

# LIME3活用検討研究会 成果報告書

2019年6月



LCA 日本フォーラム  
LIME3活用検討研究会

## はじめに

近年、欧州委員会（EC）が「環境フットプリント」の試行事業を行うなど、LCAによる環境影響評価への関心が高まっています。そこで、平成29年（2017年）3月にLCA日本フォーラムの中に「LIME3活用検討研究会」を立ち上げ、参加企業の方々とLIME3の使用方法を勉強してきました。この報告書は、その成果を事例集としてまとめたものです。

LIME (Life Cycle Impact Assessment Method based on Endpoint) は、ライフサイクルアセスメント (LCA) の環境影響評価の方法です。2005年にLIME1が、また2010年にLIME2が書籍として刊行されています。これらはいずれも日本の国内での評価に使われることを前提としていました。この方法を世界に広めたものがLIME3です。平成30年（2018年）8月に詳細を解説した書籍が出版されました。

この方法を端的に言えば、ライフサイクルインベントリ分析の結果として得られる環境への排出物量や資源の消費量が人間の健康や生物多様性などへ及ぼす被害量を推定し、それらを一つの数値に合算（統合化）する方法です。特に、被害量を金額換算する方法を備えていることが特徴的です。金額換算すれば様々な被害量を合算することができるという考えが根底にあります。被害量を推定する部分では科学的な方法論を駆使し、それを金額換算する部分では、G20の各国の人の価値観の調査を基にしています。この方法は、様々な環境への影響の重要性を理解し、それらを一つの数値にまとめる重み付けの方法として、LCAの分野で世界的に注目されています。

環境への影響を経済価値に換算する方法は、環境経済学の分野で長く研究されてきました。これらの方法をまとめたISO14008（2019）がこの3月に発行されました。これは、企業の活動による環境側面の費用と便益を算定するISO14007（作成中）の中で使われるものとされています。ISO/TC207（環境マネジメント）の中では、この他にも、温室効果ガスによる気候変動の抑制に金融側面を導入するISO14097（気候変動ファイナンス）や、ISO14030（グリーンボンド）、ISO14100（グリーンファイナンス）が作成されつつあります。さらに、ESG投資に関するISO/TC322（サステイナブルファイナンス）が2018年に設立されました。環境に関する活動を考える時に、環境への影響を金額換算することが必須になっていると言えます。

ISOを離れても、パリ協定の下で温室効果ガスの排出を金額に換算する炭素価格の議論が世界的に行われるようになっていきますし、「自然資本」の有効利用を考える時にも環境影響の金額換算が重要な役割を果たすと思われます。

ここで紹介するLIME3の活用事例が端緒となり、持続可能な社会に向かって企業における環境影響評価の活動がますます活発になるように、この報告書が役立つことを願っています。

2019年5月

LCA日本フォーラム LIME3活用検討研究会 委員長  
工学院大学先進工学部 教授  
稲葉 敦



# 目次

---

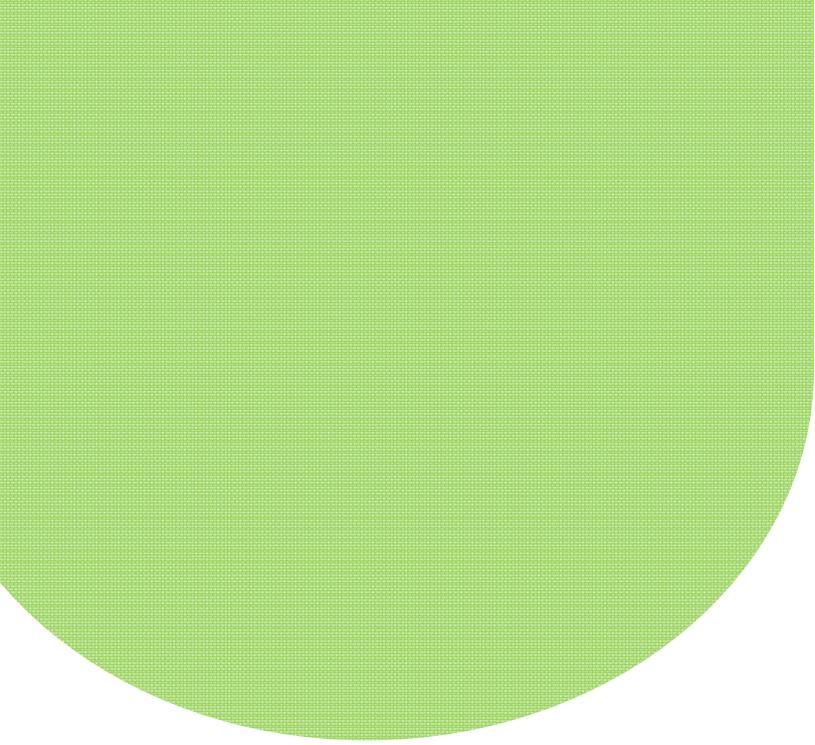
1. 事例紹介 【概要版】 .....	1
2. 事例紹介 【詳細版】	
2.1 太平洋セメント株式会社	
「世界各国で製造されるセメントの環境影響評価」 .....	11
2.2 積水化学工業株式会社	
「積水化学グループの ESG 経営における LIME3 活用方法の検討 ープラスチック成型加工品の評価を事例としてー」 .....	23
2.3 株式会社資生堂	
「ハンドソープの環境影響とポジティブ効果の比較評価」 .....	37
2.4 日産自動車株式会社	
「自動車における LIME3 での評価」 .....	55
2.5 サンメッセ株式会社	
「印刷物の環境影響評価」 .....	71

---



## 事例紹介【概要版】

---



# 「世界各国で製造されるセメントの環境影響評価」

評価実施者： 太平洋セメント(株) 中央研究所 桐野裕介、星野清一

## ● 評価の目的と製品の特徴

•世界各国で製造されるセメントの原料調達から製造までのプロセスに関わる環境影響をLCAにより評価し、重要な影響領域を把握する。

【普通ポルトランドセメント】



•セメント製造工程では、他産業からの廃棄物・副産物を多量に活用している。

<活用例>

廃プラスチック、木くず等：熱エネルギー用途での活用

→ごみ焼却場での焼却を回避

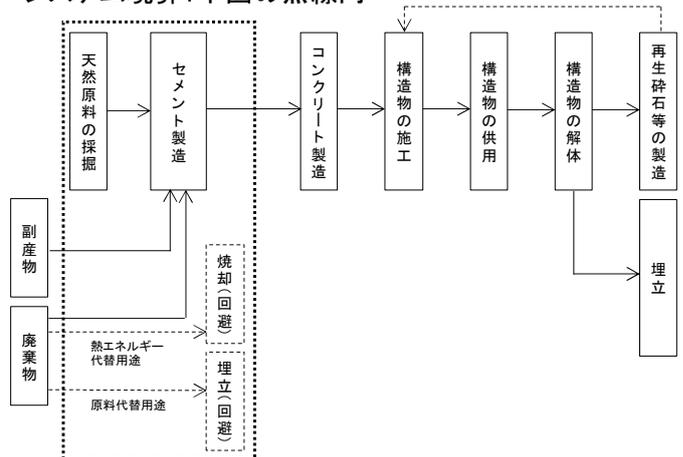
焼却灰、汚泥等：原料用途(粘土代替)での活用

→最終処分場での埋立を回避

## ● 機能単位とシステム境界

•機能単位：各国で製造される平均的なセメント1t

•システム境界：下図の点線内



## ● 調査方法

<インベントリ分析>

•フォアグラウンドデータ：WBCSDのセメント産業部会等

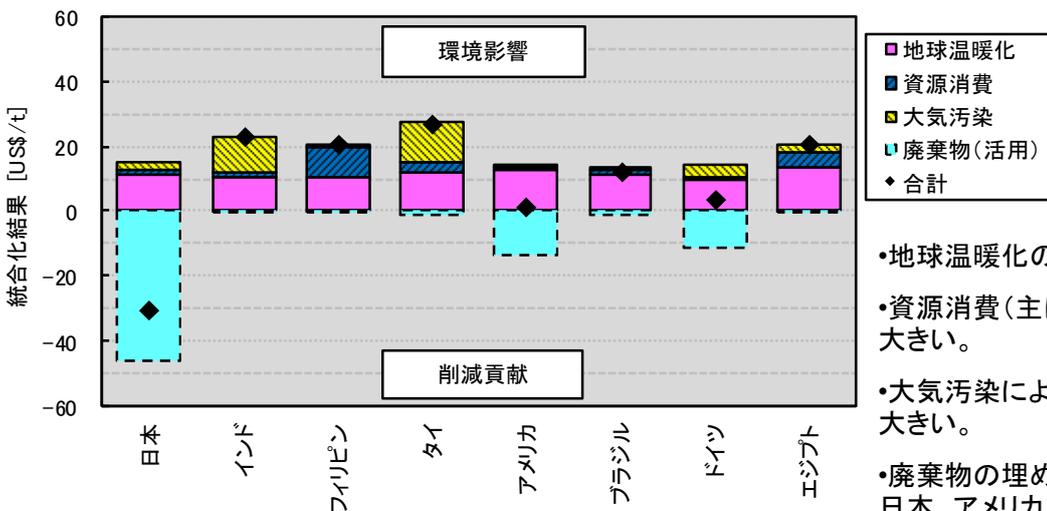
•バックグラウンドデータ：無し

<インパクト評価>

•LIME3

## ● 評価結果

【統合化結果(影響領域別)】



- 地球温暖化の影響は全ての国で大きい。
- 資源消費(主に、石炭)の影響は、フィリピンで大きい。
- 大気汚染による影響は、インドおよびタイで大きい。
- 廃棄物の埋め立て回避による削減貢献は、日本、アメリカ、ドイツで大きい。

各国の製造方法および環境条件によって、重要な影響領域は大きく異なる

本評価の限界：十分に公開されていないデータは、推定値を用いている。また、ライフサイクルでの評価を実施できていない。

# 積水化学グループのESG経営におけるLIME3活用方法の検討 —プラスチック成型加工品の評価を事例として—

評価実施者： 積水化学工業株式会社 ESG経営推進部 三浦 仁美

## ● 評価の目的と製品の特徴

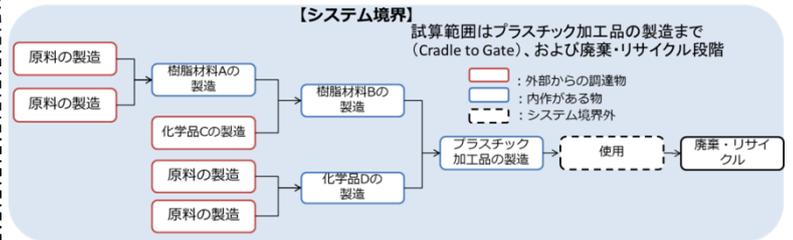
- 各国での事業展開に応じた環境影響を把握し、エリア毎の施策展開の方向性の検討
- 積水化学グループにおけるESG経営の進捗や効果を測るツールとしての活用可能性の検討



- 積水化学で製造する中間素材としてのプラスチック成型加工品

## ● 機能単位とシステム境界

機能単位 : プラスチック成形加工品 1kg の供給  
 システム境界 : 原料製造、プラスチック加工品製造、廃棄まで、(使用は除く)



## ● 調査方法

<インベントリ分析>

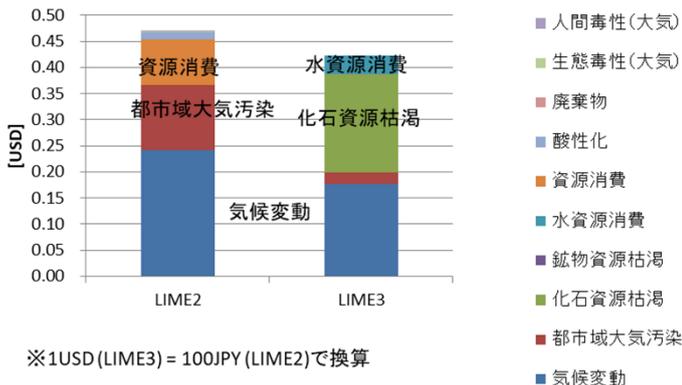
- フォアグラウンドデータ: 自社操業実績データ
- バックグラウンドデータ: IDEAv2.2 (MilCAv2.2)

<インパクト評価>

- LIME2, LIME3

## ● 評価結果

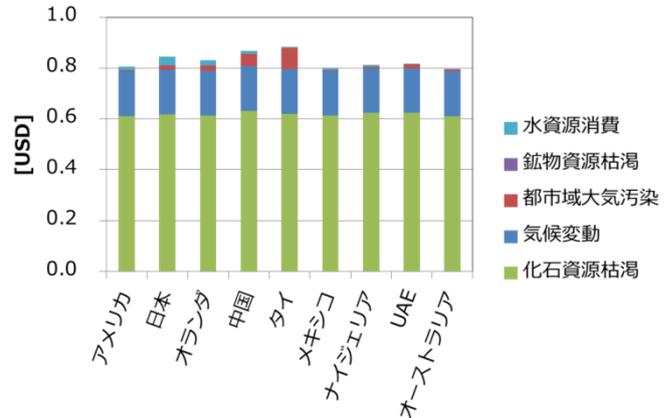
【LIME2 vs LIME3 統合化結果(影響領域別)】



※1USD(LIME3) = 100JPY(LIME2)で換算

- LIME2とLIME3の結果はほぼ同程度
- 都市域大気汚染への影響は数分の一に
- 化石資源枯渇はおよそ倍に
- 水資源消費の影響が顕在化

【LIME3統合化結果(各国別・影響領域別)】



- 各国共に、化石資源枯渇の寄与が支配的で、気候変動の影響が大きい。
- ローカルな課題としては東アジア、東南アジアでの都市域大気汚染、日本、欧州での水資源消費。

各国での環境影響の傾向を把握し、今後の施策展開に活用

本評価の限界: 同じプロセスの入出力は日本と同じと仮定したことによる、海外(特に発展途上国)で環境影響が過小評価になっている可能性

# ハンドソープの環境影響とポジティブ効果の比較評価

評価実施者：株式会社資生堂 大橋 憲司

## ● 評価の目的

途上国においてハンドソープによる手洗い習慣化を実施した場合の環境負荷と、手洗いによる下痢の予防効果のベネフィットを定量的に評価し比較する。



製造は日本の工場で行い、日本で製品を使用・廃棄が行われた場合をシナリオ1、途上国に出荷され使用・廃棄が行われた場合をシナリオ2とした。

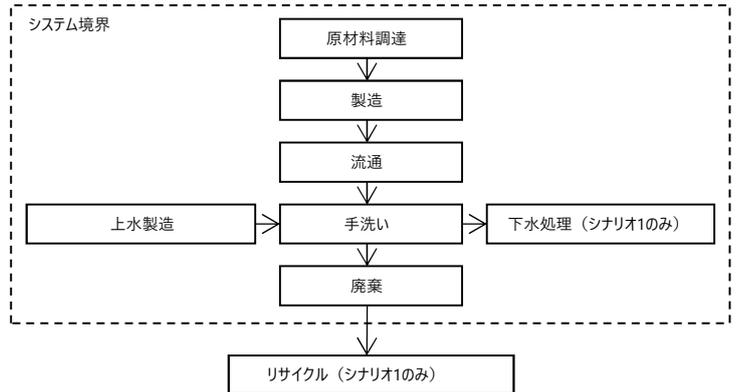
## ● 調査方法

インベントリ分析: プライマリデータ — 自社データ  
セカンダリデータ — IDEA ver.2  
インパクト評価: LIME 3  
ポジティブ評価: WHO統計に基づく独自計算

## ● 機能単位とシステム境界

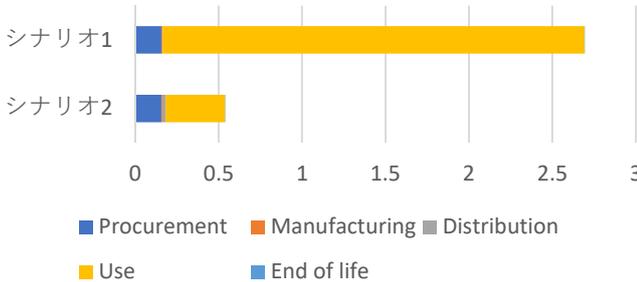
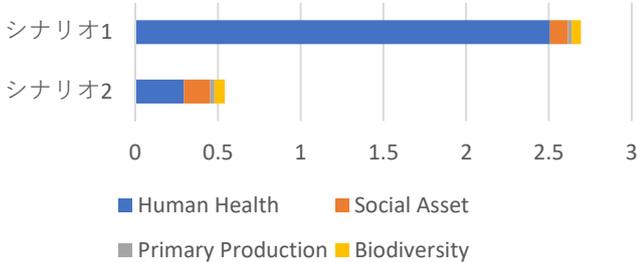
機能単位: ハンドソープ1品による手洗い500回  
(1回使用量0.5mL)

システム境界:



## ● 評価結果

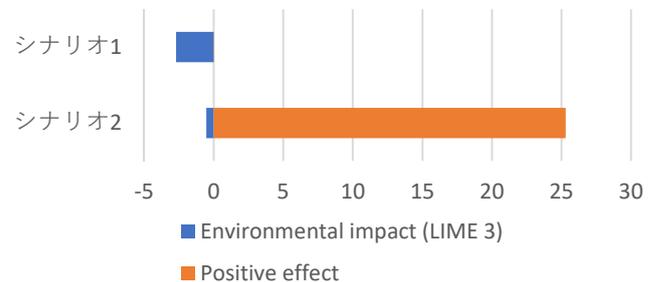
統合化結果:



ポジティブ評価:

地域	項目	効果
途上国 (東南アジア中低所得者)	下痢による損失余命	1.20E-02 yr/yr/person
	手洗いによる抑制効果	4.01E-03 yr/yr/person
	製品あたりの効果	1.10E-03 yr/product
先進国 (欧州高所得者)	下痢による損失余命	1.64E-04 yr/yr/person
	手洗いによる抑制効果	5.46E-06 yr/yr/person
	製品あたりの効果	1.50E-06 yr/yr/person

比較評価:



統合化の結果、日本での使用を想定したシナリオ1の値が、途上国での使用を想定したシナリオ2に比べて著しく大きくなる結果となった。これは使用時のすすぎの水利用による影響によるもので、水の利用が農業生産量の低下を招き、間接的に海外での栄養失調の増加につながるというLIME 3の手法論に起因している。

一方、ポジティブ効果との比較評価では、手洗い習慣が十分に普及していない発展途上国において大きな改善効果が認められ、製品ライフサイクルを通じた環境影響を大きく上回る効果をハンドソープが潜在的に有していることが示唆された。

途上国におけるハンドソープの使用(手洗い)は環境負荷を上回るによる衛生改善効果が期待できる

# 「自動車の環境影響評価」

評価実施者：日産自動車(株) 総合研究所EVシステム研究所 磯部眞弓

## ●評価の目的と製品の特徴

・自動車のライフサイクルを通じた環境影響をLCAにより評価し、その環境性能を把握する

【ガソリン車 Sylphyと電気自動車 LEAF】



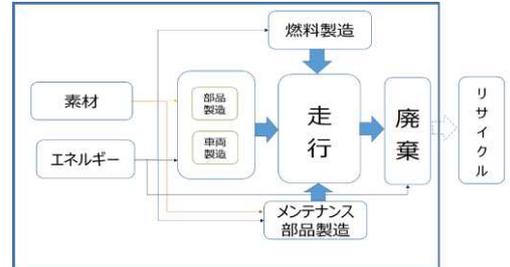
・セダンタイプのガソリン車

・40kWh Li-ionバッテリーを搭載した電気自動車

## ●機能単位とシステム境界

機能単位：各国で製造された自動車一台の全ライフサイクル、10年15万kmの使用。

システム境界：



## ●調査方法

<インベントリ分析>

- ・フォアグラウンドデータ：自社調査
- ・バックグラウンドデータ：GaBi 8.7

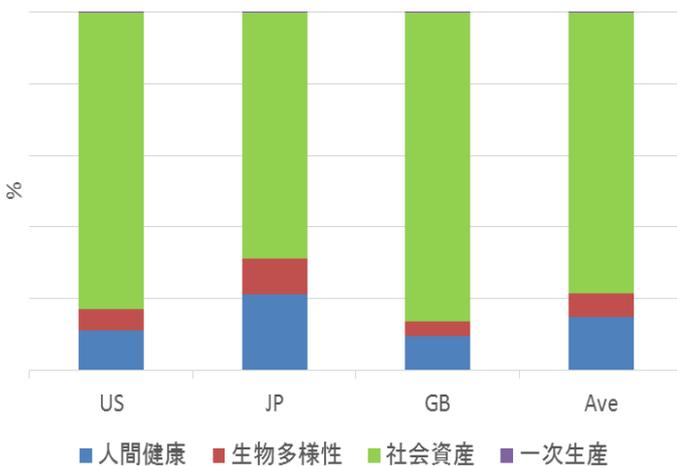
<インパクト評価>

- ・LIME3

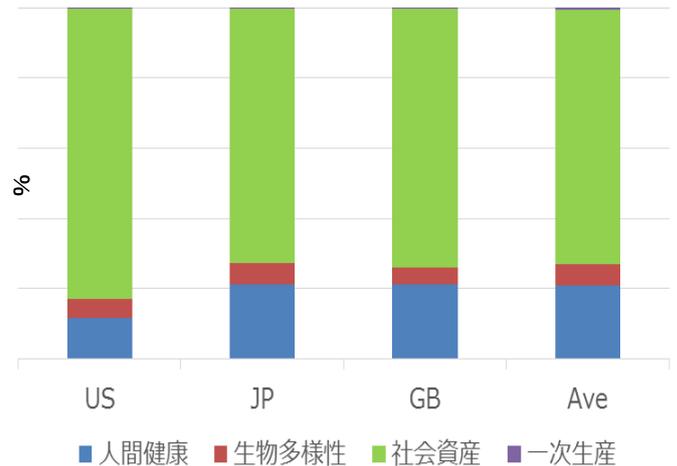
## ●評価結果

【統合化結果(影響領域別)】

【ガソリン車】



【電気自動車】



・環境影響全体では社会資産の影響が大きい。ガソリン車の場合は、エネルギー系資源の消費が大きい。また、電気自動車は鉱物系資源の消費の影響が大きい。

・燃費の向上やリユース・リサイクルにより、更なる環境負荷を抑制できる。

ガソリン車と電気自動車、環境影響が大きい原因が異なる。

本評価の限界：モード燃費を使用しており、より実態に近い走行条件での評価が望まれる。

# 「印刷物の環境影響評価」

評価実施者： サンメッセ株式会社 第二ソリューション企画部 中村洋之

## ● 評価の目的と製品の特徴

・日本国内とインドネシアで製造された用紙を用いて、日本国内で印刷物を製造し、日本国内で使用・廃棄される印刷物の比較を行う

調査対象とした印刷物の仕様

項目	内容
印刷物寸法	A4
色数／綴じ方	4色／中綴
ページ数／部数	16ページ／2,000部

## ● 調査方法

<インベントリ分析>

- ・フォアグラウンドデータ： 自社調査
- ・バックグラウンドデータ： IDEA v 2.2

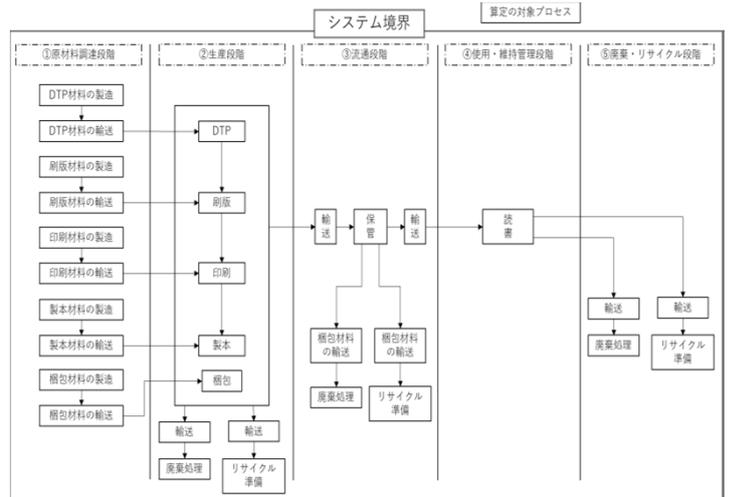
<インパクト評価>

- ・LIME3

## ● 機能単位とシステム境界

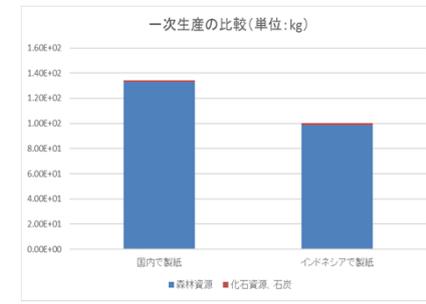
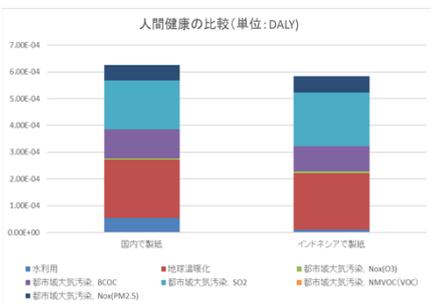
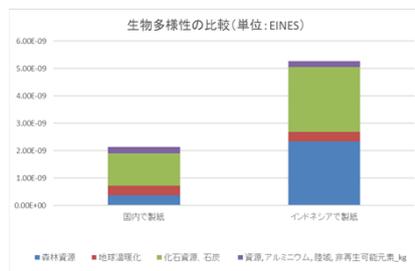
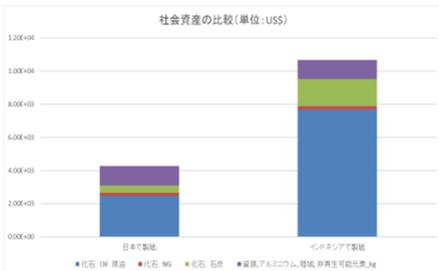
機能単位：パンフレットとして、製品を説明する印刷物2,000部とする。

システム境界：

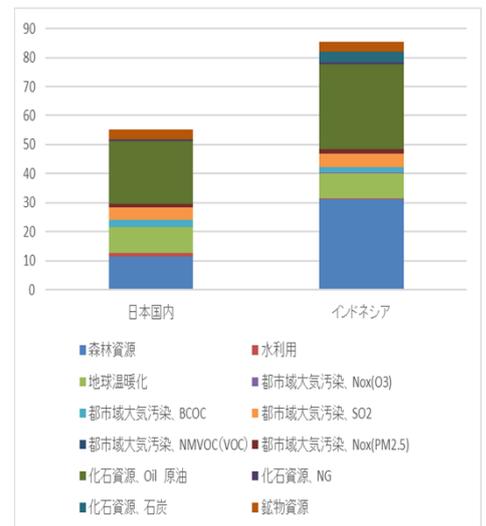


## ● 評価結果

【被害評価結果】



【統合化結果 (US\$)】



・インドネシアは日本に比べて、統合化結果が約1.5倍大きな値になった。森林資源と化石資源(原油、石炭)が寄与が大きい。

・日本とインドネシアを比較して、日本の特徴は人間健康で水利用の影響が大きいこと、インドネシアの特徴は社会資産の化石資源と生物多様性で森林資源の影響が大きいことだった。

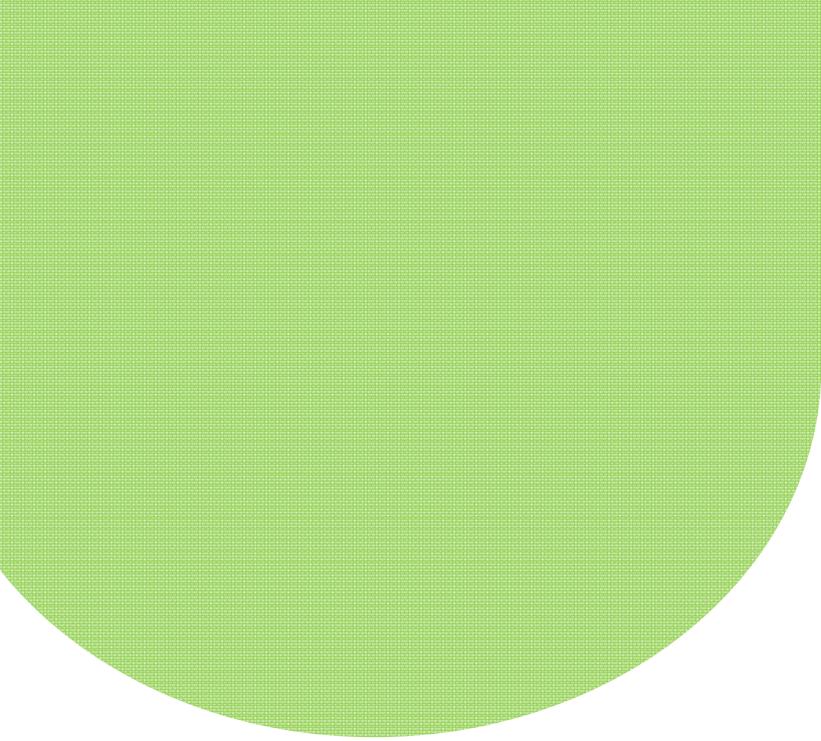
日本の用紙を用いた印刷物が環境影響が低い結果になったが、用紙の再生紙の利用率は日本とインドネシアで異なることが想定されるため、用紙の再生紙の利用率を考慮した評価を行う必要がある

本評価の限界：インドネシアでの用紙の製造データとして、日本国内のフォアグラウンドデータとバックグラウンドデータを使用



## 事例紹介【詳細版】

---



「世界各国で製造される  
セメントの環境影響評価」報告書

2019年6月  
太平洋セメント株式会社



## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関：太平洋セメント株式会社 中央研究所

名 前：桐野 裕介，星野 清一

連絡先：yusuke\_kirino@taiheiyo-cement.co.jp

### 1.2 報告書作成日

2019 / 06 / 04

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

世界各国で製造されるセメントの原料調達から製造までのプロセスに関わる環境影響を LCA により評価し、重要な影響領域を把握する。

### 2.2 調査結果の用途

世界各国で製造されるセメントの原料調達から製造までのプロセスに関わる重要な影響領域を把握し、設計における改善のための情報提供を行う。

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

世界各国で製造される平均的なセメント 1t を調査対象とした。なお、対象には、“純粋な”「ポルトランドセメント」および副産物もしくは天然岩石の微粉末を一部混合した「混合セメント」の両者を含み、各国における荷重平均値を調査対象とした。

### 3.2 機能および機能単位

セメントは、水と反応して硬化する性能を持つ結合材であり、主にコンクリートの原料として、建設工事に利用される。市販されているセメントの 28 日材齢における強さ（ISO 679:2009 による）は、35 - 60 N/mm<sup>2</sup> 程度である。

本評価における機能単位は、慣例に従い、セメント 1t とした。

### 3.3 システム境界

天然原料の採掘とセメント製造、および製造工程にて廃棄物を活用することによる削減貢献（図 3.3-1）。

2.1  
世界各国で製造されるセメントの環境影響評価

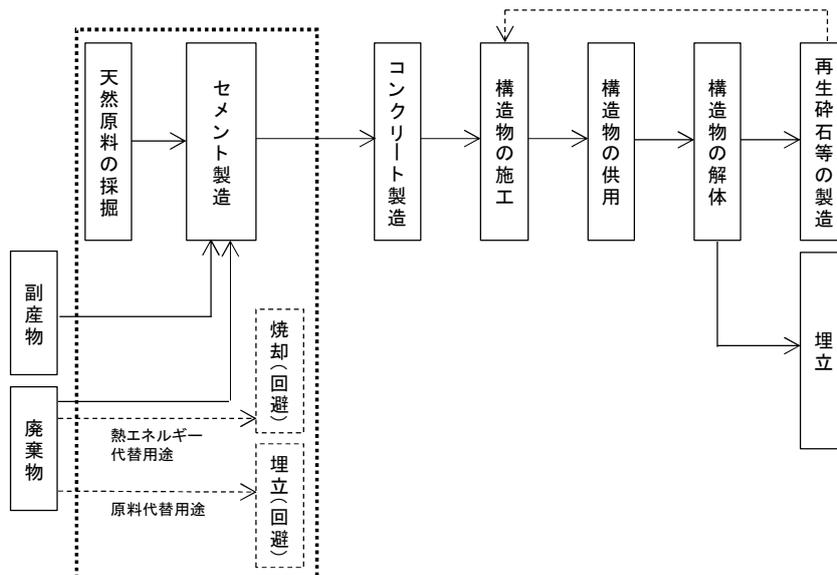


図 3.3-1 セメントの主な製品システムおよびシステム境界

### 3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

廃棄物と副産物の定義に関しては、主製品に当てはまらないもののうち、「廃棄物の処理および清掃に関する法律」の対象となるものを廃棄物、対象とならないものを副産物とした。具体的な対象品は、4.1 節に示す。

Scope2 の CO<sub>2</sub> 排出および輸送過程に関しては、十分なデータが得られなかったため、評価しなかった。セメント製造では、一般的に Scope1 の CO<sub>2</sub> 排出が大きい<sup>1)</sup>。また、製品の重量当たりの単価が安いため、長距離の輸送は経済性の観点から行われなことが多い。

コンクリート製造、構造物の施工・供用・解体過程に関しても調査対象から除外した。コンクリート製造および構造物の施工・供用における環境負荷は大きくない<sup>2)</sup>。一方、構造物の解体過程にて発生する廃コンクリートは、日本では 99.3%が再利用されている<sup>3)</sup> が、海外では十分に利用されておらず、環境影響が大きい可能性がある。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 インベントリデータ

セメントのフォアグラウンドデータは、持続可能な発展のための世界経済人会議 (WBCSD) のセメント産業部会 (CSI) が公表している Getting the Numbers Right (GNR)<sup>4)</sup> および日本のセメント協会の 2016 年のデータ<sup>5)</sup> を用いた。日本以外の国で生産されるセメントにおいて、GNR にて公開されていないデータは、中間製品であるクリンカのデータを求めた後に、添加材・混合材のデータを用いて以下の通り算出した。クリンカの天然原料の使用量は、1500kg/t と仮定した。クリンカの廃棄物使用量は日本以外の国では少ないことが指摘されているが<sup>6)</sup>、公開されているデータは無かったため、Heidelberg Cement の Sustainability report に記載されている代替原料率 (3.6%) を用いて日本以外の国は一律に設定した。石炭以外の化石エネルギー源は無いものと仮定し、石炭使用量は熱量原単位と化石エネルギー比率の積を瀝青炭の低位発熱量<sup>7)</sup> で除することによって求めた。日本以外の国の NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、ばいじんの排出量は、WBCSD CSI のコアメンバーが CSR レポートで公開している値の平均値を用い、一律に設定した。最も環境影響の大きい NO<sub>x</sub> の値の変動係数は、0.25 と比較的小さく、同一の値を用いたことによる結果への影響は大きくないことが推定される。セメントのデータは、クリンカのデータおよびセッコウと混合材の使用量から算出した。高炉スラグ、フライアッシュのみを副産物として取り扱い、その他の混合材およびセッコウは、天然資源と仮定した。なお、天然原料等の採掘に関するバックグラウンドデータは、十分なデータが集まらなかったため、評価から除外した。

### 4.2 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

表 4.2-1 に海外で製造されるセメントのインベントリ分析の対象とした項目と分析結果の一覧を示す。

## 2.1

## 世界各国で製造されるセメントの環境影響評価

表 4.2-1 セメントの LCI 分析結果 (単位 (kg/t))

		日本	インド	フィリピン	タイ	アメリカ	ブラジル	ドイツ	エジプト	出典
消費 負荷	天然原料	1123	1183	1258	1422	1454	1359	1421	1445	日本:セメント協会 その他:クリンカの値を一律で仮定し、WBCSD CSIで公開されている混合材使用量からセメントの値を算出
	石炭	80	87	90	98	116	87	43	125	日本:セメント協会 その他:WBCSD CSIで公開されている熱量原単位と化石エネルギー比率の積をIPCCの発熱量で徐することによりクリンカの値を算出し、WBCSD CSIで公開されている混合材使用量からセメントの値を算出
環境 排出 負荷	CO <sub>2</sub>	651	616	609	707	766	671	578	773	日本:セメント協会 その他:WBCSD CSI
	NO <sub>x</sub>	1.240	1.089	1.029	1.222	1.315	1.171	1.237	1.288	日本:セメント協会 その他:WBCSD CSI コアメンバーのCSRレポートで公開しているクリンカの値の単純平均とWBCSD CSIで公開されている混合材使用量からセメントの値を算出
	SO <sub>x</sub>	0.065	0.229	0.216	0.257	0.276	0.246	0.260	0.271	
	ばいじん	0.026	0.047	0.045	0.053	0.057	0.051	0.054	0.056	
削減 貢献	廃棄物 (活用)	229	42	40	47	51	45	48	50	

## 5 インパクト評価

### 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME3 を利用し、被害評価、統合化評価を実施した。各評価において対象とした影響領域について表 5.1-1 に示す。なお、LIME3 の評価において、社会資産の被害係数の算定に用いる割引率は 3%を用いた。

評価における廃棄物および副産物の取扱いについては、下記の通りとした。廃棄物のうち、原料の代替となるものに関しては、本来埋立て処分されることによって発生したはずの環境負荷をセメントが受け入れることによって回避したものとみなし、削減貢献として取り扱うこととした。廃棄物のうち、熱エネルギー源の代替となるものに関しては、本来セメント工場の外で焼却処分されることによって発生したはずの CO<sub>2</sub> をセメント工場で受け入れることによって回避したものとみなし、公表されている算定方法に従い<sup>4)</sup>、当該分の CO<sub>2</sub> 排出をセメント製造時の CO<sub>2</sub> 排出から差し引いた（すなわち、ネット CO<sub>2</sub> 排出原単位を用いた）。副産物に関しては、もともと廃棄されるはずのものではなく、有価の製品として市場に流通することが前提であることから、埋立回避による削減貢献は考慮しなかった。副産物に主製品の環境負荷を配分する方法に関しては、ISO14044 に定められているものの、供給元からのデータ提供が十分でないことから、ここでは副産物の環境負荷を無いものと仮定し、資源消費の低減等による環境負荷低減分のみを間接的に反映した。

表 5.1-1 評価対象とした環境影響領域と評価ステップ

	被害評価
気候変動	○
大気汚染	○
光化学オキシダント	○
水資源消費	
土地利用	
資源消費（化石燃料，鉱物資源）	○
森林資源消費	
廃棄物	○

	統合化
IF1	
IF2	○

## 5.2 インパクト評価結果

### 5.2.1 被害評価

図 5.2-1～図 5.2-4 に 4 つの保護対象に対する被害評価結果（物質別内訳）を示す。人間健康，生物多様性に関しては，全ての国で CO<sub>2</sub> 排出の影響が大きい。また，インドおよびタイでは NO<sub>x</sub> による人間健康への影響が大きい。社会資産への影響は，フィリピンおよびエジプトでは石炭が大きく，日本，アメリカ，ドイツでは廃棄物活用による削減貢献の影響が大きい。一次生産への影響は，石灰石，石炭が大きく，また，日本では廃棄物活用による削減貢献の影響が大きい。人間健康と社会資産への影響では，国ごとの差が大きく，NO<sub>x</sub>，石炭，廃棄物活用がその原因となっていた。

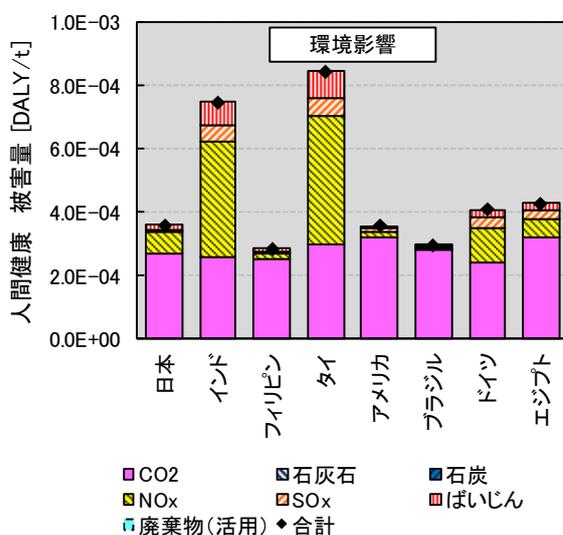


図 5.2-1 被害評価結果（人間健康）

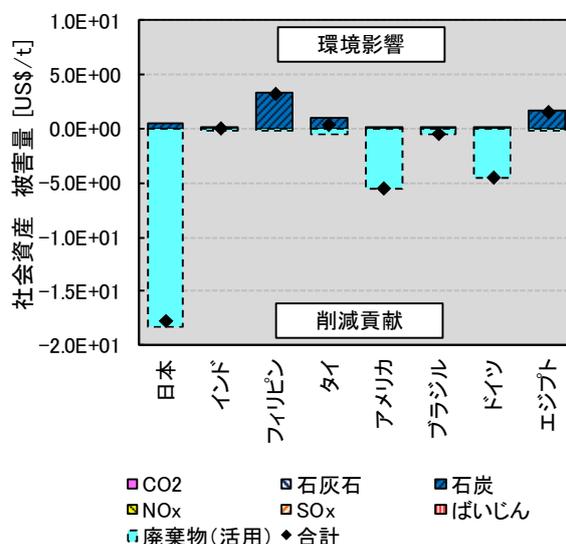


図 5.2-2 被害評価結果（社会資産）

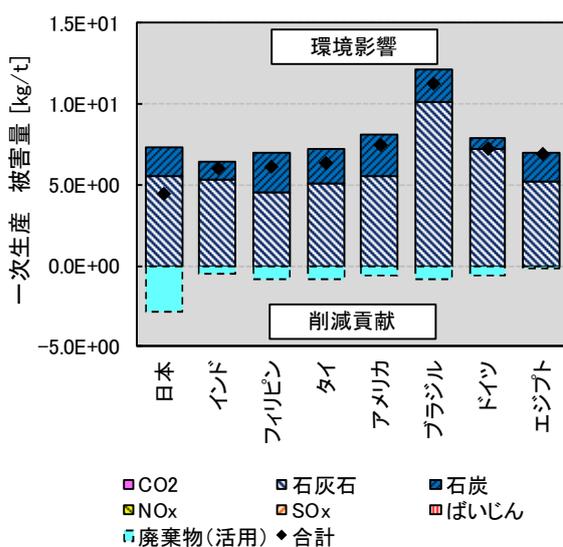


図 5.2-3 被害評価結果（一次生産）

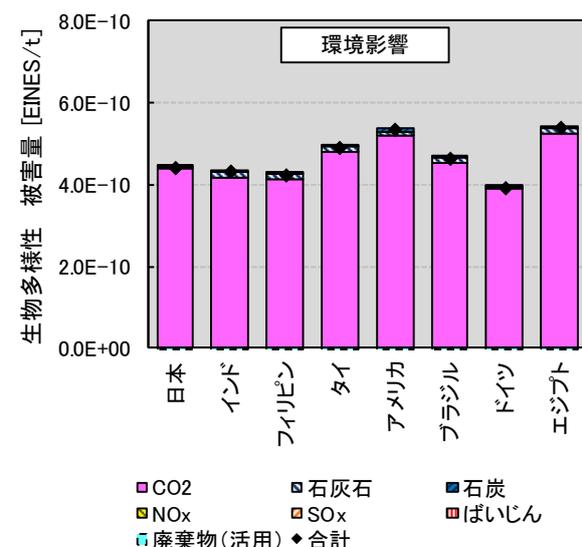


図 5.2-4 被害評価結果（生物多様性）

### 5.2.3 統合化

図 5.2-5 に各国で製造されたセメントの統合化結果（物質別）を示す。CO<sub>2</sub> 排出による環境影響（地球温暖化）は、全ての国で大きい。一方、石炭の消費による環境影響は、フィリピンで大きく評価された。これは、埋蔵量の少ない国の石炭を用いることにより、持続可能性（可採年数）が低く評価されたことが原因である。NO<sub>x</sub> による環境影響は、インドおよびタイで大きく評価された。これは、拡散範囲に居住する人口が多いため、合計の健康被害が大きいことが原因である。環境影響の合計では、インド、フィリピン、タイは他の国と比較し、非常に大きい結果が得られた。これは、上述の通り、石炭の消費もしくは NO<sub>x</sub> による環境影響が、他国と比べ、大きくなったためである。

廃棄物の埋め立て回避による削減貢献まで評価した場合、日本、アメリカ、ドイツでは、同影響が大きくなることが分かった。特に、日本では廃棄物を多量に活用してセメントクリンカが製造されていること、および廃棄物処分におけるユーザーコストが大きいことから、埋め立てを回避することによる削減貢献が大きい。なお、日本国内の結果は、LIME2 による評価と同様の傾向であった<sup>8)</sup>。アメリカおよびドイツでも廃棄物処分におけるユーザーコストが大きいことから、廃棄物活用による削減貢献が高く評価された。ただし、日本以外の国での廃棄物活用量が推定値であること、および LIME3 における海外の廃棄物に関する被害係数の推定精度が低いことから、同結果の信頼性は他の結果より低いと考えられる。

また、図 5.2-6 に影響領域別の内訳を示す。地球温暖化は全ての国で影響が顕著であった。一方、資源消費、大気汚染による影響および廃棄物活用による削減貢献の大きさは、対象国の製造方法および環境条件によって大きく変化した。

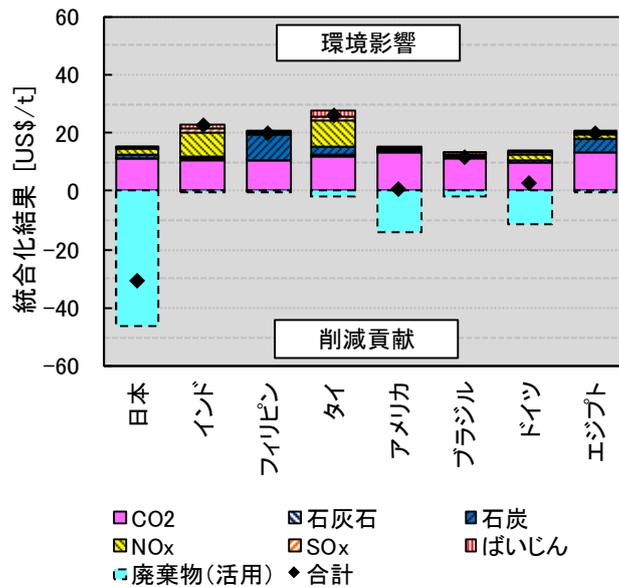


図 5.2-5 統合化結果（物質別）

2.1

世界各国で製造されるセメントの環境影響評価

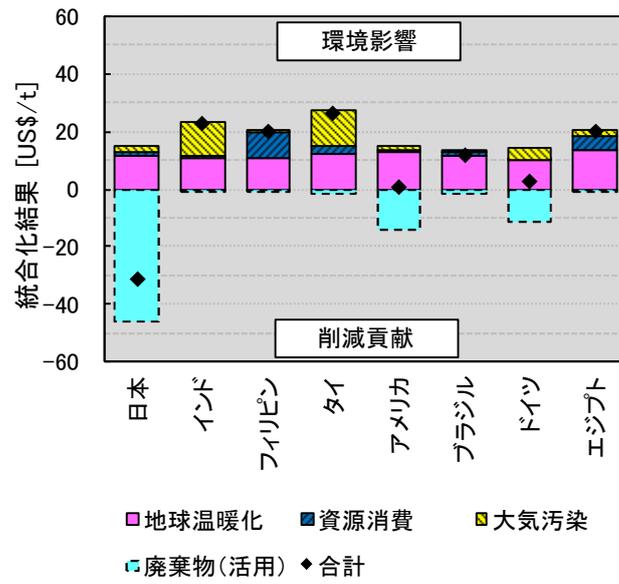


図 5.2-6 統合化結果 (影響領域別)

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

世界各国で製造されるセメントを対象として、セメント 1t あたりの原料調達から製造までのプロセスに関わる環境影響を評価した。その結果、CO<sub>2</sub>による環境影響は全ての国で大きい結果が得られた。一方、石炭の消費による環境影響はフィリピンで、NO<sub>x</sub>による環境影響はインドおよびタイで大きく評価された。環境影響の合計においても、上記の三国（フィリピン、インド、タイ）で大きい結果が得られた。廃棄物の活用による埋め立て回避の評価では、日本、アメリカ、ドイツで大きな削減貢献効果が得られることが示唆された。

### 6.2 限界と今後の課題

CO<sub>2</sub>排出に関連するデータ以外は WBCSD-CSI にて十分に公開されていないことから、推定値による評価が多くなった。主要メーカーの CSR レポート等、国別で公開されていない間接的なデータを活用したため、評価結果が大きく変わることは無いと考えられるものの、更なる検証が必要である。また、今回の影響評価結果を元に、CO<sub>2</sub>排出以外のデータ公開も重要であることを、関係者に周知していく必要がある。

セメントの製造工程のみを評価したため、ライフサイクルでの評価を実施できていない。特に、海外での構造物の解体過程（廃コンクリート）に関しては、影響が大きい可能性が考えられる。

WBCSD-CSI<sup>4)</sup>に十分なデータがなかったため、中国の評価を実施しなかった。中国は世界最大のセメント生産国であるため、他のデータベース等を活用し、今後評価を行っていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 坂井・大門編 (2009) : 社会環境マテリアル, 技術書院
- 2) 伊坪ほか : 製品ライフサイクルに立脚した環境影響評価基盤の構築と社会実装によるグリーン購入の推進,  
<http://www.comm.tcu.ac.jp/itsubo-lab/lcaproject/products/about/index.html>
- 3) 国土交通省 (2012) : 建設副産物実態調査結果
- 4) WBCSD-CSI : GNR, <https://www.wbcscement.org/GNR-2016/>
- 5) セメント協会 : セメントの LCI データの概要,  
[http://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jgli\\_01.pdf](http://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jgli_01.pdf)
- 6) Gartner and Hirao (2015) : Cement and Concrete Research, No. 78, pp.126-142
- 7) IPCC (2006) : Guidelines for national greenhouse gas inventories
- 8) 星野ほか (2015) : セメント・コンクリート論文集, No. 69, pp.676-689



「積水化学グループの ESG 経営に  
おける LIME3 活用方法の検討  
ープラスチック成型加工品の  
評価を事例としてー」報告書

2019 年 6 月

積水化学工業株式会社



## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関：積水化学工業株式会社 ESG 経営推進部

名 前：三浦 仁美

連絡先：miura015@sekisui.com

### 1.2 報告書作成日

2019/05/31

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

積水化学ではこれまで LIME2 を活用して 2 つの取組みを推進してきた。ひとつは製品毎の LCA 評価を製品の企画開発段階でテーマごとに実施することであり、製品企画・開発のデザインレビュー会議において環境影響評価を行うツールとして活用を推奨してきた。もうひとつは、企業活動の自然環境や社会環境への影響を示すことのできる統合指標として”自然資本へのリターン率“を計算し会社の KPI として利用することであり、2014 年に指標としての算出結果を公開した。2017 年には KPI 化し、2017 年より始動している中期計画の進捗をモニタし、取り組みの優先順位策定や施策展開など方向性を定めるのに活用している。

一方で LIME2 では、「水資源消費」の環境影響が出来ないこと、および事業をグローバル展開する中で評価が国内に閉じていることに課題を感じていた。特に当社はインフラ材料をはじめとし、水処理プラント設備の提供など「水」に関しては製品を通じて高い貢献が考えられる分野でもある。そこで、LIME3 を活用することで、「水」の価値・リスク評価、「海外」まで含めた各国の事情・エリアに応じた評価を実施し、2020 年からの新中期計画において方向性を見出すツールや指標として、あるいは製品のプロモーションに活用が可能かどうかを見極めること目的として検討に取り組んだ。

### 2.2 調査結果の用途

次の 2 つを主な用途として調査結果を活用して行きたい。

- ・製品毎の活用におけるメリットの見極め

今回検討では特に各国での事業展開に応じた環境影響を把握し、エリア毎の施策展開の方向性を見出すことに主眼をおいた。

- ・積水化学グループにおける ESG 経営の進捗や効果を測るツールとしての活用可能性の見極め

(従来使用してきた LIME2 との評価結果の違いも明確にし、従来の開示情報との差異

## 2.2

積水化学グループの ESG 経営における LIME3 活用方法の検討  
ープラスチック成型加工品の評価を事例としてー

をステークホルダーに示すことも念等において検討を進めた。)

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

積水化学で製造する中間素材としてのプラスチック成型加工品 1kg。

### 3.2 機能および機能単位

プラスチック成型加工品 1kg の供給。

### 3.3 システム境界

資源採掘からプラスチック成型加工品 1kg の生産 (Cradle to Gate)、および廃棄・リサイクル段階とする。(図 3.3-1)。なお、LIME3 の活用可能性の幅を占うため、調達国や製造工場所在地など、企業として戦略立案が可能な複数シナリオを検討した。具体的には、原材料調達からプラスチック成型加工品製造までのプロセスについては、アメリカ、日本、オランダ、中国、タイ、メキシコ、ナイジェリア、UAE、オーストラリアの 9 カ国で製造した場合のシナリオを評価し、廃棄・リサイクルについてはアメリカ、日本、中国の 3 カ国で行った場合のシナリオを評価した。

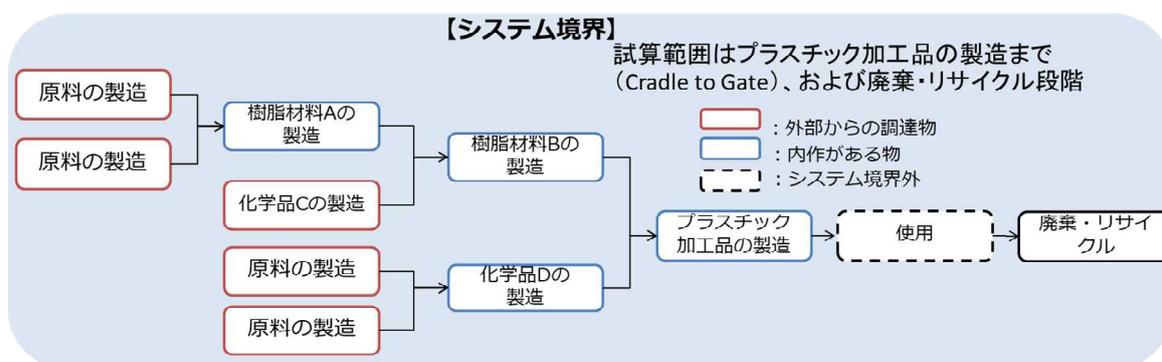


図 3.3-1 システム境界イメージ

### 3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

なお、使用段階は中間素材としての展開となるため、ユーザー企業での使用、最終製品としての使用のいずれに関しても実際の状況を把握することが困難であることから検討対象外とした。また、原料製造や組立、燃料製造に関わる工場・機械の建設・維持・廃棄や、メンテナンスに必要な工具や部品も評価に含めていない。その他、サプライチェーンの要所は押さえた上で簡略化したプロセスフローで評価を実施した。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

フォアグラウンドデータの収集条件は表 4.1-1 の通り。

表 4.1-1 フォアグラウンドデータの収集条件

時間的有効範囲	2015 年度
地理的有効範囲	日本。ただし、検討各国での事業展開シナリオも検討するため、同じプロセスに関する入出力は日本と同じであると仮定して分析。
技術的有効範囲	プラスチック成形加工品の製造に関するデータは自社操業実績ベース
その他のデータ収集条件	入力フロー 主要原材料 主要エネルギー（電力、化石燃料、蒸気） 用水（上水、工業用水、地下水） 出力フロー 製品生産量 廃棄物（埋立、焼却、再資源化） 排水（河川、下水道、その他） 土地利用、森林資源データは収集せず （影響は軽微と推測）

廃棄・リサイクルのシナリオについては次の 3 シナリオで評価した（表 4.1-2）。

表 4.1-2 廃棄・リサイクルのシナリオ

シナリオ	条件
埋立シナリオ	解体・破砕・選別後、100%埋立として評価する。
サーマルリサイクルシナリオ	解体・破砕・選別後、セメント産業における焼却後熱回収し、化石資源の消費削減に貢献しているとする。
マテリアルリサイクルシナリオ	マテリアル（カスケード）リサイクル 100%と考え、解体・破砕・選別した後の環境負荷は算定しない（カットオフ扱い）とする。リサイクル材によるバージン材の代替効果は算定していない。

## 4.2 バックグラウンドデータ

バックグラウンドデータベースとして IDEAv2.2<sup>3</sup>を使用した。なお、IDEAv2.2 は日本の生産技術がベースのため、海外評価の際、特に途上国評価にて環境影響が過小評価になっていることについて、結果の解釈時に留意した。電力データについては日本の生産プロセスを前提とするため、日本の系統電力データを使用した。これにより、バックグラウンドデータにおける国別の影響を排除し、国別の LIME3 係数による結果の相違を明らかにすることが出来ると考えた。

基本フローについては、MiLCA v2<sup>ii</sup>を使って LIME2 の統合化結果を算出し、寄与度の高い上位 20 項目と水資源消費に関わる基本フローを採用した。LIME2 の統合化結果全体に対する上位 20 項目の合計値の比率は 99.7%であり、今回の検討目的に対して妥当な範囲だと考えた。

### 4.3 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

表 4.3-1 にインベントリ分析の対象とした項目と分析結果の一覧を示す。

表 4.3-1 プラスチック成形加工品の LCI 分析結果

資源/排出	採取 / 排出先	分類	基本フロー名	単位	製造	破砕	熱回収	埋立
資源	陸域	非再生可能エネルギー	一般炭, 25.7MJ/kg	kg	3.59E-01	7.08E-03	-1.28E+00	0
資源	陸域	非再生可能エネルギー	原油, 44.7MJ/kg	kg	2.11E+00	5.53E-03	-3.42E-02	0
資源	水圏	再生可能材料	地下水, 消費	m <sup>3</sup>	2.01E-03	1.44E-06	-1.40E-07	0
資源	水圏	再生可能材料	地下水, 蒸散, 消費	m <sup>3</sup>	4.80E-06	2.67E-07	-2.08E-13	0
資源	陸域	非再生可能エネルギー	天然ガス, 54.6MJ/kg	kg	1.89E+00	9.04E-03	-1.50E-03	0
資源	水圏	再生可能材料	表層水, 消費	m <sup>3</sup>	3.64E-02	1.47E-05	-3.60E-05	0
資源	水圏	再生可能材料	表層水, 蒸散, 消費	m <sup>3</sup>	8.63E-05	4.78E-06	-3.75E-12	0
排出物	大気	不特定	CH <sub>4</sub> (化石資源由来)	kg	9.67E-03	2.75E-05	-1.19E-03	0
排出物	大気	不特定	CO <sub>2</sub> (化石資源由来)	kg	9.14E+00	5.70E-02	-6.30E-01	0
排出物	大気	不特定	HCFC-22	kg	4.39E-04	8.59E-09	-2.11E-11	0
排出物	大気	不特定	N <sub>2</sub> O	kg	4.37E-04	3.28E-07	-2.19E-05	0
排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	NO <sub>x</sub> , 都市域(煙突)	kg	7.32E-03	2.04E-05	-2.47E-03	0
排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	PM <sub>2.5</sub> , 都市域(煙突)	kg	4.50E-04	6.16E-07	-2.13E-04	0
排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	PM <sub>2.5</sub> , 非都市域	kg	4.51E-03	3.45E-07	-3.61E-05	0
排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	SO <sub>2</sub> , 都市域(煙突)	kg	2.63E-04	2.47E-06	-2.30E-03	0
排出物	陸域	管理域内	産業廃棄物 (埋立)	kg	1.93E-03		-8.63E-11	1.00E+00
排出物	大気	不特定	炭化水素	kg	1.10E-04	5.08E-07	-4.96E-06	0
排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	硫黄酸化物(SO <sub>x</sub> ), 都市域(煙突)	kg	4.70E-04	5.14E-06	-6.75E-06	0

## 5 インパクト評価

### 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME2 および LIME3 を利用し統合化に

## 2.2

### 積水化学グループの ESG 経営における LIME3 活用方法の検討

—プラスチック成型加工品の評価を事例として—

ついて評価を実施した。なお、LIME3 では複数の係数リストが提示されておりユーザーが目的に応じて選択出来るようになっているため、今回採用したオプションを表 5.1-1 に示す。ただし、原油・天然ガスに関しては、世界平均値を適用した。その理由は2つある。ひとつは「原油・天然ガスの調達国の選択は、企業戦略として寄与できない事項と判断」したためであり、もうひとつは「原油や天然ガスの資源枯渇の問題は地域性を考慮せず、グローバルで捉えるべき問題と判断」したためである。

表 5.1-1 採用した LIME3 のオプション

	採用したオプション
DF or IF1 or IF2	IF2（経済価値評価）のみ
資源消費	消費国ベース。 原油・天然ガスの統合化係数は世界平均値（ただし、LIME2 と LIME3 の比較時には日本の統合化係数を採用）
ユーザーコストの割引率	3%（ただし感度分析として 7%）
重み付け係数	G20 (population-weighted)

## 5.2 インパクト評価結果

### 5.2.1 LIME2 vs LIME3 統合化結果比較

図 5.2-1 に工場立地を日本とした場合の LIME2 と LIME3 の統合化結果の比較を示す。先述のように、LIME2 での検討結果に関しては、2017 年より統合化した指数として監査機関の監査を受けた上で、会社として計算を行い情報開示を行っている。今回のケースでは、LIME2 と LIME3 の統合化結果の合計値はほぼ同程度となった。ただし、その内訳を見るとインパクトを与えている側面に大きな差が確認できた。なお、LIME2 と LIME3 の統合化結果は単位が異なるため、LIME2 の統合化結果：100 円=LIME3 の統合化結果：1US\$ としてレート換算をしている。

たとえば、影響領域別の結果を見ると、都市域大気汚染への影響は数分の一となっている。これは、SOx の LIME3 統合化係数が小さくなったことが主要因である。大気汚染の統合化係数は LIME2 と LIME3 で別も評価モデルが用いられているが、LIME3 では PM2.5 の広域拡散の影響をより適切に評価できるモデルが採用されており、LIME2 と比べて相対的に日本で排出される都市域大気汚染物質の影響が小さくなっていることによる。一方で化石資源枯渇はおよそ倍となった。原油と天然ガスの LIME3 統合化係数は LIME2 の場合に比べて大きいことが主要因である。原油や天然ガスの統合化係数においては LIME2 開発時と LIME3 開発時で調査時期が異なり、LIME3 では最新のユーザーコストが反映されたことが原

因となっている。また、数%といった小さい比率であるが、LIME3 からの新たな評価項目となった水資源消費の影響が顕在化した。

さらには、保護対象別の結果を見ると、LIME3 では社会資産及び生物多様性の寄与度が増加し、人間健康の寄与度が減少した。一次生産の寄与度についてはほぼゼロとなったが、この理由は廃棄物処理の影響として社会資産のみが LIME3 で（試験的に）対象となっていることと、土地利用・森林資源データは今回のデータには含めていないことによると推察される。

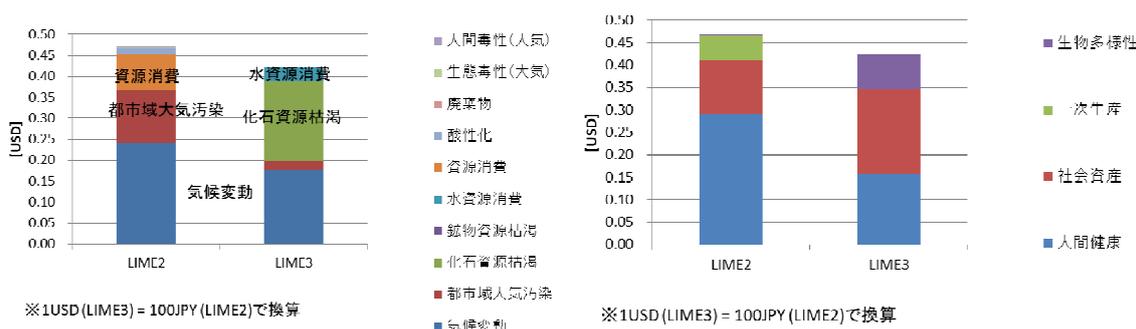


図 5.2-1 LIME2 vs LIME3 統合化結果比較  
影響領域別 (左)、 保護対象別 (右)

### 5.2.2 各国での事業展開（生産活動）に応じた評価結果

2.2 節で述べた通り、本検討では製品毎の活用におけるメリットの見極め、特に各国での事業展開に応じた環境影響を把握し、エリア毎の施策展開の方向性を見出すことに主眼をおいている。そのため、図 5.2-2 に工場立地を国別とした場合の LIME3 の統合化結果の比較を示す。

影響領域別にみると、化石資源枯渇の寄与が支配的であり重要性の高い課題と認識した。各国でグローバルな課題としては化石資源枯渇と気候変動があると認識し、ローカルな課題としては東アジア、東南アジアでの都市域大気汚染、日本、欧州での水資源消費があると認識した。

東アジア、東南アジアでの都市域大気汚染の影響が大きいのは、人口密度が比較的高く、汚染地域と人が近接しているためと解釈される。日本における水消費あたりの食糧生産効率が大きく、水不足による食糧生産の低下が起こると食糧貿易を通じて経済的に脆弱な国において栄養失調等の被害が誘発されるという前提に基づいたモデルとなっているためであると解釈される。

2.2

積水化学グループの ESG 経営における LIME3 活用方法の検討  
 プラスチック成型加工品の評価を事例として

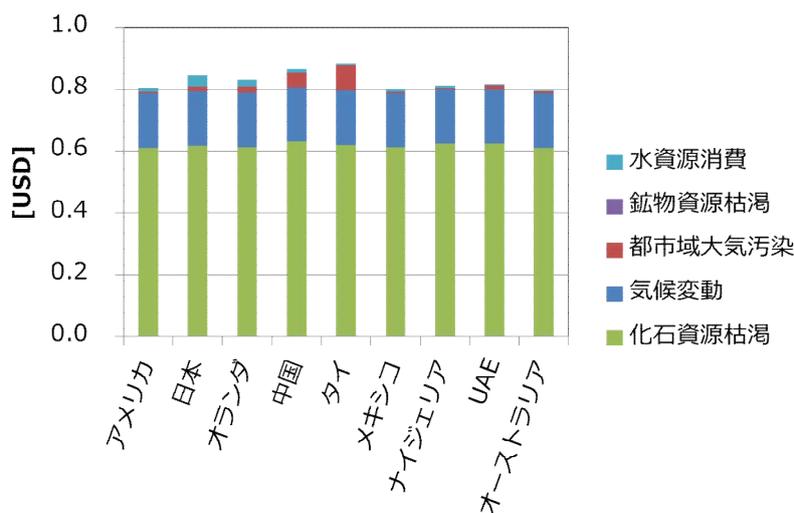
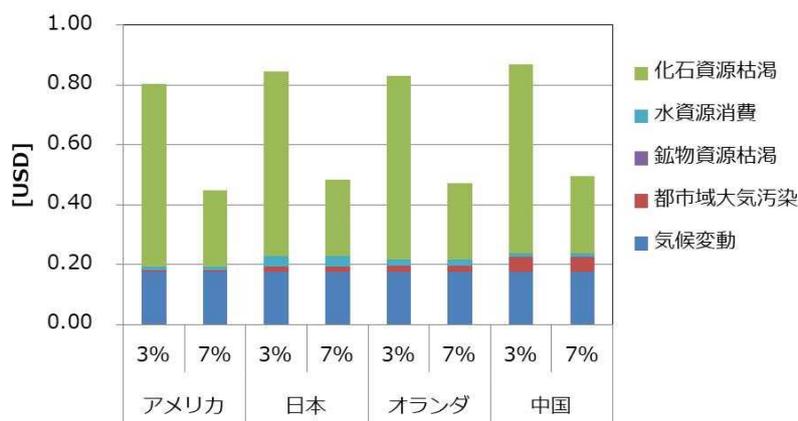


図 5.2-2 工場立地国別の LIME3 統合化結果

図 5.2-2 において化石資源枯渇の寄与が支配的であることがわかった。前述のように LIME2 から大きな差異が生じている項目に関しては、不確実性を加味して更新、設定された係数の影響が大きい。そのため、不確実性の及ぼす範囲を確認する意味で感度分析を行った。LIME3 では資源の割引率（将来の不確実性を加味し現在価値に対する将来価値をどの程度割り引くか）について、3%、5%、7%が選択可能である。今回のケースでは感度分析として化石資源の寄与に関する将来予測の影響を確認するため、割引率 7%の統合化係数で結果比較を行った（図 5.2-3）。将来の不確実性を加味しても化石資源枯渇の寄与の重要度は大であること、並びに気候変動の重要度も変わりなかった。このことから、状況変化があったとしてもこの検討の製品において最重要課題は化石資源枯渇であることが再確認できた。

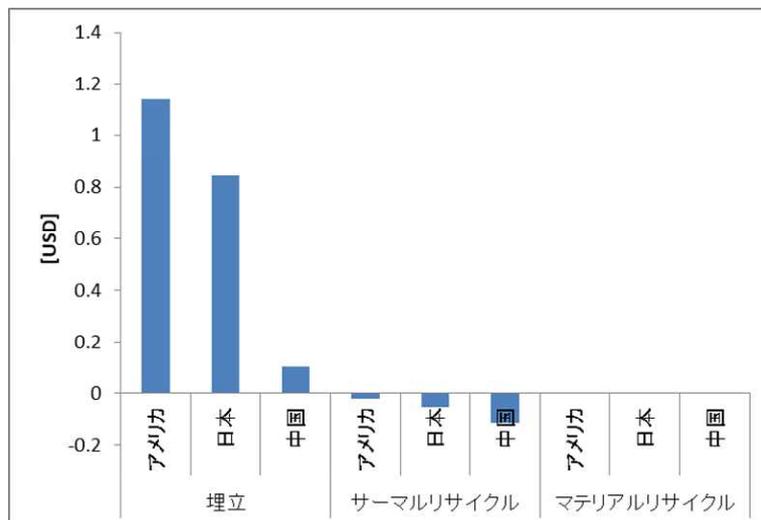


※紙幅の都合でタイ、メキシコ、ナイジェリア、UAE、オーストラリアについては割愛

図 5.2-3 工場立地国別の LIME3 統合化結果の感度分析

### 5.2.3 廃棄・リサイクルの評価結果

図 5.2-4 に埋立、サーマルリサイクル、マテリアルリサイクルの各廃棄・リサイクルシナリオに基づいた評価結果を示す。埋立シナリオについては、中国では統合化結果が小さく、日本・アメリカでは大きかった。埋め立てシナリオでは、廃棄処分費用の大きさと残余年数がユーザーコストに効いており、中国の統合化係数が小さくなっているものと解釈される。サーマルリサイクルシナリオについては、中国では負の統合化結果が大きく、日本・アメリカでは小さかった。すなわち、サーマルリサイクルによる系統電力代替による環境負荷の減算効果が中国では大きかったことを示す。マテリアルリサイクルについては、表 4.1-2 で記した通り、マテリアル（カスケード）リサイクル 100%と見え、解体・破碎・選別した後の環境負荷は算定しない（カットオフ扱い）としていることもあり、いずれの国でも統合化結果ほぼゼロとなった。



※紙幅の都合でアメリカ、日本、中国に限定して評価した。

図 5.2-4 廃棄・リサイクル段階の LIME3 統合化結果

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

プラスチック成型加工品の「原材料調達から生産まで」および「廃棄・リサイクル」について、統合化評価を実施した。その結果、得られた示唆について述べる。

重要と思われる保護対象は、社会資産：原油と天然ガスの化石資源消費、並びに人間健康：気候変動と大気汚染・水資源消費であった。このことから、グローバル評価、新規評価項目によって課題の大小を再認識した。

重要と思われる環境対策は、原材料の調達（循環利用の最大化、バイオ由来原料への転換）、並びに自社工場に限らず省エネ促進、再エネ導入が環境負荷の削減ポテンシャルを有

することが示唆された。

自社工場立地に応じたローカルな問題を考慮することが大切であり、特に東南アジアでは大気汚染問題、日本や欧州では水の問題が重要であると示唆された。東アジア、東南アジア等で生産を行う場合には、日本以上に大気汚染への配慮をする必要がある。樹脂生産には反応工程では、水が不可欠であり、成型加工時には冷却に水が必要である。現段階では、水リスクとしてその地域の取水源のポテンシャルや排出先への負荷等、直接的なリスクに重きをおいて水消費を検討することが肝要である。

使用済み品の廃棄・リサイクルについて、現段階での LIME3 での廃棄物の係数（社会資産）は試算的な位置づけであることに留意が必要であるが、現在の各国における廃棄システムの状況が継続する限り、日本・アメリカでは埋立処理とならないようにすることを意識したい。

以上より、各々のプロセスにおいて各国の環境負荷を軽減するよう各々の環境側面、インパクト領域に応じて経済状態も鑑みたさらなる施策の検討が必要だとの考察が得られた。

現在、すでに日本におけるローカルな水の問題に関しては、2018 年度から、量、質ともに改善施策を実施予定であり、今回の検討の結果はこの施策推進の後押しとなるものであった。

また LIME2 と LIME3 の統合化結果の差は、統合化係数に対する考え方、処し方の差によるものが大きいことも認識できた。統合化係数には不確実性があるため、統合化結果の活用は、係数の不確実性の及ぼす影響を加味しその範囲を認識した上で実施する必要があることも今回の検討から認識したことのひとつである。

## 6.2 限界と今後の課題

今回の評価では評価対象としたプロセス（樹脂材料製造、樹脂製造、廃棄・リサイクル）の網羅性については重要なプロセスをカバーしており、結果の妥当性は担保できていると考えられる。一方、バックグラウンドデータベースとして利用した IDEA v2 は日本の生産プロセスをモデル化していることに起因する限界がある。すなわち日本の生産プロセスでは大気・水質汚染防止のための環境設備が整っているため、それを海外（特に発展途上国）に適用すると環境影響の過小評価になる可能性があるため、海外（特に発展途上国）で環境影響が過小評価になっている可能性に留意しつつ今回のまとめを行った。

また、今回取り上げた検討対象は当社のプラスチック成型加工品のひとつであるが、他の用途で使用される製品においても同様の傾向が得られることと推察される。ただし、水平リサイクルでの評価は行っていないのでこれを除く。今後は、使用段階の想定検討なども考慮に入れて、LIME3 の活用を考えていく。

現段階では LIME3 の活用として製品のライフサイクルにおける環境へのインパクトを削減するのに地域別配慮ができるため、さらに細かな示唆が得られることが分かった。

このことは、施策展開においても市場展開においても有効に活用できることを示してい

ると判断している。

一方で、これらの解釈は LIME3 の手法開発者の先生方に LIME3 の係数特性を確認して得たものである。統合化結果からこれらの解釈を類推するのは困難であり、ステークホルダーに対して事象を説明するためには一定の配慮が必要であると考えている。言い換えれば、ステークホルダーに対して従来方法との統合結果の差異を説明し、各国別における差を説明するためには、若干の専門性と理解力を要するため、解釈にどのようなストーリーをもたせると理解しやすいかといったことも配慮しながら活用を検討していきたいと考えている。

---

## 参考文献

<sup>i</sup> LCI データベース IDEA version 2.1, 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 社会と LCA 研究グループ, 一般社団法人 産業環境管理協会

<sup>ii</sup> LCA システム MiLCAver. 2, 産業環境管理協会



「ハンドソープの環境影響と  
ポジティブ効果の比較評価」  
報告書

2019年6月  
株式会社資生堂



## 1 一般的事項

### 1.1 実施評価者

所属機関：株式会社資生堂

氏名：大橋 憲司

連絡先：kenji.ohashi@shiseido.com

### 1.2 報告書作成日

2019/05/09

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

途上国においてハンドソープによる手洗い習慣化を実施した場合の環境影響と、手洗いに伴う下痢の予防効果による環境影響面でのベネフィットを定量的に評価し比較する。

### 2.2 調査結果の用途

化粧品全般のポジティブ効果を評価する手法開発のためのモデルケースとするとともに、販売国別の環境影響の多寡についてシナリオ分析を行うことで、今後のライフサイクル評価を改善するための情報提供を行う。

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

日本国内で製造される液体タイプのハンドソープ（内容量 250mL）

### 3.2 機能及び機能単位

泡立て洗浄・すすぎにより手についた汚れを洗い落とすハンドソープ 1 品による手洗い 500 回（1 回使用量 0.5mL）とする。

### 3.3 シナリオ

ハンドソープを構成する原材料のうち、脂肪酸については素材の生産国であるマレーシアで、その他については日本で製造されているものと仮定した。製造は日本の工場で行い、日本で製品を使用・廃棄が行われた場合をシナリオ 1、途上国（インドネシア）に出荷され使用・廃棄が行われた場合をシナリオ 2 として、両シナリオにおける環境影響とポジティブ効果（手洗いによる下痢の予防効果）との比較を行った。

### 3.4 システム境界

原材料調達、製造、流通、使用（手洗い）、廃棄段階までを算定の対象とする。ただし、途上国での販売、使用、廃棄を前提とするシナリオ2では、製品使用時に手をすすいだ水の下水処理は行われず河川に直放され、製品使用後の廃棄処理では全量が焼却後埋め立て処理されリサイクルは行われないものとした。

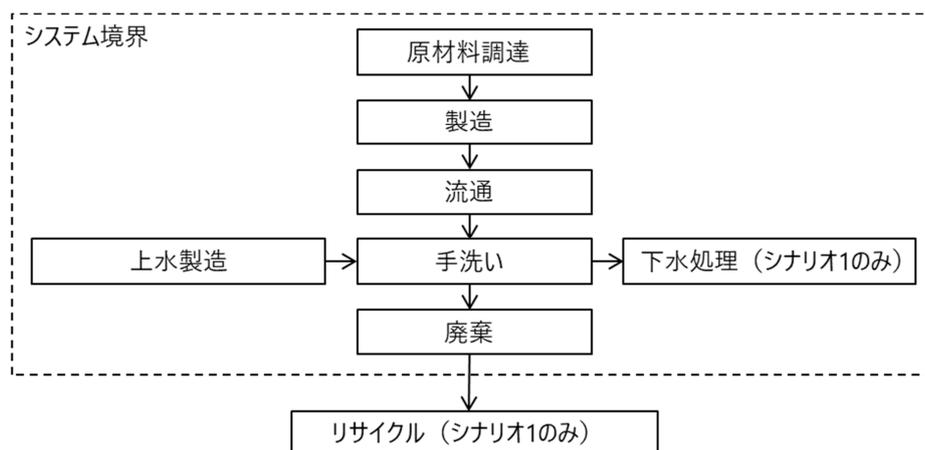


図 3.4-1 ハンドソープの製品システム及びシステム境界

### 3.5 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

日本国内で販売され、使用された商品の廃棄物（容器）については回収され、一部がリサイクルされているが、リサイクルプロセスについては調査対象から除外した。また、手洗いに必要となる水道設備については評価に含めていない。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 プライマリデータ

ハンドソープの内容物および容器の構成、およびエネルギー使用量など製造段階でのプロセスに関わるデータについては自社データを用いた。

### 4.2 セカンダリデータ

（一社）産業技術総合研究所により開発された IDEA ver. 2<sup>1)</sup>を採用した。日本で販売した場合の廃棄段階については、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のプラスチック製容器包装 PCR (PA-BC-02) <sup>2)</sup>に記載のシナリオを採用した。

### 4.3 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

シナリオ 1、2 のインベントリ分析の結果をサポートインフォメーションとし

て別添付資料に示す。

## 5 インパクト評価

### 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME 3 を利用し、被害評価、統合化を行った。各ステップで評価対象とした影響領域を表 5.1-1 に示す。

表 5.3-1 評価対象とした環境影響領域

影響領域	被害評価
気候変動	○
大気汚染	○
光化学オキシダント	○
水資源消費	○
土地利用	○
資源消費（化石資源、鉱物資源）	○
森林資源消費	○
廃棄物	○

### 5.2 インパクト評価結果

シナリオ 1、2 における、それぞれの保護対象に対する被害評価結果を示す。図 5.2-1～4 では、それぞれの保護対象ごと、シナリオごとに、影響の大きかった 5 項目について詳細を記している。シナリオ 1 と 2 の差が最も大きかったのは人間健康への影響で、およそ 9 倍もの開きがある。シナリオ 1 の人間健康影響が大きくなったのは、手洗い時の水消費に対する被害評価係数の大きさが国別で大きく異なることによるものである。

2.3

ハンドソープの環境影響とポジティブ効果の比較評価

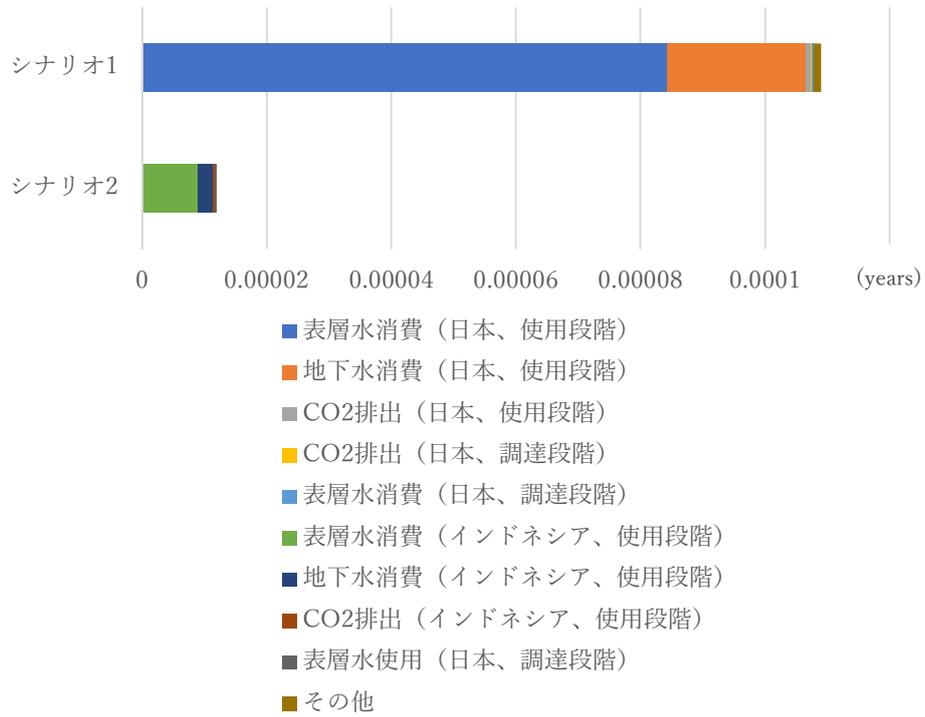


図 5.2-1 人間健康への影響

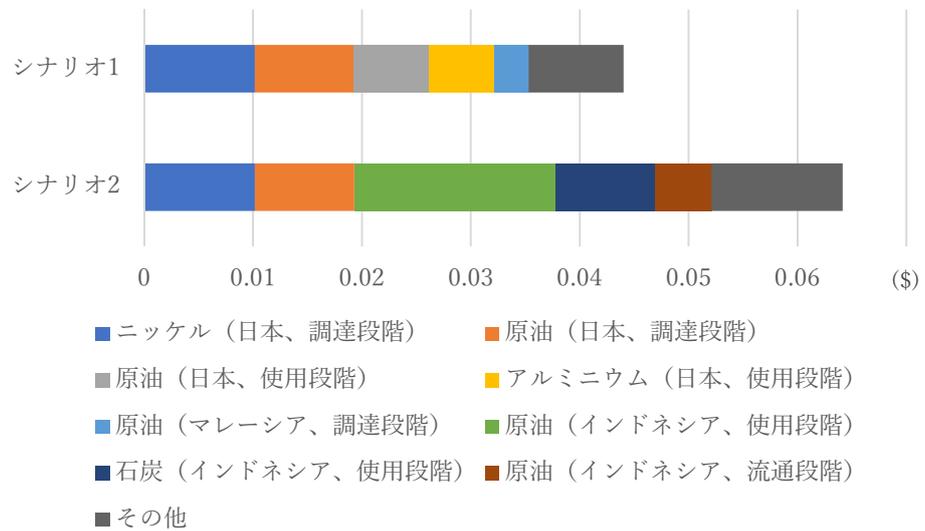


図 5.2-2 社会資産への影響

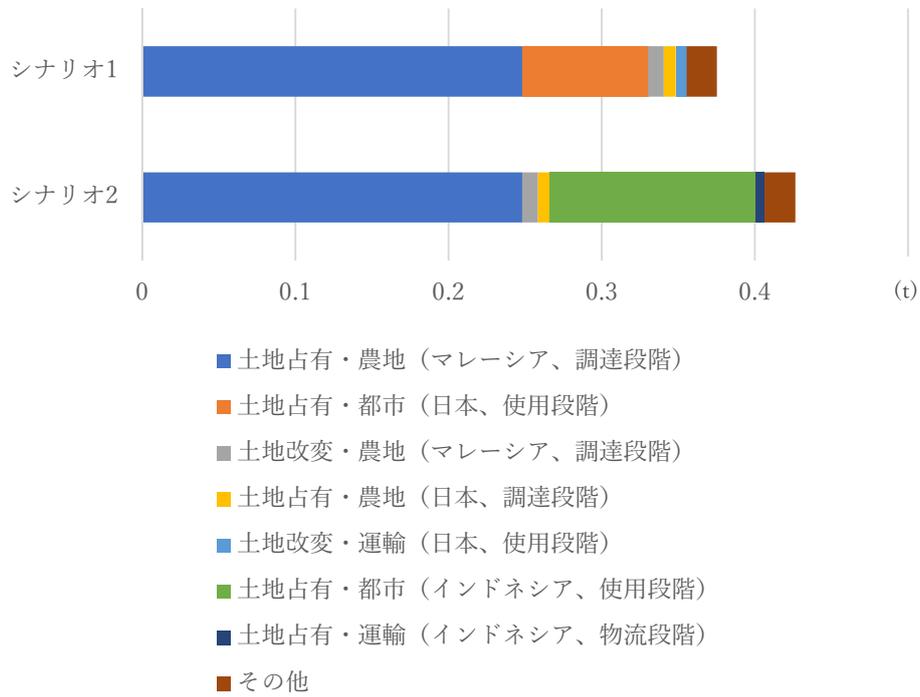


図 5.2-3 一次生産への影響

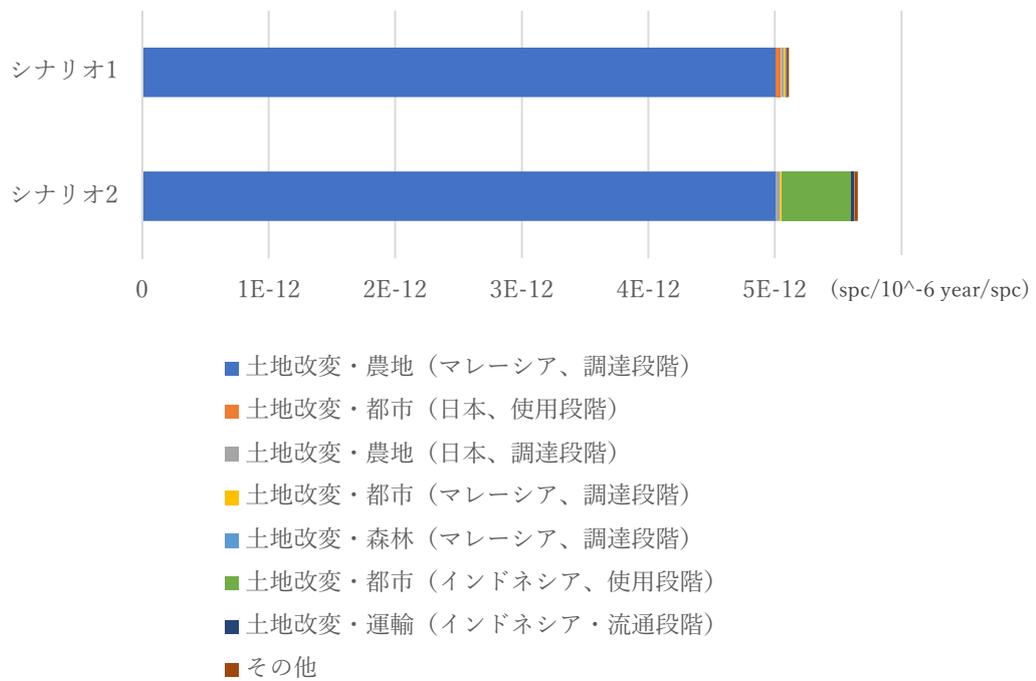


図 5.2-4 生物多様性への影響

### 5.2.1 統合化結果

G20 の人口荷重平均による経済価値指標による保護対象別、ライフサイクル段階別、国別の統合化結果を図 5.2.5-1~3 に示す。統合化結果では、日本での使用を想定したシナリオ 1 の値が大きくなる結果となった。これは、使用段階におけるすすぎのための水道水（表層水および地下水）の利用によるものである。

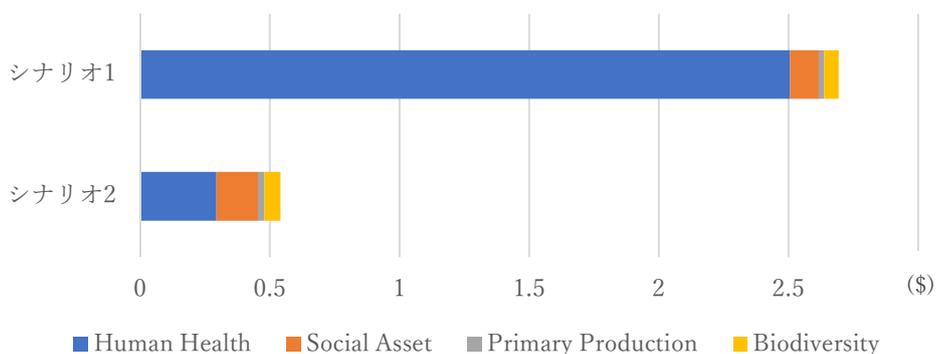


図 5.2.5-1 保護対象別の統合化結果

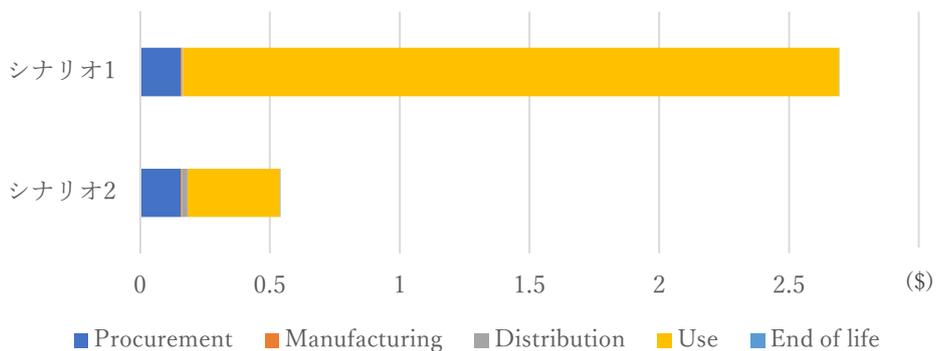


図 5.2.5-2 ライフサイクル段階別の統合化結果

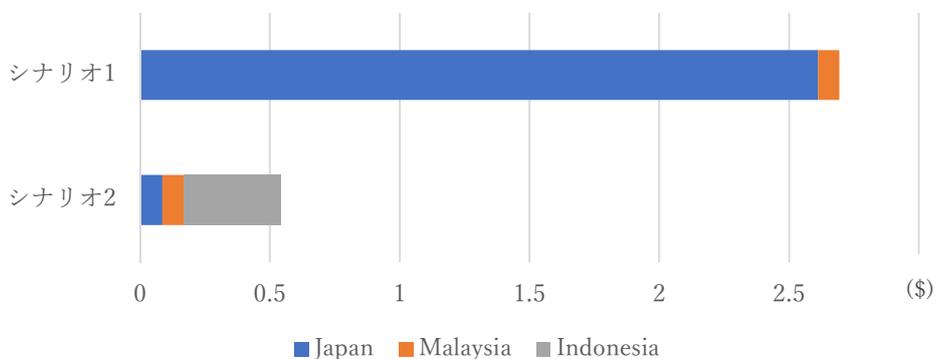


図 5.2.5-3 国別の統合化結果

## 6 ポジティブインパクト評価

### 6.1 評価方法

WHO は、食事前の手洗いの習慣化によって途上国中低所得層の下痢は約 1/3 程度予防できると報告<sup>3)</sup>している。そこで、ハンドソープを途上国で使用するシナリオ 2 において、下痢により損失される DALY を 33%低減できると設定した。一方、日本での使用を想定したシナリオ 1 ではすでに衛生的な生活環境が整備されていることを加味し、途上国中低所得層の 1/10 の効果と設定した。下痢に伴って損失される DALY は、WHO の報告書<sup>4)</sup>に記載の値を用いた。同報告書には日本のデータが収載されていなかったため、衛生環境がほぼ同程度と推測される欧州高所得者の DALY を日本シナリオに適用した。1 日の手洗い回数を 5 回、ハンドソープの 1 回使用量を 0.5 mL と設定し、1 製品の使用日数 (=100 日) 分の DALY 低減効果を製品当たりのポジティブ効果として算定した。

### 6.2 評価結果

日本での製品使用によるポジティブ効果としては、1.50E-06 年の DALY の抑止効果、インドネシアでは 1.10E-03 年という結果となった (表 6.2-1)。この差は、日常の衛生環境が先進国では整えられており、また手洗いもすでに習慣化しているため、下痢に伴って損失される DALY のベースラインが極めて低いことが大きな原因と考えられる。

表 6.2-1 下痢による損失余命と製品による抑制効果

項目	地域	効果
下痢による 損失余命	世界平均	9.97E-03 year/year/person
	東南アジア (中低所得者)	1.20E-02 year/year/person
	先進国 (欧州高所得者)	1.64E-04 year/year/person
手洗いによる 発症抑制	世界平均	3.32E-03 year/year/person
	東南アジア (中低所得者)	4.01E-03 year/year/person
	先進国 (欧州高所得者)	5.46E-06 year/year/person
製品あたりの効果	世界平均	9.10E-04 year/product
	東南アジア (中低所得者)	1.10E-03 year/product
	先進国 (欧州高所得者)	1.50E-06 year/product

### 6.3 環境影響とポジティブ効果との比較

LIME 3 で得られたハンドソープの環境影響の統合化結果と、5.2 で求めた手洗い習慣化による DALY の伸長効果との比較結果を図 6.3-1 に示す。インドネシアなどの手洗い習慣が十分に普及していない発展途上国においては、大きな改善効果が認められ、製品ライフサイクルを通じた環境影響を大きく上回る効果を、ハンドソープは潜在的に有していることが示唆された。

一方で、すでに十分な衛生環境の整っている先進国においてはハンドソープによる追加的な改善効果よりも環境負荷の方が大きくなることが示された。これは、WHO の健康被害の推定が現状の発症率などから推定されており、もし現状の対策（手洗い）をとっていなかった場合に起こる健康被害については評価できていないことから、先進国における現状の評価のベースラインにはハンドソープを使用している割合が途上国に比べて高く、それにより回避されている健康被害が見えていないことが要因として考えられる。

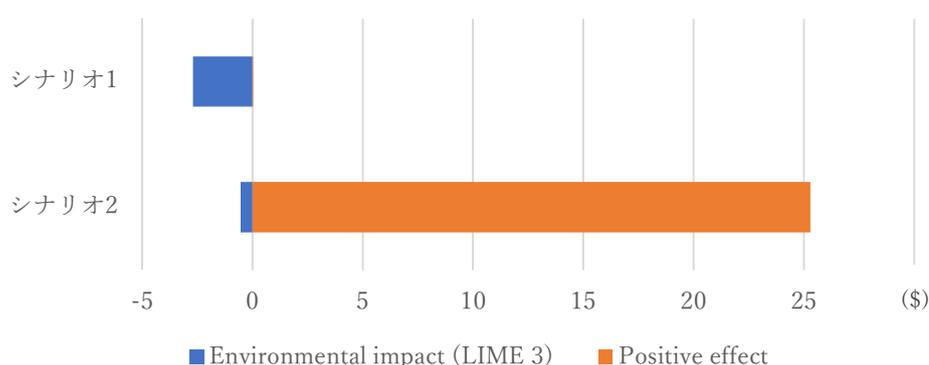


図 6.3-1 環境影響とポジティブ効果との比較

## 7 結論

LIME 3 による分析によって、同一製品であっても、原料調達、製造、流通、使用、廃棄の各ライフサイクル段階のプロセスが実行される国や地域の違いによって、環境影響に差異が生じることが明らかとなった。日本（先進国）における使用を想定したシナリオ1では、手洗いの水利用による影響の大きさが他の要因に比べて著しく大きく、途上国での使用を想定したシナリオ2と比較して、統合化結果が4倍以上大きくなる結果となった。先進国における水利用の影響の大きさの妥当性については、今後、評価事例報告が十分に出そろった段階で、それらの結果を参考として再検討される余地があると思料する。

ポジティブ効果との比較の結果、途上国におけるハンドソープによる手洗いの習慣化は環境負荷を大幅に上回る効果があることが示唆された。人間健康、社会資産、一次生産、生物多様性など、様々な環境影響を金額化して単一指標化できる点が LIME の優れた点であるが、ハンドソープのように人間健康や QOL の改善が見込まれる製品では、LIME の手法を援用することで製品のポジティブな側面についても評価を行うことが可能となる。環境へのネガティブな影響にとどまることなく、製品の持つ環境や社会に対する好影響を科学や社会科学の知見に基づいて同一軸で比較することは、経済活動における意思決定に新たな判断材料を提供できる可能性がある。従来のライフサイクルアセ

メントの枠組みを超えて、持続可能な世界の構築への貢献という文脈において、LIME 3 の活用が進むことを期待したい。

#### 参考文献

- 1) IDEA ver.2
- 2) 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 プラスチック製容器包装 PCR (PA-BC-02)  
<入手先 : [https://www.cfp-japan.jp/common/pdf\\_authorize/000058/PA-BC-02.pdf](https://www.cfp-japan.jp/common/pdf_authorize/000058/PA-BC-02.pdf)>
- 3) WHO, Hand washing promotion for preventing diarrhoea  
<入手先 : [https://www.who.int/elena/titles/review\\_summaries/handwashing/en/](https://www.who.int/elena/titles/review_summaries/handwashing/en/)>
- 4) WHO, Burden of disease (in DALYs) attributable to water, sanitation and hygiene ('000), by disease and region, 2004  
<入手先 : [https://www.who.int/gho/phe/water\\_sanitation/burden\\_text/en/](https://www.who.int/gho/phe/water_sanitation/burden_text/en/)>



「自動車における LIME3 での  
評価」報告書

2019 年 6 月  
日産自動車株式会社



## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関：日産自動車株式会社 総合研究所

名 前：磯部 眞弓

連絡先：m-isobe@mail.nissan.co.jp

### 1.2 報告書作成日

2019/05/25

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

自動車（ガソリン自動車，電気自動車）のライフサイクルを通じた環境影響を LCA により評価し，その環境性能を把握する。

### 2.2 調査結果の用途

ガソリン自動車および電気自動車それぞれの環境性能を把握すると共に，環境影響の改善に重要なプロセスを明確にし，設計における改善のための情報提供を行う。

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

日本・米国・欧州で製造，使用，廃棄した排気量 1.8L のガソリン自動車シルフィ 1 台（車両重量：1230kg），およびリチウムイオンバッテリー 40kWh 搭載の電気自動車リーフ 1 台（車両重量：1510kg）。

### 3.2 機能および機能単位

自動車（ガソリン自動車および電気自動車）1 台のライフサイクル全体とし，10 年間使用，総走行距離は 15 万 km とする。（表 3.1-1）

### 3.3 システム境界

製造から維持，燃料製造，走行，廃棄段階まで（図 3.2-1）。

表 3.1-1 ガソリン自動車の LCI 分析結果 (単位 (kg/f. u.))

	シルフィ	LEAF
燃料	ガソリン	電気
エンジン・モータ	MRA8DE	EM57
蓄電池	—	Li-ion 40kWh
重量	1230 kg	1510 kg
ボディタイプ	Sedan	ハッチバック
総排気量	1.798 L	—
最高出力	96kW/6000rpm	110kW/3283~9795rpm
変速機	CVT	-
燃費 (JC08)	15.6 km/L	120Wh/km
使用年数	10 年	
総走行距離	15 万km	

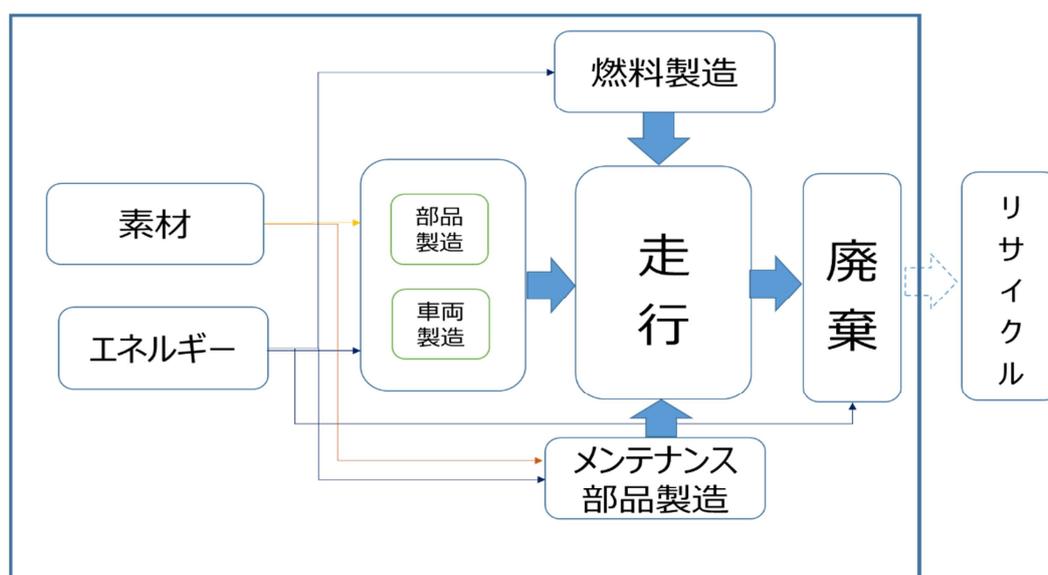


図 3.2-1 自動車の製品システムおよびシステム境界

### 3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

廃棄後の自動車は鉄・アルミなどの素材を中心にリサイクルが行われているが、リサイクルプロセスは調査対象から除外した。また、ASR (Automobile Shredder Residue) は燃焼し、埋立処理されるが、燃焼時のエネルギー回収は調査対象から除外した。さらに、部品製造や組立、燃料製造に関わる工場・機械の建設・維持・廃棄や、メンテナンスに必要な工具や部品、走行時に利用する道路や関連インフラ設備の建設・維持・廃棄段階も評価に含めていない。

日本・北米・英国で生産された自動車は、それぞれの地域（日本・北米・欧州）の平均的な使用を仮定しており、国ごとの燃費モードで走行するとした。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

自動車の各部位の部品の素材・重量データは、社内集約した IMDS (International Material Data System) データを使用した。

生産の原単位は、社内工場から以下のように求めたデータを使用した。

鋳造・圧造・車体製造(溶接)・部品組立・塗装・樹脂成型・樹脂塗装の各工程について、2016年度1年間の工場建屋毎のエネルギー量から生産重量配分により製品重量当りの環境負荷データを算出した。また、車体塗装・車両組立の各工程については、2016年度1年間の工場建屋毎のエネルギー量から生産台数配分により台あたりの環境負荷データを算出した。鍛造工程については、2016年度1年間の工程毎の個数配分により対象部品一台当りの環境負荷データを算出した。

使用段階は、日本は JC08 モード燃費、米国は LA4 (City) モードとハイウェイモードのコンバインド値、英国は NEDC モード値を使用した。表 4.1-1 に各国の燃費値を示す。

廃棄段階については、社内のリサイクル関連の調査したデータを使用した。

表 4.1-1 燃費値

	米国	日本	英国
ガソリン車 (km/L)	13.6	15.6	14.9
電気自動車 (Wh/km)	186	120	194

### 4.2 バックグラウンドデータ

タイヤ・鉛酸バッテリーの製造については、LCA 日本フォーラム 2017 年度第 1 版<sup>1)</sup> のデータを採用した。それ以外については GaBi のデータベース 8.7<sup>2)</sup> を利用した。

使用した電力の割合を図 4.2-1~3 に、また、電力とガソリンのインベントリを、表 4.2-1 に示す。

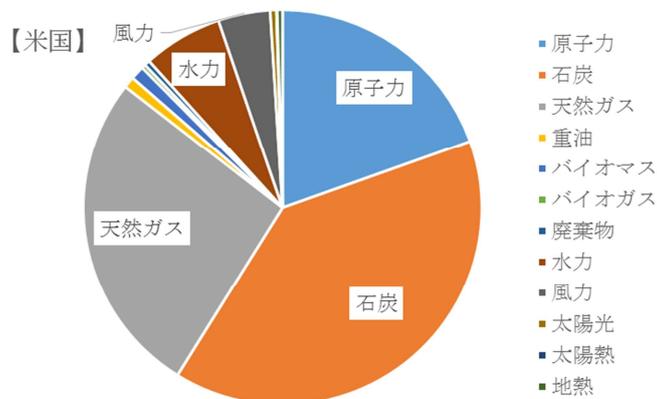


図 4.2-1 米国の電力構成

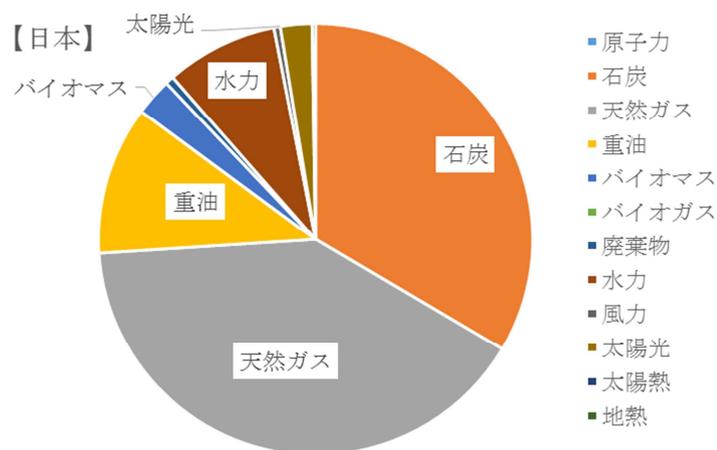


図 4.2-2 日本の電力構成

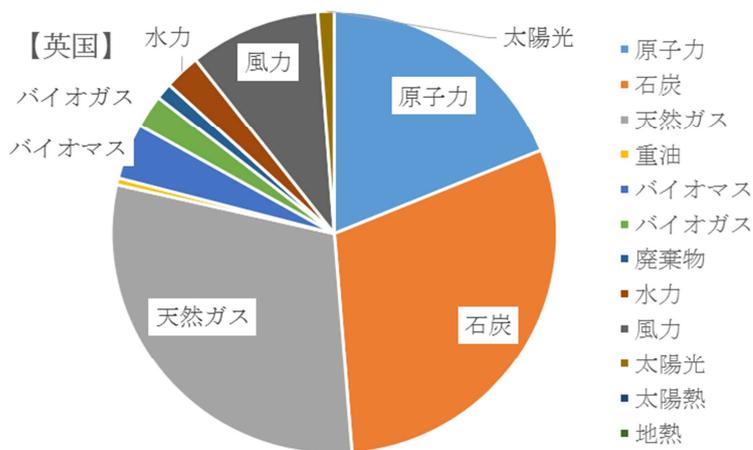


図 4.2-3 英国の電力構成

表 4.2-1 電力とガソリンのインベントリ

	ガソリン(/kg)			電力(/kWh)		
	US	JP	GB	US	JP	GB
GWP(kg-CO2e)	0.817	0.566	0.770	0.614	0.661	0.477
AP (kg SO2 e)	2.3E-03	3.5E-03	2.7E-03	2.0E-03	1.1E-03	1.6E-03
ADPelement (kg Sb e)	7.0E-07	5.1E-08	2.4E-07	1.4E-07	1.3E-07	1.2E-07
POCP(kg Ethene e)	3.6E-04	3.4E-04	4.0E-04	1.2E-04	8.4E-05	8.5E-05
Primary Energy Demand(MJ)	54.7	50.7	53.0	10.6	9.93	10.1
Blue water consumption(kg)	20.1	0.28	6.50	3.38	2.55	2.30

### 4.3 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

表 4.3-1 にガソリン自動車および電気自動車のインベントリ分析の対象とした項目の一覧を示す。

表 4.3-1 自動車の LCI 分析結果 (単位 (kg/f. u.))

		製造	燃料製造	走行	維持	廃棄	
消費負荷	枯渇資源	石炭	○	○		○	○
		原油 (燃料)	○	○		○	○
		天然ガス	○	○		○	○
		ウラン					
		原油 (原料)	○				○
		鉄	○			○	
		銅	○				
		ボーキサイト	○				
		ニッケル	○				
		クロム	○				
		鉛	○			○	
亜鉛	○						
環境排出 負荷	屋外大気	CO <sub>2</sub>	○	○	○	○	○
		CH <sub>4</sub>	○	○	○	○	○
		N <sub>2</sub> O	○	○	○	○	○
		HFC-134a	○				
		CO	○	○	○	○	○
		NM VOC	○	○	○	○	○
		NO <sub>x</sub>	○	○	○	○	○
		PM10	○	○		○	○
		PM2.5	○	○			
		SO <sub>x</sub>	○	○	○	○	○
	水域	COD	○				
		T-N	○				
		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>					
	土壌	ASR (廃棄)					○

## 5 インパクト評価

### 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME3 を利用し，特性化，被害評価，統合化の 3 ステップについて評価を実施した。各ステップにおいて評価対象とした影響領域について表 5.1-1 に示す。LIME3 の係数は G20 対象とした割引率 3 %を使用した。

表 5.1-1 評価対象とした環境影響領域と評価ステップ

	被害評価
気候変動	○
大気汚染	○
光化学オキシダント	○
水資源消費	○
土地利用	
資源消費（化石燃料、鉱物資源）	○
森林資源	
廃棄物	○

	統合化
IF1	
IF2	○

## 5.2 インパクト評価結果

### 5.2.1 被害評価

図 5.2-1～図 5.2-9 に 4 つの保護対象に対するガソリン車の被害評価結果(物質別内訳)を示す。左から US：米国製造—走行(係数米国)、JP：日本製造—走行(係数日本)、GB：英国製造—走行(係数英国)、Ave：英国製造—走行(資源に関して係数は平均値、それ以外は英国)の場合で示す。

ガソリン車では、国毎の影響の違いが小さい。人間健康に対する影響は使用段階の地球温暖化が大きく、次に水消費が大きい。大気汚染は国により影響度が異なる。水消費の影響は、車両製造およびメンテナンス部品製造における材料製造時、特に天然ゴム製造時の消費量の割合が大きい。生物多様性に対する影響も同様に使用段階での温暖化が大きい。一方で、一次生産に対する影響は製造段階の鉱物・エネルギー資源消費が大きく、社会資産に対する影響は、使用段階のエネルギー資源消費(石油)が大きい。

これらの原因として人間健康および生物多様性では走行時の GWP が多いこと、一次生産では発電等に使用する石炭の消費量が多いこと、社会資産では使用時の石油の消費量が多いことが挙げられる。

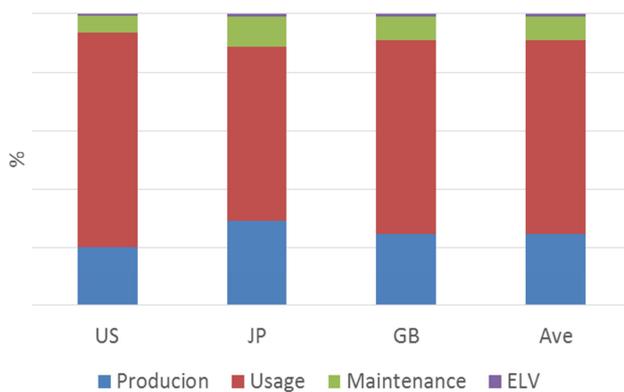


図 5.2-1. ガソリン車の被害評価結果  
(人間健康・ライフステージ別)

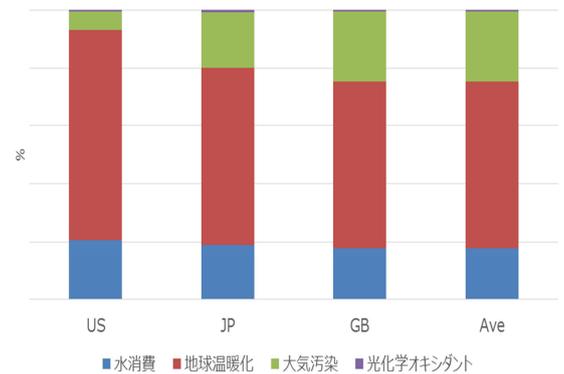


図 5.2-2. ガソリン車の被害評価結果  
(人間健康・影響領域別)

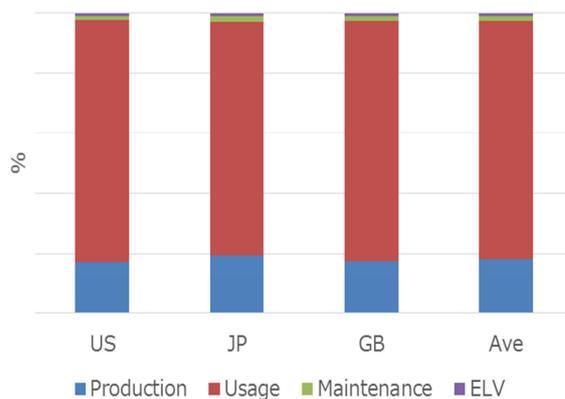


図 5.2-3. ガソリン車の被害評価結果  
(生物多様性・ライフステージ別)

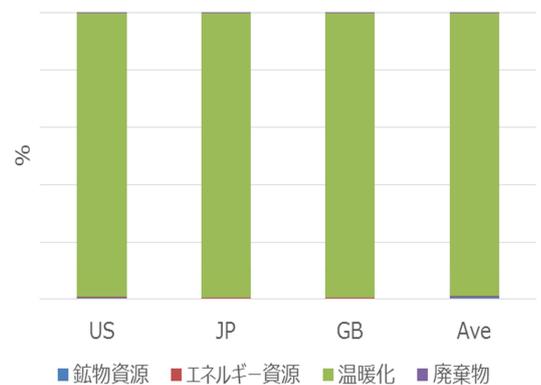


図 5.2-4. ガソリン車の被害評価結果  
(生物多様性・影響領域別)

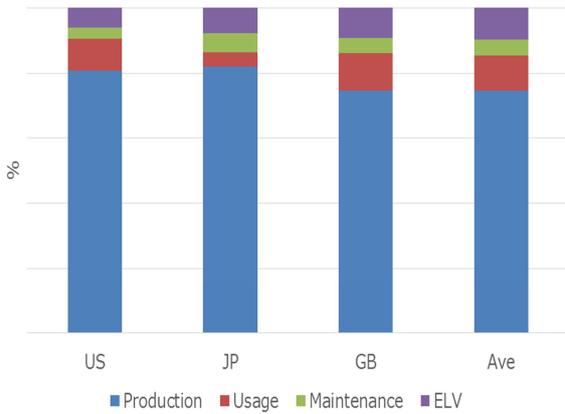


図 5.2-5. ガソリン車の被害評価結果  
(一次生産・ライフステージ別)

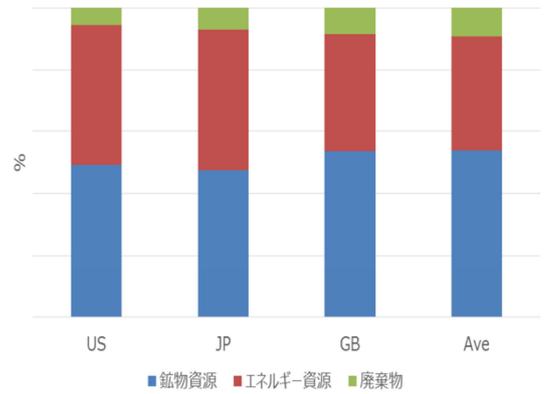


図 5.2-6. ガソリン車の被害評価結果  
(一次生産・影響領域別)

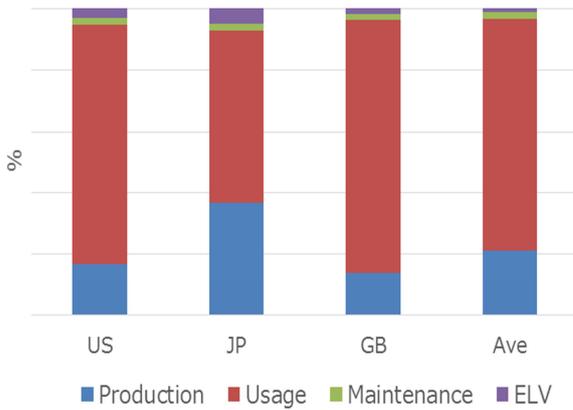


図 5.2-7. ガソリン車の被害評価結果  
(社会資産・ライフステージ別)

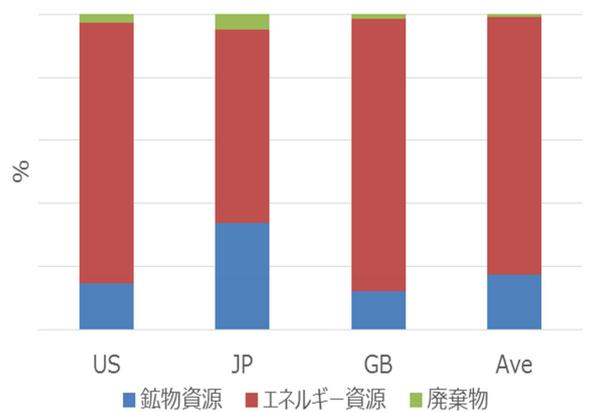


図 5.2-8. ガソリン車の被害評価結果  
(社会資産・影響領域別)

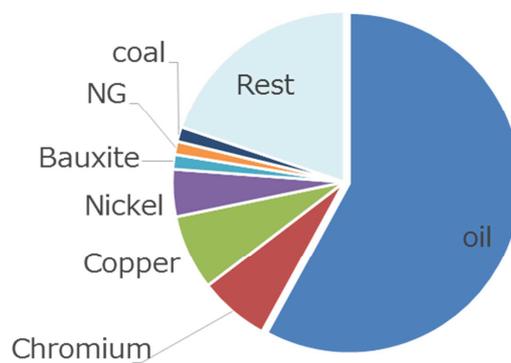


図 5.2-9. ガソリン車の被害評価結果  
(社会資産—鉱物・エネルギー毎・日本)

図 5.2-10～図 5.2-18 に 4 つの保護対象に対する電気自動車の被害評価結果を示す。電気自動車では、国毎の違いがガソリン車に比較して大きい。人間健康に対する影響は、製造段階、次に使用段階の温暖化の影響が大きい。また、イギリスにおける大気汚染による影響が大きい。これは鉱物資源採掘の影響および使用段階の電力製造時の SO2 排出による PM2.5 の影響である。また、ガソリン車同様、水消費の影響は、車両製造およびメンテナンス部品製造における材料製造時、特に天然ゴム製造時の消費量の割合が大きい。生物多様性に対する影響は、地球温暖化がほとんどで、使用段階だけでなく製造段階での影響が大きい。一方で、一次生産に対する影響は製造段階の鉱物・エネルギー資源消費が大きい。ガソリン車と比較すると使用時（燃料製造時）の影響も大きい。社会資産に対する影響は、製造段階の資源消費（鉱物資源）が大きい。

これらの原因として人間健康、生物多様性では走行時の GWP が多いこと、一次生産では発電等に使用する石炭の消費量が多いこと、社会資産では使用時の鉱物（コバルト、銅、ニッケル等）の消費量が多いことが挙げられる。

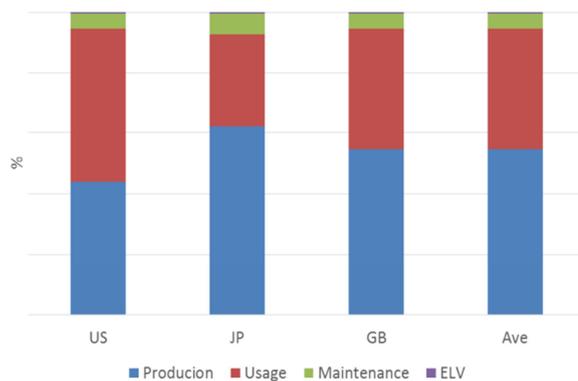


図 5.2-10. 電気自動車の被害評価結果  
(人間健康・ライフステージ別)

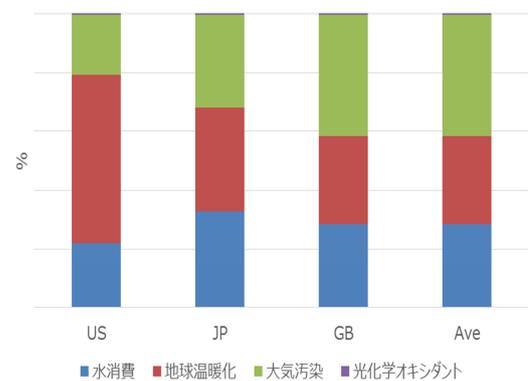


図 5.2-11. 電気自動車の被害評価結果  
(人間健康・影響領域別)

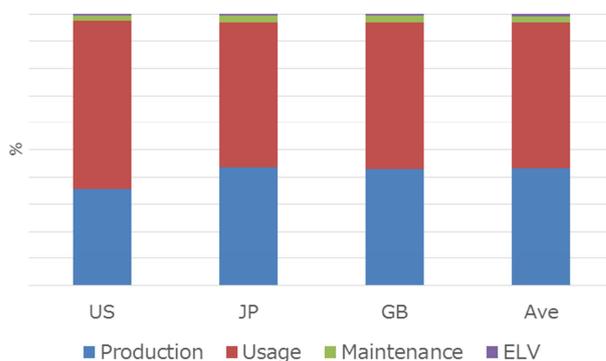


図 5.2-12. 電気自動車の被害評価結果  
(生物多様性・ライフステージ別)



図 5.2-13. 電気自動車の被害評価結果  
(生物多様性・影響領域別)

2.4

自動車における LIME3 での評価

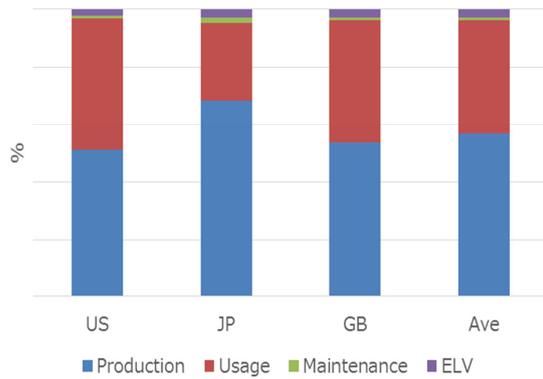


図 5.2-14. 電気自動車の被害評価結果  
(一次生産・ライフステージ別)

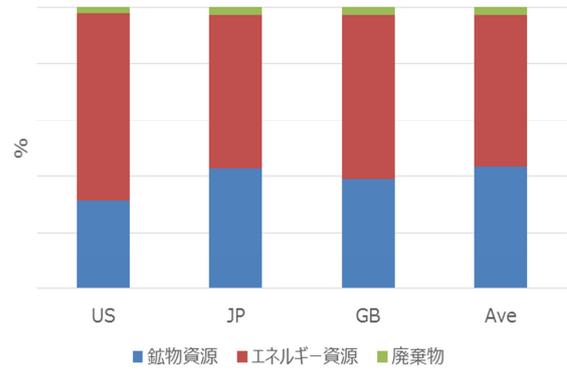


図 5.2-15. 電気自動車の被害評価結果  
(一次生産・影響領域別)

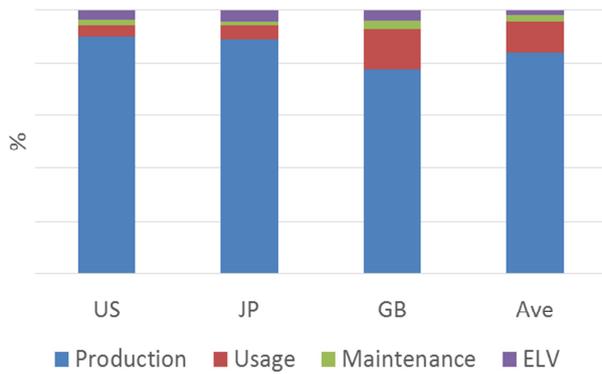


図 5.2-16. 電気自動車の被害評価結果  
(社会資産・ライフステージ別)

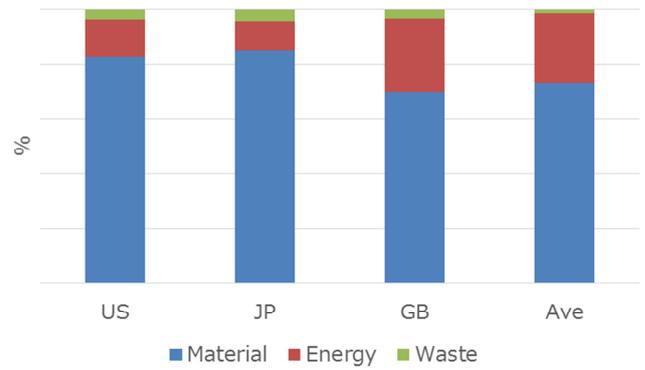


図 5.2-17. 電気自動車の被害評価結果  
(社会資産・影響領域別)

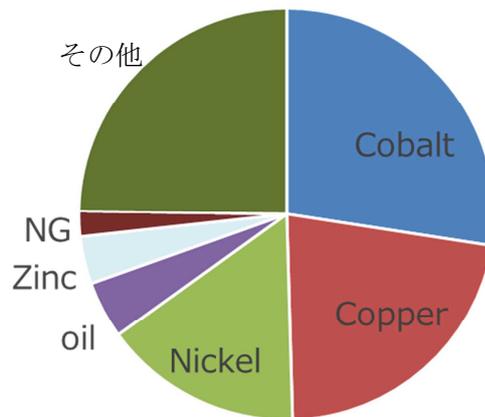


図 5.2-18. 電気自動車の被害評価結果  
(社会資産—鉱物・エネルギー毎・日本)

### 5.2.3 統合化

図 5.2-19～20 にガソリン自動車の統合化結果を示す。ライフサイクル全体の環境影響としては、ガソリン自動車は、使用段階の影響が大きく、影響割合が大きい項目は、CO<sub>2</sub>排出量および原油のエネルギー資源消費である。特に、使用時の石油消費（ガソリン消費）の影響がもっとも大きいことが分かった。

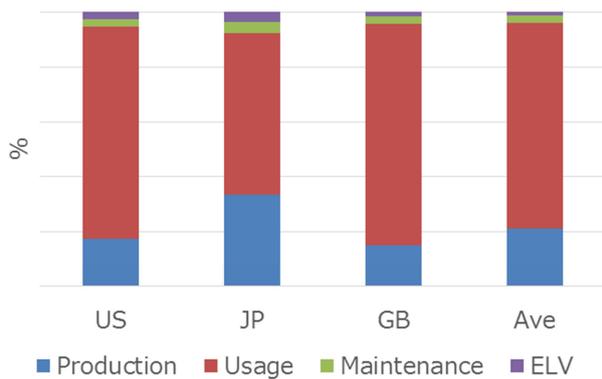


図 5.2-19. ガソリン車の統合化結果  
ライフステージ別

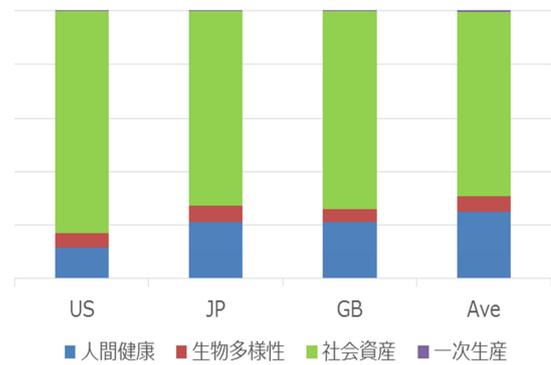


図 5.2-20. ガソリン車の統合化結果  
影響領域別

一方で、図 5.2-21～22 に電気自動車の統合化結果を示す。ライフサイクル全体の環境影響としては、電気自動車は、製造段階の影響が大きく、影響割合が大きい項目は、社会資産での鉱物資源消費である。特に、国によっても影響割合が異なっているが、コバルト、ニッケル、銅等の電動化部品の影響が大きいことが分かった。

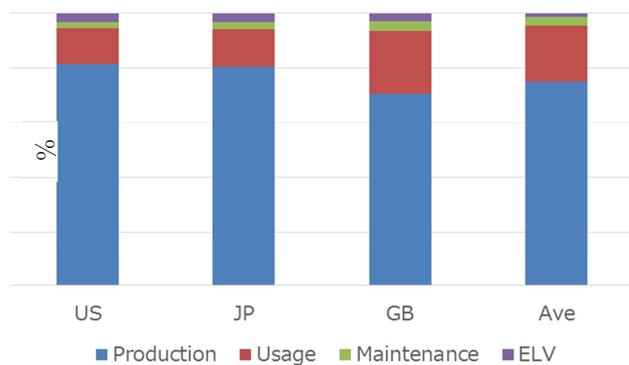


図 5.2-21. 電気自動車の統合化結果  
ライフステージ別

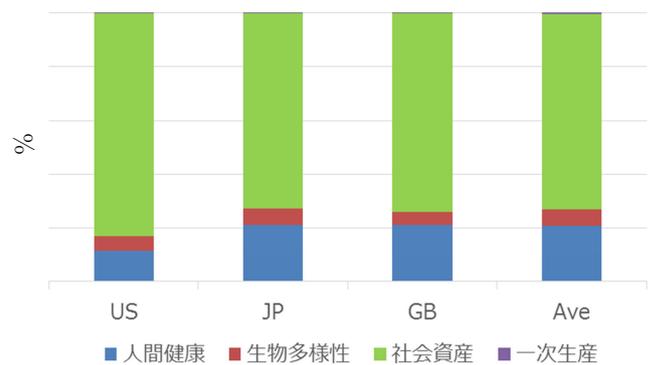


図 5.2-22. 電気自動車の統合化結果  
影響領域別

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

ガソリン自動車、電気自動車を対象としてライフサイクル（製造、燃料製造、走行（10年、15万 km）、維持、廃棄）全体での環境影響の評価を日米英で比較して行った。

ガソリン自動車では、国による違いがほとんどなく、環境影響としては主に走行段階および車体の製造の影響が大きな割合を占めていた。特に、ガソリン製造では石油の採掘による影響、走行時では CO2 排出による温暖化の影響が大きい。これらの結果から、石油採掘による社会資産に対する影響および地球温暖化による人間健康に対する影響が想定される主要な環境影響であることが明らかとなった。

一方で、電気自動車では、製造段階、使用段階で国による違いがあり、製造段階の環境影響としては、鉱物資源採掘の影響が、使用段階の環境影響としては、社会資産への影響と人間健康が多い。社会資産では、前述したようにバッテリー材料の影響が大きい。温暖化の環境影響としては主に製造段階における材料・部品製造および燃料製造（発電）による CO2 排出による影響が大きい。

ガソリン自動車および電気自動車を統合評価した結果、対象は異なっているが、どちらも社会資産への影響が大きいことが示された。これらの環境影響削減のためには、ガソリン車では走行段階での燃料消費を抑制することが効果的である。一方で、電気自動車の場合は、社会資産の中でも鉱物資源消費の影響が大きいいため、主にバッテリーをはじめとしたリサイクル・リユース等により環境影響を大きく削減できるポテンシャルがあると考えられる。

### 6.2 限界と今後の課題

今回の評価では評価対象はライフサイクルの主なプロセスをカバーしており、結果の妥当性は担保できていると考えられる。一方、評価対象物質では走行時の燃費や排気エミッションについて認証値・規制値を使って評価しており、燃料消費効率の設定や走行条件、走行地域などの条件によって評価結果が大きく左右される可能性があり、これらについての感度分析が必要である。さらに、今回の結果から社会資産の影響が大きく出ており、社会資産では対象とする国（先進国・途上国）や割引率による影響が大きい。LIME3 の係数についても前提を踏まえた感度分析が必要である。

電気自動車ではバッテリーの研究開発が活発に行われているが、今回は現時点での市販車を対象として行った。バッテリー等の開発状況を考慮しながら、今後も継続して評価を行っていくことが望ましい。

同様に、電気自動車からバッテリーのリユース・リサイクル、さらに、車載バッテリーの社会インフラとしての活用など様々な活用が提案されている。これらについての効果を検証していくことも必要である。

## 参考文献

- 1) LCA 日本フォーラム 2017 年度第 1 版 : 309111 ・ 自動車用鉛蓄電池、231113 ・ 乗用車用タイヤ
- 2) Thinkstep : GaBi, Software 8.7



# 印刷物の環境影響評価」報告書

2019年5月

サンメッセ株式会社



## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関：サンメッセ株式会社 第二ソリューション企画部

名 前：中村 洋之

連絡先：nakamaurahi@sunmesse.co.jp

### 1.2 報告書作成日

2019/05/27

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

従来、印刷物のカーボンフットプリント（CFP）を普及することを目的に、データ収集の労力を低減した CFP 算定（用紙枚数等を活動量）の商品種別算定基準（CFP-PCR）が開発されている。

本調査では、本CFP-PCRと同様に用紙枚数等の活動量を利用するLCA手法を開発し、LIME3を用いて保護対象の被害量の算定と統合化を実施した。

具体的には、印刷物の環境影響に大きく寄与する用紙について、国内外で生産した場合の違いを把握することを目的とした。輸入量が最大のインドネシア産と国産の用紙について、それぞれの印刷物のライフサイクルにおける環境影響を評価した。

### 2.2 調査結果の用途

国内外で製造された用紙による印刷物の環境影響の違いを理解する。

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

日本国内とインドネシアで製造された用紙を用いて、日本国内で印刷物を製造し、日本国内で使用・廃棄される印刷物を対象とする。表 3.1-1 に、調査対象とした印刷物の仕様を示す。

表 3.1-1 調査対象とした印刷物の仕様

用紙の生産国		日本	インドネシア
印刷物の仕様	印刷物寸法	A4	
	ページ数	16 ページ	
	綴じ方	中綴	
	色数	4 色	
	部数	2,000 部	

### 3.2 機能および機能単位

パンフレットとして、製品を説明する印刷物 2,000 部とする。

### 3.3 システム境界

原材料から、生産、輸送（物流）、使用、廃棄段階まで（図 3.3-1）。

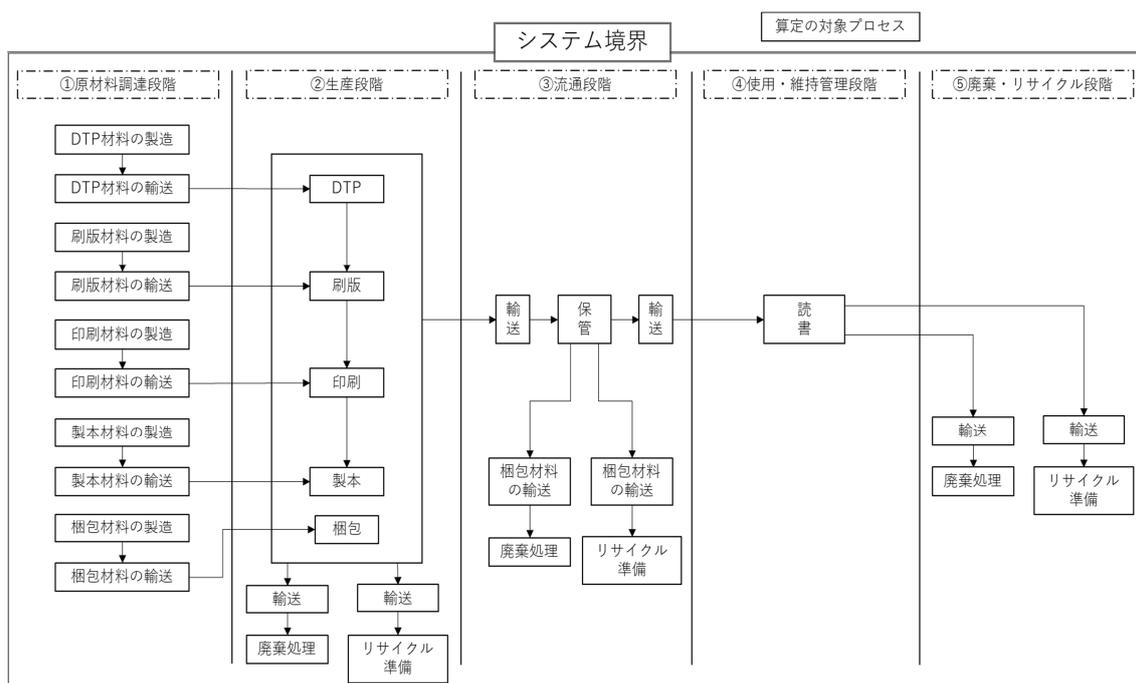


図 3.1-1 印刷物のシステム境界

### 3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

生産段階において使用する電力については日本国内での平均的な使用を仮定しており、電力事業者ごとの原単位の違いなどは考慮していない。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータとバックグラウンドデータ

CFP-PCR 原単位を構成する材料やエネルギー等に分解し、各環境負荷項目に対応した単位あたりのインベントリ分析結果を設定した後、用紙枚数等の活動量を用いて印刷物の LCA を簡易に算定した。

フォアグラウンドデータとして、材料使用量は社内評価データ（原材料の内容や使用量、廃棄リサイクルの量等）、生産段階のエネルギー消費（電力等の消費量）は工場実測データ





表 4.2-1 日本国内で製造した用紙を用いた印刷物の LCI 分析結果

カテゴリ	基本フロー等	全体	ライフサイクル段階				
			原材料調達	生産	流通	使用・維持管理	廃棄・リサイクル
木材資源		4.15E+01	4.15E+01	6.42E-06	9.47E-06	0.00E+00	1.01E-05
水利用		1.34E+00	1.32E+00	7.33E-03	9.54E-04	0.00E+00	8.35E-03
地球温暖化		5.21E+02	3.76E+02	8.59E+01	4.51E+01	0.00E+00	1.43E+01
都市域大気汚染	Nox	1.06E+00	7.40E-01	6.92E-02	2.30E-01	0.00E+00	2.17E-02
	BCOC	2.07E-01	1.95E-01	8.07E-04	9.23E-03	0.00E+00	1.60E-03
	SO2	2.65E+00	7.84E-01	6.17E-02	5.20E-02	0.00E+00	1.75E+00
	NMVOG(VOC)	3.27E-03	1.69E-03	1.17E-03	3.50E-04	0.00E+00	6.03E-05
化石資源	Oil 原油	8.58E+01	6.73E+01	4.15E+00	1.26E+01	0.00E+00	1.75E+00
	NG	3.06E+01	1.38E+01	1.62E+01	2.54E-01	0.00E+00	3.52E-01
	石炭	6.40E+01	5.10E+01	1.24E+01	2.65E-02	0.00E+00	6.14E-01
鉱物資源	資源、銀、陸域、非再生可能元素 kg	1.03E-04	1.03E-04	8.72E-11	1.15E-10	0.00E+00	6.52E-10
	資源、アルミニウム、陸域、非再生可能元素 kg	4.42E+00	4.42E+00	3.01E-05	3.17E-05	0.00E+00	7.29E-04
	資源、金、陸域、非再生可能元素 kg	3.03E-10	3.02E-10	4.08E-15	5.97E-15	0.00E+00	1.08E-12
	資源、ホウ素、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、バリウム、陸域、非再生可能元素 kg	7.34E-02	7.34E-02	1.35E-08	1.99E-08	0.00E+00	2.24E-08
	資源、ビスマス、陸域、非再生可能元素 kg	1.74E-13	1.73E-13	5.15E-18	7.58E-18	0.00E+00	5.95E-16
	資源、コバルト、陸域、非再生可能元素 kg	1.61E-04	1.60E-04	2.19E-09	3.19E-09	0.00E+00	9.65E-07
	資源、クロム、陸域、非再生可能元素 kg	1.13E-03	9.33E-04	6.89E-09	1.02E-08	0.00E+00	1.97E-04
	資源、銅、陸域、非再生可能元素 kg	1.22E-03	1.22E-03	3.78E-08	5.59E-08	0.00E+00	1.64E-07
	資源、鉄、陸域、非再生可能元素 kg	7.05E-01	3.54E-01	1.83E-06	2.70E-06	0.00E+00	3.51E-01
	資源、ガリウム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、ランタン、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、リチウム、陸域、非再生可能元素 kg	1.63E-09	1.62E-09	2.18E-14	3.19E-14	0.00E+00	5.77E-12
	資源、マンガン、陸域、非再生可能元素 kg	1.77E-02	1.47E-02	2.47E-08	3.66E-08	0.00E+00	2.98E-03
	資源、モリブデン、陸域、非再生可能元素 kg	7.19E-04	7.14E-04	8.84E-09	1.29E-08	0.00E+00	4.76E-06
	資源、ニオブ、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、ネオジム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、ニッケル、陸域、非再生可能元素 kg	6.21E-04	6.14E-04	8.68E-09	1.26E-08	0.00E+00	6.51E-06
	資源、鉛、陸域、非再生可能元素 kg	1.51E-03	1.51E-03	3.28E-08	4.73E-08	0.00E+00	7.65E-07
	資源、プラセオジム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、白金、陸域、非再生可能元素 kg	6.59E-11	6.57E-11	8.89E-16	1.30E-15	0.00E+00	2.35E-13
	資源、硫黄、陸域、非再生可能元素 kg	2.22E-01	2.22E-01	9.10E-06	1.30E-05	0.00E+00	9.56E-05
	資源、アンチモン、陸域、非再生可能元素 kg	4.22E-05	4.22E-05	3.43E-10	4.99E-10	0.00E+00	1.07E-09
	資源、セレン、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、サマリウム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、タンタル、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、テルル、陸域、非再生可能元素 kg	1.03E-04	1.03E-04	8.72E-11	1.15E-10	0.00E+00	6.52E-10
	資源、チタン、陸域、非再生可能元素 kg	9.41E-02	9.41E-02	3.74E-08	5.45E-08	0.00E+00	1.14E-05
	資源、フッ素、陸域、非再生可能エネルギー	1.08E-05	4.86E-06	5.86E-06	1.05E-08	0.00E+00	7.54E-08
	資源、バナジウム、陸域、非再生可能元素 kg	3.96E-06	3.96E-06	5.68E-11	8.40E-11	0.00E+00	2.48E-10
	資源、タングステン、陸域、非再生可能元素 kg	4.63E-06	4.63E-06	6.72E-11	9.94E-11	0.00E+00	2.93E-10
	資源、亜鉛、陸域、非再生可能元素 kg	3.78E-04	3.78E-04	4.35E-09	6.27E-09	0.00E+00	3.69E-08
	資源、ジルコニウム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

表 4.2-2 インドネシアで製造した用紙を用いた印刷物の LCI 分析結果

カテゴリ	基本フロー等	全体	ライフサイクル段階				
			原材料調達	生産	流通	使用・維持管理	廃棄・リサイクル
木材資源		4.15E+01	4.15E+01	6.42E-06	9.47E-06	0.00E+00	1.01E-05
水利用		1.34E+00	1.32E+00	7.33E-03	9.54E-04	0.00E+00	8.35E-03
地球温暖化		5.04E+02	3.59E+02	8.59E+01	4.51E+01	0.00E+00	1.43E+01
都市域大気汚染	Nox	1.38E+00	1.06E+00	6.92E-02	2.30E-01	0.00E+00	2.17E-02
	BCOC	2.04E-01	1.93E-01	8.07E-04	9.23E-03	0.00E+00	1.60E-03
	SO2	3.04E+00	1.18E+00	6.17E-02	5.20E-02	0.00E+00	1.75E+00
	NMVOG(VOC)	2.93E-03	1.35E-03	1.17E-03	3.50E-04	0.00E+00	6.03E-05
化石資源	Oil 原油	8.07E+01	6.22E+01	4.15E+00	1.26E+01	0.00E+00	1.75E+00
	NG	3.05E+01	1.37E+01	1.62E+01	2.54E-01	0.00E+00	3.52E-01
	石炭	6.40E+01	5.10E+01	1.24E+01	2.65E-02	0.00E+00	6.14E-01
鉱物資源	資源、銀、陸域、非再生可能元素 kg	1.03E-04	1.03E-04	8.72E-11	1.15E-10	0.00E+00	6.52E-10
	資源、アルミニウム、陸域、非再生可能元素 kg	4.42E+00	4.42E+00	3.01E-05	3.17E-05	0.00E+00	7.29E-04
	資源、金、陸域、非再生可能元素 kg	3.02E-10	3.01E-10	4.08E-15	5.97E-15	0.00E+00	1.08E-12
	資源、ホウ素、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、バリウム、陸域、非再生可能元素 kg	7.34E-02	7.34E-02	1.35E-08	1.99E-08	0.00E+00	2.24E-08
	資源、ビスマス、陸域、非再生可能元素 kg	1.73E-13	1.72E-13	5.15E-18	7.58E-18	0.00E+00	5.95E-16
	資源、コバルト、陸域、非再生可能元素 kg	1.61E-04	1.60E-04	2.19E-09	3.19E-09	0.00E+00	9.65E-07
	資源、クロム、陸域、非再生可能元素 kg	1.13E-03	9.32E-04	6.89E-09	1.02E-08	0.00E+00	1.97E-04
	資源、銅、陸域、非再生可能元素 kg	1.23E-03	1.23E-03	3.78E-08	5.59E-08	0.00E+00	1.64E-07
	資源、鉄、陸域、非再生可能元素 kg	7.05E-01	3.54E-01	1.83E-06	2.70E-06	0.00E+00	3.51E-01
	資源、ガリウム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、ランタン、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、リチウム、陸域、非再生可能元素 kg	1.62E-09	1.62E-09	2.18E-14	3.19E-14	0.00E+00	5.77E-12
	資源、マンガン、陸域、非再生可能元素 kg	1.77E-02	1.47E-02	2.47E-08	3.66E-08	0.00E+00	2.98E-03
	資源、モリブデン、陸域、非再生可能元素 kg	7.18E-04	7.13E-04	8.84E-09	1.29E-08	0.00E+00	4.76E-06
	資源、ニオブ、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、ネオジム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、ニッケル、陸域、非再生可能元素 kg	6.21E-04	6.14E-04	8.68E-09	1.26E-08	0.00E+00	6.51E-06
	資源、鉛、陸域、非再生可能元素 kg	1.51E-03	1.51E-03	3.28E-08	4.73E-08	0.00E+00	7.65E-07
	資源、プラセオジム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、白金、陸域、非再生可能元素 kg	6.59E-11	6.57E-11	8.89E-16	1.30E-15	0.00E+00	2.35E-13
	資源、硫黄、陸域、非再生可能元素 kg	2.22E-01	2.22E-01	9.10E-06	1.30E-05	0.00E+00	9.56E-05
	資源、アンチモン、陸域、非再生可能元素 kg	4.23E-05	4.23E-05	3.43E-10	4.99E-10	0.00E+00	1.07E-09
	資源、セレン、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、サマリウム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、タンタル、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	資源、テルル、陸域、非再生可能元素 kg	1.03E-04	1.03E-04	8.72E-11	1.15E-10	0.00E+00	6.52E-10
	資源、チタン、陸域、非再生可能元素 kg	9.41E-02	9.41E-02	3.74E-08	5.45E-08	0.00E+00	1.14E-05
	資源、フッ素、陸域、非再生可能エネルギー	1.08E-05	4.86E-06	5.86E-06	1.05E-08	0.00E+00	7.54E-08
	資源、バナジウム、陸域、非再生可能元素 kg	3.96E-06	3.96E-06	5.68E-11	8.40E-11	0.00E+00	2.48E-10
	資源、タンタスチン、陸域、非再生可能元素 kg	4.62E-06	4.62E-06	6.72E-11	9.94E-11	0.00E+00	2.93E-10
	資源、亜鉛、陸域、非再生可能元素 kg	3.78E-04	3.78E-04	4.35E-09	6.27E-09	0.00E+00	3.69E-08
	資源、ジルコニウム、陸域、非再生可能元素 kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

## 5 インパクト評価

### 5.1 対象とした評価ステップと影響領域

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME3 を利用し、被害評価、統合化の 2 ステップについて評価を実施した。各ステップにおいて評価対象とした影響領域について表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 評価対象とした環境影響領域と評価ステップ

	被害評価
気候変動	○
大気汚染	○
光化学オキシダント	○
水資源消費	○
土地利用	○
資源消費（化石燃料、鉱物資源）	○
森林資源	○
廃棄物	○

	統合化
IF2	○

## 5.2 インパクト評価結果

### 5.2.1 被害評価

日本国内とインドネシアで製造された用紙を用いて、日本国内で印刷物を製造し、日本国内で使用・廃棄される印刷物を対象とする結果をそれぞれ図 5.2.1 と図 5.2.2 に示す。

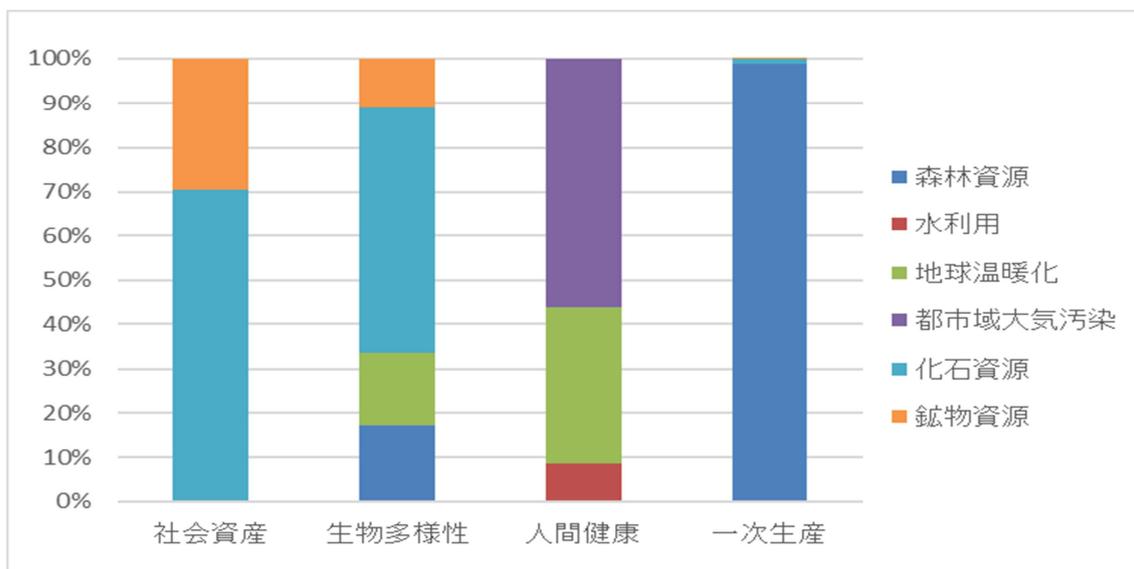


図 5.2-1 日本国内で製造した用紙を用いた印刷物の被害評価結果

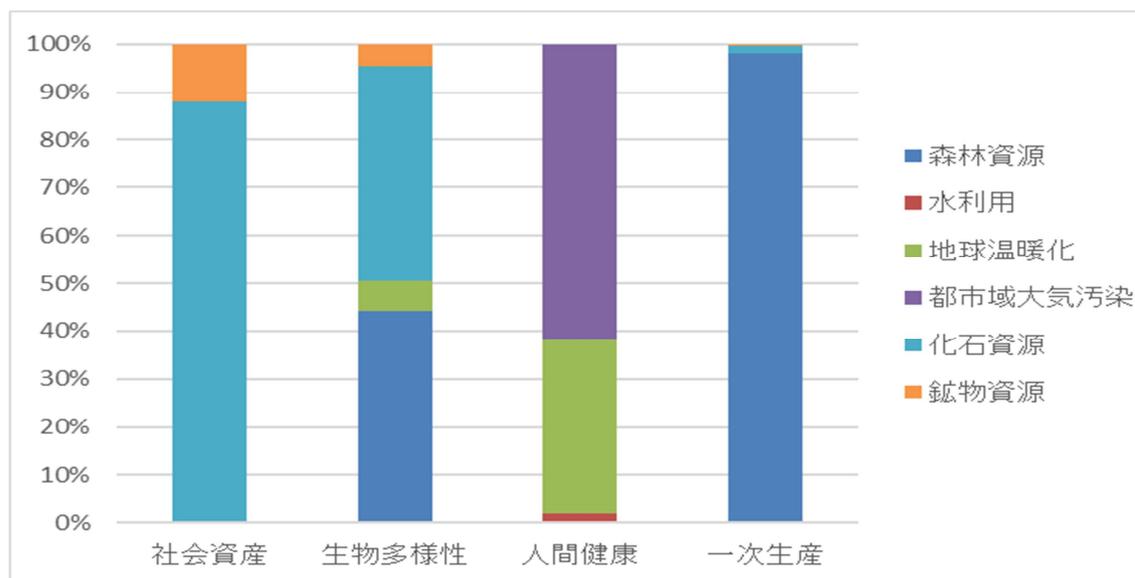


図 5.2-2 インドネシアで製造した用紙を用いた印刷物の被害評価結果

詳細に評価するため、保護対象である社会資産、生物多様性、人間健康、一次生産の内訳を、それぞれ、図 5.2-3、図 5.2-4、図 5.2-5、図 5.2-6 に示す。

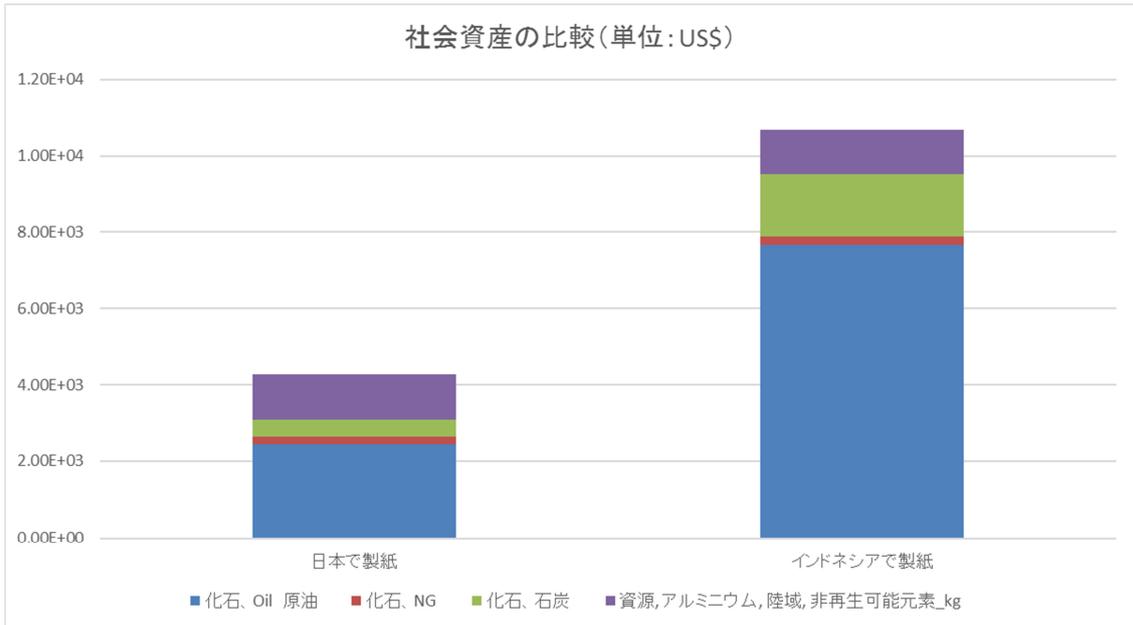


図 5.2-3 日本とインドネシアで製造した用紙を用いた印刷物の社会資産の被害評価結果

社会資産は、インドネシアは日本に比べて環境負荷が約 2.5 倍大きかった。日本とインドネシアともに製紙に関わる化石資源の影響が大きかったが、インドネシアは日本に比べて、原油と石炭の影響がさらに大きかった。

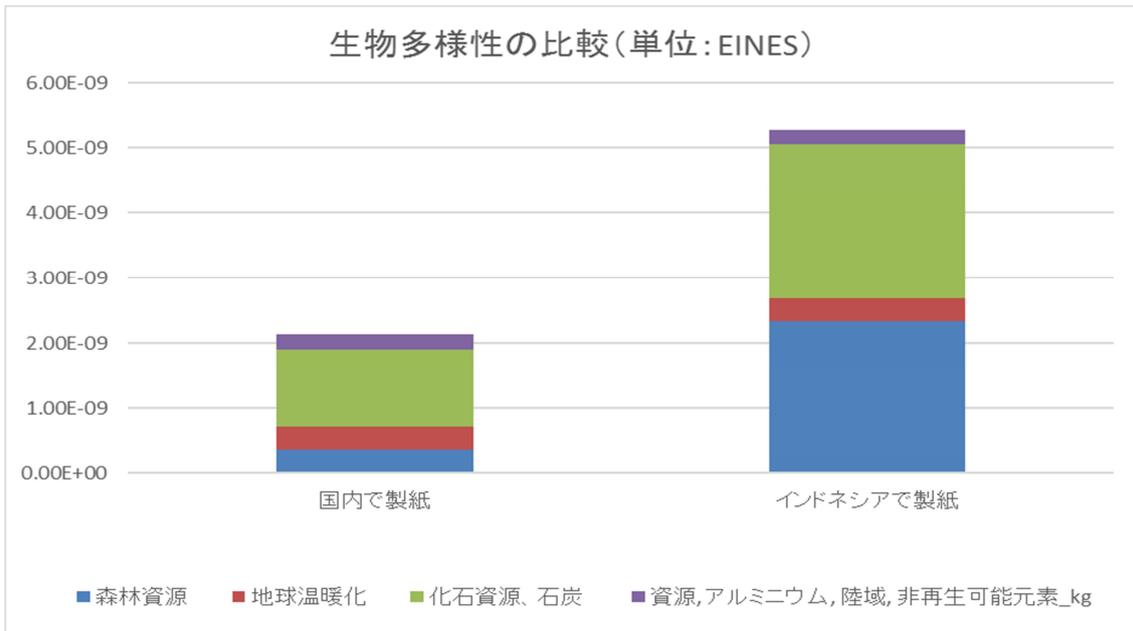


図 5.2-4 日本とインドネシアで製造した用紙を用いた印刷物の生物多様性の被害評価結果

生物多様性では、インドネシアは日本に比べて環境負荷が約 2.5 倍大きかった。インドネシアは森林資源と化石資源(石炭)、日本は化石資源(石炭)の環境影響が多くを占めた。その次に大きい地球温暖化と鉱物資源(アルミニウム)は、日本とインドネシアで同程度だった。日本の森林資源の環境影響はインドネシアの 1/10 程度だった。

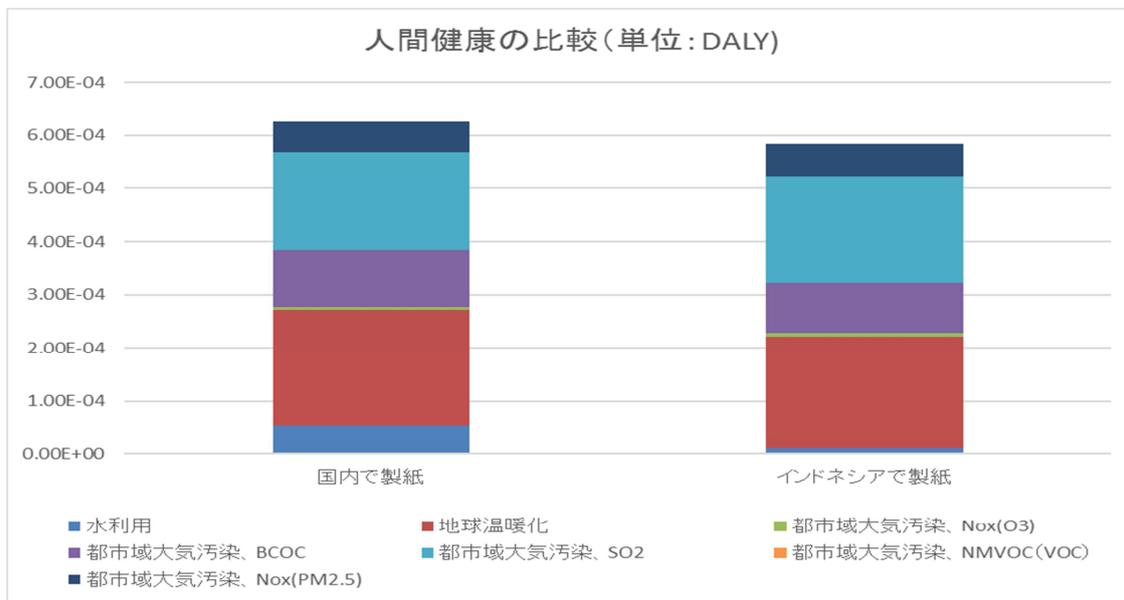


図 5.2-5 日本とインドネシアで製造した用紙を用いた印刷物の人間健康の被害評価結果

日本とインドネシアは同様な傾向で、地球温暖化、都市域大気汚染 (SO2)、都市域大気汚染 (BCOC) の影響が大きかった。日本は、これに加えて水利用の影響がインドネシアに比べて 5 倍程度あった。

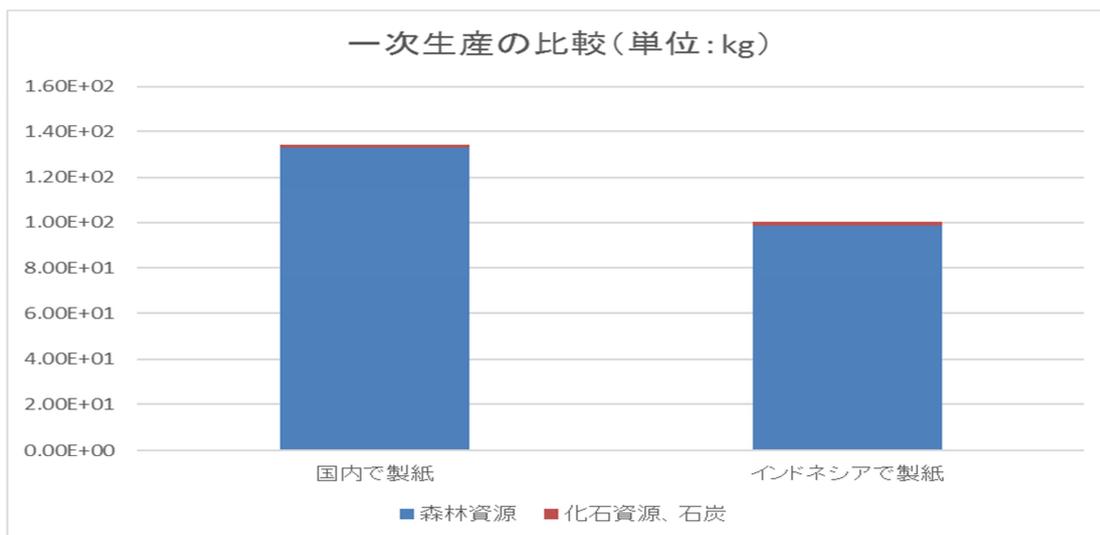


図 5.2-6 日本とインドネシアで製造した用紙を用いた印刷物の一次生産の被害評価結果  
一次生産では、日本はインドネシアに比べて環境影響が約 1.3 倍大きかった。日本もイ

インドネシアもももには森林資源の環境影響がほとんどを占めていた。

原因は、日本の用紙の被害係数が大きいため、ライフサイクルでの環境影響も大きくなった。木材に関しては、用紙の森林資源のインベントリを算出した後、森林資源の一次生産の被害評価を表 5.2-1 の被害係数を用いて求めた。用紙の輸送及びその他の森林資源の一次生産の被害係数は日本のものを用いた。

表 5.2-1 森林資源の一次生産の被害評価のための被害係数

用紙の生産国	消費国/生産国	被害係数 (kg/kg)
日本	消費国	3.20
インドネシア	生産国	2.36

### 5.3 統合化

日本国内とインドネシアで製造された用紙を用いて、日本国内で印刷物を製造し、日本国内で使用・廃棄される印刷物を対象とする統合化結果を図 5.2.1 と図 5.2.2 に示す。

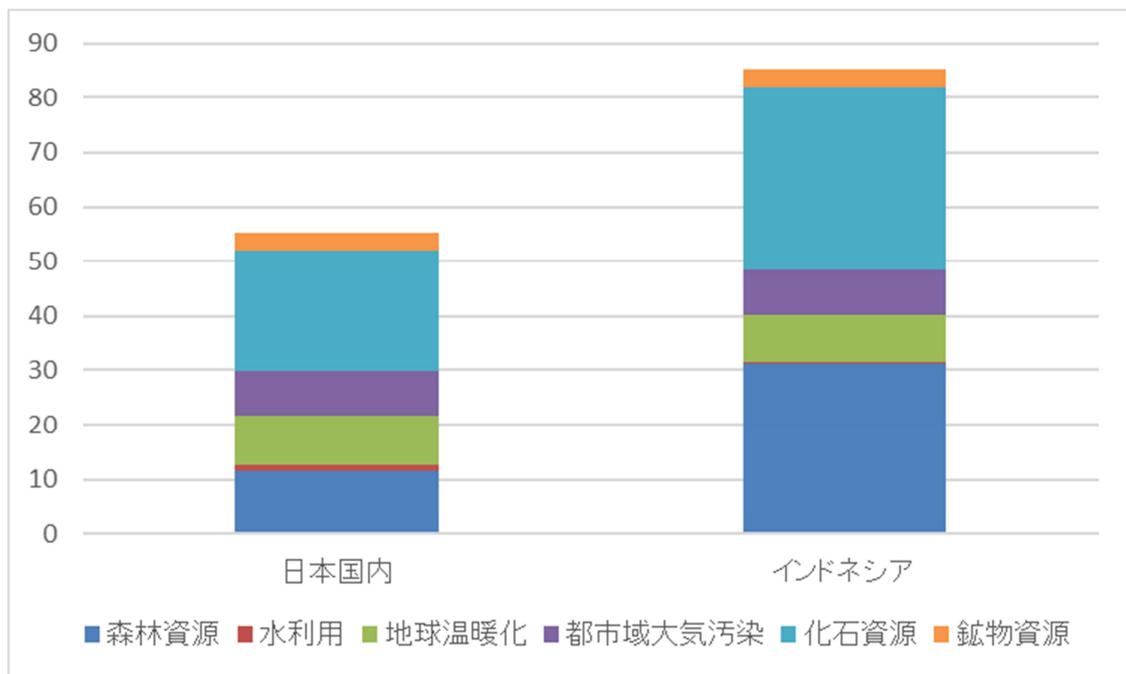


図 5.3-1 日本とインドネシアで製造した用紙を用いた印刷物の統合化結果 (US \$)

インドネシアは日本に比べて、統合化結果が約 1.5 倍大きな数値になった。インドネシアは森林資源と化石資源、日本は化石資源が環境影響の多くを占めた。インドネシアは続いて環境影響が大きいのは、地球温暖化と都市域大気汚染だった。一方、日本では続いて環境影響が大きいのは、森林資源、地球温暖化および都市域大気汚染でほぼ同等だった。

図 5.3-2 に日本とインドネシアで製造した用紙を用いた印刷物の統合化結果の内訳を示す。日本とインドネシアともに環境影響の大きい化石資源は原油だった。日本は化石資源が環境影響の多くを占めた。インドネシアは続いて環境影響が大きいのは、地球温暖化で、その次が都市域大気汚染 (SO2)、化石資源(石炭)、鉱物資源 (アルミニウム) だった。一方、日本では続いて環境影響が大きいのは、森林資源、地球温暖化、都市域大気汚染 (SO2)、鉱物資源 (アルミニウム) の順だった。

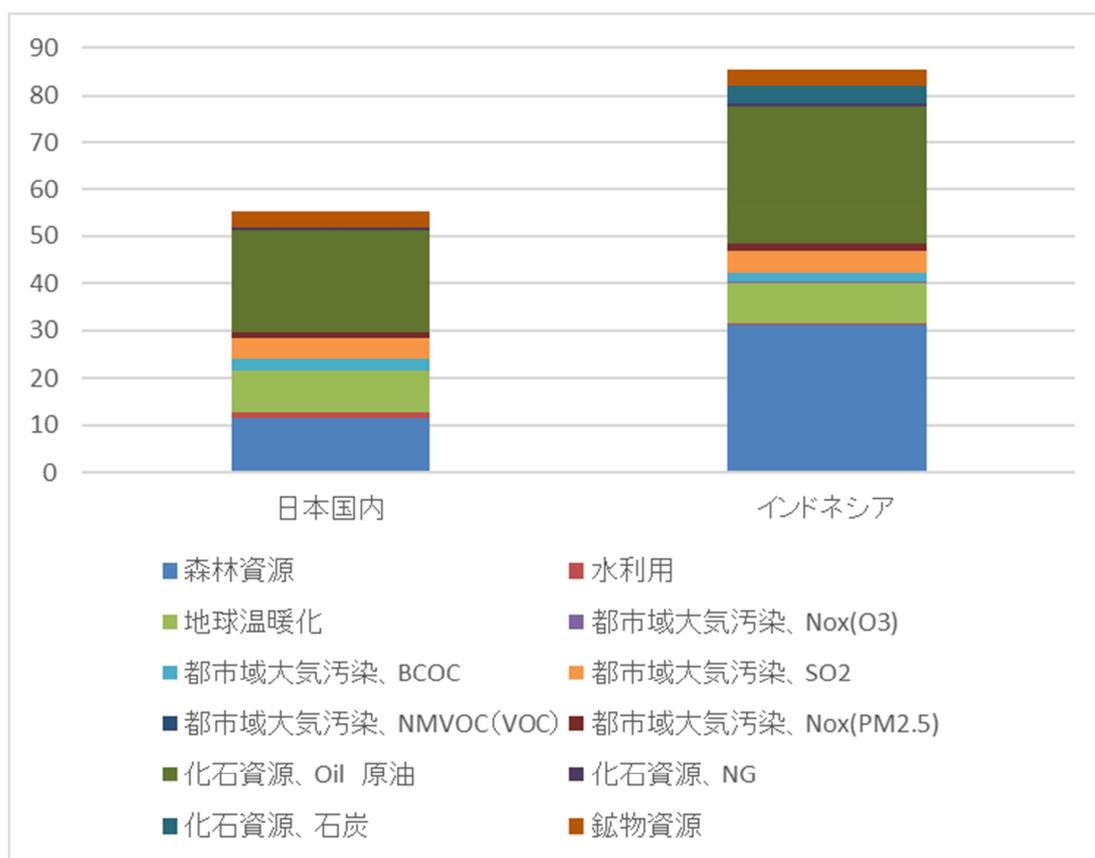


図 5.3-2 日本とインドネシアで製造した用紙を用いた印刷物の統合化結果の内訳 (US \$)

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

日本国内とインドネシアで製造された用紙を用いて、日本国内で印刷物を製造し、日本国内で使用・廃棄される印刷物を対象としてライフサイクル（原材料調達、生産工程、生産、使用・維持管理、廃棄・リサイクル）全体での環境影響の評価を行った。

被害評価については、日本国内で製造された用紙に対して、インドネシアで製造された用紙を用いて、日本国内で印刷物を製造した場合、環境負荷が大きくなった。その原因として、①化石資源（原油と石炭）による社会資産への環境影響、②森林資源による生物多様性への環境影響があった。

被害評価の結果を反映して、統合化では、インドネシアで製造された用紙を用いて、日本国内で印刷物を製造した場合は、日本国内で製造された用紙を用いて、日本国内で印刷物を製造した場合に比べて、1.5倍大きな値になった。

以上より、日本国内で製造された用紙を用いた印刷物のほうは環境影響が低い結果になったが、用紙の再生紙の利用率は日本とインドネシアで異なることが想定されるため、用紙の再生紙の利用率を考慮した評価を行う必要がある。また、インドネシアで製造される用紙に利用される森林や、用紙の製造に関するデータを収集し、実態を理解することが重要である。

### 6.2 限界と今後の課題

対象製品では、インベントリ分析においては、インドネシアでの用紙の製造に関わるデータとしても日本国内のフォアグラウンドデータとバックグラウンドデータを使用した。そのため素材製造に関する影響が過大もしくは過小に評価されている可能性がある。日本国内の用紙の製造に関する情報に関しても、今後、評価の精度を向上させるために、バックグラウンドデータ等のさらなる充実が期待される。具体的には、森林の成長に関わる雨水等を算入した被害評価係数や統合評価係数や、用紙の再生紙や銘柄による原単位などである。

## 謝辞

今回のLIME3研究会での事例研究を進めるにあたり、さまざまなご指導を賜りました工学院大学の稲葉敦教授、東京都市大学の伊坪徳宏教授、産業技術総合研究所の本下晶晴主任研究員、事務局としてサポートいただきました産業環境管理協会の山岸健室長、佐伯順子主査、堀口綾子様はじめ皆様、また本研究会内で多くの貴重なご意見をいただきました参加メンバーの皆様に感謝を申し上げます。

## 著作権について

本成果報告書に掲載されているあらゆる内容の無許可転載・転用を禁止します。  
すべての内容は日本の著作権法及び国際条約によって保護を受けています。

**LCA 日本フォーラム LIME3 活用検討研究会 成果報告書**

発行日 2019年6月11日

発行者 **LCA日本フォーラム 事務局**

一般社団法人産業環境管理協会 LCA 事業推進センター内

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町二丁目2番1号

TEL : 03-5209-7708

E-mail : [lca-project@jemai.or.jp](mailto:lca-project@jemai.or.jp)

URL : <http://lca-forum.org/>