

特別講演

□第165回春季講演大会渡辺義介賞受賞記念特別講演
(平成25年3月27日)

鉄鋼の技術開発による地球環境への貢献

Contribution to Global Environment by Development of Steel Technology

馬田 一 JFEホールディングス(株)代表取締役社長
Hajime Bada



*脚注に略歴

1 はじめに

このたびは栄えある渡辺義介賞をいただき、まことに身に余る光栄と存じ厚く御礼を申し上げます。JFEが発足して10年となりますが、この10年間、地球環境とりわけ地球温暖化防止は、世界全体において、また鉄鋼業においても大きな課題でありました。本講演では、鉄鋼の技術開発がCO₂排出量の削減にどのように貢献してきたか、そして、今後どのようにあるべきかについてお話ししたいと思います。

2 従来からの地球環境への取組み

日本の鉄鋼業はCO₂排出量の削減が世界的な問題となる以前から、オイルショックを契機とした省エネルギーという形でCO₂排出量を下げてきました。図1にはJFEスチールの

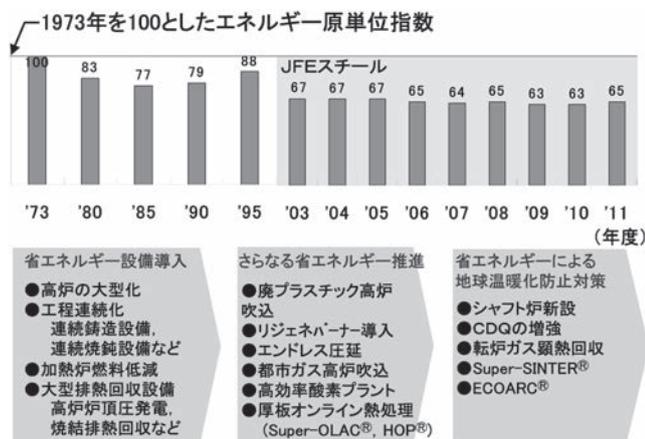


図1 JFEスチールのエネルギー原単位推移

エネルギー原単位の推移を示しました。日本の粗鋼生産量がピークとなった1973年を基準にとりますと、1985年には既に23%の省エネルギーを達成しています。この時代は、高炉の大型化による生産効率の向上、連続鑄造設備や連続焼鈍設備に代表される生産工程の連続化が行なわれ、現在の日本の製鉄所の基本的な生産設備のスタイルが確立された頃であります。その結果、図2に示しますように、日本の鉄鋼業は世界でもトップのエネルギー効率を誇るものとなっています¹⁾。

その後、図3に示しますように、21世紀を迎え、いわゆるBRICsの急成長、原燃料価格の急騰、グローバリゼーションといった社会情勢の変化の中で、温暖化防止が地球環境に関する大きな課題として上がってきました。これに伴い、鉄鋼業に求められる技術開発にも、先にお話しましたような、原燃料の確保やコスト削減といった観点からの省エネルギーから、温暖化防止という地球環境の立場にたった、省エネルギーを含むCO₂排出量の削減技術の開発が求められるようになりました。これらの課題に対し、我々は「環境調和製鉄プロセス」の開発や、鉄鋼製品の高機能化によって貢献する

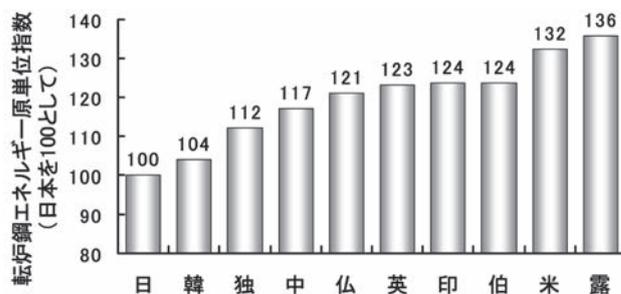


図2 鉄鋼業のエネルギー効率に関する国際比較

* 昭和48年3月東大大学院工学系研究科修士課程冶金学専攻修了後、川崎製鉄へ入社。平成9年鉄鋼企画部長、平成12年取締役就任。平成15年JFEスチール専務執行役員、平成17年代表取締役社長、平成22年よりJFEホールディングス代表取締役社長に就任し、現在に至る。

ことを目指し、取組んで参りました。(一社)日本鉄鋼連盟は地球温暖化対策に関する自主行動計画を策定し、1990年度に対してエネルギー消費量を10%削減(2008～2012年度平均。CO₂排出量で9%削減)の目標をたて、活動を推進しております。JFEスチールも省エネルギー技術の更なる発展、高機能鉄鋼製品による社会全体のCO₂排出量削減、国際的な省エネルギー技術移転、将来に向けたCO₂排出量削減の革新的技術開発推進に取り組んでおります。それでは、JFEスチールをはじめとするJFEグループの代表的な開発技術・商品について、次に紹介いたします。

3 この10年間のJFEにおける技術開発

3.1 プロセス技術の開発

3.1.1 焼結工程技術 (Super-SINTER[®])

焼結—高炉工程におけるCO₂排出量削減には、焼結鉱の冷間強度の向上と被還元性の向上が有効であることが広く知られています。Super-SINTER[®]では、図4に示しますように焼結機上方より水素系ガスを適切な条件下で吹き込むことが特徴です。この水素系ガスの燃焼熱を利用して過度の温度上昇を抑制しながら、適正温度範囲を広げる焼結層内温度分布制御が可能となり、焼結鉱の冷間強度と被還元性を大幅に向上させることができました。本技術は、2009年1月、京浜第1焼結工場において、世界で初めて実機化に成功し年間約6万tのCO₂排出量を削減しました。また、2012年までに、全社の焼結機へのSuper-SINTER[®]の展開が完了しました。

3.1.2 スクラップ溶解技術 (ECOARC[®]、新型シャフト炉)

ECOARC[®]は、図5に示しますようにスクラップを原料とするアーク炉 (EAF) において、スクラップを装入するシャ

フト炉をアーク炉に直結させた設備です。アーク炉中の溶鋼で熱せられた排ガスがシャフト炉中のスクラップの間を通過しながら排出されるため、排ガス熱の回収率が向上しております²⁾。JFEグループでは、2005年から2008年にかけてJFE条鋼に2基が導入され、従来のアーク炉と比較して約30%の電力消費量を削減しています。

また、スクラップ溶解では2008年京浜地区に「新型シャフト炉」を建設しました。新型シャフト炉は、JFEスチールが高炉操業等で培った最新のセンサー技術や排ガス回収技術を導入し、スクラップを高いエネルギー効率のもと再資源化する設備です。新型シャフト炉で銑鉄を生産する際に発生するCO₂は、高炉での銑鉄生産と比較して約1/2です。

3.1.3 厚板オンライン熱処理技術 Super-OLAC[®]、HOP[®])

厚板鋼材の製造工程において1980年代からプロセスを連続化し、材質の向上をはかる加工熱処理法 (TMCP) の適用が進められてきましたが、圧延後の加速冷却はその中核をな

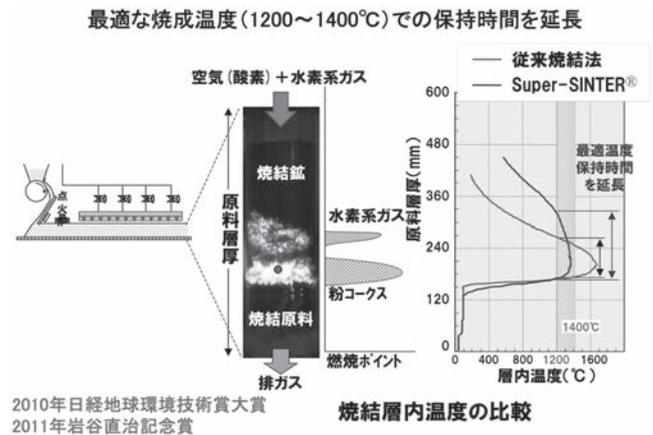


図4 Super-SINTER[®]の効果

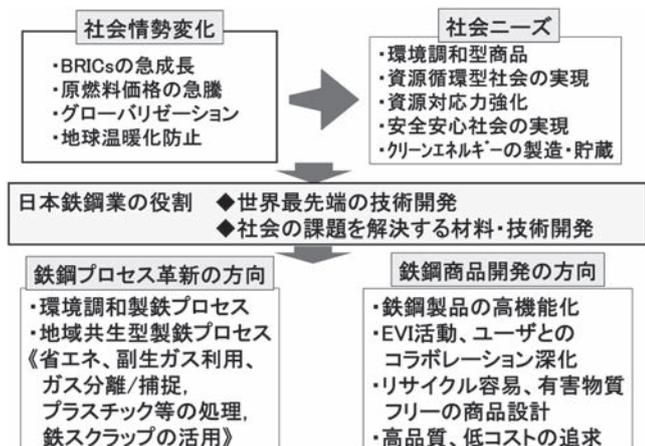


図3 鉄鋼業における最近の技術開発

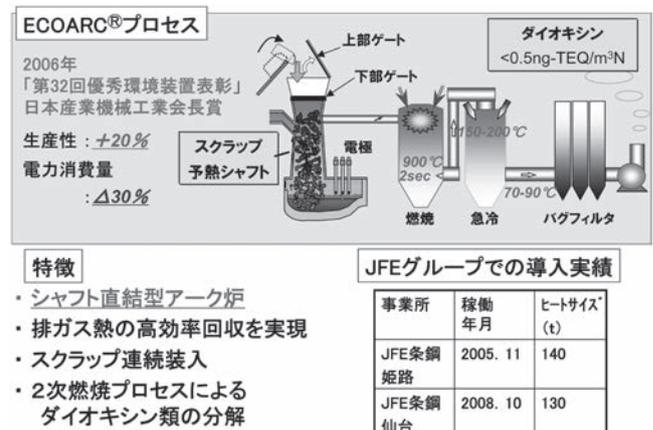


図5 環境対応型高効率アーク炉“ECOARC[®]”

す技術の一つです。JFE スチールは加速冷却技術のもつ課題の抜本的な解決をはかるための研究を進め、理論限界の冷却速度とほぼ同等の高冷却速度を実現したSuper-OLAC[®]を開発しました。Super-OLAC[®]の冷却速度は従来の加速冷却の2～5倍にも達し、従来を超える材質強度の製品を省プロセス・省合金で製造することを可能にしました。

また、「HOP[®] (Heat-treatment On-line Process)」は、世界初の厚板オンライン加熱設備で、西日本製鉄所 (福山地区) 厚板工場に設置され、2004年5月より営業生産を開始しています。加熱方式は電磁コイル (インダクター) に厚鋼板を通過させて加熱する高効率誘導加熱方式を採用しています。図6に示しますように、HOP[®]は理論限界相当の高冷却速度、高精度冷却機能を有するオンライン加速冷却設備Super-OLAC[®]と組み合わせることで、圧延ライン上での冷却と加熱を自由自在に、かつ連続して行なえるようになり、全く新しい次世代TMCP型商品の開発を実現しました。

3.2 商品技術開発

3.2.1 自動車用高張力鋼板 (NANO ハイテン[®])

JFE スチールでは、ナノメートルサイズの超微粒子で、プレス成形しやすい軟鋼組織を高強度化することに世界で初めて成功し、プレス成形性に優れた高強度鋼板「NANO ハイテン[®]」を開発しました。図7にNANO ハイテン[®]の製造技術による超微細粒子と、従来技術による粒子を示します。写真の中で白く見えるものが、微細化に成功した粒子です。NANO ハイテン[®]の粒子の大きさは、従来技術による粒子の1/10である約3nmで、かつ鋼の中に均一に分散しており、この微細粒子による鋼板の強化量は3倍以上となりました。この粒子が成長しないように鋼の組成を工夫し、熱間圧延工程で微細に析出させたことに技術の特徴があります。

NANO ハイテン[®]のプレス成形のしやすさを図7に示しま

す。縦軸の穴拡げ率が高いほどプレス成形性に適しているといえます。従来材を引張り強さ790MPa級のNANO ハイテン[®]に置き換えることで、約10%の部品の軽量化が見込まれます。NANO ハイテン[®]はサスペンション部品や、自動車の強度を担うフレーム部品に採用され、自動車のCO₂排出量削減に貢献しています。

3.2.2 HOP[®]適用 高機能建機用厚板ハイテン (JFE-HITEN780LE)

焼入れ焼戻し処理により製造される建設機械・産業機械用厚鋼板に求められる低温靱性、溶接施工性等の要求性能は、近年著しく高度化しています。従来は引張強さ780MPa級以上の高強度と低温靱性を両立させるためには、高価なNiを1%程度添加する必要がありました。JFE スチールは、3.1.3項で紹介しましたようにSuper-OLAC[®]へHOP[®]を組み合わせることにより、オンラインでの焼入れ焼戻し処理を実現しました。図8に示します様に急速加熱により金属マイクロ組織は微細化し、鋼板特性が大幅に向上します。HOP[®]による焼戻

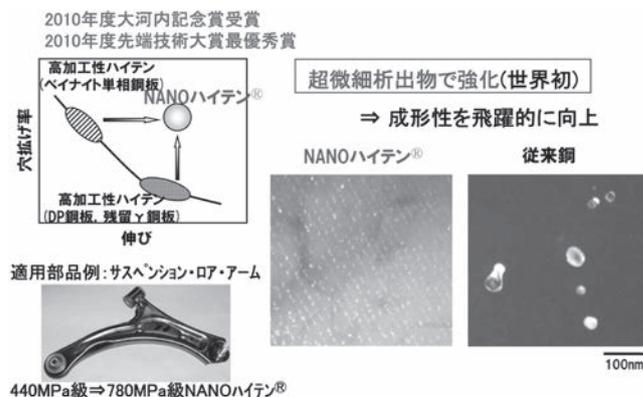


図7 超微細析出強化鋼「NANO ハイテン[®]」

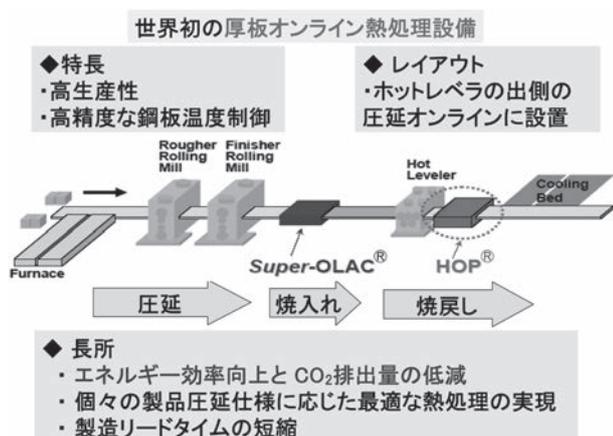


図6 HOP[®] : Heat-treatment On-line Process



図8 HOP[®]適用 高機能建機用厚板ハイテン

しはこの原理を工業的に可能にしました。

その結果、高価なNiを使用することなく、引張強さ780MPa以上の高張力厚鋼板においても-40℃での靱性保証を可能としました。この商品は、HOP[®]という高効率なオンライン加熱の使用により製造時段階でのCO₂が削減されます。また、商品としてお客様にお使いいただく段階では、高張力鋼であるため鋼材使用量を低減でき、鋼板輸送、組立て時に発生するCO₂を削減できます。加えて、たとえばクレーン車にご使用いただいた場合は、クレーン車の軽量化による排出CO₂の削減に貢献しています。

3.2.3 鉄鋼スラグを利用した商品

スラグは高炉、転炉から副産物として発生しますが、JFEスチールは溶銑予備処理法の確立、鉄鋼スラグの製鉄所内リサイクルの推進により、スラグの発生低減に取り組む一方で、スラグ商品の製造、利用技術の開発やJIS規格化を推進してまいりました。この中でも新しい商品である「マリンプロック[®]」は、製鋼スラグにCO₂を吸収させた固化体です。主成分は、貝やサンゴと同じ炭酸カルシウムであるため、海中での安定性に優れ、海藻やサンゴの着生に優れています(図9)。加えて、商品の製造工程でのCO₂吸収固化、海中での着生生物によるCO₂吸収の両面で、CO₂低減に貢献しています。

3.3 この10年間のまとめ

以上述べてまいりました代表的な技術をはじめとした取り組みにより、JFEスチールの製造プロセスにおけるCO₂排出量は、1990年を基準として、2008～2011年の平均で9%の削減を達成しました。また、JFEグループがこの10年間に行った省エネ技術海外移転に関連した設備件数は11件ののぼり、その他技術指導等も多数ののぼります。

一方で世界の動きに目を向けてみますと、京都議定書で

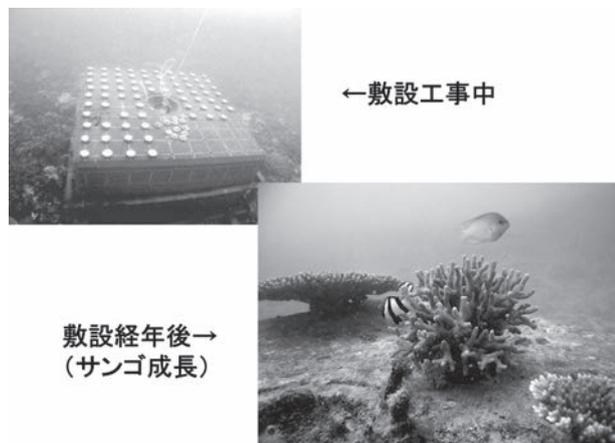


図9 マリンプロック[®]の海底敷設とサンゴ着生成長

規定されたクリーン開発メカニズム(CDM)に則った排出権(CER)価格は、欧州の経済不振に伴う排出権の余剰から続落し、2013年初頭では0.3～0.4ユーロ/t-CO₂と、従来の数十分の1となっています。また、1990年に全世界で380億tであった温室効果ガス排出量は、2010年には495億tと減るどころか増えています。また、全世界のCO₂排出量に対して京都議定書で削減目標を持つ国のCO₂排出量の割合は、2008年に34%でしたが、2010年には23%まで減少しています。この様にCO₂市場での売買によるシステムは投機的で、本質的な削減につながりにくいと考えられます。

4 鉄鋼業の現状と将来に向けて

上述のように、世界全体でみると多くの課題のあるCO₂削減ですが、今後、日本の鉄鋼業としてどう考え、何を行うべきなのかを述べてみたいと思います。

最近の鉄鋼の需要の推移をみますと、2000年代前半は世界、日本国内とも順調に伸び、国内では2007年に史上最多の粗鋼量を記録しました。その後、リーマンショック、東日本大震災の影響で、特に国内向け鋼材の需要が落ち込んだままです。また全世界の鋼材需要の伸び率も急減速しています。また、少なくとも1980年代から安定していた鉄鋼石も価格は2000年代後半に入ると高騰と乱高下が大きく、それに連動して製品価格も変動しているため、お客様に安定的な条件で商品をお買い上げいただくことが困難な状況が続いています。

このように足許の環境は「需要減速」と「原材料の高騰・変動」で、鉄鋼業の経営は厳しい状況に置かれています。一方で数十年スパンで将来をみますと、図10に示しますように鉄鋼の需要は2050年で約22～29億tと、2012年の約1.4～1.9倍と増加する予想となっています^{3,4)}。世界のCO₂排

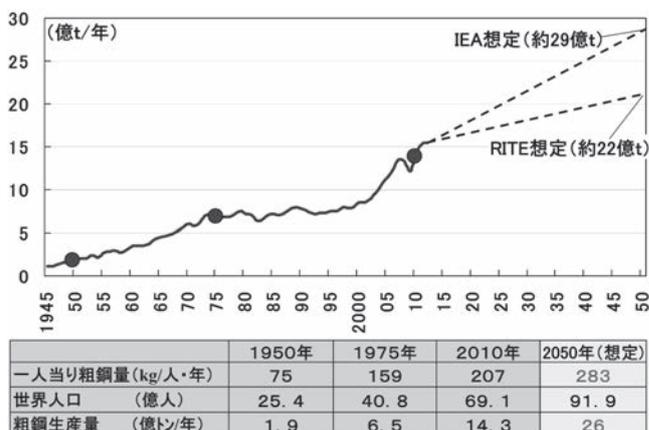
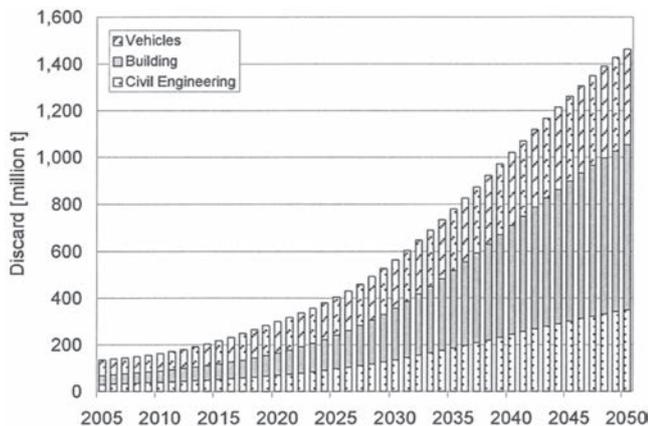


図10 世界の鉄鋼生産量の今後の推定^{3,4)}



出所：畑山博樹，松野泰也，足立芳寛：CAMP-ISIJ，23(2010),615

図11 世界での鉄スクラップ発生量予測⁵⁾

出量も、今の技術レベルでは2035年に約1.4倍に増加する予測結果となっています。このような中、鉄鋼の生産環境の将来に向けた変化として、図11に示すようなスクラップの急激な増加があります⁵⁾。主にアジアで急成長している需要によって使用された鋼材が、今後数十年にわたって使用寿命を迎えてスクラップとなり、2050年には全世界で14億tあまりのスクラップが放出されるというものです。これは前述の2050年における鋼材需要の1/2～2/3を占める量であり、これらのスクラップをいかに効率よく再利用できるかが、CO₂低減の観点からも重要になってくると考えられます。

以上、JFEグループでの例をもとに鉄鋼の技術開発の地球環境、とりわけCO₂削減に対する貢献について述べてまいりました。鉄鋼業は一般の方々からは成熟産業と見られがちですが、世界的にはまだまだ鉄鋼生産量は増加が続き、地球温暖化防止をはじめ技術開発による社会貢献のポテンシャルは大きいと思います。今後の世界をリードしていくために考慮

将来にわたり地球温暖化防止で
世界をリードするために

- ・地球温暖化防止技術で世界の最先端を持続する
- ・スクラップ、スラグの利用技術の最大化
- ・鉄鋼製品の社会貢献を広く伝える
- ・産官学が協力して鉄鋼技術者を育成する
- ・より効果大きい海外への技術移転により、グローバルな温室効果ガスの削減に貢献する
- ・政府との協力によりカーボンリーケージを防ぎ、公平な活動条件を創出する国際的な制度設計を目指す

図12 将来にわたり地球温暖化防止で世界をリードするために

したいことを図12にお示ししました。ご清聴いただきありがとうございました。

参考文献

- 1) 2010年時点のエネルギー原単位の推計(鉄鋼部門—転炉鋼)、地球環境産業技術研究機構。
- 2) 菅澤敏明，加藤弘剛，永井孝佳：産業機械2013.2，(2013)，43。
- 3) IEA：Energy Perspectives 2010，(2010)，177。
- 4) RITE DNE21+とIEA ETP2008シナリオの比較，RITEシステム研究グループ，(2008)，8。
- 5) 畑山博樹，松野泰也，足立芳寛：CAMP-ISIJ，23(2010)，615。

(2013年4月2日受付)