

2. 研究報告

2-1. 成果の概要

電気事業が直面する喫緊の課題解決に向けた研究を着実に実施するとともに、「持続可能で社会に受容されるエネルギーシステム」の実現に向けた研究に取り組み、研究成果を創出・提供しました。

研究成果がもたらす便益を明確にするため以下の9分野を設定し、研究を推進しました。

(■は各分野における課題を取りまとめた研究のカテゴリ)

	原子力発電	<ul style="list-style-type: none">■ 既設軽水炉の活用・安定運転■ 合理的な安全対策■ 核燃料サイクル技術の確立■ 放射性廃棄物処分手業支援■ 原子力施設の廃止措置支援
	火力発電	<ul style="list-style-type: none">■ 既設火力の活用■ 再生可能エネルギー導入拡大への対応■ CO₂排出量の削減
	水力発電	<ul style="list-style-type: none">■ 水力施設の運用・保守・防災
	再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none">■ 低炭素電源の拡大■ 再生可能エネルギー導入拡大時の系統安定化
	電力流通	<ul style="list-style-type: none">■ 設備形成・運用・保守の合理化■ 電力系統運用支援■ 流通設備の災害・人為リスクへの対応
	需要家サービス	<ul style="list-style-type: none">■ 電化推進と顧客満足度向上
	環境	<ul style="list-style-type: none">■ 地球温暖化問題への対応■ 環境アセスメントへの対応■ 環境・健康リスクへの対応
	事業経営	<ul style="list-style-type: none">■ 電力システム改革とエネルギー政策の整合性確保
	共通・分野横断	<ul style="list-style-type: none">■ 需給協調による全体最適化■ 多様な分野への適用に向けた技術の開発

次ページから、各分野における研究の方向性と代表的な研究成果の概要を記します。
その中から特に取り上げるべき研究成果については、p.20以降で詳しく紹介いたします。

「2-2.主要な研究成果(p.20~p.61)」で紹介する写真は、新型コロナウイルス感染症対策を適切に講じた上で、被写体の研究員は撮影時のみマスク非着用としています。

2-1. 成果の概要



原子力発電

PRA： 確率論的リスク評価

原子力施設等で発生しうる様々な事故シナリオを体系的な方法で可能な限り網羅的に分析し、それらのシナリオを発生頻度と発生による影響の組み合わせで決まるリスクで順位付けて、施設の安全上の脆弱性を定量的に評価する手法。

確率論的地震ハザード 評価

地震動強度とその年超過確率の関係を得るための評価。年超過確率とは、対象期間内に少なくとも1回、ある強度を超える確率。

放出源の有効高さ

発電所内の建屋や周辺の地形が大気中の放射性物質拡散に及ぼす影響を線量計算に取り入れるためのパラメータ。

レベル2PRA

レベル1では炉心損傷頻度の評価まで、レベル2では放射性物質の大規模放出頻度、放出量の評価まで行う。

内部溢水

地震による配管破断や、津波による浸水、消火活動における放水等により、原子炉施設内部で発生する漏水。

技術規程:JEAC4201

日本電気協会電気技術規程原子力編「原子炉構造物の監視試験方法」。

既設軽水炉再稼働後の安全性を評価するための**確率論的リスク評価(PRA)**について、実務での利用に必要な手法の開発など、原子力発電のリスクの定量化に向けた研究を実施しています。また、原子力発電の安全性を向上させるための合理的な対策について研究を推進しています。さらに、核燃料サイクルの実現に向けた使用済燃料の管理、放射性廃棄物処分事業の支援、原子力施設の廃止措置に係わる研究に取り組んでいます。これらの技術により、将来にわたる原子力発電の安全かつ持続的な活用を通じてカーボンニュートラル社会における安定したエネルギー供給に貢献していきます。

既設軽水炉の活用・安定運転

自然外部事象評価・対策策定

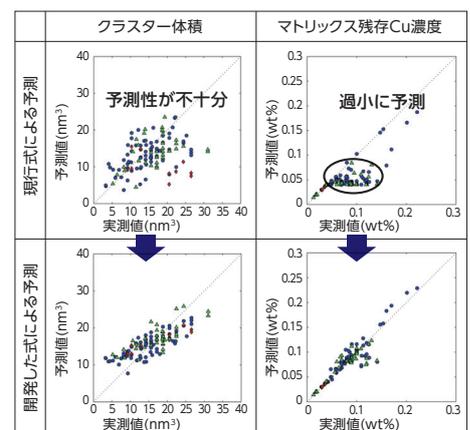
- ・実機の特徴を備えたモデルプラントを用いた**確率論的地震ハザード評価**において、地震動予測式の客観的な選択方法を導入し、基礎地盤の変形量や配管疲労を考慮することで事故シナリオを詳細化する手順を構築しました。この手順に沿って、プラントの地震に伴う事故リスクに大きく寄与する事故シナリオを抽出し、適切な対策を施すことでそのリスクを低減できる可能性を示しました。
- ・原子力施設の排気筒に対する**放出源の有効高さ**を精度良く評価できる新たな数値モデルを開発し、従来法で必要とされたコストのかかる風洞実験を代替できることがわかりました。→ p.20参照
- ・重要施設に対する津波漂流物の衝突可能性、衝突速度、および衝突位置を評価する数値解析技術を整備・提供することで、実際の発電所施設の津波漂流物衝突影響評価に活用されました。→ p.22参照

リスク情報の活用

- ・**レベル2PRA**の活用を進める上で炉心損傷後の核分裂生成物(FP)の放出量を適切に評価することが必要です。そこでFP放出量評価に影響の大きい機器や、現象に関する文献調査や実験を実施し、その分析結果に基づくFP放出挙動解析手法を構築しました。また、構築した手法を解析コードに実装し、実機解析を通してその妥当性を確認しました。
- ・原子炉施設の**内部溢水**防護対策に関する安全性向上の観点で国から求められている、内部溢水ハザードに対する体系的なリスク評価方法として、実用的な内部溢水PRAガイドを策定しました。代表的なPWRプラントを対象としたモデルプラント評価を実施した結果、内部溢水リスクに寄与する事故シナリオを適切に抽出できたことから、PRAガイドの実機への適用性を確認しました。

経年劣化事象評価の高度化

- ・原子力プラントを長期運転するためには、压力容器鋼が放射線の照射により脆くなる照射脆化について適切に評価することが必要です。その評価式について、脆化の原因であるマイクロ組織変化の予測精度を向上させることで脆化予測の説明性を高めました(右図)。開発した評価式は現在審議中の**技術規程(JEAC4201)**の脆化評価式の改定案に採用されました。



開発した評価式によるマイクロ組織変化の予測結果
開発した脆化評価式では、脆化の原因である、照射によって形成する微細な溶質原子クラスター体積や溶媒原子(マトリックス)中のCu濃度の予測値が実測値とより一致するようになり、マイクロ組織変化が脆化量に及ぼす影響を適切に反映できるようになりました。

合理的な安全対策

継続的安全性向上

- ・原子炉内の高温高圧の水と蒸気の気液二相流を再現し、二相流の空間分布の高解像度計測データを蓄積することで、様々な燃料集合体の形状に対する二相流データベースを構築しました。また、データベースの情報を用いた**データ同化**により二相流シミュレーションの精度が向上しました。これにより燃料の熱出力評価の精度が向上し、安全裕度が適正に評価できるとともに、燃料棒の形状と配置の工夫による燃料の有効活用が期待できます。→ p.24参照
- ・使用済燃料をより安全に保管するため、湿式中間貯蔵から**乾式中間貯蔵**への早期の移行が望まれています。乾式中間貯蔵に移行するには、燃料の崩壊熱が容器装荷の温度制限値を下回るまで冷却する必要がありますが、崩壊熱を保守的に評価していることが早期移行の阻害要因となっています。そこで、燃料の崩壊熱を運転条件と燃焼度に応じて計算することで、早期の乾式貯蔵への移行を可能にする合理的な冷却期間の評価方法を提案しました。

放射線防護体系の維持・発展

- ・健全な循環器に放射線が与える影響については**線量率**により異なり、総被ばく線量が同程度でも低線量率で慢性的に被ばくした場合は、高線量率で急性被ばくした場合よりも影響が小さいことを、マウスを用いた動物実験により世界で初めて明らかにしました。

核燃料サイクル技術の確立

- ・再処理施設での安全性を高めるため、事故時に高レベル濃縮廃液から放射性物質が揮発することを抑制する方策を検討した結果、中和剤として水酸化ストロンチウムを添加することにより、揮発性物質の生成が不添加の場合の100分の1まで抑制されることを確認しました。

放射性廃棄物処分事業支援

- ・高レベル放射性廃棄物処分施設の候補地選定を支援するために、プレート境界の地下深部に存在する**スラブ**起源水の候補地への流入の有無を判別する方法を開発し、その影響領域の評価に活用できることを示しました。→ p.26参照

原子力施設の廃止措置支援

- ・東京電力福島第一原子力発電所では、汚染水処理により発生する二次廃棄物の大半を**ALPS**沈殿廃棄物が占めます。これを安定して固化するため、セメント固化に比べて水の放射線分解による水素発生が少なく、ガラス固化に比べて揮発物対策の負荷低減が期待できる、リン酸化合物の固化製造プロセスを提案しました。→ p.28参照

データ同化

観測値を学習して数理モデルを統計的に最適化することで予測性を向上する解析方法。

乾式中間貯蔵

再処理を行うまでの使用済燃料を、燃料プールで水を循環させて貯蔵する湿式中間貯蔵に対して、不活性ガスとともに金属容器に封入して、空気の内自然対流で冷却し貯蔵する方式。

線量率

単位時間当たり人体や物質が受ける放射線の量。

スラブ

大陸プレートの下に沈み込んだ海洋プレートのこと。

ALPS

沈殿処理設備や吸着塔により、汚染水中に含まれる多種の放射性物質を除去する多核種除去設備。



火力発電

既設の火力発電プラントの合理的な運用・保全、および石炭灰の更なる利用拡大に係わる研究を進めています。また、再生可能エネルギー導入拡大に対応するため、火力発電プラントの需給調整力や機動性の向上など調整運用に関する技術の開発を推進しています。さらに、低炭素化に向けた新たな火力発電方式や高効率エネルギー変換技術等の開発を進めており、将来的な火力発電のゼロエミッション化の達成に貢献していきます。

既設火力の活用

- ・高効率火力発電プラントの主要構造材料である**9Cr鋼**について、世界最長時間にわたる溶接継手の**クリープ**試験データを取得し、現在の寿命評価式が実機で使用される時間スケールでも妥当であることを実証しました。
- ・ヒドラジンは火力発電プラントの給水処理に広く使用されている一方、発がん性の疑いがあるため今後規制が強化されます。ヒドラジンを代替する候補剤について、炭素鋼の腐食速度などプラントへの適用性を判断するための基礎特性を実験により得ました。

9Cr鋼

約9%前後のクロムを添加した炭素鋼。

クリープ

高温下において物体に一定の荷重(応力)を加えることで、時間とともに物体が変形していく現象。

再生可能エネルギー導入拡大への対応

- ・ガスタービン複合発電(GTCC)は、再生可能エネルギーの導入が拡大した電力系統で需給のバランスを保つための調整力として期待されています。ガスタービンの機動性向上(起動時間短縮、出力変化速度向上、最低出力低減)や部分負荷運転時の効率向上のための燃焼器や制御技術などの要素技術開発を三菱重工株式会社などと進め、実機による要素技術の実証に移行できる見通しを得ました。本技術は水素やアンモニア等の脱炭素燃料を利用するGTCCへも適用可能であり、将来の火力発電における脱炭素化に貢献できます。→ p.30参照
- ・火力発電における燃料の脱炭素化に向けて、燃料アンモニア価格や欧州のCO₂排出権取引価格を調査しました。また、これらの価格が需給調整運用を行ったときの火力発電プラントの運用コストや設備利用率に及ぼす影響を定量的に明らかにしました。

CO₂排出量の削減

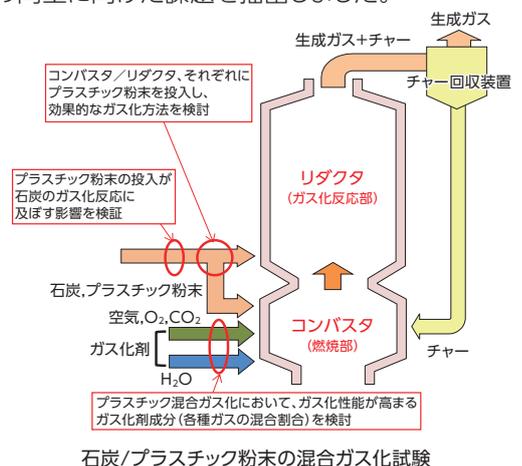
- ・石炭灰、バイオマス灰、焼却残渣などによるCO₂の固定化技術として、埋立処分場を活用する手法を提案し、CO₂固定量やCO₂固定速度などの基礎特性を取得しました。また、CO₂固定プロセスにおける**ライフサイクルCO₂**の試算を行い、CO₂固定効率の向上に向けた課題を抽出しました。

→ p.32参照

- ・既設石炭火力発電所における新たなアンモニア混焼方式として、微粉炭バーナの一部をアンモニア専焼バーナに入れ替える方式の技術開発を進めました*。
- ・バイオマスや炭素系廃棄物などの多様な燃料をガス化して利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステムの開発に向けて、石炭・プラスチック粉末(炭素系廃棄物模擬試料)の混合ガス化試験に成功しました*(右図)。

ライフサイクルCO₂

CO₂を原料として利用する際の調達、製品製造、輸送、使用、廃棄、再利用といった全プロセスにおける二酸化炭素排出量を評価するもの。NEDOにおける研究開発初期段階のガイドラインでは原料の調達から製品製造までを評価対象としている。



- ・先進超々臨界圧(A-USC)火力発電プラントで使用される大径管の保守技術開発のため、溶接大径管試験体のクリープ試験を行い、そのデータから試験体の外径変化や表面ひずみを数値解析により適切に再現できることを確認しました*。

*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)からの委託・助成事業により実施。



水力発電

高経年化する水力施設の適切な維持管理と安定運用に貢献するため、設備の状態保全・監視技術の開発と、水力設備の劣化対策、ダムの堆砂・濁水問題解決に寄与する土砂管理技術の開発を進めています。また、地震や洪水などの大規模自然災害に備えて、リスク評価手法や被害軽減対策としての補強技術、被害発生時の復旧支援に関する技術の開発を進めています。これらの取り組みにより、再生可能エネルギーの一翼を担う重要電源である水力発電の継続的利用に貢献していきます。

水力施設の運用・保守・防災

ピア：水門柱

ダムから水を放流するための洪水吐ゲートを支える柱状の構造物。

キャビテーション壊食

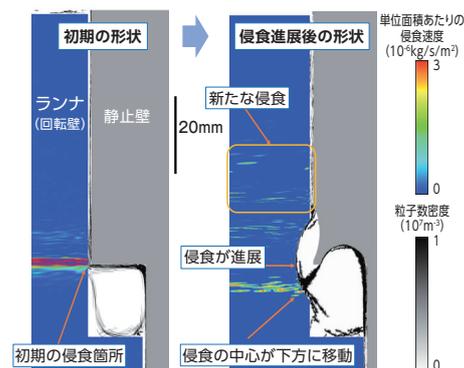
液体中の気泡が消滅する際の衝撃圧で部材表面を破壊・摩耗させる現象。

- ・ダムゲートやピア(水門柱)を対象として、供用しながら施工可能な耐震補強工法を提案し、その効果を試験・解析により確認しました。→ p.34参照

- ・水車の土砂侵食、キャビテーション壊食を評価可能な数値解析法を構築し、その結果に基づき水車ランナ背面シール部の土砂侵食(右図)やランナベーン(水車羽根)のキャビテーション壊食の発生メカニズム、および静止壁側の形状変更などの対策に有効な方法を示しました。

- ・発電機保守の現場における異常兆候の早期発見のために、機械学習による発電機固定子巻線の保守点検支援スキームを提案しました。また、巻線の異常を判定するために、各種異常を実験室レベルで模擬し異常時の信号を集約したデータベースを作成しました。

- ・貯水池や河川における出水に伴う土砂動態をモニタリングするために、カメラ画像情報から機械学習により濁度を推定する手法を開発しました。



ランナ壁面の土砂侵食状況の変化
空隙(図のランナと静止壁の間の白い部分)に入る土砂の粒子により侵食が発生し、侵食の進展によって、侵食位置が変化する様子が確認できました。



再生可能エネルギー

再生可能エネルギー電源の一つで安定的に発電できる地熱発電の導入拡大を支援する技術や、火力発電におけるバイオマス燃料の利用拡大技術の開発を進めています。また、将来の再生可能エネルギー主力電源化を見据えて、受け入れる側となる電力システムの安定性を維持する技術を開発するとともに、電力システムに影響を与える太陽光・風力発電の出力推定・予測技術の精度向上等に取り組んでいます。

低炭素電源の拡大

カーボンリサイクル

CO₂地熱発電

熱水量が不足・枯渇した地熱貯留層中に、CO₂を圧入し、高温になったCO₂で発電を行う。圧入されたCO₂の一部は貯留層内に固定される。

- ・カーボンリサイクルCO₂地熱発電を適用するため、地下岩盤の温度・圧力状況を踏まえた坑井シミュレーションおよび発電サイクルシミュレーション手法を開発し、海外の報告例を参考にした発電出力試算結果から開発した手法の妥当性を確認しました。これにより、複雑な地質構造を持つ日本でもカーボンリサイクルCO₂地熱発電の検討ができるようになります。

2-1. 成果の概要

配電系統総合解析ツール CALDG

当所が一般送配電事業者向けに開発した、配電系統の各種制御を模擬し、総合的な潮流解析が可能なツール。

再生可能エネルギー導入拡大時の系統安定化

- ・自然災害や送電線事故等による再生可能エネルギー電源脱落に対応して変電所で行う負荷遮断(小規模な停電)を、変電所監視制御に関する国際規格IEC 61850に基づく製品を用いて低コストに実現する方法を開発しました。→ p.36参照
- ・マイクログリッド(MG)事業者が利用可能な一般版の配電系統総合解析ツールCALDGを開発しました。MG事業者が本ツールを用いて配電系統の解析・評価を行うことで、MGを構成するのに必要な再生可能エネルギー電源や蓄電池の仕様、およびそれらを組み合わせたときの運用方法を適切に検討できるようになります。
- ・太陽光発電の出力予測誤差がいくつかの時間推移パターンに分類できること、また、この推移パターンの発生頻度には季節性があることがわかりました。これにより太陽光発電出力予測の大外れを検知できる可能性が見出され、本知見の太陽光発電出力予測の精度向上への活用が期待されています。

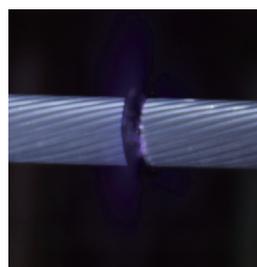


電力流通

高経年化が進む電力流通設備の合理的な維持・更新や運用・保守を支援する技術の開発を進めています。カーボンニュートラル社会の実現に向けた再生可能エネルギーの導入拡大や電力システム改革の進展を受けて、より広域的な運用が求められている電力系統の安定性を維持する技術、自然変動電源の急激な出力変動や災害時の電力系統からの脱落に対応する技術の開発に取り組んでいます。自然災害に対しては、電力流通設備の耐風・耐雪・耐震設計やレジリエンス強化に向けた減災・復旧支援に係わる技術を開発しています。これらの取り組みにより、電力安定供給の維持と将来に備える新たな電力系統の形成に貢献していきます。

設備形成・運用・保守の合理化

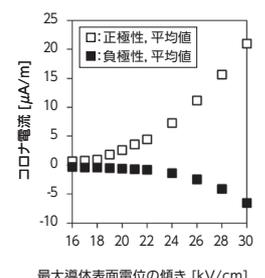
- ・送電分野における電気保安人材の減少に対応するスマート化技術として、鉄塔部材の腐食劣化ランクの自動判定システムと地中送電設備の遠隔監視システムを開発しました。→ p.38参照
- ・人による巡視に代わりセンサ等の情報を活用した効率的な配電設備の保全手法として、スマートメータ情報および設備データを活用して柱上変圧器の熱劣化状態を相対的に比較できる評価手法を開発しました。
- ・直流CVケーブルの電界分布をより正確に把握するため、運用時のケーブル内部の温度分布を推定する手法を開発するとともに、その温度分布に基づき測定信号の補正を行う空間電荷測定システムを開発し、その有効性を確認しました。→ p.40参照
- ・送電線への着雪を低減する難着雪リングが直流送電線に与える影響を解明するため、コロナ電流特性を測定しました。その結果、難着雪リングからコロナ放電が発生しやすく、送電線に流れるコロナ電流の絶対値は負極性よりも正極性の電圧を課電した方が大きくなることを見出しました(下図)。



難着雪リングの設置状況



コロナ放電の観測例



コロナ電流の測定結果

多相雷事故

交流送電線への落雷により、電力線各相の絶縁耐力を超える過電圧が発生して、同時に2相以上の変電所の遮断器が動作すること。

- ・送電線の**多相雷事故**は供給支障に至る可能性があるため、送電鉄塔における多相雷事故の模擬実験を行いました。雷撃時の交流位相による電圧差も考慮して実験を行い、多相雷事故に至る電界の範囲を明らかにしました。
- ・送電線への樹木接近による事故を未然に防ぐため、ドローンによる撮影画像から樹木を含む地表形状の三次元モデルを作成し、局所的な形状から樹頂の位置を特定することで送電線と樹木との離隔距離を評価する手法を開発しました。これにより、伐採すべき樹木の位置や本数が自動で判定できるようになります。

PCS

(Power Conditioning Subsystem)

直流電力を交流電力に変換し、発電電力の制御機能や系統連系保護機能を有する装置。

電力系統運用支援

- ・太陽光発電や風力発電などのインバータで連携する電源が増えた系統(インバータ主体系統)では、地絡事故等が発生した際の電圧・周波数の変動が現状の系統に比べ増大します。その影響を把握するため、インバータ主体系統における三相地絡事故時のシミュレーションを行いました。その結果、系統事故時の電圧・周波数変動による電源脱落を防ぐ機能を備えた事故時運転継続対応の太陽光発電パネル用**PCS**であっても、**単独運転検出機能**が誤動作して脱落する可能性があることを明らかにしました。
- ・電力系統の保護リレー情報は、災害に強いが伝送容量は小さいマイクロ波無線通信網で伝送しています。低コストのIP保護リレーを導入する場合、必要な伝送容量が現状より増えることから、マイクロ波無線通信網の伝送容量増強が必要となるため、このコストを最小化する設計手法を開発しました。→ **p.42参照**

単独運転検出機能

上位系統で事故または作業等のため停電が発生したときに、分散型発電設備が連系したままになることを単独運転といい、その状態を検出し解列する機能。

流通設備の災害・人為リスクへの対応

- ・令和元年台風15号での強風による鉄塔被害の原因究明を三次元気流解析により実施した結果、風上8km以内にある高標高の地形から増速域が風下側に伸びることで、鉄塔に接近する風速が増大することを明らかにしました。また、このような地形による影響を考慮した簡易増速率算定法を構築しました。
- ・送電用鉄塔の設計時に送電線への着雪の影響を考慮するため、日本全国の基本着雪厚マップを作成するとともに、着雪時に考慮すべき基本風速と**等価静的風荷重**の算定式を考案し、風荷重評価法として取りまとめました。また、送電用鉄塔の設計に見込むべき地震荷重について、設計用加速度応答スペクトルの簡易評価法を提案し、それに基づく解析ツールを開発しました。
→ **p.44参照**
- ・災害時の復旧見通しや災害情報を迅速に共有・蓄積するための早期電力復旧情報プラットフォーム「RESI」において、過去実績に基づいて自動的に復旧時間を推定する機能を追加しました。また、復旧に必要な情報を適時・適切に配信するシステムを開発し、関係者による状況把握と情報共有を可能にしました。→ **p.46参照**

等価静的風荷重

構造設計上重要な動的荷重効果に着目して、静的解析用に設定する風荷重。



需要家サービス

電化の促進によって需要側からカーボンニュートラルを実現する社会を目指し、民生・産業・運輸分野の省エネルギーおよび顧客便益の向上に貢献する、ヒートポンプ、電気自動車、冷暖房機器、植物工場など電気利用技術の向上を図る研究開発を進めています。また、自然災害による停電時における需要側のエネルギーレジリエンス性を高める研究に取り組んでいます。

電化推進と顧客満足度向上

- ・太陽光発電(PV)の発電時間帯に湯を沸かして貯湯タンクに蓄えることで家庭用PV電力の自家消費を促進する、CO₂冷媒ヒートポンプ給湯機「おひさまエコキュート」を東京電力エナジーパートナー株式会社および複数メーカーと共同で開発しました。
- ・電気自動車(EV)の商品価値を高め普及拡大に貢献するため、バッテリーやインバータ、モータの性能劣化の防止、車内の快適な温熱環境の確保、ガラス防曇対策等の現行の課題を踏まえて、熱源や機器の適切な温度管理と省電力を実現する熱管理システムのコンセプトモデルを提案しました。
→ p.48参照
- ・台風や地震などの自然災害に伴う停電リスクを考慮した住宅のエネルギーレジリエンス性の向上方策の検討が喫緊の課題になるなか、自然災害による長期停電の経験者を対象に困りごとや給電設備(蓄電池や発電機)等に対する意識を調査し、停電時の被災者の安全や利便性の維持に必要な方策を見出しました。→ p.50参照
- ・エアコンの人感センサによる気流制御機能の有効性を検証するため、エアコンの動作を定量的に把握する独自手法を開発し、人感センサを使用した方が実際に温熱快適性の高い運転が可能になることを実証しました。
- ・NEDO先導研究プログラム「植物工場向けDR・生育維持システムの基礎技術開発」(DR:デマンドレスポンス)に参画し、宮古島にゼロエミッション型植物工場実験施設を構築しました。植物工場用エネルギー管理システムの開発に着手するとともに、系統運用者を対象としたDR実施のため島内で必要な調整力を明らかにしました。
- ・需給調整市場でEVを仮想発電所(VPP)として活用するために、走行中のEVのバッテリー情報や位置情報などを遠隔把握できるクラウドシステムを開発しました。ノートPCやスマートフォンから、地図情報と併せて最新のEVの各種情報をリアルタイムに把握することが可能になります。



環境

地球温暖化問題に関する政策の分析や、温暖化対策技術の動向把握と事業性の評価を行っています。また、環境アセスメントの期間短縮や省コスト化を目的として、発電所周辺環境の数値予測手法や調査手法の開発を行っています。さらに、送配電設備で発生する電磁界影響についての研究やPM_{2.5}の環境リスクに関する情報の収集・分析を行っています。これらの取り組みにより、環境と共生するエネルギーシステムの実現に貢献します。

地球温暖化問題への対応

- ・国の研究会等においてカーボンニュートラル実現に向けた政策議論に積極的に参画するとともに、カーボンプライシングで争点となっている**炭素国境調整**について、欧米における制度設計案を分析し、日本への示唆を整理しました。
- ・CO₂排出削減に対する国等の政策への的確な対応と火力発電事業におけるCO₂削減対策技術としての見通しを明確にするため、国内外における**CCUS**の動向調査とCO₂回収技術の調査を行いました。また、燃料やコンクリートの国内需要をすべてCCU製品で代替した場合のCO₂利用量・削減量等を評価し、CCUの普及に向けた課題を明らかにしました。

環境アセスメントへの対応

- ・地熱発電所の環境アセスメントを円滑化するため、冷却塔排気中の硫化水素の大気拡散挙動や周辺樹木への着氷影響評価手法を確立し、地熱開発事業者向け技術ガイドラインを策定しました。
→ p.52参照
- ・発電所アセスメントやモニタリングの効率化による期間短縮やコストダウンに貢献するため、沖合約1kmの温排水拡散域に対して各種無人探査技術を用いた観測を実施し、従来型船舶調査を代替できる見通しを得ました。
- ・既設発電所における生物アセスメントに係わる現地調査の負荷低減を支援するため、既往のアセスメントで記録されている重要種の生態的特性を分析し、重要種を対象とした簡易影響予測手法を構築しました。

環境・健康リスクへの対応

- ・商用周波磁界と小児白血病の因果関係を明らかにするため、評価用マウスの開発を行いました。遺伝子改変したヒトiPS細胞を移植したマウスに対し、既知のリスク因子をばく露した結果、白血病細胞の特徴を有する細胞が出現し、小児白血病評価に必要な特性を有していることを確認しました。
- ・国等の規制強化の動きへの対応や、発電所の環境性に対する立地地域の理解促進のため、PM_{2.5}のリスク・有害性について学術論文等から最新の知見を収集するとともに、国内の人為発生源を対象にPM_{2.5}の寄与濃度および寄与率に関するモデル計算を実施しました。

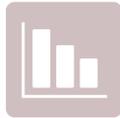
炭素国境調整

国内と国外の炭素価格の差を埋めて、自国から他国への炭素リーケージ（排出の漏えい）を防ぐ措置。

CCUS

(Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)

二酸化炭素の回収・有効利用・貯留。CCUは回収・有効利用。



事業経営

電力システム改革による市場を通じた経営効率化と再生可能エネルギー導入拡大を目指すエネルギー基本計画改定との整合性を確保するため、より望ましい制度のあり方を提言しています。また、カーボンニュートラル実現における原子力発電の重要性を踏まえ、原子力事業の環境整備方策に関する海外動向の分析も進めています。新たな課題に直面する電気事業者に対して新たな価値創造の可能性を提示していきます。

電力システム改革とエネルギー政策の整合性確保

- ・気候変動対策として原子力発電の新增設を進めようとする英国の事例を中心に、脱炭素化に貢献する原子力発電の利活用に向けた諸外国の取り組みを分析しました。→ p.54参照
- ・第6次エネルギー基本計画を対象に主な見直し項目を踏まえた定量分析を行い、2019年度実績から2030年度までのエネルギー起源CO₂排出量の変化を推計しました。その結果、2030年度の排出量は7.5億t-CO₂ (2013年度比39.5%減) に留まり、政府が発表した2030年温室効果ガス46%削減達成のためには0.7億t-CO₂不足することを明らかにしました。
- ・送配電投資が増加傾向にある米国を対象に送配電事業の投資動向とその抑制策について調査しました。需要家側の**分散型エネルギー資源 (DER)**の活用は、設備投資を繰り延べて費用の削減を図る手段の一つと考えられますが、送配電事業者がDERに支払う価格を合理的な水準に抑制するための調達方法や、DERの活用が配電網・送電網の負荷に与える影響の予測には試行錯誤を伴うため、投資の繰り延べが見送られる事例もあることなどの課題を明らかにしました。
- ・カーボンニュートラルに向けた運輸部門の脱炭素化の取り組みについて、欧米の自治体による先進的な事例を調査し、内容や導入経緯を明らかにしました。また、政策手法別に国や自治体への示唆を整理しました。→ p.56参照

分散型エネルギー資源： DER

(Distributed Energy Resource)

蓄電池、電気自動車、給湯設備、太陽光発電など、需要家が所有するエネルギー資源。



共通・分野横断

再生可能エネルギーの導入拡大、電気自動車 (EV) や蓄電池の普及が進むなか、需給全体のエネルギー効率向上と経済性を両立するための電力需給マネジメント技術の構築を進めています。また、需給制御の最適化やプラント機器、社会インフラの保全のため、電気事業等におけるIoT、AI、新型センサなど革新技术の開発を進めています。

需給協調による全体最適化

- ・当所既開発の配電系統総合解析ツールCALDGをベースに、利用者が容易にデータ入力・解析を実施できる二次系統 (地域供給系統) 用**GUI**と、二次系統まで含めた地域グリッドの解析プログラムを開発しました。これにより、二次系統と配電系統をまとめた解析が可能になりました。

GUI

(Graphical User Interface)

コンピュータへの命令や指示等を、ユーザが画面上で視覚的に捉えて指定するもの。

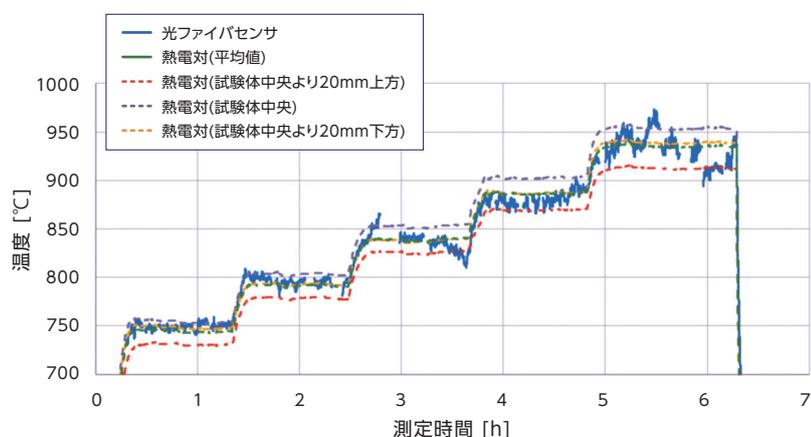
積層欠陥

結晶の規則正しい配列が崩れてできる欠陥。

多様な分野への適用に向けた技術の開発

- ・新型パワー半導体デバイスの構成材料の一つであるSiC結晶について、構造の異なる**積層欠陥**を含むSiCデバイスを作製して、積層欠陥が通電特性などのデバイス性能に与える影響度合いを定量的に明らかにしました。→ p.58参照
- ・リチウムイオン電池よりも安全性の高い全固体電池の開発に取り組み、従来の温度(750-900℃)よりも低温の600℃において密着性の高い全固体電池を製造できる手法を開発しました。得られた電池は、類似の酸化物から構成される全固体電池と比べても電池性能が低下しにくいことを示しました。→ p.60参照
- ・火力プラントなどでの使用を想定した、高温下で広範囲のリアルタイム計測が可能な光ファイバセンサを開発しました。最高温度950℃、空間分解能10cm、K型熱電対相当の精度での温度計測が可能で(下図)、750℃換算で16年間相当の耐久性を有します※。

※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)の委託業務(JPNP14004)として
沖電気工業株式会社、中国電力株式会社と共同で実施。



光ファイバセンサによる燃焼ガス環境中での伝熱管表面温度計測結果例

