

CO₂排出量レポート

ステンレス産業の
排出量及び
関連データ

目次

はじめに
ステンレスについて
CO₂排出量について
各種鋼材を110年間使用した際のCO₂
排出量
まとめ
参考文献
ワールドステンレスについて
連絡先
免責事項

- 図 1 世界のステンレス鋼生産量
(1950-2022年)
- 図 2 ステンレス鋼のライフサイク
ル(2019年)
- 図 3 スクラップを用いた製造にお
ける実質CO₂排出量
- 図 4 NPIを用いた製造における実
質CO₂排出量
- 図 5 各種鋼材を110年間使用した
際のCO₂排出量

- 表 1 セクター別のステンレス平均
耐用年数
- 表 2 CO₂排出量のデータ
(2021年度)

はじめに

2023年8月

他の主要産業と同様、ステンレス業界もCO₂排出量削減に向け日々努力を重ねています。直接排出(Scope 1)と間接排出(Scope 2)は、改善に向けた業界の堅実な取り組みにより、この十年間で飛躍的に削減されてきました。

ステンレスの生産とCO₂排出との関係を理解するためには、ステンレスには大きく分けて2つの製造方法があるということを理解しておく必要があります。

- まず1つ目はスクラップを用いた製造方法です。使用済みのステンレス製品やその他鉄屑を再利用し、新たにステンレスを製造します。このような製造方法は使用済みの材料やスクラップが入手しやすい地域で

採用されています。

- もう一方で、ニッケル銑鉄(以下NPI)を用いた製造方法があります。ステンレスを作るために必要なニッケルの大部分を、ステンレススクラップではなく、ニッケル鉱石から製造されたNPIで賄う方法です。この製造方法はスクラップが入手しづらい地域で見られます。なお、NPIは鉄ニッケルとしても知られています。

製品寿命を迎え「使用可能な」ステンレススクラップは世界中どこでも十分に存在している訳ではなく、スクラップを用いた製造方法のみを行うことはできません。この状況は今後数十年間続くと見られています。

この報告書の目的は、ステンレス業界のCO₂

排出量の実態とその排出源を明確にすることです。

そこでCO₂排出源を次の3つのScopeに分類しました。

- 事業者が所有、または支配する排出源からの直接排出のことをScope 1排出量と呼びます(前述の通りです)。
- 事業者が消費する購入電力や蒸気、温熱や冷熱などの間接排出をScope 2排出量と呼びます(こちらも前述の通りです)。
- 原料となる鉱石の採掘、選鉱、運搬、それら鉱石を用いたフェロアロイの製造及び運搬、そしてこれら全ての工程に必要な電力を含む間接排出をScope 3排出量と呼

びます。

注記;ニッケル鉱石の採掘やそれを原料として用いるNPIの製造に伴うCO₂排出量について、現在ステンレスメーカーが提示するデータはありません。これは各国の情報開示に関する法規制も関係しています。しかしながら業界研究グループから得られるデータがあり、後に紹介する「有効な指標」となるデータの作成に使用しています。

上記3つの基準を用いれば、原料調達から製品出荷までの観点からステンレス産業のCO₂排出について理解出来るようになります。

ステンレスについて

ステンレス鋼は10.5%以上のクロムを含有する、非常に広範にわたる合金群を指す呼称です。クロムはステンレスの「錆びない」(耐食性のある)特性にとって不可欠です。その他ニッケル、モリブデン、チタンや銅などの合金元素は様々な機械的および物理的特性をもたらします。

ステンレスの用途は家庭用のカトラリーから化学工場向けの反応器といったものまで多岐にわたります。錆や汚れへの耐性だけでなく、メンテナンスコストが低く100%のリサイクル性を有するという非常に重要な特徴を持つ、多くの用途にとって理想的な素材です。

実際、ビルや鉄道、地下鉄、トンネル、橋などといった主要用途での使用が容易なのはステンレスの機械的性質によるものです。

食品貯蔵タンクや輸送車両もよくステンレスで作られています。清掃が簡単で非常に衛生的

であることがその理由です。

こういった特徴があるので、ステンレスは業務用キッチンや食品加工工場でも使用されています。蒸気洗浄や殺菌ができ、後から追加で表面処理を施す必要もないからです。

ステンレス産業においてスクラップは高い価値を有します。ただスクラップに関して唯一、特に新興国で制約があるのが、その入手性です。

スクラップの入手性にはステンレスの耐久性も関係しています。例えばビルを建てる際にステンレスを使用した場合、何十年にもわたって残り続けるため、取り壊したり解体したりするまで再利用できません。

ステンレスは100%リサイクル可能な、あらゆる材料の中で最も高いリサイクル率を誇る材料の1つです。製品寿命を終えた後、少なくともその95%がリサイクルされていると推定されて

います(表 1)。

ステンレススクラップの種類、場所及び利用可能量によっては、電気炉(EAF)法での製造は経済的に有利になり得ます。更にステンレスのリサイクルシステムは非常に効率的で、行政からの補助金も必要としません。

過去20年間における世界のステンレス生産量はおよそ7億6千4百万トンです(worldstainless, 2023)。世界の年間生産量はこの間に2.3千万トンから5.5千万トン以上へと増加しています(図1)。ステンレス消費量の増加は、世界に存在するあらゆる成形可能な材料のなかで最も高いものとなっています(worldstainless, 2023)。100%を誇るリサイクル性、再使用性、耐久性、耐食性、メンテナンスが非常に少なく済むこと、及び製品の安全性がこの素晴らしい成長の一因と言えるでしょう。



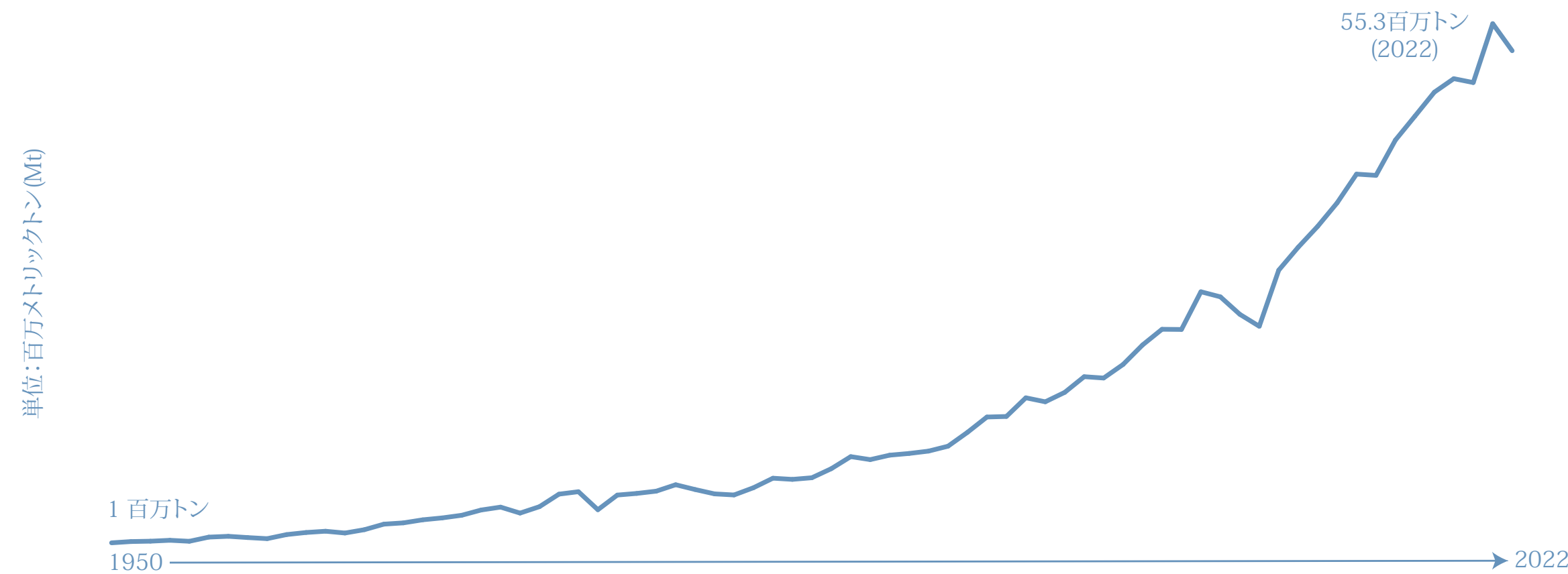


図 1 世界のステンレス鋼生産量(1950-2022年)
出所:ワールドステンレス(2023)

セクター	平均耐用年数 (年)	主な更新要因
建設・インフラ	50	使用材料の劣化
自動車	14	近代化の流れと販売戦略
輸送機器	30	使用材料の劣化
産業用機械	25	使用材料の劣化
家電製品	15	流行と販売戦略
金属製品	15	近代化の流れ

表 1 セクター別のステンレス平均耐用年数
出所:KIT and Team Stainless (2022)

図2は発生したスクラップとその利用が結びつく全体のフローを示すものです。

最近完了したKITのストック&フロー調査によれば、使用済みステンレス製品の95%はリサイクル回収されています。そうやって回収された使用済みステンレスの74%は新たなステンレスの製造に直接再利用されており、21%は普通鋼の製造に再利用されています。

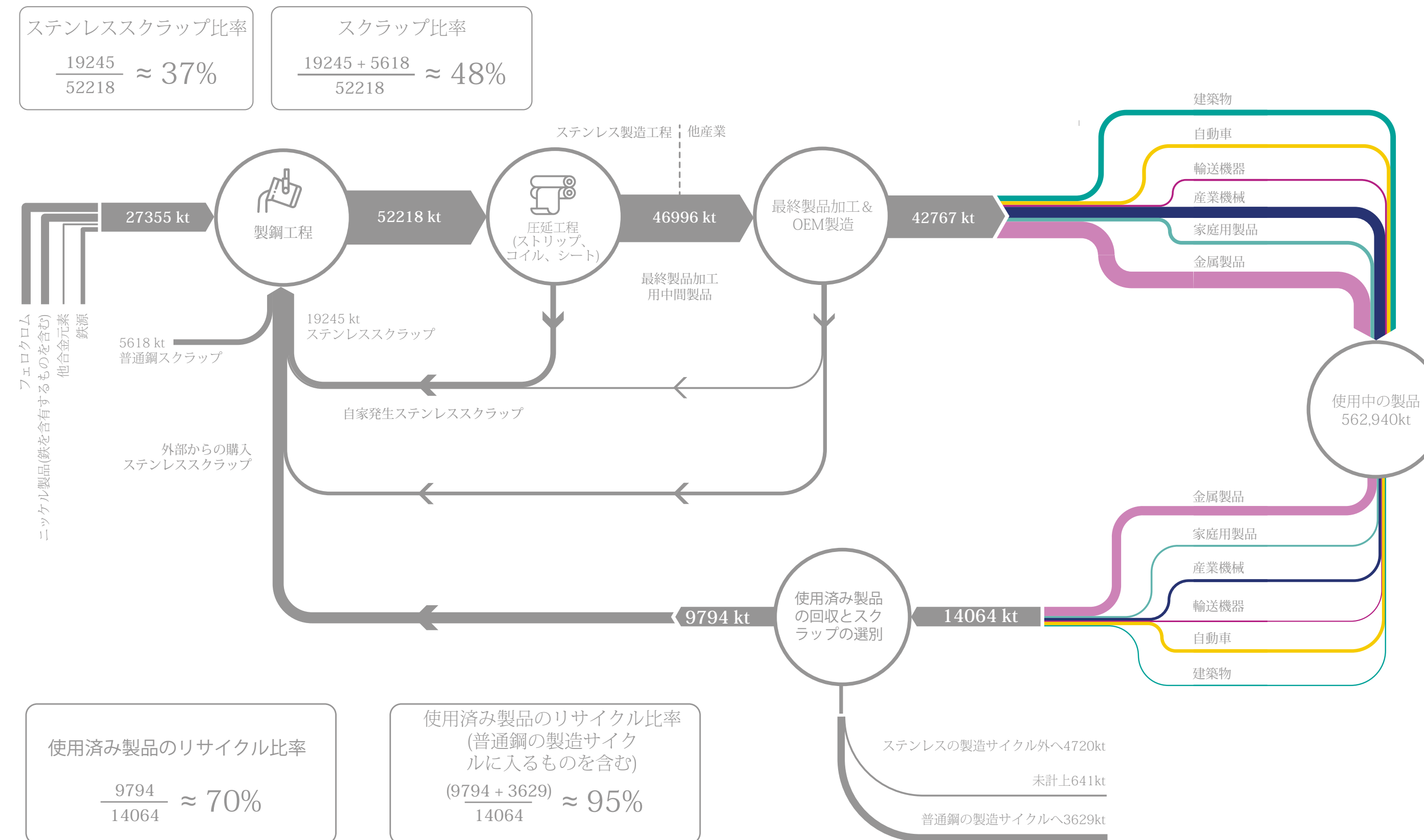
世界的に見れば、ステンレスを作る材料のおよそ50%はスクラップ(ステンレス鋼及び普通鋼のスクラップ)であり、残りの約50%は他の原料で構成されています。こちらのKITの調査(2022年)では、ステンレスが使用される主な6つの用途のライフサイクルにおける重要な推測が示されています(表1参照)。

図 2 ステンレス鋼のライフサイクル(2019年)

この図では原料の投入後、各製造工程を経たのち様々な用途に加工されるまでのステンレスのライフサイクルを示している。また、新たにステンレスまたは普通鋼を製造する際のステンレススクラップのフローも示している。

データは新型コロナウイルス感染症のパンデミックが世界の製造業に影響を与える前の2019年のもの。

出所:KIT and Team Stainless (2022)



ステンレススクラップ比率：37% | スクラップ比率：48% | 使用済み製品のリサイクル比率：95%(普通鋼の製造サイクルに入るものを含む)

OEM = Original Equipment Manufacturer kt = キロトン

CO₂排出量について

過去数十年間にわたり、二酸化炭素の排出量は私たちの社会における大きな問題として認知されてきました。その結果、CO₂排出量を測定・管理する新たな環境政策が打ち出されています。ステンレス産業も他の産業と同様、その排出状況を定量化し公表しています。

worldstainlessが行なった調査(2007年から2023年)では、ステンレスの製造及び使用による排出量は概ね低いことが見てとれます。

それでもCO₂排出量を前述のようにScope 1、Scope 2、Scope 3に分類するのは、ステンレスの製造過程におけるCO₂排出量を明確に定量化するためです。

ここで注意しておきたいのは、本書で示されている排出量のデータは主にスクラップを用いた(リサイクル材料を使用した)製造方法によるものであるということです。ニッケル銑鉄(NPI)

を用いた製造方法に関して計算されたデータはあくまで参考値として記載しています。

Scope 1排出量

スクラップを用いた製造方法によるCO₂排出量の現在の平均は、ステンレス1トンあたり0.38トンです。企業別の排出量は正規分布に従っており、このうち80%が0.20~0.60トンの間に位置していました。なお、2012年のCO₂排出量の平均は0.43トンでした。

Scope 2排出量

スクラップを用いた製造方法によるCO₂排出量の現在の平均は、ステンレス1トンあたり0.45トンです。こちらも正規分布に従っており、回答企業のうち93%が0.30~0.60トンの間に位置していました。なお、2012年のCO₂排出量

の平均は0.53トンでした。

Scope 3排出量

Scope 3排出量はこれまでの2つと同じようには定義できません。と言うのも、リサイクル材料(ステンレススクラップ及び他の鋼材のスクラップ)の使用量と、Scope 3排出量の影響範囲との間には線形関係があるからです。リサイクル材料の使用量が多いほどScope 3排出量は少なくなります。

さらに当調査ではリサイクル材料(スクラップ材)の使用率が40%~90%のデータしか得られていません。その中でも最も多かった使用率の範囲は50%~85%で、その排出量はそれぞれ以下の通りです。



- スクラップ使用率50%;ステンレス1トンあたりのCO₂排出量2.45トン
- スクラップ使用率75%;ステンレス1トンあたりのCO₂排出量1.59トン
- スクラップ使用率85%;ステンレス1トンあたりのCO₂排出量1.25トン

リサイクル材料を75%使用する製造方法を基準とすると、原料調達から製品出荷までのScope3排出量は66%であることが明らかになります。

前述の線形関係はリサイクル材料使用率40%以下では見られなくなります。なぜならそのあ

たりからNPIを用いた製造方法が主流となるからです。NPIの生産では(地理的な要因で振幅はあるものの)ニッケル1トンあたり平均60~85トンのCO₂が排出されます。つまり、ニッケルを8%含有するステンレスの製造にNPIを用いた場合、Scope 3におけるCO₂排出量は(スクラップ使用率40%と比較した場合)ステンレス1トンにつき4.0~6.0トン増加すると考えられます。

注;スクラップ使用率40%且つNPIを全く使用しない場合のScope 3排出量はステンレス1トンあたり2.80トンです。

排出量のまとめは図2の通りです。

Scope 1排出量		0.38
Scope 2排出量		0.45
Scope 3排出量	85% スクラップ	1.25
	75% スクラップ	1.59
	50% スクラップ	2.45
	30% スクラップ	5.99
CO ₂ 総排出量 CO ₂ (トン)/ステンレス(トン)	85% スクラップ	2.08
	75% スクラップ	2.42
	50% スクラップ	3.28
	30% スクラップ	6.82
普通鋼のCO ₂ 排出量		1.91

表 2 CO₂排出量のデータ(2021年度)
出所:ワールドステンレス(2023)・ワールドスチール

凡例:

Scope1:直接排出(例:天然ガス、重油、軽油)

Scope2:電気や蒸気による排出

Scope3:原材料(例:フェロクロム、フェロニッケル、フェロモリブデン)の製造による上流工程での排出

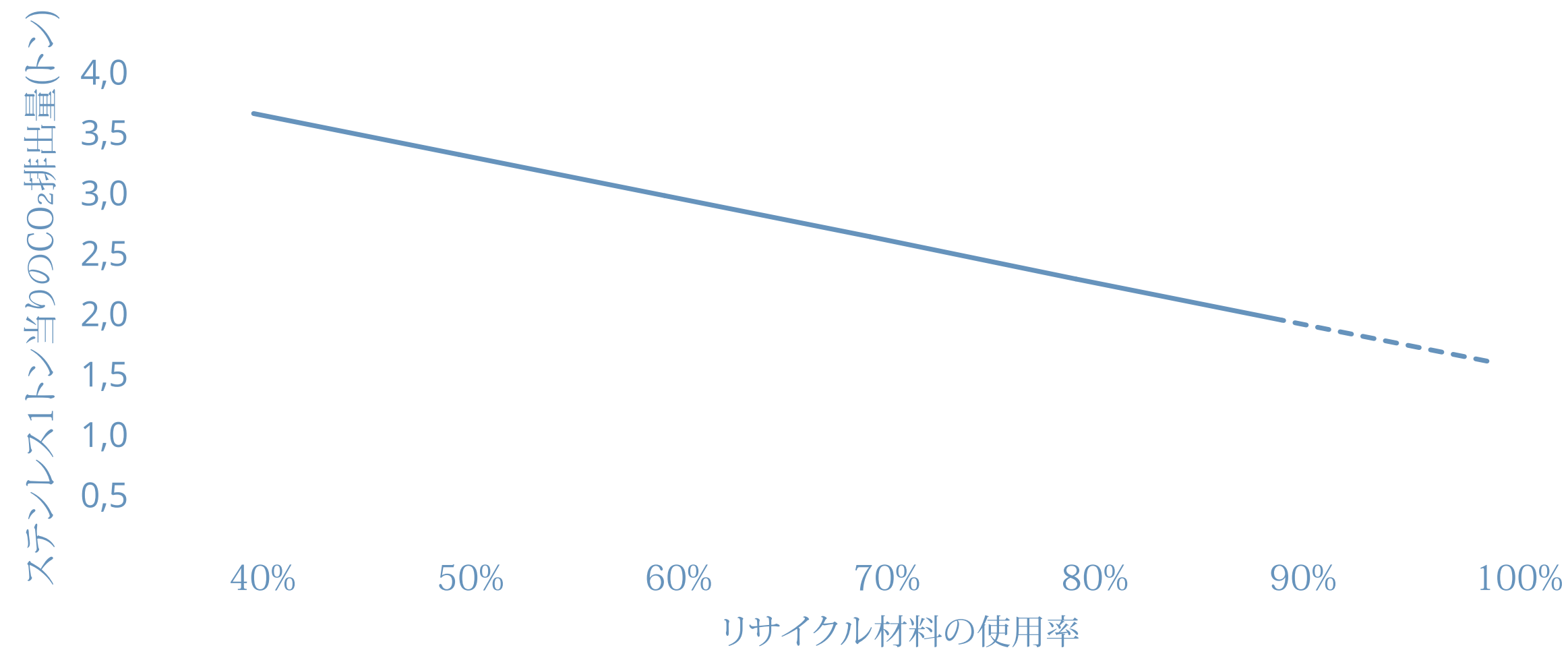


図 3 スクラップを用いた製造における実質CO₂排出量
出所:ワールドステンレス(2023)

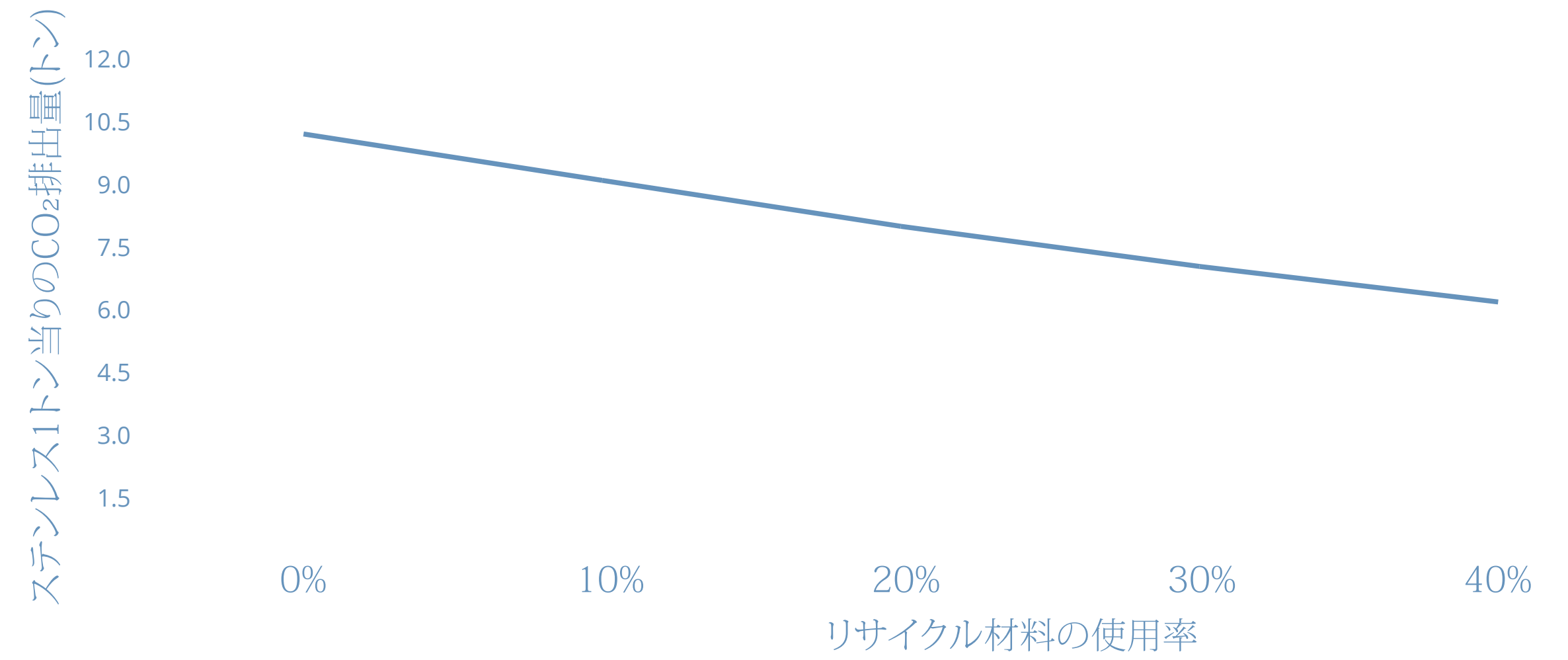


図 4 NPIを用いた製造における実質CO₂排出量
出所:ワールドステンレス(2023)

各種鋼材を110年間使用した際のCO₂排出量

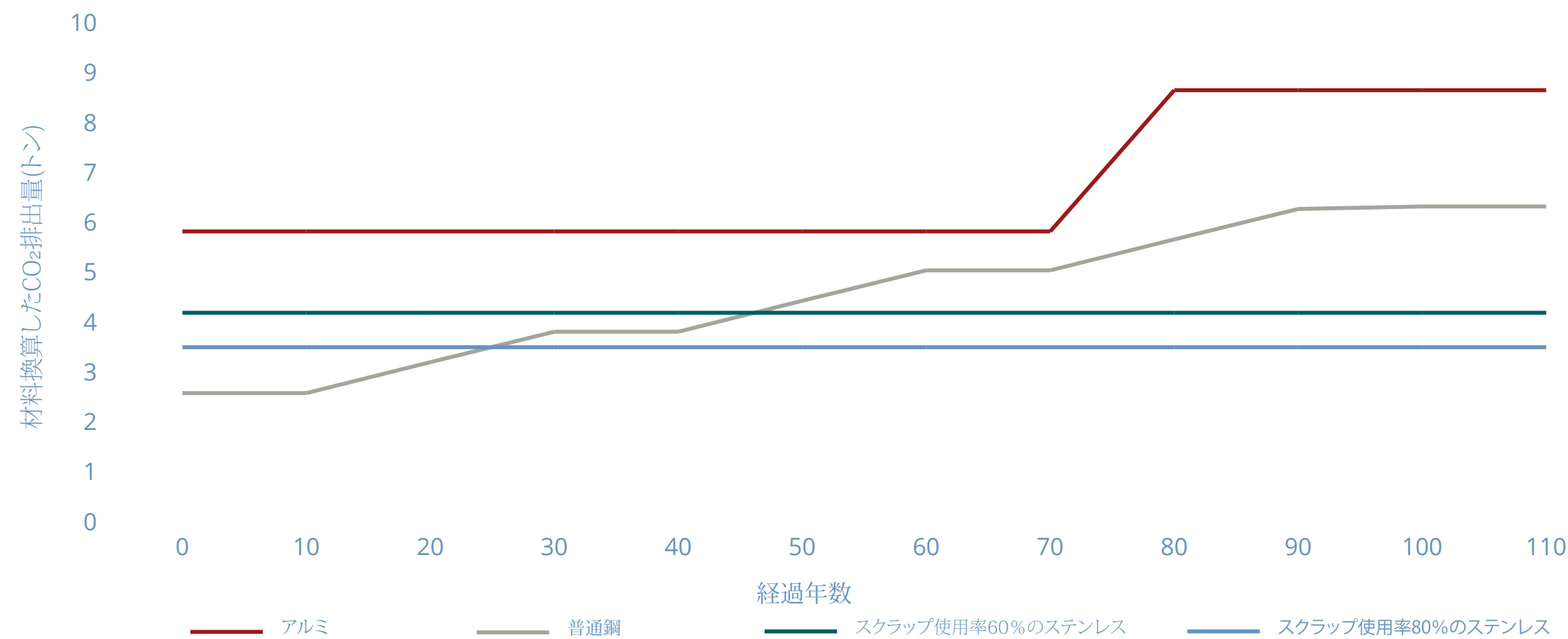


図 5 各種鋼材を110年間使用した際のCO₂排出量
 ここではワールドステンレス、ワールドスチール、そして経済協力開発機構(OECD)から得られた原材料と加工に関する排出量データに基づきデータを算出している。

図5はステンレス、普通鋼、アルミの製造及びメンテナンスに伴うCO₂排出量を示しています。

ここでは製造方法の異なる2種類のステンレスのデータが示されています。ステンレス1はリサイクル材料使用率80%、ステンレス2はリ

サイクル材料使用率60%のものです。

このデータは各鋼材の1トン当たりの生産時に排出されるCO₂量(Scope 1 + Scope 2 + Scope 3)に加え、定期的なメンテナンスによって排出されるCO₂量で構成されています。

腐食を抑制するため定期的なメンテナンスを必要とする普通鋼では、CO₂排出量は10年毎に増加します。

ステンレスとアルミには不動態皮膜があり定期的なメンテナンスを必要としないため、CO₂排出量は増加しません。

ステンレス業界の歴史が110年という事もあり、110年から先のステンレスの耐用年数は今のところまだ分かっていません。

CO₂排出量及びリサイクル率は各業界から提供されたデータに基づいています。

アルミは密度がステンレスと普通鋼の約3分の1ほどであるため、データも下方修正しています。

まとめ

ステンレスの製造により排出されるCO₂量が比較的少ないということは部分的にしか参考にならないと言うのが妥当でしょう。

現在操業が行われている2つの高度な製造方法は、そのどちらもが世界的なステンレス需要を支えるために必要不可欠なものです。

今後環境負荷の低い製造技術がより広く用いられるようになれば、ニッケル銑鉄(NPI)の製造によるCO₂排出量は次第に減少していくでしょう。

さらに、ステンレス製品のライフサイクル全体のCO₂排出量は、サステナブルでレジリエント

な素材を使用するメリットという意味で特別で、より説得力のある視点をもたらします。

主要な製品や設備ではライフサイクルCO₂排出量の約70%がその使用や運用の段階で発生します。そのため劣化せず、大幅なメンテナンスや部分的な交換を必要としない材料の選択が、これまでとは異なる、且つ、はるかに低いCO₂排出量というプロファイルを実現させるのです。

用途に即した材料の比較やサステナビリティモデルに関する情報を更に知りたい方は info@worldstainless.orgへお問合せ下さい。



参考文献

- Hiroyuki Fujii, Toshiyuki Nagaiwa, Haruhiko Kusuno and Staffan Malm, How to quantify the environmental profile of stainless steel. Paper presented by ISSF at the SETAC North America 26th Annual Meeting, November 2005.
- Julia Pflieger and Harald Florin, Life Cycle Inventory on Stainless Steel Production in the EU. PE International, 2009.
- Pascal Payet-Gaspard, Stainless Steel: Sustainability and Growth. Presentation at the CRU Conference, November 2009.
- LCI/LCA Study: The development of the life cycle inventory. PE International, 2008.
- Scrap Survey. ISSF, 2008.
- worldsteel Studies: Application of the worldsteel LCI Data to Recycling Scenarios. World Steel Association, 2008.
- Accounting for steel recycling in Life Cycle Assessment studies. World Steel Association, 2009.
- worldstainless, Stainless Steel in Figures 2023
- NPI production emissions calculated from data supplied by Skarn Associates / Macquarie 2021
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- The global life cycle of stainless steels, KIT and Team Stainless, 2022



ワールドステンレスについて

ワールドステンレスは1996年に国際ステンレススチールフォーラム(International Stainless Steel Forum、通称ISSF)として発足した非営利の調査・開発組織です。

その主な役割はステンレス業界にとって有益となる以下の課題に取り組むことです。

- ステンレス業界、及びサステナブルな素材がもたらすメリットのプロモーション
- 資源の保護と循環型経済の推進
- 経済及び業界をリードする統計の提供
- 業界における安全衛生のニーズと発展の支援
- 市場開発及び拡大の機会の概説
- ブランド評価の維持
- 材料に関する教育

連絡先

メールアドレス:

info@worldstainless.org

免責事項

ワールドステンレスは、ここに掲載している情報は技術的に正しいものであると確信しています。ワールドステンレスとそのメンバー、スタッフ、コンサルタントは、この文書に含まれる情報の使用によりいかなる損失や損害、または傷害が発生したとしても、それらに対する一切の責任を負いません。

world stainless association

Avenue de Tervueren 270
1150 Brussels
Belgium

T: +32 (0) 2 702 89 00
F: +32 (0) 2 702 88 99
E: info@worldstainless.org

C413 Office Building
Beijing Lufthansa Center
50 Liangmaqiao Road
Chaoyang District
Beijing 100125
China

T : +86 10 6464 6733
F : +86 10 6468 0728
E : china@worldsteel.org

worldstainless.org

