

鉄で育んだ 高温溶融技術を 社会のために

製鉄事業のDNAを 継承し、ごみ処理技術 を確立する

石炭を蒸し焼きにしたコークスを利用して、原料の鉄鉱石(酸化鉄)から酸素を除去(還元)し、溶かして鉄鋼製品の源となる鉄鉄を生み出す高炉。徳利型をしたこのシャフト炉(※1)では、炉頂から炉底に鉄鉱石が下る過程で、固体・気体・液体が共存するダイナミックな反応プロセスが進行している。この大型反応炉の知見をもとに、新日鉄エンジニアリングは不燃物を含めたごみを高温で溶融して最終処分量の低減を図るとともに、資源を回収する「シャフト炉式ガス化溶融炉(以下、溶融炉)を用いた資源化システム」を開発・実機化した(図1)。

溶融炉は高炉と同様に、原料のごみ、コークスと石灰石を炉頂から

直接溶融・資源化システム

ら装入し、最終的に炉底からスラグ(※2)と鉄(メタル)を排出する。燃焼力の強いコークスを熱源としているため、両炉とも高温還元雰囲気での溶融が可能で(溶融炉は1700～1800℃)、炉内の温度を上げるための送風口(羽口)を装備している。溶融時間は高炉の約8時間に対して溶融炉はその半分だ(図2)。

ごみを熱分解・ガス化して燃焼・溶融する方式は、その熱分解方法の違いなどにより分類され(図3)欧米からの技術導入も含めてさまざまな企業が取り組んでいる。その中で、新日鉄エンジニアリングが製鉄事業で培った高温溶融技術をもとに独自開発した「ガス化と溶融の一体型シャフト炉」は、ごみを上部で乾燥させた後に熱分解・ガス化し、下部で熱分解残渣(※3)を燃焼するとともにコークスベッドの熱により不燃残渣(灰分)を溶融する(図4)。

1700～1800℃の高温の炉で多様なごみを溶融し、そこで生まれるガスや熱、スラグ、メタルを再資源化する「直接溶融・資源化システム」。現在、ごみの最終処分場の延命や有害物質の排出抑制などの社会ニーズに応える最先端のごみ処理技術として注目を集めている。新日鉄エンジニアリング(株)(元新日鉄エンジニアリング事業本部)では、1970年代から高炉の高温溶融技術の知見をもとに研究開発に取り組み、多様なごみに適応する処理技術を開発・実機化し、信頼性を高めてきた。今回は、同技術に活かされた製鉄技術のDNAを紐解くとともに、さらなる進化への挑戦の姿を紹介する。

この方式は、高温で多様なごみを安定的に溶融処理できることや、ガス化と溶融一体型で、ごみの質の変動に左右されない安定操業が可能という利点がある。

高炉操業の要素技術を活かす

溶融炉には、高炉操業の要素技術が散りばめられている。原料を入れる装置は可燃性のガスが漏れない二重シール構造になっており、炉頂ではガスの温度や組成を計測・監視。炉壁には温度・圧力センサーを設置して、温度計を入れることができないほど高温の炉内部での温度分布やガス組成を把握し、ごみの反応の進み具合を推定しながら、ごみの装入量や羽口からの送風量を制御している(写真1)。

得られるスラグは装入する石灰

石の量で塩基度(※4)を調整した高品質の水砕スラグ(※5)だ。溶融スラグのJIS規格に適合させるため、ごみに含まれる鉛や亜鉛などの非鉄金属の酸化物を還元・揮発させて、さらに重金属含有量を管理して安全な品質をつくり込んでいる。

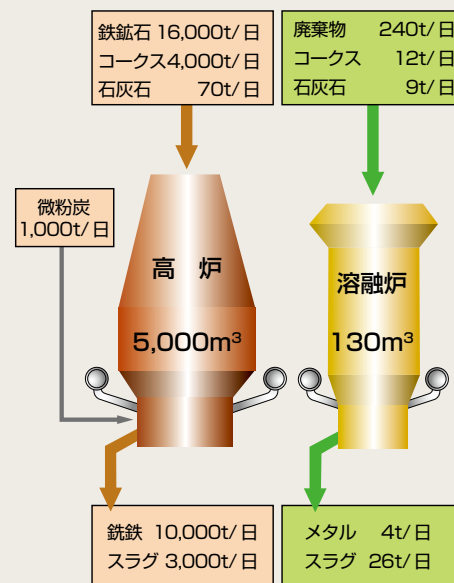
また、溶融物に混在するメタルは、石灰石の量と温度管理で溶融物の粘性を調整し、排出後の水槽中でスラグと分離凝固するように制御している(写真2)。スラグやメタルの品質制御に石灰石を利用する技術は高炉操業の中で培われてきたものだ。ごみ1トンあたり約90kgのスラグと約10kgのメタルができる。スラグはコンクリートの二次製品やアスファルト合材に使われ、メタルは建設用機械のカウンターウエイトや鉄源として流通・利用されている(写真3)。

※本企画では今号から数回にわたり、長年、製鉄事業で培ってきた経験と技術を基盤に成長・発展を遂げるグループ各社の保有技術にスポットを当てて、その原点と技術開発の最先端を紹介します。

1 新日鉄エンジニアリングの溶融技術開発への取り組み

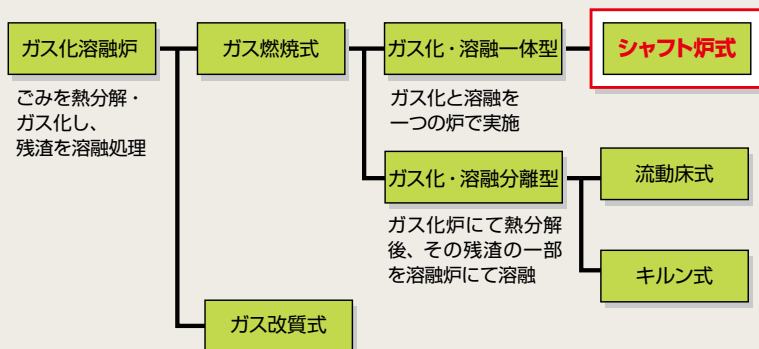
	研究開発	実用施設
1972年(昭和47年) 1974年(昭和49年) 1977年(昭和52年)	調査研究開始 20t/日実証プラント 40t/日実証プラント (東京都と共同実証試験)	補助対象施設としての 厚生省認定獲得
約30年の実用施設稼働実績	1979年(昭和54年) 1980年(昭和55年) 1993年(平成5年) 1995年(平成7年) 1996年(平成8年) 1998年(平成10年) 2000年(平成12年) 2005年(平成17年)	1号機稼働 (釜石市) 2号機稼働 (茨木市第1工場) 3号機稼働 (茨木市第2工場) ⋮ 6号機稼働 (飯塚市) 大型炉(200t/日・炉)受注 (秋田市) ⋮ 受注・建設実績35件
	20t/日研究施設(多段羽口実証) 50t/日釜石市施設改造(〃) 20t/日研究施設に増強 (現在も稼働中) 150t/日茨木市施設改造 (可燃ガスト羽口が吹込実証) 溶融炉のCO ₂ 排出量削減に関して 各施設実機で実証試験実施 (バイオマスコークス等)	

2 高炉との概要比較図



3 ガス化溶融炉の分類

ごみのガス化溶融方式は、熱分解方法の違いなどにより分類される



4 シャフト炉式ガス化溶融炉の概要

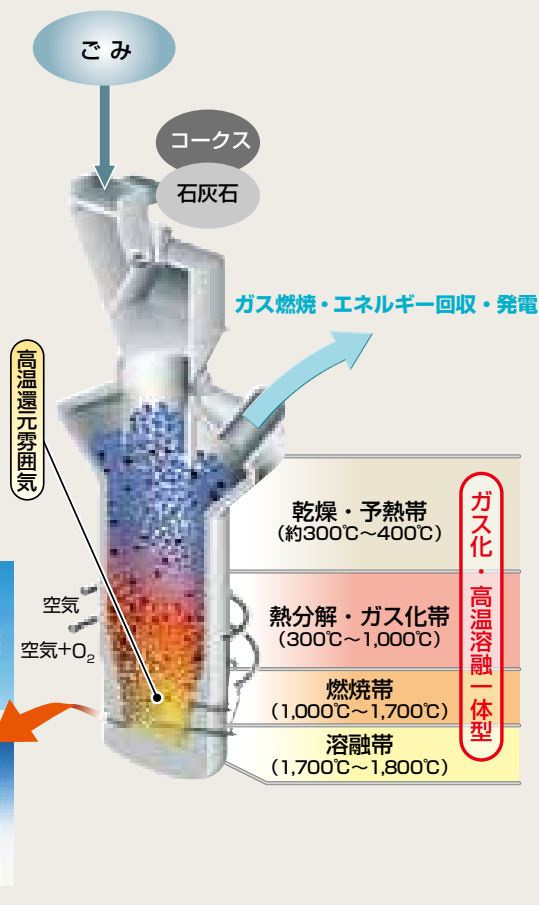


写真1

炉内状況を基にした
制御画面

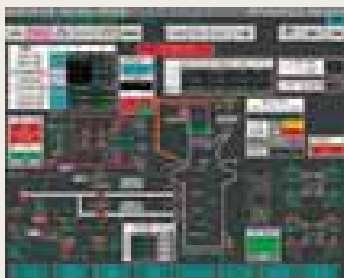


写真2

炉底から排出
される溶融物



写真3

スラグ、メタル



- ※1 シャフト炉／原料や燃料などの装入物を上から入れて、炉の下部から溶融物を排出するたて型炉。
- ※2 スラグ／溶融炉で約1,500℃以上の高温で焼却灰などを溶融した結果、生成されるガラス質の固化物。
- ※3 残渣／残りがす
- ※4 塩基度／酸化カルシウム(CaO)とシリカ(SiO₂)の重量比。スラグの生成(溶融)条件を決めるための指標。
- ※5 水砕スラグ／溶融スラグを水槽に流し込み急冷することによって粒状化したもの。

多様な有機物に 対応する

一方、溶融炉は高炉にはない熱分解プロセスがある。主に鉄分と酸素からなる鉄鉱石とは異なり、ごみには種々の有機物が含まれるため多様な有機物を熱分解する幅広い対応力が求められるほか、ごみに含まれる水分の乾燥・予熱プロセスも重要になる。

特に熱分解後に発生するガスの処理は難しい。高炉は装入する物質が限定されているためガスも処理しやすい。しかし溶融炉では、原料(ごみ)を選ぶことができない。原料の種類は多岐にわたり、夏になるとスイカの皮が増えるなど季節によって内容も異なる。また、塩化ビニルなど塩素含有プラスチックの燃焼時には、有害な燃焼ガスの発生を抑えなければならぬ。特に、2002年のダイオキシン類特別措置法の施行以降は有害物に対する規制が厳しくなり、ガスの処理過程での徹底した分解・無害化が求められるようになった。そこで有機性の有害物質や重金属、窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)などへの対応を万全にするため、独立した燃焼室で熱分解ガスを完全燃焼させることと後段での吸着・分解技術との組み合わせにより、有害ガスの発生を徹底的に抑えた。さらに燃焼

後にバグフィルタで回収される重金属を非鉄精錬会社で再利用するリサイクルシステムも確立した(山元還元)(図5)。

ごみを燃やす従来のごみ焼却炉は、固形物が不完全燃焼して有害物質が発生しやすいが、ガス化溶融炉は高温で熱分解・ガス化したものを燃やすため燃焼室の制御がしやすいという優位性があり、従来の焼却設備を代替する「次世代型のごみ処理技術」として高い評価を得ている。

現在では国内外で31基の溶融炉が稼働中。原料を選べないという制約の中で、多彩な技術や工夫の組み合わせを経験知として蓄積することで操業技術の向上を図り、厳しい排ガス基準やスラグ品質基準を確実にクリアしている。

「小さな一貫製造所」 のレベルアップを 目指す

溶融炉の改善・高度化の努力は現在も続く。ごみの多様化への対応策として、北九州市戸畑にある試験プラントでは、ごみの内容変動を考慮しながら最適なバランス・量・装入方法などを検証している。特に近年、最終処分場の延命化のため、処分場を掘り起こして溶融炉で処理することを進めているが、掘り起こしごみや汚

泥の処理では、スラグやメタルなどの品質に悪影響を及ぼさない処理方法を確立し、溶融炉の処理能力の高さを実証した(図6)。従来の処理が困難だったスレートなど非飛散性アスベストの処理についても、実証試験により一貫管理・処理システムを確立して処理事業者の許認可を取得したほか、オゾン層を破壊するフロン処理でも実証試験を重ね、羽口から吹き込み完全分解する方法を確立した。

また、溶融炉の大型化による処理能力向上も必須課題だ。操業実績を積み重ねる過程で徐々に大型化を進め、一炉で人口20~30万人の中核都市のごみ処理を実施できる265トン/日能力まで実機化した。高炉と同様に、容量が増えれば増えるほど、炉内中心部のガスの流れや温度の制御が難しくなるが、熱力学や流体力学の見地や、炉内挙動予測制御技術など、高炉操業で蓄積した多彩な技術が大型化への布石となっている。

一方、 CO_2 排出量削減のため、コークス使用量の削減も図っている。送風羽口を多段化して下部でコークスを燃焼させるとともに、上部で炭素分の多いごみの熱分解残渣を直接燃焼させる方式を考案して熱源利用の効率化を図るとともに、炉上部から飛散した微細な可燃性の熱分解残渣を捕集し、熱源として羽口から吹き込む技術を導入。コークス使用量をごみ

1トンあたり50kgから40kgまで低減した(図7)。最近では、コークスの代替燃料としてバイオマスコークスの活用にも取り組んでいる(写真4)。

さらに、ごみ処理時の熱回収による蒸気タービン発電の高効率化にも取り組んでいる。通常の火力発電では500~600℃まで蒸気温度を上げられるが、廃棄物発電ではごみ中の塩素(Cl)や硫黄(S)などが塩となってボイラーに付着し、300℃以上になると一気に腐食性が高まるため温度を上げることが難しい。発電効率を高めるために、ボイラー内の過熱器に耐腐食性の高いステンレス鋼を採用するとともに、ボイラーの局部的な温度上昇を抑えダストが付着しにくい構造設計を導入して、平均400℃までの昇温を可能にした。

当初、高炉技術の専門チームでスタートした溶融炉開発は、その後、化学やエネルギープラントなどの専門家も加わり、さらにシステム制御の技術が融合して現在に至っている。溶融炉は有価資源を生むだけではなく、エネルギー、発電までの技術が集積した「小さな一貫製造所」だ。新日鉄エンジニアリングでは今後も溶融炉の性能を高め、さらに操業やメンテナンス技術を蓄積していくことで、省資源・エネルギー社会に貢献していく。

監修

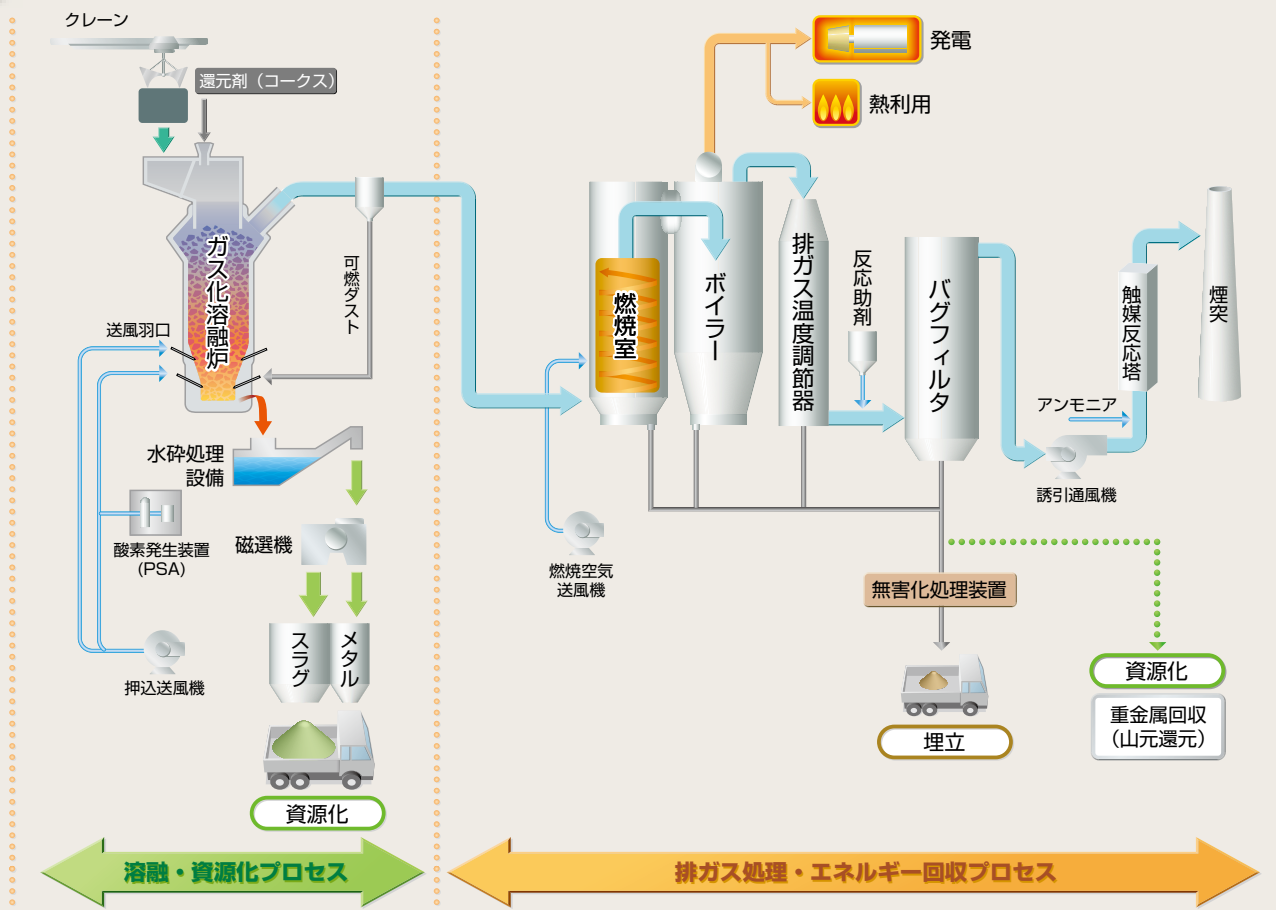
新日鉄エンジニアリング(株)
環境ソリューション事業部
部長
長田 守弘 (おさだ・もりひろ)
(1977年入社 精密工学専攻)



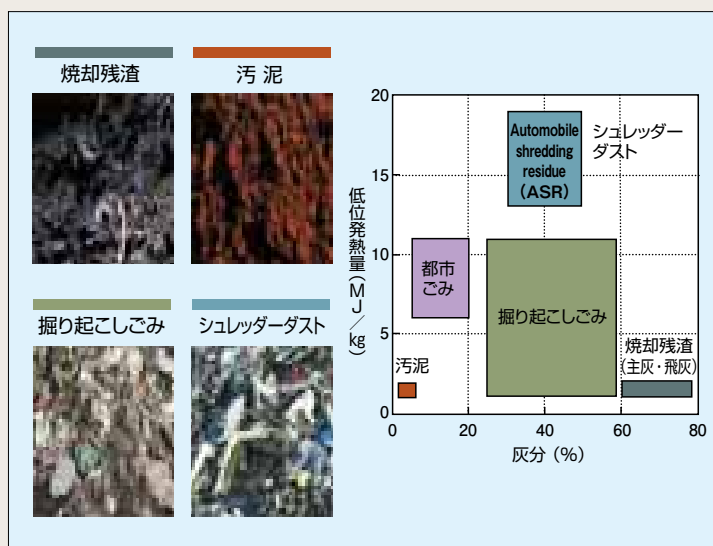
新日鉄エンジニアリング(株)
環境ソリューション事業部
マネジャー
西 猛 (にし・たけし)
(1997年入社 エネルギー応用工学専攻)



5 直接溶融・資源化システムのプロセスフロー



6 種々のごみ(廃棄物)の性状



7 コークス使用量削減に向けた開発の経緯

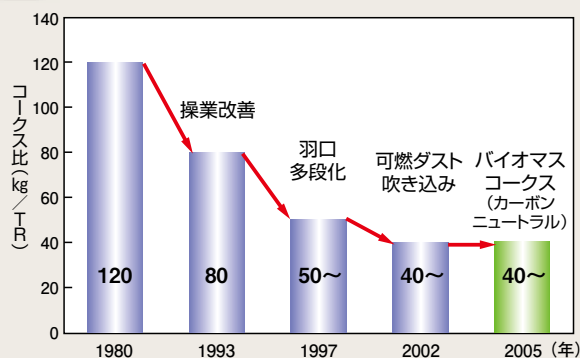


写真 4

バイオマスコークス

