

(解説)

KOBELCO グループのグリーン社会への貢献を支えるコア技術

出浦 哲史*¹ (博士(工学))

Core Technologies Supporting Kobelco Group's Contributions to Green Society

Dr. Tetsushi DEURA

要旨

当社グループでは素材・機械・電力にまたがる幅広い事業活動を通じて、グリーン社会に貢献する多様な技術・製品・サービスを提供してきた。2050年のカーボンニュートラルへの挑戦に向けては、これまで培ってきたコア技術群の活用や掛け合わせによる当社グループならではのCO₂削減ソリューションの創出に積極的に取り組んでいる。

Abstract

Throughout its diverse business activities spanning materials, machinery, and electric power supply, the Kobelco Group has offered a wide range of technologies, products, and services that contribute to a green society. In pursuit of the challenges of achieving carbon neutrality by 2050, the Kobelco Group is actively engaged in creating unique CO₂ reduction solutions by leveraging and combining the core technologies it has cultivated over time.

検索用キーワード

カーボンニュートラル, CO₂排出削減, MIDREX, 水素, バイオマス, CCUS, プロセス機器, 資源循環

まえがき = 2015年、COP21でパリ協定が、国連サミットでSDGsがそれぞれ採択されて以降、先進国における気候変動への取り組みが一気に加速している。日本でも「2050年カーボンニュートラル」を宣言しており、政府のグリーン成長戦略においては「温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、国際的にも、成長の機会と捉える時代に突入」とされている。

当社グループでは、マテリアリティ（重要課題）の一つに「グリーン社会への貢献」を掲げ、「カーボンニュートラルへの挑戦」として、気候変動対応と資源循環対応への取り組みを統合的に進めている。当社グループは生産プロセスでのCO₂排出量の多い事業者であると同時に、

CO₂削減への貢献度の高い技術・製品・サービスを数多く保有しており、表1に示すように「生産プロセスにおけるCO₂削減」および「技術・製品・サービスによるCO₂排出削減」という二つの側面で、2030年目標および2050年ビジョンを、それぞれ設定している¹⁾。2050年までのカーボンニュートラル実現に向けては、グループが保有する多様な事業と技術の掛け合わせによる当社ならではの新たなイノベーション創出を目指している。

本稿では「グリーン社会への貢献」に向けた当社グループならではの取り組みを、それを支えるコア技術と共に概説する。

表1 KOBELCOグループにおける2030年目標および2050年ビジョン¹⁾
Table 1 Kobelco Group's targets for 2030 and a vision for 2050¹⁾

	2030 Targets	2050 Vision
Reduction of CO ₂ emissions in production processes	30-40% (compared with fiscal 2013)	Taking on the challenge of realizing carbon neutrality
Contribution to reduction of CO ₂ emissions through technologies, products, and services	61million tons	100 million tons or more

*1 技術開発本部 機械研究所

1. 製鉄プロセスにおけるCO₂削減への取り組み

鉄鋼業からのCO₂排出量は、国内における産業部門のCO₂排出量の40%（我が国全体の排出量の14%）を占める²⁾。当社グループにおいても¹⁾、製鉄プロセスのCO₂削減はカーボンニュートラル実現に向けての大きな課題であり、独自のCO₂削減ソリューションの開発に積極的に取り組んでいる。

1.1 MIDREX[®]プロセスによる直接還元鉄製造

当社グループ独自のCO₂削減ソリューションの核となる技術は、天然ガスを用いた直接還元製鉄法として豊富な実績を有するMIDREX[®]プロセスである。本プロセスは1970年代に海外プラント事業を積極推進する過程において、天然ガスが豊富な中東地域で受注した一貫製鉄所の鉄源製造手段としてMidrex社から導入したプロセスであり、その将来性を見越して1983年に同社を買収した。当時は直接還元鉄プラントの黎明（れいめい）期であり、当社も技術開発を支援しながら、プロセスの完成度を高め、実績を積み上げてきた結果、現在は世界の直接還元鉄の約6割（天然ガスベースでは約8割）が本プロセスによって生産されている。鉄鉱石の還元材として天然ガスを利用することから、CO₂排出量の少ない製鉄プロセスとして近年、注目度が高まっており、さらなるCO₂削減に向けた100%H₂還元技術も既に商業化フェーズにある。

1.2 高炉での直接還元鉄多配合技術

直接還元鉄（以下、還元鉄）は、不純物の少ない清浄鉄源として主に電炉原料として利用されてきたが、当社では還元鉄の高炉利用にも積極的に取り組んでいる。2023年には、加古川製鉄所の実機高炉にMIDREX[®]プロセスで製造された還元鉄（HBI：Hot Briquetted Iron）を多量装入することで還元材としての石炭使用量を低減し、高炉からのCO₂排出量を従来比で約25%削減できる技術を実証した³⁾。これは大型高炉での安定操業を維持しながらのCO₂削減量としては世界最高水準の実績である。高炉HBI多量装入は当社独自の高炉操業技術によって実現したものであるが、これはコストダウンを主目的とした高難度の操業諸元、すなわち「高炉業界トップレベルの限界操業」を長年にわたり追求してきた過程で蓄積された技術である。具体的には、安価原料を使いこなし、還元材比（溶銑（ようせん）1トンあたりの還元材総重量）も変えながら、熱制御を安定化するために開発された「コークス中心装入」や「ペレット多配合」などの技術群であり、装入物分布による通気制御や実機評価手法など独自のノウハウがそれにあたる。これらの独自見解が、CO₂削減を主目的とした高炉HBI多量装入時にも大いに活用されており、大型高炉で前例のない還元鉄装入量を達成すると共に、同一投入量で比較した場合においても、従来他社実績を上回るCO₂削減を実現した。

1.3 製鉄プロセスからのCO₂削減を支えるコア技術

MIDREX[®]プロセスは、制約条件の異なる世界中のお客様のニーズに合わせて還元ガス組成や還元鉄品質を対応させる柔軟性が強みの一つであり、本特集号で取り

上げる「還元鉄製造技術」や「熱・流体制御技術」などのコア技術が、多様なニーズに合わせたプロセス条件の最適化に貢献している。

HBI多配合時の高炉は限界操業に近く、今後CO₂削減と安定操業・コストアップ抑制を実現するためには、AI操炉による炉況予測やセンシング技術の革新が不可欠である。本特集号では、次世代の高炉操業を下支えする「プロセス制御技術」や「特殊条件下での計測技術」、「データ駆動科学・AI応用技術」などのコア技術についても紹介する。

2. プロセス機器によるグリーン社会への貢献

当社グループは1915年に国産初の高圧空気圧縮機を製造して以来、石油精製や製鉄、ガス・エネルギーなどの産業プロセスに欠かせない「プロセス機器」を数多く商品化してきた。主要メニューである圧縮機、冷凍機、ヒートポンプ、熱交換器（気化器など）、水電解水素製造装置、グラスライニング反応容器などのプロセス機器に関しては、いずれも業界トップクラスの技術を保有しており、環境変化に合わせた付加価値の高い製品・サービスを提供し続けている。

グリーン社会においては、産業プロセスの大きな変化が想定されるが、当社グループは多様なプロセス機器開発を通じて蓄積してきた経験と技術力を活かすことで、今後のプロセス変革にも柔軟に対応することができる。さらに、エンジニアリング事業で培ったプロセスエンジニアリングや運転マネジメントのノウハウも活用することで、次世代エネルギーやカーボンリサイクルのサプライチェーンへの大きなソリューション提供者にもなり得る。本章では代表的な当社プロセス機器と、それらの掛け合わせによる当社グループならではのトピックスを紹介する。

2.1 CO₂削減に貢献する当社グループのプロセス機器

当社のプロセスガス圧縮機事業の特長は主要な圧縮方式（スクリュ・ターボ・レシプロ）を全て設計・製造が可能である。環境規制を背景とした需要拡大が見込まれるLNG運搬船エンジン燃料ガス用圧縮機においても、低圧スクリュ機から高圧レシプロ機までメニュー化しており、幅広いニーズへの最適な選択肢を提供することができる⁴⁾。そのほかにも、二酸化炭素貯留（CCS：Carbon Capture and Storage）用途に用いられるCO₂圧縮機の省エネルギー化を狙いとして、ターボ圧縮機一種である増速機内蔵型遠心圧縮機の高圧CO₂対応を実現し、従来の1軸型遠心圧縮機よりも動力消費量を削減することに成功した⁵⁾。

当社はLNG気化器のトップメーカーでもあり、国内外へ多数の納入実績がある。最近では省エネルギー化を狙いとした冷熱有効活用のニーズが高まっており、気化時の冷熱回収に適した中間媒体式気化器（IFV：Intermediate Fluid type Vaporizer）の導入を検討する案件が増えている。将来のカーボンニュートラル社会に向けては、LNGから液化水素への燃料転換も想定されるが、これまでIFV方式の液化水素気化器は無かった。そ

ここで当社ではLNG気化器で培った技術を活用したIFV方式の液化水素気化器の実証を推進している⁶⁾。

(株)神鋼環境ソリューション(以下、SKS)では、固体高分子電解質膜(PEM: Polymer Electrolyte Membrane)を用いて水道水から高純度水素ガスを製造する水電解水素製造装置(商品名HHOG: High-purity Hydrogen Oxygen Generator)を1990年代に開発・商品化した。当初は半導体・電子産業や金属熱処理向け工業ガスのオンサイト供給を主用途としており、既に200基を超える国内トップの安定稼働実績が強みである。最近ではカーボンニュートラルを背景にエネルギー用途向けの需要が急拡大しており、今後は電解電力として再生可能エネルギー(以下、再エネ)を利用した「CO₂フリー水素(グリーン水素)」のニーズも増加すると想定される。再エネ利用時の課題は、再エネ由来電力の変動に水電解反応をいかに追従させるかであるが、当社グループでは、環境省プロジェクトにて、再エネ+水電解によるグリーン水素安定製造の実証に成功した⁷⁾。

今後も当社グループでは、カーボンニュートラルに向けた化学・エネルギープロセスの変革に必要な、特長あるプロセス機器を通じて、グリーン社会に貢献していく。

2.2 当社プロセス機器を組合せた「ハイブリッド型水素ガス供給システム」の実証

当社グループでは、カーボンニュートラル社会における「安定かつ安価な水素供給」というソリューション提供を狙いに、「ハイブリッド型水素ガス供給システム」の実証を推進している⁸⁾。このシステムは、当社グループが強みを持つ、以下の三つの技術より構成されている。

- ① IFV方式の極低温液化水素気化器
- ② 再エネを活用した水電解水素製造装置
- ③ “創る・使う”を監視制御する運転マネジメント

具体的には、図1のように、液化水素の気化器と再エネ+水電解装置をパラレル配置した「ハイブリッド型」の水素供給システムによって、コストミニマイズと再エ

ネ特有の供給不安定性の解消の両立を図っている。加えて、液化水素の気化時に発生する冷熱を、工場内設備冷却や空調、ヒートポンプなどに利用するなど、お客様のプロセス効率向上・省エネルギー化にも対応可能である。

2.3 CO₂削減に貢献するプロセス機器の開発を支えるコア技術

既述のように、カーボンニュートラルを背景とした、各産業分野におけるプロセス革新に伴い、「プロセス機器」への要求スペックも変化し、過去に経験のない設計仕様・運転条件への対応も増えている。いっぽうで、「プロセス機器」のトラブルは、グリーン社会の基盤を支える産業プラントの停止につながることから、高い「信頼性」と「安定性」が求められる。また、プロセス機器はプラントのエネルギー消費において大きな割合を占めており、「省エネルギー性能」も重要である。

過去実績をベースに対応することの多いプロセス・機器の設計において、未経験条件に対応するためには、事前にプロセス機器類の挙動を数値解析ベースで予測、あるいは要素試験で評価するなどして、要求性能を満たせるようにプロセスや機械設計を適正化する必要がある。

本特集号で紹介する「機械の振動・音・動的特性の制御技術」、「熱・流体制御技術」、「吸着・分離技術」は、いずれもこれらの課題に対応するために不可欠のコア技術であり、当社のプロセス機器によるグリーン社会への貢献に寄与している。

3. 電力事業CO₂削減に向けた取り組みとコア技術

当社グループでは電力事業におけるカーボンニュートラルへの挑戦を宣言し、CO₂削減に向けた取り組みを強化している¹⁾。神戸発電所では、発電所で発生する蒸気を有効活用して周辺地域に熱供給を行っており、地域全体でのエネルギー有効利用を検討している。さらに、バイオマス燃料混焼やアンモニア混焼などのCO₂削減技術による世界最先端の環境性能を具備した都市型火力発電所を目指しており、技術革新に合わせて段階的にアンモ

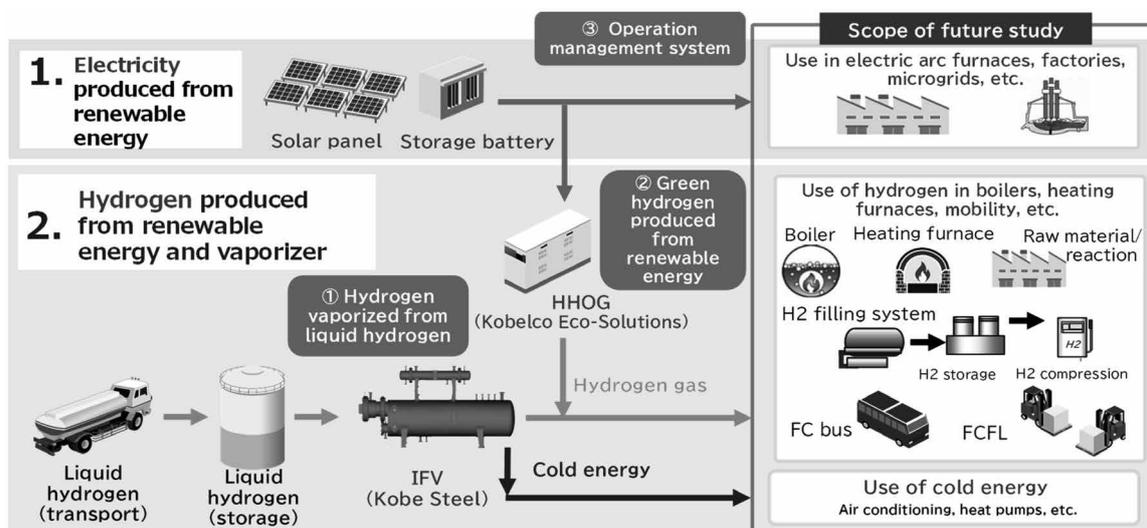


図1 ハイブリッド型水素ガス供給システムの概念図⁸⁾

Fig.1 Conceptual diagram of hybrid-type hydrogen gas supply system⁸⁾

ニア混焼率を拡大しながら、最終的にはアンモニア専焼への挑戦を掲げている。真岡発電所では、高効率GTCC（ガスタービンコンバインドサイクル）を採用し、CO₂排出量の少ない発電によるエネルギー安定供給を継続しながら、将来的には、カーボンニュートラル都市ガスの活用も視野に入れている。

電力事業のCO₂削減においても、当社グループの技術の掛け合わせが活かされている。その一例がエンジニアリング事業と電力事業の連携で推進している神戸発電所での地域バイオマス活用である。当社エンジニアリングセグメントのSKSでは、長年の実績を有する水処理プラント事業において、下水汚泥の有効利用による温室効果ガス排出削減に取り組んでおり、2021年度には国内最大級の下水汚泥燃料化事業を関西地区で受注した⁹⁾。この下水汚泥由来のバイオマス燃料を、火力発電所の燃料として混焼利用することで、地域の資源循環とCO₂排出量削減に貢献することができる。

バイオマス燃料は、既存の火力発電設備が活用可能なため、CO₂削減手段としての期待も大きい。バイオマス固有の燃焼特性や排ガスの触媒性能影響などを事前に見極める必要がある。当社グループでは、バイオマス燃料の安全かつ安定的な利用に資する評価・解析技術を保有している。これは、過去に海外での低品位炭活用の実証プロジェクトを通じて得られた独自のコア技術である¹⁰⁾。

神戸発電所は、都市型発電所として国内最高水準の環境設備を導入し、20年以上に渡って、環境配慮を最優先としながら地域へのエネルギー安定供給を実現してきた。長年に渡る環境優先操業を通じて蓄積してきた種々の技術は、将来のCO₂削減に寄与するバイオマスやアンモニアの活用においても大きな強みとなる。

本特集号では、「カーボンリソース転換・利用技術」、「熱・流体制御技術」、「吸着・分離技術」など、これまでの電力事業を支え、将来のCO₂削減にも貢献するコア技術について紹介する。

4. 生産プロセスで発生する副産物の再資源化

当社グループでは、限りある資源を有効に活用するために、廃棄物の発生抑制（reduce）、副資材の再利用（reuse）に取り組むとともに、生産工程の副産物を別用途の資源として再生利用する（recycle）、いわゆる「資源循環」にも積極的に取り組んでいる¹⁾。

副産物の発生量が多い鉄鋼アルミ事業部門における再資源化（製品化）の代表例は鉄鋼スラグである。当社における鉄鋼スラグ製品の歴史は長く、1976年には自社スラグ製品の外販事業を本格的に開始し、これまでに、路盤材、コンクリート用高炉スラグ細骨材、高炉スラグ微粉末、土木用材料などの商品化を進めてきた。スラグリサイクルにあたっては、用途別の環境基準値や要求品質に合わせた事前処理が必要であり、「信頼されるKOBELCOのスラグ製品」の厳格な品質管理に努めている¹¹⁾。例えば、転炉や溶銑脱りん炉から発生する「製鋼スラグ」は主にアスファルト舗装の路盤材としてリサ

イクルされているが、スラグ中に含まれる酸化カルシウム（CaO）がアスファルト施工後に水分と反応して膨張すると、アスファルト隆起につながる可能性がある。そのため、出荷前スラグに蒸気エージング処理を十分に施してあらかじめ水和物に改質しておくことで、アスファルト施工後の膨張を抑制している。

当社の鉄鋼アルミ事業部門では、事業所間をまたいだユニークな資源循環フローとして、アルミ板主力工場の真岡製造所（栃木県）のアルミ溶解プロセスで発生したアーク炉灰を、鉄鋼主力工場の加古川製鉄所（兵庫県）の製鋼プロセスにおける副資材（脱硫剤）として再利用している¹²⁾。製鋼プロセスで発生した脱硫スラグはさらに上流の製鉄プロセス（焼結鉱）に再利用し、最終的には「高炉スラグ」となり、高付加価値のセメント原料として外販される。一般的な産業間リサイクルにおいては、相対的に製品価値が低下する「ダウンサイクル」が多いが、このように事業やプロセスの多様性を活かしたユニークな資源循環フローを構築することで、より付加価値の高い用途への「アップサイクル」も可能となる。

当社グループでは、製鋼スラグを利用したCO₂固定化プロセス（CCUS：Carbon dioxide Capture, Utilization and Storageの一種）の開発にも取り組んでいる。これは、前述の路盤材用途において課題となる製鋼スラグ中の遊離石灰（CaO）に着眼したものである。まず、使用済の製鋼スラグから、独自溶媒を用いてCaOを選択的に抽出する。さらに、このCaO含有溶媒に産業工場からの排ガスを反応させることで、排ガス中のCO₂を高純度の炭酸カルシウム（CaCO₃）として固定化することができる。これは、製鋼スラグの資源循環（路盤材の膨張抑制）と温暖化抑制（CO₂固定化）の両方に寄与するプロセスであり、現在、技術開発を推進中である¹³⁾。

むすび=本稿では当社のマテリアリティである「グリーン社会への貢献」という観点で、当社グループが保有する技術・製品・サービスによるCO₂削減ソリューションについて概説した。今後、カーボンニュートラルに挑戦し、我々のビジョンを達成するためには、新たなイノベーションの創出が必要であり、その核となるのが、本特集号で取り上げる当社の多様なコア技術群である。

本稿で紹介したグリーン社会への貢献事例は、いずれも単独のコア技術だけでなく、複数のコア技術の掛け合わせで実現したものである。本特集号で取り上げる技術の多様性や、本稿で紹介した「技術の掛け合わせ」による新たな製品・サービスの発想は、いずれも当社グループの多様な事業機会を通じて獲得した当社ならではの技術資産であり、難度の高い課題解決において、大きな強みになるものと確信している。

当社は、そのグループ企業理念において「個性と技術を活かし合い、社会課題の解決に挑みつづける」ことを使命・存在意義として掲げている。我々は、今後も、コア技術のさらなる高度化と融合を図り、グリーン社会に貢献する新たな価値創出につなげていく所存である。

参 考 文 献

- 1) KOBELCOグループ統合報告書2023. https://www.kobelco.co.jp/about_kobelco/outline/integrated-reports/files/integrated-reports2023.pdf. (参照2023-12-07)
- 2) 経済産業省. 「トランジションファイナンス」に関する鉄鋼分野における技術ロードマップ. 2021年10月. <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211027002/20211027002-1.pdf>. (参照2023-09-04)
- 3) 神戸製鋼所. プレスリリース. 2023年10月. https://www.kobelco.co.jp/releases/1214019_15541.html (参照2023-10-25)
- 4) 高木一ほか. R&D神戸製鋼技報. 2020, Vol.70, No.1, p.20-23.
- 5) 馬場利秋ほか. R&D神戸製鋼技報. 2020, Vol.70, No.1, p.75-80.
- 6) 神戸製鋼所プレスリリース. 2022年5月. https://www.kobelco.co.jp/releases/1210224_15541.html. (参照2023-09-04)
- 7) 藤澤彰利ほか. R&D神戸製鋼技報. 2020, Vol.70, No.1, p.3-6.
- 8) 神戸製鋼所プレスリリース. 2022年5月. https://www.kobelco.co.jp/releases/1210227_15541.html. (参照2023-09-04)
- 9) プレスリリース. 神鋼環境ソリューション. 2022年3月. <https://www.kobelco-eco.co.jp/topics/news/2021/20220302-1.html>. (参照2023-09-04)
- 10) 神戸製鋼所プレスリリース. 2008年12月. https://www.kobelco.co.jp/releases/2008/1181098_14784.html. (参照2023-09-04)
- 11) 山中量一ほか. R&D神戸製鋼技報. 2019, Vol.69, No.2, p.19-25.
- 12) 足立毅郎ほか. “KR脱硫におけるアーク炉灰の利用”. 材料とプロセス. 2017, Vol.30, No.1, p.251.
- 13) 神戸製鋼所プレスリリース. 2021年10月. https://www.kobelco.co.jp/releases/1209639_15541.html. (参照2023-09-04)