

鉄鋼産業における LCIデータベース開発の取組み

2022年7月26日

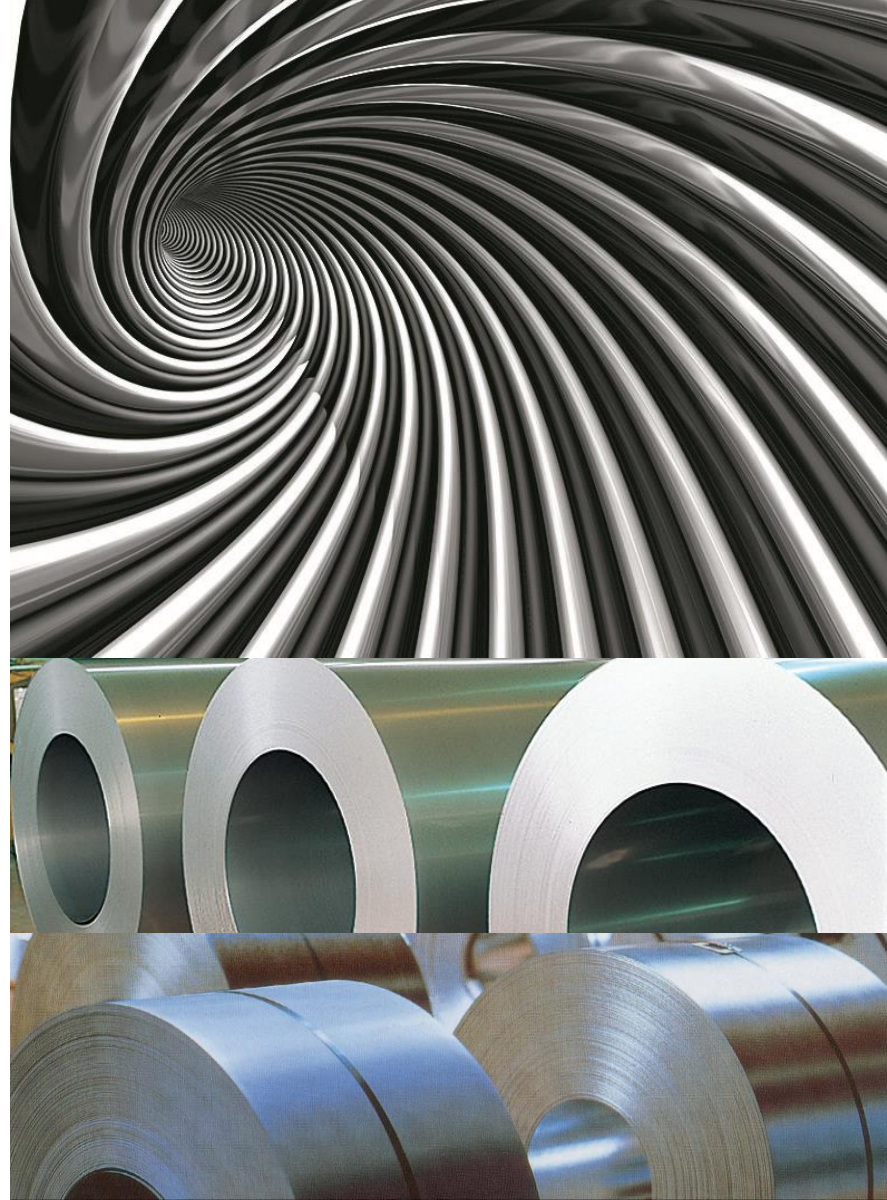
LCA日本フォーラムセミナー



日本鉄鋼連盟 技術政策委員会 LCA検討WG主査

日本製鉄株式会社 技術総括部 部長代理

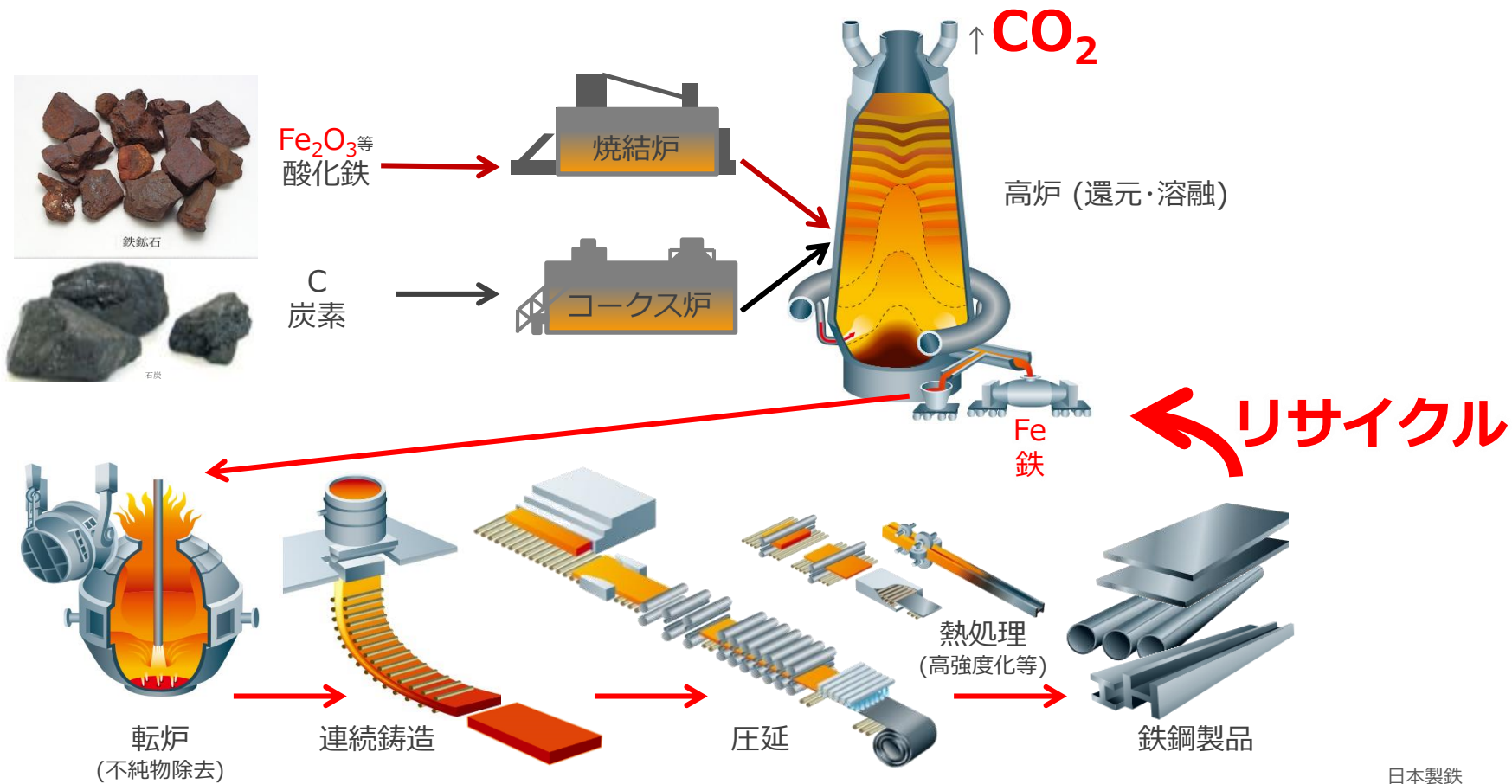
磯原 豊司雄



鉄鋼製品のGHG排出の特徴

Scope 1排出の多さと 素材としてのクローズドループリサイクル性

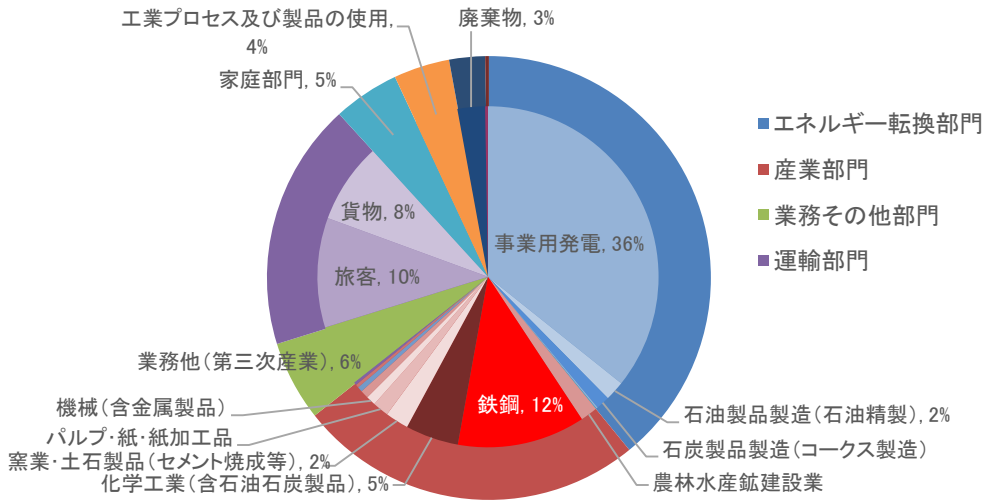
鉄鋼製品の製造プロセス



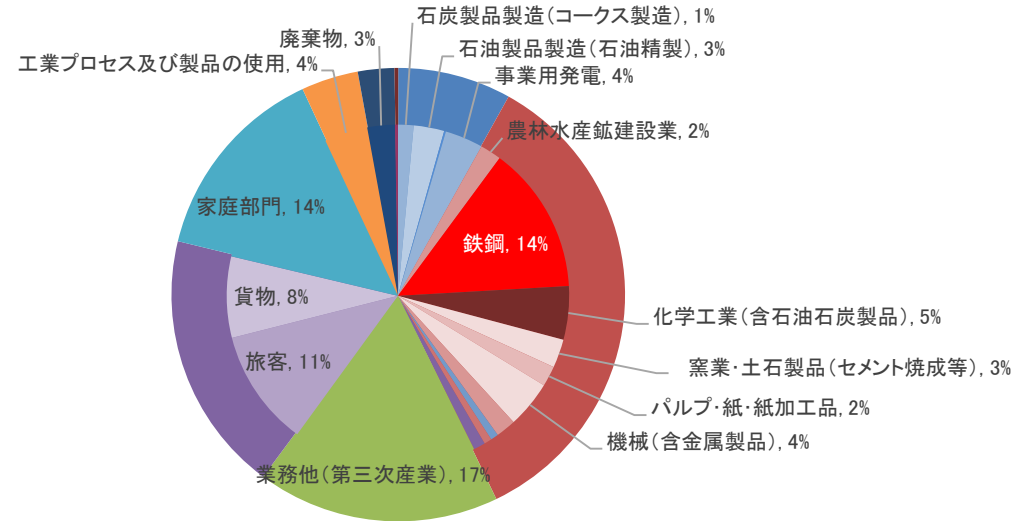
鉄鋼は鉄鉱石(酸化鉄)を炭素で還元して作る。

日本のCO₂排出量

部門別CO₂排出量
(電気・熱配分前)



部門別CO₂排出量
(電気・熱配分後)



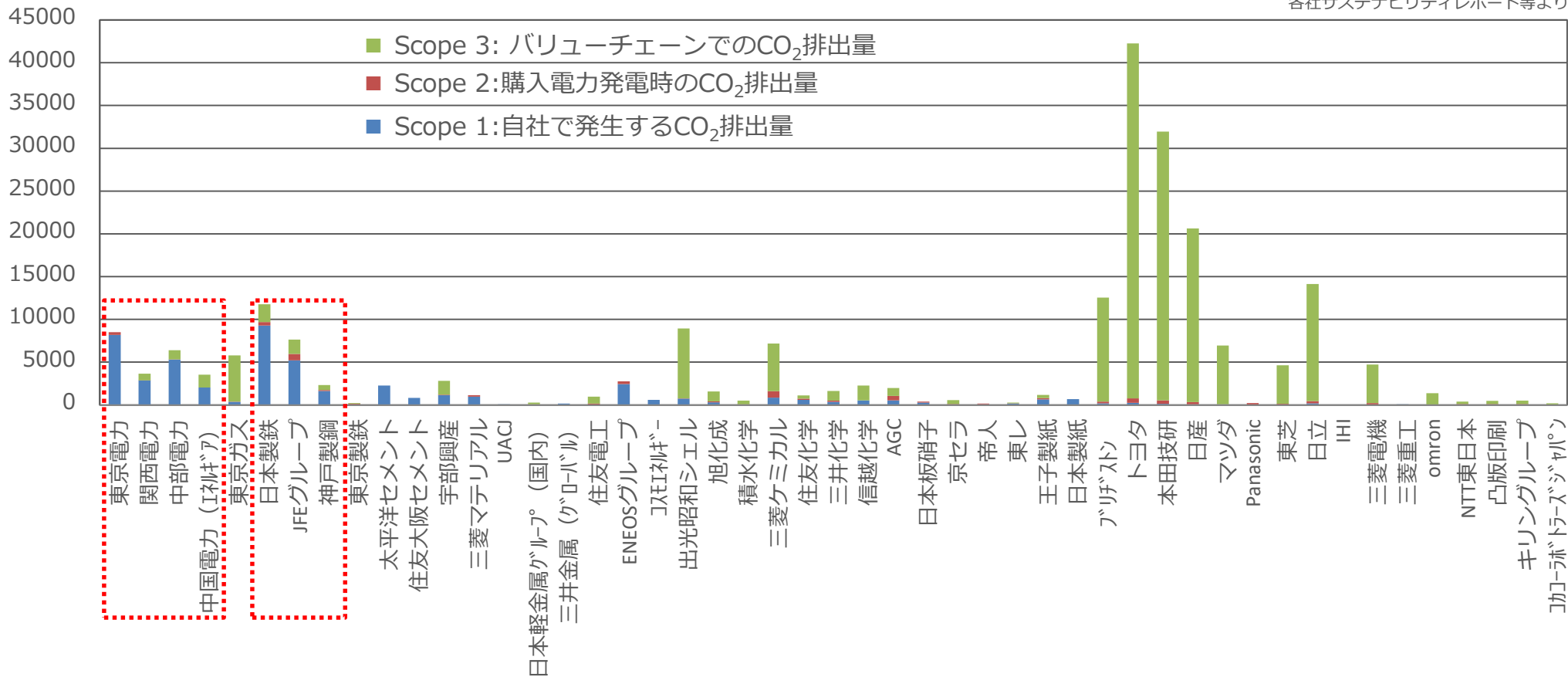
環境省：2019年度温室効果ガス排出量(確定値)より作成
電気事業者の発電に伴う排出量を電力消費量に応じて最終需要部門に配分した後の値
機械は金属製品製造業を含む。化学工業は石油石炭製品を含む

鉄鋼は日本のCO₂の14%を排出している。

各社のScope 1, 2, 3のCO₂排出

各社サステナビリティレポート等より

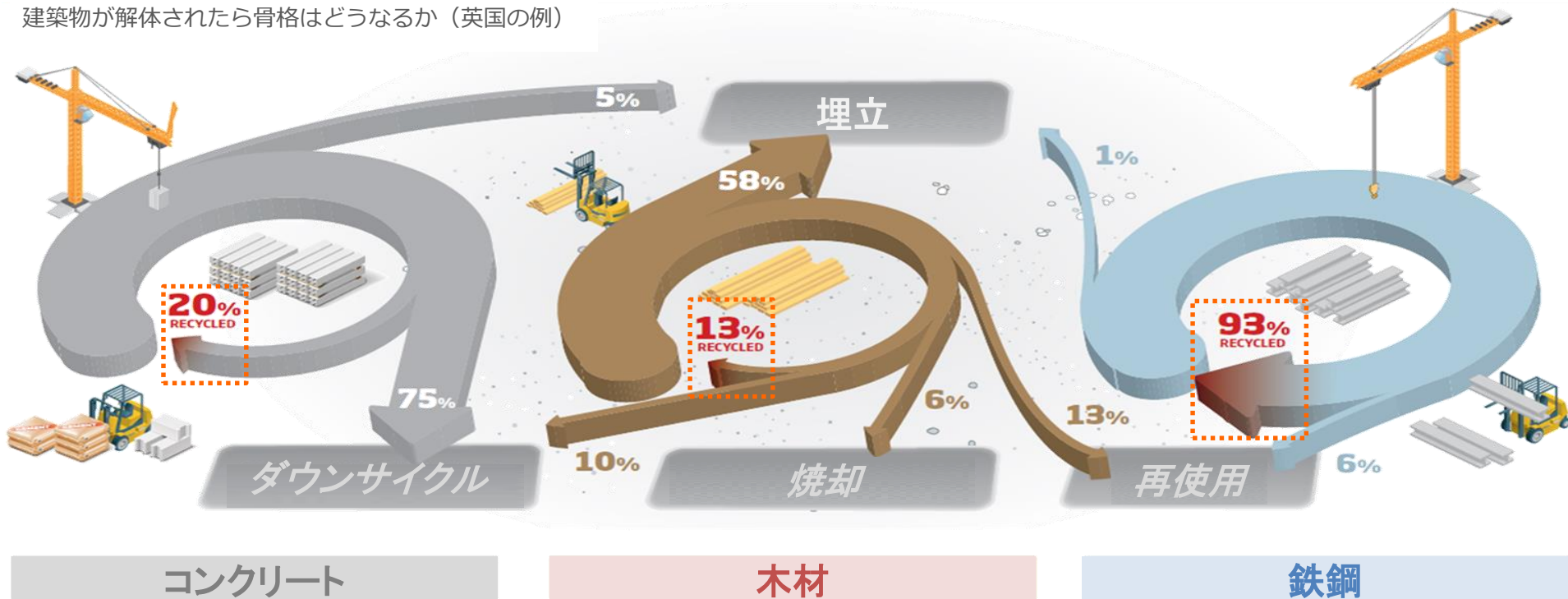
万t/年



電力と鉄鋼は自社(製造段階)でのCO₂排出量が特に多い。

鉄鋼素材はほぼ全量が戻るリサイクル

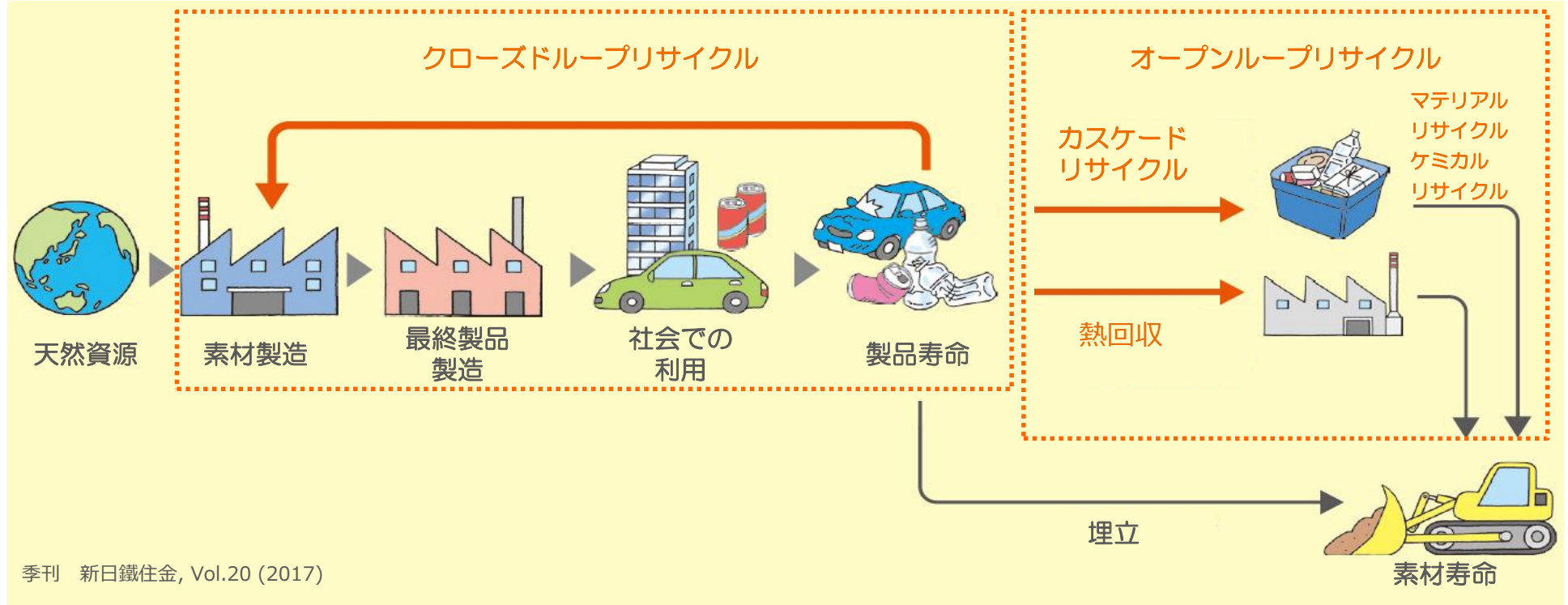
建築物が解体されたら骨格はどうなるか（英国の例）



SteelConstruction.info, https://www.steelconstruction.info/File:B_Fig10_2013.png#filelinks

建設素材において、鉄鋼はほとんどがリサイクルされている。

リサイクル: オープンループとクローズドループ



多くの素材のリサイクルはオープンループ(リサイクルに伴い品質が低下)。
鉄鋼はクローズドループリサイクルで、全量が天然資源に置き換わる。

サステナブル(自律的・持続的)リサイクルの要件

1. 選別が容易

誰でも分別でき、容易に自動選別できる。

→ 鉄は磁石に付く。他素材のほとんどは付かない。

2. 再生時の環境負荷が低い

天然資源から作るより環境負荷が低い。

→ 金属スクラップは加熱溶融するだけで再生できる。

3. 経済合理的なリサイクルシステムが確立している

回収物が有価取引できるくらいの経済価値がある。

→ 鉄鋼スクラップは世界中で有価取引され、自律的な回収システムが確立。

4. リサイクル時に精製できる (Closed-loop Recyclingに必要)

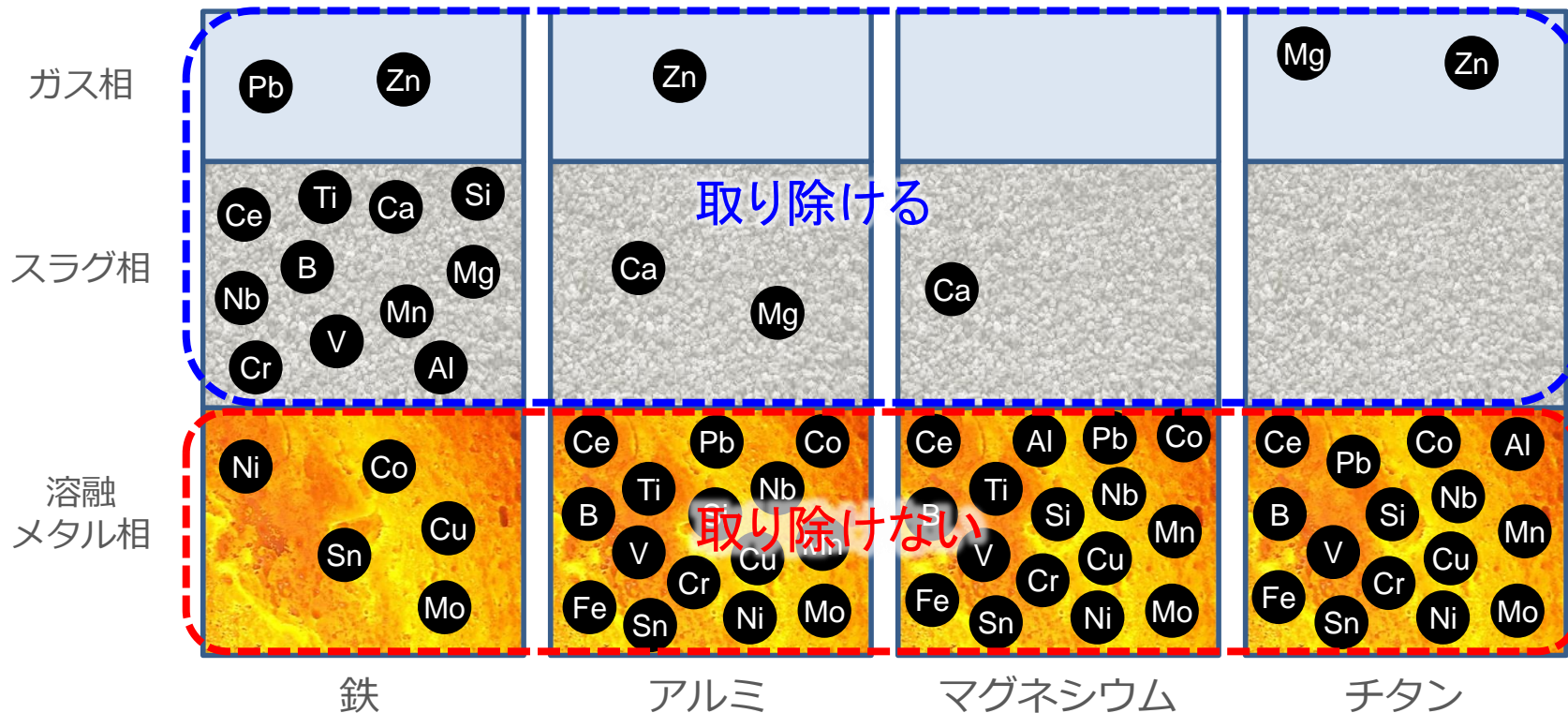
精製できないと天然資源代替にならない。

→ 鉄鋼はもともと合金添加が少ない上、多くの不純物を酸化精錬で容易に除去できる。

鉄鋼はこれらの要件をすべて満たしている。

鉄鋼は不純物を除去しやすい

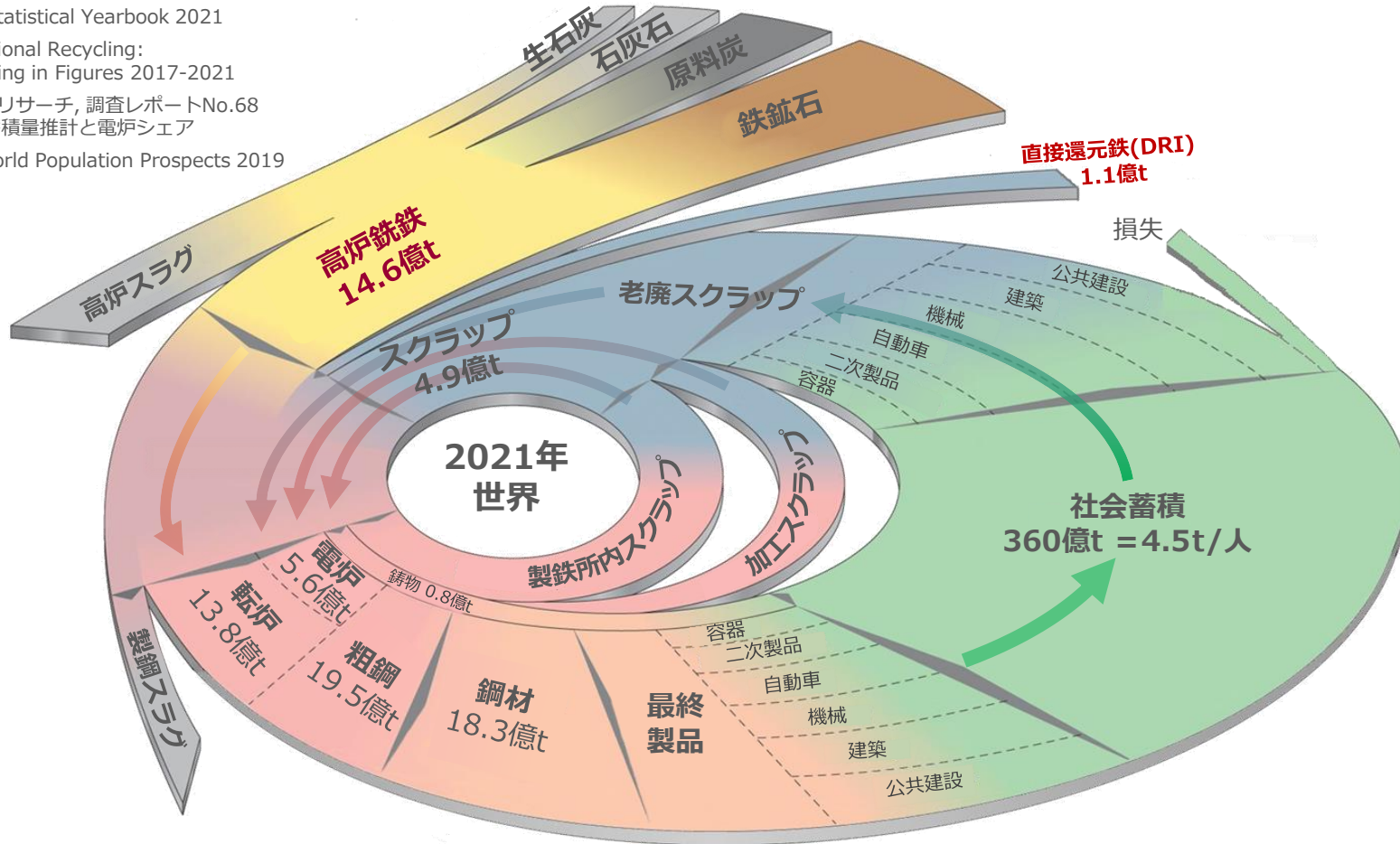
平木岳人也: 第23回廃棄物資源循環学会研究発表会 (2012) 23_269を改変



大部分の不純物は鉄と比べて酸化しやすいので、酸素吹込みで除去できる。
除去できない不純物の大部分は事前に磁気選別で除去できる。

鉄の循環（世界）

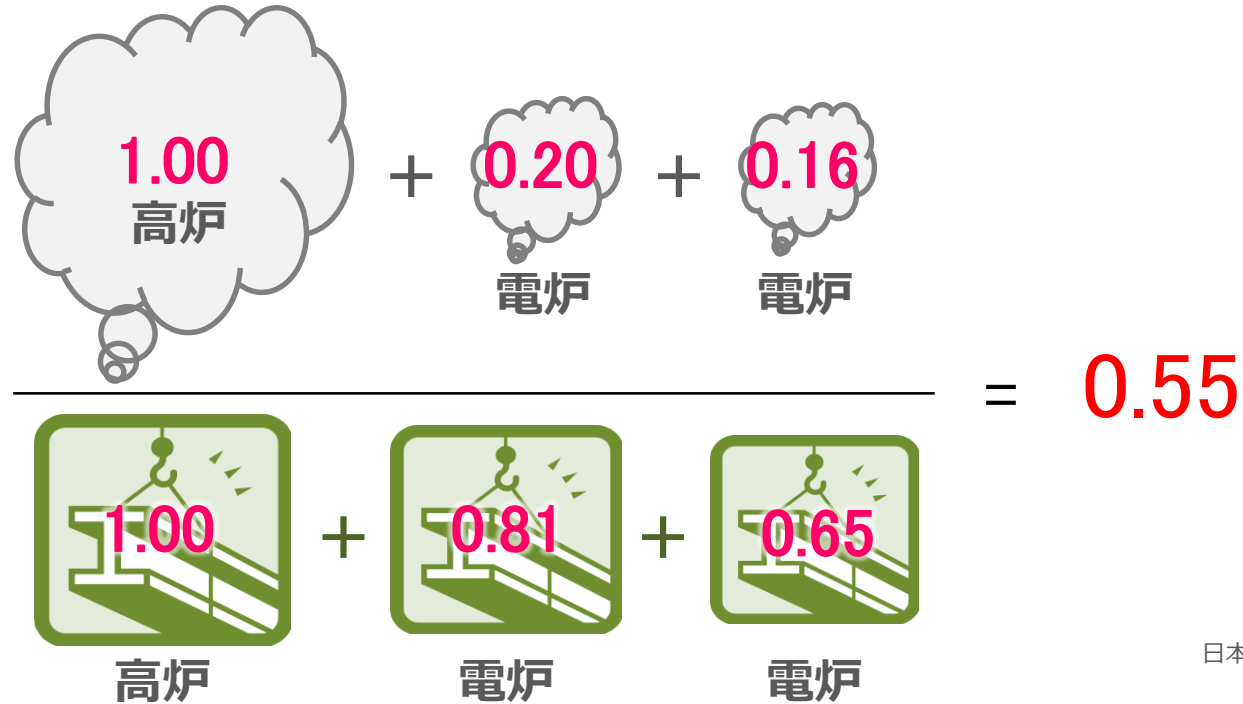
worldsteel, World Steel in Figures 2022
 worldsteel, Steel Statistical Yearbook 2021
 Bureau of International Recycling:
 World Steel Recycling in Figures 2017-2021
 鉄リサイクルング・リサーチ, 調査レポートNo.68
 21年末の世界鉄鋼蓄積量推計と電炉シェア
 United Nations, World Population Prospects 2019



鉄鋼製品のLCI (Life Cycle Inventory)

リサイクル効果を考慮した鉄鋼製品の排出原単位と
その開示

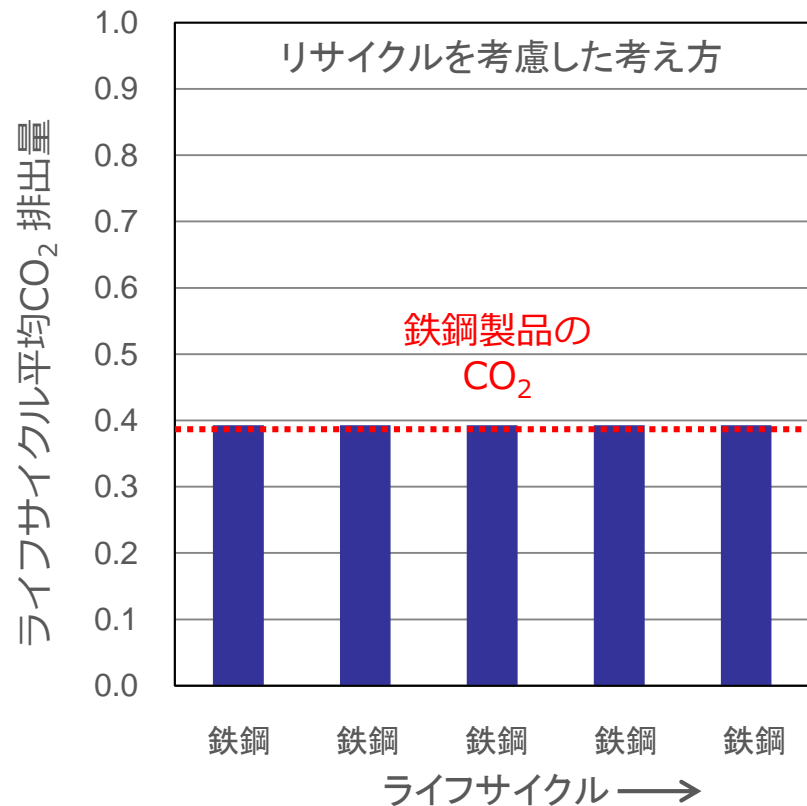
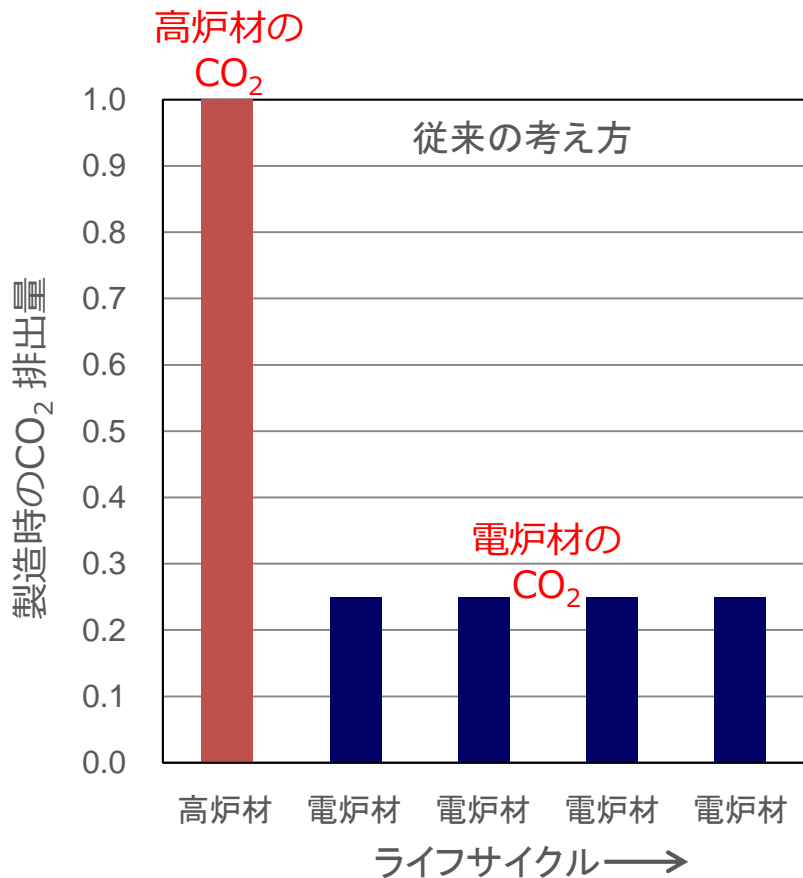
リサイクルを考慮した生涯環境負荷 (3サイクル目までの例)



鉄鋼製造時CO₂排出原単位: 鉄鉱石由来=1.0, スクラップ由来=0.25, スクラップ回収率=0.9, 再生=電炉のみ, 歩留0.9 と仮定

鉄鋼はスクラップリサイクルで繋がっているので環境負荷もライフサイクルを繋げて考える。

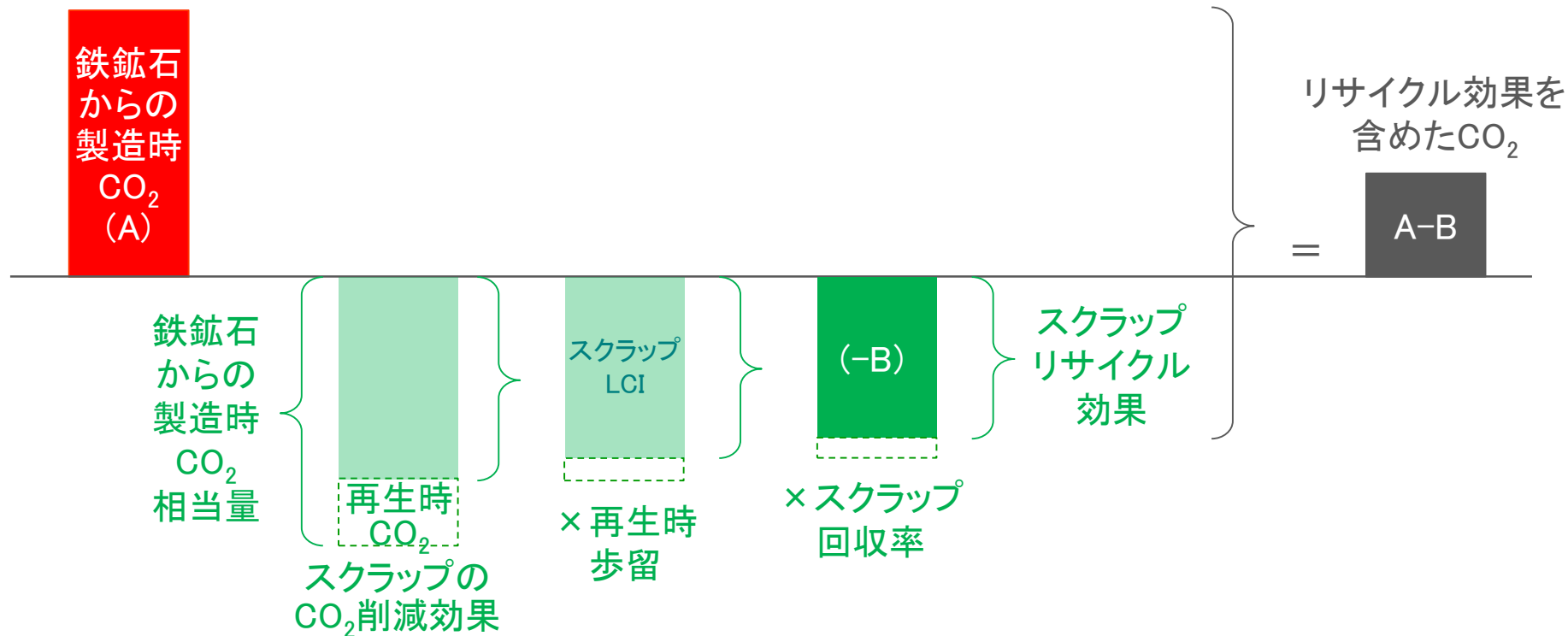
無限循環する鉄鋼のCO₂排出量



日本製鉄

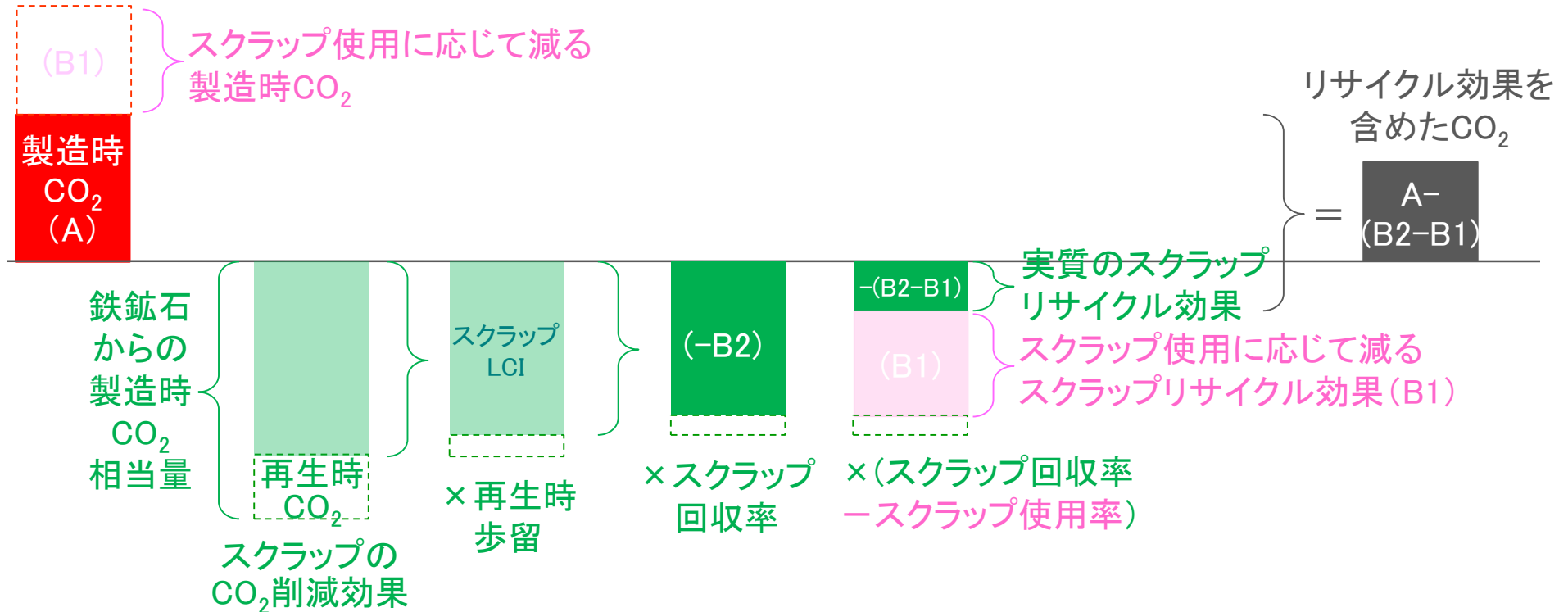
鉄鋼製品はクローズドループリサイクルされているので、高炉材・電炉材の区別はない。

ISO 20915 規格の環境負荷計算法 (スクラップを使用しない場合)



リサイクル効果は、将来、鉄鉱石還元をせずに同量の鉄を作れる「スクラップ」を生み出す効果。

ISO 20915 規格の環境負荷計算法 (スクラップを使用する場合)



製造時にスクラップを使用する場合は、将来生み出すスクラップ量(リサイクル効果)が目減りする。

ISO 20915規格におけるリサイクル効果の計算

鉄鋼製品のライフサイクル環境負荷

$$\begin{aligned}
 &= \text{製造負荷} - \text{リサイクル効果} \\
 &= \text{製造負荷} - (\text{高炉負荷} - \text{電炉負荷}) \cdot \text{再生歩留} \cdot (\text{スクラップ回収率} - \text{スクラップ使用率}) \\
 &= \underbrace{\text{製造負荷}}_A + \underbrace{(\text{高炉負荷} - \text{電炉負荷}) \cdot \text{再生歩留} \cdot \text{スクラップ使用率}}_{+B1} - \underbrace{(\text{高炉負荷} - \text{電炉負荷}) \cdot \text{再生歩留} \cdot \text{スクラップ回収率}}_{-B2}
 \end{aligned}$$

ここで、**製造負荷**は以下に分解できる。

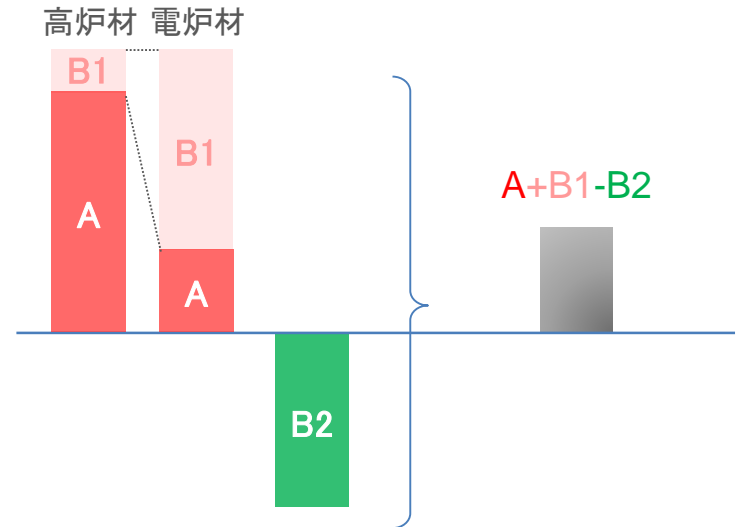
製造負荷

$$\begin{aligned}
 &= \text{スクラップから製造時の負荷} + \text{鉄鉱石から製造時の負荷} \\
 &= \text{電炉負荷} \cdot \text{スクラップ使用率} \cdot \text{再生歩留} \\
 &\quad + \text{高炉負荷} \cdot (1 - \text{スクラップ使用率} \cdot \text{再生歩留})
 \end{aligned}$$

これを上式に代入すると、スクラップ使用率に依らない値になる。

鉄鋼製品のライフサイクル環境負荷

$$= \underbrace{\text{高炉負荷}}_{A+B1} - \underbrace{(\text{高炉負荷} - \text{電炉負荷}) \cdot \text{再生歩留} \cdot \text{スクラップ回収率}}_{-B2}$$



リサイクルを考慮すると、スクラップ使用率(高炉材・電炉材の区別)は無意味。

スクラップ使用率(recycled content)と回収率のどちらが重要か?

worldsteel, Life cycle inventory methodology report (2017), J. Atherton, Int. J. LCA, 12(1), 59 (2007)

考え方	製造時の 環境負荷	+	スクラップ 利用 環境負荷	+	スクラップ リサイクル 環境負荷	=	ライフサイクル 全体での 環境負荷	重要な 視点	適用すべき リサイクル 形態
従来 (リサイクル 考慮なし)	$(1-S)Y X_{pr} + S Y X_{re}$		0		0		$(1-S)Y X_{pr} + S Y X_{re}$	スクラップ 使用率 S	通常 の リサイクル
JIS Q 20915 (リサイクル 考慮あり)	$(1-S)Y X_{pr} + S Y X_{re}$		$S(X_{pr} - X_{re})Y$		$-R(X_{pr} - X_{re})Y$		$X_{pr} - R(X_{pr} - X_{re})Y$	スクラップ 回収率 R	クローズド ループ リサイクル

X_{pr} : 高炉負荷、 X_{re} : 電炉負荷、 Y : 再生歩留、**S**: 回収物の再生利用率、**R**: 廃製品回収率

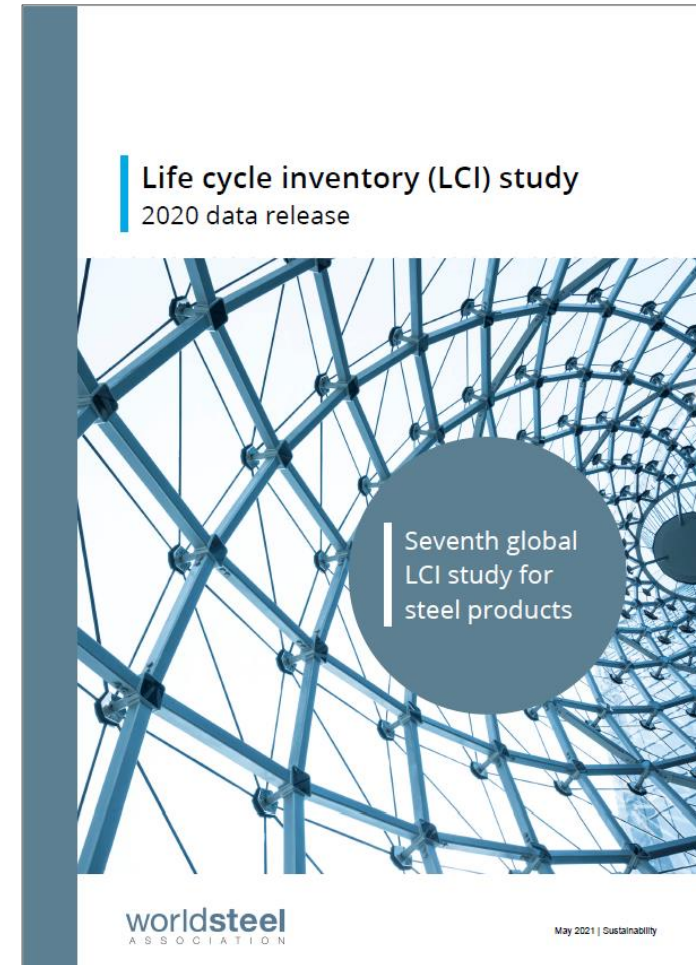
環境負荷低減、資源循環向上に資するには、回収物に対する以下の取り組みが重要。

- ・ **使用率S** の向上 = 通常の素材 (回収しても再生利用しきれていない素材 = プラスチック等)
- ・ **回収率R** の向上 = クローズドループリサイクルの素材 (回収物は全量再生利用 = 鉄鋼)

鉄鋼ではスクラップ使用率(recycled content)ではなくスクラップ回収率(recovery rate)の方が重要な指標。

worldsteelのLCIデータ収集と公開

- データ収集時期
5年以内の操業実績。毎年部分更新。上流は二次データ(GaBi)。(1995年より)
- 対象製品
15鉄鋼製品(熱延鋼板、冷延鋼板、鋼管、…)
- システム境界
スクラップリサイクルを含めた、原料採掘から製鉄所出荷まで
- 参加企業
欧、亜、中東、豪、北中南米28か国33企業(世界の26%の粗鋼を生産)109サイト、
586プロセスの4.8億トン分(世界粗鋼生産の14%相当…日本データはその1/3
を占める)
- データ形式
製品毎の以下の環境負荷データの世界平均値
および地域平均値
 - ・原料採掘から製造まで(cradle-to-gate)の環境負荷 (A)
 - ・スクラップリサイクルを考慮した環境負荷 (A+B1+B2)
 - ・スクラップ使用の環境負荷 (B1)
 - ・スクラップ回収のクレジット (B2)
- リサイクル率対象
加工スクラップ+老廃スクラップ
- 入手法
worldsteelにデータ請求(無料)



日本鉄鋼連盟の鉄鋼製品LCIデータ収集と公開

- worldsteelのLCIデータ収集と連携し、日本鉄鋼連盟会員企業のLCIデータを定期的に収集。
- ISO 20915、ISO 14040、ISO 14044規格に準拠。
- 日本平均値を公開(無料)

公開中のデータ

2018年度データ
(無料)

対象製品

16品種
厚板、鋼板、棒線、特殊鋼
etc.

データ収集参加会社

15社
カバー率85%
(粗鋼生産量ベース)

LCI日本平均値入手先

以下リンク先の申請フォームに記入し、kankyout1@jisf.or.jpにご提出ください。

<https://www.jisf.or.jp/business/lca/data/index.html>

日本の鉄鋼製品のCO₂排出原単位

品目名	スクラップ効果を反映したLCI	天然資源採掘から鉄鋼製品出荷までのLCI (リサイクル効果反映せず)	スクラップリサイクル効果	
			スクラップ投入に伴うLCI	スクラップ回収に伴うLCI
	A+B1-B2	A	B1	-B2
熱延鋼板	660	1,917	36	-1,293
酸洗鋼板	708	1,964	37	-1,293
冷延鋼板	775	2,030	38	-1,293
焼鈍鋼板	904	2,160	38	-1,293
溶融亜鉛メッキ鋼板	1,064	2,318	39	-1,293
電気亜鉛メッキ鋼板	1,058	2,312	39	-1,293
ブリキ鋼板	1,222	2,280	38	-1,293
塗装鋼板	1,344	2,596	41	-1,293
ティンフリー鋼板	1,027	2,282	38	-1,293
厚板	857	2,110	40	-1,293
UOパイプ	1,051	2,303	41	-1,293
電縫管	1,065	2,318	41	-1,293
形鋼	874	1,618	549	-1,293
線材	748	2,003	37	-1,293
棒鋼	753	1,541	505	-1,293
特殊鋼	1,222	1,798	717	-1,293

単位：kg-CO₂/t-product

2018年度日本平均値

出所：一般社団法人日本鉄鋼連盟

愛知製鋼
伊藤製鐵所
大阪製鐵
共英製鋼
合同製鐵
神戸製鋼所
山陽特殊製鋼
JFE条鋼
JFEスチール
清水鋼鐵
大同特殊鋼
東京鋼鐵
東京鐵鋼
トピー工業
日本製鉄

事業所：26

工程：169

品目：16

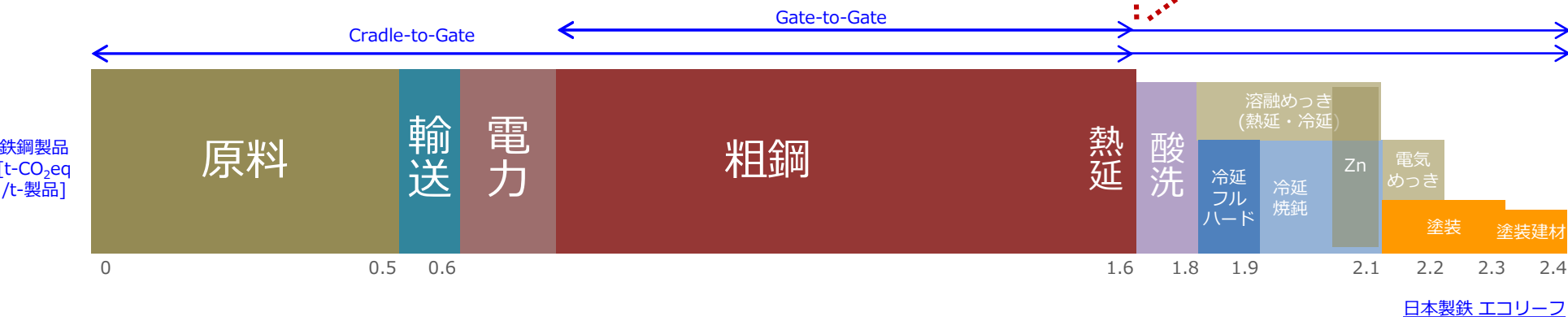
リサイクル率 = 93.0%

組織と製品の排出原単位のイメージ



副製品
控除

[日本製鉄 サステナビリティレポート2021](#)



[日本製鉄 エコリーフ](#)

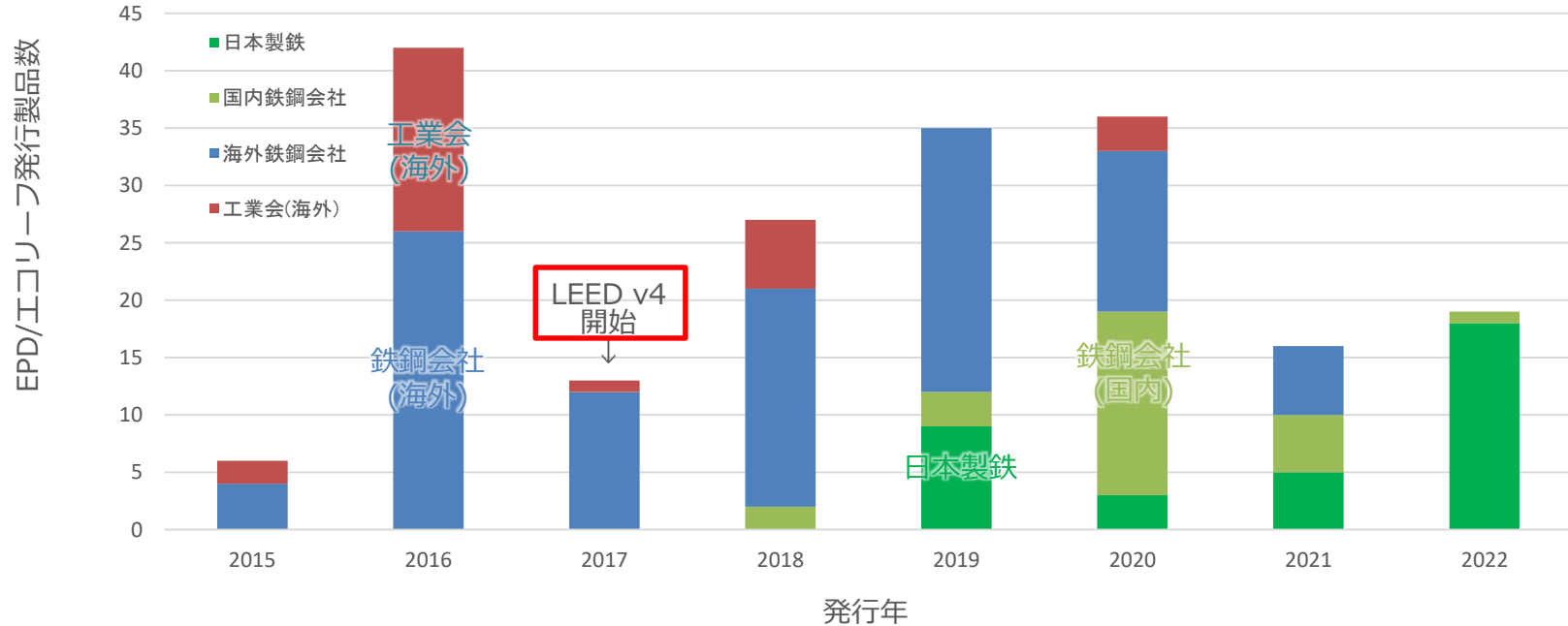
製品はシステム拡張による副製品(副産物)の排出控除がある。

鉄鋼製品のエコライフ/EPD

個社の製品の
リサイクル効果も含めた環境負荷の
積極的な開示

鉄鋼分野のEPD/エコライフ取得推移

鉄鋼関係EPD推移



LEED* v4 (2015)発効でEPD取得製品はLEED認証で加点が得られることになり、**建材分野の取得**が急増。

海外では工業会(会員企業はEPD取得、但しLEED加点は半分)での取得も。

* Leadership in Energy and Environmental Design = 建築物環境性能認証(米国)

鉄連におけるPCR(Product Category Rule)の策定

- 日本鉄鋼連盟では、鉄鋼製品の**リサイクル効果**を考慮した**環境負荷(LCI)計算法**の規格であるISO 20915規格、及びJIS Q 20915が発行されたことに伴い、これらに準拠する**リサイクル効果を考慮した鉄鋼製品のエコリーフPCR**を2019年に策定。
- 発行されたPCRは以下の4種
 - PCR PA-180000-AW-02
鉄鋼製品(建設用を除く)(中間財)
 - PCR PA-180000-AJ-03
建設用鉄鋼製品(中間財)*
 - PCR PA-180000-AY-02
鉄鋼二次加工製品(建設用を除く)(中間財)
 - PCR PA-180000-AX-02
建設用鉄鋼二次加工製品(中間財)*
- * 建設用はISO 21930規格準拠なのでPCRを別建て

サステナブル経営推進機構：
PCR PA-180000-AW-02 鉄鋼製品 (建設用を除く) (中間財)

製品カテゴリールール (PCR)
(認定 PCR 番号：PA-180000-AW-02)
対象製品：鉄鋼製品 (建設用を除く) (中間財)

Product Category Rule for
“Steel products (except for construction use)”

本文書は、一般社団法人サステナブル経営推進機構が運営管理する「エコリーフ環境ラベルプログラム」において、「鉄鋼製品 (建設用を除く) (中間財)」を対象としたエコリーフCFPの算定・宣言のルールについて定めたものである。

当該製品・サービスの算定・宣言を行おうとする事業者等は、本文書および「算定・宣言に関する要求事項」に基づいて、算定・宣言を行う。

認定PCRの有効期間は、最新版PCRの認定日または更新日より5年間とする。

このPCRに記載されている内容は、エコリーフ環境ラベルプログラムにおいて、関係事業者等を交えた議論の結果として、PCR改正の手続きを経ることで適宜変更および修正することが可能である。

PCR レビュー	認定日等	2019年10月1日	
	PCR レビューパネル	委員長 氏名：松野 泰也 所属：千葉大学	
	準拠する規格	<ul style="list-style-type: none"> ■ ISO 14040:2006 ■ ISO 14044:2006 ■ ISO 14025:2008 ■ ISO/TS 14067:2013 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ISO/TS 14027:2017 ■ ISO 20915:2018 ■ JIS Q 20915:2019

LCA意識の醸成

鉄鋼製品のLCA周知活動

World Circular Economy Forum 2018での鉄連展示



日本鉄鋼連盟のLCA(鉄鋼のリサイクル)動画



鉄はぐるぐる
リサイクルも