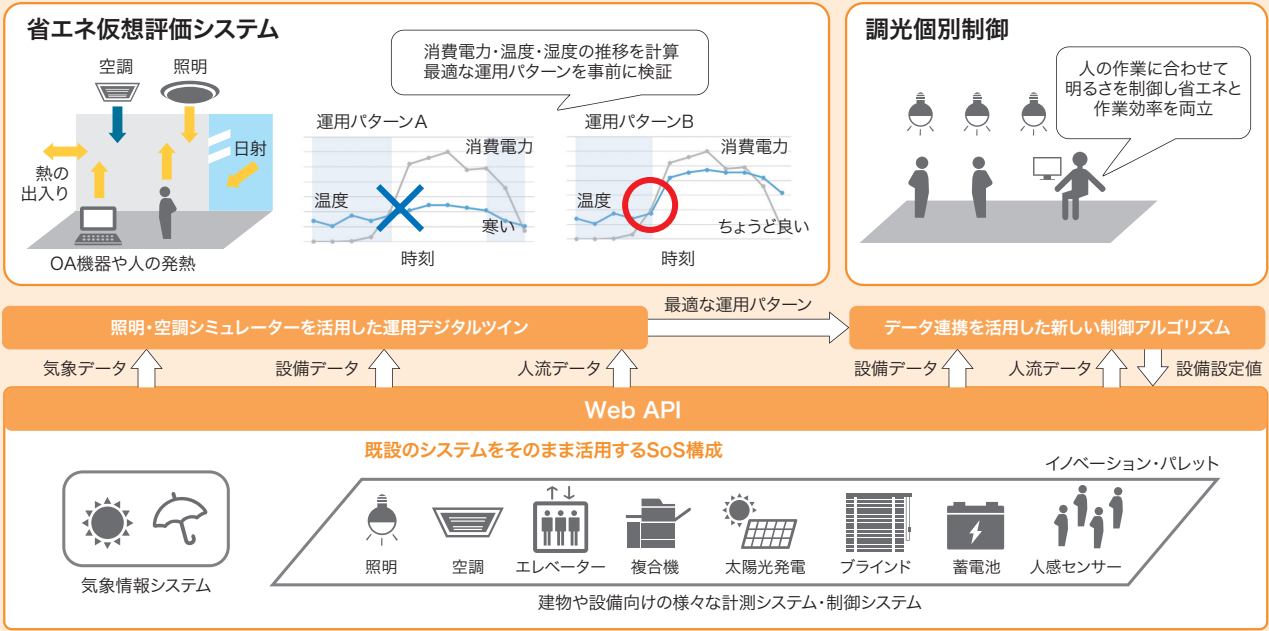


建物・施設の省エネを実現する運用デジタルツイン

研究開発

カーボンニュートラル・サーキュラーエコノミー



AIやシミュレーション技術を活用した設備の運用デジタルツイン

Digital twin for building equipment operation utilizing AI and simulation technologies

建物や施設のカーボンニュートラル実現には、空調や照明などの設備運用を効率化し、快適性を維持しながらエネルギー消費を削減することが重要である。その基盤として、様々なシステムと連携し、AIやシミュレーション技術を活用してエネルギー運用を最適化する、SoS (System of Systems) 構成の運用デジタルツインを開発した。これを活用して、データ連携による新しい制御アルゴリズムの省エネ効果を検証する取り組みを進めている。

運用デジタルツインは、空調や照明などの設備データや、人流データ、気象データなどをリアルタイムで収集し、仮想空間上で設備運用や環境を再現・シミュレーションする技術である。

従来は、空調や照明などの設備データが個別に管理されており、消費エネルギーと快適性のバランスを調整するには、現場での試行錯誤が必要だった。そのため、設定変更に時間が掛かり、効率的な運用が困難だった。そこで、運用デジタルツインを活用した省エネ仮想評価システムを開発した。この結果、現場の設備の運用パターンを事前に検証し、最適な運用パターンを迅速に見いだせるようになり、省エネと快適性の両立が容易になった。

また、運転パターンを設備運用に適用するために、Web API (Application Programming Interface) によるデータ連携も実現した。これにより、人感センサーの計測システムや照明制御システムなどの複数のシステム間で、データをリアルタイムに共有できるようになり、複数システム間の連携をスムーズにした。例えば、人感センサーのデータを利用して執務者の在/不在に応じて、ゾーンごとに照度や温度を変更する個別調光制御・個別空調制御を可能にして、省エネ効果が得られるようにした。

今後も、実用性の高い設備運用基盤を開発し、市場ニーズに応じたソリューションを提供して、持続可能なエネルギー運用の実現に貢献していく。

研究開発センター

小規模下水処理施設向け前処理装置 Habuki™



回転繊維体を用いたOD法向け前処理装置 Habuki™
Habuki™ pretreatment system using rotating fiber unit for oxidation ditch



栃木県さくら市 氏家水処理センターでの実規模実証試験
Performance evaluation at Ujiie Sewage Treatment Plant full-scale demonstration facility in Sakura City, Tochigi Prefecture

下水処理施設では、広域化・共同化による施設規模の変更や、カーボンニュートラル推進のための省エネ対策・老朽化対策などが求められている。これらの課題を解決するため、2024年7月にHabuki™を製品化した。

Habuki™は、回転生物接触法を利用した新たな下水処理装置であり、国内約1,000か所あるOD（オキシデーショディッチ）法を採用する小規模下水処理施設の前処理装置として適用できる。下水中の有機物を約50%除去し、反応タンクへの流入汚濁負荷を大きく削減できるので、既存施設の処理能力増強や曝気（ばっき）動力削減に貢献する。

Habuki™は、老朽化対策にも有効である。反応タンクの改修・補修工事では工期中の下水処理能力低下が課題となる。Habuki™を仮設備として使用することで、処理能力を維持したまま工事が実施できる。

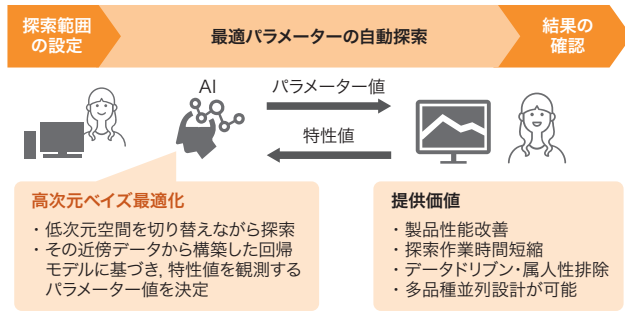
製品名Habuki™には、三つの“省く”への貢献が込められている。

- (1) コストを省く 処理能力は1基当たり最大1,350 m³/日、所要電力は1.5 kWと低動力である。15分程度
の下水滞留時間で処理が可能であり、既存OD法反応タンクの曝気電力代を20～40%程度、反応タンクで発生する余剰汚泥量を10～20%程度削減できる。
- (2) スペースを省く OD法反応タンクと比べ、回転繊維体上の生物膜では10倍程度の微生物濃度となるため、
コンパクトな筐体（きょうたい）でも高汚濁負荷の処理が可能になる。これにより、既存OD法反応タンクの池数を削減できる。
- (3) 手間を省く メンテナンスは、軸受け部グリスアップと減速機オイル交換だけである。回転繊維体は10年
以上の耐用年数があり、点検は容易である。既存OD法反応タンクをHabuki™で置き換えることで、機械設備のメンテナンスが省略できる。

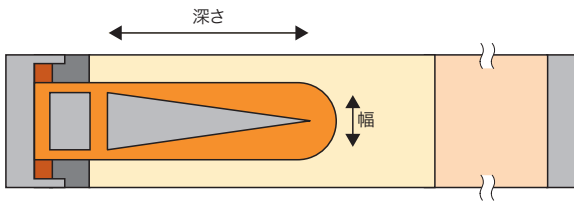
Habuki™の製品化に先駆け、栃木県さくら市氏家水処理センターで、実規模実証試験を実施して、性能を確認した。今後、地方共同法人 日本下水道事業団の新技术導入制度を活用し、国内下水処理施設へ普及を図る。

東芝インフラシステムズ(株)

■ パワー半導体素子の自動設計のための高次元ベイズ最適化技術



自動設計と高次元ベイズ最適化
Design automation and high-dimensional Bayesian optimization



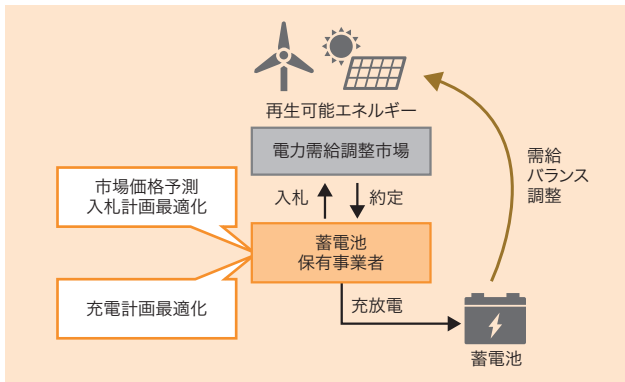
パワー半導体素子の設計パラメーターの例
Example of design parameters for power semiconductor device

パワー半導体素子は、社会の様々な機器やシステムの電力変換機能を担っており、その設計時には、技術者が寸法や濃度といった設計パラメーターを調整する。しかし、電力効率を高めるために素子の構造が複雑化するにつれて設計パラメーターの種類が多くなり、素子の性能を最大限に引き出すパラメーター値を見付けることが困難になっている。

そこで、設計パラメーターの種類が多く、その探索空間の次元が高い場合に有効な、高次元ベイズ最適化技術を開発した。この技術では、各時点で有望な低次元空間を設定しながら、探索を反復していく。その際、素子の特性値を観測するパラメーター値は、低次元空間の近傍のデータだけから構築した回帰モデルに基づいて定める。6個の設計パラメーターからなる素子の設計にこの技術を適用した結果、最小化したいオン抵抗の値を、標準的なベイズ最適化方式を用いた場合の2/3に低減するパラメーター値を見付け出すことに成功した。これにより、自動設計の実現可能性を示した。

研究開発センター

■ 蓄電池の収益性を高める電力需給調整市場への入札計画技術



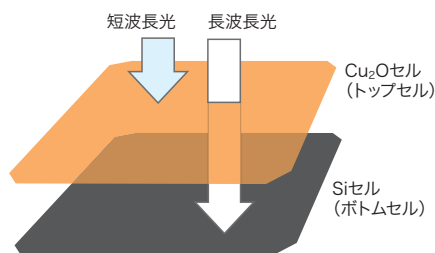
入札計画技術の概要
Overview of technology for strategic bidding on electricity market storage batteries

出力変動の大きい再生可能エネルギーの導入に伴い、電力送配電網に接続した蓄電池を電力需給バランス調整に活用することが推進されている。このような蓄電池を保有する事業者は、蓄電池を充放電することによって得られる調整力を電力需給調整市場で取り引きすることで、収益を得られる。この際、市場に入札する商品・価格・タイミング・量の適切な選択が、収益増加につながる。ただし、約定した調整力は必ず指令どおりに出力提供する必要がある。蓄電池の場合には、出力提供のために十分な蓄電量を事前の充電計画で確保する必要がある。

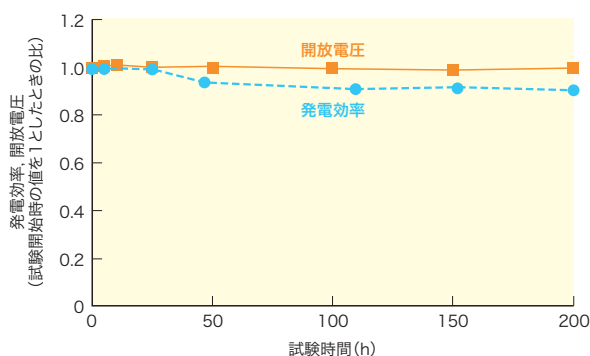
そこで、電力需給調整市場の市場価格の推移などを予測し、充電時間を確保した入札計画を自動で作成することで、蓄電池の調整力取引による収益を最大化する入札計画技術を開発した。調整力価格変動の大きい北海道エリアの蓄電池にこの技術を適用し、市場の最高落札価格の平均値で全時間帯に入札を行う計画と比較して、収益が約20%向上することを確認した。入札計画技術は、当社の蓄電池制御サービスで活用する計画である。

研究開発センター

■ Cu₂OとSiを積層した高効率タンデム太陽電池の耐熱寿命向上技術



Cu₂O/Siタンデム太陽電池の構造
Cu₂O/Si tandem solar cell structure



Cu₂Oセルの120 °C耐熱寿命試験の結果
Results of Cu₂O cell thermal stability test at 120°C

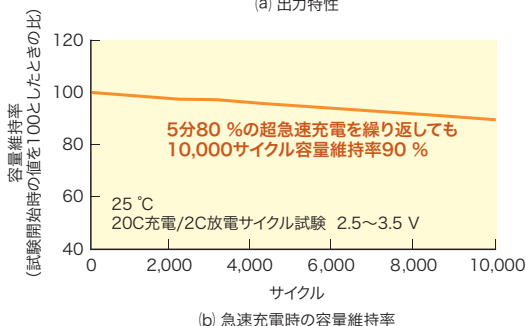
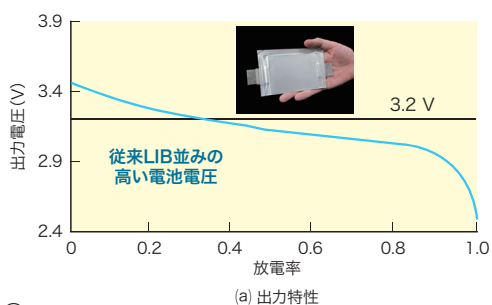
研究開発センター

カーボンニュートラルに貢献する技術の一つとして、亜酸化銅 (Cu₂O) 太陽電池セルをシリコン (Si) 太陽電池セルに積層した高効率タンデム太陽電池を開発している。当社が2019年に開発した透過型のCu₂Oセルを用いており、限られた設置面積で大電力を供給できることが特長である。

今回、実用的な14直列構造のCu₂Oセル(サイズ40×42 mm)で耐熱寿命試験を行った。透明電極に安定な非晶質性の酸化亜鉛膜を適用することで、車載用途に必要な120 °Cの高温で200 h経過しても、セルの開放電圧に変化が認められず、発電のキーとなるセル内のpn接合に大きな劣化がないことを確認した。発電効率は徐々に劣化したが、原因は透明電極の表面が大気成分と反応したことによる導電性低下と考えられ、セルの封止機能の強化で改善を図る。今後、更に耐熱寿命向上技術の開発を進め、2028年頃のCu₂O/Siタンデム太陽電池を搭載した電気自動車の、充電なし走行実証を目指す。

この成果の一部は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) との共同研究の結果得られたものである。

■ 高電位作動のコバルトフリー正極を用いた急速充電耐久性に優れた3 V級酸化物負極電池



C: 電池の充放電電流値の相対的な比率を表す単位
LIB: Lithium Ion Battery

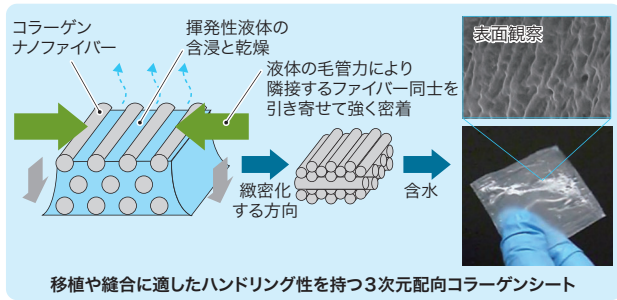
3 V級酸化物負極電池の出力特性及び容量維持率
(a) New 3 V-class oxide-anode battery and (b) Capacity retention under quick charging regime

研究開発センター

高電位作動のコバルトフリー正極を用いることで、資源保全と、高い電池電圧・急速充電耐久性を備えた3 V級酸化物負極電池を開発した。従来の酸化物負極を用いた電池は急速充電時も安全で耐久性があるが、電池電圧が低く、用途が限られていた。

当社は、これを解決する正極材料としてニッケルマンガン酸化物に着目した。この材料は、高い電圧で動作可能で、コバルトを含まないことから、性能と資源保全の両面で優れている。しかし、充電時に発生するガスによる電池膨れが問題であった。そこで、ガス発生メカニズムに着目して電池部材を改良し、正極からの遷移金属溶出を抑制してガス発生量を大幅に低減した。ニオブチタン酸化物負極との組み合わせでは、従来と比較してガス発生量を1/1,000に低減したほか、電池膨れなく、出力電圧3.2 V、5分間で80 %の急速充電性能、1万回の充放電後も容量維持率90 %といった優れた特長を確認した。この二次電池は、小型で高電圧が必要な産業用途をはじめ幅広いアプリケーションに適用できる。

■ ナノファイバー技術を活用した医療向けコラーゲンシート



独自のナノファイバー密着法を適用した3次元配向コラーゲンシート
3D oriented collagen sheets manufactured using unique nanofiber adhesion method

エレクトロスピンニング法を用いたナノファイバー製造技術を活用し、皮膚再建や細胞培養などへの応用を目指して、生体組織を模倣した3次元配向コラーゲンシート(以下、シートと略記)を開発している。これまでに、液体の毛管力を利用した独自のナノファイバー密着プロセスを適用し、水を含んでも高い弾性を持つことから、移植や縫合に適したハンドリング性を得た。また、皮膚フラップ下に移植したところ、シートが消失し、皮膚の良好な生着を確認した。

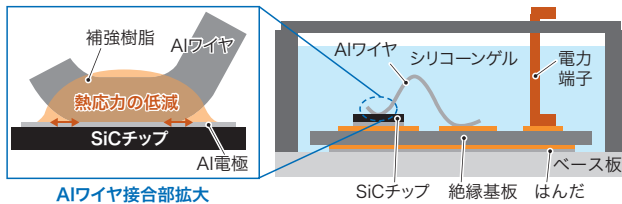
今回、マクロファージを用いてシートに対する炎症性反応を調べたところ、炎症性サイトカインの分泌が抑えられ、低炎症性であることが分かった。生体受容性の高い材料として、新たに組織再生への応用可能性が示された。更に、人の正常な線維芽細胞の培養実験に用いると、シート表面の細胞の成長方向を制御できることが分かった。

今後、社内外の関係部門と連携して、実用化を目指した機能検証を進めていく。

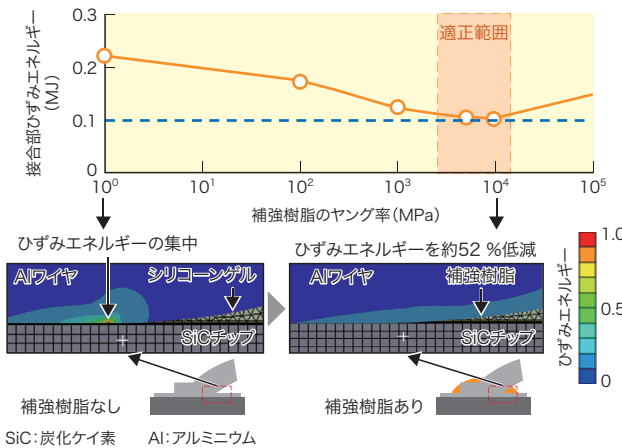
関係論文：東芝レビュー、2024、79、3、p.40-43。

生産技術センター

■ パワー半導体モジュールの高信頼性化を実現するワイヤ接合部の樹脂補強技術



ワイヤ接合部の樹脂補強
Resin strengthening technology for wire bonding



補強樹脂の物性がひずみエネルギーに及ぼす影響
Effect of coating resin properties on strain energy

カーボンニュートラル社会の実現に向け、電車や、電気自動車、太陽光発電装置などの電力制御に、パワー半導体モジュールの適用が進んでいる。この度、更なる適用拡大に必要な、繰り返し通電時の熱ストレスへの耐久性向上のために、故障が多い箇所の一つであるワイヤ接合部の樹脂補強技術を開発した。

補強樹脂には、ワイヤ接合部の応力緩和性能と、その応力緩和状態を維持するための周辺部材との密着力が求められる。今回、有限要素法を用いた構造解析技術により、ワイヤ接合部の熱応力を低減する補強樹脂のヤング率の範囲を明らかにした。また、樹脂の密着力向上のため、樹脂物性を考慮して製造工程での熱履歴を適正化した。

開発した樹脂で補強したパワー半導体モジュールの実証実験を行い、ワイヤ接合部の熱ストレスへの耐久性が3倍以上に向上すること、及びひずみエネルギーを約52%低減できることを確認した。

今後は、高信頼性化したパワー半導体モジュールの製品化と適用拡大により、機器の省電力化に貢献する。

生産技術センター