

「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／
独国ニーダーザクセン州大規模ハイブリッド蓄電池システム実証事業」
個別テーマ／事後評価委員会



資料5-1

「独国ニーダーザクセン州大規模ハイブリッド 蓄電池システム実証事業」（事業説明資料） （2017年度～2019年度 3年間）

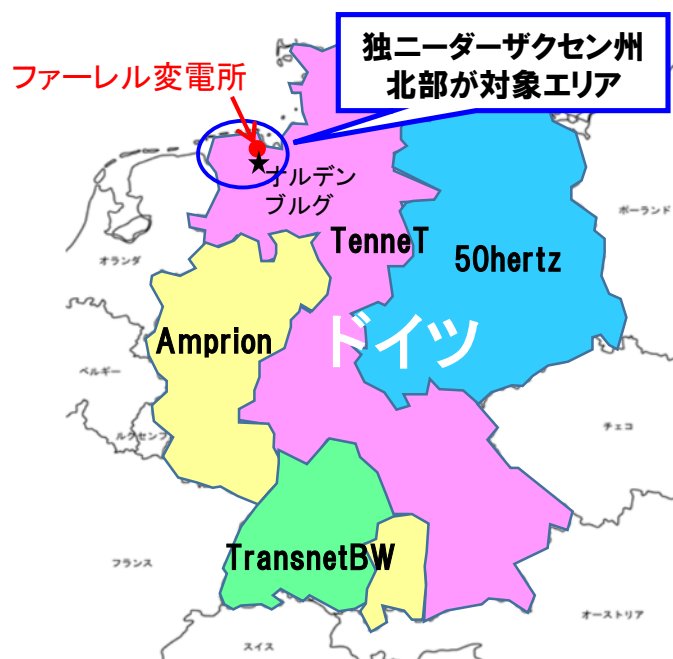
NEDOプロジェクトチーム(スマートコミュニティ部・国際部)
2020年11月

複製を禁ず

公開

1. 事業の位置付け・必要性 (NEDO)
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント (NEDO)
 - (1) 相手国との関係構築
 - (2) 実施体制
 - (3) 事業内容・計画
3. 実証事業成果 (日立化成、日立パワーソリューションズ、日本ガイシ)
 - (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 (同上)
 - (1) 事業成果の競争力 [一部非公開]
 - (2) 普及体制 [非公開]
 - (3) ビジネスモデル [非公開]
 - (4) 政策形成・支援措置
 - (5) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

- ◆独国内最大の風力発電導入地域であるニーダーザクセン州において、ICTを活用した高速・高精度に電力需給を制御できる系統情報技術及び蓄電池制御技術と協調動作するリチウムイオン電池とNAS電池間の電力融通を行うハイブリッド蓄電池システムを構築し、実電力市場に適合する実証システムの最適化モデルを確立する。
- ◆独国経済エネルギー省の国プロである「enera」と強力な連携を図りながら、本実証システムが、技術的・経済的にフレキシブルに需給調整できる電力系統インフラ技術の一つであることを明示する。
- ◆同州オルデンプルグを拠点に電力事業を営むEWEとの協業を視野に入れたビジネスモデルの構築により、電力市場への参入実績と取引ノウハウ蓄積、及び実証システムの普及を目指す。

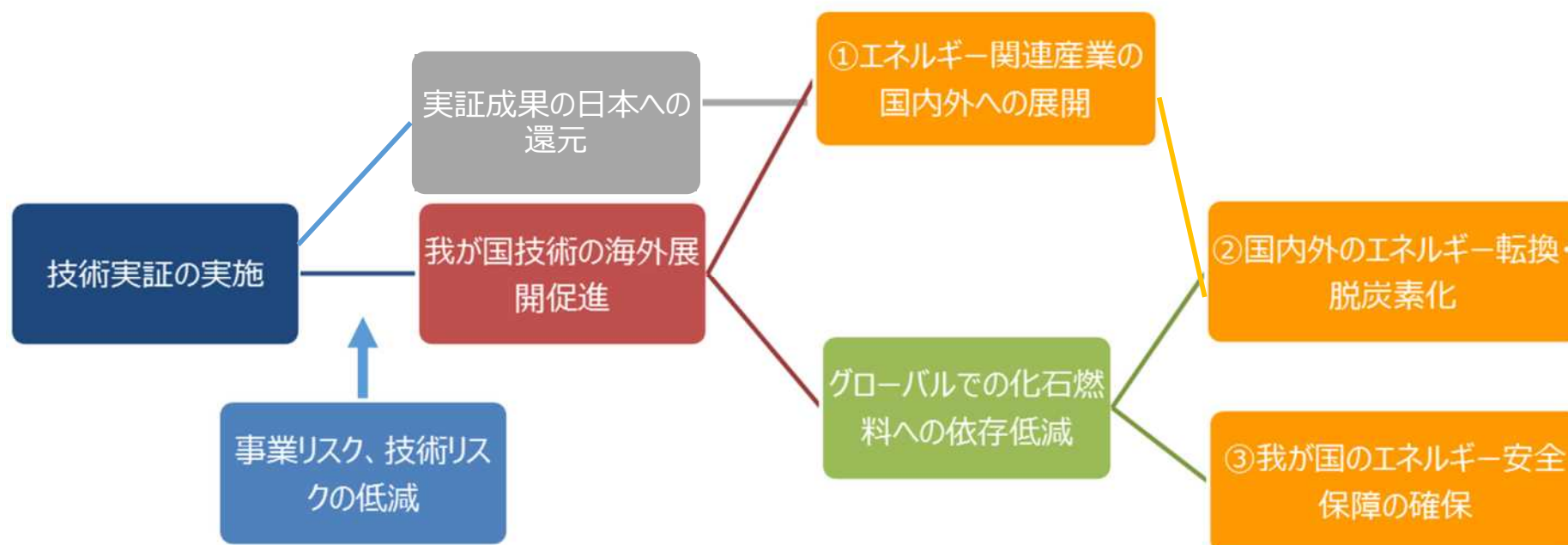


【写真】
ファール変電所におけるハイブリッド蓄電池システム外観

1. 事業の位置付け・必要性

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）

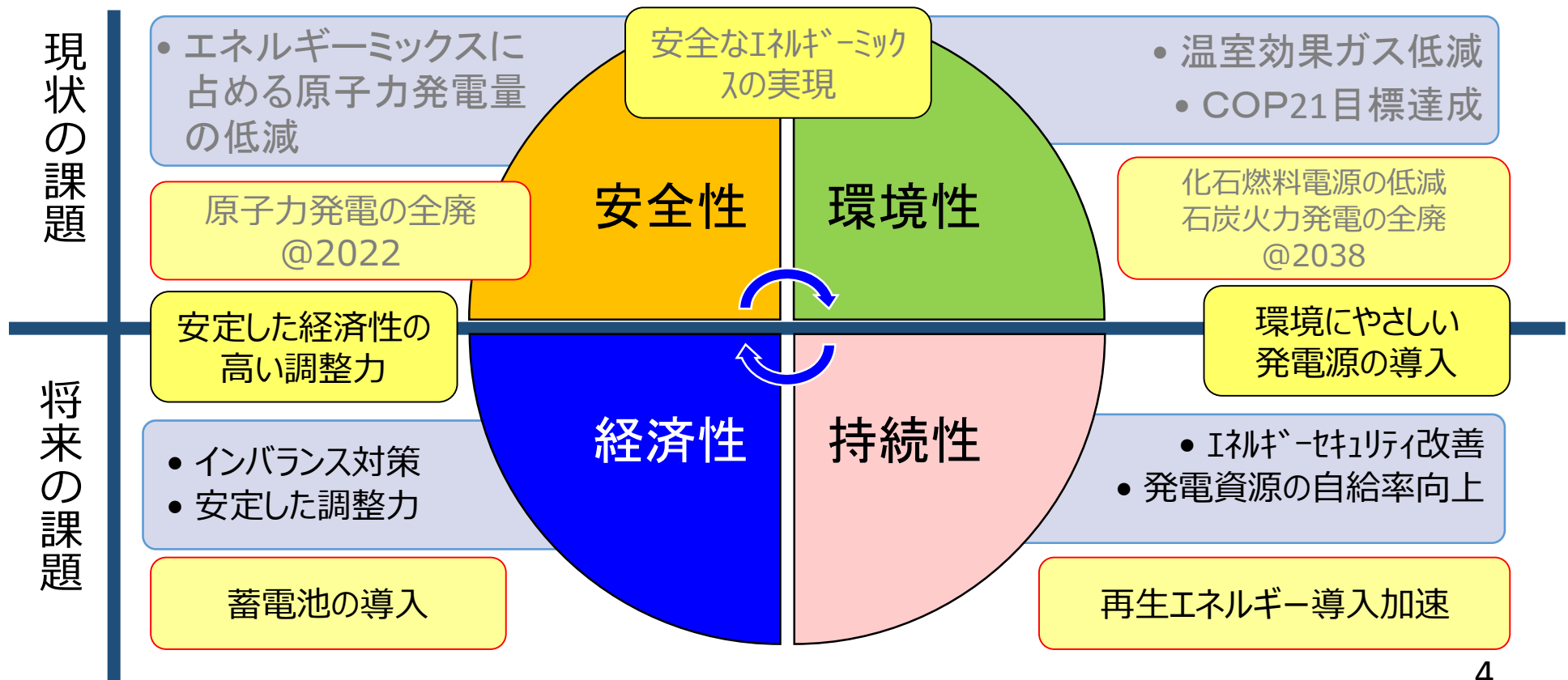


1. 事業の位置付け・必要性

(1) 意義

- ・ドイツは、エネルギー転換政策（Energiewende）を軸に、発電、送電系統（TSO、DSO）、需要、市場のそれぞれの側面の課題解決をめざし、再エネ導入の加速と系統制御のデジタル化を推進している。
- ・同様な課題を共有する日本にとって、先進ドイツにおける本実証は有意義であり、国内への知見やノウハウの展開や、海外市場への展開の足掛かりになる。

将来の電力系統のあるべき姿（ドイツにおける将来課題とその施策）

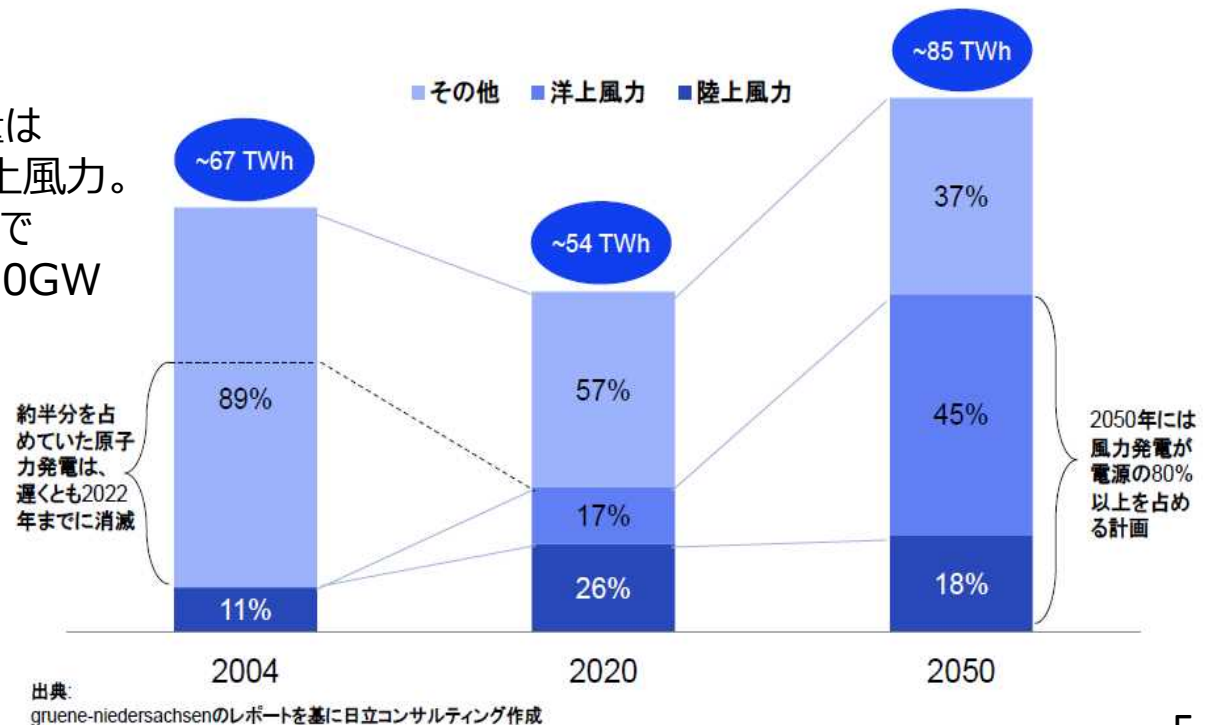


1. 事業の位置付け・必要性

(2) 政策的必要性

- ✓ ニーダーザクセン州地域はドイツ国内最大の風力発電導入地域であり、周辺の電力需要を大きく上回る発電量となっている。RE導入の先進地域であり、日本の将来課題を先取りした本実証を実施するサイトとして最適。
- ✓ 再エネの出力抑制、系統混雑緩和、調整力市場（連系規定や）など、REの大量導入に際していつ用となる様々な制度・政策へ適合させるためのソリューション提供を実証事業を通して知見を蓄積可能とするとともに、連邦政府、州政府、市場関係者・運用者らとの情報・意見交換を実施でき、我が国の政策・制度の検討の参考とすることができる。

- 2015年上半期の風力導入量は3GWで、そのうちの1.8GWが洋上風力。
- 洋上風力の導入量は2014年で2GWであり、2020年にはさらに10GW導入される予定。



1. 事業の位置付け・必要性



(3) NEDO関与の必要性

(以下 2 つのNEDOミッションを国際実証を通して実践する)

■ エネルギー・地球環境問題の解決

新エネルギーおよび省エネルギー技術の開発と実証試験等を積極的に展開し、新エネルギーの利用拡大とさらなる省エネルギーを推進します。さらに、国内事業で得られた知見を基に、海外における技術の実証等を推進し、エネルギーの安定供給と地球環境問題の解決に貢献します。

⇒先進国が抱える地球環境・資源セキュリティ課題に取り組む国際共同実証事業

⇒2020年の日本における電力システム改革に貢献するIoT連携ハイブリッド蓄電池システムの構築

■ 産業技術力の強化

産業技術力の強化を目指し、将来の産業において核となる技術シーズの発掘、産業競争力の基盤となる中長期的プロジェクトの実施および実用化開発における各段階の技術開発に取り組みます。その際、産学官の英知を結集して高度なマネジメント能力を発揮することで、新技術の市場化を図ります。

⇒エネルギー変革を進める欧州・ドイツへの日本のIoT&蓄電池システムのインフラ輸出

⇒新しいハイブリッド蓄電池システムを用いた実電力取引市場での取引参入実績・ノウハウを構築し、欧州・世界へのインフラ輸出の足がかりとする

1. 事業の位置付け・必要性



(3) NEDO関与の必要性

ドイツBMWい（連邦経済エネルギー省）が牽引する実証事業（国プロ） SINTEG の一つである“enera”とNEDO事業とが連携し、国際共同実証事業として実施されており、政府系組織であるNEDO関与が大きな役割を果たしている。

SINTEGは、スマートな再生可能エネルギーをベースとした環境に優しく、安全で手頃な価格の電力供給のための青写真を開発し、得られた成果をより広範囲に展開することを目指している。ショーケース地域は、知識を蓄積し、経験し、共同活動を行い、今後数十年にわたるエネルギー転換によってもたらされる技術的、経済的、規制上の問題に取り組む、現実的なモデルソリューションを実証・提供する。

プログラムの主な目標は以下の通りであり、ドイツ国内の5地域（右図）にて、2016～2020年まで実証を行う。

- 高レベルの再生可能エネルギーで確実かつ効率的なグリッド運用を保障
- 効率性と柔軟性（市場と電力システムの両面）の可能性追及
- スマートエネルギーシステムのすべてのプレイヤーが効率的かつ安全な方法で参画できることの実証
- 既存の系統構造をより効率的に使用し、配電網レベルでのグリッド拡張（増強）の必要性を低減させる

SINTEG : Showcase on INTElligent EnerGy Digital agenda for the Energiewende



NEDO実証（日本）とEnera実証の一部（ドイツ）が連携し国際共同実証事業を実施



SINTEG
ドイツ国内5地域実証

1. 事業の位置付け・必要性

(3) NEDO関与の必要性

SINTEGの5大実証の一つである“enera”は、電力系統、市場、データの3つの優先事項に対応したソリューション作りが狙い。静的から動的へ、そして集中型から分散型へと変化するエネルギー転換に向けた重要課題のアイデア出しとソリューションの確立を目指した実証がなされている。“enera”配下の多くのテーマの中でも、日独共同で大容量蓄電池システムを電力系統に連系させ、インテリジェント技術を活用することは、開設済みの調整力市場、また将来のローカル市場を見据えた重要な取り組みに位置付けられている。（図中、赤線枠内）

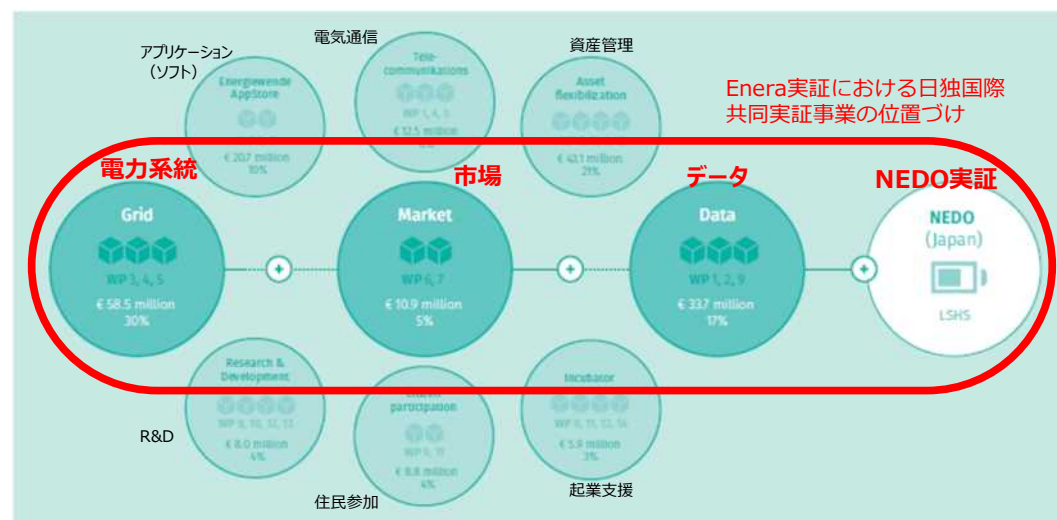


FIGURE 4: INVESTMENT FIELDS AND THEIR SIZE IN THE enera PROJECT

SINTEG – Showcase on INTElligent ENerGy
Digital agenda for the Energiewende - BAnz AT 03.02.2015 B1
Coordinator: EWE AG enera joint project

1. 事業の位置付け・必要性 (NEDO)
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント (NEDO)
 - (1) 相手国との関係構築
 - (2) 実施体制
 - (3) 事業内容・計画
3. 実証事業成果 (日立化成、日立パワーソリューションズ、日本ガイシ)
 - (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 (同上)
 - (1) 事業成果の競争力 [一部非公開]
 - (2) 普及体制 [非公開]
 - (3) ビジネスモデル [非公開]
 - (4) 政策形成・支援措置
 - (5) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

2. 実証事業マネジメント (1) 相手国との関係構築と事業推進



**2017年3月19日 MoU・IDサイン式典
(ハノーファー・CeBIT会場)**



2017年6月
Advisory Committee



2017年12月
Advisory Committee/
eneraワークショップ



2018年6月
Advisory Committee



2018年8月
eneraワークショップ

**2018年10月16日 NEDO smart
Community showcase にて共同講演**



**2018年11月1日
実証システム運転開始式**



2018年12月
Advisory Committee/eneraワークショップ



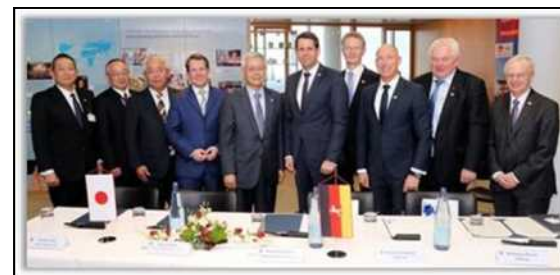
2019年6月
Advisory Committee/eneraワークショップ



2019年12月
Advisory Committee/eneraワークショップ



**2020年2月28日
事業終了**



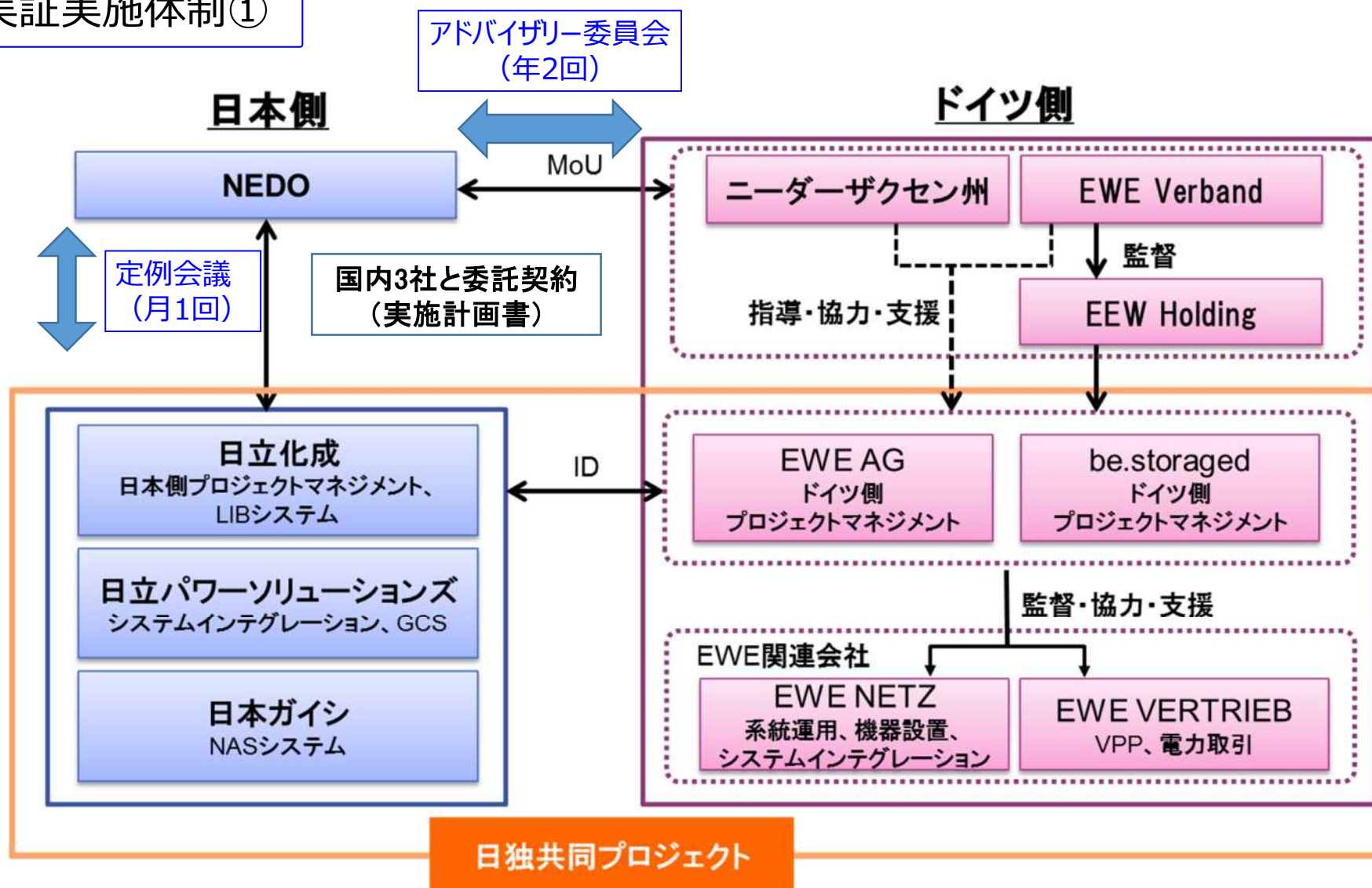
- 実証事業に関する情報共有、相互理解・意識の醸成、進捗管理、課題解決等のため、日独間にてAdvisory Committeeを設置。
- また、eneraプロジェクトの理解促進とNEDOプロジェクトの融合、シナジー効果を発揮させるためenera workshopも共同運営し、成果の充実化のためのマネジメントに努めた。



2. 実証事業マネジメント (2) 実施体制と課題共有・問題解決



実証実施体制①



2. 実証事業マネジメント (2) 実施体制と課題共有・問題解決



課題共有・問題解決②

会議体等	頻度 回数	目的	具体例
Advisory Committee (AC) (NEDO、州政府、EWE、委託者代表等)	年2回 合計6回	- プロジェクト・スケジュール管理 - 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 - 必要な実務処理のための働きかけ - 実証成果の最大化に向けた連邦政府、州政府、地元自治体とも連携対応 - 成果の情報発信・広報の共同推進	- ローカル対応が必要な工事検査管理 - PCR、SCRの早期認証取得のための働きかけ - 実証終了後の資産運用・管理（処分）のためのコンセンサス形成
Enera workshop (日独プロジェクトメンバ)	ACに併設 計5回	関連情報・知識・レベルアップのための情報共有	- Enera PJの紹介 - Local Flexibility Marketの概要 - GCS制御システムの概要説明 等
定例会議 (NEDO、日立化成、日立パワー、日本ガイシ)	月例 合計26回	NEDO⇄委託者間で交わす「実施計画書」に基づく、進捗実行管理。 NEDO規定・責任範囲内の意思決定、承認のため協議等	月次プロジェクト進捗管理 - 情報・課題・問題の共有 - 予算の適切な管理 - 情報発信・広報の推進 - 対処方針・審議（適宜）
リスク管理	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。	次項参照
アドバイザー委員会 (有識者、NEDO、日立化成、日立パワー、日本ガイシ)	2019年 10月開催	プロジェクトの終了を見据え、途中経過段階の成果について、国内の有識者からのアドバイスを仰ぎ、事業に反映させる。	- 技術成果の中間レビュー - ビジネスモデル構想における着眼点やヒントの助言

2. 実証事業マネジメント (2) 実施体制と課題共有・問題解決



課題共有・問題解決②

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。

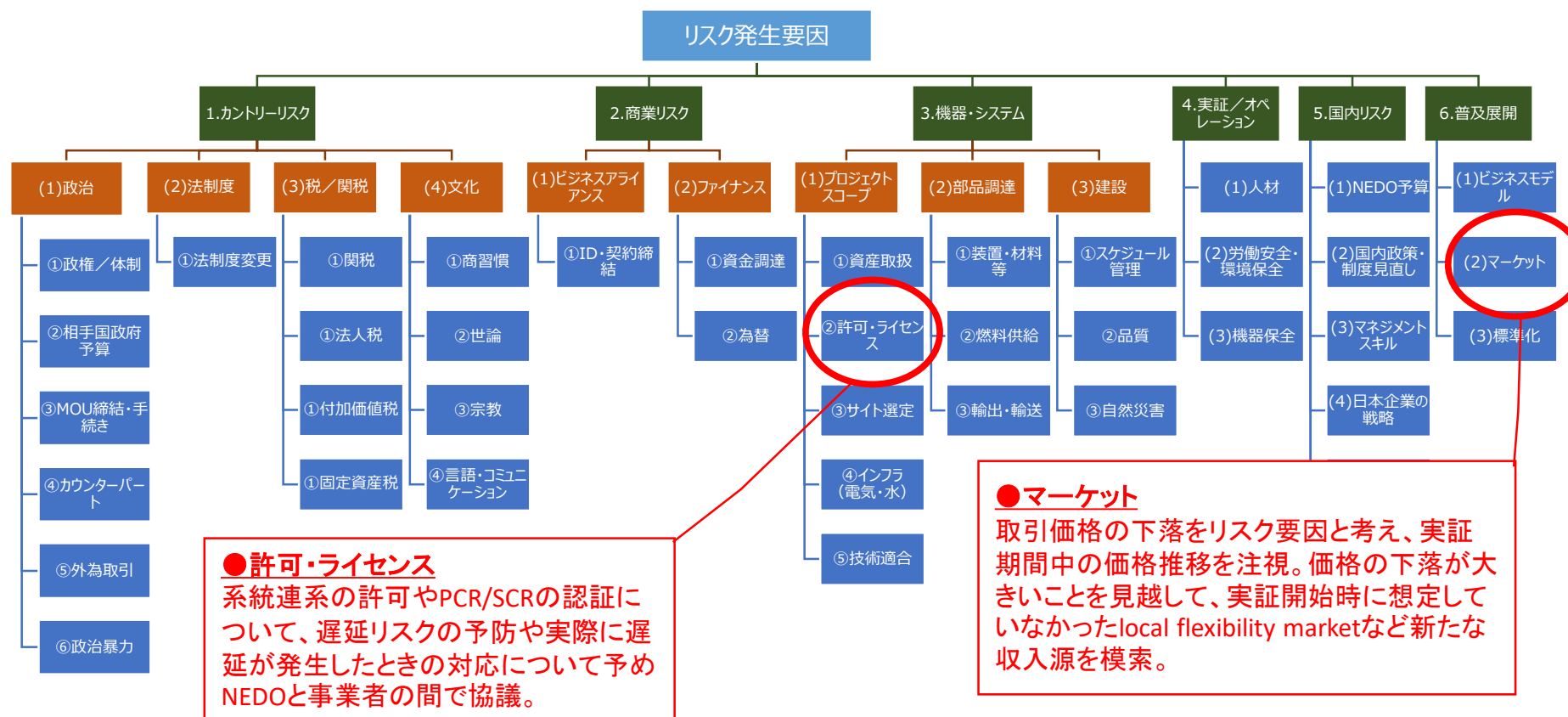
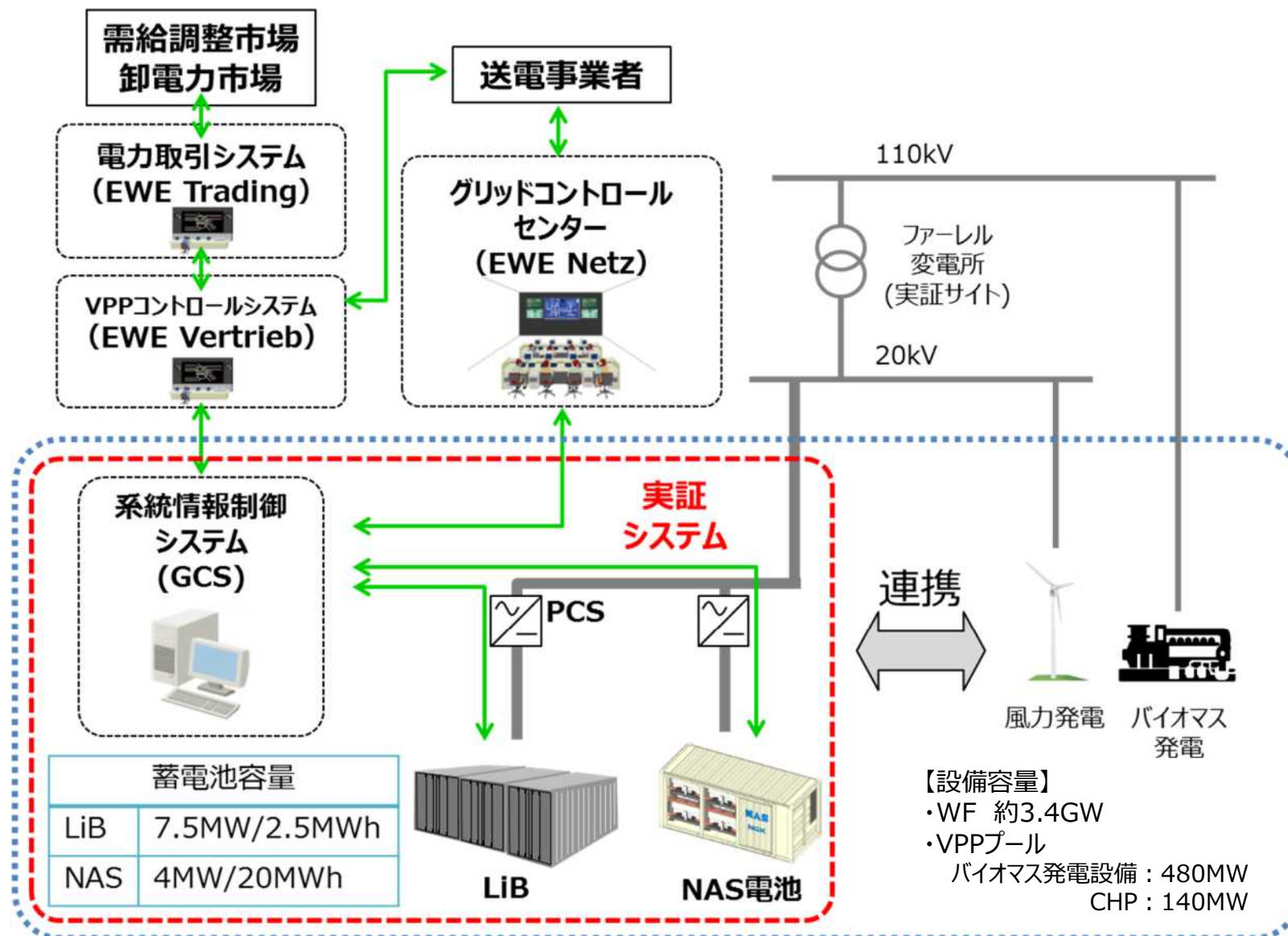


図 リスク一覧と具体的な議論例

出典：国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン第1版

2. 実証事業マネジメント (3) 事業内容 (システム概要)

事業内容



2. 実証事業マネジメント (3) 事業内容 実証機能



実証機能

- ✓ 基礎調査を通じ、蓄電池に対するニーズ（実証機能）及び市場動向から当初案11の機能からFS：Feasibility Study前の時点で4つの機能（UC: Use case）をEWEと共に選定済。
- ✓ FSを通じ、経済性が成り立つような機能運用の配分を検討し、PCRを軸としたバランシング、無効電力とのマルチユースを行うこととした。PCRが落札失敗した場合においては、SCRへの入札を行い収益性を向上させる。

機能 UC	提供サービス	サービス対象者	対象市場	概要
1	Primary Control Reserve (PCR)供給	TSO	バランシング市場	実需要タイミングでの需給調整メカニズムに対し、自端周波数の基準値からの偏差に応じて自動応答30秒以内で発動するPCR供給。ガバナフリーに相当。
2	Secondary Control Reserve (SCR)供給	TSO	バランシング市場	実需要タイミングでの需給調整メカニズムに対し、TSOの指令に従い自動応答5分以内で発動するSCR供給。LFCに相当。
3	バランシング（同時同量対応）	BRP（電力取引会社、電力小売等）	SPOT市場	BRPによる需給調整メカニズム（TSOの需給計画に沿って、市場取引のゲートクローズまで行う需給調整）に対し、BG内でのインバランス低減及びSPOT市場への電力供給を行う。
4	無効電力供給	DSO	OTC	系統の力率改善のために行う系統安定化サービス

2. 実証事業マネジメント (3) 事業内容・実証項目



実証項目・内容①

朱記所：目標値

機能 (UC)	課題	対策	実証での検証事項
PCR	異種電池の SOC管理	・GCSによるSOC調整制御	・制御パラメータのチューニングにより、PCR契約期間においてSOC残量不足が生じない運用方法を構築 ・入札申請出力：（4 MW⇒）6～7MWでの認可取得
		・運用方法改善、検出精度向上等によるSOC検出誤差縮小	・PCR運用終了時の検出SOCと実SOCの比較
SCR	異種電池の SOC管理	・GCSによるSOC調整制御	・制御パラメータのチューニングにより、SCR契約期間においてSOC残量不足が生じない運用方法を構築
	VPPとの連携	・落札、出力配分、SOC調整等の一連の運用における、GCS-VPP間のインターフェイス構築	・現地試運転でのインターフェイス確認 ・SCR実運用での動作確認
バランシング	異種電池の SOC管理	・GCSによるSOC調整制御	・制御パラメータのチューニングにより、インバランス低減量の大きい運用方法を構築
		・運用方法改善、検出精度向上等によるSOC検出誤差縮小	・バランシング運用終了時の検出SOCと実SOCの比較
	VPPとの連携	・出力配分、SOC調整等の一連の運用における、GCS-VPP間のインターフェイス構築	・現地試運転でのインターフェイス確認 ・バランシング実運用での動作確認

2. 実証事業マネジメント (3) 事業内容・実証項目



実証項目・内容②

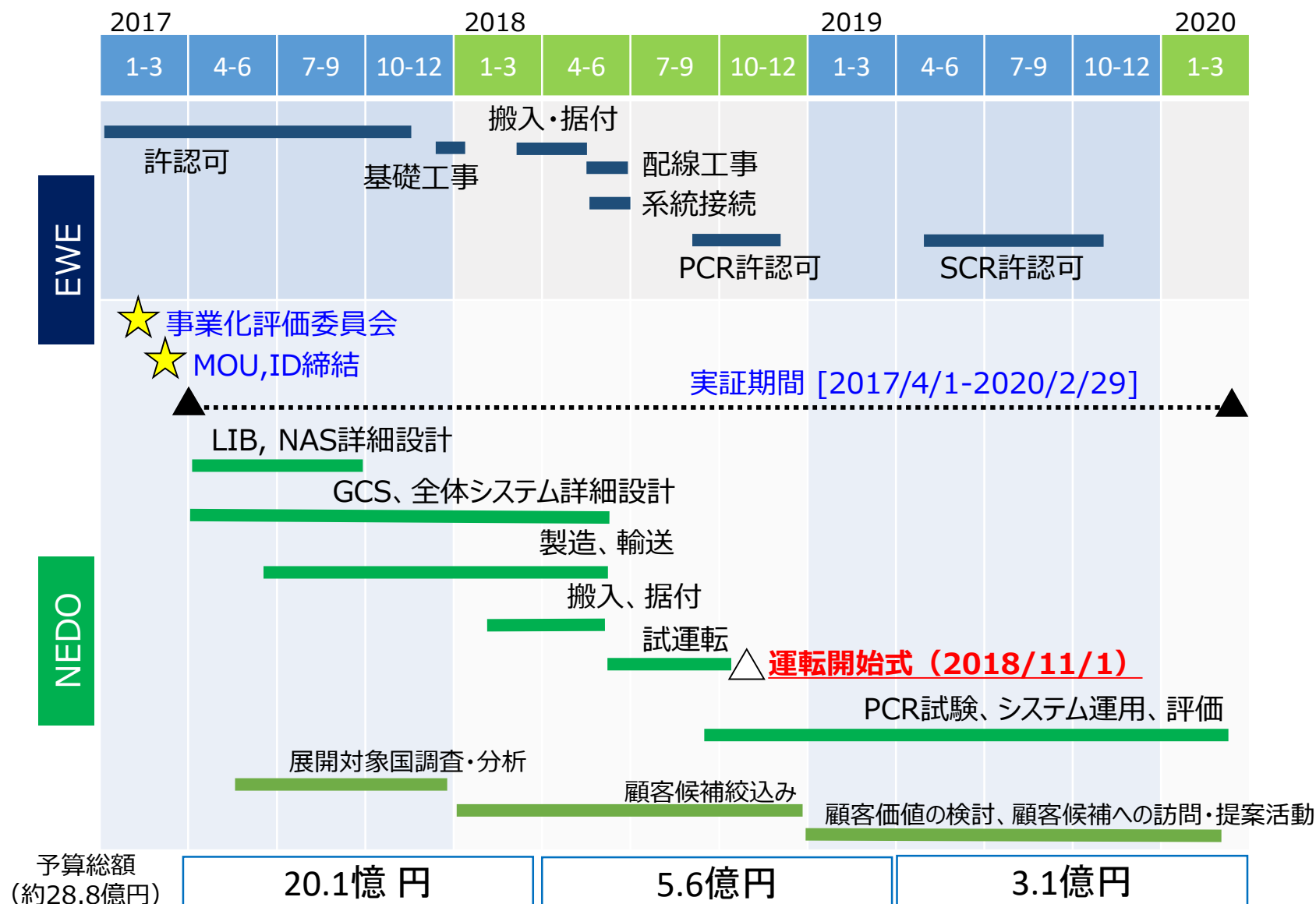
朱記箇所：目標値

機能 (UC)	課題	対策	実証での検証事項
無効電力 供給	系統電力の力率 改善	・PCSからの無効電力供給 他のUCの無効電力制御に干渉しない様、GCSから各PCSに出力配分する	・DSOからの指令に従い、GCSから各PCSに無効電力を配分・出力。ファール変電所の力率改善効果を構築 ・常時力率0.95分の無効電力を供給可能であること
マルチファンクション	異種電池のSOC 管理	・GCSによるSOC調整制御 (各UC単独運用時よりSOC変動が増加する)	・制御パラメータのチューニングにより、PCR契約期間においてSOC残量不足が生じない運用方法を構築
	VPPとの連携	・落札、出力配分、SOC調整等の一連の運用における、GCS-VPP間のインターフェイス構築 (各U単独運用時よりインターフェイスが複雑化する)	・マルチファンクション実運用での動作確認 ・GCS応答速度：1秒以内 (系統状態検知から下位への指令まで)

2. 実証事業マネジメント (3) スケジュール



スケジュール



「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／
独国ニーダーザクセン州大規模ハイブリッド蓄電池システム実証事業」
個別テーマ／事後評価委員会



資料5-2

「独国ニーダーザクセン州大規模ハイブリッド 蓄電池システム実証事業」（事業説明資料） （2017年度～2019年度 3年間）

日立化成株式会社(現 昭和電工マテリアルズ)
株式会社 日立パワーソリューションズ
日本ガイシ株式会社
NEDOプロジェクトチーム(スマートコミュニティ部・国際部)

2020年11月

公開

複製を禁ず

1. 事業の位置付け・必要性 (NEDO)
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント (NEDO)
 - (1) 相手国との関係構築
 - (2) 実施体制
 - (3) 事業内容・計画
3. 実証事業成果 (日立化成、日立パワーソリューションズ、日本ガイシ)
 - (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 (同上)
 - (1) 事業成果の競争力 [一部非公開]
 - (2) 普及体制 [非公開]
 - (3) ビジネスモデル [非公開]
 - (4) 政策形成・支援措置
 - (5) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

3. 実証事業成果

3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義 (1/2)

表：目標と成果

	目標	成果	達成度	残った課題／ 変更した場合は その内容など
項目1. PCR	1. 事前資格審査合格：認可出力6～7MW以上取得 2. 実電力系統でのシステム安定運用	1. 2018年9月に7MW取得。 運用ルール変更（運用期間が1週間から1日に変更）による再審査により、2019年7月に9MW取得 2-1. SOC調整制御確立 2-2. 市場ルールの順守：出力制度・応答速度 2-3. 市場運用実績 1～7MW 2019年6月末まで：15週間 1～9MW 2019年7月以降：112日間	◎	無し
項目2. SCR	1. 事前資格審査合格：認可出力4MW以上取得 2. 実電力系統でのシステム安定運用	1. 2019年10月に6MW取得（蓄電池での取得はドイツ初） 2-1. SOC調整制御確立 2-2. 市場ルールの順守：出力制度・応答速度 2-3. 市場運用実績 2020年2月まで：61回(上げ)、50回(下げ)	○	無し
項目3. バランシング	1. EWE社VPPコントロールシステムとの連携による各種バランシング機能の実運用	1-1. 3種のバランシング機能（同時同量対応、フレキシビリティ供給（発電過剰等による系統混雑のリスク低減のための調整力供給）、裁定取引対応）の運用データ取得 1-2. SOC調整制御確立	○	無し

◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達

3. 実証事業成果

3-1. 事業内容・計画の達成状況と成果の意義 (2/2)

表：目標と成果

	目標	成果	達成度	残った課題／ 変更した場合はその内容など
項目4. 無効電力	1. 電力系統 （ファール変 電所受電点） の力率改善 2. 常時力率0.95 以上の無効電 力出力	1. ファール変電の力率改善に寄与 2. 通常運用での系統連系点の有効電力の最大値に対する 遅れおよび進み力率0.95相当以上の無効電力を供給可 能であることを確認	○	無し
項目5. マルチユース	1. EWE社VPPコン トロールシステム との連携・システ ム安定運用 2. 経済性の向上	1-1.最大PCR落札出力7MW、バランシング出力2MWの 同時供給達成 1-2.GCS応答速度：1秒以内であることを確認 2. PCR7MW単独時と比較し、収益向上（約20%）	○	無し

◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達

3. 実証事業成果

3-2. PCR

(1)-1 事前資格審査：事前審査のプロセス

- 目標： 6または7MWでの認可取得に対し、
実績： 7MWでの認可取得に成功

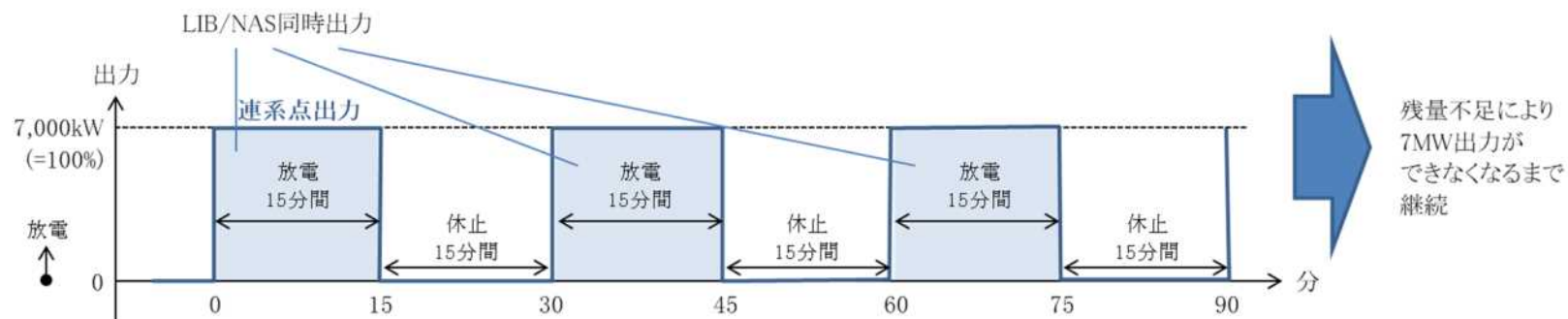
No.	プロセス	担当	認可	期限・状況
1	ハイブリッドシステムのPCR運転 コンセプトの認可	日立パワー (独語訳:EWE)	TenneT	完了 (2018/5)
2	VPP-TSO間通信コンセプトの認可	EWE	TenneT	完了 (2018/6)
3	充放電試験 (1)容量確認試験【放電試験】 (30min criterion) (2)出力確認試験【放電／充電試験】	試験：日立パワー・EWE 計測およびデータ提出：EWE (PQポータルへのアップロード)	TenneT	完了 (2018/9)
4	VPP-TSO間通信確認試験	EWE	TenneT	完了 (2018/9)
5	PCR運用契約 with TSO (prequalification発行)	EWE	TenneT	完了 (2018/10/30)

3. 実証事業成果

3-2. PCR

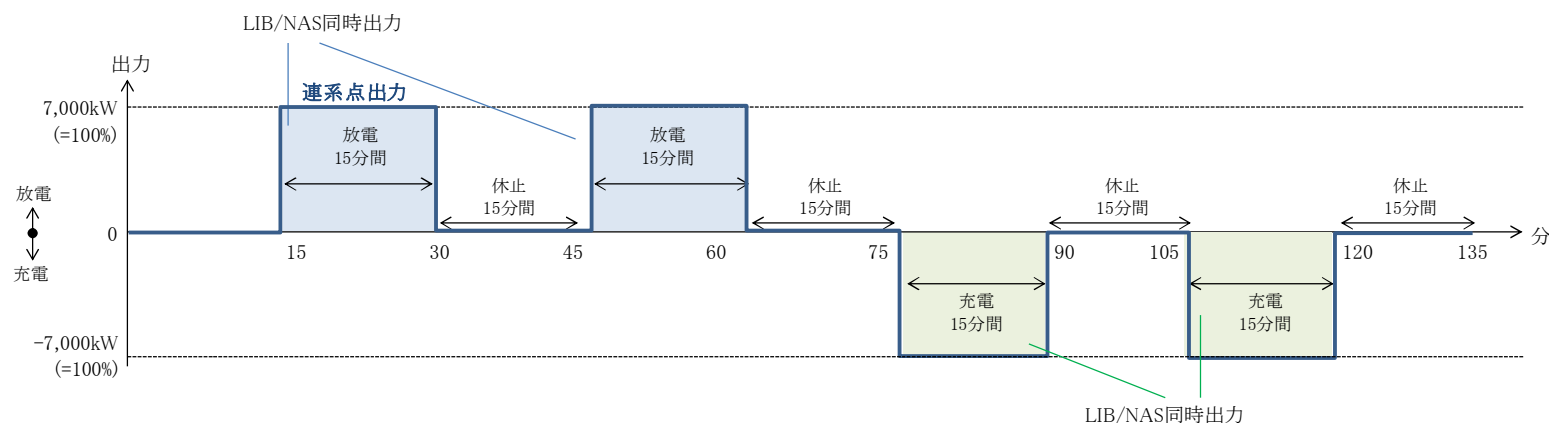
(1)-2 事前資格審査：充放電試験

1. 容量確認試験パターン(60分以上 (4サイクル以上) 出力を継続すること)



2. 出力確認試験パターン

(出力精度(+20%以内)、応答速度(15秒以内)が規定を満足すること)



3. 実証事業成果

3-2. PCR

(1)-3 事前資格審査：運用ルール(容量規定)変更への対応（2019年7月～）

- 蓄電池等の容量制約のある電源でPCR供給を行う場合、契約出力にて最低30分（充電・放電両方向）連続供給可能な容量(Wh)が必要であった[30min-criterion]。
- しかし、EU諸国では15分が一般的であり、ドイツでも連邦ネットワーク庁が30分⇒15分への変更を決定（2019/5/23）。
- 規定変更により、**同容量の蓄電池システムでもより高出力でのPCR契約が可能となる**（取引収入増加が期待できる）ため、本実証でも15分容量の場合の認定試験を実施した。

✓ 容量規定が30分 ⇒ 15分に短縮され、PCR供給に必要な蓄電池容量が減少

容量規定:30分
(旧規定)

1MWのPCR供給に必要な蓄電池容量

➤ 0.5MWh(放電方向) + 0.5MWh(充電方向)

容量規定:15分
(**現在**)

➤ 0.25MWh(放電方向) + 0.25MWh(充電方向)

容量
減少

⇒ PCR許認可の再試験を実施

3. 実証事業成果

3-2. PCR

(1)-4 事前資格審査：容量規定変更後の再審査

- 既に7MWの許認可を取得してるため、9MW取得のための充放電試験のみを実施。
- 試験方法は7MW取得時の試験方法と同様（出力を9MWに変更）。
- **新容量規定にて、9MWでの認可取得に成功**

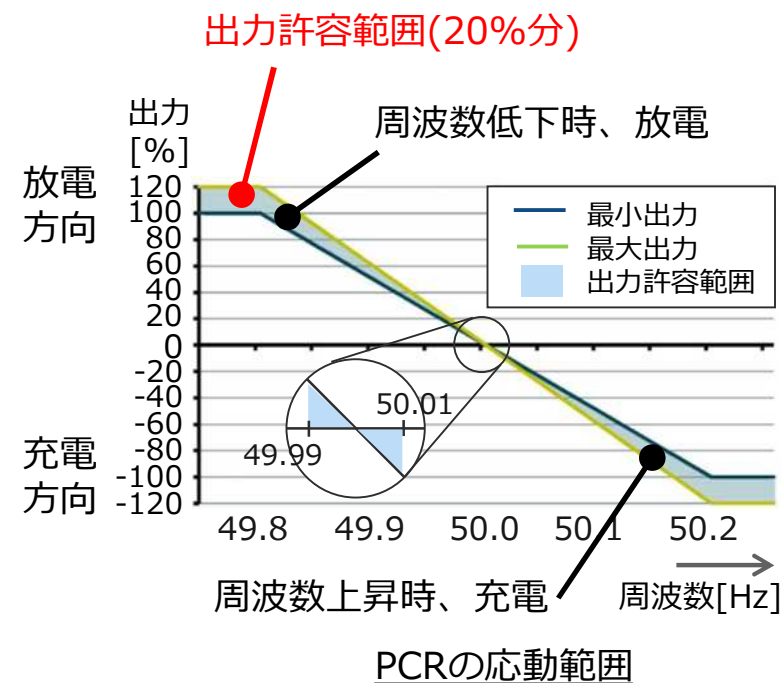
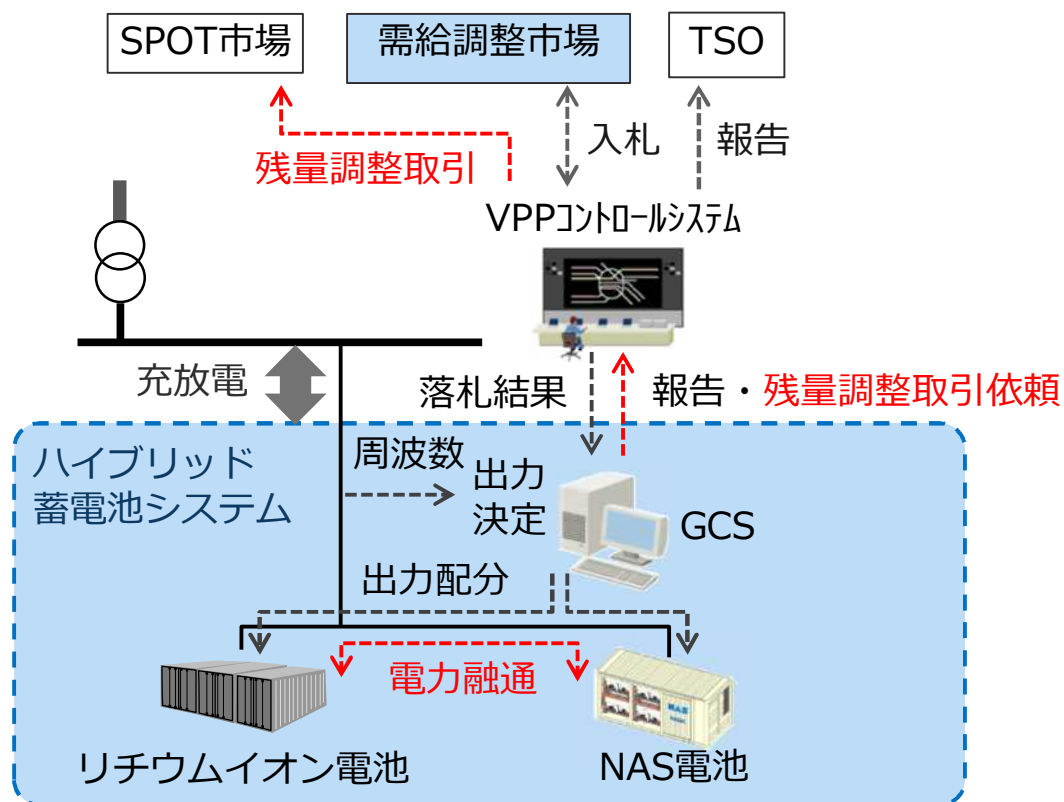
No.	プロセス	担当	認可	期限・状況
1	ハイブリッドシステムのPCR運転 コンセプトの認可	日立パワー (独語訳:EWE)	TenneT	今回は不要 (変更なし)
2	VPP-TSO間通信コンセプトの認可	EWE	TenneT	今回は不要 (変更なし)
3	充放電試験 (1)容量確認試験【放電試験】 (30min criterion) (2)出力確認試験【放電／充電試験】	試験: 日立パワー・EWE 計測およびデータ提出: EWE (PQポータルへのアップロード)	TenneT	(1)完了 (2019/8/22) (2)今回は不要
4	VPP-TSO間通信確認試験	EWE	TenneT	今回は不要 (変更なし)
5	PCR運用契約 with TSO (prequalification発行)	EWE	TenneT	完了 (2020/1/13)

3. 実証事業成果

3-2. PCR

(2)-1 SOC調整制御：概要

- 各電池の残量不足時には、SPOT市場から残量調整用の電力を調達 ⇒(2)-2
- 出力の許容範囲内(20%分)で出力を調整し、電池残量を管理
- 各電池の残量差が拡大した場合には、**電池間の電力融通**により均一化

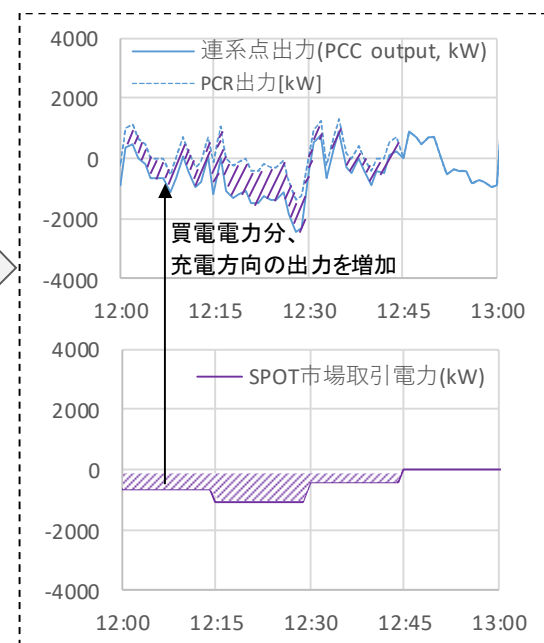
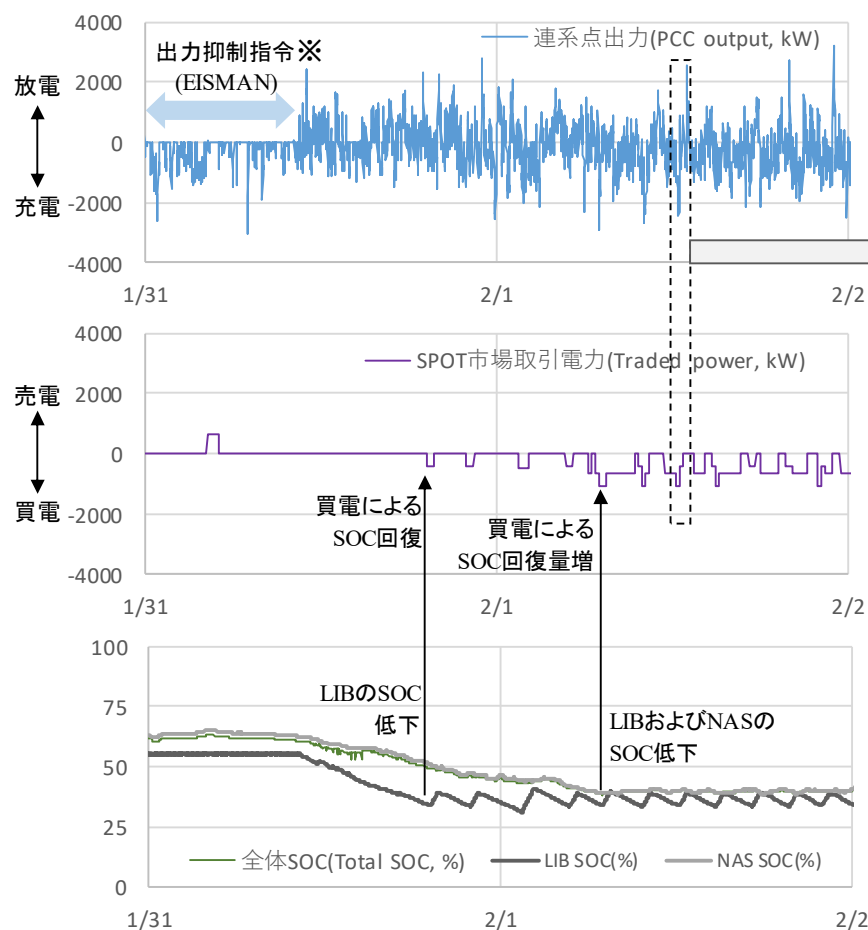


3. 実証事業成果

3-2. PCR

(2)-2 SOC調整制御：SPOT市場からの電力調達

- PCRの出力目標値を基準に、SPOT市場からの電力調達分をシフトすることが認められてる
- 電池残量に応じて、電力調達の方向(買・売)と量を調整し、残量を回復する制御を導入



※出力抑制指令
(EISMAN) :

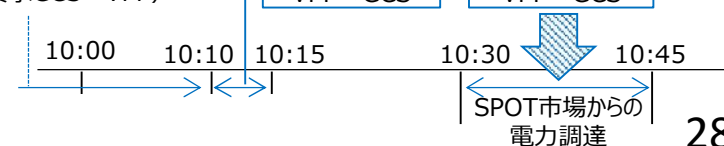
系統混雑時の系統保護を目的として、送電事業者または配電事業者から発電設備に対し送信される指令。

SPOT市場からの電力調達は、要求から調達まで最短20分で運用
(運用例)

10:30~10:45枠でのSPOT市場からの電力調達を要求GCS⇒VPP)

スケジュール送信
VPP⇒GCS

出力指令値送信
VPP⇒GCS

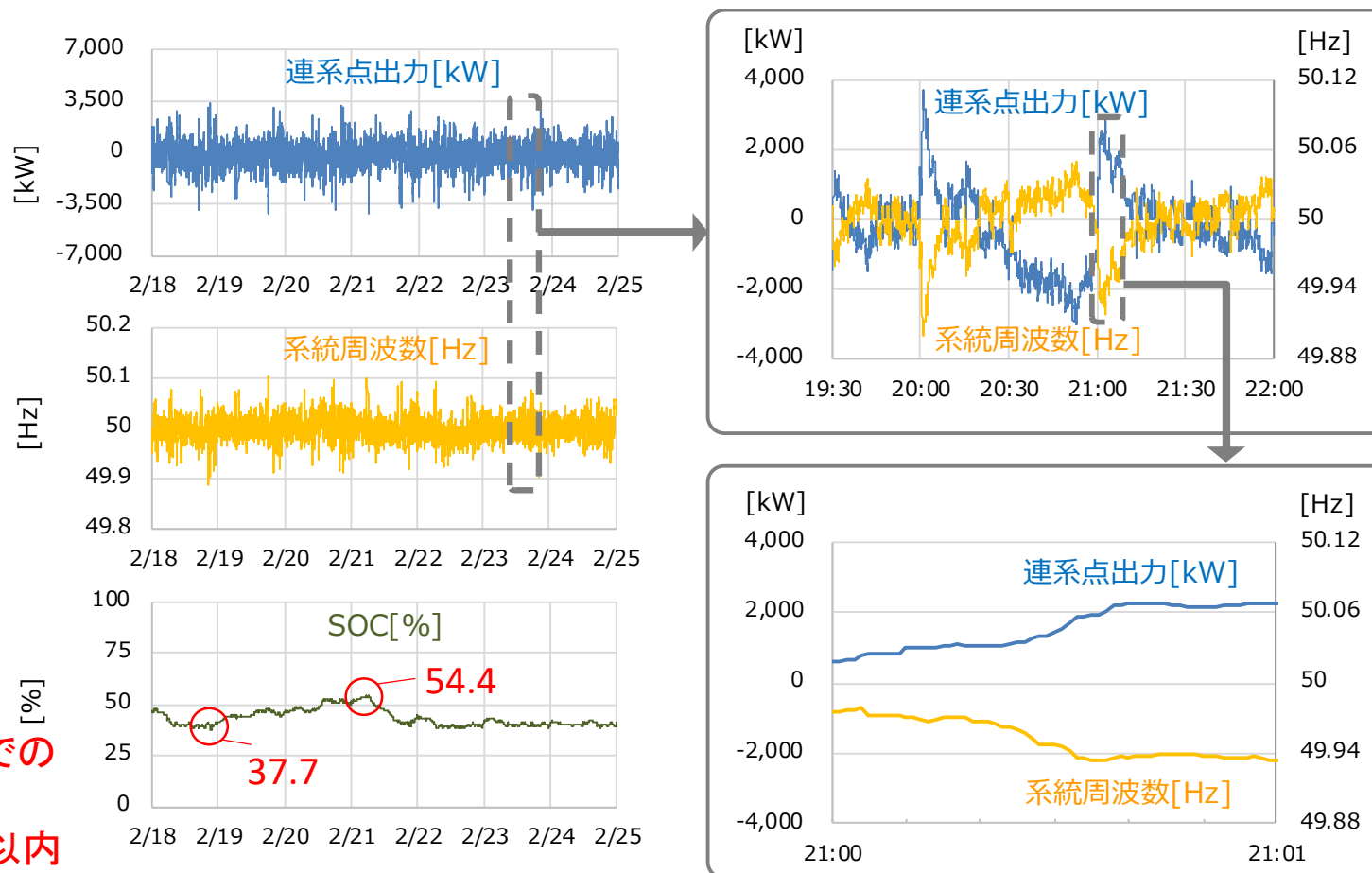


3. 実証事業成果

3-2. PCR

(3)-1 市場ルールへの順守：出力精度・応答速度（入札：7MW）

- 系統周波数の変動後、数秒程度の遅れで蓄電池システムの連系点出力が追従しており、出力精度(規定:20%以内)・応答速度(規定:15~30秒以内)とも問題なし



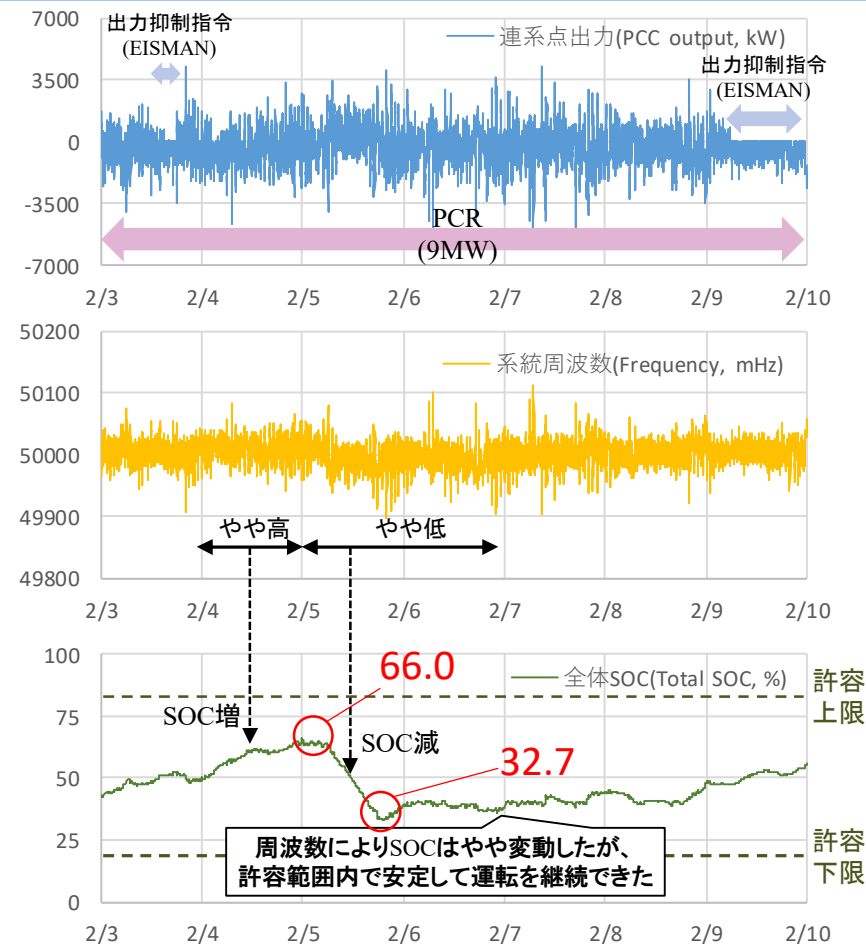
右図期間での
SOC変動:
50±13%以内

3. 実証事業成果

3-2. PCR

(3)-2 市場ルールへの順守：出力精度・応答速度（入札：9MW）

- 容量規定変更後の運用では、入札出力の増加に伴いSOC変動が増加したが、1週間以上の連続契約でも問題なくPCR供給を行うことができた



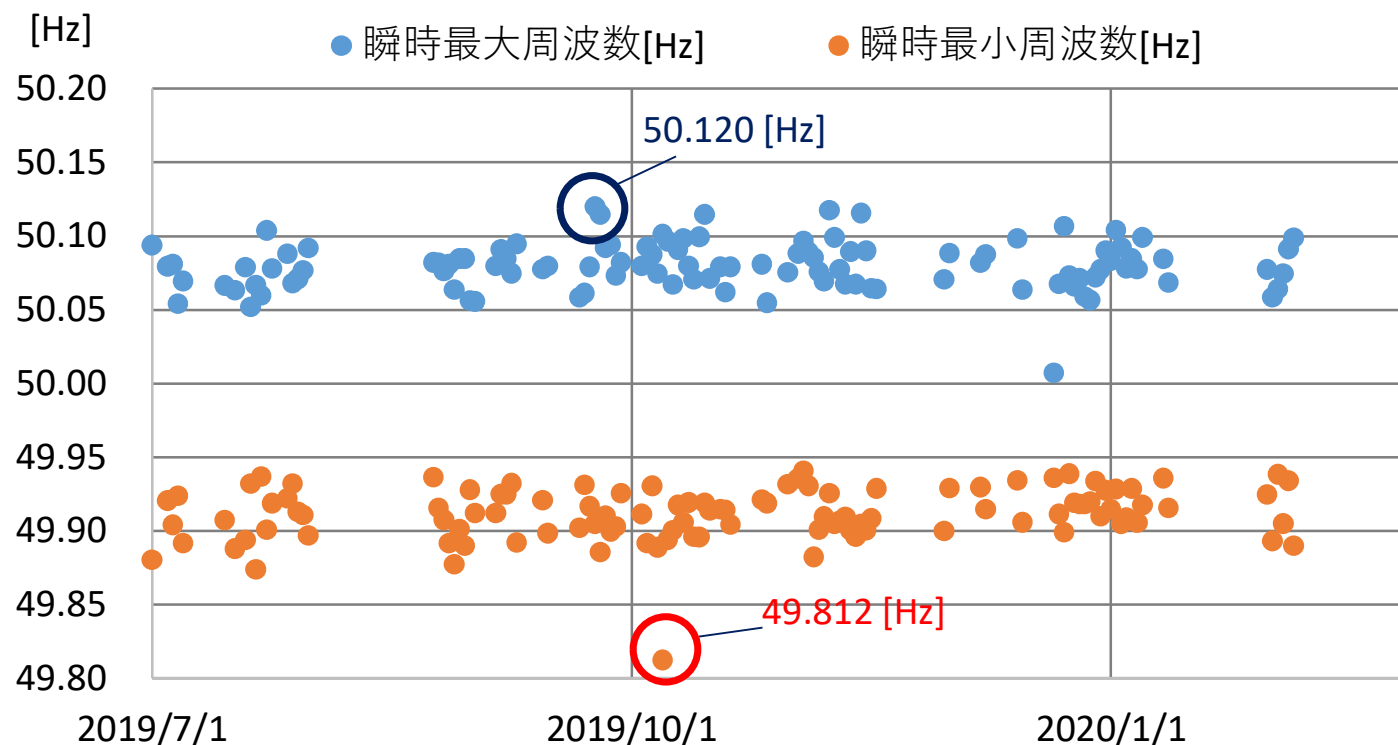
右図期間での
SOC変動：
50±18%以内
(前頁7MW入札時：
50±13%と比較
してやや増加)

3. 実証事業成果

3-2. PCR

(3)-3 市場ルールへの順守：周波数解析

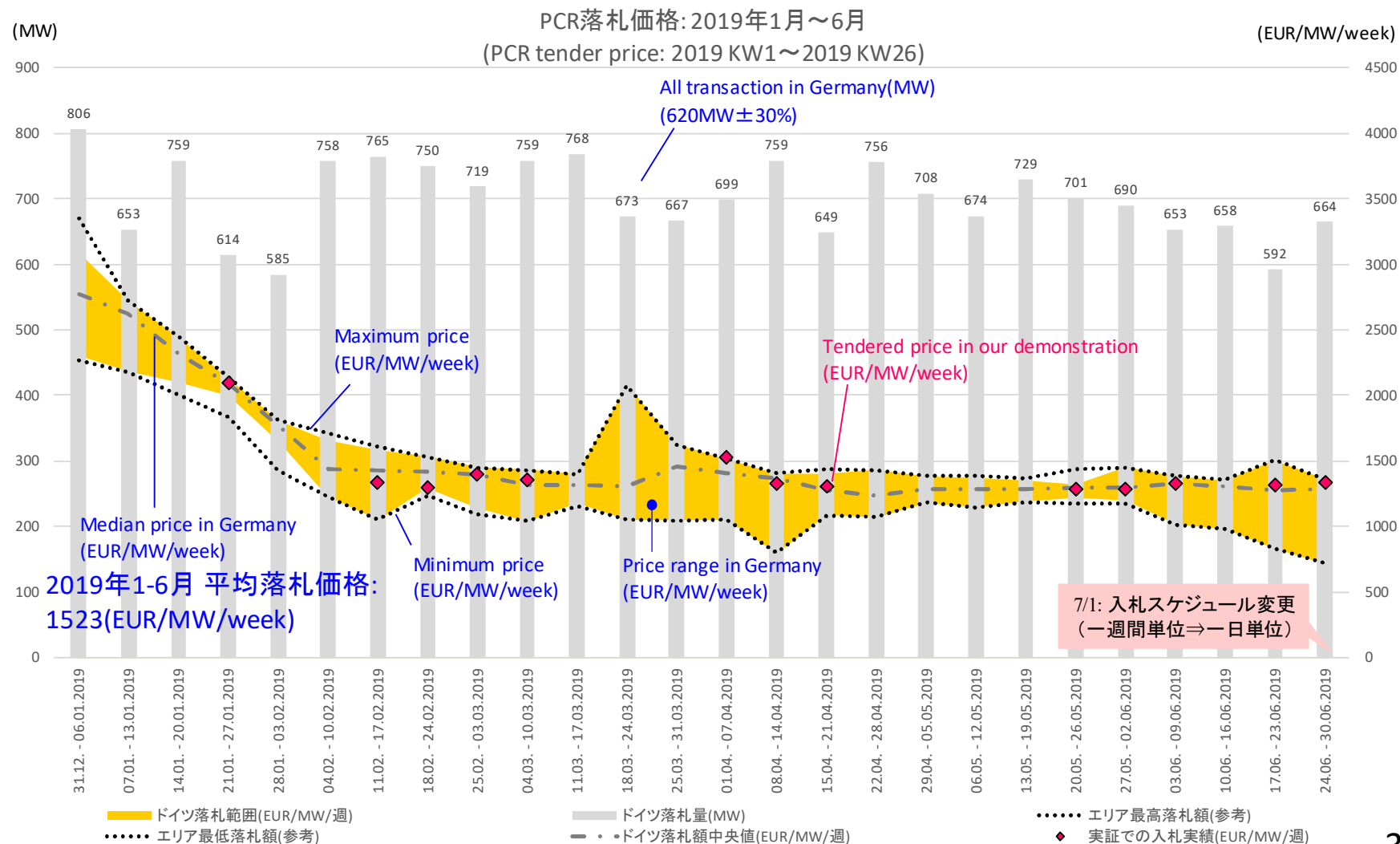
- 2019年7月～2020年2月までのPCR運用期間中の周波数解析を実施。(計111日間) 一日の中での瞬時最大最小周波数をプロット。
- 瞬時最大周波数：50.120 [Hz/s]、瞬時最小周波数：49.812 [Hz/s]



3. 実証事業成果

3-2. PCR

(4)-1 需給調整市場での運用実績：15週間（2019年6月末まで） 出力：1～7MW

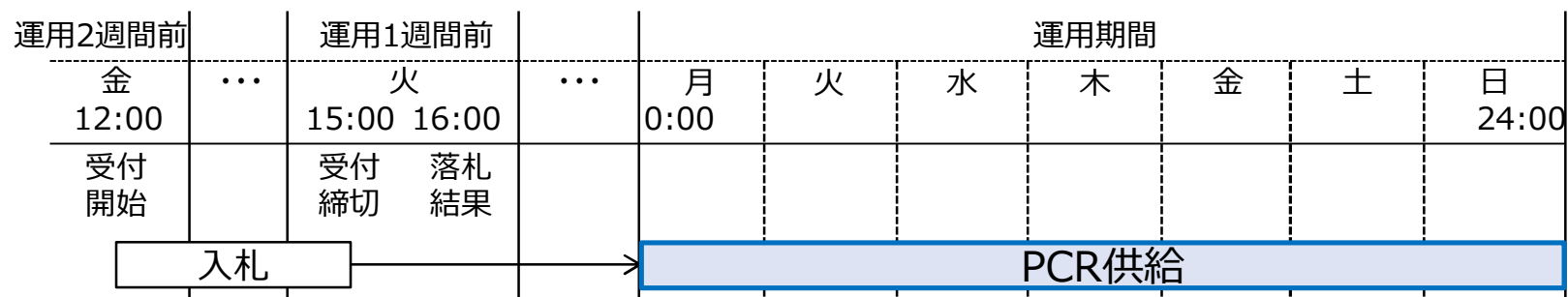


3. 実証事業成果

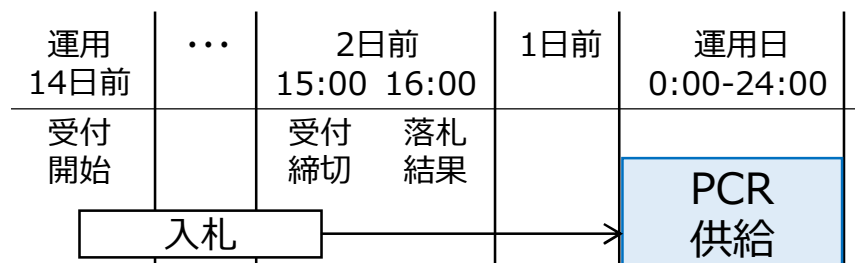
3-2. PCR

(4)-2 需給調整市場での運用実績：運用ルール(運用期間) 変更への対応（2019年7月～）

変更前(～2019年6月)：1週間



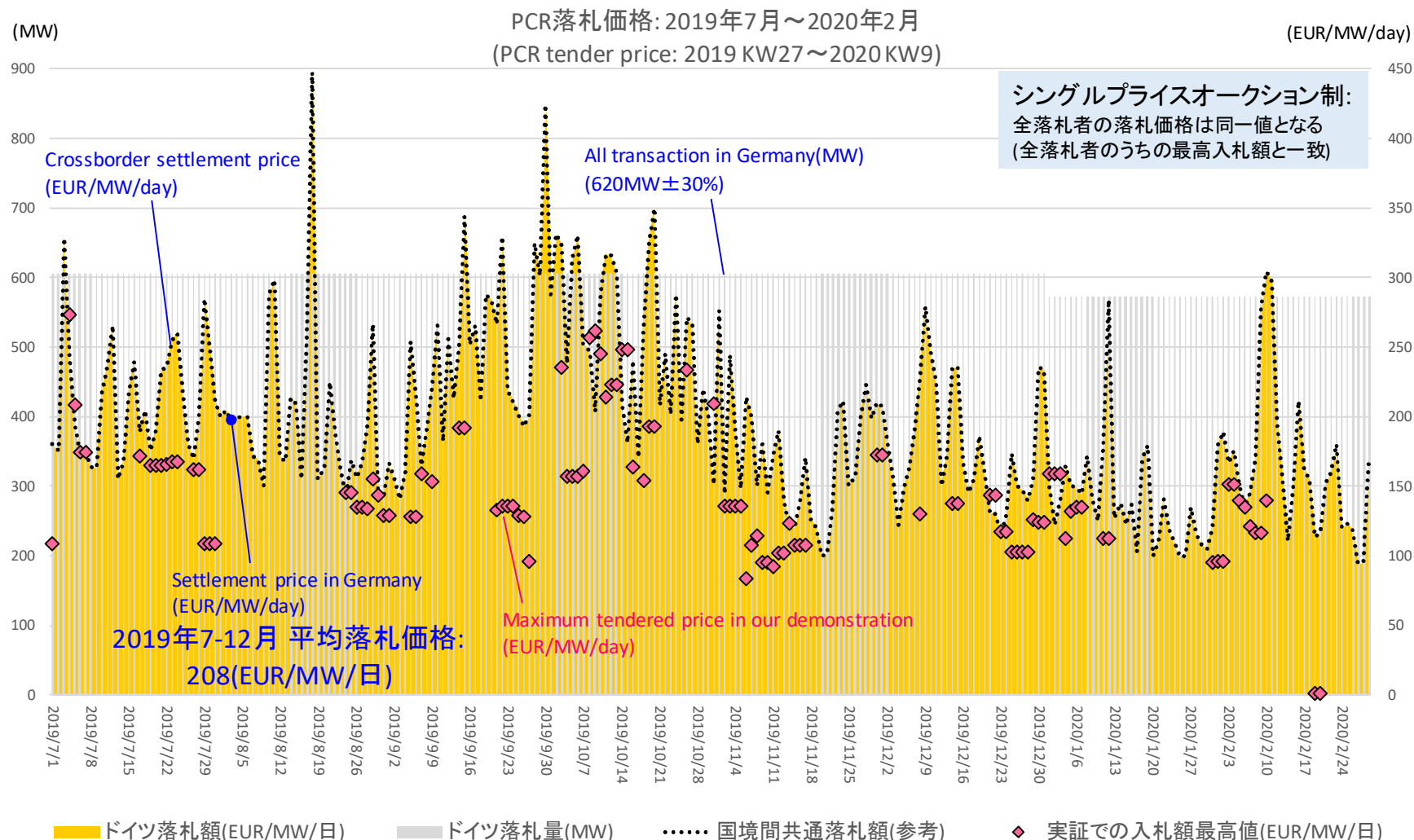
変更後(2019年7月～)：1日間



3. 実証事業成果

3-2. PCR

(4)-3 需給調整市場での運用実績：112日間（2019年7月以降）出力：1～9MW



3. 実証事業成果

3-2. PCR

(4)-4 需給調整市場での運用実績：112日間（2019年7月以降）

		落札出力[MW]									入札回数	落札成功 確率[%]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
入札 出力 [MW]	1	15									15	100
	2	0	3								3	100
	3	0	0	3							3	100
	4	0	0	1	2						3	92
	5	0	0	0	0	0					0	—
	6	0	0	0	0	0	0				0	—
	7	0	0	3	2	4	9	57			75	93
	8	0	0	0	0	0	0	0	6		6	100
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	100
落札回数		15	3	7	4	4	9	57	6	7	112	95

※分割入札(1MWごとに異なる価格での入札)を行ったため、入札出力≧落札出力 となる場合あり

3. 実証事業成果

3-3. SCR

(1)-1 事前資格審査：事前審査のプロセス

- 目標： 4MW以上での認可取得に対し、
実績： 6MWでの認可取得に成功
- 蓄電池でのSCRの認可取得は、ドイツで初の実績（従来は水力・火力が中心）

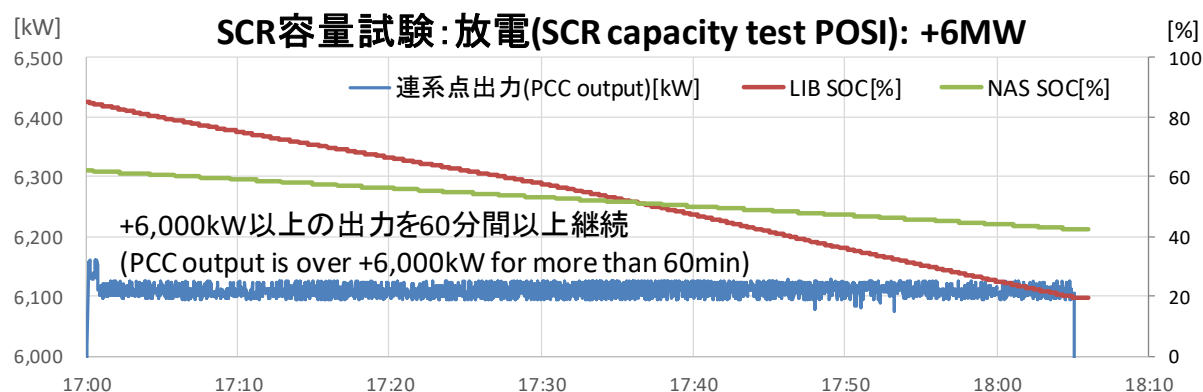
No.	プロセス	担当	認可	状況
1	ハイブリッドシステムのSCR運転 コンセプトの認可	EWE/ 日立パワー	TenneT	完了 (PCR運転コンセプトに追記)
2	VPP-TSO間通信コンセプトの 認可	EWE	TenneT	今回は不要 (EWEにて既にSCR運用実績あり)
3	VPP-TSO間通信確認試験	EWE	TenneT	今回は不要 (EWEにて既にSCR運用実績あり)
4	充放電試験 (1) 出力確認試験(充電) (2) 出力確認試験(放電) (3) 容量確認試験(60分以上)	試験: EWE/日立パワー 計測およびデータ提出: EWE	TenneT	完了 (1) 完了(2019/3/12) (2) 完了(2019/3/12) (3) PCR容量確認試験結果(7MW×3h) を提出。また、TSO要求により連続 60分出力供給試験(6MW×60min) も実施(2019/8/1)
5	SCR運転契約 (prequalification発行)	EWE	TenneT	完了(2019/10/25) EWEのSCR既存契約に 実証システムを追加

3. 実証事業成果

3-3. SCR

(1)-2 事前資格審査：充放電試験

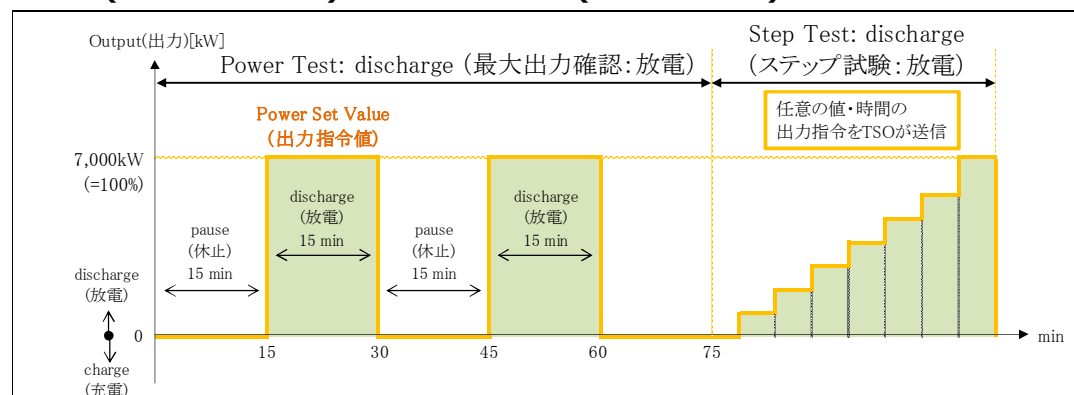
1. 容量確認試験（60分以上連続で出力を継続すること）



LIB合計出力値：
約1.8MW
NAS合計出力値：
約4.3MW

2. 出力確認試験パターン

(出力精度(10%以内)、応答速度(5分以内)が規定を満足すること)

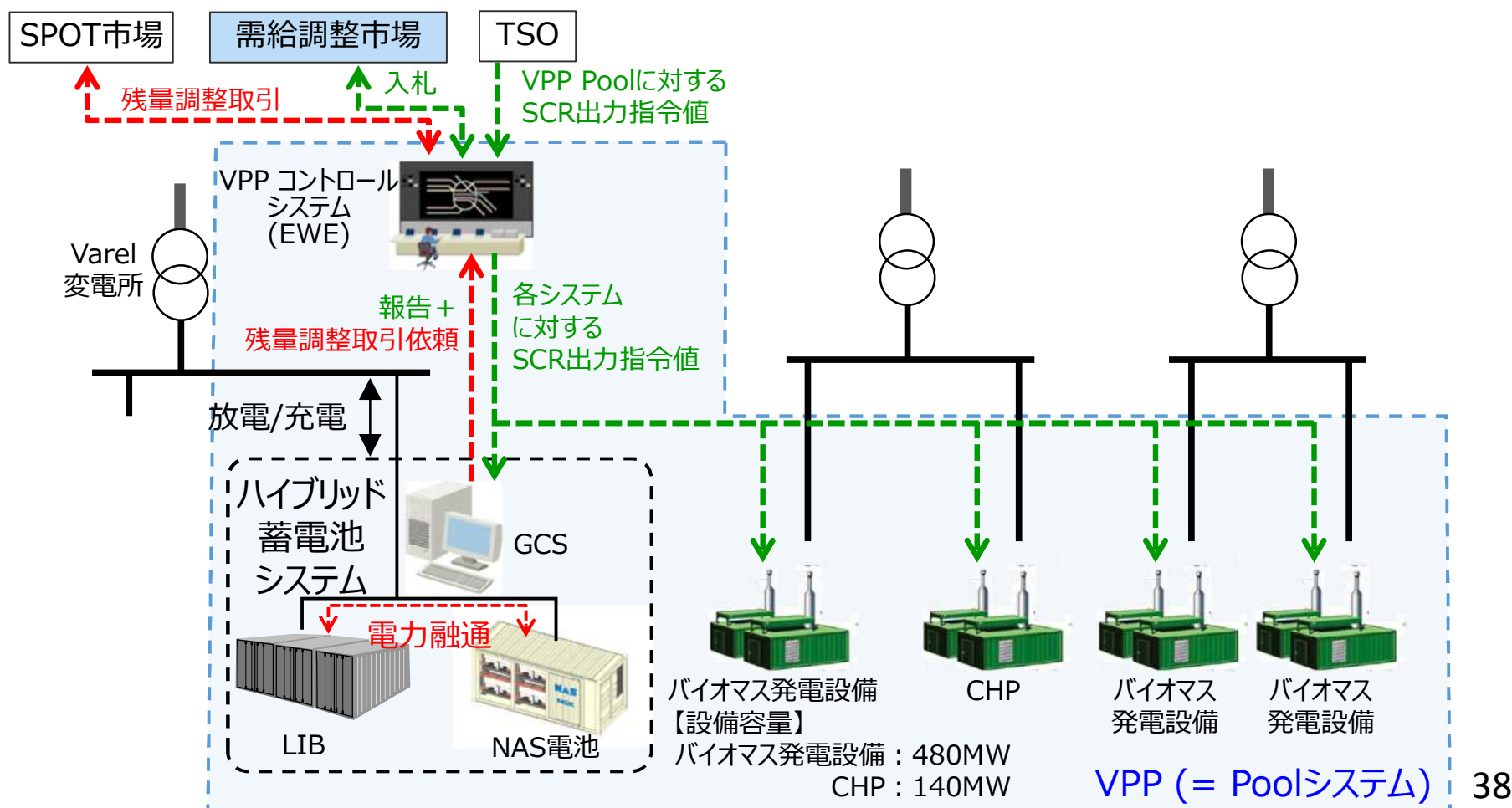


3. 実証事業成果

3-3. SCR

(2) SOC調整制御：概要

- 各電池の残量不足時には、SPOT市場から残量調整用の電力を調達
- 各電池の残量差が拡大した場合には、電力融通により均一化

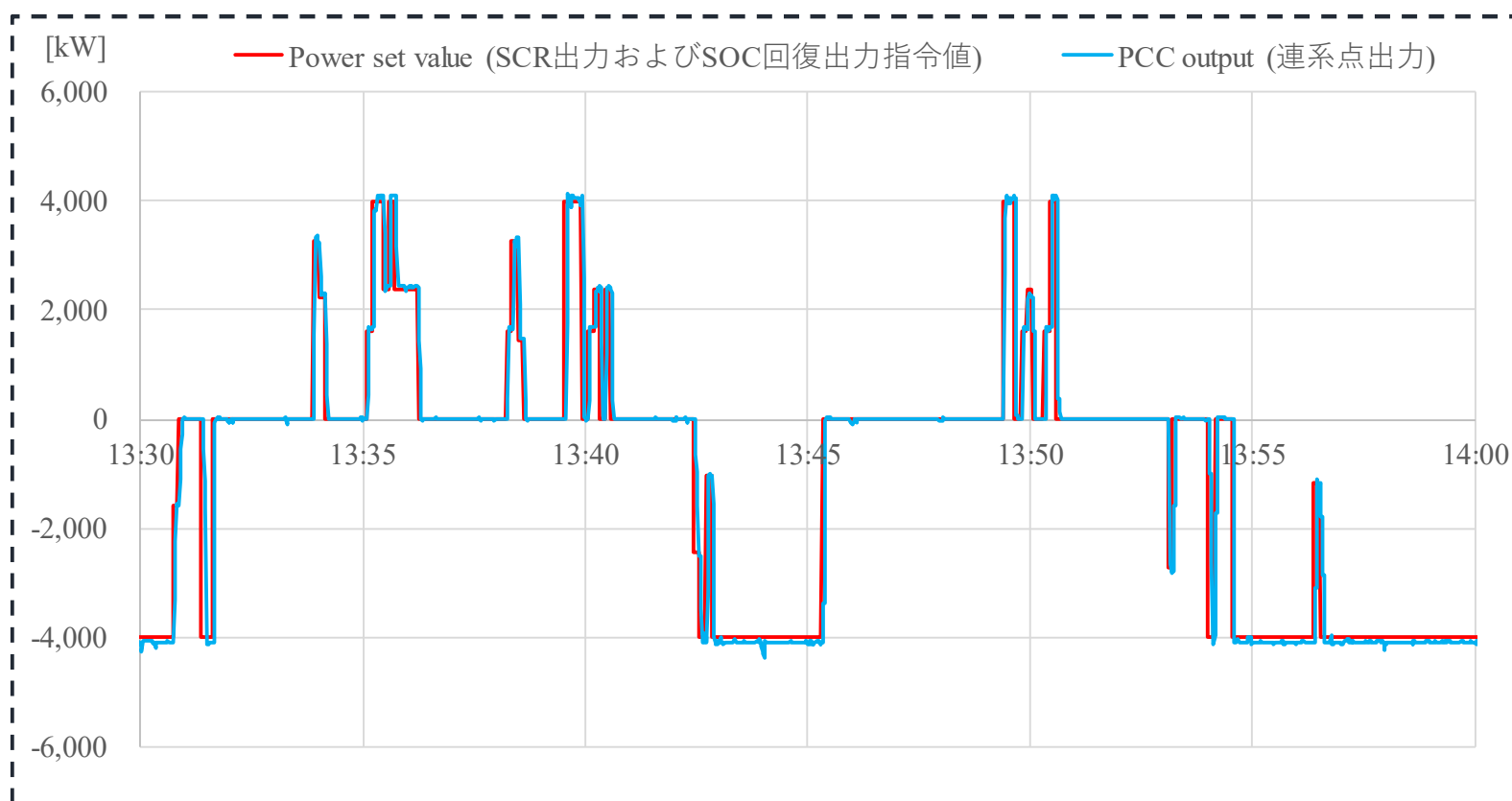


3. 実証事業成果

3-3. SCR

(3) 市場ルールへの順守：出力精度・応答速度

- SCR出力指令値を受信後、数秒程度の遅れで蓄電池システムの連系点出力が追従しており、出力精度(規定:10%以内)・応答速度(規定:5分以内)とも問題なし

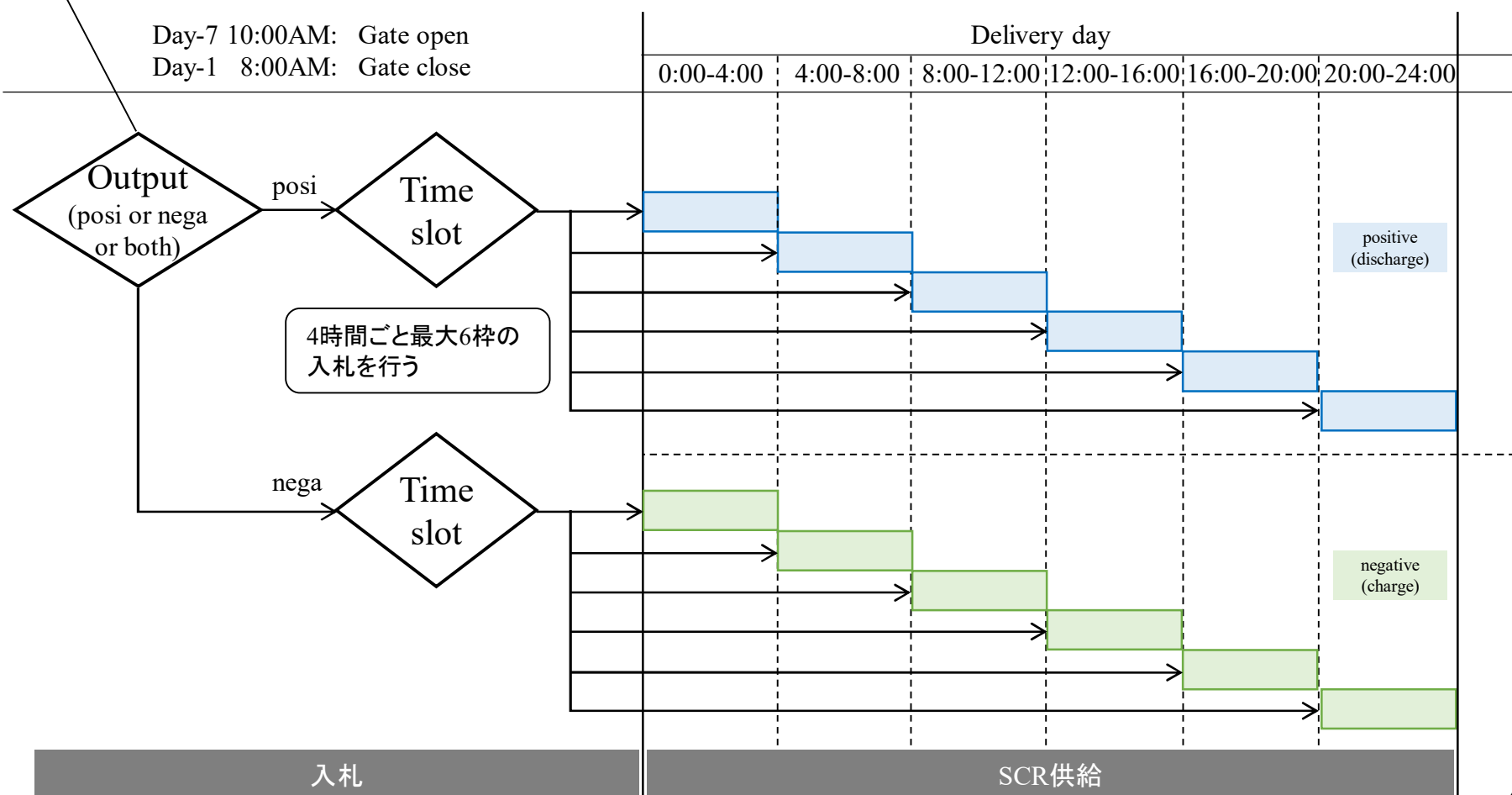


3. 実証事業成果

3-3. SCR

(4)-1 需給調整市場での運用実績：入札制度

基本的には上げ調整力(positive)・下げ調整力(negative)の一方のみの入札だが、
上げ+下げ調整力の同時入札も可能

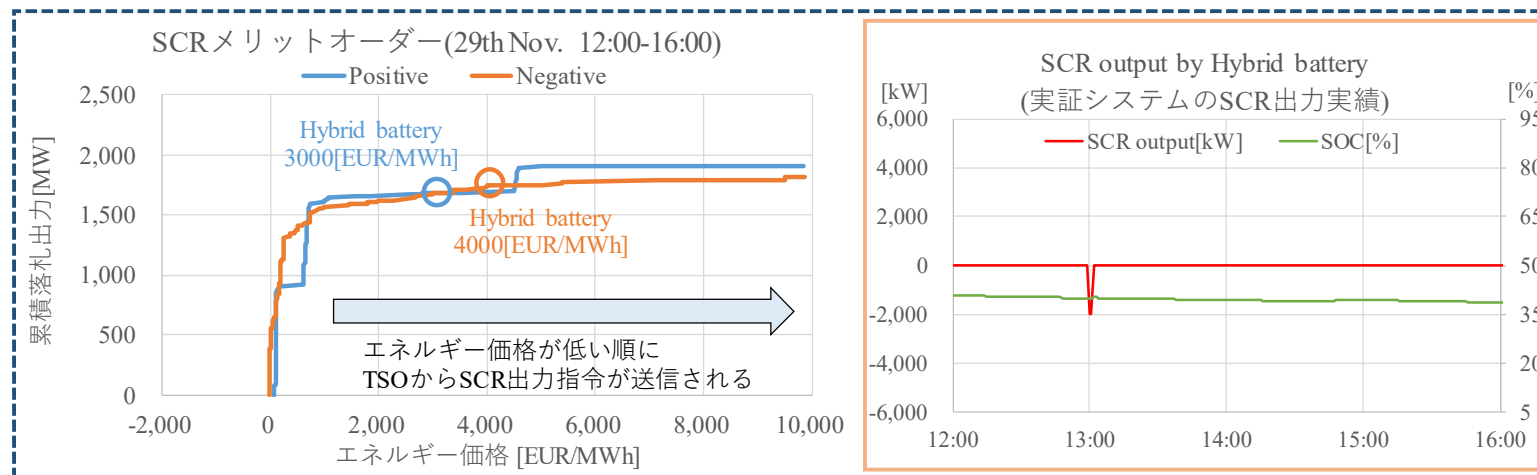


3. 実証事業成果

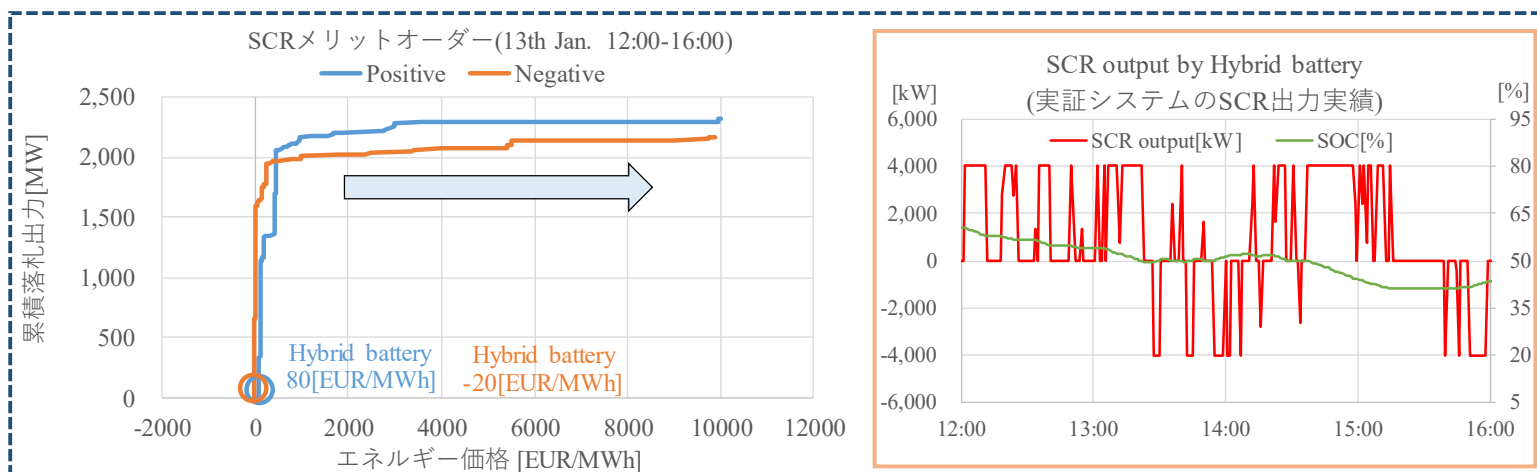
3-3. SCR

(4)-2 需給調整市場での運用実績：メルिटオーダー

高価格で入札した場合の稼働実績 →稼働頻度は低い



低価格で入札した場合の稼働実績 →稼働頻度は高い

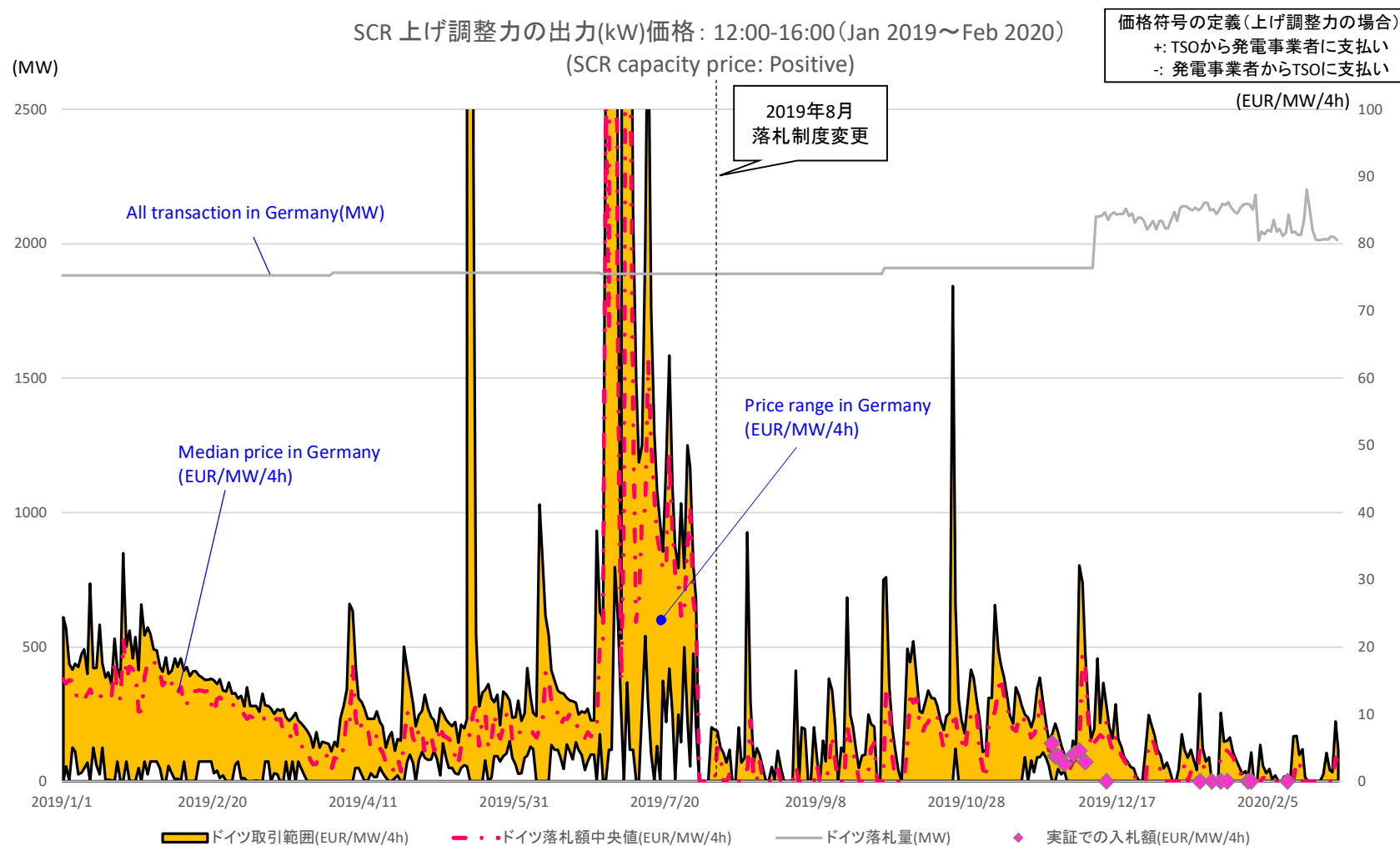


3. 実証事業成果



3-3. SCR

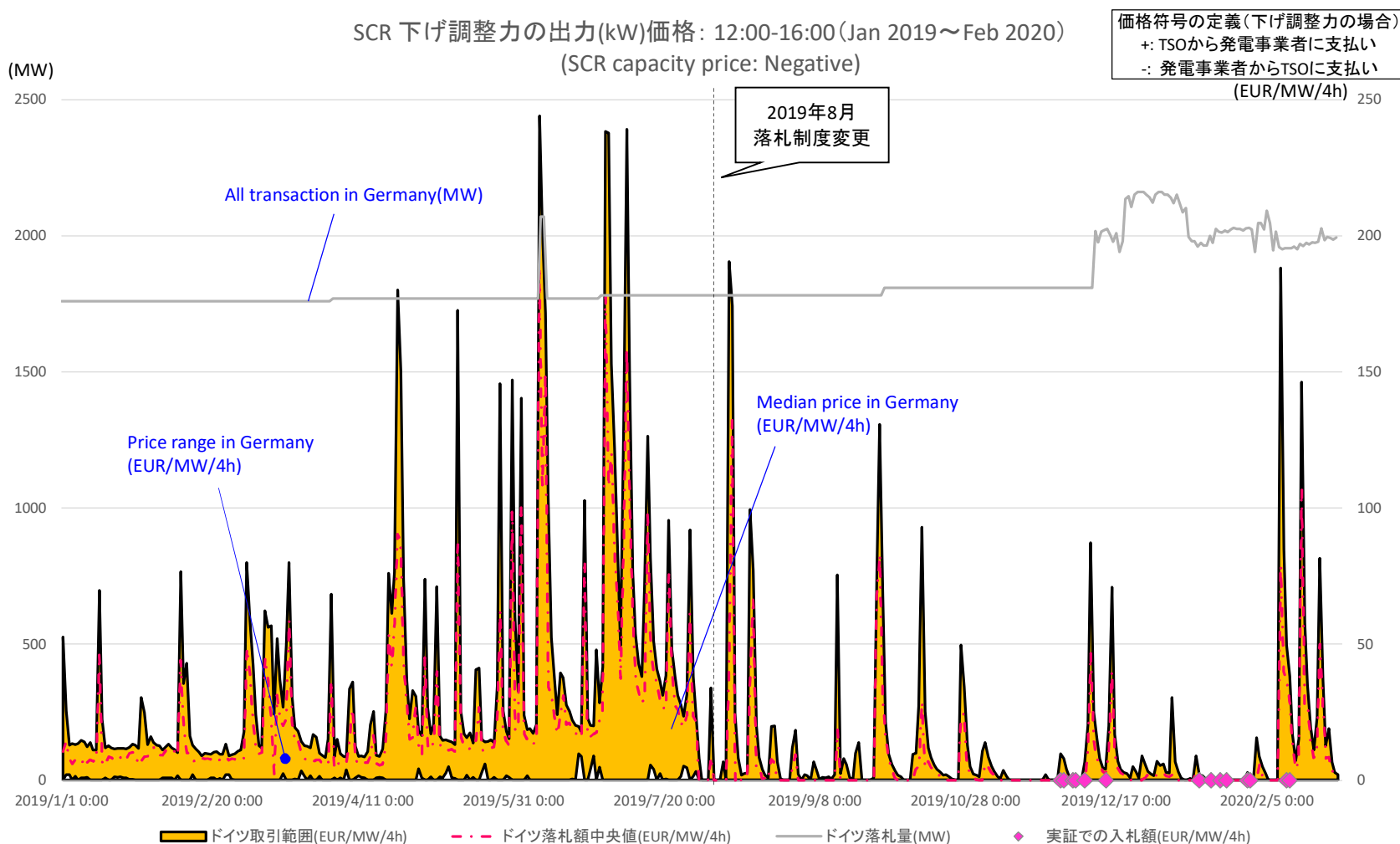
(4)-3 需給調整市場での運用実績：上げ方向 4時間×61回



3. 実証事業成果

3-3. SCR

(4)-4 需給調整市場での運用実績：下げ方向 4時間×50回

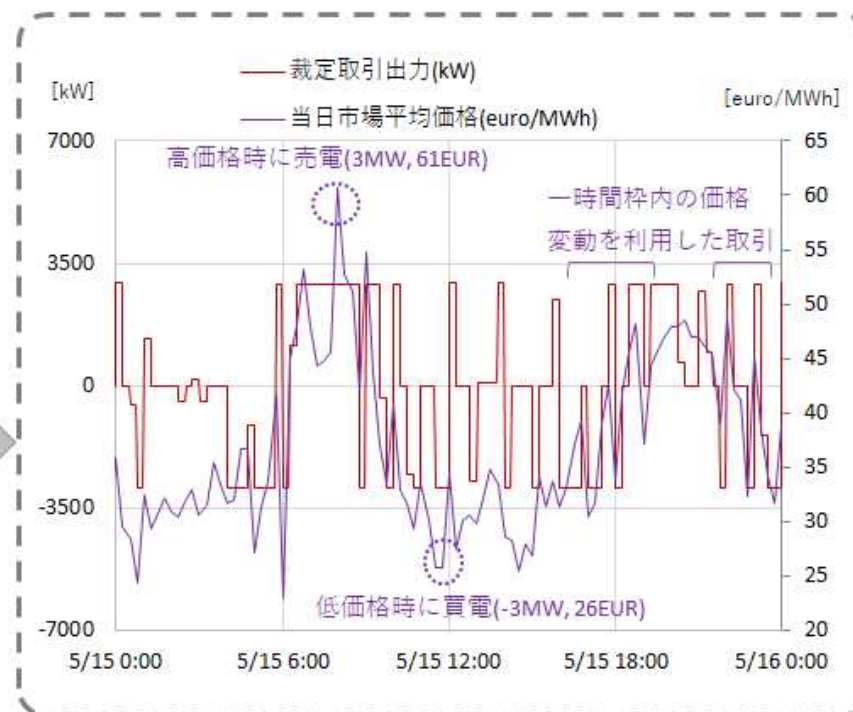
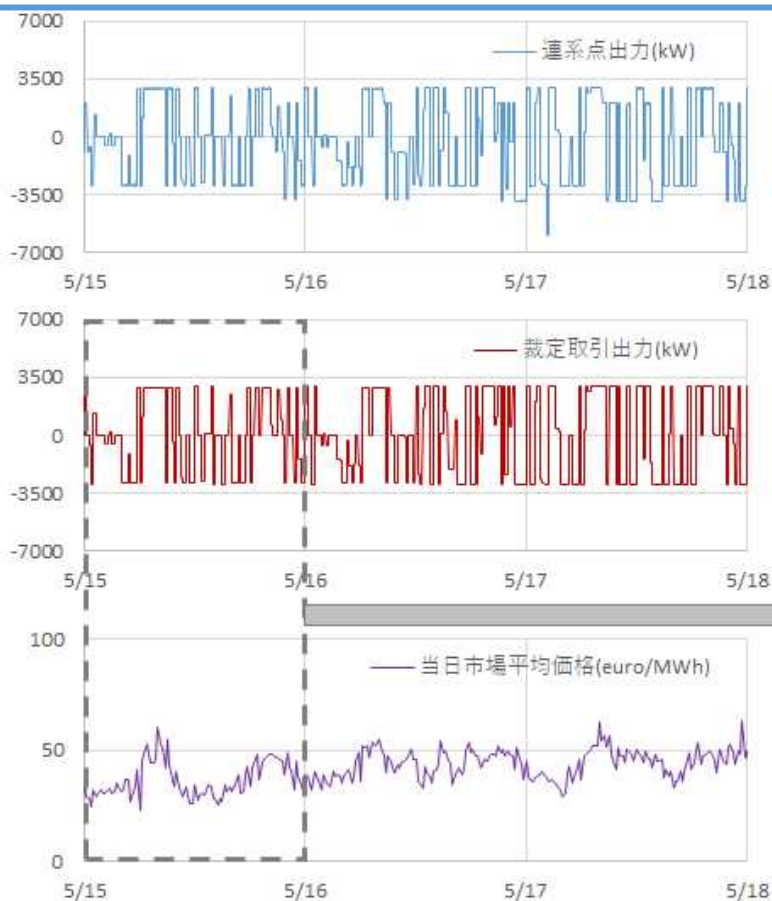


3. 実証事業成果

3-4. バランシング

(1)-1 電力価格差運用（裁定取引運用）：運用実績

- 当日市場の価格が低いタイミングを中心に買電、価格が高いタイミングを中心に売電を行行うことで、価格差による収益を得る。
- 取引結果に準じた出力が行えることを確認。



3. 実証事業成果

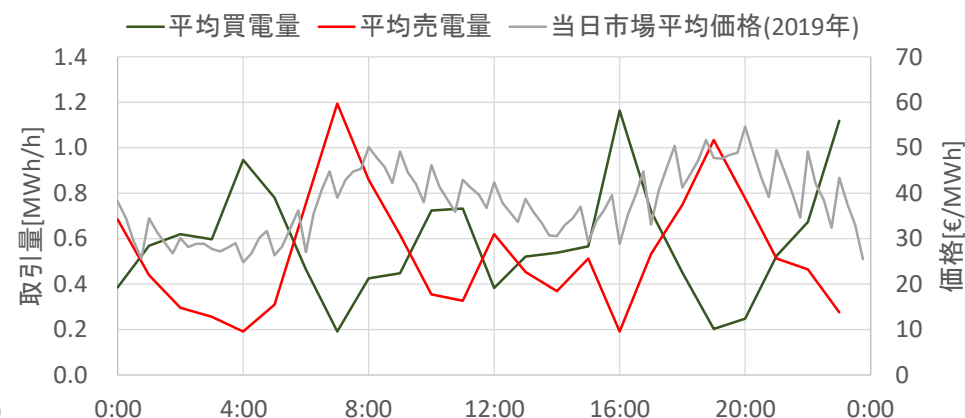
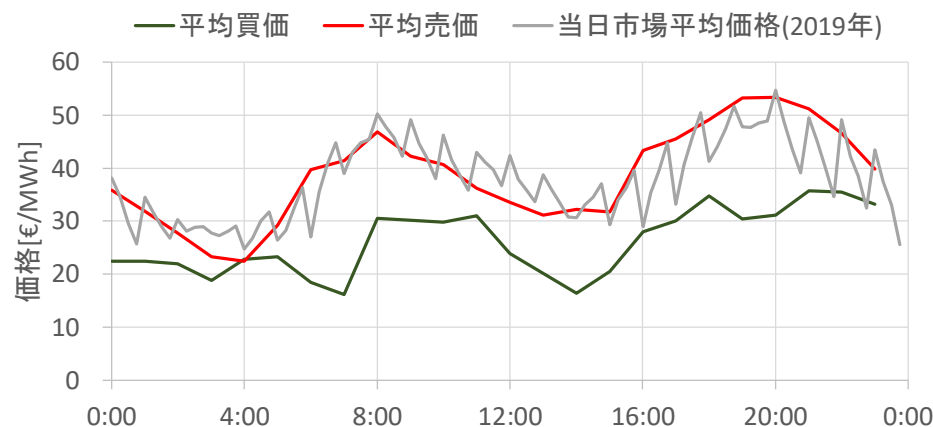


3-4. バランシング

(1)-2 電力価格差運用（裁定取引運用）：取引実績

➤ 実証運転での取引実績：

平均買価：27[€/MWh]、平均売価：41[€/MWh]、価格差：15[€/MWh]



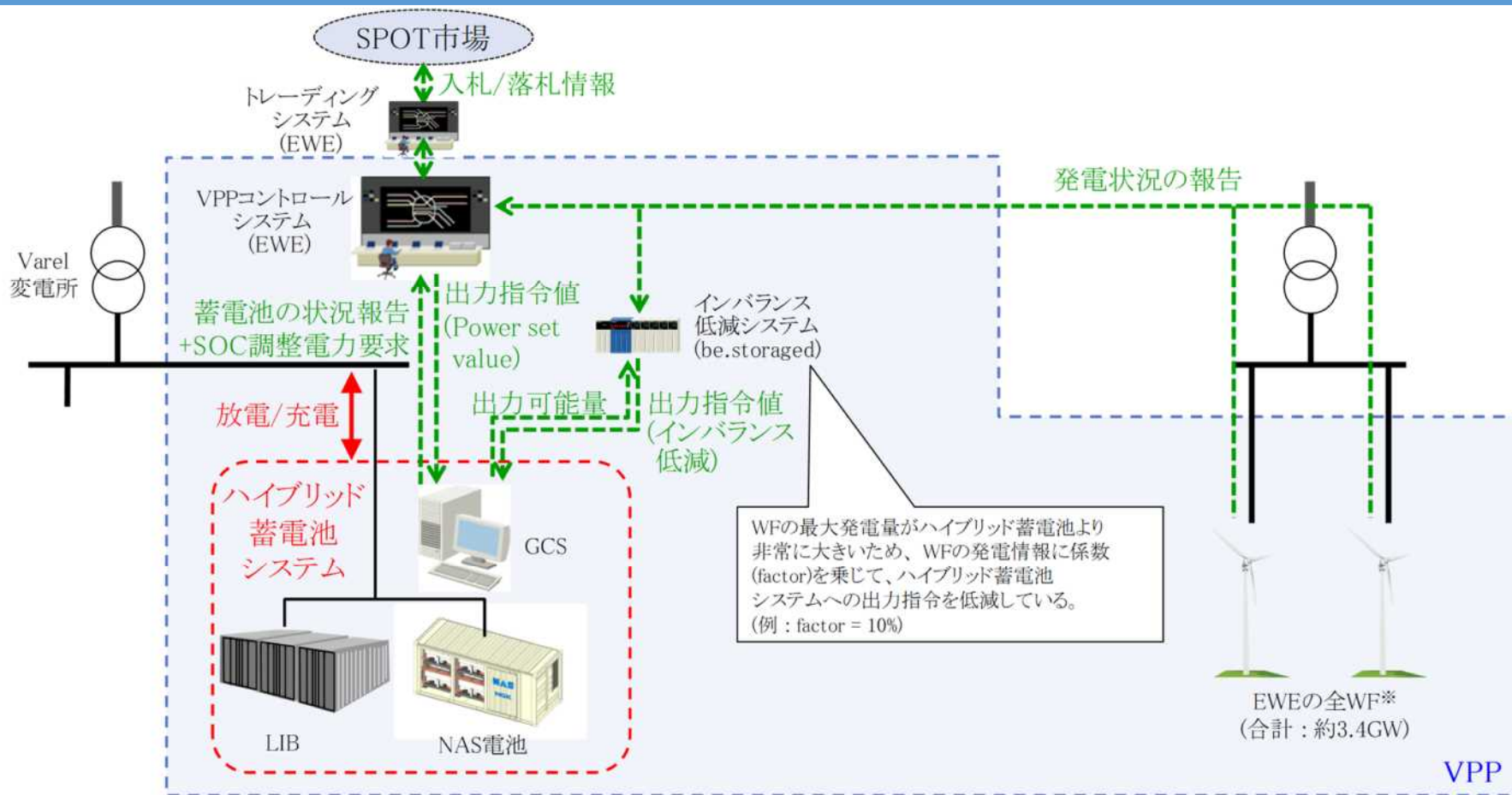
最大取引 電力 [MW]	運用 日数	取引量		取引価格			平均取引価格		
		買電量 [MWh/日]	売電量 [MWh/日]	買価 [€/日]	売価 [€/日]	価格差 [€/日]	買価 [€/MWh]	売価 [€/MWh]	価格差 [€/MWh]
0.5	6	3.3	3.1	86	119	33	25.8	38.7	12.9
1	14	8.1	8.1	216	313	97	26.8	38.7	11.8
1.5	14	12.4	11.3	322	464	142	26.0	41.0	15.0
2	58	16.0	14.5	416	599	183	26.0	41.4	15.3
3	6	23.0	20.4	716	864	149	31.1	42.5	11.3
合計・加重平均	98	14.0	12.8	372	526	154	26.6	41.1	14.5

3. 実証事業成果

3-4. バランシング

(2)-1 同時同量運用(インバランス低減)：概要

- EWEのWF(3.4GW)で生じるインバランスを、蓄電池システムで低減する



※Wind Farm：集合型風力発電所

3. 実証事業成果

3-4. バランシング

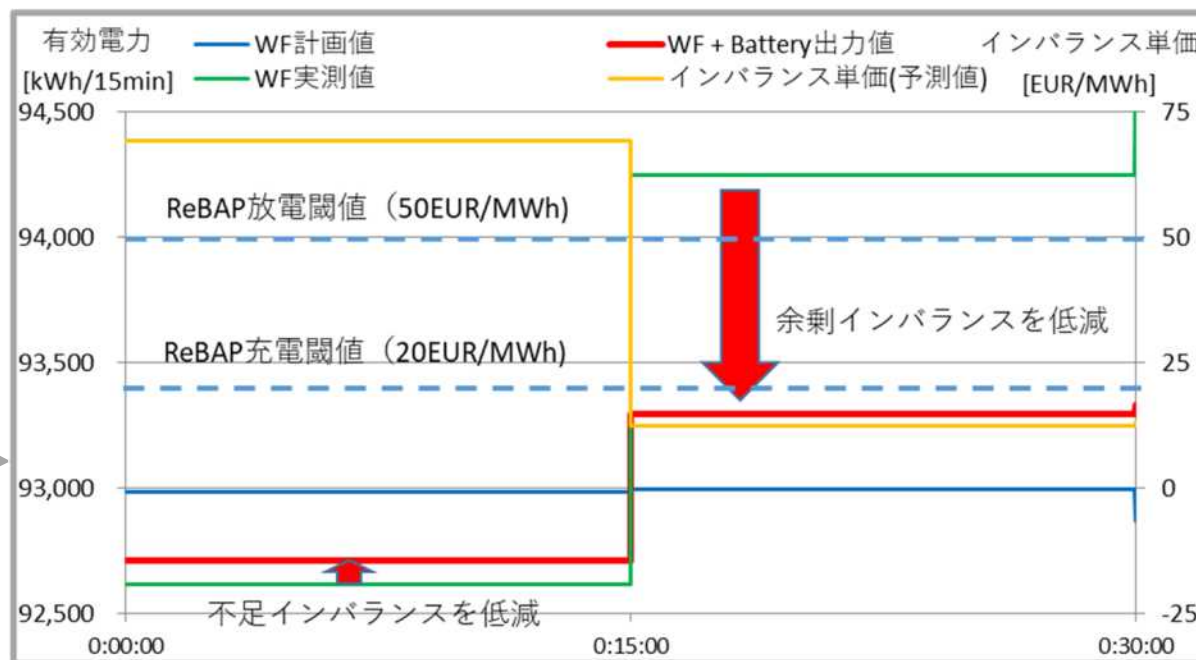
(2)-2 同時同量運用(インバランス低減): 運用実績

- インバランス価格予測値(reBAP)に応じた充放電実施判定が、計画通り動作することを確認。



WF計画値 > WF実績値
[蓄電池放電]

WF計画値 < WF実績値
[蓄電池充電]



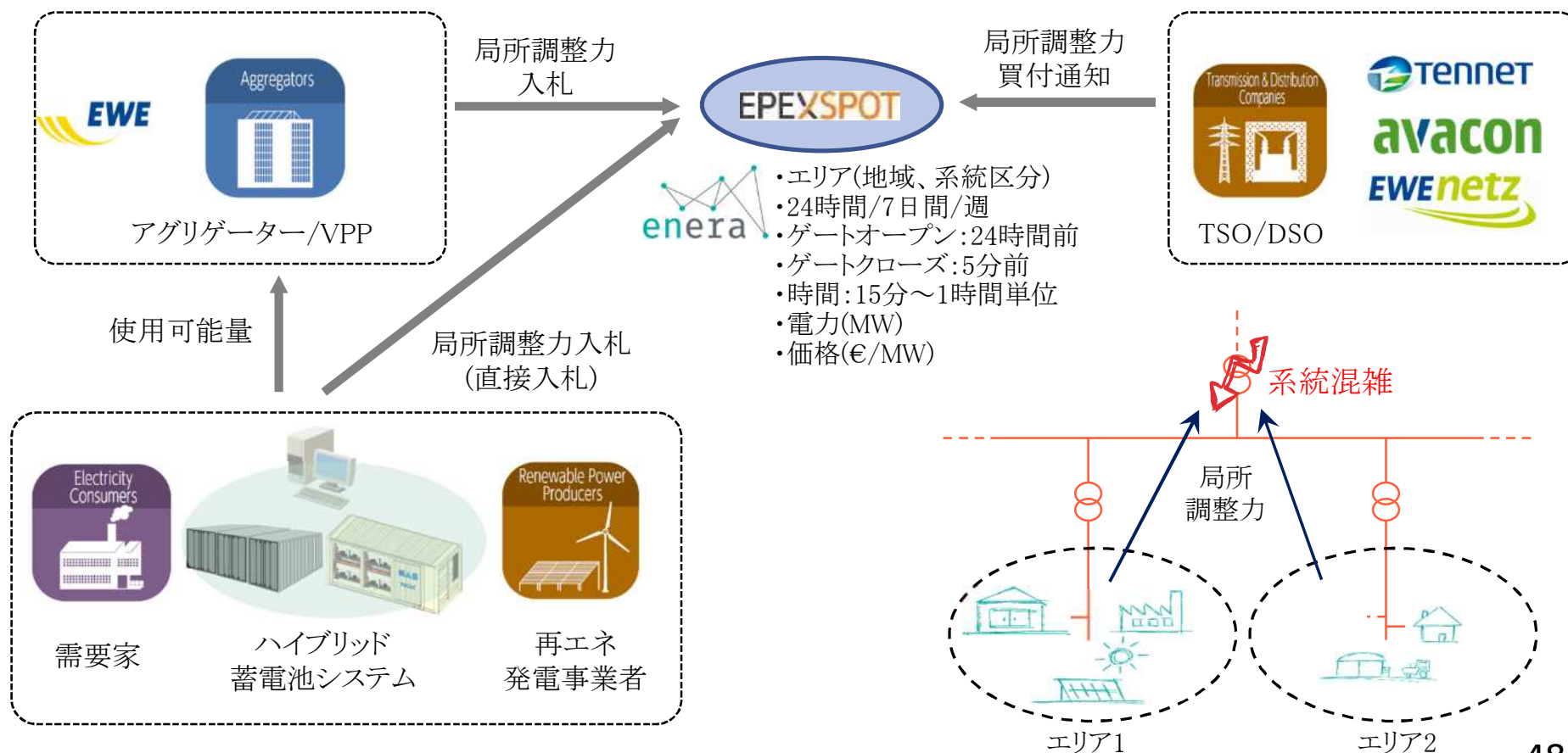
※インバランス価格によっては、あえてインバランスを増加させることで収益向上が可能となる場合があるが、本実証では禁止

3. 実証事業成果

3-4. バランシング

(3)-1 フレキシビリティ供給：フレキシビリティ取引の概要

- 再生可能エネルギーの発電過剰等により生じる局所的な系統混雑リスクを解消するため、eneraで実証中のフレキシビリティ市場を介して、フレキシビリティを供給する。

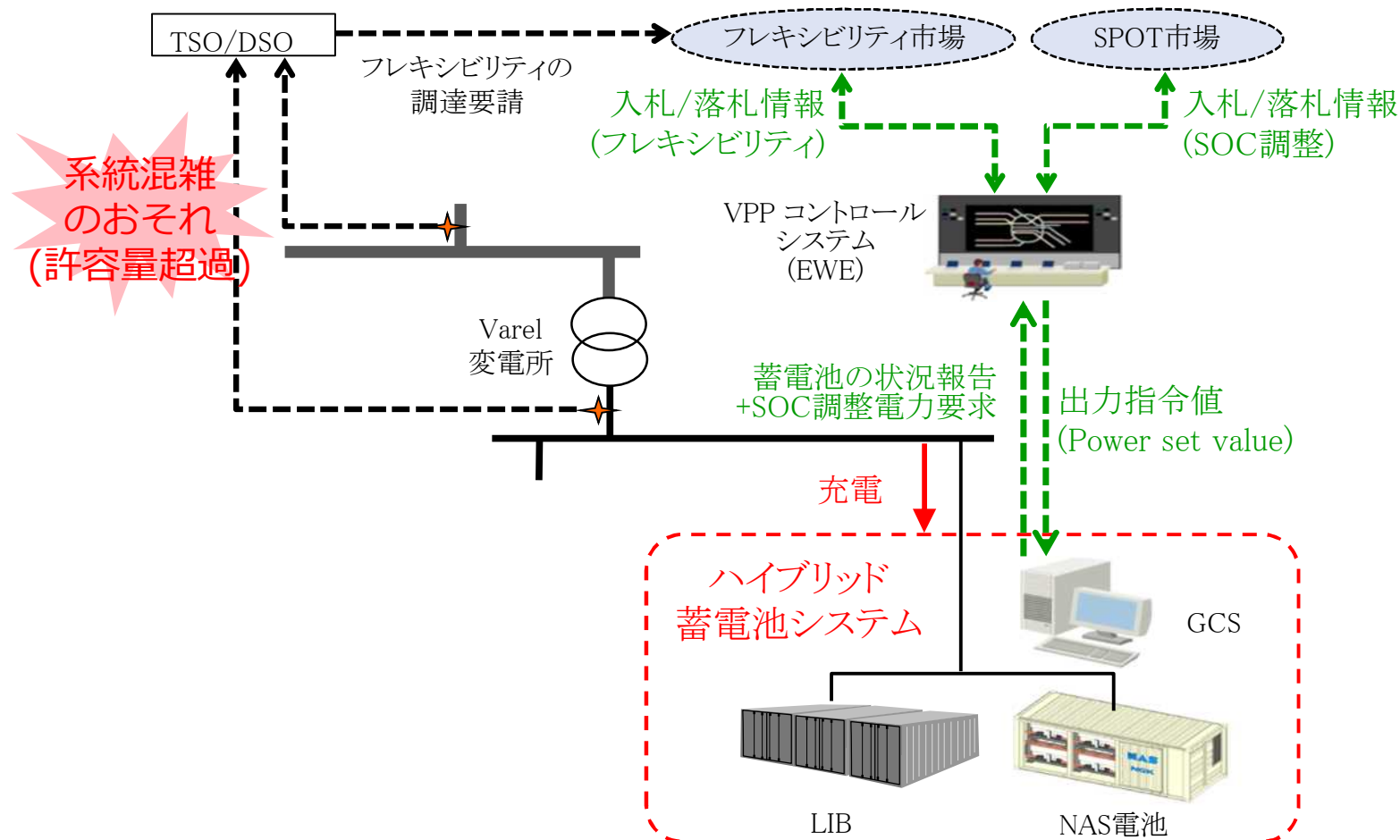


3. 実証事業成果

3-4. バランシング

(3)-2 フレキシビリティ供給：概要

- EWEのVPPコントロールシステムを通してフレキシビリティ市場に参加。
- ファーレル変電所系統で系統混雑リスクが生じた際に、充電電力を供給する。

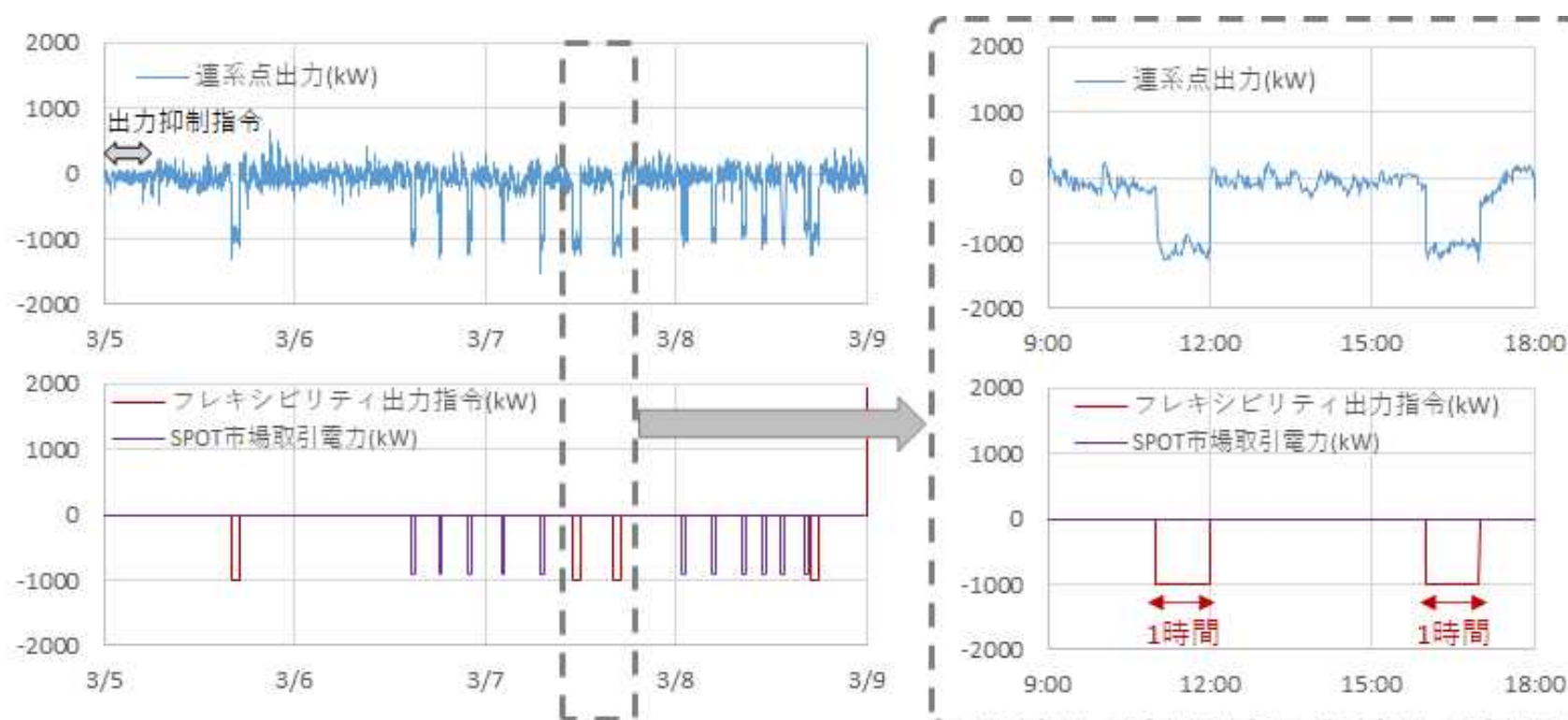


3. 実証事業成果

3-4. バランシング

(3)-3 フレキシビリティ供給：運転実績(PCRとフレキシビリティの同時供給の実績例)

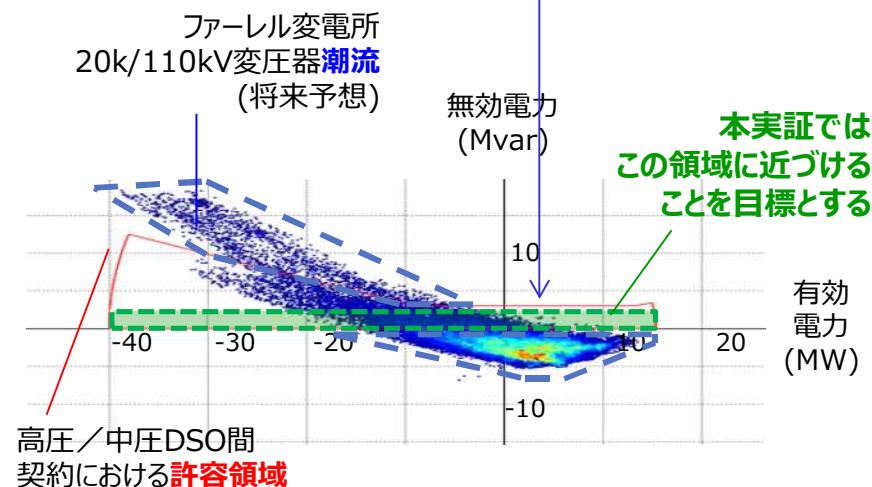
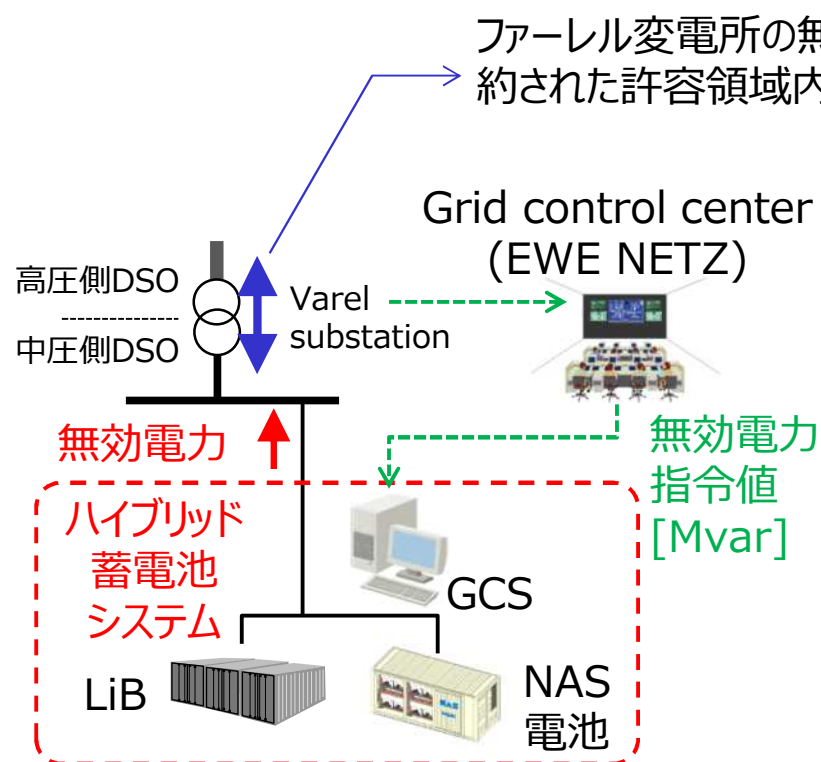
- フレキシビリティ市場での取引、および実証運転に成功(ただし取引頻度は高くない)
- enera実証全体としては、2019年12月までに、注文数:約5,000件、取引成立数:約100件、系統混雑解消:5件を達成。



3-5. 無効電力

(1)-1 系統電力の力率改善：概要

- Grid control centerからの無効電力出力指令により、ファール変電所の力率改善を行う。
- ファール変電所の無効電力計測値をDSO間(高圧／中圧)で契約された許容領域内に近づけることを目標とした。



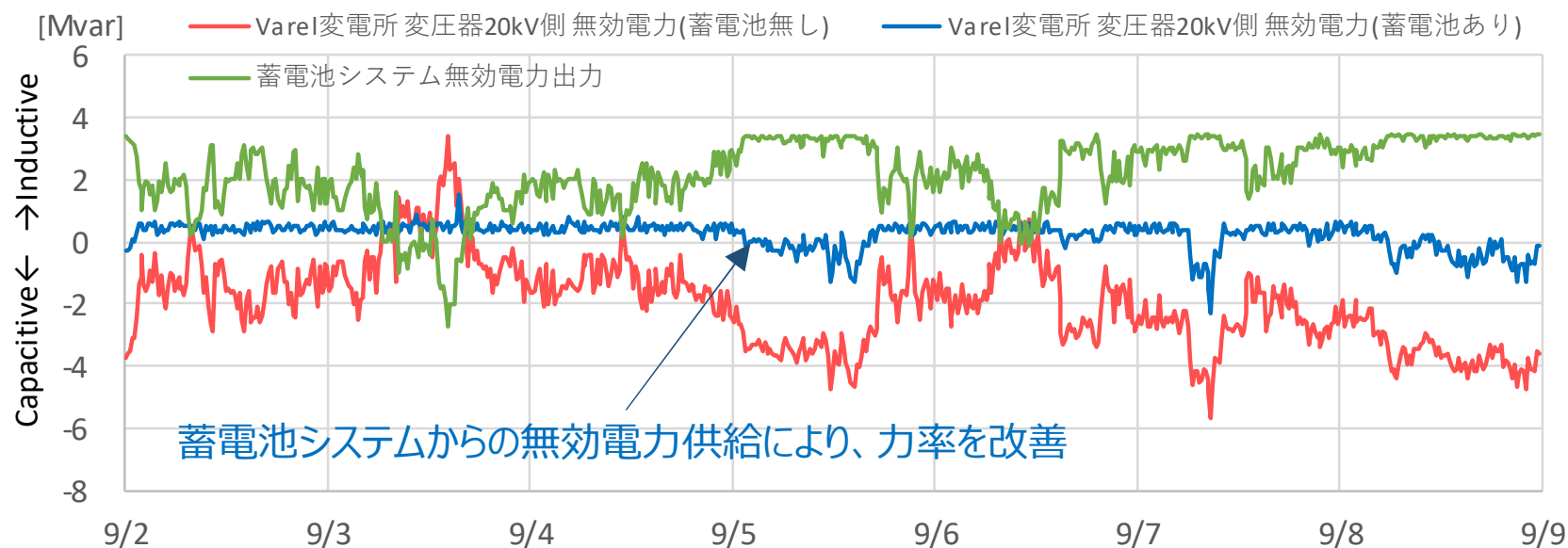
ファール変電所潮流の有効／無効電力分布 (将来予想)
(蓄電池システム無し)

3. 実証事業成果

3-5. 無効電力

(1)-2 系統電力の力率改善

- 蓄電池システムからの無効電力供給により、変電所潮流の力率を改善
(無効電力潮流をゼロ $\div$ 力率1 に近づける)

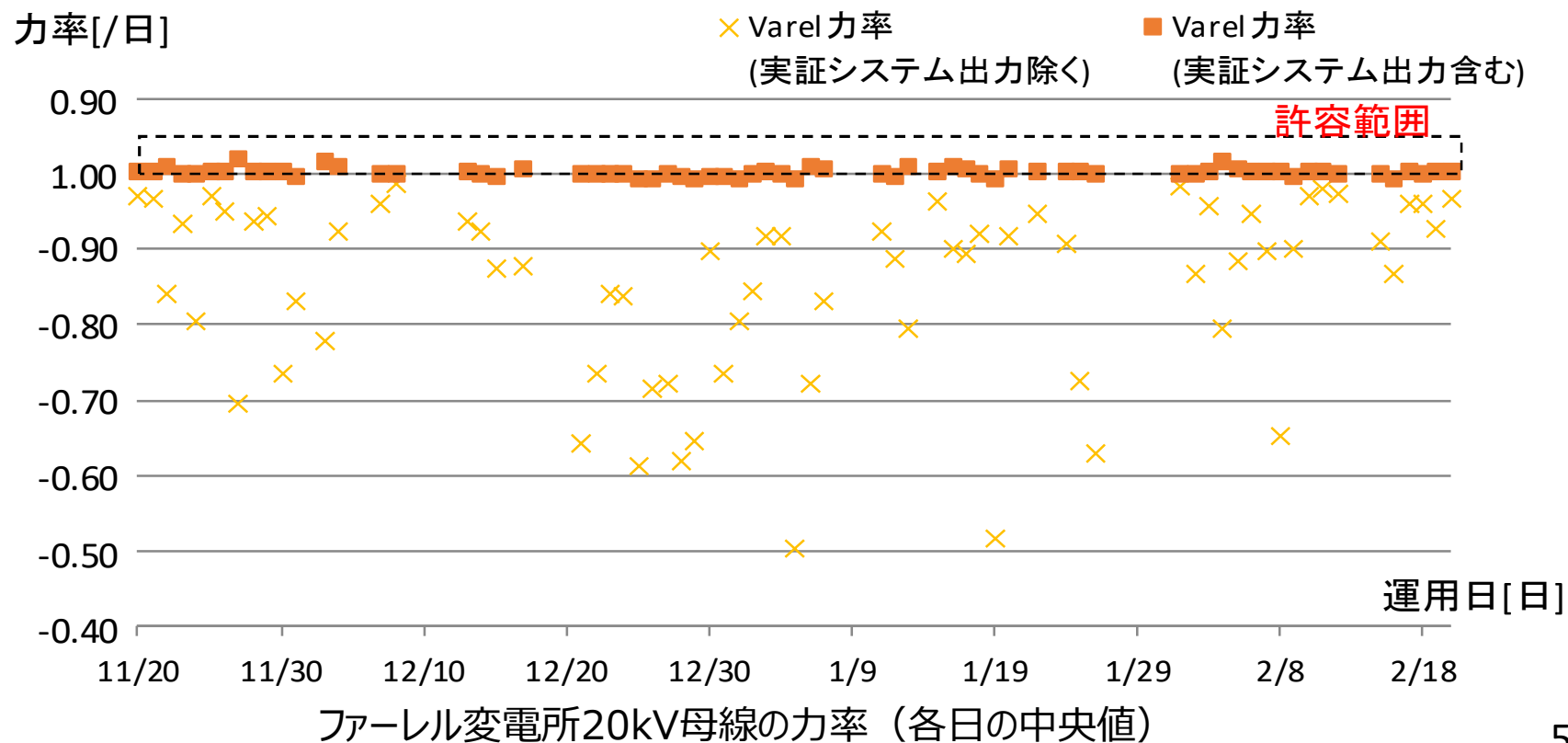


3. 実証事業成果

3-5. 無効電力

(1)-3 系統電力の力率改善

- 蓄電池システムからの無効電力供給により、許容範囲内での滞在率が増加
- 各日の力率中央値ベースで比較した場合
実証システム出力なしの場合に、力率が許容範囲内であった割合：0%
実証システム出力ありの場合に、力率が許容範囲内であった割合：58%



3. 実証事業成果

3-5. 無効電力

(2) 無効電力の出力精度・応答速度

- Grid Control Centerからの指令値を受信後、数秒程度の遅れで蓄電池システムの連系点出力が追従しており、出力精度(規定:定格出力の2%以内)・応答速度(規定:1分以内)とも問題なし

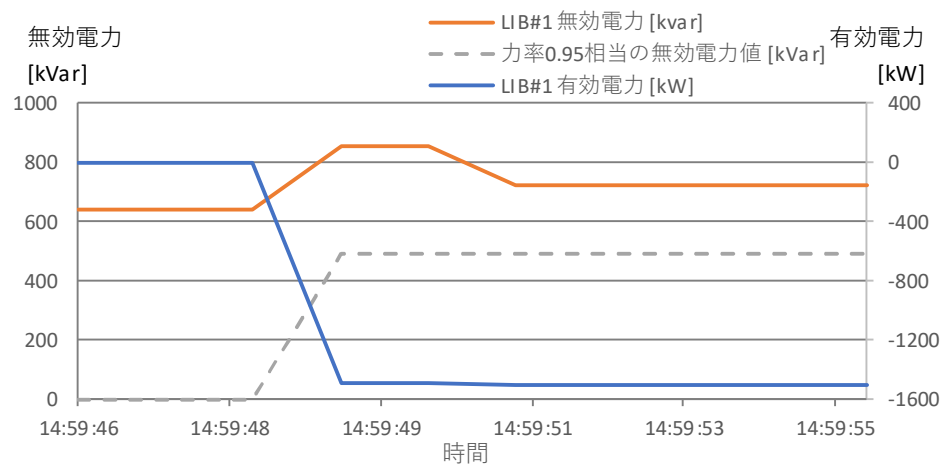


3. 実証事業成果

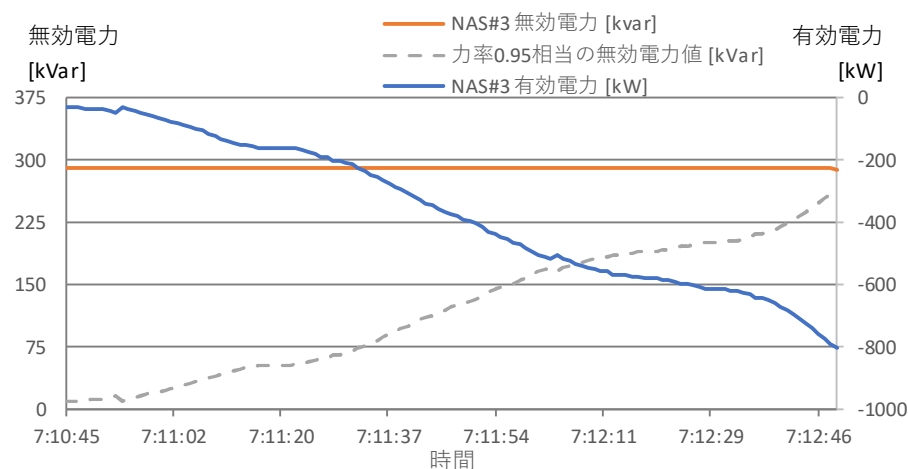
3-5. 無効電力

(3) 力率0.95以上の出力（系統連系条件）

- LIB用PCS・NAS用PCS共に、有効電力が変動した場合でも常に、力率0.95以上の無効電力を出力可能であることを確認。



LIB用PCSの有効/無効電力出力実績
(LIB用PCS容量：2,200kVA)



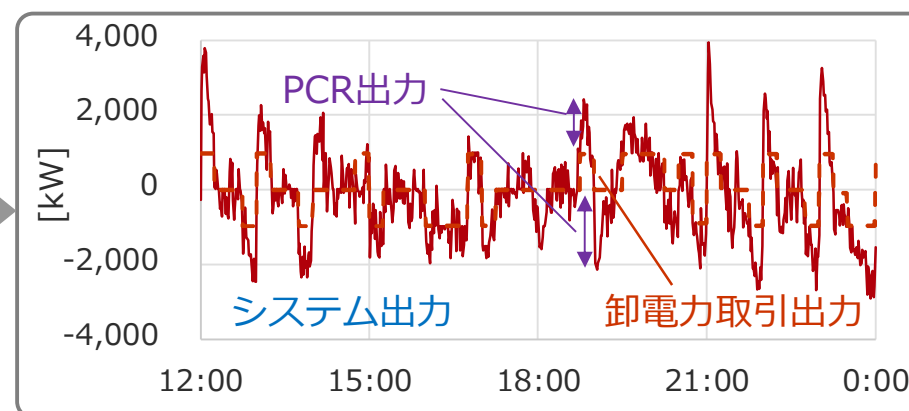
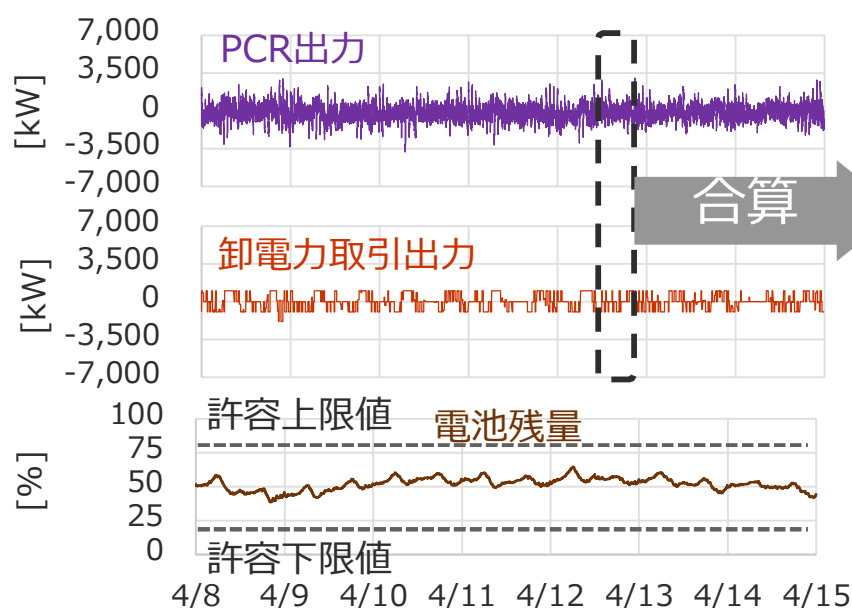
NAS用PCSの有効/無効電力出力実績
(NAS用PCS容量：1,000kVA)

3. 実証事業成果

3-6. マルチユース

(1) VPPとの連携・安定運用

- PCRと卸電力取引の同時取引、および実証運転に成功
- 両機能の同時供給により、残量調整と収益向上を実現する運用制御を構築



マルチユースの利点

- ① 残量調整のための充放電制御
- ② 裁定取引による収益向上

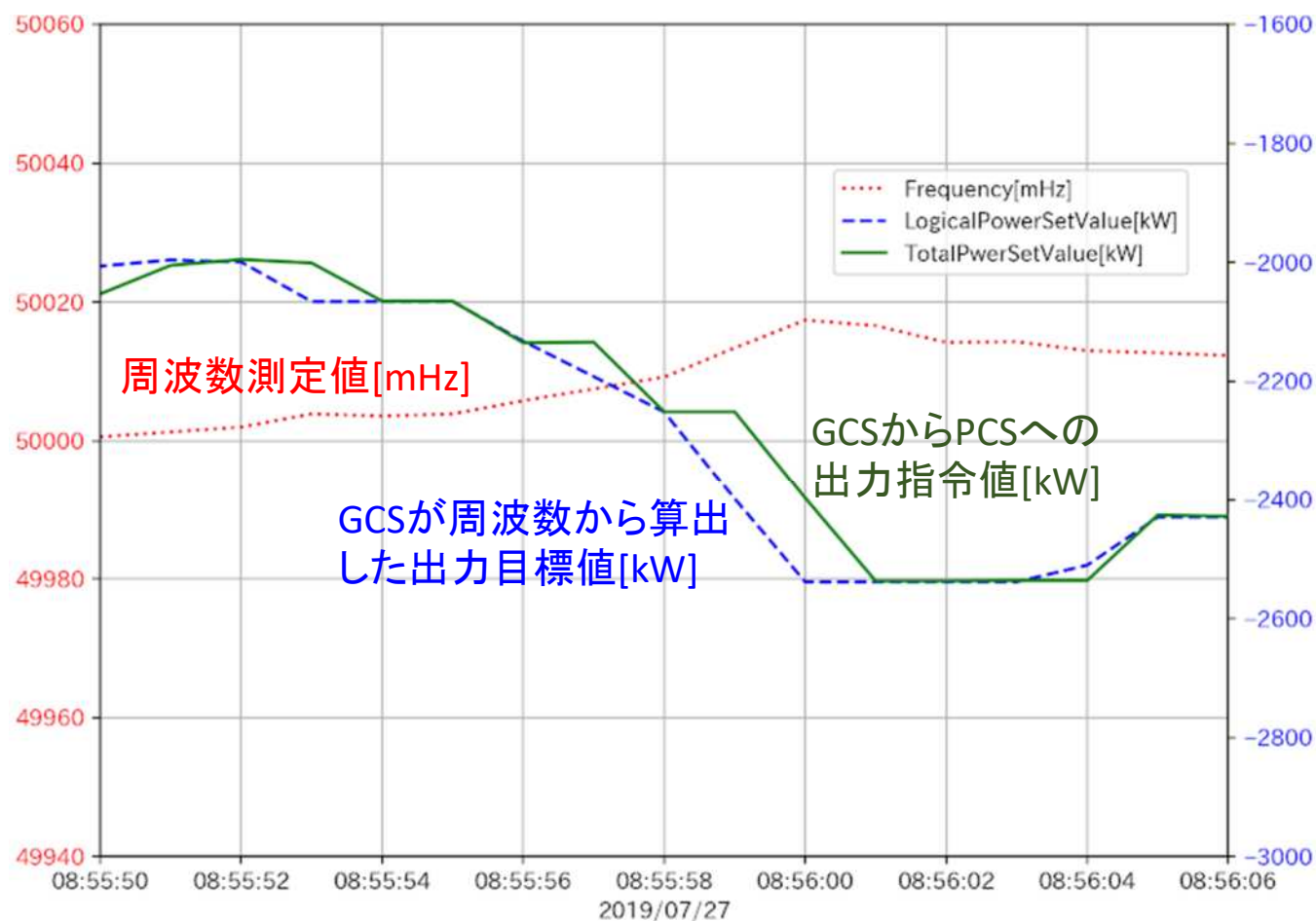
裁定取引とは市場の価格差を利用して利益を得る取引であり、本実証においては安値買電・高値売電を行ったもの

3. 実証事業成果

3-6. マルチユース

(2) GCS応答速度

➤ 周波数測定値を受信後、出力目標値の算出と各PCSへの出力指令を1秒以内に実施

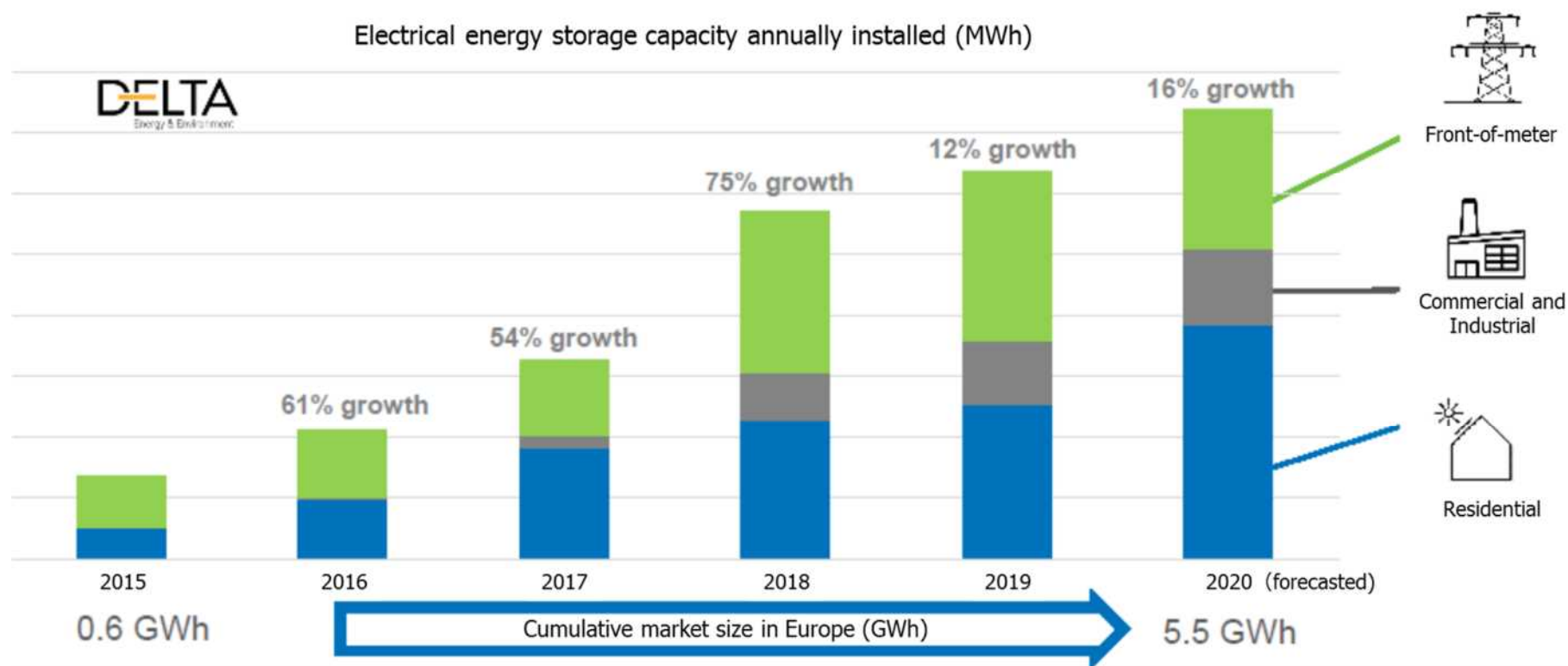


1. 事業の位置付け・必要性 (NEDO)
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント (NEDO)
 - (1) 相手国との関係構築
 - (2) 実施体制
 - (3) 事業内容・計画
3. 実証事業成果 (日立化成、日立パワーソリューションズ、日本ガイシ)
 - (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 (同上)
 - (1) 事業成果の競争力 [一部非公開]
 - (2) 普及体制 [非公開]
 - (3) ビジネスモデル [非公開]
 - (4) 政策形成・支援措置
 - (5) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力

市場調査① 欧州の市場規模実績及び予測

- ✓ 蓄電池市場は全体として拡大傾向にある。
- ✓ C&I及び需要家向け蓄電池の需要拡大が牽引し、系統用蓄電池市場は停滞傾向になっていく可能性がある。

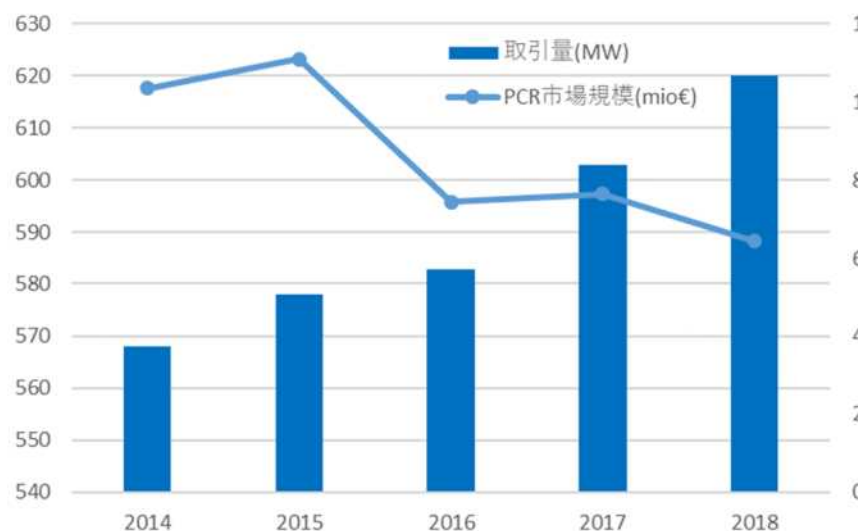


4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力

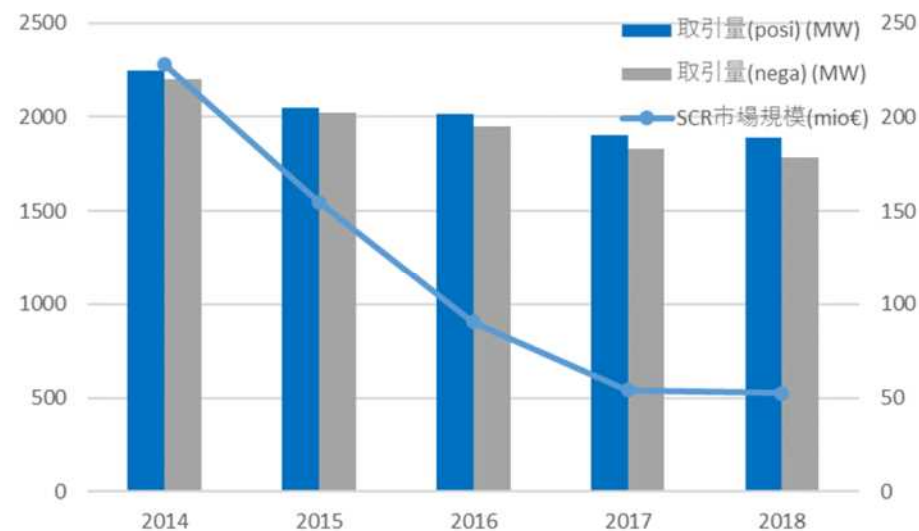


市場調査② PCR・SCR取引市場規模

- ✓ PCR取引市場は、明確な増減は見られない傾向であり、今後も短中期的には大幅な増加はなく概ね年間平均600MW前後で推移するものと考えられる。一方で、ドイツ政府は2038年までに石炭火力を廃止することを政策として打ち出していることから、**従来のPCR供給電源は引き続き減少傾向であり、蓄電池システムがこの市場に参入する余地は十分ある**と考えられる。
- ✓ SCRは取引量[MW]、市場規模[百万€]ともに減少傾向であり、市場参入メリットは小さい。



ドイツにおけるPCRの取引量[MW]と市場規模[百万€]



ドイツにおけるSCRの取引量[MW]と市場規模[百万€]

4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力



市場調査③ 普及対象有力6カ国の電力市場調査

	ドイツ	イタリア	アイルランド	イギリス	デンマーク	オランダ
電力市場構造	• TSO 4社 • DSO 900社以上 • 完全自由化	• TSO 1社 • DSO 130社以上 • 完全自由化	• TSO 1社 • DSO 1社 • 完全自由化	• TSO 1社 • DSO 6社 • 完全自由化	• TSO 1社 • DSO 70社以上 • 完全自由化	• TSO 1社 • DSO 7社 • 完全自由化
需給調整メカニズム	• 15分同時同量 • 実需要の30分前までBRPが調達 • ENTSO-E定義により3種の予備力を設定	• 1日前市場で需給計画を決定。当日市場で調整。 • ENTSO-E定義により3種の予備力を設定	• ENTSO-Eの定義に従い、制度改革中 (DS3)	• 30分同時同量 • 実需要の1時間前までBMU調達 • 予備力はNational Gridが応答性等でサービスを区分	• 実需要の30分前までEnerginet.dkが調達。	• 15分同時同量 • 実需要の5分前までBROが調達 • ENTSO-E定義により3種の予備力を設定
電力取引市場	• 予備力市場、電力卸市場があり、自由取引が行われている	• 予備力市場、電力卸市場があり、自由取引が行われている	• 同上 • 現在は強制プールの卸取引 • アンシラはOTC	• 卸電力取引はOTC 取引割合が高い • 予備力市場あり。ただし詳細不明。	• 北欧3カ国他と共同の“Nord Pool”を形成	• ドイツと共同運用の予備力市場、卸市場があり、自由取引
系統用蓄電池のニーズ	• 系統安定化、系統運用の経済性向上など蓄電池ニーズは多様なセクターに存在	• RE導入推進による系統安定化用蓄電池ニーズ有 • 系統運用者でも蓄電池所有可能	• 主に風力の大量導入により、慣性問題、短周期変動対応に蓄電池が期待。	• RE導入による系統課題が局所的に存在。蓄電池に対する政府補助金もあり。	• 下記類似のPjが散見されることから、大型定置用蓄電池ニーズは積極的ではないと推察。	• ドイツと同様の政策、課題を受け、蓄電池ニーズも存在
系統用蓄電池の導入例 / 代表プロジェクト	• LIB単独でのアンシラリーサービス提供サービスが複数存在	• Terna社のPjを以て中心に、NAS電池、LIBによるアンシラ、負荷平準を実施	• フライホイールと鉛を組合せたハイブリッドストレージPj等。出力変動対策。	• National Grid高速周波数応答サービス入札は全て蓄電池が落札。	• EV充電から各種アンシラリー提供向けLIBのR&D Pj	• EVの中古電池を活用した風力初めの出力吸収等。

4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力



競合分析

	Brandenburg州	STEAG	EnspireME	swbハイブリッド	本実証
目的・内容	PCR供給 捨電吸収	PCR供給	PCR供給	PCR供給	PCR供給 SCR供給 バランシング 無効電力供給
システム構成	22MW, LiB	90MW, LiB (15MW×6か所)	48MW/50MWh, LiB	蓄電池 + power to heat 導入規模: 20MW PCR提供規模: 15MW	11.5MW/22.5MWh, LiB+NAS電池
金額規模	17百万€/約21億円	100百万€/約122億円	不明	不明	約23百万€/約28億円
実施主体	Enertrag, Leclanché, Enel Green Power	STEAG	EnspireME	swb (Stadtwerke Bremen)	NEDO, Niedersachsen州
実施地域	ブランデンブルグ州	ノルトラインヴェスト ファーレン州、ザールラ ント州	ヤルデルント	ブレーメン	ファーレル
開始時期	2019年5月	2016年	2018年4月	2018年1月	2017年4月
連携企業、 役割	Enertrag (ドイツ・風力 事業者) Leclanché (スイス・蓄 電池ソリューション) : EPC contractor Enel Green Power (EGP) Germany	Nidec (SI, 独現地 法人) LG Chem (LiB)	NEC Energy Solutions (EPC、 蓄電池制御)	AEG Power Solutions (オランダ、 パワエレ)	日立パワー (SI) 日立化成 (LiB) 日本ガイシ (NAS電 池)

4. 事業成果の普及可能性 (4) 政策形成・支援措置

日独の需給調整市場の商品区分

- 日本での市場構築は、諸外国の実績を見習い・教訓としつつ進められているが、その中でもドイツの重要性は高く位置づけられている

ドイツ 連邦 共和国	項目	一次調整力 (GF相当制御)	二次調整力 (LFC)	三次調整力 (LFC・EDC)
	制御方法	自端制御	遠隔制御	遠隔制御
	応動時間	15秒～30秒以内	5分以内	15分以内
	継続時間	15分以上	4時間	4時間
	契約期間	4時間	4時間	4時間
	商品区分	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ

日本	項目	一次調整力 (GF相当制御)	二次調整力 1 (LFC)	二次調整力 2 (EDC)	三次調整力 1 (EDC)	三次調整力 2
	制御方法	自端制御	遠隔制御	遠隔制御	遠隔制御	遠隔制御
	応動時間	10秒以内	5分以内	5分以内	15分以内	45分以内
	継続時間	5分以上	30分以上	30分以上	3時間	3時間
	契約期間	1週間	1週間	1週間	1週間	1日間
	商品区分	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ
	市場開設 予定時期	2024年	2024年	2024年	2022年	2021年

4. 事業成果の普及可能性 (4) 政策形成・支援措置

DSO local flexibility marketの動向

- EU Clean Energy Packageにおいて、ネットワークオペレータによるFlexibility調達のルールが示された
- 英国、オランダ等の一部地域で、DSOによるflexibility市場が創設された
- 蓄電池装置の新しい収入源として期待(現時点で市場価格は不透明)
- 本実証においても、試験的に開設されたenera marketでのflexibility取引を実施

A project to experiment a new kind of market to solve growing grid congestions, as a complement to grid reinforcements (software and hardware)

Flexibility supply

Flexibility providers:

- Power plants
- Aggregators
- VPPs
- Storage
- Renewables



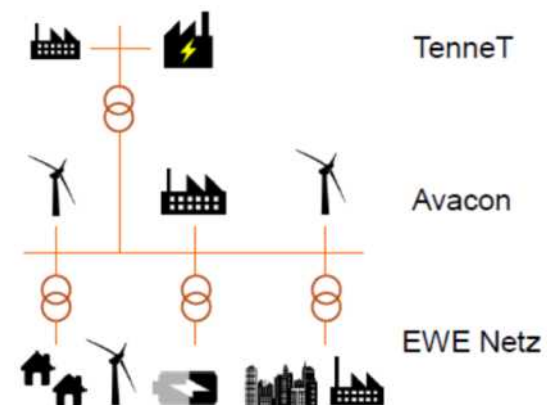
Flexibility market platform



Market-based congestion management

Trading systems
Standards
Transparency
Coordination
Neutrality

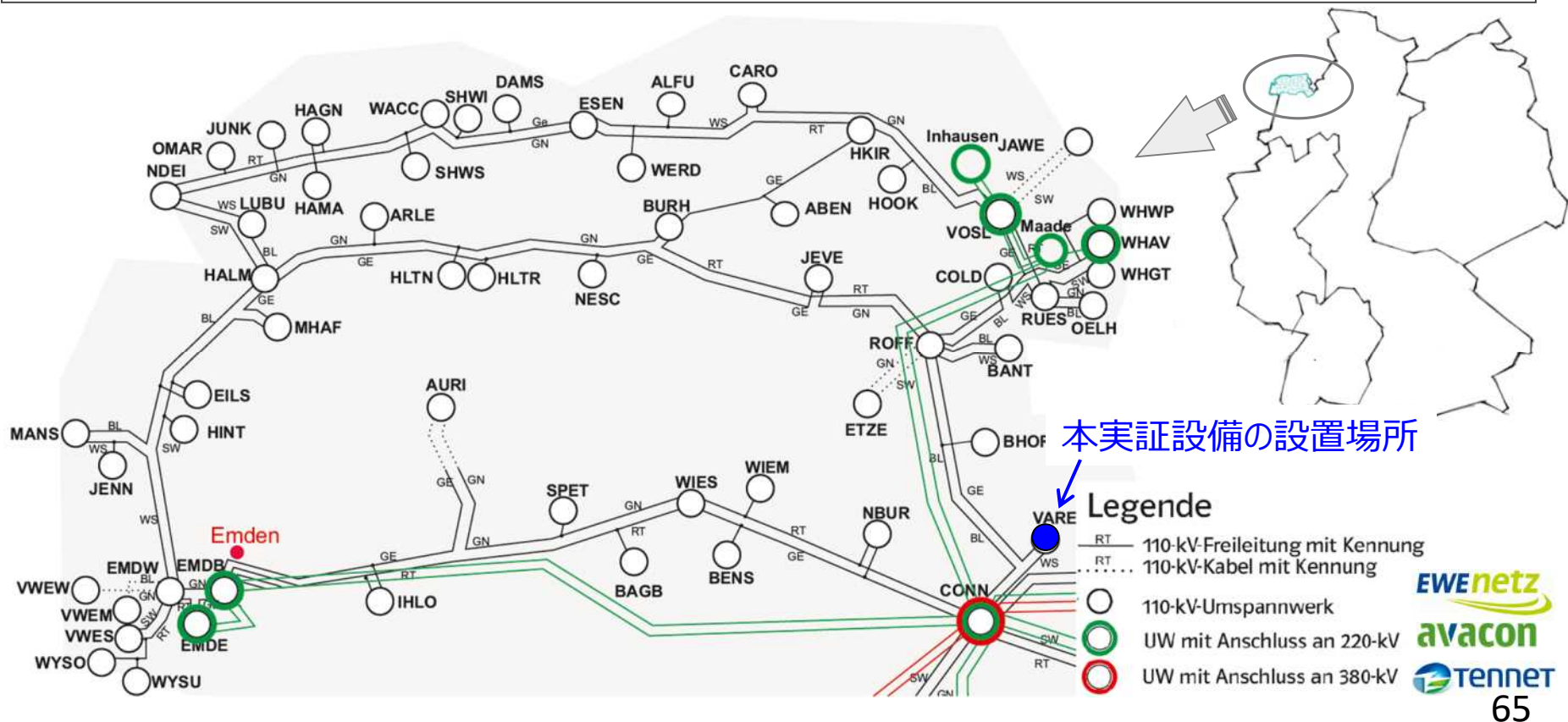
Flexibility demand from system operators



4. 事業成果の普及可能性 (4) 政策形成・支援措置

enera marketの対象エリア

- 対象エリア：ニーダザクセン州北部
- 系統管理会社：TenneT(380kV系統)、avacon(220kV系統)、EWE NETZ(110kV以下の配電網)
- 想定取引量(予測)：最大5TWh/年 (2018年の風力解列電力量相当)



4. 事業成果の普及可能性 (4) 政策形成・支援措置



欧州におけるTSO/DSOの蓄電池保有

2019年6月に発行されたEU directive 2019/944において、TSO/DSOの蓄電池保有の可能性が示された

⇒ 2021年6月までに各国関連法に反映される

⇒ 現時点で、TSO/DSOの保有が認められる条件は明確ではない

関連するArticle

- Article 36 DSOの蓄電装置の所有
原則としてDSOによる蓄電装置の保有、開発、管理、運用は認められないが、蓄電装置が、“fully integrated network components”であれば、監督機関が承認した場合において、所有が認められる可能性がある。
- Article 54 TSOの蓄電装置の所有
上記DSOと同様に、“fully integrated network components”であれば、所有が認められる可能性がある。

⇒ ドイツ、欧州の蓄電池業界団体や欧州送電系統運用者ネットワークENTSO-Eにヒアリングするも、現時点で議論継続中で結論は出ていない。

4. 事業成果の普及可能性 (5) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性



省エネ・温室効果ガス削減効果

➤ 最も運用頻度が高いPCR供給における効果を試算した

試算条件

- ✓ 年間を通じて最大出力（9MW）でPCR入札を行った場合を仮定
- ✓ 年間の稼働日を350日、PCRの落札率を95%とした
- ✓ 放電電力量：1MW出力当たり719[kWh/日]（実証期間中のPCR運転実績）

⇒ 供給可能な電力量

$$\begin{aligned} &= 1日あたり放電電力量（1MWあたり）719[kWh] \times 落札出力9[MW] \\ &\quad \times 年間稼働日350[日] \times PCR落札率95\% \\ &= 2152 [MWh/年] \end{aligned}$$

■ 省エネ効果

$$\begin{aligned} &（供給可能な電力量2152[MWh/年] \times 熱量換算係数9.76[GJ/MWh]^*1） / 1000 \\ &= 21.0 [TJ/年] \end{aligned}$$

■ 温室効果ガス削減効果

$$\begin{aligned} &（供給可能な電力量2152[MWh/年] \times CO_2排出係数382 [kg-CO_2/MWh]^*2） / 1000 \\ &= 822 [t-CO_2/年] \end{aligned}$$

（*1,2共通）出典：東京都環境局「燃料の単位発熱量、原油換算係数及び排出係数」(https://www.tokyo-co2down.jp/documents/doc_jigyuu/PJ_coefficient.pdf)

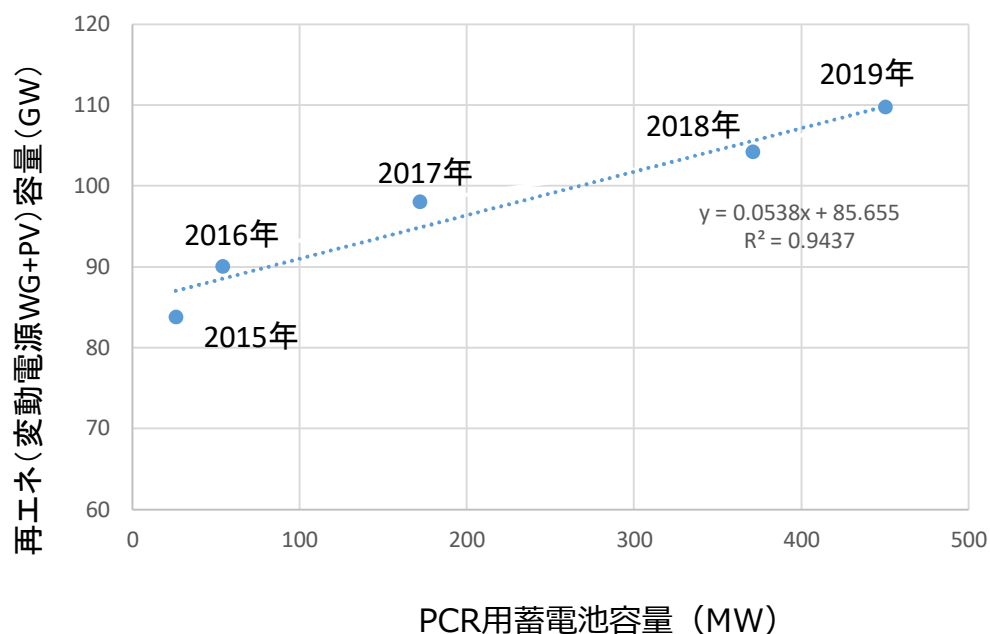
*1：電力（一般電気事業者からの買電）における発熱量

*2：電力におけるCO₂排出係数

4. 事業成果の普及可能性 (5) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性



ドイツ国内の再エネ設備容量とPCR用蓄電池容量の関係



- 上図の関係（導入/認定実績）から、再エネ変動電源設備容量の1%程度が必要なPCR市場における蓄電池容量（出力定格）と言える。
- NEDO実証の蓄電池システムは、11.5 MWであり、1 GW相当の再エネ導入に貢献できたと推定できる。

※BMW統計、GTAI資料、regelleistung.netの実績から作成

ドイツの需給調整市場における認定容量(GW) 一次エネルギー種別内訳比較

2017年（左） 2020年（右） 増減

PCR		Technologie		増減
			FCR	
原子力	0.53	Nuclear	0,35	↓
褐炭(brown coal)	0.67	Lignite	0,62	↓
無煙炭(hard coal)	0.74	Hard coal	0,62	↓
天然ガス	0.26	Gas	0,28	→
石油	-	Oil	-	-
バイオガス/バイオマス	0.02	Biogas/-mass	0,04	↑
水力	3.08	Water	4,37	↑
蓄電池	0.16	Battery storage	0,45	↑
需要/DSM	0.07	Demand/DSM	0,12	↑
風力	-	Wind	-	-
その他	0.05	Others	-	-
合計	5.58	Summe	6,85	

- ドイツ国内の再エネ電源導入数拡大に連動してPCR電源の認定容量も増えている。
- PCR電源の内訳として、ドイツの原発廃止、脱炭素化の政策に沿うかたちで、原子力、火力電源は減少しているが、再エネ電源と蓄電池は増加している。