

# 製鉄所における環境への取り組み

## Environmental Conservation Activities in Steel Works

飯野 吉嗣 IINO Yoshitsugu JFE スチール 技術企画部 主任部員(理事)  
相馬 冬樹 SOMA Fuyuki JFE スチール 技術企画部 主任部員(副部長)  
橋本 邦俊 HASHIMOTO Kunitoshi JFE スチール 技術企画部 主任部員(課長)

### 要旨

JFE スチールは、「環境と調和した事業活動を推進することにより、豊かな社会づくりを目指す」うえから、従来から徹底した省エネルギーの推進、製鉄プロセスでの環境負荷の低減・改善、資源のリサイクルなどの活動ならびに関連する分野での技術開発を積極的かつ継続的に実施してきており、大きな成果を取めている。しかし、現在の環境課題は、地球温暖化問題に代表されるような、地球規模への拡がりを見せている。本稿では、地球温暖化防止を目指した省エネルギー、環境保全などの JFE スチールの取り組みについての実績と、今後の取り組みについて紹介する。

### Abstract:

As JFE Steel has committed itself to promoting business operations in harmony with the environment leading toward prosperous society, it has taken actions in energy saving, environmental improvement and material recycling in steel production processes, and also been conducting research and development in these fields. These active and continuous activities by JFE Steel has resulted in the significant improvements. However, environmental issues of today need to be handled more world wide, like the global warming issues. In this paper, the authors introduce the result of energy saving and environment preservation through the past activities and the various measures and technologies by which JFE Steel challenges for the future society on the prevention of global warming.

## 1. はじめに

製鉄プロセスは、鉄鉱石、石炭、水などの多くの資源と、電力、燃料のような多くのエネルギーを必要としている。また、種々の化学物質も使用している。JFE スチールは、それらの結果として発生する環境負荷を低減するために、従来からさまざまな技術開発ならびに対策を実施してきている。

一方、今日の豊かな社会は、化学物質による生態系への影響、あるいは地球温暖化問題などの新たな課題を生みだしており、これからも重要な課題となっている地球温暖化防止活動の推進など、時代の変化にあわせた、タイムリーな技術開発、設備・操業対応など、JFE スチールが保有する技術、ポテンシャルを最大限に活用することが求められている。

JFE スチールは、このような状況の中で、産業社会の環境負荷低減に大きく貢献する環境調和型鉄鋼製品を供給しながら、引き続き製鉄プロセスごとにさらなる省エネルギー・地球温暖化防止、および環境負荷の低減などを目指し、技術開発、操業改善、あるいは設備導入などに取り組

んでいる。

以下に、製鉄プロセスにおける、省エネルギー活動をとおした地球温暖化防止対策、環境負荷低減対策および循環型社会構築に関するこれまでの活動と、今後の取り組みについて述べる。

## 2. 製鉄所における環境への取り組みの概要

JFE スチールは、1960年代後半から製造プロセスでの環境負荷低減・改善のための積極的な環境保全技術の開発ならびに設備導入・操業改善を実施してきており、第1次オイルショック以降は、新たに省エネルギーの技術開発ならびに省エネルギー推進活動を積極的に展開してきている。

近年は、製鉄所の技術、インフラを活用しての使用済みプラスチックの利用など、社会や他産業からの廃棄物を受け入れ、処理するなど循環型社会づくりにも大きく貢献している。その結果、現在では、世界最先端レベルのエネルギー効率、資源循環率などを有する環境調和型製鉄プロセスを構築している。

各製鉄プロセスにおける排熱回収設備、発電設備などの省エネルギー対策、ならびに脱硫・脱硝設備、集塵設備、

Table 1 Overview of energy and environmental conservation technologies

Energy conservation technology

Counter-measures —Facility		Coke dry quenching (CDQ), Coal moisture control (CMC), Combustion control	Sintering cooler waste heat recovery, Ignition furnace line burner	Waste plastics feeding, Pulverized coal injection, Top pressure recovery turbine, Hot stove waste heat recovery, Fuel gas preheating	Gas recovery, Gas sensible heat recovery, Nitrogen jet heater, Ladle heating	Regenerative burner, Direct charging, Low-temperature extraction	Endless rolling, Process coupling	Waste heat boiler, Rotary regenerative heat exchanger	Selection of transportation mode, Shortening of transportation distance, Improvement of load efficiency, Modal shift, Application of IT
	Gas turbine combined cycle power plant, Power plant fuel preheating device, High efficiency air separation equipment								
Steel production process									
	Raw material yard	Coke oven	Sintering plant	Blast furnace	BOF, EF, CC	Reheating furnace	Hot rolling, Cold rolling	Continuous annealing, Coating	Shipment
Environmental conservation technology									
Generated substance	Dust	Flue gas, Dust, Wastewater (ammonia liquor)	Flue gas, Dust, Wastewater	Flue gas, Slag, Dust, Wastewater	Flue gas, Slag dust, Wastewater	Flue gas, Dust	Rolling wastewater, Pickling wastewater	Coating wastewater	Exhaust gas
Environmental impact	Dust	Dust, NOx, SOx, COD	Dust, NOx, SOx	Dust, SS	Dust, SS	NOx	SS, Waste oil, Waste acid, Iron salt	Metallic ion, etc.	NOx, SPM (suspended particulate matter)
Counter-measures —Facility	Yard water spraying, Belt conveyor dust collection, Laser dust monitoring	Coke oven gas desulfurization, Waste ammonia liquor COD treatment, Chemical by-product recovery	Flue gas desulfurization and denitrification	Gas recovery, Dust collection, Dust treatment, Slag recycling	Gas recovery, Dust collection, Dust treatment, Slag recycling	Low-NOx burner, Use of cleaner fuel	Waste acid and waste alkali treatment, Waste oil recycling, Coagulating sedimentation	Wastewater treatment	Conversion to low-emission vehicles

各種水処理設備などの環境保全対策の主要な適用技術を **Table 1** に示す。

さらに、これらの環境保全への取り組みを体系的に推進するため、1991年には社内に「地球環境委員会」を設置して、社長のもとに全社的な環境管理体制を構築している。また、1996年9月に発行された環境マネジメントシステム(EMS)に関する国際規格ISO14001の認証取得を積極的に進め、1999年7月にはすべての製鉄所、製造所で認証取得を完了した。現在は、EMSを基盤として、継続的な改善を目指した活動を展開している。特に、地域から充分な理解と信頼を得るために、自主的取り組みと情報公開を行うことにより、環境と調和した都市型製鉄所を目指している。環境情報については、環境報告書を通じて、環境方針、環

境負荷の状況、PRTRデータおよび環境会計などを公開している。

### 3. 地球温暖化防止への取り組み

#### 3.1 省エネルギー活動の経緯

JFEスチールにおける省エネルギー活動は、1973年から第1期の活動をスタートさせ、以来現在取り組み中の第5期にいたるまで省エネルギー活動を継続して推進してきている。以下に各期の活動の概要を紹介する。

##### 第1期(1973年～1978年)

高炉での還元材比低減、加熱炉での燃料低減などの、主として操業改善による省エネルギーを推進した。

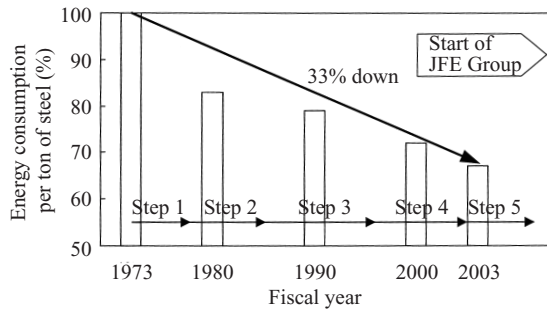


Fig. 1 Trend of energy consumption per ton of steel (FY1973 = 100%)

#### 第2期(1979年～1985年)

高炉炉頂圧発電(以下、TRT)、焼結クーラー排熱回収、コークス炉乾式消火設備(以下、CDQ)などの大型排熱回収設備の積極的な導入による省エネルギーを実施した。

#### 第3期(1986年～1994年)

連続鋳造設備、連続焼鈍設備など工程の連続化・省略化および、高炉微粉炭吹き込み(以下、PCI)や石炭調湿設備(以下、CMC)の導入、さらに種々のエネルギー関連設備の効率的運用など、省エネルギー操業を推進した。

#### 第4期(1995年～2002年)

地球温暖化問題の高まりを背景に、省エネルギー活動の目的がコストダウンを目指したエネルギー削減からCO<sub>2</sub>排出削減へと変化し、環境調和型技術(リジェネバーナ)、廃棄物リサイクル技術(使用済みプラスチックの高炉吹き込み)などより広い視点に立った新技術の発掘とシーズの開発を推進した。

#### 第5期(2003年～)

地球温暖化防止対策の徹底のため、さらなる技術革新による新たな省エネルギー活動の展開を推進しており、未利用エネルギーの回収・利用技術の開発や、地域・他産業との連携による総合的な省エネルギーの検討へと取り組みの領域を拡大している。

これらの活動の結果、製鉄プロセスからのエネルギー回収設備として、CDQ(15基)、転炉熱回収設備(10基)、焼結主排熱回収設備(3基)、焼結クーラー排熱回収設備(6基)、TRT(9基:稼動高炉の全数)を設置した。これにより、所内使用電力の16%、所内使用蒸気の75%を回収エネルギーによりまかなうまでになっている。また、このような省エネルギー活動の成果は、Fig. 1に示すとおりエネルギー原単位(粗鋼1t当たりのエネルギー消費量)の削減となって現われており、1970年代初めを基準にすると2003年度までに約33%削減している。

### 3.2 省エネルギー対策の具体例

ここでは、前節で述べた省エネルギー活動の第1期～第

3期の内容を具体例を上げて紹介する。

#### 3.2.1 排エネルギー回収設備設置の事例

プロセスの高効率化のための方法の1つとして、エネルギー収支上の排エネルギーの削減は重要な要素となる。この排エネルギー削減の手段として、排エネルギーを回収してこれを再利用することが多くの設備で実施されている。これには大別して2つの方法があり、回収された排エネルギーを同一設備で利用する方法と別な設備に供給する方法とがある。

前者に該当するものとしては、高炉熱風炉排熱回収設備、加熱炉の高効率レキュペレーター(燃焼用空気予熱、燃料ガス予熱)などが上げられる。これらは比較的小規模な設備で、省エネルギー活動の初期に多数設置されている。これにともない、加熱炉における高効率レキュペレーターでの燃焼用空気や燃料ガスの高温化による省エネルギーには、NO<sub>x</sub>削減技術が必須となり、低NO<sub>x</sub>バーナの開発が同時に行われている。

後者に該当するものは大規模なものが多く、TRT、CDQ、焼結クーラー排熱回収設備、転炉ガス顕熱回収設備、排熱ボイラーなどがある。これらの設置により、回収電力約260 MW、回収蒸気約790 t/hが得られている。

#### 3.2.2 工程の連続化および省略化の事例

鉄鋼の製造工程では昇熱・降温を何回か繰り返して製品が製造されるが、この際に温度降下を可能な限りなくすることが省エネルギーにつながる。

そのため、従来から工程の連続化および省略化を目指してきたが、その代表例を数例上げると、コークス炉を経由せずに微粉炭を直接高炉に吹き込むPCI、転炉から直接スラブを製造する連続鋳造設備(CC)、CCで製造されたスラブを直接圧延する直送圧延(DR)、連続焼鈍設備(CAL)、酸洗・冷間圧延連続化設備などがある。さらに世界で初めて実用化した東日本製鉄所千葉地区第3熱間圧延工場のエンドレス圧延技術<sup>1)</sup>などがある。これは、仕上げミルにおける先尾端の非正常部分をなくし、圧延操業を飛躍的に安定化させるとともに、板厚や仕上がり温度などのばらつきを低減して熱間圧延鋼板の品質を格段に向上させることができ、かつエンドレス圧延実施時には最大20%の省エネルギーも実現できる。

#### 3.2.3 エネルギー設備などの高効率化の事例

エネルギー使用設備の高効率化は、高効率設備そのものの開発・導入と制御システムの高度化の実現により達成している。

コークス炉での高効率化技術の主要な事例として端フリー昇温バーナとCMC<sup>2)</sup>が上げられる。端フリー昇温バーナの設置により、従来炉温の低かったコークス炉両端部までの炉温の均一化が可能となり、平均炉温の低減による省エネルギー実現のほか、コークス押し出し時の発塵防止も可能となっている。CMCの導入は、石炭の事前乾燥に

よるコークス炉の燃料使用の削減とともに、同時に高密度向上による装入炭量増加にともなうコークス強度向上および生産性向上をもたらしている。

エネルギー転換分野でエネルギーを多量に使用するものは、発電設備と空気分離設備である。発電設備の高効率化の例として、1987年に東日本製鉄所千葉地区で稼動した国内初の大型副生ガス焼きガスタービンコンバインド発電設備<sup>3)</sup>がある。これは従来のボイラー・タービン型と比較すると発電効率で約5%の改善となっている。また空気分離設備においても分離効率の向上や変動吸収装置により酸素放散削減の極限化が図られている。

制御システムの高度化による効率化の例としては、コークス炉での乾留制御システムの導入や、ファジー理論の熱風炉への適用、加熱炉入り口から圧延後までの鋼板温度推移を正確に予測するモデルの開発による材質の作り込みなどがある。

### 3.3 地球温暖化防止に向けて

(社)日本鉄鋼連盟は、1996年、「鉄鋼業の環境保全に関する自主行動計画」を策定した。JFE スチールは、第4期からは京都議定書の理念に基づいた地球温暖化防止を念頭においたさらなる省エネルギー活動を展開しており、リジェネバーナの導入や使用済みプラスチックの高炉への受け入れを開始している。さらに、製鉄所外の他分野の事業所や地域社会も含めたエネルギー需給最適化を進めてきた。以下にその代表的な例を示す。

#### (1) リジェネバーナの導入

加熱炉などの排エネルギーの回収効率を飛躍的に改善した技術としてリジェネバーナがある。リジェネバーナは Fig. 2 に示すとおり、蓄熱式熱交換システムをバーナ個々に有しており、加熱炉の排ガス顕熱を効率良く回収できる。しかしながら、燃焼空気の高温化にともなう NO<sub>x</sub> 濃度の上昇や装置の信頼性の低さなどの課題を持っていた。JFE スチールではこれらの課題を解決した CAL 用ラジアントチューブ型リジェネバーナ、連続式加熱炉用直火型リジェネバーナ、製鋼の取鍋加熱システム、タンディッシュの無酸化加熱装置(N<sub>2</sub> ガスジェットバーナ)などを実用化してきた<sup>4,5)</sup>。

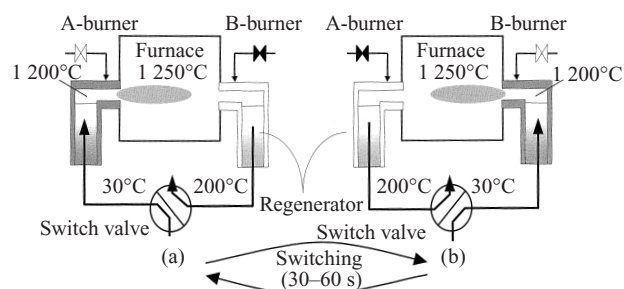


Fig. 2 Regenerative burner

これまでに、社内の21の設備に本技術を適用し、平均省エネルギー率17%、省エネルギー量2PJ、CO<sub>2</sub>排出量削減23万t/年の大きな成果を上げてきた。特に、圧延プロセスでの加熱炉や熱処理炉などにおいては、大幅な省エネルギーの達成に加えて、鋼材の均一加熱による品質向上も達成されている。

#### (2) 使用済みプラスチック、廃棄物の受け入れ

JFE スチールでは使用済みプラスチックを受け入れ、前処理して高炉に吹き込むことで、コークスなどの還元材の使用削減を実現している。

また、地域社会からの廃棄物を受け入れ、ダイオキシン類をほとんど発生させないガス化溶融炉で処理しており、この過程で発生したガスは、製鉄所の燃料の一部としての利用も行っている。

#### (3) エネルギーの所外への供給

製鉄所の発電所能力を活用して、その余剰分を PPS (特定規模電気事業者)へ供給している。さらに、経済産業大臣の認可を受け、2005年1月には我が国で5例目の特定電気事業として隣接する再開発地区へ約1万kWの電力供給開始する予定である。これらのほかに副生ガス・蒸気の所外への供給も行っている。

#### (4) 酸素・窒素・アルゴンの供給

製鉄所の酸素・窒素・アルゴンの製造能力を活用して、これらの余剰分を所外へ供給している。所外へ安定供給するため、酸素・窒素の液化設備を設置して所内の使用量の変動を吸収している。これは、酸素・窒素のお互いの冷熱を利用して、気化・液化する高効率な設備である。

#### (5) 最適生産体制構築のためのエネルギー設備の最適化

最適生産体制構築の目的で設備集約の一環として行われた東日本製鉄所千葉地区の高炉1基体制化にともない、これに関連するエネルギー設備も最適運用を可能とするために、その能力や機能を見直した。高炉ガスのエネルギー回収効率向上のための高炉炉頂圧回収発電設備の増強、高炉への酸素供給エネルギー削減のための液化・気化設備の設置と供給方法の改善、高炉ガス使用設備効率向上のためのコンバインド発電所の高効率化などが実施され、生産体制の変更に対して最適および最新の省エネルギー設備を設置している。

### 3.4 今後の取り組み

ロシアの批准により、京都議定書の発効が数ヶ月後に見込まれており、地球温暖化防止への取り組みはますます重要となっている。

JFE スチールは、地球温暖化防止に貢献する素材としての環境調和型鉄鋼製品を供給する役割りを果たしながら、今後も地球温暖化防止のためのさらなるエネルギー原単位削減を推進していく予定である。

たとえば、高炉への都市ガス吹き込みによる CO<sub>2</sub> 排出削減技術の開発、高効率酸素プラントの導入による省電力、リジェネバーナの適用拡大による省燃料、発熱量が大きく異なる多種燃料の燃焼に対応可能な次世代型バーナの開発による未回収エネルギーの有効利用、低温排熱回収の検討などによる省エネルギー技術の開発・導入推進、さらには次世代製鉄技術の開発を推進していく予定である。

また、JFE スチールと近隣の企業との連携により、全体として合理的なエネルギー使用を実現するための企業間連携も視野に入れた新たな視点での地球温暖化防止対策も検討していく。

#### 4. 環境保全への取り組み

##### 4.1 これまでの取り組み

我が国では、高度経済成長時代の 1960 年代に経験した公害問題を教訓に、国による環境関連法の整備を基盤として環境保全への取り組みが強化された。JFE スチールは、公害対策基本法が制定された 1967 年に、本社および製鉄所に環境管理課を設置して以降、事業活動にともなう環境への負荷を低減するため、公害防止技術の開発や導入を積極的に進めてきた。

大気関係では、所内で副生するコークス炉ガスの脱硫技術<sup>6)</sup>、焼結機排ガスの脱硫・脱硝技術、低 NO<sub>x</sub> バーナ<sup>7)</sup>、集塵技術<sup>8)</sup> などにより、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、粉塵などの削減に取り組んできた。一例として、Table 2 に JFE スチール製鉄所各地区での焼結機排ガス処理設備の装備状況を示す。地域の大気環境の状況に応じて適切な設備対策を実施することにより、諸対策実施前の 1973 年度と比べると、SO<sub>x</sub> は約 1/9 に (Fig. 3)、NO<sub>x</sub> も半分以下に (Fig. 4) それぞれ削減している。

また、水質関係についても、コークス炉廃水処理技術<sup>9)</sup> や冷間圧延の含油廃水処理技術などによる COD 対策や、イオン交換樹脂法によるステンレス鋼酸洗廃硝酸の回収に

よる窒素対策をはじめ、凝集・沈殿・ろ過、pH 調整など排水の性状(金属イオン、SS 分、油分など)に応じた水処理を実施してきた。一例として、東日本製鉄所千葉地区での COD の削減状況を Fig. 5 に示す。1973 年度に比べると、約 40% にまで削減してきた。

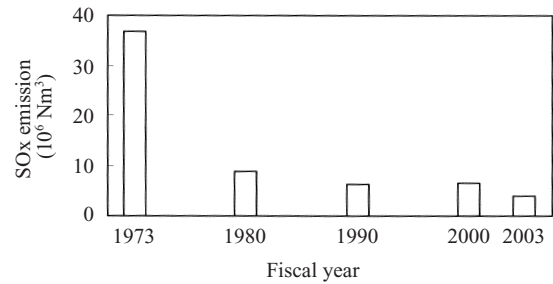


Fig. 3 Trend of SOx emission

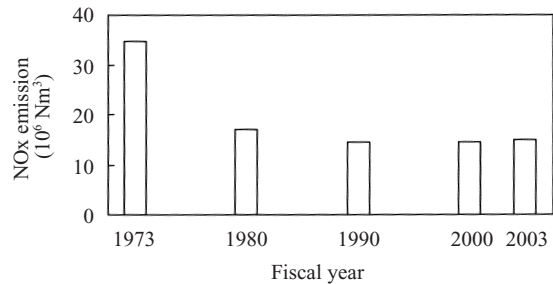


Fig. 4 Trend of NOx emission

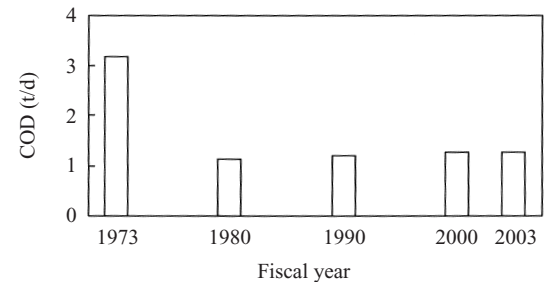


Fig. 5 Trend of COD emission

Table 2 Sinter waste gas treating equipments in JFE Steel

Works	District	Sintering plant number	Waste gas volume (m <sup>3</sup> /min)	Desulfurization equipment			Notes
				Treating method	Start of operation	Desulfurization efficiency (%)	
East Japan Works	Chiba	No.4	16 000	Lime gypsum method	Dec. '76	> 90	Denitrification equipment is furnished. Dioxin is treated with this equipment.
	Keihin	No.1	23 000	Ammonia absorption method	Sept. '76	> 90	Denitrification equipment is furnished. Dioxin is treated with this equipment.
West Japan Works	Kurashiki	No.2	21 000	Magnesium hydroxide method	July '75	> 90	Wet EP is furnished in Nov. '02. Dioxin is treated with this equipment. Wet EP is furnished in Nov. '02. Dioxin is treated with this equipment.
		No.3	27 000	Magnesium hydroxide method	Nov. '74	> 90	
		No.4	42 000	Magnesium hydroxide method	Nov. '74	> 90	
	Fukuyama	No.4	36 000	Activated coke method	Nov. '01	> 80	
		No.5	50 000	Activated coke method	Mar. '02	> 80	

これらの取り組みは、公害防止の観点から法規制への対応であり、厳しい規制値を遵守するための対策技術の開発・導入により達成してきた。

#### 4.2 現在および今後の取り組み

近年の環境問題は、広く国民の身近な問題として認識される側面をもつものも出てきている。たとえば、化学物質のように世の中で多種多様に使われながら、環境中でのリスクがいまだ明確にはされていない物質などがある。2002年には、これら化学物質の排出量・移動量を事業者自らが把握し、国に届出るPRTR制度が開始され、化学物質に関する国民の関心も高まっている。

JFE スチールは、このような社会の変化にもいち早く対応し、被害の未然防止の観点から先手で対策をとることで環境リスクを積極的に低減する自主的取り組みを進めている。自主的取り組みの基本方針として、取り扱いのある種々の化学物質の中でも、より有害性が高く、より排出量が多い物質から優先的に削減対策を実施することとしている。たとえば、ダイオキシン類やベンゼンについては以下のような取り組みで着実に削減を進めている。

焼結工程から排出されるダイオキシン類については、焼結機排ガス処理として、西日本製鉄所倉敷地区では2002年に湿式の電気集塵機(EP)を設置することでダイオキシン類の排出を削減した。現在、さらに湿式EPの増設も行っており、さらなるダイオキシン類の排出削減を進めている。また、同製鉄所福山地区においても、2002年に活性コークス設備(Fig. 6)を導入し、ダイオキシン類の排出およびSOx排出も削減している。これらの対策により、JFEスチールのダイオキシン類の排出量は、2001年度26 g-TEQから2003年度は12 g-TEQへと半減している。

ベンゼン対策としては、主要発生源であるコークス炉および化工場設備において密閉化や、密閉化が困難な箇所については漏れガスの吸引・燃焼による除去対策を進めている。東日本製鉄所千葉地区における触媒燃焼方式による

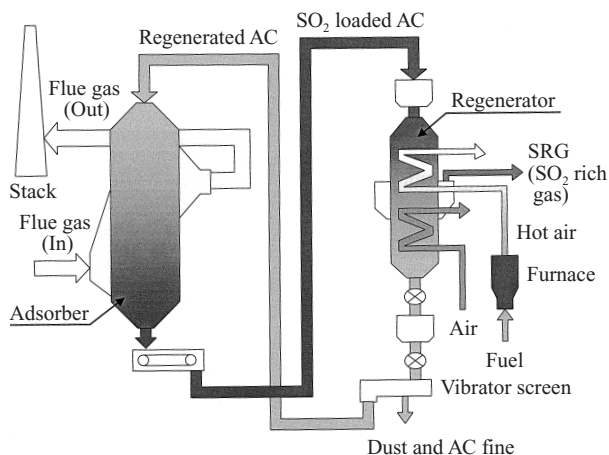
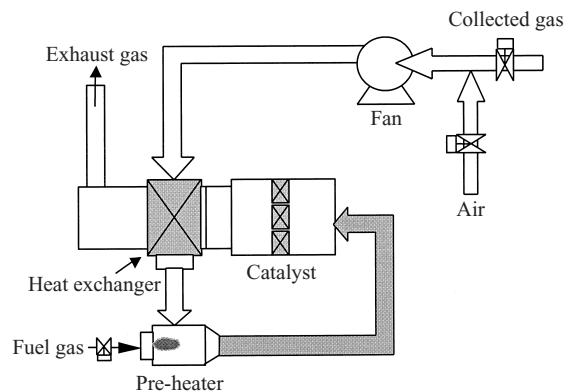


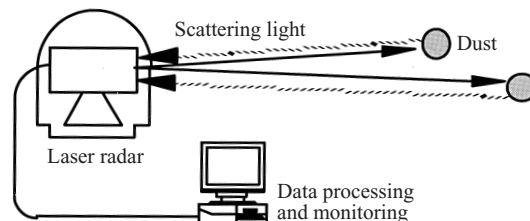
Fig. 6 Flue gas treatment with activated coke method



Catalyst specifications

Main component	Catalyst support	Cordierite
	Active metal	Palladium
Operating temperature (maximum)	650°C	
Unit size	150 × 150 × 50 mm	

Fig. 7 Catalytic combustion equipment



Laser	Nd: YAG
Wavelength	355 nm
Measurement range	150-3 000 m
Horizontal scanning angle	±160°
Horizontal scanning velocity	0.1-0.6° s <sup>-1</sup>
Vertical scanning angle	1° ± 1°

Fig. 8 Schematic view and specification of dust monitoring system

除去設備の例を Fig. 7 に示す。これらの結果、JFE スチールのベンゼン排出量は2001年度127 tから2003年度は57 tへと50%以上の削減を図っている。

また近年は、製鉄所周辺でも急速に都市化が進んでおり、地域との共生のためにも環境保全はますます重要となっている。JFE スチールでは、集塵機の増強やレーザーによる発塵監視<sup>10)</sup>(Fig. 8)のシステム導入など、粉塵対策の強化による都市型製鉄所にふさわしい環境対策に努めている。今後も、JFE スチールは法規制の遵守と自主的取り組みにより、製鉄所の環境保全を推進していく予定である。

### 5. 循環型社会への取り組み

#### 5.1 製鉄所のゼロウェイスト活動(これまでの活動と成果)

JFE スチールの2003年度の資源リサイクルフローを Fig. 9 に示す。年間発生する副生物量は1560万トンであ

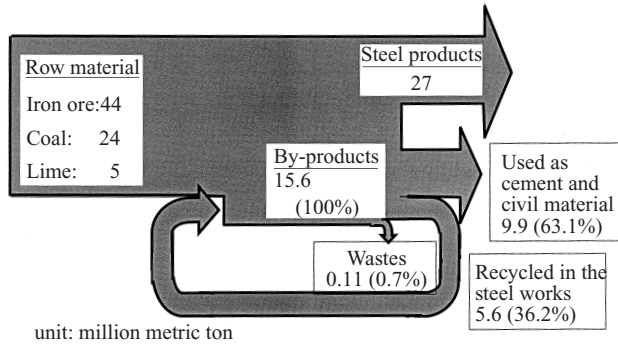


Fig.9 Resources recycling flow in JFE Steel (2003FY)

り、発生したものは所内でのリサイクルと社会での利用とで99%以上が資源化されている。副生物の発生内訳はスラグが77%と圧倒的割合を占めるが、スラグについては別途報告<sup>11)</sup>されているので、ここでは、スラグに次いで大きな発生割合を占めるダストとスラッジ(合計22%)についてゼロウェイストの取り組みを述べる。

JFE スチールは資源化の取り組みを進めるにあたって、(1)発生量を抑制すること、(2)所内で最大限リサイクルすること、(3)所外の他業種と連携して資源としての利用を進めることの3つを基本方針としている。

5.1.1 発生抑制と所内でのリサイクル推進

(1) ダスト資源化

ダストの資源化には、従来から実施していた焼結工程へ鉄分としてリサイクルする方法がある。さらにJFE スチールでは、Cr や Ni を含むステンレス鋼ダストを資源化する STAR 炉(コークス充填層型熔融還元方式)<sup>12)</sup>を開発したことにより、ダスト成分ごとに区別して資源化することが可能となっている。

また、Fig. 10 にステンレス製鋼工程で転炉から発生する製鋼ダストを抑制したホットサイクロン設備を示す。発生するダストのうち、比較的粒度の粗いダストを炉上近くで捕集し、高温のまま転炉へ戻す。ダスト発生量は25%以上少なくなるとともに、従来の処理を省略でき、ダストの酸化も防げるので省エネルギーにも寄与している。

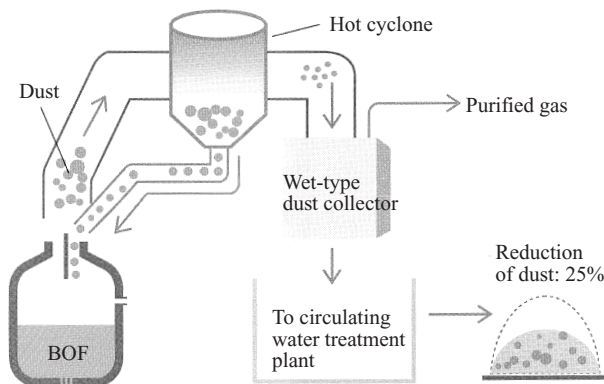


Fig. 10 Hot cyclone system

その他の鉄系ダストのリサイクルについても、酸化したダストの溶銑予備処理への利用技術(酸化鉄の脱珪への活用)や、メタリック鉄を含むダストの製鋼工程での利用技術(金属の効率的な利用)を開発した。このようにダストの性状に合わせてリサイクルする技術を確認している。

(2) スラッジ資源化

(a) 表面処理排水スラッジの発生抑制

スラッジについても発生抑制の技術開発、設備化を行っている。めっき废水の処理は、废水を中和して溶解している金属類を水酸化物の固形物(スラッジ)として析出させて沈殿分離する。従来技術では、このスラッジは親水性が高いため強力な圧力でしぼっても水分が75%程度までしか低下せず、乾燥重量の4倍のスラッジが発生していた。これに対し、Fig. 11 に示す新しい方法でスラッジの性状を改善して、脱水後の水分を50%程度に低下させ、スラッジの発生量を従来法の1/2に削減した。

(b) スラッジの溶銑予備処理剤利用

JFE スチールは原料化の難しいスラッジについても資源化を進めている。ステンレス鋼板を圧延する際に発生するスラッジはCr を含み、高炉での原料化は普通鋼製品の成分に影響するために制約を受け、また転炉での原料化も極微細なので飛散しやすく利用が困難であった。そのため、スラッジを高炉と転炉の中間で溶銑を予備処理する工程で資源化する技術を開発し、Fig. 12 に示す設備(スラッジの乾燥設備能力16000 t/年)を設置した。溶銑予備処理設備ではステンレス鋼製品向けの溶銑に利用することで成分の制約はなくなり、また粉体として溶銑中へ吹き込む方式としたため、飛散の問題がないだけでなく、スラッジの成

	Dehydrating speed (kg/m <sup>2</sup> h)	Solid contents in dehydrated sludge (%)	Amount of sludge (relative)
Conventional	3	22	1
New method	12	45	0.5

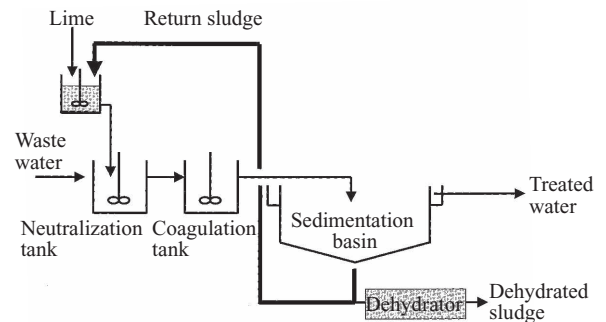


Fig. 11 Sludge reducing waste water treatment method (High density solid method)

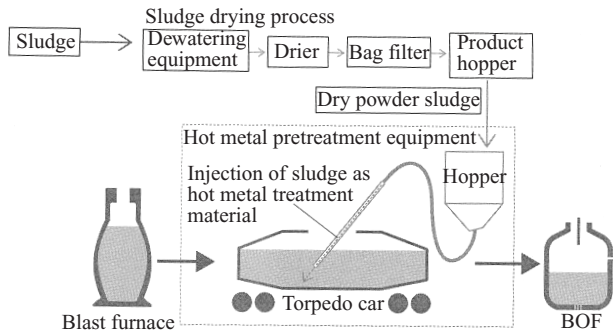


Fig. 12 Flow of sludge recycling in hot metal pretreatment

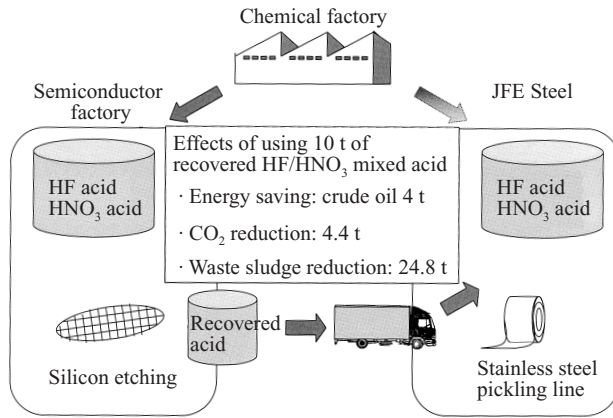


Fig. 13 LCA of HF/HNO<sub>3</sub> mixed acid cascade use

分が処理材として有効に働く結果となった。

### 5.1.2 地域社会、他産業と連携した資源化

製鉄プロセスは資源循環の大きなポテンシャルを持っており、そのポテンシャルを発揮しながら、地域社会、他産業と製鉄所とが相互に連携して資源化を進めることが重要である。

JFE スチールのリサイクル技術は、使用済みプラスチックをはじめ社会の各種発生物の資源化に貢献している。JFE スチールのリサイクル技術や事業、地域で進めているエコタウン事業は後述の報文で詳細に述べている<sup>13)</sup>ので、ここでは半導体メーカーで発生した廃酸を製鉄所のステンレス鋼酸洗ラインでカスケード利用し、効果を上げている事例のLCA的評価結果<sup>14)</sup>をFig. 13に示す。

## 5.2 今後の取り組み

上記のようにゼロウェイスト活動を実施し着実な成果を上げてきているが、資源としてのリサイクルは資源化率が上がるとともにまた課題も多くなる。含まれている成分によっては所内での資源化を困難にするもの(高炉操業への障害となるClやZnなど)があり、また、原料としての価値をはるかに越えるコストがかかる場合や、エネルギー使用など環境負荷が増す場合もある。したがって、今後の循環型社会に向けた取り組みは、製造プロセス自身の変更や、

資源循環と省エネルギーを結びつけた技術開発が求められる。

JFE スチールは、このような観点から、(1)ステンレス鋼酸洗設備の廃酸から酸を回収して酸洗剤をリサイクル使用する研究開発、(2)高炉操業の障害になるため資源化量に制限のあるZnを含むダスト・スラッジに対して、新製鉄プロセスとして開発中のHi-QIP方式回転炉床炉の適用研究などの技術開発に取り組んでいる。

今後も、所内での資源化技術開発と地域社会、他産業との連携を行いながら循環型社会形成に重要な役割が果たせるよう努めていく。

## 6. おわりに

地球温暖化問題のように、多くの環境課題が一地域から地球的規模へと拡がりを見せているなか、製鉄所の役割も、社会の環境負荷低減に貢献する環境調和型鉄鋼製品の供給という立場だけでなく、製鉄プロセスが保有する環境・エネルギー技術とポテンシャルを活用していく、地域コンビナートの拠点としての位置付けも加わってきている。

JFE スチールは今後も、社会、コンビナート、そして地域の一員として、地球温暖化防止につながる省エネルギーの推進はもとより、環境負荷低減・改善などに、継続的、柔軟に、かつ粘り強く取り組み、持続的発展が可能な社会の実現に向けて貢献していきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 二階堂英幸ほか. 川崎製鉄技報. vol. 28, no. 4, 1996, p. 224-230.
- 2) 坂本誠司ほか. CAMP-ISIJ. vol. 15, 1996, p. 40.
- 3) 高崎英樹ほか. 省エネルギー. vol. 40, no. 7, 1988, p. 35-40.
- 4) 大河内賞業績集. 大河内記念会. 1999.
- 5) 安達一成ほか. 川崎製鉄技報. vol. 32, no. 4, 2000, p. 12-19.
- 6) 柴山人之ほか. 日本芳香族工業大会技術・研究発表要旨. 1998, p. 14-18.
- 7) 中川二彦. 伝熱研究. vol. 37, no. 146, 1998, p. 33-39.
- 8) 藤田昌男ほか. 川崎製鉄技報. vol. 27, no. 1, 1995, p. 40-46.
- 9) 岡田英見ほか. アロマティックス. vol. 49, no. 1-2, 1997, p. 19-22.
- 10) 米山泰之ほか. CAMP-ISIJ. vol. 13, no. 4, 2000, p. 1007.
- 11) 戸澤宏一ほか. JFE 技報. no. 6, 2004, p. 24-29.
- 12) Matsui, T. et al. "Smelting reduction process with a coke packed bed for dust recycling." Preprint of the 44th SEAISI Australia Conf. SEAISI. May, 2000.
- 13) 小倉康嗣ほか. JFE 技報. no. 6, 2004, p. 30-36.
- 14) 上杉浩之ほか. 月刊 Keidanren. no. 2, 2002, p. 58-59.



飯野 吉嗣



相馬 冬樹



橋本 邦俊