

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 25 日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870771

研究課題名(和文) 建築の環境影響評価における原単位利用時の適合性と分析精度

研究課題名(英文) Discussion on accuracy caused by utilization of background database in building LCA

研究代表者

小林 謙介 (KOBAYASHI, Kensuke)

県立広島大学・生命環境学部・准教授

研究者番号：30581839

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、建築物のLCAを実施する際に用いるバックグラウンドデータについて、評価目的に対する、対象範囲が合致しない「不適合」なデータの連鎖による評価精度への影響を明らかにし、その留意点やデータベースの改善策を提案することを目的とした。具体的に、(a)建築実務者にアンケート調査を実施し、ニーズの高いデータを明らかにした。次に、(b)「適合性」という評価手法を提案し、(c)事例住宅8件を分析して、適合率が低いことを明らかにした。更に、(d)不適合なデータの連鎖による誤差を算出し、特に誤差が大きい部位や資材を明らかにした。また、(e)評価における留意点や優先的に改善すべきデータを示した。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to reduce LCA errors that are often caused by classification boundary mismatches among background data systems. Aiming at practical reduction in items of higher priority, the study followed the steps: (a) Responses to questionnaire survey on needs for building LCAs were analyzed. (b) A method for 'adaption' was developed to minimize errors mainly caused by data boundary mismatches. (c) The adaptation ratios of 8 housing samples were calculated. (d) CO2 emissions were calculated of the 8 samples by using data from the housing material manufacturing processes and compared to clarify errors. (e) Based on the results gained; the points of careful precautions were suggested, while pointing out some most influential items that should be added to the existing background data to reduce errors.

研究分野：環境システム学

キーワード：ライフサイクルアセスメント インベントリデータ バックグラウンドデータ 建築 住宅 誤差

1. 研究開始当初の背景

ライフサイクルアセスメントの普及

CO₂排出量や資源消費量などの環境影響を定量化する手法の一つであるライフサイクルアセスメント(LCA)手法は、日本建築学会の建物のLCA指針、CASBEE、環境フットプリント、Scope3など、社会の様々な場面で、以前にも増して、広く一般に活用されるようになってきている。今後、LCAの一層の普及により大勢を捉える評価だけでなく緻密な評価に用いられることも増えることが予想される。

LCAの一般的な評価方法

LCA実施の際は、評価に関わる全ての原材料・エネルギー消費量データを収集するのが原則である。しかし、実際に全てのデータを収集するのは膨大な作業が必要なため、評価結果に及ぼす影響が小さい部分は、バックグラウンドデータ(原単位)を用いるのが一般的である。

不適切な評価方法と誤った結果解釈の危険性

現状の建築学会のバックグラウンドデータは、評価者の目的に合致したバックグラウンドデータがない場合が多く、やむを得ず、より広範囲を対象としたバックグラウンドデータで代用することも多い。例えば、主要材料の一つである石膏ボードは「その他の建設用土石製品」という、瓦・れんが・陶管などの幅広い製品を含む平均データとなっており、評価したい資材とバックグラウンドデータの範囲が一致しない「不適合」な状態となっている。このほかに、内外装材、設備機器など、多数のバックグラウンドデータが同様の状況である。

不適合なデータを用いることは、評価結果に大きな誤差を生じさせるため、評価結果のみならず、LCA手法自体の信頼性を落とす要因となる。

2. 研究の目的

不適合なバックグラウンドデータの利用が評価結果に及ぼす影響を評価する手法を構築するとともに、建築・住宅の評価における不適合データの影響を定量的に明らかにする。その結果を踏まえ、評価目的に応じたLCA実施の留意点・改善策を提案する。

3. 研究の方法

本研究は、以下の5つのステップで実施した。

(a) 建築におけるLCAの評価ニーズ分析

(b) バックグラウンドデータの適合性評価手法の構築

(c) 建築学会のバックグラウンドデータにおける適合・不適合の評価

(d) 評価における不確実性の算出

(e) LCAの評価精度向上に向けた提案

(a) 建築におけるLCAの評価ニーズ分析

住宅メーカー等への実態調査をもとに、LCAの実施需要および評価の際のバックグラウンドデータのニーズについて捉えるため、アンケート調査を実施した。

(b) バックグラウンドデータの適合性評価手法の構築

適合性の評価手法を構築した。申請者が開発した、インベントリデータベース構築時に検討した研究蓄積を土台とした。

(c) 建築学会のバックグラウンドデータにおける適合・不適合の評価

住宅8件の建築時の資材投入データを用いて、住宅建築時の投入資材の製造に伴うLCAを実施し、適合データ・不適合データが全体に占める割合を評価した。また、特に不適合データで全体に及ぼす影響が大きい資材について整理した。

(d) 評価における不確実性の算出

申請者らの開発した建築学会のLCAバックグラウンドデータベース(AIJ-LCA)と産業技術総合研究所等のIDEAを用いて、不適合データを連鎖した場合に生じる誤差データベースを構築した。

誤差データベースをもとに、(c)で評価した事例住宅8件について誤差を算出した。また、これらの結果をもとにLCA実施における留意点について整理した。

(e) LCAの評価精度向上に向けた提案

(a)~(d)の内容から、建築分野におけるLCAの評価精度向上のため、優先的に追加すべきバックグラウンドデータを選定し、主要な項目についてデータを作成した。また、データの追加による精度の向上について確認した。

4. 研究成果

(a) 建築におけるLCAの評価ニーズ分析

住宅メーカーや建設会社の実務者、研究者などで、LCA実施に専門的に携わる者15名に対して実施し、9名から回答を得た。調査は、属性や評価することが多いプロセスなどについて調査した。その結果、対象者に偏りが無いことを確認した。

次に、建築分野における実務上でのデータの必要性を捉えるため、バックグラウンドデータのニーズについて調査した。調査方法は、我が国の統計分類をベースに作成した品目リスト(約3700項目)をもとに、これらの中から特に必要性が高いと判断されるものを20項目、20項目には入らないが必要性があると判断されるもの(無制限)で選定を依頼した。集計はで選定されたものを1点、で選定されたものを0.25点として全員分を集計した。その結果、表1に示すよ

うな項目が評価においてニーズが高いことが明らかになった。

表1 ニーズ調査の結果

AIJ原単位の分類	追加したい項目	AIJ原単位の分類	追加したい項目
合板	単板(ベニヤ板)	建設用陶磁器	衛生陶器
	普通合板	その他の窯業・土石製品	ロックウール
	特殊合板	その他の建設用土石製品	石膏ボード
	集材	普通鋼形鋼	普通鋼形鋼
建設用木製品	パーテイクルボード	普通鋼小棒	普通鋼棒鋼
	プラスチック板・管・棒	電線・ケーブル	電力ケーブル
プラスチック板・管・棒	プラスチック環状管	アルミ製サッシ・住宅用	
プラスチック環状管	保温ウレタンフォーム	アルミ製サッシ・ビル用	
安全ガラス	強化ガラス	金網製サッシ・ドア	
複層ガラス	強化ガラス	水道	
セメント	ポルトランドセメント	上水道・簡易水道	上水道
セメント製品	高炉セメントB種	廃棄物処理(産業)	下水処理
	ALCパネル		

(b) バックグラウンドデータの適合性評価手法の構築

評価したい入出力データの対象範囲とバックグラウンドデータの評価範囲が合致しているかを判断する適合性を提案した(図1)。適合性判断において、適合しているとは、投入原材料と連鎖させるバックグラウンドデータデータの対象範囲が同一とみなせる場合を指す。なお、投入物の用途や素材により、投入原材料のほうがより細かい範囲を対象としている場合もあるが、それがバックグラウンドデータに与える影響が小さいと思われる場合も同一とみなした。例えば、土間コンクリートは AIJ-LCA の生コンクリートに連鎖させるが、これは内容としては同一のものを指しているため、適合していると判断した。

一方、不適合とはバックグラウンドデータの投入物のシステムバウンダリが異なっているものやバックグラウンドデータが特定の製品ではなく集合体となっている場合である。具体的に、石膏ボード、れんがなどは AIJ-LCA のバックグラウンドデータの「その他の建設用土石製品」に含まれる一つの製品であり、連鎖させるバックグラウンドデータの対象範囲が広い場合は不適合と判断した。また、投入資材の総重量や AIJ-LCA を用いて評価した各住宅の環境負荷排出量のうち適合している資材の占める割合を「適合率」として算出した。

適合具体例

投入資材と連鎖させる原単位の対象範囲が同一



不適合具体例

原単位が特定の製品でなく集合体となっているもの など

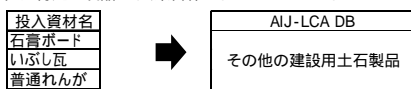


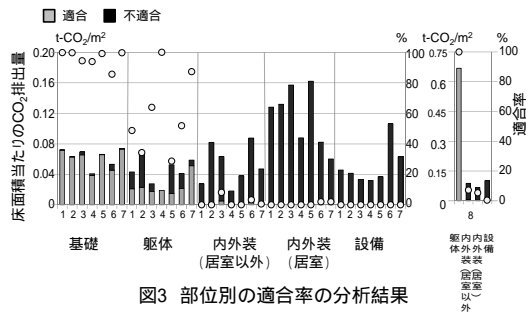
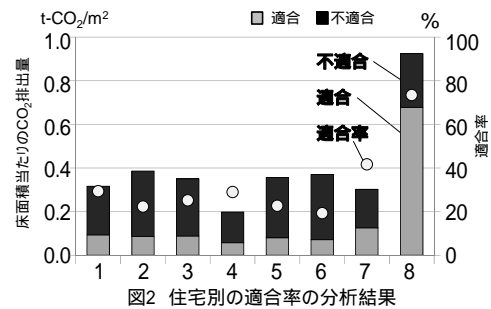
図1 適合性の定義

(c) 建築学会のバックグラウンドデータにおける適合・不適合の評価

(1)住宅別 適合・不適合別にみた、CO₂ 排出量の評価結果を図2に示す。CO₂ 排出量ベースの適合率は住宅1~7で20~40%、住宅

8で約70%となった。住宅1~7では不適合な普通合板や石膏ボードのCO₂ 排出量が大きく、適合率が低くなった。一方で、住宅8は投入量が多く、CO₂ 排出量の大きい生コンクリートや鉄筋などの主要資材が適合となったため適合率が高くなった。

(2)部位別 次に各住宅を基礎・躯体・内外装(居室以外)・内外装(居室)・設備の部位に分類し、適合性を評価した結果が図3である。躯体は不適合となった普通合板の投入量の多寡によって違いが見られ、結果として各住宅での適合率がばらついた。内外装(居室以外)、内外装(居室)、設備は全住宅で適合率が0%と、適合するデータがなかった。



(d) 評価における不確実性の算出

不適合となったデータの誤差を算出するためには、バックグラウンドデータごとに誤差データベースを作成する必要がある。本研究では、既往研究で構築した IDEA における誤差データベース構築手法を応用した。具体的には、図4に示すように、AIJ-LCA と IDEA それぞれのデータの分類の対応関係を整理し、AIJ-LCA の項目ごとに、それぞれに内包される IDEA のバックグラウンドデータの標準偏差 σ を計算し、平均値 μ で除した変動係数 C_v を算出した。この C_v を AIJ-LCA の C_v として誤差データベースを構築した。

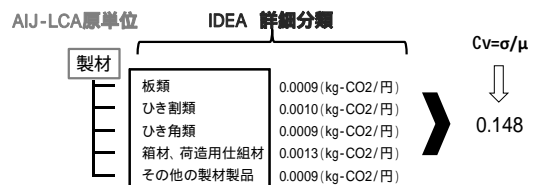


図4 誤差の算出イメージ

(1)住宅別 住宅 8 件の誤差評価結果を図 5 に示す。適合率が高かった住宅 8 は C_v が 0.15 程度となったが、適合率の低かった住宅 1~7 は C_v が 0.3~0.6 と誤差が非常に大きくなった。住宅 1~7 は 68%信頼区間 ($\mu \pm \sigma$) で重複しているため評価結果の大小関係に逆転可能性が十分あり得る。また誤差の大きい住宅 2 においては平均値の高い住宅 8 と 95%信頼区間 ($\mu \pm 1.96\sigma$) で重複しているため、大きく結果が異なる場合においても評価結果の逆転の可能性がないとは言えない。この様なことから、結果解釈にあたっては、評価誤差に十分な注意が必要であると言える。

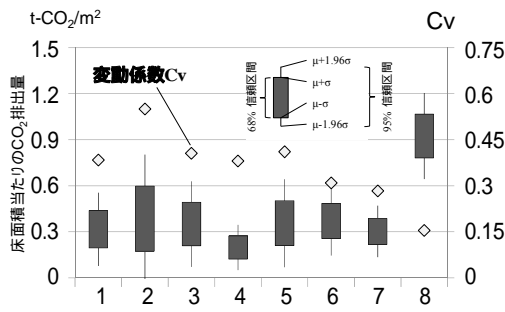


図5 住宅別の誤差分析結果

(2)部位別 部位別の誤差評価結果を図 6 に示す。内外装 (居室以外: 玄関・バルコニー・浴室・便所など)、内外装 (居室)、設備で C_v が大きくなった。中でも内外装 (居室) は CO_2 排出量・ C_v とともに大きい値を示した。額縁、長押などに使用した建設用木製品のバックグラウンドデータの誤差が大きいことが原因と考えられる。設備は内外装 (居室以外) に比べ CO_2 排出量の平均値は低くなっているが、誤差が大きく、大小の逆転可能性が高くなるため、結果解釈には注意が必要である。

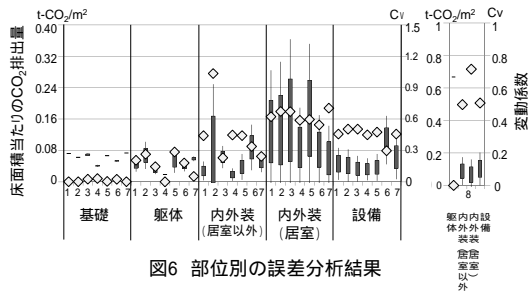


図6 部位別の誤差分析結果

(e) LCA の評価精度向上に向けた提案

本研究では、建築分野での LCA 実施を想定し、以下の 3 つの視点で分析し、優先的に追加されるべきバックグラウンドデータの項目を選定した。

住宅 8 件の事例データ分析で、特に影響が大きい項目、およびその誤差が大きい項目

建築分野への投入物に起因する CO_2 排出量を分析し、特に排出量が多い項目、およ

びその誤差が大きい項目

専門家 (建築分野の LCA 関連実務者) へのデータのニーズ調査を実施し、必要性が高いデータの項目 (本研究の(a)での実施内容)

本内容の詳細は、文献 (雑誌論文) を参照のこと。これらの分析の結果、今後優先して追加すべき項目を選定した (表 2)。

表2 今後優先して追加すべき詳細項目

AIJ-LCA原単位	追加原単位	AIJ-LCA原単位	追加原単位
合板	単板 (ベニヤ)	その他の建設用土石製品	石こうボード
	床板		石こうボード・同製品
	木質フローリング		普通れんが
	普通合板		うろは瓦、塩焼瓦
	特殊合板		亜鉛めっき鋼板
建設用木製品	造作材 (建具を除く)	めっき鋼板	電気亜鉛めっき鋼板
	パーティクルボード		溶融亜鉛めっき鋼板
	木製建具 (金属性を除く)		電力ケーブル
木製建具	建具 (金属性を除く)	電線・ケーブル	銅裸線
	ALCパネル		アルミニウム製サッシ
セメント製品	鉄筋コンクリート製品	建設用金属製品	アルミニウム製ドア
	衛生陶器		金属製サッシ・ドア

表 2 に掲げた項目のうち、データが入手できた 13 項目のバックグラウンドデータを作成した。作成したデータを追加して住宅 8 件について再分析を行った結果、図 7 のようになった。

住宅 1~7 の適合率は 10~20%高くなった。これは普通合板や石こうボードのバックグラウンドデータが追加されたことによる影響が大きかった。これに対し、住宅 8 は適合率が 5%程度の上昇にとどまった。これは、 CO_2 排出量の大部分を占めるコンクリートや鉄がもともと適合していて適合率が高く、追加したバックグラウンドデータが CO_2 排出量の少ない資材しか適合しなかったためである。

また、誤差の評価結果を図 8 に示す。適合率が上昇したため、住宅 1~7 は C_v が 0.2 程

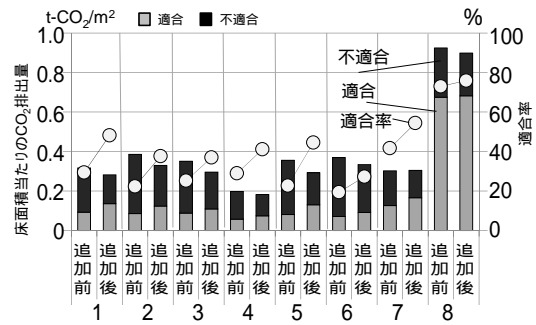


図7 新原単位追加後の適合性評価 (住宅別)

度の減少が見られた。住宅 8 は C_v が 0.03 程

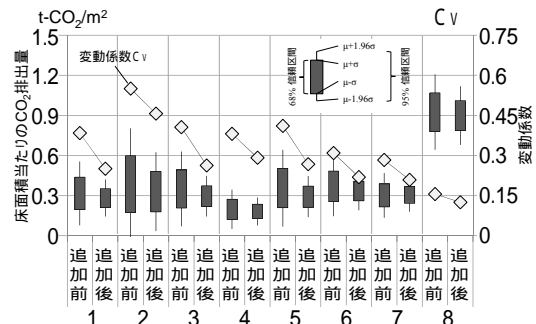


図8 新原単位追加後の誤差評価 (住宅別)

度の減少となった。住宅 1~7 は 68%信頼区間 ($\mu \pm$) において重複領域は小さくなったものの、追加前と同様重複しているため評価結果に逆転可能性がある。誤差の幅が最も大きかった住宅 2 は住宅 8 と 95%信頼区間 ($\mu \pm 1.96$) において重複がなくなり、住宅 8 と住宅 1~7 の大小関係の逆転可能性はなくなった。

以上のように、本研究では、(a)建築における LCA の評価ニーズ分析を実施して、評価実務者にとってニーズの高いデータを明らかにした。次に、(b)評価したい項目と、連鎖するバックグラウンドデータの評価範囲の合致性を判断する適合性評価手法を構築した。それをもとに、(c) 建築学会のバックグラウンドデータにおける適合・不適合の評価を行って、適合率を明らかにした。更に、(d) 不適合なデータを連鎖することによる誤差を算出し、特に誤差が大きい部位や資材を明らかにした。また、評価における留意点を示した。以上の結果を踏まえ、(e) LCA の評価精度向上に向けて優先的に追加すべきバックグラウンドデータを明らかにし、可能な項目についてデータを作成した。その結果、評価精度が大きく向上することを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

小林謙介、石田昌平、田原聖隆、井上隆：建築物の LCA における評価精度の検討 住宅を例とした適合性による誤差の算出、日本建築学会環境系論文集 No.692 pp.787-792、2013.10

小林謙介、河上慎太郎、石田昌平、田原聖隆、井上隆：建築物の LCA における評価精度の検討 建築学会バックグラウンドデータデータベースに優先的に追加すべき項目の抽出と追加による精度の改善、日本建築学会環境系論文集 No.707 pp.91-98、2015.01

〔学会発表〕(計 7 件)

石田昌平、久保村起夫、小林謙介、田原聖隆、井上隆：建築物の LCA における評価精度の検討 その 3 不適合データの利用によって生じる誤差の試算、日本建築学会大会学術講演概要集、pp.1009-1010、2013.8

石田昌平、河上慎太郎、小林謙介、田原聖隆、井上隆：インベントリ分析における評価精度向上に関する検討 建築分野におけるバックグラウンドデータの拡充手法の提案、第 9 回日本 LCA 学会研究発表会、pp.292-293、2014.3

河上慎太郎、小林謙介、石田昌平、井上隆、田原聖隆：建築物の LCA における評価精度

の検討 ~その 4 AIJ-LCALCA に優先的に追加すべきバックグラウンドデータの検討 ~、日本建築学会大会学術講演概要集 D-2、pp.1093-1094、2014.9

小林謙介、河上慎太郎、石田昌平、井上隆、田原聖隆：建築物の LCA における評価精度の検討 ~その 5 バックグラウンドデータ追加による精度向 ~、日本建築学会大会学術講演概要集 D-2、pp.1095-1096、2014.9

河上慎太郎、小林謙介、田原聖隆、井上隆：インベントリ分析における評価精度向上に関する検討 ~住宅を例に適合性と Pedigree Matrix を用いた評価誤差の試算 ~、第 10 回日本 LCA 学会研究発表会、pp.142-143、2015.3

小林謙介、河上慎太郎、井上隆、田原聖隆：建築物の LCA における評価精度の検討 ~その 6 バックグラウンドデータデータベース AIJ-LCA と IDEA の比較 ~、日本建築学会大会学術講演概要集、2015.9 (投稿中)

河上慎太郎、小林謙介、井上隆、田原聖隆：建築物の LCA における評価精度の検討 ~その 7 適合性とバックグラウンドデータ自体の品質を考慮した評価誤差の試算 ~、日本建築学会大会学術講演概要集、2015.9 (投稿中)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.pu-hiroshima.ac.jp/~kensuke/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 謙介 (KOBAYASHI, Kensuke)

県立広島大学・生命環境学部・准教授

研究者番号：30581839