

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
(デマンドリスポンスの更なる活用に向けた実態等調査)

報告書

2023年2月

東京電力エナジーパートナー株式会社

— 目次 —

< 序論 >

- 1 需給調整市場の現在位置
- 2 経済産業省調査事業の意義

< 本論 >

- 3 各サイト共通の検証方法
- 4 ポテンシャル調査（その1 米倉山サイト）
- 5 ポテンシャル調査（その2 徳山サイト）
- 6 ポテンシャル調査（その3 川崎サイト）
- 7 調整力供出時のベースラインに関する検討

< 結論 >

- 8 結論

1. 需給調整市場の現在位置

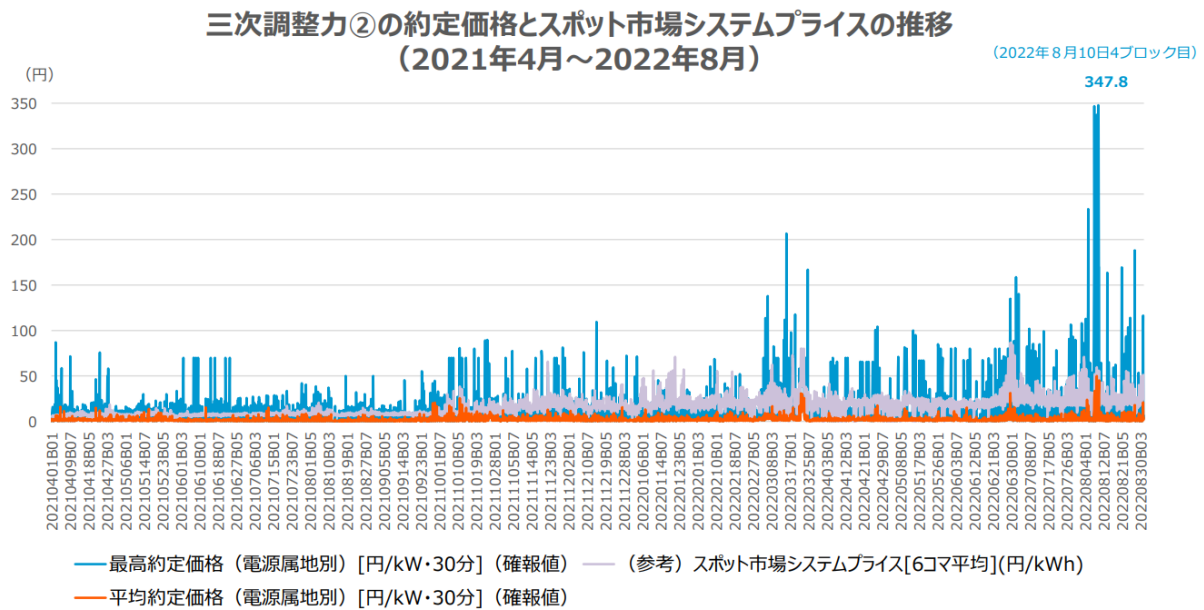
我が国において、再生可能エネルギーの導入が進む中で、調整力を効率的に確保していくことは重要な課題である。電力網の周波数を維持し安定供給を実現するため、一般送配電事業者（以下 TSO と記す）は周波数変動（ Δf ）が短い時間軸においては電力変化（ ΔP ）と等価であることを踏まえ、電力需要と供給の両面において調整力を確保することが有効である。TSO は交流電力を安定供給するために最も重要な品質要素である周波数を維持するという極めて重要な役割を担っている。

これまで調整力は、大型火力がその供出の主たる役割を担ってきた。大型火力は、需要に応じて一定の幅で瞬時に発電量を調整することが可能で、具体的には回転体の持つ慣性力による極短周期調整能力に加えて、ガバナフリー（以下 GF と記す）のような短周期調整機能を自在に供出する。再生可能エネルギーが大量導入される以前は、大型火力の場合、発電設備側から周波数の変化に応じて慣性力や GF 機能を、ある意味では「自在」に調整していた。換言すると、分散型電源大量導入前では、TSO の具体的な指令を超越した領域もあったのである。

（1）三次調整力②（R3②）

一方、再生可能エネルギー主力電源化のこれからは様相が異なる。再生可能エネルギーが拡大し、あるいはこれから先に大きく拡大させていくためには、相対的に減少する火力発電所の自動周波数調整機能を分散的に担う調整力が必要になってくる。TSO は、大型火力の「現場力」抜きで、市場経由のみで調整力を調達する必要性があり、それが需給調整市場ということになる。幸い、電力需要の変動は成分毎に分解可能であり、事実、需給調整市場では応動時間や継続時間に応じて、一次調整力（以下 R1 と記す）から三次調整力（以下 R3 と記す）②までの5つの商品を取り扱うこととしている。需給調整市場は、2021 年度から順次市場開設を進めている。皮切りは R3 ②で、再エネ予測誤差に対応する調整力である R3②については、市場開設以来、調達不足が慢性化している状況である。同時に、TSO の調達費用も想定を上回る規模であり、2022 年度では前年同月対比で増加しているエリアもみられ、その逡増傾向は続いている（図 1 参照）。

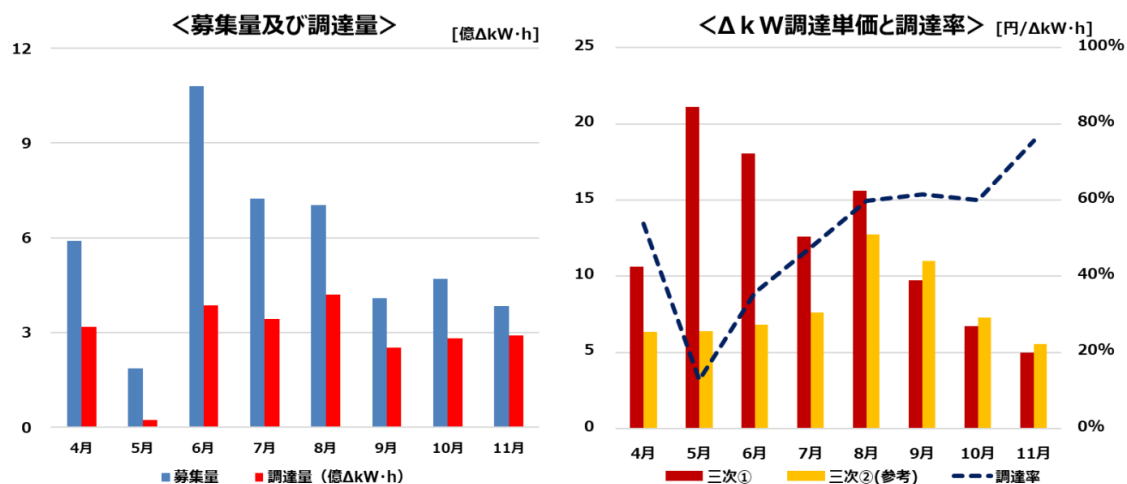
【図1：電力・ガス取引監視等委員会・第79回制度設計専門会合資料より】



(2) 三次調整力① (R3①)

2022 年度は R3①の取引も開始された。取引開始以降、R3①は、R3②と同様に募集量に対し応札量が不十分である状況が継続しており、応札量全量が約定するブロックも多い状況である。R3①の調達率が低調な時期は、R3②と比較しても、調達単価が高水準で推移していることが多い（図2 参照）。

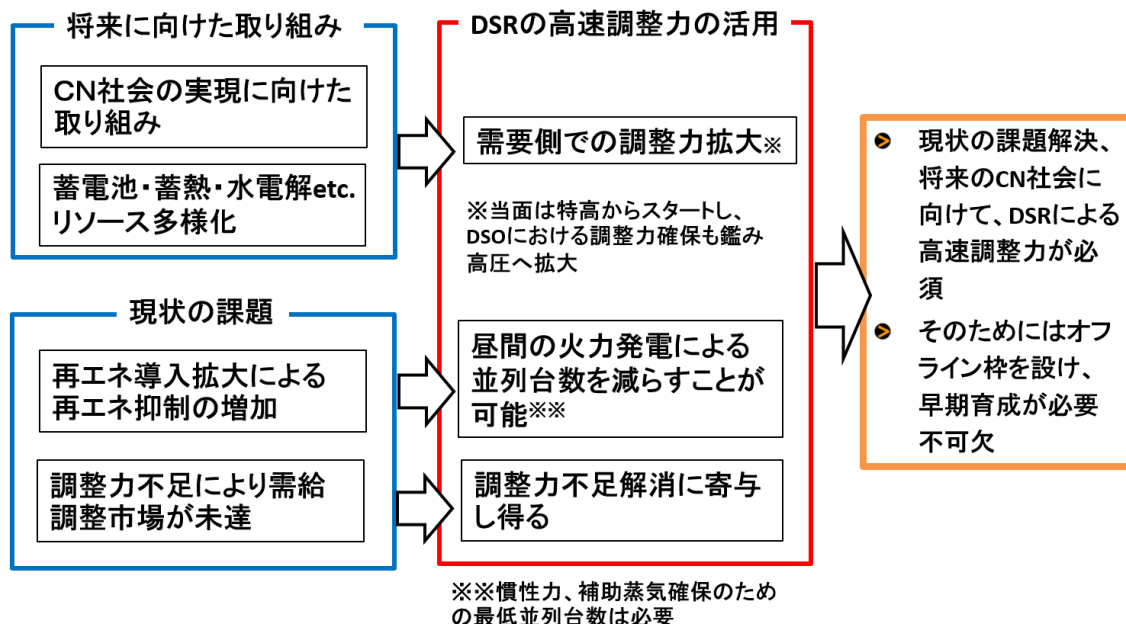
【図2：R3①取引実績（2022 年 4 月～11 月） 第74回電力・ガス基本政策小委員会 制度検討作業部会資料より】



こうした、R3①②をはじめとする調整力の応札不足が継続した場合、市場における競争不足による価格の高騰や調整力の調達不足による安定供給への支障が懸念される。これらの問題は、2024

年度に取引が開始される他の商品においても共通の課題となりうることから、調整力の調達が効率的なものとなるような施策の早期立案が求められる（図3参照）。

【図3：DSR活用による高速調整力の効果と優位性】



2022©エナジープールジャパン(株) 取扱注意 目的外利用・無断複製・開示禁止

（出典 第2回次世代の分散型電力システムに関する検討会 資料3 6ページ）

2. 経済産業省調査事業の意義

今回の経済産業省の調査事業『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（ダイヤモンドリスpons（以下DRと記す）の更なる活用に向けた実態等調査（以下ポテンシャル調査と記す）』は、正にこうした環境下に、一石を投ずる意義のある取組と言える。より効率的且つ即効性のある調整力調達を主眼として、具体的にはDRを駆使した需要側リソース（以下DSRと記す）活用を意図したものである。

（1）特別高圧供給のDSRによる高速調整力

DRについては、厳気象時の電力需給逼迫時での有効性は、2018年1月の首都圏大寒波時の対応以降、様々な場面で認識されているところではあるが、ポテンシャル調査では「一歩先」のリソース活用を目指している。具体的には大型火力のGF機能「並み」の高速調整力の供出可能性の検証である。予め断っておくが、これらは十分に技術検証がなされた上で導入すべきものであり、現時点でのその大量導入の検討は時期尚早である。ポテンシャル調査は、将来のCNに向けたDSRの中長期的育成を見据えた取組であり、大規模工場やコンビナート等の特別高圧供給による受電

の DSR を対象とし、まずは需給調整市場におけるオフライン監視の default 基準である 1MW の最低容量の蓋然性評価から始める。

(2) 受電点計測と機器点計測

ポテンシャル調査で想定する高速調整力とは、R1 及び二次調整力（以下 R2 と記す）である（図 4 参照）。応動時間が R1 の場合は 10 秒以内、R2 の場合は 5 分以内を前提に、DSR の蓋然性評価を、受電点及び機器点ベースで実施する。機器点ベースでの計測の妥当性については、資源エネルギー庁「次世代の分散型電力システムに関する検討会」での議論にもあるように、自家発や蓄電池（EV）、生産設備等の需要負荷が想定されており、特別高圧供給の DSR を対象としたポテンシャル調査で検証する合理性は認められる。

【図 4 電力広域的運営推進機関（以下 OCCO と記す）「一次調整力～二次調整力②、複合商品、三次②のルール見直し等に関する市場設計案」に対する意見募集の結果

（募集期間：2021 年 11 月 10 日～2021 年 12 月 10 日）

参考資料「参考資料_需給調整市場参入にあたっての要件等について(2022 年 3 月 11 日時点)」】

	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※1)	オンライン	オンライン	オンライン	オンライン
回線	専用線のみ (オフライン監視の場合は不要)	専用線のみ	専用線 または 簡易指令システム※2	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
入札時間単位	3時間※3	3時間※3	3時間※3	3時間※3	3時間※4
応動時間	10秒以内	5分以内	5分以内	15分以内	45分以内※5
継続時間	5分以上	30分以上※3	30分以上※3	3時間※3	3時間※4
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	専用線：数秒～数分 簡易指令システム※2：5分※6	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※1	1～5秒程度	専用線：1～5秒程度 簡易指令システム※2：1分	専用線：1～5秒程度 簡易指令システム：1分	1～30分※7
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※5に出力変化可能な量 (オンラインで調整可能な幅を上限)
最低入札量	5MW※8 (オフライン監視の場合は1MW)	5MW※8	専用線：5MW※8 簡易指令システム※2：1MW	専用線：5MW※8 簡易指令システム：1MW	専用線：5MW※8 簡易指令システム：1MW
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

※1 事後に数値データを提供する必要有り。

※2 休止時間を反映した簡易指令システム向けの指令値を作成するための中給システム改修の完了後に開始

※3 将来「30分」に変更予定。システム改修内容を踏まえ、変更時期は別途整理予定。

※4 2025年度より「30分」に変更予定。

※5 2025年度より「60分以内」に変更予定。

※6 広域需給調整システムの計算周期となるため当面は15分。

※7 30分を最大として、事業者が収集している周期と合わせることも許容。

※8 将来「1MW」に変更予定。システム改修内容を踏まえ、変更時期は別途整理予定。

ポテンシャル調査では、業務提携中のエナジープールジャパン株式会社（以下 EPJ と記す）と協調し、R1 供出における DSR の応動を評価するために手動テスト（各周波数変動幅に応じた電力変動幅を想定し、設備の電力変動を手動にて行うテストのこと。我が国の R1 市場は 2024 年度以降に発足することを踏まえ、ここではフランス RTE の R1 供出基準に基づき確認を行った）を実施する。

なお、当該手動テストについて、我が国の R1 市場は 2024 年度以降に発足することを踏まえ、

ここでは実運用済のフランス RTE の R1 供出基準に基づき確認を行った。EPJ の R1&R2 計測システムは、現時点では RTE 準拠システムであり、その継続時間・遅れ時間計測については日仏同基準である一方、応動時間のみ異なっている（R1：フランス 30 秒・日本 10 秒）。

ただし、フランス市場の経験則では、R1 & R2 供出可能の DSR の負荷応動性（dynamic criteria）は linear（直線形）であることが必要十分条件になっている。その場合、単純計算で三分の一にすれば、実証的にその蓋然性を確認出来ることを明示する。

当然ながら 2024 年度以降の市場投入を考慮する場合、将来的には応動自動化を視野に入れるべきであることを留意されたい。

（３） 参加頂いた３サイト

ポテンシャル調査で高速調整力の蓋然性評価にご協力頂いた特別高圧供給の DSR は以下の３社である（図５参照）。改めて、今回のポテンシャル調査参加に快く賛意を示して頂いたことに感謝申し上げます。

- ・株式会社やまなしハイドロジェンカンパニー
山梨県甲府市下向山町 3216(米倉山電力貯蔵技術研究サイト内)
以下「米倉山サイト」と記す。
- ・株式会社トクヤマ徳山製造所
山口県周南市御影町 1-1
以下「徳山サイト」と記す。
- ・川崎オキシトン株式会社
神奈川県川崎市川崎区小島町 4－1
以下「川崎サイト」と記す。

【図５：ポテンシャル調査サイト】



（４） ベースラインの考え方

ポテンシャル調査で検証すべき重要項目としては、上述の R1 及び R2 の潜在性の確認（受電点計測・機器個別計測毎）に加えて、ベースライン（以下 BL と記す）の考え方についても論じたい。現時点での R1 に関する BL については、OCCTO「需給調整市場検討小委員会」にて「直前計測型（取得している応動実績データのうち、落札ブロック開始前の 5 分間を平均するもの）」を前提とすることで整理されている。その一方で、事業者が計画値を策定する「事前予測型（1 分単位の計画値を提出し、一般送配電事業者が線形補間等により各エリアの評価間隔に変換するもの）」も選択可能となっている。従って、ポテンシャル調査では、将来予見される調整力不足の状況を鑑み、TSO が許容し得る範囲内での調整力の潜在性の抽出を達成し得る BL を採用して検証を進めたい。

3. 各サイト共通の検証方法

3.1. 手動テストの内容

本年度の実証実験では、対象サイトの生産プロセスの状況を鑑み、需要家の対象設備を想定電力調整幅にて手動運転し、その挙動の確認・分析を行った。（以下手動テストと記す）

本テストの目的は、以下の通りである。

- 実際の対象設備の稼働を確認するため、対象設備の電力を手動で調整
- 想定した最大調整電力の下、あらかじめ設定した各周波数変動幅に対応する電力調整幅が、対象設備にて供出可能かどうかを確認するため、テスト結果を分析

3.2. テスト設定

手動テストは、事前に生産プロセスに関する対象サイト担当者への調査結果等に基づき設定された想定最大調整電力幅に応じて、対象設備の電力を手動で変動させるものである。

テスト実施中のデータを記録の上、そのデータを元に分析を行い、調整力供出のポテンシャルを確認した。

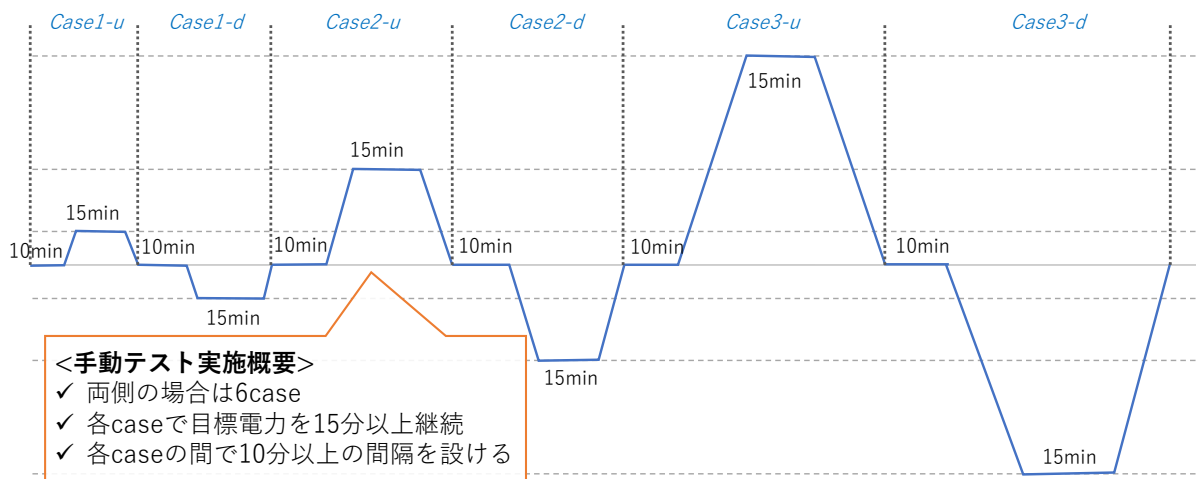
手動テストでは、次の6ケースについて対象設備の電力変動を順次実施した。

各ケースの間には、プロセスを安定させるために時間を10分以上設けることとした。また、手動テストはR1の要件を想定して設定されており、目標電力に到達した後、当該電力値で15分以上継続することとした（図6参照）。

【表1：手動テストにおける各電力変動ケース一覧】

ケース no.	想定周波数変動幅	周波数変動に伴う電力調整幅	実施する手動テストの電力調整幅
1	+15 mHz	+7.5% Rp*	+ kW
2	-15 mHz	-7.5% Rp*	- kW
3	+50 mHz	+25% Rp*	+ kW
4	-50 mHz	-25% Rp*	- kW
5	+200 mHz	+100% Rp*	+ kW
6	-200 mHz	-100% Rp*	- kW

*Rp :最大調整電力



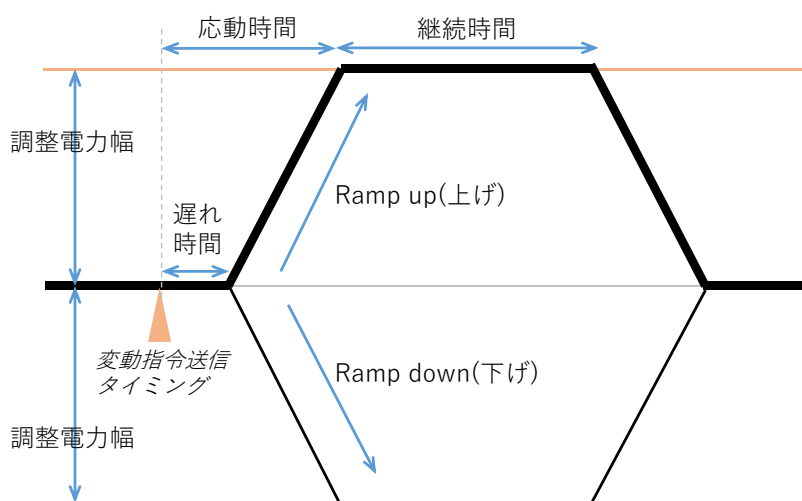
【図 6：手動テストイメージ】

3.3. 確認項目

周波数制御に関するテストは、需要家の対象設備の電力応動能力を確認することを目的として実施される。手動テストは、上述の 6 ケースの電力調整幅で構成され、対象設備の電力変化の結果が、次の要件（RTE 要件に準拠）に適合するかを確認した。

【表 2：手動テストでの RTE による R1 要件の確認項目】

項目	R1 基準	R2 基準
遅れ時間	2 秒以内	2 秒以内
目標 50%までの応動時間	15 秒以内	-
目標 100%までの応動時間	30 秒以内	5 分以内
継続時間	15 分以上	30 分以上
調整出力最大時の変動幅	±200 mHz	±200 mHz



【図 7：RTE 要件での確認項目概要図】

4. ポテンシャル調査結果（その1 米倉山サイト）

4.1 対象設備

今回の手動テストの負荷変更の対象設備は、水電解槽 1 号系列ならびに 3 号系列であり、合計最大出力が 260kW（130kW ×2 系列）となっている。

ただし、本来であれば 2 号系列も含めた 3 系列の運用であり、最大合計出力も 1.5MW であるが、今回は電力応動性を適切に評価することが目的の手動テストであるので、規模を縮小して実施することとした。

4.2. 米倉山サイトの手動テスト前提条件

米倉山サイトで実施した手動テストについて、以下前提条件を示す。

4.2.1. 最大調整電力およびテストケース一覧

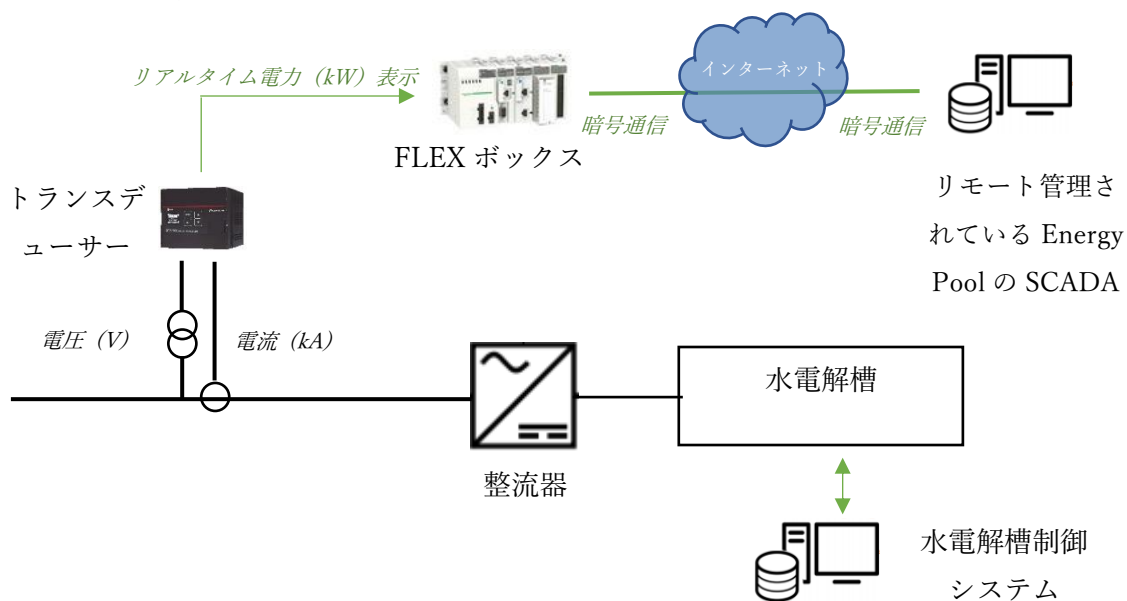
今回の手動テストにおいては、想定周波数変動幅に応じた電力値変動を行う前提で、以下の各ケースでの電力変動幅を設定した。

【表 3：手動テストの各ケースおよびケース毎の電力変動関連情報】

ケース 条件	電力調整幅 (当日稼働水電解槽全体)	負荷変動割合 (電力)	水素電解槽電力 (当日稼働水電解槽全体)
ベース	-	—	130 kW
+7.5%	+9.75 kW	+7.5%	139.75 kW
-7.5%	-9.75 kW	-7.5%	120.25 kW
+25%	+32.5 kW	+25%	162.5 kW
-25%	-32.5 kW	-25%	97.5 kW
+100%	+130 kW	+100%	260 kW
-100%	-130 kW	-100%	0 kW

4.2.2. 手動テスト実施時の構成設定

手動テストの実施に当たり、米倉山サイトの対象設備ならびにそれらを制御するシステムと熟練担当者に加え、EPJ 側で FLEX ボックスならびに Supervisory Control And Data Acquisition（以下 SCADA と記す）等をベースにして機器構築を行った。



【図 8：米倉山サイトでの機器構成概要図】

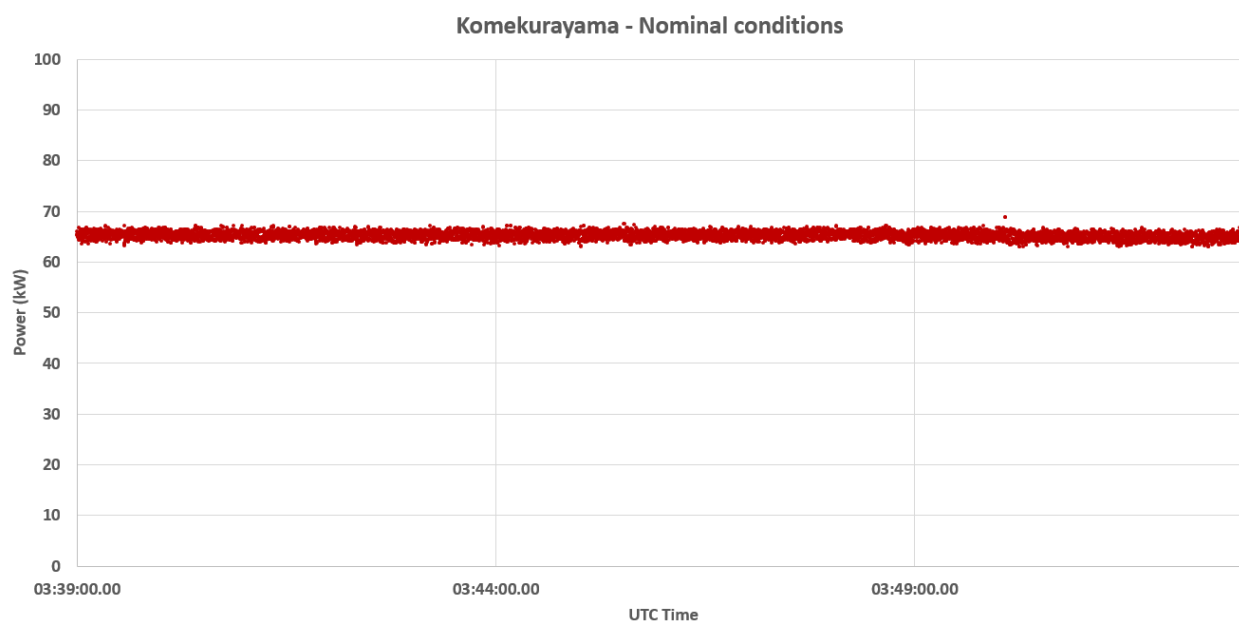


【図 9：米倉山サイトへ設置した FLEX ボックス】

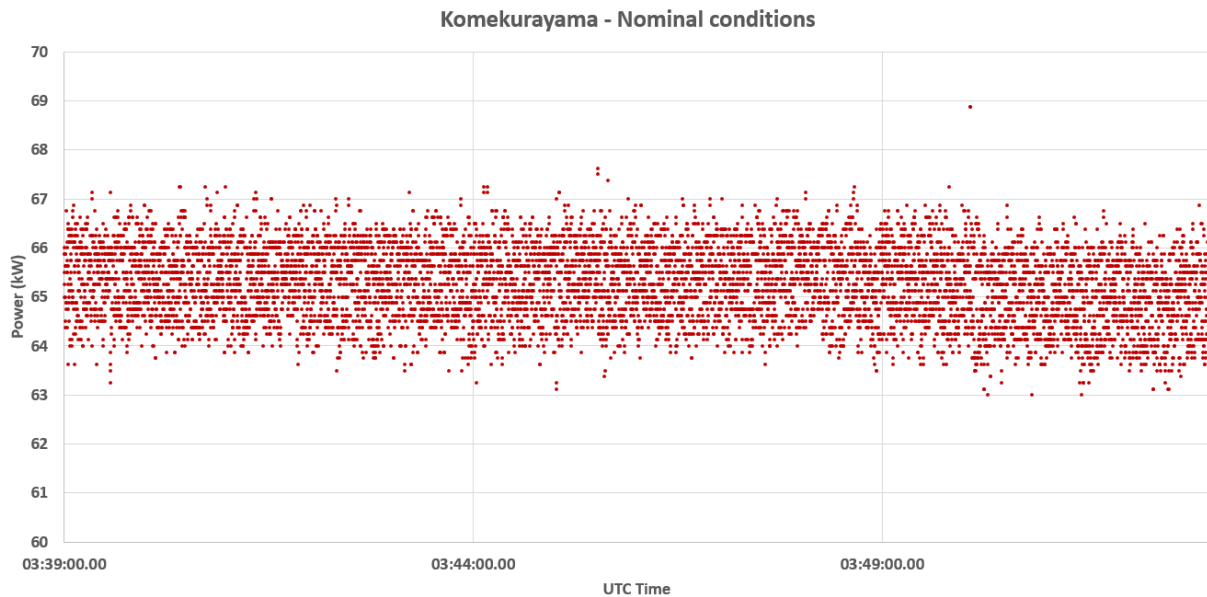
4.3. 分析結果まとめ

4.3.1. 標準状態の結果

次の図は、水電解槽の消費電力を機器点ベースで示したものである。手動テストを開始する前に、水電解槽プロセスを安定化させるため、10 分間以上、調整変動の基準となる電力値を維持した際のもので、2～3kW 程度の小さな変動が見られるが、65kW 付近で安定しており、これは設定値と一致している。



【図 10：機器点ベースでの標準状態データ 全体図】

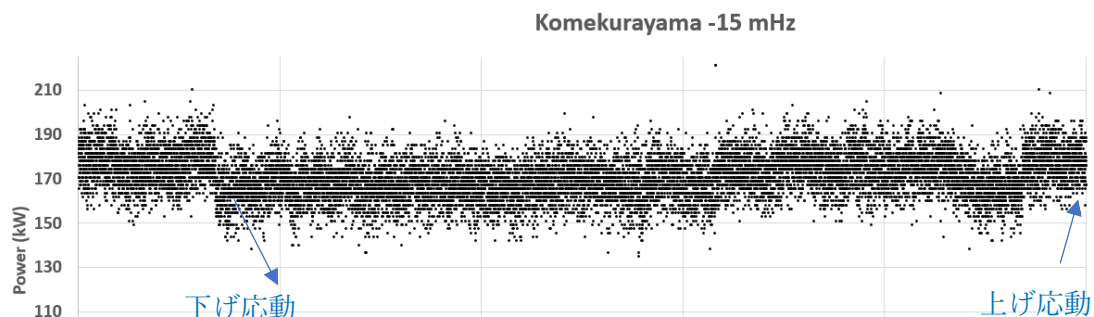


【図 11：機器点ベースでの標準状態データ 拡大図】

次の図は水電解槽の消費電力を受電点ベースで示したものである。

TSO が受電点ベースでの R1 供出を認めるのは、ノイズ（対象設備以外の補器類等による消費電力などの変動分）が電力調整幅に対して許容される範囲である場合である。

今回の想定周波数変動幅での電力変動は、ノイズに埋もれることなく、識別可能であることを確認した。すなわち、R1 のオペレーション実施、あるいは認証テスト期間中にわずかな周波数変動が発生した場合でも、その結果に生じる電力変動が確認でき、ノイズに電力変動が埋もれるようなことがないと想定される。米倉山サイトでは、水電解設備が受電全体の大宗を占めており、その他設備（出荷設備・温水製造設備等）があるものの、その影響を受けにくい状況となっている。今回の場合では、わずか 9kW の変動ケース（ $\pm 15\text{mHz}$ の変動想定ケース）であっても、受電点ではその変動を確認することができている。しかし、ノイズ幅（30～40kW 程度）を考慮すると、今回の調整幅（130kW）では運用を実施することは難しい。一方、対象の水電解槽の本来の最大出力である 1.5MW で稼働できれば、受電点ベースでの運用も可能と考えられる。



【図 12：受電点ベースでの電力データにおけるノイズと応動】

4.3.2. 手動テスト調整結果

今回の手動テストでは、対象の水電解槽の最大調整電力幅は $\pm 130\text{kW}$ であったが、最終的な調整

電力幅が本来の最大電力 1.5MW に基づいて運用可能であれば、R1 運用に当たって、受電点でのノイズの影響は許容範囲である。

今回の手動テストの結果を見ると、R1 ならびに R2 のポテンシャルについて、機器点ベース/受電点ベース上で、ノイズ、安定性、調整幅の精度、応動時間などほぼすべての項目で、非常に良好な結果が確認できた。

フランスでのテスト実施に当たっては、複数回のテストを実施する中で結果の改善が図られ、段階的に全ての基準を満たしていくプロセスが多いことに対し、今回は初めて実施したテストで前段に示したようにほぼすべての項目で非常に良好なパフォーマンスを確認できたことは、非常に喜ばしい結果である。

電力調整幅の精度については、機器点ベース/受電点ベースでも 9.75kW という微小な電力調整幅でも確認・対応できるようになっていることを確認した。データをグラフ上で視覚化すると、ノイズの影響があるにもかかわらず、今回のような変動を確認することができるのは、非常に高いポテンシャルを有していると断言できる。これは、電力調整幅が 130kW 規模になった場合も同様である。

電力データのノイズについては、機器点ベースではノイズは見られない。科学的にもノイズはほとんどない、と断言することはできないが、実データを確認する限り、結果の項で示したように機器点ベースでは、2~3kW のノイズが見られるにすぎず、最大電力調整幅の 130kW と比較すると、ほぼ無視できる規模であると考えられる。機器点ベースで確認できるノイズは実運用上影響が大きくなるものだが、今回の結果では、9.75kW の微小な電力調整幅でも確認できたことは前述の通りである。

また、受電点ベースでは、ノイズ幅が 30~40kW 程度あることを確認し、9.75kW という調整幅では調整に対してノイズ幅が大きくなり運用には適さないが、調整の方向については問題なく、確認ができた。従い、水電解槽の本来の最大出力である 1.5MW で稼働ができれば、受電点ベースでも調整を確認できると考えられる。

安定性や調整の精度については、機器点ベース/受電点ベースでも問題がなく、また応動時間/応動速度の結果も非常に良好で、特に応動時間は 1 秒を大きく下回る結果も確認できた。

なお、電力調整幅については、米倉山サイトの場合、水電解槽の本来の最大電力 1.5MW で稼働できれば、機器点ベースならびに受電点ベースで R1 ならびに R2 とも上げ/下げで±750kW の調整幅で供出することは可能と考える。

なお、OCCTO における直近の需給調整市場検討小委上では、電源脱落の場合を想定し、上げ調整力のみを供出することが前提で制度設計が進んでいるため、米倉山サイトの場合+1.5MW の調整幅が確保できる。

参考として、今回実施した6ケースの実施結果の内、主な2ケースの結果例の表を次に示す。

ケース：+15 mHz の分析結果

【表4：ケース:+15mHz 想定 of 機器点ベース*の評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	良好	☑	安定	☑	安定
変動幅	+4.875 kW	☑	許容幅 5%以内	☑	許容幅 5%以内
継続時間	20 分	☑	>15 分	⊗注	>30 分

*水電解槽 1 系列（1 号系列）で確認している点留意

【表5：ケース:+15mHz 想定 of 受電点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	40kW 程度の ノイズを確認	⊗注1	安定	⊗注1	安定
変動幅	+9.750 kW	☑	許容幅 5%以内	☑	許容幅 5%以内
継続時間	20 分	☑	>15 分	⊗注2	>30 分

注1：9.75kW の調整幅の条件で判定しているが、調整幅を 750kW 確保できれば判定は「○」

注2：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「×」としているが、実際には継続可能

【表6：ケース:+15mHz 想定 of 機器点ベース*の評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	0.2 秒	☑	<2 秒	☑	<2 秒
応動時間	0.2 秒	☑	<30 秒	☑	<5 分
応動速度	300m 秒で+4.875 kW または+16.2 kW/秒	☑	-	☑	-

*水電解槽 1 系列（1 号系列）で確認している点留意

【表7：ケース:+15mHz 想定 of 受電点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	0.2 秒	☑	<2 秒	☑	<2 秒
応動時間	0.2 秒	☑	<30 秒	☑	<5 分
応動速度	300m 秒で+9.750 kW または +32.4 kW/秒	☑	-	☑	-

ケース：+200 mHz の分析結果

【表 8：ケース:+200mHz 想定 of 機器点ベース*の評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	良好	✓	安定	✓	安定
変動幅	+65 kW	✓	許容幅 5%以内	✓	許容幅 5%以内
継続時間	20 分	✓	>15 分	⊗注	>30 分

*水電解槽 1 系列（1 号系列）で確認している点留意

【表 9：ケース:+200mHz 想定 of 受電点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	良好	✓	安定	✓	安定
変動幅	+130 kW	✓	許容幅 5%以内	✓	許容幅 5%以内
継続時間	20 分	✓	>15 分	⊗注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「×」としているが、実際には継続可能

【表 10：ケース:+200mHz 想定 of 機器点ベース*の評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	0.2 秒	✓	<2 秒	✓	<2 秒
応動時間	0.2 秒	✓	<30 秒	✓	<5 分
応動速度	100m 秒で+65kW または+650kW/秒	✓	-	✓	-

*水電解槽 1 系列（1 号系列）で確認している点留意

【表 11：ケース:+200mHz 想定 of 受電点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	0.2 秒	✓	<2 秒	✓	<2 秒
応動時間	0.3 秒	✓	<30 秒	✓	<5 分
応動速度	200m 秒で+130 kW または+650 kW/秒	✓	-	✓	-

4.4. 対象サイトの調整力ポテンシャルまとめ

米倉山サイトの調整力ポテンシャルのサマリは以下の通りである。

R1：受電点・機器点双方で調整力供出は可能

対象の水電解槽の電力応動、維持の安定性、応動時間（応動速度）について、非常に優れたポテンシャルを確認でき、今回の手動テスト実施には十分な調整幅ではなかったものの、本来の出力である 1.5MW であれば、受電点ベースのノイズの影響を受けずに±750kW の調整幅の R1 供出は可能であることを確認した。

R2：受電点・機器点双方で調整力供出は可能

上述の通り、電力応動、維持の安定性、応動時間（応動速度）で非常に優れたポテンシャルを水電解槽は有し、R1 の供出も可能であるため、R2 の供出についても可能と考えられる。

【表 12：米倉山サイトの評価結果】

米倉山サイト	R1	R2
受電点	可能（±750kW または+1.5MW）	可能（±750kW または+1.5MW）
機器点	可能（±750kW または+1.5MW）	可能（±750kW または+1.5MW）

5. ポテンシャル調査結果（その2 徳山サイト）

5.1. 対象設備

手動テスト実施時に電力変動を行う対象設備は、徳山サイトにある電解槽とした。

5.2. 徳山サイトの手動テスト前提条件

徳山サイトで実施した手動テストについて、以下前提条件を示す。

5.2.1. 最大調整電力およびテストケース一覧

今回の手動テストにおいては、想定周波数変動幅に応じた電力値変動を行う前提で、以下の各ケースでの電力調整幅を設定した。

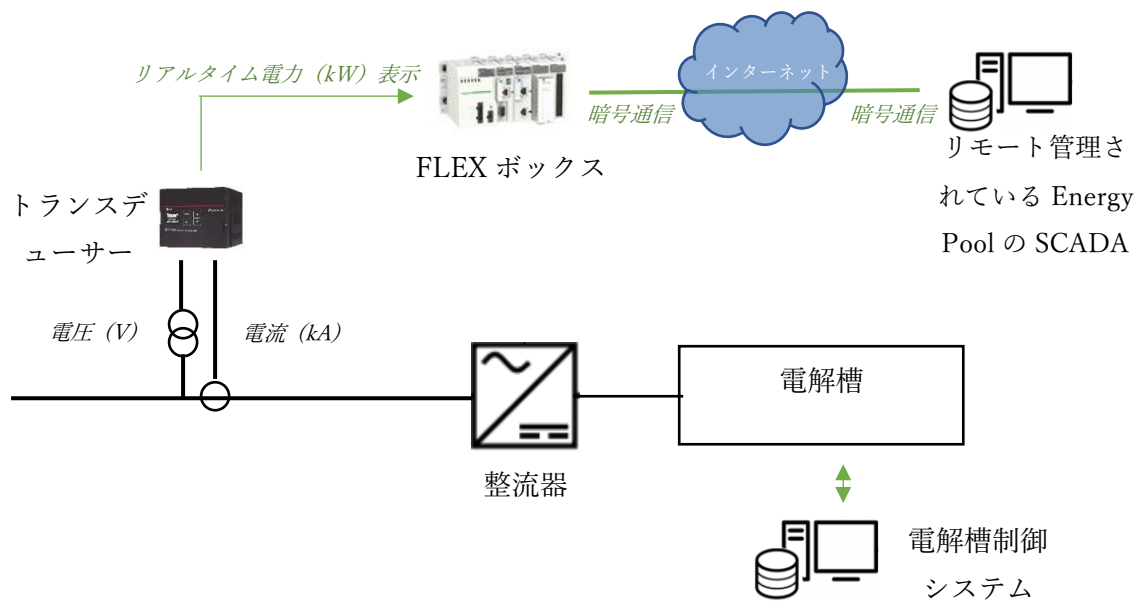
【表 13：手動テストの各調整ケースおよびケース毎の電流・電力調整関連情報】

ケース 条件	電力調整幅* (電流調整に準ずる)	負荷変動割合 (電力)	電解槽 電力値
ベース	—	—	30.03 MW
+7.5%	0.39 MW	+7.6%	30.42 MW
-7.5%	-0.39 MW	-7.6%	29.65 MW
+25%	+1.37 MW	+26.5%	31.40 MW
-25%	-1.33 MW	-25.7%	28.70 MW
+100%	+5.42 MW	+105%	35.45 MW
-100%	-5.16 MW	-100%	24.87 MW

*電流ベースによる電力調整幅のため実際は若干のずれあり、ここでは実績平均の値を想定値として記載

5.2.2. 手動テスト実施時の構成設定

技術観点での手動テストの設定は、次の図に示すように、現場技術者、エンジニアリングツール、トランスデューサー、プログラマブルロジックコントローラ（以下 PLC と記す）、SCADA を基本要素として構成されている。



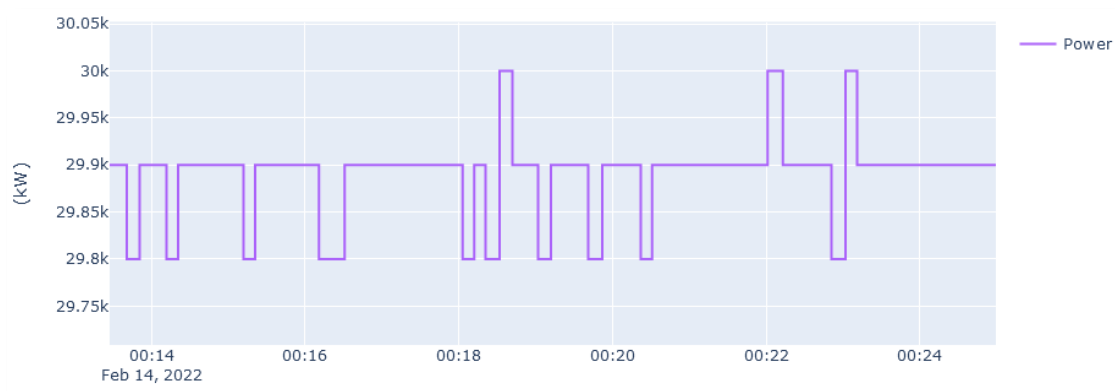
【図 13：徳山サイトでの機器構成概要図】

上記構成の下、電力、電圧、電流などのデータを記録しながら、徳山サイトの技術者が電解槽制御システムで設定値を変更し、R1 実施を想定した周波数偏差に応じた電力調整を行った。

5.3. 分析結果まとめ

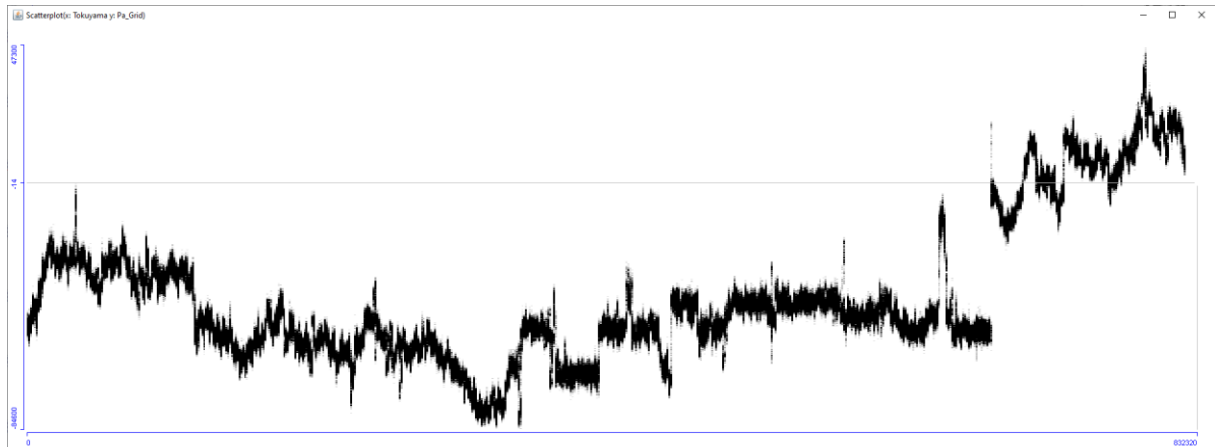
5.3.1. 標準状態の結果

次の図は、調整対象設備となる電解槽の機器点ベースの消費電力を示したグラフである。手動テストを開始する前に、電解槽プロセスを安定化させるため、10 分間以上、調整変動の基準となる電力値を維持した際のもので、29.9MW で安定しており、29.8MW から 30MW の間で時々小さな変動があり、100～200kW 程度のノイズが見られる。



【図 14：機器点ベースでの標準状態データ】

次の図は系統との連系点（受電点）での消費電力を示したものである。これを見ると、ノイズの大きさが3MWに近いことを示している。R1による電力変動は、ノイズの大きさに隠れることのないよう、ノイズの大きさに比して規模の大きなものでなくてはならない。つまり、R1の動作中や事前確認テストの実施時に、規模の小さな周波数偏差が発生した場合でも、その結果として生じる電力変動が観測される程度の規模でなければならない、ノイズがその電力を打ち消す、あるいは干渉するようなことはあってはならない。



【図 15：受電点ベースでの標準状態データ】

5.3.2. 手動テスト調整結果

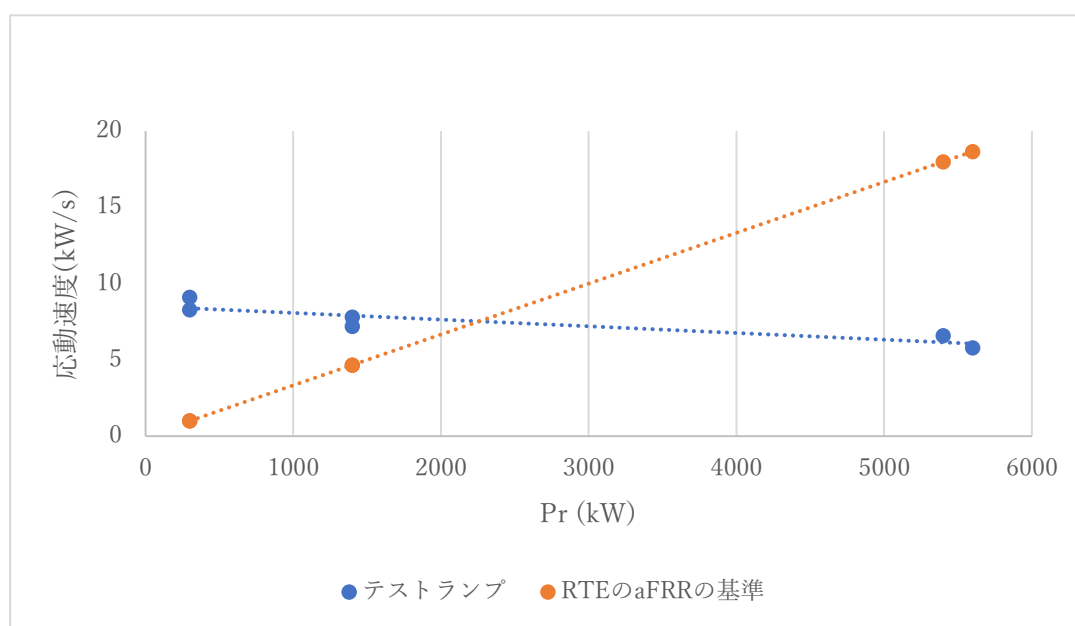
R1 に関し、機器点ベースでは、安定性の観点で、消費電力が安定しており、非振動なスムーズ応動であることが確認できた。15 分以上にわたって 最大で 5.6MW（上げ&下げ）を供給できることが確認でき、電解槽の安定的供給能力は大きな一つのメリットである。

一方、電力応動速度の観点では、応動速度が非常に低く、当該速度では、応動時間に関して RTE 基準には達していないのが実情である。

また、遅れ時間（指令が送信された瞬間から電力偏差が始まるまでの時間）も 20 秒弱と長くなっており、この点も RTE 基準を満たしてはいない。ただし、遅れ時間が長くなっている理由には手動テストのプロセスが起因している可能性がある。これは、今回の電力調整制御プロセスでは、現場技術者が電解槽制御システム上で制御開始時刻を記録しているが、電解槽制御システムとトランスデューサーの時刻が同期していないことが原因である（電解槽制御システムはセキュリティ上スタンドアローンであり、時刻合わせは定期的に手動で行われる）。実際の R1 供出に当たっては、自動化 PLC による自動応動がなされるため、この遅れ時間は大幅に減少することが想定され、その点は考慮すべきである。ただし、本手動テストの実施結果からは、遅れ時間が最終的にどの程度になるかを判断することはできず、この点は自動化テストを実施する際に改めて検証する必要がある。

受電点ベースでは、ノイズ幅が2～3MWと大きく、この幅を鑑みると、安定性、電力調整幅の観点からも RTE 基準を満たしてはいないのが実情である。その他電力応動速度等の課題も踏まえると、R1 の受電点ベースの実施は困難な状況である。

R2 について考えると、目標電力に到達するために要求される応動速度は最大電力調整幅である P_r に応じて変化する。つまり、目標電力が高くなればなるほど、求められる応動速度はより高くなる。次に示す図は、今回実施した手動テスト結果を元に、機器点ベースでの応動速度について、最大電力調整幅である P_r の関数として示したものである。



【図 16：最大電力調整幅に応じた応動速度】

グラフを確認すると、R2 に参入するためには、徳山サイトの電解槽の場合、最大電力調整幅が2.3MW 以下である必要がある。この限界値を超える最大電力調整幅では、電解槽およびその下流プラントの機器・生産プロセスの制約から、消費電力をより速く応動させることが不可能なためである。

R2 ポテンシャルの結論として、機器点ベースでは、調整幅が2.3MW を超えず、かつ、遅れ時間等の改善を含めて適切にサイトのシステム構築を行えば、R2 の基準条件を全て満たし得ると考えられる。

一方で、データ分析の結果から、受電点ベースでは電力調整を確認することはできず、現時点では RTE の基準を満たしていないと考える。

参考として、今回実施した6ケースの実施結果の内、主な2ケースの結果例の表を次に示す。

ケース：+15mHz 想定の変動

【表 14：+15mHz 想定ケースの機器点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	良好	✓	安定	✓	安定
変動幅	+300 kW	✓	許容幅 5%以内	✓	許容幅 5%以内
継続時間	17 分	✓	>15 分	✗注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「✗」としているが、実際には継続可能

【表 15：+15mHz 想定ケースの機器点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	25 秒	✗	<2 秒	✗	<2 秒
応動時間	58 秒	✗	<30 秒	✓	<5 分
応動速度	33 秒で+300kW または 9.1kW/秒	✗	-	✓	-

【表 16：+15mHz 想定ケースの受電点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ影響大きく不安定	✗	安定	✗	安定
変動幅	ノイズ影響大きく評価困難	✗	許容幅 5%以内	✗	許容幅 5%以内
継続時間	17 分	✓	>15 分	✗注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「✗」としているが、実際には継続可能

【表 17：+15mHz 想定ケースの受電点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果*	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	25 秒	✗	<2 秒	✗	<2 秒
応動時間	58 秒	✗	<30 秒	✓	<5 分
応動速度	33 秒で+300kW または 9.1kW/秒	✗	-	✓	-

*参考に機器点ベースの結果を表示

ケース：+200mHz 想定応動

【表 18：+200mHz 想定ケースの機器点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	良好	✓	安定	✓	安定
変動幅	+5.6MW	✓	許容幅 5%以内	✓	許容幅 5%以内
継続時間	19 分	✓	>15 分	✗ ^注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「✗」としているが、実際には継続可能

【表 19：+200mHz 想定ケースの機器点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	18 秒	✗	<2 秒	✗	<2 秒
応動時間	16 分 25 秒	✗	<30 秒	✗	<5 分
応動速度	16 分 7 秒で+5.6MW または 5.8 kW/秒	✗	-	✗	-

【表 20：+200mHz 想定ケースの受電点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ影響大 きく不安定	✗	安定	✗	安定
変動幅	ノイズ影響大 きく評価困難	✗	許容幅 5%以内	✗	許容幅 5%以内
継続時間	19 分	✓	>15 分	✗ ^注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「✗」としているが、実際には継続可能

【表 21：+200mHz 想定ケースの受電点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果*	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	18 秒	✗	<2 秒	✗	<2 秒
応動時間	16 分 25 秒	✗	<30 秒	✗	<5 分
応動速度	16 分 7 秒で+5.6MW または 5.8 kW/秒	✗	-	✗	-

*参考に機器点ベースの結果を表示

5.4. 対象サイトの調整力ポテンシャルまとめ

徳山サイトの調整力ポテンシャルのサマリは以下の通りである。

R1：受電点・機器点双方で調整力供出は難しい

対象の食塩電解槽の電力応動、維持の安定性については、基準を満たすことが確認できたものの、遅れ時間と応動時間（応動速度）においては、フランス RTE の基準値を超過し、基準に満たないことが確認できた。特に応動時間（応動速度）においては、設備・機器の改造等なしには改善が難しく、RTE 基準をふまえても機器点での R1 供出の可能性は 300kW 程度（10 秒応動とすると 100kW 程度）と見込まれる。

なお、実際の操業影響をふまえて(株)トクヤマにて実施した供出可能量のシミュレーションにおいても R1 としての供出可能値は 270kW 程度であることを確認した。

従って、一定規模の R1 供出には大きな課題があることが示された。

R2：受電点での調整力供出は困難なるも、機器点では十分に可能

R2 について現在の応動速度および電力安定性等を踏まえると、当該電解槽の調整力としての活用可能性については示唆された。具体的には、機器点計測の場合、R2 のような応動時間周期の長い調整力への活用、あるいはバッテリー等の他のリソースとの組合せ活用（Pooling）による R1 供出可能性が考えられる。特に機器点計測による R2 供出については、設備・機器等の改造なしで現在の状態でも、2.3MW 規模の供出可能性が示唆された。

なお、実際の操業影響をふまえて(株)トクヤマにて実施した供出可能量のシミュレーションにおいても、R2 としての供出可能値は 2.7MW 程度であることを確認した。

【表 22：徳山サイトの評価結果】

徳山サイト	R1	R2
受電点	実施に課題	実施に課題
機器点	300kW 程度であれば可能性あり	可能（±2.3MW）

6. ポテンシャル調査結果（その3 川崎サイト）

6.1. 対象設備

手動テストの負荷変更の対象設備は、川崎サイトの空気圧縮機とした。

川崎サイトとの協議の中で、周波数制御実施に当たっては、生産プロセスおよび出力を踏まえ、空気圧縮機は活用可能性があるものの、リサイクル圧縮機、酸素圧縮機、窒素圧縮機については、活用が難しいことを確認した。

川崎サイトでは、通常、空気圧縮機は、2.85MW～2.9MW で運転されているが、3.6MW 付近までの負荷を増加することが可能である。従って、川崎サイトの生産プロセス上、R1 の上げ（up）は可能性がある一方、下げ（Down）の実施は難しい可能性が高いとの指摘があった。なお、応動速度に関しては、リサイクル圧縮機等含め、いずれの圧縮機も同程度とのことであった。空気圧縮機で取り込まれた空気を元に産業用ガスは製造されており、供給先の顧客のニーズに併せて生産調整を行っているとのことであった。

以上の条件を鑑み、今回、空気圧縮機を対象とした手動テストを実施することとし、実施内容を以下の2パターンで実施することとした。

- 上げ/下げパターン（対称）：2.85MW～3.6MW 間で、最大+/-375kW
- 上げのみパターン（非対称）：2.85MW から最大+750 kW

6.2. 川崎サイトの手動テスト前提条件

川崎サイトで実施した手動テストについて以下前提条件を示す。

6.2.1. 最大調整電力およびテストケース一覧

川崎サイトとの協議を踏まえた調査の結果、最大の電力調整幅は、上げのみパターン（非対称型）750kW、上げ/下げパターン（対称型）で 350kW と想定した。

それを踏まえ、各ケースで電力調整幅を次のように設定した。

【表 23：手動テストの各ケースとケース毎の電力調整関連情報（①上げ/下げパターン）】

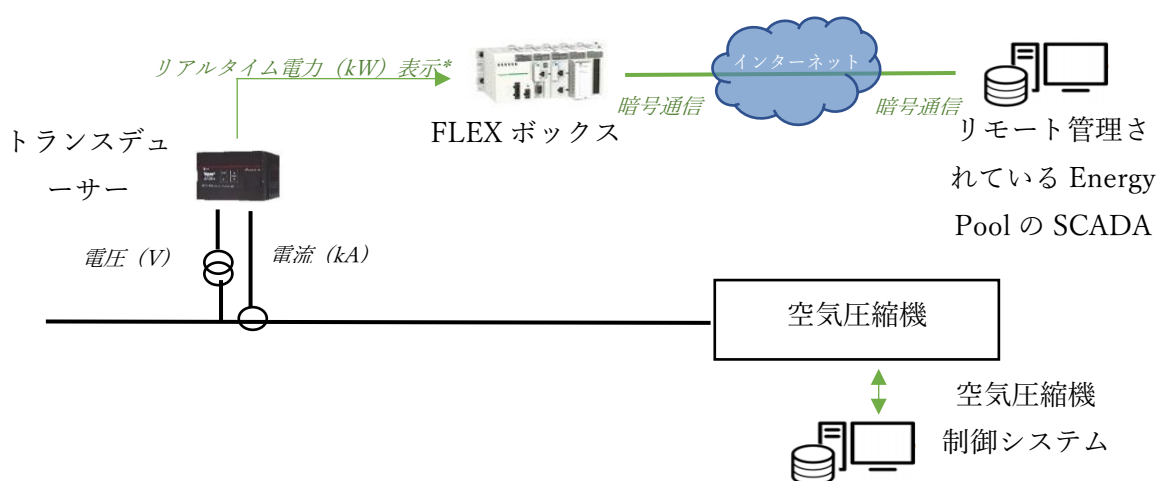
ケース 条件	電力調整幅	負荷変動割合 (電力)	空気圧縮機電力
ベース	—	—	3.225MW
+7.5%	+28.13 kW	+7.5%	3.253MW
-7.5%	-28.13 kW	-7.5%	3.197MW
+25%	+93.75 kW	+25%	3.319MW
-25%	-93.75 kW	-25%	3.131MW
+100%	+375 kW	+100%	3.6MW
-100%	-375 kW	-100%	2.85MW

【表 24】：手動テストの各ケースとケース毎の電力調整関連情報（②上げのみパターン）】

ケース 条件	電力調整幅	負荷変動割合 (電力)	空気圧縮機電力
ベース	—	—	2.85MW
+7.5%	+56.25 kW	+7.5%	2.906MW
+25%	+187.5 kW	+25%	3.038MW
+100%	+750 kW	+100%	3.6MW

6.2.2. テスト実施時の機器構成

手動テストの実施に当たり、川崎サイト側の対象設備、ならびにそれらを制御するシステムと熟練担当者に加え、EPJ 側でトランスデューサーや FLEX ボックスならびに SCADA 等をベースにして機器構築を行った。



*今回はトランスデューサーからは周波数データのみを取得しており、電力データはパルスから FLEX ボックスへ取得している点に留意

【図 17：川崎サイトでの機器構成概要図】

上記構成の下、対象設備の電力などのデータを記録するとともに、川崎サイトの担当者が、空気圧縮機の制御システムで設定値を変更し、周波数偏差に応じた電力変動を実施した。



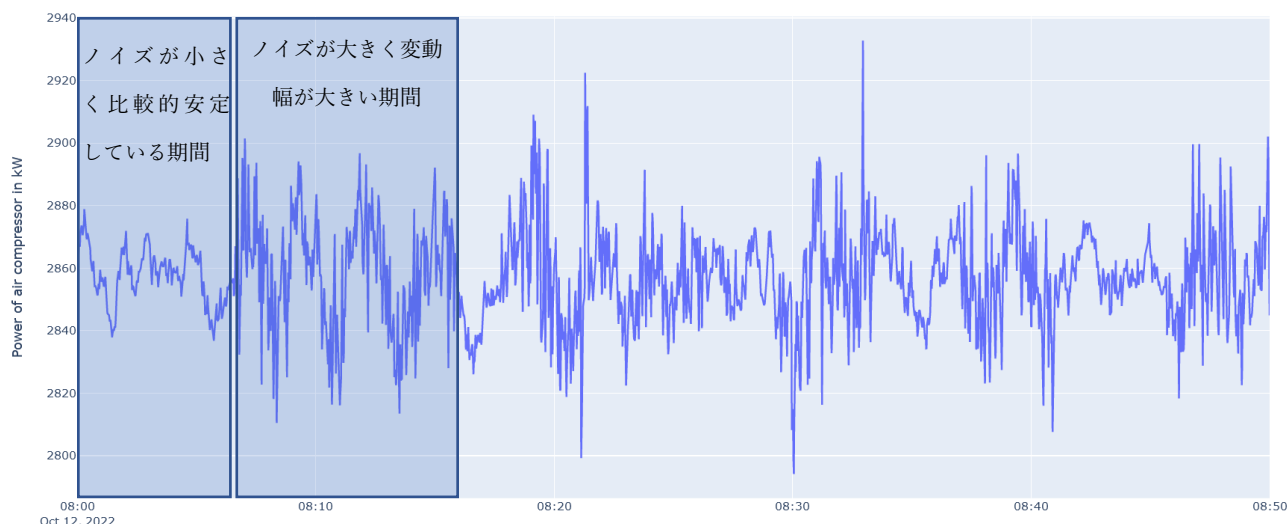
【図 18：川崎サイトへ設置した機器(左：FLEX ボックス/右：トランスデューサー)】

6.3. 分析結果まとめ

6.3.1. 標準状態の結果

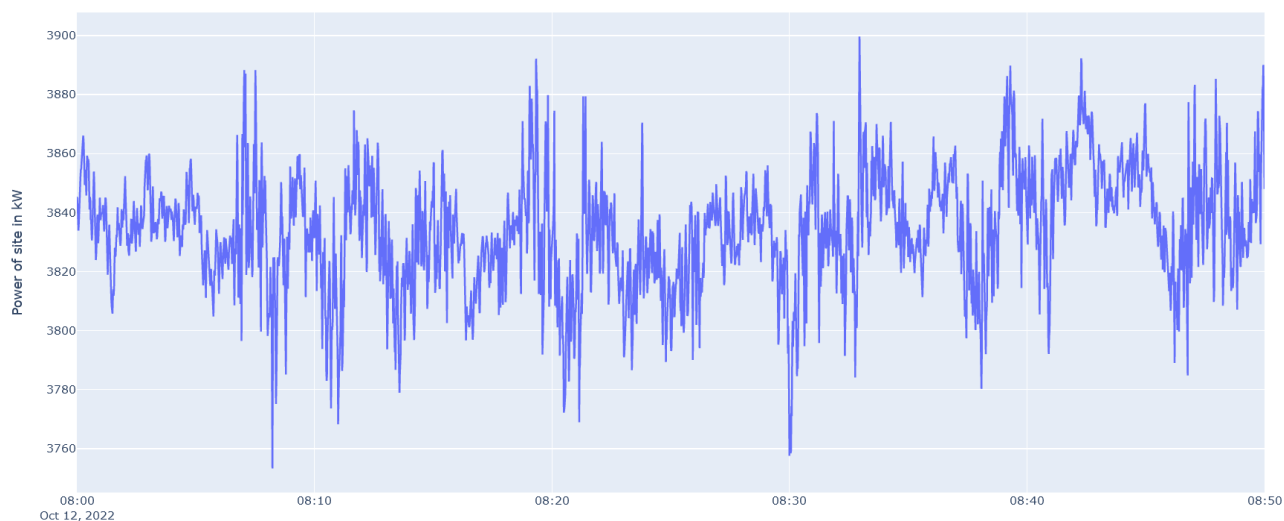
次の図は、調整対象設備となる空気圧縮機の機器点ベースの消費電力を示したグラフである。手動テストを開始する前に、プロセスを安定化させるため、10 分以上、調整変動の基準となる電力値を維持した際のものである。

2.86MW で安定しているが、2.82MW から 2.90MW の間で時々小さな変動があり、40～80kW のノイズ幅が確認できる。ただし、ノイズが顕著な場合と比較的安定する時があることを確認した。



【図 19：機器点ベースでのテスト開始前の標準状態データ】

また、以下に示すのは、同期間での受電点ベースのデータである。ここでも同様にノイズが見られ、機器点ベース同様、期間によるが 60～120kW 程度のノイズ幅が確認できる。



【図 20：受電点ベースでのテスト開始前の標準状態データ】

6.3.2. 手動テスト調整結果

R1 に関し、対象とした空気圧縮機では、電力の応動速度が非常に低く、今回設定した想定電力幅では、空気圧縮機は 30 秒でも目標とする値には到達できていない。

加えて、遅れ時間（設定値シグナルが送信されてから対象設備の電力調整が開始するまでの時間）も数分程度と、RTE 基準の 2 秒と比較すると、非常に時間を要する結果となった。なお今回は手動テストであるため、運用時には必須となるシステムによる FLEX ボックスからの信号受信ならびにそれに応じた応動自動化によって、遅れ時間は短縮化される可能性はあるものの、今回確認する限りでは分単位の結果であるため、いずれにせよ RTE 基準を満たすことは難しいことが想定される。

また空気圧縮機の電力調整につき、機器点ベースでもノイズの影響が大きく、安定性・調整幅の観点でも大きな課題が見られた。また受電点ベースでの結果でも、100kW 程度の幅の大きなノイズを含むと共に、非連続な電力変動も確認でき、これは空気圧縮機以外の他の機器の電力変動の影響も大きいと推察され、R1 のための電力調整を機器点ベース/受電点ベース共に許容可能な範囲で確認することは困難と考えられる。

以上から、対象の空気圧縮機は R1 活用が難しい状況と考えられる。

一方、R2 についても、上記 R1 の場合と同様の課題が理由で、機器点ベース/受電点ベースに関わらず、活用に向けてはかなり困難な状況であることが確認された。電力調整幅について、応動速度を 200W/秒と仮定し試算しても、応動時間 5 分で 60kW 程度と非常に小さく、さらにこの調整幅ではノイズの影響を大きく受けるため、電力変動を確認することが難しい状況である。

参考として、今回実施した手動テストの実施結果の内、主な 4 ケース（上げ/下げパターンの 2 ケース、上げのみパターンの 2 ケース）の結果例の表を次に示す。

ケース 1：[上げ/下げパターン]+15 mHz の分析結果

【表 25：【上げ/下げパターン】 ケース:+15mHz 想定 of 機器点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ影響大きく不安定	⊗	安定	⊗	安定
変動幅	+25kW 現状のノイズでは評価困難	⊗	許容幅 5%以内	⊗	許容幅 5%以内
継続時間	17 分	✔	>15 分	⊗ ^注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「×」としているが、実際には継続可能

【表 26：【上げ/下げパターン】 ケース:+15mHz 想定 of 機器点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	ノイズ影響大きく評価困難	⊗	<2 秒	⊗	<2 秒
応動時間	ノイズ影響大きく評価困難	⊗	<30 秒	⊗	<5 分
応動速度	ノイズ影響大きく評価困難	⊗	-	⊗	-

※機器点ベースで調整幅を超えるノイズ影響が見られ、ノイズか調整効果かの判断が困難なため、補機等を含む受電点ベースでの評価も必然的に困難

【表 27：【上げ/下げパターン】 ケース:+15mHz 想定 of 受電点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ影響大きく不安定	⊗	安定	⊗	安定
変動幅	ノイズ影響大きく評価困難	⊗	許容幅 5%以内	⊗	許容幅 5%以内
継続時間	ノイズ影響大きく評価困難*	⊗	>15 分	⊗	>30 分

ケース：[上げ/下げパターン]+200 mHz の分析結果

【表 28：【上げ/下げパターン】 ケース:+200mHz 想定 of 機器点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ影響大きく不安定	⊗	安定	⊗	安定
変動幅	+300kW 以上 現状のノイズでは評価困難	⊗	許容幅 5%以内	⊗	許容幅 5%以内
継続時間	17 分	✔	>15 分	⊗ ^注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「×」としているが、実際には継続可能

【表 29：【上げ/下げパターン】 ケース:+200mHz 想定 of 機器点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	3 分	⊗	<2 秒	⊗	<2 秒
応動時間	19 分	⊗	<30 秒	⊗	<5 分
応動速度	15 分で+300kW または+300W/秒	⊗	-	⊗	-

【表 30：【上げ/下げパターン】 ケース:+200mHz 想定 of 受電点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ影響大きく不安定	⊗	安定	⊗	安定
変動幅	+280 kW 現状のノイズでは評価困難	⊗	許容幅 5%以内	⊗	許容幅 5%以内
継続時間	17 分	✔	>15 分	⊗ ^注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「×」としているが、実際には継続可能

ケース：[上げのみパターン]+15 mHz の分析結果

【表 31：【上げのみパターン】 ケース:+15mHz 想定 の機器点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ影響大きく不安定	⊗	安定	⊗	安定
変動幅	+ 75 kW	⊗	許容幅 5%以内	⊗	許容幅 5%以内
継続時間	17 分	✔	>15 分	⊗ ^注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「×」としているが、実際には継続可能

【表 32：【上げのみパターン】 ケース:+15mHz 想定 の機器点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	1 分 30 秒	⊗	<2 秒	⊗	<2 秒
応動時間	5 分	⊗	<30 秒	⊗	<5 分
応動速度	3 分 20 秒で+ 75 kW または+375W/秒	⊗	-	⊗	-

【表 33：【上げのみパターン】 ケース:+15mHz 想定 の受電点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ影響大きく不安定	⊗	安定	⊗	安定
変動幅	+100 kW	⊗	許容幅 5%以内	⊗	許容幅 5%以内
継続時間	17 分	✔	>15 分	⊗ ^注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「×」としているが、実際には継続可能

ケース：[上げのみパターン]+200 mHz の分析結果

【表 34：【上げのみパターン】 ケース:+200mHz 想定 of 機器点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ含むが概ね良好	☑	安定	☑	安定
変動幅	+685kW	⊗	許容幅 5%以内	⊗	許容幅 5%以内
継続時間	20 分	☑	>15 分	⊗ ^注	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「⊗」としているが、実際には継続可能

【表 35：【上げのみパターン】 ケース:+200mHz 想定 of 機器点ベースの評価結果（遅れ時間/応動時間/応動速度）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
遅れ時間	30 秒	⊗	<2 秒	⊗	<2 秒
応動時間	35 分	⊗	<30 秒	⊗	<5 分
応動速度	34 分で+685kW または+330W/秒	⊗	-	⊗	-

【表 36：【上げのみパターン】 ケース:+200mHz 想定 of 受電点ベースの評価結果（安定性/変動幅/継続時間）】

基準項目	結果	RTE 基準 (R1)		RTE 基準 (R2)	
安定性	ノイズ含むが概ね良好。ただし他の生産設備影響で電力変動が見られる。	☑	安定	☑	安定
変動幅	+685 kW	⊗	許容幅 5%以内	⊗	許容幅 5%以内
継続時間	20 分	☑	>15 分	⊗	>30 分

注：継続時間は 15 分以上という条件で実施したため判定上「⊗」としているが、実際には継続可能

6.4. 対象サイトの調整力ポテンシャルまとめ

川崎サイトの調整力ポテンシャルのサマリは以下の通りである。

R1：受電点・機器点双方で調整力供出は難しい

対象の空気圧縮機の電力応動、維持の安定性については、機器点ベース/受電点ベースともにノイズの影響が大きく、フランス RTE の基準を満たしていない。このノイズについては、空気圧縮機のプロセス上、吸気量ベースで調整する際、機器内の圧力が随時変動しており、その圧力影響によって生じていると推察される。

また、遅れ時間と応動時間（応動速度）においても、フランス RTE の基準値を超過し、基準に満たないことが確認できた。特に応動時間（応動速度）においては、設備・機器の改造等なしには改善が難しく、一定規模の R1 及び R2 供出には大きな課題があることが示された。

R2：受電点・機器点双方で調整力供出は難しい

上記、対象の空気圧縮機の電力応動、維持の安定性、ならびに遅れ時間、応動時間（応動速度）について、フランス RTE の基準を満たしておらず、R2 供出も同様に課題があることが示された。応動速度ベースで調整可能幅を試算すると、最大で 60～90kW 程度の幅になると考えられるが、この調整幅ではノイズの影響を受けて、調整変動を確認することが難しい状況である。

【表 37：川崎サイトの評価結果】

川崎サイト	R1	R2
受電点	実施に課題	実施に課題
機器点	実施に課題	実施に課題

7. 調整力供出時の BL に関する検討

今回の調査事業の意義として、「受電点計測と機器点計測」および「BL の考え方」を挙げており、3 サイトのポテンシャル調査について受電点および機器点双方で実施したところ。

その訳として、受電点計測の場合には、他の電力需要設備の影響（ノイズ）が大きく、機器点での調整力の効果が受電点で計測できないことに由来している。

例えば、「直前計測型」を採用した場合、「落札ブロックの 5 分前平均」が BL となるところ、落札ブロック（仮に 30 分単位）の後半時刻（後半 15 分）においては落札ブロックの 5 分前平均に比べて需要変動も発生し、本来指令された調整分以外に需要変動分の負荷調整を求められることになる。

（事前予測型の場合、落札ブロック前の時点で需要予測をもとに BL を設定する必要があることから、BL と実需要との間の乖離が発生し、本来指令された調整分以外に需要変動分の調整を求められることになる。）

一方、機器点計測について、機器点での効果は受電点に比べて正確に計測することができる一方、低圧の蓄電池などのように膨大な計測地点に対する計測に要するコストや機器点の設備変更があった場合の取扱い（現地確認実施要否）等、解決すべき課題も多いと思われる。

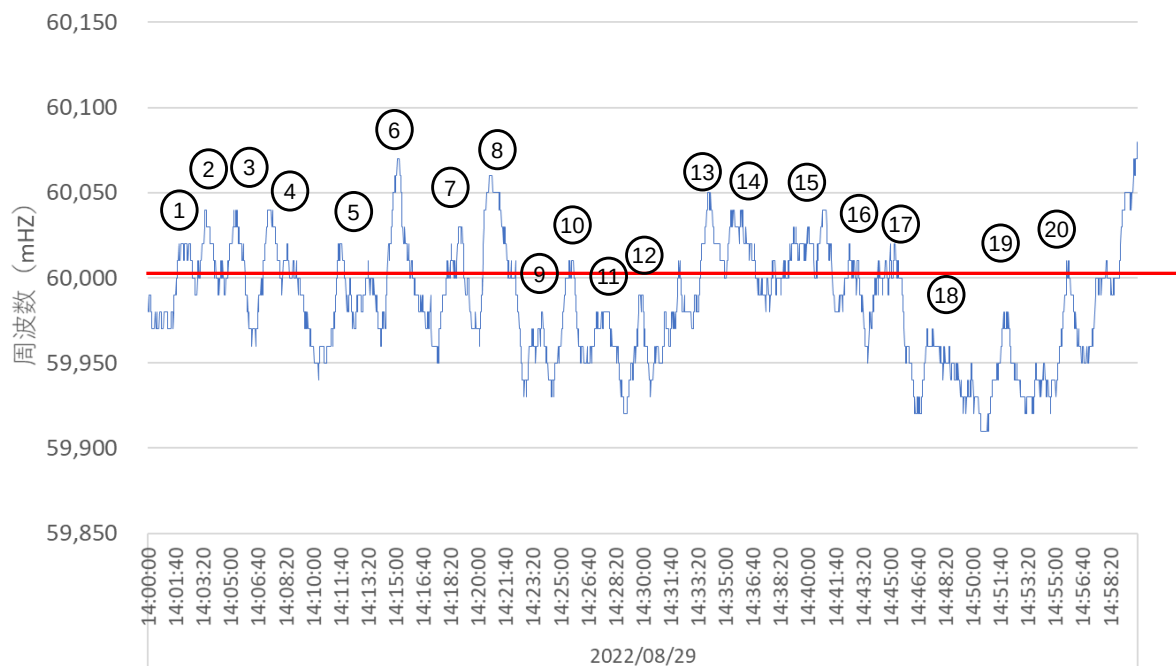
従って、計測コストや運用面を考慮すると、機器点計測よりも受電点計測を前提とした方が実務的な実現性は高いといえるが、受電点計測の場合の BL と実需要との乖離を最小化しないと受電点計測での実用化が困難であるといえる。

こうした状況をふまえ、受電点計測を前提としつつ、BL と実需要との乖離を最小化させるための仕組みとして、BL を「落札ブロック 5 分前平均」ではなく、「できるだけ直前の実績値」としてはどうかと考えた。

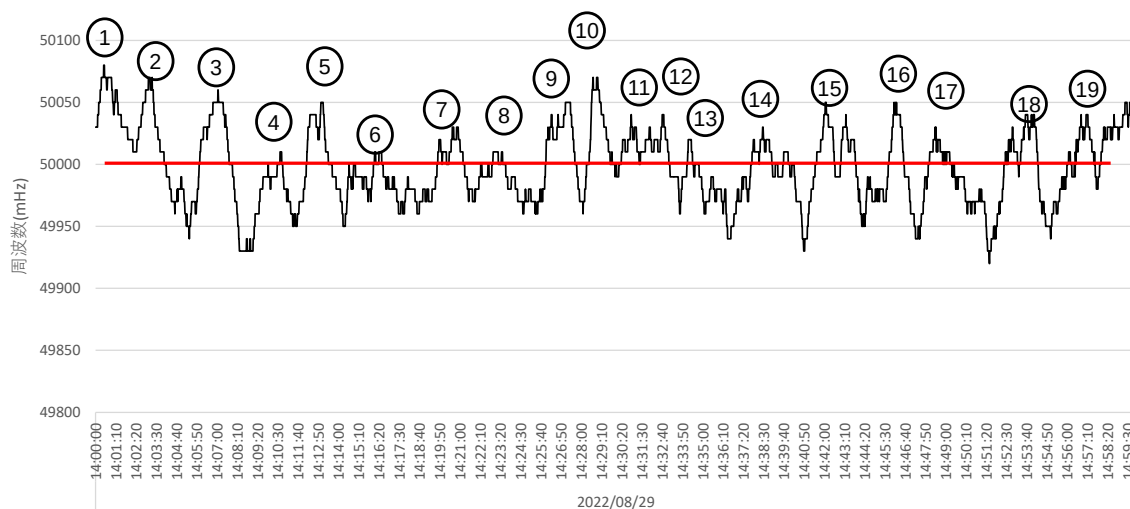
そのためには、R1 や R2 が周波数調整であることをふまえ、周波数変動の傾向を把握し、50Hz ないし 60Hz への回復周期を把握することで、調整力を供出する実時刻の BL に対して影響していない過去の直近実績値を設定してはどうか検証してみたい。

（1）特定時間における周波数変動

2022 年 8 月 29 日 14 時～15 時における 60Hz および 50Hz の周波数変動についてグラフ化したところ、1 時間以内で 60Hz/50Hz の上下動周期は 20 回ないしは 19 回となっており、周波数変動に対して概ね 3 分程度で周波数は元の状態に回復しているものと想定される。



【図 21：2022/8/29 14:00～15:00 60Hz エリア周波数】

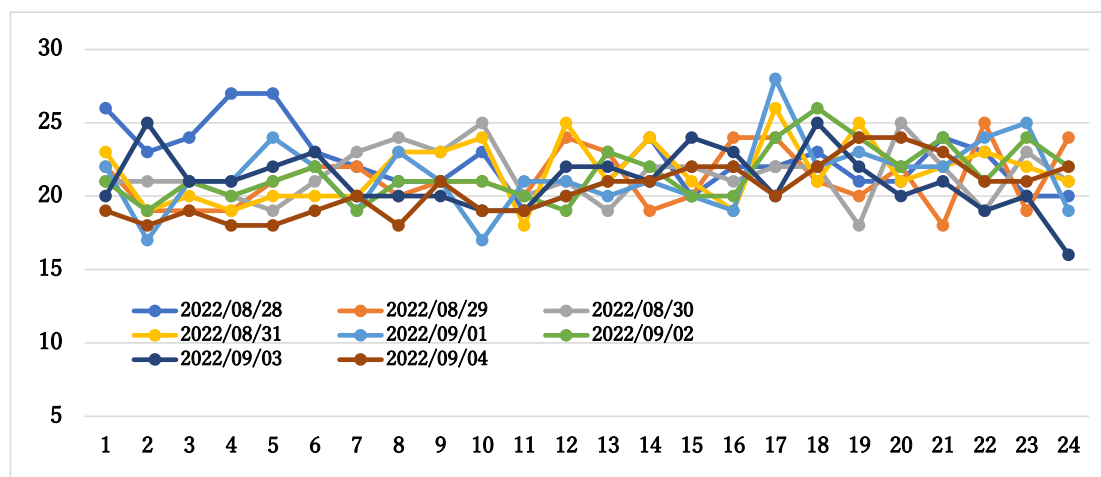


【図 22：2022/8/29 14:00～15:00 50Hz エリア周波数】

(2) 特定期間における周波数周期回数分布

2022 年 8 月 28 日～2022 年 9 月 4 日における 50Hz エリアでの周波数変動について 50Hz を起点に上昇した後下降して 50Hz に回復した場合の周期の回数を 1 時間ごとに集計したところ、概ね 20 回程度、少なくとも 15 回以上であることを確認した。

このため、R1 として少なくとも 4 分前のデータは既に回復された周波数変動のものであり、当該時間において受電点計測を前提として R1 や R2①を供出する場合、実時刻の 5 分前平均値を BL として扱うことで問題ないのではないかと考える。



【図 23：2022/8/28～2022/9/4 50Hz エリア周波数周期回数推移】

(3) 今後の BL 検討に向けた提言

機器点計測は他の需要負荷変動の影響を排除して正確な計測ができるといった利点はあるものの、計測器の設置等の課題への対応が必要であると認識。そこで、実務面においては比較的取り組みやすい受電点計測での実運用を考慮すると、前述の通り、事前に設定するBLと実需給断面での実需要との乖離を極小化する必要がある。こうした状況を踏まえ、R1のBLとして現行規定されている「落札ブロック5分前平均」以外にも、BLとなり得る候補を複数想定し、それぞれの評価を整理した。

<BLとなり得る候補を想定するにあたっての視点（受電点計測：実時刻基準）>

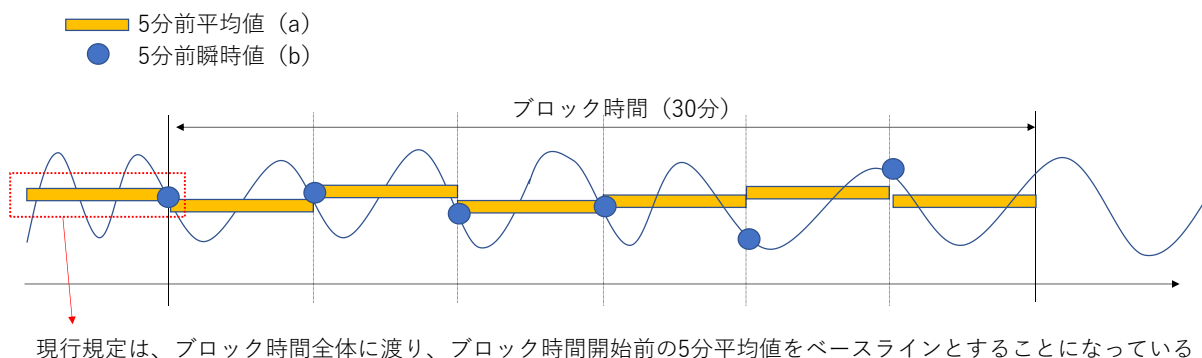
ポイント1：5分前平均値か、5分前値（瞬時値）か

ポイント2：5分前よりも直前の値にすることができないか

【表38：BL候補と評価】

BL候補	評価
a) 実需給の5分前からの平均値	周波数変動の周期が3～4分程度の間隔であることを考慮すれば、実需給の5分前からの平均値をBLとして採用することで、他の需要変動の影響を緩和できる。
b) 実需給の5分前の瞬時値	瞬時値の場合、実需給断面の実際の周波数とのズレが一定程度出る可能性があり、実際の周波数の変動に対するリソースの応動が正しい方向とならなくなるリスクがある。
c) 実需給の実需給断面に5分よりも近い時点からの平均値	周波数変動の周期が3～4分程度の間隔であることを考慮すれば、実需給の5分前よりも実需給断面に近い時点（例えば3分前）からの平均値をBLとして採用する場合、実際の周波数の変動に対するリソースの応動が正しい方向とならなくなるリスクがある。

d) 実需給の実需給断面に5分よりも近い時点での瞬時値	● 瞬時値の場合、実需給断面の実際の周波数とのズレが一定程度出る可能性があり、実際の周波数の変動に対するリソースの応動が正しい方向とならなくなるリスクがある。
(参考：現行規定) 落札ブロック5分前平均	● 落札ブロック（30分）の後半になればなるほど、BLと実需要の間の乖離が発生し、本来必要となる調整分以外に需要変動分の調整が必要となる。



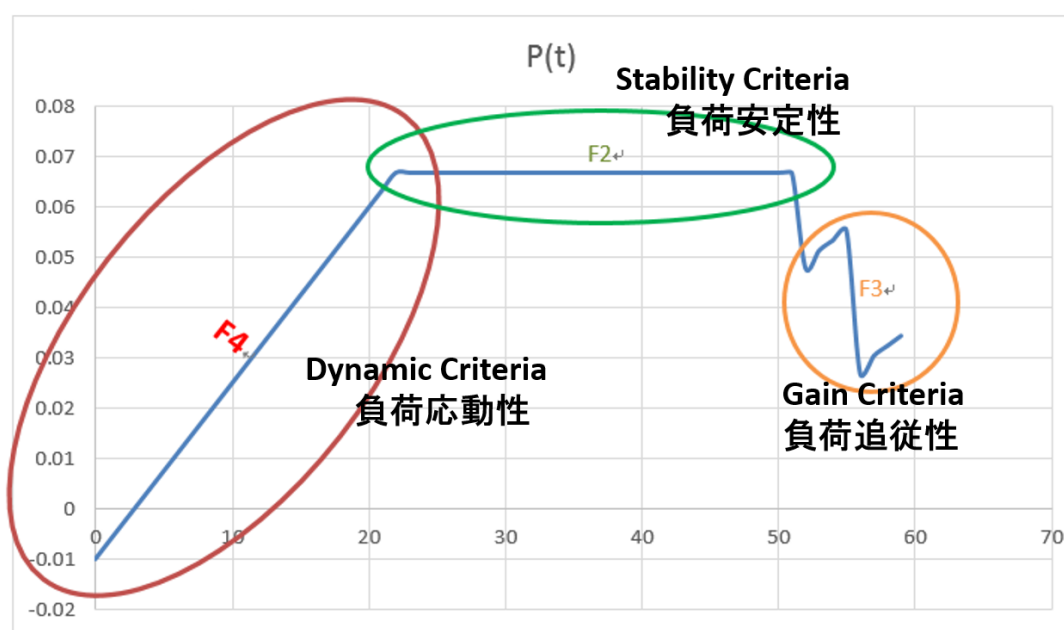
【図 24：各 BL 候補のイメージ】

今回の検討ができるだけ簡易な手法でできるだけ直前の値を使用した BL を採用することでより多くのリソースを安価に活用していくことを目的としていることを鑑みれば、現行ルールにおける BL（ブロック時間の 5 分前からの平均値）に加え、a) 実需給の 5 分前平均値を採用することも検討してはどうか。

8. 結論

ポテンシャル調査による蓋然性評価の結果、米倉山サイトにおける固体高分子（PEM）形水電解装置を活用することで、R1 が受電点・機器点共に供出出来ることは確認出来た。また、徳山サイトの食塩電解は、機器点であれば 10 秒応動で 100kW 程度、30 秒応動で 300kW 程度の R1 供出の可能性を確認したが、川崎サイトの空気圧縮機での R1 供出は、受電点・機器点共に現実的でない、ということも判明した。R1 の評価基準は「負荷応動性」「負荷安定性」「負荷追従性」の三つの局面で確認される（図 25 参照）。平常時及び異常時の周波数制御を担う特性上、TSO による厳格な評価基準の設定については議論の余地はない。

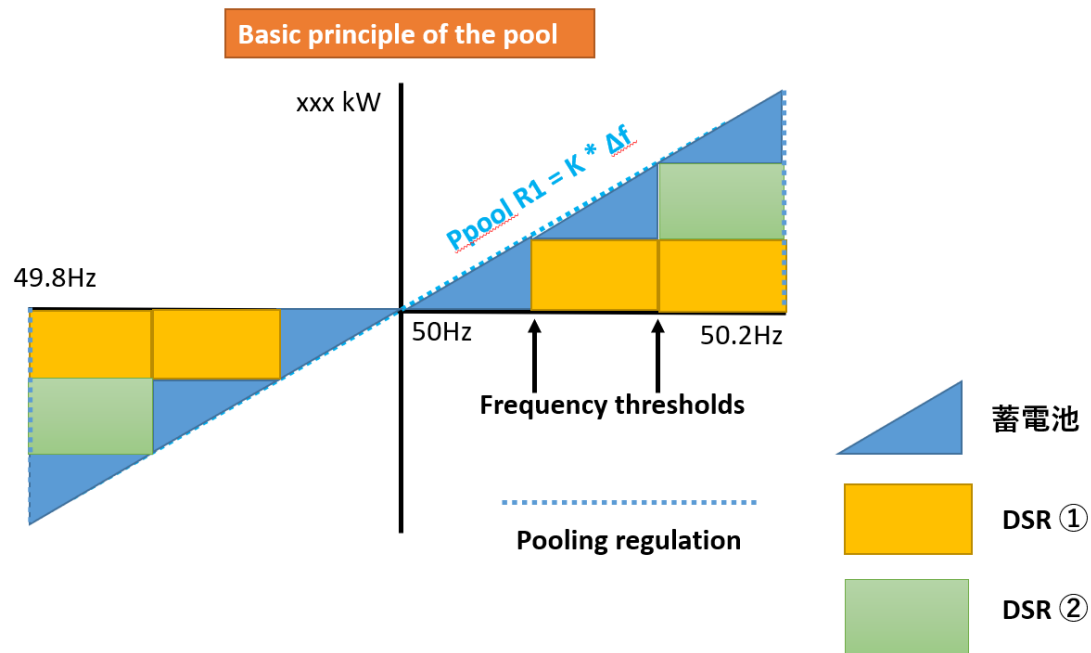
【図 25：R1 の評価基準】



R2 については、米倉山サイトにおける固体高分子（PEM）形水電解装置は問題ないとして、徳山サイトの食塩電解は受電点では厳しいものの、機器点では供出可能であり、川崎サイトの空気圧縮機は受電点・機器点共に難しいことが判った。

その一方で、例えば欧州では様々な DSR を組み合わせることで相乗効果を生み出している事例がある。TSO が求める評価基準に対して、単一のリソースでは応えられないものの、複数リソースを固定化した上で組み合わせることで、その相乗効果により市場参加が可能になる事例である。これを欧州では R1 Pooling と呼んでいる（図 26 参照）。R1 Pooling により、DSR の市場参加機会が一層拡大し市場の活性化が進むことで、調整力の調達不足を解消し得る蓋然性は高まる。同時に、「オフライン枠」リソースの一層の「掘り起こし」、いわゆるスカウティングの活性化も期待される。ただし、R1 Pooling を先行実施する欧州でも散見されるゲーミングリスク対策は、その実態を見据えた上で十二分に施される必要性は、論を俟たない。

【図 26：R1 pooling のイメージ図】



更に、欧州との比較で留意すべきは応動時間の考え方である。今回のポテンシャル調査は、フランス TSO である RTE 基準を参考に分析を行っているが、日本市場の R1 リクワイヤメントと異なるのが応動時間である。欧州では、その系統規模の大きさから 30 秒以内が基準であるが、我が国は 10 秒以内を前提に議論が進んでいる。確かに、欧州電力系統運用者ネットワーク（ENTSO-E）の一部である RTE ネットワークとの比較では、我が国の系統規模は制約も多く同列では語ることは出来ない。従って、現在の R1 要件（10 秒応動）とは別に、より幅広い DSR の活用を企図し、30 秒以内の応動を求めるような商品や電源脱落時などの異常な周波数変動への応動を求められる商品（R1 に準じるもの）を別途設計するということも検討してはどうであろうか。例えば、徳山サイトでは表 15 のとおり 1 秒あたり 9.1 kW（調整幅 0.39MW 時）であり、単純計算では 10 秒応動で約 100kW、30 秒応動約 300kW とリソースポテンシャルは 3 倍近くに増加する可能性があり、今回のポテンシャル調査では対象サイトとしなかったものの、数十社への事前ヒアリングの過程で、30 秒の応動時間ならば R1 供出の可能性が高いサイトも存在し得る。調整力不足に対する対策が急務な昨今、こうした潜在性の高いリソースの更なる発掘は鋭意進めたい。

従って、今回のポテンシャル調査結果を有効活用する意味でも、R1 Pooling の実効性確認と応動時間を 30 秒とした場合の系統安定化への妥当性検証を前提とした、様々な業種の DSR に対する高速調整力（受電点計測・機器点計測）の実態調査も、次回以降の経済産業省による調査研究のテーマに設定することは妥当と思われる。DSR 育成は、顕在化する調整力不足対策の一助として必要不可欠であり、同時に R1 オフライン枠の精度向上・規模拡大に寄与することは確実である。特に、R1 については kWh 精算等のネガワット調整金問題が不問であることから、速やかな対応を講ずることで調整力不足への即効性が期待出来る。

以上