



### <目次>

#### 特集：LIME3 活用検討研究会-Part2 成果報告書

はじめに	2
LCA 日本フォーラム LIME3 活用検討研究会 委員長 稲葉 敦	
事例紹介【概要版】	3
事例紹介【詳細版】	
• 太平洋セメント株式会社	
「世界各国で製造されるコンクリートの環境影響評価」	8
• 株式会社新菱	
「インドネシアにおける オンサイト型排水処理システムの LIME3 による LCA 評価」	16
• 日産自動車株式会社	
「電気自動車の LIME3 評価」	25
• 富士通株式会社	
「5G を活用したオンラインスポーツ観戦の環境影響評価」	33
• 住友化学株式会社、株式会社住化技術情報センター	
「飼料添加物 DL-メチオニンの環境貢献」	46

## ■ はじめに ■

この報告書は、令和元年(2019年)7月に開始したLCA日本フォーラムの「LIME3活用検討研究会-Part2」の参加企業の方々の成果を事例集としてまとめたものです。この研究会の前身である「LIME3活用検討研究会-Part1」は、平成29年(2017年)3月に始まり、令和元年(2019年)6月に参加企業の事例集が発行されています。

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ています。

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ISO14007:2019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の事例は、いずれも参加企業の革新的な製品であり、温室効果ガスに起因する気候変動だけでなく、土地や水資源の利用による人間の健康や社会資産への影響などを総合的に評価しています。これらの事例が端緒となり、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ことを願っています。

2020年5月

LCA日本フォーラム LIME3活用検討研究会 委員長  
一般社団法人日本LCA推進機構 理事長  
稲葉 敦

【太平洋セメント株式会社】

「世界各国で製造されるコンクリートの環境影響評価」

評価実施者：太平洋セメント(株) 中央研究所 桐野裕介

● 評価の目的と製品の特徴

●世界各国で製造されるコンクリートのライフサイクルにおける環境影響をLCAにより評価し、重要な影響領域を把握する。

【コンクリート】



●コンクリートは、セメントと水によって、砂・砂利を固めた材料であり、建設工事等に広く利用される。

●主原料の一つであるセメント製造時のCO<sub>2</sub>排出は、世界全体の排出量のうち、約7%を占めており、非常に注目されている。

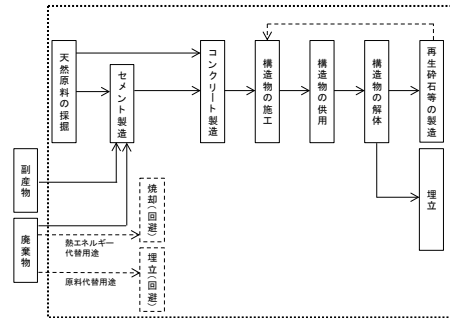
●一方、日本国内では、セメント製造時に他産業等からの廃棄物を多量に活用している。また、解体コンクリートのリサイクル率も非常に高い。

⇒CO<sub>2</sub>排出を含む、多様な影響領域の評価を実施。

● 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コンクリート1m<sup>3</sup>

システム境界：下図の点線内



● 調査方法

<インベントリ分析>

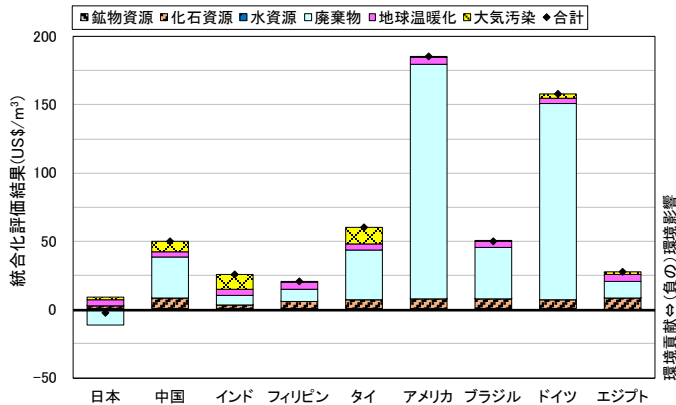
- セメント製造：Global Cement and Concrete Association他
- コンクリート製造～リサイクル・埋立：土木学会(2004)他

<インパクト評価>

- LIME3

● 評価結果

【統合化結果】



- 解体コンクリートの廃棄(埋立)が最も大きくなる国が多い。
- 次いで、化石資源の消費および地球温暖化による影響が大きくなる国が多い。
- 特定の国では、大気汚染による影響に関しても考慮が必要。
- 日本では、解体コンクリートのリサイクル率が非常に高く、また、他産業等の廃棄物を活用していることから、環境貢献の方が大きい。

各国の製造方法、リサイクル体制および環境条件によって、重要な影響領域は異なる

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。

【株式会社新菱】

## インドネシアにおけるオンサイト型排水処理システムの LIME3によるLCA評価

評価実施者：株式会社新菱 金子愛里

### ● 評価の目的と製品の特徴

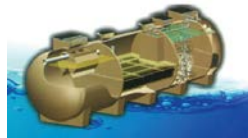
- インドネシアで普及している生活系排水処理設備であるSeptic tank（腐敗沈殿槽）と、日本の浄化槽、それぞれのライフサイクルにおける環境影響を比較評価
- 2つの評価対象設備は、どちらもインドネシアの同じ工場内に設置され、従業員用トイレや手洗い等の生活系排水の処理に用いられている
- 1日の流入量はどちらも一人当たり約2.7L



出展: <https://ahljiasasedotwc.com/tips-membuat-septic-tank-baru-yang-benar/>

#### Septic tank

- 固液分離方式（2層）
- 主な素材はコンクリート



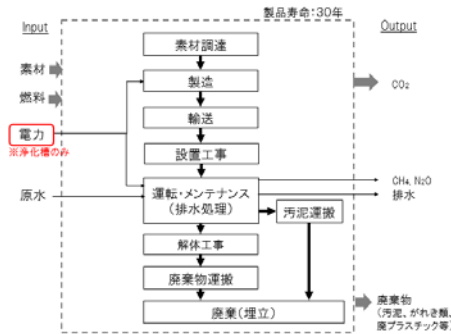
出展: PT DAIKI AXIS INDONESIA

#### 浄化槽

- 固液分離単体流動方式（窒素高度処理型/4槽）
- 主な素材はFRP（本体）とコンクリート（基礎）

### ● 機能単位とシステム境界

機能単位 : 1人当たりの1年間の排水処理  
システム境界 : 素材調達・製造～運転～廃棄まで

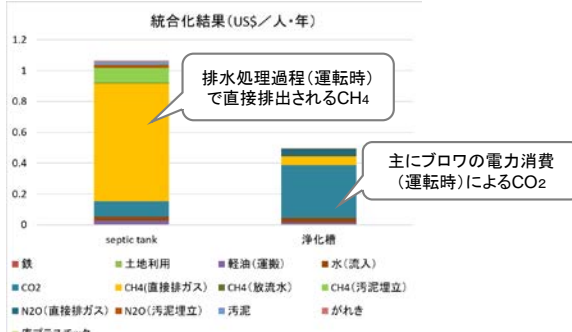


### ● 調査方法

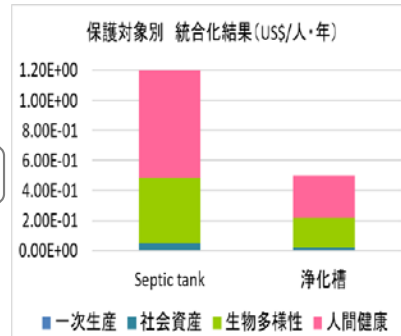
- <インベントリ分析>
  - フォアグラウンドデータ: 実測調査、聞き取り調査
  - バックグラウンドデータ: IDEAv2、文献
- <インパクト評価>
  - LIME3

### ● 評価結果

【統合化結果】



- 統合化の結果、septic tankは浄化槽の約2.4倍影響が大きい
- どちらも運用時の影響が最も大きいですが、Septic tankでは直接排出されるCH<sub>4</sub>、浄化槽では電力消費によるCO<sub>2</sub>発生が主要因



- どちらの設備も人間健康への影響が最も大きく、次に生物多様性。その2つが全体のほとんどを占める。

浄化槽はseptic tankに比べて大幅に環境影響を削減できるが、さらなる負荷軽減にはプロワの省エネが課題

本評価の限界: 限られた実測データを基に算出しているため、より正確な算出にはより多くの実測データが求められる  
対象設備は工場内に設置されており、通常の家とは流入水の量、パターン、水質が異なる

【日産自動車株式会社】

「電気自動車のLIME3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

- 電気自動車の車載バッテリーを自動車として使用した後に、リビルト・リユース・リサイクルする際の環境影響をLCAにより評価し、その環境性能を把握する



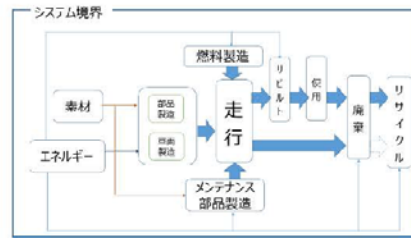
- 40kWh Li-ionバッテリーを搭載した電気自動車
- 車載バッテリーとして使用後、リビルトし他用途に使用
- 対象：セダンタイプの同型ガソリン車、および同容量の新品鉛酸蓄電池

●機能単位とシステム境界

機能単位：自動車1台を10年、10万km使用後、車載バッテリーを蓄電池として5年使用、一部元素をリサイクル

システム境界：

製造、維持、燃料製造、走行、二次利用、廃棄、リサイクルまで



●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

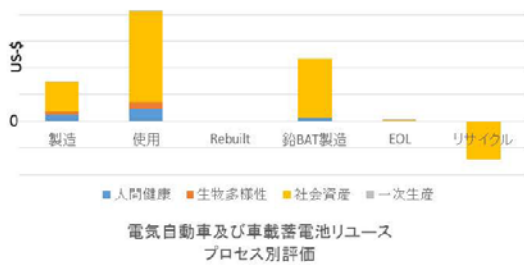
<インパクト評価>

- LIME3

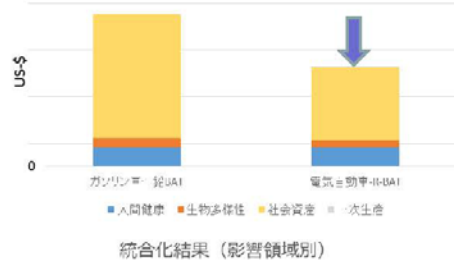
●評価結果

<事例> 車載バッテリー10年使用、その後、フォークリフトバッテリーとして使用し、リサイクル、Ni, Co, Cuを6割回収する。対象として、ガソリン車を10年使用、フォークリフトには鉛蓄電池を使用し、リサイクル、鉛を8割回収する。

【統合化結果(プロセス別)-電気自動車の場合】



【統合化結果(比較)】



- 電気自動車では、製造時の社会資産の影響が大きい。
- ガソリン車・電気自動車ともに、社会資産の影響が大きい。
- リサイクルにより、その影響を差し引くことができる。
- リユース・リサイクルすることで、環境影響を小さくすることができた。

車載バッテリーのリユース・リサイクルは、環境影響を小さくする

本評価の限界：車載LIBバッテリーのリサイクルプロセスおよびリユース時の使用条件等のデータが入手できず、簡略化した前提にて計算した。

【富士通株式会社】

「5Gを活用したオンラインスポーツ観戦の環境影響評価」

評価実施者：富士通株式会社 サステナビリティ推進本部 在原 悟、永野 友子

● 評価の目的と製品の特徴

- 5Gを活用したスポーツ観戦の環境影響、及び影響が大きい領域の抽出、課題明確化
- 効果的な環境影響低減に向けた提案



図1: オンラインスポーツ観戦を支える機器

- MEC\*を活用したライブ映像配信システム
- 家にいながら現地にいるような感覚
- 様々なデータをリアルタイムに入手  
MEC\* (Mobile Edge Computing)  
主に移動通信網において、基地局などに配備したサーバやストレージにデータ処理を行わせることで、コアネットワークの遅延低減や負荷分散を実現する技術

● 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LCAデータ等
  - バックグラウンドデータ：IDEAv2.2、国交省データ
- <インパクト評価>  
LIME3

● 機能単位とシステム境界

機能単位：ラグビー1試合視聴

システム境界：機器の素材～リサイクル・廃棄に加え、人の移動、スタジアムの電力使用量も評価。  
図2の①、②、③、A、Bは、それぞれ下記の評価シナリオに該当。

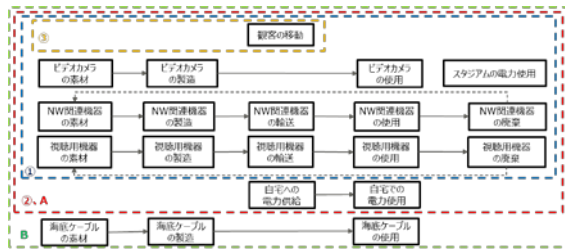


図2: システム境界

【国際試合】

- シナリオ①：従来型の現地観戦
- シナリオ②：従来型の現地観戦+5G活用オンライン観戦  
⇒ 考察シナリオA: シナリオ①と同等の環境影響で視聴できるオンライン観戦者数を推計

【国内試合】

- シナリオ③：従来型の現地観戦@日本  
⇒ 考察シナリオB: シナリオ③と同等の環境影響で視聴できるオンライン観戦者数を推計

● 評価結果

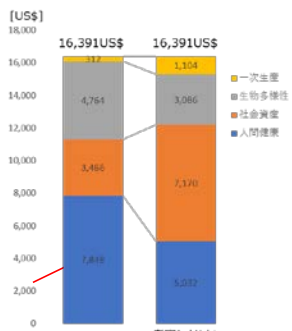


図3: 統合化結果比較(①と考察シナリオA)

国内現地観戦と同等の環境影響で視聴できる国内オンライン観戦者数は、約42万人。(58倍の人が観戦可能)

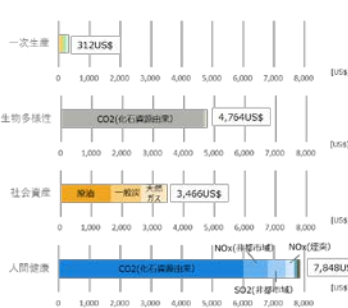


図4: 保護対象別評価結果(シナリオ①)

- 人間健康への影響が7,848US\$で最大
- 鉄道移動におけるCO2(化石資源由来)やSO2排出、飛行機移動におけるNOx(非都市域)排出が主要因

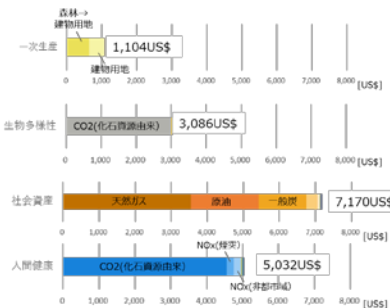


図5: 保護対象別評価結果(考察シナリオA)

- 社会資産への影響が7,170US\$で最大
- オンライン観戦者使用時の電力(電力由来の天然ガス、原油、一般炭)利用量増加が増えたことに伴う、NW機器が主要因

5G活用によって、オンライン観戦による観客の移動抑制は環境負荷低減に効果大、また現地観戦と同等の環境負荷でより多くの人がスポーツ観戦を楽しむことができる。

本評価の限界：推定値を多く使用したため実事例での検証や、観戦方法の違いによる社会的価値の定量化が必要

【住友化学株式会社】

飼料添加物DL-メチオニンの環境貢献

評価実施者: 住友化学株式会社 レスポンシブルケア部 林 真弓  
 株式会社住化技術情報センター 岩倉 和憲、岡本 弘

● 評価の目的と製品の特徴

- SSS (Sumika Sustainable Solutions<sup>®</sup>) 認定製品; 飼料添加物DL-メチオニン「スミメット<sup>®</sup>」の環境貢献を統合・定量的に評価する

※温暖化対策や環境負荷低減などに貢献する住友化学グループの製品・技術を認定する取り組み

- 評価結果を、SSS認定対象の普及・開発に活用



- メチオニンを養鶏飼料に添加することにより、飼料中のアミノ酸バランスを改善、大豆粕等の飼料原料を削減できる
- 飼料中に余剰に含まれていたアミノ酸を削減することにより、排泄窒素とそれに起因するN2Oを低減できる

● 機能単位とシステム境界

機能単位 : 鶏肉1tあたり(鶏1羽【2,500g】からの鶏肉生産量を1,325gに仮定)

システム境界 : 原料調達、および 排泄物処理



● 調査方法

<インベントリ分析>

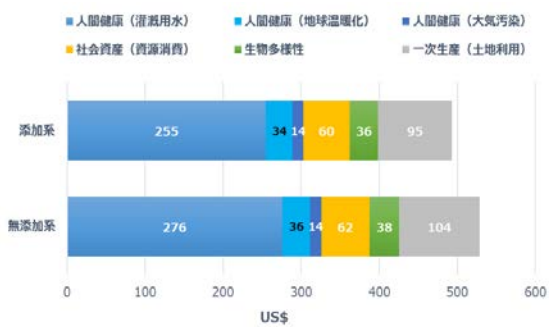
- フォアグラウンドデータ: 当社の製造実績ベース
- バックグラウンドデータ: IDEA v2.3使用

<インパクト評価>

- LIME3 統合化係数 (経済価値評価 IF2、消費国別、G20、割引率3%適用)

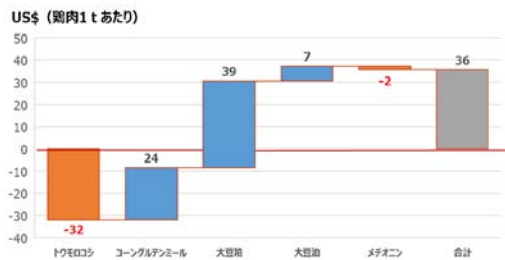
● 評価結果

【統合化結果(保護対象・影響領域別)】



- メチオニン添加によって、灌漑水の低減による人間健康、および土地利用削減による一次生産に係る環境被害の低減効果が大きい

【飼料バランス改善による環境貢献】



- メチオニン添加によるトウモロコシ配合増加による環境負荷増加よりも、大豆粕およびコーングルテンミールの配合量削減による環境貢献が大きく、合計 36 US\$

【排泄物処理時のN2O低減による環境貢献】 1US\$

鶏肉生産におけるメチオニン添加は、主に飼料バランスの合理化による経費削減 + 環境貢献

メチオニンの利用により低減できる排泄窒素に起因する、酸性雨・富栄養化・悪臭問題といった環境負荷低減への貢献量も要検討



# 「世界各国で製造される コンクリートの環境影響評価」

太平洋セメント株式会社 中央研究所 桐野 裕介

## 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

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

### 1.2 報告書作成日

2021 / 05 / 10

## 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コンクリートのライフサイクルにおける環境影響を 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コンクリートに関わる重要な影響領域を把握し、設計・製造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コンクリート 1m<sup>3</sup>を調査対象とした。なお、コンクリートの主要原料の一つであるセメントは、各国で製造される平均的なセメントとし、“純粋な”「ポルトランドセメント」および他産業起源の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用いた。

### 3.2 機能および機能単位

コンクリートは、セメントと水によって、砂・砂利を固めた材料であり、建設工事等に広く利用される。一般的に使用されるコンクリートの 28 日材齢における圧縮強度は、20 - 40 N/mm<sup>2</sup> 程度である。

本評価における機能単位は、コンクリート 1m<sup>3</sup>とした。

### 3.3 システム境界

本評価におけるシステム境界は、天然原料の採掘から、コンクリート構造物の解体・再利用および埋立までとした（図 3.3-1）。また、セメント製造工程にて廃棄物を活用すること



による削減貢献を含めた。

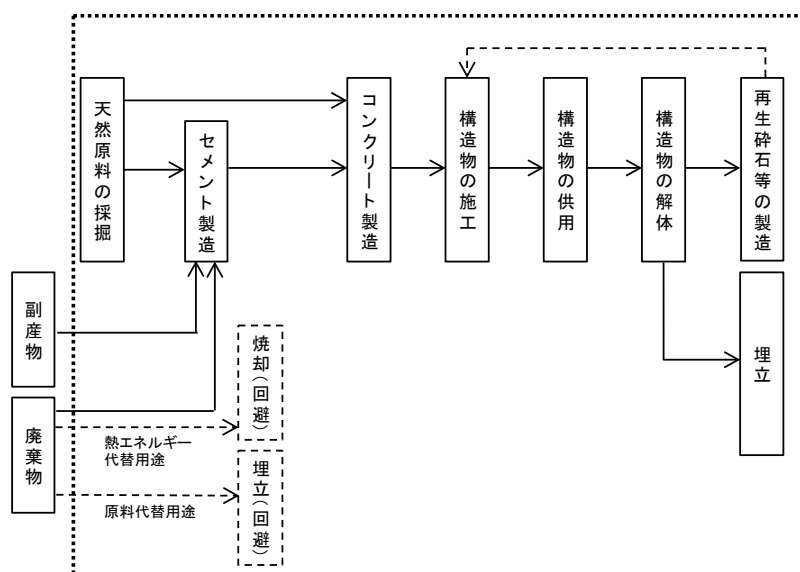


図 3.3-1 コンクリートの主な製品システムおよびシステム境界

### 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。

電力起源の環境負荷に関しては、十分なデータが得られなかったため、評価しなかった。コンクリート製造では、一般的に電力起源の環境負荷は小さい<sup>1)</sup>。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 インベントリデータ

セメントのインベントリデータは、Global Cement and Concrete Association (GCCA) が公表している Getting the Numbers Right<sup>2)</sup> の値を主に用いた。日本で製造されるセメントに関しては、日本のセメント協会の 2016 年のデータ<sup>3)</sup> を用いた。また、中国で製造されるセメントに関しては、文献値<sup>4)</sup> を用いた。公開されていないデータに関しては、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>5)</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%）を用いて日本と中国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>6)</sup> で除することによって求めた。日本と中国以外の国の NOX, SOX, ばいじんの排出量は、GCCA の所属企業が 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 NOX 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。

コンクリート製造以降の工程におけるインベントリデータは、解体コンクリートのリサイクル率を除き、土木学会 1) のケーススタディを一律に用いた。コンクリートの配合は、水 = 165 kg/m<sup>3</sup>、セメント = 300 kg/m<sup>3</sup>、砂（細骨材） = 800 kg/m<sup>3</sup>、砂利（粗骨材） = 1050 kg/m<sup>3</sup> である。なお、評価はコンクリートのみを対象とし、鉄筋は評価対象から除いた。解体コンクリートのリサイクル率に関しては、文献データ<sup>7,8)</sup> を参考に国ごとに設定し、リサイクル率に応じて廃棄(埋立て)およびリサイクルのインベントリデータの重み付けを行い、その合計値を用いた。

#### 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 に世界各国で製造されるコンクリー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。

表 4.2-1 コンクリートの LCI 分析結果の概要（単位 (kg/m<sup>3</sup>)）

		日本	中国	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
消費 負荷	鉱物資源	2187	2239	2177	2260	2277	2283	2216	2223	2276
	化石資源	46	45	46	52	51	56	45	33	59
	水資源	165	165	165	165	165	165	165	165	165
環境 排出 負荷	廃棄物*	-52	1736	1725	1723	1722	911	1724	888	1722
	CO <sub>2</sub>	262	249	238	269	280	295	246	217	295
	NO <sub>x</sub>	1.107	1.151	1.064	1.104	1.131	1.142	1.075	1.070	1.143
	SO <sub>x</sub>	0.075	0.079	0.120	0.128	0.134	0.138	0.122	0.123	0.136
	ばいじん	0.051	0.061	0.058	0.060	0.061	0.061	0.059	0.058	0.062

\* 廃棄物の排出を正の値、活用を負の値とした。

## 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、統合化評価を実施し

た。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活用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>2)</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、本評価が対象とした材料では配分方法による差異が非常に大きいことから、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

図 5.2-1～図 5.2-4 に 4 つの保護対象ごとの統合化評価結果を示す。人間健康に関しては、全ての国で地球温暖化の影響が大きく、また、中国、インドおよびタイでは大気汚染による影響が大きかった。これらの国では、大気汚染物質の拡散範囲に居住する人口が多いため、合計の健康被害がその人口に比例して大きく評価された。社会資産への影響は、廃棄物の影響が大きい国が多く、次いで、化石資源の影響が大きかった。廃棄物の影響が特に大きいアメリカおよびドイツでは、解体コンクリートのリサイクル率は比較的高いものの、埋立処分におけるユーザーコストが非常に大きいと推定されていることから、結果として環境影響が大きくなった。ただし、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。一次生産への影響は、廃棄物および鉱物資源が大きい国が多かった。また、生物多様性に関しては、全ての国で地球温

暖化の影響が大きく、一部の国では廃棄物の影響も確認された。一次生産および生物多様性への廃棄物の影響は、各国の解体コンクリートのリサイクル率および被害係数の両者の差が原因であった。

図 5.2-5 に各国で製造されたコンクリートの統合化結果を示す。影響領域ごとに見た場合、廃棄物の埋立てによる環境影響が最も大きい国が多く、次いで、影響の大きかった領域は、化石資源の消費および地球温暖化であった。また、中国、インドおよびタイでは、大気汚染による影響が大きくなった。鉱物資源および水資源の消費による環境影響は全ての国において小さかった。一方、日本では、解体コンクリートのリサイクル率が非常に高いことから、廃棄物の埋立てによる負の環境影響は小さく、また、セメント製造時における廃棄物活用量が多いことから、環境貢献の方が大きくなった。

図 5.2-6 に工程別の環境影響の内訳を示す。セメント製造工程では、地球温暖化による環境影響が大きく評価された。施工・解体工程においては、化石資源消費による環境影響が大きく評価された。これは、石油（軽油）の使用量が多いことが原因である。石油は資源価値が高く、また、可採年数も少ないことから、被害係数が大きい。そのため、石油を使用する施工・解体工程は、石炭を使用するセメント製造工程と比較して、化石資源消費による環境影響が相対的に大きくなった。また、中国、インドおよびタイでは、大気汚染による影響が大きくなった。廃棄・リサイクル工程においては、上述の通り、解体コンクリートの埋立てによる環境影響が非常に大きくなった。

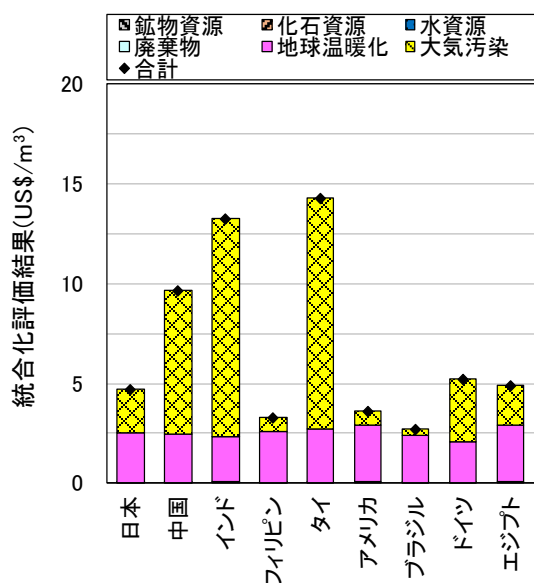


図 5.2-1 統合化評価結果（人間健康）

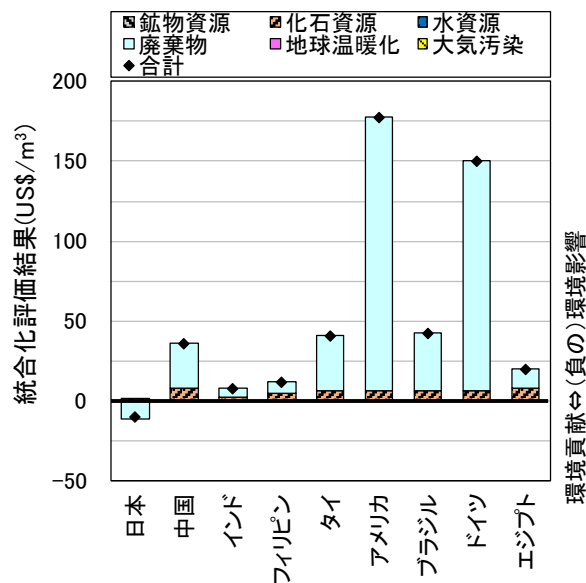


図 5.2-2 統合化評価結果（社会資産）

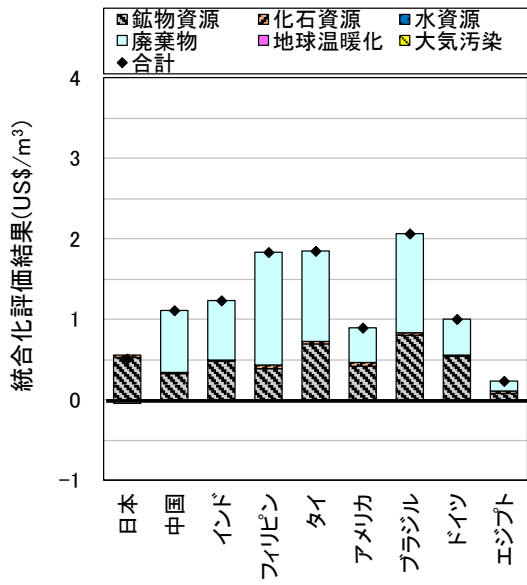


図 5.2-3 統合化評価結果（一次生産）

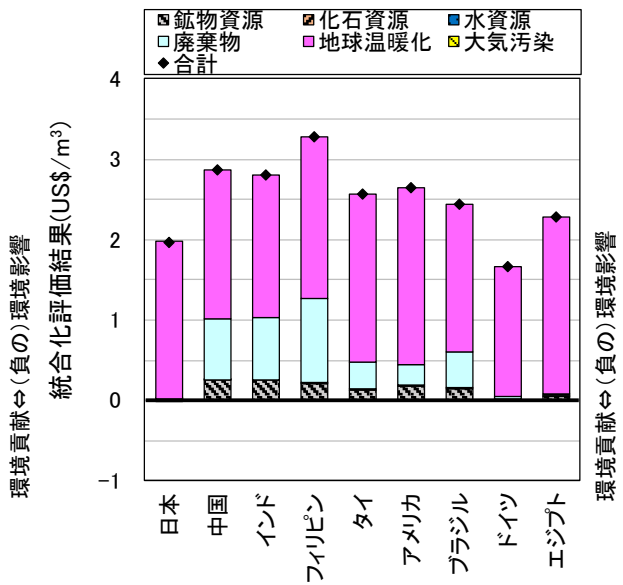


図 5.2-4 統合化評価結果（生物多様性）

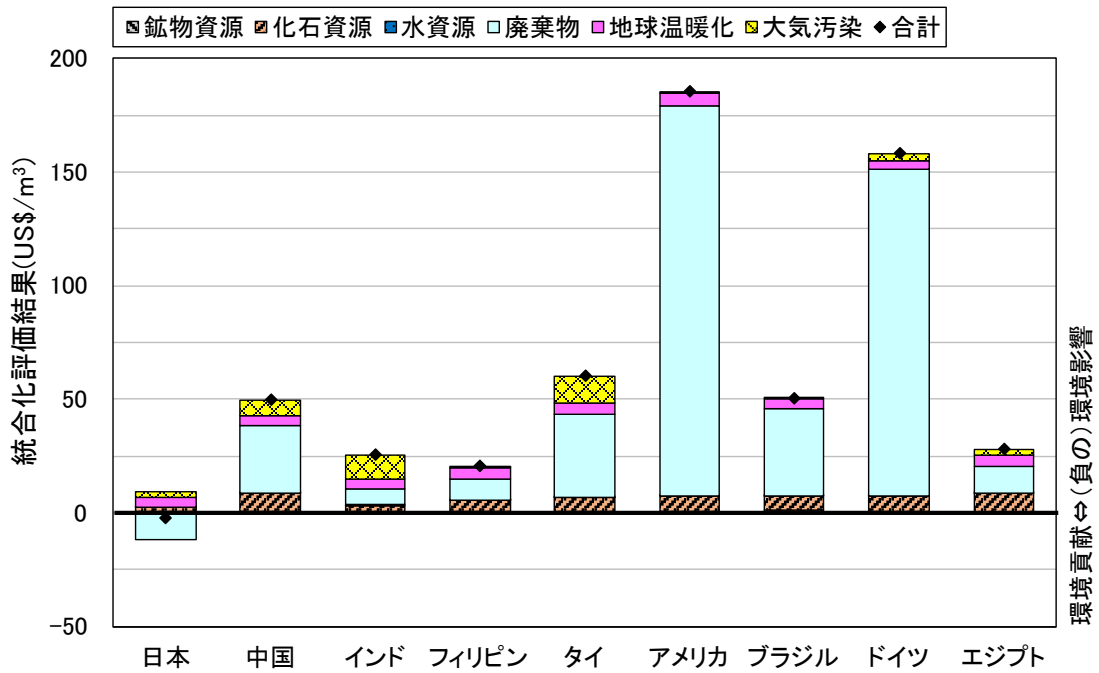


図 5.2-5 統合化結果（全保護対象）

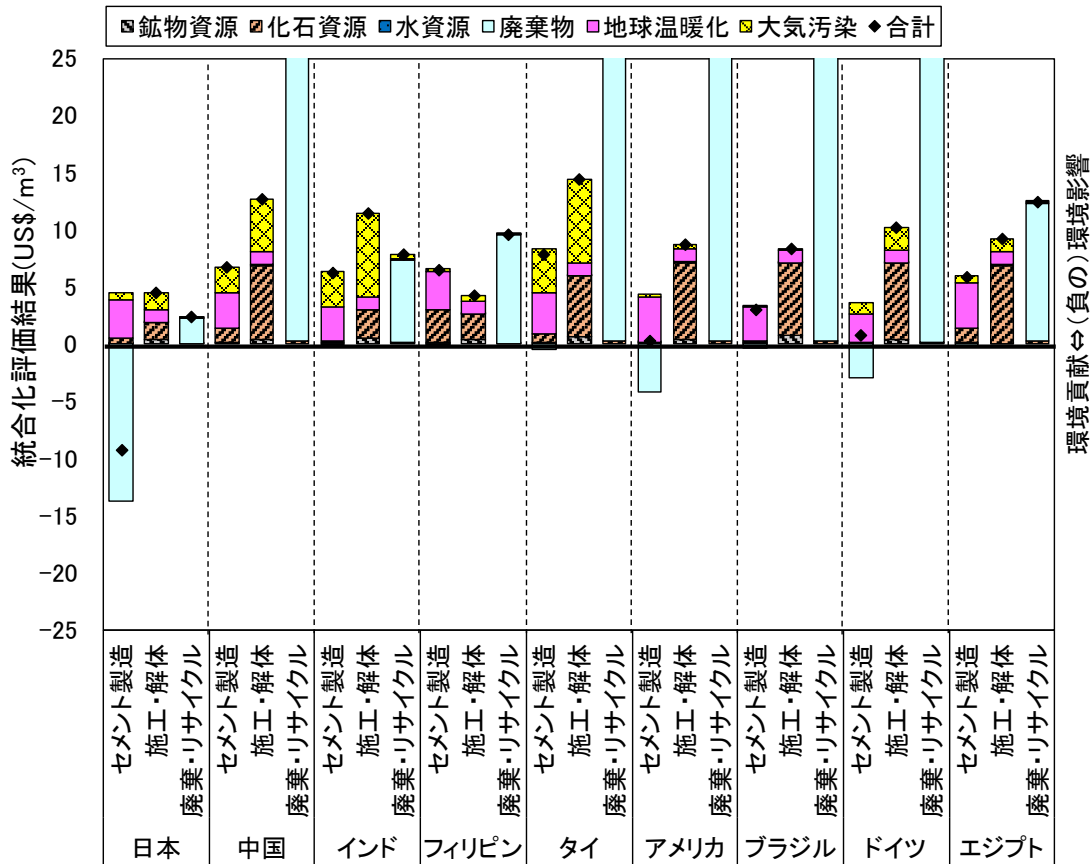


図 5.2-6 統合化結果 (工程別, 拡大)

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

世界各国で製造されるコンクリートを対象として、ライフサイクルにおける環境影響を評価した。その結果、解体コンクリートの廃棄(埋立)が最も大きくなる国が多く、次いで化石資源の消費および地球温暖化による影響が大きくなる国が多かった。また、特定の国では、大気汚染による影響に関しても大きくなる傾向にあった。一方、日本では、解体コンクリートのリサイクル率が非常に高く、また、他産業等の廃棄物を活用していることから、環境貢献の方が大きくなった。以上より、注目されやすい地球温暖化だけではなく、各国の製造方法、リサイクル体制および環境条件を考慮し、総合的な観点から、環境影響の低減を進めていく必要があることが判明した。

### 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。主要セメントメーカーの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。

## 参考文献

- 1) 土木学会 (2004) : コンクリート技術シリーズ 62 コンクリートの環境負荷評価 (その2)
- 2) Global Cement and Concrete Association : Getting the Numbers Right,  
<https://gccassociation.org/gnr/>
- 3) 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/jg1i\\_01.pdf](http://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jg1i_01.pdf)
- 4) Chen et al. (2015) :  
The International Journal of Life Cycle Assessment vol. 20, pp. 117-127
- 5) Gartner and Hirao (2015) : Cement and Concrete Research, No.78, pp.126-142
- 6) IPCC (2006) : Guidelines for national greenhouse gas inventories
- 7) Xi et al. (2016) : Nature geoscience, Vol. 9, pp.880-883
- 8) 国土交通省 (2012) : 建設副産物実態調査結果



# 「インドネシアにおけるオンサイト型 排水処理システムの LIME3 による LCA 評価」

株式会社新菱 経営企画室 金子 愛里

## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関：株式会社新菱 経営企画室

名前：金子 愛里

連絡先：kaneko.airi@ma.mitsubishichem-hd.co.jp

### 1.2 報告書作成日

2021 / 05 / 12

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

インドネシアの工場における従来式の生活系排水処理システムである septic tank（腐敗沈殿槽）と、日本の排水処理技術である浄化槽のライフサイクルにおける環境影響を LIME3 で評価し、比較する。

### 2.2 調査結果の用途

septic tank と浄化槽それぞれの環境影響を明らかにし、企業における生活系排水処理システムの選定や、製品の設計・開発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

インドネシアで製造、使用、廃棄される一般的な構造の septic tank 1 台、および PT DAIKI AXIS INDONESIA 社製の浄化槽（BJ-30 型）1 台（図 3.1-1）。2つの対象設備は、どちらもインドネシアの同じ工場敷地内に設置され、従業員用トイレからのし尿や手洗い後の排水等の処理に用いられている。それぞれ別のトイレに接続されているが、気候、原水の水質や流入パターンはほぼ同じ条件である。

対象システム	処理能力 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	容量 ( $\text{m}^3$ )	平均流入量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	使用人数 (人)	一人あたりの流入量 ( $\text{L}/\text{日}$ )	処理システム
septic tank	-	7.22	0.44	164	2.65	固液分離
浄化槽	30.00	21.04	0.97	357	2.71	固液分離担体流動方式 (窒素高度処理型)

図 3.1-1 対象設備の概要



### 3.2 機能および機能単位

一人当たりの一年間の排水処理とする。

### 3.3 システム境界

素材調達、製造、運搬、運用、廃棄段階まで（図 3.3-1、図 3.3-2）。

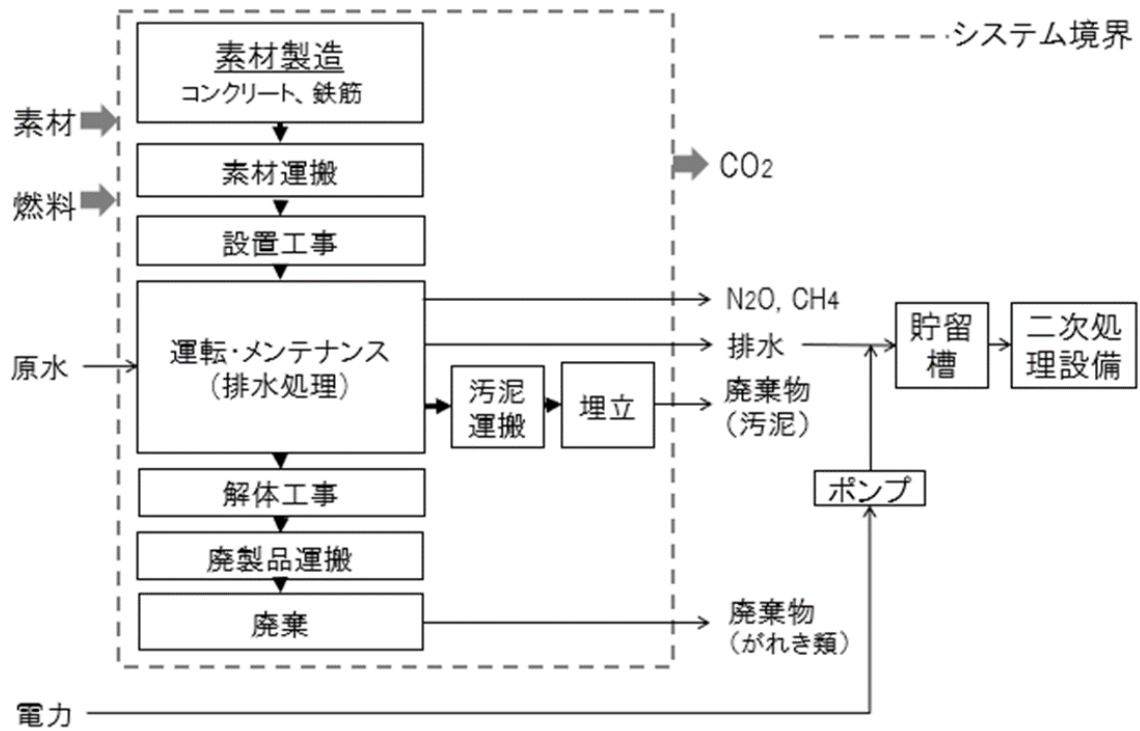


図 3.3-1 septic tank のシステム境界

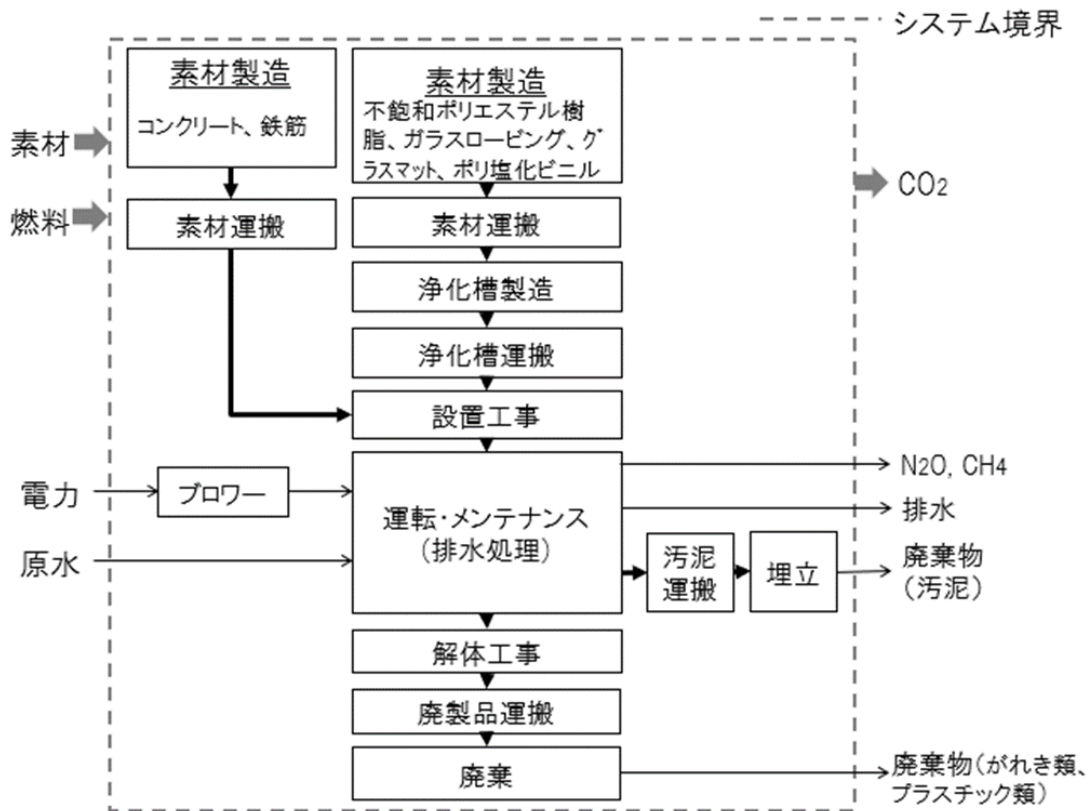


図 3.3-2 浄化槽のシステム境界

### 3.4 特記事項 (除外したプロセス・項目等について)

本調査では、処理後の排水が自然界に流出することによる環境影響については、算定対象範囲に含めない。また一般的な septic tank の構造では、槽内水が地下に浸透している可能性があるが、その実態把握は困難であるため、放流量を流入量とし、地下浸透している汚水については調査対象に含めないこととした。

調査対象の septic tank の処理水は基準を満たしていないため、実際には septic tank での処理後、ポンプで引き揚げられ、工場内の中央排水処理設備にて二次処理が行われている。しかしインドネシア全土では二次処理が行われるケースが少ないため、本調査では septic tank の処理水がそのまま環境に排出されると仮定した。したがって septic tank のポンプによる消費電力及び二次処理設備は評価対象外とした。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

浄化槽の素材・資源・エネルギーの投入量については、過去の調査結果<sup>1)</sup>を引用した。Septic tank 及び浄化槽の運用時の CH<sub>4</sub> 及び N<sub>2</sub>O 排出量、排水の BOD 含有量、汚泥を含む廃棄物発生量については、同調査<sup>1)</sup>における実測データを採用した。

### 4.2 バックグラウンドデータ

Septic tank の素材・資源・エネルギー投入量については、過去に実施した現場での対象

設備の実寸と、一般的な製造工程に関する文献・聞き取り調査結果を引用した<sup>1)</sup>。GHG 排出係数は文献<sup>1)・2)</sup> および IDEA ver.2<sup>3)</sup> を参照した。

#### 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, 表 4.3-2 に septic tank と浄化槽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。

表 4.3-1 septic tank の LCI 分析結果

ステージ	項目	使用量 (槽あたり)	活動量 (/人・年)	
Input	素材調達	セメント	957.00 kg	
		レンガ	828.57 個	
		鉄筋	112.00 kg	
	素材運搬	軽油	157.02 (トン x km)	0.04 (トン x km)
		施工	軽油	22.72 L
	運転・メンテナンス	軽油		0.00 (トン x km)
		水(流入)		0.43 m3
		水(希釈)		2.23 m3
		土地利用		0.001 m2
	廃棄	軽油	157.02 (トン x km)	0.03 (トン x km)
Output	大気への放出	CO2	5.71 kg-CO2	
		CH4(運転時排ガス)	1.60 kg-CH4	
		CH4(運転時放流水)	0.01 kg-CH4	
		CH4(汚泥埋立)	0.20 kg-CH4	
		N2O(運転時排ガス)	0.0004 kg-N2O	
		N2O(汚泥埋立)	0.0046 kg-N2O	
	水域への放出	BOD(放流水)	0.10 kg	
廃棄物	汚泥		1.50 kg-DS	
	がれき類	3,140.43 kg	0.64 kg	

表 4.3-2 浄化槽の LCI 分析結果

ステージ	項目	活動量 (槽あたり)	
Input	素材調達	不飽和ポリエステル樹脂	1,835.00 kg
		ガラスローピング	406.00 kg
		グラスマット	145.00 kg
		ポリ塩化ビニルPVC	35.00 kg
		セメント	3,921.50 kg
		鉄筋	96.91 kg
	素材運搬	軽油	321.97 (トン x km)
	製造	電力	1,350.00 kWh
	製品運搬	軽油	32.67 L
	施行	軽油	11.36 KL
	運転・メンテナンス	電力	
		塩素(次亜塩素酸カリウム)	
		軽油	
水(流入)			
廃棄	土地利用		
	軽油	83.71 (トン x km)	
Output	大気への放出	CO2	
		CH4(運転時排ガス)	
		CH4(運転時放流水)	
		CH4(汚泥埋立)	
		N2O(運転時排ガス)	
		N2O(汚泥埋立)	
	水域への放出	BOD	
	廃棄物	汚泥	
		がれき類	4,018.4 kg
		廃プラスチック類	80.70 kg

## 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。

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）	○
森林資源諸費	—
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）の比較を示す。すべての保護対象において septic tank は浄化槽よりも環境影響が2倍以上大きい結果となったが、septic tank、浄化槽それぞれの主な要因は異なる。人間健康と生物多様性においては、septic tank では運転時に排水の処理過程で直接ガスとして排出されるCH<sub>4</sub>が全体の約60%を占めた。一方、浄化槽では運転時のブロワの電力消費によるCO<sub>2</sub>排出が主な要因となった（全体の約36%）。一次生産および社会資産においては、septic tank の運転時に排出される汚泥による影響が、浄化槽と比べて顕著に大きく表れた。

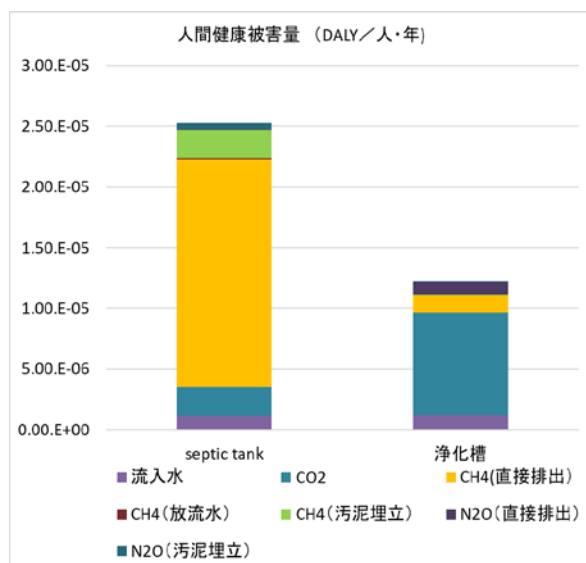


図 5.2-1 被害評価結果（人間健康）

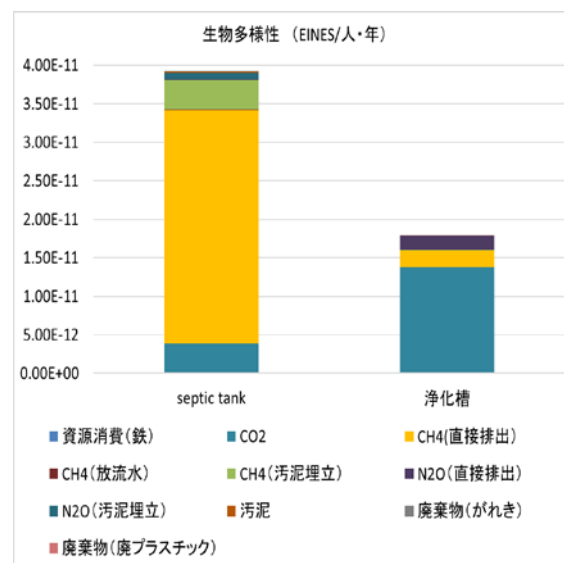


図 5.2-2 被害評価結果（生物多様性）

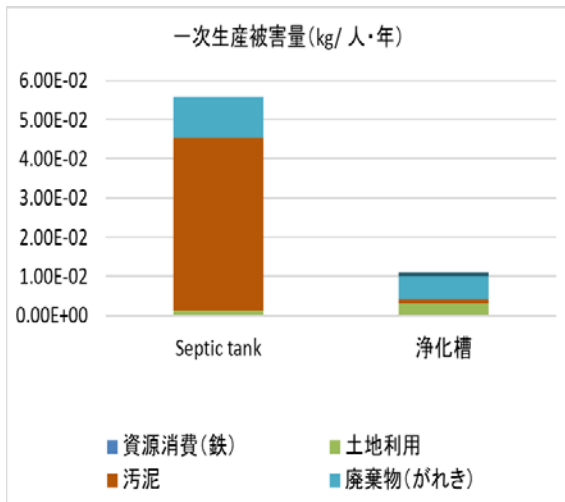


図 5.2-3 被害評価結果（一次生産）

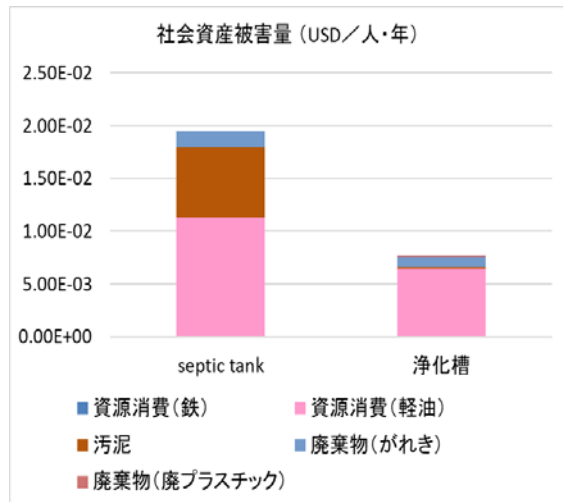


図 5.2-4 被害評価結果（社会資産）

また図 5.2-5 にウォーターフットプリント（インベントリ）の比較を示す。水質分析の結果<sup>1)</sup>、調査対象の septic tank からの放流水に含まれる BOD 量は平均 106 mg/L であり、インドネシアの水質排出基準（30 mg/L 以下）<sup>4)</sup> を超過している。一人当たりの実際の流入量は、septic tank、浄化槽ともに約 2.7L と同量であるが、仮に BOD 量を基準値まで希釈するために必要な水を含めると、一人当たりの汚水処理には浄化槽の約 6 倍の水を要することになる。この仮定の希釈水を含めた人間健康への被害量を図 5.2-6 に示す。希釈水は全体の約 2 割を占めることになり、ある程度の影響があるといえる。ただし一般的には仮定の希釈水は算定に含めないため、本研究では参考のみとする。

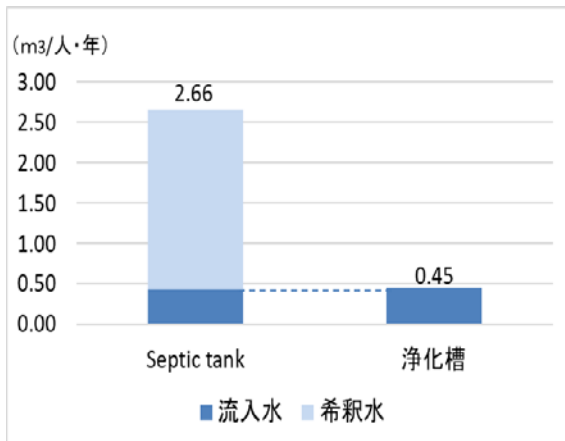


図 5.2-5 ウォーターフットプリント（インベントリ）

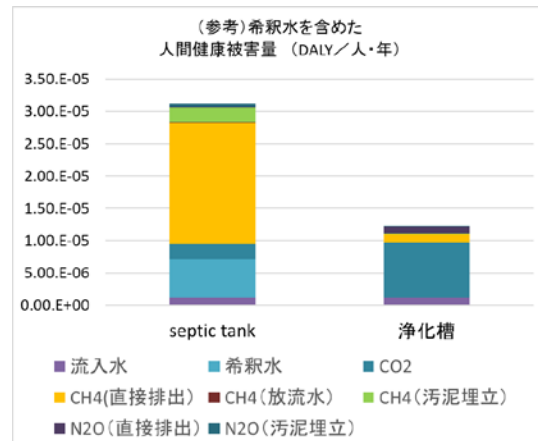


図 5.2-6 希釈水を含めた被害評価結果（生物多様性）

### 5.2.2 統合化

図 5.2-7 に septic tank、浄化槽の統合化結果（物質別）、図 5.2-8 に統合化結果（保護対象別）の比較を示す。ライフサイクル全体の環境影響では、septic tank は浄化槽の約 2.4 倍大きい結果となった。それぞれの環境影響の主な要因は異なり、septic tank では運転時

に直接排出される CH<sub>4</sub> (約 64%)、浄化槽では運転時のブロワ使用電力による CO<sub>2</sub> 排出 (約 42%) が主な要因となった。保護対象別内訳をみると、どちらの対象設備においても人間健康と生物多様性の2つがほとんど全体を占め、人間健康が最も大きかった。

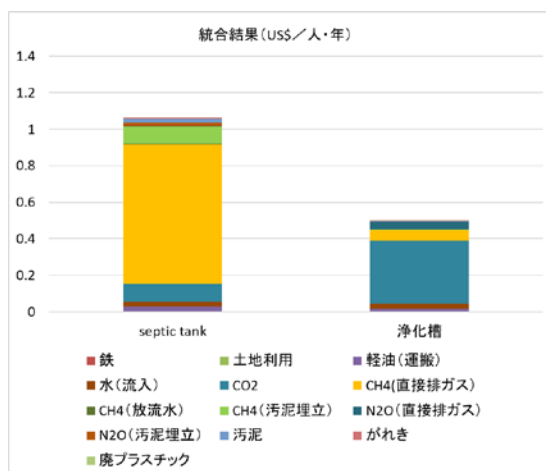


図 5.2-7 統合化結果

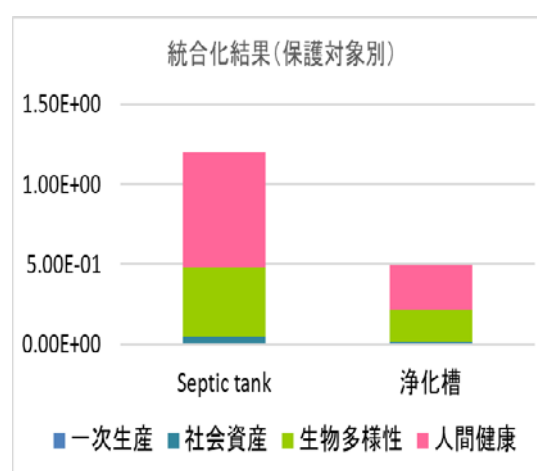


図 5.2-8 統合化結果 (影響領域別)

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

インドネシアの工場に設置された septic tank と浄化槽を対象としてライフサイクル全体での環境影響の評価を行った。どちらも運用時の環境影響が最も大きい。septic tank では直接排出される CH<sub>4</sub> が全体の約 64%、浄化槽では電力消費による CO<sub>2</sub> 発生が約 42% と、主な要因が異なった。本調査では、インドネシアの工場において生活系排水処理システムとして浄化槽を導入すると、従来式の septic tank に比べて環境影響を約 60%削減できるという結果になった。一方で、さらなる浄化槽の環境影響の削減にむけては、ブロワの省エネ化等による運転時の消費電力の削減が求められる。

### 6.2 限界と今後の課題

Septic tank の環境影響の主な要因である CH<sub>4</sub> 発生量は、メンテナンス状況、流入水質、水量等により変動し得るが、現地では比較できる実測データが不足している。今回は単発調査のデータを用いているが、一般性を高めるためにはより多くの実測データが求められる。また本調査の対象システムは工場に設置されており、一般家庭とは流入量、水質、流入パターンが異なるため、住宅に設置された浄化槽や下水処理場に関する既往データとの単純比較はできない。

また septic tank から基準値を超えた排水が土壌や河川に放流されることにより、富栄養化等の環境被害を及ぼしていると考えられる。本調査ではこれらの被害を調査対象外としたが、ライフサイクル全体の被害量把握のためにはこれらを含めた評価ができることが望ましい。

### 参考文献

- 1) 金子, 松本, 蛭江(2019): インドネシアの工場におけるオンサイト型生活排水処理システムのライフサイクルアセスメントによる環境効率比較, 日本 LCA 学会誌, Vol.15, No.2, pp.188-198
- 2) Institute for Global Environmental Strategies (2017): IGES List of Grid Emission Factors, Update version 9.2
- 3) 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(2017): Inventory Database for Environmental Analysis (IDEA), v2.1.3
- 4) The Ministry of Environment and Forestry, the Republic of Indonesia (2016): Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, 11





# 「電気自動車の LIME3 評価」

日産自動車株式会社 総合研究所 磯部 真弓

## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関: 日産自動車(株) 総合研究所

名前: 磯部 真弓

連絡先: m-isobe@mail.nissan.co.jp

### 1.2 報告書作成日

2021/05/26

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

電気自動車を使用した後に、車載バッテリーをリビルト・リユース・リサイクルするというライフサイクルを通じた環境影響を LCA により評価し、その環境性能の効果を把握する。

### 2.2 調査結果の用途

電気自動車を自動車として使用した後、車載バッテリーをリビルト・リユース・リサイクルするまでの環境性能を把握し、それらが存在していない場合のベースラインを考慮して環境影響の効果を明確に示す。

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

日本国内で製造、使用、廃棄される 40kWh の車載バッテリーを搭載したセダン型電気自動車 1 台 (車両重量: 1510kg)、さらに、自動車として使用後に車載バッテリーをリユースして他用途に使用し、リサイクルするまでを含める。

具体的には、電気自動車を日本において 10 年 10 万 km 走行したのち、車載バッテリーを外して再調整、フォークリフトの蓄電池としてリビルトし 5 年間使用する。また、リユースした後は、一部材料をリサイクルする。

対象とするプロセスでは、ガソリン車を日本において同様に使用した後、廃車、一方で、フォークリフト用蓄電池として鉛酸蓄電池を新規に製造し、5 年間使用する。鉛酸蓄電池の 8 割の鉛を材料リサイクルする。

### 3.2 機能および機能単位

自動車 (電気自動車およびガソリン自動車) 1 台が、10 年間、総走行距離 10 万 km 走

行したのち、電気自動車の車載バッテリーはリビルト・リユースされ、蓄電池として5年間使用する。

### 3.3 システム境界

修正案：製造、維持、燃料製造、走行、二次利用、廃棄、リサイクルまで（図 3.2-1）。

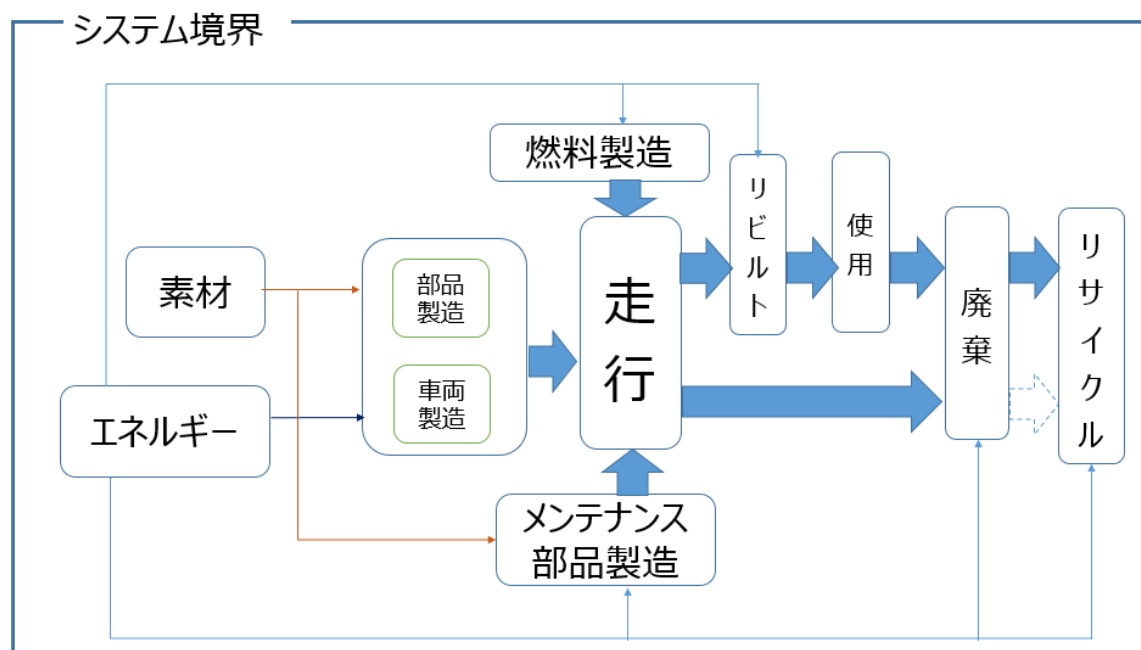


図 3.2-1 システム境界

### 3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

廃車後の自動車は鉄・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、廃車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、燃料製造にかかわる工場・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。

一方で、車載バッテリーは素材を再利用することを目的に、乾式、湿式、ダイレクトリサイクル等、様々なリサイクルプロセスが検討され、より高効率なプロセスが研究・開発されている。今回は、仮の前提をおいて試算し、プロセスに係るエネルギー量および資源回収量についてのみ評価に含めた。

走行段階については日本国内での平均的な使用を仮定しており、地域ごとの走行条件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

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。

鑄造・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モード燃費を使用した。

リビルト段階については、フォーアールエナジー工場内のエネルギー使用量から、1台あたりのリビルト用エネルギー量を推定した。

フォークリフトでは、30kWh分の蓄電池が必要とし、車載蓄電池はそのまま、鉛酸蓄電池を新たに製造する際の環境負荷を推定して加算した。また、使用段階については、どちらの蓄電池も同じとして、評価対象から除いた。

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。

#### 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9.4<sup>2)</sup>を利用した。

使用した系統電力の割合を図4.2-1に、系統電力のインベントリを、表4.2-1に示す。

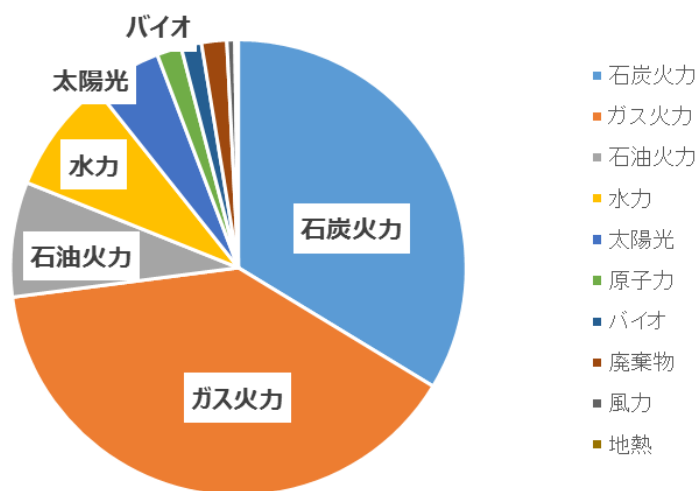


図 4.2-1 系統電力の割合

表 4.2-1 電力のインベントリ

	Unit	系統電力
GWP	kg-CO2e/kWh	0.662
PM2.5	kg/kWh	2.3E-05
SO2	kg/kWh	3.0E-04
NOx	kg/kWh	7.7E-04
NM VOC	kg/kWh	8.9E-05
Blue water consumption	kg/kWh	2.7E+00

## 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	リビルト	リユース	リサイクル	
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	○							○
		コバルト	○							○
		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	○	○	○	○	○	○	○	
		NMVOC	○	○	○	○	○	○	○	
		NOx	○	○	○	○	○	○	○	
		PM10	○	○			○	○	○	
		PM2.5	○	○			○	○	○	
		SOx	○	○	○	○	○	○	○	
	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、入力について、消費国ベースを使い、入出力どちらも、G20 対象の人口重みづけとした割引率 3%の値を使用した。

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

電気自動車およびガソリン車の製造・使用・廃棄に関する被害評価は、前報<sup>3)</sup>に記載がある。ここでは、今回検討した2つの評価範囲におけるプロセス別の内訳を図5.2-1～図5.2-4に示す。いずれの被害評価においても、電気自動車と車載蓄電池リユースの場合、電気自動車における製造段階の被害が大きかった。一方で、対象としたガソリン車と新たに鉛酸蓄電池を製造する場合は、人間健康被害と生物多様性被害では自動車走行段階の影響が大きいが、社会資産被害、一次生産被害では鉛酸蓄電池製造に伴う影響が大きくなることがわかった。また、蓄電池をリサイクルすることにより、社会資産被害および一次生産被害を小さくできることがわかった。

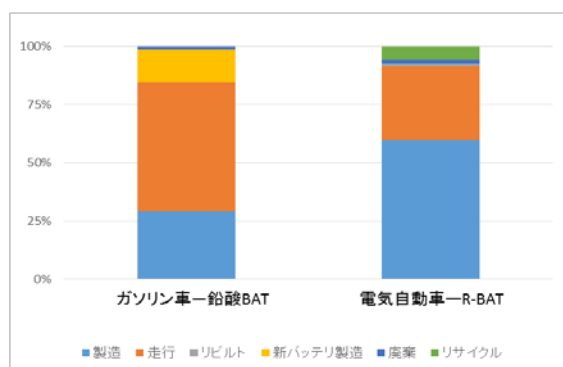


図 5.2-1 プロセス別人間健康被害評価結果

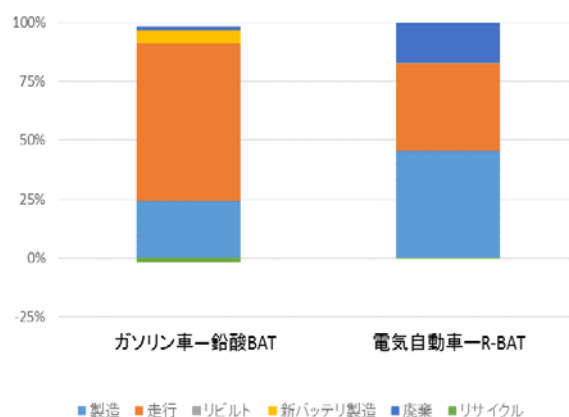


図 5.2-2 プロセス別生物多様性被害評価結果

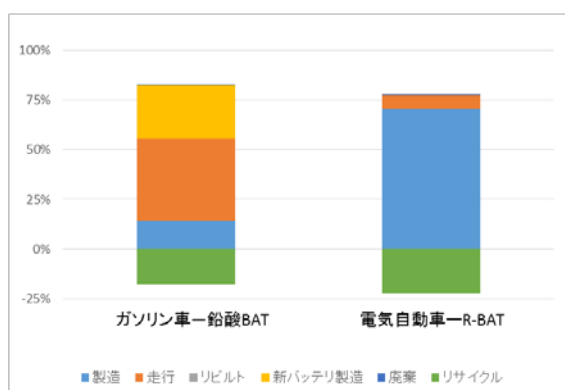


図 5.2-3 プロセス別社会資産被害評価結果

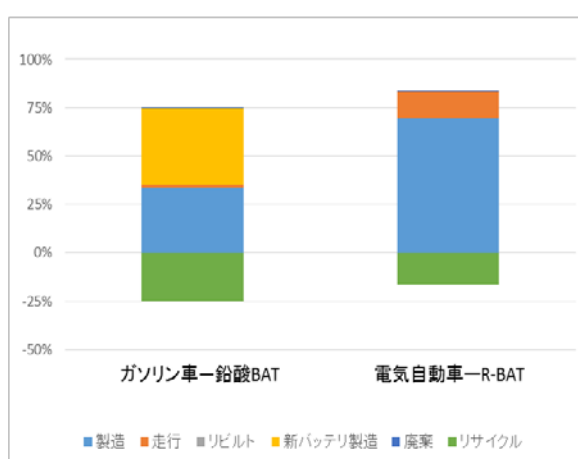


図 5.2-4 プロセス別一次生産被害評価結果

図 5.2-5~6 に電気自動車と車載蓄電池リユースの場合とガソリン車と新たに鉛酸蓄電池を製造する場合のプロセス別被害をそれぞれについて示す。

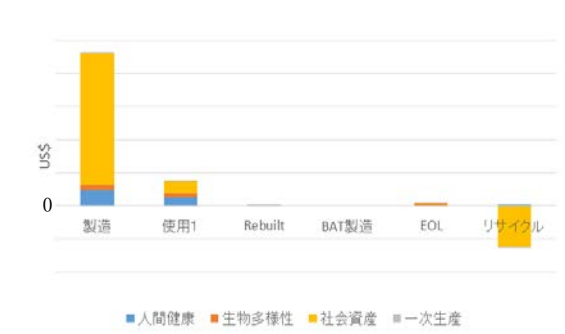


図 5.2-5 電気自動車及び車載蓄電池リユースプロセス別評価

図 5.2-5 電気自動車及び車載蓄電池リユースプロセス別評価

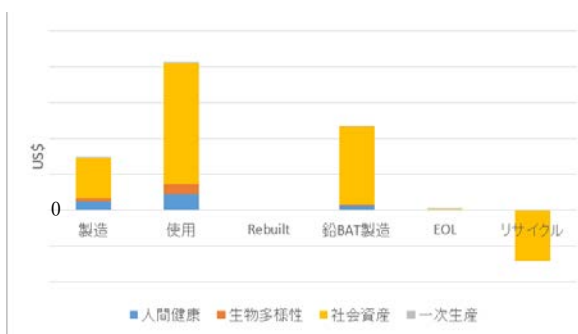


図 5.2-6 ガソリン車及び新鉛酸蓄電池プロセス別評価

図 5.2-6 ガソリン車及び新鉛酸蓄電池プロセス別評価

ライフサイクル全体の評価としては、どちらの場合も社会資産の評価が大きい。また、リサイクルの効果として、社会資産の影響低減に貢献できることも確認された。

### 5.2.2 統合化

また、図 5.2-7 にはプロセス別の内訳を、図 5.2-8 には影響領域別の内訳を示す。図 5.2-7 より、プロセス別では電気自動車および車載蓄電池リユースでは、電気自動車製造の影響が大部分を占めるが、ガソリン車及び新鉛酸蓄電池では使用(=走行)と鉛酸蓄電池の製造の影響が大きいことがわかる。また、図 5.2-8 より、影響領域別では、どちらの場合も社会

資産の影響が大きいことがわかる。また、蓄電池を材料リサイクルすることで、社会資産への影響が小さくなった。

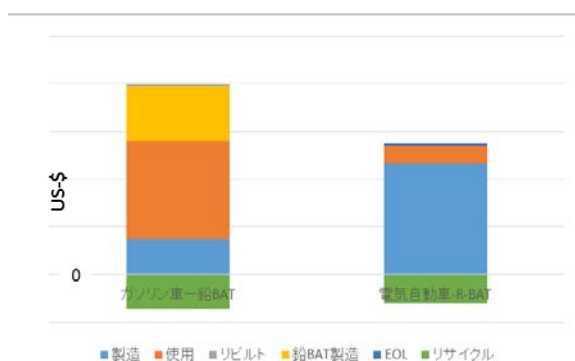


図 5.2-7 統合化結果（プロセス別）

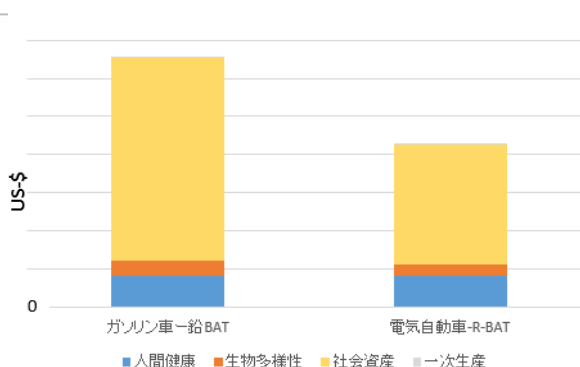


図 5.2-8 統合化結果（影響領域別）

図 5.2-8 統合化結果（影響領域別）

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

電気自動車を 10 年使用後、車載蓄電池をフォークリフト用蓄電池として 5 年リユースした場合について、ガソリン車およびフォークリフト用に新たな鉛酸蓄電池製造を対象として、リビルド・リユース・リサイクルを含むライフサイクル全体で環境影響評価を行った。電気自動車および車載蓄電池リユースの場合には、電気自動車製造時の影響が大きく、中でも車載蓄電池製造に必要となる資源消費による影響が大きな割合を占めており、社会資産への環境影響が大きい。車載蓄電池をリユース、さらに材料リサイクルすることで、資源消費による影響を減らすことができることがわかった。

対象となるガソリン車および新たな鉛酸蓄電池製造の場合には、走行段階および鉛酸蓄電池の製造時の影響が大きい。走行段階では、ガソリン使用に伴う資源消費の影響、鉛酸蓄電池製造では、鉛の資源消費の影響が大きい。鉛酸蓄電池を材料リサイクルすることで資源の消費を少なくできる。

電気自動車の環境影響削減のためには、車載蓄電池をリユースすること、またリユース後には材料リサイクルすることで、資源消費の影響を抑制することにつながり、環境影響を削減できるポテンシャルがあることがわかった。

### 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（車両製造、走行、リユース、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、車載蓄電池のリユースやリサイクルの個々のプロセスはまだ開発途上であり、仮のプロセスを設定して算出した。そのため、リユース・リサイクルプロセスでは、GWP と資源についてのみで試算した。また、リサイクル率等も今後さらに向上する可能性があり、感度分析を含め、引き続き検討が必要である。

**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 9.4
- 3) LCA 日本フォーラム LIME3 活用検討研究会 成果報告書 2019 年 6 月





# 「5G を活用したオンライン スポーツ観戦の環境影響評価」

富士通株式会社 サステナビリティ推進本部 環境統括部 環境デザイン部  
在原 悟、永野 友子

## 1 一般的事項

### 1.1 評価実施者

所属機関：富士通株式会社 サステナビリティ推進本部 環境統括部 環境デザイン部

名前：在原 悟、永野 友子

連絡先：arihara.satoru@fujitsu.com, konishi.tomoko@fujitsu.com

### 1.2 報告書作成日

2021 / 05 / 12

## 2 調査実施の目的

### 2.1 調査実施の理由

5G を活用したスポーツ観戦の環境影響、及び影響が大きい領域を把握すると共に、効果的な環境影響の低減に向けた提案を行う。

### 2.2 調査結果の用途

現地観戦と5G活用によるオンライン観戦の環境影響を比較し、現地観戦と同様の環境影響でのオンライン観戦者数を推計することで、より多くの人に楽しみを提供できる5G活用における環境影響削減に向けた情報提供を行う。

## 3 調査範囲

### 3.1 調査対象とその仕様

日本で開催されるラグビーの2つの試合（国内試合、国際試合）を調査対象とした。それぞれの試合において、複数の評価シナリオを設定した。また、現地観戦と5Gを活用したオンライン観戦の価値を同等とした。

#### 【国内試合】

- ・シナリオ①『国内現地』：従来型の現地観戦
  - ・シナリオ②『国内現地+オンライン』：従来型の現地観戦+5G活用オンライン観戦
- ⇒考察シナリオA：シナリオ①と同等の環境影響で視聴できるオンライン観戦者数を推計

#### 【国際試合】

- ・シナリオ③『国際現地』：従来型の現地観戦@日本
- ⇒考察シナリオB：シナリオ③と同等の環境影響で視聴できるオンライン観戦者数を推計

### 3.2 機能および機能単位

機能は、スポーツを観戦すること。機能単位は、「ラグビー1 試合視聴（120分）」とする。

### 3.3 システム境界

機器の素材から廃棄に加え、人の移動、スタジアムの電力使用量も併せて評価した(図 3.3-1)。また、図 3.3-1 内の①,②,③,A,B は、それぞれ 3.1 に記載したシナリオに該当する。

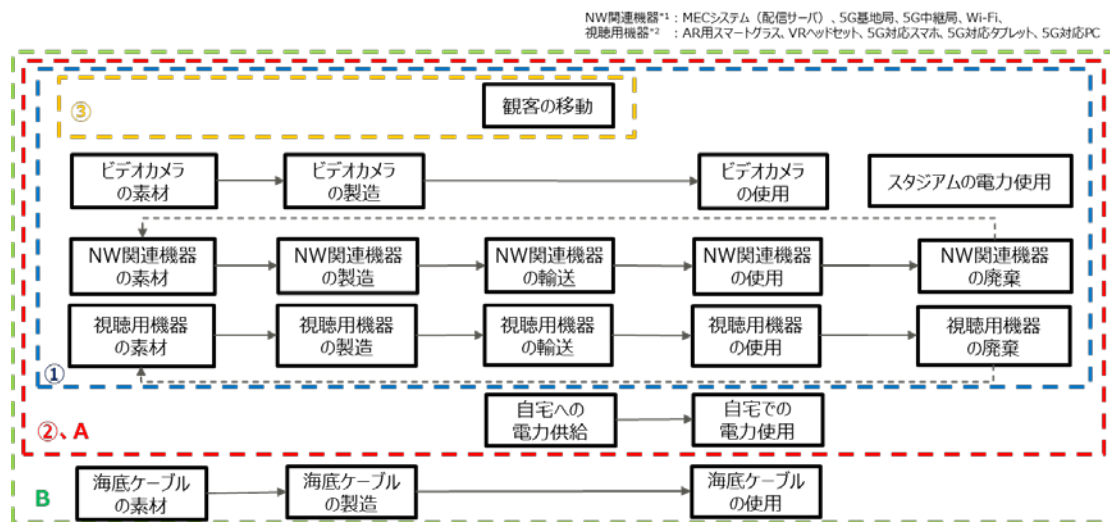


図 3.3-1 スポーツ観戦の環境影響評価におけるシステム境界

### 3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

観客の食事・宿泊、チーム・主催者の活動、テレビでの視聴は対象外とした。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

#### (1) 機器に関するデータ

自社で製造している機器（サーバ、基地局、中継局、スマートフォン、タブレット、パソコン）は、自社の製造工程や設計情報を用いた社内 LCA システムで評価した LCA データを使用した。当社で製造していない機器（ビデオカメラ、Wi-Fi、AR 用スマートグラス、VR ヘッドセット、海底ケーブル）は IDEAv2.2 のデータを使用し、MiLCAv2 を用いて算出した。また、ビデオカメラ、配信サーバ、Wi-Fi（スタジアム AR 用）、AR 用スマートグラスの台数は、5G を使った先行事例である「MEC（Mobile Edge Computing）を活用したライブ映像配信システムの技術検証」<sup>1)</sup> のデータを参考にした。基地局、中継局、VR ヘッドセット、スマートフォン、タブレット、パソコンの台数は、自宅視聴数を基に算出する。また、製品寿命、単位時間あたりの稼働時間を設定し、それを基に機器の総稼働時間を算出した。さらに、総稼働時間を 1 試合あたりの使用時間（120 分。現地観戦で使用する Wi-Fi、AR 用スマートグラスは 90 分）で割ることで、機器の 1 試合あたりの環境影響として按分した。

評価対象となる機器及び設定条件の一覧を表 4.1-1 に示す。

表 4.1-1 評価対象機器及び設定条件一覧

機器	使用データ	台数 [台]	製品寿命 [年]	稼働時間 (単位時間)	総稼働時間
ビデオカメラ	IDEAv2.2	5	6	8 時間/日	2 年
配信サーバ	自社 LCA	1	5	2,640 分/年 <sup>*1</sup>	220 時間
基地局	自社 LCA	自宅視聴数 より算出 (1,440 人/台)	5	24 時間/日	5 年
中継局	自社 LCA	自宅視聴数 より算出 (基地局 1 台 あたり 48 台)	5	24 時間/日	5 年
Wi-Fi	IDEAv2.2	30	5	1,980 分/年 <sup>*2</sup>	165 時間
スマートグラス	IDEAv2.2	88	2	1,980 分/年 <sup>*2</sup>	66 時間
VR ヘッドセット	IDEAv2.2	自宅視聴者の 2%	2	87 時間/年 <sup>2)</sup>	174 時間
スマートフォン	自社 LCA	自宅視聴者の 43%	2	3 時間/日 <sup>3)</sup>	2,190 時間
タブレット	自社 LCA	自宅視聴者の 19%	4	1 時間/日 <sup>4)</sup>	1,460 時間
パソコン	自社 LCA	自宅視聴者の 36%	4	4.5 時間/日 ×240 日/年	180 日

\*1 試合の放送時間を 120 分、年間 22 試合使用、ラグビー配信専用と仮定

\*2 1 試合の使用時間を 90 分、年間 22 試合使用、ラグビー観戦専用と仮定

## (2) その他のデータ

国内試合、国際試合における観戦者数<sup>5,6)</sup>は、実試合の実績を基に設定した。観戦者の移動距離については、国内試合ではラグビーと同様にスタジアムで開催され、かつ全チームのデータが揃っている Jリーグのデータ<sup>7)</sup>を基に算出した。国際試合では、日本政府観光局のデータ<sup>8)</sup>を基に観戦者の国別比率を按分した。スタジアムの電力については、Jリーグチームでのカーボンフットプリント<sup>9)</sup>を基に算出した。

基地局 1 台あたりの中継局の台数、及びユーザ数は、高密度 BDE をベース<sup>10)</sup>に 5G で必要な基地局数を 4G と比較して 100 倍<sup>11)</sup>と仮定し、5G 基地局 1 台あたりの中継局、ユーザーカバー数を設定した。5G 基地局の電力は、4G 基地局の 3 倍<sup>11)</sup>と仮定した。

自宅での視聴については、端末の使用比率は情報通信白書<sup>12)</sup>を基に算出した。また、5G では端末の消費電力が 20%増加<sup>13)</sup>すると仮定した。さらに、自宅でオンライン観戦を行う場合、本来、スタジアムに移動する時間を自宅で過ごすことになり、その分、自宅での電力使用量が増加する。環境省<sup>14,15)</sup>、住環境計画研究所のデータ<sup>16)</sup>及び政府統計<sup>17)</sup>を基に、リバウンド効果（移動時間）、観戦時の自宅での電力使用量を算出した。

海外とのインターネット通信で必要となる大陸間の海底ケーブルは、日本からの海底ケー

ブル長を調査<sup>18)</sup>し、製品寿命を考慮した上で1試合(120分視聴)あたりに換算した。評価対象となる項目及びインプットデータの一覧を表4.1-2、4.1-3に示す。

表 4.1-2 機器以外のインプットデータ一覧

大項目	小項目	入力値
観戦者数	国内試合	7,335人
	国際試合	70,103人
交通手段の 利用率 (往復)	在来線(60、90、150[km])	40%、40%、11%
	新幹線(1,100km)	5%
	飛行機(2,350km)	4%
スタジアム	電力[kWh/試合]	15,000kWh/試合
観戦者国別比率	各国の比率	表 4.1-3 参照
基地局(5G)	基地局1台あたりの中継局数、 ユーザーカバー数	48台、 1,440人
	電力(4Gと比較して)	3倍
オンライン観戦 使用端末	使用比率(VRヘッドセット、 スマートフォン、タブレット、パソコン)	2%、43%、19%、36%
	電力(4Gと比較して)	20%増
使用電力 (自宅)	リバウンド効果	0.582kWh
	観戦時	0.659kWh
海底ケーブル長	敷設されている長さ	表 4.1-3 参照

表 4.1-3 海外事例における設定条件

国	観戦者[人]	距離(片道)[km]	ケーブル長[km]
日本	64,377	53	0
米国	2,107	11,000	10,000
英国	939	10,000	30,000
豪州	709	8,000	10,000
フランス	543	10,000	30,000
カナダ	518	10,000	10,000
ニュージーランド	216	9,000	10,000
イタリア	202	10,000	30,000
ロシア	196	7,000	30,000
アイルランド	165	10,000	30,000
南アフリカ	73	14,000	20,000
アルゼンチン	45	18,000	20,000
フィジー	4	7,000	10,000
ジョージア	3	8,000	10,000
ウルグアイ	3	19,000	20,000
サモア	1	8,000	10,000
ナミビア	1	14,000	20,000
トンガ	1	8,000	10,000
計	70,103	-	-

#### 4.2 バックグラウンドデータ

電力使用による環境影響はIDEAv2.2のデータを利用した。また、「5.3.3 オンライン観戦の距離と環境影響の関係」における輸送量あたりの二酸化炭素の排出量は、国土交通省<sup>19)</sup>

のデータを使用した。

### 4.3 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

表 4.3-1,2 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 1 試合当たりで使用する自社製造機器の LCI 結果の例 (入カフロー)

基本フロー	単位	カテゴリ1	カテゴリ2	カテゴリ3	素材	製造	使用	廃棄
アルミニウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.13E-02	1.12E-07	6.02E-06	0.00E+00
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.11E-06	2.40E-14	2.16E-12	0.00E+00
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.58E-05	7.04E-15	4.49E-13	0.00E+00
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.42E-06	2.82E-13	1.81E-11	0.00E+00
その他の樹木畑, 土地利用	m2year	資源	土地占有	その他の樹木畑	1.92E-03	1.60E-12	1.43E-10	0.00E+00
その他の地中からの鉱物資源	kg	資源	陸域	非再生材料	4.02E-03	2.00E-10	1.32E-08	0.00E+00
その他の用地→鉱物採掘用地, 土地改変	m2	資源	土地改変	不特定	6.19E-04	6.99E-06	7.07E-04	0.00E+00
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.80E-07	7.58E-17	4.84E-15	0.00E+00
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.84E-05	3.81E-12	2.44E-10	0.00E+00
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.24E-06	1.06E-12	6.81E-11	0.00E+00
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	8.61E-08	6.43E-17	4.11E-15	0.00E+00
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.62E-05	4.28E-13	3.38E-11	0.00E+00
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.05E-05	4.13E-14	3.19E-12	0.00E+00
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.30E-06	9.47E-13	6.11E-11	0.00E+00
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.41E-06	1.82E-18	1.17E-16	0.00E+00
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.81E-05	1.40E-11	9.02E-10	0.00E+00
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.10E-04	8.14E-13	5.48E-11	0.00E+00
一般炭, 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.98E-02	2.52E-02	2.54E+00	0.00E+00
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.54E-04	6.82E-12	4.39E-10	0.00E+00
果樹園, 土地利用	m2year	資源	土地占有	果樹園	2.52E-10	4.51E-17	3.82E-15	0.00E+00
幹線交通用地, 土地利用	m2year	資源	土地占有	幹線交通用地	0.00E+00	0.00E+00	1.41E-04	0.00E+00
岩石 (石灰岩除く)	kg	資源	陸域	非再生材料	1.21E-02	1.88E-13	1.28E-11	0.00E+00
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.22E-07	3.42E-19	2.20E-17	0.00E+00
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.07E-07	3.33E-14	3.21E-12	0.00E+00
建物用地, 土地利用	m2year	資源	土地占有	建物用地	1.11E-03	4.94E-04	4.97E-02	0.00E+00
原油, 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	5.08E-02	5.12E-02	7.77E-01	0.00E+00
原料炭, 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	3.29E-03	1.78E-08	1.46E-06	0.00E+00
鉱物採掘用地	m2year	資源	土地占有	不特定	3.09E-02	3.50E-04	3.53E-02	0.00E+00
森林, 土地利用	m2year	資源	土地占有	森林	1.68E-02	1.27E-09	8.66E-08	0.00E+00
森林→その他の樹木畑, 土地改変	m2	資源	土地改変	不特定	3.85E-05	3.21E-14	2.86E-12	0.00E+00
森林→果樹園, 土地改変	m2	資源	土地改変	不特定	5.03E-12	9.01E-19	7.64E-17	0.00E+00
森林→幹線交通用地, 土地改変	m2	資源	土地改変	不特定	0.00E+00	0.00E+00	2.81E-06	0.00E+00
森林→建物用地, 土地改変	m2	資源	土地改変	不特定	3.20E-05	9.90E-06	9.96E-04	0.00E+00
森林→森林, 土地利用, 土地改変	m2	資源	土地改変	不特定	2.10E-04	1.59E-11	1.09E-09	0.00E+00
森林→森林伐採地, 土地改変	m2	資源	土地改変	不特定	2.10E-04	1.59E-11	1.09E-09	0.00E+00
森林→田, 土地改変	m2	資源	土地改変	不特定	1.20E-08	6.84E-15	6.60E-13	0.00E+00
森林→畑, 土地改変	m2	資源	土地改変	不特定	2.83E-05	6.02E-12	5.16E-10	0.00E+00
地下水, 消費	m3	資源	水圏	再生可能材料	1.22E-04	5.70E-07	5.06E-05	0.00E+00
地下水, 蒸散, 消費	m3	資源	水圏	再生可能材料	5.34E-06	1.06E-12	9.07E-11	0.00E+00
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.79E-03	2.14E-12	1.48E-10	0.00E+00
天然ガス, 54.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	3.86E-02	3.04E-02	2.97E+00	0.00E+00
天然ガス液, 46.5MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.63E-08	6.63E-06	6.93E-04	0.00E+00
田, 土地利用	m2year	資源	土地占有	田	1.20E-06	6.84E-13	6.60E-11	0.00E+00
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.79E-03	3.59E-14	2.21E-12	0.00E+00
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.93E-11	7.44E-20	4.78E-18	0.00E+00
畑, 土地利用	m2year	資源	土地占有	畑	1.41E-03	3.00E-10	2.58E-08	0.00E+00
表層水, 消費	m3	資源	水圏	再生可能材料	3.84E-04	1.61E-05	1.43E-03	0.00E+00
表層水, 蒸散, 消費	m3	資源	水圏	再生可能材料	9.61E-05	1.91E-11	1.63E-09	0.00E+00
木材, 日本(人工林, 再造林あり)	kg	資源	生態系	再生可能材料	1.89E-03	1.43E-10	9.78E-09	0.00E+00
木材, 日本(人工林, 再造林なし)	kg	資源	生態系	再生可能材料	1.89E-03	1.43E-10	9.78E-09	0.00E+00

表 4.3-2 1 試合当たりで使用する自社製造機器の LCI 結果の例（出力フロー）

基本フロー	単位	カテゴリ1	カテゴリ2	カテゴリ3	素材	製造	使用	廃棄
CH4 (化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	2.16E-04	2.12E-04	5.32E-03	0.00E+00
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	3.05E-01	1.82E-01	1.60E+01	0.00E+00
HFC-141b	kg	排出物	大気	不特定	2.29E-08	2.80E-15	2.69E-13	0.00E+00
HFC-22	kg	排出物	大気	不特定	5.91E-07	5.05E-11	2.74E-09	0.00E+00
HFC-125	kg	排出物	大気	不特定	6.05E-18	9.07E-26	6.43E-24	0.00E+00
HFC-134a	kg	排出物	大気	不特定	3.49E-09	4.08E-16	3.94E-14	0.00E+00
HFC-23	kg	排出物	大気	不特定	1.26E-09	1.05E-14	5.70E-13	0.00E+00
HFC-32	kg	排出物	大気	不特定	6.03E-18	9.04E-26	6.40E-24	0.00E+00
N2O	kg	排出物	大気	不特定	3.43E-06	1.02E-06	9.27E-05	0.00E+00
NOx, 都市域(煙突) I,J両方	kg	排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	1.45E-04	7.37E-05	5.89E-03	0.00E+00
NOx, 都市域(地表付近)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.24E-08	8.01E-13	1.32E-05	0.00E+00
NOx, 非都市域	kg	排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	1.79E-04	1.45E-04	7.16E-03	0.00E+00
PM2.5, 都市域(煙突)	kg	排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	3.37E-05	5.38E-07	5.38E-05	0.00E+00
PM2.5, 非都市域	kg	排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	2.43E-06	1.99E-06	8.98E-05	0.00E+00
PM2.5, 都市域(地表付近)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	0.00E+00	0.00E+00	5.75E-07	0.00E+00
SF6	kg	排出物	大気	不特定	1.06E-07	1.12E-08	1.14E-06	0.00E+00
SO2, 都市域(煙突)	kg	排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	7.82E-05	1.69E-06	1.69E-04	0.00E+00
SO2, 都市域(地表付近)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	0.00E+00	0.00E+00	3.11E-06	0.00E+00
SO2, 非都市域	kg	排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	1.91E-04	1.54E-04	9.56E-03	0.00E+00
揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	1.60E-07	2.88E-19	1.79E-17	0.00E+00
金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.77E-03
産業廃棄物(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.45E-03	2.78E-10	1.95E-08	0.00E+00
炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	1.26E-07	3.41E-21	2.26E-19	0.00E+00
炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.54E-06	1.99E-06	1.64E-04	0.00E+00
廃プラスチック類(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.84E-04
非メタン炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	6.46E-06	7.09E-06	7.16E-04	0.00E+00
硫酸酸化物(SOx), 都市域(煙突)	kg	排出物	大気	非都市域もしくは高有効煙突高	7.94E-05	3.20E-05	1.68E-03	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、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 の評価における割引率は5%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)	○
森林資源諸費	○
廃棄物	○

	統合化
IF1	
IF2	○

## 5.2 特性化

評価対象とした環境影響領域の1つである「気候変動」についての分析結果を図5.2-1に示す。その結果、現地観戦と同人数（7,335人）がオンライン観戦を行った場合、視聴者数は2倍になるが、CO<sub>2</sub>排出は1%（6t-CO<sub>2</sub>）増加に留まることが分かった。また、「鉄道での移動」におけるCO<sub>2</sub>排出量が最も大きいことが分かった。

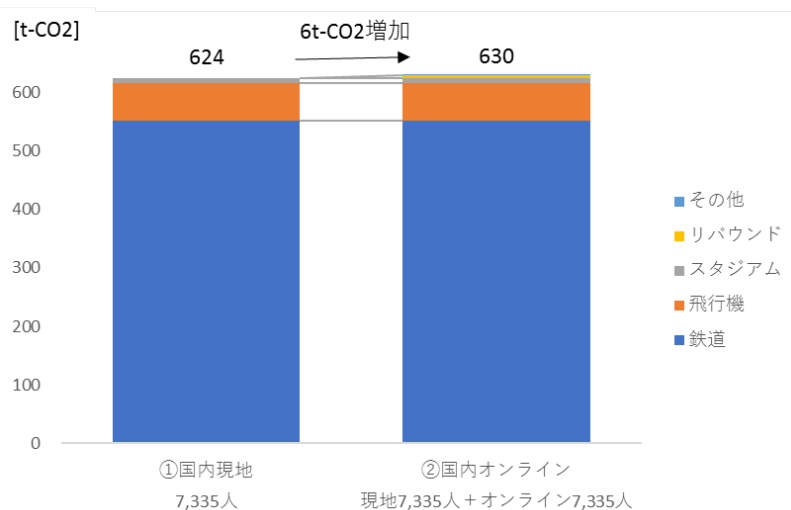


図5.2-1 シナリオ①と②のCO<sub>2</sub>排出量比較

## 5.3 インパクト評価結果

### 5.3.1 国内試合

図5.3-1、図5.3-2にシナリオ①『国内現地』における統合化及び保護対象別評価結果を示す。環境影響は16,391US\$であり、内訳を調査すると、人間健康への影響が7,848US\$と最も大きいことが分かった。主な要因としては、CO<sub>2</sub>（化石資源由来）やNO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>排出（非都市域）が挙げられる。

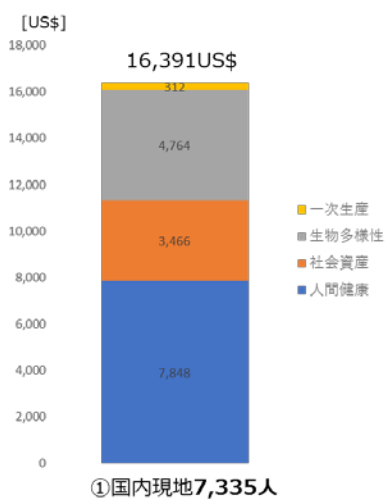


図5.3-1 シナリオ①の統合化結果

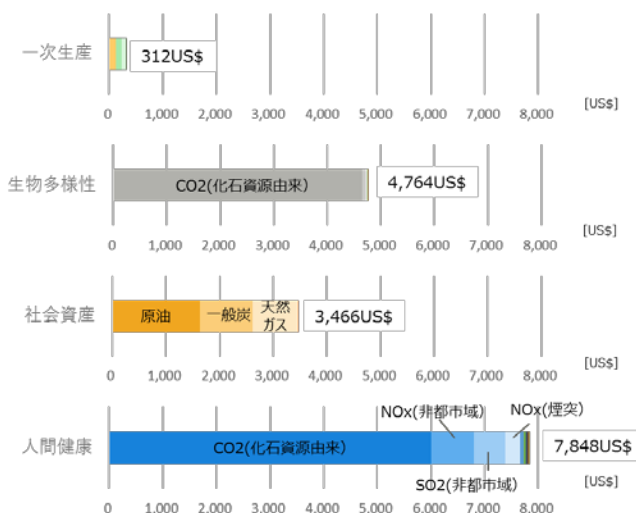


図5.3-2 シナリオ①の保護対象別評価結果

次に、シナリオ②『国内現地+オンライン』における統合化を行い、シナリオ①と比較した結果を図 5.3-3 に示す。現地観戦と同人数（7,335 人）がオンライン観戦を行った場合、環境影響は 270US\$増加に留まることが分かった。さらに、オンライン観戦 1 人あたりの環境影響を「0.0368US\$/人・試合（0.0184US\$/人・h）」と推計できた。

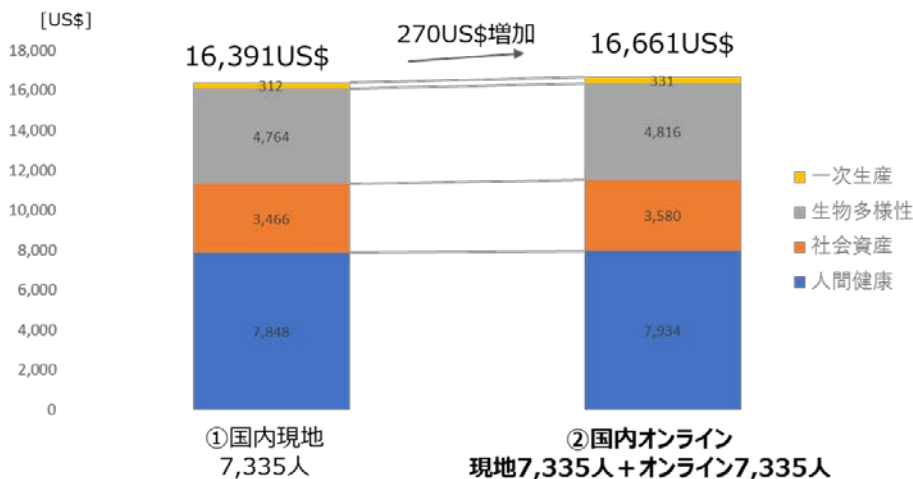


図 5.3-3 シナリオ①と②の統合化結果比較

ここでシナリオ①、②から、考察シナリオ A として『現地観戦と同じ環境影響で、国内で何人がオンライン観戦できるか。』を推計した。結果を図 5.3-4 に示す。シナリオ②で求めたオンライン観戦 1 人あたりの環境影響から、シナリオ①と同等の環境影響で実現できる国内オンライン観戦者数は、約 42 万人と推計でき、現地観戦に比べて、58 倍の人が観戦可能であることが分かった。また、考察シナリオ A における保護対象別の評価結果を図 5.3-5 に示す。その結果、オンライン観戦の場合は、社会資産への影響が 7,170US\$と最も大きいことが分かった。主な要因として、天然ガス、原油、一般炭の使用が挙げられる。

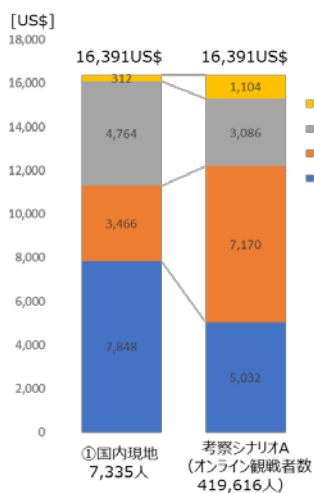


図 5.3-4 シナリオ①,A の統合化比較

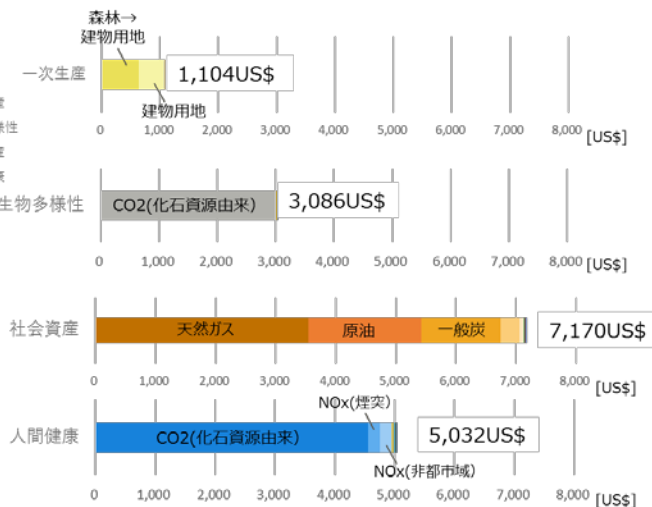


図 5.3-5 シナリオ A の保護対象別評価結果



ここからは、環境影響の低減に向けた提案を記載する。

図 5.3-6 に要因ごとの環境影響を示す。その結果、シナリオ①では「鉄道での移動」、考察シナリオ A では「家庭での電力使用（リバウンド+観戦中）」の影響が最も大きいことが分かった。このことから、家庭での電力使用量を下げること（例：再エネの導入、グリーン製品の積極的利用）で、全体の環境影響を増やすことなく、より多くの人々が、オンライン観戦を楽しめるものとする。

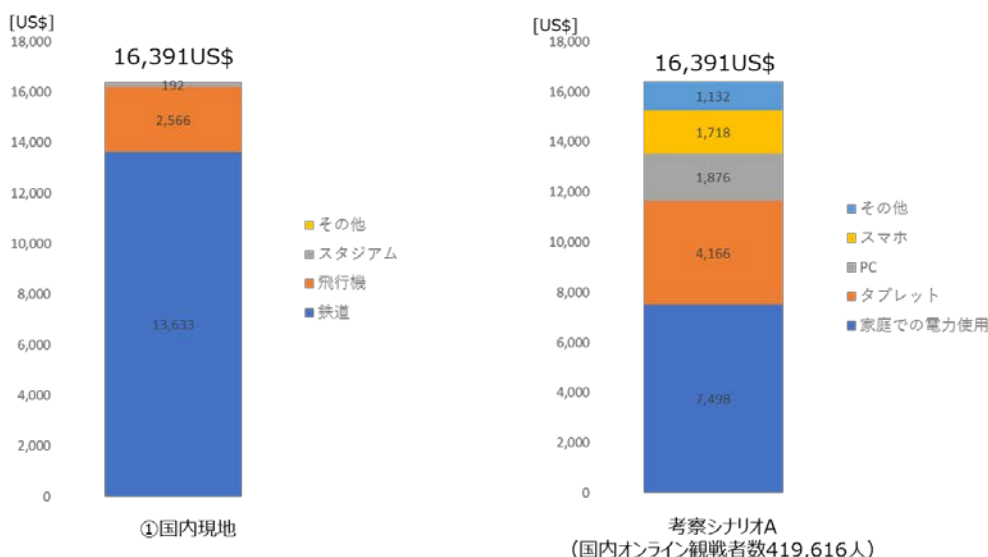


図 5.3-6 シナリオ①,A の要因分析結果

次に、機器における素材別の環境影響比率を図 5.3-7 に示す。その結果、視聴用端末系（スマホ、タブレット、PC）では金、カメラ・ガラス系（ビデオカメラ、AR、VR）では銅の環境影響が多く、サーバ・基地局系では金属の環境影響が少ないことが分かった。このことから、視聴用端末は金、カメラ・ガラス系は銅の環境影響低減のポイントであると共に、使用量削減、循環使用といった対策が必要であると考えられる。

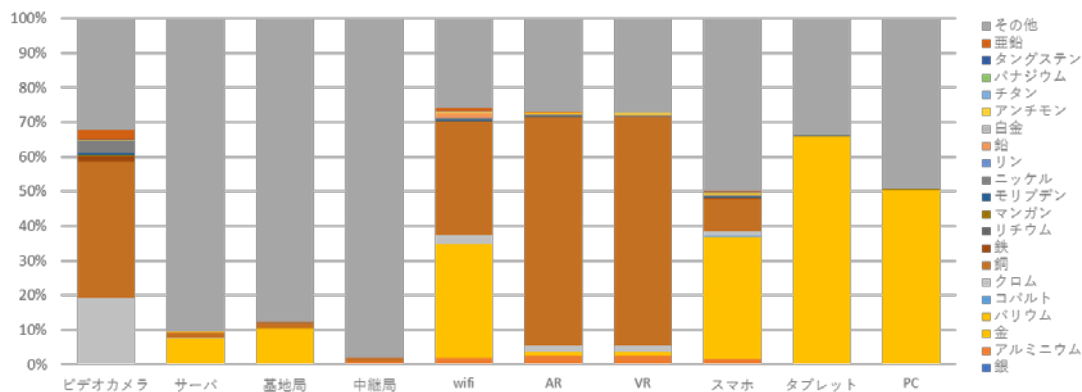


図 5.3-7 各機器における金属別の環境影響比率

図 5.3-8 に、自社で作成した LCA データにおけるライフサイクルステージ別の環境影響を示す。スマホでは素材ステージ、それ以外の機器は、使用ステージの環境影響が大きく、特にサーバ・基地局系では 90%超であることが分かった。このことから、サーバ・基地局系は使用ステージが、環境影響低減のポイントであり、機器の省エネや再エネ導入などの対策が必要であると考えられる。

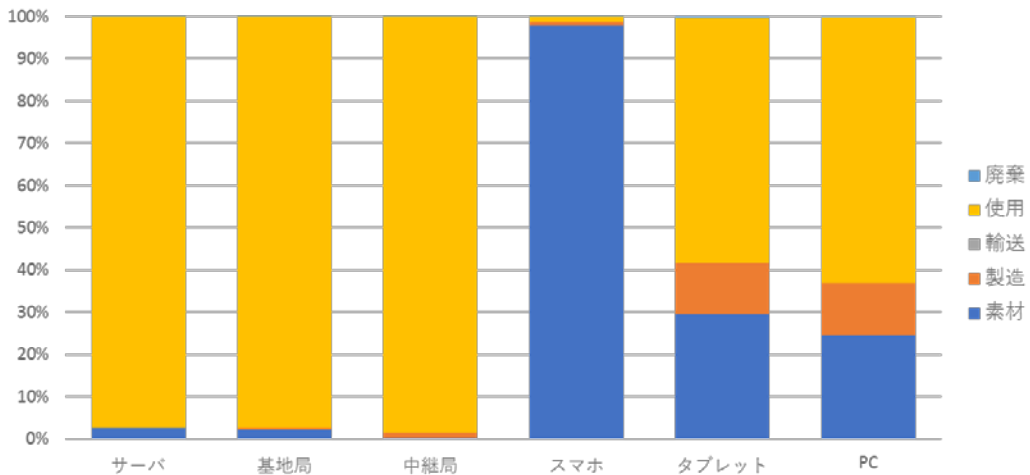


図 5.3-8 各機器におけるライフサイクルステージ別の環境影響比率

### 5.3.2 国際試合

「5.3.1 国内試合」と同様、はじめに、シナリオ③『国際現地』として、従来型の現地観戦における環境影響を推計した後に、考察シナリオ B として、『シナリオ③（国際現地）と同じ環境影響で、国内外で何人がオンライン観戦できるか。』を推計した。結果を図 5.2-9 に示す。シナリオ③『国際現地』における環境影響は、526,683US\$と推計できた。また、現地観戦と同じ環境影響で約 2,874 万人がオンライン観戦をできると推計でき、海外からの観戦者が多い国際試合では、約 410 倍の人が観戦可能であることが分かった。

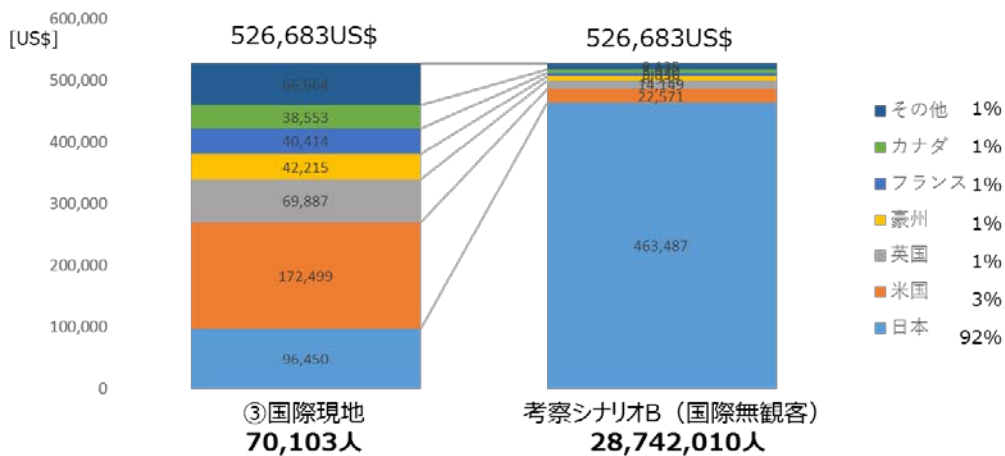


図 5.3-9 シナリオ①と②の統合化結果比較

### 5.3.3 オンライン観戦の距離と環境影響の関係

ここでは、オンライン観戦（視聴時間：120分）と現地観戦のCO<sub>2</sub>排出量の関係性を比較した。これまでの設定条件を踏まえ、推計にあたって必要なデータを表5.2-1に示す。

表 5.3-1 オンライン観戦と現地観戦のCO<sub>2</sub>排出量比較のためのデータ

項目	原単位	
CO <sub>2</sub> 排出量（鉄道）*1	0.018 kg-CO <sub>2</sub> /人・km	
送信側	配信サーバ	3.7E-04 kWh/試合
	基地局	8.1E-03 kWh/試合
	中継局	1.9E-02 kWh/試合
受信側	VRヘッドセット	2.4E-03 kWh/試合
送信側+受信側		0.029 kWh/試合
自宅での電力使用		5.5E-03 kWh/分
CO <sub>2</sub> 排出係数*2		0.462 kg-CO <sub>2</sub> /kWh

移動距離をx[km]とすると、オンライン観戦と現地観戦のCO<sub>2</sub>排出量が等しくなるのは、 $0.018x = 0.014 + 0.00254(x + 120)$   $x \approx 20.6$ [km]  
よって、往復20.6km（片道10.3km）以上電車に乗る場合は、家で見た方がCO<sub>2</sub>排出量は少なくなると推計できた。

## 6 結論

### 6.1 調査結果のまとめ

スポーツ（ラグビー）観戦を通じ、5Gを活用したサービスの環境影響を推計した。

シナリオ①（国内現地）では、保護対象別結果において、人間健康が最も影響が大きく、CO<sub>2</sub>（化石資源由来）排出が主な要因であることが分かった。1人あたりオンライン観戦の環境影響は、0.0368US\$/人・試合（0.0184US\$/人・h）と推計できた。シナリオ①（国内現地）では「鉄道での移動」、考察シナリオAでは「自宅での電力使用（リバウンド+オンライン観戦中）」の影響が最も大きい。現地観戦と同じ環境影響で、国内試合では58倍、国際試合では410倍の人が5Gを活用したオンライン観戦をできると推計できた。

環境負荷低減のポイントは、設計段階での工夫としては、視聴用端末は素材としての金の利用削減、カメラ・グラス系は素材としての銅の利用削減が考えられる。使用段階での工夫は、サーバ・基地局系の使用時の電力使用量の低減の運用時の工夫と、省エネルギー型のサーバや基地局製品の技術開発が挙げられる。また、オンライン観戦により増加する家庭での電力使用については、家庭での電力使用量を下げること（例：再エネの導入、グリーン製品の積極的利用）により、全体の環境影響を増やすことなくさらに多くの人々がオンライン観戦を楽しめると考えられる。

以上より、5G活用により様々な機器の利用増加により環境負荷の増加が懸念されていたが、オンライン観戦の環境負荷は現地観戦より低いことが分かった。また、オンライン観戦は、現地観戦と同等の観戦の価値を提供し、現地観戦のすべての運営に関わる環境負荷で、より多くの人々がスポーツ観戦を楽しめることが分かった。

## 6.2 限界と今後の課題

本研究では、5G を活用したオンラインスポーツ観戦の環境影響を評価するための方法論の検討や、それに基づいた効果の推計を行ったが、推定値を多用するという限界があった。実際の効果を算定するにあたっては、さらなる実証が必要である。今回、対象外としたスポーツの試合におけるチーム運営や観客の飲食などの部分も同時に考慮する必要がある。

また、今回は現地観戦と 5G を活用したオンライン観戦の価値を同等としたが、今後は、スポーツ観戦における価値の定義や、観戦方法の違いによる価値の検討もすべきと考える。

本研究を足掛かりに、5G を活用したサービスの環境影響評価手法について、業界等で議論を広げたい。さらに、サービスの 1 つとしてオンラインのスポーツ観戦の評価方法については、現地観戦と 5G を活用したオンライン観戦を組み合わせることで、少ない環境影響でより多くの人にスポーツ観戦の楽しみを提供できる社会の実現に寄与したい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、日本 LCA 推進機構理事長 稲葉敦様、東京都市大学教授 伊坪徳宏様、産業技術総合研究所 持続可能システム研究グループ長 本下晶晴様をはじめ、参加メンバーの皆様に多くの貴重なご意見をいただきました。この場を借りて、改めて御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 富士通プレスリリース（2017）：ジャパンラグビー トップリーグの試合会場において、MEC を活用したライブ映像配信システムの技術検証を実施  
[〈https://pr.fujitsu.com/jp/news/2017/12/21-1.html〉](https://pr.fujitsu.com/jp/news/2017/12/21-1.html)（参照 2020-01-31）
- 2) Nielsen（2019）：「スマートフォンからの動画サービスの利用状況」を基に推計  
[〈https://www.netratings.co.jp/news\\_release/2019/11/Newsrelease20191121.html〉](https://www.netratings.co.jp/news_release/2019/11/Newsrelease20191121.html)  
 （参照 2021-01-12）
- 3) MMD 研究所：「2020 年版：スマートフォン利用者実態調査」を基に推計  
[〈https://mmdlabo.jp/investigation/detail\\_1912.html〉](https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1912.html)（参照 2021-02-15）
- 4) MMD 研究所：「2018 年版：スマートフォン利用者実態調査」を基に推計  
[〈https://mmdlabo.jp/investigation/detail\\_1760.html〉](https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1760.html)（参照 2021-02-15）
- 5) ラグビートップリーグ公式サイト（2017）：第 13 節 NEC-NTT ドコモ、リコーキヤノン  
[〈https://www.top-league.jp/schedule/2017/〉](https://www.top-league.jp/schedule/2017/)（参照 2020-01-31）
- 6) ラグビーワールドカップ 2019 日本大会についてのご報告（2019）：決勝 イングランド対南アフリカ  
[〈https://www.rugbyworldcup.com/news/538422〉](https://www.rugbyworldcup.com/news/538422)（参照 2021-02-15）
- 7) Jリーグ（2020）：「スタジアム観戦者調査 2019 サマリーレポート, 47 ページ」を基に推計  
[〈https://www.jleague.jp/docs/aboutj/funsurvey-2019.pdf〉](https://www.jleague.jp/docs/aboutj/funsurvey-2019.pdf)
- 8) 観光経済新聞（2019）：「ラグビーワールドカップ 2019 日本大会出場国からの訪日旅行者数（JNTO 推計値）」を基に推計  
[〈https://www.kankokeizai.com/9%E6%9C%88%E8%A8%AA%E6%97%A5%E5%AE%A25%E5%A2%97%E3%80%80%E3%83%A9%E3%82%B0%E3%83%93%E3%83%BCw%E6%9D%AF%E5%87%BA%E5%A0%B4%E5%9B%BD36%EF%BC%85%E5%A2%97%E3%80%81%E9%9F%93%E5%9B%BD58%EF%BC%85%E6%B8%9B/〉](https://www.kankokeizai.com/9%E6%9C%88%E8%A8%AA%E6%97%A5%E5%AE%A25%E5%A2%97%E3%80%80%E3%83%A9%E3%82%B0%E3%83%93%E3%83%BCw%E6%9D%AF%E5%87%BA%E5%A0%B4%E5%9B%BD36%EF%BC%85%E5%A2%97%E3%80%81%E9%9F%93%E5%9B%BD58%EF%BC%85%E6%B8%9B/)  
 （参照 2021-02-15）

- 9) ヴァンフォーレ甲府（2020）：「東京都市大学伊坪研究室、グリーンスポーツアライアンスとの共同研究, 3ページ」を基に推計  
〈<https://www.ventforet.jp/uploads/1c14cfd6113e12dc10ad05ff59f4290a022da1117/original.pdf>〉
- 10) NEC（2016）：モバイル通信の高度化を支える高密度BDE, 88ページ  
〈<https://jpn.nec.com/techrep/journal/g15/n03/pdf/150320.pdf>〉
- 11) 財経新聞（2019）：5G基地局,4G基地局の3倍の消費電力必要、設置数は約100倍必要  
〈<https://www.zaikei.co.jp/article/20190731/523847.html#:~:text=%E5%B5%8C%E6%96%B0%E8%81%9E-,5G%E5%9F%BA%E5%9C%B0%E5%B1%80%E3%80%814G%E5%9F%BA%E5%9C%B0%E5%B1%80%E3%81%AE3%E5%80%8D%E3%81%AE,%E3%81%AF%E7%B4%84100%E5%80%8D%E5%BF%85%E8%A6%81&text=5G%E3%83%8D%E3%83%83%E3%83%88%E3%83%AF%E2%80%8B%E2%80%8B%E3%83%BC%E3%82%AF%E3%81%A7%E3%81%AF%E3%80%81%E3%82%B9%E3%83%A2%E3%83%BC%E3%83%AB%E3%82%BB%E3%83%AB%E3%81%A8,%E9%87%8D%E8%A6%81%E3%81%AA%E8%A6%81%E7%B4%A0%E3%81%A8%E3%81%AA%E3%82%8B%E3%80%82>〉  
（参照 2021-02-15）
- 12) 総務省（2020）：「令和2年情報通信白書, 情報通信機器の保有状況」を基に算出  
〈<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd252110.html>〉
- 13) iPhone Mania（2020）：5GはiPhone12のバッテリーを4Gよりも20%速く消費するとのベンチマーク結果  
〈<https://iphone-mania.jp/news-323028/>〉（参照 2020-12-08）
- 14) 環境省（2020）：「平成30年度 家庭部門のCO2排出実態統計調査の結果（速報値）について」を基に算出  
〈<https://www.env.go.jp/press/107232.html>〉（参照 2021-02-26）
- 15) 環境省（2020）：「電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用）—平成30年度実績—, 8ページ」を基に算出  
〈<https://www.env.go.jp/press/ondanka/113100.pdf>〉
- 16) 株式会社住環境計画研究所（2013）：「平成25年度家庭における電力消費量実測調査, 19および29ページ」を基に算出  
〈<https://www.env.go.jp/earth/report/h25-06/mat01.pdf>〉
- 17) 総務省（2020）：「政府統計, 住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査 / 調査の結果」を基に算出  
〈<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031971201&fileKind=0>〉  
（参照 2020-12-08）
- 18) 「Submarine Cable Map」を基に算出  
〈<https://www.submarinecablemap.com/>〉（参照 2021-02-26）
- 19) 国土交通省（2020）：2018年度 輸送量当たりの二酸化炭素の排出量（旅客）  
〈[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei\\_environment\\_tk\\_000007.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html)〉  
（参照 2021-01-12）



## 「飼料添加物 DL-メチオニンの環境貢献」

住友化学株式会社 レスポンシブルケア部 林 真弓  
株式会社住化技術情報センター 技術調査グループ 岩倉 和憲、岡本 弘

### 1 一般的事項

#### 1.1 評価実施者

所属機関：住友化学株式会社 レスポンシブルケア部

名前：林 真弓

連絡先：hayashim6@sc.sumitomo-chem.co.jp

所属機関：株式会社住化技術情報センター 技術調査グループ

名前：岩倉 和憲、岡本 弘

連絡先：iwakurak@sc.sumitomo-chem.co.jp

#### 1.2 報告書作成日

2021 / 04 / 30

### 2 調査実施の目的

#### 2.1 調査実施の理由

住友化学は、温暖化対策や環境負荷低減などに貢献する当社グループの製品・技術を Sumika Sustainable Solutions (SSS) として認定する取り組みを行っている。SSS製品である飼料添加物DL-メチオニン「スミメット®」(以下、メチオニン)は、家禽用飼料に要求される必須アミノ酸のメチオニンを補填するために利用されている。飼料にメチオニンを添加した場合の環境貢献を、温暖化対策の側面だけでなく統合的に、定量的に評価する。

#### 2.2 調査結果の用途

本事例で得られた環境貢献量を統合的に評価する考え方を、SSS製品・技術の普及および今後のSSS認定対象の開発推進に展開、活用する。

### 3 調査範囲

#### 3.1 調査対象とその仕様

本事例は、メチオニン添加配合飼料と無添加配合飼料の環境影響を比較して評価する。メチオニンを配合飼料に添加することによって飼料中のアミノ酸バランスを効率的に整え、家禽の育成に利用されない余剰なアミノ酸を削減する。その結果、家禽の排泄物に含まれる窒素量を削減することが可能となるため、排泄物処理におけるN<sub>2</sub>O発生を抑制し、温暖化対策に有効である。本事例では、プロイラーを調査対象とし鶏肉1tの生産に必要な配合飼料にメチオニンを0.2%添加し、他の大豆粕等の飼料量を調整して、余剰アミノ酸のムダ

を削減した場合の環境貢献量を評価する。

図3.1-1に、メチオニン添加配合飼料および無添加配合飼料における各種の必須アミノ酸含量の要求量に対する充足率を示す。各飼料は、必須アミノ酸含量の充足率100%水準を確保するように配合量を調整されているため、配合飼料の機能性は同等となりブロイラー育成成績は変わらない。

充足率100%を超えて添加されてしまう必須アミノ酸は、ブロイラーの育成に必要なため排泄される。図3.1-1に赤色で示す様にメチオニンを添加して、他の必須アミノ酸について100%水準を効率的に満たすようにバランスしたメチオニン添加配合飼料を利用することにより、余剰アミノ酸に起因する窒素排出の削減が可能となる。

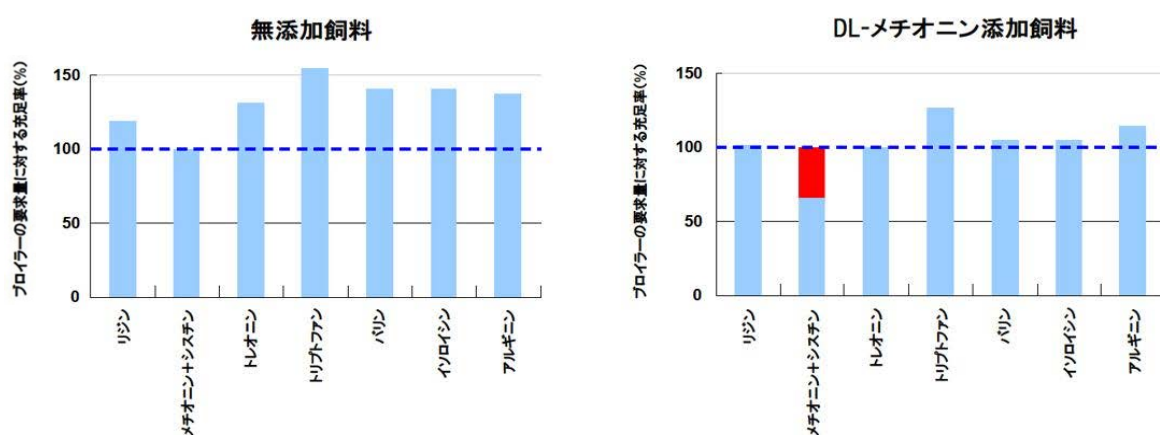


図3.1-1 ブロイラー飼養の要求量に対する飼料中必須アミノ酸含量の充足

ここで、ブロイラー用の配合飼料中に要求される代謝エネルギー3,200 kcal/kgを確保し、かつメチオニン添加に合わせて、必須アミノ酸であるメチオニン+シスチン含量を0.76%の最低水準を満たすようにトウモロコシ、大豆粕等を配合する。

この条件において、メチオニン添加配合飼料中の粗タンパク質含量は19.5%、無添加配合飼料では、大豆粕等が多くなるため25.6%となる。<sup>1)</sup>

### 3.2 機能および機能単位

本事例では、国内における一般的なブロイラー1羽あたりの給餌量を6.08kg（飼育期間を48日に設定する）とすると<sup>1)</sup>、そのブロイラー（1羽を2,500gと仮定する）から得られる鶏肉は1,325gであるため<sup>2)</sup>、鶏肉1t生産に必要な配合飼料量は、4,451kgとなる。

### 3.3 システム境界

図3.3-1に示す①原料調達、および②排泄物処理（廃棄・リサイクル）とする。

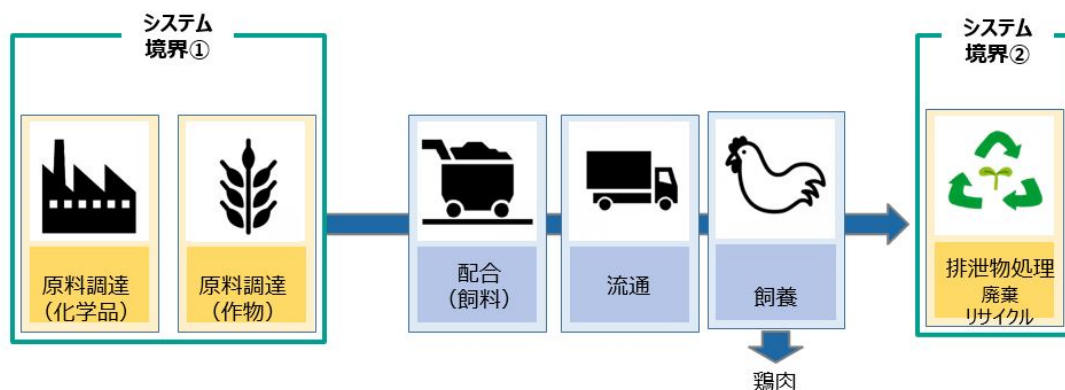


図3.3-1 鶏肉生産システムの模式図およびシステム境界

### 3.4 特記事項（除外したプロセス・項目等について）

鶏肉生産のライフサイクルにおける同一プロセス（配合飼料製造、製造場所から養鶏場までの流通、養鶏場における飼養管理）については、評価を省略した。また、配合飼料に添加するビタミン、ミネラルについても共通、微量のため評価から除外した。

## 4 インベントリ分析

### 4.1 フォアグラウンドデータ

DL-メチオニン製造プロセスに係る原料原単位、エネルギー・用役原単位等の自社データは、2018年度実績ベース値を適用した。

### 4.2 バックグラウンドデータ

DL-メチオニン製造に係る原料製造ならびに飼料を構成するトウモロコシ等の製造データは、（一社）産業技術環境協会が開発したIDEA ver.2.3データを適用した。

### 4.3 インベントリ分析対象項目と分析結果一覧表

#### 4.3.1 ①原料調達システム

ブロイラー用の配合飼料中に要求される代謝エネルギーを確保し、各種の必須アミノ酸含量が最低100%水準を満たすように配合される飼料組成例を表4.3-1に示す。<sup>1)</sup>

表4.3-1 配合飼料組成（%）

区分	無添加配合飼料	メチオニン添加配合飼料
トウモロコシ	45.0	58.0
コーングルテンミール	7.8	0.0
大豆粕	38.3	33.3
大豆油	5.9	5.5
メチオニン	0.0	0.2
ビタミン、ミネラル等*	3.0	3.0
計	100	100

\* 微量添加のビタミン、ミネラル等については、共通のため省略



従って、鶏肉1tの生産に要する配合飼料量4,451kgについては、表4.3-2に示す配合量となる。配合飼料にメチオニンを9kg添加することにより、トウモロコシの配合量は増加するが、コーングルテンミール、大豆粕および大豆油の配合量を削減できる。

表4.3-2 配合飼料量

区分	鶏肉1トンあたりの飼料量* (kg)		
	無添加	メチオニン添加	増減
トウモロコシ	2065	2661	596
コーングルテンミール	358	0	▲358
大豆粕	1757	1528	▲229
大豆油	271	252	▲19
メチオニン	0	9	9
計	4451	4451	—

#### 4.3.2 ②排泄物処理システム

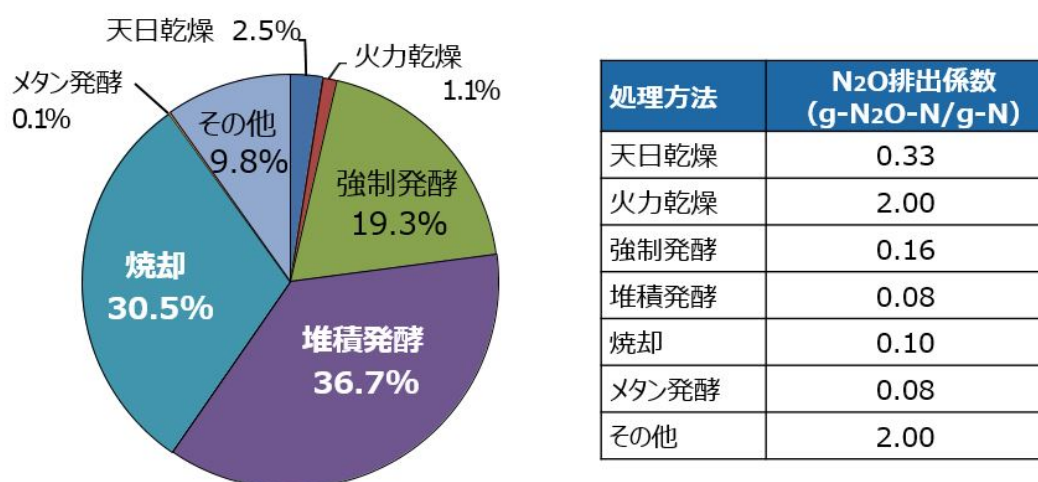
メチオニン無添加配合飼料を給餌したブロイラーの排泄物に含まれる窒素含有量を2.62g-N/羽/日とすると<sup>3)</sup>、メチオニン添加配合飼料を給餌したブロイラーのそれは、1.44 g-N/羽/日となる。<sup>1)</sup>

ブロイラー1羽の飼育期間の48日間に排泄する総窒素量は、無添加配合飼料を使用した場合は125.76 g-N/羽、メチオニン添加配合飼料を使用した場合は69.12 g-N/羽となる。鶏肉1t生産するために755羽の飼養を仮定しているため、無添加配合飼料を使用した場合には95.0kg-N、メチオニン添加配合飼料を使用した場合には52.2kg-Nが排出される。

ここで、ブロイラー排泄物処理方法区分の割合、および処理方法別のN<sub>2</sub>O排出係数<sup>3)</sup>を、図4.3-1に示す。処理方法区分には、天日乾燥、火力乾燥、強制発酵、堆積発酵、焼却、メタン発酵、その他がある。

排泄物処理に係る窒素排出に起因するCO<sub>2</sub>e排出量を、総窒素量、排泄物処理方法区分の割合、処理方法別N<sub>2</sub>O排出係数およびN<sub>2</sub>Oの地球温暖化係数298を乗じて算出し、表4.3-3に比較して示す。

メチオニン添加配合飼料の使用によるCO<sub>2</sub>e排出量は、無添加配合飼料の場合の136.6kg-CO<sub>2</sub>eから75.2kg-CO<sub>2</sub>eまで低減する。無添加配合飼料の場合の45%に相当する61.4kg-CO<sub>2</sub>eのCO<sub>2</sub>e排出を抑制することができる。

図4.3-1 ブロイラーの排泄物処理方法区分の割合、および処理方法別のN<sub>2</sub>O排出係数表4.3-3 鶏肉1トンあたりの排出CO<sub>2</sub>e量 (kg-CO<sub>2</sub>e/t-鶏肉)

処理区分	無添加配合飼料	メチオニン添加配合飼料
天日乾燥	3.56	1.78
火力乾燥	9.35	5.34
強制発酵	13.35	7.12
堆積発酵	12.46	7.12
焼却	13.35	7.12
メタン発酵	0.00	0.00
その他	84.57	46.29
合計	136.6	75.2

## 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

グローバルスケールのLCAを実現する環境影響評価手法LIME3 4)を参照して、日本国内における被害係数DF、および影響領域の重み付け係数としてG20 (population-weighted)とした経済価値評価係数IF2 (割引率3%)を用いて、被害評価、統合化評価を実施した。

### 5.2 インパクト評価結果

#### 5.2.1 単位インベントリあたりのLIME3評価

最初に、各システム境界のLIME3評価に必要なインベントリについて、単体量あたりのLIME3評価結果を示す。

##### 5.2.1.1 メチオニン1kgあたりのLIME3評価

(一社) サステナブル経営推進機構が提供するソフトウェアMilCAにメチオニン製造に係るプロセスデータを入力し、得られるインベントリデータにLIME3係数を乗じて算出した結果、0.181US\$/kg-メチオニンとなる。

図5.2-1に示す様に、社会資産、人間健康、生物多様性がそれぞれ38%、36%、23%を占める。社会資産には石油の使用、人間健康・生物多様性については、CO<sub>2</sub>排出の影響が大きい。

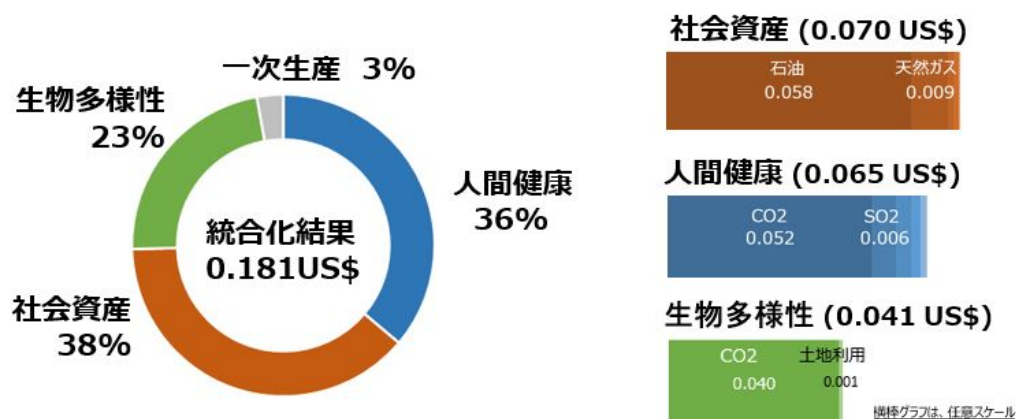


図5.2-1 メチオニン1kgあたりのLIME3評価

#### 5.2.1.2 トウモロコシ等の飼料1kgあたりのLIME3評価

トウモロコシおよび大豆のIDEAインベントリデータに、LIME3係数を乗じて算出した結果、トウモロコシは0.054US\$/kg、大豆は0.194US\$/kgとなる。

表5.2-1に示すように各保護対象の経済価値評価を比較すると、大豆の人間健康および一次生産のLIME3評価額は、トウモロコシの4~5倍大きい。

表5.2-1 単体量あたりのLIME3評価比較 (US\$/kg)

区分	人間健康	社会資産	生物多様性	一次生産	合計
トウモロコシ	0.031	0.010	0.005	0.008	0.054
大豆	0.121	0.018	0.013	0.042	0.194

また、図5.2-2、図5.2-3に示す様に、大豆の人間健康に及ぼす灌漑用水の使用、および一次生産に及ぼす農耕地の使用によるLIME3評価額は、トウモロコシの4~5倍大きい。

次に、コーングルテンミール、大豆粕についてはIDEAインベントリデータが無いので、それぞれの原料のLIME3評価を基に経済価値配分した。

コーングルテンミールのLIME3評価は、表5.2-2に示す様にトウモロコシを原料に同時に製造されるコーンスターチと経済価値(2020年11月調査したマーケット情報)を配分した結果、コーングルテンミール1kgあたり、0.066US\$/kgとなる。

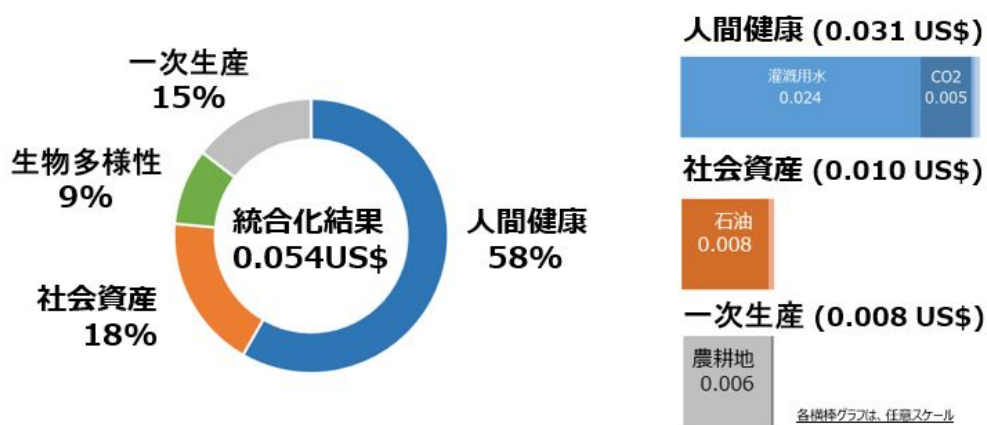


図5.2-2 トウモロコシ1kgあたりのLIME3評価

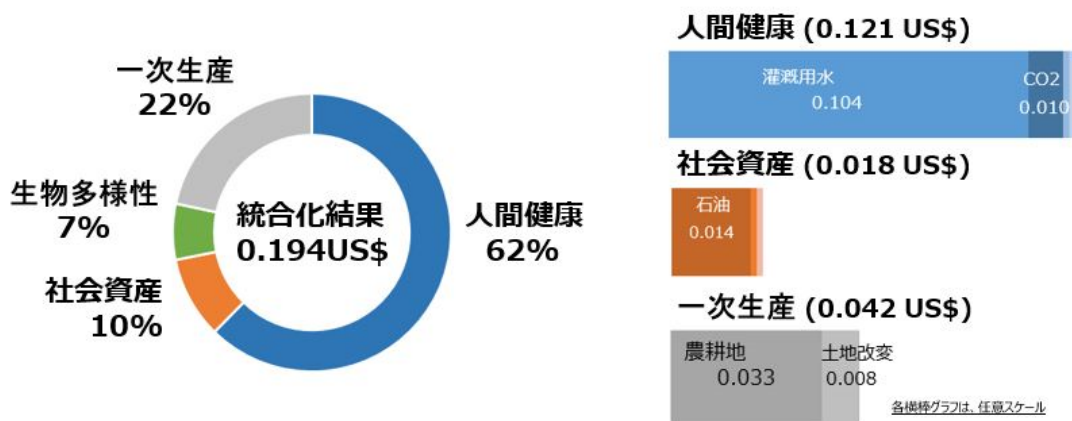


図5.2-3 大豆1kgあたりのLIME3評価

表5.2-2 LIME3評価トウモロコシの経済価値配分

	トウモロコシ	コーングルテンミール	コーンスターチ
経済価値 (US\$/kg) *	0.22	0.64	0.53
重量比 (kg/kg-CGM)	25	1	23.5
IDEAデータから算出、推算したLIME3評価係数 (US\$/kg)	0.054	1.35**	-
コーングルテンミール、コーンスターチを経済価値配分したLIME3評価係数 (US\$/kg)	-	0.066	0.055

\* 価格情報は本評価時点における各飼料のマーケット情報サイトから引用

\*\* トウモロコシとコーングルテンミールの重量比から推算

コーングルテンミールの経済価値配分計算：0.64 × 1.35 / (0.64 × 1 + 0.53 × 23.5) = 0.066

一方、大豆を原料に同時に製造される大豆油と大豆粕については、表5.2-3に示す様に大豆油と大豆粕の経済価値（2020年11月調査マーケット情報）を配分して、大豆油と大豆粕の1kgあたりのLIME3評価は、それぞれ0.367US\$/kgと、0.170US\$/kgとなる。

表5.2-3 LIME3評価大豆の経済価値配分

	大豆	大豆油	大豆粕
経済価値 (US\$/kg)	0.44	0.86	0.40
重量比 (kg/kg-大豆油)	5.3	1	4
IDEAデータから算出したLIME3評価係数 (US\$/kg)	0.194	1.04	-
大豆油、大豆粕を経済価値配分したLIME3評価係数 (US\$/kg)	-	0.367	0.170

### 5.2.1.3 CO<sub>2</sub> 1kgあたりのLIME3評価

LIME3評価においてGHG排出による地球温暖化の影響は、人間健康と生物多様性の保護対象についてCO<sub>2</sub>の係数が定義されているので、その統合評価として、CO<sub>2</sub> 1kgあたり0.017US\$/kg-CO<sub>2</sub>となる。



図5.2-4 CO<sub>2</sub> 1kgあたりのLIME3評価

## 5.2.2 鶏肉1t生産システムの被害評価

### 5.2.2.1 ①原料調達システム

図5.2-5～図5.2-8に4つの保護対象に対する被害評価結果を、主な影響領域で区分して示す。人間健康では水（灌漑用水）の使用，生物多様性では地球温暖化（CO<sub>2</sub>排出），一次生産については、土地（農耕地）利用の影響が大きい。

メチオニン添加飼料を利用した場合には、灌漑用水量が削減されて人間健康被害が約0.001DALY低下すると共に、農耕地利用面積が減少し一次生産被害が約150kg低減されている。その要因として、メチオニン添加配合飼料はトウモロコシに比較して灌漑用水の使用および農耕地の利用による環境影響評価が大きい大豆系の飼料（大豆粕および大豆油）配合を削減できていることが挙げられる。

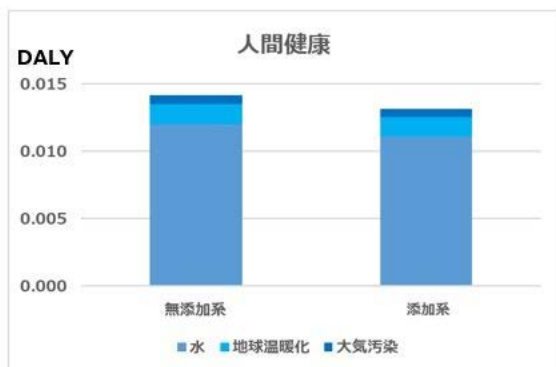


図5.2-5 被害評価結果（人間健康）

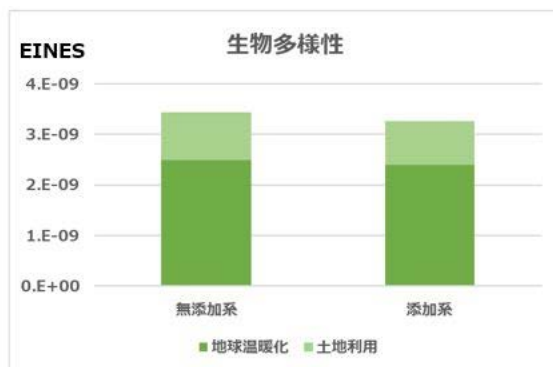


図5.2-6 被害評価結果（生物多様性）

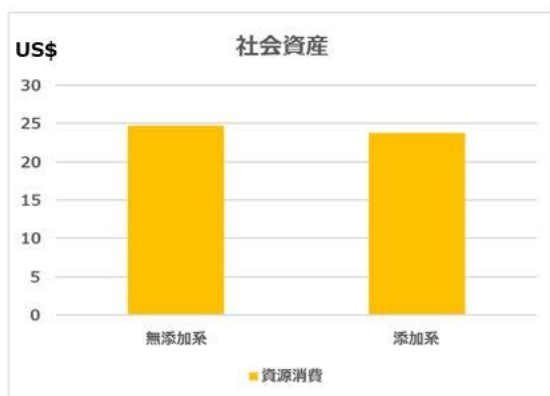


図5.2-7 被害評価結果（社会資産）

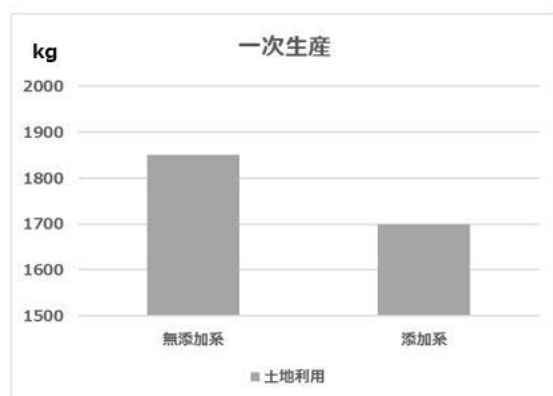


図5.2-8 被害評価結果（一次生産）

### 5.2.2.2 ②排泄物処理システム

地球温暖化影響による人間健康と生物多様性の被害評価を、図5.2-9、図5.2-10に示す。メチオニン添加配合飼料を利用した場合には、人間健康被害が約0.00003DALY低下、かつ地球温暖化被害が、 $4 \times 10^{-11}$ EINES低下する。但し、排泄窒素に起因する酸性雨・富栄養化・悪臭問題といった環境負荷についての評価は含んでいない。

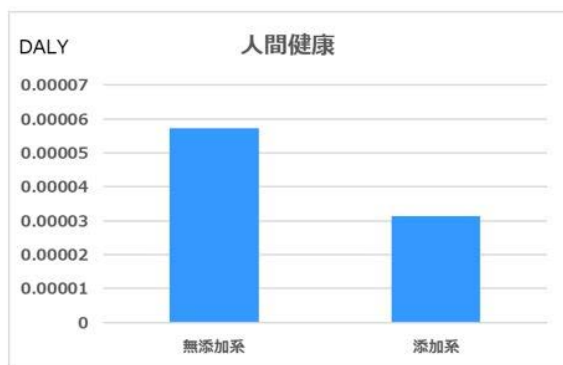


図5.2-9 被害評価結果（人間健康）

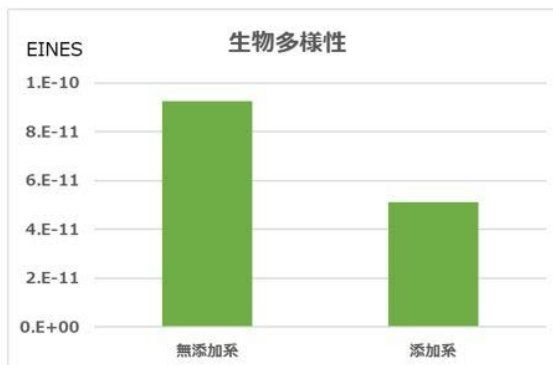


図5.2-10 被害評価結果（生物多様性）

5.2.3 鶏肉1t生産システム経済評価の統合化

5.2.3.1 ①原料調達システム

メチオニン添加配合飼料，無添加配合飼料を使用した場合の経済価値を統合した結果を図5.2-11に示す。メチオニン添加配合飼料では，灌漑用水による人間健康被害および土地利用による一次生産被害が顕著に低減している。

また，配合飼料別の影響については，図5.2-12に示すようにトウモロコシ配合量増加とメチオニン添加によるマイナスよりも，特に大豆粕配合量減少によるプラスの影響が寄与して，合計で36US\$の環境貢献の評価となる。

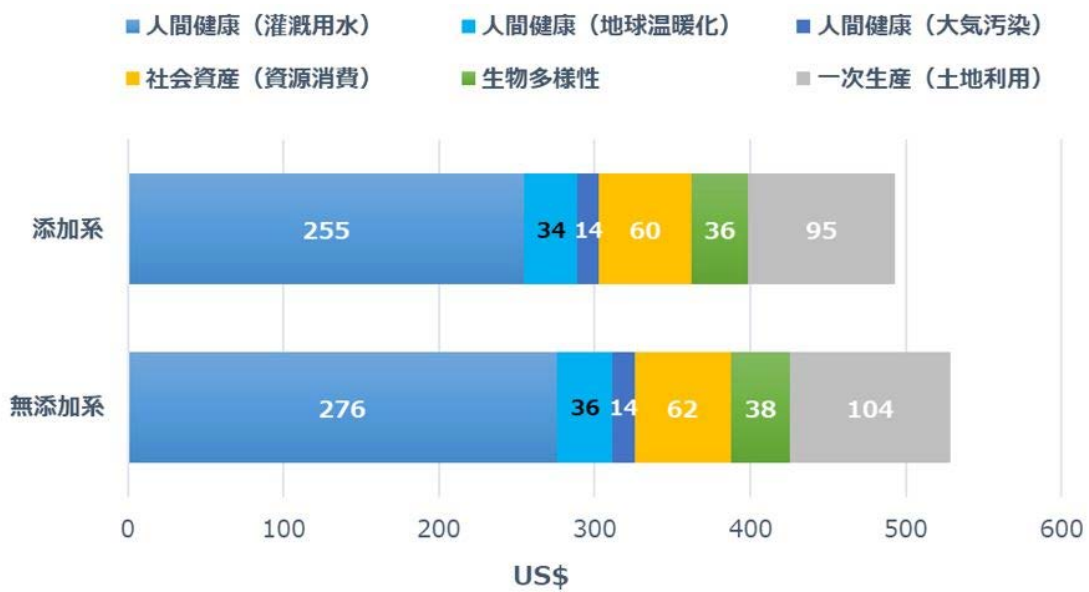


図5.2-11 原料調達システムのLIME3統合評価 (鶏肉 1tあたり)

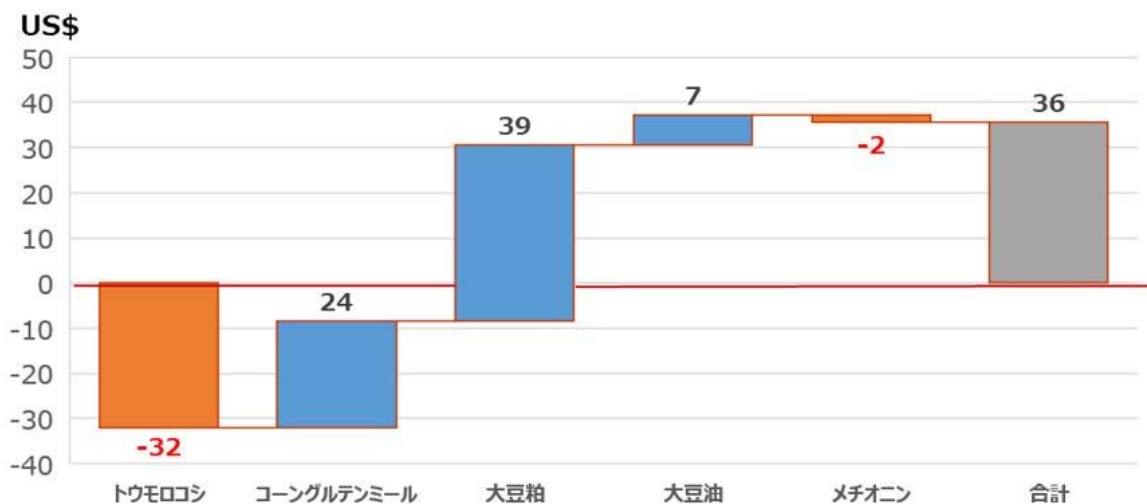


図5.2-12 原料調達システムのLIME3統合評価に及ぼす飼料の影響 (鶏肉1 t あたり)

## 5.2.3.2 ②排泄物処理システム

メチオニン添加配合飼料，無添加配合飼料を使用した場合の経済価値を統合した結果を図5.2-13に示す。メチオニン添加配合飼料では、人間健康被害と生物多様性被害を合わせ、1US\$環境貢献の評価となる。



図5.2-13 排泄物処理システムのLIME3評価（鶏肉 1tあたり）

## 5.2.3.3 システム境界合計（①原料調達システム + ②排泄物処理システム）

図5.2-14に示すように、システム境界全体の統合評価は、メチオニン添加配合飼料では無添加配合飼料と比較して37US\$（=36 + 1）の環境貢献となる。その内訳として、水使用削減による人間健康被害軽減と、土地利用削減による一次生産被害の軽減が主である。



図5.2-14 鶏肉1tあたりのLIME3統合評価

## 6 結論

## 6.1 調査結果のまとめ

メチオニン添加配合飼料，無添加配合飼料を使用した場合の鶏肉1 t生産あたりの環境影響のLIME3評価を行った。メチオニン添加配合飼料を使用した場合の統合経済価値は，無添加配合飼料を使用した場合に比較して37US\$の環境貢献があると評価できる。



その内訳には、メチオニン添加により大豆粕、大豆油が削減可能となるため、大豆のLIME3評価に影響する灌漑用水の使用による人間健康被害、および農耕地利用による一次生産被害の軽減が主に寄与している。

LIME3評価の適用により、メチオニンを使用する場合の環境貢献は、飼料バランスを整える効果が大きいことが明らかになった。

## 6.2 限界と今後の課題

今回は、排泄物処理プロセスにおける余剰アミノ酸起因の排泄窒素によるGHG排出の影響を評価したが、窒素排出による酸性雨・富栄養化・悪臭問題といった環境負荷低減の貢献量についても今後検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 日本化学協会（2014）：国内および世界における化学製品のライフサイクル評価  
carbon-Life Cycle Analysis (cLCA) 事例編・ファクトシート編
- 2) お肉のQ&A食肉の流通 [https://www.ajmic.or.jp/shouhisha/img/2012/qa\\_pdf/23.pdf](https://www.ajmic.or.jp/shouhisha/img/2012/qa_pdf/23.pdf)  
(参照日2021年3月)
- 3) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2019年4月）独立行政法人国立環境研究所
- 4) （一社）産業環境管理協会（平成30年）：伊坪 徳宏，稲葉 敦 編/著：  
LIME3ーグローバルスケールのLCAを実現す環境評価手法

### <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。

### <投稿編集のご案内>

LCA日本フォーラムニュースレターでは、会員の方々のLCAに関連する活動報告を募集しています。活動のアピール、学会・国際会議等の参加報告、日頃LCAに思うことなどを事務局(lca-project@jemai.or.jp)までご投稿ください。

### <発行 LCA日本フォーラム>

一般社団法人 産業環境管理協会内

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町2-2-1

E-mail : lca-project@jemai.or.jp Tel: 03-6694-5381

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

(バックナンバーが上記URLからダウンロードできます)