

第1章 鉄スクラップ品位の現状

1.1 鉄スクラップ発生～回収

市中で発生する鉄スクラップの発生源を二つの分野に分けることが出来る。一つは製造業の生産段階で発生する加工スクラップ（工場発生スクラップとも呼ばれている）と呼ぶグループである。切り板や打ちぬき屑、切削屑、切り粉などがあり、回収業者により回収されたあと新断、鋼ダライ、銑くずと名をかえて流通し、多くは加工処理（中間処理）を行わず製鋼メーカーに引き取られる。製造工場から直接、製鋼メーカーに搬入される場合もあるが、加工処理業者でストックして、必要に応じ製鋼メーカーに搬入される。このことから加工処理業者をヤード業者とも呼ばれる。素性の分かる鉄スクラップであり、従って品位面ではリターン屑と同様に使い勝手のよいスクラップと位置付けられる。また発生、回収、搬送段階で異物が混入する可能性も少ない。

もう一つは鋼構造物が老朽化して発生する老廃スクラップと呼ぶ分野である。ここには修理や損傷の段階で発生するスクラップも含む。発生個所は建物解体時、機械類の更新時、使用済み自動車や容器などさまざまであり、発生形状もまちまちのため回収後は製鋼投入効率を上げるためサイジング、破碎、減容などの加工処理が行われる。サイジングは建物解体屑のうち形鋼や鉄筋屑など条鋼類のスクラップに対して受け入れ先製鋼メーカーの炉容に合わせた切断加工であり、ギロチンシャーが使われる。2003年4月の調査¹⁾では全国に1,149基存在する。加工処理後はヘビースクラップとして流通している。

破碎は主に家電類、自動車のボディ、自動販売機などの鋼板製品を減容化し、かつ磁選により鉄のみを選別するために行われる。1970年始めにわが国に導入されモータリゼーションの高まりとともに、使用済み自動車の鉄リサイクル処理の主流となった。しかし、分別されたダストに重金属を含むため、その処分形態が1995年6月より管理型処分に移行したが、最終処分場の枯渇を背景に処分費が高騰し破碎業の経営を圧迫、2005年1月の使用済み自動車の再資源化等に関する法律（自動車リサイクル法）施行の原動力となった。全国に181基¹⁾存在するが、うち使用済み自動車対象は131基²⁾とみられている。今後本調査の対象である「全部利用」（下述）との関係からその動向が注目される。破碎処理後はシュレッダースクラップとして流通している。減容は空き缶など容積の大きいものを、専用のプレス機によりサイコロ状に固める処理であり、全国に496基²⁾存在する。プレス処理後はプレススクラップとして流通している。最近では、今回制定された自動車リサイクル法第31条で、解体自動車の全部再資源化認定が行なわれる。このため大型のプレス機を導入して解体自動車をサイコロ状にプレスする動きが始め、流通段階では容器類のCプレスに対しAプレスとして流通している。なお、全部再資源化認定には精緻な解体によることが条件となっており、その具体的検討こそが本調査の目的である。以上の老廃スクラップは発生段階、回収段階及び加工処理段階それぞれに製鋼原料としてふさわしくないものが混入する可能性がある。多くは加工処理段階までに選別除去を行えるが経済性の範囲以内が実情であり、かつ複合材のように材料そのものに不純物を含む場合は選別しきれない。

すなわち精度ある鉄鋼循環を維持する場合、老廃スクラップの品位確保対策こそが重要なポイントとなる。

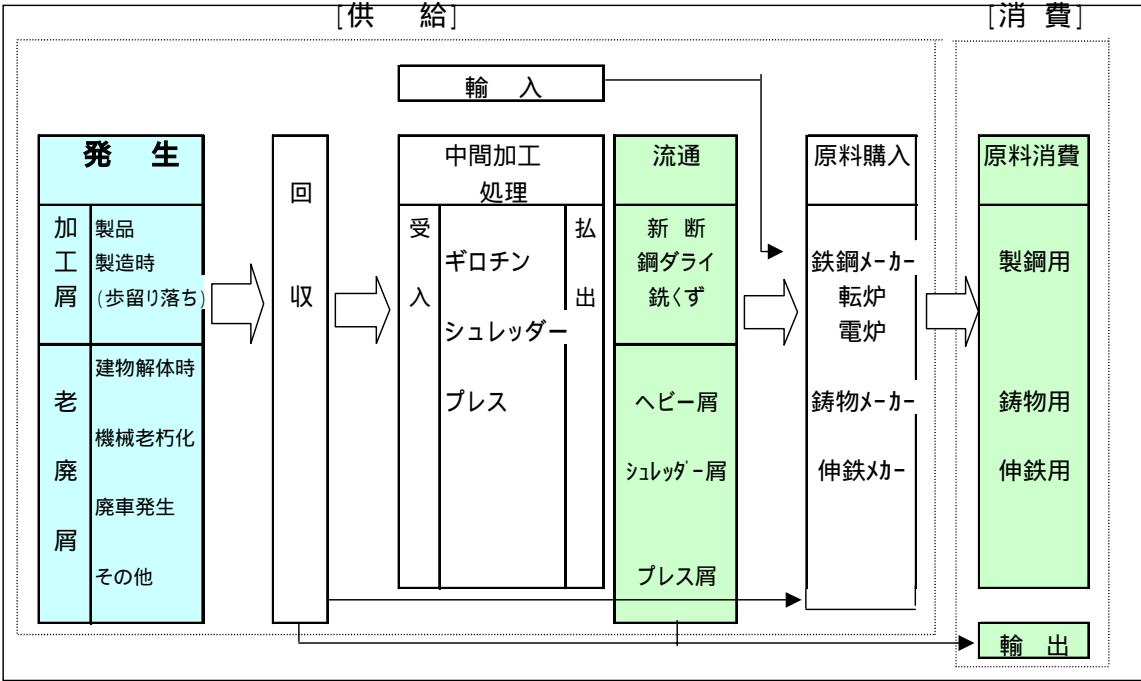


図1.1 鉄スクラップ発生～流通フロー図⁵⁾

1.2 鉄スクラップ規格

それでは、わが国の鉄スクラップ規格はどのようなになっているのでしょうか。

1.2.1 規格の経緯

わが国の鉄スクラップ規格は、鉄屑カルテルを実施していた昭和30年に当時の鉄屑需給委員会がまとめた日本工業規格（JIS）鉄くず分類基準G2401が初めである。この規格は銑くずと鋼くずについて規定されたものであり、銑くずはその用途により溶解用と雑用に分けられ、溶解用銑くずはその品質と形状により3種類に分けられている。品質とはA上銑くず、B並銑くず、C可鍛鋳鉄くずの3種区分であり成分は規定されていない。また鋼くずはその用途により溶解用、再生用及び雑用に大別される。溶解用では品質別5種類、形状4種類に分けられる。品質はA炭素鋼くず、B低銅炭素鋼くず、C低りん・低硫・低銅炭素鋼くず、D合金鋼くず、E雑用くずであり、D種合金鋼くずはさらにクロム鋼くず、ニッケル鋼くずなどの成分鋼種別に細かく規定されている（表1.1）。A種炭素鋼くずでは成分の規定はない。

発生品であることから、形状は厚さ、幅、長さなどで設定されており、この点は現状も変わっていない。また、シュレッダー機がわが国に導入されたのは1970年代であることから、当初のJISにはシュレッダースクラップは規定されていない。その後時代の変遷とともに、鉄スクラップ処理技術や製鋼技術の変化とともに鉄スクラップも変遷するが、JIS規格は取り残されたように改定されずに今に至っており、従ってJISには未だにシュレッダ

ースクラップの規定はされていない。背景に国内くずは発生が少なく、売り手市場が長かったことがあげられる。このため JIS とは無関係に、ローカル的な発想（使用側の都合）で細分化し、あるいは上位クラスを新設するなどを行い、他の電気炉メーカーと差別化を図ることが行われた。特に高炉メーカーが平炉を閉鎖した昭和 50 年代始め以降、原料である鉄スクラップ確保のためその傾向が顕著となる。各メーカーは独自のスペックを設定して運用したため、JIS の形骸化はいよいよ進んだ。同じ呼称でありながらメーカーによって異なったり、地域によって異なったりする混沌とした状況が続く。このような時、普通鋼電炉工業会が中心となって、需給双方の意見をまとめ、鉄屑検収統一規格を設定したのが昭和 57 年 10 月のことである。

1.2.2 現行のスクラップ規格

基本的に「ローカルである」ことから全国统一規格の必要性薄く、行き渡らずに推移していた。そこで平成 4 年（1992 年）（社）日本鉄源協会は規格に関して実態調査を行い、ニーズを確認したあと、協会内に品質規格委員会を設け再検討に入った。そして平成 8 年（1996 年）に鉄スクラップ検収統一規格を発表し、これが現在の全国版体系となっている（表 1.2）。

その後同協会では、2004 年 2 月、鉄スクラップ規格検討ワーキンググループを結成し、より現状の流通や使用に即した規格のあり方について検討を進めているところである。

すなわち、鉄スクラップの規格は JIS G2401 に規定されているものの、ほとんど機能していない 形状主体の規格であり成分規定はない 現在では（社）日本鉄源協会が 96 年に制定した鉄スクラップ検収統一規格が広く行き渡っている。とまとめられる。

表 1.1 日本工業規格

JIS

鉄くず分類基準

G 2 4 0 1 -1979

Classification Standard for Iron and Steel Scraps

1. 適用範囲 この規格は、すべての鉄くずと鋼くずについて規定する。

2. 鉄くず

2.1 用途 鉄くずはその用途により溶解用と雑用に大別する。

2.2 種類 溶解用鉄くずはその品質と形状とにより、次の種類に分ける。

2.2.1 A 種 上鉄くず（機械又は道具鉄など）

B 種 並鉄くず（なべ、かま、ロストル、その他これに類するもの。）

C 種 可鍛铸铁鉄くず

2.2.2 甲 類 1 個当りの重量 20 kg 以下

乙 類 破碎・溶断により容易に甲類の形になり得るもの。

丙 類 銑だらい粉（銑鉄の削りくずで異物の混入しないもの）

ただし、丙類については種類に分けない。

2.3 雑用銑くずは種類に分けない。

3 . 鋼くず

3.1 用 途 鋼くずはその用途により溶解用、再生用及び雑用に大別する。

3.2 溶解用鋼くずの種類 溶解用鋼くずはその品質と形状により、次の種類に分ける。

3.2.1 A 種 炭素鋼くず

B 種 低銅炭素鋼くず（Cu0.20%以下）

C 種 低りん・低硫・低銅炭素鋼くず（P0.025%以下、S0.025%以下、Cu0.15%以下）

D 種 合金鋼くず

E 種 雑用鋼くず

3.2.2 甲 類

特 1 号 厚さ 6 mm 以上、長さ 6 0 0 mm 以下、幅又は高さ 4 0 0 mm 以下で、重量 6 0 0 kg 以下のもの。

特 2 号 厚さ 3 mm 以上 6 mm 未満、長さ 6 0 0 mm 以下、幅又は高さ 4 0 0 mm 以下のもの。

1 号 厚さ 6 mm 以上、長さ 1 2 0 0 mm 以下、幅又は高さ 5 0 0 mm 以下で、重量 1 0 0 0 kg 以下のもの。

2 号 厚さ 3 mm 以上、6 mm 未満、長さ 1 2 0 0 mm 以下、幅又は高さ 5 0 0 mm 以下のもの。

3 号 厚さ 3 mm 未満、長さ 1 2 0 0 mm 以下、幅又は高さ 5 0 0 mm 以下のもの。

乙 類 切断によって容易に以上の形状のいずれかになり得るもの。

丙 類 プレス品

1 号 裁断プレス品

2 号 すず抜きプレス品

3 号 普通くずプレス品

4 号 だらいプレス品

丁 類 鋼だらい粉

引用規格：4 ページに示す。

G 2 4 0 1 - 1979

以上の鋼くずの分類中の、寸法と重量において注文者との協議により使用に差し支えないものはこの規程によらない。

3.2.3 D 種 合金鋼くずは、更に次のように分類する。

（ 1 ）クロム鋼くず

（ a ） JIS G 4 4 0 4 （合金工具鋼鋼材）SKS 8

（ b ） JIS G 4 8 0 5 （高炭素クロム軸受鋼鋼材）SUJ 1 , 2 , 3 , 4 , 5

（ c ） JIS G 4 1 0 4 （クロム鋼鋼材）SCr415, 420, 430, 435, 440, 445

(2) クロムバナジウム鋼くず

(3) クロムモリブデン鋼くず

(a) JIS G 4105 (クロムモリブデン鋼鋼材) SCM415,418,420,421,430,432,435,440,445,822

(4) アルミニウムクロムモリブデン鋼くず

(a) JIS G 4202 (アルミニウムクロムモリブデン鋼鋼材) SACM645

(5) ニッケルクロム鋼くず

(a) JIS G 4404 の SKT6

(b) JIS G 4102 (ニッケルクロム鋼鋼材) SNC236,415,631,815,836

(6) ニッケル鋼くず

(a) JIS G 4404 の SKS5, 51

(7) ニッケルクロムモリブデン鋼くず

(a) JIS G 4103 (ニッケルクロムモリブデン鋼鋼材) の SNCM220,240,245,415,420,431,439
447,616,625,630,815,

(8) クロムタングステン鋼くず

(a) JIS G 4404 の SKS1, 2, 3, 4, 7

(9) クロムタングステンバナジウム鋼くず

(a) JIS G 4404 の SKD4, 5

(10) 高速度鋼くず

(a) JIS G 4403 (高速度工具鋼鋼材) SKH2, 3, 4, 5, 10

(11) クロムステンレス鋼くず

(a) JIS G 4303 (ステンレス鋼棒) ~ JIS G 4309 (ステンレス鋼線) SUS403,410,420J1,430

(12) ニッケルクロムステンレス鋼くず

(a) JIS G 4303 ~ JIS G 4309 の SUS304, 304L

(13) 含チタンステンレス鋼くず

(a) JIS G 4303 ~ JIS G 4309 の SUS321

(14) 含モリブデンステンレス鋼くず

(a) JIS G 4303 ~ JIS G 4309 の SUS316, 316L

(15) 含銅ステンレス鋼くず

(a) JIS G 4303 ~ JIS G 4305 (冷間圧延ステンレス鋼板) の SUS316J1、316J1L

(16) クロムモリブデンステンレス鋼くず

(a) JIS G 4303 の SUS410J1

(17) クロム耐熱鋼くず

((a) JIS G 4311 (耐熱鋼棒) の SUH1

G2401-1979

(18) クロムモリブデン耐熱鋼くず

(a) JIS G 4311 の SUH3

(1 9) ニッケルクロムタングステン耐熱鋼くず

(a) JIS G 4 3 1 1 の SUH4

(2 0) ニッケルクロム耐熱鋼くず

(2 1) クロムダイス鋼くず

(a) JIS G 4 4 0 4 の SKD1

(2 2) クロムタングステンダイス鋼くず

(a) JIS G 4 4 0 4 の SKD2

(2 3) 高マンガン鋼くず

(2 4) けい素鋼くず

ばね用けい素マンガン鋼は、合金鋼として取り扱わない。このほか快削鋼、Zn,Co,B などを含む鋼種などについては混合が起ころぬよう、上述の方法に準じて分類するものとする。

また、これらの分類は原則として発生場所において行うものとする。

3.3 再生用鋼くずの種類は、次による。

表 1 再生用鋼くずの種類

再生用 1 級品			再生用 2 級品			
品種	長さ mm	幅 mm	品種	長さ mm	幅 mm	径又は辺 mm
鉄線	—	—	—	—	—	—
帯鋼	—	—		—	—	—
ぶりき板	—	—		—	—	—
鋼管	1500 以上	—	鋼管	750 以上	—	—
棒鋼	1500 以上	—	棒鋼	125 以上 250 以上 450 以上	— — —	100 以上 25 以上 16 以上
形鋼	1500 以上	—	形鋼	山形鋼 みぞ形鋼 I 型鋼	500 以上 500 以上 500 以上	— — —
鋼板	900 以上	400 以上	厚鋼板	長方形平鋼のもの 丸、角変 形のもの 折り曲げ のもの	250 以上 面積約 1100m ² 以上 —	50 以上 — —
			薄鋼板	長方形のもの 丸、角変 形のもの	250 以上 —	50 以上 —
						径 115 以上にして面 積 1100m ² 以上
軌条	3000 以上	—	軌条(みぞ付軌条を含 む)		—	—
—	—	—	外輪		—	—
			鋼矢板		750 以上	—

備考 さびの著しいもの、穴又はきずのあるもの、摩滅の著しいもの、著しく曲がったもの、溶接又は接着したもの、ペイントなどを塗ったものは除く。ただし、注文者と協議の上使用上差し支えないものはこの限りでない。

3.4 雑用鋼くずは種類に分けない。

表 1 . 2 (社) 日本鉄源協会・鉄スクラップ検収統一規格 ³⁾

分類	品 種	等級	寸法 (mm)		単 量 (kg)	目 安		代表例	注 記
			厚さ	幅又は高さ X 長さ		高比重 (t/m ³)	化学成分 (Cu,%)		
鉄	ヘビ	HS	6以上	500以下 x 700以下	600以下		0.15	鋼板、H形鋼、形鋼、丸鋼、レール、ボンチ等重機解体に類するもの(但し鉄筋丸棒、鋼矢板を除く)	プラスチック・ダスト等の混入なきこと
		H1	6以上	500以下 x 1200以下	1000以下		0.20	鋼板、H形鋼、形鋼、丸鋼、レール、ボンチ、帯鋼、解体したボンベ、平鋼車輪、ボルト、ナット等(但し鉄筋丸棒、鋼矢板を除く)	
		H2	3以上 ～ 6未満	"	"			鋼板、形鋼、丸鋼、重機解体、鋼矢板、鋳鋼品、列車車体、大型トラック等自動車足廻り、船舶解体屑、鉄筋丸棒等	
		H3	1以上 ～ 3未満	"	"			軽量形鋼、鋼板、解体鉄筋バー、帯鉄結束、特殊車両、自動車ホイール、ギア、板バネ、支線、ガードレール、番線、ドラム缶等	
		H4	1未満	"	"			薄鋼板、番線、針金、ワイヤーロープ、スチール家具、シャッター、カラートタン、古ワイヤー結束、自転車、波板等	
	プレス	A	3辺の総和1800以下 最大辺800以下					自動車ボディー、フェンダー等	CS及びCは単に缶を圧縮したものではなく、複数の缶を圧縮成型し、直方体にしたもので、ハンドリングの際に簡単にば
		B	"					亜鉛メッキ鋼板等、下級屑、家電製品、バイク、自転車	
		CS	上限寸法は同上 下限は3辺総和600以上			0.6		食缶、飲料缶、一般缶(塗料缶、化学缶、機械油等を除く)	
		C	"			0.6		18リットル缶を含む各種缶類のMix品	
	シュレッダー	AS				1.0	0.15	自動車ボディー、フェンダー及び新断等をシュレッダー処理したもので特に非鉄・ダストの混入が少なく、成分・高比重の面からAよりも上級のもの	
		A						自動車ボディー、フェンダー、スチール家具	
		B						薄鋼板、スチール家具、亜鉛メッキ鋼板	
		C						各種缶類のMix品、薄鋼板等	
	新断	プレスA	3辺の総和1800以下 最大辺800以下					表面処理していない薄鋼板で酸化していないもの	
		プレスB	"					多少酸化している薄鋼板又は鋼材材質に悪影響を及ぼさない表面処理鋼板	
		バラA						表面処理していない薄鋼板で酸化していないもの	
		バラB						多少酸化している薄鋼板又は鋼材材質に悪影響を及ぼさない表面処理鋼板	
	鋼ダライ粉	A						普通鋼切削くずで酸化の少ないもの、チップ状のもの	
		B						普通鋼切削くずで多少酸化しているもの、パーマ状のもの	
		プレス	3辺の総和1800以下 最大辺800以下					普通鋼切削くずで酸化の少ないものをプレスしたもの	
鉄くず	故鉄	A	1辺11200以下		1000以下			機械鉄、道具鉄等の上鉄、モーターブロック完全解体	
		B						並鉄、モーターブロック未解体(油ぬきもの)	
	鉄ダライ粉	A						普通鋳物鋼切削くず	
		B						多少酸化した鋳物鋼切削くず	

不採用品規定

- 危険物及び密閉物(砲弾、銃弾、高圧容器、両端のつまったパイプ、ショックアブソーバー、ドア調整器、ジャッキ等)
- 合金鋼くず、非鉄金属及びそれらを含有、付着しているもの(錫、銅、亜鉛、鉛、ニッケル、クロム、アルミニウム、マンガン等)
- 不純物及びそれが付着、混入しているもの(ホーロー引き、溶接棒、ガラス、プラグ、繊維、ビニール、プラスチック、コンクリート、タール、スケール、ゴム、木片、油類等)
- 荷下ろし作業が困難なもの(たんご状又はからみ状の鉄筋、ワイヤー類等、マグネット処理に支障をきたすもの)
- 酸化、腐食が著しいもの
- 放射性元素を含有しているもの
- 容器等に入り内容物の確認が困難なもの

1.3 銘柄別流通量

1.3.1 2002 年の流通量 (%)

(社)日本鉄源協会では検収統一規格の銘柄別に、全国の鉄鋼メーカーに対してどの地域からどれ程鉄スクラップを購入したかの調査(鉄源流通量調査)を四半期ごとに実施している。鉄スクラップに関する統計は、経済産業省が毎月行っている「国内購入量」が唯一の流通量を表す統計だが、この調査はその内訳を銘柄別に現すものである。

2002 年(平成 14 年)をみると、ヘビースクラップが全体の 60%弱を占めて最も多く、次いで新断スクラップ 18%、シュレッダースクラップ 7%、鋼ダライ 6.9%、プレススクラップ 3.4%等である。一番ウエイトの大きいヘビースクラップは寸法や厚みにより 5 区分に分かれているが、このうち H2 クラスが最も多いため、H2 が鉄スクラップ価格のベース価格となっている。

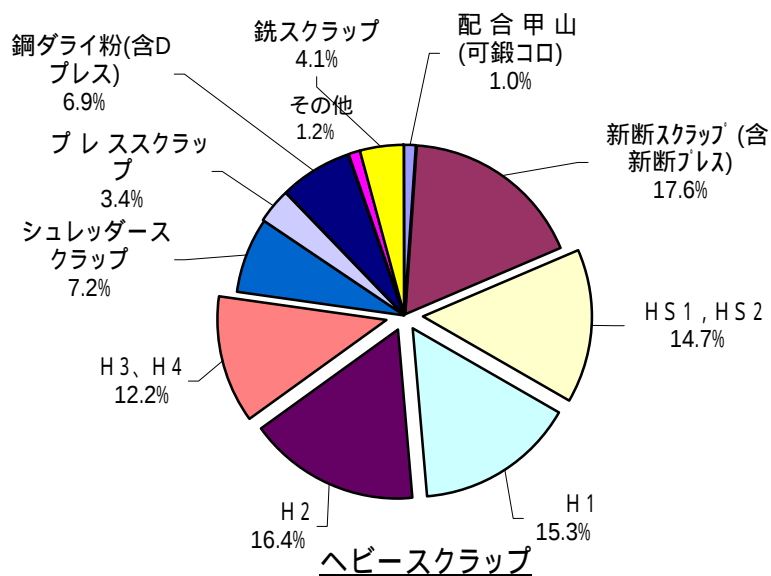


図 1.2 鉄スクラップ銘柄別流通量 (%)・2002年³⁾

1.3.2 近年の銘柄別変化の特徴

流通調査により 4 年前(1998 年)と比較すると、トータルの流通量は平成 10 年 2,750 万 t と平成 14 年 2,710 万 t であり、あまり変わらないが銘柄別にみると次のような点が挙げられる。

ヘビー屑のウエイトが 56.1%から 58.7%に増加しているが、H1 ~ その他の下級ヘビー屑の増加によるものであり、HS1、HS2 の高級ヘビーは減少している。

新断スクラップは堅調さを維持している。

シュレッダースクラップは 300 万 t から 200 万 t へ約 100 万 t 減少した。

量は小さいがプレス屑は微増、鋼ダライは微減となっている。

特にシュレッダースクラップの100万t減は、シュレッダーダスト処分費高騰により、シュレッダー投入を縮小するビフェイビアが働いた結果と見られる。また、ヘビー屑内の異動は、高級ヘビー屑が輸出に向かい、国内は下級ヘビー屑を購入せざるを得なかった事情を現わしていると想定される。

表1.3 鉄スクラップ品種別流通量³⁾

(単位:1,000トン・%)

品 種 別			平成10年		平成14年		H14-H10増減		
			(1,000トン)	(%)	(1,000トン)	(%)	(1,000トン)	(%)	
国内購入スクラップ	炭素鋼スクラップ	配合甲山(可鍛コロ)	130	0.5	272	1.0	142	0.5	
		新断スクラップ(含新断プレス)	4,636	16.9	4,771	17.6	136	0.8	
		ヘス	HS1, HS2	4,267	15.5	3,965	14.7	-302	-0.9
				4,053	14.7	4,148	15.3	95	0.6
		ピク	H1	4,087	14.9	4,452	16.4	365	1.6
				3,016	11.0	3,309	12.2	294	1.3
		ラ	H2	3,016	11.0	3,309	12.2	294	1.3
				3,016	11.0	3,309	12.2	294	1.3
		ッ	その他	3,016	11.0	3,309	12.2	294	1.3
		ブ	小計	15,422	56.1	15,874	58.7	451	2.6
		シュレッダースクラップ	3,057	11.1	1,944	7.2	-1,113	-3.9	
		プレススクラップ	888	3.2	910	3.4	22	0.1	
		鋼ドライ粉(含Dプレス)	1,923	7.0	1,867	6.9	-56	-0.1	
		その他	356	1.3	317	1.2	-39	-0.1	
	計	26,412	96.1	25,954	95.9	-458	-0.2		
鉄スクラップ他	1,083	3.9	1,110	4.1	27	0.2			
合計	27,495	100.0	27,064	100.0	-431	0.0			
加工スクラップ			7,642	27.8	7,747	28.6	106	0.8	
老廃スクラップ			19,853	72.2	19,316	71.4	-537	-0.8	

(注)加工スクラップとは、新断、鋼ドライ粉及び鉄スクラップをいい、老廃スクラップとはこれ以外をいう。
出所；日本鉄源協会：流通量調査

1.4 不純成分の問題

1.4.1 混入する不純物

発生、回収、加工処理の各段階で混入する可能性のある不純物の形態は、大まかに付着不純物、表層不純物、合金系不純物の3つに分けることが出来る。付着不純物は、モーターや配電盤に代表される。モーターは電磁鋼板に銅線を巻いたものであるためシュレッダーにかけても磁石に付着し、そのままシュレッダースクラップに混入してしまう。このため、磁選後、風力選別やコンベア上での手選別が一般的だが、手選別は経済性が関与する部分でもある。表層不純物では、錆び対策として行われる各種の表面処理があるが、亜鉛めっき鋼板は炉に投入後、炉壁や集塵口に付着するなど製鋼操業上の支障をきたす。

表1.4 鉄スクラップ中 不純物の存在形態

分類	不純物の存在形態	具体例 (主な金属)
付着不純物	ある程度の質量をもつ非鉄金属の単体が鉄と共存するもの	モータ類 (鉄と銅) 自動車エンジン・ブロック (鉄、アルミ)
表層不純物	鉄の表面に薄い非鉄金属層として共存するもの	亜鉛めっき鋼板 (鉄と亜鉛) 錫めっき鋼板 (鉄と錫)

合金系不純物	鉄鋼製品の性能を上げるために合金成分として意図的に鉄鋼中に添加された元素に基づくもの	耐候性鋼板（鉄と銅） ステンレス（鉄と Ni、Cr、Mo など）
--------	--	-------------------------------------

1.4.2 鋼に影響を及ぼす不純元素

鉄鋼製品を製造する段階で、製品の用途によりさまざまな元素が必要となるが、その中で逆に悪影響をおよぼす元素もある。特に現状の技術水準では精錬しても除去出来ない元素でしかも鉄スクラップ中に含まれているものに Cu と Sn がある。Cu 単身でもわざわざするが、Sn が含まれるとさらに助長される特徴がある（図 1.3）。熱間加工性を劣化させる（特に深絞り鋼板では厳しく規制されている）など製造後の鋼材品質に影響するだけでなく、鉄鋼メーカー内での製造、加工工程でも有害であり、製品の表面品質にも悪影響を及ぼす。Cu、Sn 以外では、Pb（鉛）、Bi（ビスマス）は熱間加工性、深絞り性では Cu、Sn、Ni、Cr、As（ヒ素）が、Sn、As は冷間加工に、Sn、As、Sb（アンチモン）は切欠靱性を悪くする。不純成分と鋼材への悪影響及びスクラップの平均濃度を表 1.5 に示す。

表 1.5 不純成分と鉄スクラップの平均濃度 ⁵⁾

成分	鉄からの除去の難易	鋼材への悪影響	スクラップへの蓄積の程度	緊急対策度
Cu	かなり困難	0.2%上で熱間加工性に悪影響。	0.1～0.5%	すぐに対策が必要
Sn	かなり困難	0.04%程度で熱間加工性に悪影響。0.2%程度で冷間加工性や焼き戻し脆性に悪影響。	0.005%～0.016%	ブリキ缶のリサイクル次第では問題になるので要対策
Ni	困難	鋼材を硬くするので薄板などでは問題。	0.06%～0.1%	将来は問題になる可能性がある
Cr	低濃度域の除去はかなり難しい	冷間加工性に悪影響。鋼材を硬くするので薄板などでは問題。	0.03%～0.3%	将来は問題になる可能性がある
Mo	特殊条件での蒸発	鋼材を硬くするので薄板などでは問題。	0.02%程度	問題になるのはかなり先
Zn	加熱時に優先蒸発	鋳鉄の鋳込み時の白煙生成。	鋼中残留濃度は 0.005%以下	問題は主としてダスト処理方法
Pb	加熱時に優先蒸発	0.001%で熱間加工性に悪影響。		問題は主としてダスト処理方法
As	通常の方法ではかなり困難	0.03%で熱間加工性に悪影響。0.025%で冷間加工性や焼き戻し脆性に悪影響。	実態がよく分かっていない	将来は問題になる可能性がある
Sb	通常の方法ではかなり困難	超微量で熱間加工性や焼き戻し脆性に悪影響。		
Bi	通常の方法ではかなり困難	0.005%で熱間加工性に悪影響。		

●	境界	熱間表面割有 河合（鉄と鋼，38）1952
○		割れなし
▲	境界	熱間表面割有 日本鉄鋼協会 1981. 4
△		割れなし

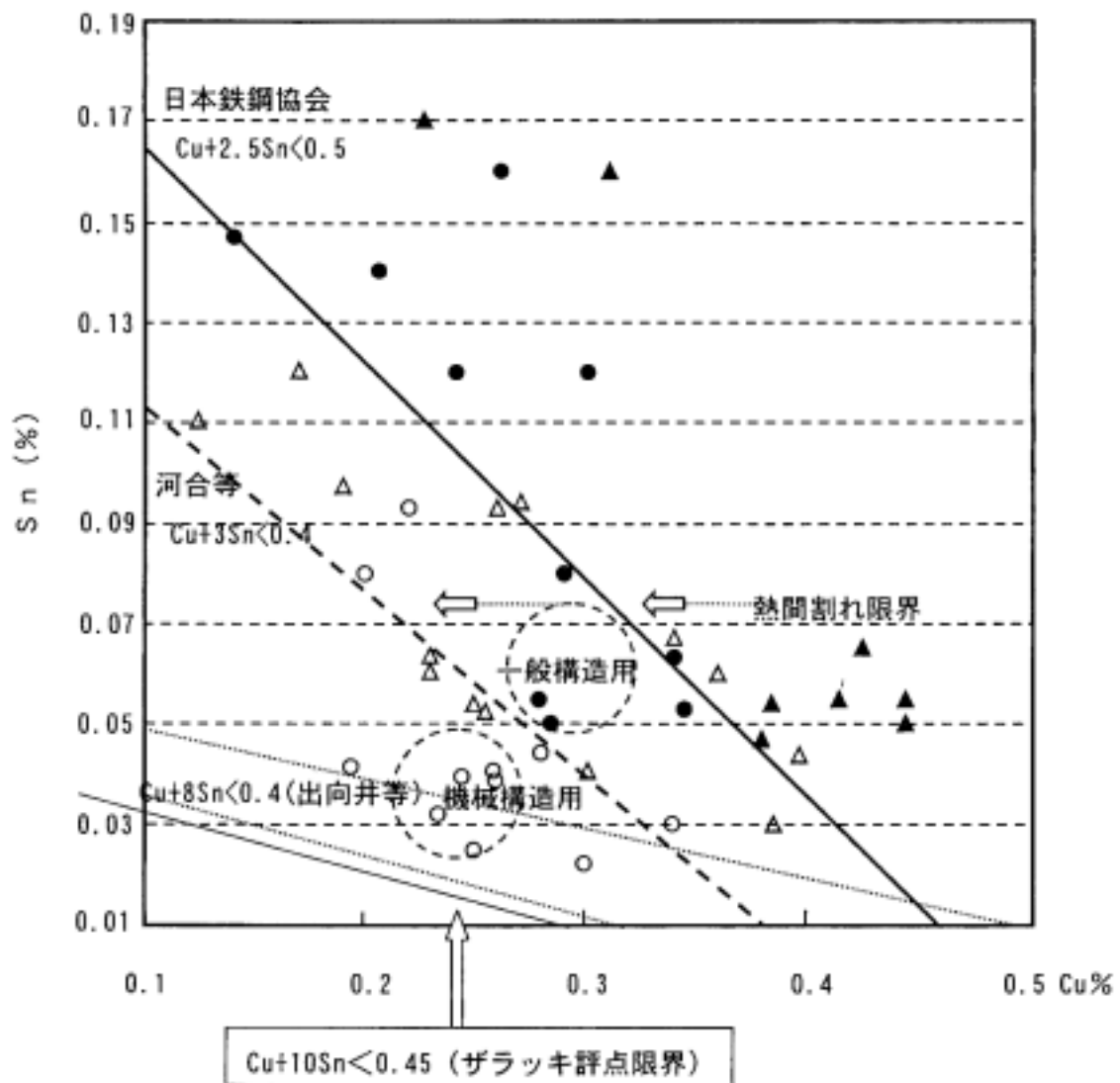


図 1 . 3 熱間加工 表面割れ感受性 (Cu、Sn の影響) 4)

そこで、各鉄鋼生産工場では管理目標をもって Cu 及び Sn の許容限界をコントロールし、管理している。電炉生產品目をみると形鋼（大形、中形、小形計）では 90%、棒鋼は 98% のシェアをもっており、かつ厚板やホットコイルなどの鋼板類や鋼矢板など品種構成は多様化しつつある。また、形鋼や棒鋼では高付加価値化も進んでいる。従ってニーズに対応するために原料としての鉄スクラップに対する品位は、許容限界を常に管理せざるを得ない事態になってきている。各電炉メーカーでは、製造製品の要求品質と原料としてのコストとの兼ね合いにおいて種々のスクラップを配合してコントロールしている。図 1 . 4 に、表面品質に及ぼす Cu の影響を示す。

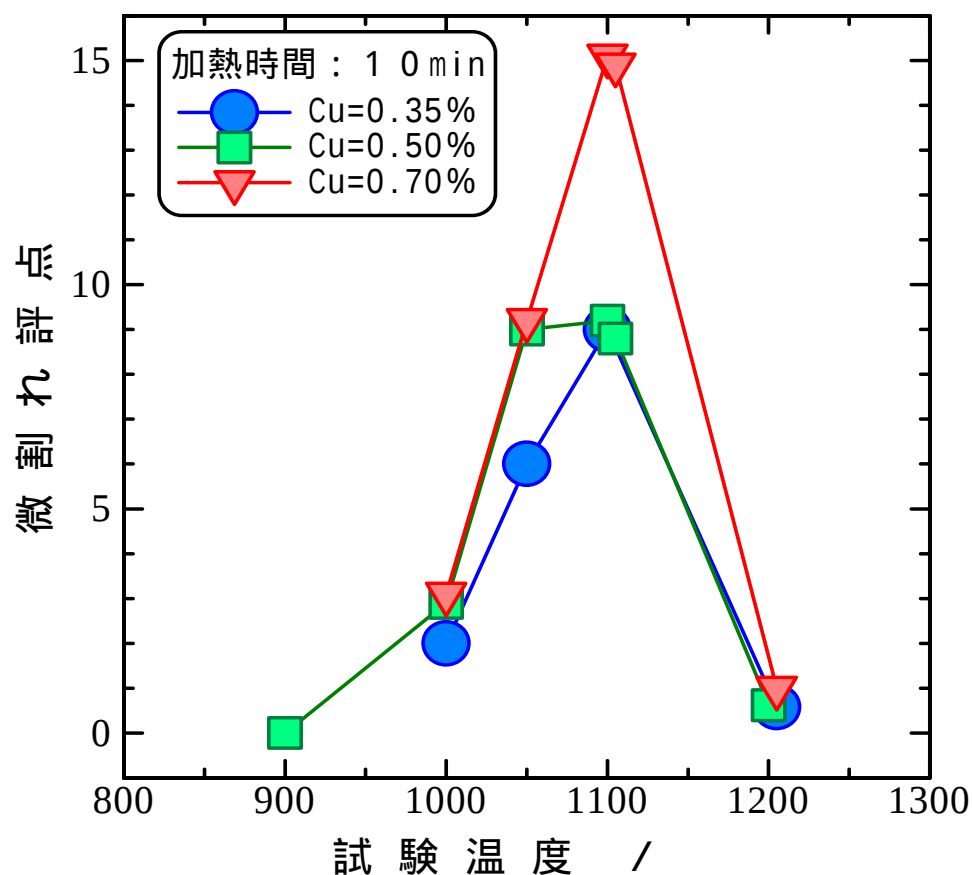


図 1 . 4 Cu の濃度と温度との関係 ⁶⁾

1.4.3 鉄スクラップに含まれる不純成分の現状

市中で流通している鉄スクラップの成分分析に関し、定期的な調査を行うシステムは存在していない。近年では東京大学工学部が1996年にスポット的に調査した記録が新しい。サンプル数50件のうち棒鋼屑Cuは0.2~0.46の間にばらつき、形鋼屑の場合は0.1~0.4であり、平均値はCu0.297となっている。また1993年の(財)金属系材料研究開発センター(以下JRCM)の調査では電炉形鋼のCu値は0.20~0.35%、棒鋼は0.25~0.50%であった。これらを示す表1.6の中で、bの日本鉄源協会による1995年調査ではヘビー屑の中をグレード別に調査しているが、グレードが低くなるに従いCu値が高くなることを現している。

これらの調査結果からみて、形鋼屑は低いものから高いものへばらつきが大きい、棒鋼屑は0.4付近に多く、低い値が形鋼よりも高い点が指摘できる。すなわち形鋼を製造する場合の管理目標は前表のようにCu0.3%以下であることから、もはや棒鋼屑のみで形鋼を生産する場合は希釈を必要とする事態となっている。

このように回収される鉄スクラップ本体のCu濃度が、形鋼の生産さえ希釈を必要とする段階にあるが、事前選別を怠るとこれにさらにCu濃度の高い鋼による棒鋼が出来ることになる。形鋼はCu0.3%に希釈配合によってコントロールされても、棒鋼は0.4%以下なのでコントロールされずに生産されることになり、従って将来発生する棒鋼屑は限りなく0.4%に近づくか超えるものも現れることになる。これを循環濃化と指摘し長期的にみると不純成分の高い鉄スクラップが多くなると懸念されている。

これを食い止めるには、少なくとも新たに加わる原因を無くすことである。シュレッダーでは選別機能を再認識し、「全部利用」ではハーネスの除去基準を設けるなど、不純成分の濃化を起こさない範囲での、製鋼原料を提供する意識の確保とそのシステムの確立が求められる。

参考までに欧米における不純元素の管理値について表1.7に示した。米国における鉄筋棒鋼のCu上限値は0.35%、電炉D社の機械構造用鋼材では0.25%となっており、いずれも日本より管理基準が厳しい。従って米国におけるスクラップの循環濃化は、日本よりも低い値の範囲内で推移していることが予想される。このことは、米国とマーケットを同一にするアジアにおいて、日本の老廃スクラップが品位面で輸出競争力を失うことにつながる。

表1.6 鉄スクラップ品質調査結果 4)

調査機関 (発表先)	a. 東京大学工学部 戸井、佐藤	b. 日本鉄源協会 品質企画委員会	c. J R C M (新製鋼 G r)	d. 日本鉄鋼協会 電炉部会
年次	96. 9～97. 2月	95 年 5 月	93 年 5 月 (91～92年)	93. 10(第3版)
調査の概要	全国20社の鉄屑を 成分分析した。 サンプル数 50	鉄屑品質規格検 討の基礎調査 鉄屑24銘柄 サンプル数 45		電気炉部会における原料 としての鉄屑調査結果
調査結果	電炉材平均 Cu 0.297% Sn 0.031% Cr 0.158%	Cu H1 0.10 % H2 0.11 ~ 0.22(0.21) % H3 0.07 ~ 0.66(0.22) % Sn 0.084~ 0.12 %	電気炉 Cu 形鋼 0.20 ~ 0.35 % 棒鋼 0.25 ~ 0.50 % 特殊鋼 0.08 ~ 0.13 % 高炉製品 0.02 ~ 0.03 % 電気炉 Sn 形鋼 0.01 ~ 0.02 % 棒鋼 0.015~ 0.025 % 特殊鋼 0.004~ 0.011 % 高炉製品 0.001~ 0.003 % * 電炉普通鋼のCu平均は 0.3%以上、Snは 0.02% 以上。	普通鋼、特殊鋼製品の不 純物元素の推移値 (単位%) SD 82年 87 92 Cu 0.343 0.344 0.256 0.358 0.252 Sn 0.035 0.017 0.016 0.023 0.024 SC 83年 87 92 Cu 0.077 0.101 0.104 Sn 0.007 0.010 0.011
特 記	新しい鉄屑と古い ものとの成分差は Cuで変わらず、 Sn値は減少。 古屑のCu 0.294% 新屑のCu 0.303% 古屑のSn 0.035% 新屑のSn 0.023%			

表 1 . 7 欧米における不純成分管理値 4)

米国の不純物元素上限例 J. J. Bosley and R. J. Schmitt(1989)

Grade (WT%)	Cu	Ni	Cr	Mo	Sn	コメント
Drawing Quality	0.06	0.10	0.07	0.02	0.01	深絞り加工用
Commercial Quality	0.10	0.10	0.07	0.03	0.015	
Tinplate	0.06	0.04	0.04	0.02	0.02	要圧延(加工性)
Merchant Bar	0.35	0.15	0.15	0.04	0.03	圧延まま

欧米鉄鋼各社における製品の不純物管理基準例(WT%)

	深絞り用鋼板			機械構造用鋼材	線材 ステークコード	厚板	シームレスパイプ
	高炉A社 (ドイツ)	高炉B社 (ドイツ)	電炉C社 (米国)	電炉D社 (米国)	電炉E社 (米国)	電炉F社 (伊)	電炉G社 (伊)
C	0.05-0.07		0.05-0.07	0.40			
Si	≤0.050		≤0.03	0.20			
Mn	0.25-0.36		0.25-0.35	1.10			
P	≤0.015		≤0.020	≤0.025			
S	≤0.015		≤0.010	≤0.025			
Al	0.02-0.04		0.02-0.035	≤0.070			
Cu	≤0.10	≤0.04	≤0.14	≤0.25	< 0.05	0.2-0.3	< 0.20
Sn			≤0.015	≤0.03			
Cr		≤0.04	≤0.08	≤0.20			< 0.20
Ni		≤0.04	≤0.08	≤0.25			< 0.10
Pb				≤0.20			
Ti	≤0.005						
Nb	≤0.005						
Mo	≤0.030	≤0.01		≤0.06			< 0.10
N	0.003-0.006						
備考	スラッグ配合率 24%	スラッグ配合率 max23%	還元鉄, 炭化鉄希釈		配合率33%	薄板 Cu≤0.08	

欧米の不純物管理基準例

米, 独, 伊 例	Cu	Sn
深絞り用鋼板	< 0.04 ~ 0.14	< 0.015
機械構造用圧延鋼材	< 0.25	< 0.30
厚板	< 0.2 ~ 0.3	—
シームレスパイプ	< 0.20	—
線材	< 0.05	—

1.5 不純成分濃化予測

JRCM は 1990 年始め、使用不能スクラップに関して調査、シミュレーションを行った。問題意識は、Cu を素材とした電気部品の使用量が増加したことに加えて部品の小型化により Fe と Cu の分離が困難になってきている。鉄鋼材料の機能向上のために合金元素添加鋼や表面処理鋼、クラッド鋼などが増加している点にある。さらに将来においてもスクラップ中の Cu、Sn を除去する有効な技術が開発されず、希釈に頼る現在の状況が継続するとした場合、不純成分許容値を超えない範囲内で最大限まで老廃スクラップを使用したとしても、増加する老廃スクラップ量を全量消化しきれない事態が生じる可能性がある。以上の問題意識を前提にシミュレーションしたところ、スクラップの品質劣化が進み且つ何らの回生処理も施されないケースでは、21 世紀初頭には使用不能な老廃スクラップの発生が顕在化しはじめ、2015 年には累計で約 2 億トンのスクラップがゴミ化するとの結果であった。

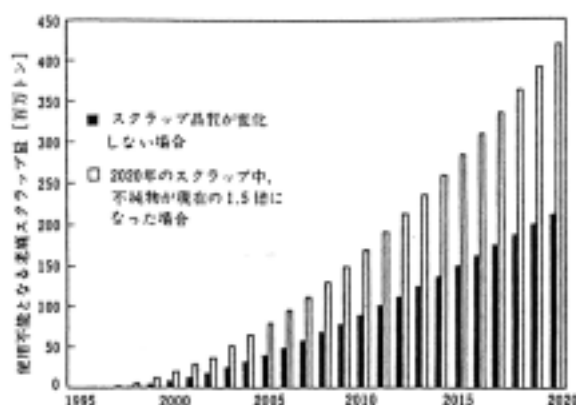
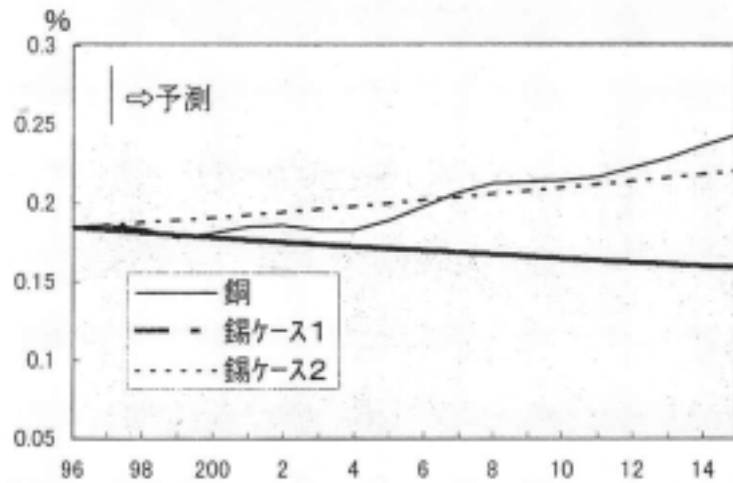


図 1.5 再利用不能スクラップ量の推定⁴⁾

その後、1995 年に行った再予測では、不純成分を含んだスクラップが増加した場合でも、鉄鋼製品の Cu や Sn 濃度は許容限界内にコントロールされるため、許容限界 MAX までに濃化が進んでも、その後は横這いとなるとした。そのような場合、将来の濃化は、不純物が濃化したスクラップを使用する鉄鋼製品品種の拡大や電気炉と転炉の生産構成の変化こそ大きいとみた。このように、濃化の許容限界があることを取り入れた結果、Cu 濃度は 2015 年には 1.32 倍に増加する予測結果となった。1990 年当時の予測では、Cu 濃度が 0.17 から 0.244%へ 1.4 倍増加した結果と比較すると、やや下方に修正された結果となっている。これらの予測結果を図 1.6 に示す。いずれにしても、鋼中から Cu を除去する経済性ある技術が開発されない限り、新たな Cu 混入は極力避ける必要がある。

今回推計

高級スクラップ中のCu、Sn濃化の推定



前回推計

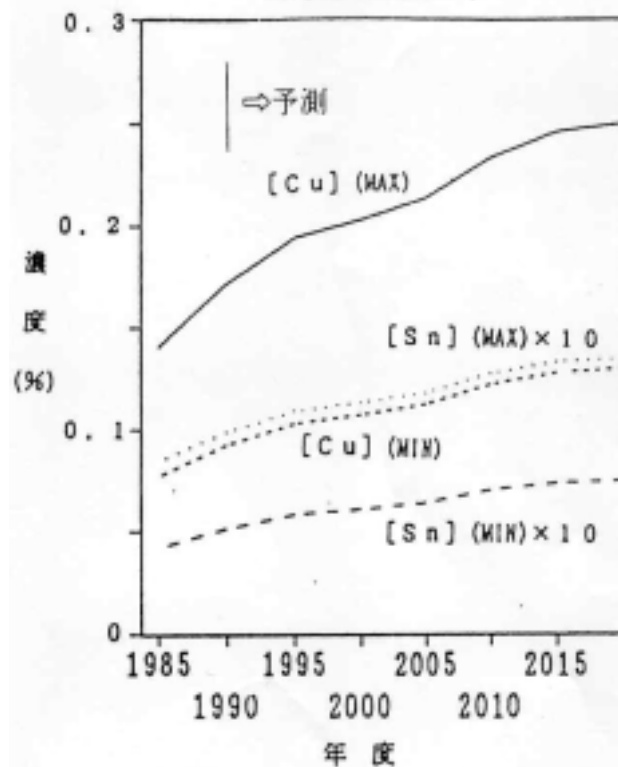


図1.6 大形良質屑 (HS/H1) 中のCuとSnの濃化推定 ⁴⁾

引用文献

- 1) 日刊市況通信社「設備実態調査」
- 2) 日本鉄リサイクル工業会「会員実態調査」
- 3) 日本鉄源協会「鉄源年報」ほか
- 4) (財)金属系材料研究開発センター「鉄スクラップ中の不純濃度の動向推計」
「鉄のスクラップリサイクル」ふえらむ Vol.4 (1999) No. 6
- 5) (株)日鉄技術情報センター・作成資料
- 6) トピー工業・私信