

今 日、先進国で生活するすべての人々の生活は、エネルギーの消費から始まります。エネルギーの供給は、主に中央集中型の配電網を通じて行われます。人々は、電動の目覚まし時計で起床し、照明を点け、テレビやラジオを楽しみながらコーヒーを沸かします。電気は現代人の生活の多くの部分に影響を与えています。そのため、全米技術アカデミー (NAE) が生活の電化を前世紀最大の工学的成果と認めたことはそれほど驚きではありません。電気を使用できない、つまりテレビもラジオも電灯もない生活を想像してみてください。しかし、これは世界中の 12 億人にとっての現実です。世界銀行の報告によれば、依然として電気を利用できないこれだけ多くの人々がいます。また、28 億人の人々が調理や家の暖房を未だに薪や石炭などの固体燃料に依存しています。

着想：地域のエネルギーシステム

テキサス A&M 大学の Robert S. Balog 教授とその学生らは、世界中の開発途上地域に電力を供給するための研究プロジェクトを開始しました。また、再生可能エネルギーに基づいたハイブリッド配電網のコンセプトにも取り組んでおり、類似プロジェクトとの差別化を図っています。このアイデアの核となるのは、さまざまな負荷、再生可能なエネルギー源、および貯蔵テクノロジーを採り入れた Local Area Power and Energy System (LAPES) です。LAPES は主配電網と並行して稼働する二次給電システムとしての役割を期待されています。LAPES は、必要な場合には主配電網に接続できますが、配電網の不安定な途上国などでは自己完結型のシステムとして稼働することも可能です。

LAPES を使用する理由

Balog 教授は、「COP21 の気候変動対策に関するパリ協定で設定された国際的目標により、化石燃料に依存した現在の枠組みから環境に優しいエネルギーシステムへと、社会が抜本的に変化する必要があることは明らかです」と述べています。

「LAPES は将来的に地域レベルの電力システムとして機能することを期待されています。また、近未来的なスマートグリッドを完全に整備する場合と比較して、短期間で実現することができます」。途上国であれば、LAPES は比較的緩い規制で建設し、主配電網と接続することができます。また、先進国でも老朽化した電力インフラを刷新する必要がある場合には、LAPES を追加の発電源として使用することができるため、保守作業の際に配電網全体の電力供給を停止する必要がなくなります。

LAPES を使用したハイブリッド配電システム

LAPES では交流 (AC) ではなく直流 (DC) の電気を供給するため、主配電網と比べてはるかに構造が単純です。独自のコンポーネントを使用し、自己完結型で極めて小型化されたこの配電網は、「マイクログリッド」と呼ばれています。市場調査およびコンサルティング企業である Navigant Research 社が発表した 2015 年のレポートによると、マイクログリッドは 2024 年までに年間 14 億ドルを生み出すと期待されています。このような前向きな展望の背景には、再生可能エネルギーの電力供給量に占めるマイクログリッドの比率が高まることで経済的最適化が推進されるとの期待があるだけでなく、マイクログリッドにより主配電網の停電時の復元性も向上するためです。これらの DC マイクログリッドが既存の AC 配電網に適切な配置で組み込まれた場合、新たなハイブリッド電源システムが誕生します。ただし、そうしたマイクログリッドの広範囲での利用を実現するには、理論的な実行可能性調査を事前に徹底して行う必要があります。

電気エネルギー変換の研究

テキサス A&M 大学のチームは現在、電気エネルギー変換の基本的な工学技術と科学的基礎について調査しています。調査の対象分野には、次のものが含まれます。

- 太陽光エネルギーの電気エネルギーへの変換 (太陽電池)



スマートグリッド

エネルギーの生成、エネルギー消費の制御、およびエネルギーの貯蔵を強力に管理できるインテリジェントな配電網です。スマートグリッドの目的は、エネルギー需給バランスの最適化を図ることにあります。

>>



太陽エネルギーベースの革新的な
ハイブリッド電力システム

A Bright Future Ahead

この世界では、誰もが1日24時間いつでも電気を利用できるとは限りません。そこで、テキサス A&M 大学の学生は開発途上国に信頼性の高い電源を提供できるようにするためのハイブリッド配電システムのコンセプトを開発しています。この革新的なソリューションへの取り組みでは、dSPACE ツールが活用されています。



図1：テキサス A&M 大学の学生が、将来のハイブリッド電源システムのシミュレーションを行っています。

- 費用対効果の高いインバータシステムによる代替エネルギー源の利用（燃料電池、太陽電池などを含む）
 - 最低 40 年の耐用年数を有する信頼性の高いパワーエレクトロニクス
 - ローカル／分散制御を重視した分散 DC 電力システム
 - 自動調整式の連結コイルフィルタ
 - バッテリ管理、劣化状態管理
- モデル予測型制御などの非線形制御技術
 - アーク障害検出などの電氣的安全性

チームでは主に、光を直接電気に変換する太陽電池システムに焦点を置いています。Balog 教授は、「最終的な私たちの目標は、太陽光エネルギーを代替エネルギーではなく、技術的にも経済的にも持続可能なエネルギー資源の主流へと導く

ことです」と述べています。「私たちのチームは、この分野における優れた研究拠点として国際的に認められることを目指しています」。

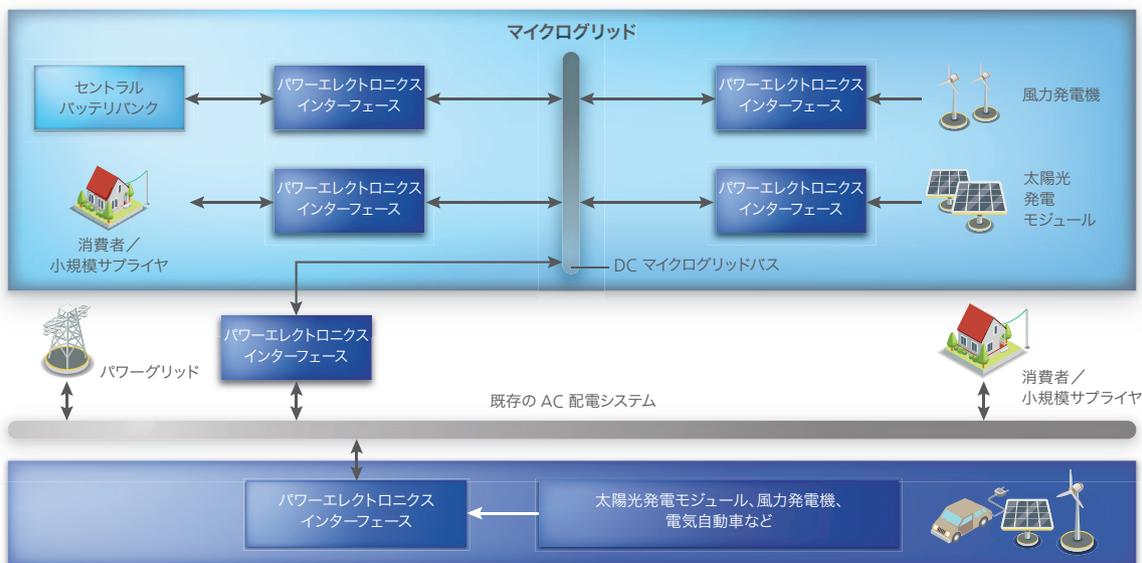
モデル予測型制御

LAPES プロジェクトの基礎となるのは、モデル予測型制御 (MPC) です。チームでは、太陽光などのさまざまなエレメントの値に基づいて、システムの将来的な挙動を予測できるモデルを使用しており、その結果に基づいて電力供給システムの開発を継続的に進めています。チームでは、太陽電池エネルギーの変換、DC マイクログリッドの制御、および複数ソースによるハイブリッドエネルギーシステムの制御という3つの主要分野に注力しています。学生たちの目標は、再生可能エネルギーをベースとした DC マイクログリッドを既存の AC 配電網 (図2) に組み込んだ革新的なハイブリッド配電システムを開発することです。

HIL システムによるリアルタイムシミュレーション

Balog 教授とその学生は、慎重な評価を行ったうえで、dSPACE 製品をベースとし

図2：学生たちの目標は、DC マイクログリッドを主配電網の AC グリッドと並存させ、必要な際には AC グリッドに接続できるようにするためのハイブリッド配電システムを開発することです。





「目的はラボ向けの一般的なツールを確保することではなく、適切なツールを見つけることでした。そして、私たちは dSPACE の開発システムを使用することに決めました」。

Robert S. Balog 教授、再生可能エネルギーおよびアドバンスドパワーエレクトロニクス研究ラボ長、テキサス A&M 大学。現在、テキサス A&M 大学カタル校で学生らを指導。

たツールチェーンの導入を決め、必要なテストと試験を実施しました。このツールチェーンの中心となるのは、DS1007 PPC Processor Board を搭載した dSPACE 拡張ボックスの HIL (Hardware-in-the-Loop) システムです。チームは、このボードの高性能な処理能力を活用することにより、電源システムの現実的な環境条件をシミュレートし、さまざまなシナリオをリアルタイムで実行しています。モデル予測型制御に使用するアルゴリズムは、dSPACE 製のソフトウェアである Real-Time Interface (RTI) によりテスト用ハードウェアに実装されます。HIL システムを使用すると、天候などの基礎的な条件の変化に対する電源システムの反応を識別することができます。また、開発したアルゴリズムの妥当性確認も、さまざまなアプリケーションですばやく実行できます。Balog 教授は、「dSPACE システムを使用することで、実際のハードウェアの動的な相互作用を徹底的に調査することができます」と説明しています。「これにより、システムおよびサブシステム間の相互作用の特性をより完全に解き明かし、理解することができます」。そうして、ハイブリッド配電システムは最初の構想段階を抜け、実際の条件下で実装することが可能なシステムへと徐々に発展しています。その結果として、チームは高価なテスト用ハードウェアの設計や作成に要したであろう時間の一部を使用するだけで、計画したハイブリッド配電システムを完全にシミュレートできる環境を構築することができるでしょう。 ■

テキサス A&M 大学のご厚意により寄稿

まとめ

テキサス A&M 大学の学生たちは、マイクログリッドプロジェクトの研究を通じて、近い将来、信頼性の高い電源システムが途上国に提供されることを望んでいます。さらに、再生可能エネルギー、特に太陽電池が革新的なエネルギー供給コンセプトの一部となるよう研究しています。再生可能エネルギーは、特に将来のハイブリッド電源システムの基盤として最適です。そのため、テキサス A&M 大学は dSPACE と協力し、近い将来、ハイブリッド型の電力供給網がエネルギー供給における現在の問題の解決に決定的な役割を果たすことができるよう、研究を引き続き推進していく予定です。