

「IoE 社会のエネルギーシステム」に関する研究会
運営支援及び特定調査分析業務
成果報告書（要約版）（2019 年度報告）

2020年4月



一般財団法人
日本エネルギー経済研究所

内容

第1章	研究会の概要	1
第1節	本事業の目的	1
第2節	研究会の概要	2
第2章	研究会のスコープ	8
第3章	IoE 社会の展望	10
第1節	IoE 社会の実現と技術	10
第2節	エネルギーシステムと要素技術	12
第3節	IoE 社会の技術の展開と課題	14
第4章	IoE 社会を実現するためのエネルギーシステム	16
第1節	エネルギーシステムの概要	16
第2節	エネルギーシステムと各技術の便益	17
第3節	評価基準と定量評価	23
第4節	IoE 社会のエネルギーシステムと実現の課題	26
第5章	交通部門とエネルギー部門のセクターカップリング	27
第1節	セクターカップリングのサービス	27
第2節	セクターカップリングのアーキテクチャ	32
第3節	システムアーキテクチャの検討	37
第6章	交通部門とエネルギー部門に関するデータ連携基盤	41
第1節	エネルギー・環境に関する日本の主な統計データ	41
第2節	実証事業のデータ連携基盤	44
第3節	日本におけるデータ連携基盤の検討	45
第7章	今後の課題と展望	49
第1節	研究会での議論の概要と課題	49
第2節	展望(次年度のテーマ)	51
第8章	ヒアリング	54
第1節	モビリティ側のニーズ	54
第2節	モビリティサービス事業者のヒアリング	54

図目次

図 1-1 SIP で取り組むテーマ.....	3
図 1-2 研究会体制図.....	5
図 1-3 研究会で扱うテーマと実施スキーム.....	5
図 3-1 IoE 社会のエネルギーシステムのイメージ.....	11
図 3-2 ポテンシャル・実用化が期待される技術と課題.....	13
図 3-3 工場外地域の Smart-Grid、DER-system との連携制御.....	14
図 4-1 エネルギーシステムの概要と構成する要素技術の例.....	16
図 4-2 エネルギーシステムのネットワークアーキテクチャ.....	17
図 4-3 テーマ C-①との連携の例①.....	18
図 4-4 テーマ A の便益と他テーマとの連携.....	19
図 4-5 各テーマの便益と連携のイメージ.....	20
図 4-6 テーマ A とテーマ C-②との連携と便益の事例①.....	25
図 4-7 テーマ A とテーマ C-②との連携と便益の事例②.....	25
図 5-1 Parker Project の概要.....	28
図 5-2 CO ₂ 削減目標と EV、MaaS(Mobility as a Service)の拡大.....	31
図 5-3 EV の導入量と VGI (Vehicle Grid Integration) サービスのイメージ.....	32
図 5-4 欧州での Interoperability(相互運用)に関する検討の段階.....	33
図 5-5 左:ビジネスレイヤー 右:機能レイヤー.....	34
図 5-6 左:コミュニケーションレイヤー 右:情報レイヤー.....	34
図 5-7 Parker Project のアーキテクチャ.....	35
図 5-8 システムアーキテクチャのイメージ.....	39
図 6-1 実証事業に係る学術・技術文献データ(専門的内容の記事:査読付き論文、技術報告書等).....	44
図 6-2 実証事業に係る事例文献データ(プロジェクト紹介の記事:雑誌、パンフレット等).....	45
図 6-4 内閣府のデータ連携基盤.....	47
図 6-5 環境エネルギー分野のデータ連携基盤のアーキテクチャイメージ.....	47
図 7-1 IoE 社会のエネルギーシステムのデザインの工程表.....	53

表目次

表 1-1 研究会メンバー一覧.....	4
表 1-2 研究会開催スケジュール.....	6
表 4-1 アーキテクチャ検討候補、次世代スマートインバータの要件.....	22
表 4-2 テーマ A の便益評価手法、データ、バウンダリの検討.....	24
表 5-1 V2G Hub で把握するプロジェクトの到達レベル.....	27

表 5-2	V2GHub で示されているサービスの整理.....	28
表 5-3	Parker プロジェクトで検討されたサービスとユースケース一覧.....	29
表 5-4	Innogy 社のサービスとユースケース.....	30
表 5-5	VGI サービスとユースケースの概要.....	30
表 5-6	プロトコル等と基準の対応の関係.....	36
表 5-7	世界の主な EV 急速充電システム.....	37
表 6-1	電力関連統計情報.....	41
表 6-2	ガスに関する統計.....	42
表 6-3	エネルギー消費に関する統計.....	42
表 6-4	系統の需給に関する情報.....	43
表 6-5	インバランス料金・調整力に関する情報.....	43
表 6-6	ユースケースと課題.....	48

第1章 研究会の概要

第1節 本事業の目的

我が国は国内のエネルギー資源に乏しいため、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。国策としてエネルギー利用の無駄を省く省エネルギーを継続的に推進してきているが、緊急時のエネルギー供給途絶をはじめとしたリスクや脆弱性については、エネルギー消費の抑制のみで解決されるものではない。これらのリスクを考慮して、エネルギー需給構造の見直しが進められているが、近年の技術革新の動向を踏まえて中長期的な需要構造の変化について戦略的な対応が期待されている。新たなエネルギー技術として、モビリティ分野では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がより低コストに実現可能になっていくことが期待されている、これらの技術を用いたエネルギー源の利用用途の拡大が、日本のエネルギー需給構造に大きな変化をもたらすようになっている。

世界的には温室効果ガス排出量の増大に関する懸念、取り組みが進められており、IPCC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。2015年末に開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)では、温室効果ガス排出の大幅な削減を目指し、2020年以降の新たな国際枠組みである「パリ協定」が採択された。「パリ協定」を実現するために、各国で温室効果ガス削減の努力、検討が進められている。日本でも2030年の長期エネルギー需給見通しを策定し、継続的に取り組みを進めることとしているが、IPCCの第5次評価報告書で示されるような大幅な温室効果ガス削減には、現状の削減努力の延長上だけでは達成が難しく、これまでの削減技術とは非連続的な技術も含めて、世界全体での排出量の抜本的な削減を実現するイノベーションを創出することが不可欠であるとされている。

日本での科学技術戦略の検討において多数の技術について検討が進められているが、エネルギー・環境分野で革新的な技術を生みだすイノベーションを創出するためには、個別の技術を強みに開発・導入していくことに加え、それら個別技術の確立・実用化と合わせて、個々の技術(機器・設備等)をネットワーク化し、“System of Systems”(SoS)としてエネルギーバリューチェーン全体で最適化を図ることが求められる。このために情報技術を活用した社会変革の中でこれらの実現が期待され、Society 5.0における、エネルギーと情報が融合する社会(Internet of Energy(IoE)社会)のエネルギーシステムをデザインすることが求められる。

また、温室効果ガス削減だけではなく、自然災害の影響拡大等も踏まえてこれからの社会に求められる要件としては、スマート化(Smart)、デジタル化(Digital)、強靱化(Resilience)が挙げられ、IoE社会に向けた取り組みにおいて、これらSDRを実現する社会の構築が期待される。

本報告書で検討する『IoE社会』とはInternet of Energy社会の略であり、エネルギー情報がインターネットにより結合され、情報交換することにより相互にエネルギー需給が効率的に管理される

社会である。温室効果ガスの大幅削減とともに SDR を実現していくためには、エネルギー毎のシステムとして電気、熱、化学エネルギー等を含めた様々なシステムの集合体であり、総合的なエネルギーマネジメントを実現するために、グランドデザインの策定が望まれている。

本事業では、Society 5.0 の IoE 社会の基盤技術システムについて、システム化することによって、基盤技術とエネルギーシステム相乗効果による便益実現が期待される中で、IoE 社会実現のための“System of Systems”を着実に社会実装することを目指す。特に IoE 社会におけるエネルギーシステムの設計について検討し、その実現に必要な共通基盤技術の開発、および顕在化している社会実装が必要な、以下の研究開発に資するものを目指す。

特に上記の目的に資するために、本事業では戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「IoE 社会のエネルギーシステム」(以下、「本課題」という。)の管理法人である国立研究開発法人科学技術振興機構(以下、「JST」という。)が実施する研究会の運営支援および特定調査分析業務を行った。

第2節 研究会の概要

第1項 2019 年度研究会の論点

本事業では「IoE 社会のエネルギーシステムのデザイン」において実施する「エネルギーマネジメント研究会」として、将来の IoE 社会の実現を目指したエネルギーシステムデザインに関して、特にエネルギーマネジメント視点から産業、民生、運輸等の部門を越えたエネルギーマネジメントのあり方に焦点を当てて議論を行った。研究会ではシステムアーキテクチャ、サービスのユースケース、便益評価のあり方から、データ連携まで多様な論点について議論を行った。

これらを含めて本報告書では“第 4 章 IoE 社会を実現するためのエネルギーシステム”、“第 5 章交通部門とエネルギー部門のセクターカップリング”、“第 6 章交通部門とエネルギー部門に関するデータ連携基盤”という形で整理した。2019 年度の研究会での主な論点と本報告書で関連する章の関係は以下の通り。

- システムアーキテクチャの検討(4 章、5 章)
- 関連サービスとユースケース(4 章、5 章)
- エネルギーマネジメントと各テーマの連携に関する便益評価(4 章)
- エネルギーマネジメントに関連するデータ連携(6 章)
- 産業分野の脱炭素化(本報告書では対象外)

上に関して、本研究会ではエネルギーマネジメントについて SIP 事業におけるテーマ A として中心的に議論した。また、SIP 事業における関連技術開発については、パワーエレクトロニクス(PE)についてはテーマ B、ワイヤレス電力伝送(WPT)については、テーマ C としてそれぞれに検討が進められており、本研究会ではエネルギーマネジメントの関連技術として、それぞれの検討の進捗

報告および連携のあり方について議論を行った。

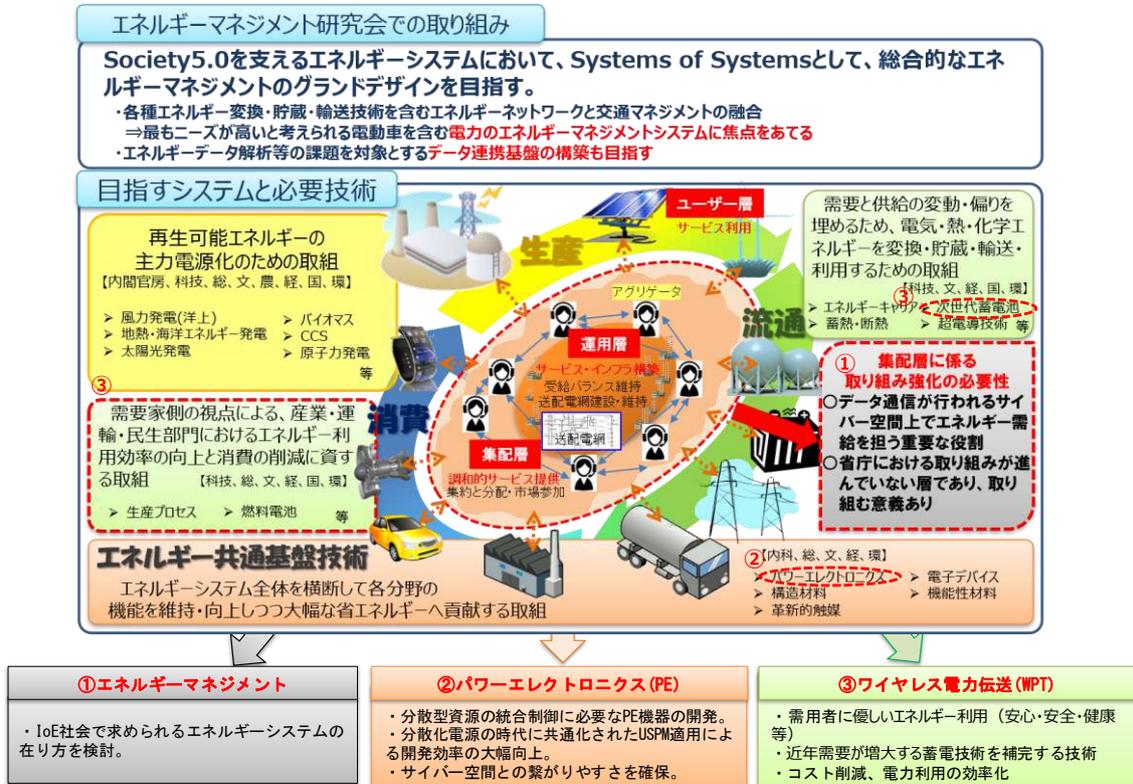


図 1-1 SIP で取り組むテーマ

(出所)エネルギー戦略協議会事務局資料(H29年3月22日)を基に改変。第4回研究会資料

第2項 研究会メンバーと体制

研究会の運営にあたり(一財)日本エネルギー経済研究所が第6回から事務局として担当し、2019年度は計4回実施した。研究会メンバーは、SIP事業のプログラムディレクター、サブプログラムディレクターおよびエネルギーシステム分析等に関する有識者で構成されている

表 1-1 研究会メンバー一覧

プログラムディレクター (PD)	柏木 孝夫	東京工業大学 特命教授・名誉教授
研究会座長 サブプログラムディレクター (SPD) (テーマA)	浅野 浩志	一般財団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 研究参事
戦略コーディネーター	塩沢 文朗	住友化学株式会社 主幹 レスポンシブルケア部 気候変動対応 兼 技術・研究企画部
メンバー	高澤 哲也	内閣府 政策統括官付 参事官
メンバー	中納 暁洋	内閣府 政策統括官付 ディレクター
メンバー	國友 理	国立研究開発法人 科学技術振興機構 フェロー 兼 東京工業大学 科学技術創成研究院 特任助教
メンバー	大塚 進	国立研究開発法人 科学技術振興機構 調査役
専門委員	井村 順一	東京工業大学 副学長 兼 工学院システム制御系 教授
専門委員	中田 俊彦	東北大学大学院 工学研究科技術社会システム専攻 教授
専門委員	太田 豊	東京都市大学 工学部 電気電子工学科 准教授
サブプログラムディレクター (SPD) (テーマB)	高橋 良和	東北大学 国際集積エレクトロニクス研究開発センター 教授
サブプログラムディレクター (SPD) (テーマC)	床木 裕樹	株式会社 東芝 研究開発本部研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー 上席エキスパート

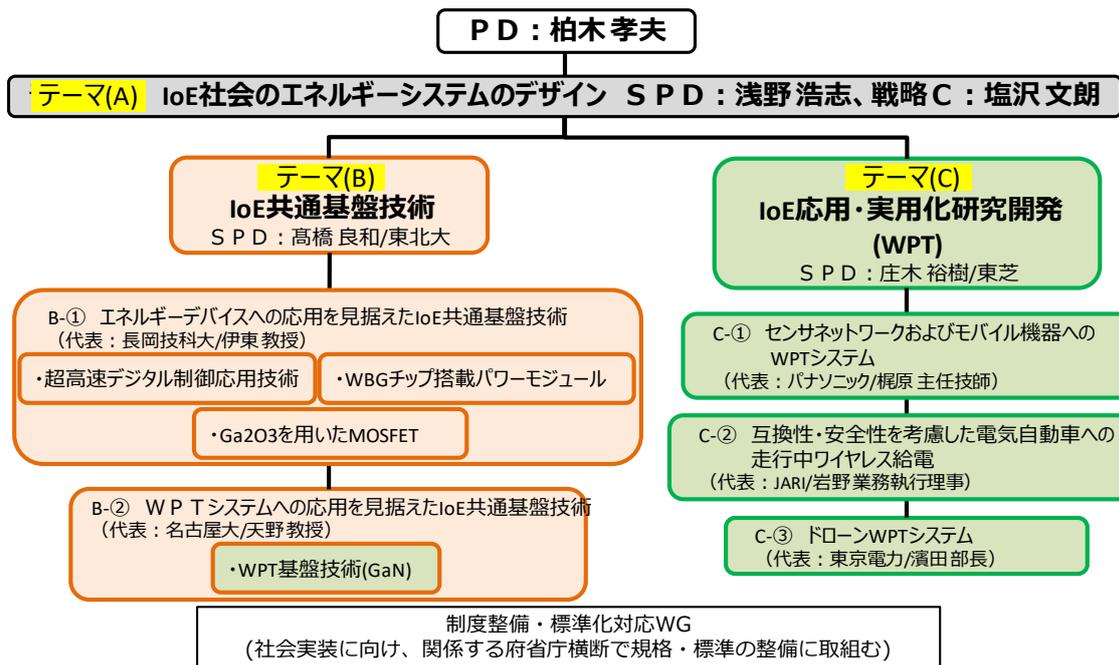


図 1-2 研究会体制図

研究会で取り組むべきテーマ、個別テーマと各テーマ代表者等は下記の通り。



図 1-3 研究会で扱うテーマと実施スキーム

第3項 研究会の開催スケジュール

2019年度内に(一財)日本エネルギー経済研究所が事務局を務めた研究会を4回開催した。

表 1-2 研究会開催スケジュール

	日付	テーマ
第6回	2019年11月13日	ヒアリング報告、欧州の取り組み、アーキテクチャの検討
第7回	2019年12月24日	ユースケースの概要、便益評価、産業分野の脱炭素化
第8回	2020年2月12日	サービスの取りまとめ、各テーマの便益評価、データ連携
第9回	2020年3月17日	テーマ B との連携、来年度の研究計画、地域エネマネ研究会、データ連携のまとめ

研究会ではテーマに沿い、IoE¹社会のエネルギーシステムの検討に向けた専門家のプレゼンテーション及び事前調査の報告、議論を行った。また、本事業では研究会に先立つ事前打ち合わせと研究会議論に基づくフォローアップを行うことで円滑な研究会運営を進めた。

本報告書では、2019年度内に(一財)日本エネルギー経済研究所が事務局を務めた研究会で発表された専門家プレゼンテーション内容を中心に、IoE 社会におけるエネルギーマネジメントのあり方についての調査業務および研究会での議論を整理し、課題と展望をまとめた。

第4項 研究会での報告概要

2019年度の研究会での議論の概略は以下のとおり。

- 第6回研究会: 國友フェローから企業ヒアリング報告、事務局から調査報告としてノルウェーのEV普及の取組/CCS・CHAdemo・GB/T等の比較/VGIサービスの事例について報告した。三菱電機鈴木氏、國友フェローからアーキテクチャについての情報提供を受けて、協議を行った。また、國友フェローから課題間の連携について報告が行われた。
- 第7回研究会: 事務局および庄木SPDから便益、定量評価の検討について報告が行われた。便益評価の事例として JARI (日本自動車研究所) 皆川氏から走行中給電の経済成立性の検討について進捗状況が報告が行われ、便益について協議を行った。その後、塩沢戦略コーディネーターおよび黒田フェローから産業分野での熱エネルギーの脱炭素化に向けた取り組み

¹ 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管理を行う仕組み。(第4回研究会 柏木先生資料より)

の進捗について報告が行われた。

- 第 8 回研究会:事務局からヒアリング報告とサービス事例の概要とりまとめおよび便益、定量評価の検討について報告を行った。庄木 SPD と JARI 人見氏から走行中給電の経済成立性の検討の進捗状況、および高橋 SPD から USPM の検証の進捗について報告が行われた。その後、データ連携について中納委員および事務局からデータ連携の検討状況について報告が行われた。
- 第 9 回研究会:事務局からテーマ B との連携に関する関連情報を報告した。浅野 SPD から来年度の研究計画、塩沢戦略コーディネーターから地域エネマネ研究会について報告が行われ、エネルギーマネジメント研究会として来年度方向性などについて議論を行った。その後、塩沢戦略コーディネーターおよび黒田フェローから産業分野・熱エネルギーの脱炭素化のまとめ、國友フェローから産業分野、熱エネルギーへの IoE 適用の可能性について報告が行われ、IoE 社会での産業分野の脱炭素化とエネルギーマネジメント可能性について議論を行った。最後に高澤参事官よりデータ連携、データ基盤整備における実証事業で得られている文献データの紹介と事務局よりデータ連携のあり方のまとめについて報告が行われた。

第2章 研究会の Scope

社会・産業の構造変革の大きな潮流として、情報技術の進歩が目覚ましく、モノのインターネット (IoT)、人工知能 (AI)、ビッグデータ解析技術、情報通信技術 (ICT) 等の急速な発展とその社会実装が進展することが期待されている。より高度な情報技術を活用することで個別の製品や技術、更には複数の異なるシステム同士が容易に連携協調できるようになり、様々なバリューチェーンを通じて、社会に対して新たな付加価値が提供され、人々に豊かさをもたらす「Society 5.0」(超スマート社会)の実現に繋がるものと期待されている。

エネルギー・環境分野においても、世界的な温室効果ガス排出削減の取り組みの中で、これに貢献する新たな技術を開発、導入を進めていくことが期待される。さらに、それら個別技術の社会実装と合わせて、情報技術、IoT の導入により、産業、業務、家庭、交通などの部門をまたがってあらゆるエネルギー機器や電源の状態監視やリアルタイム制御が可能になることが期待され、エネルギー関連の機器や設備をネットワーク化し、エネルギーシステムとして統括的に捉え、システム全体として最適化を図る取組が求められる。

本事業において運営する研究会では、上のような社会的な流れを踏まえて「IoE 社会のエネルギーシステムのデザイン」において実施する「エネルギーマネジメント研究会」として、将来の IoE 社会の実現を目指したエネルギーシステムデザインに関して、特にエネルギーマネジメント視点から、産業、民生、運輸等の部門を越えたエネルギーマネジメントのあり方に焦点を当てて議論を行った。今年度は特に、国等における取組の中で大きな関心を集めている自動運転と親和性の高い電動車両のマネジメントと再生可能エネルギー電力を中心とする電力システムの統合制御を可能とする交通部門とエネルギー部門の連携について、セクターカップリングとしてそのあり方、便益について検討した。具体的にはセクターカップリングにかかるシステムのアーキテクチャ、各技術による便益の評価および関連データの整理とデータ基盤整備に焦点を当てた。交通とエネルギー部門のセクターカップリングを実現するシステムアーキテクチャの実現により、IoE 社会として再エネ等のグリーンエネルギーで走行可能な EV が普及することで地球環境への影響緩和とともにかつ、エネルギーシステムへの負荷を軽減できることが期待される。

本研究会で主に対象とするエネルギーマネジメント技術に関しては、ホームエネルギー管理システム (HEMS)、ビルエネルギー管理システム (BEMS)、スマートコミュニティ(環境配慮型都市)事業、仮想発電所 (VPP) 事業等、点から面までの各事業(実証事業が中心)が行われてきているところである。他方で近年特に運輸部門の電動化、自動運転が見通せる中で、交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングが大きなテーマになりつつある。この課題に関して、本研究会ではエネルギーマネジメントが脱炭素化に及ぼす効果の大きさの把握を試みるとともに、エネルギーマネジメントを効果的に行うためのボトルネックを検討した。また、関連技術開発として SIP のテーマで

ある高性能のパワエレ機器普及による影響や新技術実装により移動する車載蓄電池への走行中給電の制御による影響についても検討を深めるとともに、これらの活用を念頭に置いたエネルギーシステムのアーキテクチャ、エネルギー・環境事業に関するデータ連携を取り込むアーキテクチャを含むエネルギーシステム設計手法について検討した。2019年度の研究会では、これらの論点についての議論を深めることで、関連テーマを含めたエネルギー利用最適化にも資するエネルギーシステムのグランドデザインの構築に資する情報を示すよう検討を深めた。

第3章 IoE 社会の展望

国内のエネルギー資源に乏しい日本のエネルギー事情、技術の潮流、世界的な環境問題への取り組みの加速化の中で、日本政府としても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が指摘されている。また、技術の活用のためのシステム的アプローチが、今後我が国が最も主力を注ぐべき課題として認識し、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という観点から SIP での事業推進が検討され、本研究会を進めるにいたっている。SIP としての国家プロジェクトとして広く新たな技術を使った社会ビジョンが IoE 社会であり、その実現によって先の課題解決に資することが期待されている。

本章では IoE 社会が目指すところと、それを支える技術および実現のための課題について整理する。

第1節 IoE 社会の実現と技術

情報技術の進歩により、日本では内閣府を中心に Society5.0 のような新たな社会像が検討されている。その中で、エネルギーシステムについても、広範囲かつ深く情報技術を活用したシステムの構築が期待されている。これを踏まえて、エネルギー分野での情報技術の活用の深化として Internet of Energy (IoE) というビジョンが掲げられている。

IoE 社会では、エネルギーシステムにおけるエネルギーの需要に関する情報、エネルギーの供給に関する情報の高密度かつ高速に収集、活用されることで今までにないエネルギー関連サービスの提供を通じて、エネルギー需給に関する課題解決が期待されている(図 3-1)。

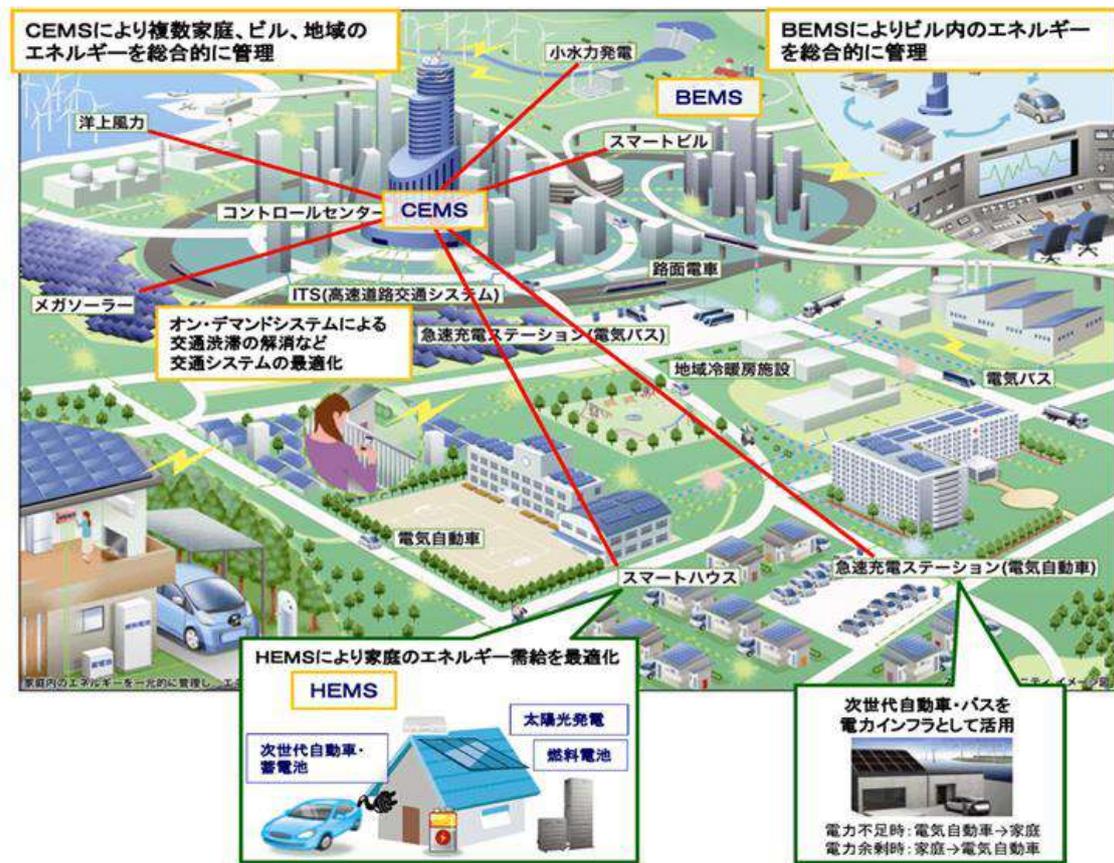


図 3-1 IoE 社会のエネルギーシステムのイメージ

(出所) 経済産業省 HP

また、この IoE 社会を構成する技術要素に関して統合イノベーション戦略推進会議では、革新的環境イノベーション戦略において、エネルギー利用のあり方、将来のエネルギーシステムの概要と関連する要素技術について示している。イノベーションアクションプランが示す通り、多様な分野において、また分野や部門をまたがってエネルギー・環境技術の進歩が期待されており、これらの活用のために各技術をつなぐ情報技術、ネットワークの重要性が注目される。

第2節 エネルギーシステムと要素技術

将来の新たな社会像としての IoE 社会の実現に向けて、エネルギーシステムを構成する要素技術について、SIP として取り組むべきテーマを整理している(図 1-3)。研究会では特に IoE 社会を構成する要素としてエネルギーマネジメント、パワーエレクトロニクス、ワイヤレス電力伝送の 3 つのテーマに着目している。本研究会では、これらの要素技術の個別の検討の深化と各技術、テーマ間の連携を深めることで IoE 社会の実現に貢献するための検討を進めた。

第1項 重要業種、技術分野の抽出

多様なエネルギー・環境関連技術がある中で、各要素技術の導入と、導入が期待される業種、そしてそれによる便益や効果に関して、2050 年やそれ以降の長期的なエネルギー・環境技術の動向と可能性を視野に入れた検討が行われている。経済産業省及び文部科学省が共同で開催している“エネルギー・環境技術のポテンシャル・実用化評価検討会”では、主に CO₂削減の視点から議論が進められている。同検討会の報告書では以下の二点を指摘している。

- パリ協定を踏まえ、2050 年を見据えた脱炭素化社会の実現には、既存技術のコストダウンも含めたイノベーションが重要。
- エネルギー・環境分野の主要な革新的な技術、特に CO₂大量削減に貢献する技術について、ポテンシャル・実用化の観点から、現在の研究開発・実用化状況を確認、基礎基盤研究から社会実装までのボトルネック課題を抽出し、実用化に向けた長期的な研究開発の方向性等を提示。

将来の IoE 社会の実現のためには、これらの長期的な視野での検討事例を踏まえて、今後の技術の導入、実現を検討することが重要であり、本研究会での検討がこれらの技術導入の実現及び社会的な便益の実現にどのように貢献するかも研究会での重要な論点である(図 3-2)。

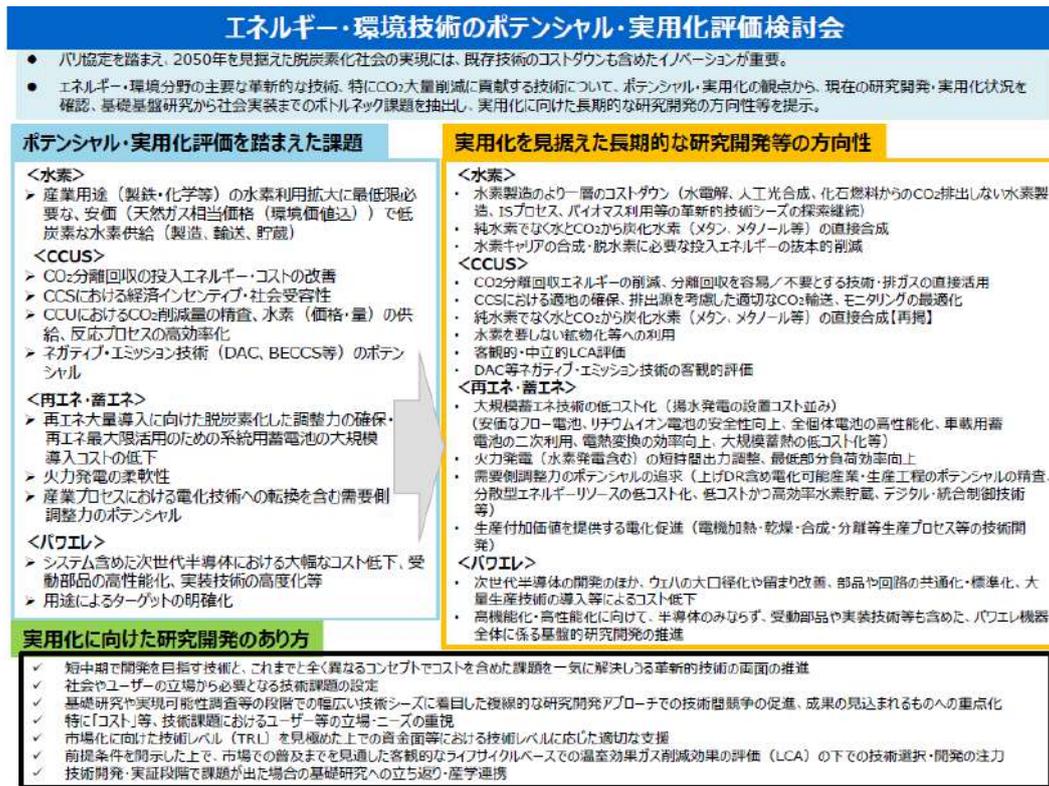


図 3-2 ポテンシャル・実用化が期待される技術と課題

(出所) 経済産業省、文部科学省、エネルギー・環境技術のポテンシャル・実用化評価検討会、2019年6月

第2項 IoT を利用したエネルギーマネジメントの事例

先述の通り多様な技術の利用と、エネルギー転換のためには情報活用に関してより高度な仕組みが期待されている。一例として、産業部門でのこれら技術活用、IoT を利用したエネルギーマネジメントによる低炭素化の取り組みがある(図 3-3)。この例では、工場内の各技術について IoT を使ってより高度化するとともに、工場外地域の Smart-Grid や DER-system (Distributed Energy Resources-System: 分散型エネルギー資源利用システム) との連携制御を行うことでシステム全体としてのエネルギー効率の向上と、低炭素エネルギーの活用が期待される。

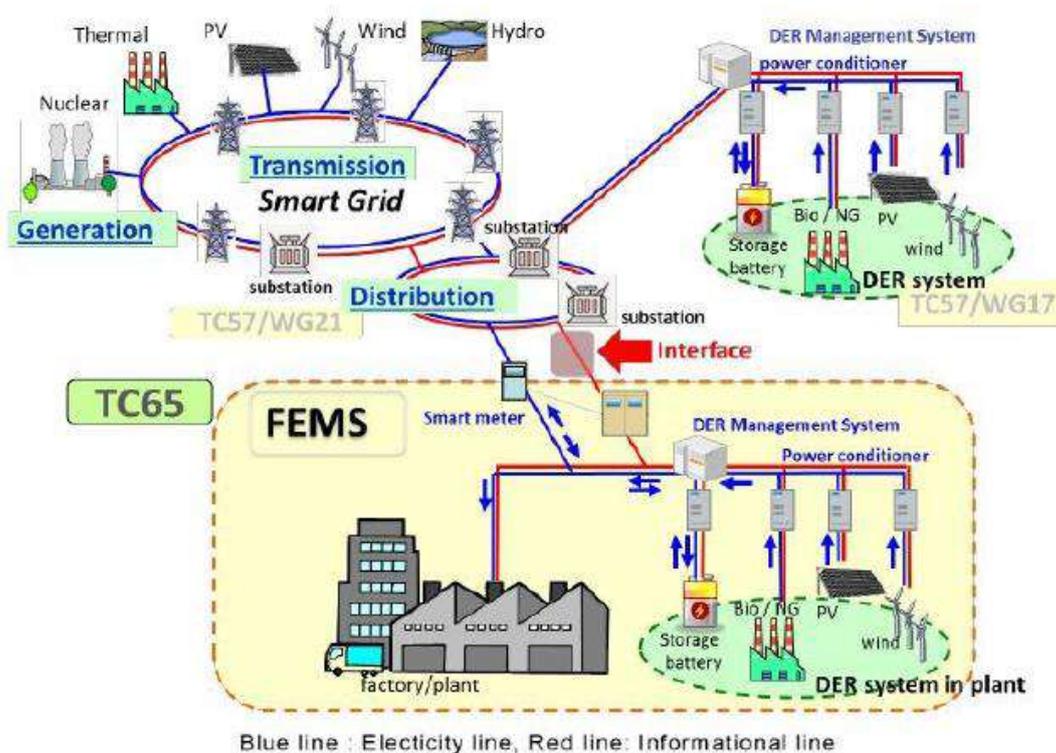


図 3-3 工場外地域の Smart-Grid、DER-system との連携制御

(出所) IEC/TS 62872 :System interface between industrial facilities and the smart grid

また、情報技術を使った部門をまたがるエネルギー需要の高度化としては、先述の通り革新的環境イノベーション戦略で示されている“低炭素化を実現する電力ネットワークシステム”があり、情報技術、IoT を使ったエネルギーシステムの実現の具体例の一つといえる。

第3節 IoE 社会の技術の展開と課題

本章で挙げた通り、IoE 社会の実現を支える要素技術として、多様なものが検討されている。また、これらの技術の導入の影響に関して、特に CO₂ 削減効果を中心に定量的な評価が検討されている。これらの技術の導入にあたっては、個別技術の導入のための仕組み、経済性や便益評価とともに全体システムとの調和が求められ、各技術で導入可能な分野の可能性や導入に伴う便益が重複する場合等には、それらの考慮が必要である。また、これらを調和的に導入していくためにはシステム側の対応も必要となり、効率的な技術の導入を促すシステムのあり方についても検討が必要になる。

これらの点について本研究会では、システムの仕組みとして、システムアーキテクチャに関する議論、検討を進め、各技術によって期待されるサービスの例やユースケースのあり方を検討するこ

とで求められるアーキテクチャに関する議論を深めた。

各技術の展開にあたっては、技術それぞれの進歩とともにシステムとの調和を取ることで、これらが両輪となって導入が進むことが期待される。そのためにも本研究会でテーマ A を中心として全体を考慮しながら、テーマ B、テーマ C での各技術の動向との連携を深めていくことが課題となる。

第4章 IoE 社会を実現するためのエネルギーシステム

第1節 エネルギーシステムの概要

第1項 要素技術とエネルギーシステム

第3章で示した通りエネルギーシステムを構成する要素技術は多様である(図4-1)。IoE社会におけるこれらの要素技術を活用するためには、エネルギーシステムの構築が必要である。エネルギーシステムの構築については、情報技術の発展に伴う制御技術、情報伝達の進化が期待されており、個別技術、システムを統括する System of Systems としてのエネルギーシステムの進化が期待される。



図 4-1 エネルギーシステムの概要と構成する要素技術の例

(出所)エネルギー戦略協議会事務局資料、2017年3月22日)

IoE 社会でのエネルギーシステムの検討には構成する要素技術の検討にとどまらず、需給関連情報を高速かつ大容量に伝達することを前提としたシステムの構築が求められる。このためには、今後、ネットワークアーキテクチャの構築が求められる可能性がある。システムアーキテクチャの検討にあたっては、その目的、用途毎にいくつかの層(レイヤー)に分けて検討される。具体的には実際のエネルギーをやり取りするための物理層、それにかかる情報のやり取りを担うサイバー層、そして最終的なサービスを提供するためのサービス層によって構成されることが考えられる(図4-2)。このアーキテクチャの構築が IoE 社会のためのエネルギーシステム構築の中心的議論の一つであり、本研究会において今年度重点的に議論を進めたテーマの一つである。

エネルギーシステムのネットワークアーキテクチャ

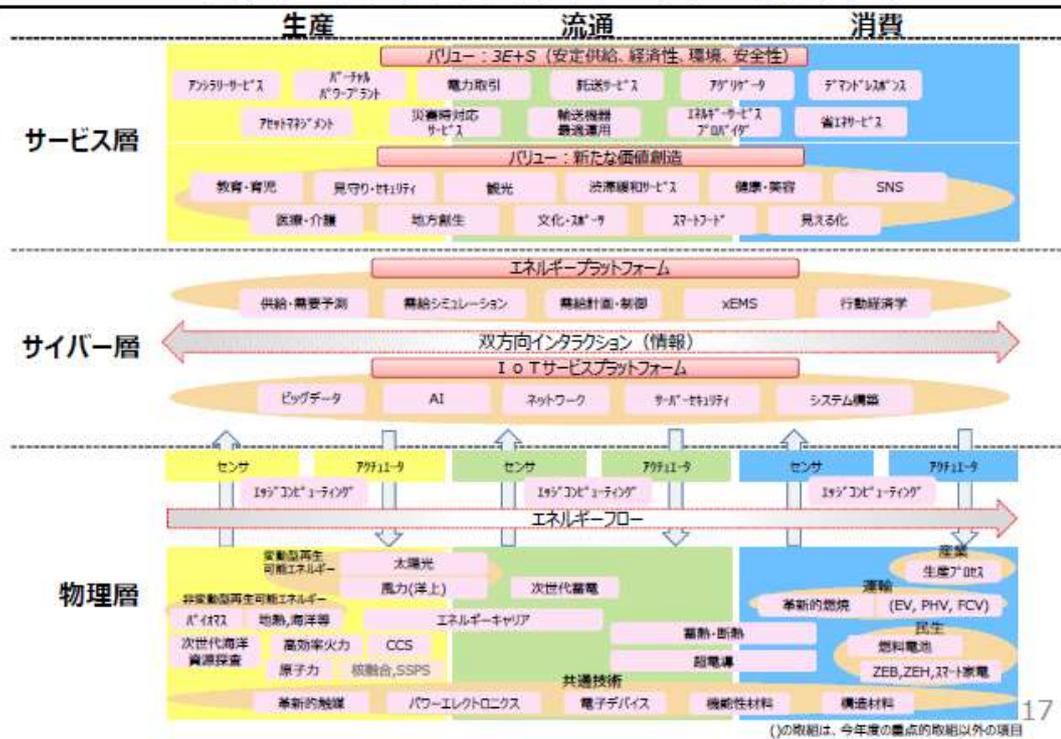


図 4-2 エネルギーシステムのネットワークアーキテクチャ
(出所) エネルギー戦略協議会事務局資料(H29年3月22日)

第2節 エネルギーシステムと各技術の便益

各技術の導入による便益については、政府委員会等で議論が進められている。その上で、IoE社会での技術導入とシステムの貢献については、より包括的な評価が求められる。本節ではまず、本研究会で検討する各テーマによるユースケースとそれに伴う便益を検討し、それらの個別議論を深めるとともに、システムとして各テーマが連携することによって生み出される便益について、項目出しと評価のあり方について検討している。主な項目として以下の点が挙げられる。

- エネルギーシステムを構成する要素技術、ユースケース等の検討
- 各テーマで検討している技術実現により追加的に実現できる便益の評価基準の検討
- 評価基準を定量評価するために必要な課題・データの整理
- IoE社会、Society 5.0実装時の社会的価値の収益化(マネタイズ)のあり方等

第1項 各技術のユースケース

本研究会では、テーマ A のエネルギーマネジメントを中心に他のテーマで検討している技術との連携も重要な論点である。それぞれのテーマで検討されている技術開発によって生み出された

技術を用いた新たなサービスやユースケースの例が検討されており、それによって多様な便益を生み出すことが期待される。

例えば、近距離のワイヤレス電力送電を可能とする技術開発について議論しているテーマ C-①では、介護施設や工場などでの関連機器にワイヤレスで電力を送ることで配線などが不要になることが期待されており、図のようなサービス、ユースケースが考えられる(図 4-3)。

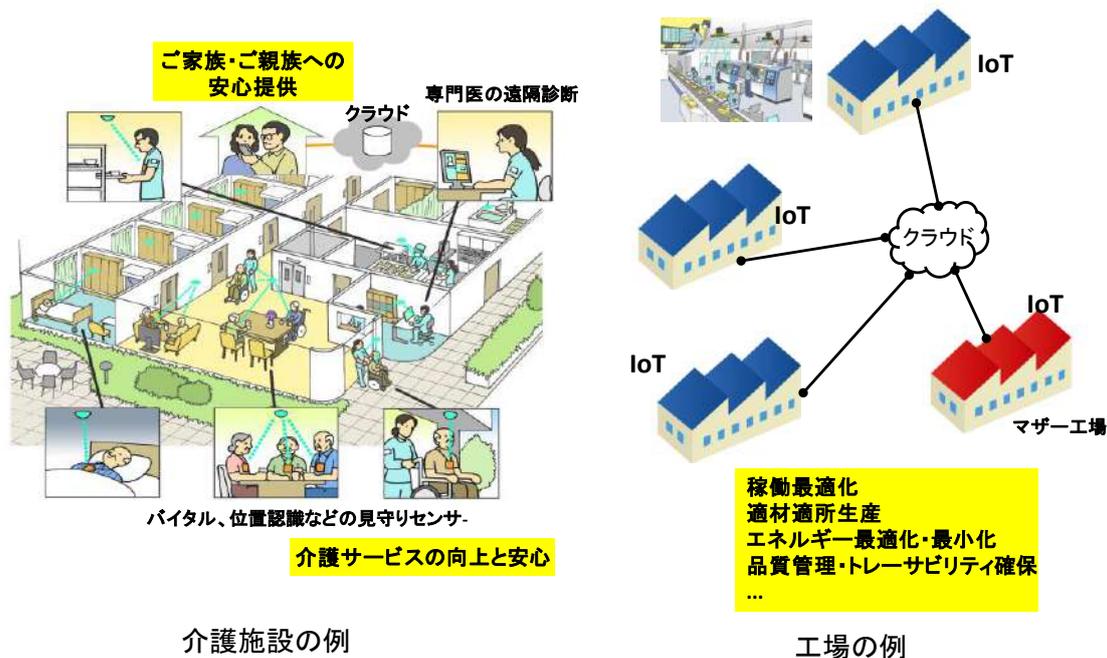


図 4-3 テーマ C-①との連携の例①

(出所) 第 6 回研究会

本研究会の各テーマで検討されている技術をはじめとして、各技術によって多様なユースケースが考えられる。例えば、上記の例であれば給電のワイヤレス化によって配線が不要になり、多様なレイアウトが可能であり、かつ柔軟なレイアウト変更、ラインの変更ができることが期待される。これが新たな技術に依る便益といえる。

SIP をはじめ国策としてどのような技術をどのように導入、評価していくかを検討するためには多様なユースケースについて、それによって社会的にどのような便益を生み出すかを特定化することが求められる。また、その時の費用やもたらされる可能性がある弊害などを考慮することも重要である。その上で、これらの便益を実現化していくことが IoE 社会における技術導入の貢献の実現につながる。次項以降において、本研究会で検討している技術導入に依る便益の事例の整理と、その定量的な評価のあり方について検討する。

第2項 便益の事例（各テーマ単体）

IoE 社会の実現、新たな技術の導入によって大きな便益が期待される。便益の例としては、エネルギーシステムとしての効率性の向上から経済性の向上、さらには環境負荷の低減まで多様である。前項で示した各技術の利用によるユースケースによってどのような便益が得られるかも、便益を得る主体、視点によって多様である。しかし、社会的な便益として広くとらえるために、便益を整理していくことが必要である。そして、整理された便益ごとに評価を検討することによって、IoE 社会の便益を明らかにし、もって便益を最大化するための検討を進めることにもつながる。

例えば、テーマ A であるエネルギーマネジメントに関する便益と、他のテーマとの連携のあり方について脱炭素化、スマート化、レジリエンスの視点で整理する(図 4-4)。ここで整理した項目は一例ではあるが、その影響も大きいものから比較的小さいものまで含まれていると考えられる。このため、列挙した項目の深堀と影響の定量的な評価の両面の検討が求められる。

分類	具体例	課題間連携の可能性
A.環境負荷低減効果 脱炭素化	A1.再エネ余剰電力削減	C2との連携
	A2.再エネ自家消費促進によるCO ₂ 削減	Bとの連携
	A3.系統用・家庭用蓄電池削減に伴うエネルギー・素材投入削減	C1, C2との連携
	A4.充放電マネジメントによる蓄電池劣化の回避	Bとの連携
	A5.環境改善（ヒートアイランドや大気汚染・PM2.5の緩和）	B, C1, C2との連携
B.エネルギー効率向上効果	B1.XEMSを通した「見える化」による消費電力量削減	Bとの連携
	B2.EV導入促進（車両効率改善）による一次エネルギー消費削減	B, C2との連携
	B3.高効率デバイスの普及による消費電力量削減	Bとの連携
C.需給安定化効果 レジリエンス	C1.送電網：需給調整への貢献（調整力の提供）	B, C2との連携
	C2.配電網：電圧制御への貢献	B, C2との連携
	C3.系統混雑の緩和	B, C2との連携
D.強靱性向上効果	D1.災害や停電時の電力供給への貢献（事業継続性への貢献も含む）	C3との連携
E.経済性改善効果 スマート化	E1.EV導入台数の拡大、再生可能エネルギー導入の拡大	B, C2との連携
	E2.エネマネ対応機器販売促進による国内メーカーへの経済波及	B, C1, C2との連携
	E3.V2Gピークカットによる系統発電設備削減	B, C2との連携
	E4.電力負荷平準化による系統電源の設備利用率向上	Bとの連携
	E5.系統用・家庭用蓄電池への設備投資削減	B, C1, C2との連携
	E6.蓄電池(系統, EV)のリアルタイム応答による電力卸価格安定化	B, C2との連携
	E7.エネルギーシステムの省人化（充電所等）	B, C2, C3との連携
F.その他	F1.レジャーやイベント、島嶼地域等での石油系発電機代替	C2との連携
	F2.コネクテッドカーによる交通最適化（渋滞緩和、最適ルーティング）	B, C2との連携
	F3.P2Pや機器間電力取引の促進（環境価値の顕在化）	B, C1との連携
	F4.地方でのモビリティ・エネルギーサービスの拡充・効率化（省人化など）	B, C1, C2, C3との連携

メリットを享受する
主なステークホルダー

国、その他

運用主体/
系統管理者

EV所有者/
利用者

図 4-4 テーマ A の便益と他テーマとの連携

また、テーマの単体での便益例として、それぞれ以下のような項目が研究会において挙げられている

第3項 便益の事例（テーマ連携）

前項で整理された各テーマ単体での便益を踏まえて、各テーマが連携することによって追加的に生み出さる便益が期待される。各テーマで期待される便益の項目と、連携によって期待される具体的な項目は、以下の図の通り整理することができる。

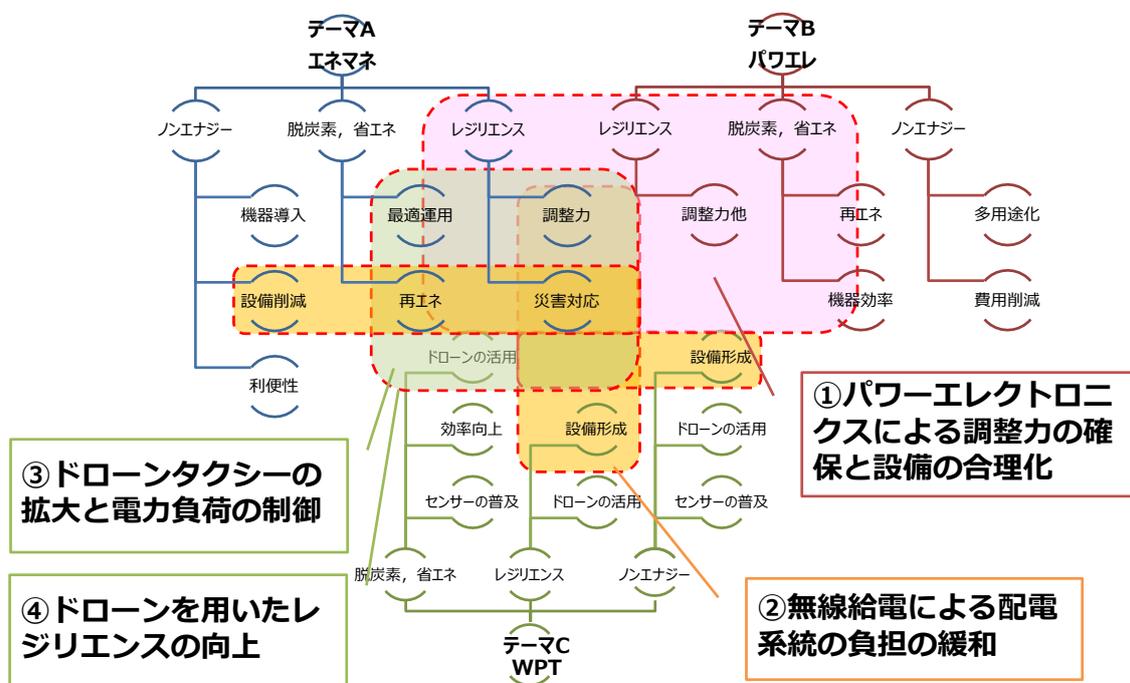


図 4-5 各テーマの便益と連携のイメージ

各テーマとテーマ A との連携において期待される具体的な項目は以下の通りである。

(1) B：次世代パワエレと IoE システムとの連携と波及効果

- 次世代パワエレ利用により実現できること
 - 従来技術: 変換効率が低い
 - 新技術: 変換効率が低い、パワエレを用いた製品での情報収集が可能
- 次世代パワエレを利用する目的
 - 高効率かつモジュール化した製品によって広くパワエレ機器を普及する
 - 次世代パワエレによって、多様な情報収集が可能
- 次世代パワエレの利用による連携の効果
 - デバイスの効率化、設備の小型化
 - 情報収集範囲、収集力などの向上
 - 先進的なスマートインバータによるアンシラリーサービス(高速な周波数制御・電圧制御、系統慣性力の模擬)確保

- 柔軟性資源評価モデルによる PV 連系可能量の計算
- 系統のレジリエンシー強化(FRT (Fault Ride Through)、black start)

(2) C-①：屋内給電 WPT と IoE システムとの連携と波及効果

- WPT 利用により実現できること
 - 従来技術: 端末の電池交換が必要、人や干渉を与える他の無線システムと共存できない
 - 新技術: 電池不要もしくは電池交換不要、人や他の無線システムがある環境での利用
- IoE センサに WPT を利用する目的
 - 人が近づけない場所(高所、原発のような危険なところなど)、電源の無い(取りにくい)
 - 場所、広く分散して置きたい場所などに使うセンサに有効
- WPT を利用によりセンサで取得する情報
 - メンテや監視のためのデータ(電力などの流量、機器等監視のための画像データ、環境
 - 監視のための温度などのデータ)
 - 工場内での機器有効活用、工程管理に利用するデータ(機器稼働確認などの画像
 - データ、工程管理のためのデータなど)
- WPT の利用による連携の効果
 - 省エネ、産業負荷(電力)の低減 省人化
 - メンテ・点検等の費用削減 電力量などの有効活用
 - 環境データ活用による環境改善 安全・安心(災害救助など)
- その他
 - ドローンに送電器を積んで、ドローンからセンサへ充電・給電を行うという利用可能性も

(3) C-②：EV 走行中給電 WPT から IoE システムとの連携と波及効果

- WPT 利用による EV 行中給電で実現できること
 - 従来技術: 有線のみによる充電、充電時間がかかり、充電行為の手間あり
 - 新技術: いつでもどこでも充電・給電、意識しないで充電・給電、充電行為からの解放
- WPT の利用による連携の効果
 - CO₂削減(EV 普及、電池軽量化など)
 - 省エネ、産業負荷(電力)の低減(電池削減による EV 軽量化など)
 - エネルギーシステムの地域的アンバランス解消(EV による電力の移動)
 - エネルギーシステムの安定性維持(再生エネルギーの不安定性(周波数など)を補償)
 - スマートシティ対応、Society 5.0 の実現(自動運転、ドローン、ロボットなどへの応用)
 - コスト低減(電池削減による EV の低価格化)
 - 利便性(充電時間や充電行為の削減、意識せずに充電・給電)

(4) C-③：ドローン WPT から IoE システムとの連携と波及効果

- ドローン WPT 利用により実現できること
 - 従来技術: ドローンの電池交換が必要、飛行距離・飛行時間が限られる

- 新技術： 電池交換不要、電池容量を小さくして軽量化が可能、飛行時間が伸びる
- ドローン WPT を活用する事例
 - センサを搭載し、人が近づけない場所(高所、遠隔地、原発など)での点検・調査
 - 宅配や郵便などの物流利用、交通輸送
 - センサ等を搭載し、災害時に活用(インフラ早期復旧、人命救助など)
 - 農業利用(農薬散布、搭載センサによる作物状況把握など)
- ドローン WPT の利用による連携の効果
 - 産業負荷低減(物流でのライトワンマイルを自動車からドローンへなど)
 - 省力・省人化、迅速化(送電線、変電所、長大橋梁などでの遠隔巡視・点検・監視)
 - 物流・輸送革命(特に地方・過疎地で)
 - 安全・安心(原発での作業用途、災害救助など)
 - 作物の収穫量増大・高品質化(農業利用において)
 - ドローンに IoT センサを搭載し、メンテやインフラ監視のためのデータや環境測定データ等々を収集することにより、細かな情報収集によるインフラシステム全体最適化が可能

(5) テーマ A と各テーマの連携による便益の実現のための課題

テーマ B とテーマ A の連携の例として既存技術であるインバータの高機能化を目指したスマートインバータを検討する際には、技術的な使用および連携の際のアーキテクチャ検討を視野に入れて USPM(スマートインバータ等の応用)のデータ交換(フォーマット)や通信規格などの標準化に取り組むことが求められる。これについて、風力発電で要件化された機能と太陽光発電での必要性と課題は以下の通り整理される。

表 4-1 アーキテクチャ検討候補、次世代スマートインバータの要件

	技術要件	内容	必要性	現状
1	最大出力抑制制御	出力の上限を定格出力より低減して運転する機能	あり	・出力制御として導入済み
2	出力変化率制限制御	出力可能値以下の領域において、出力増加率および低減率を制限して運転する機能	あり	・未対応、PV単体では不可(実現には蓄電池などが必要) 【実現手段の例】 ①低圧、②高圧 出力変化に対し、ローカル・地域の系統全体のリソース(温水器、EV、V2H、蓄電池等)で変化分を補完 ②高圧、③特別高圧 出力制御や蓄電池などで上げDRが確保されているシステムは、対応
3	周波数調定率制御	電力系統の周波数上昇時に、周波数調定率に従い風力発電機の出力を減少して運転する機能	あり	・未対応
4	ストーム制御	・強風域における一斉停止防止機能 ・カットアウト風速以上となっても、風車をすぐには停止せず、徐々に出力を低減して運転する機能	なし	・対象外
5	イナーシャ制御(今回は規定化せず)	電力系統の周波数低下時に、一定時間において発電機の出力を増加して運転する機能(慣性力、周波数調定率制御)	あり	・未対応、PV単体では不可(実現には蓄電池などが必要) 【技術的課題】 ・慣性力のような短時間(0.2秒以下)の制御は低圧の場合、単独運転防止機能の新型能動的方式に干渉する可能性が高い。

(6) 各テーマの連携における代表的な便益と今後の課題

上で整理したテーマ A および各テーマとの連携における便益、定量評価の概念に関して、これら多くの便益が期待される。その中でも便益の効果や大きさ、連携の面での優先順位付けも重要である。研究会では便益は便益の大きさと Tangible(具体的なものである)か否かのバランスで優先的に検討されるべきであると整理を行った。テーマ A と各テーマの連携による便益の中でも優先順位が高いものの例として以下の 4 点が考えられる。

- パワーエレクトロニクスによる調整力の確保と設備の合理化
(機器からの情報を用いた最適運用)→テーマ B との連携
- 無線給電による配電システムの負担の緩和
(充電設備の面的な偏りの緩和)→テーマ C-②との連携
- ドローンタクシーの拡大と電力負荷の制御
(ドローンタクシーの充電需要の緩和)→テーマ C-③との連携
- ドローンを用いたレジリエンスの向上
(設備の点検や災害時の復旧支援)→テーマ C-③との連携

本研究会では各テーマの便益およびテーマ間連携による便益の例を整理した。次年度に向けては上の 4 点を含めてこれらの実現および、それらの定量的な評価を進めることが課題である。

第3節 評価基準と定量評価

第1項 定量評価の考え方

前項で整理した便益を定量的に評価するためには、データ、評価手法、バウンダリ(境界条件)の設定と検討が求められる。テーマ A について先述した便益の項目の評価について、これら 3 つの視点から整理した(表 4-2)。

また、同表では評価手法として以下の二つの手法を検討した。これらを含めて評価対象に応じて評価手法を検討していくことが考えられる。

- マクロ的評価
例: B3. 高効率デバイスの普及による消費電力量削減→高効率デバイスによりエネルギー消費が○%削減×○万台の高効率デバイス
- モデルを用いた評価
例: C2. 配電網: 電圧制御への貢献→EV○台で電圧の変動幅が○%改善される。

表 4-2 テーマ A の便益評価手法、データ、バウンダリの検討

	データ	分析手法	バウンダリ
A1.再エネ余剰電力削減, A2.再エネ自家消費促進によるCO2削減	△	マクロ	全国/都市
A3.系統用・家庭用蓄電池削減に伴うエネルギー・素材投入削減	○	マクロ	全国
A4.充放電マネジメントによる蓄電池劣化の回避	—	—	各自動車
A5.環境改善(ヒートアイランドや大気汚染・PM2.5の緩和)	△	マクロ	都市
B1.XEMSを通じた「見える化」による消費電力量削減	○	マクロ	建物
B2,B3.EV, 高効率デバイスの普及による消費電力量削減	○	マクロ	都市
C1.送電網:需給調整への貢献	—	モデル	都市
C2.配電網:電圧制御への貢献	—	モデル	コミュニティ
C3.系統混雑の緩和	—	モデル	コミュニティ
D1.災害や停電時の電力供給への貢献	モデルケース参照	—	コミュニティ
E1.EV導入台数の拡大,再生可能エネルギー導入の拡大	△	マクロ	全国/都市
E2.エネマネ対応機器販売促進による国内メーカーへの経済波及	△	マクロ	全国
E3.E5.V2Gピークカットによる系統発電設備,蓄電池設備削減	△	モデル	全国/都市
E4.電力負荷平準化による系統電源の設備利用率向上	△	モデル	全国
E6.蓄電池(系統,EV)のリアルタイム応答による電力卸価格安定化	△	モデル	全国
E7.エネルギーシステムの省人化	—	—	コミュニティ
F1.レジャーやイベント,島嶼地域等での石油系発電機代替	△	マクロ	コミュニティ
F2.コネクテッドカーによる交通最適化	—	モデル?	都市
F3.P2Pや機器間電力取引の促進(環境価値の顕在化)	—	マクロ	都市

分析にあたり利用可能なデータがある場合は○, 一部の場合は△, その他・不明は—

特にテーマ連携による具体的な便益評価と評価手法として、下記のようなアプローチが考えられる。

- 項目 D1:災害や停電時の電力供給への貢献(A 単独、A×C-③連携:レジリエンス)
 - RQ :ある施設で EV(+エネマネ、ドローン)での BCP(Business Continuity Plan)の継続性と費用と必要な設備量
 - 分析例 :ある地域・施設の停電シナリオを作成し、①:系統電力+非常用電源のみ、②:①+EV+エネマネ、等を比較、EV 台数増加の費用対効果を見る。
 - 必要データ:施設のエネルギー消費、電力供給途絶頻度・期間の見込み等、停電時損害事例
 - 留意点等:レジリエンスの議論では、供給途絶による損害は定量化が難しい分野
 - 例:モデルケースを想定し、EV による BCP 改善効果を試算

第2項 定量評価の課題

定量評価にあたってはデータ、手法、バウンダリについてそれぞれ以下の点が課題となる。

データの課題としては、どのようなデータを活用するのか、もしくはデータがない場合はどうするのか課題となる。分析手法については、マクロ的評価であれば問題が少ないが、何らかの評価モデルの活用が求められる場合も考えられる。そして、バウンダリについては、便益の範囲が広く

考えられるものについて、どこまでを検討するといったバウンダリの設定が課題になる。

たとえば、テーマ A とテーマ C-②の連携の例として、走行中ワイヤレス給電による、電力システムの負担軽減が期待される。図 4-6 のように電気自動車の充電場所について、ワイヤレス給電が可能となることで充電場所を分散し、地理的に電力システムへの負担を軽減することができる。また、図 4-7 で示す通り、電力需給バランスについて時間的な変動を緩和することも期待される。これらの便益を評価するためには、マクロ的評価にとどまらず何らかの評価モデルが必要になる可能性があり、データについても充電場所のデータの課題やバウンダリについても国全体なのか、ある地域なのかによって便益が変化するという課題がある。

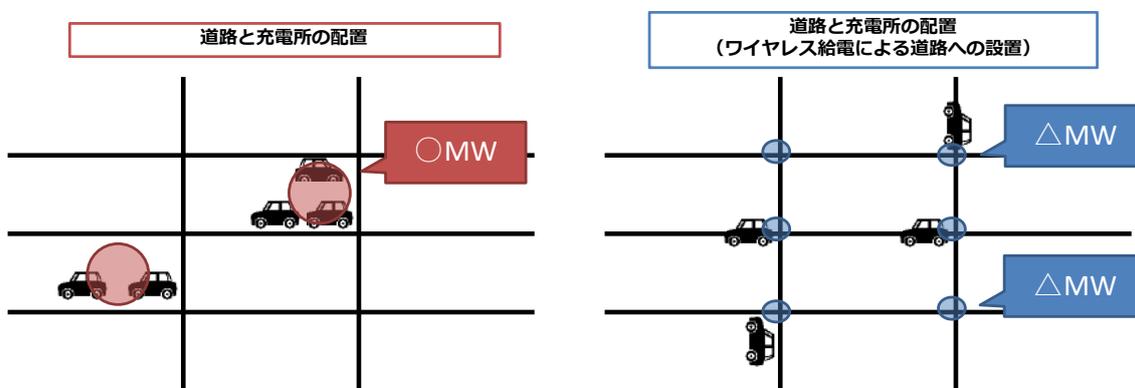


図 4-6 テーマ A とテーマ C-②との連携と便益の事例①

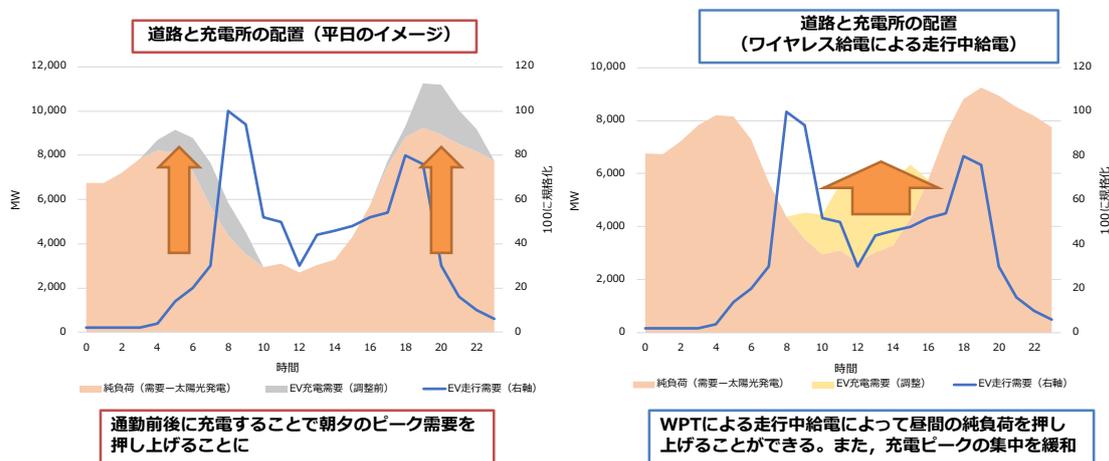


図 4-7 テーマ A とテーマ C-②との連携と便益の事例②

このように便益の定量評価にあたってはたとえば、データ、手法、バウンダリの 3 つの視点を中心に便益ごとに検討することで、それぞれにあったアプローチが求められる。それぞれの実現可能性について深掘することが求められる。

第4節 IoE 社会のエネルギーシステムと実現の課題

● 要素技術とエネルギーシステム

IoE 社会の実現のためには、抜本的な社会システムの構築、変更が求められるため、それを動かしていくためのアーキテクチャの設計が求められる。これは、上で挙げた要素技術の効率的な活用のためにも課題となる。具体的には複数のアーキテクチャや仕組みが乱立する場合には社会的な非効率を生むことになり、事業として競争すべきところと全体として協調すべきところについてアーキテクチャの視点で整理することが重要である。これらエネルギーシステムにおけるアーキテクチャの議論のためには要素技術の利用例やユースケースに基づく検討を行うことが課題である。

● 各技術による便益とエネルギーシステム

IoE 社会の実現のためには各要素技術の実装だけでなく、システムやアーキテクチャの視点での技術の導入と刷新が求められる。エネルギーシステムの検討ではステークホルダーが多様なため、民間事業者だけでなく規制当局をはじめ中央政府、地方政府の関与のあり方と IoE 社会の実現による各主体にとっての便益の検討が求められる。本研究会では便益については各技術のユースケースに基づいて深掘りする必要性あるというのが指摘あった。また、便益と各主体の関わり方については、本年度研究会で整理された論点を中心に自治体での事業計画の策定等においてどのように評価していくか等、具体例に基づいた議論や検討が課題であるということが指摘があった。

● 便益の定量化の必要性

前節で整理したように IoE 社会を構成する要素技術は部門によっても多様である。これらの技術の導入を進めていくためには、導入に依る効果、便益を明らかにすることが求められる。便益の例として既報告の通り、ポテンシャルとしての CO₂ 削減量が示されている一方で、経済性の分析や便益の帰属先については不明な点が多い。また、各要素技術単体の評価はあるが、これらが組み合わさったシステムとしての評価について検討の余地があると考えられる。

このため、本研究会では各テーマにおいて要素技術の導入に依る便益の項目および便益の評価のあり方について検討を行ってきており、今後はこれらについて定量的に数字を計算していくことが課題になる。

次章以降では上の課題を含めて、IoE 社会における連携の重要なポイントとなる交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングに関する事例と検討および、定量評価に求められるデータ活用のあり方について示す。

第5章 交通部門とエネルギー部門のセクターカップリング

IoE 社会において導入が期待される技術として EV があり、これの活用のために部門をまたがった連携として交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングがある。

研究会ではこのセクターカップリングの実現を視野に入れた検討を行った。交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングのためには既存の仕組みに囚われないシステムの検討が求められる。そのためには、システムアーキテクチャの検討と、その前提としてサービスの事例とそのユースケースにもとづく検討が求められる。本研究では、欧米の国々と日本企業のサービス事例を参照し、サービスのユースケースの整理を行った。その上で、システムアーキテクチャの事例の検証、並びに検討範囲と課題の整理を行った。

第1節 セクターカップリングのサービス

第1項 サービスの取りまとめ事例

(1)V2G Hub の概要

セクターカップリングのサービスを取りまとめた事例として、イギリスの配電事業者 UK Power Networks が運営する V2GHub において、世界 50 の実証プロジェクトを取りまとめた A Global Roadtrip report を発表している。

本レポートで把握しているプロジェクトの到達レベルは表 5-1 の通りである。プロジェクト数では使用時間のシフトが多く、次いで周波数応答、DSO (Distributed System Operator) サービスが続く。その一方で、裁定取引や予備力に取り組むプロジェクト数は少ない。周波数応答は商業化段階に到達し、DSO サービスと時間シフトは一部地域で商業化が実現していると評価されている。

表 5-1 V2G Hub で把握するプロジェクトの到達レベル

サービス	世界プロジェクト数	サービス到達レベル					
		1.調査段階	2.テスト中	3.実証済	4.いずれかの地域で商業化	5.商業化 (UKなど)	6.商業的に競争
裁定	4	フランス、デンマーク	オランダ				
予備力	2	フランス					
周波数応答	16	フランス	オランダ	米国	デンマーク		まもなく英国で期待
DSOサービス	10	デンマーク	イギリス、オランダ、(ドイツ)	米国	18/19年米国で予定		
時間シフト	23	韓国		米国、オランダ	日本 (18/19年米国で予定)		まもなく英国で期待

(出所) V2GHub, A Global Roadtrip report より作成

表 5-2 V2GHub で示されているサービスの整理

	サービスのトリガー	サービスのトリガー
裁定	低い価格で購入し、高い価格で販売する行動。EVを取りまとめるアグリゲーターの卸電力市場の価格予想に基づきサービス提供。	卸電力スポット価格、インバランス料金
予備力	二次予備力・三次予備力等が該当（国により呼称は異なる）し、送電系統運用者が事前入札に基づき調達。送電系統運用者が送信する制御信号に基づきサービス提供。アグリゲーターが複数の電気自動車を取りまとめて入札を実施。	送電系統運用者からの制御信号
周波数応答	一次予備力が該当し、送電系統運用者が事前入札に基づき調達。周波数の変動が閾値を超えるなどした場合にサービス提供。アグリゲーターが複数の電気自動車を取りまとめて入札を実施。	系統周波数
DSOサービス	配電系統の制約（変電所混雑や停電復旧）の解消のため、配電系統運用者が事前の入札に基づき調達。事前に定められた条件を基にサービス提供。特定地域を対象にサービスの提供が求められるが、電気自動車によるサービス提供方法は未定。イギリスでは特定エリアを対象にしたサービス提供となっている。	配電系統運用者からの制御信号
エネルギー使用の時間シフト	事前に定められた時間帯別料金に基づき充電・放電スケジュールを決定。卸電力スポット価格を反映するリアルタイム料金が適用された場合には、当日の需給に応じて充電・放電スケジュールを変更。	（卸電力スポット価格）
緊急時バックアップ	停電時に充電されたEV蓄電池を利用して電力消費を実現。	-

（出所）V2GHub、A Global Roadtrip report より作成

第2項 サービスとユースケース

(1) Parker Project

デンマーク工科大学(DTU)では、V2Gに関する様々なサービスの検討を行っており、前項でも掲載した Parker Project は、世界初の商用 V2G ハブ導入事例として知られている。本プロジェクトは、2016年8月から2018年7月にかけて、デンマーク工科大学とデンマークの Frederiksberg forsyning 社(ガス、水、冷暖房供給事業者)の本社において、EVによる電力システムへの貢献度の実証を行い、経済性の評価や技術的課題の特定を行った。

- **実績的な経験**：研究室、フィールドテストにおいてEVによる電力システムへの貢献度を検討
- **ビジネスポテンシャルの検討**：現在と将来の系統サービスでのサービスの収益性を検討
- **技術的な検討**：V2Gによる系統サービス提供のためのEVと充電技術の検討
- **パートナー**：日産、三菱自動車、PSA、NUVVE、Frederiksberg Forsyning A/S、Insero A/S、Enel、DTU Electrical Engineering (PowerLabDK).
- **事業期間**：2016年8月から2018年7月まで⇒2019年1月に報告書
- **予算**：DKK11,639,521（約170万米ドル）エコ発電研究基金であるForskELから。
- **技術**：日産の車両、ENDESAの充電、NUVVEのアグリゲーションソフト等の成熟技術を利用

図 5-1 Parker Project の概要

（出所）Peter Bach Andersen et al., "The Parker Project Final Report", 2019年1月31日より作成

Parker Project において検討したサービスのユースケースは表 5-3 の通り整理される。本プロジェクトは、EV が主に系統利用者/小売事業者/需要家等に対して、電力バランス/エネルギーバランス/系統対策な様々なサービスを提供し、市場、系統の安定化や製品の付加価値の向上など

の便益に貢献している。課題としては、技術的には蓄電池の劣化が早まることや長時間の周波数調整に適さないこと、規制については EV 事前認定の判断基準が不明確であることや決済用のメーター設置が必要になること、市場的にはアグリゲーターの役割に関する明確なモデルがないことなど様々な点が挙げられている。

表 5-3 Parker プロジェクトで検討されたサービスとユースケース一覧

カテゴリ	ユースケース	提供者 (対価を得る)	受益者 (対価を支払う)	便益	課題	解決策	データなど
電力バランス	慣性力の提供、周波数制御	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) 充電設備提供事業者 アグリゲーター 	<ul style="list-style-type: none"> システム利用者全体 	<ul style="list-style-type: none"> 調整力市場 アンシラリーサービス等収益 	<ul style="list-style-type: none"> 長時間の周波数調整 蓄電池の劣化 採算性 EV事前認定判断基準 	<ul style="list-style-type: none"> “好ましい”充放電を許容する仕組みの導入 充放電制御の最適化 税, サービスコスト改善 入札仕様の見直し アグリゲーター単位での資格認定 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費量 調整力容量情報 価格シグナル 決済情報
エネルギーバランス	卸電力、調整力、CO2排出	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) 充電設備提供事業者 アグリゲーター 	<ul style="list-style-type: none"> 電力取引 系統運営者 小売事業者 	<ul style="list-style-type: none"> 各種市場での収益 			
系統対策	需要、電圧制御	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) 充電設備提供事業者 アグリゲーター 	<ul style="list-style-type: none"> 配電事業者 	<ul style="list-style-type: none"> 各種市場 アンシラリーサービス 	<ul style="list-style-type: none"> 充放電時損失 蓄電池の劣化 決済メーター設置 	<ul style="list-style-type: none"> 充放電制御の最適化 計量器に関する規格要件の緩和 	<ul style="list-style-type: none"> 容量情報 SOC情報 決済情報
エネルギーの自動化	双方向取引 (P2P等)、自家消費	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) 	<ul style="list-style-type: none"> 小売事業者 需要家 蓄電池? 	<ul style="list-style-type: none"> 市場の値差 蓄電池の販売収益? 	<ul style="list-style-type: none"> アグリゲーターの役割や責任の明確化 採算性 	<ul style="list-style-type: none"> アグリゲーター市場構築 税, サービスコスト改善 	<ul style="list-style-type: none"> SOC情報 決済情報
単独運転	バックアップ、オフグリッド	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) 	<ul style="list-style-type: none"> 需要家 蓄電池 	<ul style="list-style-type: none"> BCPの便益 安定供給 蓄電池の販売収益? 	<ul style="list-style-type: none"> アグリゲーターの役割や責任の明確化 採算性 	<ul style="list-style-type: none"> アグリゲーター市場構築 税, サービスコスト改善 	<ul style="list-style-type: none"> 容量情報 SOC情報
機器の充電	自動車から機器、自動車から自動車	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) 充電設備提供事業者 	<ul style="list-style-type: none"> 需要家 EV所有者 	<ul style="list-style-type: none"> 電気料金削減 	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池の劣化 採算性 利用者の理解 	<ul style="list-style-type: none"> 充放電制御の最適化 税, サービスコスト改善 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費量 決済情報

(出所) Peter Bach Andersen et al., ” The Parker Project Final Report”, 2019/1/31 より作成

(2) Innogy 社

V2G に関連して様々な EV の充電サービスを提供している例として、ドイツの Innogy 社の取り組みが挙げられる。Innogy 社は、元々ドイツの 2 大電力会社 RWE の一部であったが、再エネの分野への出遅れや RWE の経営悪化に伴い再エネの事業会社として分離した会社であり、特に小売りに注力している。Innogy 社の EV 向けサービスとしては、充電ビジネスがメインであり、充電設備運用に関する IT サービスの提供や、アクセス情報の管理、充電顧客向けに需要管理や充電場所等に関する API の提供など、ハードとソフト面でのサービス提供を実施している。職場や駐車場、ホテルのような様々な場所において、充電設備以上の様々なサービスを提供している点が特徴的である。これらのサービスによって、需要家の充電の利便性や料金削減などに貢献する一方で課題として、機器やサービスに係るコストや顧客の情報管理などが指摘されている。

表 5-4 Innogy 社のサービスとユースケース

カテゴリ	ユースケース	提供者 (対価を得る)	受益者 (対価を支払う)	便益	課題	解決策	データ等
充電ビジネス (ソフト)	<ul style="list-style-type: none"> 接続管理 制御管理 設備の更新管理 	Innogy	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) 	<ul style="list-style-type: none"> 充電の利便性 充電料金削減 	<ul style="list-style-type: none"> 機器, サービスコスト 情報管理 	<ul style="list-style-type: none"> APIの開発 コストダウン セキュリティの確保 	<ul style="list-style-type: none"> 契約ID管理 SIM card Operating System Apps
充電ビジネス (ハード)	<ul style="list-style-type: none"> 充電データ管理 権限の管理 需要管理 	Innogy	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) 充電設備設置者 	<ul style="list-style-type: none"> 充電の利便性 充電設備導入費用削減 	<ul style="list-style-type: none"> 機器, サービスコスト 情報管理 	<ul style="list-style-type: none"> コストダウン セキュリティの確保 	<ul style="list-style-type: none"> 契約ID管理 RFIDの利用 ISO15118対応 SOC
職場での充電	<ul style="list-style-type: none"> パウチャーを通じた充電管理 権限の管理 需要管理 	Innogy	<ul style="list-style-type: none"> EV(法人) オフィス 	<ul style="list-style-type: none"> 充電の利便性 ピーク料金カット 充電料金削減 	<ul style="list-style-type: none"> 機器, サービスコスト 情報管理 	<ul style="list-style-type: none"> コストダウン セキュリティの確保 	<ul style="list-style-type: none"> スマホや契約IDによる管理 RFIDの利用 ISO15118対応 SOC
駐車場での充電 (ショッピングセンター等)	<ul style="list-style-type: none"> パウチャーでの充電管理 充電データ分析 ビジネスマッチング 	Innogy	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) 駐車場 	<ul style="list-style-type: none"> 充電の利便性 ピーク料金カット 来店呼び込み 充電料金削減 	<ul style="list-style-type: none"> 機器, サービスコスト 情報管理 	<ul style="list-style-type: none"> コストダウン セキュリティの確保 	<ul style="list-style-type: none"> スマホや契約IDによる管理 RFIDの利用 SOC
ホテルでのサービス	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔での充電管理 支払い方法の柔軟化 Wifiの利用 	Innogy	<ul style="list-style-type: none"> EV(個人, 法人) ホテル 	<ul style="list-style-type: none"> 充電の利便性 宿泊呼び込み 充電料金削減 	<ul style="list-style-type: none"> 機器, サービスコスト 情報管理 	<ul style="list-style-type: none"> APIの開発 コストダウン セキュリティの確保 	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔操作可能な設備 使いやすいインターフェース

(出所)Innogy、“Intelligent charging solutions for you and your customers”より作成

以上の個別事例と V2G Hub の事例を整理する(表 5-5)。

表 5-5 VGI サービスとユースケースの概要

エネルギー	カテゴリ	ユースケース	提供者 (対価を得る)	受益者 (対価を支払う)	便益	課題	解決策	データなど	
↑	電力 バランス	<ul style="list-style-type: none"> 慣性力 周波数制御 	<ul style="list-style-type: none"> EV (個人, 法人) 充電設備提供事業者 アグリゲーター 	<ul style="list-style-type: none"> 系統利用者全体 	<ul style="list-style-type: none"> 慣性力 周波数制御 アンシラリー 	<ul style="list-style-type: none"> 長時間の周波数調整 蓄電池の劣化 採算性 EV事前認定基準 市場規模 	<ul style="list-style-type: none"> 充放電制御の最適化 税, サービスコスト改善 入札仕様の見直し アグリゲーター単位の資格認定 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費量 調整力容量情報 SOC情報 価格シグナル 決済情報 	
	エネルギー バランス	<ul style="list-style-type: none"> 節電力 調整力 CO2排出削減 	<ul style="list-style-type: none"> EV (個人, 法人) 充電設備提供事業者 アグリゲーター 	<ul style="list-style-type: none"> 電力取引事業者 系統運営者 小売電気事業者 	<ul style="list-style-type: none"> 市場価格安定化 調整力 発電投資削減 再エネ余剰活用 				
	系統対策	<ul style="list-style-type: none"> 需要調整 電圧制御 混雑緩和 	<ul style="list-style-type: none"> EV (個人, 法人) 充電設備提供事業者 アグリゲーター 	<ul style="list-style-type: none"> 系統運営者 送電事業者 配電事業者 	<ul style="list-style-type: none"> アンシラリー 系統混雑緩和 設備投資削減 	<ul style="list-style-type: none"> 充放電時損失 蓄電池の劣化 決済メーター設置 	<ul style="list-style-type: none"> 充放電制御の最適化 計量器規格要件の緩和 	<ul style="list-style-type: none"> 容量情報 SOC情報 決済情報 	
	エネルギー の自動化	<ul style="list-style-type: none"> 双方向取引 (P2P等) 自家消費 	<ul style="list-style-type: none"> EV (個人, 法人) アグリゲーター 	<ul style="list-style-type: none"> 小売電気事業者 EV所有者 電力需要家 蓄電池事業者 	<ul style="list-style-type: none"> 市場の価格差, 価格安定化 蓄電池販売促進 自家消費推進 	<ul style="list-style-type: none"> アグリゲーターの役割や責任の明確化 採算性 	<ul style="list-style-type: none"> アグリゲーター市場構築 税, サービスコスト改善 	<ul style="list-style-type: none"> SOC情報 決済情報 	
	単独運転	<ul style="list-style-type: none"> バックアップ オフグリッド 	<ul style="list-style-type: none"> EV (個人, 法人) 	<ul style="list-style-type: none"> 電力需要家 蓄電池事業者 	<ul style="list-style-type: none"> BCP対応 安定供給 蓄電池販売 	<ul style="list-style-type: none"> アグリゲーターの役割や責任の明確化 採算性 	<ul style="list-style-type: none"> アグリゲーター市場構築 税, サービスコスト改善 	<ul style="list-style-type: none"> 容量情報 SOC情報 	
	機器の充電	<ul style="list-style-type: none"> EV→機器 EV→EV 	<ul style="list-style-type: none"> EV (個人, 法人) 充電設備提供事業者 アグリゲーター 	<ul style="list-style-type: none"> 電力需要家 EV利用者 	<ul style="list-style-type: none"> 電気料金削減 充電方法の拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池の劣化 採算性 利用者の理解 	<ul style="list-style-type: none"> 充放電制御の最適化 税, サービスコスト改善 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費量 決済情報 	
	充電器ビジネス	<ul style="list-style-type: none"> 充電情報管理 車両権限管理 需要管理 	<ul style="list-style-type: none"> 充電設備提供事業者 	<ul style="list-style-type: none"> EV利用者 充電設備設置者 	<ul style="list-style-type: none"> 充電の利便性 充電設備導入費用削減 	<ul style="list-style-type: none"> 機器コスト サービスコスト 情報管理 	<ul style="list-style-type: none"> コストダウン セキュリティの確保 	<ul style="list-style-type: none"> 契約ID管理 RFIDの利用 充電規格対応 SOC情報 	
	蓄電池の二次利用	<ul style="list-style-type: none"> EV蓄電池を用いた定置用電池の構築 	<ul style="list-style-type: none"> サービスプロバイダ 	<ul style="list-style-type: none"> 系統運営者 	<ul style="list-style-type: none"> 調整力等 アンシラリー 	<ul style="list-style-type: none"> 電池劣化 リユースの質の確保 	<ul style="list-style-type: none"> SOCの把握 電池の最適組み合わせ 制御技術 	<ul style="list-style-type: none"> SOC情報 	
	モビリティ	モビリティ サービス	<ul style="list-style-type: none"> 車両サービス 運行管理充電所カインド サービス情報連携(店舗誘導) 	<ul style="list-style-type: none"> サービスプロバイダ 	<ul style="list-style-type: none"> EV利用者 EV所有者 小売事業者 	<ul style="list-style-type: none"> モビリティサービス利便性 渋滞緩和 小売サービス活用 	<ul style="list-style-type: none"> 事業者育成 車両データ取得APIの開発 データ売買清算 データセキュリティ インセンティブ 	<ul style="list-style-type: none"> データ蓄積 セキュリティ手法開発 精算スキームの整備 	<ul style="list-style-type: none"> 車両のID SOC情報 走行ロケーション 目的地 到着時間 利用スケジュール

(出所)第7回研究会資料

第3項 将来のサービス普及と課題

V2G サービス普及のためには、電力部門と交通部門をつなぐ EV の普及拡大が不可欠となる。

EV の導入が進んでいる国の例としてノルウェーの取り組みが挙げられる。研究会ではEV普及促進の事例としてノルウェーの EV 促進策が紹介された。ノルウェーでは、購入税の免除、購入/リース時の付加価値税 25%の免除、道路税の軽減、有料道路やフェリー利用料の免除、無料駐車場の利用、バスレーンの利用、法人利用車の税軽減が行われている。インフラの整備については、2015年に National Plan として国内の幹線道路の 50km ごとに急速充電を設置する目標を掲げ、おおむね達成している。これらの結果、EV の導入が急速に進んでおり、オスローやホルダランでは、6割近いシェアに迫っている。

EV は従来車に比べてコストが高く、充電設備が十分でないために EV の普及にはノルウェーの事例を含めた政策支援が求められる。EVの普及に依るモビリティサービスの利便性の向上のためには、EV そのものの普及とサービスの多様化の両面で進んでいくことが期待される。

また、EV の普及によって将来的には、電源の低炭素化とともに EV の普及を含めたモビリティサービスの展開が期待される。これによって再生可能エネルギーの普及や CO₂ 削減効果も期待され、EV の普及は我が国の温室効果ガス削減目標の達成を含めた IoE 社会の実現の要となると考えられる(図 5-2)。

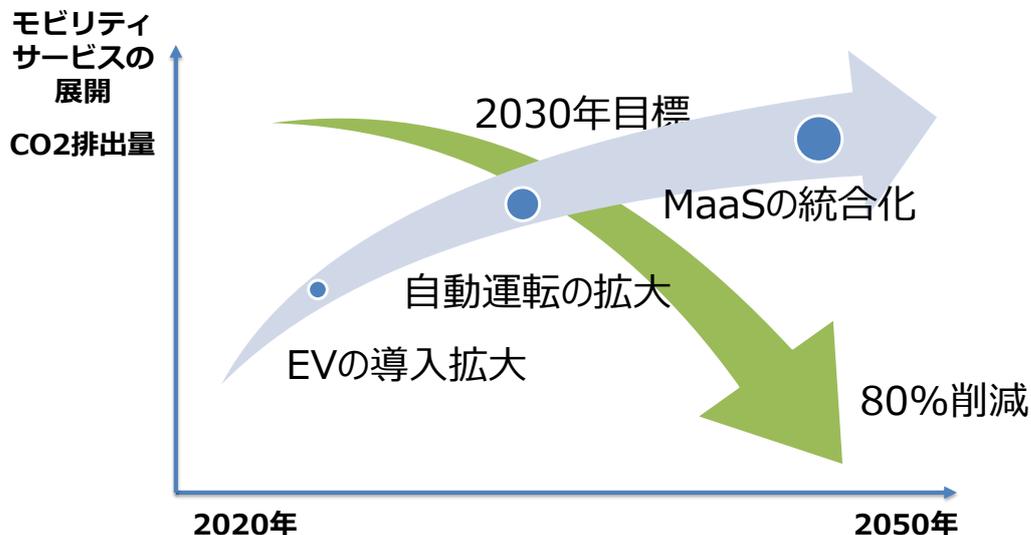


図 5-2 CO₂削減目標とEV、MaaS(Mobility as a Service)の拡大

(出所) 第 8 回研究会資料

他方で研究会では先に整理をした EV、V2G のサービス事例を踏まえて、下図の通り EV の拡大とともに検討されるサービスの内容や展開範囲が変わっていく可能性が指摘された。セクターカ

ップリングに関するサービスの事例や多様であるが、時間軸を考慮して将来的に普及が期待されるサービスやそのための仕組みの整備が期待される。

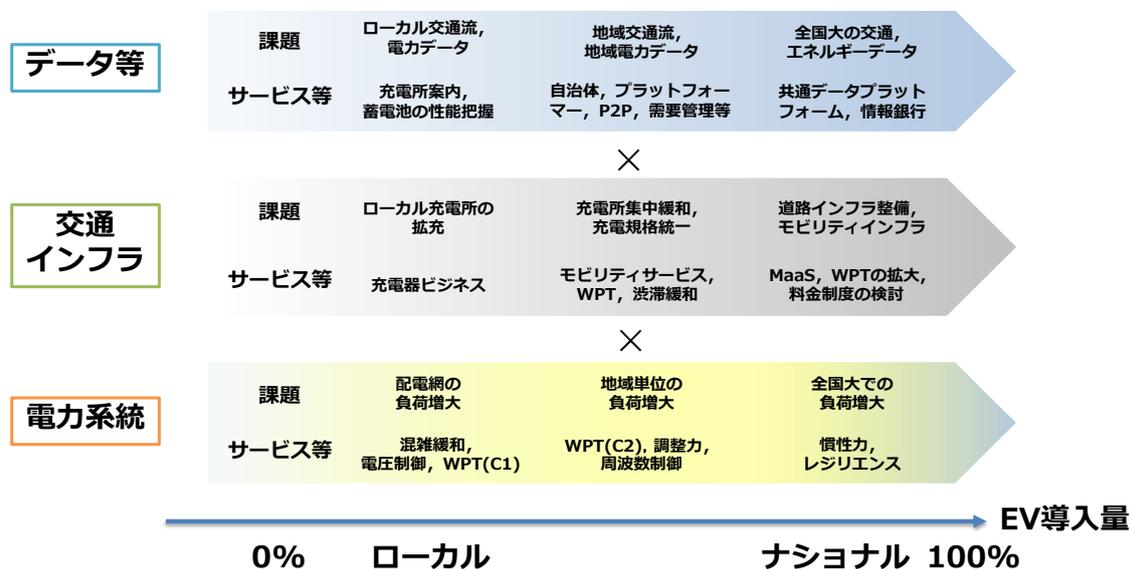


図 5-3 EV の導入量と VGI (Vehicle Grid Integration) サービスのイメージ

(出所) 第 8 回研究会資料

第2節 セクターカップリングのアーキテクチャ

第1項 アーキテクチャの検討事例

(1) 欧州のスマートグリッドアーキテクチャの検討事例

交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングのアーキテクチャに関して、欧州におけるアーキテクチャの検討事例としては、2011年3月より欧州委員会からの要請でスマートグリッドに関する標準化の検討を開始している。2014年に欧州標準化委員会(CEN)、欧州電気標準化委員会(CENELEC)、欧州電気通信標準化機構(ETSI)のスマートグリッドグループによって、スマートグリッドの情報セキュリティに関する報告書が策定されている。スマートグリッドの相互運用(Interoperability)の検討を例として、第1にビジネスユースケースを検討し、ビジネスのアクターとアーキテクチャを描く。第2に必要な機能、サービスを定義する。第3にこれらの機能と情報フローの整理を行うという手順で検討している(図 5-4)。

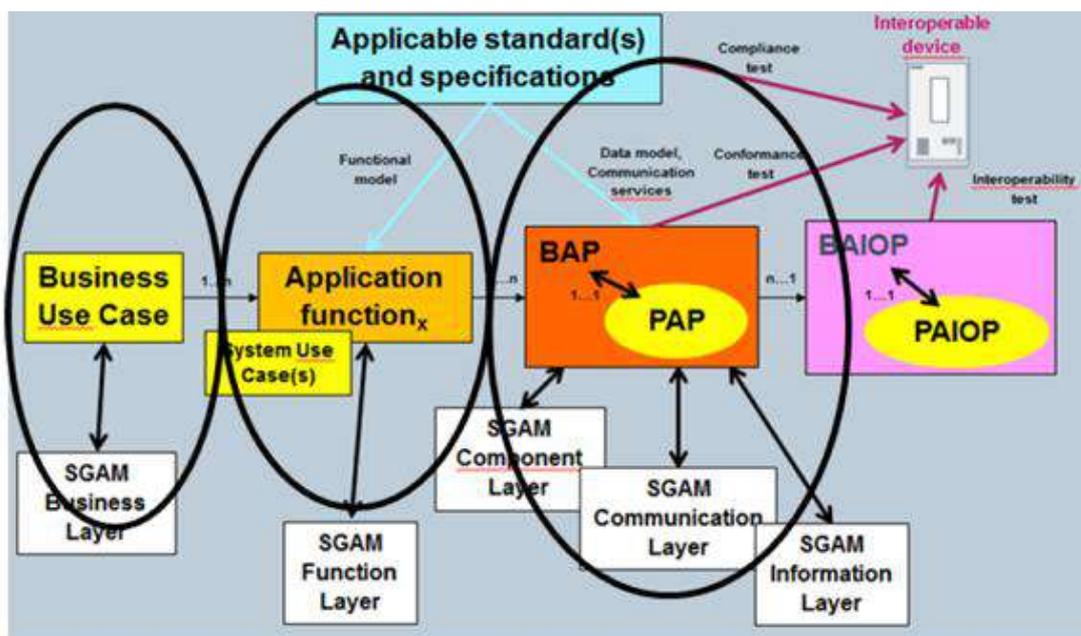


図 5-4 欧州での Interoperability(相互運用)に関する検討の段階

(出所) CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group, Methodologies to facilitate Smart Grid system interoperability through standardization、 system design and testing, 2014 に加筆

欧州でのアーキテクチャの検討では、それぞれの検討段階を構成するレイヤーが存在しているが、各レイヤーの構成は以下の通りである。ビジネスレイヤーは、TC8/WG6/DCT8 の IEC/TS 62913-2-4 に準拠して構成しており、機能レイヤーは、コミュニケーションレイヤーとビジネスレイヤーをつなぐ技術的なユースケースに相当する。コミュニケーションレイヤーは、国際的な標準規格である IEC、ISO、ETSI、ITU、SAE 等の基準で構成している。情報レイヤーは、コミュニケーションレイヤーと関係が深い、サービスやアプリケーションに焦点を当てており、データのパラメータなどをやり取りすることが中心となっている。

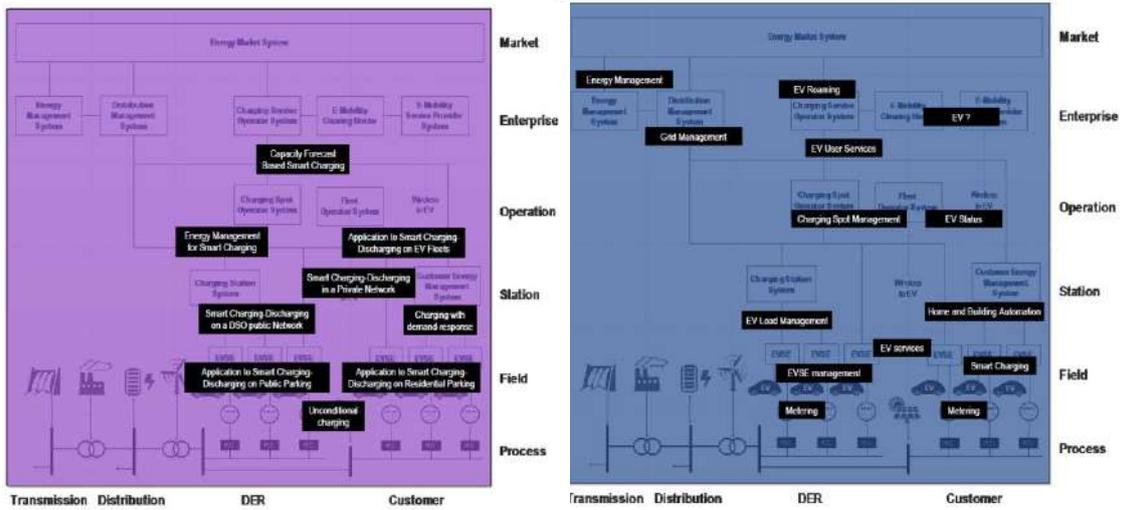


図 5-5 左:ビジネスレイヤー 右:機能レイヤー

(出所) WG Smart Charging、E-Mobility Smart Charging、2015

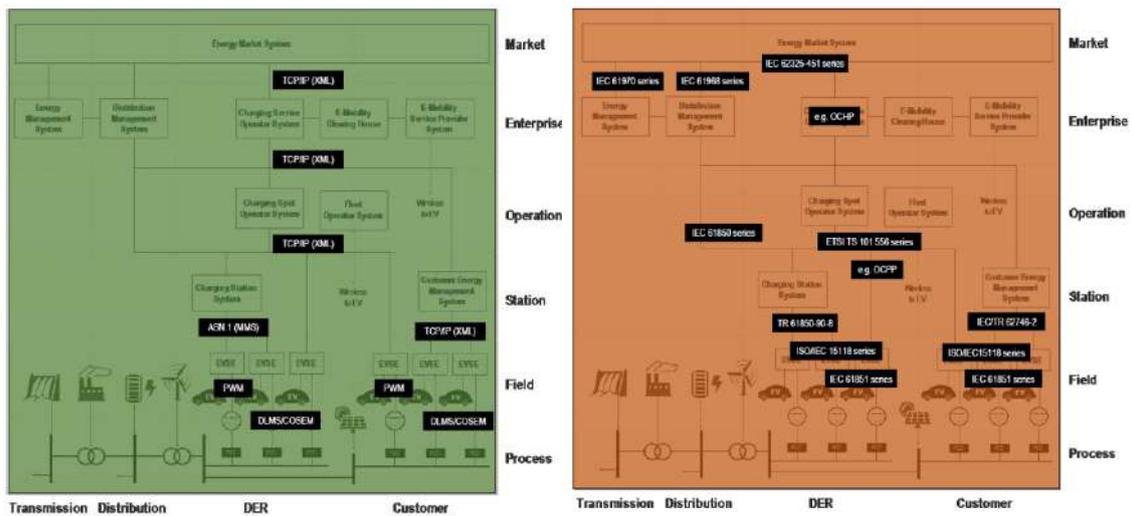


図 5-6 左:コミュニケーションレイヤー 右:情報レイヤー

(出所) WG Smart Charging、E-Mobility Smart Charging、2015

(2) Parker Project

先述の Parker Project でのアーキテクチャの例として、系統運用者からアグリゲーター、EVSE(充電スタンド)、EV を繋ぐ通信のアーキテクチャ(情報レイヤーに相当)が以下の通り形成されている。

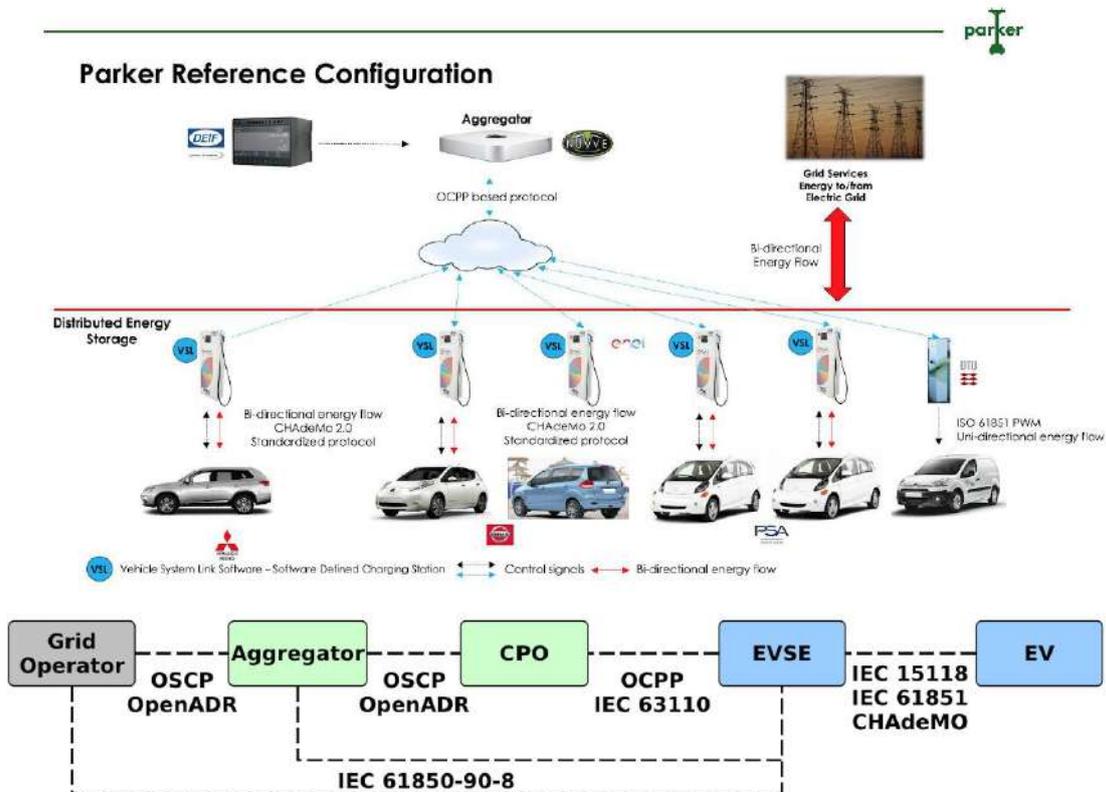


図 5-7 Parker Project のアーキテクチャ

(出所) Peter Bach Andersen et al., "The Parker Project Final Report", 2019年1月31日

第2項 アーキテクチャにおける協調領域の候補-通信規格

前項の Parker Project 等の例にあるようにシステムアーキテクチャの要素として通信の規格等について標準化に関する議論を進めるとともに、これらの採用について検討されている。本研究会ではシステムアーキテクチャの検討に関して、規格等に関する協調領域の検討にあたって、日本のEVメーカーと電力会社が主に採用する通信プロトコルの通信方式や充電規格に焦点を当てて整理を行った。

(1)EVに関する通信プロトコル

Parker Project の例から EVSE(充電ケーブル)、EVSE-CPO(充電スタンド)等の通信プロトコルと各サービスの対応について表 5-6 の通り整理されている。EVに関する通信プロトコルは、ケーブルやスタンドによって種々存在することがわかる。各サービスに対して、緑は通信プロトコルが対応しているもの、赤は非対応のものを表している。現状では、対応しているものの割合が多いが、非対応のものも多く存在する。セクターカップリングを実現する上では、全てのサービスにおいてそれぞれの規格の対応の可否の検討が必要となる。

表 5-6 プロトコル等と基準の対応の関係

Link	EV-EVSE			EVSE-CPO		CPO-Agg		EVSE-Agg
	IEC 61851	IEC 15118	CHAdeMO	OCPP 1.6	OCPP 2.0	Open ADR	OSCP	IEC 61850-90-8
Bidirectional capability	-	+	+	-	?	+	-	?
Set point granularity	1A	?	1A	?	?	?	?	?
Activation time	<3s	<60s	<1s	-	-	-	-	-
Ramping rate (Up)	N/A							
Ramping rate (Down)								
Set point accuracy								
Set point precision								
Active Power Control	+	+	+	+	+	+	+	+
Reactive Power Control	-	+	-	-	?	+	+	?
SOC	-	+	+	-	?	+	-	?
EV ID	-	+	-	-	?	-	-	?
Vehicle status	+	+	+	+	+	-	-	?
EVSE ID	NA			+	+	+	+	+
Grid ID				-	?	?	+	+

(出所) Peter Bach Andersen et al., ” The Parker Project Final Report ”、 2019 年 1 月 31 日

現在、送配電事業者からアグリゲーター、CPO への通信は、Open ADR が利用されている。日本企業は今後の EV の大量導入に備えて、よりレスポンスの速い通信速度の規格の検討を行っており、IEC61850 がその候補として検討されている。そこで研究会ではこれらの規格の概要について情報を整理した。

(2)EV の充電規格

日本企業が推進する EV の急速充電システムの規格として CHAdeMO が挙げられる。世界の急速充電システムには、欧米自動車メーカーを中心に開発が進む CCS1(米国)と CCS2(欧州)、中国の GB/T、Tesla 社の Supercharger が存在する。各規格は、それぞれ通信方式の違い、出力規模、対象車種、V2X 機能の有無等が異なる。市場シェア(設置基数)では、GB/T が 9 割弱を占めるが、本規格は元々 CHAdeMO をベースに開発されている。日本と中国は統一の規格 Chaoji を開発することを 2018 年に発表している。これにより世界シェアは 90%を超える。

表 5-7 世界の主な EV 急速充電システム

		CHAdeMO	CCS1 (米国)	CCS2 (欧州)	GB/T	Super charger
策定団体		CHAdeMO 協議会	CharIN		中国電力企業 連合会	Tesla社
標準化	IEC (国際標準)	✓	✓	✓	✓	
	米国	IEEE	SAE			
	EN (欧州)	✓		✓		
	JIS (日本)	✓	✓	✓	✓	
	GB (中国)				✓	
設置基数		18,000 (7%)	7,000 (3%)		220,000 (87%)	8,500 (3%)
普及地域		世界69カ国	米、欧、韓、豪など		中国	世界
最大出力(仕様)		400kW	200kW	350kW	185kW	?
最大出力(市場)		150kW	50kW	350kW	50kW	120kW
設置年		2009	2014	2013	2013	2012
通信方式		CAN	PLC		CAN	CAN
通信の安全性		高い	低い		高い	高い
車種		大型/普通/小型	大型/普通		大型/普通	普通
V2X機能		商品化済み	現状無し。 研究開発中。		現状無し。 CHAdeMOとの次世代共 同規格で搭載予定。	現状無し

(出所) 日本エネルギー経済研究所、電気自動車の充電規格と V2X:V2X の社会実装に向けてどの規格が先行しているか?を基に作成、2019

第3節 システムアーキテクチャの検討

第1項 セクターカップリングの協調領域

事業者が採用するシステムアーキテクチャは目指すサービスによって異なることが考えられる。このため、サービスの多様化によって多数のシステムアーキテクチャが乱立する可能性が指摘されている。本研究会では多数のアーキテクチャが考えられる中でエネルギー部門と交通部門で各ステークホルダーが協調可能な領域について議論を深め、エネルギー事業者の視点、モビリティサービス事業者の視点から(1)目的と価値(2)範囲(3)対象(4)実現方法という点で整理した。

(1)目的と価値に関しては、エネルギー部門のニーズは明確であり、変動再エネの大量導入に伴い調整力が不足することが懸念されている。このため、この調整力として蓄電池でもある EV をうまく活用できることが期待される。他方で交通部門は、現時点ではニーズは明確ではない。ユーザー

の利便性のために MaaS/CASE(Connected、 Autonomous、 Shared、 Electric)のようなサービスがあるが、その中でエネルギー部門に求められるニーズをどう考慮していくかが課題になる。

(2)範囲に関しては、エネルギー分野では明確であり、TSO(Transmission System Operator)とアグリゲーターが繋がっており、アグリゲーターは V2G 装置(G/W 等)を経由して充放電ステーションとつながっている。この下に EV があるために、これらをカバーした仕組みが求められる。他方で交通部門では、EV を直接大手自動車メーカーのプラットフォームとつなげるところまで拡大できるかが鍵となる。

(3)協調領域の対象は、通信規格/制御や取引の品質/技術が考えられる。通信規格は前章で述べたように VPP(Virtual Power Plant)であれば Open ADR、HEMS であれば Echonet Lite、車なら CHAdeMO といった規格の活用が考えられている。制御や取引の品質の確保は、例えば、通信量は十分まかなえるのか、情報が欠落したとき成立するのか、何か壊れたときに継続できるのか、サイバーセキュリティの面で攻撃を受けて通信が遮断されたときにどのようなルールとするのかなど、品質に関する協調領域の検討が必要になると考えられる。

(4)実現方法に関しては、プラットフォームを最初から民間で作る方法が考えられる。例えば、MONET が計画している民間の大きなプラットフォームを活用するなら、WebAPI(接続部分)だけが協調領域になるかもしれないが、他方でルールの提案や規格の統一だけが協調領域になる可能性もある。また、サイバーセキュリティや BCP のようにガイドラインレベルでとどめる方法も考えられるため、どのような形で協調領域の検討を進めるかは課題である。

第2項 システムアーキテクチャのイメージ

これまでの欧米などの議論を踏まえて、交通部門とエネルギー部門それぞれに求められるシステムアーキテクチャと、それぞれが連動するセクターカップリングのために求められるシステムアーキテクチャが検討される。実証事業の事例を踏まえて、今後期待されるユースケースを実現していくためのアーキテクチャの概念として図 5-8 の通り整理を行った。

図 5-8 の右側が交通の電動化にかかわる部分であり、左側は再エネの導入の進展にかかわる。交通部門で MaaS を最大化することを目指す、結果として電動車両が増える可能性がある。その電源を RE100(再生可能エネルギー100%)にするとすれば、電源をクリーンにする制約が出てくるため、MaaS の拡大に伴って再エネ導入の影響を意識する必要がある。結果としてエネルギー部門と交通部門が密接にかかわることで両部門がカップリングすることが期待される。

両部門の協調の可能性については、それぞれのシステムアーキテクチャではシステム像、タイムスケール、WEB の仕組みが違うことに利点がある。図 5-8 の右側で交通の電動化にかかる部分において、今後 MaaS を目指した自動車のシェアリングや電動車両の導入が進むことで、電動車両の蓄電池の量が増えていく。しかし、EV だけでは蓄電池の容量を全て使い切れない可能性があり、この蓄電池の余剰分については再エネ導入拡大の検討において電力部門が交通部門の余剰の蓄電池容量を使うことが考えられる。蓄電池の利用は、電力部門で使うタイミングと電動車両

で使うタイミングでは時間が異なる可能性があり、相互の利用について干渉しない可能性が考えられる。

このように研究会では、交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングでそれぞれの技術が協調的に活用できる可能性について指摘があり、システムアーキテクチャの検討においてもこのような具体的な事例を想定して協調領域を検討することが重要と整理が行われた。

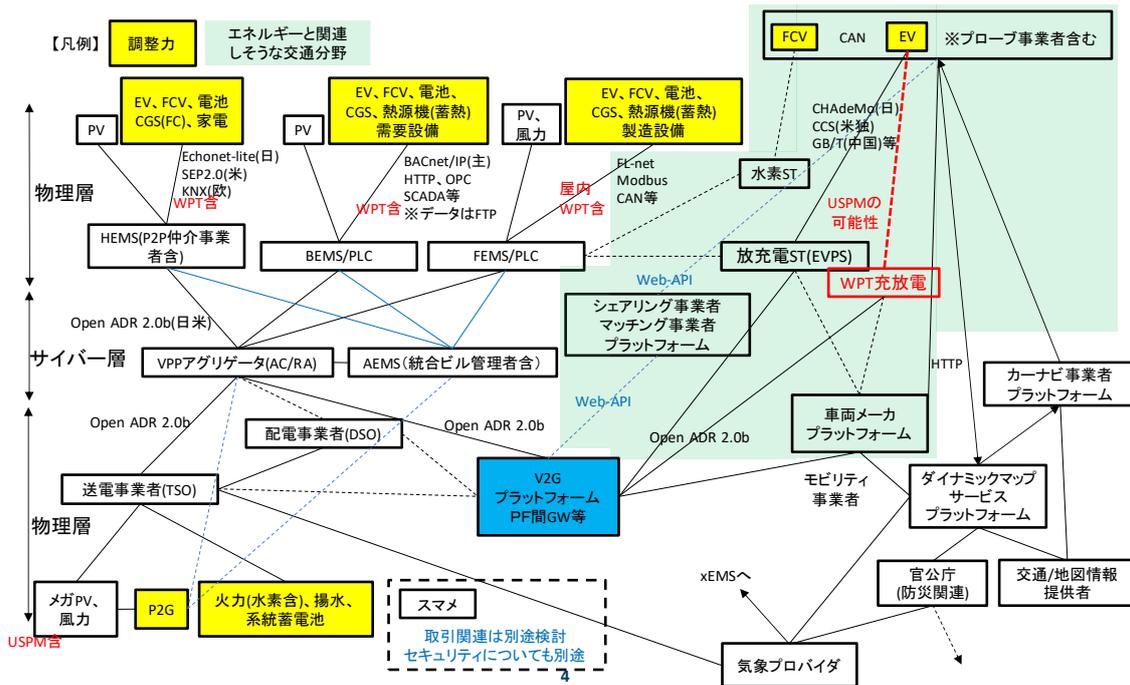


図 5-8 システムアーキテクチャのイメージ

(出所) 第9回研究会

第3項 システムアーキテクチャの検討課題

セクターカップリングにおけるシステムアーキテクチャの検討課題としては主に3点に整理される。1点目は、多くの電力会社/自動車会社の参加である。本研究会で紹介された様々なサービスが普及するためには多くのEVの普及が必要となる。今後、多くの電力会社や自動車会社が参画し、多くのEV充電器/EVとインターフェースに対応できる枠組みの構築に参加していくことが望ましい。

2点目は、ユースケースの整理である。本研究会ではV2G Hubや各社のサービスの事例を基に日本で実現可能なユースケースを検討した。これらを基に、電力システム改革の進展を考慮しつつ、実証と実用化が検討されるユースケースについて検討が必要となる。

3点目は、協調領域と競争領域の明確化である。エネルギー部門と交通部門で、協調領域と競争領域に関する整理が求められる。協調領域に関しては、前述の通り通信規格/制御や取引の品

質/技術が挙げられた。通信規格に関しては規格の候補が既に実現されている。このユースケースとして、各自動車メーカーのテレマティクスシステムを最大限利用するためには、特定の標準に固執することなく、複数の標準が矛盾なく同居できる寛容なオープンインタフェースを規定するが望ましい。また、充電規格については本研究会でも紹介した日本発の標準(ECHONET Lite、CHAdeMO)に固執せず、将来、他の国での企画の検討を考慮して、それらの標準についても考慮できるような V2G 共通基盤システムを検討していくことが求められる。その際、先行して普及が進みつつある BEMS や HEMS との連携も考慮する必要がある。

本章の第1節では V2G など欧米を中心としたサービスの事例からユースケースの整理を行った。そこでは、エネルギー部門と交通部門向けに様々なサービスが展開されており、技術的、経済的(市場)に様々な課題があることが明らかとなった。第 2 節では、ユースケースに基づきアーキテクチャの事例の整理と協調領域の候補として通信規格の整理を行った。そこでは、アーキテクチャにも、検討段階に応じて様々なレイヤーがあることが明らかとなった。通信規格に関しては EV の導入量に応じて、現状の Open ADR や ECHONET Lite よりも通信速度の速い IEC61850 の活用が候補として挙げられた。第 3 節では、システムアーキテクチャの協調領域の検討並びに課題の整理を行った。全体の課題としては、EV の導入量の増加並びにそれに伴うユースケースの整理、そして協調領域の検討、特に通信速度の検討の深堀の必要性が挙げられた。

第6章 交通部門とエネルギー部門に関するデータ連携基盤

2019年6月に閣議決定された統合イノベーション戦略2019においては、内閣府主導の下、各省と連携して、日本のエネルギー・マネジメントのデータ連携基盤を検討することとなっている。本研究では、内閣府のデータ連携基盤検討にあたって、エネルギー・環境分野についての日本の統計データの紹介とデータ処理の例、そして実証事業のデータの整理例としてV2G Hubを紹介し、ユースケースと課題を整理した。

第1節 エネルギー・環境に関する日本の主な統計データ

第1項 統計データの例

データ連携基盤の検討にあたって、現在日本で整理されている主な統計データを表6-1、表6-2、表6-3に示す。資源エネルギー庁や電力・ガス取引監視等委員会が、月次及び年次単位の統計データを整理している一方で、電力広域的運用推進機関、日本卸電力取引所、各一般送配電事業者らが、リアルタイムに近い系統情報や市場取引の情報を公開している。

表 6-1 電力関連統計情報

担当主体	統計	収録情報	
資源エネルギー庁	電力調査統計	発電所数・出力、発電実績、需要実績、燃料実績、自家発電（月次）	
	固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト	再生可能エネルギー発電固定価格買取制度 エリア別の認定及び導入量（都道府県別・市町村別）（月次であったが2017/9以降3ヵ月毎）、買取電力量及び買取金額（月次）	
電力・ガス取引監視等委員会	電力取引の状況	販売電力量、販売額、契約口数、契約変更、規制料金（月次）	
	電力量（kWh）価格及び電力量	一般送配電事業者が指令をした調整力の電力量（kWh）価格及び電力量（月次）	
電力広域的運用推進機関	系統情報サービス（年次、月次、1時間・30分）	地域間連系線情報	連系線空容量、連系線潮流実績、故障情報一覧、変更賦課対象連系線
		地内機関送電線関連情報	地内基幹送電線運用容量・予想潮流、地内基幹送電線潮流実績、地内基幹送電線の空容量
		需給関連情報	電力使用状況（でんき予報）、電力需要予想・ピーク時供給力、需要実績、供給区域別の需要実績、供給区域別の供給実績
		作業停止計画関連情報	作業停止計画・実績
		再生可能エネルギー関連情報	再生可能エネルギー出力抑制実績
	その他情報	流通設備建設計画、お知らせ情報、1時間前取引受付停止情報、周波数（50Hz・60Hz）	
	スイッチング支援システムの利用状況	スイッチング支援システムの利用状況（月次）	
日本卸電力取引所	取引情報	スポット市場・時間前市場、先渡市場、非化石価値取引市場、間接送電権市場、ベースロード市場、市場監視情報	
	発電情報公開システム	発電所の稼働・停止情報（ユニット毎）	
各一般送配電会社	料金及び約款等	託送料金表、インバランス料金（速報値・確報値）	
	情報公開資料	系統連系制約、系統情報、FIT特例制度1の想定値および実績値等	

（出所）第8回研究会資料

表 6-2 ガスに関する統計

担当主体	統計	収録情報
資源エネルギー庁	ガス事業生産動態統計調査（月次）	生産量、購入量、製品ガス、メーター取付数、調停数、原料、託送供給、従業者数
	ガス事業生産動態統計調査（ガス小売事業）（月次）	平均販売量、集計表（供給地点数、原料、需要家メーター数、生産量（販売量））、集計表（地区別）（供給地点数、原料、需要家メーター数、生産量（販売量））
電力・ガス取引監視等委員会	ガス取引報結果（月次）	事業者数・供給域数、ガス販売量、ガス販売額、契約件数、契約変更件数
一般ガス導管事業者	託送供給約款のご案内	小売託送供給約款、連結託送供給約款
	導管ネットワークに関する情報	導管ネットワーク稼働状況、託送供給可能量

(出所) 第8回研究会資料

表 6-3 エネルギー消費に関する統計

担当主体	統計	収録情報
資源エネルギー庁	経済産業省特定業種石油等消費統計調査（月次）	エネルギー消費量の推移、種別統計（業種別エネルギー消費、燃料受払、電力受払、蒸気受払）、特定生産品目別統計（指定生産品目別エネルギー消費、指定生産品目別燃料在庫）、地域別統計
	エネルギー消費統計調査（年次）	業種別燃料・電力・蒸気受払表、直接エネルギー投入表、原単位表、参考表（都道府県・業種別エネルギー消費量表、都道府県・エネルギー種別エネルギー消費量表、自家発電種類別の発電量、自家発電種類別の販売・払出量、電気自動車向け充電設備の保有割合）
	都道府県別エネルギー消費統計（年次）	都道府県別エネルギーバランス表
環境省	家庭部門のCO2排出実態統計調査（家庭CO2統計）	世帯属性、住宅属性、機器使用状況、省エネルギー行動、エネルギー使用量などを調査し、建て方別、世帯類型別のCO2排出量、設備の使用状況、省エネルギー行動などの結果を全国、地方別に整理。

(出所) 第8回研究会資料

特に系統情報に関しては、日本では、2022年度からのインバランス料金見直しに伴いの更新を早めることになっている(表 6-4、表 6-5)。この措置によって、欧州と比較してもそんな色ない系統情報になることが期待される。エネルギーマネジメントという観点ではよりミクロの情報が必要だが、個人情報保護との関係で、個人情報と統計情報の中間的類型である「ある程度集約した情報」としてこれらの活用が検討されている。

表 6-4 系統の需給に関する情報

エリアの需要に関する情報		エリアの発電に関する情報	
項目名	公表のタイミング	項目名	公表のタイミング
エリア総需要量 (実績値)	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)	エリア総発電量 (実績値)	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)
エリア総需要量 (予測値)	一週間前、前日夕方、当日午前中などに公表	エリア総発電量 (予測値)	一週間前、前日夕方、当日午前中などに公表
エリア総需要量 (需要BG計画値の総計)	翌日計画・当日計画確定後に速やかに公表	エリア総発電量 (発電BG計画値の総計)	翌日計画・当日計画確定後に速やかに公表
エリアの需給状況に関する情報			
項目名	公表のタイミング	項目名	公表のタイミング
連系線の空き容量	状況変化に基づき随時公表	エリア風力・太陽光発電量 (実績値)	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)
発電ユニット等の停止情報	状況変化に基づき随時公表	エリア風力・太陽光発電量 (予測値)	一週間前、前日夕方、当日午前中などに公表
広域エリアの供給力/広域予備率 (GC時点での最終計画値)	GC後速やかに公表 (実需給前まで)	エリア風力・太陽光発電量 (発電BG計画値の総計)	翌日計画・当日計画確定後に速やかに公表
広域エリアの供給力/広域予備率 (予測値)	一週間前、前日夕方、前日23時から30分ごとに当日0時から24時までの各コマのGC時点の予測値を公表		
補正料金算定インデックス (GC時点での最終計画値)	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)		

(出所) 第8回研究会資料

表 6-5 インバランス料金・調整力に関する情報

インバランス料金に関する情報		調整力に関する情報	
項目名	公表のタイミング	項目名	公表のタイミング
インバランス料金	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)	広域運用調整力の指令量	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)
広域運用調整力の指令量 (キインバランス量)	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)	指令した調整力の限界的なkWh価格 (= インバランス料金の算定根拠)	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)
インバランス料金の算定根拠 (指令した調整力の限界的なkWh価格)	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)	広域運用システムに登録された調整力の詳細 (メリットオーダー)	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで) * 公表の方法は登園の間、9エリア全体、東日本3エリア、西日本6エリアそれぞれについて、広域メリットオーダーに近似した直線を公表
インバランス料金の算定根拠 (卸市場価格による補正インバランス料金)	コマ終了後速やかに公表 (遅くとも30分後まで)		
インバランス料金の算定根拠 (需給ひっ迫時補正インバランス料金)	GC後速やかに公表 (実需給前まで)		

(出所) 第8回研究会資料

第2項 統計データ処理、取り扱いの例

消費者のデータなどプライバシーに係るものは統計処理等を行うことで個人を特定されない形にする必要がある。統計データをビジネスでも活用できるように統計処理している例として、グリッドデータバンク・ラボの取り組みが挙げられる。グリッドデータバンク・ラボは、スマートメーターをはじめとした全国での電力設備、データ活用を推進する「グリッドデータバンク・ラボ有限責任事業組合」

として、2018年11月に東京電力パワーグリッドとNTTデータにより設立された。2019年3月に関西電力、中部電力の組合参画を経て現在に至っている。

グリッドデータバンク・ラボが扱うデータは、スマートメーターから得られる30分単位の電力使用量と位置情報である。これらのデータは、需要家の個人情報に関わるため、匿名に加工して統計処理が行われた上で、グリッドデータバンク・ラボの会員に提供される。電力データはホームページ上では公開されておらず、特定の会員のみ入退室可能な施錠管理された部屋で閲覧できるようセキュリティに配慮して、管理が行われている。

第2節 実証事業のデータ連携基盤

第1項 内閣府による実証事業の文献データの整理

実証事業に関する日本のデータの整理例として、内閣府によって文献・論文データが取りまとめられている(図6-1、図6-2)。本データは、次節で述べる内閣府が検討する環境エネルギー分野のデータ基盤の1つの例として、文献データに着目し、各省が行っているエネルギーマネジメント実証事業に係る文献データの有無の確認、データの保存と利活用に関する調査を集約したものである。調査結果は、①学術・技術文献データ(専門的内容の記事:査読付き論文、技術報告書等)と②事例文献データ(プロジェクト紹介の記事:雑誌、パンフレット等)に整理されている。

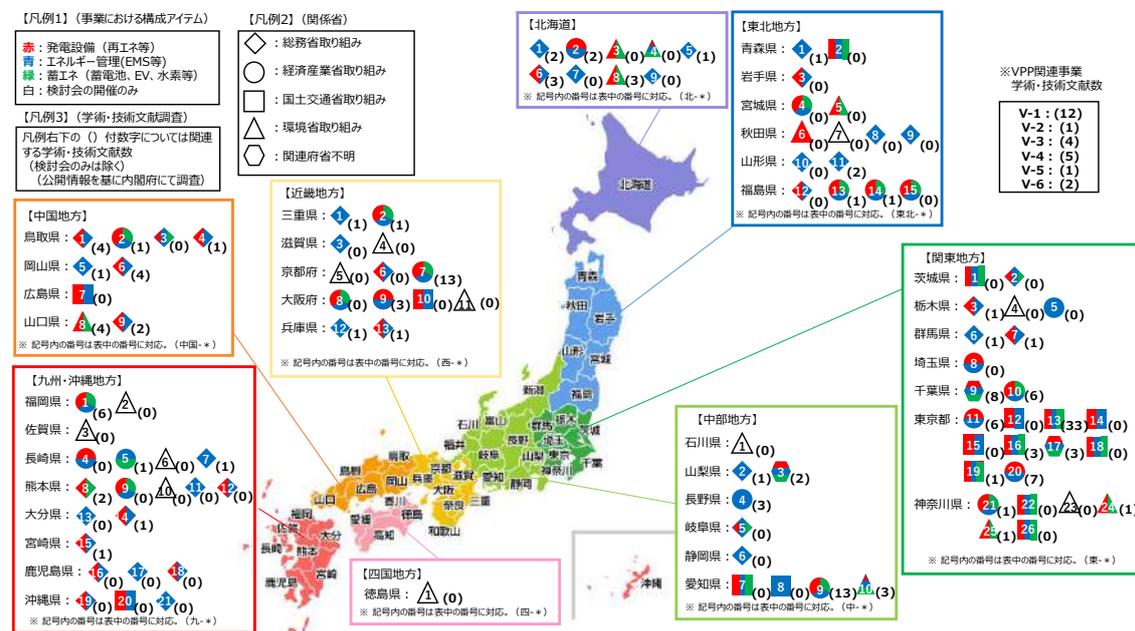


図 6-1 実証事業に係る学術・技術文献データ(専門的内容の記事:査読付き論文、技術報告書等)
(出所)第9回研究会資料

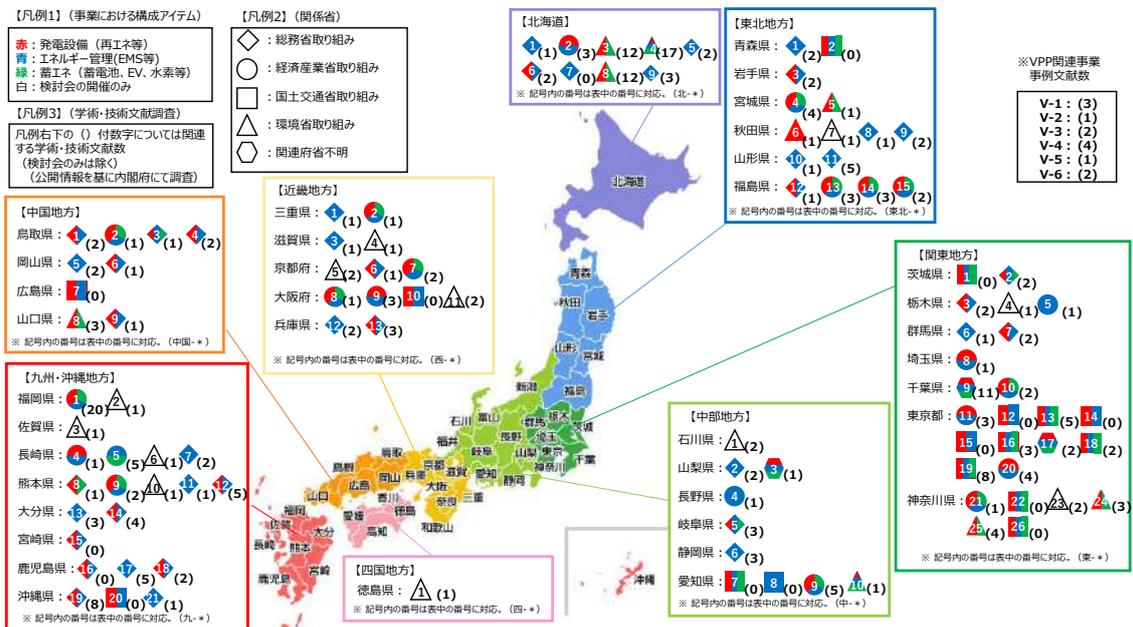


図 6-2 実証事業に係る事例文献データ(プロジェクト紹介の記事:雑誌、パンフレット等)

(出所)第9回研究会資料

第2項 海外のデータ連携基盤の事例

日本では実証データに係る文献データは整理されている一方で、実証事業の成果は、各省庁によって個別に管理されており、国として統一的なフォーマットでは整理されていない。こうした現状に対して、本研究会では海外の実証事業のデータ整理の事例として、5章でも紹介したイギリスのV2G Hubの取り組みが紹介された。

V2G Hubは、イギリスの配電事業者UK Power Networksが開設している世界中のV2Gプロジェクト情報を集約したウェブサイトのことである。ウェブサイトのコンテンツとしては、本ウェブサイトのInsights画面に、世界17ヵ国67プロジェクト(2020年3月時点)の名称、実施国、期間、充電器の数、サービスが掲載されている。また、本画面の操作方法として、期間、サービス、パートナー企業、プロジェクトのステータス、地図ボタンを押すと、それぞれのグラフを表示することができることや、プロジェクトの検索機能として、大陸、パートナー、充電器の数、サービスによってソートをかけることができる。

第3節 日本におけるデータ連携基盤の検討

第1項 内閣府におけるデータ連携基盤の検討

2019年6月に閣議決定された統合イノベーション戦略2019においては、環境エネルギーを特に取組を強化すべき主要分野の1つと位置付けており、その中でエネルギーマネジメントシステムに関して、以下の目標と施策が定められている。

◆ 目標

＜エネルギーマネジメントシステム＞

本分野のデータ基盤とその活用による新たなエネルギーマネジメントシステムの概念設計を2020年度までに実施。

◆ 目標達成に向けた施策・対応策

＜エネルギーマネジメントシステム＞

- 出力変動電源の導入や、世界の技術的進展等の状況を踏まえ、Society 5.0のみならず、「地域循環共生圏」の実現にも向けた、分野間データ連携と整合をとった、環境エネルギー分野のデータ基盤と、そのデータ基盤の活用による、新たなエネルギーマネジメントシステムの最適な概念設計を2020年度までに行う。 【内閣官房、科技、総、文、農、経、国、環】
- エネルギーデータ基盤を組み込んだ、交通システムを含む、電力、ガス(水素)マネジメントモジュール、及び熱マネジメントモジュールの概念設計を2019年度目途に実施する。 【内閣官房、科技、総、文、農、経、国、環】
- 新たなビジネスやサービスの創出等に繋げていくための電力データの利用・提供の拡大に向け、関係法令に関する必要なルール整備について検討を進め、2019年度に一定の結論を得るとともに、得られた結論を踏まえて速やかにルール整備を行う。 【経】
- 関係府省庁はエネルギーに関する実証事業で得られたデータについては、最低5年間保存し、内閣府と協力して、それらのデータの共有を進める。 【内閣官房、科技、総、農、経、国、環】

この目標を実現するため、内閣府が主導してデータ連携基盤の検討を行っている。内閣府が検討するデータ連携基盤は、①エネルギーデータ基盤と②環境エネルギー分野のデータ基盤に分けられる(図 6-3 図 6-4)。①エネルギーデータ基盤とは、②環境エネルギー分野のデータ基盤の下部に位置付けられ、交通システムを含む電力、ガス(水素)マネジメントモジュールや熱マネジメントモジュール等、各マネジメントモジュールのシステム制御や他のデータ基盤と連携を図るものを指す。具体的には、各地域の各企業が収集する電力、ガス、熱のリアルタイムなデータをイメージしている。他方で、②環境エネルギー分野のデータ基盤とは、各エネルギーデータ基盤の上位概念であり、各地域のエネルギーデータ基盤からの情報を吸い上げる。それに加え文献データの検索機能や国内外の実証事業のデータを取り扱う。

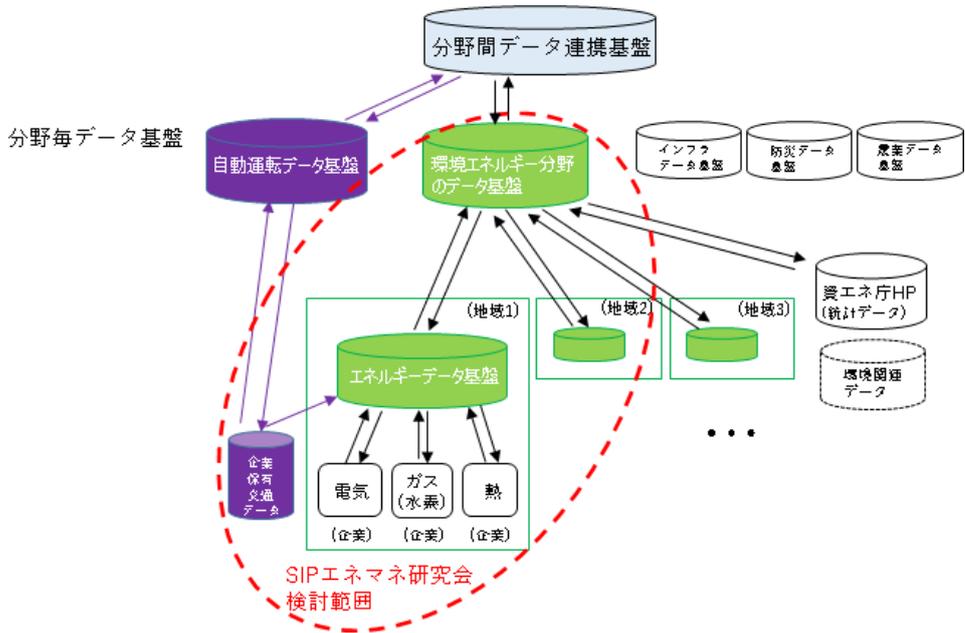


図 6-3 内閣府のデータ連携基盤

(出所) 第8回研究会資料

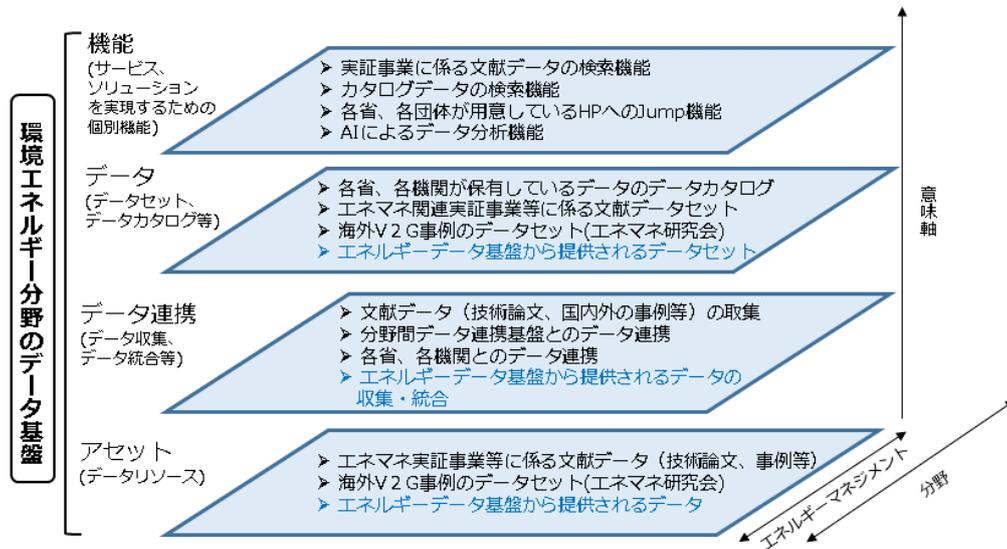


図 6-4 環境エネルギー分野のデータ連携基盤のアーキテクチャイメージ

(出所) 第8回研究会資料

第2項 ユースケースと内閣府データ連携基盤との関連性

以上の代表的なデータの整理を踏まえて、IoE 社会におけるエネルギー・環境分野のデータのあり方、ユースケースとその課題について表 6-6 の通り整理することができる。これらのユースケースの前提としては、データを集めるだけでなく、集めたデータが整理されていること、また、データを

集める主体に配慮すること必要となる。

表 6-6 ユースケースと課題

項目	内容	課題
1.データベースのリンク	どこにどのようなデータが存在するか、民間のデータ、文献、論文などがどこにあるかを整理。	-
2.これまでの日本と海外実証事業の整理	V2G hubを参考にNEDOやSIPの実証事業を整理。	<ul style="list-style-type: none"> • 実証の評価の焦点が資金の使われ方に置かれ、社会への貢献の評価はされていなかった。 • 今後は実証の成果を国のデータ基盤に提供することを評価に結びつけるべき。
3.民間企業が必要なデータベースの構築	企業がマッチングサービスをする際に必要なデータを整理。	<ul style="list-style-type: none"> • データ提供者(個人)が損害を被らないようにプライバシーを守ることが必要。 • プラットフォーマー(企業)が有するデータや権利をどのように保護するか検討しない限りデータを提供してもらえない。
4.官公庁のデータベースの構築	国の統計データの整備と自治体の統計データの構築。	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー関係で信頼できる統計データは、財務省の貿易統計と経産省の基幹統計(石油製品需給動態統計調査、ガス事業生産動態統計調査、特定業種石油等消費統計調査)に限られる。 • 特に地方自治体のデータは、都道府県別エネルギー消費統計のみに限られる。 • 統計データを作成するための予算と人が不足している。

(出所)第9回研究会資料

上記のユースケースと内閣府のデータ連携基盤の関係およびエネルギー・環境部門を含めたデータの取り扱いの課題について以下の点が挙げられる。

エネルギーデータ基盤に関して、例えば電力のデータは、グリッドデータバンク・ラボが扱うスマートメーターのデータで整理されている。このデータをどのように扱うかは、ユースケース 3.に関連する。熱に関して、整理されている統計データとしては、地域熱供給しか存在しない。これを国として集める方向で検討するのであれば、ユースケース 4.に関連する。環境エネルギー分野のデータ基盤に関しては、エネルギーデータ基盤を吸い上げるという意味ではユースケース 3.4.に関連する。データ検索機能や実証事業の取り扱いはユースケース 1.2.に関連する。

今後政府のエネルギーマネジメントシステムの概念設計を検討するにあたっては、本研究会の議論、ユースケースの整理が参考になることが期待される。さらに議論を深めていくためには、データの取り扱い等について国としての方針が必要であり、これらの議論の進展が期待される。

第7章 今後の課題と展望

2019年度の研究会ではシステアーキテクチャ、サービスとユースケース、便益評価、データ連携、産業分野の脱炭素化に関するテーマを中心に議論を行った。各研究会での議論を通じて、主にシステムアーキテクチャの欧米での検討状況、ユースケースを含めた日本でのシステムアーキテクチャ検討のポイント、各テーマの連携における便益評価の手法と課題、そしてデータ連携のあり方について整理した。

本報告書の各章で整理したとおり IoE 社会のエネルギーシステムについては、得られる便益の評価基準と定量化の重要性が議論された。セクターカップリングについては、世界で実証、提供されているサービスとそれを実現しているアーキテクチャについて議論を行い、物理層、サイバー層、課金層の連携など今後のアーキテクチャ構築のために必要なポイントを整理した。各テーマの連携については、便益に関する深掘りの必要性と連携のあり方および評価手法において深掘りすべき点に関する課題の整理を行った。また、データ連携については、既存データの整理と特にエネルギー・環境分野のデータについては地域のデータの精緻化を含めて整理し、検討することの重要性と指摘があった。

次年度のテーマの検討にあたり、2019年度の研究会での主な論点と各章で整理した事例より、システアーキテクチャ、便益評価、データ連携と事例の3つの観点でそれぞれについて課題が挙げられる。各論点での議論の概要と課題および次年度の展望について以下に示す。

第1節 研究会での議論の概要と課題

第1項 システムアーキテクチャ

- エネルギーシステムとシステアーキテクチャ

IoE 社会において多数のエネルギー関連技術を活用するためには、エネルギーシステムの構築が必要である。エネルギーシステムの構築については、個別技術とともにシステムを統括する System of Systems としてのエネルギーシステムの進化とそれを実現するためのアーキテクチャの検討が求められる。本研究会ではエネルギーシステムにおけるアーキテクチャの議論のためには要素技術の利用例やユースケースに基づく検討が課題であると指摘があった。

研究会では特に交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングのためのアーキテクチャについて、ユースケース、データ接受に関する通信プロトコルおよび EV の充電規格の事例を紹介した。欧米等の検討事例より、交通部門とエネルギー部門の連動が期待される IoE 社会においては日本発の規格も含めて、EV の導入拡大に伴って今後新たに検討される規格やサービスにも対応できるような協調領域や共通基盤システムを検討していくことが課題である。

- IoE 社会のシステムアーキテクチャの検討

他方で、IoE 社会の実現にあたっては本研究会で中心的に議論した前述の自動車と電力の連

携だけでなく広く検討される必要がある。特にエネルギーマネジメントに関するシステムアーキテクチャについては、研究会でも議論された産業部門の脱炭素化の可能性や、新たな技術の利用等、交通部門とエネルギー部門の連携にとどまらず広く検討することが期待される。

アーキテクチャの設計においては、効率的な仕組みを構築するために冗長な仕組みや重複を避け民間事業者の間で協調する領域と競争する領域の仕分けの検討が必要である。本研究会ではシステムアーキテクチャに関する先行事例の調査、ヒアリング等を通じて協調領域、競争領域の可能性を明らかにした。また、アーキテクチャの検討には物理層サイバー層、そして、サービス層の協調、調和が課題であることを指摘した。

第2項 便益評価

● 各技術による便益とエネルギーシステム

IoE 社会のためのエネルギーシステムの検討にあたっては、それによって実現する便益とその評価の検討が必要である。エネルギーシステムの検討ではステークホルダーが多様なため、民間事業者だけでなく規制当局をはじめ中央政府、地方政府の関与のあり方と IoE 社会の実現による各主体にとっての便益の検討が求められる。本研究会では便益については各技術のユースケースに基づいて深掘りする必要性があると指摘があった。また、各テーマで検討している技術の貢献について具体的な事例を元に検討することが求められる。

便益については、便益と各主体の関わり方について、本年度研究会で整理された論点を中心に自治体での事業計画の策定等においてどのように評価していくか等、具体例に基づいた議論や検討が課題であることが指摘された。

● 便益の定量化の必要性

また、便益の特定化を踏まえて技術の導入を進めるためには、導入に依る効果、便益を定量的に明らかにすることが求められる。本研究会では各テーマにおいて要素技術の導入に依る便益の項目および便益の評価のあり方について検討を行った。今後は本年度検討した項目を踏まえて、分析モデルを用いた評価など、評価手法の進化、有識者のヒアリングなどを中心に定量的に便益を明らかにしていくことが課題である。

● V2G サービスの課題

便益の検討事例として V2G に関するサービスについて日本を含む世界各国で大規模な実証実験が展開されており、そのポテンシャル評価、事業価値の評価と基盤技術の開発が進んでいる。本研究会では各国の V2G サービスの事例を紹介し、制度、市場および技術の面でそれぞれに課題があることを整理した。今後の課題として、V2G サービスの事例の深掘りを踏まえてテーマ連携における交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングによる便益の定量化が挙げられる。

第3項 データ連携

- 実証事業の成果の整理と展開

これまでの国の実証事業は評価の焦点が資金の使い方に置かれてきた。そのため実証事業の成果(報告書)は補助金を出す団体によってフォーマットが異なり、共通のデータベースで管理することが困難であった。本研究会では、各国の実証事業の成果を共通フォーマットで整理した参考例として V2GHub の例を示し、日本において実証事業の成果に関して共通フォーマットを検討することが必要であると指摘した。今後のデータ連携の基盤の構築において実証事業の整理を含めて有益な情報提供を進めていくことが課題である。また、これらを元の実証で得られた知見を実現していくためには、具体的な事例研究を元に課題や実現可能性を明らかにすることが求められる。

- 官公庁のデータベースの整理及び構築

本研究会では、官公庁が有するデータに関連して信頼できる国のエネルギーに関する統計データが少ないことが指摘された。エネルギー・環境に関するデータについては精度の高い統計が財務省の財務省の貿易統計と経産省の基幹統計に限られるという課題が指摘あり、地方自治体は精度の高い統計がさらに少ないことが指摘された。研究会では、これらの統計データを整理するための予算と人材が、日本は欧米と比べて圧倒的に不足していることも指摘され²、環境整備やデータ收拾に関する諸外国の知見を検討していくことが今後の課題である。

- 提供者の権利とデータの取り扱い

IoE 社会においてより高度な情報処理を目指していく中では、民間企業がビジネスを行う上でデータを提供する側の権利を保護する必要が考えられる。また、データを提供する個人に対しては、プライバシーを侵害しないように守ることが必要となる。本研究会では、この課題に対処している例として、グリッドデータバンク・ラボによる統計処理とデータ活用の事例が紹介された。一方で、研究会ではすでに企業が持つデータ、例えばマッチングビジネスを行うプラットフォームが有するデータに対して、民間企業のビジネスを阻害しない形でどのように権利やプライバシー保護するかが課題であると指摘があった。これらについては情報銀行のような検討事例もあり、これらも含めて検討していくことが課題である。

第2節 展望（次年度のテーマ）

- システムアーキテクチャ概念の検討とテーマ連携の進化

本年度研究会ではエネルギーマネジメントに関するテーマ A を中心に、テーマ B およびテーマ C の貢献度に関する検討及びテーマ間の連携について検討した。テーマ間の連携については、

² 研究会では米国のエネルギー情報局(EIA)では総勢 1,000 名がかかわり、予算も兆円の単位に及ぶことが指摘され、エネルギー関連データに関する日米のリソースの違いが指摘された。

たとえば産業分野の脱炭素化の検討の深堀りにおいて、テーマ C1 の熱のセンサーネットワークを活用することで更なる脱炭素化が期待されるといった新たな便益の切り口も考えられ、このためのシステムアーキテクチャの検討も重要である。これらも含めて次年度は、全体を俯瞰したアーキテクチャと産業部門のエネルギーマネジメントに関するアーキテクチャやテーマ B との連携としてスマートインバータを活用する時のアーキテクチャ等の関係整理を進めることが求められる。また、水素や P2G 等、新たなエネルギー源を考慮したアーキテクチャの可能性も考えられる。

各テーマに関するアーキテクチャの深化と連携の深化を進めることで、全体としてのシステムアーキテクチャの概念の拡大とさらなる検討を目指す。

- 評価基準と便益の定量評価の深堀り

本年度の研究会では、各テーマの便益について項目出しを行った。また、便益評価の定量評価に関する課題を整理した。次年度は、この定量評価を具体的に実施するために特に優先度が高い項目についての定量評価の具体化を目指す。具体的にはテーマ B との連携の例としてパワーエレクトロニクス技術の進化によるエネルギーマネジメントへの便益の検討がある。また、このための分析手法としてモデル分析の活用なども求められる。また、テーマ C との連携の例としてドローンやセンシング技術を活用したレジリエンスへの貢献を含む NEB (Non-Energy Benefit) の評価等も次年度のテーマである。特にモデル分析や評価手法についてはヒアリング等を実施することで、IoE 社会の技術導入とその便益を検討し、便益の定量評価を可能にする評価手法の確立を目指す。

- データの整備と地域ケーススタディの検討

IoE 社会の実現の検討には詳細なデータが欠かせず、本研究会ではエネルギー・環境分野に関して日本において整理されているデータ例を示した。他方で、自治体などにおけるエネルギー環境事業計画の検討のためには、現在のデータの精度は十分ではないことも指摘された。次年度のテーマとして自治体レベルでのデータの整備と、自治体等における再エネ等の活用を含めた地域エネルギーマネジメントのケーススタディを検討する。

また、ケーススタディにおいてシステムアーキテクチャの概念の検討と活用を進めることで、関係者の調和とアーキテクチャの協調領域に関する検討を進めることを目指す。自治体でのデータ整備とアーキテクチャの検討を通じて地域分散型のエネルギーシステムの構築とそのためガイドラインを検討し、必要なデータ整備、ならびにケーススタディの成果について自治体間の横展開を進めることを目指す。

研究開発項目	2018年度計画	2019年度計画	2020年度計画	2021年度計画	2022年度計画	出口戦略	製品化
エネルギー マネジメント 研究会	IoE社会の展望 (運輸・自動車 関連含む)	<ul style="list-style-type: none"> IoE社会の展望（運輸分野、産業分野における重要業種、技術分野の抽出、熟利用の低炭素化の方策検討等） IoE社会を実現するためのエネルギーシステムに関する評価基準の検討 	<ul style="list-style-type: none"> テーマ（B）、（C）実現時のエネルギーシステムの便益評価 交通部門とエネルギー部門のセクターカップリング実現のためのシステムアーキテクチャ構築における課題整理 交通部門とエネルギー部門に関するデータ連携基盤のユースケースの検討 	<ul style="list-style-type: none"> 交通部門とエネルギー部門のセクターカップリング実現のためのシステムアーキテクチャの概念設計（データ連携を含む） 実証事業等のデータに基づくエネルギーシステムの事例研究・地域のエネルギー需要、資源賦存状況に応じた地域分散型エネルギーシステムのデザインのためのガイドラインの策定。 	<ul style="list-style-type: none"> 交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングを実現する実証サイトの検討 構築したアーキテクチャをスマートシティプロジェクトを推進する関係府省に提供し検証を目指す。 	<ul style="list-style-type: none"> 各種エネルギー変換・貯蔵・輸送技術を含むエネルギーネットワークと交通マネジメントの部門統合（セクターカップリング）を含むIoE社会のエネルギーシステムのデザインに取り組む。エネルギーや交通の地域特性に応じて社会 実証可能な地域エネルギーシステムの実証につなげる。また、開発したアーキテクチャの国際展開を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> 本テーマではソフトウェアとしての製品化を目指し、ハードウェアとしての製品化に関する取り組みは実施しない。

図 7-1 IoE 社会のエネルギーシステムのデザインの工程表

(出所) 第 8 回研究会資料

第8章 ヒアリング

研究会では交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングについて、各部門を含めた事業者のニーズについて検討した。その中で特にモビリティおよびモビリティ関連サービスを検討している事業者ニーズに関してヒアリングを行った。

第1節 モビリティ側のニーズ

交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングについてモビリティ側のニーズ及び課題として以下の点を検討すべきポイントとして整理した。

(1)セクターカップリングの目的と価値

- EV が電力系統に繋ぎたくなるインセンティブは何か。
- モビリティサービスの多様化によって都市／長距離走行／地方(近距離少人数特化)で用途が異なることが考えられるか。

(2)セクターカップリングの範囲の検討

- モビリティサービスとしてノウハウを出したくない領域は何か。
 - 車両メーター、セキュリティやプライバシーの観点、自社学習データ、電池の充放電ノウハウ
- 情報源(ID を割り振る機器)に関し複数の可能性があるか
 - 公共性が高い領域:EVPS(電力会社が主導している認識)
 - 独立性が高い領域:xEMS(もしくはEV 本体)
- エネルギー部門と協調できる領域
 - エネルギー部門としては車両が出す情報は統一したい(SOC 等フィルタは必要)
 - 安全規格、電池リユース(接続規格化)、FCV の電源化、BCP ※メジャーのオープンソース化

(3)セクターカップリングの強調点

- 通信プロトコルは ERAB 検討会で統一された認識(CHAdemo+Echonet-lite)があるが、CHAdemo と取引の連携の検討が必要ではないか。

第2節 モビリティサービス事業者のヒアリング

上で整理したモビリティ側のニーズ、課題についてモビリティサービスの提供を検討しているDeNA 社および MONET 社へのヒアリングを行った。以下に概要を整理する。

第1項 DeNA

(1)モビリティサービスの目的と価値

- DeNA のモビリティサービス:モビリティが抱える人手不足の課題解決に資する
 - Mov(タクシー配車)
 - ドライブチャート(ドライブレコーダーとクラウドの AI による事故予防サービス)
 - Anyca(個人間のカーシェアサービス)
- DeNA の狙い:
 - モビリティ・エネルギーともにオープン化、共有化、規格化の流れを見越して検討
 - 電力インフラ、モビリティのレイヤーを共通の IoT でつなぐ
 - ゲーム事業等の経験より需要サイドとのマッチングに強み
 - 安価で高いレベルのセキュリティを実現できることに強み

(2)セクターカップリングでの協調の範囲

- API とデータ授受について上位での薄くて軽いプラットフォーム(例:HTTP)
- 需要側の取り込み(気象、エネルギー、人の行動、移動)
- プライバシーに係る情報処理と情報提供

第2項 MONET

(1)モビリティサービスの目的と価値

- MONET のビジネス:サービス提供者に対して、需要と供給を移動で繋ぐ MaaS プラットフォームを提供
- 企業との連携として、既存事業へモビリティを組み合わせることで新たな価値の創造
- 自治体との連携として、地域のニーズに合わせたサービスを提供することで移動に関する社会課題の解決を目指す
- 1 次交通(JR、JAL 等)と MONET の強みとなる2次交通のプラットフォーム間連携と MONET コンソーシアム参画企業との連携によるサービス向上
- 自動車メーカー8社が参加しており、車両もセットでプラットフォームを提供できることが強み
- 実証を通じていち早く MaaS に関する課題に気づくことができ、新しいルール作りに貢献

(2)セクターカップリングでの協調の範囲

- MaaS 普及に向けた様々な課題やニーズを官公庁と共有
- プラットフォーム間連携によるデータ連携、データ流通支援

以上