電力中央研究所　2020年度主要研究成果

# 脱炭素社会実現に貢献

2020年は新型コロナウイルスにより社会経済に様々な影響が生じたほか、政府が50年カーボンニュートラル宣言を行うなど脱炭素化の流れが加速した。電力業界は安定供給の確保に加え、再生可能エネルギーの導入拡大などへの対応も求められている。電力中央研究所では20年度、「持続可能で社会に受容されるエネルギーシステム」の実現を目指した研究開発を推進。本特集ではその成果から脱炭素社会実現に貢献する４件の研究事例を紹介する。

## 出力変動リスクを定量的に

### 太陽光出力を確率予測

電力中央研究所は、太陽光発電の出力を確率予測するシステムを開発した。気象庁が提供する日射量予測値と太陽光発電の出力実績値との統計的な関連性を利用し、日射量予測の不確実性を考慮した予測出力の確率分布を作成する。これにより、従来の太陽光出力予測手法と比べ、出力の上振れ・下振れリスクへの柔軟な対応につながる。

太陽光発電の導入拡大が進む中、電力の安定供給を維持するための需給調整に太陽光の出力予測が重要になる。ただ、太陽光の出力予測には、天気の変化や雲の有無などによる日射量の変動などの不確実な要素や、太陽光パネルの設置位置など各発電所特有の条件を考慮する必要がある。従来の決定論的予測手法は、1つの数値に定められた日射量の予測データと過去の出力実測値との統計関係から計算するため、1つの出力予測数値が算出されるにとどまっていた。そのため、出力予測の不確実性が予想よりも上振れ・下振れすることにより、電力会社は都度リスク対応に直面していた。

そこで電中研では日射量などの不確実性を考慮した出力予測手法の開発に着手した。システムの開発ではまず、日射量と太陽光出力との関連性の不確実性などを踏まえた太陽光出力を予測する出力変換モデルを構築し、気象庁のメソアンサンブル数値予報モデル（MEPS）を活用した確率手法の開発に着手した。MEPSは天気予測の誤差などを考慮し、計算に用いる基準値に意図的にばらつきを加え、複数の日射量の予測グラフを算出する。今回はMEPSの日射量予測グラフと、事前に作成した出力予測変換モデルから予測データを導き出した。

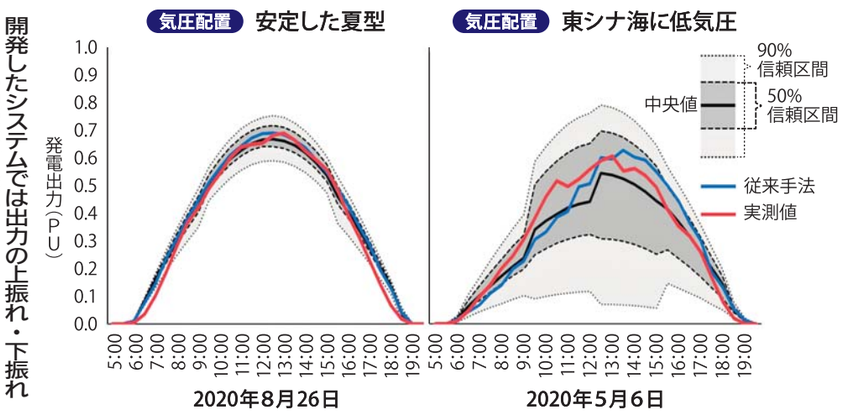
今回のシステムではエリアごとの太陽光発電の総出力をインプットすることで、100種類もの出力予測の時間変化パターンが算出可能だ。そのため、例えば翌日の100ある出力予測のうち、50%が分布する区間などが視認できる。また、出力予測の中央値や従来手法の予想データも合わせて確認できる。最高出力と最低出力の予想値の差が大きければ、予想外れの確率が高まるため事業者は出力変動リスクを定量的に把握できる。

開発は2015年度から始まり、20年度には中国エリアの太陽光発電を対象にフィールド試験を実施した。出力予測を行った結果、安定した夏型の気圧配置の場合は予測値と実測値のずれがほとんどなく、不確実性を考慮した出力予測分布も大きなばらつきは見られなかった。

ただ、海上に低気圧が生じた場合は出力予測分布に大きなばらつきが見られるなど、気圧配置に応じて予測の信頼性が異なることが分かった。

開発を担った電中研サステナブルシステム研究本部の野原大輔上席研究員は「電力会社から予測誤差も含めた予測ができないかといった要望があった」と説明する。野原氏は「地球温暖化対策には再生可能エネルギーの導入拡大が鍵となる」と述べ、「太陽光発電の運用効率化に加え、カーボンニュートラル実現に貢献できるよう気象情報の有効活用を進めていきたい」と力を込める。

上席研究員　野原　大輔氏




開発したシステムでは出力の上振れ・下振れリスクの把握が可能だ

## 多様な姿示し議論に提供

### ネットゼロのシナリオ分析

日本の2050年カーボンニュートラル宣言をはじめ、世界的に脱炭素化の流れが加速している。多くの国がネットゼロを長期的な目標に掲げ、その達成に向けて様々な議論が進められている。一方で、〝ネットゼロ〟の具体的な姿は一様ではない。そのため、電力中央研究所は、ネットゼロの姿について理解を深めるため、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）1・5度特別報告書（SR15）の基となったシナリオを分析。ネットゼロ達成時の二酸化炭素（$CO_2$）排出・除去に着目して、200以上のシナリオを7つに分類した。この成果を政府の審議会で報告するなど、カーボンニュートラル宣言以降の政策議論に貢献してきた。

SR15は、世界中の研究機関から提出された411のシナリオを基に作成された。そのうち、21世紀中にネットゼロを達成するシナリオは205あり、電中研はこれらのシナリオを分析。シナリオごとに、エネルギー需要（産業・民生・運輸）、エネルギー供給（電力・液体燃料・ガス・熱・固体燃料）、産業プロセス、土地利用などの部門別の$CO_2$排出量を精査した。

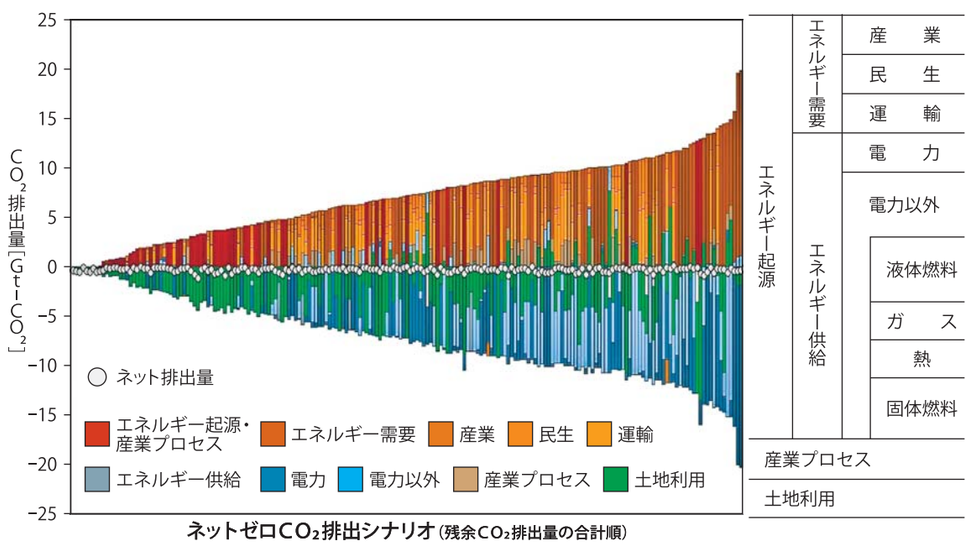
調査の結果、ネットゼロ達成のどのようなシナリオにおいても、$CO_2$排出量がプラスになる部門とマイナスになる部門があった。「排出量がマイナス」になる部門は、二酸化炭素除去（CDR）技術が導入されており、排出よりも除去が上回っている状態だった。SR15のシナリオで想定されている主なCDRは、植林、二酸化炭素回収・貯留（CCS）付きバイオマス発電、CCS付きバイオ燃料製造の3つで、それぞれ土地利用、エネルギー供給（電力・液体燃料）の部門に計上されている。

電中研では、ネットゼロ達成時に排出量がマイナスになる部門に着目し、これらの3部門の組み合わせ方により、ネットゼロ達成時の$CO_2$排出・除去の態様には、7つの類型があることを示した。

分析結果について、電中研社会経済研究所の堀尾健太主任研究員は「ネットゼロを目標に掲げたとしても、目指す姿が一つに決まるものではない。ネットゼロの多様性を念頭において、政策を議論する必要がある」と強調。「来年にはIPCC第6次評価報告書の基となる、新たなシナリオデータも公開される予定であり、我々もさらに知見を深めていきたい」と話す。

電中研では、ネットゼロに向けたシナリオや実現に必要な政策の研究を続ける方針だ。

主任研究員　堀尾　健太氏




ネットゼロ$CO_2$排出シナリオ（残余$CO_2$排出量の合計順）

## インバーター電源、モデル化

### 再エネ拡大、系統保護への影響評価

脱炭素化の潮流などから太陽光をはじめ再生可能エネルギー電源の普及が拡大している。電力中央研究所は、電力系統で事故が発生した場合に再生可能エネなどのインバーター連系電源（IBR）が保護リレーに及ぼす影響を明らかにするため、IBRから供給される電流が系統事故の際に保護リレーに及ぼす影響を評価できるプログラムを2020年度に開発。このプログラムを活用し、事故の種類によって保護リレーが正しく動作しない可能性があることを突き止めた。

太陽光発電や風力発電は、交流を直流に変換するインバーターを介して、系統に接続することからIBRと呼ばれる。従来の火力や水力などの同期発電機は、事故等発生時に電力系統の電圧が低下する場合でも停止せず運転継続し、系統事故中にも電流（無効電力）を供給し続ける性質を持つ。IBRの導入拡大による同期発電機の減少により、系統事故中に流れる電流の特性が変化する。現用の保護リレーは同期発電機からの電流の性質を利用して動作すべき系統事故であるかを検出するものが多く、保護リレーの動作への影響が懸念されているが、IBR導入拡大時の保護リレーへの影響は十分に整理されていない状況だった。

そのため、電中研は今後も普及拡大が予想されるIBRに対し、①事故時のIBR供給電流の分析②事故時のIBR供給電流のモデル化③保護リレーへの影響調査――に着手した。まず、電力系統を模擬したアナログシミュレーターを用いて、系統事故時におけるIBRの供給電流を実際に計測。3線地絡、2線短絡などの事故の種類によってIBRが供給する電流の特性に違いがあることを確認した。

その成果を踏まえ、収集した電圧、電流の試験結果などから保護リレーの影響を評価する際に広範に用いることができる「故障計算用IBRモデル」を開発。モデルは事故時のIBR供給電流の模擬を可能とし、検出点から事故地点までの距離を検出し動作する保護リレー（距離リレー）への影響評価を行った。IBRモデルを用いて保護リレーの影響を調査した結果、送電線3相のうち2相が短絡する「2線短絡」では、短絡する相の組み合わせによってIBRの供給電流が異なるため、実際の事故地点を正しく検出できない場合があることを確認した。

電中研ではこれらの結果を踏まえ、再生可能エネのさらなる導入拡大による保護リレーの影響を集約し、電力系統の安定化に貢献していく考え。

研究を担当する電中研グリッドイノベーション研究本部の会田峻介主任研究員は「今後は複数メーカーのIBRで試験を行い、モデルの精度を向上させるとともに、現用の各種保護リレー方式への影響を明らかにしていきたい」と強調。その上で研究成果を関係各社に提供し、「安定供給に貢献していきたい」と意気込む。

主任研究員　会田　峻介氏

電力系統を模擬した設備を使い、実際にIBRの供給電流を計測した

## 石炭ガス化技術 幅広く活用

### $CO_2$回収、電気と化学品生産

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギーの普及の他、火力発電のゼロエミッション化に注目が集まる。火力発電の二酸化炭素（$CO_2$）対策としてCCUS（$CO_2$回収・利用・貯留）技術の導入が進められているが、コストやエネルギー消費に課題が残る。CCUSの導入を後押しするため、電力中央研究所は$CO_2$回収型次世代石炭ガス化複合発電（クローズドIGCC）の研究で開発した石炭ガス化技術を活用し、発電と化学品の生産を行う「$CO_2$回収型ポリジェネレーションシステム（ポリジェネ）」を考案した。

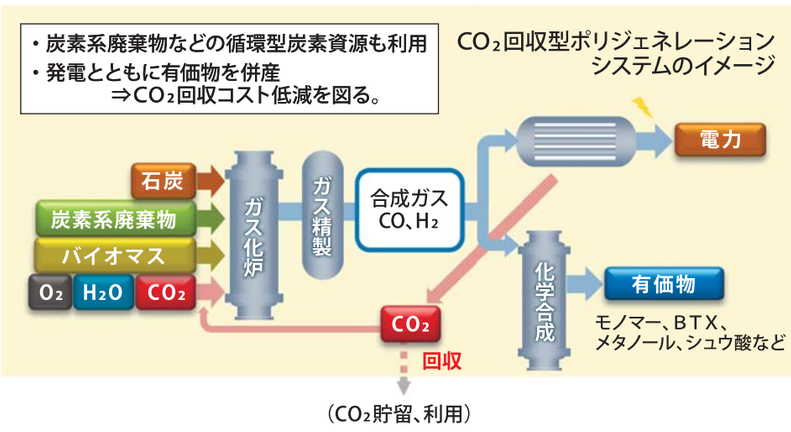
他の電源より多くの$CO_2$を排出する石炭火力は電源構成で約3割を占め、カーボンニュートラル実現には$CO_2$回収などの対策が求められる。電中研ではクローズドIGCCに適用するようガス化技術を改良し、$CO_2$や水蒸気を効果的に使うことで従来よりも発電効率を向上させた。また、発生したガスから不純物を取り除く「ガス精製」にエネルギー損失の少ない乾式法を提案し、メーカの大型試験炉に併設して実施した60時間を超える連続試験でプロセスの運用性と性能を検証した。これらにより、ほぼ全量の$CO_2$を回収しても現在の最新鋭石炭火力と同等以上の送電端効率が実現できるクローズドIGCCの要素技術を確立した。

ポリジェネの開発ではCO₂回収コストの低減や環境性能を一層高めるため、石炭以外に廃プラスチックを燃料に採用する。日本で発生する廃棄物の中でプラスチックは重量基準では全体の約3%程度であるが、発熱量基準では25%以上あり、利用価値が高い。既に一部は化学品製造などにも再利用されているが、多くは廃棄物発電に利用され、その効率は平均で20%未満にとどまる。

今回、クローズドIGCCで開発したガス化・ガス精製技術を適用し、石炭と廃プラをはじめとする廃棄物をガス化して、生成した一酸化炭素と水素から発電可能なガスを使った合成ガスを供給できるシステムを考案した。このシステムでは合成ガスを発電だけでなく化学品生産にも用いるため一部の炭素が化学品に移行して、システム全体としてCO₂の総排出量が減少し、回収コストの低減につながる。加えて、電力需要低下時にも、化学品の生産に合成ガスを供給できるため、ガス化炉の稼働率を下げずに電力需要の増減に対応できる。

今後、電中研ではCO₂回収コスト1トン当たり千円台のシステムの実用化を目指し、石炭と廃棄物の共ガス化技術を検証する。さらに、$CO_2$回収コスト低減に適する化学品や発電手法の選定も進めるとしている。

システム開発を担う電中研エネルギートランスフォーメーション研究本部の梅本賢上席研究員は「石炭ガス化技術は日本が開発した誇れる技術である。この技術を活用して、海洋ごみなどで問題になっている廃プラの効果的な利用や炭素循環社会の実現に貢献していきたい」と考えている。

今回の取り組みは、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電基盤技術開発／$CO_2$分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発／多様な燃料を利用するCO₂回収型ポリジェネレーションシステム基盤技術開発」として研究開発を進めている。

上席研究員　梅本　賢氏