



環境問題と情報処理

建築分野における環境問題への取り組み

久保田 滋

竹中工務店

■環境への影響度

経済活動やエネルギー消費に占める建築・建設関連分野の割合は直接ないし間接を含めると非常に大きなものになり、必然的に環境へのインパクトも大きい。直接的に関係する分野だけでも、エネルギー消費に伴う地球温暖化や酸性雨、冷凍機の冷媒や断熱材の発泡に使用されるフロンによるオゾン層破壊、コンクリート

の型枠材を中心としたに南洋材消費による熱帯雨林の減少などがあげられる。特に深刻な課題となる温暖化の主たる原因である二酸化炭素について、我が国の排出量に占める建設関連分野の割合を試算した結果を図-1に示す。建設資材の生産・運輸および直接的な建設に関わる炭素排出量は総排出量の約23%を占め、完成した建設物の運用に関する炭素排出量も約23%を占め、その他関連する波及効果を含めると総排出量の約50%を占めている。

■環境問題への取り組みの変遷

建築界の環境問題への取り組みを図-2に示すように歴史的に見てみると、1960年代は高度成長に伴う公害問題に関連して冷暖房に用いるエネルギー源の油から電力やガスへのクリーン化が関心事であった。その後1970年代のオイルショックを契機として省エネルギーが関心事となり定着していった。特に1979年に制定された「省エネルギー法」は欧米のように材料の仕様を指定するのではなく、建築物の省エネルギー性能を効率などの目標値で方向づけする画期的なもので、これを機会に多くの省エネルギー技術が開発され実施された。その後、1980年代のインテリジェントビルの出現と共に始まったエネルギー多消費時代を経て、地球環境問題として建築物を捉えたのはじめたのは1990年代からである。現在は温暖化防止、リサイクル、熱帯雨林保全、生態系保全などの各項目についての活動が行われ、ライフサイクルアセスメント (LCA) による建築物評価の実施や、さらに、環境マネジメント (EMS) 規格 (ISO14000s) の導入促進を目指しての活動が活発化している。

■環境問題への対応フレーム

建築界の環境問題に対する活動の枠組みは、一般に大気圏、水圏・地圏および生物圏の3フレームに分けることができる。このフレームごとの対応を図-3に示す。大気圏フレームは温暖化防止、酸性雨防止、オゾン層破壊防止対策などである。基本的には建築物の省エネルギーを推進するものであり、主に設計段階の課題としている。水圏・地圏フレームは建設廃棄物・有害廃棄物処理、廃水処理、土壌汚染などを扱うとしている。建設業では建築時の建設廃棄物を削減させることが基本であり、主に施工段階の課題である。生物圏フレームは熱帯林保護、砂漠化防止対策などを扱うものであり、施工段階における仮設材としての南洋材型枠の削減が課題である。

設計段階での環境に対する活動は、「省エネルギー

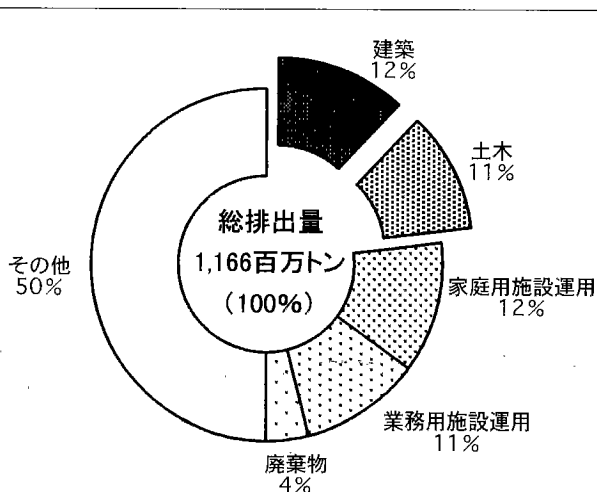


図-1 日本における二酸化炭素排出量に占める建設分野の割合¹⁾

法」など法規制に対するもの、省エネルギー設計の推進に関わるもの、設計技術としての環境設計評価とそこから展開されたテーマに関するものがある。また、施工段階では建設廃棄物と南洋材型枠の削減が主なテーマである。以下にその概要を紹介する。

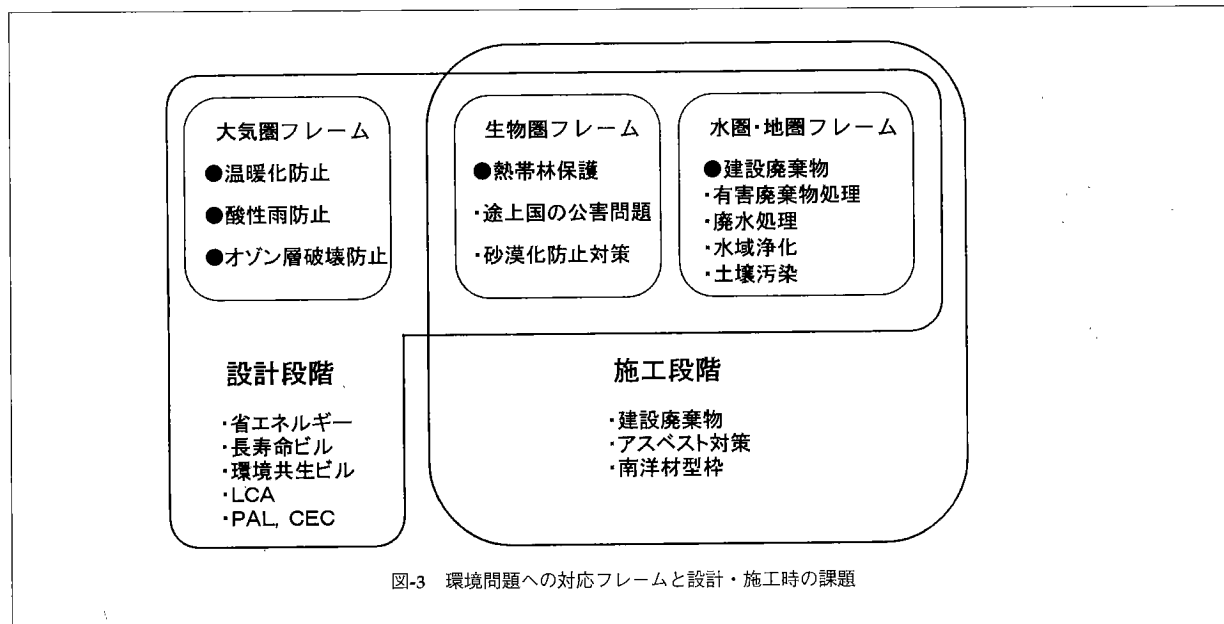
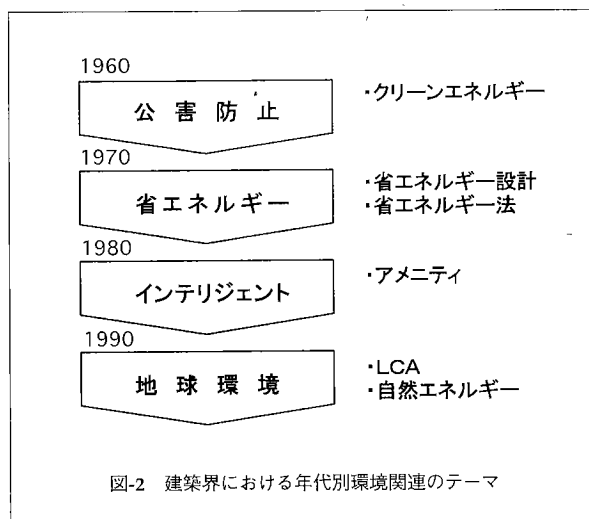
■「省エネルギー法」への対応

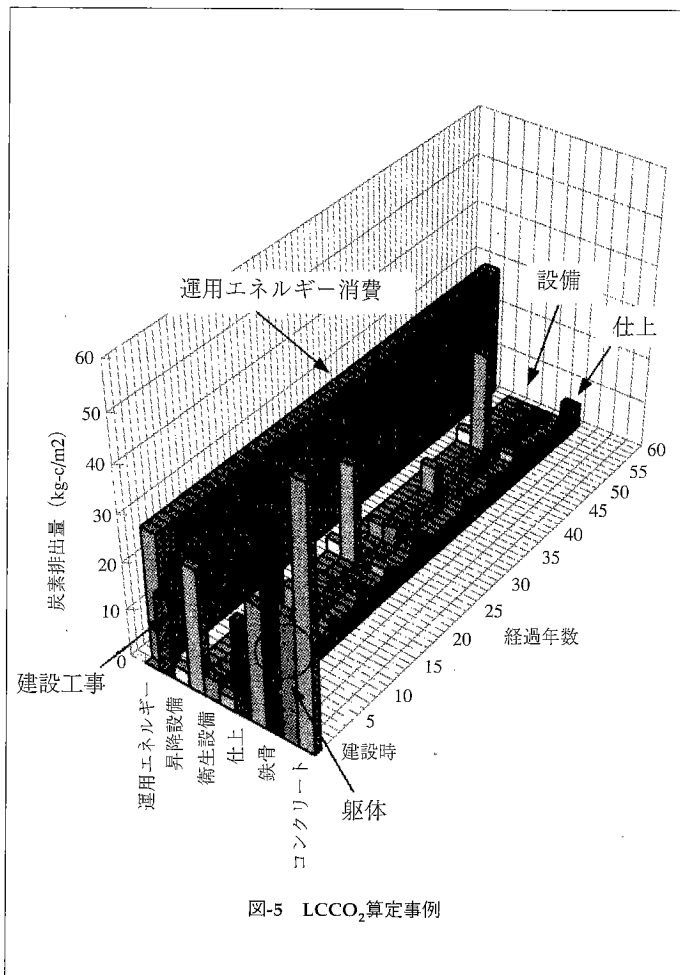
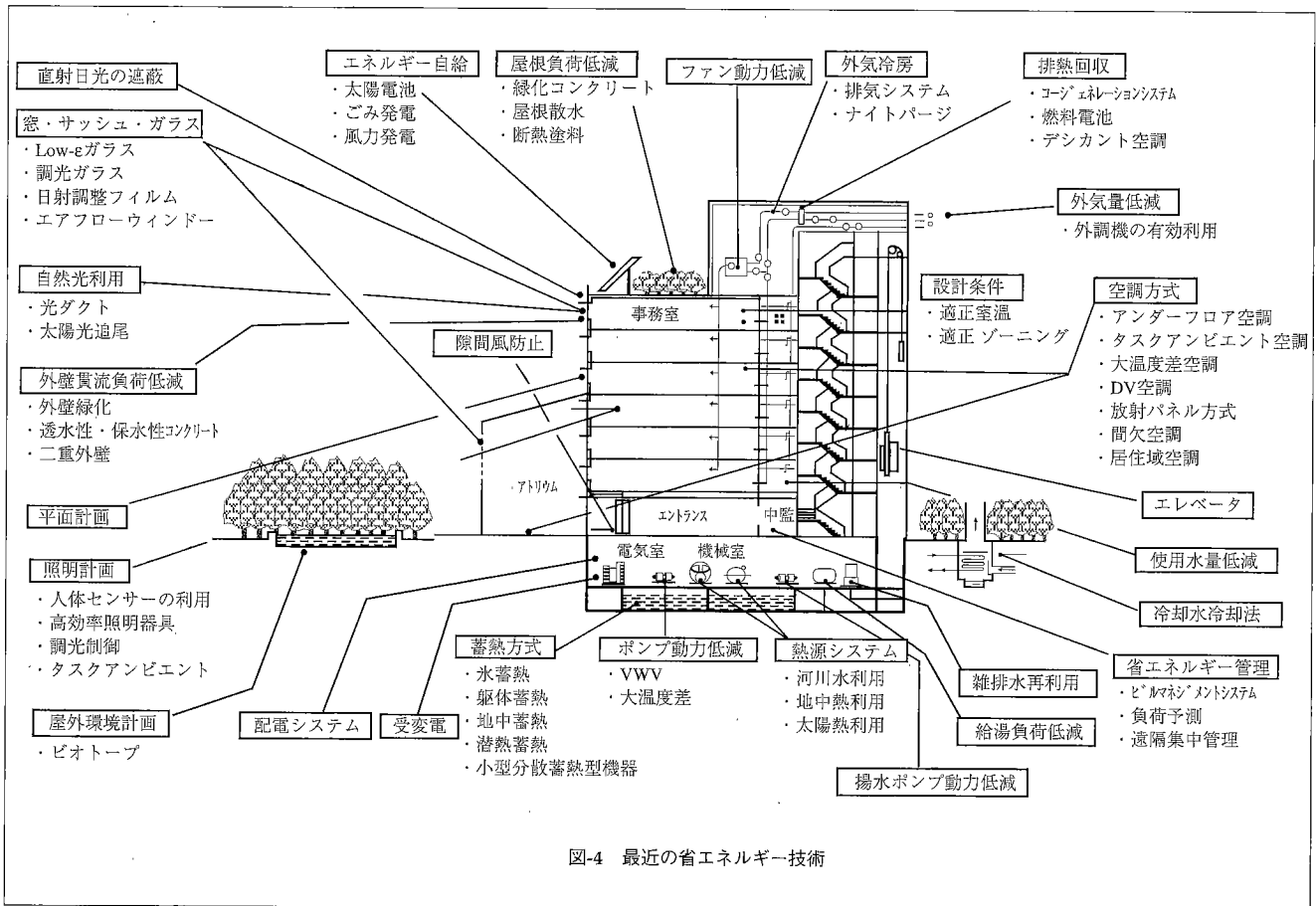
「省エネルギー法」により建築物を計画する場合、その建物が省エネルギー建築であるかどうかを判断する基準が定められている。この判断基準をPAL (Perimeter Annual Load) およびCEC (Co-Efficient of Energy Consumption) と呼んでいる。

PALとは建築物の空調負荷に影響する外気温や日射の遮蔽レベルを示すもので、窓および外壁から年間どのくらい熱が侵入してくるかで評価している。CECは空調、換気、給湯、照明、昇降機を対象としてそれぞれのシステムの効率を示すもので、基準となるエネルギー消費量に対する当該システムのエネルギー消費量の比率を評価している。PALおよびCECは客観的に評価するために算定法が決められており、プログラムを用いる場合は認定されたソフトを用いることになっている。しかしながら、特にPALは建物の形状や窓などの開口部の大きさや外壁の断熱性能に大きく影響を受けるため、設計者はデザインの構想に応じて即座に概略値を把握できることが望ましい。このような意図で認定ソフトとは別にデザインと環境設計の整合性を即座に確認できるように、CADと連動した算定ソフトの開発が急がれている。

■省エネルギー設計の新しい視点

建築物の省エネルギー設計はエネルギー消費の削減を目指すものであるから、もともと環境保全に貢献できる手法である。この省エネルギー設計には決定的な手法はなく、多くの地道な要素技術の積み重ねの中で達成される。省エネルギー技術の採否は、その技術の建設費と建物完成後の光熱費や保守費などの全費用で評価するライフサイクルコスト (LCC) で評価することが広く行われてきた。地球環境問題が着目されると、このような従来の評価法に地球環境の視点があらたに加わり、コストセーブのみを目指した省エネルギーではなく、環境に与える影響を含めた省エネルギー技術の評価がはじまった。たとえば、従来は建築物の断熱は空調負荷の低減による光熱費と断熱材の工事費のLCCで判断していたが、断熱材を作るために消費する

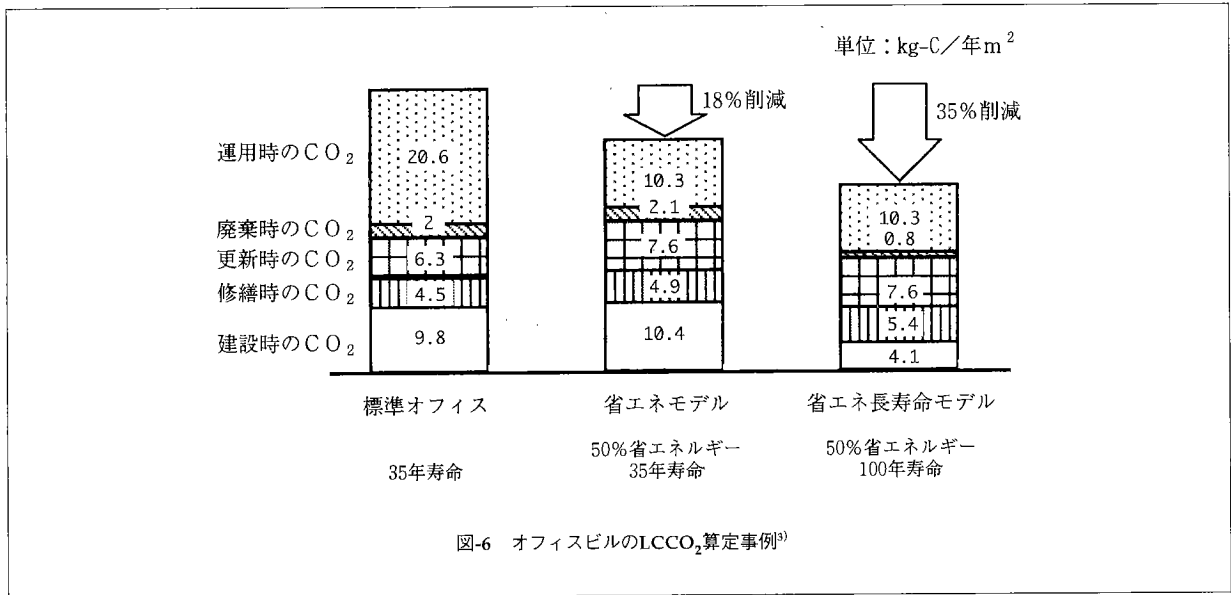




エネルギーと発泡のためのフロンによる環境への影響をも含めたうえでの判断が求められるようになった。また、安価な夜間電力を用いて昼間の空調用の熱をあらかじめ水や氷で蓄熱する蓄熱空調方式は、LCCで判断される代表的な技術である。ところが、蓄熱空調方式は、年負荷率55%と先進他国に比べ約10%以上低い日本の発電所の負荷率の改善に貢献できるため、蓄熱しない方式に比して発電所での二酸化炭素の排出を約25%削減できる²⁾との評価が加わるようになった。この事例も地球環境という新しい視点による評価である。さらに、風や太陽光などの自然エネルギーを省エネルギー設計技術として積極的に取り入れることも最近の特色となっている。このような視点に基づく最近の省エネルギー技術の事例を図-4に示す。

■ライフサイクルアセスメント (LCA) による評価

建築物が建設され運用され最終的に解体廃棄されるまでのライフサイクルにおいて地球環境へ与える負荷は温暖化効果ガス、オゾン層破壊ガス、酸性雨原因ガス、有害廃棄物、人工廃熱などさまざまなものが考えられる。これらの負荷因子は、それぞれが独立に意味を持つものであるが、それらを統合化した評価値があれば直接的に影響度をLCAとして評価することができ



る。しかしながら、建築物は各種工業製品を組み合わせた最終的な長寿命商品であり、波及的な影響を詳細に把握することが非常に困難である。ただ幸いなことに主要な使用資材はセメントや鉄鋼であり、特に製造過程や廃棄物からの毒性物質の排出が多いわけではない。また、フロンはすでに国際的に廃止の合意が成立しており、酸性雨の原因である排ガス中の硫黄酸化物などの対応技術は開発されている。一方、地球温暖化の問題はその発生原因が世界中のあらゆる人が消費する薪炭や化石燃料であり、この使用制限が生活水準の切り下げにつながりがちなだけに実施は容易ではない。またいったん排出された大気中の二酸化炭素を経済的にかつ大量に固定化する技術は目処が立っていない。この意味で他の環境問題とは異なり、解決が困難で次元が違うといわれているほど深刻なテーマになっている。したがって建築界では、多様な環境負荷全体にわたる膨大なデータの解析を行っても労力の割に得られる情報は少ないと判断し、温暖化効果ガスの代表である二酸化炭素を指標としてライフサイクル二酸化炭素排出量「LCCO₂ (ライフサイクルCO₂)」を求めることで環境負荷の重要な部分をカバーできると考え、この評価手法をLCAとして推進している。図-5はオフィスビルの構成部材や設備種別ごとのLCCO₂の算定事例である。この評価法は現時点では試行のレベルであるが、その活動の中から地球環境への影響を少なくする設計手法として、長寿命化や環境共生ビルがテーマとしてあがってきている。

■長寿命設計法

オフィスビルの設計条件を変えてLCCO₂を算定した事例を図-6に示す。可能性のある上限として50%の大幅な省エネルギー対策を仮に採用した場合18%の

LCCO₂削減効果がある。これに対して、この建築物の耐用性を一般的な35年から更新修繕しながら100年に伸ばすことができる長寿命型にすることにより、ほぼ同様のLCCO₂削減効果があることが明らかになった。長寿命型とは耐久性のある構造部材を用い、必要な時期に容易に更新ができるようにスペース的なゆとり等の工夫を持った建築物である。LCCO₂手法によって長寿命設計手法の確立が地球環境問題に対する設計上の活動テーマとして注目されている。

■環境共生ビル

環境共生ビルの概念は、人間は外界と遮断された人工空間にいるよりも、素材の美しさと自然の息吹に触れたほうがより快適に感じるのではないかという価値観の変化を前提として打ち出されたものである。オフィスビルを例にあげると、その空間のイメージは、オフィス内部に設けたアトリウム（吹き抜け）から自然光が入り、オフィスゾーンは人の目にも気持ちにも優しい快適性の高い光で満たされることになる。また、緑のあるバルコニーに自由に出入りし、新鮮な外気に触れることができるなどである。技術的には、コンクリートや鉄骨あるいは内装材に、高炉スラグ混入セメント、電炉鋼、木材やリサイクル材といった「エコマテリアル」を用いる。居住空間を居住者の近傍（タスク）空間とその周辺（アンビエント）空間に分け、タスク空間は安定した環境を提供できる化石エネルギーを用い、比較的許容値の大きいアンビエント空間には自然光や自然換気を最大限活用する。また、太陽電池や雨水再利用など自然の恵みを最大に利用する仕組みなどが提案できる。この環境共生ビルを35年の寿命でLCCO₂評価を行うと、一般ビルに対して20%以上の二酸化炭素の排出量を削減できることになる。環境問題を価値観

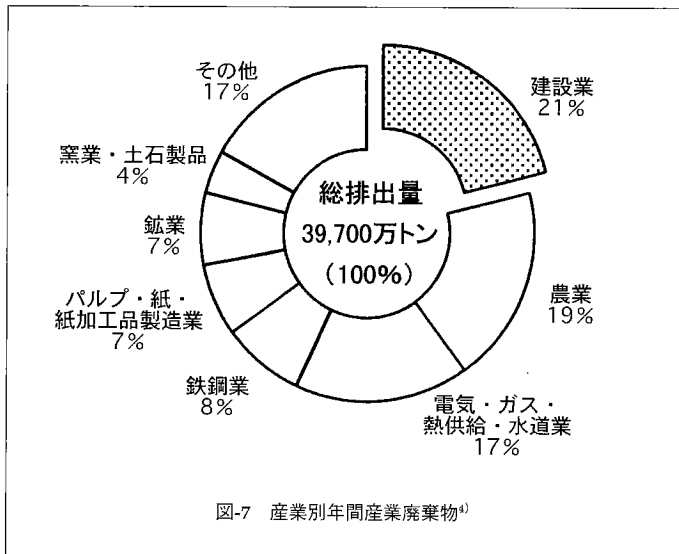


図-7 産業別年間産業廃棄物⁴⁾

の変化と融合させて対処してゆく手法として、このような環境共生ビルの事例が現れはじめています。

■建設廃棄物の削減

我が国の産業廃棄物は年間で約4億トン発生しており、そのうちで建設廃棄物は第一位である。最近の建設時の廃棄物は建築面積当たり平均15kg程度であり、建設業大手における廃棄物削減活動においても最近の5年間でほぼ50%の削減を達成している。しかしながらこれ以上の削減策に限界感が出ており、今後は建設廃棄物のリサイクル（現状は23%程度）の推進が必要との認識にある。また、建設廃棄物は主としてコンクリート塊、鉄筋、木材屑などそれほど有害なものを含んでおらず最終処分に当たっては有害物処理で悩むことは少ないが、建築物のリニューアルが多くなる中で従前に使われていたアスベスト材の処理が問題になっている。この適正な処理も建築界に課された課題である。

■南洋材型枠使用量の削減

発展途上国、特に熱帯地域では急速に森林面積が減少しており、その規模は毎年、日本の本州の約半分以上とされている。この減少の原因は、一般には焼畑などの大規模農地開発と牧畜および商業伐採があげられる。熱帯林の減少についてはアマゾン地区における伐採が世界的に問題となっているが、日本に近い東南アジアの熱帯林は人口の急増による農地転換や商業伐採が中心となって減少している。特に日本の建設現場でコンクリート打設時に使用する型枠用合板（ベニヤ板）がほとんどボルネオ島の熱帯林を伐採して製造されており、現地では森林減少が深刻な問題になっていることで、日本の消費が国際的に目立った状況にあった。

世界全体の熱帯材伐採量のうち96.6%は産出国の国内で使われており、輸出用は3.4%である。日本へは輸出用の30%が輸入され、その内15%が型枠用合板として利用⁵⁾されている。南洋材型枠への対策としては、合板以外の型枠の採用、工場生産された外壁ユニットや床ユニットを利用した建築部材の採用を進めるなどの活動などがある。現在では全使用型枠のうち南洋材以外を用いたものは30%程度を占めるに至っているが、さらなる活動が必要である。

■今後の行動

建築分野においてはその建設行為が他分野にわたっているだけにとりうる施策も多岐わたっている。建築活動の業務を通じて、費用対効果が大きい部分的に絞って取り組むことが重要である。この対象としては、国際社会の大きな要求や技術開発の可能性予測などからおのずと方向は見えてくる。その結果として建築界では緊急度の高い問題として「熱帯雨林減少問題」と「廃棄物問題」に取り組み、業界全体で活動中である。さらに、今後建築関係者に課せられた長期的な課題は、一番解決が困難とされる「地球温暖化問題」への対応であろう。しかしこの分野については、すでにLCAとしてのLCCO₂手法がかなり研究されており、我々がとるべき方向性が次第に明確になりつつある。長寿命の建築を建てる、建設費を増やしても省エネルギー技術に投資する、建設資材にリサイクル材を使うなどいろいろな手法があるが、建築物の省エネルギー化が最も地球温暖化抑制に効果があることが、LCCからLCAへと評価の視点を変えてもはっきりしてきている。昨今のエネルギー価格の低迷とともに一時に比較して省エネルギー化の熱意は衰退していると思われる。しかしながら、地球環境問題で最大の課題である地球温暖化抑制には、当面は省エネルギー化が一番有効である。また、日本の化石燃料消費抑制が発展途上国の生活環境劣化にはあまり結びつかず、むしろ環境保全に有効な点からも、最優先で取り組むべき課題と考えている。今後いろいろな新技術を開発して環境問題対応を継続することは大切であるが、まず建築物の省エネルギーを再検討し最優先で導入していくことである。その意味で再び建築界は省エネルギーへ回帰して、研究・計画を展開していくべきと確信している。

参考文献

- 1) 宇都宮大学 岡研究室。
- 2) 電力負荷平準化対策検討小委員会、通産省（平成9年）。
- 3) 建築が地球環境に与える影響、日本建築学会（1992.3）。
- 4) 総合的建設副産物対策、建設業協会（平成8年度版）。
- 5) 木材需要と木材工業の現況、林野庁（平成5年度版）。

（平成10年6月18日受付）