住宅建築時における投入資材のCO₂排出量の評価において
バックグラウンドデータの利用によって生じる誤差

建築物のLCAにおける評価精度の検討

ERRORS CAUSED BY UTILIZATION OF BACKGROUND DATA IN HOUSING MATERIAL LCA

Discussion on accuracy in building LCA study

小林 謙介*, 河上 慎太郎**, 田原 聖隆***, 井上 隆****

*Kensuke KOBAYASHI, Shintaro KAWAKAMI, Kiyotaka TAHARA
and Takashi INOUE*

This study aimed to analyze LCA errors caused by the utilization of background data with a focus on: 1) errors caused by using different databases and 2) errors in database preparation and background data selection. The former analysis, where CO₂ emission intensities of housing were calculated and compared, showed that CO₂ emissions using AIJ-LCA (average) were up to 1.5 times as large as when using IDEA. Regarding the latter, error coefficients of variation (Cv) caused by data quality were calculated. The Cvs ranged from 0.1 to 0.7. This suggests using caution when interpreting building LCA results.

Keywords : *Life cycle assessment (LCA), Inventory database, Data accuracy, CO₂ emission, Emission intensity*ライフサイクルアセスメント (LCA), インベントリデータベース, データ精度, CO₂排出量, 原単位

1 はじめに

1.1 背景

環境問題への意識の高まりから、環境負荷排出量の削減は重要な課題として広く認知されている。我が国のCO₂排出量の3分の1は建築分野から排出されている。これらの内、住宅・非住宅がそれぞれ半分程度の割合を占める。また、住宅の建設時と運用時の割合はおよそ1:2となっている。運用時の省CO₂対策は進んできており、それによって相対的に排出量が大きくなる住宅建築時の対策も一層重要になると考えられる。

CO₂排出量などの環境負荷量を定量化するライフサイクルアセスメント (LCA) 手法は、以前にも増して盛んに活用されてきている。製品のライフサイクルにおけ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¹⁾は、我が国でも事業として実施され、建築物の評価事例もある。また、直近では、温暖化だけではなく、水消費量を評価項目としたウォーターフットプリント²⁾、14の環境影響領域（気候変動・オゾン層破壊・生態毒性など）を対象として評価する環境フットプリント³⁾の議論も進んできている。このようなこと

から、建築分野においてもLCAの重要性は一層高まるものと予想される。

実務でのLCA実施の際には、作業の効率化のためにあらかじめ整備されたバックグラウンドデータベースを用いることが一般的である。バックグラウンドデータベースには、(一社)日本建築学会LCA評価手法検討小委員会（主査：小林謙介）の産業連関表をもとにしたもの（以下AIJ-LCA）⁴⁾、(独)産業技術総合研究所と(一社)産業環境管理協会の積み上げ型のもの（Inventory Database for Environmental Analysis: IDEA）⁵⁾などがある。

これらのバックグラウンドデータベースは、それぞれに作成条件があり、評価可能な環境負荷物質が異なるだけではなく、バックグラウンドデータベース間で評価範囲・年次などが異なる。また、バックグラウンドデータ作成に用いられる情報源も異なっている^{6,7)}。従って、同じ製品を対象としていても、原単位の値は異なることがほとんどで、データベースの混用は評価結果に大きな誤差を生じさせることが懸念される。一方、世界的な動きとして各国のバックグラウンドデータベースの統合化の動きがある⁸⁾。また、我が国のカ

* 県立広島大学生命環境学部環境科学科
准教授・博士(工学)

** 東京理科大学大学院理工学研究科建築学専攻
大学院生

*** 産業技術総合研究所安全科学研究部門
グループ長・博士(工学)

**** 東京理科大学理工学部建築学科 教授・工博

Assoc. Prof., Department of Environmental Science, Faculty of Life and Environmental Science, Prefectural University of Hiroshima, Dr.Eng.
Graduate School, Dept. of Architecture, Faculty of Science and Technology, Tokyo Univ. of Science
Group Leader, Research Institute of Science for Safety and Sustainability, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Dr.Eng.
Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Science and Technology, Tokyo Univ. of Science, Dr.Eng.

ーボンフットプリント事業では、AIJ-LCA や IDEA などのバックグラウンドデータベースの混用を認めているのが実情である。このような状況の中で、建築分野においてバックグラウンドデータの違いが評価結果に及ぼす影響について検討された例は殆どない。

それだけではなく、それぞれのバックグラウンドデータベースにおいても、収録されているデータの作成時の品質（信頼性・完全性など）が十分ではないために生じる誤差、また、データ利用時（連鎖時）に評価目的に合致していないバックグラウンドデータを利用することで生じる誤差が考えられる。しかし、こうしたバックグラウンドデータの作成時および利用時の誤差について、実務では殆ど考慮されずに利用されているのが実態である。こうしたバックグラウンドデータのさまざまな条件を十分に理解しないまま評価を実施し、結果を考察することは、誤った解釈を導く可能性につながる。

インベントリデータの作成において、収集すべきデータに求められる品質要件は、ISO14040 シリーズ⁹⁾の中でまとめられている。これらを踏まえ、ILCD¹⁰⁾、EcoSpold¹¹⁾、IDEA データ管理フォーマットなど、各国のインベントリデータベースの品質要件記入リストが作成されている。これらは、いずれもバックグラウンドデータの情報源・データ作成方法などの品質を定性的に記録するものである。また、データの品質評価手法には、バックグラウンドデータ自体の作成方法の品質を格付けする Pedigree Matrix¹²⁾がある。Pedigree Matrix を用いた手法では、格付けした結果から評価誤差を算出できるようになっている。しかし、Pedigree Matrix を用いたバックグラウンドデータの誤差評価はあまり行われておらず、我が国の建築分野を対象とした検討では殆ど分析事例がない。

一方で、バックグラウンドデータの連鎖についての評価手法は、筆者らが既報¹³⁾で、「適合性」の評価手法の提案を行った。また、2012 年の EcoSpold ver.2 において、これらに関する評価の必要性が指摘された。なお、EcoSpold ver.2 は、バックグラウンドデータ利用時の品質要件を定性的に整理しているもので、誤差の算出を目的としたものではない。こうした状況を踏まえ、筆者らは、既報¹³⁾において、インベントリデータベース AIJ-LCA および IDEA について、不適合なデータの利用によって生じる誤差の算出方法（適合性による誤差の評価手法）を構築した。作成した誤差データベースを元に、事例住宅 8 件における誤差分析を行った。また、その結果から、IDEA を用いた分析における結果解釈における留意点を明らかにした。ただし、既報では、適合性の視点のみにとどまっており、データ作成時の品質の視点では分析していない。また、適合性の分析では、AIJ-LCA、IDEA それぞれについて個別に分析して優先的に改善すべきデータを提案するのみで、両バックグラウンドデータベース間の差異の分析は行っていない。

1.2 目的

本研究では、バックグラウンドデータベースを混用した場合の留意点を明らかにするために、I 複数のバックグラウンドデータベースを比較し、評価結果の差異を明らかにすることを目的とした。また、II-1.バックグラウンドデータ作成時、および、II-2.バックグラウンドデータ利用時に生じる誤差を明らかにするとともに、誤差を小さくするためのバックグラウンドデータの品質改善策を提案することを目的とした。

表1 AIJ-LCAとIDEAの比較

名称	AIJ-LCA	IDEA
作成主体	日本建築学会	産業環境管理協会、産業技術総合研究所
データ数	約400	約3500(分類数は約1700)
バージョン	1995、2005年版	Ver.1(原則2000)、Ver.2(2015予定)
情報源	統計(産業連関表)	統計、実測、論文・報告書、理論計算値など
評価範囲	原材料、エネルギー、サービス、インフラなど、すべての活動を含む	原則として原材料、エネルギー
品質	全て同じ情報源(産業連関表)を用いたデータの代表性、地理的有効範囲(日本平均)などの品位は高い。またデータ作成方法の一貫性がある。	情報源が異なるため、データごとに品質が異なる。代表性、完全性、地理・技術的有効範囲などのばらつきが非常に大きい。
対象物質	エネルギー、CO ₂ 、SO ₂ 、NO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	Ver.1でGHG(CO ₂ 、CH ₄ など6種)、Ver.2で水などを網羅。その他も可能な範囲でデータ収集。
評価対応	・カーボンフットプリント:評価可 ・ウォーターフットプリント:評価不可 ・環境フットプリント:評価不可	・カーボンフットプリント:評価可 ・ウォーターフットプリント:評価可 ・環境フットプリント:一部評価可

図1 AIJ-LCAとIDEAの各項目の値の比較

2. バックグラウンドデータの混用により生じる誤差

2.1 バックグラウンドデータの比較

2.1.1 比較方法

はじめに、AIJ-LCA と IDEA の CO₂ 排出原単位の比較を行った。比較に用いたのは、建築分野において、現状で最もよく利用されている、AIJ-LCA（2005 年版）と IDEA Ver.1（原則 2000 年ベース）で、表 1 に示すような違いがある。AIJ-LCA は対象範囲に生産工場の建設・維持管理などの活動を含んでいるが、IDEA は原則として含んでいないこと、バックグラウンドデータ作成時の情報源が両バックグラウンドデータベースで大きく異なっていることなどの違いがある。また、データ数は、AIJ-LCA が 400 強であるのに対し、IDEA のデータ数は約 3700 と、IDEA のほうが圧倒的に多い。

本検討では両バックグラウンドデータベースにおける原単位の項目を照らし合わせ、各原単位が対象とする範囲が合致するものを抽出して比較した。抽出されたのは 70 項目だった。

2.1.2 比較結果

図 1 に、CO₂ 排出原単位の比較結果を示す。両原単位を散布図で見ると、その近似直線の決定係数 (R² 値) は 0.47 となっており、一定の傾向は見られず、大きくばらついていることが分かった。このことから、バックグラウンドデータベースの混用には十分な留意が必要であることが確認できた。また、近似直線を見ると、傾きが 0.85 となり、AIJ-LCA のほうが、値が大きくなる傾向が見られた。IDEA

は原則として対象製品の投入原材料・エネルギーのみを対象としているが、AIJ-LCA は工場の建設・メンテナンス、事務所等で使用されるエネルギーなども含まれていることがひとつの要因と考えられる。

2.2 住宅の事例データを用いた分析

2.2.1 分析方法

AIJ-LCA と IDEA の 2 つのバックグラウンドデータを用いて CO₂ 排出量を算出した際の結果の差異について分析するために、表 2 に示す 8 件の住宅を対象に、建築時に投入される資材の製造に関わる CO₂ 排出量を算出した。CO₂ 排出量は、2 つのバックグラウンドデータベースそれぞれについて、部位ごとに集計し、各部位の合計値も算出し、両バックグラウンドデータベース間の結果の差異を比較した。

本研究では、いずれの検討においても、事例住宅 8 件の建築時の資材投入データを用い、これらの資材の製造に関わる CO₂ 排出量を評価し、それぞれの視点での誤差に関する分析を行った。8 事例のため、一般論としての傾向を論じることは難しいが、生じ得る誤差の程度を捉えることは可能と考えて分析を実施した。

2.2.2 住宅全体の結果

図 2 に、それぞれの住宅の AIJ-LCA と IDEA の評価結果の違いを示す。AIJ-LCA で評価した場合の結果は、IDEA で評価した場合の 1.1～1.5 倍となり、いずれも AIJ-LCA のほうが大きくなる傾向が見られた。従って、両バックグラウンドデータベースを混用した場合は、少なくとも IDEA よりも AIJ-LCA のほうが 1.5 倍程度大きくなるケースがあり得ることを念頭に結果の解釈を行う必要がある。

2.2.3 部位別の結果

図 3～6 には、部位別の結果を示す。これらの図は、横軸に AIJ-LCA を用いて評価した場合の CO₂ 排出量、縦軸に IDEA を用いて評価した場合の CO₂ 排出量をとって散布図としたものである。これによって、両バックグラウンドデータベースでの評価結果の差異および建物間のばらつきを分析することができる。なお、設備関係については、各住宅で十分にデータが得られず別の住宅のデータを代用したものがあため、考察の対象としていない。

図 3 に示す基礎では、R² 値が 0.92 と高くなった。近似直線の傾きは 1.35 となり、いずれの事例でも IDEA で評価した場合より AIJ-LCA で評価した場合のほうが、約 1.35 倍になっていることが分かる。基礎部分は、コンクリート、鉄筋、割栗石と、ごく限られた種類の投入資材で構成され、特に、生コンクリート起因の CO₂ 排出量の割合が大きく、近似直線の傾きは、生コンクリートの原単位の比に強く依存しているためである。

図 4 の躯体は、①～⑥で示される木造 6 件は、製材・合板のみを対象が評価対象になっており、2 つの原単位の差異に依存する形となった。なお、図 4 では RC 造⑧は IDEA が 0.57 kg-CO₂/m²、AIJ-LCA が 0.67 kg-CO₂/m² となり、①～⑦に比べて CO₂ 排出量が大きいため、グラフ中から外した。AIJ-LCA の原単位は、製材が 0.319 kg-CO₂/kg、合板が 1.272 kg-CO₂/kg であるのに対し、IDEA では、製材が 0.0986 kg-CO₂/kg、合板が 0.455 kg-CO₂/kg と、ともに IDEA よりも 3 倍程度だったため、AIJ-LCA のほうが大きくなった。一方、⑦の S 造は、躯体部分に起因する CO₂ 排出量のうち、鋼製梁・

表2 事例住宅の概要

主要構造	木造戸建						S造戸建	RC造集合
住宅	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
床面積(m ²)	164.0	141.6	184.4	165.4	175.6	143.0	119.0	25622.0
屋根	陶器瓦	陶器瓦	陶器瓦	ステンレス瓦	石綿スレート 屋根葺き材	金属板葺き	アスファルトルーフィング	
外装	窯業系 サイディング	モルタル	窯業系 サイディング	モルタル 珪藻土	窯業系 サイディング	窯業系 サイディング	合板	ALCパネル
内装	フロア合板・畳・大谷石					フローリング	木質ボード フロア合板	フローリング
	壁紙		ビニルクロス 珪藻土	ビニルクロス 大谷石	ビニルクロス 珪藻土	壁紙	窯業系 サイディング	壁紙
	石膏ボード・木					石膏ボード・木	石膏ボード・木	石膏ボード・木
	石膏ボード・木					石膏ボード・木	石膏ボード・木	石膏ボード・木
天井	石膏ボード・木					石膏ボード・木	石膏ボード・木	石膏ボード・木
断熱材	グラスウール					グラスウール	グラスウール	グラスウール
設備	塩ビ管、銅管、ユニットバス、ケーブル、システムキッチン					太陽光発電		エレベータ
資材データ数	300～400					750	700	1800

□基礎 □躯体 □内外装(居室以外) ■内外装(居室) □設備

図2 AIJ-LCAとIDEAを用いた事例住宅の評価結果

図3 基礎の分析結果

図4 躯体の分析結果

図5 非居室の分析結果

鋼製軸材による CO₂ 排出量が大部分を占めていた。鋼製製品の AIJ-LCA の原単位は 1.14 kg-CO₂/kg、IDEA は 1.35 kg-CO₂/kg と IDEA のほうが大きく、木造 6 件が示す傾向とは、まったく別の傾向となった。

図 5 に示す非居室は、玄関・バルコニー・浴室・便所などが対象範囲である。また、図 6 には、居室の結果を示す。いずれも住宅ごとに AIJ-LCA と IDEA の関係に一定の傾向は見られなかった。これは基礎に比べて多種多様な原材料が投入されていることが要因と考えられる。全体的な傾向としては、AIJ-LCA で評価した場合のほうが、算出結果が大きくなる傾向にあった。

以上のことから、基礎のようなごく限られた資材が投入される部位では R^2 値が 1 に近くなり、AIJ-LCA と IDEA の結果の比がある割合に収束する傾向があるが、内外装（居室）・内外装（非居室）などでは、その傾向が無く、住宅ごとのばらつきが、非常に大きい結果となった。

3. バックグラウンドデータの品質により生じる誤差

3.1 データ品質について

バックグラウンドデータの品質には、1.2 で述べたように、バックグラウンドデータ作成時の品質と、バックグラウンドデータ利用時の品質がある。ここでは、これらの 2 種類の視点で、バックグラウンドデータの品質を評価し、品質の劣るバックグラウンドデータを用いることによって生じる誤差を分析した。

3.2 バックグラウンドデータ自体の品質

3.2.1 品質評価手法

データ自体の品質判断手法には Pedigree Matrix¹²⁾によるものがあり、バックグラウンドデータベースに収録されている各バックグラウンドデータが、その設定条件に対して十分な品質を有しているかを判定する。具体的には表 3 のように、信頼性、完全性、時間面、地理面、技術面のそれぞれを各 5 段階で評価し、それぞれに与えられた係数（スコア）をもとに、誤差が算出できる仕組みになっている。例えば、IDEA Ver.1 は、日本全体を対象範囲とした、2000 年ベースのバックグラウンドデータベースである。これに対し、石こうボードのデータは、2001 年のセラミック工学ハンドブックに掲載されている理論値から推算してバックグラウンドデータが作成されている。従って、U1 信頼性は 4 の理論的情報により入手が該当する。U2 の完全性は理論値を設定する際に想定した対象にもよるが一般には 3 が考えられる。U3 時間面では 2000 年のバックグラウンドデータベースに対し 2001 年のデータを用いているので 1、U4 地理面は日本全体を想定しているので 1、U5 技術面は汎用化された技術を想定したデータなので 1 と判定できる。また、ランクごとに設定されたスコアをもとに次の式に基づいて誤差を算出することができる¹²⁾。

バックグラウンドデータ作成時の品質は、AIJ-LCA のように、それぞれのバックグラウンドデータの作成方法が同じであれば、品質は一定（全て同じ）である。一方、IDEA は、バックグラウンドデータの作成に様々な統計や文献などが用いられており⁷⁾、バックグラウンドデータごとに品質が異なる。

3.2.2 誤差の分析結果

図 7 に評価結果を示す。Pedigree Matrix による誤差は、95%信頼区間の最大値と最小値が算出できる。そこで、平均値（CO₂の算出結果）と、誤差の最大・最小値を示した。また、誤差の幅（最大値と最小値）を平均値で除した値を算出した。この値を見ると、IDEA は 0.46～0.59 となった。AIJ-LCA はデータの作成方法が同じため、全て 0.38 となった。また、95%信頼区間の最大値と平均値の差を平均値で除したものを変動係数（Cv）とした場合、IDEA では、最大で 1.34 倍、AIJ-LCA は全て 1.21 倍となった。このように、誤差の幅は AIJ-LCA よりも IDEA のほうが大きく、バックグラウンドデータ自体の品質は、IDEA のほうが劣っていることが分かった。また、IDEA においては住宅ごとに誤差の幅が異なっているこ

表3 データ自体の品質評価手法

Score:	1	2	3	4	5
U1	測定に基づき検証されたデータ。	仮定に基づき検証されたデータ。もしくは測定に基づいた未検証データ。	未検証データ。ただし一部は確認された仮定に基づく。	確認された仮定によるデータ（例：産業界の専門家による確認）：データは理論的情報より入手。	確認された推定データ。
信頼性	1	1.05	1.1	1.2	1.5
U2	対象サイトにおける全データを代表しているデータ。	50%以上の対象サイトを代表しているデータ。	いくつかのサイトのみを代表しているデータ。もしくは、50%以上であるが、季節変動などが平滑化されていない。	一サイトの代表データ。もしくは、いくつかのサイトであつても短い期間でのデータ。	どこを代表しているか不明なデータ。もしくは、ごく少数のサイトから短期間のデータ。
完全性	1	1.02	1.05	1.1	1.2
U3	基準年より3年以内のデータ	基準年より6年以内のデータ	基準年より10年以内のデータ	基準年より15年以内のデータ	基準年より15年以上、もしくは不明のデータ
時間面での評価	1	1.03	1.1	1.2	1.5
U4	対象地域におけるデータ	対象地域を含みつつも、対象地域よりも大きな地域での平均データ	対象地域よりも狭い範囲でのデータ		不明データ。もしくは、異なった地域のデータ。
地理面での評価	1	1.01	1.02		1.1
U5	企業からのデータ。プロセスおよび材料データは対象事例で利用されるもの。		プロセスおよび材料データは対象事例で利用されるもの。ただし、一部プロセス、材料は異なった技術によるもの。	プロセスおよび材料データは技術が異なる。もしくは、同じ技術であっても研究室レベルのもの。	プロセスおよび材料データは研究室レベルの異なるもの。
技術面での評価	1		1.2	1.5	2

図7 住宅別のPedigree Matrixによる誤差分析結果

とが示された。

3.3 バックグラウンドデータ利用時の品質

3.3.1 品質評価手法

バックグラウンドデータ利用時の品質については、評価したい原材料やエネルギーなどの項目の範囲と、選定するバックグラウンドデータの対象範囲が合致しているかどうかを判断する「適合性」による評価手法を用いた。具体的に、生コンクリートや石こうボードのように投入資材と原単位名が同一とみなせるものは適合とした。また、木製ドアや障子は建具（金属製を除く）に集約され、原単位が特定の製品ではなく集合体となっている。したがって、有効範囲が不一致となるため不適合とした。

本手法は、小林らの文献¹³⁾によって提案され、不適合なバックグラウンドデータを用いることにより生じる誤差を評価するためのデータベースも開発されている¹⁴⁾。誤差は、不適合と判定された項目に対して与え、分析を行った。

3.3.2 誤差の分析結果

図 8 に評価結果を示す。ここでは、それぞれの住宅における CO₂ 排出量について、95% ($\mu \pm 1.96\sigma$) および 68% ($\mu \pm \sigma$) 信頼区間を示した。誤差は AIJ-LCA のほうが大きく、Cv は 0.35～0.71 となった。一方、IDEA は 0.11～0.27 となり、データ数が多く詳細な項目のバックグラウンドデータを連鎖できる（適合率が高くなる）IDEA のほうが、圧倒的に誤差が小さくなることが確認できた。

3.4 バックグラウンドデータの品質の改善策

3.4.1 分析方法

本分析では各事例住宅の CO₂ 排出量誤差の 95%信頼区間における最大値と最小値の差を誤差として扱い、単位床面積当りの CO₂ 排出量の誤差で比較を行った。なお、バックグラウンドデータ自体の誤差は、エキスパートジャッジメント^{注1)}によって決定されたスコアをもとに計算されるものであり、適合性による誤差は定量的根拠に基づいて算出された誤差である。そのため、品質判断手法や算出手法が異なり、合算して分析することは好ましくないため、各誤差の相関を分析した。

3.4.2 IDEA における事例住宅の誤差の試算結果

AIJ-LCA はバックグラウンドデータ自体の誤差が、全てのバックグラウンドデータで同じのため、ここでは、IDEA のみについて検討した。住宅 8 件における投入資材と連鎖するデータの誤差を住宅 1 棟ごとの CO₂ 排出量で除し、相関を分析した結果を図 9 に示す。普通鋼や生コンクリートなど基礎や躯体に使用されるバックグラウンドデータは適合となる一方で、バックグラウンドデータ自体の誤差が大きかった。分電盤や電力ケーブルなどの設備類はバックグラウンドデータ自体の誤差が小さく、適合性による誤差が大きいことが分かった。内外装は、その他の建築用金属製品、アスファルト塗工紙、建築用板金製品、プラスチックシートなどを除き、多くは適合しており、バックグラウンドデータ自体の誤差が大きかった。これらの結果をもとに、各住宅における誤差の上位 80%を占めるデータを影響が大きいものとみなし、表 4 のように分類した。データの改善の方向性としては、まず、バックグラウンドデータ利用時の誤差が大きいものは、より細分化されたバックグラウンドデータを作成し、そのうえでできるだけバックグラウンドデータ自体の品質を高めることが重要になる。表 4 では、「適合性の誤差」が大きいものと、「両方」の誤差が大きいものがこれに該当する。一方、適合しているデータ（表 4 の「バックグラウンドデータ自体の誤差」）については、バックグラウンドデータ自体の誤差を改善することが必要になる。

3.4.3 バックグラウンドデータ利用時の誤差に関する改善策

IDEA については、表 4 でリストアップされた項目のうち、適合性の誤差・両方に該当する項目の詳細化が必要となり、その改善策については既報¹⁴⁾で述べたとおりである。また、AIJ-LCA についても同様の検討を既報¹⁵⁾で行っており、特に影響が大きく必要性が高い項目について詳細な原単位を作成し、適合性が大きく改善したことを示している。適合性については、これらの成果をもとに、精度の改善を図ることが重要である。

3.4.4 バックグラウンドデータ自体の誤差に関する改善策

(1) 部位別の検討

CO₂ 排出量の分析において、特に大きな誤差を生じさせ得る部位を明らかにするため、バックグラウンドデータ自体の誤差を部位別に分析した結果を図 10 に示す。誤差量は、以下のように算出した。

$$A = (Er_max - Er_min) / Em$$

A: 誤差量 [-]

Er_max: 誤差の最大値 [kg-CO₂/棟]

図8 住宅別の適合性による誤差分析結果

図9 誤差の相関

表4 影響の大きい項目

●:基礎 ×:躯体 ▲:内外装(居室) ◆:内外装(非居室) ■:設備

適合性の誤差	データ自体の誤差	両方
▲その他の建築用金属製品 ▲アスファルト塗工紙 ▲建築用板金製品 ▲その他の他に分類されない窯業土石製品 ▲プラスチックシート(厚さ0.2mm以上で軟質のもの)	●生コンクリート ×普通鋼形鋼 ×垂鉛めつき鋼板 ×ひき割類 ×ひき角類 ▲造作材 ▲建具(金属製を除く) ▲石こうボード、同製品 ▲アルミニウム製サッシ 住宅用 ◆うわ葉かわら、塩焼かわらなど ◆磨きガラス	▲その他の他に分類されないセメント製品 ▲消石灰 ▲ガラス短繊維、同製品 ▲他に分類されない繊維製品 ▲その他のプラスチック異形押出製品 ◆厚形スレート ◆アルミニウム圧延品 ◆その他の接着剤 ◆太陽熱利用機器 ■ほか分類されない電気機械器具 ■強化プラスチック製容器・浴槽・浄化槽 など

全12データ 全33データ 全20データ

図10 データ自体の誤差（部位別評価）

Er_min：誤差の最小値 [kg-CO₂/棟]

Em：1 棟の CO₂ 排出量 [kg-CO₂/棟]

RC 造の住宅⑧を除く、住宅 7 件は内外装（居室）で誤差が大きく、一棟当たり約 30%の誤差となるケースもあった。これらのことから内外装（居室）に関する分析の際には、特に誤差に対する注意が必要である。これは、内外装（居室）に使用される造作材、建具は影響が大きい上、使用頻度も高いことから影響が大きくなったと考えられる。また、これらのバックグラウンドデータの品質を改善することで評価結果全体への誤差も小さくできる。一方、RC 造は一事例の検討ではあるが、普通鋼形鋼と生コンクリートのバックグラウンドデータ自体の影響が大きく、投入量が多いことが要因である。これらのバックグラウンドデータから優先的に改善することで、評価精度の向上が期待できる。

(2) 材料別の検討

次にバックグラウンドデータ自体の誤差で影響の大きかったバックグラウンドデータに関して誤差の絶対量を信頼性、完全性、時間面、地理面、技術面の各影響度を分析した（図 11）。今回の検討において、多くの投入資材で、誤差を生じさせる原因となっていたのは、信頼性と地理面で、他の項目に比べ、7~8%程度影響が大きい結果となった。従って、できる限り新しい情報を用いること、実測による信頼性の高いバックグラウンドデータを利用することで精度の改善が見込める。

4. まとめ

本研究では、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検討を実施し、以下の内容について明らかにした。

- 1) （一社）日本建築学会のバックグラウンドデータベース（AIJ-LCA）と（独）産業技術総合研究所等のバックグラウンドデータベース（IDEA）の CO₂ 排出原単位を比較し、同じ対象の原単位であってもそれぞれのバックグラウンドデータベースで値が大きく異なることが分かった。また、両バックグラウンドデータベースにおける原単位の値の比も、大きくばらつくことが明らかになった。平均的には AIJ-LCA のほうが大きくなる傾向にあることが分かった。
- 2) 事例住宅 8 件（木造 6 件、S 造 1 件、RC 造 1 件）ではあるが、それぞれの建築時の資材の製造に伴う CO₂ 排出量について、両バックグラウンドデータベースで算出した。その結果、一般的な結果としての言及は難しいが、少なくとも 8 件の事例の中で、最大で 1.5 倍程度の差異が生まれる結果となり、バックグラウンドデータベースの混用時は、評価結果の解釈に十分な注意が必要であることを示した。
- 3) 住宅の CO₂ 排出量の分析において、バックグラウンドデータの品質が評価誤差に及ぼす影響について分析した。バックグラウンドデータ作成時の誤差を Pedigree Matrix を用いて検討したところ、IDEA よりも AIJ-LCA のほうが、誤差が若干小さくなる傾向が見られた。また、バックグラウンドデータ利用時の誤差(変動係数 Cv)を適合性の評価手法を用いて分析した結果、圧倒的に AIJ-LCA の誤差が大きくなった。

図11 各データの影響度の例(代表的なもの)

4) 住宅の評価を実施する場合に、バックグラウンドデータ作成時と利用時の誤差が大きかった資材を抽出し、両視点で優先的に品質を改善すべき項目を明らかにできた。加えて、バックグラウンドデータ作成時の誤差について、それぞれの項目ごとに誤差を生じさせる要因について分析した。多くのバックグラウンドデータは、特にバックグラウンドデータの信頼性・時間的有効範囲を改善することが重要であることを示した。

本検討は、住宅 8 事例について、建築時の投入資材の製造に伴う CO₂ 排出量を分析するにとどまっている。今後、一般性を持って議論するためには、分析対象数を増やすことが重要と考える。また、施工・運用・改修・解体・廃棄などライフサイクルを通した分析も重要だろう。さらには、CO₂ 排出量だけではなく、他の環境負荷物質の誤差分析なども重要な視点となると考える。

謝辞

本研究の成果の一部は科研費(25870771)の助成を受けて実施したものです。

注

注 1) Pedigree Matrix のスコアは、エキスパートジャッジメント（専門家による判断）によって決定されている。これは、定量的根拠に基づいてスコアが決められているわけではなく、専門家による合意によって数値が決められている。

筆者らが提案した適合性による誤差は、定量的根拠に基づいて構築された誤差データベースであり、Pedigree Matrix による誤差と適合性による誤差を合算することは好ましくないと考えた。

参考文献

- 1) カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム，入手先<<https://www.cfp-japan.jp/>>，（参照 2015-05-01）
- 2) ウォーターフットプリント算出事例集の公表について，入手先<<http://www.env.go.jp/press/18475.html>>，（参照 2015-05-01）
- 3) 組織の環境フットプリントガイド・ドラフトについて，入手先<http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/supplychain_gas/002_s05_02.pdf>，（参照 2015-05-01）
- 4) 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～改定版，日本建築学会，2013. 2
- 5) Kiyotaka TAHARA, Toshio ONOYE, Kensuke KOBAYASHI, Ken YAMAGISHI,

- Shoichiro TSURUTA and Katsuyuki NAKANO: Development of Inventory Database for Environmental Analysis (IDEA)、The 9th International Conference on EcoBalance、P-119 (Abstract Book、pp.106)、2010.11
- 6) 田原聖隆、小林謙介、尾上俊雄、山岸健、中野勝行：網羅性を考慮したインベントリデータベース (IDEA: Inventory Database for Environmental Analysis)の開発状況、第5回日本LCA学会研究発表会講演要旨集、pp.32-33、2010.3
- 7) 小林謙介、中野勝行、尾上俊雄、田原聖隆：IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis) におけるインベントリデータの作成手法、第5回日本LCA学会研究発表会講演要旨集、pp.34-35、2010.3
- 8) 持続可能なLCAデータベース運営に向けた調査・検討事業 報告書 (オンライン)、http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2015fy/000148.pdf、(参照 2015-05-02)
- 9) 環境マネジメント原則及び枠組み ライフサイクルアセスメント、日本規格協会、2010.10
- 10) European Commission Joint Research Center: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Documentation of LCA data sets, 2011 (オンライン)、入手先<<http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/JRC-Reference-Report-ILCD-Handbook-Towards-more-sustainable-production-and-consumption-for-a-resource-efficient-Europe.pdf>>、(参照 2015-05-01)
- 11) ecoSpold v2 Data Format (オンライン)、入手先<<http://www.ecoinvent.org/data-provider/data-provider-toolkit/ecospold2-format/ecospold2-format.html>>、(参照 2015-05-01)
- 12) Bo Pedersen Weidema and Marianne Suhr Wesnaes: Data quality management for life cycle inventories –an example of using data quality indicators, J Cleaner Prod. Vol. 4, No. 3-4, pp.167-174, 1996
- 13) 小林謙介、石田昌平、久保村超夫、田原聖隆、兼松学、井上隆：建築物のLCAにおける評価精度の検討 データの適合性が評価結果に及ぼす影響の分析、日本建築学会環境系論文集 No.680, pp.813-818, 2012.10
- 14) 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
- 15) 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 建築学会原単位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

ERRORS CAUSED BY UTILIZATION OF BACKGROUND DATA IN HOUSING MATERIAL LCA

Discussion on accuracy in building LCA study

*Kensuke KOBAYASHI**, *Shintaro KAWAKAMI***, *Kiyotaka TAHARA****
and *Takashi INOUE*****

* Assoc. Prof., Department of Environmental Science, Faculty of Life and Environmental Science, Prefectural University of Hiroshima, Dr.Eng.

** Graduate School, Dept. of Architecture, Faculty of Science and Technology, Tokyo Univ. of Science

*** Group Leader, Research Institute of Science for Safety and Sustainability, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Dr.Eng.

**** Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Science and Technology, Tokyo Univ. of Science, Dr.Eng.

Reduction in CO₂ emissions by Japan's building industry is imperative as it accounts for nearly one third of the nation's total emissions; hence, accurate life cycle assessment (LCA) in the industry is of greater importance than ever. All the data values used for assessments should be, in principle, collected by LCA practitioners. However, in general, only foreground data values that have a direct impact on the process in question are collected; and for the rest, which are less influential, background data is used for saving time and cost.

Two major sources of background data are the AIJ-LCA and the IDEA databases. The difference is that AIJ-LCA was developed by the Architectural Institute of Japan and lists over 400 items in the Input-Output table, while IDEA was developed by AIST (The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) and JEMAI (Japan Environmental Management Association for Industry) and lists about 3,700 items. As far as the numbers of items are concerned, IDEA seems more suitable for detailed analysis. However, because it is based on varied sources, such as papers, statistical data, and interviews, IDEA data are more likely to be less uniform in quality. During actual assessments, such fundamental differences are often disregarded; consequently, interpretation of LCA results can potentially lead to inadvertent, misleading outcomes.

Based on the above, this study aimed to clarify errors caused by said differences and, further, to suggest ways to improve accuracy in interpretation of results, with the foci on the following:

- 1) Errors caused by inconsistent use of different databases,
- 2-1) Errors caused by inconsistency in database preparation, and
- 2-2) Errors caused by inappropriate selection of background data.

1) CO₂ emission intensities of 70 items, each classified in an equivalent category, were compared between AIJ-LCA and IDEA. Large differences were found between them with no apparent variation tendency. As a whole, AIJ-LCA data values were larger than IDEA data values. Additionally, using eight samples from home building, the emission intensity of manufactured building materials used for each was calculated based on the respective database and compared. The CO₂ emission calculation based on AIJ-LCA was up to 1.5 times as large as that using IDEA. This suggests that if different databases are used for LCA, scrupulous attention is required.

2-1) Based on the pedigree matrix, which can quantify data quality based on five uncertainty-scaling factors (precision, completeness, temporal representativeness, geographical representativeness, and technological representativeness) each with four data quality levels, items of the eight housing samples, where the heaviest impacts are likely, were examined for error. Interior/exterior wall material for rooms was found most likely to cause error. This suggests that more effort be made to improve the data quality with priority to this group of housing material.

2-2) Errors related to the degree of "adaptation", meaning the match of classification boundaries between foreground data and background data, were analyzed. As a result, errors were found much less in LCA using IDEA, probably because of the larger number of items this database lists.

By analyzing the errors exemplified in two different stages of data processing, materials having larger error potentiality were described. Precautions for interpretation of LCA results and suggestions for improving the accuracy of LCA result were suggested.

(2015 年 5 月 9 日原稿受理, 2015 年 9 月 4 日採用決定)