


アゾレス諸島のグラシオザ島では間もなく再生可能エネルギーによる全面的な電力供給が可能になります。



New Energy — Wind and Sun Bring Independence

再生可能エネルギーのみで島全体に電力供給

大西洋中部のアゾレス諸島の1つ、ここは太陽光にあふれています。絶えず吹く風。そして電力網からもディーゼル発電機の給油所からも遠く離れた場所。答えは明らかです。島全体の電力供給を再生可能エネルギー源に切り替えること。つまり、太陽と風のエネルギーを上手に利用すれば良いのです。

再生可能エネルギーのみで電力供給

中央の電力網から取り残された遠隔地の村や島で、再生可能エネルギーをベースにした自立的でカーボンニュートラルな電力供給を実現すること。これが Younicos 社で計画し、開発中の新技術です。私たちの最初のプロジェクトは、アゾレス諸島のグラシオザ島で実行に移されました。当面は、島の発電機用のディーゼル燃料が、定期的に海上輸送で搬入されますが、風力発電基地と太陽電池システムによって、いずれこれは過去のものとなり、将来的にはより低コストの代替システムが島に提供されることとなります。必要なエネルギーの70～90%は太陽と風から得られ、残りの10～30%はその地域で製造され



たバイオ燃料によって生成されます。3メガワットのナトリウム硫黄電池を電力貯蔵器として追加設置することで、大きな供給変動が補償されるので、島は化石燃料から完全に脱却することができます。

しかしながら、島全体とその住民の方々にテスト対象になってもらう前に、私たちはベルリンのテスト施設で電力網を再現しました。私たちの電力供給のコンセプトは、ここで2年間詳細に検討されています。私たちは、従来のエネルギーから再生可能エネルギーへの移行の徹底的なテスト、極限状態のシミュレーション、さまざまな制御方式のチェックと最適化、そしてこの新しいコンセプトが現実世界での使用に耐えられかつ経済的かどうかについて

の検証を行っています。このテストのセットアップは、メガワット級のこの種の実験プラントの中では世界で初めてのものです。

テスト施設

テストのセットアップには、完全な電力供給網が組み込まれています。もちろん、ベルリンにはアゾレス諸島と同様の風と太陽の条件はありません。そこで、私たちは風力とソーラーパワーのシミュレーションモデルを使用して、電力供給制御のデータを得ています。シミュレーション用の気象データは、実際にグラシオザ島で測定された後、テスト施設のシミュレーションでリアルタイムに処理されます。これによ



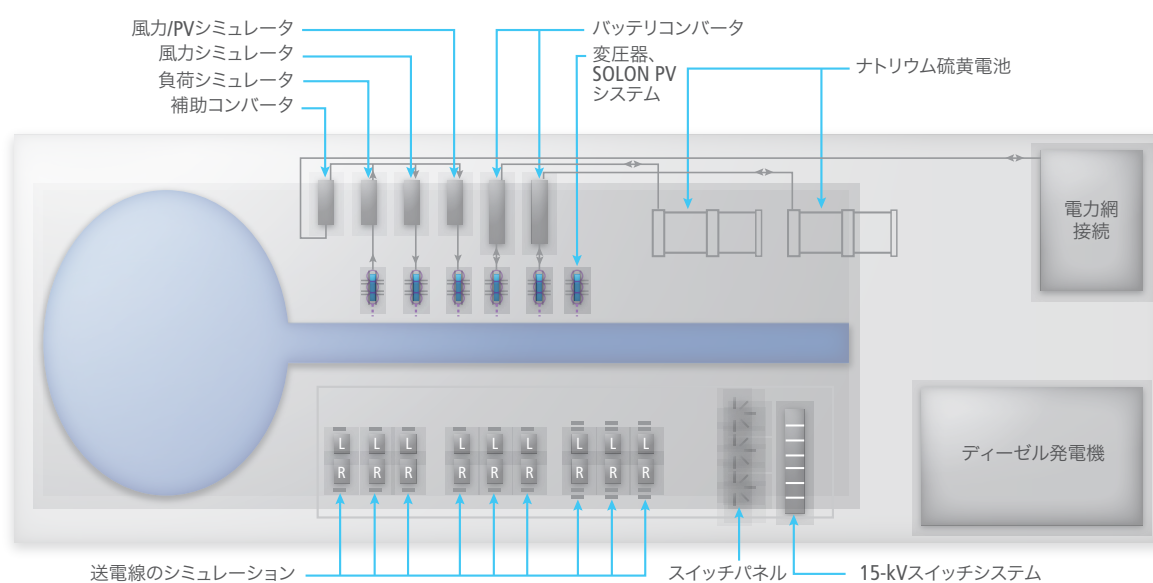


図1：アゾレス諸島の1つ、グラシオザ島の風力と太陽エネルギーは、ベルリンのテスト施設でシミュレーションされます。

り、私たちのコンセプトが現実世界の要件を満たしていることが保証されます。テスト施設は、次のコンポーネントで構成されています（図1）。

- 2 x 500-kW ナトリウム硫黄電池（総容量：6 MWh）
- 2 x 500-kW バッテリーコンバータ
- 1-MW ディーゼル発電機（従来の電力供給を再現）
- 210-kW 太陽電池システム
- 2-MW 風力発電基地シミュレータ（風力の計測値を電力の入力値に変換するための、風力タービンが組み込まれたコンバータで構成）
- 1-MW 負荷シミュレータ（負荷プロファイルを再現するコンバータで構成）
- 中間電圧レベルの伝送リンク（変圧器から送電線までをまとめたもの。R、L、およびCの各要素を1つに集めたものによって再現）
- 切り替えパネル（さまざまな電力網トポロジを設定）
- 短絡生成ツール（将来の電力網における保護コンセプトを最適化）

dSPACE ハードウェアによって、バッテリーコンバータが制御され、風力、太陽放射、および負荷の各条件がシミュレーションされます。私たちは、システムを堅牢かつエラーが起きにくくする、冗長な設計を実現する



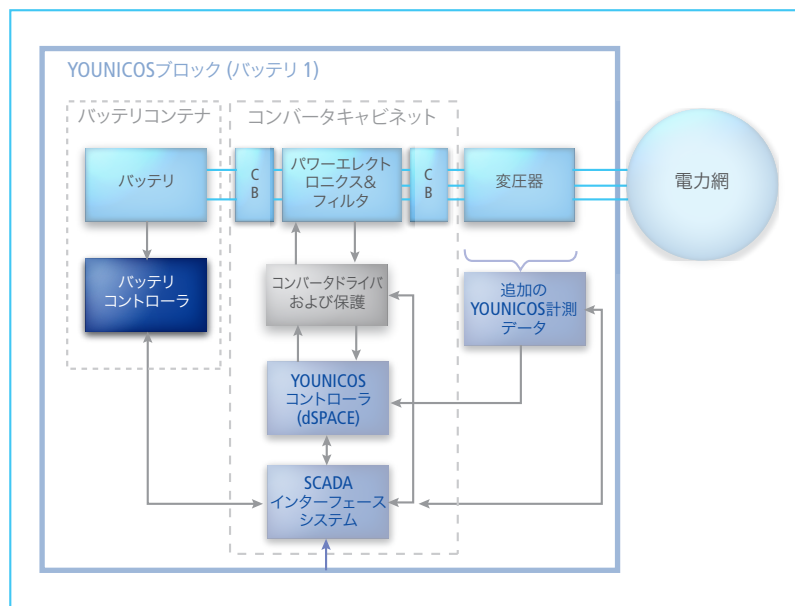
「世界で初めてのメガワット級の自律型再生可能エネルギー供給に関するテストが、dSPACE ラピッドプロトタイピングハードウェアによってスムーズに実行されます」

Mohamed Mostafa 氏、Younicos 社

ことに多大な精力を注いできましたが、それと同時に、システムをモジュール型で拡張可能なものにする必要がありました。システム内部のコンバータとバッテリー管理システム間における通信構造は、柔軟性、信頼性、そして管理のしやすさを維持する

ために、できる限り小規模で効率のよいものにする必要がありました。テストセットアップの全体的なハードウェア構造と、個々のコンポーネントの機能は、図 2 に示されています。

図 2 : テストセットアップにさまざまな機能が組み込まれた詳細なハードウェア構造



バッテリーとコンバータによる安定性の確保

風と太陽から得られるエネルギーは変動し、長期的な予測が不可能です。そのため、電力網の安定性を確保するために、ナトリウム硫黄電池とコンバータが不可欠なものになります。これらのコンポーネント間の制御と調整、つまり利用可能電力と電力需要間のバランスを調整することが、バッテリー管理システムとコンバータ制御の主要な役割となります。

太陽電池と風力発電機による発電量が消費量を上回る場合は、バッテリーに充電されます (図 3)。発電量が島の需要を下回る場合は、バッテリーから放電されます。コンバータの迅速な制御により、電力網の周波数と電圧が安定します。高サイクル安定性があるナトリウム硫黄電池は、再生可能エネルギー源と組み合わせるのに最適です。再生可能エネルギーは、発電量が不規則に上がったり下がったりするからです。

Mohamed Mostafa 氏

研究開発
電力網管理および制御システム
Younicos AG
ベルリン、ドイツ

Elena Franzen 氏

研究開発
電力網管理および制御システム
Younicos AG
ベルリン、ドイツ





図3：ナトリウム硫黄電池が電力変動を安定化させ、「電力不足」の時期に備えたエネルギー貯蔵器の役割を果たします。

コンバータ制御の開発

バッテリーのコンバータ制御には、リアルタイムコントローラと通信システムという2つの主要なコンポーネントがあります。コンバータの最適な制御を見つけ出すために、私たちはラビッドプロトタイピングを使用して、MATLAB®/Simulink®で設計した、さまざまな電圧と周波数の制御アルゴリズムのテストを行っています。実際のテストでは、dSPACEのACモーター制御ソリューションを使用します。これは、DS1005 Processor BoardとDS5202 FPGA Base Boardにピギーバックモジュールを加えたもので構成されます。アルゴリズムは、dSPACE Real-Time Interface (RTI) によってDS1005に実装され、ボード上で実行されます。DS5202は、プロセッサボードとコンバータ間に必要なI/O接続を提供します。アルゴリズムに何らかの変更が加えられた場合には、その変更内容を直ちにRTIを使用してMATLAB/SimulinkからDS1005に転送することができます。

通信システムは、バッテリー、コンバータ、および制御間のインターフェースを監視し、バッテリーとコンバータの調整も行います。Web端末経由でどこからでもシステムにアクセスして、ステータスを照会したり変更を加えることができます。これにより、リモート制御とリモート管理が簡単に行えるようになります。これは、エンジニアが必ずしも近くにいるとは限らない、遠隔地や島で使用するシステムには絶対に必要です。

ナトリウム硫黄電池の特長

高エネルギー密度	鉛酸電池の3倍
高容量／持続時間	100%出力で6時間放電、75%出力で8時間放電
寿命	15年、または約4,500充電サイクル
充電特性	自己放電なし メモリ効果なし
簡単な保守	3年ごとに1回検査
高速応答時間	2ms
動作温度	300°C



図4：Younicos社の別のプロジェクトでは太陽エネルギーも使用しています。このソーラーパワーシステムから、電気自動車用の自律型充電ステーションに電力を供給します。

用語解説

サイクル安定性 – 電池の充放電による関連パフォーマンスの低下の有無を示す指標。

ナトリウム硫黄電池 – 溶融ナトリウムでできたアノードと液体硫黄に浸された花崗岩組織でできたカソードから成る再充電可能電池。

自己放電、メモリ効果 – 再充電可能電池を使用する際に考慮が必要な要素。電池は、自己放電により、電力消費物に接続されていなくてもエネルギーを消失します。その結果、電池容量が減少します。

消費、風、および太陽のシミュレーション

私たちは、風力タービンとソーラーパワープラントをシミュレーションするために、独自のモデルを使用しています。これらのモデルは、複数の dSPACE DS1005 PPC Board に実装され、実行されます。現在利用可能な電力を確認するための入力パラメータは、グラシオザ島で測定された実際の風と太陽のデータを基に提供されます。次に、この利用可能な電力が、一日を通した島民全体のエネルギーの必要量を表す消費プロファイルと比較されます。次に、コンバータによってエネルギーの配給が実行されます。各バッテリーは、コンバータを経由してシミュレーションされた供給網に結合されます。テスト施設では、電気供給網への風と太陽エネルギー

の入力が、2つのコンバータを用いてシミュレーションされます。供給網にかかる負荷は、島の負荷プロファイルを再現する別のコンバータによって表されます。さらに、実際の210-kWp（キロワットピーク）のソーラープラントから、島の供給網に電力が送り込まれます。ソーラーパネルは、Solon SEピルの屋上に設置されています。

テストの目的

テストの段階では、私たちは、再生可能エネルギーに基づく安定したエネルギーが、技術的に実現可能であり、経済的にも魅力があるということを実証することを目指しています。電力網に供給された再生可能エネルギーの量は、変動したり、

供給網の安定性を損うため、これまでは制限されてきました。私たちは、バッテリーと高度なコンバータ制御システムを組み合わせて、島の電力供給網を安定させ、再生可能なエネルギー源から得られる電力供給量を次第に増やしていくことに問題はない、ということを示そうとしています。2年間のテスト段階が完了したら、そこから得られた結果を使用して、グラシオザ島の電力供給を完全に風力と太陽エネルギーに変える予定です。■

Mohamed Mostafa
Elena Franzen
研究開発
電力網管理および制御システム
Younicos AG