

「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）（2021年度報告）

2022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	便益の定量評価	12
第1節	便益の定量評価の深掘りに向けて	12
第2節	テーマ(A)-①単体での便益評価	13
第3節	テーマ(A)-①と他テーマとの連携	15
第3章	システムアーキテクチャの検討	19
第1節	概念設計から実証事例への展開に向けて	19
第2節	エネルギー需給データベースの構築とアーキテクチャ	20
第3節	想定ユースケースでのアーキテクチャの検証	20
第4章	テーマ間連携の検討	23
第1節	各テーマの共通シナリオの検討	23
第2節	テーマ間連携による貢献	26
第5章	今後の課題と展望	28
第1節	研究会での議論と課題	28
第2節	展望（次年度のテーマ）	28
第6章	ヒアリングおよび研究会での報告	30
第1節	ヒアリング	30
第2節	外部有識者による研究会での報告	30

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	2
図 1-2 本研究会での検討対象と各テーマ、サブテーマの位置づけ	3
図 1-3 IoE 社会のエネルギーシステムの検討体制図	4
図 1-4 テーマ (A) の工程	5
図 2-1 テーマ(A)-①の便益のイメージ	14
図 2-2 便益評価：テーマ(A)-①の省エネ評価の結果	14
図 2-3 技術導入の時間軸と各テーマでの要素の検討	15
図 2-4 テーマ(C)-①の WPT を適用した EMS を活用した省エネ量の深掘り試算結果	16
図 2-5 テーマ (C) との連携による省エネ量の試算結果	17
図 2-6 テーマ (C) との連携による省 CO ₂ 量の試算結果	18
図 3-1 EMS システムアーキテクチャの概念モデル	19
図 3-2 テーマ連携によるシステムアーキテクチャの構築	20
図 3-3 今年度の検討において(A)-①と(A)-③の連携として確認したポイント	21
図 4-1 電力中央研究所の試算 (2030 年目標の深掘り)	24
図 4-2 日本エネルギー経済研究所想定シナリオの諸元	25
図 4-3 エネルギーマネジメントによる部門間連携によるユースケースと便益	27

表目次

表 1-1 研究会および研究会 WG メンバー一覧	6
表 1-2 2021 年度研究会 WG の開催スケジュールとテーマ	8
表 1-3 2021 年度研究会の開催スケジュールとテーマ	8
表 2-1 テーマ(A)に関する便益評価の例	12
表 2-2 テーマ(A)と他テーマとの連携による便益評価の例	13
表 4-1 基本政策分科会において示された 2050 年のシナリオ分析の一覧表	24

第1章 研究会の概要

第1節 本事業の目的

我が国では深刻さを増すエネルギー・環境に関する課題に対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を宣言され、中長期的に水素等の低炭素エネルギーの活用から排熱の利用や部門をまたがったエネルギーの効率的な利用など国内のエネルギーシステムのあり方の変革を促す方向性が示された。

世界的には 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、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。エネルギーの安定供給を確保し経済成長を継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。

これに向けた具体的な取り組みとして国内では 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、これを発展させる形で 2022 年 1 月から“クリーンエネルギー戦略”に関する会合が発足している。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 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）、強靭化（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。温室効果ガスの削減とともに SDR を実現するためには、エネルギーシステムをシステムの集合体とし捉え、総合的なエネルギーマネジメントを実現するグランドデザインの策定が期待されている。

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「エネルギー・マネジメント研究会」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

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・マネジメント技術やその普及による便益、普及のあり方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、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。

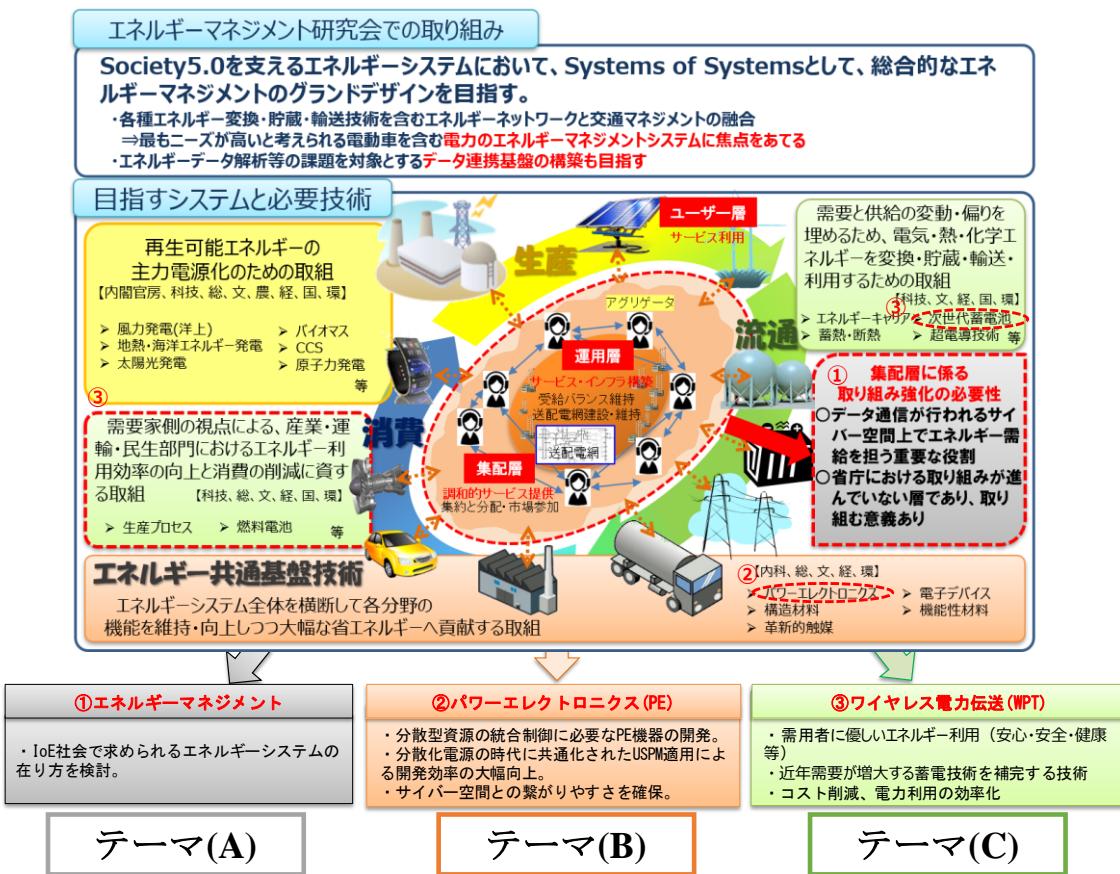


図 1-1 「IoE 社会のエネルギーシステム」で取り組むテーマ

(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

(1) テーマ(A)と各サブテーマの構成

本年度はテーマ(A)として昨年度からの継続検討課題である便益評価、アーキテクチャの

検討に加えてエネルギー・マネジメントのグランドデザイン、技術開発および社会実装を視野に入れた検討を行う。

昨年度より、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)。テーマ(A)のサブテーマである(A)-②では、再生可能エネルギー大量導入時のパワーエレの役割、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を行っており、(A)-③では、単一の自治体を越えた広域のエネルギー需給バランスを考慮したエリアの設定、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。特に(A)-③の中では具体的に自治体と連携し、実物件でのエネルギー・マネジメントの貢献について検討している。テーマ(B)は次世代パワーエレクトロニクスの検討として次世代の半導体の検討とそれを用いたモジュールの検討を行っている。そしてテーマ(C)は無線給電技術(WPT)の活用として、WPTのセンサーの活用やWPTを用いたドローンの活用を検討している(図1-2)。

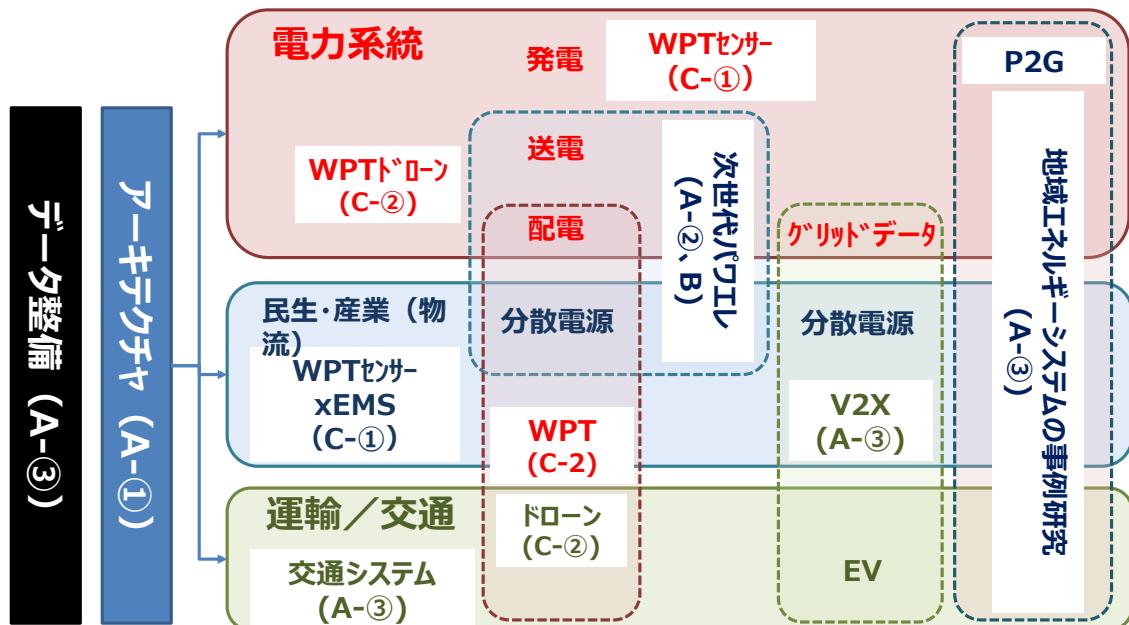


図1-2 本研究会での検討対象と各テーマ、サブテーマの位置づけ

(2) 研究会の運営体制

テーマ(A)・(B)・(C)間の連携強化が求められている中で、これらの状況を踏まえて「エネルギー・マネジメント研究会」のみでは時間的な制約により本課題に関して十分な議論が

できないことが懸念されたため、本年度より研究会に加えて研究会の運営委員会的な位置づけの会議体として「エネルギー・マネジメント研究会ワーキンググループ（以下、研究会WG）」を設置することとなった（図 1-3）。

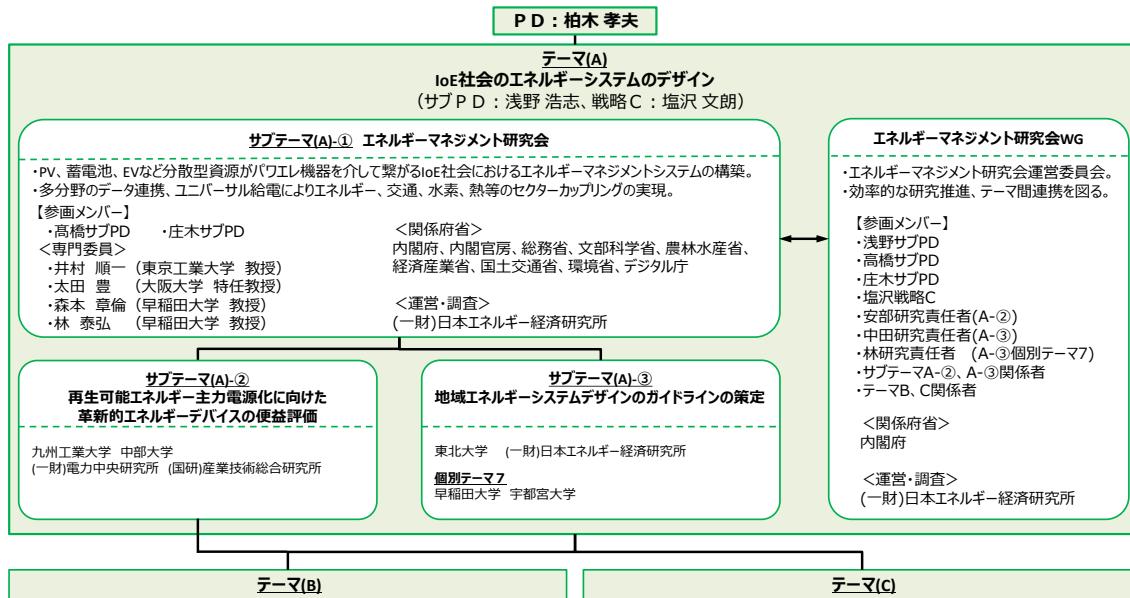


図 1-3 IoE 社会のエネルギー・システムの検討体制図

本年度は (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) との連携による便益評価の深堀りと具体的な定量化を進めることでアーキテクチャの検討に関してテーマ間連携においてアーキテクチャに必要となる項目を整理し、課題全体としての検討を深めた。次年度ではこれらの成果を含めてプラットフォームの設計指針やテーマ(A)-③で検討される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といった形で社会実装を目指すこととしている（図 1-4）。

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
A①エネルギー・マネジメント研究会		<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> IoE社会の展望 (運輸・自動車 関連含む) </div>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> 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) </div>			
	A② 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		<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> 交通部門とエネルギー 部門のセクターカップ リング実現の為のシ ステムアーキテクチャ構 築における課題整理 </div>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> 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) 1-1.アーキテクチャ </div>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> 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 1-2.設計指針 </div>	
	A③ 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		<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> 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 </div>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> テーマ(B)、(C) 実現時のエネルギー・システムの便益評価 2.便益 </div>		<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> ・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 3-1.テーマ事例研究 3-2.PF事例研究 3-3.ガイドライン </div>

図 1-4 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。また、本年度は研究会の運営支援として研究会 WG を立ち上げ、その運営も行っている。サブテーマ(A)-②および(A)-③に関しては、(A)-①との連携として関連する成果については本報告書において一部報告しているが、各テーマの具体的な成果についてはそれぞれ別紙にて取りまとめている。

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。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。研究会ではサブテーマ(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とともに、本課題の検討に資するテーマについては研究会において外部有識者を招聘し議論を深めた。これらを通じて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ている。

第2項 研究会メンバー

研究会および研究会 WG の運営は一般財団法人日本エネルギー経済研究所が事務局を担当し、2021年度はそれぞれ計6回の研究会および研究会WG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る（表1-1）。

表1-1 研究会および研究会WGメンバー一覧

研究会、研究会 WG 役職	氏名	研究会	WG	備考
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)	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	○	○	元住友化学株式会社 主幹
メンバー（第2回 研究会まで）	高澤 哲也	○	○	内閣府 政策統括官付 参事官
メンバー（第3回 研究会より）	辻原 浩	○	○	内閣府 政策統括官付 参事官
メンバー	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
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
メンバー	寺下 大地	○	○	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	林 泰弘	○	○	早稲田大学 先進理工学 部 教授
専門委員	森本 章倫	○	—	早稲田大学 創造理工学 部 教授
研究責任者 (A-②)	安部 征哉	○	○	九州工業大学工学院 電 気電子工学研究系 准教 授
研究責任者 (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
メンバー (A-②)	福島 健太郎	○	○	一般財団法人電力中央研 究所 主任研究員
メンバー (A-③)	光岡 正隆	○	○	早稲田大学 主任研究員
サブプログラムデ ィレクター(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(C)	庄木 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 上席エキスペ ート

第3項 2021年度研究会WGおよび研究会の開催スケジュール

(1) 研究会WGの開催スケジュールとテーマ

2021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および研究会WGをそれぞれ6回開催した。本年度は、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い研究会はオンライン会議を活用した形で開催した（表1-2）。

研究会WGでは研究会各回のテーマに沿い、研究会の事前打ち合わせの内容も兼ねて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候補の検討、事前

調査の報告、各テーマの進捗報告と議論を行った。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。

表 1-2 2021 年度研究会 WG の開催スケジュールとテーマ

	日付	テーマ
第 1 回	2021 年 5 月 6 日	(A)-① (便益評価、アーキテクチャ)、(A)-②、(A)-③より昨年度の検討と本年度の方針の議論
第 2 回	2021 年 6 月 14 日	(A)-①、(A)-②、(A)-③より進捗報告、定量評価のためのシナリオの検討、広域機関のマスタープランの中間整理の報告、第 2 回研究会テーマの議論
第 3 回	2021 年 8 月 30 日	(A)-①、(A)-②、(A)-③より進捗報告、定量評価のためのシナリオの検討、(A)と(C)の連携の報告、ピアレビュー資料に関する検討、第 3 回研究会テーマの議論
第 4 回	2021 年 9 月 29 日	(A)-①、(A)-②、(A)-③、(B)、(C)より進捗報告、ピアレビュー資料に関する検討、第 4 回研究会テーマの議論
第 5 回	2021 年 11 月 24 日	(A)-①、(A)-②、(A)-③より進捗報告、評価 WG に向けた検討、第 5 回研究会テーマの議論
第 6 回	2022 年 2 月 18 日	評価 WG の結果報告、(A)-①、(A)-②、(A)-③より進捗報告と次年度の計画報告、第 6 回研究会テーマの議論

(2) 研究会の開催スケジュールとテーマ

研究会では研究会各回のテーマに沿い研究会 WG での検討を受けて 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各テーマの進捗の報告、議論を行った。

表 1-3 2021 年度研究会の開催スケジュールとテーマ

	日付	テーマ
第 1 回	2021 年 5 月 20 日	Vehicle Grid Integration に関する情報提供と議論、総合エネルギー統計の運輸部門について、地域の運輸部門エネルギー消費量データの算出について
第 2 回	2021 年 7 月 1 日	定量評価のためのシナリオの検討、広域機関によるマスタープラン中間整理の概要、系統情報の公開について、海外での VPP アグリゲーション導入の試みの事例紹介、第 6 次エネルギー基本計画の検討状況の報告
第 3 回	2021 年 9 月 14 日	定量評価のためのシナリオの検討、オーストラリアおよ

		び PJM における VPP アグリゲーション検討状況、スマートメーターデータ利用の現状等と統計データ活用による地域エネルギー・マネジメント、電力データ活用に係る最新動向について
第 4 回	2021 年 10 月 26 日	エネルギー・データ利用の現状や課題、デジタル庁による Dx と共にデジタル庁についての講演、ピアレビュー資料に関する検討
第 5 回	2021 年 12 月 21 日	ピアレビュー資料に関する検討、東京電力パワーグリッドご講演、評価 WG 向けの資料についての検討
第 6 回	2022 年 3 月 11 日	スタートアップの視点と脱炭素政策立案者の視点についての講演、(A)-①、(A)-②、(A)-③より進捗報告と次年度の計画報告

第4項 2021 年度研究会 WG および研究会での報告概要

(1) 2021 年度の研究会 WG 各回の概要

2021 年度の研究会 WG 各回の概要は以下のとおり。

第 1 回研究会 WG : 事務局である日本エネルギー経済研究所より便益評価に関する昨年度の成果を報告した。その後、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本年度の方針について報告された。最後に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、中田教授そして光岡主任研究員より報告され、研究会の本年度の方針などについて議論した。

第 2 回研究会 WG : 事務局より便益評価について(A)-①とテーマ (C) との連携について報告した。続いてサブテーマについて(A)-②、(A)-③より安部准教授、中田教授そして光岡主任研究員より報告された。また、事務局よりテーマを横断して検討すべきシナリオに関する論点と広域機関によるマスタープラン中間整理の概要について報告した。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 WG : 事務局より便益評価の共通シナリオおよび便益評価の進捗について報告した。続いて、アーキテクチャについて國友フェローからサブテーマとの連携について報告があり、各サブテーマについて安部准教授、中田教授そして林教授より報告された。その後、次回の研究会の開催概要について事務局より報告、参加者の意見を確認した。続いてテーマ(A)、(C)の連携に関する進捗報告としてテーマ(C)の庄木 SPD から報告され、最後にピアレビュー資料について JST 下枝氏から報告された。

第4回研究会WG：事務局より便益評価の進捗について報告した。続いて、ピアレビュー資料についてJST下枝氏から報告された。その後、各サブテーマとピアレビュー資料について浅野SPD、安部准教授、中田教授、林教授より報告された。最後に次回の研究会の開催概要について事務局より報告、確認した。

第5回研究会WG：ピアレビューの結果と評価WGについてJST下枝氏から報告され、浅野SPDからコメントされた。その後、事務局から便益評価の検討について報告し、アキテクチャについて國友フェローから進捗が報告された。続いてサブテーマについて(A)-②、(A)-③より安部准教授、中田教授、林教授より報告された。最後に次回の研究会の開催予定について事務局より確認した。

第6回研究会WG：内閣府伊藤氏より評価WGの結果が報告された。その後、(A)-①、(A)-②、(A)-③の本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、飯岡准教授、織原氏、福島氏、中田教授、光岡氏から報告が行われ内容について協議を行った。最後に次回の研究会の開催予定について事務局より確認した。

(2) 2021年度の研究会各回の概要

2021年度の研究会各回の概要は以下のとおり。

第1回研究会：太田委員よりVehicle Grid Integrationについて報告された。続いて日本エネルギー経済研究所江藤主任研究員より総合エネルギー統計の運輸部門の現状について報告された。最後に中田教授より地域の運輸部門エネルギー消費量データの算出について報告され、関連する項目について議論された。

第2回研究会：事務局より定量評価のためのシナリオの検討について報告した。続いて事務局より広域機関によるマスタープラン中間整理の概要および系統情報の公開について報告した。続いて海外でのVPPアグリゲーション導入の試みの事例について事務局から紹介し関連項目について議論された。最後に事務局より第6次エネルギー基本計画の検討状況について報告し、共通シナリオについて議論された。

第3回研究会：事務局より定量評価のためのシナリオの検討状況について報告した。続いて事務局よりオーストラリアおよびPJMにおけるVPPアグリゲーション検討状況について報告した。続く外部講師の講演に先立ち、中田教授よりスマートメーターデータ利用の

現状等について報告され、林教授からは統計データ活用による地域エネルギー・マネジメントについて報告された。最後に外部講師の講演としてグリッドデータバンク・ラボ（GDBL）の平井氏より電力データ活用に係る最新動向について報告され、関連項目について議論された。

第4回研究会：外部講師の講演に先立ち、中田教授および林教授よりエネルギー・データ利用の現状や課題について報告された。これを受けデジタル庁・村上氏よりDxと共に助とデジタル庁と題して講演され、関連項目について議論された。最後にピアレビュー資料に関する検討状況について安部准教授、中田教授より報告があり、資料の内容について議論された。

第5回研究会：ピアレビュー資料に関する検討として指摘事項に対する方針について安部准教授、中田教授、光岡主任研究員より報告された。その後、東京電力パワーグリッド副社長岡本氏からご講演があり関連項目について議論された。最後に浅野SPDより評価WGでの報告ポイントについて報告があり、関連する論点について議論された。

第6回研究会：浅野SPDよりテーマ(A)全体方針について報告された。続いてアークエルテクノロジーズ宮脇氏からご講演があり関連項目について議論された。その後、(A)-①、(A)-②、(A)-③の本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は事務局から、アーキテクチャについては國友フェローから、そして(A)-②、(A)-③についてはそれぞれ安部准教授、中田教授、林教授から報告があり、関連する論点について議論された。

第5項 2021年度研究会の論点と本報告書の概要

本報告書では、2021年度内に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、研究会および研究会WG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章便益の定量評価”、”第3章システムアーキテクチャの検討”、”第4章テーマ間連携の検討”、”第5章今後の課題と展望”、”第6章ヒアリングおよび研究会での報告”という形で整理した。2021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・システムの便益評価（2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（3章）
- ③ テーマ間連携強化に必要な取り組みの検討（4章）

第2章 便益の定量評価

第1節 便益の定量評価の深掘りに向けて

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。便益の評価にあたっては昨年度までの本研究会の検討において得られる便益を脱炭素・省エネ、ノンエナジー、レジリエンスに大別した。特にエネルギー・マネジメントに関するテーマ(A)の便益についてはエネルギー単体の便益にとどまらず、エネルギーとの親和性が高い交通部門での連携を例に取ると多様な便益が期待される(表2-1)。

表2-1 テーマ(A)に関する便益評価の例

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	・双方取引(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	・市場の健全化、価格安定化 ・蓄電池販売促進 ・自家消費推進	・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 ・自家消費時間	・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	・卸電力 ・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 ・CO2排出削減 ・再エネ余剰活用	・充放電時損失 ・蓄電池の劣化 ・設備投資削減	・充放電制御の最適化 ・電池の最適組み合わせ ・容量規格要件の緩和 ・充放電時損失 ・蓄電池の劣化 ・設備投資削減	・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 ・混雑緩和	・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 ・系統混雑緩和 ・設備投資削減	・電池劣化 ・リコール品質の確保	・充放電制御の最適化 ・電池の最適組み合わせ ・容量規格要件の緩和 ・充放電時損失 ・蓄電池の劣化 ・設備投資削減	・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	・SOCの把握 ・電池の最適組み合わせ	・充放電制御の最適化 ・電池の最適組み合わせ ・容量規格要件の緩和 ・充放電時損失 ・蓄電池の劣化 ・リコール品質の確保	・SOC情報 ・決済情報	・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 ・決済情報	・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 ・情報を管理	・機器コスト ・サービスコスト ・情報を管理	・契約ID管理 ・RFIDの利用 ・充電権限対応 ・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 ・単一データ取得APIの開発 ・データ売買清算 ・データセキュリティ	・データ蓄積 ・データ分析 ・データ取扱	・車両のID ・SOC情報 ・走行データ ・セキュリティ手法開発 ・精算スキームの整備 ・データ蓄積 ・データ分析 ・データ取扱	・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削減 ・コスト削減 ・物流に必要なインフラ減	・データ蓄積 ・データ分析 ・データ取扱	・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 ・セキュリティ手法開発 ・精算スキームの整備	・時間 ・日	・自治体 ・事業所

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

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)のそれぞれについて昨年度までの実績において各テーマ単体での便益の項目出しと定量評価の検討が進んでいる(表2-2)。

表 2-2 テーマ(A)と他テーマとの連携による便益評価の例

テーマ	部門	便益の概要	進捗
A-①：EMSの高度利用	全体	エネルギー・マネジメントの高度化による省エネ	試算済み
A-③：地域エネルギー・システムの事例研究	全体	① 再エネ等の自治体間のクロスボーダーでの需給マッチングによるエネルギーの効率的な利用 ② P2G等のエネルギー技術を考慮したセクター・カップリングによるエネルギーの効率的な利用	① 検討中 ② 試算済み
【連携】A-②とB：次世代パワエレ	電力×民生・産業	① 次世代半導体によるロス改善を含めた配電系統、送電検討における再エネ導入量拡大 ② 次世代半導体による系統安定度の改善	① 試算済み ② 検討中
A-③：宇都宮での事例研究(V2X)	電力×民生・産業×運輸/交通	① EVバスの活用による余剰電力の活用 ② V2Xによるレジリエンスの向上	① 試算済み ② 来年度検討
A-③：宇都宮での事例研究(交通システム)	電力×運輸/交通	交通システムとエネルギー・システム、データの連携による交通渋滞の緩和、利便性の向上	試算済み
C-①：WPTとセンサー	① 電力×民生・産業 ② 電力×民生・産業×運輸/交通	① WPTを用いた発電所、プラントの遠隔監視によるメンテナンス費用の削減 ② WPTによる物流の管理費用の削減	① 試算済み ② 試算済み
C-①：WPTとセンサー、xEMS	電力×民生・産業	WPTを用いた新たなEMS技術等によるエネルギー効率の向上	試算済み
【連携】A-①とC-①：WPTを用いたエネルギー・マネジメントの高度利用	電力×民生・産業	空調や照明へのWPTを活用したエネルギー・マネジメントの高度化による省エネ	試算済み
C-②：WPTとドローン	電力×運輸/交通	災害時のドローンによる送電インフラの巡回の効率化によるレジリエンスの向上、作業の効率化	試算済み

以下では、テーマ(A)-①を中心に本年度検討した便益の深掘りと他テーマとの連携による便益評価の深掘りの成果について示す。

第2節 テーマ(A)-①単体での便益評価

前節の通りテーマ(A)単体での便益は3つの分類に基づいて検討事例を整理した。昨年度の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局所的なエネルギー・マネジメントから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分析を行った(図2-1)。

本年度はエネルギー・マネジメントの便益について具体的な案件等を想定した検討として、他テーマにおいて検討事例が報告されており、そこでの進捗の検討とともにテーマ(A)-①の検討を踏まえて他テーマの検討の成果をマクロに日本全体に展開した時の便益について検討を行った。

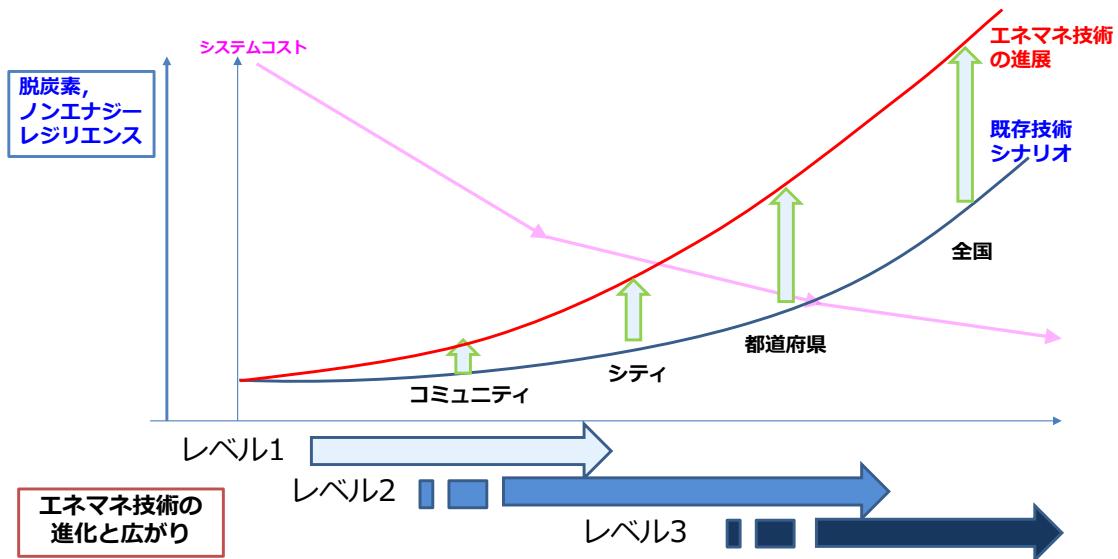


図 2-1 テーマ(A)-①の便益のイメージ

(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

本年度の研究会では、昨年度の検討からの深掘りとして 2021 年 10 月に閣議決定された第 6 次エネルギー基本計画の需要想定と各種対策の省エネ効果を反映し、便益評価をアップデートした (図 2-2)。

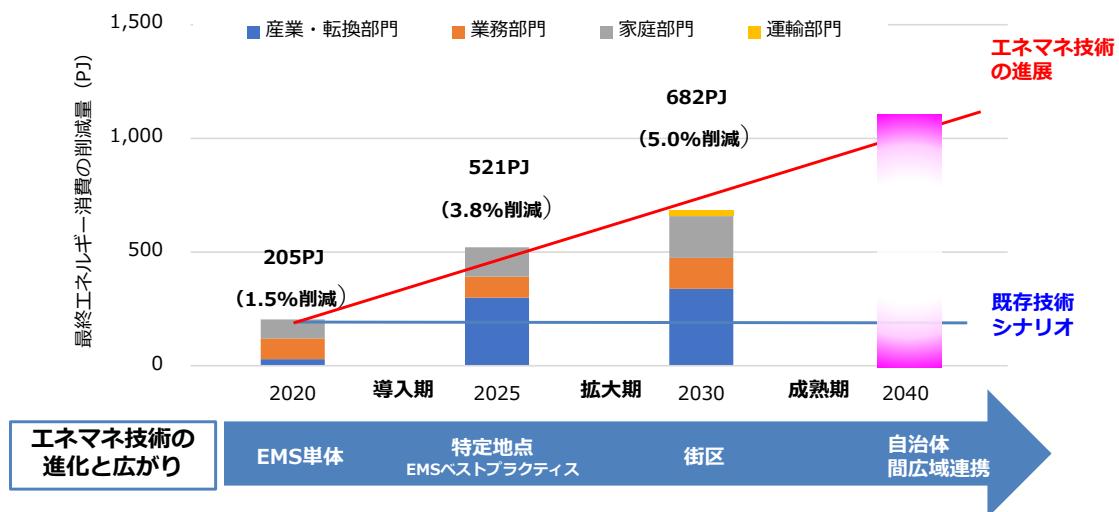


図 2-2 便益評価：テーマ(A)-①の省エネ評価の結果

第3節 テーマ(A)-①と他テーマとの連携

第1項 各テーマで検討する技術導入の時間軸

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ているが、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る。これらを実現するための要素技術としてテーマ(B)、テーマ(C)で検討が進められており、本研究会で検討する技術の社会実装を進めることによる便益評価について検討を行った(図 2-3)。

	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	→ ドローン	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 2-3 技術導入の時間軸と各テーマでの要素の検討

(注) SM:スマートメーター、SC:スマートコミュニティ、GDBL:グリッドデータバン
クラボ

昨年度までの検討において各サブテーマで検討されているユースケースおよび便益の検討が進んでおり、次項では図 2-3 に関する検討を踏まえて共通する便益項目に関してエネルギー・マネジメント研究会の下でテーマ(A)-①と各テーマとの連携としてテーマ(C)との連携による便益について分析手法およびその結果について検討した。

第2項 (C)-①との連携の検討

テーマ(C)-①では現在検討されているものよりも高度な EMS や WPT を EMS などに関する活用事例を挙げて省 CO₂ 効果／省エネ効果について検討している。本年度は(A)-①で検討したエネルギー・マネジメントに関する前提条件や考え方を踏まえて、サブテーマの検討についてさらなる深掘り、拡大余地について検討した。

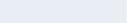
テーマ(C)-①の検討成果を元にテーマ連携として、①パナソニック以外の製造業での業種毎に展開した時の省 CO₂の効果、②製造業以外の別の業種（製造業、サービス業限らず）に展開し業種別に切り分けて示すことは可能か（例えば LED×WPT の飲食店での活用等）を中心に検討した。

テーマ(A)-①と(C)-①との連携について具体的には以下の項目について検討した。

- (C)-①のパナソニックの事例から省 CO₂効果について(A)-①での省エネ分析との比較、(A)-①試算への取り込みもしくは試算の拡張を検討した
- (C)-①の東芝 WPT でのメンテナンスに関する便益について、“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 への適用が期待”と言う点を踏まえて産業以外の部門への展開も視野に連携を検討した
- 高度な EMS の効果、個別の省エネ技術の高度化、インフラメンテナンスの無人化の便益について検討した

上記について検討の結果、業務部門と家庭部門の詳細なエネルギー需要データに注目し、比較的消費電力の大きな照明および空調に WPT センシングを適用することによる脱炭素量を便益として評価した。本年度の追加便益試算として CO₂削減について 8 万トン分の追加削減が期待されると試算された（図 2-4）。

昨2020、今2021年度の便益評価試算まとめ

検討年度	2020年度	2021年度
検討対象部門	民営事業所が主 (業務部門含む)	業務部門、家庭部門
WPT適用シーン	省エネ施策を民営事業所へ主に展開  クリーンルームのスマートEMS タスクアンドエント照明  タスクアンドエント空調 WPTセンシング照明・空調 (家庭部門) シルキーアイソミスト	昨年度検討の業務部門における照明を除く、空調と家庭部門へ展開  タスクアンドエント WPTセンシング (家庭部門)
脱炭素量 [t-CO ₂]	WPTあり WPTなし 貢献分	26,612,832 16,452,591 10,160,241 734,907 655,609 79,298 27,347,739 17,108,200 10,239,539
合計		

エネルギー換算
0.235 [kg-CO₂/kWh] ※

WPT適用により、脱炭素量1,024万tに貢献（2030年度）

参考) 2030年における年間電力供給量推定 9350億kWh → 電力由来CO₂排出量 2.197億t-CO₂
WPTは総排出量の約4%の削減に貢献

図 2-4 テーマ(C)-①の WPT を適用した EMS を活用した省エネ量の深掘り試算結果

第3項 (C)-②との連携の検討

テーマ(C)-②ではドローンを使ったレジリエンスの向上やコスト改善について検討している。その中でサブテーマ単体としての検討事例に対して、(A)-①で検討した前提条件や考え方を踏まえて、ドローンを用いたレジリエンスによる復旧時間への貢献の多様な部門への展開や復旧時間の改善からレジリエンス指標の改善、経済効果への落とし込みの可能性について検討した。

検討の結果、現時点での(C)-②の評価はレジリエンスの定量的な評価の考え方としてはエリアを限定した検討であり、テーマ(A)-①と(C)-②との連携として一律に全国に展開することは難しいため、本年度の検討では今後のテーマ(A)との連携のあり方を含めて継続的な検討課題となった。

第4項 テーマ (C) との連携による便益

テーマ(C)との連携に関する検討の結果、特に(C)-①の連携での便益評価について定量的な数字の検討が進み、日本全体としてのマクロ的な影響についても評価された。研究会では前項での(C)-①との連携による便益の深掘りの結果を(C)-①での検討を踏まえた WPT の導入による効果としてエネルギー管理単体による省エネ量と省 CO₂ 量に加えることで、テーマ間連携を考慮した便益を推計した。

WPT による CO₂ 削減量は図 2-4 より約 1,024 万トンと推計されており、この CO₂ 削減量を(C)-①の計算で用いられている CO₂ 排出原単位 0.235kg-CO₂/kWh を用いてエネルギー量に換算することで省エネ量を算出した (図 2-5、図 2-6)。

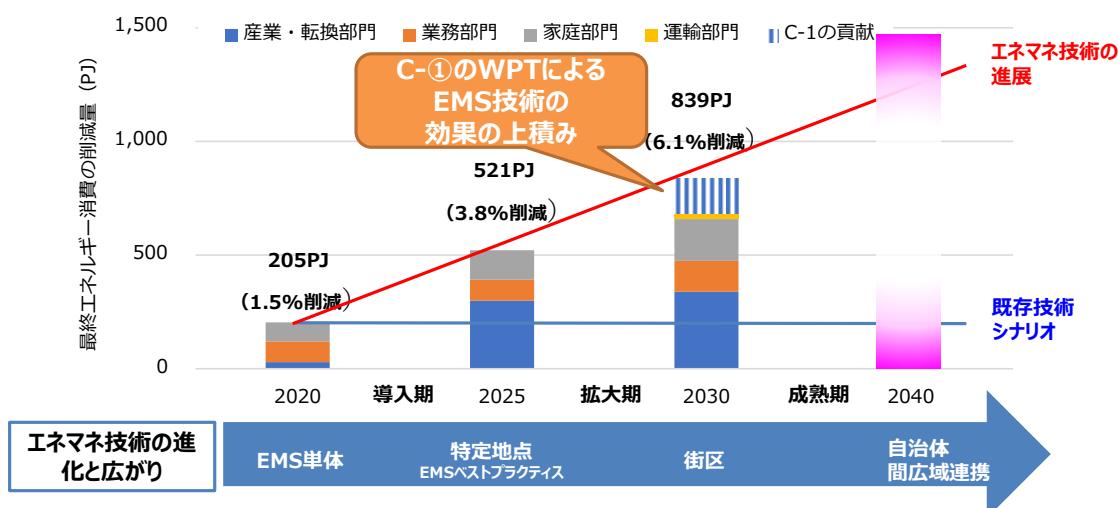


図 2-5 テーマ (C) との連携による省エネ量の試算結果

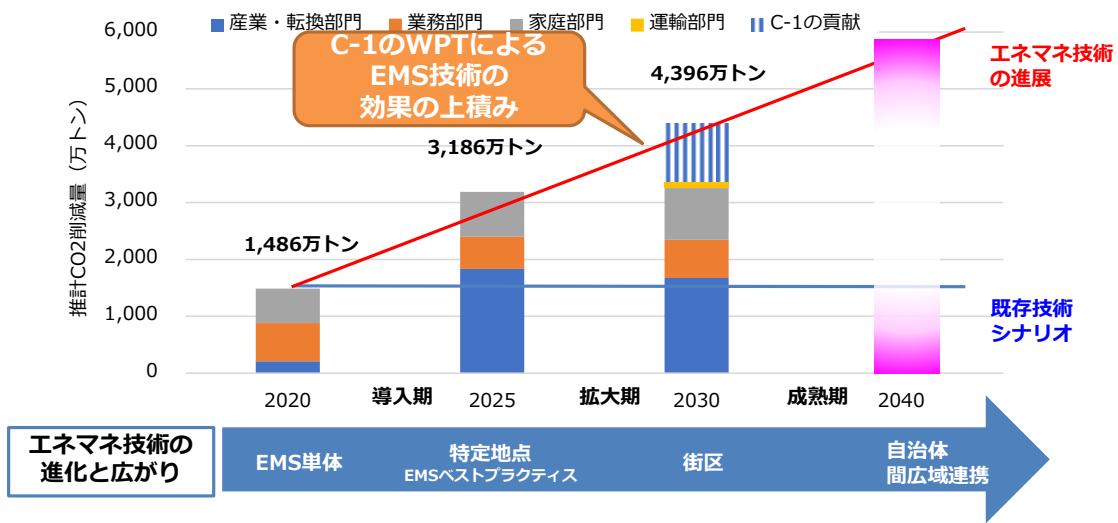


図 2-6 テーマ (C) との連携による省 CO₂量の試算結果

第3章 システムアーキテクチャの検討

第1節 概念設計から実証事例への展開に向けて

第1項 システムアーキテクチャの概念設計

本研究会では内閣府の検討も踏まえて、特にエネルギーを軸としたこれらのやり取りを実現するためのアーキテクチャについて、昨年度はエネルギー・マネジメントによるユースケースとアーキテクチャの関係を中心に整理してきた。その検討を経て、エネルギー・マネジメントシステムに求められるアーキテクチャの概念モデルが提示された（図3-1）。本年度はユースケースを踏まえて各テーマで具体的な技術やサービスなどが検討される中で、これらをアーキテクチャとしてつなぐために必要な論点について議論された。

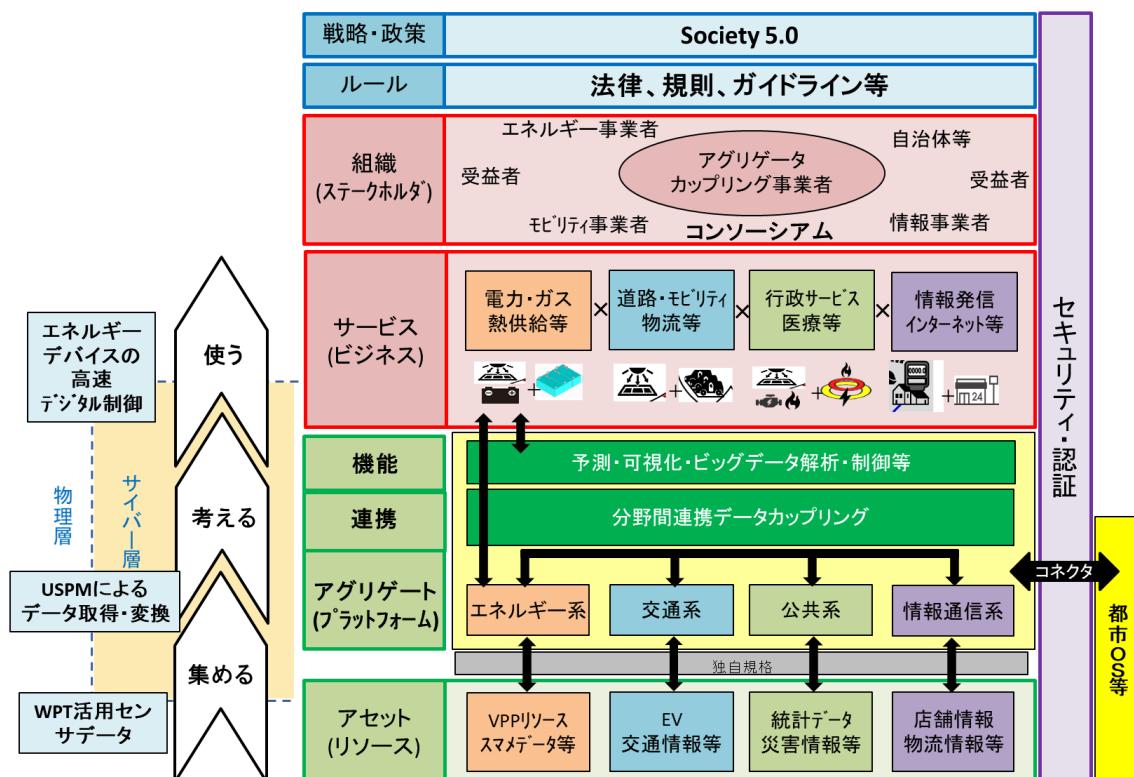


図 3-1 EMS システムアーキテクチャの概念モデル

第2項 システムアーキテクチャの実証事例での活用に向けて

本年度の研究会では起点となるアーキテクチャを元に各テーマで検討されている事例においてどのようにアーキテクチャが活用できるか、また、各テーマでの事例検討の成果からアーキテクチャの概念モデルに必要な要件は何かを検討することで、広く社会への実装を視野に入れた検討を進めた（図3-2）。

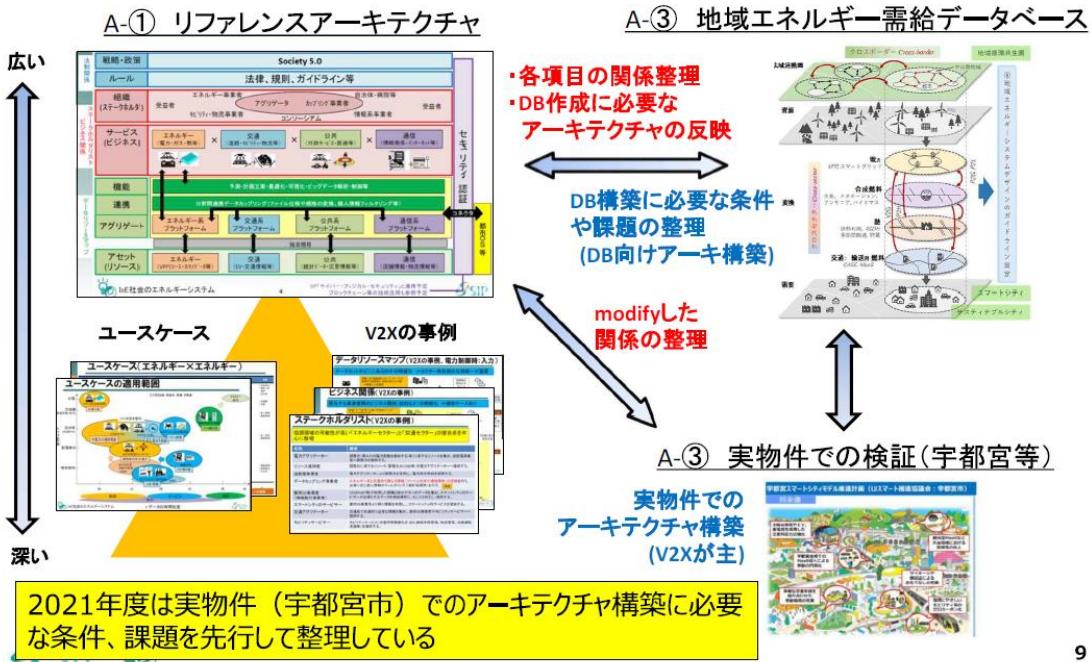


図 3-2 テーマ連携によるシステムアーキテクチャの構築

次節以降では特に図 3-2 の中でテーマ(A)-③で検討している事例とテーマ(A)-①で検討しているアーキテクチャの概念モデルの連携のあり方について検討した。

第2節 エネルギー需給データベースの構築とアーキテクチャ

本年度の研究会ではアーキテクチャに関するテーマ間連携の具体的な論点としてサブテーマ(A)-③で検討されている地域エネルギー需給データベース構築・可視化の検討とそのためのアーキテクチャの繋がりについて議論された。

本年度の研究会ではテーマ(A)-③の検討状況を踏まえて地域エネルギー需給データベース構築に関するアーキテクチャを議論した結果、データベースとしてアーキテクチャにつながる項目の検討が進んでいないためこれについては検討しない方向となった。また、これらの検討のためにまずは具体的な事例研究として宇都宮市の事例でのアーキテクチャの連携について検討する必要性が指摘され、次節の通り検討を進めた。

第3節 想定ユースケースでのアーキテクチャの検証

サブテーマの中でも(A)-③の宇都宮市の検討では、市との連携の下でエネルギー管理による便益評価とプラットフォームの検討が進められている。

研究会ではそれぞれのテーマでのアーキテクチャに関する検討の進捗を踏まえてデジタ

ルデータの取り扱いを中心にアキテクチャの概念モデルと想定ユースケースでのアキテクチャの検証すべき点として以下の項目が挙げられた（図 3-3）。

- ユーザーの利便性を考慮した簡易に構築するプラットフォームのイメージについて (A)-③と(A)-①で共有する
- 便益評価のための分析（オフライン）において課題の抽出は可能かを確認する
- 想定ユースケースにおいて物理的なプラットフォームを構築するにあたり、汎用的なアキテクチャも念頭に各データ取込などの仕様は提示できるのかを確認する
- プラットフォームについてはステークホルダーの連携もプラットフォームとも言えるため、リファレンスアキテクチャと宇都宮の事例でアキテクチャとして検討する範囲を確認する

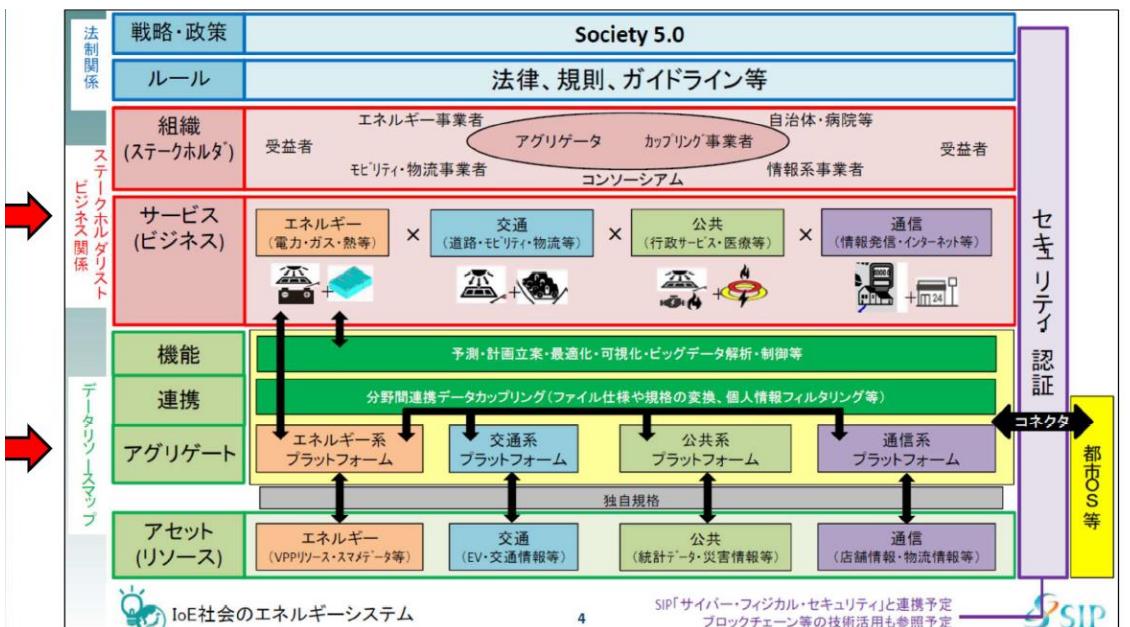


図 3-3 今年度の検討において(A)-①と(A)-③の連携として確認したポイント

本年度はこれらの点を念頭に特にアキテクチャの中でもテーマ(A)-③の想定ユースケース(宇都宮市)とテーマ(A)-①のアキテクチャを比較検討し、必要な条件や課題の検討を開始した。検討の結果、(A)-①で検討しているアキテクチャは概ね想定ユースケースで活用可能であること、(A)-①で想定した課題は想定ユースケースでも概ね同様であるといった知見が得られた。

次年度については、アキテクチャについてのテーマ間連携の課題としてリファレンスアキテクチャがより具体的に想定ユースケースで活用できるのか、改善点はどこかを整

理する必要があることを確認した。また、次年度の成果としてのガイドライン策定や政策提言を見据えた中で SIP の評価 WG での指摘を踏まえて、研究会では次年度の目標地点を定めた上で本年度のデータプラットフォームの構築に関する経験も踏まえて引き続き検討していくことを確認した。

第4章 テーマ間連携の検討

第1節 各テーマの共通シナリオの検討

第1項 テーマ間での共通した条件の必要性

(1) 各テーマの便益評価と前提条件

各テーマで進めている便益評価は、評価のスコープとしてテーマ(A)-①のように日本全体としてのマクロ的な試算からテーマ(A)-③のように特定の地域の事例もしくは事業所を念頭に置いた事例まで多様である。この中でも便益を試算するための条件についてはテーマ間で共通している点があり、代表的な項目として以下の点が考えられる。

○共有すべき前提条件や考え方

- 将来のエネルギー믹스における各種情報
- 経済想定、需要、各種対策の効果など
 - 例：2030、2050年のエネルギー需要の想定等、電化率、再エネの電源比率等
 - 例：車両の電化率等について公共交通と自家用車を対象に時系列で整理
- 国全体の計画と地方自治体等の各種検討との整合性の検討
 - 例：地域脱炭素ロードマップに関する情報

本年度は研究会での議論を経て本課題においては下記の項目について共通の条件を想定し、できる限り共通条件に沿った試算を行うこととした。

- PV、風力の導入量（全国、地域別）
- 再エネの余剰（全国、地域別）
- 電力貯蔵の規模、蓄電池の割合（全国、地域別）
- EV の導入量
- 部門別のエネルギー需要、省エネ

便益評価の前提条件を想定するにあたっては、できる限り各テーマでの試算に必要となる項目を網羅し、かつ本研究会が目指す IoE 社会の世界観に沿った共通シナリオを検討した上で前提条件となる項目のデータを整理した。

第2項 将来のエネルギー需給に関する代表的な分析事例

本課題で参照すべき共通シナリオに関する情報として基本政策分科会において示された将来のエネルギー需給分析の事例がある（表 4-1）。

表 4-1 基本政策分科会において示された 2050 年のシナリオ分析の一覧表

<2050年シナリオ分析の結果 比較（標準的なシナリオを抽出）>

		RITE (参考値のケース)	国立環境研究所	自然エネルギー財団	テロイトトマツコンサルティング	日本エネルギー経済研究所 (標準ケース)
分析における想定	モデルの特徴	世界モデル コスト適化 電力需要、供給、資源をばらばらに 時間削減度、1時間ごと(合計)	日本モデル 一般均衡、技術革新、資源の組み合わせ コスト適化(技術革新+電源モルヒ) 電力需要、全国10地域(電源モルヒ) 時間削減度、1時間(資源モルヒ)	世界一地域モデル 経エネシナリオ(コスト削減) エネルギー効率、資源モルヒ(合計2地域) 時間削減度、1時間(資源モルヒ)、他11年	日本モデル コスト適化 電力需要、全国35ノード 時間削減度、1時間(資源モルヒ)	日本モデル コスト最適化 電力需要、全国35ノード 時間削減度、1時間(資源モルヒ)
マクロフレーム	GDP成長率：30年まで1.6%成長、 50年まで0.4%成長 (SSPシナリオ)	GDP成長率：30年まで1.7%成長、 50年まで0.5%成長 (内閣府成長見通し、SSPシナリオ参照)	GDP成長率：(2050年まで-20%)を目標に、 人口減少 (人口減少率：2050年まで-20%)を目標に、 需要引導化(一定の割合で減少)	部門別で累積、用途ごとにサービス需要を推計 人口動向を反映	部門別で累積、用途ごとにサービス需要を推計 人口動向を反映	部門別で累積、用途ごとにサービス需要を推計 人口動向を反映
電力システムの想定	エネの社会資源を考慮 (蓄電池、系統強化) DRは考慮 水素製造なども考慮	電力需要は時間の特徴で分割し、 地域別に統一、系統強化、出力削減なども考慮、 V2Gも考慮せず。	電力・熱・運送を組合せ分析 (技術革新)、 電力・熱・運送を組合せ分析 (技術革新)、 EV(スマートチャージ)、 V2Gも考慮せず。	電力・熱・運送を組合せ分析 (技術革新)、 電力・熱・運送を組合せ分析 (技術革新)、 EV(スマートチャージ)、 V2Gも考慮せず。	電力需要は時間の特徴で分割、 蓄電池、系統強化、 DR、V2G(充電のみ)を考慮 水素製造なども考慮	電力需要は時間の特徴で分割、 蓄電池、系統強化、 DR、V2G(充電のみ)を考慮 水素製造なども考慮
技術・需要想定	モデル内において6000技術を想定して構み上げ モデル内で5000技術を想定して構み上げ	モデル内において6000技術を想定して構み上げ 民生、電化化・9割+熱能率向上 運輸、電化化・9割+熱能率向上 +データー化・進歩、物流効率改善 産業、電化・水素化 +データー化利用効率改善	モデル内において6000技術を想定して構み上げ 民生、電化化・9割+熱能率向上 運輸、電化化・9割+熱能率向上 +データー化・進歩、物流効率改善 産業、電化・水素化 +データー化利用効率改善	P2G/V2G(電力の再生可能エネルギーからガス化)を想定 電化・エネルギー転換を削減 運輸機関のガスのエネルギー消費と EV(スマートチャージ)、V2Gも考慮	P2G/V2G(電力の再生可能エネルギーからガス化)を想定 電化・エネルギー転換を削減 運輸機関のガスのエネルギー消費と EV(スマートチャージ)、V2Gも考慮	300以上の必要事例・供給技術を考慮。 民生、運輸、民生部門を3つのゾーンで区分して表現し、需要側の技術選択による効率化や 供給側の技術選択による効率化。 民生ヒートポンプの選択の仕組みによるV2Gを考慮。
一次エネルギー供給量	総量：14.2億t 再生エネ22%、原子力9%、 化石燃料21%、水素13% 最終エネルギー消費：25%減 (2015年比) 電力消費：46%	総量：15-17t 再生エネ25%、原子力7%、 化石燃料14-15%、新規開拓12-13% 最終エネルギー消費：24-25%減 (2018年比) 電力消費：49-51%	総量：7.7t 国内再生エネ6%、輸入原一元化等26% 無線グリーンガス6%	総量：11.6t 再生エネ34%、原子力13%、 天然ガス39%、石油11% 最終エネルギー消費：20-22t (2020年比) 電力消費：約41%	総量：13.0t 再生エネ34%、原子力14%、 化石燃料35%、石油/ガス7-16% 最終エネルギー消費：20-22t (2019年比) 電力消費：42-43%	電力消費：1.2兆kWh 電力需要消費：2019年比で削減 DACCs終の電力需要が2000億kWh
エネルギー消費	DACCs用の電力需要が純発電電力量の3%程度ある	電力需要：1.4-1.9兆kWh 電力需要消費は25%増 (2015年比) 電力消費：46%	電力需要：1.4-1.9兆kWh 電力需要消費は46%増 水素製造用の需要が6000億kWh程度	電力需要：1.4-1.9兆kWh 電力需要消費は54%減 水素製造用の需要が307t/kWh程度	電力需要：約41%	電力需要：約41%
電源構成	再生エネ54%、原子力10%、 CCS火10%、水素等13%	再生エネ7-74%、原子力8-9%、 CCS火9-10%、アノード7-7%	再生エネ40%、風力、海上風8%洋上8%、 火力、ガス7%、原一元化等26% (技術革新)太陽光52GW、風力、海上8GW- 12.5GW、ガス7-10GW、原一元化等28.5GW	再生エネ70%、原一元化10%、 CCS火9.5% 原一元化等28.5GW	再生エネ50%、原子力13%、 CCS火19%、水素等18%	再生エネ50%、原子力13%、 CCS火19%、水素等18%
エネルギー需給分析 (2050)	再生エネ：(20-) 太陽光：9-15円 火力：10-22円 ボテンシャル：2050年まで日射量考慮 (一貫・個別に反映)	再生エネ：(20-) 太陽光：6円 火力：陸上 1.5円、洋上 1.3円 ボタンシナリオ(一貫・個別に反映)	再生エネ：(20-) 太陽光：6円 火力：陸上 4.5円、洋上 6.8円 ボタンシナリオ(一貫・個別に反映) (一貫・個別に反映)	再生エネ：(20-) 太陽光：8.7-13.0円、ガス7-11円、 風力：陸上 5.5-17.8円、洋上 11.0-20.2円 ボタンシナリオ(一貫・個別に反映) (一貫・個別に反映)	再生エネ：(20-) 太陽光：8.7-13.0円、ガス7-11円、 風力：陸上 5.5-17.8円、洋上 11.0-20.2円 ボタンシナリオ(一貫・個別に反映)	再生エネ：(20-) 太陽光：8.7-13.0円、ガス7-11円、 風力：陸上 5.5-17.8円、洋上 11.0-20.2円 ボタンシナリオ(一貫・個別に反映)
電源想定	想定根拠：蓄電池熱利用システム 削引率：8%	想定根拠：IRENAコントラブルガス化根拠 削引率：3% 電源選定：原一元化等26% 導入率：導入率を最大化	想定根拠：蓄電池熱利用システム 削引率：3% 電源選定：原一元化等26% 導入率：導入率を最大化	想定根拠：蓄電池熱利用システム 削引率：3% 電源選定：原一元化等26% 導入率：導入率を最大化	想定根拠：蓄電池熱利用システム 削引率：3% 電源選定：原一元化等26% 導入率：導入率を最大化	想定根拠：蓄電池熱利用システム 削引率：3%
蓄電池等の想定	蓄電池：870GWh (1.5万円/kWh) 系統増強：210W (3-20万円/kW)	蓄電池：70GWh (1.5万円/kWh) 系統増強：1-2GW (3-20万円/kW)	蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減 蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減 蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減	蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減 蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減 蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減	蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減 蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減 蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減	蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減 蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減 蓄電池：(2050年まで) 2020年比の約40%削減
電力限界費用	25円/kWh (分析対象ではないため本分析では非表示)	25円/kWh (分析対象ではないため本分析では非表示)	(平均費用)の最小化を目的と定めており、 原一元化等26%を前提としない	25円/kWh (2020年比13%程度)	25円/kWh (2020年比17%程度)	16-17円/kWh (地域別に異なる)
経済指標* (2050)	電力平均費用 13円/kWh (概算値)	12円/kWh ※原一元化等26%	9.18円/kWh ※原一元化等26%	12円/kWh (16円/kWh (削引率3%))	19円/kWh (16円/kWh (削引率3%))	
エネルギーコスト	エネルギーコスト 110兆円/年 → 130兆円/年 (2015年 → 2050年)	再生エネ、蓄電池、新燃料、CCUSのコスト 11-13兆円/年 (2050年)	エネルギーコスト 25兆円/年 → 18兆円/年 (2020年 → 2050年)	電力コスト 8.0兆円/年 → 18兆円/年 (2020年 → 2050年)	エネルギーコスト 7.2兆円/年 → 75兆円/年 (2020年 → 2050年)	

* 各団体で対象技術のパワーワード計算方法が異なるため、単純比較出来ない点に留意。

(出所) 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 (第45回会合) 資料1 2050年シナリオ分析の結果比較、2022

また、この他にも電力中央研究所は独自の試算として2030年について分析しており、下記の通り2030年の経済活動指数やCO₂排出量等を見通している(図4-1)。



図 4-1 電力中央研究所の試算 (2030 年目標の深掘り)

(出所) 間瀬 貴之、朝野 賢司、永井 雄宇、2030年温室効果ガス46%削減目標の達成は可能か?、SERC Discussion Paper 21001、2022

先述の通り本研究会において参考すべき共通シナリオについて多数の資料が公開されている。研究会では各研究機関の発表資料の中から情報の取得、シナリオと本研究会で検討している内容との親和性の観点から検討を行い、基本政策分科会に本研究会の事務局でもある日本エネルギー経済研究所が発表しているものを本研究会での共通シナリオとして参照することで検討を深めることとした。

第3項 共通シナリオの考え方

本項では共有すべき前提条件や考え方について日本エネルギー経済研究所の分析を共通シナリオとして必要なデータの抽出を進めた（図 4-2）。

シナリオ名	CCS	原子力	火力発電	陸上風力	洋上風力	営農型太陽光 ⁴
①ベース	国内:1億tCO ₂ /年 国外:1.5億tCO ₂ /年	60年運転・ 建設中3基新設	あり	森林設置 なし	領海内 ² (~22.2km)	なし
②CCS拡大	国内:2億tCO ₂ /年 国外:3億tCO ₂ /年					
③原子力拡大		ベースの2倍の 設備容量へ拡大				
④RE100	国内:1億tCO ₂ /年 国外:1.5億tCO ₂ /年	廃止	バイオマス 火力のみ ¹			
⑤ベース* (VRE上限拡大)		60年運転・ 建設中3基新設	あり	森林設置 あり ³	領海・ 接続水域 (~44.4km)	あり
⑥RE100* (VRE上限拡大)		廃止	バイオマス 火力のみ ¹			

*1 ただし、圧縮水素貯蔵から発電する際には水素専焼火力を利用可能とした。

*2 再エネ海域利用法においては、領海および内水のうち、自然条件や船舶への影響などに関する6つの要件を満たす海域が、洋上風力の海域占有を認める「促進区域」の指定要件となる。現行法では、領海外(22.2km以遠)は同法の対象外。

*3 現状、森林における風力発電の設置事例はあるものの、生態系影響などへの懸念による住民反対などを受けての建設中止の事例や、市町村条例による規制強化の動きがあるため、本分析では土地利用を分けて分析した。

*4 2018年度末における営農型太陽光発電が設置された農地は5.6km²(0.5GW相当)でしかなく^[5]、支柱部分の農地転用期間も現状10年とされる。

7

図 4-2 日本エネルギー経済研究所想定シナリオの諸元

（出所）日本エネルギー経済研究所、2050年カーボンニュートラルのモデル試算、資料6
ヒアリング資料、総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第44回会合）、2021

本研究会では共通シナリオとして日本エネルギー経済研究所試算のうち、以下の3つのケースの分析を参照することとした。

- ベース：IEEJ 分析の基礎となるケース（電源構成に占める再エネ約5割）
- ベース*：上に対して再エネの導入条件を緩和したケース（同再エネシェア6割）
- RE100*：電源構成で再エネ100%を想定したケース（同再エネシェア10割）

日本エネルギー経済研究所のベースシナリオの結果より、第1項で整理した各テーマで

の便益評価に必要な項目について以下の通り抽出した。

ベースシナリオの結果概要（2050 年の値）

- PV の導入量[GW] : 発電量 223TWh、設備容量 197GW
- 風力の導入量[GW] : 発電量 268TWh、設備容量 88GW
- 再エネの余剰[GWh/年] : PV で 2TWh、風力で 1TWh
- 電力貯蔵の規模[GWh]と蓄電池の割合 : 揚水以外で 154GWh、29GW
- EV の導入量[台数] : 乗用車の BEV で 500 万台、貨物車の BEV は 700 万台
- 省エネの分析結果 : 電力を除くと民生（約 70% 減）、運輸（約 60% 減）、産業（20% 減）の順で省エネが進展。電力も含む全部門では足元から 3 割程度の省エネ
- 全部門での電化率は足元の 3 割程度から 2050 年に 4 割程度となる

第2節 テーマ間連携による貢献

テーマ(A)-①として研究会のテーマ全体を俯瞰し、テーマ間連携の深掘りを検討するにあたり次年度の便益評価については、本年度議論した共通シナリオの元で検討することが期待される。また、アーキテクチャについては各テーマでの成果と構想がどうつながっていくかを示すことが求められる。

本研究会で検討している便益評価項目の定量評価を想定されるユースケースに落とし込んだものが図 4-3 である。本年度の研究会ではこのような具体的なユースケースを想定し便益の検討やアーキテクチャの検討と結びつけることで検討を深めており、次年度はさらに社会実装のための検討を進めすることが求められる。



図 4-3 エネルギーマネジメントによる部門間連携によるユースケースと便益

次年度ではこれらの成果を含めて社会実装を支援するためのプラットフォームの設計指針やテーマ(A)-③で検討される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といった形で社会実装を目指すこととしている(図 1-4)。本年度の研究会ではこれらを含めた次年度の方向性として「アーキテクチャ」、「設計指針」については「(A)-③ガイドライン」の一部として検討をすすめることと整理された。

また、テーマ(B)、(C)との連携については共通のシナリオに基づく便益評価を進めることで日本全体でのインパクトを整理するとともに、各テーマでの技術開発、社会実装の時間軸を明示し、テーマ(A)で提示するガイドラインと合わせてこれらの技術の普及への道筋を示すことで社会実装を推し進めることに貢献することが次年度の成果として期待される。

第5章 今後の課題と展望

第1節 研究会での議論と課題

第1項 便益の定量評価

本年度の研究会では昨年度までの検討において各サブテーマで検討されているユースケースおよび便益の検討に加えて各テーマで共通する便益項目に関して、主にエネルギー・マネジメント研究会の下でテーマ(A)-①と各テーマとの連携として、特にテーマ(C)との連携による便益について分析手法およびその結果について検討した。他方で、本年度の研究会において新たに便益の評価結果が示されていたテーマ(A)-②、(B)との連携については本年度では十分な議論が行えなかった点が課題である。

第2項 アーキテクチャの検討

本年度の研究会ではテーマ(A)-③の検討状況を踏まえてアーキテクチャの連携の検討について項目の頭出しを行い、次年度に期待されるデータベースの進捗と合わせて検討した。特に具体的な事例研究として宇都宮市の事例でのアーキテクチャの連携について検討することでリファレンスアーキテクチャで検討しているものについてどこまでがテーマ(A)-③の検討と比較できるかといった具体的な課題が指摘された。

第2節 展望（次年度のテーマ）

第1項 便益評価および評価予測に基づくロードマップ等の検討

便益評価について、次年度の研究会では本年度の想定した共通シナリオに基づいて本年度同様に各テーマの便益の深堀りを継続するとともに時間軸を意識した便益評価の検討が求められる。これによって社会実装のステップとそれに伴って期待される便益を明示することで本研究会の成果をよりわかりやすく示すことが期待される。また、テーマ(A)-①として各テーマとの連携を深めるとともに、本課題全体としての便益評価を取りまとめることで、本課題に取り組むことによる便益をわかりやすく示すことも求められる。

第2項 セクターカッピング実現のためのシステムアーキテクチャ構築

アーキテクチャの検討については、次年度の成果として期待されるガイドライン策定や政策提言を見据えて現在検討されているリファレンスアーキテクチャでは不足する点を明示することが求められる。また、本年度の研究会ではこれらを含めた次年度の方向性として「アーキテクチャ」、「設計指針」については「(A)-③ガイドライン」の一部として統合し検討を進めることとしており、ガイドラインの取りまとめの中でアーキテクチャの示し方やあり方が次年度の議論のポイントになる。

第3項 テーマ間連携強化に必要な取り組みの検討

次年度では本年度までに各テーマで検討してきた成果を含めて社会実装を支援するためのプラットフォームの設計指針やテーマ(A)-③で検討される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といった形で社会実装を目指すこととしている。このためにテーマ(A)としてサブテーマ間の連携を進め、共通のシナリオ、アーキテクチャに基づくプラットフォームやガイドラインを構築することで策定されるガイドラインが自治体等の関係者にとって使いやすいものとし、研究会の成果の社会実装を進めることができることとしている。

また、テーマ(B)、(C)との連携については共通のシナリオに基づく便益評価を進めることで日本全体でのインパクトを整理するとともに、各テーマでの技術開発、社会実装の時間軸を明示し、テーマ(A)で提示するガイドラインと合わせてこれらの技術の普及への道筋を示すことで社会実装を推し進めることに貢献することが期待される。

第6章 ヒアリングおよび研究会での報告

第1節 ヒアリング

第1項 日本エネルギー経済研究所（IEEJ）

各テーマ間における共通条件を定めるにあたって、日本エネルギー経済研究所（IEEJ）にヒアリングを行った。

第2項 地球環境産業技術研究機構（RITE）

IEEJ ヒアリングの補足事項や試算の考え方について理解を深めるため、地球環境産業技術研究機構（RITE）にヒアリングを行った。

第2節 外部有識者による研究会での報告

第1項 日本エネルギー経済研究所（IEEJ） 計量分析ユニット

日本エネルギー経済研究所（IEEJ）の計量分析ユニットより、「総合エネルギー統計の運輸部門について」と題して講演が行われた。

第2項 グリッドデータバンク・ラボ

グリッドデータバンク・ラボ有限責任事業組合より、「電力データ活用に係る最新動向」と題して講演が行われた。

第3項 デジタル庁

デジタル庁より、「Dx と共にデジタル庁」と題して講演が行われた。

第4項 東京電力パワーグリッド株式会社

東京電力パワーグリッド株式会社より、「デジタル化が切り拓く次世代グリッド～カーボンニュートラル実現とレジリエンス強化に向けて～」と題して講演が行われた。

第5項 アークエルテクノロジーズ

アークエルテクノロジーズ株式会社より、「スタートアップの視点と脱炭素政策立案者の視点」と題して講演が行われた。

以上