

蓄電池を活用した周波数制御技術に関する実証試験の取組み結果について

2022年2月25日
関西電力送配電株式会社
エリーパワー株式会社
株式会社三社電機製作所
山洋電気株式会社
住友商事株式会社
住友電気工業株式会社
株式会社ダイヘン
ニチコン株式会社
株式会社日本ベネックス
富士電機株式会社
株式会社YAMABISHI

関西電力送配電株式会社（以下、関西送配電）を含む11社は、2021年12月8日～14日の期間にわたり、需要家が保有する蓄電池9台^{※1}を一括制御することで、電力系統における周期の短い負荷変動に合わせて即時充放電させるVPP^{※2}実証試験を実施し、本日、結果を取りまとめましたのでお知らせします。

世界的に脱炭素化の取組みが強化されている中、我が国においても政府より2050年カーボンニュートラル宣言が発出されており、今後益々、再生可能エネルギーの導入が拡大することが想定されます。電力の安定供給と再生可能エネルギーのさらなる導入拡大を同時に達成していくためには、周波数調整力^{※3}の確保が課題のひとつとなっており、蓄電池を一括制御する技術はその解決策として期待されています。

関西送配電は、2020年度までに、日本電気株式会社（NEC）と構築した、蓄電池を一括制御するための蓄電池群監視制御システム「K-LIBRA^{※4}」を用いて、複数の需要家の蓄電池を遠隔から秒単位で一括制御する試験^{※5}に取り組んでまいりました。従来から周波数制御ができることを確認していたGF相当制御^{※6}およびLFC制御^{※7}に加え、今回新たにEDC-H制御^{※8}の検証を行いました。

検証の結果、それぞれの応動が現時点において議論されている需給調整市場の1次調整力、2次調整力①および2次調整力②の要件^{※9}を満たすことを確認しております。

関西送配電を含む11社は、引き続き蓄電池等のエネルギーリソースを用いた周波数制御技術の実用化に向けた技術の確立を目指し、電力の安全・安定供給および再生可能エネルギーのさらなる導入拡大によるゼロカーボン社会の実現に貢献してまいります。

- ※1 エリーパワー株式会社が保有する家庭用蓄電池1台。
株式会社三社電機製作所、山洋電気株式会社、住友商事株式会社、住友電気工業株式会社、株式会社ダイヘン、ニチコン株式会社、株式会社日本ベネックス、株式会社YAMABISHIが保有する産業用蓄電池8台。(富士電機株式会社は、住友商事株式会社および日本ベネックス株式会社が所有する蓄電池のベンダーとして参加。)
- ※2 Virtual Power Plant の略。(別紙P6参照)
- ※3 電力系統の周波数を一定(50Hz/60Hz)に保つために、一般送配電事業者が調整に使用する電力。周波数が変動すると電気の品質が低下し産業用機器の使用などに不具合が生じるおそれがあるため、電力系統の周波数を一定に保つことが重要である。現在は、主に火力発電および水力発電が周波数調整力を供出している。
- ※4 Kansai transmission and distribution's Liberty to manage the power grid Integrated Batteries and energy Resource Aggregator(s)の略。
- ※5 [2019年5月22日](#)、[2020年3月25日](#)、[2021年3月22日](#)お知らせ済み。
- ※6 発電機等の回転速度を一定に保つように、動力である蒸気および水量を自動的に調整する装置である調速機(ガバナ)により、系統周波数の変化に追従して出力を調整させる制御(Governor Freeの略)。本試験においては、蓄電池にて計測した系統周波数を基に、蓄電池が発電機と同等の充放電制御を実施している。
- ※7 需要予測が困難な負荷変動(数分から十数分程度の周期)に対して、検出した系統周波数に基づく中央給電指令所からの指令に応じて、電源等の出力制御をすること(Load Frequency Controlの略)。本試験においては、中央給電指令所[模擬]からのLFC信号を監視制御サーバが受信し、各蓄電池へ信号を送信することで、各蓄電池が充放電制御を実施している。
- ※8 比較的長時間の負荷変動(数十分から数時間程度の周期)に対応するため、需要予測に基づく中央給電指令所からの指令に対して、5分以内に電源等の出力制御をすること(Economic load Dispatching Controlの略)。本試験においては、中央給電指令所[模擬]からのEDC-H信号を監視制御サーバが受信し、各蓄電池へ信号を送信することで、各蓄電池が充放電制御を実施している。
- ※9 一般送配電事業者が需給調整市場で調達する調整力は、応動時間の速さ等によって、5つの商品区分に分けられており、1次調整力、2次調整力①および2次調整力②とは、そのうち応動時間の速い商品区分のこと。ここで指す要件とは、第26回需給調整市場検討小委員会で示されたアセスメントの要件。

以上

別紙：蓄電池を活用した周波数制御技術に関する実証試験の取組み結果について

蓄電池を活用した周波数制御技術に関する 実証試験の取組み結果について

2022年2月25日

2021年度 VPP実証試験の概要

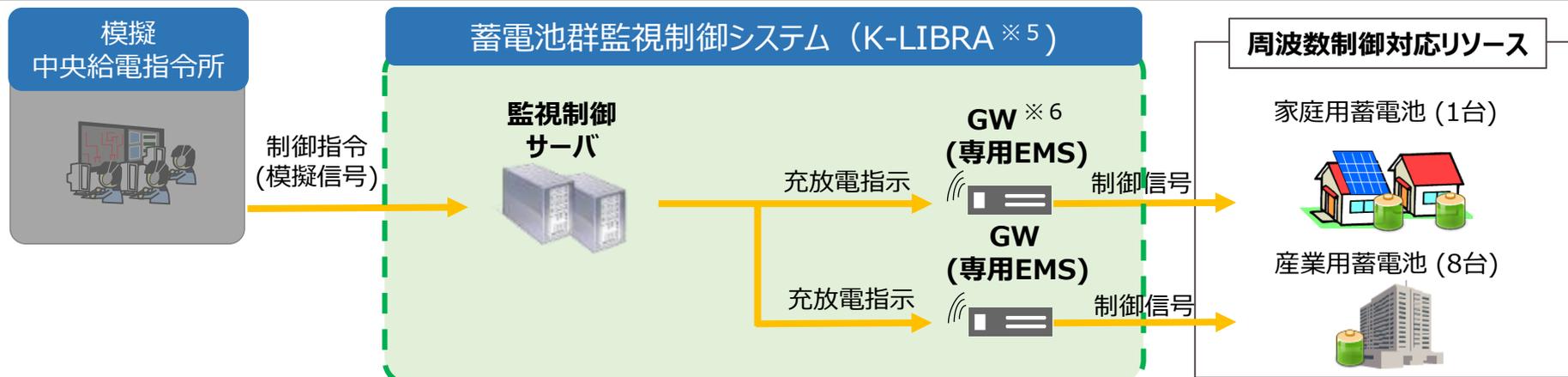
試験名称：蓄電池を活用した周波数制御技術(2次調整力②相当)に関する実証試験

試験期間：2021年12月8日～12月14日

実施者：関西電力送配電(株)、エリーパワー(株)、(株)三社電機製作所、山洋電気(株)、住友商事(株)、住友電気工業(株)、(株)ダイヘン、ニチコン(株)、(株)日本ベネックス、富士電機(株)、(株)YAMABISHI 計11社

確認項目：

- ✓ これまでに取り組んできたGF相当制御※1およびLFC制御※2に加えて、EDC-H制御※3を実施。それぞれの応動が需給調整市場の1次調整力、2次調整力①および2次調整力②の要件※4を満たしていることを確認。
- ✓ GF相当制御、LFC制御およびEDC-H制御が同時に制御できることを確認。



※1：発電機等の回転速度を一定に保つように、動力である蒸気および水量を自動的に調整する装置である调速機（ガバナ）により、系統周波数の変化に追従して出力を調整させる制御（Governor Free の略）。本試験においては、蓄電池にて計測した系統周波数を基に、蓄電池が発電機と同等の充放電制御を実施している。

※2：需要予測が困難な負荷変動（数分から十数分程度の周期）に対して、検出した系統周波数に基づく中央給電指令所からの指令に応じて、電源等の出力制御をすること（Load Frequency Controlの略）。本試験においては、中央給電指令所[模擬]からのLFC信号を監視制御サーバが受信し、各蓄電池へ信号を送信することで、各蓄電池が充放電制御を実施している。

※3：比較的長時間の負荷変動（数十分から数時間程度の周期）に対応するため、需要予測に基づく中央給電指令所からの指令に対して、5分以内に電源等の出力制御をすること（Economic load Dispatching Controlの略）。本試験においては、中央給電指令所[模擬]からのEDC-H信号を監視制御サーバが受信し、各蓄電池へ信号を送信することで、各蓄電池が充放電制御を実施している。

※4：第26回 需給調整市場検討小委員会で示されたアセスメントの要件。

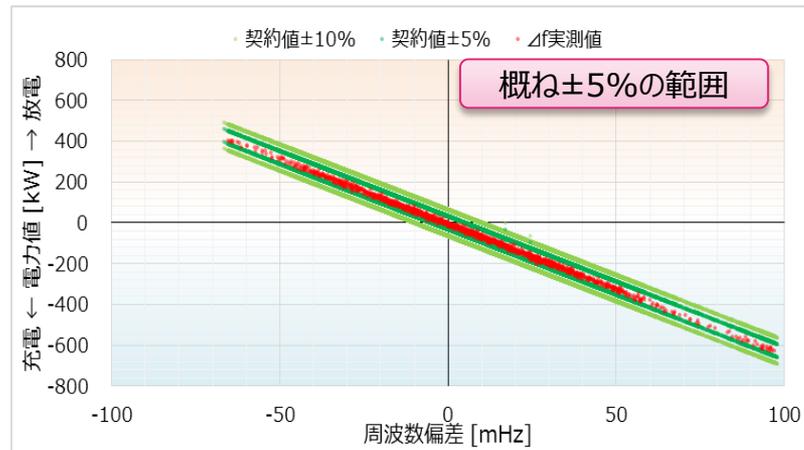
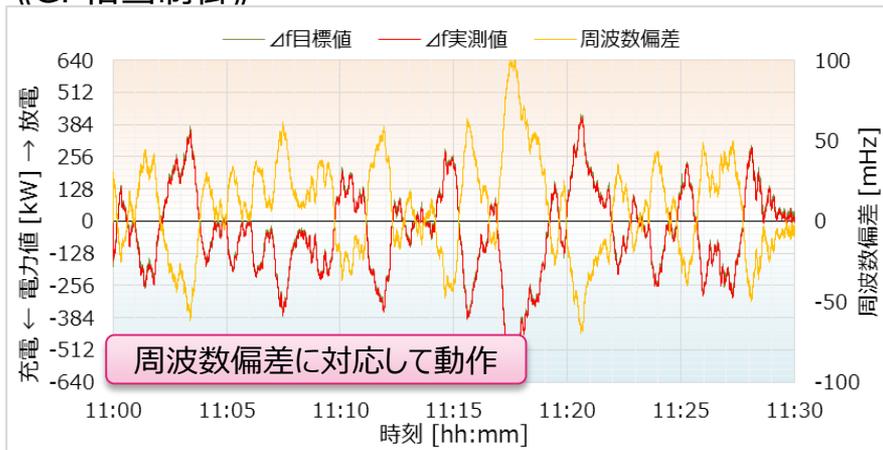
※5：Kansai transmission and distribution's Liberty to manage the power grid Integrated Batteries and energy Resource Aggregator(s)の略。
なお、K-LIBRAは1万台規模の蓄電池を用いた周波数制御技術を確立している。

※6：Gate Wayの略。監視制御サーバと蓄電池の通信を実現するために、需要家側に設置する端末であり、EMS（Energy Management System）とも呼ぶ。

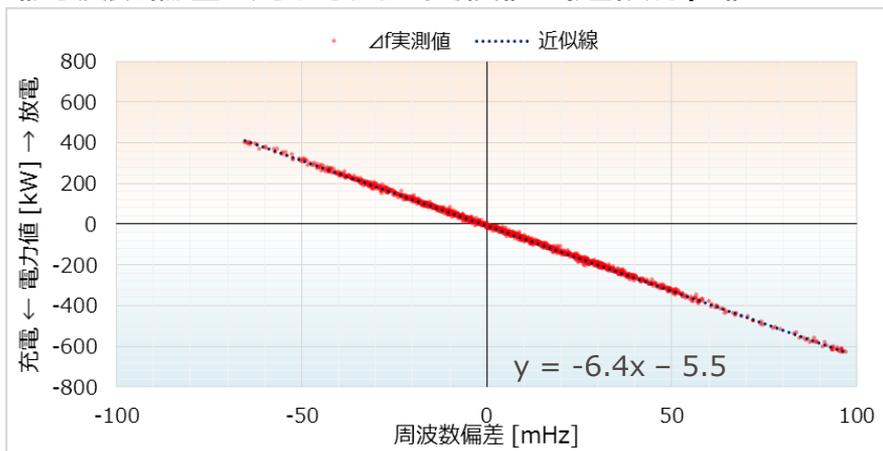
試験結果 (GF相当制御)

- 60Hzエリアにおける7台の蓄電池にてそれぞれ周波数偏差(Δf)^{※7}を検出し、 Δf を打消す方向の充放電を実施。なお、実測値は蓄電池端における機器個別計測による出力結果である。
- 蓄電池端で検出した周波数偏差に対する出力実績値の近似線 (左下図) の傾きが、本試験で設定した周波数偏差に対する出力 (調定率) の傾きと同方向であり、需給調整市場の1次調整力の平常時のアセスメント要件を満たしていることを確認。

《GF相当制御》



《周波数偏差に対する出力実績値 (近似線)》



《アセスメントⅡ相当評価》^{※8}

	傾き (kW/mHz)
設定値 (調定率)	-6.4
実測値 (近似線)	-6.4

実績値と周波数偏差の近似線の傾きが調定率の傾きと同方向

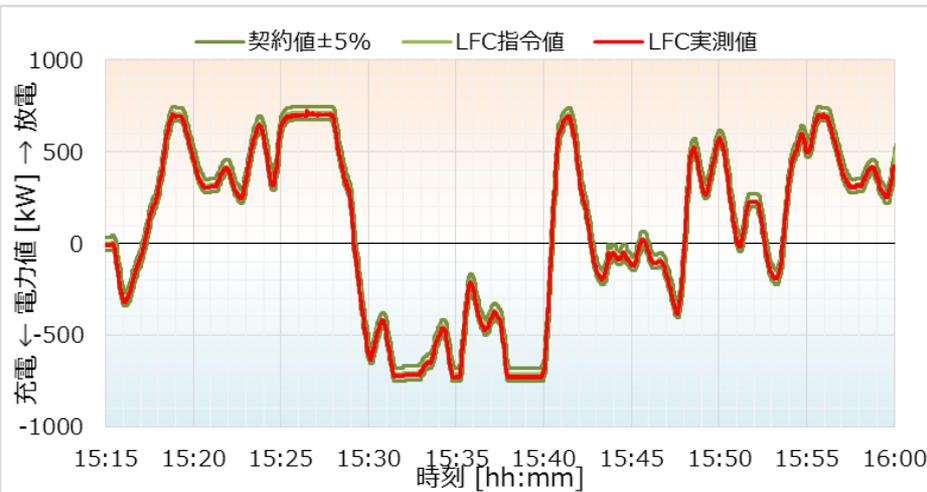
※7：各エリアにおける電力システムの周波数 (50Hz/60Hz) からのずれ。

※8：第26回 需給調整市場検討小委員会で示されたアセスメントの要件

試験結果 (LFC制御)

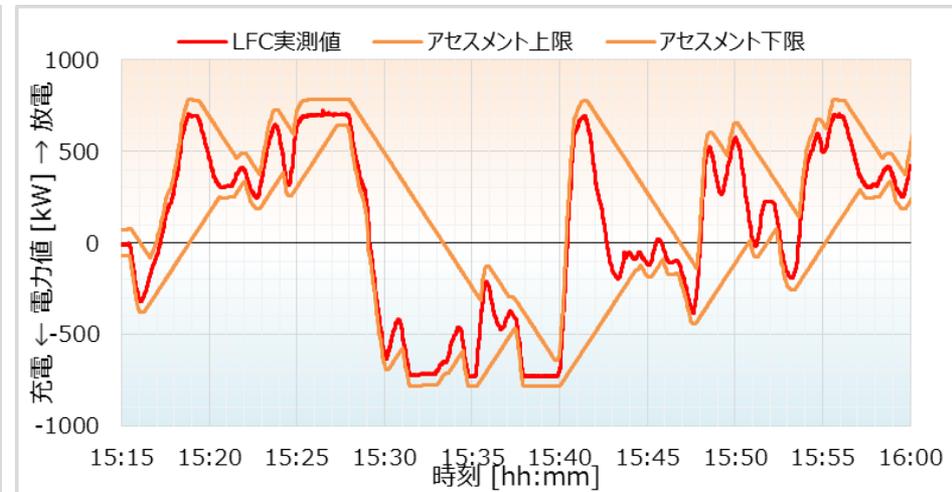
- K-LIBRAサーバから9台の蓄電池へLFC制御指令を行い、それぞれの蓄電池にて充放電を実施。なお、実測値は蓄電池端における機器個別計測による出力結果である。
- 試験時間45分間で、1秒間隔の実測値が許容範囲内に100%※⁹(2,700点/2,700点)滞在しており、需給調整市場の2次調整力①のアセスメント要件を満たしていることを確認。

《LFC指令値に対する蓄電池の応動結果》



✓ LFC指令値に追従して動作していることを確認

《アセスメントⅡ相当評価》



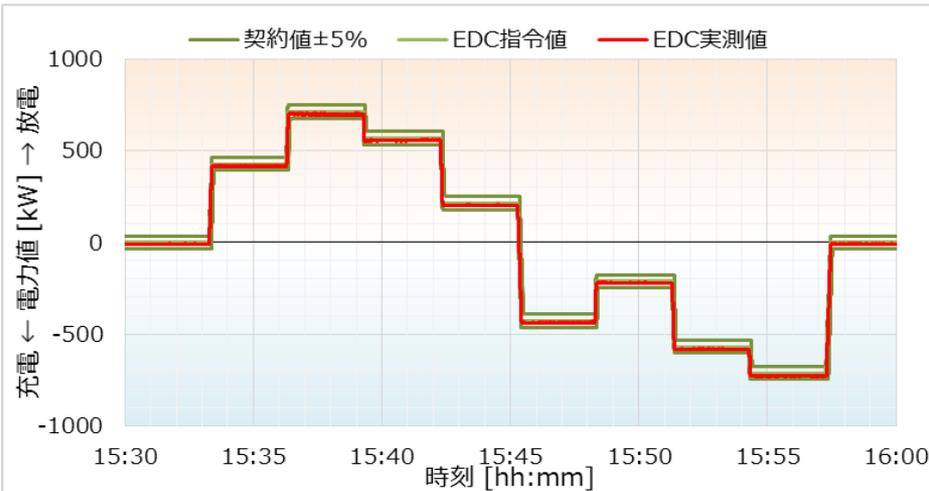
- ✓ アセスメント許容範囲内で動作していることを確認
- ✓ 1秒間隔の実績値2,700点が許容範囲内に100%※⁹滞在していることを確認

※⁹ : 需給調整市場における要件は90%以上

試験結果 (EDC-H制御)

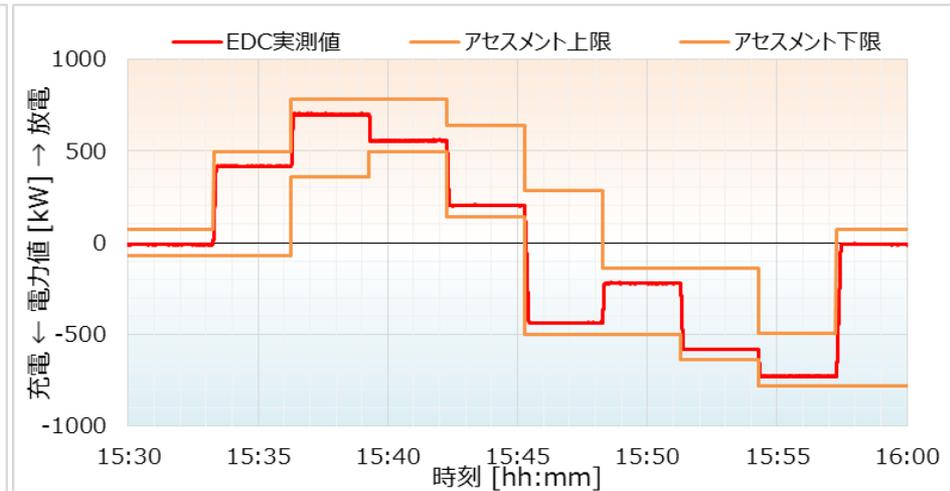
- K-LIBRAサーバから9台の蓄電池へEDC-H制御指令を行い、それぞれの蓄電池にて充放電を実施。なお、実測値は蓄電池端における機器個別計測による出力結果である。
- 試験時間30分間で、1分間隔の実測値が許容範囲内に100%※¹⁰(30点/30点)滞在しており、需給調整市場の2次調整力②のアセスメント要件を満たしていることを確認。

《EDC指令値に対する蓄電池の応動結果》



✓ EDC指令値に追従して動作していることを確認

《アセスメントⅡ相当評価》

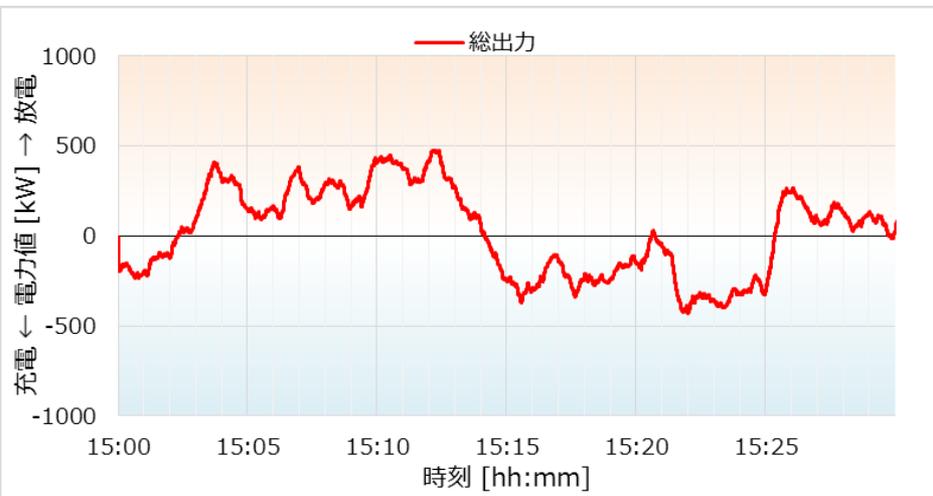


- ✓ アセスメント許容範囲内で動作していることを確認
- ✓ 1分間隔の実績値30点が許容範囲内に100%※¹⁰滞在していることを確認

※¹⁰ : 需給調整市場における要件は90%以上

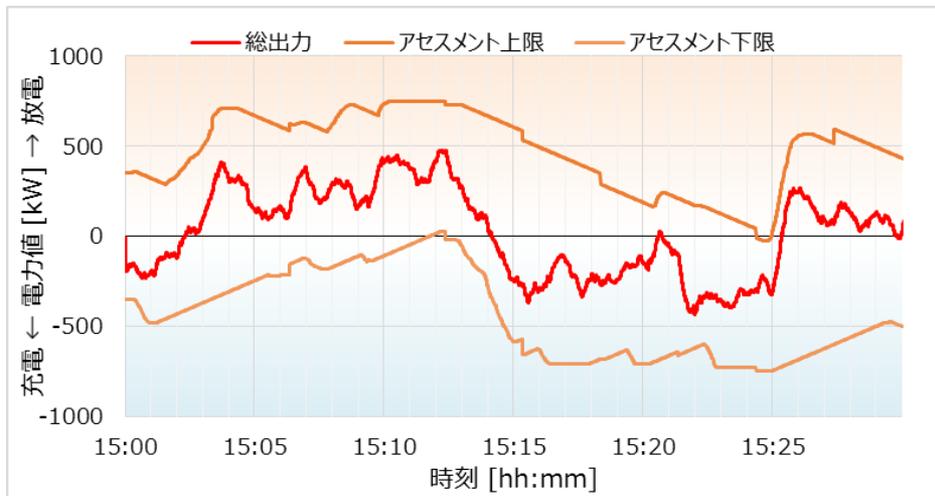
- 9台の蓄電池にてGF相当制御、LFC制御およびEDC-H制御を同時に実施。
なお、実測値は蓄電池端における機器個別計測による出力結果である。
- 試験時間30分間で、1秒間隔の実測値が許容範囲内に100%※11(1,800点/1,800点)滞在しており、需給調整市場の複合約定のアセスメント要件を満たしていることを確認。

《蓄電池の応動結果 (総出力)》



- ✓ 同時制御した場合においても蓄電池が応動していることを確認

《アセスメントⅡ相当評価》

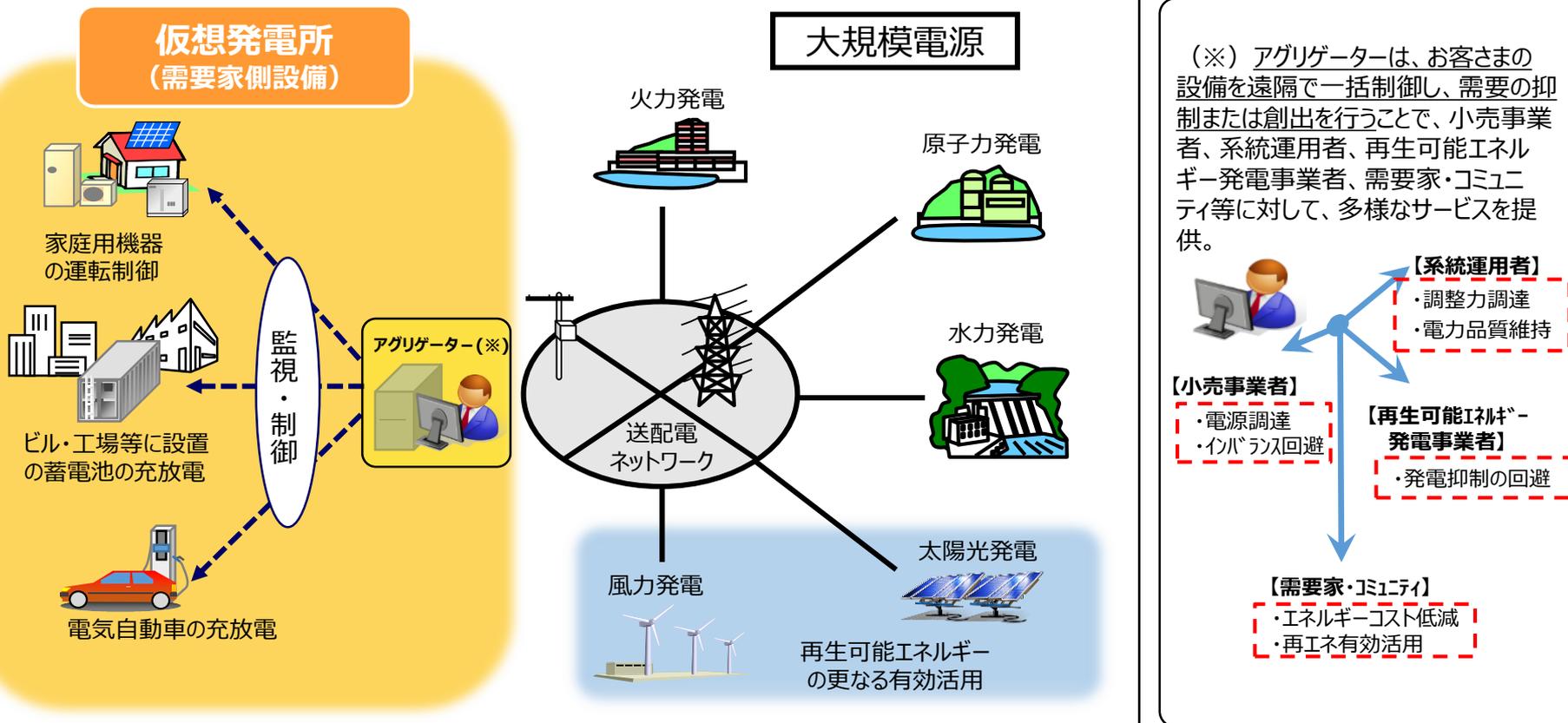


- ✓ アセスメント許容範囲内で動作していることを確認
- ✓ 1秒間隔の実績値1,800点が許容範囲内に100%※11滞在していることを確認

※11：需給調整市場における要件は90%以上

【参考】バーチャルパワープラントとは

- バーチャルパワープラント(以下、VPP)とは、IoT技術を活用し、電力系統に点在するお客さまの機器を一括制御することにより、お客さま設備から供出いただいた需給調整力を有効活用し、あたかも一つの発電所(仮想発電所)のように機能させる仕組み。



【参考】需給調整市場の商品要件（抜粋）

- 需給調整市場で取り扱う商品の要件は以下のとおり。

	一次調整力	二次調整力①	二次調整力②	三次調整力①	三次調整力②
英呼称	Frequency Containment Reserve (FCR)	Synchronized Frequency Restoration Reserve (S-FRR)	Frequency Restoration Reserve (FRR)	Replacement Reserve (RR)	Replacement Reserve-for FIT (RR-FIT)
指令・制御	オフライン (自端制御)	オンライン (LFC信号)	オンライン (EDC信号)	オンライン (EDC信号)	オンライン
監視	オンライン (一部オフラインも可※2)	オンライン	オンライン	オンライン	オンライン
回線	専用線※1 (監視がオフラインの場合は不要)	専用線※1	専用線※1	専用線 または 簡易指令システム	専用線 または 簡易指令システム
応動時間	10秒以内	5分以内	5分以内	15分以内※3	45分以内
継続時間	5分以上※3	30分以上	30分以上	商品ブロック時間(3時間)	商品ブロック時間(3時間)
並列要否	必須	必須	任意	任意	任意
指令間隔	－ (自端制御)	0.5～数十秒※4	数秒～数分※4	専用線：数秒～数分 簡易指令システム：5分※6	30分
監視間隔	1～数秒※2	1～5秒程度※4	1～5秒程度※4	専用線：1～5秒程度 簡易指令システム：1分	1～30分※5
供出可能量 (入札量上限)	10秒以内に 出力変化可能な量 (機器性能上のGF幅 を上限)	5分以内に 出力変化可能な量 (機器性能上のLFC幅 を上限)	5分以内に 出力変化可能な量 (オンラインで調整可能 な幅を上限)	15分以内に 出力変化可能な量 (オンラインで調整可能 な幅を上限)	45分以内に 出力変化可能な量 (オンライン(簡易指令 システムも含む)で調整 可能な幅を上限)
最低入札量	5MW (監視がオフラインの場合は1MW)	5MW※1,4	5MW※1,4	専用線：5 MW 簡易指令システム：1 MW	専用線：5 MW 簡易指令システム：1 MW
刻み幅 (入札単位)	1kW	1kW	1kW	1kW	1kW
上げ下げ区分	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ

【参考】関西電力送配電※のVPPに係るこれまでの主な取組み実績 (1/2)

No.	実証時期	件名	関連企業	概要	公表日	その後の進捗(成果)
1	2017.7 ～ 2018.2	平成29年度バーチャルパワープラント構築実証事業への参画について	関西電力(株) 富士電機(株) 他 計5社	・2016年度は、アグリゲーターがエネルギーリソースを制御するために必要なシステムを構築。2018年度は、実フィールドでの実証を行う。	2017.7.14	VPPシステムの改良(制御精度向上)、実フィールド実証
2	2017.8 ～ 2018.2	家庭用蓄電池を活用した周波数制御技術に関する取組みの開始について	関西電力(株)	・家庭用蓄電池を活用した電力システムの安定化に活用する取組みを実施。これまで系統全体の周波数を一定に保つための需給調整力として用いていた火力発電や水力発電に加え、家庭用蓄電池を束ねて新たに需給調整力として活用するためのもので、国内では初めての取組み。多数の家庭用蓄電池を高速制御することで、需給調整力の多様化を実現するもの。	2017.7.14	蓄電池制御システム検討
3	2018.5 ～ 2019.2	平成30年度バーチャルパワープラント構築実証事業への参画について	関西電力(株)	・2016年度から本実証事業に参画。これまでに、アグリゲーターが様々なエネルギーリソースを需給調整力として活用するために必要な分単位の制御システムの開発や、実フィールドでの基礎的な制御の確認を行った。2017年度からは、新たに周波数制御を行うためにエネルギーリソースをより速く制御する取組みを開始。2018年度は、分単位の制御について、更なるリソースの拡大や精度向上のためシステムを改良し、より高度な実証を行う。	2018.5.30	実フィールドのリソース拡大を図りつつ、構築したシステム性能を実証で評価
4	2019.1	蓄電池を活用した周波数制御技術に関する実証試験の実施について	関西電力(株) エリーパワー(株) (株)三社電機製作所	・関西電力が日本電気株式会社と構築した蓄電池を一括制御するためのシステム「K-LIBRA」と、遠隔から秒単位で充放電制御可能な蓄電池として三社電機が開発した産業用蓄電池およびエリーパワーが開発した家庭用蓄電池を連携させ、システムからの指令に対する蓄電池の応動時間や制御精度を検証することにより、電力系統における周期の短い負荷変動に対する蓄電池の応答性能を確認する。なお、2台の実機に加え、多数の模擬蓄電池を合わせて制御。この結果を踏まえ、2019年度以降、実用化に向けた技術の確立を目指す。	2018.12.17	実機の蓄電池(2台)と模擬の蓄電池(9998台)を用い、約1万台規模の蓄電池を秒単位で制御する技術を確認
5	2019.5 ～ 2020.2	2019年度バーチャルパワープラント構築実証事業への参画について	関西電力(株)	・本実証事業に2016年度から参画しており、2019年度は、前年度までに構築したシステムのさらなる高度化や多様なリソースへ対応し得るよう、VPPの事業化を見据えた実証を行う。	2019.5.31	システムの高度化で構築した機能を実証で確認

※2020年3月以前は、関西電力(送配電カンパニー)として公表。

【参考】関西電力送配電※のVPPに係るこれまでの主な取組み実績 (2/2)

No.	実証時期	件名	関連企業	概要	公表日	その後の進捗(成果)
6	2019.12 ～ 2020.1	蓄電池を活用した周波数制御技術に関する実証試験の実施について	関西電力(株) 他9社	<ul style="list-style-type: none"> ・メーカーの異なる8台の蓄電池においても制御可能なのか、また、「K-LIBRA」からの指令に対する蓄電池群の応動時間や制御精度を検証することにより、電力系統における周期の短い負荷変動に対する蓄電池群としての応答性能を確認 ・需要家の蓄電池の使用状況を考慮したうえで、周波数調整力の最大化を図る運用計画機能を追加し、その効果を確認する検証等を行う。 	2019.11.29	蓄電池の出力を周波数制御とエネルギーマネジメントの目的別に切り分ける技術を国内で初めて確認。
7	2020.5 ～ 2021.2	令和2年度バーチャルパワープラント構築実証事業への参画について	関西電力送配電(株) 関西電力(株)	・2020年度は、リソースアグリゲーターとの連携や、インターネット回線を活用した周波数制御技術(セキュリティ対策を含む)の確立に向け取組みを実施。	2020.6.1	システムの高度化で構築した機能を実証で確認
8	2020.12 ～ 2021.1	蓄電池を活用した周波数制御技術に関する実証試験および独自検証の実施について	関西電力送配電(株) 他14社	・リソースアグリゲーターとの連携や、インターネット回線を活用した周波数制御技術(セキュリティ対策を含む)に関する実証試験の結果を公表。	2021.3.22	リソースアグリゲーターとの連携や、インターネット回線を活用して周波数制御が可能であることを確認。

※2020年3月以前は、関西電力（送配電カンパニー）として公表。