

発電事業者の意思決定をサポートする 発電計画最適化ソリューションの機能拡充

Further Sophistication of Solutions to Optimize Power Generation Plans to Support Decision Making of Electricity Utilities

山根 翔太郎 YAMANE Shotaro

電力業界を取り巻くビジネス環境は、大きく変化している。発電所の脱炭素化や再生可能エネルギー（以下、再エネと略記）の導入拡大による発電形態の多様化で、既存の発電設備資産の有効活用が求められている。

東芝エネルギーシステムズ(株)は、発電事業者が抱える様々な課題を解決するため、複雑な発電計画の作成を支援し、意思決定をサポートする発電計画最適化ソリューションを開発し、既にマイクロサービスの一つとして提供している。今回、従来よりも多種多様な運用制約を加味した中で、実用的な時間で発電計画の作成ができるとともに、火力発電設備だけでなく、脱炭素化に関連する規制を考慮したり、再エネの市場取引を有効活用したりできるように機能拡充を図り、発電設備の更なる価値向上を実現した。

Major changes have taken place in the environment surrounding the electric power industry in recent years. The diversification of energy sources for power generation accompanying the transition to decarbonized electricity generation systems and the expanding introduction of renewable energy generation systems are driving demand for more effective utilization of existing power plant assets.

To resolve various issues faced by electricity utilities, Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation has been developing and supplying solutions for the optimization of power generation plans as microservices. These solutions, which are playing a key role in contributing to the creation of power generation plans and supporting the decision making of electricity utilities, make it possible to enhance the value of existing power plants through the following further sophisticated functionalities: (1) preparation of plans with a practical time frame taking a wider variety of operational constraints into account, (2) consideration of not only the circumstances of thermal power generation facilities but also restrictions related to decarbonization, as well as effective utilization of renewable energy trading markets.

1. まえがき

電力業界は、脱炭素化や、再エネの導入、電力システム改革に基づいた電力自由化の推進などにより、ビジネス環境が大きく変化している。加えて、分散型電源、及び発電形態の多様化が進んでいる。このため、ビジネス環境の変化への対応とともに、付加価値を高めた新たな製品・サービス・ビジネスへの展開が求められている。

中でも、発電事業者は、2011年3月に発生した東日本大震災以降、多様な電源構成の確保が急務となっている。このような背景から、3段階の電力システム改革（2015年の電力広域的運営推進機関（OCCTO）の設立、2016年の電力の小売全面自由化、2020年の送配電部門の法的分離）が進められてきた。この改革で、発電事業者は、発電計画の作成を義務付けられた。

更に、石炭火力発電所の数の削減や脱炭素化の推進が迫られており、発電事業者は、既存の発電設備資産の有効活用とCO₂（二酸化炭素）排出を抑制した運用を求められている。

これらの要望に応じて、東芝グループは、発電計画の作成に際して、顧客の意思決定サポートと発電設備の価値向上を図ることができる、最適化技術を適用した発電計画最適化ソリューションを開発し、既にマイクロサービスの一つとして提供している⁽¹⁾。

そして今回、従来の発電計画最適化ソリューションに対して機能拡充を図り、発電設備の更なる価値向上を実現した。ここでは、機能を拡充した発電計画最適化ソリューションの概要とその特長について述べる。

2. 発電計画最適化ソリューション

2.1 発電計画の作成業務

発電計画の作成業務では、想定される電力需要に対して、運用制約を厳守した発電計画を作成する。更に、電力需要の変化時や突然の発電ユニットの停止時には、発電計画を速やかに修正してOCCTOへ再提出することで、発電事業者に課されるインバランス精算（電力の需要や供給の計画と実績のずれが発生した場合に支払うペナルティー）を最小限にする必要がある。

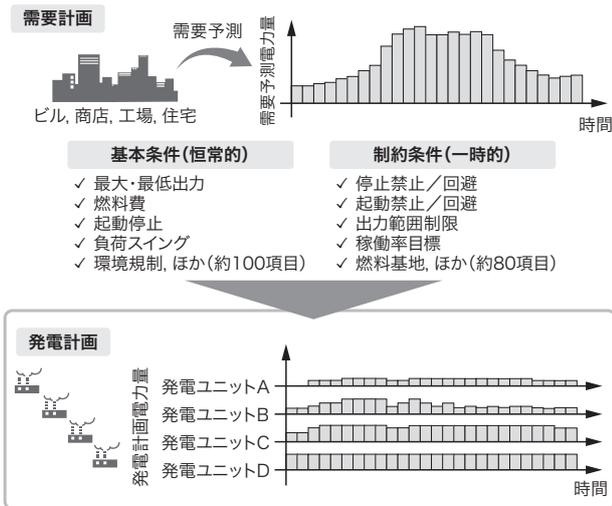


図1. 発電計画作成機能の概要

与えられた需要計画データ、基本条件、及び制約条件を入力することで、各発電ユニットの最適な発電量を計画できる。

Outline of power generation plan creation function

この発電計画に反映すべき制約は、発電ユニットごとに異なり、非常に多岐にわたっている。加えて、多数の発電ユニットを経済的に運用することが、重要な課題として挙げられる。

2.2 発電計画最適化ソリューションの概要

当社が提供している発電計画最適化ソリューションは、30分ごとに全発電プラントの運用費が最小となり、かつインバランスが発生しないよう実運用に近い計画を作成できるソリューションである(図1)。また、このソリューションを導入することで、計画作成時間の短縮や燃料費の削減⁽²⁾などの効果が得られることを確認している。

2.3 機能を拡充した発電計画最適化ソリューションの特長

2.3.1 運用制約の項目数の拡充

発電計画最適化ソリューションの特長の一つは、発電部門がこれまで利用してきたシステムでは考慮されていない運用制約(表1)を満たした上で、実際の運用に近い計画を立てる精度の高さと、短時間で計画を作成できる機能を提供できることである⁽³⁾。

従来の運用制約に対して、今回、恒常的な基本条件を約50項目から約100項目に、一時的な制約条件を約60項目から約80項目に、それぞれ拡充し、開発を継続している。具体的には、基本条件として、発電ユニットが起動してから継続的に運転しなければならない時間を定義した最低運転時間や、揚水発電ユニットをはじめとする、火力発電ユニット以外の設定値の追加などを、制約条件として、発電ユニットの起動回数を制限する起動回数制限や、発電

表1. 発電計画作成の際に考慮すべき運用制約の一覧

Lists of operational constraints to consider in creating power generation plans

(a) 基本条件(約100項目)		(b) 制約条件(約80項目)	
項目	主な基本条件	項目	主な制約条件
熱効率	基準熱効率	起動停止制限	定期点検・作業停止・WSS・DSS
	補正係数(温度(大気・海水), 真空度)		マストラン、運転台数, 起動回数
出力	定格出力, 最低出力, 増出力	出力制限	出力指定, 試運転カーブ, 変化率
	起動停止・出力変化カーブ, 所内率		群制約, 系統制約, 発電量制約
負荷変化率	AFC変化幅, 瞬動予備力	燃料制約	燃料消費制約, 燃料基地制約
	負荷キープ時間		ガス事業者消費量(分岐単位)
運転コスト	運転時間, 停止時間, 同時起動停止	利用率環境制約	暦日利用率, 除停止利用率
	起動停止損失, 燃料単価, 可変費用		NO _x ・SO _x ・CO ₂ , 排出量制約
LNGその他	LNG基地在庫量, 導管流量, BOG	調整力その他	上げ代・下げ代, AFC・瞬動予備力
	補助蒸気, 起動モード		気温補正出力(補正式選択)

AFC : Automatic Frequency Control(自動周波数調整装置)

BOG : Boil off Gas

WSS : Weekly Start and Stop(週末起動停止)

NO_x : 窒素酸化物

SO_x : 硫黄酸化物

量の総和を制限する発電量制約、プラントの利用率を制限する暦日利用率などを、考慮できるようにした。

特に、コストインパクトに大きく寄与する運用制約の例を、以下に述べる。

- (1) 環境条件(大気温や海水温)による発電プラントの熱効率とコンバインドサイクル発電の最大出力を補正することで、コストメリットの高い発電プラントの選択とインバランスの抑制が可能になる。
- (2) 液化天然ガス(LNG)基地、及びLNG船の配船予定とLNG導管容量を考慮することで、燃料管理も加味した計画作成が可能になる。
- (3) プラント運用に沿ったDSS(Daily Start and Stop : 日ごと起動停止)運用^(注1)の多様化を考慮することで、急激な需要変動にも対応できる計画作成が可能になる。

2.3.2 再エネを活用した脱炭素化へのアプローチ

発電計画最適化ソリューションのもう一つの特長は、脱炭素社会への貢献である。これまでの発電計画の主な目的は、火力発電の運用をサポートすることであった。しかし今後は、脱炭素社会を目指すため、火力発電だけでなく、揚水発電などの再エネを最大限に活用した発電計画の作成が必要となる。更に、従来どおりの燃料費を最適化した発電計画だけでなく、温室効果ガス排出量も指標とした発電計画作成業務もサポートする必要がある。

(注1) 電力需要の低い夜間に停止し、翌日の朝方に起動する運用。

2.3.1項では、火力発電の運用に関する特長について主に説明したが、ここでは、脱炭素化に関連する運用制約や、再エネの活用に大きく寄与する例について述べる。

- (1) 揚水発電を有効活用することで、燃料費を安くするとともに、より柔軟な発電計画の作成を可能とする。例えば、**図2**に示すような電力需要のピーク時に揚水発電を実施し、電力需要が低い時間帯や、需要を超える太陽光発電量がある場合、水のかみ上げに電力を消費させ、電力需要を増加させる。その結果、火力発電の運用を最小限にすることや、火力発電を停止しないで効率を高く保ったまま運用することで、経済的な計画作成が可能になる。また、将来は、この負荷調整に、揚水発電だけでなく、蓄電池や水素発電も活用することが期待できる。
- (2) CO₂などの温室効果ガスだけでなく、発電で生じる窒素酸化物(NO_x)や硫黄酸化物(SO_x)などの排出規制があるガスも運用制約として考慮できる。NO_xやSO_xの発生量を制約条件として設定することで、これらの排出量を抑制した計画作成が可能になる。
- (3) 温室効果ガス排出量を制約条件として運用するだけでなく、同ガスの排出量を最小化した計画作成も可能である。通常、燃料費を最小化する計画作成が一般的であるが、同ガスの排出量を指標とし、排出量の最小化を目的とした計画作成も可能になる。
- (4) 日本卸電力取引所(JEPX)を活用し、自社の設備だけでなく、市場の電力も計画に取り込むことが可能である。

市場を通じた売電や買電を考慮することで、新たな利益の創出や、温室効果ガスの排出量を抑制した計画作成も可能になる。

- (5) (1)の揚水発電のほかにも、(1)~(4)に再エネを組み合わせることで、より温室効果ガス排出量を削減した計画の作成が可能になる。

2.4 マイクロサービスによるソリューションの提供

発電計画最適化ソリューションは、当社がエネルギーシステム向けに開発しているIoT (Internet of Things) プラットフォームで提供しているサービスの一つである。このプラットフォームの特長は、マイクロサービスアーキテクチャーによる機能単位のサービス提供やソリューション間連携、及び様々なデータと連係させるSoS (System of Systems) を実現できることである⁽⁴⁾。

クラウドシステム上で展開しているサービスの例を、**図3**に示す。発電計画最適化ソリューションのほかにも、電力取引や、計画提出、UI (ユーザーインターフェース)、帳票、外部システムとのIF (インターフェース) など、様々なサービスを提供している。ユーザーは、必要なサービスを選択して利用できる。

3. あとがき

機能拡充を図った発電計画最適化ソリューションについて、その特長を中心に述べた。当社のソリューションは、プラントの熱効率モデル構築・監視技術によるプラントの稼働率向上など、発電プラントの効率化をサポートするサービス

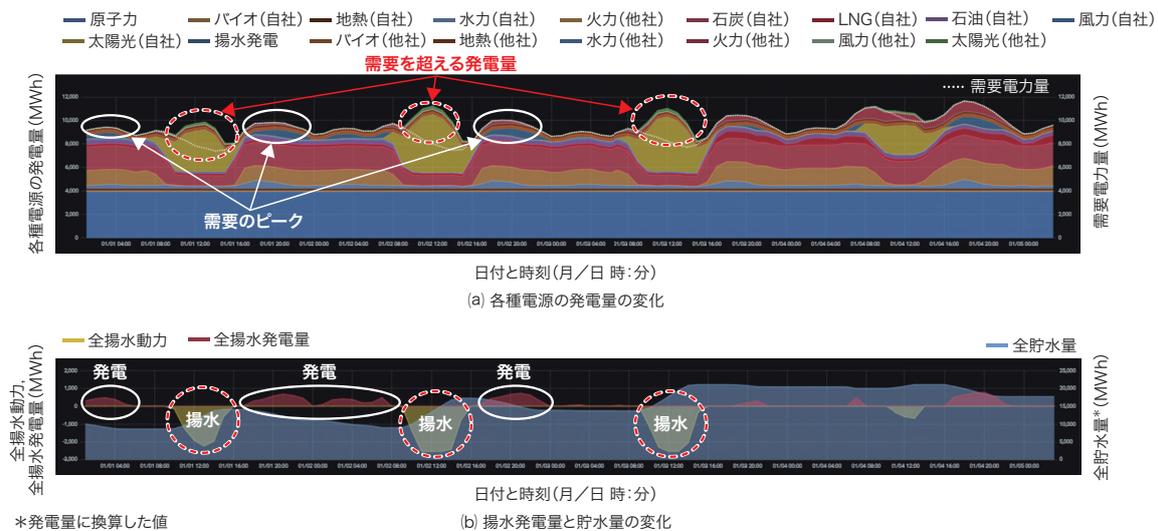


図2. 火力発電と揚水発電を組み合わせた発電計画の例

火力発電に揚水発電を組み合わせることで、効率的な発電計画を作成できる。

Example of power generation plan with combination of thermal and pumped-storage power generation systems

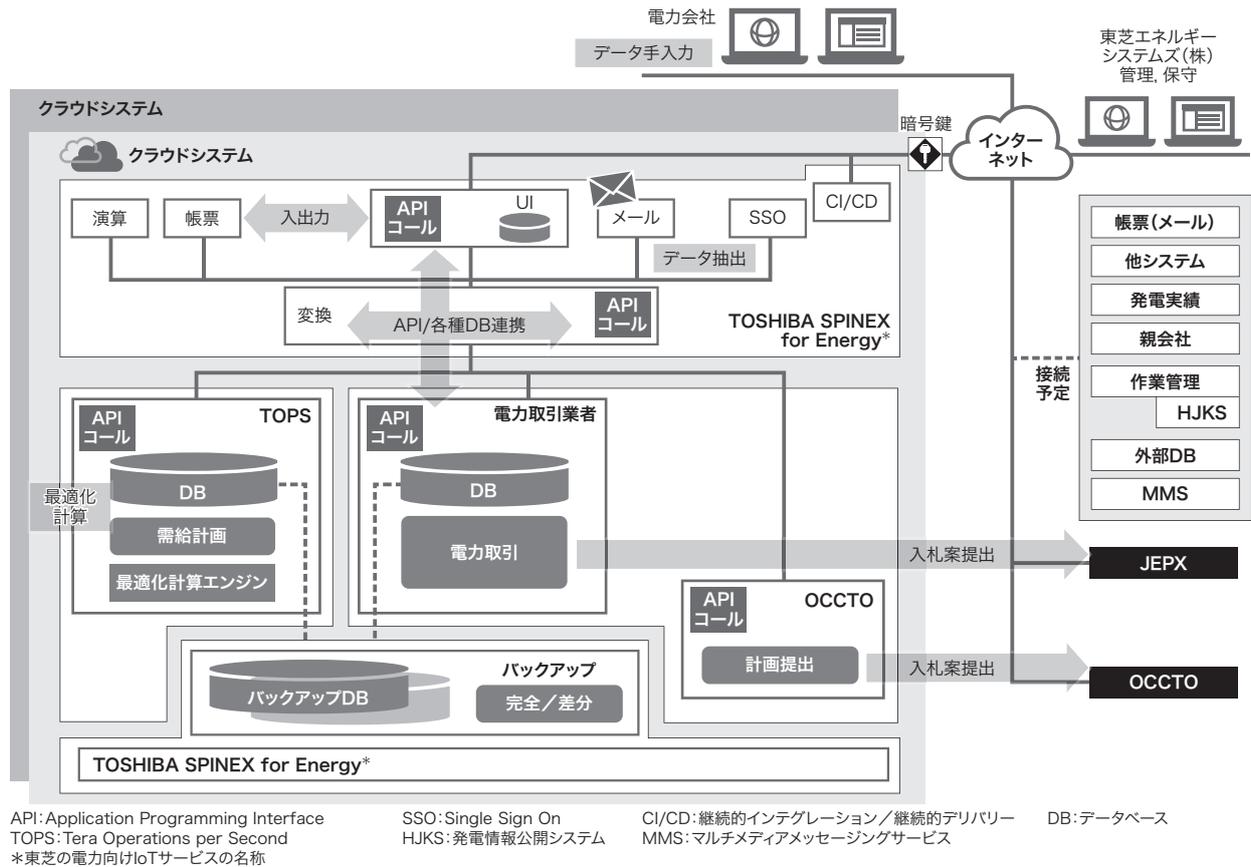


図3. クラウドシステム上で展開しているサービスの例

発電計画最適化ソリューションだけでなく、電力取引や、計画提出、帳票など、様々なサービスを提供している。

Example of configuration of cloud-based services

も提供している^{(1), (5)}。これらのサービスによって、既存の発電設備資産を有効に活用できる。

当社は、今後、最先端デジタル化技術を用いたIoTプラットフォームを中心として、ライフサイクルを通じて発電事業者を支援するサービスを提供していく。また、顧客の意思決定をサポートするため、予測、最適化、AIの技術を活用した個別最適化サービスだけでなく、事業領域を超えたトータルバリューチェーンの最適化サービスを図っていく。更に、顧客の業務全体を最適化することで、当社ならではのサービスを提供し、新たな価値を創出していく。

文献

- (1) 及川直樹, ほか, 火力発電プラントの新たな価値を顧客と共創するIoTソリューション, 東芝レビュー, 2019, 74, 3, p.10-13. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/03/74_03pdf/a03.pdf>, (参照 2021-03-25).
- (2) 丹羽雄紀, ほか, 電力システム改革に対応した火力発電計画作成システムの開発について, 火力原子力発電, 2017, 68, 11, p.661-666.

- (3) 吉田琢史, ほか, “大規模な火力発電ユニット群の最適発電計画”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2018年秋季研究発表会アブストラクト集, 名古屋, 2018-09, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 2017, 1-A-1, p.4-5.
- (4) 青山敏三, エネルギーシステム向けIoTプラットフォームに基づく発電プラント向けIoTサービスの展開, 東芝レビュー, 2020, 75, 3, p.7-11. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2020/03/75_03pdf/a03.pdf>, (参照 2021-03-25).
- (5) 村山 大, 中原良樹, フィジカル領域の強みを生かした自家発電設備の最適運転支援システム, 東芝レビュー, 2020, 75, 3, p.21-24. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2020/03/75_03pdf/a06.pdf>, (参照 2021-03-25).



山根 翔太郎 YAMANE Shotaro

東芝エネルギーシステムズ(株)
DX 統括部 デジタルサービスオペレーションセンター
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.