

研究開発レポート

東北電力株式会社

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「よりそう next」のもと、電力供給事業の構造改革とスマート社会実現事業の早期収益化によるビジネスモデルの転換に通じて、「東北発の新たな時代のスマート社会の実現」に貢献していくこと、また「電力供給とスマート社会の実現」により 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。

本研究開発レポートでは、研究開発の視点から上記目標の達成に向けた研究開発の取り組みについて、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「よりそう next」

[「よりそう next」へのリンクはこちら](#)

力点 1 “Change”

電力供給事業の抜本的変革による競争力の徹底強化

力点 2 “Challenge”

スマート社会実現事業の早期収益化への挑戦

力点 3 “Create”

企業価値創造を支える経営基盤の進化

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** (詳細、後述「最近のトピック」参照)
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の実現 (CO₂ 排出量実質ゼロ)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

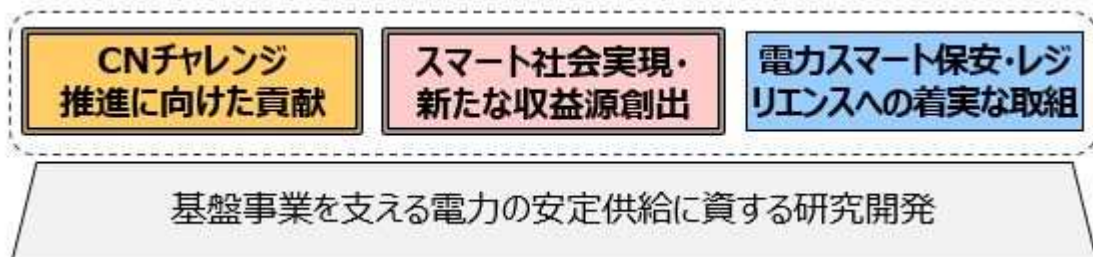
『イノベーションの社会実装や競争力の徹底強化につながる研究開発を推進し、東北電力グループの成長に貢献すること』

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



2022年2月

東北電力株式会社 研究開発センター

■カーボンニュートラルに向けた取り組み状況

当社は、スマート社会実現事業ならびにカーボンニュートラル等に関する最先端技術の実装の加速を目指し、カーボンニュートラルチャレンジ 2050 を作成し 2050 年度におけるカーボンニュートラルの実現（CO₂排出量実質ゼロ）に向けて 2030 年度における CO₂削減目標（2013 年度実績から半減）を設定しております。

2030年度におけるCO2削減目標

カーボンニュートラルの実現に向けて、2030年度のCO2排出量について **2013年度実績から半減**することを目指します。



再エネと原子力の最大限活用 【再エネ】2030年以降早期に200万kWの開発を目指す。送配電事業では、安定供給維持と再エネ導入拡大を実現するため電力ネットワークの高度化に取り組む。【原子力】安全確保を大前提に地域の皆さまのご理解を得ながら早期再稼働を目指すとともに稼働率向上に向け取り組んでいく。

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拡大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く。

電化とスマート社会実現 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削減にも貢献していく。

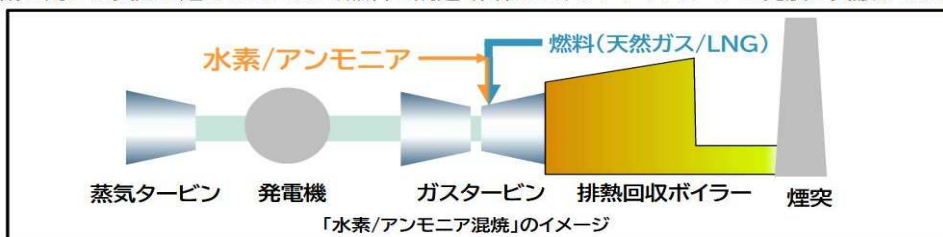
上記「火力の脱炭素化」に向けて次の3つの実証・研究を進めております。

- ①「新潟火力発電所における水素/アンモニア混焼実証」
- ②「能代火力発電所におけるブラックペレット混焼の実証」
- ③「再エネ由来水素を活用した火力CO₂のメタン変換に関する研究」

カーボンニュートラルに向けた具体的な取り組み①

<LNG火力の脱炭素化> 新潟火力発電所における水素/アンモニア混焼実証について

新潟火力発電所5号系列（新潟県新潟市、10.9万kW）での実証実験を足掛かりに、水素およびアンモニアの燃焼安定性の確認など、実機を用いた実証を進めるとともに、燃料の調達・確保など、サプライチェーンの発展に貢献してまいります。



新潟火力発電所 5号系列

取り組み	2021	2022	2023	2024	2025	2026~
新潟火力における水素/アンモニア燃焼実証	事業性評価	詳細検討・設備改造		実証		実証で得られた知見を展開
水素/アンモニア混焼・専焼設備実証検討		事業性評価・詳細検討				実証検討

想定スケジュール

カーボンニュートラルに向けた具体的な取り組み②

<石炭火力の脱炭素化>

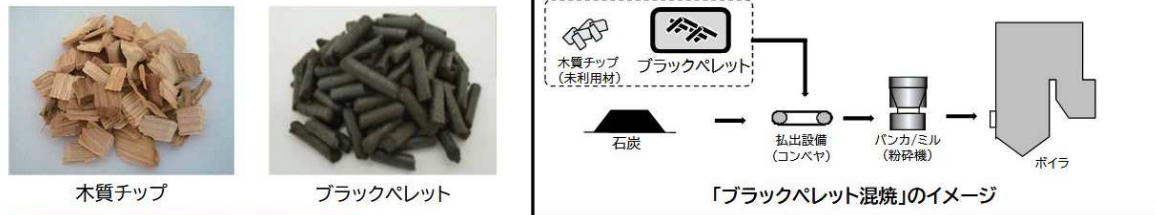
能代火力発電所におけるブラックペレット混焼の実証について

現在、原町火力発電所(福島県南相馬市、計200万kW、石炭)および能代火力発電所(秋田県能代市、計180万kW、石炭)では、木質チップ(バイオマス燃料)の混焼を行っています。

能代火力発電所において、更なるバイオマス燃料の混焼率向上を目的として、木質チップよりも高い熱エネルギーを有するブラックペレット※の混焼ならびに原料製造の実証に取り組んでまいります。

※ブラックペレット:木材を加熱して半炭化させたバイオマス燃料

石炭火力の脱炭素化に向けて、ブラックペレット混焼の他、アンモニア混焼について事業性評価等を行ってまいります。



木質チップ



ブラックペレット



能代火力発電所

取り組み	2021	2022	2023	2024	2025	2026~
能代火力におけるブラックペレット混焼	事業性評価	詳細検討・実証		本格運用に向けた検討		
当社の発電所遊休地でのバイオマス原料製造		栽培試験		燃料製造検討		

想定スケジュール

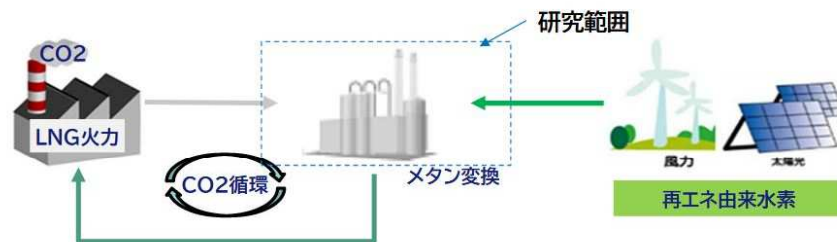
カーボンニュートラルに向けた具体的な取り組み③

再エネ由来水素を活用した火力CO₂のメタン変換に関する研究

CCUS※技術の一つである「火力由来CO₂のメタン変換」について、静岡大学と共同研究を進めています。

※CCUS: Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage(二酸化炭素回収・有効利用・貯留)

火力由来のCO₂について、再エネ由来の水素と結合してメタンを合成し、LNG火力の混焼用の燃料等への再利用を目指します。



CO₂メタン変換試験装置(ラボ装置)

2021	2022	2023	2024~2027	2028~2030
研究室での試験 ・CO ₂ 処理量増大 ・触媒の長期耐久性等			小規模実験 施設での試験	大規模実証 施設での試験

想定スケジュール

この3つの取り組みを筆頭に、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	担当箇所
◆ 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	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	電気利用 G
	リチウムイオン電池の性能評価に関する研究	電気利用 G
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, 電源・環境G
	太陽光発電システムの保守技術に関する研究	電力流通 G
電力予測	高圧のお客さまのデマンド予測に関する研究	電力系統 G
	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	電力系統 G
	スマートメータ情報を活用した機器別負荷電力推定に関する研究	電力系統 G
電化推進	東北地方の施設園芸に適したヒートポンプの有効利用に関する研究	電気利用 G
	家庭用エアコンの快適性・経済性向上に関する研究	電気利用 G
安全性	北上山地南部における未区分鮮新統の分布に関する研究	土木建築部
◆ スマート社会実現・新たな収益源創出		
エネマネ	家電の自動制御エネルギーマネジメントシステムの開発	電気利用 G
A I	A I を活用した専任監視のデジタル化について	事業創出部門
	労働災害防止に向けた研究～A I 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建物オフィスデザイン手法の構築	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	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	電力流通 G
	磁束制御技術を適用した高圧電圧調整装置の開発	電力流通 G
	3方向放射線透過式配管肉厚測定装置の開発	火力部
	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
	ハヤブサ人工巣設置に伴う生態評価に関する研究	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

背景と目的

再生可能エネルギーの導入拡大にあたっては、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) 主要設備の概要

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。主要設備の概要は次のとおりです。

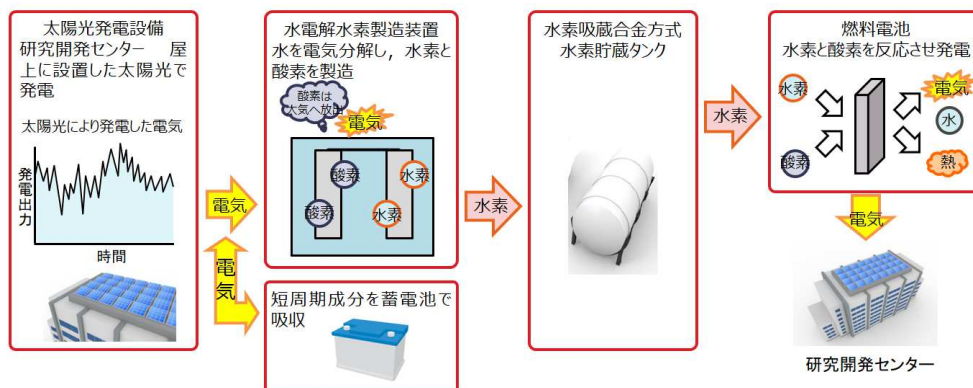


図1 水素製造システムのイメージ

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) これまでの試験結果

太陽光発電による急峻な変動を水電解装置と蓄電池の組み合わせにより吸収し、平滑な電力とすることが可能であることを確認しました。また、タンクに貯蔵した水素を用いた燃料電池での電力供給も確認しました。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エネルギー変換効率の定量的な把握について実施しております。これまでのところ、顕著な劣化傾向等はみられませんが、引き続き実証試験を継続し、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いく予定です。

担当：研究開発センター電気利用 G

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、大規模電力貯蔵設備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、最適な運転制御が可能となるよう、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、各種リチウムイオン(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。

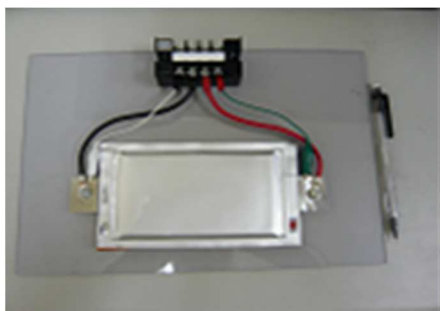
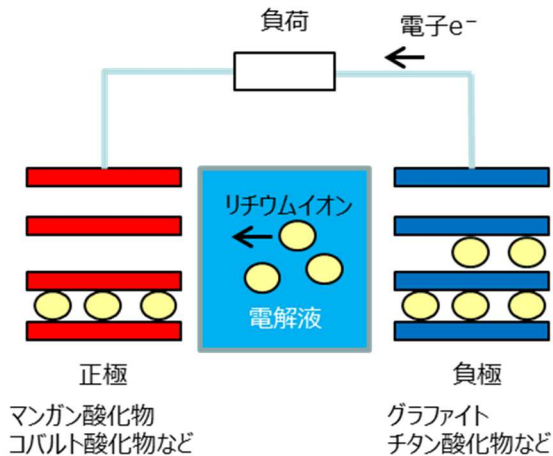


図2 市販されているリチウムイオン電池

(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。

今後の予定

DR 運用や VPP として、家庭用蓄電システムを使用することを想定し、これまで得た知見をもとに、電池を解体することなく容量低下状況を正確に把握する手法や、余寿命を評価する手法について、検討します。



図3 リチウムイオン電池試験装置

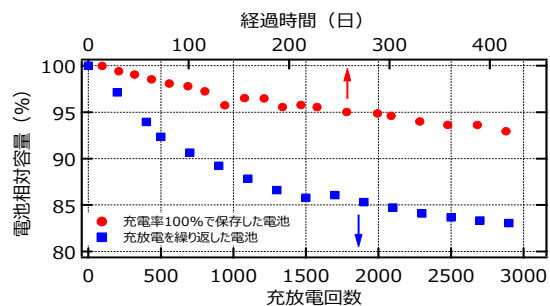


図4 25°Cでのリチウムイオン電池容量低下傾向(例)

※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

担当：研究開発センター電気利用 G

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）

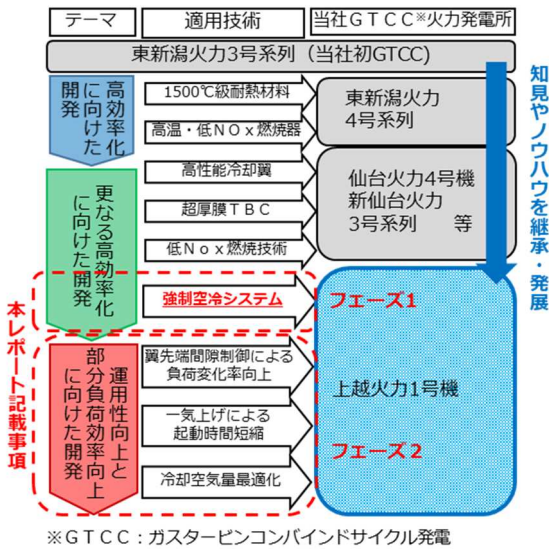


図1 当社ガスタービン開発の歴史

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月営業運転開始予定の当社最新号機）に導入することとしております。この次世代高効率ガスタービンは、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、電力の安定供給への更なる貢献が見込まれております。

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、現在ではタービン入口温度1600℃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す。

一方で、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(フェーズ1)により、1650℃級のタービン入口温度を実現し、コンバインドサイクルの発電効率63%以上(LHV)と、起動時間短縮による運用性の向上を見込んでおります。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(フェーズ2)に取り組んでおり、上越火力1号機において、成果の検証を進めていきます。

強制空冷システムの概要(フェーズ1)

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、1650℃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

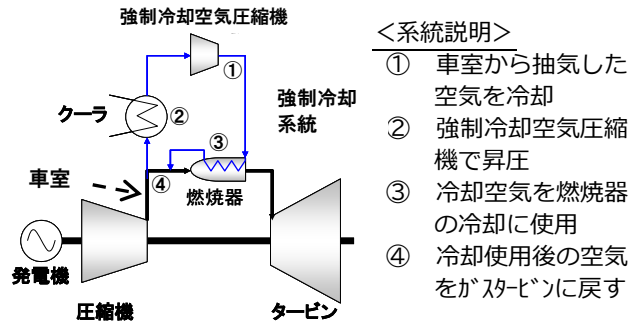


図2 強制空冷システム

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、ガスタービン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(フェーズ2)

フェーズ1に加えて、運用性と部分負荷効率を向上させる技術開発に取り組んでおります。（図3）

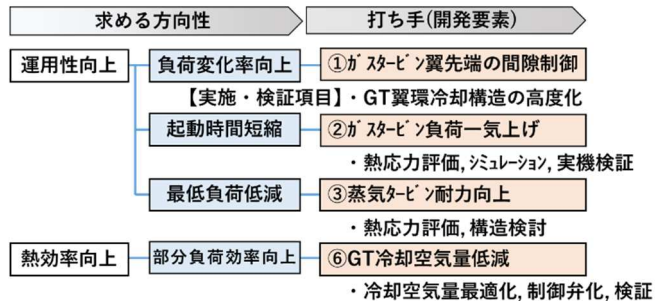


図3 強制空冷システム以外の運用性・熱効率向上技術
特許 共同特許6件登録済(上越火力1号機へ導入したガスタービンに関わるもの)

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 受賞

担当：火力部

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、頻繁に導水路を排水し、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。

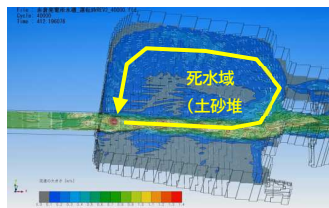


図1 数値水理模型実験結果（現状の水槽内流況）

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）

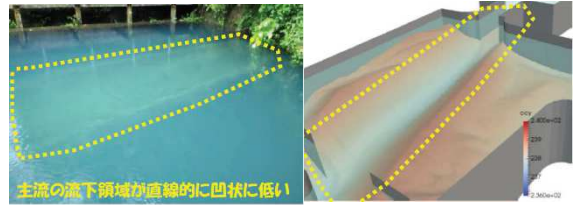
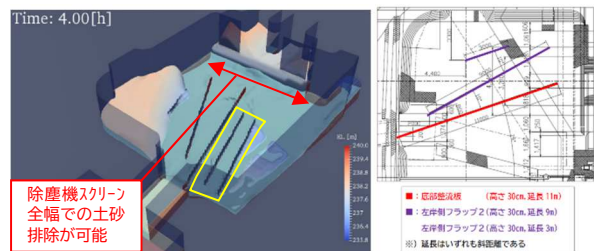


図2 水槽土砂堆積状況（左：実機、右：流砂解析）

(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）



（実施設計案から黄色囲みに示す右岸フラップ2条を除いた仕様とする）

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EL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EL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EL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。

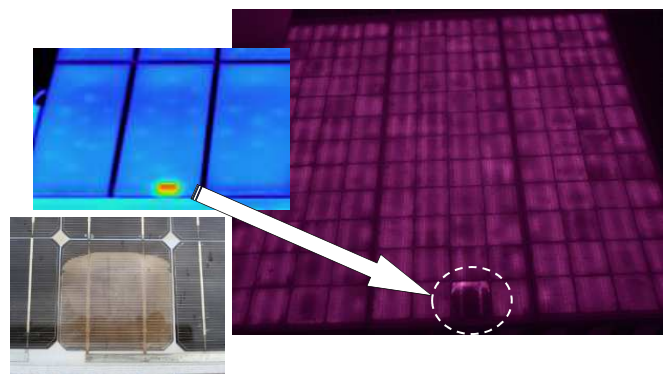


図1 白濁セルの熱画像とEL画像

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

担当：研究開発センター電力流通G

高圧のお客さまのデマンド予測に関する研究

背景と目的

IoT 技術等の発達により、需要拡大やサービス創出に向けたソリューションサービスの高度化が期待されております。このような中、本研究では、高圧のお客さまの関心事項であるデマンド予測の高精度化に関する研究に取り組んでおります。

研究の概要

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 の代表的な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 に示すように、複数の手法を用い、季節や時間帯により手法を切り替えていく（厳密には全ての手法を用い、その重みづけを変化させていく）方式です

具体的には、平均予測（至近数分から数十分間の平均需要が今後も継続すると仮定して予測）、1 次予測（至近数分から数十分間の需要の増加傾向、または減少傾向が今後も継続すると仮定して予測）、重回帰予測（需要の日間の周期性を仮定して予測、説明変数として需要、気温、曜日を用いる。）の 3 手法を選定し、これらの手法を組み合わせる「30 分先までの予測方式」と「24 時間先までの予測方式」を開発しました（図 3）。

ある需要家の需要データを用い、3 時間先の予測誤差を算出した結果例を図 4 に示します。需要、気温、

曜日を変数とした重回帰予測（1 つの手法による予測）と比べて、6 種類の重回帰予測を組み合わせる開発方式では、予測誤差は半分程度に減少しています。

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についても検討していく予定です。

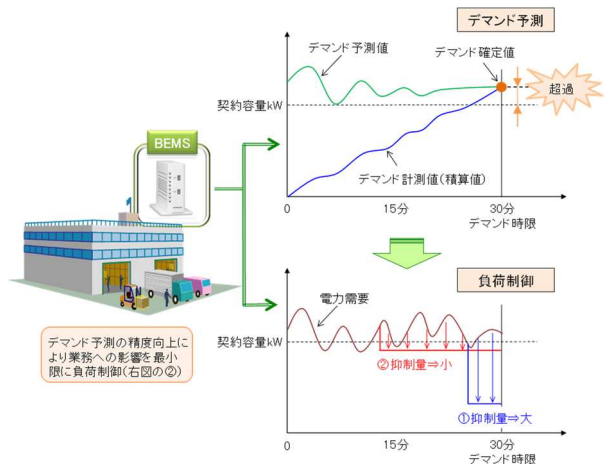


図 1 デマンド予測を使用したデマンド削減の概念

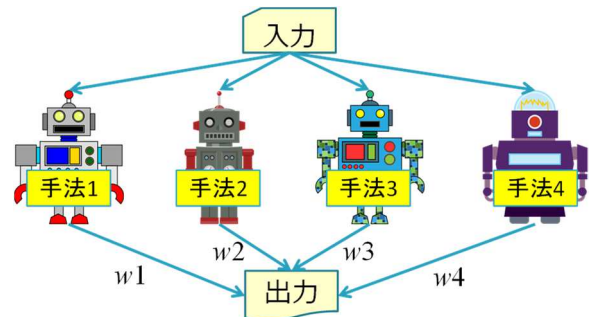


図 2 開発方式の概念

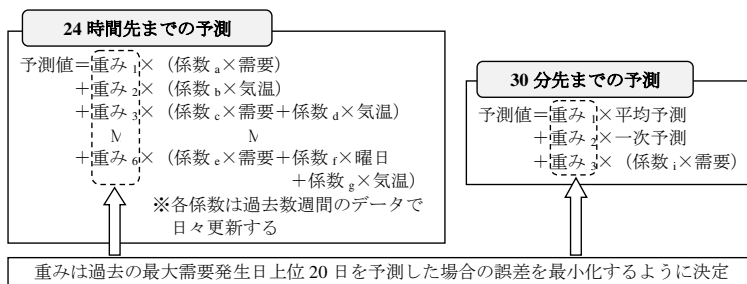


図 3 開発方式の概要

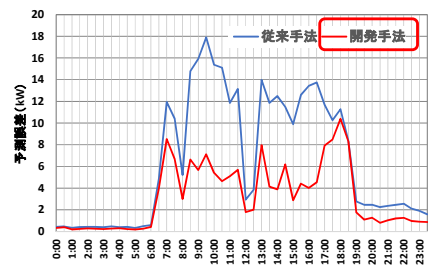


図 4 予測誤差の算出結果例

担当：研究開発センター電力系統G

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えています。

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。

（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。

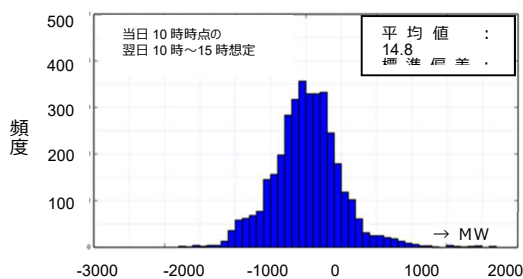


図2 想定誤差分布(日射予報なし)

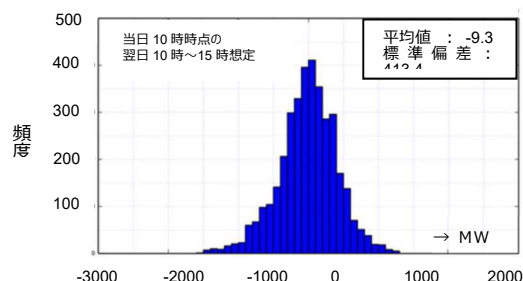


図3 想定誤差分布(日射予報あり)

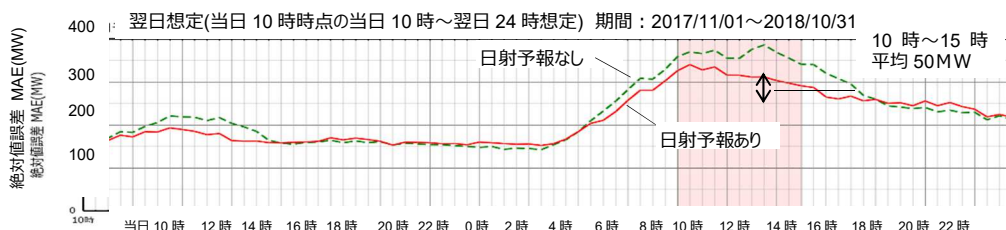


図1. 日射予報の有無による時間帯別想定誤差の違い

今後の予定

需要の変動要因は、今後も変化していくため、適宜、説明変数の見直しを行う等、需要想定精度向上を図っていく予定です。

担当：研究開発センター電力系統G

スマートメータ情報を活用した機器別負荷電力推定に関する研究

背景と目的

昨今の省エネ意識や環境意識の高まりにより、家電ごとの電力使用量に対する関心が高まりつつあり、個々の需要家に即した節電・省エネサポートや電気機器の買替支援等のよりきめ細かなサービスなどが求められています。

一般家庭の需要家が自宅内にある家電の消費電力量を把握する手段としては HEMS（Home Energy Management System）やセンサ等を利用した機器別計測が一般的ですが、多数の需要家を対象とする場合は費用や作業性などの課題があります。

そこで、HEMSやセンサなど追加機器を使用せずに、スマートメータ計測値から、家電ごとの負荷電力を推定する技術の開発を目的に研究を実施しました。

研究の概要

機器別負荷電力推定技術^{※1}は、新たにセンサ等の計測装置を取付けることなく、各需要家に設置されたスマートメータ計測値から機器（家電）ごとの消費電力量を推定する技術で、概要は図1に示すようなものです。

「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3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、各グループの代表値を抽出し、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各需要家の属性情報から、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、学習モデルと計測データの類似度を計算することで、より実態に近い消費使用量を推定できます。

図2は、学習データ作成のイメージを示したもので、1段階目に1日あたりの機器ごとの消費使用量を左右する属性情報（1日当たりの電力使用量のうち特定機器の割合が多いグループの特徴《住宅全体の1日の電力使用量、床面積、築年数》など。）を抽出します。

2段階目では、1段階目でグループ化した結果を、さらにスマートメータ計測値の類似度（朝晩に消費電力量が多い、深夜に消費電力量が多いなど）で分類します。

3段階目では、2段階目でグループ化した結果をさらに細かく1時間ごと、機器ごとの消費電力量の類似度で分類します。（例えば、朝晩にエアコンを多く使うグループの中でも、時間帯によらずエアコンを使うグループ、夜だけエアコンを使うグループなど。）

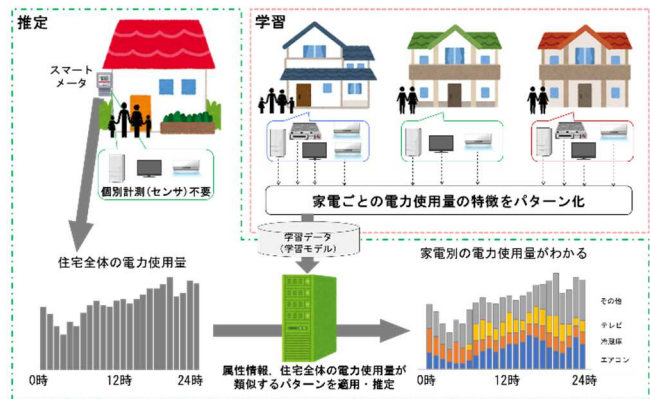


図1 機器別負荷電力推定技術の概要

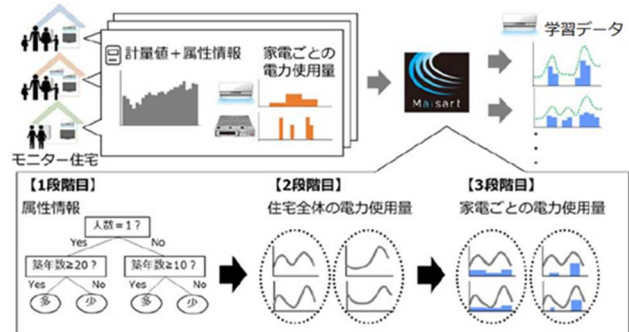


図2 学習データ作成のイメージ

今後の予定

これまでの研究により、スマートメータ計測値と需要家属性情報を用いた機器別負荷電力推定技術を開発しました。

今後は、開発技術の実サービスへの適用や開発技術を活用した新サービス開発などに取組んでいきたいと考えています。

※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>

担当：研究開発センター電力系統G

東北地方の施設園芸における ヒートポンプの有効利用に関する研究

背景と目的

施設園芸は、栽培環境を植物の生育に適したように制御することで、高い収量を上げることができます。一方で、出荷時期が集中すると市場単価が低迷するなど、農産物の価格競争が激しくなっています。

当社では、施設栽培の主要品目であるトマトで、出荷時期を調整し、収益性を向上させる栽培技術に取り組んできました。一般的に施設園芸では、夏期のハウス内は非常に高温となり、植物へのダメージが大きく生育が困難な時期です。トマトではこの時期を過ぎてから苗を植え付けており、収穫は10月以降になることから、初秋は品薄で単価が高い時期となっています。この時期の出荷を狙い、夏期にヒートポンプの夜間冷房・除湿を利用した栽培体系をいわきの生産者の協力を得て試験したところ、目的とした初秋からの出荷が可能であることが実証されました。

一方、近年、消費者ニーズは価格重視と品質重視の二極化が進んでおり、品質による差別化を狙った様々なブランド農産物が登場しています。トマトにおいても差別化できる付加価値の高い商品づくりが、東北の施設栽培に必要とされています。

そこで本研究では、東北地方の冷涼な気候とヒートポンプを組み合わせ、高品質なトマトを安定的に作る栽培体系の構築に取り組んでいます。



図1 試験用ハウス



図2 ヒートポンプ室内機のハウス内設置状況



図3 栽培試験の様子

研究の概要

高糖度トマトは品質を重視する消費者のニーズが高く、一般のトマトに比べて高値で取引される品目です。通常は気温の低い秋から春にかけて、水分を制限して栽培されています。夏期はハウス内が高温となり、植物が著しい水分不足の状態に陥りやすいため、栽培は北海道や一部の高冷地のみで行われています。

東北地域での夏期の高糖度トマトの収穫を目的として、構内の試験用ハウス(図1)において、ヒートポンプ(図2)による夜間冷房・除湿やミストによる昼間冷房・加湿を用いた栽培を行いました(図3)。その結果、夏期の栽培においても冬期の市販の高糖度トマト(生産者提供)に近い旨味、酸味、甘味、苦味となるアミノ酸を含んだ、味の濃いトマトが作出できました。糖分については、一般のトマトより十分に高いものの、さらなる向上が課題となっています(図4)。

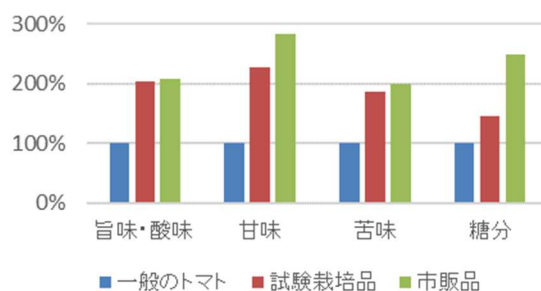


図4 夏期に作出したトマトのアミノ酸等の呈味成分(一般のトマトを100%とした比率)

今後の予定

今後は、ヒートポンプなどを活用した環境コントロールによる、猛暑や寡日照といった極端な気象環境への対応技術の確立や、トマトのより一層の高品質化などに取り組んでいく予定です。

担当：研究開発センター電気利用G

家庭用エアコンの快適性・経済性向上に関する研究

背景と目的

寒冷地を有する東北地域においては、家庭における暖房用熱源として灯油が 8 割以上を占めており、エアコンを含む電気暖房は 1 割に過ぎません。

当社は、カーボンニュートラル実現に向けた施策の 1 つに「電化とスマート社会実現」を挙げており、家庭用暖房についての電化を普及すべく、東北各地の地域特性、様々な建物性能、多様なお客さまニーズに対応できる新世代の電化システムの構築を目的に研究に取り組んでいます。

研究の概要

主にエアコン暖房の普及に向け、研究開発センター所有の環境試験室を活用した試験、実住宅における性能評価などに関する研究を進めています。

その成果の一部を紹介します。

(1) 住宅性能別エアコン暖房の評価

環境試験室において試験住宅(図1)の断熱性能を省エネ基準^{※1}により3段階(低・中・高)に変え、仙台市外気条件でエアコン暖房を評価しました。

低断熱: Q 値 3.1 W/m²K (H4 基準相当)

中断熱: Q 値 2.2 W/m²K (H11 基準相当)

高断熱: Q 値 1.2 W/m²K (H11 基準を上回る性能)

試験結果より、低断熱においても室温は 23℃ 以上を維持し暖房可能であること(図2)、断熱性能が高いと経済性が向上することを確認しました(図3)。

※1 建物の省エネ性能確保のため国が定めた目標であり、地域区分毎に定められている値。現在は Ua 値(H25)が用いられるが、暖かさを重視する Q 値で評価した。

(2) エアコン暖房の乾燥感

新築電化住宅でエアコン暖房は普及してきていますが、「エアコン暖房は乾燥する」という声があり、改善が求められています。

ここでは、居住者の乾燥感に関する知見を得るため、アンケート調査を行いました。

調査結果では、エアコン暖房の乾燥感(47%)に対して、他暖房機器の乾燥感も(47.5%)となり、大きく変わらないことを確認しました。(図4)

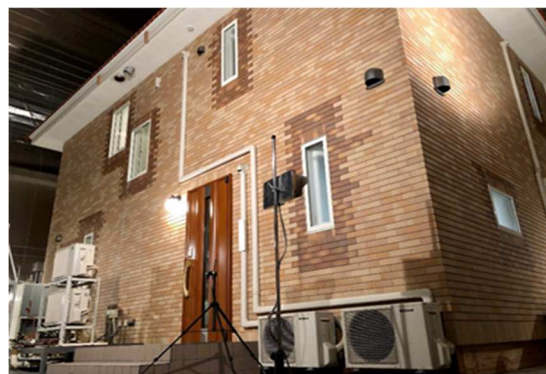


図1 環境試験室内試験用モデル住宅

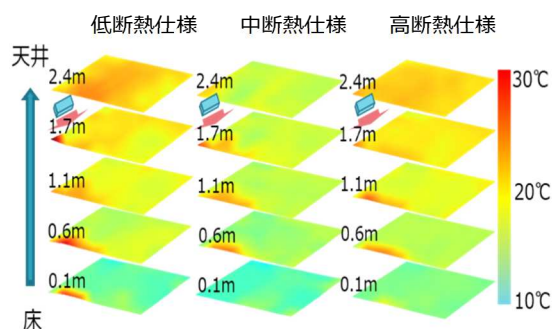


図2 断熱性能別温度分布(左から低/中/高断熱)

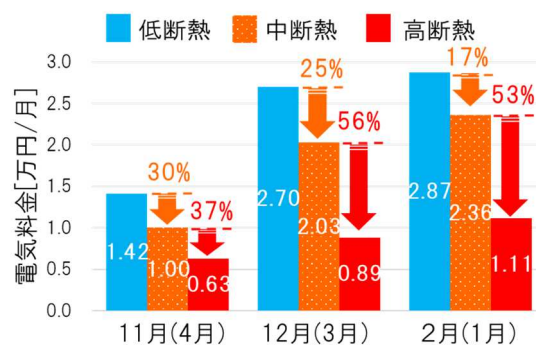


図3 断熱性能別・月別エアコン電気料金(従量電灯 B 契約, 従量料金のみで比較)

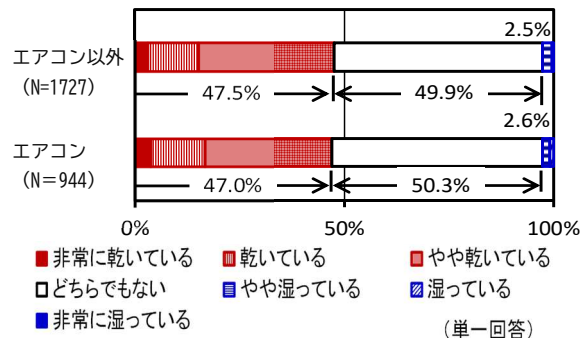


図4 暖房機の乾燥感(アンケート結果)

担当: 研究開発センター電気利用 G

北上山地南部における未区分鮮新統の分布に関する研究

背景と目的

原子力発電所の立地条件には、地震対策としては地盤が強固であること、活断層等の地殻変動が施設に影響を及ぼさないことが重要です。女川原子力発電所の立地している北上山地南部には、未区分鮮新統と呼ばれる堆積物の存在が知られていましたが、この堆積物がどのような環境下で堆積し、どのような過程を経て現在に至ったのかという情報がわかっていません。地球環境は一定のサイクルで変化することがあり、過去の地質情報は将来起こりうる地質現象を解明する鍵となるため、発電所を長期にわたって安全に運営していく上で非常に重要なデータとなります。

そこで、この地層について露頭調査、各種分析を行い、基礎データを取得するとともに、同層に挟在する凝灰岩の噴出源を特定するために、微量元素であるアパタイトの分析を実施し、地形・地質学的特徴について考察を行いました。

研究の概要

露頭調査の結果、未区分鮮新統は、現在の谷地形に沿う平坦地に分布しており、一筋の線状の河川もしくは扇状地状の分布形態を示していることがわかりました。また、層相の特徴からも未区分鮮新統の多くは河川性の堆積物であり、当時の堆積場としての河川の形態が大きく改変されない程度に残されている

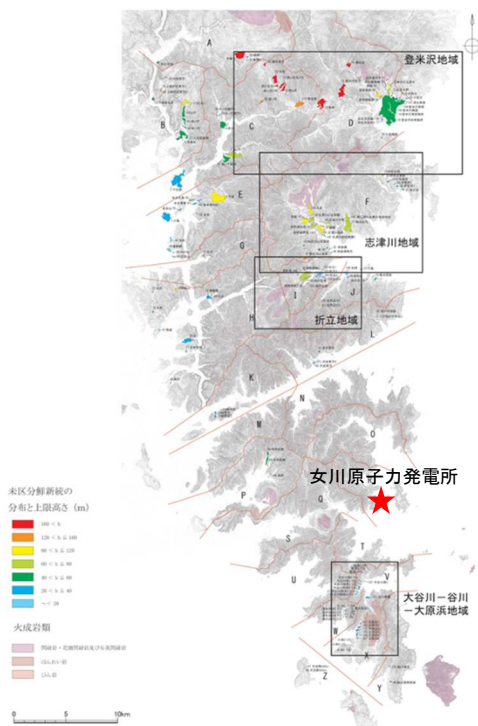


図-1 露頭調査による未区分鮮新統の分布と標高

と考えられることがわかりました。

さらに、後背地に中生界の花崗岩類が分布する地点のみに花崗岩礫が含まれており、堆積物の供給源が現在の地形と地質分布から説明可能である点を見ると、約 250~300 万年前に未区分鮮新統が堆積して以降の北上山地南部地域の地殻変動の規模が小さかったことを示唆していると考えられます。

(図-1)

また、未区分鮮新統に挟在する凝灰岩に含まれるアパタイトの微量元素分析の結果、調査地周辺に分布する同時代の凝灰岩（宮床凝灰岩、広瀬川凝灰岩）と比較した結果、これらの凝灰岩とは噴出源が異なることがわかりました。(図-2)

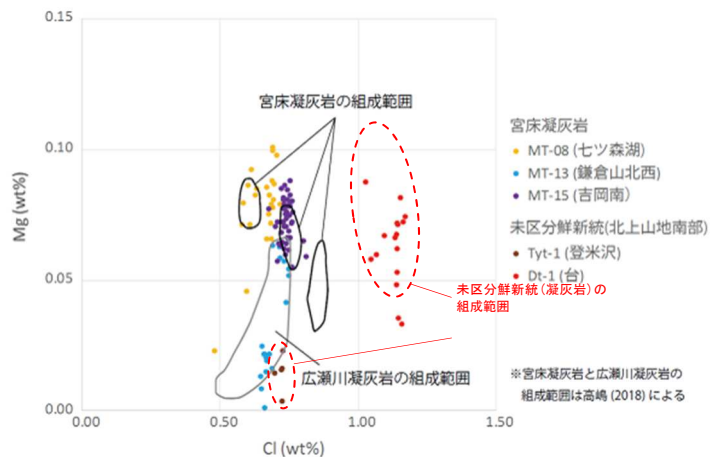


図-2 調査地の凝灰岩と同時代の凝灰岩のアパタイトの微量元素分析結果

調査の成果と今後の予定

調査の結果、未区分鮮新統が堆積して以降の過去 200~300 万年の間、女川原子力発電所の周辺では、地殻変動の規模が小さく、安定した地盤であったと同時に、今後、大規模な地殻変動が発生する可能性が低いことがわかりました。

一方で、未区分鮮新統に挟在する凝灰岩の給源は明らかにすることができなかったことから、今後、対比可能な凝灰岩層との比較分析を行うことで噴出源を特定するとともに、周囲の地層と対比することで、女川原子力発電所近傍のみならず、より広い範囲での地殻変動の履歴を明らかにするための検討を行ってまいります。

今後も引き続き原子力施設の耐震安全性に関する知見の取集を行い、安全性向上に努めてまいります。

担当：土木建築部

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（デマンドレスポンス）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。

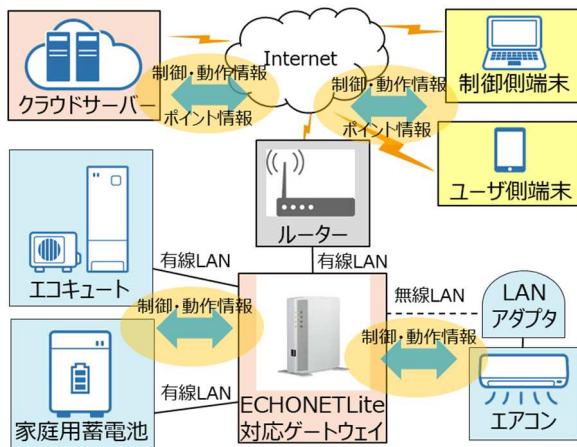


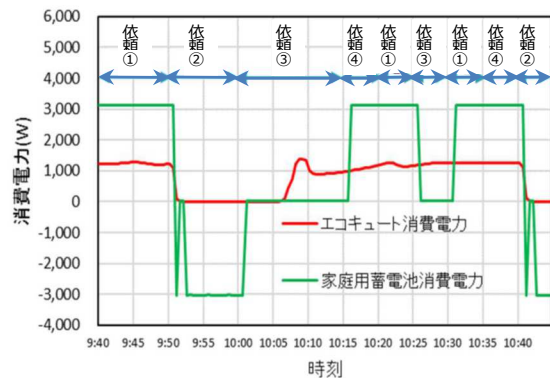
図1 システム概念図

（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 ・特許登録済

担当：研究開発センター電気利用G

AIカメラを活用した監視業務の高度化の研究

背景と目的

送電設備のうち鉄塔上で作業を行う際に、充電部や開口部など（危険エリア）で不安全行動を監視する専任監視員の配置が義務付けられております。この監視を強化し作業員の労働災害を防ぎ、より安全に作業できるようにAI技術で解決するべく研究に着手しました。

地上でカメラにより作業員を監視して危険エリアへの侵入をリアルタイムに解析・通知する技術の開発を目的として研究を行っております。

また、今回の検証は、送電作業以外に適用箇所がないか検討し、火力発電所構内が適用可能であったため、同システムで検証を行っております。

AIカメラシステム構成の概要

本研究では新たにカメラとAIアプリによるシステムを構築しました（図1）。作業現場での可搬性を考慮してカメラおよびAIアプリを搭載するデバイスとしてスマートフォン（iOS）でのシステム開発を進めております。

作業風景の画像を学習させたAIアプリをスマートフォンにあらかじめインストールさせ、アプリからカメラを起動させて映像を取得することで、作業員が危険なエリアに侵入していないか常にアプリ側でチェックをします。もし、作業員が危険エリアに入った場合は作業員に危険エリアに侵入していることを知らせて作業を中止するように通知します。

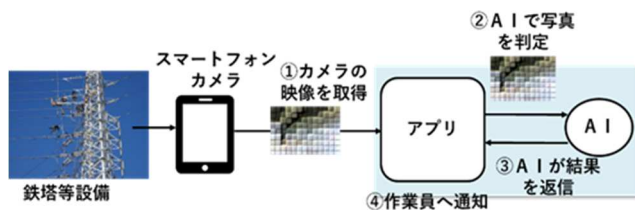
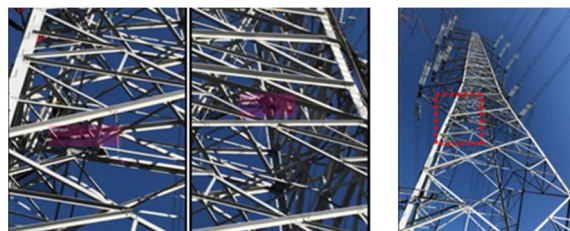


図1 AIカメラのシステム構成

送電作業現場での運用

検証では鉄塔上で作業を実施しアプリケーションの検証を行いました。一次系鉄塔などのカメラから鉄塔までの距離が遠い場合は、画面に占める人体の割合が小さくなりすぎて検出ができない事象があり、作業員を検出するためにはある程度の大きさが必要と分かりました（図2）。



検出できた場合

検出できない場合

図2 一次系鉄塔でのAIによる検出画面

本システムの水平展開

また、本研究では他室部での水平展開を狙って火力発電所での検証を行っております。火力発電所では以下の場所にて実証試験ができないか確認しており、火力発電所構内でも作業員を検出可能であることが検証できました。

a. 石炭栈橋周辺の侵入監視・海への転落防止

石炭栈橋は赤外線装置等の侵入監視装置が設置されておらず、また、石炭船接岸部付近は手摺りが存在しないため転落防止を図る（図3左）。

b. 石炭ベルトコンベアへの接近防止

石炭を運搬するベルトコンベアについて、一部のベルトコンベアには接近・接触を防止する手摺りやカバーが設置されていないため、ベルトコンベアへの接近を注意喚起し、作業員のベルトコンベアへの巻き込まれによる重大災害を防止する（図3右）。

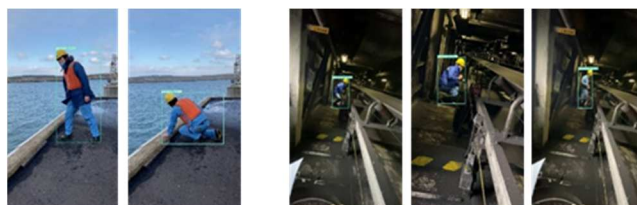


図3 石炭栈橋、石炭ベルトコンベアにおける検証

今後の予定

現在のモデルでは、作業員が鉄塔と重なるようなアングルの場合に、検出ができない瞬間があります。それを防ぐために、検出に失敗しているパターンを重点的にAI学習させる必要があります。今後精度向上のため、作業風景を撮影しAI学習用データに用いて精度向上を目指していく予定です。

担当：事業創出部門

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

現在、安全最優先の企業文化の構築を目指し、当社企業グループおよび協力会社が一丸となり安全活動に取り組んでいるものの、労働災害の発生が後を絶たない状況であります。

その理由の一つとして、作業前のTBM-KYにて作業に潜む危険を洗い出す際、現場状況を確認するのは勿論のこと、類似災害の事例も活用し、複合的に実施していますが、膨大な災害事例から適切な事例を選定するためには、多くの時間を要すると共に、作業者の経験に依存することから、見落としによる類似災害の再発リスクが潜在したためと考えました。

そこで、AI等のデジタル技術と労働災害事例データ等を組み合わせ、作業者へ当該作業に類似する災害事例を自動提案するツールを開発することにより、事例選定時間の簡素化を図りつつ、類似災害事例の見落としを防ぐことで、より効果的なTBM-KYが可能となり、労働災害の防止に繋がると考え、2019年度から本格的な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)

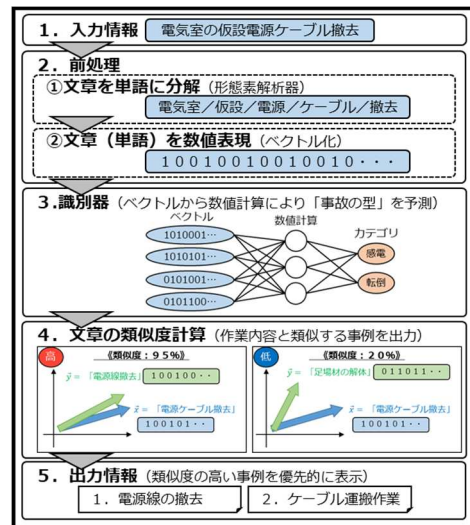


図1 AIモデルの全体フロー

(2) プロトタイプ構築

開発したAIモデルを組み込んだプロトタイプは、Webアプリケーションとして動作する形態としており、使用する端末のOSを問わず利用可能としました。

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ました。(図2)

今後の予定

本ツールは、現場に負担なく親和性が高いものとし、更に適切な災害事例の出力にとどまらず、適切な安全対策出力機能を追求する必要があると考えます。

そのため、関係個所との連携を図り、現場環境や利用者に適した入力方法や出力情報など、現場の利便性やニーズを拾い上げ反映し、火力部門への導入ならびに社内外への展開を目指していきます。

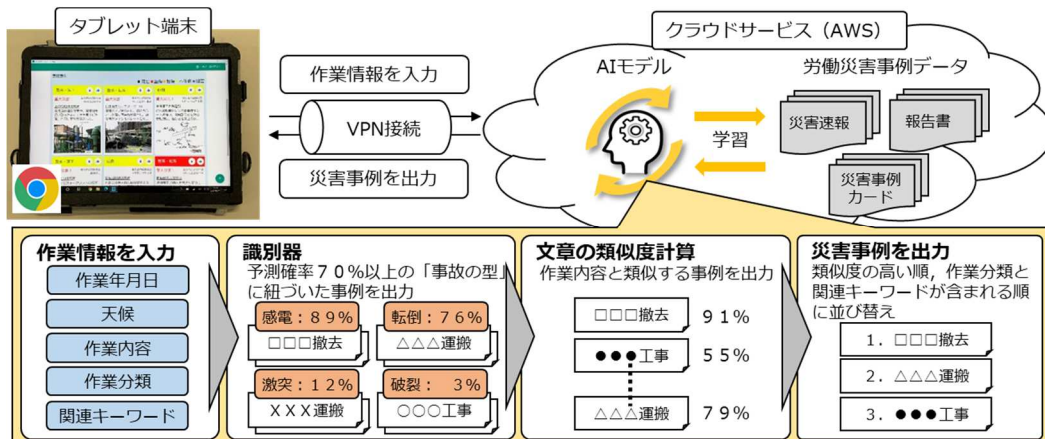


図2 プロトタイプのツール構成

担当：火力部

将来の働き方改革を見据えた建物オフィスデザイン 手法の構築

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を行う際の標準的なプロセスをまとめたガイドラインの整備を目的に、研究に取り組んでいます。

研究の概要

現在、検討中のワークプレイスデザインプロセス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

(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。



図2 インタビュー状況

(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デザインを作成し、従業員の合意形成を図ります。

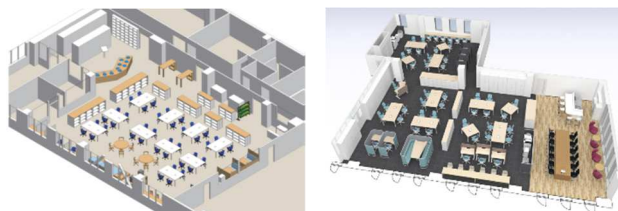


図4 レイアウトデザインの例

(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に周知するワークショップの実施や、容易に理解できるルールブックを作成します。

(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

ワークプレイスを検討する事により、更に有効な施設利用や面積の最適化によるスペースコストの適正化が図られると共に、働く人の生産性やエンゲージメントの向上が見込まれます。

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繋がると考えられます。

本研究で得られた知見やデータを活用し、建物オフィスデザイン手法を構築します。

担当：土木建築部

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

背景と目的

当社火力発電所における運転データは、従来から、東芝製のシステムに蓄積し、管理を行ってきました。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。

研究においては、新たなデジタル技術として、プラント運転監視ソフトウェアの EtaPRO※を用いており、2018 年度には EtaPRO を組み込んだシステム（図 1）を試験的に構築し、効果検証を行いました。

※EtaPRO は、米国 GPS 社が提供するプラント 性能管理パッケージソフトウェアであり、国外では多数のユニットに採用されています。

新たなデジタル技術の概要

新たなデジタル技術として活用した EtaPRO の異常兆候検知手法は、高度パターン認識と呼ばれる手法であり、過去の運転データを統計分析することで現在あ

るべき数値を期待値として算出し、その期待値と現在値の差が大きくなった場合に警報を出すものです（図 2）。本手法の特徴は、従来では気付かなかった、設備トラブルに起因する微小なセンサー値の変化についても検知できるところであり、未知のトラブルでも検知可能です。

また、性能管理については、バーチャルプラントと呼ばれる手法を活用しています。この手法は、数値モデルで計算した基準性能とリアルタイムの性能を比較し、性能低下状況を詳細に確認できるものです。

システム導入による効果

EtaPRO を組み込んだシステムの導入効果として、研究期間内で火力発電所のトラブルを 3 件見つけることができ、性能管理に関しては、リアルタイムに火力発電所の性能を見える化（図 3）することができました。この研究成果を踏まえて、2019 年度には全火力発電所へのシステム本格導入を行っており、今後も、火力発電所の運転監視技術の高度化を図っていく予定です。

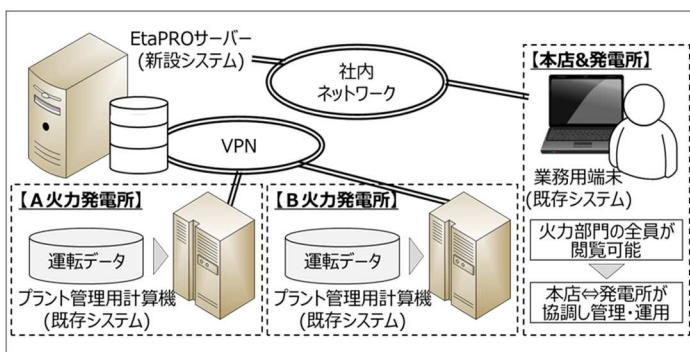


図1 システム構成概要

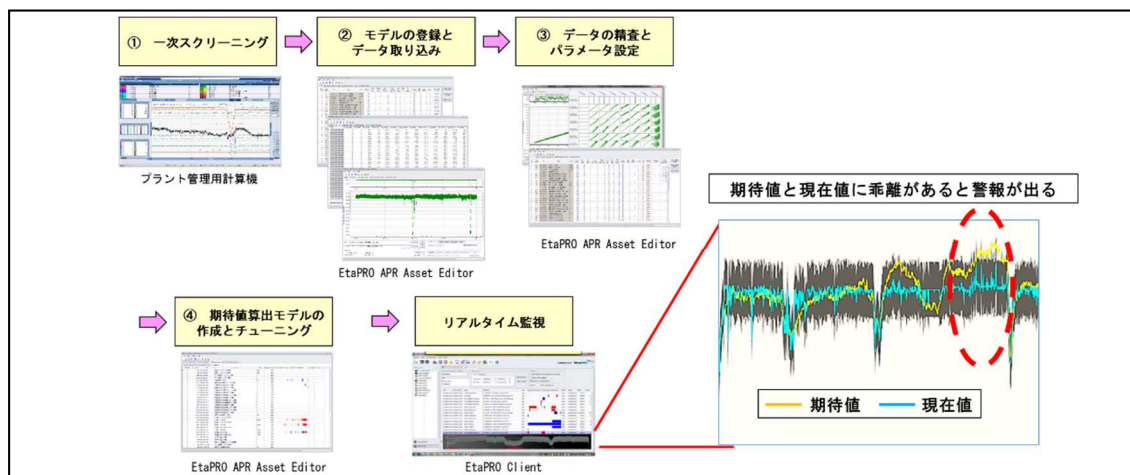


図2 異常兆候検知の手順

担当：火力部

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

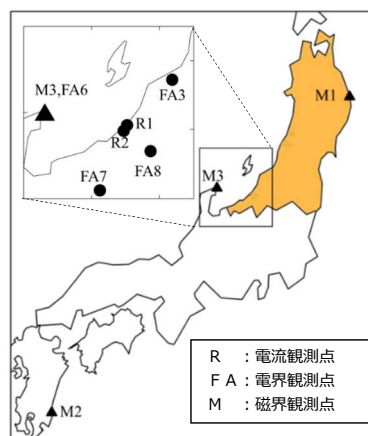


図1 観測装置の位置概要

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。

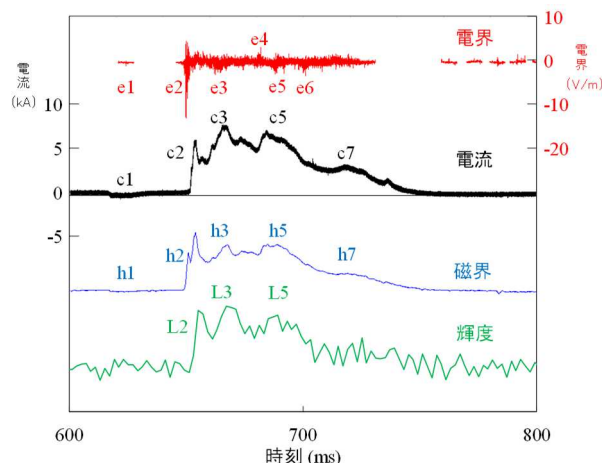


図2 R1で観測された電流波形他

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。

担当：研究開発センター電力流通 G

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。

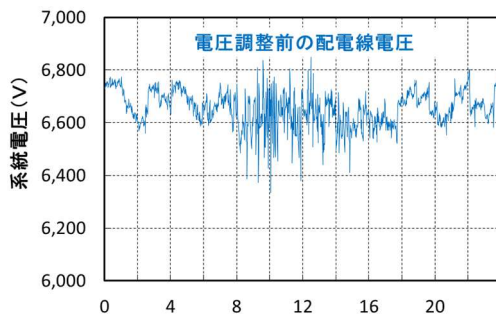


図3 磁束制御型高圧電圧調整装置による電圧変動抑制例



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	

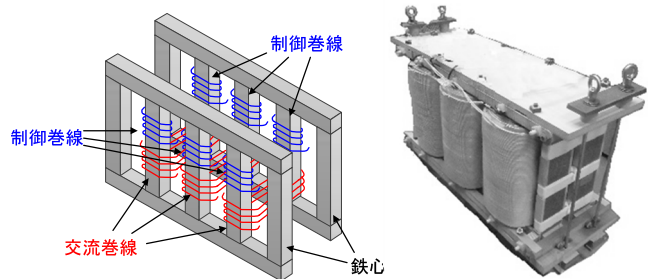


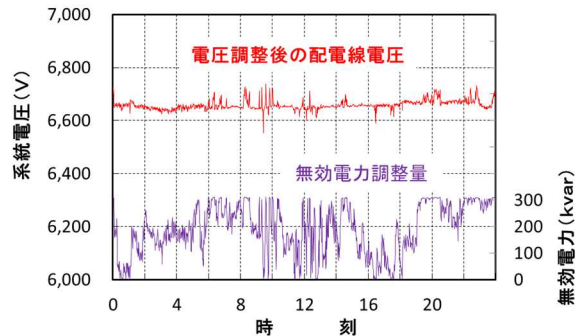
図2 磁束制御技術を適用した可変リアクトル

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 濫澤賞 <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



担当：研究開発センター電力流通 G

3方向放射線透過式配管肉厚測定装置の開発

背景と目的

火力発電所では、安定運転のために各種配管の肉厚を計画的に測定し、適切な保守・管理を行っています。しかし、従来の測定方法では、プラント停止中に配管外側を覆う保温材を撤去した状態で実施する必要があり、測定時の条件が制限される課題がありました。

そこで、この課題を解決した新たな測定方法として「3方向放射線透過法」を考案し、プラント運転中でも保温材を取り外すことなく、効率的に測定できる装置の開発を行ったものです。

3方向放射線透過式配管肉厚測定装置の概要

開発した測定装置は、放射線が測定対象物である配管や保温材の各々を透過するごとに減衰する特性を利用しております（図1）。また、図1のように配管に対して1方向から放射線を照射する測定方法では配管両端の合計肉厚が算出されることとなるため、3方向から放射線を照射し演算することで配管片側の肉厚の算出を可能としております（図2）。

この装置を用いた測定方法は、日本機械学会の火力設備配管減肉管理技術規格(JSME S TB1-2016)に登録されたことにより、定期事業者検査へ適用することが可能となっております。

装置は、制御・演算用PC、制御装置、放射線源、検出器等で構成されており（図3）、低レベルの放射線源を用いることにより、放射線に係る取扱い資格、管理区域の設定、使用許可などを不要としました。また、装置取付時に配管と装置の中心のずれを演算により補正する手法を確立し測定誤差を最小限にしています。

本装置を火力発電所で活用することにより、随時、測定が可能となり、保温材の取外し・取付け作業が不要となるため、効率的な配管肉厚測定と産業廃棄物（保温材）発生量の低減を図ることができます。

今後は、より汎用性の高い装置へと改良を進めて行く予定としております。

制御・演算用PC



制御装置



図3 3方向放射線透過式配管肉厚測定装置の構成

特許 共同特許2件登録済

受賞 第66回電気科学技術奨励賞

第72回東北電気関係事業功績・功労者表彰『特別功績賞』

担当：火力部

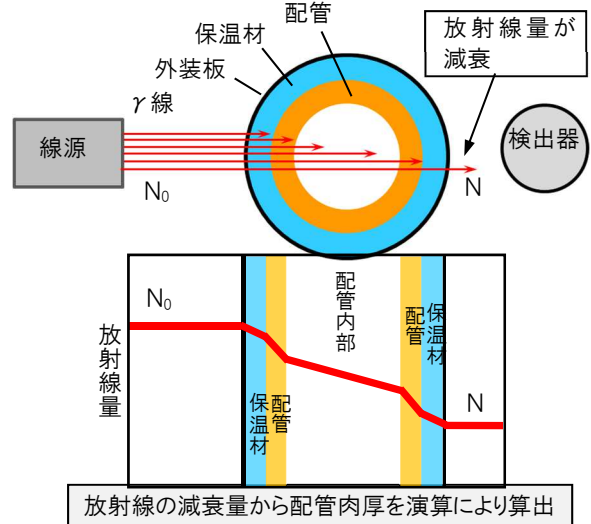


図1 放射線の減衰特性の活用(イメージ)

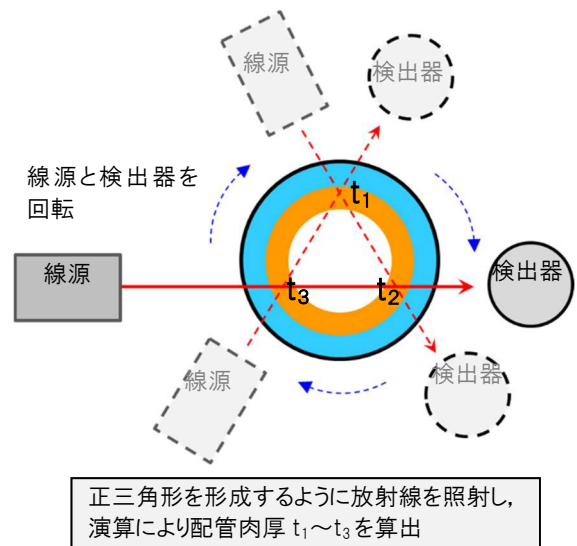


図2 3方向放射線透過法の測定原理

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およびす影響検討を目的とした耐震壁実験を実施してきました。

今回は、解析的観点から乾燥収縮の影響を評価することを試みました。既往の研究では、コンクリートを均質な材料として構造解析を行う手法が多く用いられてきましたが、実際のコンクリートにおいては乾燥収縮・自己収縮・温度変形・クリープ現象等の事象が複雑に絡み合っており従来の手法での表現には限界があります。そこで、マルチスケール解析と呼ばれる、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 (DuCOM) と鉄筋コンクリート構造の巨視的応答・損傷を追跡可能な RC 構造解析システム (COM3) を統合した解析方法 DuCOM-COM3 を使用した検討について紹介します。

研究の概要

(1) 解析モデルの概要について

表 1 に示す乾燥期間の異なる既往実験試験体 WCD-A および WD4 について、1/2 対照となるように図 1 の解析モデルとしました (解析モデルは両試験体で共通)。鉄筋が存在する部位については該当する要素に鉄筋量に相当する鉄筋比を割り当てております。

(2) 解析条件等について

DuCOM に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ました。これらを基に計算された圧縮強度から、COM3 での構造解析に使用するヤング係数・引張強度がソフトウェアで評価されます。

また、境界条件として養生方法に見合った拘束条件および環境条件 (温湿度や乾燥期間の違い) を設定しております。図 2 に示している湿度の凡例は、図 1 中の①～④に対応しております。

(3) 解析結果・まとめ

図 3 に示すように、最大耐力に至るまでの過程において養生期間の違いによる初期剛性の違いを評価することができました。また、変位約 1 mm までの微小変位領域における比較において解析結果は実験結果と良く整合

していることが確認できました。以上の結果より両試験体で異なる環境条件が初期剛性に影響を与えることを解析に確認しました。

今後の予定

乾燥収縮が試験体に及ぼす影響について考察を深めるため、様々な異なる環境条件での解析シミュレーションを引き続き実施し、最終的には、環境条件の違いが初期剛性に影響を与えるメカニズム等について明らかにし、原子力施設の安全性・信頼性の向上へ繋がるよう努めていきます。

表 1 既往実験の試験体諸元

試験体名	WCD-A	WD4
配筋	原子力発電所耐震壁相当	
脱型から加力までの期間 (乾燥期間)	約 1 週間	約 10 か月

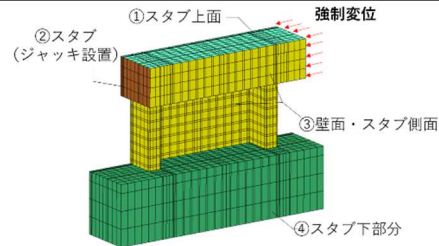


図 1 解析モデル

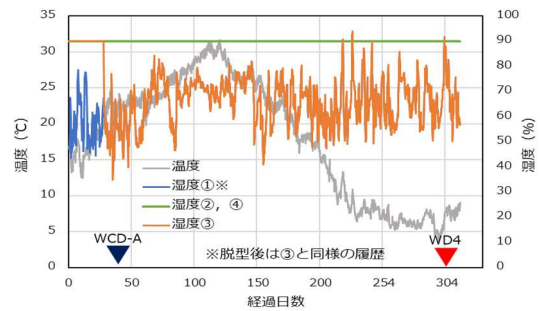


図 2 環境条件

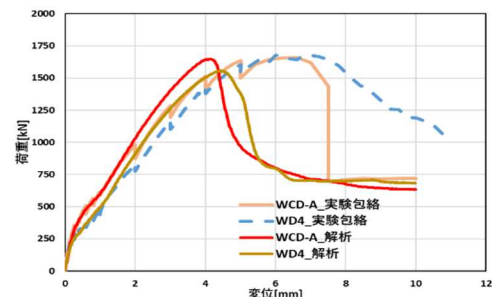


図 3 解析結果と実験結果の比較

担当：土木建築部

人工巢の設置によるハヤブサ保護の取り組み

背景と目的

出力 15 万 kW 以上の火力発電設備の建設にあたっては、環境影響評価法に基づく環境アセスメント手続を実施し、環境保全に努めることが求められます。

新仙台火力発電所リブレース計画は、既設 1,2 号機を廃止し、新たに 3 号系列を建設するものであり 2008 年 10 月から環境アセスメント手続を開始しました。

本手続において、発電所構内で環境省が指定する希少種のハヤブサが確認され、リブレースにより影響が生じないようハヤブサを保護することとしました。

3 号系列煙突への人工巢の設置

ハヤブサは撤去する既設 1,2 号機煙突で営巣しており（図 1）、リブレース後もハヤブサが営巣できるよう建設する 3 号系列（3-1 号,3-2 号）の煙突に人工巢を設置することとしました。

人工巢によるハヤブサ保護の取り組みは当社として初めての試みであり、先行事例をもとに最適な人工巢を設計し（図 2）、3-1 号及び 3-2 号煙突の高さ約 80m の位置にそれぞれ 1 つずつ設置しました。（図 3）

人工巢におけるハヤブサ雛の巣立ち

3 号系列は 2016 年 7 月に全量運転開始し、2017 年には 3-2 号人工巢にて初めてハヤブサが繁殖し雛 2 羽が巣立ちました。その後も 3-2 号人工巢にてハヤブサの繁殖を確認し、2020 年には雛 3 羽、2021 年には雛 2 羽が巣立っていきました。（図 4）

このように 3 号系列の煙突に人工巢を設置してから、複数年、ハヤブサが人工巢において繁殖するとともに雛が巣立ったことから、設置した人工巢はハヤブサ保護に効果があったことを確認しました。

宮城県環境影響評価技術審査会への報告

宮城県は県内区域の環境アセスメント案件について、専門家による審査会への報告を求めています。

新仙台火力発電所リブレース計画におけるハヤブサ保護の取り組みについても、2021 年 9 月に宮城県の審査会へ報告し、人工巢の設置によりハヤブサと火力発電所が共存した良い事例、他事業者の参考となるよう積極的に公表して欲しい等の高い評価を頂きました。



図 1 既設 1,2 号機煙突のハヤブサ（2012 年撮影）

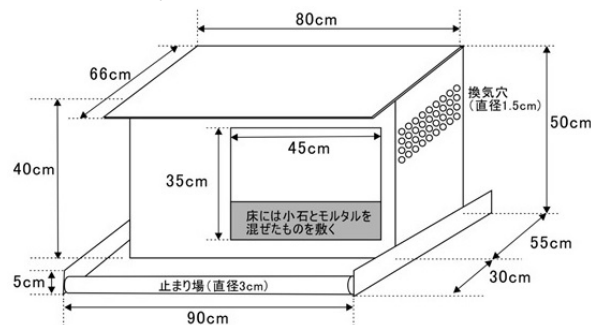


図 2 人工巢の設計図

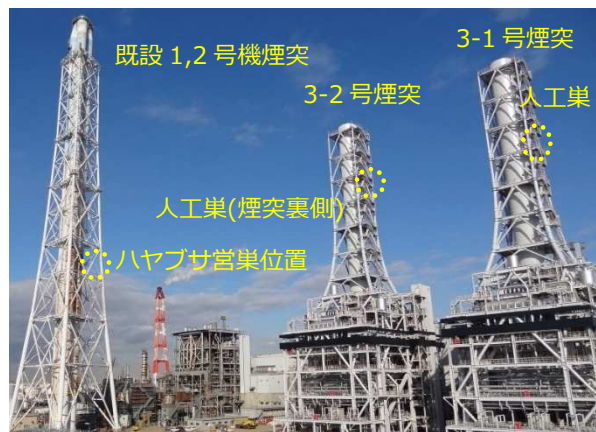


図 3 人工巢の設置位置



図 4 3-2 号人工巢のハヤブサ雛 3 羽（2020 年撮影）

担当：火力部

研究開発レポート

2022年2月発行

東北電力株式会社

研究開発センター 研究企画グループ

〒981-0952 仙台市青葉区中山七丁目2番1号

TEL. 022-278-0356 (代表) FAX. 022-278-2176

ホームページはこちらです

<http://www.tohoku-epco.co.jp/rdcenter>

