

■事業の目的・目標：SSTの社会実装の可能性を明らかにする

2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、再生可能エネルギー（再エネ）電源の主電源化を進めるためには、**電力システムの柔軟性と制御性の確保、電力需給調整、および系統安定化の実現**が不可欠である。

これらの変革を支えるキーテクノロジーとして、小型、高効率、双方向電力変換、能動的な制御性や冗長構成による信頼性向上といった特長を有する**半導体変圧器（Solid-State Transformer：SST）**が注目されている。

SSTの実用化に向けた課題としては、適用分野ごとの最適なシステム構築、保護技術および信頼性の確保、システムコスト、ならびに国内外における適用事例の少なさなどが挙げられる。本調査では、**SSTの社会実装・実用化に向けた技術的・経済的課題、有効性、波及効果を分析・提示**する。

■2025年度の主な成果：多様なユースケースから有望なものにフォーカスし社会実装・実用化に向けた提言をまとめた

SSTを適用可能なシステムの技術動向を俯瞰		
事業者	適用可能システム	SST関連論文での有効性に関する主要論点
送配電事業者	①配電用変圧器	電力品質の向上、再生可能エネルギーとの統合、柔軟な電力制御、小型・軽量化、信頼性向上、エネルギーリーディング
	②送電用変圧器	高効率化、多機能統合、高度制御、次世代電力網対応、損失低減、システム安定性向上、FACT機能の付加、設置面積の縮小
	③HVDC	小型・軽量化、高効率制御、高信頼化、双方向電力伝送、ドループ制御、再エネとの親和性向上
発電事業者	④太陽光	電圧・電流不平衡の緩和、瞬時応答の高速化、小型化、高効率、多ポート電力管理、グリッドフォールミグ、再エネとの親和性、FRT
	⑤風力	電圧・周波数の安定化、高速な電圧応答、高力率運転、双方向電力変換、不平衡緩和、THD低減、再エネとの親和性、小型化、LVRT,仮想慣性
需要家	⑥水素	低損失、コスト低減、広範なDC電圧制御、不平衡補償、重量削減、冗長構成、大電流化、構成の簡素化
需要家	⑦蓄電池	電圧・周波数制御、高調波の抑制、双方向電力制御、複数電源間の能動電力分配、変換効率の向上、ソフトスイッチング、多ポート接続、単独運転対応
電気通信事業者	⑧データセンター	分散電源や蓄電池とのシームレス連系、多ポート、THD低減、電圧・電流・無効電力補償、部品点数削減
充電ネットワーク運営事業者	⑨EV急速充電	高効率、ソフトスイッチング、電圧調整、不平衡補正、複数車両の同時充電、マルチポート、EV間での電力シェア、再エネとの親和性、機器の小型化、コスト削減
鉄道事業者	⑩高速鉄道	損失低減、ソフトスイッチング、小型化、軽量化、双方向電力変換、信頼性向上
航空運送事業者	⑪電動航空機	高効率化、EMI低減、質量削減、小型化、高高度対応、冗長性、制御精度向上
海運事業者	⑫電気推進船	小型・軽量化、高効率化、高調波抑制、力率改善、再エネとの直結、ESS統合、マルチポート、モジュール化による冗長性、システム拡張性
送配電事業者	⑬DCマイクログリッド	電圧歪低減、高調波抑制、電力品質向上、双方向電流制御、省エネ化、小型・軽量化、システム安定性向上、過渡応答改善、信頼性向上、故障体制

技術・市場・実態調査、有識者へのヒアリングを通して、社会実装・実用化が有望なユースケースを検討

社会実装・実用化が有望なユースケース ー「EV急速充電」と「データセンター」に関する提言ー

EV急速充電

【提案】
受電用変圧器・充電PCS・蓄電池を統合した「SST型多ポート一体機」の導入

【主要なユースケースと具備性能】
都市部や高速道路のSA/PA等におけるEV急速充電インフラ（運用主体：EV充電事業者）において、「複数の充電ポート」、「急速充電モードと超急速充電モードの切替え機能」および、「蓄電池の併設」を併せ持つ、「SST型多ポート一体機」の導入が求められる

【有効性】
事業者は、最小限の受電設備容量で急速充電器を設置できるので、初期コストを抑制できる。また、ランニングコストである基本料金を抑制できる

【波及効果】
SSTの高速応動性を活かした需給調整市場（VPP）への参入による収益化が期待できる

【技術的・社会的課題】
技術的課題として、各ポート間における制御系および接地系を介したノイズ干渉などへの対策が求められる。社会的課題として、系統保護協調や双方向潮流時の規格・法整備が必要である

データセンター

【提案】
「ワット・ビット連携」に対応し、SSTを司令塔とする「発電所・蓄電所併設型データセンター」の構築

【主要なユースケースと具備性能】
発電設備を併設した大容量AIデータセンターなど（運営主体：データセンター事業者）において、発電された高電圧（6.6 kV以上を想定）の電力をSSTを介して高効率かつ高信頼性を担保しつつGPUラックへ供給する機能が求められる。また、データセンター内の再エネ電源、蓄電池、GPUラック間の電力潮流を高精度に制御するためのエネルギーマネジメント機能が求められる

【有効性】
受電からGPUラックへの配電において、電力変換の回数（段数）を減らす事が可能となり、電力変換効率の向上が見込まれる。また、DC（直流）マイクログリッド化したエネルギー自立型データセンターとすることで、脱炭素と安定運用を同時に実現する

【波及効果】
再エネ・蓄電池等と直結したエネルギー自立型データセンターによる「ワット・ビット連携」により系統の供給限界を克服し、世界に対抗する日本発の次世代データセンターアーキテクチャを確立することができる

【技術的・社会的課題】
技術的課題として、交流側における開閉サージや雷サージへの対応が求められる。また、高周波変圧器における耐圧設計と熱設計の両立が求められる。社会的課題として、SSTのデジタル制御・通信機能がサイバー攻撃対象になりうるため、もし攻撃されれば、データセンターの停止につながる可能性がある

■課題と今後の取組に向けた提言

- 【課題】
海外勢がデジタル・エネルギー革命を牽引する中、日本の産業競争力を維持・強化するためには、産官学が強固に連携し、研究開発から法規制の整備、国際標準化までを並行的かつ迅速に推進する戦略の構築が求められるのではないか。
- 【今後の取組】
- ①「新たな保護・絶縁システムガイドライン」を早期に策定し、SSTの系統接続における障壁を解消する必要があるのではないか。
 - ② JEMA等の業界団体を通じて国際規格との齟齬を解消し、海外メーカーに対する技術的・制度的な劣位性を是正する必要があるのではないか。
 - ③ 産官学の緊密な連携のもと、SSTのコア技術を日本連合としてパッケージ化し、国際市場に展開することで、SST市場における日本企業の主導権確保を図れないか。

■実用化・事業化の見通し

マルチポートEVチャージャ

EVのバッテリー充放電を活用した新たなソリューションに向けて、マルチポートEVチャージャが開発・製品化されている。マルチポート構成、大容量出力、V2X機能を特長とし、ニーズに合わせた段階的な設備導入、フレキシブルな出力容量変更、広範で高効率な運転、充放電マネジメント機能との組み合わせによるエネルギーマネジメントなど、さまざまな活用が想定される。



データセンター

NVIDIAの800V DC開発の協業企業の1つであるGE Vernovaは、同社のホワイトペーパーにおいて技術展開のロードマップを公表している。これによるとNVIDIAが1MW級ラック（Kyber）の展開を開始する（2027年）と同時に、直流800V給電によるデータセンターが導入されていくことを前提とし、電力供給インフラ（配電盤、バスバー、遮断器、ケーブル等）の実証・検証や認証取得を進める方針である。また2028年までにSSTを5MWを超える容量へとスケールアップして製品展開することを目指している。

