

三菱重工グループ工場のカーボンニュートラルに向けた取組み

Initiatives on Carbon Neutral for Works and Plants of MHI Group



仲谷 潤之助*1
Junnosuke Nakatani

大谷 雄一*2
Yuichi Otani

上地 英之*3
Hideyuki Uechi

添田 勝弥*4
Katsuya Soeda

中川 竜生*5
Tatsuo Nakagawa

榎 勇人*6
Hayato Sakaki

三菱重工グループ(以下、当社グループ)は、2021年10月に“MISSION NET ZERO”を掲げ、2040年までに事業活動によって排出するCO₂をNet Zeroとすることを目標とする。本取組みでは、事業活動からの主たる排出源である工場を対象に、科学的アプローチにより、需要側のCO₂排出量原単位の最小化を図り、それが実現可能な手段を具現化し、その上で供給側のエナジートランジションを実現していく。本報では、需要側CO₂排出量原単位の最小化に焦点をあて、従来比約50%削減した事例を紹介する。今後本取組みをショーケースとして、“エンジニアリングから機器設置、O&Mまでトータルで”当社グループ製品やサービスを提供し、世界のカーボンニュートラルの達成に貢献する。

1. はじめに

当社グループの事業活動において、工場などにおけるCO₂の直接排出量(Scope1に対応し、ガスなどの燃料の燃焼によるCO₂排出)及び、工場やオフィスなどにおける電力の使用に伴うCO₂間接排出量(Scope2に対応)は、それぞれ2021年実績で13.8万トン及び37.4万トンであり、生産活動を行う工場は、当社グループの事業活動における主たるCO₂排出源となっている。日本各地に20を超える生産拠点を抱え、3E+S(Energy Security, Economic Efficiency, Environment + Safety)の基本方針のもと、各拠点が保有するボイラ設備、熱処理炉、電気炉、加熱・乾燥炉、蒸気利用設備・プロセス、空調設備などのエネルギー多消費設備の省エネルギー化＝地球環境保全・CO₂排出量削減に積極的に取り組んできた。

今般目標としている“MISSION NET ZERO”に向けたロードマップを図1に示す。これまでの取組みを強化・加速し、高温ヒートポンプ、水素技術、CCUS(Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)等の自社技術を積極的に工場へ導入することで、2040年カーボンニュートラルの達成を目指す。これを実現するためには、エネルギーを消費する需要側と、それを提供する供給側の両面から検討を行うことが必要となる。

当社グループは、前記以外にもカーボンニュートラルに寄与する所要の幅広い技術・製品を保有し、技術開発を進めている。保有するヒートポンプなど多様な製品技術、エンジニアリング技術及びエネルギーマネジメント技術とそれらの基盤技術を活用し、自社工場への適用を図ることによりカーボンニュートラルを達成し、国際社会からの要請に応えるとともに、本取組みをショーケースとして“エンジニアリングから機器設置、O&Mまでトータルで”当社製品やサービスをお客様に

*1 技術戦略推進室 技術企画部 主席部員 技術士(機械部門/総合技術監理部門)

*2 総合研究所 伝熱研究部 部長 技術士(機械部門)

*3 総合研究所 伝熱研究部 主席研究員 技術士(機械部門)

*4 バリューチェーン本部 施設管理部 主席部員

*5 バリューチェーン本部 鑄造センタ 次長

*6 バリューチェーン本部 鑄造センタ

提供し、世界のカーボンニュートラルの達成とサステナブルな社会の実現に貢献したいと考えている。

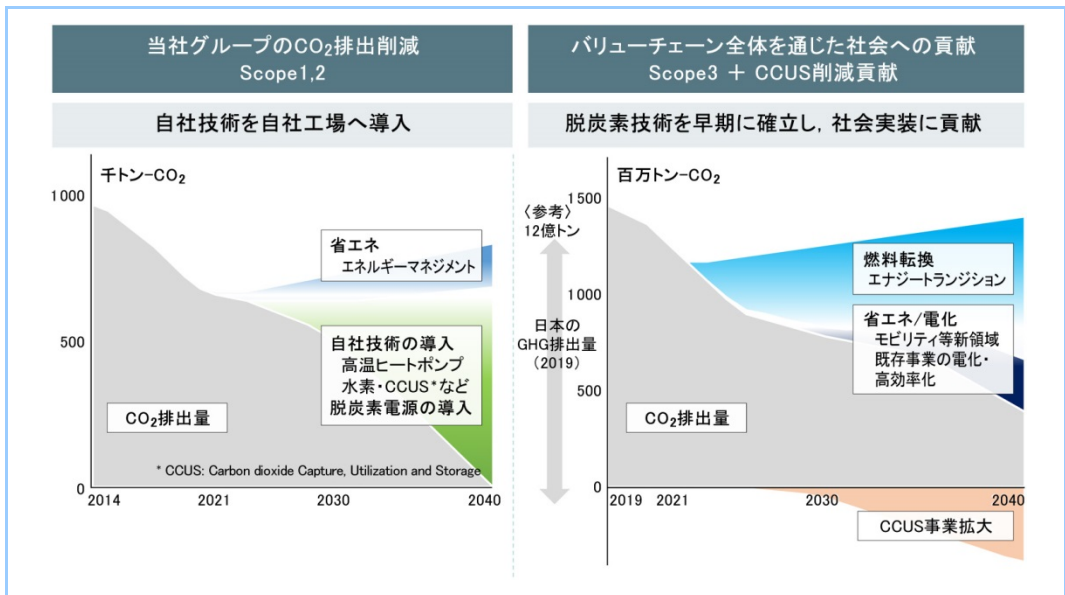


図1 MISSION NET ZERO に向けたロードマップ

2. 取組みの考え方・方針

図2に本取組みを進める上での検討の考え方を示す。

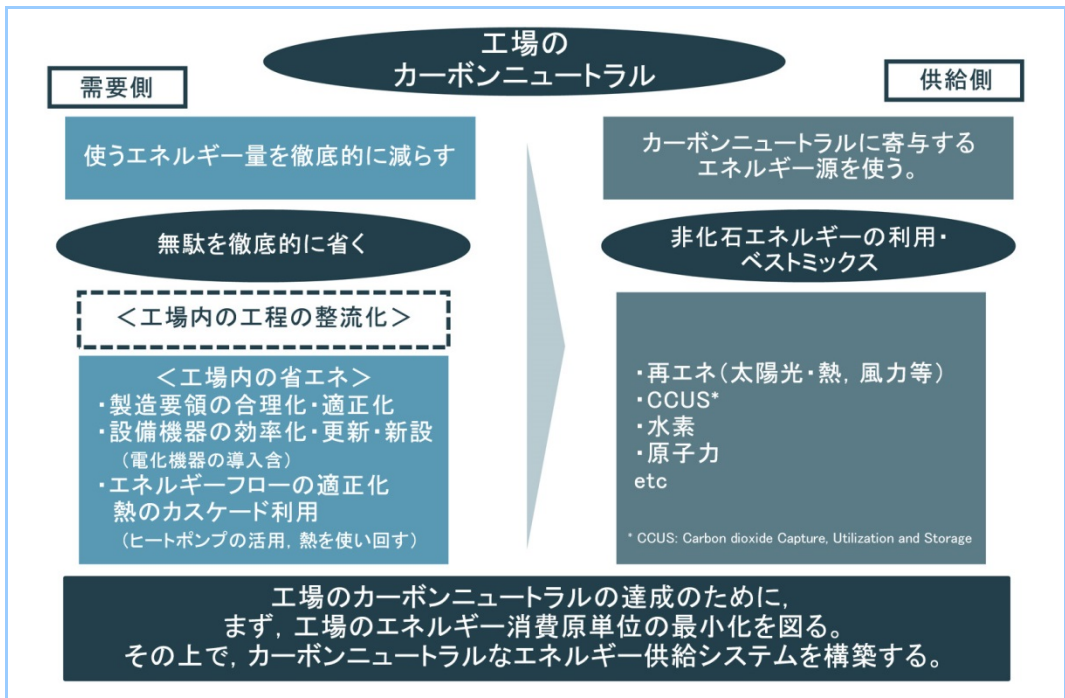


図2 検討の考え方

エネルギーである電力や燃料(熱)を使う需要側とそれらを産み出す供給側の二者について検討する必要がある。需要側は、無駄を省き、徹底して使うエネルギー量を減らすことが必要である。工場内の工程の削減・整流化を図ることはもちろんのこと、製品製造における製造要領の合理化・適正化を行うことが重要となる。また生産計画やエネルギーフローの適正化を図り、熱のカスケード利用を進め、ヒートポンプの活用により、“熱を使い回す”ことも重要な打ち手となる。供給側では、需要側の検討により適正化(最小化)された需要に応じ、非化石エネルギーの利用とそれらのベストミックスをいかに行うかが重要となる。

したがって、まず需要側の CO₂ 排出量原単位の最小化を図り、その上で、供給側となるカーボンニュートラルなエネルギー供給システムを構築する手順とした。

図3に具体的な検討のアプローチを示す。Step1 として、工場のエネルギー消費工程において、プロセスの見直しを含め、その工程で所要の目的を実現するために真に必要となる理論的エネルギー量の算出を行う。ここで算出される値は、ロスゼロとした理想的な値となるが、CO₂ 排出量原単位の最小化に向けてはシンプルでわかりやすい目標値となる。打ち手を講じ、いかにこの理想値に近づけるかが重要であり、Step2 で理想値に近づけるべく、具体策の策定を行う。Step2 で検討した具体策を適用した上で、Step3 で非化石エネルギーを利用したエネルギー供給システムの検討を行う。

Step1~3 によるカーボンニュートラルの達成に向けた CO₂ 排出量低減のイメージを図4に示す。CO₂ 排出量の最小化とともに、非化石エネルギーシステム導入にかかる設備投資の最小化を図ることが可能となる。



図3 検討のアプローチ



図4 カーボンニュートラルの達成に向けた CO₂ 排出量低減のイメージ

3. 取組み事例

取組みを推進するにあたっては、当社製造拠点からモデル工場を選定し検討を進めており、熱エネルギー比率が比較的高い神戸造船所 二見工場内 鑄造センタにおける鑄造プロセスの CO₂ 排出量原単位の最小化を進めている。

図5に鑄造プロセス例を示す。鑄造プロセスにおいては、鑄型造形後の乾燥工程、素材溶解

工程、溶解炉で溶解した素材(溶湯)を受け、鋳型に溶湯を流し込む取鍋の予熱工程、熱処理工程で多くのエネルギーを消費する。本報では、取鍋予熱工程に対する取組み事例を紹介する。

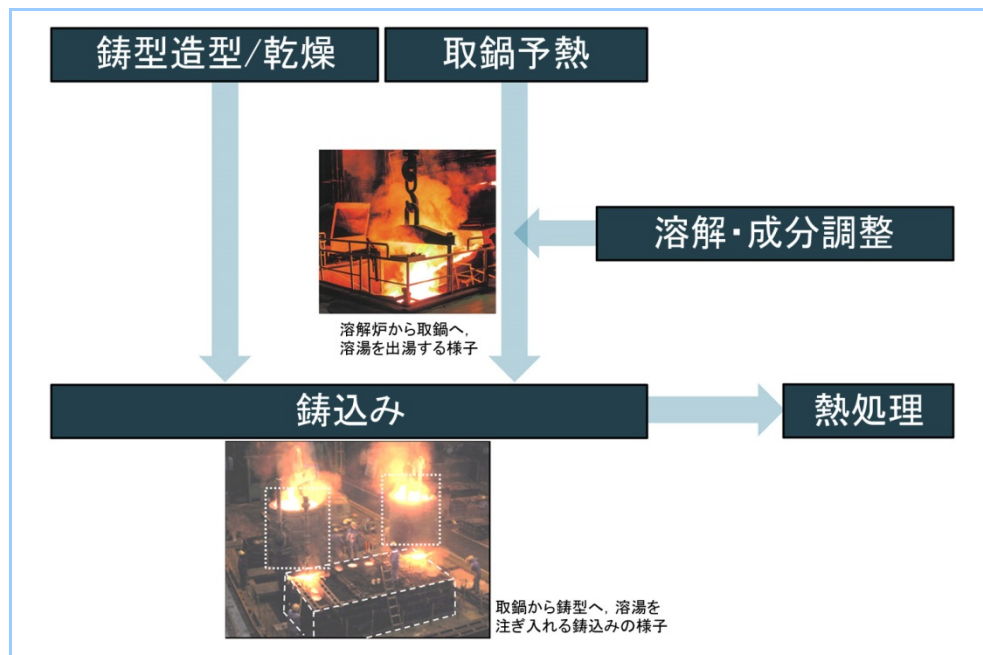


図5 鋳造プロセス例

取鍋はその用途から、1500℃以上の高温の溶湯を溶解炉から取鍋に注ぎ入れる際、熱衝撃による割れ等による損傷を回避し、工程間の所要の段取り時間中の放熱で発生する温度低下による溶湯の固化を防ぐ等の目的のため、溶湯を注ぎ入れる前に、ガスバーナーで高温に予熱する。予熱にかかる時間は、これまでの実績に基づき経験的に決められており、多くのエネルギーを消費していた。

当該工程のCO₂排出量原単位最小化のポイントは、放熱によるロスを削減するため、段取り時間を短縮すること、及び取鍋予熱時間に応じた放熱による溶湯温度低下の予測である。

段取り時間短縮の検討に対しては、作業項目とその目的を徹底的に見直し、不要な作業、重複作業を削減し、また作業者が作業しやすい方策(作業位置の変更など)取り入れることで段取り時間の短縮を図った。一方、溶湯温度低下予測については、多岐にわたる製品で培った熱伝導等の解析技術を駆使し、段取り作業で行う所定の温度計測データなど最小限のデータにより解析結果の検証を行うことで予測精度向上を図った。次工程で要求される溶湯温度をクライテリアとして、段取り時間、熱伝導解析等による溶湯温度予測結果から、取鍋予熱時間を推定するイメージを図6に示す。本評価により取鍋予熱時間の適正化(短時間化)を図り、実プロセスで検証を行った結果、取鍋が損傷することなく運用できることを確認し、予熱に要するガス消費量を約50%の大幅な低減に成功した。

各プロセスにおいて、温度などの操業条件は、前後の工程のプロセス条件と有機的に関係づけられている。今後、当該センタのCO₂排出量原単位の最小化に向け、製造プロセスや操業条件の再検討を行った上で、プロセス毎の個別最適ではなく、鋳造プロセス全体最適を図っていく。その上で、エネルギー供給のカーボンニュートラルが達成可能なシステムの構築を図っていく所存である。

その手段としては、まだ開発途上であり、コストや供給に不確実性はあるが、従来の都市ガスなどの化石燃料に代えて、太陽熱の利用、再生可能エネルギー由来の電気ヒータによる加熱、水素やアンモニア燃料、バイオマスの利用、工場排熱ゼロを目指した高温ヒートポンプや熱カスケード利用・蓄熱など複数の手段とそれらの組み合わせが考えられる。また、その不確実性を織り込んだEMS(Energy Management System)工場最適化ツールを構築し、機器の作動状態をリアル

タイムで観測し運用することで CO₂ 排出量原単位を削減するとともに、工場の生産計画と実績を比較して分析することで工程の無駄を削減し、設備稼働率の向上、コストダウン、作業のリードタイム短縮との両立を図っていく。

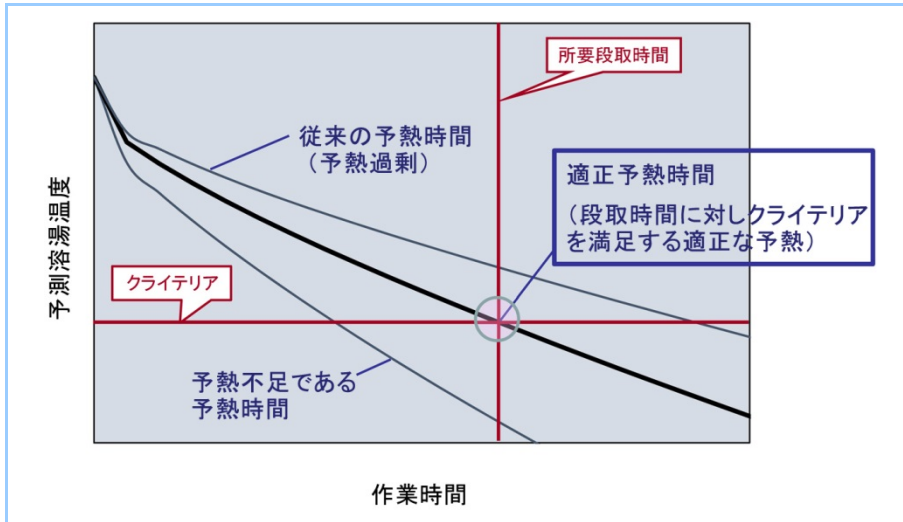


図6 熱伝導解析による溶湯温度予測と取鍋予熱時間評価のイメージ

4. 今後の展開・まとめ

工場におけるカーボンニュートラルの達成には、まず工場の CO₂ 排出量原単位の最小化を図った上で、エネルギー供給システムのエナジートランジションを図っていくことが肝要であると考えられる。本報では、CO₂ 排出量原単位の最小化を図る取組みに焦点をあて、鑄造プロセスにおける取鍋予熱工程で CO₂ 排出量原単位を約 50%の大幅な低減を実現し、実プロセスに適用した事例を紹介した。科学的アプローチにより真に必要なエネルギー量を導出し、それが実現可能な具体的手段を検討する手法が有効であることを示した。

本取組み事例は、エネルギー削減の視点から取組みを開始したが、段取り時間の短縮のために行ったプロセス見直しの寄与は大きく、図7に示したとおり、エネルギー削減とプロセスの無駄の排除、工程の整流化、それらによって得られる効果としてのコストダウン並びに作業のリードタイム短縮は親和性が高い。これらは、CO₂ 排出量原単位の低減において、重要な検討の視点となる。

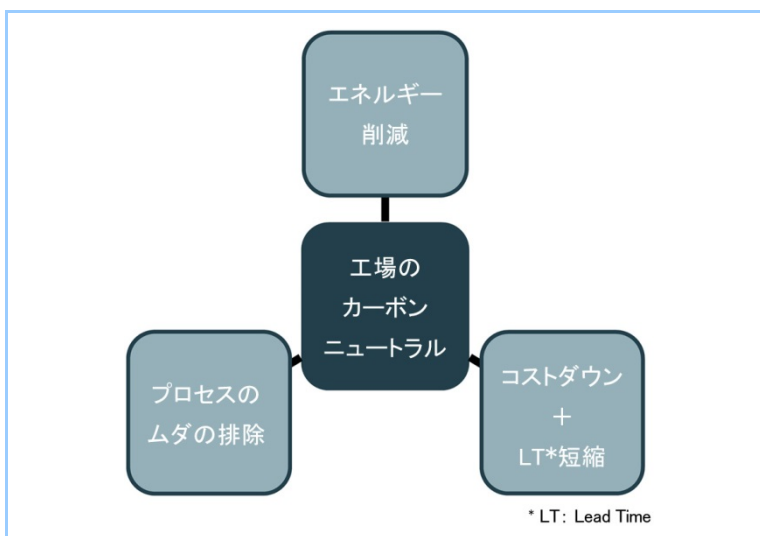


図7 エネルギー、工程の整流化、コストダウン、リードタイムの親和性

当社グループは、多種多様な工場とエネルギー消費設備を保有する。今後、他工場への展開効果を見定めた上で、モデル工場を選定し、当該取組み成果の最大化を図りつつ、CO₂ 排出量原単位の最小化に向けた製造プロセス全体最適を行い、その上でエネルギー供給のカーボンニュートラルが達成可能なシステムの構築を行っていく所存である。

この取組みを通じて、当社グループ工場のカーボンニュートラルを達成させ、国際社会からの要請に応えるとともに、取組み成果をショーケースとして“エンジニアリングから機器設置、O&M までトータルで”当社製品やサービスをお客様に提供し、世界のカーボンニュートラルの達成とサステナブルな社会の実現に貢献していきたいと考えている。