

環境・CO₂削減ソリューション

—製造業向けユーティリティソリューション—

Energy Saving and CO₂ Reduction Solution toward Manufacturing Plants

河野 秀世

Kawano Hideyo

森知 隆

Morichi Ryu

原 哲也

Hara Tetsuya

加藤 泉

Kato Izumi

鈴木 勝幸

Suzuki Katsuyuki

神永 正教

Kaminaga Masanori

近年、地球温暖化対策としてCO₂を主体とした温室効果ガス削減の要求が非常に高まっており、各企業は温室効果ガス削減に向けた取り組みを推進している。

一方、国内の製造業を取り巻く環境の変化を見ると、グローバル化による生産拠点の海外シフトが加速し、国内製造は高付加価値製品へとプラントの統廃合が進んでいる。また、原油価格の高騰を受け、一次エネルギーが石油から電気へ転換しつつある。

日立グループは、このような市場環境に対応したさまざまな環境・CO₂削減ソリューションの提案をグローバルに行っている。

1. はじめに

地球温暖化対策の重要性が叫ばれ、日本として1990年比6%の温室効果ガス削減をうたった京都議定書の第一約束期間（2008～2012年）も、半ばにかかろうとしている。このような中、2009年9月22日の国連気候変動首脳会合において「CO₂などの温室効果ガスを2020年までに1990年比25%削減をめざす」と日本政府が表明したことを受け、国内各製造業では、革新的な取り組みが必要不可欠となっている。

日立グループは、こうした産業分野に対して、次の三つの軸を基準とした事業展開を行っている（図1参照）。

(1) 事業軸

(a) トータルソリューション

日立グループの総力を結集したソリューション提案

(b) サービス

保守、運営、ファイナンスも含めた総合提案

(c) グローバル化

新興国へのインフラストラクチャーの提案

(2) 研究軸

(a) 制御を中心とし各役設備の機能を有効的に統合

(b) 革新的な製品開発

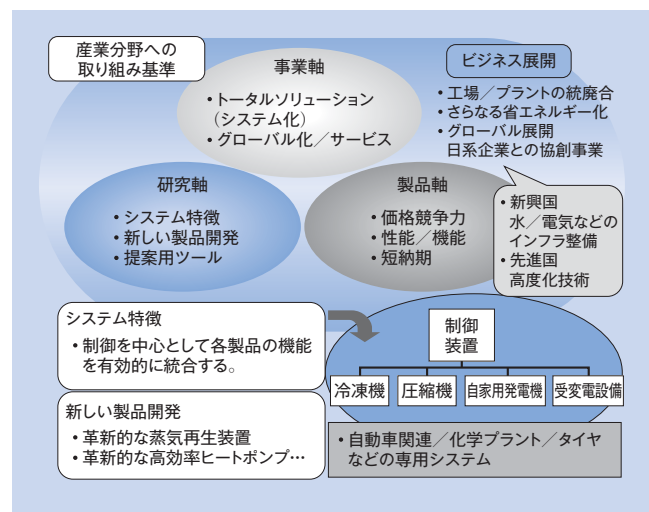


図1 産業分野の取り組みへの基準

日立グループは、産業分野の製造業におけるCO₂など温室効果ガス削減対策として、事業軸・研究軸・製品軸を基準にして事業展開を推進している。

(c) 提案用ツールの開発

(3) 製品軸

(a) 価格競争力の強化

(b) 高性能・高機能製品の市場投入

(c) 短納期

上述した考え方に基づき、産業の中核を成す組立工場に代表される裾野の広い自動車産業や、排出量の多い石油化学産業など、製造業のCO₂削減への取り組みを進めている。

ここでは、日立グループの製造業向け環境・CO₂削減ソリューションの取り組みの中から、自動車産業および石油・化学産業の電動化推進における提案事例について述べる。

2. 自動車産業向け環境・CO₂削減ソリューション

トヨタ車体株式会社いなべ工場の冷熱源設備は、監視制御装置を含め大半が日立グループ製品である。今回、同社の生産量が10%増加することに伴って、冷暖房負荷およ

びプロセス蒸気負荷がそれぞれ11%増加するため、既設冷熱源システムの見直し依頼を受けた。

冷熱源設備の見直し検討における、省エネルギーソリューション提案の概要について以下に述べる。

2.1 トヨタ車体株式会社いなべ工場の課題

同工場の増産に伴うシステム最適化を図るにあたり、以下の五つの課題があった。

(1) エネルギーの平準化

- (a) 都市ガス使用量を増加させないこと
- (b) 電力デマンドを上げないこと

(2) エネルギー効率の向上

- (a) 圧縮機の排熱回収の向上
- (b) ボイラの高効率運転
- (c) 蓄熱槽の有効活用

(3) 省エネルギー運転の実現

- (a) 最適な機器選定と自動運転制御

(4) 投資負担の低減

(5) 2,000 t-CO₂/年以上の削減（熱源機器での削減量）

2.2 システムの最適化提案

まず、現状の各エネルギー使用量および運用状況を把握するために、(1) 電力、蒸気、冷水、温水などの使用量、(2) 冷温水機、圧縮機、自家用発電機、ボイラなどの運用状況、(3) 冷温水機、圧縮機、自家用発電機、ボイラなどの系統・仕様について調査を行った（図2参照）。

調査に基づく現状の設備仕様と、生産量の増加に伴い11%増加する冷暖房負荷およびプロセス蒸気を条件にシミュレーションを行ったうえで、課題解決に向け、以下の

提案を行った。

(1) 高効率ターボヒートポンプの導入（システムの高効率化）

システム高効率化の方法として、既設の蒸気吸収式冷温水機とのカスケード運転がある。これにより、ターボヒートポンプの出口温度を上げて冷水をつくることができ、ターボヒートポンプの効率を上げられる。また、暖房時はヒートポンプ運転によって温水をつくることができる。

(2) 小型貫流ボイラを導入（ボイラの高効率運転化）

既設炉筒煙管ボイラについて、効率がよくない低負荷領域での運転を減らす。

(3) 需要予測・運転計画のためのECS（Energy Control System）導入

システム全体の省エネルギー運転を実現するため、用役設備の総合制御によるCO₂ミニマム運転を導入する。

(4) CO₂削減量

上記(1)と(2)によって約1,500 t-CO₂/年の削減、(3)によって約700 t-CO₂/年の削減を図ることができ、合計で約2,200 t-CO₂/年の削減を実現できる。

次に、省エネルギー提案の具体的な内容について述べる。

2.3 省エネルギー提案内容

2.3.1 高効率ターボ冷温水機の導入

(1) ターボヒートポンプの能力選定

現状の冷熱設備の系統・運用状況および機器仕様において、生産量10%増加に伴って必要となるエネルギー量を把握した。冷温水機システムの最適化を図るためのシミュレーションを行った結果、既設の7,030 kW蒸気吸収式冷温水機（1台）を6,330 kWに改造することとした。

また、既設の1,760 kW蒸気吸収式ヒートポンプ（1台）

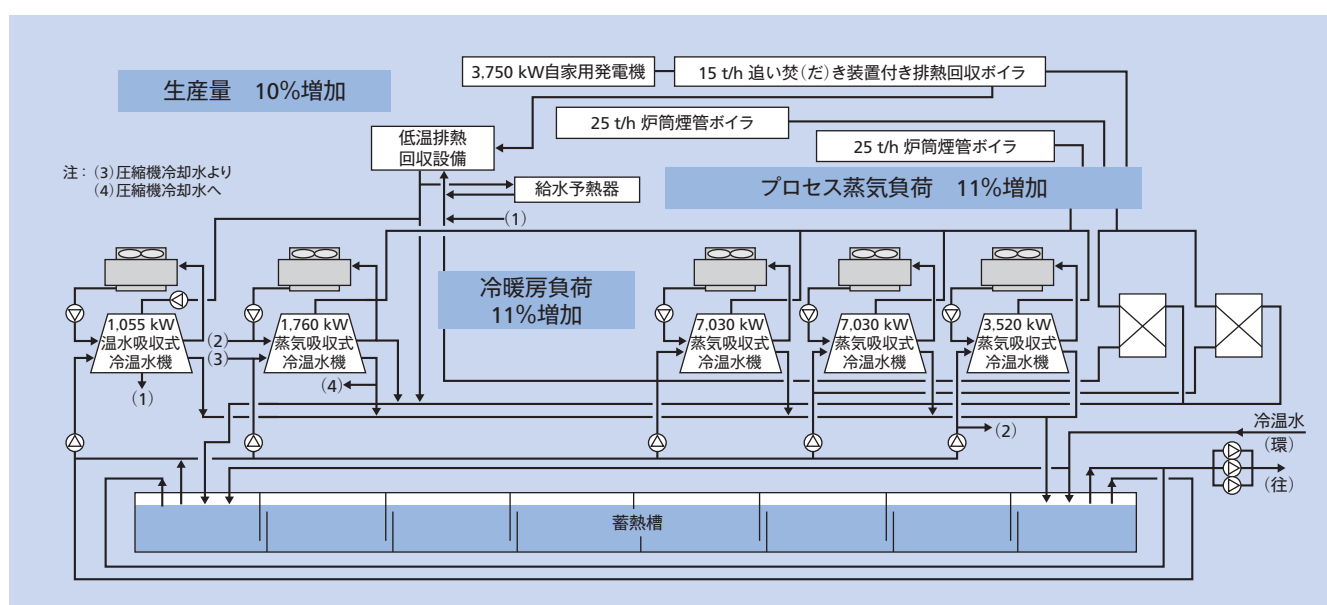


図2 | 現状の冷熱源フローと冷熱源およびプロセス蒸気負荷増加分の概要

現状の冷熱源フローを調査した結果、10%増産することに伴って冷暖房負荷およびプロセス蒸気負荷が11%増加とを確認した。

は暖房時運転停止とし、4,220 kWターボヒートポンプ（1台）を新設することにした。

(2) 冷房運転

冷房時は、新設の4,220 kWターボヒートポンプと、既設を改造した6,330 kW蒸気吸収式冷温水機をカスケード運転することにより、ターボヒートポンプ出口温度を8℃から15.2℃まで上げ、高効率化を図った。できた冷水は、蓄熱槽を経由して負荷へ供給する。

この場合、4,220 kWターボヒートポンプは、ターボ冷凍機の単独運転と比べてCOP（Coefficient of Performance）が約30%向上し、システムの高効率運転が図れた（図3参照）。

(3) 暖房運転

暖房時には、圧縮機の冷却水排熱（40℃温水）を、新設の4,220 kWターボヒートポンプで回収して47.1℃まで温水温度を上げ、さらに排熱回収ボイラの排熱を低温排熱回収設備で回収、温水温度を50℃（Δt 10℃）まで高めて高効率化を図った。汲（く）み上げた50℃の温水は蓄熱層を経由して負荷側へ供給する。

この場合、4,220 kWターボヒートポンプの排熱回収量

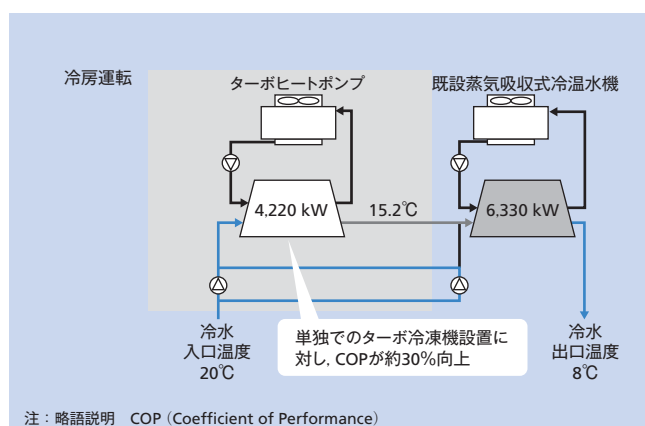


図3 | カスケード運転フロー

新設ターボヒートポンプと既設蒸気吸収式冷温水機とのカスケード運転による冷水製造の高効率化を図ったフローである。

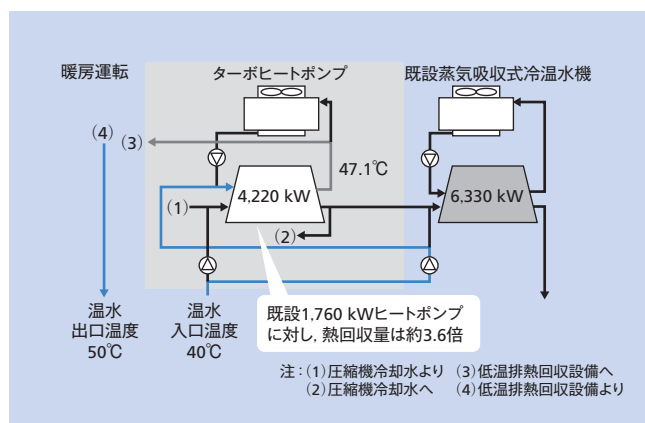


図4 | ヒートポンプ運転フロー

新設ターボヒートポンプが、圧縮機の冷却水から熱を汲（く）み上げるヒートポンプ運転によって温水を高効率に製造するフローである。

は、既設の1,760 kW蒸気吸収式ヒートポンプと比べて約3.6倍となった（図4参照）。

2.3.2 小型貫流ボイラ導入によるボイラ効率改善

冷熱源およびプロセス用として25 t/hの蒸気が必要となる。現状は自家用発電機の排熱で蒸気15 t/hを回収しており、25 t/h炉筒煙管ボイラとの組み合わせ運転により、負荷へ蒸気を供給している。しかし、25 t/h炉筒煙管ボイラは4 t/h未満の低負荷領域でオン／オフ制御となり、ボイラ効率が著しく低下する。

この低負荷時の効率向上のため、2.5 t/h小型貫流ボイラ2台でシステム検討を行った。その結果、25 t/h炉筒煙管ボイラとの負荷分担のつながりが悪く、炉筒煙管ボイラの待機時間が長くなることがわかった。この問題を解決するため、2.5 t/h小型貫流ボイラを3台とし、台数制御を行うことでさらなる高効率化を図った。

2.3.3 ECSの概要

これまでも既設冷熱源設備として、自家用発電機、圧縮機の冷却水を熱源とした吸収式ヒートポンプ、自家用発電機の低温排熱回収設備と温水吸収式冷温水機などを導入することにより、省エネルギー化してきた。

増産に伴うエネルギー消費量の増加は避けられないことであるが、ターボヒートポンプ、小型貫流ボイラの導入および既設冷熱源システムの改造によって、エネルギー消費量の抑制を行う必要が出てきた。しかし、システムが複雑になり、既設の監視制御装置では「冷熱源設備の最適省エネルギー運転」が難しいことから、ECSを導入することとした（図5参照）。

導入したECSは、既設の監視制御装置が蓄積した過去

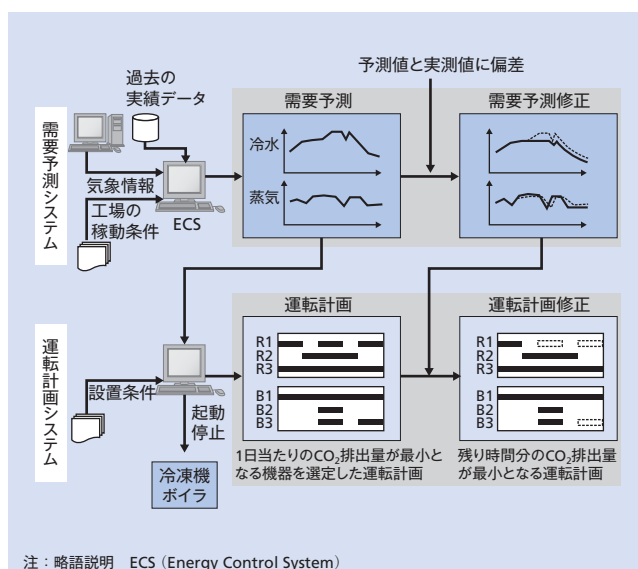


図5 | ECS（需要予測・運転計画）の概要

需要予測システムで生産量に合った冷暖房負荷・プロセス蒸気負荷を予測し、運転計画システムによって冷熱源設備を運転する。一定時間経過後、予測と実績値に偏差が生じた場合は補正を行う。

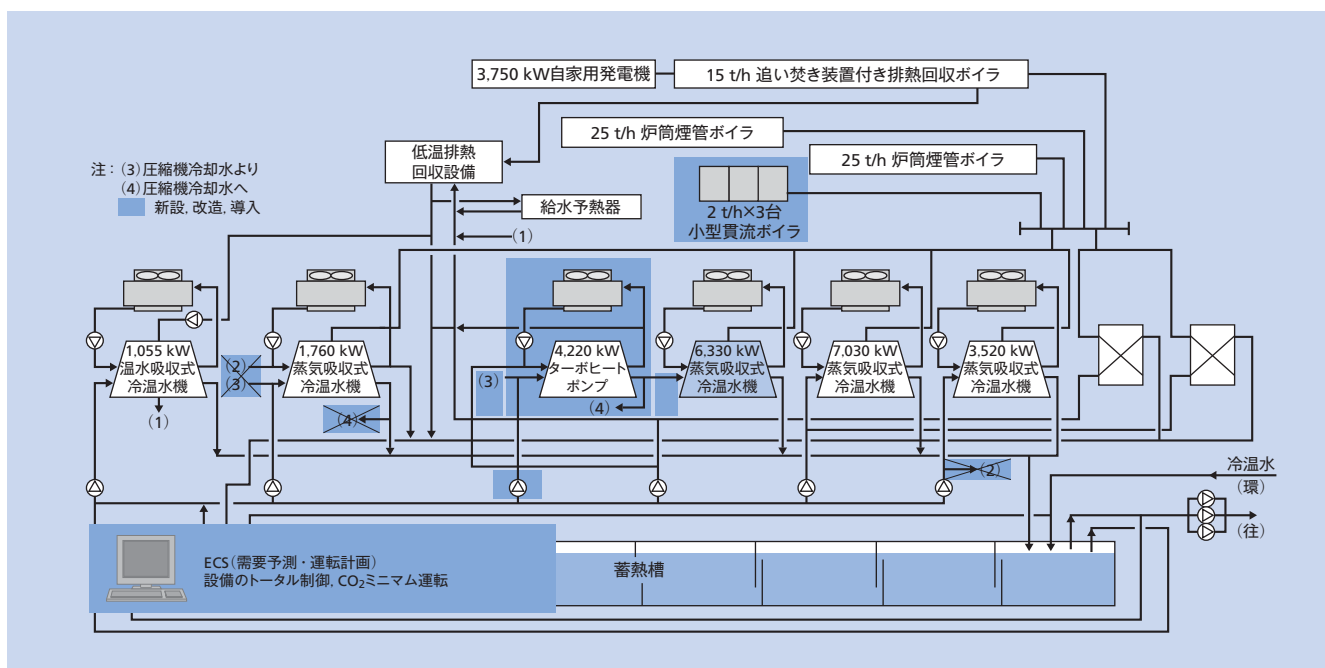


図6 | 省エネルギー設備導入後の冷熱源設備の概略フロー

既設設備にターボヒートポンプ新設、既設蒸気吸収式冷温水機を改造、およびECS導入した系統フローである。

のエネルギー需要実績と気温、湿度などにより、当日の生産量に合わせたプロセス蒸気と冷暖房負荷を予測する。この予測負荷を基にCO₂排出量が最小となる冷熱源機器を選択して、最適な省エネルギー運転計画を行う。

運転開始後、ある一定時間経過するごとに予測と実測値を照合し、偏差が生じている場合は、CO₂排出量が最小になる機器を再選択して、最適な省エネルギー運転を継続できるシステムとなっている。

以上の機器新設、既設改造、ECS導入を行い実機での運転検証を行った結果、修正前のモデルベース推論の出力値と実績値の差である需要予測誤差率は、冷房時9.0%、暖房時10.6%となり、実用上十分な精度が得られた（図6参照）。

また、課題であったエネルギーの平準化、エネルギー効率の向上、省エネルギー運転を実現し、熱源機器でのCO₂削減量は2,095 t-CO₂/年の効果を得ることができ、トヨタ車体いなか工場の課題解決にあたっての目標を、十分に達成することができた（図7参照）。

3. 石油・化学産業向け環境・CO₂削減ソリューション

CO₂の産業部門別排出量において、製造業に占める石油製品・化学部門の割合は2007年時点で14%に達している（図8参照）。

従来、この産業部門では、大規模ボイラと蒸気タービンのシステムを中心にユーティリティ供給を実施していた。しかし、生産品目の見直しやプラント統合化などの影響により、電力・熱（蒸気）のバランスが変化したことに加え、

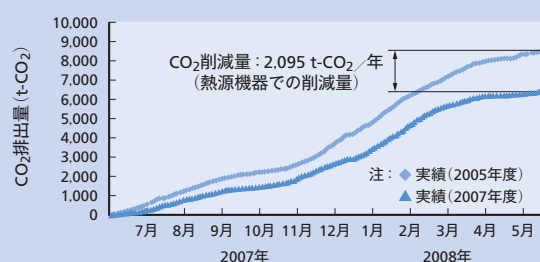


図7 | ECS導入前と導入後のCO₂排出量比較

ECS導入前の2005年度のCO₂排出量の実績と、導入後の2007年度のCO₂排出量の実績比較を行い、課題であった熱源機器でのCO₂削減量は、2,000 t-CO₂/年以上の効果を得られたことを確認した。

近年の燃料価格高騰によってユーティリティ供給の見直しニーズが出ている。

3.1 電動化への取り組み

日立グループは、石油製品・化学産業において、蒸気タービン駆動のポンプやコンプレッサを使用していることに注目した。

既設コンプレッサの高効率化、蒸気タービンの更新、電力・熱のバランス変化などを機会として、蒸気タービン駆動の電動化を提案している。

これまでの導入事例から、容量2,000 kWクラスの蒸気タービン駆動のコンプレッサを電動化した場合、蒸気タービンに必要な蒸気を発生させていたボイラ燃料が削減でき

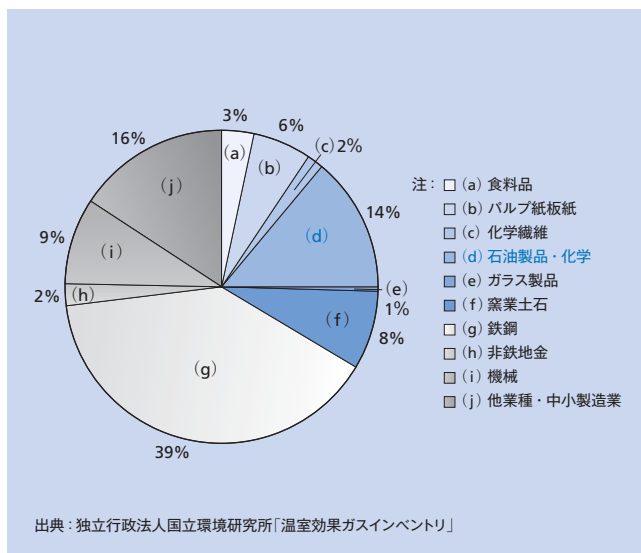


図8 | 2007年製造業の部門別CO₂排出量内訳
2007年における日本国内の間接排出量（エネルギーの使用に応じた電気、熱配分後）のうち、製造業の部門別内訳を示す。

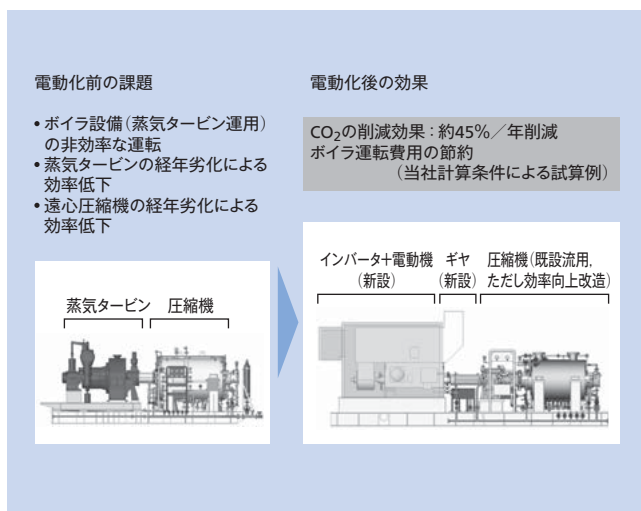


図9 | 蒸気タービン駆動圧縮機の電動化
2,000 kW級蒸気タービン駆動コンプレッサを電動化したとき、CO₂削減効果は約45%/年が期待できる。

た分と、電動化に伴って増加した電力会社買電の差を、それぞれCO₂換算して求めたところ、約45%/年のCO₂削減効果が期待できた（図9参照）。

3.2 電動化導入の検討項目

(1) 環境性

蒸気タービン駆動に使用する蒸気を減らすことによるボイラ燃料の削減分と、電動化によって増える電力量を比較し、省エネルギーとCO₂削減の効果を検討する。蒸気タービン必要蒸気の全量を削減して、ボイラ最小負荷を下回らないこと、およびプロセスに影響を与えないことの確認が必要となる。

(2) 経済性

燃料代と電気代を基に評価し、ボイラの最低負荷対応で必要となるボイラ改造、また、電動化の電気供給のために

変電所増強などが必要な場合など、関連する設備投資についても考慮する。電動化にあわせて、コンプレッサなどの機器を単独で高効率化できるかどうかを検討し、その効果も盛り込む。

(3) 実現性

蒸気タービンに対して電動化は、より設置スペースが必要となる傾向があるため、現地の工事検討も欠かせない。また、コンプレッサにおいては脈動トルク（トルクリップル）対策の検討も必要となる。脈動トルクとは、電動機電流に高調波電流が含まれることによる駆動軸および負荷に加わるねじり振動トルクをさし、軸の破損などを引き起こす要因となる。

日立グループは、これら導入にあたって必要となる検討項目のすべてについて支援することができる。

3.3 新たな熱電システムへの変更提案

ボイラの低負荷改造が必要な場合、ボイラ系統のファン、ポンプのインバータ化をあわせて行うことにより、ボイラ補機動力の低減が図れる。300 t/hクラスのボイラにおいて運転負荷率が60%の場合、IDF（Induced Draft：誘引ファン）をインバータ化したときの効果として、約60%のCO₂削減が期待できる。

また、蒸気タービン駆動を電動化したことによって増える電力消費量を、事業所として少しでも抑制するため、既設モータのインバータ化を検討し、消費電力の低減を図る。

ボイラ燃料の減少によって副生燃料が余剰となる場合には、燃料を発電に利用する比率を上げるために蒸気タービンの改造や、ガスタービンの導入によって熱電比率を見直すなどの検討を進め、新たな熱電バランスに見合ったシステムへの変更を提案する。

4. 製造業向け環境・CO₂削減ソリューション

製造業ユーザーに向けた環境・CO₂削減ソリューションは、顧客のコンセプトづくりから参画し、プレエンジニアリングからモノづくりまで、日立グループの総力を挙げたトータルソリューションで長期にわたり価値あるシステムを提供する（図10参照）。

運転データの確認など、計画の初期段階から参画することで、最適なシステムの検討を支援している。さらに、ファイナンスも含めての検討にはESCO（Energy Service Company）事業を、また、運転・保守を含めた検討にはO&M（Operations and Maintenance）事業を提案するなど、メニューを幅広く提供している。

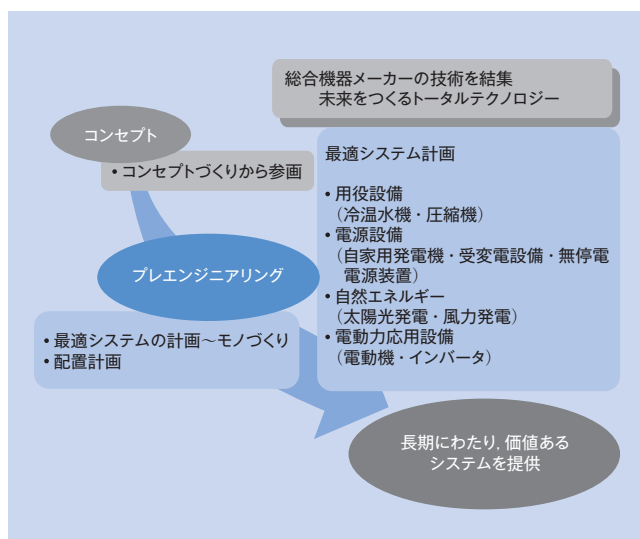


図10 | 日立環境・CO₂削減ソリューションの取り組み
コンセプトづくりから保守までの長期にわたる価値創造を支援する。

5. おわりに

ここでは、日立グループの製造業向け環境・CO₂削減ソリューションの取り組みの中から、自動車産業および石油・化学産業の電動化推進における提案事例について述べた。

今後、地球温暖化問題がますます高まっていく中で、製造業をはじめとする各企業に温室効果ガス総排出量、原単位の制限値が設けられ、省エネルギー化、CO₂排出量の削減が義務づけられる。

このような環境において、産業分野では生産量の変化や燃料代の価格変動など、企業を取り巻く状況の変化を的確に把握したうえで、CO₂削減効果を最大化するソリューションを提案していくことが大切になる。日立グループは、事業・研究・製品の三つの事業軸を基準にした事業展開を行い、環境・CO₂削減ソリューションの提案により社会に貢献していく考えである。

参考文献など

- 1) 産業、省エネルギー制御システム「SAVEMAX」, 日立評論, 90, 1, 39 (2008.1)
- 2) 松本, 外: ドライブソリューションによるプラント設備の省エネルギー技術, 日立評論, 90, 5, 418~421 (2008.5)
- 3) H. Matsumoto, et al.: Inverter Drive Solutions Enhancing Plant Facilities' Energy Efficiency, HITACHI REVIEW, 57, 5, 192~197 (2008.9)
- 4) 独立行政法人国立環境研究所: 温室効果ガスインベントリ, <http://www.gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>

執筆者紹介



河野 秀世

1977年日立製作所入社。社会・産業インフラシステム社 産業システム事業部 産業電機制御システム本部 産業第一エンジニアリング部 所属
現在、環境・CO₂削減ソリューション業務に従事



森知 隆

1992年日立製作所入社。社会・産業インフラシステム社 産業システム事業部 産業電機制御システム本部 産業第一エンジニアリング部 所属
現在、環境・CO₂削減ソリューション業務に従事



原 哲也

1991年日立製作所入社。社会・産業インフラシステム社 営業統括本部 産業ソリューション営業本部 環境エネルギー機器部 所属
現在、製造業向け重電機器の営業業務に従事



加藤 泉

1987年日立製作所入社。社会・産業インフラシステム社 産業システム事業部 産業電機制御システム本部 産業第二エンジニアリング部 所属
現在、環境・CO₂削減ソリューション業務に従事



鈴木 勝幸

1992年日立製作所入社。電力システム社 エネルギー・環境システム研究所 公共・産業プロジェクト 産業システムグループ 所属
現在、省エネルギー連携制御技術の研究開発に従事
電気学会会員、計測自動制御学会会員、化学工学会会員、システム制御情報学会会員



神永 正教

1992年日立製作所入社。情報制御システム社 電機制御システム本部 産業制御システム設計部 所属
現在、産業用ミドルソフトウェアの開発に従事