2 技術成果の総覧 Technological Achievements of the Year
エネルギーシステム Power Systems

東芝エネルギーシステムズ(株)

昨今，IoT（Internet of Things）を起点としたデジタライゼーション，デジタルツインの考え方が，世界を一変させるキーワードとして広がりを見せています。エネルギー分野でも，これらの考え方を実現する各社の取り組みが本格化しており，効果的かつ効率的な運用を実現するソリューションとして実用化しつつあります。東芝エネルギーシステムズ（株）は，火力，原子力，水力，再生可能エネルギーの各発電分野から，送配電，蓄電，エネルギーマネジメントといった領域をカバーする「電気をつくる，おくる，ためる，かしこくつかう」の4分野をコア事業としています。このコア事業を中心に，デジタル変革とパートナーとの共創による技術開発を通じて，より良いエネルギーソリューションを世界に提供して参ります。

火力発電分野では，発電効率の追求に加え，プラントIoTによる監視制御の高度化により，発電設備の高度な最適運用を目指しています。原子力分野では，福島第一原子力発電所の廃炉支援機器や既存発電所の安全性を向上させるための機器を提供しつつ，重粒子線がん治療装置などの新技術の開発にも取り組んでいます。再生可能エネルギー分野では，高性能・高信頼性の水力・地熱・太陽光発電設備を提供しています。そして，電気を安全に届ける高信頼性の送配電機器，分散電源に対応する新電力需給制御システム，蓄電池や水素エネルギーを使った蓄電ソリューション，並びにこれらを最適に運用するシステムの研究開発を進め，スマートで持続可能な社会の実現に貢献していきます。

ハイライト編のp.4–10に関連記事掲載。

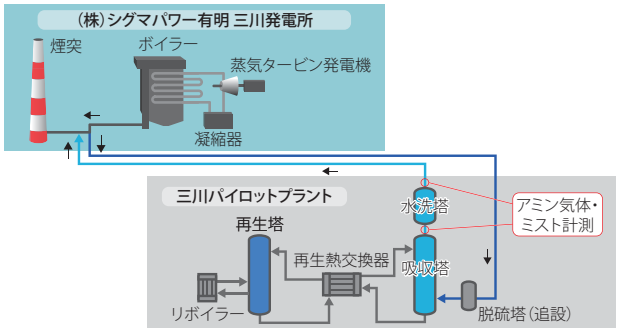
統括技師長　佐々木　隆

1. 火力発電

■ 二酸化炭素分離回収プラントからのアミン放散形態を定量的に把握

火力発電所などから排出される二酸化炭素（CO_2）を分離回収するCCS（Carbon Dioxide Capture and Storage）プラントにおいて，CO_2除去後に大気中へ排出されるガスに含まれる，CO_2吸収液由来の微量のアミン成分が，環境に対して影響を与える可能性が指摘されている。

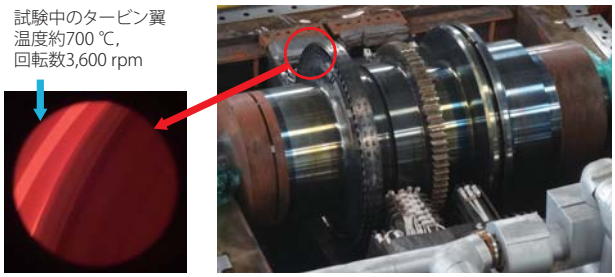
環境省から受託した「環境配慮型CCS実証事業」の一環として，今回，三川パイロットプラントにて，火力発電所の実排ガスと人工排ガスを用いて微量アミンの放散形態を評価したところ，気体とミストの2種類の放散形態が存在し，その構成比率が把握できた。これらの評価結果を基にミスト状アミン放散抑制法を考案し，現在試験装置での検証を進めている。



CO_2分離回収プラントからのアミン放散形態確認試験の概要
Overview of verification test to investigate forms of amine emissions from carbon dioxide capture plant using Mikawa Pilot Plant

■ 700 ℃級A-USC蒸気タービンローターの回転試験を完了

高効率発電が可能なA-USC（先進超々臨界圧）蒸気タービンの開発にあたり，当社は2008年から経済産業省の補助事業（2016年度から国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の助成事業）「先進超々臨界圧火力発電技術実用化要素技術開発」に参画し，700 ℃の蒸気条件に適用できるニッケル基タービン材料の開発，評価，製造性の検証などを進めてきた。今回これらを総合的に検証するため，実機大のタービンローターを製作し，電気ヒーターで最大700 ℃以上に加熱して回転試験を実施した。試験の結果，50時間連続で回転させても，振動などの異常がなく，試験後のローター検査でも健全性が確認され，A-USC蒸気タービン実用化への見通しが得られた。



A-USC蒸気タービンの回転試験用タービンローター
Prototype turbine rotor for advanced ultra-supercritical (A-USC) coal-fired power plants

■北海道電力（株）石狩湾新港発電所1号機の両軸駆動水素間接冷却発電機を出荷

北海道電力（株）石狩湾新港発電所1号機用に水素間接冷却方式を適用した容量650 MVAの両軸駆動発電機を，2017年7月に出荷した。

この発電所は，一軸型コンバインドサイクル（CC）システムであり，発電機はガスタービンと蒸気タービンの間に配置され，両側から駆動される。この配置は，プラント起動時間が短縮され運用性が向上するので，今後の一軸型CCにおいて標準になると考えられる。従来の発電機は片側だけから駆動されていたので，今回は，両側から駆動できる強度を持つ新たな軸構造を開発した。また，水素間接冷却方式を適用することで，効率99.1％以上という高効率を実現した。今後，発電所の運転開始に向けて，据え付け・試験調整を進めていく。

石狩湾新港発電所1号機の両軸駆動水素間接冷却発電機

650 MVA double-end drive indirectly hydrogen-cooled generator for Ishikariwan Shinko Thermal Power Station Unit 1 of Hokkaido Electric Power Co., Inc. (HEPCO)

■北海道電力（株）石狩湾新港発電所1号機 主要機器の据え付けを完了

当社は，北海道電力（株）から石狩湾新港1号機の建設工事を受託し，世界トップクラスの発電効率となる見込みの一軸型CC火力発電設備を建設している。2015年8月に着工し，先行工事を経て主要機器の据え付けと組み立てを開始した。排熱回収ボイラーは2017年3月から現地組立を開始し，2017年8月末までにケーシングや，伝熱管モジュール，蒸気ドラムなどの重量機器の組み立てを完了した。ガスタービン及び発電機は2017年8月に，蒸気タービンのうち高中圧タービンは2017年9月に，それぞれ据え付けを完了した。低圧タービンは2017年9月から現地組立を開始している。引き続き工事を進め，予定どおり2018年2月の所内受電，及び2018年10月のガスタービン着火を目指す。

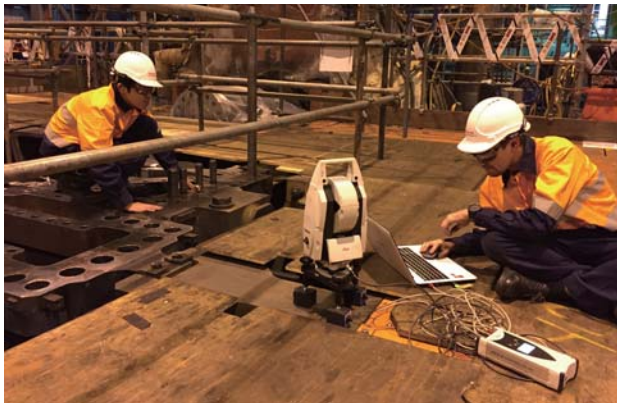
石狩湾新港1号機のガスタービン

Gas turbine for Ishikariwan Shinko Thermal Power Station Unit 1 of HEPCO

■オーストラリア カライドC発電所4号機 3次元計測器を用いて定期検査期間を短縮

2017年8月にオーストラリア CS Energy社カライドC発電所4号機の定期検査において，低圧ノズルの更新作業を行った。

従来のタービン間隙設定では，上半車室の分解状態から組み立て状態への静止部位置変化をピアノ線で計測し，この変化量を考慮して回転体と静止部を適正な間隙に調整しており，この作業に1車室当たり7日間程度を要していた。今回の定期検査では，3次元計測器を用いて上半及び下半の車室水平面レベルを計測し，独自開発のアルゴリズムを用いてタービンの上半車室の仮組立をすることなく，上半車室の分解状態から組み立て状態への静止部位置変化量を推定した。この工法を採用することで，定期検査期間を6日間短縮できた。



3次元計測器を用いた低圧車室の水平面計測

Low-pressure (LP) turbine half-joint level measurements using three-dimensional laser measuring instrument at Callide C Power Station Unit 4, Australia

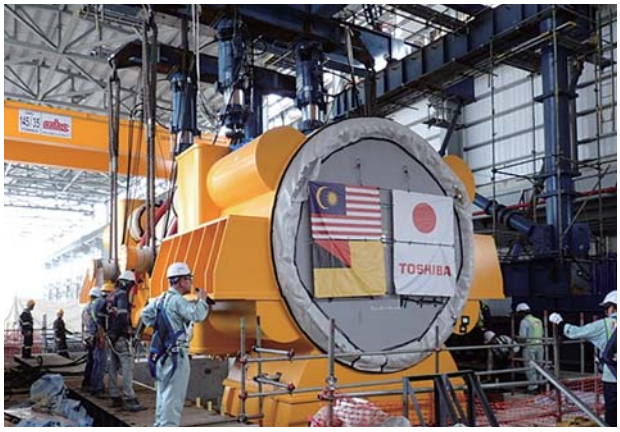
マレーシア ジマイースト石炭火力発電所1号機の発電機を出荷し固定子据え付けを完了

マレーシア ジマイースト石炭火力発電所1号機の発電機（容量1,270 MVA）を出荷し，2017年10月に現地での固定子据え付けを完了した。

当社は，この発電所に1,000 MW超々臨界圧蒸気タービン発電設備2基を納入し，1号機は2019年6月，2号機は2019年12月に運転を開始する計画である。この発電機は，当社の2極タービン発電機の実績として最大容量である固定子コイル水直接冷却方式の発電機であり，2017年5月に工場での性能試験を完了して出荷されたものである。

発電機の定格は，次のとおりである。

・ 発電機：1,270 MVA-26 kV–力率0.85–50 Hz–2極–水素ガス圧力 600 kPa（Gauge）

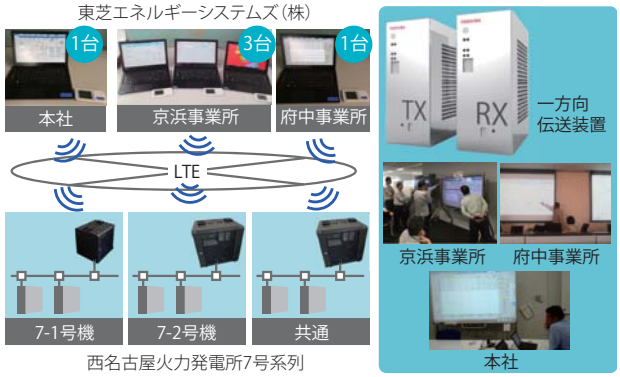


ジマイースト石炭火力発電所1号機の発電機固定子

Generator stator for Jimah East Coal-Fired Power Plant Unit 1, Malaysi

中部電力（株）西名古屋火力発電所7号系列 情報制御システム

西名古屋火力発電所は，3台のガスタービンで1台の蒸気タービンを駆動する3 on 1の複合型コンバインドサイクル（2ユニット）であり，プラント全体の俯瞰（ふかん）と各ユニットの独立性を維持した監視・制御を実現した。1台のOPS（Operator Station）で，共通設備と2ユニットを含むプラント全体を監視・制御することが可能になり，将来の無人化運転を見据えたコンパクトな中央操作室を実現した。更に，このシステムはデータの一方向通信などのセキュリティー技術を具備しており，当社の京浜・府中事業所から，試運転中のプラントの挙動をオンラインで監視することを可能にした。これにより，問題発生時のデータ解析時間を短縮し，試運転の効率化に寄与した。このリモート遠隔監視は，IoTによるプラント診断にも活用できるため，今後の情報制御システムに標準採用していく。



LTE：Long Term Evolution

データの一方向通信技術を具備したリモート監視システム

Remote monitoring system with one-way data communication technology for Nishi-Nagoya Thermal Power Station No. 7 of Chubu Electric Power Co., Inc.

タービン累計出荷容量が2億kWを達成

東芝グループは，この度工場出荷を完了したベトナム向けで，タービン累計出荷容量が2億kWを達成した。1927年に23 kWの蒸気タービンを製造して以来，約90年にわたってタービンを設計・製造してきた。1966年に我が国初の地熱発電所向けに蒸気タービンを納入し，1987年に世界初の超々臨界圧大容量蒸気タービンを開発するなど技術革新を進めてきた。2008年9月には京浜事業所に続く蒸気タービン・発電機のグローバル製造拠点として，インドにチェンナイ工場を設立した。これまでに出荷したタービンは1,980台，世界43か国に及ぶ。

今後も，長年培ってきた製造技術をベースに最新技術を適用し，総合的な発電システムソリューションをグローバルに提供していく。

西暦年	実　績
1927	東芝初の陸用蒸気タービン製造
1929	7,500 kW純国産蒸気タービン製造
1987	世界初の超々臨界圧大容量蒸気タービン納入
1997	タービン累計出荷容量1億kW達成
2016	北米市場10年間の累計納入シェアNo.1
2017	タービン累計出荷容量2億kW達成

タービン累計出荷容量が2億kWを達成

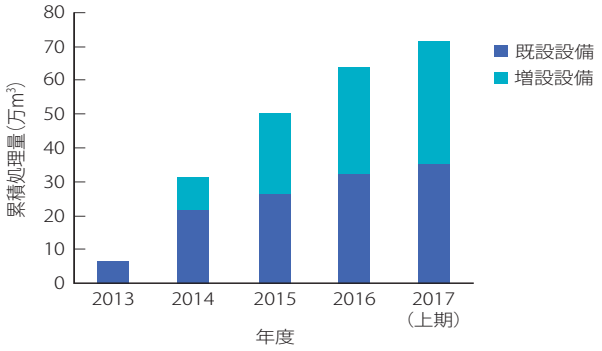
Shipments of turbines with cumulative 200 000 MW output capacity

2. 原子力発電・新領域

福島第一原子力発電所 汚染水約70万m³の処理を達成

当社は，福島第一原子力発電所のタービン建屋などに滞留する汚染水から62核種を除去する多核種除去設備を2013年に，その増設機を2014年に相次いで設置し，稼働させた。汚染水は，燃料デブリを冷却した水や流入した地下水が建屋の底部に滞留し，継続的に発生する。そのため，より安価で取り扱いの容易な国産吸着剤や，信頼性を高めた前処理ろ過フィルターの採用など，設備改善を取り入れながら汚染水の安定処理を図ってきた。

その結果，2017年度上期には累計70万m³の処理を達成した。今後も，更なる信頼性向上策や廃棄物低減策を導入し，至近の目標である，2020年の建屋内滞留水の処理完了に向け，処理性能の維持・向上を図っていく。



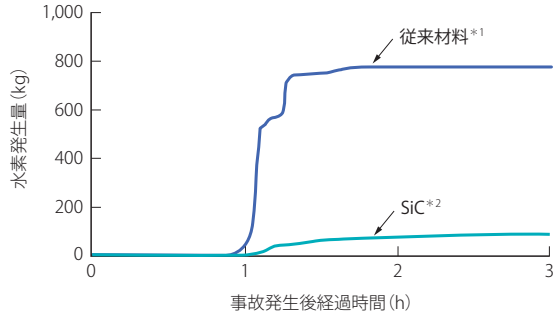
多核種除去設備による汚染水の累積処理量

Cumulative amount of contaminated water treated by Multi-Radionuclide Removal System (MRRS) at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit 1

SiC炉心材料の事故耐性の過酷事故解析による評価

当社は，炉心損傷を伴う過酷事故への事象進展を遅らせるために，耐熱性や耐酸化性に優れた炭化ケイ素（SiC）を，原子力プラントの炉心材料に適用する開発を進めており，SiCを燃料被覆管や，燃料集合体カバー，制御棒などの炉心材料に用いた場合のプラント事故時挙動を解析した。

この解析では，原子炉冷却材喪失や，原子炉減圧・注水失敗事象などの過酷事故を対象とし，SiCの物性，水との酸化反応による発熱，水素発生などを考慮した。その結果，ジルコニウム合金，ステンレスなどの従来材料と比べ，被覆管温度の上昇速度が緩慢となり，水素発生量が大幅に低減することを確認し，SiCがこれらの過酷事故に対し，優れた耐性を持つことを示した。



＊1：燃料被覆管及び燃料集合体カバーはジルコニウム合金，制御棒ブレードはステンレス
＊2：燃料被覆管，燃料集合体カバー，制御棒ブレードの全てにSiCを適用

過酷事故発生時の水素発生量の解析例

Example of hydrogen generation analysis in event of severe accident

中部電力（株）浜岡原子力発電所の緊急時対策所向け 燃料サービスタンクの出荷・据付工事を完了

浜岡原子力発電所に緊急時対策所向けの燃料サービスタンク（容量1.22 m³，全高約2.4 m）を2基納入し，据え付けを完了した。緊急時対策所は重大事故時の事故対応の指揮所であり，東日本大震災後の新規制基準によって設置が義務付けられた施設である。

このタンクは，緊急時対策所の非常用発電機に燃料の軽油を供給するために，地下の燃料タンクからポンプでくみ上げた燃料を一時的に貯留するタンクであり，重大事故に対処する設備として要求される高い耐震性，並びに材料や構造の要求を満たすように設計・製作されている。同様の一時貯留タンクは，今後計画される複数プラントの特定重大事故等対処施設の電源設備にも適用される計画である。

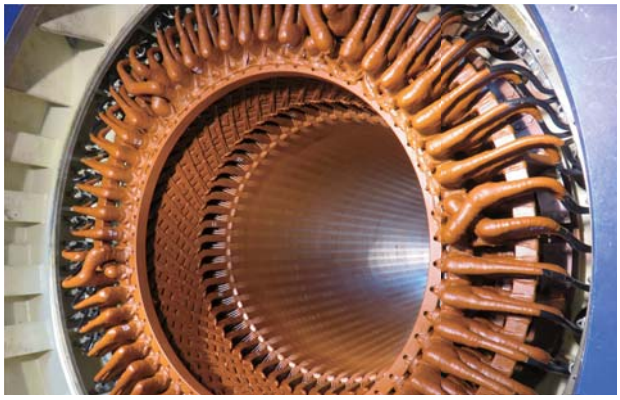
浜岡原子力発電所緊急時対策所増設棟向け燃料サービスタンク

Fuel oil service tank for Technical Support Center at Hamaoka Nuclear Power Station of Chubu Electric Power Co., Inc.

EDFの発電機固定子で8台目の巻き替え工事が完了

フランス電力公社（EDF：Électricité de France）での発電機固定子巻き替えを，2008年に11台一括の契約で進めている。そのうちの900 MW発電機については，インタースパース技術の適用で，劣化更新に加えて振動低減にも寄与している。

2016年11月から8台目の巻き替え工事を開始したが，この工事から現地協力会社がセジェレック社からジュモン社へ変更された。従来同様の品質確保及び工程遵守のため，当社の巻き替え作業を納得・理解して対応できるように，作業員リーダーのトレーニングや，作業員のモックアップ・机上・オンジョブトレーニングを十分に行って実工事に臨んだ。その結果，契約工程内で品質問題などの発生もなく完了することができ，客先からの高い評価が得られた。



EDFの発電機固定子の巻き替え工事

Eighth generator stator rewind for nuclear power plant of Électricité de France (EDF)

超伝導回転ガントリーを用いた初の重粒子線がん治療の臨床研究を放医研で実施

2015年に，放医研（国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所）に納入した超伝導回転ガントリー装置とその治療室機器について，放医研と共同で治療台や移動床などの治療室付帯設備を整備するとともに，患者入室から位置決め，照射，退室までの治療の流れを模擬した試験を行った。更に，医療機器としての規格適合試験を実施し，製造販売承認を得た。

これを受け，2017年5月から，世界初の超伝導回転ガントリーを用いた重粒子線がん治療の臨床研究が開始された。

今回の知見を次世代の小型超伝導回転ガントリーの開発に反映し，重粒子線がん治療装置の国内外への普及に貢献していく。

重粒子線がん治療装置の治療室

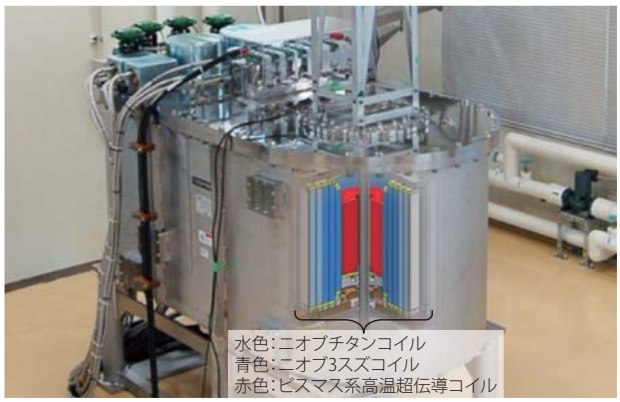
Treatment room at Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba (HIMAC)

世界最高クラスの磁場が発生できる無冷媒高温超伝導電磁石

当社と国立大学法人 東北大学は，ニオブチタンコイルと，ニオブ3スズコイル，ビスマス系高温超伝導コイルから構成される，無冷媒高温超伝導電磁石を共同で開発した。更に，高温超伝導コイルの高磁場化技術を確立して直径52 mmの室温空間に実用超伝導電磁石として世界最高クラスの(注)磁場24.6 T（テスラ）を安定的に発生させることに成功した。

この装置は，共同利用施設として全国の研究者に公開され，当社の技術が高磁場下での物性研究や材料開発などの基礎科学の発展に貢献している。また，この開発によって得られた技術は，MRI（磁気共鳴イメージング）や，加速器，核融合などで用いられている超伝導電磁石を高磁場化することへの応用などが期待できる。

（注） 2017年4月現在，当社調べ。



24.6 T無冷媒高温超伝導電磁石

24.6 T cryogen-free superconducting magnet installed at High Field Laboratory for Superconducting Materials (HFLSM)

3. 水力発電

四国電力（株）分水第一発電所が営業運転を開始

四国電力（株）分水第一発電所の更新工事が完了し，2017年4月から営業運転を開始した。

既設設備は，1940年に運転を開始した地上発電所であったが，地滑りの被害を回避する目的で，水圧管路や送電線開閉設備を含む全ての設備を地下に移設した。今回の更新にあたり，主機台数を3台から1台に統合して設備の簡素化を図るとともに，高効率ランナを適用することで，発電所出力を3,300 kW増加させた。更に保守の省力化を図るため，水潤滑軸受において，潤滑水の蒸発を低減して補水回数を削減する構造を，四国電力（株）との共同研究により開発し，適用した。

水車と発電機の定格は，次のとおりである。

・水車　：30.6 MW–304.37 m–600 min^{-1}

・発電機：33.3 MVA–11 kV–600 min^{-1}–60 Hz

分水第一発電所の水車発電機

Hydraulic turbine generator for Bunsui Daiichi Power Station of Shikoku Electric Power Co., Inc.

昭和電工（株）の秩父発電所，青木発電所，赤松発電所が営業運転を開始

昭和電工（株）の3発電所（秩父発電所，青木発電所，赤松発電所）が，それぞれ2017年6月，8月，9月に営業運転を開始した。

秩父発電所と赤松発電所は立軸フランシス水車，青木発電所は横軸ペルトン水車と型式が異なるが，各々の据付工事・試験を約9か月という短期間で完了させた。また，最新技術を駆使して高効率化を実現するとともに，一体型配電盤，電動サーボモータなどを採用することで，設備の簡素化と保守の省力化を図った。

これにより，2016年に運転を開始した広津発電所，常盤発電所と合わせて，昭和電工（株）の全発電所の水車，発電機，ほか一式の更新工事が完了した。

青木発電所

Aoki Hydroelectric Power Station of Showa Denko K.K.

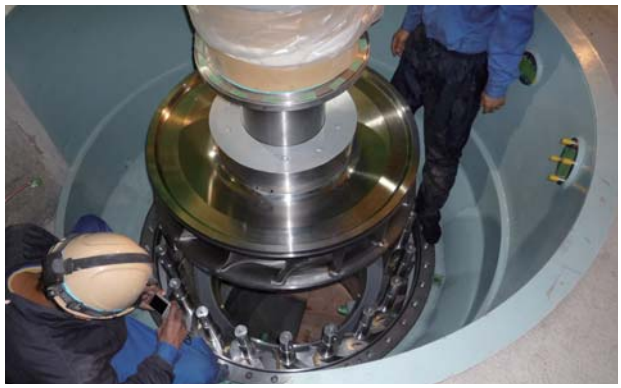
秋田県 早口発電所が運転を開始

秋田県 早口発電所は，2015年に（株）明電舎と共同で受注した案件であり，2017年12月に現地での効率試験を実施し，全ての有水試験を完了した。

水車では，流れ解析と模型試験を併用し，高効率ランナを開発して適用することで，既設機に対して定格出力を約390 kWアップさせた。また，水車軸受は空冷化により給水装置を省略するとともに，ガイドベーンや入口弁は電動化により圧油装置を省略することで，保守の省力化を図った。

担当した水車の定格は，次のとおりである。

・水車：8.19 MW–148.5 m–750 min^{-1}



早口発電所の立軸水車ランナ

Hydraulic runner for Hayakuchi Power Station, Akita

コロンビア サルバヒーナ発電所1号機が営業運転を開始

コロンビア サルバヒーナ発電所1号機の更新工事が完了し，2017年12月に営業運転を開始した。

先行して更新した2，3号機は固定子コイルの巻き替えだけであったが，1号機は製造から約35年を経過しており，出力アップの要求もあったことから，固定子一式を更新するとともに，主要変圧器も更新し，発電機の定格容量を100 MVAから125 MVAに増大させた。また据付工事には，実績のある現地の工事業者を採用し，既設では輸送の都合で分割面を有していた鉄心を，今回は現地にて分割面なしで円筒状に積むエンドレス積みに改善した。

更新後の発電機の定格は，次のとおりである。

・発電機：125 MVA–13.8 kV–力率0.936–180 min^{-1}–60 Hz，1台

サルバヒーナ発電所
Salvajina Hydroelectric Power Station, Colombia

関西電力（株）黒部川第二発電所1号機が営業運転を開始

関西電力（株）黒部川第二発電所1号機の設備更新が完了し，2017年5月に営業運転を開始した。

既設設備は，1936年に運転を開始して以降約80年間にわたって使用されていた。今回，発電機は磁極を除いた回転子及び発電機軸を流用するなど，初期投資の抑制を図るとともに，高効率化を図って1台当たりの出力を900 kW向上させた。また，土砂摩耗が著しいランナ，ガイドベーン，ライナ，主軸封水部には超高速フレーム溶射（HP-HVOF：High Pressure High Velocity Oxygen Fuel）を適用し，長寿命化を図った。更に，軸受は空冷化して冷却水を省略するとともに，調速機及び入口弁は電動化して圧油装置を省略し，保守の省力化を実現した。

水車と発電機の定格は，次のとおりである。

・水車　：25.5 MW–175.25 m–450 min^{-1}

・発電機：26.5 MVA–11 kV–力率0.95–450 min^{-1}–60 Hz

水車ランナのつり込み
Hydraulic runner for Kurobegawa No. 2 Power Station of The Kansai Electric Power Co., Inc.

インドネシア マレア1発電所 フランシス水車の模型試験を完了

2017年8月に，東芝水電設備（杭州）有限公司（THPC）の水車性能模型試験スタンドにおいて，インドネシア マレア1発電所 フランシス水車の模型試験を実施し，無事に完了した。

この案件は，THPCの模型試験スタンドで試験を実施する，初めての中国国外のプロジェクトとなった。

水車と発電機の定格は，次のとおりである。

・水車　：49.5 MW–417.02 m–600 min^{-1}

・発電機：45 MVA–11 kV–600 min^{-1}–50 Hz

マレア1発電所 フランシス水車の模型試験
Acceptance test of Francis turbine runner model for Malea 1 Hydroelectric Power Station, Indonesia

4. 再生可能エネルギー

トルコ クズレデレ第3地熱発電所2号機向け蒸気タービン発電機を出荷

トルコの大手電力事業者ゾルルエナジーグループ（以下，ゾルル社と略記）が建設している，クズレデレ第3地熱発電所2号機向け蒸気タービン発電機の出荷が，2017年6月から7月にかけて完了した。この発電所は，地熱蒸気を直接利用するフラッシュ型発電と低沸点媒体を利用するバイナリー型発電から構成される高効率コンバインド型地熱発電システムを採用している。

2017年8月に商業運転が開始された1号機を含めた総出力は165 MWで，2号機の地熱蒸気タービン発電機の出力は約50 MWである。2号機は，2018年2月に商業運転が開始される予定であり，タービン据え付けを9月から開始し，現在，建設及び試運転業務のサポートを行っている。更に，2020年10月までにゾルル社が建設を計画している，3件の地熱発電所の開発についても，2017年8月に包括契約を締結した。

クズレデレ第3地熱発電所2号機向け蒸気タービン据え付け

Installation of steam turbine for Kizildere III Geothermal Power Plant Unit 2, Turkey

東北電力（株）柳津西山地熱発電所のタービン更新により蒸気消費率を改善

東北電力（株）柳津西山地熱発電所は，1995年の運転開始時には国内地熱発電所として最大出力となる65 MWを誇っていたが，蒸気井からの発生蒸気量が次第に減少し，近年は出力が20 MW程度にまで落ち込んでいた。また，蒸気中には，一般火力発電では存在しない腐食性ガス，侵食性の強い異物，スケールが含まれることから，蒸気タービン各部の腐食，侵食，応力腐食割れ（SCC），腐食疲労，スケール堆積などの対策に悩まされてきた。

今回，地熱発電所特有の蒸気性状に対応させた蒸気タービンの劣化更新を行うと同時に，現在の蒸気条件や流量に合わせ，段落数の見直しを含む蒸気通路部の最適化設計を行うことで，ユニットの蒸気消費率を20％程度改善した。

蒸気通路部の最適化設計後のタービンローター

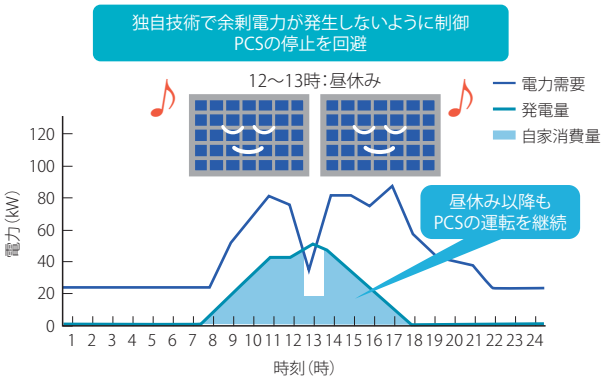
Steam turbine rotor optimized for Yanaizu-Nishiyama Geothermal Power Station of Tohoku Electric Power Co., Inc.

自家消費型太陽光発電システムのカレンダー式発電継続機能

自家消費型太陽光発電システム向けに，発電量よりも電力需要が低下して余剰電力が発生しても，保護継電器によるPCS（パワーコンディショナー）の発電停止を回避する機能として，カレンダー式発電継続機能を開発した。

一定期間収集した30分ごとの需要電力量データから，独自手法により下限需要電力量を推定し，発電量が上回らないようにPCS制御を行う。制御方法としては，推定値を基にスケジュール運転を行う。

従来の太陽光発電システムの発電容量は，低電力需要時に合わせて設定していたが，この発電継続機能により，より大容量の太陽光発電システムを構築することが可能となった。2016年12月に納入した実発電所での試験運用を経て，2017年11月からリリースを開始した。



発電継続機能

Continuous power generation function for self-consumption type photovoltaic power generation systems

5. 水素エネルギー

■ 再生可能エネルギーを利用した大規模水素Power-to-Gasシステムの開発を開始

国立研究開発法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発」の一環として，岩谷産業（株）及び東北電力（株）とともに受託した大規模水素エネルギーシステム（大規模水素Power-to-Gasシステム）の開発を開始した。福島県双葉郡浪江町を実証エリアとして，1万kW級の水素製造装置を備えた水素エネルギーシステムを構築し，2020年度中に実証試験を行う。

再生可能エネルギーの導入拡大を見据えて，電力系統の需給バランスを調整するための水素活用事業モデル及び水素販売事業モデルを確立し，新たな付加価値を持つ大規模水素Power-to-Gasシステムの実用化を目指す。

大規模水素Power-to-Gasシステムの完成予定図
Rendering of large-scale power-to-gas system for conversion of electric power to hydrogen fuel

■ 府中事業所に“水素エネルギー利活用センター”を開所

再生可能エネルギー由来の水素を，熱や電力だけでなくモビリティーの燃料としても活用する事業所向けモデルとして，自立型水素エネルギー供給システムH_2One™を使った“水素エネルギー利活用センター”を当社府中事業所内に開所した。

排出ガスを出さない燃料電池（FC）自動車やFCフォークリフトの市場導入が進む中，製造時に二酸化炭素（CO_2）を一切排出しない再生可能エネルギー由来の水素は，次世代エネルギーとして期待されている。事業所に賦存する再生可能エネルギーを多角的に利活用することで，事業所全体のCO_2排出量削減に貢献する。これを事業所における水素利活用モデルの基本形と位置付け，普及を目指す。

同センターの設備は東京都の，FCフォークリフトは環境省の補助を受けて導入した。

府中事業所 水素エネルギー利活用センター
Hydrogen Application Center at Fuchu Complex

■ 100 kW級H_2Rex™を4機納入

100 kW級の純水素燃料電池システムH_2Rex™を，2017年に商品化して合計4機を様々な施設に納入した。100 kW級H_2Rex™は，50 % LHV（注1）の効率を実現しており，CO_2削減に寄与する。

（株）トクヤマ（注2）に納入したH_2Rex™は，副生水素を用いて発電し，電力と発電の過程で生じた温水をスポーツジムへ供給している。また山口県周南市（注2）では，地方卸売市場に設置されており，発電した電力は施設内に，温水は花卉（かき）の保管エリアなどの冷暖房用に供給される。

今後は，更なる高出力化や，コンパクト化，コストダウンを進め，市場の拡大を目指す。

（注1）発熱量に対する発電量の比で発電効率を算出するとき，発熱量に水蒸気の凝縮潜熱を含めない算出条件。
（注2）（株）トクヤマ及び周南市が，環境省委託事業「地域連携・低炭素水素技術実証事業」の一環として導入。

（株）トクヤマへ納入した100 kW級燃料電池システムH_2Rex™
100 kW pure hydrogen fuel cell system of Tokuyama Corp.

東急建設（株）及び宮城県からH_2One^{TM}を受注

2017年に，東急建設（株）及び宮城県から，自立型水素エネルギー供給システムH_2One^{TM}を1基ずつ受注した。

東急建設（株）は，「ゼロ・エネルギー・ビル」のモデルとして，同社の技術研究所オフィス棟の改修を進めており，その一環としてH_2One^{TM}を導入する。H_2One^{TM}がビルの省エネ化や再生可能エネルギーを活用する用途で導入される初の事例となり，2018年2月に運転を開始した。

また宮城県に納入するH_2One^{TM}は，全ての機器を一つのコンテナに収納したワンコンテナタイプである。系統に接続しない完全自立型として，年間177万人の集客力のある宮城球場（愛称：楽天生命パーク宮城）に導入され，2018年4月に運転開始の予定である。

写真提供：東北楽天ゴールデンイーグルス

© Rakuten Eagles

楽天生命パーク宮城に導入予定のH_2One^{TM}

Rendering of H_2One^{TM} hydrogen energy supply system installed at Rakuten Seimei Park Miyagi

水素サプライチェーン構築実証のための水素利用機器を設置

環境省委託事業「地域連携・低炭素水素技術実証事業」として，小水力発電所の電力を使い再生可能エネルギー由来の水素を製造，輸送，及び利用する水素サプライチェーンの構築実証を進めている。

水素の利用設備として，北海道の釧路市及び白糠郡白糠町にある3施設に各々3.5 kW，7 kW，100 kWの純水素燃料電池を設置して，電気と熱を供給する計画である。2017年度は，このうち2施設に燃料電池や蓄電池などの主要機器を設置し，系統連系試験を開始した。今後，残る1施設への設置と試運転を行う予定である。そして2018年度に，小水力発電所の電力を用いて水素を製造，輸送，及び利用する水素サプライチェーンの運用を開始し，CO_2排出量削減に向けた実証を行う。

釧路市音別町福祉保健センターの水素利活用機器

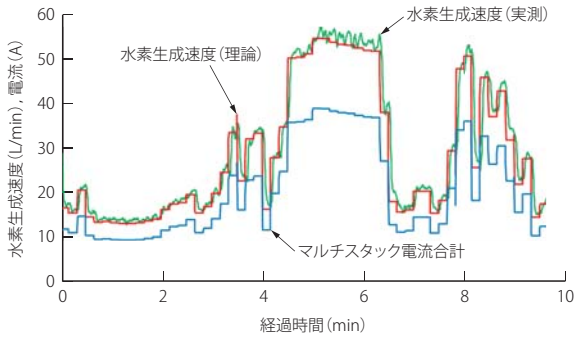
Hydrogen application facility installed at Kushiro Ombetsu Welfare and Health Center

SOECを用いた水素製造システム

出力変動の大きい再生可能エネルギーを，安定に使うために，余剰電力を水素として貯蔵する技術が注目されている。NEDOから委託を受けた「水素利用等先導研究開発事業／高効率水素製造技術の研究／高温水蒸気電解システムの研究」の一環として，従来に比べて水素を30％多く製造できるポテンシャルを持つ固体酸化物形電解セル（SOEC）を用いた水素製造システムを開発している。

2017年度は，2016年度に作製した水素製造量3 Nm^3（注）/h級のマルチセルスタック水素製造システムを使い，太陽光発電の電力変動を模擬した電源を用いて負荷追従試験を実施した。この結果，急激な出力変動に対して十分な負荷追従性を持つことが確認された。

（注）　Nm^3は0 ℃，1気圧の状態に換算した体積。



マルチスタック試験による負荷追従性の確認

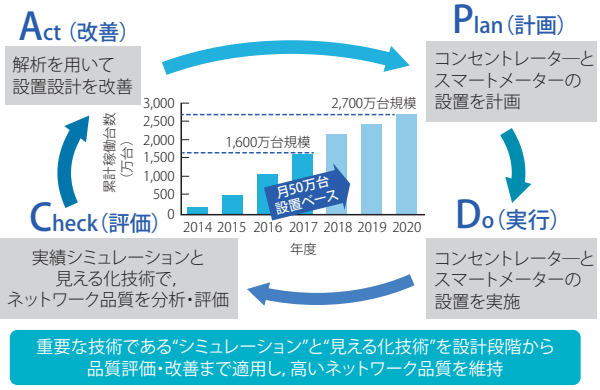
Evaluation of load followability of solid oxide electrolysis cell (SOEC) using multi-stack test stand

6. 電力流通

■ 東京電力パワーグリッド（株）スマートメーター通信システムの安定運用

2015年に運用が開始されたスマートメーター通信システムは，毎月50万台強のペースで設置され，2017年度までの稼働台数は約1,600万台に達した。無線マルチホップ通信方式によるシステムとしては世界最大規模で，30分ごとの電力使用量を検針し，データ収集率99.9％の高いネットワーク品質を維持しつつ安定稼働を継続している。

全スマートメーター化（2020年度に2,700万台規模）に向けて，PDCA（Plan-Do-Check-Act）サイクルによってネットワーク運用の改善を図り，高信頼性システムの安定運用と信頼性の向上に貢献している。また，データ収集と通信制御を行うヘッドエンドシステムの拡張を行い，要求性能を確保した。今後は，このシステム構築経験で培ったノウハウを強みとし，事業領域の更なる拡大を目指していく。



PDCAサイクルでネットワーク品質を維持するスマートメーター通信システム

Communication system for smart meters of TEPCO Power Grid, Inc. to maintain network quality by implementing plan-do-check-act (PDCA) cycle

■ 東京電力パワーグリッド（株）中央給電指令所代替システムが運用を開始

基幹系統給電指令所に設置される中央給電指令所代替システムのハードウェア更新を行い，2017年3月に運用が開始された。

このシステムは，中央給電指令所に設置される自動給電システムとの相互バックアップを行っており，非常災害などの発生時に自動給電システムの運用に支障が生じた場合にも，そのバックアップ機能によって需給運用業務を継続できる。また，中央給電指令所にこのシステムの指令台端末を設置することで，高い可用性を実現している。

中央給電指令所代替システム

Backup system for power system control center of TEPCO Power Grid, Inc.

■ 中部電力（株）基幹系統合型系統安定化システムの西部方面系統が運用を開始

基幹系統合型系統安定化（基幹系ISC）システムは，分散型電源大量連系などの系統状況の変化に対応するため，500 kV以下の西部方面系統(注)を対象とする運用を2017年5月から開始した。

基幹系ISCシステムは，広範囲にわたる停電を未然に防止する役割を担っており，系統事故発生時に，一部の発電機を高速に切り離して脱調現象を防止する過渡安定度維持機能と，急激な周波数変動を防止する周波数維持機能を持つ。当社は、制御内容を決定する親局装置において，従来に比べて効果的な制御内容を高速に決定可能な新手法を開発し，演算量の低減かつ制御量の抑制に成功した。これにより，需給運用面への影響緩和など，系統事故の影響を低減できる。

基幹系ISCシステムの親局装置

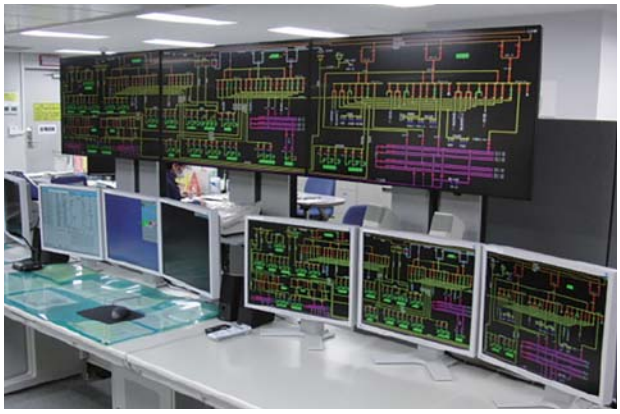
Processing equipment of trunk transmission integrated stability control (ISC) system of Chubu Electric Power Co., Inc.

（注）　500 kV以下の東部方面系統を対象とする運用は2020年に開始予定。

東京電力パワーグリッド（株）新宿制御所 配電制御システムが運用を開始

地方送電系統と配電系統の二つの系統を監視制御する２階層制御システム（配電制御システム）への更新において，当社はハードウェアメーカーとして参画している。最後の更新箇所である新宿制御所の運用が2017年４月に開始された。

従来，配電用変電所に対しては変電システムを経由した間接制御が行われていたが，今回，配電制御システムから直接制御する方式が採用された。これにより，これまで工務部門と配電部門が別々に監視制御していた配電用変電所と配電線を“配工一体”で監視制御できることから，より効率的な業務運営を可能にした。



配電制御システム
Distribution control system of TEPCO Power Grid, Inc.

東京電力パワーグリッド（株）500 kV制御所 集中監視制御システムが運用を開始

500 kV制御所は，運用業務の効率化を図るため，運用拠点を現行の６制御所から西と東の２制御所に集中化された。500 kV西制御所の集中監視制御（SCADA）システムの運用が2017年９月に開始され，引き続き同年12月には，500 kV東制御所の同システムで運用が開始され，２拠点での本格運用に入った。

このシステムは，広域分散多重系サーバーから構成され，複数の拠点にサーバーを分散設置することで，冗長性・信頼性向上と運用の継続性を高めた。また，電力系統の運用にあたって，新しい認証手段を採用することでセキュリティーの強化を図り，電力系統運用の信頼性向上を実現した。

500 kV西制御所のSCADAシステム
Supervisory control and data acquisition (SCADA) system for 500 kV West Control Office of TEPCO Power Grid, Inc.

東北電力（株）広域分散形制御所監視制御システム

広域分散形制御所監視制御システムの運用が，東北電力（株）岩手支店管内で2017年７月に開始された。管内の電力系統の監視・運用機能を備える。

主な特長は，次のとおりである。

(1) 主要サーバーを隣接支店にも広域分散配置し，隣接支店システム間での相互バックアップを想定した設計
(2) 系統監視盤に55型LCD（液晶ディスプレー）を22面（最大28面）備え，訓練及びバックアップ時には２分割表示で対応
(3) 支援系ネットワークに接続したリモート端末により，保守部門との迅速な情報共有と運用者の負担軽減が可能
(4) 広域ネットワークを介し，遠隔でメンテナンスを実施

広域分散形制御所監視制御システム
Wide-area distributed type SCADA system of Tohoku Electric Power Co., Inc.

北海道電力（株）中央給電指令所 自動給電システムが運用を開始

中央給電指令所 自動給電システムのハードウェアを更新し，新システムへの切り替え後，運用が2017年10月に開始された。

既設システムは，運用開始から15年が経過しており，今後も長期的な安定運用を可能にするため，ハードウェアの更新が実施された。また，電力システム改革の進展で，広域機関への対応や将来の送電・発電会社への法的分離と情報遮断に備えた対応（エリア及びバランシンググループ(BG)中央給電指令所の運用分離）が可能なように，高性能・大容量化とともに，既設システムに比べて拡張性，可用性，及び信頼性の向上を図った。

中央給電指令所 自動給電システム

Automatic power supply system for central load dispatching center of Hokkaido Electric Power Co., Inc.

九州電力（株）中央給電指令所 再生可能エネルギー運用支援システムが運用を開始

九州エリアでは，太陽光発電を中心に再生可能エネルギーの大量導入によって供給力が過大になりつつあり，2017年度中に出力制御が必要となる可能性がある。当社は，九州電力（株）の支援の下，出力制御を円滑・確実に行うための再生可能エネルギー運用支援システムを開発し，2017年10月に運用が開始された。

最新エリア需要想定や気象予測データを用いて，再生可能エネルギーの出力予測の見直し及び出力制御量の最適化を行う。特に，遠隔制御可能な発電事業者への追加制御や制御停止を指示する機能，及び発電事象者の制御実績を管理する機能を備えており，公平性を確保しつつ再生可能エネルギーの出力制御が可能である。

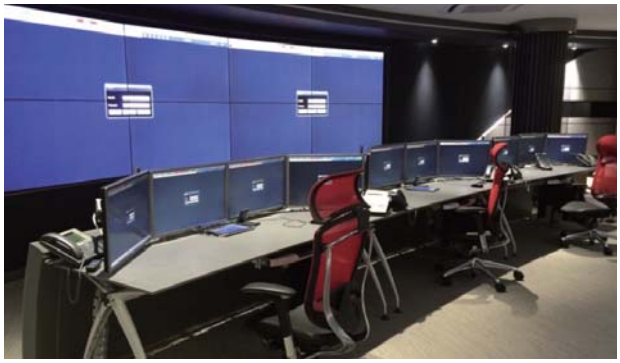
中央給電指令所 再生可能エネルギー運用支援システム

Renewable energy management system for central load dispatching center of Kyushu Electric Power Co., Inc.

海外向け共通プラットフォームを適用した電力系統監視制御システムがブルネイ・ダルサラーム国で運用を開始

海外市場向けに中規模から大規模システムにも対応できる共通プラットフォームを開発し，それを適用したSCADAシステム1号機が，ブルネイ・ダルサラーム国の国営電力会社Department of Electrical Services（DES）に導入された。このシステムは，DESの中央制御所（NCC）とバックアップ制御所（DRC）に設置され，2017年3月に全面運用が開始された。

引き続き2018年には，需要予測や発電計画機能を担うEMS（Energy Management System）システムの工場試験，現地試験，及び運用開始の予定である。DES管内初のSCADA・EMSシステムの導入により，機器や電力系統が可視化され，監視制御の操作性向上や発電効率向上が期待できる。



NCCに導入されたSCADAシステムと大画面表示装置

SCADA system and large-screen display system for National Control Center (NCC) of Department of Electrical Services (DES), Brunei