

JFE スチールにおける環境保全とエネルギーの有効活用への取り組み

JFE Steel's Environmental Conservation and Effective Utilization of Energy

森 功 MORI Isao JFE スチール エネルギー技術部長 (理事)
竹生 博 TAKO Hiroshi JFE スチール 環境防災・リサイクル部長

要旨

JFE グループは、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しており、環境方針として、すべての事業活動における環境負荷低減、省資源、省エネルギー事業による貢献を掲げ、活動に取り組んでいる。本稿では、製鉄所におけるエネルギーの有効活用、および環境保全、資源有効活用に関する環境技術について紹介する。

Abstract:

The JFE Group aims to create a prosperous society by promoting business activities that are in harmony with the environment. As part of its environmental policy, the JFE Group is working to reduce the environmental impact of all its business activities, conserve resources, and contribute to energy conservation. This paper introduces the effective utilization of energy in steel works and environmental technologies related to environmental conservation and effective utilization of resources.

1. はじめに

JFE グループは、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している¹⁾。

その中で、気候変動問題を重要な経営課題ととらえ、鉄鋼事業における CO₂ 排出量削減や社会全体の CO₂ 削減への貢献拡大を推進している。

鉄鋼事業では、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けたロードマップを策定し、短期・中期・長期の目標を設定して CO₂ 削減の取り組みを推進している。

また環境方針として、すべての事業活動における環境負荷低減、省資源、省エネルギー事業による貢献等を掲げており、継続的な活動として、環境保全、資源やエネルギーの有効活用に取り組んでいる。

本特集号では、製鉄所のエネルギー設備の効率や熱回収などのエネルギーの有効活用につながる設備の開発・導入事例や、JFE グループ一体で環境マネジメント体制を構築し、取り組んでいる環境保全、資源有効活用などの環境技術について述べる。加えて、最近の IT/DS 技術を活用した環境、エネルギー管理レベルの向上を目的とした事例・技術についても紹介する。

2. 鉄鋼業の地球温暖化防止への取組

JFE スチールが加盟する日本鉄鋼連盟では、地球温暖化問題を鉄鋼業界の最重要課題と位置づけ、我が国の 2050 年カーボンニュートラルの方針に賛同し、これに貢献すべく、日本鉄鋼業としてもカーボンニュートラルの実現に向けて、2021 年 2 月に、それまでの自主活動である「低炭素社会実行計画」を「カーボンニュートラル行動計画」と改め、フェーズ II 目標（2030 年度目標）を改訂することとした。主要なものは次の 4 本柱である²⁾。

① エコプロセス

利用可能な最良の技術の導入等による省エネの推進、廃プラスチックの活用、2030 年頃の実機化を目標に現在開発中の革新的技術の導入、その他 CO₂ 削減に資する原燃料の活用等により、2030 年度のエネルギー起源 CO₂ 排出量（総量）を 2013 年度比 30%削減する。

② エコプロダクト

高機能鋼材の国内外への供給により、社会で最終製品として使用される段階における CO₂ 削減に貢献する。定量的な削減貢献を評価している自動車用鋼板、方向性電磁鋼板、船舶用厚板、ボイラー用鋼管、ステンレス鋼板の 5 品種の鋼材について、2030 年断面における削減ポテンシャルは約 4 200 万 t-CO₂ と推定。

③ エコソリューション

日本鉄鋼業の優れた省エネ技術・設備の世界の鉄鋼業

への移転・普及により、地球規模で CO₂ 削減に貢献する。2030 年断面における日本の貢献は約 8 000 万 t-CO₂ と推定。

④ 革新的技術開発

COURSE50 プロセスとして、2008 年より水素還元製鉄と CO₂ の分離回収技術開発に取り組んできた。これらは NEDO より受託して鉄鋼各社が参画し、実施してきたものであるが、さらに 2050 年カーボンニュートラル実現へ向けた革新的技術開発として、グリーンイノベーション基金事業へと移行し継続実施するなど、次の 4 つの技術開発を主要なものとして掲げている。

- a) 所内水素を活用した水素還元技術等の開発
- b) 外部水素や高炉排ガスに含まれる CO₂ を活用した低炭素技術等の開発
- c) 直接水素還元技術の開発
- d) 直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発

日本鉄鋼連盟では、2023 年 2 月の産業構造審議会 鉄鋼ワーキング報告として、これらの取組を主として日本鉄鋼業において想定される CO₂ 削減効果を公表した。表 1 に概要を示す。

3. 省エネルギー・CO₂ 削減活動

3.1 日本鉄鋼業のエネルギー効率

2022 年に地球環境産業技術研究機構 (RITE) が鉄鋼業のエネルギー効率の国際比較に関するレポートを発表した。

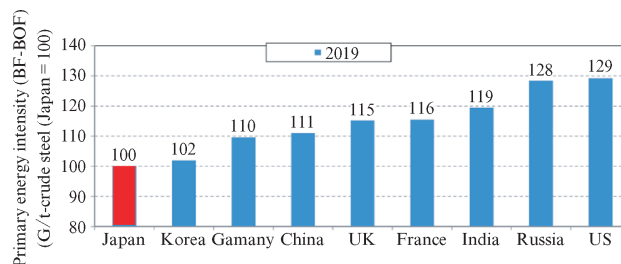


図 1 転炉鋼のエネルギー原単位国別比較⁴⁾

Fig. 1 Estimate of steel industry (BF-BOF*) energy efficiency (2019, Japan=100)

*Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace

2005 年以降 5 年ごとに発表されてきたもので、新型コロナの影響が大きい 2020 年度でなく 2019 年度データとして報告されたものであるが、引き続き日本鉄鋼業が世界最高水準のエネルギー効率を堅持していることが明らかとなった。転炉鋼のエネルギー原単位国別比較を図 1 に示す。省エネ技術の普及率が高いこと、「カーボンニュートラル活動計画」達成に向け、各社で対策を実施するとともに、業界内で情報を共有し切磋琢磨していることが要因であるとしている。

3.2 省エネルギー・CO₂ 削減活動

カーボンニュートラルの実現へ向けた、製鉄プロセスそのものを革新するような技術開発に取り組む一方で、従来より取り組んできた省エネルギー活動やそれを支える技術開発

表 1 日本鉄鋼業の CO₂ 削減対策と想定効果³⁾

Table 1 Performance evaluation by CO₂ reduction countermeasures

Initiatives	Expected FY2030 performance (Mt-CO ₂)	Remarks
1. Promote energy conservation Improving efficiency of coke ovens and power generating facilities; reinforcement of energy-saving facilities; improving efficiency of power-consuming facilities; making EAF process energy efficient	Approx. ▲ 270	・ All member companies continued their efforts to promote energy saving by sequentially upgrading their coke ovens, which had increased CO ₂ emissions due to age deterioration and the impact of the Great East Japan Earthquake.
2. Expand chemical recycling of waste plastics	Approx. ▲ 210	・ The amount of waste plastic collected in FY2021 increased by 10 000 tons compared to FY2013.
3. Adopt innovative technologies COURSE50, Ferro coke	Approx. ▲ 260	
4. Other Using raw material and fuel with less CO ₂ emissions, etc.	Approx. ▲ 850	・ Promotion of utilization of cold iron sources and heating furnace fuel conversion (from heavy oil, etc. to city gas).
5. Improve CO ₂ emission factor of purchased electricity	Approx. ▲ 800	・ Calculated using the 2013 coefficient (0.567 kg-CO ₂ /kWh) and the 2021 coefficient (0.436 kg-CO ₂ /kWh).
6. Production volume change, etc.	Approx. ▲ 3 400	・ The production fluctuations includes energy-saving factors such as operation efforts and the effect of fixed energy due to production fluctuations (consumption rate fluctuations).
Total	Approx. ▲ 5 790 (30%reduction)	

もまた、さらに重要度を増してきている。

高炉一貫製鉄所では製銑・製鋼プロセスを中心とした副生エネルギー発生源となる工程と、副生エネルギーを消費することによって鋼板の圧延や表面処理を行う工程および火力発電所や酸素製造プラントのエネルギー需給バランスを取ることで、生産工程の総エネルギー消費量を抑えるよう工夫しており、本特集号で報告する「製鉄所操業戦略モデル開発」はその運用計画を立てる段階で有効なアイテムである。また、「鉄鋼プラント電力設備におけるデジタルスマート保安への移行」は製鉄所における大規模トラブルを回避するためのものであるが、前述のような工程間バランスを最適に保って安定操業することによって総エネルギー消費の抑制効果があることから、省エネルギーに資するアイテムであると見ることもできる。

また、エネルギーの使用効率を高めるうえで燃料の燃焼技術の向上も有効である。本特集号では3件の燃焼技術について記述するが、着熱効率の向上を狙ったもの、排気ガスの環境負荷物質を抑える燃焼技術でより高度な排熱回収を組み合わせたものを取り上げた。また、停電などの異常発生時に燃焼放散せざるを得ない副生ガスについて、すす発生を低減するなど環境負荷低減のために開発された燃焼技術についても取り上げている。

排熱回収の強化の観点から、熱電発電素子を利用した技術についても取り上げることとした。製鋼工程でスラブを鋳造した際の放散熱を有効利用するもの、およびコークス炉の炉体放散熱を利用して測定機器の電源を担う技術について紹介する。

3.3 IT/DS 技術の利用

JFE グループで長年積み重ねてきたデータ・ノウハウ・技術と DX を融合させて生産性を大幅に向上させ、コスト低減、設備点検・監視の強化を推進している。

IT/DS を利用した技術については、適用先は多岐にわたるが、エネルギー分野では先述の「製鉄所操業戦略モデル開発」、「鉄鋼プラント電力設備におけるデジタルスマート保安への移行」に加え、「製鉄所における燃料・電力・蒸気需給ガイダンスシステム」の開発⁵⁾と実運用が挙げられる。**図2**に示すようなガイダンス機能により、ベテランの経験や勘に頼る部分が大きかった最適な所内エネルギー運用が若手社員でも可能となった。詳細は JFE 技報 45 号「データサイエンス特集号」に掲載されているので参照されたい。また、環境分野においては発塵自動検知や集塵機状態監視、ドローン活用技術などについても紹介する。

4. 環境保全活動

4.1 環境方針と環境管理

JFE グループは、先に述べた環境方針を受けて鉄鋼の製

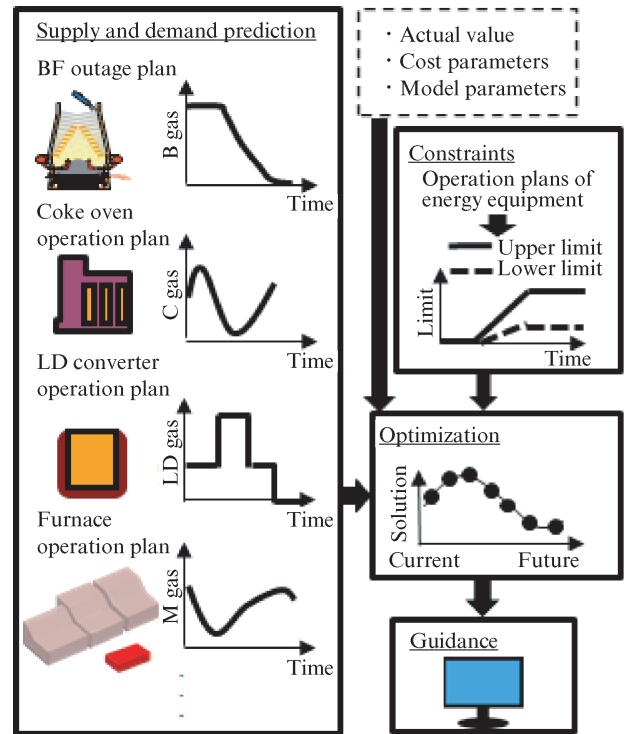


図2 燃料・電力・蒸気需給ガイダンスシステム概念図

Fig. 2 Overall configuration of guidance system

造プロセスを中心に資源有効活用、大気や水質の汚染防止、水資源の効率利用などに対して高い目標を設定し、これらの環境課題に取り組んでいる。

JFE スチールでは、本社監査部と環境防災・リサイクル部により、各拠点に対して年に1回、グループ会社については、設備保有状況などを勘案したリスク評価結果をもとにグループ分けし、1年から5年の頻度で監査を実施している。

また、社員の環境保全意識と知識向上のため、公害防止管理者資格の取得を励行しており、グループ各社の環境管理者への環境管理研修も実施している。

4.2 環境負荷低減活動

JFE グループは、生産設備の高効率化や環境対策設備の導入によって、省エネルギーと環境負荷低減を実現してきた。それらの推進のため、22年度の環境保全投資額は263億円を費やした。**図3**に環境保全投資累積額の推移を示す。

4.2.1 大気への汚染物質排出抑制

JFE スチールは、製鉄プロセス等で発生する大気汚染物質を中心に、日本鉄鋼連盟の策定した自主行動計画に基づき、22年度まで CSR 重要課題として KPI を設定し、毎年安定して目標を達成してきた。22年度の目標と実績を**表2**に示す。

JFE スチールでは、硫黄酸化物 (SOx)、窒素酸化物 (NOx) の主要排出源である焼結工場への脱硫・脱硝設備の設置をはじめ、加熱炉への低 NOx バーナ導入、低硫黄燃料

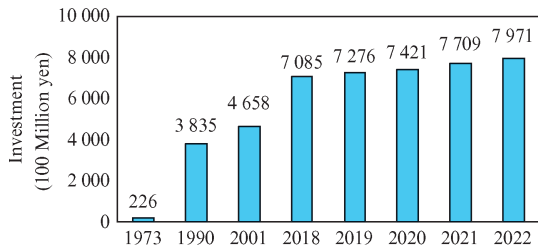


図3 JFE スチールにおける環境保全投資の累積額推移

Fig. 3 Trends in the total amount of environmental conservation investment of JFE Steel

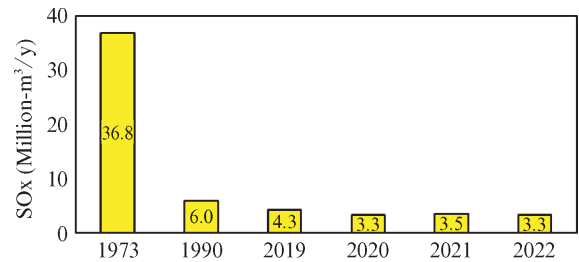


図4 JFE スチールのSOx 排出量推移

Fig. 4 Trends in SOx emissions of JFE Steel

表2 2022年度の目標と実績

Table 2 Target emissions of environmental impact materials

Item	Targets of fiscal 2022	Achievements and initiatives in fiscal 2022
SOx and NOx emissions	To maintain low emission levels Promotion of initiatives	To maintain low emission levels Continued efforts
VOC emissions	30% decrease from 2000 (1 078 tons or less)	Down 67% from 2000 (513 tons)
Benzene emissions	80% decrease from 1999 (46 tons or less)	Down 93% from 1999 (17 tons)
Dichloromethane emissions	40% decrease from 1999 (46 tons or less)	Down 68% from 1999 (25 tons)

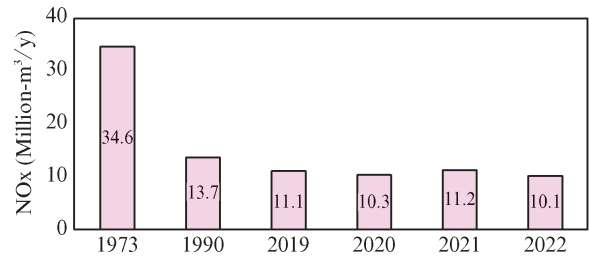


図5 JFE スチールのNOx 排出量推移

Fig. 5 Trends in NOx emissions of JFE Steel

などへの転換を進めている。SOx と NOx の排出量実績を **図4**、**図5** に示す。

また、構内清掃の強化、原料ヤードへの散水設備、防風フェンスの設置、集塵機の増強・能力向上などにより、粉塵飛散の抑制も推進している。

4.2.2 水域への環境負荷低減

鉄鋼製造プロセスでは、製品や設備の冷却・洗浄に大量の淡水を使用するため、水資源の効率的な利用を重要課題と位置付けている。製鉄所などでは使用した水を浄化し、可能な限り循環利用し、取水量を減らすための循環システムを構築している。JFE スチールでは、国内の7生産拠点のすべてで水の管理計画を策定し、循環利用率の目標を90%以上と定め、高い循環利用率を維持している。22年度における工業用水の循環率は93.2%であった。**図6**に工業用水受入量と循環率推移を示す。また、製鉄プロセスで使用した水を公共用水域へ排水する場合、徹底した浄化処理を実施している。水濁汚染防止法の排水基準よりも厳しい各地域行政と締結している協定基準を達成するため、さらにより厳しい自主管理基準を定めて水質改善に取り組んでいる。例えば、排水における水質の指標であるCOD（化学的酸素要求量）の22年度実績は2.8トン/日であった。

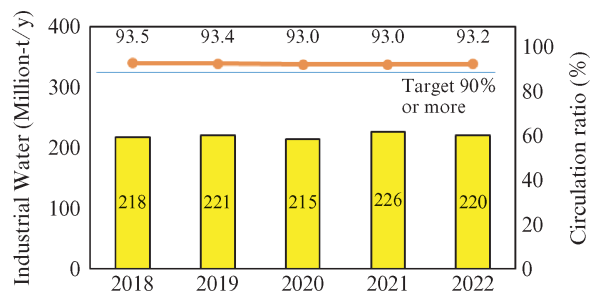


図6 工業用水受入量と循環率の推移

Fig. 6 Trends in amount of industrial water received and circulation ratio of industrial water of JFE Steel

4.2.3 生物多様性

JFE グループは、生物多様性保全を重要な課題と認識し、事業活動に伴う生態系への影響を評価したうえで、この影響を最小限にとどめるように配慮しており、構内の緑化・希少種の保全活動等を行っている。JFE 扇島火力発電所の1号機は、2019年に設備の更新工事を完了し、稼働を開始した。本計画を進めるにあたり「環境影響評価法」および「電気事業法」に基づき、その環境影響を予測・評価した結果、絶滅の危険が増大している種として登録されているクゲスマラン（**写真1**）の生育が計画地内で確認されたことから、計画区域内の類似した環境に移植し、個体群の存続を図った。

また、神奈川県横浜市にある山下公園の前に広がる海は、浅場は良い環境が保たれているが、海底付近は有機物を多く含む泥が堆積し、夏場は水質の悪化がみられ、生物の産卵場や育成の場としての機能が失われた状態となっている。



写真 1 敷地内で確認されたクゲヌマラン
Photo 1 Cephalanthera erecta var. shizuoi found on site



写真 2 二枚貝の着生状況
Photo 2 Epiphytic conditions of bivalves

JFE スチールは、横浜市との共同研究により、炭酸ガスを製鋼スラグに吸収させた「マリンプロック[®]」などの鉄鋼スラグ製品^{6,7)}を用いて磯場（生物付着基盤）を造成する実験をおこない、生物生息環境を改善し、海域が本来持っている生物による水質浄化能力の回復を図った。実験開始直後からヒトデやナマコなどの生き物が確認され、濾過食性生物（二枚貝やホヤなど）により海水の濾過がなされていることも定量的に推計した。写真 2 に二枚貝の着生状況を示す。この海的环境改善に向けた取り組みが評価され、2021 年の土木学会環境賞（II グループ）、および 2022 年の第 5 回エコプロアワード「国土交通大臣賞」を受賞した。

5. 資源有効活用

新興国の経済成長により資源枯渇や環境汚染などの問題が一層顕著化することが予想されている。鉄は回収が容易で、リサイクル性に優れた素材であり、同じ材料製品の原料として無限にリサイクルが可能である。JFE グループは、製鉄プロセスでの副産物再資源化、工事現場での廃棄物削減、鉄スクラップのグローバル循環などを推進し、資源使用量

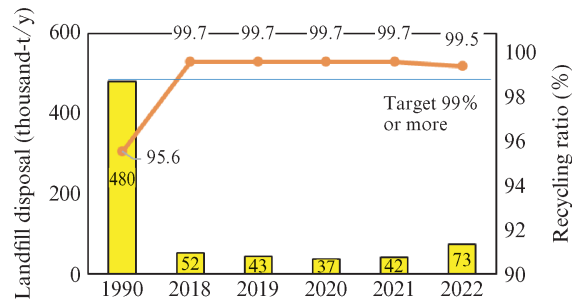


図 7 副産物の最終処分量と再資源化率の推移

Fig. 7 Trends in landfill disposal of by-products and recycling ratio in JFE Steel

の削減や資源循環に貢献している。JFE スチールは、副産物の再資源化率 99%以上を目標とし、鉄鋼スラグ、高炉・転炉の鉄系ダスト、水処理スラッジなどの副産物の発生・排出抑制を推進している。また、鉄鋼スラグはセメント材料や土木材料などへの有効活用に加え、先に述べた「マリンプロック[®]」等の鉄鋼スラグ製品への活用も推進している。22 年度の副産物の再資源化率は 99.5%で、目標を達成している。図 7 に副産物の再資源化率推移を示す。

6. おわりに

JFE スチールにおけるエネルギー有効活用、環境保全および資源循環への取組について紹介した。生産活動を行う企業にとって、気候変動に対する危機感が世界中で広がる中、カーボンニュートラルの実現、さらなる環境改善に向けて、エネルギー利用の効率向上や環境負荷低減を継続的に取り組み、改善を進めていく必要がある。

今後も、「地球環境との共存を図るとともに、快適な暮らしやすい社会の構築に向けて主体的に行動する。」という企業理念を实践すべく、環境エネルギー分野での改善活動を推進していく所存である。

参考文献

- 1) JFE グループ CSR 報告書 2022. 268p.
- 2) 日本鉄鋼連盟. 地球温暖化対策への取組状況について～カーボンニュートラル行動計画報告～. 2023 年産業構造審議会 鉄鋼 WG 報告資料. 75p.
- 3) 日本鉄鋼連盟. 地球温暖化対策への取組状況について～カーボンニュートラル行動計画報告～. 2023 年産業構造審議会 鉄鋼 WG 報告資料. 75p. p. 12 表の一部抜粋.
- 4) RITE. 2019 年時点のエネルギー原単位の推計（鉄鋼部門-転炉鋼）. 19p. p. 4 図を英語表記として掲載.
- 5) JFE 技報 45 号. 2020.2.
- 6) JFE 技報 19 号. 2008.2.
- 7) JFE 技報 40 号. 2017.8.