



風力と太陽光による自律的エネルギーシステム

Smart Home

将来的な化石燃料の不足や環境対応の観点から風力や太陽光を利用したエネルギー生成が実践的な段階に入ってきました。現在では、世界の各地で再生可能エネルギーをより効率的に生成し、研究、開発するため、数多くの実証実験プロジェクトが実施されています。日本では2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震で発生した原発事故をきっかけに、再生可能エネルギーへの期待がさらに高まりました。dSPACE Japan 株式会社は、現在、エネルギー制御に関わる実証実験を行うための3つのコンソーシアムに積極的に参加しています。

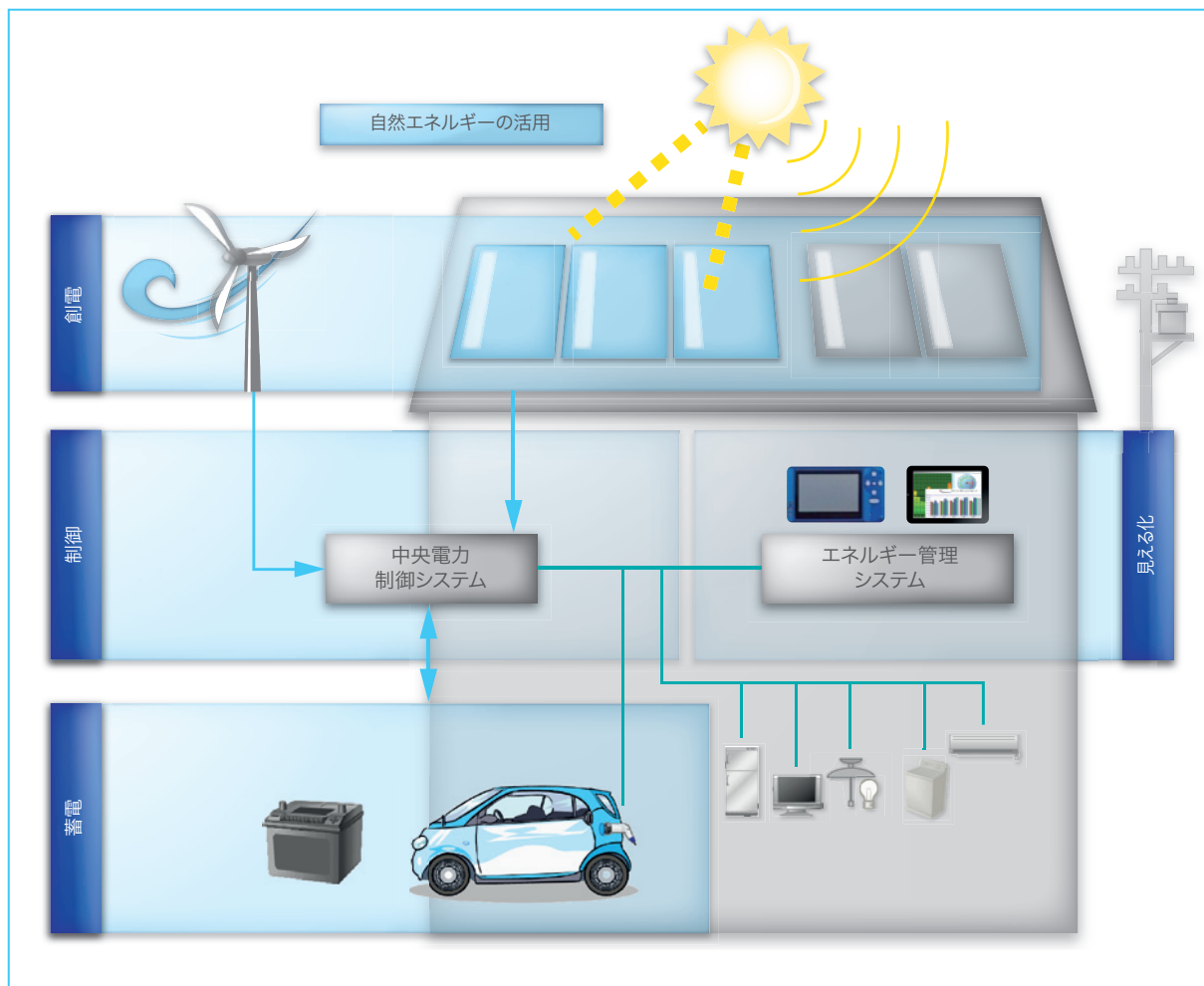
全世界で、エネルギー消費量は増え続けています。これには、世界的な経済成長、電化の進展、世界人口の増加など、いくつかの理由があります。電力の安定供給の保証は昔から当然のことですが、当社が目指しているのは、エネルギーの生成、蓄電、配給に関連したエネルギー制御全体サイクルの抜本的な改革です。その1つの方法は、需要家側で電気と熱を生成して消費する、自立型ソリューションの採用です。このソリューションは、停電や他の原因で系統電力が使用できない場合でも安定供給を担保する再生可能エネルギーから生成された電力供給を実現すること、また、石炭火力発電所のような従来の方法によっては回避できないCO₂の排出を削減することを目的としています。

「スマート」の意味

消費者の自宅での電気と熱の生成は、「ローカルエネルギー」の一部になります。その理由は、集中化された大規模発電所から送電線経由で電気を供給するのではなく、電気と熱の生成を、エネルギーが必要とされている場所で行うからです。「スマート」という言葉は、ローカルエネルギーの概念、たとえば「スマートハウス」と「スマートグリッド」を説明するために頻りに使用されます。スマートハウスとスマートグリッドでは、エネルギー生成、エネルギー消費管理、エネルギー貯蔵が統合され、個別のコンポーネントが通信ネットワークを介して中央制御ユニットに接続されています(図1)。このシステムでは、エネルギー全体を監

視し、エネルギー供給と利用を調整することによって変化に対応します。目標は、適切なエネルギー供給を常に確保し、必要な貯蔵装置の数を最小限に抑えることです。その理由は、依然として充電式バッテリーが高コスト要因となっているからです。一般的なスマートハウスに設置されている再生可能エネルギー関連の設備としては、太陽光発電、太陽熱集熱器、風力発電などがあります。エネルギー貯蔵装置としては、従来からある固定型の充電式バッテリーや温水ボイラーが使用されています。電気自動車は、主に充電を目的としてシステムに接続されますが、必要な場合には一時的な追加エネルギー源として使用することもできるようになりました。これは、需要と供給のバランスを保つた

図1：理想的なスマートハウスの概略図



dSPACE がサポートしているプロジェクト

福岡スマートハウスコンソーシアム

福岡スマートハウスコンソーシアムは、さまざまな企業と研究機関による合同プロジェクトです。2010年6月から、公共企業体と電力会社の利益にも合致する持続可能なエネルギーシステムの可能性を研究しています。代表は中村良道、副代表は dSPACE Japan 株式会社の代表取締役社長である有馬仁志が務めており、dSPACE の技術的ノウハウ、ハードウェア、ソフトウェアを活かしてプロジェクトの遂行をサポートしています。スマートハウスのコンセプトは、技術パートナーのスマートエナジー研究所（中村良道ファウンダー）と共同で設計されました。

横浜スマートコミュニティ

横浜スマートコミュニティは、dSPACE Japan 株式会社 が積極的に関与しているもう1つのプロジェクトです。代表は、

有馬仁志が務めています。このプロジェクトは2011年に発足し、スマートハウスの設計は2012年の前半に始まっています。このプロジェクトでも、目的は、再生エネルギーの生成によってCO₂発生防止と資源の節約を実現する方法を研究することです。

福岡スマートハウスコンソーシアムと同様に、dSPACE は、技術的ノウハウ、ソフトウェア、ハードウェアを活かしてプロジェクトをサポートしています。また、dSPACE は、参加企業と団体に対して発表の機会を提供しています。東京での dSPACE User Conference では、ミニスマートハウスおよび他の成果が紹介されました。

長期的な実証実験の目標

- 再生可能エネルギー社会の実現
- コンソーシアム（活動の場）とプラットフォーム（開発環境）

- 地域の力を活かすコンパクトなスマートコミュニティ
- 食とエネルギーとケアに関する統合ビジョンづくり
- 地域で元気に生きるための個人と組織のあり方
- 電力システムの新しい未来像を発信
- 分散エネルギーシステムの社会インフラ化

実証実験に参加している多くのメンバーは、エネルギー関連に関する技術の発展に非常に積極的で、自主的に研究を進めています。2012年7月には、長崎スマートソサエティが設立され、地域密着型の実証実験の機会がさらに増えました。今後も最先端の科学技術を投じて持続可能な社会システムの構築に貢献していきます。

図2：実証実験が行われている福岡市アイランドシティのレンガハウス



めの1つの方法です(図2)。

スマートハウスは独立していますが、公共送電網から切り離されているわけではありません。急にエネルギーが不足した場合、スマートハウスは公共送電網から受電することができ、一方、大量の余剰電力がある場合は、公共送電網に電力を供給できるようになります。最適なエネルギー管理を行うには、多数の要素と相互作用を検出してそれらのすべてに対処する必要があります。そのため、中央制御装置の制御アルゴリズムの開発は困難な作業です。

テクノロジーの現状

ここ数年にわたって、スマートハウスやスマートシティを取り巻く技術開発が続けられてきました。現在の充電式バッテリーは、従来と比べて大幅な大容量化と充電特性の向上が進み、価格も手頃になっています。また、電気自動車の数も増加しています。電気自動車に対しては、スマートハウスが実用的で実現可能な充電設備を提供

する必要があり、一方、電気自動車自体は貯蔵装置としても使用できます。さまざまな家電製品間のネットワーク通信機能も向上したため、1つの中央制御装置ですべての家電製品を制御することが可能になりました。これらのイノベーションのすべてを1つにまとめることで、スマートハウスの建築が可能になり、経済的にも実現可能な範囲となります。

制御アルゴリズムの進化

スマートハウスでの効率的なエネルギー管理には、次のような数多くのタスクを実行する必要があります。

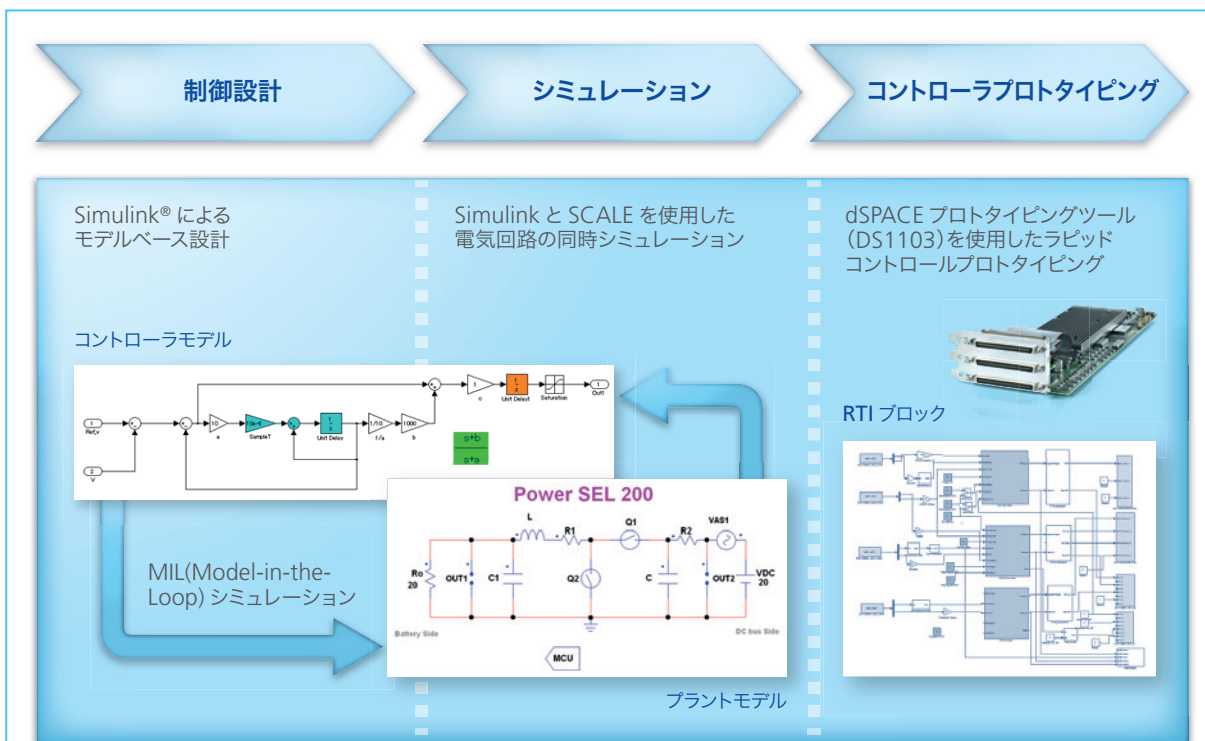
- 発電の監視
- 電力貯蔵の管理
- 消費量と供給量のバランス調整
- 利用可能なエネルギー量に基づいたエネルギー消費量の制御

福岡スマートハウスコンソーシアムの実証

実験プロジェクトは、エネルギー管理用の制御アルゴリズムを Simulink で開発することから始まりました。モデルベースの手法により、従来の手法と比較して開発期間が大幅に短縮されました。現実的なテストには、実際の制御アルゴリズムだけでなく、外部からの影響を再現する環境モデルも必要です。制御アルゴリズムのテストに使用した環境モデルは、崇城大学エネルギーエレクトロニクス研究の中原教授によって開発された SCALE シミュレーションソフトウェアで作成しました。コントローラモデルは、MIL (Model-in-the-Loop) シミュレーションによって繰り返しシミュレーションされ、最適化されました(図3)。

最適化後、完成した制御アルゴリズムを、dSPACE のラピッドコントロールプロトタイプングハードウェアの DS1103 にダウンロードしました。この DS1103 は、ミニスマートハウスの中央制御装置として機能します。

図3：福岡スマートハウス実証実験プロジェクトにおけるモデルベース開発のプロセス



このエネルギー管理の実験目的は、現地で生成されるエネルギーをできる限り使用することです。

ミニスマートハウス

ミニスマートハウスは、実際のスマートハウスを縮小した物理モデル(図4)で、制御アルゴリズムのより詳細なテストを行うための試験対象物として使用されています。インテリジェントなエネルギー管理機能を開発するには、エネルギー効率に関するさまざまな管理戦略の効果を把握するために、まず最初にエネルギーサイクルの動きについてのデータを取得する必要があります。

エネルギーの必要量は実際のスマートハウスの5分の1ですが、ミニハウスには完全な中央制御装置が設置されています。天気予報を使用して、太陽光発電と風力発電の設備によって生成される電力を計算してシミュレートしました。貯蔵装置としては、実際のバッテリーとシミュレートされた電気自動車を使用します。

エネルギー消費量の想定値は、平均的世帯の標準的な消費曲線に基づいています。

このエネルギー管理の実験目的は、現地で生成されるエネルギーをできる限り使用して、スマートハウスに電力を供給する公共送電網への負担を回避することです。自家消費と貯蔵装置は、強風時に多数の世帯が同時に電力を送電網に供給した場合に発生する極端な電力の変動を防止します。それにもかかわらず、他の場所でのエネルギー不足を解消するために、公共送電網へ電力を供給することが可能である必要があります。

エネルギーの流れと制御のオプションは、dSPACEのControlDeskにビジュアル表示されます。これによって、さまざまな挙動の効果およびエネルギー効率に対する影響を徹底的にテストして、ミニスマートハウスシステム全体への影響をシミュレートすることが可能となりました。そのため、いつでも必要なときに制御アルゴリズムを素早く調整して、新しい研究成果を簡単に取り入れることができました。

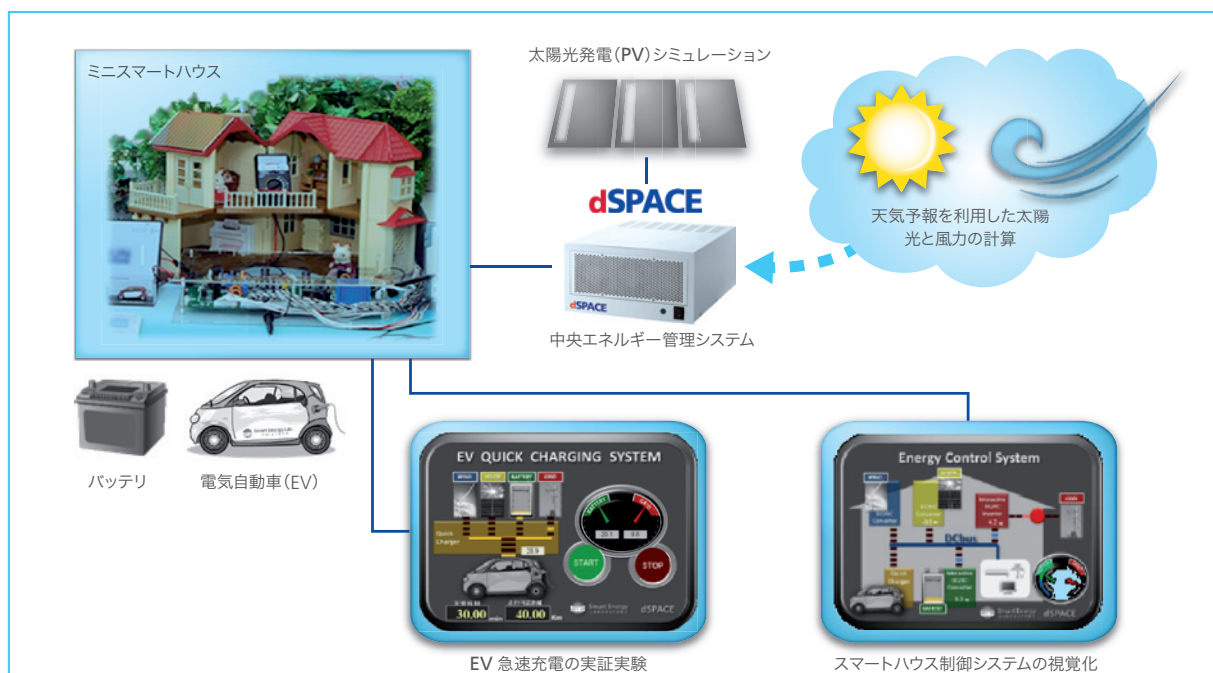
実物大のスマートハウス

ミニスマートハウスの制御からの研究成果を、その後、実際のスマートハウスでご覧頂けるようになりました。このスマートハウスは福岡市(図2)に建築され、2012年4月にスマートハウスやエネルギー制御に関わる最新技術の常設展示を開始いたしました。この福岡レングハウスでの展示では、参加している各企業、教育機関、団体が個別に研究したり、共同開発した試験的な製品や要素技術をご覧いただけます。

スマートハウスの技術構想

エネルギーは太陽光発電と風力発電の設備で生成され、余剰なエネルギーは固定式のリチウムイオンバッテリーを充電して貯蔵されます。同じように、温水ボイラーと電気自動車のバッテリーも貯蔵装置として使用されます。また、スマートハウスは、公共送電網にも接続されています(図5)。さらに、中央制御装置はシステムの中核で

図4：ミニスマートハウスの概略図



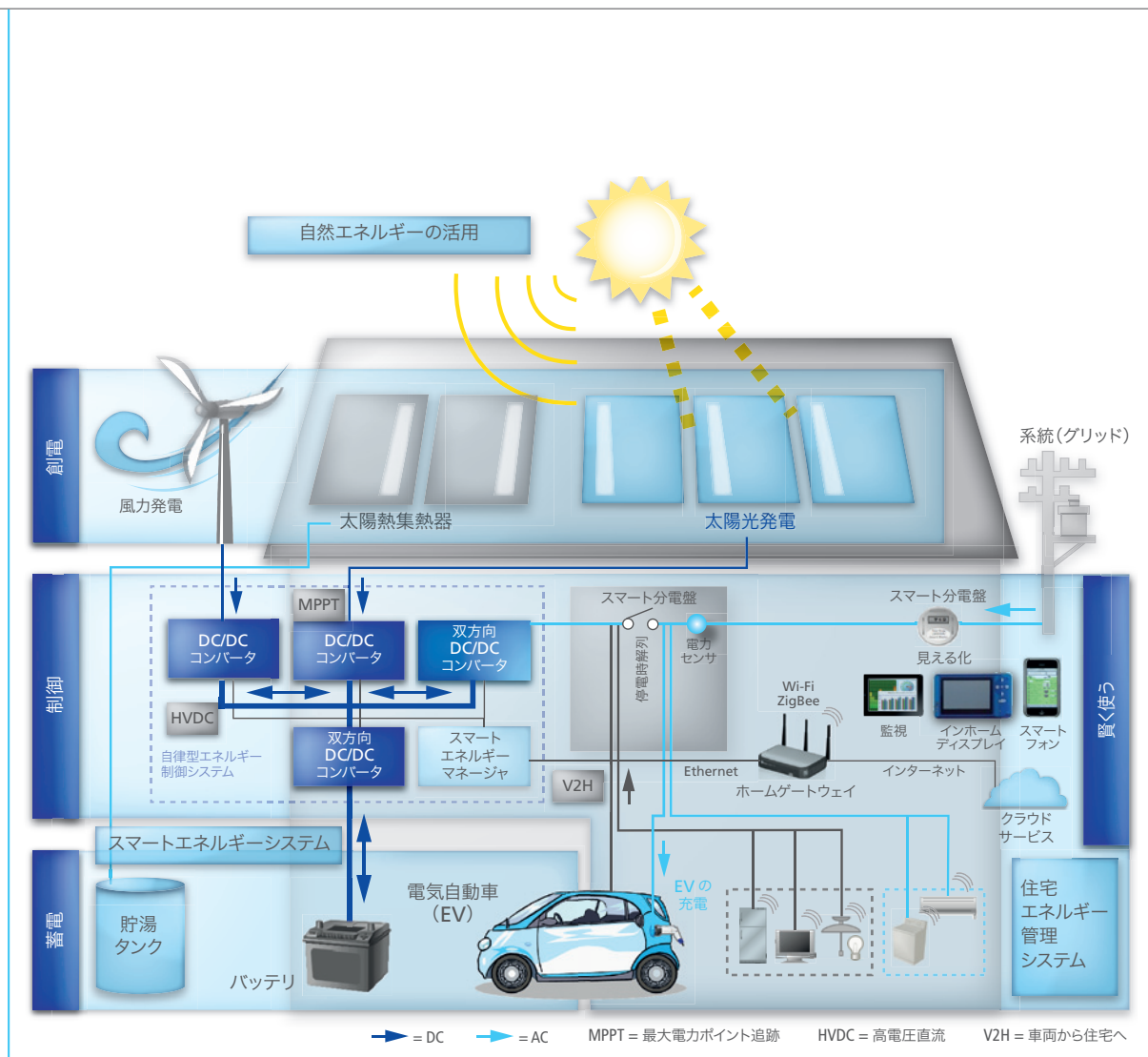


図5：ミニスマートハウスのコンセプトを適用した実物大のスマートハウス

あり、評価を行うために必要なすべてのデータを収集します。大型のバッテリーは非常に高価であるため、効率的なエネルギー管理と消費管理が不可欠です。天気予報は、再生エネルギーの生成によって作り出されることが期待されるエネルギー量の概算値だけを提供するので、システムは高い柔軟性を持っている必要があります。また、利用可能なエネルギーが制限される状況についても考慮する必要があります。その理由は、太陽光エネルギーが存在するのは日中だけであり、十分な風力エネルギーが得られるのは秋から冬の期間だけだからです。合理性を重視したエネルギー管理では、電気自動車の充電や食洗機の運転など、急を要さない作業を、エネルギーの生成量が多い時間帯にシフトさせています。

WLAN 経由のアクセス

スマートハウスの中央制御装置にはス

マートフォンまたはタブレット端末からWLAN 経由でアクセスすることが可能なため、居住者は、現在の状態と消費量の値を確認して、変更を行うかまたは停電に関する情報を取得できます。

まとめ

スマートハウスのエネルギー管理に関する実験と経験から、スマートハウスの将来は非常に明るいとと言えます。モデルベース開発は、効率的なスマートエネルギーコンセプトの開発に非常に有効であることが証明できました。

dSPACEは、さまざまな実証実験プロジェクトを通じてエネルギー制御技術の研究を積極的に続けていく予定です。■