

令和元年6月6日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06615

研究課題名（和文）輸出入の評価を可能とする建築用LCA原単位データベースの構築手法の確立

研究課題名（英文）Development of an estimation method for inventory data on foreign-made building-products

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） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：環境影響を定量化するLCA実施に不可欠な原単位データベース（DB）は、日本や欧米で開発されてきているが、網羅的なDBを持つ国はごく僅かである。最近では建築分野でも、国産と輸入の差異を意識した評価も増加している。本研究は日本の原単位DBから海外のデータを簡易かつ可能な限り精度高く推計する手法を構築することを目的とした。

モデルデータの分析を通じ、国ごとの原単位の差異は、電力原単位、燃焼用燃料構成比等が大きな要因になっていることを示した。これを踏まえ、世界各国で共通して得られる統計、日本と取引量が多い主要国は各国の統計等を収集し推計手法を構築した。また、おおむね良好な推計精度であることを検証できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案した推計手法を用いて、我が国最大のインベントリデータベースであるIDEA（Inventory Database for Environmental Analysis）の海外版が公表される予定で、データベースの開発が進んでいる。本データベースは、カーボンフットプリントやエコリーフ環境ラベルをはじめ我が国のLCAに関わる様々な分析に用いられており、こうした評価において輸出入の分析が可能となる点で、社会的インパクトは非常に大きいものと認識している。

研究成果の概要（英文）：Inventory databases are essential for LCA researchers when calculating environmental loads. Excellent and comprehensive ones are available in Japan, Europe, and the United States; however, only few in other countries. Recently, in the building field, studies have become increasingly more conscious of differences between domestic and imported products. The purpose of this research is to develop a simple and accurate method of estimating data of foreign products utilizing Japanese inventory database “IDEA”.

Through analyzing model data, international differences in the intensities are found attributable to those of power generation, fuel composition ratio, etc. Based on this, an estimation method was developed using statistics which are obtainable commonly from other countries plus detailed ones published from countries where they make large-scale trade with Japan. Subsequently, it was verified that the estimation accuracy was generally good.

研究分野：環境工学

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 原単位データ 輸出入 CO2排出量 推計

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 以前にも増してライフサイクルアセスメントが利用

研究開始当初は、カーボンフットプリント、環境フットプリントなど、ライフサイクルアセスメント(LCA)手法を活用した環境情報の発信が以前にも増して盛んになってきていた。カーボンフットプリントは建築分野でも取り組み事例が出てきていた。このような形でLCAを実務で実施する際には、多種多様な素材や製品に関するバックグラウンドデータベース(原単位)の整備が欠かせない。

### (2) 少なくない輸入建材と、国産品の優位性に焦点をあてた評価のニーズ

建築物は多様な建材が用いられる。建材の中には、木材や太陽光発電など、また、建材を構成するプラスチックや繊維などのように、海外で生産され輸入されているものも少なくない。特に近年では国産材を利用した場合の優位性を評価するニーズも増えてきていた。しかし、現状では、自分で調査してデータを収集しない限り、わが国で生産されたと仮定した原単位を用いて評価するしか方法がなかった。

### (3) 国によって大きく異なる原単位(予備調査結果)

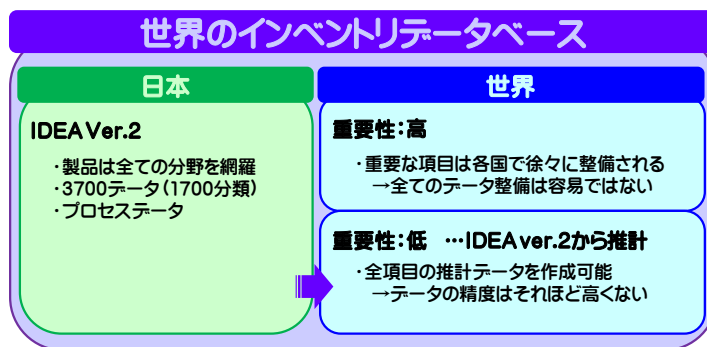
日本への輸入が非常に多い中国を例に、約50のデータを調査・収集した。更に、日本と中国の原単位の違いについて分析する予備調査を行い、同じ製品でも単位量あたりのCO<sub>2</sub>排出量が大きく、製品ごとのばらつきも大きいことを示した。こうした海外での製品製造に伴う環境影響が適切に評価されなければ、誤った環境情報の発信に至る危険性も考えられた。

### (4) 各国のバックグラウンドデータの整備状況

申請者は、網羅性を有したデータベース、Inventory Database for Environmental Analysis(以降、IDEA)の開発を行ってきた。IDEAは、データ数が3700を超え、日本国内の全ての製品等に対して網羅的に作成されている。但し、海外のデータは殆ど整備されていない。研究開始時点で、欧州以外の国々でも、データベースの構築が始まっていたが、多くの国では自国の主要生産物のデータ作成にとどまっており、網羅的なデータベースが構築されるまでには相当な時間がかかると予想された。

## 2. 研究の目的

以上の背景から、当面は、現状整備されているIDEAから、簡易ではあるが、可能な限り高い精度で海外のデータを推計し、評価に用いることが考えられる。そこで、本研究は既存のわが国のデータベースを活用し、他の国のインベントリデータを、簡易に入手できる情報(統計資料など)を用いて、可能な限り高い精度で推計する手法を構築することを目的とした。なお、図



IDEA: Inventory Database for Environmental Analysis

図1 世界のインベントリデータベース構築の全体像

1に示すように、重要性が高いデータは、各国で徐々に整備されていくことを想定し、本検討では、重要性は高くないが、ないと評価ができないような項目の評価に用いることを想定している。

## 3. 研究の方法

### (ア) 比較・検証用のインベントリデータ整備

予備調査で収集した中国以外の主要建材データを収集し、比較分析用に選定した主要建材等のインベントリデータを国ごとに収集・整備し、国ごとの違いを明らかにする。

### (イ) インベントリデータに差異を生じさせる因子の分析

(ア)での収集データをもとに、各国のCO<sub>2</sub>などの排出量の違いが生じる要因を明らかにすることで、各国のインベントリに違いを生じさせる因子(燃料構成、燃焼効率、歩留まり、規制値、脱硫等の設備設置状況など)が、構想中の試案以外にもないかを明らかにする。

### (ウ) 各国で容易に収集可能なデータ(統計資料等)の調査

推計に活用でき得るデータの整備状況について調査し、それらを基にした手法の構築・データの活用可能性を明らかにする。

## (エ) 推計手法の構築

予備調査で作成した試案や、(ア)～(ウ)をもとに、海外データの簡易推計手法を構築する。

## (オ) 収集データと推計データの比較による精度検証

(ア)～(エ)の結果をもとに、推計データを構築し、(ア)で収集したデータと比較することで、推計精度を明らかにする。また、検証結果をもとに、推計手法の改善を試みる。

## 4. 研究成果

### (1) 原単位に差異を生じさせる要因

はじめに、推計手法を構築するための基本的な分析として、国外のインベントリデータを収集した。図2は、日本と中国の電力におけるエネルギー消費原単位の違いの分析を示した。このような形で環境負荷原単位が異なる要因について考察した。具体的には、差異を生じさせる要因として、図2のような様々な因子が考えられることを示した。

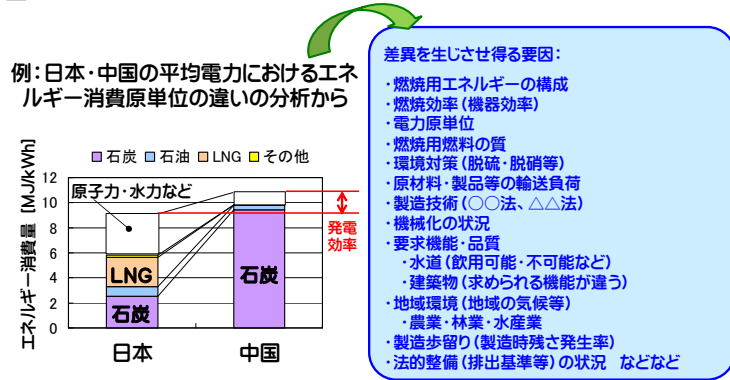


図2 差異を生じさせる要因に関する考察

### (2) 基本的な推計手法の構築

これらの要因をすべて考慮することは容易ではない。本研究では、データの収集可能性等も考慮し、①電力原単位、②燃焼効率、③燃料の種類別のエネルギー構成比のデータを対象国のデータに変換することで推計する方法を検討した。また、データが収集できる場合は、④環境対策(例：脱硫・脱硝)⑤燃料の質(例：硫黄含有量)も検討することとした。本推計で考慮した①～⑤の考え方の概要について、図3に示す。

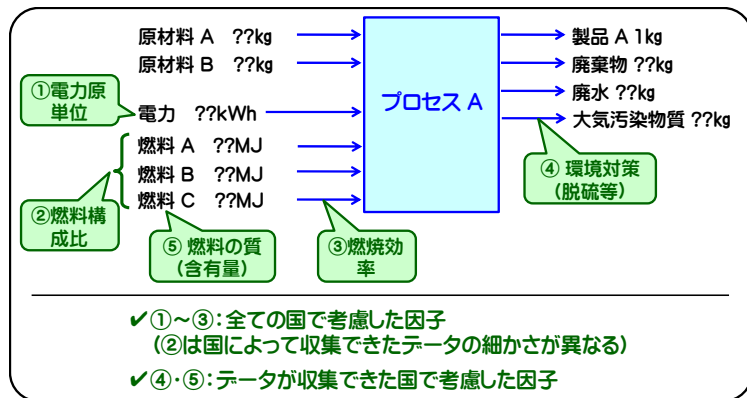


図3 提案した推計手法の全体像

#### ① 電力原単位の変換

電力は、国によって電源構成が大きく異なるため、電力の環境負荷原単位が異なる。そのため、電力の環境負荷原単位を対象国の原単位に置き換えることとした。電力原単位は、International Energy Agency (IEA) の World Energy Statistics と Extended World Energy Balances を用いて 42 のエネルギー種を考慮して作成することができる。

#### ② 燃焼用燃料消費構成比の変換

同じ製品等を生産する場合でも、使用する燃料が異なるケースは少なくない。そこで、プロセスで燃焼用の燃料として用いられる燃料の種類をその国の燃料利用の実態に適合するように変換する方法を提案した。世界各国において、共通フォーマットで得られる情報としては、IEA の World Energy Statistics がある。本統計には、国ごとに 30 の燃料種類ごとのエネルギー消費量が掲載されている。また、燃料種の分類も IDEA Ver.2 とほぼ同様となっている。そこで、本項目は当該統計を活用してデータベースを構築することを考えた。なお、(3)において後述するが、World Energy Statistics では、産業の種類が 30 種類程度しかないため、多くの項目で燃焼用燃料構成比率が同じになってしまう。そこで、国ごとにより詳細な関連統計等が得られる場合は、得られた統計等を用いてより精度高く推計する手法を検討した。

#### ③ 燃焼効率データの変換

同じ製品等を生産する場合でも、燃料の利用効率(ボイラー効率など)が国によって異なると考えられる。そこで、燃料種類別に燃料の燃焼効率データベースを作成し、日本と対象国の燃焼効率の比を算出して乗ずることで燃焼効率を考慮した環境負荷原単位を作成する方

法を検討した。燃焼効率は、IEAのWorld Energy Balancesに記載されているデータを用いることとした。World Energy Balancesには、燃料種類ごとに発電施設に投入される一次エネルギー量と発電電力量が示されている。ここでは、この発電効率の値を燃焼効率として、石炭・石油・ガスの燃焼効率を算出する方法を提案した。

④ 脱硫率・脱硝率等の環境対策の考慮(データが得られた国のみ)

対象国における環境対策(脱硫や脱硝など)について、日本の回収率(および放出割合)を対象国の回収率に置き換える方法を提案した。脱硫や脱硝等の環境対策は本旨に合致するデータが得られた国のみ考慮することとした。

⑤ 環境対策(含有成分・燃焼特性)(データが得られた国のみ)

使用する燃料の含有成分も国(鉱山)によって異なる。こうした事情を考慮するため、対象国における燃料の質(例:石炭における硫黄含有量)が得られた場合に、該当する燃料のプロセスデータを置き換える方法を提案した。

上述のように各プロセスにおいて様々な因子を考慮し、プロセスデータを作成した上で、環境負荷排出原単位を推計した。推計した環境負荷原単位における環境負荷物質(基本フロー)の種類はIDEA Ver.2と同様である。なお、推計された環境負荷物質量の精度は、考慮できた因子が限定的であるため、環境負荷物質ごとに大きく異なると考えられる。

(3) より精度の高い推計手法の提案

図4に示すように、(2)の燃料構成比(総エネルギー消費量に占める石炭・石油・ガス等の割合)は、IDEA Ver.2の各プロセスで消費されるエネルギー消費量の燃料種の構成比を対象国の構成比に置き換える形をとるが、IDEA Ver.2の項目数は約3800であり、それぞれの項目に対して対象国のそれぞれの燃料構成比に置き換えることが望ましい。しかし、そこまで詳細な燃料構成データを有した統計はない。各国共通で入手できるデータには、IEAの

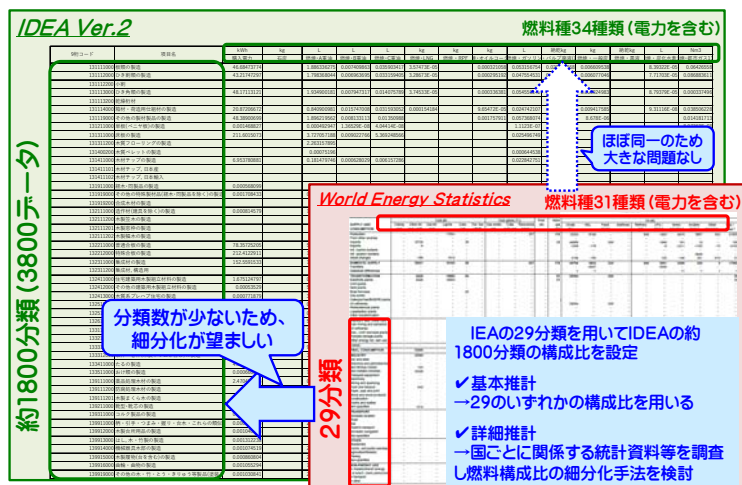


図4 燃焼用燃料構成比の算出方法

World Energy Statisticsがあるが、項目数は29しかない。そこで、我が国の輸入額が多い国(ここでは12か国を対象)を中心として、より精度高く推計を行った。具体的には、それぞれの国が整備しているより詳細な統計データを推計に活用する方法を検討した。その結果、より精度高く推計するために、表1の統計を用いる手法を提案した。

表1 詳細な推計を行った12か国で活用した統計資料等

番号	推計因子	情報	CHN	IDN	KOR	MYS	THA	TWN	VNM	BRA	FRA	GBR	TUR	USA
①	電力原単位	統計年	World Energy Statistics, Extended World Energy Balances 2015											
		ベース	World Energy Statistics				中华民国 能源統計 年報	World Energy Statistics						
②	燃料構成比	年	2015				2016	2015						
		分類数	29				58	29						
		細分化	産業連関表											
		年	2012	2010	2014	2010	2005	2011	2007	2015	2014	2014	2012	2007
	分類数	139	185	161	124	186	166	138	67	56	127	64	389	
③	燃焼効率	統計年	World Energy Balances 2011~2015											
④	環境対策	統計年	中国環境 統計年報	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		年	2013~2015	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
⑤	燃料の質	統計年	アジアのエネルギー利用と地球環境							×	×	×	×	×
		年	1987							×	×	×	×	×

#### (4) 推計精度の検証

本推計手法について精度検証のために日本の推計データベースを構築し、IEA と比較した。ただし、本精度検証は、(2)②で示した燃焼用燃料消費構成比のみを変換している。細分化するための統計の分類数の違いによる精度検証のために、(3)の詳細な推計の精度を確認することを想定して、日本の産業連関表を 397 分類、190 分類、108 分類のそれぞれの場合で燃焼用燃料消費構成比を算出し、推計データベースを構築した。また、(2)で示した、既往研究の細分化を行わず IEA のみ (29 分類) を用いた場合の推計データベースも構築した。なお、推計対象から外した項目は排除し、燃焼用燃料のコークスとナフサは外して推計を行った。

397 分類、190 分類、108 分類、IEA のみのそれぞれについて推計した日本の CO<sub>2</sub> 排出原単位を、IEA ver.2 の CO<sub>2</sub> 排出原単位で除し、その比の区間ごとのヒストグラムを作成した (表 2)。その結果ほとんどの分類において ±4% に収まる結果となった。そのため本推計の結果が、対象国のデータと著しく異なることはないことを示せた。また、分類数が多くなるほど精度が向上する結果となった。

表2 推計精度の検証結果

項目	区間	IEAのみ	108分類	190分類	397分類
区間ごとのデータ数	~95%	402	324	317	265
	95~96%	138	94	92	91
	96~97%	246	140	144	191
	97~98%	537	233	202	181
	98~99%	397	463	362	309
	99~100%	291	465	564	616
	100~101%	123	273	335	372
	101~102%	55	114	89	102
	102~103%	25	55	47	56
	103~104%	14	44	33	20
	104~105%	7	19	38	18
	105%~	33	44	45	47
	データの割合	±1%	18%	33%	40%
±2%		38%	58%	60%	62%
±4%		74%	79%	78%	81%

#### (5) 成果の社会的な影響

本研究で提案した推計手法を用いて、我が国最大のインベントリデータベースである IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis) の海外版が公表される予定で、データベースの開発が進んでいる。本データベースは、カーボンフットプリントやエコリーフ環境ラベルをはじめ我が国の LCA に関わる様々な分析に用いられており、こうした評価において輸出入の分析が可能となる点で、社会的インパクトは非常に大きいものと認識している。

### 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 5 件)

- ①小林謙介、中野裕貴、中井健士郎、藤井千陽、横田真輝、田原聖隆：海外インベントリデータの簡易推計手法の構築、第 12 回日本 LCA 学会研究発表会、pp.424-425、2017.3
- ②中井健士郎、木村祐也、小林謙介、藤井千陽、横田真輝、田原聖隆：海外データの推計手法の構築 中国・タイを対象にした詳細推計の実行と CO<sub>2</sub> 排出量の算出、第 13 回日本 LCA 学会研究発表会、pp.374-375、2018.3
- ③木村祐也、中井健士郎、小林謙介、藤井千陽、横田真輝、田原聖隆：海外データの推計手法の構築 台湾・インドネシア・韓国・マレーシア・ベトナムの試み、第 13 回日本 LCA 学会研究発表会、pp.372-373、2018.3
- ④Kensuke Kobayashi, Kenshiro Nakai, Yuya Kimura, Chiharu Fujii, Maki Yokota, Kiyotaka Tahara: A Method for Estimating Inventory Data of Foreign Products: Utilizing IDEA for Seven Asian Countries、The 13th Biennial International Conference on EcoBalance、2018.10
- ⑤山本大夢、木村祐也、小林謙介、田原聖隆、藤井千陽、横田真輝：海外データの簡易推計手法の構築 ～主要 12 か国の推計データベースの構築～、第 14 回日本 LCA 学会研究発表会、pp.386-387、2019.3

[その他]

ホームページ等

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

### 6. 研究組織

- (1)研究分担者  
なし
- (2)研究協力者  
なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。