照らすより斜め方向から照らす方が(明るくなる・暗くなる)。机上面の法線方向(=面に垂直に上方向)から 60° 傾いた位置からの照明の場合、明るさは法線方向の()%になる。

1-2 均一な照明環境を 目指して

1. 次の問いに○・×で答えよ。

- (1) 天井に1m間隔で照明が並んでいる。このとき、光束法で照度を算出するのは理にかなっている。
- (2) 子供室より居間の方が推奨照度が高い。
- (3) 一般に、教室中央のベクトル照度は、片側だけに全面窓がある場合より、両側全面に窓がある場合の方が小さい。
- (4) 一般に、正面から強い光を当てた方が、斜め上方から光を当てるより、

好ましいモデリングとなる。

- (5) 光束が同じなら、点光源である白熱電球より線光源である蛍光灯の方がグレアを生じやすい。
- (6) 光幕反射や反射映像は、背景輝度が低いほど気になりやすい。
- (7) 鏡とベニヤ板と障子紙でもっとも拡散度が低いのは鏡である。

2. 次の()内に適切な答えを入れよ。もしくは選択せよ。

- (1) 一般に机上面照度は、床から()mmの高さで計測する。
- (2) 机上面照度は、机の上で計測した(鉛直面照度、水平面照度)である。
- (3) 教室の窓際が $1,800\text{lx}$ 、中央が 900lx 、廊下側が 300lx であった。この3つのデータから均斉度を算出すると()となる。
- (4) 天井面が反射率80%、壁が70%、床が30%であるとき、机上面から天井面までの高さが2m、部屋の縦が4m、横が4mの部屋の照明率は、室指数が(1/4、1/2、1、2、4)だから、()となる。

1-3 不均一な照明の設計へ

1. 次の問いに○・×で答えよ。

- (1) テーブルの机上面照度が同じであれば、光天井よりシーリングライトの方がテーブルの影が濃くなる。
- (2) 一般に、下面にボウルが付いた照明と上面にシェードが付いた照明では、シェードの方が机上面照度が高い。
- (3) 一般に、ダウンライトとブラケットでは、ブラケットの方が天井面を明るく照らす。
- (4) コーニス照明はコーブ照明より天井面が明るくなる。
- (5) シーリングライトよりダウンライトの方がアンビエントライトに向いている。

2. 次の()内に適切な答えを入れよ。もしくは選択せよ。

- (1) 常時人工補助照明を()と呼ぶ。片廊下型の教室では(窓側・廊下側)の照度を上げることで、最低照度と平均照度の比(=)を改善する効果がある。
- (2) 美術品を保護するガラスに光源が映り込まないようにするためには、光源をできるだけ絵の(上方、正面)に置いた方がいい。鑑賞者の姿を映り込まないようにするためには、絵を(明るく・暗く)照らし、鑑賞者側を(明るく・暗く)照らす。