

# CHALLENGE

# 省エネ

## FILE No.172

### 日本冶金工業 川崎製造所

ステンレス鋼や高機能材を手掛ける日本冶金工業の主力製造拠点である川崎製造所（川崎市）。2022年1月、最新鋭の電気炉が本格稼働した。高効率、省エネ、環境改善に配慮し、通称は「E炉」（写真-1）と命名されたもので、徹底した省エネを追求し、電気炉の使用電力をこれまでに比べ20%削減することを目指している。技術的な特長をはじめ、さまざまな省エネ活動のほか、最近注目を集めるデマンドレスポンス（DR）の取り組みなどを紹介する。（編集部）



写真-1 E炉建屋外観

## 新電気炉「E炉」による徹底した省エネ 操業パターン変更によるデマンドレスポンス

### ステンレス特殊鋼メーカー

わが国を代表するステンレス特殊鋼メーカー。2025年には創業100周年を迎える。国内の製造拠点としては、大江山製造所（京都府宮津市）と川崎製造所がある。大江山は、ニッケル鉱石などから中間製品であるフェロニッケルを製造。川崎は、このフェロニッケルとともに、ステンレススクラップを主原料として、ステンレス鋼および高ニッケル合金（同社では高機能材と称する）の板、帯を生産している。生産量は年間約22万t（2021年度）を誇る。提供する製品は「NAS」（NIPPON-YAKIN AUSTENITE STAINLESS STEEL）のブランドで展開している。汎用性の高い「SUS304」をはじめ、耐食、耐熱に優れた製品群を持つ。採用事例では、太陽光発電の多結晶シリコン製造装置向け、燃料電池車に水素を充てんする水素ステーションの熱交換器向け、羽田空港D滑走路の海洋鋼構造物被覆材のほか、オープンレンジなどのシーズヒーターの発熱体被覆材がある。また、独自の水玉模様の突起状の表面加工

を施し、滑りにくく衛生的な床用鋼材「ボルカプレート」も扱っている。

現在、同社は2020年度から3カ年の「中期経営計画2020」を推進中。その中で目指すべき姿として、「業界トップレベルの品質・納期・対応力で信頼され続けるグローバルサプライヤー」を掲げている。一般ステンレスにとどまらず、高機能材のさらなる拡販に注力し、脱炭素で注目される水素や環境・エネルギー、インフラ分野での需要拡大を目指している。戦略的な設備投資と技術力の向上によるコスト競争力の強化も重要な基本戦略と位置づけている。この一環として、省エネ性に優れた新しい電気炉を川崎製造所に導入した。大幅なコスト削減を図りながら、CO<sub>2</sub>排出量の削減、労働環境の改善につなげる狙いがある。新電気炉の英語表記は「Electric arc furnace with high efficiency energy saving and environmental improvement」。このうち、「効率性」「省エネ」「環境改善」を意味する3つの英単語の頭文字も考慮し、通称を「E炉」としている。



図-1 川崎製造所の製造工程

## 川崎製造所の試み

川崎製造所は、川崎市川崎区の京浜工業地帯に立地し、川崎大師や羽田空港も近い。ステンレススクラップなどを溶解する電気炉を含め、数々の大型生産設備を保有する。敷地内には、溶解・精錬・連続鋳造を行う製鋼工場、これに続く熱間圧延の熱延工場、冷間圧延の冷延工場、厚板工場などが設けられている（図-1）

2017～2019年度の前中期経営計画では、「製造プロセス革新と川崎製造所リフレッシュ」を掲げ、「マニュファクチャリング・プロセス・イノベーション」（MPI）の取り組みに着手。具体的には10年先を見据えた川崎製造所の将来像を検討し、これに基づき、さまざまな取り組みを展開し、戦略的な設備投資を実行してきた。これまでに福利厚生や耐震性を考慮し、既存の検査・研究施設、食堂などを集約した複合棟の建設も実施している。

このMPIの取り組みの目玉となるものが「E炉」の導入だ（写真-2）。電力価格や資材価格の上昇に備え、脱炭素の社会的な要請にも応えるよう、従来の電気炉3基操業を転換し、最新技術を備えた高効率な「E炉」1基を新たに導入し、これを主体とする2基操業に変更。大幅な省エネにつなげようとしている。

### 2炉から1炉へ

具体的には、これまでは特殊な合金製造用の7号炉(30t)のほか、8、9号炉（各60t）の3基体制を敷いていた。8、9号炉は主力として運用していたが、この2つの炉に置き換わるよう、70tに容量アップを図った最新の「E炉」



写真-2 E炉本体周り

に1炉化。なお、E炉の炉体は取り換え可能なもので、2炉体を交換しながら運用する。既存の炉は7、8号炉を廃止し、9号炉を特殊な合金製造用として使用し、リスクを

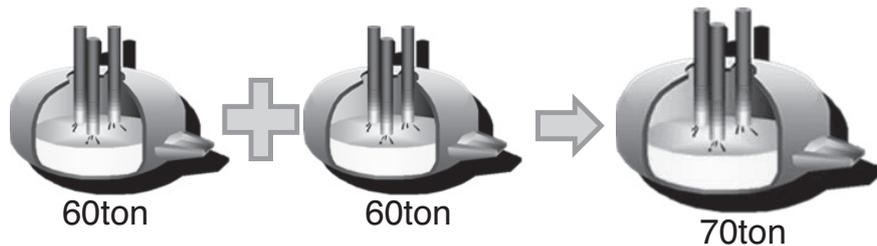


図-2 2炉の1炉化(容量UP)

考慮して「E炉」の予備炉も兼ねる。これにより、新たな形の2基体制への移行を図っていく(図-2)。

工期は2019年12月からの約2年間。メインの70t交流電気炉である「E炉」を中心に、付帯設備などを新設。建屋を拡張し、その内部に設けた大型クレーンは約200tの炉体交換が可能となるよう、230t級を採用している。総投資額は約130億円。2021年12月3日には現地で竣工式・起動式を開催。待望の「E炉」の誕生を祝い、翌1月から本格稼働に入った。

「E炉」の設置目的としては、①フレキシブルな生産体制の確立②徹底した省エネルギーを実現③環境配慮と作業環境の改善・省力化——を挙げる。

フレキシブルな生産体制では、複数の炉ではなく1つの炉でも、戦略商品である高機能材の溶解と一般材の溶解の生産プロセスの整流化を実現できるとしている。多様なニーズに迅速に対応可能で、時間的な制約などにとらわれないチャンスフリーでの生産対応が可能になるという。

省エネについては、従来の主力2基を最新鋭の技術を装備した「E炉」1基に転換するため、エネルギー効率を高め、省エネ化による大幅なコスト削減が期待できる。これまでの川崎製造所内の工場ごとの電力使用の比率は、製鋼工場が58%を占め、このうち約18%分を除き、約40%分が電気炉で使用されていた。この約40%分の電気炉で使用する電力は、「E炉」の操業により20%削減したいとしている。川崎製造所全体の電力使用量から見れば、約8%に相当する大幅な省エネの実現を目指している(図-3)。

環境配慮と作業環境については、例えば、製鋼工場の内部は、電気炉と付帯装置を囲い、局所集じんを行う「ドグハウス」を採用。密閉した設備内の集じん、一層の防音・防じん化を図っている。また、海外などでは主流となっているが、炉体を複数使用する炉体交換方式を導入したことにより、電気炉の炉体レンガの交換作業をオフライン化できる。これまでは夏と冬の年2回、長期の定修時に炉本体を据え付けたまま実施していた炉体レンガの交換作業が、

炉体そのものを交換するため、耐火物などが十分に冷却してから余裕をもって作業にあたれるようになる。メンテナンスのチャンスフリー化につながり、暑熱作業の軽減など、作業環境の大幅な改善が期待できる。さらに、操業に必要な現場の付帯作業は自動化設備を導入するなど、作業負荷の軽減、省力化も実現する。

### 「E炉」の技術的な特長

「E炉」の導入を担当した日本冶金工業執行役員・MPIプロジェクトリーダーの荻原浩さん(写真-3)は、「特に省エネのために電磁攪拌装置と炉体旋回装置を装備している」と強調する。

電気炉は、基本的に炉内にある3本の電極から主原料となるステンレススクラップなどに通電し、アークを生み出すなどして高温状態を作り、溶解させている。ただ、この溶解などでは、温度や成分の均一化が不可欠。より最適な状態を作り出すことが製品の品質にも直結し、省エネにもつながる。

そこで、炉内をより均一に攪拌するよう、炉体の下部に電磁コイルを設置し、溶鋼を電磁攪拌。炉内下部で一定の流れを生じさせ、より効率的な溶解を促進。溶解スピードの向上とともに、温度や成分の均一化にも寄与する。電磁攪拌は海外メーカーが保有する技術でもあるが、実績のある技術の一

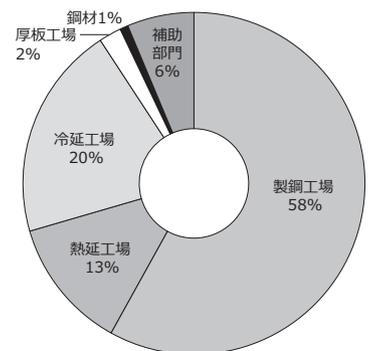


図-3 川崎製造所2021年度電気エネルギー使用状況



写真-3 荻原さん

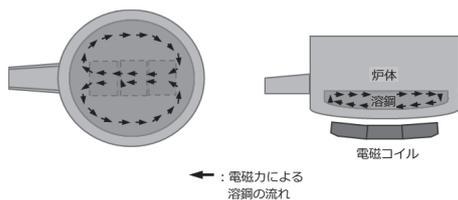


図-4 溶鋼を電磁攪拌し特に底部付近の溶解促進

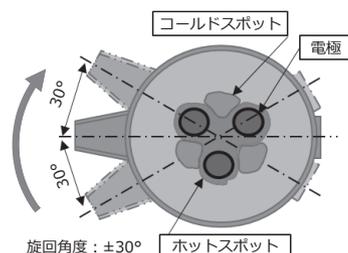


図-5 炉体を旋回することで電極位置を変え溶解促進

つである(図-4)。

さらに、今回導入したのが炉体回転だ。これはわが国の大同特殊鋼が保有する技術。炉内中心部に設けた3本の電極は、その位置を固定したままだと、電極周辺部分では、よく溶けるホットスポット、溶けにくいコールドスポットができてしまう懸念がある。これを解消するため、電極の位置は固定したまま、炉の本体そのものを±30°旋回させて、効率よく溶解させる。こちらも実績のある技術として業界内では高く評価されている(図-5)。



写真-4 山田さん

今回は電磁攪拌、炉体回転の両技術を一つの炉で実現したもので、世界でも初めての試み。日本冶金工業取締役常務執行役員・川崎製造所長の山田恒さん(写真-4)は、「それぞれ実績があるが、複合して、どのように使うのかという実績はない。ただ、我々としては、足し算ではなく、掛け算の効果を見込んでいる。これが電気炉の今後のスタンダードになるのではないかと指摘する。

すでに実操業段階であり、スタッフ立ち会いによる実地教育、オペレータの習熟は完了。多品種の高機能材に対応した最適溶解方法など、最新の省エネ設備を使用し、操業条件を変えながら対応している。

山田さんは、生産性やコストの観点を考慮しながら、「最適解」を模索していると指摘する。「世界には多くの電気炉があるが、同じものはない。ノウハウを蓄積し生産技術を確立していかなければいけない。そう簡単なものではない」と話す。ただ、これまでの稼働状況からは、相当な手応えも感じている様子。この「E炉」の知見は、脱炭素の要請で注目される電気炉においては、技術的に先行するアドバンテージともなるため、引き続き注力していく方針だ。

### 一層の省エネ・脱炭素に向けて

鉄鋼業は、エネルギー多消費型産業であるため、同社は

カーボンニュートラルに積極的に取り組んでいる。CO<sub>2</sub>排出量削減目標では、2030年度に2013年度に比べ46%削減する目標を設定し、2050年度の実質ゼロを目指している。このため、設備のインバータ化、照明のLED化など、あらゆる面で徹底した省エネを推進している。大江山製造所では多くの石炭を使用しているが、ニッケル鉱石からリサイクル原料(ニッケル分を含む「都市鉱山」由来の原料)へのシフト、エネルギー源の石炭からLNG・再生燃料へのシフトなど、「カーボンレス・ニッケル製錬」の実現を目指している。

また、カーボンニュートラルの取り組みは、同社の中長期的な企業価値の向上に不可欠だと判断し、2021年8月に社長を議長とするサステナビリティ推進会議を設置。自らの持続可能性を高め、環境・社会との共生を通じ、持続可能な社会実現に貢献していくとしている。

なお、省エネ法の定期報告に基づく事業者クラス分け評価制度では、2020年度までの実績で、5年連続で省エネ優良事業者(Sクラス)の評価を同社は受けている。

川崎製造所については、今回のような大型投資で大きな省エネ効果を狙う「E炉」の導入のほか、これまでも現場を巻き込んだ省エネ改善を積み重ねてきた。今後も老朽設備の更新などを省エネのチャンスと捉え、最新鋭設備などを検討。引き続き、適切な設備の維持管理に努め、省エネ活動を継続していく考えだ。

省エネ活動・脱炭素化の推進は、電気とLNGそれぞれで対策を講じている。電気では、熱延工場の粗ミルという大型設備の駆動用電源装置を最近更新したばかり。年間約3,000MWhの電力消費削減につなげている。工場・事務所の照明のLED化は毎年計画的に実施しており、すでに9割が完了している。このほか、東京電力エナジーパートナー(東電EP)と共同でDRを実施している。

川崎製造所のエネルギー消費をカロリーベースで見ると、電力は約4割の一方、LNGは約5割を占め、非常に多くのLNGを利用している。2000年頃よりLPGから切り替えを進めた結果、現在はLPGの使用はなく、一部重油は

使用するものの、化石燃料ではLNGがメイン。特に熱延工場の熱間圧延の加熱炉をはじめ、冷延工場の連続焼鈍ラインで使用し、それ以外はボイラーなどで消費している。さらなるカーボンニュートラルを見据えると、荻原さんは、「今後の技術開発動向をみながら、メタネーション、水素、アンモニアなど、将来はどのような燃料を使用していくのか、見極めたい」としている。

## デマンドレスポンスの取り組み

電力の大口需要家である川崎製造所では、DRに前向きに取り組んでいる。再生可能エネルギーの大量導入に伴い、季節や電力の需給状況によっては余剰になってしまう再生可能エネルギーの電力を有効活用する意義を持つ「上げDR」とともに、電力需給の逼迫時に電力使用を抑制する「下げDR」を実施している。

電力の使用量が大きい電気炉を扱うため、その安定稼働などを考慮すると、DRの実施は当初、相当困難な取り組みに感じられたようだ。しかし、社会的な意義などを踏まえ、どのような情報連携を東電EPとの間で実施できればDRが可能となるか、詳細などを協議した上で、2020年秋から実証試験に踏み切った。情報連携は1週間程度先までの電力需給や操業パターンの情報を東電EPと共有するよう、川崎製造所も特別に担当者を置いて対応する必要があるという。

DR実施に向けて課題となったのは、電力需給の見込みに対し、どのぐらい迅速に、フレキシブルに操業パターンを変更できるか、というものだった。電気炉を使用する鉄鋼業では、DRに取り組む企業は比較的多いが、企業によって生産に伴う人員シフトの変更まで踏み込んで実施するケースがある。ただ、同社の場合、電気炉の運転などは4班3交代による24時間体制を整えており、人員のシフト変更を伴う形でのDRはそもそも想定していない。代わりに、製造工程の詳細な内容に着目し、求めに応じて、どの程度素早く操業パターンが変更できるか、それによって、どのような効果が発揮できるかが、DR実施の検証ポイントになった。

さまざまな検討の結果、最短で2日前に東電EPからの要請があれば、操業パターンは変更できると判断。選択した操業パターンにより、使用する電力をどの時間帯で、どれだけ高められるか、または抑制できるかが決まる。これまでに使用電力の規模の違いにより、おおむね「大」と「中」の2種類のメニューを適用している。DRの対価は、非化石証書として受け取っている。

例えば、一般ステンレスの製造時、電気炉で溶解し連続

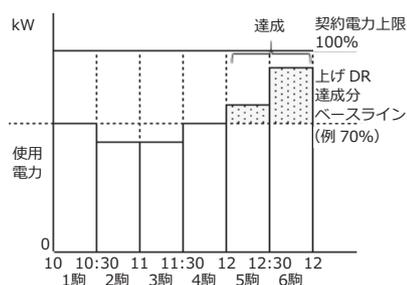


図-6 上げDRの一例

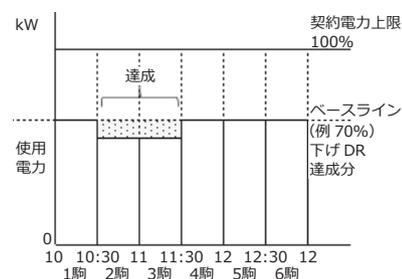


図-7 下げDRの一例

鋳造する際、通常は昼間の時間帯は、それほど急がずに電気炉を使用するが、夜間に入ると、溶解のピッチを上げて電気炉をフル稼働させる。もし、2日前までに要請があれば、この昼夜の操業のペースを入れ替えるなど、操業パターンを変更することでDRを実施できる。また、熱間圧延の圧延設備も板、帯の出荷を見据えて操業パターンを計画、運用している。基本的には土日に集中して圧延設備をフル稼働させることが多いが、これを前倒ししたり、一時的に止めたりするなど、操業パターンの変更でDRにつながることもできる。

主に上げDRでは電力需給の上では端境期とされる4、5、10、11月にベースライン以上に使用するメニューで昼間の時間帯が中心(図-6)。下げDRでは主に需給が逼迫する7、8、1、2月に電力使用を抑制するメニューで午前中の時間帯が中心(図-7)。

実証の段階は既に終わっており、現在は本格的なDRとして実施している。2021年度は20回以上行っており、内訳は上げ、下げほぼ半々という。

### [事業者概要]

日本冶金工業株式会社

本社所在地：東京都中央区京橋1丁目5番8号

設立：1925年8月

事業概要：ステンレス鋼、耐熱鋼、ニッケル合金の板、帯の製造・販売

従業員数：1,110人(2022年3月31日時点)