

どう評価する？木材の環境への優しさを －ライフサイクルアセスメントとカーボンフットプリント－

東京農工大学大学院農学府 服 部 順 昭

1. はじめに

氷河や氷床の融解、それによる海面の上昇、海水温の変化による異常気象、絶滅生物種の増加など、地上で起こる様々な環境に関わる現象を、マスコミが大きく取り上げることもある、異常と意識せざるを得ない今日この頃です。これらの変化は、人間活動によつてもたらされたのではなく、太陽活動などの自然現象の変化によってもたらされたものであるという見方を否定はできませんが、地球温暖化が注目されていることは事実です。その結果、20世紀の花形であった消費を美とする社会システムから、それによって引き起こされたとされている地球環境悪化や化石や鉱物資源の枯渇に対する危惧や懸念から、21世紀は環境や持続性を美とする社会システムに変革していくことになります。しかし、そのシステムを成り立たせるためには、我々は環境への影響を大所高所から捉え、対応しなければなりません。

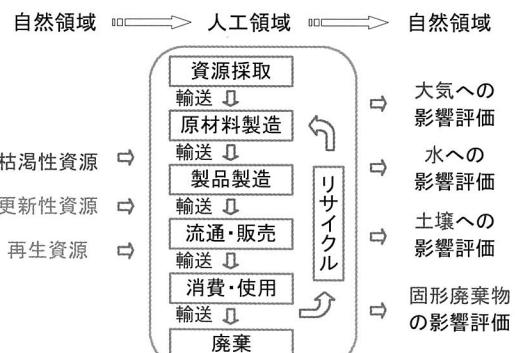


図1 LCAの概念

地球や地域の環境悪化は、制御できない自然現象を除き、全て人間の経済活動の負の遺産として生じたものとの前提に立つと、図1のように、自然領域から人工領域への資源の移動と人口領域から自然領域への環境負荷物質の排出にあるので、両領域間の物質移動を総体的に捉えて抑制すれば解決するのではとの考えが成り立ち、ライフサイクルアセスメント（LCA）という手法が生まれました。

LCAとは、Life Cycle Assessment の略で、あらゆる『製品（最終製品）』や『サービス』の資源調達から製造、使用、廃棄に至るまでの全ライフサイクル（振りかごから墓場まで）において、投入した資源量やエネルギー量、環境に与えた負荷量を求め、環境への影響を定量的かつ総合的に評価する環境マネジメントシステムの一手法です。

その指針は国際規格であるISO 14044:2006¹⁾やJIS Q 14040～14043に規定されており、これを精読してもLCAをうまく

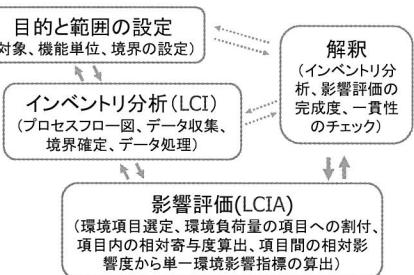


図2 LCAの手順

行えませんが、図2のように、目的と範囲の設定、インベントリ分析、影響評価の順に作業を進め、手順間で齟齬がないかしっかりと解釈を実施することとなっています。ここで言う、定量的かつ総合的に評価する方法とは、例えば、CO₂をはじめとする温室効果ガスが地球温暖化を、硫黄酸化物が酸性化をもたらしていると定性的には知られていますが、何がどれだけの量の環境負荷ガスを排出しているのか、という定量的な分析結果が無ければ、対策が立てられません。さらに、地球温暖化やオゾン層破壊、酸性化など様々な環境影響があり、どちらを立てればこちらが立たずと言うトレードオフの関係がしばしば存在するので、これらを総合的にどの様に解決すればよいかが分かりません。そこで、LCAによって、関連する全ての問題をまとめて評価し、解決策を提言しようということです。

LCAのこれまでの発展により、様々な環境負荷物質による環境影響を統合化し、社会コスト（潜在被害額）として日本円で表すLIME（日本版被害算定型環境影響評価手法）²⁾というツールが2005年に開発されたので、LCAによる評価結果が「見える化」できるようになりました。

LCAの解説は手頃な解説書³⁾に譲るとして、LCAによって行った環境への優しさを定量的に評価した事例を紹介します。

2. 木質材料のLCAによる評価

我が国の平成16年の木材需要は丸太換算で年間8,980万m³で、その8割強が輸入材でした。製材用輸入丸太の環境負荷量を、輸出国での丸太生産とバルカ一船による東京までの片道の輸送（北洋材のみ鉄道輸送も含む）の和として求め、そのインベントリ結果をLIMEにより統合化し、社会コストとして求めますと、図3のようになりました。比較のために、国産丸太の生産とその10tトラックによる陸上輸送の和と、国内で使われる丸太の産地別の供給量の加重平均で求めた環境負荷量を統合化した結果も示しました。これより、輸送距離が長いほど社会コストが高いこと、生産時の社会コストは輸送のそれに比べると少ないことが分かり、地産地消の優位性が示されました⁴⁾。

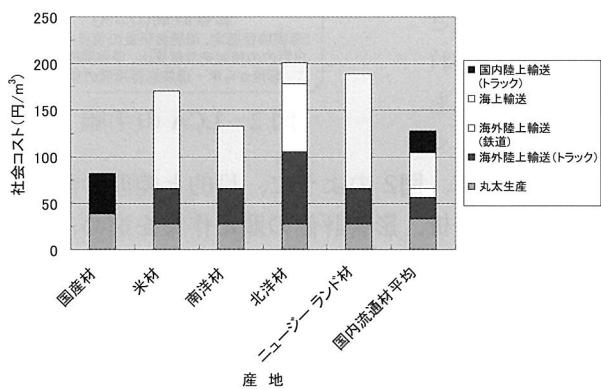


図3 シナリオに基づく丸太 1m³ の生産と輸送で生じる社会コスト⁴⁾

3. 「見える化」とは

平成20年3月28日に改訂された京都議定書目標達成計画⁵⁾に、【省エネ製品の選択といった消費者の行動を促すため、様々な製品やサービスの製造・使用段階等における二酸化炭素排出量の「見える化」を推進するとともに、】という表記があり、「見える化」という用語が登場しました。

これを受けて、平成20年7月29日に「低炭素社会づくり行動計画」⁶⁾が閣議決定され、【できるだけ多くの商品や食品、サービスにおいて、その温室効果ガス排出量等が消費者に「見える化」されることを目指す。・・・

(中略)・・・具体的には、商品の製造や食品の生産から輸送、廃棄に至る過程や、サービスの利用に伴つ

て排出される温室効果ガス排出量を表示するカーボン・フットプリント制度等の「見える化」について、2008年度中に排出量の算定やその信頼性の確保、表示の方法等に関するガイドラインを取りまとめ、来年度から試行的な導入実験を行うよう目指す。】と方針が詳細に示され、見える化とカーボンフットプリントが繋がりました。

上記の動きの発端は、温室効果ガスの更なる削減を目指して、英國環境・食料・農村地域省 (Department for Environment, Food and Rural Affairs: DEFRA) が設立したCarbon Trust 社が英國規格協会 (British Standard Institute: BSI) と共同して2008年10月29日に発行したPAS2050 "Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services" (製品やサービスのライフサイクルにおける温室効果ガス排出量算定に関する規格) です⁷⁾。

平成20年6月17日には、「カーボンフットプリント制度の実用化・普及推進研究会⁸⁾」が稲葉座長の下で発足し、平成20年7月7日には、稲葉座長他7名の委員で「CO₂ 排出量の算定・表示・評価に関するルール検討会」が始まりました。3回の研究会と4回の検討会を経て、「統一マーク」の選定、カーボンフットプリントの算定と「エコプロダクツ2008」での試行表示、「カーボンフットプリント制度の在り方(指針)」と「カーボンフットプリント制度商品種別算定基準 (PCR) 策定基準」の作成⁹⁾を行いました。PCR 策定基準には、用語の定義、バイオマスの燃焼で発生するCO₂のみは排出と見なさないなどの様々なデータの取り扱い基準、商品又はサービスの定義と範囲、各ライフサイクル段階におけるデータ収集方法、CO₂ 排出原単位データ、表示方法等、カーボンフットプリントを実施するために守らなければならない重要な方針が明記されており、何れも、これまでのLCAの手法を基本的に踏襲しています。

カーボンフットプリントは、Carbon Footprintと書くことから、その略称は、当初はCFと表記されていましたが、いつの間にかCFPと変わり、最近では、Carbon Footprint of Productsの略であるとの説明がなされています。PCRとは商品種別算定基準 (Product Category Rule) のことで、LCAを行う場合に、商品によっては配分などの算定方針を変えた方が合理的なこともあるので、その細部の違いを認めるオープンでフェアに策定された基準のことです。

CFPの対象製品は、中間とりまとめ案では、当面は日用品などの非耐久消費財とし、耐久消費財のうちエコリーフなどLCAにより算定が行われているものまで広げ、将来的にはLCAによる算定が行われていないものまで拡大となっていますが、これまで申請されたPCR原案策定計画の登録済み計画一覧¹⁰⁾によると、電球やオフィス家具など、耐久消費財のPCRも既に計画されています。

4. CFPの現状

昨年から検討されるようになったCFPによる見える化は、温室効果ガス (Greenhouse Gas : GHG) の削減を目指していることから、LCAで得られる地球温暖化、オゾン層破壊、酸性化、都市域大気汚染、光化学オキシダント、有害化学物質、生態毒性、富栄養化、土地利用、資源消費、廃棄物、騒音、室内空気汚染の最大13の環境カテゴリーの内、地球温暖化のみの影響を知る評価ツールとなります。それ故、PAS 2050⁷⁾ やカーボンフットプリント制度の在り方(指針)で、評価はLCAで行うと明記されている訳です。

CFP制度は平成20年度に検討が始められ、現在、経済産業省の補助により、(社)産業環境管理協会(以下、「産環協」という)で製品毎のPCR原案策定登録が日々受け付けられています。受け付けられた申請分より、認定に関する規定に従い、産環協に置かれたPCR委員会が審査します。その規定とは、経済産業省が農林水産省、国土交通省、環境省と連携して実施する「カーボンフットプリント制度試行事業」において「カーボンフットプリント算定・表示試行事業」が使わなければならぬPCRの原案策定計画の登録とPCRの認定に係る一連の手順を定めたもので、平成21年6月1日に「PCR原案策定計画の登録及びPCRの認定に関する規程」¹¹⁾として公示されました。平成21年11月5日現在で65件のPCR原案の策定計画が承認¹⁰⁾されていますが、登録件数は毎月ハイペースで増えています。それに伴って、PCR原案の策定作業も進んでいます。平成21年9月4日には国内で第1号となる3件のPCRが認定されました。その内の一つはイオン(株)が申請し、CFPマークの使用が検証番号CV-AA-002で許諾された4 kg入りの贈答用「あきたこまち」です。その公開されている段階別のGHG排出量の内訳¹²⁾は、原材料調達段階が3.73E+00 kg-CO₂e、生産段階が2.27E-01 kg-CO₂e、流通・販売段階が1.05E+00 kg-CO₂e、使用・維持管理段階が1.23E+00 kg-CO₂e、

廃棄・リサイクル段階が5.17E-02 kg-CO₂eとなっており、図4のように、その総和である6.3 kgというCFPが袋に表示されています。原材料調達段階の排出量の割合が最も高く、それには栽培中に水田から発生するCH₄や肥料、農薬によるGHGを一次データとして測定したと明記されていますが、詳細情報や用いたPCR(認定PCR番号: PA-AA-01)には内訳は示されていません。

登録された65件のPCR原案策定計画から紙や木質製品に関連するものを抜き出すと、出版・商業印刷物(PPR-002)、プラスチック製容器包装(PPR-004)、筆記用具(PPR-013)、手すき和紙(PPR-015)、オフィス家具(PPR-023)、紙及び板紙(PPR-025)、紙製容器包装(PPR-028)、木材製品(木質部材)(PPR-043)、複合再生プラスチック製の番木(PPR-044)、木材・プラスチック再生複合材(PPR-045)があります。

CFPの試行事業における関連規定などの最新情報は経済産業省の支援により開設されたCFPのホームページ¹³⁾に示されているので、参照して下さい。

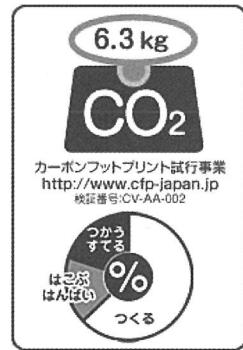


図4 CFPの表示例¹²⁾

5. 木材製品の「見える化」

林野庁では、環境に優しい木材の特長を生かした【木材利用に係わる環境貢献度の「見える化」検討会】を平成20年9月22日から立ち上げました¹⁴⁾。箕輪座長他、木材の川上から川下までの主要な工程における企業や業界団体、NPO法人から選出された委員10名で構成される検討会で、筆者もその一人です。事務局となる林野庁からの委員はもちろんのこと、経済産業省、国土交通省、環境省からもオブザーバが加わっており、3回の検討会を経て、12枚のスライドからなる【木材利用に係る環境貢献度の「見える化」について(中間とりまとめ案)]¹⁵⁾をまとめました。これまでの検討経過はウェブで公表¹⁴⁾されています。

木材の特長を生かして、①燃焼時に木材から排出されるCO₂はCFPには含めない、②木材中に固定されている炭素量をCFPとは別に表記する、③リサイクルを促進するためにリサイクル製品の原材料調達に係わる環境負荷は廃材発生場所からの輸送から含める、④間

伐材製品の利用ではそれが産出された森林の蓄積量、間伐率、利用率を勘案した間伐面積を森林整備の貢献度として表記する、という基本方針で臨むことになっています。ここで、②については、ストック量からCFP分を控除した数値を貯蔵効果として次の計算に活用することをしばしば聞きますが、これだと木材廃棄時にその量しかCO₂を発生させられないことになりますが、実際には全て燃えて、CFP分のダブルカウントが起こりますので、この様な評価はしてはいけません。よって、CFPとストック量を併記することで、この問題を解決するという提案になっています。

林野庁は平成21年度に、「環境にやさしい木材利用推進緊急対策事業」の中で、主な木質材料について、「木材利用による環境貢献度の定量的評価手法の構築」という事業を公募により始めました。その目的は、①木材製品の製造に要するエネルギー使用量の評価（LCA評価）、②木材製品中に含まれる炭素固定量の評価、③木材製品（特に間伐材）の利用が、どの程度森林整備に貢献するかについての評価からなり、NPO法人才の木¹⁶⁾の提案が採択され、単年度で実施することとなりました。森林や木材産業関連の業界団体、消費者団体、学識経験者など13名の委員と関係省庁からのオブザーバ7名、事務局となる才の木から2名、調査担当の学生若干名を加えた25名程で構成される実施委員会が組織されました。

平成21年5月18日の第1回委員会で、調査を国内での需要量の多い製品から、製材、集成材、合板について、原材料の産地を国産材、外材の別で行うこととし、要望によりパーティクルボードと防腐処理木材も加わりました。製品の生産規模によって環境負荷が変わるので、その点も考慮することになりました。得られるCFPについては、調査対象製品の国内におけるシェアが50%を超えるものからそうでないものまで様々になる見込みなので、平均値という表現を使わずに、デフォルト値として示されます。可能な限り現地視察を行い、LCAとCFPをフォアグランドデータを取ってもらう担当者に説明し、信頼性を担保する方針で臨むことになります。

調査結果は、中間報告会と最終報告会を経て、報告書にまとめられ、林野庁に提出・公開されるますが、企業等がこれから自主的に行うCFPの参考になるものと思われます。

公正なCFPを行うには、第2項で触れた当該製品についてのPCRを策定しなければなりません。LCAや

CFPという用語や情報、効果がほとんど知られていない現状では、特定の業界団体や企業が単独でPCRを作成するには無理があります。そこで、CFPの調査事業を林野庁から受けたNPO法人才の木が代表となってPCR原案を作成する計画を産環協のCFP制度試行事業事務局に申請し、平成22年5月を目処に木材製品（木質部材）のPCR原案を策定する計画（PPR-043）が平成21年9月29日に承認されました¹⁰⁾。委員会を組織してPCR原案を策定することになりますが、(社)全国木材組合連合会、日本合板工業組合連合会、日本集成材工業協同組合、日本木材防腐工業組合、日本木材輸入協会、日本纖維板工業会、の6業界団体の意向を受けて行う計画となっています。

CFPは業界や企業が自主的に進める制度で、政府は、取り仕切るもの、強制は一切しませんので、定着するか否かは業界や個別企業の意思次第です。環境ラベルにはタイプI～IIIの3通りがISOで規定されており¹⁷⁾、タイプIの代表はエコマークですが、CFPは、エコリーフと同じく、タイプIIIに分類される見込みです。エコマークは、基準を満たせば全ての製品に同じマークが付いて、差別化は起こりませんが、CFPはマークは同じでも中に書かれる数値が商品毎に異なるので、それによる差別化が好むと好まざるとに関わらず起るものと思われます。タイプIIIのCFPについては、木質材料にはまだ承認例がないものの、お米など8製品について、あるサプライチェーンの強力な推進により、経産省の試行事業として始まっています¹⁸⁾。木質材料関連ではまだPCR原案が策定されていませんので、事業者の自己宣言による環境主張であるタイプIIのラベルとして、合板に初めてCFPが自主表示されました¹⁹⁾、インドネシアで生産されたパーティクルボードにも同様の表示が始まりました²⁰⁾。

6. 住宅の工法別環境負荷評価

木質材料の積み上げ法によるLCA評価は企業や業界団体で実施されつつありますが、その集大成である住宅の工法別評価は、窯業系外壁材や石膏ボード、屋根材、住設機器などの原単位が整備されていませんので、困難です。そこで、建築学会が開発した産業連関法で影響評価が行えるLCAソフト²¹⁾に付属の1995年の産業連関表に基づき求めた工法別単位床面積当たりの環境負荷原単位（CO₂、SO_x、NO_x、CH₄、N₂O）を図5、6に示しました。この結果には住宅の原材料製造から輸送、設備、建設までの環境負荷は含まれてい

ですが、使用と廃棄は含まれていません。

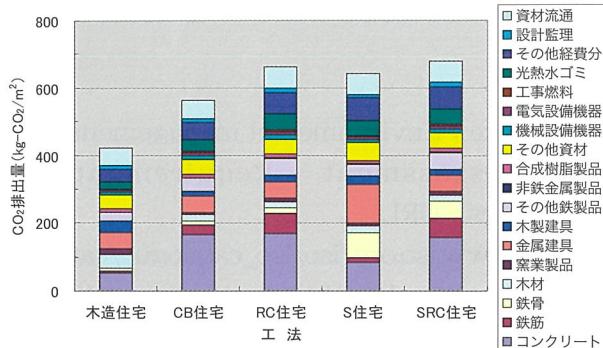


図5 床面積あたりの住宅工法別 CO₂ 排出量²¹⁾

これより、環境負荷が高い工法はSRC、RC、S住宅で、次いで、CB（コンクリートブロック）住宅、最も低いのが木造住宅となります。図6に見られるように、環境負荷物質によってその順位は異なりますので、SRC、RC、S住宅の中での順位はこのままでは付け

られません。高いグループと木造との差の主因はコンクリート、金属建具、鉄筋、その他資材の使用による環境負荷です。

工法間で用いる建築資材の違いによるトレードオフの関係がありますので、それを排除するために、これらの環境負荷をLIME 2²²⁾で統合化した結果を社会コストとして図7に示しました。SRC、RC、S住宅の中ではSRCが最も高いように見えましたが、結果はSが

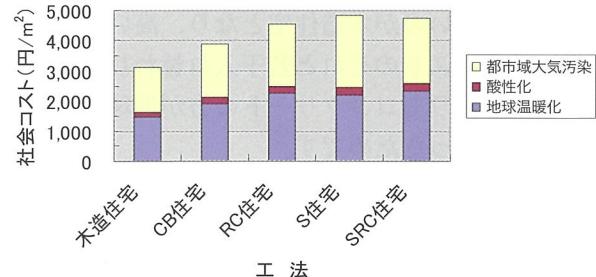


図7 床面積当たりの住宅工法別社会コスト

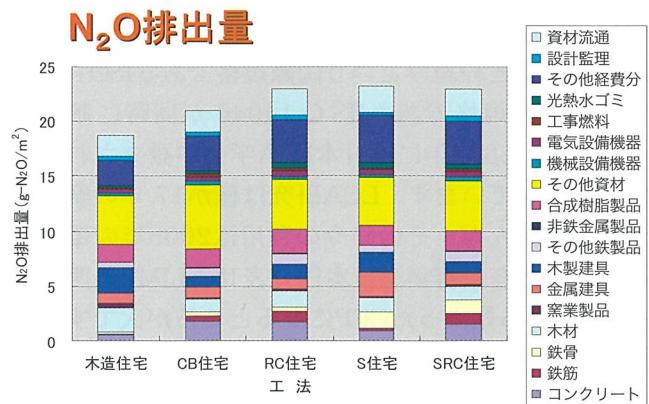
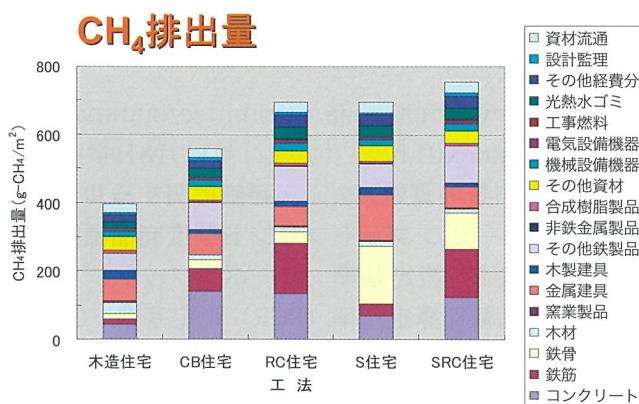
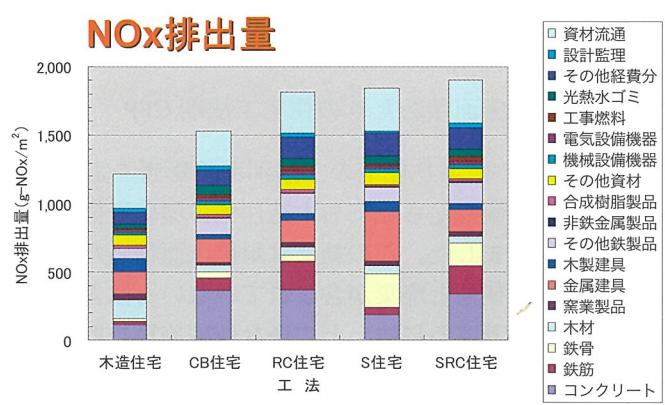
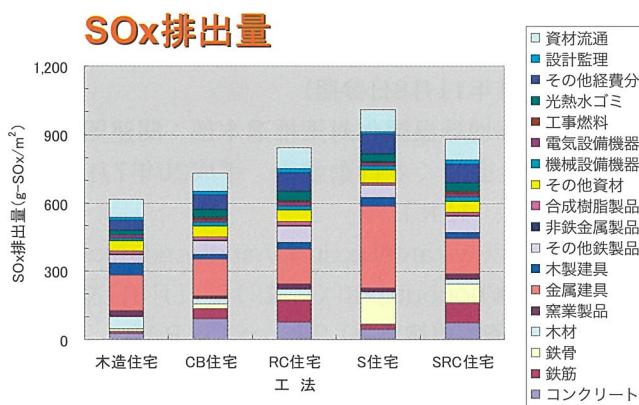


図6 床面積あたりの住宅工法別環境負荷ガスの排出量²¹⁾

最も高く、SRC、RCとなりました。ここでも、CBはその次となり、木造が最も低く、S、SRC、RC住宅の社会コストは木造の約1.5倍と高いことが分かりました。社会コストの主なものは鉄骨とコンクリートという環境負荷が大きい材料の多用による都市域大気汚染と地球温暖化への影響です。

影響評価の結果から地球温暖化への影響のみを知るCFPを求めたところ、図8のようになりました。工法別ではSRC、RC、S住宅が大きく、次いでCB住宅となり、最も低いのが木造住宅となり、高いグループの順位は社会コストのそれと若干入れ替わりました。これは、鉄骨よりもコンクリートの方が地球温暖化への影響が大きかったためです。

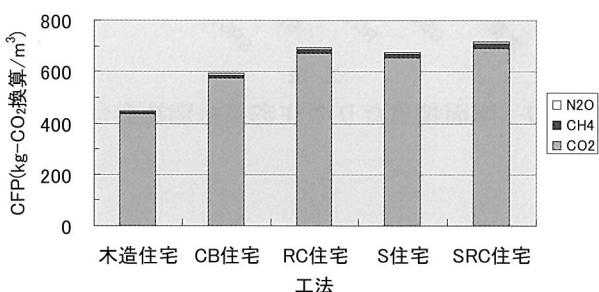


図8 床面積あたりの住宅工法別 CFP

LCAとCFPにより住宅の工法別環境影響を計算した結果、どの観点から見ても木造住宅の環境優位性が明らかとなりました。この結果は単位床面積当たりの数値であり、使用と廃棄が含まれていないとは言え、地球環境を改善するには、どの様な住宅施策を取ればよいかが明確になりました。

7. おわりに

1992年の日本LCA研究会の発足により、我が国でLCAが本格的に研究され始めました。その後に、LCAの原則と枠組みという国際規格であるISO14040とその国内規格であるJIS Q 14040が同時に制定されました。2004年には日本LCA学会が設立されて、今日に至っています。LCA研究は僅か17年の歴史しかありませんが、その昨今の利用は2005年の環境負荷による潜在被害額を日本円で表せるLIMEの開発と2008年から始まったCFPによるところが大です。環境負荷の定量的な評価に基づく環境に優しい世の中に変えていくためのツールとして、LCAとその温暖化防止だけの観点で評価するとは言え、CFPは研究者のみならず広く一般国民にこれから益々活用されていく

でしょうし、そうあって欲しいと願う次第です。貴重な埋蔵資源を子々孫々まで使ってもらうためにも。

文献

- 1) ISO Store : Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines, URL
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38498
 (平成21年11月8日参照)
- 2) 伊坪徳宏、稻葉敦編著：ライフサイクル環境影響評価手法、産業環境管理協会、東京、pp.384(2005)
- 3) 伊坪徳宏、田原聖隆、成田暢彦：LCA概論、(社)産業環境管理協会、東京、pp.316 (2007)
- 4) 東京産木材による木造住宅のLCA調査実行委員会：東京産木材による木造住宅のLCA調査報告書(改訂版)、平成19年9月、pp.113 (2007)
- 5) 首相官邸地球温暖化対策推進本部：関連閣議決定京都議定書目標達成計画、平成20年3月28日全部改訂、pp.85 (本文) U R L
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/>
 (平成21年11月8日参照)
- 6) 首相官邸地球温暖化対策推進本部：関連閣議決定低炭素社会づくり行動計画、平成20年7月29日、pp.22 U R L
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/080729/honbun.pdf> (平成21年11月8日参照)
- 7) BSI (英国規格協会) Shop : U R L
<http://shop.bsigroup.com/en/Browse-by-Sector/Energy--Utilities/PAS-2050/> から登録の上、無料でダウンロード可 (平成21年11月8日参照)
- 8) 経済産業省カーボンフットプリント制度の実用化・普及推進研究会：(第1回)－議事要旨、平成20年6月17日、
<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004492/index01.html> (平成21年11月8日参照)
- 9) CO₂排出量の算定・表示・評価に関するルール検討会：カーボンフットプリント制度商品種別算定基準(PCR)策定基準：カーボンフットプリント制度商品種別算定基準(PCR)策定基準、2009年3月3日、U R L
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g81114a20j.pdf>
 (平成21年11月8日参照)

- 10) CFP ホームページ：PCR 原案策定計画登録済み計画一覧表、(社)産業環境管理協会、URL
http://www.cfp-japan.jp/common/files/seido/pcr_sakutei_tourokuichiran091105.pdf
(平成21年11月8日参照)
- 11) 農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省：カーボンフットプリント制度PCR 原案策定計画の登録及びPCRの認定に関する規程、平成21年6月1日、(社)産業環境管理協会、URL
http://www.cfp-japan.jp/common/pdf/54_regist.pdf (平成21年11月8日参照)
- 12) カーボンフットプリント算定・表示試行事業：あきたこまち、検証番号CV-AA-003、URL
http://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/pdf/shosaijoho_CV-AA-002.pdf (平成21年11月8日参照)
- 13) CFP ホームページ：Carbon Footprint of Products製品のCO₂ の「見える化」、(社)産業環境管理協会、URL <http://www.cfp-japan.jp/>
(平成21年11月8日参照)
- 14) 林野庁林政部木材利用課：木材利用に係る環境貢献度の「見える化」検討会、URL
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/mieruka/top.html> (平成21年11月8日参照)
- 15) 木材利用に係る環境貢献度の「見える化」検討会：木材利用に係る環境貢献度の定量的評価手法について（中間とりまとめ）、URL
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/mieruka/pdf/torimatome.pdf> (平成21年11月8日参照)
- 16) NPO法人才の木：URL <http://www.sainoki.org/>
(平成21年11月8日参照)
- 17) 環境省総合環境政策局環境経済課：ISO の環境ラベルに関する規格、URL
http://www.env.go.jp/policy/hozen/green/ecolabel/c01_04.html (平成21年11月8日参照)
- 18) CFP ホームページ：CFP マーク使用許諾製品一覧、URL
<http://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/permission.html> (平成21年11月8日参照)
- 19) 環境メディアのニュース：住友林業、国産材合板に初のカーボンフットプリント表示、2009年4月20日、URL
http://kankyoymedia.jp/news/20090420_1127.html (平成21年11月8日参照)
- 20) 日刊工業新聞社ニュース環境：住友林業、CFP表示でCO₂ 削減促進－インドネシアのパーティクル板、2009年09月30日、URL
<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0520090930cdak.html> (平成21年11月8日参照)
- 21) 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、pp.178 (2006)
- 22) LCA 日本フォーラム：LIME2 統合化リスト、URL
<http://www.jemai.or.jp/lcaforum/db/login.cfm>