

家電製品等のLC-CO₂簡易算出手法 の開発、報告

2014年度～2017年度
LCA-WG 事業活動の報告

2018年9月4日

一般社団法人 日本電機工業会
環境技術専門委員会

LCA-WG

1. はじめに – 工業会（JEMA）におけるLCAの取り組み

- JEMAにおける取り組みの歴史
 - ✓ LCA評価手法（LCI分析手法）の確立、普及促進への取り組み

1-1 JEMAにおけるLCAの取り組み－目的

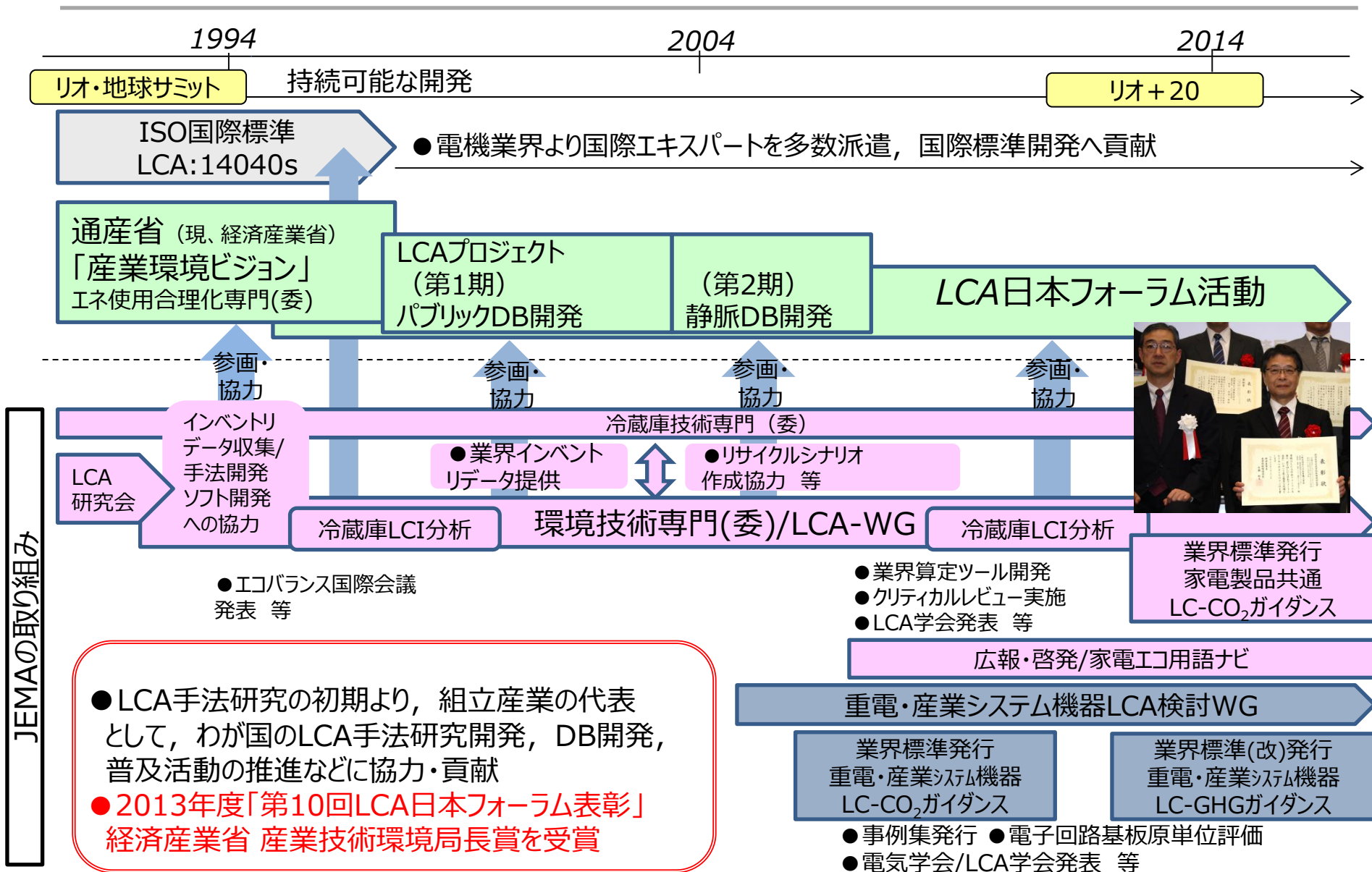
業界共通のLCA評価手法（LCI分析手法）確立

- 業界共通ルールとして活用可能な環境負荷評価手法「ライフサイクルCO₂排出量算出手法」の確立をめざし、家電・重電製品の各々の分野において、工業会規格（JEM）としてガイドラインを発行するなどの取り組みを推進。
 - JEM-TR253「家電製品のライフサイクルCO₂排出量算出ガイドライン」（2014）
- 工業会規格として発行することで、国際規格やJIS規格などとの関連や整合も考慮し、業界内ルールとしての活用だけでなく、一般にも公開且つ活用できるものとして、透明性の向上や信頼性を確保。

評価事例の公開と環境配慮製品の普及活動推進

- 国際会議や学会での研究発表、学会誌への研究資料の投稿及び関連セミナーでの説明などを通じて、業界の取り組みの紹介や製品の評価事例を公開。環境配慮製品の普及に向けて、製品性能の進歩やエネルギー消費効率の改善などによる環境負荷の低減も定量的に算出し、一般消費者にも容易に理解できるような情報提供の実施（WEBサイト他）、啓発活動を推進。
- 製品の環境配慮情報を業界としても公的に説明（例えば、製品買い替え時における環境負荷の関係を説明）できる体制を整備し、市場での環境配慮製品の認知度向上及び普及促進の一助となることをめざす。

1-2 JEMAにおけるLCAの取り組みー歴史

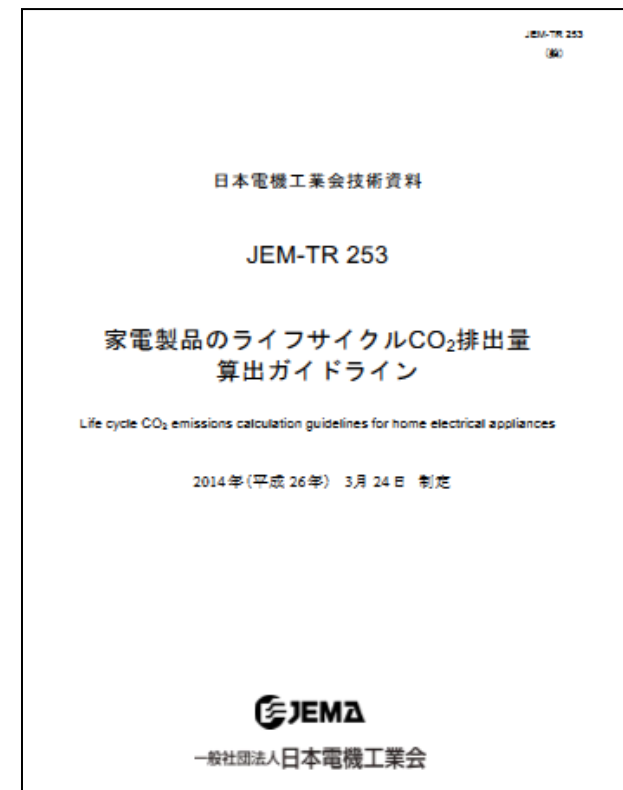


1-3 JEM-TR253 (2014) の構成

家電製品のライフサイクルCO₂排出量算出ガイドライン

序文	
1 適用範囲	
2 引用規格	
3 用語及び定義	
4 目的及び調査範囲の設定	
5 製品システムの算定	•算定単位(機能単位)、対象とする構成要素(a.本体,包装材及び付属品 b.消耗品及び定期交換部品)、ライフサイクル段階、カットオフ基準及びカットオフ対象の考え方を記載
6 全段階に共通して適用するライフサイクルCO ₂ 算出方法	•ライフサイクル全段階に共通する一次データの収集範囲・方法、特定の段階における配分(製造段階の投入エネルギー、リサイクルプラントの電力の製品1台当たりの案分)、廃棄物等の処理に関するシナリオの考え方を記載
7 調達(素材調達・部品加工)段階に適用する項目	•ライフサイクル各段階において、データ収集範囲に含まれるプロセス、データ収集項目、シナリオの考え方を記載
8 製品製造(組立)段階に適用する項目	
9 製品輸送段階に適用する項目	
10 使用段階に適用する項目	
11 回収及びリサイクル処理・処分段階に適用する項目	
附属書A (参考) 冷蔵庫の評価事例	

家電リサイクル法（冷蔵庫、洗濯機、エアコン、テレビ）並びに小型家電リサイクル法（パソコン、携帯電話、ゲーム機など28品目）の対象製品等



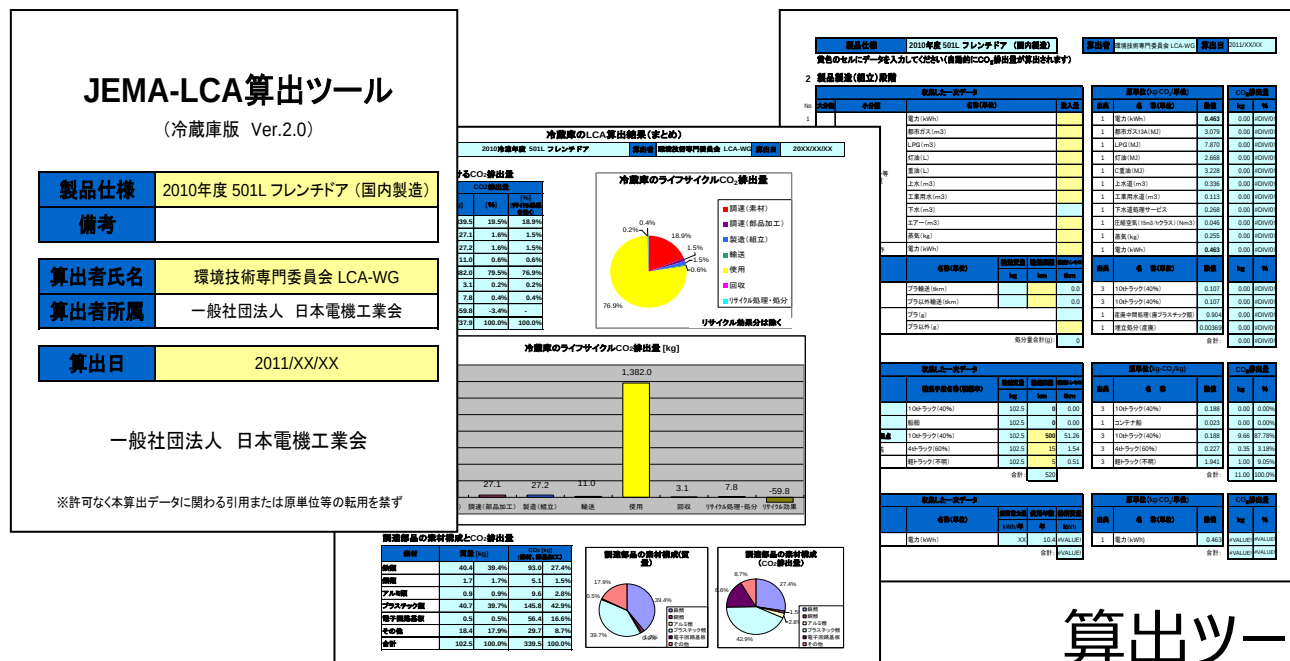
2. 2014～2017年度LCA-WG活動

LC-CO₂簡易算出手法と算出ツールの開発

- 簡易算出手法の概要（主な検討内容）
 - ✓ 素材分類のグループ化
 - ✓ 調達段階の主要部品（圧縮機、電子回路基板）に係る原単位作成
- 算出ツールの開発と公開

2-2 簡易算出手法の開発

- 業界標準のLCI評価手法「JEM-TR253」に基づき、LC-CO₂排出量簡易算出手法及び算出ツール(Excel版)を開発
 - ✓ 開発期間：2014-2016年度の3ヶ年計画。



算出ツールイメージ

■ 用途・利用者・対象製品等

- ✓ 主な用途：製品アセスメント実施やスコープ3 排出量（カテゴリー11）の算出
 - 算出結果を用いて、自主的な環境レポートやCSRレポートなどで報告
- ✓ 主な利用者：設計者、環境アセスメント実施者、環境管理部門担当者
- ✓ 主な対象製品：家電製品（JEM-TR253に基づくことから）

2-3 簡易化の要点とアプローチ

- LC-CO₂排出量評価の工数低減(特に、素材等一次データ収集の工数)を目指す。
- インベントリ分析の対象とする環境負荷をCO₂に限定するが、他の環境影響領域の影響状況が大幅に変化しない範囲で簡易化。

2つのアプローチで簡易化

(1) 冷蔵庫のLCA結果を活用した一部素材（鉄鋼類、樹脂類）のグループ化

家電でよく使われる鉄鋼素材5種、樹脂16種等について、各々、数種 of 原単位で共通化
⇒グループ化

グループ化の手順

1. 環境影響が著しい素材を特定
2. 環境影響が類似する素材はCO₂排出量原単位を共通化

温暖化以外の領域でも
グループ化による過小評価
が無いことを冷蔵庫のLCA
インパクト評価結果*から
確認

*LIME II 統合化評価、
感度分析等

(2) 主要な部品単位での新規原単位開発

家電（冷蔵庫、洗濯機、エアコン、掃除機）に汎用的に使われる主要部品に関して、
原単位開発⇒今回は、**圧縮機**と**電子回路基板**

2-4 素材のグループ化

	グループ化前の素材名[括弧内は原単位名 (IDEA v1)]	グループ化後の素材分類 [原単位名(IDEA v2)]
鉄鋼類	ステンレス鋼板 (オーステナイト系、マルテンサイト系、フェライト系の合計) [ステンレス鋼板]	ステンレス鋼板
	塗装鋼板 (塗料込み) [表面処理鋼板]	その他鉄鋼 [電気亜鉛めっき鋼板]
	めっき鋼板 [電気亜鉛めっき鋼板]	
	塩ビ鋼板 (塩ビ込み) [電気亜鉛めっき鋼板]	
	その他表面処理されていない鉄鋼 [冷間圧延鋼板]	
プラスチック類	ポリプロピレン	ポリプロピレン
	発泡ポリスチレン [ポリスチレン (一般用)]	[ポリスチレン (一般用)]
	ポリスチレン [発泡ポリスチレン (EPS) ビーズ]	
	発泡ポリウレタン	発泡ポリウレタン
	ABS [ABS樹脂]	[ABS樹脂]
	ポリエチレン [低密度ポリエチレン]	
	塩化ビニル [塩化ビニル樹脂]	
	ASA (Acrylonitrile-Styrene-Acrylate) [ABS樹脂]	
	メタクリル [メタクリル樹脂]	
	ポリアセタール [ポリアセタール]	
	ポリアミド [ポリアミド系樹脂]	
	ポリエチレンテレフタレート [ポリエチレンテレフタレート]	
	フェノール樹脂 [フェノール樹脂]	
	その他樹脂 [ABS樹脂]	

グループ化

グループ化

グループ化

素材のグループ化にあたっての条件

1. グループ化前よりグループ化後のCO₂排出量が少なくなる**過小評価を回避**
2. 17環境影響領域（気候変動、資源枯渇、生態毒性など）の**バランスの変動小**

2-5 鉄鋼類：グループ化の影響確認

- ✓ 4つのケースのグループ化においてCO₂排出量への影響が小さいことを確認し、過小評価にならないケースを選択（最もCO₂排出量が大きくなるケース）

ライフサイクル全体で±1%、素材調達段階のみに対しても±3%以内

ケースNo.	グループ化ケース
1 (デフォルト)	ステンレス鋼板、電気亜鉛めっき鋼板、表面処理鋼板、冷間圧延鋼板
2	ステンレス鋼板、その他（電気亜鉛めっき鋼板）
3	ステンレス鋼板、その他（表面処理鋼板）
4	ステンレス鋼板、表面処理鋼板、その他（電気亜鉛めっき鋼板）
5	ステンレス鋼板、電気亜鉛めっき鋼板、その他（表面処理鋼板）

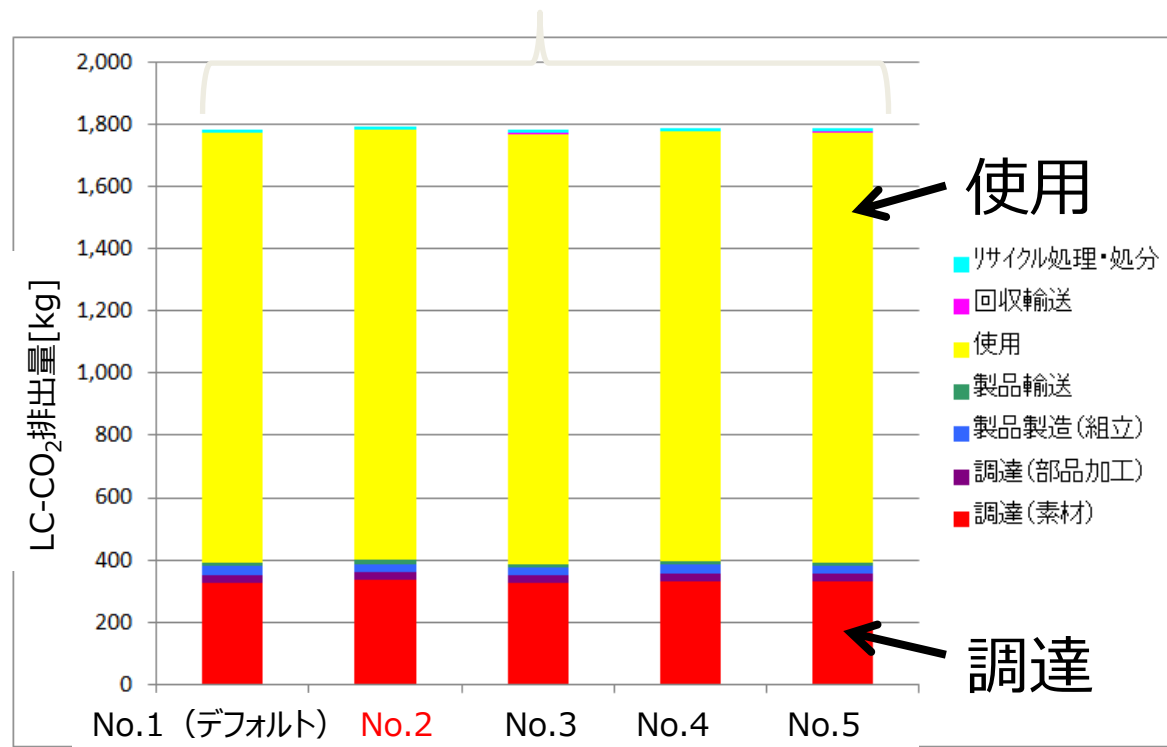


図 鉄鋼のグループ化ケースのLC-CO₂排出量の比較
(算定協力：みずほ情報総研)

2-6 鉄鋼類：グループ化の影響確認

- ✓ 各素材の環境影響評価を行い、グループ化への影響が小さいことを確認
(冷間圧延鋼板は全体に対する影響が小、グループ化しても過小評価となるリスクは無い)

表 LIME2による統合化結果－鉄鋼（算定協力：みずほ情報総研）

	表面処理鋼板の製造	電気亜鉛めっき鋼板の製造	ステンレス鋼板の製造	冷間圧延鋼板の製造	合計
全影響領域	34%	46%	10%	10%	100%
地球温暖化	36%	51%	1%	12%	100%
光化学オキシダント	23%	62%	4%	11%	100%
資源消費	34%	43%	12%	10%	100%
酸性化	37%	49%	2%	11%	100%
廃棄物	29%	48%	18%	5%	100%
富栄養化	2%	2%	95%	1%	100%
生態毒性(大気)	7%	13%	77%	3%	100%
生態毒性(水圏)	2%	2%	95%	1%	100%
都市域大気汚染	38%	49%	2%	11%	100%
人間毒性(大気)	13%	25%	57%	5%	100%
人間毒性(水圏)	2%	2%	95%	1%	100%

電気亜鉛めっき鋼板にグループ化

2-7 プラスチック類：グループ化の影響確認

✓ プラスチック類のグループ化についてもCO₂排出量への影響が小さいことを確認

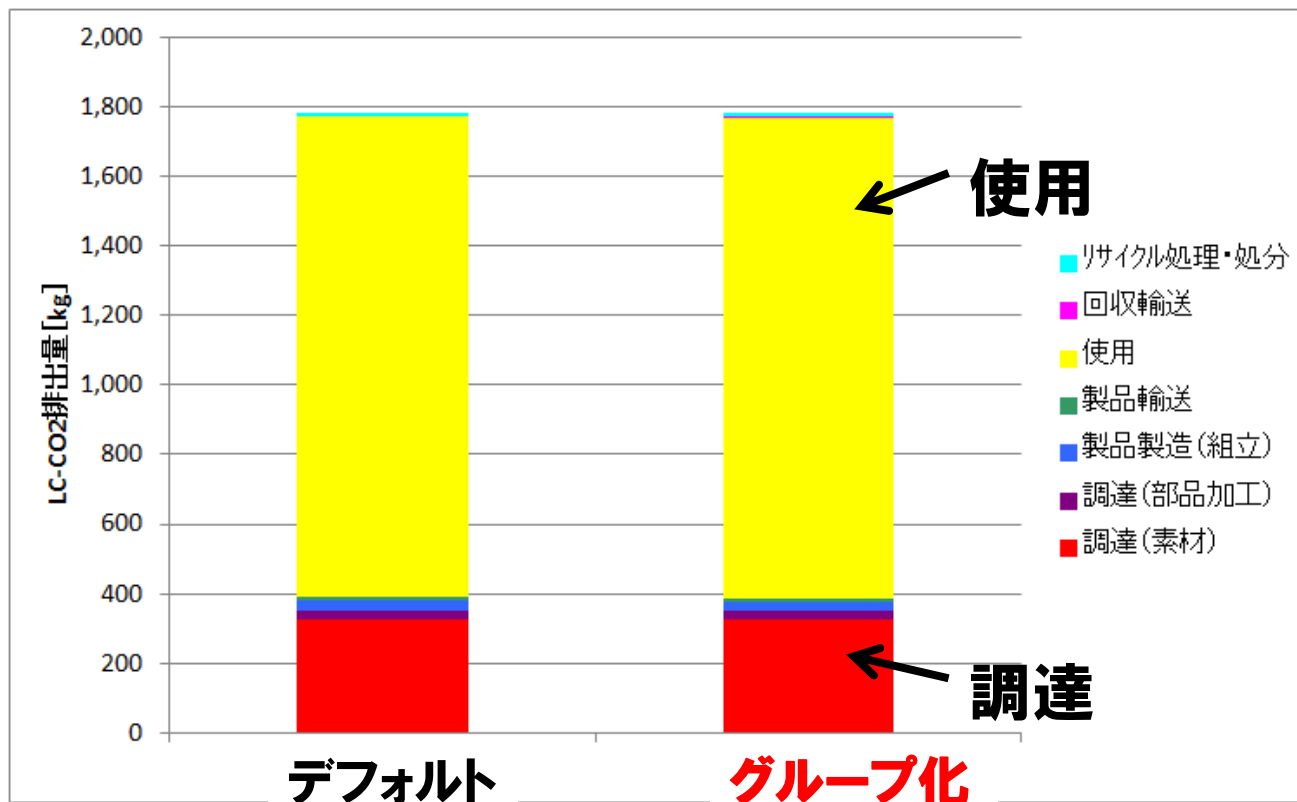


図 LC-CO₂排出量の比較－プラスチック（算定協力：みずほ情報総研）

2-8 プラスチック類：グループ化の影響確認

- ✓ 各素材の環境影響評価を行い、グループ化への影響が小さいことを確認

ポリスチレン（一般用）にグループ化

表 LIME2による統合化結果－樹脂（算定協力：みずほ情報総研）

	低密度ポリエチレンの製造	ポリプロピレンの製造	ポリスチレン一般用の製造	発泡ポリスチレン(EPS)ビーズの製造	ポリウレタン発泡の製造	ABS樹脂の製造	塩化ビニル樹脂の製造	メタクリル樹脂の製造	ポリアセタールの製造	ポリアミド系樹脂の製造	ポリエチレンテレフタレートの製造	フェノール樹脂の製造	工業用強化プラスチック製品の製造	合計
全影響領域	0%	22%	23%	3%	25%	24%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
地球温暖化	0%	20%	24%	3%	25%	25%	3%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%
光化学オキシダント	0%	21%	12%	1%	41%	18%	5%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%
資源消費	0%	28%	23%	3%	21%	23%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
酸性化	0%	20%	23%	2%	25%	26%	3%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%
廃棄物	0%	4%	4%	0%	78%	10%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
富栄養化	0%	18%	11%	1%	47%	17%	5%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%
生態毒性(大気)	0%	20%	12%	1%	43%	18%	5%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%
生態毒性(水圏)	0%	13%	8%	1%	58%	15%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
都市域大気汚染	0%	21%	22%	2%	24%	25%	3%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%
人間毒性(大気)	0%	19%	12%	1%	43%	18%	5%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%
人間毒性(水圏)	0%	13%	8%	1%	58%	15%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

ABS樹脂にグループ化

ポリプロピレン、発泡ポリウレタンはグループ化せず

- ✓ 特にポリウレタンは発泡ポリウレタンは触媒(アルカリ金属)とポリエーテルポリオールの上で発生する汚泥の影響大につき、過大評価の可能性有り

2-9 主要部品の原単位開発：圧縮機

✓ 圧縮機の素材構成のデータを基に、総重量に対するCO₂排出量を算出

- 対象 家庭用冷蔵庫：一定速、可変速（試料 6 台）
家庭用エアコン：可変速（試料 4 台）

表 圧縮機の総重量およびCO₂排出量試算（算定協力：みずほ情報総研）

	家庭用冷蔵庫						家庭用エアコン			
	可変速モーター (インバータ制御)			一定速モーター			可変速モーター (インバータ制御)			
総重量 [kg/台]	6.50	7.00	7.08	8.96	8.30	11.83	8.76	9.16	8.22	6.23
CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /台]	23.96	29.49	25.07	29.61	23.88	37.29	27.88	29.55	26.35	21.61

※素材（銅、鉄鋼、アルミニウム、その他）製造及び加工、組立時消費電力等の原単位は、JEMA「冷蔵庫LCI分析（2013）」評価時の値を踏まえて算出



✓ 総重量を横軸に、CO₂排出量を縦軸において散布図を描き一次近似式を求めて原単位を設定

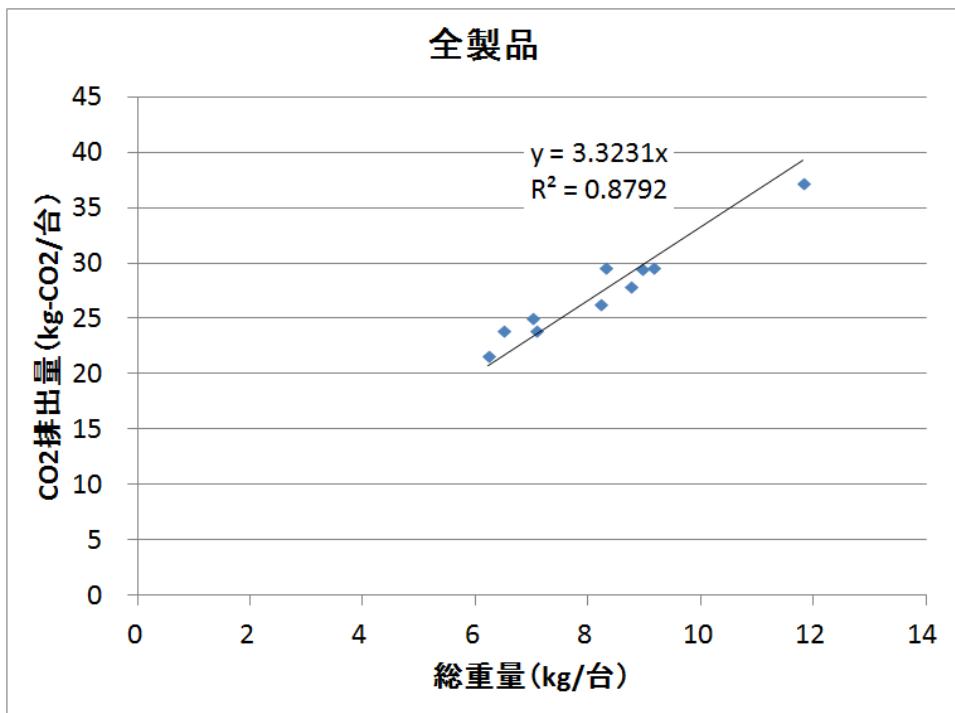


表 一次近似式における変数一覧

		傾き	y軸切片	R ²
全製品	y軸切片あり	2.6166	6.0062	0.9511
	y軸切片なし	3.3231	—	0.8792
家庭用冷蔵庫	y軸切片あり	2.5853	6.8169	0.9721
	y軸切片なし	3.3719	—	0.8779
家庭用エアコン	y軸切片あり	2.6139	5.2008	0.9904
	y軸切片なし	3.2445	—	0.9317

図 圧縮機の総重量とCO₂排出量の一次近似式 ②全製品、y軸切片なし

本手法では、“全製品（家庭用冷蔵庫と家庭用エアコン）、y軸切片なし”のケースにおける傾きの値、
= 3.32（単位：kg-CO₂/kg）を適用

2-10 主要部品の原単位開発：電子回路基板

- ✓ JEMA重電・産業システム機器LCA-WG*による、電子回路基板原単位算出の既存研究成果を踏まえ、同委員会による「層数をパラメータに標準原単位を求めるための特性式」に、家電製品(冷蔵庫、洗濯機)の電子回路基板の整合を確認

*現、重電・産業システム機器LCA委員会

表 重電・産業システム機器LCA-WGで開発された原単位

電子回路基板の分類		CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /g)
分類A'	層数	
	2	65
	4	115
	6	165
	8	215
分類B'		35

基板の単位面積当たりの部品実装済み質量を面密度ps
(g/cm²)

分類A'

= 分類B'に分類される電子回路基板以外。主な特徴は、面密度ps<1、能動部品を1つ以上搭載。

分類B'

= 面密度ps≥1、または、能動部品の搭載数が0。主に電源機能などを有する基板。

分類A'の積層数をパラメータとした特性式

$$Y = 24.4 \times x + 15.7$$



詳細は下記参照

- ① 「重電・産業システム機器向け電子回路基板および主回路部品の温室効果ガス排出量の算定」(野田ら日本LCA学会誌Vol.11 No.4, 366-380, Oct. 2015)
- ② 古島ら、重電・産業システム機器向け電子回路基板の温室効果ガス排出量の算定(第二報) 日本LCA学会, Vol.13 No.3, 256-266, July 2017

- ✓ 家電製品(冷蔵庫、洗濯機)に使われている原単位の面密度、CO₂排出量等を試算して整合を確認し、家電製品用の電子回路基板原単位を特定

表 家電製品用電子回路基板の単位質量あたりのCO₂排出量と標準原単位の比較

基板区別	CO ₂ (g-CO ₂ eq)	
	単位質量当たり	標準原単位
冷蔵庫基板-1	21	65(分類A')
冷蔵庫基板-2	36	35(分類B')
洗濯機基板-1	23	65(分類A')
洗濯機基板-2	51	65(分類A')



試算結果から得られた基板の単位質量あたりのCO₂排出量と、重電・産業システム機器LCA-WGによる標準原単位を比較

大きな差異はないことを確認し、分類B'の標準原単位は分類A'よりも小さいが、簡易算出手法においては過小評価を回避する方針に則り、結論として、家電製品用の電子回路基板のCO₂排出原単位は、分類A'の2層基板用標準原単位である“65(g-CO₂eq/g)”を適用

3. まとめ、算出ツールの公開

3-1 まとめ

- JEM-TR253に基づいて製品のLC-CO₂を算定する手法およびツールを開発
 - ツールは一般と会員向けに公開中
- よく使われる素材（鉄鋼類、樹脂類）をグループ化し、データ収集の工数を低減
 - グループ化の妥当性は冷蔵庫LCA結果を活用し確認
- 家電の汎用的な部品（電子回路基板、圧縮機）のCO₂排出原単位を開発

3-2 簡易算出手法に基づく算出ツールの公開

https://www.jema-net.or.jp/Japanese/env/02_LCA_tools/index.html

● 算出ツールと公開範囲

[一般用、JEMA会員限定(家電汎用、家庭用冷蔵庫)]

	公開方法	ツールの名称	対象製品	質量データの 設定	シナリオの 設定	原単位の 設定
一般用	JEMAウェブサイトから、 フリーにダウンロード	一般用	限定なし	なし	なし	なし
会員 限定用	JEMAウェブサイトから申し込み を頂いたユーザーへ、メールで ツールを配信	家電汎用	家電全般	なし	有り	有り
		家庭用 冷蔵庫	家庭用 冷蔵庫	有り	有り	有り



LC-CO₂排出量簡易算出ツールは、LC-CO₂排出量を容易に算出できるように、
素材をグループ化したり、部品単位を原単位を設定することで、
データ収集の工数低減を図っています。

