

鉄鋼のリサイクルを考慮した ライフサイクルインベントリ

2018年8月2日

日本鉄鋼連盟 LCA検討WG主査
新日鐵住金 磯原豊司雄

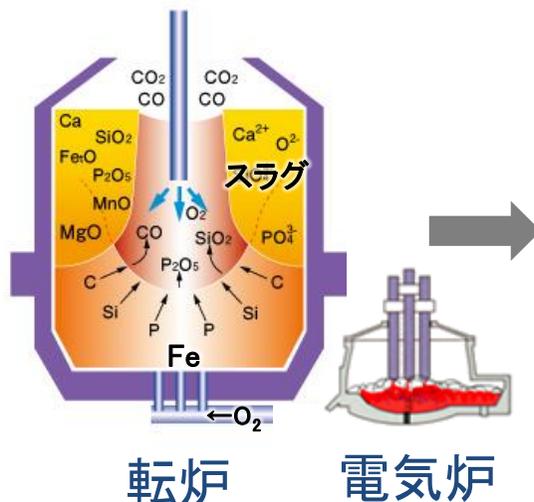
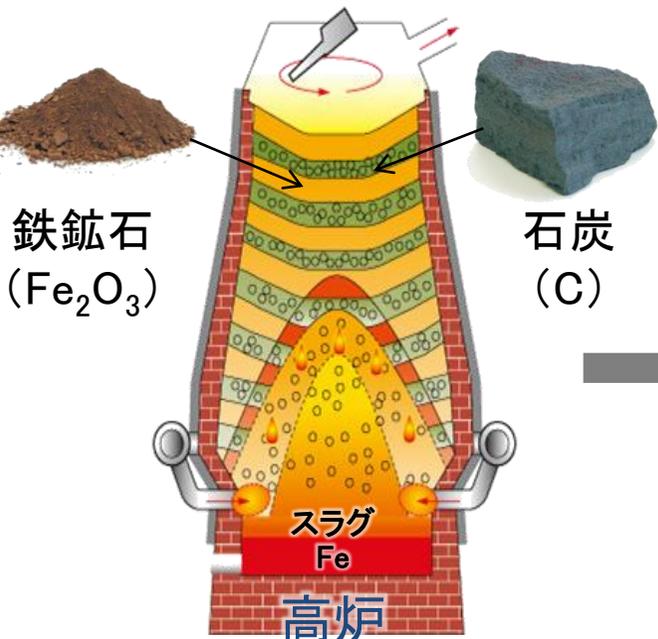


鉄鋼の製造プロセスと、 鉄鋼製造時/使用時の 環境負荷



鉄鋼製造プロセス

新日鐵住金

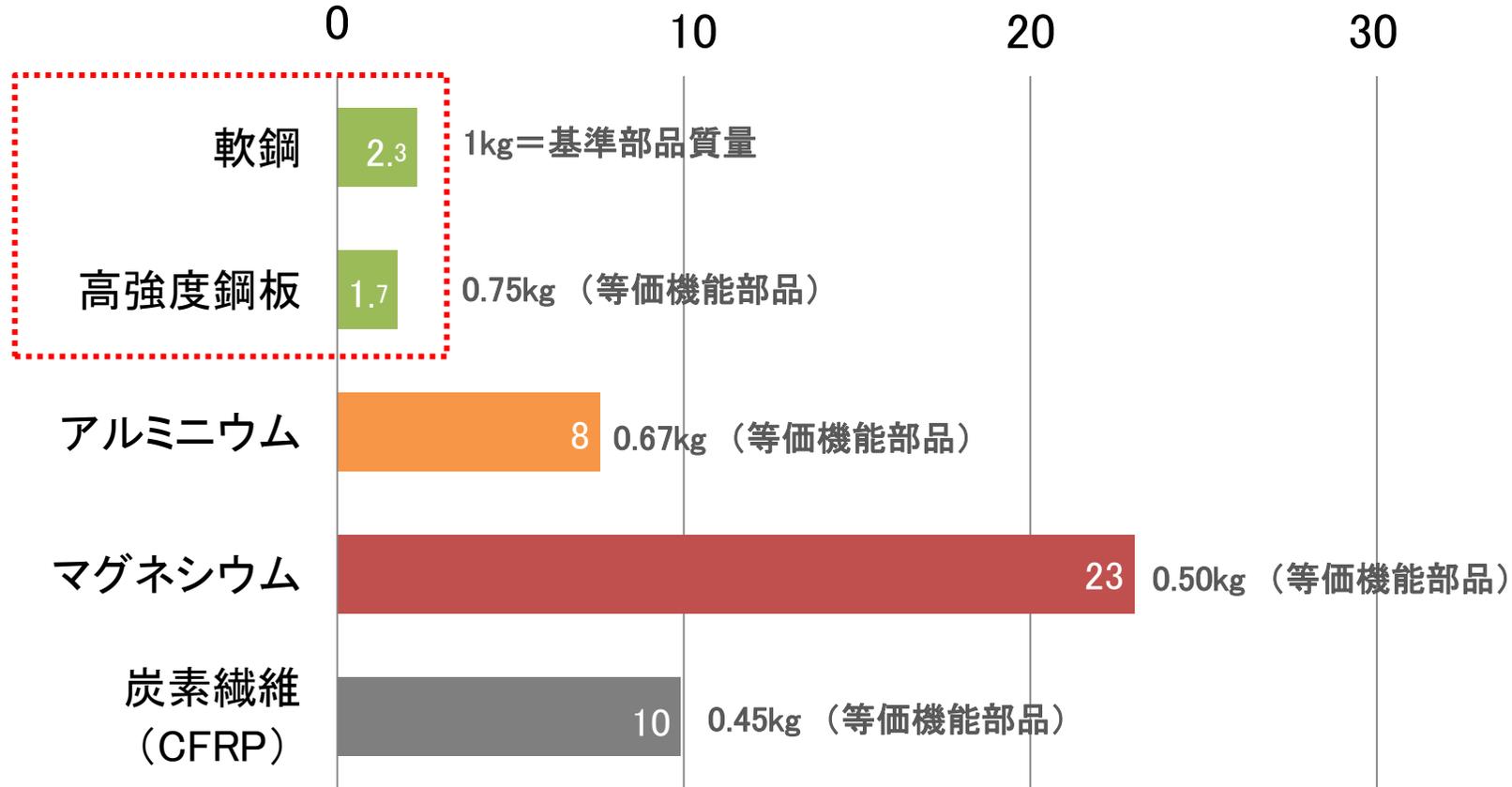


リサイクル

素材製造時のCO₂排出原単位(等価機能あたり)

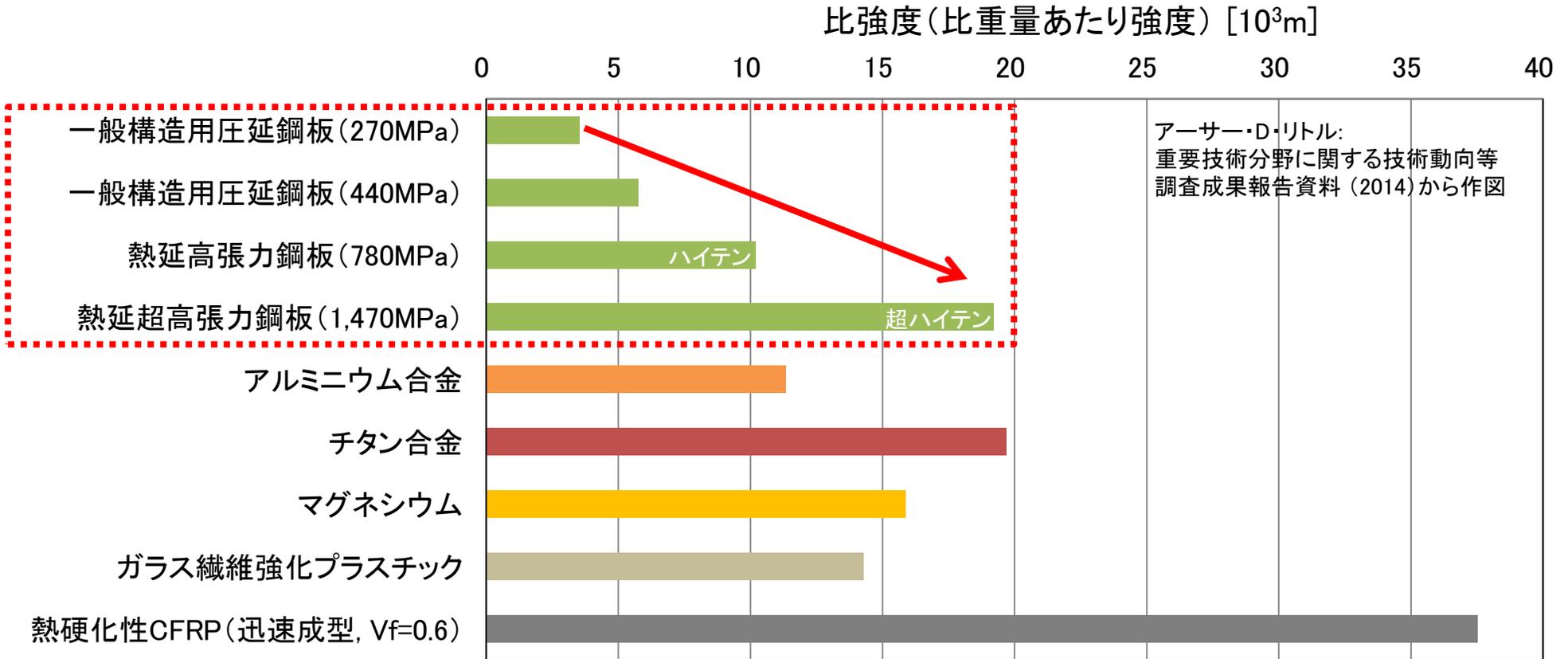
[kg-CO₂eq/軟鋼1kg相当部品]

World Auto Steel



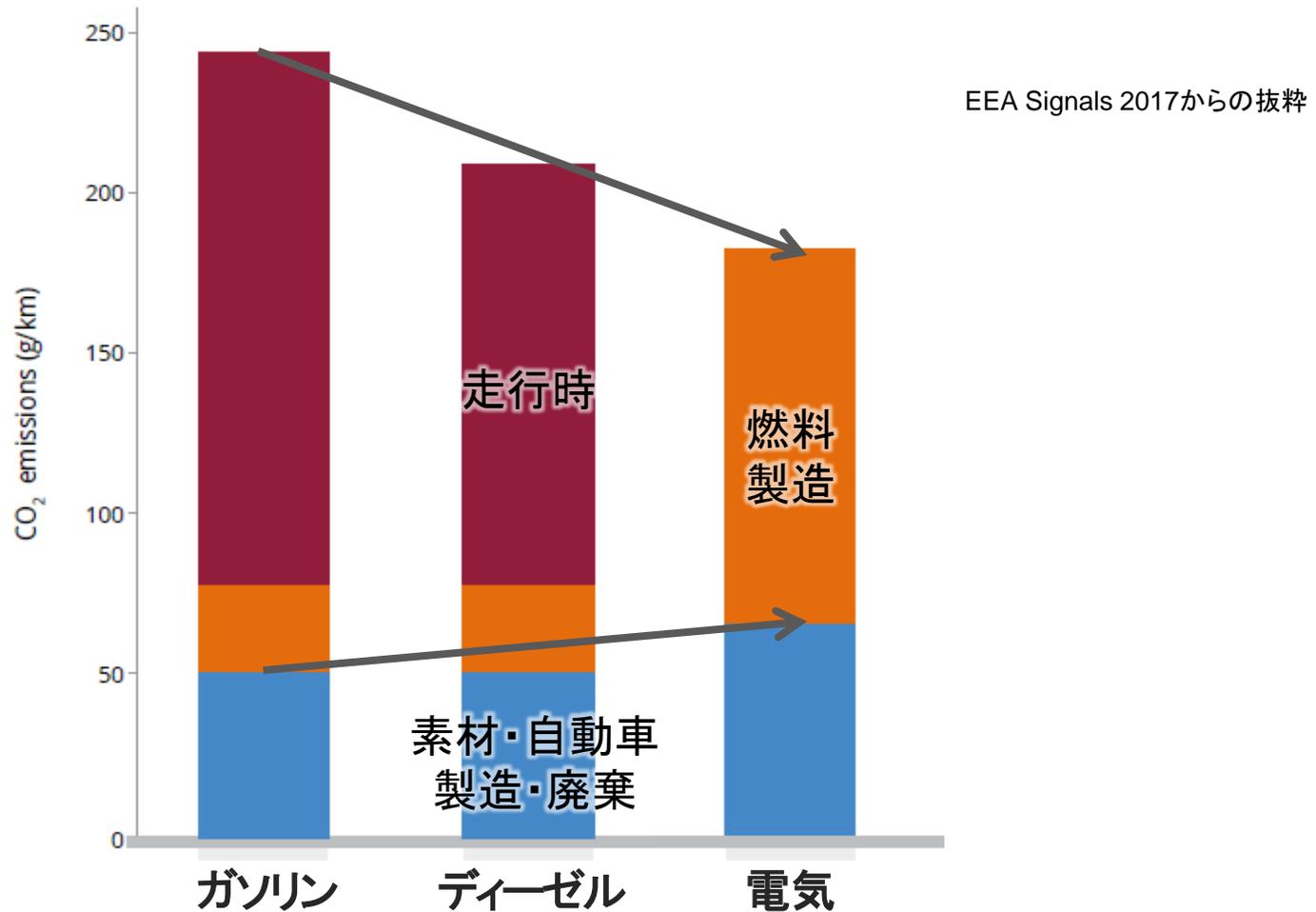
鉄鋼の製造時の環境負荷は他の軽量素材より少ない。

各素材の比強度



超高張力鋼板(超ハイテン)の比強度は軽量材料レベル
→鉄鋼は使用時も環境に優しい

自動車の種類とライフサイクルインベントリ

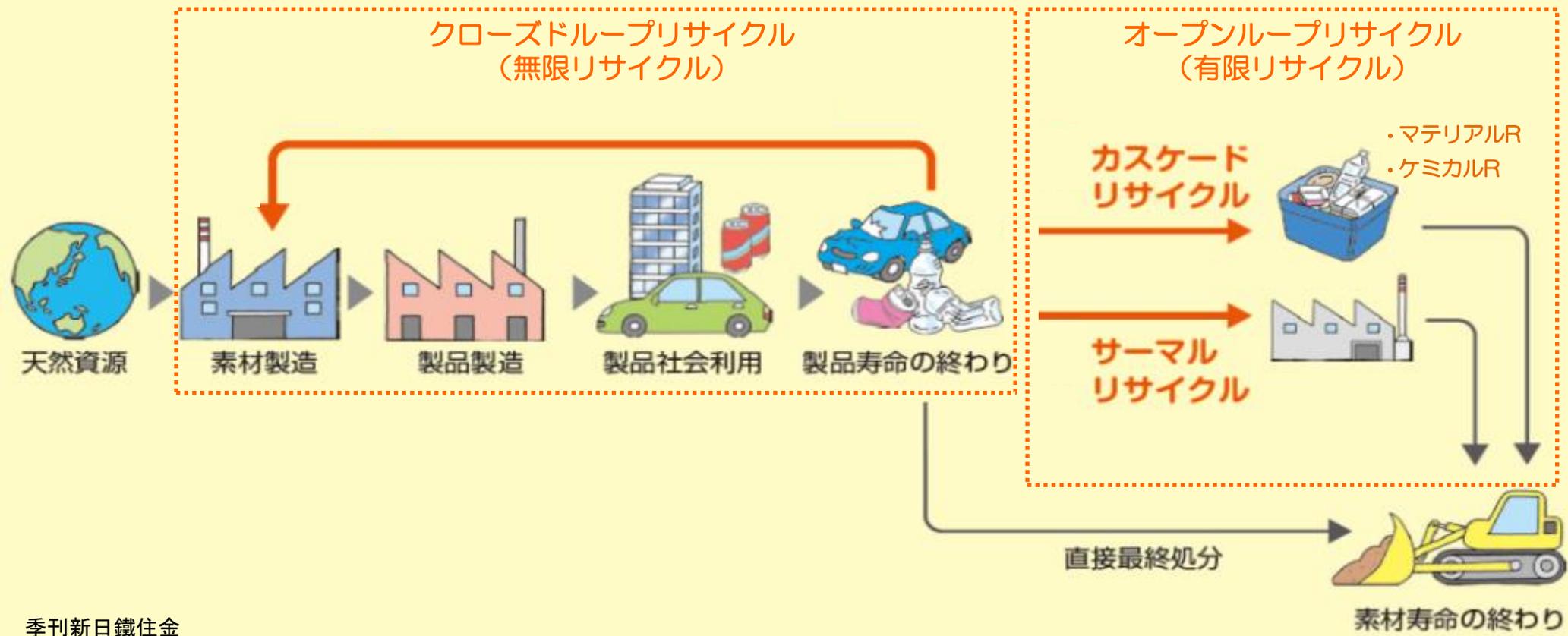


自動車の低燃費化で、素材製造時のCO₂排出の影響が相対的に大きくなっていく。

素材のリサイクル



リサイクルの種類



季刊新日鐵住金

リサイクルにも色々ある。
鉄鋼はクローズドループリサイクルを実現。

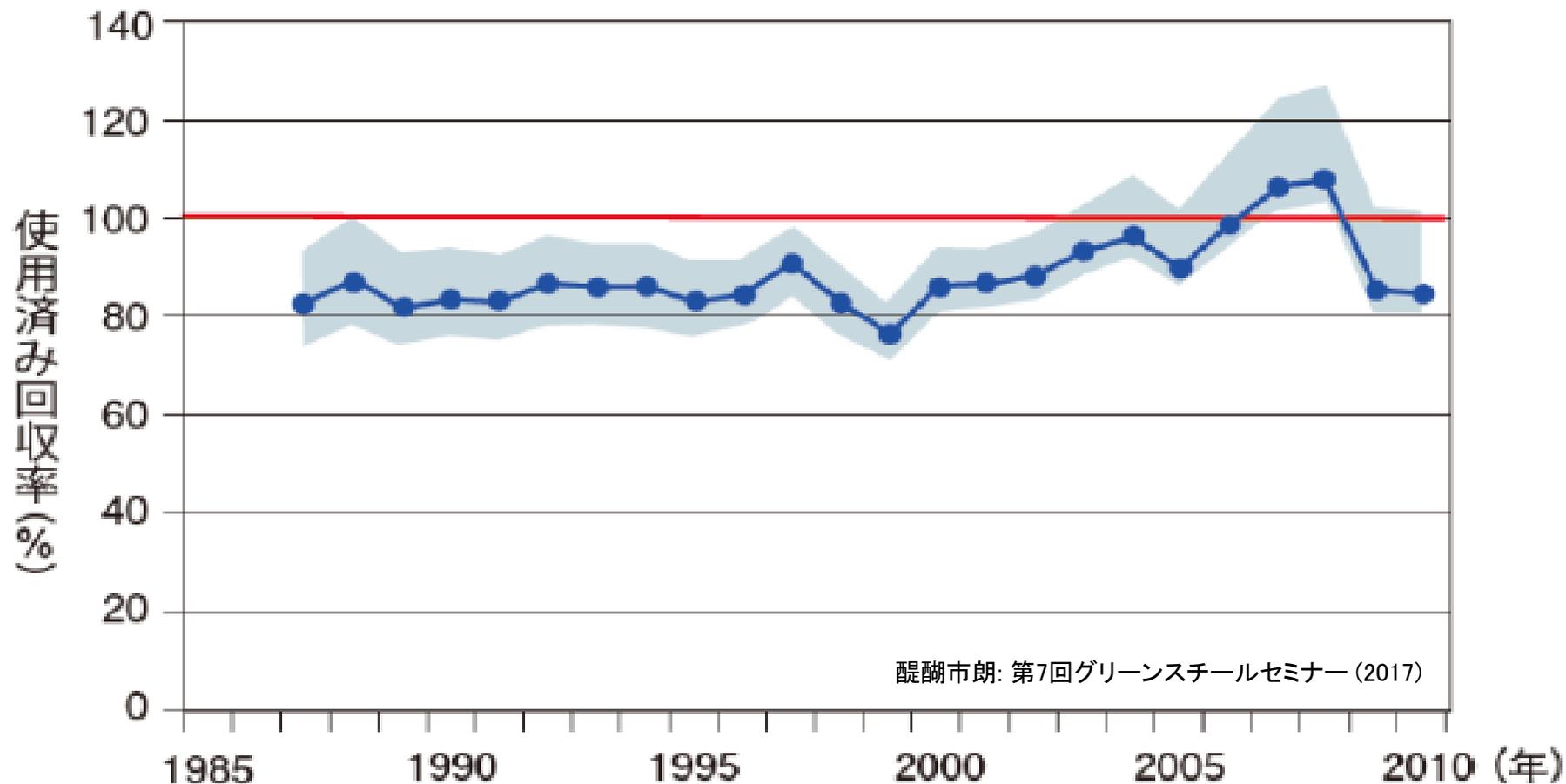
自律的/持続可能なリサイクルの要件

- ① 分別が容易
鉄は磁石に付く
- ② 再生のための負荷が低い
鉄は溶かすだけで再生
- ③ 経済合理的なリサイクルシステムが存在
鉄スクラップは有価で取引されている

Closed-loop Recyclingに必要な追加要件

- ④ リサイクルによる品質低下が起こりにくい
鉄は不純物除去が容易
- ⑤ 多様な製品に再生可能
鉄は再生材の用途が限定されない

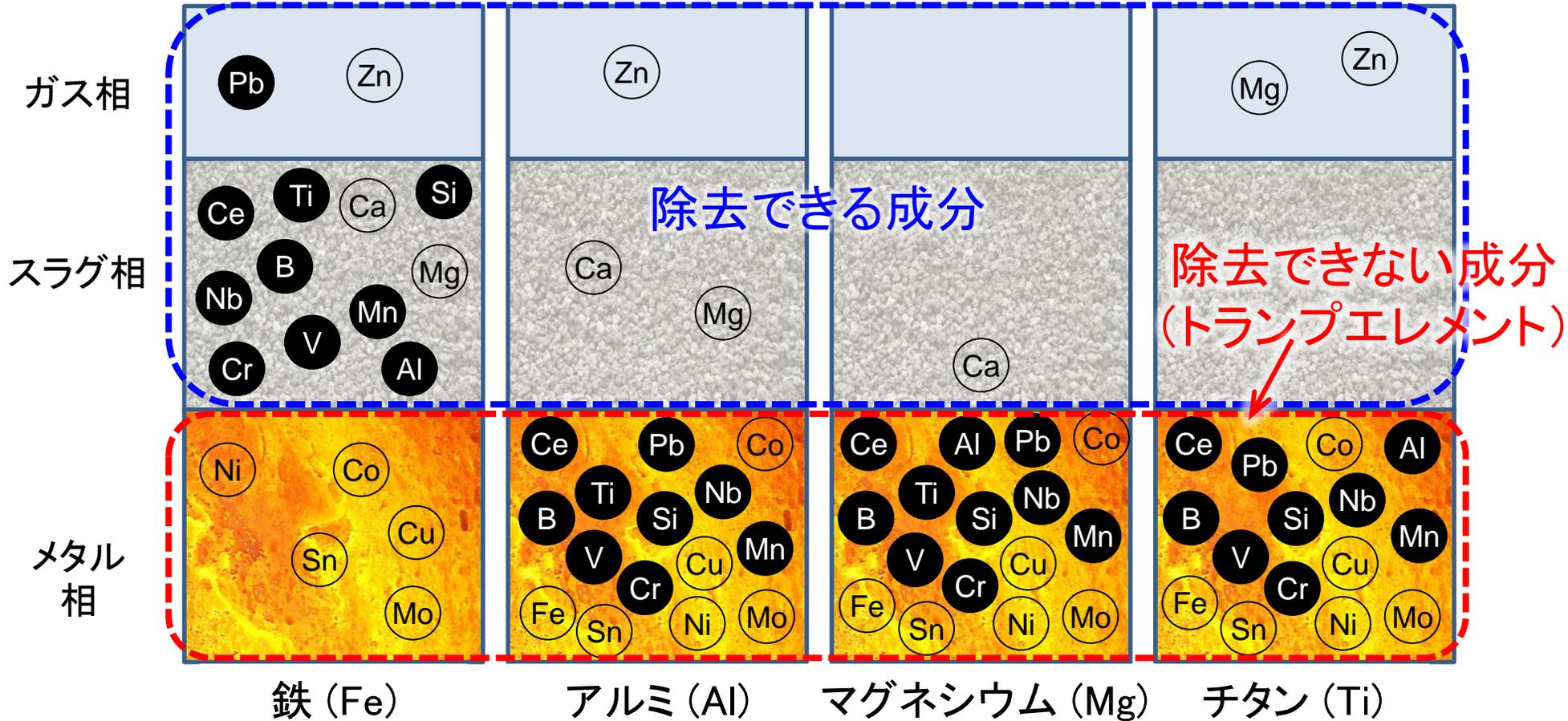
鉄鋼の老廃スクラップ回収率(日本)



鉄は高リサイクル率。
他金属と比べてもリサイクル率は高い。

リサイクルによる品質低下

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



鉄 (Fe)

アルミ (Al)

マグネシウム (Mg)

チタン (Ti)

●: 鉄からは除けるがAl、Mg、Tiからは除けない元素

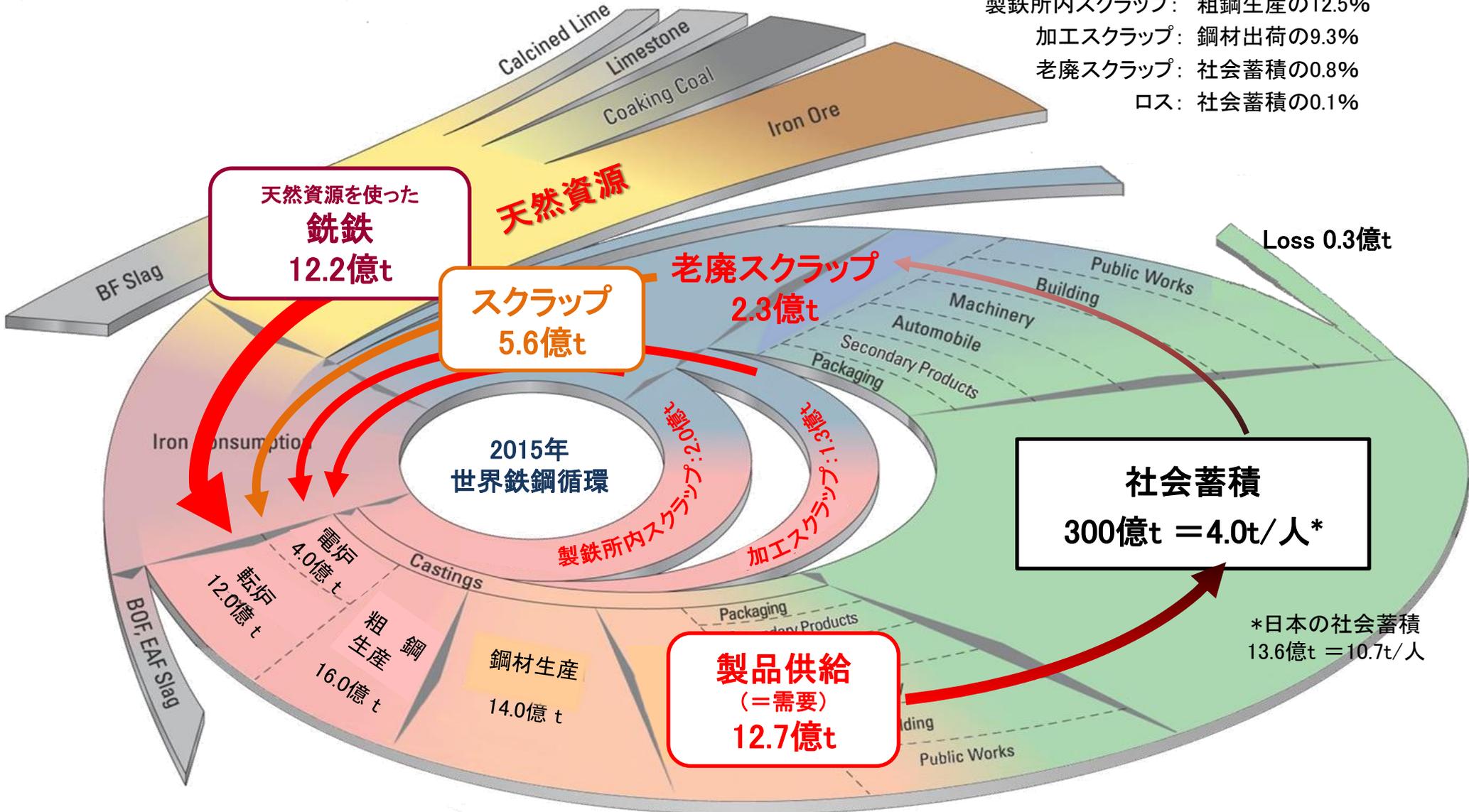
鉄は混入元素の多くを再生時に除去可能。
 除けない金属も、ほとんどは回収時に磁気選別可能。

鉄の循環と 生涯環境負荷の考え方



鉄の循環(世界)

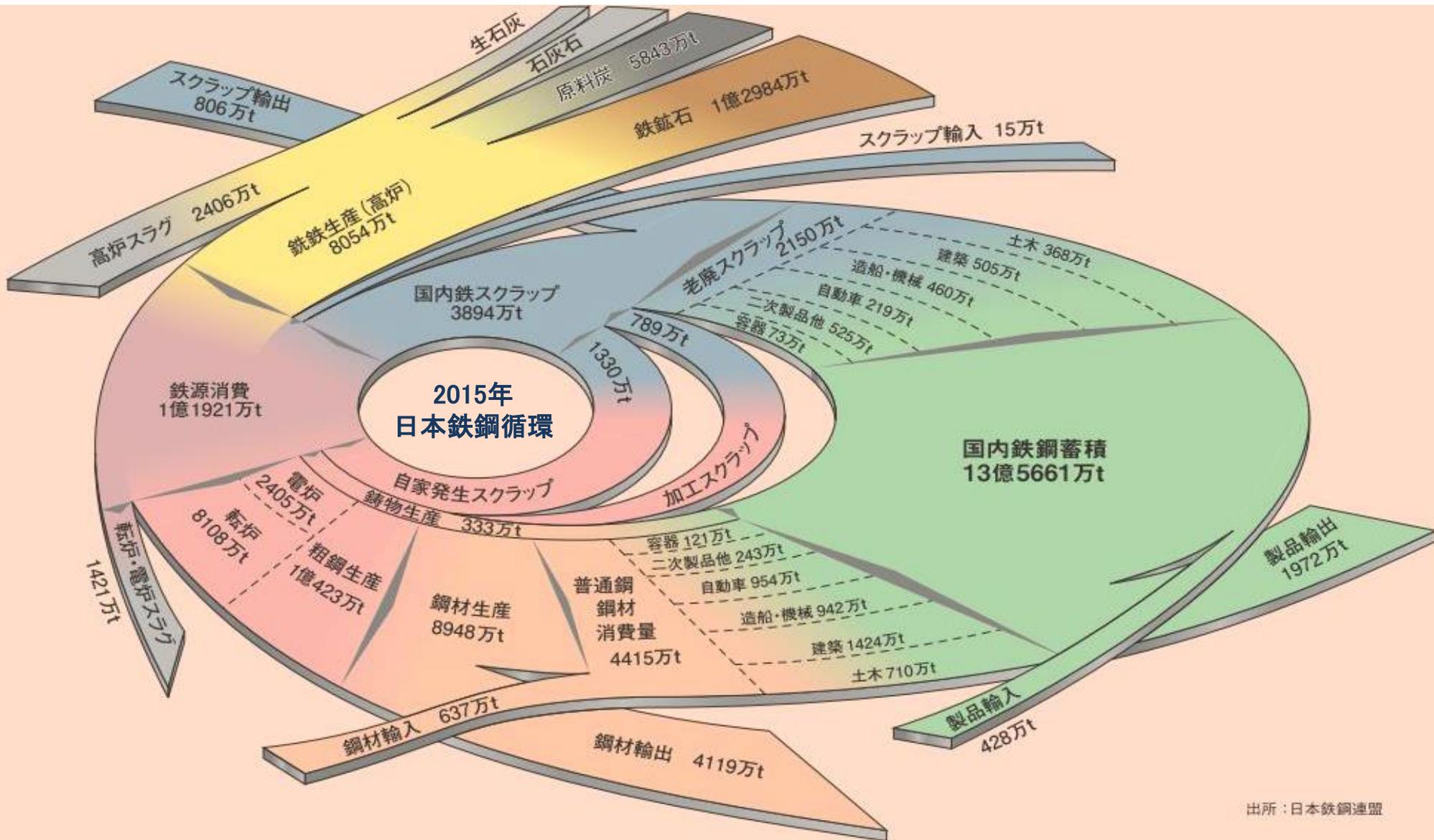
製鉄所内スクラップ: 粗鋼生産の12.5%
 加工スクラップ: 鋼材出荷の9.3%
 老廃スクラップ: 社会蓄積の0.8%
 ロス: 社会蓄積の0.1%



*日本の社会蓄積
 13.6億t = 10.7t/人

日本鉄鋼連盟, Bureau of International Recycling aisbl

鉄の循環(日本)



出所：日本鉄鋼連盟



無限循環している鉄鋼製品の ライフサイクルインベントリはどう考えるべきか？

$$\text{総製造量} = 1 + r + r^2 + \dots + r^{n-1}$$

$$\text{総環境負荷} = X_{pr} + r X_{re} + r^2 X_{re} + \dots + r^{n-1} X_{re}$$

$$\frac{\text{総環境負荷}}{\text{総製造量}} = \frac{X_{pr} + r X_{re} + r^2 X_{re} + \dots + r^{n-1} X_{re}}{1 + r + r^2 + \dots + r^{n-1}}$$

$$= (X_{pr} - X_{re}) \frac{(1-r)}{(1-r^n)} + X_{re}$$

$$\rightarrow X_{pr} - r(X_{pr} - X_{re}) \quad (n \rightarrow \infty)$$

r : スクラップ回収率 $Y \times$ 再生歩留 RR

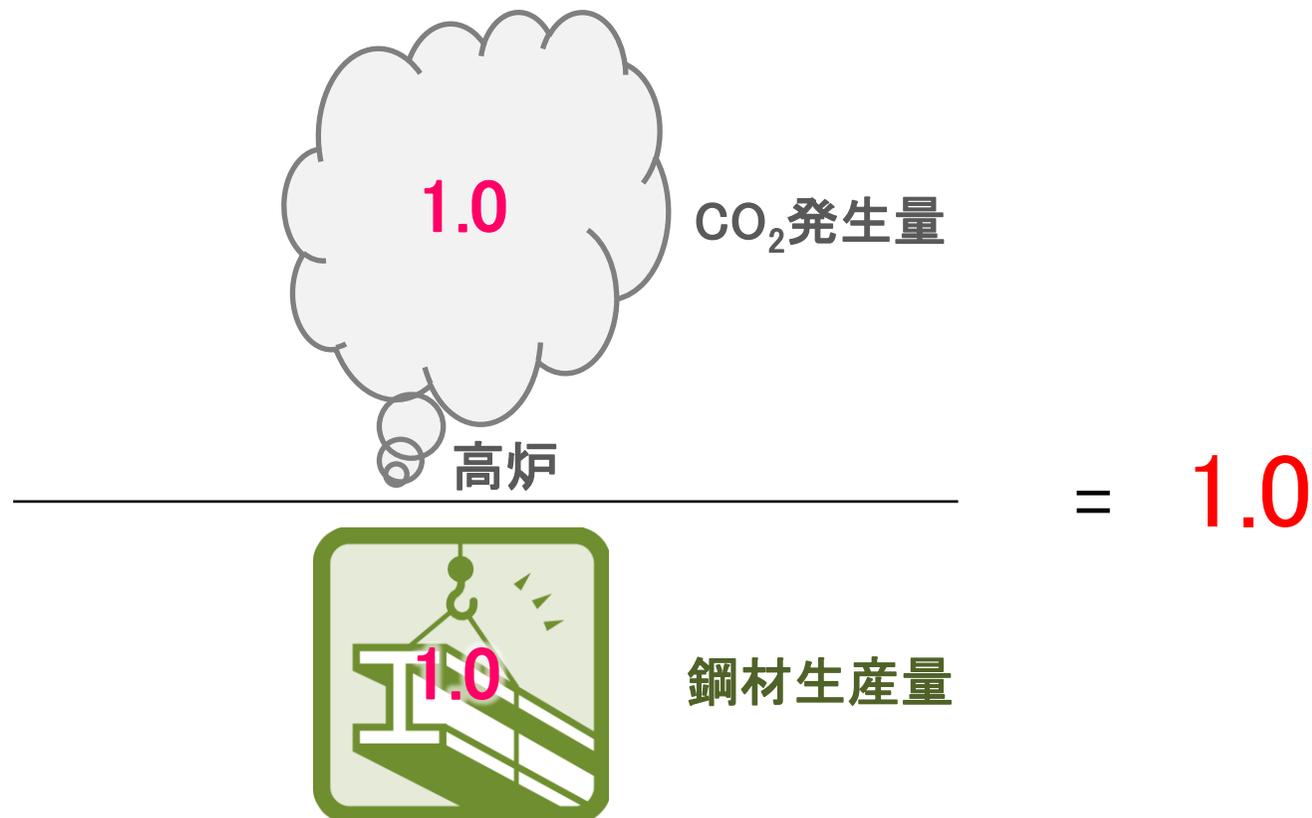
X_{pr} : 天然資源のみのプロセスのインベントリ

X_{re} : スクラップのみのプロセスのインベントリ

A Amato, L Brimacombe, N Howard. (1996)
Ironmaking and Steelmaking, Vol23, No. 3, 235-241

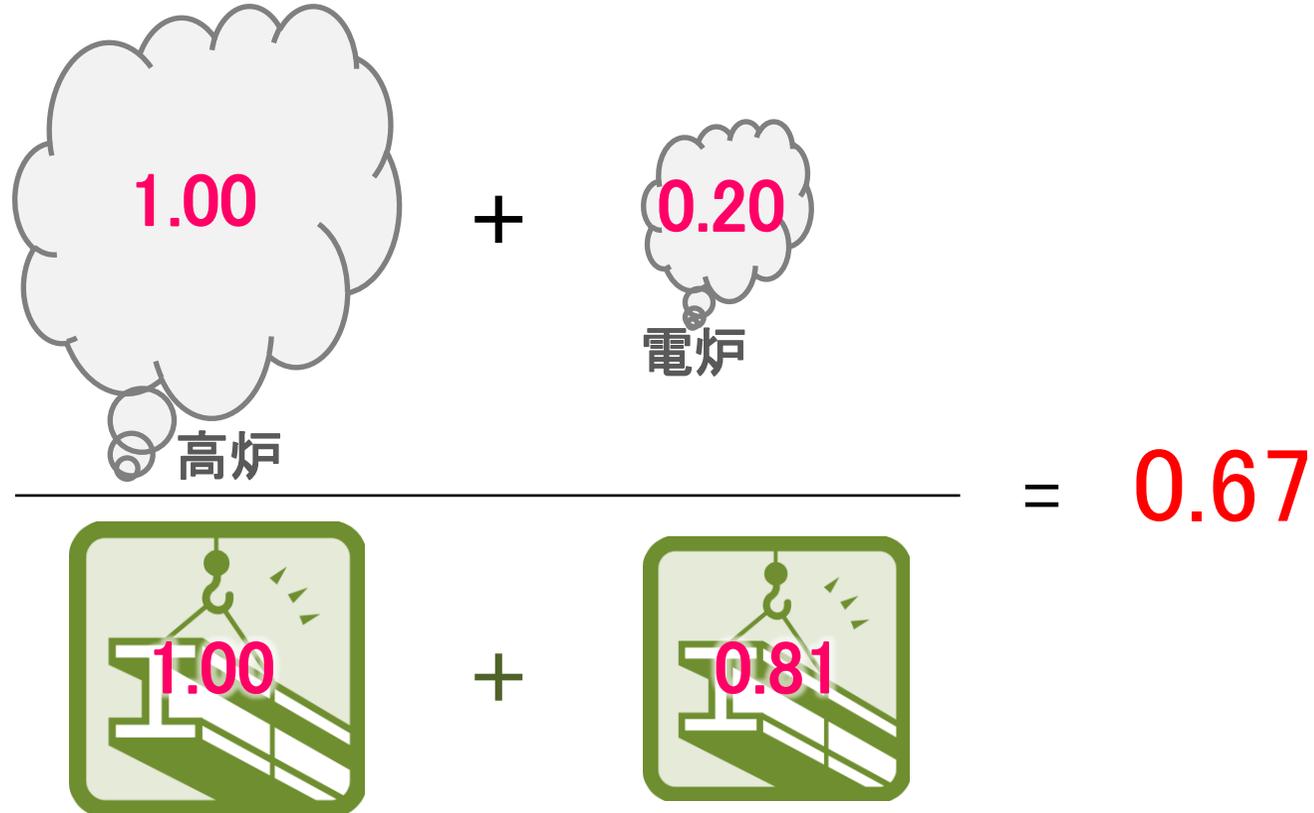
無限の生涯で平均化して考える。

リサイクルを考慮したライフサイクルインベントリ (1サイクル目)



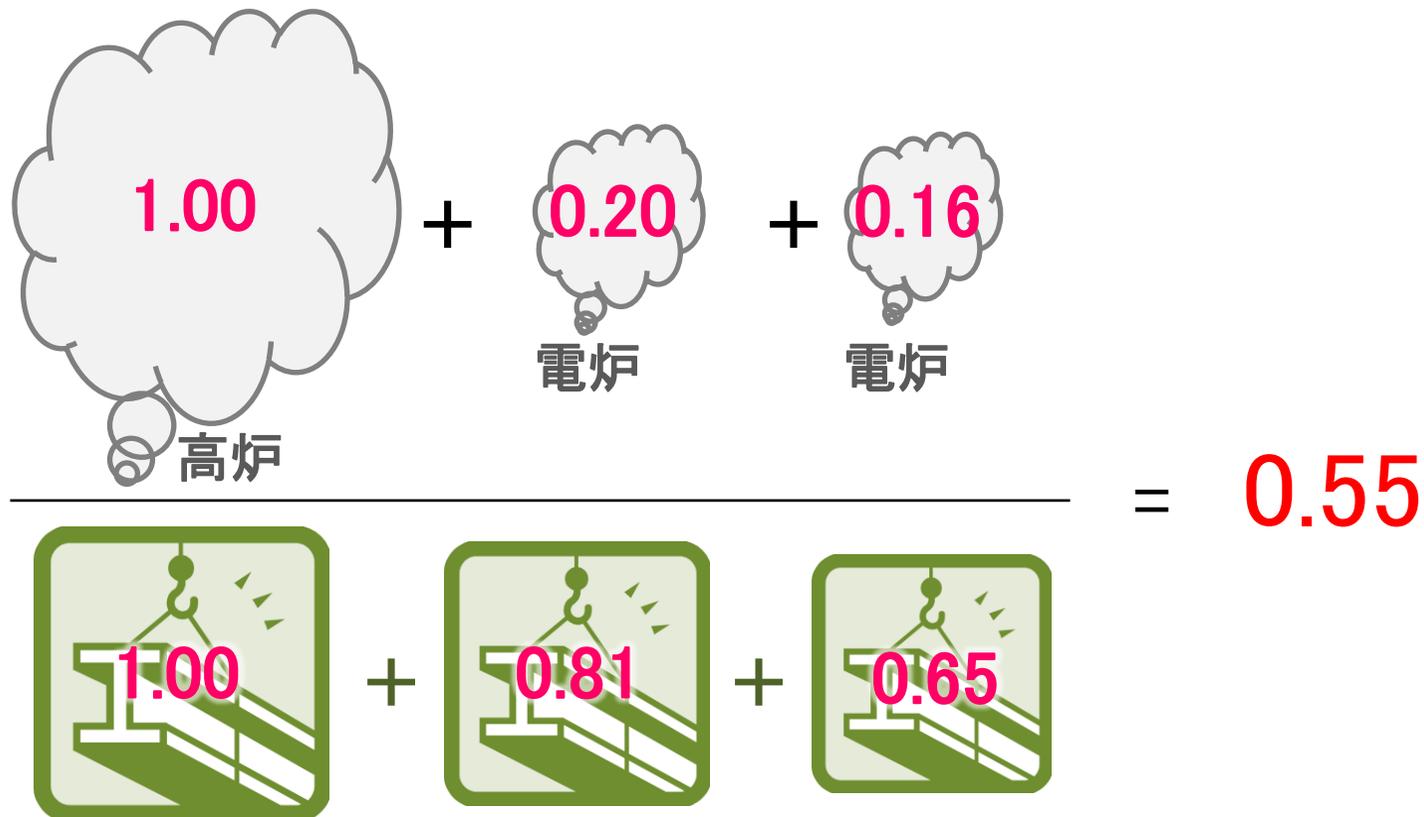
[仮定] 鉄鋼製造時CO₂排出原単位:天然資源由来=1.0、スクラップ由来=0.25
スクラップリサイクル率:0.9 再生:電炉のみ、歩留0.9

リサイクルを考慮したライフサイクルインベントリ (2サイクル目)



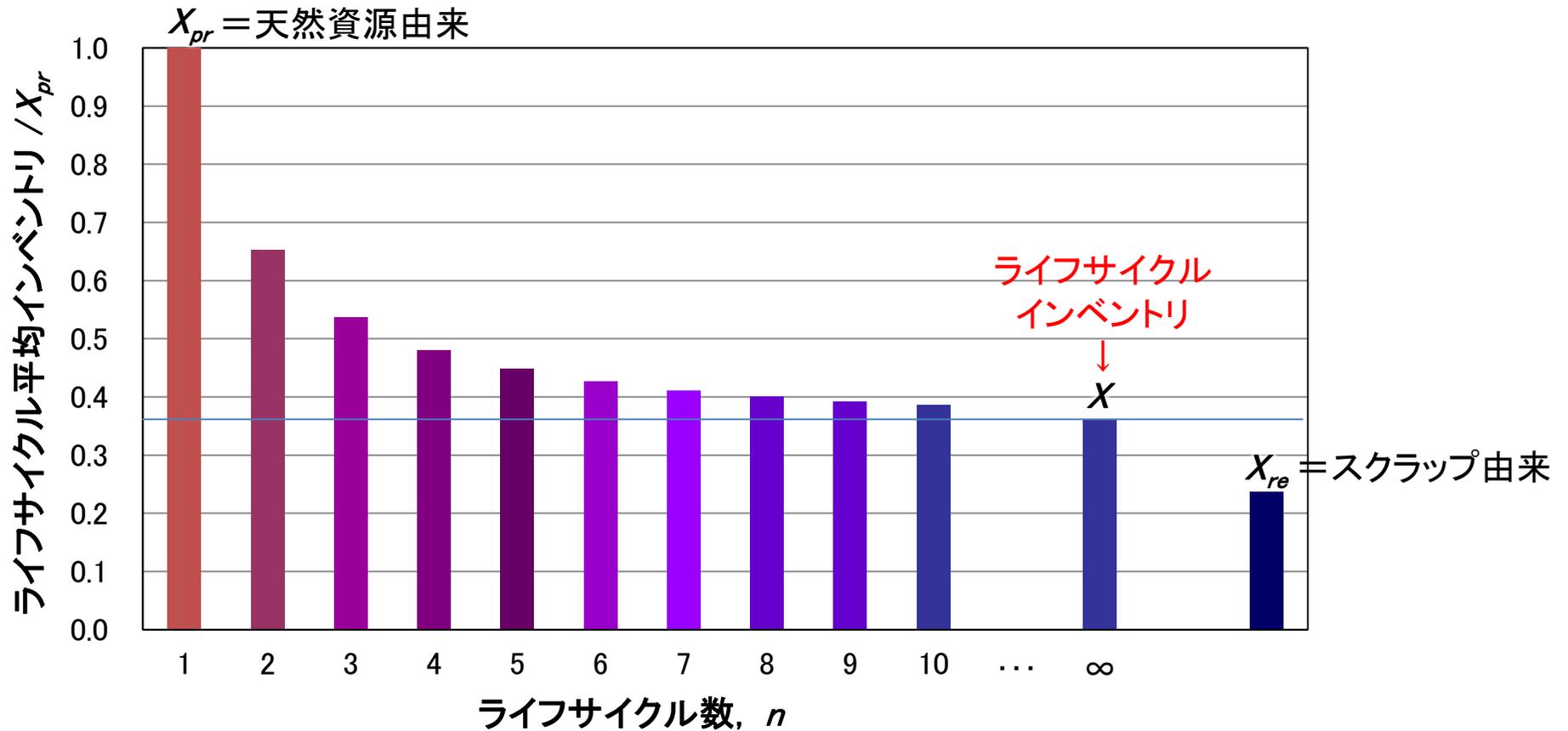
[仮定] 鉄鋼製造時CO₂排出原単位:天然資源由来=1.0、スクラップ由来=0.25
スクラップリサイクル率:0.9 再生:電炉のみ、歩留0.9

リサイクルを考慮したライフサイクルインベントリ (3サイクル目)



[仮定] 鉄鋼製造時CO₂排出原単位:天然資源由来=1.0、スクラップ由来=0.25
スクラップリサイクル率:0.9 再生:電炉のみ、歩留0.9

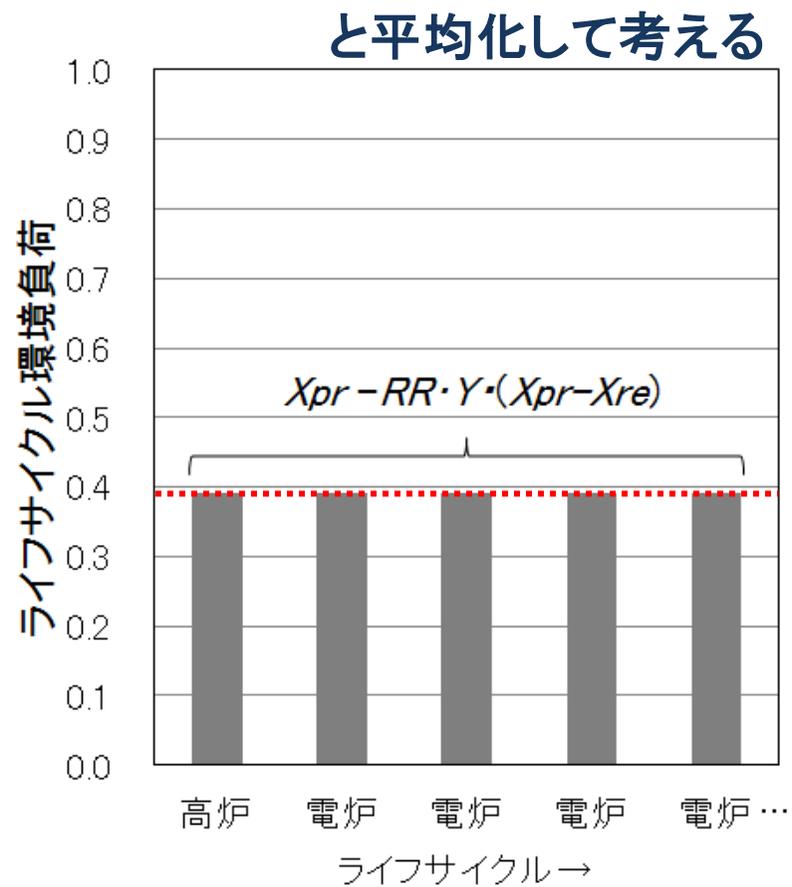
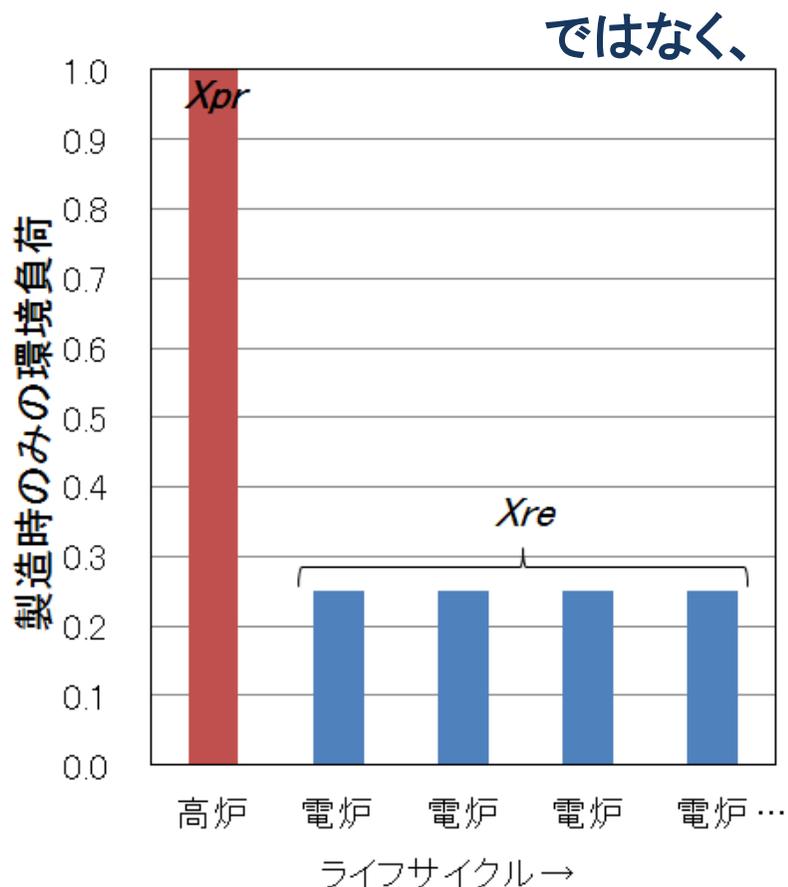
リサイクル数とライフサイクルインベントリ



無限のリサイクルで一定値に収束。

(リサイクル率と歩留が100%ではないので X_{re} にはならない。)

worldsteelのライフサイクルイベントリの考え方



鉄鋼は無限リサイクルしているのが実態。
 実態に合わせた考え方をする。

スクラップのライフサイクルインベントリ

$$\text{総製造量} = 1 + r + r^2 + \dots + r^{n-1}$$

$$\text{総環境負荷} = X_{pr} + r X_{re} + r^2 X_{re} + \dots + r^{n-1} X_{re}$$

$$\begin{aligned} \text{総環境負荷} / \text{総製造量} &= \frac{X_{pr} + r X_{re} + r^2 X_{re} + \dots + r^{n-1} X_{re}}{1 + r + r^2 + \dots + r^{n-1}} \\ &= (X_{pr} - X_{re}) \frac{(1-r)}{(1-r^n)} + X_{re} \end{aligned}$$

r : スクラップ回収率 $Y \times$ 再生歩留 RR

X_{pr} : 天然資源のみのプロセスのインベントリ

X_{re} : スクラップのみのプロセスのインベントリ

X_{sc} : スクラップのインベントリ $= Y(X_{pr} - X_{re})$

$$\begin{aligned} \rightarrow & \boxed{X_{pr}} \quad \boxed{- RR \cdot Y(X_{pr} - X_{re})} = \boxed{X_{re}} \quad \boxed{+ (X_{pr} - X_{re})} \quad \boxed{- RR \cdot Y(X_{pr} - X_{re})} \quad (n \rightarrow \infty) \\ = & \boxed{X_{pr}} \quad \boxed{- RR \cdot X_{sc}} = \boxed{X_{re}} \quad \boxed{+ X_{sc} / Y} \quad \boxed{- RR \cdot X_{sc}} \\ & \text{高炉製造} \quad \text{リサイクル効果} \quad \text{電炉製造} \quad \text{スクラップ利用} \quad \text{リサイクル効果} \end{aligned}$$

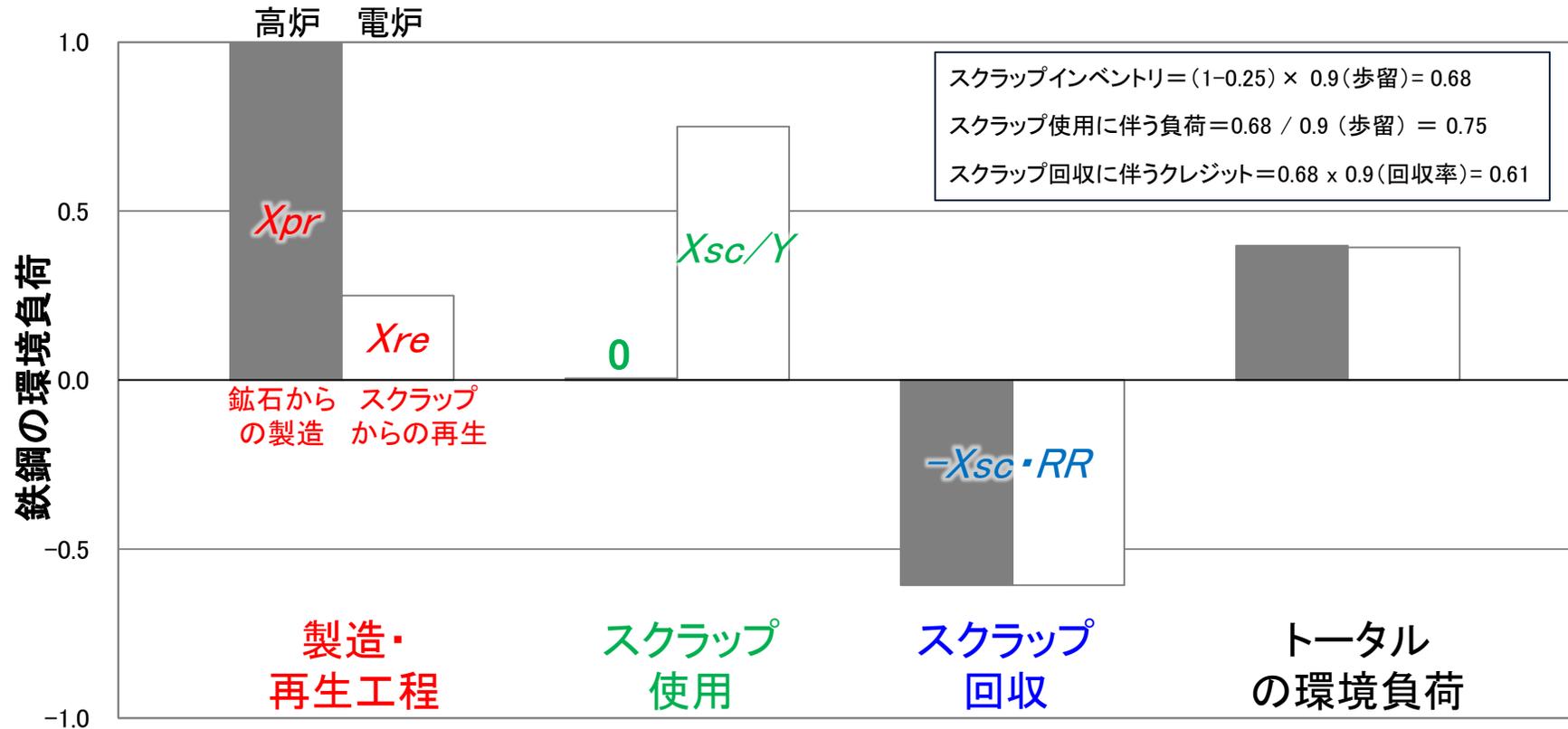
スクラップのインベントリ X_{sc} を考えると
 どちらのプロセスの製品もライフサイクルインベントリは一緒。

worldsteelのライフサイクルインベントリの考え方



スクラップ使用時には(過去の製造時の)CO₂排出をカウント。
将来発生するスクラップにはCO₂削減効果をカウント。

worldsteelのライフサイクルインベントリの考え方



季刊 新日鐵住金, 20(2017)

- ・鉄鋼のライフサイクルインベントリは無限りサイクルの生涯で考える。
- ・スクラップを加算(負荷)と減算(リサイクル)の両面で考える。

日本鉄鋼連盟のLCAホームページ

鉄鋼製品のLCA





鉄鋼製品のLCA

～鉄は何度も蘇る～

<p>Life Cycle Thinking ライフサイクルシンキングとは</p> 	<p>リサイクルの種類 材料のリサイクルについて解説</p> 	<p>鉄のライフサイクルとリサイクル 持続可能な材料リサイクルの要件等の説明</p> 	<p>LCA日本フォーラム</p> <hr/> <p>日本LCA学会</p>
<p>鉄鋼業界の取り組み① 国際標準化 worldsteel LCA方法論の国際標準化について概要を説明</p> 	<p>鉄鋼業界の取り組み② データコレクション 鉄鋼製品ごとのLCIデータコレクション活動の紹介</p> 	<p>参考情報 過去のLCA関連講演資料や掲載記事を紹介</p> 	<p>スチール缶リサイクル協会</p> <hr/> <p>worldsteel</p>

日本鉄鋼連盟



日本鉄鋼連盟のライフサイクルインベントリデータ

日本鉄鋼連盟

■ データ収集時期

2014年度の操業実績。上流は二次データ。

■ 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

16社(高炉4、電炉12)。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

日本鉄鋼連盟にデータ請求

データ形式について

スクラップリサイクルを加味した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たLCIを3つのコンポーネントに分けて提供します。

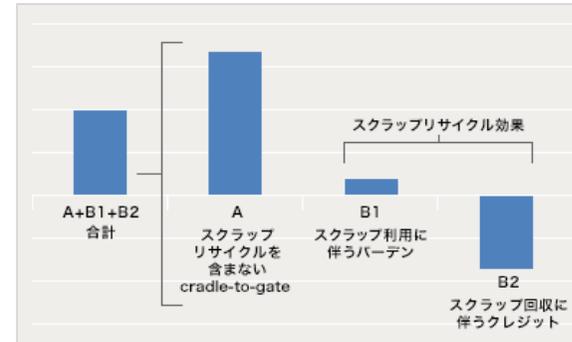


Figure 1 データ構成要素イメージ図

鉄鋼製品はそれを使った最終製品(自動車など)の寿命が尽きた後、スクラップとして回収され、再び新たな鉄鋼製品の原料として利用します(closed-loop recycling)。本LCIデータではスクラップリサイクル(回収および再利用)による効果も評価範囲としています。スクラップは鉄鋼製品製造に必要な資源を代替することから、この代替効果をスクラップのインベントリとします。
スクラップインベントリ(Scrap EI)=(天然資源100%によるインベントリ-スクラップ100%によるインベントリ)×スクラップ対製品歩留
スクラップの負荷、クレジットの算定のためのスクラップのインベントリはworldsteelによる2010年のデータコレクションプロジェクトに基づいた理論計算によって算定された値を用いました。(詳細はworldsteel LCA方法論)

A+B1+B2スクラップリサイクルを反映した鉄鋼製品LCI

A スクラップリサイクル効果を考慮しないcradle to gateインベントリ

B1 スクラップ利用に伴うバーデン=スクラップEI×スクラップ利用量÷製品量

B2スクラップ回収に伴うクレジット=-スクラップEI×スクラップ回収率

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

	スクラップリサイクルを反映した鉄鋼製品 LCI	スクラップリサイクル効果を考慮しない cradle to gateインベントリ	スクラップリサイクル効果	
			スクラップ利用に伴うバーデン	スクラップ回収に伴うクレジット
	A+B1+B2	A	B1	B2
例[kg]	60	100	20	-60



worldsteelのライフサイクルインベントリデータ

- データ収集時期
2014年の操業実績。上流は二次データ。
- 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
欧州、アジア、南米等の各企業。粗鋼生産2.5億トン相当。
- データ形式
以下のLCIの製品毎の世界平均および地域平均値
 - ・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
worldsteelにデータ請求

worldsteelの方法論の規格化

1997年

worldsteel (World Steel Association) が鉄鋼のスクラップリサイクルを考慮したライフサイクルインベントリ計算手法をMethodology Reportとして整理

2015年

ISO TC/17/WG24にて日本から規格化提案

経済産業省: 社会ニーズ(安全・安心)・国際幹事等輩出分野に係る国際標準化活動「循環型社会のリサイクル特性を評価したLCA」にて実行

2018年

ISO/FDIS 20915まで開発。年内規格化の予定。



鉄は、 じつは軽い。



鉄は、どんどん軽くなる。

鉄はさまざまな技術開発により強度が向上し、例えば薄鋼板では同じ強さのために必要な量は3分の1で済むようになりました。鉄は強さを増すことで製品の「軽さ」を実現しており、今後もさらに進化を続ける期待の素材なのです。

鉄は、軽やかに再生する。

鉄は製品としての寿命が終わっても、またよみがえる素材です。鉄は磁石でほぼ完全に切り分けられるため、世の中の鉄のほとんどがスクラップとして回収され、ほぼ100%鉄に再生されています。鉄は、何度でも何にでも「軽やか」に生まれ変わる素材なのです。

鉄は、環境負荷を軽くする。

鉄は他の素材に比べ、じつは造る時に発生するCO₂が少ない素材です。またリサイクルも軽やかにできるので、廃棄時の負荷もかかりません。生産から、使用、廃棄・リサイクルに至るまでライフサイクル全体で見ると、鉄は環境への負荷が「軽い」素材なのです。



〒103-0025
東京都中央区日本橋茅場町3-2-10(鉄鋼会館)
TEL.03-3669-4822(総務部総務・秘書・広報グループ(広報))
<http://www.jisf.or.jp/>

鉄鋼 LCA 検索