

38. 木造建築ストックの代謝プロセスにおける炭素バランスの評価

THE EVALUATION OF THE CARBON BALANCE IN A METABOLISM PROCESS OF WOODEN BUILDING STOCK

村野 昭人*・藤田 壮**・根本 秀章**
Akito MURANO*, Tsuyoshi FUJITA**, Hideaki NEMOTO**

In this study we evaluated the carbon balance in a metabolism process of wooden building stock, such as "planting", "the wood transportation", "accumulation to a building", and "incineration". As for the quantity of CO₂ absorption by planting, as for the CO₂ discharge about 22,000t-CO₂, the wood transportation, it was estimated that some 140,000t-CO₂ decrease, a CO₂ discharge by incineration were caused by large increase of disposal wood outbreak quantity, and 34,000t-CO₂, the quantity of CO₂ stock to a carving wood building showed increase of 134,000t-CO₂ between ten years from 1992. I increased, and it was estimated that they greeted a peak in about 2010, and, in 2007, as for the CO₂ discharge by incineration, 2.5 times were able to estimate imported lumber to be when they cut quantity of annual carbon release by 1.9% reduction by replacing it in domestic production materials.

KEY WORDS : Carbon Balance, Wooden Building Stock, Life Cycle CO₂

1 はじめに

森林は、地球温暖化の主な原因となる温室効果ガスのひとつである二酸化炭素を吸収・固定し、地球温暖化を抑制する機能を持っており、この機能・役割の重要性が再認識されている。世界各国の温室効果ガス削減目標を定めた京都議定書において、人間が1990年以降に行った植林・再植林などの森林管理によって生じるCO₂の吸収量を、その国のCO₂削減量から差し引くことが認められており、日本は削減目標の6%のうちの3.7%を森林吸収でまかなうことを想定している。また、森林から生産される木材は、鉱物資源や化石燃料のような枯渇性資源とは異なり、植林等の森林管理によって再生可能な資源であることから、循環可能な資源として期待されている。木材の中でも、特に建築木材は他の木材製品に比べて長期的に利用されることから、長期的な炭素蓄積機能があると言える。

木材や建設物を対象として環境負荷量の分析を行っている既存研究例として、橋本ら(2000)¹⁾は、建築物を対象として解体廃棄物の発生予測手法を検討するとともに、わが国の近未来における建築解体廃棄物の発生予測を行っている。その結果として、今後2010年ごろまでに解体廃棄物の発生量が大幅に増加すると予測されたことから、建築物の長期利用や廃棄物のリサイクルによる解体廃棄物の削減可能性の検討を行っている。藤田ら(2003)²⁾は、京阪神大都市圏を対象に戸建住宅から発生する建設廃棄物の循環再資源化システムを構築し、その環境改善効果と経済効果を算定している。具体的

* 東洋大学 地域産業共生研究センター Toyo University, Center for Regional Industrial Symbiosis Research, Kujirai 2100, Kawagoe-shi, Saitama, Japan 350-8585 E-mail: murano-a@eng.toyo.ac.jp

** 東洋大学工学部環境建設学科 Toyo University, Faculty of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering

には、都市圏に蓄積された建設ストックの立地量を算定した上で、建設構造材のマテリアルリサイクル、エネルギー資源としてのサーマルリサイクルを組み合わせた代替的な再資源化オプションの定義と多元的な再資源化政策の有効性を算定している。天野ら（2004）³⁾は、日本の建築分野における木材フローに基づいて、建築木材に関わる総括的な炭素収支の評価を行っている。建築木材として建築物に蓄積される炭素蓄積量、未利用間伐材や林地残材等の廃棄木材による炭素放出量、建築木材の生産および輸送で消費される化石燃料由来の炭素放出量、伐採後の植林による炭素吸収量を推計し、外材を国産材に代替した場合や植林の育林期間を長期化した場合の炭素放出量の削減を提案している。

そこで本研究では、埼玉県の木造建築ストックを対象として、「植林」、「木材輸送」、「建築物への蓄積」、「焼却処分」の各ステージにおける炭素バランスの評価を行い、有効な木材循環施策を計画する上での有用な知見を提供することを目的とする。

2 木材のライフサイクルにおける環境負荷の推計

2.1 木材のライフサイクル

建築木材のライフサイクルを対象とした、環境負荷量の算出フローを図1に示す。建築木材のライフサイクルは、木材輸入、森林伐採、木材加工、施工、解体、廃木材焼却処分の各ステージから構成されるとみなし、廃木材の再資源化については考慮しない。なお本研究では、木材の伐採を「炭素蓄積場所の移動」と位置づけており、木材への炭素蓄積量を焼却処分等により炭素を放出するまでの潜在的な炭素排出とみなし、木造建築物の平均寿命すなわち耐用年数を炭素蓄積期間とする。また、植林に関しては、耐用年数が森林伐採跡地への植林による炭素吸収期間に相当するとみなし、耐用年数を育林期間と仮定して炭素吸収量を推計する。

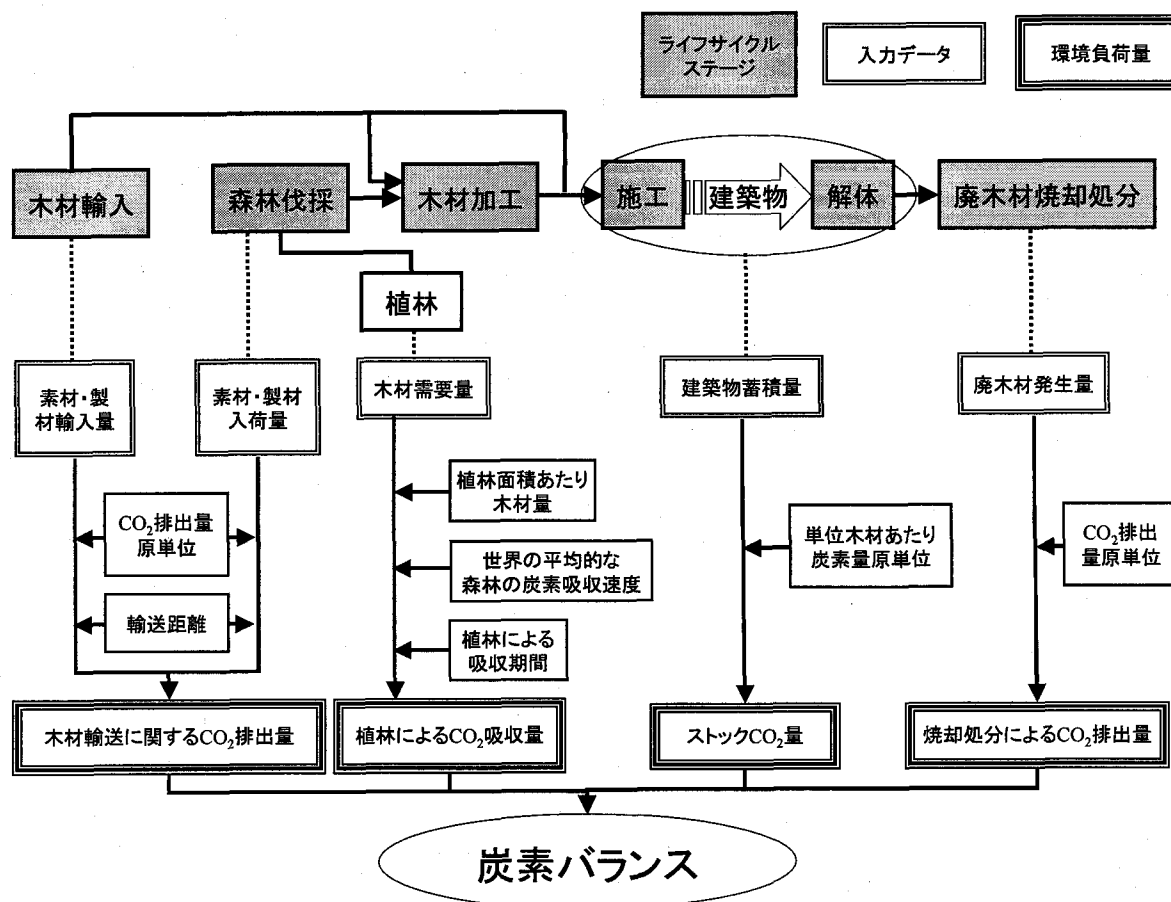


図1 建築木材のライフサイクルにおける環境負荷算出フロー

2. 2 調査データ

(A) 着工床面積

建築統計年報⁴⁾における建築着工統計のデータから、埼玉県建築物の構造別着工床面積を調査し、その経年変化を把握した(図2)。その結果、建築物の着工床面積は、昭和40年頃から急速な増加を続け昭和50年頃に第1次ピーク、昭和終期頃から平成の初め頃にかけて第2次ピークを迎えて今日に至っていることが分かった。これらはそれぞれ、高度経済成長、バブル期に相当している。一方で、木造建築物に限った場合、昭和40年頃をピークに、以後は緩やかに減少し、近年はほぼ横ばいであることが分かった。

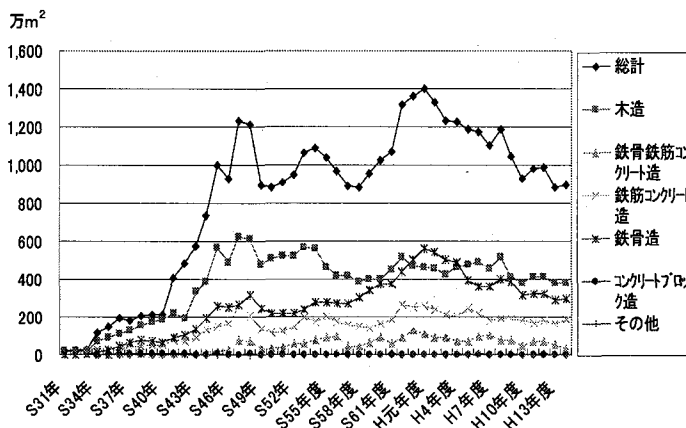


図2 埼玉県の構造別着工床面積の推移

(B) 素材・製材入荷量

埼玉県における素材・製材入荷量については、農林水産省の木材需給報告書⁵⁾から平成4年、9年、14年の値を引用した。この値を用いて国内材の輸送に伴うCO₂排出量の推計を行った。

(C) 素材・製材輸入量

埼玉県における素材・製材輸入量についても、素材・製材入荷量と同様に、農林水産省の木材需給報告書から平成4年、9年、14年の値を引用した。この値を用いて外材の輸送に伴うCO₂排出量の推計を行った。外材は南洋材、米材、北洋材、ニュージーランド材、その他のに分類することが出来るが、南洋材と米材がそれぞれ45%前後を占めている。

3 木材のライフサイクルにおける環境負荷の推計

3. 1 木材フローの推計

(A) 木材投入量

木造建築物への木材投入量は、(財)日本住宅・木材技術センターの調査⁶⁾における単位面積あたり木材使用量に木造着工床面積を乗じて木造建築物への木材投入量を推計した。

(B) 木材蓄積量

既存研究³⁾より、建築現場で発生する木くず等の廃木材量は木材投入量の10%であることを引用し、この量を除いた木材投入量の90%を木造建築物への木材蓄積量とした。

(C) 廃木材発生量

木造建築物の解体に伴う廃木材発生量を推計するための手法として、藤田ら(2003)²⁾は、木造建築物の平均寿命すなわち耐用年数を36年と算定し建設廃棄物発生量を推計している。ワイブル分布等の寿命関数を用いた場合、ピークの分散効果はあるが10年の期間での期待値としては大きな差が生じないことから、藤田らの手法を採用し、木造建築物の耐用年数を36年と仮定し、36年前の建築物への木材蓄積量が廃木材発生量となると仮定した。

図2で示したように、埼玉県構造別着工床面積が昭和40年頃から昭和50年頃にかけて急速に増加し続けているため、木造建築物の解体に伴う廃木材発生量は増加の一途を辿っている。木造建築物の平均的な耐用年数36年ということを考慮すると、2010年ごろをピークとして建築物の解体に伴い発生する解体廃木材量が増加することが分かった。

3. 2 CO₂排出量の推計

(A) 植林によるCO₂吸収量

本研究では、木造建築物の耐用年数が森林伐採跡地への植林による炭素吸収期間に相当するとみなし、耐用年数を育林期間と仮定した。木材需要量を（社）日本エネルギー学会の資料⁷⁾から引用した植林面積当たり木材量で除することで植林可能面積を求め、エコロジカルフットプリント指標における二酸化炭素吸収面積の算定において一般的に用いられている世界の平均的な森林の炭素吸収速度⁸⁾、および育林期間を乗じて、植林によるCO₂吸収量を推計した。

(B) 木材輸送に伴うCO₂排出量

木材の輸送に関して、海外からの木材輸入として、コンテナ船による海上輸送と、国内におけるトラックでの陸上輸送に伴うCO₂排出量を求める。埼玉県における木材入荷量に、輸送距離およびコンテナ船、トラックのCO₂排出量原単位⁹⁾を乗じて推計した。

(C) 木造建築物にストックされるCO₂量

本研究では、木材の伐採を炭素蓄積場所の移動と位置づけて、木材が焼却処分等により炭素を放出するまでの炭素蓄積量を将来排出される潜在的な炭素排出量と評価した。そこで、木造建築物への木材蓄積量に、単位木材当たり炭素量⁷⁾を乗じて木造建築物にストックされるCO₂量を推計した。

(D) 廃木材焼却処分によるCO₂排出量

廃木材発生量に、絶乾重量あたり発熱量、発熱量あたりCO₂排出量、絶乾比重¹⁰⁾をそれぞれ乗じて廃木材焼却処分によるCO₂排出量を推計した。廃木材焼却処理によるCO₂排出量は、廃木材発生量の増加に比例して増加するため、廃木材発生量と同じく2010年ごろにピークを迎えることがあきらかになった。

4 木造建築ストックの代謝プロセスにおける炭素バランスの評価

4. 1 木造建築ストックの代謝プロセスにおける炭素バランスの分析

前節で推計した植林によるCO₂吸収量、木材輸送に伴うCO₂排出量、木造建築物に蓄積されるCO₂ストック量、焼却処分によるCO₂排出量を用いて、平成4年、平成9年、平成14年の3ヵ年について、埼玉県を対象とした木造建築ストックの代謝プロセスにおける炭素バランスの分析を行った。埼玉県に投入される木材量を炭素換算することで、木材ライフサイクルにおける炭素フローを各年次ごとに示した。

平成4年における埼玉県の木造建築ストックに関する炭素フローを図3に示す。228kt-Cの炭素が投入され、最終的に放出される炭素量は7.3kt-Cであった。また、解体に伴い発生した廃木材に含まれる炭素量24kt-Cのうち半分の12kt-Cが焼却処分によって放出され、残り半分の12kt-Cは固定炭素として焼却後の木炭中に留まることが分かった。

平成9年における埼玉県の木造建築ストックに

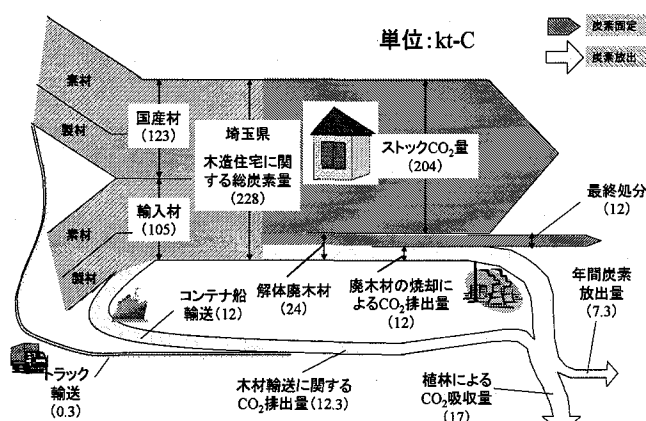


図3 埼玉県の木造建築ストックに関する炭素フロー（平成4年）

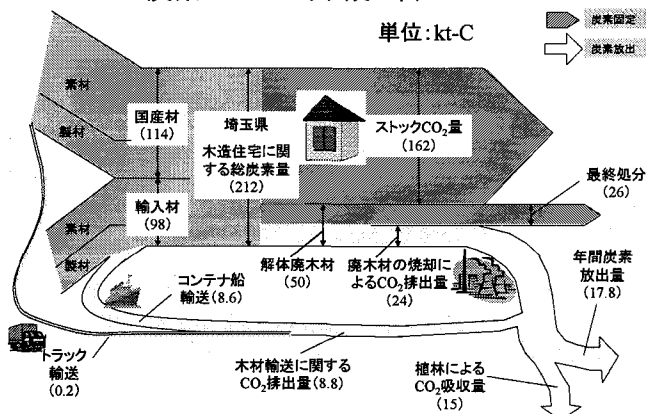


図4 埼玉県の木造建築ストックに関する炭素フロー（平成9年）

関する炭素フローを図4に示す。212kt-Cの炭素が投入され、17.8kt-Cが放出された。この年間炭素放出量の増加の要因として、木材輸送に伴うCO₂排出量が減少傾向にあるなか、廃木材の焼却によるCO₂排出量が平成4年の約2倍に増加したことが考えられる。

平成14年における埼玉県の木造建築ストックに関する炭素フローを図5に示す。190kt-Cの炭素が投入され、39.7kt-Cが放出された。放出量は平成4年の約5.4倍となっている。埼玉県における木材輸入量の大幅な減少により、木材輸送に伴うCO₂排出量が大幅に減少しており、平成4年の約4分の1の値となっている。一方で、廃木材の焼却によるCO₂排出量は平成4年の約4倍、平成9年の約2倍に増加している。

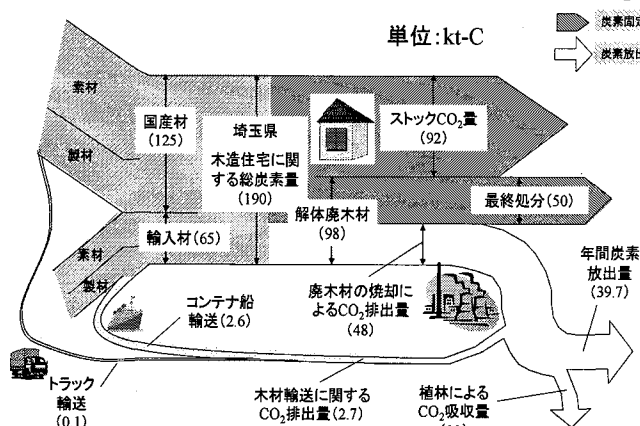


図5 埼玉県の木造建築ストックに関する炭素フロー（平成14年）

4. 2 炭素バランスの将来予測

(A) 埼玉県における炭素バランスの将来予測

3カ年の炭素バランスに平成19年の予測値を加えて示したのが図6である。炭素蓄積量・吸収量をプラスの値、放出量をマイナスの値としてグラフを作成した上で、蓄積量+吸収量-放出量の値をグラフ上にプロットした。

その結果、CO₂ストック量、木材輸送に伴うCO₂排出量、植林によるCO₂吸収量が減少傾向にある一方で、焼却処分によるCO₂排出量は急激に増加しており、5年ごとにほぼ倍増することが分かった。これらは、木造建築物着工量の減少、木造建築物解体に伴う廃木材発生量の増加が要因となっていると考えられる。また、CO₂の蓄積量と吸収量の合計から放出量を引いた値は、年を追うごとに減少しており、平成19年には、平成4年の値の半分以上になることが分かった。建築木材の循環利用技術の開発や各技術を普及させるシステムを構築することにより、そのCO₂ストック機能を有効に活用して、持続可能な炭素循環を実現することが求められる。

(B) 国産材への代替によるCO₂削減効果

平成19年の木材輸送に伴うCO₂排出量を対象に、外材を現状水準で輸入し続けた場合と、すべて国産材で代替した場合の2通りについて、CO₂削減効果を推計した。

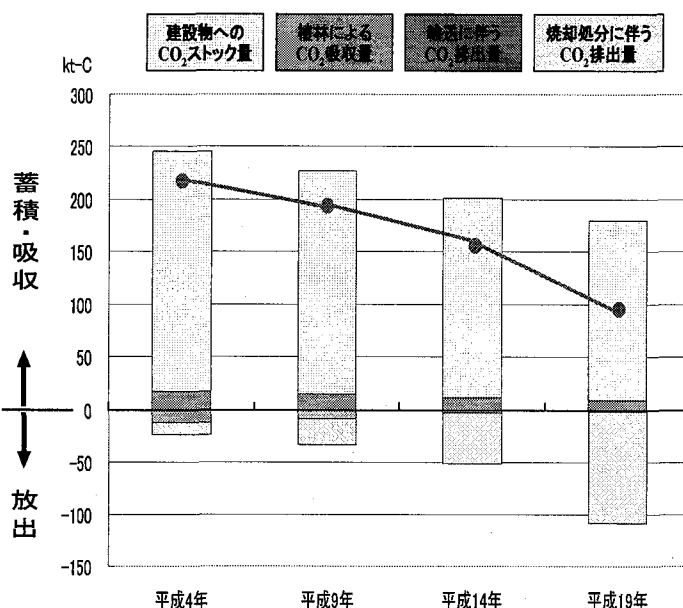


図6 埼玉県における炭素バランスの将来予測

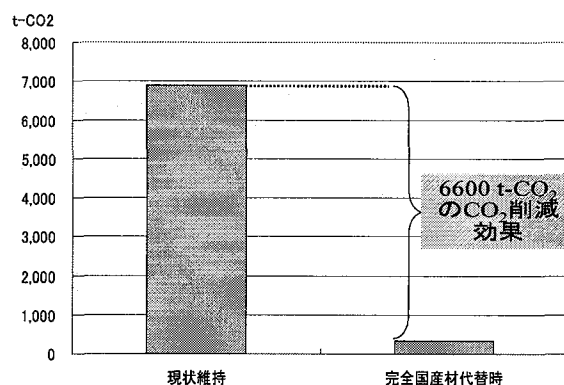


図7 外材を国産材で代替した場合の木材輸送に伴うCO₂排出量の変化

輸入素材・製材入荷量をそれぞれ自県・他県の入荷割合ごとに按分し、各量を国内素材・製材入荷量に上乗せすることで、完全国産材代替時の素材・製材入荷量を推計した。これらの値に、トラックによる陸上輸送距離とトラック輸送CO₂排出量原単位⁹⁾を乗じて、完全国産材代替時の木材輸送に伴うCO₂排出量を推計した。その結果、完全国産材代替することによって、年間6600t-CO₂の削減効果が期待できることが分かった(図7)。木材輸送に伴うCO₂排出量に限れば、各年とも約97%のCO₂削減効果が期待できることが分かった。これは、平成19年の年間CO₂放出量全体の1.9%に相当する。

5 まとめ

本研究では、埼玉県を対象として木造建築物のライフサイクルにおける環境負荷を定量的に算定し、埼玉県における炭素バランスの評価を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 解体に伴う廃木材発生量は1990年から10年間で4倍程度になった。木造建築物の平均耐用年数36年を考慮すると、2010年ごろに解体廃木材量はピークを迎えることが分かった。
- 2) 植林によるCO₂吸収量、木材輸送に伴うCO₂排出量、ストックCO₂量が減少傾向にある一方、焼却処分によるCO₂排出量の大幅な増加によって年間炭素放出量は年々増加し、平成4年から10年間で4倍強にまで増加したことが分かった。
- 3) 平成19年の年間炭素収支を推計した結果、平成14年のさらに2.5倍の炭素排出が見込まれる結果となった。また、外材輸入を制御して国産材で代替した場合のCO₂排出量削減効果は6,600t-CO₂となり、平成19年のCO₂放出量全体の1.9%程度となること推計できた。

環境負荷量を削減すべく、建築物の長寿命化や、解体廃木材の部品リユース、再生集成材としてのマテリアルリサイクルなど、様々な再資源化技術が開発されている。これらの技術を取り入れた場合の環境負荷削減効果を把握することが必要となる。さらに再資源化に伴うコストを考慮して、経済的に可能な木造建築ストックの代謝のあり方を模索することが今後の課題として挙げられる。

謝辞：本研究は文部科学省・私立大学学術研究高度化推進事業「東洋大学 地域産業共生研究センター」（平成16年度～平成20年度）の一部として行われた。

参考文献

- 1) 橋本征二，寺島泰：建築物解体廃棄物の発生予測，廃棄物学会論文誌，Vol. 11，No. 5，pp. 271-279，2000
- 2) 藤田壮，盛岡通，高橋友幸：住宅・建設資材の地域循環システム～京阪神都市圏における再資源化の効果～，環境システム論文集，Vol. 31，pp. 317-326，2003
- 3) 天野耕二，加用千裕：マテリアルフロー分析に基づいた建築分野における木材の炭素収支について，環境システム論文集，Vol. 32，pp. 57-63，2004
- 4) (財)建設物価調査会：建築統計年報
- 5) 農林水産省統計部：木材需給報告書
- 6) (財)日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の木材使用量（平成13年度調査）
- 7) (社)日本エネルギー学会：バイオマスハンドブック，オーム社，2002
- 8) 和田喜彦：問題認識・解決ツールとしての「エコロジカルフットプリント」指標「オーバーシュート」を感知する新パースペクティブ，水資源・環境研究，Vol. 14，pp. 36-44，2001
- 9) (財)シップ・アンド・オーシャン：平成12年度船舶からの温室効果ガス(CO₂等)の排出量削減に関する調査研究報告書，2001
- 10) 南齋規介，森口祐一，東野達：産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)-LCAのインベントリデータとして-，(独)国立環境研究所 地球環境研究センター，2002