

「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（詳細版）（2020 年度報告）

2021年3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	「IoE 社会のエネルギーシステム」の検討テーマと体制	2
第3節	エネルギーマネジメント研究会の概要	6
第2章	システムアーキテクチャの検討	11
第1節	エネルギーマネジメントとユースケース	11
第2節	ユースケースとアーキテクチャ	21
第3節	アーキテクチャとステークホルダー	24
第3章	便益の定量評価.....	30
第1節	評価基準と定量評価.....	30
第2節	各テーマでの便益の定量評価	32
第4章	今後の課題と展望	45
第1節	研究会での議論の概要と課題	45
第2節	展望（次年度のテーマ）	47
第5章	ヒアリング	49
第1節	グリッドデータバンク・ラボ	49
第2節	大阪大学 太田特任教授	50
第3節	早稲田大学 林教授.....	52
第4節	パナソニック	52

図目次

図 1-1 「IoE 社会のエネルギーシステム」で取り組むテーマ	3
図 1-2 IoE 社会のエネルギーシステムの検討体制図	4
図 1-3 テーマ (A) の工程	5
図 2-1 エネルギーマネジメントと部門間の連携	12
図 2-2 エネルギーマネジメントの要素	13
図 2-3 セクター関連図における物理層とサイバー層の関係	14
図 2-4 エネルギーマネジメントの広域連携と本研究での検討事例	14
図 2-5 エネルギーマネジメントによる部門間の連携によるユースケースと便益の例	17
図 2-6 エネルギーマネジメントのユースケース (エネルギー×交通)	18
図 2-7 データの時間粒度と適用エリアを考慮したユースケースの事例	21
図 2-8 リファレンスアーキテクチャ	22
図 2-9 Society5.0 リファレンスアーキテクチャとその応用	22
図 2-10 高度なエネルギーマネジメント実現のためのアーキテクチャの構成	23
図 2-11 ビジネス関係 (V2X の事例)	26
図 2-12 データリソースマップ (V2X の事例、電力計画送信時)	27
図 2-13 データリソースマップ (V2X の事例、電力制御時：入力)	28
図 2-14 データリソースマップ (V2X の事例、電力制御時：出力)	28
図 2-15 データリソースマップ (V2X の事例、通信規格)	29
図 3-1 テーマ(A)-①の便益のイメージ	33
図 3-2 技術導入の時間軸と各テーマでの要素の検討	33
図 3-3 便益評価：省エネ評価の基本的な考え方	34
図 3-4 ミクロな事例：省エネに関するエネルギーマネジメントの個別事例	35
図 3-5 需要想定と省エネ率の想定	39
図 3-6 省エネ量の試算結果①	39
図 3-7 (A)-②および(B)の成果と(A)-①との連携イメージ	41
図 3-8 (A)-③の成果と(A)-①との連携イメージ	42
図 3-9 テーマ(C)-①での省エネに関する評価事例	42
図 3-10 (C)-①の成果と(A)-①との連携イメージ	43

表目次

表 1-1	研究会メンバー一覧	7
表 1-2	2020 年度研究会の開催スケジュール	8
表 2-1	エネルギーマネジメント、情報の利活用の対象となるセクターの事例	11
表 2-2	テーマ(A)に関する便益評価の例	15
表 2-3	エネルギー×エネルギーのユースケース	19
表 2-4	エネルギー×交通のユースケース	19
表 2-5	エネルギー×公共のユースケース	20
表 2-6	エネルギー×通信のユースケース	20
表 2-7	SIP サイバー/アーキテクチャ構築および実証研究概要	24
表 2-8	ステークホルダーリスト（V2X の事例）	25
表 3-1	テーマ(A)に関する便益評価の例（再掲）	30
表 3-2	テーマ(A)-①の便益と定量評価の検討	31
表 3-3	ミクロな事例：省エネに関するエネルギーマネジメントの事例	35
表 3-4	部門別省エネ率の想定	36
表 3-5	街区単位でのエネルギーマネジメント（CEMS）対象地域の検討	37
表 3-6	省エネ量の試算結果②	40

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く、エネルギー資源の大半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効率を向上させることで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いるが、緊急時のエネルギー供給途絶をはじめとした大規模なリスクに対してはエネルギー消費の抑制のみでこの課題が解決されるものではない。足元では 2020 年末から 2021 年 1 月にかけて気温の低下や LNG 供給に関するトラブルに伴う需給逼迫によって電力が足りなくなる危険性が高まり、卸電力市場価格が大きく高騰する事態も発生している。これらのリスクを考慮し、エネルギー需給構造や関連政策の見直しが進められている。他方で、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。長期的な目標として菅内閣総理大臣が 2020 年 10 月の所信表明演説において 2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会を宣言しており国内のエネルギーシステムのあり方が大きく変わっていくことが想定される。

世界的には 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、地球温暖化を含む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）に採択された「パリ協定」を皮切り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。また、金融業界等を中心にいわゆる ESG 投資への関心の高まりがあり、脱炭素化関連事業への資金の流れも大きく拡大している。国別には 2021 年 1 月には気候変動対策を公約に掲げていたバイデン氏が米国の新大統領に就任し、パリ協定への復帰を宣言する等、国際的な取り組みの進展が期待される。先述の通り我が国でも菅総理の演説を踏まえて新たなエネルギー基本計画の策定に着手しており、2050 年カーボンニュートラルを前提として 2030 年の長期エネルギー需給見通しの検討も進められているところである。主要国が 2050 年カーボンニュートラルを宣言する中で、経済成長を持続しつつこれを実現するためには、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。

2021 年 2 月に経済産業省が作成した 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略では 14 の重要分野について高い目標を掲げ、関連政策を盛り込んだ実行計画を策定している。エネルギー・環境分野で革新的な技術を生みだし、この社会実装を実現していくためにはグリーン成長戦略で挙げられている個別技術の確立・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。このためには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、いわゆる 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。IoE 社会の実現は 2050 年に向けたカーボンニュートラル社会の実現に貢献するだけでなく、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、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、エネルギーと情報がインターネットにより結合され、相互にやり取りすることでエネルギー需給が効率的に管理されるとともに様々な便益を生み出す社会である。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確立されてきた電気、熱、化学エネルギー等を含めた様々なシステムを包含する集合体として捉え、総合的なエネルギーマネジメントを実現するためのグランドデザインの策定が望まれている。

本事業ではこの点について関連技術開発および社会実装に取り組む事業である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）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）が実施する「IoE 社会のエネルギーシステム」に関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 「IoE 社会のエネルギーシステム」の検討テーマと体制

第1項 課題全体の検討テーマ

近年の社会・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協調連携できるようになり、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ることで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。

2021 年に策定されたグリーンイノベーション戦略では、“⑫住宅・建築物産業／次世代型太陽光産業”および“⑭ライフスタイル関連産業”においてエネルギーマネジメントの高度化やカーボンニュートラルであり、レジリエントで快適な暮らしを目指して IoT や AI の活用の必要性が指摘されている。また、基盤技術として“⑥半導体・情報通信産業”においてデジタル化によるエネルギー需要の効率化・省 CO₂ 化（グリーン by デジタル）やデジタル機器・産業の省エネ・グリーン化（グリーン of デジタル）が挙げられており、これ以外の分野においても広く高度な情報技術の活用によるカーボンニュートラルの実現が期待されている。また、同戦略では明示的には示されていないが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るセクターカップリングによって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、システム全体として最適化を図る取組が求められる。

この中で本課題では IoE 社会において情報技術を活用した高度なエネルギーマネジメントについて、テーマ(A)「IoE 社会のエネルギーシステムのデザイン」としてエネルギーマネジメント技術を中心に検討している。また、本課題における関連技術開発については、テーマ(B)としてパワーエレクトロニクス (PE) について検討し、ワイヤレス電力伝送 (WPT) およびそれを活用したドローンについては、テーマ(C)としてそれぞれ個別に検討が進められている (図 1-1)。テーマ(B)および(C)の成果は別紙で報告されている。

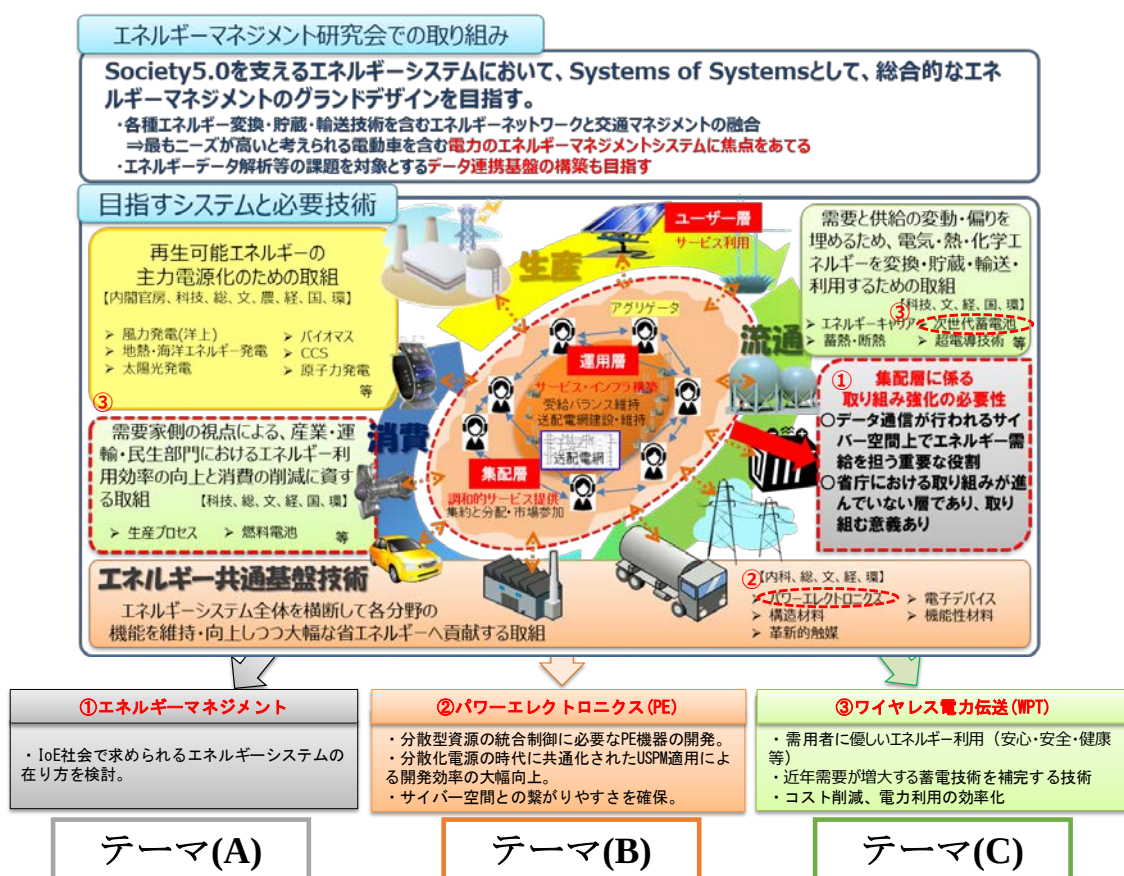


図 1-1 「IoE 社会のエネルギーシステム」で取り組むテーマ

(出所) エネルギー戦略協議会事務局資料 (平成 29 年 3 月 22 日) 第 4 回研究会資料に加筆

第2項 テーマ(A)の体制と工程

テーマ(A)では IoE 社会におけるエネルギーシステムのデザインに資するものとしてエネ

ルギーマネジメントに関するアーキテクチャの検討およびそこで生み出される便益について検討している。また、その実現に必要な共通基盤技術の開発および社会実装のために必要な論点についてエネルギーマネジメントに貢献するパワーエレクトロニクス技術開発のあり方やその便益の定量評価、エネルギーマネジメントの検討を支える統計データの整備やエネルギーマネジメントの実用化について実地での検討も行う。テーマ(A)はエネルギーマネジメントのグランドデザイン、技術開発および実際の導入に係る検討という形で社会実装を視野に入れた検討を行う。

本年度よりテーマ(A)は IoE 社会のエネルギーシステムのデザインを検討する場として、「エネルギーマネジメント研究会」(以下、研究会)を開催するサブテーマ(A)-①((以下(A)-①)、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を実施するサブテーマ(A)-②(以下(A)-②)、そして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を検討するサブテーマ(A)-③(以下(A)-③)の3つのサブテーマに整理されている(図 1-2)。

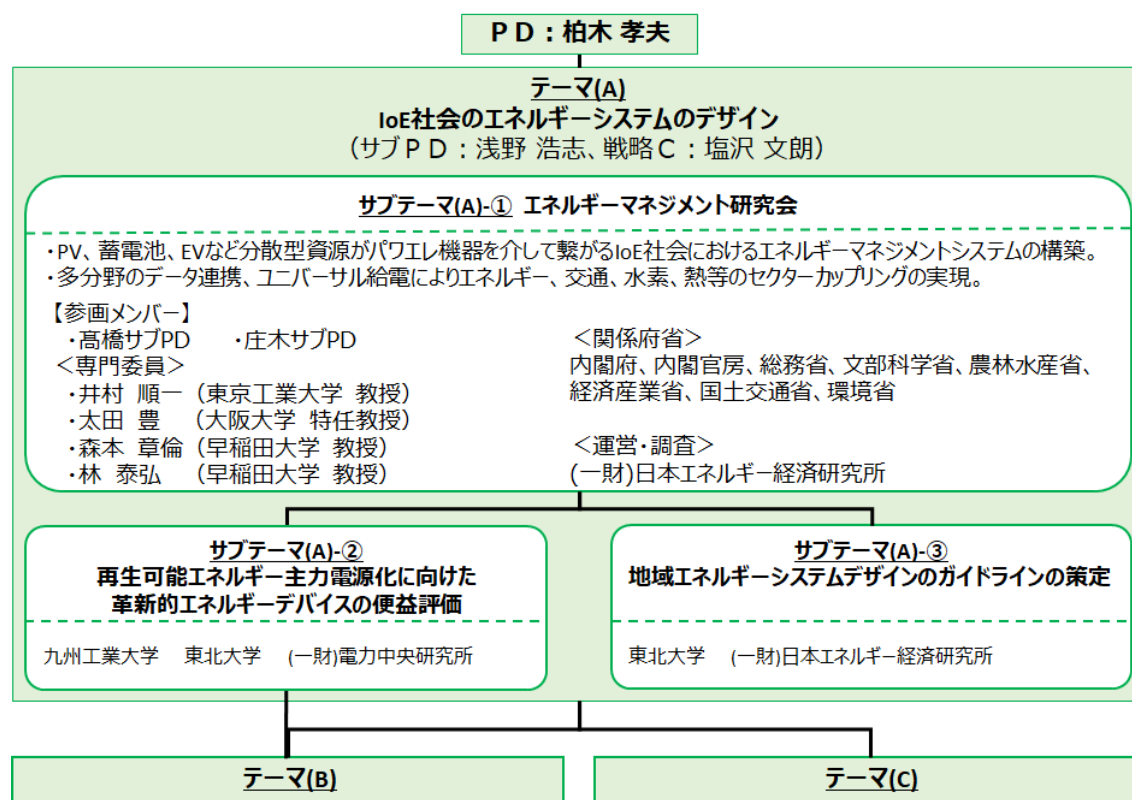


図 1-2 IoE 社会のエネルギーシステムの検討体制図

エネルギーマネジメント研究会では過去の実績を経て、2022 年度までに社会実装の目処をつけることを目指して検討を進めることとされている(図 1-3)。研究会では(A)-①とし

てエネルギーマネジメント単体での検討を深めるとともに、(A)-②、(A)-③およびテーマ(B)、テーマ(C)との連携を図りテーマ(A)全体、課題全体としての検討を深める。

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
①エネルギーマネジメント研究会 (A)-①		IoE社会の展望 (運輸・自動車関連含む)	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、熱利用の低炭素化の方策検討等)		
		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のセクターカップリング実現に向けて ・システムアーキテクチャの概念設計の検討 (データ連携を含む) ・分野間データ連携を図る地域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指針の構築		
	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 (A)-②			テーマ(B)、(C) 実現時のエネルギーシステムの便益評価	
	③地域エネルギーシステムデザインのカイドラインの策定 (A)-③		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	・実証事業等のデータに基づくエネルギーシステム的事例研究 ・データプラットフォーム構築に向けた事例研究 ・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	

図 1-3 テーマ (A) の工程

テーマ(A)では、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と関連技術開発の検討に焦点を当てて議論を行ってきている。本年度は特に大きな関心を集めている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、自治体において実証的に検討が進んでいる事例や個別のエネルギーマネジメントの検討事例を踏まえて連携の仕組み、便益等について検討した。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定量的な評価に焦点を当てた。また、パワエレ技術導入による便益評価のあり方や自治体のエネルギーシステムデザインのためのガイドラインの検討等も進めている。

本事業は研究会の運営支援および特定調査分析業務として(A)-①エネルギーマネジメントの便益の検討とアーキテクチャの検討および研究会の運営に関する業務を実施し、本報告書において整理している。他のサブテーマについては(A)-②では、再生可能エネルギー大

量導入時のパワエレの役割、ガリウム系のパワーデバイスが実現した場合にどのようなメリットがあるか定量的なモデル分析の検討を行っており、(A)-③では、再生可能エネルギー大量導入時の広域のエネルギー需給バランスをとったエリアの設定、エネルギー需給データベースの整理・公開、自治体向けのガイドラインの策定を行っている。(A)-②および(A)-③についてはそれぞれ別紙にて成果報告を取りまとめている。

第3節 エネルギーマネジメント研究会の概要

第1項 研究会のスコープ

本研究会は(A)-①としてテーマ(A)の中でも IoE 社会におけるエネルギーマネジメントシステムの構築とセクターカップリングの実現に焦点を当てている。エネルギーマネジメント技術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)等の個別事業所のエネルギーマネジメントから、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)事業等のような点から面までのエネルギーマネジメントを実現する事業(実証事業が中心)が行われてきているところである。他方でエネルギーマネジメント単体での検討に加えて交通部門とエネルギー部門等、部門を跨ってエネルギーマネジメントを実現するセクターカップリングが大きなテーマになってきている。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、便益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やセクターカップリングを効果的に行うためのアーキテクチャのあり方を検討した。

また、研究会では他のサブテーマ(A)-②、(A)-③およびテーマ(B)、(C)についても適宜進捗報告を受け議論することで、本課題としてのテーマ間の連携の検討、そして社会実装につながる道筋についても検討を深めた。

第2項 研究会メンバー

研究会の運営は事務局として(一財)日本エネルギー経済研究所が担当し、2020年度は計6回の研究会を実施した。研究会メンバーは、本課題のプログラムディレクター、各テーマの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。2020年度より新たに2名の専門委員と(A)-②、(A)-③の研究責任者が参加している(表1-1)。

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	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授
イノベーション 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 (第1回研究会まで)	中納 暁洋	内閣府 政策統括官付 ディレクター
メンバー (第2回研究会より)	佐野 泰三	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 東京ガス株式会社エネルギー 企画部 エネルギー計画グループ
メンバー	黒田 俊也	国立研究開発法人科学技術振興機構フェ ロー 兼 住友化学株式会社 主席部員 レスポンシブルケア部
メンバー	酒井 重樹	国立研究開発法人 科学技術振興機構 部長
メンバー	高橋 勝彦	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	太田 豊	大阪大学大学院工学研究科 モビリティ システム共同研究講座 特任教授
専門委員 (新規)	林 泰弘	早稲田大学 先進理工学部 教授
専門委員 (新規)	森本 章倫	早稲田大学 創造理工学部 教授

研究責任者 (サブテーマ(A)-②)	安部 征哉	九州工業大学 工学研究院 電気電子工 学研究系 准教授
研究責任者 (サブテーマ(A)-③)	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
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

第3項 2020 年度研究会の開催スケジュール

2020 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 6 回開催した。なお今年度は、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い研究会は現地とウェブでのハイブリッドとして開催した（表 1-2）。

表 1-2 2020 年度研究会の開催スケジュール

	日付	テーマ
第 1 回	2020 年 8 月 3 日	昨年度の成果、今年度の進め方、便益評価の検討、アーキテクチャの検討、スマートシティとスマートモビリティ
第 2 回	2020 年 9 月 24 日	面的データ活用によるエネルギーマネジメントの高度化、便益評価の検討、アーキテクチャの検討
第 3 回	2020 年 10 月 13 日	(A)-②、(A)-③より進捗報告、便益評価の検討、アーキテクチャの検討
第 4 回	2020 年 11 月 16 日	(A)-①、(A)-②、(A)-③、(B)、(C)より進捗報告、便益評価の検討、アーキテクチャの検討
第 5 回	2021 年 1 月 7 日	ピアレビュー結果報告、(A)-②、(A)-③より進捗報告、便益評価の検討、アーキテクチャの検討
第 6 回	2021 年 3 月 1 日	評価 WG 結果報告、(A)-①、(A)-②、(A)-③より成果報告と来年度の計画、(A)-③新規テーマ研究計画、将来の交通環境の変化が交通環境負荷に与える影響

研究会では研究会各回のテーマに沿い、IoE 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および事前調査の報告、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。

第4項 2020 年度研究会での報告概要

2020 年度の研究会各回の概要は以下のとおり。

第 1 回研究会：新しく委員に就任された林委員、森本委員の紹介に続いて、事務局である日本エネルギー経済研究所より昨年度の成果を報告した。その後、浅野 SPD より今年度の進め方について報告、内容に関して協議を行った。個別論点について便益評価に関して事務局、アーキテクチャについて國友フェローから昨年度の成果と今年度の方針について報告された。最後に森本委員より都市計画と次世代交通の検討およびスマートシティの検討について報告が行われた。

第 2 回研究会：サブテーマについて(A)-②、(A)-③よりそれぞれ研究代表者である安部准教授、中田教授より報告された。続いて、林委員より交通とエネルギーのセクターカップリングについて報告が行われた。その後個別論点について便益評価に関して事務局、アーキテクチャについて國友フェローから今年度の論点について報告され、内容について協議を行った。最後に今後の研究会の開催予定について事務局より確認した。

第 3 回研究会：サブテーマの進捗について(A)-②、(A)-③よりそれぞれ研究代表者である安部准教授、中田教授より報告された。その後個別論点について便益評価に関して事務局より省エネを対象とした便益評価の試算結果が報告され、アーキテクチャについては國友フェローから検討状況の進捗が報告され、内容について議論を行った。最後に今後の研究会の開催予定について事務局より報告し、内容について協議を行った。

第 4 回研究会：各テーマの進捗報告が主な議題として検討されたテーマ(A)-①、(A)-②、(A)-③について、それぞれ浅野 SPD、安部准教授、中田教授、テーマ(B)については高橋 SPD、テーマ(C)-①はパナソニック梶原氏および東芝三友氏、そして(C)-②進捗については東京電力 HD の中小路氏より報告が行われ、各テーマについて協議が行われた。その後個別論点について便益評価に関しては事務局より省エネを対象とした便益評価の試算結果とテーマ間連携に関する検討について報告を行い、アーキテクチャについては國友フェローから検討状況の進捗が報告され、内容について協議された。

第 5 回研究会：浅野 SPD よりピアレビューの成果および評価 WG に関する検討について報告が行われた。そして、(A)-②、(A)-③よりそれぞれ研究代表者である安部准教授、中田教授より進捗が報告された。個別論点については便益評価に関しては事務局より他テーマとの連携に関する考え方および次年度の課題、方針について報告を行い、アーキテクチャについて國友フェローから検討状況の進捗と次年度の方針が報告され内容について協議を

行った。

第6回研究会：浅野 SPD より評価 WG の結果報告とテーマ(A)としての対応方針について報告が行われた。その後、(A)-①、(A)-②、(A)-③の今年度の成果および次年度の計画について、(A)-①の便益評価について事務局から、アーキテクチャについて國友フェローから、(A)-②、(A)-③についてはそれぞれ安部准教授、中田教授から報告が行われ、内容について協議を行った。更に、(A)-③の新記事業計画として林委員より報告があり、これらに関して将来の交通環境の変化と交通負荷への影響について森本委員から報告が行われた。

第5項 2020 年度研究会の論点と本報告書の概要

本報告書では、2020 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。

前項で示した研究会での各回の議論を踏まえて、本報告書では”第2章システムアーキテクチャの検討“、“第3章便益の定量評価“、“第4章今後の課題と展望“、“第5ヒアリング“という形で整理した。2020 年度の研究会でテーマとなった主な論点と本報告書で関連する章の関係は以下の通り。

- ① 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（3章）
- ② 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のためのルール策定（2章）
- ③ テーマ(B)、(C)実現時のエネルギーシステムの便益評価（2章、3章）
- ④ 実証事業データに基づく民生分野におけるエネルギーシステムの事例研究（4章）

第2章 システムアーキテクチャの検討

第1節 エネルギーマネジメントとユースケース

第1項 エネルギーマネジメントとは

IoE 社会では多様な情報を活用してエネルギーの需給管理を高度に実施することが期待される。エネルギーはあらゆる部門（セクター）、業種で利用されるものであり、広範囲な情報収集と分析、制御が求められる。また、各部門での活動とエネルギーの情報を合わせて分析することで、将来的にはエネルギーマネジメントによって多様な便益を生み出すことが期待される。

エネルギーマネジメントは、社会インフラのあらゆる場面での活用が検討される。エネルギーマネジメント、情報の活用のあり方としてはネットワークへの活用、社会インフラへの活用、サービスの向上に関する活用等、多様な切り口が考えられる（表 2-1）。

表 2-1 エネルギーマネジメント、情報の利活用の対象となるセクターの事例

大項目	中項目	小項目
ネットワーク	施設系	- エネルギー（電力、都市ガス） - 交通（道路、鉄道） - 通信（インターネット、電話） - 公共（上下水）
	サイバー系	- モビリティサービス - 物流 - 情報発信 - 行政サービス、防災、防犯 - 医療
	その他	人のネットワーク
社会インフラ	主要インフラとして	- エネルギー：電力、ガス、液体燃料 - 輸送施設：道路、鉄道、空港、港湾 - 通信施設：電信（インターネット）、電話 - 都市施設：公園、上下水道、河川、ダム
	社会インフラとして	- エネルギー（電気、ガス） - 交通（道路、港湾、空港） - 電気通信（インターネット、電話） - 公共（上下水、行政サービス、消防・警察） - その他（医療）
サービス		- 健康・スポーツ - 流通、交通 - 公共情報サービス - 公共生活サービス、行政サービス - 環境管理

エネルギーマネジメントで実現できる便益や、それがどのような場面で利用されるかは対象とする部門をどのような考え方で選択し検討していくかによって多様なあり方が考えられる。例えば、宇都宮のスマートシティでの検討事例では、主となる項目とそれらの間での連携(セクターカップリング)を念頭に観光、モビリティ、ホスピタリティ(まちづくり)、エネルギーの4要素を軸にしており、都市計画として都市の魅力向上に資する項目を中心に検討が進められている。これは、表2-1の例で言えば、宇都宮市が自治体として社会インフラという切り口でエネルギーマネジメントや情報利活用を進めることで自治体の魅力向上を目指したものと考えられる。

研究会ではIoE社会として情報技術を活用したエネルギーマネジメントの高度化を進めることを念頭にエネルギーのやり取り、情報のやり取りという表2-1でのネットワークの視点に着目した。特に、エネルギーマネジメント等による物理的なやり取りを重視することでエネルギー、交通、公共、通信の4セクターに絞り、これらのセクターの間でのやり取りを中心に検討を進めた(図2-1)。

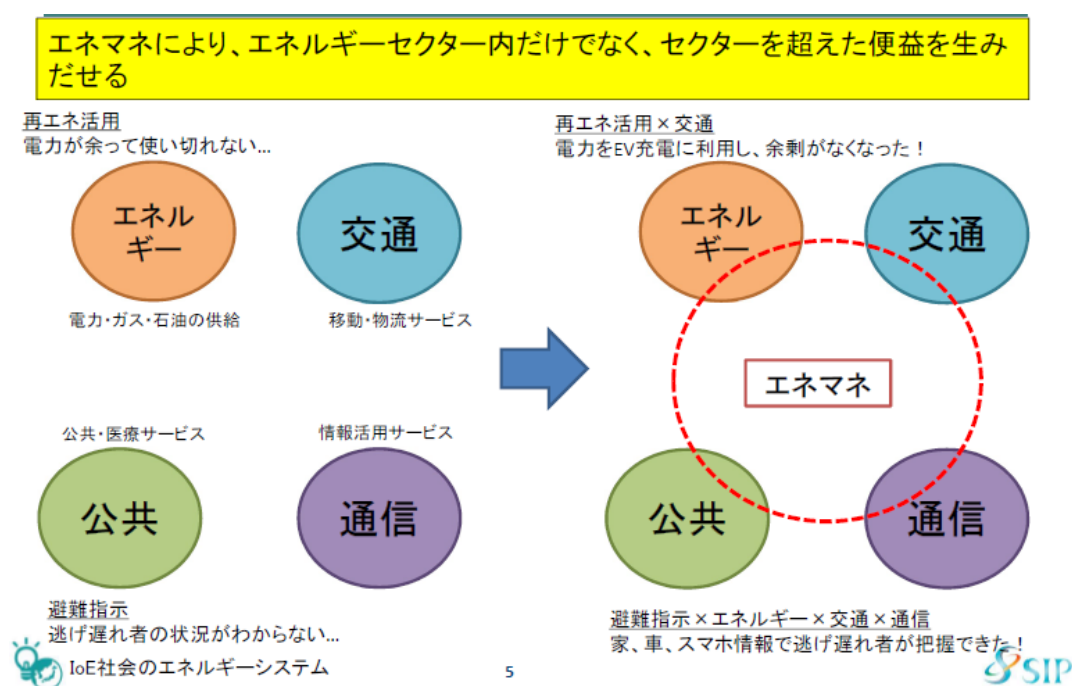


図 2-1 エネルギーマネジメントと部門間の連携

IoE社会における高度なエネルギーマネジメントには情報の活用が期待される。そのためには関連する情報を「集める」、情報の分析を行う「考える」、そして分析した情報を「使う」ことが求められる。この3要素を軸にエネルギーと各部門との連携を検討する中で様々な活用事例(ユースケース)や便益が期待される(図2-2)。

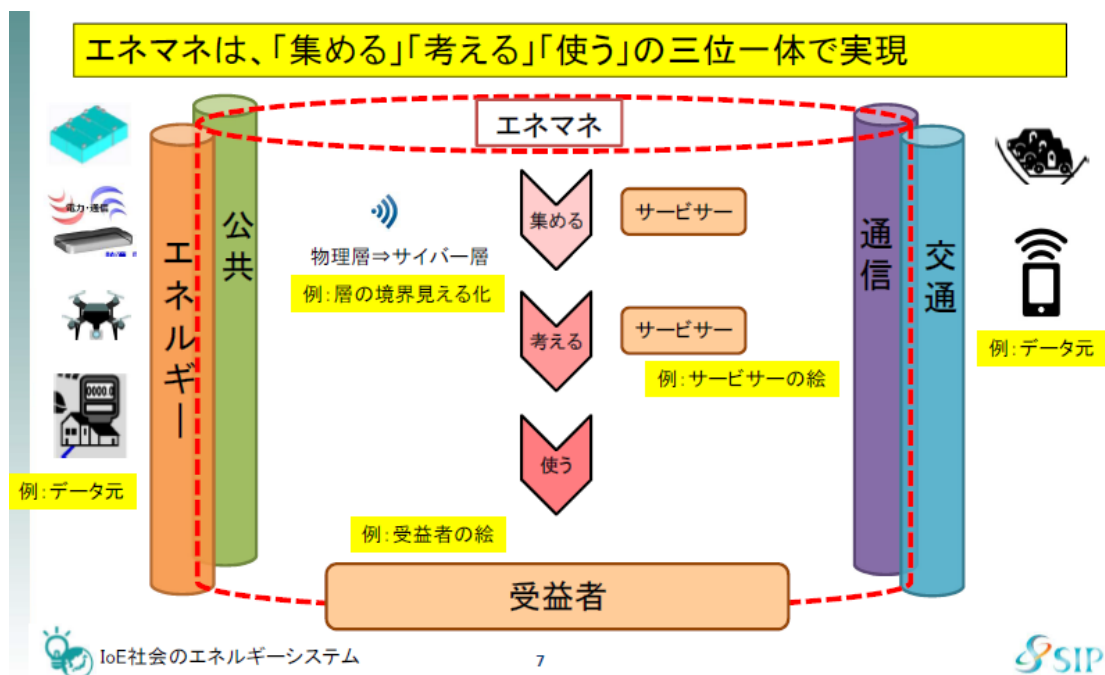


図 2-2 エネルギーマネジメントの要素

例えば図 2-2 で示した連携については、具体的にエネルギーをやり取りする物理層とそれを実現する情報のやり取りを行うサイバー層に分けて整理し、2つの層でのやり取りを明示化することで、情報を「集める」、情報の分析を行う「考える」、そして分析した情報を「使う」ことによって生み出されるユースケースの検討とそのためにどのような情報のやり取りが必要かを峻別して整理することができる（図 2-3）。本章ではこれをアーキテクチャという形で整理している。

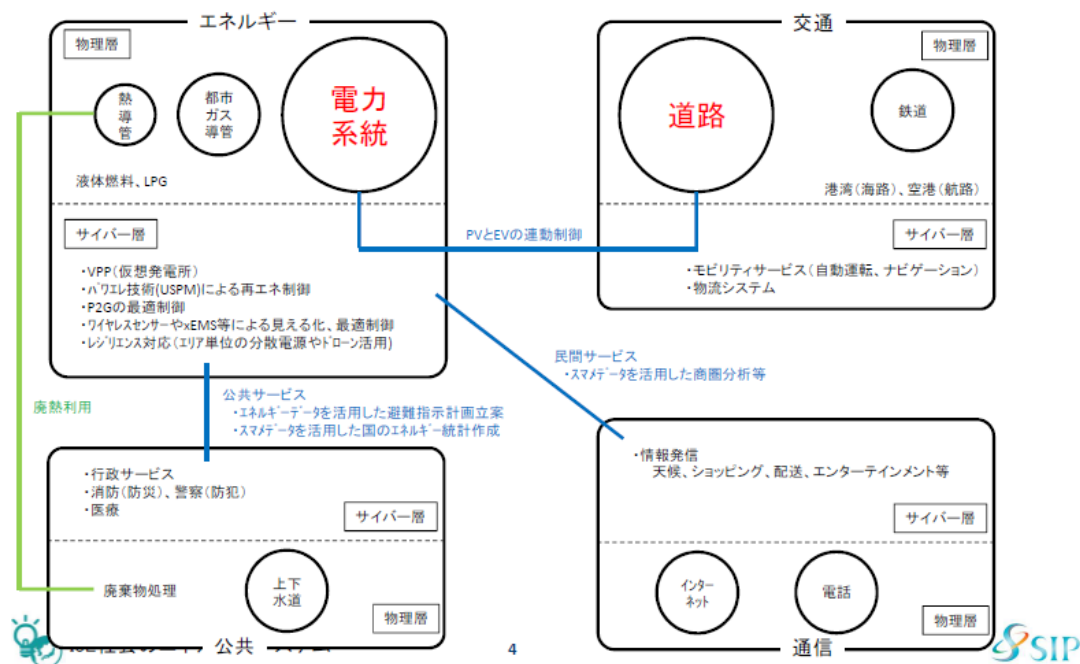


図 2-3 セクター関連図における物理層とサイバー層の関係

部門間での連携に加えて地理的に広いエリアでのマネジメントを行うことで行政単位をまたがった大きなエネルギーマネジメントによる便益が期待される。具体的には、地域によって偏在する再生可能エネルギーの広域での需給マッチングや、ヒト・モノの動きを踏まえたエネルギー需給の合理化の検討等が期待される（図 2-4）。

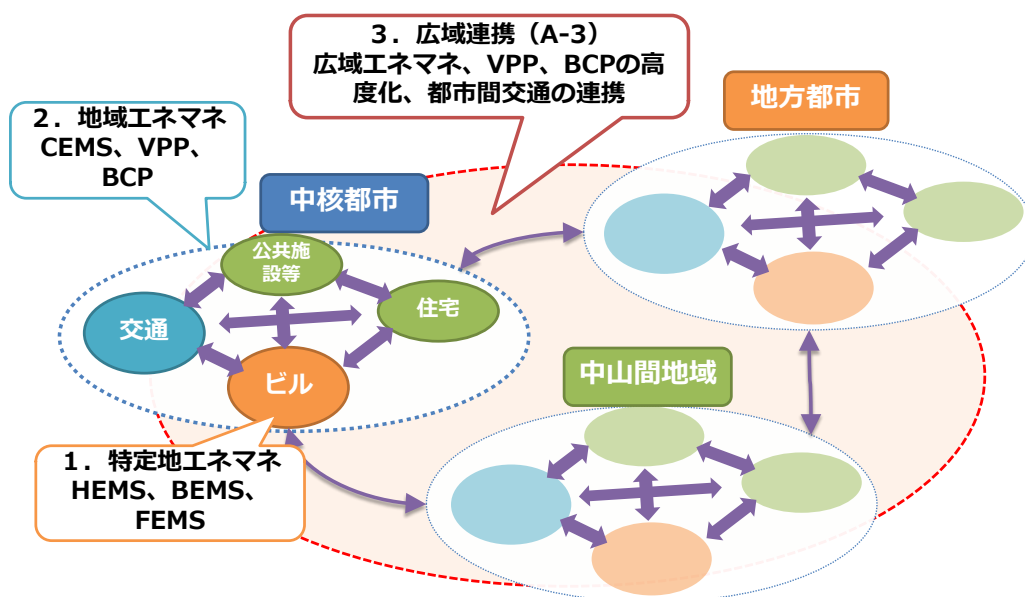


図 2-4 エネルギーマネジメントの広域連携と本研究での検討事例

IoE 社会では、情報技術の進化とともにエネルギーマネジメントのあり方の進化が期待される。この実現のためには上記のコンセプトに基づいて、本研究会においてステークホルダーは誰か、どのような便益があるのか、またそのための仕組み・アーキテクチャはどのようなものかを検討することで IoE 社会の実現に貢献することが期待される。

第2項 エネルギーマネジメントによる便益

エネルギーマネジメントの高度化においては、多くの情報、機器、ステークホルダーについて、より効率的な運用を実現することが期待される。また、効率の向上に加えてマネジメントの高度化も期待される。これらを実現することによって得られる便益として、効率向上に伴う①脱炭素・省エネおよび②ノンエナジー（利便性・安全・省コスト等）¹、マネジメントの高度化に伴う③レジリエンスへの貢献および②ノンエナジー（利便性・安全・省コスト等）への貢献が考えられる（表 2-2）。

表 2-2 テーマ(A)に関する便益評価の例

脱炭素・省エネ	ノンエナジー	レジリエンス	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－			
			データ	分析手法	バウンダリ	連携
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			△(スマートINV含)	マクロ	全国／都市	B
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			○(ワイヤレスセンサー含)	マクロ	全国	C
a4.充放電マネジメントによる自動車の蓄電池劣化の回避			－	－	各自動車	交通系委員
a5.環境改善(ヒートアイランドや大気汚染・PM2.5の緩和)			△(INV, センサー含)	マクロ	都市	B,C
b1.XEMSを通した「見える化」による消費電力量削減			○(スマートINV含)	マクロ	建物	B,C
b2,b3.EV, 高効率デバイスの普及による消費電力量削減			○(スマートINV含)	マクロ	都市	B
c1.送電網:需給調整への貢献			－	モデル	都市	Bモデル
c2.配電網:電圧制御への貢献			－	モデル	コミュニティ	Bモデル
c3.系統混雑の緩和			－	モデル	コミュニティ	Bモデル
d1.災害や停電時の電力供給への貢献			○(ドローン含)	－	コミュニティ	C
e1.EV導入台数の拡大,再生可能エネルギー導入の拡大			△(スマートINV含)	マクロ	全国／都市	B
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			△(INV, センサー含)	マクロ	全国	B,C
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			△(ワイヤレスセンサー含)	モデル	全国／都市	Cモデル?
e4.電力負荷平準化による系統電源の設備利用率向上			△(スマートINV含)	モデル	全国	Bモデル
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			△(スマートINV含)	モデル	全国	Bモデル
e7.エネルギーシステムの省人化			－	－	コミュニティ	C
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	C
f2.コネクテッドカーによる交通最適化			－	モデル?	都市	交通系委員
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	－

各部門においてエネルギーマネジメントを組み合わせることで多様な便益の実現が期待

¹ 本事業ではエネルギーマネジメントに伴う便益について、脱炭素・省エネ、レジリエンスを明示的に項目として検討している。一方で、エネルギーマネジメント技術がもたらす便益は、利便性の向上や安全、省コスト、他にも経済的な波及効果など脱炭素・省エネ、レジリエンス以外でも多様である。このため、これら脱炭素・省エネ、レジリエンス以外の便益を本事業ではノンエナジーの便益と定義した。

される。便益毎にどのようなエネルギーマネジメントの形で実現できるかは部門の特性および部門間の連携のあり方によっても異なる。このため、部門間連携による便益の具体的な検討にあたってはどのようなユースケースがあるかを整理し、その実現性とインパクトを整理することで期待される便益とその実現方法の検討が必要になる。これらの便益の例については昨年度事業²において整理しており、具体的な例として以下の物が挙げられる（図2-5）。

① 脱炭素・省エネ

- 再生可能エネルギーの普及拡大

例：EV(車載蓄電池)充電量や時間を PV 出力変動と連動制御、PV 接続容量を拡大

例：パワエレ技術（ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)等）を最適配置・制御し、再エネ接続容量を拡大

- 水素の利活用

例：再エネ余剰、水素利用量を把握し、P2G（Power to Gas：余剰電気による水素等のガス体エネルギーの製造）による水素タンク

- 発電設備容量の最適設計や貯蔵量の最適制御

- 効率の向上、省エネルギーの推進

例：ワイヤレスセンサーや xEMS³等を活用し、エネルギーの見える化や機器の最適制御を実施

② ノンエナジー（利便性・安全・省コスト等）

- 他セクターと連携したサービスのためのエネルギーデータの提供

例：スマートメータデータ等を目的に応じて加工し、国のエネルギー統計、商圈分析等に活用

③ レジリエンス

- 災害時等におけるエネルギーの確保

例：エリアを区切った分散電源(コジェネレーションシステム (CGS)、PV+蓄電池等)によるエネルギー供給システムの構築

- 被災したエネルギー設備の復旧支援

例：ドローンを活用した被災状況の把握、エネルギーデータを活用した避難指示計画立案

² 日本エネルギー経済研究所、「IoE 社会のエネルギーシステム」に関する研究会運営支援および特定調査分析業務成果報告書（詳細版 2019 年度報告）、2020

³ xEMS：エネルギーマネジメントシステムの多様な使い方を示す。例えば、HEMS（Home Energy Management System）、CEMS（Community Energy Management System）等

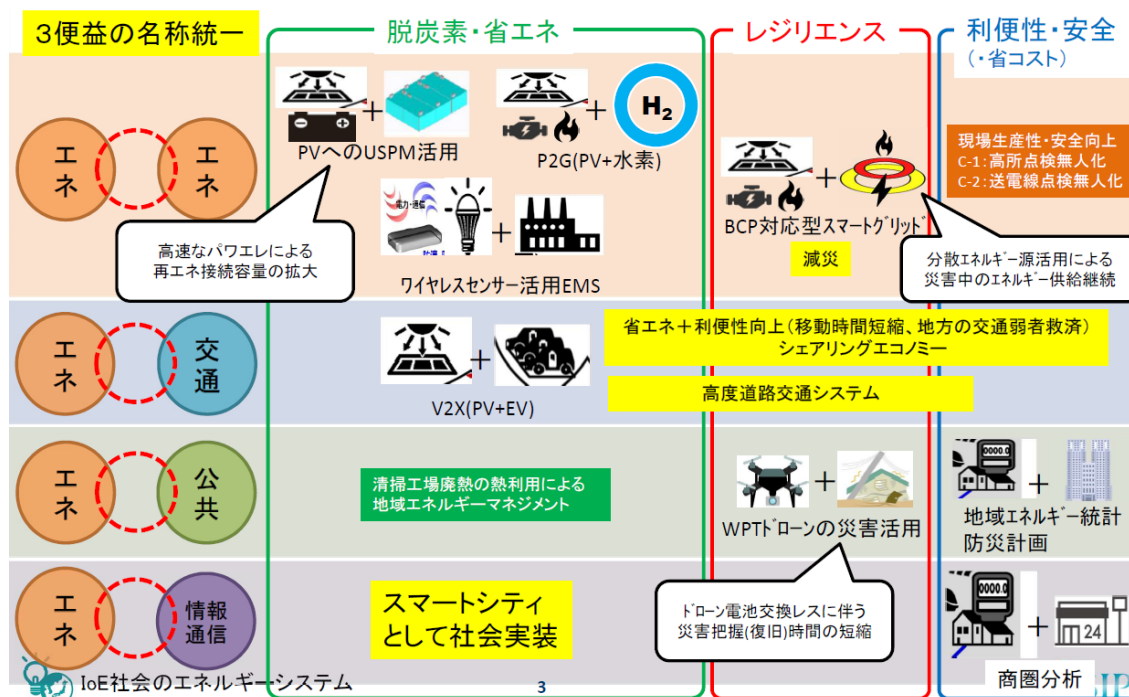


図 2-5 エネルギー管理による部門間の連携によるユースケースと便益の例

第3項 エネルギー管理のユースケース

エネルギー管理は多様な部門での活用が期待され、様々な便益が期待される。具体的な便益およびその実現策の構築のためにはユースケースの特定が重要であり、ユースケースに基づくことで具体的な便益とそれがどのように実現するか、そのために必要な仕組み・アーキテクチャのあり方はどのようなものであるかを検討することが可能になる。

図 2-6 は、エネルギー部門と交通部門とのセクターカップリングにおいてエネルギー管理を行うことによって再生可能エネルギーを無駄なく利用することを想定したユースケースの事例である。再生可能エネルギーの発電量が大幅に増加するタイミングで、セクターをまたぐエネルギー、情報のやり取りを通じて交通部門において EV によって効率的にエネルギーを活用することで全体としてエネルギーの効率的な利用が実現できることになる。

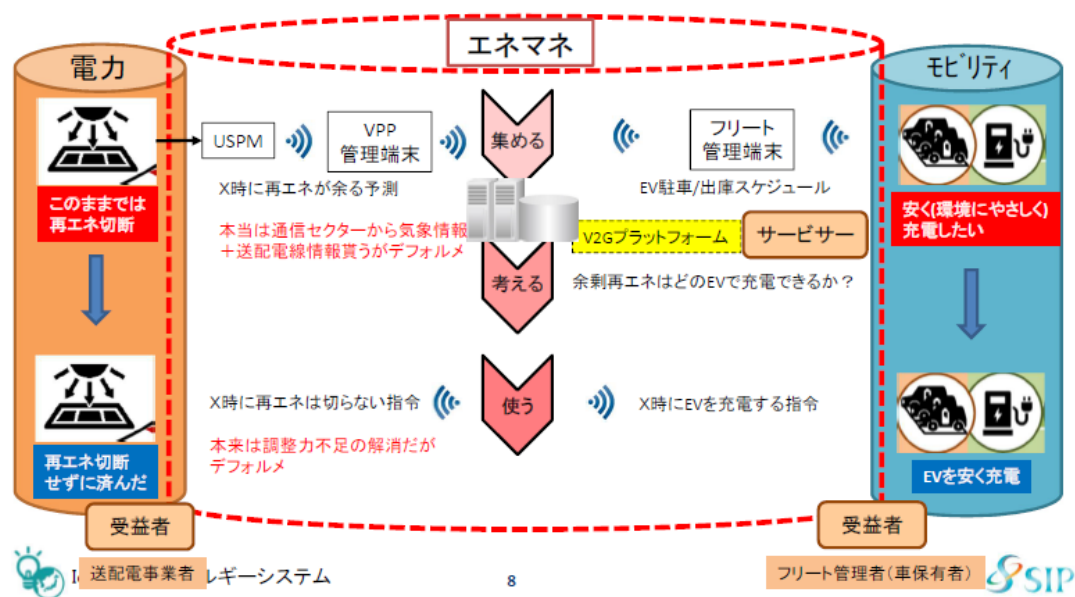


図 2-6 エネルギーマネジメントのユースケース (エネルギー×交通)

以下に、エネルギーマネジメントが関係する部門として、特にエネルギー部門におけるユースケースを始め、エネルギーと交通、エネルギーと公共、エネルギーと通信についてユースケースを整理した。

表 2-3 から表 2-6 では、便益を脱炭素・省エネ、ノンエナジー、レジリエンスに分けた上でユースケース、その提供者、受益者、便益の具体的な内容、課題、解決策、データの利用および規模について整理している。また、テーマ(A)の貢献だけではなく、テーマ(B)およびテーマ(C)の貢献が期待される点も示した。これよりテーマ間連携の議論において便益の項目についてこれらのユースケースを踏まえた具体的な議論が期待される。

表 2-3 エネルギー×エネルギーのユースケース

	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	データの 種類	データの 粒度	規模
エネルギー	エネルギー 転換	・需給調整 ・P2G	・水素、合成ガス 製造事業者 ・需給調整事業者	・再生エネルギー 事業者	・余剰再生エ ネルギーの 活用	・PV発電コスト ・水素製造コス ト	・技術開発 ・複数用途へ の水素活用 ・市場設計	・PVの発電量 ・水素貯蔵量	・分 ・時間	・配電単位 ・建物、事 業所 ・自治体
	再生エネの活 用	・PV、再生エ ネの最適利用	・パワー半導体 メーカー ・発電事業者	・系統運営者 ・需要家	・再生エネル ギー量拡大	・コスト ・公平性 ・制御技術	・技術開発 ・市場設計	・再生エネの発 電量	・秒 ・分 ・時間	・広域圏 ・全国
	EMSの高度 化	・機器の制御 ・エネルギー、 稼働の見え る化	・センサーメー カー ・EMS事業者	・工場、プラント 運営者 ・需要家	・予防保全 ・省力化 ・稼働率向上 ・コスト削減	・通信規格の統 一 ・セキュリティ 対策 ・投資コスト	・汎用性の高 いものから 規格統一 ・ガイドライ ン整備	・エネルギー 消費量 ・機器、設備 の温度情報 ・機器、設備 の振動情報	・分 ・時間 ・日	・単一建物 ・複数建物
	熱エネル ギーの脱炭 素化	・未利用熱エ ネルギーの 利用 ・プロセス間、 セクター間 のデータ連 携	・ヒートポンプ メーカー ・EMS事業者	・工場、プラント 運営者 ・各生産プロセス ・各セクター（石 油、水、電力、 廃棄物処理等）	・熱利用の最 適化 ・DR資源の 開発 ・運用最適化 ・資源有効利 用	・技術課題（圧 縮機動力効率、 冷媒等） ・コスト低減	・技術開発 ・セクター間 の利害調整	・排熱量 ・エネルギー 使用量	・分 ・時間 ・日	・単一建物 ・複数建物
	BCP、レジ リエンス	・災害時の電 力、熱供給 ・インフラの 点検無人化	・自治体 ・送配電事業 社 ・都市ガス事業 者 ・EMS事業者 ・発電事業者	・需要家（事業所、 店舗、学校、ホ テル、劇場等） ・インフラ事業者	・リスク回避 ・経済波及効 果 ・省人化	・サプライ チェーンやエ リア間の連携 ・評価指標の整 理と定量化 ・コスト	・知見、ノウ ハウの共有 ・国際標準化 ・技術開発	・非常時の発 電量 ・停電情報 ・サーバー等 設備の稼働 状況	・秒 ・分 ・時間	・複数建物 ・配電単位 ・自治体
脱炭素・省エネ ノンエネルギー レジリエンス テーマB（パワエレ）の貢献 テーマC（WPT、ドローン）の貢献										

表 2-4 エネルギー×交通のユースケース

	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	データの 種類	データ 粒度	規模	
エネルギー	エネルギーの自動化	・双方向取引 (P2P等) ・自家消費	・EV (個人、法人) ・アグリゲーター	・小売電気事業者 ・EV所有者 ・電力需要家 ・蓄電池事業者	・市場の値差、価格安定化 ・蓄電池販売促進 ・自家消費促進	・アグリゲーターの役割や責任の明確化 ・採算性	・アグリゲーター市場構築 ・税、サービスコスト改善	・SOC情報 ・決済情報	・秒 ・分 ・時間	・複数建物	
	電力バランス	・慣性力 ・周波数制御	・EV (個人、法人) ・充電設備提供事業者 ・アグリゲーター	・系統利用者全体	・慣性力 ・周波数制御 ・アンシラリー	・長時間の周波数調整 ・蓄電池の劣化 ・採算性	・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	・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	・秒 ・分 ・時間	・配電単位	
	エネルギーバランス	・節電力 ・調整力 ・CO2排出削減	・EV (個人、法人) ・充電設備提供事業者 ・アグリゲーター	・電力取引事業者 ・系統運営者 ・小売電気事業者	・市場価格安定化 ・調整力 ・電力投資削減 ・再生エネルギー活用	・アンシラリー ・系統振動緩和 ・設備投資削減	・充放電時損失 ・蓄電池の劣化 ・決済メーター設置	・充放電制御の最適化 ・計量器規格要件の緩和 ・SOCの把握 ・電池の最適組み合わせ ・制御技術	・容量情報 ・SOC情報 ・決済情報	・秒 ・分 ・時間	・配電単位
	系統対策	・需要調整 ・電圧制御 ・電圧緩和	・EV (個人、法人) ・充電設備提供事業者 ・アグリゲーター	・系統運営者 ・送電事業者 ・配電事業者	・アンシラリー ・系統振動緩和 ・設備投資削減	・充放電時損失 ・蓄電池の劣化 ・決済メーター設置	・充放電制御の最適化 ・計量器規格要件の緩和 ・SOCの把握 ・電池の最適組み合わせ ・制御技術	・容量情報 ・SOC情報 ・決済情報	・秒 ・分 ・時間	・配電単位	
	蓄電池の二次利用	・EV蓄電池を用いた定置用電池の構築	・サービスプロバイダ	・系統運営者	・調整力等 ・アンシラリー	・電池劣化 ・リユースの質の確保	・SOCの把握 ・電池の最適組み合わせ ・制御技術	・SOC情報	・秒 ・分	・配電単位	
	単独運転	・バックアップ ・オフグリッド	・EV (個人、法人)	・電力需要家 ・蓄電池事業者	・BCP対応 ・安定供給 ・蓄電池販売	・アグリゲーターの役割や責任の明確化 ・採算性	・アグリゲーター市場構築 ・税、サービスコスト改善	・容量情報 ・SOC情報	・分 ・時間	・配電単位 ・自治体	
	機器の充電	・EV→機器 ・EV→EV	・EV (個人、法人) ・充電設備提供事業者 ・アグリゲーター	・電力需要家 ・EV利用者	・電気料金削減 ・充電方法の拡大	・蓄電池の劣化 ・採算性 ・利用者の理解	・充放電制御の最適化 ・税、サービスコスト改善	・エネルギー消費量 ・SOC情報	・分 ・時間	・配電単位 ・自治体	
	充電器ビジネス	・充電情報管理 ・車両権限管理 ・需要管理	・充電設備提供事業者	・EV利用者 ・充電設備設置者	・充電の利便性 ・充電設備導入費用削減	・機器コスト ・サービスコスト ・情報管理	・コストダウン ・セキュリティの確保	・契約ID管理 ・RFIDの利用 ・充電規格対応 ・SOC情報	・分 ・時間 ・日	・自治体 ・広域圏 ・全国	
	モビリティサービス	・車両サービス ・運行管理充電所ガイド ・サービス情報連携(店舗誘導)	・サービスプロバイダ	・EV利用者 ・EV所有者 ・小売事業者	・モビリティサービス利便性 ・渋滞緩和 ・小売サービス活用	・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	・データ蓄積 ・セキュリティ手法開発 ・精算スキームの整備	・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	・分 ・時間 ・日 ・月	・自治体 ・広域圏 ・全国	
	物流の改善	・再配達の削減 ・物流の最適化	・一般需要家 ・物流利用者	・配送事業者	・物流に伴うエネルギー減、コスト減 ・物流に必要なインフラ減	・データ分析 ・データ収集	・データ蓄積 ・セキュリティ手法開発 ・精算スキームの整備	・配送先エネルギー消費量 ・フリートデータ	・時間 ・日	・自治体 ・事業所	
交通	脱炭素・省エネ ノンエネルギー レジリエンス テーマB（パワエレ）の貢献 テーマC（WPT、ドローン）の貢献										

表 2-5 エネルギー×公共のユースケース

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	データの種類	データの 粒度	規模
エネルギー	DR、 再エネ	・公共設備での DR、再エネ活 用等	・エネルギー 需要家	・自治体、エネル ギー事業者	・省エネ、再 エネの利用 拡大	・評価手法 ・運用手法 ・市場	・評価手法の確立 ・運用手法の確立 ・市場の整備	・エネルギー ・設備データ	・分 ・時間	・建物 ・自治体
	地域 経済	・人口構成、経 済等の予測	・一般市民 ・予測事業者	・自治体	・予測精度の 高度化	・予測手法 ・データの取得	・予測手法の改善 ・データ整備	・エネルギー ・世帯属性 ・経済	・月 ・年	・自治体
	レジリエ ンス	・ドローンの災 害利用 ・故障検知	・ドローン事 業者 ・ユーティリ ティ	・自治体 ・エネルギー事 業者	・災害時の状 況把握 ・対応の迅速 化	・ドローンの整 備 ・データ活用	・ドローンの整備 ・データ活用方法 のガイドライン ・法規制の整備	・エネルギー ・設備データ	・年	・建物 ・自治体
	レジリエ ンス	・災害時情報把 握と避難誘導	・一般市民 ・事業者等	・自治体	・災害時対応 の迅速化、 精度の向上	・情報の周知 ・データの取得	・情報の周知のあ り方 ・データの取得と 利用に関するガ イドライン整備	・エネルギー ・世帯属性	・月 ・年	・広域
	防犯	・防犯計画の策 定支援	・一般市民 ・事業者等	・自治体	・防犯対策精 度の向上	・予測手法 ・データの取得	・予測手法の改善 ・データ整備	・エネルギー ・犯罪データ	・月 ・年	・自治体
	防犯	・犯罪の検知 ・見守り ・空き家管理	・一般市民 ・事業者等	・自治体	・犯罪の未然 防止	・情報の周知 ・データの取得	・情報の周知のあ り方 ・データの取得と 利用に関するガ イドライン整備	・エネルギー ・上下水デー タ ・犯罪データ ・世帯データ	・月 ・年	・自治体
	統計 整備	・地域エネル ギー統計	・エネルギー 事業者等	・自治体等	・エネルギー データの整 備	・データ整備手 法 ・データの取得	・データ整備ガイ ドラインの策定 等	・エネルギー	・月 ・年	・自治体
公共	統計 整備	・公的統計の補 助 ・遠隔共同検計 等	・一般市民	・自治体	・公的統計の 精度の向上 ・統計整備の 迅速化	・データの取得 ・データの処理	・データの取得と 利用に関するガ イドライン整備	・エネルギー ・世帯データ ・人流データ	・月 ・年	・自治体
	脱炭素・省エネ ノンエナジー レジリエンス テーマB（パワエレ）の貢献 テーマC（WPT、ドローン）の貢献									

表 2-6 エネルギー×通信のユースケース

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	データの種類	データの 粒度	規模
エネルギー	DR、 再エネ	・データセン ター等を活用 したDR	・データセン ター	・エネルギー 事業者	・省エネ、再 エネの利用 拡大	・収益性	・関連市場の整備	・エネルギー ・設備データ	・分 ・月 ・時間	・建物 ・自治体
	DR、 再エネ	・次世代SMでの データ取得、 活用、遠隔検 計	・データ提供 者	・エネルギー 事業者等	・エネマナの 高度化 ・データ取得 の効率化	・収益性 ・データの取得 技術の安全性	・関連市場の整備 ・ガイドライン整 備	・エネルギー ・設備データ	・分 ・時間 ・日 ・月	・自治体
	再エネ	・エネルギー源 のトレース	・エネルギー 提供者	・エネルギー 小売事業者	・再エネ価値 等の顕在化	・データの整備 ・運用の信頼性	・関連市場の整備 ・プラットフォーム の確率	・エネルギー	・月 ・年	・建物 ・自治体
	経済分析	・人流分析	・データ提供 者	・事業者等	・人流を考慮 したサービ スの最適化	・データの整備 ・プライバシー	・データのガイド ラインの整備	・エネルギー ・人流データ	・時間 ・日 ・月 ・年	・自治体 ・広域
	経済分析	・商圈分析	・データ提供 者	・事業者等	・商圈を考慮 したサービ スの最適化	・データの整備 ・プライバシー	・データのガイド ラインの整備	・エネルギー ・営業データ ・POSデータ ・決済データ	・日 ・月 ・年	・広域
	防災	・機器の動作の 把握 ・故障予知	・データ提供 者	・事業者等	・機器運用最 適化 ・機器の運転 状況把握	・データの質 ・プライバシー	・データのガイド ラインの整備 ・データ処理技術 の進化	・エネルギー ・設備データ	・秒 ・分	・作業場 ・建物 ・自治体
	その他	・与信管理、支 払い者のト レース	・決済サービ ス事業者	・サービス利 用者	・支払い能力 の把握 ・支払い者の トレース	・プライバシー	・データのガイド ラインの整備 ・データ処理技術 の進化	・エネルギー ・決済データ ・与信データ	・日 ・月	・個人 ・法人
通信	その他	・共同遠隔検計	・ユーティリ ティ ・自治体	・サービス利 用者	・通信コスト 削減	・データの整備 ・プライバシー	・データのガイド ラインの整備 ・データ処理技術 の進化	・エネルギー ・上下水 ・設備データ	・日 ・月 ・年	・個人 ・建物
	脱炭素・省エネ ノンエナジー レジリエンス テーマB（パワエレ）の貢献 テーマC（WPT、ドローン）の貢献									

第2節 ユースケースとアーキテクチャ

第1項 ユースケースと適用範囲

前節ではエネルギーマネジメントに期待される便益とそれが発生しうるユースケースについて整理した。本節では、それらユースケースが具体的にどのような場面、ステークホルダーの関係によって生み出されるかを整理し、そのためのシステムアーキテクチャの構築の検討を行う。エネルギーマネジメントのユースケースは取扱うデータの粒度および範囲の切り口でも整理できる（図 2-7）。これによって各ユースケースの実現に必要な技術的要素および必要なデータの種類の明確になる。例えば、扱うデータのリアルタイム性や時間単位の細かさによって統計情報のようなものから、スマートメーター等で回収するデータとして、IoT 機器などを用いてより現場に近く瞬時に取得が求められるデータまで多様である。求められるシステム設計、アーキテクチャはユースケース、便益とともに扱うデータの種類や適用される範囲によって大きく異なる。

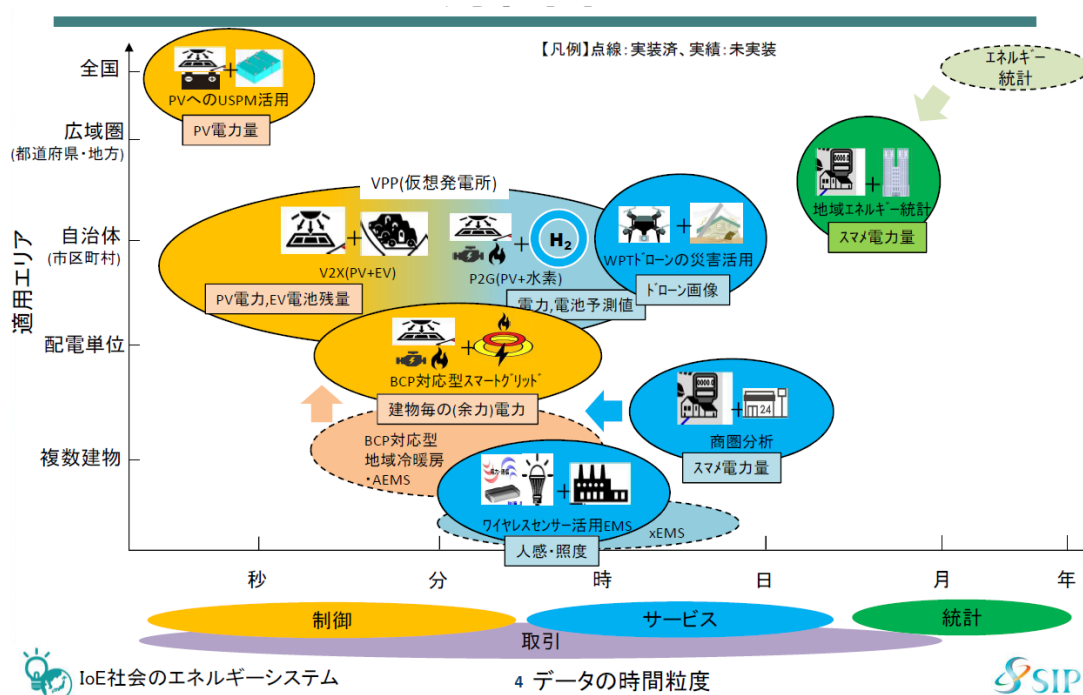


図 2-7 データの時間粒度と適用エリアを考慮したユースケースの事例

第2項 アーキテクチャの構成

ユースケースの整理を踏まえて、これらを実現するためにどのようなシステムアーキテクチャが必要になるか、どこまでをカバーするかを検討が求められる。汎用性の高いアーキテクチャは多様なユースケースをカバーし、便益の実現に貢献することが期待されるが、そのために何が必要となるかを明示した上で基本となるアーキテクチャの提示が求められる。

内閣府 SIP 事業⁴では、特にスマートシティに関して参照すべきリファレンスアーキテクチャを整理している（図 2-8）。ここでは Society5.0 の実現を目指す中で、スマートシティ構築のために必要なデータ、データ連携および、それらを支えるルールや組織についてどのような関係にあるかを整理している（図 2-9）。

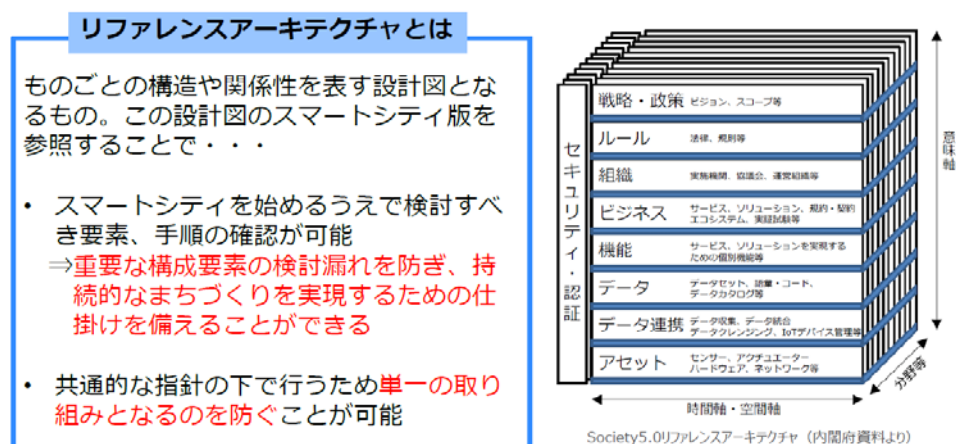


図 2-8 リファレンスアーキテクチャ

（出所）日本電気株式会社ほか、スマートシティアーキテクチャ設計と関連実証研究の推進、2020

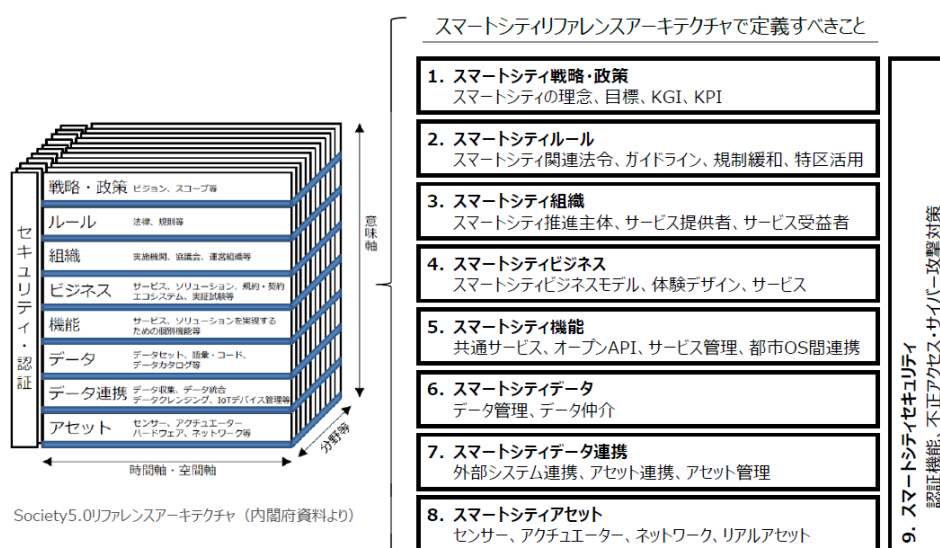


図 2-9 Society5.0 リファレンスアーキテクチャとその応用

（出所）日本電気株式会社ほか、スマートシティアーキテクチャ設計と関連実証研究の推進、2020

⁴ 内閣府、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／ビッグデータ・AIを活用した サイバー空間基盤技術のアーキテクチャ構築ならびに実証研究事業、2020

本研究会ではSIPのスマートシティの検討におけるリファレンスアーキテクチャに倣い、エネルギーマネジメントに焦点を当てた上で、そのユースケースや便益を実現しうるアーキテクチャの整理を行っている。部門間での連携の枠組みの位置づけを踏まえてアーキテクチャを整理することで、エネルギーマネジメントに資するアーキテクチャ構成を図 2-10 に示す。

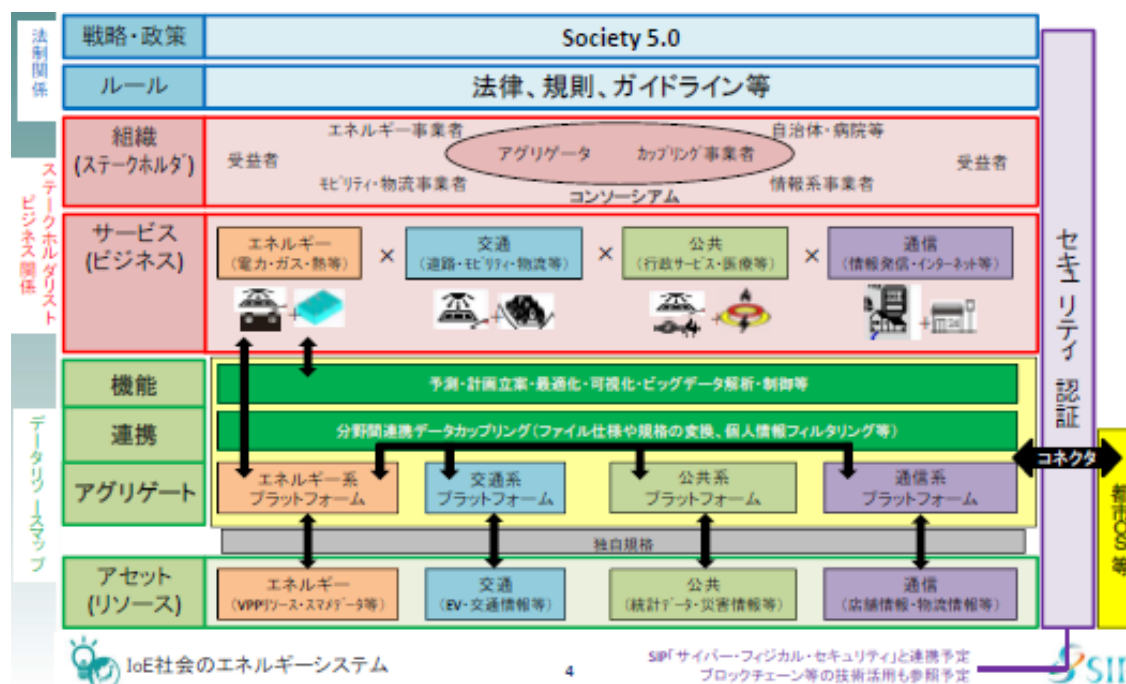


図 2-10 高度なエネルギーマネジメント実現のためのアーキテクチャの構成

また、SIP サイバー/アーキテクチャ構築および実証研究ではスマートシティのリファレンスアーキテクチャを踏まえて多数の実証を行っている（表 2-7）。本研究会で検討するエネルギーマネジメントの視点から参考になる点も多く、来年度以降事業においてエネルギーマネジメントの実証研究においても参考になるものといえる。

表 2-7 SIP サイバー/アーキテクチャ構築および実証研究概要

事業名	主たる実施者	概要
利用者へのデリバリーを意識した都市OSの開発及び実証研究	アクセンチュア株式会社	会津若松で地域共通IDを使った決裁アプリ、ヘルスケア、デジタル・ガバメントサービスの件検討
異種スマートシティ基盤のプログラマブル・フェデレーションによる広域人流把握・活用実証	国立大学法人名古屋大学	社会状況に応じたスマートシティの相互接続を容易に可能とするモデルと基盤の構築およびその実証
異種システム連携による都市サービス広域化（高松広域-防災）と複数都市間のデータ連携の実証	日本電気株式会社	中核都市のプラットフォームや情報を共同利用した住民サービスの向上。近隣自治体での迅速な情報共有による広域防災の実現
民間事業者含む都市内の異なるシステム連携による分野横断サービスの実証研究（富山市・高松市－交通・観光）	日本電気株式会社	交通・観光を起点とした「富山市モデル」のデファクト化とデータモデル/APIの国際標準等を考慮した他地域への横展開の実現。
観光関連サービス事業者向け、A I 活用型高度データ共有化プラットフォーム構築・活用事業	株式会社JT B	多様なデータを提供する「高度データ共有化プラットフォーム」の構築。u A I を活用し『個別事業者向け需要予測システム』の提供
スマートウエルネスシティ実現に係る実証研究 ⁵	株式会社日建設計総合研究所	健幸に資するポイントシステム、人流、都市計画、データの都市間連携、MaaSの検討
スマートシティにおけるパーソナルデータと産業データのデータ取引市場による共有基盤の実証	エプシロンジャパン株式会社	本研究開発テーマによる成果を得るため、スマートシティにおけるデータ提供者・利用者のビジネスモデルの実証によりデータ流通の課題抽出と解決方法を提示。コンソ各社の研究開発テーマと具体的実施概要を示す。
分野横断による課題解決型デジタルスマートシティの実現と複数都市間のデータ連携に関する実証研究	株式会社日建設計総合研究所	都市の課題として、防犯、子育て環境の整備に資するスマートシティの実現、アーキテクチャ構築にかかる実証と都市間連携の推進

（出所）内閣府、SIP サイバー/アーキテクチャ構築および実証研究の成果公表、2020

第3節 アーキテクチャとステークホルダー

第1項 ステークホルダーリスト

第 1 節において期待されるエネルギーマネジメントの概要とユースケースおよび便益を整理し、第 2 節においてアーキテクチャの概略を示した。本節ではアーキテクチャを踏まえてステークホルダーの具体的な整理と具体的なやり取りに関してビジネス面、データのやり取り面で整理する。

以下ではエネルギーマネジメントを通じたセクターカップリングの事例として V2X⁵に着目し、自動車とエネルギーマネジメントに関するステークホルダー、ビジネスの流れおよびデータの流れを整理する（表 2-8）。

⁵ V2X（Vehicle to X）：自動車と家庭、オフィス、系統等をつなぐことによってエネルギー融通を行う技術

表 2-8 ステークホルダーリスト (V2X の事例)

名称	概要
電力アグリゲーター	調整力(再エネの電力変動を吸収する等)に資するリソースを集め、送配電事業者へ調整力を提供する。
リソース保持者	調整力に資するリソース(蓄電池,EV,CGS等)を電力アグリゲーターへ提供する。
送配電事業者	電力アグリゲーターより調整力を活用し、電力安定供給を実現する。
データカップリング事業者	エネルギー系と交通系で異なる情報(ファイル仕様や通信規格)の変換を行う。 必要に応じ個人情報のフィルタリング(統計処理等)を行う。 課題
都市OS事業者 (情報銀行事業者)	V2X(PV+EV等)で利用した情報と他セクターのデータを集め、スマートシティのサービスが必要とするデータを取捨選択し(もしくは加工し)提供する。
スマートシティのサービス	都市OS事業者より得た情報を利用し、スマートシティ内サービスを提供する。
交通アグリゲーター	交通系で共通的に必要な情報を集め、都市OS事業者やモビリティサービスへ提供する。
モビリティサービス	モビリティサービス(充電時間最適化を含む複数車両管理、物流管理、自動運転支援等)を提供する。

第2項 ビジネス関係図

ユースケースおよびステークホルダーの検討を踏まえて、実際に想定されるビジネスでの事業フローに落とし込むことで、金銭のやり取りやセキュリティの確保など、コンセプトとしてのアーキテクチャの検討においてより慎重な検討が必要となる事項についての検討が進められる(図 2-11)。

ビジネスとして検討する場合の具体的な課題の例として、リファレンスアーキテクチャを具現化する時にビジネスの運営主体をどう構築するかといった点がある。例えば、交通部門での検討では都市計画との関係も含めて交通事業者は全体の便益を最大化することを目指している。セクターカップリングによってデータ等を活用して得られる便益は個別の便益と全体の便益を分けて考えることが求められる。この時に誰が事業をマネジメントするのかが課題となる。つまり、都市交通のように公益要素が強ければ公的な存在が入る事が重要であるが、あるいは民間事業者が収益を担保できるのであれば、民間事業者が主となることも検討される。重要な点としてセクターカップリングの便益が全体最適になっているかをチェックする必要がある、その意味でエネルギーと交通のセクターカップリングにおいては自治体の介在が重要となり、これを含めてコンソーシアム等を形成することが考えられる。

本項で整理した内容を踏まえて実証事業においてその有効性を検証することで、実事業において活用可能なアーキテクチャの構築、関係者間の関係の整理の検討を進める。

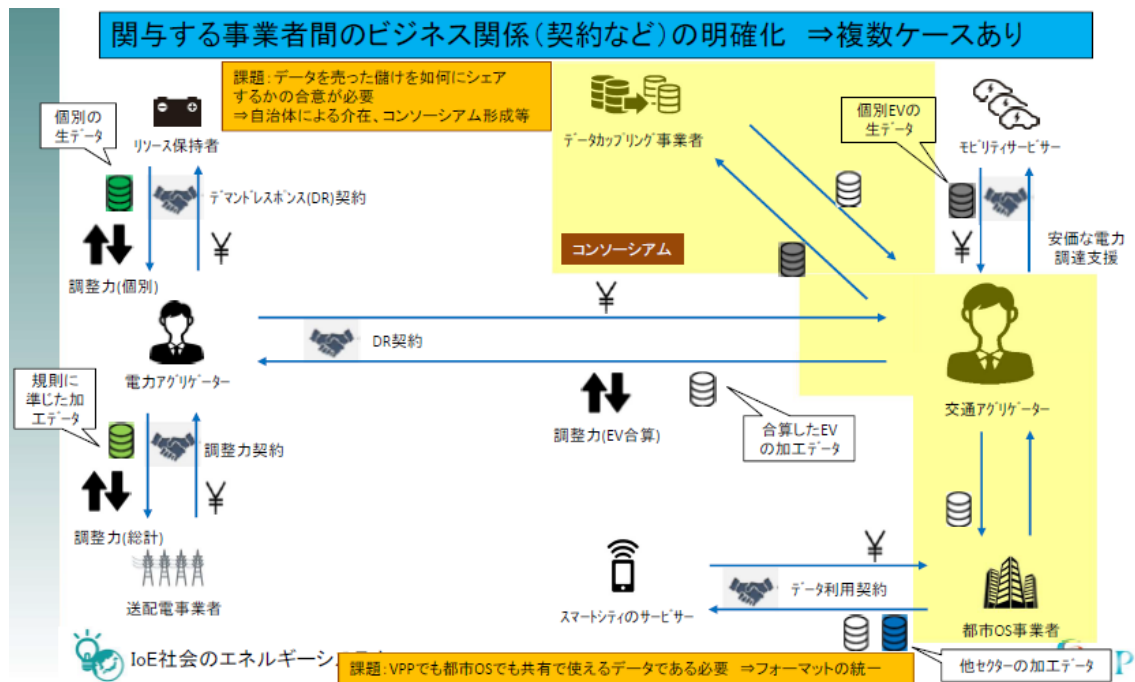


図 2-11 ビジネス関係 (V2X の事例)

第3項 データリソースマップ

ビジネス関係図を踏まえて、金銭のやり取りと同様にセキュリティの確保が求められるデータのやり取り、特に個人情報等の取り扱いを含めて具体的な仕様や基準を想定することで実事業において活用可能なアーキテクチャの構築を進める。図 2-11 に示している通りデータの活用については円滑な情報のやり取りを進めるためのフォーマットの統一が一つの課題となる。この点を含めてデータの活用についてはアーキテクチャの検討において、データセットの存在の明確化とセクターの接合部での仕様の統一が重要になる (図 2-12)。

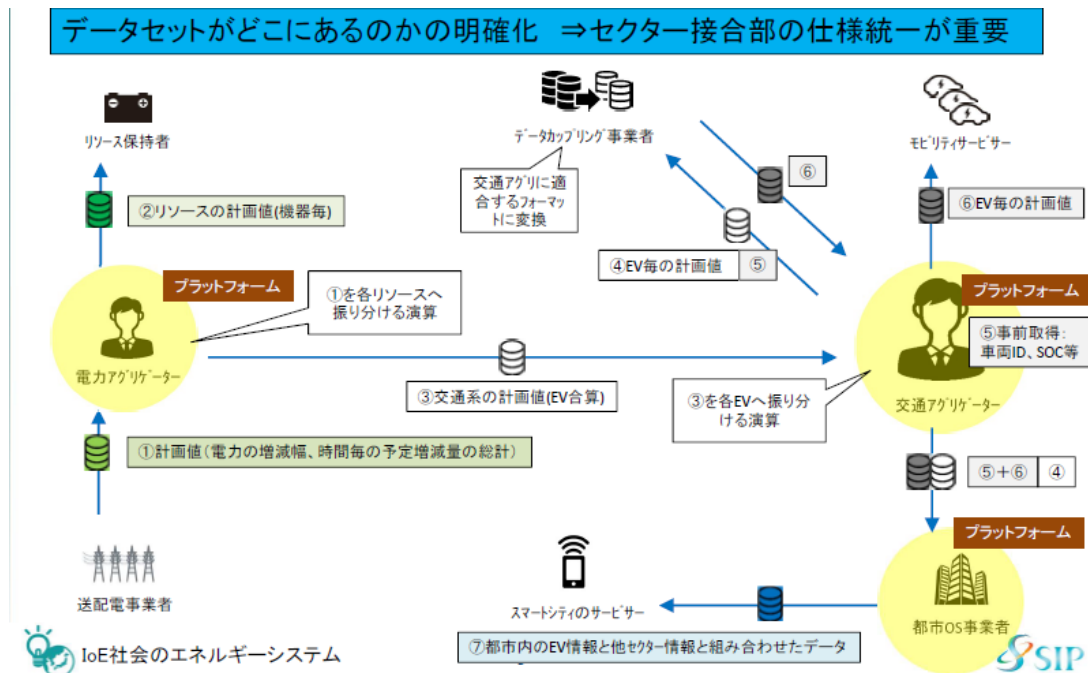


図 2-12 データリソースマップ (V2X の事例、電力計画送信時)

図 2-12 の電力計画の送信に続いて、電力制御の入力を行う段階では自動制御によってデータのフォーマット等を変換する時間的な余裕等の具体的な仕様がアーキテクチャの検討での課題となるため、これらについては実証などを通じて実データのやり取りの中で検討することが求められる (図 2-13)。

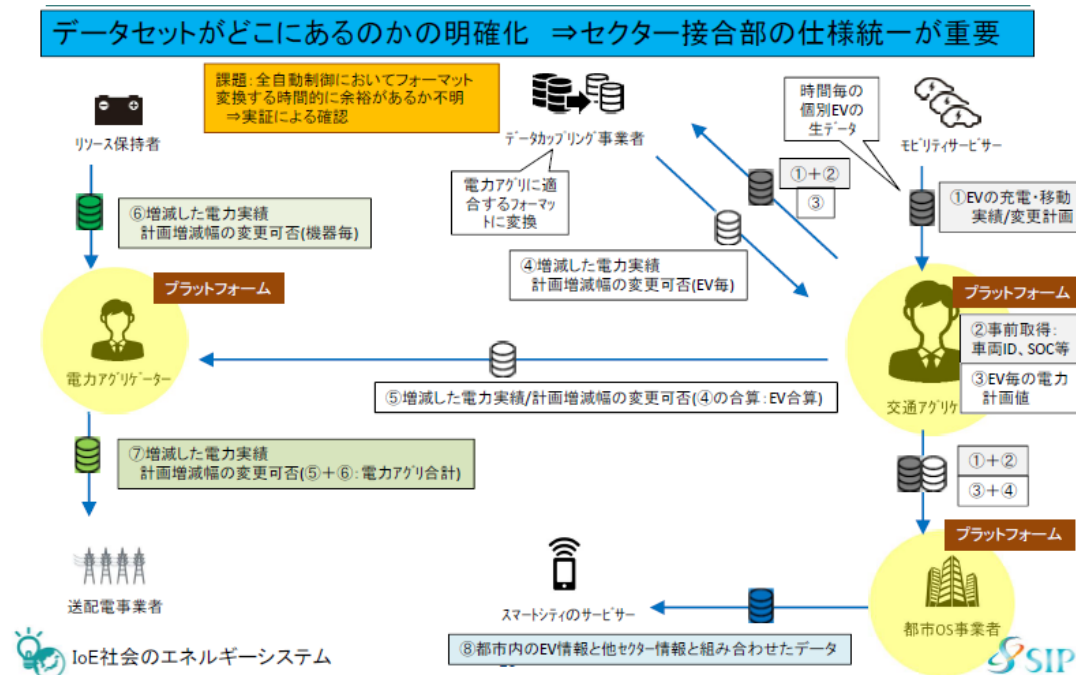


図 2-13 データリソースマップ (V2X の事例、電力制御時：入力)

図 2-14 の電力制御の出力を行う段階ではそれを受ける EV 側の計画変更について、どの程度の変更が可能かといった点を明確にすることが求められる。

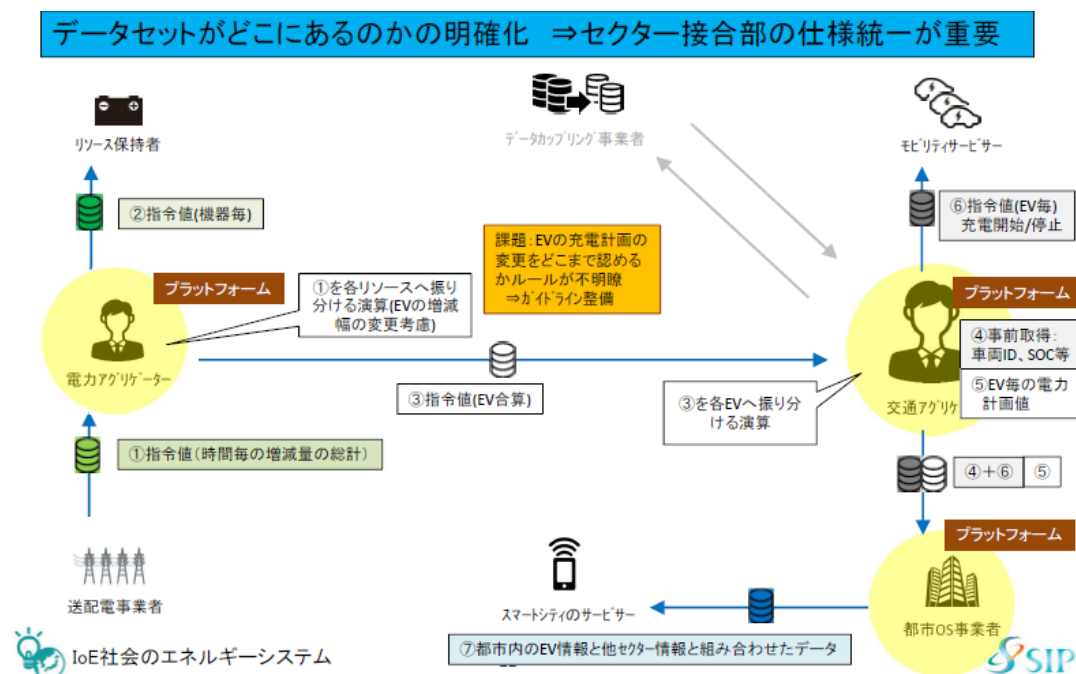


図 2-14 データリソースマップ (V2X の事例、電力制御時：出力)

データのやり取りについては、データそのもののフォーマットの違いに加えて通信規格の課題があり、やり取りするデータの粒度や速度、セキュリティ等に応じて多様な規格が検討される。用いられる規格は各部門によって異なる可能性が考えられるため、セクターカップリングにおいて部門間で円滑なデータのやり取りを実現するために通信規格についてもセクター接合部の仕様統一が課題になる（図 2-15）。

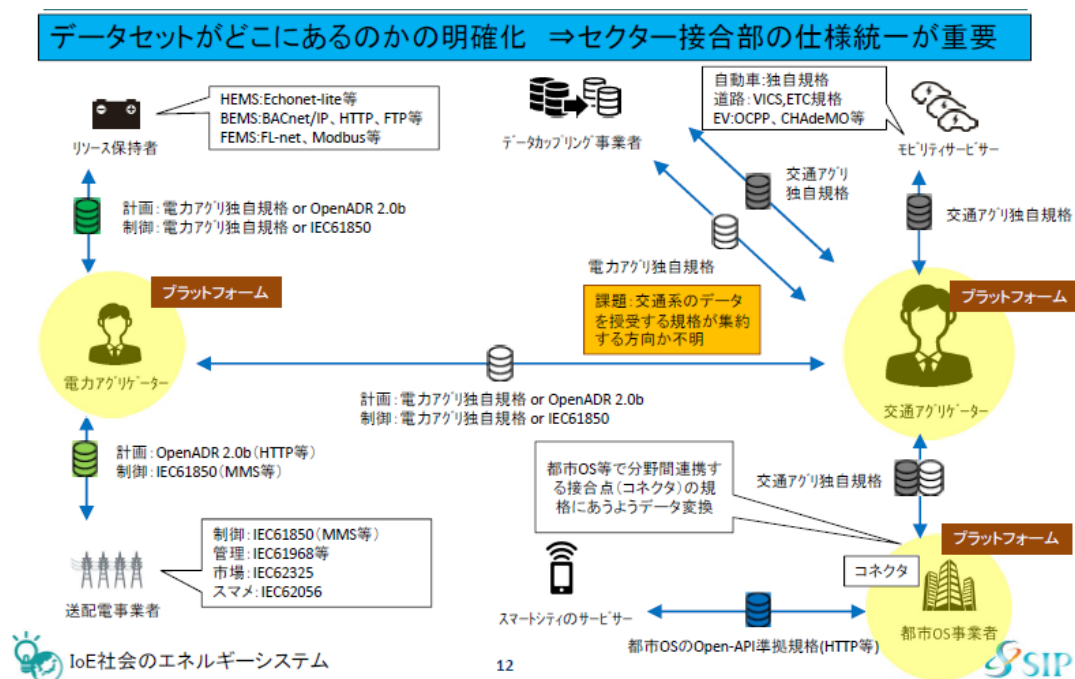


図 2-15 データリソースマップ（V2X の事例、通信規格）

以上の通り、エネルギーマネジメントに関するセクターカップリングを実現するためには、ステークホルダーがどのように行動するかを想定した上でアーキテクチャの検討が求められる。特に社会実装を視野にいれるためにはビジネスとしての成立の検討や実際のデータのやり取りを想定した構成が求められる。また、実社会においてビジネスとしての実現するためには先に挙げたステークホルダーが事業展開を行うにあたりそれぞれ関連する法制度、ルールに基づいた事業運営、行動が求められる。この点についてはビジネスのあり方や具体的なデータのやり取りを含めたルール整備が必要になる。この点についてはビジネス関係図、データリソースマップの検討を踏まえて法制度の検討が求められるため、今後の課題として今年度の研究会では整理されている。

第3章 便益の定量評価

第1節 評価基準と定量評価

第2章で示した通り、エネルギー・マネジメントの高度化によって多様な便益が期待される。IoE 社会の実現に向けた検討を深めるためにはこれらを定量的に評価することで、研究開発、社会実装による影響を明らかにすることが求められる（表 3-1）。

また、本研究会で扱うテーマ(A)とパワエレを主に扱うテーマ(B)、そして WPT とドローンを扱うテーマ(C)それぞれについて各テーマ単体での便益に加えて、テーマ間連携、特に本研究会ではテーマ(A)との連携による便益について定性的、定量的な検討が求められる（表 3-1）。

評価にあたっては、便益を脱炭素・省エネ、ノンエナジー、レジリエンスに大別した上で当該技術を導入したことによって、導入しないベースケースに対する各便益の改善度を評価基準として、本研究会での成果を定量的に示していくこととする。

表 3-1 テーマ(A)に関する便益評価の例（再掲）

脱炭素・省エネ	ノンエナジー	レジリエンス	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－			
			データ	分析手法	バウンダリ	連携
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			△(スマートINV含)	マクロ	全国／都市	B
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			○(ワイヤレスセンサー含)	マクロ	全国	C
a4.充放電マネジメントによる自動車の蓄電池劣化の回避			－	－	各自動車	交通系委員
a5.環境改善(ヒートアイランドや大気汚染・PM2.5の緩和)			△(INV, センサー含)	マクロ	都市	B,C
b1.XEMSを通した「見える化」による消費電力量削減			○(スマートINV含)	マクロ	建物	B,C
b2,b3.EV, 高効率デバイスの普及による消費電力量削減			○(スマートINV含)	マクロ	都市	B
c1.送電網:需給調整への貢献			－	モデル	都市	Bモデル
c2.配電網:電圧制御への貢献			－	モデル	コミュニティ	Bモデル
c3.系統混雑の緩和			－	モデル	コミュニティ	Bモデル
d1.災害や停電時の電力供給への貢献			○(ドローン含)	－	コミュニティ	C
e1.EV導入台数の拡大,再生可能エネルギー導入の拡大			△(スマートINV含)	マクロ	全国／都市	B
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			△(INV, センサー含)	マクロ	全国	B,C
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			△(ワイヤレスセンサー含)	モデル	全国／都市	Cモデル?
e4.電力負荷平準化による系統電源の設備利用率向上			△(スマートINV含)	モデル	全国	Bモデル
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			△(スマートINV含)	モデル	全国	Bモデル
e7.エネルギーシステムの省人化			－	－	コミュニティ	C
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	C
f2.コネクテッドカーによる交通最適化			－	モデル?	都市	交通系委員
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	－

上表で示した便益評価項目の定量評価にあたっては想定されるユースケースとそこで得られる便益について、表 3-2 の通り各種文献から評価結果を参照することで便益評価の検討を深める。想定される便益についてエネルギー・マネジメント単体の便益を整理した文献を検討することでテーマ(A)-①単体での便益評価について情報を整理する。

表 3-2 テーマ(A)-①の便益と定量評価の検討

分類	項目	メリット	活用例	効果	資料等
脱炭素・省エネ	エネルギーシステム運用の最適化	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	・TSO/DSOの運用最適化 ・エネルギー利用時の燃料投入の最適化 ・電化の促進 ・グリーンエネルギー利用の促進	・発電設備利用率がX%向上 ・出力抑制がX%減少 ・エネルギー利用における環境負荷原単位がX%改善	各種論文など, NREL?EPRI?
	エネルギーの見える化	b1.XEMSを通じた「見える化」等による消費電力量削減	・EMSによる省エネ ・需要に応じたサービスの提供(DR, 見守り等)	・EMSなどによりエネルギー消費量がX%削減 ・需要サイドからの調整力提供, 柔軟性がX%向上	国内実証
	設備形成の最適化	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 a4.充放電マネジメントによる蓄電池劣化の回避	・系統増強計画の最適化, 計画の繰延 ・系統安定化設備の合理化 ・SS等のエネルギーインフラの合理化 ・自動車用蓄電池の劣化緩和の回避	・増強計画がX%縮減, 繰延 ・蓄電池設置量がX%減少 ・EV等電池の寿命の延長, 廃棄物等がX%減少	欧米のTSO等
	環境負荷改善	a5.環境改善(ヒートアイランドや大気汚染・PM2.5の緩和)	・環境負荷を抑えた設備運用 ・地域環境影響の把握と改善	・環境汚染物質排出量をX%削減	環境省? EPA?

分類	項目	メリット	活用例	効果	資料等
ノンエネルギー	設備形成の最適化	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, e4.電力負荷平準化による系統電源の設備利用率向上	SS, EV充電所等のエネルギーインフラの合理化	・エネルギーインフラの重複の解消等によりX%コスト減 ・増強計画X%縮減, 繰延 ・蓄電池設置量がX%減少	米国TSO, NREL, OCCTO?
	設備普及による経済効果	e1.EV導入台数の拡大, 再生可能エネルギー導入の拡大 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	VPP関連サービスとともに関連機器が普及	・EMSが○台, EVが○台, 充電所等が○箇所普及	各種マーケットレポート
	交通の合理化	f2.コネクテッドカーによる交通最適化	・MaaSとエネルギーの連携による合理化 ・渋滞の緩和	・輸送人キロ, トンキロあたりのコストがX%低減	MaaS関連実証
	市場の安定化	e6. 電力卸価格安定化, e7.エネルギーシステムの省人化, f3.機器間電力取引の促進(環境価値の顕在化)	・エネルギー市場の安定化, 拡大	・市場取引量がX%増加	各種マーケットレポート

分類	項目	メリット	活用例	効果	資料等
レジリエンス	電力系統への貢献	c1.送電網:需給調整への貢献, c2.配電網:電圧制御への貢献, c3.系統混雑の緩和	・電力系統の需給運用の合理化	・電力系統運用における調整力需要がX%低減 →モデル分析なども検討	米国TSO, NREL, OCCTO?
	災害時の貢献	d1.災害や停電時の電力供給への貢献	・災害時の復旧支援, 被害状況把握	・復旧時間がX%低減 ・その他レジリエンス指標がX%改善	東ガスレポート等, エネルギーレジリエンスの定量評価に向けた専門家委員会の整理等

第2節 各テーマでの便益の定量評価

前節の通りテーマ(A)-①単体での便益に関して 3 つの分類に基づいての検討事例を整理した。将来的にエネルギーマネジメントの高度化が広がっていくことでの便益の整理とその定量評価が求められる。具体的には、現在のスナップショットでのエネルギーマネジメント効果に加えて将来どうなっていくかを見通した定量評価が求められる。このためには、将来的にどのような技術が、どのタイミングで普及していくかが重要であり、それに基づいて各種便益評価が行われることになる。また、この技術の普及のタイミングはテーマ(A)以外のテーマについても足並みを揃えて認識を共有することで IoE 社会実現に向けて共通したシナリオを描くことになる。

研究会では一例として、エネルギーマネジメント技術の高度化によって将来的により広域的なエネルギーマネジメントを行う世界を想定している。あるテナント、事業所でのエネルギーマネジメントから、建物単位、街区単位、行政区単位、さらに自治体間での連携といった形で広域でのエネルギーマネジメントの導入が考えられる。

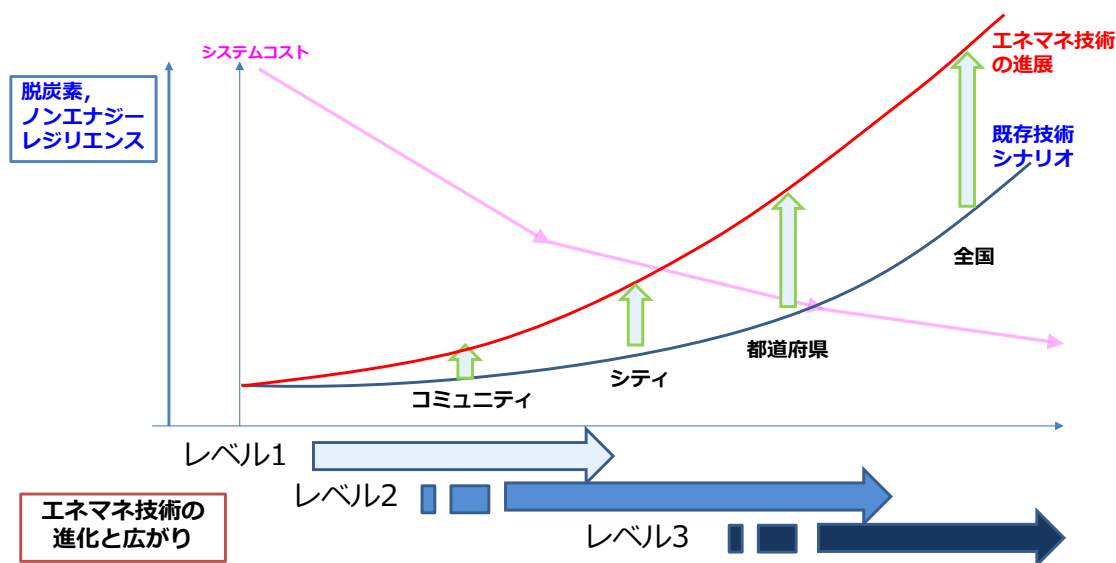


図 3-1 テーマ(A)-①の便益のイメージ

(出所) 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作成資料を元に加筆

図 3-1 のイメージを踏まえて各テーマで検討している技術項目を時間軸に落とし込むことで技術導入と研究開発にかかる共通したシナリオ、イメージの作成を行い研究会において報告、議論している。

エネルギーマネジメントだけでなく、BCP(Business Continuity Plan)対応や、VPP の実現など具的なユースケースをどのように、またどのタイミングで実現できるかを本課題全体として統一感を持つことが求められる。そして、それらを実現するためにテーマ (B)、テーマ (C) で検討されている技術が、いつ、どのような形で貢献できるかを明らかにすることでユースケースと便益の実現を具体的に想定して検討を行った (図 3-2)。

	2020	導入期	2025	拡大期	2030	成熟期	他テーマとの関係
エネルギーマネジメント (効率向上)	単体	SM、DR活用	複数機器連携	次世代SM、街区単位	SC拡大	広域連携 (広域エネマネ)	A-2、A-3、B、C-1
BCP対応 (レジリエンス)	概念設計	建物単位	→	街区単位	→	広域連携 (広域災害対応)	A-3、C-2
VPP (再エネ、EV統合)	概念設計	建物単位、ローカルな系統制御	→	街区単位	→	広域連携 (VPPの拡大)	A-2、A-3、B
その他 (データ活用、セクターカップリングの拡大)	GDBLでの検討	個人データ利用検討	→	次世代SM、地域統計、公共データ	→	広域連携 (都市OS連携等)	全て

図 3-2 技術導入の時間軸と各テーマでの要素の検討

第1項 テーマ(A)-①単体での便益評価

(1) テーマ(A)-①単体での便益評価の考え方

エネルギーマネジメント単体での効果を検討するテーマ(A)-①では、エネルギーマネジメントの導入の広がり、将来的にエネルギーマネジメントの高度化が進展することを前提に定量評価を検討する。本年度の研究会では具体的な検討項目として分析事例が豊富なエネルギーマネジメントによる省エネに着目し、定量評価のため方法論の検討と省エネ効果の推計を試みた。

省エネ評価にあたっては資源エネルギー庁が作成している長期エネルギー需給見通し⁶で示されている将来のエネルギー需要量を参照する。ここからエネルギーマネジメント技術の導入によって需要が各部門においてX%削減できるという想定の下でエネルギーマネジメント単体による省エネ効果の推計を行った。また、省エネ効果の進展については、エネルギーマネジメント単体でのベストプラクティスから、CEMS（Community Energy Management System）等の効果、そして将来的な自治体間での広域連携のエネルギー需給最適化による省エネについても視野に入れて検討する（図 3-3）。

部門の 省エネ量	2020	2025 ～導入期	2030 ～拡大期	2040 ～成熟期
産業・転換部門	26GJ (0.4%削減)	最終消費から x%削減	左に加えてy%	左に加えてz%
業務部門	91GJ (3.6%削減)	最終消費から x%削減	左に加えてy%	左に加えてz%
家庭部門	69GJ (3.4%削減)	最終消費から x%削減	左に加えてy%	左に加えてz%
運輸部門	-	最終消費から x%削減	左に加えてy%	左に加えてz%
合計	186GJ (1.3%削減)			

図 3-3 便益評価：省エネ評価の基本的な考え方

（出所）2020 の省エネ量は資源エネルギー庁、長期エネルギー需給見通資料、平成 27 年 7 月より作成。単位は原油換算のエネルギー量

(2) エネルギーマネジメントによる省エネ効果に関する事例

エネルギーマネジメント単体での便益評価について、特に省エネ、省 CO₂ の観点から日

⁶ 資源エネルギー庁、長期エネルギー需給見通し関連資料、2015

本での最近の事例を整理した。表 3-3、図 3-4 の通り EMS の導入事例より業種別に省エネの効果は多様である。

表 3-3 ミクロな事例：省エネに関するエネルギーマネジメントの事例

部門	会社	EMS単体のエネルギー消費削減率	対象機器	備考
産業	サン・クロレラ	9.7%削減	空調、照明	kWのデマンドは3割程度削減
	太陽機械	15.4%削減 (電力使用量)	圧縮機、加熱炉、ポンプ、その他	kWのデマンドは1割程度削減
	植田製油	4.8%削減	その他	
	川村義肢	2.3%削減	空調、照明	kWのデマンドは15.6%削減
業務	サンフレッシュ（加茂店）	1.4%削減	空調、照明、冷凍・冷蔵	kWのデマンドは16.4%削減
	マツヤスーパー（矢倉店）	4.2%削減	冷凍・冷蔵	kWのデマンドは2割程度削減
	あいの病院	3.0%削減	空調、照明	kWのデマンドは16.7%削減
	日航関西エアカーゴシステム	1.3%削減	空調、照明、ポンプ	kWのデマンドは2割程度削減
	京阪カントリー	2.4%削減	空調、ボイラー	
	インターナショナル・スポーツ・プランニング	1.6%削減	空調、照明	

（出所）経済産業省近畿経済産業局、平成 28 年度 EMS 活用事例集、2017

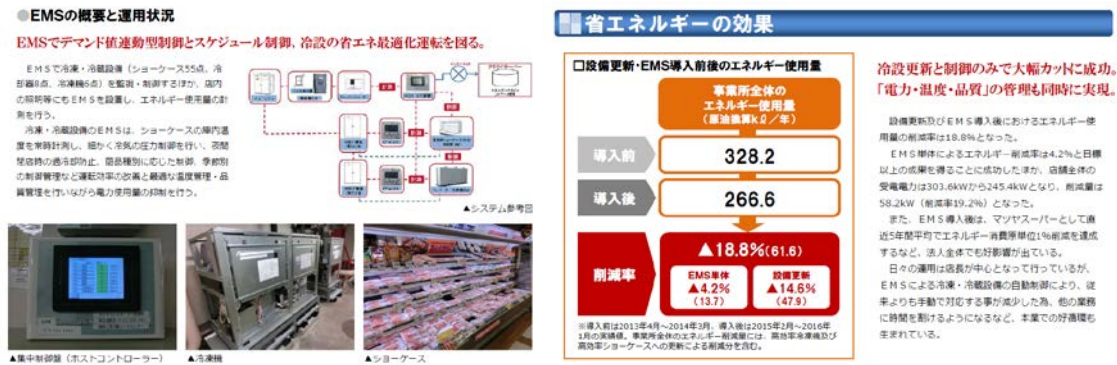


図 3-4 ミクロな事例：省エネに関するエネルギーマネジメントの個別事例

（出所）経済産業省近畿経済産業局、平成 28 年度 EMS 活用事例集、2017

(3) 部門別、地域別の省エネ効果の精緻化に関する検討

テーマ(A)-1 ではエネルギーマネジメントによる最新の分析事例を元に全国に展開した時の推計を検討する。この時、先述のものはある業種のある事業者の事例であり、これを用いて拡大推計する場合には過大もしくは過小推計になる懸念がある。少なくとも省エネ効

果を適応する事例と業種の対応についてなるべく近い事例を参照することで精緻化を試みることとする。

また、街区単位でのエネルギーマネジメントについては、本来的には各地域のエネルギー事情を踏まえた事例より省エネ効果を参照することが求められるが、本試算ではより人口が多い地域でこれらのエネルギーマネジメントが実施され、かつ検討される効果が実現されるものとみなして地域別での精緻化を試みた。

いずれの点についても本研究会での検討を含めて今後の技術開発、導入検討の事例の拡充に伴って省エネに関する便益についても適切に見直していくことが求められる。

● 部門の詳細化

エネルギーマネジメントによる省エネの事例は業種ごとに多様であり検討事例も豊富である。便益評価の精緻化にあたっては検討が進んでいる業務部門について部門内での詳細化を検討する。業務部門について詳細に整理しているエネルギー消費統計を元に業種の違いと各業種に対応する先述のエネマネのベストプラクティスの省エネ率より各部門の省エネ貢献率を推計する（表 3-4）。その上で、業種毎に近いと考えられる事例から省エネ率を想定することで各業種の省エネ貢献率を推計し、業務部門全体の省エネ率を加重平均で算出する。

表 3-4 部門別省エネ率の想定

平成30年度	需要 (千kL)	需要シェア	省エネ率想定	備考 (参照した事例)
電気・ガス・熱供給・水道業	2,707	4.5%	2.4%	京阪カントリー
情報通信業	1,570	2.6%	1.6%	インターナショナル・スポーツ・プランニング
運輸業、郵便業	2,249	3.7%	1.3%	日航関西エアカーゴシステム
卸売業、小売業	11,306	18.8%	4.2%	マツヤスーパー
金融業、保険業	660	1.1%	1.6%	インターナショナル・スポーツ・プランニング
不動産業、物品賃貸業	1,777	3.0%	1.6%	インターナショナル・スポーツ・プランニング
学術研究、専門・技術サービス業	1,214	2.0%	1.6%	インターナショナル・スポーツ・プランニング
宿泊業、飲食サービス業	8,930	14.9%	4.2%	マツヤスーパー
生活関連サービス業、娯楽業	5,990	10.0%	3.0%	あいの病院
教育、学習支援業	4,902	8.2%	3.0%	あいの病院
医療、福祉	7,430	12.4%	3.0%	あいの病院
複合サービス事業	180	0.3%	1.6%	インターナショナル・スポーツ・プランニング
サービス業（他に分類されないもの）	9,801	16.3%	2.4%	京阪カントリー
公務（他に分類されるものを除く）	1,285	2.1%	3.0%	あいの病院
業務部門合計	60,001		3.1%	

（出所）資源エネルギー庁、平成30年度エネルギー消費統計調査、2020より作成

● 地域別の詳細化

本試算では特に 2025 年から 2030 年を拡大期として、街区単位でのエネルギーマネジメントである CEMS の適用が拡大することを想定している。この時、こういった地域から CEMS が導入されるのが課題である。エネルギーマネジメントによってロスが改善すると言う効果が考えられる中ではエネルギー消費が多い人口密集地域においてその効果が大きいことが期待される。よって、今年度の検討では CEMS の地域別の違いを考慮するために、本試算では人口 300 万人以上である都道府県において CEMS を適応とし便益を推計することとした（表 3-5）。

実際の CEMS 的なエネルギーマネジメントの運用の実態については、各自治体などで検討されている低炭素化計画や都市計画も参照して今後検討することが必要になる。また、将来的な導入ポテンシャルという点ではテーマ(A)-③で検討される各地域でのエネルギー利用状況の検討を踏まえて精緻化することが期待される。

表 3-5 街区単位でのエネルギーマネジメント（CEMS）対象地域の検討

	産業部門	業務部門	家庭部門	乗用車台数
	単位：原油換算千kL			単位：台
北海道	7,824	4,073	3,642	2,794,896
埼玉県	875	5,163	2,684	3,195,629
千葉県	31,586	4,090	2,290	2,799,238
東京都	184	11,960	5,061	3,114,811
神奈川県	18,481	5,547	3,360	3,057,677
静岡県	1,738	3,602	1,301	2,211,704
愛知県	12,428	7,104	2,679	4,164,071
大阪府	5,745	6,926	3,124	2,762,304
兵庫県	11,848	4,479	1,944	2,308,833
福岡県	8,786	3,966	1,585	2,582,964
日本全体	211,262	102,980	48,091	61,354,808
CEMS適用割合	47%	55%	58%	47%

（出所）資源エネルギー庁、平成 31 年・令和元年石油消費等動態統計年報。資源エネルギー庁、平成 30 年度エネルギー消費統計調査。環境省、平成 30 年度家庭部門の CO2 排出実態統計調査（家庭 CO2 統計）、自動車検査登録情報協会より作成

(4) テーマ(A)-①単体での省エネに関する便益評価

テーマ(A)-①単体での省エネに関する便益について、エネルギーマネジメントによる単体の効果および部門別の詳細化、広域化に関する地域別の検討、想定 of 整理に基づいて、エネルギーマネジメントによる省エネの便益に関する推計の前提条件を下記の通り整理する。

エネルギー需要については長期エネルギー需給見通しの 2030 年の見通しと足元の需要から内挿することで 2020、2025、2030 の部門別のエネルギー需要を想定した（図 3-5）。

- 産業部門
 - ✓ 文献 1⁷より業種別の想定が難しいため 2025 年までの導入期で一律 5.0%と想定
 - ✓ 更に文献 2⁸より 2030 年までの拡大期で一律 1.5%（CEMS、ダイナミックプライシングの効果）と想定
（→先行事例の深堀り、本課題の成果において追加、精緻化が期待される）
- 業務部門
 - ✓ 文献 1 より 2025 年までの導入期において業種別想定から加重平均で想定
 - ✓ 更に文献 2 より 2030 年までの拡大期で一律 3.0%（CEMS、省エネ率）と想定
- 家庭部門
 - ✓ 文献 2 より 2025 年までの導入期において一律 6.0%（節電行動）と想定
 - ✓ 更に文献 2 より 2030 年までの拡大期で 10.0%（主に PV の面的利用の効果）と想定
- 運輸部門
 - ✓ 文献 2 より 2030 年までの拡大期において EV の電費が 10%改善と想定
（→本課題でセクターカップリング等による電費、燃費改善の精緻化が期待される）

なお、2040 年以降については自治体間の広域連携に伴うエネルギーマネジメントの効果を想定しており、これに関する便益評価の先行検討事例はなく、来年度以降の本事業での分析課題の一つとして本年度の検討には含めていない。

⁷ 文献 1：近畿経済産業局、平成 28 年度 EMS 活用事例集、2017 年 2 月

⁸ 文献 2：次世代エネルギー・社会システム協議会（第 17 回）－配布資料、資料 5（別添）北九州市資料、2014

単位：GJ					単位：GJ、%				
部門	2020 (長期見通し推計)	2025 ～導入期	2030 ～拡大期	2040 ～成熟期	部門	2020 (単位GJ)	2025 ～導入期	2030 ～拡大期	2040 ～成熟期
産業・転換部門	6,511	6,738	6,966	-	産業・転換部門	26	5.0%	1.5%	-
業務部門	2,579	2,625	2,670	-	業務部門	91	3.1%	3.0%	-
家庭部門	1,981	1,958	1,935	-	家庭部門	69	6.0%	10.0%	-
運輸部門	3,155	3,087	3,019	-	運輸部門	0	0.0%	10.0%	-
合計	14,226	14,408	14,590	-	合計	186	-	-	-

図 3-5 需要想定と省エネ率の想定

(出所) 資源エネルギー庁、長期エネルギー需給見通し関連資料、2015 より作成

上の需要想定と省エネ率の想定に基づいたエネルギーマネジメントの省エネ量の推移は
図 3-6 および表 3-6 の通り推計される。

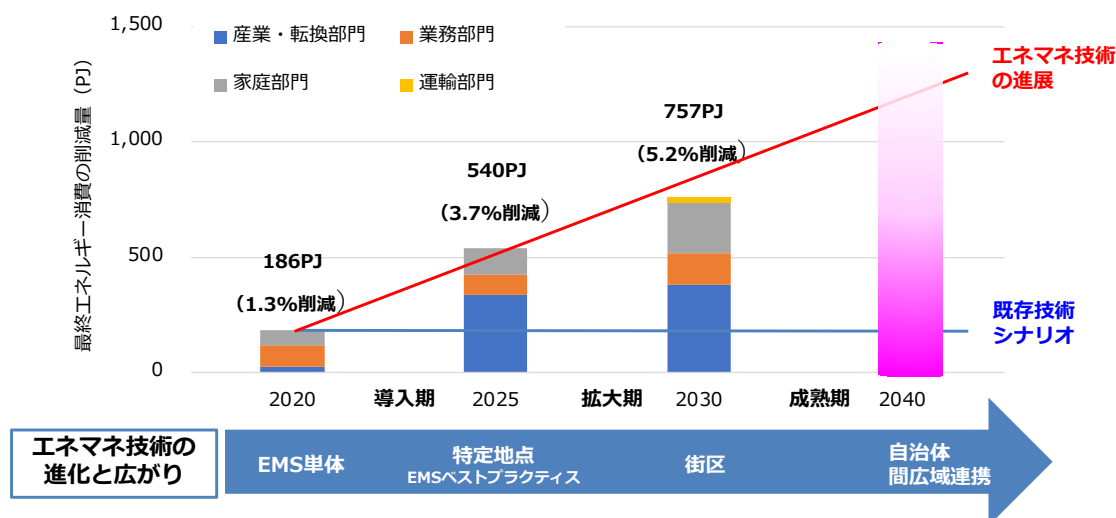


図 3-6 省エネ量の試算結果①

表 3-6 省エネ量の試算結果②

部門	2030年の 省エネ前の最終 エネルギー消費		2020 ベース	2025 ～導入期	2030 ～拡大期	2040 ～成熟期
産業・ 転換部門	6,966GJ		26GJ (0.4%削減)	309GJ (左から追加 4.6%削減) ※1	47GJ (1.5%削減)	左に加えて z%
業務部門	2,670GJ		91GJ (3.4%削減)	0 GJ ※2	43GJ (3.0%削減)	左に加えて z%
家庭部門	1,935GJ		69GJ (3.6%削減)	45GJ (左から追加 2.4%削減)	105GJ (10%削減)	左に加えて z%
運輸部門	3,019GJ		-	-	23GJ (10%削減,)	左に加えて z%
合計	14,590GJ		186GJ (1.3%削減)	354GJ (2.5%削減)	217GJ (1.5%削減)	-

(注) ※1：産業部門については個別の業種とベストプラクティス事例の対応が難しいため一律とした。※2：ベストプラクティス事例についての見直しと長期見通しでは省エネ量の大幅な追加は無い水準

テーマ(A)-①単体での省エネに関する便益評価では、既往研究、実証の成果より特定箇所でのエネルギーマネジメント単体での省エネを中心にエリアを広げた省エネの効果や将来的な自治体、行政単位を超えた場合の効果も視野に検討した。

各個別技術が洗練されていくことで特定箇所でのエネルギーマネジメントの省エネ効果の向上が期待される。また、IoE 社会を目指す中では部門、地域を越えたエネルギーマネジメントの効果の深堀りと実現が期待される。来年度以降も含めて本事業の成果としては、これらの便益について地域の事例等での検証を通じて具体化していくことが求められる。また特に課題全体としての取り組み、成果の反映という点でテーマ(B)および(C)の技術成果を反映し便益を評価することが重要である。

第2項 他テーマとの連携による便益について

(1) テーマ間連携による便益の検討

テーマ(A)-①単体ではエネルギーマネジメントに絞った便益の検討を行った。先述の通りエネルギーマネジメントを通じたセクターカップリングによる便益は多様であり、また、本研究会でも他テーマにおいて多様な便益について検討されている。

本項では各テーマ個別で検討されているユースケースおよび便益の検討を踏まえて、エネルギーマネジメント研究会の下で各テーマとの連携をどのように検討し、期待される便

益はどのようなもので、また、定量的にどのように分析するかについて検討する。

テーマ(A)-②および(B)では将来の再エネ普及等への貢献を含めて次世代のパワーエレクトロニクスについての検討を深めている。研究会での報告では、検討中のパワーエレクトロニクスの活用によって各種ロスの大幅な低減はもとより、より高度なパワーエレクトロニクスを用いたスマートインバータの高度化などにより再生可能エネルギー利用率（変動電源出力抑制の回避）を向上させることによる再エネの導入拡大への貢献が期待されている。テーマ(A)-①との連携においては、次世代のパワーエレクトロニクスの導入期、拡大期におけるエネルギー効率の向上への貢献やエネルギーマネジメントの高度化への貢献が期待される。また、ワイヤレス、分散系リソース等に次世代パワーエレクトロニクスが導入されることで生み出される市場規模等の推計についても検討することで、エネルギー以外の貢献としてノンエナジーの便益も期待される（図 3-7）。

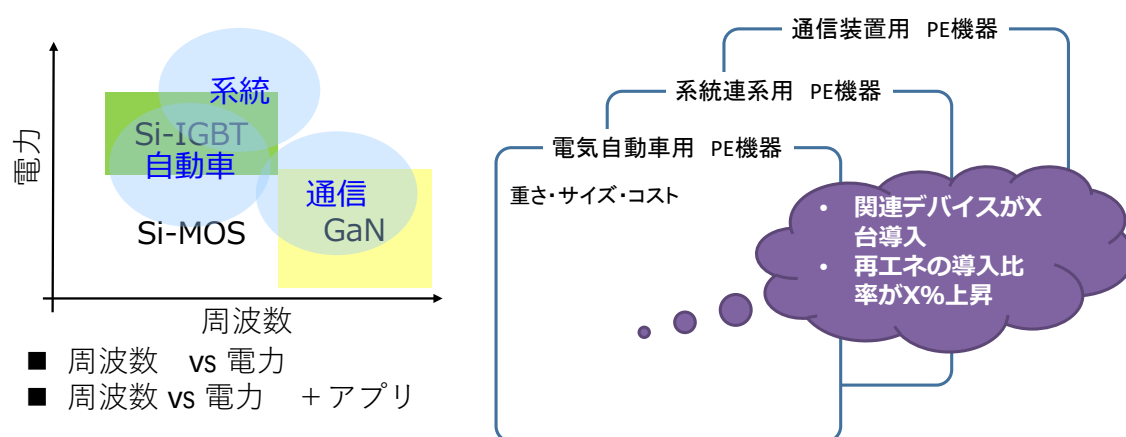


図 3-7 (A)-②および(B)の成果と(A)-①との連携イメージ

テーマ(A)-③では自治体レベルでのエネルギーデータの整備、そして、自治体間での連携等について検討している。この成果として地域間をつなぐ広域連携による便益について省エネや再エネの需給バランス改善による導入拡大も検討されており、これらを含めてテーマ(A)-①とどのような連携が可能か考え方等を整理する必要がある。特に(A)-①の省エネに関する便益の検討においてもエネルギーマネジメントの広域化を重要な項目として挙げており、この点での便益の定量評価は本事業の成果として期待される（図 3-8）。

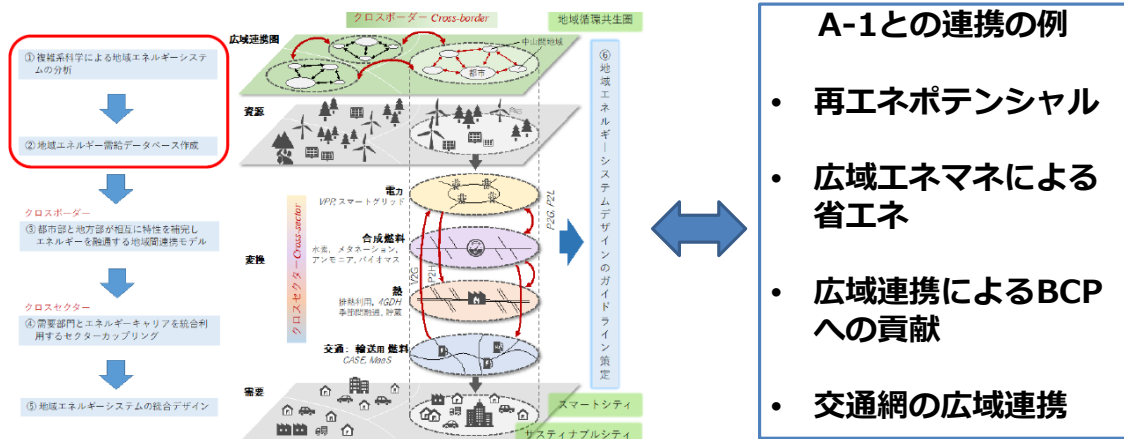


図 3-8 (A)-③の成果と(A)-①との連携イメージ

テーマ(C)-①では産業部門での事業所におけるエネルギーマネジメントの高度化やワイヤレス電力伝送 (WPT) の活用が検討されている (図 3-9)。便益としてエネルギーマネジメントの高度化による省エネ効果やメンテナンスに関する省人化、効率化の便益が検討されている。また、(C)-①では電機産業や発電所の導入事例から、他業種への石油化学プラントへの展開、今後のステップで屋外設備・BEMS・HEMS への適用も検討されており、これらを含めて包括的なエネルギーマネジメントの検討が進むことでテーマ(A)-①でのより広いエネルギーマネジメントの便益の深堀りにあたり重要な示唆があると考えられる (図 3-10)。この点で(A)-①と連携することでエネルギーマネジメントの高度化の検討が連携点として考えられる。

また、製品のトレーサビリティの改善、ビッグデータ活用、顧客へのサービス改善、リサイクルなどの回収の効率化もノンエナジーの便益として期待される。



図 3-9 テーマ(C)-①での省エネに関する評価事例

実施 内容	消費 エネルギー量 (MI本部)	省エネ量 (MI本部)		対象 (全国)	展開率 (2030年)		脱炭素量 [t-CO ₂]	
	電力換算 [kW/h]	電力換算 [kW/h]	CO2換算 [kg-CO ₂]	拠点数	導入 対象	通常の内 WPT貢献分	WPTなし	WPTあり
A	209,000	73,207	24,451	8,372 ※1	30%	30% (9%)	42,988	61,411
B	193,445	7,966	2,660	488,455 ※2	40%	30% (12%)	363,867	519,810
C	---	36,414	12,162	131,705 ※3	20%	30% (6%)	224,255	320,364
D	---	11,759	3,927	8,372 ※1	20%	20% (4%)	5,261	6,576
E	---	33,000	11,022	8,372 ※1	20%	20% (4%)	14,764	18,455
F	---	76,621	25,591	8,372 ※1	40%	30% (12%)	59,990	85,700
G	546,206	182,069	60,811	124,547 ※4	60%	25% (15%)	3,408,216	4,544,288
H	---	128,965	43,074	12,284 ※4	15%	---	79,368	79,368
計	1,650,000	550,000	183,700	計	(27%)		4,198,708	5,635,972

※1：経産省 平成6年 特定機械設備統計調査よりグリーンルームを抽出
 ※2：経産省統計局 従業員300人以上の民間事業所、全国の駅、バス停、公園の数の合計
 ※3：経産省 平成6年 特定機械設備統計調査より研究開発を抽出
 ※4：経産省統計局 従業員300人以上の民間事業所

2012年度基準
WPT貢献：1,437,264

**A-1産業部門
のエネマネの
効果に計上す
るための検討、
調整**

図 3-10 (C)-①の成果と(A)-①との連携イメージ

テーマ(C)-②では WPT を活用したドローンの利用を検討しており、(C)-②単体として非常時災害時のドローンの貢献を検証している。(A)-①としてはエネルギーシステム全体を見る中でドローンによる省人化、レジリエンスの向上について(C)-②での検討を元に連携して広く検討することが期待される。また、既往の検討として広くライフラインに関する検討事例も含めて(C)-②による貢献のあり方を検討することが考えられる。

(2) テーマ間連携による便益の推計手法の検討

テーマ毎の便益評価を踏まえてテーマ間連携による便益の評価手法について検討する。テーマ(A)-①単体での省エネに関する便益評価ではベースケースに対する改善度を想定し分析した。連携にあたってはテーマ毎に現時点で検討が進んでいる便益の項目はそれぞれであり、また、検討に用いている条件などを揃えることも必要となる。テーマ(A)-①を中心とした連携において、それらの条件の整理も重要な要素になる。

例えば、経済効果、レジリエンスに関する評価の例として、一般社団法人日本サステナブル建築協会⁹、¹⁰ではコミュニティにおけるエネルギーマネジメント等によるコベネフィットの例として、下記を挙げている。

- A) 環境価値創出に対する便益：CO₂削減、再エネ創出等
- B) 地域経済波及に伴う便益：インフラ投資、不動産価値向上等
- C) リスク回避による便益：BCP、健康被害回避等
- D) 普及・啓発効果としての便益：先進モデルの普及啓発
- E) 執務・居住環境の向上による便益：生産性、健康増進

⁹ 一般社団法人日本サステナブル建築報告書協会、コミュニティエネルギー・トランジションマネジメント調査、2018

¹⁰ 一般社団法人日本サステナブル建築協会、エネルギーコベネフィットクリエイティブタウン調査報告書、2016

F) 自立分散型電源の調整力と容量により創出される便益：DR (Demand Response)、エリア外の予備力

特にライフライン途絶時の供給力の評価として、おなじく一般社団法人日本サステナブル建築協会では、RF (Resiliency Factor) ¹¹によって評価している。これより、分散電源、ドローン、エネマネ等の導入による非常時供給力の改善が対策効果になる。

また、三菱総合研究所は次世代スマートメーター制度検討会 ¹²においてスマートメーターの導入に関する便益の定量評価方法案として、便益＝「本検討における停電時間短縮効果：〇分」×「停電時間あたりの需要家被害額」としている。テーマ(C)-②のドローンによるレジリエンスへの貢献については、上の RF および三菱総合研究所の事例より、下記の手法が考えられる。

- エネルギー供給停止時の損失回避効果 (円/年)
＝ [分散型電源容量 (kW)] × [災害発生確率 (回/年)]
× [供給停止時間 (時間/回)] × [供給停止被害額原単位 (円/kW・時間)]

また、

- 供給エリア外の非常時の電源予備力としての便益 (円/年)
＝ [災害時に街区外の電力不足分を補える発電能力 (kW)]
× [災害発生確率 (回/年)] × [供給停止時間 (h/回)]
× [供給停止被害額原単位 (円/kW・時間)]

各テーマ連携を含めた便益評価の深掘りにあたっては、これらの先行検討事例も参考に検討をすすめる。

¹¹ RF：業種別のライフラインの依存度を評価した指標であり「ライフラインが途絶した時点における各業種の生産能力を平常時を 1 として 0~1 として基準化した指標」

¹² 三菱総合研究所、資料 1 電力 DX 推進におけるスマートメーターの役割について、第 3 回次世代スマートメーター制度検討会、2020

第4章 今後の課題と展望

第1節 研究会での議論の概要と課題

第1項 アーキテクチャの検討

(1) (A)-①単独：データの取り扱いや法制度の検討

本年度の研究会では、エネルギーマネジメントによるセクターカップリングのユースケースおよびスマートシティのリファレンスアーキテクチャを踏まえてアーキテクチャの検討を行った。本年度のアーキテクチャに関する取りまとめでは、データのやり取りに関するアーキテクチャの検討を踏まえて、実証事業等の実態のデータを用いることを想定したデータの取り扱いが課題となることを指摘している。また、法制度に関する検討も今後の課題である。

(2) (A)-③との連携：需給データベースを前提とした汎用的なアーキテクチャの検討

自治体のデータの検討や実証の検討を進めている(A)-③でのエネルギー需給データベースのデータの内容や形式に対して、(A)-①で検討しているリファレンスアーキテクチャとの連携の中で必要となるデータの内容やフォーマットに関する検討、そして、アーキテクチャについて見直すべきポイントを明らかにしていくことが求められる。また、アーキテクチャについては多くの事例において活用できるような汎用性の高いものとするために(A)-③で検討される地域のエネルギーシステムのデザインためのガイドライン策定において(A)-①で検討するアーキテクチャについても項目として検討していくことが課題になる。

(3) (A)-③との連携：実証事業に基づくアーキテクチャの検討と検証

本年度の研究会では、森本委員より宇都宮市を対象としてLRT（Light Rail Transit）の導入とテレワークの普及率をパラメータにしたCO₂削減効果の試算が報告された。また、林委員からは太陽光発電の余剰発電量をEVバスが吸収することによるエネルギーの効率的な利用に関する可能性が示された。宇都宮市を対象としたこれらの検討の成果を踏まえて、本研究会で検討しているアーキテクチャが実証事業で有効かどうか、また、実地での導入に際しての課題や便益評価の検証を実データに基づいて検証することが必要になる。他方で、宇都宮市の事例のように実証事業として自治体の協力の下で豊富なデータの提供や検討の支援が得られる場合に限らず、全国的に広く利用可能なデータを活用した時でもアーキテクチャが有用なものであることが期待される。

(A)-①としては上の(2)で挙げたとおり実証事業および(A)-③において検討されるデータの種類、粒度、フォーマット等を参考にアーキテクチャを検討することが求められる。特にエネルギーのデータについては、今までは企業の営業戦略として広く活用が難しかったものについても、例えば電力データについてはグリッドデータバンク・ラボの検討を始め、

需要家のデータをいかにオープンにしていくことを課題として検討しており、データに関する中立的な機関の存在についても検討されている。これら個人に紐づくデータの扱いについてアーキテクチャでどのように扱いうるかについて海外の先進事例をフォローし、実際のデータの内容と取り扱いを検証することで需要家の利便性が変わらずに便益を享受していくことができる仕組みにすることが必要になる。

また、実証事業を踏まえた検討そのものの課題としては、すでに検討が進んでいる林委員、森本委員が参加している宇都宮市の事例を皮切りに(A)-③では横浜市等、関心のある自治体の協力の検討も進められており、一つの自治体の検討だけにとどまらず他の自治体での具体的な検討の進展に合わせて(A)-①で検討するアーキテクチャの利用の広がりを考えていくことも課題となる。

第2項 便益の定量評価

(1) 全テーマとの連携：共通条件の検討

本年度の研究会では、便益評価に関して(A)-①としてエネルギーマネジメント単体での省エネ効果に焦点を当てて分析した。また、研究会で報告されたとおり各テーマ単体での便益評価についても検討が進んでいる。これらの試算は個々テーマにおいて想定した条件の下での試算となっており、本課題全体として統一的な条件の下での便益評価になっていない。全テーマの評価条件（電源構成や電化率のシナリオ等）については各テーマでの議論を踏まえて共通とすべき点は揃えていくことが求められる。(A)-①としては、本課題全体を見ながら他テーマの進捗を管理し、シナリオ想定の方の考え方とりまとめや他テーマが分析するための共通の検討条件やシナリオを提示することが求められる。

(2) 全テーマとの連携：テーマ間連携による便益評価の深化

ユースケースで整理した便益を実現するために、各テーマ単体だけでなくテーマ間連携による便益についての更に検討を深めることが求められる。また、本年度の研究会において定量的に検討した省エネについても、テーマ(B)のパワエレ技術開発の貢献と、パワエレ技術の活用による貢献を検討する(A)-②での省エネの便益、そしてテーマ(C)-①のセンサーに関する検討でそれぞれ個別に便益として検討されている省エネ等の効果があるため(A)-①と連携して分析することが求められる。便益評価に関する最終的な出口としては、政府が掲げる2050年カーボンニュートラルに向かって太陽光や風力等再生可能エネルギーの利用がどの程度伸びるか等、長期的な目標に対する貢献という形で評価の示し方についてわかりやすく示していくことが求められる。

第2節 展望（次年度のテーマ）

第1項 アーキテクチャの検討

(1) (A)-③との連携：エネルギー需給データ分析に必要なアーキテクチャの検討

資源エネルギー庁の総合エネルギー統計、都道府県別エネルギー消費統計を補完して、自治体や企業等が自ら施策分析し立案に有用なデータセットやガイドラインを提示できるよう、必要な手法や課題に関して(A)-③で検討が進められている。次年度以降において、(A)-③ではエネルギー需給データの分析を通じ、エネルギーシステム上最適な地域連携エリアの場所の検討やそのモデル化、および自治体での具体的な検討が進められると見込まれる。(A)-①としては、(A)-③のエネルギー需給データの収集・分析に必要な設計手法等の標準化（アーキテクチャへの取込）の検討を進める。

エネルギーシステム上最適な地域連携エリアの場所の検討やそのモデル化において重要な要素の一つと考えられる自治体間連携については、本年度の研究会でも指摘があったとおり電力の広域融通等のエネルギーの需給バランスはもとより、交通特に物流の分析との連携が期待される。しかし、貨物輸送は国の統計しかなく都道府県のデータがない。この点についてアメリカでの Amazon 等が合理的な貨物輸送を行うためのオープンデータの検討や、米国エネルギー省 DOE(Department of Energy)所管のエネルギー情報局 EIA(Energy Information Administration)とオークリッジ国立研究所 ORNL(Oak Ridge National Laboratory)、米国運輸省 DOT(Department of Transportation)所管の運輸統計局 BTS(Bureau of Transportation Statistics)による調査分析と最近のスマートデータへの取組などが参考になる。研究会ではロジスティクスの分野では日本では学術的にも層が薄く、物流とエネルギー統計との連携は検討余地があるとの指摘もあり、次年度以降に交通とエネルギーのセクターカップリングの文脈の中でこれらの検討が深まることが期待される。

(2) (A)-③との連携：エネルギーシステムのデザインためのガイドラインの作成

自治体のエネルギー統計整備とともにこの地域でのエネルギーデータ整備のガイドライン等について(A)-③で検討が進められている。テーマ(A)-①としては(A)-③で検討されている項目について、例えばガイドライン策定において(A)-①で検討しているアーキテクチャがどのように活用されるかと言った実務的な検討から社会実装につながる検討が求められる。具体的には、林委員から報告があった電力・交通 EMS のプラットフォームのプロトタイプに対して検討しているアーキテクチャとどう連携するかといったことを検討することが挙げられる。これを踏まえて、実際のデータ利用に耐えうるアーキテクチャの検討を進めた上で、他地域への転用が可能な汎用性のあるアーキテクチャの検討につなげることが期待され、そのためのアーキテクチャの活用についても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作成に組み込んでいくことで、本研究会で検討するアーキテクチャが各主体にとって利用しやすいものとなることが期待される。

(3) (A)-③との連携：交通部門とエネルギー部門のセクターカップリングに実現に向けた検討

本年度の研究会では林委員、森本委員よりすでに検討が進んでいる宇都宮市における交通とエネルギー（電力）のセクターカップリングに関する事例が報告されている。次年度では宇都宮市での検討事例（特に電力・交通データ連携型地域エネルギーマネジメントプラットフォーム構築手法）を参考に実データの取得から利用に関して、本研究会で検討しているアーキテクチャの利用可能性と課題を明らかにする。また、実証事業において検討される便益の項目の検討、そして、実際のデータに基づいて実際のシステムと基礎となるアーキテクチャの活用可能性について検証することで、社会実装につなげるステップを明確化することが求められる。

第2項 便益評価の検討

(1) (A)-②との連携：革新的なパワーデバイスを適用したエネルギー供給システムにおける定量的評価

(A)-②では、次年度以降に革新的なパワーデバイスをエネルギー供給システムに導入し全国に拡大推計することで定量的な便益評価が進むと見込まれる。(A)-①としては、(A)-②で検討される便益等を検討するにあたって電化率等の前提条件の共有や、革新的なパワーデバイスが必要となるストーリーの検討に貢献することが期待される。

(2) 全テーマとの連携：研究テーマ実現時のエネルギーシステムの便益評価

(A)-②のみならず各テーマで便益評価についても検討が進んでいるが、本課題全体として統一的な条件の下での便益評価になっていない。次年度の検討にあたってはまず全テーマで共通となる評価条件に関して必要な項目を検討し、共通条件を検討する。これについて2021年に入り資源エネルギー庁の審議会において2050年のエネルギーミックス並びに2030年のエネルギーミックスに関する検討が進んでおり、これらの検討状況も踏まえて共通条件を検討する。具体的には、期待される電源構成やEVの普及率、電化率等を中心に何を共通条件とするか来年度の研究会で議論を深めることが考えられる。また、便益として省エネ・脱炭素、ノンエナジーの検討以外のレジリエンスの評価についても(C)-②との連携が考えられるため、この検討についても(C)-②の検討条件について足並みを揃えることが求められる。

便益評価の深掘り、各テーマと連携した評価にあたっては2050年のカーボンニュートラルにどのように貢献するか、そして、特に本課題が実施されなかった時と比較してどのような効果があるかに重点を置くことで本事業の便益に関する成果を明確に示す必要がある。

第5章 ヒアリング

エネルギー分野と他分野（交通、防災、人流等）のデータ連携により得られる便益（脱炭素・省エネ、ノンエナジー、レジリエンス等）の定量化、上記データ連携を前提としたシステムアーキテクチャの概念設計の検討にあたって、事業者と専門家へのヒアリングを行った。

第1節 グリッドデータバンク・ラボ

グリッドデータバンク・ラボに電力データ活用のユースケース、データ活用の課題などに関してヒアリングを行った。

- グリッドデータバンク・ラボの紹介
 - グリッドデータバンク・ラボは、2018年に設立された。有限責任事業組合のため3年間で期間が決まっている。その間に電力データ利用のユースケースの開発と法制度の提言を行っている。
 - 2020年6月の電気事業法の改正によって、一般送配電事業者が所有する個人データの活用を例外的に認めることとなり、2022年4月よりデータ提供（一般送配電事業者がデータを吐き出す仕組み）を開始することを目標としている。
 - 会員企業は、現時点で150社以上いる。情報通信、地方公共団体、金融、保険、不動産、小売、エネルギーなど幅広く参画している。
- 電力データの特徴
 - スマートメーターの特徴は、①高い情報鮮度②高い精度③利用シーンに合わせた柔軟なエリア設定が可能④30分毎の連続データ取得による傾向分析が可能な点が挙げられる。
 - スマートメーターから得られる電力データは個人データと統計データに分けられる。個人データは、各世帯や事業所ごとのデータを取得できるため、顧客がどのような状況でサービスを利用しているのか把握できる。統計データは、世帯数、建物の種別、PVポテンシャル、空き家統計等の推計に利用できると考えられる。
 - 個人データの活用は先述の電気事業法の改正までは認められていなかったため、まずは統計データを基にユースケースを検討している。
- 電力データ活用のユースケース
 - 防災の例。スマートメーターから得られる電力需要データと自治体を持つ情報の掛け合わせから、各世帯の人数、在／不在と何名くらい避難するかを推計する。30分毎に避難所の過不足を推計している。

- 小売りの例。スマートメーターを基に世帯構成、在宅/不在のパターン分け、電気の使い方を見て、世帯数を推計。地域による人口の増加/減少傾向を分析し、小売店舗の出店の参考にして頂きたい。
- 配送の例。スマートメーターから在宅率の高いエリアを抜き出す。配送ドライバーが在宅率の高い順に配送することで不在配達を減らすことができる。
- 空き家の例。一般送配電事業者が持つ空き家情報にニーズがある。
- 生活支援サービスの例。見守りサービスが考えられるが、IoT センサーを取り付けるものほど正確ではないが、専用の機器を設置する必要がない点がメリット。
- 街づくりの例。自治体の再エネ導入推進施策の参考にするため、太陽光発電を設置していない戸建ての家の推計と天候データの掛け合わせを行ったことがある。

- 電力データ活用の課題

- コストの課題

現在はデータを取り出す仕組みがないため、人間が統計処理を行い時間がかかっている。将来データを吐き出す仕組みや統計処理を全国大で提供するには膨大な演算処理が必要であり、システム開発に時間とコストがかかる。

- 規格の課題

- 1)スマートメーターを収集する際の通信規格が各社別々であり、今後送電事業者側で検討する予定である。
- 2)位置情報の規格が各社で別々になっているため、人流データと電力データの掛け合わせが難しくなっている。

第2節 大阪大学 太田特任教授

システムアーキテクチャの検討に当たって、欧州における TSO/DSO の連携、需要家側の動向、交通と電力のプラットフォーム等に関して、研究会委員の太田特任教授にヒアリングを行った。

- TSO/DSO の連携について

- 欧州では送電系統運用者（Transmission System Operator : TSO）管轄だけでなく配電系統運用者（Distribution System Operator : DSO）管轄の分散型電源が出てきている点が注目される。大規模発電所は TSO の管轄だが、小規模の分散電源をどう扱うかが議論されている。
- TSO と DSO の間でどちらが先に指令を出すかは定まっていないが、アグリゲーターとの関係では、TSO/DSO 間で調整を行った上で指令を出している。
- 欧州では TSO/DSO 管轄のデバイスを活用したパイロット実証が多く始まっている。具

体的には系統貢献（需給調整や、電圧制御等）や需要家のリソース集約の検討をしている。標準化の前にサービスの競争を行っている。

- TSO/DSO 間の通信規格は定まっていないが、以下の流れと考えられる。TSO の規格は各社統一されるが、DSO は会社毎に異なる。アグリゲーターは、TSO と繋がる場合は統一規格になるかもしれないが、DSO と繋がる場合には統一規格にならない場合もあり得る。
- 需要家側のリソースについて
 - 需要家側では、EV 単体を束ねるアグリゲーターが登場している点が注目される。その際の通信規格は、OCPP(Open Charge Point Protocol)を用いている。
 - 蓄電池は需要側のリソースというよりも、IoT を使って直接制御が可能なため、独特の仕組みがあるのでないか。
- 交通と電力のプラットフォームの連携について
 - 交通側と電力側を繋ぐのは、①シェアリングおよびマッチング事業者プラットフォームと②充放電ステーションになると考えられる。
 - ①シェアリング事業者およびマッチング事業者プラットフォームは、EV のフリート管理システムに集まる車両、充電器の情報を加工して、電力側のプラットフォームと情報交換をする形になると考えられる。
 - ②充放電ステーションは、先述の OCPP を使って充電器同士をシームレスに繋ぐ。OPCC は様々な業務領域の充電器を結ぶ通信規格であり、課金、制御も規定している。これと Open ADR との組み合わせになるのでないか。
 - 交通側と電力側を繋ぐ標準 API を作るのは、TSO/DSO、アグリゲーター、シェアリング事業者と様々にある。TSO/DSO では、イギリスの Western Power Distribution、アグリゲーターでは、フランスの Energy pool、シェアリングはドイツの Mobility house、イギリスの Moixa が API を持っている。
 - 交通側と電力側を繋ぐ V2G プラットフォームは、情報の加工をする役割がある。加工するデータは、例えば EV では①位置情報と②充電情報（state of charge : SOC）が挙げられる。充電情報は、電力側からすれば分散型資源として貴重な情報となるので加工しないことを望むかもしれないが、モビリティ側すればメリットがなければ提供したくないと想定される。
 - V2G プラットフォームのもう 1 つの役割は、サービスを行うのではなく、情報を流すイメージである。ユーザーと事業者のベネフィットを仲立ちするイメージだと考えられる。

第3節 早稲田大学 林教授

ピアレビュー、評価 WG に向けたシステムアーキテクチャの検討のため研究会委員の林教授にヒアリングを2回行った。

- ヒアリング1回目：システムアーキテクチャの説明の流れ
 - 冒頭にシステムアーキテクチャ全体の構成を示す。1点目に、IoE 社会のエネルギーシステムを構成する技術としてテーマ(B)のパワエレとテーマ(C)のワイヤレスセンサーがなければ実現しないことを示す。既に電力、交通、公共、通信の各セクターにおいてパワエレやセンサーが入っているが、セクター内の連携を強化するためにテーマ(B)とテーマ(C)の革新的な技術開発の成果が必要となる。2点目に、エネマネ技術の活用によって、各セクターのビフォーとアフターで何が変わるのかを”集める”、”考える”、”使う”というキーワードで描く。3点目にエネマネ技術は、各セクターの横の連携にも応用できることをビフォーとアフターで描く。
- ヒアリング2回目：交通と電力のセクターカップリングについて
 - 交通データは様々なところに展開できるのが特徴。自治体が所有する公共交通の滞留情報と位置情報を同時に把握し、時間軸を揃えて都市挙動を把握することが可能。
 - 交通データの用途として、交通と電力の混雑緩和が考えられる。混雑緩和は、交通は公共交通事業者、電力は電力ネットワーク事業者によって主に行われる。
 - 交通の混雑緩和に関して、電力側は EV を動く蓄電池と考えるが、交通側は電力のために走っているわけでない。EV 充電の最適化のためには、どこに車を滞在させるか、どこからどこに車が流れるかの情報が重要。
 - 電力の混雑緩和に関して、EV を特定地点で大量に一斉充電するとローカルな系統の電圧が持たないケースはありえる。そこに集中させないように電力の情報を見ながら公共交通事業者が調整するのが、セクターカップリングの良さである。
 - 電力の混雑緩和は、ネットワーク電事業者とアグリゲーターに加えて一般家庭の需要家も主体になり得る。電力の混雑の課題は、主に周波数、電圧、過負荷の課題に分類される。これらに対するために一般家庭を含めた様々なリソースを活用する流れになるのではないか。
 - V2G(Vehicle to Grid)のステークホルダーは、電力と交通のデータを繋げるデータカップリング事業者が存在すると考えられる。また時間粒度に応じたデータを提供することができる点においては、情報銀行もステークホルダーとなりうるのではないかと。

第4節 パナソニック

工場におけるエネルギーマネジメント関係の課題および期待、ワイヤレスセンサーの活

用のメリット等についてパナソニックにヒアリングを行った。

- 工場の運用および予防保全の観点からエネルギーマネジメント関係の期待と課題
 - エネルギーを見える化して分析、ロスの改善提案を行い、部品、製品のコストダウン、生産性の改善が進むことを期待している。
 - センサーを沢山安く適用できるようになれば、ソフトの改善を通じて品質管理と効率化の両立を広く進めることも期待できる。クラウドで管理される場合は、セキュリティ対策は課題。
 - 現場ではコストを掛けてエネルギーを削減するところまでは手が回っていないのが課題。効果が期待できるものとしては、照明の LED 化が挙げられる。
- 無線給電ワイヤレスセンサーによる現場のメリット
 - 電池不要、配線不要でセンサーが活用できるため、レトロフィットとメンテナンスフリーがメリットになる。電池不要の完全密封構造が実現できるため、防水、防塵、防爆、耐震等にも優れる。設置の自由度、高温高压環境下での利用も可能である。無線なのでレイアウトフリーであることもメリット。これによって今まで検出できなかったところを測定して、品質向上に加え、エネルギーロスの削減も期待できる。
- 工場のワイヤレスセンサーの通信方式
 - 3 つの通信方式が考えられる。1 点目はバックスキャッター（Backscatter 通信）で RFID(radio frequency identifier)タグのようなものである。電波を反射する時に数ビットぐらいのデータを送ることができる通信手段。2 点目は、より高度な取り組みとしてメモリ等にデータを溜めて、ブルートゥースローエナジー（BLE）や Zigbee 等で送ることも可能。ただデータをリレーの形で遠くに渡していくことは難しい。3 点目は、既存の通信規格の WiFi 等を活用して省エネの取り組みを進めることは考えられる。
- エネルギーマネジメントとワイヤレスセンサー融合によるメリット
 - 製品のトレーサビリティの改善、ビッグデータ活用、顧客へのサービス改善、リサイクルなどの回収の効率化を実現することで、サーキュラーエコノミーにも貢献できる。
 - サプライチェーン全体をみることによって、工場で組み立てる時の物のインプット、組み立てるタイミング、生産ラインの最適化を通じて稼働率向上、コスト減、結果としてエネルギー消費削減も実現できる。

以上