

新設研究室紹介

電気システム論講座 電力システム分野（大澤研究室） 「変革に対応する新しい電力システムの構築に向けて」

現在の電力供給システムは、「電力自由化（規制緩和）」と「分散電源」を2つの主要なキーワードとして大変革の時代を迎えている。前者については、発電市場への競争導入、大口需要家を対象とした小売り自由化と、電力供給の自由化が進行しつつあり、自由化の制度設計、自由化のもとでの設備形成や信頼度確保、電力品質維持サービス（アンシラリーサービス、補助的サービス）の確保などなど、検討解決すべき多くの課題がある。また、後者の分散電源は、厳密な定義があるわけではないが、太陽光発電、風力発電、燃料電池、マイクロガスタービンなど、小容量で比較的需要地の近くに設置できる電源のことを言う。これらの電源は、スケールメリットが小さく小規模でも高効率である、需要地に近いため送電損失が小さい、などの利点があり、今後ますます普及が進むと考えられている。このように需要地近くに多数の分散電源が導入された電力システムにおいては、電圧問題、保護の問題など、これまでの電力システムでは考えられなかった問題が生じることが懸念されている。本研究室では、以上の2つの流れに対応する電力システムの構築に向けて、以下のような研究テーマに取り組みつづける。

1. アンシラリーサービスの評価手法に関する研究

アンシラリーサービスは電気エネルギーの供給以外の補助的なサービスを指し、周波数制御、電圧制御、供給予備力確保などが含まれる。これらのサービスは従来の電力会社によって一元的に行われてきたが、電力自由化による新規参入事業者の増加によって、それらにかかるコストを定量的に評価し、公平に分担する必要が生じている。アンシラリーサービスの中でも電圧制御に注目し、発電機、調相設備などの各種機器が有する電圧維持能力を定量的に評価するため、モード解析を用いた電圧安定性の指標を定義し、それを利用した電圧維持能力評価手法の検討を進めている。

2. 分散電源を含む電力システムの特性に関する研究

分散電源のなかで燃料電池は、排出物が水だけという環境に与える影響が小さい発電装置であり、系統連系用だけでなく電気自動車用の電源としてもほぼ実用化段階にある。燃料電池のモデリングに関して、等価回路表現法とそのパラメータ決定法の研究を、小規模燃料電池を用いた実測データを利用しながら行っている。

また、分散電源を含む電力システムの電圧安定性解析法の研究も行いつづける。分散電源には、燃料電池や太陽電池のように直流電源をインバータを介して系統連系するもの、風力発電のように誘導機型のもの、同期機型のものなど、種々のタイプが存在する。これらを個々にモデル化して解析することは非現実的なため、各種分散電源を考慮した効率的な電圧安定性解析手法の開発を目指している。

3. パワーエレクトロニクス応用装置による送電機能向上

既存の電力システムに新規参入事業者が連系し送電することによって、送電混雑が発生する可能性がある。この問題の本質的な解決策は送電線を増強することであるが、自由化の制度設計によっては、送電線建設のインセンティブが働きにくいようなケースも考えられる。そのため、パワーエレクトロニクス技術を応用した各種の装置を用いて送電機能を向上することによって、送電混雑を回避することも検討する必要がある。自励式無効電力補償装置（STATCOM）、自励式直列コンデンサ（SSSC）、超伝導エネルギー貯蔵装置（SMES）などによる送電機能向上に関連して、各装置のモデル化と制御方式の研究を行っている。

附属イオン工学実験施設 クラスタリーオン工学部門（高岡研究室） 「テイラードクラスタリーオンの生成と応用」

ナノサイズの塊状原子集団であるクラスターは、固体、液体、気体、プラズマでもない第5の状態として物理的・化学的に特異な性質を持っている。また、我々の周囲の巨視的な世界と原子・分子が活動する微視的な世界を繋ぐ役割を果たしており、材料科学的に解明すべき重要な研究対象になっている。当研究室では、このような特徴を持つクラスターのサイズや構造のみならず、その物理的・化学的特性などを、自由にしかも高精度に制御したテイラードクラスタリーオンの生成と工学応用の研究に取り組んでいる。対象とするクラスターとしては、サイズや構造を高精度に制御した多原子粒子や特異構造をもつ多原子分子を取り上げ、自己成長法や質量分離法を含めて、従来のクラスター発生とは異なる生成法を検討し、クラスター科学や材料科学の新しい展開および先進的なイオンビームプロセス技術の開拓を行うことを目指している。以下に、取り組んでいる研究の一端を紹介する。

1. クラスタリーオンの生成

原子、分子あるいはクラスター状のイオンを生成する場合、これまでは主に固体材料や気体材料がイオン発生源のソース材料として用いられており、液体材料はあまり検討されていなかった。液体材料には、有機化合物のように、多種・多様な構造や化学的性質を有した物質が存在する。したがって、種々の異なる化学的性質を持つ液体物質のクラスタリーオンを用いることによって、例えば、固体表面の親・疎水性や潤滑性などの制御や付加・置換反応による表面改質を行うことができる。さらに、液体クラスタリーオンを加速・照射することによって、固体表面衝突時に液体特有の流動性やクラスタリーオンの運動エネルギーを活用した表面平坦化などの新しい表面加工法が期待できる。このような特徴を持つ液体クラスタリーオンの生成とサイズ制御の研究を進めている。

2. 表面反応ダイナミクスの解明

クラスタリーオンと固体表面との相互作用はフェムト秒からピコ秒の瞬時の多体衝突過程であり、クラスター自身の化学的性質を併用することによって、瞬時の反応速度にも対応できる化学反応の活性化や選択性を制御することができる。また、クラスタリーオンの運動エネルギーを利用することができるので、固体表面の特定の原子結合を切断したり、表面を局所加熱したりすることが可能となる。特に、サイズの制御された液体クラスタリーオンによる表面反応は、これまでの化学反応過程（例えば、溶媒・溶質反応）を、新しい切り口から解明するアプローチとして有用で、クラスタリーオンと固体表面との相互作用のダイナミクスを明らかにすることによって、溶媒・溶質反応の原子レベルでの解明が期待できる。したがって、従来のイオンビーム技術では得られない照射効果を持つクラスタリーオン特有の表面反応の実験的・理論的解明に取り組んでいる。

3. 高機能材料・デバイスの創製

高度情報化時代におけるデバイスは、益々高密度化、高集積化が要求され、また材料についてはナノサイズでの特性制御が要求されている。そのため、材料・デバイス製作プロセスにおいても原子・分子レベルでの制御が重要となっている。その中で、超微細領域の表面・界面を制御できるナノプロセス技術として、イオンビーム技術は様々な工学応用分野で用いられている。特に、クラスタリーオンビーム技術では、クラスター自身すでに臨界核以上の大きさであるため、従来のイオンビーム技術による薄膜形成とは異なり、基板上に安定に付着でき、クラスターそのものの形状を保持できる。したがって、このような性質を利用したクラスター・アーキテクチャーと呼ばれる超マイクロデバイスの製作が期待できる。また、テイラードクラスタリーオンの特異な性質を活用した超材料の創製は、先進材料として様々な産業分野で注目されている。そのため、原子・分子状あるいはクラスター状のイオンビームを用い、金属、半導体、絶縁物、有機物などを用いた高機能材料・デバイス創製の研究を進めている。