

シリーズ地球環境建築・専門編 2

# 資源・エネルギーと建築

Building Design for Resource and Energy Efficiency

日本建築学会編  
彰国社

本書作成関係委員（2004年10月現在、五十音順）

【地球環境本委員会】

委員長 仙田 満

幹 事 糸長 浩司 稲田 泰夫 岩村 和夫 木保 信行

委 員 秋山 宏 浅見 泰司 伊香賀 俊治 稲田 達夫 岩田 衛 尾島 俊雄 小玉 祐一郎 佐藤 滋  
下田 吉之 竹下 輝和 外岡 豊 西川 孝夫 西村 幸夫 藤井 修二 松原 斎樹 宮城 俊作  
村上 周三 持田 灯 野城 智也 吉田 鋼市 吉田 倬郎 吉野 博

【地球環境建築編集小委員会】

主 査 村上 周三

幹 事 岩村 和夫

委 員 伊香賀 俊治 糸長 浩司 岩田 衛 小玉 祐一郎 近藤 靖史 仙田 満 角田 誠 西川 孝夫  
野口 貴文 坊垣 和明 三井所 清史 野城 智也

## はじめに

人類が使用する資源やエネルギーの量は、産業革命以降、飛躍的に増加してきました。21世紀を迎え、人口増加と世界規模での「経済発展」によって、その増加の勢いはとどまるところを知りません。過去10年の間に、世界のエネルギー需要は15%増えたといわれています。産業革命以降の250年は、地球の歴史という時間的スケールから見れば、まるで瞬きをする間であるかのように、わずかな時間です。このような短期間に急激に資源やエネルギーを大量に使用することが持続可能であるとはとても思えません。

地球上のエネルギーは、ある意味ではそのほとんどが太陽エネルギーを起源とするといってもよいでしょう。光合成と食物連鎖で生物体の中にストックされた炭素ストックは、数十億年のオーダーをかけて、石油や石炭などの化石エネルギー資源に変換されてきました。水力、風力、波力といった水の営みは、太陽エネルギーが引き起こす風や雨などの局地的な気候現象を起源としています。また種々のバイオマスを起源とするエネルギーも、もともとは光合成や食物連鎖によるものであると考えれば太陽エネルギーなくして形成されざるものです。化石エネルギーと、水力、風力、波力やバイオマスなどのエネルギーの生産に要する時間スケールは異なります。しかし、それが過去の太陽エネルギーを直接間接に変換したものであるという考え方に立つならば、それらの再生産に要する時間に見合うだけのペースでエネルギーや資源を用いていかない限り、人類の文明は立ちゆかなくなってしまうことは明らかです。

しかも、資源・エネルギーの大量使用によって人類が立ちゆかなくなるのは、それが枯渇する時点なのではなく、全地球規模で、もしくは、ある特定地域で枯渇するという見通しを多くの人びとがもつに至った時点で破綻が始まる可能性のあることに留意しなければなりません。

その破綻の最も悲劇的な形は戦争ですが、この本の執筆・編集に起こった世界中の紛争・戦争の中で、資源やエネルギーの争奪とまったく無縁であったもののほうが例外で、その底流には必ずといってよいほど、その争奪が見え隠れします。日本も決して例外ではありません。近年以前にも増して国境や経済水域境界の問題が顕在化しつつあり、国際善隣関係が維持できるのか大いに懸念されるところですが、そこにも資源・エネルギー問題が見え隠れします。

戦争・紛争ほどではないにせよ、枯渇するという見通しは、資源・エネルギーの価格を高騰させて、輸入依存度の高い国の経済や生活を直撃する可能性もあります。日本のエネルギー自給率が約20%で、いわゆる先進工業国の中では飛び抜けて低いこと、そして、イラク戦争以降、その国の政府が発表したエネルギー

需給見通しが前提とする石油価格の上限水準よりも 40%以上高価格の水準が続いていることを考えると、国際的な需給バランスの中で、日本が突然エネルギーに窮乏する可能性はまったくゼロではない、といわざるを得ません。

このように考えれば、資源やエネルギーの使い回しを含めて、そのマクロな使用効率を高めていくことは、人類文明の持続可能性を確保する意味でも、また国際紛争の防止やエネルギーの安定供給という国際関係上のセキュリティの意味でもそして私たちの生活をつつましくも豊かに維持するには極めて重要で、私たちや来るべき世代の未来はまさにこの点にかかっているといっても過言ではありません。

そうはいっても建築分野でできることは限られている、と考える人は少なくありません。しかしながら次の事実を思いうかべれば建築の責任の重いことに気づくでしょう。建築に伴う経済活動で使用される資源使用量は、重量ベースで一国の資源使用量全体の半分に及びます。また、建築分野におけるエネルギー使用量は、一国の約 3分の 1を占めます。建築分野における使用効率の向上を果さない限り、持続可能性も、国際関係上のセキュリティも実現しないのです。まさに建築分野は、相当な蓋然性のある悲劇を回避するためのキャスティングボードを握っている主役だといっても過言ではありません。このような危機感を背景にしてこの本は編まれました。

建築と資源・エネルギーの問題を考えるにあたっていくつか留意すべき点があります。

第一に、建築と資源・エネルギーの問題は、技術的課題であるとともに、社会・経済的課題でもあるということです。言い換えれば単なる技術的アプローチだけでは解決できない課題です。例えば、リサイクルの技術を進展させ活用することは大事なことです。しかしながら、建物が物理的に健全であるにもかかわらず、社会的陳腐化を理由に除却されてしまうことが放置されている限り、資源を効率よく使用していく、という目的は達成できません。そして、その解決策を練ろうとすれば、この問題が、技術的な側面だけでなく、法制度、金融システム、あるいは人びとの通念や価値観など、さまざまな側面に及ぶ問題であることに気づきます。とすれば、私たちは、技術的構想力だけでなく、社会・経済システムや、文化のあり方に対しても構想力を働かせなければなりません。

第二に、建築と資源・エネルギーの問題は、システム境界を常に意識してとりあげるべき課題であるということです。建築単体をシステム境界と考えて、その境界範囲の中でのエネルギー使用量を減らしていく方策を練ることが大切であることはいうまでもありません。しかしながら、例えば、発電の効率が 30%程度であって、発電や送電の過程でのロスが大きいことを考えると、その過程での排熱を利活用できるような街区・団地計画を練っていくことも大いに

意義のあることがわかります。同様に、部材の着脱性や、解体現場での仕分けといった要因よりも、その地域における物質バランスや、材料へのマクロな需要といった要因が、建築の解体材の再利用方法を決定づけることもあります。このように、建築と資源・エネルギーの問題は、木を見て森を見ず、というそしりを受けることのないように、自らの思考の中でのシステム境界を同定し、事と次第ではそれを柔軟に変更して、課題に取り組んでいく柔軟な思考が求められています。

第三に、建築と資源・エネルギーの問題は、「世代間倫理」という思考を私たちに求めています。言い換えれば、資源やエネルギーの使用を伴うあらゆる行為の意思決定においては、「それは果たして次世代の利益になりうるのか」という自問自答する思考方式が求められているのです。いまの資源やエネルギー使用のあり方は、自分たちの世代の豊かさだけを追求しているというそしりを次世代に受けかねないような状況です。しかも、誰もいない部屋の照明を夜中にここうとつけていれば無駄づかいだということは直感的にわかりますが、例えば、機械空調の助けなしには人間が居住できないような建物が飲み込んでいく膨大な化石燃料の量はなかなか直感視できないだけに、現世代は「世代間倫理」に反した建物を造り続けることに何ら痛痒を五感では感じていないように見えます。私たちには、「世代間倫理」という観点から、日常習慣化した思考方法をもう一度問い問を直すことが求められているのです。

第四に、建築と資源・エネルギーの問題には、自然科学的な立場から見れば「不確実性」があることも認識する必要があります。例えば、地球温暖化についても、「地球温暖化は起きていない」とか、「二酸化炭素などの温暖化ガスが現在の気候変化の主要因ではない」と主張する科学者も少なからずいますし、確かに彼らの主張には一定の説得力があります。しかしながら、例えば東京地区で夏期に発生する夕立が、東京は熱帯域に入ったのではないかと思うほど激しくかつ局地的になっていること、しかもその時間当たりの降水量が一定以上あるケースの発生頻度が過去 10年異常に高いことも事実です。ただし、気候学の時間スケールからすれば、それは 10年程度の「短期間」で見られたちょっとした乱れに過ぎないかもしれない可能性もあります。事の本質は、懸念される地球環境の破綻が本当に進行しているかどうかについては「不確実」ではあるが、仮に将来それが科学的に証明されたとしてその時点から対策を打ち始めたとするればそれは手遅れであるということも「確実」であるという点にあります。だとすれば、私たちに求められているのは、不確実であっても、それなりの蓋然性のあるリスクがあれば対策に着手する、という「予防主義的」な思考方法です。

第五に、建築と資源もエネルギーの問題は、能う限り定量的に考えていかねばなりません。例えば、原子力発電所のあり方については賛否さまざまな議論

があります。しかし、原子力は日本の一次エネルギー量の13%以上をカバーしているという量的スケールや、原子力発電所を新設するにせよ、廃炉にするにせよ、それには20年以上かかるという時間的スケールを無視して今後のあり方を考えるのは、あまりに非現実的といわざるを得ません。また、逆に、バイオマス起源のエネルギー賦存量は、日本のエネルギー供給の3～10%にしか相当しません。となると、バイオマス資源の活用の意義を、単にエネルギー利用だけに求めるのではなく、むしろ、そのマテリアル利用も含め、「地産地消」という観点からの多角的多段階利活用を図ることに置くべきだという思考に至らざるを得ません。このように定量的なデータを得ることで、私たちははじめて現実性のある思考ができることも忘れてはなりません。

この本では資源とエネルギーの無駄づかいを避けるための考え方と手法を述べていますが、そのこと自体が目的ではありません。無駄づかいしないことによって得られる、新たな豊かさを実現するためのヒント・手がかりを提供することが本書の目的です。資源・エネルギーの大量使用・大量廃棄を暗黙の前提にした現在の浅薄な豊かさはやがて破綻してしまいます。新しい豊かさは、来るべき世代に犠牲を強いるものではなく、むしろ、次世代にも継承していける豊かさでなければなりません。

このような編著者のそのような思い入れが、少しでも読者の方々と共有できれば大変幸いです。

2004年9月

野城智也

日本建築学会地球環境委員会  
地球環境建築編集小委員会委員

#### 【本文執筆者／執筆担当】

- 青木 茂（あおき しげる）（青木茂建築工房 代表）／第3章コラム②  
 赤井仁志（あかい ひとし）（ユアテック技術開発部、東北文化学園大学 非常勤講師）／第8章8.4  
 赤坂 裕（あかさか ひろし）（鹿児島大学工学部建築学科 教授）／第7章7.2、第7章コラム⑨  
 足永靖信（あしえ やすのぶ）（建築研究所環境研究グループ 上席研究員）／第9章9.2.1  
 安孫子義彦（あびこ よしひこ）（ジェス 代表取締役）／第9章9.3.3  
 荒谷 登（あらたに のぼる）／第6章コラム③  
 安藤邦廣（あんどう くにひろ）（筑波大学大学院人間総合科学研究科 教授）第5章5.2.5  
 飯田哲也（いいた てつなり）（環境エネルギー政策研究所 所長、日本総合研究所 主任研究員）／第10章10.3  
 飯塚 宏（いづか ひろし）（日建設設備設計室）／第3章3.3  
 井関和朗（いせき かずろう）（都市再生機構 技術・コスト管理室設計計画課）／第5章5.2.6  
 伊藤俊之（いとう としゆき）（東京ガスエネルギーソリューション事業部 エンジニアリング推進部）／第10章10.2.3  
 稲田泰夫（いなだ やすお）（大崎総合研究所 所長）／第3章3.2  
 井上 隆（いのうえ たかし）（東京理科大学理工学部建築学科 教授）／第6章6.4、第7章7.3.3  
 岩田 衛（いわた まもる）（神奈川大学工学部建築学科 教授）／第5章5.2.1  
 繪内正道（えない まさみち）（北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 教授）／第10章10.2.7  
 大高一博（おおたか かずひろ）（日建設設備設計部門 代表席）／第8章8.8  
 岡田誠之（おかだ せいし）（東北文化学園大学科学技術学部環境計画工学科 教授）／第8章8.3  
 奥平与人（おくだいら ともひと）（鹿島建設建築管理本部）／第5章5.2.3  
 加藤信介（かとう しんすけ）（東京大学生産技術研究所人間・社会部門 教授）／第7章コラム⑤  
 金子尚志（かねこ なおし）（神戸芸術工科大学芸術工学研究所 特別研究員）／第7章7.6  
 小玉祐一郎（こだま ゆういちろう）（神戸芸術工科大学芸術工学部環境デザイン学科 教授）／第6章6.1、6.2、第7章7.6  
 近藤靖史（こんどう やすし）（武蔵工業大学工学部建築学科 教授）／第7章7.4、第7章コラム⑧、第8章8.1  
 斉藤雅也（さいとう まさや）（札幌市立高等専門学校インダストリアル・デザイン学科建築デザイン 専任講師）／第8章8.1  
 佐藤考一（さとう こういち）（佐藤建築設計室 代表）／第3章3.4  
 佐藤信孝（さとう のぶたか）（日本設計環境・設備設計群）／第8章8.2  
 佐土原聡（さどはら さとる）（横浜国立大学大学院環境情報研究院 教授）／第9章9.3.1  
 島津 護（しまづ まもる）（鹿島建設建築設計本部 顧問）／第5章5.2.7  
 下田吉之（しもだ よしゆき）（大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻 助教授）／第9章9.1.2、9.3.2  
 宿谷昌則（しゅくや まさのり）（武蔵工業大学大学院環境情報学研究科環境情報学専攻 教授）／第6章6.3、第6章コラム④、第7章7.1、7.5  
 鈴木香菜子（すずき かなこ）（東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 博士課程）／第4章4.1  
 須田文隆（すだ ふみたか）（山武 BA 事業企画部）／第8章8.7  
 清家 剛（せいけ つよし）（東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 助教授）／第4章4.1、4.2、4.3.1、4.3.2、4.3.4  
 千田 光（せんだ ひかる）（住友金属工業建設技術部）／第2章2.1.2  
 滝澤 総（たきざわ そう）（日建設設備設計室）／第8章8.5  
 田中俊彦（たなか としひこ）（東京電力省エネルギー推進グループ）／第10章コラム⑩  
 田辺新一（たなべ しんいち）（早稲田大学理工学部建築学科 教授）／第7章コラム⑦  
 角田 誠（つのだ まこと）（東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻 助教授）／第5章5.1  
 手塚貴晴（てづか たかはる）（武蔵工業大学工学部建築学科 助教授）／第5章5.2.4  
 中上英俊（なかがみ ひでとし）（住環境計画研究所 代表取締役所長）／第8章8.6、第9章コラム⑩

|           |   |
|-----------|---|
| はじめに 野城智也 | 3 |
|-----------|---|

## ◎第Ⅰ部

### 資源利用効率の向上

#### 第1章 建築における資源利用モデル

|             |    |
|-------------|----|
| ■第1章 注・参考文献 | 19 |
|-------------|----|

#### 第2章 材料の使い方

|                  |    |
|------------------|----|
| 2.1 建築資材の循環利用    | 20 |
| 2.2 エコマテリアルを活用する | 40 |
| ■第2章 注・参考文献      | 47 |

#### 第3章 既存ストックの活用法

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 3.1 なぜ既存ストックか           | 48 |
| 3.2 既存ストックの物理的性能の向上     | 51 |
| 3.3 既存ストックの環境性能の向上と設備更新 | 58 |
| 3.4 コンバージョンによるストック活用    | 64 |
| ■第3章 注・参考文献             | 67 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| コラム① 既存ストック耐震性向上のマクロ的意義 | 68 |
| コラム② リファイン建築            | 70 |

#### 第4章 建築解体方法の革新

|                  |     |
|------------------|-----|
| 4.1 建築解体の現状と課題   | 72  |
| 4.2 建築解体革新のための方策 | 81  |
| 4.3 これからの建築解体技術  | 87  |
| 4.4 ゼロエミッション     | 97  |
| ■第4章 注・参考文献      | 105 |

#### 第5章 資源利用効率に配慮した設計例

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 5.1 資源利用効率と建築デザイン  | 106 |
| 5.2 資源利用効率に配慮した設計例 | 108 |
| ■第5章 注・参考文献        | 130 |

## ◎第Ⅱ部

### エネルギーの有効利用

#### パッシブデザインとアクティブデザイン

131

#### 第6章 環境制御装置としての建築

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 6.1 パッシブデザインとアクティブデザイン | 132 |
| 6.2 風土と建築              | 139 |
| 6.3 建築設備の歴史            | 147 |
| 6.4 建築におけるエネルギー消費      | 155 |
| ■第6章 注・参考文献            | 159 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| コラム③ ライフスタイルの変遷と転換 | 160 |
| コラム④ エクセルギー        | 163 |

#### 第7章 建築計画と省エネルギー

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 7.1 省エネルギーの原則         | 166 |
| 7.2 建築計画の際に考慮すべき気象要素  | 173 |
| 7.3 熱環境計画             | 177 |
| 7.4 空気環境計画            | 188 |
| 7.5 光環境計画             | 200 |
| 7.6 省エネルギーに配慮した建築計画の例 | 208 |
| ■第7章 注・参考文献           | 218 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| コラム⑤ シミュレーション技術                   | 220 |
| コラム⑥ フロン系発泡剤を用いた断熱材の省エネ効果と地球温暖化影響 | 222 |
| コラム⑦ 空気質と健康                       | 227 |
| コラム⑧ クールルーフによる省エネルギーと都市温暖化防止の可能性  | 229 |
| コラム⑨ 気象データの応用と課題                  | 233 |

#### 第8章 建築設備と省エネルギー

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 8.1 アクティブデザインの要素技術としての建築設備 | 236 |
| 8.2 空調設備の省エネルギー            | 238 |
| 8.3 衛生設備の省エネルギー            | 251 |
| 8.4 給湯設備の省エネルギー            | 255 |
| 8.5 電気設備の省エネルギー            | 259 |
| 8.6 家電機器の省エネルギー            | 266 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 8.7 運用・管理における省エネルギー     | 271 |
| 8.8 省エネルギーに配慮した建築設備計画の例 | 275 |
| ■第8章 注・参考文献             | 284 |

#### 第9章 都市・地域計画と省エネルギー

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 9.1 都市のシステム計画の意義   | 286 |
| 9.2 土地利用と省エネルギー    | 294 |
| 9.3 都市設備と省資源・エネルギー | 303 |
| ■第9章 注・参考文献        | 313 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| コラム⑩ 電力供給事業の自由化・規制緩和の動向 | 314 |
|-------------------------|-----|

#### 第10章 新エネルギーの利用

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 10.1 新エネルギーの意義と現状  | 318 |
| 10.2 新エネルギーの利用技術   | 321 |
| 10.3 新エネルギーの普及に向けて | 345 |
| ■第10章 注・参考文献       | 347 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| コラム⑪ BIPV建築の先進事例       | 349 |
| コラム⑫ グリーン電力制度          | 356 |
| コラム⑬ 持続可能な地域づくりと新エネルギー | 358 |

|           |     |
|-----------|-----|
| 索引        | 364 |
| 編集後記 野城智也 | 374 |

## 2. 完全リサイクル住宅

### 1) 建物のリユースとリサイクル

地球環境建築を実践していくうえで、建設時および更新解体時にかかわる産業廃棄物の削減は重要な課題の1つである。建物の分別解体と部材の再資源化を徹底するには現状の建物の設計、工法、建材供給の社会システムなど、さまざまな面で根本的に変えていく必要がある。

ここでは、長寿命化とリユース・リサイクルを徹底的に追求した2棟の実験住宅の紹介を通して、資源利用効率に配慮した住宅設計のあり方について考える。

### 2) 住宅のリユース・リサイクル実験

#### ①完全リサイクル住宅

早稲田大学理工学部尾島研究室では、部材の80%以上をリユース・リサイクルするとともに、エネルギー・水・廃棄物など生活時における環境負荷を低減する設備システムと生活様式の確立をめざした実験住宅「完全リサイクル住宅 (PRH=Perfect Recycle House)」の試作を行った。本モデル住宅は素材と工法の異なる2タイプからなる。1棟は日本古来の木造軸組民家型工法と、自然生態系と融合し

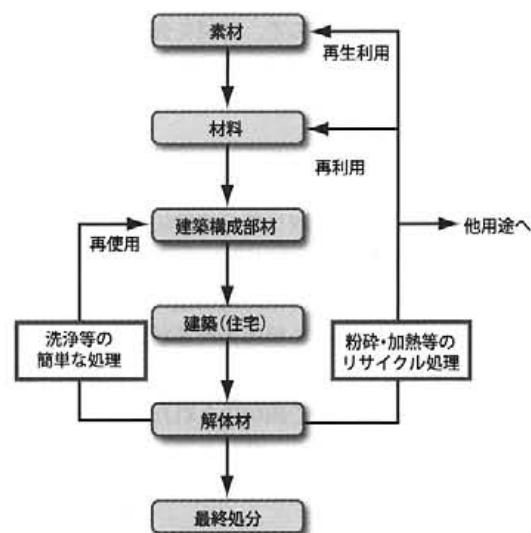


図 5-2-5 建材リサイクルの流れ

た生活様式をベースにしたリユース型住宅 W-PRH であり、富山県上新川郡大山町に建設した。もう1棟は重量鉄骨造の工業化住宅で、建物の全部材が産業連鎖系の中で循環するリサイクル型住宅 S-PRH であり、福岡県北九州市に建設した。

#### ② PRH の考え方

今日の住宅の平均耐用年数は 20～30 年であり、除却時にはその部材のほとんどが建設廃棄物として処理されている。建材リサイクルの流れを細かく分けると、再使用 (リユース)、再利用、再生利用に分類することができるが (図 5-2-5)、飲料容器業界等ではすでに再使用や再利用が徹底されている一方で、建設業界では古材の再使用は特殊例であり、再利用や再生利用もごく一部でしか行われていない状況である。

これは、一定周期のスクラップアンドビルドを前提とした耐久性に不十分な部材の使用のために耐用年数が短いことや、工期短縮・コスト削減のための接着剤等の多用により、解体時に廃棄物の分別が困難であることが大きな要因である。これを改善し建物自体の循環系を形成するために、①高耐久性をもち、かつ解体後もまずはリユース (再利用)、耐久年数経過後でもリサイクルの可能な部材の使用、②解体の容易な構法の採用・開発、以上2点の実践を行った。

なお、PRH 研究では、構成素材別の LCA 評価や生活時の環境負荷削減手法の試作・実験も行っているが、ここでは主に建築設計・施工面の取組みについて紹介する。

#### ③ 2 タイプの PRH

##### (1) リユース型住宅 W-PRH の考え方

かつての日本の住宅は、手入れをしながら長く住み続けていたばかりでなく、家を「解い」て移築し、別の場所での部材の再利用が数多く行われていた。W-PRH は日本古来の伝統工法にならい、天然素材の建材のみを使用し、継手・仕口を使った接合により解体・リユースを容易としたモデル住宅である。生活時については敷地内の杉林や土壌も設備システムの一部として考え、自然エネルギーも活用してできるかぎり敷地内で循環させることを目的としている。図 5-2-6 に敷地レベルの自然生態系を利用した W-PRH の資源循環概念図を、写 5-2-6 に W-PRH 外観写真を示す。

##### (2) リサイクル型住宅 S-PRH の考え方

現在普及している多くの工業化住宅は、建設時の合理化は徹底しているが寿命が 20～30 年と短く、ミンチ解体によりそのほとんどが混合廃棄物となっている。S-PRH は設計時から解体・分別を考慮し、同素材でのリサイクルが可能な建材のみを使用し、接着剤を使用しない乾式工法により建材のリサイクルを徹底したモデル住宅である。これら建材は広域のリサイクルプラントを介して循環し、生活時は先端的な設備によりできる限り建物内での供給処理を行うことを目的としている。図 5-2-7 に広域レベルの産業連鎖系に組み込まれた S-PRH の資源循環概念図を、写 5-2-7 に S-PRH 外観写真を示す。

### 3) 木造完全リサイクル住宅 W-PRH

#### ①建築設計

W-PRH は森林資源の豊富な中山間地域に立地す

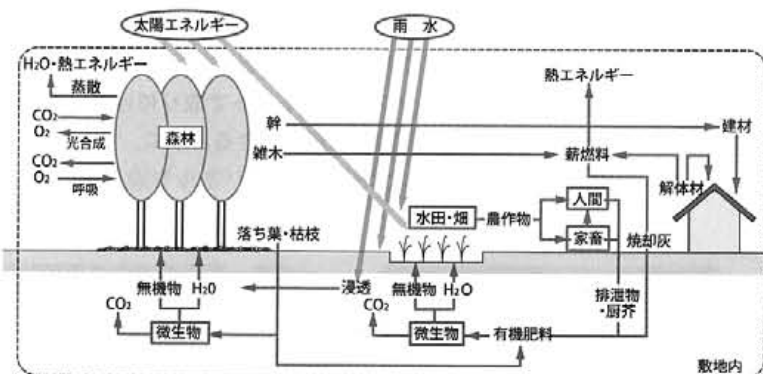


図 5-2-6 W-PRH の資源循環概念図



写 5-2-6 W-PRH 外観

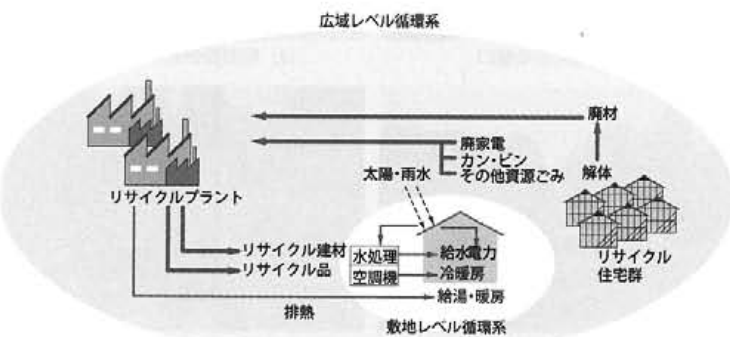


図 5-2-7 S-PRH の資源循環概念図



写 5-2-7 S-PRH 外観

る戸建住宅として、富山県上新川郡大山町に建設した。木造軸組民家型工法2階建、延床面積 254.80 m<sup>2</sup>である。1998年11月の新築完成後約1年半の生活実験を行った後解体し、2001年6月に再築が完成した。部位別の主な特徴を以下に挙げる。

(1) 構造……大断面木材利用と高床式・基礎の軟弱結により長寿命化を図るとともに、伝統工法の継手・仕口を使用した木組みにより、解体・分離の簡素化とリユース率向上を図った。

(2) 素材……廃棄後も自然に還る天然素材の使用を徹底し、木材、瓦、天然石、土、漆喰といった建材に加えて、塗装には柿渋とベンガラ、断熱材には粉殻を使用した。

(3) 外装……解体・移築を容易にするために粉殻断熱材入りの壁パネルおよび屋根パネルを製作して使用し、真壁造による土壁塗り・漆喰仕上げにより耐久性向上を図った。

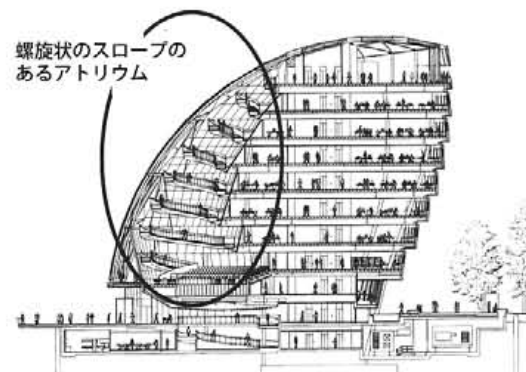
## 事例⑤：

## エネルギー負荷低減＞日射調整＞庇

## ■GLA Building

[ノーマン・フォスター、2002年、ロンドン]

テムズ川サウスバンク地区に建つ庁舎である。特徴的な建築形態は日射による熱取得が最小になるよう計画されている。球体は、体積に対して最も表面積が少ないジオメトリーである。このことから熱損失が最小化できる球体をベースに、日射の偏りを考慮して南側に傾斜変形させることで建物の形態が決定されている。オーバーハングした南側は、庇の原理で日射を遮り、北側の傾斜面は熱負荷の生じる表面積を最小限に抑える。自然光は北側のガラス面から柔らかな間接光として取り入れられ、螺旋状のスロープが巡るアトリウムを介してオフィス全体に行きわたる。ファサードの最下部と最上部を開放することで、アトリウムは煙突効果による自然換気にも利用される(図7-6-5)。



東西断面図(提供: Arup)



図7-6-5 GLA Building (熱緩衝帯、ルーバー日光利用、自然換気、利用域空調、エネルギー消費予測)

## 事例⑥：

## エネルギー負荷低減＞日射調整＞屋上緑化

## ■アクロス福岡

[日本設計・竹中工務店・エミリオ・アンバース、2000年、福岡市中央区]

天神中央公園に隣接する敷地の全体が都市公園の一部となることをめざして計画されたオフィスビルである。南側の公園と連続したオープンスペースをつくるために、10万m<sup>2</sup>建物のボリュームの約4割を地下空間とし、地上1階から約60mの高さにある屋上までを緑豊かなステップガーデンとしている。ステップガーデンの屋上緑化は、都市部におけるヒートアイランドの抑制だけでなく、大気汚染の抑制、雨水の貯留効果、建築自体の空調負荷削減などによる省エネルギー効果をめざしている。ステップガーデンは、建物を1つの山と見立て、四季折々の自然の変化を視覚的に楽しめるような都市景観上のランドスケープとなっている(図7-6-6)。

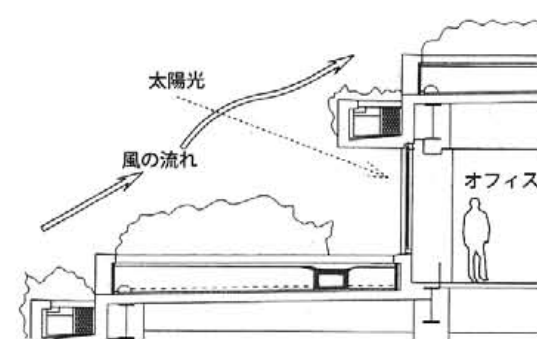
ステップガーデン断面詳細図  
(出典：日本建築学会編『建築設計資料集成 総合編』丸善、2001年)

図7-6-6 アクロス福岡(日光利用。写真撮影：和木通)

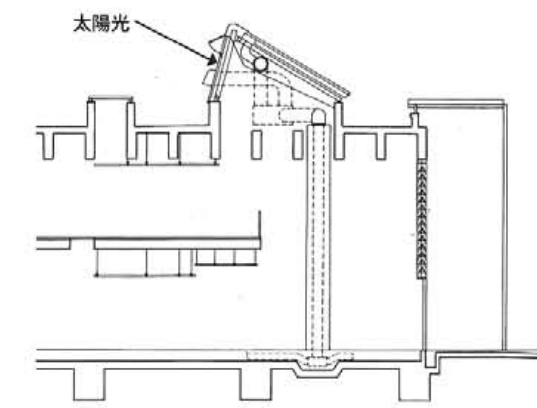
## 事例⑦：

## 自然エネルギー＞太陽熱利用＞パッシブソーラー

## ■宮城県立迫桜高等学校

[C+A、小嶋一浩、2001年、宮城県栗原郡]

総合学科高校では生徒が独自に科目を選択してカリキュラムを組み立てるため、移動や空き時間などができる。FLA(フレキシブル・ラーニング・エリア)と呼ばれる空間は、その時間を過ごす場所として計画された。通常の学校では廊下にあたる部分であり、暖房されることはない。ここではFLAがある廊下を含めた空間を、太陽熱を利用して温風床暖房することを可能にしている。すべての施設を2階建ての校舎に分散することで大きな屋根集熱面積を確保し、広い範囲の床暖房を可能にしている(図7-6-7)。



南北断面図

図7-6-7 宮城県立迫桜高等学校  
(ルーバー、自然換気、太陽電池。写真撮影：和木通)

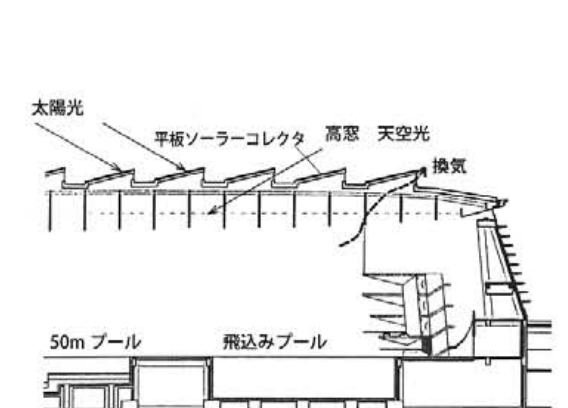
## 事例⑧：

## 自然エネルギー＞太陽熱利用＞パッシブソーラー

## ■西京極アクアアリーナ

[環境デザイン研究所、団紀彦建築設計事務所、2002年、京都市右京区]

ランドスケープと建築が立体的にデザインされた屋内プール施設。メインプール棟の屋上には694枚の太陽熱集熱器が南向きに約20度傾けて載せられている。太陽熱集熱器の貯水槽は低温槽、中温槽、高温槽の3つに分けて設けられ、太陽エネルギーが少ないときでも有効に利用できる。また、サブプールの屋上には太陽電池が設置され、最大70kWの電力を発電する。太陽熱集熱器・太陽電池の下は、北側から自然採光を確保するとともに、西日を遮り、通風を行うための装置としても機能している。設備を付加しただけの形態でなく、太陽熱、太陽光利用が建築と一体となったデザインとなっている(図7-6-8)。



メインプール断面図

図7-6-8 西京極アクアアリーナ  
(ルーバー、屋上緑化、自然換気。写真提供：環境デザイン研究所)

## 3) 適風環境

これまでの、都市の風通しの向上によるメリットを述べてきたが、過剰な風速増加はビル風や冬季の屋外環境の悪化をもたらす。したがって、適度な風通しの向上が求められる。風が強すぎもせず、弱すぎもしない状態を「適風環境」と呼ぶが<sup>10)</sup>、「適風」の範囲は気温により変化する。

図9-2-8は気温と適風範囲の関係を示したものである<sup>10)</sup>。気温が上昇するに従い、「適風」範囲の上限の風速は増加する。これは、風通しが夏季には温熱快適性の改善に寄与するためである。

## 4) 市街地の風通しとグロス建ぺい率

図9-2-9は実在する住宅地を対象とした風洞実験

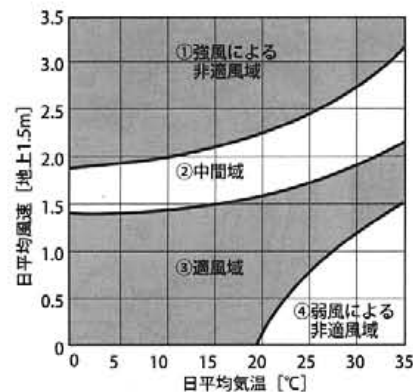


図9-2-8 「適風」「非適風」に関する風速と気温の関係  
(出典：村上周三・森川泰成「気温の影響を考慮した風環境評価尺度に関する研究—日平均風速と日平均気温に基づく適風、非適風の設定—」『日本建築学会計画系論文報告集』第358号、1985年12月)

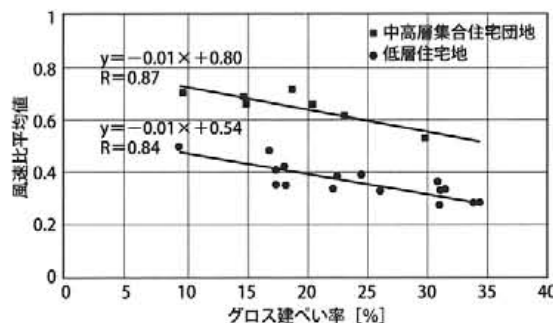


図9-2-9 住宅地のグロス建ぺい率と風速比平均値の関係  
(出典：久保田徹・三浦昌生・富永禎秀・持田「風通しを考慮した住宅地計画のための全国主要都市におけるグロス建ぺい率の基準値—建築群の配置・集合形態が地域的な風通しに及ぼす影響—」『日本建築学会計画系論文報告集』第556号、2002年6月)

により得られた、地区内の歩行者レベルの平均風速と地区のグロス建ぺい率の関係を示したものである<sup>11)</sup>。この図の縦軸は市街地に流入する風速に対する市街地内平均風速の比である。グロス建ぺい率が増えるに従って、平均風速が低下する傾向が極めて明瞭である。また、図中のプロットを中高層集合住宅地と低層住宅地に分けると、同じ建ぺい率の場合、中高層住宅で構成される市街地のほうが低層住宅地の場合よりはるかに風通しがよいという傾向が見られる。これは、低層市街地に比べて中高層市街地のほうが建物配置にまとまりがあり、風通しを確保するうえで重要なオープンスペースの連続性が確保されやすい結果と考えられる。

5) 適風環境を実現するための住宅地のグロス建ぺい率の基準値<sup>11)</sup>

わが国には風が強い地域もあれば弱い地域もあり、気温の地域差も大きい。表9-2-2は、このような各都市の気候条件の差を考慮して、市街地の歩行者レベルの平均風速が図9-2-8に示した適風域に収まるためのグロス建ぺい率の範囲を、各都市ごとに求めた結果である<sup>11)</sup>。わが国の気候条件は多様であり、この表からわかるように、「適風」を実現するための条件も地域により大きく異なっている。このことは、各地域の気候条件を配慮した計画が必要であることを示している。

(持田)

表9-2-2 風通しを考慮した住宅地計画のための全国主要都市におけるグロス建ぺい率の基準値 (グロス建ぺい率10～35%の地区を対象とした場合)  
(出典：図9-2-9と同じ)

|        | 夏季 (8月) |           | 冬季 (2月) |           |
|--------|---------|-----------|---------|-----------|
|        | 低層住宅地   | 中高層集合住宅団地 | 低層住宅地   | 中高層集合住宅団地 |
| 1. 札幌  | 適       | 適         | 適       | 適         |
| 2. 仙台  | 適       | 適         | 適       | 19%以上     |
| 3. 新潟  | 29%以下   | 適         | 16%以上   | 不適        |
| 4. 金沢  | 不適      | 適         | 適       | 15%以上     |
| 5. 東京  | 12%以下   | 適         | 適       | 適         |
| 6. 大阪  | 20%以下   | 適         | 適       | 11%以上     |
| 7. 福岡  | 22%以下   | 適         | 適       | 20%以上     |
| 8. 鹿児島 | 25%以下   | 適         | 適       | 13%以上     |
| 9. 那覇  | 適       | 29%以上     | 適       | 不適        |

適：グロス建ぺい率10～35%の範囲ではすべて適風となる  
不適：グロス建ぺい率10～35%の範囲ではすべて非適風となる

## 9.3 — 都市設備と省資源・エネルギー

## 1. 地域エネルギー供給システム

## 1) 地域エネルギー供給システムとは

地域エネルギー供給システムとは、地域冷暖房を伴うエネルギー供給システムのことである。地域冷暖房は1ヵ所または数カ所のプラントから複数の建物に配管を通して冷水・温水・蒸気などを送って冷房・暖房・給湯を行うシステムで、比較的高密度に建物が建つ地域に適している。この地域冷暖房の熱源には表9-3-1に示すように、電気やガスなどの専用熱源、工場、ごみ焼却場の排熱、河川水や海水

の熱などの未利用エネルギー、熱と電気を同時に発生させるコージェネレーションを熱源とするものなどがあり、これらの熱源利用システムを含めて、地域エネルギー供給システムと呼ぶ。

欧米では地域暖房の歴史が100年以上に及ぶが、

表9-3-1 地域冷暖房の熱源システム

| 熱源システム     | 内 容                                        |
|------------|--------------------------------------------|
| 専用熱源       | 電気、ガス、化石燃料などを使うもの                          |
| 未利用エネルギー   | 工場・ごみ焼却場・変電所・下水などの排熱、河川水・海水などの環境中の熱などを使うもの |
| コージェネレーション | 熱と電気を同時に発生させるシステムを使うもの                     |

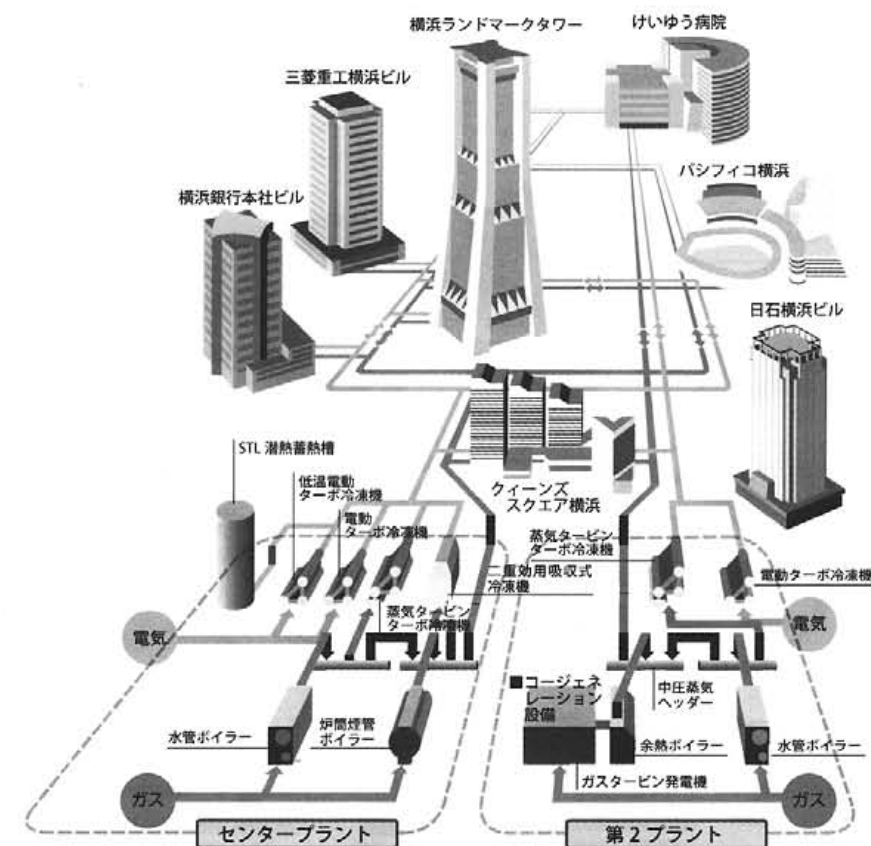


図9-3-1 みなとみらい21地区システム模式図  
(出典：みなとみらい21中央地区パンフレット)