

# ステンレスとCO2： 事実と科学的観察





## ステンレスと CO2 : 事実と科学的観察

本広報資料は ISSF のために SCM (Société de Calcul Mathématique) が作成したものです。(2010年6月3日)

他の全ての産業と同様、ステンレス業界も CO2 削減に努力しています。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。こうした目的を達成するために、次の3か所からの CO2 排出を定量化しました。

1. 鉱石の採掘と調合、フェロアロイの生産およびこれらのプロセスに関連する電力需要
2. ステンレス業界内で消費される電力
3. ステンレス工場での生産プロセス

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「ゆりかごから墓場まで」の CO2 排出に関する業界の責任をよりよく理解することができます。

### 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」特性にとり不可欠です。他の合金元素(ニッケル、モリブデンや銅など)が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、蒸気洗浄や殺菌ができ、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 (ISSF,2009)。

ステンレスの製造方法は基本的に2通りあります。鉱石を主原料とする方法とリサイクル材を原料とする方法です。最初の方法は高炉(BF)を使用し、主要原料は石炭と鉱石です。2番目の方法は電気炉(EAF)を使用し、主要原料はスクラップと電力です。EAFによるプロセスがステンレスの主要な製造方法となっています。事実、新しいステンレスの 80%(推定)以上が EAF を使って作られています (ISSF,2009)。

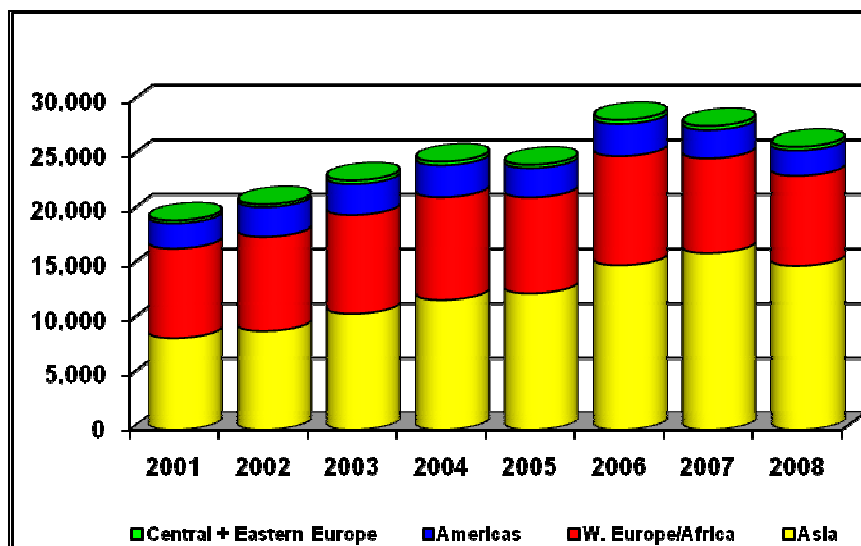


ステンレス産業にとって、スクラップは高い本質的価値を持っています。唯一の制約はその発生量ですが、この問題は特に新興国において深刻です。ステンレスには耐久性があるため、スクラップの発生量が制限されます。例えば、ステンレスがビルに使われた場合、何年もそのまま残り、ビルが解体されるまで再利用できません。

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 70%がリサイクルされていると推定されます(表 1 参照)。ステンレス・スクラップの種類、場所および発生量によって、EAF による製造プロセスには経済的利点が出てきます。さらに、ステンレスのリサイクル・システムは非常に効率的で、補助金を必要としません。

過去 8 年間で、世界のステンレス生産量は 1.9 億トンを超えました(図 1 参照)。世界の年間生産量はこの 8 年の間に 2 千万トンから 2.5 千万トンに増加しました。世界のステンレス消費の伸びは各種材料の中で最も高いものです (ISSF,2009)。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 1 : ステンレスの粗鋼生産 (2001-2008、単位=1000トン)



(出所:ISSF,2009)

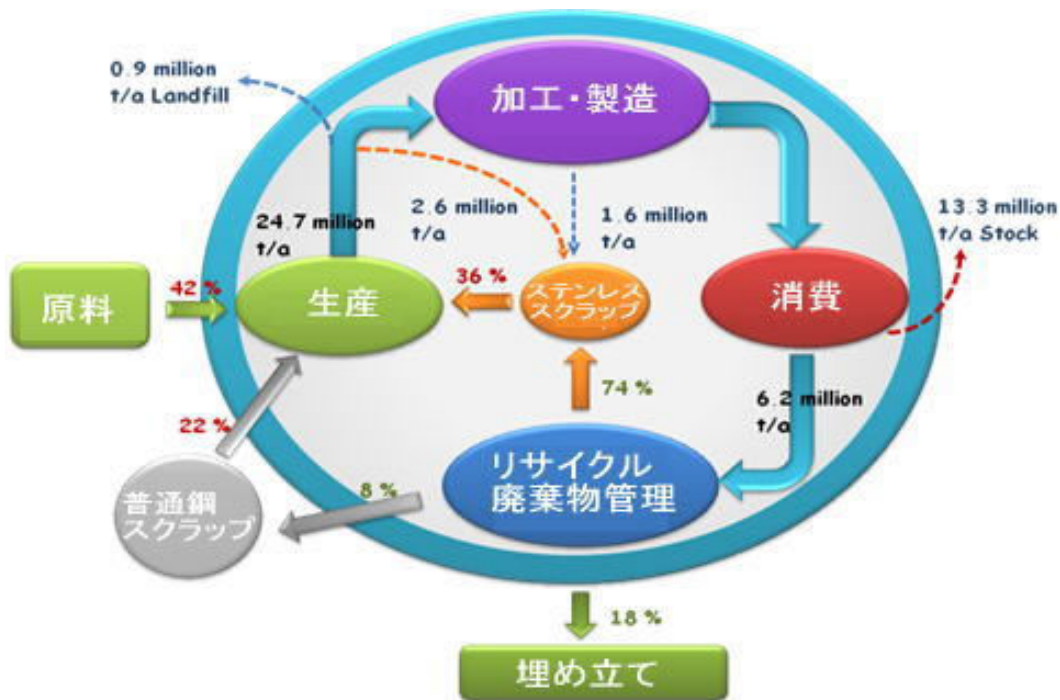
## ステンレスのライフ・サイクル

エール大学(2009)がステンレスのライフ・サイクルにおける 4 つの主要な段階を下記の通り説明しています。

1. 粗鋼から各種製造業で使われる鋼板や条鋼の生産までをカバーする全般的生産プロセス
2. ステンレス製品が各種需要部門で最終製品を作るために製造・加工されるプロセス
3. 最終製品がエンド・ユーザーに使われ、ステンレスが1つの製品としてその寿命を終えるまで残存する段階
4. 製品寿命を終えた製品が、リサイクルあるいは埋め立て地に処分されるかの、リサイクル/回収プロセス

ステンレスの一般的ライフ・サイクルは図2の通りです。図のデータは2005年の原料、最終製品、リサイクル・廃棄ステンレスの流れを示しています。

図2： ステンレスのライフ・サイクル、2005（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、2009)

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60%はスクラップ(ステンレスと普通鋼)であり、原料(フェロアロイ)はステンレス生産に使われる材料の45%未満です。エール大学による研究(2009)は6つの主要用途部門におけるステンレス製品の寿命推定も行っています。



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

主要用途部門	製造に使用されるステンレス最終製品	平均寿命 (年)	埋め立て 地へ移送	リサイクル用回収率	
				全体	ステンレスとして
ビル	16%	50	8%	92%	95%
輸送	21%	14	13%	87%	85%
産業機械	31%	25	8%	92%	95%
家庭用品	6%	15	18%	82%	95%
電子用品	6%	-	40%	60%	95%
金属製品	20%	15	40%	60%	80%
総計	100%	22	18%	82%	90%

(出所：エール大学／ISSF ステンレス・プロジェクト、2009)

## CO2 排出

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。最近(2005年と2007年)、ISSFが行ったサステナビリティ調査は、ステンレスの生産およ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。

ステンレスの生産中に排出される CO2 を明確に定量化するために、次の 3 か所からの CO2 排出量を特定します。

1. 鉬石の採掘、調合とフェロアロイの生産、およびこれらのプロセスに必要な電力需要
2. ステンレス生産に必要な発電
3. ステンレス工場での生産プロセス

## 鉬石とフェロアロイの生産による CO2 排出

ステンレス生産プロセスのこの部分には原料の採掘とバージン・クロムとニッケルの生産に関連したプロセスおよび普通鋼のスクラップからの CO2 排出を含みます。採鉬とフェロアロイ



生産に必要な電力もこれに含まれています。

ステンレス生産に必要な主原料はステンレス・スクラップ、普通鋼スクラップおよびフェロニッケル、フェロクロムやフェロモリブデンなどのフェロアロイです。各原料の採掘に関連するCO<sub>2</sub>排出量は表2の通りです。

**表2：ステンレス生産に必要な原料からのCO<sub>2</sub>排出**

原料(CO <sub>2</sub> トン/トン)	元素含有量
8.7	フェロニッケル中のニッケル含有量 32%
6.0	フェロクロム中のクロム含有量 56.5%
8.5	フェロモリブデン中のモリブデン含有量 67%
1.4	普通鋼スクラップ中の Fe 含有量 100%

(出所: 2003 年度フェロニッケル LCA データは NI の 2000 年度データを修正、2007 年度バージョン・フェロクロム生産 LCI は ICDA 提供、IMOA2005 年度データ、CO<sub>2</sub> スクラップ値は WSA 2000 年度 LCI 調査より)

ステンレスを(スクラップを使わずに)原料だけで生産した場合には、フェロアロイ生産によるCO<sub>2</sub>排出量はステンレス1トン当たり4.2トンになります。しかし、ステンレス・スクラップの使用量が増加するに従い、CO<sub>2</sub>排出量は減少します。

平均して、1トンのステンレスを生産するために約36%のステンレス・スクラップ(ISSF Scrap Survey 2008)が使われます。その結果、CO<sub>2</sub>排出量はステンレス1トン当たり**2.8トン**になります。

ステンレスのリサイクル比率が高いため、これはCO<sub>2</sub>排出量の33%削減を意味します。(ISSF 推定、2009)

### 工場でのステンレス生産に必要な電力に関連するCO<sub>2</sub>排出

この項での計算はステンレス工場で使用される川上での電力生産に関連した排出量を定量化します。電力生産におけるCO<sub>2</sub>排出はガスと石炭の燃焼、および原子力や水力などの電力源によるものです。CO<sub>2</sub>排出量は消費される電力の種類によります。表3は各種発電所



におけるメガジュール当たりの電力生産に対し排出される CO2 を示します。

**表 3 : 各種の発電所による CO2 排出量**

電力源	MJ 当たりの CO2 排出 (gram)
水力	1.11
原子力	1.67
複合サイクル	118.61
天然ガス	245.28
化石油	247.50
石炭	271.67

(出所: IEA)

世界各地の発電所の効率の計算には IEA 提供の発電データと燃料消費率が使用されました。

**表 4 : 発電による国別 CO2 排出量**

	欧州	米国	中国	日本	世界平均
CO2 排出量 (gram-CO2/MJ)	145.7	189.1	228.9	175.4	177.6

(出所: IEA および EDF (フランスのエネルギー・サプライヤー) 提供のデータを基にした SCM の推定)

表 4 は CO2 排出量が国によって大きく異なることを示しています。平均で 177.6 グラムの CO2 が 1MJ の電力を生産するために排出されています。

ISSF はステンレス工場で 1 トンのステンレスを生産するためには 3,700MJ の電力が必要になると推定しています。欧州では、30%の電力が原子力発電所で生産され、ステンレス 1 トン当たり 0.54 トンの CO2 が排出されています。中国では、原子力は発電量のわずか 2%にとどまっており、ステンレス 1 トン当たり 0.85 トンの CO2 が排出されています。従って、ステンレス工場でのステンレス生産に必要な電力に関連する CO2 排出量はステンレス 1 トン当たり **0.65 トン**と計算されます。



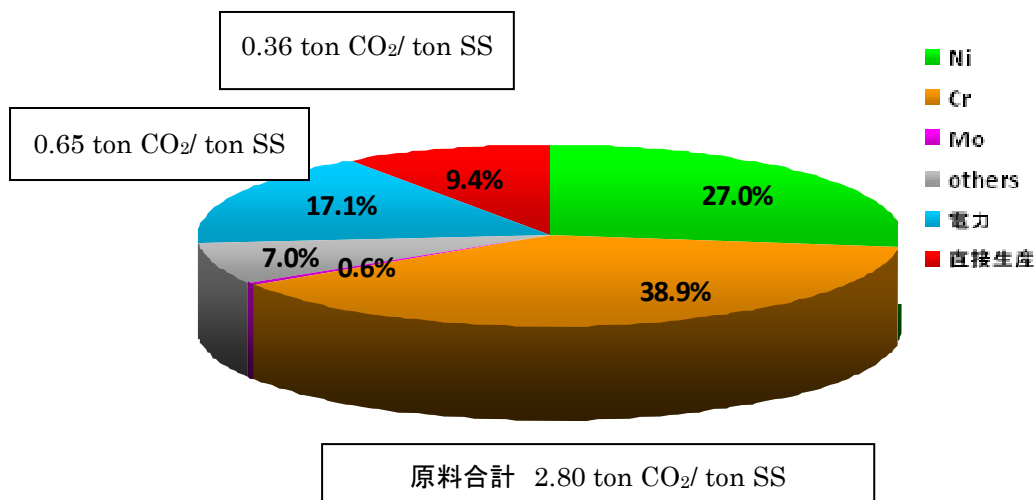
## 直接的生産に関する排出

PE International(2009)によれば、工場でのステンレス生産中に排出されるCO<sub>2</sub>の量はステンレス1トン当たり0.48トンから0.28トンの間です。これにはステンレス生産工場の現場で消費される燃料からのCO<sub>2</sub>排出量も含まれています。正確な排出量は生産される製品のタイプによります。ISSFの測定も類似の数値を示しています。ISSFは平均CO<sub>2</sub>排出量がステンレス1トン当たり**0.36トン**と計算しています。

## ステンレス産業のCO<sub>2</sub>排出

図3はステンレス生産プロセスにおける3部門別＝原料の生産（ニッケル、クローム他）：電力：および直接生産のCO<sub>2</sub>排出量のシェアを示しています。

**図3:CO<sub>2</sub>排出量の分布**  
(ステンレス1トン当たりCO<sub>2</sub>排出量)



(出所:ISSF 提供のデータを基に、SCM で計算)

上記の図3より、鉬石の調合と川上の作業が最も大きなCO<sub>2</sub>排出削減の可能性を示していることは明らかです。





## 付属資料

### 鉄鋼の配合

%原料	42%
%普通鋼スクラップ	22%
% ステンレス スクラップ	36%

### 製造方法

高炉(BF)	11%
電気炉(EAF)	62%
複合方法(BF+EAF)	27%

出所:ISSF 提供のデータを基に、SCM で推定

### 排出量

原料からの排出量(CO2トン/ステンレス1トン当たり)	2.80
電気と蒸気からの排出量(CO2トン/ステンレス1トン当たり)	0.65
直接排出(CO2トン/ステンレス1トン当たり)	0.36

### 総排出量

総 CO2 排出量(CO2トン/ステンレス1トン当たり)	3.81
------------------------------	------

出所:ISSF 提供のデータを基に、SCM で推定



## 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.

Barbara Reck and T.E. Graedel, *Comprehensive Multilevel Cycles for Stainless Steel for 2000 and 2005*. Preliminary Final Report for Yale University/ISSF Stainless Steel Project, 2009.

Barbara Reck, Marine Chambon, Seiji Hashimoto and T.E. Graedel, *Global Stainless Steel Cycle Exemplifies China's Rise to Metal Dominance*

*LCI/LCA Study: The development of the life cycle inventory*. PE International, 2008.

*Scrap Survey*. ISSF, 2008.

*What Makes Stainless Steel a Sustainable Material?* ISSF, 2009.

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.

*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.

International Stainless Steel Forum (ISSF)

Rue Colonel Bourg 120  
B-1140 Brussels, Belgium

T: +32 2 702 8900

F: +32 2 702 8912

E: [info@issf.org](mailto:info@issf.org)

[worldstainless.org](http://worldstainless.org)

