

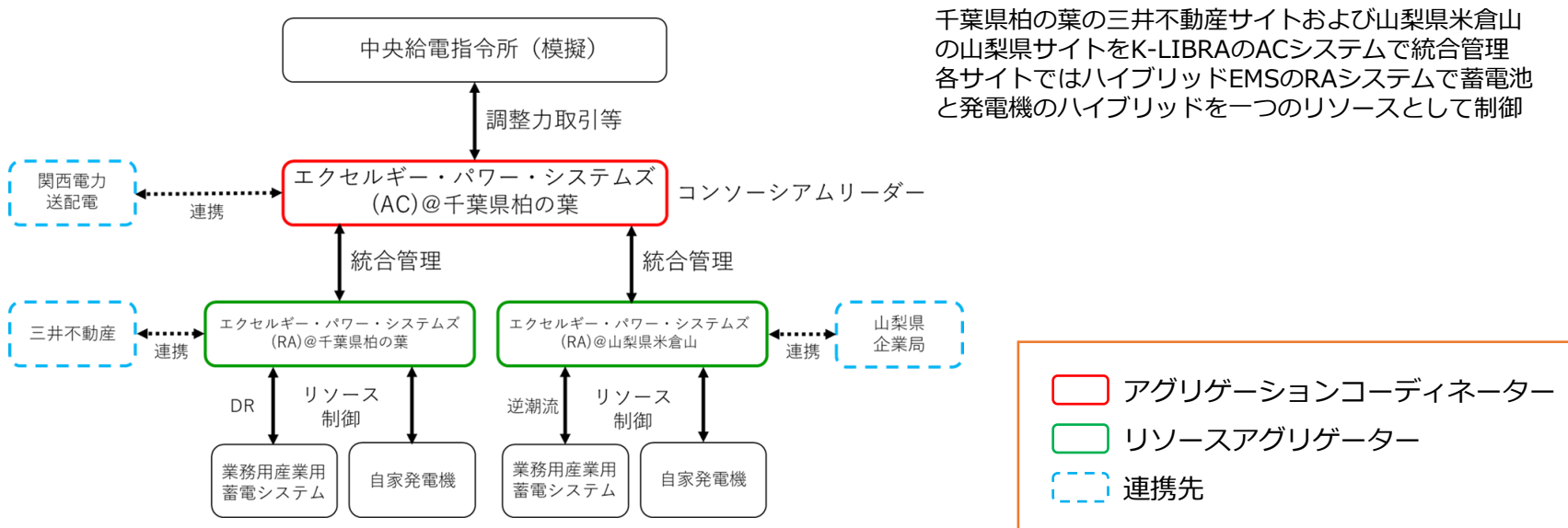


令和4年度 分散型エネルギーリソースの更なる活用に向けた実証事業 成果報告

【エクセルギー・パワー・システムズ株式会社】

1-①コンソーシアム体制図

事業名	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	
AC	エクセルギー・パワー・システムズ株式会社（コンソーシアムリーダー）	
RA	エクセルギー・パワー・システムズ株式会社	
連携先	AC システム協力	関西電力送配電株式会社 (K-LIBRA)
	実証サイト・リソース協力 (柏の葉)	三井不動産株式会社
	実証サイト協力	山梨県企業局



2.リソース導入・確保結果



制御対象DER		新設・既設	属性情報	台数	設備出力 (kW)	制御実績 (kW) ※実証期間における最大制御量を記載						
						供給力実証		調整力実証			独自実証	
						市場価格 上げDR	市場価格 下げDR	一次調整 力	二次調整 力 ①又は②	発動指令 電源応動	高速応動	ヨコ連携
1	業務用・産業用蓄電池システム	既設	・商業施設 ・ピークカット/BCP用途	1 (1)	800 (1,800)	-	800 (1,000)	750 (1,000)	750 (1,000)	-	0 (0)	800 (1,000)
2	自家発電機	既設	・商業施設 ・非常用	1 (1)	1,000 (2,000)	-	0 (1,000)	-	0 (1,000)	-	0 (0)	800 (1,000)
3	業務用・産業用蓄電池システム	既設	・実証用	1 (1)	1,000 (1,000)	-	-	250 (300)	250 (300)	-	250 (1,000)	0 (0)
4	自家発電機	新設	・実証用 ・仮設	1 (1)	250 (300)	-	-	250 (300)	250 (300)	-	250 (300)	0 (0)
合 計				4 (4)	3,050 (5,100)	-	800 (2,000)	1,250 (1,600)	1,250 (2,600)	-	500 (1,300)	1,600 (2,000)
ハイブリッド合計				2 (2)	1,050 (2,100)	-	800 (1,000)	1,000 (1,300)	1,000 (1,300)	-	250 (300)	800 (1,000)

※カッコ内は交付申請時の予定値数



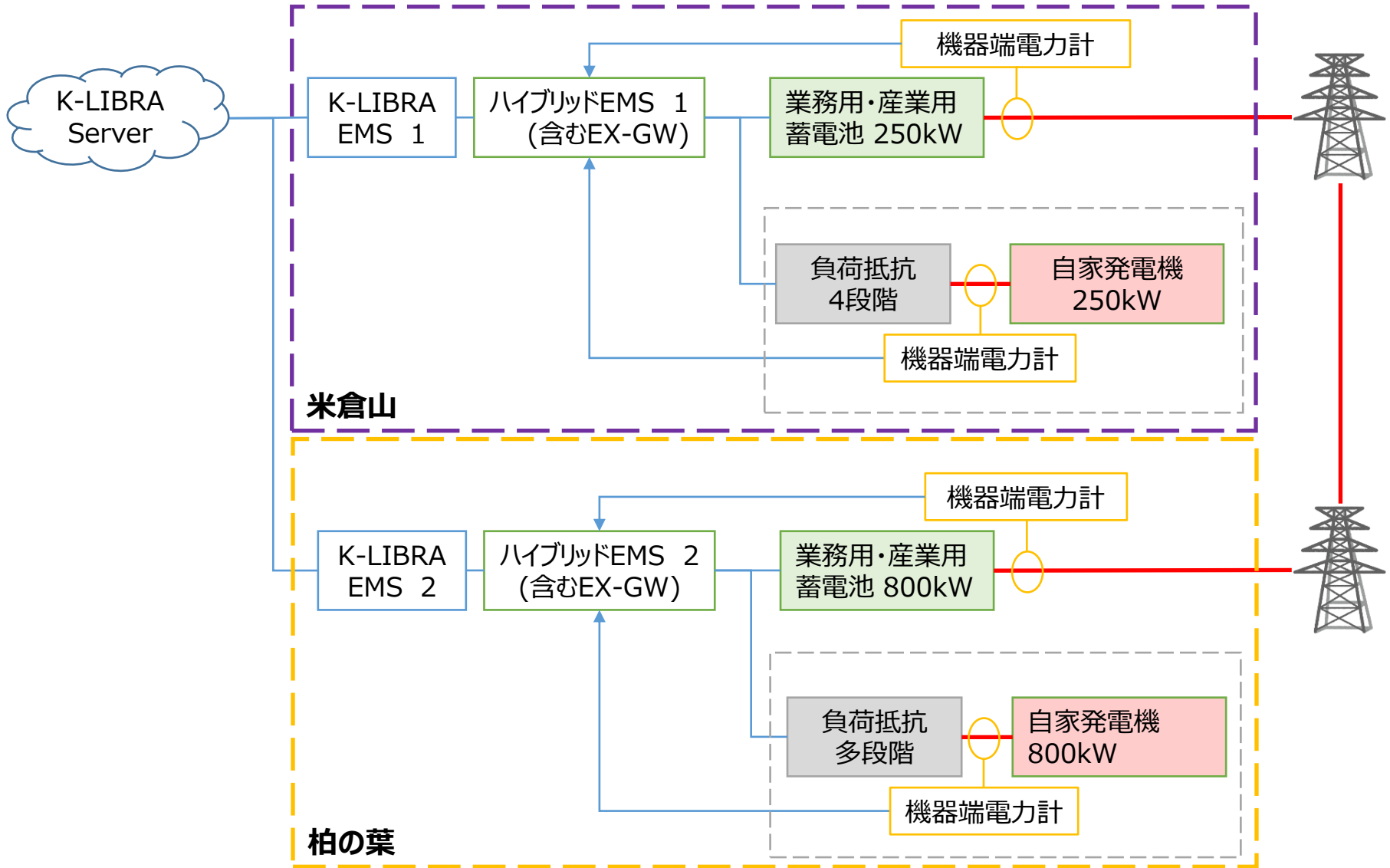
2.リソース導入・確保結果 (機器単体能力として)

リソース名	家庭用蓄電システム		産業用・業務用蓄電池システム		EV		エネファーム		業務用・産業用燃料電池		その他 [自家発電機]	
	台数	設備出力 (kW)	台数	設備出力 (kW)	台数	設備出力 (kW)	台数	設備出力 (kW)	台数	設備出力 (kW)	台数	設備出力 (kW)
北海道	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
東北	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
東京	—	—	2 (2)	1,800 (2,800)	—	—	—	—	—	—	2 (2)	1,250 (2,300)
中部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
北陸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
関西	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中国	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
四国	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
九州	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
沖縄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合計	—	—	2 (2)	1,800 (2,800)	—	—	—	—	—	—	2 (2)	1,250 (2,300)

実証サイトが千葉県と山梨県でどちらも東京電力管内

※カッコ内は交付申請時の予定数

2-①.実証試験の機器構成





共通実証 一次調整力

3.一次調整力実証試験 条件等

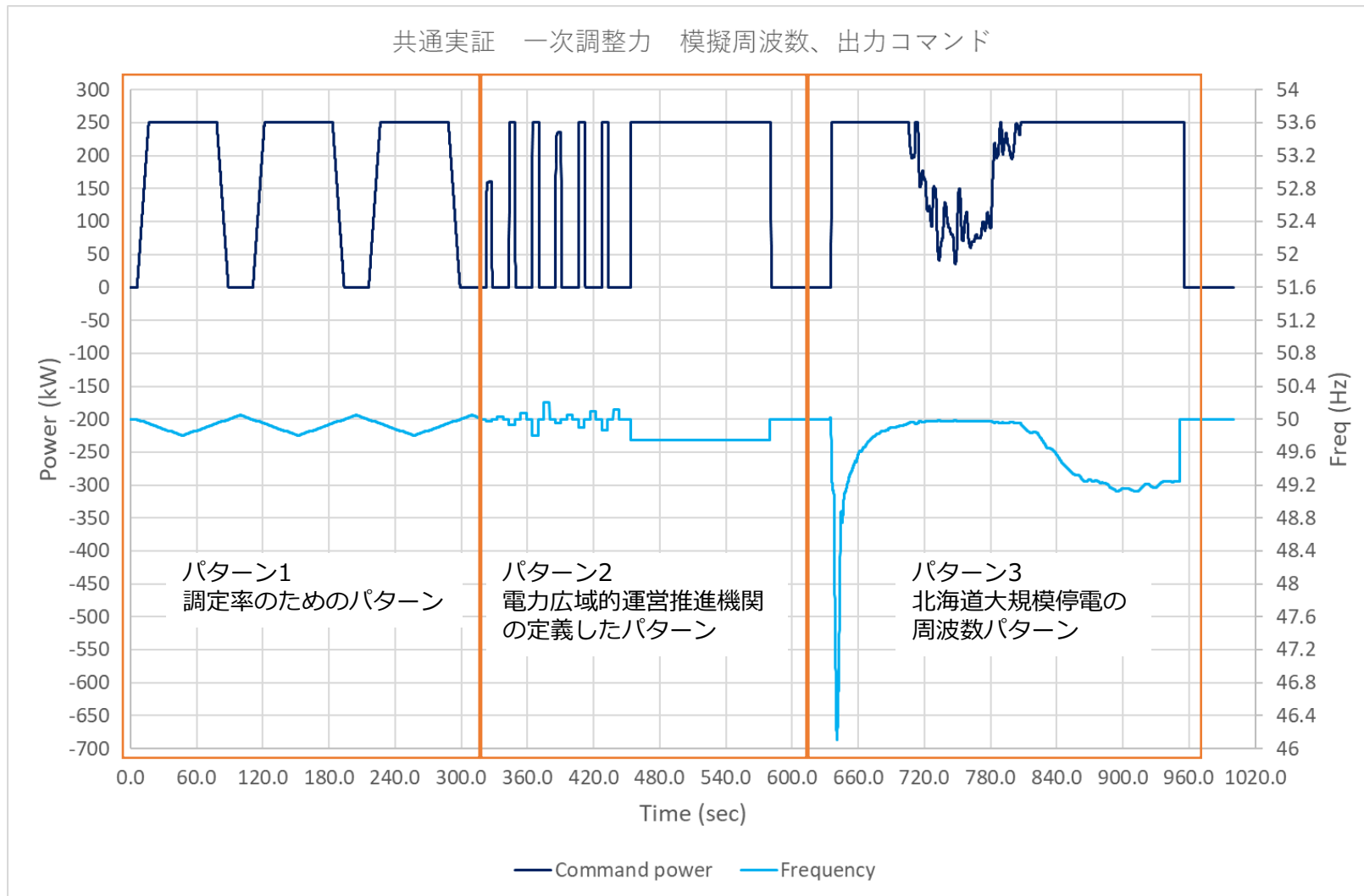


実証メニュー	項目	米倉山		柏の葉	
		業務用・産業用電池	自家発電機	業務用・産業用電池	自家発電機
共通実証 一次調整力	リソース	○ 250kW	○ 250kW	○ 750kW	-
	制御方法	自端による周波数応動 (模擬周波数を入力)			
	制御係数	K-LIBRAの設定値 (15分に1回受信)			
	制御周期	10ミリ秒		500ミリ秒 (リソースの制限)	
	記録周期	50ミリ秒			
	電力記録点	個別機器端にて計測			
	制御パターン1 (5分) 調定率のグラフを書きやすくするためのパターン (周波数を大きく緩やかに変動)	ハイブリッドで実施		蓄電池単体で実施	
	制御パターン2 (5分) 電力広域的運営推進機関の定義したパターン	ハイブリッドで実施		蓄電池単体で実施	
	制御パターン3 (5分) 北海道大規模停電の周波数パターン (地震発生から5分間)	ハイブリッドで実施		蓄電池単体で実施	

3.一次調整力実証試験 模擬周波数と計算される出力 (出力コマンド)



一次調整力の試験パターンは以下による。(グラフは米倉山のもの 柏の葉は最大出力が750kWとなる)



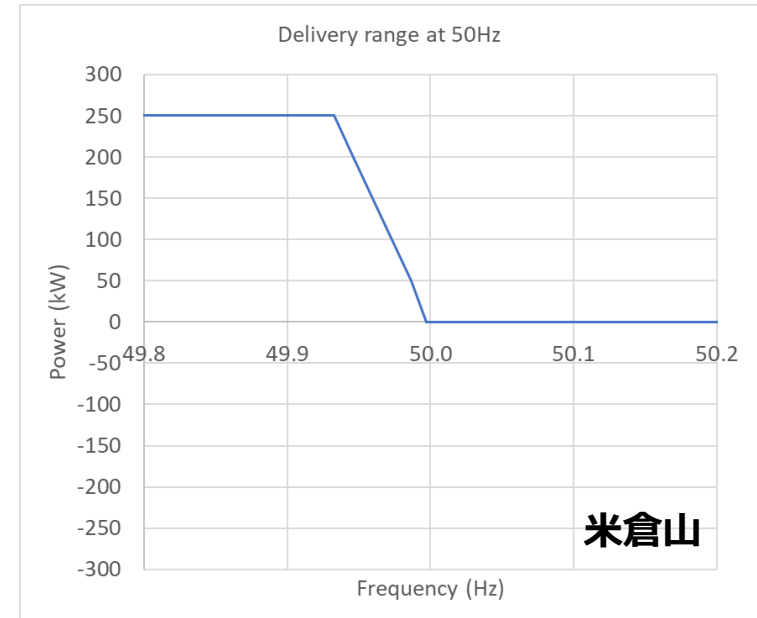


共通実証 一次調整力 試験結果 米倉山 ハイブリッド

3.一次調整力実証試験 制御係数 設定値等 米倉山

一次調整力の制御係数をK-LIBRAから受信、自端で周波数(模擬信号)に対して応動

設定パラメータ	1次調整力
周波数補正值	0
時定数(LPF)	100
時定数(HPF)	65,535
不感帯幅(プラス側)	3
不感帯幅(マイナス側)	3
Δf 制御係数(プラス側)	-142
Δf 制御係数(マイナス側)	-142
比例制御係数(Pゲイン)	1,000
比例制御係数(Iゲイン)	0
出力変動レート上限(上げ側)	100,000
出力変動レート上限(下げ側)	100,000
分担関数(x)	10,000
分担関数(y) 米倉山	250,000



本試験においては下げDRのみの供給としている

項目	計測間隔	計測誤差	不感帯	調定率
規格設定値	0.1秒以下	$\pm 0.02\text{Hz}$ 以下	$\pm 0.01\text{Hz}$ 以下	5%以下
実証値	0.01秒	$\pm 0.02\text{Hz}$ 以下	$\pm 0.003\text{Hz}$	0.135%

3.一次調整力実証試験 パターン1 米倉山 250kW ハイブリッド

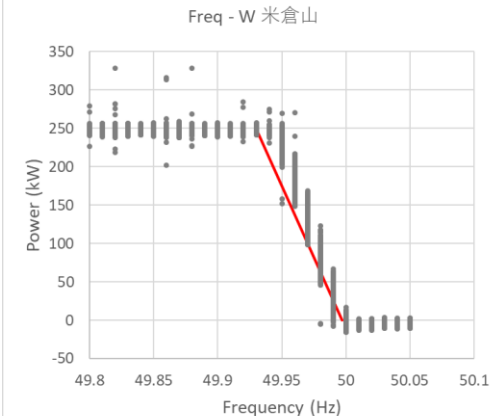
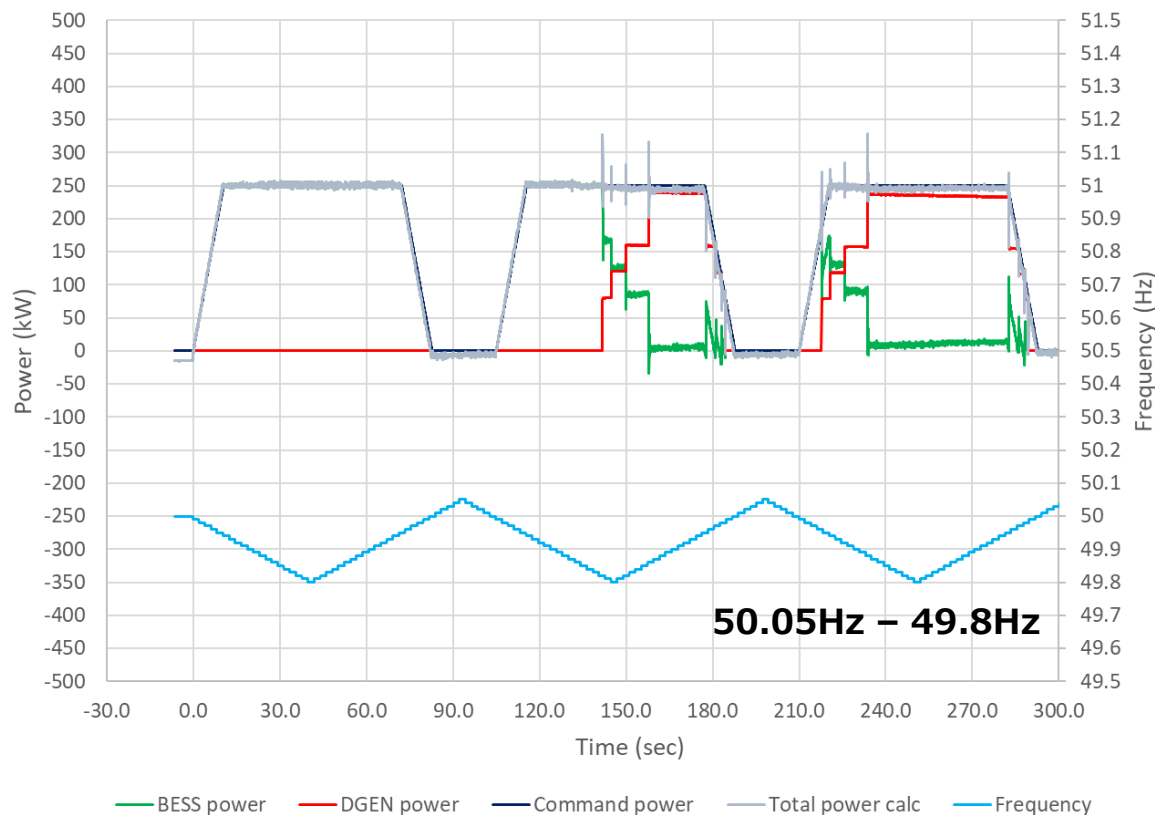


Energex Power Systems

パターン1

赤線は設定された調定率

共通実証 一次調整力 米倉山 Hybrid



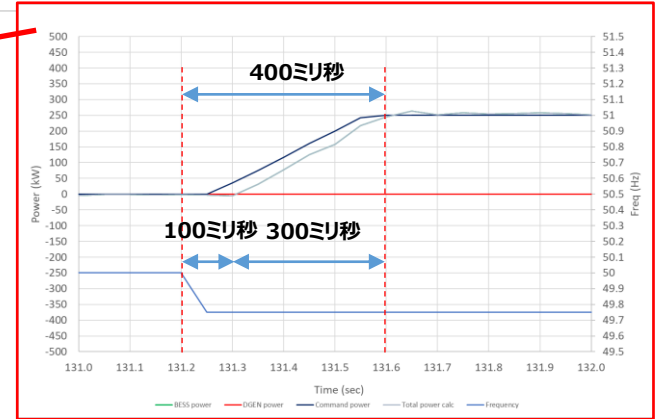
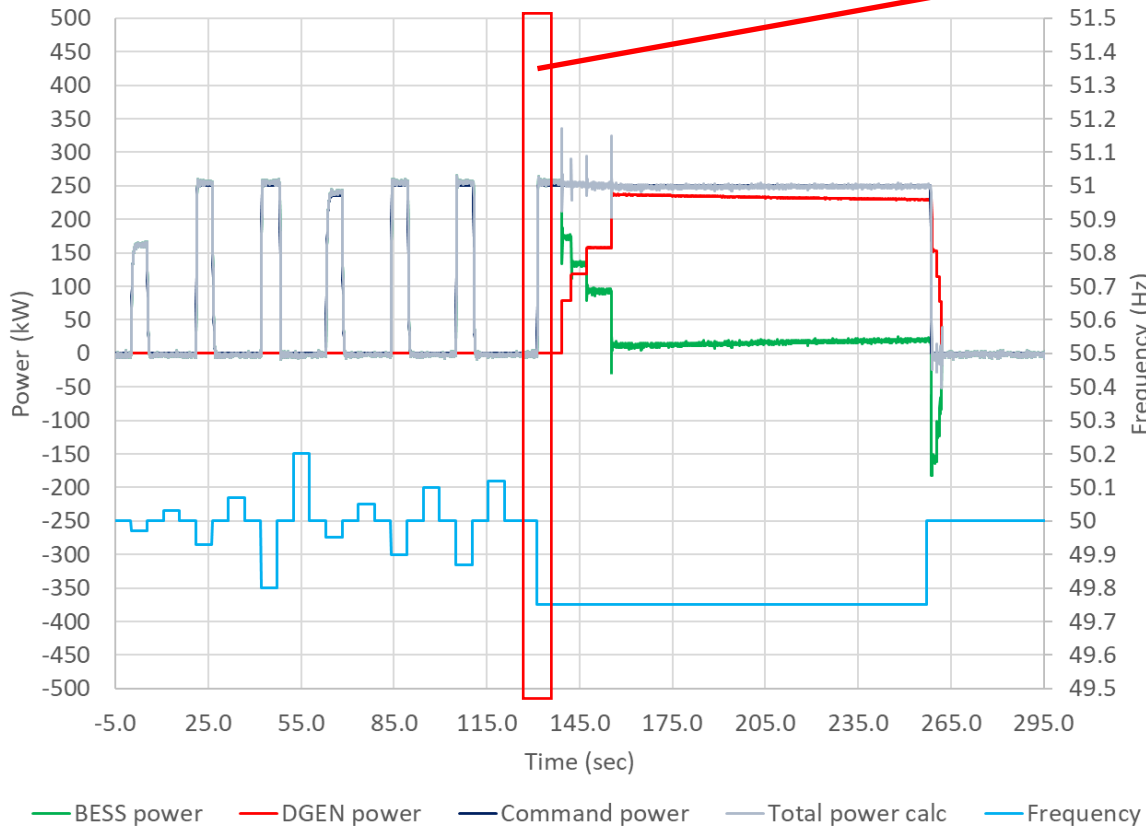
	規格値	実証値
遅れ時間	2秒以内	100ミリ秒
出力変化量	電源脱落時刻から10秒後の周波数偏差に基づく理論値 $-\Delta kW \times 10\%$	範囲内
調定率	評価点における出力変化量をもとに30分コマ単位で近似曲線の傾きが調定率の傾きと同方向であること	同方向
応動時間	10秒以内	400ミリ秒
継続時間	5分以上	5分以上
制御周期	-	10ミリ秒
記録周期	1~数秒	50ミリ秒

3.一次調整力実証試験 パターン2 米倉山 250kW ハイブリッド



パターン2

共通実証 一次調整力 米倉山 Hybrid

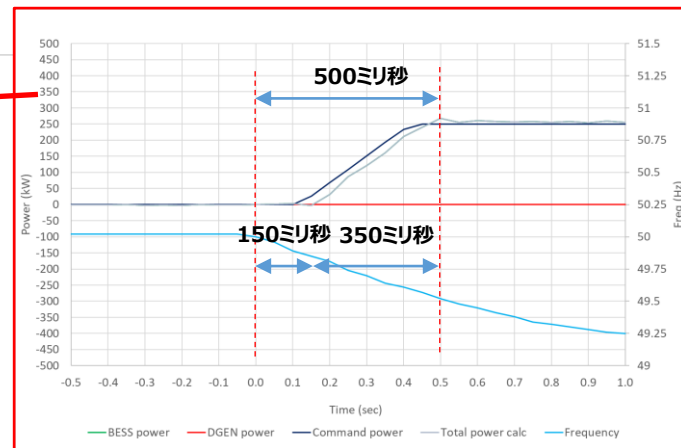
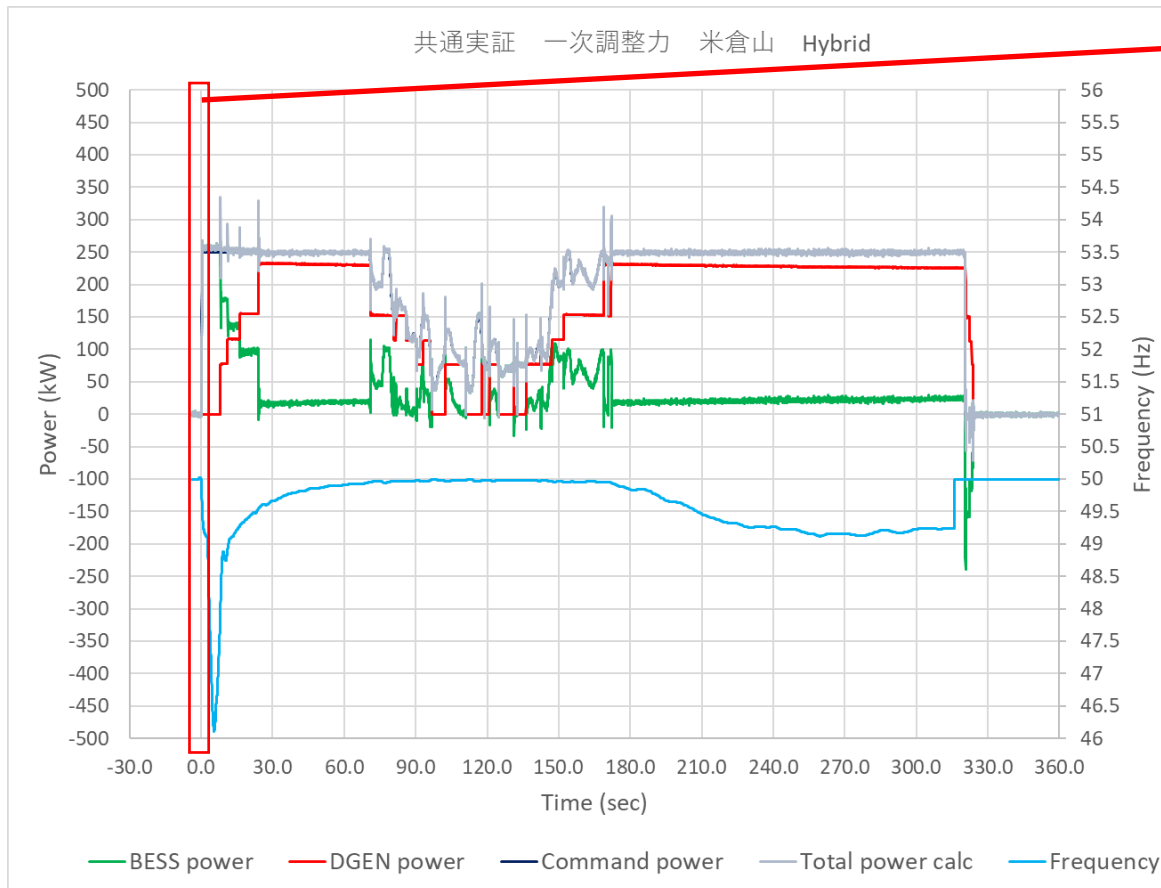


	規格値	実証値
遅れ時間	2秒以内	100ミリ秒
出力変化量	電源脱落時刻から10秒後の周波数偏差に基づく理論値 - $\Delta kW \times 10\%$	範囲内
調定率	評価点における出力変化量をもとに30分コマ単位で近似曲線の傾きが調定率の傾きと同方向であること	同方向
応動時間	10秒以内	400ミリ秒
継続時間	5分以上	5分以上
制御周期	-	10ミリ秒
記録周期	1~数秒	50ミリ秒

3.一次調整力実証試験 パターン3 米倉山 250kW ハイブリッド



パターン3



	規格値	実証値
遅れ時間	2秒以内	150ミリ秒
出力変化量	電源脱落時刻から10秒後の周波数偏差に基づく理論値 - $\Delta kW \times 10\%$	範囲内
調定率	評価点における出力変化量をもとに30分コマ単位で近似曲線の傾きが調定率の傾きと同方向であること	同方向
応動時間	10秒以内	500ミリ秒
継続時間	5分以上	5分以上
制御周期	-	10ミリ秒
記録周期	1~数秒	50ミリ秒



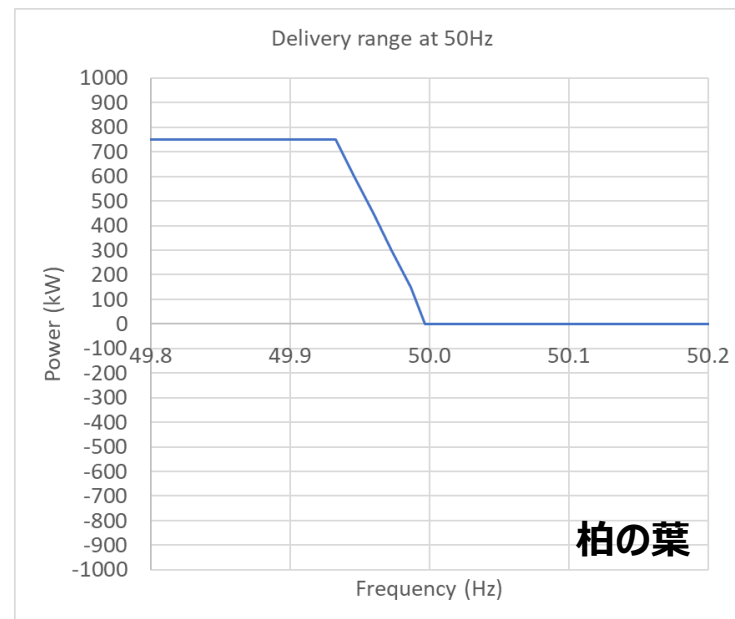
共通実証 一次調整力 試験結果 柏の葉 業務用・産業用蓄電池

3.一次調整力実証試験 制御係数 設定値等 柏の葉



一次調整力の制御係数をK-LIBRAから受信、自端で周波数(模擬信号)に対して応動

設定パラメータ	1次調整力
周波数補正值	0
時定数(LPF)	100
時定数(HPF)	65,535
不感帯幅(プラス側)	3
不感帯幅(マイナス側)	3
Δf 制御係数(プラス側)	-142
Δf 制御係数(マイナス側)	-142
比例制御係数(Pゲイン)	1,000
比例制御係数(Iゲイン)	0
出力変動レート上限(上げ側)	100,000
出力変動レート上限(下げ側)	100,000
分担関数(x)	10,000
分担関数(y) 米倉山	250,000
分担関数(y) 柏の葉	750,000



本試験においては下げDRのみの供給としている

項目	計測間隔	計測誤差	不感帯	調定率
規格設定値	0.1秒以下	± 0.02 Hz以下	± 0.01 Hz以下	5%以下
実証値	0.01秒	± 0.02 Hz以下	± 0.003 Hz	0.135%

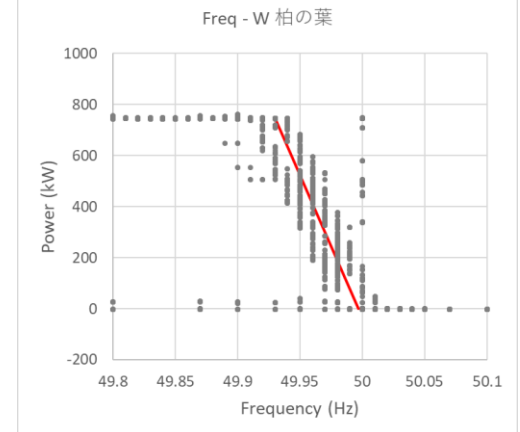
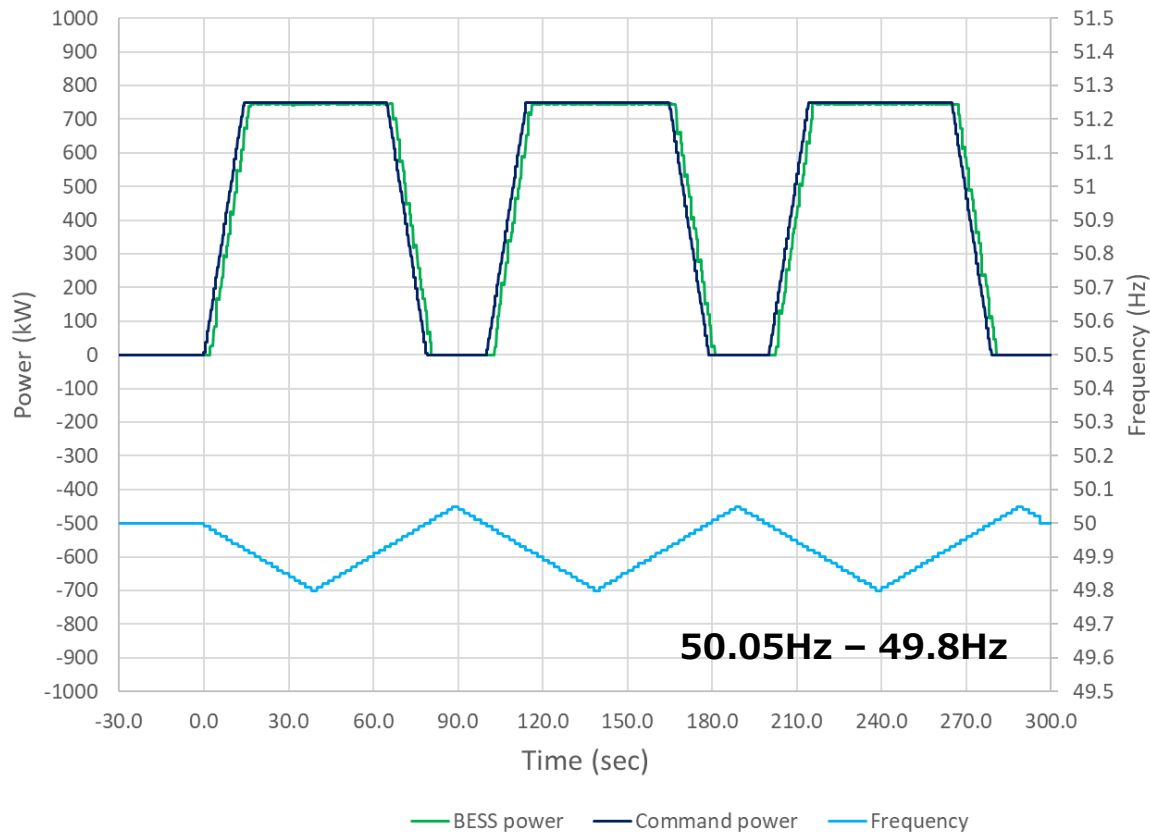
3.一次調整力実証試験 パターン1 柏の葉 750kW



パターン1

赤線は設定された調定率

共通実証 一次調整力 柏の葉 産業用・業務用蓄電池



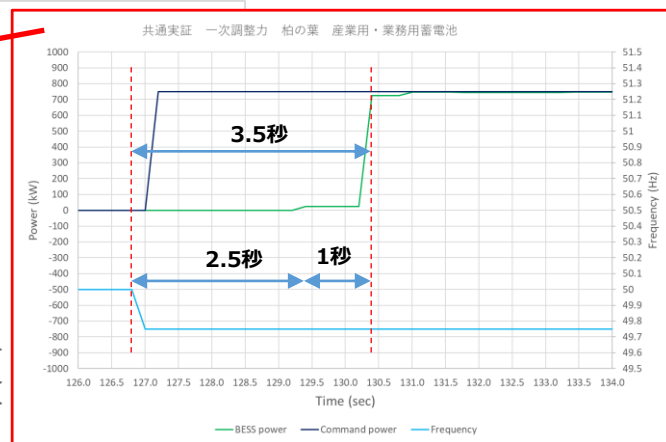
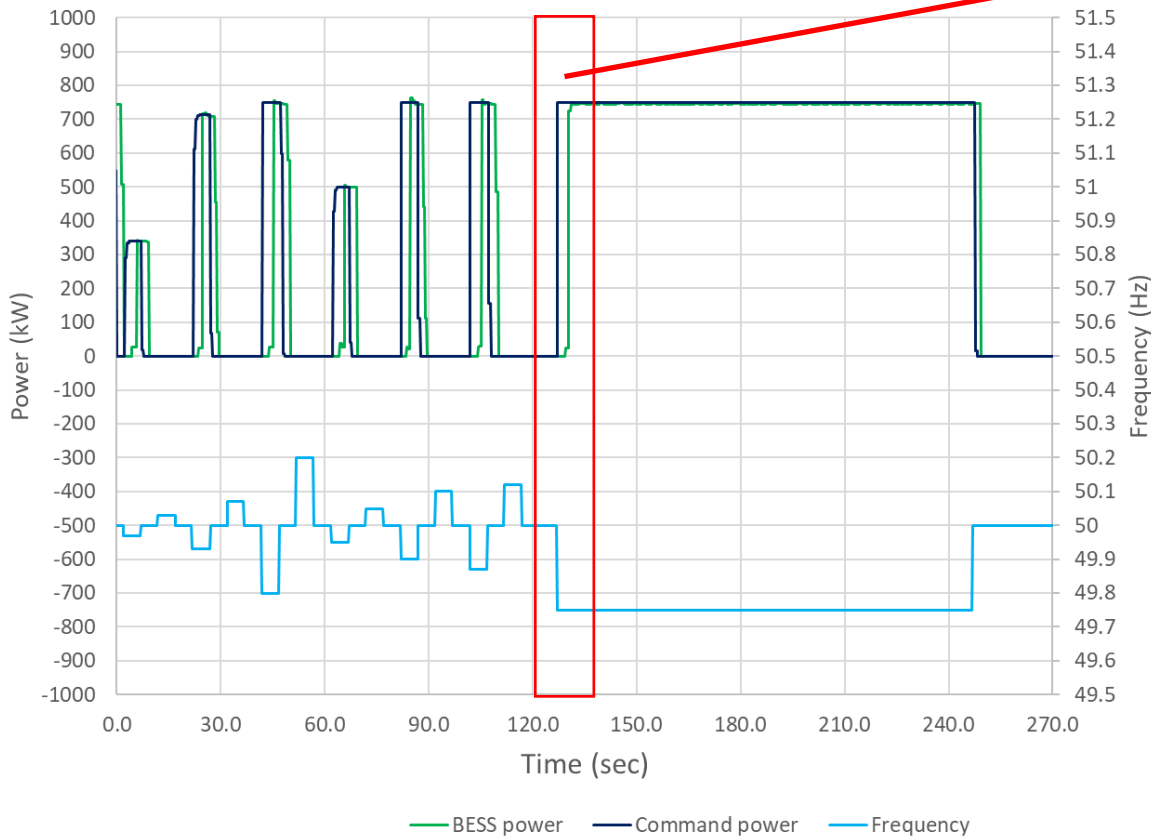
	規格値	実証値
遅れ時間	2秒以内	2.5秒
出力変化量	電源脱落時刻から10秒後の周波数偏差に基づく理論値 -ΔkW×10%	範囲内
調定率	評価点における出力変化量をもとに30分コマ単位で近似曲線の傾きが調定率の傾きと同方向であること	同方向
応動時間	10秒以内	3.5秒
継続時間	5分以上	5分以上
制御周期	-	500ミリ秒
記録周期	1~数秒	200ミリ秒

3.一次調整力実証試験 パターン2 柏の葉 750kW



パターン2

共通実証 一次調整力 柏の葉 産業用・業務用蓄電池



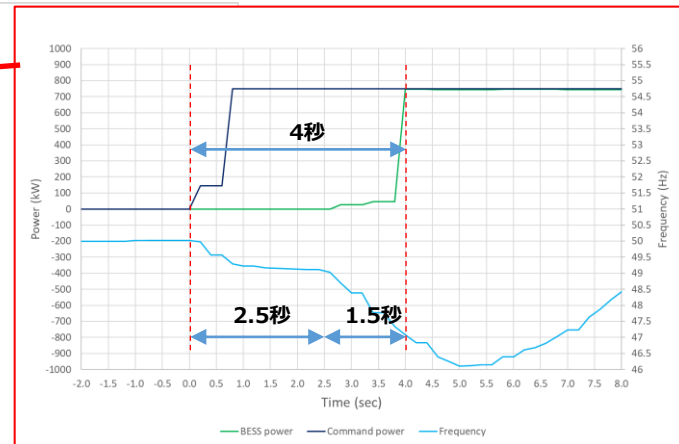
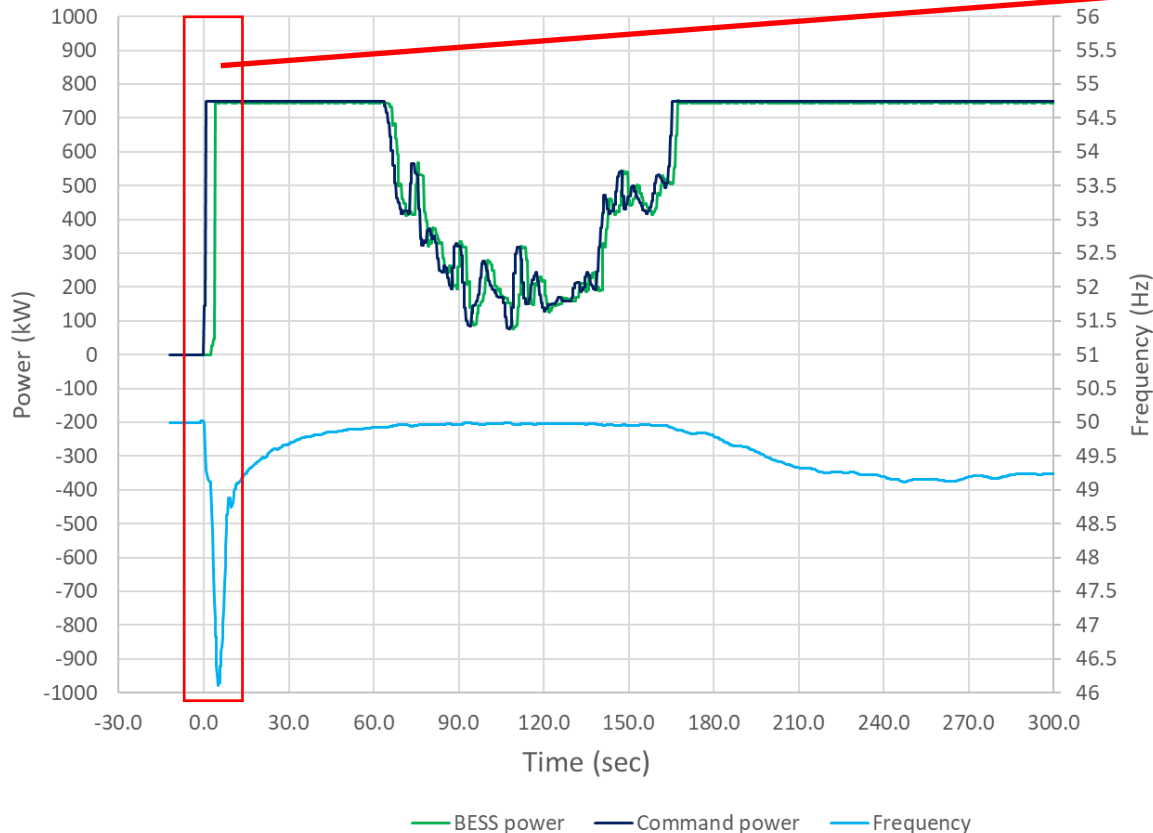
	規格値	実証値
遅れ時間	2秒以内	2.5秒
出力変化量	電源脱落時刻から10秒後の周波数偏差に基づく理論値 -ΔkW×10%	範囲内
調定率	評価点における出力変化量をもとに30分コマ単位で近似曲線の傾きが調定率の傾きと同方向であること	同方向
応動時間	10秒以内	3.5秒
継続時間	5分以上	5分以上
制御周期	-	500ミリ秒
記録周期	1~数秒	200ミリ秒

3.一次調整力実証試験 パターン3 柏の葉 750kW



パターン3

共通実証 一次調整力 柏の葉 産業用・業務用蓄電池



	規格値	実証値
遅れ時間	2秒以内	2.5秒
出力変化量	電源脱落時刻から10秒後の周波数偏差に基づく理論値 $-\Delta kW \times 10\%$	範囲内
調定率	評価点における出力変化量をもとに30分コマ単位で近似曲線の傾きが調定率の傾きと同方向であること	同方向
応動時間	10秒以内	4秒
継続時間	5分以上	5分以上
制御周期	-	500ミリ秒
記録周期	1~数秒	200ミリ秒



共通実証 二次調整力①

4.二次調整力①実証試験 条件等

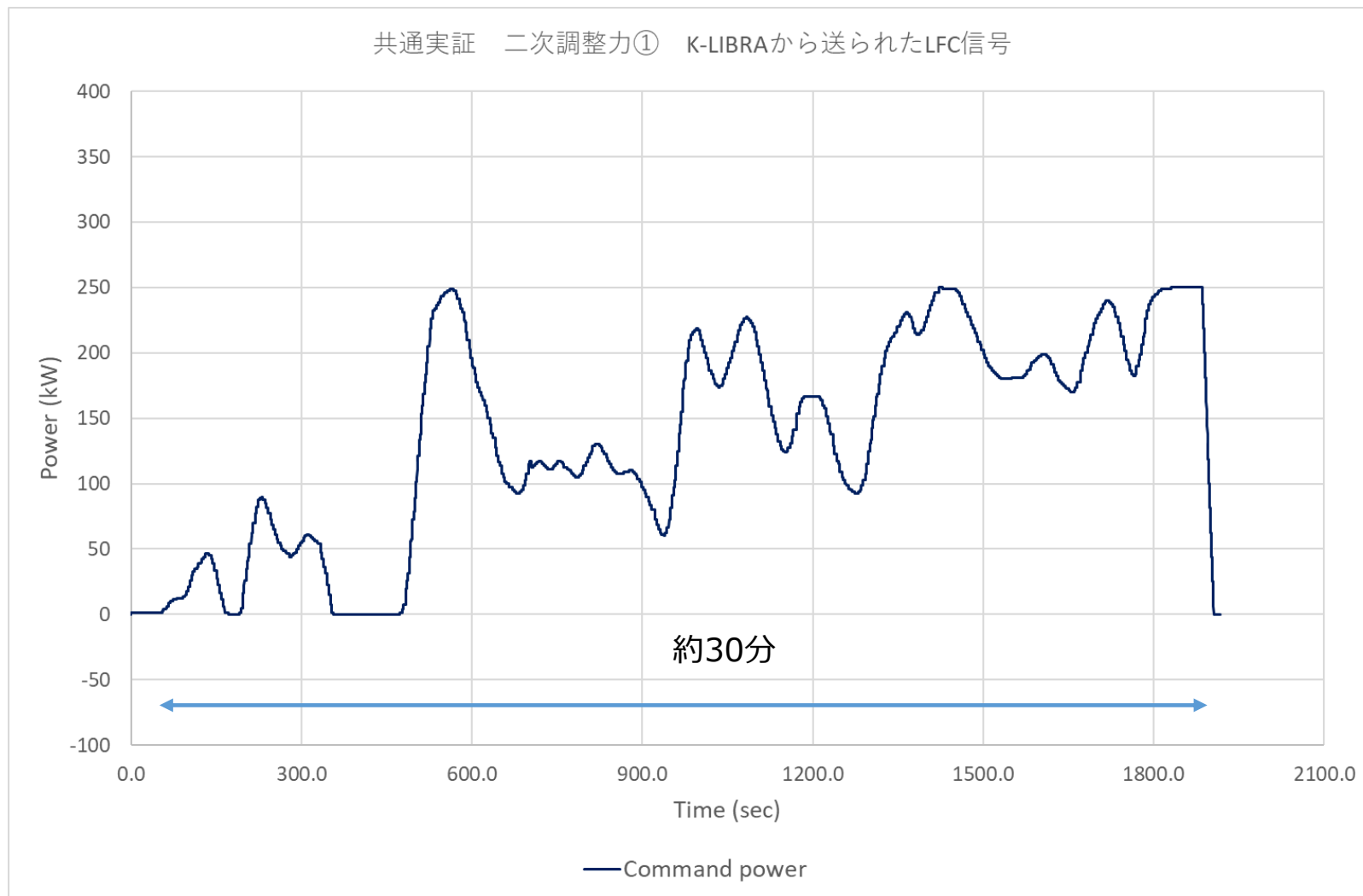


実証メニュー	項目	米倉山		柏の葉	
		業務用・産業用電池	自家発電機	業務用・産業用電池	自家発電機
共通実証 二次調整力①	リソース	○ 250kW	○ 250kW	○ 750kW	-
	制御方法	K-LIBRAからのLFC信号			
	制御係数	K-LIBRAの設定値 (15分に1回受信)			
	制御周期	500ミリ秒			
	記録周期	50ミリ秒			
	電力記録点	個別機器端にて計測			
	制御パターン	30分のLFC信号			

4.二次調整力①実証試験 制御指令値



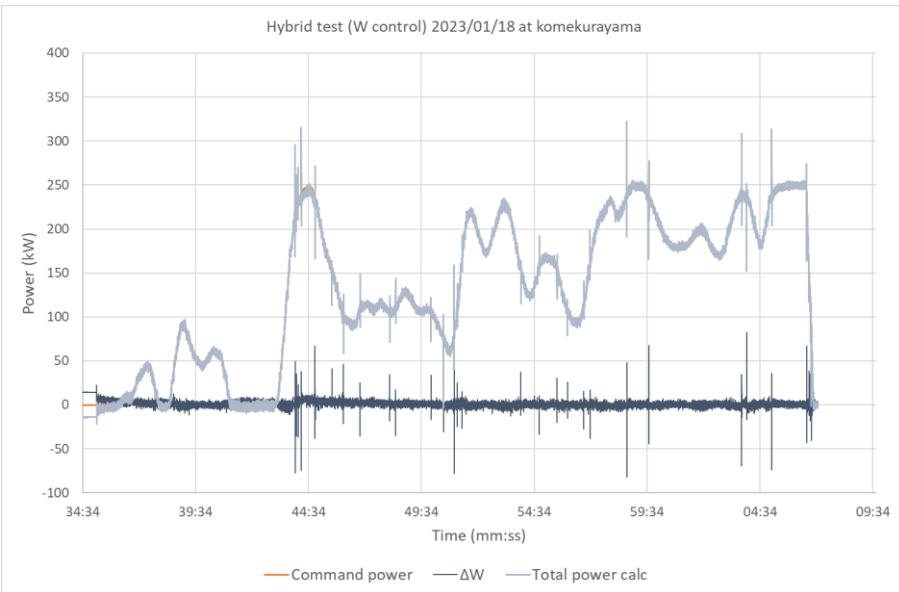
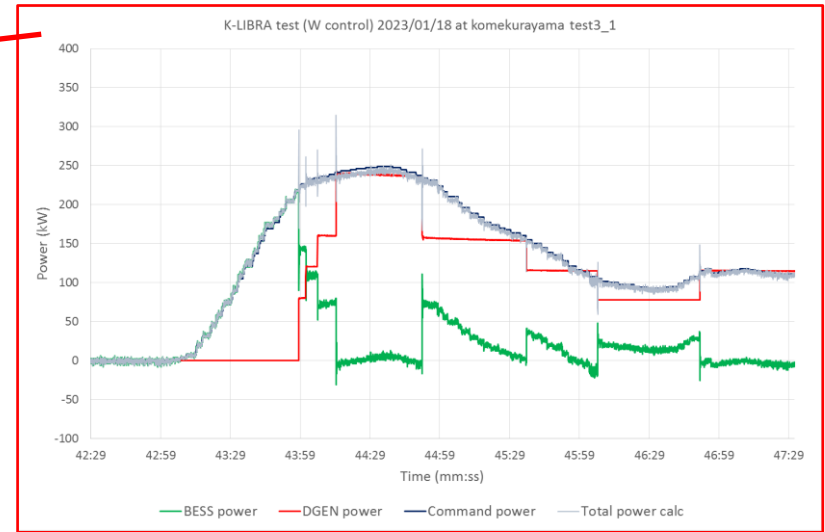
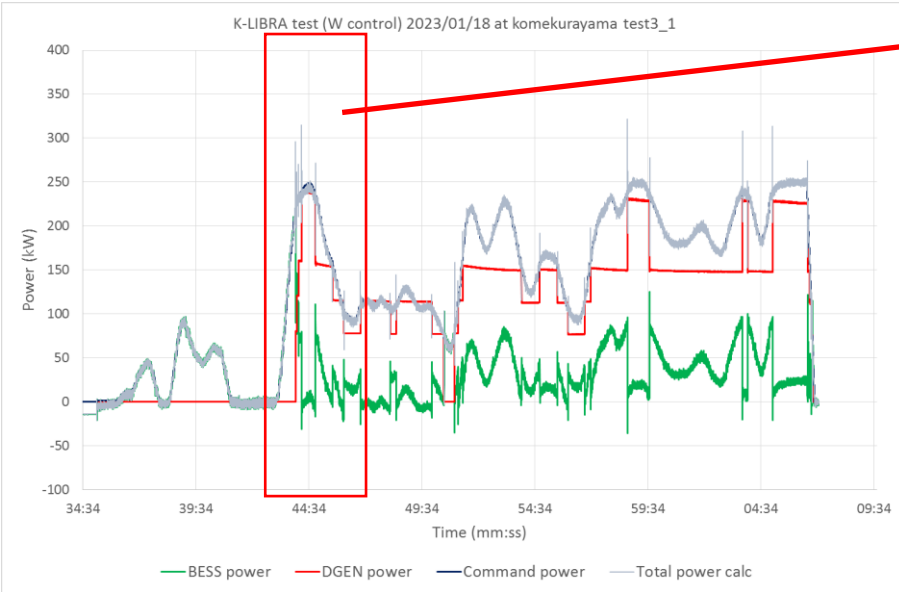
二次調整力①の試験パターンは以下による。(グラフは米倉山のもので柏の葉は最大出力が750kWとなる)





共通実証 二次調整力① 試験結果 米倉山 ハイブリッド

4.二次調整力①実証試験 米倉山 250kW ハイブリッド



	規格値	実証値
遅れ時間	120秒以内	500ミリ秒
許容範囲	上限:指令値から落札されたΔkWの10% 下限:応動時間内にΔkW約定量に到達する変化速度から落札されたΔkWの-10% 滞在率が90%以上	範囲内
応動時間	5分以内	1秒
継続時間	30分以上	30分以上
制御周期	-	500ミリ秒
記録周期	1秒	50ミリ秒



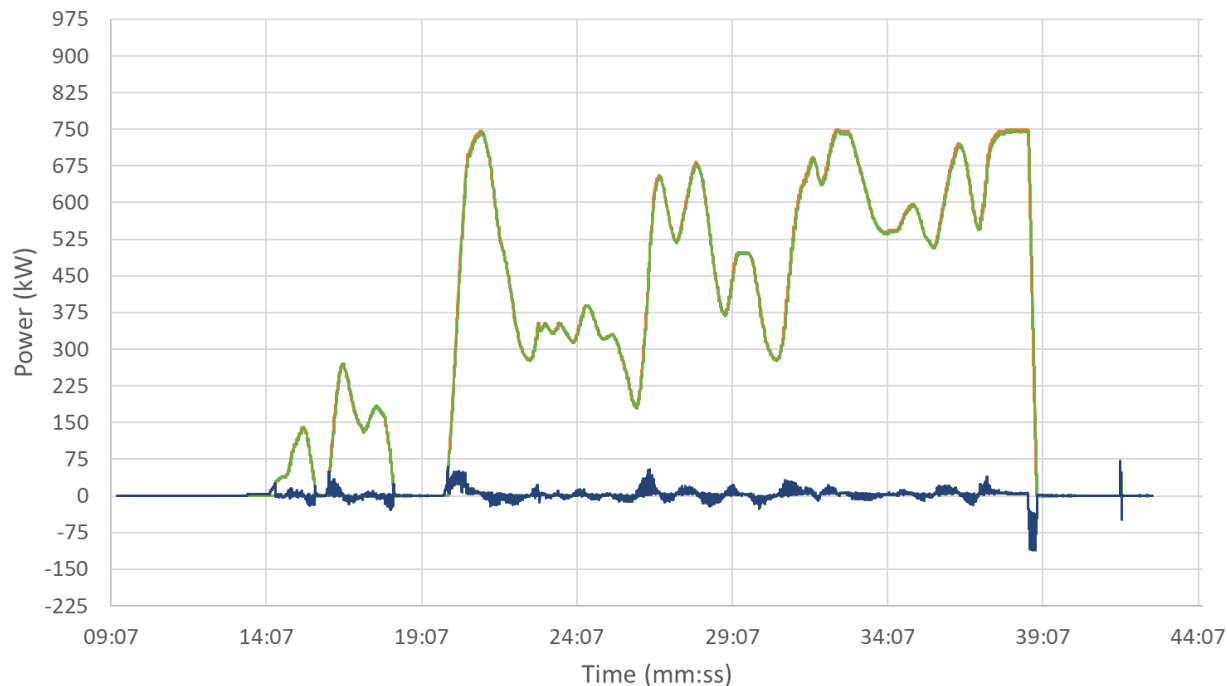
共通実証 二次調整力① 試験結果 柏の葉 業務用・産業用蓄電池

4.二次調整力①実証試験 柏の葉 750kW



Exergy Power Systems

共通実証 二次調整力① 柏の葉 産業用・業務用蓄電池



— Command — BESS — ΔW

	規格値	実証値
遅れ時間	120秒以内	2.5秒
許容範囲	上限: 指令値から落札されたΔkWの10% 下限: 応動時間内にΔkW約定量に到達する変化速度から落札されたΔkWの-10% 滞在率が90%以上	範囲内
応動時間	5分以内	4秒
継続時間	30分以上	30分以上
制御周期	-	500ミリ秒
記録周期	1秒	50ミリ秒



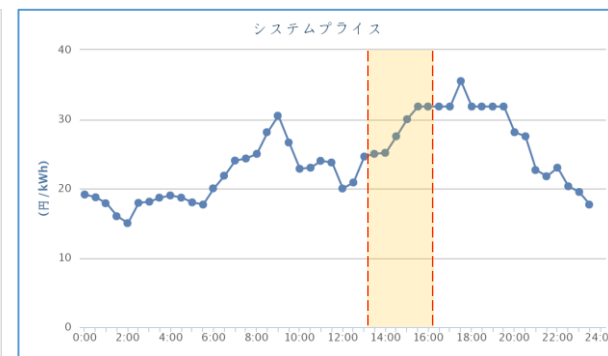
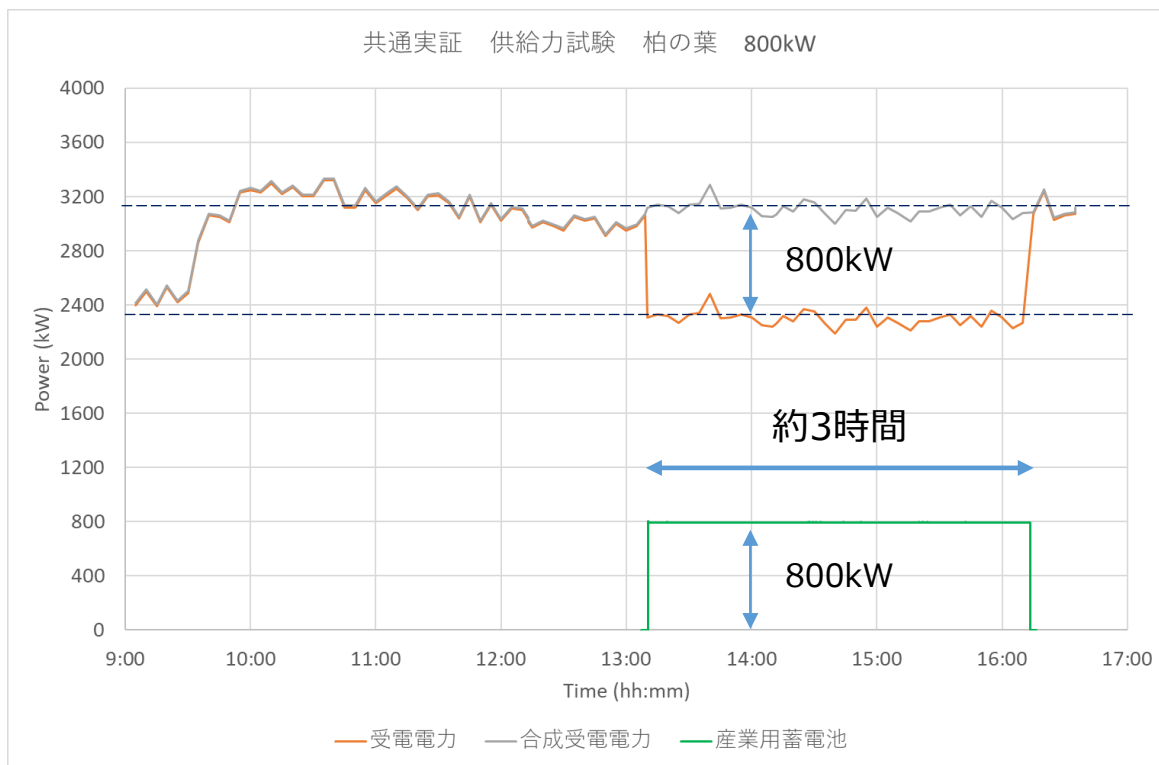
共通実証 供給力 試験結果 柏の葉 業務用・産業用蓄電池

5.供給力実証試験 条件等



実証メニュー	項目	米倉山		柏の葉	
		業務用・産業用電池	自家発電機	業務用・産業用電池	自家発電機
共通実証 供給力	リソース	-	-	○ 800kW	-
	制御方法	-		ハイブリッドEMSからの運転指令	
	制御係数	-		ハイブリッドEMSによる	
	制御周期	-		500ミリ秒	
	記録周期	-		500ミリ秒 (受電点 5分)	
	電力記録点	-		個別機器端にて計測 (受電点情報を目視で記録)	
	制御パターン	-		3時間の固定出力	

5.共通実証 供給力試験 柏の葉 800kW



想定したJEPXデータ
2022/12/05 JEPXホームページより

供給力は当日の最大使用可能量の800kWとし3時間ハイブリッドEMSからの運転指令を受けて動作した。
供出タイミングは発電単価が高く、施設内の消費電力が安定している13:10 - 16:15とした。
供給力のコントロール用電力計測は機器端で行っているため、受電点の電力は下げDRとしては変動している。



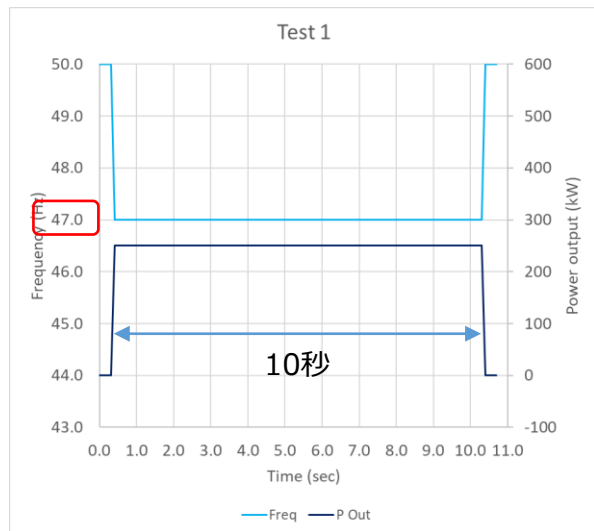
独自実証 高速応動 試験結果

EirGrid DS3

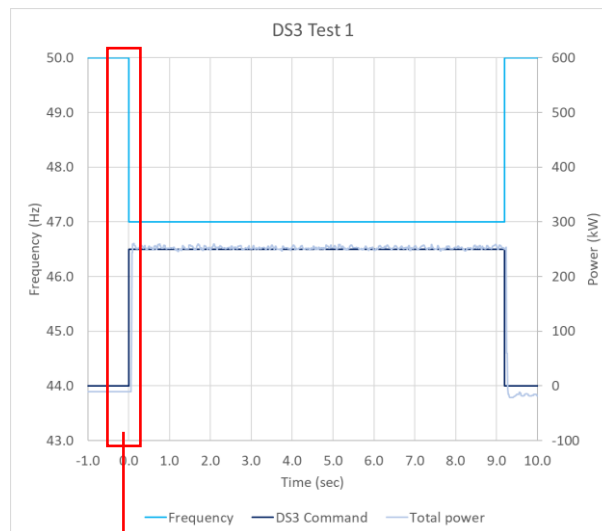
6.高速応動実証試験 アイルランド EirGrid DS3 Test1 (FFR)



応動速度の確認

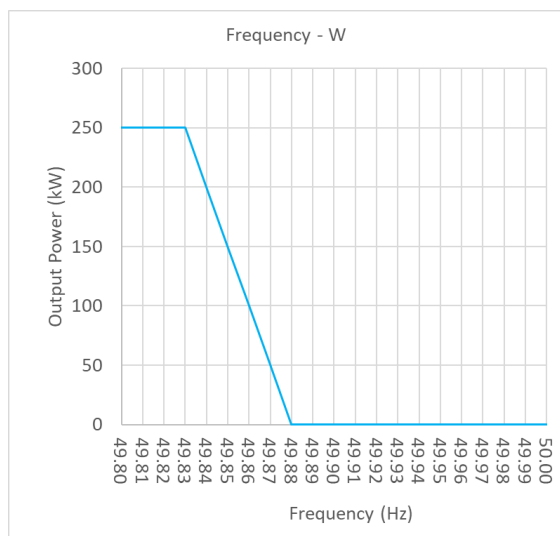


試験プロトコル

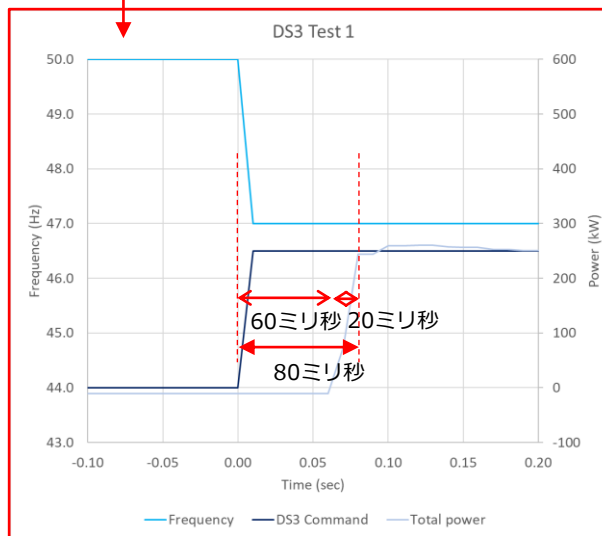


試験結果

項目	規格	実証試験
応動速度	150ミリ秒以下	80ミリ秒
合格範囲	±7%以内	±7%以内
継続時間	10秒	-
制御周期	100ミリ秒	10ミリ秒
記録周期	100ミリ秒	20ミリ秒
周波数応動 Test3	49.88Hzで出力しないこと	-
周波数応動 Test4	49.985Hzで出力しないこと	-



周波数-出力特性



試験結果 拡大



独自実証 高速応動 試験結果

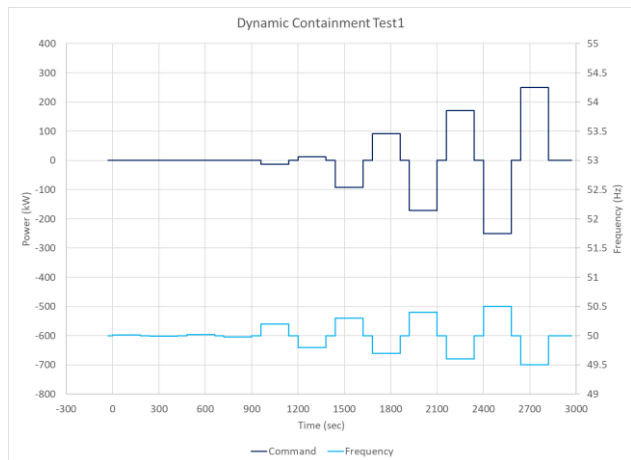
National Grid Dynamic Containment

6.高速応動実証試験 英国 National Grid Dynamic Containment Test1



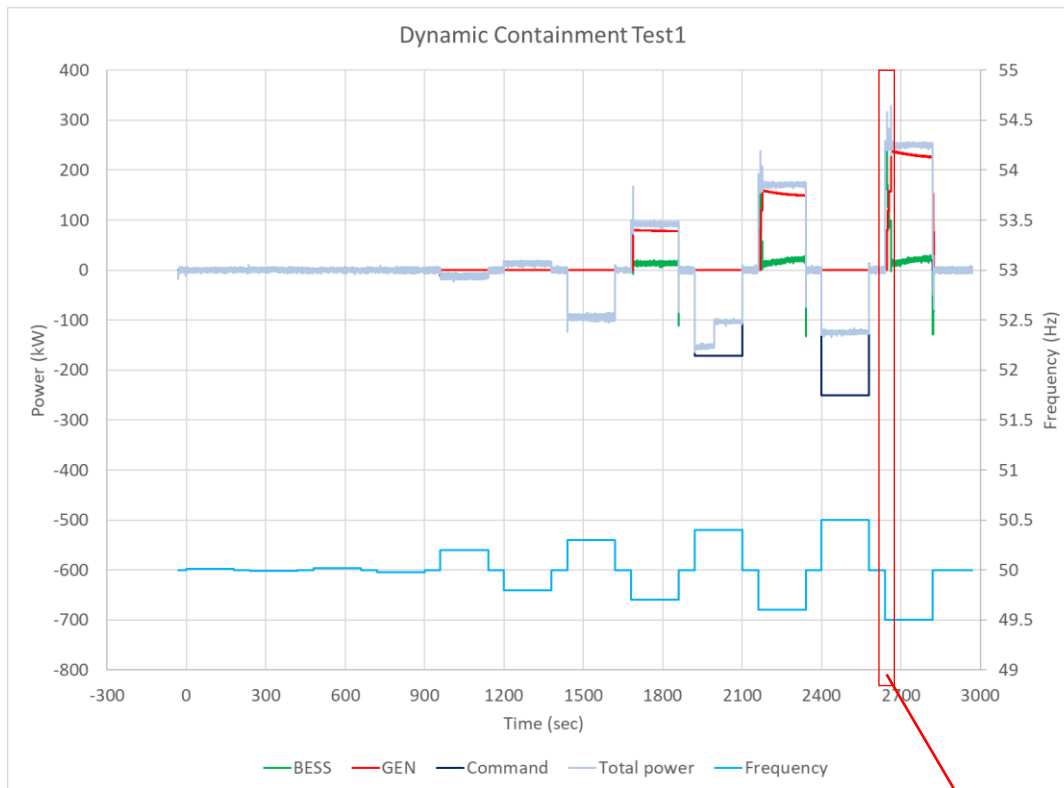
Energex Power Systems

応動速度、出力の確認



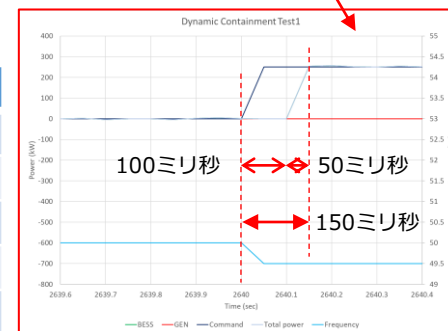
Test1 試験プロトコル

周波数(Hz)	出力(%)	出力(kW)
49.99	0	0
49.98	0.135	0.3
49.8	5	12.5
49.7	37	92.5
49.6	68	170
49.5	100	250



試験結果

項目	規格	実証試験
遅れ時間	0.55秒以下	100ミリ秒
応動速度	1秒以下	150ミリ秒
出力範囲	±3%以内	±3%以内
継続時間	パターン	-
制御周期	50ミリ秒	10ミリ秒
記録周期	50ミリ秒	50ミリ秒



試験結果 拡大



独自実証 ヽコ連携 試験結果

7.30連携試験 条件等 (二次調整力①相当)

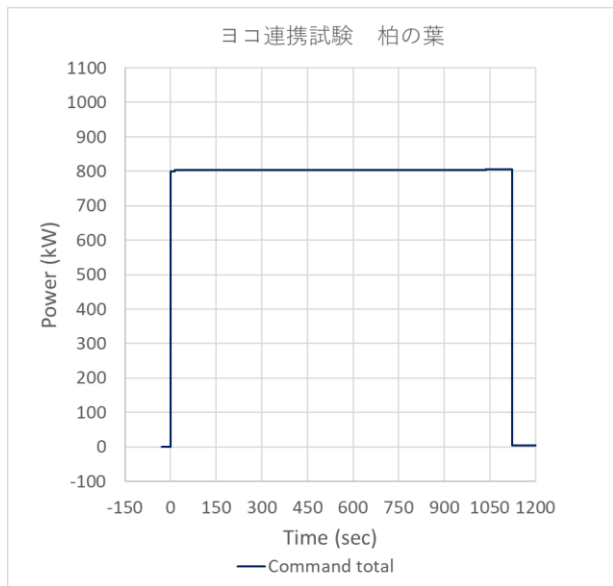


実証メニュー	項目	米倉山		柏の葉	
		業務用・産業用電池	自家発電機	業務用・産業用電池	自家発電機
独自実証 30連携	リソース	-	-	○ 800kW	○ 800kW
	制御方法	ハイブリッドEMSからの制御信号			
	制御係数	エクセルギーが独自に設定			
	制御周期	500ミリ秒			
	記録周期	200ミリ秒			
	電力記録点	個別機器端にて計測			
	制御パターン	20分程度の固定出力(合成値として)			

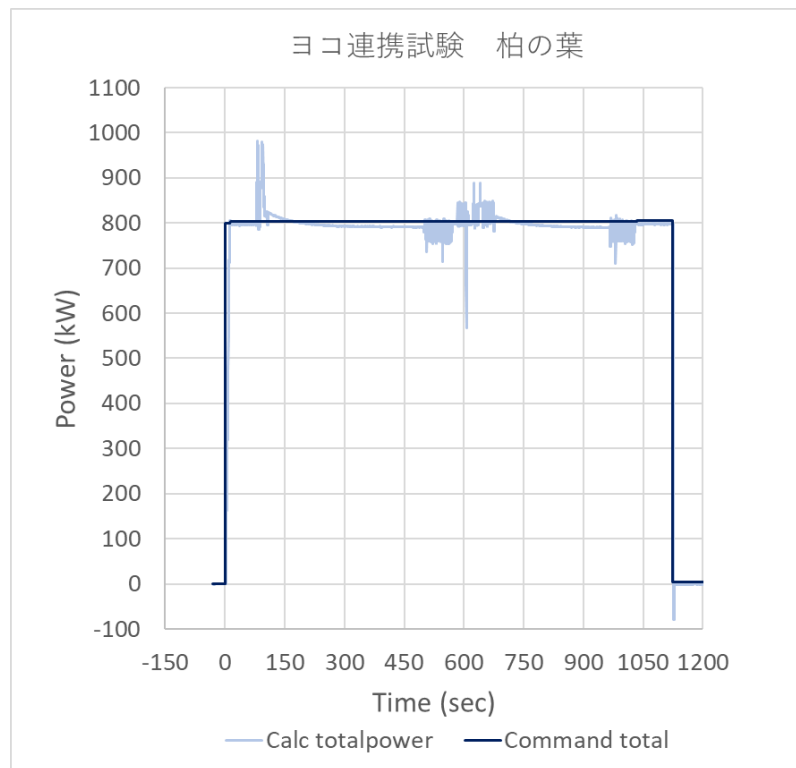
7.3コ連携試験 柏の葉 業務用・産業用蓄電池 – 自家発電機 ハイブリッド



Exergy Power Systems



試験プロトコル



ハイブリッド合成出力

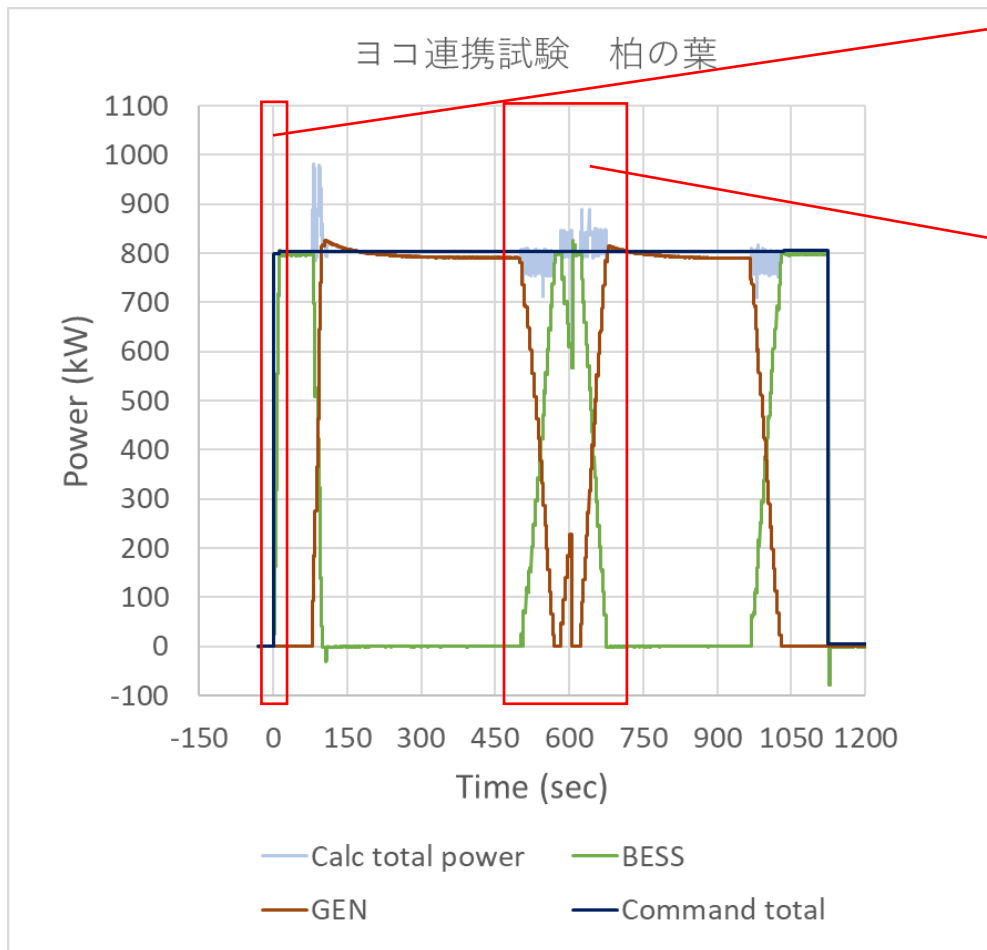
	規格値	実証値
遅れ時間	120秒以内	2.5秒
許容範囲	上限:指令値から落札されたΔkWの10% 下限:応動時間内にΔkW約定量に到達する変化速度から落札されたΔkWの-10% 滞在率が90%以上	範囲内
応動時間	5分以内	12秒
継続時間	30分以上	-
制御周期	-	500ミリ秒
記録周期	1秒	200ミリ秒

試験時間は自家発電機の燃料節約のため意図的に時間を短縮。

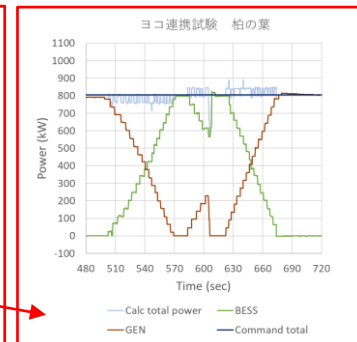
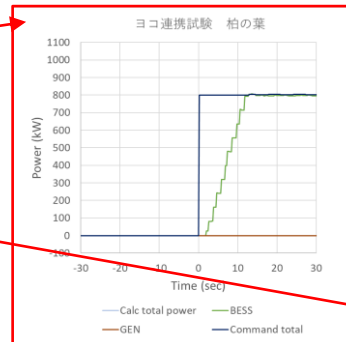
7.3コ連携試験 柏の葉 業務用・産業用蓄電池 – 自家発電機 ハイブリッド



Exergy Power Systems



ハイブリッド出力



8.その他特記すべき事項：制度面において検討すべき課題

1. 1秒以内の高速調整力の早期実現

アイルランド・英国においては、2020年に40%の再エネ導入を実現するために、1秒以内のミリ秒単位の高速調整力の導入が早期から準備された。北海道のブラックアウト時の様な系統周波数が大きく逸脱した場合に即座に対応できるようになっている。2030年に再エネが36-38%導入される日本においても、更なる再エネ導入拡大に向けて1秒以内の高速調整力の早期導入をお願いしたい。

2. 環境負荷の低い自家発電機の有効活用

アイルランド・英国においては、工場や病院等に設置されているバックアップ用途の自家発電機が調整力用途に有効活用されている。日本においても近年BCP対応の自家発電機の導入が進んでおり、天然ガスを燃料とする環境負荷の低い自家発電機を調整力用途に有効活用し、脱炭素化社会の実現に貢献できるための規制緩和や運用ルール作りをお願いしたい。

3. 多様な分散型エネルギーリソースの有効活用

アイルランド・英国の調整力市場においては、テクノロジーニュートラルなアプローチが徹底されており、多様な分散型エネルギーリソースに由来する調整力の価値が等しく認められ、ディーゼル発電機、コジェネシステム、水力発電、風力発電等も活用されている。日本においても、世界のベストプラクティスが有効活用できるような明確なルール作りをお願いしたい。

4. 機器個別計測の早期実現

本実証では、50ミリ秒毎の監視間隔の英国基準の機器端電力計を活用して実証試験を実施した。機器個別計測により一次調整力の自端制御が容易になるだけでなく、ミリ秒単位でのより高速な調整力の活用も同時に可能になり、アイルランド・英国と同様に再生可能エネルギーの導入拡大に貢献できるため、機器個別計測の早期実現をお願いしたい。

5. 柔軟な運用ルールの早期実現

機器個別計測を採用するアイルランド・英国の調整力市場においては、地域特性に応じた柔軟な運用ルールが採用されている。英国では50ミリ秒毎の運転記録を1秒以内に送電会社に提出するルールとなっているが、アイルランドでは周波数が大きく逸脱した事象が発生したときのみ運転記録を提出するルールとなっている。市場参加者が拡大する様な柔軟な運用ルール作りをお願いしたい。



END