

建築の環境

— 基礎から学ぶ建築環境工学 —

小松義典・渡邊慎一・石井仁・岡本洋輔・石松文佳 著



はじめに

私達の暮らし方は大きな変化を求められています。

1980年代の終わりに地球環境問題への認識が広く共有されることで、暮らしの土台となる建築物にもこれまで以上に環境と向き合うことが求められるようになりました。そしてコロナ禍の2020年は、新たな日常に対応する新たな建築環境の始まりの年になったのかもしれません。

この本は、建築にかかわる環境の基礎を学び、これからみなさんが関わっていく建築が環境とうまく付き合っていけるようになることを願って執筆しました。皆さんが日々利用し、これからは提供していく側になっていく建築とその環境の捉え方を知ることで、実際に建築を見たり、体感したりするときに新たな体験をできるようになって欲しいと考えています。この本で学習した知識を基にして、身の回りの建築とその環境を観察し、どのようにして建築環境が調整されているのかを考えていきましょう。皆さんがより良い建築環境の創り手になることにつながれば筆者らの意図は達成されます。

本書は、建築系の大学での建築環境工学の教科書としての利用を想定して執筆しました。

本文はなるべく難しい表現は避け、各頁には本文に関わる補足説明を脚注として掲載し、すぐに参照できるようにしています。空いているスペースはメモ欄としてどんどん書き込みをしていって下さい。また、たくさんのイラストを用いることで、内容を直感的に理解でき、やわらかく建築の環境を学習していけるようにしました。しっかりと学習していただきたい内容には“ポイントくん”による指示もしています。



ポイントくん

建築環境工学は建築の設計に活用されるものです。積極的に環境を考慮した設計事例やトピックスも掲載しています。環境に興味をもち、より深く学習していきたいと思われた皆さんには、各章末に参考となる専門書や文献の紹介をしています。本書が建築の環境を学ぶ基礎となり、専門書への橋渡しとなることを願っています。

2021年12月

小松義典

はじめに

1 章	パッシブデザイン	1
1.1	建築と環境	2
1.1.1	建築の基本性能	2
1.1.2	建築環境工学	4
1.2	パッシブデザインとアクティブデザイン	5
1.3	建築のエンベロップ	7
1.4	環境を理解する	10
1.5	環境とデザイン	14
1.5.1	アフォーダンスについて	14
1.5.2	アフォーダンスとデザインの質	16
	建築家に聞く、環境と建築デザイン	18
	演習問題	20
2 章	熱環境	25
2.1	熱の基礎	28
2.1.1	熱の伝わり方	28
2.1.2	熱伝導	29
2.1.3	対流熱伝達	32
2.1.4	放射熱伝達	32
2.1.5	総合熱伝導率	33
2.2	熱と建築	33
2.2.1	熱貫流率	33
2.2.2	内断熱と外断熱	37
2.2.3	中空層の熱伝達	38
2.2.4	建物全体の熱特性	39
2.2.5	熱負荷	43
2.2.6	相当外気温度	44

2.2.7	日射熱取得率 /45	
2.2.8	ガラスの分光特性 /48	
2.2.9	非定常伝熱 /50	
2.3	太陽の運行と日射遮蔽	51
2.3.1	太陽の運行 /51	
2.3.2	太陽位置の計算 /54	
2.3.3	日影図 /60	
2.3.4	日影規制 /68	
2.3.5	隣棟間隔 /69	
2.3.6	日射の種類 /70	
2.3.7	日射調節の方法 /73	
2.4	暑さ寒さと人間	76
2.4.1	人体熱収支 /76	
2.4.2	体温調節 /78	
2.4.3	温熱6要素 /79	
2.4.4	温熱環境指標 /82	
	トピック 1 /90	
	トピック 2 /90	
	設計事例 /91	
	演習問題 /93	
3	章 空気環境	97
3.1	湿り空気	99
3.1.1	湿り空気と乾き空気 /99	
3.1.2	水蒸気の表示 /99	
3.1.3	比エンタルピー /101	
3.1.4	湿り空気線図 /103	
3.2	結露とその防止	104
3.2.1	露点温度と結露 /104	

Contents

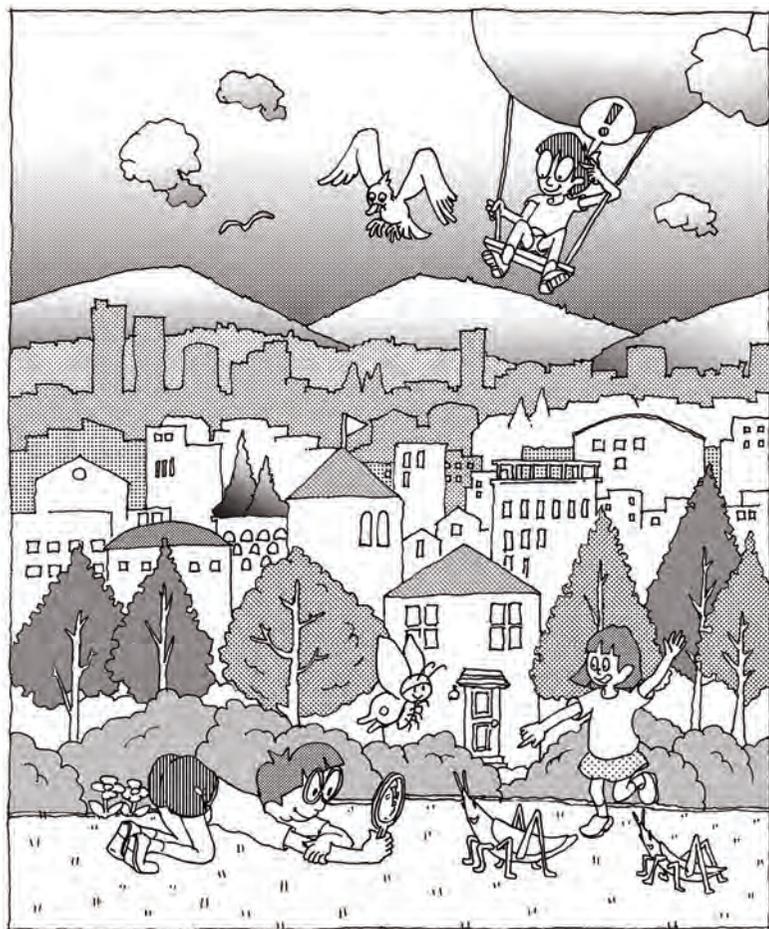
3.2.2	表面結露と内部結露 /105
3.2.3	冬型結露と夏型結露 /106
3.2.4	結露の防止 /106
3.2.5	壁体の結露防止対策 /109
3.2.6	窓面の結露防止対策 /111
3.2.7	地下室の結露防止対策 /112
3.3	空気質112
3.3.1	室内空気の汚染物質 /112
3.3.2	ガス状物質 /114
3.3.3	粒子状物質 /118
3.3.4	室内空気環境の基準 /120
3.4	換気・通風123
3.4.1	換気・通風の目的 /123
3.4.2	必要換気量と換気回数 /124
3.4.3	換気効率 /127
3.4.4	換気の原理と駆動力による換気方式の分類 /128
3.4.5	換気量の計算 /129
3.4.6	自然換気 /132
3.4.7	機械換気 /140
3.4.8	全般換気と局所換気 /143
	設計事例 /144
	トピック /145
	演習問題 /146
4	章 光環境149
4.1	光の基礎151
4.1.1	光とは /151
4.1.2	人の目 /152
4.1.3	光の量 /154
4.1.4	測光量の相互関係 /159

4.2	明視照明	164
4.2.1	明視の4条件	164
4.2.2	適正な照度	165
4.2.3	推奨照度	166
4.3	昼光照明	166
4.3.1	昼光率	168
4.3.2	直接昼光率と立体角投射率	168
4.3.3	天空モデル	171
4.4	電灯照明	172
4.4.1	発光原理と発光効率	173
4.4.2	光色と色温度	175
4.4.3	演色性	177
4.4.4	配光特性	179
4.5	光の分布と方向性	180
4.5.1	均斉度	180
4.5.2	空間照度	182
4.5.3	グレア	183
4.6	照明計画	187
4.6.1	照明方式	188
4.6.2	建築化照明	188
4.6.3	雰囲気照明	189
4.6.4	水回りの照明	190
4.7	照明計画と照明シミュレーション	191
4.7.1	光束法	191
4.7.2	逐点法と照明シミュレーション	195
	照明デザイナーに聞く、光環境と照明デザイン	197
4.8	建築の色彩	199
4.8.1	色彩の基礎	199
4.8.2	色覚の多様性	200
4.8.3	色彩の伝え方	201

Contents

4.8.4	色彩の知覚と効果 /208	
4.8.5	色彩計画 /212	
	演習問題 /213	
5 章	音環境	217
5.1	音の基本的性質	219
5.1.1	音の伝わり方 /219	
5.1.2	音波の基本的特徴量 /220	
5.1.3	音の強さ /223	
5.1.4	レベルとその合成 /224	
5.2	聴覚	230
5.2.1	聴覚器官 /230	
5.2.2	聴覚の特性 /231	
5.3	騒音制御	235
5.3.1	騒音の評価 /235	
5.3.2	遮音 /240	
5.4	室内音響	249
5.4.1	吸音 /249	
5.4.2	残響 /252	
5.4.3	室内音響設計 /254	
	設計事例 /258	
	トピック /259	
	演習問題 /261	
索引	264

Think globally, Act locally.
—地球規模で考えて、足もとから行動せよ—



この標語は地球環境問題に取り組む上で重要な考え方として有名ですが、建築にもよくあてはまる言葉だと思います。建物とその周辺から、都市・地域・国と空間的に広がり、大きく地球環境までの影響を考えることで、建物を建てることや建物に住まうことの持続可能性を高めることができるからです。

“鳥の目で考えて、虫の目で行動する”ということもスケールの違いこそありますが、建築の環境計画では大切なことです。室内を快適な環境にするときに、少し広い範囲の外部環境をうまく活用していきたいものです。建物を取り巻く環境のポテンシャルを活用することで、快適性の向上と環境負荷の低減が両立された建築を実現できるでしょう。

1章 パッシブデザイン

1.1 建築と環境

1.1.1 建築の基本性能

私達が求めている良い建築とはどのようなものでしょうか？

住み心地が良く、デザイン性に優れ、費用が抑えられた建築でしょうか。これらの一つひとつが建築の評価軸になります。評価軸は、この他にもたくさんあり、建築の基本性能を構成します。建築に求められる基本性能を図 1.1 にまとめます。

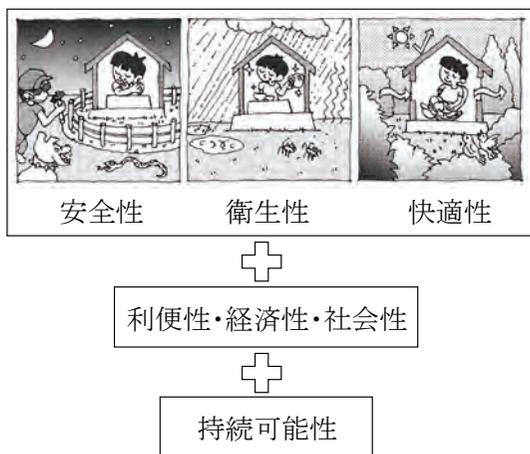


図 1.1 建物の基本性能

私達の生活にかかわる安全性や衛生性は、建築に求められる最も基本的な性能です。これらは、よい建築の土台となります。しっかりとした土台の上では、心地よい生活がおくれる快適性も求められるようになるでしょう。建築物が建てられるようになった最も古い時代から求められてきたものと考えられます。

住居とは異なる用途を持つ建築物が建てられるようになると、美しさや象徴性を主にする建築も現れてきます。主流ではありませんが、建築作品と称される建築は現在もあり続け、多くの建築に影響を与えています。

主流に戻ると、都市のように建築が集まり互いに影響を与えたり、生活に加えて生産の役割を持つようになったりすることで、利便性、経済性、社会性などの評価軸も重視されるようになってきました。現在の建築に最も近いものです。

永く続いてきたこれらの建築の評価軸に、近年新たに加えられたのが持続可能性です。持続可能性の高い建築を創るには、これまでの建築が目指してきた流れとは大きく異なる考え方が必要になりそうで

[参考]

日本住宅性能表示基準

住宅の品質確保の促進等に関する法律（平成十一年法律第八十一号）

- ① 構造の安定に関する
- ② 火災時の安全に関する
- ③ 劣化の軽減に関する
- ④ 維持管理・更新への配慮に関する
- ⑤ 温熱環境・エネルギー消費量に関する
- ⑥ 空気環境に関する
- ⑦ 光・視環境に関する
- ⑧ 音環境に関する
- ⑨ 高齢者等への配慮に関する
- ⑩ 防犯に関する

[参考]

官庁施設の基本的性能基準（平成 25 年版）

官庁営繕の技術基準・国土交通省

- ① 社会性：地域性、景観性
- ② 環境保全性：環境負荷低減性、周辺環境保全性
- ③ 安全性：防災性、機能維持性、防犯性
- ④ 機能性：利便性、ユニバーサルデザイン、室内環境性、情報化対応性
- ⑤ 経済性：耐用性、保全性

1章 パッシブデザイン

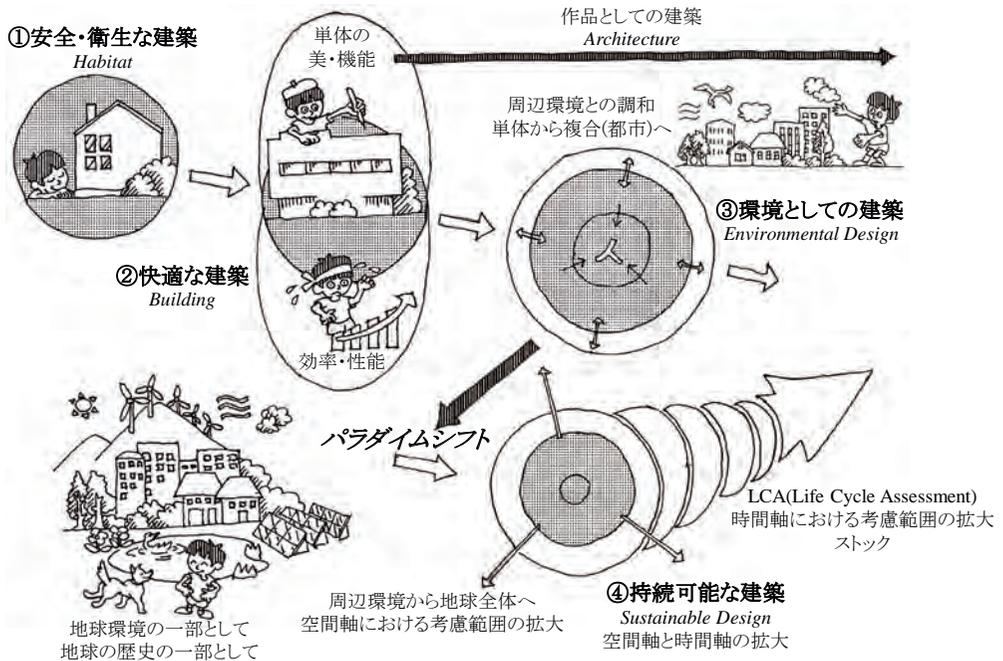


図 1.2 持続可能な建築

パラダイムシフト (paradigm shift)

ある時代に多くの人々が共有しているものの見方や考え方をパラダイムといいます。これが劇的に変化することがパラダイムシフトです。

地球環境・建築憲章

(2000年6月1日 建築関連5団体制定)

持続可能な循環型社会の実現への取り組みとして以下が挙げられています。

1. 長寿命
2. 自然共生
3. 省エネルギー建築の創造
4. 省資源・循環
5. 継承性

建築のライフサイクル

建物が企画・計画・設計されることに始まり、建材や設

す。こうした大きな変化は、**パラダイムシフト**と呼ばれます。図 1.2 に現在の建築に至る流れをまとめます。

建築環境は、独立してあるものではなく、周辺環境や地域環境に取り囲まれて、互いに影響を与え合う入れ子状の構成をしていることは古くから知られていました。ただし、私達の生活がさらに大きな地球環境までも影響を与えていることが共有されたのは、つい最近のことです。

地球温暖化やオゾン層の破壊といった地球環境問題は、私達の生活の変化によってもたらされており、建築と住生活に起因する影響が少なくないことが認識されたのは 1980 年代のことです。2000 年には、建築関連 5 団体から**地球環境・建築憲章**が宣言されました。こうした建築を取り巻く社会の変化は、**パラダイムシフト**といえる大きな変化です。

これまでの建築に求められてきた基本性能は、評価をされる期間が、建築の寿命に対して短いことが多かったことも挙げられます。竣工時に備えている性能、あるいは、20～30年の期間に維持されている性能が対象とされてきました。空間的には、単体の性能や隣近所のような狭い範囲への影響で捉えてきました。しかし、持続可能性は、長寿命化された**建築のライフサイクル**全体で、地球環境にまで至る広大な空間への影響を考えていく必要があります。つまり、建築の性能を評価する時間軸と空間軸が大きく拡大されたこととなります。

【トピック】 SDGs とは？

持続可能な開発目標（SDGs）とは、2001年に策定されたミレニアム開発目標（MDGs）の後継として、2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」に記載された2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標です。17のゴール・169のターゲットから構成され、地球上の「誰一人取り残さない（leave no one behind）」ことを誓っています。SDGsは発展途上国のみならず、先進国自身が取り組むユニバーサル（普遍的）なものであり、日本としても積極的に取り組んでいます。



(出典：外務省 JAPAN SDGs Action Platform)

1.1.2 建築環境工学

本書で学ぶ建築環境工学は、衛生性、快適性、持続可能性に大きくかわる分野です。建築環境工学は、建築と人を取りまく物理環境を分析的に捉えようとする**建築計画原論**と技術的に制御しようとする**建築設備工学**が融合した学問分野です（図 1.3）。

建築環境工学では、光・音・熱・空気・水の**5つの物理要素**を対象にして、快適な住環境をデザインするための研究が行われています。建築計画、建築構造、建築史などと比較すると新しい分野になります。これまでに室内空間での5つの要素の物理面の知見は概ね明らかにされてきています。現在は、私達居住者の生理面の反応が明確な要素から、心理面の検討が進められています。物理量・生理量・心理量がそろい、環境の把握と人間側の要求が関連づけられることで、より良い建築の環境計画・設計に活用されています。

備の製造・運搬、現場での施工、竣工後の運用期間における複数回の修繕・更新を経て廃棄に至るまでの一連の流れと期間を指します。竣工後の運用期間は、法定耐用年数、物理的・経済的・社会的耐用年数により決まります。

建築計画原論

室内環境の問題を取り扱う建築学の一領域（渡辺要編：建築計画原論，丸善1962）。設計計画において、環境計画的事項のうち物理および生理衛生的問題を扱っていました。

5つの物理要素

近年は、電波と磁場を6つめの物理要素とし、電磁環境の計画・設計も行われています。本書では、水環境と電磁環境は割愛しています。

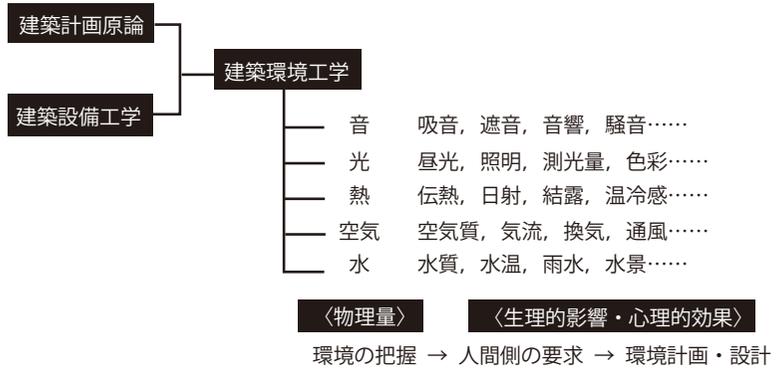


図 1.3 建築環境工学の構成

これからは、たくさんの要素が複合している実際の居住環境に近い状態で、居住者がどのように環境とかかわっているのかが明らかになっていくでしょう。こうして得られた成果を実際の建築設計へ適用していくシンプルな方法や、住まい手が適切に環境を調整できるようにするための情報の整備や、人工知能（AI）を活用した自動化などが今後の大きな課題となっていくそうです。

さらに建築設計で考慮すべきことに、持続可能性に関連する時間軸と空間軸の拡大が加わったこととなります。室内から外部空間、地域、都市、国、地球という対象の空間的な拡大や、計画から設計、施工、維持管理、解体、再利用という対象とする時間軸の拡大などにより、明らかにしていかなければならない課題はますます増加しています。

1.2 パッシブデザインとアクティブデザイン

建築デザインによって、居住環境を構成する5つの物理要素をどのようにコントロールして快適な空間を作っていくのか、以前に建築計画原論と呼ばれていた分野が、現在ではパッシブデザインと呼ばれています。これにエアコンなどの設備機器を用いたアクティブデザインが加わって、現在の建築環境工学となっています（図 1.3）。

パッシブ (passive) の意味を辞書で調べると、「受身の、消極的な、活気のない、無抵抗の」という意味が出てきて、どうも、あまり良いイメージではありません。しかし、建築分野におけるパッシブデザインとは、大辞林^{*1}によると「特別な機械装置を使わずに、建物の構造や材料などの工夫によって熱や空気の流れを制御し、快適な室内環境をつくりだす手法」と説明されています。例えば、庇を設けて夏の日差しを遮り、室内に入ってくる熱を少なくすれば、エアコンに頼らなくても快適に過ごすことができます。このような考え方や設計手法

パッシブデザイン
(passive design)

アクティブデザイン
(active design)

*1 大辞林（第三版）、三省堂、2006

は、古臭いどころか、建築設計の基本であり、今後さらに重要になっていくでしょう。

パッシブデザインと対になる言葉がアクティブデザインです。アクティブデザインとは、実用日本語表現辞典^{*2}によると「冷暖房機器や照明などの人工物を効率的に組み合わせることにより、快適な居住空間を確保することを旨とした設計手法」と説明されています。専門分野としては、建築設備工学がこれに該当します。

パッシブデザインとアクティブデザインは、化石燃料に由来するエネルギー利用の点でも大きく異なります。パッシブデザインは、電気などのエネルギーに頼らず、自然のポテンシャルを活用して快適な空間を作り出す設計手法です。地域の気候風土に合わせた建物自体のデザインによって、熱や光や空気などの流れを制御し、快適な環境を作り出すとともに、地球環境への負荷を極力少なくしようとするものです。

しかし、パッシブデザインだけで常に快適な環境が得られるかというと、そうではありません。私達の多くは経済性や利便性の高い都市に集住しているために、自然のポテンシャルを利用するだけでは快適な環境が得られない季節や時間帯があります。また、当然、天気にも左右されます。例えば、風があれば通風によって快適になる状況でも、風がなければそのメカニズムは機能しなくなります。

そこで、アクティブデザインである建築設備の出番となるのです。エアコンなどの設備機器は、電気などのエネルギーを使って、居住者が必要なときに必要な環境を作り出すことができます。現代の建築は、パッシブデザインとアクティブデザインを上手に組み合わせることに

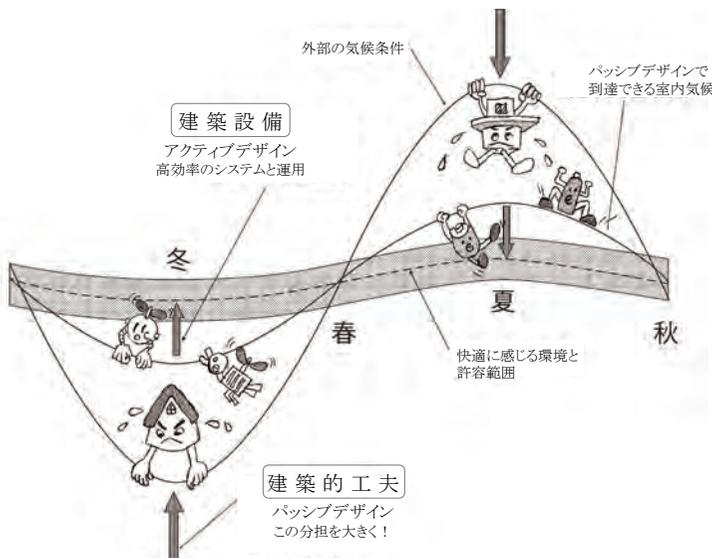


図 1.4 パッシブデザインとアクティブデザイン

^{*2} 実用日本語表現辞典

(<http://www.practical-japanese.com/>)

化石燃料 (fossil fuel)

石油・石炭・天然ガスなどのこと。太古の昔の動植物などの遺骸が地中に堆積し、何億年という時間をかけて化石となった有機物のうち、私達人間が燃料として用いるものの総称です。

同じように木材などの生物由来の資源であるバイオマス (biomass) は、再生可能資源とされています。

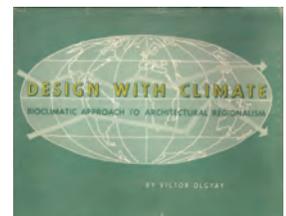
化石燃料もバイオマスも燃やせば二酸化炭素が排出されますが、バイオマスは生物が成長する過程で光合成により大気中から吸収した二酸化炭素を戻しているだけで、大気中の二酸化炭素は増えません。一方、化石燃料は何億年も前の二酸化炭素を現在の空気中に排出することになるので、二酸化炭素の量が増えてしまうのです。

自然のポテンシャル

自然に存在する太陽の光や熱、風、水、樹木や緑、地中熱などのことです。

図 1.4 の出典

V.Olgyay, Design with climate, Princeton Univ. Press, p.11, 1963 日本建築学会編：資源・エネルギーと建築, 彰国社, p.133, 2004



『Design with climate』の表紙

よって、快適な室内空間を作っているのです。その2つの役割分担を図1.4に示します。

例えば、温暖な地域の気温を考えてみましょう。自然の状態では、冬の気温は低く、夏の気温は高くなります。当然、室内の気温も冬は低く、夏は高くなって不快な状態となります。これを、まず建築的な工夫（パッシブデザイン）で、冬の室内気温を高くし夏の室内気温を低くします。

例えば、冬は太陽の日差しが室内にたくさん入るように窓を大きくします。一方で、夏は太陽の日差しを遮るように庇を設置します。このような建築的な工夫によって、室内の一年を通した気温変化を小さくすることができるのです。しかし、これだけではまだ一年を通して、室温を快適範囲内にするにはできていません。そこで、次のステップとして建築設備を利用した工夫（アクティブデザイン）をします。例えば、エアコンを使って、冬は室温を上げ、夏は室温を下げて、年間を通じて室温を快適な範囲内におさめます。

このとき、エネルギーを使わないパッシブデザイン（建築的工夫）の分担をできるだけ大きくして、エネルギーを消費するアクティブデザイン（建築設備）の分担を小さくすることが大切です。そうすることにより、エネルギー消費を抑えた環境への負荷が小さな建築にすることができるのです。現在、建築に用いられる設備も多種多様な製品が売り出されています。建物に合った適切な設備を選び、効率的に運用することによって、持続可能性の高い建築となるのです。

このように光・音・熱・空気・水の5つの物理要素を、パッシブデザイン（建築的工夫）とアクティブデザイン（建築設備）の組み合わせにより、少ないエネルギー消費で快適な状態に制御していくことが環境的に優れた建築となるのです。しかし、環境的に優れているだけでは真に優れた建築とはいえません。真に優れた建築は、環境の視点だけでなく、計画・構造・材料・歴史の視点でも十分に配慮されていなければなりません。これが建築の難しいところでもあり、また面白いところでもあるのです。

1.3 建築のエンベロープ

エンベロープとは、一般的には封筒や包装紙のように何かを包むモノ自体のことをいいます。エンベロープには手紙や物品などの内容物がある目的に応じて包むという機能が求められます。例えば、内容物を他人に見られないように包み隠す、内容物が壊れないように包み保

護する、贈り物を包み開ける楽しみ与える、などが目的として挙げられます。一方でパッケージデザインという言葉もあることから、エンベロープには包む機能だけでなく、美しさという側面も求められることがあります。

では、建築におけるエンベロープを考えてみましょう。建築にとって包まれる何かは内部空間になります。ですから内部空間と外部の環境との間にある、外壁、開口部（窓、扉）、屋根、床などの外周部分の構造体が建築のエンベロープといえます。建築ではエンベロープのことを外皮ともいいます。建築におけるエンベロープの目的は何でしょうか？ 居住者にとって安全・衛生・快適に過ごことができる内部空間とすることが建築のエンベロープの主な目的となります。また他に、工場など生産の役割を担う建築物、美術館など保存の性能を要求される建築物では、その用途に適した内部空間にすることもエンベロープの目的となります。

居住者にとって安全・衛生・快適な内部空間とするためにエンベロープに求められる性能を考えてみましょう。図 1.5 はエンベロープに作用する各種要素を示しています。図中の矢印は、要素ごとの各項目に対してエンベロープに求められる性能を示しています。エンベロープを通過している矢印は、その項目の流れを妨げない、あるいは緩和・調節する性能が求められていることを示しています。通過していない、あるいは方向転換している矢印は、外部または内部において、その項目の流れを遮断する性能が求められていること

外皮
(envelope, building skin)

外皮性能

「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」では、エンベロープ（外皮）に求める性能は、熱の流れを遮断する性能（断熱性能）と夏に日差しを遮る性能（日射遮熱性能）としています。詳しくは2章で解説します。

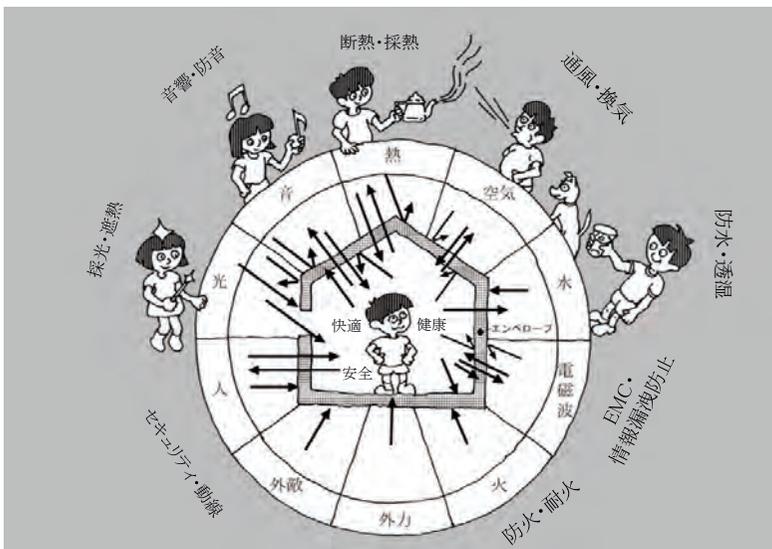


図 1.5 エンベロープに作用する各種要素

を示しています。

これらのうち光・音・熱・空気・水は、先ほど述べたように建築環境工学が対象とする5つの物理要素です。図1.5をみると建築のエンベロープに作用する要素は多岐に渡り、各項目に求められる性能も単純ではありません。建築環境工学は、建築の計画・設計や維持管理においてエンベロープの5つの物理要素の各項目に求められる性能について、建築のエンベロープ全体に求められる性能と調和した最適な解を導き出すことに応用されています。

エンベロープの5つ物理環境に関して求められる性能は、自然環境によって異なります。寒冷な地域や暑く乾燥した地域では、主に熱や空気の流れを遮断する性能が求められます(図1.6)。そのため屋根や壁を堅固な材料で固め、熱や空気の流れを少なくします。温暖な地域では、主に季節に応じて熱や空気の流れを調整する性能が求められます(図1.7)。そのため日差しは、冬に暖かく住むためには積極的に取り入れ、夏は涼しく住むために遮ります。また夏は積極的に風を取り入れ涼感を得ます。それらは**ヴァナキュラー建築**と呼ばれる伝統的な建築物が気候・風土によって大きく異なることから見て取れます。現代では、エンベロープの物理環境に関して求められる性能を、エネルギーを必要とする機械(建築設備)で対応することも可能です。持続可能な建築にとって、エンベロープはヴァナキュラー建築で培われた手法を発展させたパッシブデザインを基本として、効率の良い建築設備を利用(アクティブデザイン)することにより、求められる性能を満たしていく必要があります。

ヴァナキュラー建築
(vernacular architecture)

風土的または土着的建築物のこと。

自然環境(地形、材料など)を活用して、気候に適応した地域固有の建築物。

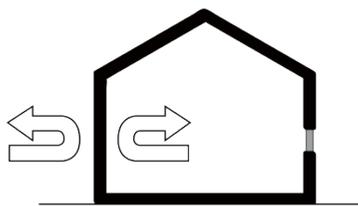


図1.6 熱や空気の流れを遮断する(寒冷な地域の住まい)

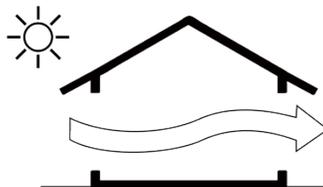


図1.7 熱や空気の流れを調節する(温暖な地域の住まい)

索引

【人物】

F. W. オストワルト	207
江越 充	197
J. J. ギブソン	14
A. P. ギャッギ	83
D. B. ジャッド	212
布村葉子	92
D. A. ノーマン	15
平野勝雅	92
P. O. ファンガー	85
A. H. マンセル	205
米澤 隆	18

【英数】

5つの物理要素	5
ISO 9920	82
ASHRAE (アシュレー)	83
BIM	196
CIE	153
JIS 基準	181
JIS Z 9110:2010: 照明基準総則	186
LED	173
Low-E ガラス	47
VDT	185
SI 基本単位	28, 158
MRT (平均放射温度)	80
NC 曲線	237
PCCS	207
UA 値 (外皮平均熱貫流率)	41
WBGT (湿球黒球温度)	88

【あ】

アクティブデザイン	5
アシュレー (ASHRAE)	83
アスベスト	119
暑さ指数	88
圧力	128

穴あき板	251
アフォーダンス	15
アレルゲン	119
硫黄酸化物	117
硫黄酸化物濃度の測定方法	117
一酸化炭素	115
維持照度	166
位相	223
一酸化炭素濃度の測定方法	116
板状材料	252
色, 色彩	150
色順応	175
ヴァナキュラー建築	9
ウイルス	119
ウィーンの変位則	175
ウェーバーの法則	11
内断熱	37
永久日影	67
エコー	255
演色性	177
演色性の評価	177
煙突効果	137
エンベロープ	7
オクターブバンド	233
屋内統一グレア制限値	166
汚染物質濃度の単位	113
オゾン	117
音の三属性	231
音の強さ	223
音の強さのレベル	225
音圧	220
音圧レベル	225
音響インテンシティレベル	225
音響インテンシティ	223
音響エネルギー密度	224
音響エネルギー密度レベル	226
音響出力	224

音響出力レベル	226	乾き空気の質量表示	100
音響透過損失	240	感覚	10
音響透過率	240	感覚器官	10
音響パワー	224	換気	106
音響パワーレベル	226	換気回数	126
音源	219	換気回数の測定方法	126
温室効果	49	換気効率	127
音速	220	換気による熱損失量	40
温度	28	換気方式	141
温度覚	11	乾球温度	101
温度差換気	128	環境基準	239
温熱6要素	79	環境基本法	238
音波	219	間接照明	150
		完全拡散面	161
		樀体	152
		貫流熱負荷	43
		気温	79
		機械換気	128
【か】		機械換気設備の設置	121
開口部が直列に2つある場合	131	基準光源	177
開口部が並列に2つある場合	130	輝度	158
開口部での圧力損失	129	輝度計	158
外耳	230	輝線スペクトル	178
回折	222	揮発性有機化合物	116
外皮	8	揮発性有機化合物濃度の測定方法	117
外皮性能	8	逆転結露	106
外皮平均熱貫流率 (UA 値)	41	逆二乗則	160, 226
外気熱負荷	43	吸音	249
開放型暖房器具	116	吸音材料	250
拡散音場	253	吸音率	249
拡散日射	71	吸音力	245, 250
拡散反射	185	強制対流	32
カクテルパーティー効果	235	共鳴透過	245
角度の表し方	52	局所換気	143
学校環境衛生基準の改正	122	局部照明	150, 188
可視光線	70	局部的全般照明	188
可照時間	58	均時差	54
化石燃料	6	均斉度	180
桂離宮	16	空気汚染物質	112
カビ	119	空気の密度と温度の関係	138
加法混色と減法混色	202	空気齢	127
カメラを用いた輝度計測	159	屈折	222
ガラスの透過率	170		
ガラス窓の音響透過損失	245		
カラーユニバーサルデザイン	201		
乾き空気	99		

組立単位	155
グレア	183
蛍光体	178
結露	37, 98
検知管法	114
建築化照明	188
建築計画原論	4
建築のライフサイクル	3
建築物衛生法	120
建築物省エネ法	26, 41
顕熱	102
減能グレア	183
コインシデンス効果	243
光線追跡法	195
光束	155
光束伝達法	195
光束発散度	157
光束法	191
公転	51
光度	158
行動性体温調節	78
光膜反射	185
五感	10
黒体	175
固体音	247
コールドドラフト	84

【さ】

細菌	119
最適残響時間	254
雑音	233
錯覚	13
作用温度	83
残響	252
残響時間	252
残響室	254
三等色関数	203
紫外線	70
視覚	10
時角	54
視角の設定	202
視環境	150

視感反射率	204, 206
色彩調査	209
色票	209
湿気	98
地震での波	219
自然換気	128
自然対流	32
自然のポテンシャル	6
室内音圧レベル差	2
湿球黒球温度 (WBGT)	88
湿球温度	101
シックハウス症候群	98
シックビルディング症候群 (シックビル症候群)	98
実効値	223
室内音響	218
質量則	241
自転	51
島日影	67
シミュレーション概要	189
湿り空気	99
湿り空気線図	103
視野	152
遮音	240
遮音等級	247
自由音場	253
嗅覚	10
臭気	117
臭気濃度	118
終日日影	67
終日日影を避ける配置	67
周波数	221
周波数スペクトル	233
シューボックス型	257
純音	233
省エネ基準	41
照度	156
照度均斉度	166
照度計	157
蒸発潜熱	78
照明学会技術基準	181
触覚	10

初期反射音	255
ショートサーキット	127
自律性体温調節	78
視力	164
真菌	119
真空中での音波の伝搬	219
水蒸気分圧	100
水蒸気の移動量(透湿量)	107
推奨照度	166
錐体	152
スカラー照度	182
隙間風	124
ステーブンスのべき法則	12
ステファン・ボルツマンの法則	175
スネルの法則	222
正弦波	223
生態心理学	14
正反射	184
精密騒音計	236
赤外線	71
絶対湿度	100
積分球	156
線音源	226
先行音効果	255
センス・オブ・ワンダー	14
全天空照度	168
全天日射	71
潜熱	102
全熱交換器	141
全般換気	143
全般照明	188
騒音	235
騒音計	236
騒音制御	218
騒音レベル	235
相関色温度	176
総合開口面積	130
総合実効面積	130
総合熱伝達率	33
相対湿度	100
相対濃度測定法	119
相当外気温度	45

相当開口面積	130
測光量	154
外断熱	37
疎密波	220
ソーラーチムニー	140

【た】

大気基準圧	137
大気放射	71
代謝量	77
体性感覚	11
太陽位置図	58
太陽高度	54
太陽赤緯	52
太陽定数	71
太陽方位角	54
対流熱伝達	29
対流熱伝達率	32
多孔質材料	250
タスク・アンビエント照明	188
縦波	219
ダニ	119
たばこ煙	119
断熱	106
断熱材	30
暖房負荷	43
知覚	10
置換換気方式	142
地球環境・建築憲章	3
逐点法	195
窒素酸化物	117
窒素酸化物濃度の測定方法	117
地表面放射	71
着衣量	82
昼間人工照明	150
昼光率	168
中耳	230
中性帯	137
聴覚	10
調湿	106
長波長放射	48
直接音	255

直達日射	71
通風	124
通風輪道内	135
定常状態	50
ディーゼル排気微粒子	118
点音源	226
天球	52
天空率	169
電磁波	151
等価吸音面積	250
等価騒音レベル	237
視感透過率	204
等時間日影線	65
透湿	107
透湿抵抗	107
等ラウドネス曲線	232
特定建築物	120
ドラフト	84
トロンプウォール	51
トーン	208

【な】

内耳	231
内部結露	105
内部熱負荷	43
ナッジ理論	17
夏型結露	106
南中	52
日光定数	171
日光と日射	167
二酸化炭素	114
二酸化炭素濃度の測定方法	114
日射遮蔽係数 SC	46
日射熱取得率 η	46
日射熱負荷	43
二重壁	243
日本建築学会環境規準	118
日本標準時	55
認知	10
熱橋	107
熱中症	26
熱	28

熱貫流	29
熱貫流率	33
熱線吸収ガラス	46
熱線反射ガラス	46
熱損失係数 (Q 値)	41
熱伝導	28
熱伝導率	30
熱負荷	43
熱平衡	76
熱放射	80, 173
熱容量	50
濃度と発生量の単位	125

【は】

ハース効果	255
配光曲線	180
媒質	219
煤塵	118
ハウスダスト	119
発汗	78
薄明視	154
発光効率	174
発光ダイオード	173
パッシブデザイン	5
パスカル	220
波長	221
パラダイムシフト	3
反響	255
反射音	255
比エンタルピー	101
日影曲線	60
光環境	150
光の三原色	202
光のプリズムによる分散	151
比視感度	153
微小粒子状物質	118
微生物	119
必要換気量	125
非定常状態	50
ヒートショック	26
分散型赤外線吸収法	115
標準新有効温度	85

表色系	201
表面結露	105
ファサード	10
風力換気	128
フェヒナーの法則	12
フォトルミネッセンス	174
フォトンマッピング法	196
不快グレア	183
不快指数	84
複合音	233
不飽和湿り空気	104
浮遊粉塵濃度の測定方法	118
浮遊粒子状物質	118
冬型結露	106
フラッターエコー	255
ブランクの放射則	174
ふるえ	78
ブルキンエ現象	154
プレゼントネス	184
分光透過率	204
分光反射率	204
分光分布	177
粉塵	118
平均演色性評価数	166
平均吸音率	250
平均太陽時	54
平均放射温度 (MRT)	80
ベクトル照度	182
ベクトル・スカラー比	182
ベルヌーイの定理	129
方向定位	234
防湿	106
放射熱伝達	29
放射熱伝達率	33
飽和空気	99
飽和湿り空気	99
飽和水蒸気分圧	100
飽和度	100
補色	179
ホルムアルデヒド	116

ホルムアルデヒド検知器	116
ホルムアルデヒド濃度の測定方法	116

【ま】

マスクング	234
マズローの欲求の5段階説	15
真太陽時	54
味覚	10
無響室	254
面積効果	209
盲点	153
モスキート音	232
モデリング	182

【や】

夜間放射	71
床衝撃音	248
余弦則	161
横波	219
予測不満足者率	85
予測平均温冷感申告	85
ラウドネス	231
ラドン	119
ランドルト環	164
ランバートの余弦則	162
理想気体	100
立体角	155
立体角投射率	169
流量係数	130
両耳間相互相関度	257
隣棟間隔L	70
隣棟間隔係数	70
ルーバー照明	186
ルミネッセンス	173
筋起	174
冷房負荷	43
レベルとデシベル	225
露点温度	104
ロングパスエコー	258
ワインヤード型	257

(著者略歴)

小松義典(こまつ よしのり)

1963年 高知県生まれ
1987年 大阪市立大学卒業
1989年 東京工業大学大学院修了
清水建設(株)勤務を経て
現在 名古屋工業大学大学院准教授



渡邊慎一(わたなべ しんいち)

1969年 静岡県生まれ
1991年 名古屋工業大学卒業
大成ユーレック(株)を経て
1999年 名古屋工業大学大学院修了
現在 大同大学教授・副学長



石井 仁(いしい じん)

1970年 長野県生まれ
1994年 名古屋工業大学卒業
1996年 名古屋工業大学大学院修了
(株)PES建築環境設計等を経て
現在 名城大学教授



岡本洋輔(おかもと ようすけ)

1977年 大阪府生まれ
2001年 神戸大学卒業
2007年 熊本大学大学院修了
(国研)産業技術総合研究所を経て
現在 大同大学准教授



石松丈佳(いしまつ たけよし)

1964年 三重県生まれ
1988年 名古屋芸術大学大学卒業
1991年 武蔵野美術大学大学院修了
(株)名古屋三越を経て
現在 名古屋工業大学大学院教授



(執筆分担)

小松義典 (1章-1, 4章)
渡邊慎一 (1章-2, 2章)
石井 仁 (1章-3, 3章)
岡本洋輔 (1章-4, 5章)
石松丈佳 (1章-5, イラスト, 表紙デザイン)

建築の環境 ― 基礎から学ぶ建築環境工学 ―

2022年3月30日 初版第1刷発行

著 作 者 小松義典・渡邊慎一・石井 仁・岡本洋輔・石松丈佳

発 行 者 柴山斐呂子

発 行 所 理工図書株式会社

〒102-0082 東京都千代田区一番町27-2

電話 03-3230-0221(代表) FAX 03-3262-8247

振替口座00180-3-36087番

<http://www.rikohtosho.co.jp>

検印省略

装幀・挿絵 石松丈佳

印刷・製本 藤原印刷株式会社

©小松義典・渡邊慎一・石井 仁・岡本洋輔・石松丈佳 2022 Printed in Japan

ISBN978-4-8446-0916-2

*本書の内容の一部あるいは全部を無断で複写(複製)・コピーすることは、法律で定められた場合を除き著作者および出版者の権利の侵害となりますのでその場合には予め小社あてに許諾を求めてください。

★自然科学書協会会員★工学書協会会員★土木・建築書協会会員