



# LCA 日本フォーラムニュース

No.76

平成 31 年 3 月

Life Cycle Assessment Society of Japan (JLCA)

## <目 次>

### 特集：平成 30 年度 第 15 回 LCA 日本フォーラム表彰②

【LCA 日本フォーラム会長賞】 ..... 3

「グローバルスケールの環境影響を評価する手法「LIME3」の開発」

東京都市大学 環境学部 環境情報学研究科 教授 伊坪 徳宏

【LCA 日本フォーラム奨励賞】 ..... 10

「多様な環境側面を考慮したセメントの LCA」

太平洋セメント株式会社 中央研究所 星野 清一

広島大学 大学院工学研究科 河合 研至

株式会社トクヤマ セメント開発グループ 新見 龍男

【LCA 日本フォーラム奨励賞】 ..... 15

「日本ドラム缶更生工業会の循環型社会の構築に向けた LCI 実施報告書の活用」

日本ドラム缶更生工業会 企画委員会 委員長 安藤 幸夫





【LCA 日本フォーラム会長賞】

## 「グローバルスケールの環境影響を評価する手法 「LIME3」の開発

東京都市大学 環境学部 環境情報学研究科 教授  
大学院環境情報学研究科長 伊坪 徳宏

LCA は国際規格化や国主導によるデータベース開発を通じて急速に発展してきた。なかでも CO<sub>2</sub> や NO<sub>x</sub> などの環境負荷物質の排出量算定に利用されるインベントリデータベースの開発は、日・欧・米のほか、中国や韓国、タイ、マレーシアなど様々な国々で行われている。インド、ブラジル、南アフリカでも LCA をテーマにした国際会議が開催されており、社会的関心は高まる一方である。しかし、現在の LCA 研究は以下に示す課題が未解決であるため、途上国で正しく影響評価が実施される状況でない。

- 国際的に認知された影響評価手法が少ない。
- 日・欧・米が独自の評価手法を提案しているが、いずれも評価対象地域が限られている。
- 発展途上国の関心が特に高い水資源や生物多様性を対象とした手法は少なく、かつ、これらの複数の環境影響を体系的に評価できる手法は存在しない。

LIME1 および LIME2 は日本の環境条件と日本国民の環境思想を反映しており、他国の影響を評価するには不向きである。一方で、途上国のなかには、自国の環境条件を反映していなくても欧州の手法を引用するケースがみられる。不適切な影響評価手法の利用は、環境性能の誤解を招いたり、誤った意思決定につながる恐れがある。

以上のように、世界各地の環境条件を反映し、かつ、一つの評価体系のもとで多様な地球規模の環境問題を評価することができる世界標準の影響評価手法の開発が求められた。LIME3 では、日本の影響評価手法 LIME を「世界化」に向けて発展・拡張させた。以下に LIME3 の開発目標を示した。

第一に、地球規模の環境問題を対象として、世界各地の特徴を考慮しつつ、環境負荷の発生から人間健康や生態系への被害量までを関係づける評価モデルを開発する。ここでは地球温暖化、水資源、生物多様性を地球の持続可能性を保持するうえで重要な問題を取り上げ、世界193ヶ国で発生する環境影響を評価できるようにする。

第二に、人間活動に伴って発生する世界全体における年間の環境影響総量を算定する。世界を7地域に分けて、エンドポイントごとに年間被害量と影響領域の内訳を求める。さらに、経済評価係数（第四章）の結果を用いて、世界全体の環境影響の経済価値額を算定する。

第三に、世界各国の環境意識の違いを反映した、環境影響の統合化、および、経済評価を行うための重みづけ係数を開発する。ここでは、G20 各国を対象としたアンケート調査と統計解析を行って、国間の違いや、先進国と新興国の違いについて検討する。

図 1 に LIME3 の枠組を示した。

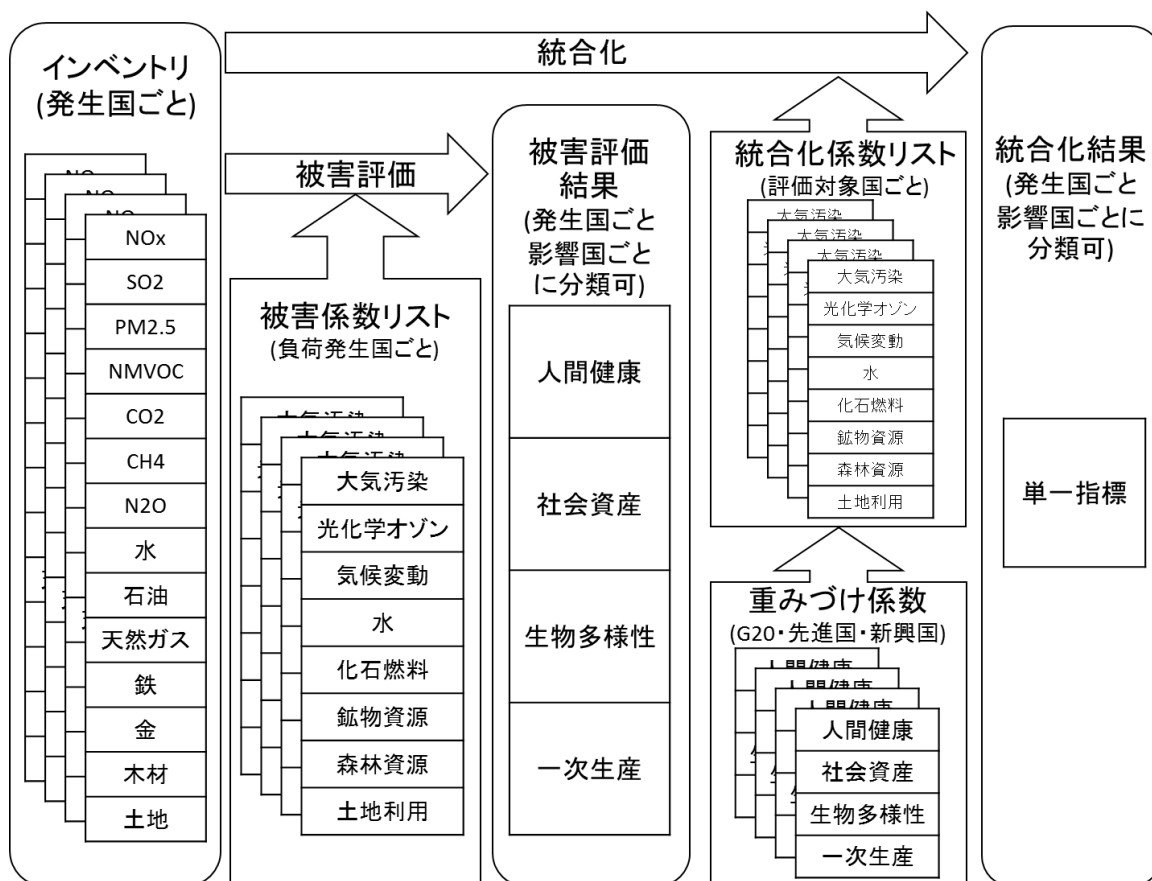


図1 LIME3の概念図

LIME3では、手法開発のニーズが高く、かつ、日本における事例研究の活用頻度の高い被害評価と統合化の開発を優先した。以下に示す係数リストをインベントリに乗じることで、評価目的に応じた結果を得ることができる。

- ① 被害係数リスト：環境負荷物質ごと、影響領域ごと、環境負荷の発生国（資源の場合は採取国）ごとに算定した。対応するインベントリデータと乗じた後、物質、影響領域、発生国の結果を足し合わせることで評価結果が得られる。
- ② 統合化係数リスト：環境負荷物質ごと、影響領域ごと、環境負荷の発生国（資源の場合は採取国）ごと、保護対象ごとに算定した。対応するインベントリデータと乗じた後、物質、影響領域、発生国、保護対象ごとに得た結果を足し合わせることで評価結果が得られる。

LIME3では、単位量の環境負荷が発生したときに人間や生態系が受ける潜在的な被害量を算定するためのモデルを開発した。特に地球規模で強い被害が発生している(1)気候変動、(2)大気汚染、(3)光化学オキシダント、(4)水資源消費、(5)土地利用、(6)鉱物資源消費、(7)化石燃料消費、(8)森林資源消費を対象にした。

被害係数の算定に当たって、特に重視したのは以下の点である。

- 国ごとに被害係数を算定する。これにより、環境条件の違いを反映した分析が可能になる。
- 環境負荷の発生国と影響国の区別をつける。(資源消費の場合は消費国と採掘国を区別する) これにより、国間の因果関係が明快になる。

表1 LIME3 の評価項目

保護対象 影響領域	人間健康	社会資産	生物多様性	一次生産
	DALY	US\$	EINES	NPP
気候変動	○	△(穀物、土地、エネルギー)	○	×
オゾン層破壊	△(皮膚癌、白内障)	△(農業、木材)	/	△(陸域、水域)
大気汚染	○	△(酸性化で評価)	/	△(酸性化で評価)
酸性化	○(大気汚染で評価)	△(木材、水産)	/	△(陸域)
光化学オキシダント	○	△(農業、木材)	/	△(陸域)
富栄養化	/	△(水産)	/	/
有害化学物質	△(発癌、慢性疾患)	/	△(生態毒性で評価)	/
生態毒性	△(有害化学物質で評価)	/	△(陸域、水域)	/
室内空気質汚染	△シックハウス症候群	/	/	/
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	△有害化学物質で評価	△ユーザーコスト	△陸域	△陸域
騒音	△睡眠障害、会話障害	/	/	/

◎：LIME3において新規に評価した項目、○：LIME2とLIME3ともに評価した項目(ただしLIME3では世界、LIME2では日本を対象)、△：LIME3では算定対象外であるが、LIME2において評価された項目、×：定量化が望まれるが情報不足や信頼性の不足等により評価が困難と判断した項目、斜線：被害量が小さく評価する必要性が低いと判断した項目を指す。

表1にLIME3で被害量を計上した項目の種類(カテゴリエンドポイント)について整理した。表中に記入された項目はLIMEで計上したカテゴリエンドポイントを指す。例えば、気候変動の健康被害として、マラリア、デング熱、災害、栄養失調、下痢を含めている。図中の斜線部分は影響が小さい、または算定する優先度が低いものを指す。一方、影響が大きい恐れがあるが、現在の各分野の最新の知見から見ても算定が困難であるため、被害係数の算定を見送った領域もある。これらの領域を対象とした評価手法の開発が今後の課題である。現時点ですべての環境影響について網羅することは不可能であるが、現状の自然科学で被害量を一定の信頼性を持って評価できる領域と定量化が困難な領域を区別することで、評価範囲の透明性確保に努めた。

LIME3では世界全体における一年間の経済活動を通じて発生する環境被害量を規格値として算定した。世界全体の年間被害量は、人間健康が7,900万年、社会資産は4,100億米ドル、生物多様性は100種(維管束植物種)、一次生産は180億トンと推定された。影響領域別でみると、人間健康には大気汚染が、社会資産への影響には化石燃料消費が、生物多様性と一次生産への影響には土地利用による影響が最大であった。これらの結果はWHOや国連による報告書と対比して、両者はほぼ整合することを確認した。

LIME3では世界各国で利用できる重み付け係数の開発を想定しつつ、G20を評価対象国とした重み付け係数の開発を行った。同一の調査票をもとにG20加盟国を対象としたアンケート調査を実施し、国ごとに算定した重みづけ係数の間を比較するとともに、先進国(G8)と新興国の間で比較するなど、地球規模の重み付け係数開発と活用に向けた検討を行った。

LIME3では、LIME1, LIME2と同じく、4種の保護対象(人間健康、社会資産、生物多様性、一次生産)間の重み付けをコンジョイント分析を通じて行った(Itsubo et al. 2015)。G20加盟国すべてを対象にアンケート調査を行った。回答者による調査票の内容理解とバイアスの最小化を優先して、新興国(G8を除くG20)は面接調査(訪問調査もしくは会場調査)を採用した。新興国は各国200~250サンプル、先進国は各国500~600サンプル、全体で6,400件の回答を得た。ランダムパラメータロジットモデルを利用して、個人の環境意識の違いについて考察した。

無次元の重み付け係数(WF1)と支払意思額を用いた経済指標(WF2)の二種類の重みづけ係数を得た。G20のWF1は人間健康が最大で、生物多様性と一次生産がこれに次いで大きく、社会資産の重み付けは相対的に小さかった。先進国(G8)はG20に比べて生物多様性や一次生産の価値が相対的に高かった。一方、新興国は健康影響の重みが特に大きく、他の三項目の重みはほぼ同等であった。国別の重み付け係数は、先進国間では大きな差はなかったが、新興国は国による違いが大きく見られた。評価結果を経済指標で表す重みづけ係数(WF2)は、G20全体では人間健康1DALYあたりの支払意思額は約2.3万ドル、社会資産1ドルあたりの支払意思額は約2.5ドル、生物多様性1EINESあたりの支払意思額は約110億ドル、一次生産1億トンの支払意思額は約60億ドル、と算定された。全体的に先進国よりも新興国の方が支払意思額が高い傾向を示した。

被害係数(DF)にWF2を乗じると、単位量当たりの環境負荷発生に対する外部費用増分(IF2)を得ることができる。IF2とインベントリの積和を通じて製品やサービスの環境影響を外部費用で表現することが可能となる。この結果は、LCCと対比することで、内部費用と外部費用の和であるフルコスト評価に利用したり、企業における環境会計の評価、プロジェクト導入による費用便益分析などに利用することが可能である。さらに、規格値と乗じることによって全球規模の年間被害量の経済価値額を推定した。人口重みづけ済みのWF2に規格値を乗じた結果は約5兆ドルと見積もられた。これは世界GDP(77兆ドル、2013年)のおよそ6.5%を占めた。従来の統合評価モデルによる結果に比べて相対的に大きな値となった。

表2にこれまで提案された主なLCIA手法について示した。

表2 主なLCIA手法とその特徴

手法名	開発国	開発/ 更新時期	評価対象			地理的な 範囲
			特性化	被害評価	統合化	
CML	オランダ	2002更新	○			世界、欧州
EDIP	デンマーク	2003更新	○			欧州
TRACI	米国	2003	○			米国
Eco-scarcity	スイス	2007更新			○(問題比較型)	スイス
JEPIX	日本	2003			○(問題比較型)	日本
Ecoindicator' 95	オランダ	1995			○(問題比較型)	欧州
Ecoindicator' 99	オランダ	2000		○	○(被害算定型)	欧州



EPS	スウェーデン	2000 更新		○	○(被害算定型)	世界
Impact2002	スイス	2002	○	○		欧州
ExternE	欧州	2005 更新			○(被害算定型)	欧州
Rrecipe	欧州	2013	○	○		欧州
Impact World+	米国、カナダ など	2012 年～		○		世界
LCImpact	欧州	2013 年～		○		世界
LIME2	日本	2008 更新	○	○	○(被害算定型)	日本
LIME3	日本	2015 更新		○	○(被害算定型)	世界

LIME3 は以下の長所が挙げられる。

- 特性化、被害評価、統合化まで体系的に分析することができる。ただし、LIME3 においては特性化に関する検討の優先度を低くしたため、本書では被害評価と統合化の二段階に関する係数リストを掲載した。Recipe、LCImpact などエンドポイントタイプの評価手法は統合化手法の開発は行っていない。
- 被害評価手法の特徴：気候変動や大気汚染といった影響領域については、環境負荷発生国(インベントリ)と被害発生国の関係を明確化できる。森林資源を含めた分析が可能である。一次生産を生態系の質を表すエンドポイントとして包含している。生物多様性の被害指標に絶滅リスクを採用することで、土地利用や気候変動による影響を比較、統合することが可能である。
- 正規化の特徴：全球規模のエンドポイントタイプの規格値の算定研究は少ない。WHO や UN による研究成果との対比から、その妥当性について検証した研究は LIME3 のみである。
- 統合化の特徴：被害算定型を採用することで、エンドポイント間の比較を可能にした。コンジョイント分析の採用により無次元指標(WF1)と支払意思額(WF2)の二種類の結果が得られる。G20 各国の環境意識の違いを反映することができる。先進国と新興国間の比較考察することが可能になった。
- 世界を対象とした分析：世界の地理的条件を考慮した被害評価、世界各国の環境意識の違いを考慮した統合化を行うことを可能にした。世界を対象にして、被害評価と統合化の双方を実施できる手法は LIME3 が初めてである。

一方で、今後改善すべき事項として以下のものが挙げられる。

- 影響領域の網羅性：LIME3 では気候変動や大気汚染を含む 8 領域を網羅するものの、他の影響領域に比べて評価範囲は広いとは言えない。LCImpact では、さらに海洋資源消費、生態毒性・ヒト毒性、水域富栄養化、陸域富栄養化、騒音に関する評価手法の開発を行っている。Impact World+では、ヒト毒性・生態毒性、酸性化、富栄養化、オゾン層破壊も含んでいる。また、水消費は LIME3 では人間健康の被害係数を算定したが、LCImpact では人間健康に加えて、生態系(一次生産、生物種の豊富さ)影響、湿地への影響についても開発した。
- 影響評価の詳細度：LIME3 では国レベルで評価結果を得たが、中国やアメリカなどの大国では地域によって影響が異なるため、より評価区分を細かく分けることが望ましい。

Impact World+では富栄養化の評価を0.5°メッシュの結果を示した。特に地域偏在性の強い水消費の影響は、Phisterらのようにグリッドごとに特性化係数が公開されているものもある。インベントリデータの対応関係を確認する必要があるが、より評価結果の精度を向上するためには被害係数の地域細分について検討を要する。

- ▶ 途上国を対象とした重みづけ係数の開発：今回の調査を通じて先進国と新興国の重みづけ係数を算定したが、すべての国を分析したわけではない。また、アフリカや中東では調査国が一つであるなど、発展途上国の調査件数が十分ではない。一方で、新興国を除く途上国ではコンジョイント分析の調査票の理解が十分でなく、統計的に有意な結果が得られなかった。今後は途上国を含めた全球を代表する重みづけ係数の開発が求められる。

### 参考文献

- 1) 伊坪徳宏、稲葉敦(2018) LIME3 グローバルスケールのLCAを実現する環境影響評価手法
- 2) Goedkoop, M. (1995): The Eco-indicator 95 NOH report 9523 Pre Consultants, Amersfoort
- 3) Goedkoop, M., R. Spriensma (1999): The Eco-indicator 99, A damage oriented method for life cycle impact assessment, Pre Consultants, Amersfoort
- 4) Guinee, J., Gorree M., Heijungs, R., Huppes G., Kleijn Rene., Koning A., Oers L., Sleeswijk, A., Suh S., Udo de Haes, H. A., Bruijn R., Duin, R., Huijbregts M., Lindeijer E., Roorda A., L. van de Ven, L., Weidema, B., (2001): Handbook on Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- 5) Hauschild, M., H. Wenzel (1998): Environmental Assessment of products Volume 2: Scientific background, Chapman & Hall, London
- 6) Heijungs, R., J. Guinee, G. Huppes, R.M. Lankreijer, H.A. Udo de Haes, A. Wegener Sleeswijk, A.M.M.Ansems, P.G. Eggels, R. van Duin, H.P.de Goede: Environmental Life Cycle Assessment of products. Guide and Backgrounds. CML, Leiden University, Leiden (1992)
- 7) Impact World+ 2015: ホームページ <http://www.impactworldplus.org/en/methodology.php>
- 8) Itsubo et al. (2015) Norihiro Itsubo, Kayo Murakami, Koichi Kuriyama, Kentaro Yoshida, Koji Tokimatsu, Atsushi Inaba, Development of weighting factors for G20 countries—explore the difference in environmental awareness between developed and emerging countries, The International Journal of Life Cycle Assessment, pp 1-16, First online: 28 April 2015, doi: 10.1007/s11367-015-0881-z
- 9) Itsubo, N., (2000): Screening Life Cycle Impact Assessment with Weighting Methodology Based on Simplified Damage Functions, Int. J. LCA, 5 (5) 273-280 (2000),
- 10) Jolliet, O., M., Manuele, C., Raphael, H., Sébastien, P., Jérôme, G., Rebitzer, R., Rosenbaum (2003): IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology, Int J. LCA 8 (6) 324-330
- 10) Steen, B., (1999): A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS) version 2000, Centre for Environmental assessment of products and material systems., Chalmers University of Technology, Technical Environmental Planning, Gothenburg
- 11) Steen, B., S.-O. Ryding: The EPS enviro-accounting method. An application of environmental accounting principles for evaluation and valuation of environmental impact in product design IVL Report B 1080. IVL, Gothenburg (1992)



- 12) 伊坪 徳宏・稲葉 敦 : ライフサイクル環境影響評価手法 LIME-LCA, 環境会計, 環境効率のための評価手法・データベース、発行所: 社団法人産業環境管理協会、発売所: 丸善株式会社、2005年9月15日発行、B5版384頁、ISBN 4-914953-96-X
- 13) 伊坪 徳宏・稲葉 敦 (編著) (著者他多数): LIME2—意思決定を支援する環境影響評価手法、産業環境管理協会、2010年11月30日発行、666頁、ISBN 978-4-86240-055-0



【LCA 日本フォーラム奨励賞】

## 「多様な環境側面を考慮したセメントのLCA」

太平洋セメント株式会社 中央研究所 星野 清一  
 広島大学 大学院工学研究科 河合 研至  
 株式会社トクヤマ セメント開発グループ 新見 龍男

### 1. はじめに

昨今、世界各国では持続可能な開発目標（SDGs）の達成に向け、一側面のみならず多様な環境側面を考慮した企業活動が求められています。セメントは製造過程で CO<sub>2</sub> を多く排出する材料であることから、これまでセメントやコンクリートの環境影響評価では、CO<sub>2</sub> の排出に重点を置いた評価が一般的となっていました。一方でセメントは、製造時に他の産業から発生した廃棄物・副産物を多量に活用し、日本の資源循環に貢献している面も持っています。その量は 2017 年度には 2,800 万 t となっており、これによりわが国の産業廃棄物最終処分場の残余年数は 10.6 年延長されているとも見積もられています<sup>1)</sup>。また、これら廃棄物・副産物のうち、他では活用先がなく本来廃棄されるはずの、いわゆる“廃棄物”だけを取ってみても半分以上を占めています。しかしながら、この廃棄物活用を通じた資源循環への貢献は一般にあまり認知されていないことから、LCA において考慮されることはほとんどありませんでした。

本課題を鑑みて、廃棄物活用による環境貢献面も含めたセメントの環境影響について、定量化や見える化を図るべく、太平洋セメント(株)、広島大学構造材料工学研究室、(株)トクヤマでは、産学連携の 3 機関によって「多様な環境側面を考慮したセメントの LCA」について共同で取り組んでまいりました。ここでは、これらの取り組みについて紹介します。

### 2. 本取り組みの社会背景

今回共同受賞した 3 機関のうち、太平洋セメントは 2006 年にも個社として LCA 日本フォーラム表彰の奨励賞を頂いています。その際は、LCA を利用した廃棄物のセメント資源化対策として、エコセメントや灰水洗、都市ごみのセメント資源化システム（AK システム）などの一般廃棄物処理技術を対象に頂いています。社会背景には、廃棄物や処分場問題などが課題の一つとして挙げられている時でもありました。

その後、昨今ではパリ協定をはじめとした、より低炭素な社会を目指そうとする方向性に加えて、SDGs に見られるような、更に多様な環境影響面を考慮した社会活動や企業活動が求められるようになっていきます。また、セメント産業では廃棄物の一層の活用拡大を図ってきており、更には LCA 手法も高度化されてきています。このような中、本活動はセメントの特定の環境面だけではなく、廃棄物活用なども含めた多様な環境側面の影響を理解することを目的としており、SDGs のような環境問題全般の要請を受けた総合的な観点での LCA に関する取り組みとなっています。その点では、現代の社会ニーズを反映した取り組みと思われれます。

**前回受賞 (2006年,太平洋セメント)との違い (社会的背景も含めて)**

	前回 (2006年)	今回 (2018年)
機関	太平洋セメント(個社) 	産学連携3機関共同 
受賞タイトル	LCAを利用した廃棄物のセメント資源化対策	多様な環境側面を考慮したセメントのLCA
受賞部門	製品開発・生産活動活用	研究・教育・普及
社会背景	廃棄物や処分場問題	SDGs、パリ協定
対象	一般廃棄物処理技術 (エコセメント, 灰水洗, AKシステム)	ポルトランドセメント
主な議論の焦点	セメント産業による廃棄物活用の利点	混合セメント化等による環境影響間のトレードオフ

<前回受賞との主な違い(社会的背景も含めて)>

- ・単純な廃棄物活用のみならず、環境問題全般(SDGs等)の要請を受けた、総合的な観点でのLCAを実施。
- ・セメントユーザー等を中心に、広く普及・認知活動。  
(・セメント産業の廃棄物活用量の増加 & LCA手法の高度化)

図1 前回受賞との違い(社会的背景も含めて)

### 3. セメントの廃棄物活用

セメント産業が活用している廃棄物の例を図2に、またセメントの製造工程と廃棄物・副産物活用を図3に示します。なおここでは、一般に製品としての価値があり市場において有償で販売されるものを副産物、これに対して市場ニーズが乏しく、有償での売却が困難であることから、本来廃棄されるものを廃棄物としています。


**セメントの製造 ～廃棄物活用～**

- ・セメントの製造では、原料や熱エネルギー源として、**他の産業で発生した廃棄物・副産物を多量に活用。**
- ・特に、**処理困難な「廃棄物」の活用も多い。**

**処理困難な廃棄物の例**


**原料代替**

石炭灰 (輸送)




**熱エネルギー代替**

廃プラ



**建設発生土**



**廃タイヤ**




図2 セメント産業が活用している廃棄物の例

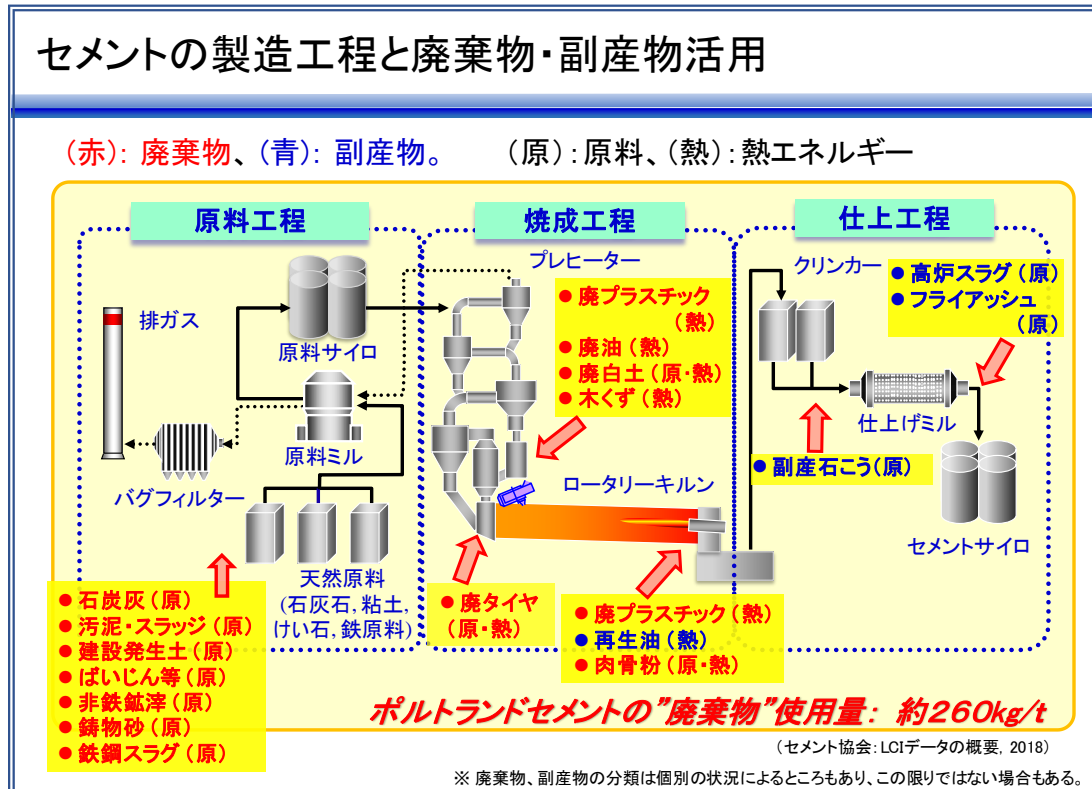


図3 セメントの製造工程と廃棄物・副産物活用

図3に示すように、セメントの製造工程は大きく分けて原料工程、焼成工程、仕上工程の3つの工程から成っています。原料工程は原料を混合する工程、焼成工程は混合した原料を焼成する工程、仕上工程は焼成によって製造したセメントクリンカを粉砕してセメントにする工程ですが、それぞれの工程で廃棄物・副産物を活用しています。図には、それぞれの廃棄物・副産物の主たる活用先として、原料または熱エネルギー源のいずれの用途で用いられるかも記しています。例えば原料には、石炭灰や汚泥・スラッジ、建設発生土、燃え殻・ばいじん・ダスト、鑄物砂などの多種類の廃棄物を活用しています。また、焼成用の熱エネルギー源には、天然のエネルギー源である石炭を代替する形で、廃油や木くず、廃プラスチックなどの廃棄物を活用しています。

このうち、熱エネルギー源としての活用に関しては、セメントに特有の条件はありますが、他の産業でも同様の活用はされており、必ずしもセメント産業に限ったリサイクルの形という訳ではないかもしれません。一方で原料への活用に関しては、特に他の産業から発生した廃棄物を原料として活用し、別の新たな生産材である「セメント」に形を変えるものであり、他にはあまり類を見ないセメント産業特有のリサイクルの形といえます。

セメントは、社会インフラの基盤となる構造物や建築物などの材料として用いられることから、日本国内でも年間約 6,000 万 t (輸出用クリンカ等も含む)<sup>2)</sup>と非常に多くの量が生産されています。これにより、多量の廃棄物・副産物の活用が可能となります。セメント産業における廃棄物・副産物の活用量は、前述のとおり年間約 2,800 万 t となっており、廃棄物だけを見ても活用量はその半分以上となっています。また、ポルトランドセメントにおける廃棄物使用量を見ても、セメント 1tあたり約 260 kg と非常に多いものとなっており、環境影響の面から見ると決して無視することのできない大きさとも考えられます。



#### 4. セメントの廃棄物活用による環境貢献を反映した LCA

図 4 に LIME2 によるセメントの環境影響評価結果の一例を示します。本評価ではシステム境界は天然原料の採掘からセメントが製造されるまでの工程とし、この間で使用する天然原料、化石エネルギー、購入電力および発生する環境負荷物質のほか、廃棄物の活用を評価の対象としています。また、評価における廃棄物・副産物の扱いについては、廃棄物に分類される品目については、本来埋立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見なしマイナスの環境負荷、すなわち貢献として与えています。また副産物については、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、埋立回避による貢献には考慮せず、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ものとなっています。

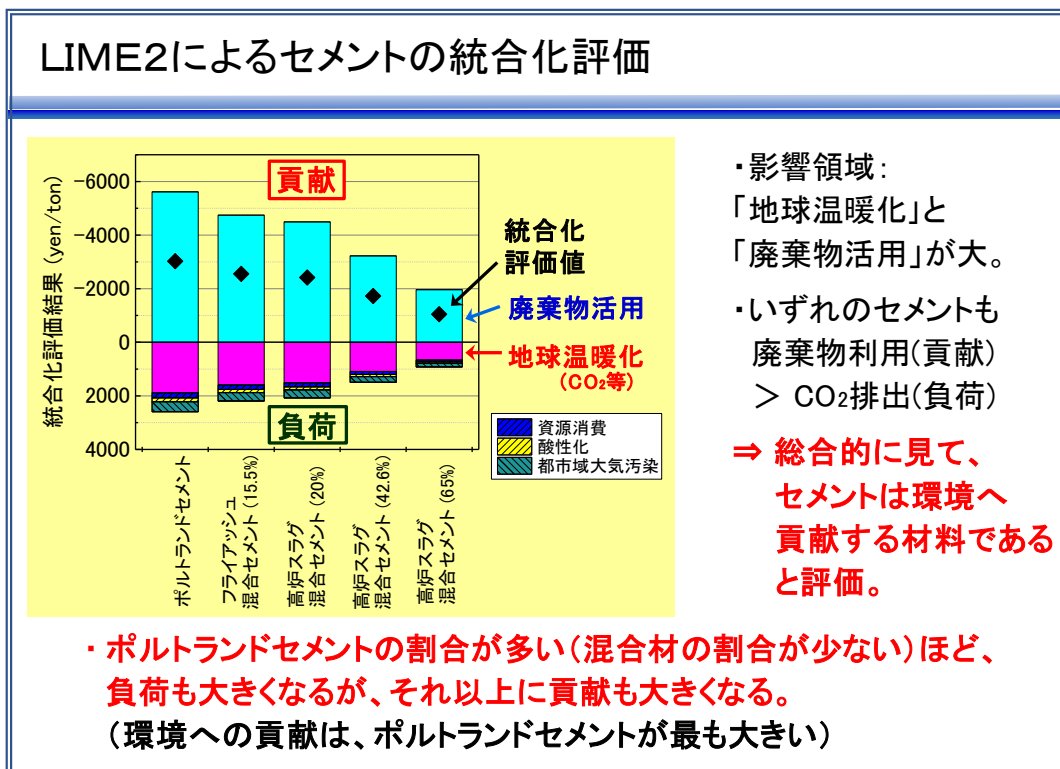


図 4 LIME2 によるセメントの環境影響評価結果の一例

本評価結果によると、いわゆるセメントのみからなる純粋なセメントであるポルトランドセメント、副産物混合材であるフライアッシュや高炉スラグを混合したフライアッシュ混合セメント、高炉スラグ混合セメントのいずれのセメントにおいても、廃棄物活用による環境貢献が最も大きく、次いで地球温暖化、都市域大気汚染、資源消費、酸性化による負荷の順となっています。また、廃棄物活用による環境貢献は、その他全ての環境負荷の合計より大きく、全ての環境影響の和である統合化評価値にも示されるように、総合的に見てセメントは環境に貢献している材料であると評価されています。さらに、混合材の混合率が少なくなるほど、統合化評価値は貢献側に大きくなっており、地球温暖化や都市域大気汚染、酸性化、資源消費などによる負荷と廃棄物活用による貢献を総合的に見た場合には、ポルトランドセメントの環境への貢献が最も大きいとの評価結果が得られています。

本取り組みでは、多様な環境影響の統合化まで実施することで、これまで理解されていなかった、特に廃棄物活用の貢献も含めた各環境影響の大きさを示すことができます。

## 5. 理解・普及のための活動

本取り組みでは、一連の成果の理解や普及のための活動にも力を入れています。理解、普及のための活動例を図5に示します。得られた成果については、特にセメントと関連の深い分野として、セメント分野、無機材料分野、コンクリート分野、土木・建築分野を中心とした学会や論文、また学会誌等の解説記事を通じて広く情報の発信を図っています。また、ユーザー向け講習会であるコンクリート・土木材料技術講習会や、コンクリート分野、土木・建築分野における複数の展示会でも、ポスターをはじめとした展示を行うとともにリーフレットなども作成しその配布を行っています。さらに、セメント産業を中心とした若手研究者に対しても講習を行うなど、LCAのより一層の活用拡大とともに、今後の環境貢献型材料開発などに資する活動を広く継続的に行っています。

研究・普及活動(1)	研究・普及活動(2)
<p>セメントユーザー等への広い普及活動。学協会や学会誌での認知活動。</p> <p><b>セメント分野における報告</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>セメント・コンクリート論文集 2014年 論文</li> <li>セメント・コンクリート論文集 2015年 論文</li> <li>セメント協会論文賞受賞 2016年</li> <li>セメント技術大会 2015年 口頭発表</li> <li>International Congress on the Chemistry of Cement 2015年 口頭発表 5件</li> <li>セメント若手の会 2017年 講演</li> <li>書籍「新・社会環境マテリアル(坂井・大門編)」執筆分担</li> </ul> <p><b>無機材料分野における報告</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>無機マテリアル学会誌 2018年 総説</li> <li>JETI誌 2018年 特集記事</li> <li>International Symposium on Inorganic and Environmental Materials 2018年 招待発表</li> </ul>	<p><b>コンクリート分野における報告</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>JCIコンクリートテクノプラザ 2017年 ポスター展示</li> <li>JCIコンクリートテクノプラザ 2018年 ポスター展示</li> <li>コンクリート工学誌 2016年 特集記事</li> <li>コンクリート・土木材料技術講習会(CPDS認定講習会*) 2017年 講習</li> <li>*(-社)全国土木施工管理技士連合会の継続学習制度</li> <li>International Conference on Concrete Sustainability 2016年 口頭発表</li> </ul> <p><b>土木・建築分野における報告</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>建設技術展近畿 2017年 ポスター展示/リーフレット配布</li> <li>建設技術展近畿 2018年 ポスター展示/リーフレット配布</li> <li>土木学会全国大会 2015年 口頭発表</li> <li>土木学会全国大会 2016年 口頭発表</li> <li>日本建築学会大会 2015年 口頭発表</li> <li>日本建築学会大会 2016年 口頭発表</li> <li>土木学会中国支部研究発表会 2017年 口頭発表</li> </ul>

図5 理解、普及のための活動例

## 6. おわりに

ここでは、CO<sub>2</sub>の排出に比較して、注目度の低いセメントの廃棄物活用による環境貢献の側面やそれも含めた「多様な環境側面を考慮したセメントのLCA」の取り組みについて紹介しました。日本のセメント産業では、これまで活用の難しい廃棄物の利用を世界に先行して進めてきており、その技術開発の成果や環境貢献面をLCAによって示していくことは意義があるものと思っています。また、それにより現状を理解することで、将来に向けたより一層の環境貢献や負荷の低減へと繋げていけるものと思っています。

今後も引き続き、多様な環境側面を考慮したセメント、コンクリートの研究、開発や企業としての製品の提供に努めていくとともに、LCAの活用拡大や意義、有効性、LCAを活用した成果の認知に取り組んでいきたいと思っています。

### 参考文献：

- セメント協会ホームページ： 廃棄物・副産物の有効利用,  
<http://www.jcassoc.or.jp/seisankankyo/seisan01/seisan01a.html> (Accessed: 2019.3.8)
- セメント協会：セメントハンドブック 2018年度版、p.8、2018





【LCA 日本フォーラム奨励賞】

## 「日本ドラム缶更生工業会の循環型社会の構築に向けた LCI 実施報告書の活用」

日本ドラム缶更生工業会 企画委員会 委員長 安藤 幸夫

### 1. はじめに

日本ドラム缶更生工業会は、使用済み鋼製ドラムを更生（再生、改造）販売する、ドラム缶更生業者の団体です。一般的にはまだ馴染みの薄い業界ですが、使用済みの 200 リットル鋼製ドラムを洗浄→整形→塗装し、再生ドラムとして複数回市場に流通させています。

しかしながら、再生回数が新ドラムの板厚に大きく影響を受けるため、弊工業会では、諸外国における「薄板化」の流れが日本に及ばないための活動を、CO<sub>2</sub> 排出量の削減を切り口に長く続けて参りました。

また近年は、業そのものがリユースであるドラム缶更生業の資源循環型社会への貢献度を、業界の内外を問わず、多くの方々に知っていただく活動にも心を砕いております。

以下に、弊工業会の LCI 報告書を活用した環境活動を時系列で紹介します。

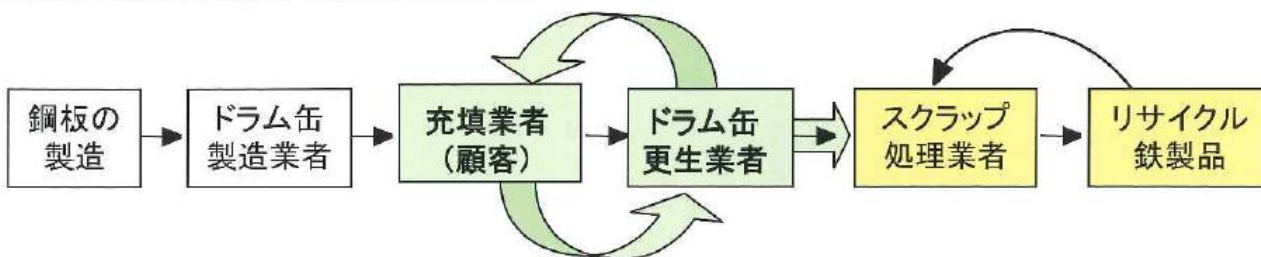
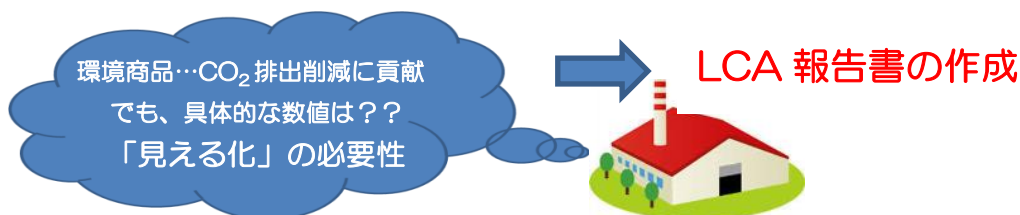


図 1 更生ドラムの一般的なライフサイクル

### 2. LCA 活動への取組みのきっかけ

鋼製ドラム市場は、鋼板から製造する「新ドラム」と、使用済みドラムを再利用する「更生ドラム」で構成されています。「新ドラム」には板厚の異なる製品種が存在し、板厚が薄くなれば「新ドラム」製造で用いられる原材料が削減できますが、耐久性が下がり更生回数が減ってしまうというジレンマが発生します。

日本ドラム缶更生工業会では、「適正な更生回数」が「CO<sub>2</sub> 排出量の削減」につながることを訴えるため、2009 年に最初の LCI 報告書を作成し「板厚」、「更生回数」、「CO<sub>2</sub> 排出量」の関係性を「見える化」することで、海外で進む新ドラムの「薄板化」に警鐘を鳴らし、国内の鋼製ドラム市場における M 級缶（天地板、胴体全て 1.2mm 厚）シェアの維持/拡大を目指しました。



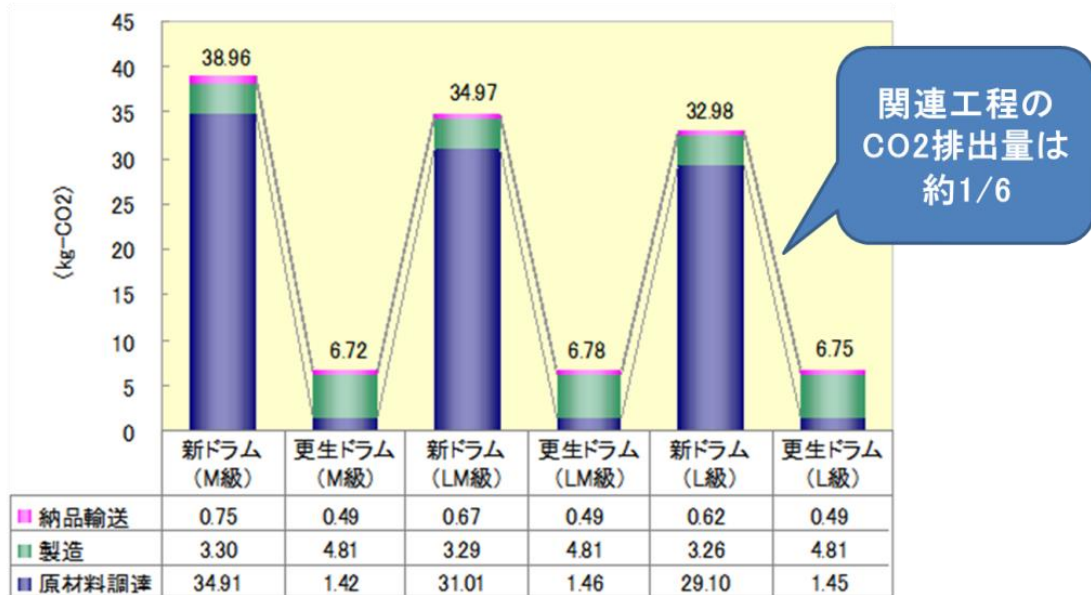


図3 板厚別の新ドラム缶と更生缶のCO<sub>2</sub>排出量を「見える化」

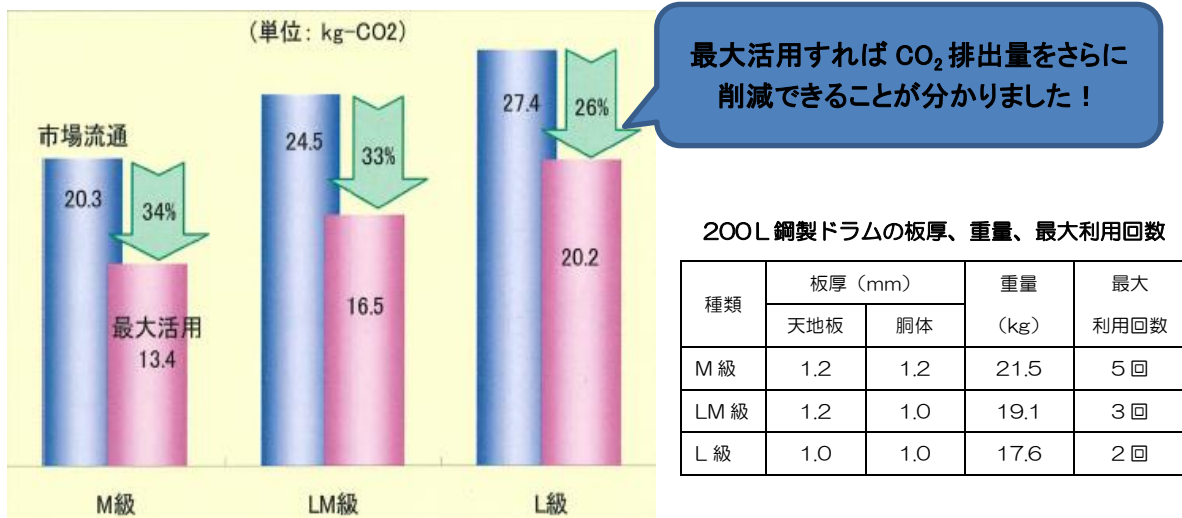


図4 ドラム缶市場におけるCO<sub>2</sub>排出量を「見える化」

200L 鋼製ドラムの板厚、重量、最大利用回数

種類	板厚 (mm)		重量 (kg)	最大利用回数
	天地板	胴体		
M級	1.2	1.2	21.5	5回
LM級	1.2	1.0	19.1	3回
L級	1.0	1.0	17.6	2回

### 3. 「もったいないからもう1回！」

上述の「板厚」、「更生回数」、「CO<sub>2</sub>排出量」の関係性を「見える化」した2009年版LCI報告書の作成を皮切りに、弊工業会では「もったいないからもう1回！」をスローガンに、冊子やパンフレット、更にはポスターや文具などのPRグッズも作成し、業界が一丸となり更生ドラムの環境優位性を産業界に発信し、「薄板化」阻止のために奔走しました。

当時の業界の存続すら揺るがしかねない「薄板化」に対するカウンターとして、詳細かつ説得力のある数値データ、そしてCO<sub>2</sub>削減量の「見える化」は、大きな訴求力を発揮しました。また同時に、いかに優れたデータであっても、有効活用しなければ意味がないことを実感しました。



図5 ポスター、クリアファイルの配布

## 4. クリティカルレビューへの挑戦

### 4.1. きっかけ

弊工業会の地道な環境活動の成果もあり、国内における「薄板化」の波及は落ち着きを取り戻しましたが、業界を取り巻く状況は依然として厳しく、受入基準の厳格化（新ドラムに準ずる品質要求）、慢性的な原缶不足（スクラップ価格の影響、更生業者を介さない直接スクラップ）、ドライバーを中心とした深刻な人手不足等、様々な課題が山積しています。

勿論、これらの課題解決には個々の対策策定が急務ですが、課題の多くが「業界の認知度不足」に起因しているという一面もあります。更生ドラムが環境商品であることが広く正しく認知されれば、環境行政による優遇等も期待でき、それに伴い業界の地位も向上し、上記課題解決に向けての大きな牽引力となり得ます。

そこで、弊工業会では「業界の認知度アップ」のため、LCI 報告書の更新とクリティカルレビュー証書の取得に取り組みました。クリティカルレビューを受けた目的は、LCA の国際規格である ISO14044(2006) 及び ISO14044(2006) に準じた報告書の作成と、外部の LCA 専門家のレビューを受けることによる報告書の品質向上、平たく言えば、LCI 報告書に権威ある第三者（(一社) 産業環境管理協会）からお墨付きを戴くことでした。

前回 2009 年版の LCI 報告書も、論点を明確に整理した、優れた一冊と今でも自負しておりますが、今回は報告書により強い対外説得力を持たせるため、厳しいレビューとは聞いておりましたが、クリティカルレビューを受けることに決めました。

とは言うものの、弊工業会には LCA の専門家はおりませんので、前回 2009 年度版に引き続き、今回もコンサルタントの井上晋一氏（(株) イーコンパス 代表取締役）に LCI 報告書の作成をお願いしました。

### 4.2. 2018 年版 LCI 報告書の作成

先ずは、井上氏ご指導の下、以下の活動量を最新の数値に更新しました。

表 1 更新した活動量の項目

製造関連	原材料（塗料・水）使用量
	エネルギー消費量
	廃棄物発生量
輸送関連	使用済みドラム回収時の車種・積載量・平均移動距離等
	納品時の車種・積載量・平均移動距離等
その他	新ドラムの製造に関するデータ

併せて（一社）日本鉄鋼連盟のご協力を仰ぎ最新のLCIデータ（冷延鋼板、線材）を入手しました。同連盟のLCIデータ採用の理由は、報告書の客観性と信頼性を高めることにありました。見落とされがちな環境負荷（鋼製ドラムにおけるスクラップ効果）を算入することで200リットル鋼製ドラム全体のライフサイクルを評価できるようになりました。

前回2009年版LCI報告書では、「薄板化」への警鐘と言う明確な目的があり、「新ドラム」と「更生ドラム」のCO<sub>2</sub>排出量比較にスポットを当てましたが、今回のLCI報告書では、「新ドラム」と「更生ドラム」を隔てることなく、200リットル鋼製ドラム全体のライフサイクルを評価し、他の産業容器に対する環境優位性のアピールを目指しました。

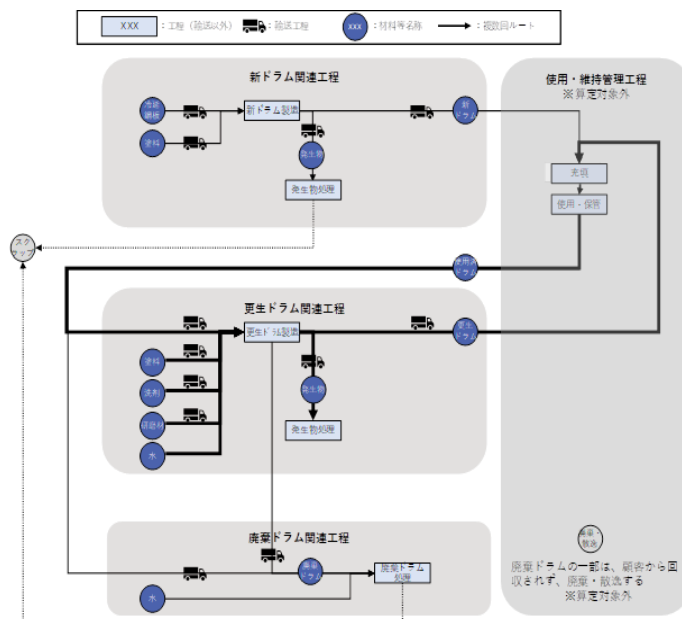


図6 鋼製ドラムのシステム境界

### 4.3. クリティカルレビュー

2018年版LCI報告書案の提出から証書取得までの過程は以下の通りでした。

表2 クリティカルレビューの過程

手順	内容	日付
報告書案提出	報告書案を産業環境管理協会に提出	2018年7月6日
書面レビュー	LCA 専門家及び産業環境管理協会による書面レビュー	—
対面レビュー (工場見学)	事前レビュー実施者（LCA 専門家）による工場見学、対面レビュー	2018年7月27日 ※約半日
レビューパネル	レビューパネル（LCA 専門家による委員会）でのレビュー	2018年8月23日 ※約3時間
証書発行	報告書及び証書を受領	2018年9月7日

レビューパネルでは、ISO14044(2006) 及びISO14044(2006)の細かな要求事項の記載不備等、報告書の透明性・整合性に関する事項を中心に90件以上の指摘を受けましたが、都度修正しながら、クリティカルレビュー報告書及び証書の授与に至りました。

### 4.4. 第16回産業容器国際会議での発表

クリティカルレビュー証書取得のもう一つの目的は、弊工業会が所属している国際組織ICCR(容器更生業者国際連盟)が3年毎に開催している産業容器国際会議での発表でした。2018年9月19日～21日に東京・椿山荘で開催された会議プログラムで、弊工業会のLCA活動のこれまでの歴史を紹介し、クリティカルレビュー証書取得を報告しました。

世界10数カ国から集った同業者からの反応は様々でしたが、CO<sub>2</sub>排出問題については世界中で議論が重ねられていることもあり、会議終了後も多くの反響を頂戴しました。





図7 クリティカルレビュー証書



図8 国際会議での発表

## 5. 今後の活動

クリティカルレビューを受けた LCI 報告書をツールに、業界内外に向けて積極的に更生ドラムの環境優位性をアピールしていきます。マスコミ媒体を活用した不特定多数に向けたアピールから、会員各社の営業スタッフによる顧客需要家へのアピールまで、考え付くことは何でも取り組んでいきたいと思っています。おかげさまで、クリティカルレビュー証書取得や第 15 回 LCA 日本フォーラム表彰での奨励賞受賞については、多くの業界紙に取り上げていただきました。一方では、弊工業会が一丸となって質の高いアピールができるよう、会員向けの勉強会を 2019 年 4 月に東京都と大阪で開催する予定です。

クリティカルレビュー証書取得や LCA 日本フォーラム表彰は、我々のゴールではなく、次のステップへ進むための有効なツールと捉えています。これらツールを生かすも殺すも弊工業会の取組み次第ですので、業界の地位向上のため精一杯有効活用したいと思えます。

## 6. さいごに

昨年 8 月に（一社）産業環境管理協会のクリティカルレビューを受け、今年 2 月の第 15 回 LCA 日本フォーラム表彰では奨励賞を戴きました。奨励賞の意味合いは、「ドラム缶更生業の地位向上のため、この先も LCA 活動を継続するように」というメッセージと受け止めています。すぐに結果に表れないことは従前の活動で心得ておりますが、たとえ地道であっても活動を継続し、循環型社会の構築に貢献していく所存です。

＜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  
LCA事業推進センター内

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町2-2-1  
E-mail : lca-project@jemai.or.jp Tel: 03-5209-7708  
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)