

「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）（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	5
第2章	システムアーキテクチャの検討	10
第1節	エネルギーマネジメントとユースケース	10
第2節	ユースケースとアーキテクチャ	15
第3節	アーキテクチャとステークホルダー	18
第3章	便益の定量評価	22
第1節	評価基準と定量評価	22
第2節	各テーマでの便益の定量評価	22
第4章	今後の課題と展望	32
第1節	研究会での議論の概要と課題	32
第2節	展望（次年度のテーマ）	34
第5章	ヒアリング	36
第1節	グリッドデータバンク・ラボ	36
第2節	大阪大学 太田特任教授	36
第3節	早稲田大学 林教授	36
第4節	パナソニック	36

## 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 .....	11
図 2-2 エネルギーマネジメントの要素 .....	12
図 2-3 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 .....	14
図 2-4 エネルギーマネジメントのユースケース (エネルギーX交通) .....	15
図 2-5 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 .....	16
図 2-6 リファレンスアーキテクチャ .....	17
図 2-7 Society5.0 リファレンスアーキテクチャとその応用 .....	17
図 2-8 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 .....	18
図 2-9 ビジネス関係 (V2X の事例) .....	20
図 2-10 データリソースマップ (V2X の事例、通信規格) .....	21
図 3-1 テーマ(A)-①の便益のイメージ .....	22
図 3-2 技術導入の時間軸と各テーマでの要素の検討 .....	23
図 3-3 便益評価：省エネ評価の基本的な考え方 .....	24
図 3-4 需要想定と省エネ率の想定 .....	27
図 3-5 省エネ量の試算結果① .....	27
図 3-6 (A)-②および(B)の成果と(A)-①との連携イメージ .....	29
図 3-7 (A)-③の成果と(A)-①との連携イメージ .....	29
図 3-8 テーマ(C)-①での省エネに関する評価事例 .....	30
図 3-9 (C)-①の成果と(A)-①との連携イメージ .....	30

## 表目次

表 1-1	研究会メンバー一覧	6
表 1-2	2020 年度研究会の開催スケジュール	7
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	10
表 2-2	テーマ(A)に関する便益評価の例	13
表 2-3	ステークホルダーリスト (V2X の事例)	19
表 3-1	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	24
表 3-2	部門別省エネ率の想定	25
表 3-3	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	26
表 3-4	省エネ量の試算結果②	28



## 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。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。

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、「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 CO<sub>2</sub> 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。

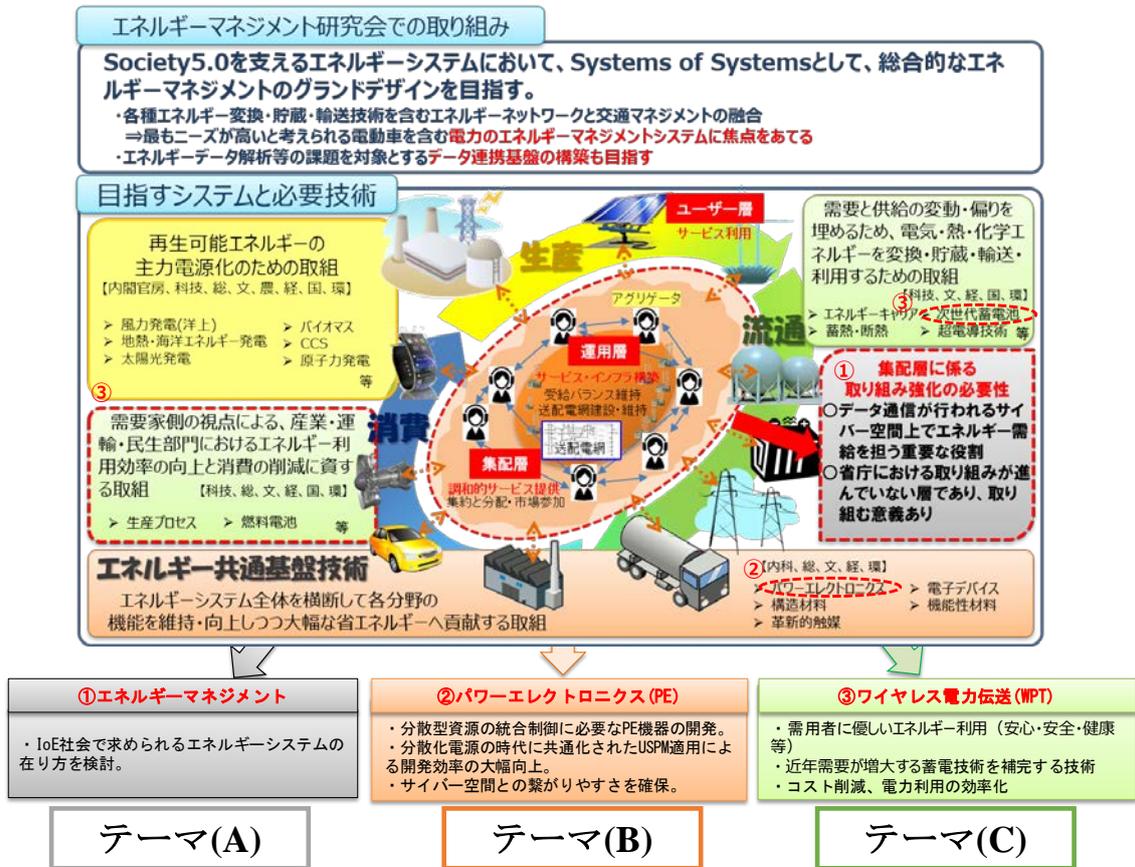


図 1-1 「IoE 社会のエネルギーシステム」で取り組むテーマ

(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管理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管理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、エネルギー管理の検討を支える統計データの整備やエネルギー管理の実用化について実地での検討も行う。

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、「エネルギー管理研究会」(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)。



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
					テーマ(B)、(C) 実現時のエネルギーシステムの便益評価
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					
③ 地域エネルギーシステムデザインのカイロラインの策定 (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の事例研究 ・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

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 Scope

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特定事業所の検討から広く地域をカバーした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。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	面的データ利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

#### 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章ヒアリング“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	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー（電力、都市ガス）</li> <li>交通（道路、鉄道）</li> <li>通信（インターネット、電話）</li> <li>公共（上下水）</li> </ul>
	サイバー系	<ul style="list-style-type: none"> <li>モビリティサービス</li> <li>物流</li> <li>情報発信</li> <li>行政サービス、防災、防犯</li> <li>医療</li> </ul>
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>人のネットワーク</li> </ul>
社会インフラ	主要インフラとして	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー：電力、ガス、液体燃料</li> <li>輸送施設：道路、鉄道、空港、港湾</li> <li>通信施設：電信（インターネット）、電話</li> <li>都市施設：公園、上下水道、河川、ダム</li> </ul>
	社会インフラとして	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー（電気、ガス）</li> <li>交通（道路、港湾、空港）</li> <li>電気通信（インターネット、電話）</li> <li>公共（上下水、行政サービス、消防・警察）</li> <li>その他（医療）</li> </ul>
サービス		<ul style="list-style-type: none"> <li>健康・スポーツ</li> <li>流通、交通</li> <li>公共情報サービス</li> <li>公共生活サービス、行政サービス</li> <li>環境管理</li> </ul>

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、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)。

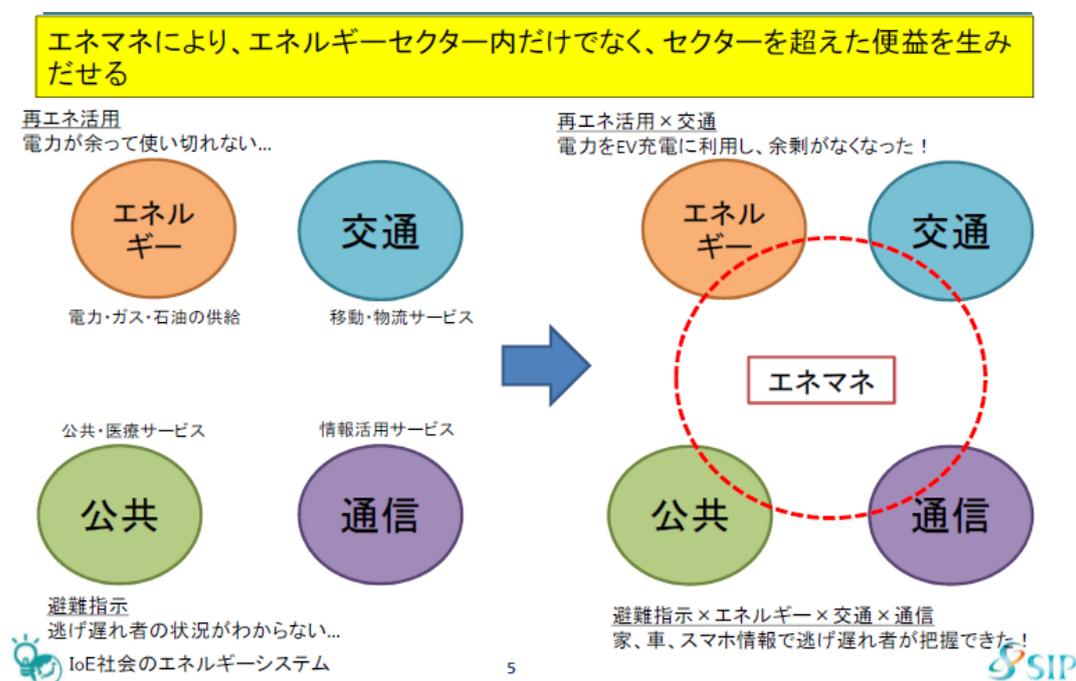


図 2-1 エネルギーマネジメントと部門間の連携

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)。このユースケースの検討とそのため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で、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。

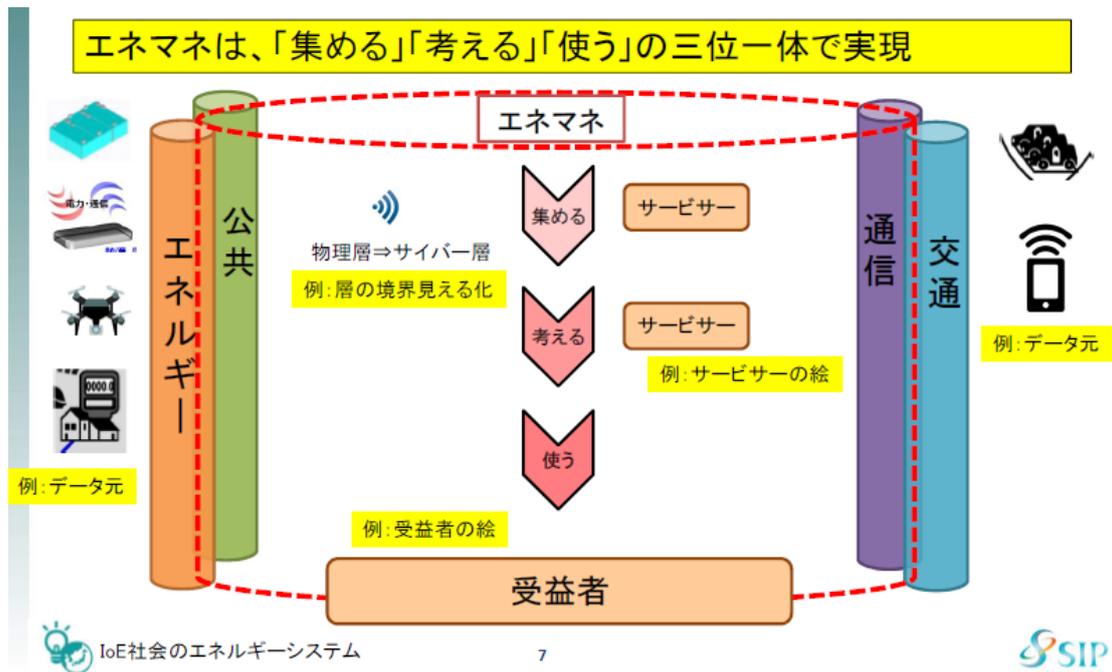


図 2-2 エネルギーマネジメントの要素

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。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）<sup>1</sup>、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）。

<sup>1</sup> 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。

表 2-2 テーマ(A)に関する便益評価の例

脱炭素・省エネ	ムエナジー	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を通じた「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される。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<sup>2</sup>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 2-3)。

<sup>2</sup> 日本エネルギー経済研究所、「IoT 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

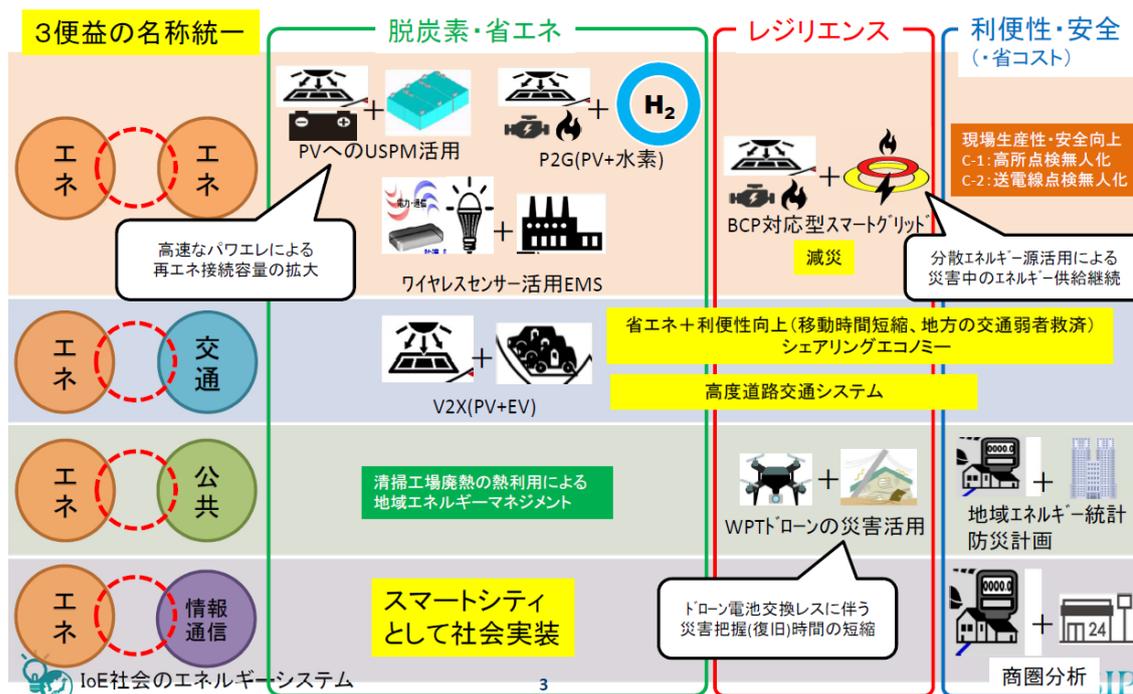


図 2-3 エネルギー管理による部門間の連携によるユースケースと便益の例

### 第3項 エネルギー管理のユースケース

エネルギー管理の検討にあた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 2-4 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。

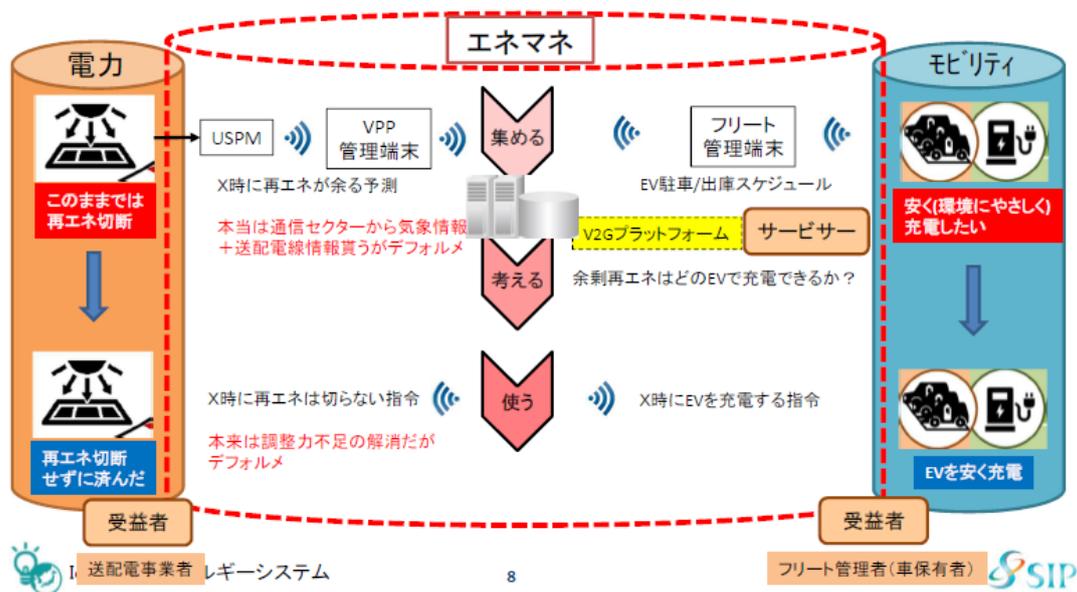


図 2-4 エネルギーマネジメントのユースケース (エネルギー×交通)

## 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

本節では、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 2-5)。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が明確になる。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。

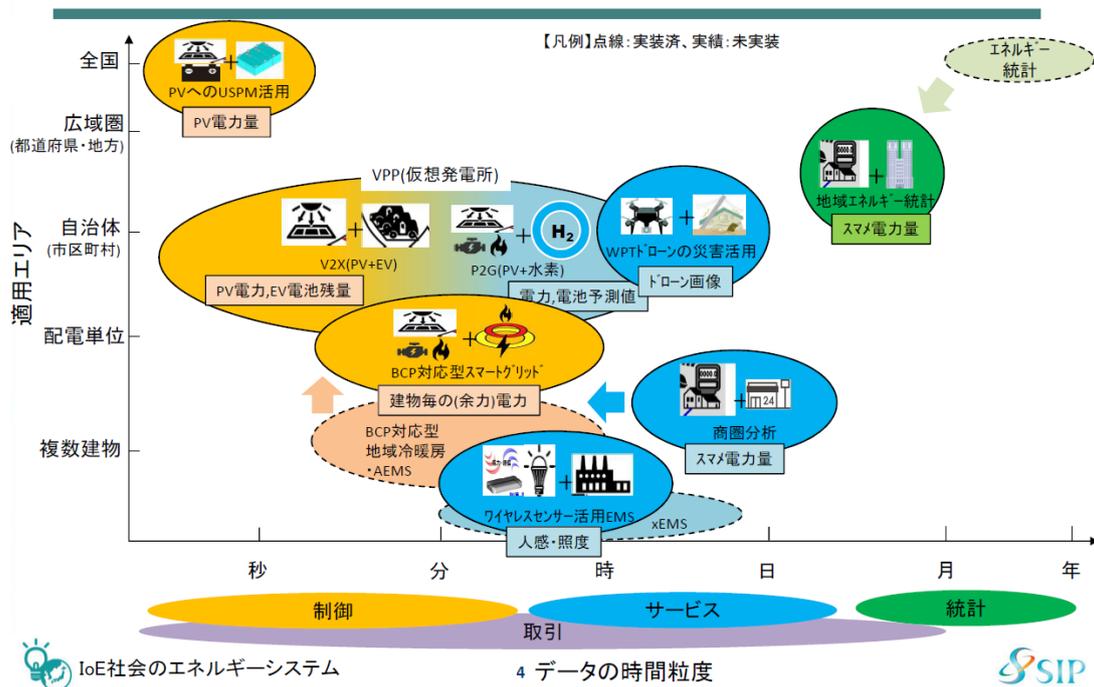


図 2-5 データの時間粒度と適用エリアを考慮したユースケースの事例

## 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<sup>3</sup>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 2-6）。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 2-7）。

<sup>3</sup> 内閣府、戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）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

**リファレンスアーキテクチャとは**

ものごとの構造や関係性を表す設計図となるもの。この設計図のスマートシティ版を参照することで・・・

- スマートシティを始めるうえで検討すべき要素、手順の確認が可能  
⇒重要な構成要素の検討漏れを防ぎ、持続的なまちづくりを実現するための仕掛けを備えることができる
- 共通的な指針の下で行うため単一の取り組みとなるのを防ぐことが可能

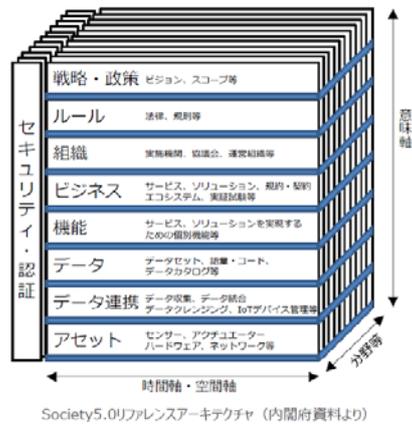


図 2-6 リファレンスアーキテクチャ

(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

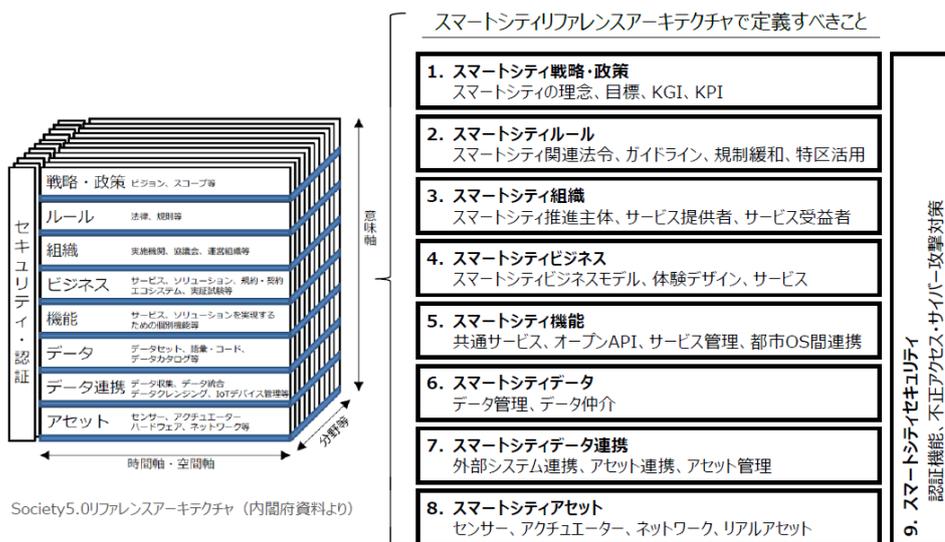


図 2-7 Society5.0 リファレンスアーキテクチャとその応用

(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

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 2-8 に示す。

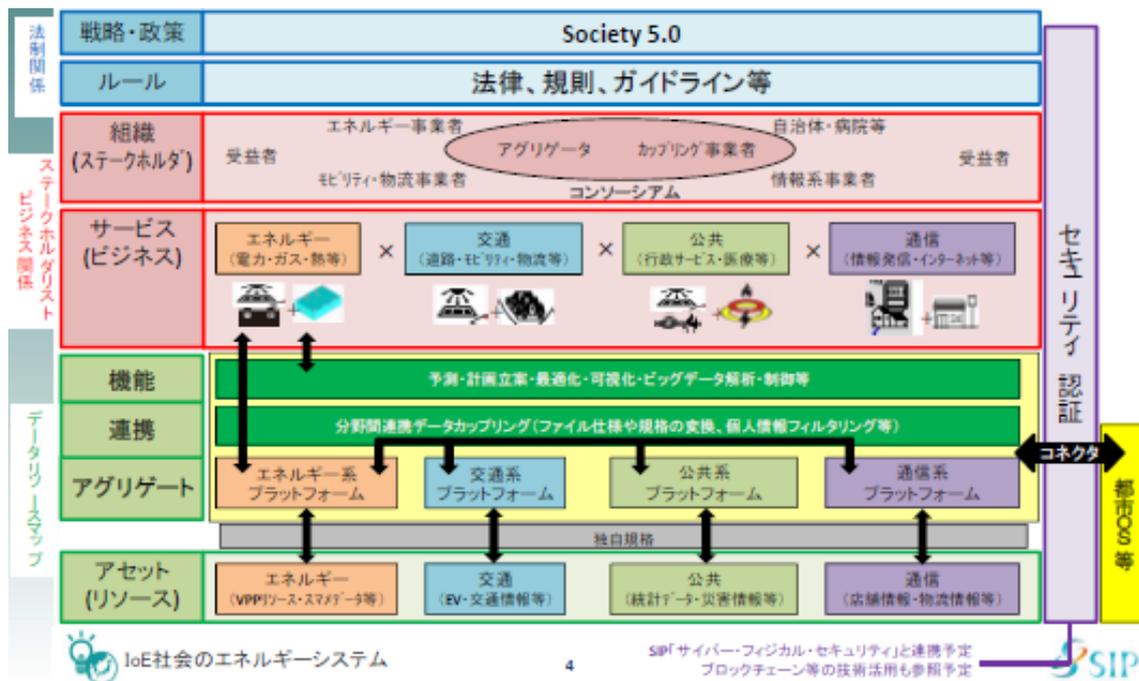


図 2-8 高度なエネルギー管理実現のためのアーキテクチャの構成

### 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管理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管理を通じたセクターカップリングの事例として V2X<sup>4</sup>に着目し、自動車とエネルギー管理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 2-3）。

<sup>4</sup> 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 2-3 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 2-9)。

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。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り、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。

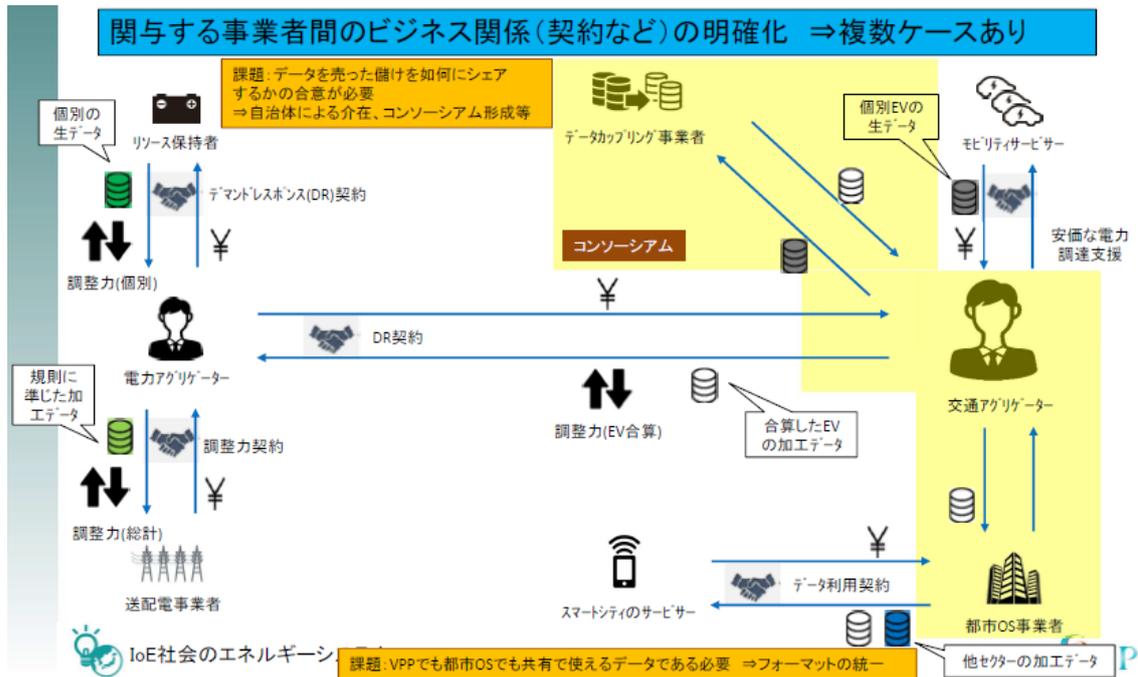


図 2-9 ビジネス関係 (V2X の事例)

### 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 2-9 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。

具体的に V2X の業務フローを例にとると、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。続いて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。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 2-10)。

データセットがどこにあるのかの明確化 ⇒セクター接合部の仕様統一が重要

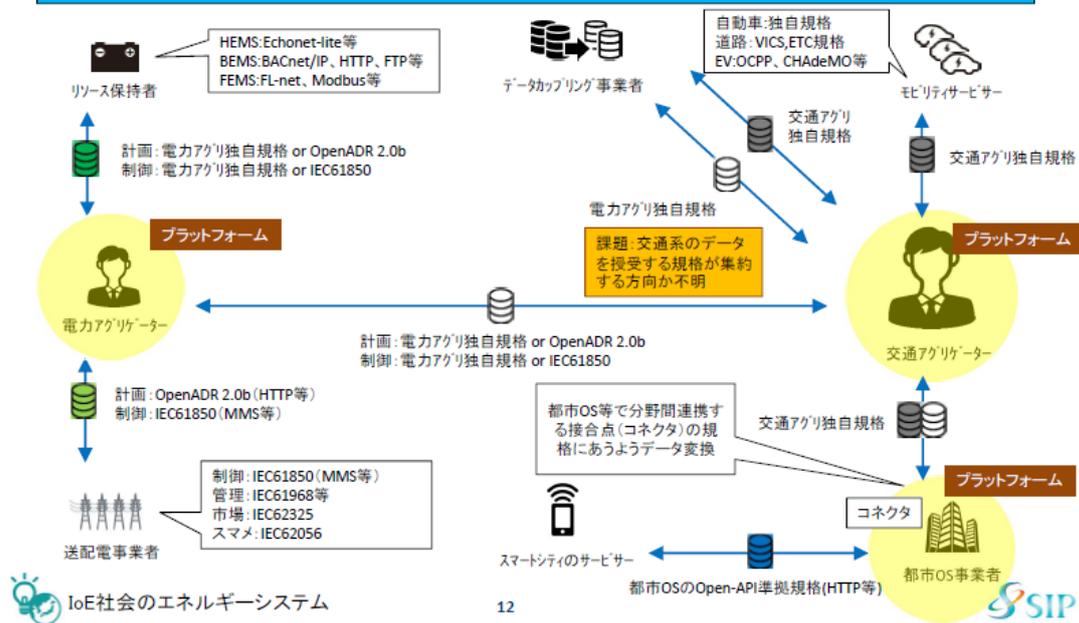


図 2-10 データリソースマップ (V2X の事例、通信規格)

以上の通り、エネルギー管理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。そして、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

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。評価にあたっては、当該技術を導入したことにより、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。

#### 第2節 各テーマでの便益の定量評価

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。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。

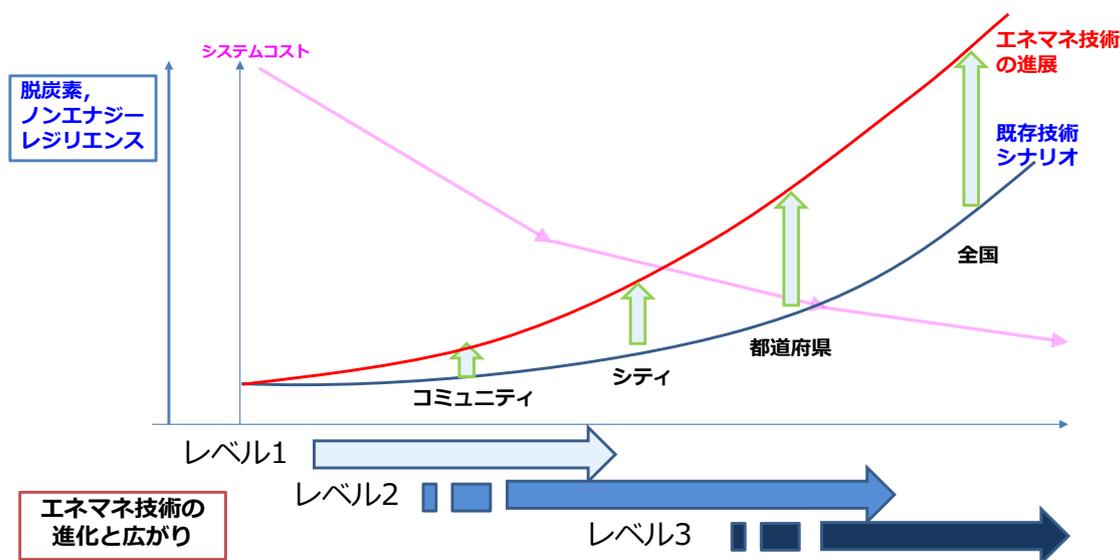


図 3-1 テーマ(A)-①の便益のイメージ

(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
 <b>技術活用 の広がり、 高度化</b>	<b>エネルギー マネジメント (効率向上)</b>	単体	SM、DR活 用	複数機 器連携 <b>USPM</b>	次世代SM、 街区単位	SC拡大 <b>広域連携 (広域エネマネ)</b>	A-2、 A-3、B、 C-1
	<b>BCP対応 (レジリエンス)</b>	概念 設計	建物単位	→ <b>ドローン</b>	街区単位	→ <b>広域連携 (広域災害対応)</b>	A-3、 C-2
	<b>VPP (再エネ、EV統合)</b>	概念 設計	建物単位、 ローカルな系 統制御	→ <b>USPM、EV</b>	街区単位	→ <b>広域連携 (VPPの拡大)</b>	A-2、 A-3、B
	<b>その他 (データ活用、セクター カップリングの拡大)</b>	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	→ <b>広域連携 (都市OS連携等)</b>	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

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<sup>5</sup>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）。

<sup>5</sup> 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

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 CO<sub>2</sub> の観点から日本での最近の事例を整理した。表 3-1 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 3-1 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

### (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、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にする。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。

- 部門の詳細化

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 3-2）。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 3-2 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
<b>業務部門合計</b>	<b>60,001</b>		<b>3.1%</b>	

（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が導入されるのかが課題である。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 3-3）。

表 3-3 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、想定の整理に基づいて、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 3-4）。

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。

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 3-4 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 3-5 および表 3-4 の通り推計される。

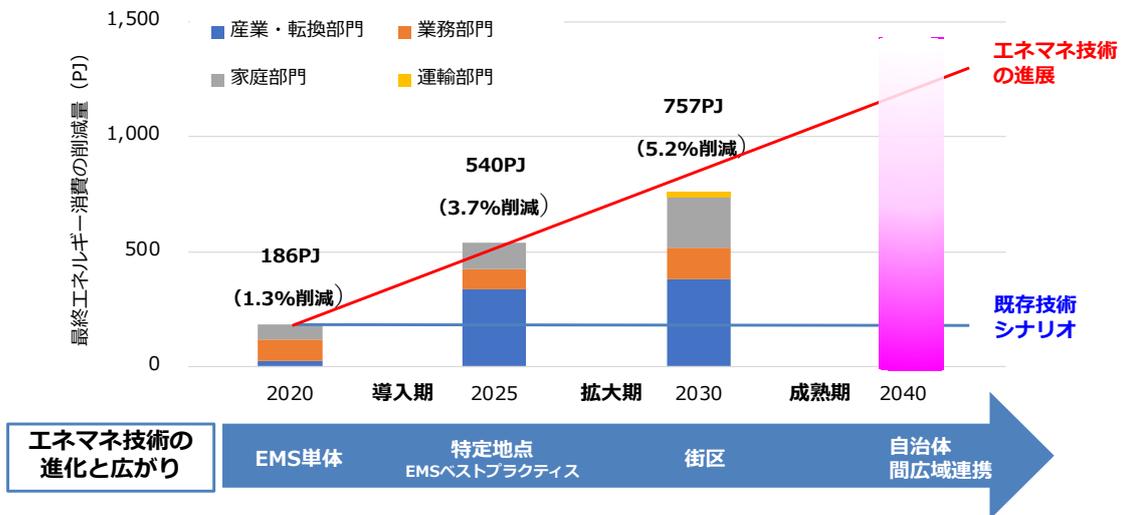


図 3-5 省エネ量の試算結果①

表 3-4 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

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

ニクスを活用によって各種ロス的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。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 3-6）。

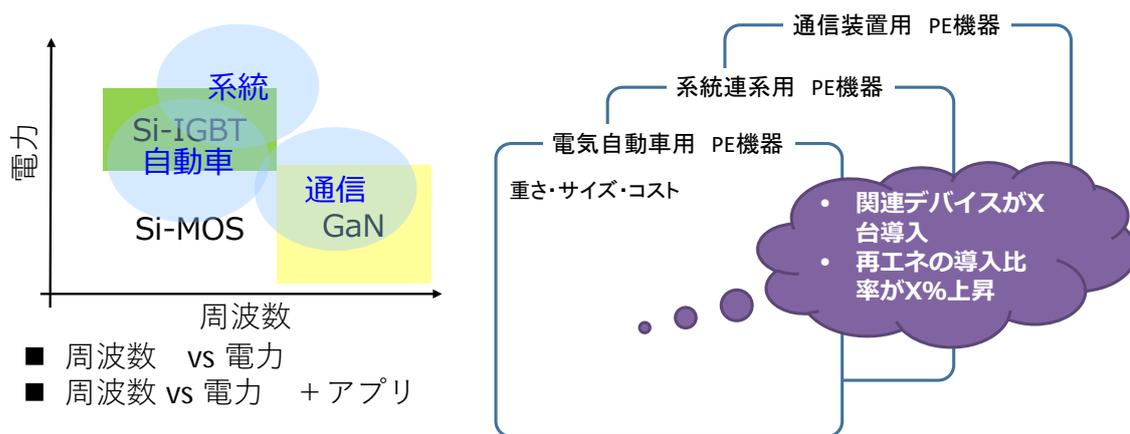


図 3-6 (A)-②および(B)の成果と(A)-①との連携イメージ

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（図 3-7）。

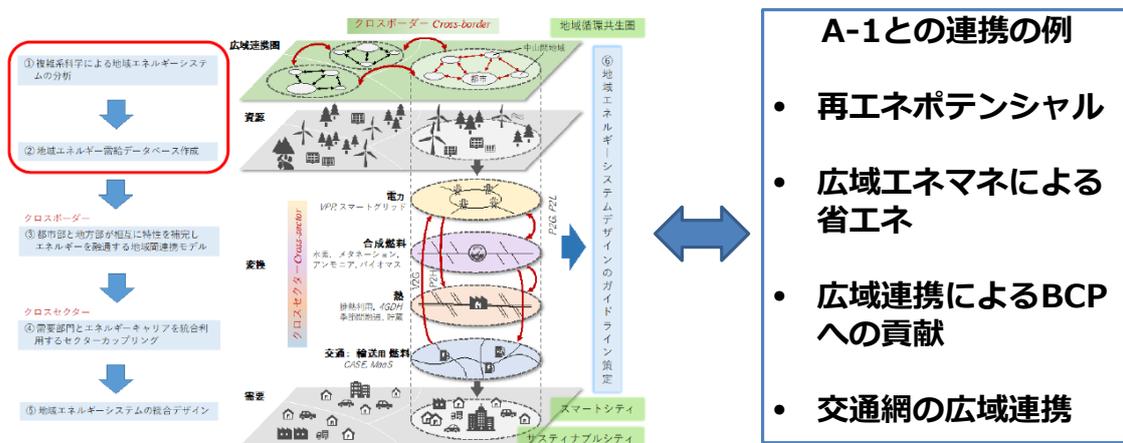


図 3-7 (A)-③の成果と(A)-①との連携イメージ

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 3-8)。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いる (図 3-9)。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ネルギーの便益として期待される。

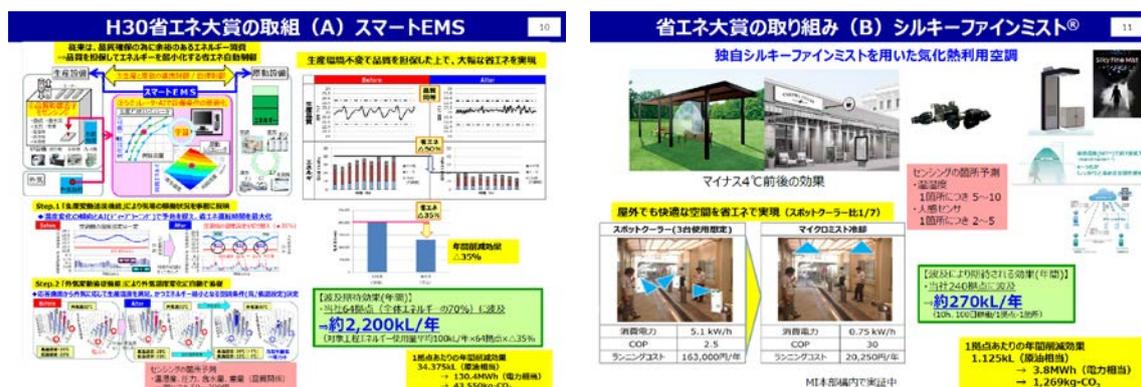


図 3-8 テーマ(C)-①での省エネに関する評価事例

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 <sub>2</sub> ]	
	電力換算 [kW/h]	電力換算 [kW/h]	電力換算 [kW/h]	CO <sub>2</sub> 換算 [kg-CO <sub>2</sub> ]		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

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 3-9 (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。

(2) テーマ間連携による便益の推計手法の検討

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。

例えば、ノンエナジー（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<sup>6,7</sup>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：CO<sub>2</sub>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
- 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）<sup>8</sup>によって評価している。

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。

---

<sup>6</sup> 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

<sup>7</sup> 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

<sup>8</sup> 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」

## 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CO<sub>2</sub>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。

### 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あたって、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。

### 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

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

### 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。

以上