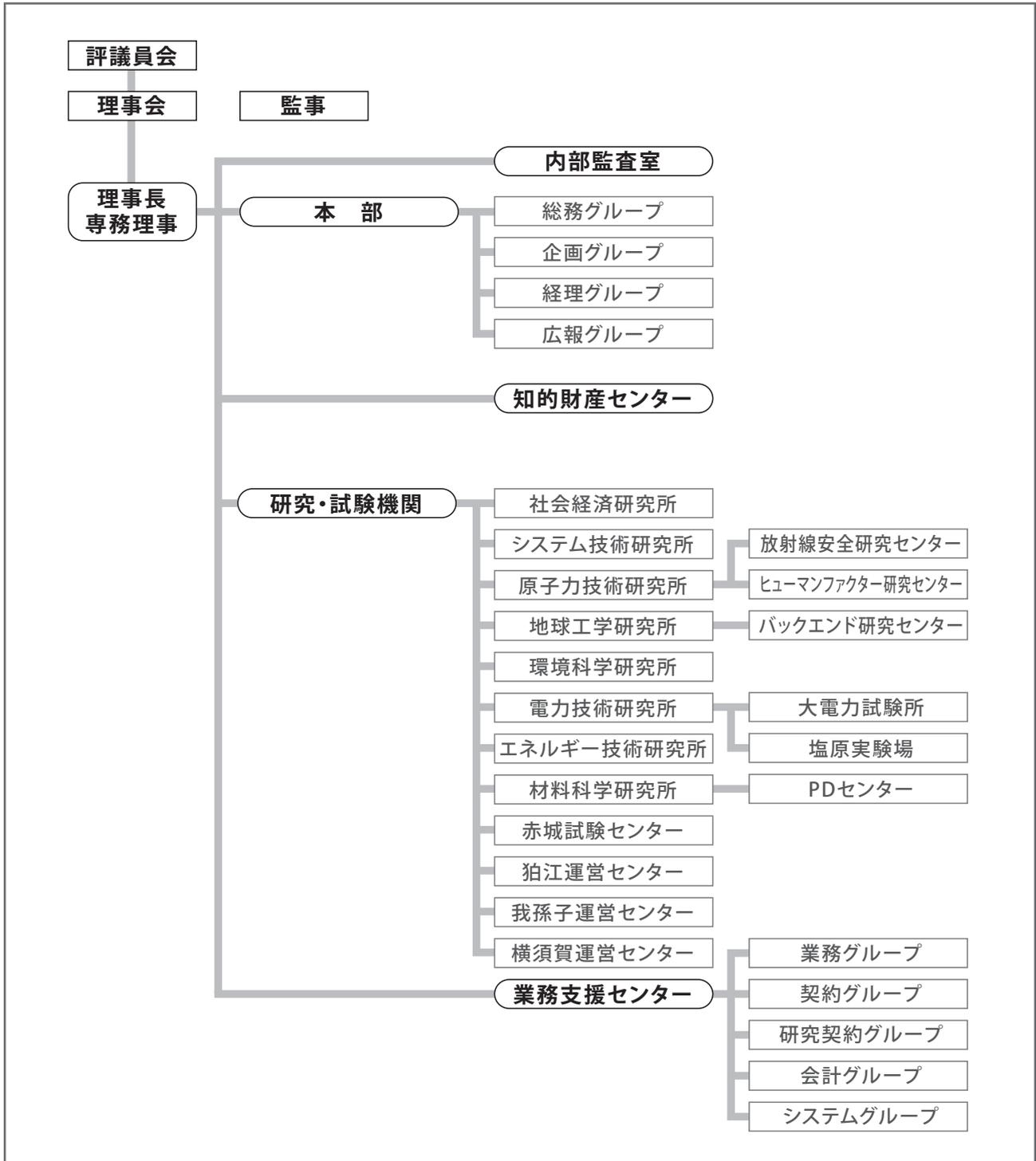


電力中央研究所
研究年報 2012 年度版
CRIEPI Annual Research Report Fiscal Year 2012



電力中央研究所の組織



電力中央研究所
研究年報 2012 年度版
CRIEPI Annual Research Report Fiscal Year 2012



目次 index

1. 研究活動概要	1
2012年度研究課題構成 - 研究の柱と8研究所	3
2. 主要な研究成果	5
重点／重点(プロジェクト)課題	
リスクの最適マネジメントの確立	
持続可能な事業体制と料金制度の提言	6
省エネ・環境制度の分析 ～経済・安全保障との調和の視点で～	8
科学・経済的合理性を持ったCO ₂ 排出削減シナリオの構築	10
軽水炉のシステム安全評価	12
自然外部事象に対する原子力施設の安全性評価技術の高度化	14
放射性物質の拡散・長期動態に関する予測手法の開発	16
原子力施設における火災現象評価技術の確立	18
低線量放射線リスクの定量評価と放射線防護への反映	20
放射性廃棄物処分の長期安全性評価技術の体系化	22
使用済燃料の長期貯蔵管理技術の開発	24
電力設備に及ぼす気象・気候影響予測手法の開発	26
送配電設備の風雪害対策技術の実証	28
雷リスクマネジメント技術の構築	30
設備運用・保全技術の高度化	
経年軽水炉の健全性評価	32
高クロム鋼製高温機器の設備診断技術の開発	34
火力発電の大気環境総合評価技術の開発	36
生物多様性に配慮した電力施設の建設・運用支援技術の開発	38
ダム流域土砂管理のための統合システム開発	40
PCB汚染変圧器の簡易処理技術の実証	42
経年電力流通設備の維持管理技術の構築	44
経年鉄塔の健全性評価技術の開発	46
次世代電力需給基盤の構築	
微粉炭火力の燃料種拡大のための運用技術開発	48
低品位資源利用技術の高度化	50
IGCCの高度化と低炭素化技術の確立	52
太陽光発電大量導入時の系統セキュリティ評価	54
次世代電力需給協調システムの開発	56

次世代通信ネットワークシステムの構築	58
日本型デマンドレスポンスの成立性評価	60
次世代ヒートポンプの開発と評価	62
高性能パワー半導体SiCの開発	64
高性能二次電池評価技術の確立	66
電化厨房の省エネルギー性評価	68
電気自動車・蓄電池システムの普及支援研究開発	70
基盤技術課題	
社会経済研究所	72
システム技術研究所	74
原子力技術研究所	76
地球工学研究所	78
環境科学研究所	80
電力技術研究所	82
エネルギー技術研究所	84
材料科学研究所	86
3. 主要な新規研究設備	89
4. 活動実績	95
〈付表〉	
(1) 研究報告等	100
(2) 主要な出版物	106
(3) 主要な外部表彰	107
(4) 公刊物等一覧	109

電力中央研究所から公刊した報告書はウェブサイトにてダウンロードしていただくことができます。
下記URLにアクセスし、本書内に[Q12001]のような形式で示された報告書番号を用いて検索することで
容易に入手することが出来ます。

http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/cgi-bin/report_reference.cgi

1. 研究活動概要

2012年度研究課題構成- 研究の柱と8研究所

1. 研究活動概要

2012年度、当所は、我が国の経済活動の基盤を支える電力の安定供給に向け、堅固で柔軟な新たなエネルギー需給構造の構築を目指した研究を、中期的な方向性を示す「リスクの最適マネジメントの確立」、「設備運用・保全技術の高度化」、「次世代電力需給基盤の構築」の3つの研究の柱のもとで推進しました。また、電気事業にとって喫緊の課題となっている軽水炉の安全性高度化や電力設備の自然災害対策について、当所の総合力を発揮し、最優先で取り組みました。

電気事業にとって必要不可欠または今後必要とされる技術のうち、当所が重点的に取り組み、維持・継承または発展させる33課題を重点課題として研究を推進しました。また、重点課題の中でも、特に総合力を発揮して早急に解決すべき喫緊の9課題を重点(プロジェクト)課題とし、着実な成果の創出を図りました。なお、連携すべき重点課題および重点(プロジェクト)課題を11の課題群にグループ化し、効果的に研究を推進しました。また、37の基盤技術課題を設定し、8つの専門別研究所*の特長と専門能力を活かした取り組みにより、電気事業の現場における課題解決の源泉となる基盤技術力や専門分野毎の研究力を強化しました。具体的には、現地での調査や実験・計測によるデータ・ノウハウの蓄積、

分析手法や解析手法の開発・整備・改良、新たな着想を具体化するための基礎研究等に取り組みました。

2012年度に得られた主要な研究成果を、重点課題については課題毎に、基盤技術課題については専門別研究所単位で、各研究課題の目的等と合わせて2章に示します。

電気事業の技術基盤を支え、当所の基盤研究力を維持・強化するための主要な研究設備については、PV大量導入時の課題解決に資する「PCS(パワーコンディショナ)多数台試験設備」、高経年CVケーブルの前駆遮断等の絶縁性能を検証する「長尺CVケーブル絶縁特性試験設備」、結晶粒界の極微量元素分析が可能となる「アトムプローブ装置用短波長レーザー装置」、放射化した材料の広視野表面元素分析に用いる「電子線マイクロプローブアナライザー(EPMA)装置」、最大100kAの連続通電が可能である「大容量電力短絡試験設備用の屋外断路器」等を導入しました。

* 社会経済研究所、システム技術研究所、原子力技術研究所、地球工学研究所、環境科学研究所、電力技術研究所、エネルギー技術研究所、材料科学研究所

設備運用・保全技術の高度化

次世代電力
需給基盤の構築

重点/重点(プロジェクト)課題

リスクの最適マネジメントの確立

基盤技術課題

2012年度 研究課題構成 (2013年3月31日現在)

重点課題／重点(プロジェクト)課題

重点課題: ● 重点(プロジェクト)課題: ○ 基盤技術課題: ◆ 課題群: 枠囲み (□: 社会・経済, □: 原子力, □: 発電(原子力除く), □: 電力流通, □: 需要サイド)

リスクの最適マネジメントの確立

エネルギー・環境政策の提言
○ 持続可能な事業体制と料金制度の提言
・ 省エネ・環境制度の分析
～経済・安全保障との調和の視点で～
・ 科学・経済的合理性を持ったCO₂排出削減シナリオの構築

軽水炉安全性高度化
○ 軽水炉のシステム安全評価
○ 自然外部事象に対する原子力施設の安全性評価技術の高度化
○ 放射性物質の拡散・長期動態に関する予測手法の開発
・ 原子力施設における火災現象評価技術の確立

放射線リスク解明
・ 低線量放射線リスクの定量評価と放射線防護への反映

バックエンド事業支援
・ 放射性廃棄物処分の長期安全性評価技術の体系化
・ 使用済燃料の長期貯蔵管理技術の開発

電力流通設備の自然災害対策
・ 電力設備に及ぼす気象・気候影響予測手法の開発
・ 送配電設備の風雪害対策技術の実証
・ 雷リスクマネジメント技術の構築

設備運用・保全技術の高度化

軽水炉保全支援
・ 経年軽水炉の健全性評価

発電施設の建設・運用・保全支援
・ 高クロム鋼製高温機器の設備診断技術の開発
・ 火力発電の大気環境総合評価技術の開発
・ 生物多様性に配慮した電力施設の建設・運用支援技術の開発
・ ダム流域土砂管理のための統合システム開発

電力流通設備の運用・保全支援
○ PCB汚染変圧器の簡易処理技術の実証
○ 経年電力流通設備の維持管理技術の構築
・ 経年鉄塔の健全性評価技術の開発

次世代電力需給基盤の構築

火力発電技術の高度化
・ 微粉炭火力の燃料種拡大のための運用技術開発
・ 低品位資源利用技術の高度化
・ IGCCの高度化と低炭素化技術の確立

次世代グリッド技術の確立
○ 太陽光発電大量導入時のシステムセキュリティ評価
・ 次世代電力需給協調システムの開発
・ 次世代通信ネットワークシステムの構築
・ 日本型デマンドレスポンスの成立性評価

電化・省エネルギー技術の開発
○ 次世代ヒートポンプの開発と評価
○ 高性能パワー半導体SiCの開発
・ 高性能二次電池評価技術の確立
・ 電化厨房の省エネルギー性評価
・ 電気自動車・蓄電池システムの普及支援研究開発

基盤技術課題

社会経済研究所

- ◆ 電気事業経営
- ◆ 経済・社会システム
- ◆ エネルギー技術評価

システム技術研究所

- ◆ 電力システム
- ◆ 需要家システム
- ◆ 通信システム
- ◆ 情報数理

原子力技術研究所

- ◆ 原子炉システム安全
- ◆ 燃料・炉心
- ◆ 燃料サイクル
- ◆ ヒューマンファクター

地球工学研究所

- ◆ 地圏科学
- ◆ 地震工学
- ◆ 構造工学
- ◆ 流体科学
- ◆ 地下エネルギー利用技術

環境科学研究所

- ◆ 大気・海洋環境
- ◆ 水域環境
- ◆ 生物環境
- ◆ バイオテクノロジー
- ◆ 環境化学

電力技術研究所

- ◆ 高電圧・絶縁
- ◆ 雷・電磁環境
- ◆ 高エネルギー
- ◆ 電力応用
- ◆ 大電流技術

エネルギー技術研究所

- ◆ 高効率発電
- ◆ 燃料高度利用
- ◆ ヒートポンプ・蓄熱
- ◆ エネルギー変換
- ◆ 熱流体・反応数値解析

材料科学研究所

- ◆ 原子力材料
- ◆ 構造材料
- ◆ エネルギー変換・貯蔵材料
- ◆ 機能材料
- ◆ 非破壊検査
- ◆ 材料研究共通基盤技術

2. 主要な研究成果

重点／重点(プロジェクト)課題 - リスクの最適マネジメントの確立

設備運用・保全技術の高度化

次世代電力需給基盤の構築

基盤技術課題

重点／重点(プロジェクト)課題

リスクの最適マネジメントの確立

設備運用・保全技術の高度化

次世代電力需給基盤の構築

基盤技術課題

重点(プロジェクト)課題 - リスクの最適マネジメントの確立

持続可能な事業体制と料金制度の提言

背景・目的

電力システム改革専門委員会の議論を経て、我が国の電気事業体制および料金制度は様々な見直しを迫られることになった。しかし、同委員会により示された改革案によって、安定供給が維持されつつ、需給システムの全体最適が図られ、最終的に需要家にメリットが

もたらされるかは不透明である。

本課題では、電気事業制度改革を行った諸外国の事例分析やデータを用いた定量的な分析を通じ、我が国で議論されている電力システム改革の課題を明らかにし、社会にとって望ましい制度、施策を提示する。

主な成果

1 米国の発送電分離後の安定供給、競争促進に向けた課題解明

米国における発送電分離後の安定供給や競争促進に向けた課題の調査を行った。十分な供給力を確保するために一部の地域で導入された、将来の供給能力(kW)を取引する容量市場の制度は、地域によって運用の仕方が異なり(図1)、一般に複雑な仕組みになることがわかった[Y12020]。また、発電市場におい

てシェアの大きい電力会社が、競争を阻害するとの懸念を払しょくするために、発電する電力を利用する権利を売却する「仮想的売却」がある。これは売却する電力の供給を電力会社が意図的に制御しないこと等が前提条件となるが、所有権分離(発電設備の売却)に代わる対応策とみなされている[Y12003]。

2 欧米の小売全面自由化による電気料金への影響評価

欧米の小売全面自由化後の競争の実態を調査し電気料金への影響を分析した。米国で小売自由化を実施した州では、2008年以降、競争する小売事業者のシェアが増加し、電気料金が低下した州もある(図2)。しかし、2008年までに電気料金が大幅に上昇していた州も多く、自由化によって電気料金が低下したといえる州は少ない[Y12004]。また、

需要家保護のため、欧州では競争を阻害する割安な規制料金を残す国が多いが、その撤廃は政治的に難しいとされている(表1)。需要家が自由化に高い関心を持たず、必ずしも最も安い料金メニューを選択していないこともあり、小売全面自由化で、即座に電気料金の低下がもたらされるとは言えない[Y12017]。

3 再生可能エネルギーの導入促進による電力市場への影響調査と課題抽出

電力市場で競争を促進しつつ、買取制度等による再生可能エネルギーの普及を進める欧米での課題を調査した。ドイツでは再生可能エネルギーの導入により、卸電力の市場均衡価格が極端に低くなることもあるほか、送電過負荷も見られ、再生可能エネルギーを電力系統から切り離す給電指令の発令や、出力調整費用が増加する問題も生じること等を明らかにした(図3)[Y12009]。また、米国の再

生可能エネルギー買取制度と送電線中立化策(オープンアクセス)の整合性をめぐる法的議論では、各種電源間の平等・公平をはかるオープンアクセスと、再生可能エネルギー電源だけを系統利用において優遇する買取制度の対立が認識されつつあり、オープンアクセスの確立で、買取制度の縮小も必要となり得ることがわかった[Y12027]。

		容量確保義務の有無・対象期間			
		スポット		フォワード	
		なし	1ヶ月先	1年先	3年先
容量市場の有無・参加義務	なし	ERCOT		SPP *規制下の電力会社が供給義務を負う CAISO** **相対取引は可能	
	市場への参加は任意	MISO Voluntary Capacity Market (VCM)			
	市場への参加は強制	NYISO Installed Capacity Market (ICAP)	ISO-NE Forward Capacity Market (FCM)	PJM Reliability Pricing Model (RPM)	

図1 米国における容量市場の類型化

容量市場については、容量確保義務を将来のどの時点での義務とするのかで違いがある他、市場への参加を任意としているところ(中西部、MISO)や相対取引のみが認められているところ(カリフォルニア、CAISO)もある。また、テキサスのERCOTでは、容量確保義務を課さず、供給力不足になれば、卸電力市場の価格が十分に上昇することで設備投資を促すとしているが、近い将来、供給力が不足する見通しであり、容量市場の創設の是非について議論が行なわれている。容量市場では、確保すべき供給力の基準となる予備率や確保する時点等、規制的手段で事前に決めるべき事柄が多く、結果的に制度設計が複雑になることはよく知られている。詳細設計を誤れば、コストが必要以上に大きくなるリスクがある。

表1 全面自由化後の規制料金をめぐるフランス・ドイツ・イギリス等の課題

全面自由化後の英仏独3ヶ国を中心に、家庭用規制料金に関わる課題を整理した。欧州全体では、フランスのように現在でも規制料金を存置する国が多く、一部の国では安価な規制料金が需要家の自由化料金への移行を妨げ、競争を停滞させる要因とみなされている。これらの国に対し、欧州委員会は規制料金の撤廃を求めており、近年は欧州司法裁判所への提訴も視野に入れた強硬な姿勢を示している。

論点	国	現状と評価
経過措置としての規制料金の水準・最終保障サービスの料金水準	フランス	割安な規制料金の存在が、需要家の自由化料金への切り替えを妨げ、競争の進展に悪影響を与えている。
	ドイツ	デフォルト(最終保障)料金が若干割高になっており、需要家の自由化料金への切り替えが比較的スムーズに進んでいる。
自由化料金選択後の規制料金への復帰の可否	フランス	制度的に規制料金への復帰が認められず、自由化料金高騰をおそれる需要家が自由化料金への切り替えに躊躇している。
料金規制廃止のタイミング	フランスほか多数	政治家・規制当局が、需要家の反発をおそれ、規制料金廃止を容易には決断できない。
規制料金廃止後の需要家保護策とその課題	イギリス	低所得者等を対象に特別な割引制度が導入されているが、理論的な問題点のほかに、実務上の課題の存在が明らかになりつつある。

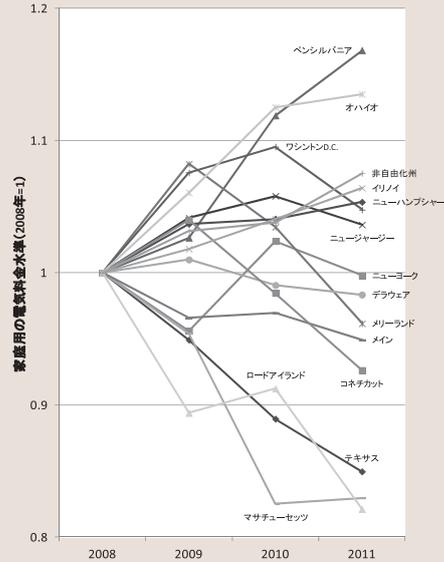


図2 米国における2008年以降の小売自由化州の電気料金の推移

米国の小売市場では、2008年以降、卸電力価格が低下し、規制料金での供給から、自由料金の小売業者に契約を変更する需要家も増えているが、電気料金の低下には必ずしも結びついていない。また、2008年以降、電気料金が下がっている州のうち、メリーランド州やコネチカット州では、2008年までに電気料金が大幅に上昇していたこともあり、必ずしも、自由化によって料金の低下がもたらされたとは言えない。

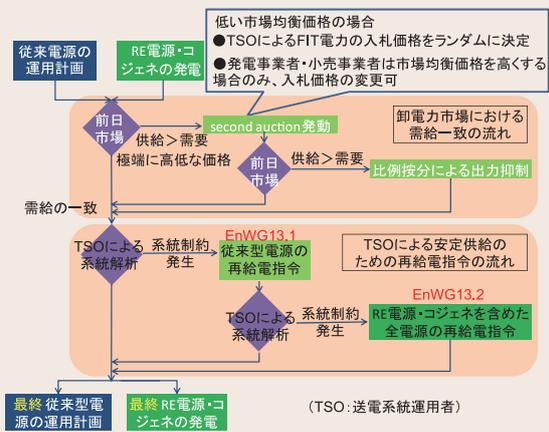


図3 ドイツにおける再生可能エネルギー電源を含めた電源の出力抑制時の卸電力市場と系統運用の流れ

市場価格がマイナス150€/MWhを下回り、料金を支払って再生可能エネルギーを接続するような場合等に、再入札制度であるsecond auctionが実施される。市場原理とは異なり、TSO(送電系統運用者)の入札価格はランダムに設定される。市場取引後に、系統制約が発生した場合は、エネルギー事業法の13条1(EnWG13.1)と13条2(EnWG13.2)によって、TSOによる2段階の再給電指令が実施される。第一段階の再給電指令(EnWG13.1)は、従来型電源に対するものであり、これでもなお系統制約が生じるときに限って、再生可能エネルギー(RE)電源・コジェネを含めた全ての電源を対象に第二段階の再給電指令(EnWG13.2)が発令される。

重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

省エネ・環境制度の分析～経済・安全保障との調和の視点で～

背景・目的

大震災後の需給逼迫時の節電への取り組み拡大や、全量買取制度の導入による再生可能エネルギー（再エネ）普及への期待の高まりが見られるものの、これらの費用対効果や継続性についてはまだ十分な検討がなされていない。一方、温暖化対策については、今後も経団連等の

自主的取り組みの継続や排出量取引の導入等を巡る議論が生起することが予想される。

本課題では、経済合理性やエネルギーセキュリティの観点から、節電・再エネ・温暖化対策等の諸制度について実証的な知見を蓄積し、適切な制度の実現に貢献する。

主な成果

1 大震災後の節電の実態調査と継続性の分析

東京電力・関西電力管内の家庭ならびに全国の事業所を対象にアンケート調査を実施し、2011年と2012年の夏季の節電率や対策の実施率、意識の変化等を明らかにした[Y12023][Y12026]。2012年に節電数値目標が掲げられた関西電力管内では節電率と

対策の実施率が増加した一方、同年に電力使用制限令や数値目標がなくなった東京電力管内ではそれらが低下するといった変化が見られた(図1)。現在のところ、全国的に節電行動は継続されており、今後の継続への意識も高いことが示された(図2)。

2 再生可能エネルギー普及制度に関する追加費用の推計

再生可能エネルギー普及制度では、賦課金を上回る追加費用が、国民の負担となっていることから、その追加費用を推計した。追加費用とは、再エネ電力の買取総額から、買取によって不要となる発電部門の燃料費等の可変費を引いた費用である。電気料金に加算されている賦課金は、従来の自主的買取等で既に電気料金に織込まれた分を追加費用から差し引いたものであり、その一部にすぎない。

固定価格買取制度(FIT)の費用回収が始まった前後の2012年度と2010年度と比較すると、買取発電量は倍増にとどまった一方で、追加費用は5倍以上に膨らんでいる(図3)。これは、太陽光発電買取価格を引き上げたことと、買取対象を既設の設備まで拡大したことに起因する。2012年度のFIT賦課金は1,300億円弱と推計されたが、追加費用はその2倍以上の約2,800億円と推計された[Y12034]。

3 経団連等の自主的取り組みに関する調査

地球温暖化対策として企業等が行ってきた自主的取り組みの役割を明らかにする目的で、事業者団体・企業へのインタビュー調査等を実施した。その結果、業界団体の中心的存在である大企業では、共通の課題に対する企業間連携の進展や、業界団体からフィードバックされる情報に基づく企業の取り組みの促進と

いった具体的な効果があったことが確認できた。また、中小企業に対しても、業界団体を通じた情報の提供が地球温暖化対策の推進に一定の役割を果たしたことがわかった。これらの知見を、書籍「温暖化対策の自主的取り組み」に取りまとめた。

4 2020年以降の地球温暖化対策の国際枠組みの論点整理

2015年に合意を目指す2020年以降の新枠組みについて、長期的な温暖化対策に関する最近の研究動向と、各国が表明した新枠組みへの見解を整理した。その結果、従来、2℃目標*の達成には2050年に全世界の排出量の半減が必要とされていたが、最近の研究では、

2050年に半減しなくても抑制できるとの計算結果も示されている。一方、新枠組み交渉での各国の見解は分かれ、国際義務化、自主的決定、南北固定化の3案があり(表1)これら3案をいずれかで収斂させるのは困難であることが示唆された[Y12012]。

* 産業革命前(1750年頃)を基準とする温度上昇を世界平均で2℃以下に抑える目標。

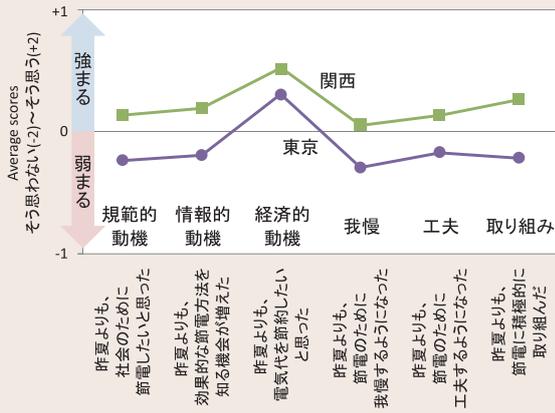


図1 家庭の節電動機・取り組みの変化

節電の動機や取り組みは、関西電力管内の世帯では前年水準を上回った。一方、東京電力管内の世帯では、電気料金値上げの動きも受けて経済的動機は強化されたが、規範的動機と情動的動機は弱まった。また、我慢を伴う節電は弱まる傾向が見られた。前年調査で示された継続意向が翌年の行動につながっていない場合も少なからずあり、節電の継続性については引き続き注視していく必要がある。

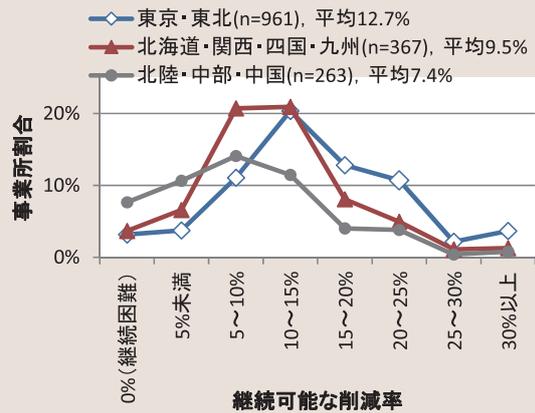


図2 事業所の節電継続の意向

「国による数値目標を伴わない節電要請が継続される場合」に実施可能な節電率(2010年比)を尋ねた。地域差はあるものの、概ね7~12%程度の節電が可能との回答結果が得られた。ただし、これまでの節電の背景には強い社会要請があったこと、また減少したとはいえ10~20%程度の事業所が節電の悪影響を指摘した点に注意が必要である。なお、アンケート調査は2011・2012年の2か年にわたって実施し、2011年調査での配布数27,830に対して2か年継続して回答があったのは8.9%であった。

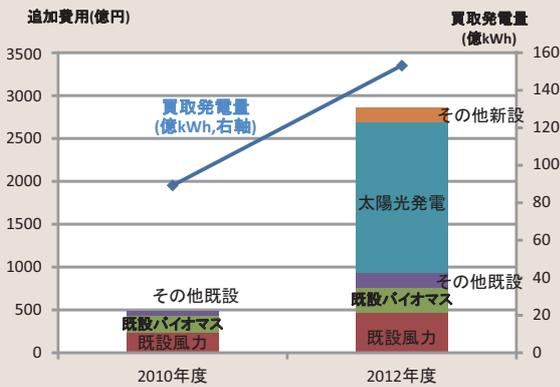


図3 再エネ買取発電量と追加費用の比較

我が国では、現在3つの再エネ普及制度(RPS(2003年度~)、太陽光余剰電力購入制度(2009年11月~)、FIT(2012年7月~))が並存している。買取発電量と追加費用を調べると、費用回収がRPSのみだった2010年度は89億kWh、520億円であった。これに対して、2012年度からFITの費用回収が開始されたことに伴い、買取発電量は152億kWhと倍増した一方、追加費用は5倍以上の約2800億円に膨らんだ。これは、再エネの中で買取価格が割高(42円/kWh)な太陽光発電の買取発電量が大幅に増加したこと、FITで既設設備を買取対象に含んだことで、既設設備への追加費用が2倍以上となったことによる。

表1 2020年以降の新枠組みに関する3つの代表的な見解

見解を整理した結果、新興途上国の削減強化のために「先進国と途上国」という区分を見直すことの是非と、排出目標の国際義務化(=京都議定書方式)と目標・取組の自主的決定の間の選択という対立点が浮かび上がり、合意が困難であることが示唆された。

見解の種類	概要
国際義務化 (EU、小島嶼国等)	温度上昇を2℃以下とするように、各国の排出総量上限を国際義務化。先進国・途上国の区分を見直し、各国の能力や国情に応じて排出上限を差異化
自主的決定 (米国、日本、ロシア等)	各国は目標・取組を自主決定し、各国間で取組を国際的にレビュー。先進国・途上国の区分を見直し、各国の能力や国情に応じて目標・取組を差異化
南北固定化 (中国、インド、サウジアラビア等)	産業革命以降の排出への責任により、先進国には大規模削減の義務。途上国は先進国の支援の下で排出抑制を実施。従来の先進国・途上国の区分を堅持

重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

科学・経済的合理性を持ったCO₂排出削減シナリオの構築

背景・目的

国内ではエネルギー政策の見通しはまだ混沌としているものの、国際的には、大震災前と同様に、CO₂排出削減が重要な課題である。排出削減につながる低炭素技術については、最新の技術動向と潜在的な各種リスクを踏まえて、適切な見通しを示す必要がある。

本課題では、当所における気候科学と低炭素技術の知見を総合的に活用し、世界のCO₂排出制約に関して技術的裏づけと経済的合理性の見通しを得て、我が国の長期エネルギー計画の立案に貢献することを目指している。また、将来の導入議論に備えるため、CO₂回収・貯留(CCS)について、環境リスク評価を実施している。

主な成果

1 気候安定化の新しい概念に基づく現実的なCO₂排出削減の提案

現実的なCO₂排出削減の基盤となる新しい気候安定化の考え方について、Z650*1と称するCO₂排出パスを発表し、実現可能性が高い地球温暖化対策の観点から、その意義と課題を考察した[V12007]。Z650の2050年のCO₂排出量は2000年比74%であり、従来の34%と比べて、大幅な増加となる(図1)。Z650は、事実上の国際合意となっている2°C目標*2を達成す

る道筋を柔軟に考え直すものと位置づけられ、先進国・途上国の双方にとって妥協点を見出せる余地が大きい。一方で、21世紀中の温度上昇は従来のパス(図1点線と実線を参照)に比較し相対的に大きくなるため、気候変化に適応する施策の役割が重要となる。適応策については、先行する海外の事例調査を通じて、わが国の電気事業における展望をまとめた[V12008]。

2 統合評価モデル(BET)による長期のCO₂排出削減技術の分析

当所では、2011年度にCO₂等の排出削減の技術・経済評価を行うために、エネルギー・環境(気候)・経済の評価要素を統合した独自のモデル(BETモデル)を開発した。BETモデルは、他の同種のモデルと比べて、需要端のエネルギーの使われ方に関するエンドユース技術の扱いに優れた特徴がある。BETモデルによる排出抑制下の技術導入評価では、電化

と革新的エンドユース技術(ヒートポンプや電気自動車等)の組み合わせが、長期にわたる合理的な削減技術であることが示された(図2)。2012年度は、BETモデルの国際的な評価を得るために、10種類以上のモデル間相互比較を行う国際プロジェクト(EMF27)に参加した。EMF27の成果は、2013-14年に発表されるIPCC第5次評価報告書に反映される。

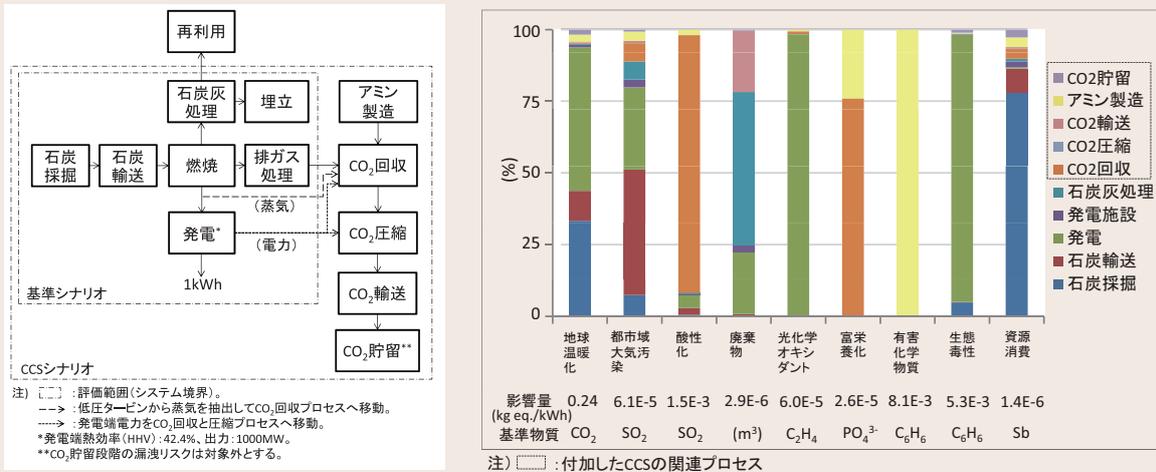
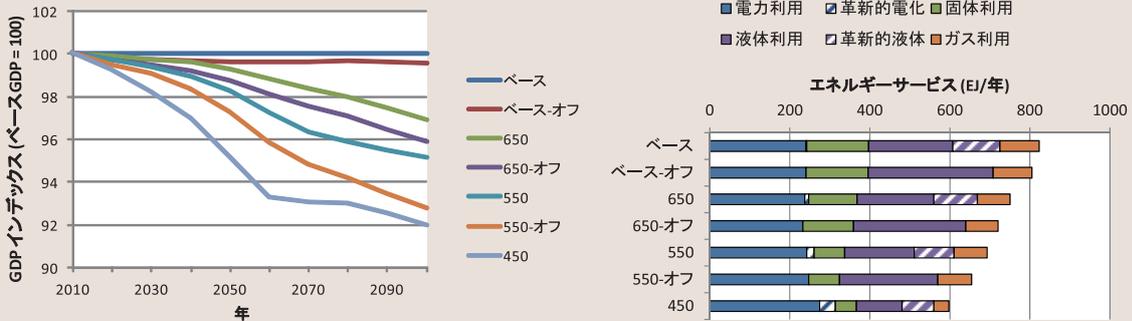
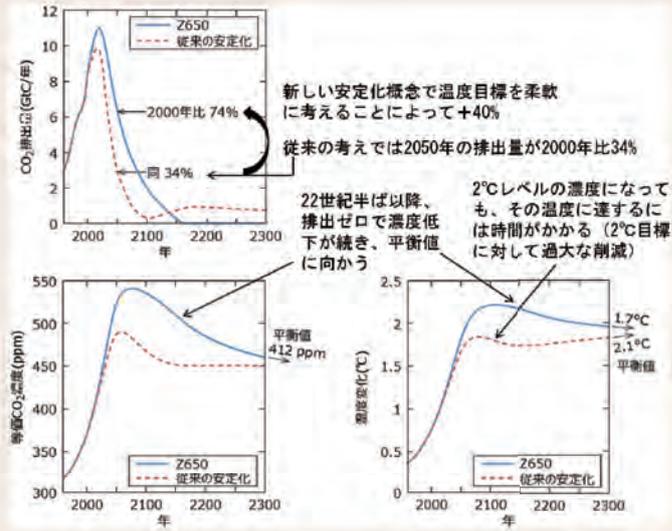
3 CCS技術導入による潜在的な環境リスクの分析

CCS技術は地球温暖化対策の一つの重要な選択肢であるが、国内ではCCS技術導入に伴う環境・健康リスクに関する科学的知見が不十分である。そこで、微粉炭火力発電を対象に、ライフサイクルアセスメント(LCA)をリスク評価と合わせて実施した。

その結果、CCS技術の普及が進むと、大幅なCO₂削減によって地球温暖化の影響が緩和される。その一方で、CO₂回収時に使用されるアミン吸収液に起因して、その製造とCO₂回収段階の影響が増加することが示唆された(図3)[V12012]。

*1 21世紀中の累積排出量が650 GtC、22世紀半ば以降の排出がゼロとなるCO₂排出経路。

*2 産業革命前(1750年頃)を基準とする温度上昇を世界平均で2°C以下に抑える目標。



重点(プロジェクト)課題 - リスクの最適マネジメントの確立

軽水炉のシステム安全評価

背景・目的

原子力発電が社会受容性を得てその運転を継続するためには、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえて、最新の知見を取り入れつつ絶え間ない改善を行い、安全性を向上させていくことが求められている。特に工学的な観点からは、重要なハザードに対して詳細な現象を把握できる解析モデルによるシ

ミュレーションと定量的リスク評価を行って脆弱な部分を明らかにし、安全性の向上に有効な設備改造や設備追加等を施す必要がある。

本課題では、軽水炉の安全性向上策の定量的評価とその評価システムの高度化を通じて、軽水炉の安全かつ安定した運転に資することを目的とする。

主な成果

1 過酷事故解析コードの特性評価

最新の過酷事故(SA)解析コードMAAP^{*1} ver5およびMELCOR^{*2}のPWR・BWR代表プラントの入力データセットの整備を完了した。MAAP ver5では主要な事故シーケンスに関する事故解析を実施し(図1)^{*3}、既往のMELCOR解析結果^{*4}と比較することにより入力データセッ

トの妥当性を確認した。解析コード間のプラントの個別パラメータの定量的な比較を通して、熔融燃料とコンクリートの反応の進展(図2)や格納容器の破損モード等に相違があることを明らかにした。

2 使用済燃料プールのシビアアクシデント評価

福島第一原子力発電所の事故を受け、使用済燃料プールにおけるSA対策も課題となっている。そのため、全交流電源喪失による使用済燃料プール冷却機能喪失事故およびプール水喪失事故が生じた場合の事象推移を定量的に把握するため、MAAP ver5

を用いた事故解析を実施した。その結果、冷却機能喪失時には燃料露出までに対策を実施するのに十分な時間があること(図3)、冷却材喪失時には燃料温度は上昇するが、崩壊熱が小さい場合は空気の自然対流による除熱が可能であることを明らかにした。

3 BWR原子炉建屋内水素／水蒸気挙動評価手法の開発

BWRの過酷事故時に、原子炉格納容器を経て建屋内空間に漏えいする水素挙動を多次元流体解析コードで評価した(図4)。さらに、建屋に流入した水素は広く拡散し均一な分布となることを用いて、水素発生量とベン

ト設備の大きさから建屋内の水素濃度を簡便に評価する方法を開発した。この手法は、水素挙動のみならず、事故時に使用済燃料プールから発生する水蒸気の挙動の評価等にも適用が可能である。

4 外部事象による共通原因故障を考慮したレベル1PRAモデルの構築

地震・津波等の自然外部ハザードに対する原子力発電所の脆弱性を分析するため、BWR、PWRそれぞれの代表的原子力プラン

トを対象に、内部事象および地震ハザード影響を考慮したレベル1PRA(炉心損傷頻度を評価する確率的な安全評価)モデルを構築した。

*1 EPRI(米国)が開発している過酷事故解析コード。主に事業者側が利用している。

*2 NRC(米国)が開発している過酷事故解析コード。日本では、規制側が利用している。

*3 R.Hiwatari, et al., 8th Japan-Korea Symposium on Nuclear Thermal Hydraulics and Safety (NTHAS8)、2012年12月。

*4 独立行政法人原子力安全基盤機構 成果報告書「レベル2地震PSA手法の整備(4ループPWR)」(平成18年8月)。

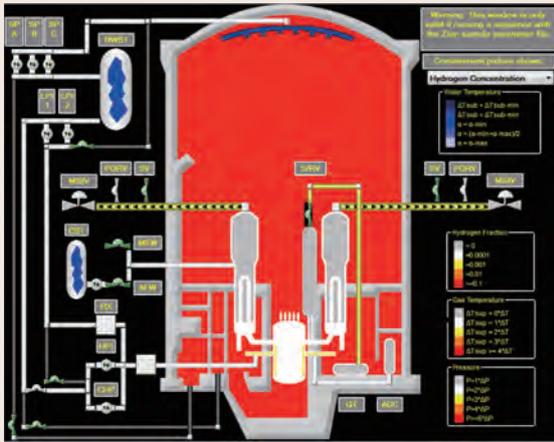


図1 MAAPにおけるPWR代表プラントのモデル図と解析の様子

MAAPにおけるPWR4ループドライ格納容器型プラントの炉心、1次・2次系、格納容器のモデル化の概略図と解析の様子。過酷事故進展の様子として、格納容器雰囲気や配管冷却水の温度や圧力がカラーマップとして示されている。

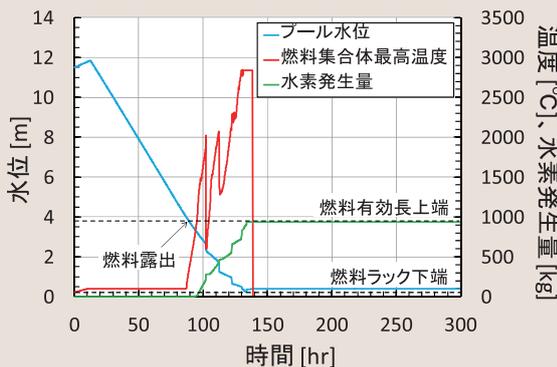


図3 全交流電源喪失時の使用済燃料プール冷却機能喪失事故評価

全交流電源喪失に伴う使用済燃料プールの冷却機能喪失事故を対象に、SA解析コードMAAPを用いた過渡解析を実施した。その結果、全使用済燃料集合体の半数が冷却期間7日の高出力集合体で構成されるとした熱的に厳しい条件(最高燃焼度45,000MWd/t、崩壊熱8.6MW)においても、燃料露出までに約89時間の時間的余裕があることを確認した。

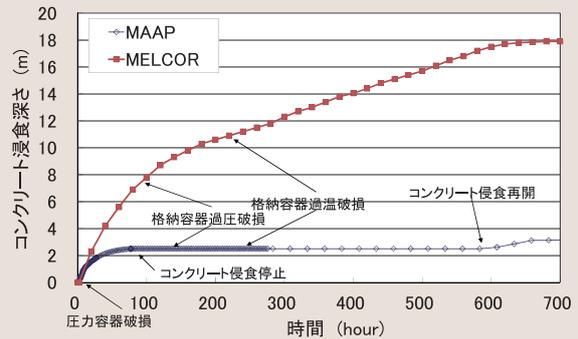


図2 PWR代表プラントにおける事故シーケンス「大破断LOCA+注水失敗」に関する格納容器内コンクリート浸食深さのコード間比較

圧力容器破損後の格納容器内のコンクリート浸食深さの違いから、溶融燃料-コンクリート反応や格納容器内でのデブリ移動等に関する物理モデルの相違が示唆される。

※MELCORの結果は、独立行政法人原子力安全基盤機構 成果報告書「レベル2地震PSA手法の整備(4ループPWR)」(平成18年8月)の読取り値より作成。

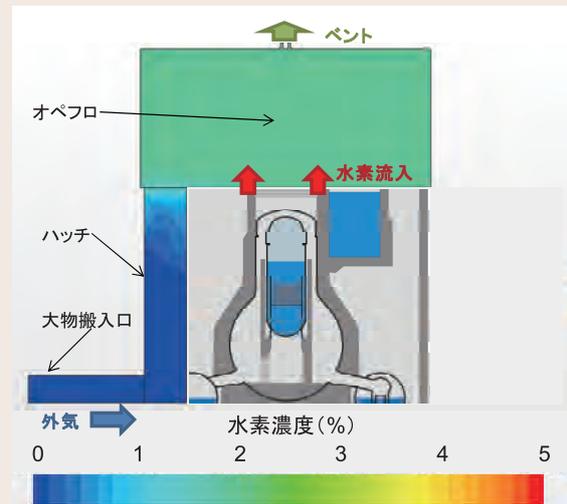


図4 建屋内水素挙動評価

BWRの過酷事故時に、原子炉格納容器から建屋内空間に漏えいする水素の詳細挙動に対して多次元熱流動解析コードを用いた三次元の定常および過渡解析を実施した。建屋内に漏えいする水素は、建屋下部から流入する外気と混合して建屋内に広く拡散し、建屋天井に設置する排気口から流出される挙動を確認した。

重点(プロジェクト)課題 - リスクの最適マネジメントの確立

自然外部事象に対する原子力施設の安全性評価技術の高度化

背景・目的

福島第一原子力発電所の事故により、原子力発電所の安全性確保の取り組みに対する社会の信頼が揺らぎ、原子力発電所が長期間停止している状況にある。原子力発電は、低炭素社会を実現するための有力な発電方式である

とともに、安定供給を支える基幹電源であり、長期停止を回避する必要がある。

本課題では、安全性確保の取り組みに対する信頼回復に向け、自然外部事象に対する原子力発電所の安全性評価技術の向上を図る。

主な成果

1 津波波力の簡易評価手法の開発

設計基準を超える巨大津波に対する施設・設備の健全性を評価するために、津波による波力を合理的に評価する新たな手法を開発した。開発した手法は、津波のエネルギーから津波波力を簡易かつ高精度に推定することが可能で

ある。本手法による推定結果を当所で開発した三次元数値流体解析コードSLOSH-NAGAREを用いた解析結果と比較し、その妥当性を確認した(図1) [N12010]。今後は、幅広い条件下での簡易評価手法の適用性検証を行う。

2 斜面崩壊による影響範囲評価手法の検証解析

安全上重要な建物・構築物および設備に及ぼす斜面崩壊の影響を評価する手法(三次元個別要素法)の開発を行っている。この手法の検証のために、振動台を用いた斜面崩壊実験結果の数値シミュレーションを岩塊群のモデル化手法*1および解析パラメーターの設定法を

整備し実施した。岩塊の動摩擦係数と反発係数に基づく解析パラメーターを適切に設定することで、斜面崩壊実験の岩塊群の崩落量や影響範囲を良好に再現することができ、評価手法の妥当性が示された(図2)。今後は実斜面の崩落事例の解析を行い、検証を進める。

3 断層の大型ボーリングコア採取装置の開発

基礎地盤および周辺斜面の安定性評価の信頼性を高めるため、乱れの少ないサンプリングにより断層の力学特性等を取得可能な、直径20cmの大型のボーリングコア採取装置を開発した(特許2件出願)。開発した装置の特徴は、コアパレル*2の直上に回転動力を設置して振動を抑制すること、採取したコアを試験装置

にそのまま設置できるようゴム製のスリーブを着けた状態でサンプリングできること、コアの下端を3方向からせり出す根切りビットで切断して回収することにある(図3)。凝灰岩を用いたコア採取を実施し、本装置の性能を確認した。今後は、現場での採取試験を行い、装置の有効性の検証を実施する。

4 降下火山灰評価手法高度化のための噴煙柱数値解析手法の開発

火山噴火に伴い広域的に発生する降下火山灰(降灰)の定量的評価手法を高度化するために、噴煙柱および噴煙・降灰現象の数値解析手法を段階的に開発している。噴煙柱について、多様な噴煙形状を再現するための非定常三次元噴煙柱解析コードを開発し、噴煙形状に及ぼす乱流モデルの影響を評価した。

その結果、実規模の噴煙柱体系では、噴出速度に応じて噴煙形状が変化すること、また、乱流モデルの種類が噴煙柱形状に影響を及ぼすこと(図4)が示された [N12003]。これらの成果を踏まえて、噴煙柱および噴煙・降灰現象の数値解析手法の開発を進める。

*1 数個の球体を剛結することで崩落岩塊の寸法比を考慮できる岩塊モデル。

*2 ボーリング時にコア(試料)を取り込む中空の管。

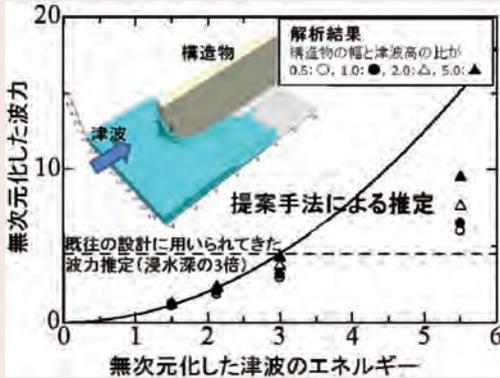


図1 津波波力簡易評価手法と数値流体解析結果の比較
開発した津波波力簡易評価手法の検証のため、構造物の幅と津波高の比を変えて数値シミュレーションを実施した。比較の結果、開発した手法の妥当性が示されたとともに、従来から設計で用いられてきた浸水深の3倍を波力とする評価式は、無次元化した津波のエネルギーが小さい領域では過大に評価される傾向にあることを明らかにした。

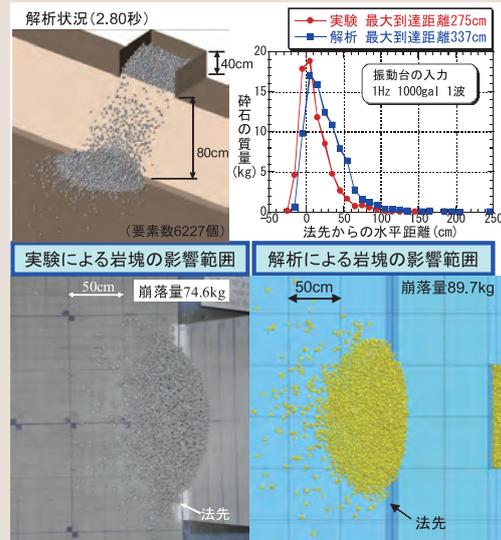


図2 斜面崩落実験の数値シミュレーションによる影響範囲評価手法の検証

斜面崩壊による影響範囲評価手法の検証のため、振動台を用いた斜面崩落実験の本手法による数値シミュレーションを実施した。解析結果は、振動台の加振による崩落量、岩塊群の到達距離や拡がり幅等、斜面崩落実験の結果を良好に再現でき、本手法の妥当性が示された。



図3 開発した大型ボーリングコア採取装置

高品質の断層をサンプリングするため、直径20cmの大型のボーリングコア採取装置を考案(特許2件出願)・試作した。試作した装置を用いて、凝灰岩のサンプリングを行い、下端の切断・回収やゴムスリーブの挿入が正常に機能することを確認した。

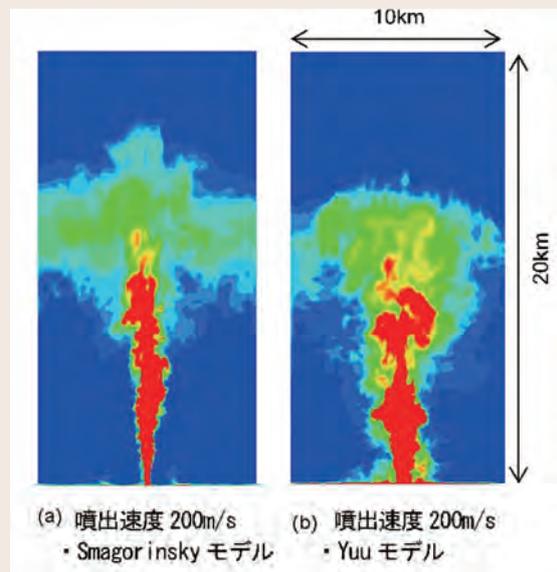


図4 噴煙柱数値解析における噴出速度と乱流モデルの影響

開発した噴煙柱の数値解析手法により評価した、火山灰粒子の濃度(体積分率)を示す。乱流モデルの異なる(a)と(b)の結果を比較すると、噴煙柱の形状が変化しており、噴煙柱解析において、乱流モデルが結果に大きく影響を及ぼすことが明らかになった。

重点(プロジェクト)課題 - リスクの最適マネジメントの確立

放射性物質の拡散・長期動態に関する予測手法の開発

背景・目的

原子力発電所の安全性を評価し、継続的な向上を図るためには、過酷事故時の大気・海洋および地下水等の環境影響評価や原子力防災措置を事前に検討しておく必要がある。

本課題では、放射性物質の大気・海洋および地下水の環境中での拡散予測手法を開発する

とともに、海生生物や森林等を対象とした環境放射能のモニタリング手法および環境放射能の移行を評価する手法を開発する。これらの手法の開発を通じ、環境影響評価の側面から原子力発電の安全性の向上に寄与する。

主な成果

1 原子力発電所の大気拡散予測手法の開発

放射性物質の大気中の輸送・沈着過程を再現できる広域の大気輸送モデルを開発し、福島第一原子力発電所事故による長期の積算沈着量のシミュレーションを実施した(図1)。また、原子力発電所の安全評価に使用されて

いる比較的狭い地域を対象とする拡散モデルに湿性・乾性沈着過程の組み込みを行う等の機能追加を図り、安全評価時等における沈着量評価への適用を可能にした。

2 原子力発電所の海洋拡散予測手法と海生生物移行評価法の開発

^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{131}I を対象に福島第一原子力発電所からの直接漏洩量を近傍海域のモニタリング結果から推定し、それを基に、大気からの降下等を考慮した上で福島沖合の広域の海洋拡散シミュレーションを実施した。その結果は当該海域でのモニタリング結果とよく一致すること確認した(図2)*1。得られ

たシミュレーション結果に基づいて海生生物中の濃度を評価し、コウナゴ等のプランクトン食性魚や、ヒラメ等の肉食魚の濃度の低下傾向をほぼ再現できた(図3)*2。なお、直接漏洩量の推定結果は東京電力から原子力安全・保安院に報告され、東京電力の事故調査報告書*3にも記載された。

3 放射性物質の地盤中移行予測手法の開発

地下水を輸送媒体とした地盤中での放射性物質の移行挙動を精緻に評価可能な数値シミュレーション手法を開発し、モデル地点において地下水の流動および核種の数十年間に及

ぶ移行評価を試算した。本手法は、今後、汚染廃棄物の中間貯蔵施設や放射性廃棄物処分施設の安全評価に適用が可能である。

4 環境中放射性物質の長期的動態予測手法の開発

千葉県北西部において、数種の樹木を対象に落葉中の放射性セシウム濃度を測定し、時間経過とともに半減期から推定される値よりも大幅にセシウム濃度が低下していることを明らかにした。この低下は樹木の生育に必須な元素のうち、カリウム濃度の低下と高

い相関があること(図4)から、ウェザリング効果(風雨等の自然要因による低減)に加えて植物体内でのセシウムの循環が影響していると推察される。今後、汚染地域の伐採木等の取り扱い等への反映に向け、さらにその挙動の解明を進める。

*1 TSUMUNE DAISUKE, et al., Biogeosciences Discuss., 10, 6259-6314, 2013

*2 TATEDA YUTAKA, et al., Journal of Environmental Radioactivity. 2013, vol.124, p.1-12.

*3 福島原子力事故調査報告書、東京電力、平成24年6月20日

<http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/interim/index-j.html>. 2013/3/19アクセス

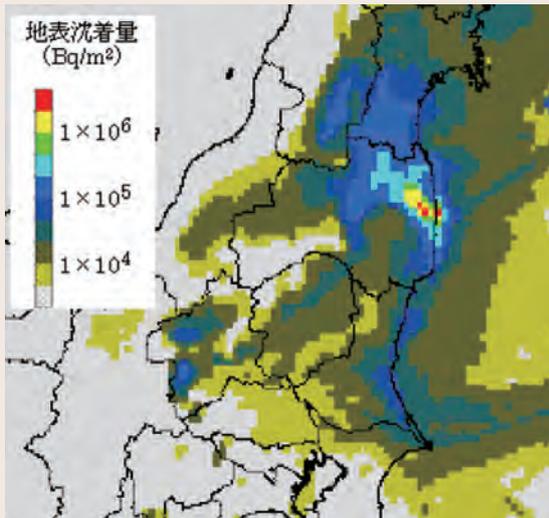


図1 広域の大気輸送モデルによる地表面への積算沈着量のシミュレーション例

気象モデルより作成した2011年3月の詳細な気象データおよび日本原子力研究開発機構が推定した放出量データを用いて、開発した濃度・沈着量モデルにより積算沈着量を評価した。評価結果は、航空機モニタリングによる地表面への積算沈着量分布や各地での線量計測結果をほぼ再現することができた。

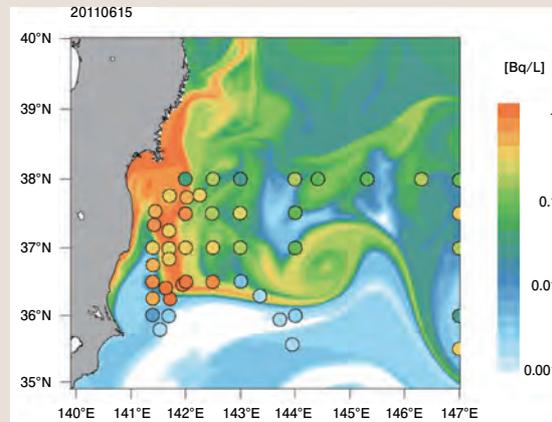


図2 ^{137}Cs の表層濃度の比較(福島沖)

2011年6月中旬における海洋濃度のシミュレーション結果は、モニタリング結果の特徴をよく再現するとともに、これらの分布は海洋の中規模渦によって支配されていることが確認できた。カラーコンターはシミュレーション結果、カラーのプロットはモニタリングによる場所と濃度を示す。

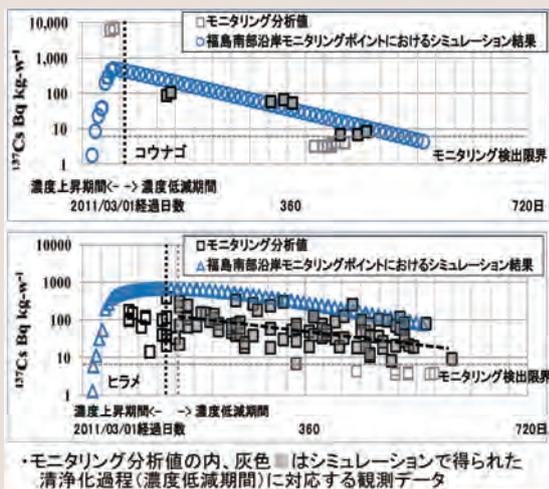


図3 海生生物中の ^{137}Cs 濃度のシミュレーション結果と実測値の比較(福島南部沿岸)

2011年3月から2012年8月の食物連鎖による移行を含む海生生物中の ^{137}Cs 濃度のシミュレーション結果は、コウナゴ等のプランクトン食性魚(上図)や、ヒラメ等の沿岸肉食魚(下図)においてモニタリング結果に示される低減傾向をほぼ再現した。この結果から、海水からの取り込みと餌からの移行、代謝による生物からの排出等の移行過程が、開発した動的生物移行評価手法において適切に評価されていることを示している。

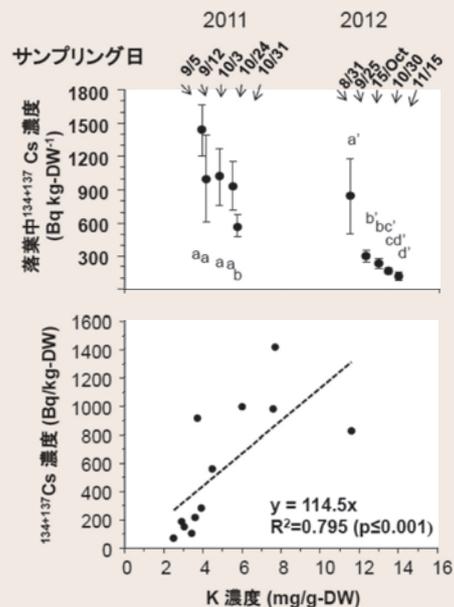


図4 落葉中の放射性セシウム濃度とカリウム濃度との相関

2011/9/5~10/31と2012/8/31~11/15にサンプリングした落葉中のセシウム ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 濃度の変化(上図)とカリウムK濃度との相関を調べたところ、セシウムとカリウムの濃度の低下に高い相関が認められた(下図)。これは、ウェザリング効果に加えて植物体内でのセシウム循環が影響していると推察される。

重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

原子力施設における火災現象評価技術の確立

背景・目的

国は現行の原子力施設の火災防護指針の見直しを進めており、加えて、火災ハザード評価の早期導入を求めている。既存の火災評価手法は昭和50年代の火災実証試験等に基づいているため、近年の海外データの分析や、許認可に耐える火災ハザード解析手法の検証を急ぐ必要がある。

本課題では、既存の許認可用火災評価手法の高度化のための技術データの追加整備や、海外で先行する許認可用解析コードの国内施設への適用性を評価するとともに、東日本大震災で顕在化した喫緊の課題(アーク火災等)に対する安全性向上策を提示し、原子力発電の安全性向上に寄与する。

主な成果

1 火災モデルFDSを用いた火災影響評価解析の適用性評価

火災影響評価においては、安全上重要な機器等の損傷時間(損傷に至るまでの時間)や発火時間を算定する必要がある。代表的な火災モデルの一つであるFDS(Fire Dynamics Simulator)は、複雑な形状で構成された区画を対象とする場合や火災事象の詳細な評価が必要な場合に適しているが、その解析結果

は条件設定に大きく依存する。火災上昇流試験、単一区画・複数区画の火災試験を対象に、感度解析および試験再現解析(図1)を実施し、格子解像度や火源モデルの設定方法を明らかにした[N12019]。これにより、想定火災に対する機器等の損傷時間を適切に算定でき、合理的な火災防護計画の策定が可能となる。

2 液体可燃物による換気制限条件区画内火源特性の評価

火災影響評価解析の精度に大きく影響を与える火源モデルの設定においては、火災を伴う熱輸送過程(プルーム構造)、火炎近傍の酸素の巻き込み挙動、プルームの形成に伴い輸送される熱や煤煙の挙動を精度良く再現することが必要である。そのため、換

気条件を調整可能な単一火災区画試験装置を用いて、液体可燃物(エタノール)を対象に、火皿面積や酸素供給量をパラメータとした燃焼試験*1を実施し、火炎近傍の酸素量と火源の発熱速度の相関に関する基礎データを取得した(図2)。

3 実物大高圧スイッチギアの内部アークによる火災現象の評価

東日本大震災の際に女川原子力発電所で発生した高圧スイッチギア*2の大規模アークによる火災の被害状況を踏まえ、非耐震・アーク未対策の実物大高圧スイッチギアを用いた内部アーク試験を行い、アークエネルギーの発生量やアーク発生後の火災への進展の有無を評価した(図3)。さらに、高圧ス

イッチギア内に発生する圧力や筐体の破損に伴う高温ガスの放出状況を追跡する機能を既存のCFDコード(数値流体力学コード)に追加し、内圧による筐体の破損形態や周辺への熱的な影響を評価できることを確認した(図4)。

*1 東京理科大学との共同研究として実施。

*2 電力系統を保護・制御するためのしゃ断器等の保護継電器と高圧の母線と一緒に金属製筐体に収めたもの。

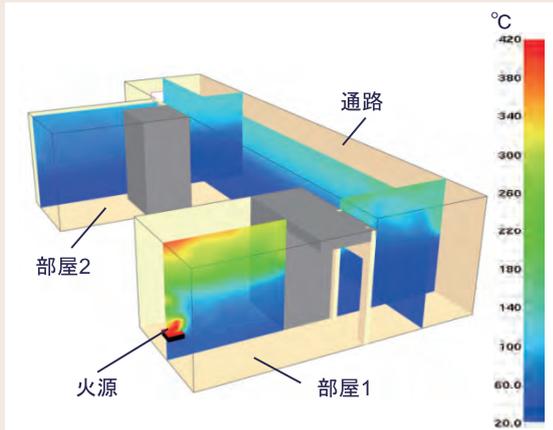


図1 火災モデルFDSによる複数区画火災の解析例

火災区画内における火災影響評価においては、火災影響範囲を適切に設定し、安全上重要な機器等への損傷時間や発火時間を算定する必要があり、合理的な火災モデルの適用が必要である。火災モデルFDS[※]では、温度・流速・酸素濃度等の空間分布およびその時間的な変化が得られる。火災上昇流の温度の乱れ強さに対して、格子解像度の影響評価を行った結果、格子間隔が火災特性長さ(発熱速度を基に定められる長さスケール)の1/20以下であれば、解析結果は格子間隔に依存しないことを明らかにした。

※米国NIST(National Institute of Standards and Technology)により開発された、火災時の熱流動や物質輸送等を主な対象とするCFDモデル。計算負荷は比較的高いが、空気温度の空間分布等の評価が可能である。

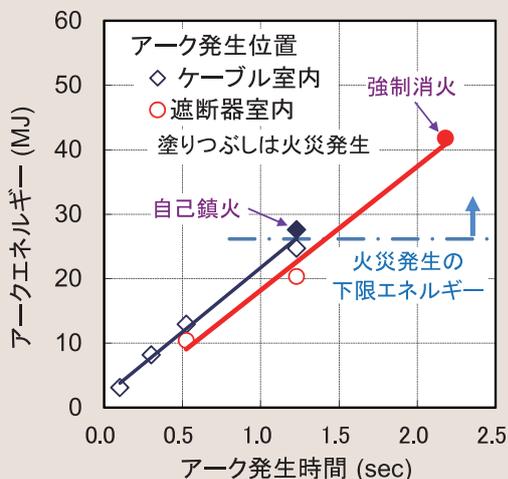
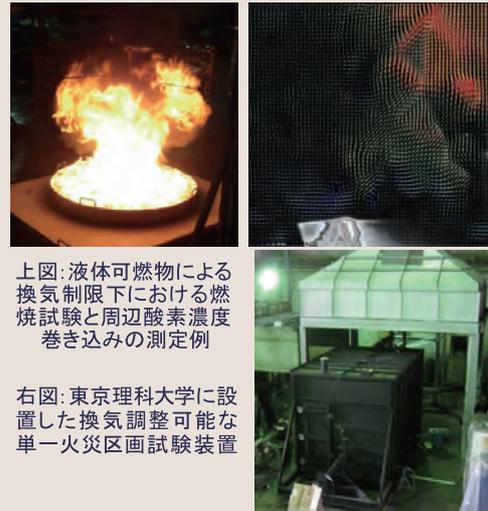


図3 高圧スイッチギア内部アーク試験で測定されたアークエネルギーと火災の発生条件

高圧スイッチギア(電圧7.2kV、三相三線式、定格短時間電流:40kA×2秒)を用いて、アーク発生時間をパラメータ(0.1~2.2秒)として、実回路構成に基づく三相短絡電流条件(18.9kA)におけるアーク放電時(母線材質:銅)に発生するエネルギー量[※]を測定した。アークエネルギーが25MJを超えると火災が発生し、遮断器室内でアークを発生させた場合、通電時間が2.0秒を超えると消火作業が必要な火災事象が発生した。

※アーク放電エネルギーにより盤内の空気が加熱され、その高温空気が盤外あるいは隣接する電気盤内へ噴出し、隣接機器へ熱的影響を及ぼす可能性がある。



上図:液体可燃物による換気制限下における燃焼試験と周辺酸素濃度巻き込みの測定例

右図:東京理科大学に設置した換気調整可能な単一火災区画試験装置

図2 換気制限下における火源の特性評価

単一火災区画を想定した耐火室(幅2.4m×奥行3.6m×高さ2.4m)を製作し、換気流量を調整可能なブロアユニットを経由して、東京理科大学の所有する排気フードに連結し、エタノールを火源とする燃焼試験を実施した。試験パラメータは、火皿の面積(直径30、45、60cm)や位置(中央)、換気流量(0~100m³/h)とし、空間温度や内圧、壁や天井への熱流束、換気流量、可燃物質量減少速度、O₂・CO₂・CO濃度を測定した。火災の発達に伴い形成されるプルーム構造を計測し、火災近傍の酸素量と火源の発熱速度の相関性に関する基礎データを取得した。

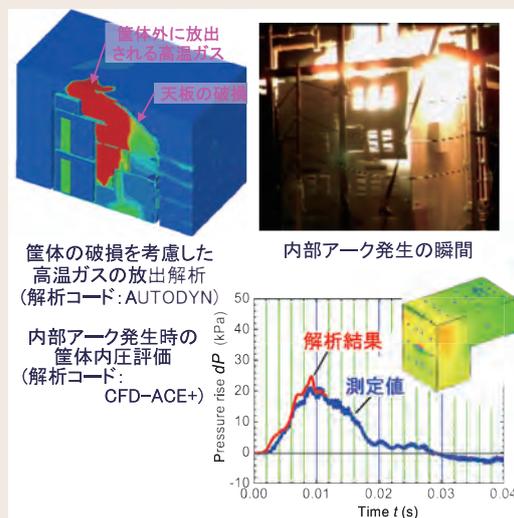


図4 内部アーク発生時の内圧と筐体の破損を考慮した高温ガスの放出解析

高圧スイッチギアの上部ケーブル室内で発生させたアークは、筐体内部の気体を加熱することにより圧力上昇が発生する。CFDコードCFD-ACE+を用いて、アークエネルギーの測定値のうち、53%を圧力上昇に寄与するエネルギーとして解析した結果、圧力上昇の経時変化を精度よく再現した。さらに、衝撃・爆発解析コードAUTODYNを用いて、圧力上昇に寄与するエネルギーと等価なエネルギーを有する圧縮気体を発火源とする衝撃解析を行い、内圧による筐体の破壊と高温ガスの伝播状況を再現できることを確認した。

重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

低線量放射線リスクの定量評価と放射線防護への反映

背景・目的

福島第一原子力発電所事故によって生じた放射性物質による環境汚染により、社会に放射線被ばくに対する不安が広がるとともに、このような状況における公衆の放射線防護体系が十分に準備されていなかったという問題点も明らかになった。高自然放射線地域での疫学調査は、事故後の公衆の被ばくのような低線量率の長期被ばくでは健康リスクが増大しないこと、すなわち線量率効果

があることを示唆しており、その裏付けとなる機構を示すことは、防護基準の合理化や放射線に対する不安の軽減につながる。

本課題では、社会の理解が得られる、わかりやすく合理的な放射線防護体系の構築を目指し、事故後の状況における防護措置の改善に向けた提案を行うとともに、線量率効果の根拠となる生物学的機構を実験的研究により解明する。

主な成果

1 原子力事故後の被ばく状況における段階的な放射線防護措置の提示

国際放射線防護委員会(ICRP)は、原子力事故等により生じる緊急時*1および現存被ばく状況*2では平常時に適用される「線量限度」ではなく、状況に応じた「参考レベル」という放射線防護措置の目標値を経済的および社会的要因を考慮して選定し、その値に基づいて防護措置を最適化することを勧告している。本研究では、福島第一原子力発電所事故後の被ばく状況において明らかになった廃棄物管理および食品規制の課題に対し、防護措置の最適化における「参考レベル」の適用の

考え方を示した。

廃棄物管理については、除染等により生じる放射性物質を含む廃棄物の現存被ばく状況での管理に起因する被ばく線量の段階的参考レベルを、周辺の線量や環境修復の進行に応じて、廃棄物管理の負荷も考慮して選定する考え方を提示した(図1)。また、食品規制については、事故後の食品規制の具体的な段階的参考レベルを、時期と被ばく状況の違いに応じた値として提示した(図2)。

2 線量率効果の解明に向けた組織幹細胞ターンオーバーの定量的解析

発がんは組織幹細胞*3(以下、幹細胞)に障害が蓄積することによって生ずると考えられている。当所は、幹細胞の細胞死や入れ替わり(ターンオーバー)等によって、生体が障害を持った幹細胞を排除する機構が線量率効果に関係していると考え、線量率効果の機構解明に取り組んでいる。

本研究では、幹細胞の動態がよく知られている腸管をモデル系として、放射線照射による幹細胞のターンオーバーを定量的に解析する手法を構築した(図3)。次に、この手法

を用いて、腸管幹細胞のターンオーバーが高線量率放射線の照射により促進されることを明らかにした(図4)。これは、全ての細胞が同時に傷つくような高線量率被ばくでは、幹細胞が細胞死により減少し、生き残った障害を持つ幹細胞が再増殖して組織を維持するため発がんリスクの増加させることを意味する。今後本手法を用いて、健全な幹細胞中に少数の障害を持つ幹細胞が生じる状況となる低線量率の場合との違いを明らかにしていく。

*1 リスクを回避あるいは低減するために緊急の対策を必要とする状況。

*2 被ばくに関する管理を講じる際に、線源が既に存在している状況。緊急事態後の長期被ばく状況を含む。

*3 組織を構成する細胞の源となる細胞。自己増殖する特徴から発がんの起源であるとされる。

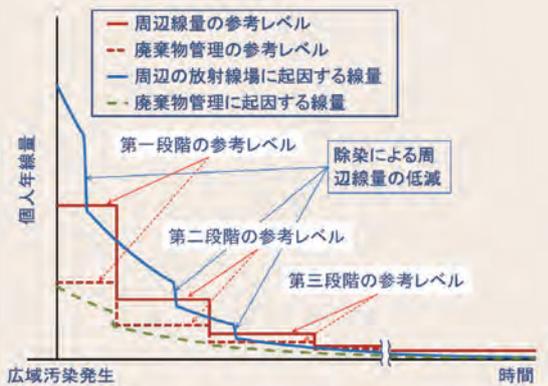


図1 廃棄物管理に関する参考レベルの段階的設定の考え方

広域汚染で周辺の放射線場による線量(周辺線量)が高くなった状況において、周辺線量の低減目標として第一段階の参考レベルを実現性を考慮して設定するとともに、廃棄物管理の参考レベルはそれ以下の値で設定する。これらの目標値に向けて、廃棄物管理を含めた線量低減(除染等)の取り組みを行う。周辺線量の低下を確認した上で、さらに線量低減措置の効果と負荷のバランスを取って、第二段階の参考レベルを設定する。このような最適化の過程を繰り返し、周辺線量を平常時のレベルまで、安全かつ合理的に低減する。



図2 食品規制の段階的参考レベルと指標値の比較

緊急時被ばく状況から現存被ばく状況までを、早期(週単位)・中期(月単位)・後期(年単位)の3つの期間に分け、各期間での参考レベルを設定する。これにより、流通や摂取の制限を現実的にとりうるものとしてリスク間のバランスをとりながら、公衆の被ばく線量を段階的に低減する。事故後の期間に依らず同じ値が割り当てられていた指標値に対して、段階的参考レベルの設定により、事故と被ばくの状況に応じた食品規制の最適化ができる。

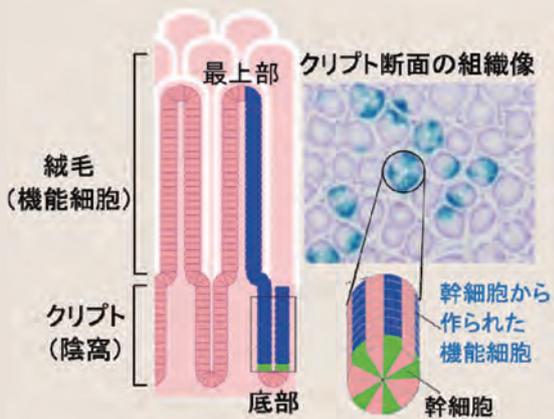


図3 幹細胞ターンオーバーを定量的に評価する実験系

- ◆腸管幹細胞とその子孫である組織細胞を標識できる遺伝子交換マウスを用いると、標識した幹細胞と組織細胞が底部(クリプト)から最上部(絨毛)まで標識された組織像が得られる。
- ◆クリプト断面の組織像から標識された細胞を持つクリプトの比率を測定することで、標識された幹細胞の数を知ることができる。照射によって幹細胞ターンオーバーが亢進すると、標識された幹細胞の数が減少すると考えられる。

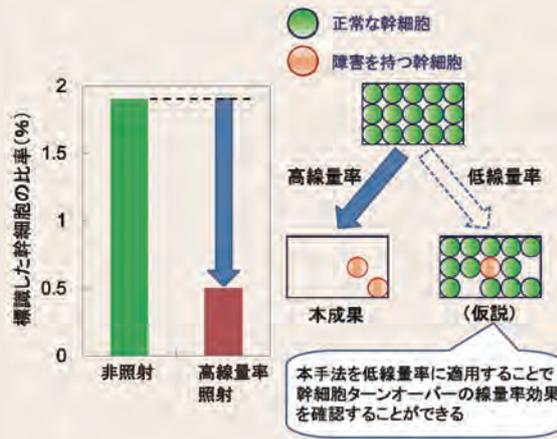


図4 高線量率放射線が誘発する幹細胞ターンオーバー

- ◆マウスに高線量率(1.5 Gy/min)のX線(1 Gy)を照射し、標識された細胞を持つクリプトの比率を測定することで、高線量率放射線による大腸幹細胞のターンオーバーの亢進を検出することができた(図左)。
- ◆本手法を低線量率に適用してターンオーバーの亢進を定量的に示すことで、発がんの起源である幹細胞のターンオーバーに対する線量率効果が明らかになり、発がんの線量率効果の機構解明に資することができる。

重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

放射性廃棄物処分の長期安全性評価技術の体系化

背景・目的

原子力発電所から発生する放射性廃棄物の円滑な処分に向け、安全性を確保した上で事業推進が必要とされている。特に、低レベル放射性廃棄物の貯蔵容量が逼迫してきており、浅地中ピット処分施設ならびに余裕深度処分施設の設置に向けた安全審査を遅滞なく進める必要がある。また、高レベル放射性廃棄物は国による直接処分の検討や将来の安全確保、調査地区の選定等の制度化が進

められており、適切な対応が必要とされる。

本課題では、より信頼性の高い処分技術を構築するため、低レベル放射性廃棄物処分の人工バリアを対象に長期間の耐久性と品質のばらつき等の不確実性を評価する手法を開発するとともに、高レベル放射性廃棄物処分では地質環境に関する地表からの調査手法および長期的な安定性を評価する手法を開発する。

主な成果

1 ベントナイト系人工バリアの長期挙動の評価

放射性廃棄物処分施設において放射性核種の移行を抑制するために締固めたベントナイト系材料が用いられるが、その透気性が低いため、地下深部の還元性(低酸素)環境下における金属腐食等により発生した水素ガスの影響を検討する必要がある。そこで、施設周辺における境界条件を考慮したガス移行実験を行い、その数値シミュレーションにより当所開発の力学連成気液二相流解析コードの検証を行った。その結果、実験結果を概ね良好に表せること、特にガス流量急増時のガス圧を精度良く推定できることがわかった(図1)。

ベントナイト系材料は、放射性廃棄物処分施設で用いられるセメント系材料の溶脱によるアルカリ性の溶液により変質し、性能が長期的に変化する可能性がある。そこで、アルカリ環境下でのベントナイト系材料に含まれる成分であるモンモリロナイトの溶解挙動ならびにそれが透水性に及ぼす影響を室内実験により、定量的に明らかにした(図2)。これらの成果を体系的に取りまとめるとともに、ベントナイト系材料の長期挙動評価における不確実性低減のための課題を抽出した[N20]。

2 地質環境の長期安定性評価に用いる年代決定法の改良

高レベル放射性廃棄物処分場の選定では、地質環境の安定性評価の一環として長期的な地盤の隆起量の評価が行われるため、その基準となる段丘の年代を十分な信頼性をもって求めることが必要となる。年代決定法のひとつである段丘礫の風化に基づく方法においては、礫の風化殻幅、有効間隙

率等をもとにした風化指標のばらつきが大きいことから、適切に年代情報を得ることが難しい。このため段丘礫の観察・採取位置、岩石種を限定して、礫の年代が正確に得られるよう適用法を改良し、段丘対比指標としての信頼性・適用性を向上させた(図3)[N12007]。

3 処分場のニアフィールドの長期挙動評価

処分場の閉鎖後の緩衝材(ベントナイト等)や周辺岩盤等のニアフィールドにおける力学的長期挙動評価のために、当所では時間加速の効果期待できる遠心力载荷実験を行ってきた。今回の実験では、深度300m相当の地質環境条件(地圧6MPa、地温30℃)に、廃棄体の発熱(95℃)の条件を加えた1/30のニア

フィールドモデルに、30Gの加速度を与えて約200年相当経過したニアフィールドの状態を再現した。その結果、緩衝材中の水分の不均一化を示唆する挙動が認められた(図4)。今後、さらに実験を進めて熱・水・応力の相互作用を考慮したニアフィールドの長期挙動の評価を実用化する予定である。

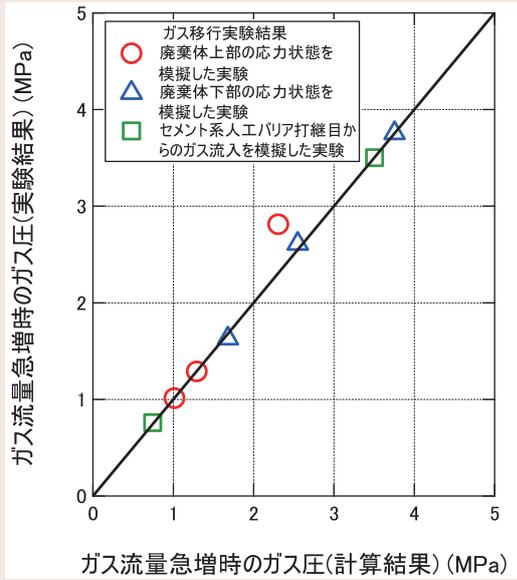


図1 ガス流量急増時のガス圧に関する実験結果と計算結果の比較

実験によるガス流量急増時のガス圧と数値シミュレーションによる計算結果の比較では、廃棄体の上部または下部からのガス移行、人工バリアの継ぎ目からのガス移行等、いずれの場合も当所開発の力学連成気液二相解析コードによって精度良く推定できることがわかった。

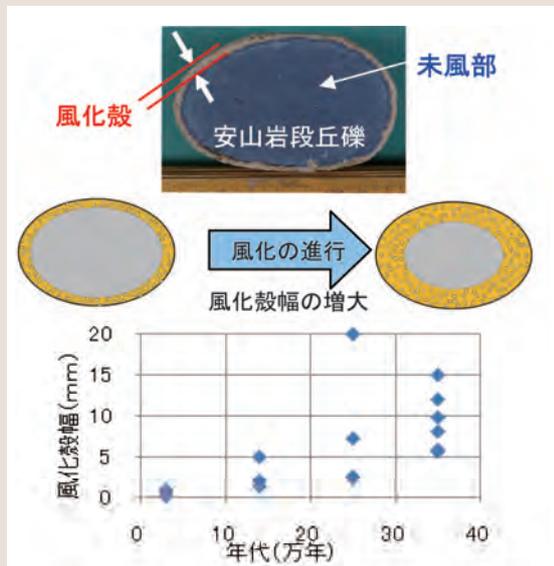


図3 安山岩段丘礫の風化殻幅と段丘年代との関係
安山岩の段丘礫は時間の進行と共にその風化殻の厚みが増す。よって礫種によっては風化を指標とした段丘の年代や、段丘相互の新旧を比較可能である。

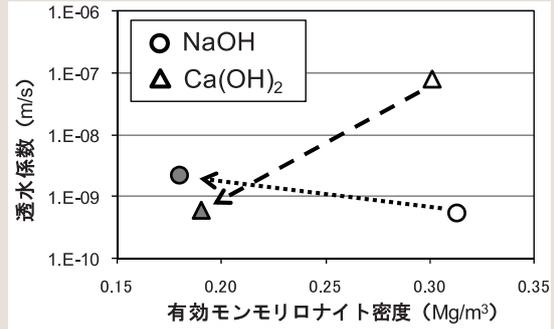


図2 NaOHとCa(OH)₂を用いた変質透水試験における透水係数の経時変化

ベントナイトを15%含む混合土のアルカリ性の溶液による変質挙動と透水性の変化を調べた。NaOHを用いた変質透水試験では、モンモリロナイトの溶解等により透水性が増大した。一方、Ca(OH)₂を用いた試験では、モンモリロナイトは溶解していたが、二次生成物の沈殿による空隙の閉鎖が大きく影響し、透水性は低下した。

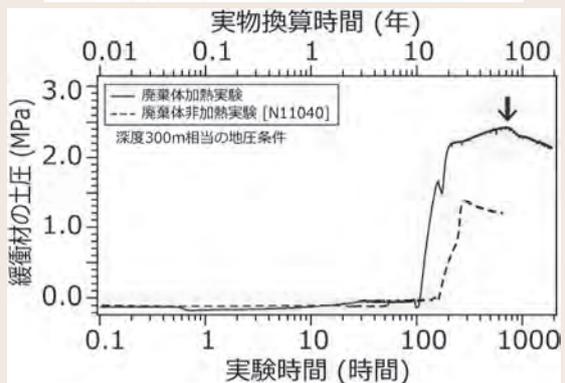
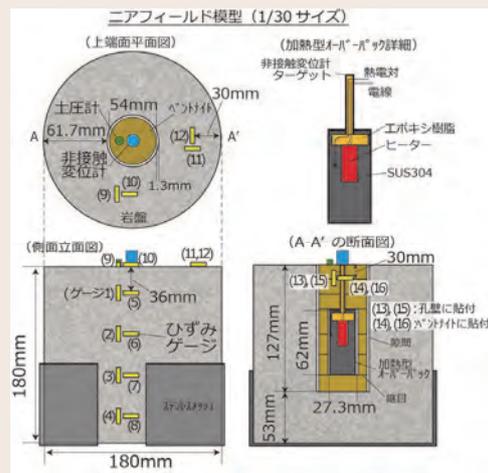


図4 廃棄体の発熱を考慮した長期遠心载荷実験
ニアフィールド模型を使用した非加熱の長期遠心载荷実験を行った場合は、実験時間100時間(実物換算時間10年相当)以降に緩衝材の土圧が上昇した後、低下に転じた(図中点線)。この低下傾向は岩盤が変形したと解釈された。一方、同じ条件に廃棄体の発熱分を加えた加熱での長期遠心载荷実験では(図中実線)、図中の矢印の箇所で土圧が低下傾向に転じ、緩衝材への水分供給量も変化した。これは熱影響で緩衝材中の水分分布が変化した可能性を示唆している。

重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

使用済燃料の長期貯蔵管理技術の開発

背景・目的

再処理施設の稼働遅れ等により使用済燃料の中間貯蔵は時間的調整手段として重要な役割を担っている。これまでに金属キャスクによる貯蔵は実用化されているが貯蔵技術の多様化および経済性等の観点からコンクリートキャスクの実用化が期待されている。また、放射性物質輸送の需要の増加に対応し、緩衝体材料として従来使用されてきた木材に替わる新規緩衝体の開発が望まれている。

本課題ではコンクリートキャスク貯蔵の実用化のため、コンクリートキャスクで使用済燃料を収納する金属キャニスタの健全性に対して懸念される溶接部の応力腐食割れ(SCC)に関して、対策技術や非破壊検査による欠陥検出方法を確立するとともに、関連する学会規格・標準等を整備する。また、放射性物質輸送容器に用いる新規緩衝体の開発に向け、発泡ウレタン材の適用性を試験・評価する。

主な成果

1 ショットピーニングによるSCC発生防止対策の検証

キャニスタ溶接部のSCC発生防止に有効と考えられる残留応力改善処理としてジルコニアショットピーニング(ZSP)*の適用を検討している。実径大キャニスタ(SUS304L製)を用いてZSP処理を行った結果、溶接部近傍の引張残留応力が深さ約0.7mmまで圧縮応力となり応力状態が改善された(図1)。ま

た、実機環境(温度50℃、相対湿度35%)よりも厳しい条件(温度80℃、相対湿度35%)で2000時間以上のSCC試験を実施した結果、未処理の溶接部近傍には100 μ m以上のき裂が多数発生していたが、ZSP処理を施した箇所にき裂の発生は認められず、その有効性が確認された[N12023]。

2 SCC対策に向けたキャニスタ表面付着塩分計測技術の開発

塩分はSCCの発生要因となることから、キャニスタへの付着塩分量をレーザー誘起ブレイクダウン分光法(LIBS)により計測する技術を開発している。LIBSを採用することで精度の高い計測が期待できる一方、レーザー照射により金属表面に引張残留応力が生じSCC発生に影響を与える可能性がある。そのため、キャニスタ候補材SUS304Lの試験片に塩分計測時の典

型的な条件でレーザー照射を行い、その影響を調べた。照射後の照射点における引張残留応力は深さ65 μ m程度までの範囲にあり、引き続行った腐食試験により発生したSCCと思われるき裂の深さが10~40 μ mとキャニスタの肉厚12.7mmに対して極めて微小であることから、レーザー照射の影響はほとんどないことがわかった(図2)[H12003]。

3 コンクリートキャスクの日本機械学会規格[蓋溶接部非破壊検査方法]への提案

これまで当所で検討してきた金属キャニスタの蓋溶接部非破壊検査方法に係わる試験研究や当所に設置した専門家による委員会での検討結果に基づき、日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格、JSME S FB1-

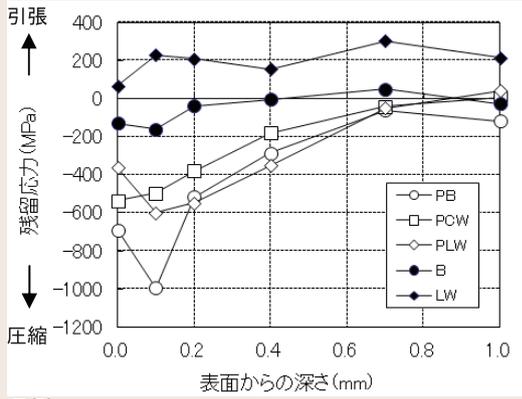
2003」の改訂案を提案した。提案ではキャニスタの使用可能材料をオーステナイト系ステンレス鋼と二相ステンレス鋼に大別した上で、鋼種毎に必要な非破壊検査を提案している(表1)。

4 輸送容器における新型緩衝体の開発

現在、緩衝体に用いられている木材の代替材料として硬質発泡ウレタン(rigid polyurethane foam、以下R-PUF)に着目し、密度、変形速度、試験温度をパラメータとした圧潰特性試験による応力-ひずみ特性の材料データベースを構築した。さらに、

R-PUFを用いた緩衝体を取り付けた輸送容器縮尺試験体を用いて規則要件に則った落下試験を実施した。その結果、輸送容器に発生する応答加速度は設計上で想定した値を下回り、R-PUFの緩衝体への適用性を確認した(図3)[N12020]。

* ジルコニアの小粒を機器部材に打ち付け圧縮残留応力を付与する金属表面処理法。



<凡例>
 ZSP処理:PB(母材)、PCW(周溶接部)、PLW(長手溶接部)
 ZSP処理なし:B(母材)、LW(長手溶接部)

図1 ショットピーニングによる残留応力改善効果
 実径大キャニスタを製作し、試験体の溶接部近傍にジルコニアショットピーニング(ZSP)処理による残留応力改善処理を実施した。溶接後、表面にグラインダ処理を施したままでは1mm深さまで一様に引張応力が生じているが、ZSPにより残留応力改善処理を施すことで表面から0.7mmの深さまで圧縮応力となっており、ZSP処理の有効性を確認した。

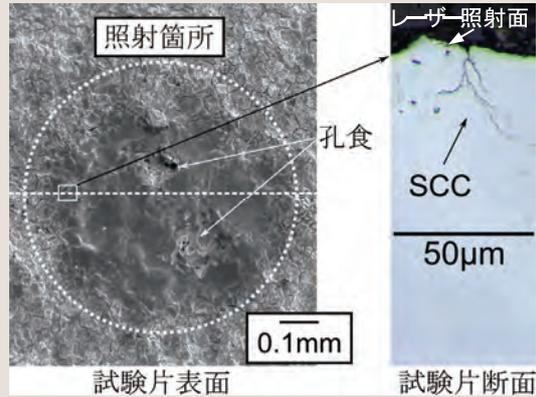


図2 パルスレーザー照射された試験片の腐食試験後の様子

パルスレーザー光(波長532nm、パルス幅10ns)を照射した箇所に人工海水を滴下し、SCCが発生する環境条件下に試験片を設置した。その結果、孔食およびSCCと思われるき裂が観察されたがき裂深さは極めて小さく、レーザー照射の影響はほとんどないことがわかった。

表1 キャニスタ密封容器の蓋溶接部非破壊検査の記載内容改訂案の概要*

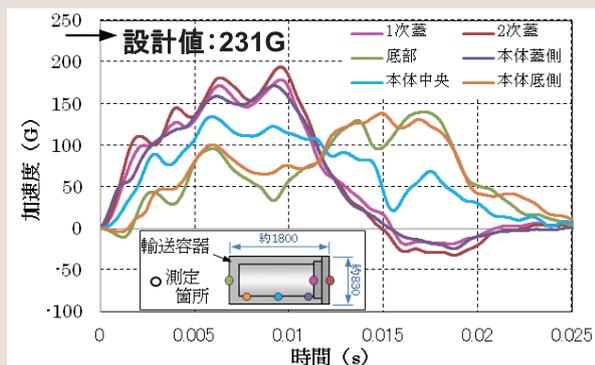
材料種類 ^{a)}	懸念される溶接割れ	浸透探傷試験 (PT) ^{b)}	超音波探傷試験 (UT) ^{c)}	備考
オーステナイト系ステンレス鋼	高温割れ	要 [規定強化 ^{d)}]	不要 ^{e)}	<ul style="list-style-type: none"> 応力低減係数の設定根拠である 1/4tw 毎の検査間隔を要求 (tw: 溶接厚さ) 本文改訂
二相ステンレス鋼	低温割れ	要 [規定強化 ^{d)}]	要 ^{f)}	<ul style="list-style-type: none"> 未溶融部起因の低温割れ排除を目的とする UT の要求 UT 検査を新規事例規格で規定

- a) 既往規格の対象材料を、溶接に対して懸念される割れを考慮して2つの鋼種に分け、各々に適切な非破壊試験を適用した。
- b) 溶接層表面に指示薬を浸透し、拭き取り後の指示模様により、表面に存在する欠陥を検出する方法
- c) 溶接部に当たった探触子から出される超音波の反射波の性状から内部に存在する欠陥を検出する方法
- d) PT検査間隔を小さくし、同じ溶接厚さでも現行の規定より検査回数を増やすようにする
- e) 懸念される割れはPTで検出できる
- f) 懸念される割れはPT後に進展する可能性もあることからUTも要求する

※当所から日本機械学会へ提案

図3 縮尺試験体による落下試験

発泡ウレタン製緩衝体を取り付けた輸送容器の1/3縮尺試験体を用いて設計要件である9m高さから剛体床への落下試験を実施した。落下試験時に発生した最大加速度は、設計時の加速度を下回っており、緩衝体として十分な性能を有していることが確認された。



重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

電力設備に及ぼす気象・気候影響予測手法の開発

背景・目的

近年、台風や急速に発達する低気圧（爆弾低気圧）による洪水・暴風雪・高波、竜巻による突風等、極端な気象による災害が頻発している。自然外力に直接さらされる送配電設備、水力ダム、港湾施設等では、電力の安定供給のために、それら外力に対する安全性や信頼性の確保が求められている。

本課題では、気象・海象災害の軽減および被災後の迅速・的確な復旧支援を目的に、数時間から数日先までの気象予測精度を向上させるとともに、現場で使いやすい予測システムを構築する。さらに、20～30年後の日本各地の気候変化（設計風速や設計降水量としての変化）が電力設備の健全性や運用保守管理に及ぼす影響について推定・評価する。

主な成果

1 気象レーダーを活用した短時間降雨予測手法の開発

当所が開発した気象レーダー解析ソフトを汎用化し、国土交通省、気象庁および電力会社のレーダーによる観測結果の解析を可能とした。さらに、レーダーによる観測結果を気象予測・解析システムNuWFASに取り込む

手法を開発し、過去の豪雨事例に適用した。その結果、1時間以内の予測精度が高い既往のモデルと本手法を組み合わせることにより、3時間程度先まで精度良く予測することが可能となった。

2 気象予測・解析システムNuWFASを用いた突風評価手法の開発

電力流通設備の耐風設計にとって重要な風の乱れ、特に突風を評価するためにNuWFASを改良した。風の乱れを表現するためにLES (Large-Eddy Simulation) *1を用いることで、従来の水平空間解像度2～5kmを50mにまで高解像化することが可能

となった。本モデルを爆弾低気圧に適用した結果、従来に比べて、10分平均風速と最大瞬間風速の比（突風率）等の風の乱れ特性が適切に表現でき（図1）、低気圧や台風に伴う突風の評価が可能となった。

3 自己組織化マップを用いた梅雨期の豪雨気象パターン分類法の開発

水力設備の防災・保全にとって、数日先の降雨の予測は勿論のこと、降雨特性の長期的変化は重要である。これらを予測・評価するために、自己組織化マップ*2を用いて、梅雨期に豪雨をもたらす気象パターンを分類・抽出する手法を開発した。本手法を西日本に適用し、

31年間の気象データから6種類の気象パターンを抽出した（図2a）。各パターンと豪雨の関係を、8つの地域気候区分ごとに評価した結果、各地域に豪雨をもたらす気象パターンと、それらの出現頻度が近年どのように変化しているかを明らかにした（図2b、c）[V12017]。

4 地球温暖化に伴う河川流域日降水量の変化予測手法の開発

近年頻発する極端な気象と地球温暖化との関連を検討するため、全球モデルによる低解像度（100～200km）の計算結果から、地域スケール（数km）の気候を推定するダウンスケーリング手法を開発している。地域スケールの河川流域日降水量を推定する手法を、九州の主要河川5水系20流域に適用し、将来気

候（全球平均気温の上昇が1.1℃の場合）における河川流域日降水量を現在の値と比較した。その結果、50年確率の河川流域日降水量はいずれの地域でも増加し、その平均的な増加率は20%であった（図3）[V12016]。河川流域レベルでの降水量の変化予測は、温暖化に伴う豪雨・洪水ハザード評価に活用できる。

*1 乱流モデルの一種で、風の乱れを空間的に平均化してモデル化を行う。

*2 人工ニューラルネットワークの一種で、学習しながら自律的に分布パターンを分類できる。

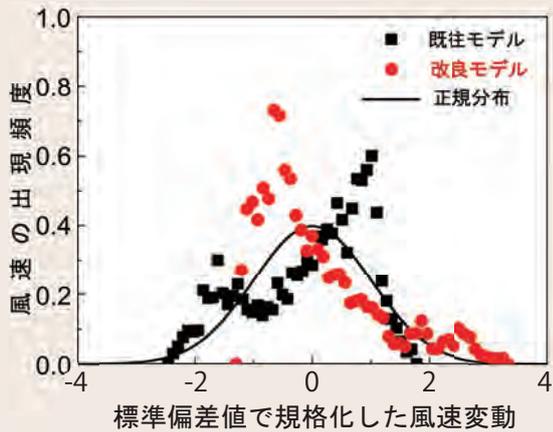


図1 爆弾低気圧による風の乱れ特性の評価

2012年4月3～4日にかけて日本海を通過した爆弾低気圧は、日本各地に強風をもたらし、全国75地点で観測史上1位の平均風速を記録した。この事例を対象に、改良したNuWFA5を東北地方に適用した。空間解像度を12kmから50mまで6段階かけて高解像度化することにより、既往のモデルと比較した。図1は、平均風速からの変動成分(標準偏差で正規化)の出現頻度である。LESを用いて改良したモデルでは、標準偏差が2倍以上となる高風速の出現頻度が大きく、低風速が継続する中に高風速が間欠的に現れる。一方、改良前のモデルでは逆に、高風速が継続する中に低風速が間欠的に現れ、従来の観測事実との乖離が明らかとなった。

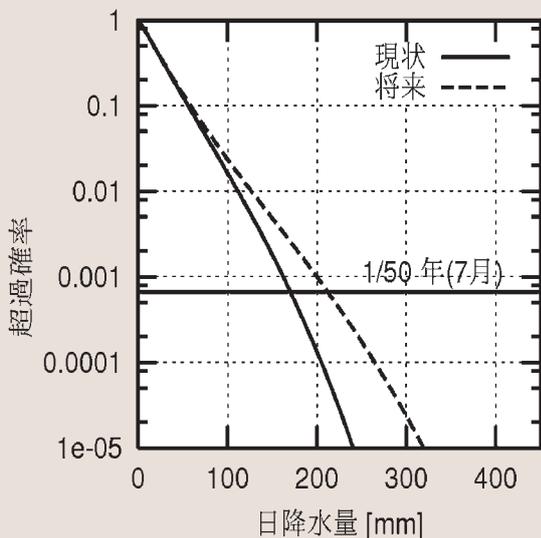
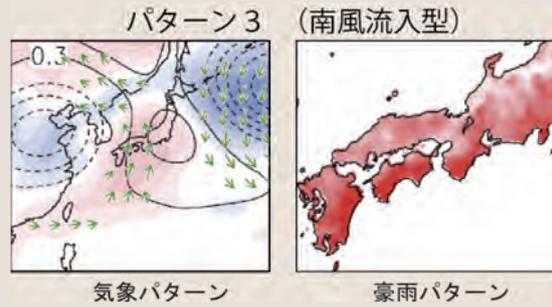


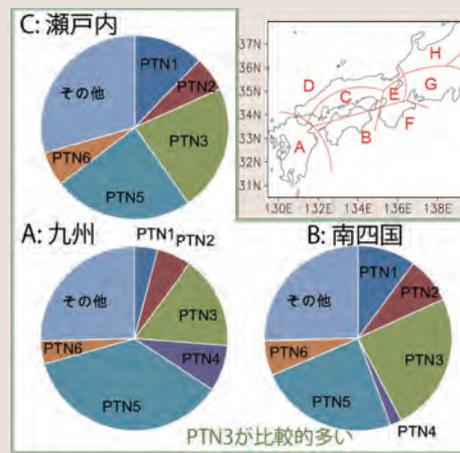
図3 温暖化による河川流域日降水量の変化

空間解像度120kmの全球モデルによる温暖化予測結果を用いて、九州地方の河川流域の日降水量の頻度分布(確率密度)を求めた。この頻度分布から計算される超過確率分布を破線で示す。全球平均気温が現状よりも1.1℃上昇することにより、流域の広さが491km²のこの河川では、7月の降水量の頻度分布は、大きな日降水量の出現頻度が現状(実線)よりも高くなることからわかる。解析した20流域の平均で、50年確率の日降水量の増加は20%と推定された。

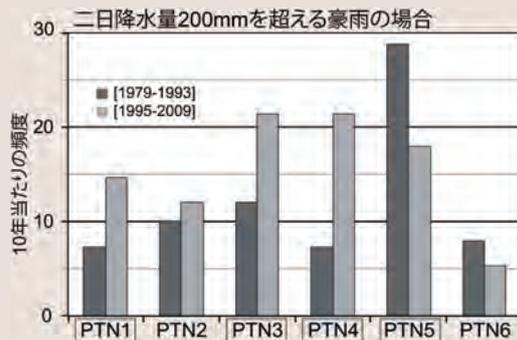


パターンは平年に比べた場合の差。左図の赤青の陰影は850hPa相当温位で、赤は大気が平年よりも不安定なことを表す。緑の矢印は850hPaの風速で、西日本の南岸で南風が強い。黒い等値線は200hPa気圧面高度で、東日本の上空で等圧面の高度が高い。右図は、降雨のパターンで、赤は平年に比べて多雨である。

(a) 抽出された豪雨気象パターン3の例



(b) 豪雨気象パターンの地域特性の一例



(c) 豪雨気象パターンの出現頻度の長期変化

図2 豪雨気象パターンの地域特性と長期変化

気象場の5つの気象要素(相当温位、風速・風向、気圧、降水量)を対象に、自己組織化マップの手法を用いて、31年間の梅雨期の気象パターンから、豪雨に関係するものを6種類(パターン1～6)抽出した(図2a)。西日本の豪雨時を対象に、8気候区分毎に各パターンの出現頻度を求めると、地域ごとに特性が見られた(図2b)。過去31年間を前半と後半にわけてパターンの出現頻度を比べると、九州・四国の豪雨に関係するパターン3は約2倍に増加しており、観測事実と一致している(図2c)。横軸の四角枠は信頼度水準99%で統計的に有意な変化が見られたパターンを表す。

重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

送配電設備の風雪害対策技術の実証

背景・目的

2005年12月、日本海側の送電設備において、過大な着雪(重着雪)による送電鉄塔の一部損壊や、電線のギャロッピング*による短絡、塩分を含む多量の雪ががいに付着したことによる絶縁低下(塩雪害)を原因とする供給支障が発生した。これらの雪害を受けて、当所では、10年計画(2007年度～2016年度)で架空送電設備の雪害対策研究を開始した。

本課題では、電力各社の協力の下、第一期研究(2007年度～2011年度)において、雪害現地観測システムの設置・運用、雪害に関するデータの一元管理、3つの雪害事象(重着雪、ギャロッピング、塩雪害)の解明と対策効果検証を中心とした成果を得た。第二期研究(2012年度～2016年度)では、実用的な雪害解析・予測手法による効果的な雪害対策技術を提案・実証する。

主な成果

1 送電設備の雪害現地観測の継続と取得データの一元管理・分析

雪害現地観測システム(全国7箇所)と雪害事例・気象データベースを運用して、雪害に関わる観測や各種データの一元管理を継続するとともに、上記データベースのグラフィックユーザーインターフェース(GUI)を改修して利便性を大幅に向上させた(図1)。また、雪害事象(重着雪、ギャロッピング、塩雪害)のメカニズム解明と評価手法の提案、

観測データに基づく対策技術の効果の検証を中心とした第一期研究成果のとりまとめを行った[N19]。

さらに、雪害事象の解明や対策品の効果検証を目的とした実環境での観測を実施するため、2013年度に北海道道東地区(釧路市)に導入する実規模送電線雪害試験設備の設計を行った(図2)。

2 雪粒子の着雪特性を考慮した簡易着雪モデルの開発

送電線着雪の現地観測データを分析し、雪質、風向・風速、および難着雪化対策品の影響を考慮した着雪率(電線に衝突した雪粒子が付着する割合)の算定方法と、着雪サンプラの観測データ[N12024]をもとに、風速と気温に依存する着雪体密度の算定式を考案した。また、これらを、筒状の着雪形状

を仮定した場合の着雪量の時間変化式に導入し、着雪モデルを構築した。このモデルは、気温・湿度、風向・風速、および径間の方位方向を入力することで簡便に着雪量を計算できる。これまでの観測結果との比較により、既存の着雪モデルに比べて着雪量の推定精度が改善されていることを確認した(図3)。

3 風洞実験によるギャロッピング基本特性の把握

4導体送電線部分模型を用いた風洞実験を行い、実径間と等価な大振幅・低振動数のギャロッピングデータを取得し、送電線のギャロッピングシミュレーションにおける空気力のモデル化の妥当性を評価した[N12021]。また、風上側2本の導体を回転方

向(電線ねじれ方向)に可動性を持たせて保持するルーズスペーサ設置径間の特性を再現した風洞実験により、ルーズスペーサのギャロッピング抑制効果およびそのメカニズムの基本的な特性を明らかにした(図4)[N12022]。

* 着雪した電線が、風を受けて上下に大きく揺れる自励的な振動現象。振幅が大きくなると電線短絡等の電気事故に至り、さらに大きな振動が継続すると疲労により導体支持部等で設備損傷に至る場合もある。

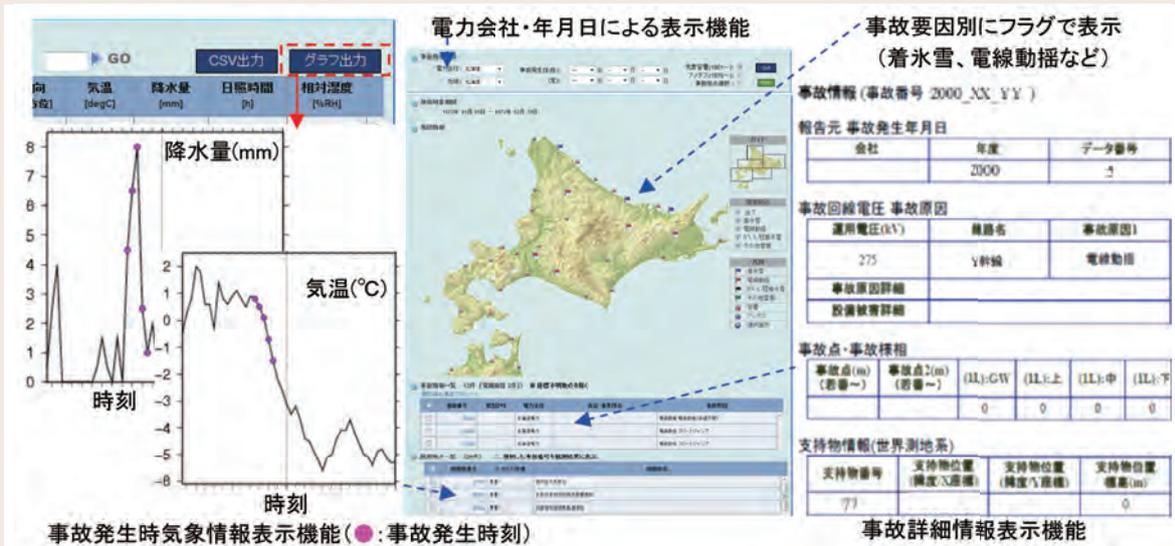


図1 架空送電設備の雪害事例・気象データベースの表示例(事故事例は模擬データを利用)

これまで、テキストデータ形式で構築してきた雪害事例・気象データベースは効率的に検索・分析することが困難であった。これを解決するために、全国の雪害発生地点や気象観測地点を地図上に表示する等、視覚的な取扱いが可能となるようにGUIを改修した。これにより、全体を俯瞰したデータの分析や事故原因の検討が容易になった。

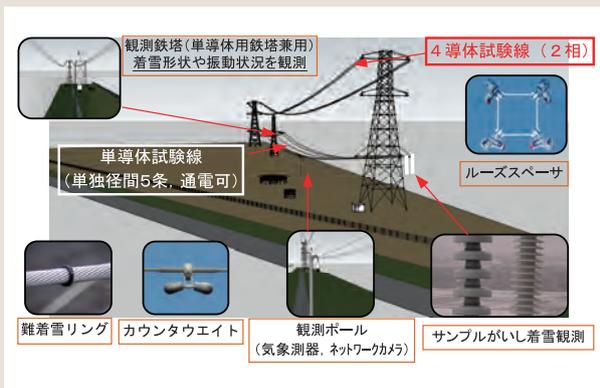


図2 北海道道東地区(釧路市)に導入する実規模送電線雪害試験設備

架空送電設備の雪害事象の解明や対策品の効果検証には、実環境での事象の観測が不可欠である。このため、3基の鉄塔(高さ50m程度2基、30m程度1基)に径間長400mの4導体2相、径間長250mの単導体5条からなる試験線の導入を決定し、詳細設計を行った。基本的な気象観測項目(風、気温・湿度等)、導体張力、ネットワークカメラによる着雪・電線動揺(画像処理による変位計測)のほか、GPS変位計、降雪粒子計測装置、ドップラーライダー、超高感度カメラ等を用いた観測も行う予定である。

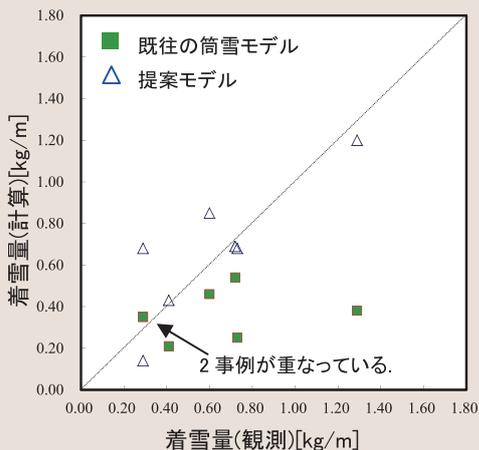


図3 簡易着雪モデルによる最大着雪量の適用評価例(北陸C線における7着雪事例)

新たに考案した算定方法・式により、着雪量の算定精度を改善できる見込みを得た。既提案の着雪区分判別チャートと気象観測データ(気温・湿度、風向・風速)をもとに、雪質(湿雪、乾雪)や風況に応じた着雪率の違いが一意的かつ定量的に推定されるため、全ての着雪事例に対して提案モデルを適用できる。また、当着雪モデルと気象モデルを連携させ、着雪量の詳細な分布を計算することができる。

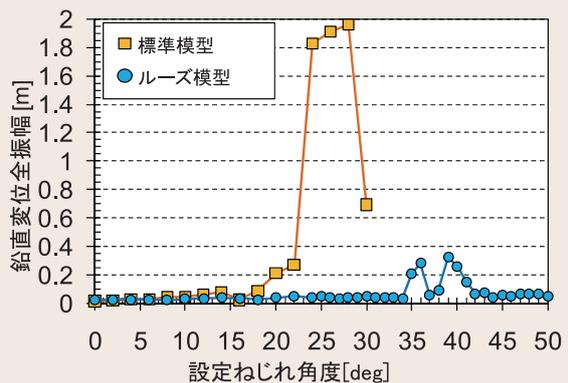


図4 ルーズスペーサによるギャロッピング抑制効果の確認例(風洞実験結果、鉛直変位全振幅特性)

ルーズ模型(風上側導体を回転方向に可動性を持たせて保持するルーズスペーサ設置径間を模擬した部分模型)および標準模型(標準スペーサ設置径間を模擬した部分模型)を用いて、当所が保有するギャロッピング屋内実験設備で、再現実験を実施した。上図は、同一風速で模型のねじれ角を変えて実施した実験結果の一例である。ルーズ模型では標準模型と比べて、初期条件として大きなねじれ角を与えた場合にのみギャロッピングが発生し、さらに、その鉛直振幅は大幅に抑制されることを確認した。

重点課題 - リスクの最適マネジメントの確立

雷リスクマネジメント技術の構築

背景・目的

これまでに、送電、変電、配電設備の雷害対策の研究を進めてきており、電力設備の基本的耐雷設計技術は確立している。しかし、今後、スマートメータ等の情報通信技術（ICT）の導入や、風力発電・太陽光発電等の再生可能エネルギーの導入が拡大すると予想され、このような新たな設備に雷被害が及ぶことが考えられ、既存の電力機器

に加えて、情報通信機器や再生可能エネルギー関連の設備に対する雷害対策が求められている。

本課題では、各種電力設備・機器に対する雷リスク評価技術の開発、ICT適用電力機器のイミュニティ（電磁耐性）を考慮した雷害対策指針を確立し、電力設備の合理的耐雷設計に活用する。

主な成果

1 地域特性を考慮した配電線の雷リスク評価プログラムの開発

配電設備の雷リスク評価のため、既開発の配電線の雷事故率計算プログラムに、夏季と冬季の雷撃電流特性の違いや避雷器焼損事故を評価できる機能を追加した。これにより、夏季にはがいの絶縁破壊による雷事故が多く、冬季には避雷器焼損事故が多いこと等、実際の配電線で得られた雷事故実態を精

度よく再現することが可能となった。

さらに、地域毎の配電線路密度や雷撃頻度等の情報により、配電線への雷害対策の違いを考慮した事故率を定量的に評価できる雷リスク評価プログラムを開発した（図1）[H12010]。

2 超高建造物に対する雷撃様相の解明

雷撃特性と被害実態の関係を明らかにするために、高周波用と低周波用の二つのロゴスキーコイルで構成される世界で唯一の雷電流観測システムを製作した。当該コイルのインパルス電流試験により、雷撃電流の持つ広い周波数帯域にわたる波形測定が可能であることを確認した。当該コイルを東

京スカイツリーの497mの位置に設置し、2012年3月より雷撃電流の観測を開始した。2012年度には9回の雷撃電流データの取得に成功した（図2）。これらのデータをもとに、雷撃時に構造物内部に発生する過電圧や、通信・制御等の低電圧回路に生じる過渡電磁界の評価に活用する。

3 雷撃時の放射電磁界様相の解明

雷撃位置標定システムの精度の向上を目指し、雷撃に伴って放射される電磁波を観測するために、前橋市、我孫子市、横須賀市に設置した電磁界アンテナにより、東京スカイツリーへの雷撃と同期した電磁界波形を測定できる体制を構築し、データの取

得を開始した。これらのデータは、既存の落雷位置標定システムから得られた雷撃位置データや雷撃電流データの精度の検証、誤差原因の究明、および新たな標定アルゴリズムの構築に活用する。

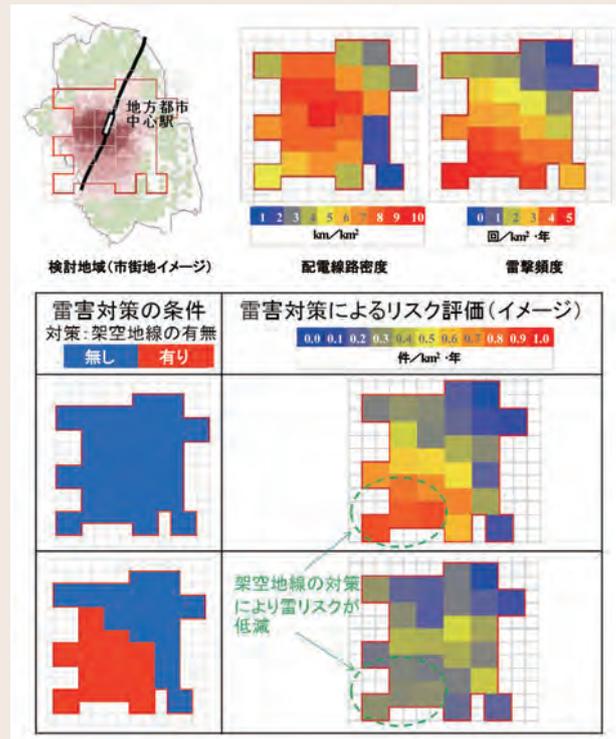


図1 雷害対策の条件による高圧配電線の雷リスクの違い

検討地域における配電線路密度や雷撃頻度の地域特性を踏まえ、左下の地域に雷害対策を講じることによるリスク評価として、上段右図に比べて下段右図では赤く示された領域がなくなっており、全体的にリスクが低減したことが示されている。

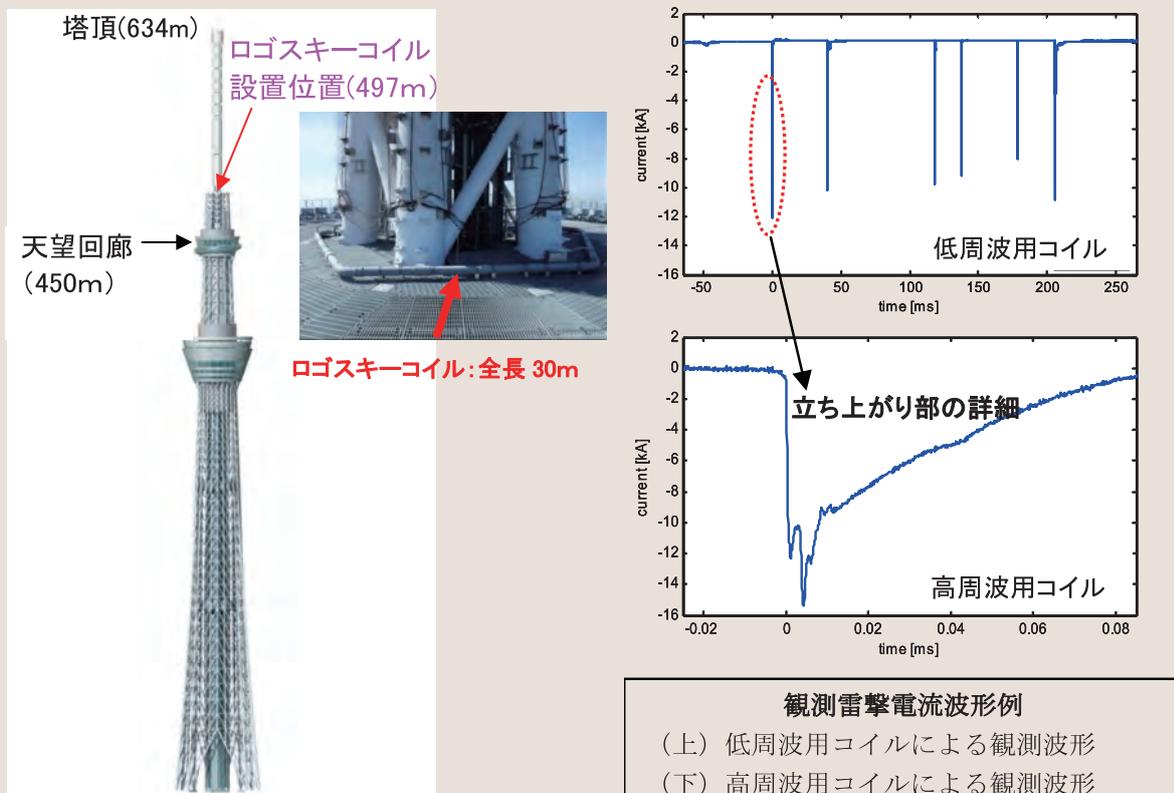


図2 東京スカイツリーでの雷撃電流観測設備と観測された雷撃電流波形例

ロゴスキーコイルは高周波用と低周波用の2種類で構成され、東京スカイツリーの497mの位置に設置されている。測定信号は光ケーブルによりタワー内の測定室に設置した記録装置に送られる。観測された波を右に示す。この例は一連の雷撃中に6回の電流が流れる負極性雷であり、急峻な波形立ち上がり部も詳細に観測されている。

重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

経年軽水炉の健全性評価

背景・目的

軽水炉の長期運転にあたり、科学的根拠に基づく合理的な材料、機器の安全性・健全性評価が強く求められている。一方、軽水炉の長期運転のためには、安全・安定運転に必要な技術基盤の拡充も求められている。

本課題では、軽水炉の安全かつ長期安定

運転の実現に向けて、圧力容器・炉内構造物、機器・配管、ケーブル等に関する劣化機構の解明、健全性評価手法および関連する基盤技術の開発を行い、経年劣化に係る技術基盤の拡充・強化を図る。

主な成果

1 圧力容器の照射脆化および環境脆化の予測精度向上

圧力容器の高照射量監視試験片の観察を行い、従来の想定と異なる要因による照射脆化は生じていないことを確認した。これに基づき最新の監視試験データを用いて照射脆化予測法の見直しを行い、精度向上を図った

(図1) [Q12007]。また、監視試験のシャルピー衝撃試験片の破断材から加工可能な超小型試験片を用いた破壊靱性試験に対して、国内研究機関によるラウンドロビン試験*を実施し、試験法の妥当性を確認した。

2 配管分岐合流部における流れ加速型腐食による減肉傾向の評価

構造の制約上、肉厚測定による減肉傾向の正確な把握が困難な補強板付きT管やT継手に対して、流動解析によって流れ加速型腐食(FAC)による減肉領域や相対的な減肉量を評価した。その結果、計測が困難なT管補強板下やT継手肩部では高い減肉傾向が

あることがわかった(図2)。現状の肉厚計測位置(図2上)においても減肉の有無は適切に検知できるが、流動解析を活用することにより計測位置周辺の減肉量を推定できることから、減肉管理の高度化に役立つと期待される[L12002]。

3 配管減肉現象の予測精度向上

FACに及ぼす溶存酸素濃度の影響を評価した。この結果、脱塩水(pH7.0)およびNH₃水溶液(pH9.8)中で、炭素鋼のFACを抑制するために必要な溶存酸素濃度はそれぞれ25~30ppb、1~4ppbであり、pHの上昇

により低下することを明らかにした(図3)。また、実験結果を用いて、FAC予測評価式で用いている水中の溶存鉄の拡散係数を評価し、予測精度の向上を図った[Q12008]。

4 ケーブル絶縁劣化予測モデルの構築

ケーブル絶縁体の高経年化挙動を推定するために、加速劣化試験環境(高温・高線量率)と実環境(低温・低線量率)の両条件下での絶縁体劣化挙動を統一的に説明することが求められる。これを実現する劣化予測モデルの構築を目指し、酸化防止剤による劣化抑制効果に加え、温度依存性と線量率依存性に対して精度の高い予測ができるよう、高度化を図った。その結果、予測された劣化挙動

は、①低線量率条件では熱の寄与が大きく線量率に対する依存性が少ないこと、②放射線の寄与が大きくなると材料寿命は短くなること、③放射線が非常に強いと材料内部の酸化劣化が抑制されて材料寿命が長くなっていること等、高温・高線量率で生じ易い不均一劣化も含め、既往知見と定性的に符合することを確認した(図4)。

* 複数の試験機関が同一の試料を用いて測定を行う試験。

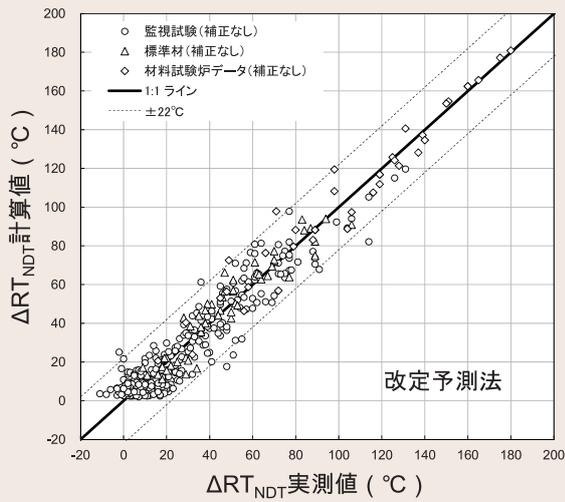


図1 監視試験による脆化量の実測値と改訂予測法による脆化量の計算値の比較

高照射の監視試験データの他に試験炉照射データも含めて脆化量が大きな領域まで十分な精度で予測が可能となった。

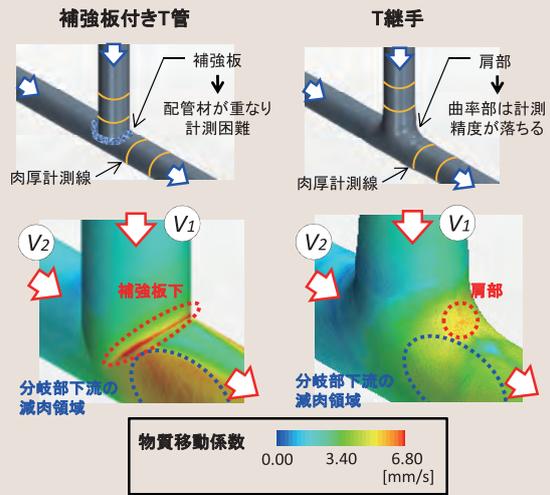


図2 補強板付きT管とT継手の減肉傾向

補強板付きT管とT継手では、構造の制約上、肉厚測定が困難な箇所がある。流動解析を用いたFACの流動因子である物質移動係数を算出し、減肉傾向を調べた。その結果、測定困難な箇所において高い減肉傾向(赤点線部)があるものの、肉厚計測を実施可能な分岐部下流(肉厚計測線)においても比較的高い減肉傾向があることを明らかにした。

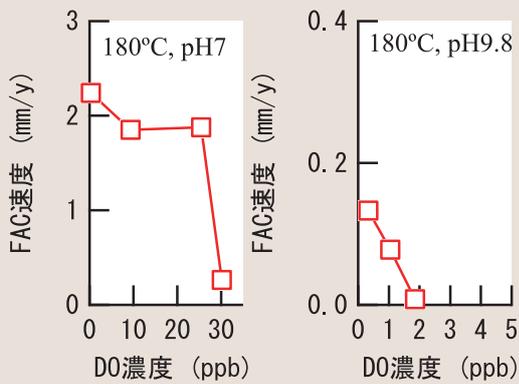


図3 FAC速度に及ぼす溶存酸素(DO)濃度の影響

供試材:炭素鋼(STPT480、Cr濃度は0.001wt%)、温度:180°C、試験片の内径:2.4mm(初期値)、流速:3.8~5.1m/s、水溶液のpHはアンモニアにより調整した。

180°C、脱塩水(pH7.0)およびNH₃水溶液(pH9.8)中での炭素鋼のFACに及ぼすDO濃度の効果を評価した。この結果、FAC停止に必要なDO濃度はpH7.0で25~30ppb、pH9.8では1~4ppbであり、pHの上昇によりFAC抑制に必要なDO濃度は低下することを明らかにした。

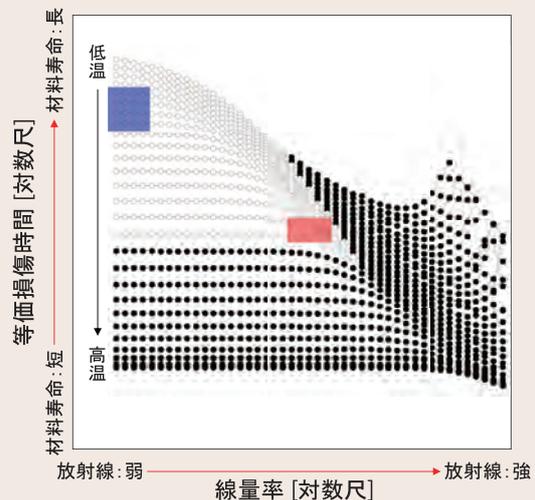


図4 等価損傷時間-線量率依存性

図中赤枠は加速劣化試験想定、青枠は実機環境下想定を示す。材料寿命に達した時の材料内部の劣化が均一な場合は○、不均一な場合は●で表示している。各仮想温度条件でのシミュレーション結果のプロットをつなげて表示している。低温から高温になるに従い、U字型の線量率依存性曲線が図面下側に移動する。

重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

高クロム鋼製高温機器の設備診断技術の開発

背景・目的

高効率かつ大規模電源である超々臨界圧(USC)火力発電所において、高クロム鋼製大径管の各種の溶接部でクリープ損傷に起因する不具合が発生している。大径管の不具合はUSC火力発電所の安定運用に支障をきたすことから、これを未然に防止するために高クロム鋼製高温機器に対する信頼性

の高い設備診断技術の確立が求められている。

本課題では、高クロム鋼製大径管の懸念事項である周溶接部および管台溶接部のクリープ損傷に対する診断技術を開発し、現場の保守・管理への反映を目指す。

主な成果

1 溶接継手のクリープ寿命評価式の策定

火力発電プラントを保有する全電力、プラント・鉄鋼メーカー、研究機関から構成される高クロム鋼クリープデータ評価検討会において、代表的な高クロム鋼に対する小型溶接継手試験片による多数のクリープ試験データを解析し、2005年度に策定されたクリープ寿命評価式の見直しを行った(図1)^{[1][2]}。最

新のデータと知見に基づくことにより、長時間領域での溶接継手材のクリープ寿命を従来よりも高い信頼性で評価することが可能となった。本クリープ寿命評価式は経済産業省が設置した高効率火力発電設備健全性調査委員会において、その妥当性が評価され、通常の業務に使用されている。

2 周溶接部のクリープ寿命への適用性評価

周溶接は実機配管系統に不可欠な接続方法であり、そのクリープ寿命評価においては軸方向応力を適切に考慮することが鍵となる。そこで、12Cr鋼周溶接部を有するボイラチューブ相当の小型円筒や実機サイズの大口径配管(外径≒700mm)を対象として、

軸方向応力を発生させる機械的荷重と内圧が重畳する条件下でクリープ試験を実施した。軸方向応力の寄与が大きい領域では、クリープ寿命評価式により保守的な予測となることを確認した(図2)。

3 溶接施工法がクリープ強度に及ぼす影響の評価

現地溶接で多く見られる“斜めの開先形状”が大部分を占める9Cr鋼継手試験体を用いて単軸クリープ試験を実施した結果、工場溶接で多く見られる“狭開先形状”の9Cr鋼継手試験体と比べて、約60%の寿命であった(図3)。また、TypeIV破壊*1のメカニズムの解明、および、複数回の溶接施工を受ける溶接部の評価のために、多層溶接下の熱影響部の温度履歴を模擬した材料につい

て単軸クリープ試験を実施し、温度履歴とクリープ変形特性の関係を調査した。クリープ変形特性は温度履歴に強く依存し、金属組織の変態温度域*2近傍に加熱された場合に、溶接の影響を受けていない部位と比べて最大で約1000倍速いクリープ変形が観察される等、溶接施工時の熱履歴が強度に与える影響を詳細に分析するのに必要な定量的知見が得られた(図4)。

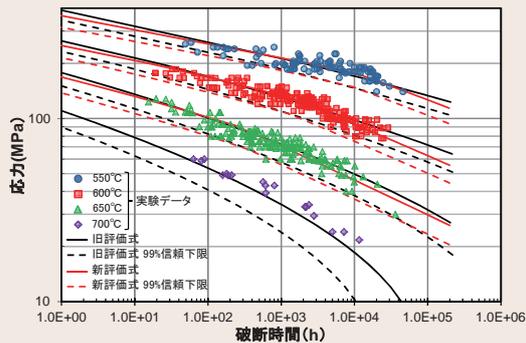
*1 溶接熱影響部の細粒域で、主に内部から進展する破壊形態。

*2 結晶構造が体心立方から面心立方へと変化する温度領域。高クロム鋼の場合、810~930℃程度。

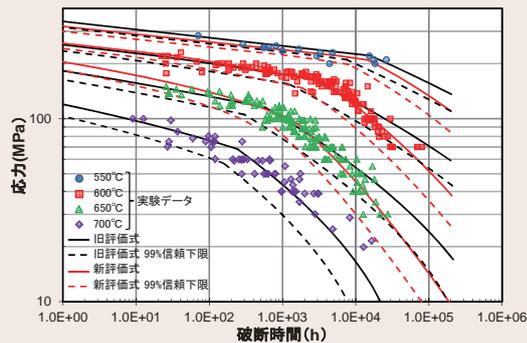
論文

[1] M.Yaguchi, T. Matsumura and K. Hoshino, Proc. of ASME PVP2012 Conf., PVP2012-78393, 2012.

[2] 屋口・松村・星野、日本材料学会 第50回高温強度シンポジウム、2012



(1) 9Cr鋼継手



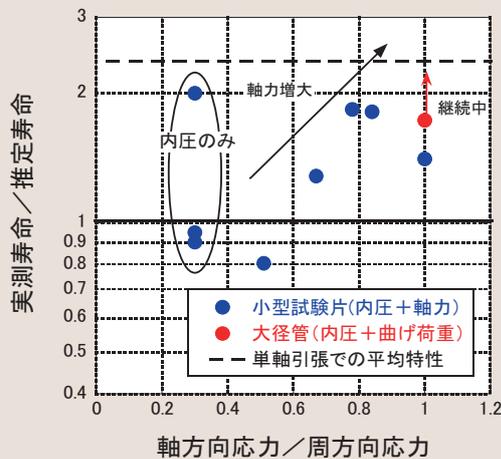
(2) 12Cr鋼継手

図1 クリープデータとクリープ寿命評価式による曲線

最新のデータと知見を反映して策定した新評価式においては、実機温度である600℃の強度が下方へ修正された。新評価式を用いることにより、これまでよりも高い信頼性で高クロム鋼製大径管のクリープ寿命を予測することが可能となった。



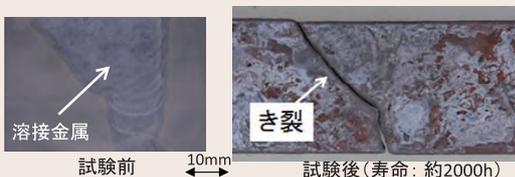
(1) 実機サイズの大口径配管(試験前)



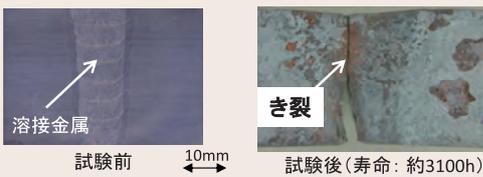
(2) 12Cr鋼周継手に対する寿命予測結果

図2 周溶接部のクリープ寿命の評価

実機サイズの大口径配管のクリープ試験には、当所の実機コンポーネント寿命評価試験設備(BIPress)を用いた。軸方向応力が高くなり実機で損傷が懸念される領域においては、現状のクリープ寿命評価式を用いることで安全側の評価結果となる傾向が認められた。



(1) 斜めの開先形状を含む9Cr鋼継手



(2) 狭開先形状の9Cr鋼継手

図3 溶接の開先形状がクリープ寿命に及ぼす影響 (温度650℃、応力60MPa)

溶接施工法(特に、開先角度)が継手のクリープ寿命に有意な影響を及ぼすことが示唆された。

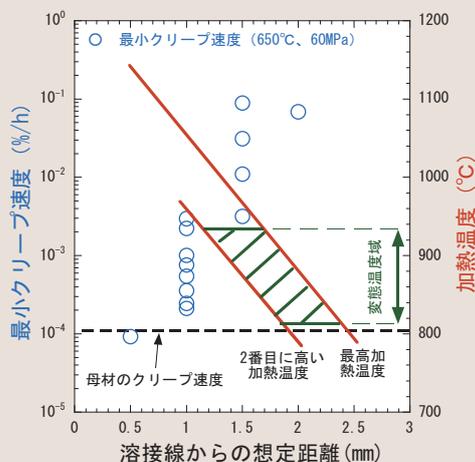


図4 温度履歴とクリープ速度の関係

溶接によるピーク温度が変態温度域の場合に、クリープ変形速度の著しい上昇が見られた。

重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

火力発電の大気環境総合評価技術の開発

背景・目的

原子力発電の長期休止に伴い、火力発電の重要性が一層増しており、既設火力の安定運用とともに老朽化した設備の更新が必要となっている。国は、迅速な設備更新および新・増設を進めるため、一定条件下において、環境影響評価(アセスメント)が簡略化できることを示した。一方で、火力発電は、微小粒子状物質PM_{2.5}や光化学オキシダントO_xに代表される二次大気汚染原因物質の発生

源としての懸念もあり、今後、それらへの対応を求められる可能性がある。

本課題では、大気環境に係るアセスメントの簡易、迅速、低廉化に資するツール(ソフトウェア)を開発するとともに、二次大気汚染の評価手法の開発を通してその実態を明らかにし、合理的な排出対策の策定に寄与する。

主な成果

1 火力発電の大気環境アセスメント支援ツールの開発

火力発電の新・増設やリプレースに関して、大気環境アセスメントの事前検討等の迅速かつ低廉な実施を支援するツールのプロトタイプを開発した。本ツールはGIS(地理情報システム)に連動し、計算期間、煙源条件(位置、煙突高さ、排ガス諸元)等を入力することで、自動的に煙源を中心とした排ガス濃度分布を地図上に描くことができる(図1)。また、

現状の大気中濃度データを自動的に取得する機能を備えており、環境濃度に対する排ガス影響を容易に評価できる。2013年度内に、現在の基本機能に、複数煙源からの排ガス拡散計算、高濃度をもたらす気象条件や地形影響の自動判定機能等を追加する予定である。

2 二次大気汚染評価のための大気観測システムの構築

二次大気汚染の評価を行うため、原因物質の発生、輸送、反応等の詳細プロセスを考慮した数値モデル(大気質モデル)の開発を進めている。大気質モデルの妥当性を検証するため、これまで東京都狛江市で実施してきた大気観測の測定項目に、粒子状炭素を

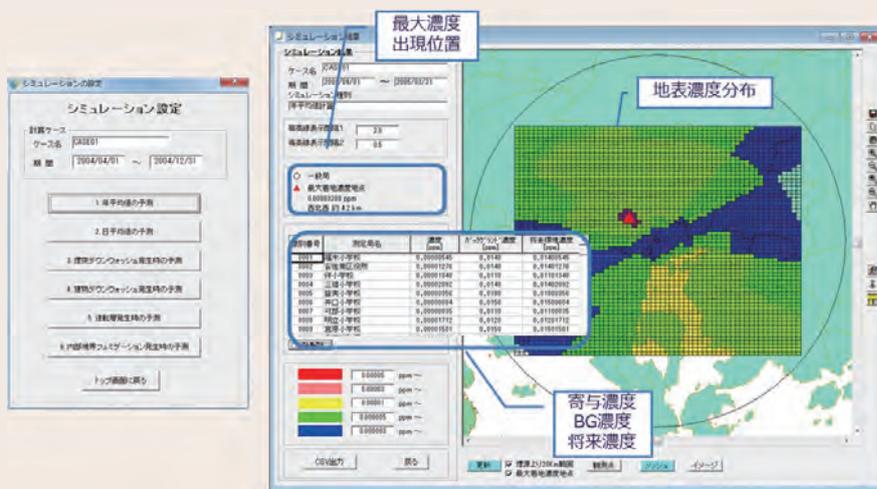
追加した。これにより、PM_{2.5}の主要全成分の濃度を通年で連続的に測定できるようになった。また、地表面付近の濃度に強く影響する上空の汚染物質濃度を把握するため、東京スカイツリーにおいて大気質の連続観測を開始した(図2)。

3 PM_{2.5}の濃度予測の改善*

現状の大気質モデルは、観測されたPM_{2.5}濃度を比較的良く再現するが(図3)、PM_{2.5}を構成する主要成分に関しては、硝酸塩濃度を高く、有機物濃度を低く見積もっている。発生源の寄与度に基づいた適切な対策を立案するためには、これらの主要成分の再現性を向上させる必要がある。そこで、大

気質モデルの構成や計算条件、また、原因物質の排出量の与え方等を見直した結果、硝酸塩濃度をほぼ再現することができた。有機物濃度も計算値が観測値に大幅に近づいた。この成果は、二次大気汚染に対する火力発電の影響評価等に活用していく。

* 環境省からの受託研究(環境研究総合推進費C-1001)として実施。



- 実装済み
- ・プルーム拡散式
 - ・特殊気象条件
 - ・GIS連動
 - ・BG濃度の自動取り込み
 - ・長期平均式
 - ・パフ拡散式

- 搭載予定の機能
- ・複数煙突
 - ・特殊気象条件などの自動判定
- など

図1 火力発電の大気環境アセスメント支援ツール(プロトタイプ版)の操作画面と結果表示

中央のウィンドウの左欄に計算条件を入力すると、同ウィンドウ右側に地図(薄い青緑色が陸地、白色は海)と煙源(赤三角印)が描かれる。左のウィンドウ(シミュレーション設定画面)で計算方法を指定・実行すると、計算結果(煙源からの濃度分布)が左下凡例に従って、地図上に示される。また、濃度測定局等の指定地点における煙源の寄与濃度と、それが現在の環境濃度に上乗せされた濃度(将来環境濃度)が表に整理される。



図2 都市上空大気質の測定装置

東京スカイツリーに設置した気象測定装置(上)と、同室内に設置した大気質測定装置(下)。世界的にも貴重な都市上空の大気質のデータを蓄積し、二次大気汚染評価手法の開発に活用する。

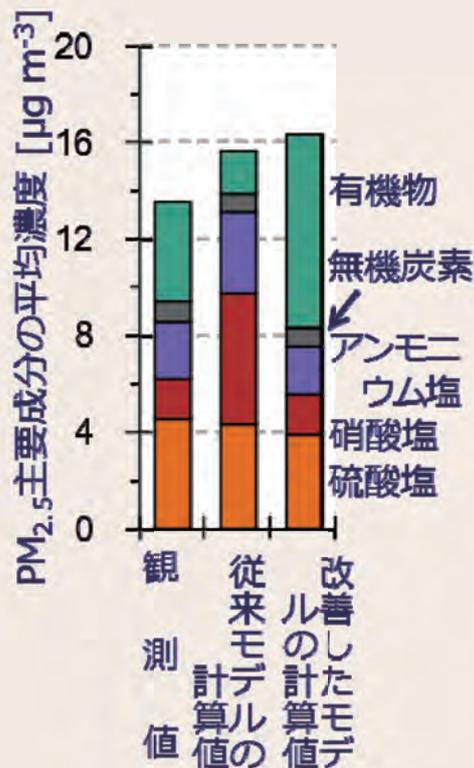


図3 PM_{2.5}主要成分の平均濃度の観測値と大気質モデルによる計算値の比較

従来の大気質モデル(中央)では硝酸塩を過大に、有機物を過小に予測したが、改良によって(右)、いずれも観測値(左)に近づいた。今後、有機物濃度の再現に関して改善を図る。

重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

生物多様性に配慮した電力施設の建設・運用支援技術の開発

背景・目的

2011年に改正された環境影響評価法では、計画段階環境配慮書での生物多様性評価や環境保全措置等の結果公表が義務づけられ、風力発電が新たな対象事業として追加された。また、生物多様性オフセット*1や海域生態系の影響評価の必要性に関して国等

で議論が始まっており、新たな規制・制度導入に対応する技術開発の必要性が高まっている。

本課題では、発電所の円滑な建設、更新および運用に寄与するため、生物多様性評価と保全に有効な技術を開発する。

主な成果

1 計画段階環境配慮書における重要種*2評価手法の開発

改正された環境影響評価法では、計画段階環境配慮書において重要種に対する影響評価を実施することが求められている。そこで、過去の環境アセスメントで確認された重要種の生息情報を分析し、既存の植生情報から事業計画地における重要種の生息可能

性を推定する手法を構築した(図1)。本手法を用いることで、重要種の生息が十分に確認されていない事業実施区域においても、新たに生息調査をすることなく、植生図等から重要種の生息の可能性を評価することが可能になる。

2 鳥類飛翔の簡易調査技術の開発

風力発電設備への鳥類衝突が懸念されており、環境アセスメントにおいても鳥類への衝突影響を予測評価する必要がある。予測評価に必要なデータを得るため、目視による鳥類飛翔の観測が行われているが、労力を要するうえに誤差が大きいことが課題となっている。そこで、効率的かつ高精度な調査手法の確立を目的として、鳥類飛翔観測装置を開発した(図2)。本装置は、複数台のカメラ

が時刻同期しながら鳥類飛翔の動画を連続的に自動記録するものである。併せて開発した撮影動画から鳥類飛翔軌跡のみを抽出する飛翔物体検出ソフトウェア(図3)を用いることで、鳥類の飛翔軌跡を無人で自動的に描画し、映像から飛翔回数を計測することが可能となった。今後は、飛翔映像から軌跡を立体的に把握するソフトウェアを開発し、鳥類飛翔調査の簡易化を図る。

3 環境保全措置における生息地評価手法の開発

事業実施区域に生息する希少動植物の代替地への移動・移植等の環境保全措置をより有効なものとするため、遺伝的な指標を用いた生息地評価に関する研究を進めている。環境アセスメントにおいて生態系の注目種や重要種として評価の対象となっているニホンアカガエルを事例に、複数地点の個体群

について卵塊から採取したDNAを用いた遺伝解析を行うことで、生息地間のつながり度を定量的に評価できることを明らかにした。この遺伝的指標により、生息適地や優先的に保全すべき生息地を特定できる可能性が示された(図4)。

*1 開発事業において現地での生態系保全が十分にできない場合に、別の場所で生態系を創出・保全することにより、事業による生態系への負の影響を相殺すること。

*2 絶滅が危惧される、環境影響を受けやすい等の観点から、国や自治体により法令等で指定された種。

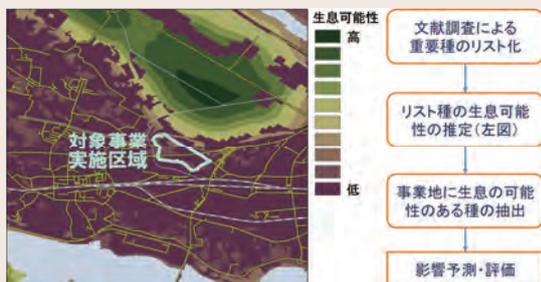


図1 計画段階での重要種生息可能性の推定

計画段階配慮書で予測の対象となる重要種について、対象事業実施区域を含む地域での生息可能性の程度を地図化することが可能である(左図)。文献情報から「生息あり」とされている多数の重要種の中から、事業地における生息の可能性を判定し、予測の対象となる種を絞り込むことで、配慮書段階での効率的な影響予測・評価が可能になる(右フロー)。

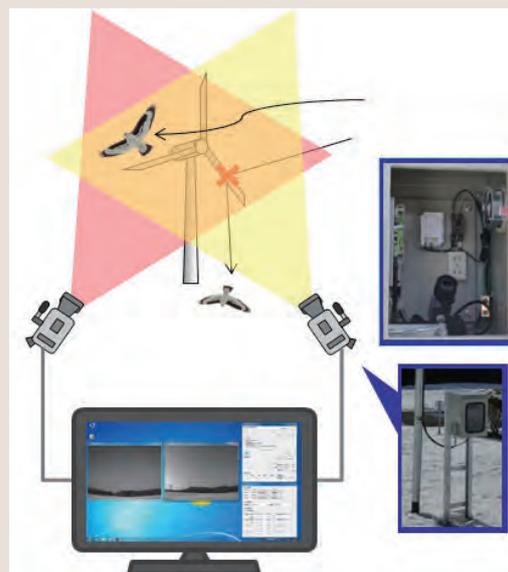


図2 鳥類飛翔観測装置の概要

一度に最大4台までのカメラを時刻同期しながら鳥類飛翔を自動で録画記録する装置を開発した。今後、複数のカメラを用いて、鳥類の飛翔軌跡を立体的に把握するソフトウェアを構築し、風力アセスメントに必要な鳥類の飛翔する位置や高度を簡便に取得する装置の開発を行う。

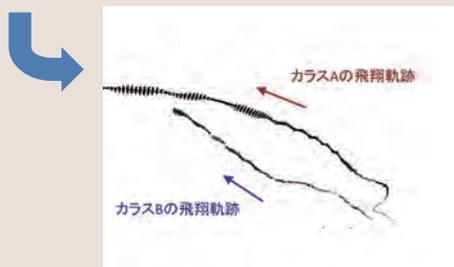


図3 抽出されたカラスの飛翔軌跡

飛翔物体検出ソフトウェアにより、一定時間内の鳥類の飛翔軌跡を自動的に一枚の画像にすることができる(上図は2羽による1回ずつの飛翔例)。開発した観測装置とソフトウェアにより、鳥類の飛翔軌跡を無人で自動的に描画し、録画記録全体に亘る飛翔回数を簡易に計測することが可能となった。

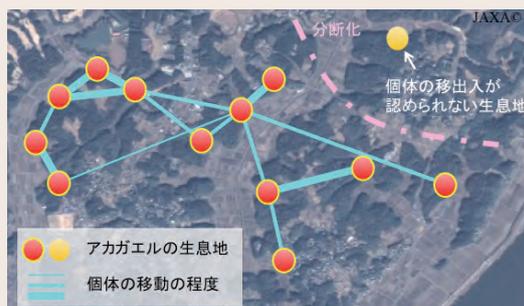


図4 遺伝解析による生息地評価

13地点の生息地から約260サンプルを遺伝解析し、遺伝的な類似度から、個体の移出入の有無や移動の程度を推定することにより、生息地のつながりを定量的に示すことが可能となった。孤立した生息地(図右上)や拠点となる重要生息地が特定できるため、解析結果を保全計画に活用することで、有効な保全策を講じることが期待できる。

重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

ダム流域土砂管理のための統合システム開発

背景・目的

上流山地からの土砂流入が続いて貯水池の堆砂が進むことにより、水力発電の貯水・取水機能が低下する。ダムに流下する土砂を通過させる通砂により、利水量の確保やダム上流の治水安全度を向上することが可能となるが、ダム下流の土砂堆積増加による治水安全度の低下や河川環境の悪化が懸念される。下流の土砂堆積を可能な限り少なくするためには、河口まで土砂を一気に流下させる洪水を利用した通砂運用を行わなければ

ならない。

本課題では、水力ダムの安全を図りながら効率の良い通砂運用を行うため、気象解析と出水解析を組み合わせることで、河道やダム貯水池の土砂堆積状況を精度良く予測・推定できる予測システムを開発する。この開発にあたり、土砂生産量予測技術や現地の流況を観測する手法も同時に構築し、予測システムの精度を向上させていく。

主な成果

1 上流山地からの土砂生産量予測技術と斜面安定性評価法の開発

集中豪雨、貯水池周辺および上流域における大規模地すべり等に対する対策等、水力ダム貯水池の維持管理において斜面からの土砂発生量の予測が必要となっている。近年多発している群発型豪雨斜面崩壊時の土砂発生量を評価するために、地盤内における降雨浸透と斜面安定性の変化を評価する手法を開発し(図1)、台風通過時における現地斜

面に適用した結果、雨量とともに地下水の飽和度が増加し、局所安全率が低下する様子を再現していることを確認した[N12014]。今後はこの手法を崩壊実績のある斜面に適用し、危険雨量の判定等斜面管理法に適用するとともに豪雨による斜面崩壊時の土砂発生量の推定に役立てていく。

2 河川貯水池のリアルタイム流況観測システムの構築

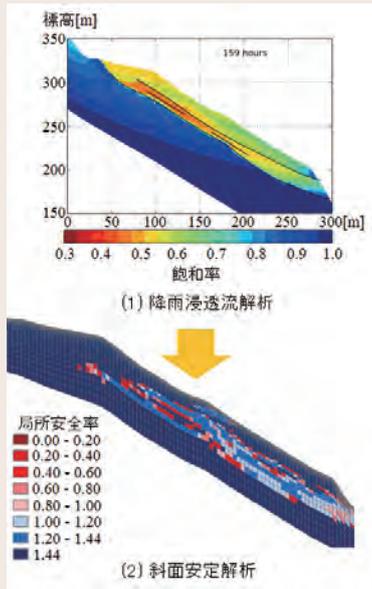
ダムから河口までの土砂の堆積・洗掘状況や放流開始後の濁水挙動を予測する数値解析技術の実用性を高めるために、河川や貯水池での土砂の挙動を観測し、そのデータを用いて検証する。これまでに構築した流速や河床高を観測する移動式流況・堆積場観測装置に加え、2012年度は濁度や水質等か

ら河川内土砂動態をリアルタイムに把握できる装置を水力ダムから河口までの計7地点に設置し、試験的な運用を開始した(図2)。2012年9月には、台風通過時における濁度と水質のデータを取得し、流量増減と濁度や水質の関係を示したほか、採水分析による地点ごとの濁度を解析した(図3)。

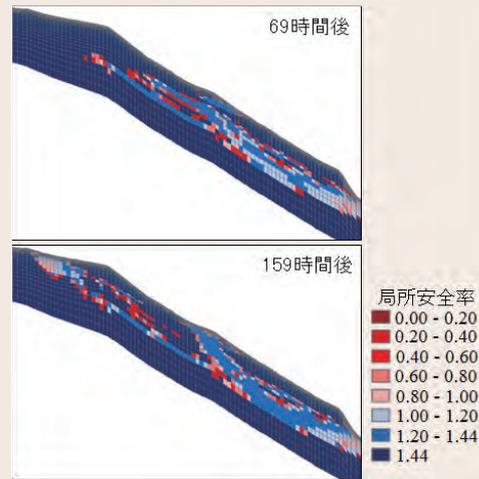
3 洪水と土砂輸送を予測するための統合システムの開発

当所で開発した降雨・出水予測手法(NuWFAS+HYDREEMS)に土砂輸送解析手法を組合せ、通砂運用のための計画策定や実施判断に使用するための統合システムを開発する。2012年度は、通砂運用時における貯水位の上下変動やその発電運用上の影響を考慮するため、統合システムのダ

ム流入量予測部に発電取水量、ダム放流量ならびに貯水池容量を考慮した水位予測機能を追加した。さらに、衛星画像解析等のリモートセンシング技術を活用した高解像度な土砂生産源の広域マップを用いて山地から土砂供給量を評価する。



(a) 降雨斜面安定性評価手法の概念図



(b) 現地斜面への適用結果

図1 新たに構築した降雨斜面安定性評価手法の概念図(左)と現地斜面への適用結果(右)

入力条件として降雨波形を与え、左側概念図の(1)に示すような降雨浸透流解析を行うことにより、地盤内における飽和率、毛管圧分布を算出する。次に同じく(2)に示すような斜面安定解析を行うことにより応力、ひずみ、局所安全率分布を算出し、局所的つり合いから計算される斜面の全体安全率から、崩壊危険度を評価する。

西南日本の特徴的な地質構造である四十万帯の崩壊堆積物の分布する斜面を対象に、新たな評価手法を適用した結果を右側図に示す。2011年台風15号の降雨を与えた場合に浸透流解析を行った結果から得られた地盤の飽和度分布をもとに、斜面安定解析を実施した。この結果、降雨の浸透開始から時間の経過とともに局所的には安全率が低下する。しかし、全体的には安全率が1.0を上回る結果となったことから斜面が安定と評価される。



図2 河川内土砂動態観測装置の概要

出水および通砂時における河川内土砂動態の時空間的な変化を把握するため、流下方向に観測装置(水質計・濁度計・自動採水装置)を複数設置。流下方向における水質および土砂組成をリアルタイムに把握し、下流域における土砂移動および統合モデルへのフィードバックを図るためのシステムを構築する。

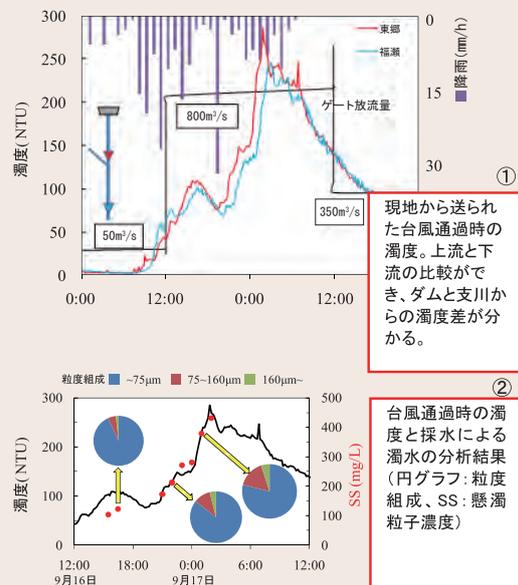


図3 台風時の河川内土砂動態試験観測結果

宮崎県二級河川耳川水系にて、本観測装置によるリアルタイムデータ配信の確認を行うとともに、2012年9月の台風通過時の水質変化についてモニタリングも実施し、十分機能することを確認した。採取した濁水は、室内にて土砂粒子の粒度や鉱物組成さらには水質特性を分析。流下過程で変化する微細土砂粒子の凝集特性や粒子の起源等を検討する。

重点(プロジェクト)課題 - 設備運用・保全技術の高度化

PCB汚染変圧器の簡易処理技術の実証

背景・目的

変圧器等の電気機器に微量のPCBが混入していることが2002年に確認された。混入が疑われる機器は多数存在するため、PCB混入の有無を調べる迅速かつ安価な測定技術や、汚染機器を効率的かつ経済的に無害化する処理技術の確立が求められている。

本課題では、微量PCB汚染変圧器の処理費用の低減を目指し、PCB測定技術の改良を図るとともに、機器内部のPCBを絶縁油で洗浄除去する加熱強制循環洗浄技術および課電自然循環洗浄技術の開発を行う。

主な成果

1 改良型PCBバイオセンサーの開発

当所が開発した、抗原抗体反応を利用してPCBを測定するバイオセンサーを改良した。微細な構造を有する基盤上に流路を構築し、絶縁油からのPCB抽出ならびに抽出したPCBの濃度測定を可能とする技術を開発した(図1)。この技術により、現行のPCBバ

イオセンサーの測定時間を3分の1程度(40分程度)、使用試薬量を10分の1程度まで改善できる見通しを得た。また、変圧器から採取した絶縁油について本技術と公定法*で測定したPCB濃度は良く一致し、本技術の測定精度が高いことが示された(図2) [V12005]。

2 PCB汚染大型変圧器のオンサイト式洗浄実証試験の実施

当所がPCB汚染変圧器の処理技術として開発中の加熱強制循環洗浄技術および課電自然循環洗浄技術について、電力10社、電源開発および日本原子力発電と共同でオンサイト(保管場所あるいは使用場所)での洗浄実証試験を実施した。保管場所での無害化を想定した加熱強制循環洗浄試験では、洗浄費用低減のため洗浄油温をこれまでの70℃から40℃に変更し、大型変圧器3台を

対象として実施した(図3)。一方、使用場所での無害化を想定した課電自然循環洗浄試験では、電力系統電源に接続した運転による90日間以上の洗浄を大型変圧器4台を対象として実施した。全ての試験において環境省の定めるPCB処理基準を満たす洗浄結果が得られ、これらの結果を環境省のPCB処理技術調査検討委員会に報告した。

3 PCB収支の解析によるPCB除去効果の確認

洗浄によるPCB除去効果の科学的合理性を検証するため、加熱強制循環洗浄技術および課電自然循環洗浄技術のオンサイト式洗浄実証試験において、洗浄前後のPCBの収支を解析し、PCB除去効果を見積もった。その結果、40℃の加熱強制循環洗浄により、洗浄前の大型変圧器の元油と部材に含まれていたPCBのうち99.2%から99.7%が除去されたと評価され、70℃の加熱強制循環

洗浄と同程度のPCB除去が可能であることが示された。また、課電自然循環洗浄では、洗浄前の大型変圧器に含まれていたPCBの99.3%から99.7%が除去された。以上、所期の目標とした99%以上のPCB除去効果が確認され、洗浄前の変圧器に含まれていたほとんどのPCBが両洗浄技術で除去できることが示された(表1)。

* 特別管理一般廃棄物及び特定管理産業廃棄物に係る基準の検定方法(平成4年厚告192号)の表第二(油中のPCB分析法)。

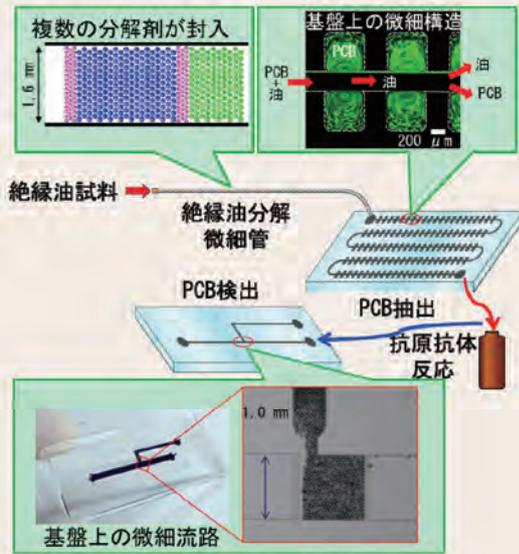


図1 微細加工技術を応用したPCBバイオセンサー
PCBは油分解剤を充填した微細管を経て、微細構造を有する基盤上の流路において絶縁油から抽出される。抽出液中のPCBは抗原抗体反応により微細流路を有する基盤上で検出される。

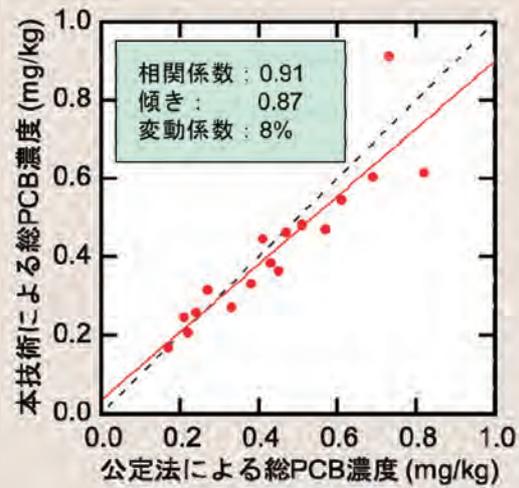


図2 微細加工技術を応用したバイオセンサーと公定法との相関

変圧器から採取した18種の絶縁油のPCB濃度を本測定法と公定法で測定した場合の相関を示す。今後、精度を高め、公定法としての認定を目指す。

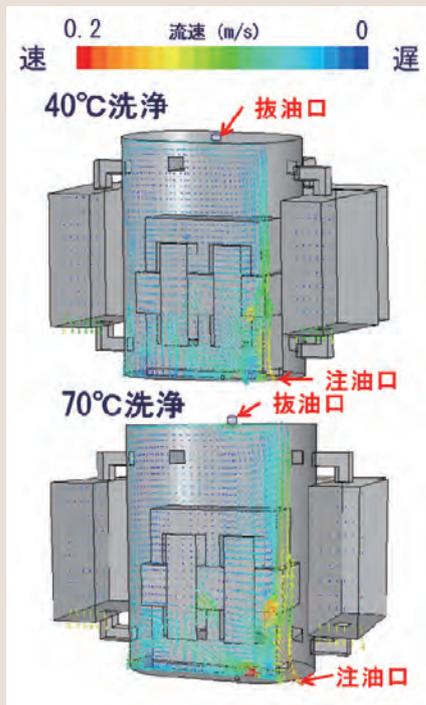


図3 洗浄油温が40℃と70℃の場合の加熱強制循環洗浄中の変圧器内の洗浄油の流れのシミュレーション結果

変圧器の油量14,000L程度、加熱強制循環洗浄時の洗浄油は流量250L/min程度で注入口から流入して抜油口から流出して循環する想定。機器全体に亘って流速に温度による大きな違いはなく、40℃でも洗浄油が変圧器内全体を循環していることがわかった。

表1 収支解析からのPCB除去効果の評価

変圧器容器等の面積あたりの付着PCB量や部材重量あたりに含まれるPCB量を測定し、容器等の表面積や部材重量から洗浄前後のPCB収支を解析した。収支から洗浄前の総PCB量に対して洗浄により除去されたPCBの量比を示した。

洗浄技術	試験場所	洗浄条件	除去率(%)
加熱	A	70℃ 加熱循環	99.1
	B		98.9
	C	40℃ 加熱循環	99.2
	D		99.6
	E		99.7
課電	F	90日間以上 課電循環	99.7
	G		99.7
	H		99.5
	I		99.3

重点(プロジェクト)課題 - 設備運用・保全技術の高度化

経年電力流通設備の維持管理技術の構築

背景・目的

高度経済成長期等に大量導入された電力機器の更新が今後大量に生じることが予想され、高経年化した電力設備に対して、改修や更新の平準化、費用対効果の考慮等の合理的な設備維持管理技術の構築が重要である。

本課題では、合理的な設備維持管理に必須な設備診断技術の高度化を図るとともに、設備更新計画の策定を支援するために、設備運用情報や機器信頼度等を評価軸に加えた設備更新計画策定支援ツールを提供する。

主な成果

1 地域性を考慮したストレス-強度モデルに基づく油入変圧器の確率論的寿命推定法の開発

絶縁紙の劣化度合いは変圧器の負荷履歴によって変化する。それに加え変圧器の絶縁紙に加わる短絡電磁力等のストレス(機械力)は、変圧器が設置されている場所の雷撃頻度や系統構成によって異なる。このようなストレスの地域性の違いと変圧器毎の絶縁紙の劣化の仕方の違いを確率分布として考慮し、ストレス-強度モデルに基づく確率

論的寿命推定法(図1)を考案した。絶縁紙の経年劣化による機械強度低下および最大短絡電流による電磁力から求めた必要な強度に基づく従来の推定寿命と、ストレス分布を考慮した推定寿命分布を比較した結果、ストレス分布を考慮することで、寿命の延伸が図られる可能性があることを示した(図2) [H12013]。

2 油入変圧器の保守計画に確率論的寿命推定を導入する場合のコスト削減メリットの解明

設備の事故実績や設備診断情報、変圧器の設置地域の雷撃頻度や系統構成等、より多くの情報の活用により寿命推定の高精度化が可能となり、設備更新計画策定支援ツールのより効果的活用が期待できる。日本全体で使用されている1万台程度の配電変電所用変圧器の経年分布を仮定し、変圧器数を

一定に維持する条件で運用する場合の、設備更新や診断のコストを含む所要コストの推移を既開発のツールを用いて評価した。その結果確率論的寿命推定の導入により、40%程度の保守費削減の可能性が示唆された[H12013]。

3 電力会社と連携した診断データの蓄積

設備更新計画策定支援ツールを有効に活用するためには実機器の診断データが不可欠である。変圧器やケーブルの診断データに関しては実際に設備運用している電力会社と連携しデータ収集を図ることが有効である。現在、変圧器、ケーブルに関して、電力

会社の現場における測定、および撤去品による劣化調査を行い、データの蓄積を進めている(図3)。これにより、設備劣化診断に関するデータベースを構築し、電力の現場で適用可能な診断技術の高度化と保守業務への活用を図る。

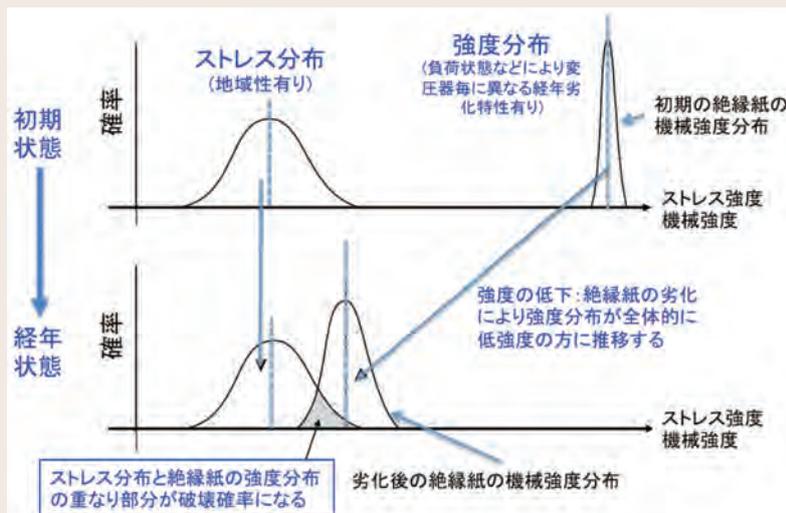
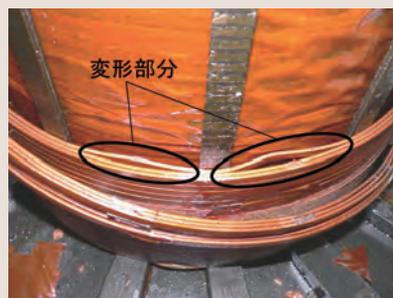
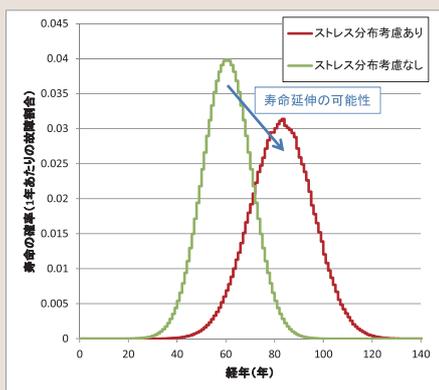


図1 地域性を考慮したストレス-強度モデルに基づく変圧器の確率論的寿命推定法

変圧器の絶縁破壊はストレス分布と強度分布の重なり部分で発生する。強度分布は経年で低下（図中で左方向に移動）するため、経年により破壊確率は増大する。一方ストレス分布には地域性があるため、設備の設置場所ごとに二つの分布の重なり度合いが異なり、地域ごとに寿命を評価する必要がある。

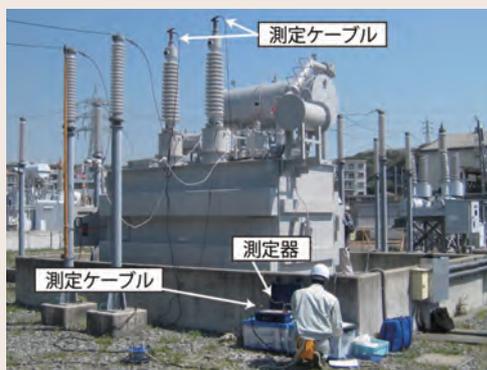


人為的に与えた短絡電磁力（機械ストレス）により変形した変圧器の絶縁紙巻線例

図2 短絡電磁力によるストレスを考慮した変圧器の寿命分布推定例

（絶縁紙平均重合度が450となる経年が平均60年、標準偏差10年の正規分布となるケース）

ストレス分布を考慮しない場合には、最大短絡電流で寿命が決まるが、設置地域ごとに異なる変圧器の短絡電流の大きさを考慮すると寿命延伸される可能性がある。



(a) 変圧器巻線異常診断測定



(b) ケーブル部分放電測定

図3 現場における測定の様子

設備更新計画策定支援ツールを活用するために必要となる変圧器やケーブルの実機器診断データを現場測定により蓄積する。

重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

経年鉄塔の健全性評価技術の開発

背景・目的

高度経済成長時代に設置された送電用鉄塔の経年劣化が進み、改修・建替等が必要となっており、その平準化・効率化が求められている。一方で、東北地方太平洋沖地震では、兵庫県南部地震を超える最大加速度が観測されており、このような高レベル地震動に対する耐震性能の把握も必要となっている。

本課題では、鉄塔の機能維持における腐食や疲労に対する余寿命評価手法・効率的な点検手法、および不同変位・地盤変状に対する安全性診断法を開発する。また、高レベル地震動に対する弾塑性挙動を考慮した耐震余裕度を明らかにし、経年鉄塔の合理的な維持管理の実現に資する。

主な成果

1 鉄塔鋼管部材の内面腐食量の評価

鉄塔鋼管内面の腐食メカニズム解明、腐食速度の定量化を目的に、当所横須賀地区臨海暴露試験場において、腐食環境測定装置を導入するとともに、ACMセンサ(大気腐食モニタリングセンサ)*1を用いた暴露試験を開始した(図1)。暴露試験では、鋼管内外および、鋼管内端部から中央部にかけての

ACMセンサ出力、温湿度を測定した。その結果、海浜環境では、地表近くの鋼管内腐食進行が高温湿潤期に比べて低温乾燥期に速く、かつ鋼管内の腐食進行が部材位置によって異なり、端部ほど腐食量が大きいことが明らかになった(図2)[Q12003]。

2 鋼管内面腐食用自動検査システムの適用性の確認

打撃および内視鏡点検に代わり、鋼管外面から内面腐食を点検する高効率で低コストな手法の開発を目的に、概略点検では高周波ガイド波法*2を用いたスクリーニングによる腐食の検知、また、詳細点検では適合型ウェッジ*3を用いた乾式超音波厚さ測

定法*4による腐食の定量化について検討した。鋼管径や部材厚さと信号応答性の関係等の測定条件に関する基礎検討を踏まえ、実鋼管部材内面の局所的な腐食に適用した結果、実用的な精度で検知可能であることが明らかとなった(図3)[Q12004]。

3 実送電用鉄塔の動態観測システムを用いたギャロッピング時の鉄塔応答の評価

実送電用鉄塔の動態観測システム(東京電力UHV鉄塔(福島県いわき市)に設置)において、低気圧通過時に発生したギャロッピング*5時の鉄塔部材の応答観測に成功した。データ分析の結果、ギャロッピングが4時間以上継続したこと、同程度の平均風速時の

風応答と比較すると電線張力で最大2倍以上、腹材の軸力で約3倍の振幅となることがわかった(図4)。これらギャロッピングの継続時間や部材の応答振幅等の実証データは、鉄塔の疲労寿命評価法の構築に活用される。

*1 環境因子により電気化学的に発生する金属の腐食電流を計測するセンサ。

*2 発電所配管の点検のために当所が開発した、部材厚さより短い波長の超音波により高周波ガイド波を発生させ、減肉を検知する方法。

*3 樹脂に代わり形状追従性がよく流動性のないゲルを用いた超音波探触子で、効率的に測定可能。

*4 一般的な超音波厚さ測定法と同等の測定精度を有し、接触媒質を用いずに測定できる方法。

*5 送電線に雪や氷が付着した状態で強風が吹いたときに発生する、送電線が上下に激しく変動する振動現象。



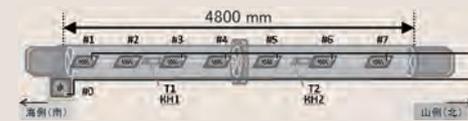
(a) 腐食環境測定装置 (2013年3月設置)



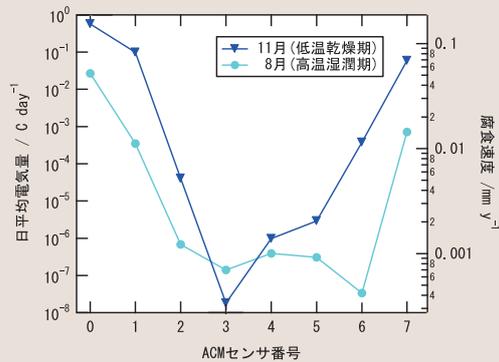
(b) 鋼管水平部材の暴露試験 (2012年8月開始)

図1 腐食環境測定装置・暴露試験装置

腐食環境測定では、気象(風向風速、日射量、温湿度、濡れ時間)、大気質(海塩、二酸化硫黄、降水量・導電率・pH)の観測を実施予定。暴露試験では、鋼管(水平材、腹材)を対象としたACMセンサによる腐食速度、鋼管内面の濡れ状態を測定している。



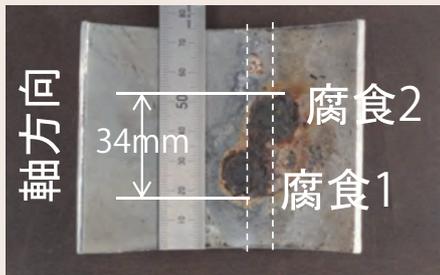
(a) 暴露試験における鋼管内外面のACMセンサ配置



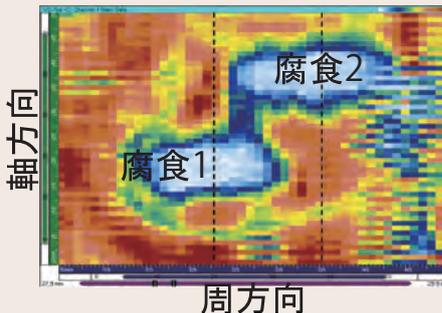
(b) 鋼管内外面の期別腐食速度

図2 鋼管内面腐食を対象とした暴露試験結果

鋼管水平部材の暴露試験の結果、外部、端部、中央部の順に腐食量が大きいが観察された。また、結露の発生によって腐食の進行に必要な水膜が形成されやすい低温期の腐食量が大きいが、腐食速度算出に有意なACMセンサの最小値は、 $10^{-5} \text{ C day}^{-1}$ (腐食速度換算で 0.003 mm y^{-1} に対応) である。



(a) 実鋼管腐食部材



(b) 乾式超音波厚さ測定結果

図3 鋼管内面腐食検査法の提案

鋼管の周方向にガイド波を伝搬させ、探触子を部材軸方向に走査することで部材全体の概略点検を行い、概略点検で見つかった腐食箇所の詳細点検として、適合型ウェッジによる乾式超音波厚さ測定を用いる方法を提案した。高周波ガイド波法、乾式厚さ測定法を腐食部材に適用した結果、切断調査結果にほぼ一致し、高精度に腐食範囲を同定できることがわかった。

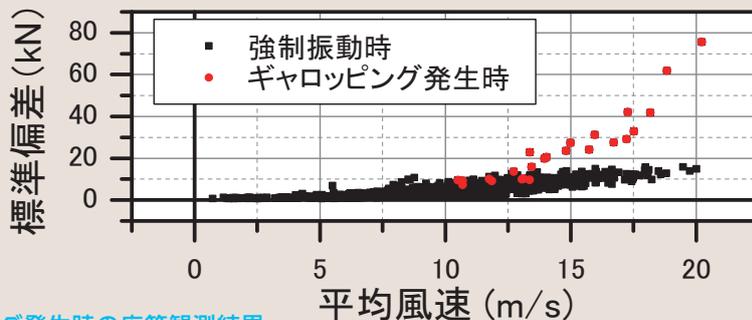


図4 ギャロッピング発生時の応答観測結果

「実送電用鉄塔の動態観測システム」を設置した東京電力UHV鉄塔において、ギャロッピング振動が発生し、ギャロッピング発生時の張力や腕金、塔体の主要構造部材の軸力等の応答値、およびビデオ画像を取得した。図4は、電線からの張力変動の影響を受ける腕金下パネル腹材の変動軸力と風速との関係を表す。同程度の平均風速時の風応答(強制振動時)に対し、ギャロッピング時では約3倍の振幅の軸力変動が発生した。

重点課題 - 次世代電力需給基盤の構築

微粉炭火力の燃料種拡大のための運用技術開発

背景・目的

微粉炭火力においては、これまであまり利用されていない低品位炭の活用等、燃料供給源の拡大が求められている。また、燃料多様化に伴い顕在化しているボイラ水冷壁管の硫化腐食に関する対策や、排煙・排水処理プロセスにおける微量物質排出抑制等、保守点検・環境対策コストの低減が求められている。

本課題では、低HGI炭*1(粉碎し難い石炭)、高燃料比炭(燃焼し難い石炭)等、今ま

で利用されていない石炭を対象に、既設微粉炭火力発電所における適正な粉碎・燃焼条件および混炭法等の利用指針を策定する。また、硫化腐食の対策技術として、硫化腐食環境評価ツールおよび安価な耐硫化腐食コーティング技術を開発する。さらに、排煙・排水処理プロセスにおける微量物質(水銀、ホウ素、セレン等)の挙動予測と排出抑制技術を開発する。

主な成果

1 低HGI炭の粉碎・燃焼特性の評価

実機と同じ構造を有する小型ローラミル(図1(1))を用いて、豪州産低HGI炭の粉碎特性を調べた。その結果、通常利用される微粉炭粒径まで細かく粉碎するためには、約2倍の粉碎動力が必要になることを明らかにした(図1(2))。また、ミルのメンテナンスコストに影響するローラの摩耗特性を把握するため、ローラ部に設置した金属試験片の摩耗による重量変化を測定した。その結果、低HGI炭を通常利用される微粉炭粒径まで細かく粉碎すると、瀝青炭の場合に比べ2倍程度摩耗量が増えることがわかった。なお、粉碎粒径を粗くすることで粉碎動力や摩耗

量を低減できることも確認した。

小型燃焼試験装置を用いて低HGI炭の燃焼特性を調べた。低HGI炭は揮発分が多く燃焼性が良いことから、粒径を粗くしても良好な燃焼効率を維持することができ、さらに石炭中の窒素分が少ないことから、NOx濃度も低く抑えられることを明らかにした(図1(3))。

以上の評価結果から、低HGI炭の利用に際しては、粉碎し易い石炭との混炭や粉碎粒径を粗くする等の方策が有効となる可能性が見出せたため[M12008]、実機適用に向け今後も継続して検討を進める予定である。

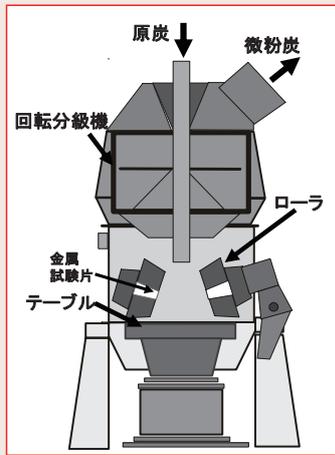
2 耐硫化腐食コーティングの耐食性能に及ぼす表面処理の影響解明

ボイラ水冷壁管の保守コスト低減に向け、低コストかつ簡便な耐硫化腐食コーティング技術の開発を進めている。コーティングの耐腐食性能に及ぼす、コーティング施工面の表面処理(1種、2種、3種ケレン*2)の影響を、基礎試験装置を用いて調べ、さらに実機において検証した。この結果、腐食層が残る2種ケレン処理面上にコーティングを施した場合、残存する腐食層が保護膜として

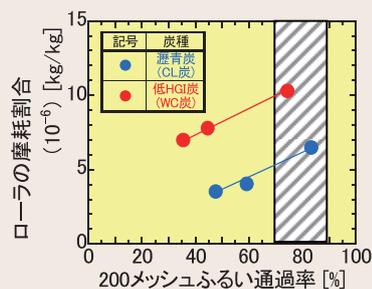
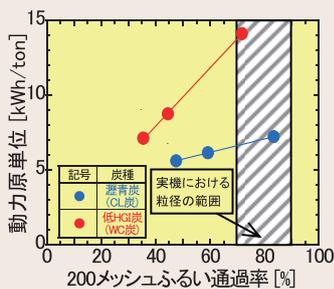
機能するため、腐食層を完全に除く1種ケレン処理面よりも、耐食性能が高いことが明らかになった(図2)。なお、表面の腐食物をブラシ等で簡単に落とした3種ケレン処理面でも耐食効果が確認されたが、腐食層の剥離によりコーティング層が喪失する懸念が残されている。今後も効率的な保守技術の確立に向け、実機での耐久性評価を継続する[M12006]。

*1 石炭の粉碎性を評価する指標として HGI (Hardgrove Grindability Index) が使われている。この数値が小さくなるほど粉碎しにくくなる。現在利用されている瀝青炭の HGI は 40~70 であり、40 以下の石炭炭を示す。

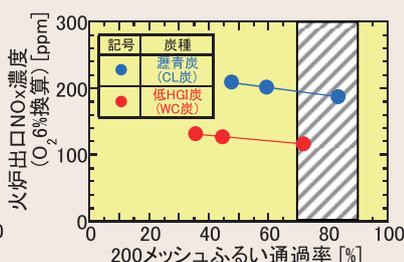
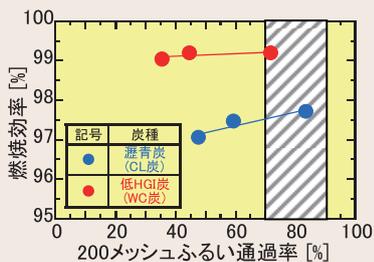
*2 付着物の除去、錆落とし等塗装を行う前の表面処理作業のことである。1種ケレンでは、金属表面が完全に出るまで、錆等を除去する。2種ケレンでは、金属表面が出る程度まで錆等を除去するが、一部錆等が残存する。3種ケレンでは、表面から浮き出た錆等をワイヤーブラシ等で除去する程度の処理であり、多くの錆等が残存する。



(1) 小型ローラミルの構造



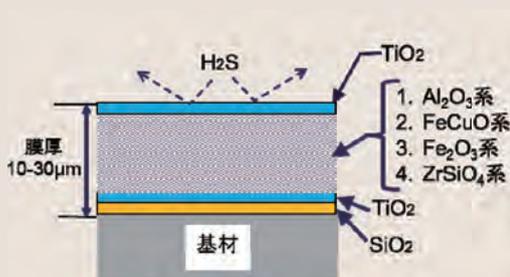
(2) 粉碎特性



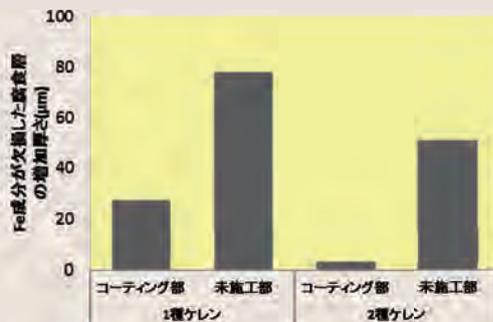
(3) 燃焼特性

図1 粉碎および燃焼特性に及ぼす粉碎粒径の影響

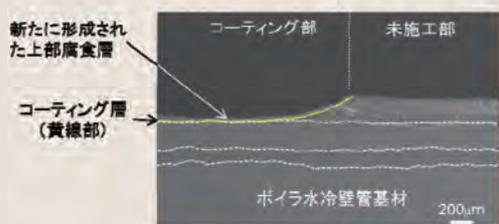
低HGI炭を通常利用される200メッシュふるい(75 μ m)通過率70%まで粉碎すると動力が約2倍と高くなる。低HGI炭は瀝青炭に比べてローラの摩耗量が約2倍多い。200メッシュふるい通過率が低くなるほど粒径は粗くなるが、粉碎動力は低減し、ローラの摩耗量は小さくなる。低HGI炭は燃焼性が良いため、粒径を粗くしても、その影響は小さく、微粉炭火力で利用されている瀝青炭(CL炭)より燃焼効率は高く、NOx濃度も低いことがわかる。



(1) 当所開発コーティングの構造



(2) 耐腐食性能に及ぼす表面処理(ケレン)の影響



電子顕微鏡写真は2種ケレン処理した表面上にコーティングを施した部分とコーティング未施工の部分の断面を比較している。未施工部では、新たに腐食層が形成されるのに対し、コーティング部では腐食層の形成が抑制されていることがわかる。

(3) 暴露試験後の2種ケレン部における断面の電子顕微鏡写真

図2 耐硫化腐食コーティングの耐食性能に対する表面処理(ケレン)の影響

コーティング層はガス遮断性、H₂Sに対する耐久性、石炭灰中のNa等の成分との反応性、膜の耐摩耗性を考慮し4層から構成されている。表面から二番目の最も厚い層の成分について様々な成分を検討している。実機石炭火力ボイラ水冷壁管にAl₂O₃系複合膜を施し、3700時間曝露した結果よりコーティングの効果を検証した。コーティング施工後に増加した腐食層の厚みを比較すると、腐食層を残した表面処理(2種ケレン)のほうが、腐食層を完全に除去した表面処理(1種ケレン)より新たに生じた腐食層が少なく、高い耐食性能を示すことがわかる。

重点課題 - 次世代電力需給基盤の構築

低品位資源利用技術の高度化

背景・目的

石炭火力におけるCO₂排出量削減策のひとつとして、バイオマスの混焼利用が進められている。しかし、既存の石炭ミルでバイオマスを粉碎すると、粉碎動力が増加する等の課題から、その混焼率は数%程度に留まっている。また、石炭火力の燃料種拡大策のひとつとして、褐炭利用が想定されるが、水分の高い褐炭は長距離輸送に適さず、これを乾燥させると強い自然発火性を示すため、褐炭を輸入利用する場合、脱水工程の高効率化に加

え、自然発火抑制といった技術課題を克服する必要がある。

本課題では、低品位資源(未利用バイオマスおよび褐炭等の非在来型化石燃料)の石炭火力での利用拡大を目的に、粉碎性や発熱量の改善が期待できる炭化燃料化技術、高効率な脱水を可能とするジメチルエーテル(DME)脱水技術を開発するとともに、種々の低品位資源に対する改質燃料の評価技術を確立する。

主な成果

1 木質バイオマスの炭化燃料化技術の開発

既設石炭火力での混焼率拡大を想定し、バイオマス炭化燃料化技術の開発に着手した。バイオマス炭化燃料の実際の発電所での利用を考えた場合、日量数百トン規模の炭化燃料が必要となる。このため、大容量クラスで実績のある間接加熱型キルン方式*1

の炭化燃料化実験設備を開発した(図1)。木質チップ(140kg/h、日量約3トン)を用いて試運転を行った結果、炭化温度300~600℃で安定的に炭化燃料化できることを確認した(図2)。

2 木質バイオマス炭化燃料の粉碎性評価

木質バイオマスの炭化燃料は、処理温度や時間により、燃料性状に大きな違いを生じる。このため、炭化燃料評価指標の一つである粉碎性に着目し、当所設置のローラーミルを用い石炭との混炭条件での試験を行った。その結果、炭化が進む(炭化度*2が大きくなる)と粉碎動力は減少し、炭化度58%程度での粉碎動力は、石炭単独の場合に比べ約

10%程度増加することがわかった(図3)。ただし、炭化度を大きくすると燃料中の揮発分は減少し、木質バイオマスが持っていたエネルギーは有効に活用されないことになる。このため、今後はエネルギー利用率の視点も併せて適切な炭化度の考え方を確立する必要があることがわかった。

3 DMEを用いた褐炭脱水技術の開発

褐炭の利用を拡大するためには、産炭地での改質を想定した高効率な乾燥、脱水技術の開発が大きな課題であり、DMEを用いた高効率褐炭脱水技術の開発を進めている。本技術の実用化における重要な設計データとして、褐炭を通過するDME流量と脱水率(脱

水水分と褐炭水分の重量比)の関係を基礎実験により明らかにした(図4)。実施した実験条件の範囲では、褐炭を通過するDME流量を増加させても、脱水率は大きく変化しないことから、脱水処理時間を短縮できる可能性が見出せた。

*1 炭化方式には、加熱用熱風ガスを原料に直接吹き付ける直接加熱型と、炭化容器を外部から加熱する間接加熱型がある。間接加熱型は、原料から発生する揮発ガスと炭化物を分離して取り出せる、炭化温度が制御しやすい、等の特徴がある。横置き円筒形の炭化容器をゆっくり回転させ、原料を均一に加熱する方式をキルン方式という。

*2 無水無灰基準における燃料中の炭素含有率、炭化温度の上昇等にもとめない増加する。

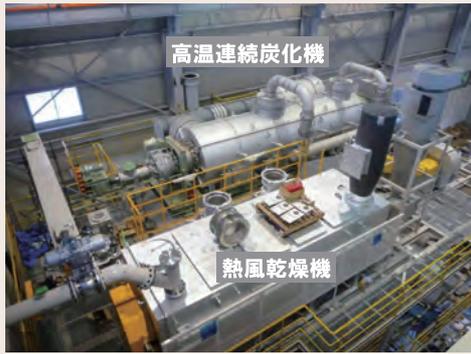


図1 炭化燃料化実験設備

乾燥機には2軸攪拌式の熱風乾燥機を採用し、脱水汚泥300kg/hの乾燥処理が可能。高温連続炭化機の内筒(炭化容器)には、耐熱、耐食性に優れたニッケル合金を採用し、高温(最高650℃)での連続炭化が可能。

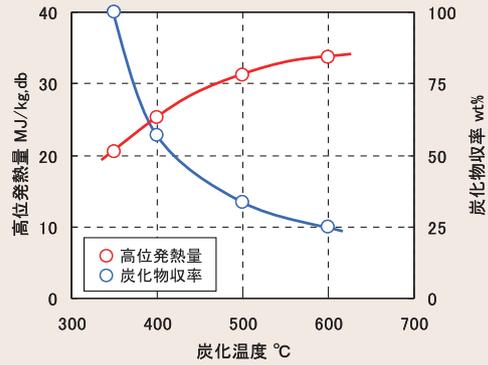


図2 炭化物の発熱量、収率と炭化温度の関係

木質チップ(水分50%、供給量140kg/h)を原料とする炭化燃料化実験結果。炭化温度の上昇に伴い、炭化物の発熱量は向上し、収率は減少する。炭化温度500℃で、発熱量は原料の約1.5倍となり、収率は原料の約1/3となる。

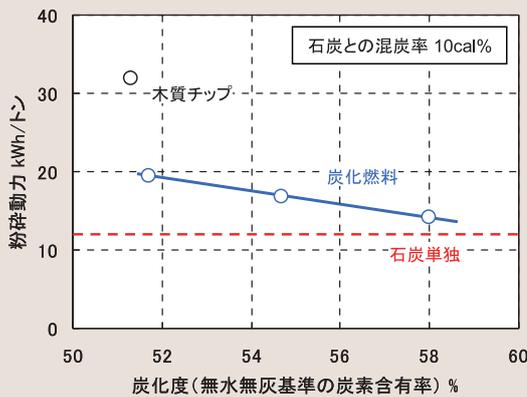


図3 炭化燃料と石炭との混合粉碎試験結果の一例

石炭に炭化燃料を10%混合(混炭)し、ローラーミルによる粉碎試験を行った。粉碎動力は石炭単独の場合に比べ、木質チップでは2倍以上となったのに対し、炭化が進むことにより粉碎動力は減少することが明らかとなった。

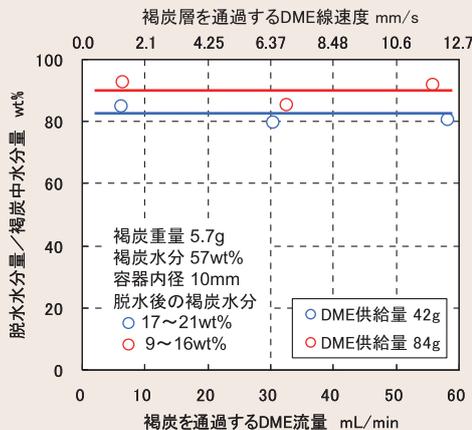
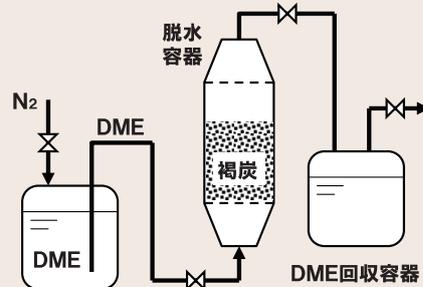


図4 褐炭に対するDME通過流量と脱水率の関係

褐炭を通過するDME流量を増加させ、褐炭とDMEの接触時間を短縮しても、脱水率は大きく変化しないことから、褐炭層を通過するDME線速度を10mm/s程度まで高めても、十分に褐炭の脱水が可能であることがわかった。



重点課題 - 次世代電力需給基盤の構築

IGCCの高度化と低炭素化技術の確立

背景・目的

高効率で環境性に優れた石炭ガス化複合発電(IGCC)技術は、電気事業にとって石炭火力発電の有力なオプションとなる重要な技術である。当所はIGCCのプロセス開発当初から研究に取り組み、勿来IGCC実証機の設計や運転条件の検討等を支援するとともに、次世代のIGCCで効率向上に効果的な乾式ガス精製技術の開発を進めている。さらに、発電効率の大幅な低下やコスト上昇等が課題となっているCO₂回収・貯留(CCS)技術に対し

て、これらの課題を解決する「CO₂回収型高効率IGCCシステム」を提案している。

本課題では、IGCC導入の早期実現に向けて、実証機の運転支援を行うとともに商用機の設計や運用を評価可能な技術を構築する。また、乾式ガス精製を適用したIGCCシステムについて、従来明確でなかった効率や経済性を評価する。さらに、CO₂回収型高効率IGCCシステムの基盤技術を確立する。

主な成果

1 IGCC実証機の運転支援と炭種適合性評価技術の構築

実証機試験炭を対象に、高温加圧下でのガス化反応特性基礎実験から実証機のガス化特性を簡便に予測することを可能とし、空気比等各種運転条件がガス化特性に及ぼす影響について感度解析を行った(図1)。得られた結果は、実証機炭種変化試験時の運転条件検討に反映された。また、ガス化炉の安定運転に重要な溶融スラグの挙動を評価する解析手法を構

築し、既開発のガス化炉数値解析技術とあわせて商用機に適用できる炭種適合性評価手法を確立した(図2)。さらに、実証試験で発生したガス化炉後流にある熱交換器の詰まりについてメカニズムの解明を進め、実証機での対策検討に活用された。これらを通じて実証試験の円滑な推進と目標の達成に貢献した。

2 乾式ガス精製システムの経済性評価

乾式ガス精製システムは、既存の湿式ガス精製と比較して反応器や熱交換器、ポンプ類の機器点数が少ないため、設備費を35%低減可能と試算された。一方、ハロゲン化物吸収剤等の薬剤にかかる運用コストが大きく

なるものの、熱効率の高い乾式ガス精製適用IGCCは湿式ガス精製を用いたIGCCよりも燃料費を削減できるため、発電コストを若干低減できる可能性があることがわかった。

3 CO₂回収型高効率IGCCシステムのための基盤技術の開発*

CO₂回収型高効率IGCCシステムのO₂-CO₂吹きガス化炉では、CO₂を投入することでガス化反応促進効果が期待できる一方、CO₂のモル比熱が大きいことから炉内温度が低下する等の課題がある。そこで、当所設置の3トン/日規模の石炭ガス化炉を用い、空気吹きの基本条件に対してガス化剤中CO₂濃度、酸素濃度、給炭量比(リダクタへ供給する石炭の割合)等を変えたガス化試験を行い、ガス化炉内の複雑な反応挙動を

実験的に明らかにするとともに(図3)、提案システムのガス化特性を予測する上で有用なデータを得た[M12005]。

脱硫設備で懸念される高濃度COからの炭素析出を抑制する技術として、CO₂と水蒸気を含むガスタービン排ガスを乾式脱硫装置の上流で石炭ガス化ガスに添加するシステムを提案し、模擬ガスを用いた実験検討により、炭素析出の抑制効果を確認した[M12001]。

* 本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの受託研究として実施した。

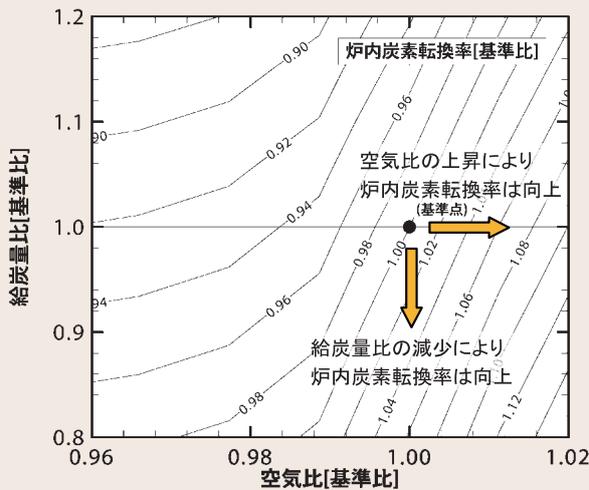


図1 IGCC実証機のカス化特性予測例

当所が開発した一次元カス化性能解析ツールにより、実証機のカス化特性を予測可能とした。本図は二つの運転パラメータ^{*1}に対するカス化特性の変化を二次元マップで視覚化したものである。ここでは、カス化機のカス化性能指標の一つである炉内炭素転換率^{*2}の予測結果を示す。

※1 空気比は、投入石炭量に対する空気量の割合。給炭量比は、各石炭バーナへの供給量の配分割合。

※2 炉内炭素転換率は、カス化機に入る炭素（投入石炭とリサイクルチャーの合計）のうち、生成カスに転換される割合。

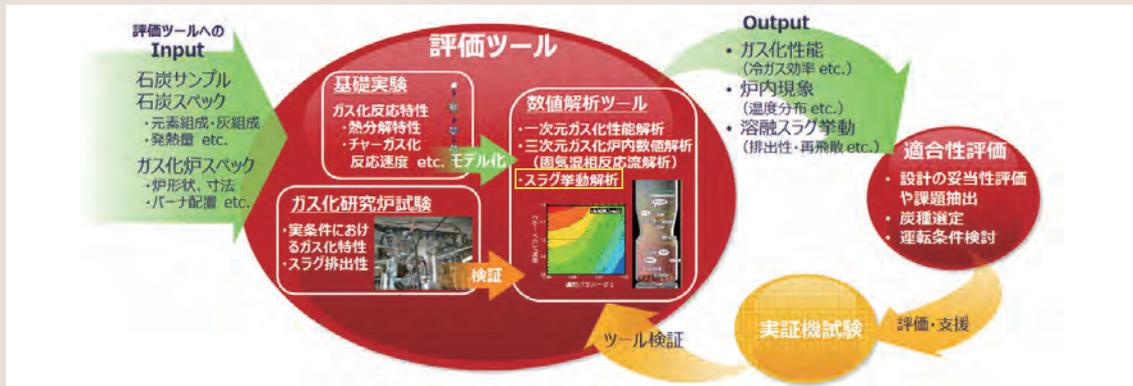


図2 IGCC炭種適合性評価手法の概要

石炭サンプルに対してカス化反応特性基礎実験を行い、実証機試験結果で検証された数値解析ツールを適用することにより、商用IGCCプラントにおける炭種適合性を評価する手法を確立した。一次元カス化性能解析ツールによりカス化特性の感度解析を行い、三次元カス化炉内数値解析ツールやスラグ挙動解析ツールにより炉内現象を詳細に予測する。

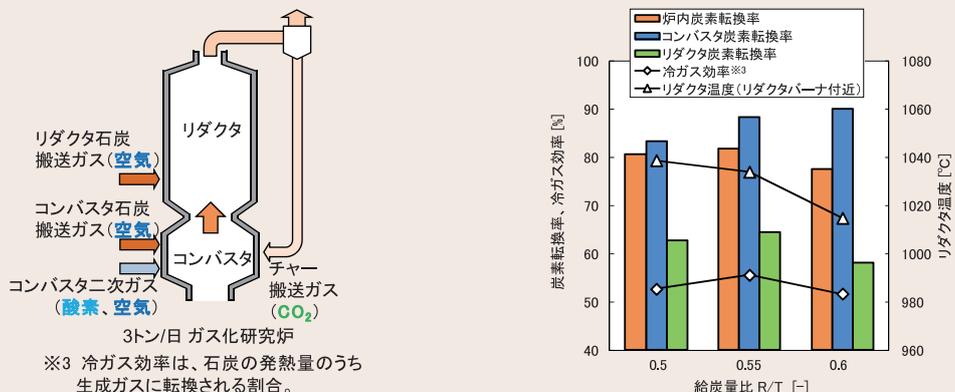


図3 搬送カスにCO₂を用いたカス化試験における給炭量比の影響

チャー搬送カスにCO₂を用い、空気比とコンバスタ温度を一定条件として、給炭量比 (R/T=リダクタ給炭量/全給炭量)を変化させてカス化試験を行った。R/Tの減少によりコンバスタ炭素転換率が低下する一方、リダクタでのカス化反応が促進されるという、R/Tに対するコンバスタとリダクタでの相反する反応挙動を明らかにした。

重点(プロジェクト)課題 - 次世代電力需給基盤の構築

太陽光発電大量導入時の系統セキュリティ評価

背景・目的

今後予想される太陽光発電(PV)をはじめとする分散形電源大量導入のもとでの系統事故時の系統安定性(系統安定度、周波数、電圧安定性等)の確保は重要な課題である。これまでPV大量導入時の系統事故が系統安定性に及ぼす影響の検討はほとんどなされておらず、影響評価、安定化対策の開発・実証が

重要な課題となっている。

本課題では、実験的な検証による系統事故時のPV用パワーコンディショナ(PCS)の特性解明とシミュレーション解析用モデルの開発により、事故時を含め系統安定性を確保するためのセキュリティ維持技術の確立に資する。

主な成果

1 PV大量導入時における電力系統への基本的な影響の実験的検証

従来の発電機とは系統事故時の挙動が異なるPVが大量導入された場合の基本的な影響を電力系統シミュレータで実験的に検証した(図1)。

その結果、発電機1と発電機2のみが連系された場合に比べ、発電機2と同出力のPV(新形PCS*1)が導入されたことにより発電機2が停止した場合の、発電機1の限界送電電力(安定に送電できる電力)は約2/3に低下するこ

とがわかった。2回線の送電線のうち1回線が開放された時、発電機2が連系されている場合には発電機1の動揺は収束するが、PVが接続されている場合には発電機1の動揺が発散し、不安定になっている(図2)。

また、275kVおよび66kV模擬送電線の長さ、PCSの台数、系統事故種別(1回線開放または3相地絡事故)等によりPCSが一時的に停止するケースがあることもわかった。

2 Y法シミュレーションによる系統事故等におけるPVの応答分析

系統事故時のPVの応答の把握に重要となる、①単独運転検出リレー(各種能動的方式)、②直流制御系、③機器保護、系統保護リレー、④PV制御系(不平衡事故対応他)、⑤電圧上昇抑制機能、を既開発のY法*2シミュレーション用PVモデルに追加した(表1)。

このモデルを用いたY法シミュレーションにより、66kV系統にて単独系統が形成された場合に、感電、機器の損傷等を引き起こすおそれのある単独運転状態をPVが判定する能力、PVが停止する様相を明らかにした(図3) [R12015][R12016]。

66kV系統に同期発電機がない場合には

単独運転を検出できる。しかし、66kV系統に同期発電機がある場合には、発電機が系統内の電圧を維持するため、条件によっては単独運転を検出できない場合がある。

三相短絡事故(3LS)の場合、主として単独運転検出リレーにより、事故発生から0.17秒以内にPVが停止した。一相地絡事故(1LG)の場合にも、主として単独運転検出リレーによりPVが停止したが、PVの導入量が少なく、単独系統へ移行する直前の系統内における発電量と負荷量が同じ大きさの場合、PV停止までの時間が長びく場合があった。

*1 2011年に新たに規格化された高速性と非干渉性を持つ単独運転検出能動的方式「ステップ注入付周波数フィードバック方式」を具備したPCS。

*2 当所が開発した電力系統動特性解析プログラム。日本の全電力会社において利用されている。

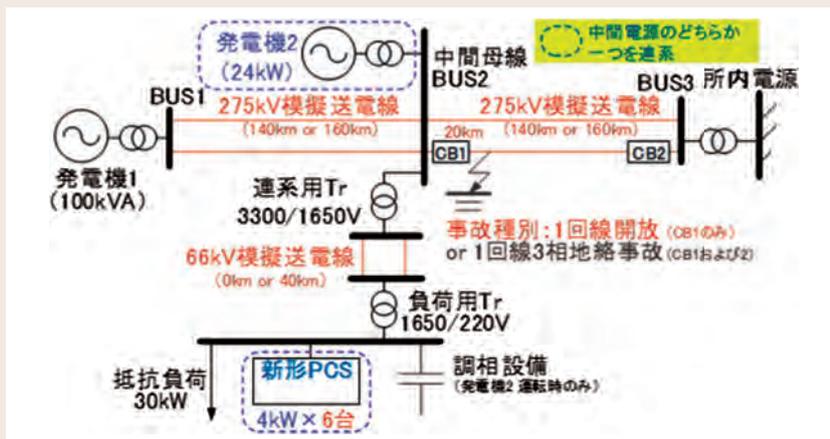


図1 電力システムシミュレータにおけるPV大量導入が電力システムへ与える影響評価試験システム

発電機1と発電機2のみが連系されている場合(PV導入前)と、発電機1とPV(新形PCS)のみが連系されている場合(PV大量導入後)について、275kV模擬送電線を1回線開放した場合の発電機1から安定に送電できる電力(限界送電電力)の大きさを比較した。また、送電線の長さ、PCSの台数等、各種条件を変更してPV大量導入の電力システムへの影響を実験的に評価した。

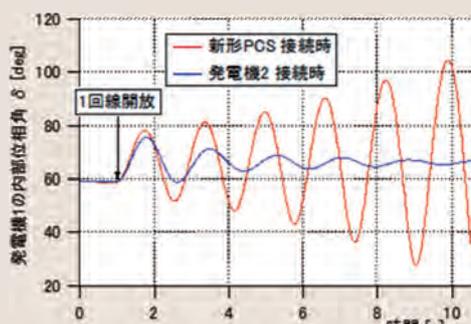


図2 PV大量導入時に電力システムが不安定になる電力システムシミュレータ試験結果(例)

発電機1の有効電力出力が54kWの時の試験結果例。発電機2が接続されている時は、発電機1の動揺が安定に収束し、PV(新形PCS)が接続されている時は、動揺が発散して不安定となった。なお、発電機2が接続されている場合は、発電機1の出力が84kWまで安定に運転可能となる。

表1 Y法シミュレーション用PVモデル

分類	具備している機能
事故時運転 継続性能	停止特性
	復帰特性
制御要素	④有効電力制御
	④無効電力制御
	②直流制御
保護要素 (機器保護・ 系統連系保護)	⑤電圧上昇抑制機能
	③過電圧リレー
	③瞬時過電圧
保護要素 (単独運転検出 リレー)	周波数リレー
	電圧位相跳躍方式
	周波数変化率方式
	無効電力変動方式
	①ステップ注入付周波数 フィードバック方式

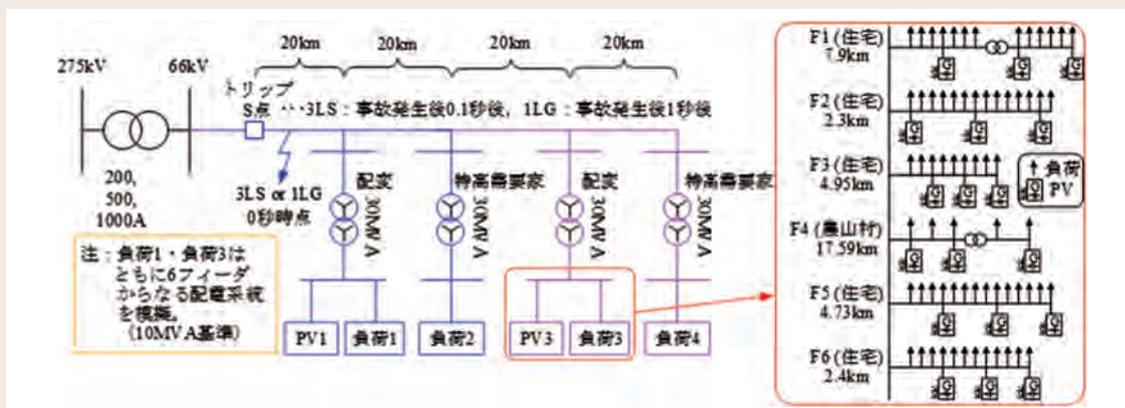


図3 Y法シミュレーションシステム

重点課題 - 次世代電力需給基盤の構築

次世代電力需給協調システムの開発

背景・目的

太陽光発電(PV)を中心とした再生可能エネルギーへの期待が高まっており、電力システムへの大量導入が見込まれている。このため、再生可能エネルギーの有効利用と大量導入時のシステムの電力品質、安全性、および安定性の維持を効率よく低コストで実現するための技術開発が求められている。

本課題では、電圧変動の抑制や事故時の保護協調等の配電線レベルでの基本技術を確認すると共に、分散形電源の有効活用技術を含めた需要サイドと供給サイドの連携による電力需給協調システム技術を開発する。

主な成果

1 二次送電システム事故時の単独運転防止技術の開発

PVの導入拡大により、配電システムのみならず、上位の二次送電システム(66kV)において事故が発生した場合に発生する可能性のある広範囲での単独運転*1を防止する技術の確立が必要である。そこで、広範囲での単独運転を想定し、回転型分散形電源(SG)が混在する条件でのPV用パワーコンディショナ(PCS)の単独運転検出特性*2を実証試験した。

その結果、SGが混在すると、PCSの単独運

転検出時間が伸びること、規定時間(3秒)内での検出の可能性は、SG容量に対するPCS容量が大きいほど、またSGとPCSの電氣的距離が長いほど高まることを明らかにした(図1)。さらに、PCSのXTAP*3用瞬時値モデルを開発し、PCSが単独運転検出を可能とする条件をシミュレーションにより明らかにした(表1 [R12020])。

2 配電線三相不平衡化の電圧管理への影響評価と対策技術の開発

PVに加え、ヒートポンプ式給湯機等の大容量単相機器の導入拡大により、高圧配電線の三相不平衡が増大し電圧管理が難しくなることが懸念されている。このため、当所既開発の不平衡解析プログラムに配電線電圧調整器(SVR)モデルを追加し、配電線電圧管理上の問題点と、有効なSVR制御方式をシミュレーション解析した。

その結果、従来のSVR制御方式では監視する相によって配電線電圧が適正範囲から逸脱したり、逆潮流を誤判定する場合のあることを確認した(図2)。対策として、三相合計の有効潮流と無効潮流から逆潮流を判定し制御モードを切り替える方式、等を提案し、有効性をシミュレーションにより確認した(図3、表2) [R12021]。

3 太陽光発電出力変化に応じた新しいPCS無効電力制御方式の開発

配電線へのPV導入量が増えると、電圧変動の抑制のために、応答速度の速い高コストの電圧制御機器(SVC)の必要容量が増大する可能性がある。そこで、SVRと協調してSVCの必要容量を低減するPV用PCSの新しい無効電力制御方式として、PCS出力の時間変化率に応じて無効電力を変化させる方式を考案

し、標準的な住宅地域配電システムモデルを用いたシミュレーションにより有効性を評価した。

その結果、考案方式によるSVC容量低減効果は、PV用PCSの力率一定制御方式で力率を0.97にする場合と同程度となるが(図4)、力率一定制御と比較して配電線路損失を小さくできることを明らかにした(図5) [R12012]。

*1 複数の6kV配電線を含むエリアでの単独運転のこと。

*2 2011年に新たに規格化された高速性と非干渉性を持つ単独運転検出能動的方式「ステップ注入付周波数フィードバック方式」の検出特性のこと。

*3 当所開発の瞬時値解析プログラム。

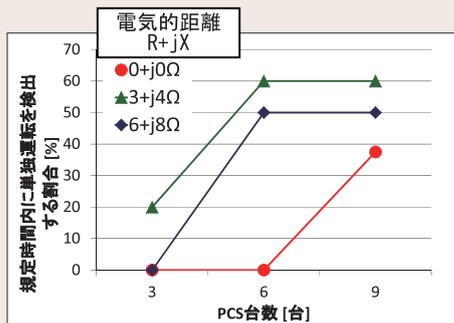


図1 PCS容量／SG容量、電氣的距離、単独運転検出頻度の関係

電氣的距離が大きく、PCS台数が多い場合と規定時間(3秒)以内にPCSが単独運転を検出する可能性が高くなる。(SG容量:150kW、無効電力変動方式、PCS容量:4kW／台、新型能動的方式)

表1 PCS容量／SG容量、電氣的距離、単独運転検出特性

(SG容量:2MW、能動信号なし、PCS:新型能動的方式) 規定時間(3秒)以内にPCSが単独運転を検出するためには、最小でPCS容量／SG容量=0.3(600kW)の新型能動的方式を具備したPCSの導入が必要となる。

PCS容量／SG容量	電氣的距離 [Ω]			
	0+j0	1+j1	3+j4	6+j8
0	×	×	×	×
0.3	×	×	○	○
0.4	○	○	○	○
0.6	○	○	○	○

表2 現状の制御方式と対策方式のPV導入率による比較

(PV導入率 = PV設備総容量／回線容量)

現状方式では、PV導入可能量が20%以下であるのに対し、対策方式では、60%まで可能である。

制御方式		PV導入可能率
現状方式	監視相AB	20%以下
	監視相BC	20%以下
	監視相CA	20%以下
対策方式		60%

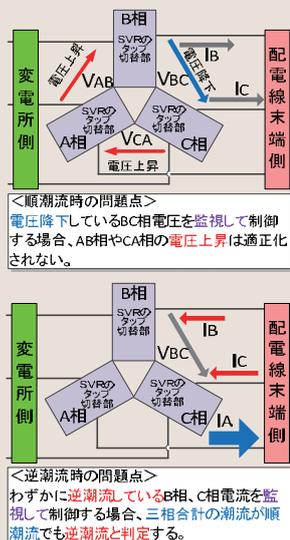


図2 現状のSVR制御方式の問題点

上図はSVR部が順調流時の問題点、下図は逆潮流時の問題点をそれぞれ示す。

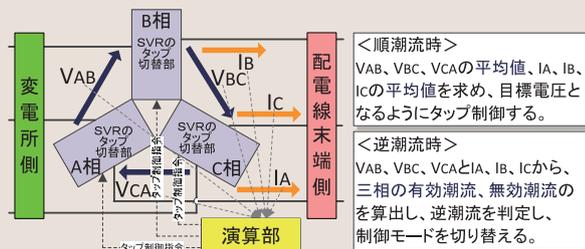


図3 不平衡対策制御方式

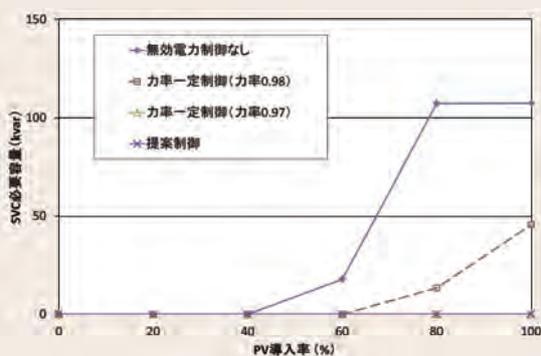


図4 SVC容量低減効果

(住宅地域配電線(約4km)の場合) 提案方式により、力率一定制御方式で力率0.97にする場合と同程度の効果が得られる。

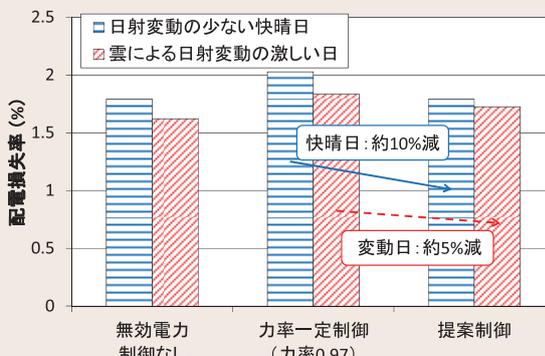


図5 配電線路損失への影響

PV導入率100%の場合の結果。提案方式の配電損失率は、力率一定制御方式と比較して、快晴日で約10%、PV出力変動日で約5%低減される。

重点課題 - 次世代電力需給基盤の構築

次世代通信ネットワークシステムの構築

背景・目的

電力用通信ネットワークは、発送配変電設備の運転自動化を主体に既に十分に整備されているが、スマートメータ等の需要家系通信や、流通設備の保全・監視系通信は整備が不十分である。また、系統保護制御関連の通信は独自方式で、汎用的なIP（インターネットプロトコル）等の通信方式に未対応である。

本課題では、配電・需要家用の通信ネットワーク、流通設備の保全・監視用センサネットワーク、汎用IP系技術に対応した広域系統監視・保護制御用通信ネットワークについて、既開発の要素技術を統合し、実用性を高めるとともに、設計手法や設計支援ツールを開発する。

主な成果

1 スマートメータ用920 MHz帯マルチホップ無線の通信特性評価

スマートメータ用マルチホップ無線^{*1}の一つとして注目されている920 MHz帯システムは、電波伝搬特性には優れるが、通信速度が遅いため、多数のメータ情報の収集には効率的な通信が必要となる。このため、オープンな仕様である国際標準通信プロトコルを用いる場合の通信特性計算プログラムを開発し、通信特性を評価した。互いに近接するメータに接続する方式では通信の衝突回避に起因

する送信待ち回数制限による影響が、遠方の端末に接続する方式では離れた端末間の電波干渉に起因する再送回数制限による影響が大きく現れることを明らかにした(図1)。通信特性を改善するためには、送信のタイミングや送信待ち時間、再送回数等のパラメータを設置環境に合わせて調整することが必要となる[R12004]。

2 遠隔光給電を用いた多点光センサシステムへの無線型センサの適用技術の開発

電力設備の高経年化対策や既存設備の有効活用のために、電力ネットワークをきめ細かく監視する送電線監視用センサシステムとして、遠隔光給電を用いた多点光センサ方式を提案している。既に有線型センサを用いた動作検証に成功しているが、さらに絶縁確保や監視範囲拡大のために無線型センサの適用方式を開発した(図2)。消費電力が大きい無線受信機を接続するため、光給電パワーを蓄電素子に蓄えて短時間のみ駆動す

る方式を導入した。また、一方的に計測値を送信するセンサの場合には、監視局にて送信タイミングを把握して蓄電素子の充電開始タイミングを適切に制御することで、データを効率的に受信できる方式を開発した。これらの方式と実用無線型センサを組み込んだシステムの試作・動作検証を行い、現地での電源確保が困難な場所でも遠隔光給電でセンサ情報を収集できることを実証した[R12014]。

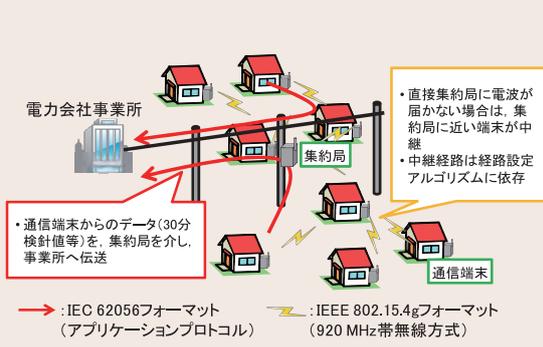
3 高精度時刻同期方式の広域IP系ネットワークへの適用性評価

電力系統の保護制御システムでは、系統状態量を精密に計測・演算するため、系統内の様々な箇所での計測タイミングを同期させる必要がある。このタイミング同期を簡易に実現するため、IEEE 1588として標準化されている時刻同期方式^{*2}の広域IP系ネットワークへの拡張適用性を評価した。既存のIP系ネッ

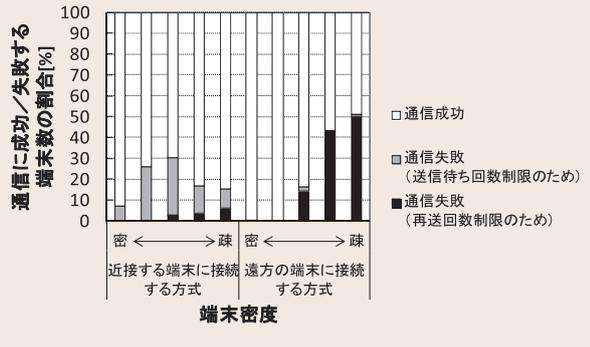
トワークに適用した場合は、同期精度が大きく劣化する場合や同期がとれない場合があるが(表1)、時刻同期専用のイーサネット型ネットワークに適用した場合は、保護制御用として十分な1 μ s程度の精度が得られることを実験的に確認した(図3)。

*1 近頃のスマートメータ同士が無線で通信することにより、各々のメータ情報をパケットリレー式に伝送するシステム。

*2 構内通信ネットワークを主な対象として1 μ s以下の同期精度が得られる。



(a)マルチホップ通信のイメージ



(b)通信成功率の評価結果

図1 スマートメータ用920 MHz帯マルチホップ無線における通信成功率の評価

(a)メータ通信用の国際標準プロトコルIEC 62056を組み合わせ、メータ側から自律的に情報を送信する場合について、通信端末から30分検針値を自律的に送信し、事業所で受信するまでの経過時間等を算出した。(b)近接する端末に接続する方式の場合は通信の衝突回避に起因する送信待ち回数制限による影響が、遠方の端末に接続する方式の場合は離れた端末間の電波干渉による再送回数制限による影響が出る可能性がある。

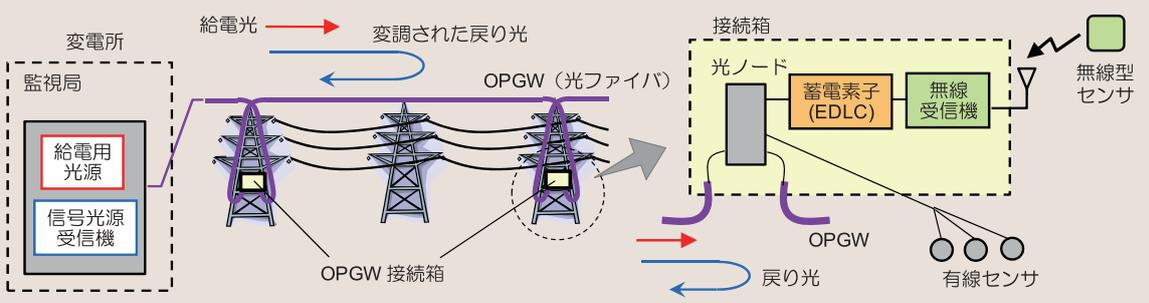


図2 遠隔光給電を用いた多点光センサシステムの無線型センサとの接続構成

監視局の給電用光源により遠隔の光ノードへ給電するため、現地の電源設備が不要である。無線型センサのように消費電力が大きい場合は、蓄電素子(EDLC;電気二重層キャパシタ)を用いた短時間の駆動方式により情報収集を可能にした。さらに送信専用タイプの無線型センサに対しては、送信タイミングを把握しEDLCの充電時間を制御することでセンサ情報取得を可能にした。

表1 IP系の既存通信装置(A)と時刻同期機構を実装した通信装置(B)を組み合わせた場合の時刻同期マスタースレーブ間の同期可能性評価

実際の広域通信ネットワークでは時刻同期機構を備えない従来型の広域イーサネットやIPネットワークが適用される場合もあるため、装置間の通信形態や時刻同期制御方式の適用性を机上および実機で評価した。時刻同期制御方式に適用制約がある場合や同期精度が数十 μ s以上に劣化する場合があることがわかった。

Bの時刻同期制御方式	Aの通信形態	
	1対1通信	1対n通信
集中制御方式	○	○
隣接制御方式	×	△
なし(既存通信装置のみ)	○	○

凡例) ○: 同期可 ×: 同期不可
△: イーサネット方式のみ可

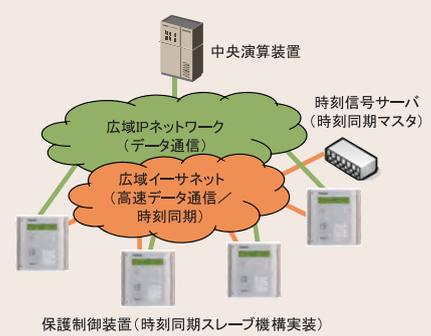


図3 広域IP系通信を用いたシステム安定化制御システムへの時刻同期方式の適用性評価

時刻同期方式が実装された通信装置(イーサネットスイッチ)を適用するとともに、保護制御装置にも時刻同期機構を組み込み、ネットワークを構成した。通信ネットワークにトラフィック負荷がかかっても1 μ s程度の同期精度を維持できた*。
*本研究の一部は新工エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの受託研究として実施した。

重点課題 - 次世代電力需給基盤の構築

日本型デマンドレスポンスの成立性評価

背景・目的

電気料金によってピーク抑制や負荷移行を促すような、デマンドレスポンス (DR) を活用する試みは、一部の電力会社でのピーク抑制型料金メニューの実験やスマートコミュニティ関連の実証事業等により開始されつつある。しかし、DRへの参加率や負荷削減幅、料金の変化に対する需要家の反応度合い等に関する知見は十分には蓄積されていない。

本課題では、ピーク抑制に加え、系統安定化等の新たな利用可能性を含めたDRの成立性に関し、受容性や費用対効果の面から評価し、料金メニューやサービスの多様化、再生可能エネルギーを含むエネルギー利用の全体最適化に関する知見を洗い出し、電気事業がDRに関して取り組む際に必要となる情報を提供する。

主な成果

1 オフィスビルを対象にしたDR制御の実証

実際のオフィスビルを対象として、電気設備を自動もしくは手動で制御する(自動DR制御、手動DR制御)手段が異なる2つのDRの実証試験を行い、需要家側の受容性や費用対効果を明らかにした。なお、自動DR制御に対し、手動DR制御では、例えば、エアコンの温度設定を手動で元に戻すことができる等緩やかな

方式となる。その結果、自動DR制御は、確実に負荷抑制できるが、制御に伴い執務者の作業効率が低下すること、手動DR制御は、実施コストが安く需要家側の費用対効果は高いが、負荷抑制効果にばらつきが見られ、現実性の向上が課題であること等がわかった(図1) [Y12025]。

2 業務・産業需要におけるBEMS／デマンド監視・制御装置のDR活用の可能性

導入が進みつつあるBEMS／デマンド監視・制御装置の使用方法を調査し、DRへの活用を検討した。震災後の節電のための装置の使用方法として、事前にデータ分析を行い、常時節電を立案・実施するタイプ(対策立案型)と、警報発生時の対応を中心に検討・実行するタイプ(警報対応型)があること

を明らかにした(表1)。また、需要家がDRを実施するために必要な行動と制御装置の果たすべき役割について調査した。特に、DR実施における電力会社やDRアグリゲータ等との通信や、DRメニュー検討・評価等、制御装置は重要な役割を担うことを指摘した [Y12022]。

3 太陽光発電(PV)大量連系時の系統電圧制御に対するDRの適用可能性

PV大量連系時における逆流による配電線の電圧変動対策としてDRを適用する場合の定量評価を当所の「配電系統総合解析ツール」を用いて行った。PVの連系率が概ね30%を超えると、DR発動が必要となり、負荷やPVの分布パターンによっても異なるが、発動日数や時間は連系率とともに増加する。また、分

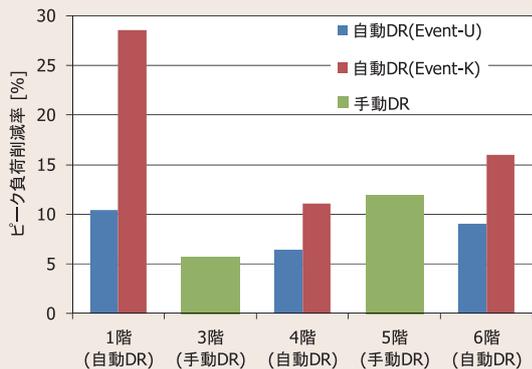
布パターンによる違いとして、高圧系統の後半部のみには負荷やPVが分布する方が均等分布の場合より日数・時間とも多くなることを定量的に明らかにした。さらに、従来の設備対策と比較することにより、DRの経済性(ブレークイーブンコスト)を算出した(図3) [Y12008]。

4 家庭用エネルギー管理システム(HEMS)の普及に関する課題とその動向

2001年度以降のHEMS実証試験等のレビューにより、HEMSの普及に向けた現状評価を行い、課題を抽出した。課題の中で特に重要なものは、省エネ効果の確実性と継続性、高額な導入コスト、省エネに対する需要家の意識の3つであることがわかった(表2)。需要家にとっての必要性や有用性は未だ不透明

な部分が多いものの、省エネ効果の確実性を高めるような仕組み(自動制御等)や施策(継続的かつ効果的な省エネ情報提供等)を確立する等により課題を解決し、HEMSの必要性や有用性を明らかにして、その存在価値を高めることと、需要家の理解を深めることが必要である [Y12011]。

その他の報告書 [Y12018][Y12021]



Event-K: 13-16時の空調設定温度を自動的に2°C上げる
 Event-U: 13-16時の空調設定温度を自動的に1°C上げる
 手動DR: 空調設定温度の引き上げ幅は執務者に任せる

図1 ピーク負荷削減率

横須賀市のある事業所(6階建)の例。1階の削減率が高いのは、1階のみ空調方式が非蓄熱式であり、制御前の消費電力が大きかったためである。蓄熱式を用いている3階以上の階では、自動DRでは設定温度の変更幅に応じた削減率が達成されている。手動DRでは、5階は削減率が自動DRと概ね変わらないのに対し、3階は小さい。手動DRは設定温度を変えられるため、一概には比較できない面もあるが、温熱環境変化に関する執務者へのアンケート調査から、自動DRの方が手動DRの場合と比べ、作業効率を低下させているとの回答数が多かった。

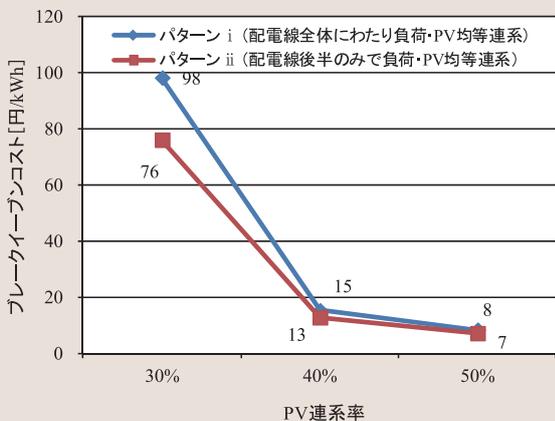


図2 DR対策時における経済性の試算結果 (対必要抑制kWh)

経済性(ブレークイーブンコスト)

$$= \frac{\text{DR導入により回避できる設備対策費}}{\text{適正電圧維持に必要な抑制電力量}}$$

ブレークイーブンコストは、DR対策によって回避可能な配電系統対策(静止型無効電力補償装置(SVC)の設置)費用を示しており、このコスト以下で電力会社および参加者負担のDRプログラム構築を実現できるか否かが、DRの経済性を判断する上での一つの目安となる。

表1 東日本大震災後の節電におけるBEMS/デマンド監視・制御装置の使用法の類型

業務・産業需要家に対する訪問調査(111件)と郵送調査(3,031件)により、DR実施のためのBEMS/デマンド監視・制御装置の活用方法を検討した。東京都・神奈川県に所在する50名以上の規模のBEMS/デマンド監視・制御装置を有する事業所を対象に、東日本大震災後の節電活動と装置の使用方法を調査した。対象事業所の2010年比の2011年のkW削減率は、最頻値で25%と大きかったが、装置の使用方法には違いが現れた。

類型	内容	需要家事例
対策立案型	装置の収集データを分析し、常時実施できる節電を中心とする対策を講じる	節電のための空調運転スケジュールを色々と試すうちに、デマンド警報発生に至らないことが分かった(大口、通信工事)
警報対応型	装置の警報が発生した際の対策を検討し、実行する	デマンド警報発令時の対応策を2011年夏に新しく作成した。自動停止は7月下旬と8月上旬に毎日発生していた。8月上旬は手動停止も実施した(大口、電子機器)
無関係型	装置と節電は無関係	もともと全社kWhで40%も節電しているのだから、デマンド警報など鳴るわけがない(小口、小売)

表2 HEMS普及への課題と課題解決に向けた現状評価結果

○: 解決済みまたは早期に解決見込み、△: 解決途上、
 ×: 解決可能であるか不透明、
 ※今回は需要家の視点での課題を抽出したため、通信規格等は除外している。

課題	内容	評価	
省エネ効果	分散はあるが、平均では10%程度の省エネ効果が見込まれる。しかし、すべてがHEMSによる効果であるか不透明。効果の継続性も不透明。解決への評価は△(解決途上)であるが、喫緊の課題である。	△	
コスト・メリット	導入コスト	費用回収年数や需要家の支払意志額に対して高額。	×
	既築住宅対応	配線工事等で壁をはがす必要がある場合がある。新築よりも導入コストが目につく。	×
	需要家メリット	メリットが不明確。需要家に伝わるような工夫が必要。	×
	付加価値サービス	魅力的なキラーコンテンツが必要。	×
ビジネスモデル	ビジネスモデルの確立	×	
省エネに対する需要家の意識	省エネ意識の向上、積極的な取り組み、継続性。	×	
技術・機能	快適さ	需要家ごとのカスタマイズ	○
	利便性	使い勝手の良さ	○
制度	助成	補助金などの支援	○
	個人情報保護とサイバーセキュリティ	個人情報流出の懸念。不正な制御による機器の破損や火災の恐れ。	△

重点(プロジェクト)課題 - 次世代電力需給基盤の構築

次世代ヒートポンプの開発と評価

背景・目的

ヒートポンプは、省エネルギー・CO₂排出削減技術として国内外で注目を集めており、国のCool Earth-エネルギー革新技术計画等においても、さらなる高性能化、低GWP(地球温暖化係数)冷媒の利用、様々な熱需要分野への適用拡大が推進されている。

本課題では、産業用乾燥や家庭用暖房・給

湯等の熱需要分野を対象に、イニシャルコストが低く、コンパクトで、エネルギー消費量が少ない、低GWP冷媒ヒートポンプの商品開発と性能評価を行う。これにより、ユーザーにとって魅力的で、かつ、省エネルギー・CO₂排出削減に優れた機器の市場への投入と普及促進に貢献する。

主な成果

1 高性能低GWP冷媒ヒートポンプの開発

寒冷地用温水式セントラル暖房システム^{*1}のボイラー代替熱源機器として、フロン系冷媒を用いた家庭用ヒートポンプ温水暖房機が市場に投入されている。しかし、外気温が低いと加熱能力とCOP(=加熱能力÷消費電力、ヒートポンプの効率の指標)が大幅に低下することや、ボイラーのような70℃以上の温水

が供給できないことから、本格的な普及には至っていなかった。そこで、フロン系冷媒ヒートポンプの上記の欠点を克服し、寒冷地でも高性能を発揮する2元ヒートポンプサイクルを採用したCO₂冷媒による家庭用ヒートポンプ温水暖房機を、電力会社およびメーカーと共同で開発・商品化^{*2}した(図1)。

2 家庭用ヒートポンプ給湯機の性能評価

省エネルギー・CO₂排出削減基準の策定に向け、家庭用ヒートポンプ給湯機を対象に、当所のヒートポンプ性能評価試験設備を用いて年間を通じた性能評価試験を実施した。これにより、ユーザーの生活習慣や家族構成等によって異なる給湯負荷や、設置地域・季節によって異なる外気の温・湿度等を考慮した、機器の加熱能力やCOP等に関するデータを取

得した。

また、家庭用ヒートポンプ給湯機の一層の高効率化に向け、ヒートポンプの効率に大きな影響を及ぼす貯湯タンク内の温度分布を、簡便な出湯モデル、給湯モデルならびに実験結果に基づく放熱モデルで構成した熱伝導解析で求める手法を開発し、標準的な給湯試験結果によりその妥当性を検証した[M12003]。

3 ヒートポンプ開発試験設備の設計・製作

業務用の各種ヒートポンプに加えて、産業用の蒸気製造ヒートポンプや熱風製造ヒートポンプ等の開発と評価が可能な国内唯一の設備として、「ヒートポンプ開発試験設備」の

設計・製作・設置工事を行い、2013年度下期からの本格運用開始を目指して試運転調整を開始した(図2)。

*1 屋外設置の熱源機器(灯油ボイラーや電気ボイラー等)と、屋内設置の温水パネルとを組み合わせた暖房システム。快適性や安全性の観点から、寒冷地において普及が進みつつある。

*2 北海道電力とサンデンとの共同開発品。

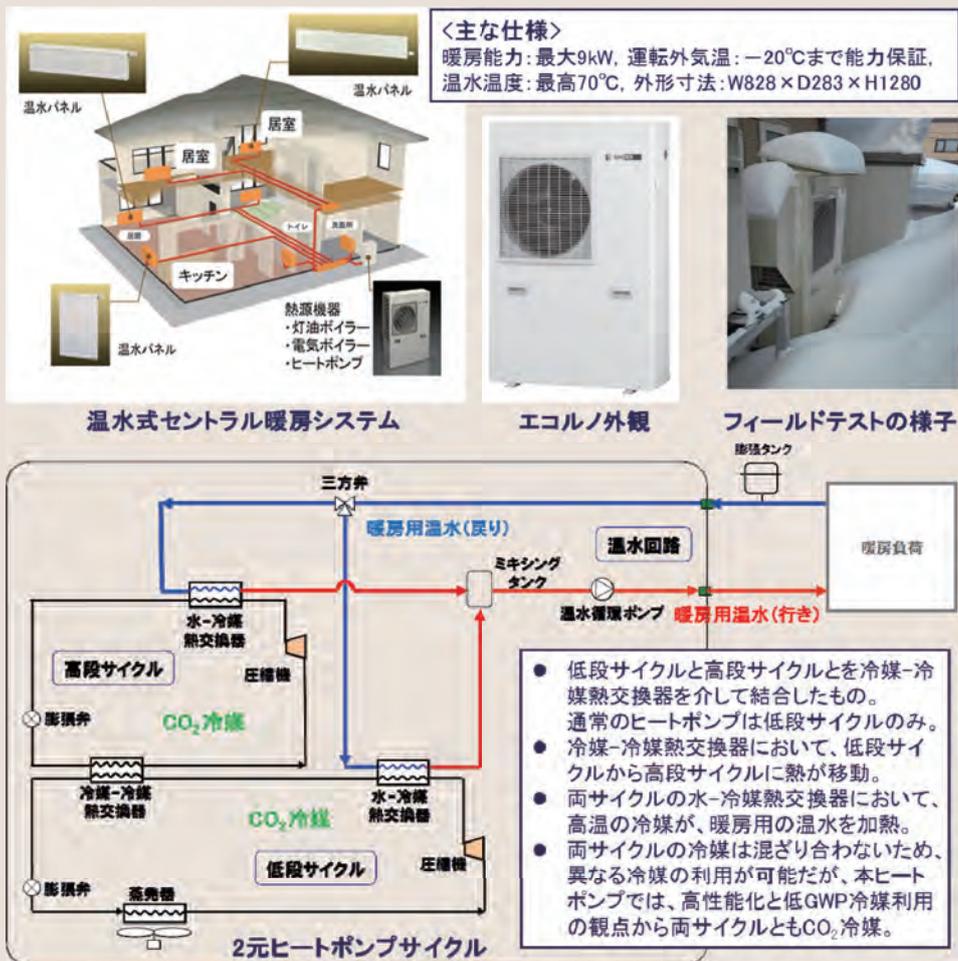


図1 寒冷地向け家庭用CO₂冷媒ヒートポンプ温水暖房機の概要
サンデンが2012年5月に販売を開始。商品名はエコルノ(ecoruno)。

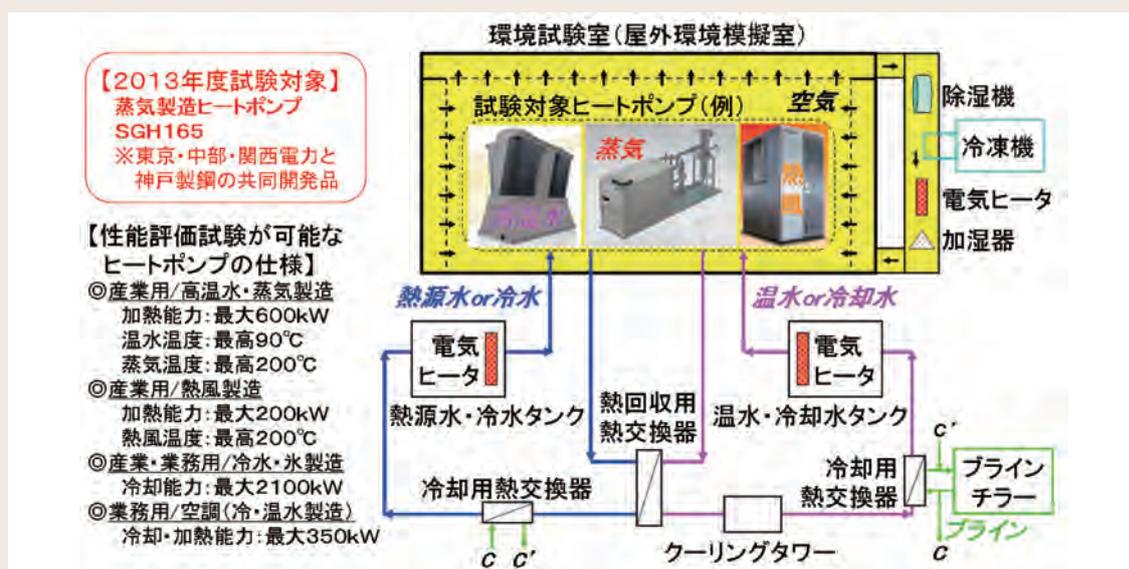


図2 ヒートポンプ開発試験設備の概要
産業・業務用の各種ヒートポンプの開発・評価装置として、2013年度上期に完成予定。
図中の写真は、左から、東芝キャリアのCAONS、神戸製鋼所のSGH、前川製作所のエコシロッコ。

重点(プロジェクト)課題 - 次世代電力需給基盤の構築

高性能パワー半導体SiCの開発

背景・目的

再生可能エネルギー大量導入に対応する基幹・配電系統安定化、さらには連系強化・広域運用に対応するために、電力制御装置の低損失化、高電圧化が必要である。SiC半導体技術は、小型・低損失の電力制御装置を開発できると期待されているものの、現状では、小容量素子が家電等一部の製品に採用されているにすぎない。大容量SiC素子の開発には、SiC単結晶薄膜の厚膜化や低欠陥化(高品質

化)が不可欠である。これまでに、当所が独自開発したSiC結晶成長装置を用いて、高電圧系統に利用が可能な耐電圧13kV相当の高耐圧素子に適用可能な厚膜かつ高純度のエピタキシャル(エピ)膜の作製に成功した。

本課題では、生産現場において適用可能な厚膜・低欠陥SiC単結晶の製造技術を開発することで、高電圧・大電流SiC素子の実現を目指す。

主な成果

1 高速エピ膜形成プロセスの最適化

SiC素子の大容量化を実現する厚膜かつ高品質のSiCエピ膜を生産するために、種々の欠陥を低減して*1SiCエピ膜を得る結晶成長技術について、高い成膜速度で行うためのプロセスを開発した。数10 $\mu\text{m}/\text{h}$ の高速SiCエピ膜結晶成長において、Si原料ガス(SiH₄)の分圧を下げる、または原料ガスに塩化水素を添加することで、結晶成長時に生成する積層欠陥を大幅低減できることを明らかにした(図1)。また、基板の結晶成長面の角度を調整す

ることで、エピ膜内の転位と点欠陥の低減を両立することに成功した。これらの成果により、面積1cm²(電流100 A以上に相当)のSiC素子を作製可能とするレベルまで積層欠陥密度と転位密度を減少することができ、加えて、当所が開発した格子間炭素拡散処理*2を施すことによって十分なキャリア寿命*3を実現可能(高電圧素子を作製可能)なレベルの点欠陥密度が低いSiCエピ膜を得た。

2 SiCの品質向上のための転位挙動の解明・制御

SiC素子の劣化要因を削減するために、転位制御の高度化に向けた欠陥挙動の解明と観察技術の開発を行った。当所が開発した高温熱処理による基底面転位転換法*4において、熱処理温度を高めること、ならびにAr中高温熱処理前にエピ膜表面にイオン注入を施した後に再度エピ膜を形成することによって、貫通刃状転位(TED)への転換率を向上させてエピ膜内の基底面転位密度を大幅低減できることを解明した(図2)。また、平面

フォトルミネッセンス(PL)観察によるTEDのバーガーズベクトル*5の判別、ならびに断面PL観察による厚いエピ膜内でのTEDならびに貫通せん転位(TSD)の伝播方向を可視化することに成功した(図3、4)。これらの転位観察技術は、TEDとTSDの挙動制御をより正確に行うことを可能にするため、さらなる結晶品質の向上による高性能な素子の開発が期待できる。

*1 今回対象とした欠陥は、それぞれ、SiC素子の電気特性を低下させる8H型積層欠陥を10³cm²から0.1cm²に、パイポーラ型SiC素子の動作時における通電特性劣化を引き起こす基底面転位を0.09cm²に、キャリア寿命を低下させる点欠陥(Z_{1/2}センター)を1×10¹²cm⁻³に低減した。

*2 格子間炭素拡散処理: 格子間炭素をSiCエピ膜表面から導入して、その後にSiCエピ膜深部に熱拡散させることで、炭素空孔型欠陥を消滅させる方法。

*3 平衡状態よりも過剰な電子と正孔が消滅するまでの時間を表し、高寿命にすることにより低損失通電を得ることができる。

*4 高温熱処理による基底面転位転換法: 1800-2000℃程度のAr中高温熱処理によって、SiCエピ膜内の基底面転位を通電特性の劣化要因とならないTEDに転換する方法。

*5 転位線の周りの原子の不一致の向き。

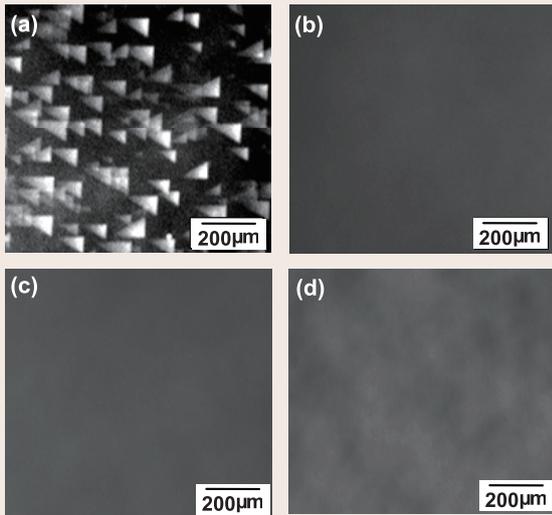


図1 SiCエピ膜のPLマッピング像

(a)成長圧力40Torr/H₂ガス流量40slm、(b)40Torr/H₂ 60slm、(c)30Torr/H₂ 40slm、(d)200Torr/H₂ 40slmに塩化水素を流量3slm添加にて得られた4H-SiCエピ膜のPL像。PL像はバンドパスフィルタ450nmを通して観察した。(a)における三角形状のコントラストはSiCエピ膜内に存在する8H型積層欠陥に対応し、(b)、(c)、(d)では8H型積層欠陥が観測されない。[slm: standard liter per minute(標準状態でのガス流量)]。

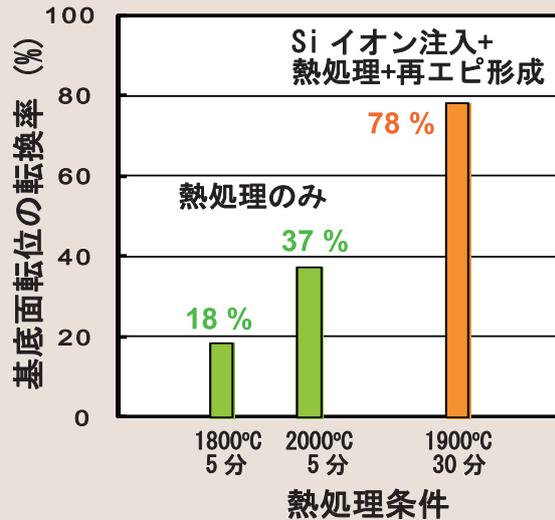


図2 Ar中高温熱処理における基底面転位の転換率

Ar中での高温熱処理による基底面転位転換法において、熱処理温度を2000°Cにまで高めることや、エピ膜表面にイオン注入を施してから高温熱処理を行った後にエピ膜を再度形成することによって、基底面転位の転換率を向上でき、エピ膜内の基底面転位密度を大幅に低減できる。

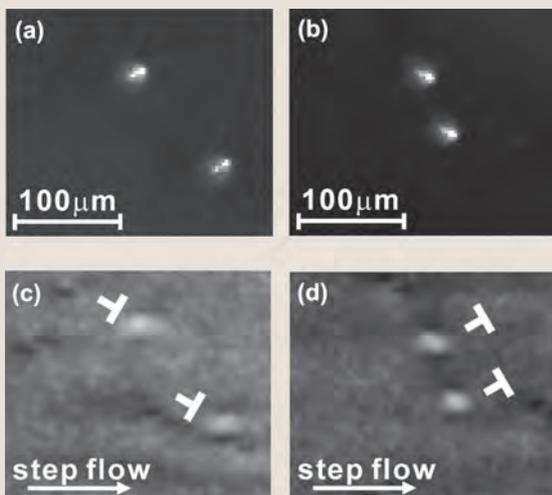


図3 2種のバーガーズベクトルを有するTEDの(a)、(b)平面PL像と、(c)、(d)それぞれに対応する放射光X線トポグラフィ像

(a)、(b)のPL像は、バンドパスフィルタ900 nmを通して観察。(c)、(d)内の「」印はTEDが形成する余剰原子面の向きを示し、放射光トポグラフィ像から判別される。(a)、(b)において、TEDが形成する余剰原子面の向きに対応してPL像が変化することが確認され、PL観察によってもエピ膜内のTED余剰原子面の向きを判別できることを示した。

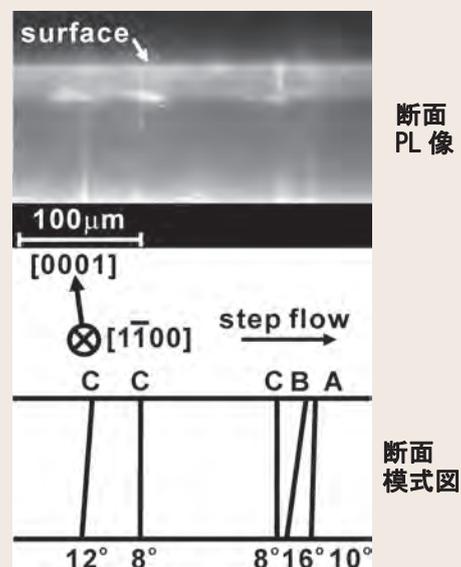


図4 4H-SiCエピ膜の断面PL像と模式図

断面模式図におけるAとBはTED、CはTSDに対応し、角度はc軸[0001]からの傾きを示す。断面PL像において、厚いエピ膜内でTEDとTSDが表面に向かって傾斜角を有しながら伝播の様子を直接観測することに成功した。

重点課題 - 次世代電力需給基盤の構築

高性能二次電池評価技術の確立

背景・目的

大容量の二次電池は、太陽光発電や風力発電導入時の系統安定化等への展開が期待されている。しかし、二次電池を長期にわたって運用するためには、その寿命特性を把握することが重要である。

本課題では、高いエネルギー密度と充放電

効率が期待できるLiイオン電池の非破壊で高精度な電池寿命評価技術を確立するために、電極挙動に関する計測手法の開発と解体分析での検証により、電池容量低下要因を明らかにする。また、より安全かつ低コストな次世代電池の適用可能性を探る。

主な成果

1 疑似参照極導入による電池容量低下時の電極挙動計測手法の開発

Liイオン電池では、充放電に伴い正・負極の電位が変化するため、その差として得られる電池電圧の計測だけでは、個々の電極反応挙動を捉えることが難しく、電極挙動の変化による容量低下要因の解明に十分な情報は得られない。そこで一定の電位を示し、かつ電池特性に影響を与えない疑似参照極の

導入法を開発した(図1)。当所試作の全固体型リチウムイオン電池に疑似参照極を導入し、検証した結果、500サイクル(運転期間約1年)以上安定に動作し、サイクル経過に伴い負極低電位部の利用容量の減少とともに、放電末期の正極電位が上昇することがわかった(図2)。

2 解体分析による電池容量低下メカニズムの解明

容量低下メカニズムの解明のために、市販Liイオン電池(Mn系正極、炭素系負極)を容量低下後に解体分析し、電極挙動結果と比較した。対極にLiを用いた正・負極の容量測定、および化学分析による負極での不可逆なLi消費量を定量的に比較し、サイクル寿命試験前後での正・負極容量および正・負極運用範囲の変化を見積もった。その結果、本電池では、負極での不可逆なLi消費により放電終

了時での正極電位が上昇して正極の運用範囲が狭くなる*ことがわかった。また、電池を高温で運転した場合に電池容量低下が増大する要因については、正極活物質の劣化が増大の要因となるが、負極活物質の劣化の影響は小さいことを確認した(図3)。この結果、劣化後の電池の容量低下は、正極運用範囲が狭くなることと正極活物質の劣化でほぼ説明できることを明らかにした。

3 高安全・低コストを目指した全固体型Na電池の試作

Liイオンの代わりにNaイオンを充放電時に用いるNa電池は、既存のLi電池と比べて資源制約が小さく、様々な構造の正極を合成・利用できる可能性がある。これらの長所に加え、揮発性のある有機電解液を固体電解質に変えて安全性の改善も目指した全固体型Na電池の成立性を検討した。正極に NaCoO_2 、負極にNaを用いた試作電池に

おいて、ほぼ設計通りの初期充放電特性を得ることに成功した(図4)。また、資源制約のあるCoに代わる遷移金属(Ni、Fe)を用いた材料についても正極として動作可能であることを確認し、次世代の低コスト、高安全な電池系として有望であることを示した[Q12011]。

* 運用範囲を充電時と放電時の電位差として考えると、放電終了時の電位が上昇すると充電末期との電位差が小さくなり、運用範囲が狭くなる。運用範囲が狭くなることにより、供給できるイオン量が減少するため、電池容量低下の要因の一つとなる。

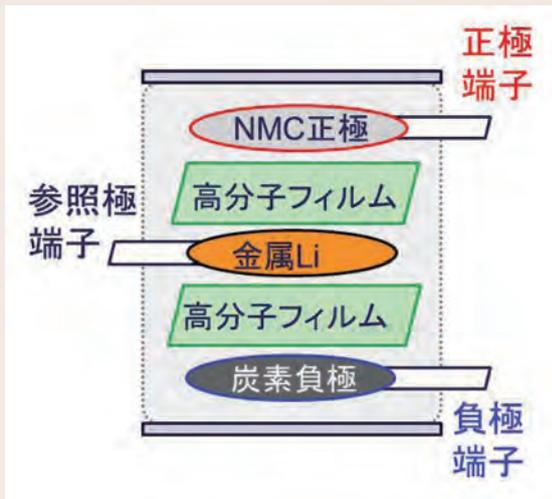


図1 擬似参照極を導入した全固体型リチウムイオン電池

正極(LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂:NMC)、負極(炭素)極間に、電極と等しい面積の金属リチウム(擬似参照極)を導入する手法を適用することにより、均一な電気化学反応を実現し、充放電時の個別電位、各界面インピーダンスが把握可能であることを確認するとともに、長期運転試験に適用できることを明らかにした。

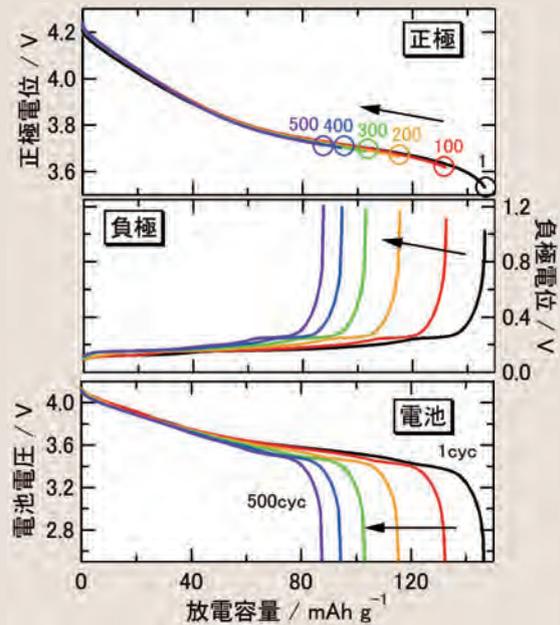


図2 充放電サイクル時の正・負極電位変化

擬似参照極を用いて当所試作の全固体型リチウムイオン電池の長期サイクル試験を行い、電池電圧と正・負極の電位変化を解析した結果、500サイクル(運転期間約1年)以上安定に動作すること、容量低下とともに放電終了時の正極電位が上昇することを見出した。

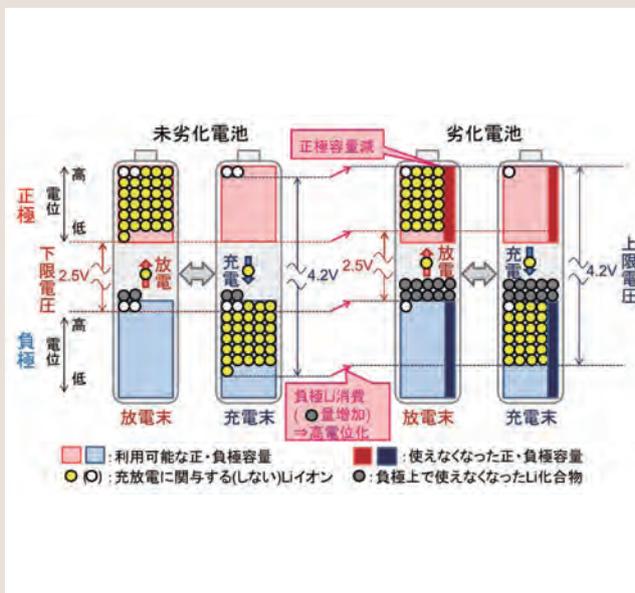


図3 電池解体分析から推定される電池容量低下メカニズム

リチウムイオン電池の容量は正極から供給され、正・負極間を移動するリチウムイオン量(●)で決まる。電池の容量低下は、正極から供給されたリチウムイオンが負極上で不可逆的に消費されること(●の増加)と、正極活性物質の劣化(■部分の使えない正極量の増大)で説明できることを明らかにした。電池容量低下時の放電終了時の正極電位の上昇は、このうち負極上での不可逆なリチウムの増加量が正極活性物質の劣化量より大きいため、放電末期に正極に供給できるリチウムイオン量が少なくなることにより説明できる。

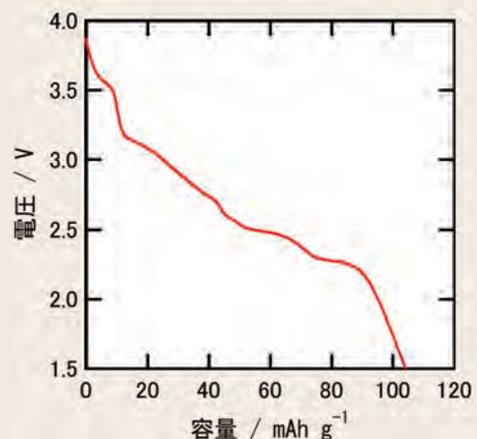


図4 試作した全固体ナトリウム電池の放電挙動

正極にNaCoO₂、負極に金属ナトリウム、電解質にポリエーテル系固体電解質を用い、60℃の運転温度で設計容量110mAhg⁻¹に近い放電容量が得られた。

重点課題 - 次世代電力需給基盤の構築

電化厨房の省エネルギー性評価

背景・目的

電化厨房は、燃焼ガスの発生がない、調理器の効率が高い、放射熱が少ない等の特長があるため、省エネや厨房内の環境向上に貢献できるシステムとして、家庭だけでなく、業務用にも普及しつつある。しかし、業務用電化厨房の必要換気量は、現状ではガス厨房に準じて規定されているため、電化厨房の利点である換気量低減による厨房空調の省エネ効果や空調機の小容量化の効果が十分に引き出せていない。

本課題では、厨房内の温熱環境の悪化や結露・臭気の増加をもたらさない適正な換気量を実厨房において実験的に見出すとともに、換気量低減による省エネ効果を明らかにする。また、調理人の動きや空調機からの吹き出しによる気流の乱れは厨房内の空気質維持に重要な排気フードの捕集率^{*1}を低下させると指摘されているため、捕集率に及ぼすこれらの影響を実験的に評価する。

主な成果

1 食堂における厨房換気量の低減実験と省エネ効果の評価

電化厨房および客席等から構成される営業中の食堂において、厨房の換気量を3段階(排気フードの平均面風速で0.25m/s、0.20m/s、0.15m/s)に変化させ、夏をまたぐ9ヶ月間、厨房内の温湿度、結露、臭いの観測を行った。期間中、換気量を現行基準^{*2}の50%(排気フードの平均面風速で0.15m/s)

まで減らしても、厨房内の温度の有意な上昇や温冷感の悪化はみられず(図1)、結露や臭いの増加もなかった。また、換気量低減による省エネ効果は、換気用消費電力量が60%減、空調用消費電力量が11%減となった(図2)。これは食堂の消費電力量全体の4%に相当する[R12001]。

2 調理人の動きによる気流の乱れが排気フードの捕集率に及ぼす影響の評価

揚げ物器と茹で麺器を対象に^{*3}、調理人が調理作業(天ぷら、麺茹で)をしている状況下で排気フードの捕集率を測定した。換気量を、当面の低減目標である現行基準の70%(排気フードの平均面風速で0.2m/s)に下げた時の捕集率は、揚げ物器で92%、茹で麺器で93%であり、実用上問題のない水準であっ

た。調理作業のない時の捕集率は、それぞれ97%、98%であったことから、調理作業に伴う気流の乱れによる捕集率の低下はともに5ポイントであり、調理人の動きによる気流の乱れの影響は大きくないと判断された(表1)[R12003]。

3 空調吹き出しによる気流の乱れが排気フードの捕集率に及ぼす影響の評価

排気フード前面で下降気流を発生する空調吹き出し模擬装置を製作し、揚げ物器と茹で麺器を対象に、換気量を現行基準の70%に下げた時の排気フードの捕集率を、下降気流の速度を変えて測定した。揚げ物器と茹で麺器のいずれにおいても、下降気流速が0.4m/sを越えない場合には、捕集率の低下

はほとんど見られなかった(図3)。したがって、排気フード前面における下降気流の速度を0.4m/s以下になるように空調の天井吹き出し口の配置や吹き出し風速を工夫すれば、排気フードの捕集性能を低下させないことが確認された[R12011]。

*1 調理器から発生した水蒸気やオイルミストが調理器上方の排気フードに取り込まれる割合。ここでは調理器近傍で放出したトレーサガスが排気フードに取り込まれる割合を測定している。

*2 現行の基準では0.3m/sに規定されている。

*3 調理器からの熱上昇流が弱いと、排気フードの捕集率は気流の乱れによって低下しやすい。熱上昇流の弱い機器として揚げ物器を、熱上昇流の強い機器として茹で麺器を選択している。

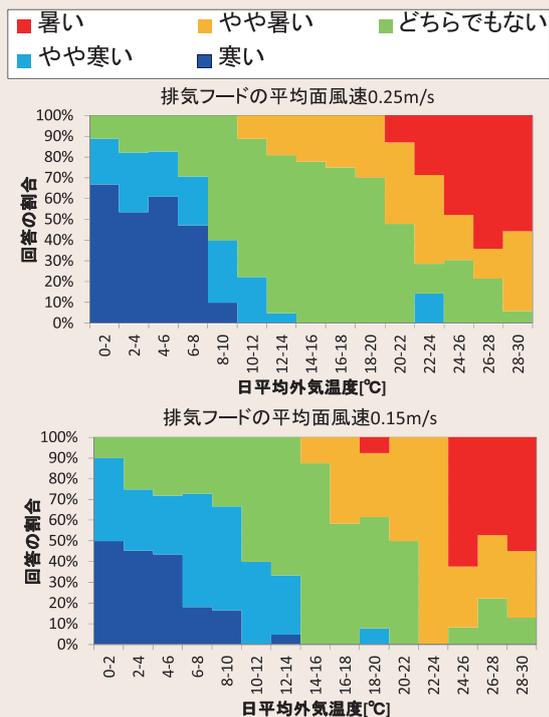


図1 温冷感に及ぼす換気量低減の影響評価結果

厨房の換気量を現行基準の50% (排気フードの平均面風速で0.15m/s) まで減らしても、厨房内の温冷感 (調理従事者の回答) の悪化はみられなかった。

表1 調理作業時における排気フードの捕集率(換気量を現行基準の70%に減らした場合)

換気量を現行基準の70% (排気フードの平均面風速で0.2m/s) に下げた時の捕集率は、揚げ物器 (天ぷら) で92%、茹で麺器 (麺茹で) で93%であった。

調理器	調理作業	調理作業のある時の捕集率	調理作業のない時の捕集率
揚げ物器	天ぷら	92%	97%
茹で麺器	麺茹で	93%	98%



調理作業の様子(天ぷら調理)

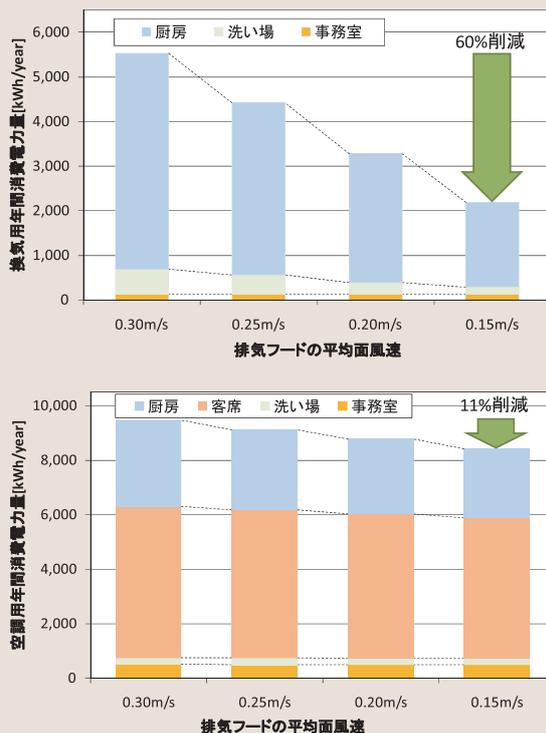


図2 換気量低減による換気用(上)および空調用(下)の消費電力量の削減効果(計算値)

厨房の換気量を現行基準の50% (排気フードの平均面風速で0.15m/s) まで減らすと、換気用の消費電力量を約60%、空調用の消費電力量を約11%低減できる。

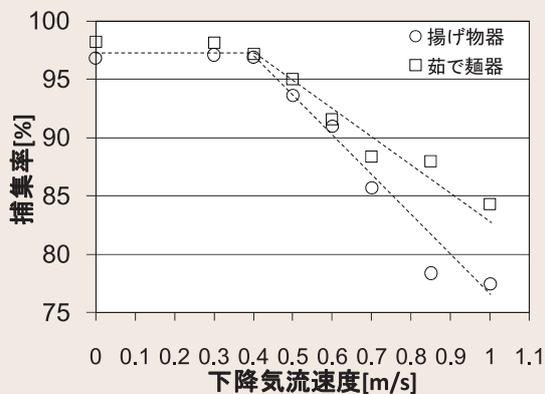
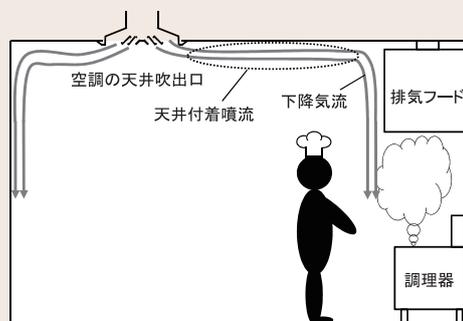


図3 排気フード前面の下降気流速度と捕集率の関係
下降気流速が0.4m/sを越えない場合には、捕集率の低下はほとんど見られない。

重点課題 - 次世代電力需給基盤の構築

電気自動車・蓄電池システムの普及支援研究開発

背景・目的

地球温暖化対策として、電源の低炭素化と省エネルギーの推進が重要である。後者については、エネルギー消費に伴うCO₂排出量が増えている民生部門と運輸部門における適切な電気利用が有効である。

本課題では、運輸部門における電気自動車

(EV) 普及拡大に資する方策を示すとともに、安全で利便性の高い充電に関する技術開発を行う。また、民生部門の適切な電気利用に向けて、二次電池技術を活用した住宅用のヒートポンプ(HP)式給湯機併設の蓄電システムを提案する。

主な成果

1 充電インフラ最適化モデルの機能拡張

EV/PHV(プラグインハイブリッド自動車)の、家庭での実際の利用者を対象としたアンケート調査では、「一充電走行距離の短さ」や「外出先での充電設備の少なさ」等が不満点として挙げられる[Y12029]。そのため、電費シミュレーションを活用したEV走行可能範囲明示モデル、ならびに交通シミュレーションを活用した充電インフラ最適化モデルを開発している。

充電インフラ最適化モデルにおいて、標高

の情報を入力し、上りでのエネルギー消費増大、下りでの回生充電を考慮できる機能を拡張した。これにより、山間部が多い地域では高密度に急速充電スタンドを設置する必要があることを明らかにした。さらに、急速充電スタンドの効果的な配置を検討し、a.大都市への設置、b.中核都市への設置、c.都市間幹線道路への設置、d.半島部や高標高部への設置という観点から設置優先順位を整理し、岡山県・鳥取県へ適用した(図1)*1。

2 双方向非接触給電技術の開発の評価

EVの蓄電システムとしての利用(Vehicle to Home:V2H)に向け、利便性・経済性の高い給電技術として、磁気共鳴方式を用いた双方向非接触給電装置(駆動周波数20kHz)を考案・試作し、実用的容量であるkW級電力伝送の実証を行った(図2)。4枚ある伝送コイル(直径20cm)の全てに共振コンデンサを設け、車載の双方向チョッパを活用して一次側

の電源電圧を昇圧することにより、離隔距離10cmで1.5kWの電力伝送に成功した。この時の伝送効率*2として71%を得た(図3)。また、損失の要因解析を行い、一次側から2枚目の伝送コイル(図2の#2コイル)での発熱が顕著であることを明らかにし、巻き線抵抗の低減等、今後の高効率化への課題を抽出した[H12002]。

3 民生用需要家向けHP式給湯機ハイブリッド蓄電システムの開発

外気温、給水温度等で異なるHPのCOP(成績係数)の向上や貯湯タンクからの放熱抑制を図るため、HP式給湯機の貯湯時間帯を蓄電池でタイムシフトするシステムを開発した。需要家の給湯需要パターンの違いや年間で

の外気温変化を踏まえた本システムの省エネ効果を、通年で試算・評価できる運転シミュレーションを開発し、試作機の実測データとの比較による定量的な妥当性検証を進め評価ツールとして整備した。

*1 次世代自動車振興センターからの受託研究「充電ステーション最適配置に関する解析調査」(2013年3月)として実施。

*2 (伝送効率) = (負荷で消費した電力) / (直流電源が供給した電力)。

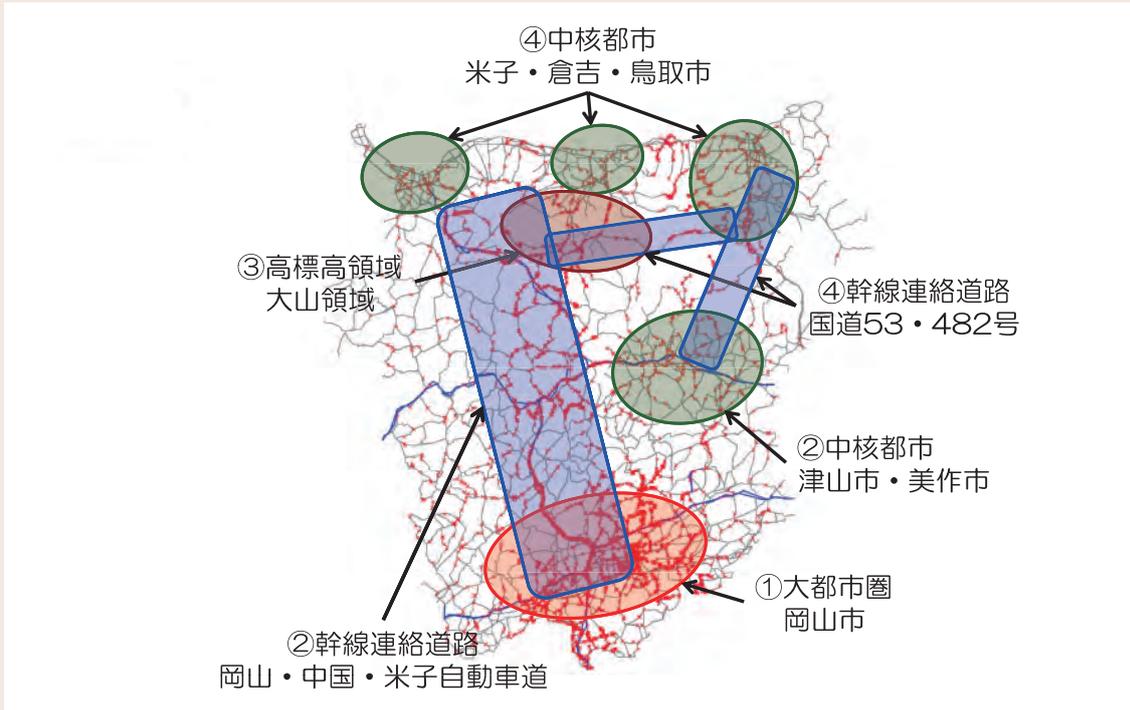


図1 岡山県・鳥取県における充電スタンドの効果的な設置優先順位に関する分析結果

岡山県・鳥取県におけるEVの電池切れを防ぐ効果的な急速充電スタンドの配置を検討した結果、①大都市圏である岡山市、②幹線道路である岡山・中国・米子自動車道沿い、ならびに中核都市である津山市・美作市、③高標高領域である大山領域、④中核都市である米子市・倉吉市・鳥取市といった順に設置の優先順位があることがわかった。

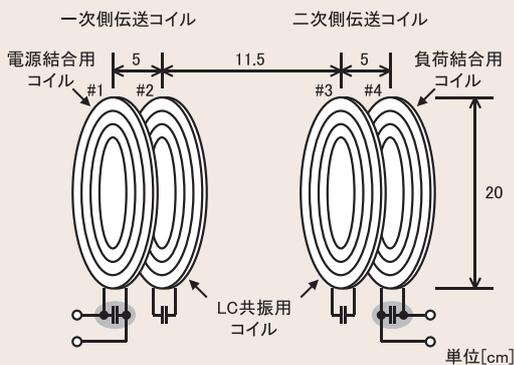


図2 4枚の電力伝送コイルの配置構成

自己インダクタンスの同じ4枚の高周波コイルを用いて、全体として3段のトランスを構成した。また対称な回路とするため、1枚目と2枚目のコイル間隔、および3枚目と4枚目のコイル間隔を揃え、これらの結合係数※が共に0.2となるように配置を定めた。さらに前述のコイル間隔に比べて、2枚目と3枚目のコイル間隔を広くとり、この結合係数※が0.1となるように配置を定めた。

※(結合係数) = (相互インダクタンス) / (自己インダクタンス)

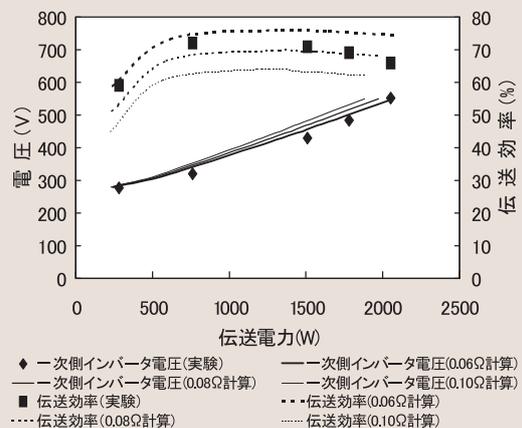


図3 試作装置の電力伝送特性

電源電圧を一次側で429Vに昇圧させることで1.5kWの電力伝送を実証した。また、この時の伝送効率は71%を得た。伝送効率は巻線抵抗に強く依存しており、実験結果は、回路解析で巻線抵抗を0.08Ωとした条件に近い特性を示している。

社会経済研究所

概要

電気事業は社会経済をエネルギー供給で支える基盤であり、人々の生活や生産活動にも大きな影響を及ぼしている。このため、電気事業では電気と社会の関わりを明らかにするための研究が欠かせない。社会経済研究所は、経済学、経営学、法律学、心理学、電気工学、都市工学、原子力工学、物理学等の専門知を持つ研究者を揃え、電気事業と社会の関わりを明らかにする研究活動を通じて、電気事業の広範な企業活動を支えている。

課題毎の概要と主な成果

電気事業経営

当面の制度改革対応を終えた先の電気事業の姿や、その際の事業戦略、成長分野や重視すべき経営資源について探索するべく、分析の方法論の確立を目指すとともに、試論を提示し議論に呈することを通じて、将来の電気事業への示唆を抽出し、提示していく。

■ LNG調達コストの低減に資する価格交渉力の実態を明らかにするため、電力会社等でLNG調達に携わる実務者に対するインタビューやアンケート調査を行い、LNG取引において交渉力が有効に発揮されるタイミングや条件、ガスの先物市場が有効に機能するための条件や対応策について評価を行った。その結果、プロジェクトが成立する規模(例えばト레인単位の規模)で購入する場合に交渉力が強くなり、その規模を満たすために戦略的な共同購入は有効と考えられること等を示した(表1) [Y12006]。

■ 首都圏在住の市民・専門家を対象とするアンケート調査により、大震災後に市民だけでなく原子力専門家の原子力発電に対するリスク認知も高まったこと、また市民は科学技術を強く否定もできないが過大な期待もできなくなり、当面は科学技術の恩恵や弊害に対する態度を留保している傾向があることを明らかにした。このように国民の技術や企業観に関する意識変容が生じており、国民の原子力発電の有用性に対する理解の促進を図るためには、電気事業は情報提供におけるメッセージの提示とそれへの反応の関係性について、従前以上の配慮を要することを明らかにした[Y12010]。

経済・社会システム

電力供給不安や発電コストの増大といった状況が日本経済やエネルギー市場、電力経営に及ぼす影響をマクロ、地域といった視点から定量的・客観的に把握することにより、今後の電気事業の経営戦略の立案に資する。

■ 2030年までのマクロ経済・財政展望[Y12001]を受け、我が国の産業構造・エネルギー需要を展望した。緩やかな円安と安定した世界経済の成長を前提とした場合、経済成長率は年率1.1%となる一方、電力需要は年率0.4%弱の伸びとなる。また、今後原子力発電所の再稼働が実施されない場合、今後失われる実質GDPの総額は2030年までの累計で約86兆円に上ることを明らかにした(図1、図2) [Y12033]。

■ 料金値上げによる電力需要への影響を分析するため、電力9社(沖縄電力を除く)の管内を対象とし、

電気事業連合会の電力需要実績を用いて電灯・電力需要の価格弾力性(需要の変化率を価格の変化率で割ったもの)に関する実証分析を行った。この結果、価格弾力性はこれまでのような無視できるほどの低水準ではなく、例えば、電灯では0.856(北海道)から1.563(北陸)、電力では0.158(東京)から0.551(北陸)等、地域間で有意な差があることが明らかになった。電気料金の値上げによる電力需要の影響は小さくなく、従来のように全国の価格弾力性だけを見ていると、各地域の的確な需要見通しができない可能性があることを示した[Y12015]。

エネルギー技術評価

大震災後におけるエネルギー技術評価の体系を確立するため、各種の状況変化に対応し得る新たな手法探索・モデル開発およびそのための基礎データ収集整備を通じて、持続可能な電力の安定供給の確保に資する。

■ 福島第一原子力発電所の事故を受けて抜本的な見直しが行われている我が国における原子力防災関連制度の改正動向について、事前対策の重要性を反映した防災計画の実効性向上等、ステークホルダー関与の観点から見た主要な変更点を指摘した。フランスの原子力防災体制の構築において幅広い関与をしている地域情報委員会(CLI)の事例分析を提示する等、今後、事業者が能動的に原子力防災におけるステークホルダーとの関与を確保しつつ実効性ある防災体制を構築するための方策に

ついて、防災訓練および評価のサイクルを通じた防災計画の継続的改善等の有益な知見を提供した[Y12013]。

■ 既往の研究では評価されていなかった売電用大規模太陽光(PV)発電システムとして、1、2、5、10MWのシステムを対象に、ライフサイクルCO₂排出量(LC-CO₂排出量)評価を行い、それらメガソーラー発電システムのLC-CO₂排出量は、58~59g-CO₂/kWhと、住宅用PVシステムのそれに比べて52%~55%高くなることを示した[Y12031]。

表1 LNG買主の価格交渉力に影響する要因の評価

LNG調達において、買い手側が交渉力を発揮できるタイミングは新規プロジェクトの立ち上げ時に限定される等、その余地は少ない。その中で有効な手段は、交渉の選択肢を複数用意すること、具体的にはエネルギー源の多様化である。共同購入等により購入規模を拡大することは万能ではなく、プロジェクトが成立する規模等、適正な水準がある。水色は交渉力があると評価できるものを示す。

		価格交渉力を発揮する余地
交渉のタイミング	新規LNGプロジェクト立ち上げ時	あり
	長期契約における価格見直し時	ほとんどなし
	短期契約・スポット取引時	ほとんどなし
		買主の価格交渉力の評価
市況	需給逼迫・売り手市場	交渉力なし
	需給緩和・買い手市場	交渉力あり
多様化	エネルギー源の多様化	交渉力あり (ただし、買い手が電力会社の場合に限る)
	供給地域の多様化	条件付きで交渉力あり (新規プロジェクトが複数地域で進行する場合に限られる)
	価格決定方式の多様化	価格決定方式の採用に対して交渉力あり (ただし、価格が安くなる保証はない)

		買主の価格交渉力の評価
購入規模	小規模	交渉力なし
	大規模	交渉力あり(量については複数意見) (ボリュームディスカウントあり) (規模が大きすぎると足元を見られる)
	プロジェクト立ち上げに必要な量	交渉力あり (例えばトレイン単位)
購入共同	オールジャパン	交渉力は期待できない
	調達戦略が補完し合う事業者同士	交渉力あり (国内外事業者問わず)
-		そもそも、購入量は交渉力に影響を与えない可能性あり。
上流権益	権益シェアが小さい場合	交渉力なし
	当該プロジェクトのディスカウント	交渉力なし
	プロジェクトの原価情報等の取得	間接的に、交渉に生かせる
-		供給地域の多様化を促進
-		間接的に、交渉力を上げる

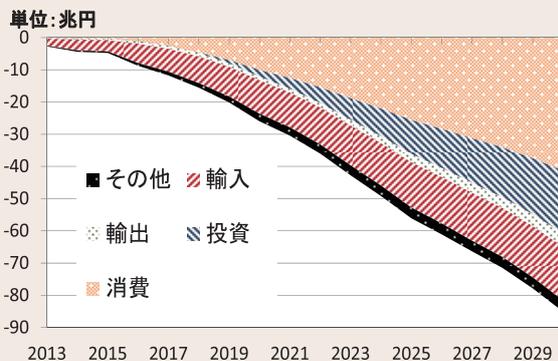


図1 原子力ゼロケースの実質GDPの累積損失額

2030年時点では、実質GDPが6兆円減少し、672兆円となる。2013年以降の実質GDP減少額を合計すると、約86兆円となる。

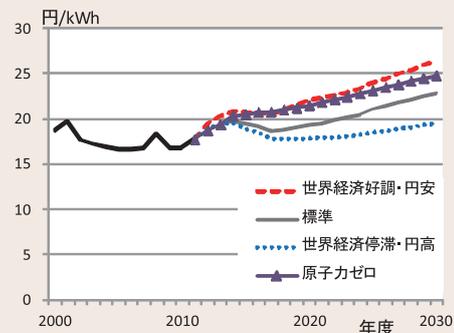


図2 電灯電力総合単価の推移

原子力ゼロケースでは、代替燃料はLNGと石炭を1対1とし、CO₂制約、立地制約、廃炉費用等は考慮していない。標準ケースの原子力は、再稼働後、運転年限が来たものから順次停止していくため、標準ケースと原子力ゼロケースとの差(最大で2.3円/kWh、乖離率11.5%)は徐々に小さくなる。

基盤技術課題

システム技術研究所

概要

システム技術研究所は、大規模電源や分散形電源によって発電された電力を安定に供給するための電力システム、配電システム、通信システムにおける計画・運用・制御技術や解析技術、電気を有効に利用するための需要家サービス技術の開発・試験・評価等に取り組んでいる。

課題毎の
概要と
主な成果

電力システム

電力の経済的かつ安定な供給を支える基盤技術として、電力システムの解析・評価技術、制御・保護技術を開発し、電気事業に提供する。また、これら基盤技術を基に、再生可能エネルギー導入拡大、広域連系・運用の進展等の重要課題への対応策を明らかにし、社会への的確な情報発信を行う。

- 電力流通設備の高経年化が進む中、これらの設備の適切な保守・更新の実施(アセットマネジメント)が求められている。その実施を支援する技術として、個別に立案している各設備に対する保守・更新の初期計画および系統改良計画に基いて、系統全体として整合の取れた計画に調整することを可能とする支援プログラムを開発した[R12009]。
- 今後の直流連系の増強において、既設他励式周波数変換所の近傍に自励式周波数変換所を新設する

場合、高調波不安定現象の発生が懸念される。このため、XTAPIによる瞬時値解析により、他励式・自励式併設時の高調波不安定現象の発生原因と発生条件を明らかにした[R12010]。また、将来、偏在する風力資源を広域で活用するための長距離送電方式として考えられる多端子構成の自励式直流送電システムについて、直流遮断器を用いた系統事故時の制御保護方式を開発した[R12007]。

需要家システム

需要家における省エネルギーの促進を支援するための要素技術やツールを開発する。また、メガソーラーを中心に、太陽光発電の効率的な運転・保守を支援する要素技術を開発する。

- 省エネルギーの促進を支援するための要素技術である、家庭用エアコンの冷暖房時の消費電力を推定するためのエアコン熱源特性モデル(当所既開発)が様々な市販エアコンの機種へ適用できることを、年間消費電力量の公表値と同モデルから得られた推定値とを比較することにより検証した[R12002]。
- 家庭用エアコンを選定する際の判断材料のものになっている、畳数の目安(設置部屋の広さ)等従来の規格における課題を抽出した。その課題を踏まえ、省エネルギーの促進を支援するためのツールとし

て、エアコン使用者の多様な住まい方を考慮できる家庭用エアコン選定支援ツールを考案した(図1)[R12008]。

- 太陽光発電(PV)用パワーコンディショナ(PCS)を利用した、太陽光発電設置場所で使用できる簡便なPVモジュール故障診断技術の構築に向け、PCSで計測可能なPVアレイ電流電圧特性(I-V特性)の変化に基づいてモジュール故障の有無を検出する手法を考案した。シミュレーションと実験によりメガソーラーの場合でもモジュール単位での接触不良や断線故障を検出できる見通しを得た[R12017]。

通信システム

電力設備の運用・制御に必要な電力用通信ネットワークの高い信頼性を確保するため、通信システムの耐障害性向上技術、電力設備被災時の復旧支援通信システム構築技術、および制御系システムのセキュリティ技術を開発する。

- 電力用通信ネットワークの重要回線を構成するマイクロ波無線設備の耐雷性能を向上させるため、

マイクロ波無線装置の導波管部に光ファイバ伝送技術を適用すること等により雷サージの影響

課題毎の
概要と
主な成果

を低減する構成を考案した。また光伝送による雑音の影響を検討し、必要な通信品質を達成できる見通しを得た(図2) [R12006]。

- 配電変電所とスマートメータ用の無線集約局を結ぶ光ネットワークの耐障害性を向上させるため、光分岐網の幹線部に伝送路切替え光スイッチ

を適用したシステムを考案し、基礎実験により断線障害後の通信回復動作を実証した。また光スイッチや迂回伝送路による光伝送損失増加の影響を検討し、標準的な住宅地域に適用できる見込みを得た[R12019]。

情報数理

数理的手法を活用した情報技術により、電力設備の保守・点検業務に活用できる画像処理・機械学習技術、大規模で複雑なシステムについての最適化技術の開発等を進める。

- 電力設備の保守・点検業務を支援する技術として、既開発の異常予兆発見手法を拡張して、多数のセンサ値の時系列変化を分析し、連動するセンサ群と異常予兆の事例を対応付けることで事例に応じて自動的に異常種別に分類する手法を開発した。この手

法を水力発電所の発電機起動時データ(1年分)に適用した結果、発見された29の異常予兆事例に対し、25事例が機械系異常、4事例が複合系異常に対応することがわかり、本手法が異常予兆事例を異常予兆種別に的確に分類できる見込みが得られた。

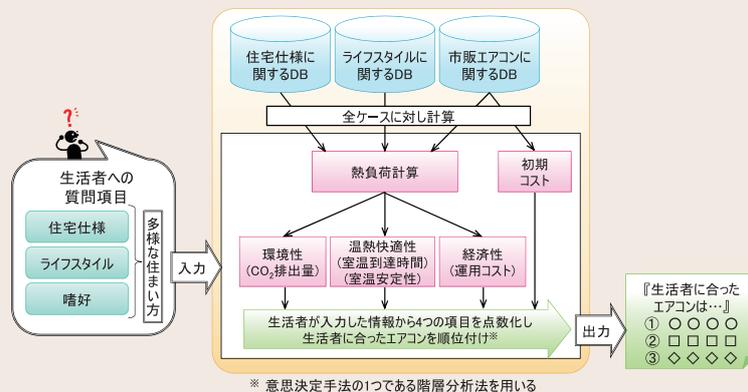


図1 考案した家庭用エアコン選定支援ツール

生活者が自身の住まいに関する情報である、住宅仕様、ライフスタイル(エアコンの使用時間や頻度)、生活者の嗜好(環境性、温熱快適性、経済性)の重視度合いを入力すると、タブレット等に予め記録されたデータベースに基づいて市販エアコンが自動的に順位付けされ、生活者に合った選択肢として迅速に提示される。これにより、多機種の中から合理的かつ簡単な選定を可能にする。

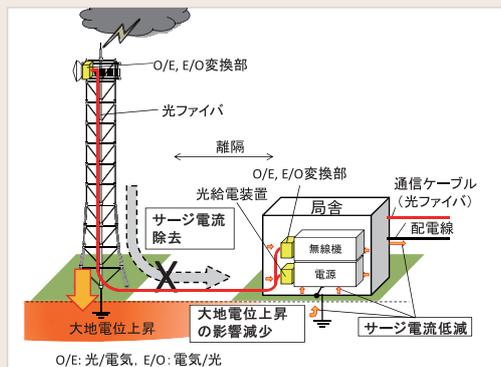


図2 マイクロ波無線設備の耐雷性向上のための光ファイバ適用構成

マイクロ波無線設備の導波管を光ファイバに置き換えて鉄塔側のアンテナと局舎側の無線装置と間の電気絶縁性を確保する。また鉄塔側に設置される光/電気変換部は、電源を光給電とし、光電波融合技術により電気信号回路を最小化して、等電位化による耐雷性能を確保できる構成とする。

基盤技術課題

原子力技術研究所

概要

原子力技術研究所は、軽水炉の再稼働、安全・安定運転および福島第一原子力発電所事故の着実な収束に向けた活動を支える基盤技術開発を推進し、原子力エネルギー利用が社会に受け入れられることを通じて、エネルギー問題や地球環境問題の解決に貢献することを目指している。

課題毎の
概要と
主な成果

原子炉システム安全

今後の軽水炉の安全かつ安定した運転においては、福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、事故防止方策および発生した場合の緩和技術、緊急時対応等原子炉システム安全に関する信頼性向上技術、および運転時の高い信頼性を保つための技術が重要となる。そこで、これらに関わる熱流動およびリスク情報活用に関する基盤技術を構築する。

■ 米国規制委員会(NRC)が開発し、米国の規制活動で標準的に使われる原子炉安全解析コードTRACEの高度化に関する共同研究をNRCと行っている。その中で、流体の圧縮性を考慮した数値解法を改良し、課題とされていた液相界面での圧力の数値的な不安定現象を回避し、安定に解析することを可能とした。

■ 原子炉の燃料集合体内の沸騰二相流解析高度化に必要となる、流れの三次元性や過渡変化を考慮したモデル化に向け、燃料集合体内二相流の流路断面分布を高速計測できるサブチャンネルポイドセンサを開発し、既存の二相流モデルの予測誤差を検証した。また、ワイヤメッシュセンサ(図1)を用いた二相流の気泡挙動の計測に関し

て、個別気泡の体積、速度、存在位置を高速で計測・処理できるアルゴリズムを開発した(図2)。

■ 確率論的リスク評価(PRA)において大きな影響を持つ共通原因故障(CCF)について、昨年度の機械品に続き、電気計装品の国内トラブルの分析を行い、CCF割合を表すPRA用パラメータの推定を行った[L12004]。

■ 軽水炉プラントで想定される湿り蒸気中の圧力脈動による機器/配管の振動疲労を評価するため、脈動発生源の一つである配管分岐部を対象として、脈動振幅に対する蒸気湿り度の影響について模擬配管を用いた実験により定量化し、湿りにより脈動振幅が低減されることを明らかにした。

燃料・炉心

原子力発電プラントの中核部分である燃料と炉心の安全性の向上に向け、燃料被覆管の腐食・劣化機構の解明、事故時の燃料の特性の解明、炉心解析技術の高度化を推進する。また、熔融燃料の特性評価や未臨界度測定技術開発等を進め、福島第一原子力発電所1~4号機の廃止措置に貢献する。

■ 使用済燃料プールの冷却に海水を使用した場合の被覆管の健全性を明らかにするため、人工海水中で被覆管腐食試験を実施した。その結果、人工海水の温度を80~85℃とし、海水成分濃度を自然海水の約3倍とした場合でも顕著な被覆管の腐食は見られず、被覆管表面に形成される海水成分によって生成する析出物に腐食抑制効果があることを明らかにした[L12001]。

■ 燃料熔融事故時に発生する核燃料とステンレス鋼との熔融混合物を模擬した未臨界炉心に中性子を照射し、発生するγ線のエネルギー分布を測定した。その測定データに基づく数値解析によって核燃料とステンレス鋼の混合割合を評価できることを示し、当所で開発中のγ線測定による未臨界度測定技術が熔融燃料に対しても適用できることを確認した。

燃料サイクル

六ヶ所再処理工場の竣工と安定操業に向けた技術開発や安全性向上のための基盤データの取得を進める。高速炉燃料サイクル技術については、国内外の機関との協力関係を活用しながら技術基盤を維持する。これらの技術基盤を活用して、過酷事故時汚染拡大防止技術を開発する。

課題毎の
概要と
主な成果

- 再処理工場のガラス固化工程で発生が懸念されるイエローフェーズ*1に関し、処分時の溶解性等の基礎物性やガラス中への溶解・拡散機構を解明した。この成果は、日本原燃の次期熔融炉の開発において活用される。
- これまで開発した乾式再処理技術の、炉心熔融事故により発生する破損燃料の処理への適用性を評価するため、ウランやプルトニウムを含む模擬破損燃料やTMI(スリーマイルアイラン

ド原子力発電所)破損燃料の電解還元試験を実施し、破損燃料中のウランが金属に還元できることを確認した*2。この結果を踏まえ、引き続き破損燃料への乾式処理の適用性評価を推進する。

- 福島第一原子力発電所の汚染水処理システムの運転支援を引き続き行い、汚染水の海水濃度の低下に応じた効率的な運転方法等を提案した。

ヒューマンファクター

平時のみならず緊急時においても適切に行動できる組織の構築に貢献するため、個人やチームの特性を生かしたヒューマンエラーの未然防止方策、安全文化醸成方策等を開発する。

- 緊急時に臨機に対応できるチームの育成に向けて、曖昧なイメージで論じられるチームの理想像を質問紙調査により評価できる手法「チーム理想像プロファイル」を開発した。これにより、チームワークの育成に必要な具体的な理想像(目標)の共有化が可能となった[L12005]。
- 机上業務者(一般社会人)に対する実験により、個

人が知識として持つ背後要因*3のカテゴリ*4を増やすことで、不安全行動の発見が促進されることを確認した。これにより、新人等の現場作業経験の少ない人材に対して、背後要因に関する教示・指導を短時間行うことで、自らの不安全行動の抑止が期待できる[L12006]。

*1 モリブデンや硫黄等のガラスに溶けにくい成分を含みガラスから分離した相を形成する物質。
 *2 日本原子力研究開発機構/超ウラン元素研究所との共同研究。
 *3 不安全行動を引き起こす要因。例えば、知識不足、あいまいな手順書等。
 *4 個人要因、コミュニケーション要因、作業特性要因、作業環境要因。

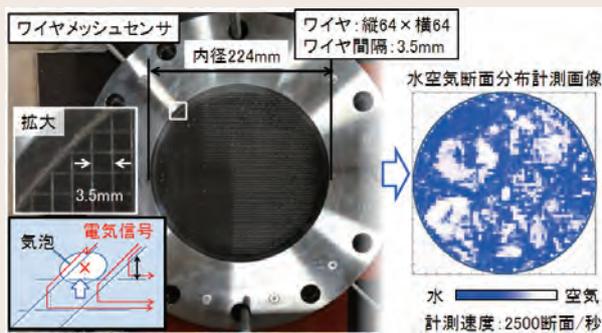


図1 ワイヤメッシュセンサ(WMS)概略

WMSは直行する2つのワイヤ層で構成される。このワイヤ交差点での導電率変化から気泡の有無を高速で計測する。当所の大口径WMSは内径224mm、ワイヤ本数64×64、計測速度2500断面/秒であり、高い空間分解能(約3000計測点)かつ高速(2500断面/秒)での二相流計測が可能である。さらに、2つのWMSを近接配置することにより、気泡信号の時間差から気泡の速度計測も可能である。

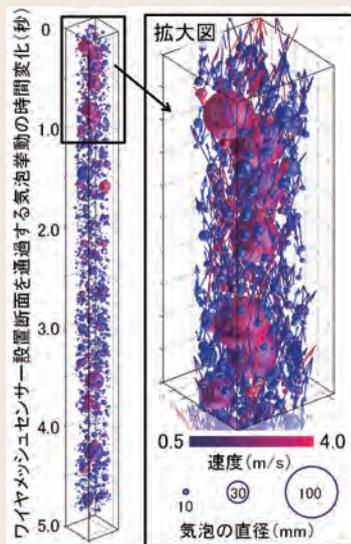


図2 気泡挙動の可視化結果

WMS間で気泡を追跡することで気泡の通過時間差と移動量から個別気泡の速度を計測することが可能である。

地球工学研究所

概要

地球工学研究所は、電力施設に関わる土木技術や自然災害対策、原子燃料サイクルバックエンド事業支援に必要な地圏科学、地震工学、構造工学、流体科学ならびに地下エネルギー利用技術に関わる基盤的研究を推進している。

課題毎の
概要と
主な成果

地圏科学

電力施設の立地、建設、維持管理に関わる課題解決のため、断層活動性、火山噴火規模、地下構造物の安定性、地下水による物質移行に関する評価法を高度化する。

- 断層活動性評価のために、2011年東北地方太平洋沖地震に誘発されて発生した地表地震断層の形状や変位分布を調査した。その結果、震源に近い位置で最大地表変位が観測され、断層沿いの変位量の累積分布が一般的な正断層型地震の傾向と一致することが明らかとなった。
- 断層活動性や火山の噴火履歴を評価する手段と

して、放射性炭素法、カリウム-アルゴン法、ウラン-鉛法等の地質年代測定法の適用性拡大を図った。このうち、レーザー溶融ICP質量分析計を用いたウラン-鉛法では、北アルプスに分布する花崗岩の最新の貫入年代が約80万年前であることが明らかとなり、同年代測定法が第四紀の地質試料にも適用できることが示された。

地震工学

電力施設・設備における、地震を中心とした自然災害への対応・対策法を確立すると共に、コストを抑えた維持管理手法を構築する。

- 2011年東北地方太平洋沖地震による変電所の変圧器ブッシング被害原因が、変電設備の現行設計基準を超える地震動によるものであることを明らかにした。また、現行設計基準で想定している最大加速度を超えた地震記録を分析した結果、その90%以上を包絡する加速度応答レベルが現行設計基準の2倍のレベルに相当することを明らかにした[N12016]。
- 巨大地震による広域災害発生時において、電力供給システムの迅速な復旧は、電力単体でなく、

通信や交通等、他の社会インフラの状況にも依存する。このため、電力供給の最適な復旧戦略策定に資するため、インフラ間の相互依存性解析の現状を調査した。その結果、インフラ間で機能に干渉を生じる原因が物理的近接性と機能的依存性にあること、解析モデルとしてはエージェントベースモデル等4モデルが代表的で、目的に応じた選択が必要であることが明らかとなった[N12017]。

構造工学

鋼構造物・コンクリート構造物の安全性・信頼性の確保と寿命延伸に寄与するため、地震・風・雪等の自然外力や、塩害・凍害・温度変化等による経年変化を考慮した構造性能評価法を開発する。

- 鉄筋コンクリート製(RC)地中構造物を対象とした実規模載荷実験(図1)を行い、地震により発生したひび割れに起因する鉄筋腐食が耐荷特性に及ぼす影響を明らかにすると共に、鉄筋腐食を考慮した残存耐荷性能評価におけるひび割れの考慮方法を提案した。これらの成果は、地震を経験した火力・原子力発電所RC地中構造物の健全性評価に活用できる[N12013]。
- 鉄筋コンクリート製構造物の塩害劣化予測に用いられる物性値の一つである、塩化物イオン実効拡散係数を短時間で正確に評価可能とするために、土木学会が定めた規準試験方法(電気泳動法)と数値解析モデルを組み合わせ、従来の1/3程度の計測期間で推定できる迅速評価方法を提案した[N12018]。

流体科学

原子力発電設備への火山噴火や施設内火災等の影響評価、ならびに水力・太陽光・風力等の電力設備の建設・運用・保守・自然災害軽減に役立てるため、これら設備に関わる水・大気等の流体の流れを評価する基盤技術を開発する。

■ 太陽光発電への適用を目的として開発した、気象モデルによる翌日の日射量予測結果を効果的に活用するため、気象庁のアンサンブル予報をもとに予測結果の信頼性を推定する手法を提案し、その適用性を気象モデルの予測値と観測値の乖離幅により評価した。また、気象モデルでは予測が難しい数時間先の日射量を、衛星データを利用して高い精度で予測で

きる手法を確立した[V12015]。

■ 水力ダムのゲート開操作に伴う局所洗掘現象を対象として土砂水理実験を行い、洗掘孔形状の長時間自動計測により、その変化特性を取得した。この実験データから得られた流速条件等と洗掘体積量の関係式により、水力ダムに堆積した土砂の経時的な排出量を概略推定できるようになった[N12002]。

地下エネルギー利用技術

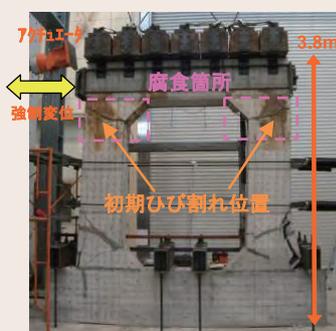
CO₂地中貯留、大規模電力貯蔵、地熱発電等、地下空間の利用や地下エネルギー開発に役立つ地下調査・評価技術を開発する。

■ 国内での石炭火力発電所新增設に関わるCCSR*政策の議論に備えて、海外のCCSR規制の状況と、電気事業者の対応例を調査し、英国での許可申請の内容等、今後のCCSR政策のあり方を検討する上で役立つ情報を収集した[V12013]。

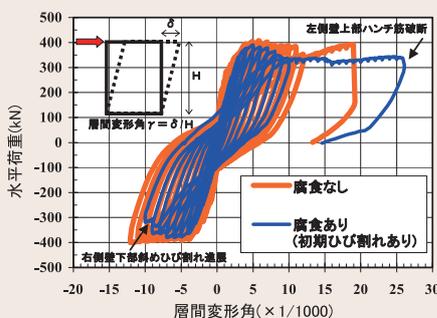
■ イギリスで実施された海底CO₂放出実験に参画し、数値シミュレーションによる海底下

でのCO₂の挙動予測・海水の流動予測、電気探査による海底下でのCO₂の挙動モニタリング、水中ロボット等による海中のCO₂濃度分布の測定を行った。これにより、CO₂地中貯留における環境影響評価上重要な、海底下から海中におけるCO₂の移行挙動に関わる実証的データを取得した。

* Carbon-dioxide Capture and Storage Readyの略称。土地の確保等、将来的なCCS機能の追加に対応できること。



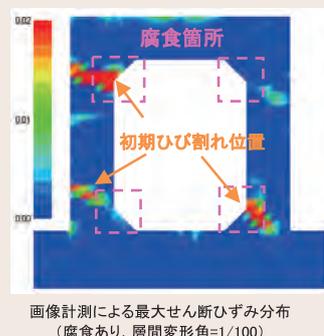
(a) 載荷実験の概要(終局時)



(b) 実験結果の例(鉄筋降伏を生じさせる程度の初期ひび割れ有り)

図1 鉄筋コンクリート製(RC)地中構造物を対象とした大規模載荷実験

鉄筋の平均腐食量が元の断面積の約10%までの範囲では、初期ひび割れの程度にかかわらず、腐食がない場合と比べて最大荷重の低下は数%である。これは、ひび割れ後に荷重が再分配されるためである。しかし、初期ひび割れが鉄筋降伏を生じさせる程度(初期ひび割れ幅0.4mm)の場合には、最大荷重以降の局所的な損傷が鉄筋腐食に伴って大きくなる傾向にあり、層間変形角1/100における耐力は腐食がない場合の約80%に低下した。



画像計測による最大せん断ひずみ分布
(腐食あり、層間変形角=1/100)

環境科学研究所

概要

環境科学研究所は、電力施設の円滑な立地や運用、低炭素社会の構築、さらに電気事業に関わる様々な環境リスクの軽減に向けて、大気・海洋・水域・生物・化学・バイオテクノロジー等に関わる基盤的研究を推進している。

課題毎の概要と主な成果

大気・海洋環境

火力・原子力発電所に関連した大気環境問題や放射性物質の海洋拡散等に対応するため、大気・海洋環境の予測・評価技術を開発する。

■火力発電所の煙突の合理的な高さの決定を支援するため、数値シミュレーションにより、建物ダウンウォッシュ*1の影響を調査した。煙突高さと排ガスの地表濃度の関係を整理し、排ガス拡

散に必要な煙突高さを簡易に推定できるように、地表濃度の最大値と煙突高さの関係を表す近似式を提案した [V12003]。

水域環境

水力発電所に関連した河川・貯水池の水環境問題や、火力、原子力等の臨海発電所に関連した沿岸の環境問題の解決に向け、調査、予測・評価技術を開発する。

■水力ダムにおける水利権更新や通砂運用支援に活用する河川環境予測評価ツールに、河川の水生昆虫等底生生物の生息環境を考慮したモデル (PHABSIM系モデル) を追加した。また、生物指標を利用し、河川環境の変化を効率的にモニタリングする手法を開発した。

■火力・原子力発電所において、水中放水された温排水の拡散範囲を迅速に把握することを目的として、水中放水条件から浮上点での水温や流速等を推定する方法を開発した。この方法に基づいて、温排水の拡散予測をパソコンで容易に実施できる簡易シミュレーション手法を構築し、適用性を検証した (図1) [V12018]。

生物環境

電力設備の保守省力化や環境対策に貢献するため、汚損生物および鳥獣電気事故対策技術、土壌流出対策法等を開発する。また、電磁界に関わる健康リスクを解明する。

■臨海発電所や水力ダム配管系に付着して通水障害を引き起こすフジツボ類やカワヒバリガイを対象に、塩素やオゾンによる付着防止効果を水質条件等との関係から解明し、実用的防除技術の開発に必要な基礎知見を得た。

■国際ガイドライン値よりも強い電磁界を半年間曝露した実験動物 (ラット) の体重や臓器、血液等の検査により、家電製品等から発生する中間周波磁界には、健康への影響は懸念されないことを明らかにした [V12001]。

バイオテクノロジー

廃棄物の削減・再資源化や排水処理のための微生物関連技術、および省エネルギー環境の創造・再生可能エネルギー利用のための関連技術を開発する。

■植物工場でのヒートポンプ利用による省エネルギー推進に資するため、植物工場内の作物栽培時の温熱空気環境を評価できる数値計算モデル

を開発し、小規模温室への適用性を明らかにした [V12004]。

■バイオマスの発電燃料への利用に資するため、

課題毎の
概要と
主な成果

ジャトロファ由来の植物油の発電用ディーゼルエンジンにおける燃料特性を評価し、粘性等の制御により軽油と同等の特性を有することを示した[V12014]。

■石炭火力排水に含まれる水銀を検出するマイクロバイオセンサーに関して、試料の前処理法を改良することで、排水基準値や管理型埋立処分判定基準値以下の水銀濃度の簡易計測に見通しを得た[V12010]。

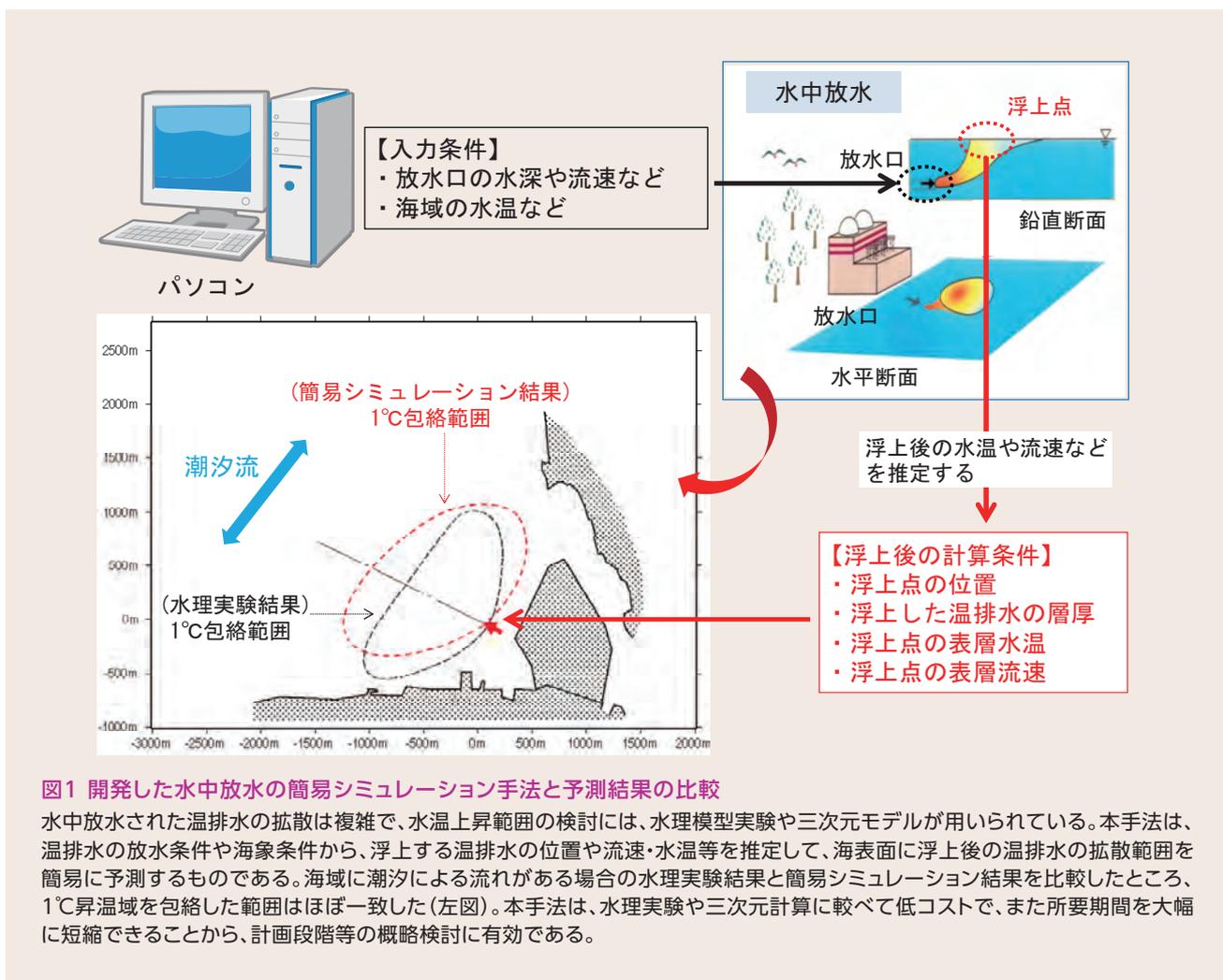
環境化学

石炭火力発電所の高稼働・安定運用を支援するため、発電所で発生する石炭灰や脱硫石膏の有効利用技術、ならびに発電所排水中の微量物質の低コストな管理・処理技術を開発する。

■石炭灰の水銀管理に資するため、石炭灰中の水銀を超音波処理で迅速に溶出させる前処理法を確立し、多くの発電所が所有するICP発光分析装置による定量分析(0.01~1.0mg/kg)を可能とした[V12002]。

■当所が保有する、脱硫石膏を原料とする水酸アパタイトの合成技術を応用し、フライアッシュ等の産業廃棄物に含まれる重金属をアルカリ条件で不溶化する技術を開発した*2。

*1 建物後方にできる渦や下降流に排ガスが巻き込まれ地表濃度が高くなる現象。
*2 本成果は栗田工業株式会社との共同研究による。



基盤技術課題

電力技術研究所

概要

電力技術研究所は、絶縁・耐雷・高電圧・大電流技術等の電力流通設備の基礎・基盤的技術の維持・発展に取り組むとともに、次世代の電力機器開発、レーザーやアークプラズマの応用、さらにパワーエレクトロニクス技術等の新しい電力技術に関する基礎・基盤的研究も推進している。

課題毎の
概要と
主な成果

高電圧・絶縁

電力機器の高経年化に伴う各種固体絶縁材料の劣化機構解明、送電線の外部絶縁技術の高度化、高電圧計測技術の向上を図るとともに、次世代機器用の新しい絶縁材料を調査する。

■ CVケーブルの水トリー劣化の現場診断に適したパルス課電残留電荷法を改良し、実際の6.6kV経年劣化CVケーブルから劣化の有無を判定する信号を検出できることを確認し、交流絶縁破壊電圧が信

号の大きさ、継続時間から推定可能であることを明らかにした。これによりケーブル診断技術として現場適用の見通しを得た*1。

雷・電磁環境

情報通信技術 (ICT) 社会における電力システムの合理的雷害対策・絶縁協調技術を開発する。また、電力流通設備・需要家設備の電磁両立性 (EMC) 技術を構築する。

■ 送変電設備の絶縁劣化箇所の同定を目的として、がいしの絶縁劣化箇所等で発生する火花放電に伴う電磁雑音を推定する装置を開発した。この装置は、これまで適応が困難であった周辺設備からの反射波が存在する環境にも適用可能である。劣化箇所を想定した部位を精度よく同定することが可能となった(図1) [H12004]。

時放電現象の予測式を導出した。これにより、送電線雷事故率予測計算プログラム (LORP) の精度向上が図れる [H12012]。

■ 雷による送電線の多相事故原因を解明するためには、2組のアークホーン*2の同時放電現象を明らかにする必要がある。この現象を実験的に解明し、同

■ 磁界暴露に関する人体防護ガイドラインへの適合性評価のため、任意の人体姿勢に 対する体内電気量評価ツールを開発した。また、作業者を想定した低周波電界および高周波磁界暴露環境下における体内電気量評価ツールを開発した。これにより、様々な電磁界暴露環境下での体内電気量評価が可能となった [H12006]。

高エネルギー

電力機器の内部アーク試験を補完する圧力上昇・伝搬シミュレーション技術を開発する。また、レーザー・光技術を用いた革新的計測技術を開発し、設備診断等への適用を図る。さらに、放射性廃棄物の減容処理に貢献するため、アークプラズマ溶融処理技術を開発する。

■ 電力機器内部において、アーク故障が発生した場合、内部圧力が上昇し、機器の破損により外部に被害が及ぶ可能性がある。それを防ぐため、機器内部に銅や鉄製の仕切りを配置し、その金属をアークによって積極的に溶融気化させることにより、圧力上昇を抑制できることを明らかにした。

■ 考案した。この手法は短時間で検出可能であることから、精密な剥離検出技術と組み合わせることにより、タービン翼の合理的な保守が可能となる [H12011]。

■ ガスタービン翼の遮熱コーティング (TBC) トップコート下で運転中に成長し、剥離の原因となる酸化膜の有無を、非破壊で簡易に検出する手法を

■ 放射性廃棄物のプラズマ溶融・減容処理において、汚染土壌等の融点の高い廃棄物に処理対象を拡大するため、溶融処理時の適切な融点降下剤の種類と添加量を明らかにした [H12008]。

電力応用

電力品質に関わる解析技術の確立を図るとともに、需要家側機器と協働した電力品質維持・向上技術を確立することにより、様々なパワーエレクトロニクス機器を含むシステムの合理的な設備形成と運用に寄与する。

■電力会社や大学等で多数利用されている電力系統瞬時値解析プログラムXTAPについては、解析アルゴリズムの改良により、従来に比べて大幅な解析速度向上を図るとともに、周波数特性計算

機能を追加した。また、送電線の絶縁設計上重要となる遮断器開閉動作時に発生する開閉サージ(急峻な過電圧)について近年の知見を反映し、基本的な各種解析モデルを整備した[H12005]。

大電流技術

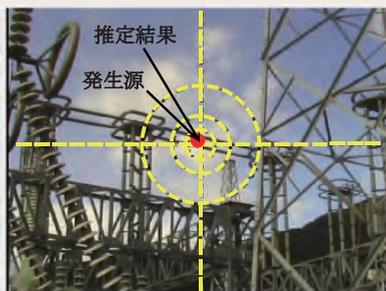
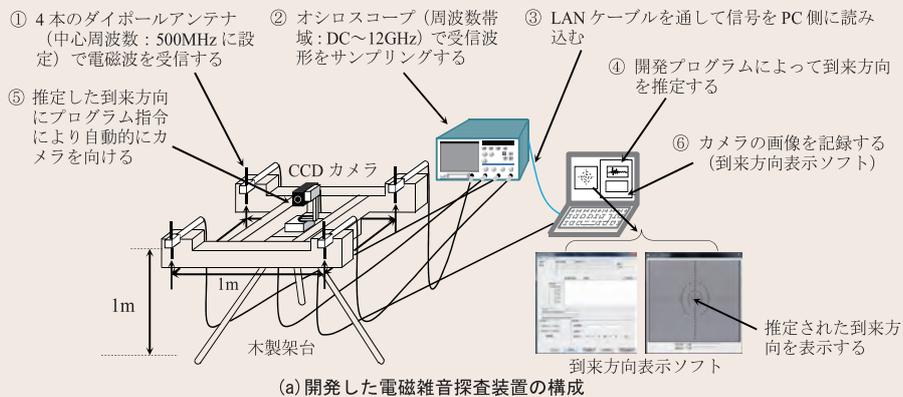
高機能化する電力機器の事故時の性能を的確に評価するための短絡試験技術を高度化するとともに、交流大電流計測技術を確立する。

■電力機器の短絡事故時の様相を解明するために実施する耐アーク試験において、事故を模擬してアークを発生させる際に使用する金属線(発弧線)について、発弧線の溶断までの時間のシミュ

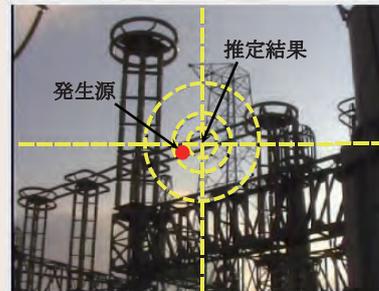
レーションを行った。その結果、カットアウトヒューズを備えた変圧器等のアーク継続時間が短い機器の試験には、短時間で溶融する細い発弧線を適用する必要があることを明らかにした。

*1 中部電力との共同研究。

*2 がいしを保護するためにがいしの両端に取り付けて過電圧を逃がす機器。



(b) 測定例(周辺に干渉する構造物がない場合)



(c) 測定例(周辺に干渉する構造物がある場合)

図1 電磁雑音探査装置の概要とその測定結果

(a)は、今回開発した電磁雑音探査装置の構成を示す。センサ部分は、4本のダイポールアンテナとCCDカメラで構成される。受信された電磁雑音は、オシロスコープとPCで構成される信号処理部でデータ処理され、画面上に電磁雑音源を表示する。(b)(c)は、その測定結果例である。発生源を赤丸で示し、推定した範囲を環状破線で示す。結果は周辺構造物の有無にあまり影響を受けず、良い一致がみられた。この装置では、到達時間差推定法の改善により、雑音源の位置推定精度の大幅な向上を図ることができた。

基盤技術課題

エネルギー技術研究所

概要

エネルギー技術研究所は、エネルギー資源を高効率かつクリーンに利用する火力発電技術の開発、電気を使う側での高機能な熱利用システム・機器開発を通じて、エネルギーセキュリティの確保、電力・エネルギー需給システムの創生を目指している。

課題毎の概要と主な成果

高効率発電

火力発電所の保守コスト低減、運用性向上および効率向上を進めるため、ガスタービンならびにボイラを対象に、合理的な運用・保守技術、新種液体燃料活用技術等を開発する。

■ ガスタービン動翼の遮熱コーティング(TBC)の損傷劣化(減肉、焼結、はく離)に関し、これまでに減肉や焼結の非破壊検査手法を確立してきたが、さらに、レーザ加熱と赤外線カメラによる温度計測を組み合わせることで、はく離に対しても非破壊で簡便に検出できる手法を開発した[M12002]。

■ 複雑な形状のガスタービンやボイラの実機部材について、その損傷状態を適切に評価す

る新たな手法の提案のため、実機ボイラ蒸発管サンプルを用いた微小サンプルクリーブ試験*1を実施し、強度の寸法依存性に関する参照データを取得した。

■ 液体燃料貯蔵時の劣化評価方法の検討に着手し、バイオ系燃料を中心に酸化現象等の評価すべき劣化現象、およびその評価のために必要となる分析項目等を明らかにした。

燃料高度利用

火力発電用エネルギー資源の拡大と環境保全性の維持向上に向け、難燃性燃料の利用促進技術、自然発火対策技術、微量成分の計測技術、および石炭灰の有効活用技術の開発を進める。

■ 脱硫排水中のセレン(Se)は、イオンの価数により排水処理特性が異なる。新たに脱硫排水中にSe(0価)とSe(-2価)の存在が確認され、排水処理における挙動を明らかにする必要があることから、Se(6価)やSe(4価)に加えて、Se(0価)とSe(-2価)を1 μ g/Lまで定量可能な分析手法を

構築し、実排水で検証した。

■ 石炭灰の利用拡大を図るため、石炭灰硬化に必要なカルシウム源として貝殻廃棄物を活用した当所提案の製造法により砂礫を試作し、養浜等の用途に必要な強度を満たしていることを確認した(図1)[M12007]。

ヒートポンプ・蓄熱

ヒートポンプ・蓄熱技術の一層の高性能化、適用分野の拡大に向け、各種ヒートポンプの技術開発や性能評価手法等について最新の動向を調査・分析するとともに、熱交換器等要素技術の強化・発展を図る。

■ ヒートポンプの高効率化と性能規格に関する動向を調査・分析し、業務用エアコンでは、負荷率50%未満の効率改善研究が行われており、年間で3割以上の省エネを達成できる可能性があること、その結果、現行の規格は、負荷率100%と50%の測定値から年間の効率を規定しており、負荷率50%未満の効率改善を反映できるように、規格を見直す必要があることを明らかにした。

■ 当所が考案した無着霜空気熱源ヒートポンプに関し、水分吸着剤塗布熱交換器を試作し、熱物質移動特性を把握した。本試作器では、熱移動速度は物質(水分)移動速度より2倍程度速く、熱交換器設計では、熱および水分の必要な移動量のほかに、熱移動と水分移動の速度比に基づいて、伝熱面積と水分移動面積を決める必要があることが明らかになった。

エネルギー変換

火力発電所や地熱発電所の運用性向上ならびに高効率化の実現に向けて、熱効率評価技術、燃料電池や高度材料分析等に関連する基盤技術の開発を行う。

- 高温分空利用タービン(AHAT)開発*2において、システムの熱効率解析により空気への加湿効果を定量的に示し、40MW総合試験装置の定格出力の達成に寄与した。
- 地熱発電所向けに、プラント要素機器の性能変化の把握や、この性能変化がプラント全体の熱効率に及ぼす影響の定量評価が可能な「運転データ解析システム」を開発した。本システムは、地熱発電所に導入され、設備改造時や定期点検時のプラント性能評価に活用された。
- メーカー5社開発の固体酸化物形燃料電池(SOFC)の耐久試験を行い、内部抵抗の上昇等の劣化要因を特定するとともに、改善効果の検証を迅速化できる性能劣化評価手法を確立した*3。
- SOFC発電システムとして、SOFC発電モジュールの半数を発電出力一定で運用し、半数を負荷対応として運用する新しいシステムを考案した。システム解析により、本システムは、13,000～46,000kWの広い負荷範囲で51～54%(天然ガス、高位発熱量基準)と、高い発電効率を達成可能であることを明らかにした[M12004]。

熱流体・反応数値解析

火力発電所の現場の課題解決や新技術開発の効率化に向け、火力機器内の複雑な諸現象を、高い精度で解析可能な数値解析ツールを開発する。

- 微粉炭ボイラ数値解析技術の確立に向け、現有解析コードを用いた実機微粉炭ボイラの数値解析を実施し、実測データとの比較検証により、実機スケールに適用可能な物理モデルや解析手法の開発、ならびに解析精度向上のための課題抽出を行った。
- タービン動翼の温度分布の高精度な推定のため、LES (Large-Eddy Simulation)による翼の解析モデルを作成するとともに、膜冷却流れの基本となる渦構造および伝熱特性を解明して、翼まわり流れと冷却空気の密度比および膜冷却孔形状が冷却性能に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

- *1 実機使用部材の中で温度・応力が厳しい部位から、標準試験片よりも小さい試験片を採取してクリープ試験を行うことにより、高損傷部の劣化状態を直接評価できる手法。
- *2 経済産業省からの補助金事業として日立製作所、住友精密とともに実施。
- *3 新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)からの受託研究として実施。

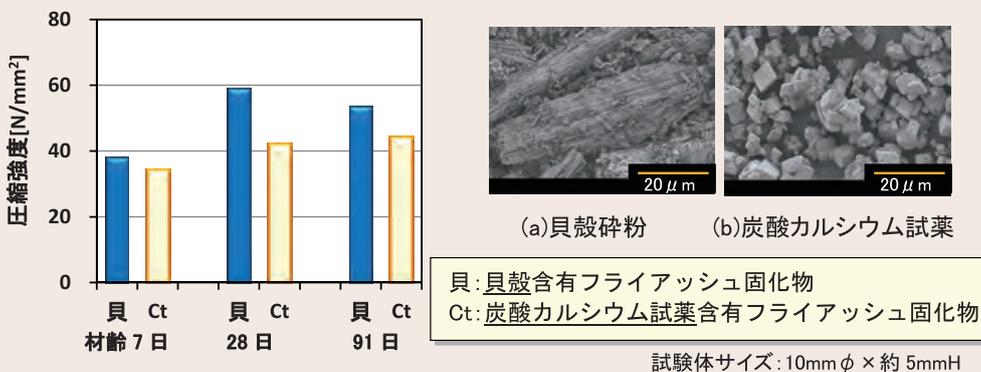


図1 貝殻の固化物強度への影響と形態の異なる炭酸カルシウム原料の電子顕微鏡写真

図中の棒グラフは、石炭灰固化物の硬化に必要なカルシウム成分として未焼成の貝殻砕粉を添加した場合と市販の炭酸カルシウムを添加した場合の強度を比較したもので、材齢28日以降では、貝殻を添加した固化物の強度が高いことがわかる。添加した貝殻粉と炭酸カルシウム試薬の電子顕微鏡写真を見ると、炭酸カルシウム試薬は立方形の粒子であるのに対して、硬い貝殻粉は細長い板状の炭酸カルシウムが積層した構造を有し、固化物の強度発現に寄与していると考えられる。

材料科学研究所

概要

材料科学研究所は、発電プラントの現場適用技術から、自然エネルギー利用技術、省エネのための新材料開発、等の基盤技術開発を実施し、電力の安定供給および低炭素社会の構築に貢献することを目指している。

課題毎の概要と主な成果

原子力材料

軽水炉冷却水の水管理／処理および材料腐食に及ぼす環境の影響評価に係る基盤技術力を向上させ、被ばく低減と材料健全性確保の観点から軽水炉プラントの現場支援を行う。

- 国内PWR炉心部の環境を模擬した非照射下でクラッド(腐食生成物)付着挙動を調べ、腐食抑制を目的とした溶存水素濃度変更が被ばく低減のための亜鉛注入と併用できる可能性を示した。
- 軽水炉復水器への海水流入を想定し、使用されている複数のステンレス鋼種の、すきま腐食発生・成長挙動を実験的に把握し、すきま腐食が発生する限界の塩化物イオン濃度を明らかにした[Q12001]。

構造材料

火力・原子力発電プラント等の構造材料を対象に高温強度、腐食特性等の各種データの収集・整備を図るとともに、経年劣化事象の評価法、機器の設備診断技術、寿命評価のための手法の開発・改良を進め、プラントの信頼性の向上や安定運用に貢献する。

- 700℃の蒸気温度を目指す先進超々臨界圧火力発電(A-USC)プラント用ニッケル基合金のうち最高のクリープ強度を有する740H合金は、疲労強度においても他の候補材料に比較して優れた特性を示すことを確認した[Q12005]。
- 現在の超々臨界圧火力発電(USC)プラントに使用されているGrade122鋼(W添加により強化を図った12Cr鋼)に対し、クリープ変形挙動を精度よく推定するクリープひずみ式を開発した(図1)。
- 国内電力と電中研が共同して1985年に刊行し、火力プラントの給水処理に活用してきた「汽水発電所給水処理ハンドブック」について、USCおよびコンバインド・サイクルプラント等の水処理・蒸気化学に関する最新の運用実績および学術的知見を加え、新たに「火力発電所給水処理ハンドブック」を作成した。

エネルギー変換・貯蔵材料

太陽光発電の大量導入に向けた屋外発電特性評価技術の開発、「イオン液体応用」、「機能性セラミックス創製」等による再生可能エネルギーの有効利用に関する材料／評価技術開発を進める。

- 日射計や太陽電池モジュールの実測データを基に、南以外の設置方位に対応可能な結晶系シリコン太陽電池の出力推定モデルを開発した。約1年半の実測値と推定値の比較評価から、本モデルが高い精度を有することを示した(図2)[Q12002]。
- イオン液体のリチウム二次電池用電解質への適用可能性を明らかにした。比較的低電位(3.5V)を示すLiFePO₄正極では500サイクル以上の長寿命を実現し、高容量次世代正極として期待される硫黄正極においても、400サイクルの安定な充放電作動を実現した。

機能材料

革新的な機能・特性を持つ超伝導材料や有機材料の創出を目的とし、基礎物性制御と結晶成長技術を駆使して次世代の電子機能材料を開発する。

課題毎の
概要と
主な成果

■様々な種類の鉄系超伝導体薄膜の微視的な断面透過電子顕微鏡観察と元素分析を実施し、超伝導体と基板材料の元素置換が超伝導体に格子歪みを誘発し超伝導特性を変化させることを明らかにした。

■大量生産に適した塗布プロセスによる作製が可能な省エネ照明用次世代有機発光デバイスを試作し、低電圧で液晶テレビの輝度の約3倍の1500cd/m²を達成した。

非破壊検査

原子力・火力プラントや電力流通機器のきず(欠陥)の有無や材質変化を非破壊的に評価できる非破壊検査技術の確立を目指し、検査の目的に最も適した超音波探傷手法の開発を行う。

■非破壊検査による埋込み基礎ボルトの欠陥検出に向け、周波数5MHzのフェーズドアレイ超音波探傷法を適用した結果、直径24mmのボルト

で、端面から深さ90mmの位置に導入した高さ2mmの疲労き裂を検出できたことで、実機検査に適用可能であることを示した[Q12009]。

材料研究共通基盤技術

計算材料科学手法や分析手法等の基盤技術の組み合わせによる新たな成果の創出を目指して、物性予測手法や局所応力評価手法の開発に取り組む。

■リチウム二次電池の高性能化に必要な、正極LiCoO₂と電解質のエチレンカーボネイト(EC)分子間のリチウムの移動機構を明らかにするため、第一原理分子動力学計算を行った結果、EC分子

の酸素原子が正極LiCoO₂のLiおよびCoと結合しているという結果が得られ、界面での相互作用にECの酸素が関係している可能性があることがわかった。

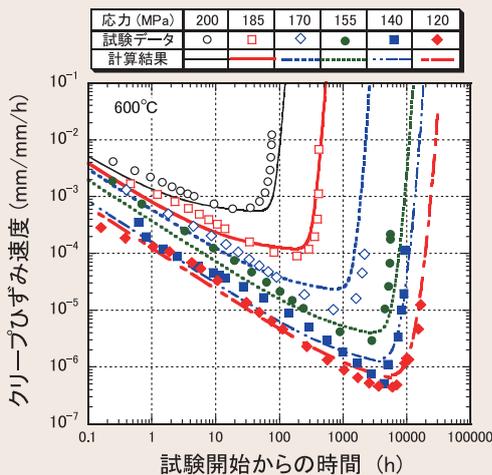
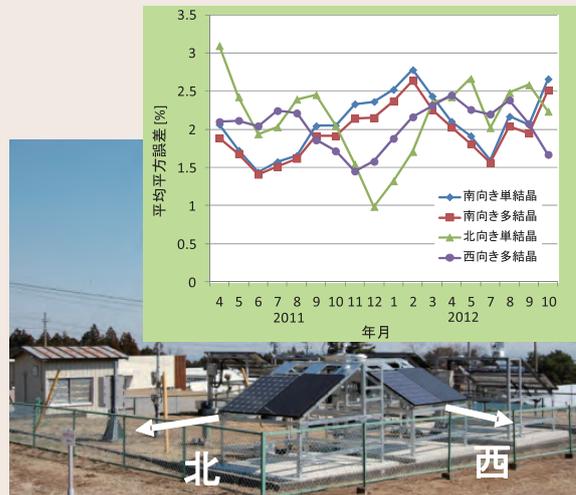


図1 Grade122鋼のクリープ変形の比較

高温・低応力で早い時期に加速クリープに入る等、Grade122鋼の特徴を考慮したクリープひずみ式を開発し、各種温度、応力条件で遷移クリープから加速クリープに移行するクリープひずみ速度の変化を精度良く表現できることを確認した。

図2 多様な方位(南、西、北)での出力推定のための太陽電池設置状況(赤城試験センター、傾斜角30°)

手前のパネルが北向き設置。グラフは、開発した出力推定モデルに基づく推定値の定格出力に対する月別誤差。どの方向でも3%程度の誤差で実測値の再現が可能である。



3. 主要な新規研究設備

PCS多数台試験設備

設置目的

固定買取価格制度の導入等により、太陽光発電(PV)の電力系統への連系量は急速に増大している。連系量の増大により発生する問題点としては、配電線電圧の変動、保護協調(単独運転等)、事故時の一斉脱落等があり、これらの現象把握と対策を検討するためには、複数のPVシステムを用いた試験により評

価する必要がある。そこで、PVアレイの動作を高精度に模擬でき、複数台のPV用パワーコンディショナ(PCS)の同時運転試験が可能な試験設備を赤城試験センターに設置し、将来の電力系統に生じる課題の抽出と対策の構築に活用する。

概要・特徴

PCS多数台試験設備は、過渡的な現象に対してもPVアレイを高精度に模擬できる直流電源装置10台と、定常運転状態を模擬できる直流電源装置10台を装備しており、合計20台のPVシステムの模擬が可能である。また、系統電源の擾乱(瞬時電圧低下、電圧位相跳躍等)を高精度に模擬でき、逆潮流の耐量が十分である81kW低圧交流電源を装備している。さらに、低圧交流電源と同等のRLC負荷設備、低圧モーター負荷としてPV

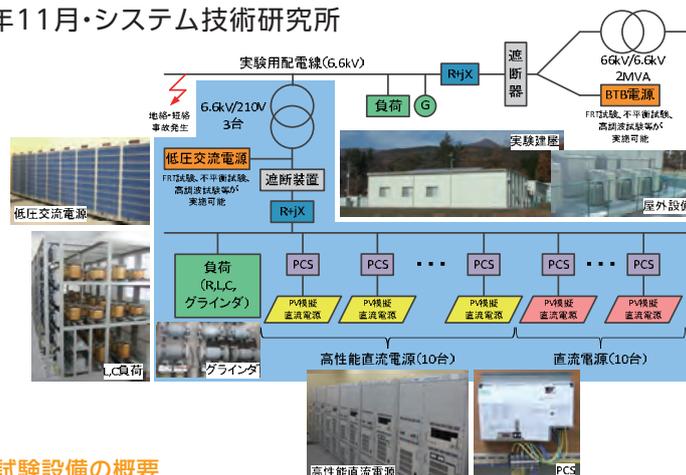
用PCSの認証試験等で用いられているグラインダ負荷、低圧配電線や引き込み線を模擬するための線路模擬インピーダンスを装備している。試験設備は、高圧と低圧連系の分散形電源の相互影響や上位系統での擾乱等を評価するために既設の配電設備やBTB電源装置と接続されている。これらにより、PVシステムの複数台運転時の各種系統状態での挙動を精度よく模擬でき、問題点の抽出や対策の検討が可能となる。

主な仕様

- (1) 直流模擬電源装置:容量4kW、最大電圧400V、最大電流30A、応答速度100 μ sec
- (2) 低圧交流電源装置:容量81kW(三相3線)、54kW(单相3線)、周波数応答1kHz
- (3) 負荷設備:R負荷63kW、L負荷30.6kvar、C負荷30.6kvar、グラインダ負荷12台
- (4) 低圧線路模擬インピーダンス:3セット(R:30m Ω /セット、L:45 μ H/セット)
- (5) 計測装置:1周期毎に実効値(電圧、電流)、電力(有効、無効)、周波数を演算可能
計測器:分解能16bit、1MHzサンプリング、トリガ同期可能
- (6) パワーコンディショナ:新型(ステップ注入付周波数フィードバック方式)14台、従来型20台以上
- (7) 実PVアレイ:約5kW

【設置場所・時期・所管研究所】

赤城試験センター・2012年11月・システム技術研究所



PCS多数台試験設備の概要

長尺CVケーブル絶縁特性試験設備

設置目的

CVケーブルは都市部の地中送配電設備として、また変電設備の構内連系線として、送配電システムにおいて極めて重要な役割を担うようになってきている。その導入は1970年代より開始され、1980年代に導入が急速に進んだことから、現在では30年を超えた高経年ケーブルが増加してきている。このため、高経年CVケーブルの絶縁性能および経年劣化の要因を撤去ケーブルを用いた試験で明らかに

することが、現用設備の更新計画策定を支援する上で重要課題となっている。本設備は、ケーブル長200mクラスの長尺供試ケーブルに対して課電試験を行い、絶縁破壊直前に瞬時に課電を遮断して絶縁耐力の実力値の把握および絶縁性能低下要因の把握を可能とする試験(絶縁破壊前駆遮断試験)を実施し、CVケーブルの絶縁性能の診断に活用する。

概要・特徴

ケーブル長200mクラスの22~77kV CVケーブルに対して、絶縁性能とその低下要因の双方を把握することが可能な「絶縁破壊前駆遮断試験」を効率よく実施することを可能としている。最大で500kVまでの電圧

を加えることが可能である。また、絶縁破壊前駆現象として微弱な部分放電を検出できるように、ケーブル末端部での部分放電が発生しないように工夫されている。

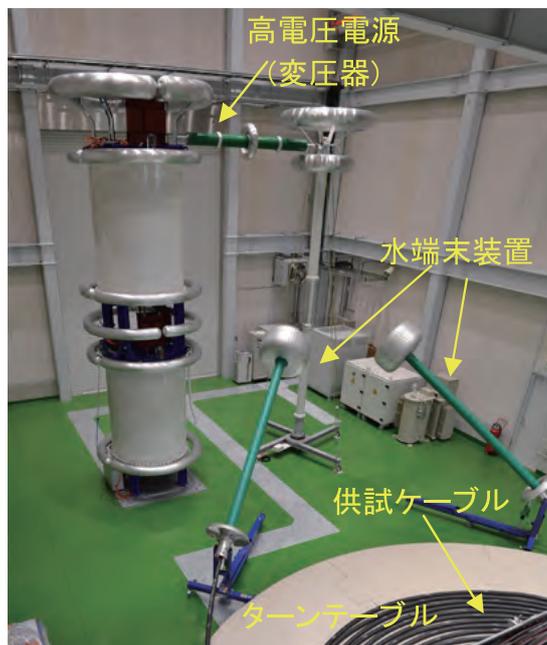
主な仕様

- 高電圧電源
 - ・最高電圧:500kV(コロナフリー)、最大定格容量:1000kVA
 - ・可変共振リアクトルにより共振を取ることで所要電源容量を低減
 - ・高速遮断装置付き(遮断指令から電圧遮断まで100マイクロ秒以内)
- 課電用ケーブル末端(水端末装置*)
 - ・最高電圧:250kV、600kV(2種類、各々最高電圧までコロナフリー)、強制循環イオン交換水にて高電圧絶縁を維持

【設置場所・時期・所管研究所】

横須賀地区・2013年3月・電力技術研究所

- 実験棟ホール
 - ・天井高:11m
 - ・天井走行クレーン:1t
 - ・ターンテーブル:直径10m



長尺CVケーブル絶縁特性試験設備

* 高電圧印加時にケーブル末端部での放電ノイズを抑制するため、イオン交換水を内部に充填して絶縁性能を確保する課電端末装置。

大容量電力短絡試験設備の屋外断路器(更新)

設置目的

大容量電力短絡試験設備では電力機器・機材の安全性確認や特性評価を行うため遮断器の短絡試験や、がいし装置、ケーブル、変圧器等の耐アーク試験等を実施している。屋外断路器は、各種試験を実施する際に試験電圧・電流に応じた変圧器の結線や試験場所へ

の配線に使用されるため、試験時に流れる最大80kA程度の大電流を通電する性能が必要である。屋外断路器は1963年の大容量電力短絡試験設備設置時から使用しており、交換の時期を迎えていることから更新した。

概要・特徴

本断路器は、変圧器から試験場所まで短絡電流を通電するため、適切な試験回路を構成

する。試験電圧や試験電流の大きさにあわせて複数台を組み合わせて使用する。

主な仕様

下記で構成されている。

(1) 断路器本体部

① 115kV垂直断路器

開閉機構:垂直一点切 操作方式:電動操作 (50Hz、200V)

定格短時間電流:実効値100kA、2sec 波高値:250kA

定格電圧:115kV 定格電流:4000A 台数:26台

② 115kV水平断路器

開閉機構:水平二点切 操作方式:電動操作 (50Hz、200V)

定格短時間電流:実効値50kA、2sec 波高値:125kA

定格電圧:115kV 定格電流:4000A 台数:3式(3機連動/式)

③ 23kV断路器

開閉機構:垂直一点切 操作方式:電動操作 (50Hz、200V)

定格短時間電流:実効値20kA、2sec 波高値:50kA

定格電圧:23kV 定格電流:800A 台数:4台 (三相一括:1、単極:3)

(2) 制御部

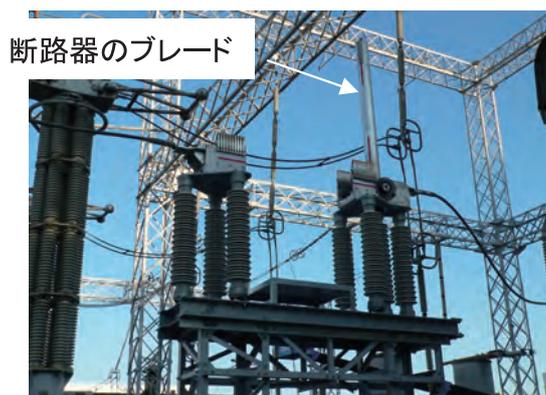
発電機運転支援システムの屋外断路器制御ソフトの変更

(3) 監視装置部

屋外断路器ブレードの監視用ビデオカメラシステムの設置

【設置場所・時期・所管研究所】

横須賀地区・2013年2月・電力技術研究所



115kV垂直断路器(開路状態)



115kV水平断路(3機連動)

短波長レーザー装置の搭載によるアトムプローブ装置の機能増強

設置目的

軽水炉の再稼働や長期安定運転に備え、原子炉压力容器鋼や炉内構造物用ステンレス鋼等の構造材料の経年変化を予測する手法の高精度化が求められている。当所では、これまでにアトムプローブ等のマイクロ組織観察装置群からなる「軽水炉材料分析ステーション」を整備し、压力容器鋼の照射脆化メカニ

ズム解明に基づく脆化予測式の開発等に用いてきた。短波長レーザー装置を既設のアトムプローブに追加することにより、結晶粒界の極微量元素分析等、従来詳細な分析が難しいとされる部位の分析を可能にし、損傷メカニズムの解明等に活用する。

概要・特徴

本短波長レーザー装置を放射線管理区域内(狛江地区)に既設の高分解能型アトムプローブに搭載することにより、世界最高レベルの質量分解能と空間分解能を有する高分解能レーザー支援型三次元アトムプローブへの機能増強となる。旧型レーザーでは困難であった酸化皮膜を含む領域の観察を容易にするとともに、より短時間でデータ取得が可能であるため、分析の効率が著しく向上する。

また、レーザー入熱による材料組織への影響を最小限にできることに加えて、高質量分解能検出器との組み合わせにより、旧型レーザーでは空間分解能の劣化のため困難であった微細析出物や粒界偏析の分析を容易にし、かつ、極微量元素の分析も可能となる。なお、同様のシステムを搭載したアトムプローブを放射線管理区域に導入した例はない。

主な仕様

本増強により三次元アトムプローブの機能は以下のとおり向上する。

- ・紫外域(355nm)のレーザーを用い、さらに広範囲にパワーを可変(数fJ~1.0nJ)することができ、幅広い材料を高い歩留まりで分析することが可能となる。

- ・3 μm 以下のレーザービームスポット径が実現できることで、非常に高い分解能の質量スペクトルを得ることができる。
- ・最大250kHzというレーザーパルス速度で迅速に分析を行うことができる。

【設置場所・時期・所管研究所】

狛江地区・2013年3月・材料科学研究所



短波長レーザー発振部(本体左側面)



三次元アトムプローブ本体外観

短波長レーザー装置を搭載した三次元アトムプローブ装置

放射化材料用電子線マイクロプローブアナライザー(EPMA)装置

設置目的

軽水炉の長期安定運転に向け、原子炉圧力容器鋼や炉内構造物用ステンレス鋼等の構造材料の経年変化を予測する手法の高精度化が求められている。当所では、これまでにアトムプローブ等の微細組織観察装置群からなる「軽水炉材料分析ステーション」を整備し、圧力容器鋼の照射脆化メカニズム解明

に基づく脆化予測式の開発等に用いてきた。本装置は放射化材料をセンチメートル程度までの広い領域で材料の化学成分を高精度に把握することができ、同ステーションにおける分析可能な空間スケールを拡大する。

概要・特徴

電界放出型電子銃および超軟X線分光器を搭載した電子線マイクロプローブアナライザー(EPMA)を放射線管理区域内(狛江地区)に導入することにより、放射化した材料の広視野元素分析が可能となる。電界放出型電子銃を搭載しているため、最小100nmの介在物や粒界・界面の偏析を高感度に分析できる。また、超軟X線分光器を搭載しているため、ホウ素、炭素、窒素等の軽元素を高感度で分析するこ

とが可能である。例えば、鉄鋼中の数10ppmのホウ素が分析できるため、機械特性に及ぼす軽元素の影響を詳細に検討可能である。さらに、「軽水炉材料分析ステーション」の装置群を相補的に活用し、集束イオンビーム加工法を用いた特定領域のアトムプローブおよびTEM観察といったナノスケールの分析手法と組み合わせることにより、ナノメートルからセンチメートルまでが分析可能となる。

主な仕様

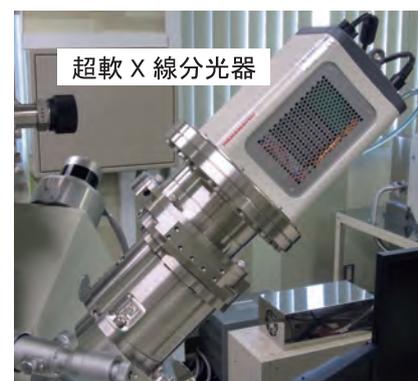
本EPMA装置の概略仕様は以下のとおりである。

- ・本体 JEOL JXA-8530F
ショットキー型電界放出型電子銃搭載
二次電子分解能:3nm以下

- ・検出器
波長分散型X線分光器 5基
エネルギー分散型X線分光器 1基(シリコンドリフト型)
超軟X線分光器 1基(回折格子+冷却CCD)
分光範囲:50~210eV

【設置場所・時期・所管研究所】

狛江地区・2012年12月・材料科学研究所



放射化材料用電子線マイクロプローブアナライザー(EPMA)装置

4.活動実績

4.活動実績

当研究所の2012年度における活動実績を以下に示す。

1 人的資源

2013年3月31日現在、要員は825名で、このうち、研究系が726名、事務系が99名である。研究員の分野別内訳は図1の通りで、幅広い分野にわたって構成されている。また、当研究所の役職員の博士号取得者は、380名で、内、75%が工学系、10%が理学系である。

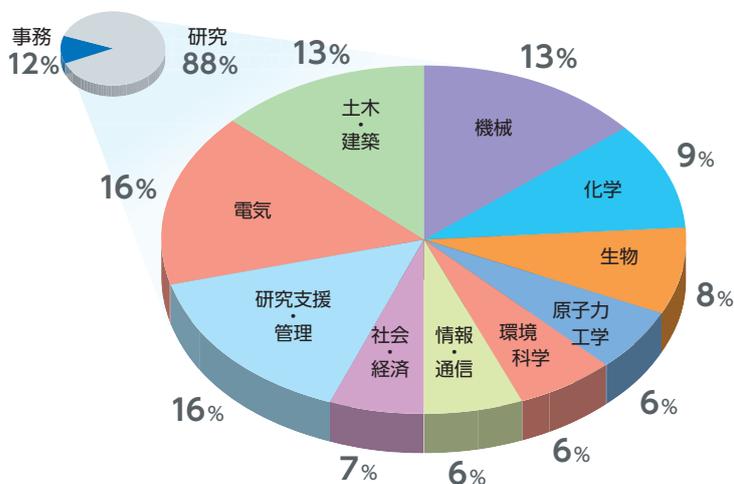


図1 要員分野別内訳 (2013年3月31日現在)

2 研究報告書

合計429件の「電力中央研究所報告」等を取りまとめた。このうち研究報告等271件、電力会社や国からの受託報告が158件である。分野毎の内訳を図2に示す。公開している研究報告等の件名は付表(1)に掲載した。これら研究報告等の本文およびリーフレット*1は当研究所のウェブサイトよりダウンロードできる。

*1 本文とリーフレットの公開時期は異なる場合がある。

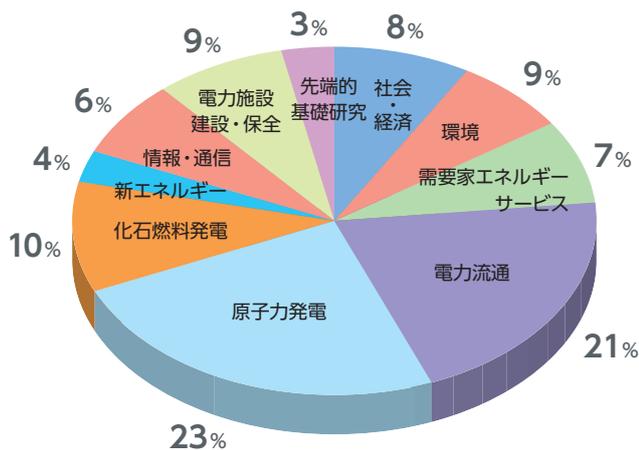


図2 報告書分野別内訳

3 論文発表

合計1,559件の研究論文を学会誌、学術誌、学会大会等にて発表した。うち、査読付き論文は383件である。研究論文全体の分野毎の内訳を図3に示す。論文の件名は当研究所ウェブサイトの「研究成果／報告書等」の論文データベースに収録している。

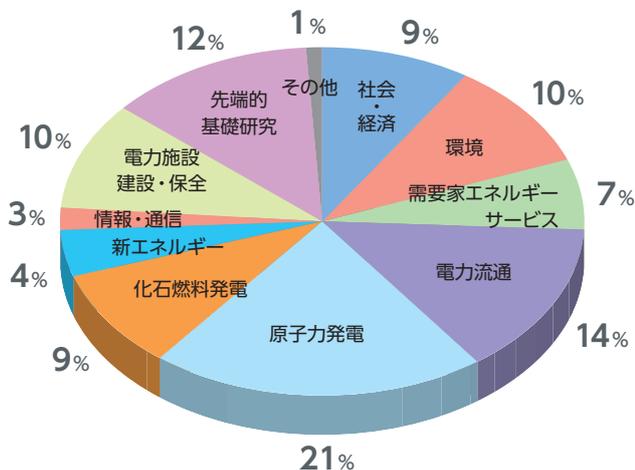


図3 論文分野別内訳

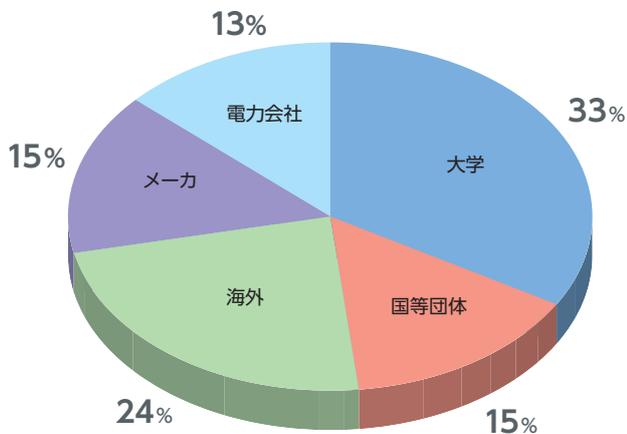


図4 共同研究先分類

4 研究協力・交流

4-1 共同研究

総計196件の共同研究を実施した。共同研究先の内訳は図4に示すように大学が33%、国等の研究所が15%等となっている。



図5 研究協力協定を締結している主な機関

欧州原子力共同体 (EURATOM) は、欧州地区に位置する。

4-2 主な国際協力・交流

海外の研究機関等と共同研究、情報交換および人的交流を進めている。図5に国際協力協定を締結している主な機関を、表1に主な国際協力・交流先を示す。

4.活動実績

表 1 主な国際協力・交流先

研究協力協定を締結している主な機関	
アジア	
韓国電力研究院 (KEPRI)	台湾核能科技協進会 (NuSTA)
韓国電気研究院 (KERI)	中国電力科学研究院 (CEPRI)
韓国電力取引所 (KPX)	国網電力科学研究院 (SGEPRI：中国)
韓国スマートグリッド事業団 (KSGI)	上海交通大学 (SJTU：中国)
台湾電力公司 (TPC)	
アメリカ	
米国電力研究所 (EPRI)	サウスウェスト研究所 (SwRI)
ヨーロッパ	
欧州原子力共同体 (EURATOM：EU)	フランス電力公社 (EDF)
スイス放射性廃棄物管理組合 (NAGRA)	ドイツ連邦材料研究所 (BAM)
フランス原子力庁 (CEA)	国際原子力機関 (IAEA)
オセアニア	
豪州科学産業研究機構 (CSIRO)	
アフリカ	
南アフリカ電力公社 (ESKOM)	
共同研究を実施している主な機関	
アジア	
台湾電力総合研究所 (TPRI)	韓国原子力安全技術院 (KINS：韓国)
原子力研究所 (KAERI：韓国)	高麗大学 (韓国)
アメリカ (近隣国含む)	
米国電力研究所 (EPRI)	米国原子力規制委員会 (USNRC)
アイダホ国立研究所 (INL)	米国技術標準研究所 (NIST)
米国大気研究センター (NCAR)	カナダ核燃料廃棄物管理機関 (NWMO)
ニューメキシコ工科大学 (NMT)	カナダ原子力公社 (AECL)
米国エネルギー省 (DOE)	
ヨーロッパ	
フランス原子力庁 (CEA)	欧州原子力共同体 (EAEC/EURATOM)
フランス電力公社 (EDF)	超ウラン元素研究所 (ITU：ドイツ)
フランス放射性廃棄物管理公社 (ANDRA)	カールスルーエ研究所 (FZK/INE：ドイツ)
放射線防護原子力安全研究所 (IRSN：フランス)	ドイツ原子力サービス (GNS)
スウェーデン核燃料廃棄物管理会社 (SKB)	原子炉安全協会 (GRS：ドイツ)
Studsvik Nuclear (スウェーデン)	ドイツ連邦材料研究所 (BAM)
フォン・カルマン流体力学研究所 (VKI：ベルギー)	ドレスデン-ロッセンドルフ研究所 (HZDR：ドイツ)
ベルギー原子力研究センター (SCK・CEN)	ドイツ連邦経済技術省 (BMW i)
スイス放射性廃棄物管理共同組合 (NAGRA)	ドレスデンライブニッツ個体・材料研究所 (ドイツ)
VTT フィンランド技術研究センター	イエナフリードリッヒ・シラー大学 (ドイツ)
ポシバ社 (POSIVA：フィンランド)	トリノ工科大学 (イタリア)
チェコ放射性廃棄物貯蔵庁 (RAWRA)	国立研究評議会 (イタリア)
ブラチスラバ コメンスキー大学 (スロバキア)	トウェンテ大学 (オランダ)
国際原子力機関 (IAEA：オーストリア)	オランダエネルギー研究機構 (NRG：オランダ)
経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA)	エネルギー技術研究所 (IFE：ノルウェー)
オセアニア	
カーティン大学	
その他 (複数機関が関与しているもの)	
モンテリコンソーシアム	ハルデン炉プロジェクト
国際機関への参加	
欧州電気事業連合会 (EURELECTRIC)	電力研究国際協力機構 (IERE)
東アジア・西太平洋電力協会 (AESIEAP)	EMTP DCG 委員会
世界原子力協会 (WNA)	

5 研究発表会等

以下の研究発表会および見学会を開催した。

- 電力中央研究所 震災対応報告会 PartⅡ
「地震・津波に対して電力施設の備えをどうすべきか」
2012年5月11日 東京(イイノホール)
- 研究所公開
2012年5月20日 赤城試験センター
2012年10月13日 狛江地区
2012年10月13日 我孫子地区
2012年10月20日 横須賀地区

6 産業財産権

特許登録は129件、出願は計119件であった。特許・ノウハウの新規の実施許諾件数*2は20件であった。

7 ソフトウェア

当研究所では著作権管理のためのソフトウェア登録制度を設けている。また、これらのソフトウェアについては電気事業者やその他の営利企業、大学な

どの要請に応じて使用許諾を実施している。新規の登録と使用許諾は、それぞれ67件および357件(1077本)であった。

8 その他

当研究所あるいは当研究所の役職員が執筆・編集した主な出版物は8件、当研究所役職員が受けた主な外部表彰は45件(延べ65名)で、それぞれ付表(2)および(3)に示す。また、当研究所の公刊物の一覧を付表(4)に示す。

一般からも検索できる情報サービスとして、

平成7年度より本格運用を行っているインターネット上の電中研ホームページを引き続き運用した。当「電中研World Wide Webインフォメーションサービス(<http://criepi.denken.or.jp/>)」では、公開可能な研究報告のPDF、ならびに「電中研ニュース」等の広報情報を提供している。

*2 許諾した知的財産権・ノウハウ数に基づく件数。

付表(1)研究報告等

報告書番号の区分

Y:社会経済研究所 R:システム技術研究所 L:原子力技術研究所 N:地球工学研究所
V:環境科学研究所 H:電力技術研究所 M:エネルギー技術研究所 Q:材料科学研究所

■1.社会・経済分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
Y12001	研究報告	2030年までの日本経済中期展望 - 財政再建への道 -	門多 治
Y12002	研究報告	事業所アンケート調査に基づく2011年夏の節電実態 - 東日本地域を中心とした分析 -	木村 幸
Y12003	調査報告	競争促進策としての発電設備の仮想的売却の有効性 - 所有権分離との比較 -	三枝 まどか
Y12004	研究報告	米国における電力の小売全面自由化の制度設計と競争状況	服部 徹
Y12005	研究報告	電気自動車の夜間充電負荷に対する系統影響緩和策の提案 - 負荷変動対策の検証 -	高木 雅昭
Y12006	調査報告	LNG取引における価格交渉力強化の要因と先物市場の形成	筒井 美樹
Y12007	研究報告	米国の電気事業者における発送電分離の評価 - 発電の費用効率性と電気料金への影響 -	井上 智弘
Y12009	調査報告	ドイツの再生可能エネルギー電源普及に伴う影響 - 卸電力市場の価格と系統運用の再給電指令 -	古澤 健
Y12010	研究報告	東日本大震災後の人々の科学技術に対する考え方の変化	小杉 素子
Y12013	研究報告	我が国における原子力防災制度改革の動向と課題 - フランスの原子力防災体制におけるステークホルダー関与の実態と我が国への教訓 -	菅原 慎悦
Y12014	調査報告	米国の電気事業における合併審査手法の現状と課題	三枝 まどか
Y12015	研究報告	地域別電灯・電力需要の価格弾力性の分析	大塚 章弘
Y12016	調査報告	熟議による社会的意思決定プロセスの課題 - エネルギー・環境問題に関する2つの討論型世論調査からの示唆 -	馬場 健司
Y12017	調査報告	欧州の電力小売全面自由化と競争の実態 - 規制料金の現状・需要家の選択行動・供給者の対応 -	筒井 美樹
Y12019	調査報告	米国電気事業者の財務パフォーマンスと組織構造 - 規制事業と非規制事業の売上高比率による影響 -	後藤 美香
Y12020	調査報告	米国の卸電力市場の制度設計と課題 - 短期の市場の効率性と長期の供給力の確保 -	服部 徹
Y12023	研究報告	東日本大震災後の事業所節電行動の継続状況 - 2011年夏と2012年夏のアンケート調査の比較 -	木村 幸
Y12024	研究報告	都道府県別人口予測モデルの開発 - 2050年までのシミュレーション -	中野 一慶
Y12026	研究報告	家庭における2012年夏の節電の実態	西尾 健一郎
Y12027	研究報告	再生可能エネルギー電力普及策と送電線中立化策：米国の電力買取制度をめぐる議論	佐藤 佳邦
Y12028	調査報告	欧州における家庭用電気料金メニューの多様化の現状と課題	後藤 久典
Y12030	研究報告	火力発電の複数の運転モードと需給調整力を考慮した電源構成モデルの開発	山本 博巳
Y12031	研究報告	メガソーラー発電技術のライフサイクルCO ₂ 排出量評価	今村 栄一
Y12032	研究報告	電中研 短期マクロ計量経済モデル2012 - 財政政策数の変化と震災後の節電量の推定 -	林田 元就
Y12033	研究報告	2030年までの産業構造・エネルギー需給展望	浜渦 純大
Y12034	調査報告	日本における再生可能エネルギー普及制度による追加費用及び買取総額の推計	朝野 賢司
Y12035	調査報告	省エネルギー・節電促進策のための情報提供における「ナッジ」の活用 - 米国における家庭向けエネルギーレポートの事例 -	小松 秀徳
V12009	研究報告	ジェットロファ燃料油混焼発電のエネルギー効率とコスト分析 - 風力・メガソーラーとの比較 -	土屋 陽子

■2.環境分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
Y12012	調査報告	2020年以降の温暖化対策の国際枠組み – 論点の整理と新枠組みの種類の提示 –	上野 貴弘
V12001	研究報告	中間周波磁界の生物影響評価 – ラットを用いた 60 kHz 磁界の亜慢性毒性評価 –	西村 泉
V12002	研究報告	ICP 発光分析法による石炭灰中水銀の測定法の開発	正木 浩幸
V12003	研究報告	火力発電所排ガスを対象とした建物ダウンウォッシュに関する基礎的検討 – 煙突高さや吐出速度の影響評価 –	瀧本 浩史
V12005	研究報告	次世代 PCB バイオセンサーの開発 (その 3) – マイクロ流体デバイスを用いた絶縁油中 PCB 分析 –	青田 新
V12007	研究報告	新しい気候安定化の概念に基づく現実的な CO ₂ 排出削減の道筋	筒井 純一
V12008	調査報告	温暖化適応に関する国内外の動向調査	坂井 伸一
V12012	研究報告	日本における CCS 付き微粉炭火力発電のライフサイクルアセスメント – CCS 導入による環境・健康リスク –	湯 龍龍
V12013	調査報告	化石燃料発電所立地における CCS Ready の規制化 – 各国動向と英国電力事業者の対応事例 –	下田 昭郎
V12018	研究報告	水中放水された温排水の簡易シミュレーション手法の適用性	仲敷 憲和

■3.需要家エネルギーサービス分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
Y12008	研究報告	太陽光発電大量連系時の系統電圧制御に対するデマンドレスポンスの適用可能性 – 発動頻度と経済性の評価 –	河村 清紀
Y12011	調査報告	家庭用エネルギー管理システム (HEMS) の普及に関する課題とその動向 – 過去の実証の分析による課題整理 –	加藤 力也
Y12018	研究報告	産業用需要家の電力需要マネジメントのための設備利用計画策定ツールの開発	坂東 茂
Y12021	調査報告	デマンドレスポンスにおける需要家ベースライン選定に関する北米評価事例の調査	山口 順之
Y12022	研究報告	業務・産業需要における BEMS / デマンド監視・制御装置のデマンドレスポンスへの活用の可能性	山口 順之
Y12025	研究報告	オフィスビルを対象にしたデマンドレスポンス制御の実証試験 – 自動 DR と手動 DR の比較 –	高橋 雅仁
Y12029	調査報告	電気自動車・プラグインハイブリッド車の利用実態と利用者意識	田頭 直人
R12001	研究報告	業務用電化厨房における換気量低減時の換気性能の検証と省エネ効果の推定	上野 剛
R12002	研究報告	家庭用エアコンの熱源特性モデルの開発 – その 4: モデルの汎用性検証 –	上野 剛
R12003	研究報告	業務用電化厨房にふさわしい換気設計手法に関する研究 (その 4) – 排気フード捕集率に及ぼす調理機器前での調理作業の影響 –	岩松 俊哉
R12008	調査報告	家庭用エアコンの選定に関する調査と多様な住まい方を考慮したエアコン選定支援ツールの提案	安岡 絢子
R12011	研究報告	業務用電化厨房にふさわしい換気設計手法に関する研究 (その 5) – 排気フード捕集率に及ぼす排気フード前面での下降気流の影響 –	岩松 俊哉
V12004	研究報告	植物工場の温熱空気環境評価 (その 3) – 植物栽培条件下での数値シミュレーション –	道岡 武信
H12002	研究報告	磁気共鳴方式によるインバータを用いた双方向非接触給電回路の提案 (その 2) – kW 級給電装置の試作 –	名雪 琢弥
M12003	研究報告	CO ₂ ヒートポンプ給湯システムの高効率化を目指した貯湯タンク内温度分布計算手法の開発 – 給湯・ふる湯張システム用モデルの構築 –	若松 裕紀
Q12011	研究報告	ナトリウムイオン電池の電極特性と全固体電池の試作	小林 剛

■4.電力流通分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
R12005	研究報告	電力系統瞬時値解析プログラムの開発（その6）－非線形回路に対する精度向上－	菊間 俊明
R12007	研究報告	直流遮断器により直流線路事故を除去可能とする自動式直流送電システム －長距離架空線路を有する双極システムの動作検証－	佐野 憲一郎
R12009	研究報告	設備個々の保守・更新の初期計画に対する系統大での計画調整プログラムの開発	竹原 有紗
R12010	研究報告	他励式変換器と自動式変換器併設時の高調波不安定現象	菊間 俊明
R12012	研究報告	SVC容量を低減する分散形電源無効電力制御 －PV出力に応じた無効電力制御のシミュレーション評価－	八太 啓行
R12013	研究報告	洋上風力発電用の高圧直流送電への適用を想定した複数の変換器モジュールによる直流昇圧方式の提案	佐野 憲一郎
R12015	研究報告	太陽光発電大量導入時の特高系統の単独運転検出性能	山下 光司
R12016	研究報告	太陽光発電大量導入時における特高系統短絡事故時の太陽光発電の応動	山下 光司
R12018	研究報告	PV設置需要家における蓄電池の経済性評価 －蓄電池設置により経済メリットが生じる条件の検討－	大嶺 英太郎
R12020	研究報告	二次送電系統事故時の単独運転防止－回転型分散形電源が混在する条件での多数台連系型パワーコンディショナによる単独運転の検出特性評価－	上村 敏
R12021	研究報告	配電線の三相不平衡時のSVRによる電圧制御の問題点と対策用制御方式の開発	上村 敏
N12024	研究報告	ワイヤ支持式着雪サンブラの屋外着雪観測への適用性実証試験	西原 崇
N19	総合報告	送電設備の雪害に関する研究－2007～2011年度成果－	西原 崇
H12004	研究報告	高精度到達時間差算定手法に基づくパルス性電磁波の到来方向推定システムの開発	田 野
H12005	調査報告	電力系統の瞬時値解析・過渡現象解析手法の調査とXTAPによる解析例（その1） －開閉サージ性過電圧の解析－	野田 琢
H12006	研究報告	低周波磁界による体内誘導量評価ツールの任意姿勢人体モデルへの適用と低周波電界およびRF電磁界ばく露への拡張	山崎 健一
H12009	研究報告	パルス性電波雑音がデジタル地上波テレビ放送に及ぼす影響の評価手法の提案	宮島 清富
H12010	研究報告	地域特性を考慮した高圧配電線雷ハザード評価手法の提案	石本 和之
H12012	研究報告	送電線雷事故率の予測精度向上に関する研究 －2並列アークホーンの同時フラッシュオーバー特性－	田中 大樹
H12013	研究報告	電力流通設備の保守計画策定における階層的データの活用 －油入変圧器に対する短絡電磁力を考慮した寿命推定－	高橋 紹大

■5.原子力発電分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
L12001	研究報告	高温海水中におけるジルカロイ-2被覆管材の腐食試験	澤部 孝史
L12002	研究報告	配管分岐合流部における流れ加速型腐食による減肉傾向の評価	渡辺 瞬
L12003	調査報告	低線量放射線による心血管疾患誘発－生物学的機構解明の現状と今後の課題－	岩崎 利泰
L12004	研究報告	PRA入力用共通原因故障国内データ分析と信頼性パラメータの推定（電気・計装品編）	吉田 智朗
L12005	研究報告	チーム理想像の評価手法の作成－緊急時対応におけるチームワークの研究（1）－	三沢 良

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
L12006	研究報告	個人の危険感受性規定要因の解明（その2） －不安全行動発見能力向上に対する背後要因知識の獲得効果－	武田 大介
L12007	研究報告	使用済燃料プールの事故時冷却特性評価 － MAAP コードを用いた冷却機能及び冷却材喪失事故解析－	西村 聡
L12008	研究報告	気液二相流条件下の流れ加速型腐食に対する流動因子の評価と物質移動係数評価式の構築（その2） －代表パラメータ計算法の開発－	佐竹 正哲
N12001	研究報告	処分施設条件を考慮した締固めたベントナイトのガス移行特性評価	田中 幸久
N12007	研究報告	段丘の対比・編年の信頼性向上のための風化指標の検討（その2） －段丘礫の風化状態の把握と対比指標の適用条件の提示－	浜田 崇臣
N12008	研究報告	地表ソース型空中電磁探査法の沿岸域への適用性評価	伊藤 久敏
N12009	研究報告	スウェーデン・ハードロック地下研究施設における高レベル放射性廃棄物処分のための国際共同研究（その11） －結晶質岩地域における長期間揚水試験の数値解析－	田中 靖治
N12012	研究報告	ボーリング調査における地下水水質に及ぼす掘削水、洗浄水およびセメントの影響	富岡 祐一
N12015	研究報告	沿岸域堆積軟岩地点での物理探査データの複合解析（その2） －微動アレイ探査および電磁探査データへの適用－	鈴木 浩一
N12019	研究報告	火災モデル FDS による大規模区画内火災解析（その2） －火災上昇流・物体表面・隣接区画内空気温度評価に対する適用性－	須藤 仁
N12020	研究報告	新素材を用いた放射性物質輸送容器緩衝体の落下試験による適用性評価	南波 宏介
N12023	研究報告	コンクリートキャスク方式による使用済燃料貯蔵の実用化研究 － 304L, 316L ステンレス鋼の塩化物応力腐食割れ感受性評価－	後藤 将徳
N20	総合報告	ベントナイト系材料のアルカリ溶液による変質挙動評価に係る電力中央研究所の成果（2006～2011年）と今後の課題	横山 信吾
H12001	調査報告	原子力発電所用安全系ケーブルの高経年化管理に向けた絶縁体劣化メカニズム研究の課題	布施 則一
H12003	研究報告	レーザーを用いたキャニスタ付着塩分計測技術の開発 － SCC 発生に及ぼすパルスレーザー照射の影響－	江藤 修三
H12008	研究報告	高融点土壌のプラズマ熔融処理に適した融点降下剤	神足 将司
Q12001	研究報告	希薄海水中におけるステンレス鋼のすきま腐食挙動	谷 純一
Q12006	研究報告	熱酸化処理を利用した一体型金属/酸化物電極の作製および性能評価	橋本 資教
Q12007	研究報告	原子炉圧力容器鋼の照射脆化予測法の改良 －高照射監視試験データの予測の改善－	曾根田 直樹
Q12008	研究報告	減肉現象の予測精度向上に向けた水化学影響の定量化 －しきい溶存酸素濃度の評価と溶存鉄の拡散係数の最適化－	藤原 和俊
Q12009	研究報告	基礎ボルトに対する超音波探傷法の開発 －第1報：フェーズドアレイ超音波法による疲労き裂の評価についての検討－	林 山
Q12010	研究報告	溶質原子クラスター形成による原子炉圧力容器鋼の照射脆化機構の計算科学的検討 －三元系鉄合金（FeCuNi, FeCuSi, FeNiSi）の転位芯構造と剛性率－	大沼 敏治

■6.化石燃料発電分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
M12001	研究報告	CO ₂ 回収型高効率IGCCシステム用乾式脱硫プロセスの炭素析出抑制策 －循環排ガス添加時のガス組成変化を考慮した炭素析出抑制策の検討－	小林 誠
M12002	研究報告	ガスタービン用遮熱コーティングを対象としたはく離の非破壊検出手法の開発 －手法の提案と適用性の評価－	藤井 智晴
M12005	研究報告	3t/日石炭ガス化研究炉を用いたCO ₂ 富化ガス化特性の評価 －給炭量比とCO ₂ 濃度の影響－	濱田 博之
M12006	研究報告	石炭火力ボイラ水冷壁管における耐硫化腐食コーティングの開発 第4報 －管表面の下地処理の影響－	河瀬 誠
M12007	研究報告	フライアッシュ造粒固化物への未焼成貝殻砕粉の添加効果 －固化物強度への影響－	日恵井 佳子
M12008	研究報告	未利用炭利用技術の開発 －豪州産難粉砕性石炭(低HGI炭)の粉砕・燃焼基礎特性の評価－	池田 道隆
Q12005	研究報告	高効率火力発電プラント用候補材料Ni基合金Alloy 740Hの高温強度特性評価 －第1報：高温引張、クリープおよび疲労特性の把握－	張 聖徳

■7.新エネルギー分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
R12017	研究報告	PCSを用いた太陽電池モジュールの故障判定 －I-V特性の2階微分を用いた判定法の検証－	八太 啓行
V12006	研究報告	微生物によるBDF副生グリセロール廃液からのエタノール生産	松本 伯夫
V12011	研究報告	メタン発酵処理による植物工場の農業廃棄物からのエネルギー回収 －処理規模とエネルギー収支の評価－	渡邊 淳
V12014	研究報告	ジャトロファ燃料油のディーゼルエンジンへの適用性評価	土屋 陽子
V12015	研究報告	太陽光発電のための日射量予測の信頼性指標	野原 大輔
M12004	研究報告	広負荷範囲におけるSOFC発電システムの高効率運用方法と特性	吉葉 史彦
Q12002	研究報告	太陽光発電のリアルタイム発電出力把握技術の開発(IV) －多様な設置方位に対応可能なモデルの構築－	宇佐美 章

■8.情報・通信分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
R12004	研究報告	920 MHz帯マルチホップ無線とIEC 62056によるスマートメータ用通信に関する基礎評価	宮下 充史
R12006	研究報告	光ファイバを活用したマイクロ波無線設備の耐雷性能向上(その1) －光電波融合技術を用いた構成の提案と通信回線設計－	池田 研介
R12014	研究報告	遠隔光給電を用いた多点光センサシステムの基礎検討 －送電線用の無線型センサ接続機能の開発と動作検証－	小川 理
R12019	研究報告	電力用アクセス系光ファイバ通信ネットワークの耐障害化に関する実験的検討	森村 俊

■9.電力施設建設・保全分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
N12002	研究報告	ダム・堰のゲート直上流で生じる洗掘に関する研究（その1） －洗掘孔形状の経時変化特性－	太田 一行
N12003	研究報告	降下火山灰影響評価のための噴煙柱の数値流体解析（その1） －噴煙形状に及ぼす乱流モデルの影響評価－	須藤 仁
N12004	研究報告	複数配置された太陽光発電パネル周り流れのシミュレーション －解析コードの適用性評価と空気力特性の機構説明－	村上 貴裕
N12005	研究報告	堆積岩地域の溶存有機物を用いた地下水の流動履歴評価 －励起蛍光マトリクスと多変量解析による地下水起源の推定－	伊藤 由紀
N12006	研究報告	EK (Electro Kinetic) 現象を利用した岩盤透水性評価法の開発（その2） －EK 電位の伝播速度を利用した評価法の適用性検討－	窪田 健二
N12010	研究報告	陸上構造物に対する津波流体力評価（その1） －有限幅構造物に対する非越流条件での数値的検討－	木原 直人
N12011	研究報告	地震波形を入力とした固定屋根付き円筒タンクの三次元スロッシング解析	村上 貴裕
N12013	研究報告	鉄筋腐食が生じた鉄筋コンクリート製ボックスカルバートの耐荷特性評価 －地震により発生したひび割れの影響に関する実験的検討－	松尾 豊史
N12014	研究報告	気液二相流解析・弾塑性解析を組み合わせた斜面安定性評価手法の構築	末永 弘
N12016	研究報告	東北地方太平洋沖地震における変電設備の被害要因と入力地震動レベルの関係	佐藤 浩章
N12017	調査報告	重要社会インフラの相互依存性解析に関する調査 －災害時における電力システムの機能評価に向けて－	湯山 安由美
N12018	研究報告	鉄筋コンクリート構造物の塩害劣化予測に用いる塩化物イオン実効拡散係数の評価方法の合理化	松井 淳
N12021	研究報告	部分模型を用いた架空送電線のギャロッピング現象の解明（その2） －実径間ギャロッピング再現実験手法の確立および準定常空気力モデルの適用性の検討－	松宮 央登
N12022	研究報告	部分模型を用いた架空送電線のギャロッピング現象の解明（その3） －ルーズスペーサのギャロッピング抑制メカニズム－	松宮 央登
N18	総合報告	原子力土木構造物の耐震裕度に基づく地震リスク評価法	中島 正人
V12016	研究報告	河川流域降水量の気候的確率密度関数（その2） －気候変化による影響の推定－	門倉 真二
V12017	研究報告	梅雨期の豪雨イベントに関連した広域気象パターンの抽出	大庭 雅道
Q12003	研究報告	送電鉄塔用鋼管内腐食分布のモニタリング	長沼 淳
Q12004	研究報告	送電鉄塔における内面腐食に対する点検技術の開発 －第一報 測定手法に関する基礎検討－	福富 広幸

■10.先端的基础研究分野

報告書番号	種別	報告書名	主報告者氏名
V12010	研究報告	ナノ・マイクロテクノロジーを利用した生物計測技術の開発（その4） －固相抽出法の改良と標準環境試料の分析－	伊達 安基
H12011	研究報告	光ルミネッセンス法によるガスタービン用遮熱コーティングの界面酸化層検出技術の開発 －小型励起光源の適用性評価－	福地 哲生

付表(2) 主要な出版物

書名	編・著者	出版社	出版年月
酸性雨から越境大気汚染へ	藤田 慎一	成文堂書店	2012年4月
知っておきたい電気事業の基礎 －再生可能エネルギー・安定供給・電気料金－	電力時事問題研究会	日本電気協会新聞部	2012年5月
環境史から学ぶ地球温暖化	杉山 大志	エネルギーフォーラム	2012年5月
進化する火力発電 －低炭素化・低コスト化への挑戦－	高橋 毅	日刊工業新聞社	2012年9月
基礎からわかるバイオマス資源	山本 博巳	エネルギーフォーラム	2012年7月
はじめての集じん技術 －基礎から応用まで－	金岡 千嘉男、 牧野 尚夫 編著	日刊工業新聞社	2013年1月
狙われる日本の環境技術 －競争力強化と温暖化交渉への処方箋－	上野 貴弘、 本部 和彦 編著	エネルギーフォーラム	2013年2月
温暖化対策の自主的取り組み －日本企業はどう行動したか－	杉山 大志、 若林 雅代 編著	エネルギーフォーラム	2013年3月

付表(3) 主要な外部表彰

表彰を受けた団体名	賞の名称	受賞した論文名(または受賞理由)	当所研究関係者
日本建築学会	奨励賞	広帯域サイト増幅特性評価のための深部地盤の不均質性のモデル化に関する研究 - 新潟平野を対象とした基礎的検討 -	佐藤 浩章
日本機械学会 計算力学部門	優秀技術講演表彰	流れ加速型腐食における CFD の活用	稲田 文夫
日本機械学会	日本機械学会奨励賞	微粉炭燃焼の数値シミュレーションにおける詳細揮発分放出モデルの研究	橋本 望
日本機械学会	日本機械学会賞	配管減肉管理改善に向けた技術開発および研究情報取得と発信	稲田 文夫
化学とマイクロ・ナノシステム研究会	平成 23 年度化学とマイクロ・ナノシステム研究会若手優秀賞	マイクロ多相流の流体力学的解析と応用	青田 新
建設工学研究振興会	平成 23 年度建設工学研究奨励賞	岩盤斜面の地震時崩壊メカニズムの解明と数値シミュレーション技術の開発	石丸 真
電気学会	電気学術振興賞 論文賞	高圧配電用避雷器の接地抵抗値が直撃雷保護効果に与える影響	日高 哲也 石本 和之 浅川 聡
電気学会	業績賞	ガス絶縁機器の絶縁信頼性向上技術の発展ならびに学会活動への貢献	藤波 秀雄
電気学会	電気学術振興賞 (論文賞)	小規模離島への風力発電導入時の系統周波数安定化方式の開発	山下 光司 坂本 織江 北内 義弘 七原 俊也 井上 俊雄
電気学会	電気学術振興賞 (論文賞)	パワーエレクトロニクスシステム設計のための瞬時値シミュレーション	菊間 俊明 岡田 有功 高崎 昌洋
セメント協会	第 40 回セメント協会論文賞	セメント系人工バリアの品質に及ぼす養生の影響と非破壊評価法に関する研究	蔵重 勲
セメント協会	第 40 回セメント協会論文賞	2H NMR による CHS 中の水分の動的な存在状態とそれに及ぼす乾燥の影響に関する研究	湊 大輔
エネルギー・資源学会	論文賞	高温分空気利用再生サイクル型ガスタービンを用いた圧縮空気エネルギー貯蔵発電システムの研究	高橋 徹 幸田 栄一
エネルギー・資源学会	第一回学会賞	家庭におけるエネルギー消費実態の計量と分析	上野 剛
エネルギー・資源学会	茅奨励賞	ドイツの送配電事業におけるインセンティブ規制の課題	三枝 まどか
土木学会	平成 23 年度土木学会論文奨励賞	遠心力模型実験による岩盤斜面の地震時安定性評価に関する基礎検討	石丸 真
The 16th International Meeting on Lithium Batteries Organizing Committee	IMLB2012 Young Investigator Award	4 V-Class Solvent-Free Lithium-Ion Polymer Battery with Cellulose Coating	小林 剛
IEC(The International Electrotechnical Commission)	1906 award	国際規格作成に対する永年にわたる価値ある貢献	雪平 謙二
経済産業省	第 48 回電気保安功労者 経済産業大臣表彰	電気保安に関する永年の功績	雪平 謙二
米国機械学会	Certificate of Appreciation	CFD Tutorial	古谷 正裕
日本粘土学会	奨励賞	放射性廃棄物処分におけるベントナイト系材料の長期変質挙動に関する研究	横山 信吾
大気環境学会	論文賞 (学術部門)	北関東における微小粒子状物質のレセプターモデルと放射性炭素同位体比を組み合わせた発生源寄与率推定	速水 洋
日本セラミックス協会	感謝状	「エネルギー変換セラミックス材料・デバイスの新展開～次世代自動車やスマートグリッド等への活用を目指して」のセッションオーガナイザーとしての貢献	森 昌史

表彰を受けた団体名	賞の名称	受賞した論文名(または受賞理由)	当所研究関係者
人工知能学会	全国大会優秀賞	電気機器の高調波特性に基づく非侵入型モニタリング	小野田 崇
経済産業省	平成 24 年度工業標準化事業表彰 国際標準化貢献者表彰 (産業技術環境局長表彰)	国際標準化活動への寄与 (人体ばく露に関連する電磁界の評価方法)	山崎 健一
The International Electrotechnical Commission	1906 Award	TC112 およびその前身の TC98 における貢献と国際規格 IEC60493-1 の改定を主体的に実施した功績	岡本 達希
日本エネルギー学会	日本エネルギー学会石炭科学会議 優秀賞 (第 49 回石炭科学会議)	揮発分組成を予測可能とする石炭初期熱分解モデルの構築 - CPD モデルの拡張 -	梅本 賢
日本エネルギー学会	日本エネルギー学会石炭科学会議 優秀賞 (第 49 回石炭科学会議)	微粉炭燃焼場における硫化水素の挙動解明とモデリング	丹野 賢二
Fuel Cell Seminar & Energy Exposition	Honorable Mention 2012 Poster Presentation	Development of SOFC performance evaluation technology	吉川 将洋
2012 年度核データ 研究会	優秀ポスター賞	Estimation of reaction rate in subcritical system by gamma ray spectrum measurement	名内 泰志
日本社会心理学会	奨励論文賞	情報の非対称性を伴う二者関係での予期と行動の相互支持過程 の検討	小杉 素子
日本電気協会	第 57 回 (平成 24 年度) 濹澤賞	配電設備の台風被害予測システムの開発グループ	石川 智已 朱牟田 善治 杉本 聡一郎 服部 康男
粉体工学会	技術賞	数値シミュレーションによるハニカム型脱硝触媒の劣化特性評価	丹野 賢二 道岡 武信 牧野 尚夫
土木学会	第 67 回年次学術講演会 優秀講演者表彰	砂質土の間隙水浸透による吸水膨張後のせん断変形に及ぼす 細粒分の影響	石丸 真
日本燃焼学会	日本燃焼学会技術賞	微粉炭用超低 NOx バーナの開発と多様な燃料への適用拡大	池田 道隆 辻 博文 木本 政義 牧野 尚夫
The 10th International Workshop on Radiation Effects on Semiconductor Device for Space Applications	Best Oral Presentation Award	Annealing Effects on Charge Collection Efficiency of an Electron-Irradiated 4H-SiC Particle Detector	土田 秀一 伊藤 雅彦 星乃 紀博
情報処理学会 情報規格調査会	国際規格開発賞	国際規格 ISO/IEC 14143-6 第 2 版のプロジェクトエディタ を務めた功績	高橋 光裕
エヌエフ基金	2012 年度研究開発奨励賞	高安全を担保する「イオン液体」を電解質に用いたリチウム二 次電池の研究・開発	関 志朗
日本エネルギー学会	平成 24 年度日本エネルギー学 会進歩賞 (学術部門)	噴流床ガス化炉の実用化に向けたガス化反応モデルの開発	梶谷 史朗
横浜国立大学大学院 環境情報学府長	学生表彰	博士課程在籍中の業績評価	窪田 ひろみ
横浜国立大学 (学長)	学生表彰	博士課程在籍中の業績評価	窪田 ひろみ
日本原子力学会	第 45 回日本原子力学会賞 技術賞	高速増殖炉用金属燃料製造技術の開発	中村 勤也 加藤 徹也
日本機械学会	標準事業貢献賞	原子力プラント運転・保全における規格基準策定に向けた学会 における研究開発活動の推進	稲田 文夫
日本機械学会	標準事業コードエンジニア賞	配管減肉管理に関する規格策定活動に対するの表彰	米田 公俊
電気学会	電気学会優秀論文発表賞	地域内の太陽光発電出力把握に向けた日射強度推定手法の開発	川崎 憲広

付表(4) 公刊物等一覧

～より詳しい情報をお求めの方に～

名称／内容	様式		刊行時期
電力中央研究所報告 研究の成果等を公表する報告書	A4, 約 20 ～ 40p	白黒／カラー	随時
電中研報告リーフレット 電力中央研究所報告の内容要旨を速報的に紹介	A4, 2p 約 1MB	白黒／カラー	随時
知的財産報告書 知財創出トピックス等を紹介	A4, 約 40p 約 3MB	総カラー	年 1 回
社会経済研究 (学術論文誌) 社会経済分野における所内外の最新の研究成果を紹介	A4, 約 100p 約 3MB	白黒	年 1 回
▶ http://criepi.denken.or.jp/result/pub/			
電中研ニュース インパクトのある個別の研究成果を、タイムリーに写真・図版を交えてわかりやすく説明	B5, 4p 約 1MB	総カラー	随時
▶ http://criepi.denken.or.jp/research/news/			
研究紹介パンフレット 個別の研究活動を詳細に紹介	B5, A4 約 1 ～ 10MB	総カラー	随時
▶ http://criepi.denken.or.jp/research/pamphlet/			
電中研紹介パンフレット 各所・地区等の概要・活動を紹介	A4, 約 10 ～ 20p 約 2 ～ 6MB	総カラー	随時
▶ http://criepi.denken.or.jp/intro/pamphlet/			
電中研レビュー 主要課題に関わる複数の研究成果を総合的かつ体系的に取りまとめ、研究の「流れ」として当該研究の全体像を紹介	A4, 約 50 ～ 150p 約 5 ～ 40MB	総カラー	随時
▶ http://criepi.denken.or.jp/research/review/			
電中研 TOPICS さまざまなテーマを切り口として、所内各研究所の関係する研究活動・成果の現況を総合的に取りまとめて紹介	A4, 約 15 ～ 20p 約 15MB	総カラー	隔月刊行
▶ http://criepi.denken.or.jp/research/topics/			
事業計画書・収支予算書 次年度の研究計画・業務計画と予算書	A4, 約 20p 約 400KB	白黒	毎年 3 月
事業報告書・収支決算書 前年度の研究成果・業務報告と決算書	A4, 約 40p 約 700KB	白黒	毎年 6 月
▶ http://criepi.denken.or.jp/intro/info/			

電力中央研究所 所在地一覧

- **大手町地区**.....
 - ・本部 〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1
 - ・社会経済研究所 TEL 03-3201-6601
- **狛江地区**.....
 - ・知的財産センター 〒201-8511 東京都狛江市岩戸北2-11-1
 - ・システム技術研究所 TEL 03-3480-2111
 - ・原子力技術研究所
 - └放射線安全研究センター
 - └ヒューマンファクター研究センター
 - ・狛江運営センター
 - ・業務支援センター
- **我孫子地区**.....
 - ・地球工学研究所 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646
 - └バックエンド研究センター TEL 04-7182-1181
 - ・環境科学研究所
 - ・我孫子運営センター
- **横須賀地区**.....
 - ・電力技術研究所 〒240-0196 神奈川県横須賀市長坂2-6-1
 - └大電力試験所 TEL 046-856-2121
 - ・エネルギー技術研究所
 - ・材料科学研究所
 - └PD センター
 - ・横須賀運営センター
- **赤城試験センター**.....
 - 〒371-0241 群馬県前橋市苗ヶ島町2567
 - TEL 027-283-2721
- **塩原実験場**.....
 - 〒329-2801 栃木県那須塩原市関谷1033
 - TEL 0287-35-2048





電力中央研究所

研究年報 2012 年度版

CRIEPI Annual Research Report Fiscal Year 2012

2013年6月10日発行

発行:一般財団法人 電力中央研究所 企画グループ

〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1

Tel.03-3201-6601(代) Fax.03-3287-2841 E-mail▶www-rdd-ml@criepi.denken.or.jp URL▶<http://criepi.denken.or.jp/>

ISBN978-4-7983-1125-8