

第17回日本LCA学会研究発表会

鉄鋼製品のクローズドループリサイクル

2022年3月2日

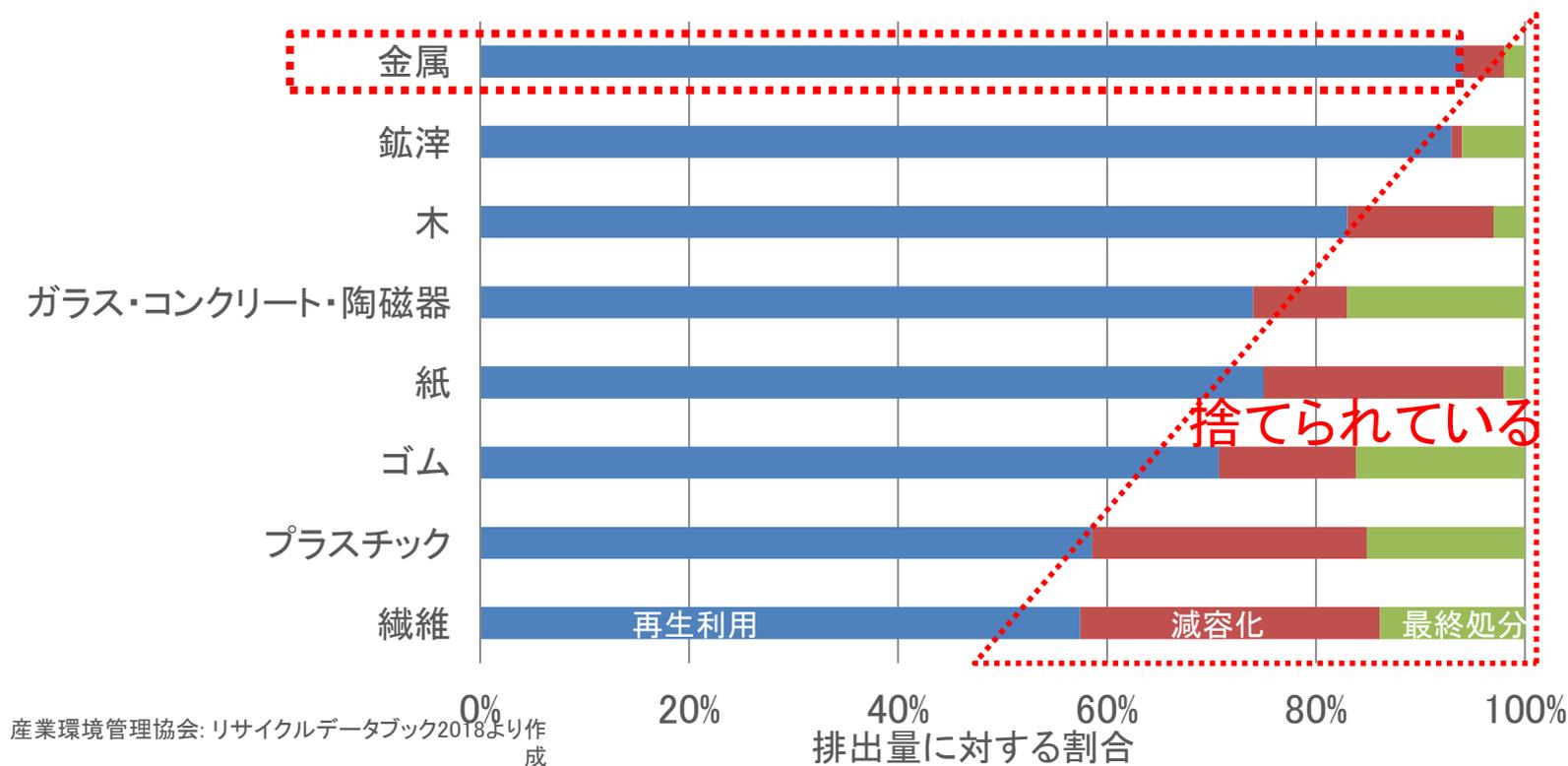
○磯原豊司雄*¹⁾⁵⁾、渡壁 史朗²⁾⁵⁾、牧 剛司³⁾⁵⁾、北山 未央⁴⁾⁵⁾、桑名 奈美⁴⁾⁵⁾、
齋藤龍司⁵⁾、青木宗太⁵⁾、渡部拓海⁵⁾

Toshio Isohara, Shiro Watakabe, Takeshi Maki, Mio Kitayama, Nami Kuwana,
Ryouji Saito, Souta Aoki, Takumi Watanabe

1) 日本製鉄, 2) JFE スチール, 3) 神戸製鋼所, 4) 日鉄総研, 5) 日本鉄鋼連盟

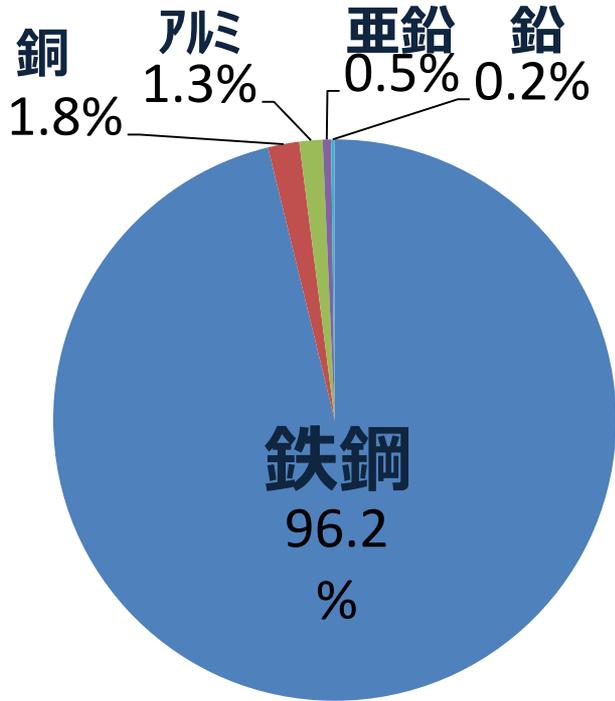
* isohara.4hq.toshio@jp.nipponsteel.com

廃棄物の処理法(日本)

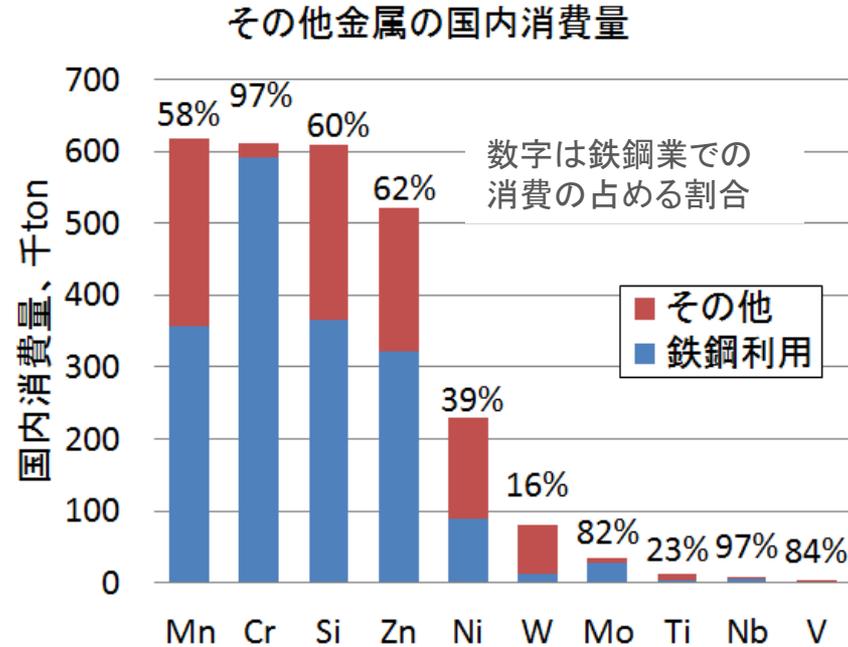


金属 (97%は鉄鋼) はほとんどが再生されている。

国内金属消費量比率(2018年)



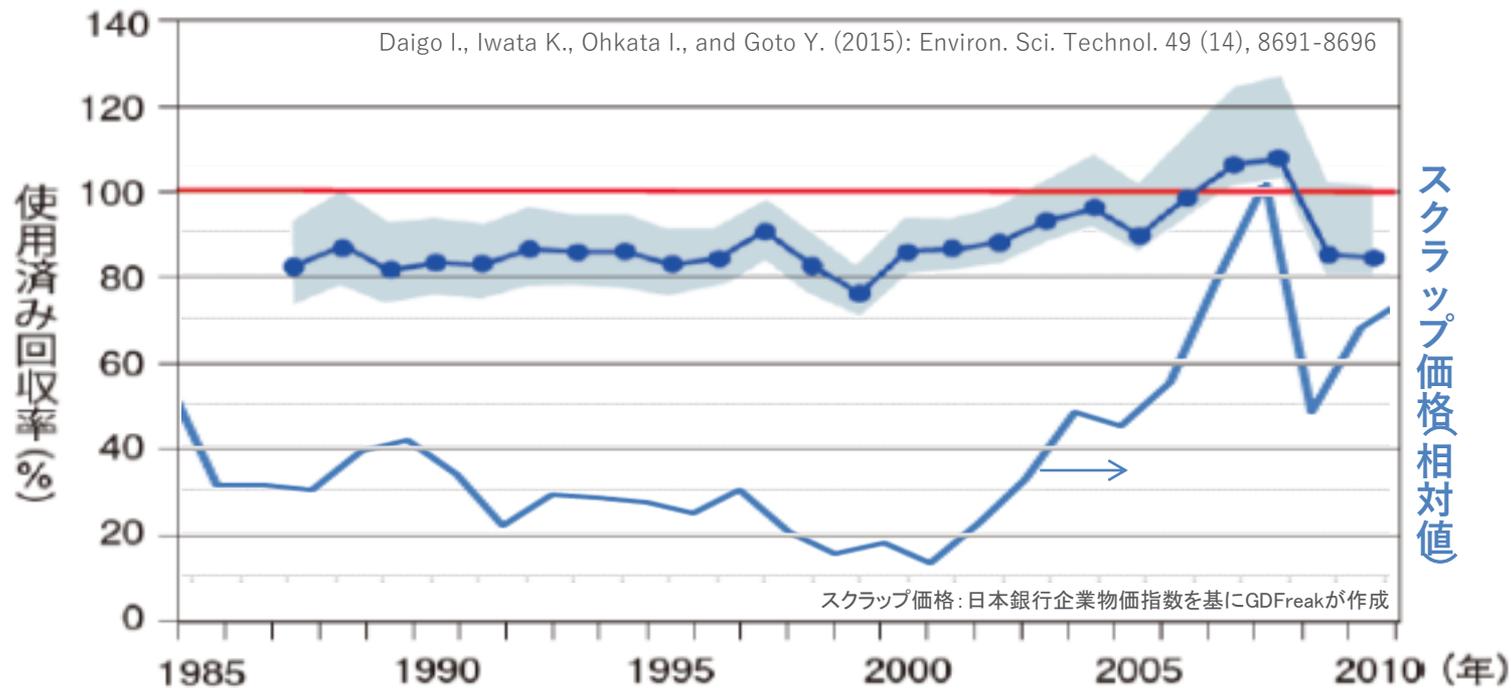
経済産業省生産動態統計年報(2018年)を基に作成



古原 忠:IMR NEWS KINKEN Vol.68 (2012年) p.5 を基に作成

金属の96%は鉄鋼。

鉄鋼の老廃スクラップ回収率(日本)



老廃スクラップの回収率は市況に左右されるが85%以上（上図）。
新断（加工スクラップ）も含めた国内市中スクラップ回収率は約93%（日本鉄鋼連盟推定）。

1. 選別が容易

誰でも分別できるか、容易に自動で選別できることが必要。
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くないと環境的な意味がない。
金属スクラップは加熱溶融するだけで再生できる。

3. 経済的なリサイクルシステムが世界中で確立している

回収物が有価取引できる程度に経済価値があることが必要。
鉄鋼スクラップは世界中で有価で取引されてる。

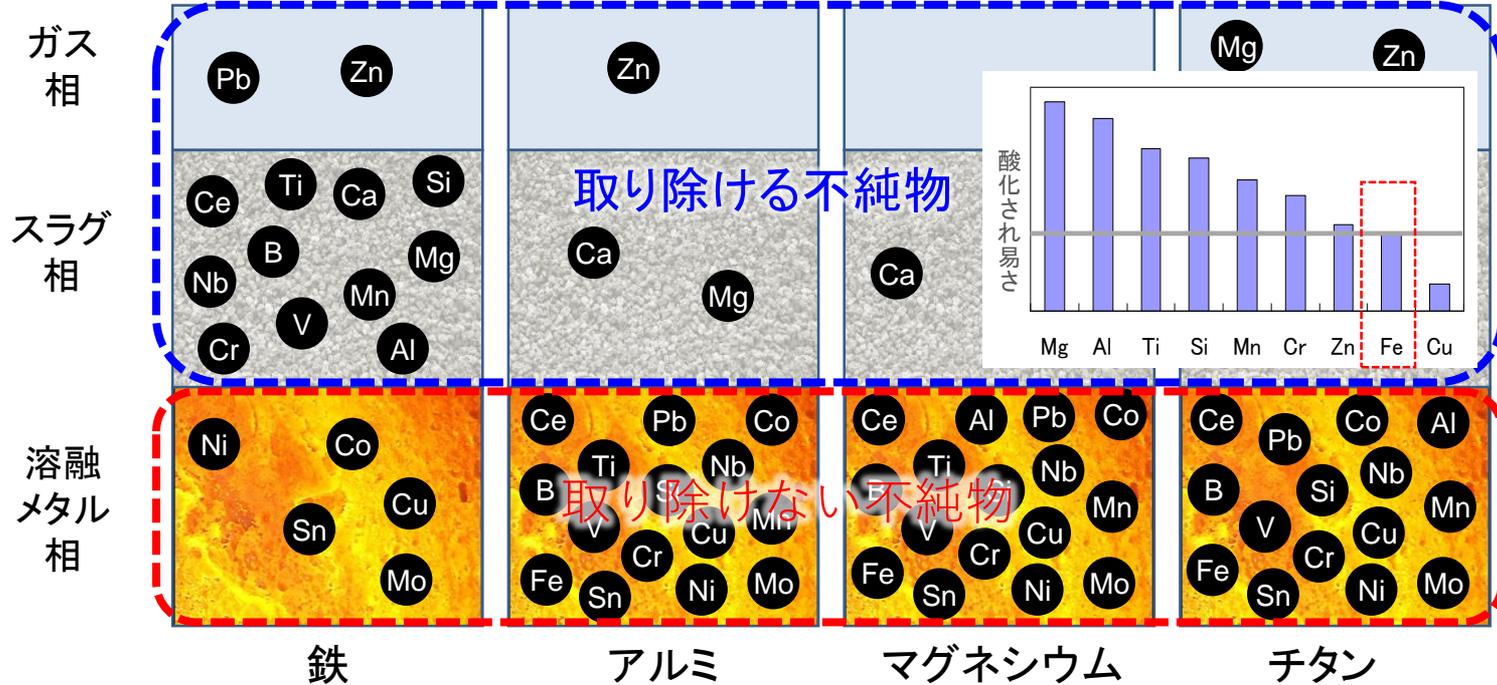
4. リサイクル時に精製できる(Closed-loop Recyclingに必要)

精製できないと天然資源代替にはならない。
鉄鋼は、スクラップ中の多くの不純物を容易に除去できる。

鉄鋼はこれらの要件をすべて満たしている。

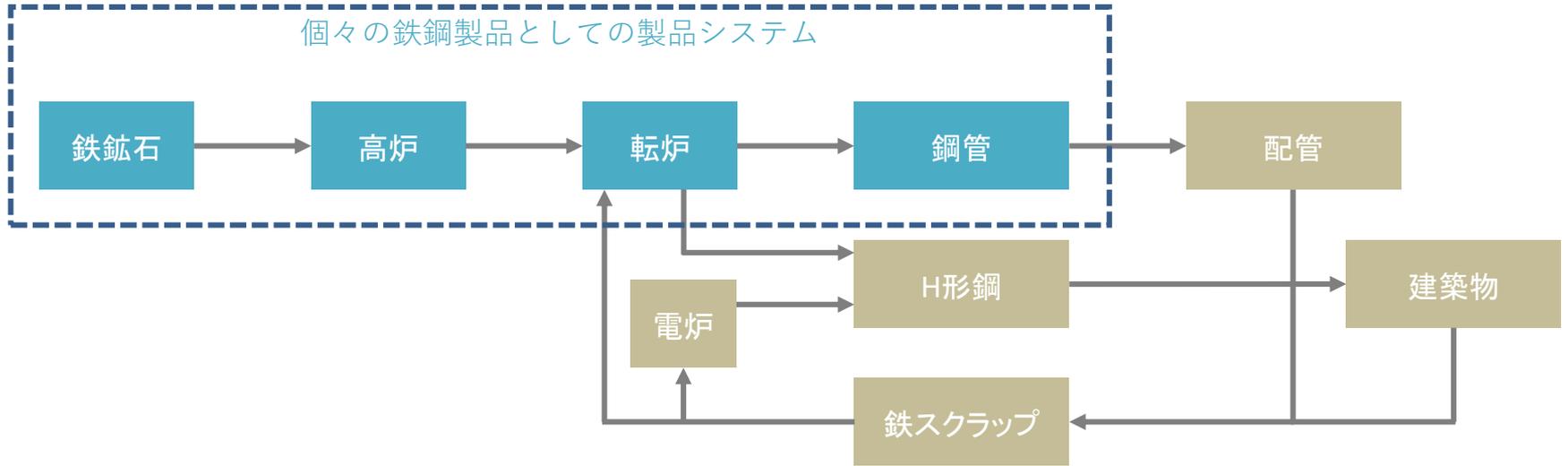
金属中の不純物除去

平木岳人, LU Xin, 中島謙一, 松八重一代, 中村慎一郎, 長坂徹也: 軽金属のリサイクル性に関する熱力学的検討, 第23回廃棄物資源循環学会研究発表会 (2012) 23_269を改変



鉄は不純物と比べて酸化しにくいので、スクラップ中の不純物のほとんどは酸化で除去できる。酸化除去できない不純物も、磁気選別では除去できる。

鉄鋼製品の製品システム(個々の鉄鋼製品)



製品システムの技術的な記述

リサイクルのための配分の手順

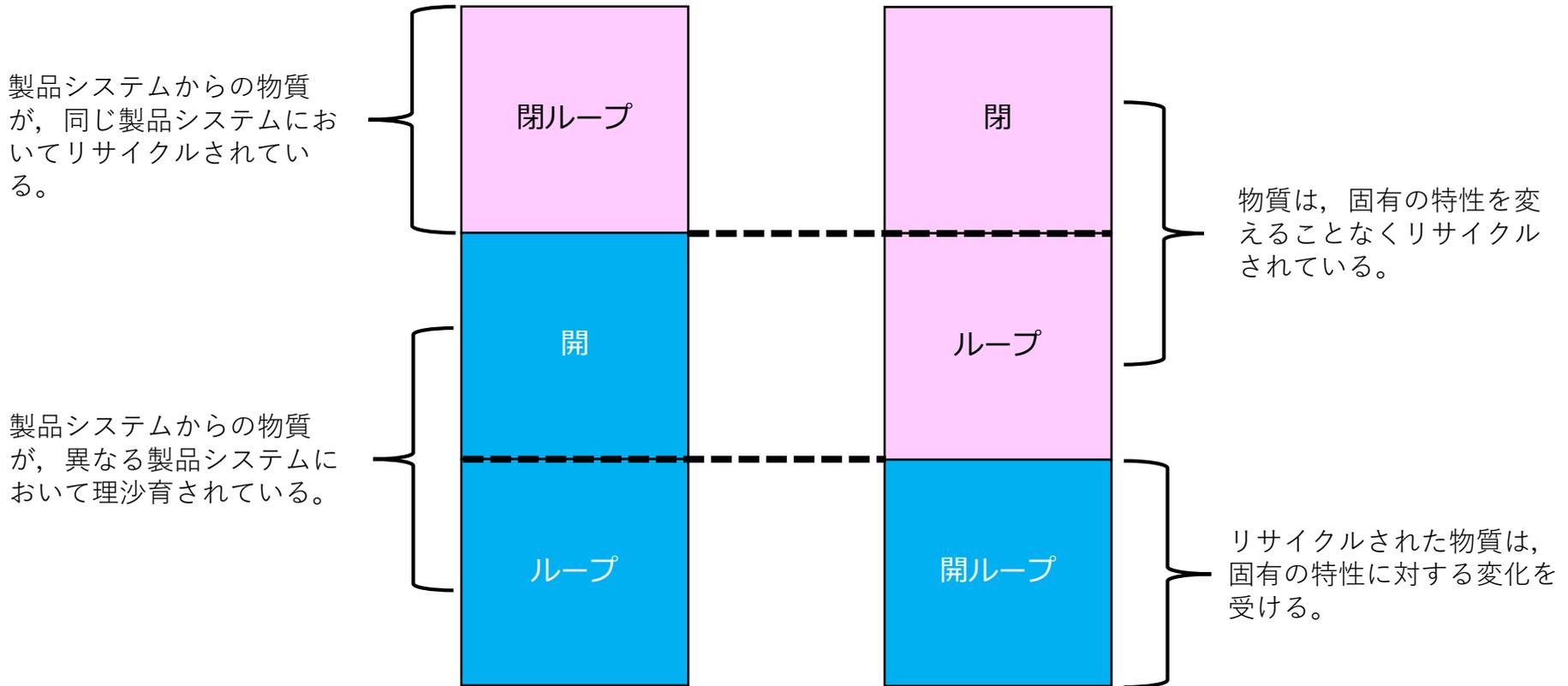
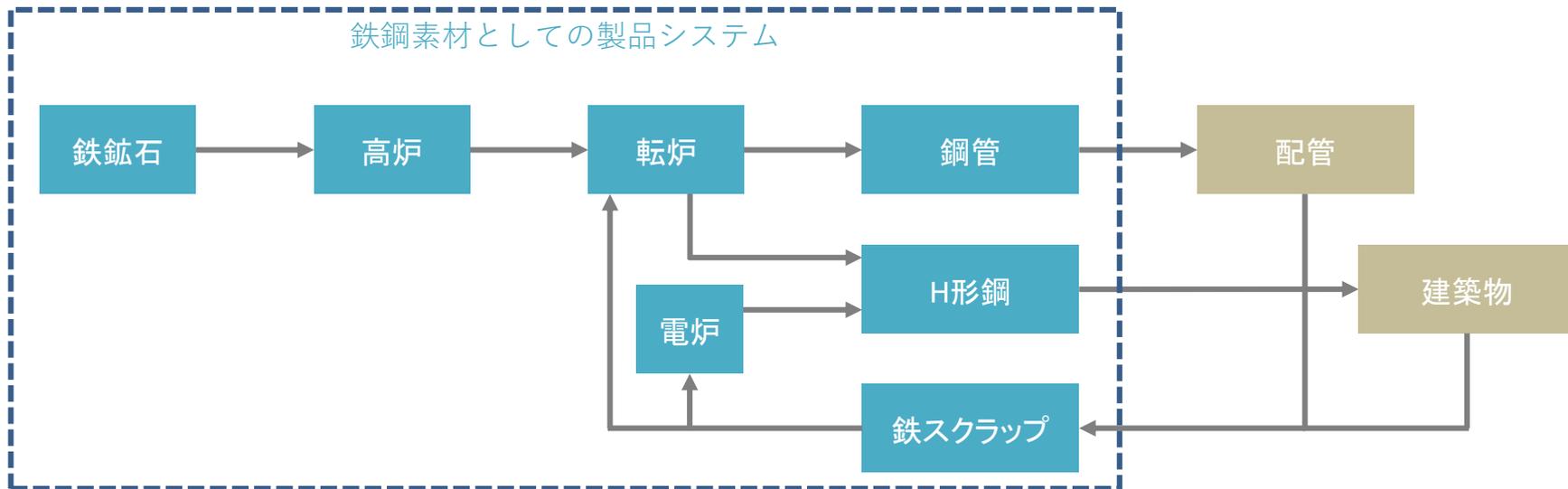


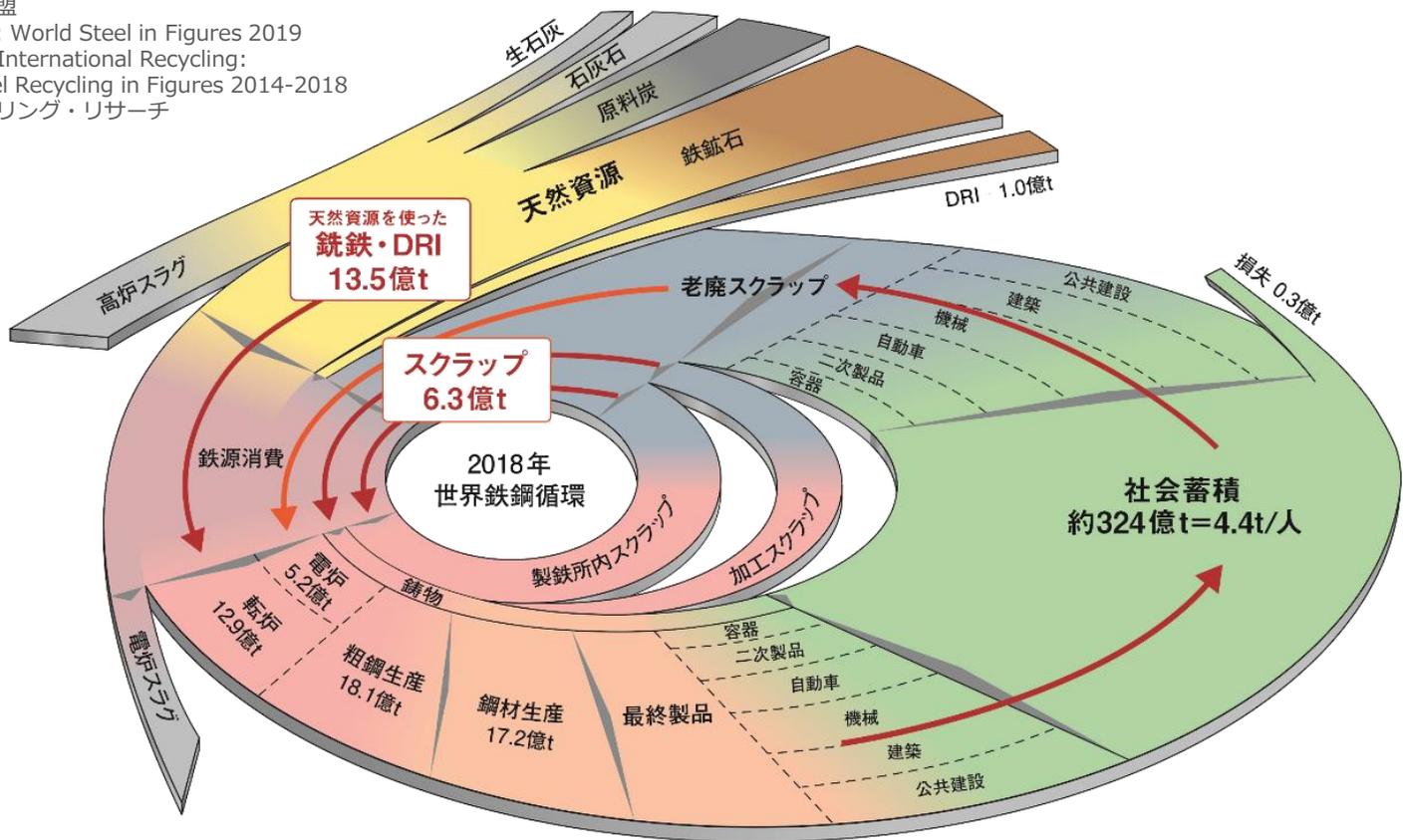
図-製品システムの技術的な記述とリサイクルのための配分の手順との違い

鉄鋼製品の製品システム(鉄鋼素材)

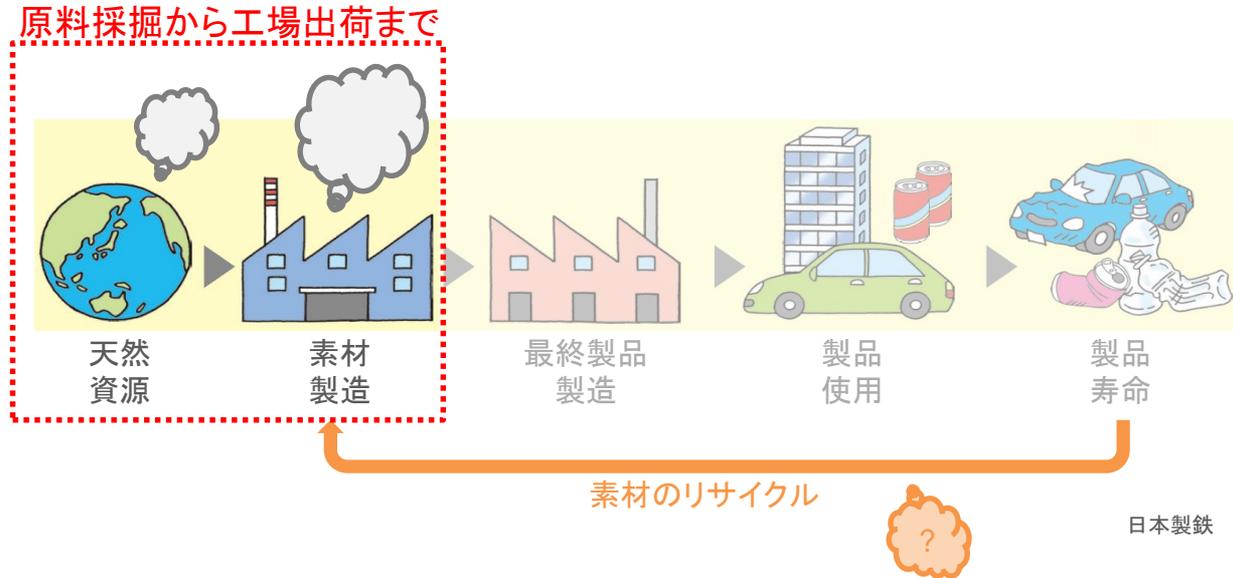


鉄の循環（世界）

日本鉄鋼連盟
 worldsteel: World Steel in Figures 2019
 Bureau of International Recycling:
 World Steel Recycling in Figures 2014-2018
 鉄リサイクルリング・リサーチ



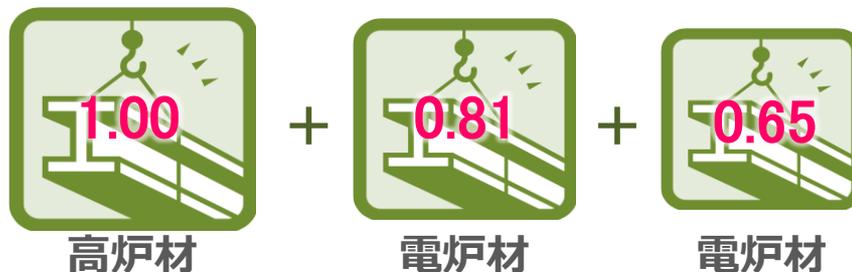
素材のリサイクル効果



多くの素材は原料採掘から工場出荷までのCO₂排出量で計算すればよいが、クローズドループリサイクルされている鉄鋼の場合はどう計算すればよいのか？

鉄鋼製品の閉ループにおけるリサイクル効果を含めたLCIの考え方 ¹²

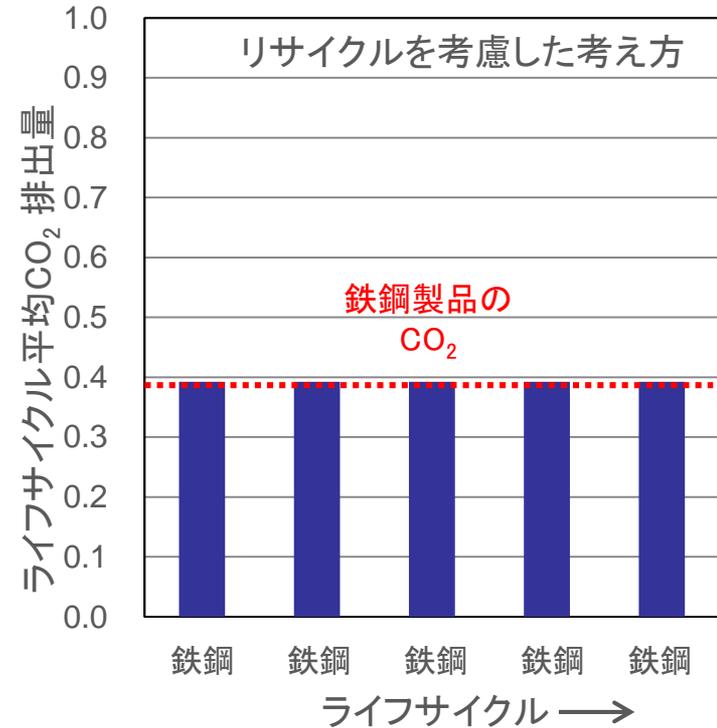
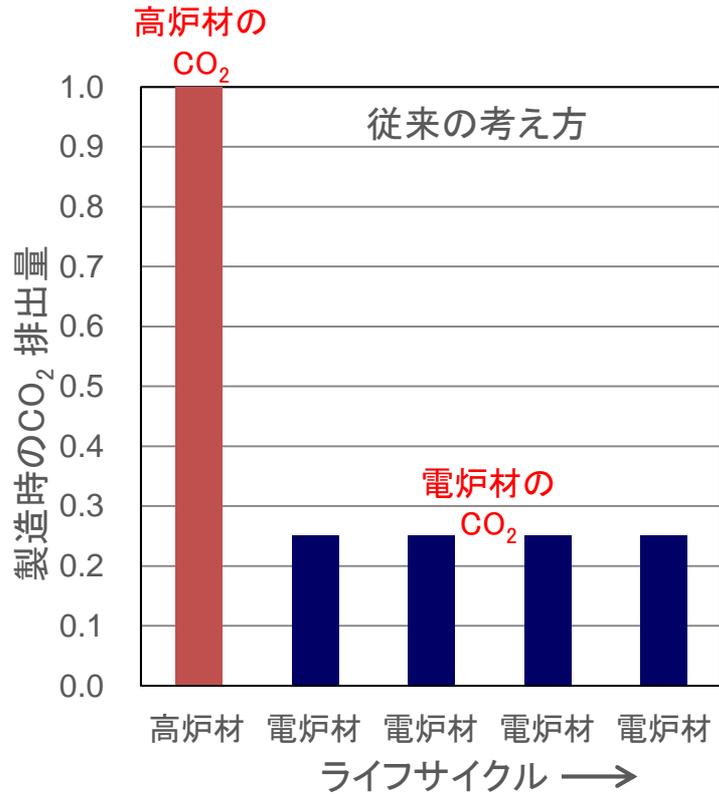
$$\frac{1.00 X_{pr} + 0.20 X_{re} + 0.16 X_{re}}{1} = 0.55$$



高炉材のスクラップ使用率0%、電炉材のスクラップ使用率100%、

$X_{pr} = 1.0$ 、 $X_{re} = 0.25$ 、 $R = 90\%$ 、 $y = 90\%$ の場合

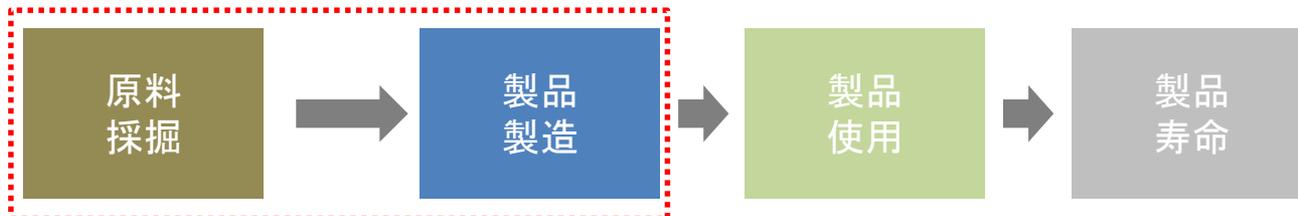
複数回リサイクルがある場合のLCI(CO₂排出量)



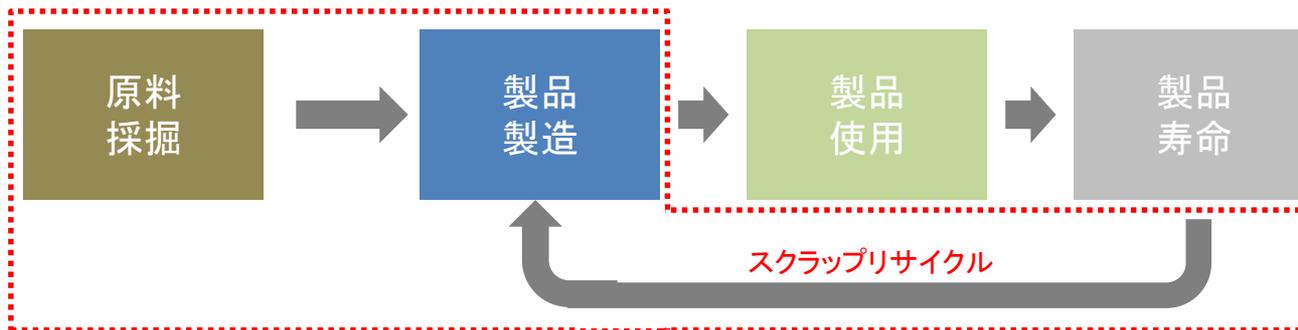
クローズドループリサイクルでは、高炉材、電炉材の区別はない。

ISO 20915規格における鉄鋼製品のシステム境界

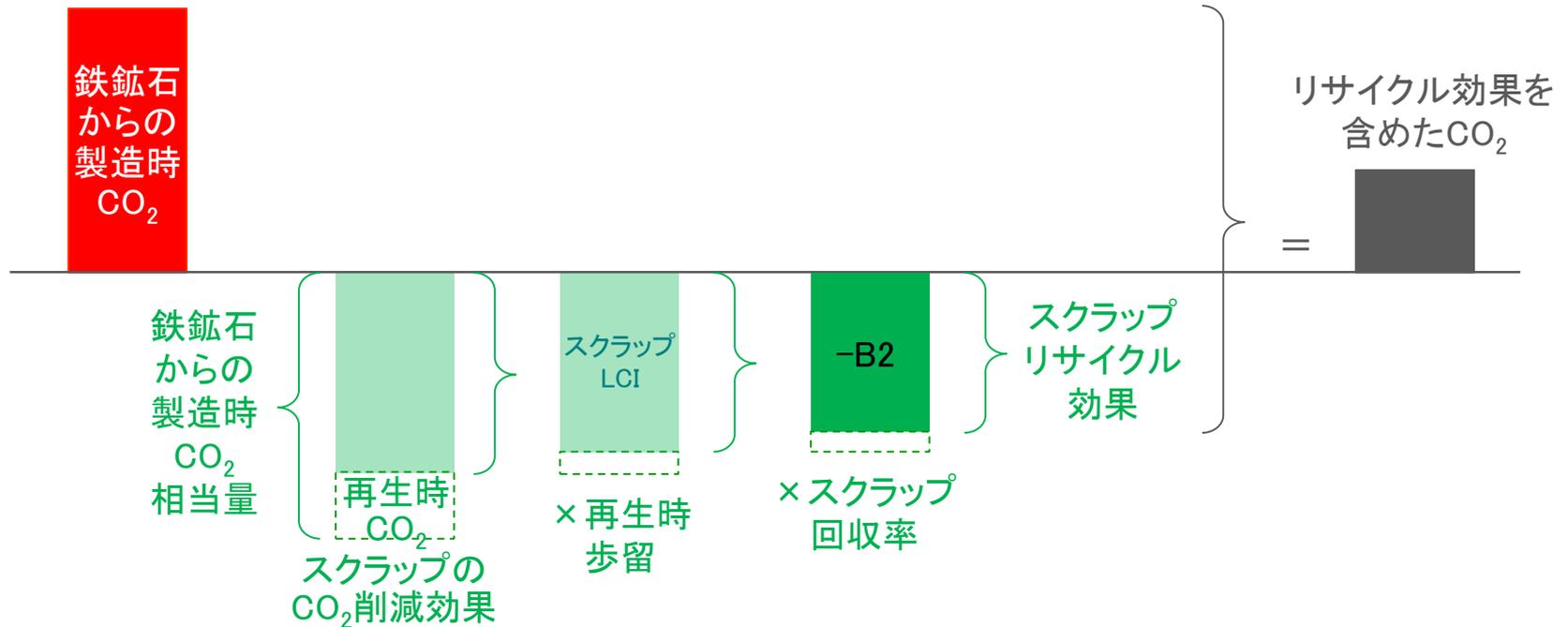
従来：
原料から製品出荷まで



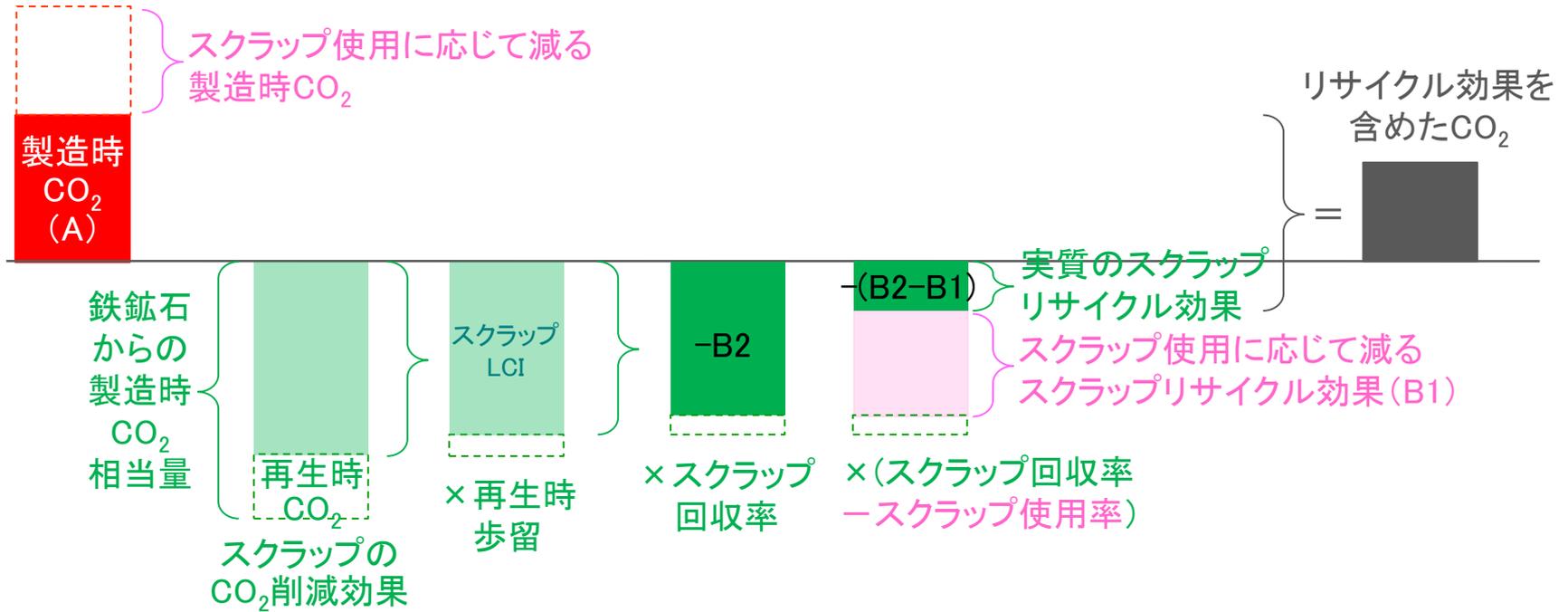
ISO 20915規格：
リサイクル効果を考慮した、原料から製品出荷まで



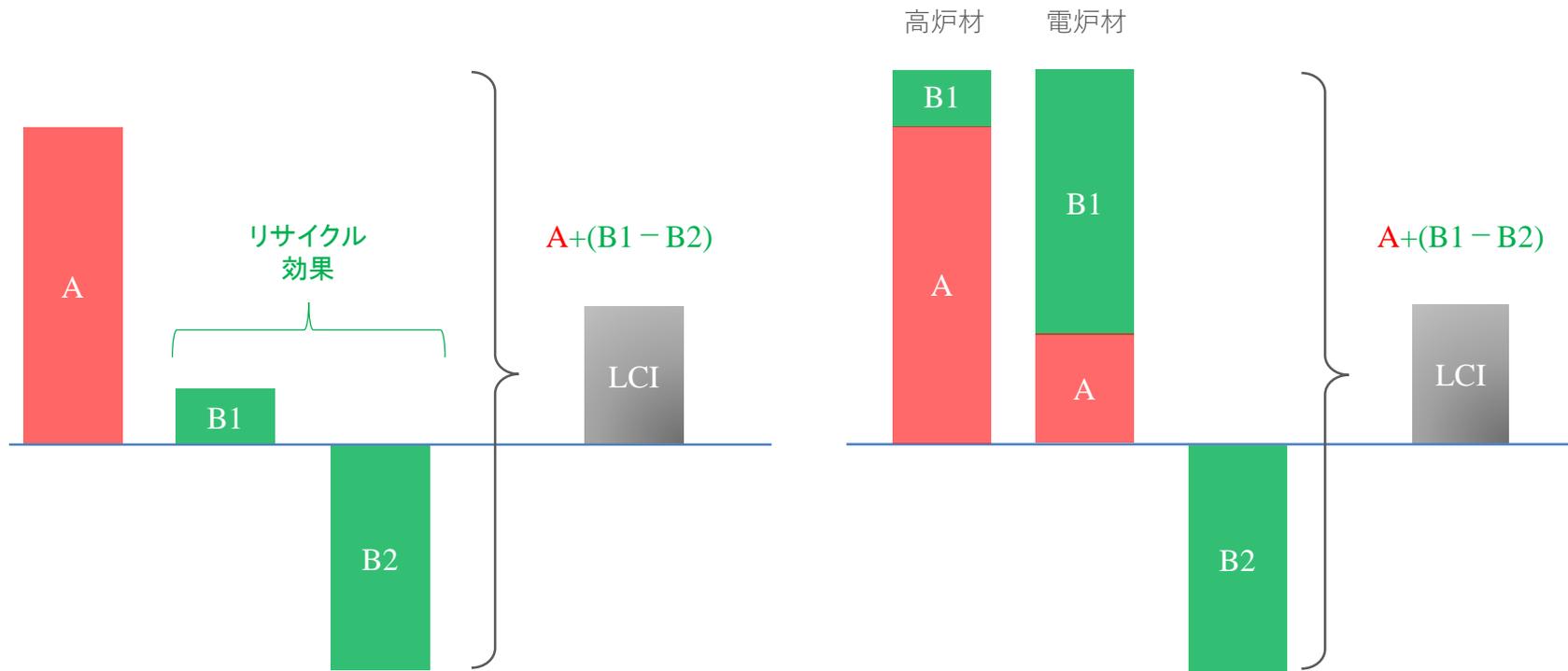
ISO 20915 規格の環境負荷計算法 (スクラップを使用しない場合)



ISO 20915 規格の環境負荷計算法 (スクラップを使用する場合)



ISO 20915規格における 鉄鋼製品のリサイクル効果を含めたLCIの計算法



日本鉄鋼連盟の鉄鋼製品のLCIデータ公開

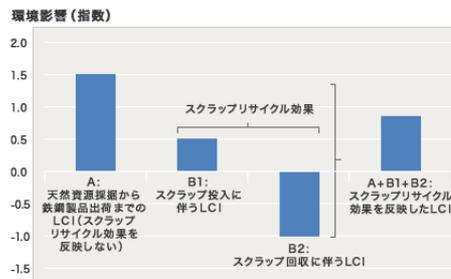
- データ収集時期
2018年度の操業実績。上流はGaBiデータ。
- 対象製品
16鉄鋼製品（熱延鋼板、冷延鋼板、鋼管、・・・）
- システム境界
スクラップリサイクルを含めたcradle to gate
- 参加企業
15社（高炉3、電炉12）、26サイト。
国内粗鋼生産の85%。
- データ形式
以下のLCIの製品毎の日本平均値
 - ・スクラップリサイクルを考慮したLCI (A+B1+B2)
 - ・製造時のみのLCI (A)
 - ・スクラップリサイクルの負荷 (B1)
 - ・スクラップリサイクルのクレジット (B2)
- リサイクル率
(加工スクラップ+老廃スクラップ)/鋼材生産量
- 入手法
日本鉄鋼連盟に下記サイトからデータ請求
[鉄鋼業界の取り組み: LCIデータコレクション](https://www.jisf.or.jp/business/lca/data/index.html)
<https://www.jisf.or.jp/business/lca/data/index.html>

データ形式について

日本鉄鋼連盟

本調査ではスクラップリサイクル効果を反映した鉄鋼製品のLCIデータを提供しますが、modularity principleを利用した用途への使用の可能性を考え、LCIを3つのコンポーネントに分けて提供します。

図表3：データ構成要素イメージ図



A：天然資源採掘から鉄鋼製品出荷までのLCI（スクラップリサイクル効果を反映しない）
 B1：スクラップ投入に伴う負荷 = スクラップLCI × 鉄鋼製品を1機能単位量（例えば1kg）製造するために投入されるスクラップの質量
 B2：スクラップ回収に伴うクレジット = -スクラップLCI × リサイクル率

A+B1+B2：スクラップリサイクル効果を反映した鉄鋼製品LCI

なお、スクラップリサイクル効果は回収と利用投入が不可分であり、A+B1あるいはA+B2という評価は行いません。

図表4：提供データ形式のイメージ

	天然資源採掘から鉄鋼製品出荷までのLCI (スクラップリサイクル効果を反映しない)	スクラップリサイクル効果		スクラップ効果を反映したLCI
		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
例	100	20	-60	60