

2 核融合発電、宇宙太陽光発電

次世代クリーンエネルギーを実現する核融合炉最適オペレーション技術と宇宙太陽光発電技術

NTT 宇宙環境エネルギー研究所では、環境に負荷を与えない持続可能な社会の実現をめざし次世代エネルギー技術の研究に取り組んでいる。本稿では、圧倒的にクリーンかつ無尽蔵なエネルギーである核融合発電と宇宙太陽光発電の実現に向けた取り組みと展望を紹介する。

核融合炉最適オペレーション技術

核融合反応は、水素のような軽い原子核同士が結合（融合）して重い原子核になる反応で、反応前後の質量差により非常に大きなエネルギーが発生する。太陽の中心部分では核融合反応が自然に起きており、これが地球及び全生物のエネルギー源となっている訳であるが、これを地球表面で実現しようとしているのが核融合発電である。しかし、高温・高圧の太陽中心で起きている現象を地上で実現するためには、太陽よりも超高温にしたり燃料を工夫するなど、数多くの技術革新が必要となる。

燃料については、核融合反応を起こしやすい水素の同位体である重水

素と三重水素を代表とした検討が進んでいる。重水素は海水中に含まれており、三重水素も海水中に含まれるリチウムから取り出すことができるため無尽蔵である。

地上で核融合反応を起こすためには、燃料を数億度の超高温にし、原子核と電子がバラバラになるプラズマ状態にして原子核同士の衝突確率を上げる必要がある。超高温にするためにはプラズマを閉じ込める必要があり、プラズマの閉じ込め方式としてトカマクと呼ばれる強力な磁場でプラズマをドーナツ状に閉じ込める方式が代表的である。しかし、超高温になればなるほど、プラズマを長時間維持制御することが困難となる。



日本電信電話株式会社
宇宙環境エネルギー研究所
次世代エネルギー技術グループ
(左) 主席研究員 田中 徹氏
(右) 主任研究員 鳥海 陽平氏

この制御を実現するには、核融合の専門的知見と実験データが必要なことから、ITER 国際核融合エネルギー機構（ITER 機構）と包括連携協定を、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（QST）と連携協定を締結し、研究開発を推進している。

この取り組みの中で NTT 宇宙環境エネルギー研究所では、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）や AI/ML（Artificial Intelligence/Machine Learning）の活用によって、プラズマの安定化に向けた高速制御を実現する核融合炉の最適オペレーション技術の確立をめざしている。

プラズマ状態では、原子核は超高速で飛び回るため、何か変化が起

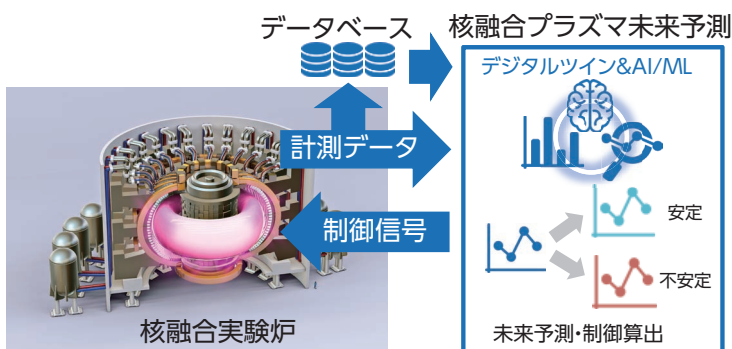


図1 核融合炉と未来予測を用いた制御

こってからでは制御が間に合わないという問題が生じる。そこで、プラズマの状態変化を未来予測し、あらかじめ制御をかけることでプラズマの安定化を狙っていく。

また南フランスで建設中の超大型熱核融合実験炉にて今後実験が開始された際には、日本からも膨大なセンサーデータを迅速に解析して次の実験に反映する遠隔オペレーションが必要であるため、高速・低遅延のデータ転送技術を導入することで、実験の円滑な推進にも貢献していく。

宇宙太陽光発電技術

宇宙太陽光発電技術は、上空3万6000 kmの静止衛星軌道で太陽光から得られたエネルギーを昼夜問わず地上にレーザー光やマイクロ波で送り届け、地上で電力や水素などのエネルギーに変換して利用する技術である。遮るものない宇宙空間で発電するため、ほぼ24時間365日エネルギーを得ることが可能となる。レーザー光を利用する場合は伝送区間に雲があると減衰してしまうが、晴天の地域を狙ってエネルギーを送ることで、地上のソーラーパネルでは発電ができない夜間にもエネ

ルギーの確保が可能である。

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーは、自然の影響を受けて発電量が変化してしまうが、宇宙から無尽蔵なエネルギーを安定して届けられることが宇宙太陽光発電の強みである。

NTT宇宙環境エネルギー研究所では、宇宙太陽光発電の実現に向けて、マイクロ波よりもビームの広がり角が小さく長距離を伝送させやすいレーザー光に注目し、大きく3つの技術を軸に研究を進めている。

1番目は、宇宙空間で集めた太陽光をレーザー光に変換する技術である。人工衛星に搭載できるシステムは重量・容積に限りがあるため、できるだけ小型軽量のシステムで太陽光をレーザー光に変換する必要がある。そこでNTT宇宙環境エネルギー研究所では、電力へ変換せずに太陽光を直接レーザー光に変換することが可能な太陽光励起レーザー技術の研究に取り組んでいる。

2番目は、遠くまで正確に届くレーザービームの研究である。レーザー光は大気を通過する際、擾乱と呼ばれる大気の揺らぎの影響を受ける。NTT宇宙環境エネルギー研究所では、従来のガウシアンビームに加えベッセルビームやラゲルガウシアンビームな

どの特殊なビームに着目し、擾乱や回折の影響の低減化を検討している。シミュレーションで大気擾乱と回折を検証し、長距離伝送に適したビーム形状を設計し、また屋外伝送実験により、地上水平方向での各種ビームに対する擾乱の影響の実測とエネルギー伝送効率の評価を進めている。

3番目は、高い効率でレーザー光を電力に変換する光電変換システムである。レーザー光の波長に特化してチューニングされた光電変換素子を開発することで、一般的な太陽電池の効率(20%程度)を大きく上回る変換効率でレーザー光を電力に変換することをめざしている。

開発した技術の宇宙空間での実装は2030年代を予定しているが、要素技術は早期に地上でのアプリケーションに使える可能性がある。例えば、地上の固定局間においてレーザーでエネルギーを伝送することが出来れば、電力供給の途絶えた被災地に遠隔から電力を供給することができる。また、レーザー光で飛行中のHAPSやドローン等の移動体に電力を供給することで移動体に搭載するバッテリーを小型化できる可能性がある。さらにマイクロ波を用いたエネルギー伝送方式も検討中であり、より高効率かつ安全に電力を伝送できる可能性がある。

まとめ

核融合発電と宇宙太陽光発電に関する取り組みと将来の展開について説明した。環境に負荷を与えない持続可能な社会を実現するため、圧倒的にクリーンかつ無尽蔵なエネルギーの研究開発に今後も取り組んでいく予定である。

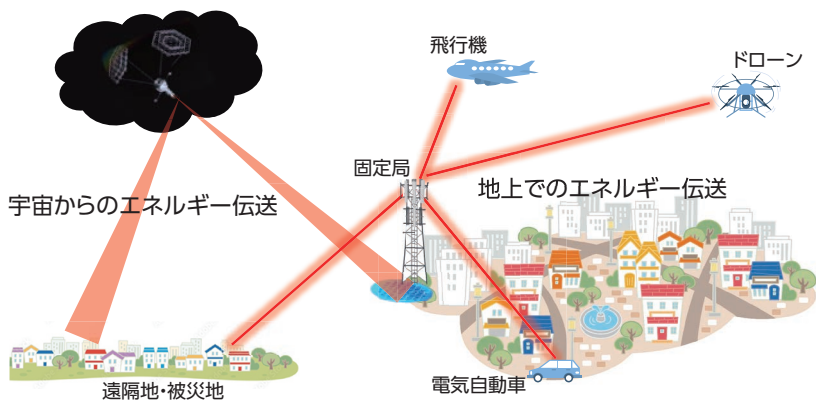


図2 宇宙太陽光発電の展開