

回転炉床法によるダストリサイクルシステム

Dust Recycling System by the Rotary Hearth Furnace

織田 博史^{*(1)} 茨城 哲治^{*(2)} 安部 洋一^{*(3)}
 Hiroshi ODA Tetsuharu IBARAKI Youichi ABE

抄 録

新日本製鐵君津製鐵所においては、回転炉床法(RHF)によるダスト再資源化技術を2000年より適用している。酸化鉄および炭素を含んだダスト・スラジを成形体とし、高温にて酸化鉄の還元を行う。ダスト・スラジ中の亜鉛その他の不純物は、排ガスへと除去排出される。ダスト・スラジから製造される還元鉄(DRI)ペレットは、70%の金属化率を持ち、高炉への再利用に十分な強度を有する。2000年5月に稼動した1号機はペレタイザーによる造粒方式により主に乾燥ダストのリサイクルを行っている。また、2002年12月に稼動した2号機は押し出し成形方式により主にスラジのリサイクルを行っている。これら2方式の設備の組合せは、君津製鐵所のような大規模製鐵所での多種多様に排出されるダスト・スラジ類の再資源化問題に対するひとつの解決法である。

Abstract

Dust recycling technology by the rotary hearth furnace has been applied at Nippon Steel's Kimitsu Works since 2000. The dust and sludge with iron oxide and carbon are agglomerated into shaped articles and the iron oxide is reduced in a high temperature atmosphere. Zinc and other impurities in the dust and sludge are expelled and exhausted into off gas. The DRI pellets made from the dust and sludge have 70% metallization and are strong enough for being recycled to the blast furnaces. No. 1 plant, which was constructed in May 2000 and has an agglomeration method of pelletizing, recycles mainly dry dusts. No. 2 plant, which was constructed in December 2002 and has an agglomeration method of extrusion, does mainly sludge. The combination of the two plants is a solution for recycling variety kinds of dusts and sludge emitted in an large scale steel works as Kimitsu Works.

1. 緒 言

新日本製鐵君津製鐵所においては、以前より所内で発生する鉄分含有ダストの多くを焼結等で再利用していた。しかしながら、高炉での亜鉛装入力制約等により余剰ダストを全量再利用することは困難であり、相当量の余剰ダストについて埋め立て等の処分を行っていた。

ダスト中の主要成分は鉄分及び炭素分であり、これら資源のリサイクル活用は投棄量削減、資源有効活用、省エネルギーといった近年の循環型社会形成推進の観点からも極めて重要な課題であった。そこで、ダストの脱亜鉛処理による再資源化のためのプロセス開発及び実用化を推進してきた。この結果、回転炉床法(RHF)を応用したダスト還元処理プロセスによる高品質な高炉原料としてダストの再資源化技術を世界で始めて開発した。これにより、第1段階として事前処理の比較的容易な低湿分ダスト類の処理設備の実機化を果たした^{1,2)}。

その後さらに、従来技術面、経済面にて処理の困難であった高水

分スラジ類について、RHFで直接処理する、これも世界初の事前処理技術を開発し、2基目のRHFを応用したダスト処理設備を実機化した³⁾。これにより、製鐵所内で発生するほとんど全ての鉄系ダスト・スラジ類の高炉原料としての再資源化が可能となった⁴⁾。これらRHFによる乾式および湿式処理を組み合わせた最適なダスト・スラジ処理システムについて述べる。

2. 君津製鐵所の従来のダストフロー

所内で発生する鉄分含有ダストは、以前より可能な限り焼結原料あるいはコールドペレット原料として再利用しており、高炉への再資源化を図っている。一方、高炉においては、高炉に装入されるトータル亜鉛量が増加すると、高炉炉内において亜鉛の付着物が生成し、高炉操業に支障を来すという問題があるため、原料中の亜鉛装入力制限を設けている。

焼結あるいはコールドペレットプロセスにおいては、原料中の亜鉛がほぼそのまま製品に残るため、前記の高炉への亜鉛装入力制約により、高亜鉛含有ダストを原料として使用できず、投棄に回され

^{*(1)} 君津製鐵所 環境資源エネルギー部
 ダストリサイクルグループ グループリーダー
 千葉県君津市君津1番地 〒299-1141 TEL: (0439)50-2714

^{*(2)} 君津製鐵所 環境資源エネルギー部 部長
^{*(3)} 環境・プロセス研究開発センター
 エネルギー・プロセス研究開発部 調査役

ていた(図1)。亜鉛制約による余剰ダストの総量は年間約30万トンに上り、この中に含まれる鉄分約15万トン、炭素分約3万トン相当が無駄な資源となっていた。開発したRHFによるNo.1およびNo.2ダストリサイクル設備の稼働により、従来投棄に回っていたダスト中の亜鉛を除去することで、ダスト・スラジ類のほぼ全量を再資源化することが可能となった(図2)。

3. ダストリサイクル設備の所要条件

まず、大前提として必要なプロセス機能は脱亜鉛であり、脱亜鉛率としては全体ダストバランスから90%程度の能力が必要であった。還元脱亜鉛処理の可能な種々の既存プロセスの中で、処理能

力、脱亜鉛率、設備費、ランニングコスト等を考慮し、ダスト処理に最適なプロセスとしてRHFを選定した。

ダストの製鉄原料としての再資源化には使用先において制約条件がある。再使用先として高炉、転炉、電気炉等が挙げられるが、高炉使用においては低い亜鉛含有率と強度、また転炉、電気炉での使用では、硫黄の含有率や金属化率が大きなポイントとなっており、最も効率的な再利用先を検討することが必要である(図3)。君津製鉄所においては、RHFを応用することにより低亜鉛含有率で高強度の還元ペレットを製造する技術の開発により、高炉への再資源化が可能となったことで、硫黄除去や高金属化を行うことなく、経済的にダストを再資源化することを可能とした。

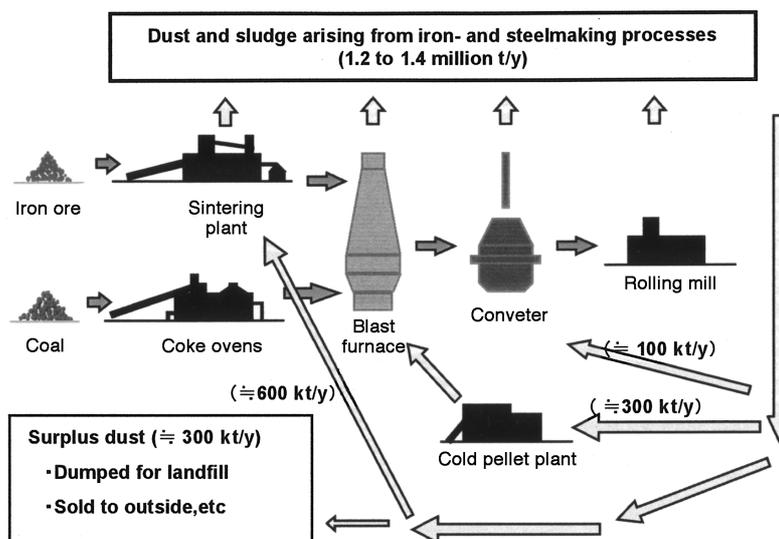


図1 ダストリサイクル設備設置前のダストバランス
Dust balance before construction of dust recycling plants

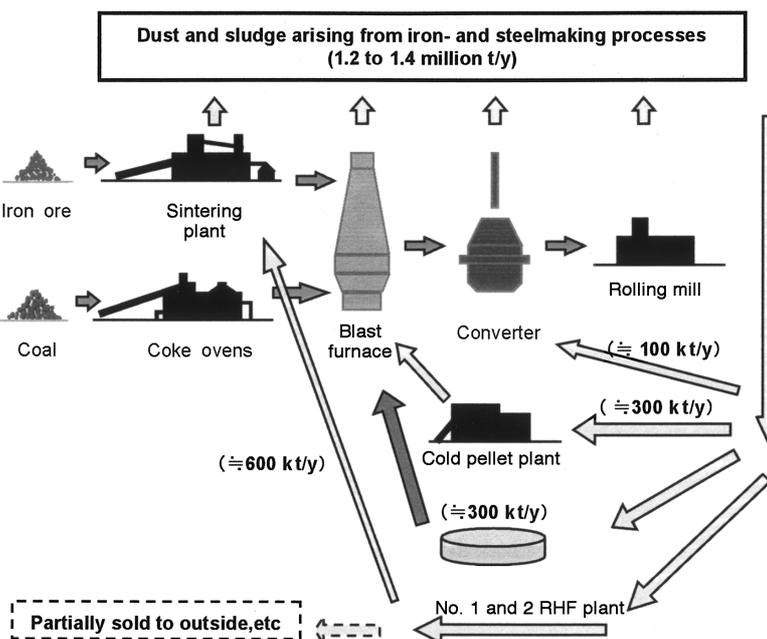


図2 ダストリサイクル設備設置後のダストバランス
Dust balance after construction of dust recycling plants

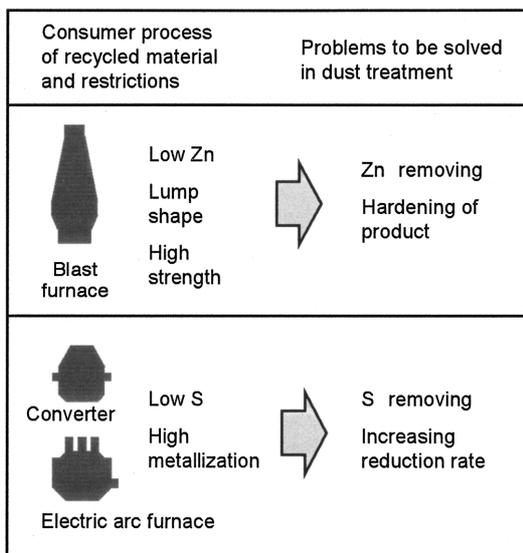


図3 ダスト処理に求められる課題
Problems to be solved in dust treatment

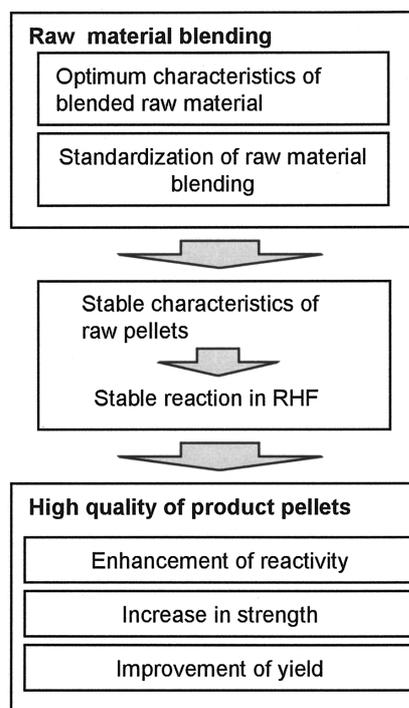


図4 原料事前処理と還元ペレット品質
Raw material pretreatment and quality of reduced pellets

このRHFのダスト処理による高品質還元製品製造の重要技術の一つとして、ダストの事前処理によるRHF投入成形体の適性化が挙げられる。対象原料のダスト・スラジ類は、粒子径としてはサブミクロンから数ミリ程度、水分としては0から98%という広範囲のものであり、これら広範囲の物性に対する適正な処理が必要となる。事前処理の比較的容易と思われる乾燥ダスト、低水分ダスト類に対して、第1基目のダスト処理設備を実機化した。RHF内での反応性や製品性状の適性化のために、目標とする生ペレット品質を安定的に供給するための技術の蓄積を行うことで、RHFによる安定的なダスト処理に大きく寄与している(図4)。

高水分スラジ類は、低水分ダストに比較し、技術面、経済面において数段再資源化の難易度の高いものであった。具体的な課題を以下に示す。

- ・ 効率的かつ十分な水分の除去
 - ・ 崩壊、変形、付着等が少なく、RHF内反応性に適した成形体の形成
- 高水分スラジの新たな脱水機の導入とそれに適合した成形体の製造技術を開発した。この成形体はさらに、高温で爆裂し難い性状を有するため、乾燥機等で事前乾燥することなくRHFへ直接投入する

ことを可能とした。開発した脱水成形方式は、スラジの性状影響をあまり受けずに目標の水分へ低減でき、比較的平易に成形体を得られるため、様々な性状のスラジ類を総合的に処理再資源化することが可能となった。開発した事前処理技術の特徴は以下の通りである。

- ・ 事前乾燥することなく直接RHF炉内へ投入し得る成形体製造
- ・ スラジ性状の影響を受けにくいため、幅広いスラジ原料に適用可能
- ・ 原料スラジ中のアルカリ等の水溶性物質が除去可能となり原料ダスト性状が改善
- ・ シンプルな設備設計が可能

4. RHF炉内の処理概要

図5にドーナツ型の回転炉を装入部から排出ゾーンに展開した図を示す。装入装置から投入した原料ペレットは、炉床の進行に

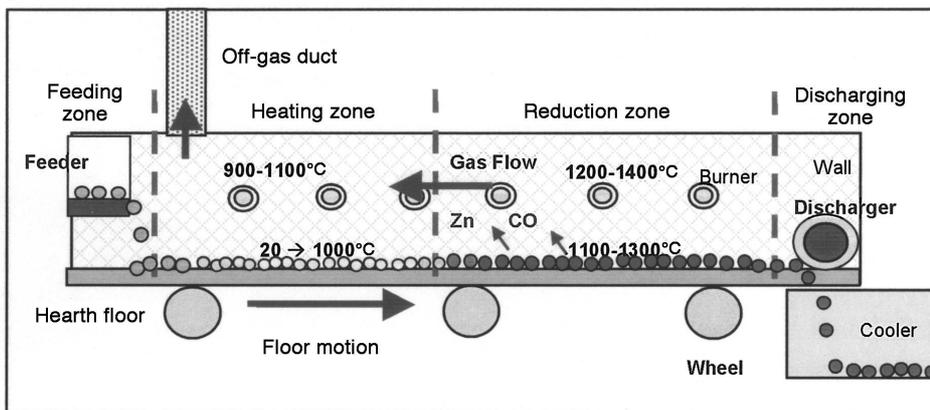


図5 回転炉床構造の展開図
Structure of the RHF along the rotating direction

従ってまず加熱ゾーンにて1000 以上まで加熱さる。さらに高温の還元ゾーンでは、ペレットは1100 以上の反応温度に達し、酸化亜鉛や酸化鉄の含有炭素による還元反応が進行する。ここで、亜鉛は気化しペレットから分離することで、脱亜鉛反応が進行する。また、余剰のCOガスは二次燃焼により熱エネルギーとして活用される。燃焼および反応ガスは炉床進行に対し対向流となつて、排ガス系へと流れる。還元されたペレットは排出装置にて炉外に排出され、クーラにて冷却し、高炉へと輸送する。

5. ダストリサイクル設備の概要

導入したRHFによる2基のダストリサイクル設備のプロセスフローを図6,7に示す。また、表1にそれぞれの設備の主仕様を示す。

No.1設備では、事前処理装置としてディスク型のペレタイザーを使用している。各ホッパーに貯蔵されたダスト鉛柄を所定の配合で切出し、ボールミルで混合、ディスク型のペレタイザーで生ペレットを製造する。この生ペレットを事前乾燥した後、RHFへ投入する。

No.2設備では、配管直送およびバキューム、トラック等で搬入されたスラジ類主体の原料を各ピットにて一旦貯留する。各スラジを混合槽で所定割合に混合し、脱水機にて脱水、押し出し成形機にて生ペレットを成形した後、RHFに投入する。

RHFを1周して還元脱亜鉛されたペレットは冷却し製品ホッパーに貯留し高炉へと輸送する。亜鉛を含む排ガスはボイラー、レキュペレータにて熱交換した後、集塵機にて亜鉛の濃縮した二次ダストを捕集する。

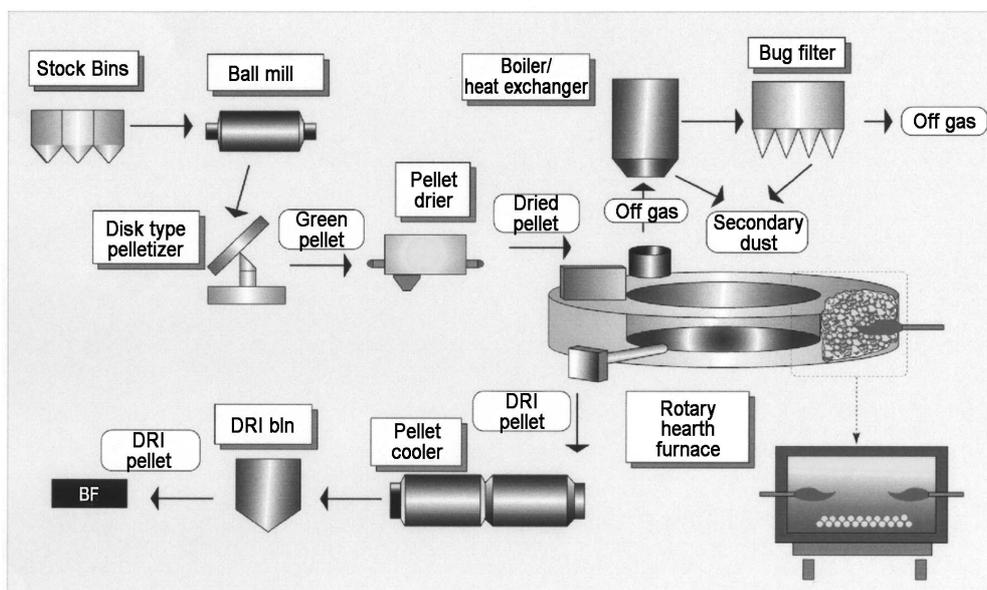


図6 No.1ダストリサイクル設備のプロセスフロー
Process configuration of No.1 dust recycling plant (1DRP)

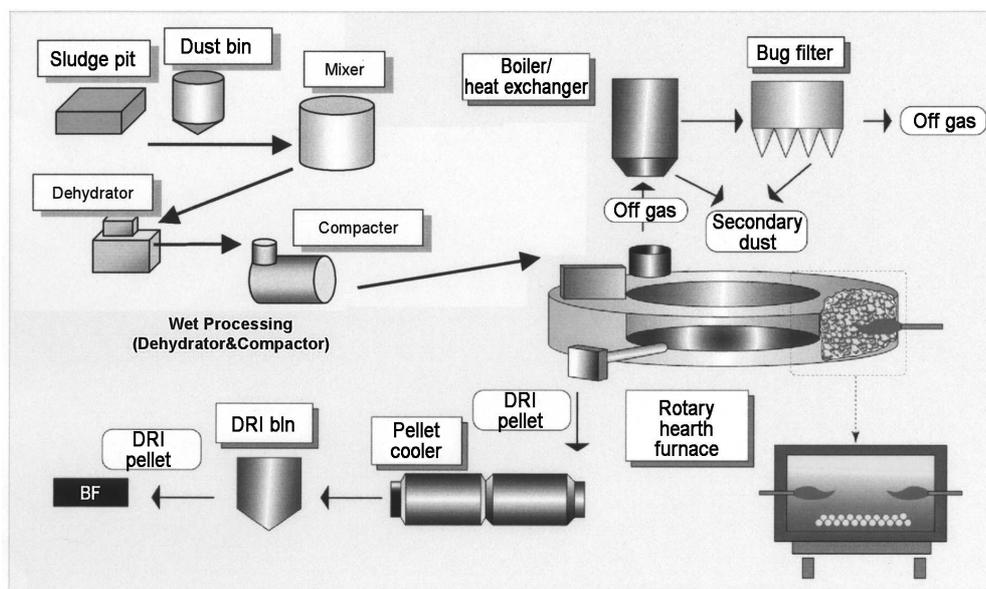


図7 No.2ダストリサイクル設備のプロセスフロー
Process configuration of No.2 dust recycling plant (2DRP)

表1 ダストリサイクル設備の主仕様
Specifications of dust recycling plants

	No. 1 DRP	No. 2 DRP
Agglomerate	Pellet (disc pelletizer)	Wet processing (compactor)
Hearth diameter	20 m (at hearth center)	20 m (at hearth center)
Hearth area	230 m ²	230 m ²
Processing capacity	22 t/h	17 t/h
(green pellet base (dry))	15,000 t/month	10,000 t/month
Green pellet diameter	5 - 20 mm	5 - 30 mm
Processing temp.	1,250 - 1,300	1,250 - 1,300
Retain time	10 - 20 min	15 - 30 min
Off-gas system	Boiler, air heater, bag house	Boiler, air heater, bag house

6. 還元製品強度比較

高炉での一般的な原料である焼結鉱や焼成ペレットとの強度比較を図8, 9に示す。落下強度試験による粉率及び回転強度試験後の粉率は、No. 1, 2設備のペレットとも低粉率であり、たいへん強度の高い製品が得られている。

7. 高炉での還元ペレット使用効果

還元ペレット製品は、No. 1のダスト処理設備本稼動直後より高炉にて直接使用している。還元ペレット製品使用量を増加した期間で、高炉還元材比の低下が見られ、当初からの高炉使用の期待効果が現れている。

高炉での還元製品使用原単位と高炉燃料比との関係を解析した結

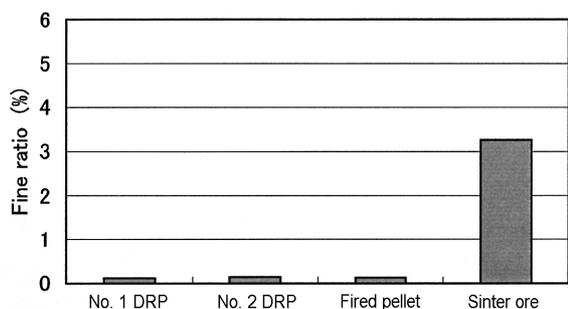


図8 落下強度試験での粉率
Fine ratio after shatter test

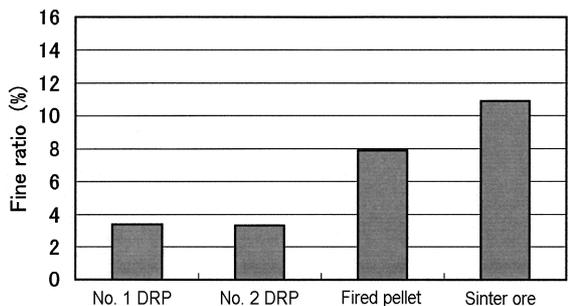


図9 回転磨耗強度試験での粉率
Fine ratio after tumbler test

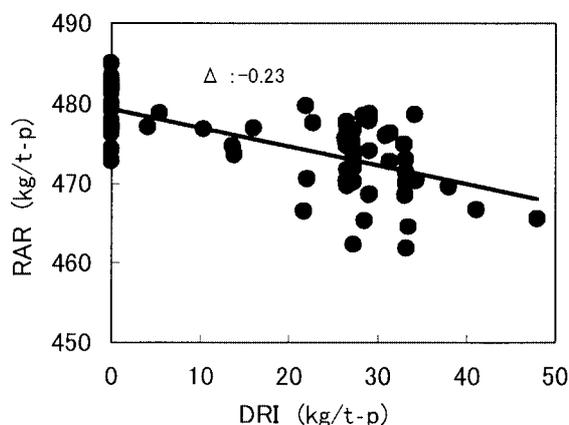


図10 高炉還元材比(RAR)低減効果
Effect to decrease reducing agent rate (RAR) of blast furnace

果を図10に示す。高炉での還元ペレット30 kg装入につき約7 kgの還元材比低減効果となっている。

8. RHFを適用したトータル・ダストリサイクルシステム

図11にダスト再資源化のトータルシステムにおけるダストの分配について示す。まず、低水分かつ亜鉛や塩素、アルカリの低いダストとして、スケール、焼結ダスト、高炉環境集塵ダスト及び若干亜鉛の高い高炉ガス灰があり、これらは焼結にて使用している。次に、水分や亜鉛は低いが、塩素、アルカリ等の若干高いものとして焼結の電気集塵ダストがある。これは焼結には戻せないためコールドペレットとして高炉にて使用している。さらに、高亜鉛で乾燥品または低水分であるものとして、転炉環境集塵ダストや転炉スラジ、高炉シックナー灰の脱水品があり、これらについては、脱亜鉛機能を有するNo. 1 RHF設備で使用している。最後に、水分の高い未脱水の高炉シックナー灰や転炉、圧延等での浚渫スラジ等については、No. 2 RHF設備にて処理している。

このようにダスト性状に合わせた各処理工程への最適な分配を行うと共に、各ダストの補間の使用も含め、適宜最適な分配を行うことで、多種多様なダスト・スラジ類の再資源化を達成した。

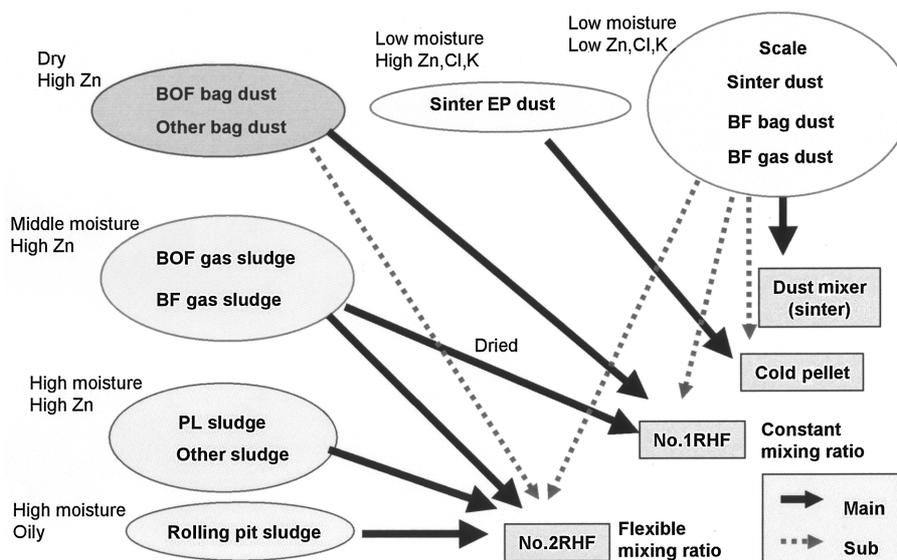


図11 ダストおよびスラジの処理フロー
Material flow of dust and sludge

9. 結 言

君津製鐵所においてRHF設備を2基設置し、現在順調に稼働している。RHF設備の適用において、ダスト原料の造粒、成形、反応条件制御、排ガス処理等の安定操業技術の確立および、高炉用の高強度還元ペレット製造技術を確立し、RHFでは世界初の高炉での再資源化に成功した。このような、RHF、コールドペレット等の組み合わせを行うことにより、製鐵所にて多種多様に発生する全てのダスト、スラジ類の再資源化を可能とする新たなダストリサイクルシステムを構築した。

参考文献

- 1) 高橋政治 織田博史 茨城哲治 大塚一 高島俊治 野々山誠二:君津ダストリサイクルプロセスの設備と操業 CAMP-ISIJ .14 ,149(2001)
- 2) 織田博史 茨城哲治 高橋政治:回転炉床法によるダストリサイクル技術 新日鉄技報 (376) 28(2004)
- 3) 織田博史 茨城哲治:RHFによる高水分スラジ再資源化設備 CAMP-ISIJ .17 857 (2004)
- 4) 織田博史 茨城哲治:君津製鐵所での新ダストリサイクルシステムの構築 . CAMP-ISIJ .17 856(2004)