

高効率H-25ガスタービンのコンバインド発電設備への適用とその展開

Various Applications of High-Efficiency H-25 Gas Turbine

村田英太郎 Hidetarō Murata 仲田智将 Norimasa Nakata



五井コストエナジー株式会社五井発電所の全景

チッソ石油化学株式会社敷地内に1軸コンバインドサイクルプラントが完成した。ガスタービン、発電機、蒸気タービン、排熱回収ボイラなどをコンパクトに配置している。

近年、環境問題の観点から、火力発電設備では、発電効率の向上によるCO₂の削減と、NO_xなどの排出物の削減が最優先課題となっている。また、電力自由化の流れの中で、IPR（独立系電力事業者）やPPS（特定規模電気事業者）に向けた中容量高効率発電設備の需要が拡大している。

一方、高速ブロードバンド技術やセキュリティ暗号化技術など、安価で高機能のモニタリングサービスを実施する環境が整ってきた。

このような中で、日立製作所は、H-25ガスタービン

の高効率化を進めると同時に、H-25ガスタービンによる各種アプリケーションの適用とソリューションサービスの展開を図っており、今回、五井コストエナジー株式会社の五井発電所に発電設備を納入した。この発電所は25 ppm級の低NO_x燃焼器を搭載し、効率向上を図ったH-25ガスタービンを適用した1軸コンバインドサイクル発電設備である。保全・運用に関しては、高速インターネット回線と金融工学を利用した発電ビジネスリスク管理ツールによる発電ソリューションサービスを提供している。

1 はじめに

五井コーストエナジー株式会社五井発電所(以下、五井発電所と言う。)は、2003年1月に着工し、2004年6月に営業運転を開始した。

日立製作所は高い技術力とプラントまとめの総合力を駆使して、このクラスにおける世界最高水準の熱効率と高い信頼性を備えたコンバインド発電設備を完成させた。完成後の運転においても、保全と運用に関してはリモートモニタリングサービスを提供し、顧客のニーズにこたえている。

ここでは、主機であるH-25ガスタービンの特徴と適用技術、およびリモートモニタリングサービスと発電ビジネスにおけるリスク管理技術について述べる。

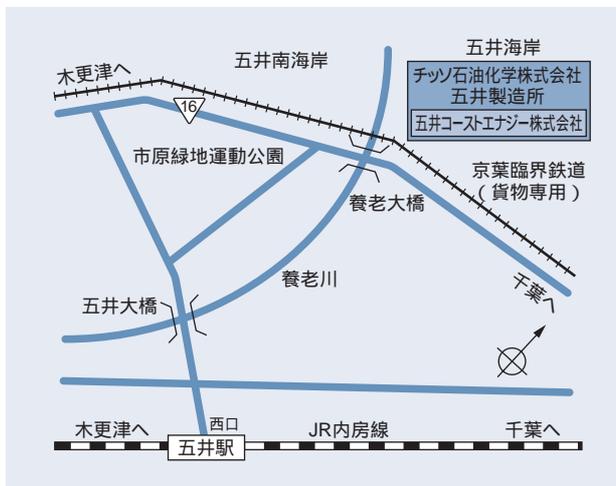


図1 プラント所在地

五井コーストエナジー株式会社の五井発電所は、千葉県市原市五井海岸のチッソ石油化学株式会社内にある。

2 プラントの概要

五井発電所は、千葉県市原市にあるチッソ石油化学株式会社の敷地内に建設されたコンバインドサイクル発電設備である(図1参照)。その主な仕様を表1に示す。ガスタービンと蒸気タービン、発電機などを連結した1軸コンバインドサイクルであり、立て形の排熱回収ボイラを採用して1軸に配置したことで、コンパクトなレイアウトを実現している(図2、3参照)。発電した電力とボイラで発生した蒸気の一部は、同じ敷地内にあるチッソ石油化学株式会社へ供給される(図4参照)。

3 適用技術

3.1 H-25ガスタービンの仕様と性能向上

H-25ガスタービンは、コンバインドサイクル発電システムやコージェネレーションシステムに対応するため、日立製作所が自主開発したガスタービンである。1988年の初号機完成以降、国

表1 発電プラントの計画仕様

発電設備の主要な仕様を示す。

| 項目 | 仕様 |
|---------------------|-------------------------------|
| 発電方式 | コンバインドサイクル 発電方式 |
| 軸形式 | 1軸 (蒸気タービン + 発電機 + ガスタービン) |
| 軸出力 | 4万2,560 kW |
| 軸数 | 3軸 |
| プラント出力 | 11万2,200 kW |
| 使用燃料 | 天然ガス |
| 計画熱効率 (低位発熱量ベース) | 48.9% |

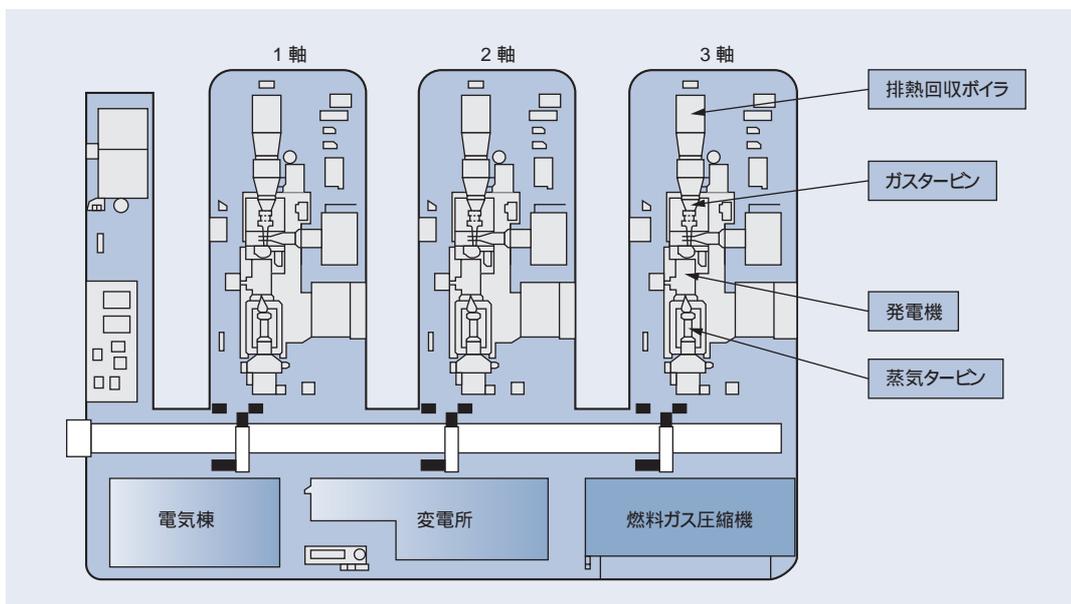


図2 プラント配置の平面図

立て形ボイラの採用などにより、3ユニットをコンパクトにレイアウトした。

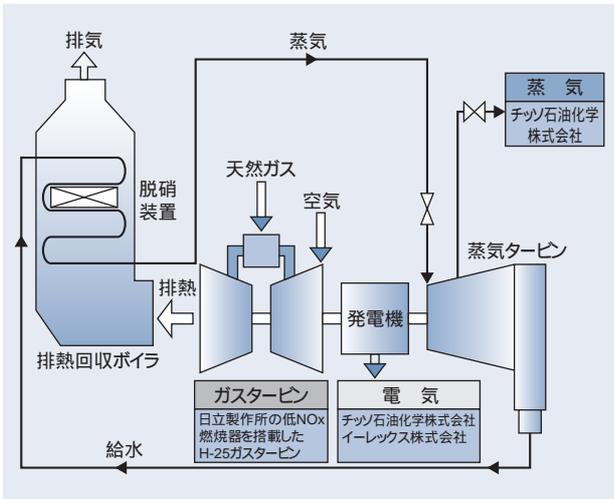


図3 プラントの系統

蒸気タービンから抽気された蒸気は、プロセス蒸気としてチッソ石油化学株式会社に供給される。

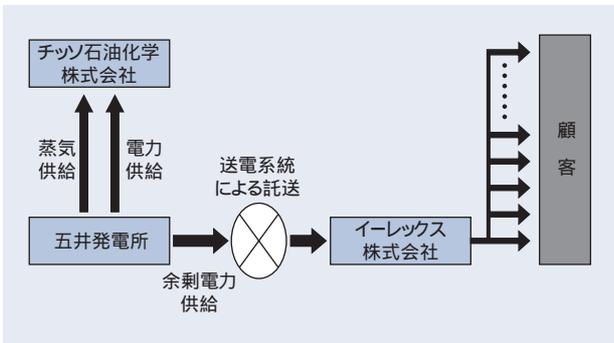


図4 電力と蒸気の供給形態

発電電力と蒸気は、チッソ石油化学株式会社とイーレックス株式会社に供給される。

内外において約50台の納入実績を持つ。各ガスタービンとも現在順調に稼働しており、総運転時間69万時間以上の実績を有し、現在も更新を続けている。

今回、高出力・高効率化のための改良を行った。その主な内容は以下のとおりである。

- (1) 圧縮機の翼型を改良し、圧縮機の効率向上・風量増加を図った。
- (2) 排気損失低減によって性能向上を図った。
- (3) 先行機の運転実績に基づく圧縮機・タービンの翼先端間げき最適化により、リークスの低減を図った。
- (4) 冷却空気配分の最適化による冷却空気削減により、効率向上を図った。

主な仕様を表2に示す。

なお、このガスタービンには、カナダSaskPower Queen Elizabeth発電所に納め、低いNOxレベルと安定燃焼の実績を持つ低NOx燃焼器を採用している(図5参照)。

五井発電所は2003年11月に試運転を開始し、順調に試運転を完了し、2004年6月に営業運転を開始した。性能試験では計画を大きく超える高い性能を確認した(表3参照)。

表2 五井発電所納めのH-25ガスタービンの仕様

主な仕様を示す。

| 項目 | 仕様 |
|--------|-------------------------|
| 出力 | 2万9,300 kW |
| 効率 | 34.6%(LHV) |
| 定格回転速度 | 7,275 min ⁻¹ |
| 風量 | 92 kg/s |
| 排気速度 | 564 |
| 圧縮機 | 軸流式17段 |
| タービン | 軸流式3段 |
| 燃焼器 | 多缶式10缶 |
| 排気方向 | 軸流排気 |

注：略語説明 LHV(Lower Heating Value ; 低位発熱量)

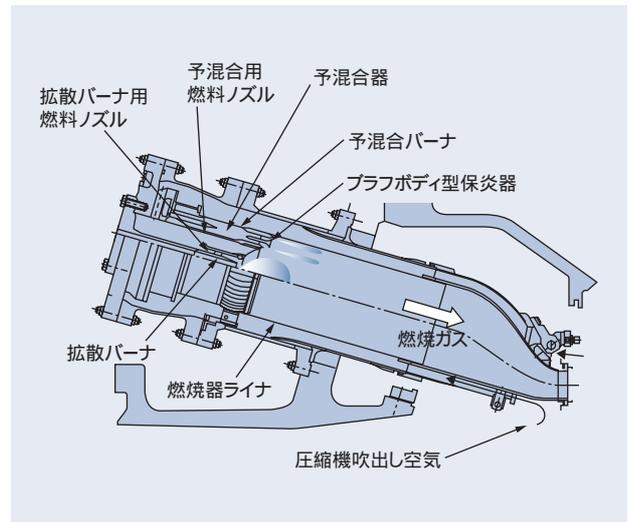


図5 低NOx燃焼器の概略構造

実績のある低NOx燃焼器を採用し、環境に配慮している。

表3 プラントの性能実績(相対比較)

高効率ガスタービンの採用により、計画を大きく超える性能を達成した。

| | ユニット1 | ユニット2 | ユニット3 |
|-------------|-------|-------|-------|
| プラント出力 (kW) | +5.6% | +6.2% | +8.0% |
| プラント効率 | +4.6% | +4.9% | +4.6% |

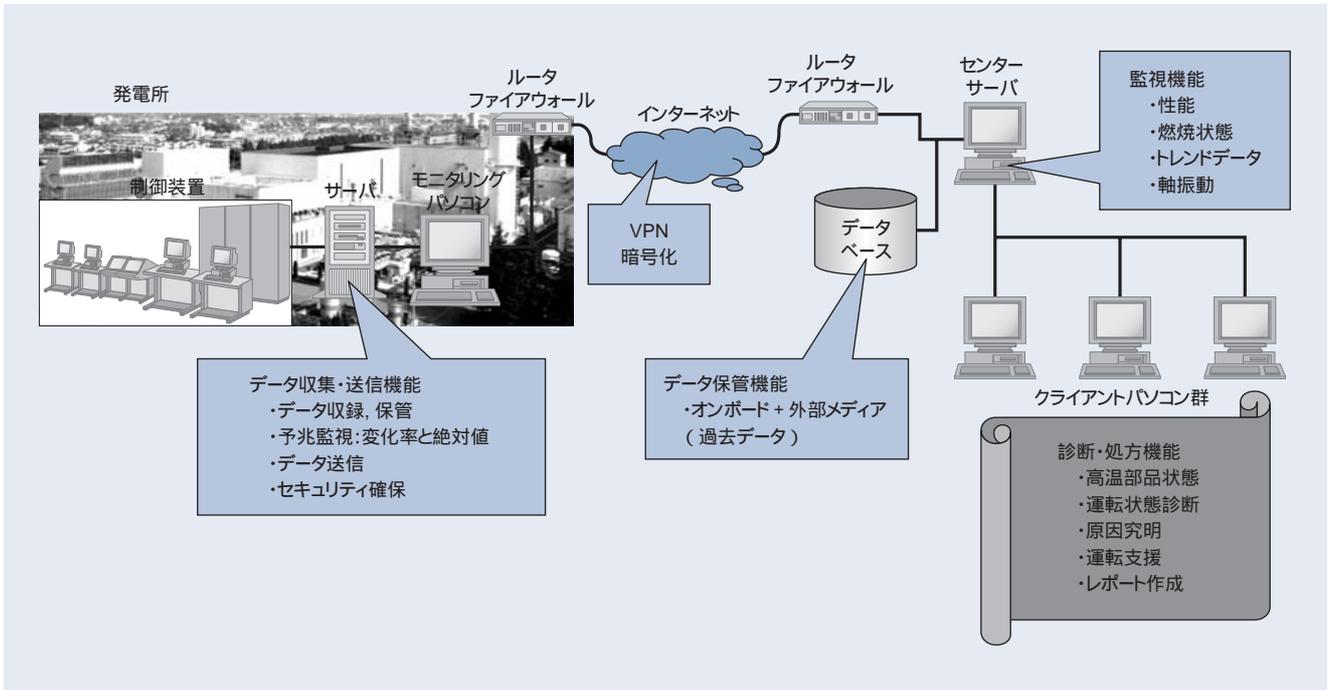
3.2 リモートモニタリング技術

五井発電所のコンバインドサイクル発電設備では、試運転時からリモートモニタリングサービスが提供されている。

リモートモニタリングシステムは、発電所側のモニタリングシステムとセンター側のモニタリングシステムで構成する(図6参照)。

通信にはインターネット・ブロードバンド環境を用い、高速大容量通信と通信費の削減を両立させた。通信セキュリティ対策として、発電所側とセンター側の双方にファイアウォールを設置し、VPN(Virtual Private Network)による擬似専用回線化とデータ暗号化を行っている。

通常運転時には、モニタリングデータはモニタリングセンターに1日1回送信され、センターのサーバに蓄積される。一方、セ



注：略語説明 VPN(Virtual Private Network)

図6 リモート モニタリング システムの構成

遠隔地にある発電所の制御盤からの情報をモニタリングパソコンで収集し、高速インターネット回線を通じて、モニタリングセンターで監視と診断を行う。

センターのリクエストに応じてサイト側に回線を直接接続し、各種プロセスデータや排気温度分布のオンラインモニタリングを行うことも可能である。

モニタリングシステムにはソフトアラーム機能があり、各パラ

メータがあらかじめ設定したしきい値を超えた場合に、担当部署に自動的に連絡する。これにより、トラブル時の迅速な対応を可能とした。さらに、モニタリングシステムは、通常運転中のプラント状態監視のほか、建設時や定期検査後の試運転

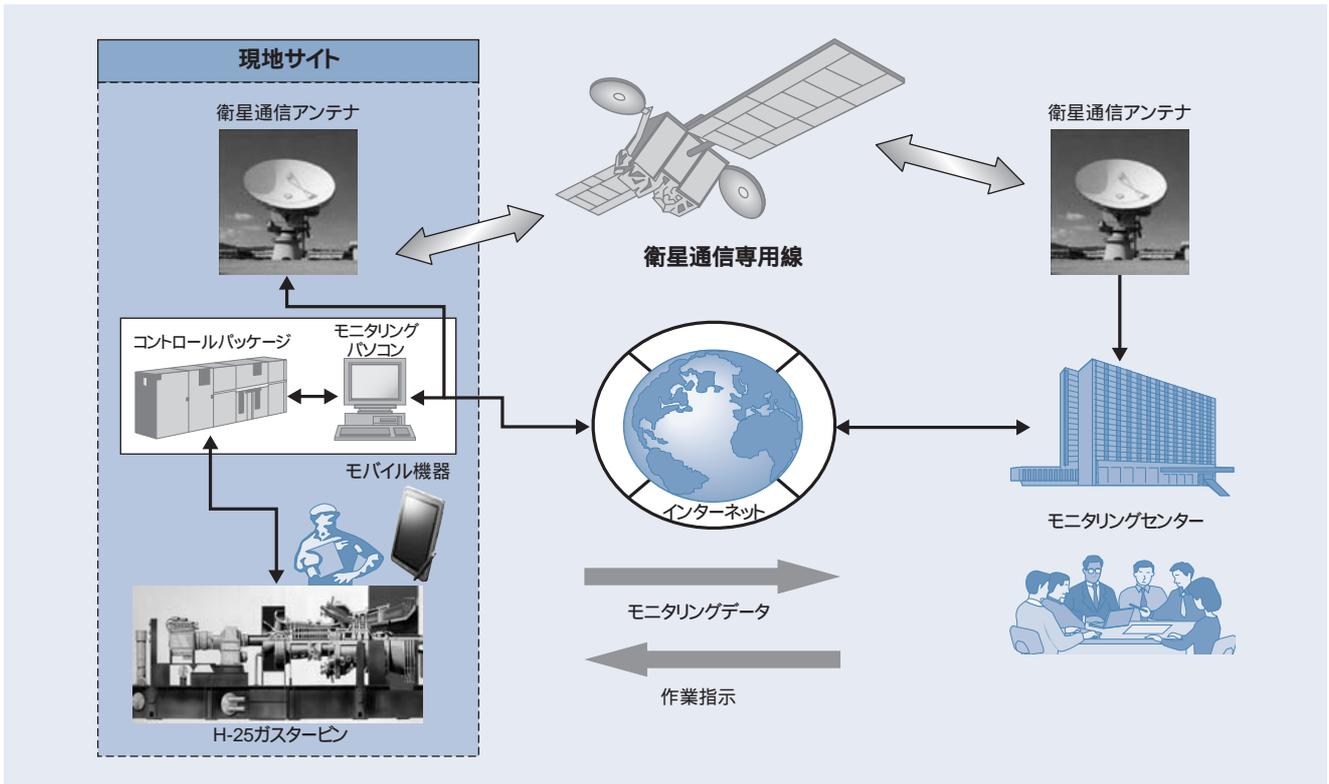


図7 サテライト モニタリング システムの概要

衛星通信回線を用いて、モニタリングセンターから遠隔地にある発電所の運転状態を監視するとともに、建設・試運転・点検作業の支援を行う。

支援にも利用される。これにより、試運転業務の合理化を図った。

また、モニタリングシステムの機能として、主要機器であるガスタービン、蒸気タービン、排熱回収ボイラの性能と高温部品の劣化損傷診断がある。これらの診断機能を利用し、プラントの最適運用や定期点検の支援ができる。

今後の展開としては、プラント側とモニタリングセンターの間に地上通信基盤がない場合を想定して、衛星を用いたサテライトモニタリングシステムを開発中である(図7参照)。

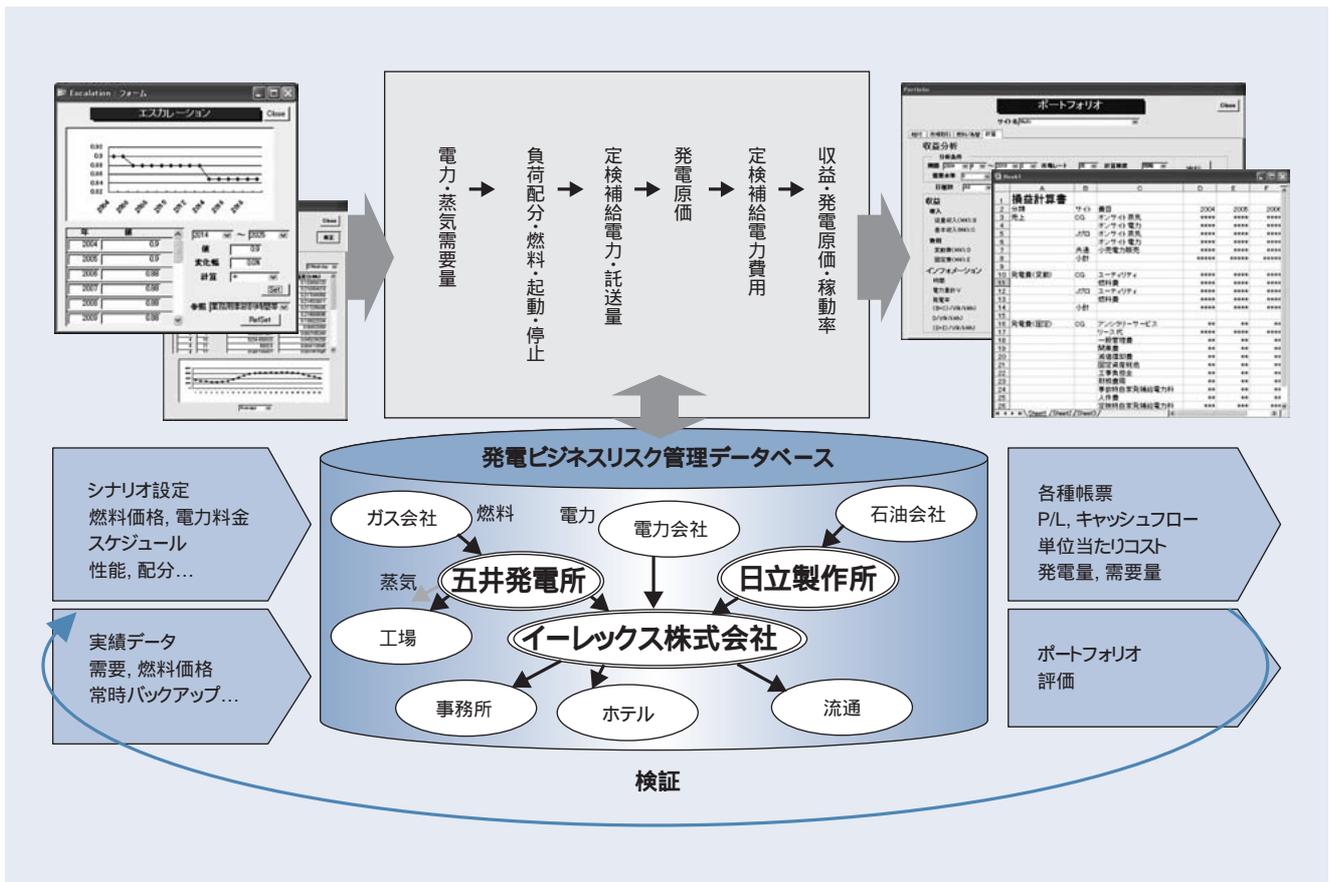
3.3 発電ビジネスの収益変動リスク管理技術

五井発電所では、発電した電力の一部をPPS(Power Producer and Supplier : 特定規模電気事業者)に卸供給する事業(発電ビジネス)を行っている。この発電所はチソ石油化学株式会社五井製造所構内へ電力と蒸気を供給し、余剰電力をイーレックス株式会社に卸し、イーレックス株式会社が需要家に電力を小売りしている。発電ビジネスで事業収益を左右する主なリスク要因は、燃料料金、電力価格、送電量、およびPPSが購入する常時バックアップ電力量である。

日立製作所は、発電ビジネスにおけるリスク要因を評価するために、金融工学を応用した発電ビジネスリスク管理ツールを開発している(図8参照)。このツールでは、発電プラントに

関する諸条件や燃料価格シナリオ、電力価格、発電パターンなどのデータを入力して、事業評価を行う。また、予想送電量とその変動幅、プラント条件により、自動で発電機の運転配分を決定し、毎時刻の燃料費や電力と蒸気の販売収入を算出し、その他の費用を計算して、年や月単位で事業評価を行うための財務諸表などを自動作成する。さらに、定期検査などのスケジュールや、燃料購入量などの事業計画を収益の観点から評価でき、想定燃料価格や送電量の変動が事業収益に与えるリスクを簡単に知ることができる。

発電ビジネスでは、PPSの需要に合わせて発電所の送電電力を調節する必要があり、売電同時同量を守りながら、プラントをいかに高負荷・高効率で運転できるかがキーとなる。PPSが需給調整に用いる常時バックアップ電力の購入量を適切にできれば、発電所を高負荷・高効率で運転することができる。常時バックアップ電力は、30分単位の前日予約が必要である。五井発電所の場合、発電端出力が大気条件(気温、気圧など)や構内需要(電気、蒸気)によって変動することから、翌日の送電量を30分単位で1日分予測することは容易ではない。これに対応するため、翌日送電可能量を決定するツールを開発し、翌日に送電が可能な量を簡単に求められるようにしている(図9参照)。



注：略語説明 P/L(損益計算書)

図8 発電ビジネスリスク管理ツールの概要

燃料や電力需要、プラントなどの想定データから各時刻でのプラントの稼働状況を再現して収入と費用を計算し、事業評価として財務諸表を出力する。

注：略語説明
PPS(Power Producer and Supplier)

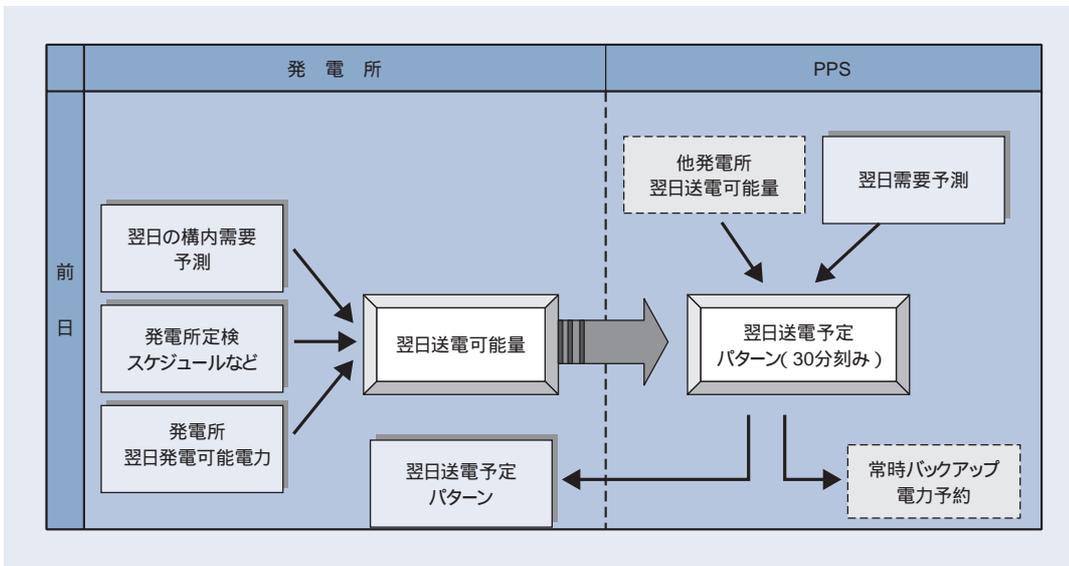


図9 翌日送電予定決定の流れ

発電所の翌日送電可能量と需要予測から、PPSの翌日送電予定パターン決定と、常時バックアップ電力予約までのプロセスを示す。

4 おわりに

ここでは、五井コストエナジー株式会社の五井発電所に適用したH-25ガスタービンの特徴と技術、リモートモニタリングサービス、および発電ビジネスにおけるリスク管理技術について述べた。

今後は、五井発電所の実績をベースに、性能と信頼性が

さらに優れたガスタービンの開発を進めるとともに、いっそう使いやすいサービスの適用拡大に努めていく考えである。

参考文献

- 1) 竹原：ガスタービンを用いた発電システムについて，日本ガスタービン学会誌，31，3，151～154(2003.5)
- 2) 桜井，外：火力発電設備の保全トータルソリューション サービスの展開，日立評論，86，2，177～180(2004.2)

執筆者紹介



村田英太郎

1991年日立製作所入社，電力グループ 日立事業所 タービン設計部 所属
現在，ガスタービンの基本計画・開発業務に従事
E-mail：hidetaro_murata @ pis. hitachi. co. jp



仲田 智 将

1994年日立製作所入社，日立研究所 情報制御第4研究部 金融工学ユニット 所属
現在，金融機関・事業会社のリスク管理システムの研究に従事
日本金融・証券計量・工学会会員
E-mail：norimasa @ hr1. hitachi. co. jp



後藤仁一郎

2000年日立製作所入社，電力グループ 日立事業所 火力サービス部 所属
現在，遠隔監視・診断サービスの計画・運営業務に従事
工学博士
日本機械学会会員，日本材料学会会員，米国実験力学学会会員
E-mail：jinichirou_gotou @ pis. hitachi. co. jp



日下 智

1980年日立製作所入社，電力グループ 火力・水力事業部 企画本部 新事業推進部 所属
現在，売電事業の推進・運営業務に従事
E-mail：satoshi_kusaka @ pis. hitachi. co. jp