

ステンレス鋼とCO₂排出に関するデータ





目次

- はじめに
- 一般的事実
- 主要用途部門におけるステンレスのライフ・サイクル
- CO₂ 排出について
- 各種鋼材を110年間運用した際のCO₂排出量
- 付属資料
- 参考文献

はじめに

2022年1月

他の全ての産業と同様、ステンレス業界もCO₂排出削減に努力しています。

ここでステンレス鋼業界には大きく分けて下記の2つの生産システムがあることを述べておく必要があります。

1. まず1つ目は、スクラップを用いた製造方法です。廃棄されたステンレス鋼やその他鉄屑が新たなステンレス鋼の製造に再利用されます。スクラップを用いた製造は、スクラップが比較的入手しやすい地域で多く操業されており。
2. もう一方で、ニッケル銑鉄(以下NPI)を用いた製造では、ステンレス鋼生産のために必要なニッケル分のすべてはスクラップから賄うことができないため、ニッケル鉱石から生産されたNPIを用います。この製造方法はステンレススクラップの入手が限られた地域で多く見られます。

世界のすべての地域でステンレススクラップを用いた製造のみを行うには、現在のスクラップの供給量では不十分であり、この状況は今後、数十年は続くと見られています。

この広報資料の目的は、ステンレス業界のCO₂排出の実態と排出源を明確にすることです。

そのためにCO₂排出源を次の3つのScopeに分類しました。:

- a. データ提出企業に所有または管理されている操業から直接排出されたCO₂をScope 1 emissionsと呼びます。
- b. データ提出企業が購入または取得した電気、水蒸気、加熱及び冷却のためのエネルギーを生み出す際に排出されたCO₂をScope 2 emissionsと呼びます。
- c. データ提出企業よりも川上で発生した全ての非直接的なCO₂排出をScope 3 emissionsと呼びます。ここには原料鉱石の採集やその後の工程や運搬で排出されるCO₂が含まれ、そこで必要とされた電力も含まれています。

注記：現状ではNPIの生産と、それに向けたニッケル鉱石の採集に関するデータをステンレス製造企業からは得られていません。これは各国ごとの情報開示に関する法規制も関係しています。しかし、その他の業界団体から得られるデータもあり、のちで紹介する有効な指標となるデータ作成のためにそれらを使用しました。

この調査により、我々はステンレス生産に関連する主要なCO₂排出源を特定し、ステンレス生産工場の「ゆりかごから出口(製造所からの出荷)まで」のCO₂排出について理解する事が出来るようになります。

一般的事実

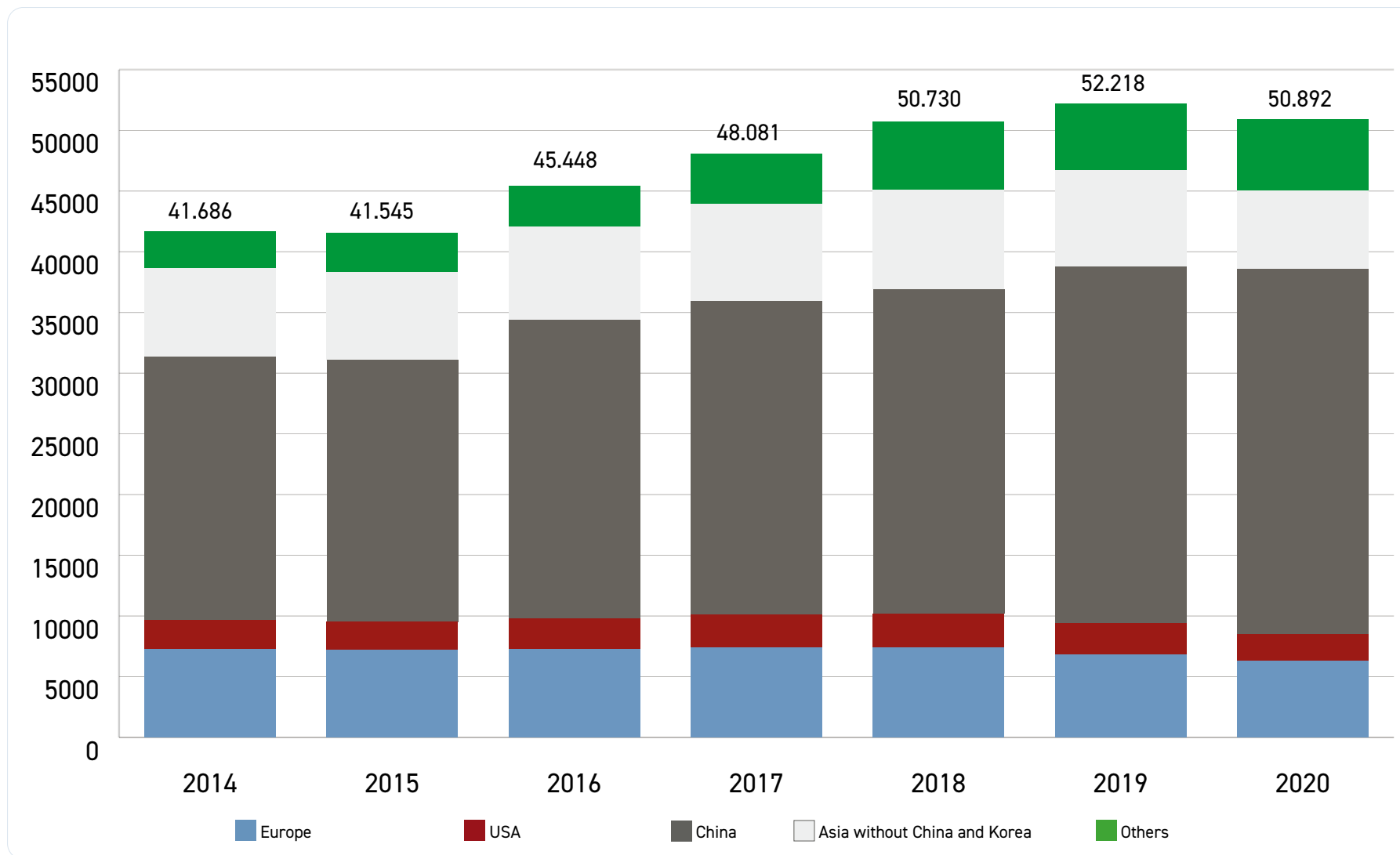
ステンレスは、最低10.5%のクロムを含有する、非常に用途が広い金属群の呼称です。クロムはこれらの金属の「さびない」特性にとって不可欠な原料です。他の合金元素（ニッケル、モリブデンや銅など）は広範な機械的および物理的特性を付与しています。

ステンレスの用途は家庭用刃物から化学産業の反応タンクなど、広範囲に亘ります。ステンレスはその腐食や汚れへの耐性と、低メンテナンス・コストと100%のリサイクル率により、多くの用途で理想的な材料となっています。実際、その優れた機械的性質により、ビルや鉄道、地下鉄、トンネルや橋などにも使われています。またステンレスは洗浄しやすく、非常に衛生的なため、食品の保存庫や輸送車両などにも多く使われます。さらに、蒸気洗浄や殺菌が出来、更なる表面処理が不要なため、業務用厨房や食品加工工場でも使われています。

ステンレス業界においてスクラップは高い価値を持っていますが、スクラップの入手のしやすさについては不均衡があり、特に新興国では制約が大きくなっています。スクラップの入手性にはステンレス鋼の高い耐久性が影響しており、例えば建築物に使用されたステンレスは長期にわたりそこで使用されることができ、その建物が取り壊されるまではリサイクルすることができません。



図 1 国別ステンレスの粗鋼生産 (単位=千トン)
 その他：ブラジル、ロシア、南アフリカ、韓国、インドネシア
 Source: ISSF, 2021

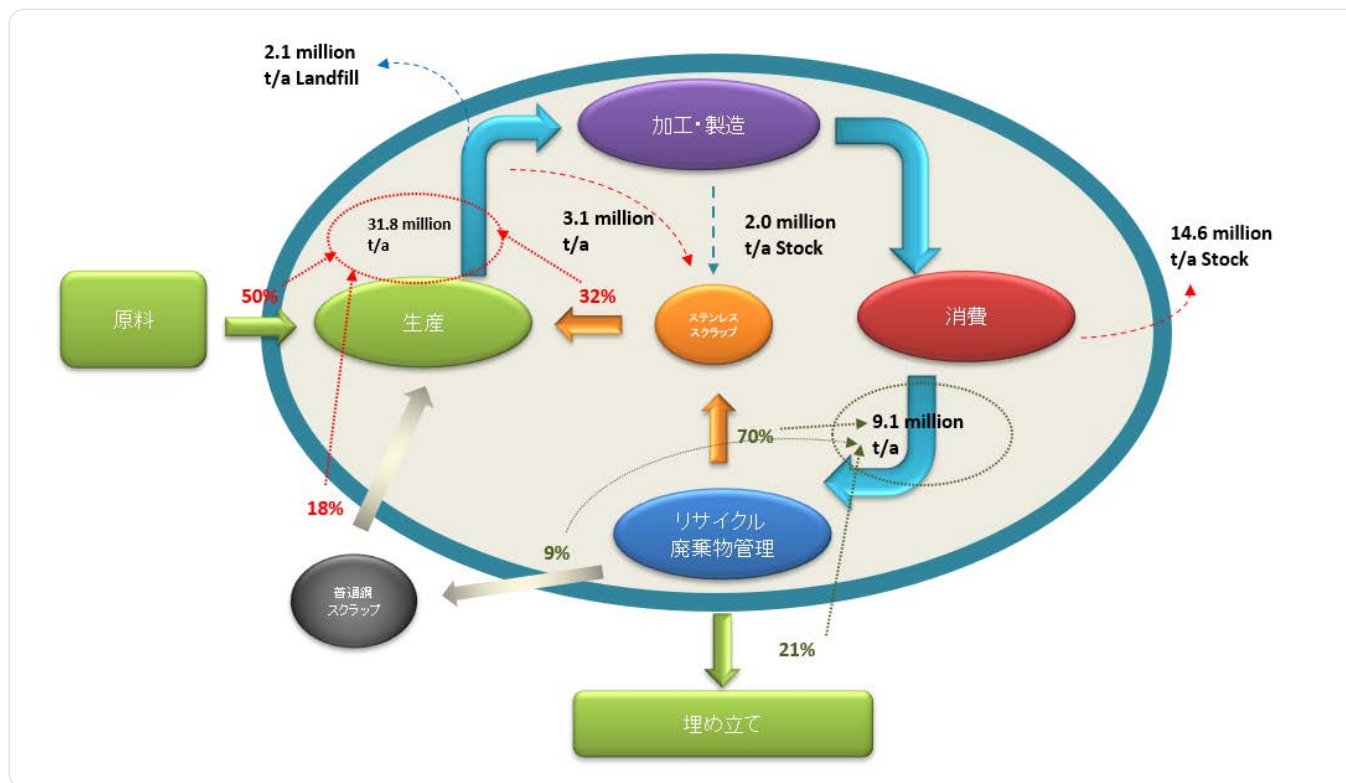


ステンレスは100%リサイクル可能なので、各種材料の中で最も高いリサイクル率を誇るものの1つです。製品寿命終了後、少なくとも85%がリサイクルされていると推定されます(表 1)。ステンレス・スクラップの種類、場所及び発生量により、EAFによる製造プロセスには経済的利点があります。更に、ステンレスのリサイクル・システムは非常に効率的で、行政からの補助金も必要としません。

過去20年間で、世界のステンレス生産量はおよそ6億7千万億トンとなりました(図 1)。世界の年間生産量はこの間に1.9千万トンから5千万トン以上へと増加しました。世界のステンレス消費の伸びは各主材料の中で最も高いものとなっております(ISSF, 2021)。これにはステンレスの100%リサイクル率、再使用性、耐久性、低メンテナンスおよび安全性がこの成長の要因と言えるでしょう。

図 2はステンレスの流れがスクラップの回収と利用で結びついていることを示しています。エール大学によれば、ステンレスを生産する原料の約50%はスクラップ(ステンレスと普通鋼)であり、フェオアロイはステンレス生産に使われる原料の50%程度です。エール大学による研究(2013)は6つの主要部門におけるステンレス製品の寿命推定も行なっています(表 1)。

図 2 ステンレスのライフ・サイクル, 2015 (年間トン数=単位: 百万トン)
出所: エール大学・ISSF ステンレス・プロジェクト、2019





主要用途部門におけるステンレスのライフ・サイクル

主要用途部門	平均寿命	埋立地へ移送	リサイクル用回収率		
			全体	ステンレスとして	普通鋼として
ビル・インフラ	50	8%	92%	95%	5%
輸送（車）	14	13%	87%	85%	15%
輸送（その他）	30				
産業機械	25	8%	95%	95%	5%
家庭用品 および 電子用品	15	30%	70%	95%	5%
金属製品	15	40%	60%	80%	20%

表 1 主要用途部門におけるステンレスのライフ・サイクル
出所：エール大学・ISSF ステンレス・プロジェクト、2019

CO₂ 排出について

過去の数十年において、CO₂排出が社会の主要関心事の1つになってきました。その結果、CO₂排出量を測定・管理する新しい環境政策が打ち出されました。ステンレス産業も、他の産業と同様に、その排出状況を定量化し、発表しています。

近年（2007年から2018年）ISSFが行なった調査は、ステンレスの生産及び使用に関連する排出量が僅かであることを示しています。

ステンレス製造過程におけるCO₂排出量の定量化を行うために、前述したとおりCO₂排出をScope1, scope 2, scope 3に分類しています。

ここで注意ですが、ここで示されているデータはスクラップを用いたステンレス鋼の製造法を主に代表しており、NPIを用いた製造法について試算されたデータは、あくまでも参考値であることをご了承ください。

直接的生産に関する排出 (scope 1 emissions)

2021年のデータコレクションを元にしたISSFの計算では、スクラップを用いた製造法でステンレス生産中に排出されるCO₂量は、ステンレス1トンあたり0.39トンです。これにはステンレス生産工場で消費される燃料からのCO₂排出量も含まれています。回答企業のうちの80%が0.20~0.60トンの間に位置していました。

工場でのステンレス生産に必要な電力に関連するCO₂排出 (scope 2 emissions)

2021年のデータコレクションを元にしたISSFの計算では、スクラップを用いたステンレス生産に必要な電力に関連するCO₂排出量はステンレス1トン当たり0.49トンになります。回答企業のうちの93%が0.30~0.70トンの間に位置していました。

鉱石とフェロアロイ生産によるCO₂排出 (scope 3 emissions)

Scope 3についてはこれまでの2つとは少し異なる考え方となります。と言うのも、リサイクルして使用されるスクラップの量がScope 3の排出量より直接的な影響を与えるためです。より高いスクラップ利用率が、より低いScope 3での排出量

をもたらします。

ISSFでの当調査ではスクラップ利用率が40%~90%のものしか得られておらず、そのほとんどが利用率50%~85%の範囲内にあり、それぞれ下記のような排出量となっています。

- スクラップ利用率50%；ステンレス1トン生産するにつきCO₂排出量2.45トン
- スクラップ利用率75%；ステンレス1トン生産するにつきCO₂排出量1.59トン
- スクラップ利用率85%；ステンレス1トン生産するにつきCO₂排出量1.25トン

このスクラップ利用率とCO₂排出量の相関性は、スクラップ利用率40%以下でも適用できると予想することはできません。なぜならそのあたりからNPIを用いた製造が主流となるためです。NPI生産では、ニッケル1トンを生産するのに60~85トンのCO₂が排出されるとされています（地理的な情報に基づく）。つまり、8%ニッケルのステンレス鋼を造るのにNPIを用いた場合、Scope 3におけるCO₂排出量は、ステンレス1トン生産するにつきCO₂排出量は4.0~6.0トン増加すると想定されま（スクラップ使用率40%と比較した場合）。

注記；比較のために記載すると、スクラップ使用率40%で、NPIを全く使用していない場合のScope 3での排出量はステンレス1トン生産あたり2.8トンとなっています。

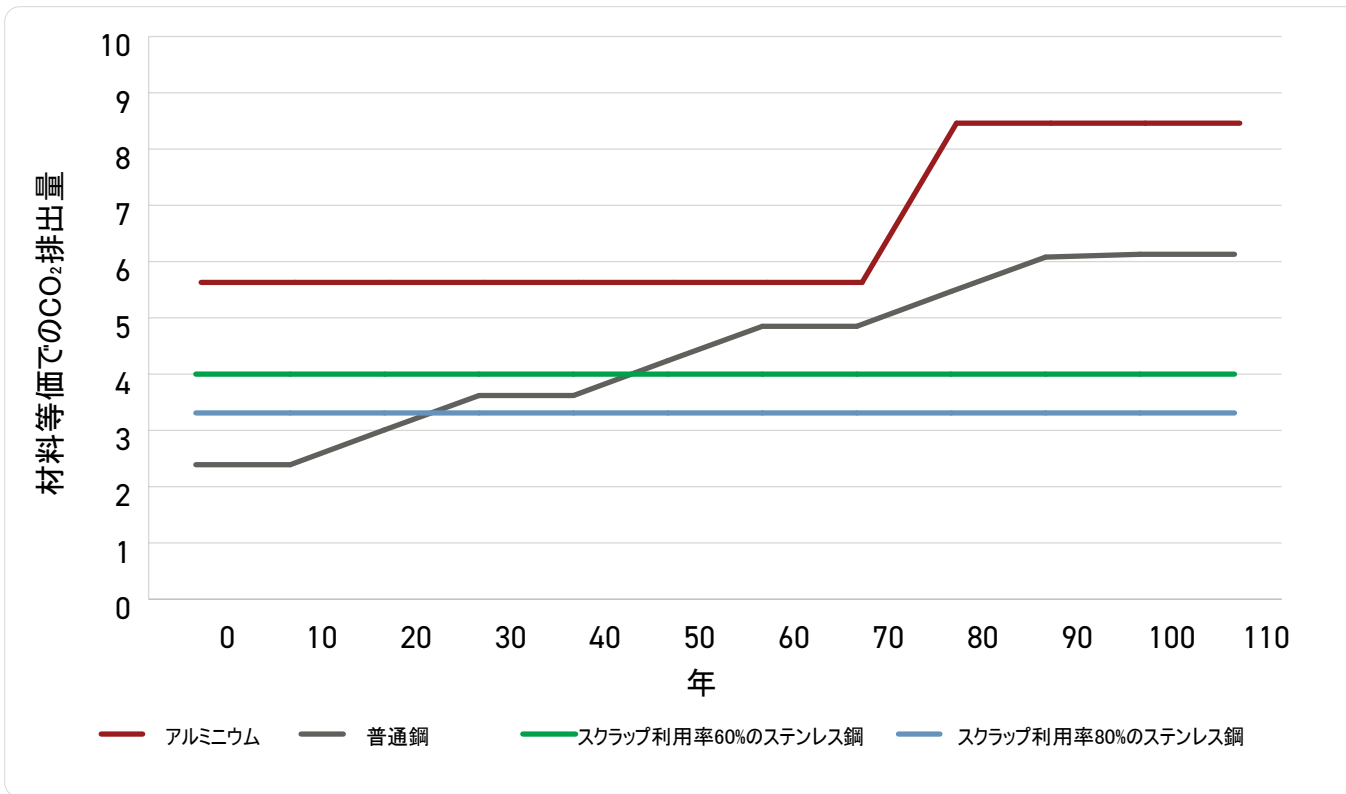
排出量のまとめについては図2で示しています。



表 2 スクラップ利用率別ステンレス鋼生産におけるCO₂平均排出量
備考欄に*calculated data*と記載があるものについてはあくまでも参考値です。また、NPI製造におけるScope1, 2についてもデータを得られていないため調整していません。

Scrap %	NPI %	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Total	Comments
90%		0.39	0.49	1.07	1.95	ISSF Member data
80%		0.39	0.49	1.42	2.30	ISSF Member data
70%		0.39	0.49	1.76	2.64	ISSF Member data
60%		0.39	0.49	2.11	2.99	ISSF Member data
50%		0.39	0.49	2.45	3.33	ISSF Member data
40%	30%	0.39	0.49	5.24	6.12	Calculated data
30%	35%	0.39	0.49	5.99	6.87	Calculated data
20%	41%	0.39	0.49	6.83	7.71	Calculated data

図 3 各種鋼材を110年間運用した際のCO₂排出量
 このデータはInternational Stainless Steel Forumと、World Steel Association、Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) から得た材料の製造と加工におけるCO₂排出量をもとに作られています。



各種鋼材を110年間運用した際のCO₂排出量

図3はステンレス鋼と普通鋼、アルミニウムの製造とメンテナンスによって排出されるCO₂排出量を示しています。ステンレス鋼についてはスクラップ利用率60%と80%の二つのパターンを示しています。

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) と定期的なメンテナンス作業で排出されるCO₂量で構成されています。

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あるため排出量は10年毎に増加します。ステンレス鋼とアルミニウムについては不動態皮膜により定期的なメンテナンスは普通鋼ほどには必要とせずCO₂排出量も増加しません。ステンレス鋼業界の歴史が108年という事もあり、110年から先のステンレス鋼の耐用年数は現在のところ分かっていません。

この表は各産業からのデータを基にしております。

アルミニウムについてはその密度がステンレス鋼や普通鋼の3分の1ほどであるため、データも下方に調整しております。



付属資料

Scope 1 emissions		0.39
Scope 2 emissions		0.49
Scope 3 emissions	85% scrap	1.25
	75% scrap	1.59
	50% scrap	2.45
	30% scrap	5.99*
総CO ₂ 排出量 (CO ₂ トン/ステンレス1トン当たり)	85% scrap	2.13
	75% scrap	2.47
	50% scrap	3.33
	30% scrap	6.87*

表 4 総排出量
出所: 2019 ISSFデータ、2021
*計算上のデータ



参考文献

1. 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.
2. Julia Pflieger and Harald Florin, Life Cycle Inventory on Stainless Steel Production in the EU. PE International, 2009.
3. Pascal Payet-Gaspard, Stainless Steel: Sustainability and Growth. Presentation at the CRU Conference, November 2009.
4. Barbara Reck and T.E. Graedel, Comprehensive Multilevel Cycles for Stainless Steel in 2010 Final Report to the International Stainless Steel Forum (ISSF) and Team Stainless, Yale University, 2013
5. Barbara Reck, Marine Chambon, Seiji Hashimoto and T.E. Graedel, Global Stainless Steel Cycle Exemplifies China's Rise to Metal Dominance
6. LCI/LCA Study: The development of the life cycle inventory. PE International, 2008.
7. Scrap Survey. ISSF, 2008.
8. What Makes Stainless Steel a Sustainable Material? ISSF, 2009.
9. Jeremiah Johnson, B.K. Reck, T. Wang and T.E. Graedel, The energy benefit of stainless steel recycling. Energy Policy, Vol. 36, Issue 1, pp 181-192, 2008.
10. Worldsteel Studies: Application of the Worldsteel LCI Data to Recycling Scenarios. World Steel Association, 2008.
11. Accounting for steel recycling in Life Cycle Assessment studies. World Steel Association, 2009.
12. ISSF Stainless Steel in Figures 2021
13. NPI production emissions calculated from data supplied by Skarn Associates / Macquarie 2021
14. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

worldstainless.org