

## 2. 電力システム Power Systems

### ITERトロイダル磁場コイル初号機の完成

First Completion of Toroidal Field Coil Manufacturing for ITER

エネルギー問題と環境問題を根本的に解決すると期待される核融合エネルギーの実現に向け、核融合実験炉ITERの国際協力による建設がフランスで進められている。日本はその最重要機器の一つであるトロイダル磁場コイル(TFコイル)9基の製作を担っており、当社は三菱重工業(株)(MHI)と共同でその内の5基の製作を国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(QST)から受注した。

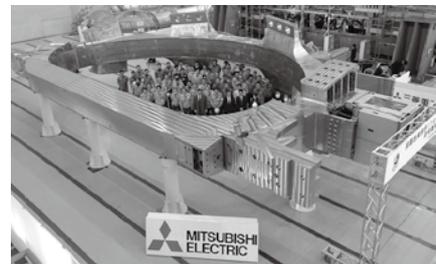
TFコイルは1基当たり高さ約17m、横幅約9m、質量約300トンの世界最大のNb<sub>3</sub>Sn(ニオブスズ)コイルである。その製作で、当社は主に巻線部の製作及び巻線のコイル容



コイル容器に設置後の巻線部(提供：QST/MHI)

器への設置を担当して、2012年から次のような技術を開発して製作を進めてきた。①精度1万分の1の高精度巻線技術、②耐放射線性樹脂を巨大コイルの絶縁に含浸し、気泡を作らず硬化させる技術、③120トンの巻線をコイル容器内へ0.1mm単位の精度で設置する技術、④設置した巻線とコイル容器間に高粘度のフィラー入り樹脂を隙間なく充填する技術、⑤現地サイトでの組立て時に必要になる巻線の電流中心座標を0.1mm単位の精度で求める技術等である。

当社はこれらの技術を用いて、2020年1月にMHIと協力して初号機を完成させた。この製作で得られた経験・技術は、ITERの次の原型炉の製作に役立つと確信する。



完成したTFコイル(提供：QST/MHI)

### 1,100MVA級最新鋭水冷却発電機の高効率化技術

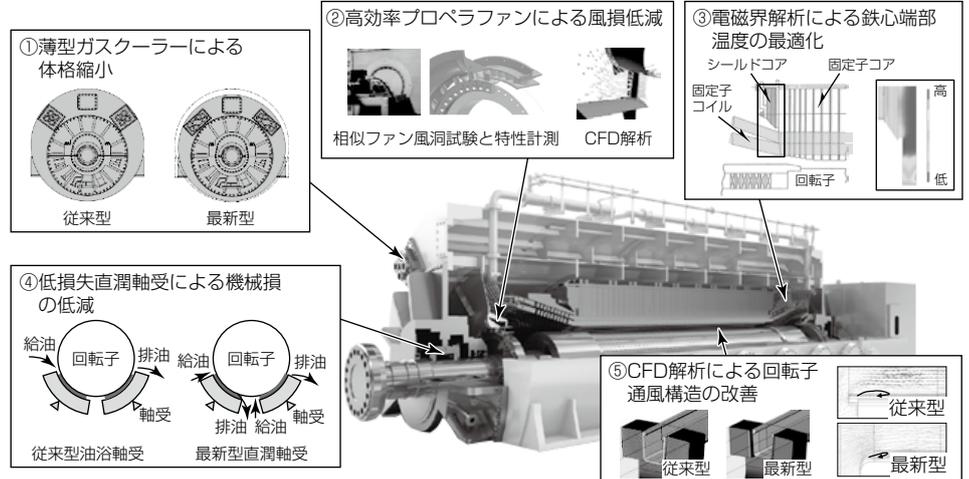
Technologies of High Efficiency for 1,100MVA-class Most Advanced Water-cooled Turbine Generator

再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、火力発電には調整力としての役割が期待されており、高効率で柔軟性の高い発電方式の検討・採用が進められている。当社ではこれに対応するため、最新のCFD(Computational Fluid Dynamics)解析(流体解析)や電磁界・熱・振動の大規模解析技術などを用いて、タービン発電機の高効率化、高信頼性化技術開発を積極的に進めている。

一般的に60Hzの大容量機では、50Hz機と比較して風損や軸受損が大きく、効率面で不利になる。そこで、当社最新鋭の1,100MVA(Mega Volt Ampere)級60Hz水冷却発電機では、従来の軸方向通風から半径方向通風への変更、通風構造の簡素化による高効率プロペラファンの採用によって、風損低減を図った(図②)。また、大径の低損失直潤軸受の採用によって、軸受損の大幅低減も実現した(図④)。さらに、密封油処理装置を従来の複流式から真空処理式へ変更し、発電機内の水素ガスを

高純度に維持することで運転時の風損低減を実現するとともに、これまで必要としていた純度更新作業を不要とし、メンテナンス性の向上も実現した。そのほかにも、大規模三次元解析によって発電機固定子端部の複雑な電磁損失を正確に評価し、固定子端部構造の最適化と高信頼化を図った(図③)。

これら最新技術の適用によって1,100MVA級水冷却発電機を設計・製作し、実機工場試験で性能及び健全性を確認後、初号機として現地へ出荷した。



最新鋭水冷却発電機の高効率化技術

■ 分散電源ソリューション

Distributed Power Supply Solution

電源の分散化が進展するのに伴い、都市部の再開発等で街区全体のエネルギー供給とBCP(Business Continuity Plan)対策を兼ね備えたエネルギーマネジメントシステム(EMS)のニーズが高まっている。当社ではこれらに加え、従来個別に監視制御されていたビル内各設備(空調、昇降機ほか)、人流、防災等と連携した街全体のエネルギーを総合的に監視制御する統括EMSの製品化に取り組んでいる。当社は様々な事業分野を取り扱っており、ファシリティ/エネルギー/モビリティ/セキュリティ(防災)を中心とした総合的な取組みを推進している(図1)。また、これらアプリケーション間のデータ利活用を円滑に推進するための統合IoT(Internet of Things)プラットフォームを整備し、国際標準規格に準拠することで他社設備/システムとのデータ連携を可能にしている。建屋ごとの各種情報を用いて中央の街区EMSで域内の電源制御、電熱需給調整の最適運用を行う(図2)。また、電力市場取引、域内需要家間での余剰電力の融通が可能である。街全体の人流、ビルの入退場情報などを活用し、自家発電/CGS(CoGeneration System)/冷凍機等エネルギー供給源を適切に組み合わせることでエネルギーコストの最適化を実現する。災害発生時には非常用電源設備とCGS/発電機/蓄電池等を活用したBCP制御システムとしても活用可能で、需要家設備から発電設備まで一貫した最適制御を可能にしている。

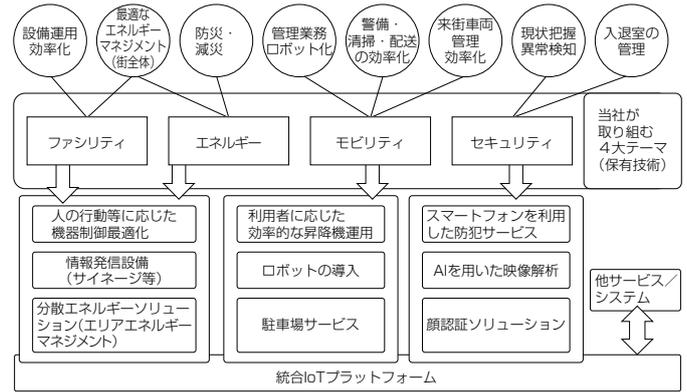


図1. スマートシティ実現に向けた当社取組み

■ 大規模システム安定化システム

Large-scale Special Protection Systems

システム安定化システムは、落雷などの事故の影響で電力システムが不安定になる場合に、一部の発電機や負荷を即時に制御することで、大規模停電を未然に防止する。2018年に北海道で発生した大規模停電を契機に、システム安定化システムへの期待がますます大きくなっている。当社は次の二つのシステムを開発・納入した。

- (1) 中部電力パワーグリッド(株)向け東部方面ISC  
中部電力パワーグリッド(株)は、系統事故時の安定化対策として、以前から様々なシステム安定化システムを導入している。今回、既設の複数システムを一つのシステムに統合した東部方面ISC(Integrated Stability Control system)を開発した。運転開始済みの西部方面ISCと合わせて中部電力パワーグリッド(株)管内全域の安定度維持を担っている(2020年5月運転開始)。

- (2) 東北電力ネットワーク(株)向け相馬双葉幹線SPC  
東北電力-東京電力間は相馬双葉幹線といわき幹線の2ルートで連系される。相馬双葉幹線事故時にいわき幹線に電力が回り込むことで過負荷が生じ、設備損壊に至るおそれがあるため、その対策としてすみやかに発電機遮断を行う相馬双葉幹線SPC(System emergency Preventive

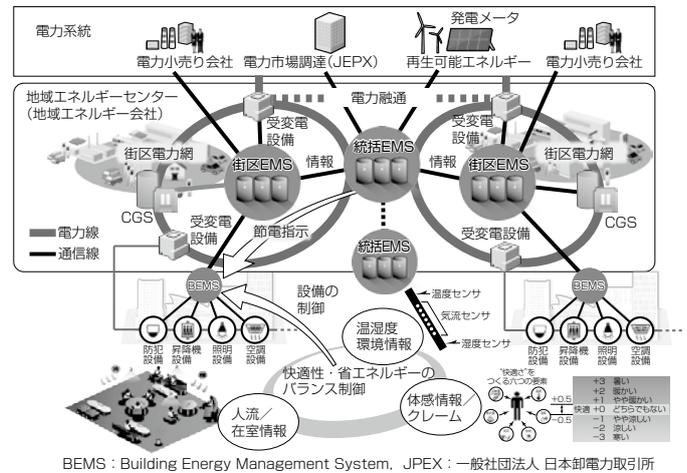
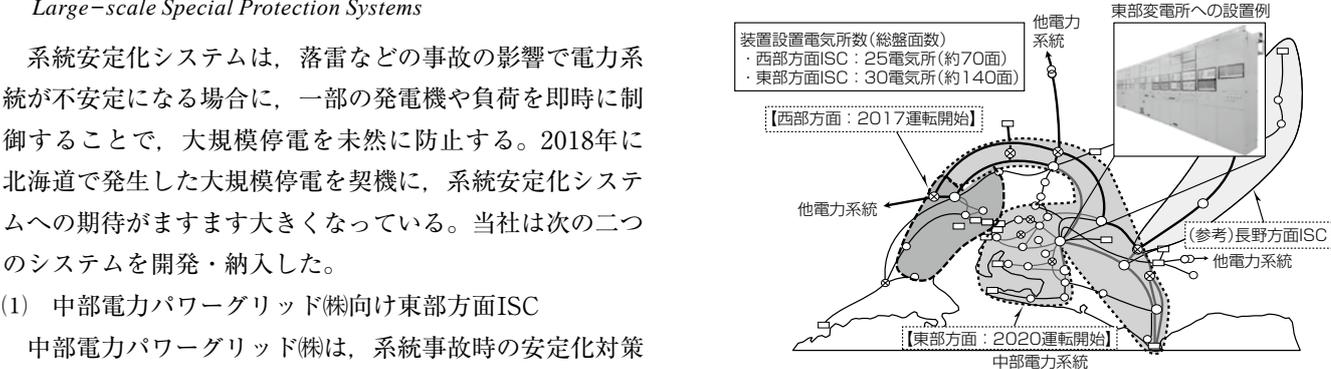
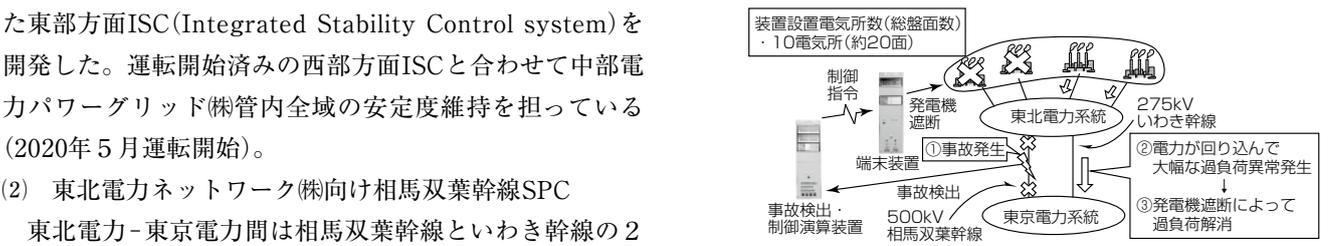


図2. 先進的エネルギー管理全体構成



中部電力パワーグリッド(株)向け東部方面ISC



東北電力ネットワーク(株)向け相馬双葉幹線SPCによる制御イメージ

Controller)を開発した。広域系統整備計画に伴う短工期の運用容量拡大に寄与している(2020年4月運転開始)。

■ 双方向型直流配電システム“D-SMiree Standard”

*Bidirectional Type DC Power Distribution System "D-SMiree Standard"*

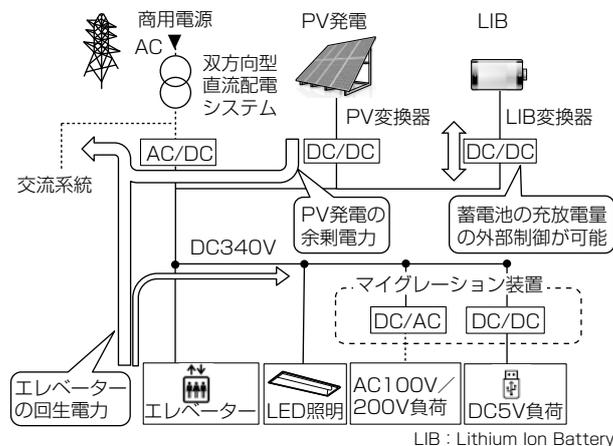
直流配電システム“D-SMiree Standard(単機100kW)”の機能拡張として、交流系統と直流系統間を双方向に電力融通できるようにした。特長は次のとおりである。

- (1) 交直共存環境での電力融通やVPP(Virtual Power Plant)への対応が可能
  - ① 直流母線電圧の上昇を双方向AC/DC変換器で検出し、自律的に交流系統へPV(PhotoVoltaics)などの余剰電力を供給する。
  - ② 蓄電池の充放電量を外部制御することによって交流系統と直流系統間の電力融通量を制御可能である。
- (2) システムの故障率が極めて少なくなる冗長化に対応
 

AC/DC変換器を二重化し、故障時に主従を自動切替え可能である。

このシステムを当社情報技術総合研究所内のZEB(net

Zero Energy Building)関連技術実証棟“SUSTIE”に導入し、2020年10月から稼働を開始している。



ZEB関連技術実証棟SUSTIEへの適用例

■ 北米電力市場向け15.5kV用真空バルブ

*15.5kV Vacuum Interrupter for North American Power Market*

北米電力市場向けに15.5kV真空遮断器用真空バルブを開発した。この真空バルブは定格電流1,200A、定格遮断電流25kAに対応し、次の特長を持つ。

- (1) 遮断器に関する最新の国際規格IEEE(注)(Institute of Electrical and Electronics Engineers) C37.04/C37.09-2018に準拠し、T100s 1Ph及びT100a 1Ph遮断責務に対応している。
- (2) 裁断波雷インパルス耐電圧142kVに対応している。
- (3) 50回のT100s短絡遮断仕様対応である。
- (4) (1)~(3)の仕様を風車形電極及びアークシールドの改良で達成し、従来の真空バルブから容積を50%削減した。

- (5) 第三者試験機関(Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano: CESI)で形式試験に合格した。

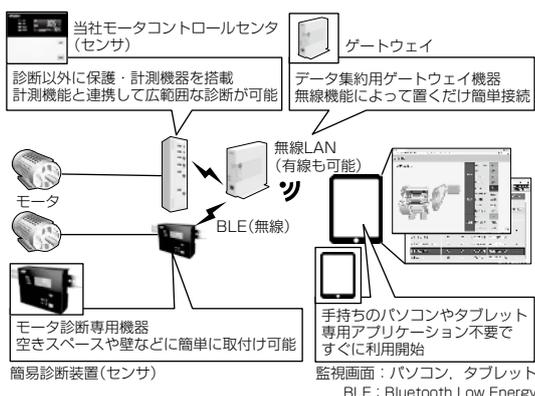
15.5kV用真空バルブの従来品と開発品の比較

管種	従来品	開発品
容積	100%	50%
外観		

■ IoTを活用したモータ診断システム

*Diagnostic System for Motor Equipment Using Internet of Things*

モータ設備の点検省力化のため、パソコンでモータの劣化状況を一括監視するシステムを製品化した。この製品は当社モータコントロールセンタにセンサを搭載し、ゲートウェイでデータを集約して一括監視を実現している。



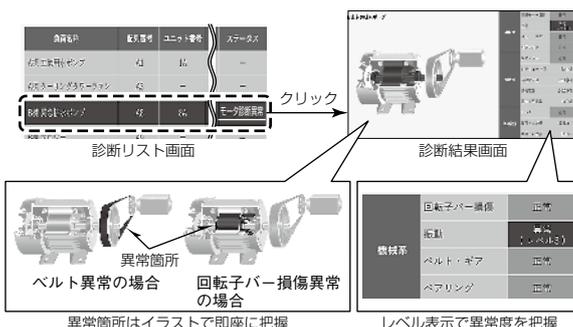
システム構成

- (1) 導入時の配線簡易化

センサとゲートウェイ間は無線通信によって配線が不要になる。また、既存設備向けに簡易診断装置(センサ)をラインアップしており、クランプ式CT(Current Transformer)による電流情報だけで診断可能なため、配線変更せずに導入できる。

- (2) 診断異常を即座に把握
 

異常発生時は故障部位や故障レベルを監視画面に表示するため、即座に異常状況を把握できる。



監視画面例