

### 第3章 鉄鋼原料としてのAプレスの実態と評価

#### 3.1 Aプレスに関する電気炉事業所へのアンケート調査結果

##### 3.1.1 アンケート調査結果概要

###### (1) 調査目的

電気炉メーカーのAプレス使用状況や要望事項等を調査し、廃車ガラを鉄鋼原料として利用する際に適切な、銅含有量、形状・寸法等を検討する。

###### (2) 調査時期

平成15年11月

###### (3) 調査項目

ア：現在のAプレス等（Aプレス、ソフトプレス、ギロチン）の使用量、配合率。

イ：将来の使用可能量、その理由。

ウ：シュレッダースクラップのCuレベル。

エ：現在使用中のAプレスのCu含有量、希望するCu含有量。

オ：Aプレスの仕様に関する要求事項。

カ：全部利用認定の申請予定。

###### (4) 調査方法

所定の調査票を送付。回収調査票を集計して分析を行なった。

###### (5) 調査対象、回収状況

普通鋼電気炉メーカー及び特殊鋼電気炉メーカーを対象にアンケートを行い、以下の事業所から回答を得た。

表3.1 アンケート回答事業所数

アンケート送付 事業所数	回答事業所数	回答事業所の 粗鋼生産量合計(A)
53	50	2,330万トン

###### (6) アンケート結果要点

・現在は、アンケート回答電気炉事業所の約7割でAプレスを使用中であり、総使用量は約35万ト/年である。

また、現在使用されているAプレス中の残留Cu量は1.0%前後が主体である。

・Aプレスの最大使用可能量は約66万ト/年であるが、その際にはAプレス中の残留Cu量を0.3~0.5%程度に低減する必要があり、Cu含有部品の除去技術向上が望まれる。

・Cu以外の要求品質は鉄分比率であり、70%前後のニーズが高い。

・要求するAプレス寸法は事業所ごとに異なっており、集約は困難である。

### 3.1.2 Aプレス等の使用状況

現状の電気炉メーカー各事業所でのAプレス等の使用状況を図3.1～3.3に示す。

図3.1に示したように、66%の事業所がAプレスを使用中であった。平成14年8月のアンケート調査時点では43%であり、ここ1年の間にAプレス等を使用する電気炉メーカーが増加している。図3.2に示したように、使用の形態は大半がAプレスであるが、一部ではソフトプレスやギロチンも使用中であった。

Aプレスの使用量に関して、過去3回のアンケート結果と今回調査した最大使用可能量（Cuによる制約を受けない場合の使用可能量）を図3.3に示す。平成14年8月から平成15年2月の間で使用量は大幅に増加しているが、平成15年2月と8月は概略同等で33～35万t/年程度の使用量である。最大使用可能量は約66万t/年であり、現在の使用量の2倍近くに達する。

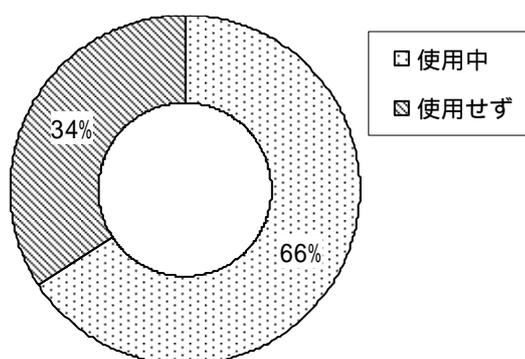


図3.1 Aプレス等の使用状況

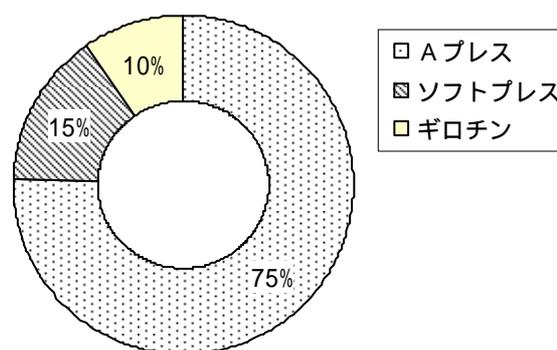


図3.2 使用の形態

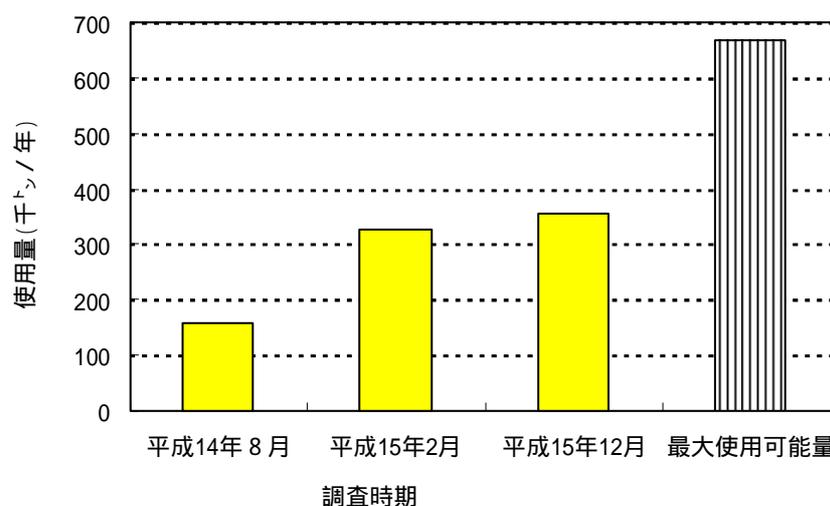


図3.3 最近の使用量と最大使用可能量

### 3.1.3 Aプレス等の1事業所あたりの使用量

各事業所のAプレス配合率（電気炉に装入する全スクラップ中にAプレスが占める比率）を調査した。結果を図3.4に示すが、配合率2%以下の事業所が大半であった。Aプレスを電気炉で使用する際には、Aプレス中のCuが製品品質に及ぼす影響、Aプレス中の有機物が排ガスや作業環境に及ぼす影響、嵩比重の小さいAプレスが溶解能率に及ぼす影響等の制約を受けるため、配合率を高められる事業所は少ないものと思われる。

図3.5は上記の制約が緩和された場合にAプレスの増量が可能であるかという設問に対する解答である。約半数の事業所では、この制約が緩和されれば使用量が増加する。残りの半数の事業所は、この制約が緩和されても、この制約で現在以上の増量は困難であった。

図3.6は現在のAプレス配合率と、この制約が緩和された際の増量可能なAプレス配合率を示す。この制約が緩和された場合の配合率の増加分は、大半の事業所で約2%程度であった。図3.3で示した「最大使用可能量約66万t/年」は、この制約の緩和即ちAプレス中のCu含有量が低減された場合に、Aプレス配合率が増加し、また現在使用されていない鋼種にもAプレスが使用可能となった場合の使用量である。

図3.7に示したように、電気炉の炉容（大きさ）はAプレスの配合率に影響がなかった。

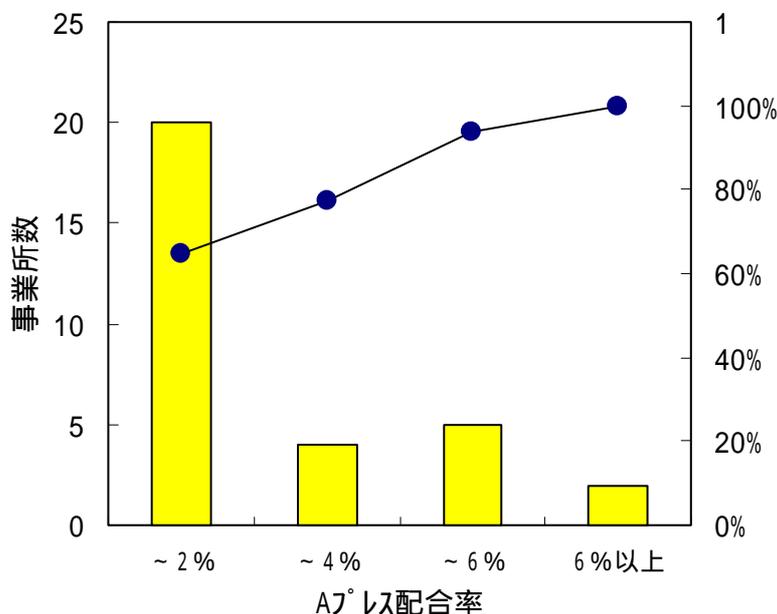


図3.4 Aプレスの配合率

（配合率：電気炉に装入する全スクラップ中でAプレスの占める比率）

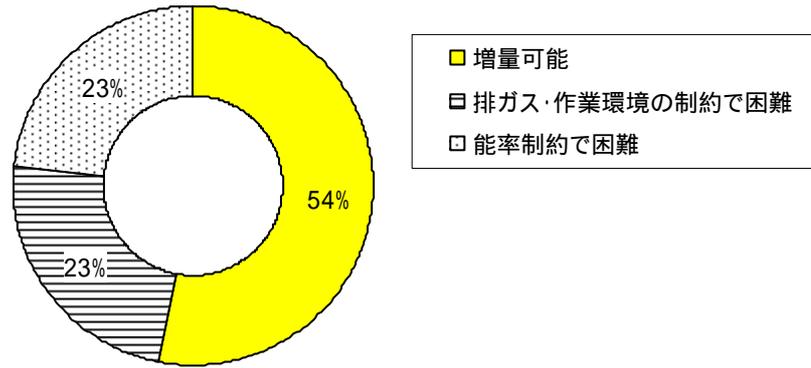


図3.5 Aプレス使用量の増量可否

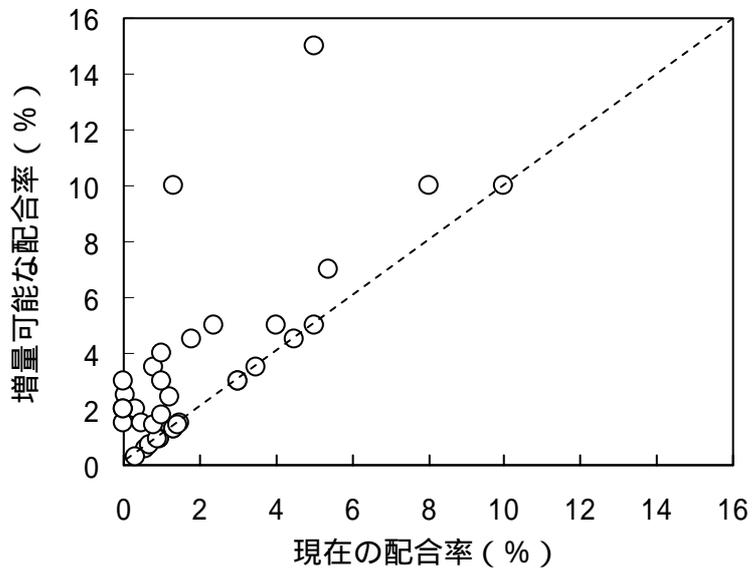


図3.6 現在の配合率と増量可能配合率の比較

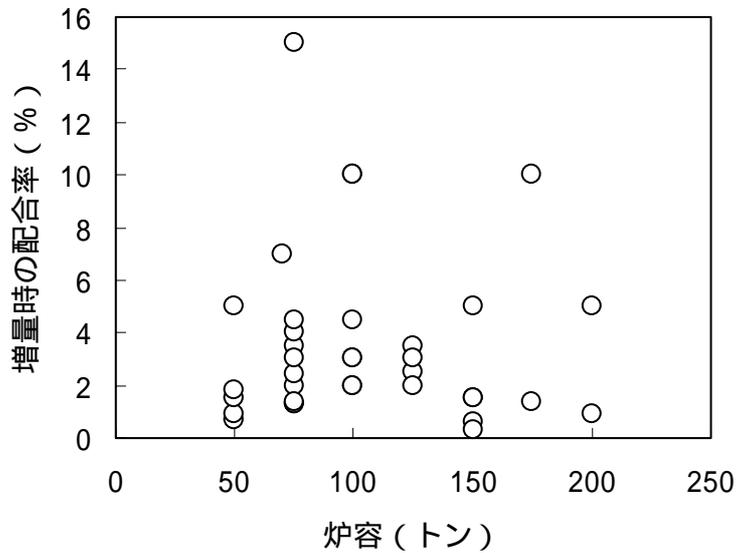


図3.7 電気炉の炉容と増量可能配合率の比較

### 3.1.4 Aプレス中のCu含有量

今回のアンケートで、Aプレスの現在の使用量は33~35万t/年、Aプレス中のCu制約を緩和した場合（各事業所の希望するCu含有量のAプレスが入手出来た場合）の使用量は66万t/年であった。

図3.8は現在電気炉メーカー各事業所で使用しているシュレッダースクラップのCu含有量を示す。自動車のシュレッダースクラップのCu含有量は0.3%あるいは0.5%程度が大半であるが、Aプレスは1.0%あるいは1.5%のものが大半であった。ただし、一部には0.3から0.5%程度の低Cu品を使用中の事業所もある。

図3.9に各事業所が希望するCu含有量を示す。シュレッダースクラップなみの0.3%あるいは0.5%前後を希望する事業所が大半であった。今後のCu含有量も1%前後で構わないと回答した事業所も数社あった。その理由を以下に示す。

ア．Cu以外の理由でAプレスの配合率は制限される。配合率自体が低いいため、Cuの問題は生じない。

イ．Cu含有量が低い他のスクラップの入手が容易である。

また、絶対値とともにバラツキが重要である。バラツキがなければ他スクラップとの組み合わせで使用量増が可能である。との意見も多かった。

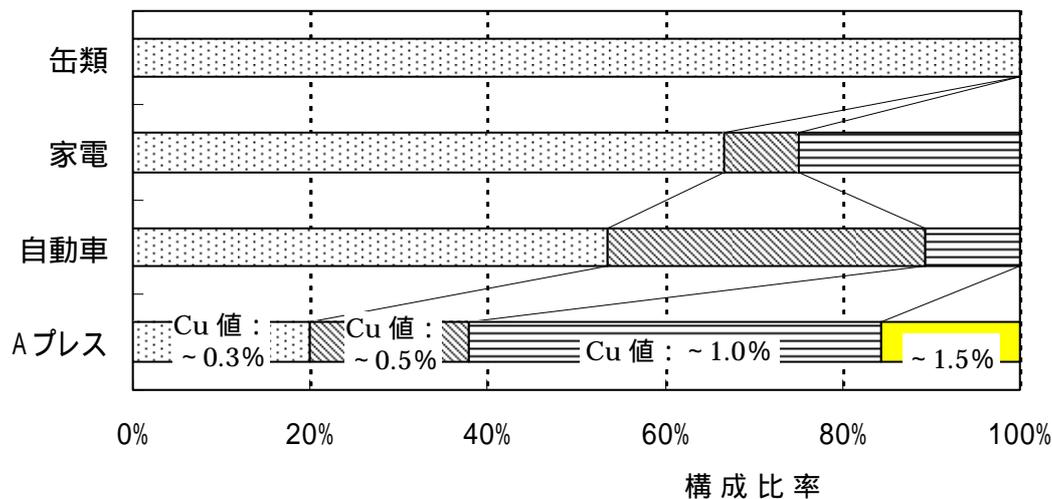


図3.8 シュレッダースクラップのCuレベル

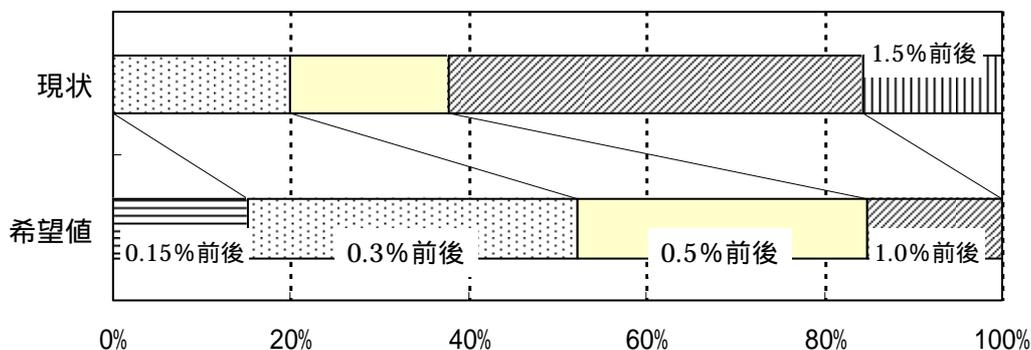


図3.9 現状のAプレスのCu値と希望値

### 3.1.5 その他

図3.10はAプレス中の鉄分比率の要求値を示す。現在のAプレスの鉄分比率は70%前後と言われているが、各事業所ともに現実的な要求値である。図3.11に示すように、寸法の要求値は事業所毎に異なる。各事業所で炉容や操業条件が異なるため、要求値の統一は困難である。また、アンケートで寄せられた、Cu含有量、鉄分比率、形状以外の要望事項を以下に示す。

- ア．自動車以外の異物を混入させないこと。…4 事業所
- イ．付着油が少ないこと。…1 事業所
- ウ．野積管理の場合、水分含有量が少ないこと。…1 事業所

図3.12に示すように、大半の事業所はAプレスを一般のスクラップと同様に Gross で管理している。Aプレスの納入質量、Cu含有量等も Gross で運用するのが一般的である。

自動車リサイクル法に定義された全部再資源化認定については、図3.13のごとく73%の事業所が認定申請を予定あるいは検討している。

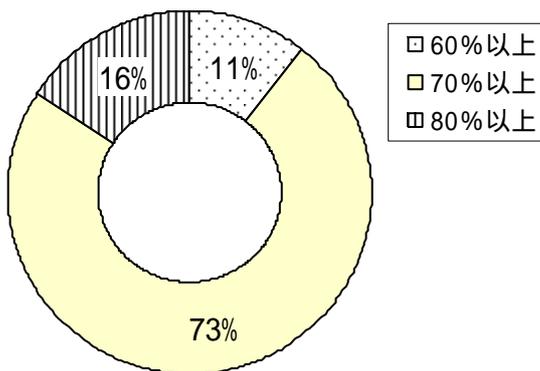


図3.10 Aプレス中の鉄分比率 要求値

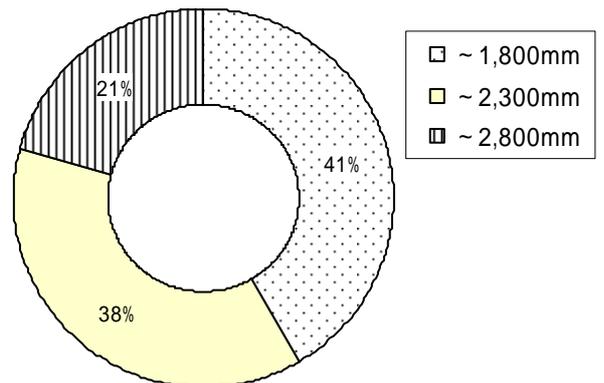


図3.11 Aプレスの寸法 要求値  
(3辺の合計)

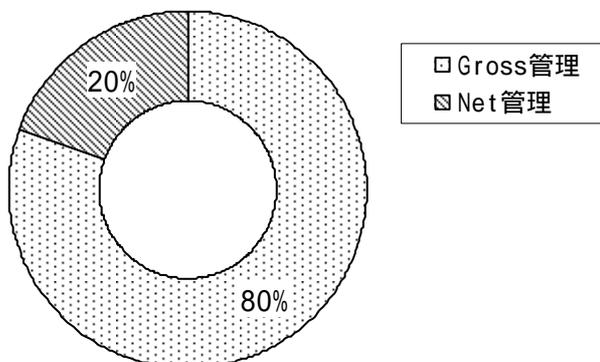


図3.12 Aプレスの管理方法

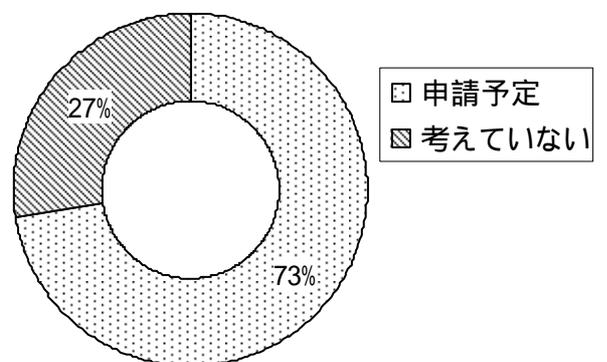


図3.13 全部再資源化認定について

### 3.2 鉄鋼原料としてのAプレスの評価

#### 3.2.1 電気炉操業上のデメリット

Aプレスの成分の一例を表3.2に示す。表から分かるように、Aプレス(使用済自動車を二次解体後)は鉄分が約70%、非鉄金属が約2%、非金属が約28%で構成されている。Aプレスの特徴は、主原料となる鉄分の含有量が70%程度であり、通常スクラップのそれが90%以上であるのに比べるとかなり低い。従って、Cu含有量が通常スクラップと同等であっても、電気炉での溶解に際しては鉄以外の成分の溶解エネルギーを要する分だけ、エネルギーコストが増加し、鉄原料としての評価は低くなる。

Aプレス中の樹脂類・ゴム等非鉄金属分を溶解する際には、これらが燃焼する際に発生する排ガスの環境対策が必要である。塩素を含む樹脂があれば、排ガス中の塩素分が増し、環境負荷はさらに増加する。また、燃焼した残渣はスラグ・ダストに移行するため、これらの処理費用も増加する。

表3.2 自動車リサイクル発生品の成分想定  
(昨年度調査「シュレッダーダスト等廃棄物の処理技術等に関する調査研究」より抜粋)

原材料	車の構成		廃車ガラ				シュレッダー-スクラップ (%)
	解体前		一次解体後		二次解体後 (Aプレス)		
	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	
鉄	銑鉄	7.5	90	2.0	15		
	普通鋼	47.9	570	61.2	472		
	特殊鋼	14.1	168	8.0	62		
	小計	<b>69.5</b>	<b>827</b>	<b>71.2</b>	<b>549</b>	<b>約 70</b>	<b>350</b>
非鉄金属	銅	1.5	18	2.2	17	0.3~1.5	0.1~0.2
	アルミ	6.1	73	1.2	9		
	鉛	0.6	8	0.1	0.5		
	亜鉛	0.5	6	0.8	6		
	小計	<b>8.8</b>	<b>104</b>	<b>4.3</b>	<b>33</b>	<b>約 2</b>	<b>10</b>
非金属	樹脂類	8.5	102	12.1	93		
	ゴム	3.2	38	2.1	16		
	ガラス	3.1	37	4.7	36		
	繊維	2.5	29	3.4	26		
	その他	4.5	54	2.3	17		
	小計	<b>21.8</b>	<b>259</b>	<b>24.4</b>	<b>188</b>	<b>約 28</b>	<b>140</b>
合計	<b>100</b>	<b>1,190</b>	<b>100</b>	<b>771</b>	<b>100</b>	<b>約 500</b>	

一次解体：エンジン・タイヤ・バッテリー等リサイクル可能部品を除去  
二次解体：廃車ガラを鉄鋼原料とするため、主にCu含有部品を除去

通常のスクラップと異なるこれら A プレスの特徴について、電気炉操業上のデメリットを列挙すると以下の通りである。

- ・鉄分比 : 通常のスクラップに比べて鉄分の含有率が低いため、鉄以外の成分に溶解エネルギーを要し、生産性やエネルギーコストが悪化する。
- ・可燃分 : 排ガス温度が上昇し炉体及び集塵機周辺の熱負荷が増加する。また、発生する排ガスにより作業環境が悪化し、これらの対応費用を要する。
- ・塩素分 : ダイオキシン類の発生増加に対処するために、排ガス処理費用が増加する。また、腐食による設備の交換頻度が増える。
- ・非鉄金属分 : 非鉄金属分によりダスト・スラグの発生量が増え、これらの処理費用が増加する。
- ・形状 : 通常のスクラップに比べて嵩比重が小さいため、電気炉への装入時間や装入回数が増え、生産性が低下する。
- ・原料管理 : A プレスは通常のスクラップと異なる性状のため、特別管理が必要である。一方、大半の電気炉事業所のスクラップ置き場は非常に手狭であり、嵩比重の小さい A プレスの 1 銘柄を増やすことで、置き場の拡充あるいは横持ち回数増等の対応が必要となる。

### 3.2.2 A プレス使用時の操業諸元変化の事例

JRCM が昨年度実施した「シュレッダーダスト等廃棄物の処理技術等に関する調査研究」では、A プレス使用中の電気炉事業所に対して電気炉操業諸元変化の調査を行った。各事業所で設備仕様や操業方法が異なるためにバラツキが生じているが、定性的な要素も含めて纏めると概ね下記の通りであった。

#### (1) 電力原単位

A プレス中の非鉄分の溶解エネルギーを必要とすること、嵩高により生産性や歩留が悪化することで、電気炉の電力原単位は悪化する。悪化の度合いは事業所ごとにばらついており、これは、電気炉の容積等の設備の差と考えられる。

また、その他の項に示すように、電気炉の電力原単位は炉電力だけでなく、排ガス冷却水電力、集塵機電力の悪化も考慮する必要がある。

#### (2) 炭材原単位

樹脂類中の炭素分による還元効果により、若干の炭材原単位の良化が見られる。A プレス中の可燃炭素分とコークス等の代替率は 5 : 1 程度と考えられる。

#### (3) 石灰(造滓材)

スラグの脱磷(P)促進や塩基度調整の為、石灰(造滓材)は結果的に数%程度増加する。

#### (4) 電極原単位

定量データは得られておらず、不明である。しかし、生産性悪化、電力原単位悪化に伴い電極原単位も悪化すると考えるべきである。比較的大きなサイズの A プレスを使用した

際には、溶解中の A プレス材の落ち込みで電極折損トラブルが発生した事例もあった。また、有機物の燃焼フレームが電極の酸化を促進することも十分考えられる。

#### (5) 歩留

各社の歩留実績は、A プレス中の鉄分比率を約 70% と想定した計算値通りに悪化した。

#### (6) 能率

能率はすべての原単位に影響を与える、重要な因子である。今回の調査で、炉容量の大きい事業所では、8% 程度の A プレス使用で能率低下は見られない。80t 炉でのデータでは 2% 程度の悪化が報告された。一般的にはその形状、嵩比重、歩留、溶けにくさ等の影響で悪化すると思われる。また、スクラップ装入回数が増える場合は、更に能率が低下すると考えられる。電気炉は電力の安価な夜間に操業するのが一般的であるが、1 チャージ当たりの溶解時間が延長した場合、一日の溶解量が減少する、あるいは、電力単価の高い昼間時間帯に操業がずれ込む場面も考えられ、単なる原単位悪化以外の悪影響も発生する。

#### (7) 設備補修費

今回の調査では十分なデータは無く定量的に把握できない。塩素濃度は増加するので確実に悪化すると思われる。一例として、従来は集塵機ダクト高温部の寿命が約 36 ヶ月であったが、A プレスの使用に伴い 20 ヶ月程度に縮まったとのヒアリング例がある。

#### (8) スラグ、ダスト発生量

今回の調査ではスラグの発生量増加は顕著ではない。しかし、A S R 分の組成を基にして計算すると、配合率 10% の A プレス使用で 0.9%/装入 t 増加する。

ダストについては増加が認められる。A S R 分の組成を基にして計算すると、10% の A プレス使用で 0.2%/装入 t の増加である。スラグへ移行すると想定した物質の一部が集塵機で引かれる場合があり、実際には計算値以上に増加していると考えられる。

#### (11) 原料管理

A プレス 1 銘柄を増やすことでタイトな屋内原料ヤードに負荷が掛かると共に、原料装入システムの改造も必要になる。また屋外原料ヤードも相対的に能力が低下することになり、各電気炉メーカーの厳しい原料需給の自由度がより小さくなる。この結果、使用する平均原料価格は高まる事が考えられる。

#### (12) 環境負荷コスト

A プレスの使用率はせいぜい 10% であるが、排ガス中の塩素分は増加し、ダイオキシンの前駆体は増加すると思われる。これらの排出を防止するために、従来以上の集塵機の温度管理・濾布管理等が必要であり、コスト増加が予想される。

### 3.2.3 Cu の影響

第 1 章で述べたように、Cu は現状の技術水準で除去できない元素であり、また鉄鋼製品に悪影響を及ぼす元素である。従って、鉄鋼製品が使用寿命に達してスクラップになり、リサイクル即ち再び鉄鋼製品として再生利用する際に問題となる。

鉄スクラップを鉄原料としている電気炉業界では、スクラップ再生業者から購入するスクラップのCu含有量を把握しており、この含有量にもとづいて製品のCu含有量が高くないよう、何十種類におよぶスクラップ銘柄の配合量をコントロールしている。具体的には、Cu含有量の高いスクラップがあれば、Cu含有量の低いスクラップと抱き合わせてCuを希釈することで、スクラップの効率的リサイクルを図っている。

AプレスについてもCu含有量に応じてこのような希釈を行う必要があり、この際のスクラップ評価は以下のように考えられる。

$$(A_p t \times a + K t \times b) / (A_p t \times f + K t) = 0.3 / f$$

$A_p t$  : Aプレス使用量

$K t$  : Cu含有量が高いAプレスを使用する際の希釈スクラップ使用量

$a$  : Aプレス中のCu含有量

$b$  : 希釈材中のCu含有量

$f$  : Aプレスの鉄分

0.3 : 製品Cu含有量(0.3を目標とする)

Aプレスの鉄分( $f$ )が70%、Aプレス使用量( $A_p t$ )が1tの場合

$$K t = (0.7 a - 0.21) / (0.3 - 0.7 b)$$

希釈スクラップと通常スクラップの価格差を $m$ (円/t)とすると

このAプレス1tを使用する際のCu希釈に要する費用は

$$K t \times m$$

希釈材のCu含有量( $b$ )が0.02%、希釈材と通常スクラップの価格を2,000円とすると

$$\text{希釈費用(円)} = 4,895 a - 1,468$$

しかし、このような「良質スクラップで高Cuスクラップを希釈する」対策は、良質スクラップと高Cuスクラップの量的バランス、言い換えれば、高Cu含有スクラップを薄めるだけの良質スクラップが潤沢に存在するという条件が不可欠である。

しかし、スクラップ発生量の将来予測によれば、老廃スクラップ(比較的Cuの高いスクラップ)が今後増加傾向にあるのに対して、良質スクラップである新断スクラップは減少傾向にある。第1章で述べたように、スクラップ中のCu含有量が2015年には現状レベルの1.3倍に濃化するという予測データが示されているということを考えると、上記の「希釈」対策は恒久的な対策とはいいいにくい。

また、新断のような良質スクラップを希釈材として使用するというのは、高級グレード鋼種を製造するような電気炉メーカーに限られる。一般的ないわゆる普通鋼、棒鋼などを製造する電気炉メーカーの場合は、各社のCu規格上限値と製鋼工程以降の圧延製品に発生する疵の状況を見ながら、平均値とばらつきを考慮した管理幅を設定し、その範囲内で

各種のスクラップをAプレスに代替して使用していくのが一般的である。また、配合率の高いヘビー屑や鉄分歩留の近い鋼グライなどとの置き換えで使用されている場合が多い。従って、AプレスのCu値は、その代替するスクラップと極力近いCu値であることが望まれる。

第1章で述べられているようにヘビースクラップの平均Cu値はおよそ0.3%程度であり、本章のアンケートで得られた各電気炉メーカーのAプレス要求Cu値が0.3%から0.5%という結果につながっていると思われる。

### 3.2.4 スクラップ評価

これまでに述べてきたことを整理すると、Aプレスのスクラップ評価は次式で現される。

$$S_a = S \times f - ( \quad + S_a' )$$

$S_a$  : Aプレスの評価額

$S$  : 評価対象とするAプレスと同等品位のスクラップ価格

$f$  : Aプレスの鉄分

即ち、「 $S \times f$ 」はAプレスの鉄純分評価額

: Aプレスを使用することによる電気炉コスト増分

例えば 電力原単位の悪化、生産性の低下、ダスト処理費用増加

$S_a'$  : Aプレス中の%Cu補正

ただし、鋼材中のCu濃縮防止の観点から、%Cu補正は暫定対応とすべきであろう。