特集「建築のLCA」

解説

建築物のLCA・LCC手法の国・自治体・民間での活用状況

伊香賀 俊治

Current Situation of Combined LCA and LCC Method of Buildings
Used by National/ Local Governments and Private Companies

Toshiharu IKAGA

Synopsis: The research on LCA method of buildings started in 1990 as an activity of the Architectural Institute of Japan, and it became LCA guideline of buildings. By using of this guideline, the cost effectiveness evaluation tool to mitigate climate change was developed and applied by the public building department, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport as a operation tool for Green government design guideline in 1998. A similar evaluation tool that suits each climate of various regions was developed and applied by local governments and private companies. As well as LCA, the comprehensive assessment system for building environmental efficiency named "CASBEE" was developed supported by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Since 2004, more than 1300 buildings have been assessed and ranked by national government, local governments and private companies using CASBEE tool, and in 2007, CASBEE was revised to contain simplified LCA method limited to LCCO₂ calculation for all kind of buildings such as detached houses and large-scale commercial buildings. This paper describes current situation on these projects of which the author has taken charge.

Keywords: life cycle assessment; life cycle costing; building; energy conservation; eco-efficiency

1. はじめに

建築分野では1990年からLCA的な手法の研究がスタートし、後に日本建築学会の建物のLCA指針となった。その手法を応用した庁舎の温暖化対策の投資効果評価ツールが1998年に開発され、国土交通省の「グリーン庁舎計画指針」の運用ツールとして利用されてきた。自治体でも地域の気候風土に即した同様の評価ツールが開発・運用され、一部の民間企業でも利用され始めている。また、LCAと並んで、国土交通省の支援のもとに、建築物を環境効率で評価し、格付けするための総合環境性能評価システム(CASBEE)が開発され、国・地方公共団体・民間で近年急速に普及してきた。このCASBEEにLCCO₂に限定したLCAの簡易計算が今年度から組み込まれ、戸建住宅から大規模建築物まであらゆる建物で、CASBEEとLCAがより身近なものになりつつある。本稿では、著者が取り組んできたこれらの最新状況を報告する。

2. 日本建築学会 LCA 指針

建築物は一部の工業化住宅を除けば基本的に一品生産であり、ごく一部の大手の設計事務所と建設会社を除けば、

ほとんどが中小・零細企業であるため、他の産業界が取り組んでいるような詳細なLCAを実務に適用することは不可能であった。そのような背景から、1990年に設置された日本建築学会「建築と地球環境特別研究委員会」において、建築物のLCA的な研究が実施され、1992年6月に、断熱材、空調機器等のフロンガス、排水・廃棄物処理に伴うメタンガスの温暖化影響も加味したライフサイクルCO₂排出量(以下、略してLCCO₂)計算手法を提案した¹⁾。建築物の新築、運用(居住、使用)、改修に関わるCO₂排出量は、Figure 1に示すように、我が国の全CO₂排出量の40%(1990年においても38%)を占めており、建築分野が気候変動対策に果たすべき責任は重い。そのような背景から、1997年12月に気候変動枠組条約京都会議(COP3)に呼応して、気候温暖化に関わる日本建築学会声明「新築建物でLCCO₂ 30%削減、耐用年数3倍延伸を目指すべき」を公表した。Figure 2、Table 1に示すように、これくらい大胆な対策を1998年度からすべての建物で実行に移さない限りCOP3の国際公約(2008～2012年の第一約束期間において1990年比6%削減)が達成できず、IPCCが警告する2050年、2100年までの大幅削減にもつながらない

というものであった。1998年度における本会の政策課題として詳細検討を行った。それらの成果として、1998年11月に「建物のLCA指針案、～地球温暖化防止のためのLCCO₂を中心として～」と題する報告書を公表し、1999年3月には「地球温暖化防止に向けての我が国の建築分野における当面の対策」を公表した²⁾。1999年11月には、建物のLCA指針(案)³⁾を出版し、2003年2月には、(案)が取れて正式な学会指針⁴⁾となった。

設計者自らが設計段階にLCAを実施できることを重点目標として、Figure 3に示すように、工法、設備システムなどのインベントリデータは工事実績統計分析に基づくデータと、検討目的に応じて、国内分/海外分、消費支出分/資本形成分などのシステム境界が選べる産業連関表を利用したLCAデータを組み込んだ。対象用途は、事務所、物販店舗、飲食店舗、ホテル、学校、病院、集合住宅、戸建住宅など、あらゆる用途の建築物である。エネルギー消費量、CO₂、SO_x、NO_x排出量、資源消費量、廃棄物排出量などのインベントリ項目毎の計算結果のほかに、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性化、大気汚染起因の健康障害、エネルギー資源枯渇といった環境影響項目とライフサイクルコストの計算結果が表示される。現在、日本建築学会出版物のほかにウェブ上でも戸建住宅およびその他のあらゆる用途の建物进行评估できるツールを公開している。

3. 国土交通省のLCAツール

国土交通省大臣官房官庁営繕部は、各省庁の1400万m²に上る官庁施設整備を掌る部局であり、官庁施設整備における環境負荷低減指針として、「環境配慮型官庁施設(グリーン庁舎)計画指針」^{8,9)}を1998年3月に策定した。庁舎版LCCO₂計算法は、日本建築学会のLCA手法を官庁施設向けに簡略化して、出力をLCCO₂とLCCとし、標準庁舎の規模別データベース、太陽光発電、太陽熱給湯検討メニューなどを充実させ、操作の容易性を向上させている点

に特徴がある。また、グリーン化技術選定シートは、環境負荷削減目標値(例えば:LCCO₂ 30%削減)を達成するためには計画当初から工事予算を確保することが重要である

Figure 1. CO₂ emission associated with new construction, renovation and operation of buildings in Japan in 2005 (Ikaga T. 2007)

Figure 2. Estimation of CO₂ emission associated with new construction, renovation and operation of buildings in Japan up to 2050 (Ikaga T. et.al, 2000)³⁾

Table 1. Estimation of CO₂ emission associated with construction, operation and renovation of buildings in Japan up to 2050 (Ikaga T. et.al, 2000)³⁾

Case	Scenarios for Design and Construction Industries		Scenarios for Electric Power Supply Industries *2	Relative CO ₂ compared with 1990 level *1	
	Measures to mitigate climate change	Start year		in 2008-2012	in 2050
A	Business as usual		No efforts	+15%	-10%
B	1) Save operation energy by 30% in new buildings.	from 1998		+2%	-41%
C	2) Save operation energy by 15% in renovated buildings.		-10 % in 2010 -20 % in 2050	-1%	-49%
D	3) Enlarge service life in new buildings.		-20 % in 2010 -40 % in 2050	-6%	-59%
E	4) Use eco-materials.	from 2001		-3%	-58%
F		from 2006		+1%	-55%

*1: Relative CO₂ emission from buildings compared with 1990 level in Japan (410 Mt-CO₂/a=100%).

*2: Reduction rate of CO₂ emission from electric power generation compared with 1990 level in Japan (0.48 kg-CO₂/kWh = 100%).

ことから開発されたものである。標準地に建つ3000m²クラスの庁舎をモデルとして、代表的なグリーン化技術の選択によって、LCCO₂、LCC、初期CO₂回収年数、初期投資回収年数、LCCO₂削減1kg-C/年当りの初期投資額がどう変わるかをメニュー方式で選択しながら採用対策の費用対効果が確認できるように工夫されている。国の庁舎向けに開発した手法ではあるが、地方公共団体や民間企業でもこれらの設計支援ツールを利用するプロジェクトが増えている。

また、既存官庁施設に対しては、「官庁施設の環境配慮診断・改修計画指針（グリーン診断・改修計画指針）」が2000年12月に策定され、その解説と計算ソフトが「グリーン診断・改修計画指針及び同解説、CD-ROM付」として2001年3月に公開された。

さらに、官庁営繕部が2004年7月に策定した「官庁施設における環境負荷低減プログラム（営繕グリーンプログラム）」に基づき、LCCO₂以外に、LCR（資源消費）、LCW（廃棄物）を加え、環境会計の視点を取り入れた費用対効果の評価に加えてCASBEEも活用する評価システムが「グリーン庁舎基準及び同解説」¹⁰⁾と「グリーン診断・改修計画基準及び同解説」¹¹⁾として2006年に公表された。環境配慮契約法が2007年5月に公布され、11月から施行され、国

や独立行政法人の施設設計におけるLCCO₂評価が義務付けられたことから、今後、建築分野のLCA活用は加速度的に進展するものと期待される。

4. 地方公共団体のLCAツール

地方公共団体における類似の評価システムとしては、青森県県土整備部が2003年12月に公表した「青森県環境調和建築設計指針」^{12, 14)}などがあり、庁舎以外の施設の新築及び改修に当たっての環境投資の費用対効果などが評価できる。青森県の評価システムは、県のウェブサイト上で公開されている。また、東京都は、地球温暖化防止に向けた都有施設環境配慮整備指に基づき、LCA、LCCとCASBEE（次章参照）を利用した都庁舎、都立高校、都立病院の中心とした都有施設環境・コスト評価システム¹³⁾を開発・活用し始めている。さらに、福島県土木部も東京都と同様に、県庁舎と県立学校用の環境共生建築計画・設計指針を2006年11月に公表するなど地方公共団体の公共施設の企画・設計段階におけるLCA、LCCが徐々に普及してきた¹⁵⁾。前述した環境配慮契約法（2007年11月施行）は、地方公共団体に対しては努力義務を課しているの、国、独立行政法人に加えて、今後、建築分野のLCA活用は加速度的に進展するものと期待される。

Figure 3. Combined LCA and LCC method of buildings proposed by Architectural Institute of Japan

5. 建築物総合環境性能評価システムへのLCA導入

建築物総合環境性能評価システム（CASBEE: Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency）¹⁶⁾ は、国土交通省住宅局の支援のもとに、産官学共同プロジェクトとして建築物の総合的な環境性能評価手法研究委員会によって開発された建築物の環境品質を環境負荷で除すことで定義された環境効率の大きさに応じて建築物を格付けする手法である。

国土交通省環境行動計画（2005年6月）にはCASBEEの開発・普及、第三者認証制度の創設、CASBEE専門技術者の育成、地方公共団体への普及などが明記され、官庁管轄グリーンプログラム（2004年7月）にもグリーン庁舎計画指針の改定にあたってのCASBEE活用が盛り込まれた。さらに、京都議定書目標達成計画（2005年4月閣議決定）

にも温暖化対策推進にも資するものとしてCASBEEの活用が明記された。

現在までに開発・利用されているCASBEEツール群としては、下記のものがあり、戸建住宅から大規模建築物、街区の評価まであらゆる建築物を評価することができる。

- (1) CASBEE-新築（2002.7発行、2007.9試行版）¹⁷⁾
簡易版および各自治体版も発行されている。
- (2) CASBEE-既存（2004.7発行、2006.7改訂）
- (3) CASBEE-改修（2005.7発行、2006.7改訂）
- (4) CASBEE-ヒートアイランド（2005.7発行、2006.7改訂）
- (5) CASBEE-すまい（戸建）（2007.7発行）^{18, 19)}
- (6) CASBEE-まちづくり（2006.7発行、2007.11改訂）²⁰⁾
簡易版および建築物との統合評価版もある。

Figure 4. Result sheet of CASBEE for home (Detached house)^{18, 19)}

現在、名古屋市（2004.4）、大阪市（2004.10）、横浜市（2005.7）、京都市（2005.10）、京都府（2006.4）、大阪府（2006.4）、神戸市（2006.8）、兵庫県（2006.10）、川崎市（2006.10）、静岡県（2007.7）、札幌市（2007.10）、福岡市（2007.11）、北九州市（2007.11）で、一定規模（延床面積2000m²または5000m²）以上の新築建築物について、建築確認申請以前のCASBEE評価を含む計画書の提出と工事完了時の完了届けの提出が条例等に基づいて義務化され、届出結果は地方公共団体のウェブサイト上で、建物名、建築主名、設計者名、施工者名なども含めて一般公開されている。2006年度末現在で1300件（ほとんどが民間の建物）のCASBEE評価が公開され、今後、導入する自治体が増えるのに伴って加速度的に増大する見込みである。

日本のCASBEEのような評価システムは、米国のLEED (Leadership in Energy and Environment Design) 評価システムをはじめ、近年各国で急速に開発・普及が進んでいる。このような動きの中で、2006年3月にはISO/TS21931 (建築の環境性能評価の枠組みに関する技術仕様) が発行され、引き続きISO化が進められている。この中では、LCAが重要な位置づけとなっており、それを先取りする形で、2007年版からCASBEEにLCCO₂評価に限定したLCAの簡易計算機能を追加した。戸建住宅用の表示例をFigure 4に示す。

戸建住宅の設計は、個人設計事務所や小さな工務店で行うことも多いことから評価作業負担を軽減するために、ラ

イフサイクルCO₂のためだけの情報収集や条件設定を必要とせず、CO₂排出に特に関係するCASBEEの採点項目の結果から自動的に計算されるように工夫した。

近い将来、戸建住宅から大規模建築物までLCAが広く普及することが期待される。

6. LCA実践例

筆者は、前述の通り、学会、国、地方公共団体のLCA手法開発等を担当するかたわら、建築設計者として数多くのサステナブル建築の設計とLCA、CASBEE評価、運転性能検証なども担当してきた。本稿の最後に最新事例を紹介する。

Figure 5. Main façade of Yusuvara town hall (2006)

Figure 6. Sustainable technologies adopted to Yusuvara town hall

この庁舎が建つ高知県梼原町（ゆすはらまち）は、高知市から車で2時間、人口約4200人の農林業を主たる産業とした町である。四国カルスト台地や四万十川源流の四季折々の自然と、神楽やもてなしの茶堂（ちゃどう）などの豊かな歴史・文化に恵まれている。四国カルスト高原の風を利用した「大型風力発電所」、「地熱利用」による雲の上のプール、バイオマスエネルギー事業などが知られており、環境のまち「ゆすはら」として全国から注目を集めている町である。

昭和43年に建設された鉄筋コンクリート造の町役場が老朽化したことから、「防災の拠点機能」・「住民の利便性」・「梼原産木材の利用」を考慮し、行政・議会を含む庁舎用途にJA・銀行・商工会を加え、延床面積3000m²、地上2階、一部地下1階、梼原町総合庁舎として新しく建設した。Figure 5の外観写真にも表れているように、柱、梁、内部仕上げだけでなく、外部仕上げにも地場産の杉材をふ

んだんに使用しており、温かい木のぬくもりに包まれた庁舎となっている。その他、採用した環境配慮技術の概要をFigure 6に示す²¹⁾。

現地調査に基づくフォアグラウンドデータと産業連関分析に基づくバックグラウンドデータをハイブリッド利用することによって算定した資材製造・流通段階の環境負荷原単位を日本建築学会の「建物のLCAツール」に組み込んでLCAを実施した。資材製造段階では、地場産建築資材である製材、構造用集成材、建設用木製品、生コンクリートを対象とした。建設段階および運用段階では、それぞれ建設現場でのエネルギー消費量、運用エネルギー消費に起因する環境負荷物質排出を分析対象とした。

梼原町総合庁舎と標準庁舎のライフステージ別のCO₂排出量をFigure 7に示す。梼原町総合庁舎は、鉄筋コンクリート造の一般的な設計仕様の庁舎に比べてLCCO₂を39%削減できていることがわかる。

Figure 7. LCCO₂ emissions of Yusuhara town hall

Figure 8. External cost of Yusuhara town hall

LIME (日本版被害算定型影響評価手法) を用いて庁舎のライフサイクルを通じた環境影響による被害量を統合化した結果をFigure 8に示す。椿原町総合庁舎は標準庁舎に比べ環境外部費用を52.4%削減できていることがわかる。

7. おわりに

建築物のLCAツールは、国、自治体から、一部の民間企業でも利用され始めている。また、CASBEEも急速に普及し、LCAとの併用もされるようになってきた。サステナブル建築の普及のためにもこれらのツールは今後ますます重要になるものと期待している。

参考文献

- 1) 日本建築学会建築と地球環境特別研究委員会: “建築が地球環境に与える影響”, (1992)
- 2) 秋山宏, 伊香賀俊治, 木俣信行: “地球環境問題への建築学会の取り組みと展望”, 建築雑誌Vol.114, No.1444, 日本建築学会, (1999)
- 3) Ikaga, T., Murakami, S., Kato, S. and Shiraishi, Y.: Estimation of CO₂ emissions associated with building construction and operation by 2050 in Japan, Study on social life cycle assessment of buildings and cities, J. Archit. Plann. Environ. Eng., Architectural Institute of Japan, No.535, (2000), pp 53-58 [in Japanese]
(伊香賀俊治、村上周三、加藤信介、白石靖幸: 我が国の建築関連CO₂排出量の2050年までの予測、日本建築学会計画系論文No.535, (2000), pp.53-58)
- 4) 日本建築学会, “建物のLCA指針 (案) 地球温暖化防止のためのLCCO₂を中心として”, 日本建築学会, 東京 (1999)
- 5) 日本建築学会, “建物のLCA指針, 環境適合設計・環境ラベリング・環境会計への応用に向けて”, 日本建築学会, 東京 (2003)
- 6) 日本建築学会, “建物のLCA指針, 温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール”, 日本建築学会, 東京 (2006)
- 7) 日本建築学会地球環境委員会: 建物のLCA指針対応評価ソフト, 日本建築学会, (オンライン), 入手先<<http://news-sv.aij.or.jp/tkankyo/s0/news.htm>>
- 8) 公共建築協会, “グリーン庁舎計画指針及び同解説 平成11年版”, 公共建築協会, 東京 (1999)
- 9) 伊香賀俊治, “グリーン庁舎計画指針及び同解説対応計算ソフト”, 公共建築協会, 東京 (1999)
- 10) 公共建築協会, “グリーン庁舎基準及び同解説 平成17年版”, 公共建築協会, 東京 (2006)
- 11) 建築保全センター, “グリーン診断・改修計画基準及び同解説 平成17年版”, 建築保全センター, 東京 (2006)
- 12) Hayashi T., Narita H., Kudo K., Komai N., Tokita S., Ikaga T. and Endo J.: Development of simplified LCA tool quantify the effect of environmental load reduction techniques for Aomori prefectural government facilities, AIJ J. Technol. Des. No.20, (2004), pp.205-210
(林立也, 成田宏之, 工藤勝正, 駒井裕民, 時田繁, 伊香賀俊治, 遠藤純子, “青森県県有施設における環境負荷低減手法の定量効果算定ツールの開発”, 日本建築学会技術報告集第20号, (2004), pp.205-210 [in Japanese])
- 13) Hayashi T., Fujiwara T., Ibe G., Tokita S., Ikaga T. and Endo J.: Development of LCA tool to evaluate the effect of environmental techniques for Tokyo metropolitan government facilities, AIJ J. Technol. Des. No.23, (2006), pp.253-258
(林立也, 藤原孝行, 伊辺岳, 時田繁, 伊香賀俊治, 遠藤純子, “東京都都府有施設における環境配慮型建築の環境・コスト評価システムの開発”, 日本建築学会技術報告集第23号, (2006), pp.253-258 [in Japanese])
- 14) 青森県県土整備部: “青森県環境調和建築設計指針及び同解説, 評価ソフト” (オンライン), 入手先<<http://www.pref.aomori.jp/kenchiku/eizen/index.htm>> (2003)
- 15) 福島県土木部: “環境共生建築計画・設計指針及び同解説, 評価ソフト” (オンライン), 入手先<<http://www.pref.fukushima.jp/kenchiku/eizen/top.htm>> (2006)
- 16) 日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム, “建築物総合環境性能評価システムCASBEE-すまい (戸建), CASBEE-新築 (簡易版), CASBEE-まちづくり (簡易版) 評価ソフト・マニュアル”, 建築環境・省エネルギー機構, (オンライン), 入手先<<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/index.htm>>
- 17) 日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム, “建築物総合環境性能評価システムCASBEE-新築評価マニュアル (2007年暫定版)”, 建築環境・省エネルギー機構, 東京, (2007)
- 18) 日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム, “建築物総合環境性能評価システムCASBEE-すまい (戸建) 評価マニュアル (2007年版)”, 建築環境・省エネルギー機構, 東京, (2007)
- 19) 村上周三, 秋元孝之, 伊香賀俊治, 岩村和夫, 清家剛, 近田智也, 南雄三, “CASBEEすまい (戸建) 入門”, 日経BP社, 東京, (2007)
- 20) 日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム, “建築物総合環境性能評価システムCASBEE-まちづく

り評価マニュアル (2007年版)”, 建築環境・省エネルギー機構, 東京, (2007)

- 21) Tsuda K., Murakami S., Ikaga T., Kuma K. and Narita N.: Environmental impact assessment of local structural glued laminated timber based on field survey, AIJ J. Technol. Des. No.24, (2006), pp.249-253
(津田公平, 村上周三, 伊香賀俊治, 隈研吾, 本藤祐樹, 成田菜採, “現地調査に基づく地場産構造用集成材の環境影響評価”, 日本建築学会技術報告集, 第24号, (2006), pp.249-253)