

# 「米国加州における蓄電池の送電・配電 併用運転実証事業」（事後評価）

（2015年度～2021年度 6年間）

実証テーマ概要（公開）

NEDOプロジェクトチーム(スマートコミュニティ・エネルギーシステム部、国際部)  
住友電気工業株式会社

2022年12月07日

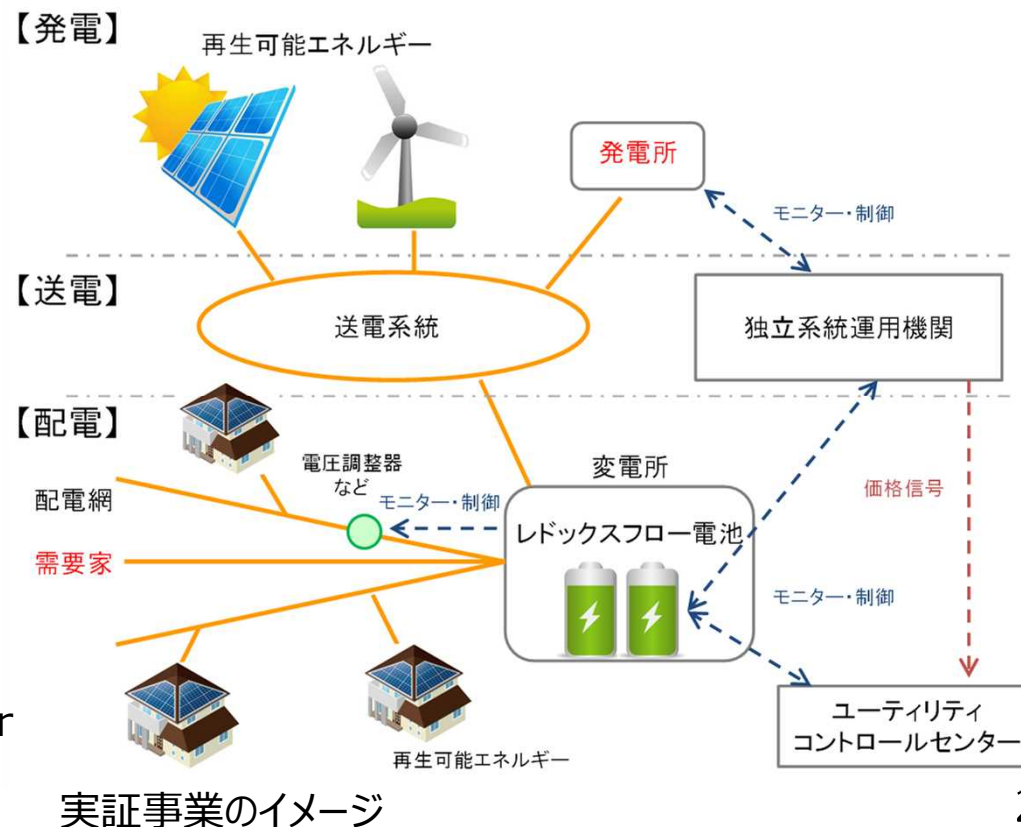
1. 事業の位置付け・必要性
  - (1) 政策的必要性
  - (2) NEDO関与の必要性
2. 事業マネジメント
  - (1) 相手国との関係構築の妥当性
  - (2) 実施体制の妥当性
  - (3) 事業内容・計画の妥当性
3. 事業成果
  - (1) 目標の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性
  - (1) 事業成果の競争力
  - (2) 普及体制
  - (3) ビジネスモデル
  - (4) 政策形成・支援措置
  - (5) 他の国・地域等への波及効果の可能性

- 地元電力会社San Diego Gas & Electric (SDG&E) のSan Miguel変電所にレドックスフロー（RF）電池（2MW/8MWh）を設置し、再生可能エネルギーの増加に対応するための需給調整力の確保、および非常時のレジリエンス向上に向けた、RF電池の有効利用方法を実証。
- 2018年度よりRF電池として米国で初めてCAISO※市場に参加し、エネルギー市場およびアンシラリーサービス市場での取引によりRF電池の経済的価値を向上させる利用方法を実証。
- 2021年度には実配電網を用いて66軒の実需要家を含むマイクログリッドを構築。停電状態から電力供給するブラックスタート機能、停電を伴わずに系統から切り離しマイクログリッド運用に移行するシームレス移行機能の2つの機能において、RF電池のみで安定に電力供給できることを実証（日米初）。



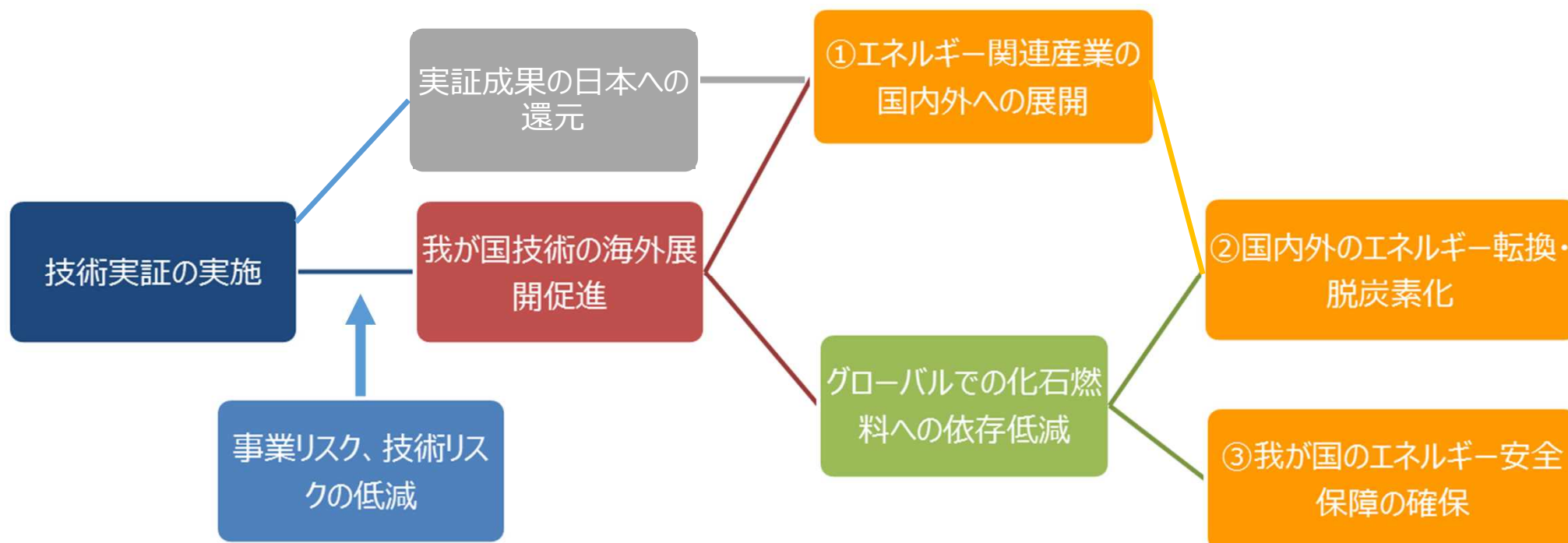
米国加州サンディエゴに設置したレドックスフロー蓄電池

※CAISO: California Independent System Operator  
(加州独立系統運用機関)



## エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業

3E+S（安定供給、経済性、環境適合、安全性）の実現に資する我が国の先進的技術の海外実証を通じて実証技術の普及に結び付ける。さらに、制度的に先行している海外のエネルギー市場での実証を通じて、日本への成果の還元を目指す。これらの取組を通じて、我が国のエネルギー関連産業の国内外への展開、国内外のエネルギー転換・脱炭素化、我が国のエネルギーセキュリティに貢献することを目的としている。（出所：基本計画）



# 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 政策的必要性

## 事業環境

### ・米国加州における再エネの導入拡大および蓄電池導入の義務付け

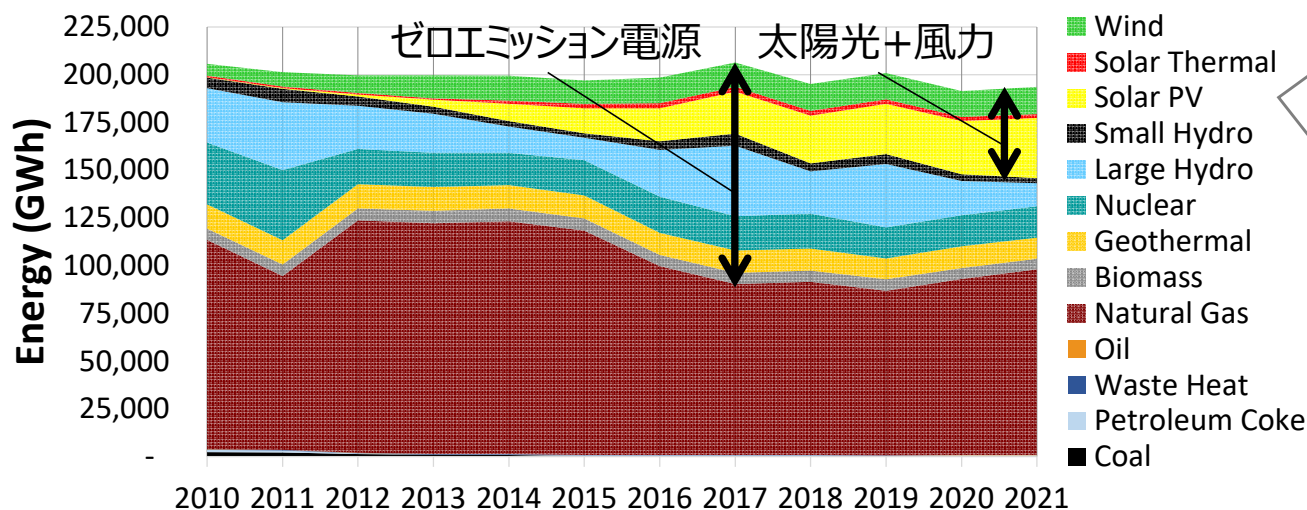
- ✓ 同州では、2045年までに州内の電力の100%を温室効果ガスを排出しないエネルギーで賄うとする州法SB100を2018年9月に成立させるなど再生可能エネルギー導入を推進。
- ✓ 再エネの大量導入に対応するための需給調整力を確保するため、州内の大手電力会社3社に対して電力貯蔵装置（2020年末までに1.3GW）の導入を義務付け。
- ✓ さらに、DOEでは2050年までのカーボンニュートラル実現（電力分野では2035年までに実現）のため、長時間容量エネルギー貯蔵技術の開発を加速し、普及展開を支援。

### ・電力システムのレジリエンス強化に対するニーズ

- ✓ 同州では、森林火災などによる停電や、猛暑下に空調負荷が急増することへの対策として緊急で計画停電や輪番停電が頻繁に行われており、電力システムのレジリエンス強化が求められている。

## 実証内容

- ✓ SDG&Eが管理するSan Miguel変電所構内にRF電池を設置し、平常時は需給調整力として活用することで電力市場取引で収益を得ながら、災害時や計画停電などの非常時には自立電源として停電地区に電力供給を行うマイクログリッド運用ができることを実証する。



太陽光を中心に再エネによる発電量が増加。  
2045年に州内の電力の100%をゼロエミッション電源で賄うため、再エネ導入量をさらに拡大する方向。

カリフォルニア州における電源構成 (発電量ベース)

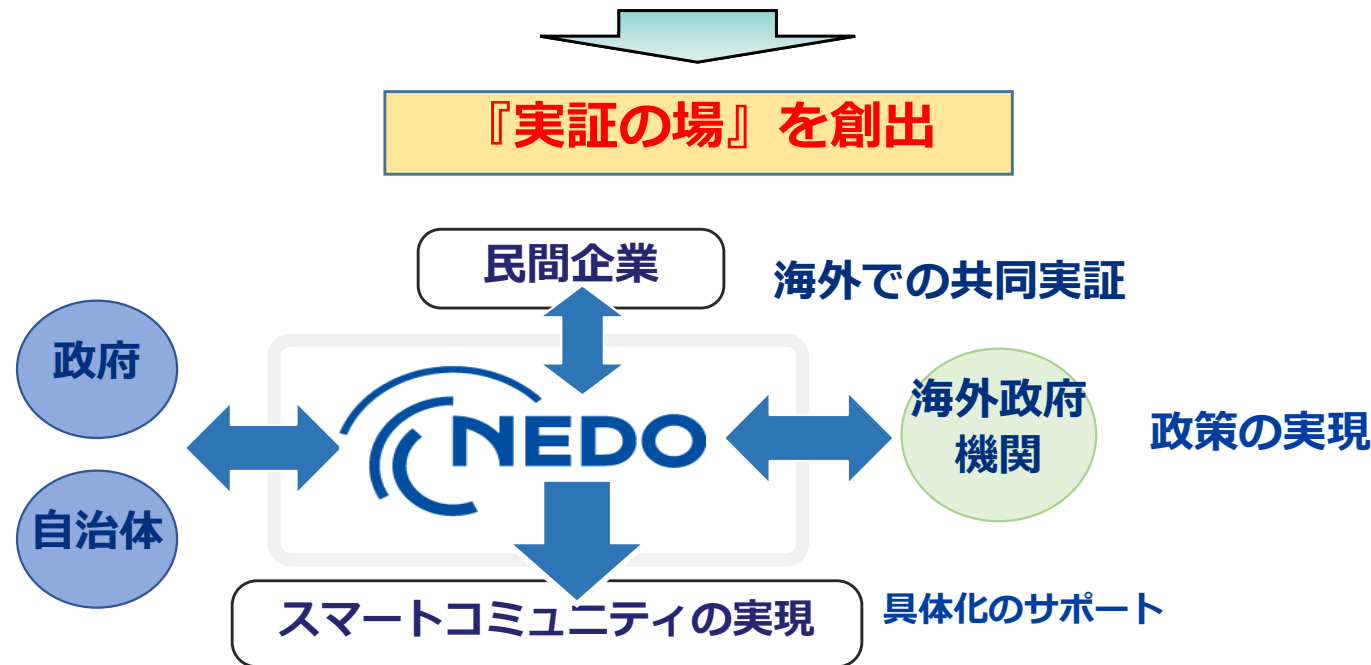


# 1. 事業の位置付け・必要性 (2) NEDO関与の必要性

## NEDOの役割

- ・加州政府との連携強化により、プロジェクトへの支援及び普及展開への協力体制を構築する。
- ・事業者が計画した実証成果を上げられるようプロジェクトの運営を適切に管理する。

実証事業を円滑に遂行していくためには、官民一体となった取り組みが必要であり、政府機関とのネットワークを活用し、民間企業の海外市場での取り組みをサポート



## 本実証事業の重要性

- ・再エネの大量導入に対応するために需給調整力の確保が必要であること、またレジリエンス強化として計画停電時でも電力供給を継続できるマイクログリッド運用技術の適用・導入が求められていることから、これらに対応できる技術を実環境で実証することは技術的に重要である。

### 相手国との関係構築と事業推進

● 2015年09月 NEDOとGO-Biz※<sup>1</sup>でMOU締結

● 2017年03月 運転開始式

● 2018年10月  
ICEFのためCEC※<sup>2</sup>長官が来日しNEDO理事長と面談

● 2018年12月 CAISOのエネルギー取引市場で運用開始

● 2019年04月 CAISOがHPで本実証事業を紹介

● 2019年06月  
CAISOのアンシラリーサービス市場で運用開始

● 2021年01月 マイクログリッド実施計画  
について日米共同プレスリリース

● 2021年12月 実証事業終了

● 2022年01月 マイクログリッド実施完了  
について日米共同プレスリリース

● 2023年02月 米国での  
現地成果報告会予定



運転開始式の様子



設置されたレドックスフロー電池

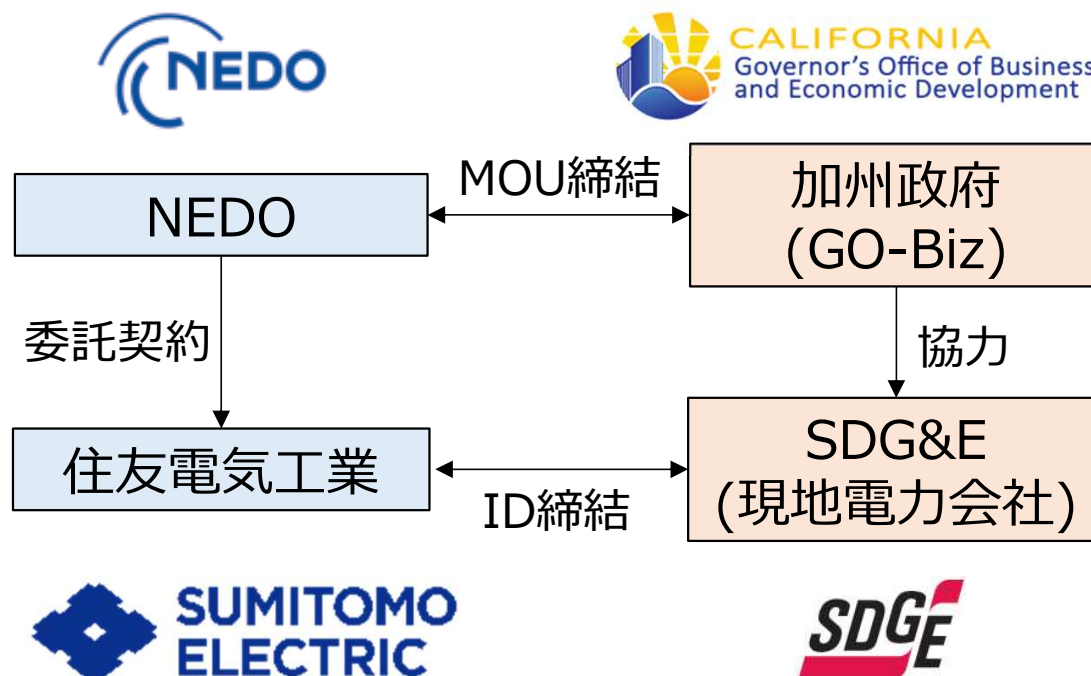
※1 GO-Biz: Governor's Office of Business and Economic Development  
(カリフォルニア経済促進知事室)

※2 CEC: California Energy Commission  
(カリフォルニア州エネルギー委員会)

## 2. 実証事業マネジメント (2) 実施体制の妥当性

- 実証のスムーズな実施、その後の普及展開における加州政府の協力を得るべく、GO-BizとMOUを締結。また、GO-Bizを介して電力分野の加州行政機関（CEC、CPUC※）や加州独立系統運用機関（CAISO）と連携することで、適宜助言を得ながら円滑に事業を推進。
- 委託先（住友電工）と現地カウンターパート企業（SDG&E）とでID（Implementation Document）を締結し、実証設備の構築および現地据え付けにあたり、現地規格・基準への適合に対して協力を得て事業を推進。

※CPUC:California Public Utilities Commission（カリフォルニア州公共事業委員会）



実施体制

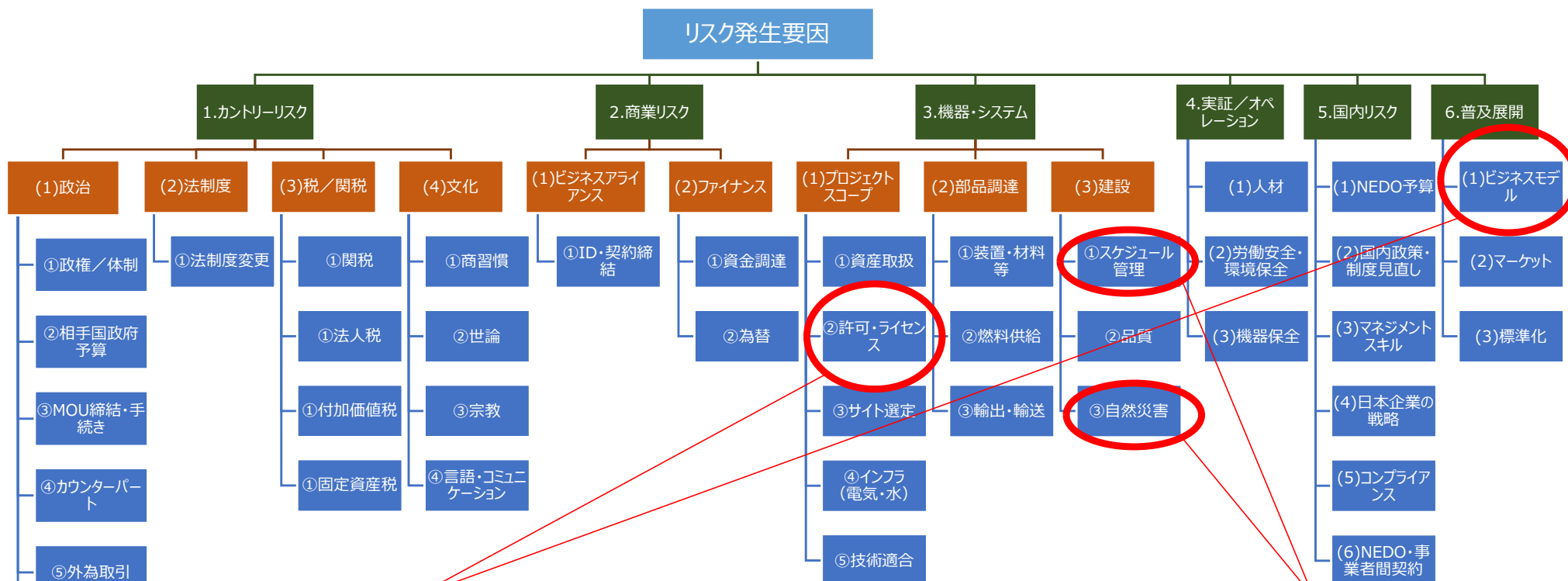


## 2. 実証事業マネジメント (2) 実施体制の妥当性

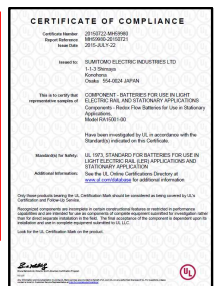
会議体等	頻度 または回数	目的	具体例
Steering committee (NEDO、GO-Biz、住友電 工、SDG&E) ※CEC, CPUC, CAISOも 出席	年2回程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト・スケジュール管理</li> <li>情報共有・課題解決に向けたコンセンサス形成、および事業の円滑な推進のための便宜供与の依頼</li> <li>必要な実務処理のための働きかけ</li> <li>成果の情報発信・広報の共同推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>追加実証実施等の提案と合意形成</li> <li>実証終了後の資産運用・管理のためのコンセンサス形成</li> </ul>
定例会議 (NEDO、住友電工)	月1回	<ul style="list-style-type: none"> <li>NEDO⇔委託者間で交わす「実施計画書」に基づく、進捗実行管理。</li> <li>NEDO規定・責任範囲内の意思決定、承認のため協議等</li> </ul>	定例プロジェクト進捗管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>情報・課題・問題の共有</li> <li>予算の適切な管理</li> <li>情報発信・広報の推進</li> <li>対処方針・審議 (適宜)</li> </ul>
現地パートナー定例会議 (住友電工、SDG&E)	月1回	<ul style="list-style-type: none"> <li>ID締結者間でIDに基づく、進捗実行管理。</li> <li>設置システム (RF電池設備) の状況共有、データ取得状況の管理</li> <li>取得データ分析と技術的課題整理</li> <li>資産譲渡に向けた協議</li> <li>普及活動</li> </ul>	定例プロジェクト進捗管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>情報・課題・問題の共有</li> <li>予算の適切な管理</li> <li>情報発信・広報の推進</li> <li>対処方針・審議 (適宜)</li> </ul>
リスク管理 (関係者全員)	適宜	「国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン」に基づき、実証を実施する上でのリスク要因について、NEDOと事業者で議論を行い、想定されるリスクに対する対応計画を検討・策定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>次項参照</li> </ul>

# 2. 実証事業マネジメント (2) 実施体制の妥当性

2018年2月にNEDO国際部が制定した「国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン」に基づき、国際実証を実施する上でのリスク要因について、NEDOと事業者で議論を行い、想定されるリスクに対する対応計画を検討・策定し、事業に臨んだ。



- 現地の規格に準拠するため、米国市場での拡販に向けてセルスタックのUL認証を取得
- 海外EPCとの協業、タンク等の部材の現地調達を検討



セルスタックUL認定証

- コロナ禍による渡航制限が発生したが、リモート会議での事業進捗管理、および現地職員との連携により計画通りに事業を推進。
- 加州での山火事等による停電回数の増加を背景に、電力システムのレジリエンス強化のニーズを受けて、これに柔軟に対応するため追加でマイクログリッド実証を設定。

### 事業目的

加州地元電力会社SDG&EのSan Miguel変電所にRF電池（2MW/8MWh）を設置し、再生可能エネルギーの増加が引き起こす諸課題の解決、および非常時のレジリエンス向上に向けた、RF電池の有効利用方法を実証。RF電池を用いた配電系統およびCAISOでの運用、マイクログリッド実証で得たデータを元に事業性ならびにビジネスモデルを検討し、普及展開に資する。

### 実証テーマ

#### ■ STEP1 配電網での複合運転

配電系統においてPV導入量の増加により生じる諸課題の解決として、以下の機能を実証。

- (1) 配電系統の負荷平準化（PV余剰電力活用、ピーク電力削減）
- (2) 配電系統の負荷シフト（系統全体の負荷平準化に寄与）
- (3) 配電線の負荷変動抑制（負荷変化率を抑制）
- (4) 電圧調整
- (5) 配電系統の負荷平準化と電圧調整の複合運転

#### ■ STEP2 送電網での複合運転

CAISOのエネルギー市場とアンシラリーサービス市場に参加して各市場での運用、および両市場での複合運転を実証し、経済価値を明確化。

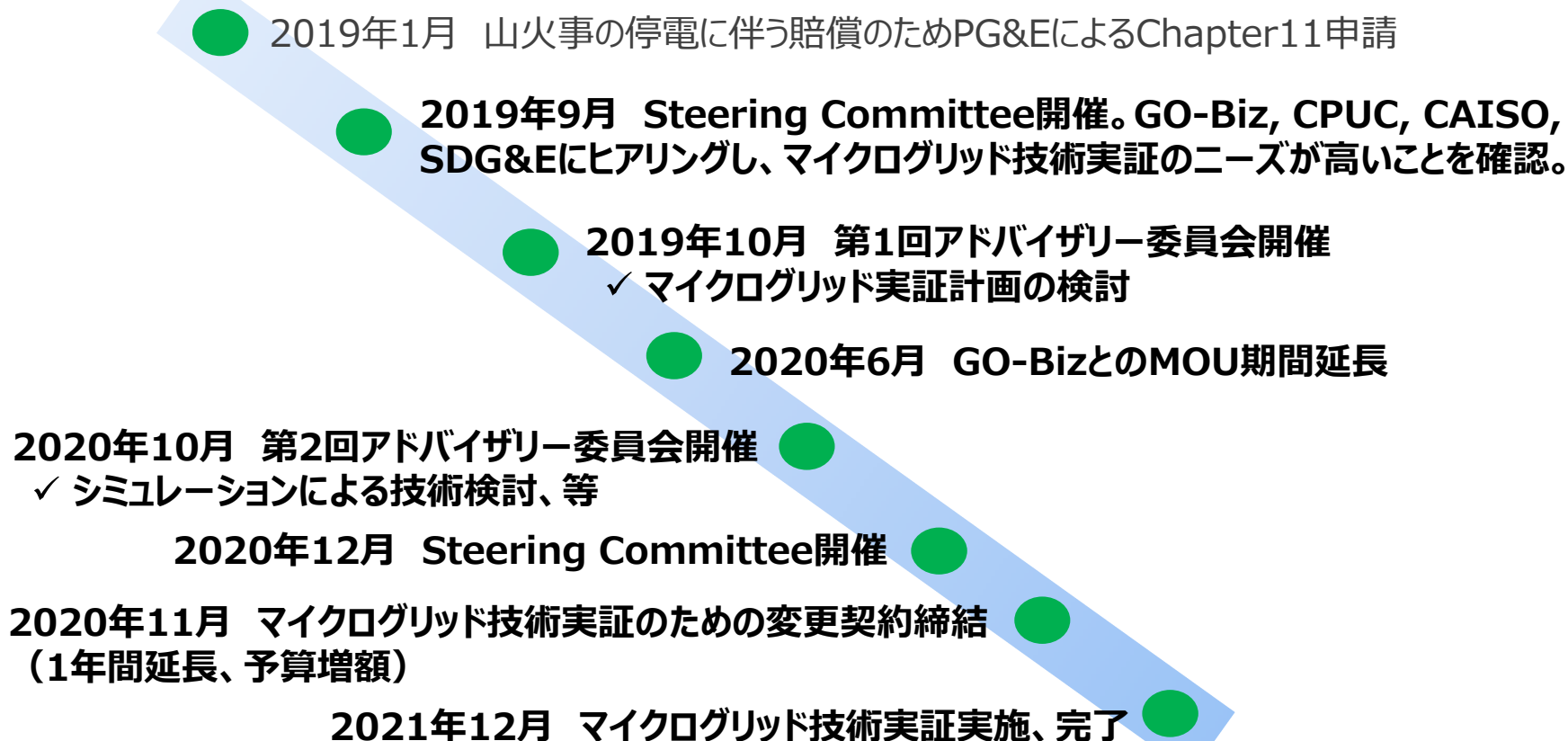
#### ■ STEP3 送配電網における複合運転

平常時はCAISO市場参加により送配電網での運用を行い、停電などの非常時は配電網の一部を系統から切り離してマイクログリッド運用を行う、平常時・非常時で分けた送配電網での複合運転を実証。

### 加州の課題・ニーズの把握

- 2018年 SB901制定：低湿度、強風等の条件が重なった地域で、山火事を防止すべくユーティリティが緊急電力供給停止することを制度化。
- 2019年10月 加州ユーティリティ各社がSB-901に基づき大規模な緊急電力供給停止を実施。特にPG&E社では過去最大規模で200万人に影響し社会問題化。

### 課題共有・問題解決



相手国政府・企業との協力体制を整えた上で、ニーズを捉えて柔軟に計画を変更

## 2. 実証事業マネジメント (3) 事業内容・計画の妥当性



### スケジュール

年度	FY2015				FY2016				FY2017				FY2018				FY2019				FY2020				FY2021				FY2022			
	4   6	7   9	10   12	1   3	4   6	7   9	10   12	1   3	4   6	7   9	10   12	1   3	4   6	7   9	10   12	1   3	4   6	7   9	10   12	1   3	4   6	7   9	10   12	1   3	4   6	7   9	10   12	1   3				
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">★ MOU締結</div> <div style="text-align: center;">★ RF電池 運開式</div> <div style="text-align: center; flex-grow: 1;">実証事業</div> <div style="text-align: center;">★ マイクログリッド 実証追加</div> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">実証設備 継続利用</div> </div>																															
Step 1	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">実証運転</div>																															
Step 2	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">実証運転</div>																															
Step 3	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">実証運転</div>																															
NED O 負担 額	28.4億円												1.0億円				0.9億円				1.4億円											

総計 31.7億円

#### 【相手国負担】

- RF電池基礎工事、労務費など：2.4億円

※フォローアップ事業として、2023年2月に現地成果報告会を開催予定。同会には政府関係者とともに、普及展開先の候補となる企業を招待することで効果的に実証成果をPRし、実証成果の普及展開につなげることを目的とする。



## 実証の目的

米国カリフォルニア州の電力会社(SDG&E社)基幹変電所にRF電池を設置し、下記の実証を実施

- ・ 配電網での複合運転
- ・ 送電網での複合運転
- ・ 配電網/送電網両方における複合運転

## 仕様

項目	仕様
蓄電池定格出力	2MW (1MW × 2バンク)
蓄電池定格放電容量	8MWh (4MWh × 2バンク)
交直変換装置定格出力	3MVA (1.5MVA × 2バンク)
連系電圧	12kV (60Hz)
蓄電池種類	RF電池



## 事業経過

- ・ 施工、現地試験: 2016/10 ~ 2017/6
- ・ 実証運転開始: 2017/6 ~
- ・ 実証事業終了: 2021/12
- ・ 商用運転開始: 2022/1 ~



## 長寿命

- 設計寿命20年以上。
- 充放電サイクル数無制限、運転条件の制約無し。
- 電解液はリユースが可能。

## 運用性

- 常温動作で運転/停止も容易。
- 充電状態を常時正確に把握可能。
- セルの充電量均等化や充電量計測値リセット等の保守が不要。

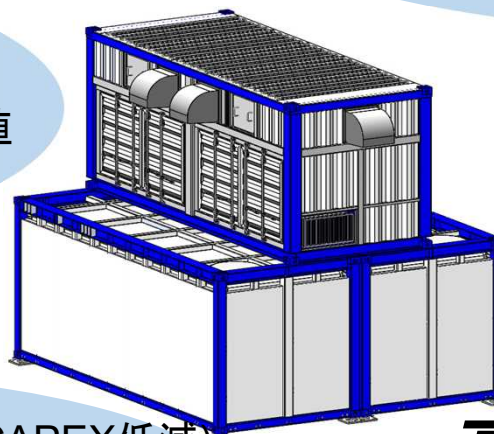
## 低廉なLCC※

- 長時間容量ほど容量単価が低減 (CAPEX低減)
- 20年間、電池、電解液交換不要 (OPEX低減)
- 撤去時に電解液廃棄不要 (撤去費用低減)

※ LCC: Life Cycle Cost

## 高い安全性 (火災耐性)

- 電解液は水溶液で不燃。危険物不使用。
- 運用時、設備が損傷するような大災害時においても、火災、有害ガス発生リスクは低い。
- 設置時の行政許可、届出が容易。



## 高い設計自由度

- 出力(kW)と容量(kWh)を独立に設計可能
- 大型化、大容量化が容易。

短所: エネルギー密度が低い

### 3. 事業成果 目標の達成状況と成果の意義



#### 目標と成果・達成度

項目	目標	成果	達成度/課題
<b>Step1 配電網での 複合運転</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PV余剰電力対応、ダックカーブ緩和対応、夜間電力利用によるピーク電力の削減を実証運転で実現すること。</li> <li>・電力供給と電圧調整を同時に行い電圧を許容範囲内に収めること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・負荷平準、ピークシフト、変動抑制、電圧調整の機能を確認した。</li> <li>・負荷平準化と電圧変動抑を同時に行う複合運転を実施し電圧を許容範囲内に収めた。</li> </ul>	○ (達成) 残った課題 無し
<b>Step2 送電網での 複合運転</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力卸売市場に参加し、RF電池の特長を生かした入札アルゴリズムを開発すること。</li> <li>・開発した入札アルゴリズムでの入札を行い収入向上を実現すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RF電池の特長を生かしたアルゴリズムを適用し、計算上の最大収入に対し、80%の実績を確認した。</li> </ul>	○ (達成) 残った課題 無し
<b>Step3 配電網/ 送電網両方 における 複合運転</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・時間を分けて配電網/送電網の運転を実施すること。</li> <li>・マイクログリッド運転時は需要家に系統と同じ電力品質の電力を供給すること。</li> <li>・停電状態からブラックスタートもしくはシームレスでマイクログリッドへ移行すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CAISO市場とSDG&amp;Eもしくはマイクログリッドを時間を分けて運転し、配電網と送電網の複合運転を確認した。</li> <li>・マイクログリッドへの移行と運転中の電力品質を確認した。</li> </ul>	○ (達成) 残った課題 無し

#### 実証工程

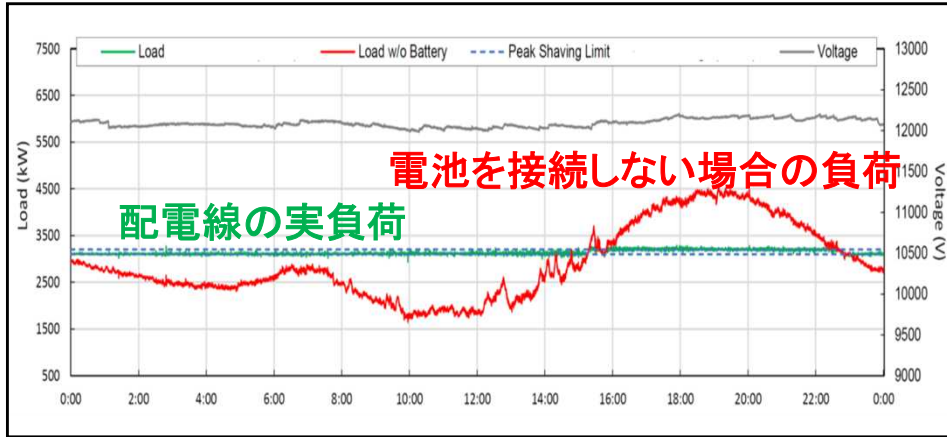
2016	2017	2018	2019	2020	2021
	施工、現地試験				
	Step1: 配電網での複合運転		Step2: 送電網での複合運転		
				Step3: 配電網・送電網での複合試験	

# 3. 事業成果 Step1 配電網での複合運転 (1)

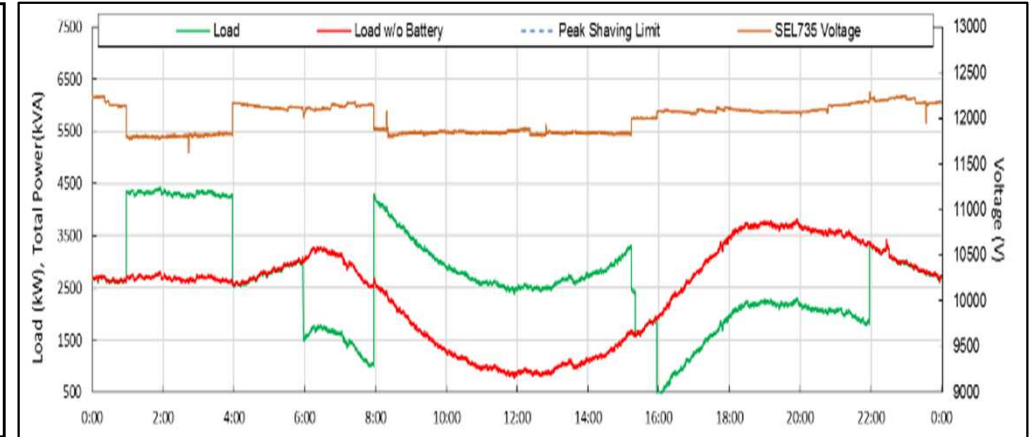


## 配電網での運転例

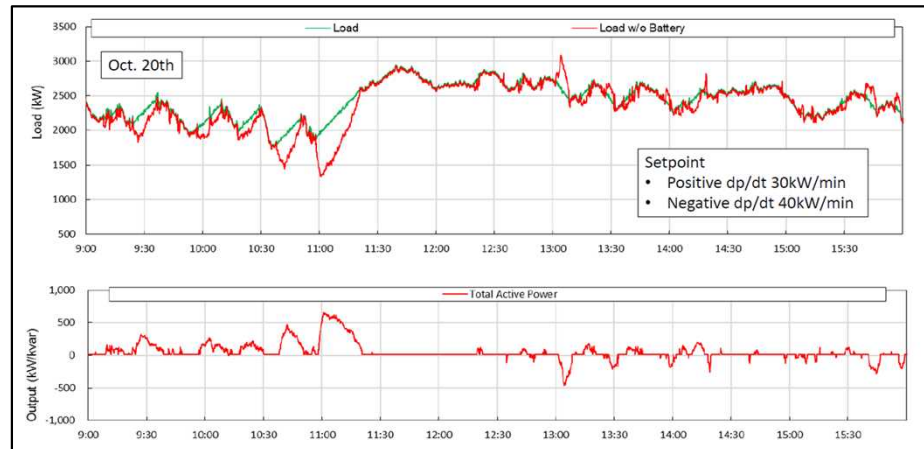
### 配電線の負荷平準化



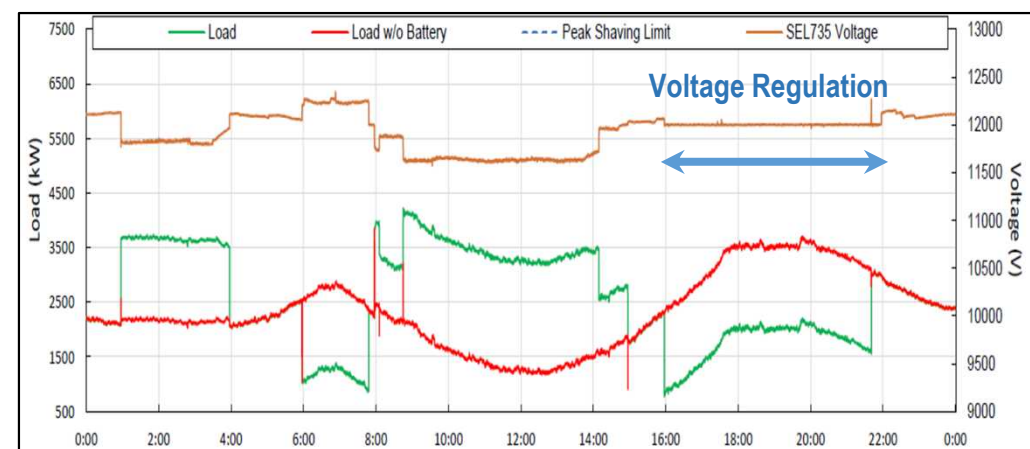
### 朝タ2サイクルのピークシフト



### 配電線の負荷変動抑制



### 電圧調整

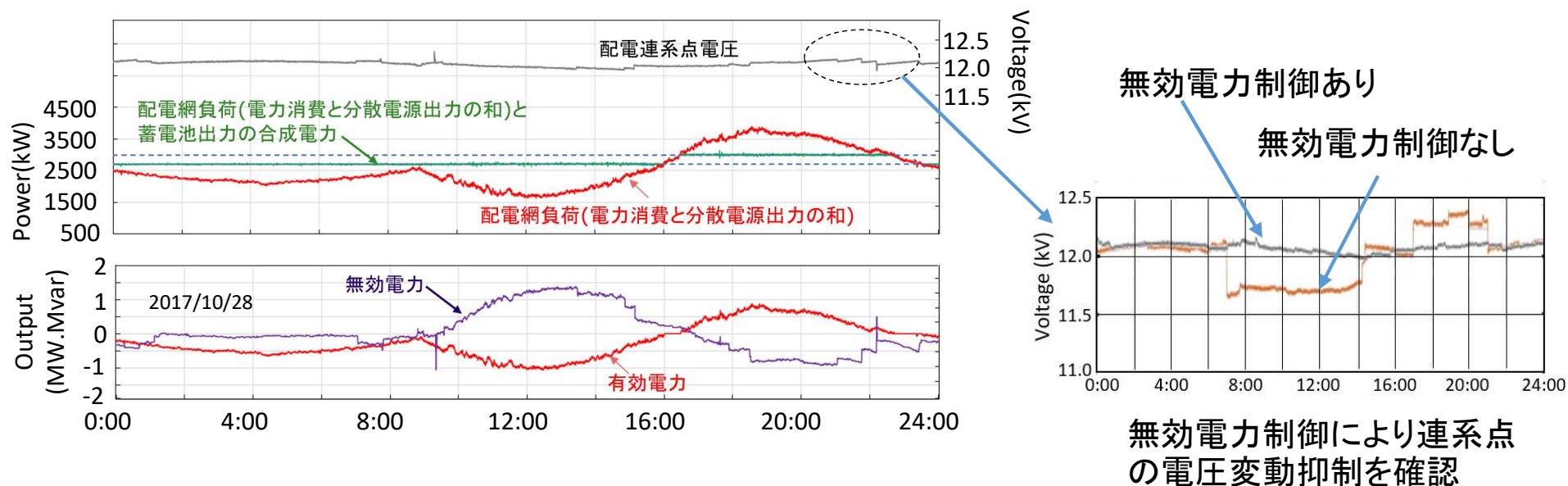




## 複合運転の例

### 負荷平準化と無効電力制御による連系点の電圧変動抑制の複合運転

#### 試験結果



- ・ RF電池から有効電力を出力し、配電網負荷を一定値に維持しつつ、RF電池から無効電力を出力して、連系点電圧を一定値に維持したことを確認

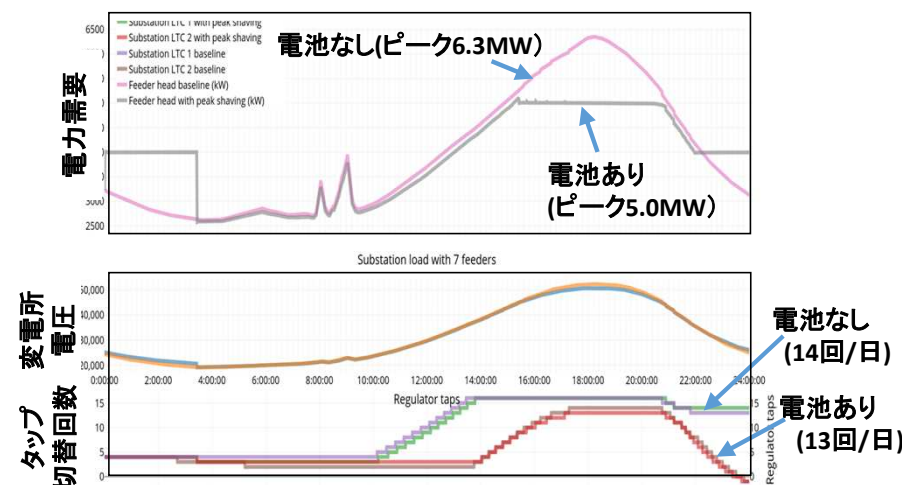
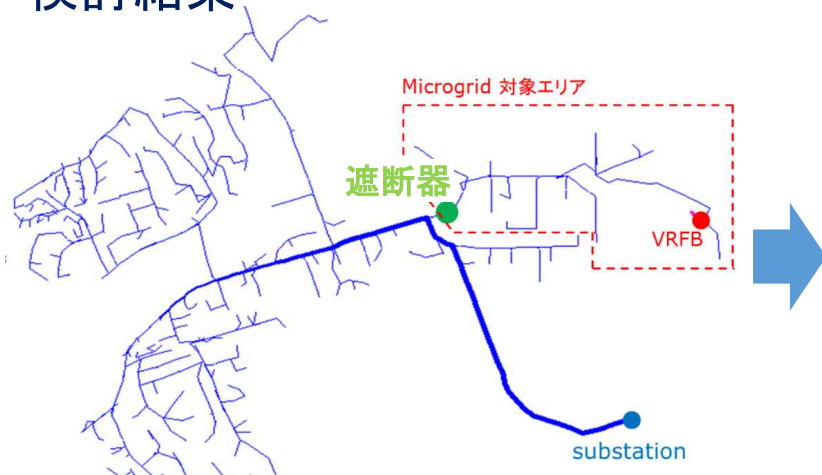


## 配電網での蓄電池活用価値の試算

### 実施内容

- 変電所の各種データ、気象データを基に配電網の電圧、電力分布のシミュレーションを行い、蓄電池によって得られる価値を評価。
- ピークカット効果、変圧器タップ切替回数等から、蓄電池導入の経済性を評価

### 検討結果



項目	価値(NPV)	備考
配電設備投資先送り	\$171k /25年	・ 変圧器投資を2023年から2026年に延期可能。 ・ 力率改善コンデンサの投資を2031年まで不要に。
エネルギー価格の鞅取り	\$ 837k /25年	・ エネルギー価格上昇の年率を仮定
O&Mコスト削減 (変圧器、コンデンサ等)	---	・ 60MW分(配電線7本)を1台のタップチェンジャで制御 ・ 電池2MWの寄与度は小さく大きな価値を生まない
total	\$1008k /25年	

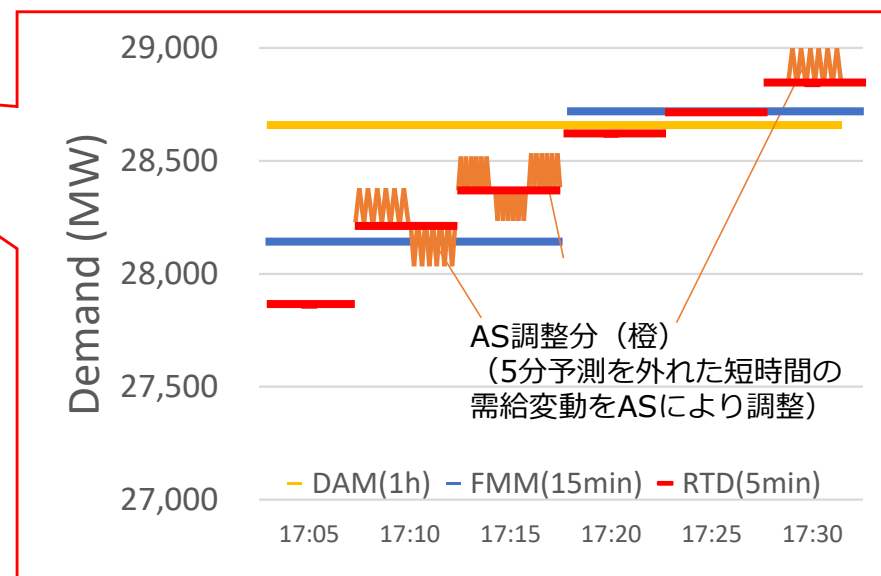
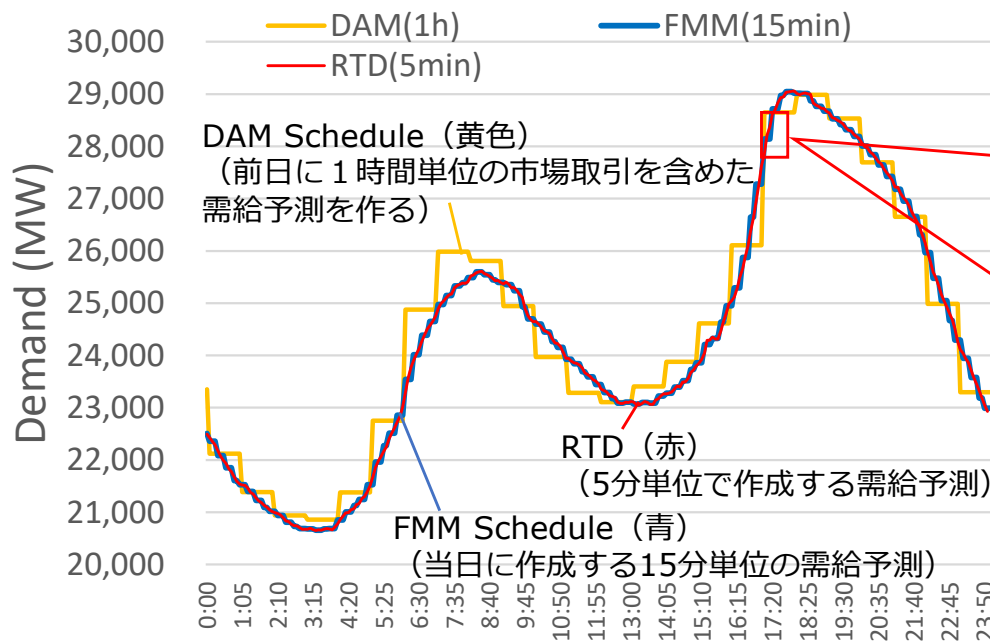
配電網運転だけでは、投資メリットが少なくCAISO市場参入が必要と判断

## 実証内容

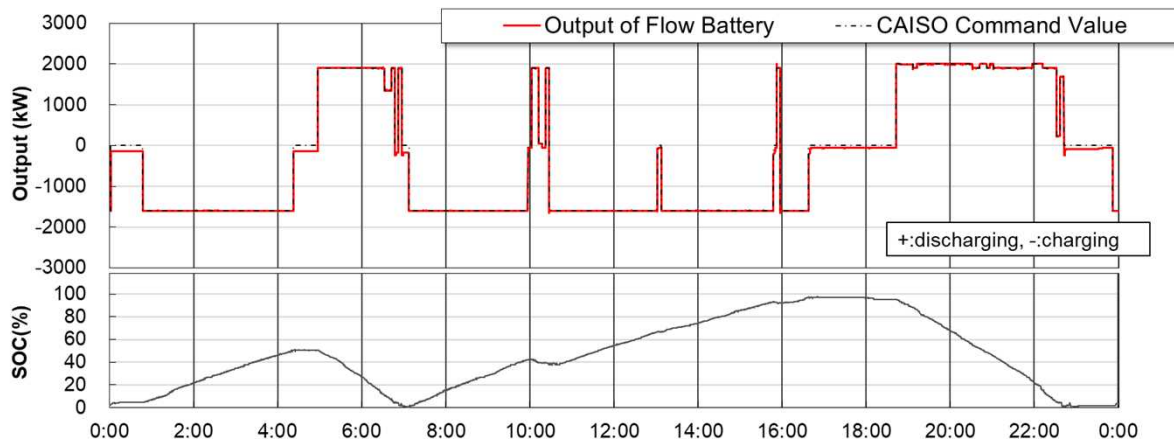
- ・ CAISOエネルギー市場およびアンシラリー市場に参加
- ・ 複合運転の経済性向上のための入札方法の検討ならびに経済価値の評価を実施

## CAISO市場メニュー

市場	サービス	概要	市場参入時期
Energy Market (エネルギー市場)	Energy (容量市場)	電力の需給状況に合わせ、電力量を調達する市場	2018/12
Ancillary Market (アンシラリー市場)	Regulation Up (周波数調整)	電力需給の変動によって発生する周波数変動に対する調整市場 (放電)	2019/6
	Regulation Down (周波数調整)	電力需給の変動によって発生する周波数変動に対する調整市場 (充電)	
	Spinning Reserve (瞬動予備力)	グリッドに接続/同期された状態から、指令を受けたら10分間応答可能となる予備力市場	



## エネルギー市場での運転例 (落札した容量(MW)で連続して充放電を行う。)

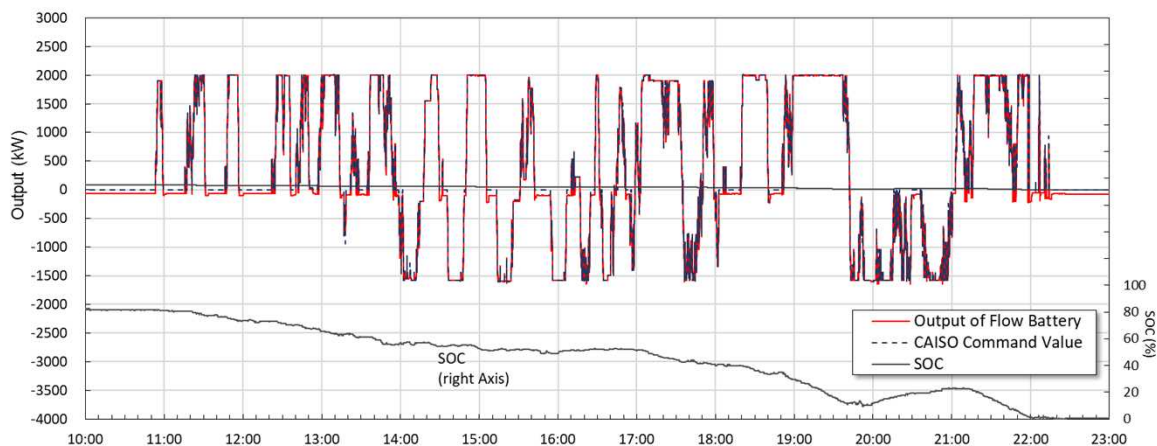


RF電池には運転制限がない。  
CAISO指令に従い  
SOCが0~100%となる  
深い充放電を行っても劣化しない。



## アンシラリー市場での運転例

(CAISOからの4秒周期の指令により充放電を行う。)

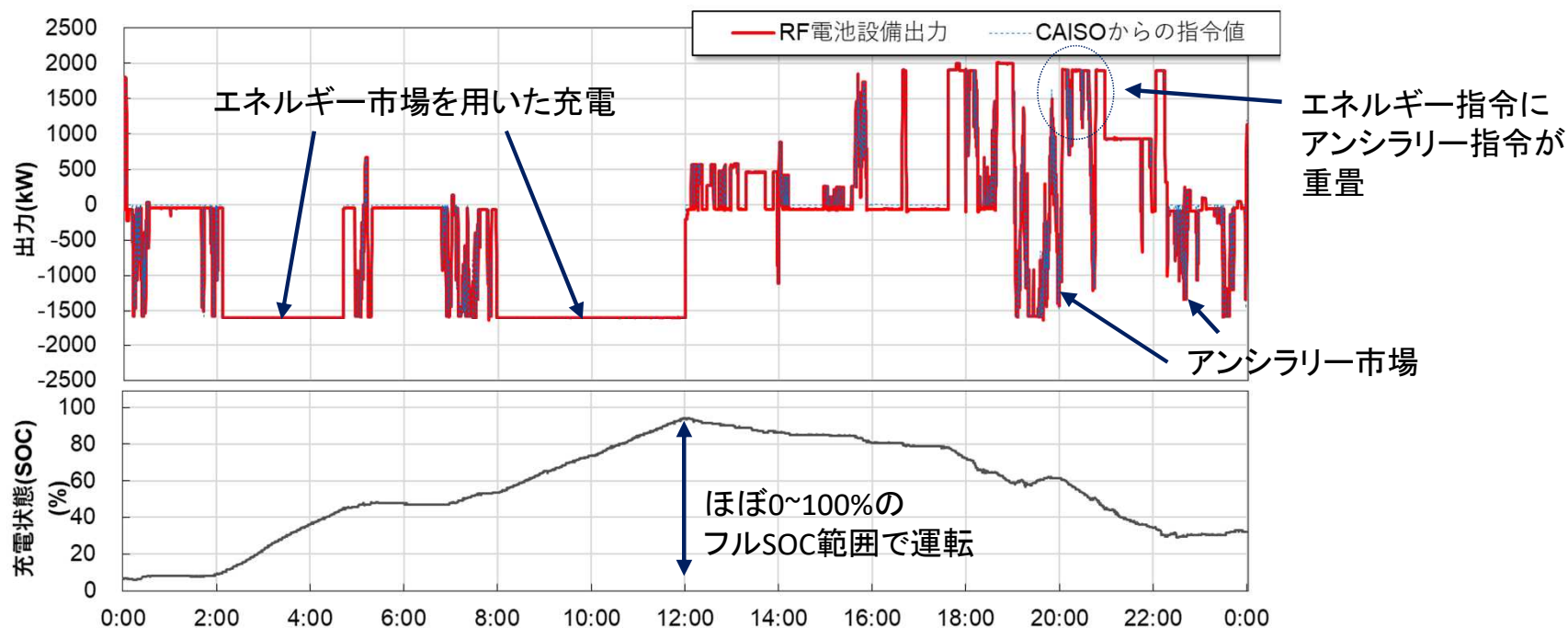


充放電容量が求められる  
エネルギー市場、  
高速な応答が求められる  
アンシラリー市場の双方において  
RF電池は、制限なく運転可能



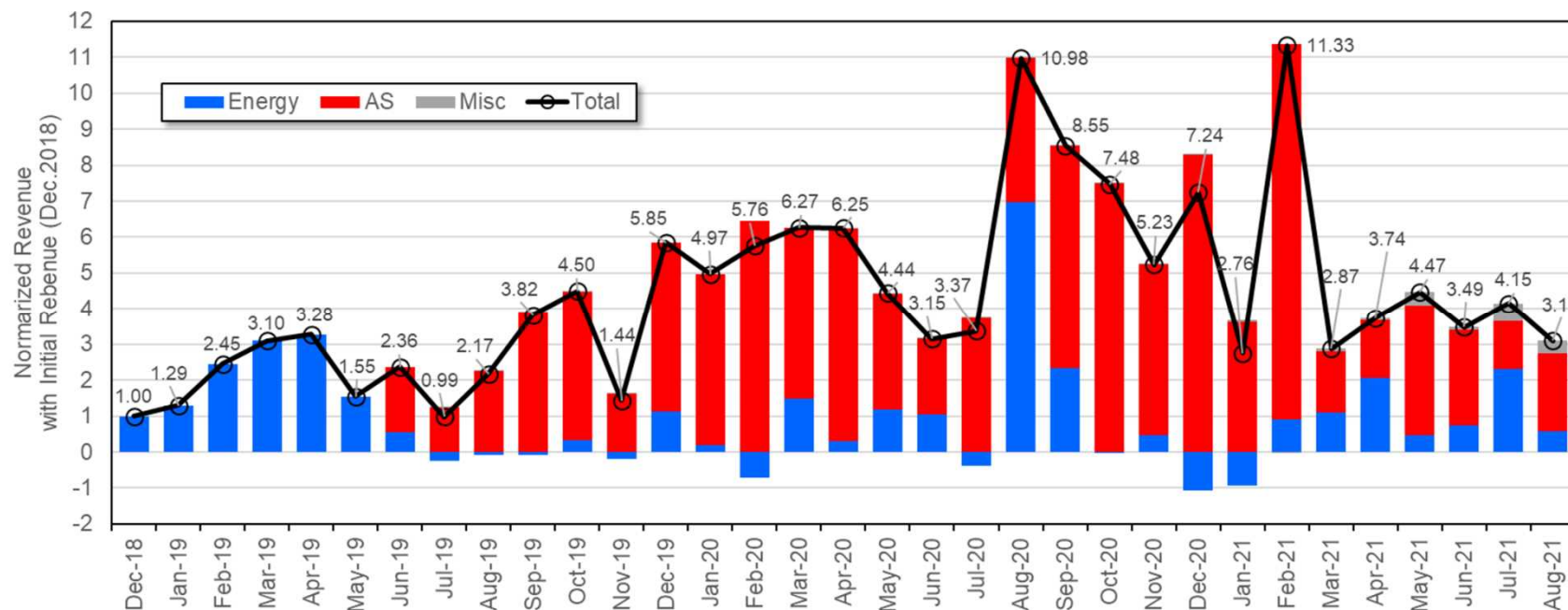
不規則な充放電を行っても  
RF電池は  
SOCを正確に管理できる。

#### エネルギー市場とアンシラリー市場との複合運転例



- ・ エネルギー、アンシラリー両市場でCAISO指令に追随した充放電を確認
- ・ 広いSOC利用範囲にて、安定に連続した運転を確認
- ・ 電力単価が低い日中に充電し、収入が期待できる夕刻にアンシラリー市場での運転を行うことで連続運転、高い経済性を確認

## CAISO運用における収益の実績



### 入札アルゴリズムの改善

- エネルギー市場と比較しアンシラリー市場にて高い収益を得られた。
- RF電池の充放電回数やSOCの運用幅に対する制約がない特長を生かし、アンシラリー市場での収益を最大化する入札アルゴリズムを開発した。



- 事後に開示される電力取引単価から計算される最適な入札による最大収入に対して、電力単価に左右されず安定して80%の収入実績を得た。



## 時間分割による複合運転

### サービスとその区分

Domain	Reliability Services	Non-Reliability Services
Customer	None	TOU bill management; Demand charge management; Increased self-consumption of on-site generation; Back-up power; Supporting customer participation in DR programs
Distribution <sup>7</sup> <b>配電網</b>	Distribution capacity deferral; Reliability (back-tie) services; Voltage support; Resiliency/microgrid/islanding	None
Transmission	Transmission deferral; Inertia*; Primary frequency response*; Voltage support*; Black start	None
Wholesale Market <b>送電網(CAISO市場)</b>	Frequency regulation; Spinning reserves; Non-spinning reserves; Flexible ramping product	Energy
Resource Adequacy	Local capacity; Flexible capacity; System capacity	None

出典: California Public Utilities Commission "COMPLIANCE REPORT", Filed Aug.9, 2018, p10  
<http://docs.cpuc.ca.gov/PublishedDocs/Published/G000/M206/K462/206462341.PDF>

1台の蓄電池設備を、2つ以上のReliability Serviceに同時提供することは認められない。これを回避してデュアルユースを行うために、以下を検討/実施した。

- (i) 容量分割: バンク別に送電網/配電網に割り当て。メータの切り分けが困難
- (ii) 同時制御: 送電網の有効電力によるエネルギー市場と配電網での無効電力による電圧制御は可能であるが、力率制限がありCAISOからの有効電力指令に追従した運転は不可能
- (iii) 時間分割: CAISO市場とSDG&E指令による運転を運転時間を分けて実施。期待した収入が得られず。



(iii)の発展形として平常時(グリッド)/非常時(マイクログリッド運転)に分ける時間分割運転を、配電網と送電網両方における複合運転とした。

## 非常時のマイクログリッド運用ニーズ

### 以前からあるマイクログリッドのニーズ

- ・ 初期のニーズ:重要負荷(データセンター等)、ミリタリー用がメイン
- ・ 電力インフラ起因:2017~2018年の加州の森林火災は、突風により破断した送電線と大地間でのスパークが 要因の1つとされ対策が必要となった



### 気象変動を起因とする電力の信頼性・確実性向上への要請

- ・ USでは停電が多い上、山火事、ハリケーン等の自然災害が増加し、電力の信頼性・確実性向上(レジリエンシー向上)への意識が高まった。
- ・ 2018年までの大規模な山火事被害を受け「SB901(山火事発生対策の送電停止)成立」  
→ 停電する地域が増加し、停電時対策としてのマイクログリッド導入に向けて、「AB2868の推進(3社合計0.5GWの電池導入)」, 「SB1339(マイクログリッド導入支援)成立」が活発化。
- ・ CPUC, CAISO, SDG&Eにヒヤリングの結果、マイクログリッドに対する期待が高く、実証要望あり。



AB 2868 (2016年): 緊急用電源としてユーティリティに0.5GWの電力貯蔵設備を追加導入義務化

SB 1339 (2018年): マイクログリッド導入に向けた関連ルールの整備をUtilityに義務付け

SB 901 (2018年): 低湿度、強風等の条件が重なった地域で、山火事を防止すべくユーティリティがPSPS (Public Safety Power Shutoff)を発令による緊急電力供給停止を制度化

### 輪番停電が社会問題化

- ・ 2019年10月に、SDG&E社を含むユーティリティ各社がSB-901による大規模なPSPSを発令し、電力供給を停止できるようにした州法)に基づきPSPS実施。
- ・ 特にPG&E社のPSPSは過去最大規模で、35郡74万世帯、200万人に影響し社会問題化。
- ・ 2020年夏には猛暑による需要家負荷増に対応すべく、輪番停電の要請に至った。

### 3. 事業成果 Step3 送電網と配電網での複合運転 (3)

平常時はCAISO市場参加により送電系統で運用し、停電時等の非常時は配電網の一部を系統から切り離してマイクログリッド運用を行う、平常時・非常時で分けた送配電網での複合運転を実証。



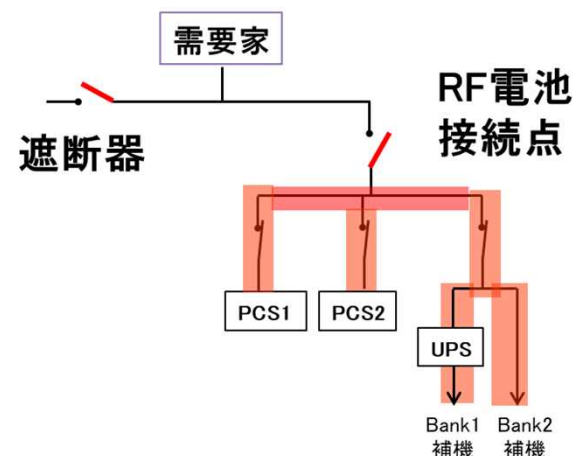
対象エリア：蓄電池サイトから2.2km離れた遮断器までの区間（分岐含む）  
需要家数：66需要家  
契約負荷：約400kW  
その他：PVあり(100kW以上)



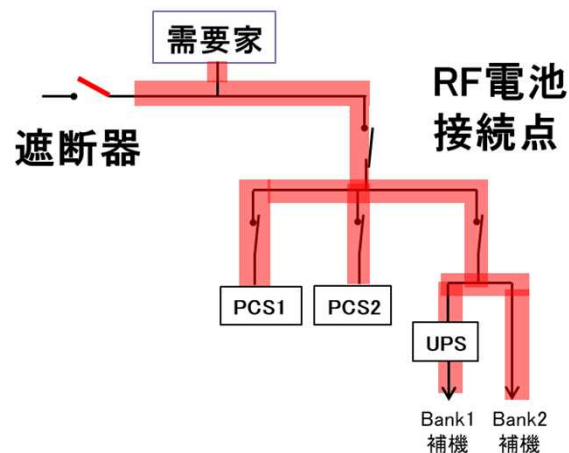


### 3. 事業成果 Step3 送電網と配電網での複合運転 (4)

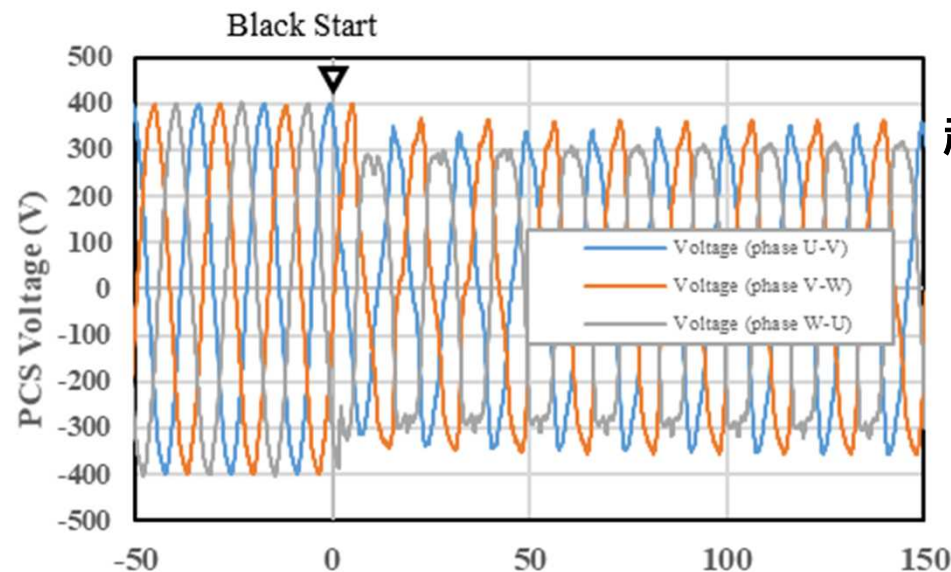
ブラックスタートの手順と  
起動時の波形の検証



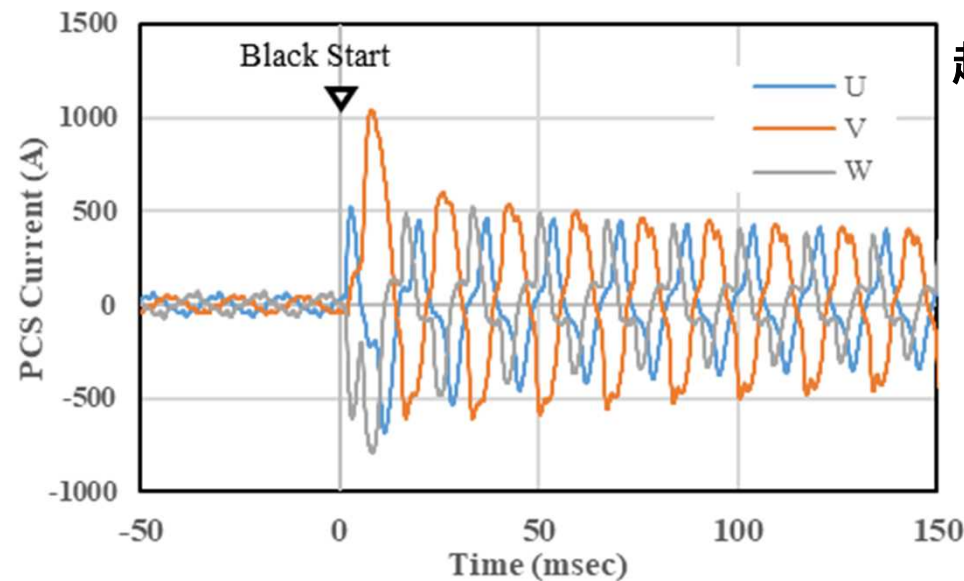
需要家停電



ブラックスタート



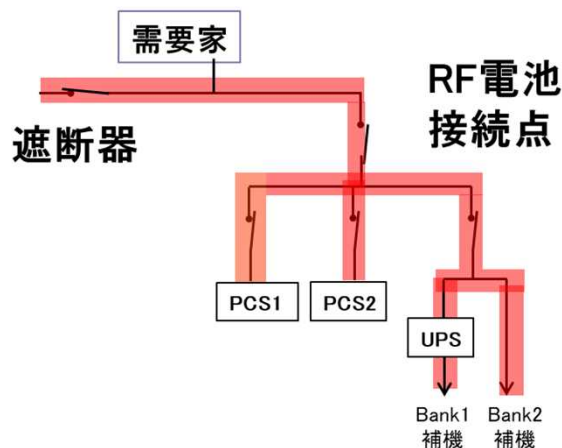
起動時の電圧波形



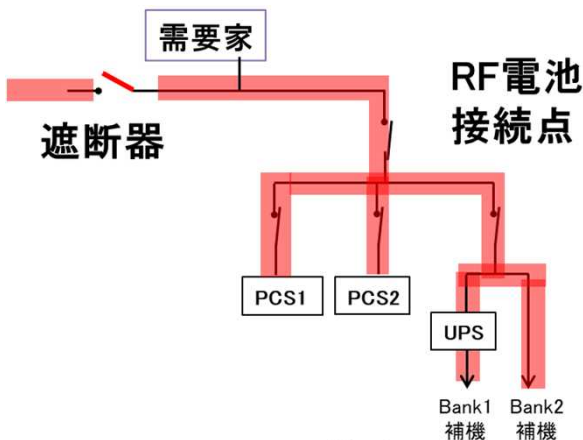
起動時の電流波形

- ・配電網の再接続による突入電流が確認されるが、PCSは不安定とならずマイクログリッドの起動を確認
- ・マイクログリッド移行後の電圧、周波数は規定の範囲内に維持できていることを確認。

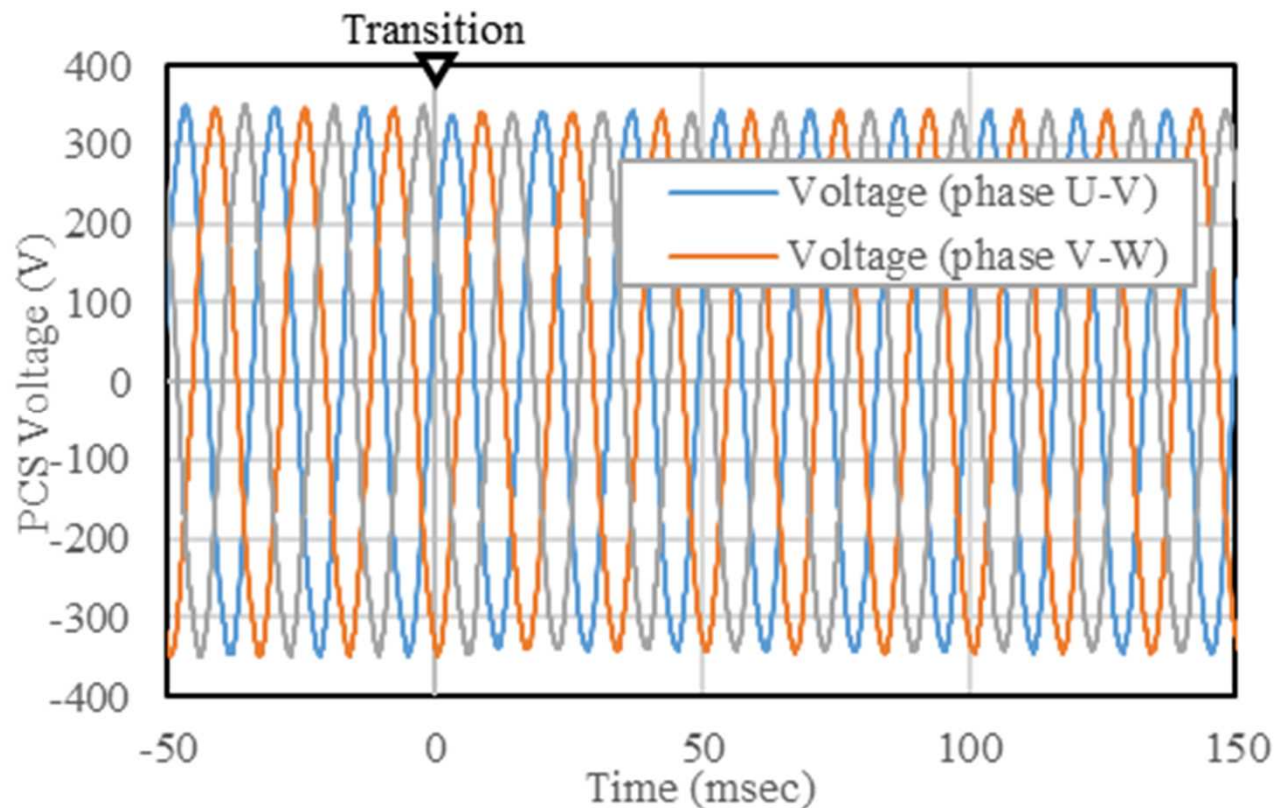
## シームレス移行の手順と波形の検証



### シームレス移行前



### シームレス移行

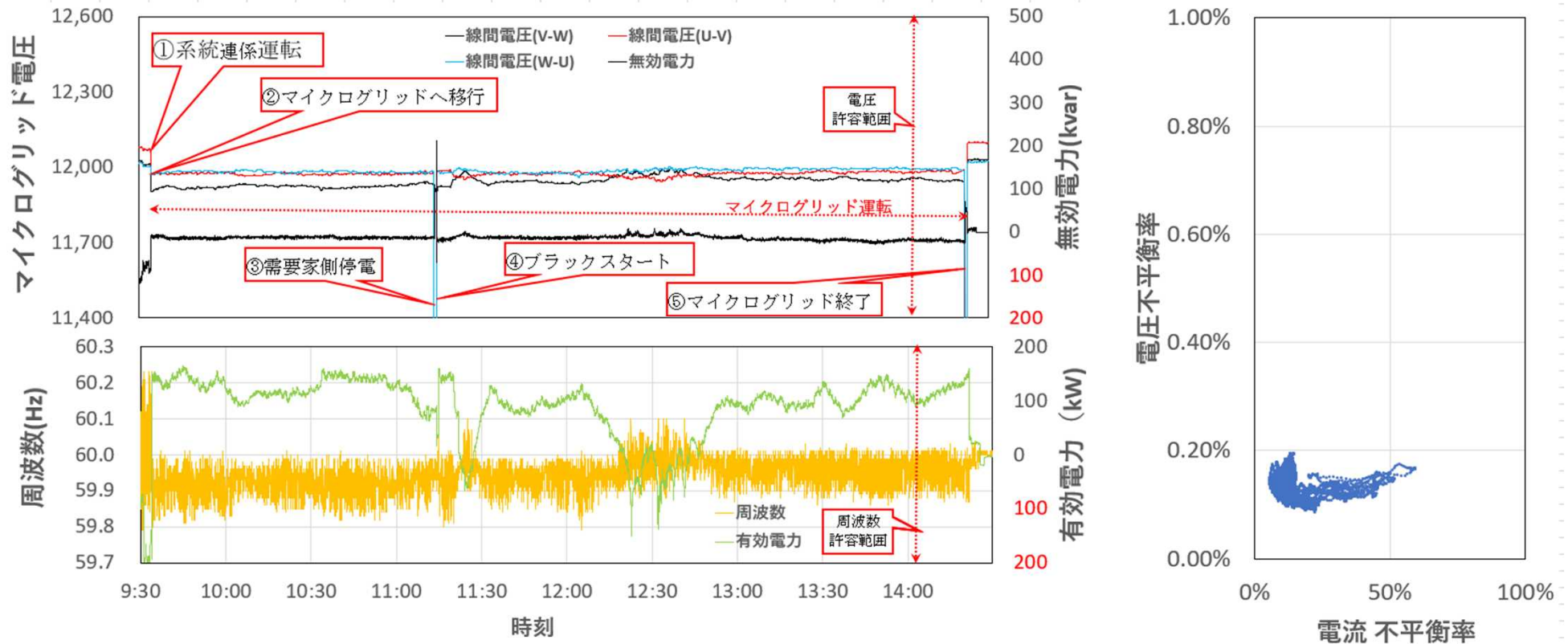


起動時の電圧波形

- 無瞬断でのマイクログリッド移行を確認。
- 移行時にわずかな電圧の低下がみられるが、PCSが十分に高速に応答したことを確認
- マイクログリッド移行後の周波数、電圧ともに規定の範囲内に維持できていることを確認。



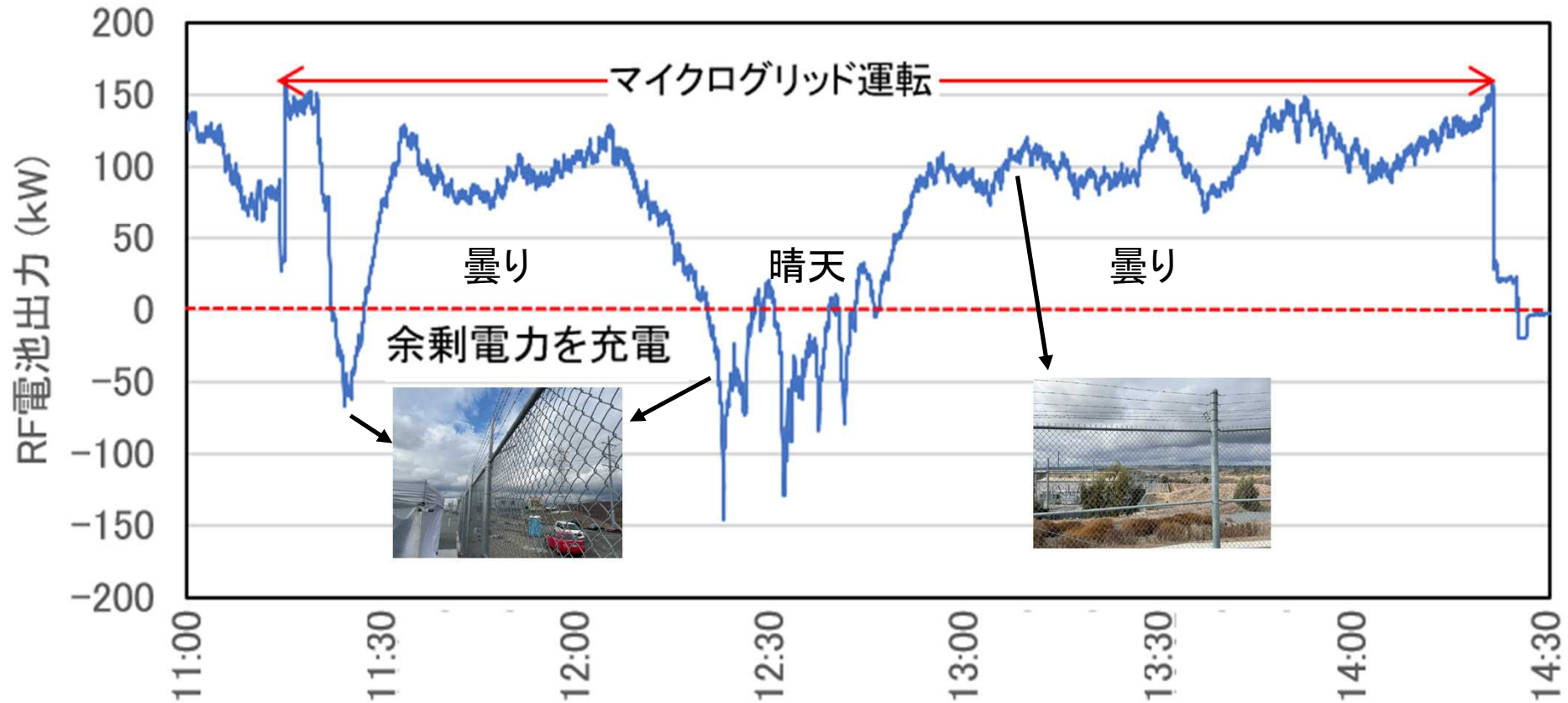
## マイクログリッド定常動作の検証 (1)



- 負荷変動に対し需給バランス調整をRF電池が実施
- 連系運転時の許容範囲内を確認(周波数 $60 \pm 0.3$ Hz、電圧 $12 \pm 0.6$ kV)

## PV余剰電力発生時の運転例

運転結果



- ・ PVの発電量が配電線の需要を超え、RF電池が余剰電力を充電することで需給調整
- ・ 発電機を電圧源とした場合は余剰電力の吸収はできない

## 放電容量の測定

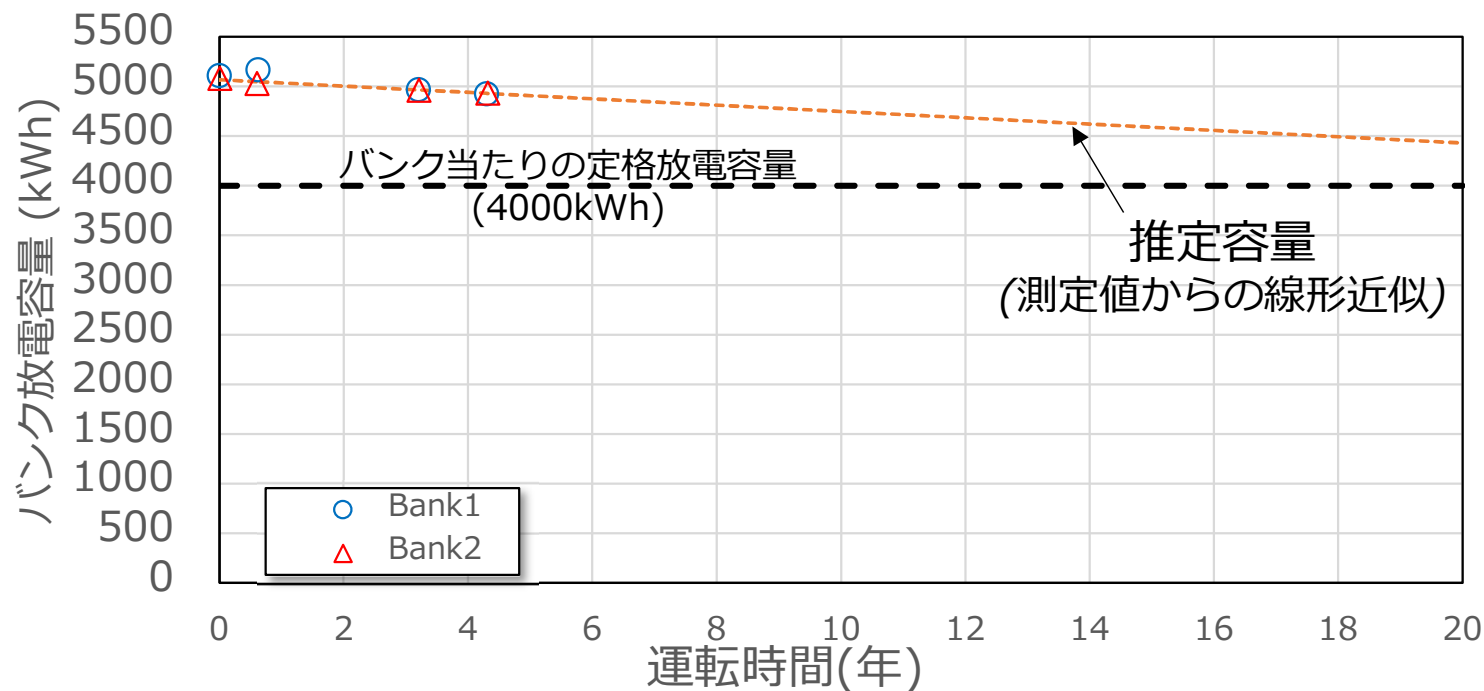
充電: 満充電状態まで充電

放電: 定格出力(AC1000kW)で放電末まで放電

放電中の電力値から次式で算出

$$E_0 = \sum_{i=0}^n P_{o_i} \times \Delta t$$

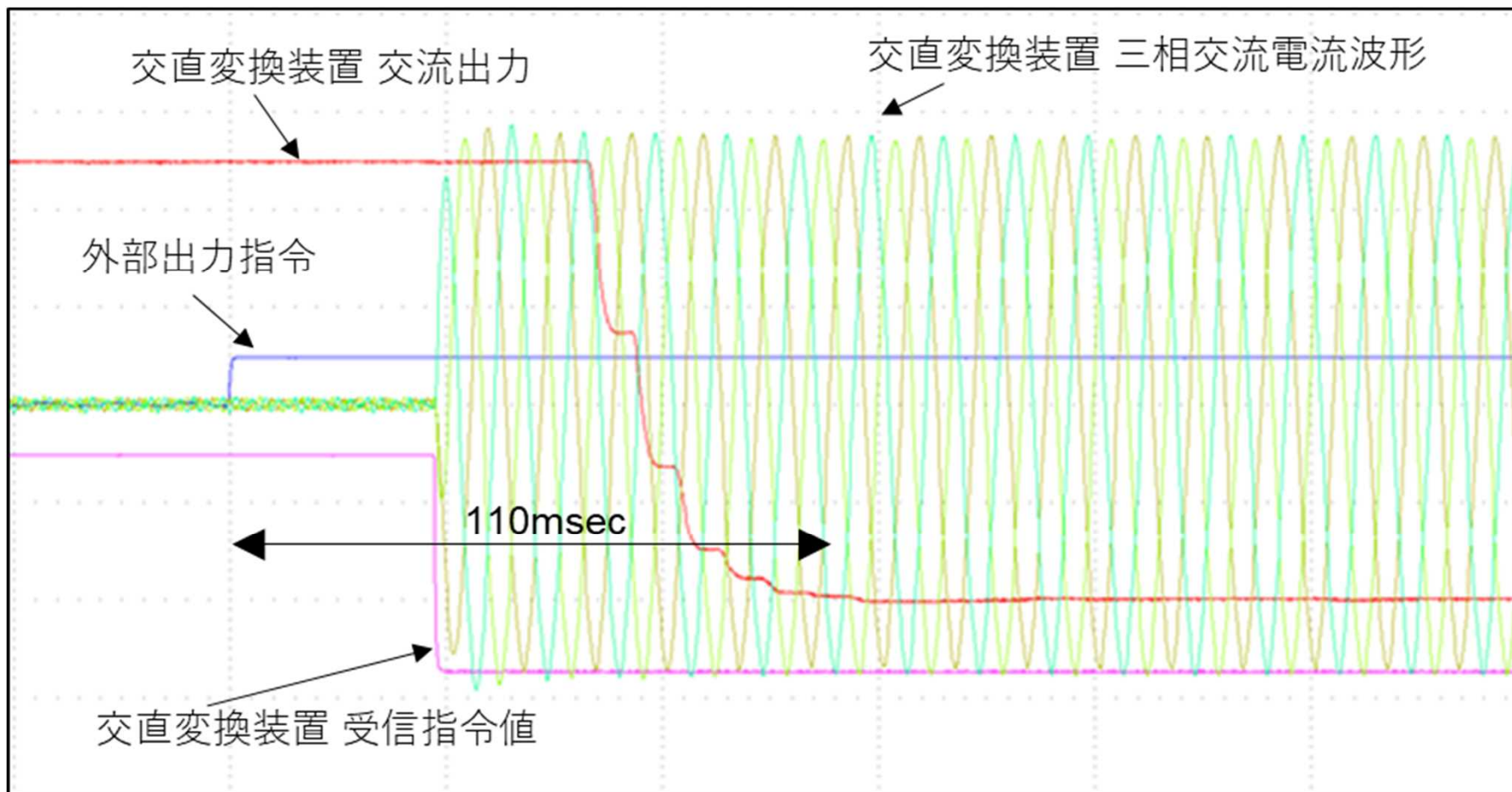
$E_0$ (Wh): 放電容量  
 $P_{o_i}$ (W) : 時刻*i*における放電有効電力  
 $\Delta t$  : 測定サンプル時間(10秒)



設計寿命である20年後においても定格容量を確保

### 3. 事業成果 蓄電池の応答試験結果

応答試験	
合格基準	200 msec未満
試験結果	合格 (110msec)



- ・出力指令発出後110msecで指令値に到達し、目標値(200msec)以下の応答速度を確認

稼働率を以下のとおり定義した。

$$\text{稼働率} = \frac{\text{解析対象時間} - \text{計画停止時間} - \text{計画外停止時間}}{\text{解析対象時間} - \text{計画停止時間}}$$

### 本事業の稼働率計算結果と公開されている他事業との比較

本事業と他事業との稼働率

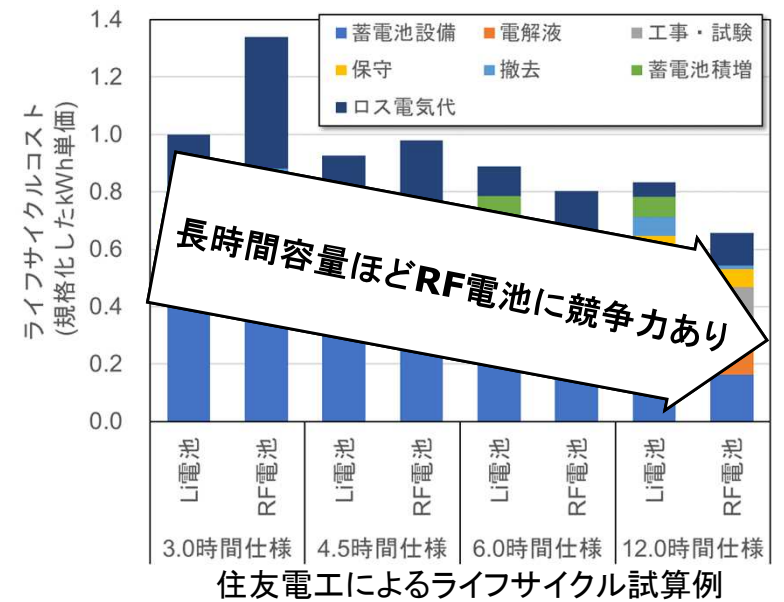
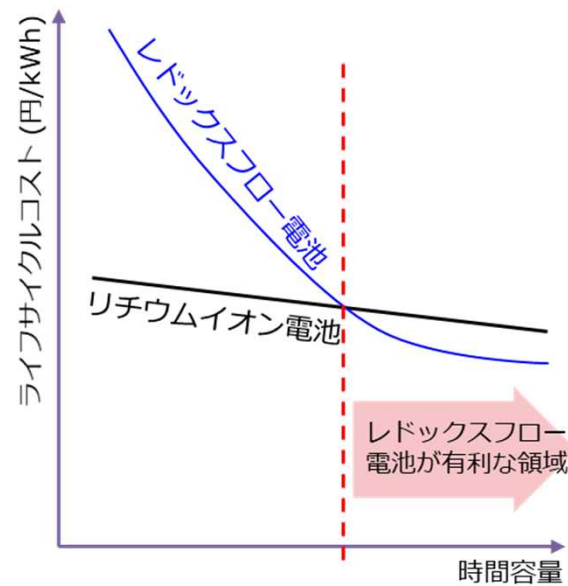
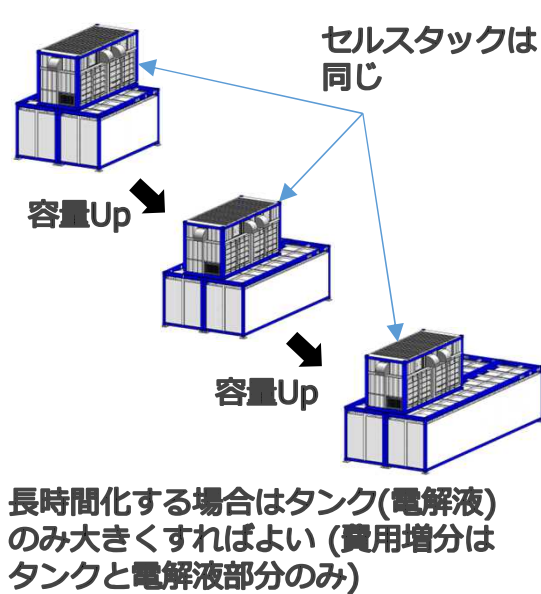
Project	(NEDO) SDG&E Miguel変電所	(METI-NEPC) 北海道電力 南早来変電所	(DOE) Tehachapi Wind Farm
蓄電池種別	レドックスフロー電池 (住友電工製)	レドックスフロー電池 (住友電工製)	リチウムイオン電池 (LGケミカル製)
蓄電池容量	8MWh (2MW x 4h)	60MWh (15MW x 4h)	32MWh (8MW x 4h)
評価期間	2017/8~2021/9 (4年)	2015/12~2018/12 (3年)	2014/8~2016/12 (2.5年)
稼働率	<b>94%</b>	<b>99%</b>	<b>79%</b>

- ・ 運転停止に至る温度制約が少ないこと、予期せぬトラブルが少なかったことから、米国DOEの実証事業におけるリチウムイオン電池と比較して15%高い稼働率が得られた。
- ・ 計画外停止の要因は主として、米国の慣れない施工業者起因、UL対応部品の偶発故障等による停止であり、蓄電池自体の故障ではない。
- ・ 国内RF電池案件と比較して稼働率が5%低く、海外展開における品質管理、維持に対する課題が抽出された。
- ・ **最近1年間(初期故障影響排除)の稼働率は99%**と国内実証と同程度



# 4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力 (対LiB優位性)

- ライフサイクルコストの観点からは、レドックスフロー電池は長寿命のため保守費用が安価、また、電解液のリユースが可能ことから撤去費用も安価となる。
- 長時間容量ほどレドックスフロー電池の容量単価(\$/kWh)は安価になることもあり、今後需要が伸びる長時間市場ではライフサイクルコストで競争力がある。
- 火災の可能性が極めて低いこともメリット (2021/7豪州、2022/9米国で大型リチウムイオン電池設備火災あり)



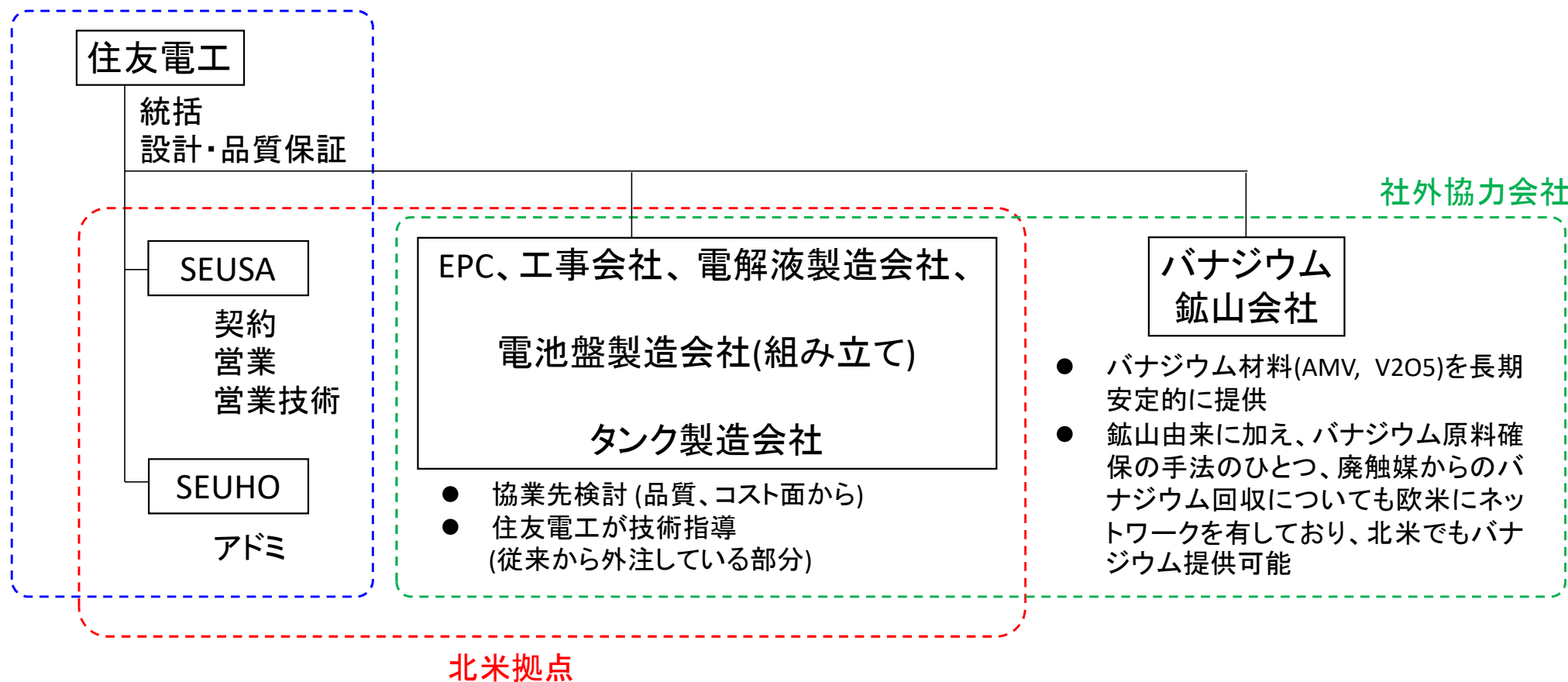
LCC = CAPEX(初期建設費用) + OPEX(運用費用) + Removal Cost(撤去費用)	
CAPEX (初期建設費用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 長時間仕様によりフロー電池の容量単価は低下</li> <li>✓ 電解液のリユースにより初期コストは低減</li> <li>✓ 危険物不使用により火災対策費用は極小 (消火器のみ)</li> </ul>
OPEX (運用費用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ レドックスフロー電池の電解液、セルスタックは適切な保守により20年間使用可能</li> <li>✓ 電池劣化対策としての、初期の電池積増しや、運用期間中の電池交換は不要</li> </ul>
Removal Cost (撤去費用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電解液は廃棄せずに、リユース、リサイクル可能 (40年等超長期運用においても使用可能)</li> <li>✓ 廃棄コストの高い危険物は不使用</li> </ul>



## 4. 事業成果の普及可能性 (2) 普及体制

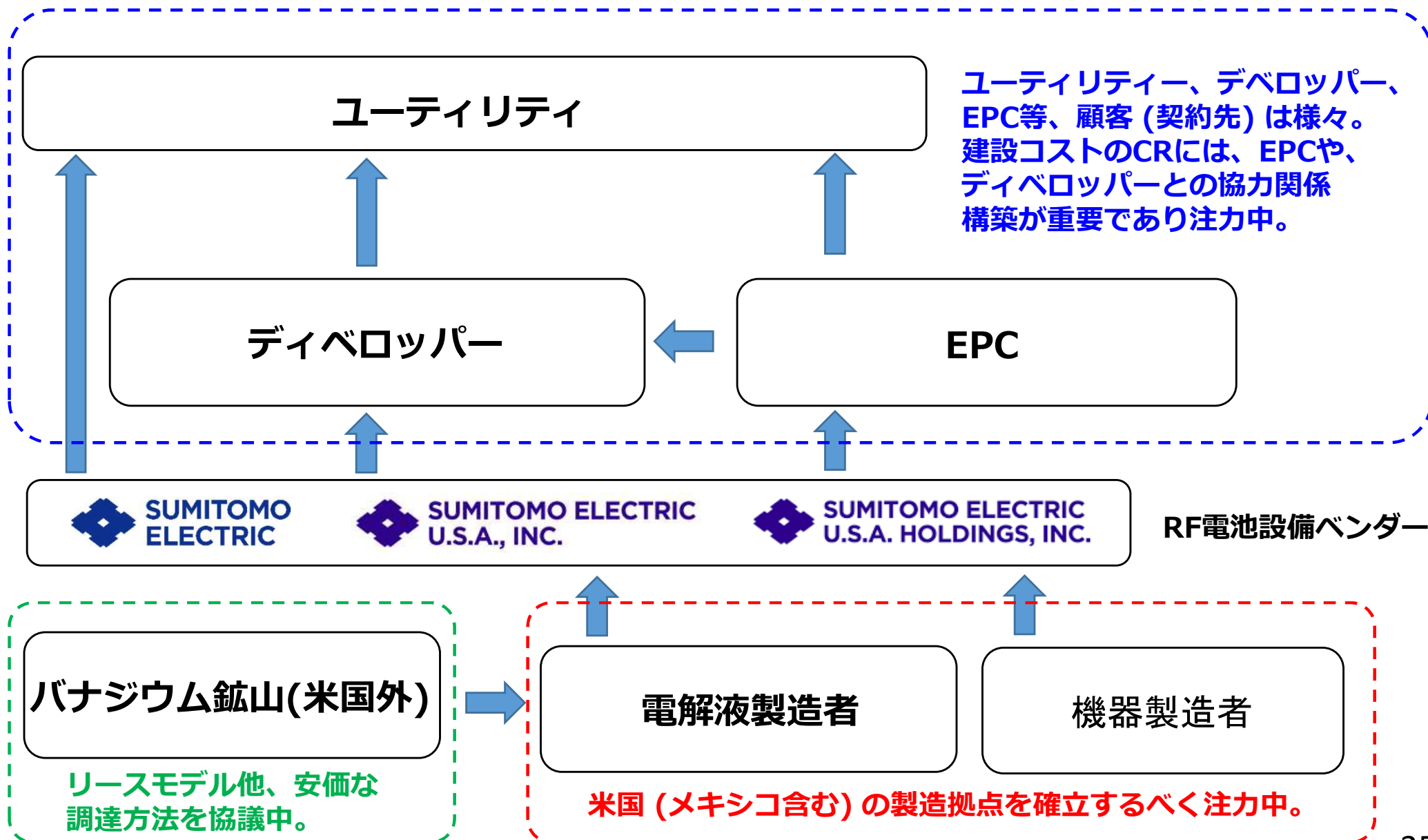
- 当社の米国拠点を販売拠点とするとともに、米国向けにサプライチェーンを再編成すべく、現地の当社G関係会社のネットワークを活用、**北米で部材調達し、EPCを含めた現地パートナーシップを確立**する方針。
- **キーコンポーネントであるセルスタックについては国内生産**、価格変動要因となるバナジウム活物質の独自調達、機器類及び電解液の現地製造を推進する。
- 住友電工としては長期ビジョン「住友電工グループ2030ビジョン」にて、脱炭素社会実現に向けての技術の一つに蓄電池をかかげており、当社事業ドメインに合致した技術として推進することを約束。

### 住友電工グループ



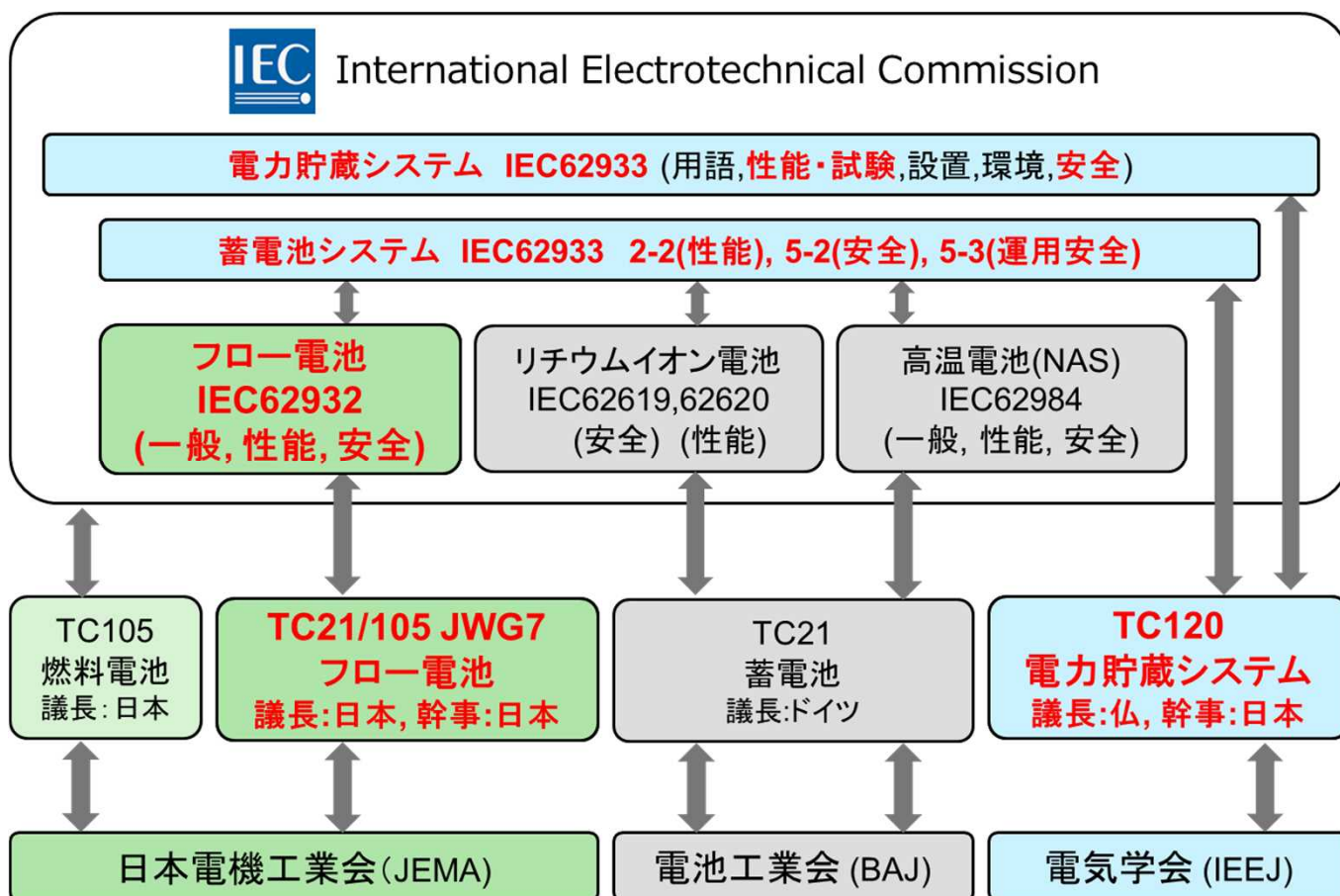
## 4. 事業成果の普及可能性 (3) ビジネスモデル (バリューチェーン)

- ①「北米拠点のサプライチェーン確立」、②「ディベロッパー、EPCとの協力関係を構築して北米工事のCR」、③「バナジウム<sup>1</sup>の安定的かつ安価調達の実現」に注力。

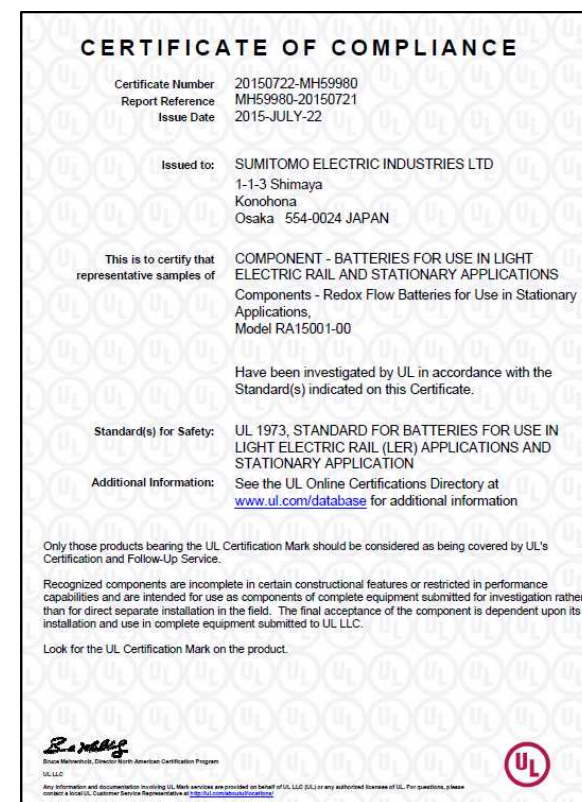


## 4. 事業成果の普及可能性 (3) ビジネスモデル (標準、規格)

- IEC国際標準に関しては、フロー電池 (IEC62932)、電力貯蔵装置 (IEC62933) の策定に参画。蓄電池は設備としての歴史は短く、レギュレーションでカバーできないところも多く、スタンダードに準拠することは重要。日本の実績を反映した規格の策定に努めるとともに、製品設計に反映。
- 米国市場においては、ANSI、NEC (米国電気工事基準) への準拠、UL認証は必須であり、これらを満足した設計を行っている。



定置型蓄電池のIEC規格(赤字は当社が策定に参画)



セルスタックのUL認証

## 4. 事業成果の普及可能性 (4) 政策形成・支援措置

- 米国、カリフォルニア州では、蓄電池導入に関する規制、州法が適宜発出されている。
- 短時間蓄電池から長時間蓄電池導入に移行している。

### 2012 米国連邦エネルギー規制 FERC755

周波数調整目的の短時間蓄電池の市場が含まれる (米国最初の蓄電池市場形成)。

### 2013 カリフォルニア州法 AB2514

カリフォルニア州の電力会社 (ユーティリティ) に蓄電池導入義務化量を規定

### 2016 カリフォルニア州法 AB2868

カリフォルニア州の電力会社 (ユーティリティ) への蓄電池導入義務化量を追加(0.5GW)

### 2018 カリフォルニア州法 SB1339

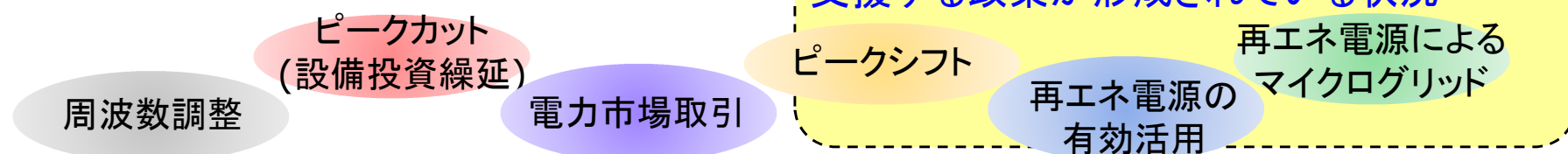
マイクログリッド導入に向けた関連ルールの整備をUtilityに義務付け

### 2021 CPUC指令 D21-06-035

2026年までに8時間以上の蓄電池1GW導入を決定

→ PG&E, SDG&E, LADWP, SMUDなどから具体的なRFI, RFP発出 (適宜回答)

### 時間容量とユースケース



短時間容量

長時間容量

長時間容量蓄電池は、より短時間容量の用途にも使える (マルチユース)

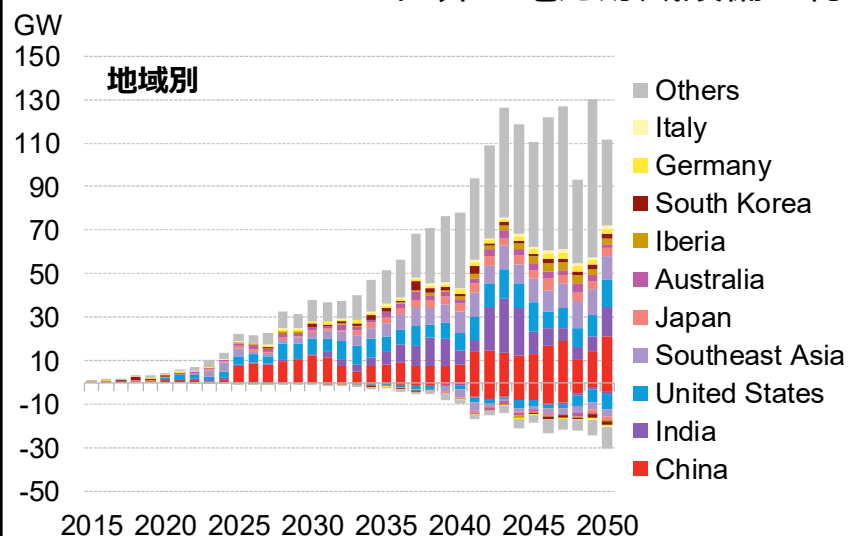


## 4. 事業成果の普及可能性 (5)他の国・地域等への波及効果の可能性

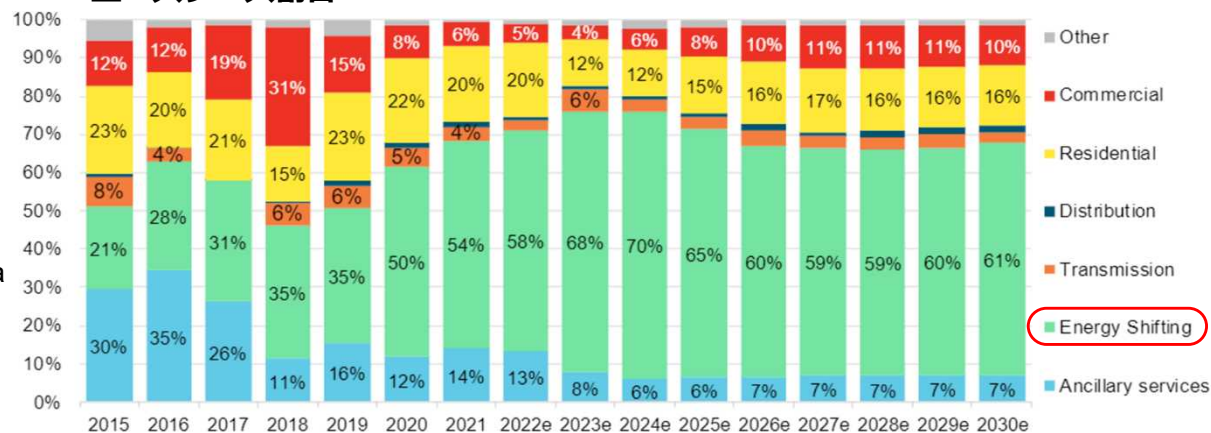
- カーボンニュートラルに向けての太陽光発電、風力発電の導入拡大のトレンドは全世界共通である。国策、電力インフラ成熟度により速度は異なるものの、太陽光発電、風力発電の全電源に対する比率が上昇するにつれて、長時間の電力貯蔵は必要な技術となる。
- 太陽光発電のFIT制度、調整力、供給力の市場調達といった動きも、大きな動きとしては、カリフォルニアでのモデルを参考にして、各国で制度化されてきた歴史があり、カリフォルニア市場に参入するためのモデルは、他の国、地域でも適用できると考えている。

世界の電力貯蔵設備の総容量予測

Source: BloombergNEF



ユースケース割合



米中で導入先行するものの年が経つにつれて  
その他の地域でも導入が拡大する傾向

長時間容量の用途 (Energy Shifting)が拡大する傾向

- 「米国加州における蓄電池の送電・配電併用運転実証事業」は、長時間蓄電池(レドックスフロー電池)を用いての、マイクログリッドを含むマルチユースの実証であり、今後の普及展開に有効な実証試験であったと考えている。