

研究開発レポート

東北電力株式会社
東北電力ネットワーク株式会社

まえがき

東北電力グループの研究開発への取り組み

東北電力グループは、中長期ビジョン実現に向けた今後の経営展開「よりそう next^{+PLUS}」として、これまでの取り組みや事業環境の変化等を踏まえ、中長期ビジョン「よりそう next」で掲げた「ありたい姿」などの大きな経営の方向性を堅持しつつ、その実現に向けた進め方を示しました。今後の経営展開として、「事業展開」「財務基盤」「経営基盤」の3つの取り組み方針を設定したほか、「東北発の新たな時代のスマート社会の実現」に貢献し、社会の持続的発展とともに成長すること、2050年カーボンニュートラルに挑戦していくことを掲げております。

研究開発レポートでは、上記目標の達成に向けた研究開発の取組みについて、その概要および動向を紹介いたします。

東北電力グループ中長期ビジョンにおける今後の経営展開「よりそう next^{+PLUS}」

[「よりそう next^{+PLUS}」へのリンクはこちら](#)

“事業展開”の取り組み方針

- ・電気・エネルギーを中心に据えた5つの領域と11の事業区分を設定
- ・各事業が自律的に収益と成長を追求しスマート社会の実現に貢献する
- ・新たな事業領域の拡大に挑戦

“財務基盤”の取り組み方針

- ・財務基盤の早期回復に注力
- ・「利益・投資・成長」の好循環を生み出す
- ・2026年度・2030年度をターゲットに財務目標を設定

“経営基盤”の取り組み方針

- ・サステナビリティ経営を推進
- ・特に、CN（カーボンニュートラル）戦略、DX戦略、人財戦略に注力

カーボンニュートラルチャレンジ 2050

[「カーボンニュートラルチャレンジ 2050」へのリンクはこちら](#)

- CO₂排出量の削減
2030年度のCO₂排出量について、2013年度実績から半減、2050年度にカーボンニュートラル（CO₂排出量実質ゼロ）の実現を目指します。
- 再エネと原子力の最大限の活用
2030年以降早期に、200万kWの再エネ開発を目指します。
安全確保を大前提とした原子力発電の早期再稼働を目指すとともに、安定的・効率的な運用の実施を目指します。
- 火力の脱炭素化

上越火力1号の開発と経年火力の休廃止の確実な推進、石炭火力へのバイオマス混焼等に取り組むとともに、脱炭素化に向けた実証を通じて、火力発電の低炭素化・脱炭素化に取り組んでいきます。

▶ **電化とスマート社会の実現**

電化の推進やスマート社会実現事業を通じたエネルギーの効率的利用や分散型エネルギーの活用などにも積極的に取り組み、お客さまや地域のCO₂排出削減にも貢献していきます。

東北電力グループ研究開発ミッション

■ **東北電力グループ研究開発のミッション**

『イノベーションの社会実装や競争力の徹底強化につながる研究開発を推進し、東北電力グループの成長に貢献』

ありたい姿

電力小売全面自由化による競争激化の状況下で東北電力グループが成長を継続していくためには、革新技術の自社設備導入やお客さまへのソリューション提案などイノベーション実装による課題解決や収益創出力の強化、基盤事業である電気事業を含めた東北電力グループの徹底的な競争力強化が不可欠です。

その実現に向けて、以下の3重点領域を設定しグループ大でイノベーションの早期社会実装を促進することで、地域の持続的発展と東北電力グループの成長を目指します。

研究開発重点領域

CNチャレンジ
推進に向けた貢献

スマート社会実現・
新たな収益源創出

電力スマート保安・レジ
リエンスへの着実な取組

基盤事業を支える電力の安定供給に資する研究開発

2025年1月

東北電力株式会社 研究開発センター

東北電力（株）および東北電力ネットワーク（株）で取り組んでいる研究成果について、代表的なものを紹介いたします。

1. 東北電力（株）の取り組み

区分	テーマ	担当個所
◆ カーボンニュートラルチャレンジ推進に向けた貢献		
脱炭素	石炭火力の脱炭素化に向けた取り組み	火力部
	GTCC 火力の脱炭素化に向けた取り組み	火力部
	水素製造技術を活用した再生可能エネルギーの出力変動対策に関する研究	研究開発センター
	リチウムイオン電池の性能評価に関する研究	研究開発センター
高効率化	次世代高効率ガスタービンの開発	火力部
再エネ	水力発電所水槽堆積土砂の効率的な排除方法に関する研究	水力部, 研究開発センター
	太陽光発電システムの保守技術に関する研究	研究開発センター
電力予測	高圧のお客さまのエネルギーマネジメントに関する研究	研究開発センター
	リアルタイム気象情報を活用した需要想定に関する研究	研究開発センター
	お客さま宅のスマートメータ情報による機器別負荷電力推定に関する研究	研究開発センター
電化推進	家庭用エアコンの寒冷地シミュレーションモデルの開発	研究開発センター
エネマネ	家電自動制御エネルギーマネジメントシステムの開発	研究開発センター
◆ スマート社会実現・新たな収益源創出		
AI	労働災害防止に向けた研究～AIによる安全対策の自動提案技術の開発～	火力部
働き方	将来の働き方改革を見据えたワークプレイス構築のガイドラインの整備	土木建築部
◆ 電力スマート保安・レジリエンスへの着実な取り組み		
スマート保安	デジタル技術を活用した火力発電所の運転監視技術の高度化	火力部
◆ 事業基盤を支える電力の安定供給に資する研究開発		
安定供給	ロボットを用いた小口径ドレーンの点検方法の研究	土木建築部, 研究開発センター
	冬季雷における雷電流観測と雷エネルギーの推定に関する研究	研究開発センター
	磁束制御技術を適用した高圧電圧調整装置の開発	研究開発センター
	乾燥収縮ひび割れの存在がRC壁の構造性能に及ぼす影響に関する研究	土木建築部
	河川パトロールや調整池巡視の代替を目指す固定翼ドローン「エアロボウイング（VTOL）」の実証試験	水力部

石炭火力の脱炭素化に向けた取り組み

背景と目的

東北電力グループは、2050年カーボンニュートラルの達成に向け、「東北電力グループ“カーボンニュートラルチャレンジ2050”」を策定し、「火力電源の脱炭素化」をひとつの柱としてCO₂排出量の削減に向けた取り組みを進めております。

このうち、石炭火力発電設備の脱炭素化に向けた取り組みとしては、非化石燃料であるバイオマス燃料やアンモニア燃料を石炭に混合して燃焼（混焼）し、化石燃料の使用量を削減することが挙げられ、バイオマス燃料は既に発電利用されていることから、アンモニア燃料よりも比較的早期の適用が期待できます。

木材等を加熱して半炭化させたバイオマス燃料であるブラックペレット（以下、BP という）は、従来からのバイオマス燃料である木質チップや木質ペレットよりも発熱量が高いことに加え、耐水性・粉砕性が高く石炭同様の取扱いができるとされており、既設設備を有効活用することができることから、当社では、混焼率向上による化石燃料の使用量削減に向け、2021年度より、BP混焼実証や、バイオマス原料栽培に取り組み、知見やノウハウ獲得を行っております。

研究の概要

現在、当社が保有する能代火力発電所（秋田県能代市、計180万kW、石炭）および原町火力発電所（福島県南相馬市、計200万kW、石炭）では、重量比1%程度のバイオマス燃料（木質チップ）の混焼を行っておりますが、更なるバイオマス燃料の混焼率向上を目的に、能代火力発電所において、BPの混焼実証に取り組んでおります。

また、バイオマス燃料に関する知見獲得を目的に、能代火力発電所構内の遊休地を活用し、ソルガム等のバイオマス原料となる植物の栽培にも取り組んでおります。

BP混焼に向けた取り組み

BP混焼に向けて、貯炭場^{※1}で「貯蔵」する、ボイラーまで「運ぶ」、ボイラーで「燃やす」という一連のプロセスについて、順次、能代火力発電所での試験を行っており、2023年5月には1号機でブラックペレット1%（重量比）の混焼を、2024年11月には3号機で20%（重量比）の混焼を達成し、問題なく発電できることを確認しております。 ※1 石炭の貯蔵を行う施設

また、2024年11月の試験では、船での海上輸送や、既存設備での荷揚げ、港湾部から貯炭場までの運搬などを行い、ブラックペレットを問題なく受け入れられることも確認しております。

バイオマス原料製造による知見の獲得

バイオマス燃料に関する知見獲得に向けて、能代火力発電所構内の遊休地でバイオマス原料となるソルガム等の植物の栽培に取り組んでおります。収穫した植物の一部は、試験的にペレット化、半炭化（BP化）し、性状確認等を行っております。

今後の予定

これまでに得られた知見を活用し、他号機においてもブラックペレットの混焼試験を検討するなど、将来的な石炭火力の脱炭素化やカーボンニュートラルの実現に向けて、今後も積極的に取り組んでまいります。



図1 ブラックペレット混焼実証について



図2 バイオマス原料栽培およびペレット化・半炭化試験の流れ

GTCC火力の脱炭素化に向けた取り組み

背景と目的

東北電力グループは、2050年カーボンニュートラルの達成に向け、「東北電力グループ“カーボンニュートラルチャレンジ2050”」を策定し、「火力電源の脱炭素化」をひとつの柱としてCO₂排出量の削減に向けた取り組みを進めております。

このうち、ガスタービンコンバインドサイクル発電設備^{※1}（以下、GTCC）の脱炭素化に向けた取り組みとしては、燃焼時にCO₂が発生しない水素/アンモニアを既存燃料の天然ガスに混合して燃焼（混焼）させ、CO₂排出量を削減することが挙げられます。

当社では、比較的小規模なGTCCである新潟火力発電所5号系列（以下、新潟5号）において、水素混焼による発電実証試験に取り組み、水素に関する知見やノウハウ獲得を行っております。

※1：燃料ガスを燃焼させてガスタービンを回すとともに、排熱を回収して蒸気を作り、蒸気タービンを回す発電設備。排熱を回収するため効率よく発電できる。

研究の概要

（1）試験設備、混焼方法等の検討

新潟5号での水素混焼試験にあたり、天然ガス配管に水素を供給するための試験設備の材料・構成等を検討しました。水素は以下のような特性があり、それぞれへの対策を行いました。

①原子が小さく、材料中に侵入しやすい

材料中に侵入することで水素浸食、水素脆化、水素透過といった材料への悪影響を引き起こすことから、それらに耐性のある材料を選定。

②燃焼範囲^{※2}が広く燃えやすい

水素は燃えやすいことから、漏洩を防ぐために配管接続部は基本的に溶接を実施。漏洩した場合に備え、水素に引火しない機器^{※3}の選定、設備配置を検討。
※2：空気中で対象ガスが燃焼するために必要なガス濃度範囲のこと。水素の燃焼範囲は体積比で4～75%程度。
※3：火花が発生しないような対策等がとられた機器。防爆品ともいう。

③燃焼速度が速い

混焼量が多いとガスタービンの燃焼器にてフラッシュバック^{※4}を引き起こし、燃焼器を損傷させるおそれがあることから、安全に混焼可能な混焼率を設定。
※4：火炎が燃焼器側に遡上する現象。燃焼器が高温にさらされるため、燃焼器の損傷を引き起こす。

以上の検討を踏まえて、安全に水素混焼が実施可能な試験設備の設計と試験方法の立案を実施しました。

（2）試験設備設置、水素混焼試験実施

2023年8月より、設計した試験設備を新潟火力発電所構内に設置し、同10月に発電中の新潟5号において、水素混焼試験を実施しました。

試験は10月13、19日に2回実施し、それぞれ体積比1%程度の水素を1時間程度混焼し、水素を問題なく混焼できることが確認できました。本試験は事業用のGTCCとしては国内初となる水素混焼事例となり、当社のGTCC火力脱炭素化の第一歩となりました。

また、2024年10月にも混焼試験を実施し、既存燃焼器の改造なしで実施可能な最大の量である8%程度の混焼を達成しました。

今後の予定

今後は、混焼試験で得られた知見を大型GTCCでの水素混焼に向けた検討にて活用し、「火力電源の脱炭素化」を目指してまいります。



図1 混焼試験のために設置した水素供給用の設備と水素混焼試験のイメージ

水素製造システムを活用した再生可能エネルギーの出力変動対策に関する研究

背景と目的

近年、再生可能エネルギーの導入が急速に進んでおり、気象条件による出力変動の調整が課題となっております。

これまで当社では、蓄電池技術を活用した出力変動対策に取り組んできました。本研究では、出力変動の大きい電気を水素製造に使用し、吸収することで、蓄電池と同様に再生可能エネルギーの出力変動対策として適用可能か検証することとしています。

また、水素エネルギーは、省エネルギーやエネルギーセキュリティの向上、環境負荷の低減などの面から、我が国の重要なエネルギー源として期待されており、本研究を通じて水素エネルギーに関する知見を獲得することとしております。

研究の概要

(1) 研究実施状況

本研究では、研究開発センター（仙台市青葉区）に太陽光発電設備や水素製造装置等からなる水素製造システムを設置しました。そして、太陽光発電による電気をを用いて水素を製造・貯蔵し、この水素を燃料に研究開発センター向けの電力を発電します。図1に水素製造システムのイメージを示します。

水素製造システム設置工事は、平成28年7月に着工し、平成29年3月に竣工しました。竣工から現在までに様々な気象条件の下でのデータ収集と解析を実施しました。

(2) 主要機器の概要

水素製造システムの構成機器は、7つのコンテナに分かれて設置しています。主要機器の概要は次のとおりです。

a. 水素製造装置

水を電気分解して水素と酸素を製造します。起動や水素発生量の調整を短時間で行うことができる固体高分子形を採用しました。

b. 水素貯蔵タンク

省スペースや安全確保のため、水素を金属と化合した状態で貯蔵する水素吸蔵合金方式を採用しました。貯蔵タンク内水素の吸蔵・放出には、それぞれタンクの冷却・加温を行います。

c. 燃料電池

水素と酸素を反応させて発電します。燃料として都市ガスではなく直接水素を使用することから、純水素型燃料電池を採用しました。なお、発生した熱は貯湯の上、熱交換器を経て水素貯蔵タンクへ供給します。

(3) これまで研究結果

太陽光発電による急峻な変動を水素製造に使用し、吸収することで、蓄電池と同様の変動抑制効果を確認しました。しかしながら、電力→水素→電力の変換時のエネルギーロスによって効率が低くなるという課題も確認しました。

今後の予定

現在、主要機器の耐久性検証を行うとともに水素製造システムのエネルギーロスの軽減について検討しております。これまでのところ、顕著な劣化傾向等は見られませんが、引き続き実証試験を継続し、再生可能エネルギーの有効活用に向けた水素製造システムの最適化など、将来的な水素技術の普及に向けた課題の抽出、知見・技術の獲得を進めて行く予定です。

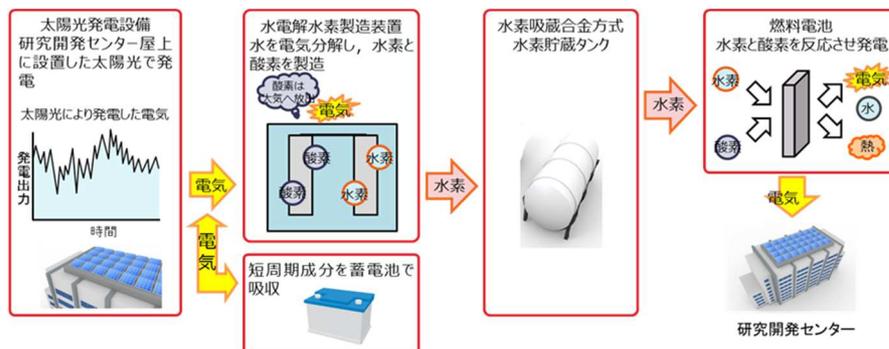


図1 水素製造システムのイメージ

リチウムイオン電池の性能評価に関する研究

背景と目的

リチウムイオン電池は電圧が高く、小型で大容量のため、長時間の使用が要求される携帯電話等のポータブル機器に利用され、近年は電気自動車、家庭用蓄電池、大規模電力貯蔵システムといった大型設備にも利用されています。

本研究では、使用材料が異なる市販リチウムイオン電池について、電池特性を把握しております。また近年、DR(デマンドレスポンス)運用や、VPP(仮想発電所)といった観点で注目を集めている家庭用蓄電システムについても電池容量低下状況を把握し、余寿命を評価する手法についても検討しています。

研究の概要

リチウムイオン電池は、電解液内をリチウムイオンが移動し、それと同時に、放電時には負荷に電流が流れます(図1)。正極と負極で使用される材料は、用途によって異なり、特性も異なります。そこで、各種市販リチウムイオン電池(図2)について、試験装置(図3)を用いて、特性や容量低下傾向を調べました。

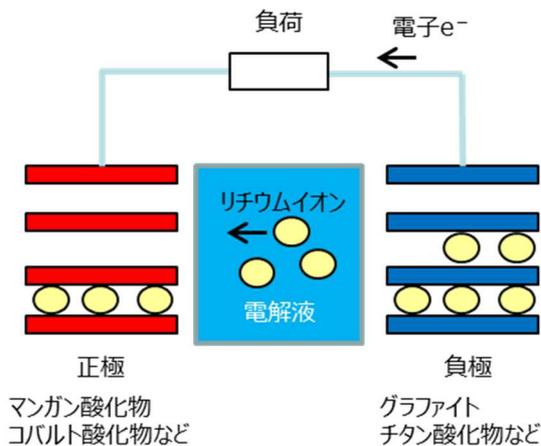


図1 リチウムイオン電池放電時の動作



図2 市販リチウムイオン電池

(1) リチウムイオン電池の特性把握

使用材料の違いによって、体積あたりの電力貯蔵量の大きさ、電力出力の大きさなどが異なることが分かり、それぞれ大きな電力貯蔵をする際に適した材料や、電気自動車などの大きな出力を出す際に適した材料があることが分かりました。

(2) リチウムイオン電池の容量低下傾向の把握

リチウムイオン電池は、経年や、充放電の繰り返しなどにより、容量が低下していきます。その傾向は使用材料や環境温度によって、違いがあることが分かりました。市販のリチウムイオン電池の容量低下傾向を図4に示します。この電池では、電池の充放電を繰り返した電池の方が、満充電に近い状態で保管した電池に比べて、容量低下が大きくなることが分かりました。



図3 リチウムイオン電池試験装置

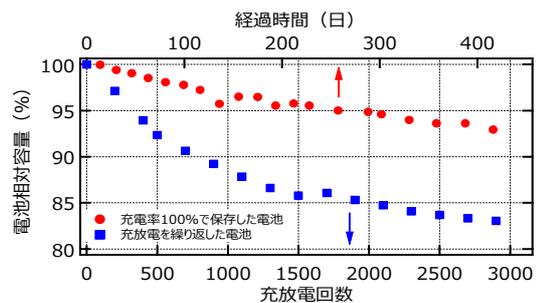


図4 25°Cでのリチウムイオン電池容量低下傾向(例)
※充放電は充電率 10%-90%間を 1/2C レート(2 時間)で充放電が完了する電流)で実施

今後の予定

DR 運用や VPP などのリソースとして、家庭用蓄電システムだけでなく大型電力貯蔵システムが使用されることを想定し、これまで得た知見をもとに、様々な運用にも対応可能な余寿命を評価する手法について検討する予定です。

次世代高効率ガスタービンの開発

背景と目的

当社では、1984年に日本初の事業用大容量ガスタービンコンバインドサイクル発電を東新潟火力3号系列（新潟県聖籠町）に導入して以来、燃料消費量の低減、排ガスの低公害化に資するガスタービンの先駆的な技術開発を行ってきました。（図1）

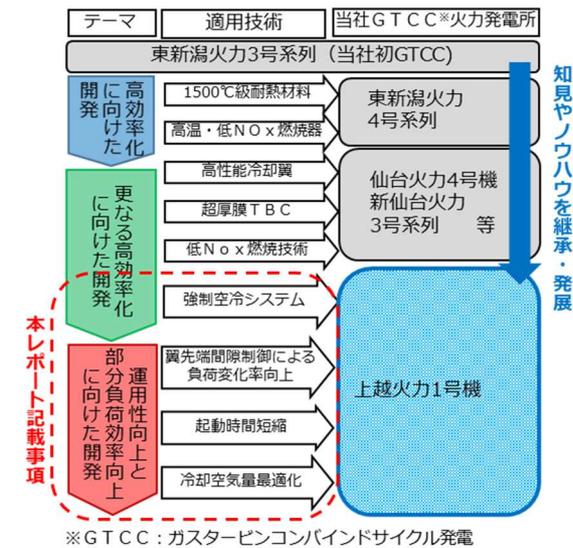


図1 当社ガスタービン開発の歴史

近年では、これまで培ってきた知見やノウハウを活かし、高い熱効率と運用性を兼ね備えた次世代高効率ガスタービンをプラントメーカーと共同で開発しており、上越火力1号機（2022年12月営業運転開始の当社最新号機）に導入しております。この次世代高効率ガスタービンは、63.62%(LHV)の世界最高の発電効率（2023年1月時点）を達成しており、CO2排出量削減、および負荷変動が大きい再生可能エネルギー等に対する調整力として、電力の安定供給へ貢献しております。

次世代高効率ガスタービンの概要

ガスタービンの高効率化にはタービン入口温度の上昇が有効な手段であり、これまでタービン入口温度1,600℃級ガスタービンを用いたコンバインドサイクルの発電効率61%以上(LHV)が世界最高クラスとなっておりましたが、次世代高効率ガスタービンでは、『強制空冷システム』の開発により、1,650℃級ガスタービンを用いたコンバインドサイクルの発電効率63.62%(LHV)と起動時間短縮を実現しております。これに加えて、運用性向上と部分負荷効率向上に向けた様々な技術開発に取り組み、上越火力1号機に導入しております。

強制空冷システムの概要

従来の空気冷却方式および蒸気冷却方式に代わり、『強制空冷システム』（図2）を採用することにより、1,650℃級のタービン入口温度による高い熱効率と運用性の両立を実現するものです。なお、本システムの優位性は以下のとおりです。

- ① 燃焼器壁面から冷却で奪った熱をガスタービンで回収するため効率が良い（表1）
- ② 蒸気冷却と同等以上の冷却性能を持つ
- ③ 蒸気冷却に比べ起動時間を短縮できる

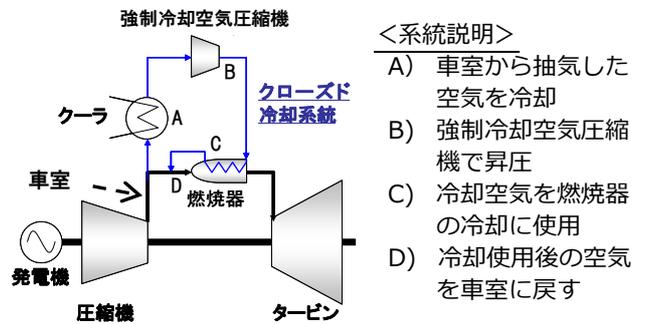


図2 強制空冷システム

表1 各冷却方式の比較

	空気冷却	蒸気冷却	強制冷却
冷却媒体	圧縮機出口空気	蒸気	冷却空気
冷却媒体回収	燃焼器冷却後、燃焼器内部に戻す	燃焼器冷却後、蒸気タービンに戻す	燃焼器冷却後、燃焼器上流に戻して燃焼用空気に利用する
仕事	蒸気+ガスタービン	蒸気タービンのみ	蒸気+ガスタービン
熱効率	○	△	◎
冷却効率	△	○	◎

強制空冷システム以外の運用性向上および部分負荷効率向上に向けた取組み

上記に加えて、静止部とタービン翼先端の間隙制御等により、運用性と部分負荷効率の向上を実現しております。（図3）

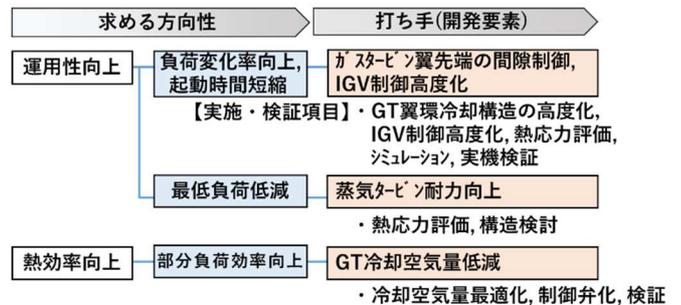


図3 強制空冷システム以外の運用性・熱効率向上技術
特許 共同特許6件登録済（上越火力1号機へ導入したガスタービンに関わるもの）

受賞 平成30年度優秀省エネ機器・システム表彰
経済産業大臣賞受賞 他多数受賞

水力発電所水槽堆積土砂の効率的な排除方法に関する研究

背景と目的

水力発電所では、導水路や水槽などに堆積した土砂が水車に影響を及ぼさないよう、定期的に発電所を停止し土砂排除を実施している。新潟県の赤倉発電所では水槽の土砂堆積(写真1)が著しく、頻繁に導水路を放水し、それに合わせて流水による水槽内土砂排除を実施している。しかし水槽内の死水域への堆砂が多いことから、流水のみでの土砂排除が難しく、人力による土砂排除を行っている。人力での土砂排除作業は安全面に課題があることから、研究開発センター技術「数値水理模型実験」と電中研技術「流砂解析」の組合せで水流のみで土砂排除が可能な水槽流路検討を実施したものです。



写真1 水槽土砂堆積状況 (現状)

研究の概要

(1) 水流のみで土砂排除可能な水槽流路の仕様検討

水槽設備図面から水槽3次元解析モデルを作成し、現状の水槽内流況の再現(図1)を行った。その結果、下記の現象が推察された。

- ・導水路から水圧鉄管に向かう流れが水槽左岸方向に循環し、死水域を形成する。
- ・循環する領域(死水域)に土砂が堆積する。

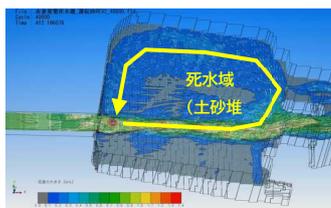


図1 数値水理模型実験結果 (現状の水槽内流況)

以上の推察結果を踏まえ、流水のみで土砂排除が可能とする水槽流路の検討を実施した。

(2) 流砂解析パラメーター設定

流砂解析で使用する土砂パラメーター設定の為、最初に堆積土砂採取を行い、粒度試験を踏まえて流砂解析用土砂パラメーターを設定した。そのパラメーターを用いて現状の水槽土砂堆積状況の再現解析を実施したところ、主流の流下領域が直線的に凹状に低い堆積状況になることなど、水槽内土砂堆積状況を良好に再現することが確認できた。(図2)

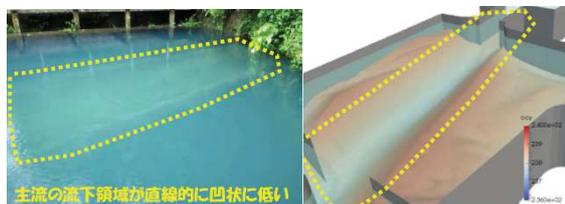


図2 水槽土砂堆積状況(左:実機, 右:流砂解析)

(3) 流路案検討

検討にあたっては、研究開発センター技術「数値水理模型実験」で流路検討案を抽出し、電中研技術「流砂解析」で土砂排除性能を確認した。その結果、整流板の組合せでかけ流しにより、除塵機スクリーン全幅での土砂排除が可能でかつ人力による土砂排除が不要となる実施設計案を提案することが出来た。(図3)

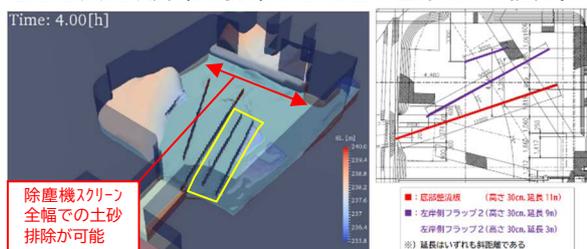


図3 水槽土砂堆積状況(左:実機, 右:流砂解析)

(4) 実機試験による検証

実施設計案に基づき2021年10月に整流板設置工事、同年11月17日に実機検証を実施し、自流の関係でかけ流し流量が少量(0.4m³/s)にも関わらず、流砂解析同様に除塵機スクリーン全幅での土砂排除が可能なる事を確認することが出来た。(写真2)

今後の予定

今後は、春先の融雪出水に伴い流入する堆積土砂を対象としたかけ流し土砂排砂性能を確認する予定です。



写真2 実機検証状況

太陽光発電システムの保守技術に関する研究

背景と目的

近年、太陽光発電システムは環境問題への関心の高まりや再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT制度）などもあり、急激に導入が増加しております。

太陽電池モジュール（以下、モジュール^{※1}）は約30年前に開発されたものですが、経年劣化に伴う状態変化や異常発生の傾向など、保守に関する面については、これまで検討がほとんど行われていません。

しかしながら、FIT制度を適用した場合は『調達期間中、導入設備が所期に期待される性能を維持できるような保証又はメンテナンス体制が確保されていること』と記載されているように品質維持や安全性が求められています。

当社では、昭和50年代から太陽光発電の研究を開始し、平成初期の段階から東北各地に太陽光発電システムを設置、実証試験などを進めてきた実績があります。

太陽光発電システムにおける主要部材であるモジュールについて、一般的には屋外に設置され20年以上にわたりメンテナンスフリーで機能し続けるとされていますが、モジュールの「寿命」は技術的に定義されていないことや、屋外の設置環境においてモジュールの発電低下を定量的に把握する方法がないため、発電性能や安全性を保守点検の中で判断することは困難であるのが現状です。

本研究は、効率的かつ環境条件に左右されずにモジュールの不具合を検出診断する技術や装置を開発し、太陽光発電システムの適正な保守運用に資することを目的とし、これまで太陽光発電システムにおける経年劣化したモジュールについて、外観や電気的な特性（I-V特性）などの調査等をとおして、太陽光発電システムのモジュールなどの不具合に関する知見を得てきております。

保守点検手法についての検討

当社の太陽光発電システムにおいて、発電出力が低下する不具合が発見されたため、原因究明をとおして保守点検手法について検討しました。

目視による外観調査から始まり、電気的調査（開放電圧測定、±電極の対地間絶縁抵抗測定）や配線断線有無等の探索を実施し、その結果、配線の断線個所を特定し確認しました。

既に設置されている太陽光発電システムにおける有効な調査手段は、このように限られた手法で調査するしかないのが現状です。不具合個所を特定するためには多くの手間がかかることから、全体的な把握から不具合個所を絞り込んでいく保守点検手法が有効であるといえます。

また、最近注目されている保守点検手法として、熱画

像撮影装置（サーモカメラ）とE L画像撮影装置について紹介します。

不具合探査した太陽光発電システムにおいて、白濁があるセルがあるモジュールについて、日中の発電状態において熱画像撮影装置により撮影したところホットスポット（局所加熱）を確認しました。

さらに、日没後にE L画像撮影装置により撮影したところ発光^{※2}していないことを確認しました（図1）。

これらより、白濁セルは何らかの原因で高抵抗となったため、日中の他のモジュールの発電により発熱し、さらにE Lでは電流が流れないため発光しない、という状況から白濁セルは発電していないということがいえます。

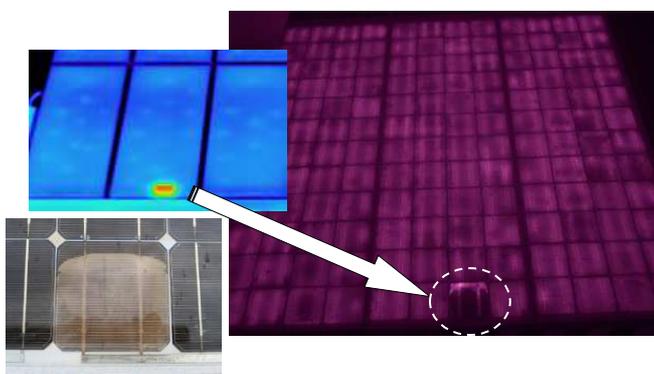


図1 白濁セルの熱画像とE L画像

今後の予定

太陽光発電システムの保守に関しては、今後FIT制度の制度見直しにより、これまでより、一歩踏み込んだ点検・保守を要求されており、太陽光発電設備の点検・保守の重要性が増してきているといえます。

太陽光発電システムを保守するにあたり最大の問題は日中（日射のある時）に発電を止めることができず、作業が困難である、発電出力は日射や気温変化に影響を受けやすいなど、保守に関しては技術的に困難な点が多くあります。

今後は、これらの知見をもとに、家庭用から産業用まで適用可能な太陽光発電システムの保守技術や手法、故障検出などの診断手法について、更なる検討を進めていく予定です。

《用語説明》

※1 太陽電池モジュールの構造

10cm角程度の発電出力の小さい太陽電池『セル』を数十枚つなぎ合わせ、実用できる発電出力としたものが『モジュール』。

※2 E L: エレクトロルミネセンス (Electroluminescence) 半導体などに電圧を印加することによるルミネセンス（発光）現象。

高圧のお客さまのエネルギーマネジメントに関する研究

背景と目的

IoTやAI技術等の進展により、これらの技術を活用した新たなサービスの創出が期待されております。

このような中、本研究では、高圧のお客さまへのサービス向上を目的に、(1)デマンド予測、(2)冷暖房の需要推定等のBEMSの高機能化に関する研究に取り組んでおります。

研究の概要

(1)デマンド予測

デマンド予測を使用したデマンド削減の概念を図1に示します。目標値を超える電力需要を予測した場合には、警報を鳴らしたり、機器を制御したりすることで、電力需要を抑制することができます。予測精度を高めることで、誤報の防止や適切な機器制御が可能となります。

本研究では、予測精度を向上させることを目的に、AIの学習方法の一つであるアンサンブル学習の考え方を適用し、複数の手法を組み合わせる方式を開発しました(図2)。複数の手法に対する重みづけを季節や時間帯により変化させることで、予測精度の向上を実現しています。予測結果例を図3に示します。

(2) 冷暖房の需要推定

冷暖房需要は総需要に占める割合が高く、正確に需要を把握できれば、設定温度を調整するなど、より効果的な省エネを行うことが可能となります。

本研究では、冷暖房需要を低コストで把握するため、センサレスで冷暖房需要を推定する手法を開発しまし

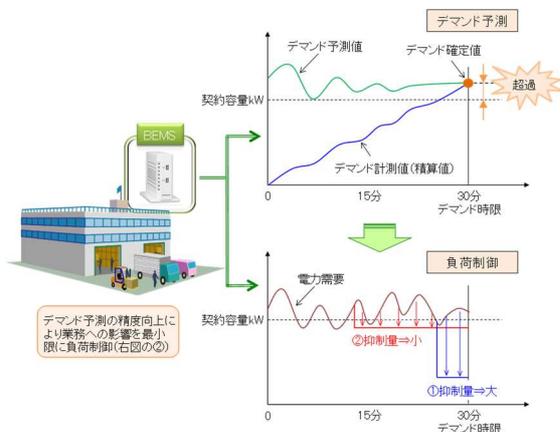


図1 デマンド予測を使用したデマンド削減の概念

た。図4に示すように、総需要(例えばスマートメータデータ)と気温の相関関係を用いて推定します。推定結果例を図5に示します。

今後の予定

今後は、開発手法の更なる高精度化を目指すとともに、お客さまニーズを捉えた新たなサービス技術についても検討していく予定です。

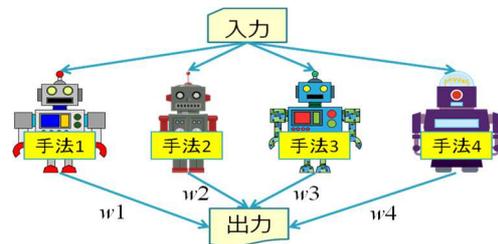


図2 デマンド予測方式の概念

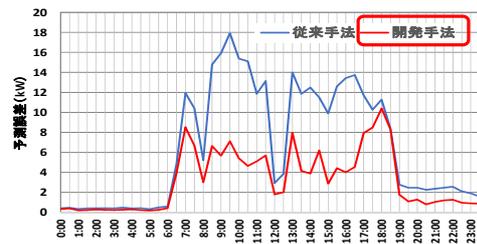


図3 デマンド予測誤差の算出結果例

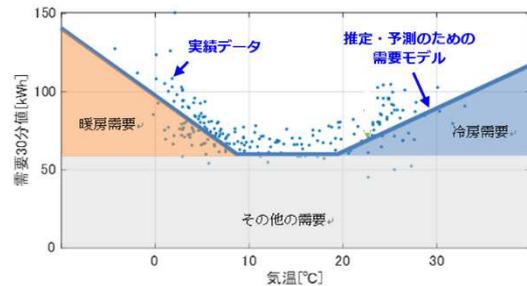


図4 冷暖房需要推定の基本原理

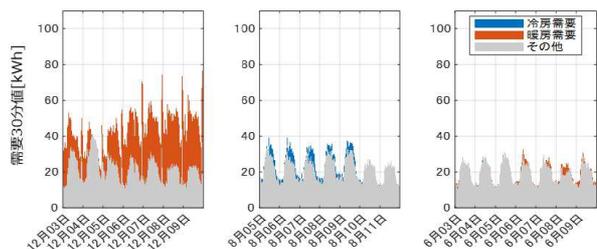


図5 冷暖房需要の推定結果例

リアルタイム気象情報を活用した需要想定に関する研究

背景と目的

近年、再生可能エネルギー電源の連系量が大幅に増加し続けており、その出力変動分を補うため火力発電の運用の重要性が一層増しています。

効率的に火力発電を運用するためには、日々の需要変動を的確に捉えることが重要であり、リアルタイム気象情報等を活用して3日先までの短・中時間先の電力需要(以下、需要)を想定する手法を考案し、検証を行っています。

研究の概要

(1) 需要想定手法の概要

本研究では、想定実施日の過去一定期間のデータを学習データとする重回帰分析を行い、電力需要を想定する回帰式を生成します。重回帰分析に使用する説明変数の候補は、需要実績、気象実績・予報(東北6県と新潟県の県庁所在地)、曜日等とし、それらの中から年間を通じて最も想定精度が高い組み合わせを学習データに基づき選定しています。また、需要実績、気象実績・予報の情報をリアルタイムに取得することで、想定値を30分毎に更新しており、高精度な需要想定が可能です。

なお従来の需要想定手法では、気象予報として気温のみを考慮していましたが、日射の影響によって、照明器具などの需要が変化することに着目し、日射予報を使用することで、需要想定精度の向上を図ることが可能か検証しました。

(2) 需要想定システムの概要

需要想定システムが取得するデータは、東北電力ネットワーク(株)が公表している、でんき予報の需要、および気象データ提供会社から入手する気象予報やアメダス観測値のデータです。具体的には、需要実績は5分値、気象実績は1分値、気象予報は、気温6時間ごと、日射3時間ごとに配信されるデータです。これらのデータを説明変数として重回帰分析により3日先までの需要を想定し、30分ごとに想定結果を更新しています。

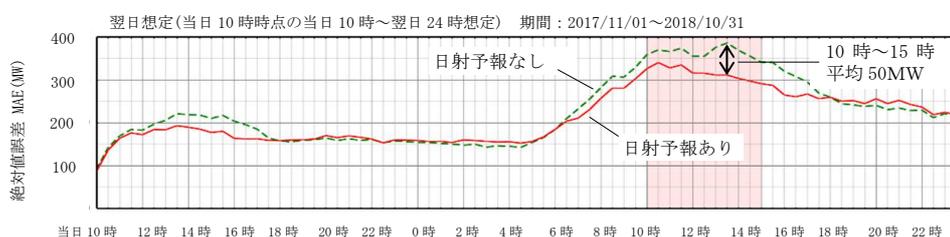


図1. 日射予報の有無による時間帯別想定誤差の違い

(3) 研究の成果

時間帯別想定誤差について、需要想定実施時刻を午前10時とし、翌日24時までの需要想定(30分平均値)における、翌日10～15時の想定誤差を評価した結果、年間の平均絶対値誤差(MAE)は、日射予報を考慮することで時間帯平均50MW程度減少することを確認しました。(図1参照)

さらに日射予報の有無による誤差の分布を図2、図3に示します。従来手法(図2)よりも日射予報を考慮した手法(図3)では、平均値、標準偏差とも減少し想定精度が向上することを確認しました。

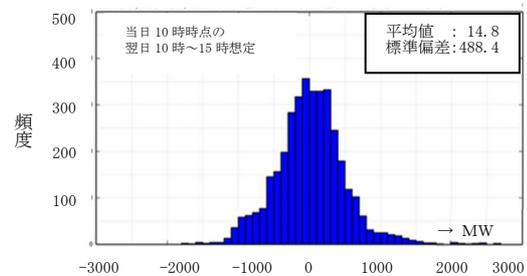


図2 想定誤差分布(日射予報なし)

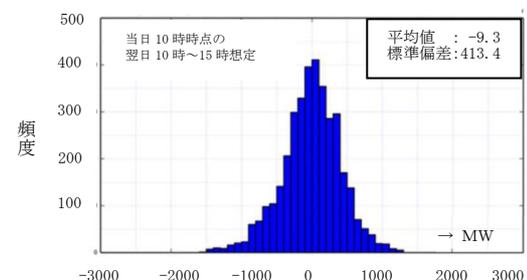


図3 想定誤差分布(日射予報あり)

今後の予定

カレンダー情報や気象予報などによる、パターン分析手法を用いた需要予測アルゴリズムの改善や、インターフェース改良等による運用性の向上を図っていく予定です。

お客さま宅のスマートメータ情報による 機器別負荷電力推定に関する研究

背景と目的

世の中では、脱炭素社会の実現を目指す動きが加速しています。インフレーションが進み、身の周りでもエネルギーや食品の価格上昇が起きています。個人の嗜好は多様化し、AIなどによるDXが日々の生活スタイルやビジネスを変革させています。

絶えず変化する世の中に、エネルギー会社の商品（サービス）を展開するうえで、競合と差別化できる要素技術を開発し続ける重要性はますます増えています。

本研究では、お客さまが使用される機器（家電）別の消費電力量を、スマートメータ情報のみから、精度高く推定する要素技術（機器別負荷電力推定技術^{※1}）開発の研究に取り組んでおります。

研究の概要

機器別負荷電力推定技術の概要を図1に示します。

「学習」では、事前にモニター住宅で計測した消費電力量主幹値や家電ごとの消費電力量、需要家属性情報（家族構成、床面積、保有家電など）を基に数段階のクラスタリングを実施し、そこで得られた結果から、学習データ（学習モデル）を作成します。

「推定」では、スマートメータ計測値とお客さまの需要家属性情報から、最も類似する属性クラスタを選択し、そのクラスタから作成された学習モデルを使用して、対象となるスマートメータ計測値の機器別負荷電力を推定します。この時、起床時間や帰宅時間、調理など家庭によって日々変動する行動時間を補正し、より実態に近い消費電力量を推定します。

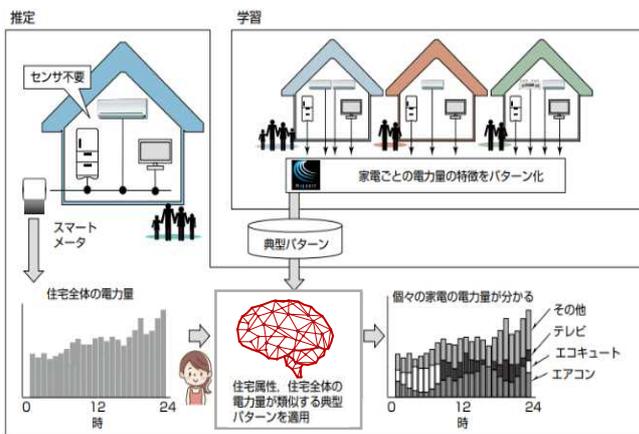


図1 機器別負荷電力推定技術の概要

例えば、お客さま宅の1日の家電毎の消費電力量は、図2のようにあらわすことができます。

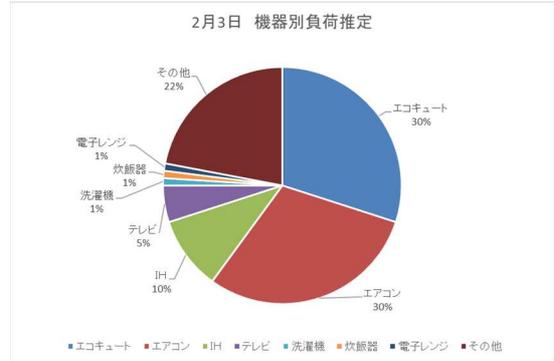


図2 機器別負荷の推定結果

サービス化の検討

本技術を活用し、家電別の消費電力量を推定するサービスの実現を検討しています。本サービスは、お客さまが家電の使い方を調整し、エコポイント獲得をする際などに活用できます。

また、自治体、他業種と協働し、「みまもり」、「家電プロモーション」等の新たな商品が創出される可能性もあります。

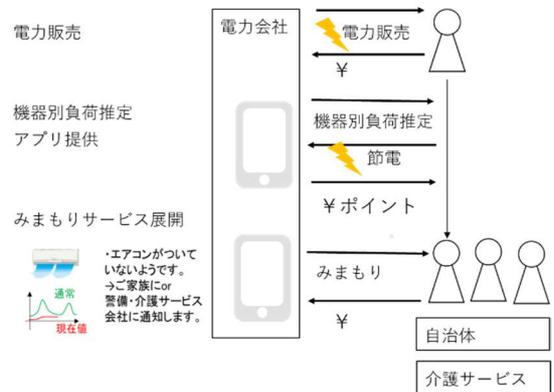


図3 サービス化の検討

今後の予定

機器別負荷電力推定技術の推定精度の向上に取り組んでいきます。

機器別負荷推定技術を利用した商品（サービス）の開発を検討していきます。

※1：当社と三菱電機株式会社が共同で開発

<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2019/0129.html>

特許 特許登録

担当：研究開発センター

家庭用エアコンの寒冷地シミュレーションモデルの開発

背景と目的

家庭用エアコンのエネルギー消費効率（COP^{※1}）は、運転条件（外気温湿度、室内温湿度、出力熱量）によって大幅に変化します。このため、正確に電気代等のシミュレーションをするためには、エアコンの運転条件に対応する多数のCOP特性が必要となります。

一方、既存のシミュレーションモデルでは、公開された数点のカタログ値から、多数の条件におけるCOP特性を推定できるものですが、寒冷地条件には対応していませんでした。本研究では、寒冷地条件でもエアコンのCOPを正確に推定できるように既存モデルの改良を行いました。

研究の概要

(1) 研究の実施状況

試験室内の温湿度を任意に設定できる、環境試験室においてエアコンの寒冷地特性の把握を行いました。得られたデフロスト^{※2}とドレンパンヒーター^{※3}の動作特性を既存モデルに組み込み改良を行いました。

図1に実験に使用した環境試験室とその内部に設置された試験住宅の外観を示します。



図1 環境試験室と試験住宅の外観

(2) 改良モデルの精度検証

図2のとおり、COPの実測値とモデル推定値の比

較を行いました。改良により、 $y = x$ の線上へ点移動し、2乗平均平方根誤差（RMSE：0に近い程誤差が小さい）も既存モデルに比べ小さい値となりました。

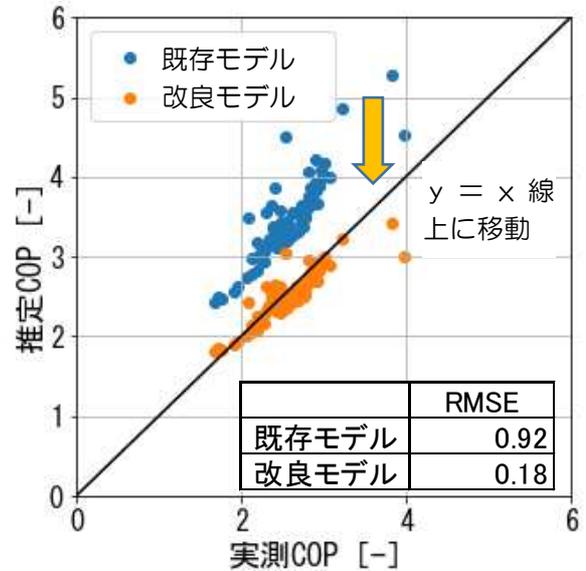


図2 改良モデルの精度検証

このように精度の良い寒冷地対応モデルを開発することができました。

(3) 成果の導入

改良モデルにより推定したCOP特性の例を図3に示します。改良モデルは、電化住宅の電気代を試算するソフトに組み込み、営業活動に活用する予定です。

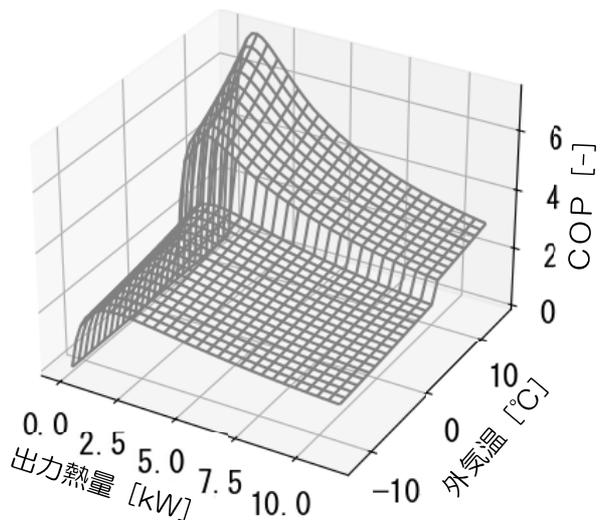


図3 改良モデルのCOP特性例

※1：COP = 出力熱量 ÷ 消費電力 ※2：室外機の霜を取る運転 ※3：霜が解けたドレン水の受け皿（ドレンパン）で再凍結しないよう加熱するヒーター

家電自動制御エネルギーマネジメントシステムの開発

背景と目的

近年、スマートハウス向け等の「エコーネットライト対応家電」や一般向けの「スマートスピーカー」の普及が進み、遠隔地からインターネット回線を介して、各家庭の家電機器を制御することが可能となっています。

本研究では、比較的使用電力が大きい「家庭用蓄電池」や「ヒートポンプ給湯機（エコキュート）」、普及台数が多い「エアコン」に着目し、家電機器の使用状態に応じて、ポイント付与等の「インセンティブ」提供効果により家電機器を自動で制御するエネルギーマネジメントシステムの検討・開発を行うことを目的としています。

このシステムを利用することにより、一定のDR（デマンドリスポンス）効果やスマート社会実現への貢献が期待できます。

研究の概要

（1）システムの開発

システムの概念図を図1に示します。本研究ではクラウドサーバーとゲートウェイを開発しました。クラウドサーバーから付与されるポイントに応じて、ゲートウェイが自動で応答し、有線あるいは無線で接続された家電機器に対して、制御依頼を行います。制御側端末からは制御依頼パターンの設定や付与ポイントの入力・変更等、ユーザ側の端末からは希望ポイントの入力・変更等を行うことができます。

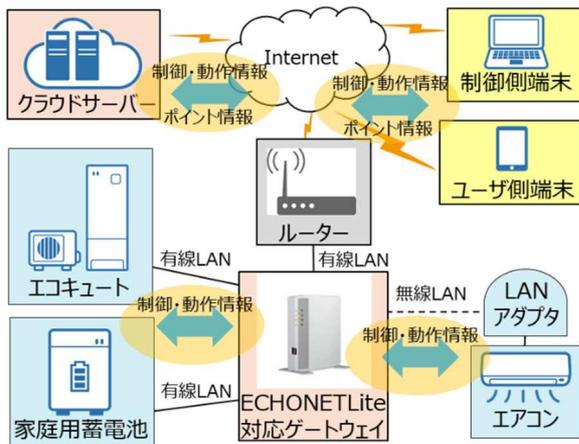


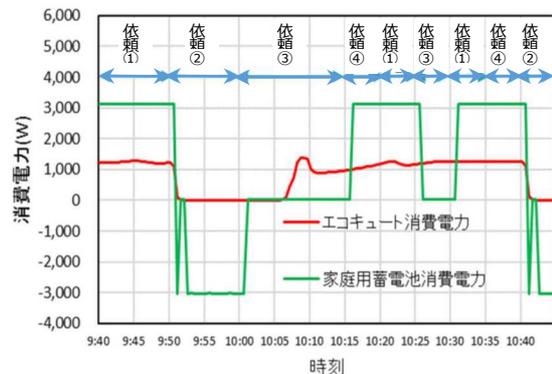
図1 システム概念図

（2）開発したシステムの特徴

クラウドサーバーとゲートウェイ間の通信に汎用的なhttpsプロトコルを用いており、近年注目を集めているOpenADR方式に比べ、セキュリティ確保が容易となることに加え、安価かつ高速で安定した通信が可能となります。また、ゲートウェイからクラウドサーバーへの通信周期を任意に変更できるため、例えば気象の穏やかな日や電力需要が予測通りと想定される日などは、通信回数を低減し、サーバーの負荷軽減を図ることが可能です。

（3）開発したシステムの検証

研究開発センター構内に家庭用蓄電池、ヒートポンプ給湯機（エコキュート）、エアコンを設置し、インターネット回線を介した動作検証を行い、クラウドサーバーから付与されるポイントに応じて、ゲートウェイが自動で応答し、各家電機器を制御できることを確認しました。連続制御試験結果の一例を図2に示します。



制御依頼

- ①「蓄電池(充電), エコキュート(自動(沸増))」
- ②「蓄電池(放電), エコキュート(停止)」
- ③「蓄電池(停止), エコキュート(自動(沸増))」
- ④「蓄電池(充電), エコキュート(強制沸増)」

図2 家電自動制御動作検証試験結果例

今後の予定

お客さま宅などの実生活環境下での実証試験により、システム運用上の課題抽出やお客さま要望の把握を行い、実用化に向けたシステムの改良を行います。

特許登録済

労働災害防止に向けた研究

～ AIによる安全対策の自動提案技術の開発 ～

背景と目的

当社は、グループ中長期ビジョンに「安全最優先の企業文化の構築」を掲げ、労働災害ゼロを目指し、当社企業グループおよび協力会社が丸となり各種安全活動に取り組んでいるものの、過去と同様の労働災害が繰返し発生するなど、根絶に至らない状況であります。

そこで、労働災害の防止に向けた新たな切り口として、AI等のデジタル技術と長年蓄積している労働災害事例データ等を組み合わせ、現場の作業内容、作業環境などの入力情報をもとに、予め学習した災害事例から当該作業に類似する災害事例や安全対策を自動提案することで、作業関係者に新たな“気づき”を与え、潜在的な危険要因の見落としを防ぐツールの開発を目指し、2019年度から研究に着手しました。

研究の概要

(1) 適用した要素技術

本件は、災害事例の文章データを処理し、目的の文章を得る「自然言語処理」技術が必要となります。

今回は、あらかじめ定義された複数のカテゴリ等に分類するために用いられる「識別器」を応用し、更に文章の類似度を「COS類似度」という指標で測ることで、入力された作業内容から類似する災害事例を優先的に出力させるモデルを開発しました。(図1)

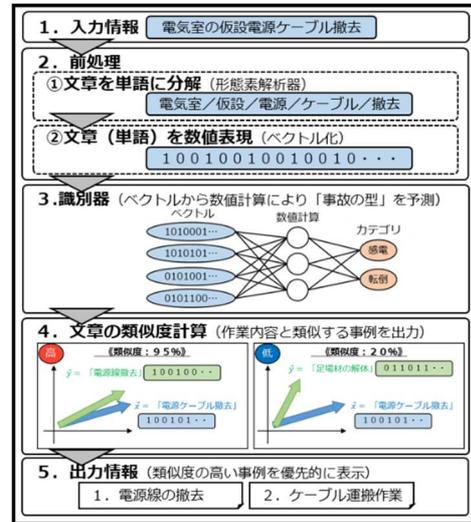


図1 AIモデルの全体フロー

(2) ツールの構築

開発したツールは、Webアプリケーションとして動作する形態と、使用する端末のOSを問わず利用可能です。また、サーバー環境として、クラウドサービスを利用することで経済性を確保しています。(図2)

今後の予定

本ツールは、作業前のTBM-KYや安全専任者等によるパトロールでの指導・助言など、現場の安全活動における様々なシーンでの活用が見込めると考えています。

これまでに実施したツールの操作性と活用シーンの有効性検証において、良好な結果が得られたことから、2025年1月より火力部門での運用を開始することとしております。



図2 ツールの構成・活用イメージ

将来の働き方改革を見据えたワークプレイス構築のガイドラインの整備

背景と目的

従来、オフィス面積は、従業員数×一人当たり面積で計画し、全員分の机を配置していましたが、昨今のデジタルツールの進化、非定型業務や前例の少ない業務の増加、働き方の多様化によって、ワークプレイス（働く場所）の役割が著しく変化しています。

昨今、ワークプレイスは様々な課題を解決するための経営資源として位置づけ、職場ごとや仕事の性質に応じてデザインする潮流にあります。

今後もさらに大きな変化が予測される経営環境・働き方・人材の多様化などに柔軟に対応できるワークプレイスの整備に必要なデータの収集・検討を行い、組織の課題解決、生産性向上、健康経営、ESG など、経営目標の実現に資するワークプレイスデザインの標準的なプロセスをまとめたガイドラインを整備しました。

研究の概要

ワークプレイスデザインのプロセスおよび概念は以下のとおりです。



図1 ワークプレイスデザインの標準プロセス

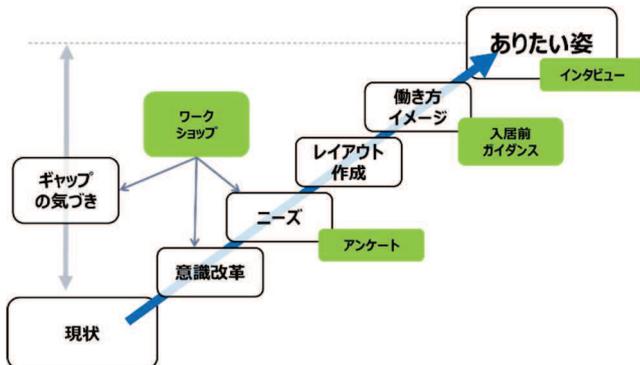


図2 ワークプレイス構築の概念

(1) 課題認識

インタビューやディスカッションにより、組織や事業所の課題を共有し、目指す姿を確認します。

(2) 意識改革

ワークショップや、アンケートを行い、現状と目指す姿のギャップの認識、目指す姿を実現させるための働

き方のイメージなど、従業員のニーズを引き出すとともに、意識改革を行います。



図3 ワークショップ状況

(3) レイアウトデザイン

アンケートやヒアリングなどで得られたニーズに基づき、具体的なレイアウトプランを作成し、従業員の合意形成を図ります。

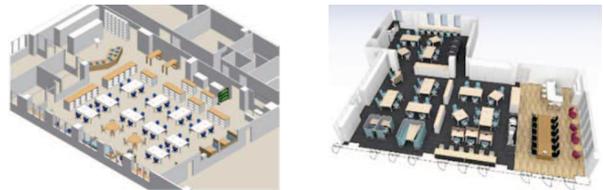


図4 レイアウトデザインの例

(4) 入居前ガイダンス

新たなワークプレイスにおける行動例、使い方、コンセプトなどを従業員と再確認し、容易に理解できるルールブックを作成します。



図5 入居前ガイダンス状況

(5) 事後評価

新たなワークプレイスが、目指す姿の実現を後押しできているか、改善点などを洗い出す満足度評価を行い、さらなる改善を行います。

今後の予定

本研究によって整備したガイドラインに基づくワークプレイスの構築により、従業員の生産性やエンゲージメントの向上を図り、その結果、創造的なサービスや、付加価値の高い業務を生み出す事に取り組んでいきます。

デジタル技術を活用した火力発電所の 運転監視技術の高度化

～ よりそう異常兆候監視サービス ASYOMI(アスヨミ)の展開 ～

背景

当社火力発電所における運転データは、従来から、蓄積して管理を行ってききました。この蓄積した運転データを活用し、新たなデジタル技術を適用することによって、火力発電設備の異常兆候検知と性能管理の高度化を図るため、2017～2018 年度に研究を実施しました。

その結果、異常兆候検知については、本研究期間内に重大なトラブルを未然に防止あるいは軽減する効果を確認したことから、2020 年 3 月に全火力発電所で異常兆候検知システムの運用を開始しました（2025 年 1 月現在：8 発電所，14 基で運用）。

本システムは、原理的に火力発電所に限らず、様々な設備の異常兆候を検知できると判断し、工場等の地域のお客さまにもサービス提供できないかと考え、2020 年度から一部お客さまにご協力いただいたの実証を経て、2023 年 4 月より異常兆候監視サービスを開始しております。

異常兆候検知方法

設備の運転データ（温度、振動、圧力など）から正常な運転データを使用して機械学習により、設備のあるべき状態を見える化を行います。このあるべき

状態とリアルタイムデータを比較し、差異が発生した場合に異常兆候として、お客さまにお知らせするものです（図 1）。

導入による効果と今後の展開

当社実績の一例としては、軸受メタル温度のあるべき状態からわずかな温度上昇を検知したことにより、軸受メタルの損傷を回避し、ネガティブコストの抑制を図れました（図 2）。

お客さまに対しても、本サービスの導入により、設備被害の重症化や生産機会の損失などのネガティブコスト抑制の実績を上げております。さらにあるべき状態を見える化できるため、運転員の技量や勤によらない定量的な設備監視への応用も可能です。

本サービスは、お客さまの運用方法で培った知恵（Your Operational Method Intelligence）から、本来あるべき状態を再現し、高度な監督・監視をする（Advanced Supervisor）－すなわち設備状態の明日を読み、実際に異常が発生する前の対処に貢献するという意味を含め、「ASYOMI」と命名しました。お客さま設備の運用改善や DX 取組みの一助となるよう取り組んでいます。

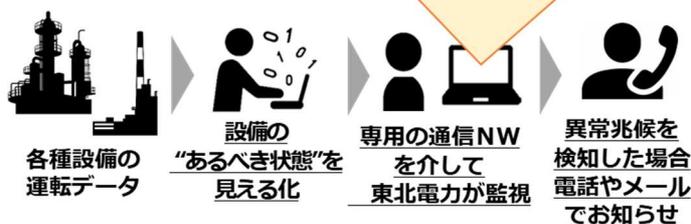
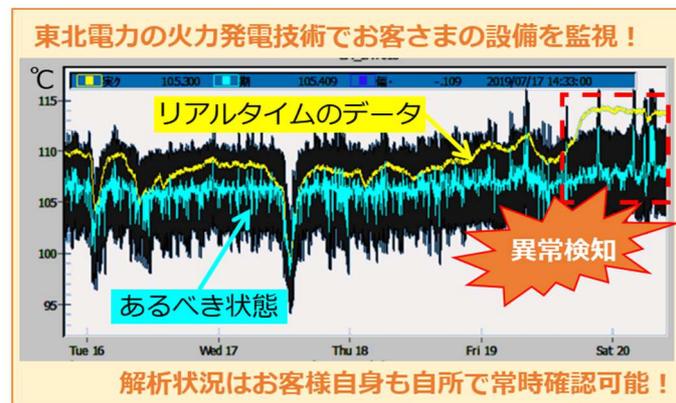


図 1 サービス概要

<お問合せ先> 火力部 火力業務グループ E-mail:s.asyomi.kb@tohoku-epco.co.jp

軸受メタルの損傷トラブル発生
原因：軸ズレによる接触



見える化導入後

僅かな軸ズレ傾向を検知
早期点検に着手し未然に回避！



重症化前に対応可能！

図 2 当社実績の一例

ロボットを用いた小口径ドレーンの点検方法の研究

背景と目的

原子力発電所には、建屋の耐震性を確保するため、地下水位を一定に維持する目的で、地下水を排水するドレーン（配管）が地下深部に設置されています。

女川原子力発電所におけるドレーンの保守管理は、これまでは不具合が発生した場合に修繕する運用でしたが、地震や津波への対策等が強化された原子力発電所の新規制基準を踏まえて、今後は定期的に点検する運用に変更します。

当該ドレーンには、人が立ち入れない小口径の範囲があり、ロボットを用いた点検が必要となりますが、経路が複雑であり、一般的なロボットをそのまま適用できないことから、ロボットを用いた点検方法の確立に取り組んできました。

研究の概要

下水管などで使用される一般的な点検ロボットでは、直線的な走行（約 100m を上限）を想定しているのに対して、女川のドレーンでは直角曲がり 3 箇所を含む走行（延長約 130m）の点検が必要です（図 1 の赤線）。

これらの課題を克服するため、新仙台火力発電所に実寸大の模擬配管を設置し、実際にロボットの走行試験を繰り返してロボットの改良を重ねた結果、対象区間を走破可能なロボットの仕様を特定しました。

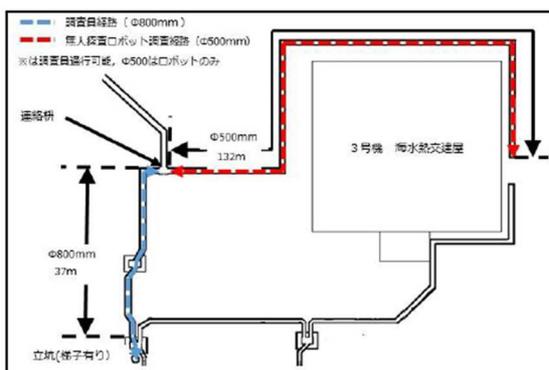


図 1 ドレーンの平面図

主な研究のポイントは下記のとおりです（図 2）。

- ケーブルにローラーを付けたことによる摩擦低減によって、走破距離延伸と直角曲がりを達成。
- ケーブルが壁面に接触しないように、ローラーのサイズ調整とローラー間隔を調整。

- 標準的なケーブルの延長を超過し、かつローラー取付により牽引する重量が増えるため、ロボットの馬力をアップするための改良を実施。



図 2 研究状況（管内走行状況）

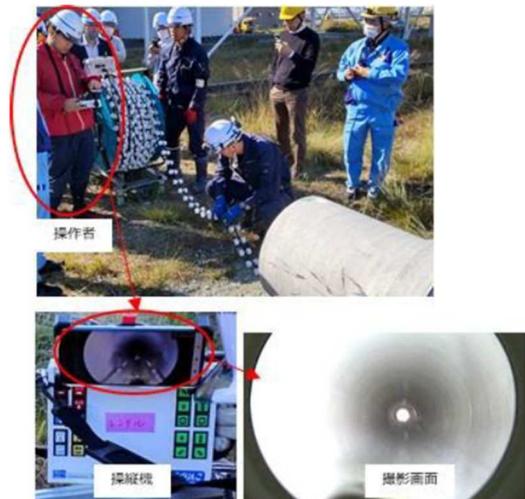


図 3 研究状況（ロボット操作状況）

今後の予定

模擬配管による研究で獲得した知見を踏まえ、女川原子力発電所において実証試験を行い、移動経路となる立坑部等の狭隘な作業環境（図 1 の青線）を踏まえた作業性や安全性、不具合発生時の回収方法などについて検証する予定です。

協力会社：(株)東日本テクノサーバイ

(株)石川鉄工所（ロボットメーカー）

冬季雷における雷電流観測と雷エネルギーの推定に関する研究

背景と目的

日本海側の地域では、冬季にエネルギーの大きい落雷（冬季雷）が発生し、電力設備をはじめとする高構造物に被害をもたらしています。

当社では、平成22年度に現行型の落雷位置標定システム（LLS）を開発し、これにより、LLSの冬季雷の捕捉性能は大幅に向上しましたが、LLSでは落雷のエネルギーに関する情報は得られません。一方落雷のエネルギーがわかれば落雷被害の分析や対策の検討に活用することができます。

落雷のエネルギーを推定するためには、落雷の電荷量計算に必要な電流の波形を精度よく推定することが必要となります。落雷の電流波形を測定する方法としては、ロゴウスキーコイルを高構造物に設置して、その構造物への雷電流を測定する方法が一般的ですが、この方法では測定機器を設置した場所以外の地点で発生する落雷の電流波形を測定することができないという課題がありました。

一方、当社では、冬季に上越地域の山頂で観測した雷電流波形と宮城県沿岸で観測された磁界波形を照合し、低周波成分を含む雷電流から発生する磁界の波形が、元の電流波形と相似になることを見出しました。この知見から、研究開発センターでは、低周波の磁界波形を観測することにより、遠隔地で発生した落雷のエネルギーを推定する手法の開発に向けた取り組みを行っています。

研究の概要

(1) 観測概要

電流（R）、電界（FA）および磁界（M）の観測装置を配置した広域観測を実施しており、その一部を図1に示します。

なお、電界観測はLLSのセンサと同程度の周波数帯域の電界波形を観測するものです。この観測で捉えた波形からは、LLSで行っている位置標定、ピーク電流値の推定のほか、落雷と雲放電の区別、落雷の際の放電の向き（上下）などの情報も推定することができます。

(2) R1（風力発電設備の誘雷塔）における観測事例

R1における上向き雷の観測事例を図2に示します。電流は初めに負の電流（c1部）が流れ、その後（c2部以降）正の電流が流れたので、両極性の落雷と分類さ

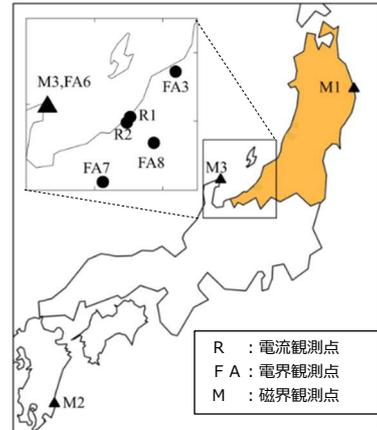


図1 観測装置の位置概要

れます。正の電流の部分のみに着目すると、振幅の最大値は7kAでしたが、電流の継続時間は約110msと長かったため、電流を時間積分することで求められる電荷量は、約356クーロンに達しました。

電流波形と磁界波形を比較すると、両者の変化はほぼ相似です。しかし、磁界波形のh2の部分には正極性の初期に雲放電により生じた磁界も合わせて観測された可能性があることが、電界波形を調べた結果からわかりました。

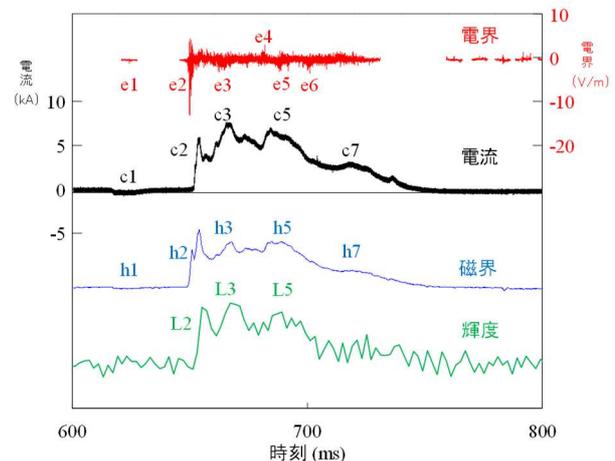


図2 R1で観測された電流波形他

今後の予定

今後は、特定の落雷により生じる磁界波形の選択的な観測、商用周波等の電磁ノイズの除去、装置の周波数特性や磁界の伝搬に及ぼす大地の影響の補正等の要素技術を確立し、雷エネルギー推定の実用化を進めていきます。

磁束制御技術を適用した高圧電圧調整装置の開発

背景と目的

近年の負荷の多様化や再生可能エネルギーの普及拡大などから、電力系統において電圧変動など電力品質の低下が懸念されています。

当社では独自の磁束制御技術を適用した電力機器の開発に取り組んでおり、今回、これまで開発を進めてきた磁束制御型可変リアクトルを適用した、電力系統の電圧変動を抑制する機能をもつ高圧電圧調整装置を開発しました（図1、表1）。

研究の概要

- 主回路に当社独自の磁束制御技術※を適用した可変リアクトル（図2）を適用しており、主回路が鉄心と銅巻線のみシンプルな構成であるため、低コストで高い信頼性を有しています。
- 電力系統で問題となる電流歪みが小さいことから高調波フィルタを省略することができ、また、高速な制御応答が可能であるため、急峻な電圧変動に対応することができます。

開発装置は 300kVA 器および 1,500kVA 大容量器であり、これまでの各種試験により、急峻な電圧変動の抑制効果（図3）、他の電圧調整機器との協調運転や機器の信頼性を確認しています。制御応答速度については 80msec（90%値）以内、定格時の電流歪み率についても 5%以内と良好な特性を有しています。

※磁束制御技術：

制御磁束による磁気回路の特性変化を利用して電力制御を行う技術。適用機器は単純な構造であるため信頼性が高く、従来の電力機器の製作技術を適用できるため、低コスト化が期待できる。

今後の予定

今後は、電力用機器への適用に向けた諸課題に対応した機能改良などの検討を予定しています。

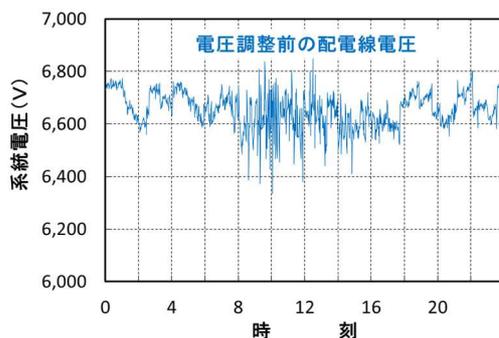


図3 磁束制御型高圧電圧調整装置による電圧変動抑制例



図1 磁束制御型高圧電圧調整装置の外観

表1 磁束制御型高圧電圧調整装置の仕様

	300kVA 器	大容量器
定格電圧	6.6 kV	
定格容量	300 kVA	1,500 kVA
型式	油入自冷	

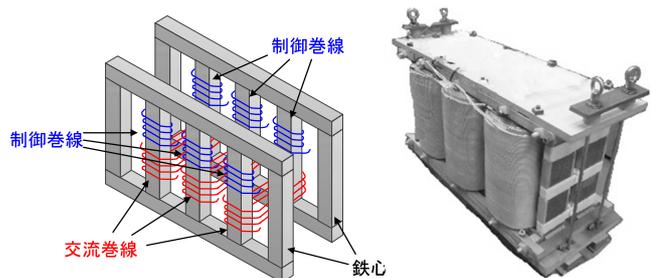


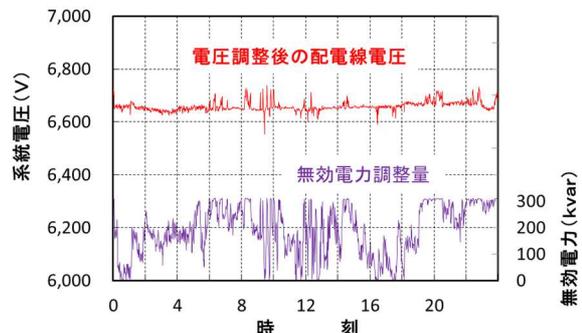
図2 磁束制御技術を適用した可変リアクトル

受賞

- ・電気科学技術奨励賞 <電気科学技術奨励会>
- ・電気学術奨励賞 進歩賞 <電気学会>
- ・東北電気関係事業功績・功労者表彰 特別功績賞 <日本電気協会東北支部>
- ・第62回 濫濁賞 <日本電気協会>
- ・平成30年 新技術・新製品賞 <日本磁気学会>

特許

特許登録済



乾燥収縮ひび割れの存在が RC 壁の構造性能に及ぼす影響に関する研究

背景と目的

東北地方太平洋沖地震に対する女川原子力発電所 2 号機原子炉建屋の応答レベルは概ね弾性範囲でありましたが、観測記録からは剛性低下の傾向が認められています。このような初期剛性が低下している要因のひとつとして、既往実験等から乾燥収縮と地震の揺れとの重畳によるものと考えられます。そのため以前より、コンクリートの乾燥収縮が耐震性能へ及ぼす影響検討を目的とした耐震実験を実施してきました。さらに耐震実験を対象にしたマルチスケール解析（セメントの水和反応などのコンクリート内部の微視的挙動解析が可能な熱力学連成解析システム）による再現解析を実施することで、環境条件（温湿度時刻歴）がコンクリート壁の耐震性に影響を与えることを確認してきました。

今回は、これまでの再現解析において試験体の曲げ変形挙動の精度に課題があげられたことから、既往の解析モデルに接合要素を導入して改善を試みましたが、紹介いたします。

研究の概要

(1) 解析モデル・解析条件の概要について

加力までに約 10 か月の乾燥期間を設けた既往実験試験体 WD4 について、1/2 対称となるように図 1 の解析モデルとしました。また、解析モデルにおいては鉄筋が存在する部位に対して、原子力施設相当の鉄筋量を各要素に鉄筋比として割り当てております。

解析条件としては、材料特性としてコンクリートの調合・化学成分の割合などを入力し、これらを基に計算された圧縮強度から構造解析に使用するヤング係数などがソフトウェアで計算されます。境界条件としては、養生方法に見合った拘束条件及び環境条件（温湿度時刻歴）を設定しております。

また本研究では試験体の曲げ変形挙動の精度向上を目的に、上記解析モデルからさらに耐震壁基部と下スタブの接合部において、剥離や鉄筋の抜け出しを評価するための接合要素（図 1 赤線部）を導入しました。この要素は、図 2 に示すとおり接合面における鉄筋の引張ひずみとすべりの関係が規定されており、鉄筋を線要素として個別にモデル化することなく鉄筋のすべり量や変形量を評価することが可能となります。

(2) 解析結果・まとめ

図 3 に示すように、剥離の発生と鉄筋の抜け出しを

考慮できる接合要素をモデル化することで、曲率及び荷重曲げ変位曲線において接合要素をモデル化しない場合に比べ、接合部の曲げ変位が増大し、実験結果に近づくことが確認できました。

今後の予定

これまでコンクリートの乾燥収縮が耐震性能へ及ぼす影響を確認する目的から実験的検討及び解析的検討を進めてきました。今後も引き続き原子力施設の安全性・信頼性の向上に繋がるよう努めていきます。

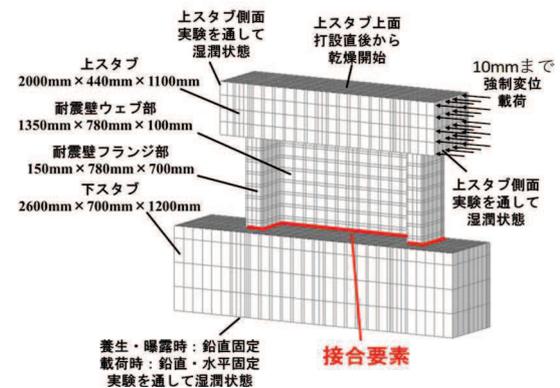


図 1 解析モデル

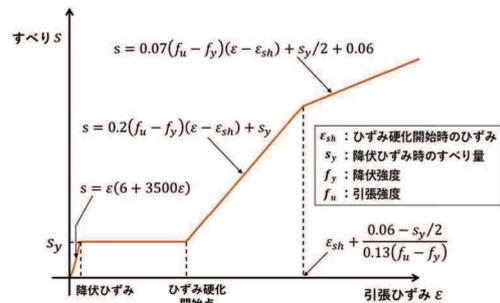


図 2 接合部における鉄筋の引張ひずみ-すべり関係

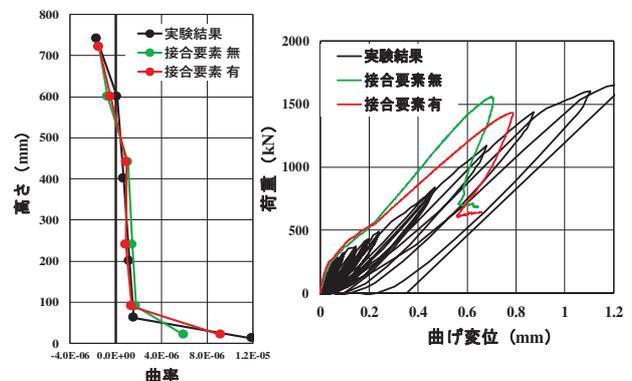


図 3 解析結果と実験結果の比較
(左：曲率，右：荷重曲げ変位曲線)

河川パトロールや調整池巡視の代替を目指す固定翼ドローン「エアロボウイング(VTOL)」の実証試験

背景と目的

船舶等で実施している河川パトロールやダム調整池巡視の効率化と安全性向上のため、従来の空撮ドローン(マルチコプター)より長距離飛行が可能な垂直離着陸型固定翼ドローン「エアロボウイング(VTOL: Vertical Takeoff and Landing(垂直離着陸型))」を用いた実証実験を水力部とエヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社との間で行いましたので報告致します。

研究の概要

実証実験における使用機体は、長距離飛行を得意とする垂直離着陸型固定翼ドローンの中で構成がシンプルかつサポート体制が充実している「エアロボウイング(VTOL)」を選定し、放流前のドローンによる河川パトロールや調整池巡視の実証試験を行いました。

上野尻ダムから上流に向かう飛行にあたっては、図-1に記す赤線に沿ってダム上流の往復約16キロの距離を座標情報に基づき、予め設定した航路を自動飛行し、視認性を確認しました。上空からの高解像度カメラで撮影した映像により、河川護岸の状況や立入者などの確認が出来、これまでボートや徒歩などで行ってきた確認作業の大幅な効率化を図ることが可能と判断され、今後の河川パトロールや調整池巡視での実用化に向けて有益なデータが得られました。

今後の予定

実用化に向けては、飛行範囲が携帯電話の電波圏内に限られていることや、雨天飛行などの課題を有していることから、それらを整理しつつ水力部で検討を進める予定です。



写真-1 「エアロボウイング (VTOL)」 による実証試験の様子

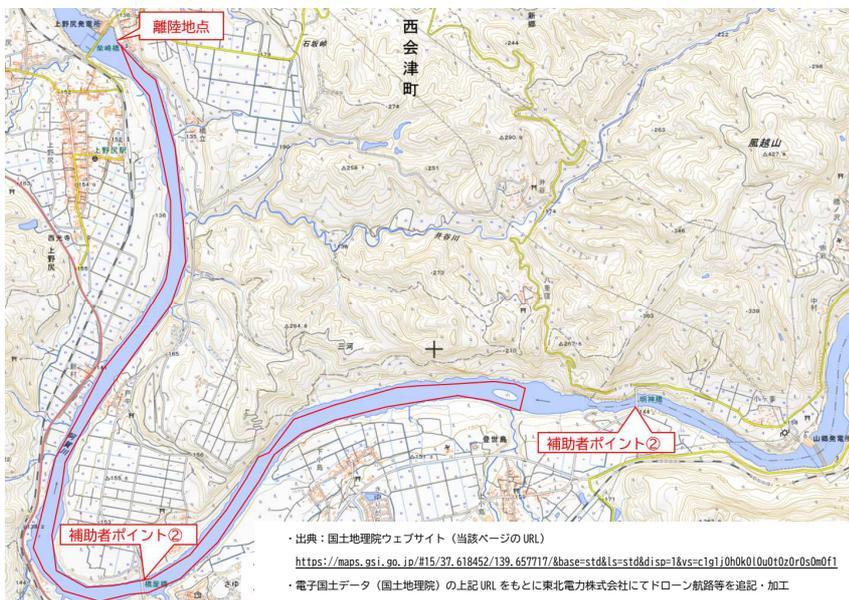


図-1 実証実験での飛行経路(赤線)

担当：水力部