

建築物の省資源・省エネルギー

Energy and Resource Conservation in Buildings

小 玉 祐 一 郎*

Yuichiro Kodama

1. はじめに

地球温暖化という現象を通して、われわれの社会の持続可能性が「地球温暖化ガス排出量」という具体的な指標で示されるようになった。指標を求めるプロセスに関して多くの議論があるが、建築分野においても「地球温暖化ガス排出量」をベースにした実践的な対策が論じられるようになった。ワールドウォッチ研究所のレスターブラウンが「持続可能な社会」という言葉を使ってから、すでに16年経過していることになる。昨年12月の京都会議における国際的な利害の衝突はまだ生々しい印象として残る。思ったほどに環境負荷の低減対策が進まない状況に苦慮しているのは日本だけではないようである。

さて、建設関連分野からの地球温暖化ガスの排出は、わが国の全排出量のおよそ4割を占めるといわれる。そのうちの4分の3が建築分野からで、4分の1が土木分野からである。建築が多いのは建物の使用にともなうエネルギー消費が多いためである。まず、暖房・冷房、空調や照明の省エネルギーが重要といわれるのはこの理由による。住宅をみると、その消費エネルギーの30%が暖冷房、40%が給湯のためで、なお漸増傾向にある。これらはライフスタイルの影響が大きいため、その変更をも射程に入れた対策が必要とする意見も多い。また、建設関連分野からの排出量に含まれるわけではないが、日常生活に関連の深い車やごみの問題もコミュニティづくり、街づくりに大いに関連する。ちなみに、一世帯あたりの光熱エネルギーと自家用車の燃料エネルギーの比は10:4である。個々の建物の光熱エネルギーの削減とともに車を使わないコミュニティ、都市の計画の重要性も認識されなければならない。ライフスタイルやコミュニティのありかたは将来の環境

設計画に大きな影響を及ぼす。現状のトレンドの予測、対策だけでは長期的な対応を誤る危険性もある。現実には即した緻密な対応と長期的な展望に基づく目標の双方からのアプローチが求められる。

2. 環境負荷のライフサイクルアナリシス

建築分野のライフサイクルアナリシス(LCA)の研究はここ数年間で著しく進んだ。建物の建設から、使用、改修、廃棄に至るまで、建物の一生を通じて消費されるエネルギー量や排出される炭酸ガス量で、建物の環境負荷を評価する分析手法である。国際的にも活発な研究交流がされるようになった。そこから得られた低環境負荷建築の原則を、効果の大きい順に3つ挙げると次のようになる。

- 1) 建物の使用に伴うエネルギー消費を減らすこと。
- 2) 建物の物理的、社会的耐用年数を伸ばすこと。
- 3) 建設に際して環境負荷の小さい材料を選択し、かつ再利用、再生使用すること。

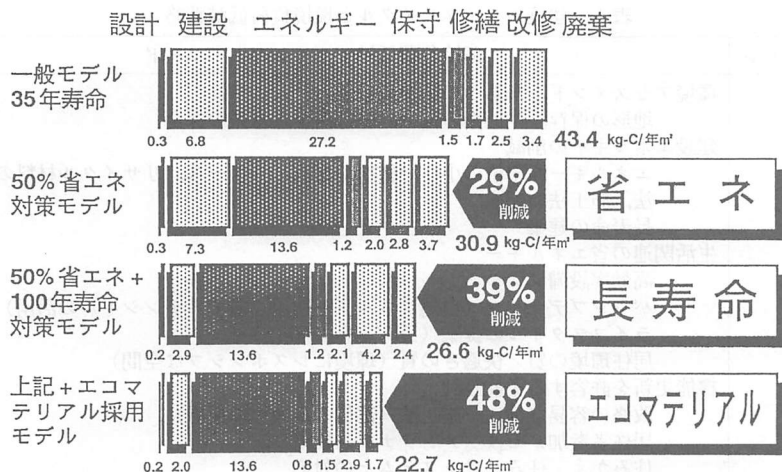
オフィスビルを例として、上記の項目の効果を検討した結果が図-1である。一方、LCAの研究が進みむほどに、いくつかの課題も顕在化してきた。

そのひとつは、建築材料生産のエネルギー原単位(embodied energy)に関わる問題である。物の流通が国際化すればするほど、物がどこで生産されたか、つまりはどこで環境負荷を発生させたかが大きな問題とならざるを得ない。製品の最終的な使用者が、副産物として発生した環境負荷の責任をもとるとする受益者負担の原則からすれば、ユーザーは生産地の環境負荷に対して責任があることになる。

ふたつめの問題はライフサイクルアナリシスの結果をどのように現実に反映させるかという課題である。ライフサイクルアナリシスのツールを個別の建築に適用するにはあまり複雑であってはならないし、他方、正確さを求めようとすれば複雑にならざるを得ないというらみがある。また、地球温暖化ガスの正確な予測も大

* 神戸芸術工科大学環境デザイン学科教授

〒651-2103 兵庫県神戸市西区学園西町8-1-1



オフィスのライフサイクルCO₂試算例：35年の寿命の一般的なオフィスビルに対して、(1) 50%の省エネルギーをした場合、(2) さらにビルの寿命を100年延ばした場合、(3) さらに環境負荷の少ないエコマテリアルを使用した場合の炭酸ガス削減効果を示す。(資料提供：伊香俊俊治)

図-1 オフィスのライフサイクルCO₂試算例

事だが、自然の保全や生活空間の質といったかならずしも定量的に示されない価値を除外しては意味がないという意見も増えてきた。環境負荷を減らすのはもちろん重要であるが、そのようにして形成される環境の質とのトレードオフも評価の対象にしようという発想である。これに対して、LCAツールを精緻化し、カバーできる範囲を拡大すればいずれ解決されるとする意見もあるが、別の角度から総合的な評価システムを新たに開発したほうがよいとする意見も強い。1998年10月にカナダのバンクーバーで開催される予定のGB C (Green Building Challenge) 会議は後者の立場に立つ野心的な試みである。参加各国のチームが共同で国際的な統一の評価枠組み作成をする一方で、地域性への配慮がどのように評価に影響するかも検討されている。

もっと現実的だが、3番目の問題としては環境指標と経済指標のギャップがある。LCCO₂ (ライフサイクル炭酸ガス) による評価とLCC (ライフサイクルコスト) による評価の違いをみれば明らかのように、コストでみると建物建設時のコストが全体のコストに対して大きなウェイトを占める。逆に、エネルギーや炭酸ガスでみると暖冷房や照明など建物の使用や維持のために発生する環境負荷が全体の環境負荷に対して大きなウェイトを占めるのである。問題の解決を先延ばしにしているに過ぎないと批判されても、短期的な評価が幅を利かせる社会ではまず建設コストが重視さ

れ、優先されるのは避けられない。それが、たとえばエネルギー性能の低い建物や耐久性の小さい建物の建設を助長し、ライフサイクル全体での環境負荷増大を招く結果になるのである。

さらに4番目の問題としては、建物を取り壊し、廃棄する際に生ずる環境負荷を評価するデータが不足していることである。廃棄物のなかで建設廃棄物が大きな割合を占めているのは良く知られているが、他の廃棄物同様あるいはそれ以上に、処理のレベルと実質的な環境負荷の関係は明らかではなく、それゆえ、現状では建設廃棄物の環境負荷が過小評価されざるを得ない。

建築のライフサイクルごとに、環境負荷低減デザインのキーワードをあげてみると表1のようである。すでに述べたように、キーワードとした挙げたものすべてがライフサイクルアナリシスに馴染むものではない。環境負荷として定量的にカウントされにくいけれども、環境志向型のデザインとして定着しつつあるものも含んでいる。

3. 建設における資源の有効利用

近代以後の建築技術は、他の近代技術同様、豊かな資源とエネルギーの限りない供給を前提とした物の考え方—パラダイムの中で成立、進歩してきた。このパラダイムのままで省資源・省エネルギーをはかることはきわめて現実的な対処の仕方であるが、一方、この

表1 建築のライフサイクルと環境負荷低減戦略

ライフステージ	環境負荷低減デザインのキーワード
造成 ↓ 建設	環境アセスメント, 自然への影響の軽減 地形の保存, 生態系の保全, 緑の保全, 水系の保全 建設エネルギーの削減 エネルギー原単位の小さい材料の選択, リユース, リサイクル材料の使用, 構法, 施工法の配慮 長寿命の建築
↓ 居住	生活関連の省エネルギー 高効率設備システム パッシブデザイン (自然エネルギー利用, 環境ポテンシャルの活用) ライフスタイルの提案 (DIY, Self Help) 居住環境の質/快適さの質 (環境にレスポンスな空間)
↓ 改修	機能更新を許容する柔軟設計 改修の容易な構法, 施工法 (部位の寿命への配慮) 居住者参加/セルフメンテナンス技術 住みかえ/住みわけシステムとの対応
↓ 廃棄	廃棄量の削減 リユース, リサイクルの容易さ 解体工法 廃棄物処理の容易さ

限界を見越した別のパラダイムの模索も始まっている。地球環境問題がパラダイムシフトのきっかけとなり、新しいパラダイムのなかでの建築のありかたがおぼろげながら見えてきたようでもある。それは、「フロー型の建築からストック型の建築へ」、「エネルギー志向型の建築から環境志向型の建築へ」という流れである。その一方で、それぞれのパラダイム間の価値観の違いも明らかになり、人々の価値観の分裂も進んでいるようにみえる。このような状況でどのような方向性を見いだすか、今日のわれわれは歴史的な分岐点にさしかかっているようでもある。同じ量の「資源」と「エネルギー」の消費であれば、環境負荷は等しいが、つくられる居住環境の質は同じではない。価値観の分裂が進むなかでどのような融合をめざせるかが、さしあたっての課題である。

資源の有効利用に関する課題は、1) 建物の耐用年数の長期化、2) エコマテリアルの使用、3) リユース、リサイクルの推進の3点にまとめられる。

建設にとまって生ずる環境負荷の分析が進むにつれて、さまざまな興味のあることが明らかになってきたが、その一つは木造建築の環境負荷が際立って小さいということである。その理由は、木材そのものが炭素の塊であることにあるが、ほとんどの建築材料がその製造過程で地球温暖化の原因である炭酸ガスを大量に放出するのと対照的である。山で木を育て、その成長にあわせて伐採された木材が建設の需要を満たすことができれば、理想的なリサイクルの輪が完成する。

この考え方は、環境負荷を減らすために、とにかくも丈夫で耐久性のある建物を作ろうというヨーロッパ型のストック志向の考え方とはやや異質の発想である。一歩間違えば森林資源の荒廃になりかねない、柔軟だが危ういバランスの上に成り立つ巧妙なフロー型の発想である。現代日本の安易なスクラップアンドビルドに流れる気風を醸成してきたようでもあるが、日本の伝統的な建設システムの特徴の一つに挙げられよう。

一方、堅牢な建物をつくり、竣工後長期間使用するのがストック志向型の特徴であり、物の流れに関わる環境負荷低減の原則である。長期に存在することによって安定した町の景観や雰囲気を形成し、人々の共通の記憶を蓄積するという歴史的、文化的な面での貢献も大きい。日本、米国、英国の住宅の平均的な寿命(25年、40年、70年)が街の表情の違いに表われているとする意見にも説得力がある。しかしながら、激しく変化する社会においては、建物が要求される機能に対応できず、それゆえに取り壊されなければならないという不幸なストック志向型建物のケースもないわけではない。わが国の建物寿命の短さもこれが大きな理由とされる。どちらが経済的に有利であるか議論の別れるところとなる。また、我が国のように、地震のような不可抗力な自然災害が存在する地域では、ストック型の都市インフラや建築に過大な投資を強いられる結果にもなりかねない。地震の発生頻度(再現確率)と耐震性能には密接な関係があり、概して長い寿命を期待するほど大きな耐震性能が求められることになるから

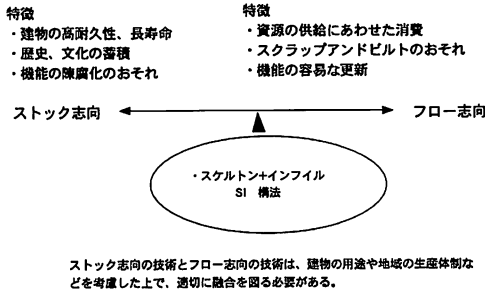


図-2 資源をめぐる価値観の分極化と統合の試み

である。このようなジレンマに対して、たとえば免震技術のような新しい技術開発が将来の解決の鍵を握っていると期待される場合もある。

ストック型の建物とフロー型の建物の利点をあわせもつ融合型、未来型のシステムとして、長寿命のスケルトン（構造システム）と時代の変化にフレキシブルに対応できるインフィル（内装や設備システム）からなるビルディングシステム（SIシステムと呼ばれる）がある（図-2）。ハード、ソフトの両面に関わる、最近の大きな研究課題である。

4. 建物使用時の省エネルギー

建物使用時の省エネルギーには、ふたつの方向がある。ひとつは、暖冷房や空調、照明などエネルギーを用いて室内気候を制御する、いわゆる人工環境技術の高効率化をはかっていこうとする方向である。もうひとつは、地域の自然環境の特性に適応した設計をすることによって、そもそもエネルギーへの依存度が少ない建物をつくらうとする方向である。

前者は「エネルギー志向型」と呼べるもので、暖冷房、給湯、照明、そのほか増える一方の生活機器全体を一つのシステムとして捉え、そのエネルギー効率をいかに向上させるかというアプローチである。これに対して、暖冷房の効率を上げるよりも暖冷房がいらないような建物を作ればいいではないかという主張は後者の「環境志向型」と呼べる建物のものである。

「エネルギー志向型」は設備依存型の、外部から閉じた空間を志向しがちである。なるべく外界の変化の影響を受けないように、注意深く内外が遮断される。豊富なエネルギーをベースにして暖冷房設備の充実をしてきたアメリカの建築はこの典型であるが、それゆえに消費されるエネルギー量も飛び抜けて多かった。近代におけるアメリカの建築は、このようなエネルギー技術によって新しい建築スタイルを確立し、またたく

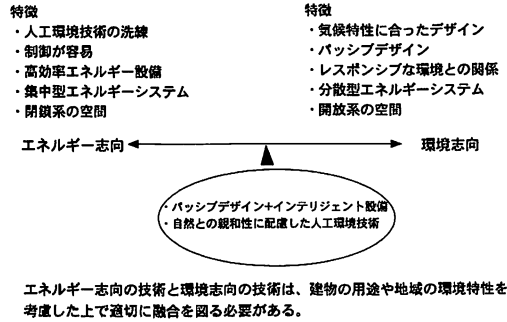


図-3 エネルギーをめぐる価値観の分極化と統合の試み

まに世界を席卷するに至った経緯がある。ガラス張りの超高層建築はその代表的な例である。エネルギーさえ有れば地域を問わず建設が可能になった。これらは、エネルギー浪費型の建物として悪名を売ってきたが、近年は著しい技術革新で次第に省エネを実現してきた。この種の建物では省エネを達成する程、外界との遮断をますます強める傾向がある。断熱化、気密化を徹底させて省エネルギーを図るカプセル住宅もこのような建物の一例である。

これに対して後者では地域の気候特性にあったシェルターやエンベロープのデザインをめざし、周囲の自然環境とのレスポンスな関係を持つ開放的な空間を志向する。自然の変化を利用し、建物の熱の流れをデザインすることによって室内の気候をコントロールしようとするパッシブデザインはこの代表的な例である。太陽や自然の風、温度の変化を利用するのだから、内外をいかに結ぶかが重要な設計のポイントだ。住宅のような小さなスケールの建築から始まった技術開発だが、今では最新の技術を駆使して大規模の建築にも適用されるようになった。省エネルギーであることに加えて、自然の光の変化や空気の流れが積極的に評価される。均質でストレスがないことよりも変化と適度なストレスが重視されるのは、「エネルギー志向型」のデザインと対照的である。同じ省エネルギーといいながら、建築デザインのうえでは、遮断するのと結ぶのとではめざす方向が逆であることに注意する必要がある。

くり返すが、「エネルギー志向型」であれ、「環境志向型」であれ、消費するエネルギー量が同じだとすれば環境に与える負荷は変わらない。建物の用途や立地する地域の環境条件などによって、選択される技術が決められるであろう。両者の利点を生かしてどのよう

に融合を図るかが、現実的な目標となる(図-3)。

この分野では、1) 高機能のエンベロップ(高性能の断熱・気密材料や工法、(複合機能ガラスや透明断熱材などの高性能な光透過材、日射制御システムなど)、2) 自然エネルギー利用技術(太陽電池、パッシブソーラー技術、アクティブソーラー技術など)、3) 高度な通風換気システム、4) 高効率設備システム(多機能ヒートポンプ、蓄熱システムなど)に関しての技術開発とその複合がテーマとされている。

より長期的な省エネルギーの方向を論ずるには、どのような街の景観やコミュニティを目標としているのか問われ、室内のみならず、外の環境の快適さも考慮されねばなるまい。建物の室内だけの快適さの追求が街の景観やコミュニティをいかにだいなしにしてきたか、NIMBY(Not In My Back Yard)と同じような反省がこの分野にはある。そのように考えると、建物の内と外のレスポンスな関係の重要さがますます強調されなければならないであろう。建設省が推進してきた「環境共生住宅」では、環境負荷の低減(ローインパクト)とともに、親自然的な快適さ(ハイコンタクト)を標語として掲げている。親自然的な快適さ(ハイコンタクト)とは、周辺の自然を享受する快適さといってよいが、周辺の自然環境の保全が前提とされていることは注目すべきことである。

5. おわりに

建築は、便利さと快適さを求めて大量のエネルギーと資源を消費してきた。とりわけ、近代以後の建築は無尽蔵のエネルギー資源を前提としてきたふしがある。しかし、そのような前提が根底から揺さぶられてきた。まず1973年に始まるエネルギー危機においてエネルギー供給の限界が示され、さらに1990年代の地球環境問題

に際してエネルギー使用の限界が示された。とりわけ後者では、エネルギーを用いて環境を制御するという発想の見直しが迫られた。快適な室内環境を得るためにエネルギーを用いることが、建物の外の環境のポテンシャルを下げる原因となり、それによってさらに多くのエネルギーが必要になるという悪循環は、建築というミクロな環境とそれをつつみこむ自然環境との関係をあらためて考えさせるきっかけになった。

環境負荷低減という避けられない課題に対して、「エネルギー志向型」、「環境志向型」というふたつの異なった方向での対応があること、それぞれに異なった技術的対応があり、時にそれらが相い容れないばかりか矛盾を生ずることがあることも学んだ。それらをどのように使い分けるか、あるいは統合するか、さしあたってのわれわれの課題であろう。たとえば太陽電池。このきわめて魅力的なエネルギー源は、建築と一体化された時、単なるミニ発電所の増設に留まらない意味を持つ。そのエネルギーを建築分野のどの用途に向けるべきであろうか。「エネルギー志向型」の室内気候制御に向けることももちろん可能である。しかしこのとき、内外の空間の遮断をさらに強め、自然と交感する快適さを失うというのでは豊かな生活空間とは言えまい。もとより、「エネルギー志向型」がただちに否定されるものではない。必要なときには、このパワフルな技術を活用すればよいし、使わなければならない現実の状況も少なくない。ただ、外部の環境から孤立した室内環境のありかたは常に見直しを図っていく必要があるだろう。未来の生活空間では、自然との交感をベースにした環境共生型の建築デザインがますます強く望まれるのではないかと思う。そして、このような建築デザインは確実に増えつつある。建築というスケールの環境のあり方が問われている。

