

Tokyo Steel Manufacturing Co., Ltd.



# 東京製鐵の鋼材 Q and A

## INDEX

1. 世界の電炉、日本の電炉	3
Q. 世界の鉄鋼生産はどうなっているか？電炉法の比率は？	3
Q. 国内電炉（普通鋼）メーカーの特徴は？	4
2. 低炭素社会・循環型社会	5
2.1. 二酸化炭素排出量の低減	5
Q. 鉄鋼業界の日本全体に占める二酸化炭素排出比率は？	5
Q. 電炉法にて製造・運搬時に排出される二酸化炭素は？	6
Q. 電炉メーカーの二酸化炭素削減努力は？	7
Q. 建築鉄骨へ電炉鋼材を適用した場合の二酸化炭素削減量は？	7
Q. 自動車車体に電炉鋼材を適用した場合の二酸化炭素削減量は？	8
Q. 電炉鋼材を使用する、他のメリットは？	8
2.2. 循環型社会の構築	9
Q. 日本における鉄鋼循環の特徴は？	9
Q. 天然資源価格が高騰するとリサイクルが必要では？	9
Q. 電炉鋼材の Cu 値は増加するためリサイクル回数には限界がある？	10
Q. 環境関係の法令は？	11
Q. 電力平準化や再生可能エネルギー買取制度の影響は？	12
3. 製造工程	13
3.1. スクラップ管理	13
Q. スクラップに検収規格があるの？	13
Q. スクラップの配合・管理はどうしているの？	14
Q. スクラップの放射線検出は？	15
Q. スクラップの IT 管理とは？	15
3.2. 製鋼工程	16
Q. 電炉製鋼法と高炉製鋼法の違いは？	16
Q. スクラップ中の色々な物は電炉内でどうなるの？	17
Q. 品質を改善させた製造技術は？	18
Q. 内部品質はどのように向上させているか？	19
Q. 各元素が鋼材の特性に与える影響は？	20
Q. 電炉鋼材と高炉鋼材の化学成分の違いは？	21
3.3. 品質管理	22
Q. JIS で規定されていない成分の管理は？	22
Q. 工程内での検査工程は？頻度は？	23
Q. IT 品質管理とは？	24
4. 利用技術	25
Q. 電炉鋼材を溶接部に適用できる？	25
Q. Cu が入ると鉄が脆くなり割れるのでは？	26
Q. 溶接部靱性向上に Cu を有効利用できるのか？	27
Q. 薄板プレス加工性に Cu を有効利用できるのか？	27
Q. レーザー切断性向上に Cu を有効利用できるのか？	28
Q. Cu が多いと鋼材がサビにくい？	29

## 東京製鐵の鋼材 Q and A

**TOKYO STEEL**  
MANUFACTURING CO., LTD.

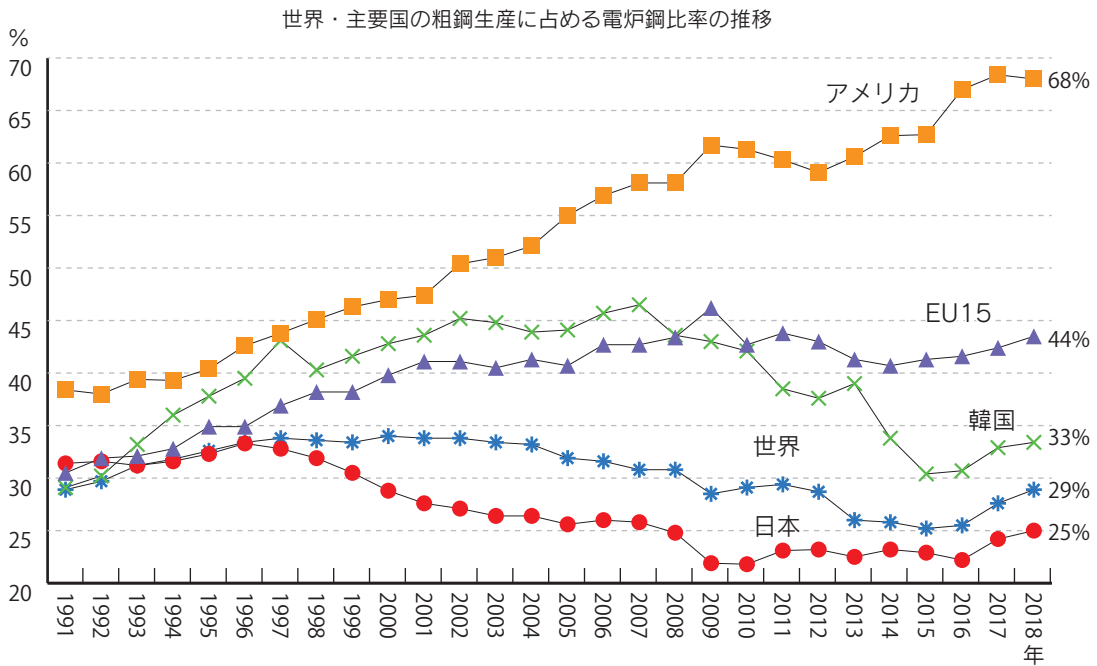
### ① 世界の電炉、日本の電炉

#### Q. 世界の鉄鋼生産はどうなっているか？電炉法の比率は？

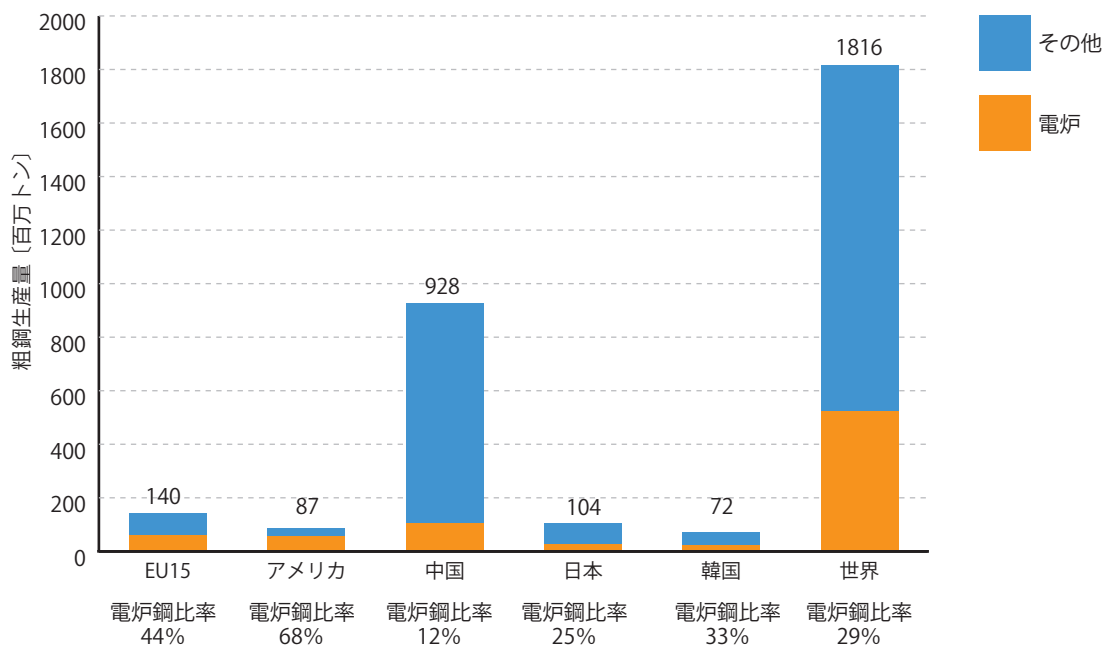
A. 鉄鋼生産は、高炉法、電炉法、直接還元法などがあり、鉄スクラップを主原料とする電炉鋼材比率は、世界全体では約28%です。電炉鋼材比率を国別にみると、日本は約24%であり先進国の中では最も低い比率です。

日本の鉄リサイクルの特徴は都市鉱山として蓄積された鉄スクラップが大量にあるにもかかわらず、その鉄スクラップがリサイクルされていないことです。

日本の電炉メーカーは、もっと鉄リサイクルを推進しなければなりません。



主要国の粗鋼生産と電炉鋼比率（2018年）



### Q. 国内電炉（普通鋼）メーカーの特徴は？

A. 日本の電炉（普通鋼）メーカーは32社あります。その中で異形棒鋼は24社、厚板は3社（東京製鐵+2社）、薄板は2社（東京製鐵+1社）で製造されています。よく「電炉鋼材は品質のバラツキが大きい」といわれますが、これはメーカー数が多いことと、要求性能が異なる幅広い品種を生産しているためです。また、日本国内の特殊鋼の多くは電炉メーカーにより生産されています。東京製鐵は、幅広い製品ラインアップと全国規模での販売体制を築いています。

会社名	主生産品目						
	棒鋼	H形鋼	平鋼	線材	形鋼	厚板	薄板
東京製鐵(株)	○	○			○	○	○
朝日工業(株)	○						
(株)伊藤製鐵所	○						
王子製鐵(株)	○		○				
大阪製鐵(株)	○				○		
大谷製鐵(株)	○						
関東スチール(株)	○						
岸和田製鋼(株)	○						
九州製鋼(株)	○						
共英製鋼(株)	○		○		○		
合同製鐵(株)	○	○		○	○		
三興製鋼(株)	○						
JFE条鋼(株)	○	○	○		○		
清水鋼鐵(株)	○						
(株)城南製鋼所	○						
新関西製鐵(株)	○		○				
(株)中山製鋼所				○		○	○

会社名	主生産品目						
	棒鋼	H形鋼	平鋼	線材	形鋼	厚板	薄板
日鉄スチール(株)		○					
拓南製鐵(株)	○			○			
中部鋼鈹(株)						○	
千代田鋼鉄工業(株)	○						
(株)トーカイ	○						
東京鋼鐵(株)					○		
東京鉄鋼(株)	○						
トピー工業(株)	○	○	○		○		
中山鋼業(株)	○						
北越メタル(株)	○			○	○		
三星金属工業(株)	○						
(株)向山工場	○						
山口鋼業(株)	○						
ヤマトスチール		○			○		
宇部スチール	鋼片(ピレット)製造のみ						

	要求性能					電炉シェア
	形状	強度	溶接性	疲労	表面処理	
小棒	●	●				電炉シェア:2018年度-98%
H形鋼	●	●	●			電炉シェア:2018年度-61%
厚板	●	●	●	●		電炉シェア:2018年度-12%
薄板	●	●	●	●	●	電炉シェア:2018年度-4%

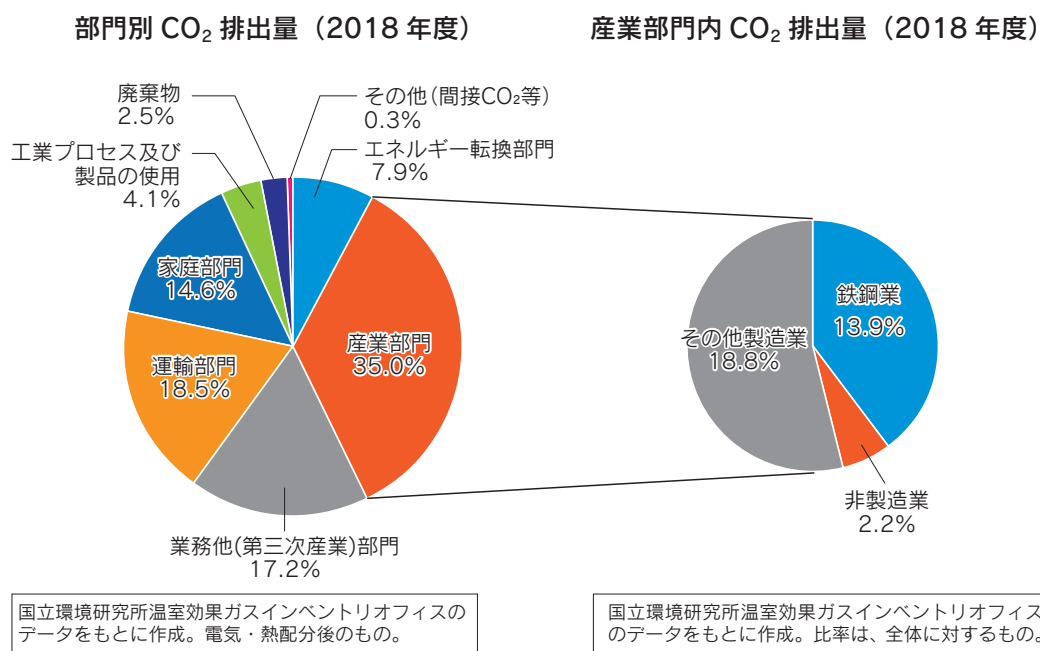


## ② 低炭素社会・循環型社会

### 2.1 二酸化炭素排出量の低減

Q. 鉄鋼業界の日本全体に占める二酸化炭素排出比率は？

A. 鉄鋼業界の二酸化炭素排出量は、日本全体の約14%を占めます。産業部門の中では最も高い業種です。そのため二酸化炭素低減が最も必要な業種となっています。



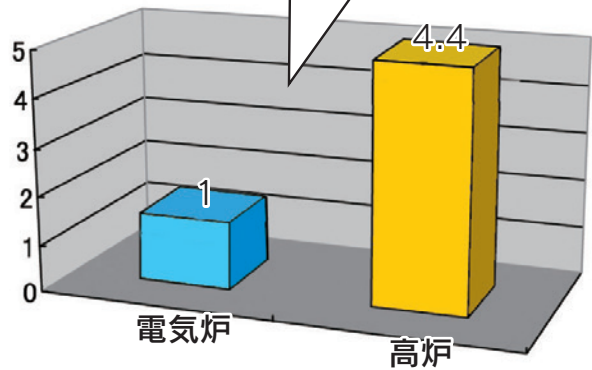
**Q. 電炉法にて製造・運搬時に排出される二酸化炭素は？**

A. 高炉では、鉄鉱石をコークス還元して鉄をつくります。還元の際に二酸化炭素が発生しますが、その量は1トンの鉄をつくる場合で考えると約2トンになります。電炉には還元の工程がないため、1トンの鉄をつくる時に発生する二酸化炭素の量は約0.5トンで済みます。また、主原料輸送工程のCO<sub>2</sub>排出量は、電炉が高炉の1/35～1/125です。

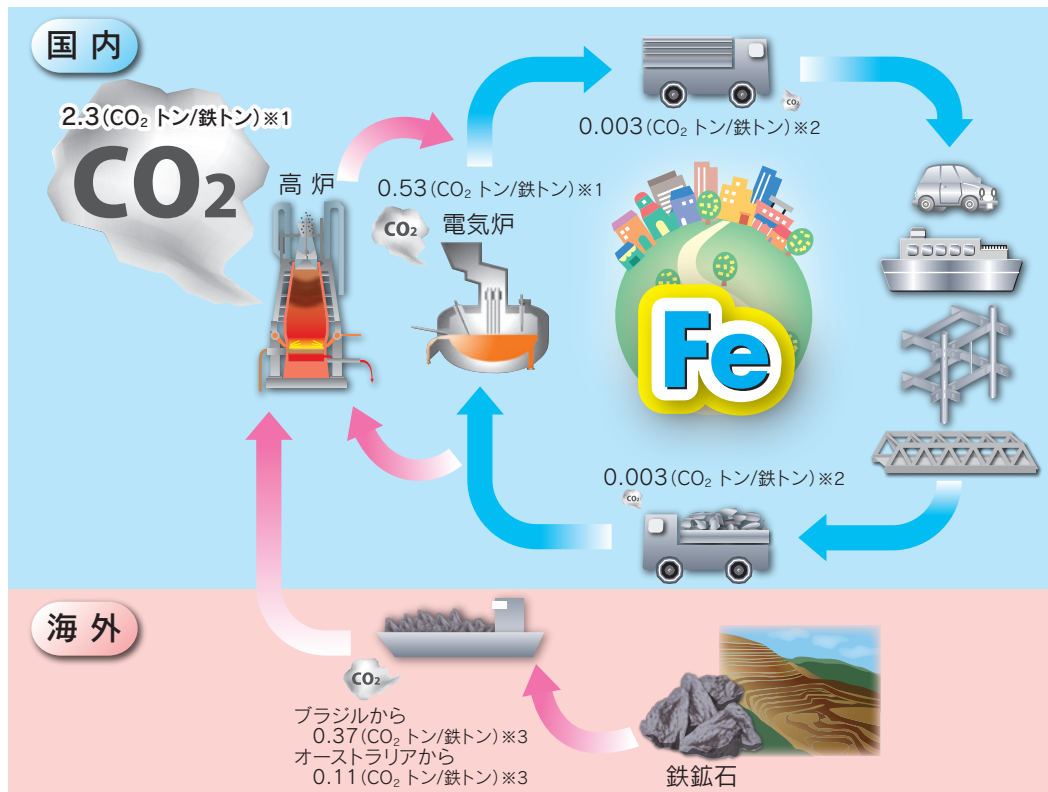
高炉でつくられた鉄はやがてスクラップになり、電炉にて何回もリサイクルすることが温暖化防止対策となります。



1トンの鉄を、高炉材より電炉材にすると  
1.5CO<sub>2</sub>トン低減  
(100×100m<sup>2</sup>のブナ天然林が  
2ヶ月かけて吸収する二酸化炭素)



出所：西野誠：一貫製鉄プロセスにおける二酸化炭素排出理論値に関する調査報告，ふえらむ Vol.3 (1998)No.1



※1 出所：西野誠：一貫製鉄プロセスにおける二酸化炭素排出理論値に関する調査報告，ふえらむVol.3(1998)No.1  
 ※2 出所：経済産業省・国土交通省：物流分野のCO<sub>2</sub>排出量に関する算定方法ガイドライン，p6  
 50km陸上運搬  
 ※3 出所：財団法人シップアンドオーシャン財団：2000年船舶からの温室効果ガスの排出削減に関する調査研究報告書，p92  
 鉄鉱石中の鉄は60%と仮定

**Q. 電炉メーカーの二酸化炭素削減努力は？**

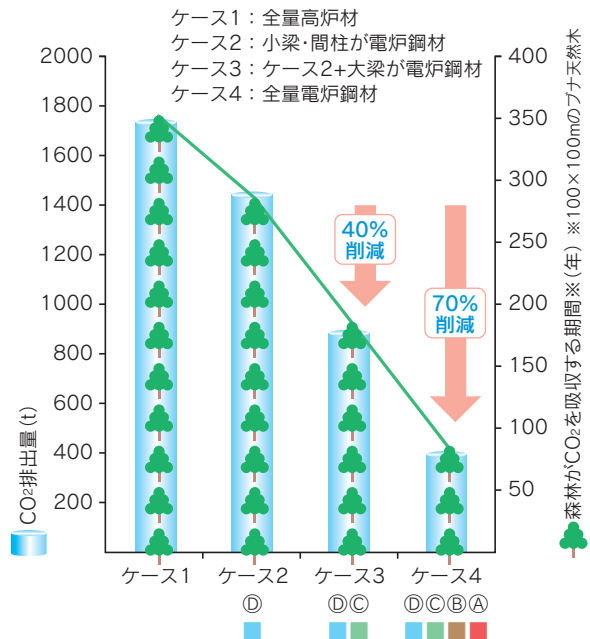
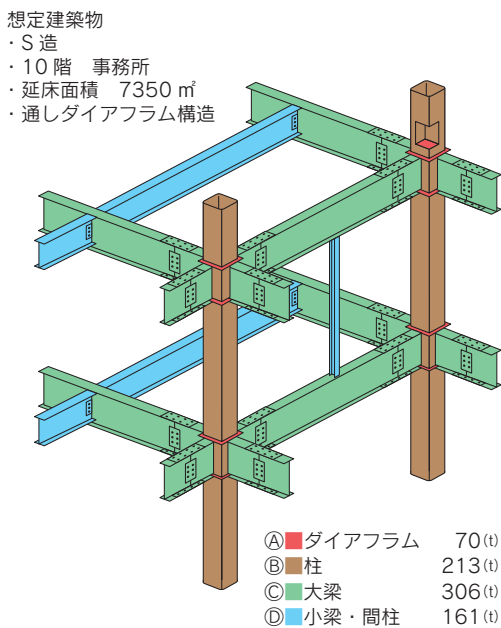
A. 鉄スクラップを主原料とし鉄を製造する電炉法は、鉄鉱石を還元し鉄を製造する高炉法に比べて、二酸化炭素排出量が1/4になります。しかし電炉メーカー自身の二酸化炭素削減努力も必要です。東京製鐵は、自身の二酸化炭素排出量削減にも積極的に取り組んでいます。また高機能鋼材を研究開発することにより、電炉鋼材の付加価値を高め社会貢献できると考えています。

- 最新鋭設備導入  
→ エネルギー効率向上・加熱炉燃料のLNG化
- 技術開発  
→ 高機能鋼材製造による適用分野拡大
- 国内低級スクラップの積極的使用  
→ スクラップの地産地消による  
主原料運搬時のCO<sub>2</sub>削減
- 再生可能エネルギーの使用



**Q. 建築鉄骨へ電炉鋼材を適用した場合の二酸化炭素削減量は？**

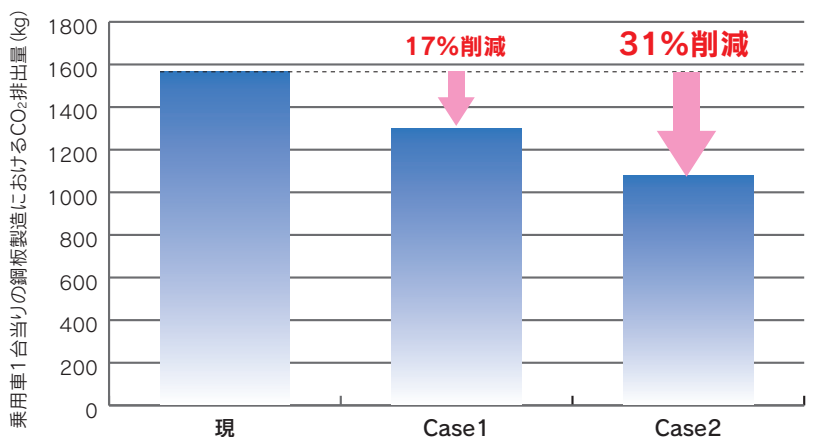
A. 建築鉄骨の溶接部へ電炉鋼材を適用した場合の二酸化炭素削減量を試算します。従来の小梁・間柱のみの電炉鋼材適用(ケース2)から、鉄骨全量を電炉鋼材(ケース4)にすることにより、建築鉄骨製造時の二酸化炭素排出量を70%削減することができます。東京製鐵は2010年より田原工場にて冷間ロール成形角形鋼管を製造開始しました。これによりボルトやBCPなどを除く、建築鉄骨材料のほぼ全量を供給可能となりました。電炉鋼材の溶接部と柱材への適用は、コストダウンと二酸化炭素排出量低減が両立できる最良の解決策です。



建築鉄骨構造例と電炉鋼材適用による二酸化炭素削減効果

### Q. 自動車車体に電炉鋼材を適用した場合の二酸化炭素削減量は？

- A. 電気自動車やハイブリッドカーの普及により、走行時に排出する二酸化炭素は低減しています。そこで自動車製造時に排出される二酸化炭素低減が注目<sup>1)</sup>されています。車体の約70%を占める鋼材に関しては、鉄製造時に排出する二酸化炭素が高炉の1/4である電炉鋼材が注目<sup>1)</sup>されています。熱延270～590MPaクラスまでを高炉材から電炉鋼材に置き換えた場合、車体製造時に排出される二酸化炭素は17%低減します。



Case1：熱延 590MPa まで使えるとしたら  
Case2：熱延 590MPa+冷延が使えるとしたら



1) 2010年自動車技術会シンポジウム

車体構造形成におけるCO<sub>2</sub>削減の新展開 - 資源循環と車体軽量「鉄リサイクル技術と自動車車体としてのCO<sub>2</sub>削減効果」

### Q. 電炉材を使用する、他のメリットは？

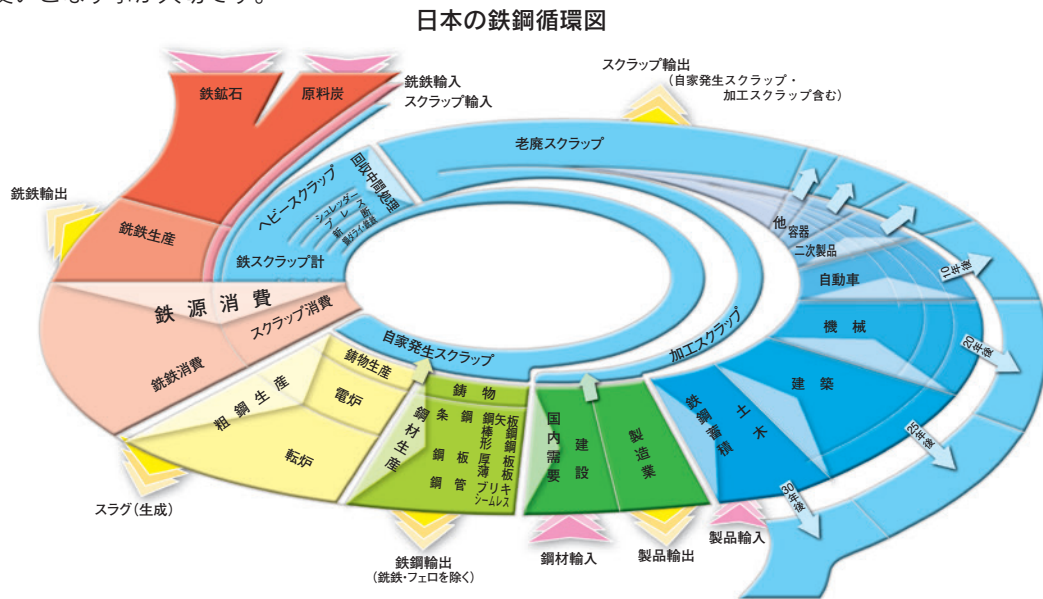
- A. 建築物には総合環境性能評価があり、CASBEE（日本）、LEED（米国）が代表的な評価システムです。積極的な認証の取得により、資産価値の維持や企業イメージの向上、補助金制度の活用が出来るなどです。  
電炉材は再生品であり、リサイクルに寄与しています。



## 2.2 循環型社会の構築

### Q. 日本における鉄鋼循環の特徴は？

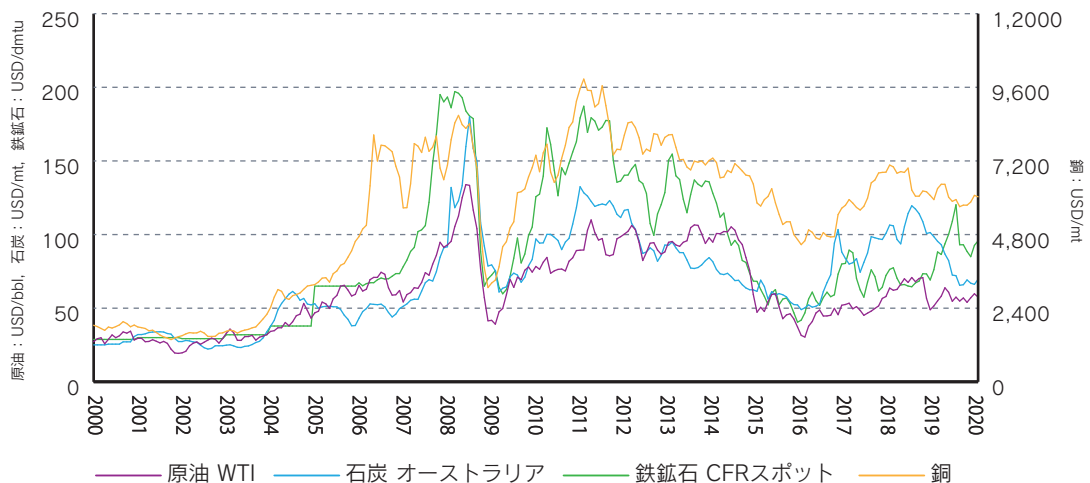
- A. 電炉鋼材の主原料は、一度社会で使用され回収された鉄スクラップです。これは鉄鋼製品として蓄積された約14億トンの「都市鉱山」から生まれています。  
日本の鉄鋼循環の特徴は都市鉱山があるにも関わらず天然資源(鉄鉱石)を海外から輸入し、鉄スクラップを海外に輸出していることです。日本では、スクラップの「地産地消」を目指し、「都市鉱山」を使いこなす事が大切です。



### Q. 天然資源価格が高騰するとリサイクルが必要では？

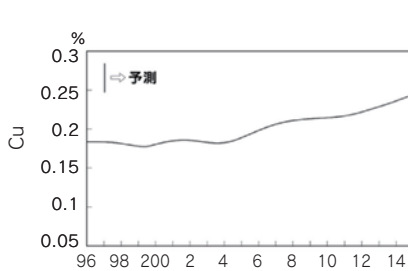
- A. 天然資源である鉄鉱石や石炭価格は、供給不足や世界の景気の影響を受けて、乱高下をくり返しています。また、近年は金融商品として投資的な資金も流入しています。  
天然資源が乏しい日本において競争力のある産業構造を目指すには、リサイクルを推進し天然資源の使用量を抑え、天然資源高騰や為替変動の影響を軽減させる必要があります。

国際資源価格 (出典：World Bank Commodity Price Data, monthly prices in nominal US dollars)

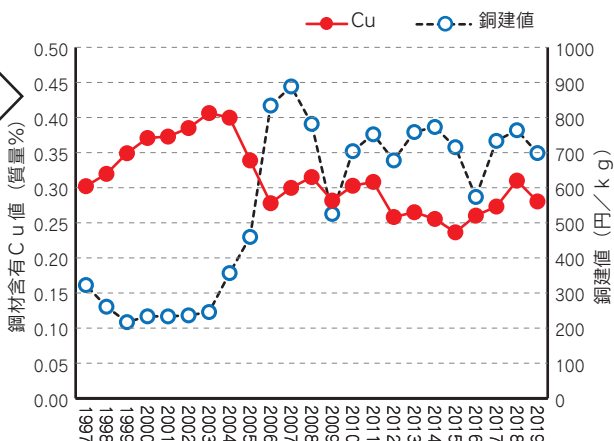


**Q. 電炉鋼材の Cu 値は増加するためリサイクル回数には限界がある？**

**A.** 鋼材中のCu値は、リサイクルすることに電炉鋼材中で増加するとの予測があります。しかし、近年の天然資源の高騰を受け、スクラップ回収業者による高級非鉄金属類の選別・回収が促進されたため、スクラップ中のCu値、即ち電炉鋼材中のCu値の増加は認められなくなりました。今後は電気自動車やハイブリッドカーが普及する事で、Cuの需要や価格が高位安定すると推測します。結果として、これまで以上にスクラップ回収業者によるCuの選別・回収は促進され、電炉鋼材に含まれるCu値は増加しないと考えます。



出所：金属系材料研究開発センター



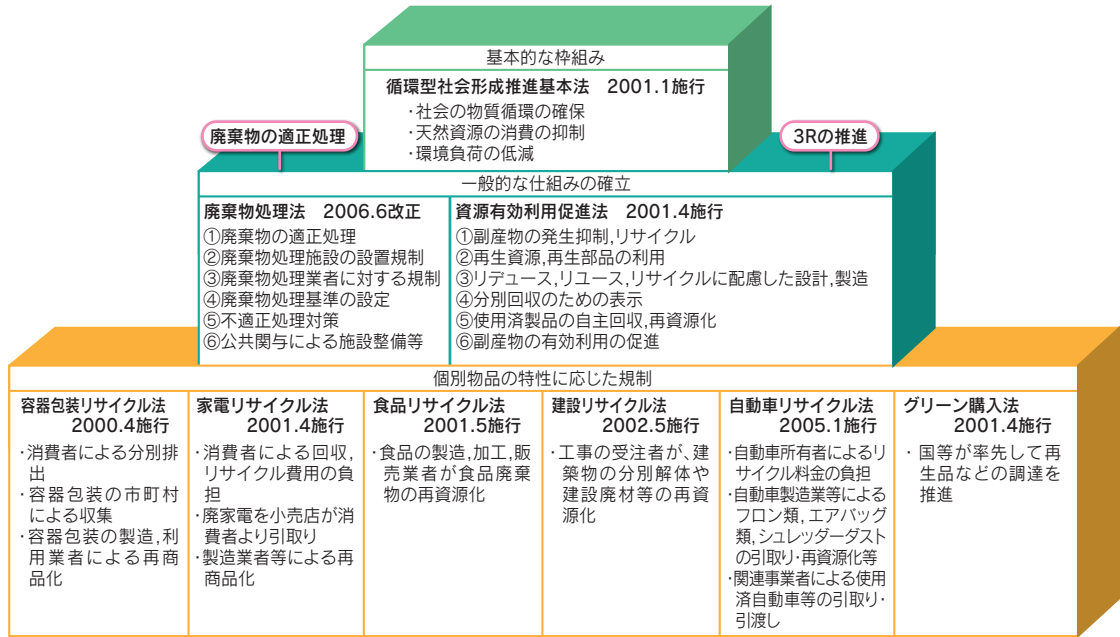
廃車より簡易に銅線を外せる構造に



出所：日産自動車 HP

**Q. 環境関係の法令は？**

A. 従来は発生した公害等に対応する法令が施行されてきましたが、1993年環境基本法の制定をきっかけに環境に配慮した関係法令が多く施行されてきました。  
電炉鋼材はリサイクル品で天然資源消費が低減でき、しかも環境への負荷も少ない事から、循環型社会形成の重要な要素となっています。



出所：「資源循環ハンドブック法制度と3Rの動向」経済産業省資料  
循環型社会の形成推進のための法体系

環境関係法令

年	項 目
1993年	環境基本法制定
1994年	環境基本計画策定
1994年	建築副産物対策行動計画(リサイクルプラン21)策定
1997年	環境影響評価法制定
1998年	環境影響評価法(環境アセスメント法)施行
1998年	地球温暖化対策推進法
1998年	家電リサイクル法制定
2001年	循環型社会形成推進基本法の施行 ・改正廃棄物処理法(2001年施行) ・資源有効利用促進法(2001年施行) ・建設リサイクル法(2002年施行) ・食品リサイクル法(2001年施行) ・グリーン購入法(2001年施行)
2002年	東京都の建築物環境計画書制度(リサイクル鋼材使用促進による環境への配慮)施行
2002年	建設リサイクル法に基づく、分別解体が義務づけられる
2005年	自動車リサイクル法の施行

**建築物環境計画書制度（東京都）とはなに？**

大規模建築物（5,000m<sup>2</sup>超）を新築・増築を計画している建築主は、知事が定めた配慮指針に基づき、環境計画書を作成します。

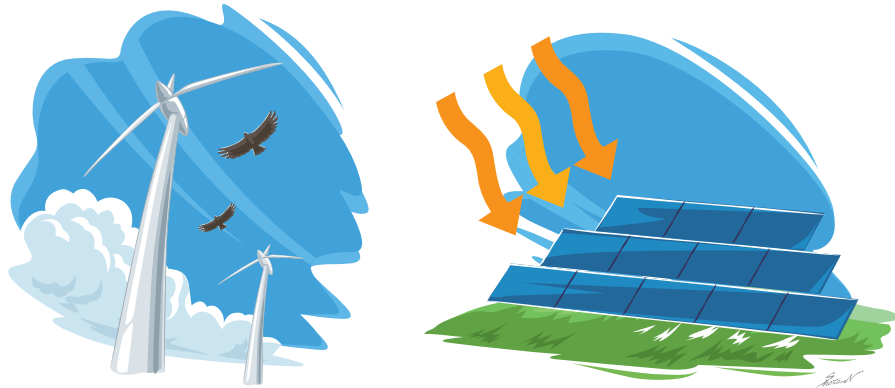
この配慮指針により建築主が配慮すべき項目として、「エネルギー使用の合理化」「資源の適正利用（リサイクル鋼材使用）」「自然環境の保全」「ヒートアイランド現象の緩和」が定められています。

### Q. 電力平準化や再生可能エネルギー買取制度の影響は？

- A. 電炉業界は余剰となった深夜電力を有効活用すること、及び電力使用量の調整が可能な電気炉の特徴を生かしてピーク時の使用電力を(電力会社との契約により)削減することにより、電力の需給バランスの安定・平準化に寄与しています。

再生可能エネルギー買取制度が施行され、太陽光発電等により昼間ピーク時電力が供給されるようになりました。これにより、昼間の発電時に排出される二酸化炭素量は、化石燃料を使用する場合に比べて更に低減していると考えられます。

電炉鋼材の適用を拡大することは、上述の電力平準化・低二酸化炭素排出エネルギーの利用を効果的に推進することに繋がり、結果として、よりいっそう地球温暖化防止に貢献することになります。





### 3 製造工程

#### 3.1 スクラップ管理

#### Q. スクラップに検収規格があるの？

A. 市中で発生した鉄くずは、回収業者や加工業者が分別や裁断・プレス等の加工を施すことで「鉄スクラップ」という名前の製品に生まれ変わります。

「鉄スクラップ」の品質は、ヘビー・新断・シュレッダー等の品種、寸法や鉄以外に含まれている物の量（銅やアルミニウム）等のグレードごとに、検収規格を定めて管理しています。スクラップ業者にとって銅やアルミニウムは高価であり、逆に少ない方が「鉄スクラップ」購入価格は高くなります。このため、スクラップのリサイクルシステムは、銅やアルミニウムの少ない・鉄以外の含有物の少ない物を志向する傾向にあり、このリサイクルシステム自身が品質の低下を防止する仕組みとなっています。

なお、東京製鐵では、オープンで公正・公平な購買活動のため、この「鉄スクラップ」検収規格と購買価格をホームページ上に掲載しています。(http://www.tokyosteel.co.jp/kb/kb\_index.html)

国内鉄スクラップ検収規格表

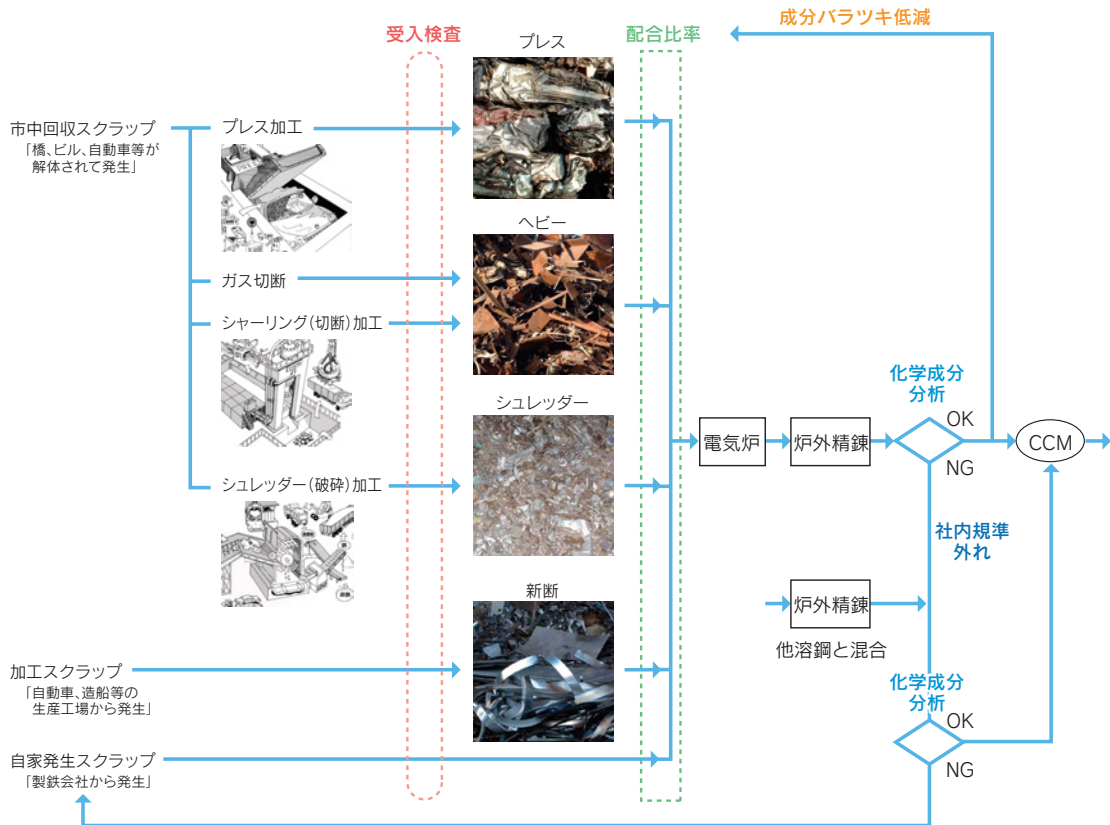
規格名	材質	寸法(ミリ)			品質形状	その他条件
		厚さ	幅	長さ		
電 特	A 軟鋼炭素鋼	6.0以上	500以下	700以下	ビレット、形鋼、レール、厚鉄板、棒鋼等	1) 特殊鋼は除く。
特	A 軟鋼炭素鋼	6.0以上	700以下	1500以下*	ビレット、形鋼、レール、厚鉄板、棒鋼等、鋳鋼、大形自動車及び建設車両屑、船舶解体屑等	
特	級 軟鋼炭素鋼 軸受鋼 バナ鋼	3.0以上	700以下	1500以下*	自動車解体屑、船舶解体屑、線材、パイプ、バナ、軸受、チェーン、ホイール、シャーン等	1) パイプは厚さで検収する。 2) パイプの両端は透視できるもの。 3) パイプ及びパイプ状容器の直径は300ミリまでとする。300ミリ以上のものは長さ500ミリ以下とする。 4) 寸法最小限度は30ミリとする。
一	級 同上	1.6以上	700以下	1500以下*	パイプ、軽量形鋼、自動車解体屑、珪素鋼板等	1) パイプ類については特級と同条件とする。 2) 使用済みの珪素鋼板は級外とする。
二	級 同上	1.0以上	700以下	1500以下*	鉄線、鉄板、自動車解体屑(ポディー、パンバー)、ドラム缶、自転車屑、溶接棒等	1) ワイヤロープ屑は酸化が少なく規定寸法に切断又は結束したもの。但し麻芯分を3%引きとする。 2) 溶接棒は薬品引き20%とする。
級	外	1.0未満	700以下	1500以下*	薄鉄板、ブリキ板、トタン板、バケツ等	1) 錫メッキ缶、石油缶及びホーロー物品は返品とする。但し、少量混入の場合は不採用とし没収する。
新断	バラ		700以下	1500以下*	新断屑等	
新断	プレスA		3辺合計：1000以下		新断屑を機械プレスしたもの等	1) 酸化しているものは厚みで検収する。 2) 形鋼、丸鋼、特殊鋼は除く。
新断	プレスB		3辺合計：2000以下			
C	プレス		3辺合計：2000以下 (最大辺：800以下)		飲料缶等を機械プレスしたもの等	1) 酸化していないもの。 2) 品質検査は抜き取り検査とする。 3) 手締、結束ものは返品とする。 4) 焼却場で発生する鉄スクラップをプレスしたものは返品とする。 5) 家電品プレスは返品とする。
ダ	ライ粉 プレ				鋼ダライ粉を機械プレスしたもので外周を鉄板で巻いたもの等	
鋼	ダライ粉				鋼塊鍛造品の荒削り粉、一般削り粉(パーマ状のもの、チップ状のもの)、鬼ダライ粉等	1) 鉄ダライ粉、特殊鋼粉、異物混入は返品とする。 2) 過度に酸化したものは返品とする。 3) 油(水)を含んだものは質量引きとする。
鉄	ダライ粉				鋳物の削り粉等	1) 鋼ダライ粉、特殊鋼粉、異物混入は返品とする。 2) 過度に酸化したものは返品とする。 3) 油(水)を含んだものは質量引きとする。
モ	ータ ブ ロ ック					1) 単質1000Kg以下。
シュ	レ ッ ダ ー A シュ レ ッ ダ ー C	軟鋼炭素鋼 軸受鋼 バナ鋼			自動車(ポディー)及びそれに準ずるもの	1) シュレッダー機械加工したもの。 2) シュレッダーCはシュレッダーAの格落ち及び級外相当品をシュレッダー機械加工したもの。

【備 考】

- ① 特に酸化が著しい場合は質量引き又は返品とする。
- ② 土砂又は異物の混入或いは付着したものは質量引き又は返品とする。
- ③ 化学工場からの発生品は原則として受け入れない。
- ④ モーターブロックと鋼屑の混入は認めない。
- ⑤ ダライ粉と鋼屑の混入は認めない。
- ⑥ 鋼屑の高さは300ミリ以下とする。
- ⑦ 規定寸法以上のものは切断引き4000円/㍍ 又は返品とする。
- ⑧ 未処理密閉物は、ペナルティ7000円(1個当たり)引きの上返品とする。
- ⑨ ダング状の鉄筋は、切断処理を基本とするが、700×1200×300ミリ以内で適正に処理した場合は受け入れる。
- ⑩ 単質1000Kg以上のものは返品、又は事前協議の上受け入れる。
- ⑪ 鉄屑は事前協議の上受け入れる。
- ⑫ 番線プレスは厚みと酸化の度合いにより検収する。
- ⑬ シュレッダーの酸化部分はその度合によりダストとして質量引きする。
- ⑭ 表面処理された新断は一級で検収する。但し、錫メッキ品は受け入れない。
- ⑮ 錫メッキ缶をプレスしたものは受け入れない。
- ⑯ カウンターウエイトは受け入れない。
- ⑰ 宇都宮、田原工場のワイヤー及びコイル状屑は切断されたもののみ受け入れる。その他の工場においては結束されたもののみ受け入れる。荷役に問題のあるものは返品または切断引きとする。
- ⑱ 放射性物質混入の可能性のあるものは受け入れない。
- ⑲ 銅コーティング等、明らかに銅の混入が分かるものは受け入れない。
- ⑳ 車輪は電特Aで検収する(直径1200ミリ以内)。
- ㉑ 上記規格以外の鉄スクラップは事前協議の上受け入れる。

Q. スクラップの配合・管理はどうしているの？

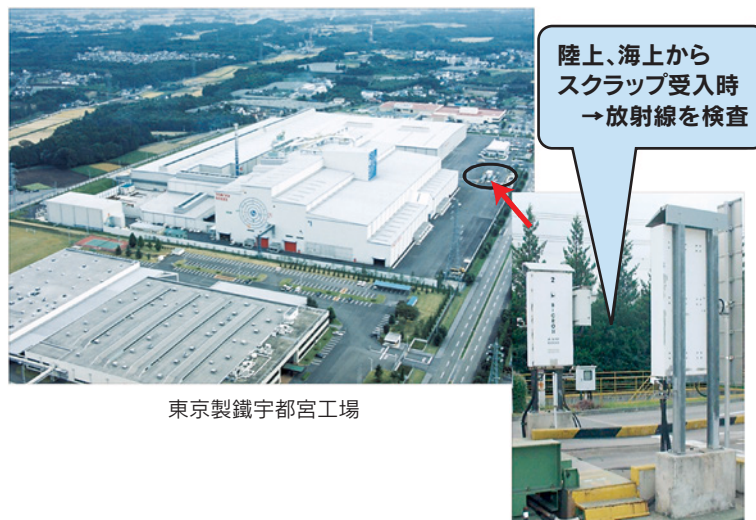
A. スクラップ中に含まれるC, Si, Mn, P, S等は製鋼工程において調整できますが、Cu, Sn等は鋼材中に残ります。そのため、品種ごとのスクラップ配合比率により、鋼材中のCu, Sn等バラツキを低減します。具体的には製鋼時に統計的手法を活用し、最適配合率を算出しています。万一、これらの成分が社内規定より外れる場合、その溶鋼を他の溶鋼と混合し成分を調整しています。それでも社内規定に入らない場合、一度凝固させその後他のスクラップと再配合し電気炉にて再溶解しています。



スクラップ発生からのフロー

**Q. スクラップの放射線検出は？**

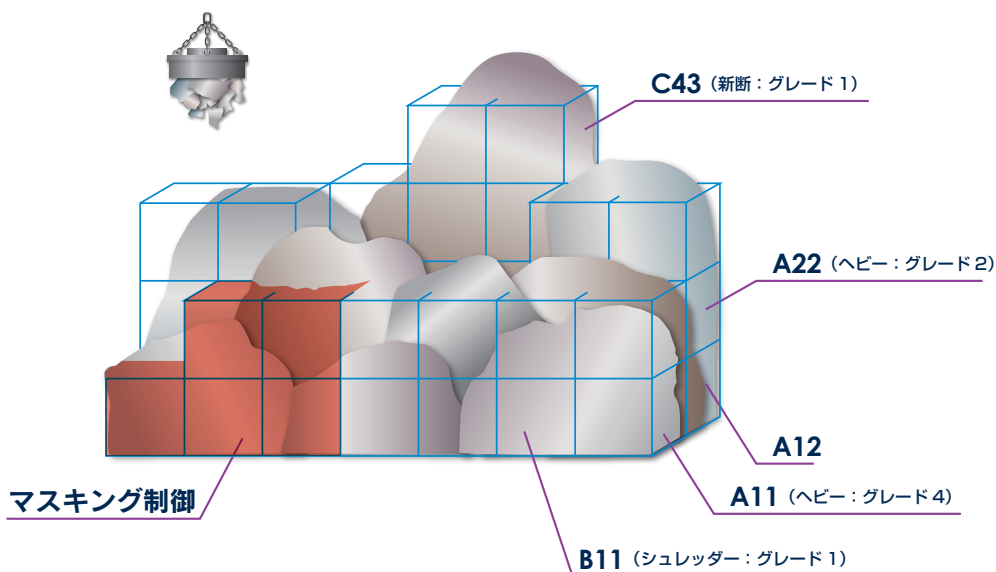
- A. 医療や原子力発電所の廃棄スクラップなどからは放射性物質混入の懸念があります。東京製鐵は全工場において、スクラップ受入時、精錬工程中のサンプル分析時に放射線検査を行っています。これにより製品への放射性物質の混入を未然に防いでいます。



東京製鐵宇都宮工場

**Q. スクラップのIT管理とは？**

- A. 田原及び宇都宮工場では、スクラップのIT管理を行っています。スクラップは検査を受けた後、無人ITクレーンにより置場に移されます。この時、IT管理システムにより、スクラップの品質データと置場の仮想電子番地がコンピュータに記録されます。これらのデータは、電炉へのスクラップ投入の全自動化やスクラップ配合調整、品質管理データに活用されます。



スクラップの全自動置場管理のイメージ図

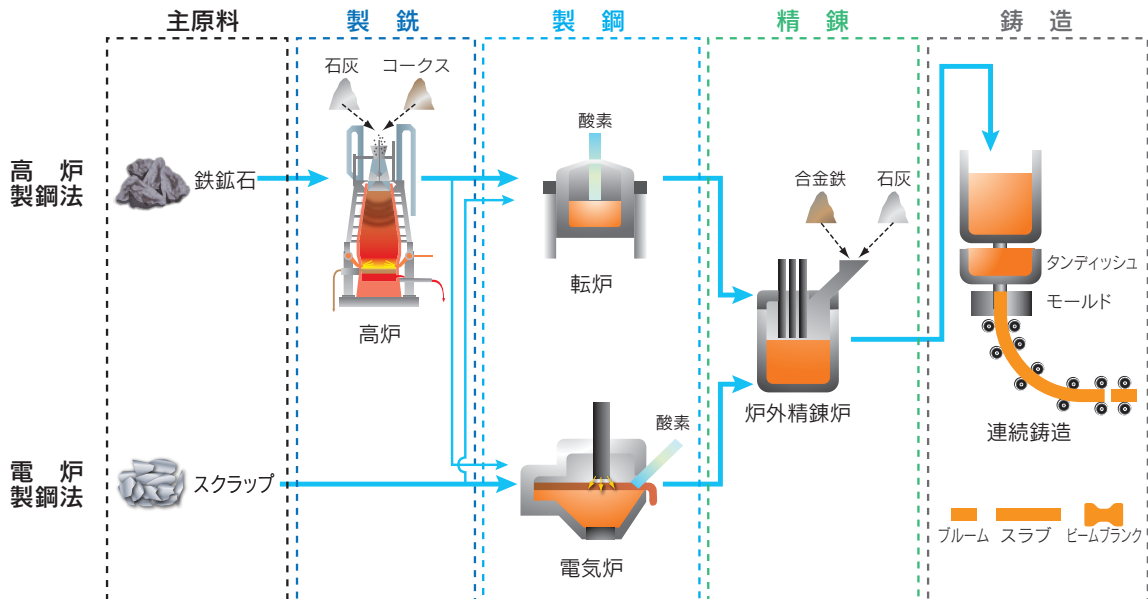
### 3.2 製鋼工程

#### Q. 電炉製鋼法と高炉製鋼法の違いは？

A. 相違点は、主原料、製銑工程、製鋼工程です。  
 鋼材の最終化学成分は精錬工程にて調整されます、また鋼材の内部品質は鑄造工程にて作りこまれます。この精錬工程と鑄造工程の設備は、鋼材品種と要求性能により決まります。そのため品質バラツキは各製鉄会社の工程能力によるもので、電炉製鋼法や高炉製鋼法の差異ではありません。

	電炉製鋼法	高炉製鋼法
主原料	鉄スクラップ	鉄鉱石
製銑 (高炉)	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄鉱石をコークスで還元する為、大量の二酸化炭素を排出する</li> <li>大量生産の効率がいい</li> </ul>
製鋼	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気炉で鉄スクラップを溶解する</li> <li>電気 (アーク熱) と酸素で溶解する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>転炉で溶鋼中 C を下げ、昇温する</li> <li>酸素を吹き込む</li> </ul>
精錬	<ul style="list-style-type: none"> <li>合金鉄や石灰を添加して化学成分の最終調整をする</li> <li>温度を調整する</li> <li>ガス (酸素・窒素・水素) を取り除く</li> </ul>	
鑄造	<ul style="list-style-type: none"> <li>連続的に冷却し鑄片 (ブルーム、スラブ、ビームブランク等) を鑄造する</li> <li>大気中から窒素や酸素が入らない様に断気する</li> <li>表面が割れない様に冷却をする</li> </ul>	

精錬と鑄造は最終製品の要求性能で設備仕様が決定します。  
 そのため鋼材品質は電気炉製鋼法・高炉製鋼法には関係なく各製鉄会社の工程能力によります。



高炉製鋼法、電炉製鋼法の工程図

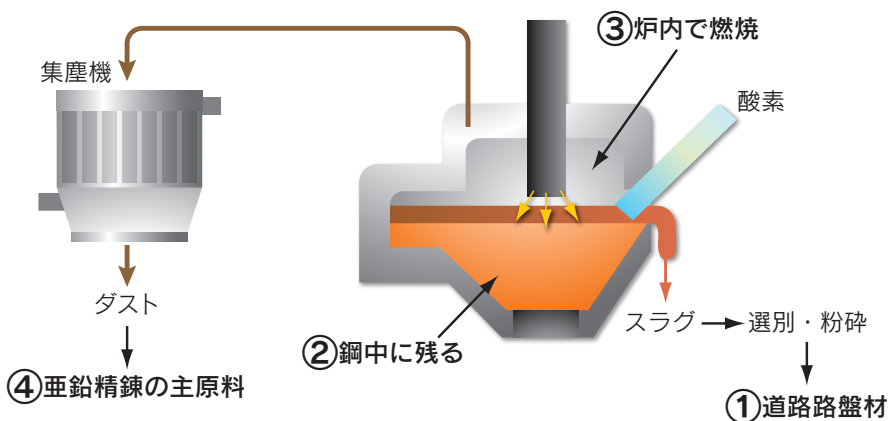


**Q. スクラップ中の色々な物は電炉内でどうなるの？**

**A.** 一度社会で使用された鉄（老廃スクラップ）には、鉄以外の様々な含有成分、付着物、表面処理材が含まれます。しかし、この老廃スクラップを電気炉にて溶解すると、鉄以外のほとんどの物は吹き込んでいる酸素との酸化反応によりスラグやダストとして排出されます。酸素と反応せず鋼中に残るCu,Niは電炉鋼材の特性向上に有効利用できます。そのため、電炉製鋼法は、鉄スクラップのリサイクルに適した製造方法といえます。

分類	含有成分		付着物			表面処理剤
存在状態	鋼材製造時に添加		鉄とは別に、鉄に付着している物			鉄表面に層として付着
物	鉄中のSi,Mn等	鉄中のCu,Ni等	モーター類 銅線	ごみ 有機物	塗料 土	亜鉛メッキ
電気炉で溶解後	①	②	②	③	①	④

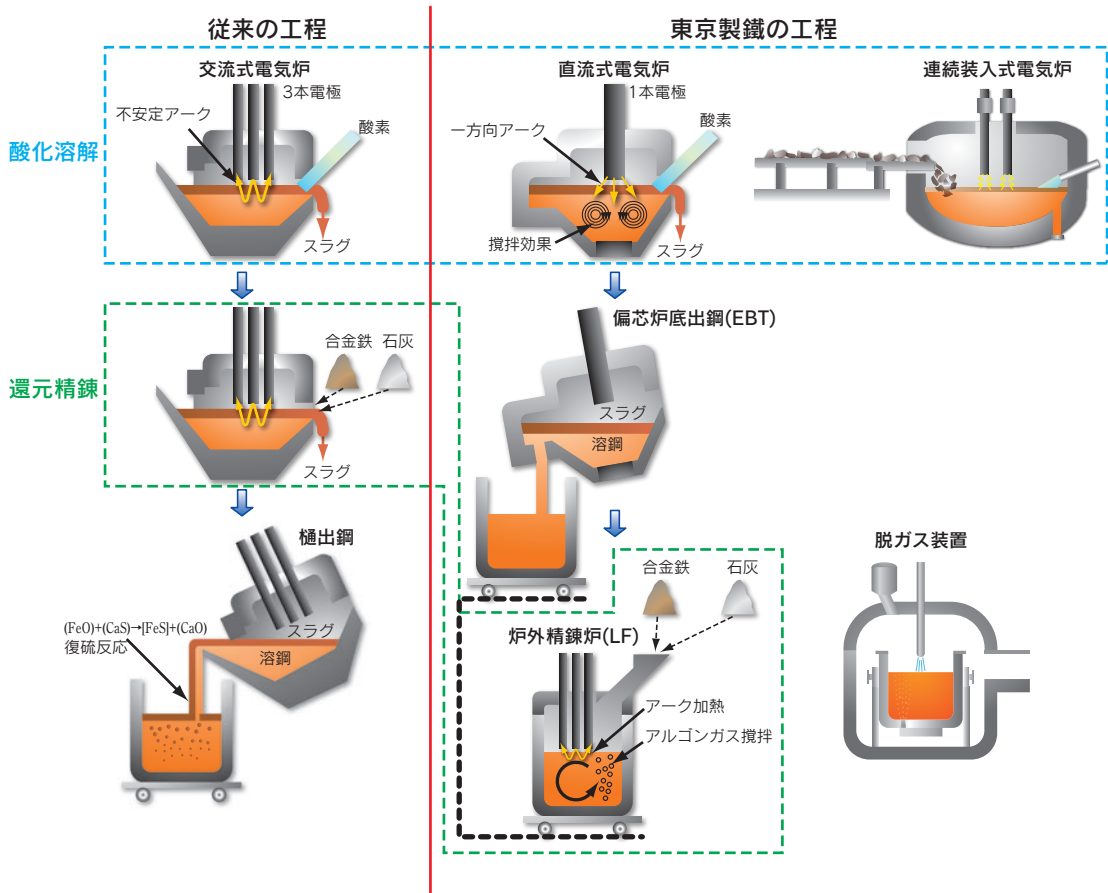
東京製鐵は鋼材特性向上のため Cu,Ni を有効利用



Q. 品質を改善させた製造技術は？

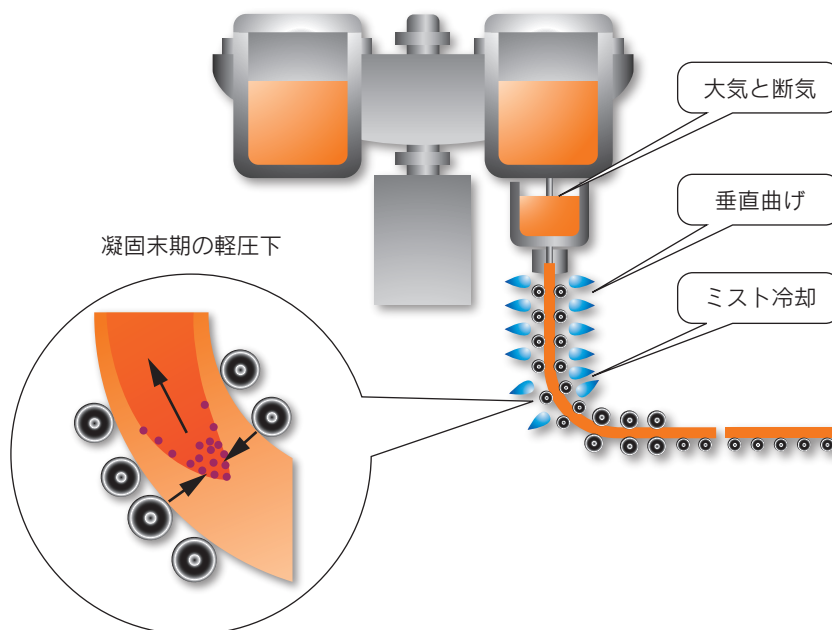
A. 電炉メーカーでも高炉汎用材と同等品質の製品が製造可能になっています。ユーザーの求める要求性能に応じて品質を作り込むために、製鉄メーカーは下表の様な製造設備や技術を採用しています。東京製鐵はこれらを持った国内唯一の普通鋼電気炉メーカーです。

設備・技術	導入状況				特徴
	田原	岡山	九州	宇都宮	
連続装入式電気炉	●			●	・電気炉での作業環境が良好 ・連続してアークをスラグで包み込む操業が可能となり、熱効率が優れる
直流式電気炉	●	●	●	●	・送電導体配置の最適化により電磁攪拌効果がある ・鋼中の窒素ガスが 30ppm 程度低減する
偏芯炉底出鋼 (EBT)	●	●	●	●	・電気炉炉底より溶鋼だけ出鋼し、スラグは残す ・電気炉でも高炉汎用材同様のS(硫黄)量で製造可能となった
炉外精錬炉 (LF)	●	●	●	●	・溶鋼温度と化学成分のバラツキを低減する
真空脱ガス (VOD)	●				・鋼中の窒素ガス・酸素ガス・水素ガスを除去する ・高潔淨鋼が製造できる



Q. 内部品質はどのように向上させているか？

A. 東京製鐵は連続鑄造工程において非金属介在物と、中心偏析を低減するために、最新鋭設備導入や製造技術を駆使しています。



鑄造設備の特徴	導入状況				品質向上への寄与
	田原	岡山	九州	宇都宮	
垂直曲げ型	●		●		・ 上部を垂直とすることで、介在物がより浮上分離しやすくなり、介在物量が低減する
凝固末期の軽圧下	●		●		・ 凝固末期の凝固収縮部や熱収縮部に濃化溶鋼が入り込まない様に、ロールで軽圧下する事で中心偏析を改善
ミスト冷却	●	●	●	●	・ 水と圧縮空気を同時に吹く事で、均一緩冷却が可能で、表面欠陥が低減する
大気との完全断気	●	●	●	●	・ 大気を遮断する事で再酸化や窒化が抑制でき、介在物が低減する

## Q. 各元素が鋼材の特性に与える影響は？

- A. 鋼材の98%以上は鉄ですが、この鋼材に含まれる微量な元素が鋼材の特性に大きく影響します。下表に主な元素が鋼材の特性に与える影響を示します。この様に、鋼材中の微量な元素は鋼材の特性を大きく左右する為、積極的にその特性を利用した鋼材が製造されています。

各元素が鋼材の特性に与える影響

元 素	特 徴
C (炭素)	機械的性質に最も寄与する元素で、強度上昇、焼入れ性向上に効果があります。しかし、多すぎると延性、靱性が低下します。そのため、溶接構造用鋼では上限を定めています。
Si (シリコン)	Al, Mnと同様に脱酸材として使用されます。0.5%以下では、フェライトに固溶し、延性、靱性を損なわずに強度を上げます。
Mn (マンガン)	置換型で固溶し、フェライトを強化し、パーライトを緻密にするため、強度を上げます。Cに比べて強度が高くなるわりに伸びの低減が少なく、また、溶接性、靱性への悪影響はCより少ないです。 焼入れ性を著しく高める為、熱処理を施す鋼には不可欠な元素です。
P (リン)	偏析しやすい元素で、靱性、溶接性を損ないます。しかし、Cu, Crと共に耐候性には効果があります。
S (硫黄)	P同様に偏析しやすい元素で、靱性、溶接性、加工性に悪影響があり、極力少なくすることが望ましいです。また、介在物であるMnSを形成します。これは熱間圧延で粘性変形鋼材の板厚方向の特性を劣化させますが、切削加工時にチップブレイカとして作用するため切削性(硫黄快削鋼)を向上させます。
Cu (銅)	製造に際して(高温時)は熱間加工割れを避ける工夫を必要としますが、使用に際して(常温時)は析出硬化により強度を高める有効な元素です。また、耐候性に効果があり、耐候性鋼には不可欠な元素です。
Ni (ニッケル)	強度、靱性の双方に有効な元素であり、低温用鋼などには必要に応じて0.5~9%のNiが添加されます。
Cr (クロム)	焼入性を増大させます。耐候性、耐食性の向上に有効な元素であり、耐酸化性、高温特性などの向上にも寄与します。耐候性鋼、その他耐食性を必要とする鋼、高温用鋼などには不可欠な元素です。
Mo (モリブデン)	高温強度を増し、焼戻し脆化を防止する有効な元素です。
Al (アルミ)	一般的に脱酸材として使用されます。Nを固定し歪み時効が改善され、靱性が向上します。
Nb (ニオブ)	0.02~0.05%の添加でA <sub>3</sub> 変態時のフェライト生成を抑制、結晶粒を微細化し、靱性の向上に寄与します。
Ti (チタン)	微量の添加で炭化物や窒化物になり結晶粒の微細化へ寄与し、靱性が向上します。
V (バナジウム)	微量の添加で炭化物や窒化物になり結晶粒の微細化へ寄与し、靱性が向上します。
N (窒素)	Cと同様に侵入型固溶体で固溶し、過剰のNは歪時効の原因になります。しかし、適量なNはAl, Nb, Tiと窒化物を生成し、結晶粒を微細化し靱性を向上します。

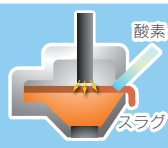


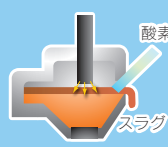


**Q. 電炉鋼材と高炉鋼材の化学成分の違いは？**

**A.** 東京製鐵の鋼材の場合、主に鋼材特性を決定するC,Si,Mn,P,Sは、高炉鋼材（汎用材）と差はありません。また、電炉鋼材にはCu,Ni,Cr等が含まれます。これらの元素は強度などの特性を高める合金元素として利用することが可能で、耐候性や溶接部靱性<sup>1) 2)</sup>を向上させると報告されています。当社は、長年の操業技術により元素の混入量を適正に管理し鋼材特性の劣化を防ぐとともに、合金元素の特性を活かした鋼材造りに取り組んでいます。

1) 中込忠男, 板谷俊臣, 石川信幸: トランブ元素と窒素を多く含む電気炉鋼材のHAZ靱性とマイクロ組織について, 溶接学会論文集, 22-4(2006), p.331  
 2) 板谷俊臣, 中込忠男: トランブ元素と窒素を多く含む電気炉鋼材の大入熱HAZ靱性について, 溶接学会論文集, 26-2(2008), p.137

電炉製鋼法と高炉製鋼法の特長比較

分類	化学成分	特徴	電炉製鋼法	高炉製鋼法
主な5元素	C (炭素) Si (シリコン) Mn (マンガン)	・酸素と結合しやすい ・規格により決められている	・電気炉で酸素と結合しガス化(C),スラグへ(Si,Mn) ・炉外精錬炉にて添加する 	・転炉で酸素と結合しガス化(C),スラグへ(Si,Mn) ・炉外精錬炉にて添加する
	P (リン) S (硫黄)	・鉄に有害 ・石灰で除去ができる ・規格により決められている	・主に炉外精錬炉にて除去する ・吹込酸素と結合し、スラグへ 	・主に炉外精錬炉にて除去する
その他の元素	Cu (銅) Ni (ニッケル) Cr (クロム) ...	・酸素と結合しない ・スクラップ中にある ・「耐候性鋼」「耐火鋼」「低温用鋼」では添加される	・除去できない ・規格により不足量を添加する 	・転炉にて約10%程度スクラップを使用している ・規格により不足量を添加する
	Nb (ニオブ) Ti (チタン) V (バナジウム) ...	・スクラップ中に無い ・衝撃値が向上する	・炉外精錬炉にて添加する ・吹込酸素と結合し、スラグへ 	・炉外精錬炉にて添加する

規格上 Cu,Ni,Cr,Mo が添加される鋼材例

規格	Cu(%)	Ni(%)	Cr(%)	Mo(%)
JISG3114 溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材	0.30 ~0.50	0.05 ~0.30	0.45 ~0.75	
JISG3125 高耐候性圧延鋼材	0.25 ~0.55	0.65 以下	0.30 ~1.25	
耐火鋼 (国土交通大臣認定品)			0.70 以下	Mo+Ti+V 0.10以下
JISG3119 ボイラ及び圧力容器用マンガンモリブデン鋼及びマンガンモリブデンニッケル鋼鋼板		0.40 ~0.70		0.45 ~0.60
JISG3127 低温圧力容器用ニッケル鋼鋼板		2.10 ~2.50		


### 3.3 品質管理


#### Q. JIS 規格で規定されていない成分の管理は？

A. 工程内の化学分析フローを以下に示します。電気炉、炉外精錬炉にて、成分調整時には17元素を化学分析（JIS G 1253スパーク放電発光分光分析）しています。サンプルの分析と操業への結果フィードバックを1～3分で行い対応することより、製造工程と品質の安定を図っています。規格で規定されていない化学成分（Cu,Sn,Pb,Cr,Ni,Mo等）は、社内の各製造仕様により定めています。

工程内の化学分析フロー

設備	操業状況	サンプル採取タイミング	分析方法	分析元素		
				規格制定	熱間脆性	その他
電気炉	酸化溶解	スクラップが 一様溶解した 状態	専用 プローブ	C	_____	_____
	出鋼前	溶解終了し 出鋼前	専用 プローブ	C	_____	_____
炉外 精 錬 炉	還元精錬	粗調整	発光分光	C, Si, Mn, P, S...	Cu, Ni, Sn	Pb, Cr, Mo, Al, Nb, V, Ti, B, Ca
		微調整	発光分光	C, Si, Mn, P, S...	Cu, Ni, Sn	Pb, Cr, Mo, Al, Nb, V, Ti, B, Ca
		最終調整	発光分光	C, Si, Mn, P, S...	Cu, Ni, Sn	Pb, Cr, Mo, Al, Nb, V, Ti, B, Ca
	出鋼前	成分調整後 ミルシート 掲載用	発光分光	C, Si, Mn, P, S...	Cu, Ni, Sn	Pb, Cr, Mo, Al, Nb, V, Ti, B, Ca

  
 ミルシートに  
記載

  
 社内規定で  
合否判定

**Q. 工程内での検査工程は？頻度は？**

**A.** 受入及び工程内での検査を下記に示すように定めています。

ISO品質システム要求事項に基づき、各検査試験ではそれぞれ検査員を社内認定し、社内品質システムの維持管理のため、計画的に教育及び再認定しています。  
また、運用に関しては教育訓練規定に定め、全教育を記録保管しています。

試験検査の種類と頻度

検査試験の種類	検査項目	検査方法	ロットの大きさ	手順書	データ解析及び記録	
購 入	スクラップ受入検査	寸法,形状,外観,質量 化学成分	目視,計量 検査表,化学分析	入荷毎	主原料検査手順書	品質記録
	副原料受入検査	形状(粒度) 化学成分	目視,計量 検査表,化学分析	入荷毎	副原料検査手順書	品質記録
	モールド受入検査	寸法,外観	計測,検査表	入荷毎	モールド検査手順書	品質記録
	ロール受入検査	寸法,外観	計測,検査表	入荷毎	ロール管理手順書	品質記録
	鋼片受入検査	寸法,質量,化学成分 形状,外観 (変形,割れ,ブローホール…)	目視,計量,計測 化学分析	入荷毎	鋼片検査手順書	品質記録
	計測器	精度,トレーサビリティ	計測,検査表	入荷毎	計測器管理手順書	品質記録
工 程 内	化学成分試験	Ca,C,Si,Mn,P,S,Cu,Ni,Cr, Mo,Pb,Sn,Al,Nb,V,Ti,B	スパーク放電 発光分光分析	1チャージ	分析試験手順書	品質記録 統計的手法
	熱間鋼片検査	寸法,形状,外観 (変形,割れ,ブローホール…)	目視	1チャージ ストランド毎	連続鑄造技術標準	品質記録 統計的手法
	払出鋼片検査	寸法,形状,外観,質量 (変形,割れ,ブローホール…)	目視,計量,計測 化学分析	1チャージ ストランド毎	鋼片検査手順書	品質記録 統計的手法
	製品寸法形状検査	寸法,形状,質量 (厚み,高さ,幅,直角度, 曲り,中心の偏り…)	計量,計測	サイズ 規格毎 抜取り	各製品検査手順書	品質記録 統計的手法
	製品外観検査	外観 (割れ,キズ,欠損…)	目視	全数	各製品検査手順書	品質記録 統計的手法
	機械試験	降伏点,引張強さ,伸び, 曲げ,絞り,衝撃値	計測	サイズ,規格毎 抜取り	材料試験手順書	品質記録 統計的手法
	最終検査	全検査の品質記録より 出荷の是非を判定	合否判定	1チャージ サイズ,規格毎	最終検査試験手順書	品質記録

1. 化学成分分析

電気炉、炉外精錬炉のオンラインに溶鋼化学成分の全自動化学成分分析室（JIS G 1253スパーク放電発光分光分析器）を設けて、成分調整時の溶鋼の化学成分を最少の時間で分析し、操業にフィードバックしています。

- ・ 分析時間 1分～3分（化学成分調整時に逐次分析結果が出せます）
- ・ 分析元素 C,Si,Mn,P,Sの5元素をはじめ Cu,Ni,Cr,Mo,Pb,Sn,Al, Nb,V,Ti,B,Caの17元素です

化学成分分析室



2. 機械試験

製品の機械的性質(降伏点、引張強さ、伸び等)は、ロット毎に全自動引張試験機にて試験を行い、合否判定を行っています。

また、規格により衝撃試験、曲げ試験等も実施しています。

機械試験室

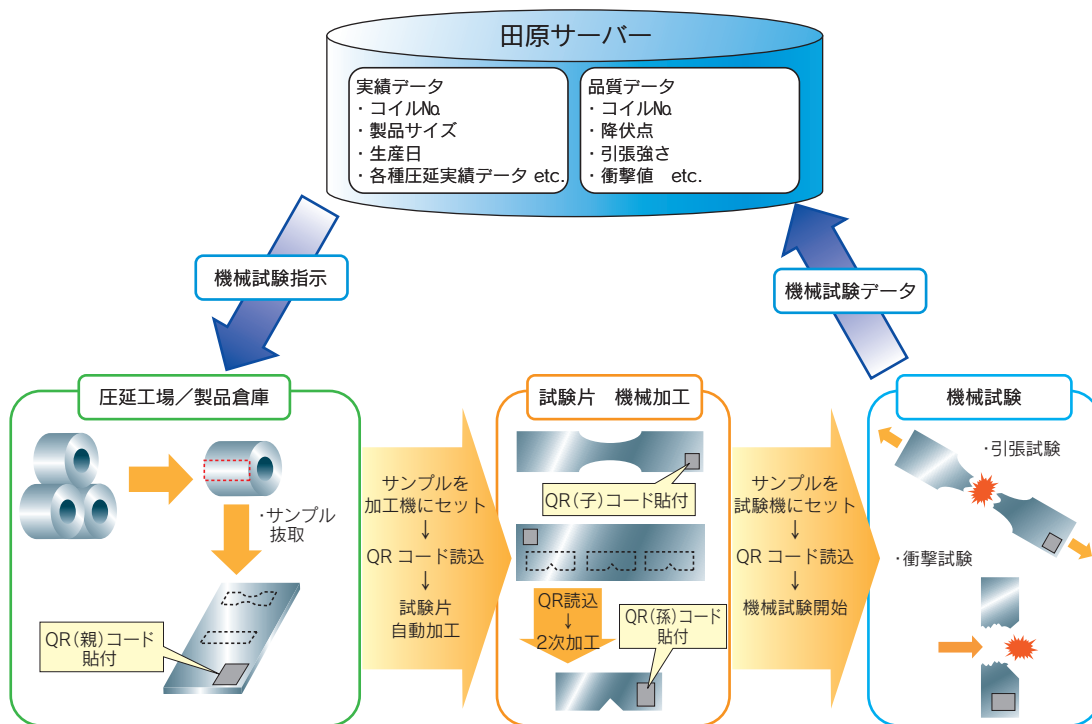


3. 製品の形状寸法検査

製品の外観、形状、寸法は各製品検査手順書に基づいて検査を行っています。

**Q. IT 品質管理とは？**

**A.** 東京製鐵はグリーンフィールドにゼロから田原工場を建設し、2009年より稼働開始しました。全てを新規に作り直したので、品質データのIT一元管理が可能となりました。その結果スクラップ工程-品質データが全てリンクされ、迅速な品質管理や高い品質保証が可能となりました。



#### 4 利用技術

##### Q. 電炉鋼材を溶接部に適用できる？

A. 従来電炉鋼材は溶接部への適用は限定的でした。その理由は、溶接性に対する窒素や合金元素の影響が懸念されたためでした。

電炉鋼材を溶接部に適用するため、次のような製造技術が用いられています。

製造技術	得られる鋼材特性
Sを低減	板厚方向特性の向上 疲労特性の向上 ラメラテアの抑制
窒素と結合する微量元素添加	フリー窒素低減による加工性向上 窒化物による HAZ 韌性向上
Cuの活用 割れ防止技術	焼入れ性による HAZ 韌性向上

東京製鐵は、溶接部（仕口・大梁・柱・ダイアフラム等）に適用できる「高規格電炉材」を2002年3月より受注しています。この製品の詳細な技術資料は、下記弊社HP

H形鋼：<http://www.tokyosteel.co.jp/product/catalog/hbeam/hs-hbeam.pdf>

鋼板：<http://www.tokyosteel.co.jp/product/catalog/cutsheets/hs-cutsheets.pdf>

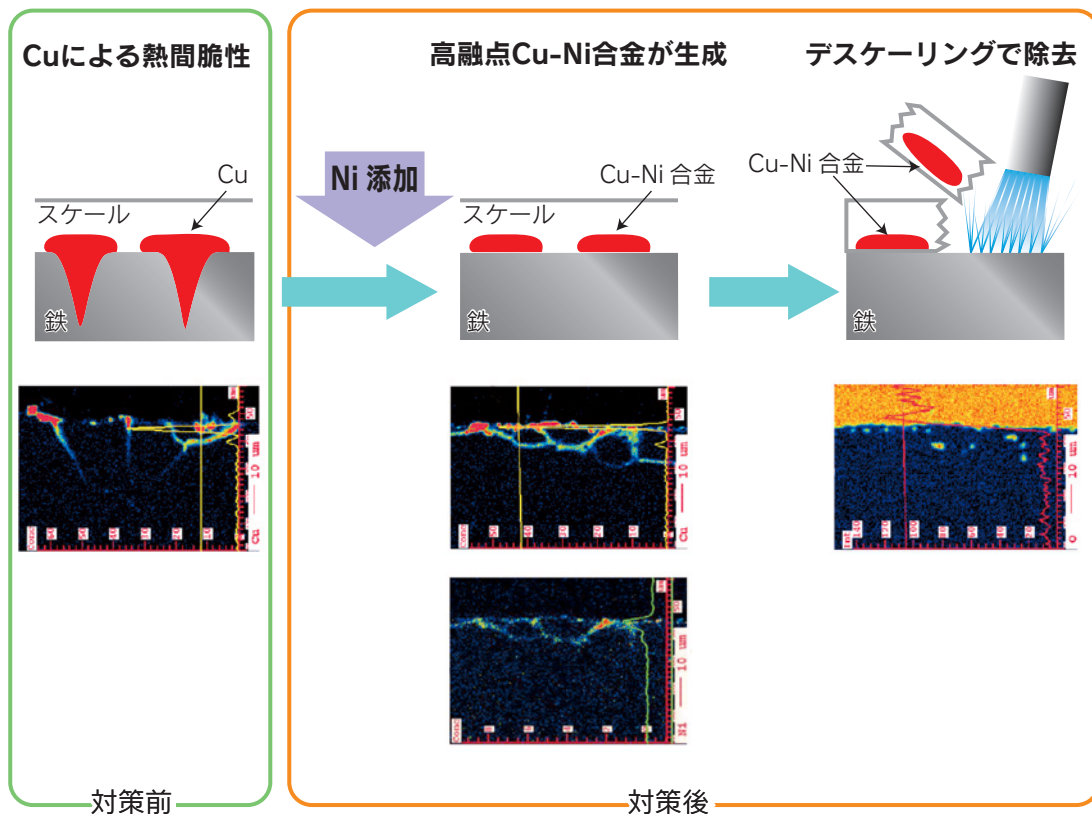
より閲覧できます。





**Q. Cuが入ると鉄が脆くなり割れるのでは？**

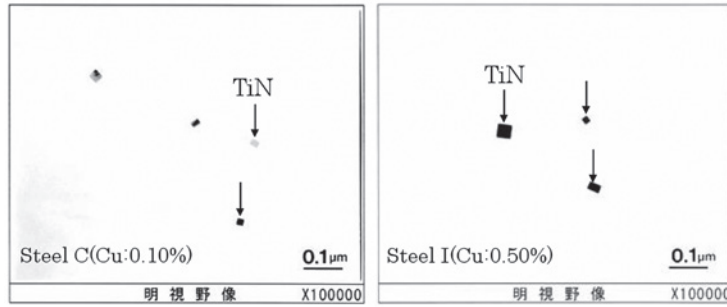
A. 「電炉鋼材中にはCu, Ni, Cr, Sn等が含まれるため、脆くなる。」と思われていますか？  
Cu, Snを含む鋼材を加熱炉内（約1200℃酸化雰囲気）に2時間程度入れておくと熱間脆性が起こります。しかしNiが含まれる鋼材の場合は、熱間脆性が抑制されます。電炉鋼材にはNi:0.10%程度が含まれているため熱間脆性が抑制されます。  
東京製鐵は、熱間脆性を推定する式から必要に応じ最適Ni量を添加し、Cuによる熱間脆性を防止しています。



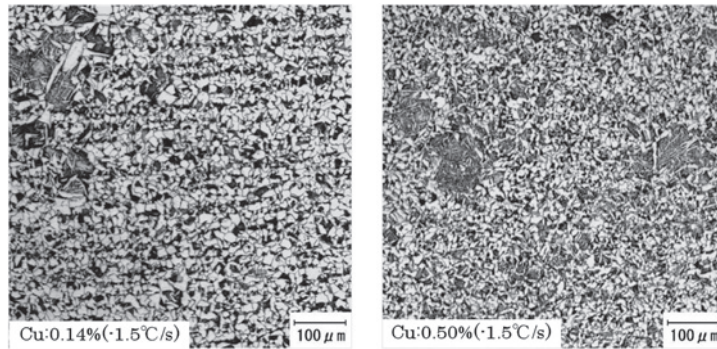
**Q. 溶接部靱性向上に Cu を有効利用できるのか？**

- A.** 電炉鋼材中にはCuが0.3%程度含有している為、溶接部には使用できないと思われていました。しかし、東京製鐵は製造工程で造り込むことにより、鋼材中に含まれるCuを靱性向上に有効利用し、溶接部にも安心して使用できる電炉鋼材を製造しています。詳細な仕様や技術資料は当社HP、「高規格電炉H形鋼」「高規格電炉鋼板」に記載していますのでご参照下さい。

Cuが高い方がTiN多い→溶接部靱性が良い<sup>1)</sup>



Cuが高い方が組織は細かい→溶接部靱性が良い<sup>1)</sup>



1) 板谷俊臣, 中込忠男: トランプエレメントと窒素を多く含む電炉鋼材の大入熱HAZ靱性について, 溶接学会論文集, 26-2(2008), p. 137

**Q. 薄板プレス加工性にCuを有効利用できるか？**

- A.** 電炉鋼材は合金元素を含有しているため、薄板プレス加工には使用できないと思われていました。東京製鐵は、合金元素による強化特性と焼き入れ性を有効利用し、鉄のミクロ組織と機械的特性の制御を行っています。(当社比)

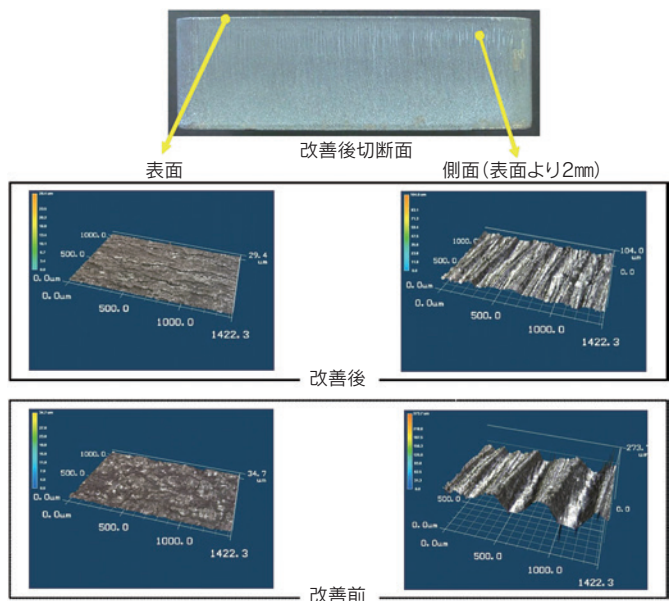
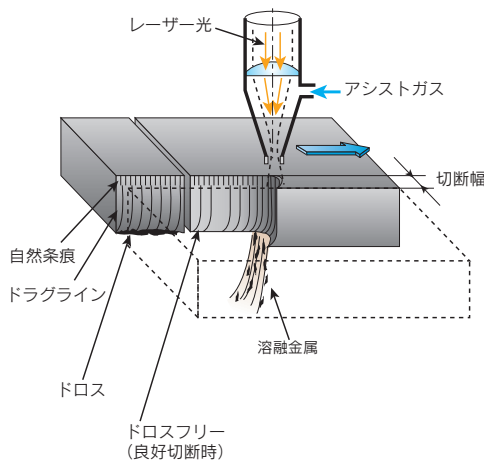
Cu, Ni, Crによる微細ベイナイト組織  
→穴広げ率: 約1.5倍向上  
合金添加量: 30%削減

フェライト-ベイナイト  
降伏強さ: 357MPa    引張強さ: 458MPa  
伸び: 37.3%        穴広げ率: 171%

**Q. レーザー切断性向上に Cu を有効利用できるのか？**

A. レーザー切断性を向上させるには、レーザー急速加熱部において剥離しにくいミルスケールを形成させる必要があります。さらに、スケール表面を滑らかにする事で、アシストガスの流れをスムーズにして、レーザー切断面の荒れを低減させる事が重要です。

東京製鐵は、電炉鋼材に含まれるCu,Ni,Crを最適量に管理する事で、スケールの密着性を向上させ、圧延工程における薄く均一なミルスケールを形成させることにより、飛躍的にレーザー切断性を向上させています。



表面観察結果 (板厚: 16mm 切断速度: 1m/min レーザー出力: 3.3KW)

**CO<sub>2</sub>レーザー切断結果**

当社材 熱延鋼板・SS400・16mm

切断速度 × 100 (mm/min)

		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
焦点位置	+7.0						×	△	×		
	+6.0						×	○	△	×	
	+5.0					×	△	○	○	×	
	+4.0				×	△	○			○	×
	+3.0			×	△	○				○	×
	+2.0			×	○					○	×
	+1.0		×	○						○	×
	±0.0	×	×	○						○	×
	-1.0	×	○	○						○	×
	-2.0		△	○		○		○	○	○	×
	-3.0		×	△	○	○	○	△	○	○	×
	-4.0			×	△	×	×	×	×	×	

市販品 (他社材)

切断速度 × 100 (mm/min)

		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
焦点位置	+7.0				×	×	×	×	△	×	
	+6.0				×	×	△	△	○		
	+5.0				×	×	○	○	○	×	
	+4.0			×	×	○			○	×	
	+3.0			×	△	○				△	×
	+2.0		×	×	○					○	×
	+1.0		×	×	○					○	×
	±0.0		×	○	○	○	○	○	○	○	×
	-1.0			×	×	×	○		○	△	
	-2.0			×	×	×	×	○	○	×	
	-3.0			×	×	×	△	△	△	×	
	-4.0					×	×	×	×	×	

切断範囲の広さ (CO<sub>2</sub>): 当社材 > 市販品 (他社材)

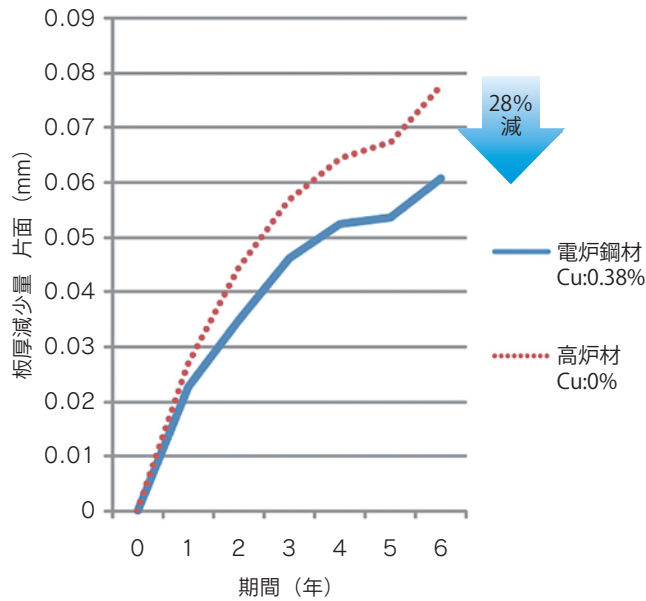
※詳細は、「レーザー切断性に優れた東京製鐵の鋼板」をご参照ください。

**Q. Cuが多いと鋼材がサビにくい？**

**A.** Cu, Crは、大気中腐食では安定サビを形成します。そして、安定サビは外部からの腐食要因をカットし、鋼材のサビ進行を抑制します。

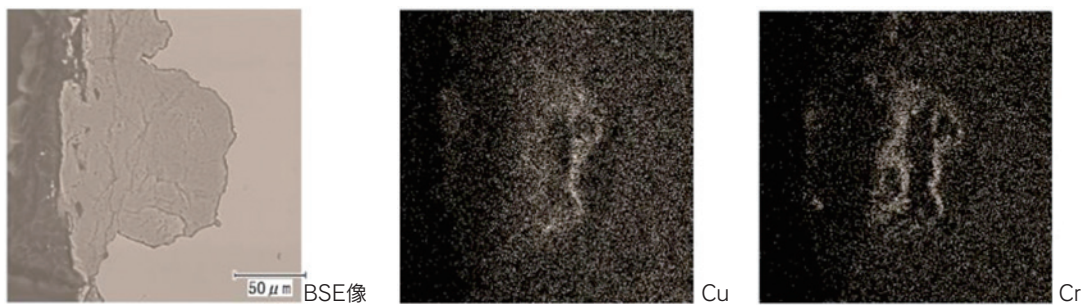
この特性は塗装下面における浮きサビも防止でき、塗替作業費を削減できます。

また、表面処理層が剥がれた場合には、鋼材自身が防食性を持ちます。



- ・JIS Z 2381に基づく
- ・河岸より250m
- ・工業地帯

大気暴露試験結果



電炉鋼材安定サビ中のCuとCr



# 東京製鐵株式会社

HP <http://www.tokyosteel.co.jp>

所在地 本 社 東京都千代田区霞が関三丁目7番1号 霞が関東急ビル15階  
TEL.03-3501-7721 FAX.03-3580-8859(代表)  
TEL.03-3501-3255(建材課・建材開発課) FAX.03-3580-8859(販売共通)  
TEL.03-3501-3223(鋼板課・鋼板開発課)

大阪支店 大阪府大阪市中央区安土町2丁目3番13号 大阪国際ビルディング(3階)  
TEL.06-6264-1368 FAX.06-6264-6396

名古屋支店 愛知県名古屋市中区栄二丁目1番1号 日土地名古屋ビル(7階)  
TEL.052-203-0855 FAX.052-203-3021

九州支店 福岡県北九州市若松区南二島3丁目5番1号 東京製鐵株式会社九州工場内  
TEL.093-791-5988 FAX.093-701-3581

岡山営業所 岡山県倉敷市南畝4丁目1番1号 東京製鐵株式会社岡山工場内  
TEL.086-455-7169 FAX.086-455-7189

宇都宮営業所 栃木県宇都宮市清原工業団地11番1 東京製鐵株式会社宇都宮工場内  
TEL.028-670-6235 FAX.028-670-6238

田原工場 愛知県田原市白浜2号1番3  
TEL.0531-24-0810 FAX.0531-24-0818

岡山工場 岡山県倉敷市南畝4丁目1番1号  
TEL.086-455-7151 FAX.086-455-3105

九州工場 福岡県北九州市若松区南二島3丁目5番1号  
TEL.093-791-2635 FAX.093-791-2639

宇都宮工場 栃木県宇都宮市清原工業団地11番1  
TEL.028-670-5607 FAX.028-670-5608

高松鐵鋼センター 香川県高松市朝日町5丁目1番1号  
TEL.087-822-3111 FAX.087-822-3117

技術的な内容のお問い合わせ先 \_\_\_\_\_

技術部 TEL.0531-24-0812 FAX.0531-24-0818  
E-mail [kaihatsu@tokyosteel.co.jp](mailto:kaihatsu@tokyosteel.co.jp)

2023年2月版

本データに記載の情報、および、弊社製品の著作権は東京製鐵株式会社に帰属します。