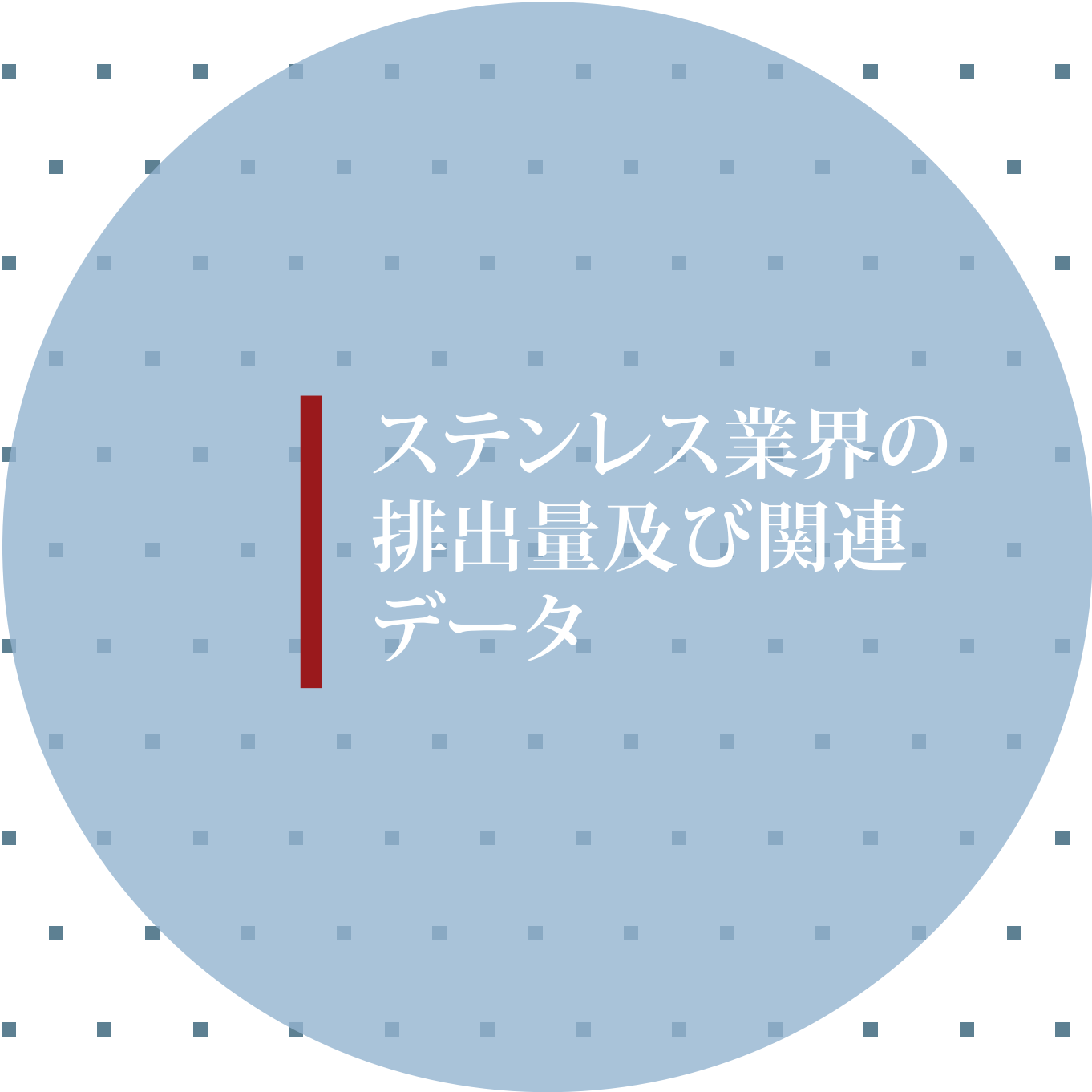


CO₂排出量報告書



目次

はじめに
 ステンレスについて
 CO₂排出量について
 使用期間110年にわたる各種鋼材のCO₂
 排出量
 ライフサイクル排出量
 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-
 2023年)
 図2 ステンレス鋼のライフサイクル
 (2019年)
 図3 スクラップを使用した場合の実際の
 CO₂排出量、およびNPIを使用した場合の
 CO₂排出量(推定値)
 図4 各種鋼材を110年間使用した際の
 CO₂排出量
 図5 20年間にわたる水筒のライフサイク
 ル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(2022年度)
 出所:ワールドステンレス(2024)・ワール
 ドスチール

はじめに

2024年9月

他の主要産業と同様に、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、排出量の改善に向けた業界全体の着実な取り組みにより、過去十年間で徐々に削減されてきました。

ステンレス鋼の生産とCO₂排出との関係を理解するためには、ステンレス鋼には大きく分けて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。使用済み原料の大部分に寿命を迎えたステンレス製品や類似の合金材料を用い、これらをリサイクルして新しいステンレ

ス鋼を製造する方法です。寿命を迎えた材料やスクラップが豊富に入手可能な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。ステンレス鋼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。

- 自社が所有、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)。
- 自社が消費する購入電力や蒸気、温熱や冷熱などによる間接排出を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、輸送、それらを用いたフェロアロイの製造及び輸送、そしてこれら全ての工程に必要なエネルギーも含めた間接排出を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、現在ステンレス鋼メーカーが公開してい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。しかしながら一部のデータは調査団体から入手可能であり、本報告書の後半で示す「目安となる指標」の作成に使用されています。

これらの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業界の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、非常に広範な合金群を指す呼称です。クロムはステンレス鋼の『錆びない』(耐食性のある)特性にとって不可欠です。他にもニッケル、モリブデン、チタンや銅などの合金元素は様々な機械的及び物理的特性をもたらします。

ステンレス鋼の用途は、家庭用の食器類から化学工場向けの反応器まで多岐にわたります。錆や汚れへの耐性に加え、メンテナンスの手間が少なく、100%リサイクル可能といった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、橋梁などの主要な用途でステンレス鋼の採用が容易なのは、その機械的性質によるものです。

清掃が簡単で非常に衛生的なため、食品貯蔵タンクや輸送車両もステンレス鋼で作られることが多くあります。

こういった特徴から、ステンレス鋼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、追加で表面処理を施す必要もないからです。

ステンレス業界においてスクラップは高い価値を持ちます。ただスクラップに関して唯一制約があるのがその入手性で、特に新興国ではそれが限られています。

さらに、ステンレス鋼の耐久性がスクラップの供給を制限する要因となっています。例えば建築物にステンレス鋼が使用されると、数十年にわたってそのまま使用され続けるため、取り壊したり解体したりするまで再利用できません。

ステンレス鋼は100%リサイクル可能な、あらゆる材料の中でも最も高いリサイクル率を誇る素材の1つです。製品寿命を迎えたステンレス鋼の少なくとも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や場所、入手可能性によっては、電気炉(EAF法)での製造は経済的に有利になる場合があります。更にステンレス鋼のリサイクルシステムは非常に効率的で、行政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鋼生産量はおよそ8億トンです(worldstainless, 2024)。この間、世界の年間生産量は2,500万トンから5,800万トン以上へと増加しています(図1)。ステンレス鋼の消費量の増加は、世界中のあらゆる成形可能な素材の中で最も高いものとなっています(worldstainless, 2024)。100%のリサイクル性、再利用性、耐久性、耐食性、メンテナンスが非常に少なく済むこと、そして製品の安全性が、この著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(1950-2023年)
出所:ワールドステンレス(2024)

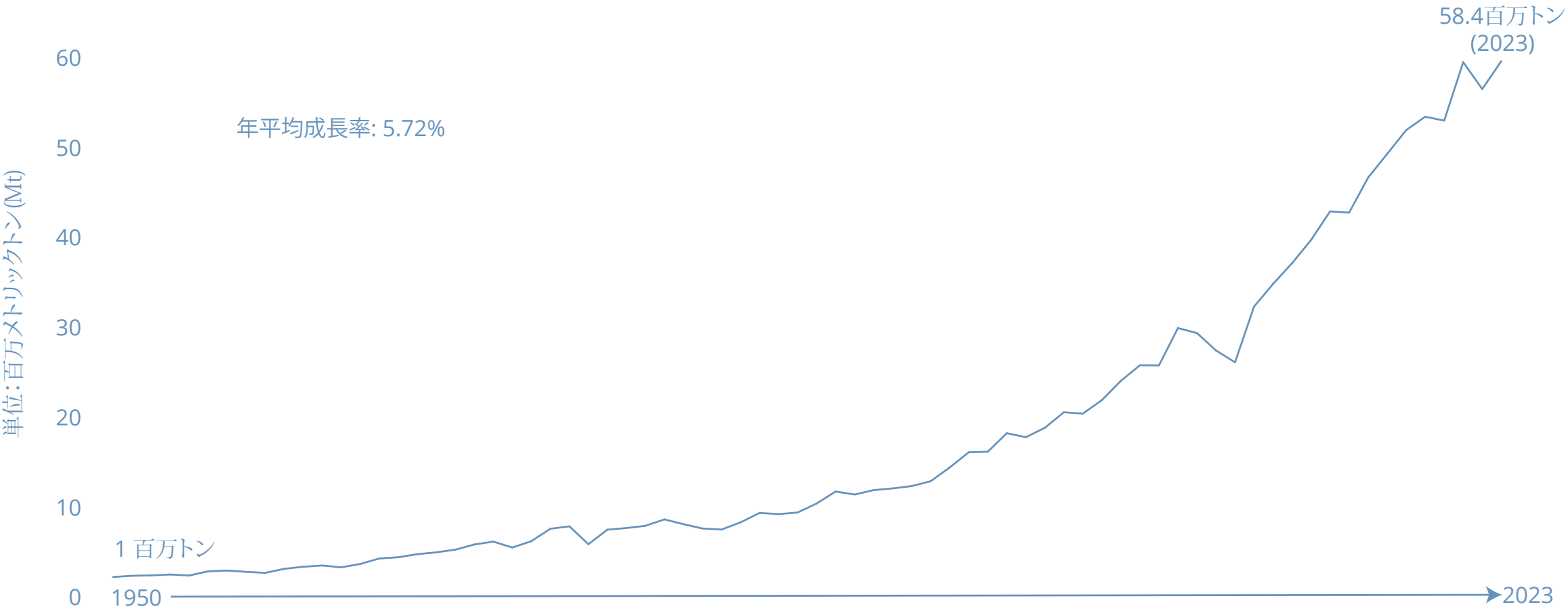


表1 セクター別のステンレス平均耐用年数
出所:KIT and Team Stainless (2022)

セクター	平均耐用年数 (年)	主な更新要因
建設・インフラ	50	併用材の劣化
自動車	14	最新技術の開発と販売戦略
輸送機器	30	併用材の劣化
産業用機械	25	併用材の劣化
家電製品	15	流行と販売戦略
金属製品	15	最新技術の開発

図2は、発生したステンレススクラップとその利用がどのように結びついているかを示す全体像です。

最近完了したKITのストック&フロー調査によれば、製品寿命を迎えたステンレス製品の95%がリサイクル回収されています。そのうち74%が新たなステンレス鋼の製造に直接再利用され、21%は普通鋼や低合金鋼の製造に再利用されています。

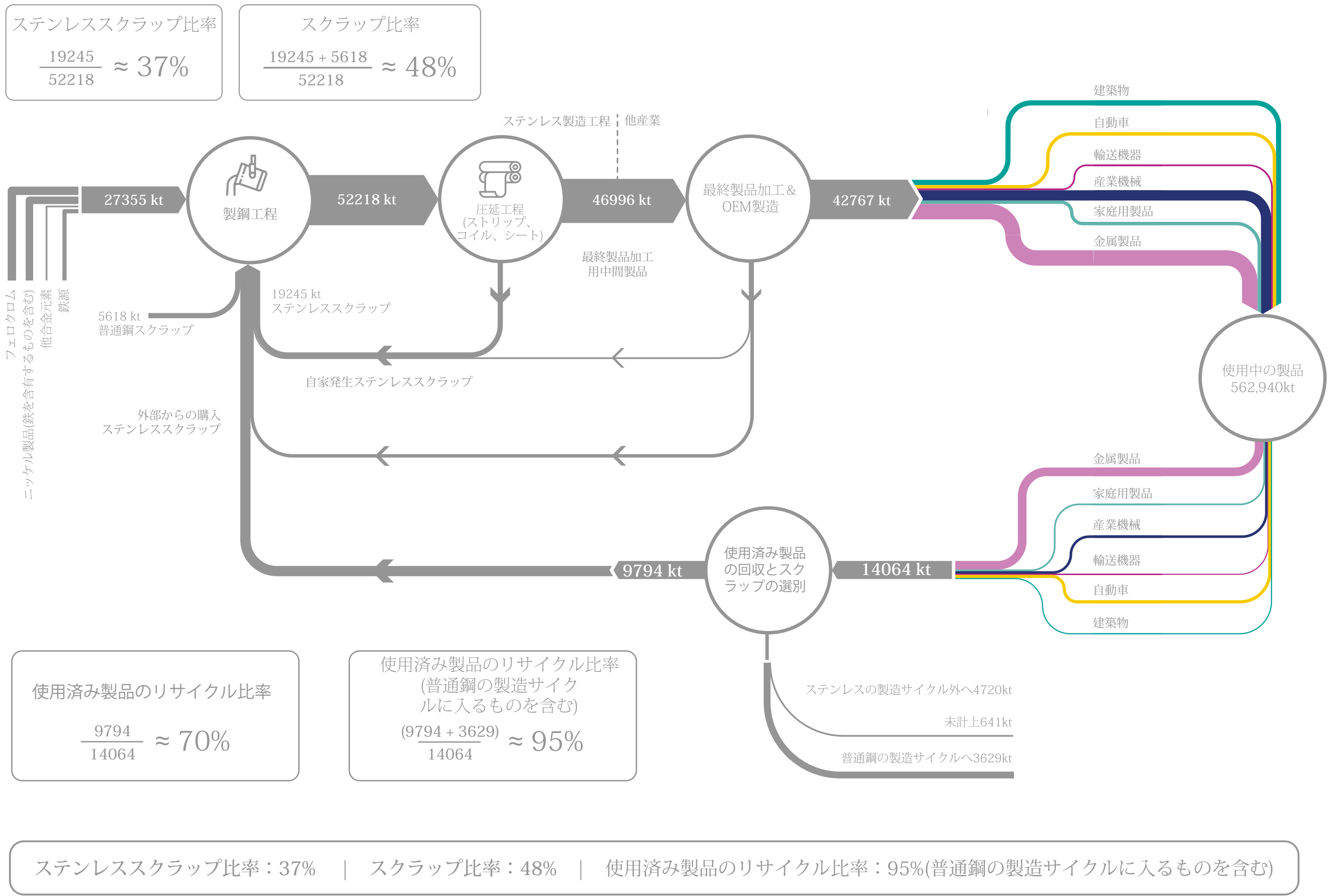
世界的に見れば、ステンレス鋼の製造に使用される材料の約50%はスクラップ(ステンレス鋼及び普通鋼スクラップ)であり、残りの約50%は他の原料で構成されています。KITの調査(2022年)では、ステンレス鋼が使用される主な6つの用途のライフサイクルに関する重要な推定が示されています(表1参照)。

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)



OEM = Original Equipment Manufacturer kt = キロトン

CO₂排出量について

ここ数十年で、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識されるようになりました。その結果、CO₂排出量を測定し管理するための新たな環境政策が打ち出されています。ステンレス業界も他の業界と同様、その排出状況を定量化し、公表しています。

worldstainlessが行なった最近のサステナビリティ調査(2007年から2024年)では、ステンレス鋼の製造及び使用による排出量は概ね低いことが示されています。

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、ステンレス鋼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)製造方法に基づくもの

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されています。

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、ステンレス鋼1トンあたり0.41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85%が0.20～0.50トンの間に位置しています。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、ステンレス鋼1トンあたり0.39トンです。この数値は2023年に報告された平均値0.45トンから減少しています。特定の地域における電源構成の変化がScope 2排出

量にプラスの影響を与え、過去のデータよりも低い値を示し始めています。

Scope 3排出量

Scope 3排出量はこれまでの2つと同じように定義できません。というのも、リサイクル材料(ステンレススクラップと低合金スクラップ)の使用量とScope 3排出量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%～97%のデータしか得られていません。これらのデータに基づくScope 3排出量はそれぞれ以下の通りです。



- スクラップ使用率50%;ステンレス鋼1トンあたりのCO₂排出量2.90トン
- スクラップ使用率75%;ステンレス鋼1トンあたりのCO₂排出量1.65トン
- スクラップ使用率85%;ステンレス鋼1トンあたりのCO₂排出量1.15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67%であることが明らかになります。

リサイクル材料の使用率が50%の場合、Scope3排出量は排出量全体の78%を占めることになります。

リサイクル材料の使用率が30%になると、Scope3排出量は排出量全体の88%を占めるようになります。

こうして見ると、Scope3排出量が排出量全体にどのように影響を及ぼすかが分かります。

このグラフは、スクラップ使用率が40%未満の場合、推定値を使用しています。

NPIの生産では(地理的な要因で振れ幅はあるものの)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鋼の製造に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)ステンレス鋼

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%でNPIを全く使用しない場合のScope 3排出量は、ステンレス鋼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。

worldstainlessは、ステンレス鋼の原料調達から製品出荷までに排出されるCO₂量を段階的に削減すると期待される技術の進化や電源構成の変化、そして原材料の動向を引き続き注視していきます。

図3 スクラップを使用した場合の実際のCO₂排出量、およびNPIを使用した場合のCO₂排出量(推定値)
出所:ワールドステンレス(2024)

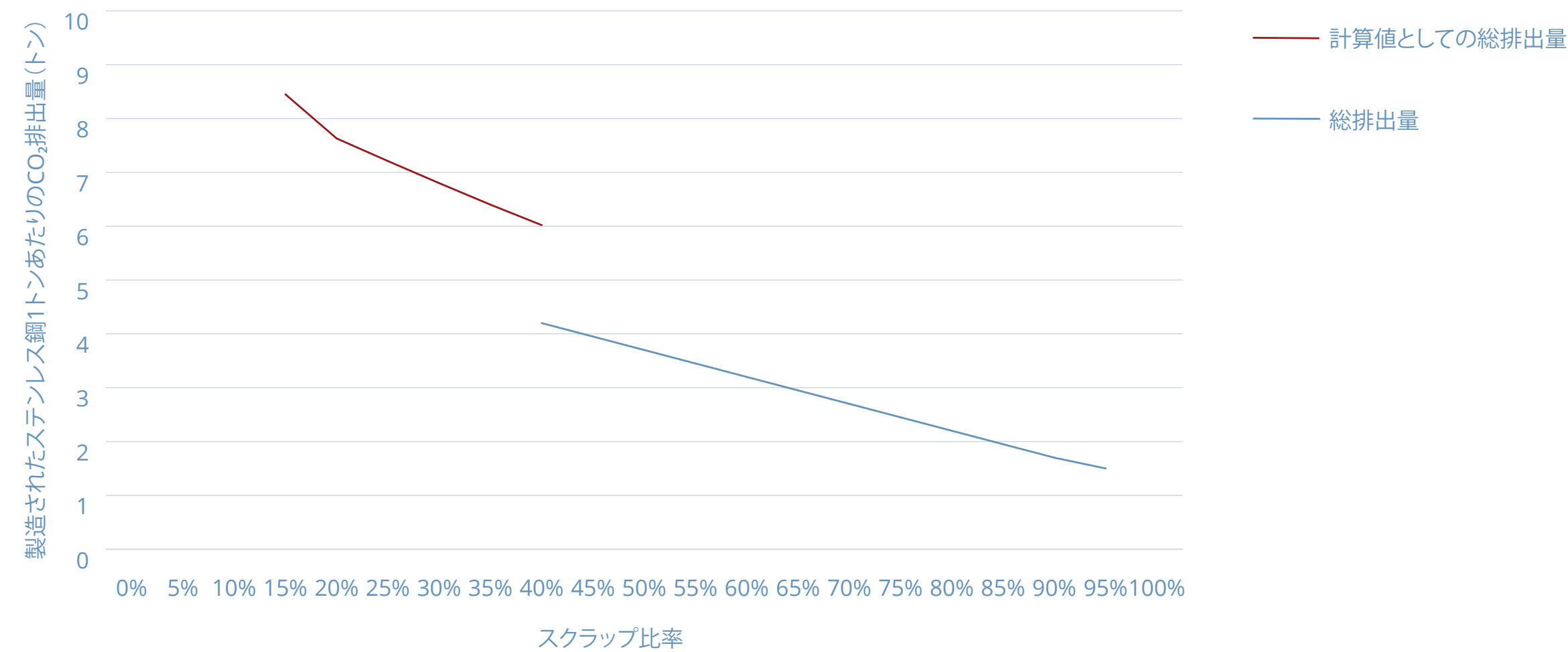


表2 CO₂排出量のデータ(2022年度)
出所:ワールドステンレス(2024)・ワールドスチール

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

	スクラップ比率	ステンレス鋼1トンあたりのCO ₂ 排出量(トン)	Scope 3の割合
Scope 1排出量		0.41	
Scope 2排出量		0.39	
Scope 3排出量	85% スクラップ	1.15	59%
	75% スクラップ	1.65	67%
	50% スクラップ	2.90	78%
	30% スクラップ	6.00	88%
CO ₂ 総排出量 CO ₂ (トン)/ステンレス(トン)	85% スクラップ	1.95	
	75% スクラップ	2.45	
	50% スクラップ	3.70	
	30% スクラップ	6.80	
普通鋼のCO ₂ 排出量		1.91	

使用期間110年にわたる各種鋼材のCO₂排出量

図4 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。

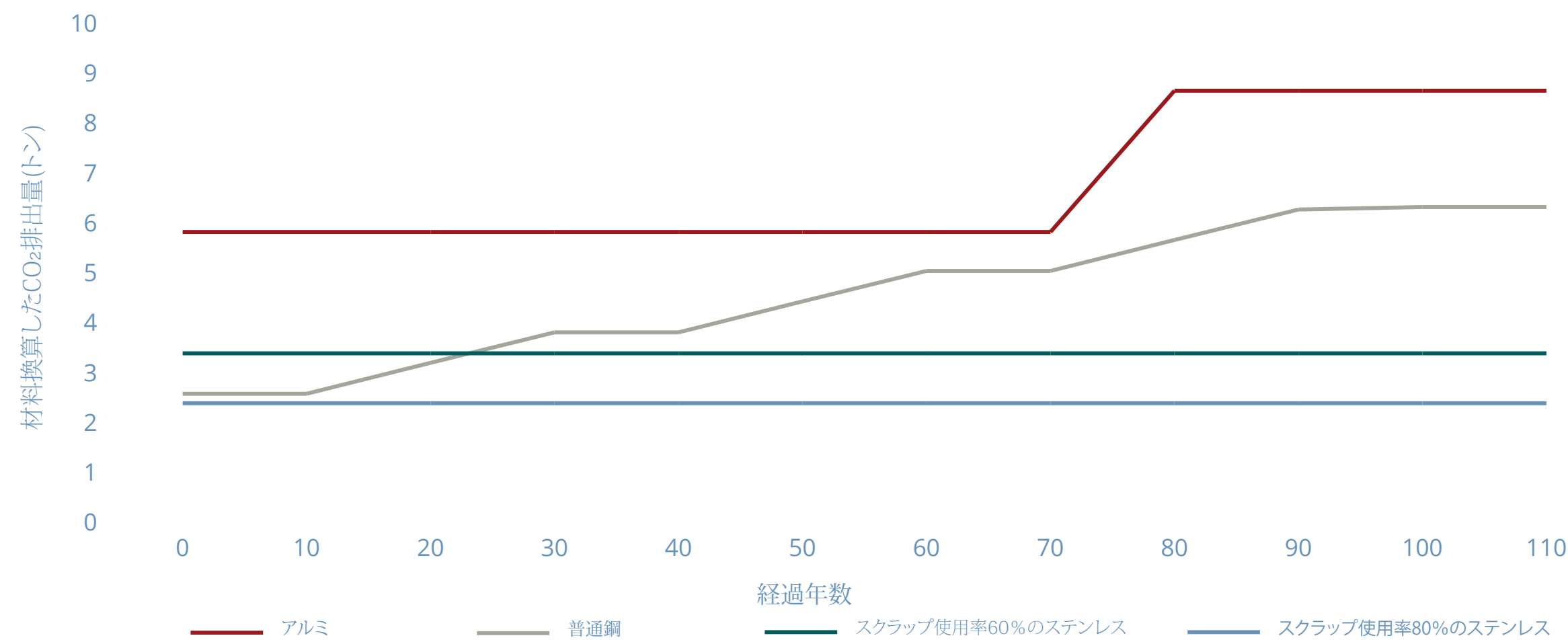


図4はステンレス鋼、普通鋼、アルミニウムの製造及びメンテナンスに伴うCO₂排出量を示したものです。ステンレス鋼については、それぞれ

リサイクル材料使用率80%と60%の二種類のステンレス鋼に関するデータを示しています。このデータは、各鋼材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量を含んでいます。

普通鋼は腐食を抑制するために定期的なメンテナンスが必要で、そのためCO₂排出量は10年ごとに増加します。

ステンレス鋼とアルミニウムは不動態皮膜を持ち、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111年であることから、110年から先のステンレス鋼の耐用年数はまだ分かっていません。

CO₂排出量及びリサイクル率のデータは、各業界から提供された数値に基づいています。

アルミニウムの密度はステンレス鋼や普通鋼の約3分の1であることを考慮し、データを下方修正しています。

ライフサイクル排出量

ステンレス鋼を含む鉄鋼製品は、CO₂を多く排出する環境に優しくない素材の一例と見なされることがありますが、果たして本当にそうでしょうか。

これまで述べてきたように、ステンレス鋼の製造過程において一定量のCO₂が排出されることは事実です。しかしながらステンレス鋼は再利用可能で、耐久性や耐食性に優れ、メンテナンスの必要性が少なく、長く使用できる素材です。

ライフサイクル全体におけるCO₂排出量を考えるとき、製品が作られてからその役割を終えるまでの全ての過程における排出量を検討し、各過程で何がどの程度の頻度で発生するかを考慮する必要があります。ライフサイクルの過程には、素材の製造、輸送、加工、加工品の輸送、設置、メンテナンス、交換、そしてリサイクルがあります。

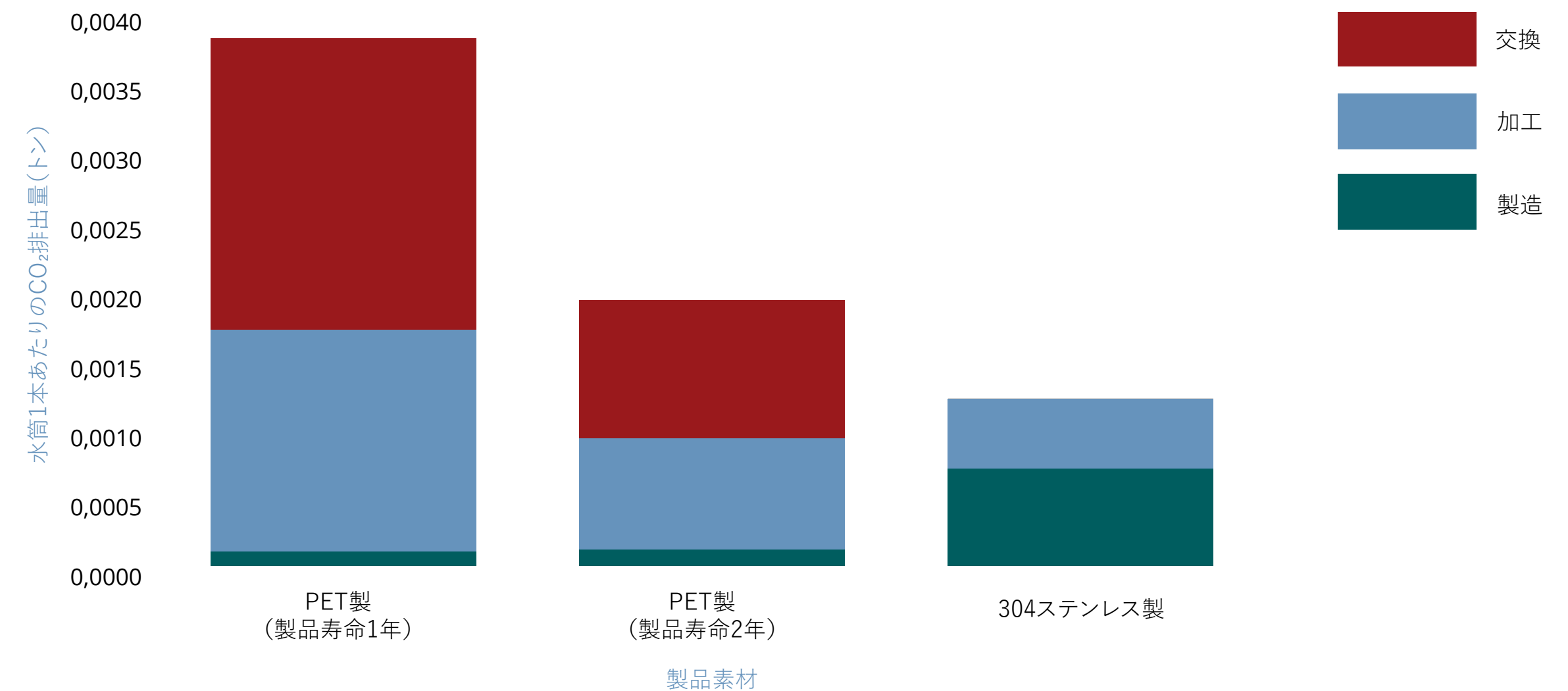
例：水筒のライフサイクル

プラスチック製の水筒の平均的な使用期間は1年または2年です。20年間水筒を使用するときの、304ステンレス製とPET樹脂製（製品寿命1年または2年）の水筒を使用した場合のそれぞれのライフサイクルCO₂排出量は図5のように表すことができます。

304ステンレス製の水筒は、素材製造時のCO₂排出量が多いものの、それ以降の過程におけるCO₂排出量は比較的少なく、ライフサイクル全体でのCO₂排出量は最も少なくなっています。一方、PET樹脂製の水筒は、素材製造時のCO₂排出量は非常に少ないものの、交換や廃棄、そして現時点では限定的な水準に留まるリサイクル率の影響で、CO₂排出量が非常に多くなります。PET樹脂製の水筒は製品寿命が短く、頻繁に交換する必要があるからです。

主要な製品や設備では、ライフサイクルCO₂排出量の約70%が使用や運用の段階で発生し

図5 20年間にわたる水筒のライフサイクルCO₂排出量
出所：ワールドステンレス(2023)



ます。水筒もその一例であると言えます。そのため、適切な材料の選定が重要なのです。

確かに、比較する素材によっては、ステンレス鋼の方が製造過程でのCO₂排出量が多いことがあるのは事実です。しかし、全体的に見れ

ば、これまで述べてきたように、ステンレス鋼がライフサイクルCO₂排出量という点で優れた素材であることは明らかです。また、スクラップ使用率の向上や再生可能エネルギーの利用拡大により、将来的には製造過程でのCO₂排出量が更に削減されることが期待されます。

まとめ

ステンレス鋼の製造により排出されるCO₂量は比較的少ないものの、それはあくまで一部の情報しか反映していないと言えるでしょう。

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

における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点で、より説得力のある、新しい視点をもたらします。

劣化せず、また大幅なメンテナンスや部分的な交換の必要がない材料を選択することで、これまでとは異なる、はるかに低いCO₂排出特性を実現できるのです。

用途に応じた材料の比較やサステナビリティモデルに関する詳しい情報については、info@worldstainless.orgまでお問合せ下さい。



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
- 経済及び業界に関する優れた統計の提供
- 業界における安全衛生のニーズと発展の支援
- 市場開発と拡大の機会の提示
- 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

