

# 熱供給セクターの脱炭素化に貢献する大容量・高温ヒートポンプ

## Large-scale Heat Pumps up to 200°C to Play a Crucial Role in the Path for Decarbonization of Heating Sector



Turboden S.p.A  
Sales and Business Development  
+39-030-3552-001  
[www.turboden.com/solutions/2602/  
large-heat-pump](http://www.turboden.com/solutions/2602/large-heat-pump)

大型ヒートポンプ(LHP:Large Heat Pumps)は、天然の熱や産業排熱などの低温の熱源から、地域熱供給網や産業プロセスなどの熱利用者に大量の熱を供給することができる商用規模の熱供給設備である。

ヒートポンプ技術は、脱炭素社会の実現に貢献し、利用者に安価な熱供給を実現することでエネルギーコストを削減する。

ターボデン社(Turboden S.p.A, 以下ターボデン)は、電気駆動ターボ圧縮機技術に基づく革新的な最高 200°Cまでの高温出力が可能な大型ヒートポンプを提供することにより、熱供給の脱炭素化を目指す、全ての熱需要者に貢献することを目標としている。

もっとも一般的に受け入れられている 2050 年ネットゼロという目標、及び脱炭素化分野における現在の技術開発を考慮すると、長期目標を達成するための将来の技術(グリーン水素, CCUS など)を開発する一方で、その間の成果を得るために短・中期的に迅速に実現可能な CO<sub>2</sub>削減ソリューションが必要である。熱需要の脱炭素化を実現するヒートポンプは、その即戦力となる技術である。

三菱重工業株式会社(以下、三菱重工)のグループ会社であるターボデンは、分散型発電に最適な有機ランキンサイクル(ORC:Organic Rankine Cycle)システムの設計、製造、保守において、40 年以上にわたり世界をリードしてきたイタリアの企業である。

創業以来、ターボデンは常にエネルギー効率分野のパイオニア企業として活動してきた。

ターボデンは、蓄積されたノウハウと三菱重工との強力なシナジーにより、従来の温度域から最高 200°Cの高温域まで対応可能な3~30MW の幅広い範囲の高性能大型ヒートポンプをラインアップに加えた。

### 1. ターボデンの概要

三菱重工のグループ会社であるターボデンは、分散型発電に最適な ORC システムの設計、製造、保守において世界をリードするイタリア企業である。ORC システムは、再生可能エネルギー(バイオマス, 地熱, 太陽エネルギー)、従来の燃料、産業プロセス・ごみ焼却炉・エンジン・ガスタービンからの排熱など、多様な熱源を利用して電力と熱を供給することができる。

ターボデンは、ミラノ工科大学熱力学部門の教授であり、現在はターボデン名誉会長のマリオ・ガイアによって、1980 年にミラノで設立された。

2013 年、ターボデンは三菱重工グループの一員となり、グループの強力な支援の下、ORC の容量拡大及び大型ヒートポンプとガスエキスパンダーの2つの製品をポートフォリオに投入することにより、革新的ソリューションの開発と新市場の開拓を行っている。

現在、ターボデンは世界 50 か国で 400 を超える設備の納入実績があり、累積運転時間は 1900 万時間以上である。

## 2. 大型ヒートポンプに適用されるターボデンの専門技術

ターボデンは 40 年以上にわたり、エネルギー効率向上ソリューションとして回転機器の専門技術を有しており、以下を含むさまざまな技術分野で包括的なノウハウを獲得してきた。

- ・熱伝達：熱水、蒸気、熱媒油、地熱資源、化学混合物など、多様な熱源を扱うカスタムメイドな機器の設計に関する専門技術。ターボデンが建設した約 400 の ORC プラントの大半は、ヒートポンプと同様に ORC コンデンサーの排熱を熱供給に利用するコージェネレーション(CHP: Combined Heat and Power)である。
- ・高温：40 年以上の実績のある、最高 400℃までの運転温度での経験。
- ・革新的設計：多様な最適化の可能性を備えたカスタムメイド設計。既存のプロセス、施設、サイトへの改造工事にも適用可能な設計。
- ・ターボ機械：60 種類以上のタービンフレームを独自に設計。ターボデンのタービンとも技術的特徴やソリューションが共通する圧縮機。ターボデンは三菱重工グループの強力な支援を受け、タービンや圧縮機を用いた新たなソリューションを開発。
- ・作動流体：冷媒、炭化水素、シロキサンなど、10 種類以上の作動流体の経験。個々の運転条件に応じて最適な作動流体を選択可能。最適な作動流体をケースバイケースで選択し、回転機器を設計、適用する能力。低 GWP (Global Warming Potential), 低 ODP (Ozone Depletion Potential), 無害な流体の使用。

## 3. ターボデン大型ヒートポンプの主な特徴

ターボデンは創業以来、常にエネルギー効率分野のパイオニア企業として活動してきた。

歴史的には、ヒートポンプ技術は同じ原理に基づく冷凍機(チラー)から派生した技術として知られている。市場には多くのサプライヤが存在し、ソリューションを提供しているが、それらは一般的に最高供給温度が 90~95℃に制限される標準パッケージであるため、限定的な市場にしか対応することができない。

包括的なノウハウと、個々のプロジェクトの特徴に応じて三菱重工コンプレッサ株式会社の圧縮機を使用することも可能な三菱重工グループとの強力なシナジー効果により、ターボデンは、従来の温度域から 200℃までの高温域まで対応可能で、1 台あたり3~30MWth 強の熱供給能力を持つ新しい高性能大型ヒートポンプをラインナップに加えた。

これは市場にとってゲームチェンジャーであり、熱需要者は電化を通じた効率的な脱炭素化の可能性が検討可能となる。

ターボデンは、熱源の特性やヒートシンクに必要な熱出力など、プロジェクトの個々の要件に応じたヒートポンプシステムを設計し、カスタムメイドのソリューションを提供することができる。

ターボデン大型ヒートポンプの主な特徴を以下に示す。

- 高効率：電気駆動ターボ圧縮機技術に基づき、高効率かつ高温度リフトを可能とする。
- 大型：1 台で3~30MWth 強の熱出力が可能。直列や並列のプラント構成にも対応。
- 高温度リフト：構成機器のカスタムメイド設計により、100℃以上の温度上昇にも対応可能。
- 高温：利用可能な熱源にも依存するが、最高 200℃までの高温出力が可能。さらに、熱水、熱媒油や、最高 14barg の蒸気に至るまで、さまざまな熱媒体を利用可能。
- 環境に優しい：低 GWP 及び低 ODP の 10 種類以上の作動流体による熱力学的サイクル設計の実績が生かされている(図 1)。

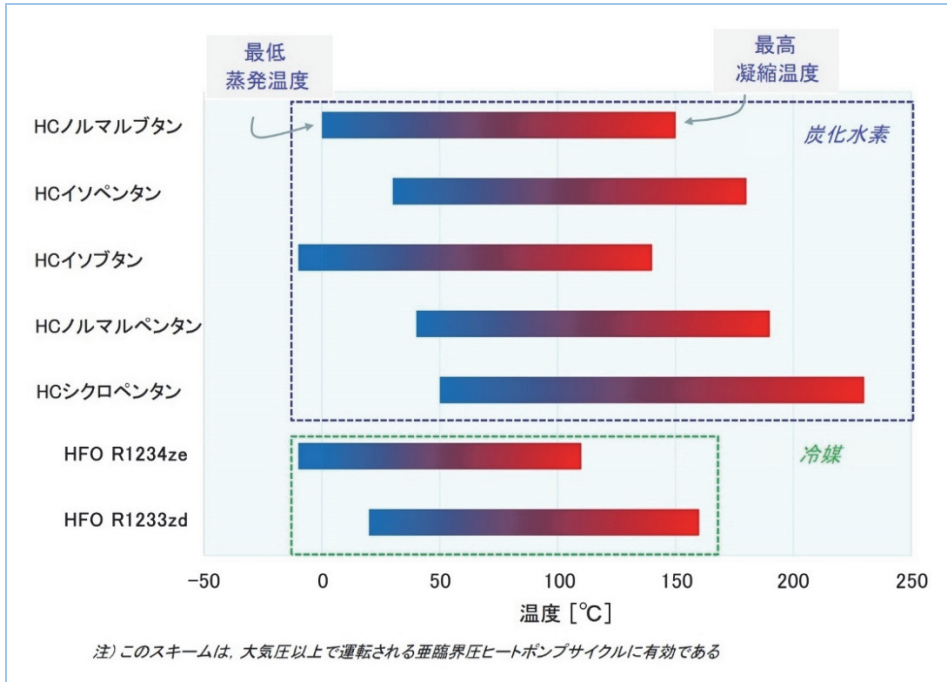


図1 ヒートポンプ用途に最適な有機流体(作動範囲)

#### 4. 参考事例: ORI Martin 製鋼所

ORI Martin 社(O.R.I. Martin S.p.A, 以下 ORI Martin)は、電気アーク炉をベースとした近代的な製鋼会社で、主に自動車分野、機械、エネルギー、建設など様々な用途の特殊鋼を生産している。ORI Martin は、他の製鋼プロセスと同様、熱回収及びエネルギー効率化を検討できるエネルギー集約型プロセスを採用している。

ターボデンは、電気エネルギーで製鋼プラントの低温排熱を約 70℃から 120℃まで昇温し地域熱供給網に送る、革新的な大型ヒートポンプシステムを設計及び導入した。ターボデン大型ヒートポンプの熱出力は6MWth で、様々なプロセス条件に合わせて運転が可能で、ORI Martin 製鋼所からのエネルギー回収を最大化することができる。

また、地域熱供給網における個々のニーズに応じ、最高 120℃まで熱の供給温度を調整することができる。これは、従来のヒートポンプ技術で達成可能な最高温度と比べると重要な革新的技術である。

実際に、この大型ヒートポンプの導入により、製鋼プロセスの冷却時の排熱を無駄に冷却塔で放散させることなく、昇温し再利用することが可能である(図2, 3)。

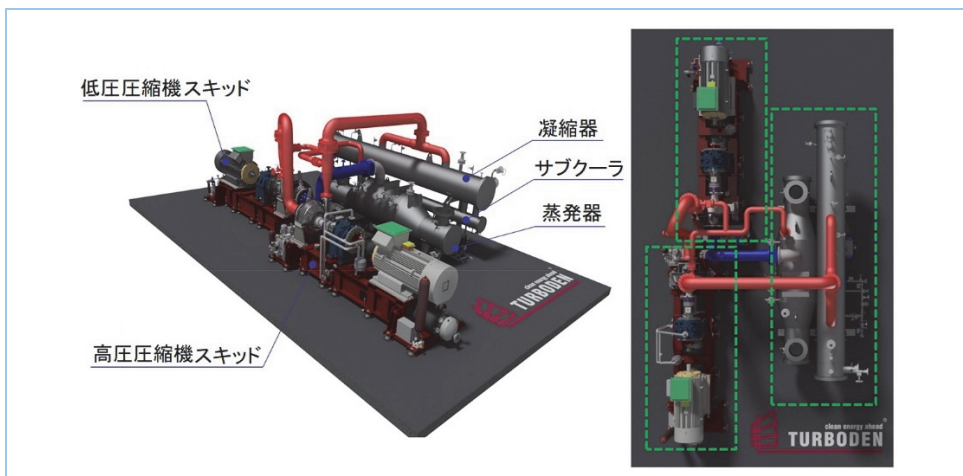


図2 ORI Martin 製鋼所向けターボデン大型ヒートポンプ配置

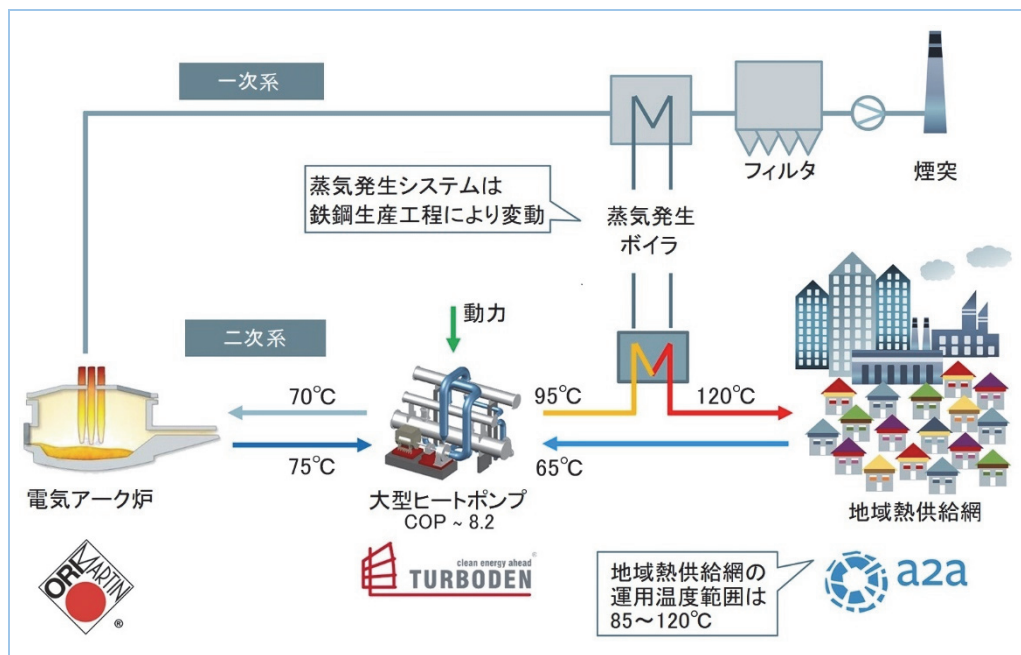


図3 ORI Martin 製鋼所向けターボデン大型ヒートポンプ概略図

この製鋼所では、すでに電気アーク炉 (EAF: Electric Arc Furnace) の排ガス流内の熱を利用して地域熱供給網用の温水を供給する熱回収システムを導入している。

プロセスの最適化として、通常運転時には、ヒートポンプで 95°C の温水を生成し、既存の熱回収システムとの熱交換により 120°C まで昇温させる。これによりヒートポンプでの温度リフトを最小化することができ、結果として成績係数 (COP: Coefficient Of Performance) を最適化して電力消費を最小限にすることが可能になる。

EAF での鉄鋼生産はバッチプロセスであるため、EAF の高温排気は一定ではなく、熱回収ができない時間帯 (出炉時) がある。

出炉運転中は、溶鋼は連続鑄造に送られるため、炉の冷却系は運転中であるが EAF からの高温の排気ガスは排出されず、既設の熱回収システムは機能しない。この間、ヒートポンプは炉から 75°C の冷却水を受け取り (冷却系は次の溶解バッチに備えて EAF 装置の温度を一定に保つため運転されている)、出口温度を通常運転時の 95°C から 120°C に上昇させ、一次系に代わって地域熱供給網へ直接供給を行う。EAF がプロセスを再開すると、高温の排気ガスは一次系に戻り、ヒートポンプは通常運転時の 95°C の温水供給に戻る。

このハイブリッド機能は、ヒートポンプ設備のカスタム設計と可変周波数ドライバを備えた 2 段圧縮機による高い柔軟性によって実現した。本機能により、熱源の条件が変化しても熱出力を最大化できる。

さらに、このシステムは全自動で運転され、運転中は人による操作を必要としない。ヒートポンプは部分負荷でも運転が可能で、プロセスや必要電力は、運転時の熱出力に基づき自動で調整される。

## 5. 今後の展開

地球を持続可能なものにするためには、温室効果ガスの排出をゼロにする必要がある。

熱供給分野において、一般的に熱の大需要家は、必要な熱源を化石燃料に依存しており、主要な二酸化炭素排出源の一つとなっている。

Heat Roadmap Europe (<https://heatroadmap.eu/project-reports/>) によると、ヨーロッパにおいて、家庭用と産業用の熱を含む熱供給分野の最終エネルギー需要 2740TWh の約 80% は未だに化石燃料の燃焼に依存しており、再生可能エネルギーによる熱供給はわずか 20% にとどまる。

この化石燃料をベースとした熱の約半分(1100TWh)は、従来のヒートポンプ供給温度から200℃までの高温供給まで対応できるターボデンの技術によって、脱炭素化することが可能である。

実際に、ヒートポンプによる熱の効率的な電化は、熱供給分野における温室効果ガスの排出削減を目指す上で、もっとも有望な解決策の一つとして広く受け入れられている。

ターボデン大型ヒートポンプは、競争力のある革新的な特徴により、脱炭素化が進む電力網において、熱供給分野の電化戦略の最前線に位置づけられると考えられている。ターボデンは、地域熱供給やエネルギー多消費型産業へ製品を供給し、この分野において積極的な役割を担っていく。