

シリーズ地球環境建築 入門編

Towards the Architecture for a Global Environment

地球環境建築のすすめ

第二版

日本建築学会編

彰国社



「建築は地球環境問題の解決にどれだけ貢献 できるか」

村上 周三*

地球スケールの環境問題といえども、その原因を探っていけば、多くの問題が我々の日々の生活における消費活動にいきつく。地球環境問題にはさまざまなものがあるが、我々の消費文明型の日常生活にともなって発生するさまざまな排出物、廃棄物などが、人口増加と相まって、総体として地球の環境容量を多くの側面で凌駕したというのが地球環境問題の代表的な姿である。

我々の豊かな日常生活を支えている大きな要素として、建築をあげることができる。我が国の建設産業は、我々に豊かな生活の場を提供する代償として日本の全資源消費の約3分の1、全エネルギー消費の約3分の1を占めている。その意味で、建築は地球環境問題に深く関わっており、この問題をここまで進行させたことに関し責任があるといえる。したがって我々は、地球環境問題改善のための努力を払う義務があるし、同時にその改善に貢献し得るところは大きいと考える。我々は、建築分野の抱えるこの責任と義務を真摯に受け止めなければならない。

すなわち今回の出版は、「建築は地球環境問題の解決にどれだけ貢献できるか」という宿題に答えるための企画ということができる。

日本建築学会では、過去15年余りにわたって、地球環境問題に関するさまざまな活動を積極的に展開してきた。上に述べた責任や義務を心に留め、これまでの実績や今後の活動方向を、建築関連団体と共に集約的に取りまとめたものが、2000年に発表した「地球環境・建築憲章」と、その運用指針である。これらは、いわば日本建築学会や建築関連団体が、地球環境問題に今まで以上に真剣に取り組むための決意表明のようなものであった。

この決意表明は、当然のことながら、基本的理念を比較的簡明に記したものである。今回の出版企画は、この理念を建築技術としていかに具体化するかという命題の下にスタートした。その趣旨に従い、本書を筆頭とする地球環境建築シリーズには、日本建築学会における地球環境問題に関する既往の研究蓄積がすべて投入された。

本シリーズは、全部で4巻に及ぶ大部のものであり、本書は「入門編」として巻頭を飾るものである。これに続く〈第2巻：地域環境デザインと継承〉、〈第3巻：資源・エネルギーと建築〉、さらに〈第4巻：建築環境マネジメント〉は専門編である。入門編では、大学初年の学生や専門学校生、可能ならば高校生までを主たる対象として、地球環境問題に新たに関心を抱いた人たちに、地球環境問題と建築との関わりに関する知識をわかりやすく体系的に提示することを目的としている。専門編では、大学高学年、大学院生や企業の技術者等を対象に、地球環境と建築に関わる専門知識の体系を詳しく解説している。

建築分野における地球環境問題に関する研究は、緒に就いてからやっと15年余りが経過したばかりで、まだ若い学問である。したがって、いろいろな学説や理論も発展途上のものが多く、十分定説になりきっていないものが多い。一般に学会の刊行物では、各分野で十分に検討、評価を経た後の定説が紹介されることが普通である。しかし地球環境問題に

関する学問は大変若いので、本書では十分に定説とはなりきっていないが魅力的な新しい考え方も積極的に紹介することにした。これらの新しい考え方が、今後の研究や評価を経て、より確固とした学説、理論に成長することを期待するものである。

今回の出版を通して、地球環境建築の考え方が日本の社会の中に定着し、建築が地球環境問題の解決に貢献することを期待してやまない。さらに、今回の全面改訂という本書の節目にあたり、この21世紀の最重要課題に関する情報発信に対して、これまでも増して社会の各方面から建築学会の活動に対する注文や批判が寄せられることを同時に期待するものである。これこそが、建築学会における今後の地球環境研究の最も大きな刺激となるものと考えられるからである。

* 独立行政法人建築研究所理事長、財団法人建築環境・省エネルギー機構理事長、東京大学名誉教授、元日本建築学会会長、元地球環境委員会委員長

地球環境建築のすすめ

地球環境建築のすすめ 仙田 満……………3

巻頭言

建築は地球環境問題の解決に

どれだけ貢献できるか 村上周三……………4

口絵……………9

第1章 地球環境建築の背景と基本理念

1.1 地球環境と建築、その時代背景……………14

1.1.1 環境問題の変質……………14

1.1.2 サステナビリティをめぐる……………16

1.1.3 建築におけるサステナビリティ……………18

1.1.4 地球環境建築の課題と本書の構成……………20

☆環境と開発に関するリオ・デ・ジャネイロ宣言(1992)……………22

☆気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)

京都議定書の要点……………24

1.2 地球環境建築の基本的視点……………25

1.2.1 グローカル(グローバル+ローカル)な視点……………25

1.2.2 建築デザインの新しいパラダイム……………30

1.2.3 エネルギーの流れと物質の循環……………33

1.2.4 ライフサイクルで考える建築の環境負荷とコスト……………37

☆ライフサイクルアセスメント(LCA)……………39

1.2.5 総合化と協働(コラボレーション)……………42

☆ドイツ・ハウビオロギーの基本概念……………46

☆「持続可能な未来のための相互依存宣言」……………50

☆「環境共生住宅宣言」……………51

☆「地球環境・建築憲章」とその意義……………52

第1章 引用・参考文献など……………59

第2章 地球環境建築のビジョンとつくり方、使い方

2.1 自然や地域や都市とつなぐ……………62

2.1.1 建築と自然をつなぐ……………62

2.1.2 生態系に支えられた重層的な都市・農村環境……………68

2.1.3 自然を組み込んだ入れ子構造の地域環境……………70

2.1.4 都市の自然回復・創造のデザイン……………72

2.1.5 コンパクトシティ……………78

2.1.6 環境との共生を目指す参加と協同の住まいづくり……………84

☆カッセル・エコロジー団地……………88

2.2 エネルギーを大切に……………90

2.2.1 気候風土と省エネルギー……………90

☆日本の地域区分……………93

2.2.2 都市環境と熱、エネルギー……………96

2.2.3 住宅の省エネルギー……………108

2.2.4 住宅の次世代省エネルギー基準……………114

2.2.5 建築(非住宅)の省エネルギー……………118

2.2.6 ライフサイクルエネルギー……………124

2.2.7 パッシブデザイン……………126

☆PLEA(プレア)……………133

2.2.8 アクティブデザイン……………135

2.3 資源を大切に……………139

2.3.1 建築の寿命を延ばし、長く使う……………139

2.3.2 「SI建築」とオープンビルディング……………146

2.3.3 資源の無駄づかいをしない……………148

2.3.4 改修技術……………155

2.3.5 環境と人にやさしい建材を使う……………159

☆「循環型社会形成推進基本法」……………171

2.4 安全と健康……………173

2.4.1 建築を安全につくる……………173

2.4.2 ユニバーサルデザイン……………178

2.4.3 空気質に配慮してつくり、使う……………183

2.4.4 安全で健康に使い続ける……………194

2.5 世代をつなぎ、文化をつなぐ……………195

2.5.1 子どものすこやかな発達と建築・都市環境……………195

2.5.2 良い建築文化を伝える……………203

第2章 引用・参考文献など……………205

第3章 デザイン・プロセスと評価

3.1 地球環境建築のデザイン・プロセスと評価……………208

3.1.1 デザイン・プロセス……………208

3.1.2 建築物の総合的な環境性能評価の枠組み……………211

3.2 立地環境を評価する(プレ・デザインとして)……………215

3.2.1 自然・風土・景観・文化を読む……………215

3.2.2 マッピング……………218

3.2.3 敷地環境を診断する……………221

☆フェノロジー・ガイド(重ね履)……………224

3.3 計画を自ら評価する(デザインとして)……………225

3.3.1 建築の環境性能評価……………225

3.3.2 設計者のための環境性能評価手法……………227

3.3.3 ライフサイクルアセスメント手法……………232

3.3.4 ライフサイクルコスト評価手法……………235

☆GBC(グリーン・ビルディング・チャレンジ)……………236

☆自立循環型住宅への設計ガイドライン……………240

3.4 建築を事後評価する(ポスト・デザインとして)……………248

3.4.1 モニタリング……………248

3.4.2 事後の検証・評価……………251

第3章 引用・参考文献など……………253

第4章 社会システムと建築専門家の役割

4.1 社会の制度としくみ……………256

4.1.1 建築のライフサイクルと環境マネジメント……………256

4.1.2 建築の環境政策……………259

4.2 社会における建築専門家の役割……………262

4.2.1 関連領域の統合化……………262

4.2.2 住民参加のコーディネーション……………266

4.3 世界の潮流と日本のいま……………270

4.3.1 世界各国の現状……………270

4.3.2 日本の現状……………275

☆環境共生住宅認定制度……………280

☆住宅の品質確保の促進等に関する法律……………284

☆住生活基本法・住生活基本計画……………290

4.4 IT革命と建築・都市、暮らし……………292

4.4.1 人口爆発・技術革新・エネルギー消費の増大……………292

4.4.2 IT(情報技術)の出現と環境問題への貢献……………294

4.4.3 ITと都市構造の変革……………296

4.4.4 生産と消費の構造を変革し、環境の負荷を

低減させるIT……………299

4.5 普及をはばむ要因とその解決策……………302

4.5.1 包括的アプローチの必要性……………302

4.5.2 建築に関わる制度的阻害要因とその改革……………304

第4章 引用・参考文献など……………306

結語

地球環境建築を志す人たちに 仙田 満……………307

主要用語解説……………310

編集後記 岩村和夫……………316

自然や地域や 都市とつなぐ

建築と自然をつなぐ

1. 自然のシステムと パターン

1) 自然のシステムの特徴

建築は自然の上に成立する。その自然の特徴を理解することは、建築をつくるものにとっては基

本である。また自然のもつシステムや、かたちをつくる力（造形力）を学びとり、建築のデザインに活かしていく。自然は、個々の構成要素が密接に関係し、持続可能で自己充足的な恒常的システムである。

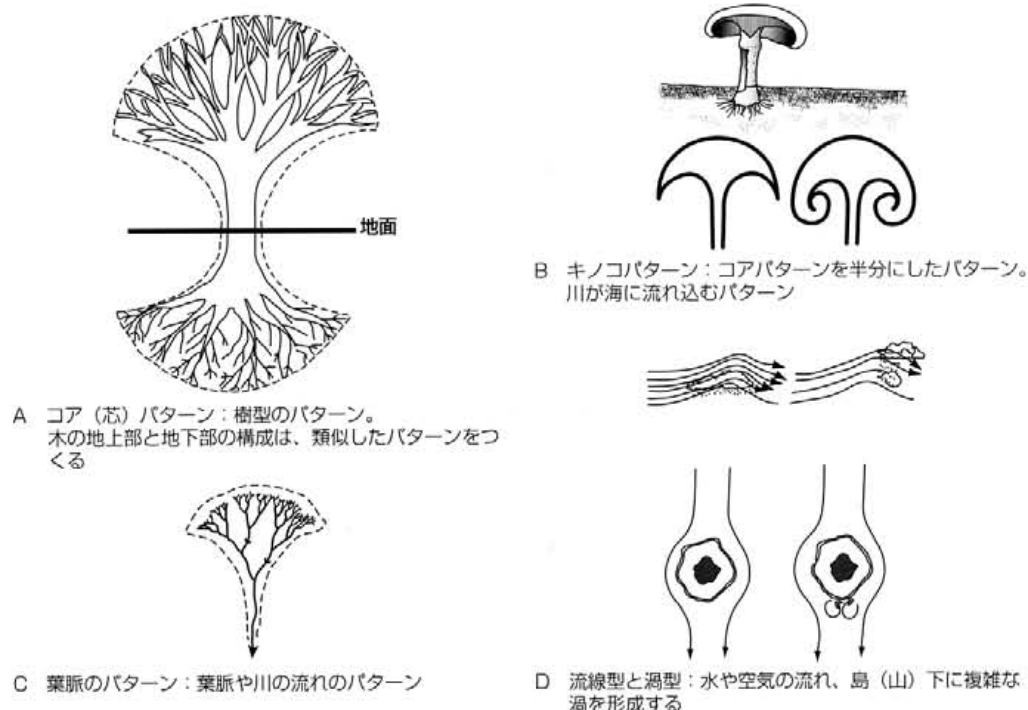


図 1-1-1 自然のパターン事例（文献 2-1 の図を一部修正、糸長・関）

地球の歴史は生物を誕生させ、その生物が多様に関連して成立する複雑な自然生態系を創造してきた。地球上の生物を組み込んだ生態系を動かしている力は、太陽のエネルギー、地球の力（重力）、月の力（潮力）である。特に太陽エネルギーはすべての源である。太陽のエネルギーを巧みに利用してこの自然のシステムは成立している。

自然には部分的なカタストロフィー（破局）もあり、そうした環境変化から、新たな自然の成長がはじまる。人間の生存、人間の生産・生活の行為は、自然を部分的にも人為的に攪乱することであり、自然にカタストロフィーを与える行為であるといえる。建築的行為もまた、そういった行為である。したがって、建築的行為は、そこに維持されてきた自然のシステム、生態系にどのような影響を及ぼすのかを理解した上で、行われていく必要がある。

2) 自然のパターン

自然は、さまざまな姿かたちとして我々の目の前に現れる。個々のかたちは複雑な形態をとっているが、そこには共通する型・パターンを発見することができる。この自然のつくるパターンを、自然の造形力、自然のデザイン力の表現として理解し、我々のデザインに応用することが可能である。自然は、自然環境に即した建築的環境をつくる上での重要なヒントを与えてくれる。

自然のパターンは、太陽の力、地球の力（重力）、水の力、風の力がつくりだすものであり、また、生物が生きるために作り上げてきた棲息のためのパターンでもある。自然のパターンは時間の産物でもあり、それは成長するための骨格となる。

典型的な自然のパターンには、①葉脈の型（木の葉脈の分岐の型、川の流れ、ブドウの房）、②樹型（木と根がつくる形、集散と拡散の組み合わせ、花火の型）、③分散型（藻類、岩にはえた地衣植物、苔の分布）、④網型（地割れ、蜂の巣）、⑤波の型（水面の波、砂丘の風紋）、⑥同心円の型（中心から広がる波紋）、⑦流線型（障害物を乗り越える水の流れ・風の流れ）、⑧渦巻き型（銀河、渦潮、中心から拡散していく流れ、中心に向かう流れ）、⑨放射線型（みかんの切り口）、⑩フラクタル形（自己相似構造をもつ型で、部分が全体に相似しており、海岸線に見られるような複雑な凹凸の型、複雑

なエッジを把握する上で有効な型）などがある。

3) 自然のパターンに学び、デザインする

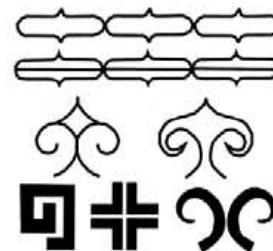


図 1-1-2 アイヌの模様
自然のパターンに類似する

自然のパターンは人類の歴史の中に組み込まれてきた。多様な民族が自然の力を理解し、その力を己のものにしようとした。自然のつくりだすパターンを自然の力の現れとみることにより、人類は多様なパターンを創造してきた。そして、身近な暮らしの環境の中に組み込んできた。自然と共生するデザインは、自然のパターンに学び、それを活かしたデザインである。

また、これらのパターンはシンボルとして表現されてきた。先史時代の洞窟壁画、縄文人やアイヌ人の象形、アボリジニの象形や入れ墨などにそれら自然のパターンを読みとることができる。それらの意味するところは、自然の力をパターンと

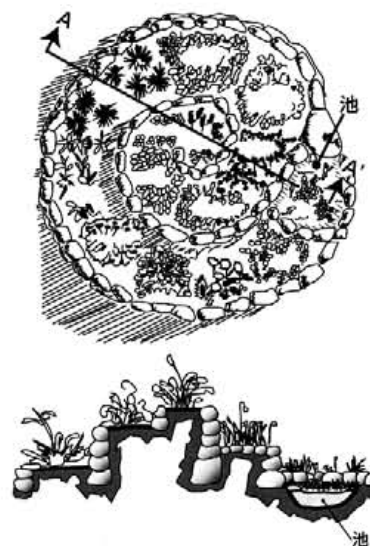


図 1-1-3 スパイラルガーデン（A-A' 断面）
直径 2m × 高さ 1m で渦巻き状の立体。微気候ができ、そこに適した野菜やハーブが生産される（文献 2-1 の図を一部修正、糸長・関）

2.1.1

都市の自然回復・創造のデザイン

1. ビオトープネットワークと
建築、都市

写真1-4-1 ビレッジホームズ (アメリカ、デビス)
建物全体が緑で覆われ、住宅地のビオトープネットワークの一部となっている。

地域環境は地域生態系のつながりの上に成立している。地域生態系はランドスケープ・エコロジーともいわれ、ある一定の地域における地形・地質・水系の基盤の上に形成された地域固有の生態系である。近代化、工業化、都市化という流れの中で、生存が脅かされた生物の保全は、地域的課

題、地球的課題であり、建築や地域計画においても十分な配慮の必要な課題である。このような環境の変化による生物の減少をやわらげ、その保全と再生を目的として地域生態系を捉えるのが、ビオトープの考え方である。

ビオトープとは、「特定の生物群集が生存できるような特定の環境条件を備えた、均質な限られた地域（『生態学辞典』築地書館）」であり、「生物群集、その生存を保障する環境条件、最小の地理的空間単位、の3つの要件が兼ね備わったものである（『地域の生態学』武内和彦）。狭義には小動物の生息空間を指すが、それらが個々に存在するのではなく、地域全体にビオトープネットワークとして存在することが個々の生物の持続的な生存を保障することとなる。

建築物や道路のような人工物による非生物的空間が、地域の生態系に与える影響は大きい。人工物の乱立で、生き物にとって安全な移動や生息空間が破壊され、脅かされてきた。建築物の立地する地域を地域生態系として捉え、これらの自然との共存の上に建築の立地や建築環境がデザイ

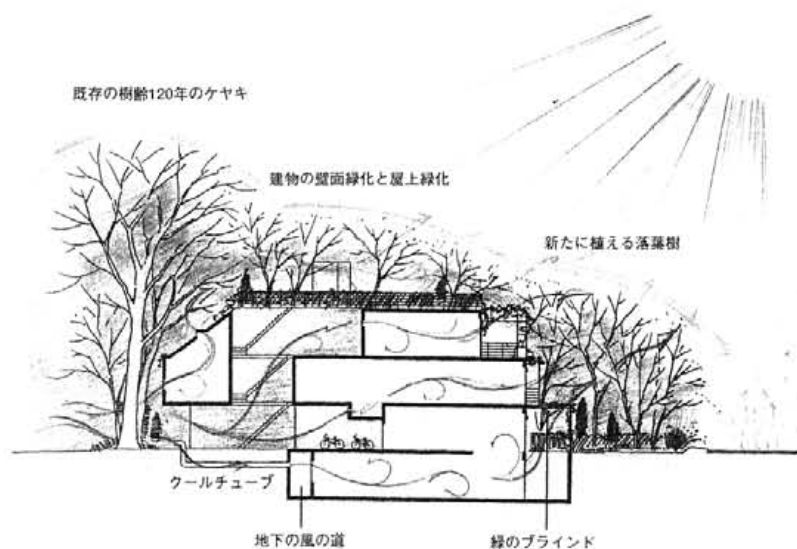


図1-4-1 コーポラティブ住宅「経堂の杜」の緑による快適環境づくり
北側に残したケヤキ並木が夏に冷風を建物に引き込む（図提供：正木寛）

ンされる必要がある。ビオトープネットワークの中に建築を織り込むようなデザインが求められる。建築物が占有する空間が、地域のビオトープを脅かさないようにする配慮や、あるいはもしそれを奪うことになるのであれば、その代償としてのビオトープの提供（ミティゲーションという）をするというデザインも必要となってくる。建物の壁面緑化や屋上緑化、敷地の庭なども、地域のビオトープネットワークを構成する重要な要素としてデザインされることが求められる。これらの緑地空間は、多様な生物のすみかとなる。緑を取り入れた建築的環境を新たにつくることで、地域のビオトープネットワークがより豊かになるようにすべきである。

2. 都市のエコアップと
快適な微気候の創造

地球温暖化問題の大きな原因に都市化がある。世界の人口の半分以上が都市に住み、日本の人口の8割以上が都市に居住する世紀になっている。都市の圧倒的面積を専有する建築のあり方が問われている。都市の中に自然を回復させながら建築することが求められている。都市のエコアップに、建築はどのようにして寄与し、またどのような建築・都市のデザインをしていけばよいのだろうか。

建築物の中や周囲に取り込む自然の要素として主要なものは植物である。植物と共生した建築、都市のデザインが求められる。多様な生物のすみかとなる建築、都市、すなわち「果箱建築」「果箱都市」ともいえる環境を構築することである。多孔質な環境をつくることで、多様な生物の生息可能な環境を提供することになる。

自然界の植物は多層に構成されている。苔類—地は植物—野菜・ハーブの草類—灌木—低木—中木—高木と樹木にからむ蔓性植物などである。また、落葉広葉樹、常緑広葉樹、針葉樹などと分類できる。食料となる野菜、果樹、燃料や建築材として使われる樹木といった分類も可能である。目的によって植物は、建築物や都市に選択的に配置されることとなる。

植物が身近にあることで、うるおいのある環境となる。また、蒸発散や光合成といった植物の生命活動は、周囲に新鮮な冷気を供給し、快適な微気候をつくりだす。建物の南面に植栽された落葉



写真1-4-2 ビオトープのある集合住宅の中庭
デンマーク、オーフス市内。雨水利用の小川のある中庭。建物と中庭のエコアップ再整備事例



写真1-4-3 集合住宅中庭に設置された植物による汚水浄化プラント（バイオワークス）
デンマーク、コーリング。雨水貯留水は便所洗浄水として利用され、住宅内汚水は一次貯留された後、ガラスのピラミッド内のため池で植物浄化され、最後は地下に浸透処理される

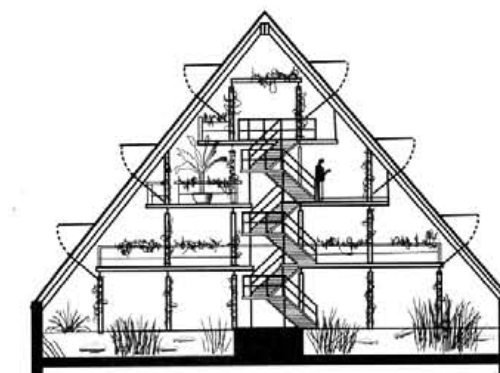


図1-4-2 バイオワークスの断面図
下層の人工ため池の植物で処理された水の一部は、上部の花き栽培用の水としても利用される（文献2-11の図を一部修正、糸長・関）

2.2.7

パッシブデザイン

1. パッシブの意味

室内の気候を調整し、快適な室内空間をつくる方法には、建築的な方法と機械的な方法のふたつがある。暖房や冷房、人工照明設備や空調設備などの人工環境技術は、後者の代表的な例であり、エネルギーの大量供給が可能になった1950年代から急速に普及し、現代建築の発展に貢献してきた。

建築の外からエネルギーをもち込み、機械によって人工的に快適さをつくるこのような技術は、周辺環境がどうであれ、人間が思いどおりに快適空間をつくれる強い技術、能動的な技術であり、人間の居住空間の拡大に貢献してきた。超高層ビルはその代表的な例のひとつである。自然を克服する人間のイメージとも重なり、「アクティブな技術」と呼ぶにふさわしいが、他方でエネルギーの大量消費を招き、地球環境負荷を増大させる原因となった。

それ以前の建築の長い歴史は、囲炉裏や火鉢、ストーブやオンドルのようなエネルギーをもち込

む方法もあったものの、基本的には建築的な工夫によって防寒・防暑対策を行うことがもっぱらであった。世界各地の民家には、地域の気候風土に注意深い配慮をした多様な建築的な手法が見られ、地域性豊かな建築文化を生みだす源ともなっ

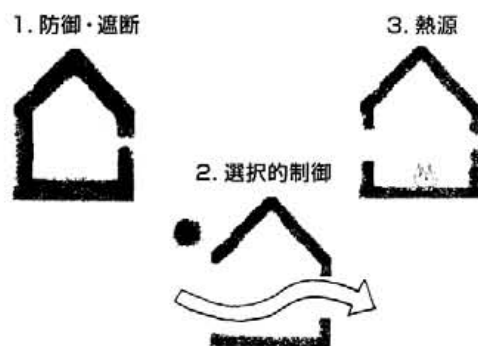


図2-7-1 伝統的な民家における室内気候制御の方法
寒冷地や砂漠のように過酷な気候下では、外界からの遮断が優先され、温暖な地域では、日射や風の利用が積極的に図られる。採暖のために囲炉裏のように熱源が持ち込まれる場合もある。

閉鎖系の住居



a. 寒冷地の住居

豊富な木材資源を前提にした校倉造であるが、気密性を高めるために継目には泥を詰めたり塗ったりして気密性を高める。さらに、板張りの内壁を設け、その間にも泥や木屑を詰めて断熱性を高めることもある。床は、組み床、土間床であるが、土間床の場合にも木を敷き並べた上につくる方法も知られている。

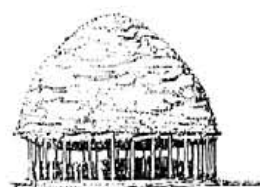
開放系の住居



b. 砂漠の住居

雨がほとんどないので、熱に対する工夫がもっぱらとなる。気温の日較差が大きいため、日乾れんがと泥でつくられた熱容量の大きな壁や屋根の利点も活かしている。気温が35℃以上になると、通風は逆に不快感を招くので、開口部は小さく採光に必要な最低限の大きさの窓を砂漠の方向の反対側に設ける。

開放型の住居——サモアの住居



c. 開放型住居——サモアの住居

熱帯海洋性気候で高温多湿であるが、貿易風が吹くので通風を最大限に利用している。屋根は雨と太陽輻射を避けるため最も重要な部分で、壁はない。吹き込みや目隠しの必要に応じてすだれが降ろされる。床は石を積むことで、湿気を避けながら冷却感が得られる。高温多湿地方では、風通しを良くするため高床も多く用いられる。

図2-7-2 閉鎖系の住居と開放系の住居



写真2-7-1 開放系の民家：沖縄



写真2-7-3 開放的な空間と閉鎖的な空間（オンドル）を併せ持つ民家：安東、韓国

てきた（図2-7-1）。このようなシェルターとしての気候調節性能に改めて現代的な意義を見だし、新しい技術開発の対象としたのが「パッシブデザイン」である。「パッシブ」の直接的な訳語は「受動的」だが、太陽の光や熱、風や気温の変化などの自然のポテンシャルを発見し、その恩恵を享受する技術として、より積極的な意味が込められている。

2. パッシブデザインの特徴

本来、「パッシブな手法」と「アクティブな手法」は相補的な関係にあるが（図2-7-2）、時に相反し、矛盾する場合もある。建物の用途、使われ方



写真2-7-2 閉鎖系の民家：リレハンメル、ノルウェー

（使用者のライフスタイル）などに応じて使い分ける必要がある。

地球環境的な視点から、「パッシブデザイン」の重要性が強調されるのは、その背景として、便利さと快適さを安易に求め、過度にエネルギーに依存して環境負荷を増大させてきた人工環境技術の過去半世紀の歴史に対する反省があるからであ

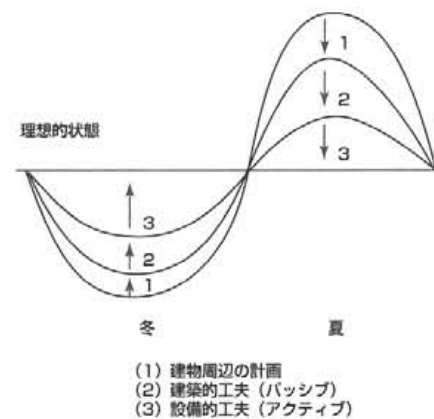


図2-7-3 室内気候制御の計画プロセス

外界の変動を緩和し、快適で安定的な室内気候を得る計画は、建物周辺レベル、建築レベルの順で行い、最後に適切な設備の計画をする。

1 ダイレクトゲイン



2 空気集熱+蓄熱



3 空気集熱+温室+蓄熱



4 壁集熱+空気循環



5 太陽光発電



6 水集熱+蓄熱

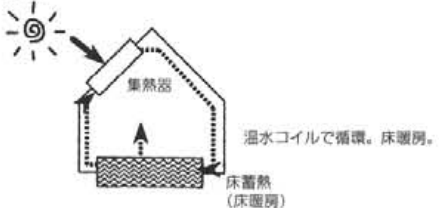


図2-7-5 パッシブソーラー暖房の方式



〈冬〉



〈夏〉

写真2-7-7 蔦植物による日射遮蔽
冬枯れて日射を取り入れ、夏繁茂して遮蔽する植物は、自動制御の日射制御装置でもある。(つくば)

(1) オフィスビルのダブルスキン：ベルリン
通常の窓面の外側全体を覆うガラスルーバーが設けられている。開閉によって通風や日射の調整をする。
写真2-7-8 大型建築のパッシブデザイン
採光、日射熱の遮蔽、通風など複合的な機能を併せもつ外壁や窓のデザインは、大型建築でも積極的に開発、導入されている。



(2) 超高層アトリウム：フランクフルト
建物中央部のアトリウム中心にらせん状にオフィス空間が配置され、自然の光や空気が積極的に取り入れられている超高層ビル。

温度変動を緩和する。熱の移動、蓄熱の形式には多くのバリエーションがある。温室で暖められた空気を、碎石をつめた蓄熱槽や床下土間空間に送って蓄熱する方法の他に、温室に蓄熱部位を付加する方法、温室の空気を直接居室に送って居室内部に蓄熱部位を付加する方法がある(写真2-7-6)。

④空気循環型

空気式集熱器で暖めた空気を循環させる方法。空気式集熱器を暖房空間よりも低い位置に設ければ、自然対流によって熱の移動が可能である。この形式はサーモサイフォンと呼ばれる。空気式集熱器を屋根面に設置すれば、日射取得は容易になるが、空気循環のためのファンが必要になる。蓄熱部位である床下空間と組み合わせて、簡便な暖房システムを構成することができる。室内空気を循環させる方式の他、常に新鮮外気を取り入れる方式もある。また、建物外被(屋根、壁)を二重構造にし、二重壁の間の空気層に空気を循環させる方法もこの方式のバリエーションである。

2) パッシブクーリング(涼房)

パッシブデザインは寒冷地のソーラー暖房からはじまったが、暖房だけにとどまるものではない。夏のための建築的な工夫は「パッシブクーリ

ング」と呼ばれる。「夏を旨」としてきた日本の民家は、もっぱらパッシブクーリングを目的としてきたようにも見え、高温多湿の気候風土に対する巧妙な技法が見られるが、反面、冬の対策に弱点があった。夏と冬のための建築的な工夫の両立が日本のパッシブデザインの課題である。

①遮熱・排熱

パッシブクーリングの第一の原則は、外部から侵入する熱の徹底的な遮断と室内の熱の速やかな排出である。伝統的な民家の大きな茅葺き屋根、深い庇は遮熱の典型的なデザインであった。また、近年の屋根緑化も遮熱のよい例である。茅葺き屋根も屋根緑化も、熱損失を防ぐ断熱の効果は小さく、夏の遮熱と冬の断熱・保温を混同してはならない。窓からの日射の遮断も不可欠である。窓の方位を考慮して適切な日除けのデザインをし、ガラスの選択をする。近年のビルでは、遮熱・排熱の機能を併せもち、かつ冬の集熱機能ももつ高度化した日射制御システムを組み込んだ開口部も増えてきた。また、ビル内の熱を効率良く排出する工夫もある。

②通風・夜間換気

室内の可感気流を増やして皮膚からの熱放散を促進するのが通風の目的である。そのためには室

3.3.3

ライフサイクルアセスメント手法

建築物のライフサイクルを通した環境負荷は、建築的・設備的な省エネルギー対策、環境負荷の少ない材料の選択、長寿命化対策などの環境配慮設計の巧拙によって大きく異なる。設計段階における環境配慮の不備を、それ以降の段階になってから取り返そうとしても限界がある。日本建築学会が1999年11月に公表した建築物のライフサイクルアセスメント(LCA)手法(文献3-18、3-20)は、図3-3-1に示すような手順で環境配慮設計案の環境負荷を定量化し、採用しようとしている案(対策案)の、一般的な設計水準案(基準案)に対する優位性を示すための手法である。計算ソフトは学会のホームページで公開されている。その概要を示す。

1. 設計段階の環境負荷

建築物を設計する際に、空調、照明、OA機器、事務用品などの利用、打合せのための電車、自動車などの利用に伴って、表3-3-1に示すように、さまざまな環境負荷が発生する。この環境負荷原単位は、産業間の経済取引が網羅された産業連関表を利用して算出されたものであり、この値に設計委託金額を乗ずることによって設計段階の環境負荷を計算する。

2. 資材製造段階の環境負荷

コンクリート、鉄筋、鉄骨などの躯体材料、アルミサッシ、ガラス、石膏ボードなどの仕上材料、電気、空調、衛生などの設備機器といった資材の資源採掘から外洋輸送、製造、流通段階において、表3-3-2に示すさまざまな環境負荷が発生する。資材使用量にこれらの環境負荷原単位を乗ずることによって、資源採掘から外洋輸送、製造、流通段階までの環境負荷を計算する。

資材使用量については詳細な図面がない段階でも入力できるように、工事実績統計データを利用したデータベース(文献3-21)からデフォルト値が用意されている。

階高、床荷重、設備スペースのゆとりの確保による機能寿命延伸、構造材料の耐久性向上などによる環境負荷削減効果を検討するために、評価対象期間内(たとえば100年間)に行われる建替工事の回数分だけ、資材製造段階の環境負荷を加算する。

3. 建設段階の環境負荷

建設段階(施工段階)には、工場から持ち込まれた建築資材を現場で組み立てるために使用され

表3-3-1 設計業務、ビル管理業務の環境負荷原単位の一例

	エネルギー MJ/千円	CO ₂ kg-CO ₂ /千円	SO _x g-SO ₂ /千円	NO _x g-NO ₂ /千円	コスト 円/人日
設計業務	23.875	1.597	1.766	3.174	36.677
ビル管理業務	18.487	1.203	1.689	2.960	22.930

注1: 1990年産業連関表を利用した固定資本形成を含み、海外波及を含む環境負荷原単位(文献3-18)
注2: コストは消費税を含む技術者1人1日あたりの単価(1990年価格)

表3-3-2 建築資材、設備機器の環境負荷原単位の一例

	エネルギー MJ/千円	CO ₂ kg-CO ₂ /千円	SO _x g-SO ₂ /千円	NO _x g-NO ₂ /千円	コスト 円/人日
冷凍機・温湿調整装置	104.7	6.724	11.967	18.162	1792.2
電気照明器具	97.5	6.118	9.725	16.275	1849.8
普通鋼型鋼	19.7	1.303	2.517	5.133	71.1
板ガラス	16.3	1.019	1.698	3.647	203.8
合板	16.1	0.975	1.523	2.763	287.0
セメント	4.7	0.839	0.302	1.761	13.7
砂利	0.13	0.009	0.019	0.049	1.7

注1: 1990年産業連関表を利用した固定資本形成を含み、海外波及を含む環境負荷原単位(文献3-18)
注2: コストは消費税を含む技術者1人1日あたりの単価(1990年価格)

る燃料、電力、事務用品、建設機械、現場小屋などの直接的な環境負荷のほかに、建設会社の企業活動に伴う間接的な環境負荷が発生する。これらの環境負荷を設計案ごとに計算する手間は膨大であるため、本書2.2.6節の図2-6-3に示した建物新築時構造別・用途別エネルギー消費構成と同様に作成された、各種環境負荷構成を利用して建設段階の環境負荷を概算する。また、資材製造段階と同様に、建替工事の回数分だけ建設段階の環境負荷を加算する。

4. 運用段階の環境負荷

①空調・換気・照明・給湯などのエネルギー消費
延床面積2000m²以上のホテル、病院、物販店舗、事務所、学校、飲食店舗については、「エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネルギー法)」に基づき、空調、換気、照明、給湯、昇降機のエネルギー消費係数(CEC: Coefficient of Energy Consumption)の計算が義務づけられている。その計算過程で、基準使用条件における電力、ガスなどの年間消費量が算出される(文献3-22)。これらはいずれも手計算できるが、空調エネルギー消費量については、パソコン版の詳細な年間計算プログラム「BECS/CEC/AC for Windows」(文献3-23)、空調システムシミュレーションプログラム「Micro/ACSS」(文献3-24)などが利用できる。また、住宅用としては多数年間熱負荷計算プログラム「SMASH for Windows」(文献3-25)なども利用できる。

さらに、OA機器、給排水ポンプ、厨房の電力、

ガスなどの年間消費量を加算して、表3-3-3に示す環境負荷原単位を乗ずることによって空調、換気、照明、給湯などに伴う環境負荷を算出する。

②上水道・下水道・ごみ処理

上水消費量、下水排水量、紙ごみ、生ごみなどの一般廃棄物量の計算結果に表3-3-3に示す環境負荷原単位を乗ずることによって上水道、下水道、ごみ処理に伴う環境負荷を算出する。

③維持管理

清掃、警備、設備管理などの維持管理業務を行う際に、清掃用品、事務用品、OA機器、作業服、電車、自動車などの利用に伴って、表3-3-1に示すように、さまざまな環境負荷が発生する。この値に維持管理委託金額を乗ずることによって維持管理に伴う環境負荷を計算する。

④経常的修繕

床、壁、天井、建具などの内部仕上、機器、配管などの設備は、経年的に徐々に傷んでくる。2.で設定した建築資材、設備機器の重量に年間修繕率(0.5~2%/年)と、3.で設定した建設に伴う環境負荷の割合を乗ずることによって、修繕に伴う環境負荷を算出する。

5. 改修段階の環境負荷

床・壁・天井、建具などの内部仕上、機器・配管などの設備、屋根・外壁などの外部仕上げは、15~40年ごとに更新される。2.で設定した建築資材、設備機器の重量に、3.で設定した建設に伴う環境負荷の割合を乗じた環境負荷が15~40年

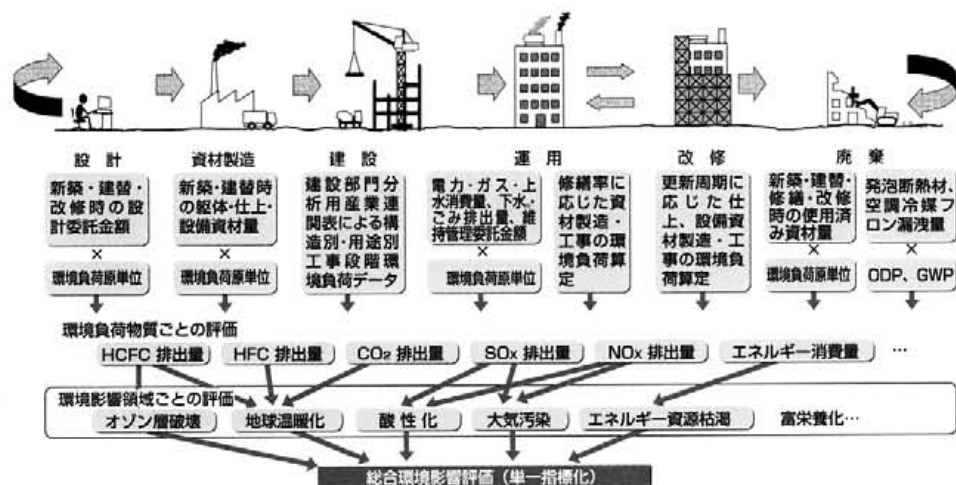


図3-3-1 建築物のライフサイクルアセスメント手法の概要