

令和6年度再生可能エネルギー導入拡大・分散型エネルギーリソース導入支援等事業 (定置用蓄電システム等電力貯蔵システムの 普及拡大に向けた調査)

報告書

MRI 三菱総合研究所

2025年3月28日

エネルギー・サステナビリティ事業本部

目次

I.	本調査の目的と位置付け	… p.3
II.	定置用蓄電システムをめぐる現状認識	… p.8
	1. 家庭用蓄電システム	
	2. 業務・産業用蓄電システム	
	3. 系統用・再エネ併設蓄電システム	
III.	系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性分析	… p.42
IV.	長期エネルギー貯蔵システムの動向調査	… p.68
	1. 各国の制度動向の整理	
	2. 技術動向の整理	
	3. 各技術の概要	
V.	定置用蓄電システム等電力貯蔵システムの普及拡大策の検討・提案	… p.90
	1. 普及拡大に向けた課題の整理	
	2. 課題解決に向けたアイデア	
	Appendix1. 2024年度 定置用蓄電システム普及拡大検討会の開催概要	… p.112
	Appendix2. 検討会における事業者による発表資料	… p.114
	Appendix3. ヒアリング調査概要	… p.116

I. 本調査の目的と位置付け

調査の目的

目的

国内外の電力貯蔵システムを取り巻く環境や政策を把握し、電力貯蔵システムの更なる導入拡大のため、顕在化しつつある課題に対してタイムリーに政策へ反映することを目指す。

<仕様書より抜粋>

- (1) 政府等による補助金での導入支援及び長期脱炭素電源オークションの開始に伴い、今後ますます定置用蓄電システムの導入拡大が見込まれる。また令和6年度より容量市場、需給調整市場における一次調整力等が開始される中、新たな電源種としての市場参画も期待される。
- (2) 他方、これらの定置用蓄電システムの自立的な導入拡大・持続可能な定置用蓄電システム市場の創出に向けては、政府による定置用蓄電システムの導入支援に加えて、システムそのもののコスト低減、市場での競争力の確保やユースケースの拡大による収益性の確保、最適な立地誘導や系統接続等の環境整備、安全性の確保等の課題がある。加えてGX実行会議においても指摘があった通り、グローバルで見ると長期エネルギー貯蔵の観点で蓄電池以外の電力貯蔵技術に関しても注目が集まっている。
- (3) 本調査では、定置用蓄電システムに関する導入支援に向けた適切な要件設定や各種動向、収益性・市場競争力、自立的な導入拡大に向けた課題の整理のための調査等を行い、各種政策の立案に繋げることを目的とする。

背景

- 需給調整・容量市場の開始
- 系統用蓄電池の事業環境整備
- 出力抑制の増加による長期エネルギー貯蔵に対する期待

これまでの取組

- システム導入コストの低減
- 市場・環境の更なる整備
- 効果的な予算措置 等

政策の方向性

- 自立的な導入拡大への事業環境整備（適切な要件設定、立地誘導 等）
- 電力貯蔵システムの課題整理

調査における論点

1 系統用・再エネ併設蓄電システムに関する市場動向

- 市場黎明期にある系統用・再エネ併設蓄電システムの**収益性**、**導入費用**はどのように推移しているか。
- 健全な導入を促進するために、**安全性の確保**や、**早期に運用開始するための方策等**をどのように考えていくべきか。

2 系統用蓄電システム等の導入支援事業の審査項目等に関する議論

- 本導入支援事業を中長期的な視点で適切な蓄電システムの普及拡大に資するものとするためには、どのような審査項目にすべきか。

3 家庭用・業務用・産業用蓄電システムの課題解決の進捗

- 目標価格設定後、**導入費用**、**工事費用の低減**は進んでいるか。
- 過年度調査における課題の整理以降、課題解決に向けた議論は進捗してるか。

4 LDESに関する課題の整理

- 文献調査、ヒアリング調査等より、LDESの現在の状況を把握をし、**商用利用・普及拡大に向けた課題を整理**する必要があるのではないか。

調査における対象範囲(蓄電システム)

- 蓄電システムに関し、本調査では家庭用、業務・産業用及び系統用・再エネ併設の定置用蓄電システムを対象として調査を行った。

蓄電システムの種類と調査範囲

定置用	需要側	家庭用	需要家側に設置(Behind The Meter : BTM)される蓄電システムのうち、戸建住宅向け、集合住宅向けに供される系統連系タイプの蓄電システム。	
		業務・産業用	需要家側に設置(Behind The Meter : BTM)される蓄電システムのうち、商業施設・産業施設・公共施設に併設される電力貯蔵システム。通信基地局※1バックアップ電源、無停電電源装置(UPS)※2に使用される蓄電池も含まれる。	
	系統用・再エネ併設	系統側に設置(Front Of Meter : FOM)され、系統安定化、周波数調整等に使用される系統直付けもしくは系統設備併設の蓄電システム(系統用)。太陽光発電や風力発電のような再エネ発電所に併設される蓄電システム(再エネ併設)。		
	車載用		電気自動車やハイブリッド自動車に搭載される蓄電池。	調査対象外
	民生用		PCや携帯、小型電気機器に搭載される蓄電池。	

※1:携帯電話/スマートフォンと直接無線交信する携帯電話網の末端の装置。

※2:停電、瞬時電圧低下、及び電圧変動等による電源トラブル発生時に、UPS(Uninterruptible Power Supply)本体の貯蔵電力によって負荷設備に安定電力を供給する装置。

調査における対象範囲(LDES)

- LDESに関し、本調査では機械式、蓄熱式、化学式を対象として調査を行った。

長期エネルギー貯蔵システムの分類と調査範囲

分類	概要	例	本調査 における 対象範囲
機械式	位置エネルギーや運動エネルギーにて貯蔵するシステムを示す。例えば、外部から調達した電気エネルギーにより重量物を持ち上げて位置エネルギーとして貯蔵し、必要な時に落下させることで電気エネルギーに変換するという機構となる。	<ul style="list-style-type: none"> 揚水 重力蓄電 CAES^{注1}、LAES^{注2} CO₂バッテリー 	
蓄熱式	熱エネルギーにて貯蔵するシステムを示す。例えば、固体媒体等の蓄熱材の熱容量を利用して熱エネルギーを貯蔵し、この熱を使用してタービンを駆動して電力を生成する機構となる。	<ul style="list-style-type: none"> 岩石蓄熱 PTES^{注3} 	
化学式	化学結合の形成を通じて電気を貯蔵するシステムを示す。例えば、電気ですべてを製造し、高圧タンク等に貯蔵し、ガスを電気に変換する機構となる。	<ul style="list-style-type: none"> PtGtP^{注4} 	
電気化学式	電気化学反応を利用してエネルギーを貯蔵・放出するシステムを示す。小容量のものから大容量のものまで幅広く実用化されている。	<ul style="list-style-type: none"> LIB レドックスフロー電池 ナトリウム・硫黄電池 	

※1: 圧縮空気貯蔵システム

※2: 液化空気貯蔵システム

※3: ヒートポンプ技術を使った蓄熱蓄電システム

※4: 電気をガスに変換し、ガスを電気に変換するシステム

出所) LDES Council, "Net-zero power Long duration energy storage for a renewable grid", 閲覧日: 2024年10月21日,

<https://www.ldescouncil.com/assets/pdf/LDES-brochure-F3-HighRes.pdf> を基に三菱総合研究所作成

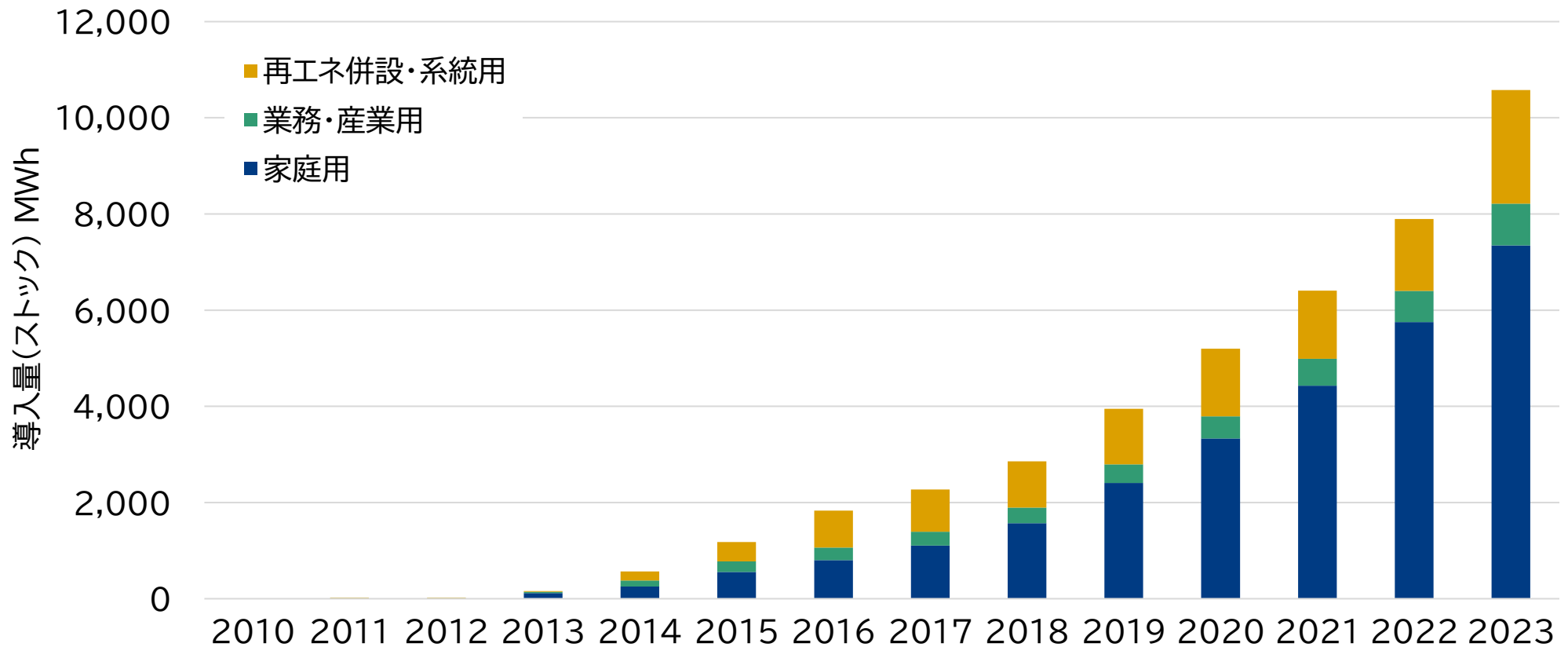
Ⅱ. 定置用蓄電システムをめぐる現状認識

1. 家庭用蓄電システム
2. 業務・産業用蓄電システム
3. 系統用・再エネ併設蓄電システム

国内定置用蓄電システムの導入量

- 日本国内の定置用蓄電システムの市場規模は年々拡大している。

国内の定置用蓄電システム導入量実績^{※1,2}(ストック^{※3}) [MWh]



※1:2022年は見込み値

※2:系統用にはマイクログリッドや送配電側保有分も含まれている

※3:各年の導入量実績を積み上げたもの(廃棄は考慮していない)

出所)資源エネルギー庁,“定置用蓄電システムの普及拡大策の検討 に向けた調査”,閲覧日:2024年10月9日, https://www.meti.go.jp/medi_lib/report/2022FY/000050.pdf、富士経済, エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望シリーズを基に三菱総合研究所作成

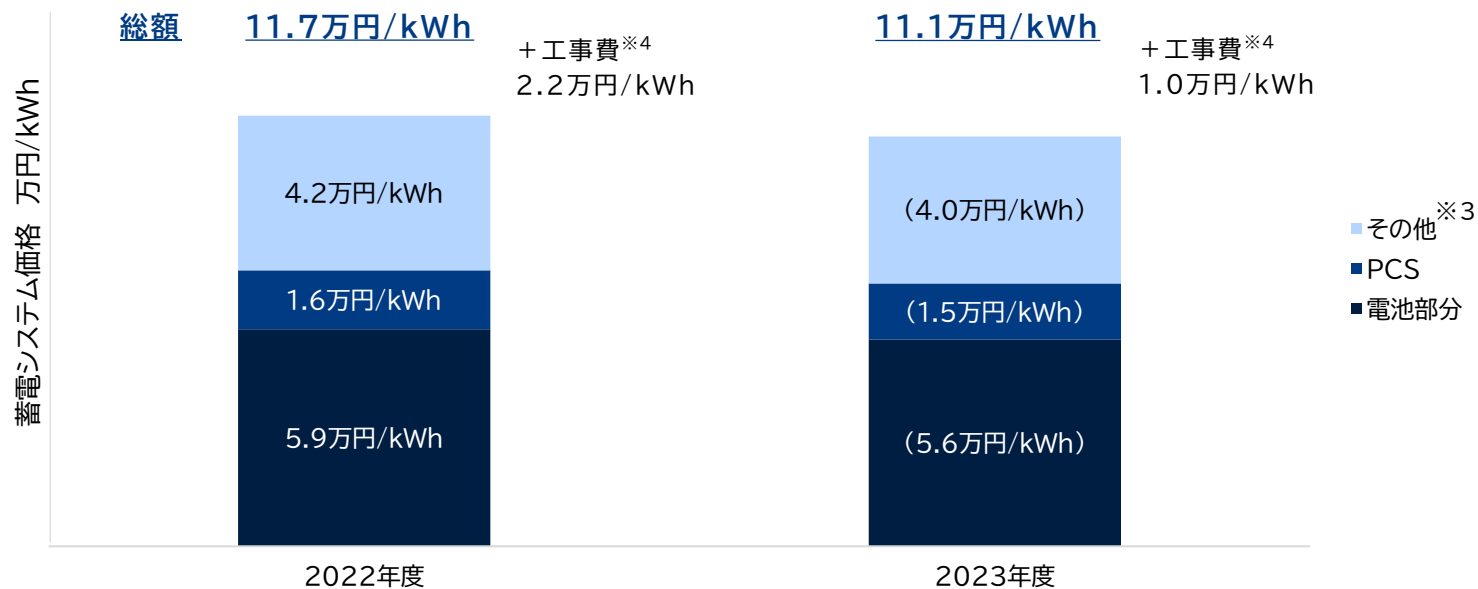
Ⅱ. 定置用蓄電システムをめぐる現状認識

1. 家庭用蓄電システム
2. 業務・産業用蓄電システム
3. 系統用・再エネ併設蓄電システム

家庭用蓄電システムの価格水準

- 補助事業のデータを基に、2023年時点における家庭用蓄電システムの価格水準を推計した※1。
- 2022年度と比較して、2023年度の家庭用蓄電システムのコストは低減が確認される。
 - ※) 2023年度の設備費11.1万円/kWhのうち、電池部分及びPCSの内訳は、2022年度推計値※2及び事業者へのヒアリングから得られた情報を基に推計したものの。
- また、事業者ヒアリングより、補助事業以外で家庭用蓄電システムを導入する場合、設備費は15～20万円/kWh、工事費は2万円/kWh程度が標準的な水準となることがわかった。

補助金事業における家庭用蓄電システムの価格水準(kWh単価)



※1: 令和5年度経産省ZEH事業、令和5年度環境省ZEH事業、令和5年度環境省ZEH-M事業、分散型エネルギーリソースの更なる活用に向けた実証事業(DER等導入事業・C事業)等のデータを基に推計。海外製セルを含む設備コストの平均値であること、四捨五入の関係で合計値が一致しない場合があることに留意が必要。

※2: 資源エネルギー庁, “令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(定置用蓄電システムの普及拡大策の検討に向けた調査)” における推計値。

※3: ①電池部分には、蓄電設備、蓄電池制御部分、蓄電システム制御装置が含まれる。ただし事業者によりその対象が異なる可能性がある。

②PCSには、電力変換装置が含まれる。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

③その他には、付帯設備、その他費用が含まれる。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

※4: 工事費には基礎工事、据付工事、電気工事、付帯工事等が含まれる。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

※5: 環境省、経産省の補助事業では、導入価格(設備費+工事費・据付費)が蓄電容量1kWhあたり14.1万円以下であることが要件。

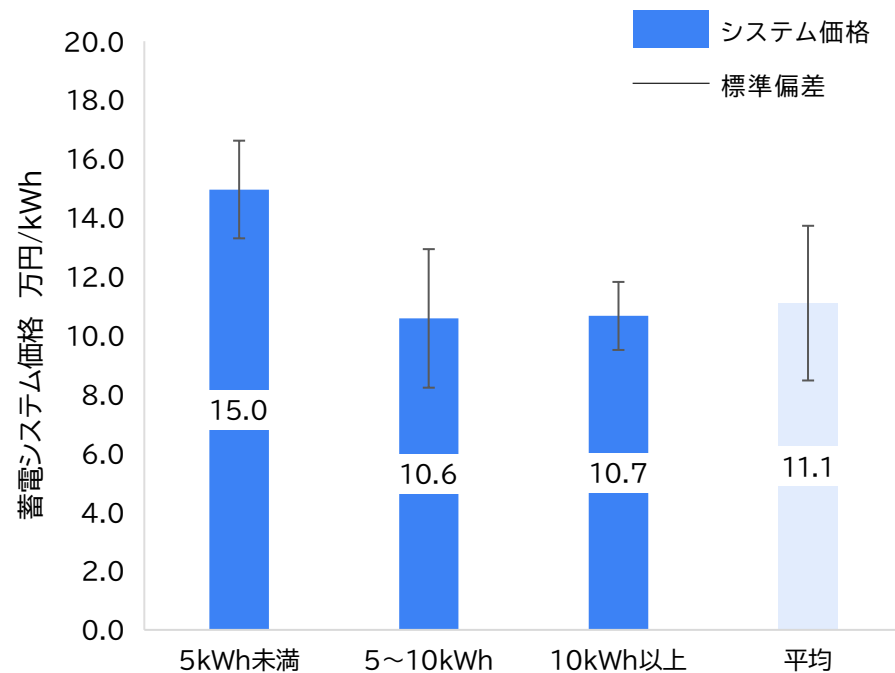
出所)補助金情報を基に三菱総合研究所作成

家庭用蓄電システムの容量区別コスト

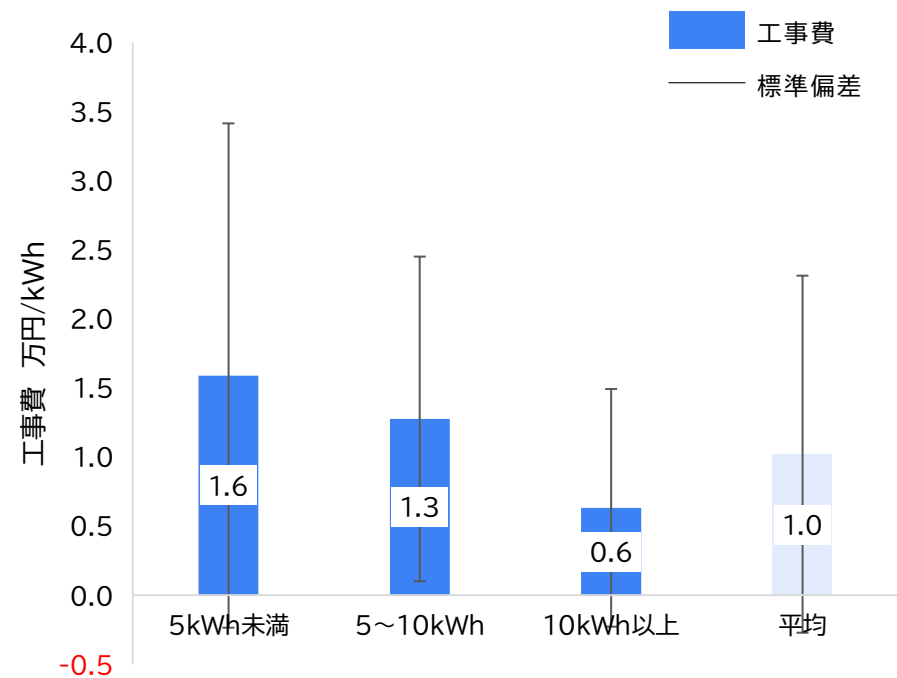
- 家庭用蓄電システムのkWhあたりシステム価格は5kWhを境界として大きく低減していることが見受けられる。
- 工事費に関しても容量が大きくなるにつれてkWhあたりの工事費は低減する傾向にある。ただし、案件によりkWhあたりの工事費はばらつきが大きい。

※) 令和5年度における経産省によるZEH補助金、環境省によるZEH補助金、環境省によるZEH-M補助金、分散型エネルギーリソースの更なる活用に向けた実証事業(DER等導入事業・C事業)のデータを基に推計。

容量区別のシステム価格(kWh単価)



容量区別の工事費(kWh単価)

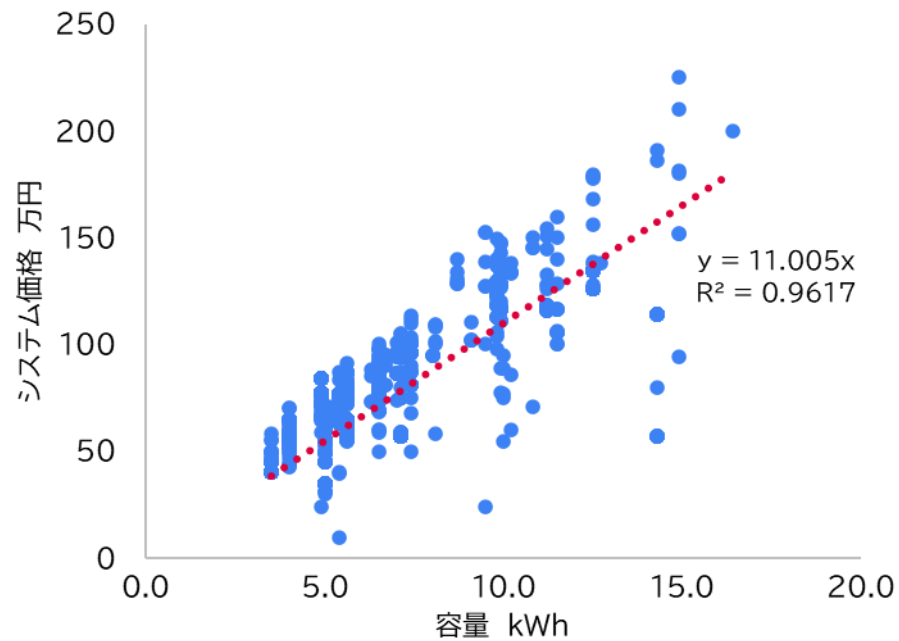


家庭用蓄電システムのコスト | 容量との相関

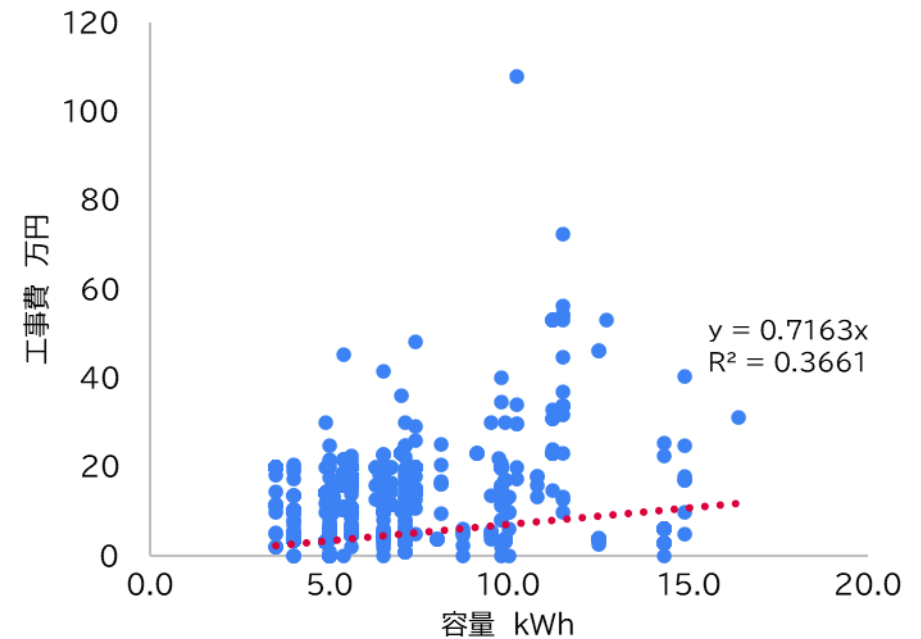
- 家庭用蓄電システムのシステム価格と容量は強い相関関係にあり、容量が大きくなるにつれてシステム価格総額も増加する傾向にある。
- 他方、工事費と容量に相関は見て取れず、メーカー及び案件ごとに価格設定にばらつきがある。

※：令和5年度における経産省によるZEH補助金、環境省によるZEH補助金、環境省によるZEH-M補助金、分散型エネルギーリソースの更なる活用に向けた実証事業(DER等導入事業・C事業)のデータを基に推計。

容量とシステム価格の相関



容量と工事費の相関



家庭用蓄電システム事業者へのヒアリング結果

- 家庭用蓄電システム関連事業者へのヒアリングを実施した結果を踏まえ、現状を以下の通り整理した。

項目	事業者ヒアリングの結果
蓄電システムコストの実態	<ul style="list-style-type: none"> ● 補助事業データを基にしたコストの推計値及び内訳の比率は、補助金事業における実態と概ね整合している。 ● <u>補助金利用事業者は、補助上限金額に合わせて申請を行うため概ね推計値程度になる</u>と思われる。 ● <u>補助事業以外の場合、工事費を除いて15~20万円/kWh程度が標準的な価格水準</u>と想定される。 ● また、補助事業データを基にしたコスト推計値は工事費が2022年度よりも大きく低減しているが、<u>足元は人件費も高騰しており、補助事業以外の場合2万円/kWh程度が標準的な水準</u>。 ● <u>JET認証の取得に手間とコストを要する</u>。部材メーカーの生産終了等により部材が変更となる場合、都度<u>部分変更申請が必要であり手間</u>を要する。 ● グリッドコード等の改定内容によっては、<u>製品の保守に対する開発投資が必要となるケースもある</u>。
外的要因によるコスト影響	<ul style="list-style-type: none"> ● 炭酸リチウム等の資源価格高騰や為替の影響(円安)が製品価格に転嫁されるタイムラグは概ね3カ月~6カ月程度。<u>受注後の個別生産が多い系統用・再エネ併設向けの大規模蓄電システムが資源価格高騰や為替影響を大きく受けるのに対し、家庭用蓄電システムは在庫製品を扱うケースがほとんどであり容量も小規模なため蓄電システムコストに占める資源価格の比率が小さいことにより比較的影響は小さい</u>。 ● 日系メーカーであっても、海外製の電池セルを調達しシステムを製造する場合は資源価格や為替等の影響が生じる。 ● <u>海外製ODMの場合、電池部分の価格は国内製と比較して数万円/kWh程度安価となるケースも見られる</u>。
現在の活用ユースケース	<ul style="list-style-type: none"> ● PV自家消費最大化による電気代削減を目的として設置される家庭が多い。直近は、<u>災害対策のBCP用途として設置されるケースも増えてきており、家庭用蓄電システムも容量が拡大傾向</u>にある。BCP用途として設置する場合、全回路バックアップが可能な中・大容量の蓄電システムのニーズが大きい。 ● 一部の小売電気事業者は、<u>2026年度からの低圧リソースの需給調整市場参加に向けて家庭用蓄電システムの導入拡大、リソース制御の実証</u>を進めている。
導入拡大に向けた要望	<ul style="list-style-type: none"> ● ストレージパリティの達成には補助金は有効である一方、補助金を活用せずに導入することでマージンを確保する事業者も散見される。また、<u>訪問販売等による説得商材であり、ユーザー価格の低減に働かないケースもある</u>。 ● 配電エリア単位での系統混雑緩和、家庭用蓄電システムの出力抑制や発電側課金の取扱い等、<u>低圧リソースの特性を踏まえた制度設計に期待</u>。 ● <u>脱炭素、環境価値等に対するユーザー側の関心を喚起するような取組みを事業者としても一緒に検討したい</u>。

家庭用蓄電システムの現状整理

● 家庭用蓄電システムにおける現状は下記の通りである。

- 補助金事業における蓄電システムコストは平均11.1万円/kWhであり、系統用・再エネ併設等の大規模システムと比較して資源価格の高騰や円安の影響は小さい。
- 配電系統の混雑緩和等、低圧リソースの特性を踏まえた制度設計が期待されている。

	委員・オブザーバー の発言概要	ヒアリング・コスト分析から得られた結果
コスト整理	<ul style="list-style-type: none"> 国内電池産業の空洞化が起こり得ることを懸念しており、蓄電システムコストの実態について情報を整理してほしい 	<ul style="list-style-type: none"> 補助事業データの分析から、補助事業で採用される家庭用蓄電システム価格は平均11.1万円/kWh(電池部分が5.6万円/kWh)である。 補助事業以外の場合、工事費を除いて15万円/kWh～20万円/kWh程度が標準的な価格水準。
外的環境整理	<ul style="list-style-type: none"> 資源価格の高騰で蓄電システムのコスト削減が難しくなっているのではないか 	<ul style="list-style-type: none"> 補助事業データの分析から、家庭用蓄電システムの工事費は1.0万円/kWhである。ただし、足元は人件費も高騰しており、補助事業以外で導入する場合の工事費は2万円/kWh程度が標準的な水準であることが事業者へのヒアリングより確認された。
ユースケース	<ul style="list-style-type: none"> ΔkW価値だけではなく、kWh価値の観点も重要であり検討のスコープとすべき 	<ul style="list-style-type: none"> 部材変更時の部分変更申請は手間を要する。 系統連系に係る規定等の改定により、製品の保守に対する開発投資が必要となるケースもある。
導入拡大に向けた要望	<ul style="list-style-type: none"> 目標策定の効果を整理いただきたい その他要望 	<ul style="list-style-type: none"> 受注後の個別生産が多い大規模蓄電システムが資源価格や為替影響を大きく受けるのに対し、家庭用蓄電システムは在庫製品を扱うケースが多く容量も小規模なため蓄電システムコストに占める資源価格の比率が小さいことにより比較的影響は小さい。 海外製ODMの場合、電池部分の価格は国内製と比較して数万円/kWh程度安価となるケースもある。 PV自家消費最大化による電気代削減を目的とする家庭が多い。直近は、災害対策のBCP用途として設置されるケースも増加傾向。 現状、低圧リソースに対するインセンティブは限定的であり、配電エリア単位での系統混雑緩和等、低圧リソースの特性を踏まえた制度設計に期待。 ストレージパリティの達成には補助金は有効である一方、補助金を活用せずに導入することでマージンを確保する事業者も散見され、ユーザー価格の低減に働かないケースもある。 脱炭素、環境価値等に対する家庭ユーザー側の関心を喚起するような取組みを官民一体で検討したい。

【参考】コスト分析を実施した予算事業一覧

- 国内蓄電システム市場の現状のコスト動向・コスト構造等を把握することを目的として、過年度に關係省庁で実施された予算事業を対象としたコスト分析を実施した。
- 分析対象となる予算事業(年度、事業名)は以下の通りである。

分析対象の予算事業一覧

区分	No	執行団体	事業年度	事業名※2
家庭用	1	SII	令和5年度	経産省による次世代ZEH+(注文・建売・TPO)実証事業(経産省ZEH事業)
	2	SII	令和5年度	環境省による戸建住宅ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス(ZEH)化等支援事業(環境省ZEH事業)
	3	SII	令和5年度	環境省による集合住宅の省CO2化促進事業(環境省ZEH-M事業)
	4	SII	令和5年度	分散型エネルギーリソースの更なる活用に向けた実証事業(DER等導入事業・C事業)

※1:過年度の数値に関しては、“令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(定置用蓄電システムの普及拡大策の検討に向けた調査)”における推計値も参照している。

※2:()内は、本報告書における呼称

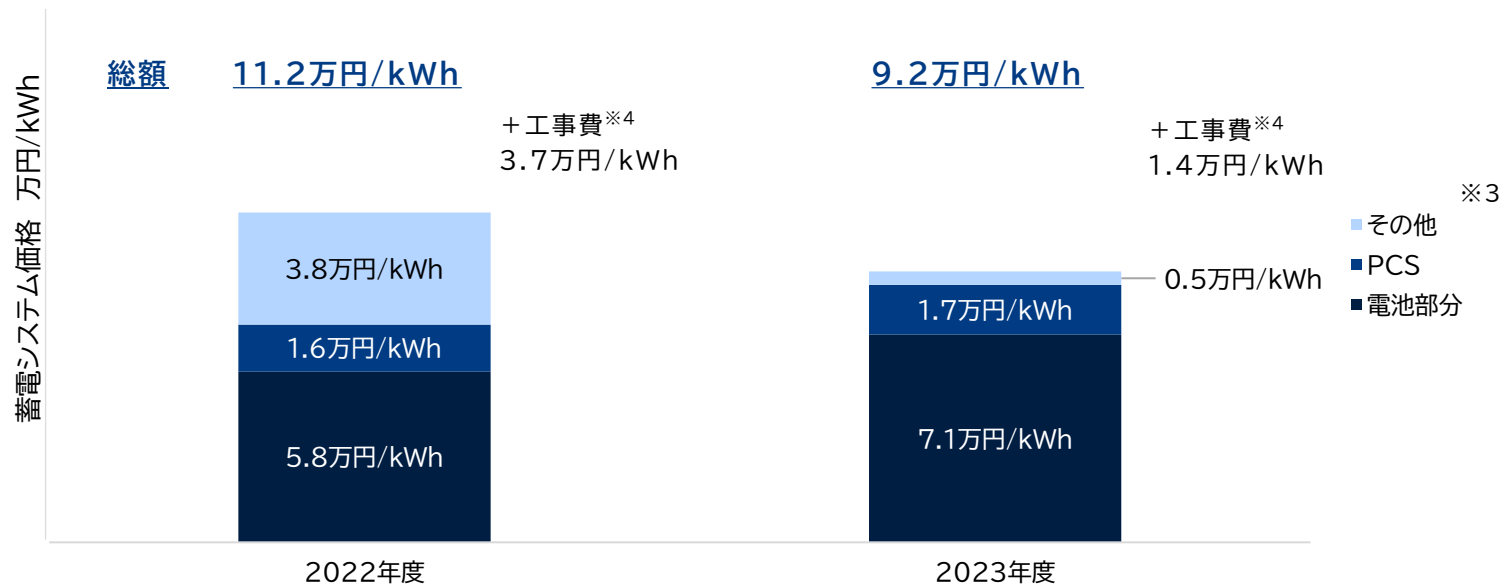
Ⅱ. 定置用蓄電システムをめぐる現状認識

1. 家庭用蓄電システム
2. 業務・産業用蓄電システム
3. 系統用・再エネ併設蓄電システム

業務・産業用蓄電システムの価格水準

- 補助事業のデータを基に、2023年時点における業務・産業用蓄電システムのシステム価格を推計した※1。
- 2023年度の設備費9.2万円/kWhのうち、電池部分の価格が7.1万円/kWhと2022年度の推計値※2と比較して大きく上昇しており、系統用蓄電システムと同様に資源価格の高騰、円安の影響が見受けられる。
 - ただし、推計対象が11案件と限定的であることに留意が必要。
- 補助事業を活用しない場合の実勢システム価格として20万円/kWh程度の水準となるケースもあることが事業者ヒアリングよりわかった。

補助金事業における業務・産業用蓄電システムのシステム価格(kWh単価)



※1: 令和5年度再エネ等導入事業等のデータを基に推計。海外製セルを含む設備コストの平均値であること、四捨五入の関係で合計値が一致しない場合があることに留意が必要。

※2: 資源エネルギー庁, “令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(定置用蓄電システムの普及拡大策の検討に向けた調査)”における推計値。

※3: ①電池部分には、蓄電設備、蓄電池制御部分、蓄電システム制御装置が含まれる。ただし事業者によりその対象が異なる可能性がある。

②PCSには、電力変換装置が含まれる。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

③その他には、付帯設備、その他費用が含まれる。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

※4: 工事費には基礎工事、据付工事、電気工事、付帯工事等が含まれる。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

※5: 蓄電システムの価格内訳が不明な案件に関しては、価格内訳の記載がある案件のシステム価格に対する比率をもとに推計している。

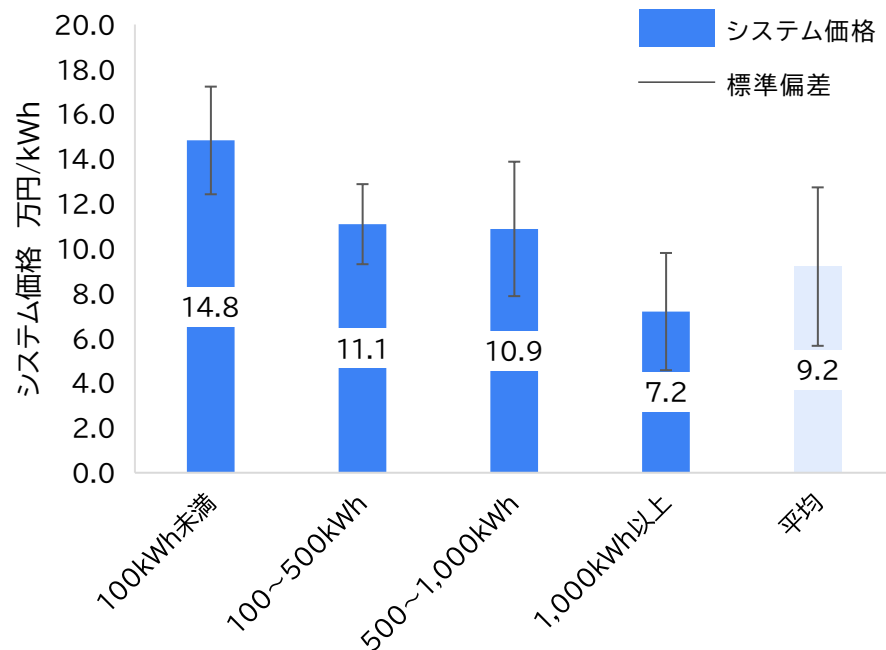
出所)事業者ヒアリングおよび補助金情報を基に三菱総合研究所作成

業務・産業用蓄電システムの容量区分別コスト

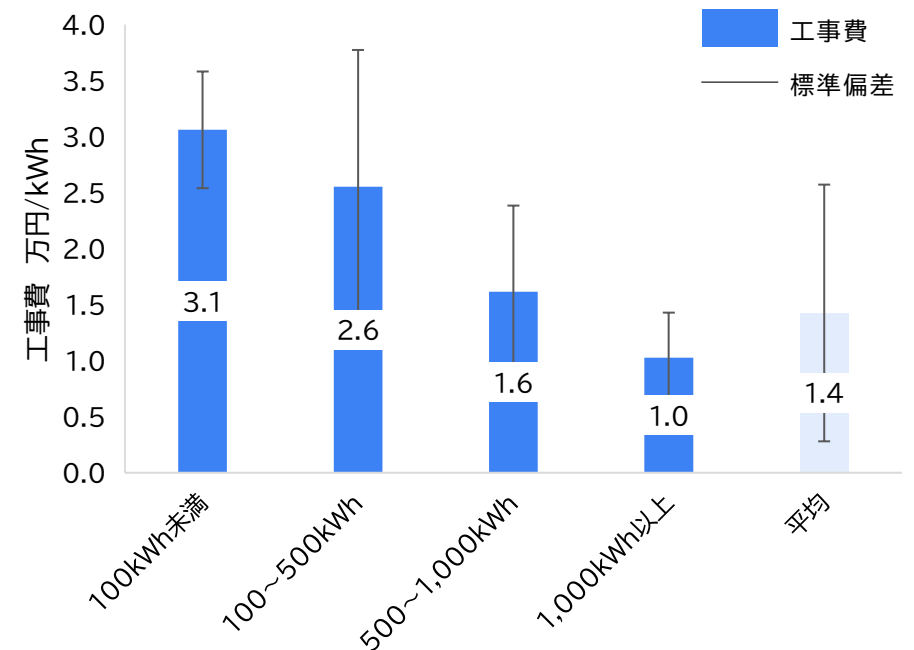
- 業務・産業用蓄電システムのkWhあたりシステム価格は容量が大きくなるにつれて低減する傾向にある。特に容量区分が100kWh未満と1,000kWh以上のものでは倍近くkWhあたりシステム価格に差が生じている。
- kWhあたりの工事費についても容量が大きくなるにつれて低減傾向にあるが、案件による数値の偏差は大きい。

※) 令和3年度～5年度における再エネ等導入事業、DER等導入事業、DR対応蓄電池補助事業等のデータを基に推計。

容量区分別のシステム価格(kWh単価)



容量区分別の工事費(kWh単価)

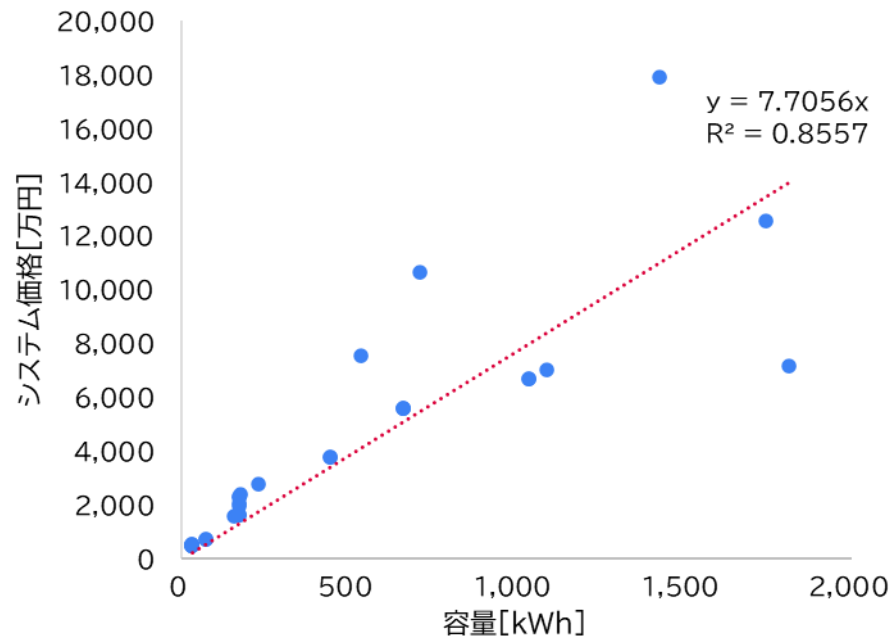


業務・産業用蓄電システムのコスト | 容量との相関

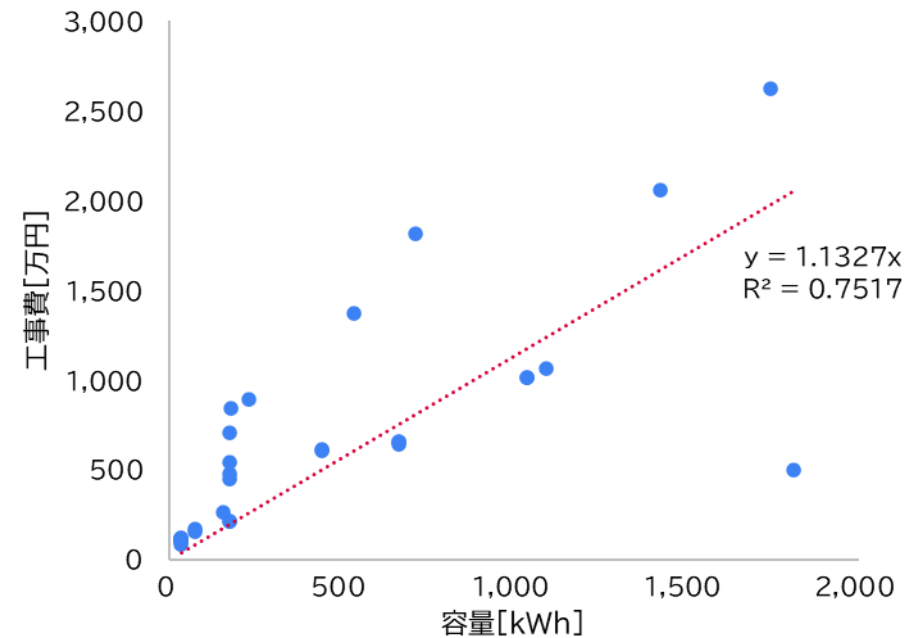
- 家庭用蓄電システムと同様に業務・産業用蓄電システムにおいてもシステム価格と容量には相関が見られ、容量が大きくなるにつれてシステム価格総額も増加する傾向にある。
- 他方、工事費と容量の相関は小さく、家庭用蓄電システムの傾向と同様にばらつきがある。

※ 令和3年度～5年度における再エネ等導入事業、DER等導入事業、DR対応蓄電池補助事業等のデータを基に推計。

容量とシステム価格の相関



容量と工事費の相関



業務・産業用蓄電システム事業者へのヒアリング結果

- 業務・産業用蓄電システム関連事業者へのヒアリングを実施した結果を踏まえ、現状を以下の通り整理した。

項目	事業者ヒアリングの結果
蓄電システムコストの実態	<ul style="list-style-type: none"> ● 補助事業データを基にしたコストの推計値及び内訳の比率は、補助金事業における実態と概ね整合している。 ● 電池部分の価格が上昇しているため、よりPCS含むその他コストの削減が求められる状況にある。 ● 補助事業以外の場合、工事費を除いて20万円/kWh程度が実勢の価格水準と想定される。 ● 主要部品を海外調達することにより、国内ブランドであっても6万円/kWh～7万円/kWh程度の電池も登場してきている。 ● PCSはこれ以上のコスト削減は難しい部分もあり、海外製の価格水準で日本製の品質を要求されると対応が難しいのが実情。 ● 所轄消防により消防法への対応が異なり、消火・防火設備等により開発コストが高くなる場合がある。
外的要因によるコスト影響	<ul style="list-style-type: none"> ● 2023年度については、炭酸リチウム等の資源価格高騰や為替の影響(円安)により、特に電池部分のコストが上昇した。こうした影響が製品価格に転嫁されるタイムラグは概ね3カ月～6カ月程度。 ● リチウムイオン電池以外の資源価格影響が小さい電池種の場合、外的要因に伴う製品価格への影響は相対的に小さい。
現在の活用ユースケース	<ul style="list-style-type: none"> ● 工場等の需要家向けに主にピークカット用途、自家消費最大化を目的に導入されている。その他、非常用のバックアップ電源として活用されるケースもある。 ● ピークカットのみでは設備投資に対する採算性は厳しいのが実情。充放電最適化等の運用ノウハウも課題。 ● 大規模の業務・産業用蓄電システムの場合、需給調整市場での活用事例もある。
導入拡大に向けた要望	<ul style="list-style-type: none"> ● 最適運用や収益の定量化が難しく、経済メリットを見出せずに導入に至らないケースも多い。 ● 需給調整市場等も整備されつつあるが、制度や技術要件の頻繁な変更は業務・産業用蓄電システムを導入する(または導入を検討している)事業者の事業計画に影響を及ぼす。 ● 小売店舗や商業施設等への設置に関しては火災時のリスクが大きいため、電池の安全性を正確に考慮する必要がある。 ● レンタル、リースのように事業者資産として所有しないビジネスモデルは導入期間の短縮、事業者のイニシャルコスト負担を抑えることが可能。こうした場合であっても活用可能な補助事業があると導入の後押しになりうる。

業務・産業用蓄電システムの現状整理

● 業務・産業用蓄電システムにおける現状は以下の通り。

- 補助金事業における蓄電システムコストは平均9.2万円/kWh。資源価格の高騰や円安により2023年度の電池部分の価格は上昇傾向にある。
- 経済性、運用収益の定量評価が難しいために導入に至らないケースも依然として存在する。

	委員・オブザーバー の発言概要	ヒアリング・コスト分析から得られた結果
コスト整理	<ul style="list-style-type: none"> 国内電池産業の空洞化が起こり得ることを懸念しており、蓄電システムコストの実態について情報を整理してほしい 	<ul style="list-style-type: none"> 補助事業データの分析から、補助事業で採用される家庭用蓄電システム価格は平均9.2万円/kWh(電池部分が7.1万円/kWh)であり、電池部分が8割程度を占める。 補助事業以外の場合、工事費を除いて20万円/kWh程度が実勢価格の水準。
外的環境整理	<ul style="list-style-type: none"> 資源価格の高騰で蓄電システムのコスト削減が難しくなっているのではないかと 	<ul style="list-style-type: none"> 主要部品を海外調達することにより、国内ブランドであっても6万円/kWh～7万円/kWh程度の製品も登場している。 所轄消防により消防法への対応が異なり、消火・防火設備等により開発コストが高くなる場合がある。
ユースケース	<ul style="list-style-type: none"> ΔkW価値だけではなく、kWh価値の観点も重要であり検討のスコープとすべき 	<ul style="list-style-type: none"> ピークカット、PV自家消費最大化を目的に導入する需要家が多い。その他、非常用のバックアップ電源として活用するケース、需給調整市場で活用するケースもある。
導入拡大に向けた要望	<ul style="list-style-type: none"> 目標策定の効果を整理いただきたい その他要望 	<ul style="list-style-type: none"> 経済性、運用収益の定量評価が難しく、経済メリットを見出せないケースも多い。 エンドユーザー価格の低減効果は見受けられる。 制度や技術要件の頻繁な変更は事業計画に影響を及ぼす。

【参考】コスト分析を実施した予算事業一覧

- 国内蓄電システム市場の現状のコスト動向・コスト構造等を把握することを目的として、過年度に関係省庁で実施された予算事業を対象としたコスト分析を実施した。
- 分析対象となる予算事業(年度、事業名)は以下の通りである。

分析対象の予算事業一覧

区分	No	執行団体	事業年度	事業名※2
業務・産業用	1	SII	令和3年度	再生可能エネルギーアグリゲーション実証事業(再エネ等導入事業)
	2	SII	令和4年度	再生可能エネルギーアグリゲーション実証事業(再エネ等導入事業)
	3	SII	令和5年度	再生可能エネルギーアグリゲーション実証事業(再エネ等導入事業)
	4	SII	令和4年度	分散型エネルギーリソースの更なる活用に向けた実証事業 (DER等導入事業・C事業)
	5	SII	令和4年度補正	電力需給ひっ迫等に活用可能な家庭・業務産業用蓄電システム導入支援事業 (DR対応蓄電池補助事業)

※1:過年度の数値に関しては、“令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(定置用蓄電システムの普及拡大策の検討に向けた調査)”における推計値も参照している。

※2:()内は、本報告書における呼称

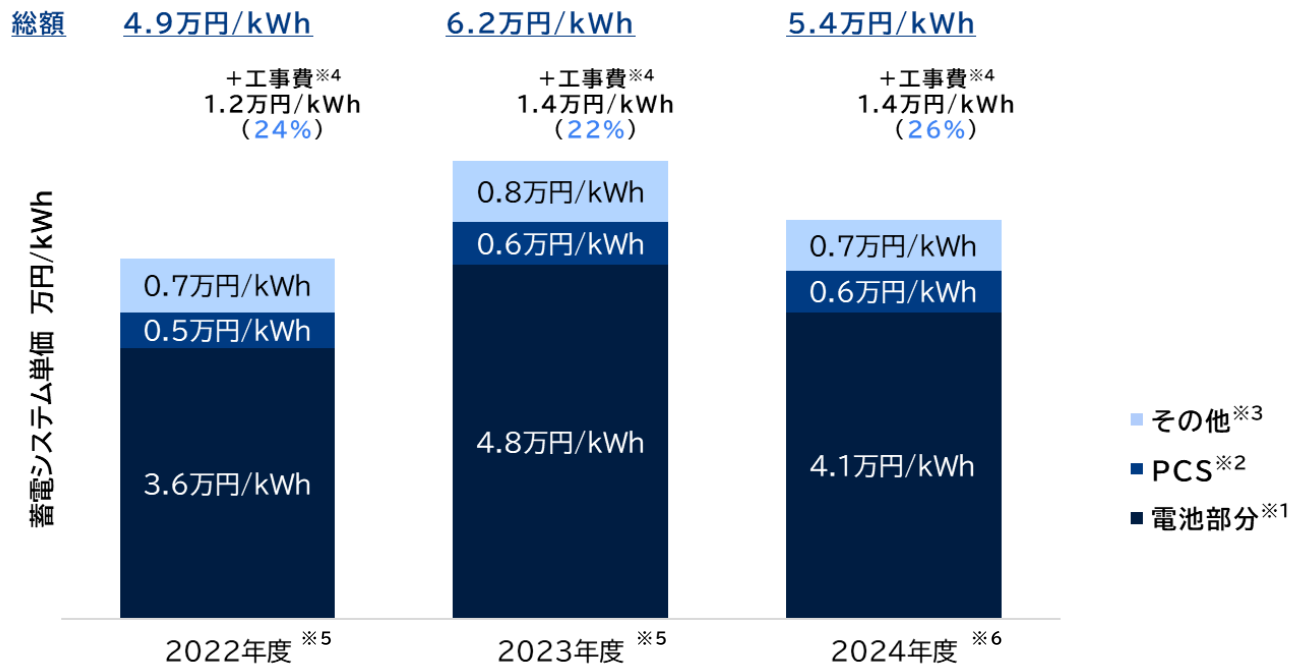
Ⅱ. 定置用蓄電システムをめぐる現状認識

1. 家庭用蓄電システム
2. 業務・産業用蓄電システム
3. 系統用・再エネ併設蓄電システム
 - 系統用蓄電システムのコスト分析
 - リユース・CFP等に関する動向

系統用蓄電システムの価格水準(kWh単価)

- 補助事業のデータを基に、2024年時点における系統用蓄電システムの価格を分析した。
 - 2024年度の蓄電システム価格は5.4万円/kWh、工事費は1.4万円/kWhとなり、2023年度の試算結果と比較して、蓄電システム価格は0.8万円/kWh、工事費は0.02万円/kWh低下した。
 - 蓄電システム価格の内訳が判明している案件の比率に基づき、蓄電システム価格の内訳を試算すると、2024年度において電池部分が4.1万円/kWh、PCSが0.6万円/kWhとなった。
- 補助金を活用した案件の蓄電システム価格は、2022年度、2024年度、2023年度の順で安価であり、炭酸リチウム価格・為替の傾向と整合する。

補助金事業における系統用蓄電システム価格の推移(kWh単価)



※ 海外製セル等を含む設備価格の平均値である点に留意。なお、事業中止またはコスト情報がない案件は集計対象外としているため、採択件数と集計対象件数が乖離している点に留意が必要である。四捨五入の関係で合計値が一致しない場合がある。

※1: 蓄電池には、蓄電設備、蓄電池制御部分、蓄電システム制御装置が含まれている。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

※2: PCSには、電力変換装置が含まれている。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

※3: その他には、付帯設備、その他費用が含まれている。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

※4: 工事費には基礎工事、据付工事、電気工事、付帯工事等が含まれる。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

※5: 本調査では実績報告データに基づいて算定したため、2022、2023年度に実施した資源エネルギー庁委託調査(定置用蓄電システムの普及拡大策の検討に向けた委託調査)と比較して費用の内訳が変化している。

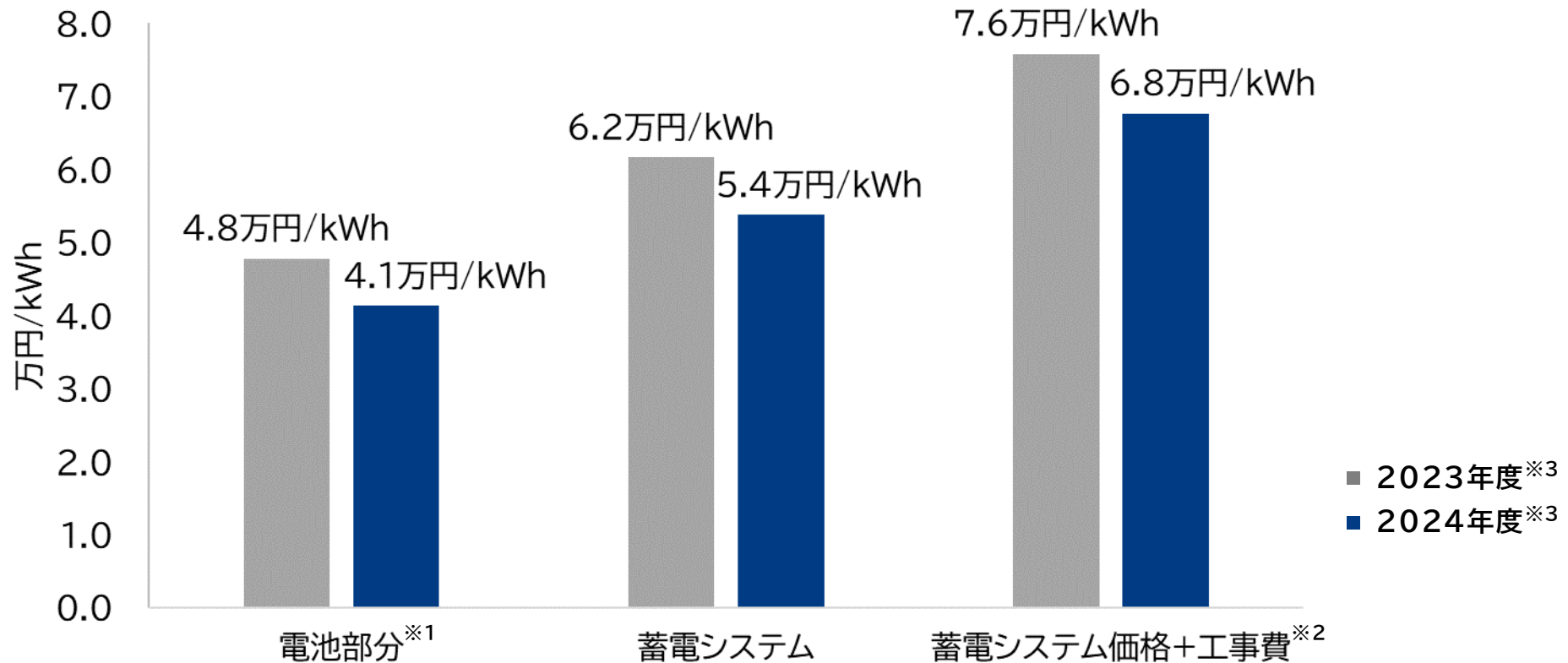
※6: 2024年度における蓄電システム価格は現時点での見積額をもとにした推計結果であり、本調査の推計結果は今後変化する可能性がある。

出所)事業者ヒアリングおよび補助金情報等を基に三菱総合研究所作成

系統用蓄電システムの導入費(蓄電システム価格+工事費)

- 補助金事業等の分析から、蓄電システムのうち電池部分の価格(2024年度)は4.1万円/kWh。
- 蓄電システム価格に工事費を加えた平均単価(2024年度)は6.8万円/kWh。
- 資源価格の下落に伴い、2024年度の電池部分の価格は2023年度よりも低下しており、蓄電システム価格に工事費を加えた価格も低下している。

系統用蓄電システム価格(電池部分、PCS含む)と工事費(税除く)



※1: 蓄電池には、蓄電設備、蓄電池制御部分、蓄電システム制御装置が含まれている。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

※2: 工事費には基礎工事、据付工事、電気工事、付帯工事等が含まれる。ただし、事業者によりその対象が異なる可能性がある。

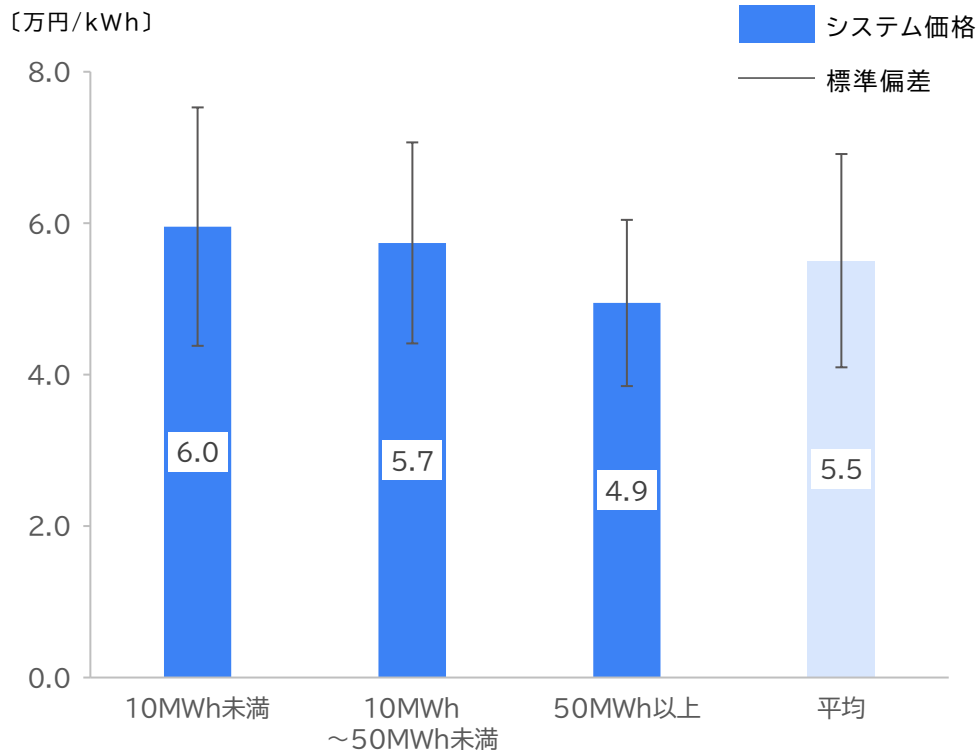
※3: 2023年度は「令和4年度補正 系統用蓄電システム・水電解装置導入支援事業」および「令和5年度 系統用蓄電池等導入支援および実証支援事業」を対象として試算。2024年度は、「令和6年度 系統用蓄電池等導入支援および実証支援事業」を対象に試算。
出所)補助金情報を基に三菱総合研究所作成

系統用蓄電システムの容量区別コスト

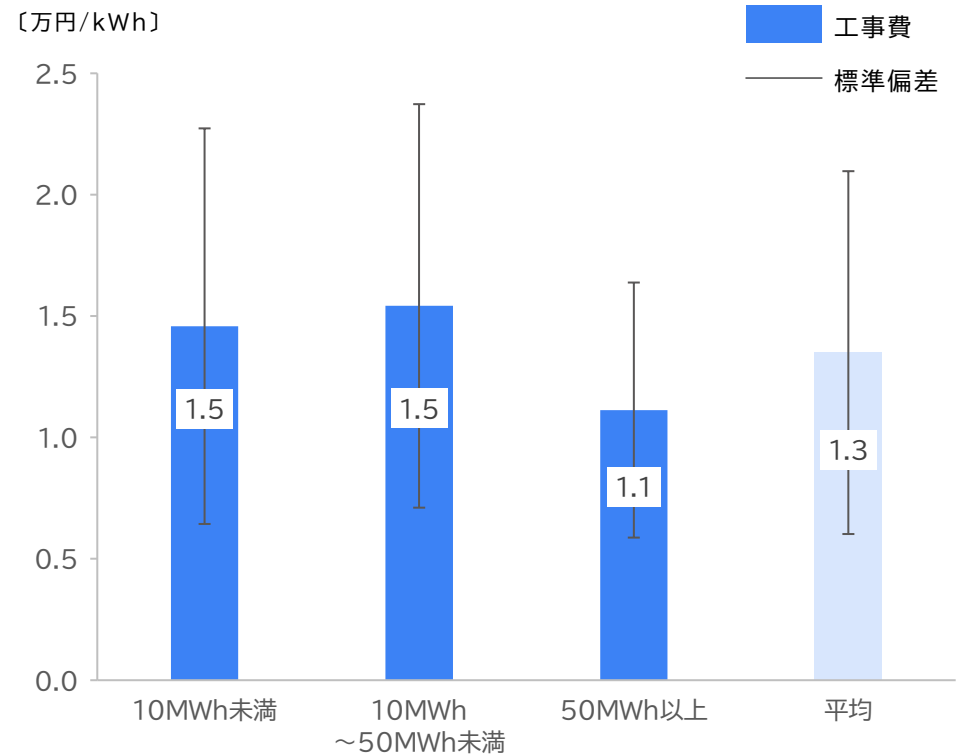
- 家庭用及び業務・産業用蓄電システムと同様に、系統用蓄電システムについても容量が大きくなるにつれ、kWhあたりの設備費、工事費が下がる傾向にある。

※令和3年度補正、令和4年度補正、令和5年度、令和6年度の補助事業データを基に推計。

容量区別の設備費(kWh単価)



容量区別の工事費(kWh単価)

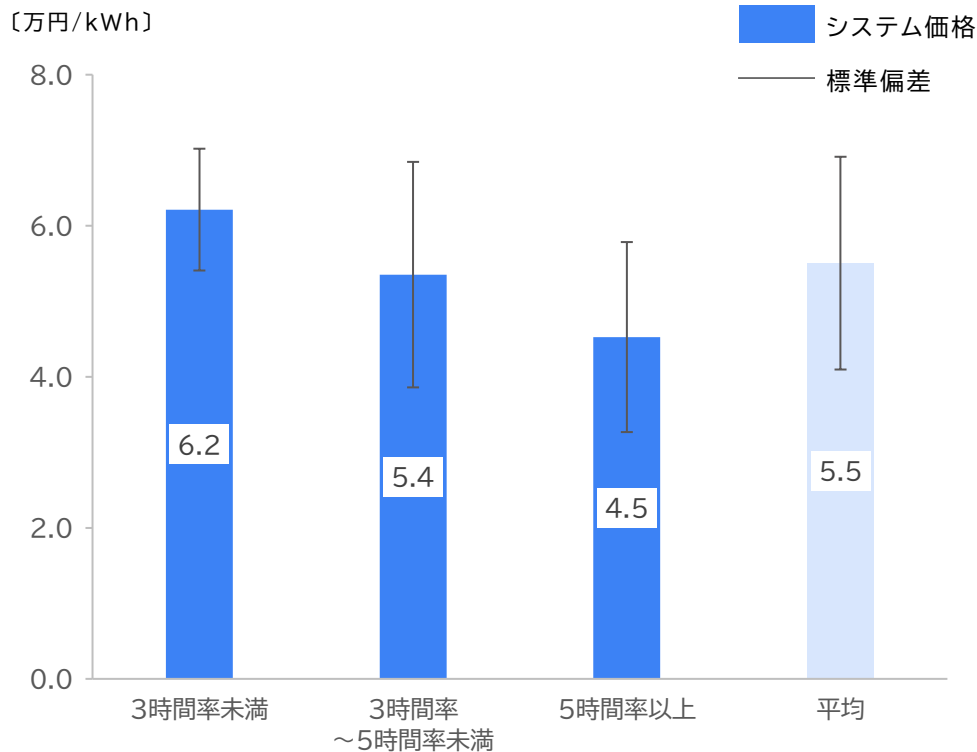


【参考】系統用蓄電システムのコスト(時間率区分)

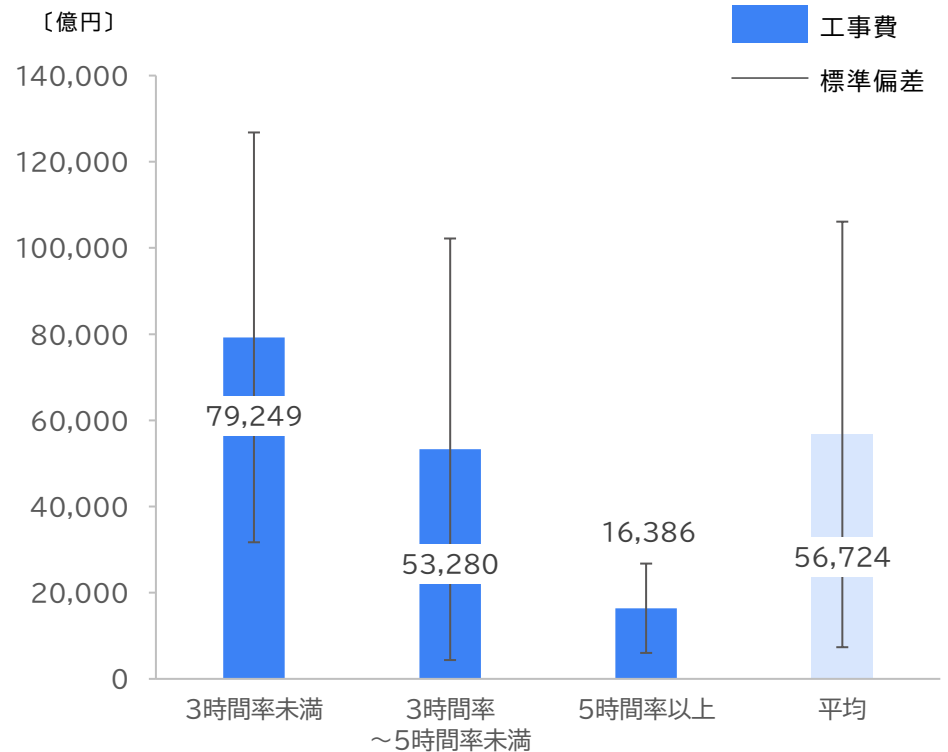
- 系統用蓄電システムのkWhあたりシステム価格及び1基あたりの工事費は時間率が大きくなるにつれて低減する傾向が見て取れる。
- 特に時間率が5時間以上の場合、コスト低減幅は大きい。

※令和3年度補正、令和4年度補正、令和5年度、令和6年度の補助事業データを基に推計。

時間率別システム価格(kWh単価)



時間率別工事費(1基あたり)

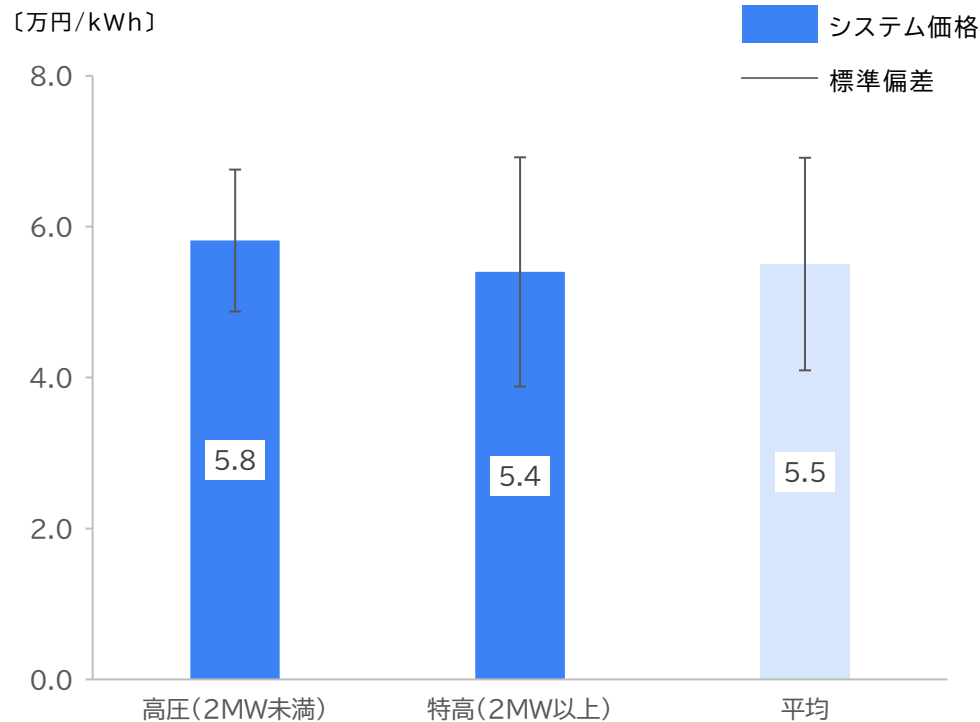


【参考】系統用蓄電システムのコスト(電圧階級区分)

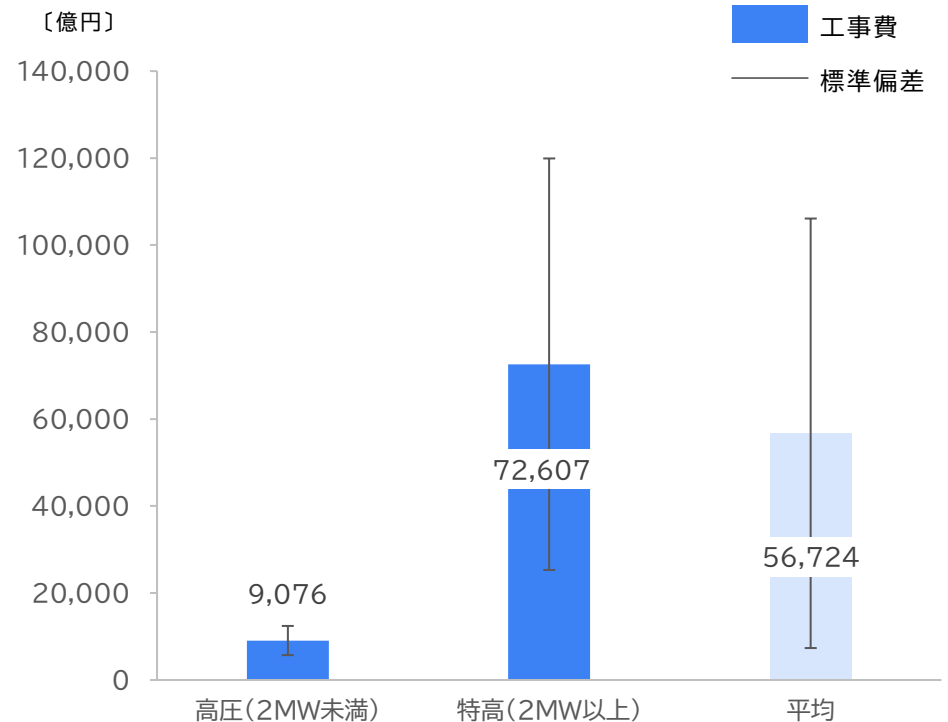
- 電圧階級別の系統用蓄電システムのコスト水準は以下の通り。特に工事費に関しては高圧と特高で比較した際に差が大きい。

※令和3年度補正、令和4年度補正、令和5年度、令和6年度の補助事業データを基に推計。

電圧階級別システム価格(kWh単価)



電圧階級別工事費(1基あたり)

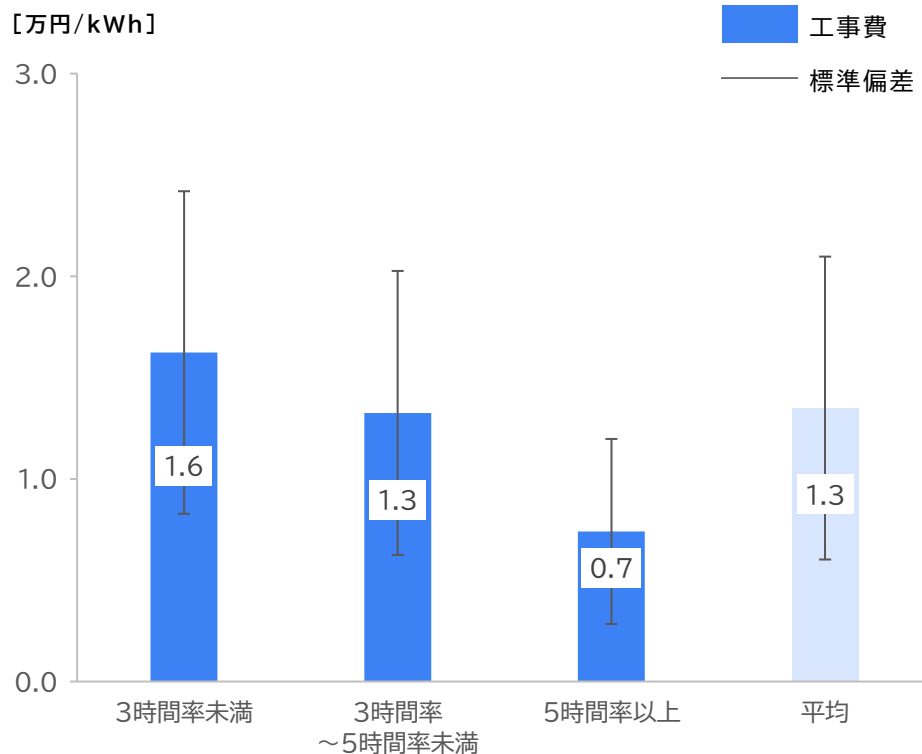


【参考】系統用蓄電システムの工事費(kWh単価)

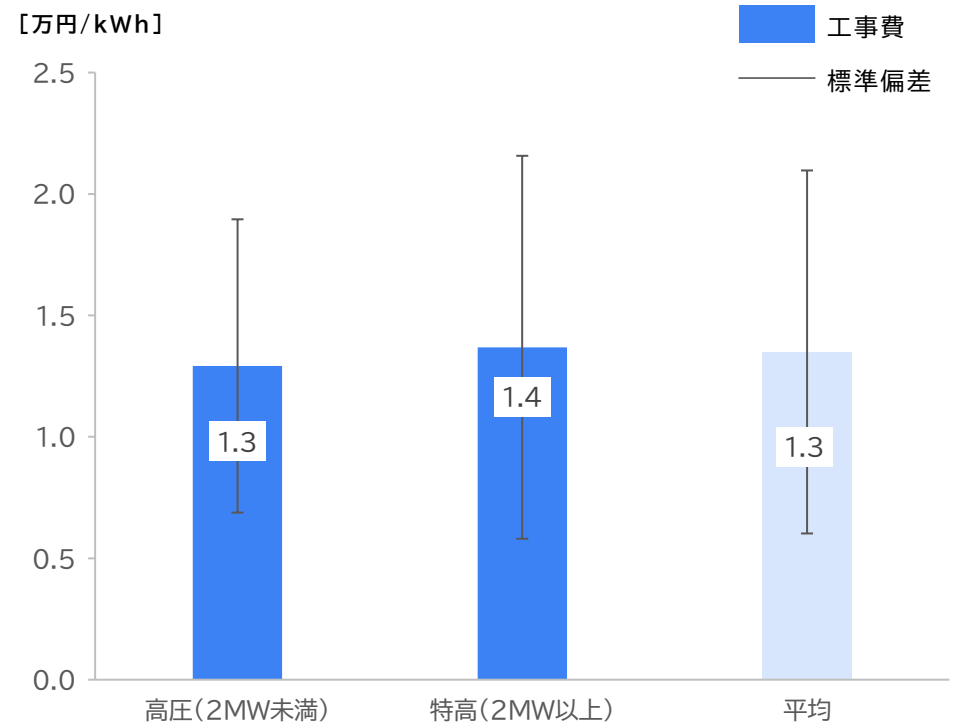
- 系統用蓄電システムのkWhあたり工事費は以下の通り。
- 時間率別に見ると、5時間率を基準として大きくkWhあたり工事費は低減する。

※令和3年度補正、令和4年度補正、令和5年度、令和6年度の補助事業データを基に推計。

時間率別工事費(kWh単価)



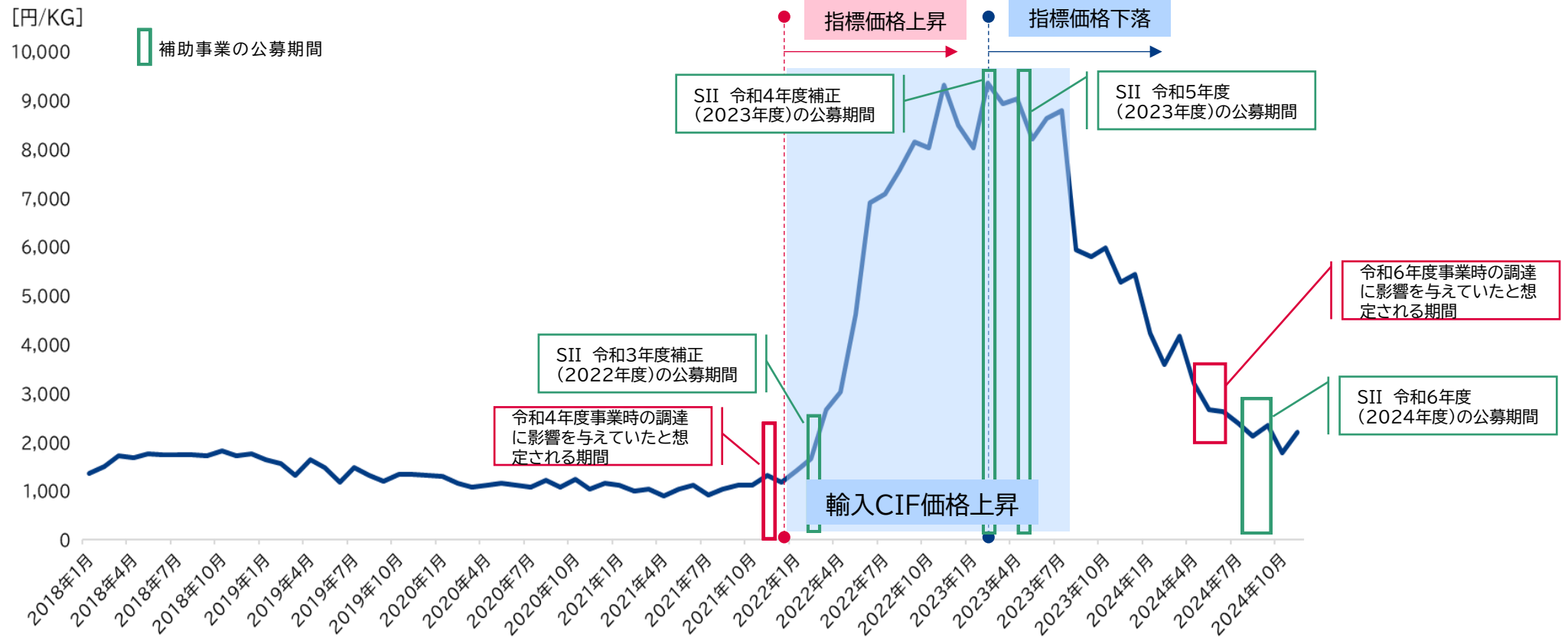
電圧階級別工事費(kWh単価)



資源価格(炭酸リチウム価格)の動向

- 2024年度補助事業公募時の蓄電池価格に影響を与えたと想定される資源価格は、2022年度補助事業時の水準までは下がっていない。
 - 事業者ヒアリングより、資源価格の蓄電池価格へ反映されるタイムラグは3カ月程度と想定した

炭酸リチウム価格の推移(輸入CIF価格)



※1:貿易統計“統計品別表”の「リチウムの炭酸塩(283691000)」の価格(千円)を第2数量(KG)で除して算定。CIF(Cost, Insurance and Freight)は、貨物代金に加えて、仕向地までの運賃・保険料を含む価格。

出所)財務省, 普通貿易統計-統計品別表, 閲覧日:2025年1月15日, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00350300&tstat=000001013141&cycle=1&tclass1=000001013183&tclass2=000001013185&tclass3val=0&meta-data=1&data=1> を基に三菱総合研究所作成

系統用・再エネ併設システム事業者へのヒアリング結果(コスト面)

- 系統用・再エネ併設蓄電システム関連事業者へのヒアリングを実施した結果、コスト面での現状と課題は以下の通り整理した。

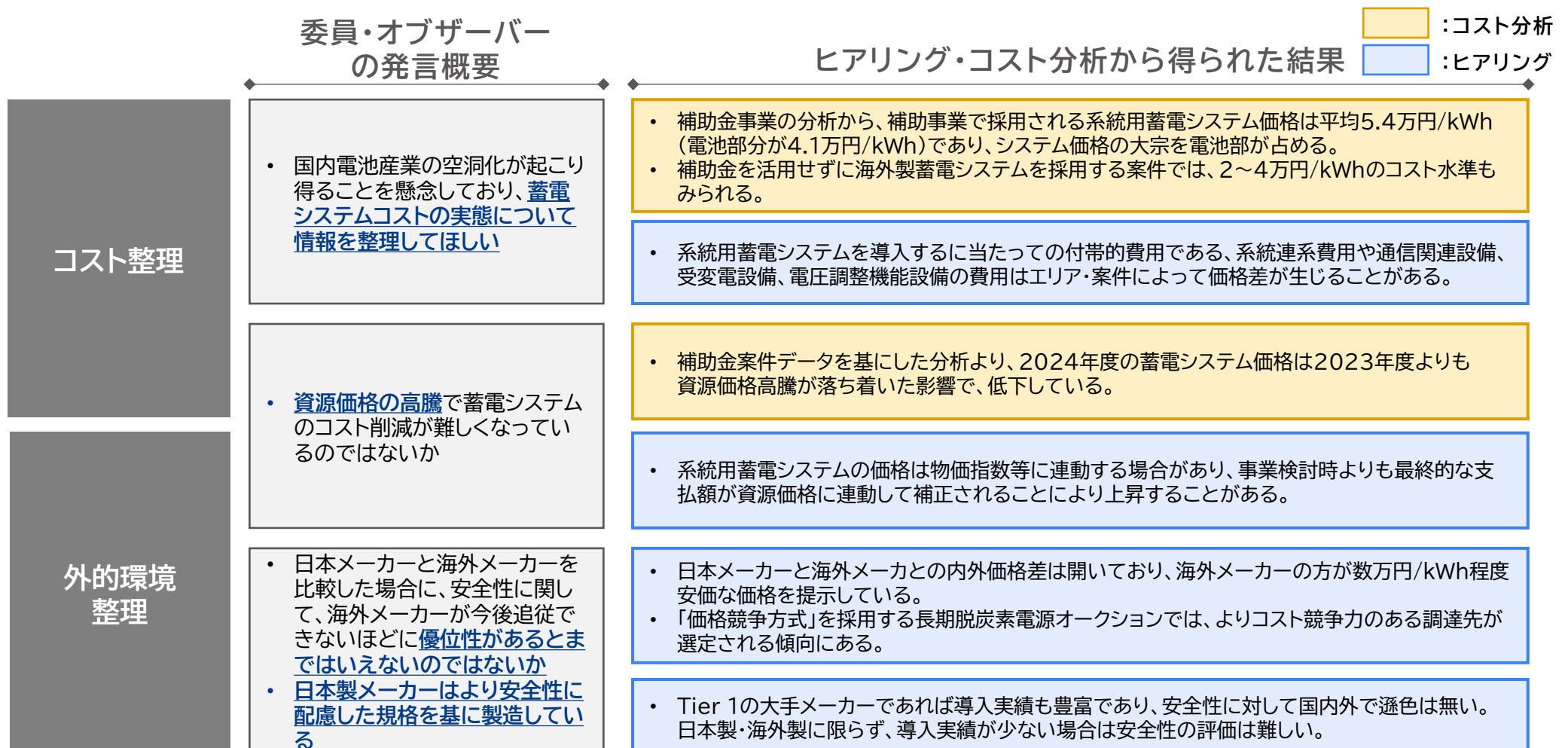
項目	事業者ヒアリングの結果
蓄電システムコストの実態	<ul style="list-style-type: none"> ● P.7で示されたコスト試算や比率は、補助金事業における実態とおおよそ整合している。 ● 補助金事業以外で<u>海外製蓄電システムを採用する案件では、2~4万円/kWhのコスト水準</u>もみられる。特に電池部分を海外から調達する場合、数万円/kWh程度安価に調達できる。 ● 案件規模によるが、<u>受変電設備費には数億~十億円前後</u>を要する。 ● 調達先メーカーとの契約条件によるが、系統用蓄電システムの調達コストは発注段階で確定せず、炭酸リチウム等の資源価格に連動して最終的な支払額が補正される場合がある。 ● <u>補助金事業でのコストが高くなる理由として、価格に関する評価項目がない総合評価で採択が決定され、競争原理が働かない。</u>また蓄電システムを変更すると申請変更の手間がかかり、大きな設備変更ができない。 ● 長期脱炭素電源オークションは「価格競争方式」を採用しており、より安価な蓄電システムを採用しようとする競争原理が働く。事業者は安全性や導入実績等を総合評価しつつ、国内外の製品の中から、よりコスト競争力のある調達先を選定する。
外的要因によるコスト影響	<p>【全般】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 炭酸リチウム等の<u>資源価格高騰が落ち着き、蓄電池システムコスト(特に電池部分)が2023年度と比べて下落したが、2022年度の水準までは下落していない。</u> <p>【国内】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <u>エリアによって専用線敷設費用や電圧調整機能の要求仕様が異なる</u>ため、案件によって追加費用が生じる場合がある。
日本製と海外製の比較	<ul style="list-style-type: none"> ● 日系メーカーと海外メーカーとの価格差^{※1}は大きく開いており、<u>為替影響等を考慮してもなお海外メーカーの方が数万円/kWh程度安価な価格を提示している。</u>資源価格高騰・為替影響もあったが、長期脱炭素電源オークションでは、海外プロジェクトに近いコスト水準を国内でも実現する見込みが出てきた。 ● 国内外のTier 1大手メーカーであれば導入実績^{※2}も豊富であり、安全性に対して国内外で遜色は無い。日本製・海外製に限らず、導入実績が少ない場合は採択判断を下すことが難しい。 ● 海外ではトーリング契約等の長期相対契約や蓄電システムの入札・調達案件が存在し、<u>市場ニーズや調達仕様対応の観点では、海外メーカーの方が保証条件(容量・サイクル数等)が優れている場合もある。</u>

※1: 日本製と海外製の議論を行う際、日系メーカーがインテグレート・販売する蓄電システムでも、海外から電池セルを調達しているケースもある点に留意が必要である。

※2: 事業者による蓄電システム選定時には、評価観点の1つとして実案件での稼働実績・導入実績が重視される。この点、仮に日本での導入実績がなくとも、海外で豊富な導入実績があれば良いとの意見が得られた。

系統用・再エネ併設システムにおけるコスト面での現状整理

- 系統用・再エネ併設蓄電システムにおけるコスト面での現状は下記の通りである。
 - 補助金事業における蓄電システムコストは平均5.4万円/kWhであり、資源価格高騰が落ち着き2023年度から低下した。
 - 海外製と日本製を比較すると、内外価格差は大きく開いており、海外製の方が数万円/kWh程度安価な価格である。
 - 国内外のTier 1の大手メーカーであれば導入実績が豊富であり、安全性の信頼度に関して遜色はない。



【参考】コスト分析を実施した予算事業一覧

- 国内蓄電システム市場の現状のコスト動向・コスト構造等を把握することを目的として、過年度に関係省庁で実施された予算事業を対象としたコスト分析を実施した。
- 分析対象となる予算事業(年度、事業名)は以下の通り。

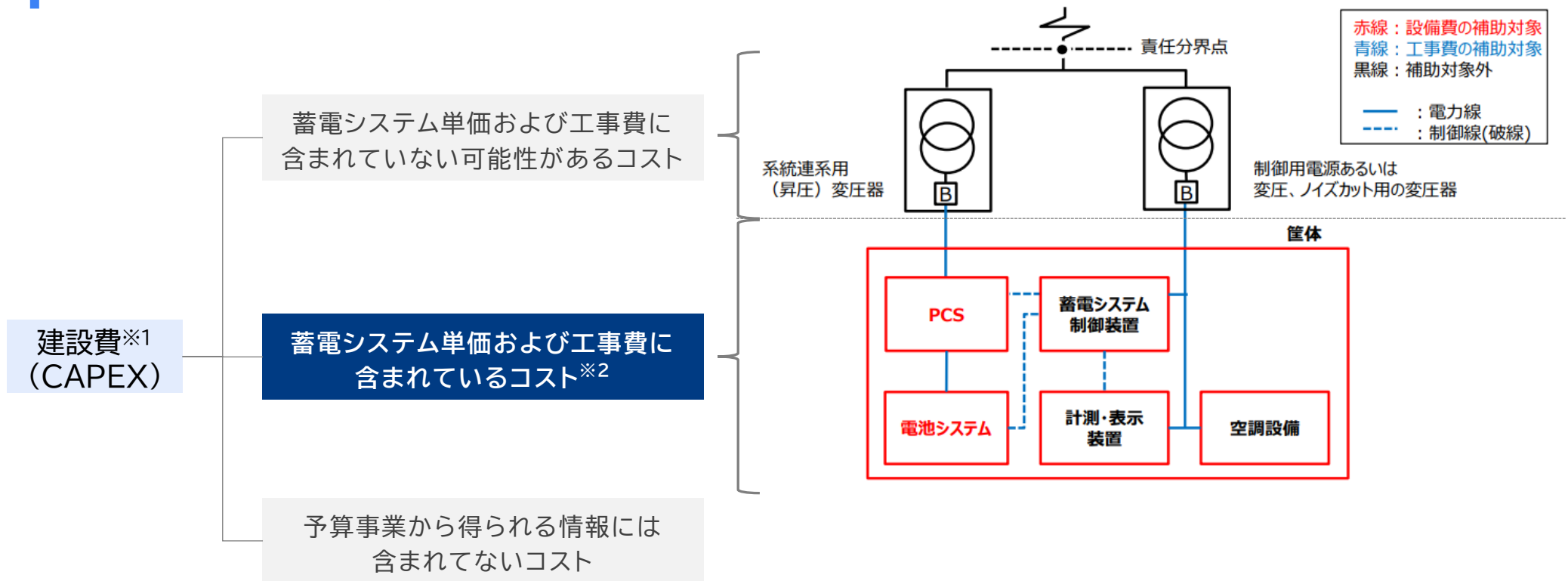
分析対象の予算事業一覧

区分	執行団体	事業年度	事業名
系統用	SII	令和3年度補正 (2022)	再生可能エネルギー導入加速化に向けた系統用蓄電池等導入支援事業
	SII	令和4年度補正 (2023)	系統用蓄電システム・水電解装置導入支援事業
	SII	令和5年度 (2023)	系統用蓄電池等導入支援事業
	SII	令和6年度 (2024)	系統用蓄電池等導入支援事業

【参考】本資料における蓄電システムコストの位置づけと留意事項

- 過年度に関係省庁で実施された予算事業では、蓄電システムの補助対象範囲は下図赤枠中の設備費及び青線部で示された工事費が対象となっており、受変電設備に係る設備費・工事費は補助対象外である。
- 予算事業から得られる情報の制約上、上述の受変電設備に係るコストに加え、下図に示されていない設備・工事等に要するコスト(一例としては専用線敷設費用、系統連系費用等)を把握できていない可能性がある。
 - コスト分析から把握できない費用は、事業者ヒアリングを通じて可能な限り情報を収集した(前述)。

蓄電システムの構成と本資料でのコストの位置づけ



※1: 蓄電システムの設備費・工事費に加え、予算事業では把握できていない可能性がある費目(受変電設備等の付帯設備・工事費)や税等を合算した総費用が、蓄電システムの建設費(Capex)となる。

※2: 蓄電システムの構成の違いや申請事業者等の判断・記載方法の違いにより、詳細な費目の位置づけが事業者ごとに異なる可能性がある。

出所) SII、令和6年度再生エネルギー導入拡大・系統用蓄電池等電力貯蔵システム導入支援補助金(系統用蓄電池等導入支援事業)、閲覧日: 2025年1月20日、

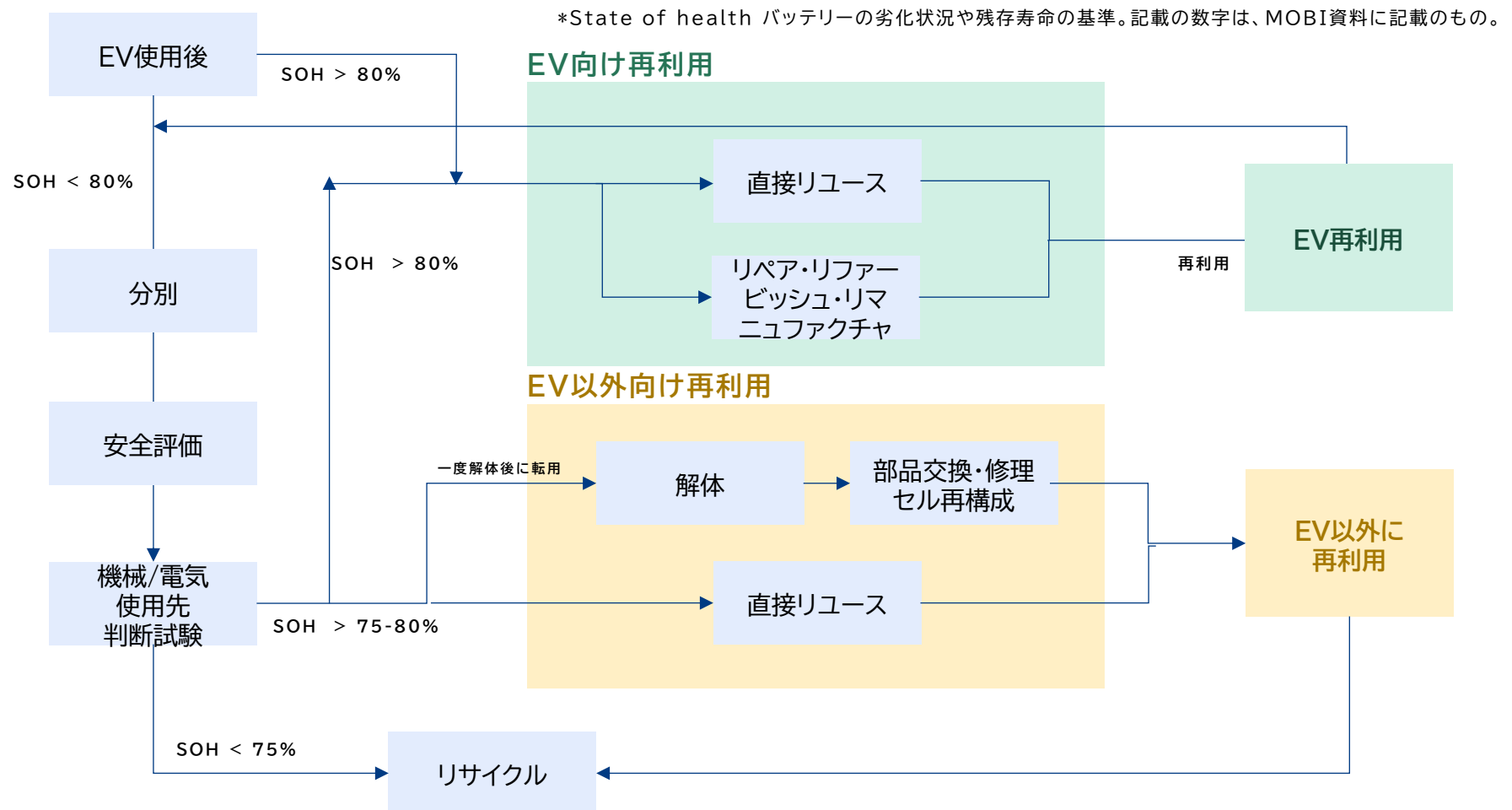
(https://sii.or.jp/chikudenchi06/uploads/R6k_ess_d_kouboyouryou.pdf)を基に図中に三菱総合研究所一部加筆

Ⅱ. 定置用蓄電システムをめぐる現状認識

1. 家庭用蓄電システム
2. 業務・産業用蓄電システム
3. 系統用・再エネ併設蓄電システム
 - 系統用蓄電システムのコスト分析
 - リユース・CFP等に関する動向

EVバッテリーリユースの全体像(米国の例)

- 米国国際標準化コンソーシアムMOBI(Mobility Open Blockchain Initiative)の公開情報を基にEVバッテリーのリユースフローを以下に整理した。
- EV使用後の電池SOH*を基に再利用可否を判断しており、EV使用基準(SOC > 80%)に満たないリユースバッテリーが定置用蓄電池に活用されている。



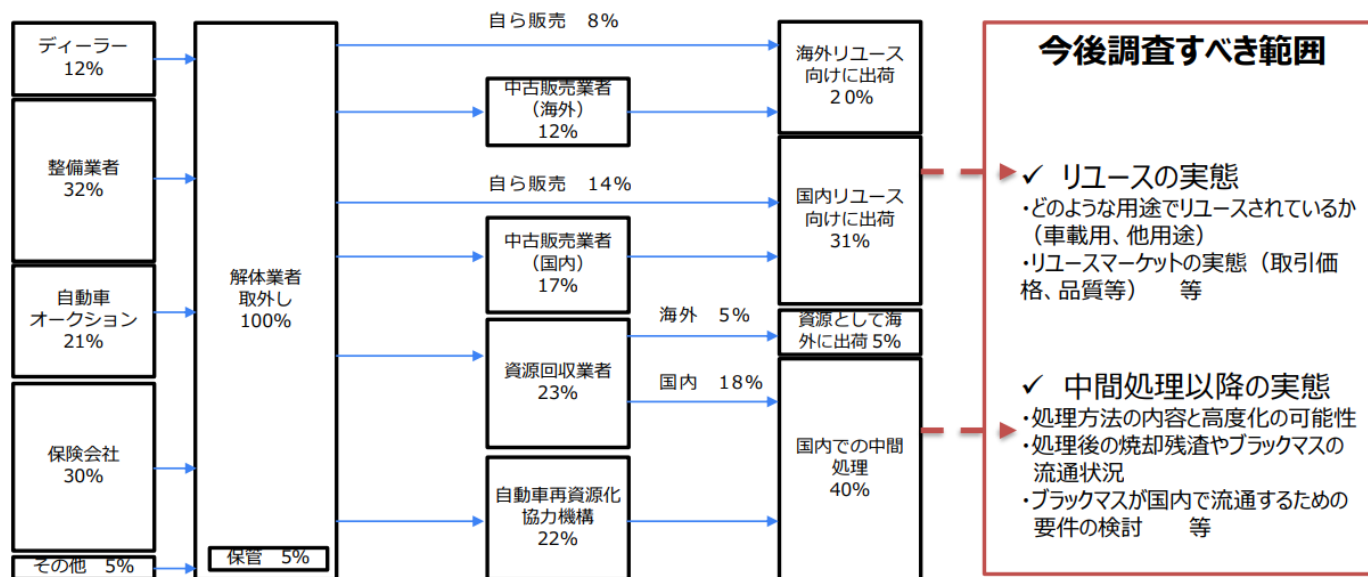
出所)MOBI, "ELECTRIC VEHICLE BATTERY END-OF-LIFE MANAGEMENT", 閲覧日:2024年12月25日, <https://dlt.mobi/wp-content/uploads/2023/11/MOBI-EOL0001WP2023-Version-1.0.pdf> を基に三菱総合研究所作成

国内のEV廃バッテリーの流通先の実態

- 蓄電池サステナビリティに関する研究会において、解体後のバッテリーの実態が調査されている。
- 国内リユース向けの出荷は31%、海外リユース向けの出荷は20%となっている。
- 今後は、リユース、中間処理の実態調査が進められる予定。

流通実態の更なる把握

- これまでの調査により、解体後のバッテリー(駆動用LiB)の流通経路として、約半数がリユースされ、約半数が処理されていることが判明した一方、中間処理以降の流通状況や、リユース市場の詳細が依然不明である。
- 引き続き、事業者へのヒアリング等を通じて、①リユース市場の実態のさらなる詳細把握、②中間処理以降の流通実態の詳細把握を行う。



定置用蓄電システムの回収 広域認定制度概要

- 広域認定制度とは、製造事業者等が自社製品の回収を広域的にする場合、自治体毎の許可が免除される制度。
- 住宅用蓄電池メーカーは、10社が広域認定を受けているものの、個社毎に自社製品を回収するために、経済的効率が悪く、共同回収スキームが検討されている。
- 業務産業用・系統用蓄電池についても、一部メーカーで広域認定を受けている。
 - ▶ LiB以外の産業用アルカリ電池、鉛蓄電池等は、電池工業会が広域認定処理を実施。LiBについては、団体設立等による共同回収スキームを検討中。

広域認定と産廃処理の比較

	概要
広域認定制度 (環境省大臣認定)	製造事業者等が当該製品の処理を広域的に回収する際、 <u>各地方自治体の許可が免除</u> される制度
産廃処理	事業活動で発生する産業廃棄物を廃棄する際に <u>地方自治体毎に届け出</u> の上で処理を行う。

住宅用蓄電池の共同回収スキームの検討状況 (JEMA定置用蓄電システム産業戦略)

II. 住宅用リチウムイオン蓄電システムの適正処理のための共同回収スキーム

メーカーが自主的な取組みとして、環境省から広域認定制度の認定を個社毎に受け、リチウムイオン蓄電システムの安全・適正な回収を2020年5月から開始(現在はメーカー10社が運営)

* 広域認定制度：製造事業者等が自社製品で廃棄物になったものを広域的に回収する際に、廃棄物処理法上、必要な地方公共団体毎の許可を不要とする特例制度。各社が環境省へ申請して環境省が認定を行う。

今後は蓄電システム廃棄台数が増加することから、回収作業の効率性やユーザ利便性を重視し、業界共同での回収スキームを構築する予定

- 個社ごとに回収する仕組みは輸送費など経済的効率性が悪いため、独立した団体を設立し、共同で回収するスキームを検討している。参加意向を示すメーカーは現在11社。
- 2023年以降を目途に、実際の廃棄台数の増加状況を見ながら設立時期を検討する。現在はメーカー個社の廃棄台数を工業会自主統計にて集計しており、経産省に年度報告を行っている。
- 排出者・排出事業者(ユーザー)、工事業者、廃棄業者など回収リサイクルに携わる関係者に対し、安全・適正な処理を行う必要があること、廃棄時は必ず販売店やメーカーに連絡することなどの啓発活動を併せて行う。

【参考】リチウムイオン蓄電池の広域認定の取得状況(R7.2.26時点)

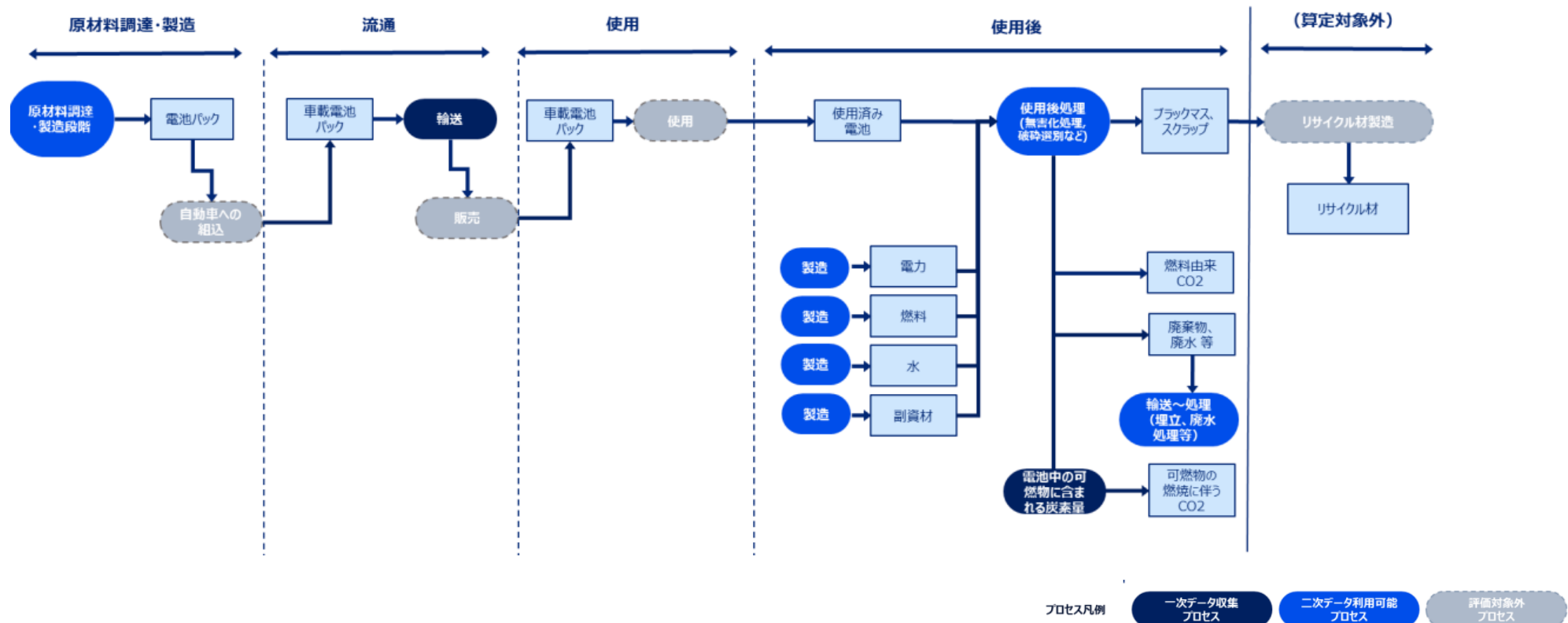
No.	認定年月日	認知を受けた者	対象産業廃棄物
131	H20.1.17	㈱GSユアサ	密閉型鉛蓄電池、開放型鉛蓄電池、開放型アルカリ蓄電池、密閉型アルカリ蓄電池、電源装置若しくはリチウムイオン電池若しくは航空障害灯又はこれらの附属品
226	H25.5.23	エリーパワー㈱	大型リチウムイオン蓄電池及び大型リチウムイオン蓄電池内蔵蓄電システム及び同システムに内蔵する大型リチウムイオン蓄電池
274	H30.1.17	(一社)自動車再資源化協力機構	リチウムイオンバッテリー
277	H30.3.26	本田技研㈱	リチウムイオン電池
285	R1.10.9	積水化学工業㈱	リチウムイオン蓄電ユニット
287	R1.11.14	東芝ライテック㈱	リチウムイオン電池搭載定置式蓄電システム及びリチウムイオン電池モジュール
289	R1.12.2	ニチコン㈱ 京セラ㈱	リチウムイオン電池搭載蓄電システム
292	R2.2.17	シャープエネルギーソリューション㈱ シャープ㈱	リチウムイオン電池搭載蓄電システム
293	R2.3.9	㈱カネカ	リチウムイオン電池搭載蓄電システム
294	R2.3.9	京セラ㈱	リチウムイオン電池搭載蓄電システム
295	R2.4.2	ダイヤゼブラ電機㈱ ゼブラ電子㈱	リチウムイオン電池搭載蓄電システム
298	R3.3.26	オムロンソーシアルソリューションズ㈱	リチウムイオン電池搭載蓄電システム
299	R3.9.17	ネクストエナジー・アンド・リソース㈱	太陽電池モジュール、パワーコンディショナ、リチウムイオン電池搭載蓄電システム
301	R3.12.23	エナックス㈱	リチウムイオン電池システム及び電池パック
307	R4.4.1	パナソニック㈱	リチウムイオン電池内蔵蓄電システム及びそれに搭載されるリチウムイオン電池
329	R6.10.8	住友電気工業㈱	(参考;非LiB)レドックスフロー電池
330	R6.10.28	㈱パワーエックス	リチウムイオン電池搭載蓄電システム及びその部品
331	R6.10.28	エナジーウィズ㈱ エナジーシステムサービスジャパン㈱ ㈱GSユアサ ㈱GSユアサエナジー 古河電池㈱	(参考;非LiB)密閉形鉛蓄電池、開放形鉛蓄電池、開放形アルカリ蓄電池、密閉形アルカリ蓄電池、電源装置又はそれらの附属品
335	R6.12.25	TDK	リチウムイオンバッテリー(モジュール)
336	R6.12.25	華為技術日本	系統用蓄電システムのリチウムイオン電池パック
337	R7.1.28	㈱ダイヘン	リチウムイオン電池モジュール
339	R7.1.31	コンテンポラリー・アンプレックス・テクノロジー・ジャパン㈱	蓄電池システムに搭載されたリチウムイオンバッテリー(モジュール)
340	R7.1.31	㈱TMEIC	蓄電池システムに搭載された蓄電池モジュール
341	R7.2.20	サムスンSDIジャパン㈱	リチウムイオンバッテリー
347	R7.2.26	Tesla Japan合同会社	蓄電池システムに搭載したリチウムイオンバッテリーパック

出所) 環境省, "産業廃棄物広域認定制度の認定状況", 閲覧日; 2025年3月19日, https://www.env.go.jp/recycle/waste/kouiki/jokyo_1.html を基に三菱総合研究所作成

蓄電システムのCFP算定について

- 経済産業省は、研究会における議論や実証を踏まえ、車載用蓄電池のCFP算定方法を公開している。
 - 現時点で、充放電ロス率の算定の難しさやEVの生涯走行距離の仮定が困難であり、使用段階は算出の対象外としている。
- 定置用蓄電池に特化した算定方法は公開されていない。

車載用蓄電池のライフサイクルフロー図



出所) 経済産業省, “蓄電池のカーボンフットプリント”, 閲覧日: 2024年12月25日, https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/chikudenchi_sustainability/pdf/004_03_00.pdf を基に三菱総合研究所作成

Ⅲ. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性分析

1. 収益性分析の前提条件
2. パターン①: 系統用蓄電池の卸電力市場・容量市場での収益性評価
3. パターン②: 系統用蓄電池の需給調整市場・容量市場での収益性分析
4. パターン③: 再エネ(太陽光・FIP)併設蓄電池の収益性分析
5. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性への影響要因分析

系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性試算での前提

- 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性試算にて前提としたユースケースとして、以下3パターンを検討した。
 - パターン①・②は系統用蓄電システムのユースケースであり、容量市場・需給調整市場・卸電力市場で活用することで、供給力・調整力・需給緩和の価値を蓄電システムが提供する。
 - パターン③はFIP電源に蓄電システムを併設するユースケースであり、出力制御回避と需給緩和価値を蓄電システムが提供する。

系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性試算にて前提としたユースケース

価値提供先	ユースケース	パターン1 (系統用蓄電システム)	パターン2 (系統用蓄電システム)	パターン3 (再エネ併設蓄電システム)
発電	出力制御回避 (0.01円コマでの発電回避)			●
	需給緩和	●		●
送配電	調整力提供 (需給調整市場への応札)		●	
	供給力提供 (容量市場への応札)	●	●	
ユースケースのイメージ		<ul style="list-style-type: none"> ● 容量市場において収益を確保 ● アービトラージ運用を行い、卸電力市場にて収益を確保 	<ul style="list-style-type: none"> ● 容量市場において収益を確保 ● 需給調整市場に応札し、収益を確保 	<ul style="list-style-type: none"> ● FIP電源(太陽光・風力)に併設 ● 0.01円コマ発生時に逸失するプレミアム収入を、充放電により回避 ● 卸電力価格がより高いコマで売電

※上記のユースケース以外も考えられるが、現時点で収益性が見込まれない点や評価が困難であるため評価対象外とした。

出所)資源エネルギー庁, "定置用蓄電システムの普及拡大策の検討に向けた調査", 閲覧日: 2024年8月8日, https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2022FY/000050.pdfを基に三菱総合研究所作成

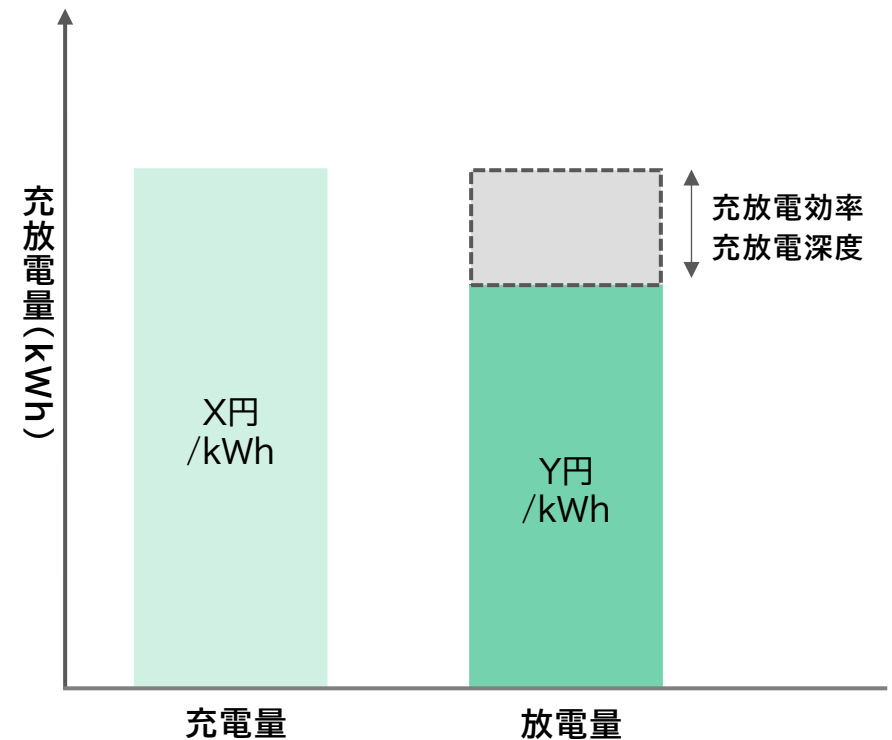
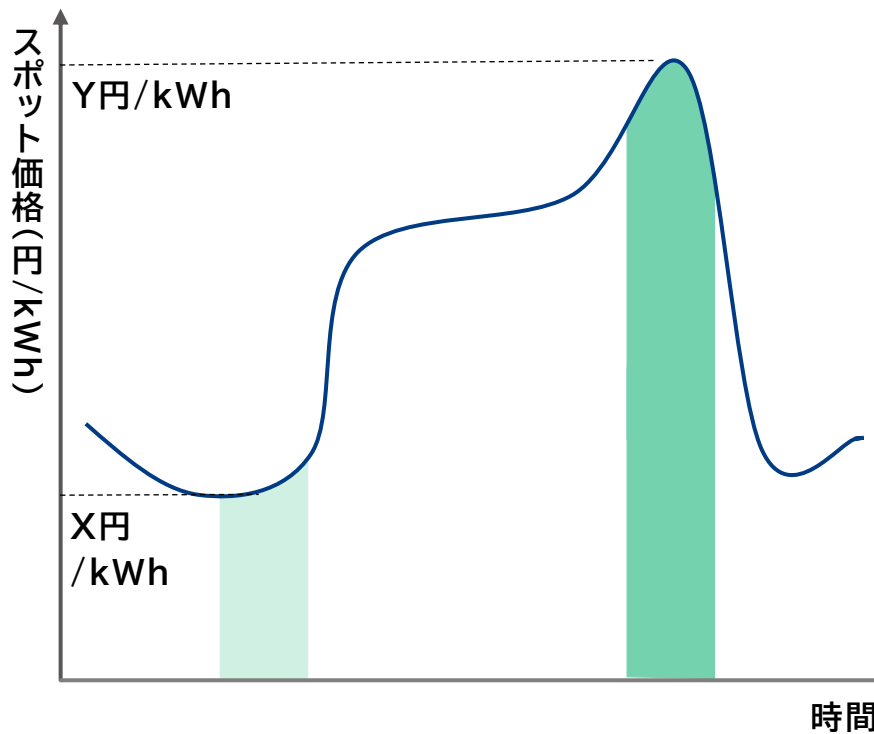
Ⅲ. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性分析

1. 収益性分析の前提条件
2. パターン①: 系統用蓄電池の卸電力市場・容量市場での収益性評価
3. パターン②: 系統用蓄電池の需給調整市場・容量市場での収益性分析
4. パターン③: 再エネ(太陽光・FIP)併設蓄電池の収益性分析
5. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性への影響要因分析

系統用蓄電システムの運用収益の考え方

- 系統用蓄電システムの収入源は、容量市場・卸電力市場の2つを想定する。充電費用は全て卸電力市場からの買電によって行うと想定する。
 - 卸電力市場におけるアービトラージ運用をする場合には、充放電効率・充放電深度等を考慮し設定
 - 容量市場収入は2023年度メインオークションにおける発動指令電源の想定獲得収入の全国平均値(8,348円/kW)を参照

アービトラージ運用による想定収益イメージ



※1:本試算での前提条件はスライド97枚目の通り。

系統用蓄電システムのアービトラージ運用における収益性評価

- アービトラージの収益性は、充放電時の値差に大きな影響を受ける。
 - ベースシナリオの場合、建設費が5万円/kWh以下であれば一定の収益が見込まれる。

系統用蓄電システムのコストに応じた20年間の収益性評価のシナリオ間比較※2

建設費 (CAPEX)	アービトラージ運用におけるシナリオ別の収益性※1 (参照年度別の充放電時の平均値差[円/kWh])		
	ダウンサイド (4.45円/kWh)	ベース (10.61円/kWh)	アップサイド (17.54円/kWh)
8万円/kWh	-12.0%	-3.8%	0.7%
7万円/kWh	-10.0%	-2.4%	2.3%
6万円/kWh	-8.1%	-0.7%	4.2%
5万円/kWh	-6.1%	1.3%	6.6%
4万円/kWh	-3.6%	4.0%	9.9%
3万円/kWh	-0.5%	7.8%	14.9%

※1: ダウンサイドは過去5年間で最も値差が小さいJEPXの2019年度の卸価格実績値を参照。ベースは過去5年間の卸価格実績値が周期的に20年間続くと想定。アップサイドは過去5年間で最も値差が大きい2022年度の卸価格実績値を参照 <https://www.jepx.jp/electricpower/market-data/spot/>

※2: 本試算は一定の仮定と収益ロジックを元に試算したものであり、前提条件やロジックを変化させることによって、収益性の推計結果は変わり得る。本試算が事業を行う上での絶対的な収益性試算結果ではないことに留意頂きたい。

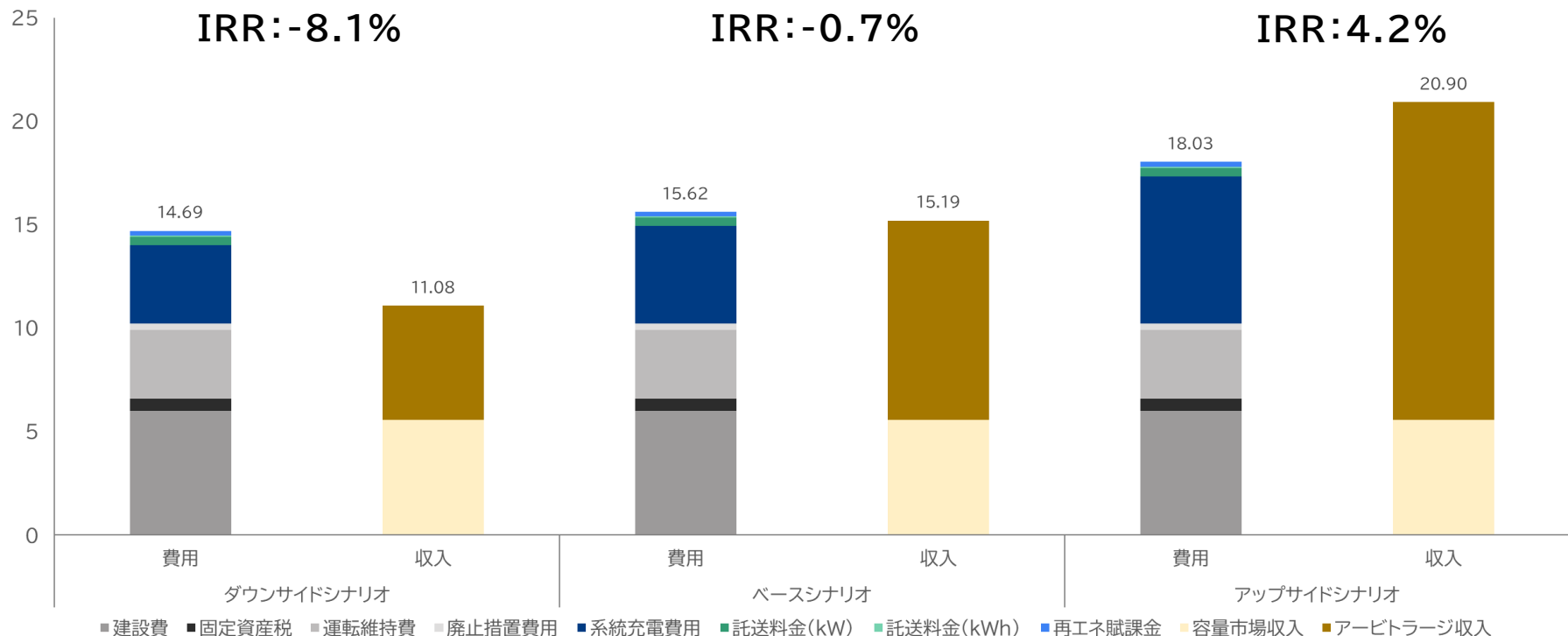
出所) 三菱総合研究所分析

系統用蓄電システムのシナリオ別の収益性構造比較

- 系統用蓄電システムのシナリオ別の事業収益構造は以下の通り。
 - 蓄電システムの建設費・容量市場収入は参照基準間で一定と想定（建設費：6万円/kWh、容量市場収入：0.83万円/kW/年）
- 総費用に占める建設費及び運転維持費の割合が多く、蓄電システム事業においては両コストを削減することが重要である。
- 総収益に占める卸市場からの収益にはシナリオ間で大きな差がある。
 - 事業者ヒアリングでは各市場を予見することが難しく、将来の想定収益は想定方法により大きな幅があるという指摘もあった。

系統用蓄電システムの収益性評価結果（建設費（CAPEX）：6万円/kWh）※

[万円/kWh/20年]



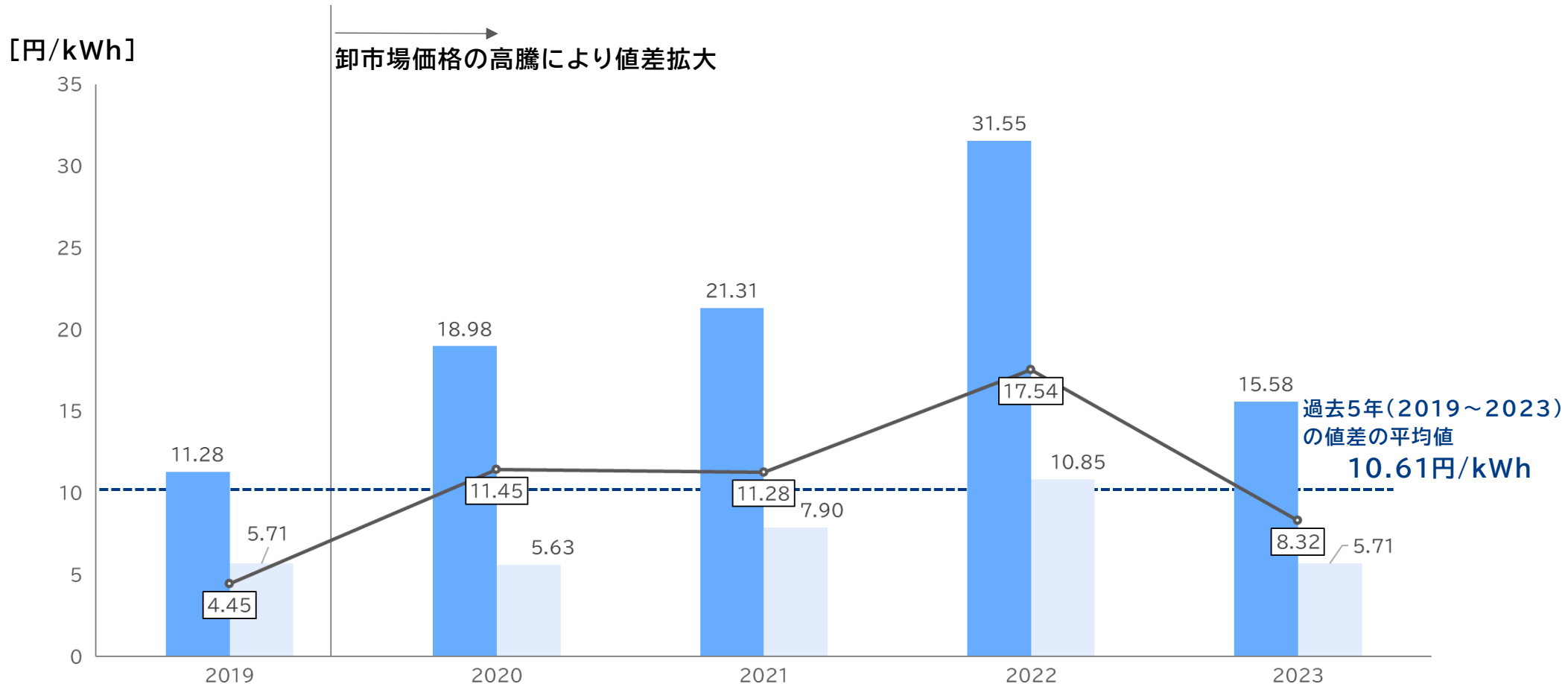
出所) 三菱総合研究所分析

※ 本試算は一定の仮定と収益ロジックを元に試算したものであり、前提条件やロジックを変化させることによって、収益性の推計結果は変わり得る。本試算が事業を行う上での絶対的な収益性試算結果ではないことに留意頂きたい。

【参考】参照年度別の上位下位6コマの平均値

- アービトラージ収益の大きさは充放電時値差の大きさによって決まる。
 - 2019年度までは卸電力市場のボラティリティが小さく、上位下位6コマの値差は5円/kWh程度であった。
 - 2020年度以降、燃料価格上昇による卸市場価格の高騰の影響もあり、上位6コマの価格も上昇し、上位下位6コマの値差も上昇した。

参照年度別の卸市場価格の1日の上位下位6コマ※の年平均値



※1:コマ=30分

■ 上位6コマ平均値 ■ 下位6コマ平均値 ● 値差

出所) 日本卸電力取引所, "取引市場データ", 閲覧日: 2024年8月8日, <https://www.jepx.jp/electricpower/market-data/spot/> を基に三菱総合研究所作成

【参考】系統用蓄電システムの収益性評価の算定諸元

項目		想定	
稼働年数		20年	・ 2022年度調査より設定
資本費	建設費(CAPEX)	3~8万円/kWh	・ 補助金情報およびヒアリング情報を基に幅をもたせて設定
	廃止措置費用	建設費の5%	・ 長期脱炭素電源オークションの諸元を基に設定
運転維持費	人件費	5,000円/kW/年	・ 第93回制度検討作業部会にて示された長期脱炭素電源オークションの上限価格を算定する際の蓄電池のモデルプラントの運転維持費情報を参照
	修繕費		
	諸費		
	一般管理費		
その他	託送料金 (円/kW,円/kWh)	503.80円/kW/月 0.88円/kWh	・ 北海道~九州の託送料金単価(2024年度:特別高圧標準接続送電サービス)から平均値を算出して設定
	発電側課金	75.13円/kW/月	・ 全国平均値を採用。最大放電出力と最大充電出力の差分のみ考慮。※kWh課金は未考
	再エネ賦課金	3.49円/kWh	・ 2024年度の再エネ賦課金想定を参照。充放電ロス分に考慮。
充電費	充電単価	- (計算にて算出)	・ 卸電力市場の実績値(2016~2023年度)を基に計算
	充電量	- (計算にて算出)	・ 一日あたりの充放電サイクル数に充放電深度と年間稼働日数を乗じることで算出
	年間稼働日数	365日/年	・ 1年中稼働するものと想定
	サイクル数	1回/日	・ 1回/日で充放電を行うケースを想定
蓄電池諸元	時間率	3時間率	・ 容量市場の応札要件として3時間率以上が求められるため、3時間率と想定
	充放電深度	80%	・ 2022年度調査及びヒアリング情報を基に設定
	容量劣化率	▲1%/年	・ 20年間で容量劣化が80%まで進むと想定し、年率換算で1%/年と設定
	充放電効率	90%	・ 2022年度調査より90%と設定
市場価格	容量市場	8,348円/kW	・ 2023年度における各エリアの容量市場単価と調整係数を参照し、容量市場単価に発動指令電源の調整係数を掛け合わせることで発動指令電源の想定収入を計算 ・ 各エリアの発動指令電源の想定収入の全国平均を採用
	卸電力市場	- (計算にて算出)	・ 卸電力市場の実績値(2019~2023年度)をもとに計算。価格プロファイルは20年間一定

Ⅲ. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性分析

1. 収益性分析の前提条件
2. パターン①: 系統用蓄電池の卸電力市場・容量市場での収益性評価
3. パターン②: 系統用蓄電池の需給調整市場・容量市場での収益性分析
4. パターン③: 再エネ(太陽光・FIP)併設蓄電池の収益性分析
5. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性への影響要因分析

系統用蓄電システムの需給調整市場収益の考え方

- 系統用蓄電システムの需給調整市場における収益は、応札価格・応札ブロック数・落札率の多寡によって決定される。
 - 本試算では、需給調整市場の応札価格と応札ブロック数に応じた ΔkW 収益の感度分析を実施
 - 容量市場収入は2023年度メインオークションにおける発動指令電源の想定獲得収入の全国平均値(8,348円/kW)を参照
 - 収益計算にあたっての算定条件の詳細設定は後述スライドの通り

需給調整市場運用による想定収益イメージ

需給調整市場 応札価格

×

- ・ 需給調整市場応札価格はブロックによらず一定と想定
- ・ 応札価格(5、10、15円/ $\Delta kW \cdot h$)に応じて収益性を感度分析

1ブロックの時間

×

- ・ 1ブロック=3h単位

応札ブロック数

×

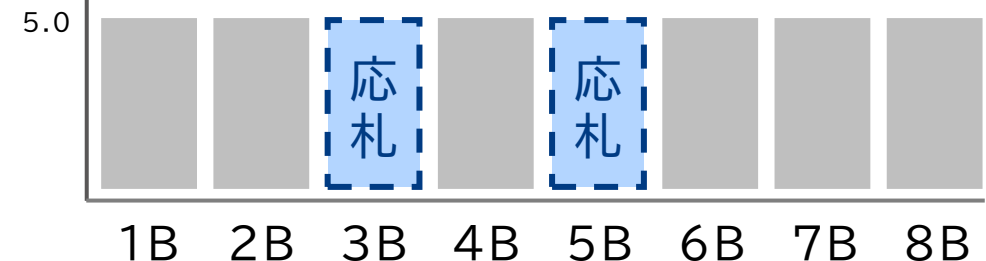
- ・ 1日あたりの応札ブロック数を1、1.5、2ブロックとして収益性を感度分析

落札率

- ・ 落札率は60%と仮定

例) 1日あたりの獲得収益の試算イメージ

【円/ $\Delta kW \cdot h$ 】 ※1ブロックが3h単位であり1日の合計ブロック数が8であるなか、青枠部分で応札すると想定



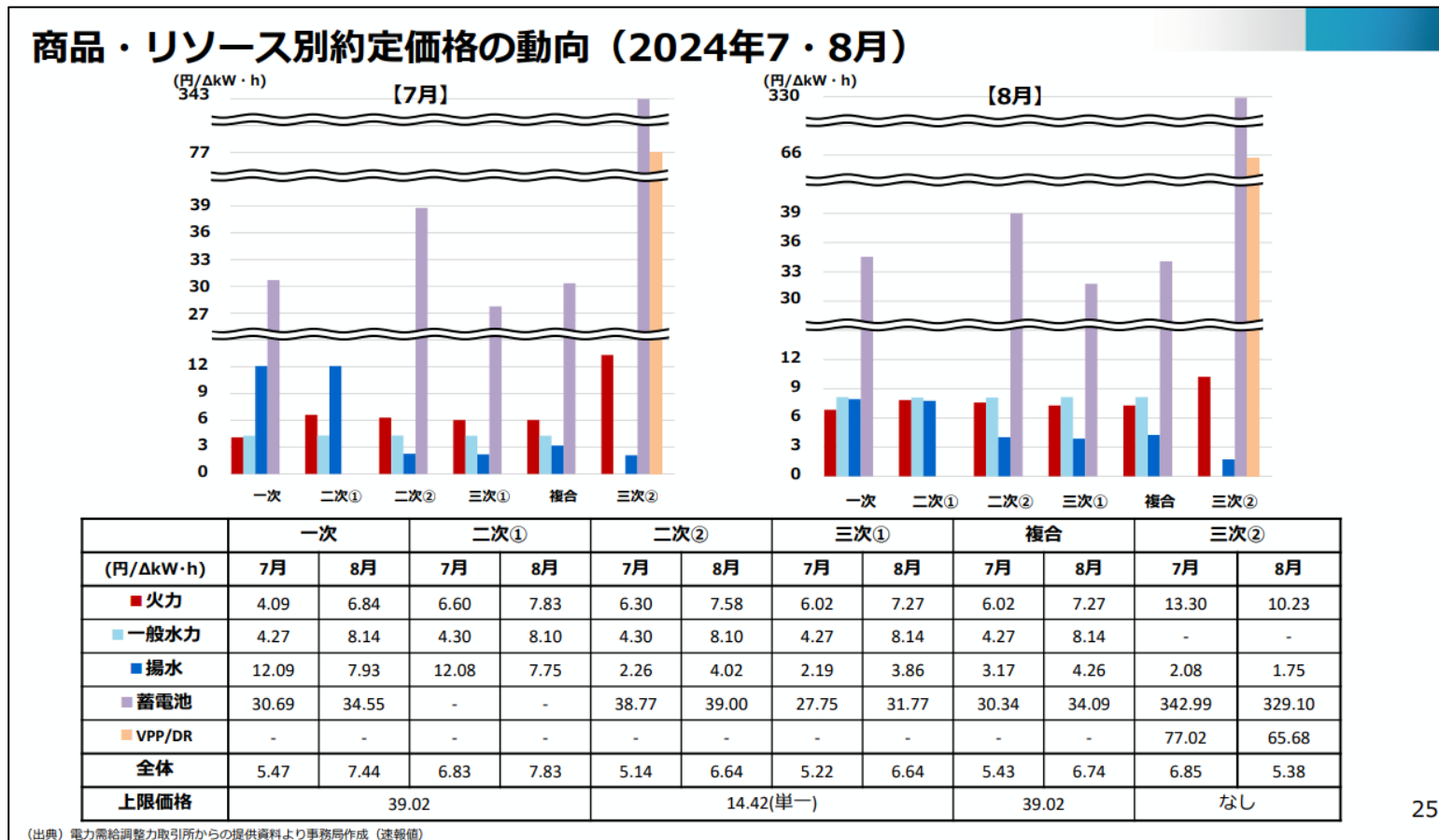
- ・ 応札価格 = 5.0円/ $\Delta kW \cdot h$
- ・ 応札ブロック数 = 2ブロック/日
- ・ 落札率 = 60%

1日あたりの獲得収益

$$5.0 \text{ [円/ $\Delta kW \cdot h$] } \times 3 \text{ [h/ブロック] } \times 2 \text{ [ブロック/日] } \times 60\% \\ = 18 \text{ [円/ $\Delta kW \cdot \text{日}$] }$$

現状の需給調整市場の約定価格の動向

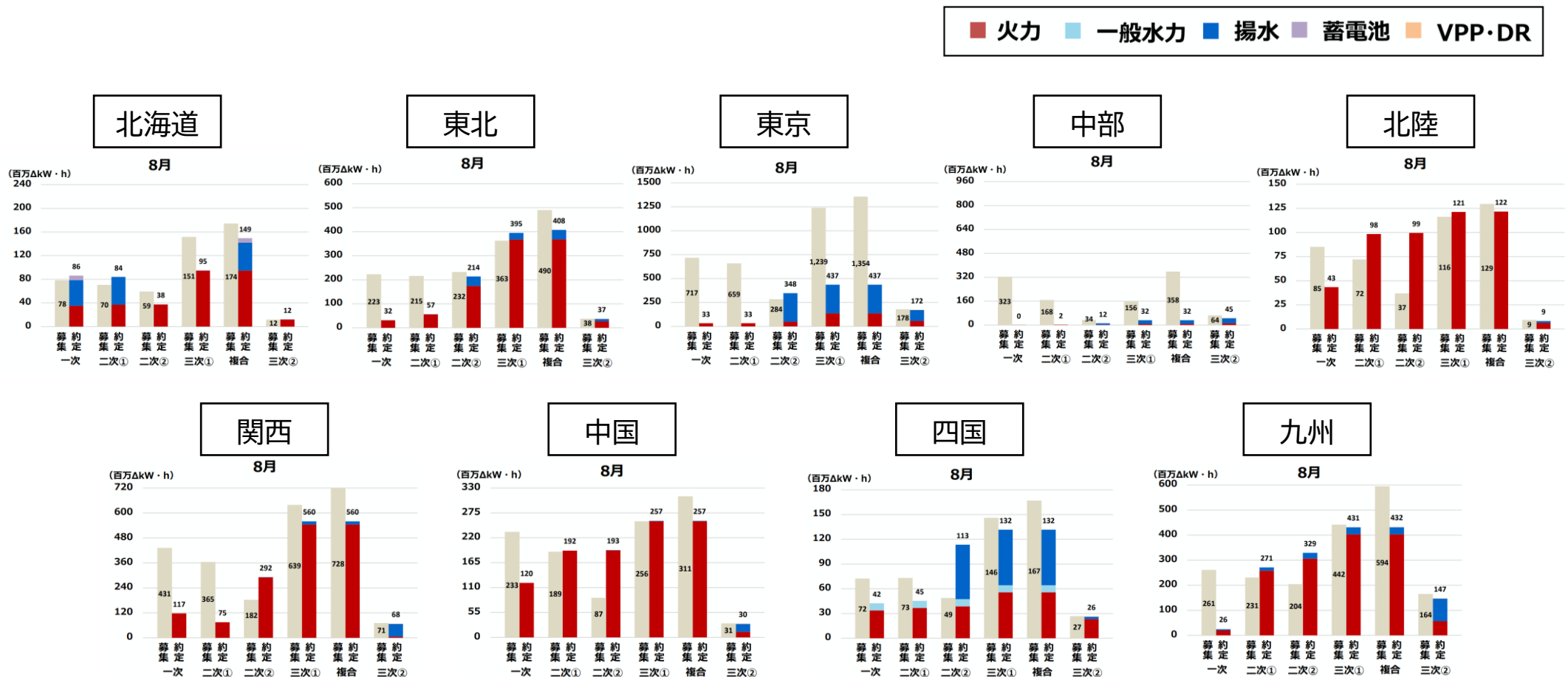
- 2024年7月～8月の需給調整市場の各商品の全電源の平均約定価格は5.1～7.8円/ΔkW・h程度である。
 - 蓄電池の一次～三次①における約定価格は28～39円/ΔkW・hであり、火力・一般水力の一次～三次①における約定価格は4.1～8.1円/ΔkW・h程度であり、蓄電池の約定価格は他電源よりも高い傾向にある。



25

現状の需給調整市場の約定量の電源別内訳の動向

- エリアにより差があるものの、約定量の電源別内訳については、火力が最多、次いで揚水、蓄電池やDRは僅かとなっている。



出所)資源エネルギー庁,“需給調整市場について”,閲覧日:2024年10月21日,

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/seido_kento/pdf/096_03_00.pdf を基に三菱総合研究所作成

現状の需給調整市場の約定量・募集量・応札量の動向

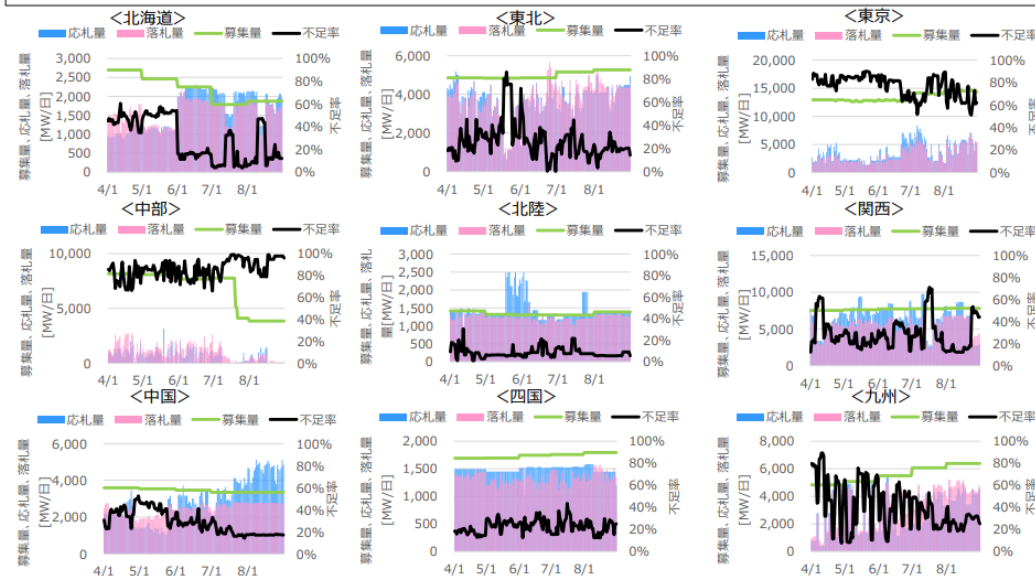
- 多くのエリア・商品で約定量が募集量を下回る傾向が継続しているが、前日商品における募集量の絞り込み等により未達率 $((募集量 - 約定量) / 募集量)$ は減少傾向にある。
- 多くのエリアでは、週間・前日商品のいずれでも、応札量が顕著に増加している傾向は見られないが、一部エリアの週間商品では応札量の増加傾向がみられる。

(参考) 取引実績(複合商品): エリア別

出所) 電力需給調整力取引所HPの速報値をもとに広域機関にて作成
募集量、応札量、落札量は全8ブロック合計値
不足率 = 不足量 / 募集量

20

- 東京・中部エリアについては、上期全体を通じて不足率は高めの状況。
- 一方、北海道エリアでは6月頃まで応札が少なかったが、以降は応札量が増え、調達率の改善が見られた。

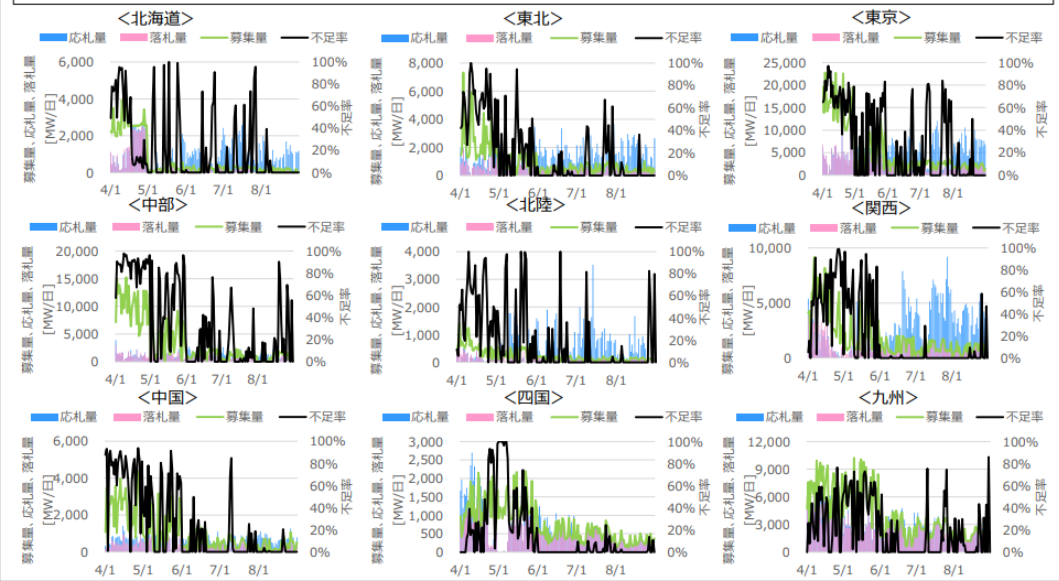


(参考) 取引実績(三次②): エリア別

出所) 電力需給調整力取引所HPの速報値をもとに広域機関にて作成
募集量、応札量、落札量は全8ブロック合計値
不足率 = 不足量 / 募集量

22

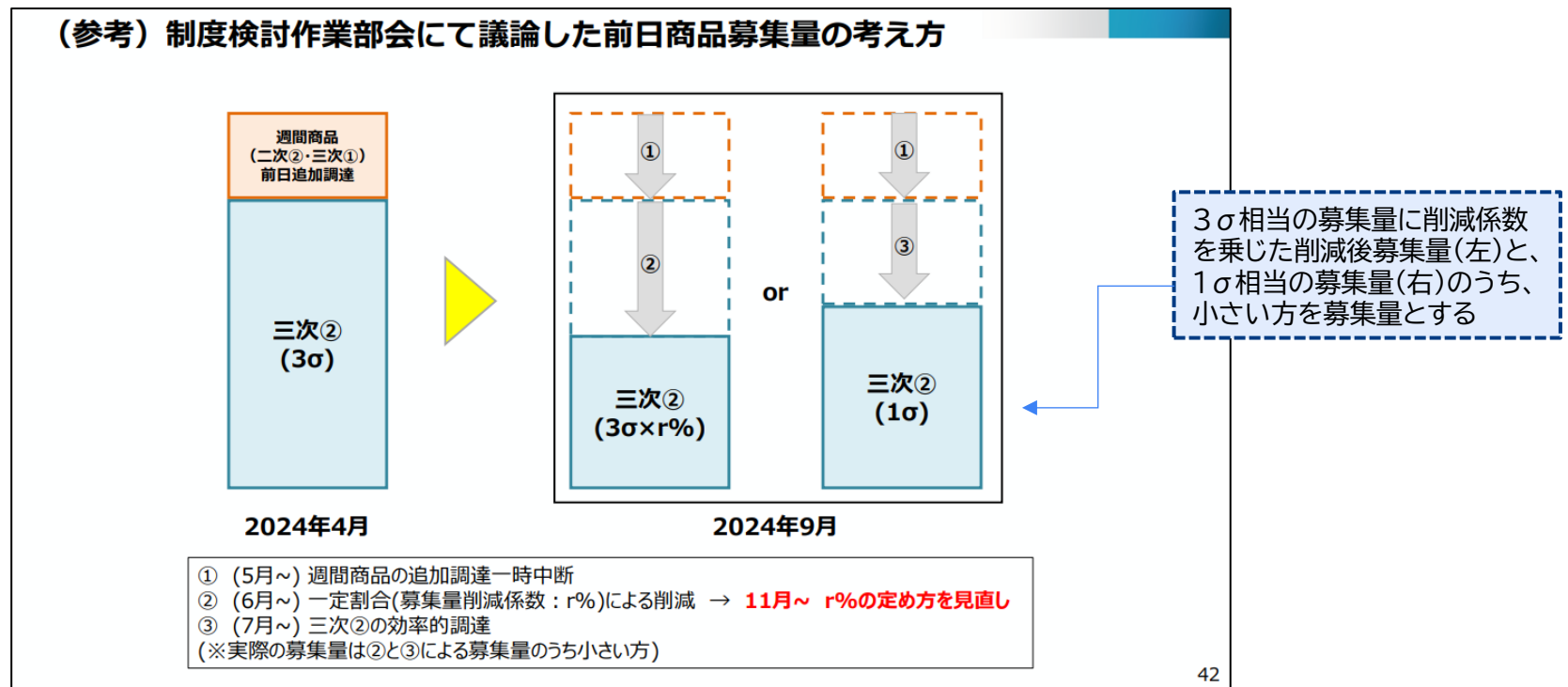
- 二次②・三次①の前日追加調達を一次中断や一定割合を乗じた募集量への見直し等を通じて、4月当初に比べ募集量が大きく減少しており、不足率も改善傾向にある。



出所) 電力広域的運営推進機関, "需給調整市場検討小委員会における議論の方向性と整理(2024年度上期実績および2024年度下期の予定)", 閲覧日: 2024年10月29日,
https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2024/files/jukyushijyo_50_05.pdf を基に三菱総合研究所作成

需給調整市場の募集量削減に関する議論の方向性

- 募集量の未達への対策として、前日商品の募集量を削減する方向で対策が実施中である。
 - 二次②・三次①の前日追加調達は、4月30日取引分から当面の間一次中断しており、一定の競争原理が働く状態になるまでは継続される予定である。
 - 三次②の調達量は6月以降、全エリア共通の募集量削減係数を掛けることで毎月の募集量の削減がされており、11月以降はブロック別・エリア別に Δ kW応札単価・余力電源リストのコスト分布を考慮した削減が実施される。
 - 三次②の効率的な調達が、7月以降実施されており、 3σ 相当の募集量に削減係数を乗じた削減後募集量と 1σ 相当の募集量の小さいほうを募集量として調達が実施されている。
- 上限価格の設定によって、週間商品の調整力調達コストは抑制できていること等を踏まえ、週間商品の募集量削減は行わず、引き続き上限価格の設定を継続し、状況を注視する方針で議論が進められている。



需給調整市場での収益性評価の算定条件

項目		想定	
稼働年数		20年	<ul style="list-style-type: none"> 2022年度調査より設定
資本費	建設費(CAPEX)	3、4、5、6、7、8万円/kWh	<ul style="list-style-type: none"> 補助金情報及びヒアリング情報を基に幅をもたせて設定
	廃止措置費用	建設費の5%	<ul style="list-style-type: none"> 長期脱炭素電源オークションの諸元を基に設定
運転維持費	人件費	5,000円/kW/年	<ul style="list-style-type: none"> 令和4年度補正「再生可能エネルギー導入拡大に資する分散型エネルギーリソース導入支援事業費補助金」にて採択された1万kW以上の案件の申請情報より
	修繕費		
	諸費		
	一般管理費		
蓄電池諸元	時間率	3時間率	<ul style="list-style-type: none"> 容量市場の応札要件として3時間率以上が求められるため、3時間率と想定
	充放電深度	80%	<ul style="list-style-type: none"> 2022年度調査及びヒアリング情報を基に設定
	容量劣化率	▲1%/年	<ul style="list-style-type: none"> 20年間で容量劣化が80%まで進むと想定し、年率換算で1%/年と設定
	充放電効率	90%	<ul style="list-style-type: none"> 2022年度調査より90%と設定
市場価格	容量市場	8,348円/kW	<ul style="list-style-type: none"> 2023年度における各エリアの容量市場単価と調整係数を参照し、容量市場単価に発動指令電源の調整係数を掛け合わせることで発動指令電源の想定収入を計算 各エリアの発動指令電源の想定収入の全国平均を採用
	需給調整市場	5、10、15円/kW/h	<ul style="list-style-type: none"> 異なる電源間での競争により安価に調整力を調達するという需給調整市場の趣旨を踏まえ、足元の火力及び揚水等の約定価格の動向に鑑み、約定価格を5円/ΔkW・hで試算。また、他電源と比べて固定費が未回収の蓄電池については5円/ΔkW・hよりも高くなることが考えられるため、10円、15円/ΔkW・hでの感度分析を実施する。
運用方法	1ブロックの時間	3h	<ul style="list-style-type: none"> 現行制度より、1ブロックは3h単位に固定
	応札ブロック数	1、1.5、2ブロック/日	<ul style="list-style-type: none"> 事業者へのヒアリングを基に、1、1.5、2ブロック/日での感度分析を実施する 容量劣化に伴い放電電力量が減少することが想定されるため、将来的な応札ブロック数も減少すると想定
	約定率	60%	<ul style="list-style-type: none"> 足元では募集量に対し約定量が未達であり落札率は100%になる商品が多い。今後の需給調整市場の募集量絞り込みや応札電源の増加による取引の活性化等により落札率が一定低下することが想定されるため、本試算においては落札率を60%と仮定する なお、「落札ブロック数=応札ブロック数×落札率」であるため、落札率の感度分析は行わない
	V1単価	—	<ul style="list-style-type: none"> 調整力指令に応じた放電電力量に対する系統充電費用(託送料金(kWh)),再エネ賦課金を含む)は、調整力kWh市場にてV1単価にて回収され、収支上は差引きゼロ円になると想定した

系統用蓄電システムの需給調整市場における収益性評価

- 需給調整市場への応札のみで運用をする場合、応札価格と応札ブロック数によって、収益性は大きく変化する。
 - 応札価格を15円/ΔkW・hで20年間運用した場合、応札ブロック数が1ブロック/日、蓄電池導入に関わる建設費(CAPEX)が7万円/kWh程度であればプラスのリターンが見込める。
 - また、火力・揚水等の他電源の足元の応札価格水準である5.0円/ΔkW・hで20年間運用した場合、応札ブロック数が1ブロック/日で蓄電池導入に関わる建設費(CAPEX)が3万円/kWh程度、2ブロック/日で5万円/kWh程度であればプラスのリターンが見込める。
 - 蓄電池導入に関わる建設費(CAPEX)が低下するほど、応札価格及びブロック数を増加させたときの収益性の改善割合が高くなる。
 - なお、本分析の各算定条件及びその組み合わせは、収益性の感応度を分析するために、一定の仮定を置いたものであり、実運用においては、これら各算定条件及びその組み合わせが必ずしも実現するものではないことに留意が必要。

建設費 (CAPEX)	需給調整市場での応札価格・応札ブロック数別の収益性								
	5.0[円/ΔkW・h]			10.0[円/ΔkW・h]			15.0[円/ΔkW・h]		
	1ブロック/日	1.5ブロック/日	2ブロック/日	1ブロック/日	1.5ブロック/日	2ブロック/日	1ブロック/日	1.5ブロック/日	2ブロック/日
8万円/kWh	-8.5%	-6.2%	-4.3%	-4.3%	-1.3%	1.2%	-1.3%	2.3%	5.3%
7万円/kWh	-7.0%	-4.7%	-2.8%	-2.8%	0.2%	2.8%	0.2%	4.0%	7.2%
6万円/kWh	-5.3%	-3.0%	-1.1%	-1.1%	2.1%	4.8%	2.1%	6.0%	9.5%
5万円/kWh	-3.3%	-1.0%	0.9%	0.9%	4.3%	7.3%	4.3%	8.7%	12.5%
4万円/kWh	-0.9%	1.5%	3.6%	3.6%	7.4%	10.7%	7.4%	12.3%	16.8%
3万円/kWh	2.4%	5.1%	7.5%	7.5%	11.9%	15.9%	11.9%	17.9%	23.6%

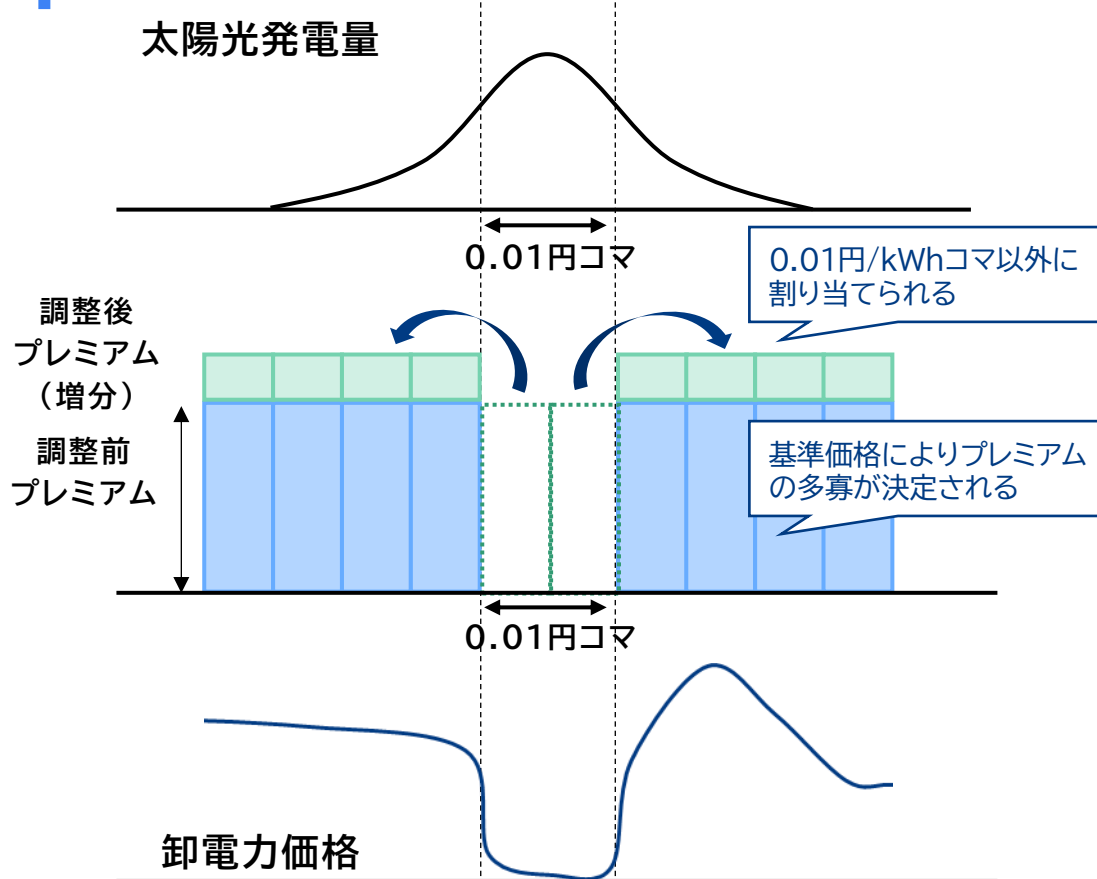
Ⅲ. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性分析

1. 収益性分析の前提条件
2. パターン①: 系統用蓄電池の卸電力市場・容量市場での収益性評価
3. パターン②: 系統用蓄電池の需給調整市場・容量市場での収益性分析
4. パターン③: 再エネ(太陽光・FIP)併設蓄電池の収益性分析
5. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性への影響要因分析

再エネ併設蓄電システムの想定獲得収入の考え方

- 蓄電システムを併設することによって、FIP電源が獲得するプレミアム収入と卸電力価格収入の増分を蓄電システムの獲得収益とみなし、収益性を評価する。
 - 0.01円コマでの充電によるプレミアム追加獲得分とより高いコマでの卸電力価格売電収入(タイムシフト収入)が獲得収益。
 - 併設蓄電システムは系統充電は行わず、再エネからの充電のみを行う想定。
 - 20年間にわたって発電プロファイル、卸電力価格プロファイル、月別プレミアム価格は変化しないと想定。
 - 分析対象エリアは九州。

発電量・プレミアム・卸電力価格の関係性イメージ



併設蓄電システム導入による 追加獲得収入・比較対象

想定獲得 収入

プレミアム収入

- ・0.01円/kWhコマ発生時に逸失するプレミアム収入を、蓄電システムの充放電により回避

タイムシフト収入

- ・卸電力価格がより高いコマで売電することによる卸価格売電収入

比較対象

再エネ(FIP/太陽光)のみの場合と
再エネに併設蓄電システムを導入した場合を比較



※1:本試算での前提条件はスライド25枚目の通りである。
系統充電によるタイムシフト収入や需給調整市場への応札による収益は未考慮

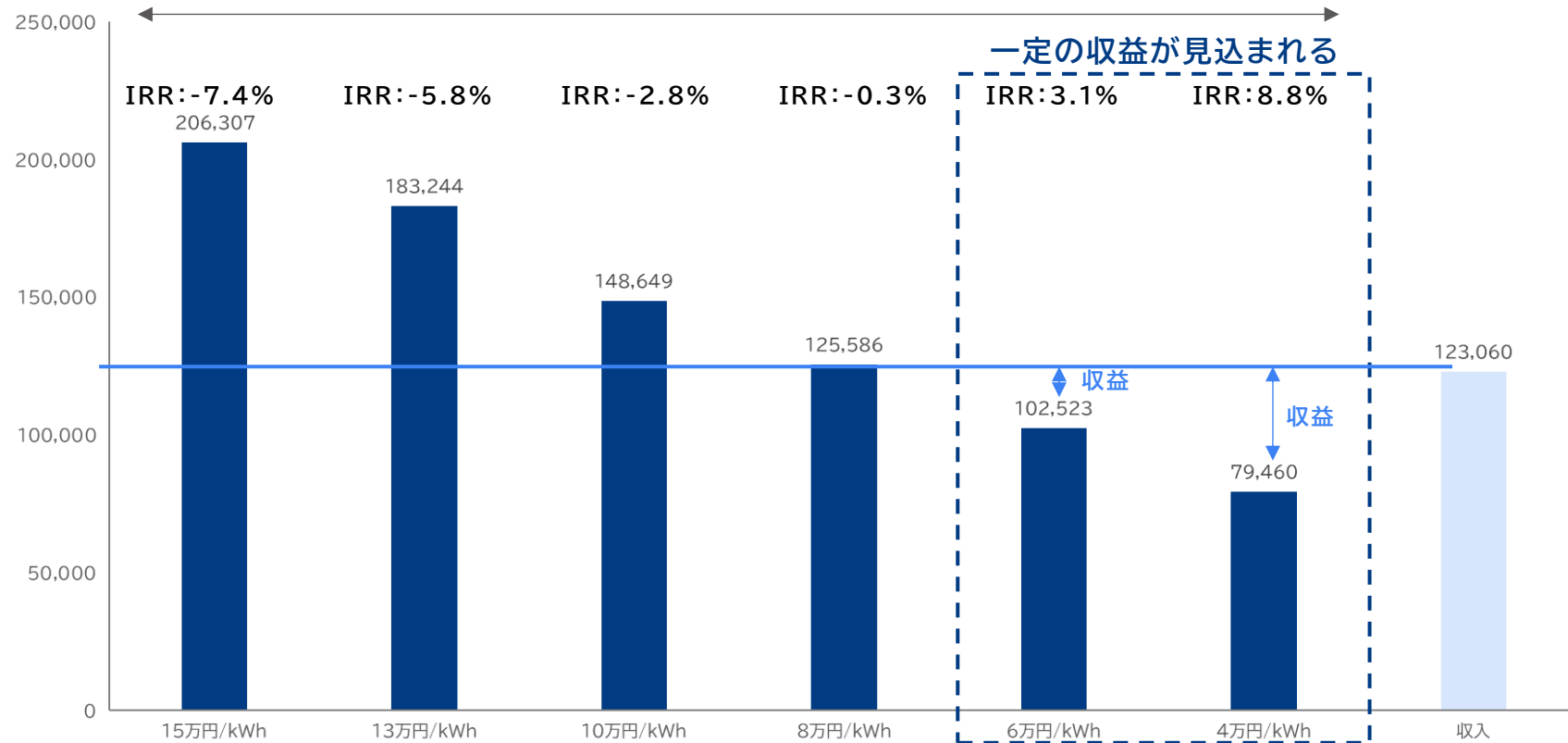
再エネ併設蓄電システムの収益性評価

- 下図は九州エリアにおいて、太陽光併設蓄電システム(基準価格:15円/kWh)を20年間運用した際の事業収益性の評価結果である。建設費が系統用蓄電池の水準6万円/kWh程度以下である場合には、一定の収益が見込まれる。
- 以下の評価は現在の市場環境を基にした評価であり、将来の収益見通しを作成する際には将来の市場見通しを作成し、その見通しを基に収益性を評価する必要がある。

PV併設蓄電システムのコストに応じた20年間の収益性評価の比較(九州エリア)※

[円/kWh/20年]

建設コスト(CAPEX)に応じた事業費用

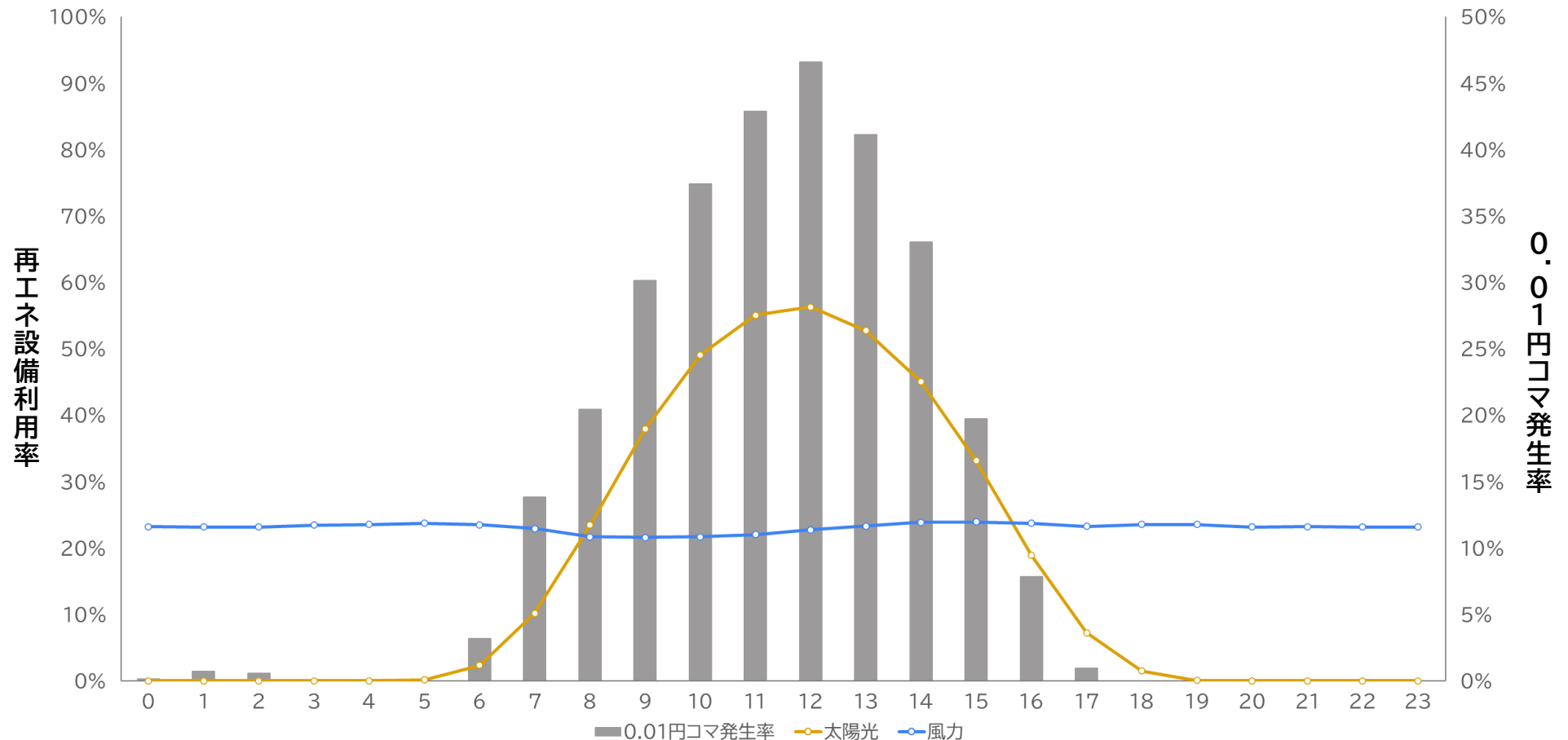


※1: 本試算は一定の仮定と収益ロジックを元に試算したものであり、前提条件やロジックを変化させることによって、収益性の推計結果は変わり得る。本試算が事業を行う上での絶対的な収益性試算結果ではないことに留意頂きたい。

【参考】太陽光・風力の設備利用率と0.01円コマ発生率の比較分析

- 太陽光の設備利用率が高い時間帯において、0.01円コマ発生率は多くなる傾向がある。
- 風力は1日を通して設備利用率は概ね一定であり、0.01円コマによる売電機会損失の影響は太陽光よりも低い。

太陽光・風力の設備利用率※1と0.01円コマ率の比較分析(九州エリア)

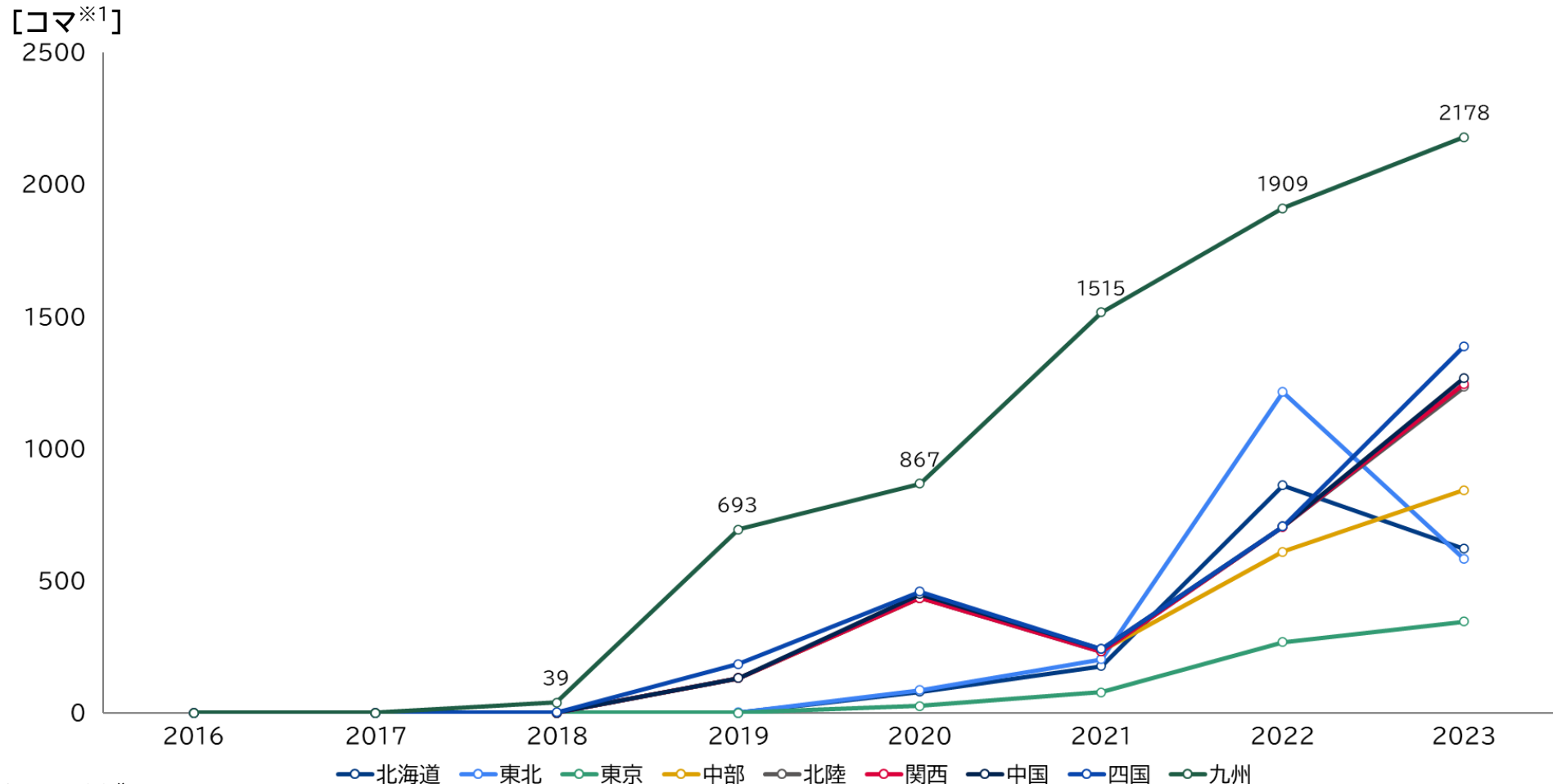


※1:年間最大出力に対する発電量
出所) 三菱総合研究所分析

【参考】エリア別の0.01円コマ数の推移

- 九州エリアでは2019年以降、卸電力市場における0.01円コマが増加しており、2023年度には年間2,178コマ(年間約12.4%)が0.01円コマとなった。
- 他エリアにおいても増加傾向にあり、西日本エリアでは2023年度には約1,200コマの0.01円コマが発生した。

エリア別の0.01円コマ数の推移



※1:コマ=30分

出所)日本卸電力取引所, "取引市場データ", <https://www.jepx.jp/electricpower/market-data/spot/> を基に三菱総合研究所作成

【参考】再エネ併設蓄電システムの収益性評価の算定諸元

項目		想定	
稼働年数		20年	・ 2022年度調査より設定
資本費	建設費(CAPEX)	4~15万円/kWh	・ 補助金情報及び一般社団法人太陽光発電協会(JPEA)の委託調査等を基に幅をもたせて設定
	廃止措置費用	建設費の5%	・ 長期脱炭素電源オークションの諸元を基に設定
運転維持費	人件費	5,000円/kW/年	・ 第93回制度検討作業部会にて示された長期脱炭素電源オークションの上限価格を算定する際の蓄電池のモデルプラントの運転維持費情報を参照
	修繕費		
	諸費		
	一般管理費		
充電費	充電単価	- (計算にて算出)	・ 卸電力市場の実績値(2023年度)をもとに計算
	充電量	- (計算にて算出)	・ 一日あたりの充放電サイクル数に充放電深度と年間稼働日数を乗じることで算出
	年間稼働日数	365日/年	・ 1年中稼働するものと想定
	サイクル数	1回/日	・ 1回/日で充放電を行うケースを想定
蓄電池諸元	時間率	3時間率	・ 容量市場の応札要件として3時間率以上が求められるため、3時間率と想定
	充放電深度	80%	・ 2022年度調査及びヒアリング情報を基に設定
	容量劣化率	▲1%/年	・ 20年間で容量劣化が80%まで進むと想定し、年率換算で1%/年と設定
	充放電効率	90%	・ 2022年度調査より90%と設定
	PCS比率	50%	・ 各種事例を基に設定
市場収入	売電タイムシフト収入	- (計算にて算出)	・ 九州エリアでの卸電力市場の実績値(2023年度)をもとに計算 ・ 卸価格プロファイルは20年間一定
	プレミアム価格	- (計算にて算出)	・ 九州エリアでの卸電力市場実績値及び電力需給実績値(2022年度,2023年度)をもとに計算 ・ 月別のプレミアム価格は20年間一定 ・ 基準価格は15円/kWhと設定

Ⅲ. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性分析

1. 収益性分析の前提条件
2. パターン①: 系統用蓄電池の卸電力市場・容量市場での収益性評価
3. パターン②: 系統用蓄電池の需給調整市場・容量市場での収益性分析
4. パターン③: 再エネ(太陽光・FIP)併設蓄電池の収益性分析
5. 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性への影響要因分析

系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性への影響要因分析

- 系統用蓄電蓄電システムは、アービトラージ取引の場合には1日における充放電時の値差の大きさ、需給調整市場取引の場合には**応札価格と応札ブロック数**によって、収益性の大きさが決まり、両ユースケースの併用などの**事業者の応札戦略が重要**となる。
- 再エネ併設蓄電システムは、「**発電プロフィール**」・「**0.01円コマ数**」・「**基準価格**」の3つが収益性に影響する。
- 系統用・再エネ併設蓄電システムの**収益性に影響を及ぼす要因は不確実な部分が多く、変動幅が大きい**。そのため、現在の市場環境を基にした収益見通しの変動幅も大きくなる。

系統用蓄電システム

再エネ併設蓄電システム

	パターン1 (アービトラージ運用)	パターン2 (需給調整市場応札)	パターン3 (FIP電源併設)
収益性評価	<ul style="list-style-type: none"> ● 値差が大きい2022年度の実績値を参照した場合の収益性と値差が小さい2019年度の実績値を参照した場合の収益性には大きな差がある。 ● 現在の市場環境を基にした、将来の収益見通しの幅は大きく、不確実性が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 火力・揚水等の他電源の足元の応札価格水準であっても、1日2ブロック応札することで、系統用蓄電池導入に関わる建設費(CAPEX)が5万円/kWh程度でもプラスのリターンが見込める。 ● 応札ブロック数を増やすと収益性は増加するが、商品区分によってはアセスメントⅡ不適合となるリスクがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設費が系統用蓄電池の水準6万円/kWh程度以下である場合には一定の収益が見込める。
直近の市場・制度動向	<ul style="list-style-type: none"> ● 卸電力価格の上昇と0.01円コマ数の増加により、卸電力市場の1日の値差は、2020年度以降増加しているが、年度によって差が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 需給調整市場は募集量の未達が続いており、市場制度の見直しの検討が進められている。(例：三次②の募集量見直し) ● 現状の需給調整市場における蓄電池の応札量は限定的である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 0.01円コマ数は九州エリアが全国で最も多く、増加傾向
要因分析と考察	<ul style="list-style-type: none"> ● 収益性は、卸電力市場の1日の値差に影響を受ける。 ● 将来の収益見通し構築には、将来の市場価格見通しの作成が必要であり、現在と将来の市場環境の不確実要素を考慮する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 収益性は、応札価格と応札ブロック数によって大きく変化する。 ● 応札価格と応札ブロック数は事業者の応札戦略や運用ノウハウ、市場動向によって大きく変化し、将来の動向が不透明であるところから収益見通しの幅は大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 将来の収益性を評価には、0.01円コマ数と卸電力価格見通しの作成が必要であり、将来の収益見通しの不確実性は高い。

系統用・再エネ併設システム事業者へのヒアリング結果(収益面)

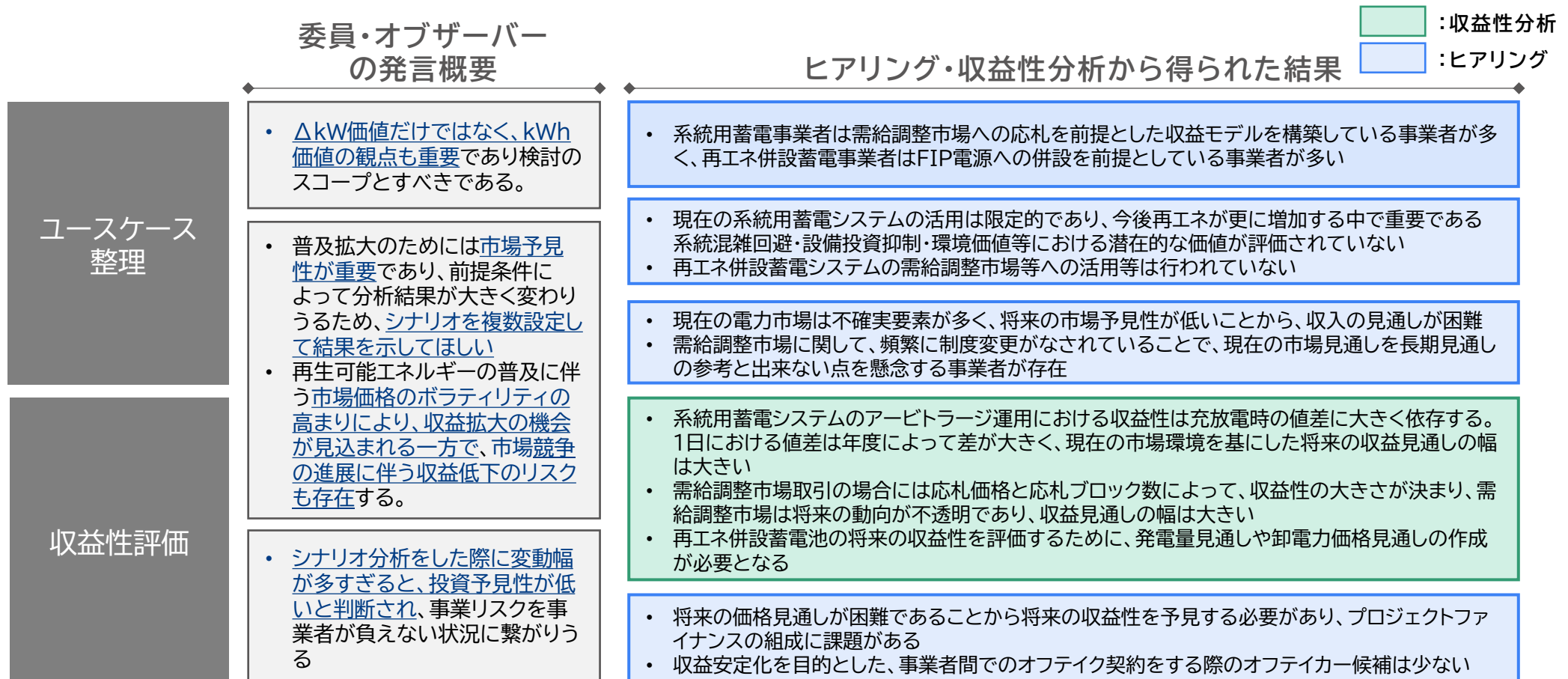
- 系統用・再エネ併設蓄電システム関連事業者へのヒアリングを実施した結果、収益面での現状と課題は以下の通り整理した。

項目	事業者ヒアリングの結果
現在の活用ユースケース	<p>【系統用蓄電システム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 容量市場・需給調整市場・卸売市場での活用を想定して将来の収益見通しを立てている。 ● 需給調整市場は固定費の未回収分を応札価格に反映させる制度的な仕組みがされており、需給調整市場に応札することで固定費の回収が可能と考えられることから、需給調整市場での収入を前提としている。 <p>【再エネ併設蓄電システム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● FIP電源への併設を想定し、タイムシフト収入とプレミアム収入を主な収入源として、将来の市場見通しを基にした収益性評価を事業検討段階で実施している。
現在の収益見通しの実態と課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 事業検討段階での事業性評価を行う際には、独自に構築した価格見通しモデルや第三者機関への委託調査等を踏まえて、将来の価格見通しを作成し、事業開始前に収益性評価を実施するとともに、金融機関への説明を行っている。 ● 電力市場の不確実性要素が多く、将来の市場予見性が低いことから、長期間での収入安定化を見通すことが困難である。また、標準的なシナリオをどのように考えるかが困難である。 ● アービトラージ運用の場合、収益見通しに幅があり、金融機関への説明が困難である。 ● 需給調整市場で制度の見直しがされているように、制度面での頻繁な見直しが行われることで、現時点での市場の見立てを基にした収益性について信頼性の高い示し方が困難である。 ● 将来の価格見通しが困難であることから将来の収益性を予見する必要があり、プロジェクトファイナンスの組成が困難である。 ● 安定的な収益を獲得するために小売事業者等とのオフテイク契約を検討しているが、現時点ではオフテイカー候補は少ない。
収益安定化・収益拡大に向けた要望	<ul style="list-style-type: none"> ● 投資予見性が不透明な中で市場リスクをとって開発しているため、収益性に関わる制度が頻繁に変更されると事業性を見通しを立てることが厳しくなる。制度的な安定性・予見可能性を担保していただきたく、事業の妨げにならないようにしてほしい。 ● 現在の系統用蓄電システムの活用は限定的であり、今後再エネが更に増加する中で重要である、系統混雑回避・設備投資抑制・環境価値等における潜在的な価値を評価する仕組みが必要。

系統用・再エネ併設システムにおける収益面での現状整理

● 系統用・再エネ併設蓄電システムにおける収益面での現状は以下の通り。

- 多くの蓄電事業者が前述で整理したユースケースと同様の活用を行っている。
- 系統用・再エネ併設蓄電システムの収益性に影響を及ぼす要因は不確実な部分が多く、現在の事業計画と比較した際、変動幅が大きくなる可能性がある。
- 足元の市場価格に不確実要素が多いこととともに、頻繁な制度変更が行われることがあるため、将来の収益性に関する予見可能性が低い点が課題であることが事業者ヒアリングから明らかになった。



IV. 長期エネルギー貯蔵システムの動向調査

1. 各国の制度動向の整理
2. 技術動向の整理
3. 各技術の概要

本検討会における対象範囲(LDES)

- LDESに関し、本検討会では機械式、蓄熱式、化学式を対象として議論を行った。

長期エネルギー貯蔵システムの分類と調査範囲

分類	概要	例
機械式	位置エネルギーや運動エネルギーにて貯蔵するシステムを示す。例えば、外部から調達した電気エネルギーにより重量物を持ち上げて位置エネルギーとして貯蔵し、必要な時に落下させることで電気エネルギーに変換するという機構となる。	<ul style="list-style-type: none"> 揚水 重力蓄電 CAES※1、LAES※2 CO₂バッテリー
蓄熱式	熱エネルギーにて貯蔵するシステムを示す。例えば、固体媒体等の蓄熱材の熱容量を利用して熱エネルギーを貯蔵し、この熱を使用してタービンを駆動して電力を生成する機構となる。	<ul style="list-style-type: none"> 岩石蓄熱 PTES※3
化学式	化学結合の形成を通じて電気を貯蔵するシステムを示す。例えば、電気で作成したガスを製造し、高圧タンク等に貯蔵し、ガスを電気に変換する機構となる。	<ul style="list-style-type: none"> PtGtP※4
電気化学式	電気化学反応を利用してエネルギーを貯蔵・放出するシステムを示す。小容量のものから大容量のものまで幅広く実用化されている。	<ul style="list-style-type: none"> LIB レドックスフロー電池 ナトリウム・硫黄電池

本検討会
における
対象範囲

※1: 圧縮空気貯蔵システム

※2: 液化空気貯蔵システム

※3: ヒートポンプ技術を使った蓄熱蓄電システム

※4: 電気をガスに変換し、ガスを電気に変換するシステム

出所) LDES Council, "Net-zero power Long duration energy storage for a renewable grid", 閲覧日: 2024年10月21日,

<https://www.ldescouncil.com/assets/pdf/LDES-brochure-F3-HighRes.pdf> を基に三菱総合研究所作成

LDES導入の必要性

- 変動性再生可能エネルギーの導入拡大、レジリエンス向上のニーズ、資源調達リスクの低減といった背景から、世界中で特定資源に依存せず安価に長時間エネルギーを貯蔵する技術の必要性が増していく。
- LDESは、資源調達リスクが低く、長時間率においてLIBと比較してコストが低い傾向にあるため、将来的に重要性が高まることが想定される。

LDES導入が必要な背景とその概要

背景	概要
変動性再生可能エネルギーの導入拡大	<ul style="list-style-type: none"> 世界中で変動性再生可能エネルギー(VRE)の導入が加速しており、系統安定化のため安価な長時間の蓄電能力や慣性力提供の重要性が高まっている。
レジリエンス向上のニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 世界中で災害リスクが高まっているため、長時間の停電時などに対応出来るような蓄電システムのニーズが高まっている。
資源調達リスクの低減	<ul style="list-style-type: none"> LIBはリチウムなどの希少資源に依存しているため、資源調達リスクの低い蓄電システムが求められている。

LDESに対する世界の支援動向

- 各国で支援の方法や対象となる技術が異なるが、LDESの導入促進に向けて、導入・実証支援、設備投資控除等の支援が拡大している。

LDESに対する支援の各国の主な動向

分類	国	開始時期	制度名	対象	概要
実証支援	英国	2021	Longer Duration Energy Storage Demonstration competition	LDES(4時間以上、LIB・揚水等既存技術は除く)	革新的なLDES技術実証のためのコンペティションでTRL※6/7とTRL4/5の2分野で募集(合計6,900万ポンド超)。 ※ TRLは技術成熟度の尺度で、TRL4~7は検証~実証レベルである。
	米国	2022	Long Duration Energy Storage Program(CA州)	LDES(8時間以上)	2022年度よりLIBではないLDES技術支援のために設置(最大3億3,000万USドル)、2022-23で3件(計1億4,000万USドル)が採択済。
		2024	Long-Duration Energy Storage Pilot Program(全米)	LDES(10時間以上)	LDES技術の実証を支援することを目的として、超党派インフラ法によって最大1億ドルの資金を提供。
導入支援	豪州	2022	Advancing Renewables Program	LDESを含む再生可能エネルギーへの移行、グリーン水素の商業化、鉄鋼業の脱炭素化	豪州再生可能エネルギー機構(ARENA)が再生可能エネルギー推進プログラムの一環として、ブロークンヒルの廃坑内に建設するA-CAESプロジェクトに、4,500万豪ドルの助成金を条件付きで提供。
	スペイン	2023	Mecanismo de Recuperación y Resiliencia	LDES(スタンドアロン型蓄電・蓄熱システム、揚水)	2023年8月、環境移行・人口問題省(MITECO)は2026年までに稼働するLDESに対し、プロジェクト費用の40~65%をカバーする助成金を開始する旨を発表(合計2億8,000万ユーロ)。
税額控除	カナダ	2023	Clean Technology ITC	LDESを含む定置型蓄電設備やクリーンエネルギーを生成する設備等	2035年までに総額930億ドルの支援を行うClean Economy ICTの一環として、2023年3月28日から2034年12月31日までに取得した設備の資本コストにかかる税額を最大30%控除。

出所)英国:GOV.UK, "Longer Duration Energy Storage Demonstration (LODES) competition (closed to applications)", 閲覧日:2024年10月21日, <https://www.gov.uk/government/collections/longer-duration-energy-storage-demonstration-lodes-competition>

米国: Department of Energy, Office of Clean Energy Demonstrations, "OCED Announces \$100 Million for Non-Lithium Long-Duration Energy Storage Pilot Projects", 閲覧日:2024年10月21日, <https://www.energy.gov/oced/articles/oced-announces-100-million-non-lithium-long-duration-energy-storage-pilot-projects>, California Energy Commission, "Long Duration Energy Storage Program", 閲覧日:2024年10月21日, <https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/long-duration-energy-storage-program>

豪州:ARENA, "Repurposing Broken Hill mine for renewable energy storage using compressed air", 閲覧日:2024年10月21日, <https://arena.gov.au/news/repurposing-broken-hill-mine-for-renewable-energy-storage-using-compressed-air/>

スペイン:IDAE, "Proyectos innovadores de almacenamiento eléctrico independiente, almacenamiento térmico y almacenamiento mediante bombeo reversible, dentro del PERTE ERHA", 閲覧日:2024年10月21日, <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/proyectos-innovadores-de-almacenamiento-electrico-independiente>

カナダ:Government of Canada, "Government of Canada Launches the First Clean Economy Investment Tax Credits", 閲覧日:2024年10月21日, <https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2024/06/government-of-canada-launches-the-first-clean-economy-investment-tax-credits.html> を基に三菱総合研究所作成

LDESを対象とした入札制度

- 各国でLDESを含む長時間率の電源を対象とした入札制度が拡大しており、長期的な収益を保証することで民間企業の投資を促進させている。

各国の入札制度の動向

国	開始時期	対象	概要
豪州	2023	8時間率以上のLDES (LIB含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ニューサウスウェールズ州では2020年に、今後20年の州内電力インフラ計画を「NSW Electricity Infrastructure Roadmap」として発表 ・ 12GWの再エネ、2GWのLDES導入のため2030年までに320億ドル以上の民間セクター投資を投入予定 ・ 現在までに4回の入札が行われ、574MW/4,592MWhのLDESが約定 ・ 化学電池は最長14年、揚水発電は最長40年の契約期間で契約金を受け取る。その他のLDES技術については、契約期間は40年または資産寿命のいずれか短い方となる
米国 CA州	2020	8時間率以上のLDES	<ul style="list-style-type: none"> ・ Californian community-choice aggregatorsの8社連合が、2026年までに稼働可能なLDES500MWの調達を実施
	2026	12時間率以上・2日以上 のLDES	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2024年8月発表、州当局は2031～2037年のクリーンエネルギー調達10.6GWの内、最大2GWをLDES分(12時間以上と2日以上、各々1GWまで)に充てる予定
イタリア	2025	全ての貯蔵技術 (4～8時間率)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2030年までに50GWのエネルギー貯蔵展開支援を行うため、イタリアのTSOであるTerna主導でエネルギー貯蔵容量オークション(MACSE)を導入予定、2025年上半年に第1回入札が行われる見込み ・ 短期型(15年)としてBESSを中心とした全ての貯蔵技術を、長期型(30年以上)として揚水発電を対象とし、Ternaによるディスパッチ使用を可能とする代わりに各々の契約年数分のコストがカバーされる
ドイツ	2025	1MW以上で72時間 率以上のLDES	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2024年9月、政府は2025・2026年にLDESオークションを検討しており、パブコメ募集を始めたと発表 ・ 1MW以上で72時間率以上の放電が可能なLDES技術を500MW調達予定
英国	2025	Stream1:100MW 以上かつ6時間率以上 Stream2:50MW以上 かつ6時間率以上	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最低限確実な収益を提供し(フロア)、収益に規制限度(キャップ)を設けて過大なリターンを回避する制度 ・ 収益がフロアを下回ると資金調達メカニズムを通じて消費者によって補填され、収益がキャップを上回ると過剰なリターンが消費者に還元される ・ Stream1はTRL9、Stream2はTRL8の技術を対象とし、追加性を考慮して他の方法で投資決定に進めないプロジェクトのみをサポート

出所)豪州:AEMO Service, "Tender Round 5 - Long Duration Storage and South West Access Rights", 閲覧日:2024年11月6日, <https://aemoservices.com.au/tenders/tender-round-5-long-duration-storage-and-south-west-access-rights>, Taiyangnews, "NSW's 3rd Electricity Infrastructure Roadmap Tender Concludes", 閲覧日:2024年11月6日, <https://taiyangnews.info/markets/new-south-wales-3rd-electricity-infrastructure-roadmap-tender-concludes-neoen-among-winners>

米国: Greentech Media, "The First Major Long-Duration Storage Procurement Has Arrived", 閲覧日:2024年11月6日, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-first-long-duration-storage-procurement-has-arrived>, CPUC, "Fact Sheet: Decision Determining Need for Centralized Procurement of Long Lead-time Resources", 閲覧日:2024年11月7日, https://www.cpuc.ca.gov/-/media/cpuc-website/divisions/energy-division/documents/integrated-resource-plan-and-long-term-procurement-plan-irp-ltpp/ab1373/final_decision_ab1373_factsheet.pdf

イタリア: Energy-Storage.News, "Italy to hold first MACSE energy storage capacity auctions in H1 2025", 閲覧日:2024年11月7日, <https://www.energy-storage.news/italy-to-hold-first-macse-energy-storage-capacity-auctions-in-h1-2025/>, Timera Energy, "Italian battery investment is about to surge", 閲覧日:2024年11月7日, <https://timera-energy.com/blog/italian-battery-investment-is-about-to-surge/>

ドイツ: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, "Kraftwerkssicherheitsgesetz Neue Ausschreibungen für wasserstofffähige Gaskraftwerke und Langzeitspeicher für Strom", 閲覧日:2024年11月7日, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/kraftwerkssicherheitsgesetz-wasserstofffaehige-gaskraftwerke.pdf?blob=publicationFile&v=6>

英国: Department for Energy Security and Net Zero, "Long duration electricity storage consultation", 閲覧日:2024年12月4日, <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/659bde4d7737c000ef3351a/long-duration-electricity-storage-policy-framework-consultation.pdf> を基に三菱総合研究所作成

IV. 長期エネルギー貯蔵システムの動向調査

1. 各国の制度動向の整理
2. 技術動向の整理
3. 各技術の概要

LDESの実証事例

- 国内外の主なLDESの実証事例を以下の表に整理した。
- 商用化は2020年代後半以降になる技術が多いことが想定される。

国内外の主なLDESの実証事例(揚水は広く商用化済みのため除く)

貯蔵方法	対象技術	エリア	所在地	実施期間	ステータス	規模	参画企業	概要
機械式	重力蓄電	中国	江蘇省南通市	2023年～	試験運転中	25MW/ 100MWh	Energy Vault/ 中国天楹/ アトラス・リニュー アブル	系統接続に成功。 世界初の商用化を目指している。
	CAES	カナダ	Goderich	2019年～	商用稼働中	1.75MW, 10MWh以上	Hydrostor	商用運転中。 塩洞窟を活用している。
	LAES	日本	住友重機械工業 廿日市工場	2025年～	商用実証 プラント 建設中	4.99MW/ 19.96MWh	住友重機械工業 広島ガス Highview Power	商用実証プラント。 2025年5月に稼働予定。
	CO ₂ バッ テリー	イタリア	サルデーニャ島	2024年～	商用プラント 建設中	20MW/ 200MWh	Energy Dome	世界初の商業運転を計画してい る。
蓄熱式	岩石蓄熱	日本	不明	2022年度	実証終了	500kWh	東芝エネルギーシ ステムズ 中部電力 丸紅	環境省の令和4年度委託業務と して4500万円の補助を受け、 2023年3月まで実施。
	PTES	日本	不明	2023年度	実証終了	600W	ESREE Energy	環境省の令和5年度補助金によ りF/S及び原理検証を実施。 令和6年度補助金にも採択済。
化学式	PtGtP (水素)	日本	高砂水素パーク	2023年～	実証稼働中	入力:5.5MW(AWE) 出力:40MW(100%専焼)、 450MW(30%混焼)	三菱重工業 HydrogenPro	PtGはAWE・SOEC、GtPはガ スタービンという構成。 2025年に30%混焼で商用化 予定。

出所)Energy Vault, “Rudong, China Gravity Energy Storage System”, 閲覧日:2024年10月8日, <https://www.energyvault.com/projects/cn-rudong>, HYDROSTOR, “Goderich Energy Storage”, 閲覧日:2024年10月8日, <https://hydrostor.ca/projects/the-goderich-a-caes-facility/>, 住友重機械工業, “広島ガスとLAES商用実証の共同実施”, 閲覧日:2024年10月8日, <https://www.shi.co.jp/info/2023/6kgpsq000000ltpc.html>, Energy Dome, “EU-Breakthrough Energy Catalyst Funding”, 閲覧日:2024年10月8日, <https://energydome.com/energy-dome-announces-funding-commitments-from-breakthrough-energy-catalyst-and-the-european-investment-bank-to-support-construction-of-its-first-standard-commercial-scale-co2-battery/>, 東芝, “岩石蓄熱技術を用いた蓄エネルギーサービス事業に関する技術開発・実証の本格的な開始について”, 閲覧日:2024年10月21日, <https://www.global.toshiba/jp/news/energy/2022/11/news-20221121-01.html>, 環境省, “省スペース型の圧縮CO₂エネルギー貯蔵開発に関する実証事業”, 閲覧日:2024年10月21日, https://siz-kankyuu.com/wp-content/uploads/2024/10/R5_sec_ESREE_Energy.pdf, 三菱重工業株式会社, “高砂製作所に水素発電実証設備「高砂水素パーク」を整備へ”, 閲覧日:2024年10月8日, <https://www.mhi.com/jp/news/220214.html> を基に三菱総合研究所作成

LDESにおける現状のコスト、技術レベル

- LDESの技術によっては、現在のCAPEXがLIBよりも高いものもあるが、今後の技術開発によって将来的にはさらに低減すると期待されている。
- 揚水・CAESについては商用化レベルであるものの、その他LDESについては実証フェーズのものも多い。

コスト、技術レベルの現状比較

分類	対象技術	標準的な容量	CAPEX※1 (10時間率)	OPEX※1 (10時間率)	応動時間	充放電効率※2	寿命	技術レベル
電気化学式	LIB※3	～数百MW	4.3万円/kWh	0.1万円/kW	1秒未満	80%以上	13年	商用化
機械式	揚水	数百MW～数GW	5.0万円/kWh	0.4万円/kW	15分	70～85%	60年	商用化
	重力蓄電	数百kW～数GW	6.6万円/kWh	0.4万円/kW	1秒未満	80%	30年以上	実証～商用化(時期不明)
	CAES	数十～数百MW	1.6万円/kWh	0.2万円/kW	1分	52%	60年	商用化
	LAES	数十～数百MW	2.7～7.9万円/kWh	0.2～0.4万円/kW	1分	50～55%	30年以上	実証～商用化(2026年初頭見込み)
	CO ₂ バッテリー	数～数十MW	3.2万円/kWh※4	0.3万/kW※4	—	75%以上	30年以上	実証～商用化(2024年内見込み)
蓄熱式	PtHtP	数百kW～数十MW	4.4万円/kWh	0.5万円/kW	5～300秒	電気のみ:40% 熱電供給:90%	30年以上	実証(商用化時期不明)
化学式	PtGtP (水素)	入力:数百～数GW 出力:数百kW～数百MW	4.3万円/kWh	0.3万円/kW	—	50%以下	30年	実証～商用化(2025年見込み)

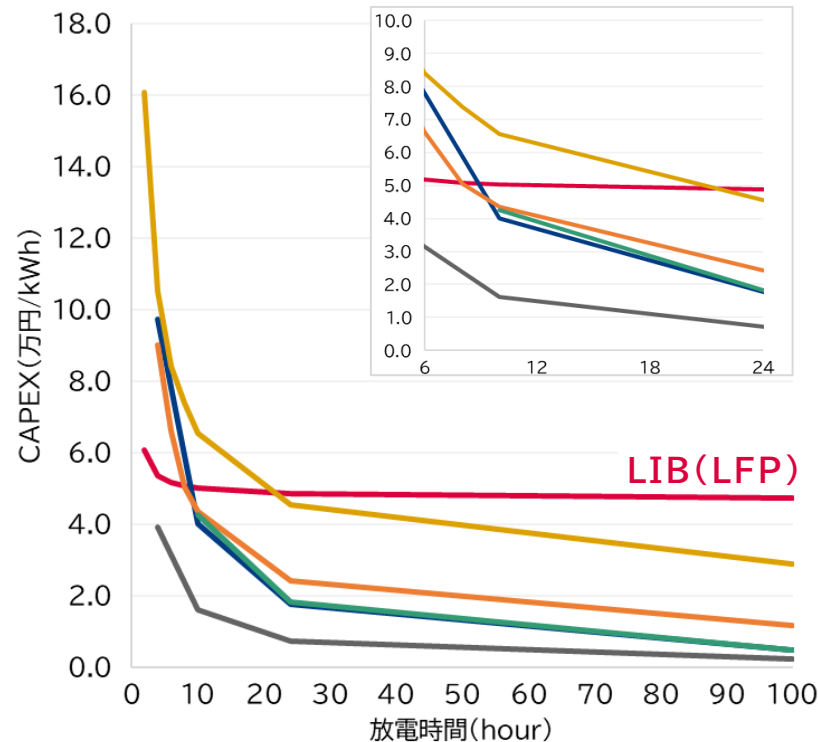
※1:1USD=144円(2023年度実績年平均値)として日本円に換算し、重力蓄電と水素は2021年度のデータ、LIBはLFPのデータ、PtHtPはLAESも含むデータを引用 ※2:充放電効率はインプットする電力量/アウトプットする電力量 ※3: LIBの応動時間、寿命は一般的な数値を記載 ※4: 数字はイタリアの商業機の初号機における実績値であり、本邦におけるCAPEXは現在精査中とのこと。また、更なるCAPEXの低減に向けた技術開発などを進行中であることに留意。 ※5: データは様々な諸元に基づく代表的なコストを反映したものであることに留意

出所)PNNL, "Energy Storage Cost and Performance Database v2024", 閲覧日:2024年10月21日, https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/ESGC_Cost_Performance_Database_v2024.xlsx, DOE, "Energy Storage Grand Challenge Cost and Performance Assessment 2022", 閲覧日:2024年10月21日, <https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/ESGC%20Cost%20Performance%20Report%202022%20PNNL-33283.pdf>, NREL, "Annual Technology Baseline", 閲覧日:2024年10月21日, <https://atb.nrel.gov/electricity/2024/data>, Grabitricity, "Technology", 閲覧日:2024年10月21日, <https://gravitricity.com/technology/>, Energy Vault, "Ground breaking energy storage technology Enabling a planet powered by renewable resources", 閲覧日:2024年10月21日, https://www.cif.org/sites/cif_enc/files/meeting-documents/6_gianmarco_zorloni_breakout_beyond_the_battery.pdf, PNNL, "Compressed Air Energy Storage", 閲覧日:2024年10月21日, <https://caes.pnnl.gov>, Highviewpower, "Liquid Air Energy Storage", 閲覧日:2024年10月21日, <https://www.highviewpower.com/wp-content/uploads/2018/04/Highview-Brochure-November-2017-Online-A4-web.pdf>, Energy Dome, "LDES National Consortium Workshop 2024", 閲覧日:2024年10月21日, https://www.sandia.gov/app/uploads/sites/256/2024/10/FINAL_MainRoom_Session3_Energy-Dome.pdf, Renewable and Sustainable Energy Reviews, "Evaluating emerging long duration energy storage technologies", 閲覧日:2024年10月21日, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032122001630>, California Energy Commission, "Antora Energy Comments Re Draft Solicitation Concept for Energy Storage Innovations to Support Grid Reliability,TN #253877", 閲覧日:2024年10月21日, <https://efiling.energy.ca.gov/GetDocument.aspx?tn=254081&DocumentContentId=89399>, 三菱重工業株式会社, "高砂製作所に水素発電実証設備「高砂水素パーク」を整備へ", 閲覧日:2024年10月8日, <https://www.mhi.com/jp/news/220214.html>, Energy Dome社へのヒアリングを基に三菱総合研究所作成

LDESとLIBにおけるkWhあたりのCAPEX比較

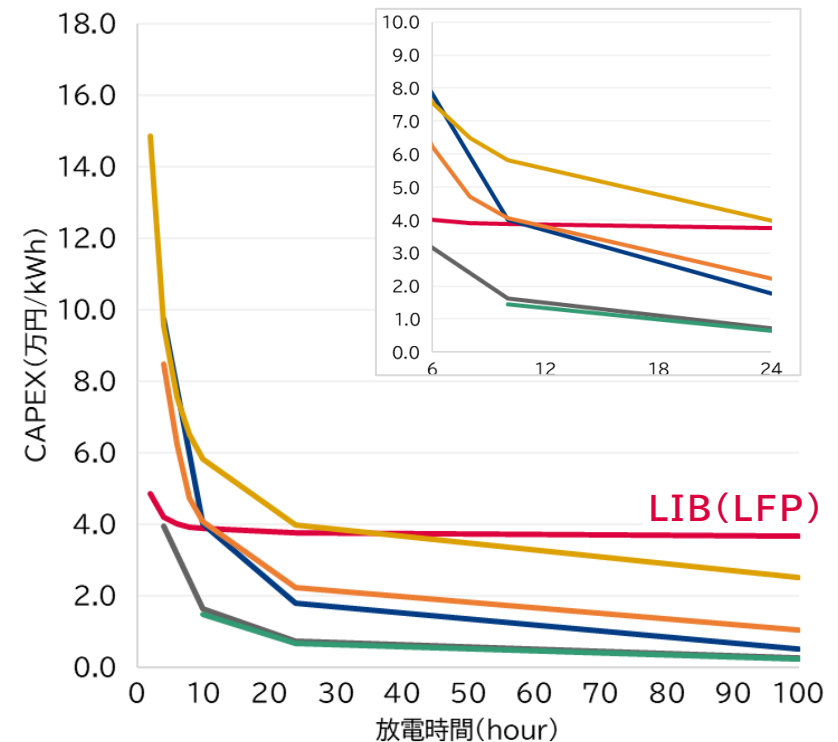
- LDESは放電時間が長くなるにつれてkWhあたりのCAPEX※1の低下が大きい。
 - CAPEXデータは、様々な諸元に基づく代表的なコストを反映したものであることに留意。
- 2030年度ではLIBのCAPEXが大きく低下するものの、放電時間が長くなるとLDESの方がCAPEXが低くなる傾向は変わらない。

放電時間とCAPEX(万円/kWh)の関係(2023年度)※2



2023 LIB(LFP) (赤)
 2023 揚水 (青)
 2023 CAES (黒)
 2021 重力蓄電 (黄)
 2023 蓄熱式(LAES含む) (橙)
 2021 PtGtP(水素) (緑)

放電時間とCAPEX(万円/kWh)の関係(2030年度)



2030 LIB(LFP) (赤)
 2030 揚水 (青)
 2030 CAES (黒)
 2030 重力蓄電 (黄)
 2030 蓄熱式(LAES含む) (橙)
 2030 PtGtP(水素) (緑)

※1: 1\$ = 144円(2023年度実績年平均値)として日本円に換算

※2: 重力蓄電、水素は2021年度データ

出所) Pacific Northwest National Laboratory, "Energy Storage Cost and Performance Database v2024", 閲覧日: 2024年10月21日, https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/ESGC_Cost_Performance_Database_v2024.xlsx より、100MW規模のデータを基に三菱総合研究所作成

LIBと比較した際のLDESのメリット・デメリット

- LDESのメリット・デメリットに関する整理を行った。LIBと比較すると、低コストでの長時間kWhの供出が可能、慣性力提供が可能、耐用年数が長い、資源制約が小さい、火災のリスクが低い等の傾向がある。

LIBと比較した際のLDESのメリット/デメリットの比較

分類	対象技術	メリット		デメリット	
電気化学式	LIB	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 技術が確立している ✓ 応動時間が早い ✓ 充放電効率^注が高い(90%以上) ✓ 制度面での整理が進んでいる 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 容量劣化がある ✓ 耐用年数が短い ✓ 火災のリスクがある ✓ 希少資源を使用し資源制約が大きい場合がある 	
機械式	揚水 重力蓄電 CAES LAES CO ₂ バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 低コストで長時間kWh供出可能 ✓ 慣性力提供が可能 ✓ 耐用年数が長い ✓ 火災のリスクが低い ✓ 資源制約が小さい 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (他のLDESと比較して)充放電効率が高い(50~85%程度) ✓ 熱利用による高効率化が可能(LAES) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 応動時間が遅い ✓ 充放電効率が低い ✓ kW単価が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 立地制約がある
蓄熱式	岩石蓄熱 PTES		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 熱供給が可能 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 技術成熟度が低い ✓ (他のLDESと比較して)充放電効率が低い(50%程度)
化学式	PtGtP		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 生成した水素を燃焼等他の用途に利用可能 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ (他のLDESと比較して)充放電効率が低い(30~40%程度)

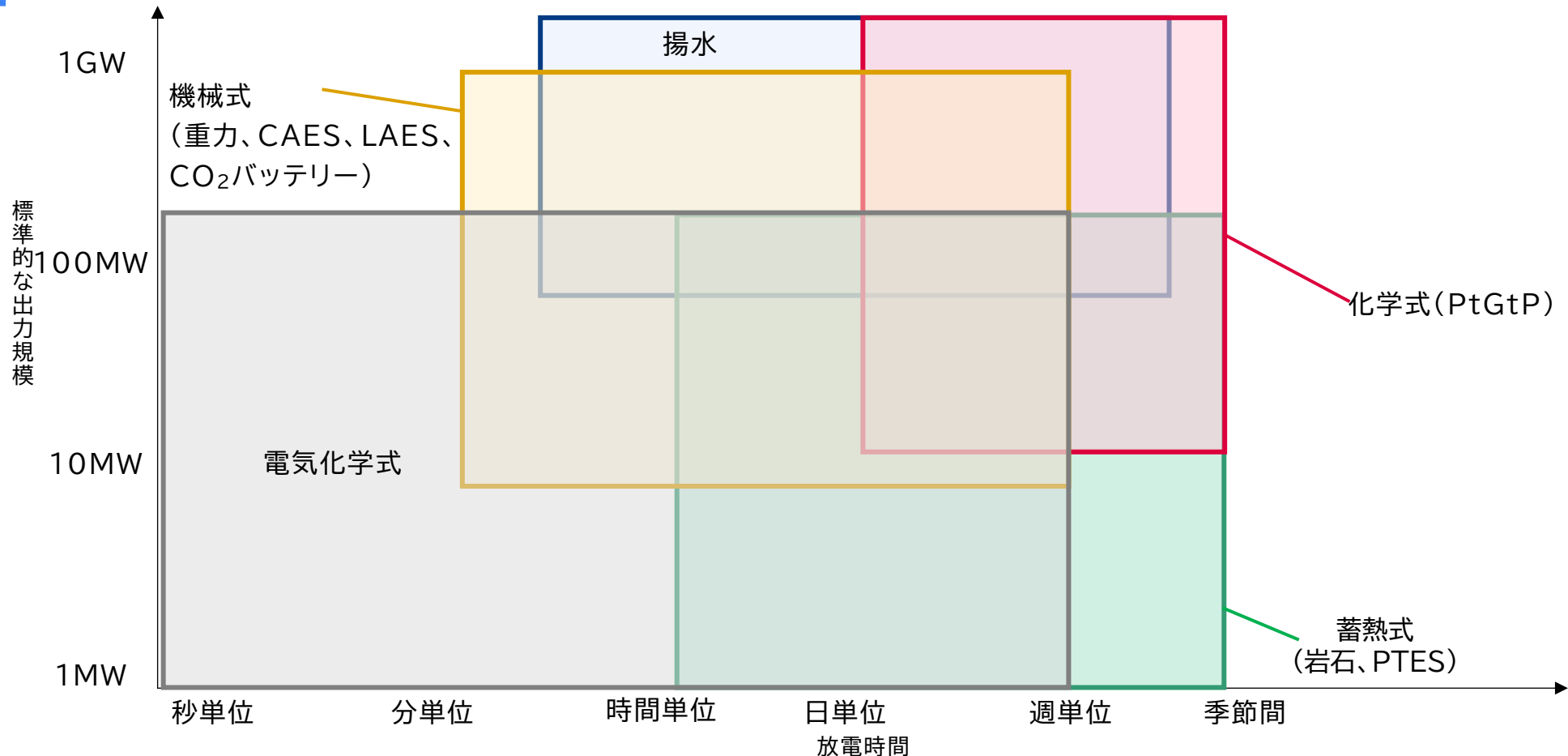
※:本資料における「充放電効率」は出力電力/入力電力とする。

出所)事業者へのヒアリングを基に三菱総合研究所作成

LDESの対応範囲

- 縦軸を典型的な出力規模、横軸を典型的な放電時間として、電気化学式、揚水、機械式、蓄熱式、化学式を以下の通り整理した。
- LDESは数日以上という長期間の充放電が可能となる。変動性再生可能エネルギーの拡大に伴い、長時間の貯蔵ニーズが高まり、LDESの必要性が高まると考えられる。

典型的な放電時間と出力による技術の整理



出所) European Association for Storage of Energy, "Energy Storage Target 2030 and 2050 (2022/5)", 閲覧日: 2024年10月7日, <https://ease-storage.eu/wp-content/uploads/2022/06/Energy-Storage-Targets-2030-and-2050-Full-Report.pdf> を基に三菱総合研究所作成

LDES事業者へのヒアリング結果

- LDES業者へのヒアリングを実施した結果を踏まえ、現状と課題を以下の通り整理した。

項目	事業者ヒアリングの結果
現状のコスト	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状は<u>技術開発に係るコストが大きい</u>。 ● LIBと比較して、長時間率になるとkWh単価が安くなるため、<u>スケールメリットが出やすい</u>。 ● LDESは充放電効率が低いため、<u>ロス分に対する託送料金、賦課金のコストが高くなる</u>。 ● 蓄電池・揚水における課題と同様、<u>容量拠出金相当額を支払う必要がある</u>。
現在及び将来想定されるユースケース	<ul style="list-style-type: none"> ● 実証段階の技術が多いが、国内にて<u>既に容量市場に落札し、需給調整市場・卸電力取引市場との取引予定</u>がある事業も存在する。 ● 海外ではトーリング契約を締結している事業も存在する。 ● 10時間以上という長期間における充放電が可能となるため、<u>再生可能エネルギーのアフリーマッチング※1への対応や離島における電源活用等にも活用が期待</u>される。 ● <u>慣性力提供やブラックアウトへの対応も可能</u>となるため、<u>システムの安定性確保への貢献</u>も期待される。 ● 技術によっては広大なスペースが必要になる等、<u>立地制約が課題</u>となる技術もある。
導入拡大に向けた要望	<ul style="list-style-type: none"> ● 導入支援だけでなく、<u>技術開発や実証に対しても支援拡充の検討に期待</u>。 ● 蓄電所としての機能があるため、蓄電池や揚水と同様に<u>特別措置法への適用の検討に期待</u>。 ● 蓄電池や揚水における課題と同様に、ピーク時に充電しない場合は、<u>容量拠出金相当額を免除する等の支払いに関する見直しの検討に期待</u>。 ● 長期脱炭素電源オークションにおいて10時間以上等の長時間率の応札枠を設けることや慣性力の提供を評価する等、<u>LDESの提供価値を評価する仕組みの検討に期待</u>。

※1: 24時間365日、100%リアルタイムにて、需要家の設備と同じ送配電網に接続する再エネ電源による電力を使用するという考え方。24/7 Carbon Free Energy Compactにて提唱されている。

LDESの現状整理

● LDESにおける現状は以下の通り。

- ▶ 時間率が長くなるにつれてkWhあたりで見たときのCAPEXが小さくなるため、長時間率を活かすことができるユースケース（中長周期でのタイムシフト等）での活用が期待されている。
- ▶ LDESに対する更なる導入・実証・技術支援や、特別措置法や長期脱炭素電源オークション等の制度の整理が期待されている。

ヒアリング・文献調査から得られた結果

■ : 文献調査
■ : ヒアリング

<p>コスト</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 各国で支援の方法や対象となる技術が異なるものの、導入・実証支援や税額控除等のLDESに対する支援が世界中で拡充しつつある。 ■ LDESは時間率が長くなるにつれてkWhあたりで見たときのCAPEXが小さくなる。 ■ 2023年度から2030年度にかけてLIBのCAPEXは5.0万円/kWhから3.9万円/kWhに低下することが見込まれているが、時間率が大きい場合にはLDESの方がCAPEXが小さい傾向に変わりはないことが想定されている。 ※100MW10時間率のデータ ■ 現状は技術開発に係るコストが大きく、国内において技術開発や実証に対しての支援が不足。 ■ LDESは充放電効率が低いため、ロス分に対する託送料金や賦課金の影響が大きい。
<p>ユースケース</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 技術によっては、週や季節単位という長期間における充放電が可能。 ■ 電力システムの柔軟性・継続的な信頼性、回復力、セキュリティの確保が可能となるため、電力システムを発展させること、離島での安定供給、防衛基盤や医療等の重要セクターへの長時間の電力供給が可能。 ■ 実証段階の技術が多いが、国内において既に容量市場に落札し、需給調整市場・卸市場と取引想定の実業も存在する。 ■ 海外ではトーリング契約を締結している事業も存在する。 ■ 10時間以上という長期間における充放電が可能となるため、再生可能エネルギーのアフターマッチングへの対応や離島における電源活用等にも活用が期待される。 ■ 慣性力提供やブラックアウトへの対応も可能となるため、システムの安定性確保への貢献も期待される。
<p>導入拡大に向けた要望</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 導入支援だけでなく、技術開発や実証に対しての支援拡充。 ■ 電気事業法、特別措置法等の関連法令や、容量拠出金相当額の支払いに関する制度の見直し検討に期待。 ■ 長期脱炭素電源オークションにおいて10時間以上等の長時間率の応札枠を設けることや慣性力の提供を評価する等、LDESの提供価値を評価する仕組みの検討に期待。

関連法令・制度におけるLAESの扱い

- 住友重機械工業へのヒアリングを基に関連法令・制度における蓄電池とLAESの扱いを整理した。
- 系統用蓄電池の扱いは近年整理されてきたが、LAESの扱いについては、特に実際の運用や事業計画フェーズにおいて未だ検討に至っていない関連法令・制度が多い。

蓄電池とLAESの扱いの比較

関連法令・制度	蓄電池	LAES※
電気事業法	<ul style="list-style-type: none"> 1万kW以上の系統用蓄電池は発電事業と整理 蓄電所の技術基準として、高温時の遮断処理が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 系統につながる同期発電機を持つことから、発電用の自家用電気工作物の扱い 発電所の扱いとなり、火力発電設備の技術基準を適用
託送供給等約款	<ul style="list-style-type: none"> 揚水・系統用蓄電池については特別措置法が適用され、ロス分を除く充電分の託送料金が免除 	<ul style="list-style-type: none"> 特別措置法の対象ではないため、託送料金免除は無し
送配電等業務指針 (優先給電ルール)	<ul style="list-style-type: none"> 発電機の出力抑制と同じ並びで放電抑制 	<ul style="list-style-type: none"> 発電機の出力抑制と同じ並びで放電抑制
高圧ガス保安法	<ul style="list-style-type: none"> 問題となる事項は無い 	<ul style="list-style-type: none"> 設備で製造する液化空気の全てが発電に利用される場合、全ての設備が電気事業法の対象となり、高圧ガス保安法対象では無くなる
消防関連法令	<ul style="list-style-type: none"> 10kWh～20kWh未満は消防法orJIS等の規格、20kWh以上は消防法に準拠 	<ul style="list-style-type: none"> 問題となる事項は無い
建築基準法	<ul style="list-style-type: none"> 問題となる事項は無い 	<ul style="list-style-type: none"> 問題となる事項は無い
都市計画法	<ul style="list-style-type: none"> 都市計画法に合致する立地を検討する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 市街地への設置は想定されないため問題は無い
工場立地法	<ul style="list-style-type: none"> 問題となる事項は無い 	<ul style="list-style-type: none"> 大規模設備の場合は準拠する必要がある
航空法	<ul style="list-style-type: none"> 問題となる事項は無い 	<ul style="list-style-type: none"> 航空障害灯設置が必要となる高さ以下での設計対応が可能であり問題は無い
長期脱炭素電源 オークション	<ul style="list-style-type: none"> 揚水・蓄電池の募集枠に応募可能 	<ul style="list-style-type: none"> 揚水・蓄電池の募集枠に応募可能か不明確
アンシラリーサービス 契約	<ul style="list-style-type: none"> アンシラリーサービス契約による費用が発生 	<ul style="list-style-type: none"> 同期発電機により慣性力、無効電力や短絡電流を系統へ供給可能にも関わらず、アンシラリーサービス契約による費用が発生

※住友重機械工業へのヒアリングを基に三菱総合研究所作成

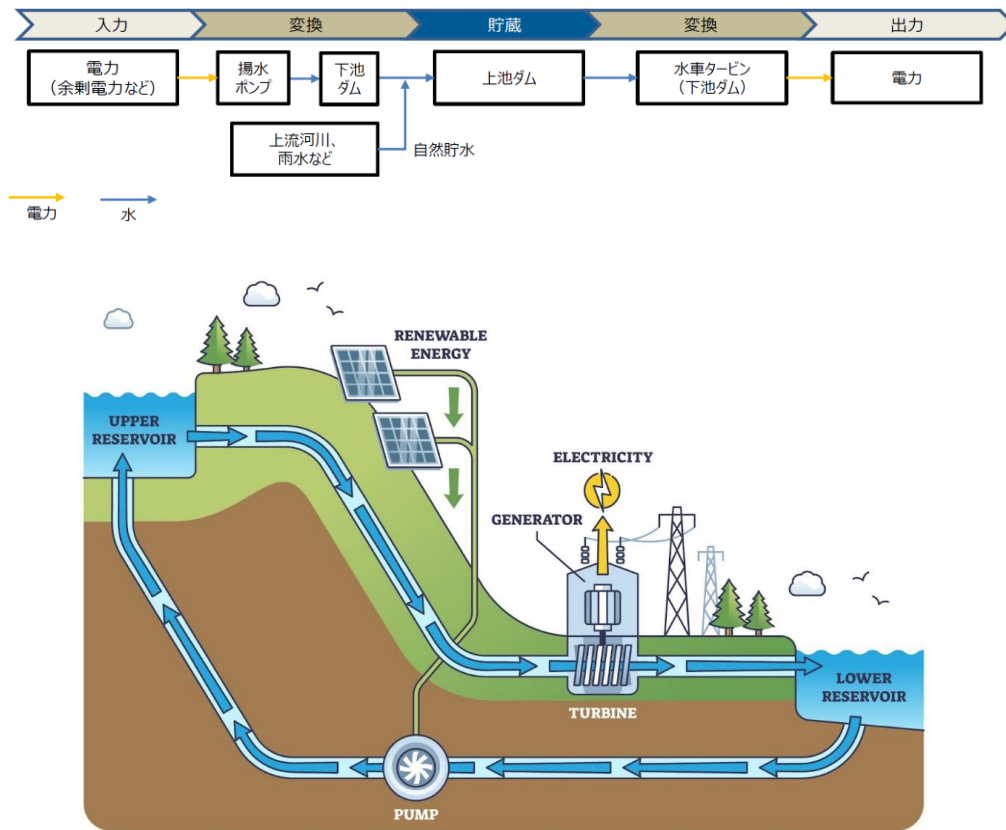
IV. 長期エネルギー貯蔵システムの動向調査

1. 各国の制度動向の整理
2. 技術動向の整理
3. 各技術の概要

LDDESの技術概要(揚水発電)

- 上地ダムから下池ダムへ水を流し水車で発電するだけでなく、ポンプを活用し水を高所へ引き揚げる(揚水する)ことで位置エネルギーに変換、保存する技術。
- 余剰電力を活用し揚水することで長期のエネルギー貯蔵が可能となる。

技術の概要



技術の種類(貯蔵方式別、使用ポンプ別)

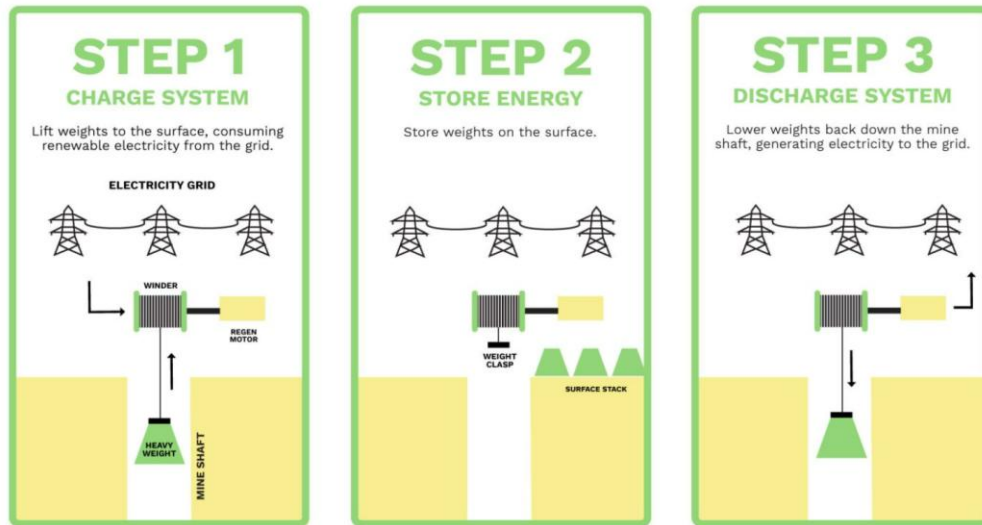
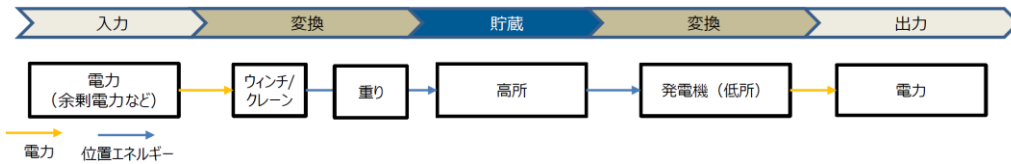
貯蔵方式	特徴
クローズドループ Closed loop	<ul style="list-style-type: none"> ● 川などの自然水源から水を採取せず、上部貯水池と下部貯水池を水が循環するタイプ。 ● 自然水源への接続がないため、設置場所に柔軟性がある。 ● 生物への影響が少ない。
オープンループ Open loop	<ul style="list-style-type: none"> ● 上部貯水池または下部貯水池が、川などの自然水源と接続されているタイプ。 ● 地表水を使うため、地下水などへの影響が少ない。 ● クローズドループより一般に建設コストが低い。
使用ポンプ	特徴
定速機	<ul style="list-style-type: none"> ● ポンプでの揚水運転時に電動機の回転速度が不変なため、入力時の大きさを一定から調整できない。 ● ブラックスタートが可能。
可変速機	<ul style="list-style-type: none"> ● ポンプでの揚水運転時に電動機の回転速度が可変なため、発電時の出力だけでなく揚水運転時の入力の調整が可能。 ● 一般的にブラックスタートはできないものとされている。

出所) Yes Energy, "What Is Pumped Hydro Storage, and How Does It Work?", 閲覧日: 2024年12月16日, <https://blog.yesenergy.com/yeblog/what-is-pumped-hydro-storage-and-how-does-it-work>、米国エネルギー省, "Pumped Storage Hydropower", 閲覧日: 2025年3月27日, <https://www.energy.gov/eere/water/pumped-storage-hydropower>、各種情報を基に三菱総合研究所作成

LDESの技術概要(重力蓄電)

- 高低差のある場所でコンクリート等の重量物を上げ下げし、電気エネルギーを位置エネルギーに転換することによりエネルギーを貯蔵する技術。
- 上げ下げの速度変化で入出力を、重りの従量や高低差といった落下速度に関係するもので発電容量の調整を行う。
- 垂直高低差を活用した重力蓄電システムのほか、線路と列車を活用した線路蓄電(Advanced Rail Energy Storage)等も開発されている。

技術の概要



技術の種類(技術分類別)

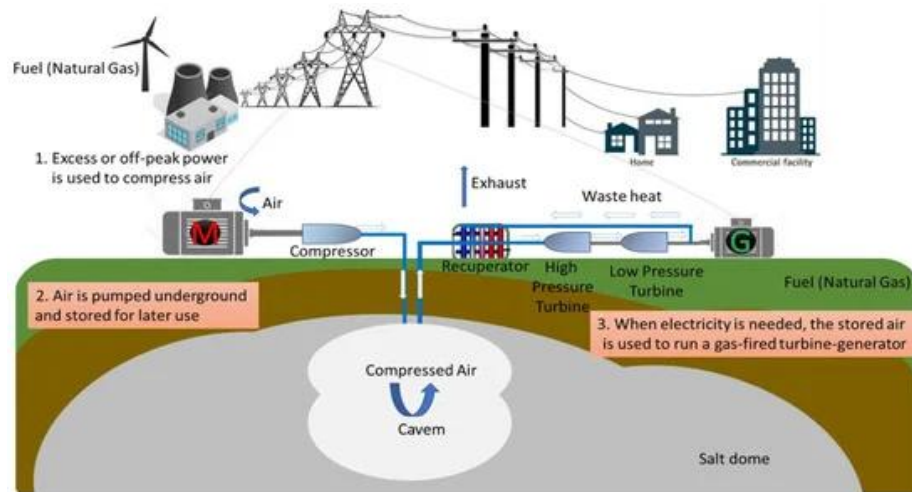
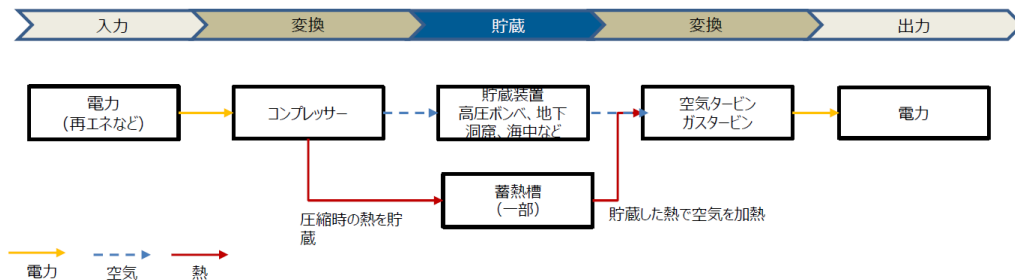
技術分類	特徴	企業	取組み内容
モーター 利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 重量物を上げ下げする際にモーターを使用したウインチ等を利用。 ● 重量物や高低差確保法によって、様々なシステムが存在。 	Energy Vault	施設を建設しコンクリート系重量物を上下
		TMEIC	山間部や廃坑でコンクリート系重量物を上下
		Gravitricity	廃坑でコンクリート系重量物を上下
		Baud Resources	砂や廃棄物をモーター駆動コンベアで上下
		Advanced Rail Energy Storage	レール上のコンテナをモーターで上下
		Stellenbosch University	リニアモーターで重量物を駆動
ポンプ 利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 重量物を持ち上げる際に水圧を使用。 ● ポンプを利用し水を重量物の下部に挿入することによって、水圧で重量物を持ち上げる。 	Gravity Storage	地中の穴内で水圧によって岩盤・コンクリートを上下
		Gravity Power	地中のケース内で水圧によって岩盤・コンクリートを上下

出所)Green Gravity Energy,“Green Technology”, 閲覧日:2024年12月16日, <https://greengravity.com/technology/>、各種情報を基に三菱総合研究所作成

LDESの技術概要(CAES)

- 空気を地下の岩盤や岩塩ドーム、タンク、海中などの空間にコンプレッサーで圧縮して貯蔵し、熱を再利用して再発電する技術。
- 日本では岩塩層などが少なく、好適地が少ないとされているが、近年は廃鉱山などを活用して、地下水などの圧力によって空気を貯蔵する水封式などと呼ばれる方式も研究されている。

技術の概要



技術の種類(技術分類別、貯蔵場所別)

技術分類	特徴
Diabatic CAES 非断熱 CAES	<ul style="list-style-type: none"> ● 高温の空気の温度を下げる際に熱を廃棄する。そのため、膨張の際に化石燃料を必要とするという欠点があり、往復効率は50%前後と低い。
Adiabatic CAES 断熱 CAES	<ul style="list-style-type: none"> ● Adiabaticではなく、D-CAES より先進的なCAESという意味でA-CAESと言われることもある。 ● 蓄熱槽(TES, Thermal Energy Storageを持つかどうかでwith TESとwithout TESに分類される。 ● With TESはAA-CAESと表記することもある(Advanced Adiabatic CAES)。 ● 圧縮後に熱交換システムを通じて空気の温度を下げるとともに、空気から奪った熱を蓄え、再利用するため、 ● 化石燃料などによる外部加熱の必要性がない。
Isothermal CAES 等温 CAES	<ul style="list-style-type: none"> ● 圧縮中に空気の温度が圧縮前から変わらないよう等温で空気を圧縮する。等温で圧縮することで圧縮時のエネルギーロスなどを防げるとされる。圧縮後に熱交換システムを使うより、効率を高められる。

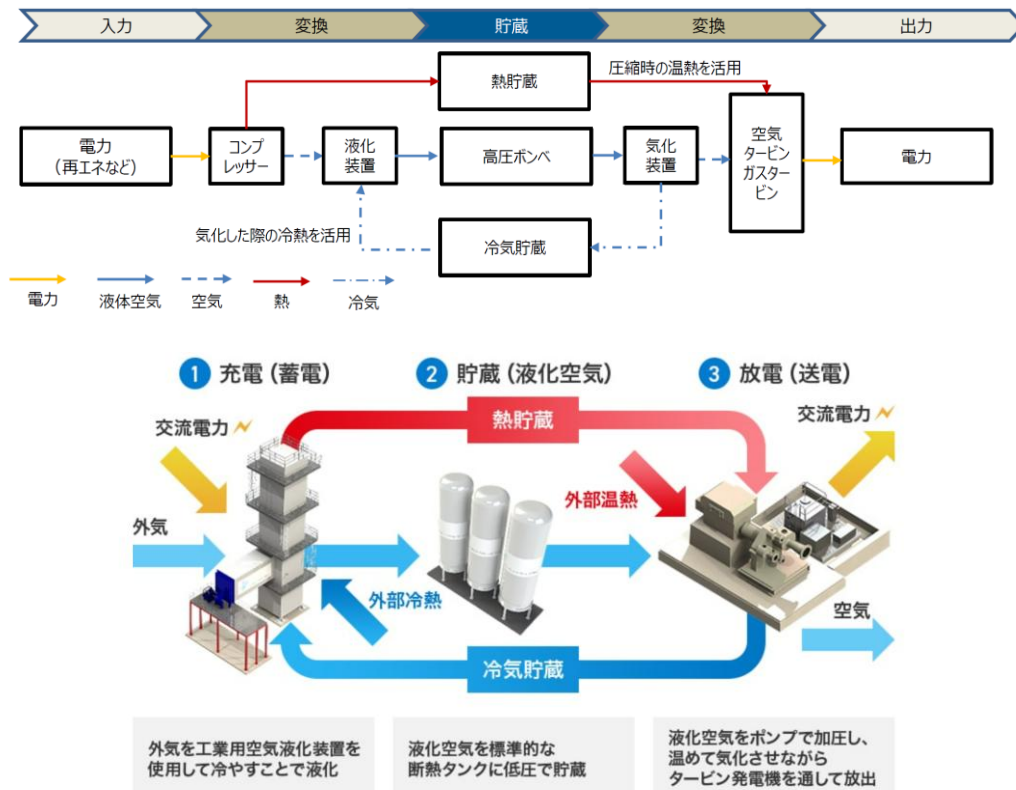
貯蔵場所	特徴	課題
地下洞窟	<ul style="list-style-type: none"> ● 貯蔵設備の新設が必要ないため、CAPEXを抑えられる ● 大容量化しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ● 非浸透性の地層が必要など場所が限られる ● 崩落リスクがあるなど保守が難しい
タンク	<ul style="list-style-type: none"> ● 設置場所が限られない ● 保守がしやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ● タンクからの漏洩量が多く、貯蔵効率が悪化する。 ● 大容量にすることが難しく、コストがかかる
バルーン	<ul style="list-style-type: none"> ● 海底に設置するため、容積を気にせず設置できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● バルーンが破壊されないように穏やかな水域が必要である。そのため、適地が送電網に近いとは限らないなど場所が限られる。 ● 海底にあるため保守が難しい

出所)MDPI, "Comprehensive Review of Compressed Air Energy Storage (CAES) Technologies", 閲覧日:2024年12月9日, <https://www.mdpi.com/2673-7264/3/1/8>, 各種情報を基に三菱総合研究所作成

LAESの技術概要(LAES)

- 圧縮した空気を気体ではなく、さらに貯蔵効率の良い液化空気としてタンクに貯蔵し、気化、加熱し再発電する技術。
- 空気の液化は、LNGで利用されている既存技術で対応可能。一方、極低温(およそ-190℃程度)で保管する必要があるなど、周辺コストがかかる点が課題である。
- 液化の際の熱損失が多く、充放電効率はCAESと比べ低い。充放電効率の向上には状態変化におけるエネルギーロス減少とCAESと同様、熱貯蔵能力の向上がカギとなる。

技術の概要



技術の種類(技術分類別)

LAESは気体から液体に状態変化させる際のエネルギーロスが大きな課題であり、ロスを減らす技術別に以下2つに分類可能

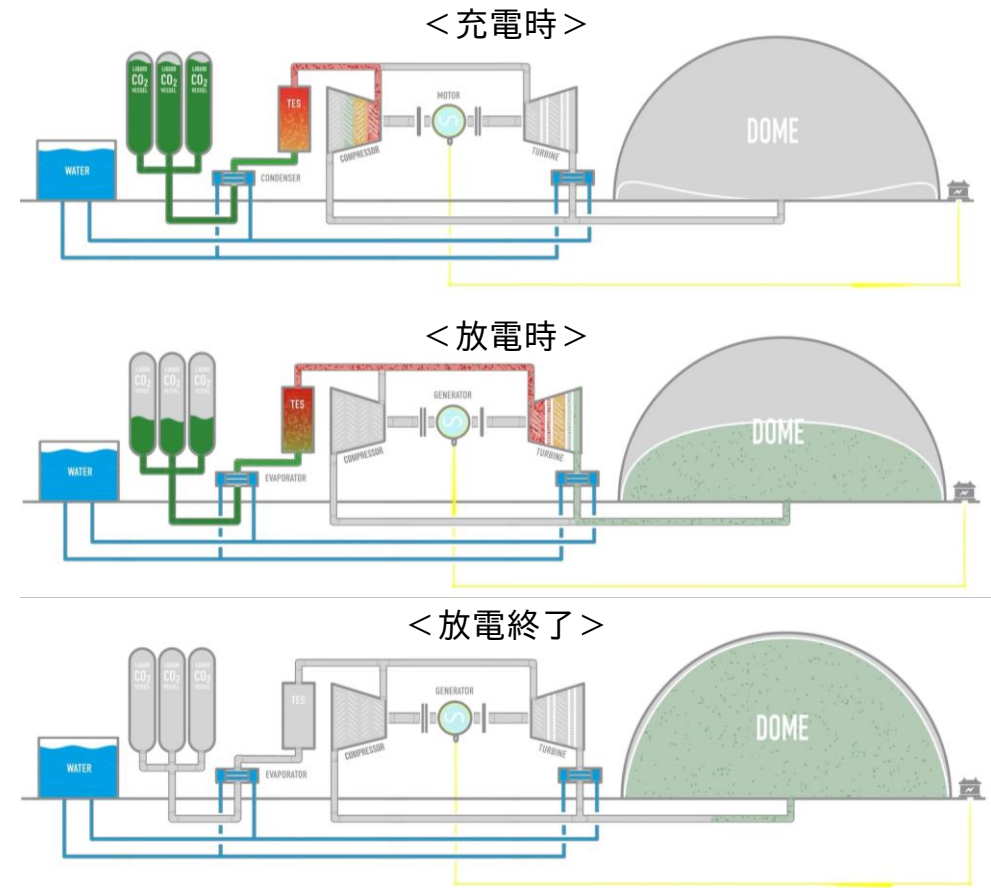
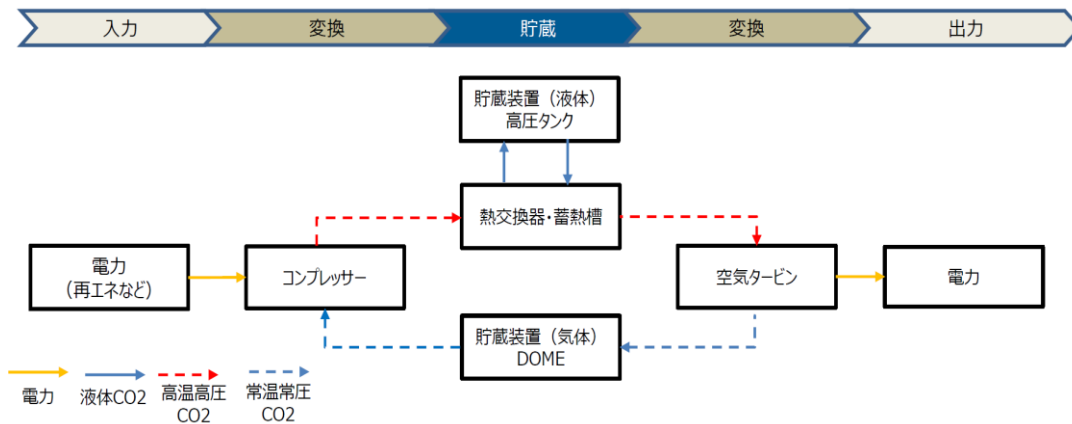
技術分類	特徴
タービン・コンプレッサーの並列/ 有機ランキンサイクルの利用	<ul style="list-style-type: none"> ● システムを最適化する方法として、タービン・コンプレッサーを2つ以上並列させた事例がある。 ● 従来の熱交換システムのみならず、有機ランキンサイクルを用いることも提案されている。
外部熱ソースの利用	<ul style="list-style-type: none"> ● 外部からの熱を調達することでエネルギーロスを低減できるため、工場などの廃熱、LNG 貯蔵施設の冷熱をシステム外部から導入し利用するケースがみられる。 ● A CAES のように天然ガスによる燃焼熱を使うことも提案されているが、CO₂ が発生するなどの欠点が存在する。

出所)住友重機械工業, “液化空気エネルギー貯蔵(LAES)”, 閲覧日:2024年12月16日, <https://www.shi.co.jp/products/energy/cryobattery/index.html>, 各種情報を基に三菱総合研究所作成

LDDESの技術概要(CO₂バッテリー)

- CO₂を大気圧・常温でドームに貯蔵しておき、充電時にコンプレッサーによって圧縮、冷却されて凝縮、放電時には圧縮時に生じた熱によりCO₂を加熱、高温高圧の流体として空気タービンを通し電力へと変換する技術。
- 圧縮したCO₂は圧力容器(70bar)に液体として保存されるが、高圧にすると30℃(常温)で液体になるため、LAESほどの低温が必要なく、熱効率が向上する。
- 液化CO₂貯蔵技術は、現状、2020年にイタリアで設立されたEnergy Domeのみが保有している状態である。

技術の概要

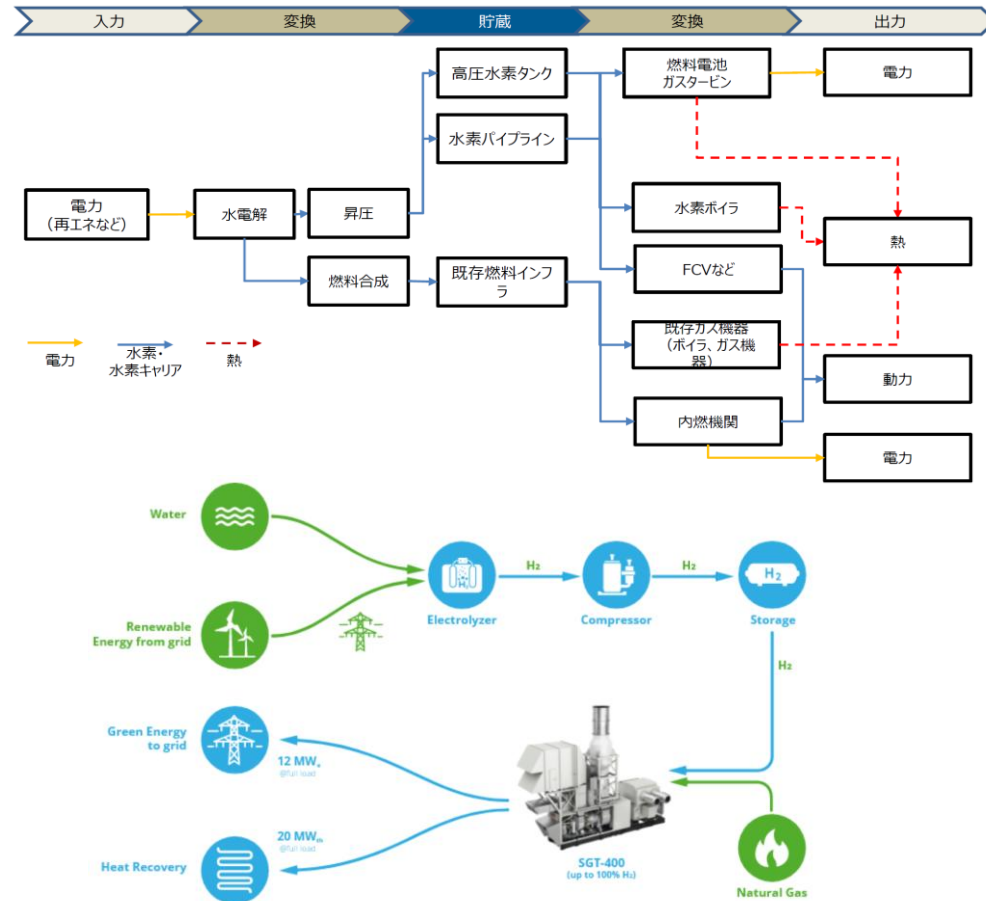


出所)Energy Dome, "CO₂ Battery", 閲覧日:2024年12月16日, <https://energydome.com/co2-battery/>、各種情報を基に三菱総合研究所作成

LDDESの技術概要(PtGtP)

- 水電解装置によって電気分解し水素を製造(PtG)、高圧タンク等に貯蔵し、再度電気に変化し(GtP)活用する技術。
- PtGとしては中長期的に水素社会の実現とともに市場成長が期待されるが、再度電力に変換する際にエネルギーロスが大きく、PtGtPとして見ると課題が多い。

技術の概要



技術の種類

電解槽技術

PtG	アルカリ型水電解 AWE	固体高分子型 水電解 PEM	アニオン交換膜型 水電解 AEM	高温水蒸気電解 SOEC
	電解液はKOHもしくはNaOH水溶液で食塩電解プロセスを応用した技術	PEFCの逆反応により水を電気分解、電解質に固体高分子を利用	AWEと同様の電極反応で、PEMと同様のセルスタック構造	固体酸化物型セルを用いて、水を電気分解する技術

水素貯蔵技術

圧縮水素	液化水素	MCH
圧縮し水素を貯蔵	-253℃の極低温環境で液化し貯蔵	MCH (メチルシクロヘキサン)に変換し貯蔵

電解槽技術

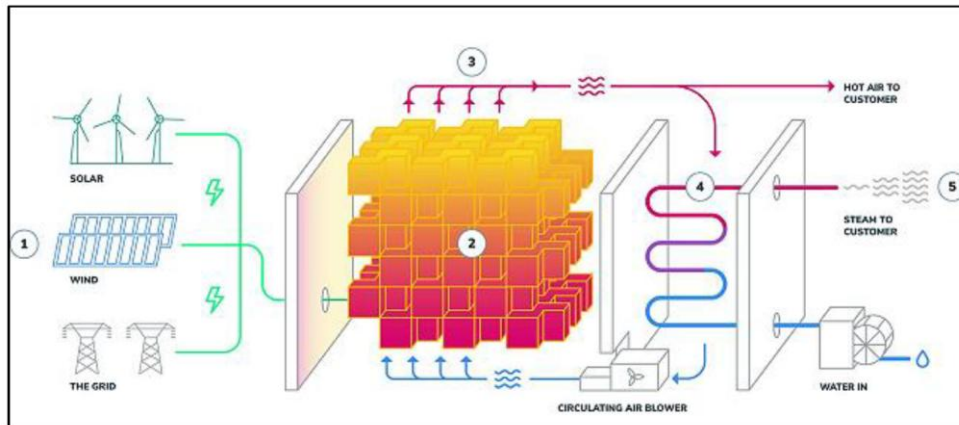
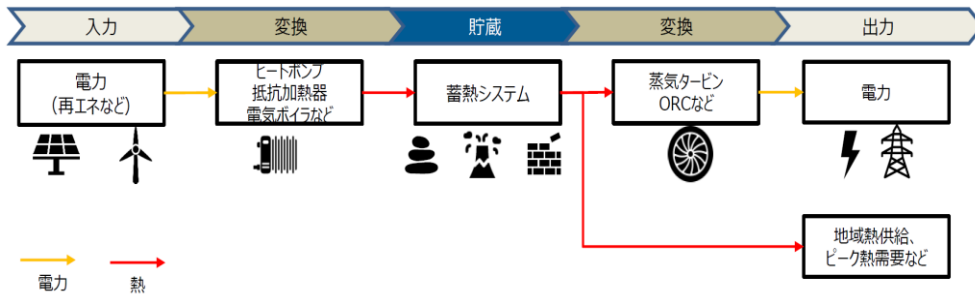
GtP	燃料電池		水素ガスタービン	その他
	PEFC	SOFC	ガスタービン コンバインドサイクル GTCC	コージェネレーションシステム CGS
	固体高分子系で、純水素を利用	固体酸化物系でエネルギー効率が良い	天然ガスとの混焼、水素専焼などの方法がある	発電+廃熱回収による熱供給を行うシステム

出所)HYFLEXPOWER, "OUR PROJECT", 閲覧日:2024年12月16日, <https://www.hyflexpower.eu/>、各種情報を基に三菱総合研究所作成

LDDESの技術概要(PtHtP)

- ヒートポンプなどによって電力を熱に変換し(PtH)、熱として蓄熱材に貯蔵、再度熱や電力として取り出す(HtP)技術。
- 電力から熱、熱からの電力への変換時や貯蔵時の自己放熱等でのエネルギーロスの大きさが課題とされてきたが、近年、投入される電力価格の低下により、変換ロスよりも材料コスト等からなるシステムコストの低さの方に注目が当たっている。

技術の概要



⑤の蒸気が発電に利用される。

技術の種類(熱変換技術別、貯蔵方式別)

PtH	熱変換技術	特徴
	抵抗加熱	<ul style="list-style-type: none"> 導線に電流を流すことでジュール熱を発生させる方式
	電気ボイラ	<ul style="list-style-type: none"> 電気によるジュール熱で温水または蒸気を発生させ蓄熱
	PTES(Pumped Thermal Electricity Storage)	<ul style="list-style-type: none"> ヒートポンプ技術を使った蓄熱蓄電技術で、余剰電力によりヒートポンプサイクルを回して熱と冷熱を作り蓄熱 蓄熱蓄電の中では充放電効率の高い方式

熱貯蔵	貯蔵方式	特徴	課題
	顕熱蓄熱 材料: コンクリート、 熔融塩、岩など	<ul style="list-style-type: none"> 数百以上の高温時に高い貯蔵温度安定性 材料コストが小さい 制限制約が少ない 耐久年数が長い 	<ul style="list-style-type: none"> 数十~100℃程度の中温時の蓄熱ロスの大きさ 蓄熱量の低さによるシステムの大型化 大規模、高重量システムによる建設費用の上昇
潜熱蓄熱 材料: 熔融塩、不凍液(低温)など	<ul style="list-style-type: none"> 高い蓄熱量によるシステムの小型化 蓄熱温度の高い安定性 	<ul style="list-style-type: none"> 耐久年数の短さ 材料コストの高さ 蓄熱温度幅の狭さ 	

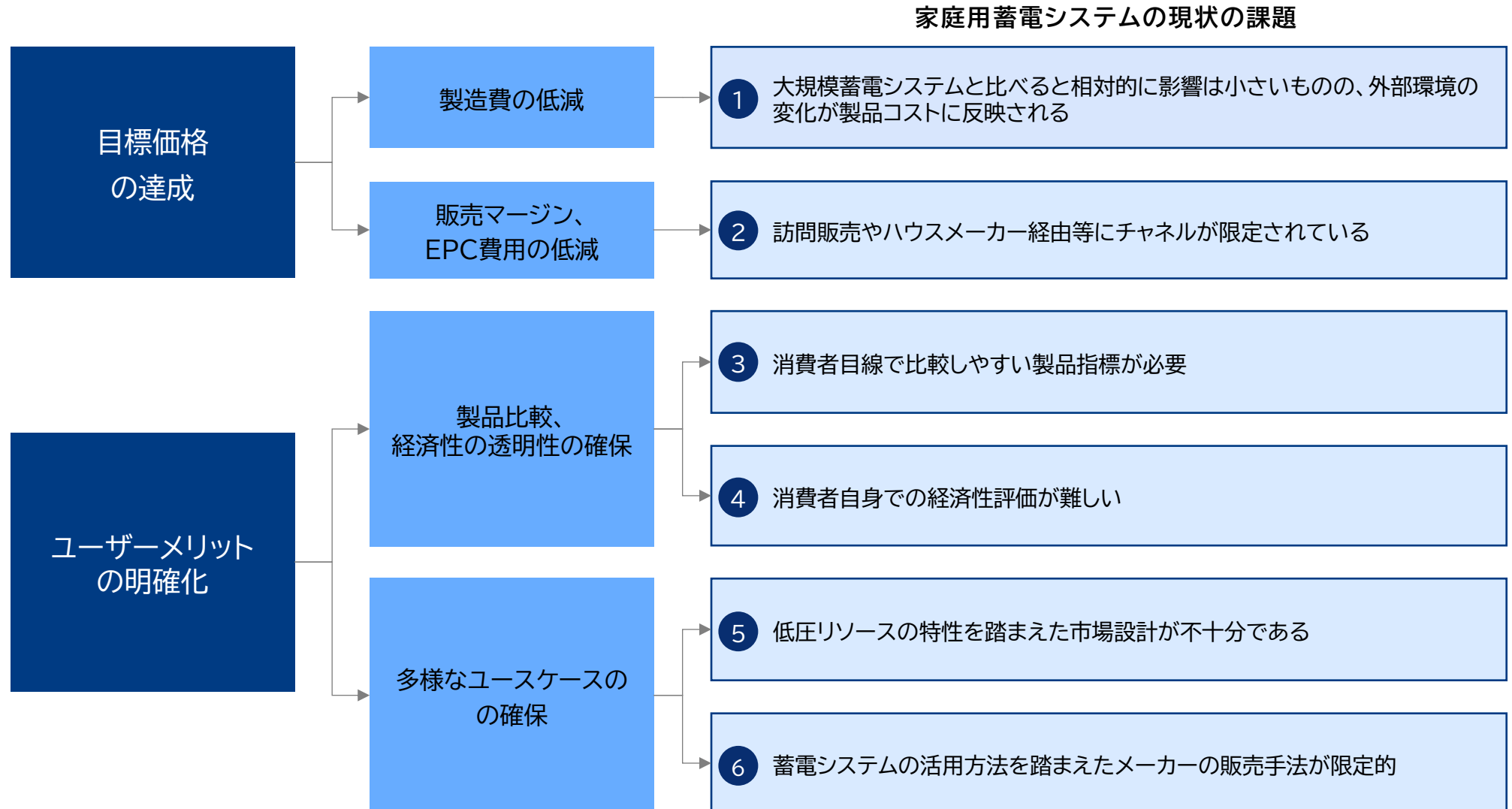
出所)ESREE Energy, “Pumped Thermal Electricity Storage (PTES)の開発”, 閲覧日:2024年12月17日, <https://esree.co.jp/ptes/>、各種情報を基に三菱総合研究所作成

V. 定置用蓄電システム等電力貯蔵システムの普及拡大策の検討・提案

1. 普及拡大に向けた課題の整理
2. 課題解決に向けたアイデア

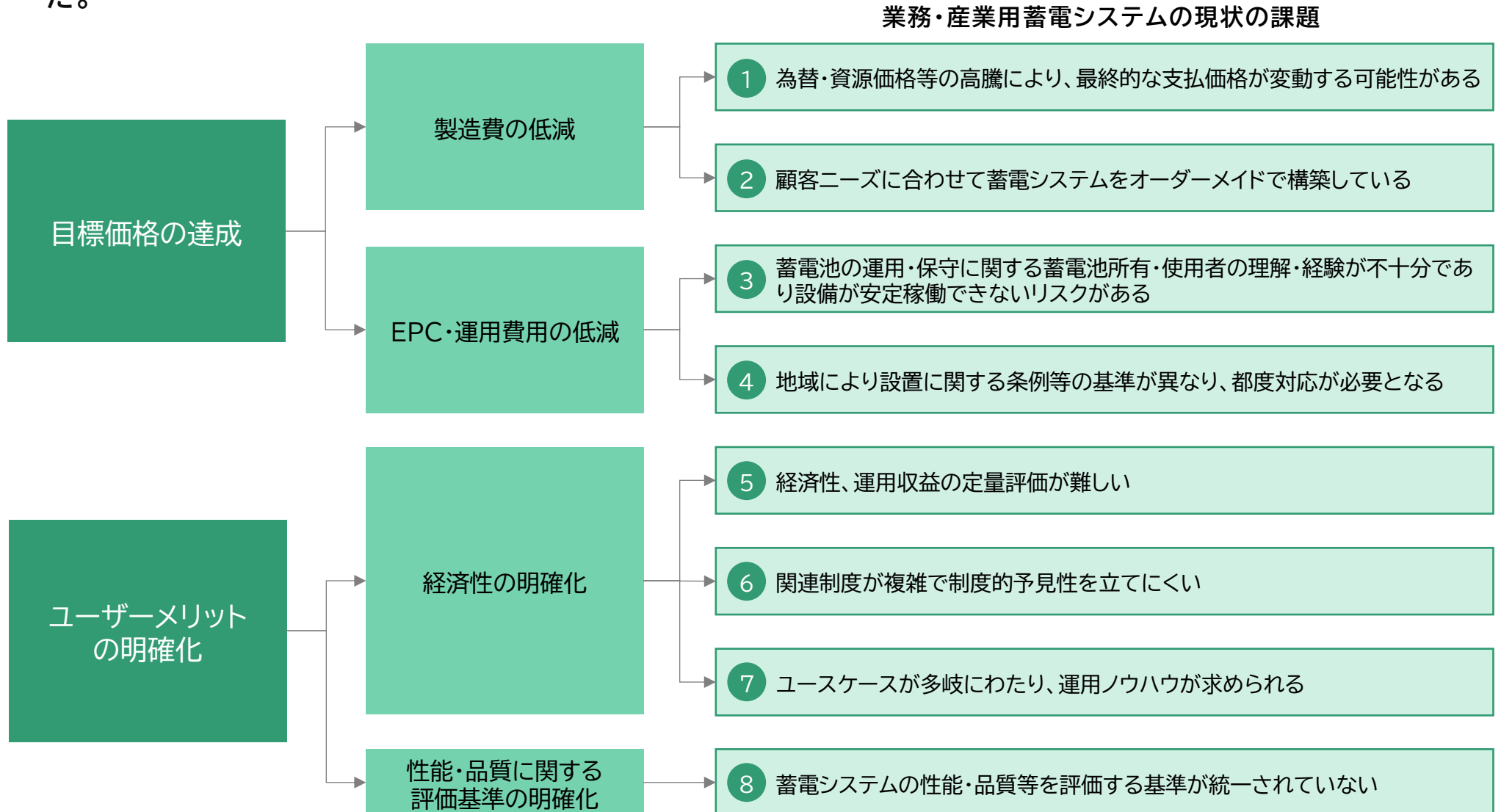
家庭用蓄電システムの普及拡大に向けた課題の整理

- 事業者へのヒアリング等を踏まえて、家庭用蓄電システムの普及拡大に向けた課題を以下のように整理した。



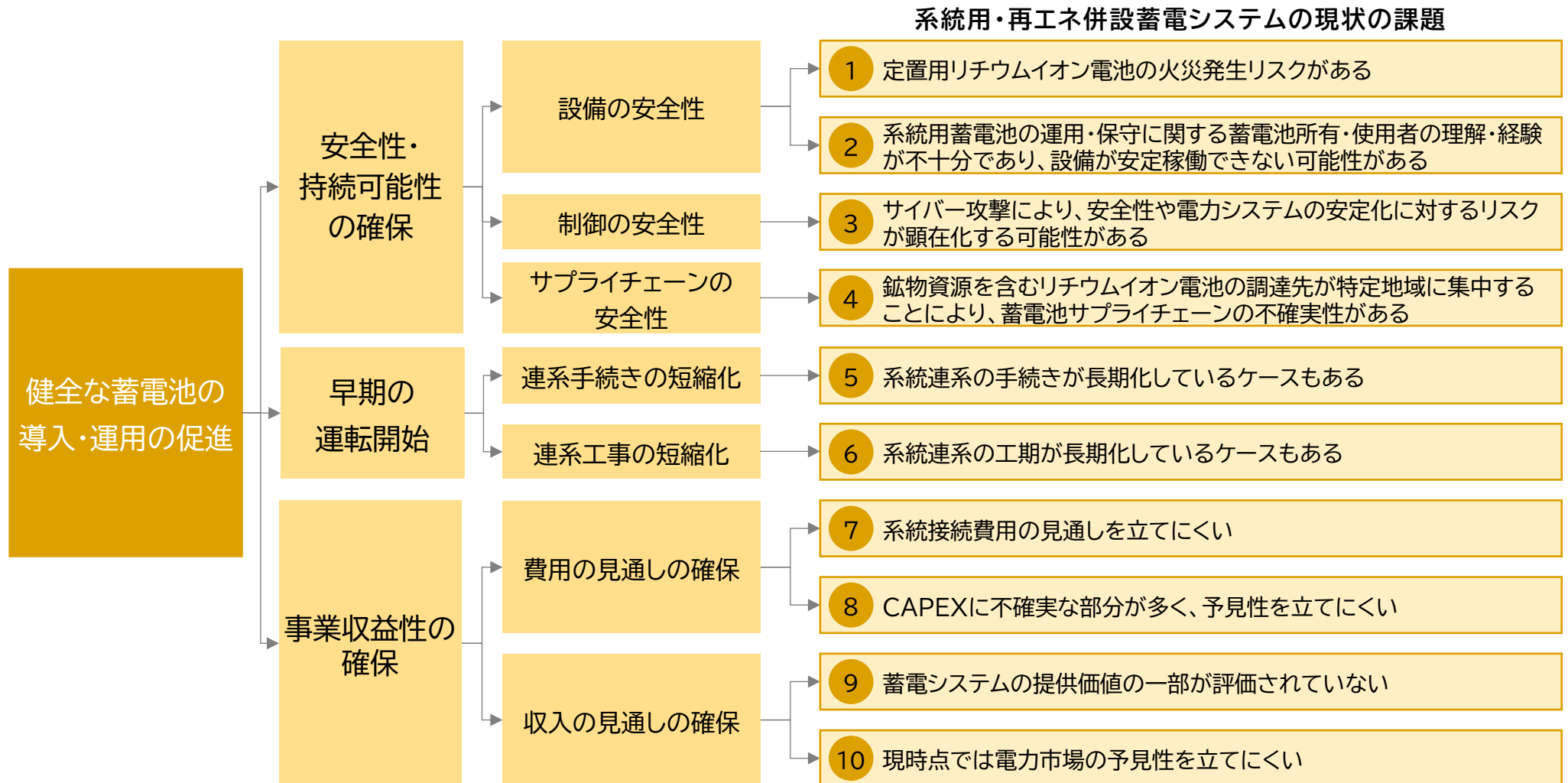
業務・産業用蓄電システムの普及拡大に向けた課題の整理

- 事業者へのヒアリング等を踏まえて、業務・産業用蓄電システムの普及拡大に向けた課題を以下のように整理した。



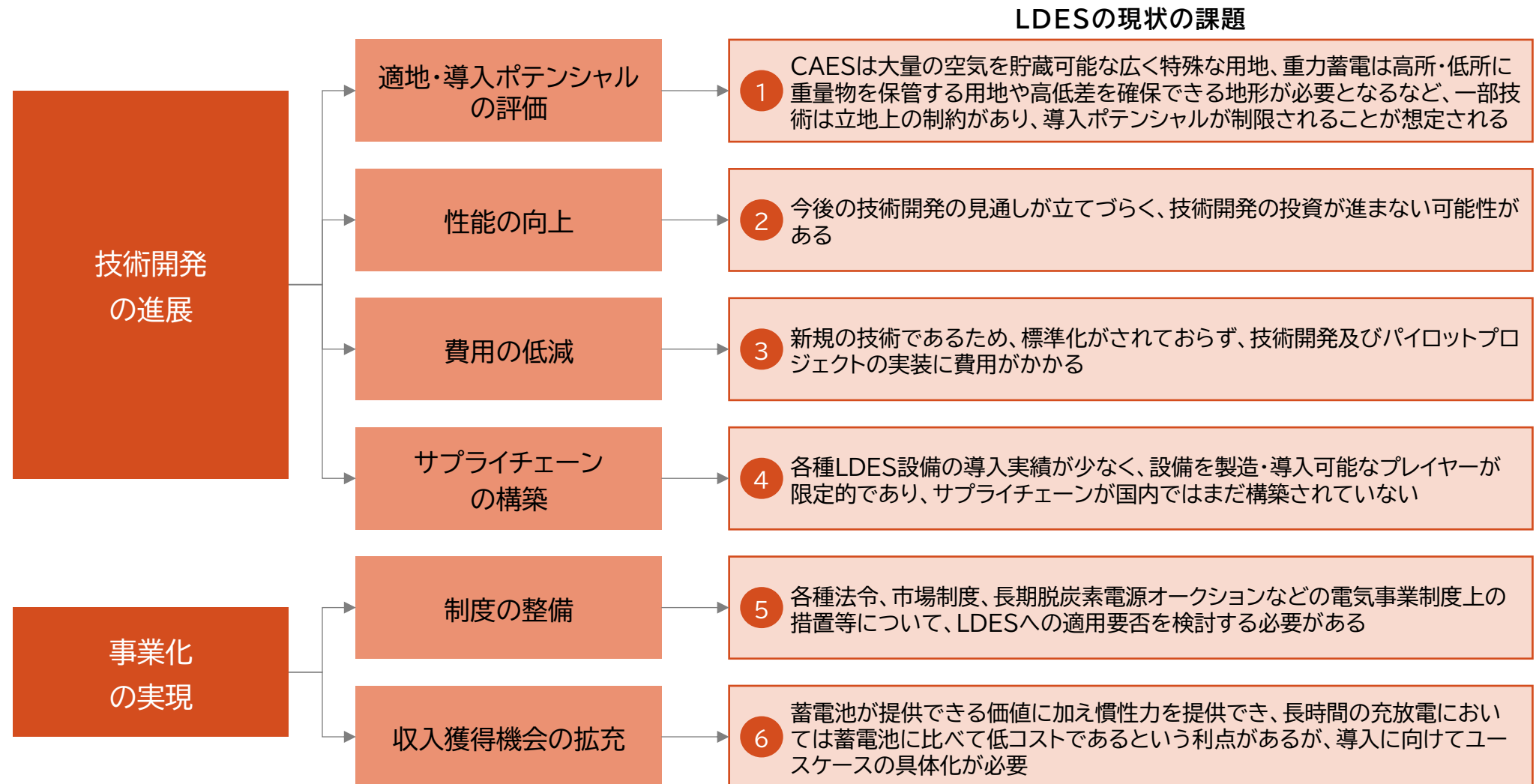
系統用・再エネ併設蓄電システムの普及拡大に向けた課題の整理

- これまでの検討会での議論及び事業者へのヒアリング等を踏まえて、系統用・再エネ併設蓄電システムの普及拡大に向けた課題を以下のように整理した。
- 系統用・再エネ併設蓄電システムの健全な導入・運用を促進するために、「安全性・持続可能性の確保」、「早期の運転開始」、「事業収益性の確保」を行う必要があり、各課題の解消に向けた取組を進めることが求められる。



LDESの導入に向けた課題の整理

- 事業者へのヒアリング等を踏まえて、足元の需要は限定的であるが将来の導入が期待される電気化学式以外のLDESの普及拡大に向けた課題を以下のように整理した。
- 導入支援事業等を通して、LDES導入に向けた取組みを行い、課題の深堀をする必要がある。



V. 定置用蓄電システム等電力貯蔵システムの普及拡大策の検討・提案

1. 普及拡大に向けた課題の整理
2. 課題解決に向けたアイデア

家庭用蓄電システムの課題と課題解決に向けたアイデア

課題	課題の概要	課題の解決に向けたアイデア
1 大規模蓄電システムと比べると相対的に影響は小さいものの、外部環境の変化が製品コストに反映される	<ul style="list-style-type: none"> 家庭用蓄電システムの導入に際しては在庫製品を扱うケースがほとんどであり且つ容量も小規模であるため、大規模蓄電システムと比較して影響は小さいものの、資源価格や為替等の変化が製造コストに影響する。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府は上流資源を有する諸国との連携を強化する ✓ 政府・メーカーは国内での蓄電池製造基盤を強化することで、為替等の変動リスクを低減する ✓ 政府・メーカーはリユース蓄電池の活用を推進する
2 訪問販売やハウスメーカー経由等にチャンネルが限定されている	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池が必需品でないうえ、消費者自身が③の通りユーザーメリットの評価が難しいため、量販店やオンライン等ではなく、訪問販売やハウスメーカー等、特定のチャンネルに限定された説得商品となり、市場競争が働きづらい。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 販売会社等による家庭用蓄電システムの導入メリットに関する広報の展開 ✓ TPOモデル、リース、家電量販店等、新たな販売チャンネルになり得る導入方法の促進
3 消費者目線で比較しやすい製品指標が必要	<ul style="list-style-type: none"> 現状の家庭用蓄電システムの性能表示ラベルは、容易に蓄電システム製品の導入メリット比較ができる指標になっていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 業界団体による消費者目線で分かりやすい性能表示ラベルへの改定
4 消費者自身での経済性評価が難しい	<ul style="list-style-type: none"> 電気代の削減による金銭的価値を消費者自身で定量的に評価できない。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ メーカー・販売会社による収益性評価の販売ツール開発、普及促進
5 低圧リソースの特性を踏まえた市場設計が不十分である	<ul style="list-style-type: none"> 配電単位での系統混雑緩和価値等は、現在評価されていない。 2026年を目指し進められている需給調整市場における低圧リソースの取引開始に向けて、特徴を考慮した整備を進める必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ メーカー・系統運用者・関係機関によるFLEX DERプロジェクト実証による低圧リソースを活用した系統混雑緩和技術の開発 ✓ 政府・関係機関において低圧リソースの特徴も踏まえ、需給調整市場における低圧リソースの取引開始に向けた制度整備等を推進
6 蓄電システムの活用方法を踏まえたメーカーの販売手法が限定的	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電システムによる自家消費を促すための電力需給状況のシグナルを需要家に提供する仕組みや、電気料金メニュー(TOU)やデマンドリスポンス等と組み合わせた販売等、蓄電システムの活用方法と組み合わせたメーカーの販売手法が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 関係機関による蓄電システムのマルチユースの促進策策定、ガイドラインの策定検討(供給力や調整力としての活用等) ✓ メーカー・販売会社による電力小売事業者との連携によるTOU活用の促進 ✓ 環境価値等と家庭用蓄電池を組み合わせた販売手法の開発

※関係機関：一般送配電事業者、電力広域的運営推進機関(OCCTO)、製品評価技術基盤機構(NITE)、電気安全環境研究所(JET)など

業務・産業用蓄電システムの課題と課題解決に向けたアイデア(1/2)

課題	課題の概要	課題の解決に向けたアイデア
<p>1 為替・資源価格等の高騰により、最終的な支払価格が変動する可能性がある</p>	<ul style="list-style-type: none"> 為替やリチウム価格の変動が大きく、蓄電システムコストの将来の見通しを立てにくい。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府は上流資源を有する諸国との連携を強化する ✓ 政府・メーカーは国内での蓄電池製造基盤を強化することで、為替等の変動リスクを低減する ✓ 政府・メーカーはリユース蓄電池の活用を推進する
<p>2 顧客ニーズに合わせて蓄電システムをオーダーメイドで構築している</p>	<ul style="list-style-type: none"> 需要家のニーズに合わせて蓄電システムの時間率や規模、PCS等をカスタマイズしており、単一製品で対応できないためコストが割高になる。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府によるセグメント別、ユースケース別の蓄電システムに関する仕様の類型化 ✓ メーカー・販売会社によるユースケースに関するユーザー（需要家）の理解促進、共通認識醸成 ✓ メーカーによるパッケージ製品、標準品の開発
<p>3 蓄電池の運用・保守に関する蓄電池所有・使用者の理解・経験が不十分であり設備が安定稼働できないリスクがある</p>	<ul style="list-style-type: none"> 業務・産業用蓄電池に関する運用保守の経験の蓄積が少なく、メーカー側のメンテナンス資料も不十分であるなど、設備を安定稼働できないリスクがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 蓄電池システム等の導入・運用・保守のあり方に関し、業界団体等にて協議を行う。
<p>4 地域により設置に関する条例等の基準が異なり、都度対応が必要となる</p>	<ul style="list-style-type: none"> 消防法に紐づく関連条例等への対応に労力を要する。 用途、所轄地域により基準や必要な対応事項が異なる。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府による、所轄地域によって異なる対応が必要となる根拠条例等の確認

業務・産業用蓄電システムの課題と課題解決に向けたアイデア(2/2)

課題	課題の概要	課題の解決に向けたアイデア
<p>5 経済性、運用収益の定量評価が難しい</p>	<ul style="list-style-type: none"> 需要パターンや再エネ導入状況等、ユーザー個々の事情が異なり、ユーザー自身での収益性評価が難しい 加えて、収益最大化を実現するマルチユースを想定した場合、収益性評価を踏まえた最適な設備導入判断が、更に複雑になり難しくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府によるマルチユースを想定したユースケースの類型化と収益定量化手法(必要なデータ、考え方)の整理
<p>6 関連制度が複雑で制度的予見性を立てにくい</p>	<ul style="list-style-type: none"> 電力需給構造の変化及び制度の見直し等により、市場の変動が大きく、将来の市場の予測を立てることが困難である。 電力市場及び関連制度において業務・産業用蓄電システムの取扱いや技術要件等が変更される可能性があり、導入の意思決定が難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 蓄電事業のステークホルダー間(メーカー、ユーザー、業界団体、政府等)での定期的な協議の実施
<p>7 ユースケースが多岐にわたり、運用ノウハウが求められる</p>	<ul style="list-style-type: none"> 業務・産業用蓄電システムに関しては、想定されうるユースケースが多岐にわたり、収益化のためにはそれらを組み合わせた複雑な運用が必要となるため、高いレベルの運用ノウハウが必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 蓄電システムの運用に関するメーカー、アグリゲータ、ユーザー間の理解促進
<p>8 蓄電システムの性能・品質等を評価する基準が統一されていない</p>	<ul style="list-style-type: none"> 製品寿命、トータルで活用できる蓄電容量等、蓄電システムの性能、品質に関する評価方法が統一されていないものがあり、比較が難しい。 蓄電池やPCSを比較する際、機能性・安全性等のコスト以外の面が考慮されにくい。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ メーカー間で蓄電システムの性能、品質に関する評価方法の統一、規格化

系統用・再エネ併設蓄電システムの課題と課題解決に向けたアイデア(1/2)

課題	課題の概要	課題の解決に向けたアイデア
<p>1 定置用リチウムイオン電池の火災発生リスクがある</p>	<ul style="list-style-type: none"> 大型蓄電池システムの導入が進むにつれ、世界各地で蓄電池の火災事故が発生。 重要インフラであり、人命に関わるリスクもあるため、安全性が担保された蓄電池の導入を進めることが必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 関係機関が火災等の事例を公表することで、事故リスクへの認知を進める 政府は系統用蓄電池等導入支援事業及び長期脱炭素電源オークションにおいて、引き続き類焼・延焼に対する安全性確保を要件として課すとともに、更なる安全性強化のための対策を検討する。
<p>2 系統用蓄電池の運用・保守に関する蓄電池所有・使用者の理解・経験が不十分であり設備が安定稼働できないリスク</p>	<ul style="list-style-type: none"> 系統用蓄電池に関する運用保守の経験の蓄積が少なく、メーカー側のメンテナンス資料も不十分であるなど、設備を安定稼働できないリスクがある。 	<ul style="list-style-type: none"> 系統用蓄電池等の導入・運用・保守のあり方に関し、業界団体等にて協議を行う
<p>3 サイバー攻撃にさらされ、安全性や電力システムの安定に対するリスクの顕在化</p>	<ul style="list-style-type: none"> 重要インフラのサイバーセキュリティに関わるサプライチェーン・リスクが高まりつつある。 	<ul style="list-style-type: none"> 政府はサイバーセキュリティに関するガイドライン等を見直し、事業者に遵守を求めることを検討する
<p>4 資源を含むリチウムイオン電池の調達先の集中により持続可能な調達ができないサプライチェーン上のリスク</p>	<ul style="list-style-type: none"> 経済安全保障推進法に基づき特定重要物資と指定された蓄電池に関して、資源調達の上流から製品製造の下流までの強固なサプライチェーンが構築されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 政府は上流資源を有する諸国との連携を強化する 政府・メーカーは国内での蓄電池製造基盤の強化を図る 政府・メーカーは適切なりサイクル・リユース蓄電池の活用を推進する
<p>5 系統連系の手続きが長期化しているケースもある</p>	<ul style="list-style-type: none"> 長期脱炭素電源オークションや系統用蓄電池等導入支援事業等の活用を検討している事業者からの系統接続申請が急増しており、TSOによる対応の負担が増している。 事業者の申請内容が不十分なため書類の修正が必要となるなど手続きに期間を要するケースもある。 	<ul style="list-style-type: none"> 事業者は、供給余力マップ等の公開情報の有効活用により連系地点を精査した上で、真に必要な系統接続申請を行うと同時に、関係機関は政府と共に追加的に必要な公開情報を精査する。 事業者は、系統接続制度の理解を深めた上で、不備の無い系統接続申請を行う。

※関係機関：一般送配電事業者、電力広域的運営推進機関(OCCTO)、製品評価技術基盤機構(NITE)、電気安全環境研究所(JET)など

系統用・再エネ併設蓄電システムの課題と課題解決に向けたアイデア(2/2)

課題	課題の概要	課題の解決に向けたアイデア
6 系統連系の工期が長期化しているケースもある	<ul style="list-style-type: none"> 事業エリアの系統の状況等により、大規模な連系工事が必要となり連系までに長期間要するケースもある 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 事業者による、供給余力マップ等の公開情報を有効活用し連系地点を十分精査した事業計画の策定 ✓ 政府・関係機関による、順潮流側の接続ルール等の在り方の検討や、特定断面での充電制限への同意等を前提に系統増強不要で系統接続を認める早期連系追加対策の検討
7 系統接続費用の見通しを立てにくい	<ul style="list-style-type: none"> 接続検討回答における概算系統接続費用に対し、契約申込の技術検討の結果増額になるケースもあり、事業者にとっては費用の見通しを立てることが難しく、系統接続費用が不透明であるというリスクになっている。(例: 契約申込み後の詳細技術検討の結果、電圧調整を目的としたSTATCOM費用の追加 など) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 事業者による供給余力マップ等の公開情報の有効活用 ✓ 政府・関係機関による、電圧対策が必要となるエリアに関する情報や、対策費用を含む系統接続費用に関する参考情報の公開の検討
8 CAPEXに不確実な部分が多く、予見性を立てにくい	<ul style="list-style-type: none"> 為替やリチウム価格の変動が大きく、将来の蓄電池コストの見通しを立てにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 政府による導入支援事業の継続 ✓ 政府・メーカーによる国内製造基盤の強化による蓄電システム価格の低減
9 蓄電システムの提供価値の一部が評価されていない	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池は、混雑緩和価値や再エネ出力制御の緩和などの現在評価されていない価値も提供可能であると考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 関係機関、系統運用者等による系統混雑回避する蓄電システムの費用便益評価と関連システムの技術開発 ✓ 政府による系統用蓄電池に充電された電気のFIP制度上の取り扱いの検討
10 市場の予見性が立てにくい	<ul style="list-style-type: none"> 新たな市場でのプレーヤーの行動様式に関する知見の蓄積がない。 電力需給構造の変化及び制度の見直し等により、市場の変動が大きく、将来の市場の予測を立てることが困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 蓄電池運用事業者による市場制度の理解深化や政府による応札行動の蓄積等を通じた市場の状況等の理解促進

※関係機関：一般送配電事業者、電力広域的運営推進機関(OCCTO)、製品評価技術基盤機構(NITE)、電気安全環境研究所(JET)など

【参考】蓄電池の事故報告対象の見直しに関する議論

- 蓄電池の事故報告対象の見直しに関する議論は、第21回電気設備自然災害等対策ワーキンググループにて実施されており、再エネ併設蓄電池も「破損事故」の報告対象とすることや、事故報告の対象範囲を広げることが検討されている。

4. 事故報告対象の見直しについて

- 現行の電気事業法において、蓄電池は、「電力貯蔵装置」（電力を貯蔵する電気機械器具）として定義されているが、太陽光発電設備等に併設される附属物としての「電力貯蔵装置」それ自体は、「破損事故」の報告対象となっていない。
- 蓄電池の導入量は今後も拡大が見込まれる中、熱暴走・発火等を引き起こす蓄電池の危険性を踏まえれば、電力貯蔵装置を「破損事故」報告の対象とすべきではないか。
- なお、「電力貯蔵装置」が主な構成設備である「蓄電所」※1については、既に当該装置が「破損事故」の事故報告の対象となっているが、その範囲は、一定以上の容量等の「電力貯蔵装置」に限られているため※2、上記の見直しに合わせる形で、事故報告の対象範囲を広げることが検討すべきではないか。

※1 「蓄電所」：電力貯蔵装置を単独で設置し、使用電圧や周波数を変成せずに受電、貯蔵、放電を行うもの。

※2 容量8万kWh以上又は出力1万kW以上のもの。

（参考）電気関係報告規則における「破損事故」の報告対象（現行）

（事故報告）第三条（略）

- 四 次に掲げるものに属する主要電気工作物の破損事故
- イ 出力九十キロワット未満の水力発電所
 - ロ 火力発電所(略)における発電設備(略)(ハに掲げるものを除く。)
 - ハ 火力発電所における(略)発電設備であつて、出力千キロワット未満のもの(略)
 - ニ 出力五百キロワット以上の燃料電池発電所
 - ホ 出力五十キロワット以上の太陽電池発電所
 - ヘ 出力二十キロワット以上の風力発電所
 - ト 出力一キロワット以上又は容量八万キロワットアワー以上の蓄電所
 - チ 電圧十七万ボルト以上(略)三十万ボルト未満の変電所(略)
 - リ 電圧十七万ボルト以上三十万ボルト未満の送電線路(略)
 - ヌ 電圧一万ボルト以上の需要設備(自家用電気工作物を設置する者に限る。)

（事故報告）第三条（略）

- 五 次に掲げるものに属する主要電気工作物の破損事故(略)
- イ 出力九十キロワット以上の水力発電所
 - ロ 電圧三十万ボルト以上の変電所(略)
 - ハ 電圧三十万ボルト(直流にあつては電圧十七万ボルト)以上の送電線路

第三条の二（略）

- 四 小規模事業用電気工作物に属する主要電気工作物の破損事故

4

【参考】長期脱炭素電源オークションで提出が求められた蓄電池に係る事業計画

- 本年度オークションより、蓄電池導入支援事業(補助金)採択案件と整合する形で事業規律の確保を求めることを目的として、蓄電池に係る事業計画の作成が電源等情報の登録時に求められた。
- 登録時には導入予定の蓄電システムのメーカーや型番、安全設計等の情報を提出する必要がある。

蓄電池に係る事業計画の記入情報

記入情報	対象蓄電池	主な記入内容	添付資料
1. 導入予定の蓄電池のメーカー・型番	全ての蓄電池	蓄電池セル等に係る種別/メーカー名/型番 制御部分(BMS、EMS)に係るメーカー名/型番 電力変換装置(パワーコンディショナ部分)に係るメーカー名/型番	【添付資料1】各種メーカー名・型番等を記載した蓄電システムの見積書
2. 安全設計	(1)全ての蓄電池共通事項	基準を満たす蓄電池を導入することを宣誓(チェックボックス)	【添付資料2】第三者認証を取得していることの証明書
	(2)リチウムイオンのみ	添付資料2・3として提出	【添付資料3】類焼試験に適合していることの第三者機関による証明書等
	(3)リユースのみ	添付資料4として提出	【添付資料4】JETリユース電池認証等の第三者機関による証明書等
	(4)NASのみ	添付資料5として提出	【添付資料5】類焼に関する安全性能に対する第三者評価通知書等
3. 発煙・発火の事故への対応	国内外に設置された定置用大型蓄電システムにおいて、過去に「発煙・発火」に類する事故を起こしたメーカーの蓄電池モジュールを組み込んだ蓄電システムの導入を予定している場合	添付資料6として提出	【添付資料6】当該蓄電池モジュールメーカーより、過去10年間の年間の事故件数と、主要な事故10件について、事故の原因と対策を示した資料
4. 公衆安全の確保	全ての蓄電池	消防法等の適用各種法令等に準拠した計画・設備導入や、保安体制・事故検知設備の設置を行うことを宣誓(チェックボックス)	-
5. セキュリティ対策	全ての蓄電池	「電力制御システムセキュリティガイドライン」、「IoT開発におけるセキュリティ設計の手引き」等に基づき、適切かつ十分なセキュリティ対策を行うことを宣誓(チェックボックス)	-
6. 地元調整の状況	全ての蓄電池	添付資料7として提出	【添付資料7】地元ステークホルダーの理解を得ていることを示す書類
7. 廃棄物処理法上の広域認定取得	全ての蓄電池	添付資料8~11として提出※1	【添付資料8】廃棄物処理法上の広域認定において、セル・モジュール等について認定を取得していることの証憑 【添付資料9】認定を未取得の場合は、電源等情報登録の期間に環境省廃棄物規制課が受理していることを確認できる書類 【添付資料10】2025年1月9日までに当該認定を取得したことを確認できる書類 【添付資料11】落札事業者から蓄電システムについて廃棄処分の依頼があった場合には、拒まないことについてメーカーが誓約する書類
		広域認定を取得しているメーカーに委託して廃棄処分すること等を宣誓(チェックボックス)	【添付資料12】異常が発生した場合に、蓄電システムの早期復旧や原因説明が可能な体制の内容について記載した資料 【添付資料13】蓄電システムに異常が見つかった場合に備えて、代替する電池システムの主要部品(蓄電池セル、PCS)を迅速に供給できる拠点の内容について記載した資料
8. レジリエンス	全ての蓄電池	添付資料12・13として提出	-

OCCTO提供フォーマット(抜粋)

応札事業者名: _____ 年 月 日

発電設備名: _____

蓄電池に係る事業計画

※電源等情報登録時点で導入の可能性も高い蓄電池に関して、記載すること。
※電源等情報登録時に提出した以下の1~8の内容に変更が生じた場合には、落札後に再度本計画を提出し、以下の審査に合格しない限り変更は認められない。
※以下の事項について、資料を提出できない場合や、内容が不十分の場合には、応札を認めない。
※本計画の内容は電力・ガス取引監視等委員会へ送附し、応札価格の監視時の参考とする場合がある。

1. 導入予定の蓄電池のメーカー・型番
導入の可能性も高い以下の製品に関して、以下に記載した蓄電システムの見積書を、**添付資料1**として、提出すること。
メーカー・型番が存在しない場合は、記載は不要です。

添付資料1の準備状況		記載項目
・セル		
種別 (リチウムイオン・NAS・レドック スフロー等)		-
メーカー名		-
型番		-
・モジュール		
メーカー名		-
型番		-
・電池システム		
メーカー名		-
型番		-
・蓄電システム		
メーカー名		-
型番		-
・電池システム制御部分 (BMS: バッテリーマネジメントシステム部分)		
メーカー名		-
型番		-
・蓄電システム制御部分 (EMS: エネルギーマネジメントシステム部分)		
メーカー名		-
型番		-
・電力変換装置 (パワーコンディショナ部分)		
メーカー名		-
型番		-

2. 安全設計

(1) 全ての蓄電池共通事項 以下の要件を満たす蓄電池を導入すること。これらを守る場合には、右欄のボックス を必ず変更すること。

出所) OCCTO, “長期脱炭素電源オークションの制度詳細について”, 閲覧日: 2024年10月23日,

https://www.occto.or.jp/market-board/market/oshirase/2024/files/20240920_youryou_syousaisetsumei_long.pdf,

OCCTO, “蓄電池に係る事業計画”, 閲覧日: 2024年10月23日,

https://www.occto.or.jp/market-board/market/youryou-system/youryousystem_sankatouroku/files/longax2024_chikudenchijigyoukeikaku.xlsx

【参考】電力分野におけるサイバーセキュリティ確保の取組

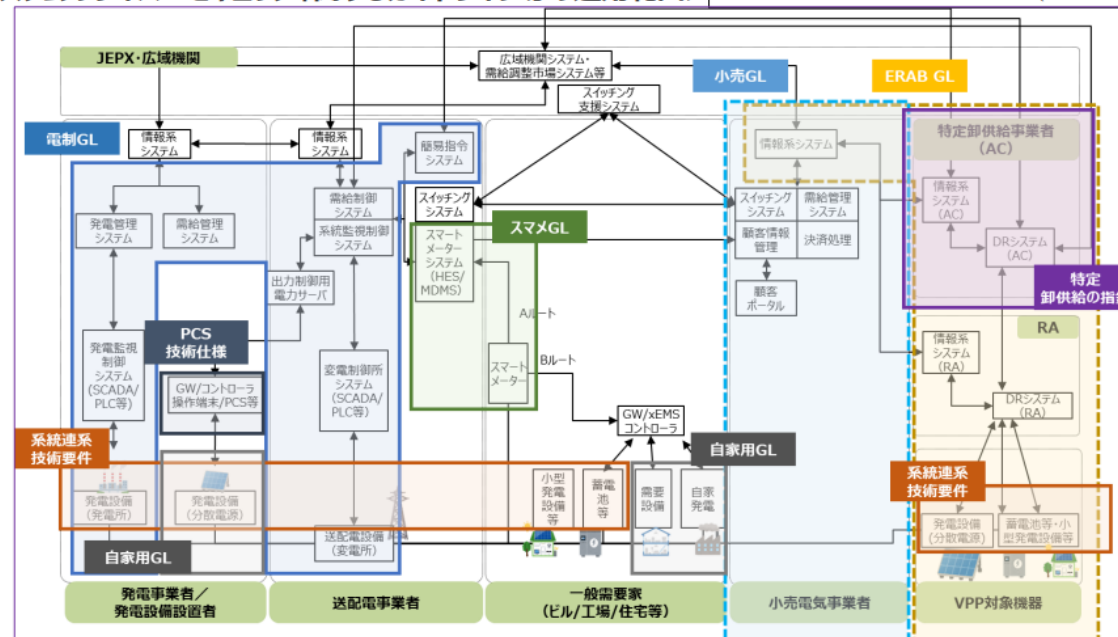
- 電力システムに対するサイバーセキュリティに関する現状の取組は下図の通りであり、これまでの取組を通じて、電力システムのプレイヤーに対して一定の対策が講じられている。
- 一方で、電力分野におけるセキュリティインシデント事例は近年増加傾向にあり、電力システムにおけるサイバーセキュリティ対策の継続的改善・高度化は必要不可欠である。

電力分野におけるサイバーセキュリティの確保の取組

- 電力システムの各プレイヤーは、ガイドライン等に基づいた一定の対策が求められている。
- ガイドライン等については、定期的に見直し、改正を実施している。

＜電力システムのサイバーセキュリティに関するガイドライン等の適用範囲＞

令和4年度 エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（電力分野のサイバーセキュリティ対策のあり方に関する詳細調査分析）報告書（2023年2月28日）より一部抜粋



※実線は義務、点線は推奨として位置づけられているガイドライン等を意味する。なお、本図は各ガイドライン等の対象を明確化するために作成したものであり、実際の電力システムを精細に整理したものではない。

5

【参考】蓄電池サプライチェーンに係るグローバルアライアンスの形成

- 政府は蓄電池サプライチェーンに係るグローバルアライアンスの形成に向けて、同志国・資源国等と協力覚書の署名等による連携強化を図っている。
 - 政府は覚書に基づき具体的なプロジェクト組成を促している。

グローバルアライアンスの形成

- 2023年9月にカナダと蓄電池サプライチェーンに関する協力覚書に署名した以降も、資源国に限らず協力覚書の署名等を進めており、投資連携や研究開発でも更なる協力の深化を図る。

これまでの主要な協力案件

- 2022年10月 日・豪重要鉱物に関するパートナーシップ
- 2022年12月 日・DRC鉱業分野の協力に関する共同声明
- 2023年9月 日・カナダ蓄電池サプライチェーンに関する協力覚書

2023年9月以降の動き

- 2023年10月 日・英重要鉱物に関する協力覚書
- 2023年11月 日・フィリピン鉱業分野における協力覚書
- 2023年12月 日・サウジ鉱業・鉱物資源分野に関する協力覚書
- 2024年5月 重要鉱物分野の協力に関する日仏共同声明
- 2024年6月 日・チリ鉱業及び鉱物資源分野に関する協力覚書改訂
- 2024年10月 日・カナダ蓄電池サプライチェーンに関する協力覚書に基づく第一回局長級対話

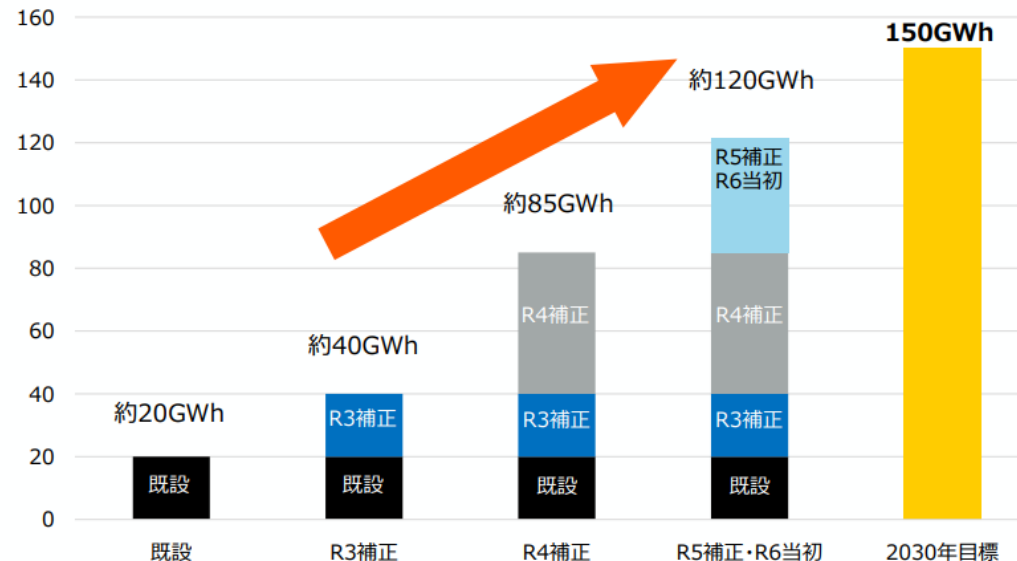
【参考】経済安保法に基づく蓄電池の国内製造支援動向

- 経済安保法に基づき蓄電池の国内製造基盤に対する支援が行われており、従来の蓄電池・部素材に加えて、令和5年度より製造装置も支援対象に加えられた。
- これらの導入支援により、蓄電池の生産基盤は120GWh程度確保できる見込みである。2030年に150GWh/年の製造基盤を確保するために更なる支援が実施される見通しである。

経済安保法に基づく支援の成果

- 経済安保法に基づく支援対象に、従来の蓄電池・部素材に加えて、令和5年度より製造装置を新たに追加。
- 第1弾から第3弾を合わせると、蓄電池7件、部素材16件、製造装置4件（合計27件）の計画を認定しており、事業総額は約1兆8,686億円、うち助成額は最大約6,601億円。
- これまでの取組によって、蓄電池の生産基盤は120GWh程度確保できる見込み。2030年までに150GWh/年の製造基盤構築を確保すべく、10月24日より第4弾の認定申請を受付中（11月29日まで）。

<電池セルの生産能力の伸び>



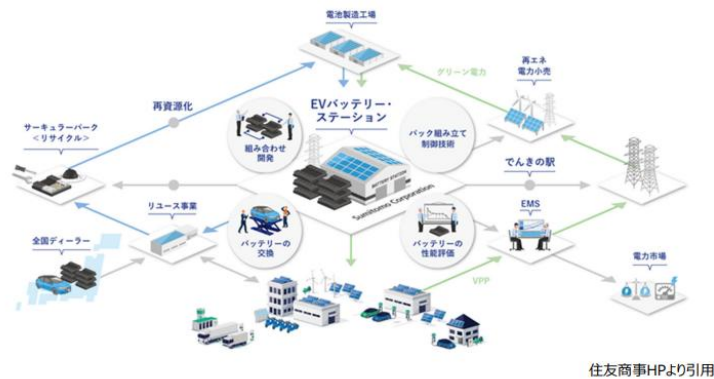
3

【参考】リユースバッテリーによる蓄電池活用事例

- 住友商事はEVリユースバッテリーを活用した系統用蓄電池を北海道千歳市に設置している。
 - 住友商事と日産自動車との合併会社であるフォーアールエナジー株式会社が提供するEVバッテリーを定置としても活用できるように、経済的価値の高い設計でシステム化した
- 本取組は、設備の主要部分にEVバッテリーを活用することで、EVリユースバッテリーの用途拡大と蓄電池に含まれる希少金属などの資源を最大限利用することによる、蓄電池製造時に排出されるCO₂も削減できるという特徴がある。

【参考】リユースバッテリーによる蓄電池活用の事例

- 住友商事は、2021年度に実施した系統用蓄電池補助金を活用し、**EVリユースバッテリーを活用した系統用蓄電池**を北海道千歳市に設置。
- 新たに蓄電池を製造することを回避することにより、**限りある資源を有効に活用することが可能**となる他、**環境負荷の軽減にも寄与**することが期待される。



EVバッテリー・ステーション千歳内観



出所) 経済産業省, “系統用蓄電池の現状と課題”, 閲覧日: 2024年12月17日,

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene/shinene/shin_energy/keito_wg/pdf/051_03_00.pdf

住友商事, “EVバッテリー・ステーション千歳の稼働開始”. 閲覧日: 2024年12月17日, <https://www.sumitomocorp.com/ja/jp/news/release/2023/group/17020>

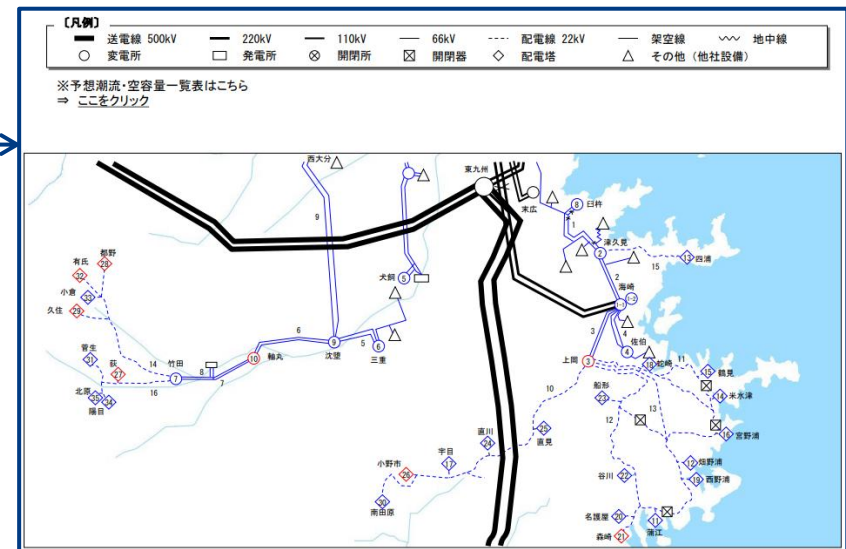
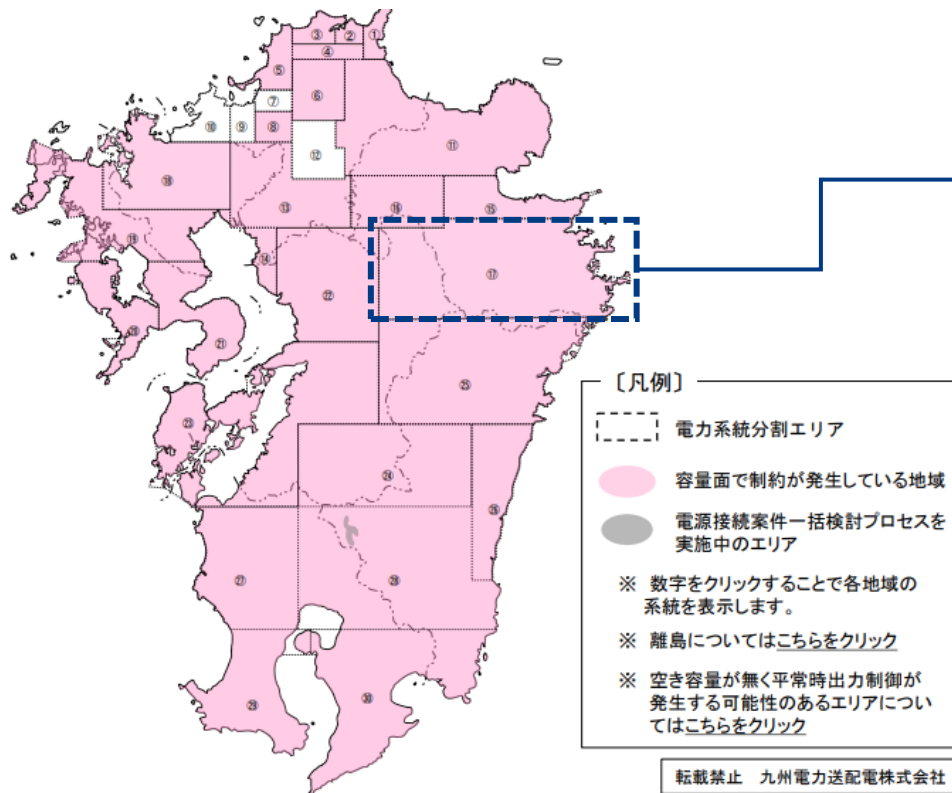
【参考】一般送配電事業者が公開している主な系統接続関連情報

- 系統接続手続きフローや標準的な期間や工事費の標準単価等の系統接続関連情報は公開されており、事業者は事業検討段階で系統接続にあたっての標準的な期間や単価を把握することが出来る。
- 空き容量マップや系統混雑見通しを活用することで、系統用蓄電池を系統接続することが望ましいエリアを事業検討段階で凡そ把握することが出来る。

		公開情報内容と活用方法	
接続 手続き	手続きフロー	<ul style="list-style-type: none"> ● 各一送のHPにて系統接続に向けた手続きフローは公開されており、蓄電事業者は系統接続にあたっての必要な手続きの情報を把握できる。 	資源エネルギー庁：系統接続に関する事例集について https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/grid/02_jirei.html#answer01
	標準的手続き期間	<ul style="list-style-type: none"> ● 接続検討申込・契約申込に対する一般送配電事業者の回答期限は設定されており、この期限を基に事業検討段階で契約申込みまでの期間の見通しを立てることが可能である。 ● 連系承諾後の工事期間は系統接続場所によって様々であり、事業検討段階で見通しを立てることは難しい。 	
	工事費の標準単価	<ul style="list-style-type: none"> ● 系統接続工事における標準的な工事費負担金は、一般送配電事業者の託送供給約款にて公開されている。 ● 東京電力PGは工事費負担金シミュレーターを公開しており、事業者が工事費の概算金額の試算を行えるような取り組みを実施している。 	
接続 場所	空き容量マップ 実績潮流・予想潮流	<ul style="list-style-type: none"> ● 一般送配電事業者はHPにて、発電設備向けの空き容量マップを公開しており、系統接続時における系統設備の増強有無を把握することが可能であり、系統接続しやすい場所を把握することが出来る。 ● 実績潮流と予想潮流データも公開されており、事業者は潮流データを活用した潮流分析をすることで、将来の系統混雑見通しを作成することが可能となり、系統接続点ごとに系統混雑が蓄電池に及ぼす影響を評価できる。 	資源エネルギー庁：一般送配電事業者及び配電事業者の空き容量マップについて https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/grid/07_map.html
	系統混雑見通し	<ul style="list-style-type: none"> ● 蓄電池は系統混雑が発生しやすい場所に設置することが出力制御低減に向けては効果的 ● 2029年度における系統混雑見通しは広域系統整備委員会にて公表されており、事業検討段階で系統用蓄電池の設置が望ましい場所の選定に活用できる。 	OCCTO：第83回 広域系統整備委員会 https://www.occto.or.jp/iinkai/kouikikeitouseibi/2024/seibi_83_shiryuu.html

【参考】発電側向けの空き容量マップでの情報公開(九州エリア)

- 各一般送配電事業者はエネ庁が示した「系統情報の公開の考え方」に基づき、新規の電源接続を検討する事業者向けに系統空き容量マップを公開している。
 - 九州電力送配電は発電設備を連系するにあたっての熱容量面での制約が発生する地域を公開している。また、各系統で平常時に出力制御が発生する可能性のある系統も公開している。
- 発電事業者は事業検討段階で下記情報を活用することで、出力制御の影響を受けやすいエリアを把握することが可能となり、当該情報によって発電事業者に対して出力制御の影響が少ないエリアへの電源立地誘導が可能となる。



青：平常時出力制御が発生する可能性のある系統

赤：配電用変電所の空き容量が無い系統、電源接続案件一括検討プロセスを実施中の系統、増強工事中の系統

黒：平常時出力制御が発生する可能性が当面低い系統

【参考】需要家向けの供給余力マップの公開

- 中部電力PGは2024年9月より特別高圧以上の工場などの新設を検討する事業者が、事業用地の適否判断をするために、需要家向けの供給余力マップを公開している。
 - マップ上では、各系統における供給余力幅を公開している。
 - 他の一送も同様の取組みを実施している。



出所)中部電力パワーグリッド, “中部地方の供給余力マップ”, 閲覧日:2024年10月15日, https://public.tableau.com/app/profile/.82336080/viz/_17255087793350/sheet0

【参考】電圧変動対策が必要となる可能性が高い地域の公開

- 九州電力送配電は九州エリアにおいて、太陽光/風力を新規接続する際に電圧変動対策が必要となる可能性が高い地域を公開している。また、電圧変動対策装置の設置費用の概算価格も公開している。
- 発電事業者は下記情報を基に、事業検討段階で電源接続にあたって電圧変動対策の必要可否を推測できる。



(参考)電圧変動対策装置(SVC)設置費用

容量[kVA]	設置費用
-5,000~ 5,000	6億円程度
-10,000~ 10,000	7億円程度

※メーカー概算価格(開閉器は含まず)

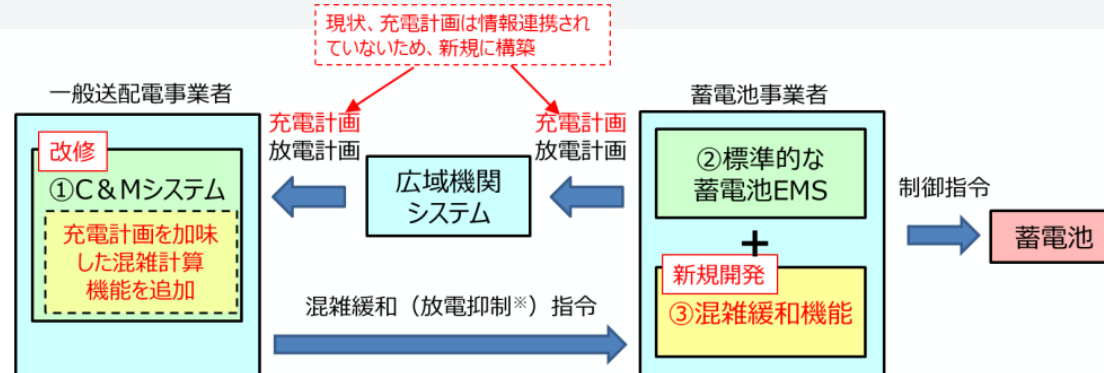
【参考】DER等を活用したフレキシビリティ技術開発

- ローカル系統におけるDER活用の課題を踏まえ、系統用蓄電池による系統混雑緩和の費用便益評価手法等の調査とともに、系統用蓄電池による逆潮流混雑緩和を実現するための技術開発・実証を、NEDOにて2024年度より実施中である。
 - 具体的には、「コネクト&マネージシステムの改修」と「蓄電池を制御するEMSにおいて、コネクト&マネージシステムからの指令を受けて系統混雑の緩和に貢献する機能」の技術開発を実施する方針である。

【参考】NEDOでの技術開発・実証（1/2）

DER等を活用したフレキシビリティ技術開発

- ローカル系統におけるDER活用の課題を踏まえ、系統用蓄電池による系統混雑緩和の費用便益評価手法等の調査とともに、系統用蓄電池による逆潮流混雑緩和を実現するための技術開発・実証を、NEDOにて実施中（2024年度～2028年度）。
- 具体的には、以下2点の技術開発を実施。
 - 系統用蓄電池の充電計画を加味した混雑計算機能を追加**するべく、一般送配電事業者が運用する**コネクト&マネージシステム（C&Mシステム※）を改修**（下図①）。
※系統制約と需給制約の両方を満足する出力制御量を発電所ごとに算出、配信できるシステム
 - 蓄電池を制御するEMS（エネルギーマネジメントシステム）において、C&Mシステムからの指令を受けて系統混雑の緩和に貢献する機能を新規開発**する（下図③）。



※NEDO事業においては、系統用蓄電池に対して混雑緩和に必要な充電指令（充電下限値）を通知する仕様も技術的に検証する。

37

Appendix1.

2024年度 定置用蓄電システム普及拡大検討会の開催概要

定置用蓄電システム普及拡大検討会実施状況

- これまで以下のような日程及び議題にて、5回に渡る検討会を実施。

検討会	日程	議題
第1回	2024年5月28日 14:00～15:30	(1)議事の運営について (2)本検討会の開催の目的 (3)今後の進め方 (4)前回2020年度検討会以降の定置用蓄電システム普及拡大に向けた取組の振り返り (5)令和6年度 系統用蓄電池等電力貯蔵システム導入支援事業の審査項目等について
第2回	2024年7月4日 10:00～12:00	(1)令和6年度 系統用蓄電池等電力貯蔵システム導入支援事業の審査項目等について (2)オブザーバープレゼン
第3回	2024年8月29日 16:00～18:00	(1)系統用・再エネ併設蓄電システムのコスト面・収益面での課題整理について
第4回	2024年11月11日 10:00～12:00	(1)系統用蓄電システムの需給調整市場における収益性分析について (2)長期エネルギー貯蔵技術(LDES)について (3)家庭用及び業務・産業用蓄電システムについて
第5回	2025年1月30日 13:00～14:30	(1)2024年度 定置用蓄電システム普及拡大検討会の結果とりまとめ(案) (2)定置用蓄電システムに関わる直近の政策動向についてのご報告

Appendix2. 検討会における事業者による発表資料

定置用蓄電システム普及拡大検討会における事業者発表資料

検討会	資料番号	事業者名	タイトル/URL
第2回	資料4-1	一般社団法人 日本電機工業会	低圧蓄電システムの標準化状況 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/2024_002_04_01.pdf
第2回	資料4-2	一般社団法人 電池工業会	定置用蓄電池 強化に向けた電池工業会の取組と課題 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/2024_002_04_02.pdf
第2回	資料4-3	独立行政法人 製品評価技術基盤機構	蓄電池システムのマルチユースと安全性国際標準化の取り組み https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/2024_002_04_03.pdf
第2回	資料4-4	一般財団法人 電気安全環境研究所	蓄電システムに関する認証サービス等JETの取り組みについて https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/2024_002_04_04.pdf
第2回	資料4-5	送配電網協議会	蓄電池の系統連系について https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/2024_002_04_05.pdf
第2回	資料4-6	一般社団法人 エネルギーリソースアグリゲーション事業協会	系統用蓄電池の可能性と課題について https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/2024_002_04_06.pdf
第4回	資料4-2	マッキンゼー・アンド・カンパニー	長期エネルギー貯蔵システム(LDES)を取り巻く市場環境 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/2024_004_04_02.pdf

Appendix3. ヒアリング調査概要

ヒアリング調査概要

- 本調査にあたり、以下のとおり事業者ヒアリングを実施した。

区分	事業者数※	主な事業者属性	主なヒアリング項目
家庭用蓄電システム	7者	蓄電池メーカー ハウスメーカー アグリゲーター 等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入動向 ・ コスト・商流動向 ・ ビジネスの方向性 ・ 普及拡大に向けた課題
業務・産業用蓄電システム	6者	蓄電池・PCSメーカー 需要家 等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入動向 ・ コスト・商流動向 ・ 普及拡大に向けた課題
系統用蓄電システム	17者	事業者 施工事業者 金融機関 等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蓄電池事業の取組状況 ・ コストに影響を及ぼす要素 ・ 収益・投資判断に影響を及ぼす要素 ・ 普及拡大に向けた課題
長期エネルギー貯蔵システム	11者	LDES検討・実施事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・ 開発・活用状況 ・ 関連法令・制度 ・ 経済性・ユースケース ・ 事業推進上の課題

※複数区分に対するヒアリングを実施した事業者もいるため、事業者数はこのべ数。

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所

(様式2)

二次利用未承諾リスト

報告書の題名 令和6年度再生可能エネルギー導入拡大・分散型エネルギーリソース導入支援等事業（定置用蓄電システム等電力貯蔵システムの普及拡大に向けた調査）報告書

委託事業名 令和6年度再生可能エネルギー導入拡大・分散型エネルギーリソース導入支援等事業（定置用蓄電システム等電力貯蔵システムの普及拡大に向けた調査）

受注事業者名 株式会社三菱総合研究所

頁	図表番号	タイトル
35		蓄電システムの構成と本資料でのコストの位置づけ
39		住宅用蓄電池の共同回収スキームの検討状況（JEMA定置用蓄電システム産業戦略）
83		技術の概要
83		技術の種類（貯蔵方式別、使用ポンプ別）
84		技術の概要
85		技術の概要
86		技術の概要
87		技術の概要
88		技術の概要
89		技術の概要
106		EVバッテリー・ステーション千歳内観
108		【参考】発電側向けの空き容量マップでの情報公開（九州エリア）
109		【参考】需要家向けの供給余力マップの公開
110		【参考】電圧変動対策が必要となる可能性が高い地域の公開