

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol. 32(2000) No.3

循環型社会に貢献する環境事業

Environmental Business Contributing to Resource Recycling Society

山田 純夫(Sumio Yamada) 安川 登(Noboru Yasukawa)

要旨：

川崎製鉄の環境事業は、製鉄所の建設、操業の中で培われてきた固有技術をベースとし、エンジニアリング事業部内での活動を展開してきたが、1998年に環境事業部として体制を整え、最先端技術を導入した「川鉄サーモセレクト方式ガス化溶融設備」、全国施設の約半数を抑える「ごみ固形燃料化設備」、基礎実験よりはじめ商品化した「灰溶融設備」、製鉄所における技術をベースとした「水処理設備」などを提供している。今後は、製鉄所で培った技術をベースとし、開発した環境技術を生かして、来るべく循環型社会に貢献していくとともに、製鉄所の持つインフラ、設備などを十分に生かし、周辺地域へのサービス提供も目指していく。

Synopsis：

Environmental business by Kawasaki Steel, whose technical base has been developed through construction and operation of steel works, offers many kinds of environmental systems, such as Kawasaki Steel Thermoselect System, Plasma Arc Ash Melting Plant, Refuse Derived Fuel Plant, Water Treatment Plant, and so on. The aim of environmental business is to contribute to the coming resource recycling society by applying developed technology and to contribute to the local community around the steel works by supplying services which the steel works can offer by utilizing their facilities and/or technology.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Environmental Business Contributing to Resource Recycling Society



山田 純夫
Sumio Yamada
環境事業部 環境技術
部長



安川 登
Noboru Yasukawa
環境事業部 ガス化溶
融技術部長

要旨

川崎製鉄の環境事業は、製鉄所の建設、操業の中で培われてきた固有技術をベースとし、エンジニアリング事業部内での活動を展開してきたが、1998年に環境事業部として体制を整え、最先端技術を導入した「川鉄サーモセレクト方式ガス化溶融設備」、全国施設の約半数を抑える「ごみ固形燃料化設備」、基礎実験よりはじめ商品化した「灰溶融設備」、製鉄所における技術をベースとした「水処理設備」などを提供している。今後は、製鉄所で培った技術をベースとし、開発した環境技術を生かして、来るべく循環型社会に貢献していくとともに、製鉄所の持つインフラ、設備などを十分に生かし、周辺地域へのサービス提供も目指していく。

Synopsis:

Environmental business by Kawasaki Steel, whose technical base has been developed through construction and operation of steel works, offers many kinds of environmental systems, such as Kawasaki Steel Thermostelect System, Plasma Arc Ash Melting Plant, Refuse Derived Fuel Plant, Water Treatment Plant, and so on. The aim of environmental business is to contribute to the coming resource recycling society by applying developed technology and to contribute to the local community around the steel works by supplying services which the steel works can offer by utilizing their facilities and/or technology.

1 はじめに

川崎製鉄の環境事業は、製鉄所の建設、操業の長い歴史の中で培われて来た高温溶融処理、無機系廃水処理などの固有技術をベースとし、エネルギー・水道分野の一部としてエンジニアリング事業部内で活動を展開してきたが、来るべく循環型社会に貢献するため、1998年に環境事業部として体制を整えた。開発商品の中では「水処理設備」の歴史が最も古く、製鉄所における環境対策設備の建設・操業をベースとして、1980年代から海外の製鉄所に付随した排水処理設備をフルターンキーで受注したのを手はじめに、その後鉄鋼以外の水処理分野についても順調に実績を挙げてきた。国内においては1990年代から下水道分野を目標として商品開発を進め、現在に至っている。

「ごみ固形燃料化施設」については、1990年頃より焼却工程のない、可燃ごみを加工して貯蔵性・輸送性・燃焼性に優れた燃料を製造する施設としての特徴を世に問う形で開発を進めてきた。現在では当社方式の施設が全国で13施設となり、稼働施設の約半数を抑えるまでとなった。

「ごみ焼却施設」については、1994年にストーカ式機械化バッチ炉の受注を果たしたが、ダイオキシン類の対策をはじめとする環境対応、循環型社会への対応技術の商品化が当社の進むべき役割と位

置付け「川鉄サーモセレクト方式ガス化溶融炉」の導入を決定し、1999年に千葉製鉄所内に300t/d規模の実証機を建設した(サーモセレクトはサーモセレクト社の商標)。

「灰溶融施設」は今後の最終処分場の逼迫を想定し、1986年から基礎実験を開始した。その後千葉市殿、東京電力(株)殿、川崎重工業(株)殿との共同研究を進め、要素技術の確立を図り、完成するとともに、実機プラントでの安定操業技術を確立し現在にいたっている。

本報告では、各商品についての変遷と将来展望を述べる。

2 廃棄物処理プラント事業

2.1 川鉄サーモサーモセレクト方式および焼却施設

2.1.1 次世代型廃棄物資源リサイクルプラント導入の経緯

都市ごみ焼却施設への当社の参入は比較的新しく、1994年8月に熊本県天草郡に建設したストーカ式機械化バッチ炉(稼働時間8h/d、処理能力17t/8hの炉が2基)が当社における受注第1号である。

その後、激変する社会事情の中で、ダイオキシン類対策をはじめとする環境への対応技術、循環型社会への対応技術の商品化が当社の進むべき役割と位置付け、スイスのサーモセレクト社において開発された世界最先端の廃棄物ガス化溶融技術²⁾の導入を1997年に

*平成12年6月6日原稿受付

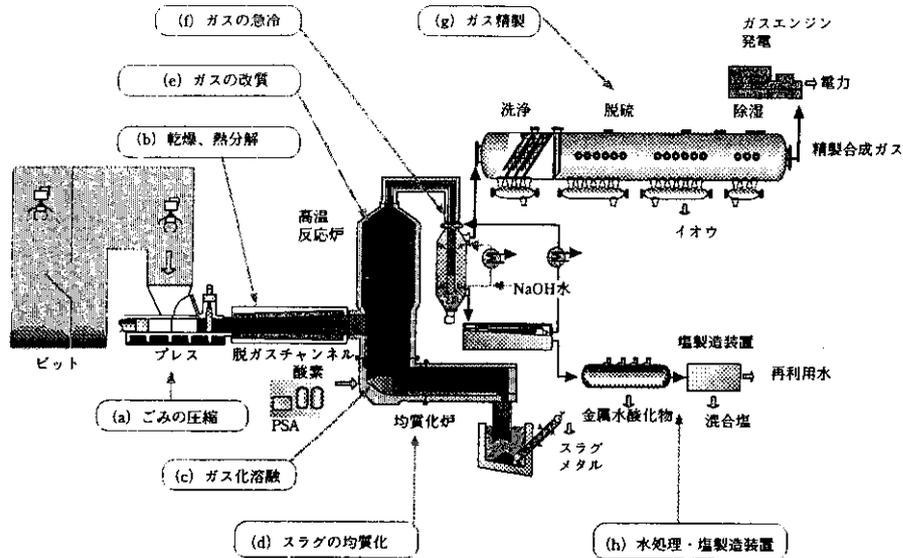


Fig. 1 Kawasaki Steel Thermoselect process

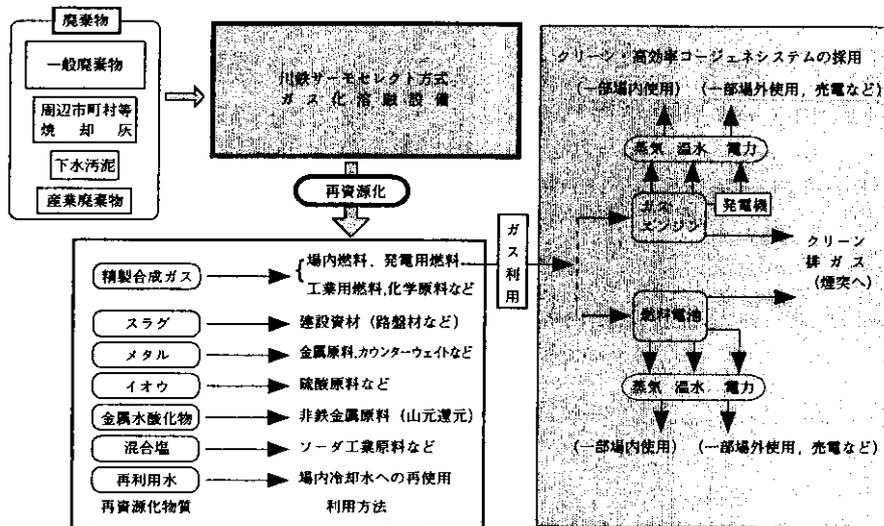


Fig. 2 Resourcing of clean by-products

決定した。このサーモセレクト方式は、廃棄物処理にともなう環境への影響を極限まで削減し、生成ガスを始めとしてすべての副産物を資源リサイクルできるようにシステム構築することを目的として開発されたプロセスである。1992年稼働の実証機（イタリア、処理能力100t/d）ではダイオキシン類排出濃度0.001ng-TEQ/m³_Nを達成しており、1994年にはドイツ技術監査協会の鑑定で高い評価を得ている。そして、ドイツ・カールスルーエ市において2号機（処理能力240t/dの炉が3基）が1999年3月に運転を開始している。

当社は導入後ただちに、国内1号機（処理能力150t/dの炉が2基）を千葉製鉄所構内に15ヶ月という短い工事期間で建設した。1999年9月より千葉市殿の一般廃棄物を用いて安定した処理が可能であることを実証した。

以下に、「川鉄サーモセレクト方式」³⁻⁵⁾の概要を紹介する。

2.1.2 川鉄サーモセレクト方式のプロセスの特徴

「川鉄サーモセレクト方式」のプロセスフローをFig. 1に示す。本方式の特徴を要約すると次のとおりである。

(1) ダイオキシンの発生を抑制

従来の焼却方式では、廃棄物を燃焼し、熱回収後に排ガスに含まれるダイオキシン類を除去する。これに対し、川鉄サーモセレクト方式では、熱分解および熔融により発生したガスを約1200°Cの高温で2s以上保持し改質した後に、70°Cまで急速冷却することで、ダイオキシン類の発生そのものを極限まで抑制してガスを燃料として回収する。その際に難処理廃棄物である飛灰も発生させず、金属水酸化物などの有用な副産物として回収することができる。急速冷却後のダイオキシン濃度は、厚生省が定めた新ガイドライン0.1ng-TEQ/m³_Nを大きく下回り、ガス発電後の排ガスで基準値の1/100以下となる⁶⁾。

また、本プラントからのダイオキシン類の総排出量負荷もごみ1t当たり0.01μg-TEQ以下のレベルに抑制できることが見込まれる。

(2) 廃棄物の完全な再資源化

本方式によって、廃棄物は「精製合成ガス」、「スラグ」、「金属」 「金属水酸化物」、「イオウ」、「混合塩」、「再利用水」に変換され、ほぼ完全に再資源化される (Fig. 2)。スラグは、道路の路盤材などの建設資材として、金属や金属水酸化物は、

非鉄金属精錬の原料として、イオウや混合塩は化学原料として使用することが可能である。また、再利用水はプロセスの冷却水として場内で使用される。

(3) ガス改質によるクリーンなガスの回収

本方式では、廃棄物をガス化し高温で改質することにより、廃棄物のエネルギーを天然ガスに匹敵する清浄度の高い可燃性ガスに変換し回収する(ガス化改質[®])。この合成ガスは H₂ と CO が主成分であり、高効率ガス発電や工業用の燃料として利用できるだけでなく、メチルアルコール、酢酸、アンモニアなどの合成に化学原料として用いることも可能である。

この合成ガスを燃料として利用した場合には、燃焼排ガス中に HCl、SO_x などの有害物質はほとんど存在せず、NO_x の発生も抑制できる。そのため大型煙突は不要となる。合成ガスを発電用燃料として使用する場合、「ガスエンジンによる発電」、「燃料電池による発電」などの中から、設備規模や立地条件に適合した最適な発電方式が選択できる。特に燃料電池を採用した場合には NO_x もほとんど発生せず、環境への影響は極限まで低減できる。

(4) 省スペースとコストミニマム化

脱ガスチャンネルと高温反応炉が一体化していること、大型の煙突が不要なこと、また、処理する生成ガス量が通常の焼却炉の排ガス量の約 1/6 以下になることから、プラントはコンパクトになり、建設スペースは従来の焼却 + 灰溶融方式の約 70% にまで減らすことができる。さらに、ランニングコスト面でも、廃棄物の持つエネルギーで溶融処理を行うため、従来の焼却 + 灰溶融方式に比べて削減が可能となる。

2.1.3 プロセスの概要

川鉄サーモセレクト方式のプロセスは次のステップから構成されている。

(1) プレス・脱ガスチャンネル

(a) ごみの圧縮

まず廃棄物をプレスで最初の容積の約 1/5 に圧縮する。これにより廃棄物中の水分の分布は均一化され、空気は排除されて脱ガス効率が向上する。

(b) 乾燥・熱分解

次に圧縮された廃棄物は間接式加熱炉である脱ガスチャンネルで乾燥、脱ガスされ、続いて高温反応炉からの放射熱などによりさらに熱分解される。

(2) 高温反応炉・均質化炉

(c) ガス化溶融

脱ガスチャンネルで発生したガスは高温反応炉に流入し、熱分解物は新たな圧縮廃棄物の装入により押し出されて高温反応炉下部に堆積する。高温反応炉下部に O₂ を吹き込み、熱分解物中の C と O₂ の反応により下部の温度は中心部で最高約 2000°C になり、廃棄物中の金属や無機質の成分は溶融する。

(d) スラグ均質化

溶融物は高温反応炉から約 1600°C に保持された均質化炉へ流れ、微量の C などはガス化される。溶融物は押し出し流れで連続的に均質化炉内を通り、水砕システムへ流れ落ちて回収され、磁選によりスラグ、メタルに分離される。

(e) ガス改質

高温反応炉下部で発生したガスと脱ガスチャンネルで発生した熱分解ガスは合流し、高温反応炉上部の改質部において約 1200°C で 2s 以上滞留する。これにより、ガス中

Table 1 Characteristics of synthesis gas (at Chiba Plant)

項目		ガス精製後
ガス組成	CO	(%) 32.5
	H ₂	(%) 30.7
	CO ₂	(%) 33.8
	N ₂	(%) 2.3
ダイオキシン類		(ng-TEQ/m ³) 0.00039
ダイオキシン類 (O ₂ : 12%)		(ng-TEQ/m ³) 0.00009

Table 2 Leaching test of slag (at Chiba Plant)

	試験結果 (mg/l)	土壌基準 (mg/l)
Cd	<0.01	≦0.01
Pb	<0.01	≦0.01
Cr (VI)	<0.05	≦0.05
As	<0.01	≦0.01
T-Hg	<0.0005	≦0.0005
Se	<0.01	≦0.01

のタール分やダイオキシン類およびその前駆体は完全に分解され、H₂、CO、CO₂、H₂O を主成分とする粗合成ガスに改質される。

(3) ガス精製

(f) ガス急冷 (急冷・酸洗浄・アルカリ洗浄)

高温反応炉で改質された粗合成ガスを、急冷装置で約 1200°C から約 70°C まで急水冷し、de novo 合成によるダイオキシン類の再合成を阻止した後に、酸洗浄、アルカリ洗浄をし、重金属や酸性ガスを除去する。

(g) ガス精製 (除塵・脱硫・除湿)

さらに、ガスは除塵、脱硫洗浄、乾燥され、有害物質が除去されたクリーンな精製合成ガスが得られる。

(4) 水処理

(h) 水処理・塩製造装置

ガス改質工程までに生成した H₂O がガス急冷・精製工程で凝縮し、従来の焼却方式では飛灰となって排ガス中に含まれていた重金属や塩類はすべて洗浄水中に移行する。そのため、飛灰は発生せず、Fe、Zn、Pb、Na、K などの金属を含む水が発生するが、水処理・塩製造装置により、金属は水酸化物や混合塩などの有用物として回収され、プロセス冷却水としての再利用が可能で水質の水が得られる。

2.1.4 千葉プラントでの実績

(1) 処理実績

1999年9月より、千葉製鉄所内に建設した処理能力 300 t/d のプラントで千葉市殿の一般廃棄物約 15000 t をガス化溶融処理した。回収された精製合成ガスの分析結果を Table 1 に示す。

ガス改質部の高温分解と急速冷却などにより精製合成ガスのダイオキシン類の濃度は 0.00009 ng-TEQ/m³N (O₂: 12% 換算) を達成している。

(2) 回収物性状の実例

Table 2 に示すように、スラグの品質は厚生省の定める「一般廃棄物の溶融固化物の再生利用に関する指針^{①)}」の溶出基準を満足している。メタルの主成分は鉄であり、高濃度の銅を含有している。銅の含有量によっては非鉄金属精錬の原料とする

Table 3 Emission of DXNs (at Chiba Plant)

回収物	ダイオキシン類含有量	廃棄物tあたりの総排出量
精製合成ガラス	0.00039 ng-TEQ/m ³	0.00069 μg/t-ごみ
スラグ	0.00070 ng-TEQ/m ³	
硫黄	0.00029 ng-TEQ/m ³	
金属水酸化物	0.00035 ng-TEQ/kg	
塩水 (塩製造原水)	0.00001 ng-TEQ/l	

ことが可能である。千葉市殿の可燃ごみの実証運転においてはメタル中の銅の割合が10%を超えている。金属水酸化物は乾ベースで30~40%以上の亜鉛を含有しており、非鉄金属精錬の原料としての有効利用が可能である。千葉プラントでの回収物のダイオキシン類の総排出量は既存の焼却技術で達成可能と推定されるごみ1t当たり5μg-TEQ¹⁰⁾よりもはるかに低い値の約0.001μg-TEQの結果を得ている (Table 3)。

2.1.5 川鉄サーモセレクト方式の将来展望

当社千葉製鉄所構内に建設された処理能力150t/dの炉2基からなる設備を用いて、1999年度には「ごみ処理性能指針」の定める実証のために、千葉県殿、千葉市殿のご協力を得て、90d以上の連続運転および延べ130d以上の運転を終了している。ガス化改質熔融設備の実機規模(150t/d・炉)での一般廃棄物処理としては日本で初めての実証となった。

千葉製鉄所構内のこの設備では、2000年度からは産業廃棄物を受託処理して燃料ガスを製造し、千葉製鉄所の発電燃料などに利用する廃棄物燃料製造事業を開始する予定である(新エネルギー利用の促進に関する特別措置法第8条第1項の規定に基づく大臣認定を取得済み)。本方式の技術は最終処分場に依存しない循環型社会構築において重要な役割を果たすことができると考えられる。

2.2 RDF

2.2.1 RDF 施設導入の経緯

我が国におけるこれまでのごみ処理施設の整備は、焼却処理・埋立処分を中心とした処理体系の下で進められてきた。しかし、焼却にともなうダイオキシン類などの排出が社会問題となり、施設整備が困難になってきている。一方、リサイクル・未利用エネルギー回収への関心が高まり、環境保全・循環型社会実現への社会的取り組みが始まっている。

当社ではこのような社会状況の中で、(株)日本リサイクルマネジメント(RMJ)と共同で、1990年頃より可燃ごみを加工して貯蔵性・輸送性・燃焼性に優れた燃料にする「ごみ固形燃料(RDF: refuse derived fuel)化施設」の普及に努めてきた。そして、1993年にRDF施設が国庫補助対象施設として認められ、1995年4月には国庫補助第一号施設として「南砺リサイクルセンター」が本格稼働した。

これを契機に、RDF施設は焼却施設に替わるごみ処理技術として注目されるようになり、その後1997年にはダイオキシン類発生防止に関する規制も強化され、特に広域化の推進¹¹⁾が困難な中小自治体の間で、RDF施設への関心がますます高まってきている。

2.2.2 RDF 施設の特徴と施設設置状況

(1) RDF 施設の特徴

RDF施設の方式は、川崎製鉄(RMJ)方式とJカトレル方式に分けられる。水分の少ないヨーロッパのごみを対象に開発されたJカトレル方式に対して、川崎製鉄方式は水分の多い日本のごみを対象に開発された国産技術であり、大きな相違点は乾燥と成形の工程順序、乾燥方式である¹²⁾。Table 4に川崎製鉄方式とJカトレル方式の特徴の比較を、またFig. 3に川崎製鉄方式RDF施設のフローを示す。以下川崎製鉄方式の特徴について紹介する。

(a) 高水分・水分変動の多いごみに適した乾燥システム

Jカトレル方式の生石灰添加(ごみ重量に対し5wt%)による反応熱と蒸気による間接加熱方法に対して、ごみの攪拌機能を有する回転ドラム式乾燥機を用いた、熱風(燃料は灯油)によるごみとの直接加熱方法を採用しているため、乾燥時間が短く水分の多いごみに適している。また、乾燥入側のごみ水分の変動があっても、常に乾燥機出側の水分率が所定の範囲になるように自動制御している。

(b) 高品質 RDF の製造

製品としてのRDFは品質面で、ハンドリングや輸送時に崩壊しない強度を有すること、安定した燃焼性を得られることが要求される。川崎製鉄方式では、ごみを強固に圧縮成形するのに適した、多孔の円盤(ダイス)上を自転・公転する複数のローラでごみをすりつぶして成形する石臼式圧縮押出成形機を採用している。また、成形加工の前に殺菌と燃焼時の塩素系ガスの発生抑制を目的として添加剤

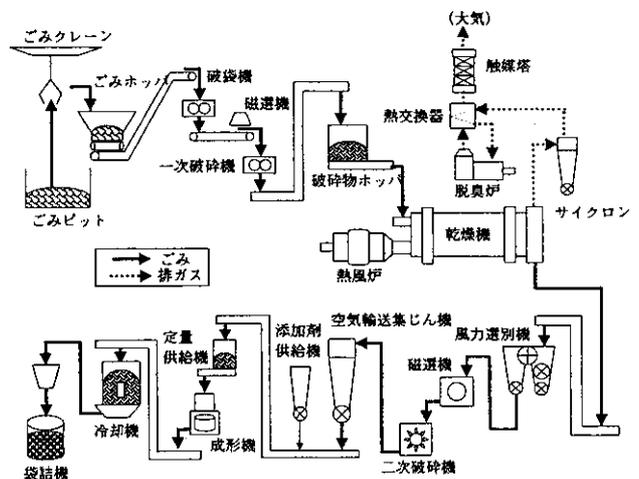


Fig. 3 Kawasaki Steel RDF process

Table 4 Comparison of Kawasaki Steel system with J-Catrel system

	川崎製鉄方式	Jカトレル方式
処理フロー	破砕選別→乾燥→選別破砕→成形	破砕選別→化学反応→成形→乾燥 + 蒸気乾燥
乾燥方式	灯油焚き熱風直接乾燥方式	生石灰反応熱 + 蒸気乾燥 + 通気熱風乾燥方式

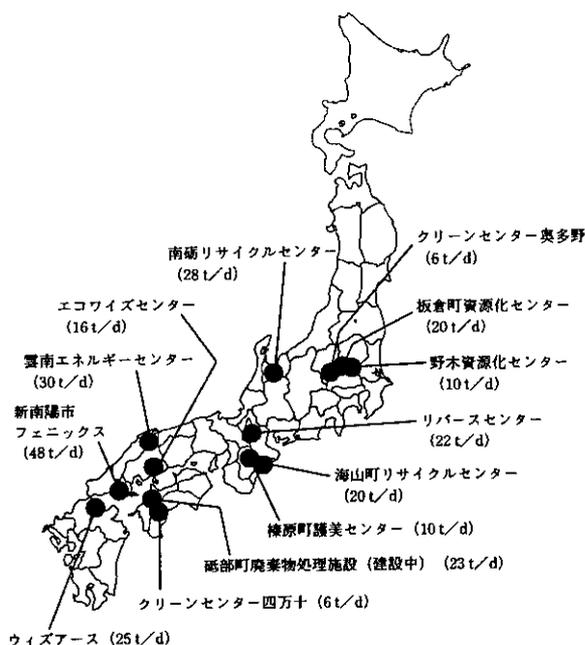


Fig. 4 Sales records of Kawasaki Steel RDF plant

を加えている。

(c) 信頼性・安全性・安全性の高い設備

川崎製鉄方式は後述のように最も実績が多く、設備・操業両面での経験が十分生かされた施設である。特にごみの搬送系設備の安定化、不適物分別精度の向上などにより設備トラブルの発生を抑えている。また、破砕機における刃物のユニット交換方式の採用など、安全性にも配慮している。

(2) RDF 施設の設置状況

全国の RDF 施設の設置数は、すでに稼働している施設が 27ヶ所に達し、建設中のものが 3ヶ所である¹³⁾。施設規模は処理能力 6~40 t/d 級の小規模の施設がほとんどであるが、最近では RDF 発電を指向した処理能力 200 t/d 級の施設も出てきている。このうち川崎製鉄の実績は、建設中の 1ヶ所を入れると 13ヶ所となり、トップの実績を誇る。Fig. 4 に川崎製鉄方式の RDF 施設の設置場所を示す。

2.2.3 RDF 化技術の将来展望

RDF 化技術は、環境保全・資源循環型社会を目指す社会的動向の中で、中小規模焼却施設に替わる新しいごみ処理技術として認知され、施設設置の実績も増えてきているが、さらなる普及を進めるためには、製造した RDF の利用が大きな課題となる。従来の利用の実績は、中小規模では、地域周辺の公共施設・福祉施設の熱源(冷暖房、温水プールなど)としての利用、あるいはセメント工場などの民間企業での補助燃料としての利用が報告されている。しかし、いずれも利用施設の確保、安定供給、焼却灰の処分などの問題により、利用が限定されている。最近、大規模利用の例として、三重県、福岡県で RDF 発電の計画が進められているが¹⁴⁾、経済性や近隣市町村との協力関係など課題が多く、普及にはまだ時間がかかると思われる。

当社では、このような状況の中で、RDM (refuse derived material) 化の一つの技術として、「RDF 炭化システム」の研究開発を推進してきた。川崎製鉄方式 RDF 炭化システムは、揺動型炭化炉を用い、RDF を無酸素状態あるいは低酸素雰囲気下で、300~900°C

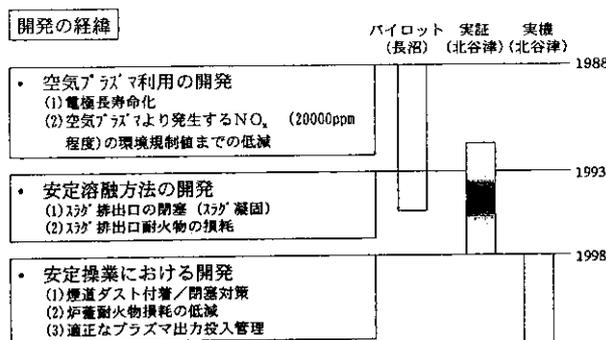


Fig. 5 Progress of research and development of ash melting process

に加熱して乾留する方式であり、製品である炭化物は「リバーエコ炭」と称している。この利用の一例として、高炉の微粉炭吹込や焼結の原料に混ぜて利用する方法があり、水島製鉄所内に、RDF 処理能力 10 t/d の実証炉を 2000 年 4 月に稼働させ、試験運転中である。RDF 技術の発展型の一つとして国内外への普及が期待される。

2.3 プラズマ溶融プロセス

2.3.1 開発の流れ

当社が灰溶融プロセスの開発に着手したのは、一般廃棄物焼却灰の最終処分場の逼迫が社会的問題として提起され始めた 1986 年である。当時は処分場逼迫の解決策として減容化を主体としたバーナ溶融などの燃料式溶融が台頭していた。当社としては将来来るべきダイオキシン問題、地球温暖化問題や資源循環型社会構築といった環境への負荷低減が社会的に要求される時代の流れを先取りし、高温で灰を溶融して無害化、リサイクルをはかる方法として容易に高温が作りだせ、雰囲気調整が自在なプラズマ方式を選定した。開発の経緯を Fig. 5 に示す。

灰溶融の開発ステップは、パイロット試験、実証試験、および実機連続操業での問題点解決に大別される。

1987 年 200 kW プラズマを付帯したパイロットプラント (処理能力 1.2 t/d) を建設し、5 年にわたり基礎試験を行った¹⁵⁾。ここでは、本溶融プロセスの基本的資料である物質収支、熱収支を明らかにし、1/3 の減容化と溶出のない安定したスラグの生成を確認した。また、実操業で問題となるプラズマトーチ電極寿命についてはトーチ構造の影響が大なることを明らかにして顕著な寿命延長 (20 h から 2000 h へ) を達成した。

1993 年には千葉市北谷津清掃工場敷地内に 1000 kW プラズマを付帯した実証プラント (処理能力: 1000 kg/h) を建設した。実証試験では、長時間連続操業を行い、安定した溶融・排滓をするための炉形状の適正化や排滓樋の改善を行った¹⁶⁾。30 d 連続操業試験や、スラグリサイクルのためのフィールド試験用のスラグ生産、焼却飛灰混合溶融試験¹⁷⁾などの他、自治体からの溶融テスト依頼に対応した運転を行い、実機としての使用に十分耐えることを確認した。その後、1998 年には一部設備の改造を行い、北谷津プラズマ溶融センターとして 24 h 実機稼働している。

2.3.2 プラズマ溶融プロセスの特徴

廃棄物のプラズマ溶融プロセスは、廃棄物をプラズマの高温熱源 (数万°C) により溶融することでダイオキシン類に代表される熱分解性の有害物を無害化するとともに、焼却灰を重金属類の溶出のない安定したスラグとして無害化および減容化を図り、その再資源化 (リサイクル) を希求するものである。

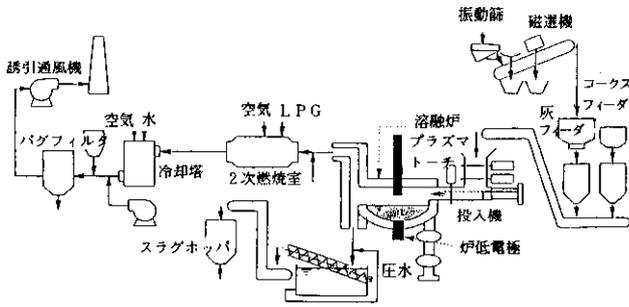


Fig. 6 Schematic flow diagram showing ash melting process

実機として連続操業している北谷津プラズマ溶融センターのフローを Fig. 6 に示す。その特徴は、以下の3点である。

- (1) 重金属は高温溶融プラズマの下で揮発するため、そのスラグ中含有量は低減する。またプラズマジェットが高温溶融池を攪拌し、完全溶融するために、スラグ中に安定して封じ込まれる。そのためスラグからの金属溶出量は、Pb < 0.01 wt ppm, Cd < 0.01 wt ppm で代表されるように土壌溶出基準を満足する。
- (2) 高温雰囲気形成によりダイオキシン類に代表される有害化学物質が分解され、99% 以上の分解率を確認している¹⁹⁾。(無害性)
- (3) ユーティリティとして汎用性の高い空気をプラズマガスとする金属製プラズマトーチを熱源として採用し、その電極寿命を飛躍的に向上させ、維持管理を容易としている¹⁹⁾。(汎用性)

これらの特徴を生かして、ダイオキシンなどの有害物を多く含み、焼却設備の排ガス処理の過程に由来する石灰により溶融温度も高い、ストーカ飛灰の単独溶融にも取り組んだ。その結果、1998 年国内初のストーカ飛灰単独溶融プロセスとして、京都市東北部清掃

工場（仮称）ばいじん溶融設備に採用された。従来の知見を設計に反映していきながら、塩素、石灰の含有量の高い飛灰溶融で懸案される点について研究開発を進めているところである。

2.3.3 将来展望

ここ数年、ごみの焼却処理自体が見直され、焼却灰の発生しないガス化溶融プロセスが開発されてきているが、プロセスの切替えには長い期間が必要であり、灰溶融のニーズは今後も継続していくものと考えられる。当社としては、環境を専門に取り扱う技術としての廃棄物の処理プロセスの開発と製鉄業で長年培われた信頼性の高い高温溶融プロセスの技術をベースとして、より高度な技術であるストーカ飛灰単独溶融処理、あるいは、汚染土壌や原子力発電所からの雑固体廃棄物などの溶融処理にも適用を考えていきたい。

3 水処理エンジニアリング事業

3.1 水処理エンジニアリングの歴史

鉄鋼業は、多種・多量の水を使用する産業である。製鉄所では、工業用水、浄水、純水、軟水などの水が製造・使用された後、その95% 以上は循環利用され、残りは水処理設備において排水基準以下に浄化された後排水される。そのバラエティに富んだ水処理設備では、物理化学処理として凝集・沈殿・加圧浮上・ろ過・吸着・イオン交換・酸化・還元・中和・脱水・冷却など、生物的処理として活性汚泥法、接触酸化法など現在世の中で使われている水処理プロセスのほとんどが適用されている。

これらの建設・運転・維持管理で培った技術と経験を生かすべく、1970 年代終わりごろから水処理エンジニアリング事業を開始した。1980 年代は、海外での製鉄所の建設にともない設置される水処理プラントをフルターンキーで受注し、建設・運転指導などを

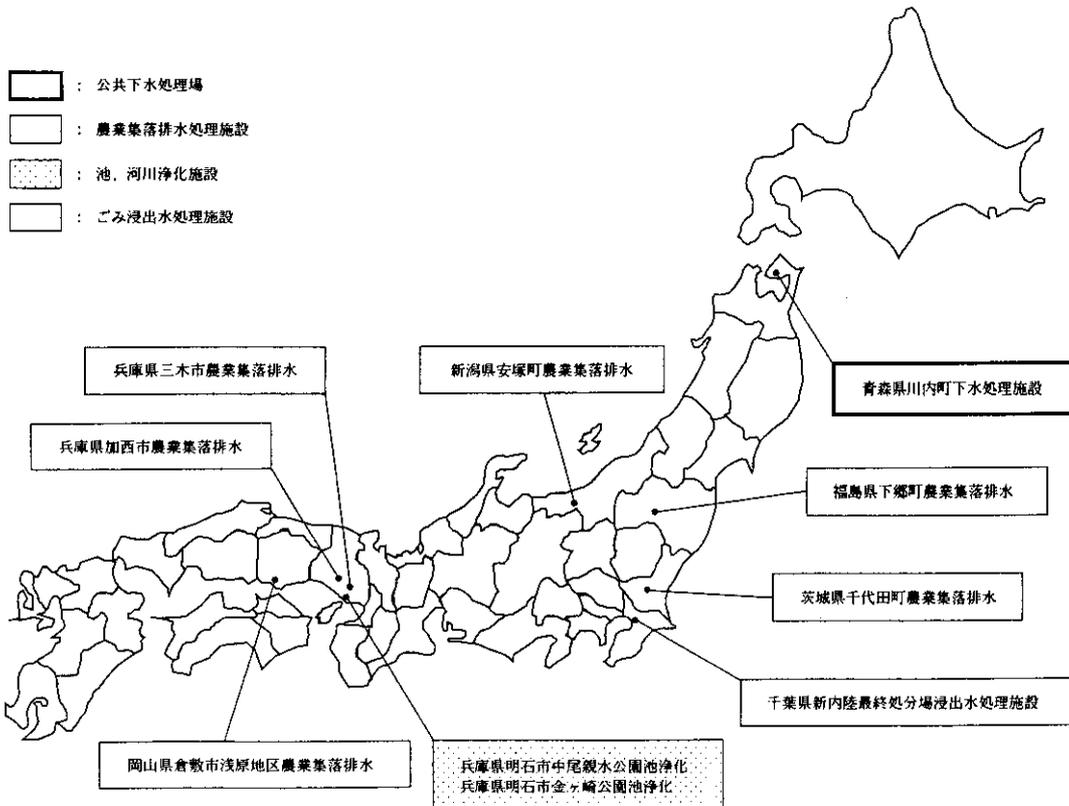


Fig. 7 Recent main sales records of water treatment plant in Japan

Table 5 Description of various water treatment facilities

分野	管轄官庁	概要	当社の取組み
農業集落排水施設	農林水産省	農村地域に設置する小規模な下水処理施設。処理能力 1000 m ³ /d 以下が多い。	新潟県、兵庫県、茨城県、福島県、岡山県などで建設実績は多数ある。技術的には、接触酸化法・回分法が中心である。
公共・流域下水道施設	建設省	中継ポンプ場や下水処理場から構成される。大規模なものは数十万 m ³ /d、小規模なものでは、数千 m ³ /d である。都市部では近年、N、P の除去を目的として高度処理設備の改造・増設が多数計画・建設されている。	中継ポンプ場の除塵・沈砂設備を、倉敷市や千葉市にて多数建設している。小規模施設ではオキシデーションディッチ法が主流であるが、1999 年に青森県に納入した。高度処理としては、包括固定化担体利用循環式硝化脱窒法（商品名：ペガサス）を技術導入するとともに、膜分離活性汚泥法を開発した。
池・河川水質浄化	建設省 農林水産省 環境庁など	生活環境の改善を目的とした池・河川浄化設備の建設。	浮遊ろ材を使用した生物膜ろ過方式の水処理（商品名 リバーフロート®）を開発し、池浄化設備として明石市等に納入している。
ごみ浸出水処理施設	厚生省	近年、ごみ埋立処分場の浸出水問題がクローズアップされている。処理水量は、少ないが汚染物質が多く含まれるので、処理プロセスは最も複雑である。今後はダイオキシンの処理が要求される。	岡山県で海面埋立処分場の浸出水処理設備、千葉市で陸上埋立処分場の浸出水処理設備を建設してきた。
海外水処理施設	民間	東南アジアでは、バブル期に鉄鋼はじめ各種の工場が建設されてきたが、1997 年以降、建設は低迷している。	特に台湾・フィリピンの鉄鋼を中心とした工場用廃水処理設備を手がけている。

行ってきた。その後、海外での浄水プラントなど鉄鋼以外の水処理プラントも受注し、プラントメーカーとして徐々にエンジニアリングの技術・経験を蓄積してきた。

1990 年代に入り、海外では台湾・フィリピンを中心に、鉄鋼水処理、半導体・自動車など工場用排水処理、下水処理などを多数手がけ、東南アジアにおいて品質・価格・運転指導など総合的な観点から競争力ある水処理エンジニアリングメーカーとして評価をいただいていた。

一方、1990 年代になって国内の公共事業を中心として、さまざまな分野での水処理施設を受注・建設してきた。Fig. 7 に国内での最近の主な建設実績をまとめた。

3.2 各水処理分野での当社の取組み

Table 5 に、各水処理分野ごとの水処理施設の概要と当社の取り組みをまとめた。全般的には、各分野とも処理水質の要求は、ますます厳しくなっている。このため、従来の凝集沈殿ろ過を中心とした物理化学処理や活性汚泥法を中心とした生物処理だけでなく、生物担体を利用した処理、膜を利用した処理、オゾンや紫外線を利用した処理などさまざまな処理方式の開発が進んでいる。

当社では、今後の新たな水処理技術として、包括固定化担体利用循環式硝化脱窒法（当社が日本下水道事業団と日立プラント建設（株）より工業所有権実施許諾を受けているプロセス、商品名ペガサス）と膜分離活性汚泥法²⁰⁻²²⁾（当社開発）に取り組んでいる。

前者は、一般的に下水の高度処理（窒素除去）として適用される循環式硝化脱窒法の硝化槽に、硝化菌の担体として 3~5mm のバイオエスキューブ（当社が日立プラント建設（株）と技術提携を結んでいる商品）というポリエチレングリコールゲルを投入し、硝化時間を従来法の半分以下に短縮したものである（Fig. 8）。従来法では、既設プラントに窒素処理を加える場合、硝化槽の増設など敷地を大幅に増やす必要があったが、本法では、既設プラントの生物反応槽を一部改造するだけで、処理面積を増やすことなく、高度処理を行うことができるようになった。

後者は、一般的下水処理方式である活性汚泥法の生物反応槽に精

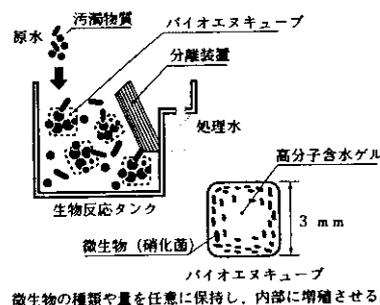


Fig. 8 Principle of advanced nitrification and denitrification method using comprehensive bacteria fixation

密ろ過膜（膜孔径 0.1μm 程度）を浸漬し、生物反応槽から膜を通して直接、処理水を汚泥と分離する方式である。本方式によれば、生物反応槽の後の沈殿池が不要になり、生物反応槽自体も高濃度で菌が保持できるので、設備の全体容量は従来法の 60~70% になる。また種々の菌が高濃度で保持されるのでさまざまな汚染物質が分解処理できるだけでなく、0.1μm の膜を通過した処理水は、沈殿池の処理水と比較し非常に清澄である。したがって下水処理水の再利用も可能になる²⁰⁻²²⁾。当社では、1999 年に（財）日本建築センター殿の浄化槽一般評定を本プロセスにより取得した。さらに下水処理だけでなく、工場廃水処理やゴミ収集車洗車排水処理にも適用し、種々の知見を蓄積している。

池や河川の水質浄化では、浮遊ろ材を使用した生物膜ろ過方式の水処理プロセス（商品名リバーフロート）を開発し、1999 年に（財）土木研究センター殿により河川浄化システムとして技術審査証明を取得した。本方式は、発砲ポリプロピレンのろ材をろ過槽に投入し、上向流で水がろ材を通過する間にろ過と、ろ材表面に付着した微生物による生物処理を同時に行うもので、シンプルでコンパクトな設備である。洗浄も簡単のため、運転・維持管理が容易であり、中程度の濃度の有機物や浮遊物質（SS）を含む多量の池・河川水の水質浄化

に適した方式である²³⁾。当社は、本方式を明石市の公園池水処理や、フィリピンでのゴルフ場流入河川の水処理に適用した。

3.3 将来展望

現在、水処理の世界では、これまでの生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量(COD)に代表される有機物だけでなく、窒素・リンなどの栄養塩類、ダイオキシン・環境ホルモンなどの難分解性有機化合物、クリプトストリジウムなどの微生物・細菌・ウイルスなどさまざまな汚染物質が問題となっている。そのため、今後ますます複雑・高度な処理設備および運転管理が要求されるであろう。当社ではさまざまな分野での水処理設備の建設実績・運転経験を蓄積してきており、新たな水処理プロセスの開発も積極的に行い、国内・海外を含めた新時代の水処理設備の建設を通じて世の中に貢献すべく、事業を展開している。

4 おわりに

当社の環境エンジニアリング事業のめざすところは、製鉄所で培った技術をベースとし、時代の要請に基づき開発した環境技術を生かして来るべく資源循環型社会に貢献していくことにある。さらには製鉄所の持つインフラ、設備などを十分生かした形での周辺地域へのサービス提供も重要なテーマであると考えている。産業廃棄物への対応なども含めた総合プランナーとして当社および当社グループの総合力を結集していきたい。

川鉄サーモセレクト方式ガス化溶融炉およびプラズマ灰溶融プロセスの実証実験を遂行するに当たり、千葉県殿、千葉市殿に多大なご支援をいただいた。ここに記して深謝する。

参考文献

- 1) 松添 剛, 佐藤稔也, 渡辺重世: 川崎製鉄技報, 27(1995)1, 57-58
- 2) R. Stahlberg and D. Runyon: "Energy and Raw Material Recovery through Thermal Chemical Transformation in a Closed-Loop System," 16th National Waste Proc. Conf., ASME, June (1994)
- 3) 三好史洋: 化学装置, 40(1998)7, 38-41
- 4) 三好史洋: 新政策別冊, 1(1998)9, 14-17
- 5) 三好史洋: 「資源環境対策」, 34(1998)14, 100-101
- 6) 松添 剛: 「ごみ処理とバイOMETRAJEE」, 高温プロセス部会編, 日本鉄鋼協会, (1999), 61-65
- 7) 福井雅康: 環境技術, 28(1999)12, 35-41
- 8) 厚生省: 「ガス化改質方式」, 厚生省令第14号, 1999年3月3日
- 9) 厚生省: 「溶融固化物の利用に係わる目標基準」生衛発第508号, 1998年3月26日
- 10) (社)全国都市清掃会議: 「ごみ処理に係わるダイオキシン類削減対策」, (1997), 111
- 11) 安田憲二: 「ごみ処理の広域化に向けて」廃棄物学会誌, 9(1998)7, 4-11
- 12) 鍵谷 司, 西村 潔: 「ごみ固形燃料化技術と導入事例—RDF 施設整備計画から実現まで—」, (1997), 55, [(株)日報]
- 13) 鍵谷 司: 「ごみ固形燃料(RDF)の動向と展望」, 第11回ごみ固形燃料化技術に関するセミナー講演要旨集, (1999), 6
- 14) (財)エンジニアリング振興協会: 「平成8年度 ごみ固形燃料(RDF)化エネルギー利用社会システムの総合評価に関する調査研究 報告書」, (1997), 157-158
- 15) 林 昭彦, 木下勝雄, 赤秀公造, 山崎健利, 下山統康: 川崎製鉄技報, 25(1993)3, 17-21
- 16) 木下勝雄, 中野健治, 有明絃治, 加賀 彰, 下山統康, 井上 宏: 川崎製鉄技報, 27(1995)1, 12-18
- 17) 菊地 亨, 山下繁昭, 加賀 彰, 柴田泰典, 松岡義人, 戸村秀人, 田中浩二, 古角雅行: 「第7回廃棄物学会研究発表会講演論文集」, (1996), 439-441
- 18) 山本 彰, 松岡義人, 戸村秀人, 井手健一: 「第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集」, (1998), 772-774
- 19) 林 昭彦: 「日本学術振興会プラズマ材料科学第153委員会研究会予稿集」, (1999), 26-33
- 20) 内野和博, 福田一美, 斉藤 功: 第34回下水道研究発表会講演集, (1997), 575-577
- 21) 内野和博, 福田一美, 斉藤 功: 第36回下水道研究発表会講演集, (1999), 622-624
- 22) 斉藤 功: 資源環境対策, 35(1999)8, 36-37
- 23) 最新建設技術ガイドブック編集委員会編: 「'99最新建設技術ガイドブック」, (1999), 482-483, [(財)日本建設情報総合センター]