

重電・産業システム機器向けLC-CO₂ ガイドライン（JEM-TR243）と 今後の課題

2018年9月4日

一般社団法人 日本電機工業会
重電・産業システム機器LCA委員会

-
1. はじめに
 2. JEM-TR243
 3. 重電・産業分野における動向
 4. JEM-TR243の課題
 5. おわりに

はじめに

- JEM-TR243の目的
設計者によるLCA（Life Cycle Assessment）を
支援する実務ガイド

- 策定の背景
重電及び産業システム機器はLCA用データの入手が
困難な場合が多く※、実務面で使いやすいガイドライン
が求められていた。
（※）
 - ・特殊材料（高性能の金属・絶縁材料）
 - ・電子回路基板（部品点数が多い購入品）など

重電・産業システム機器LCA委員会の活動経緯

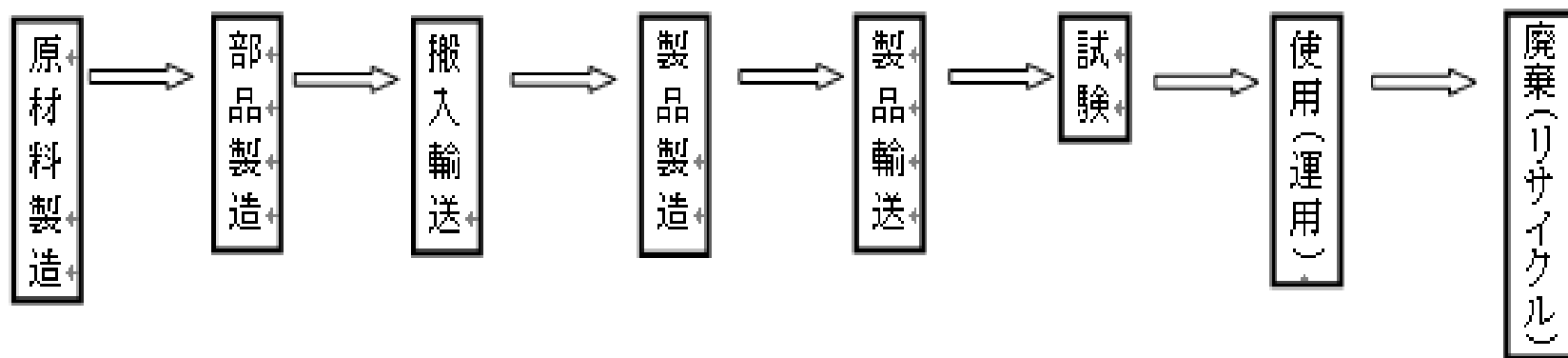
- 2005年 同LCA検討WGとして活動を開始
Eup(Energy Using Products)指令が背景
- 2008年 JEM-TR243初版＋事例集 制定・発行
ガイドに加え、ガイドの活用方法を記す事例集を準備
- 2014年 JEM-TR243改正（1回目）
初版5年を経てデータ更新と事例集をTR附属書へ
- 2017年 WGから委員会に組織変更
- 2017年 JEM-TR243改正（2回目）
電子回路基板の事例データを詳細化

JEM-TR243 基本的な考え方

- LCAの専門家ではない設計者に配慮
 - 収集すべきデータをフォアグラウンドデータ（FGD）とバックグラウンドデータ（BGD）で提示（次項）
 - FDGは評価者自らの実績値，測定値に基づくデータ
 - BDGは外部情報により算出する場合や完成したデータ
- 入手困難なFGDデータについては算定方法を表記
 - 製造時エネルギー消費量、購入品の電子回路基板など
- 合理的なシナリオ設定を容認
 - 情報が無くシナリオ設定が困難な場合
 - 既存評価で環境影響が十分小さいことが明らかな場合
- 入手困難な原単位データには統計データ※を活用
 - （※）産業連関表に基づく原単位データ（国環研の3EID）

JEM-TR243 基本的な考え方

ライフサイクルステージ



○構成する
原材料の
使用量

○輸送手段
使用量

○エネルギー
消費量

○輸送手段
使用量

○エネルギー
消費量

○交換部品
使用量
○エネルギー
消費量

●構成する
原材料の
使用量
●材料原単位

●材料原単位

●燃料原単位

●エネルギー
原単位

●燃料原単位

●エネルギー
原単位

●エネルギー
原単位

●主要な原材料の
リサイクル率

●材料原単位

●リサイクル後の
再生品

●再生時エネルギー
●エネルギー原単位
●材料原単位

凡例

○フォアグラウンドデータ
●バックグラウンドデータ

JEM-TR243 初回改正（2014年）

改正ポイント

- 統計データの更新（2000年版→2005年版）
- 評価対象をCO₂から温室効果ガス（GHG）へ
- 評価事例の更新（原単位、基板計算方法）
- 事例集をTRに統合（附属書A～I）
- 引用規格を最新のものに整合

➤ 特記事項・・・電子回路基板計算方法

- (一社)電子情報技術産業協会が実施した電子回路部品のLC-CO₂評価の分析情報を参照
- コンデンサやダイオードのタイプの違いなどを考慮
- 一般電子回路部品データを重電・産業システム機器評価に適用する場合の算定方法※と標準原単位を提示
(※) 電気特性, 容積及び外形寸法による比例配分など
- 成果は日本LCA学会誌に掲載（2015年10月）

JEM-TR243 2回目改正（2017年）

改正ポイント

- 電子回路基板計算方法の更新
- 評価結果にCO₂とGHGを併記
- 引用規格を最新のものに整合

➤ 特記事項・・・電子回路基板計算方法

- 基板の評価サンプル数を増やし※、評価精度を高めた。
（※）評価対象に新旧プログラマブル・ロジック・コントローラー基板を追加し、既存評価の基板も分析単位をモジュールに見直すことで、評価サンプル数を6から28に増やした
- 電子回路基板のCO₂とGHG排出標準原単位を策定
- 成果は日本LCA学会誌に掲載（2017年7月）

JEM-TR243附属書 評価事例

JEM-TR243の活用推進のため、重電・産業システム機器代表8製品のLC-CO₂を行い、各製品の特徴と材料原単位を提示

[評価対象製品]

- ① 大容量（240MVA級）水素冷却発電機
- ② 大容量（160～200MVA級）空気冷却発電機
- ③ 200MVA変圧器
- ④ 300kVガス遮断器
- ⑤ 6.6kV高圧開閉器盤
- ⑥ 200V-11kW産業用インバータ
- ⑦ 400V-15kW産業用インバータ
- ⑧ 産業用プラント制御装置



インバーター



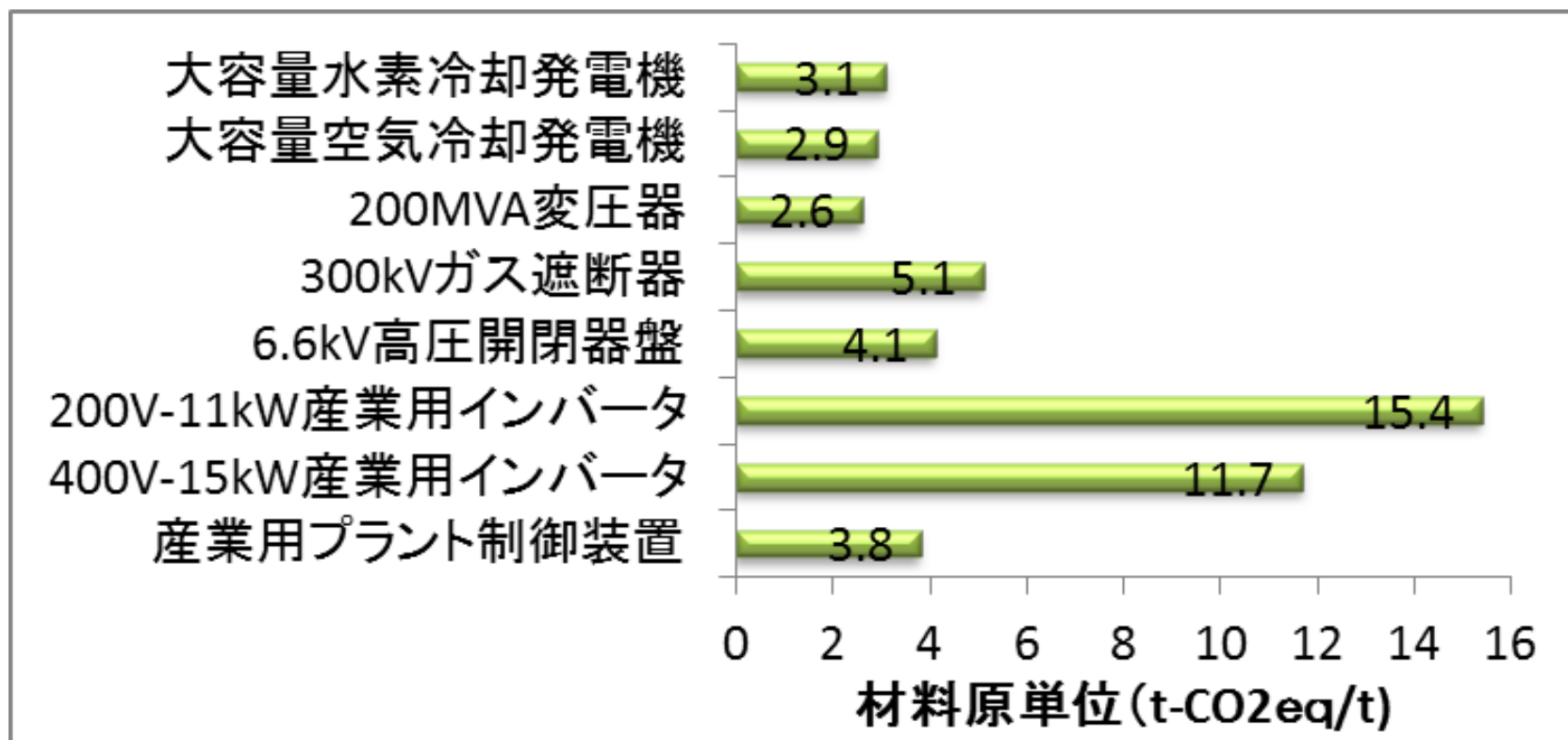
変圧器

写真出典：JEMAウェブサイト

http://jema-net.or.jp/Japanese/info/product_data.html

JEM-TR243附属書 材料原単位

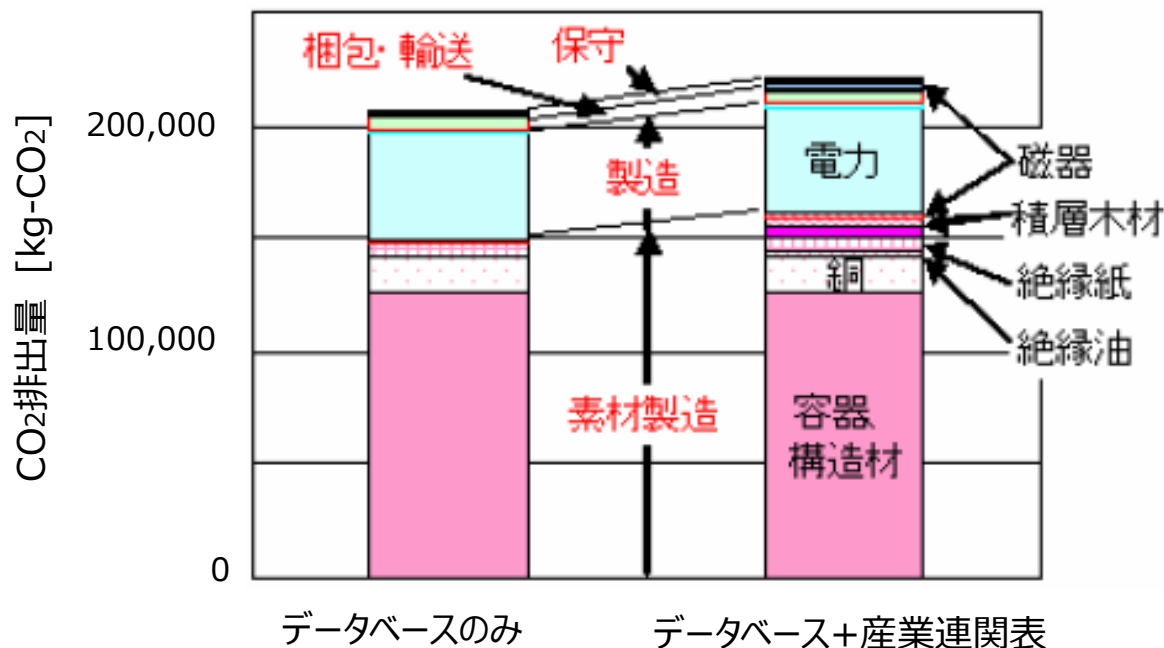
LCA評価者が材料のインベントリ分析時に計算結果をチェックするためのリファレンスデータとして準備



注) 材料原単位：運転段階を除いた材料段階の原単位

JEM-TR243 導入効果の検証

入手困難な原単位を産業連関表を活用して補完することで、変圧器の場合でCO₂排出量が約10%増加
 →データが存在しない素材に対する代替の効果を確認



200MVA変圧器のCO₂排出量評価ケーススタディ（運転段階除く）

出典：JEMA 機関誌「電機」2005・6」

JEM-TR243 事例 1 6.6kV高圧開閉器盤

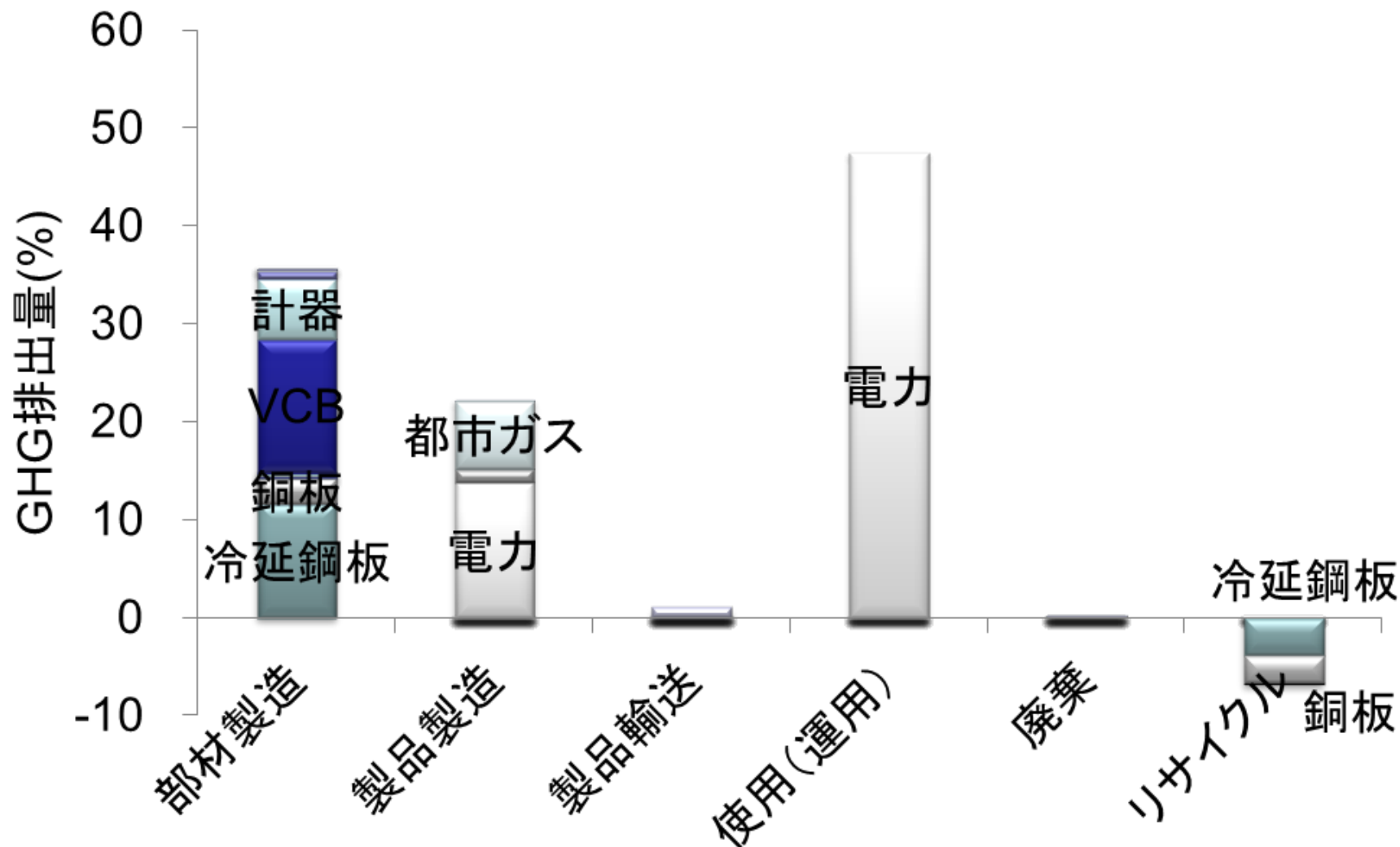
評価範囲

	データ種別	データ区分	調査項目	調査方法・配分方法
部材製造	部材使用量	FGD	部材使用量	原材料使用量を質量(g)単位で設計部門に対して調査
	部材原単位	BGD	—	—
製品製造	I値 ^① -消費量	FGD	製造工程全体で1台の製造に要したI値 ^① -消費量	対象I値 ^① -種は、電力及びガスとし、JEMAガイドラインの製造I値 ^① -の配分方法に従い算出
	I値 ^① -原単位	BGD	—	—
製品輸送	トラック輸送によるエネルギー消費量	FGD	製品一台を輸送するのにかかるエネルギー消費量	対象I値 ^① -種は、軽油(L)とし、トラック輸送時に消費される軽油の製造から燃焼までの環境負荷を評価
	燃料原単位	BGD	—	—
使用	I値 ^① -消費量	FGD	使用期間全体の通電電力損失量	JEMAガイドラインに従い、電力損失によって消失した電力量を環境負荷として評価
	I値 ^① -原単位	BGD	—	—
廃棄リサイクル	I値 ^① -消費量 部材使用量	BGD	廃棄段階は必要なエネルギー、部材の種類及び消費量を推定し、エネルギー消費量及び構成材使用量として集計。リサイクル段階はバージン素材の製造を抑制するものとして減算しリサイクル効果を集計。	
	I値 ^① -原単位 部材原単位	BGD		

12

JEM-TR243 事例 1 6.6kV高压開閉器盤

評価結果



JEM-TR243 事例 2

電子回路基板標準原単位策定 対象機種

評価対象：代表4製品（8基板28モジュール）

（内訳）

- 産業用インバータ（基板 1 ～ 4 ）
- 産業用プラント制御盤（基板 5、基板 6 ）
- 旧型プログラマブルコントローラー（基板 7 ）
- 新型プログラマブルコントローラー（基板 8 ）



産業用インバータ



産業用プラント制御盤



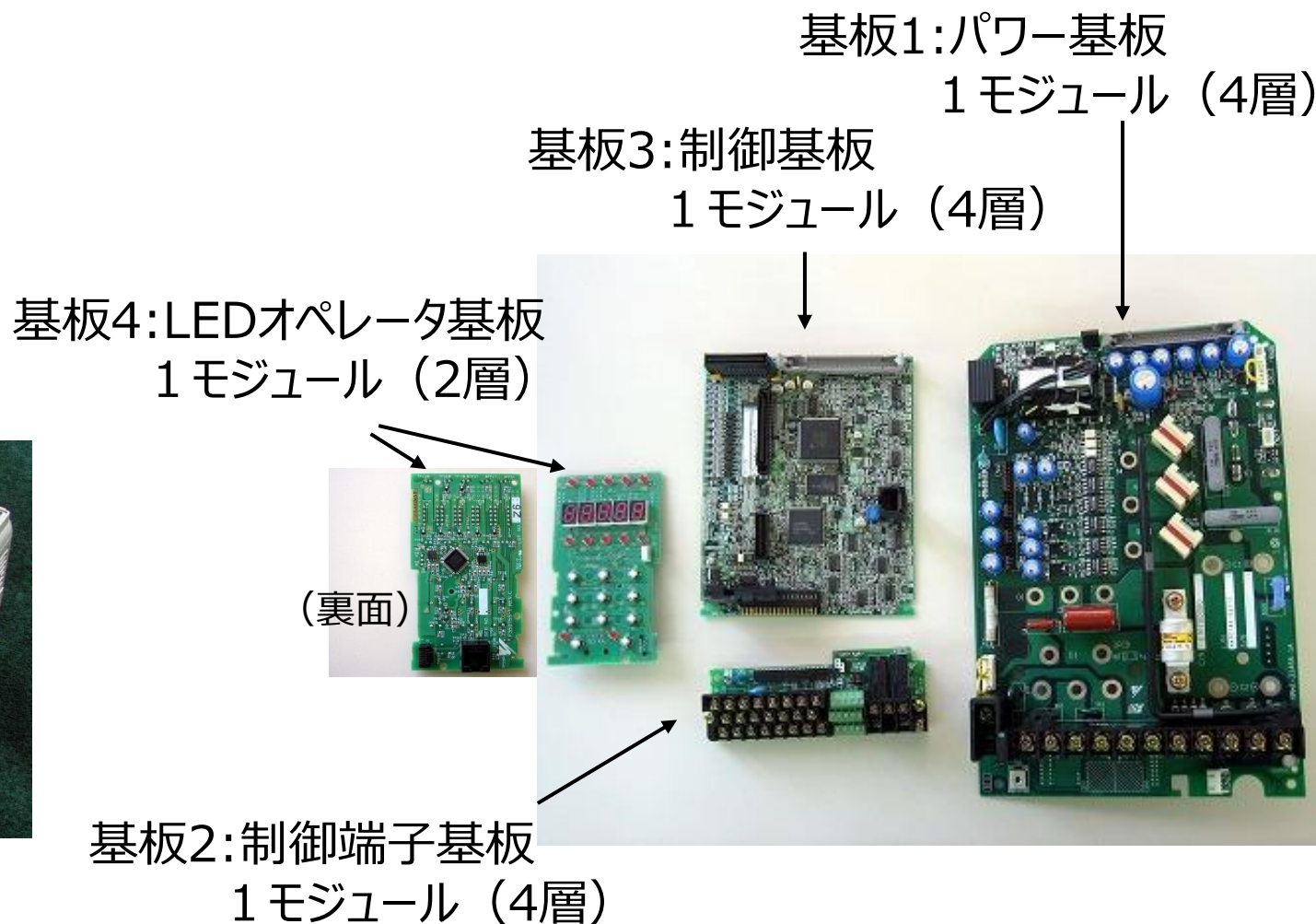
プログラマブルコントローラー

JEM-TR243 事例 2

電子回路基板標準原単位策定 対象機種



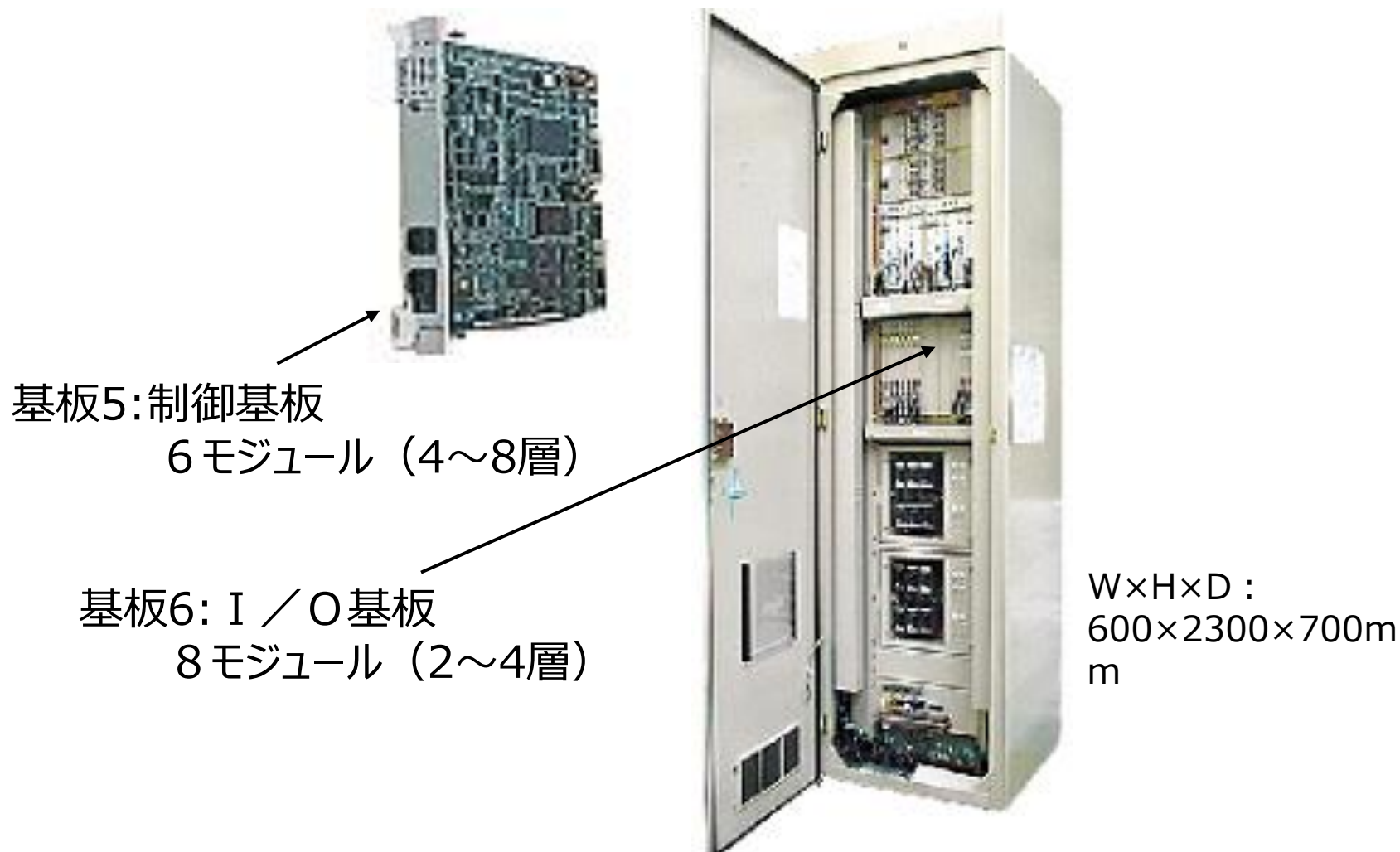
W×H×D :
200×300×197mm



産業用インバータ

JEM-TR243 事例 2

電子回路基板標準原単位策定 対象機種



産業用プラント制御盤

電子回路基板標準原単位策定 対象機種



基板 7 : 旧型PLC 5モジュール (2～4層)

基板 8 : 新型PLC 5モジュール (2～6層)

プログラマブルコントローラー (PLC)

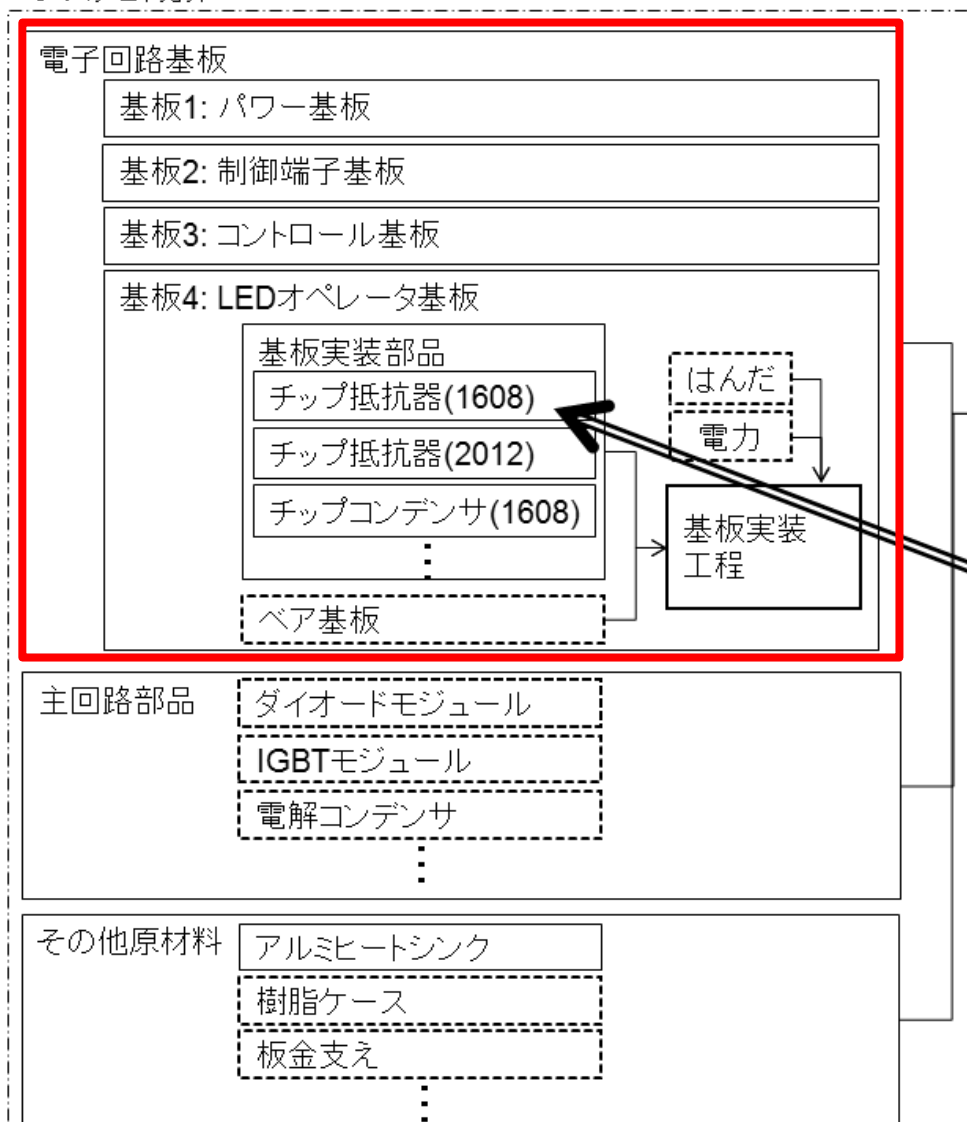
JEM-TR243 事例 2

電子回路基板標準原単位策定 対象基板

No.	製品種		基板名	モジュール種		層数	質量(g)	面積(cm ²)
1	A	産業用 インバータ	基板1	A-1	主回路モジュール	4	599	482.4
2			基板2	A-2	端子モジュール	4	154	70.8
3			基板3	A-3	CPUモジュール	4	141	196.6
4			基板4	A-4	LEDオペレータ	2	40	80.6
5	B	産業用 プラント 制御盤	基板5	B-1	入出力モジュール	6	507	1,280
6				B-2	CPUモジュール	8	187	498.8
7				B-3	CPUモジュール	8	227	498.8
8				B-4	通信モジュール	6	207	541.3
9				B-5	通信モジュール	6	208	541.3
10				B-6	入出力モジュール	4	181	498.8
11			基板6	B-7	入出力モジュール	4	182	498.8
12				B-8	入出力モジュール	4	172	498.8
13				B-9	電源モジュール	2	211	202.7
14				B-10	入出力モジュール	4	212	498.8
15				B-11	入出力モジュール	4	199	498.8
16				B-12	入出力モジュール	4	202	498.8
17				B-13	入出力モジュール	4	200	498.8
18				B-14	入出力モジュール	2	213	498.8
19	C	PLC (旧製品)	基板7	C-1	CPUモジュール	4	452	471.3
20				C-2	入出力モジュール	2	108	222.8
21				C-3	入出力モジュール	2	226	222.8
22				C-4	電源モジュール	2	416	219.1
23				C-5	マウントベース*	4	143	246.0
24	D	*) 注記 能動部品の実装個数がゼロ		D-1	CPUモジュール	6	112	146.0
25		PLC (新製品)	基板8	D-2	入出力モジュール	4	61	170.0
26				D-3	入出力モジュール	4	181	67.0
27				D-4	電源モジュール	2	266	128.4
28				D-5	マウントベース	4	129	272.0

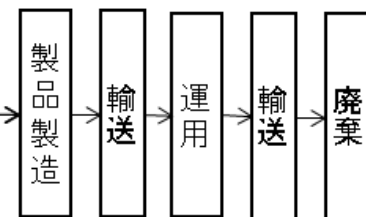
電子回路基板標準原単位策定 システム境界

システム境界

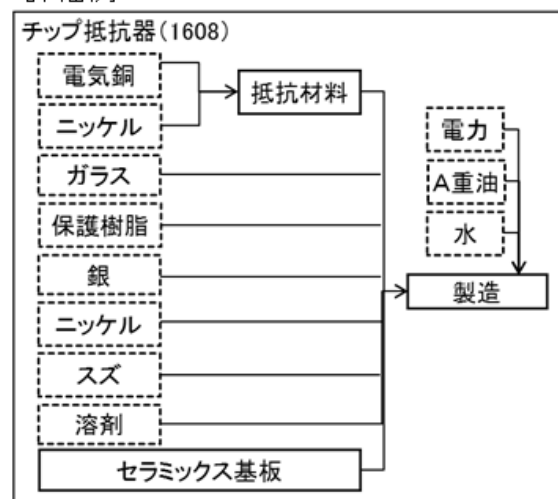


産業用インバータの例

IO原単位



詳細例

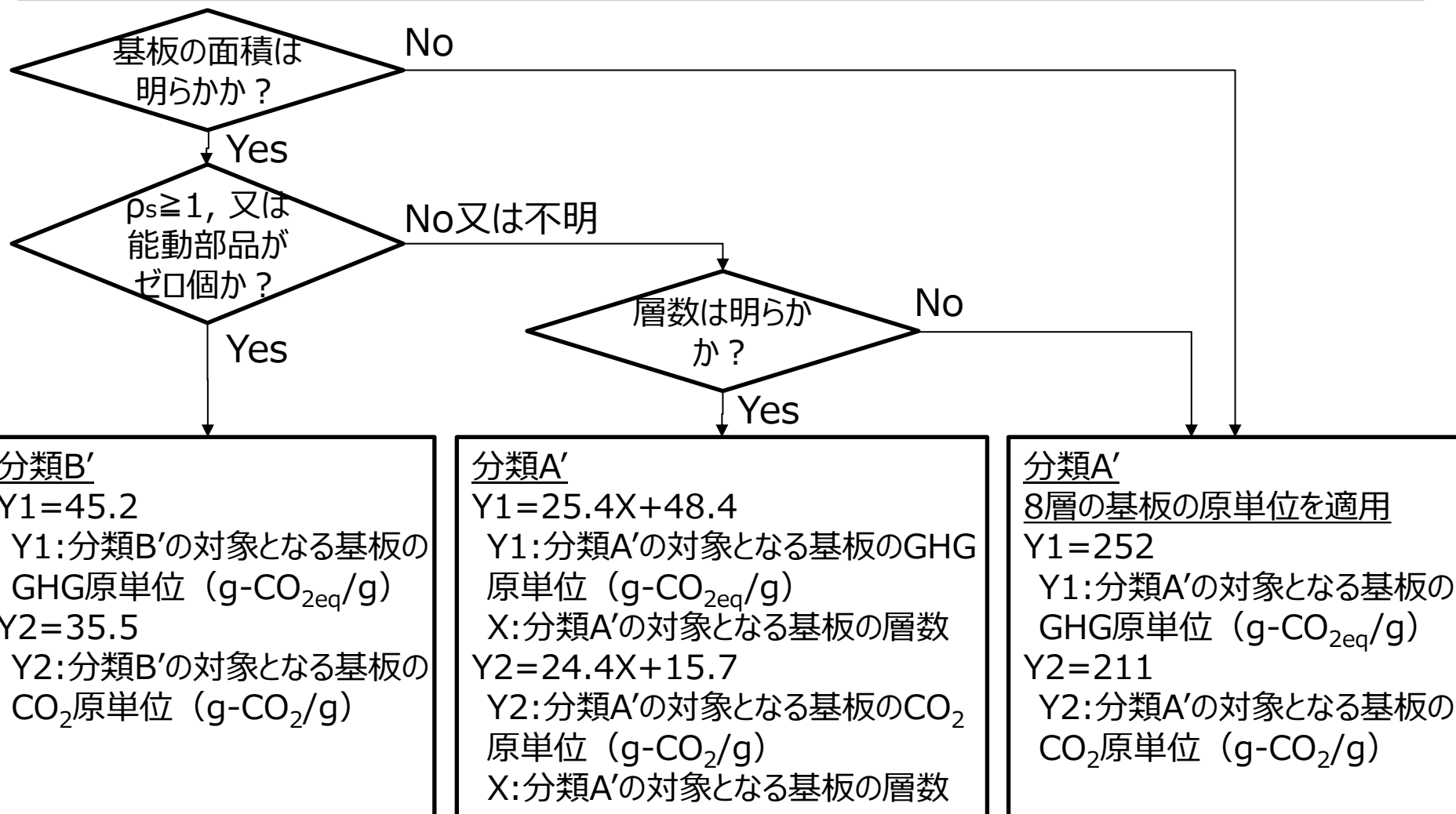


JEM-TR243 事例 2

電子回路基板標準原単位策定 対象基板と計算結果

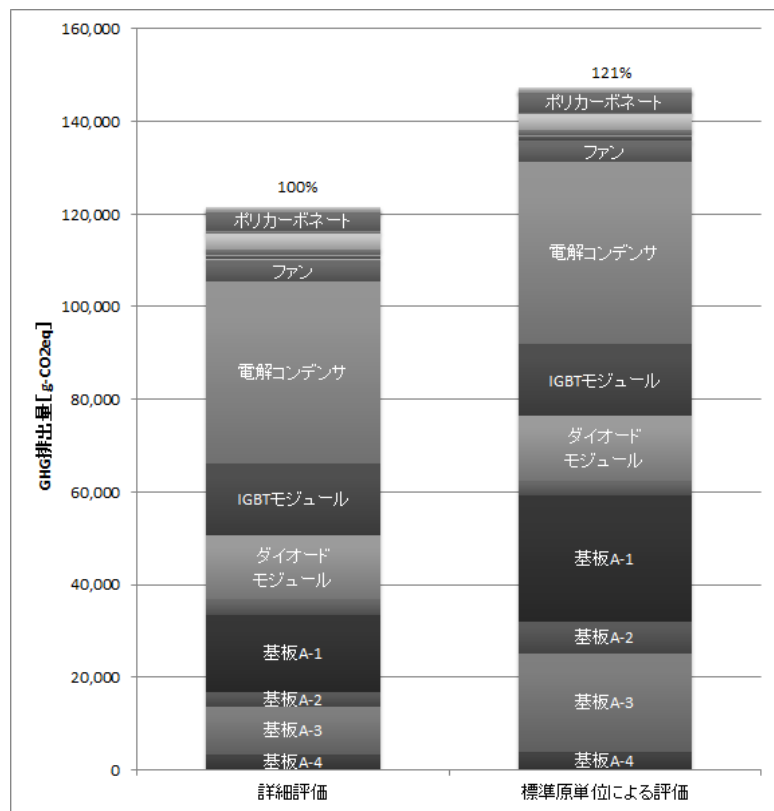
製品種		機能に基いた 基板の分類		層数	質量 (g)	面積 (cm ²)	ρ_s (g/cm ²)	GHG 排出量 (g-CO ₂ eq)	CO ₂ 排出量 (g-CO ₂)	GHG 排出原単位 (g-CO ₂ eq/g)	CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /g)
A	産業用 インバータ	A-1	主回路モジュール	4	599	482.4	1.241	16,472	14,173	27.5	23.7
		A-2	端子モジュール	4	154	70.8	2.178	3,277	3,033	21.2	19.7
		A-3	CPU モジュール	4	141	196.6	0.717	10,248	7,601	72.7	53.9
		A-4	LED オペレータ	2	40	80.6	0.496	3,393	1,933	84.8	48.3
B	産業用 プラント 制御盤	B-1	入出力モジュール	6	507	1,280.0	0.396	71,655	58,632	141.4	115.7
		B-2	CPU モジュール	8	187	498.8	0.375	46,478	38,134	248.7	204.1
		B-3	CPU モジュール	8	227	498.8	0.455	44,290	36,999	195.2	163.0
		B-4	通信モジュール	6	207	541.3	0.382	43,208	35,696	208.8	172.5
		B-5	通信モジュール	6	208	541.3	0.384	44,049	36,348	211.9	174.9
		B-6	入出力モジュール	4	181	498.8	0.363	24,612	19,785	135.9	109.2
		B-7	入出力モジュール	4	182	498.8	0.364	23,153	18,582	127.4	102.2
		B-8	入出力モジュール	4	172	498.8	0.345	21,648	17,580	125.9	102.2
		B-9	電源モジュール	2	211	202.7	1.043	6,539	5,446	30.9	25.8
		B-10	入出力モジュール	4	212	498.8	0.425	21,347	16,913	100.8	79.8
		B-11	入出力モジュール	4	199	498.8	0.399	21,935	17,970	110.3	90.4
		B-12	入出力モジュール	4	202	498.8	0.406	16,644	13,369	82.2	66.1
		B-13	入出力モジュール	4	200	498.8	0.401	21,847	17,962	109.1	89.7
		B-14	入出力モジュール	2	213	498.8	0.427	18,005	13,120	84.5	61.6
C	PLC (旧製品)	C-1	CPU モジュール	4	452	471.3	0.959	23,274	19,335	51.5	42.8
		C-2	入出力モジュール	2	108	222.8	0.483	11,272	6,788	104.8	63.1
		C-3	入出力モジュール	2	226	222.8	1.016	6,668	4,360	29.4	19.3
		C-4	電源モジュール	2	416	219.1	1.898	12,194	10,790	29.3	25.9
		C-5	マウントベース	4	143	246.0	0.583	3,746	3,479	26.1	24.3
D	PLC (新製品)	D-1	CPU モジュール	6	112	146.0	0.770	18,373	15,194	163.5	135.2
		D-2	入出力モジュール	4	61	170.0	0.358	5,734	4,240	94.2	69.7
		D-3	入出力モジュール	4	181	67.0	2.694	2,814	2,386	15.6	13.2
		D-4	電源モジュール	2	266	128.4	2.071	12,020	9,447	45.2	35.5
		D-5	マウントベース	4	129	272.0	0.475	7,007	5,984	54.2	46.3

電子回路基板標準原単位策定 算定フロー

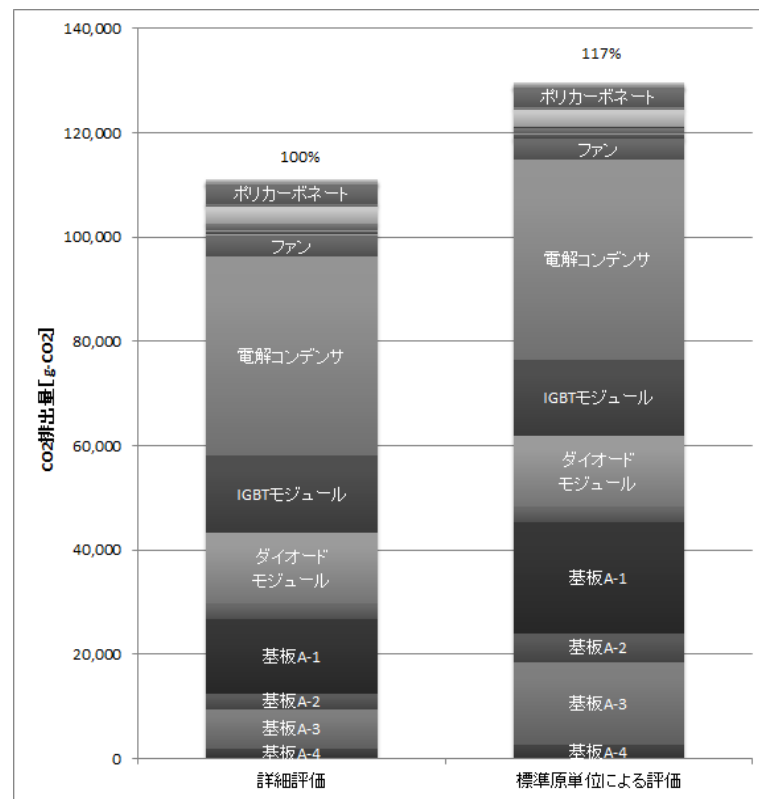


電子回路基板のGHGおよびCO₂の標準原単位の算定フロー

電子回路基板標準原単位策定 影響分析



a) GHG排出量の比較



b) CO₂排出量の比較

産業用インバータを対象とした製品評価の比較
(標準原単位は「分類A'の2層・4層基板の原単位」および「分類B'」による)

JEM-TR243の課題

海外で高まるインフラ設備導入時の、環境、安全、景観などの社会的受容性の評価

事例 1) IEC製品規格（可変速駆動システム等）へのLCA実施方法の検討

事例 2) インフラ設備の要求事項を、社会、使用者、環境の視点で定義
(ISO/TS37151)



そこで、JEM-TR243と海外からのLCA要求事項とのギャップを分析（2017年度）
環境フットプリント、エコパスポートPCR、EN規格と比較



クリティカルレビュー、カットオフ基準など目的の違い※によるギャップを抽出

（※）JEM-TR243は設計者のための実務ガイド

→ JEM-TR243をベースに海外からの要求に備えたガイドライン整備が必要
加えて、安全性や景観損失などを分析するリスク評価やLCCも動向ウォッチ要



<2018年度以降の計画>

➤整備すべきLCAガイドラインの方向性検討

①業界共通に考慮すべき事項、②個別の機種ごとに業界として考慮すべき事項、③機種ごとに各メーカーが考慮すべき事項、など各ステークホルダの役割の明確化。マルチクライテリア対応、など

➤将来のインフラ設備への社会的受容性評価に向けた必要情報の整備

おわりに

JEM-TR243は設計者向けのLCA実務ガイドとして改正を重ね情報発信してまいりました。今後は、海外からの要求に備えた対応に軸足を移し、ガイドの方向性を検討していく予定です。加えて、安全性や景観などの社会的受容性に関する動向もウォッチしてまいります。

<論文、発表等>

- 2007年3月：平成19年電気学会全国大会, IEE 1-007, 「産業連関表を用いた重電及び産業システム機器向け電子回路基板のLC-CO₂評価」
- 2014年8月：平成26年電気学会産業応用部門大会シンポジウム「重電・産業システム機器のLC-CO₂ガイドライン」
- 2015年10月：日本LCA学会誌, Vol.11, No.4, 「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」(査読あり)
- 2016年8月：平成28年電気学会産業応用部門大会「重電・産業システム機器向け電子回路基板の標準原単位」
- 2017年7月：日本LCA学会誌, Vol.13, No.3, 「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)」(査読あり)

ご参考

私たちとJEMA環境部殿のLCAの活動については、算出手法の確立と普及の活動が認められ、第10回LCA日本フォーラム「経済産業省産業技術環境局長賞」を受賞しました（2014年1月）。

これからも、JEMA環境部と連携しながら、日本の製造業の事業推進において環境などの側面から業界として支援できる情報提供を進めてまいります。



表彰トロフィー

ご清聴ありがとうございました。