

討 3

製鉄ダストを原料とする還元ペレットの製造

川鉄鉱業 ○高橋 宏 野住一正 松本 旭 斎藤良生
川崎製鉄 深水勝義 荒谷復夫 佐々木晃

1. 緒 言

最近の製鉄所では、環境整備の強化により、集塵設備で回収されるダストの量は年間数十万トンになり、これらの再利用が重要となっている。製鉄所発生ダストの主なものは、焼結、高炉、転炉などの集塵ダストで鉄分に富むが、亜鉛含有量も高く、高炉などで鉄源として再利用するには、脱亜鉛処理を行なう必要がある。本報告では、川崎プロセスによるダスト処理の実績と設備の特徴、成品である還元ペレットの品質、および、操業上の2, 3の問題について報告する。

2. ダスト処理の経緯

2-1, ダスト処理設備

製鉄ダストは、一般に製鉄工程で35%, 原料処理工程で30%, 製鋼工程で25%程度発生する。これらダストを鉄源として有効利用するために、昭和38年頃より基礎研究に着手し、40年3月から

表-1 ダスト処理設備仕様

	稼動年次	主 要 設 備 仕 様			ダスト処理能力 T/d
		プレヒーター	キルン	クーラー	
千葉テストキルン (廃止)	40年3月	ロータリッドライヤー	1.83mφ×25mL	ロータリークーラー	50
千葉 1号機	43年12月	トラベリンググレート型 3.15mW×15mL 3室構造	3.6mφ×40mL	水冷種方式 水量 200m ³ /h	380
水島 1号機	48年4月	トラベリンググレート型 4.0mW×25mL 3室構造	5.0mφ×50mL	ロータリークーラー 散水冷却方式 3.2mφ×30mL	1,000
千葉 2号機	52年6月	トラベリンググレート型 4.0mW×35mL 3室構造	5.0mφ×55mL	水冷種方式 水量 600m ³ /h	1,000

のテストプラント(50t/d)での試験操業を経て「川崎プロセス」として完成させ、43年以降、表-1に示すような設備として順次稼動させた。このプロセスは、原料であるダストを造粒し、トラベリンググレートでキルン排ガスを利用して乾燥、予熱したのち、ロータリーキルンで還元処理し脱亜鉛を行なって還元ペレットを製造するものである。

図-1に千葉2号設備のフローシートを示す。千葉2号設備の特徴は、スラリーを還元ペレット工場まで4kmの距離をパイプ輸送したこと、プレス圧100kgfの脱水機でケーキ水分20%まで脱水し、乾燥用燃料の節約をはかったこと、還元ペレットの冷却に水冷種方式を採用したこと、排ガス洗浄装置を設置したことである。

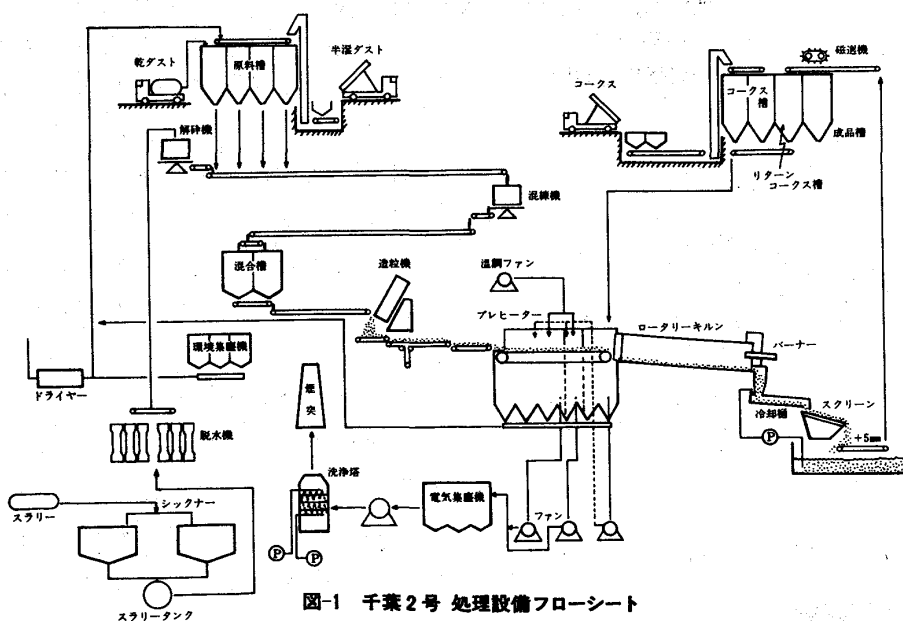


図-1 千葉2号 処理設備フローシート

2-2, ダスト処理実績, および還元ペレットの品質

このプロセスにより, 従来, 有効利用されていなかった製鉄ダストを再利用し, これまでに, 図-2 に示すように, 千葉で95万トン, 水島で115万トンを資源化した。最近では, 鉄鋼減産の影響で, 千葉1号キルンは休止中であり, 千葉2号機, 水島共に低レベル操業を余儀なくされている。

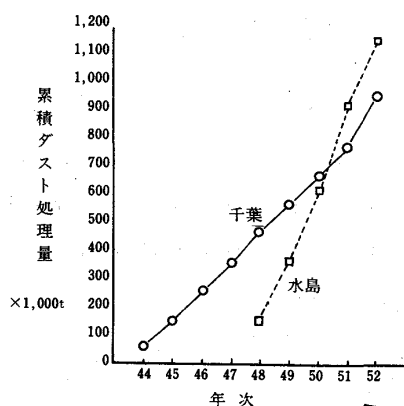


図-2 ダスト処理の推移

表-2 グリーンボール、還元ペレットの性状

		千葉	水島
グリーンボール性状	比表面積 cm^2/g	2,447	4,600
	内装 C %	9.4	9.6
	圧潰強度 kg	2.9	3.9
	T. Fe %	52.8	50.8
	Zn %	1.0	1.2
還元ペレット性状	圧潰強度 kg	283	245
	金属化率 %	93.7	88.7
	成品中-5mm %	2.8	0.7
	脱亜鉛率 %	97.3	94.2
	脱アルカリ率 Na %	27.6	38.2
	K %	62.4	56.8
	T. Fe %	77.1	72.0
	Zn %	0.04	0.10

一方, 高炉原料として, 還元ペレットに要求される品質は, 千葉, 水島とも圧潰強度 100 kg/ペレット 以上, 亜鉛含有量 0.1% 以下とし, これを還元ペレット工場での品質基準として操業している。

表-2 に千葉, 水島のグリーンボールと還元ペレットの性状の1例を示す。

3. 還元ペレット製造上の2, 3の問題点

3-1, 金属化率と脱亜鉛率

製鉄ダストを還元処理する主目的の1つは, 還元後のペレットを高炉原料として使用するための脱亜鉛である。還元平衡からは, $1,220^\circ\text{C}$ 以上では, FeO の還元とともに ZnO の還元も進行するから, 金属化率と脱亜鉛率の関係は, 図-3 に示すように, 金属化率が上昇すると脱亜鉛率も直線的に上昇して

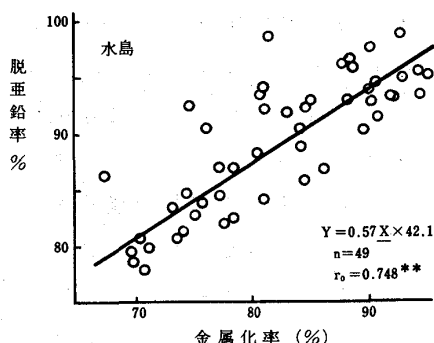


図-3 金属化率と脱亜鉛率

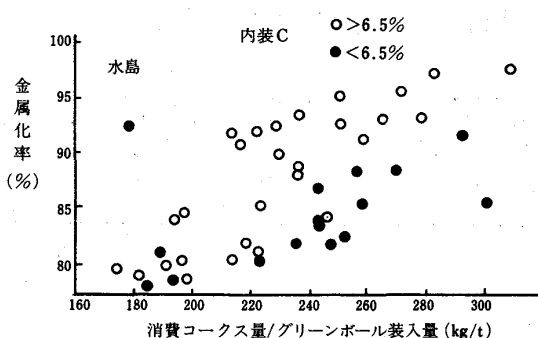


図-4 炭剤消費量と金属化率

おり, 脱亜鉛率の向上は, 金属化率を向上させることによって達成できる。

金属化率と還元材量の関係を図-4に示す。還元材量は原料中の内装炭材とキルンに装入する外装炭材量との和であるが, 図-4より

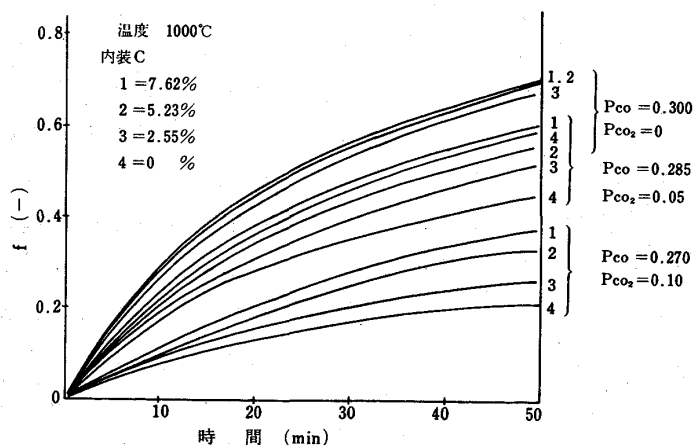


図-5 還元率と還元時間の関係

還元材使用量が増加すると, 金属化率は上昇する。また, 同図は内装炭材量で区分してあるが, 還元材使用量が同じでも内装炭材量の多い方が金属化率は高くなっている。この内装炭材の還元への寄与について, コークス粉を使って実験室で $1,000^\circ\text{C}$ の温度で実験した結果を図-5に示す。図-5より雰囲気ガスの CO 分圧が同一の場合で比較すると, 内装炭材の増加につれて, 還元が速くなる。

これは、内装炭材が $C + CO_2 = 2CO$ 反応による CO ガスの生成に寄与していることを示唆しており、実機でも間接還元によって生成した CO_2 、あるいは、雰囲気中の CO_2 などが存在すると考えられ、内装炭材が多い方が還元には有利である。

3-2, ペレットの粉化について

キルン内での粉の発生は、おもに、還元時の温度が $700 \sim 800^\circ C$ 付近でボール強度が急激に低下し転動に耐えられぬ強度のボールが粉化するものと考えられる。したがって、予熱ボールの強度を高めるとともに、 $700 \sim 800^\circ C$ 付近の還元温度はできるだけさげることが望ましい。

一般に、予熱ボールの圧潰強度とキルン排出粉率との関係は、圧潰強度が高くなれば粉率は低下する傾向を示す。プレヒーターでの予熱ボール強度上昇について、 $N_2 - CO_2$ (80-20) 雰囲気での加熱による内装炭材消費率と圧潰強度の関係を求めたのが図-6である。図-6より同一原料では、加熱による炭材消費率の高い方が強度は高くなる。

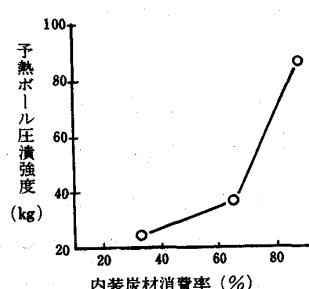


図-6 内装炭材消費率と予熱ボール強度

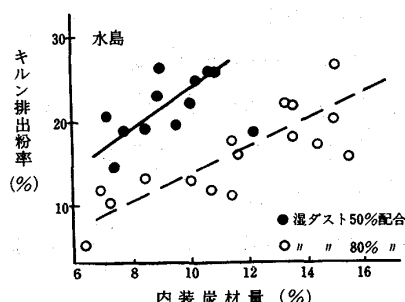


図-7 内装炭材量とキルン排出粉率

る炭材消費率の高い方が強度は高くなる。

一方、原料の影響について、実機での内装炭材量とキルン排出粉率の関係を図-7に示す。図-7は原料の銘柄で層別してあるが、粒度の細かい転炉スラッジを含む湿ダストの多い方が粉率が低く、また、内装炭材量が増加すると粉率も増加する。これについて、実験室で造粒し、キルン内での還元条件を想定し試験を行なった結果が図-8、図-9である。図-8より内装炭材の増加、あるいは、原料中の-44μの減少は、ボール気孔率を増加させる。さらに、図-9より気孔率と

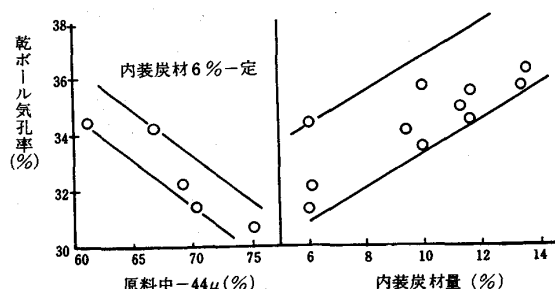


図-8 原料中-44μ、内装炭材とボール気孔率

回転還元粉率(ペレット粉-5mm%で表示)の関係をみると、気孔率の高いボールの方が粉率の大きいことがわかる。また、内装炭材が多くなると、還元によっても気孔率が増加

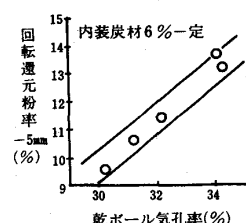


図-9 ボール気孔率と還元粉率

する。したがって、粉率の減少には内装炭材を少なくし、かつ、原料の細かい方がよいことになるが、被還元性、および、プレヒーター内でのバーステングによる粉化という面からの考慮も必要である。

3-3, 2次ダストの処理

キルン排ガスは、プレヒーターでグリーンボールの乾燥、および予熱に利用したのち、電気集塵機、洗浄装置(千葉のみ)で除塵し、排気される。この過程で発生する2次ダストは、亜鉛を多く含有していることから、一般に非鉄メーカーで粗酸化亜鉛原料として再資源化している。しかしながら、粗酸化亜鉛原料とするためには亜鉛含有量を20%程度にしなければならない。また、塩素は不要元素として制限される。2次ダスト中の亜鉛の形態は、 ZnO 、 ZnS などであり、塩素は主に KCl 、 $PbCl_2$ として存在する。表-3に2次ダストの性状を示し、以下に2次ダスト中の亜鉛を濃縮するいくつかの方法について述べる。

表-3 2次ダストの性状

真比重	3.6 ~ 3.8
嵩比重	0.68 ~ 0.72
粒度 -10μ	45%
成分 %	
T.Fe	20 ~ 30
T.C	8 ~ 20
Zn	15 ~ 25
Cl	3 ~ 10

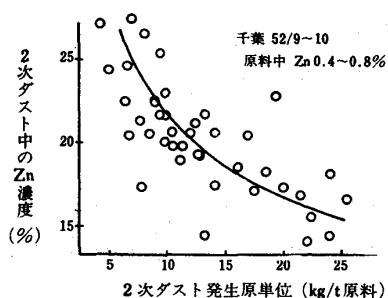


図-10 2次ダスト発生原単位と亜鉛濃度

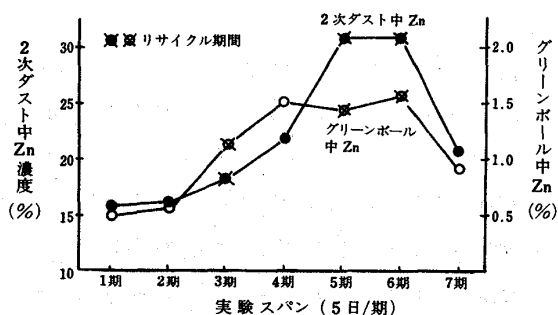


図-11 2次ダストをリサイクルすることによる亜鉛濃度の変化

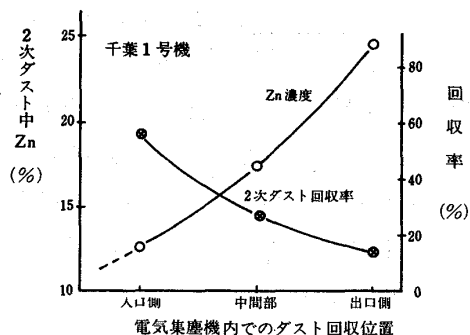


図-12 電気集塵機内での2次ダスト中亜鉛濃度

3-3-1, 2次ダストの発生原単位を低下することによる濃縮方法

亜鉛濃度は、原料中の亜鉛含有量、脱亜鉛率にもよるが、これらを一定とすれば、一般に2次ダスト発生原単位と大きな関係がある。発生原単位が大きくなれば、亜鉛濃度は低くなる。これは、亜鉛ダストがキルン、および、プレヒーターから発生するダストによって希釈されるためであると考えられる。この関係を図-10に示す。したがって、亜鉛濃度を高めるためには、キルン、およびプレヒーターでのボールの粉化を抑制するとともに、外装するコークスの粒度が細かすぎないように管理する必要がある。

3-3-2, 2次ダストをリサイクルすることによる濃縮方法

原料中の亜鉛含有量を高くすれば、2次ダスト中の亜鉛濃度は高くなる。このためには、2次ダストの一部、または、全量をリサイクルする方法がある。図-11は水島で原料に対し2%リサイクルした時の原料中亜鉛と2次ダスト中の亜鉛の推移を示したものである。図から明らかなごとく、リサイクルすることにより亜鉛濃度を高めることが可能である。

しかし、原料中の亜鉛含有量を高めすぎると、プレヒーターでのグレート目詰り、あるいは、キルンへのリング生成を助長するなどのトラブルの原因になりやすいため、上限は設定すべきである。

3-3-3, 電気集塵機内で分別回収することによる濃縮方法

電気集塵機内のガス流れ方向に対し、入口側、中間部、出口側で捕集したダスト中の亜鉛含有量は、図-12に示すように、入口側が低く出口側が高くなっている。この現象は、亜鉛がキルン高温部で還元揮発し、その後、酸化されたもので微粒子になっており、電気集塵機内で比較的均一に捕集されるのに対し、他のダストは、亜鉛ダストに比べて粗く、このため、入口側で多く捕集される。したがって、亜鉛濃度は、入口側が低く出口側が高くなるものと考えられる。このように電気集塵機内で分別回収することによっても亜鉛を濃縮することは可能である。