



IoT社会のエネルギーシステム

令和5年3月16日(木)

内閣府 プログラムディレクター

柏木 孝夫

SIP第2期開始前（2018年以前）の社会情勢

【社会情勢】

➤ 資源の海外依存による脆弱性

我が国では現状、ほとんどのエネルギー源を海外からの輸入に頼っている。

⇒こうした脆弱性は、エネルギー消費の抑制のみで解決されるものではない。

➤ 中長期的な需要構造の変化

電気や水素などを動力源とする次世代自動車や、ガス等を効率的に利用するコージェネレーションの導入などによるエネルギー源の利用用途の拡大なども需要構造に大きな変化をもたらすようになっている。

➤ 世界の温室効果ガス排出量の増大等

I P C C 第5次評価報告書では、気候システムの温暖化について疑う余地がないこと、また、気候変動を抑えるためには温室効果ガスの抜本的かつ継続的な削減が必要であることが示されている。

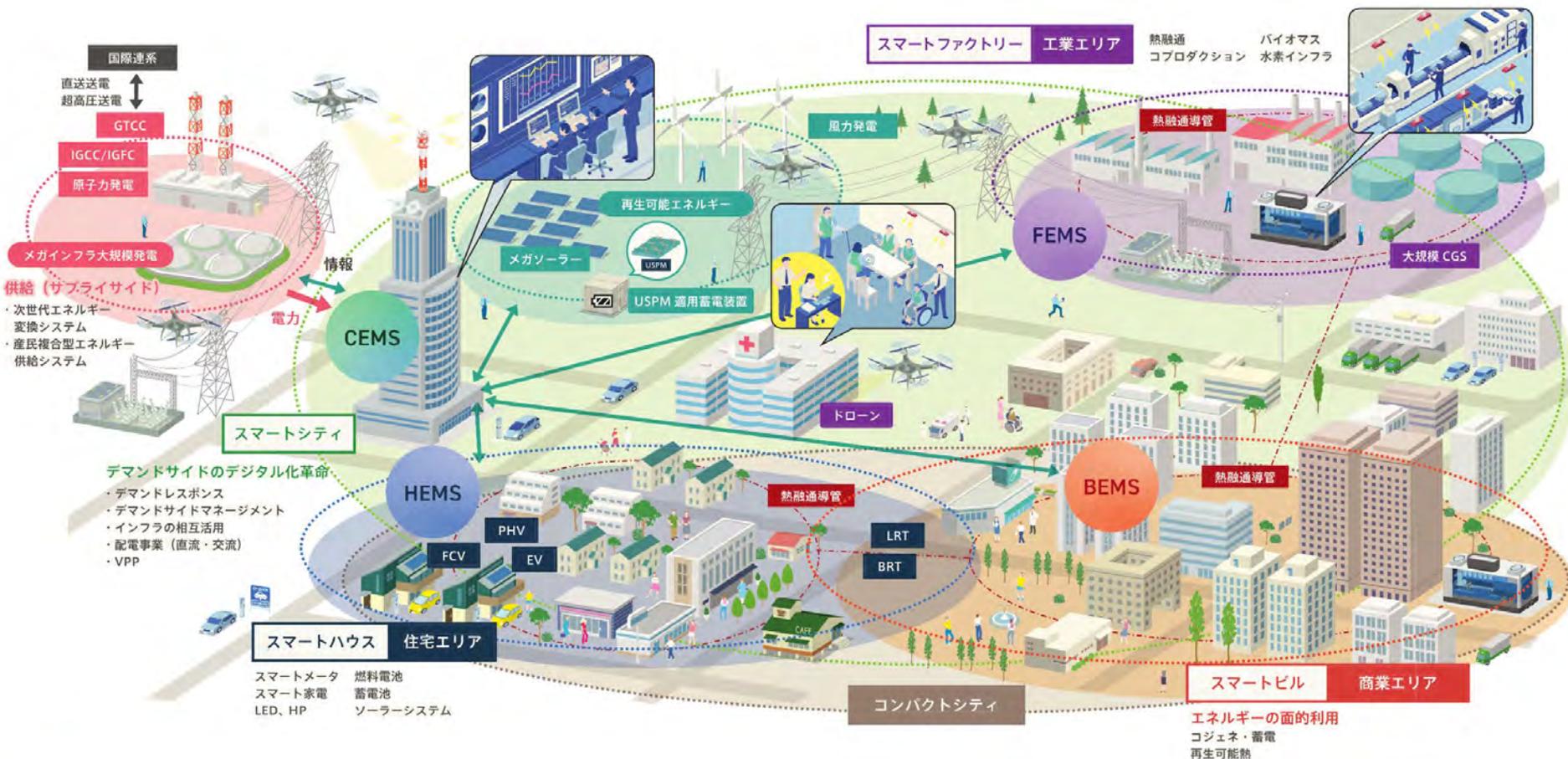


再生可能エネルギーを始めとするCO₂ゼロエミッション技術の更なる技術開発やコスト低減の重要性に加え、それらの**システムのアプローチ**が、今後我が国が最も主力を注ぐべき課題。**産官学及び関係府省が連携**し、システムの変革を目指す国家プロジェクトとして相応しい。

IoE社会のイメージと取り組むべきテーマ

【IoEとは】

Internet of Energyの略。エネルギーのインターネットの事で、様々なエネルギーデバイスがネットワークに接続され、情報交換することにより相互にエネルギーの需給制御・管理を行う仕組み。



SIP課題「IoE社会のエネルギーシステム」の目的・概要

電力化、脱炭素化、デジタル化に向かうSociety 5.0時代のIoE社会の実現のため、**再生可能エネルギーの変動を制御して無駄なく利用するエネルギーシステム**の構築、**その要素技術であるエネルギー変換・伝送システム**のイノベーションの達成に向けた研究開発を実施し、社会実装を目指す。

テーマ (A)

IoE社会のエネルギーシステムのデザイン

- 再生可能エネルギーが主力電源となり、車両の電動化および社会のデジタル化が進む中、セクターカップリングを通じた交通・電力インフラの統合的エネルギーマネジメントシステム概念モデルおよびプラットフォームの設計と社会的便益の評価。
- エネルギー消費実態や再エネの導入可能性に係る地域特性に応じた地域エネルギーシステムのデザイン/事例研究。
- 高性能のパワーエレクトロニクス機器普及による再生可能エネルギーの一層の利用促進効果等の評価、センサー等へのワイヤレス電力伝送によるエネルギーマネジメントの精緻化・高度化、レジリエンス強化、生産性向上の評価。

研究開発期間中に、新たな研究テーマを発足させ、テーマB・CのCO₂排出削減効果等を含めテーマ間の連携を強化した。サブテーマの再編を行ったことは研究マネジメント上有効であった。

あらゆる機器がつながるためには、最適な制御を行う電力変換器と柔軟な接続性を有する電力伝送技術が不可欠

テーマ (B)

IoE共通基盤技術

① 不規則な変動電源にも常に高効率の対応が可能な
USPM (ユニバーサル・スマート・パワー・モジュール) の開発
[富士電機(株)、京都大学、(株)FLOSFIAなど]

② ワイヤレス電力伝送システムとしての基盤技術
の開発 [名古屋大学、富士電機(株)、シャープ(株)など]

Ga₂O₃
デバイスの活用
青色LEDの
GaNをエネルギーに活用

テーマ (C)

IoE応用・実用化研究開発

ワイヤレス電力伝送システムの具現化

① 室内でのセンサネットワークおよびモバイル機器への給電
[パナソニック(株)、東芝(株)、千葉大学など]

② ドローンへの駐機時給電
[東京電力HD(株)、豊橋技科大など]

社会実装に向け、関係する府省庁横断で規格・標準の整備に取り組む

研究開発体制

研究推進法人：
科学技術振興機構（JST）

PD：柏木 孝夫
/コージェネ財団 理事長・東工大 特命教授

テーマ(A)

IoE社会のエネルギーシステムのデザイン SPD：浅野 浩志/岐阜大学 特任教授
戦略C：塩沢 文朗/元 住友化学 主幹

A-① エネルギーマネジメント研究会

- ・交通とエネルギー分野のセクターカップリングに向けたシステムアーキテクチャの概念設計
- ・エネルギーマネジメントシステムプラットフォームの設計及び便益評価

A-② 再生可能エネルギー主力電源化に向けた
革新的エネルギーデバイスの便益評価
(代表：安部 征哉/九州工業大 准教授)

A-③ 地域エネルギーシステムデザインの
ガイドラインの策定
(代表：中田 俊彦/東北大 教授)

テーマ(B)

IoE共通基盤技術
SPD：高橋 良和/東北大 教授

B-① エネルギーデバイスへの応用を見据えたIoE共通
基盤技術 (代表：伊東 淳一/長岡技科大 教授)

(1) 超高速デジタル制御応用技術

(2) WBGチップ搭載パワーモジュール

(3) Ga₂O₃を用いたMOSFET

B-② エネルギー伝送システムへの応用を見据えた基盤技術

(代表：天野 浩/名古屋大 教授)

テーマ(C)

IoE応用・実用化研究開発
SPD：庄木 裕樹
/東芝 上席エキスパート

C-① センサネットワークおよびモバイル機器
へのWPTシステム
(代表：五関 学/パナソニックHD 主任技師)

C-② ドローンWPTシステム
(代表：高尾 登/東京電力HD 部長)

SIP第2期での成果

テーマA

- 再生可能エネルギー主力電源化に向けて、従来のSi系と比較して、本SIPで開発するガリウム（Ga）系デバイスの適用が見込まれる機器の仕様・動向を調査し、**コスト低減目標等のロードマップ**を示した。
- 電力スマートメーターデータ等の新しいデジタルデータを分析する手法を確立し、**高い時間分解能・空間分解能でエネルギー需給状態を可視化し、自治体に提供可能なデータベースを構築、公開した。**
- 自治体（宇都宮市）・事業者と協力し、実データを収集・解析し、**電力・交通データ連携型地域エネルギーマネジメントシステムを実装できるデータプラットフォームのプロトタイプ**を設計し、その便益を評価した。

テーマB

- 設計・開発した**ユニバーサル・スマート・パワーモジュール（USPM）を用いた蓄電システム**を試作し、USPMの機能及び優位性を実証した。また、USPMへの搭載を想定した**超小型コア・パワーモジュール**を開発し、従来モジュール比で約4倍、最新の海外他社（Infineon）製モジュールと比較しても約1.7倍の電流密度を達成した。
- α型酸化ガリウム（α-Ga₂O₃）を用いた完全縦型MOSFETや窒化ガリウム（GaN）を用いた縦型MOSFETおよび横型GaN整流素子の試作・実証に成功し、Ga系の次世代パワーデバイスの開発において世界をリードする成果を得た。**

テーマC

- センサ向けの屋内給電ワイヤレス電力伝送（WPT）システム**として、オフィスや工場内で複数センサに同時給電を行うシステムと、倉庫やプラント内で高機能センサへ集中的に給電を行うシステムをそれぞれ開発し、**実証実験により、人体のある環境でも安全かつ高効率に給電できること世界で初めて実証した。**
- ドローン向けのWPTシステム**として、軽量化・タッチ&ゴーに有効で小型ドローンへ適用する電界結合方式と、耐環境性に有効で中型ドローンへ適用する磁界結合方式によるWPT充電システムをそれぞれ開発し、**国際的に最高の高出力を実現し、電力設備インフラ巡視・点検を想定した実証試験を実施した。**

地域エネルギー需給データベースの概要

<https://energy-sustainability.jp/>

掲載URL	https://energy-sustainability.jp
コンテンツ	<ul style="list-style-type: none"> 市区町村別エネルギー消費統計表（2013年度^{※1}、2019年度） エネルギーフロー・シミュレーション機能（エネルギー消費量：2013年度、2019年度、再エネ導入量：2020年度^{※2}） 市区町村別再生可能エネルギー発電特性（2019年度） エネルギー需要の地域特性（2013年度） エネルギー需給マップ（再エネ導入ポテンシャル、エネルギー需要、エネルギー自給率、再エネ移輸出ポテンシャル）
掲載地域	1,741市区町村（特別区を含む、政令指定都市は行政区ごとに区分しない。）
ライセンス	クリエイティブ・コモンズ 非営利 4.0 国際ライセンス

※1 政府が決定する温室効果ガスの排出削減目標（NDCおよび日本の気候変動）の基準値に準拠することを目的として2013年度を掲載、また最近のデータとして2019年度を掲載、※2 再生可能エネルギー一般投資量は、近年の急拡大を鑑み、2020年末時点の設備導入容量データを掲載。



USPMを使った蓄電システム

① 広帯域アクティブコモンモードノイズキャンセラ
⇒幅広い周波数帯域でコモンモードノイズを抑制可能なパッシブ/アクティブフィルタの実証

② 超高速デジタル制御手法
⇒オーバーサンプリング技術と高速制御により応答性や追従性、ロバスト性を大幅改善

③ 多数台USPMの直並列制御手法
⇒多数台自律分散動作をドループ制御により安定化

ドローンWPTシステムの最終実証実験



社会課題解決・事業創出の見通し

テーマA

- 全国の地方公共団体を対象とした「地域エネルギー需給データベース」「地域エネルギーシステムデザインガイドライン」「電力・交通データ連携型地域エネルギーマネジメントシステム(EMS)プラットフォームの設計指針」をもとに、**地域におけるゼロカーボンビジョンの策定**などに貢献するとともに、社会実装の事例数を着実に増やし、必要なデータの年度更新、ガイドライン改訂に取り組む。

テーマB

- USPMとコア・パワーモジュールの社会実装に関しては、蓄電池と組み合わせた優位性確認の実証結果を学会、展示会などを通し世界に発信し、**世界的な認知を得ることを通して製品化を進める。**
- Ga₂O₃デバイス、縦型GaNデバイス、横型GaNデバイスの社会実装に向けて、量産化に関しては設備面、費用面で大きな投資が必要となるため、**社会実装責任者をそれぞれ、(株)FLOSFIA 社長、富士電機(株) 部長、三菱電機(株) 部長と決め、各企業内での製品化のスケジュールを緻密に作成し着実に進めることとしている。**

テーマC

- 屋内給電WPTシステムの社会実装に関して、2024~2025年度の工場、物流、インフラ施設などにおけるPoC (Proof of Concept) 実証、2026年度以降の多分野も含めた本格的普及に向けたシナリオを明確化した。制度整備の課題に関しては、**空間伝送型WPTとしての世界初めての制度化を2022年5月に達成し、SIP成果による実用化のための次段階の制度化へ道筋をつけた。また、社会実装の担い手のとなるワイヤレス電力伝送運用調整協議会(JWPT)の2022年1月の設立を主導し、活動を開始した。**
- ドローンWPTシステムの社会実装に関して、電力インフラ設備の巡視点検を対象としたPoC実証を完了し、2023-24年度に国産主力機体・ポートシステムへのWPT実装による第二段階のPoC実証、2025年度以降にインフラ設備等での本格的実用化予定。ユーザ企業と連携し、ビジネスモデル・社会実装体制案を作成。制度整備の課題に関しては、総務省での議論に参画し、2023年度には電波法省令化の見通し。

研究成果の地域エネルギー計画への反映事例

(例) 脱炭素先行地域・環境基本計画・再生可能エネルギー推進計画などに10件以上の自治体が活用。地方公共団体や、その立案を支援する事業者などからデータベースへの期待が高い。

(岩手県宮古市, 2022年11月)
国の脱炭素先行地域 提案書への知見の活用および選定



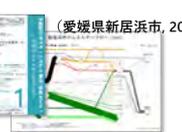
(岩手県宮古市, 2022年)
再生エネルギーから社会実装を想定する再生エネルギー推進計画に具体化



(神奈川県茅ヶ崎市, 2022年)



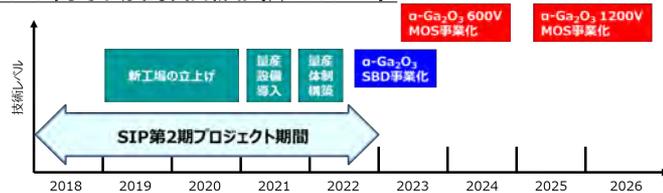
<https://www.city.maegasaki.kanagawa.jp/haruyo/2046872046872.html>



(愛媛県新居浜市, 2020年)



2026年までの明確な出口戦略 (株 FLOSFIA)

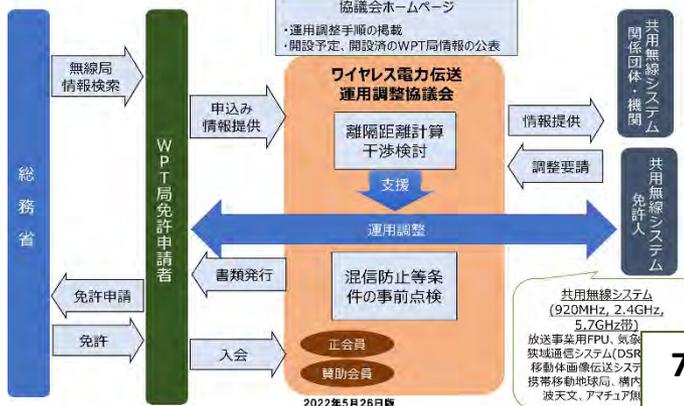


α-Ga₂O₃パワーデバイス製品であるSBD(ダイオード)を搭載した評価用ボードの販売とSBDのサンプル出荷を開始した。



JWPTの役割 (WPT局の開設について)

(出典) <https://jwpt.jp/guidance/>



今後の展望

テーマA

- ・エネルギーマネジメントシステムの社会実装に向けては、SIP第3期「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」の中で、財源を確保し、適用対象・地域を拡張し、テーマを展開する予定である。
- ・「地域エネルギー需給データベース」については、環境省の「再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS)」での活用をにらんで、同省において令和5年度の1年間をかけて本データベースに関する地方自治体のニーズを把握、確認した上で、その改編や改良を含めた活用を図る。

テーマB

- ・USPMについては、高パワー密度化およびエネルギーマネジメント視点からのUSPMの最適化技術の開発が必要であり、今後SIP第3期「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」の中の1つのテーマとして実施する予定である。
- ・ Ga_2O_3 デバイスについては知的財産網(出願件数640件以上、特許登録230件以上)により、新規参入を阻止していくビジネスモデルの構築を進める。
- ・縦型GaN-MOSFETについては、業界の標準デバイスとして知財を確立する内容とエピタキシャル技術およびデバイスプロセス等のノウハウ的な技術を峻別し、前者について戦略的な知財化を推進する。
- ・横型GaN整流素子については、特性再現性および信頼性の確認を三菱電機(株)の製造ライン試作を通して検討を行う。

テーマC

- ・屋内給電WPTシステムについては、IoTセンサ以外の応用も含めて、業界団体であるブロードバンドワイヤレスフォーラム(BWF)の活動の中で検討し、社会実装や制度化を進める。また、国内制度化における技術基準策定及び電波防護指針に対する適合性評価方法の策定に向けては、2023年度開始の総務省の作業班に参加し、検討・提案を行い、明確化する。更に、IECなどでの国際標準化を目指す。
- ・ドローンWPTシステムについては、物流系など他用途のユーザへの働きかけを行い、連携した検討体制を構築し、物流用途など適用範囲を広げた第二段階実用化に向けた社会実装体制およびシナリオ構築の検討を行う。また、上記の取り組みの中で国内外の標準規格化も目指す。