

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo.A1-3-09

再生可能エネルギーの主力電源化に向けた次々世代電力ネットワーク安定化技術開発／既設発電設備の同期調相機化に関する調査

既設発電設備の同期調相機化に関する調査

発表：2026年7月23日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 幸 真

団体名（企業・大学名など） 中国電力（株）

問い合わせ先

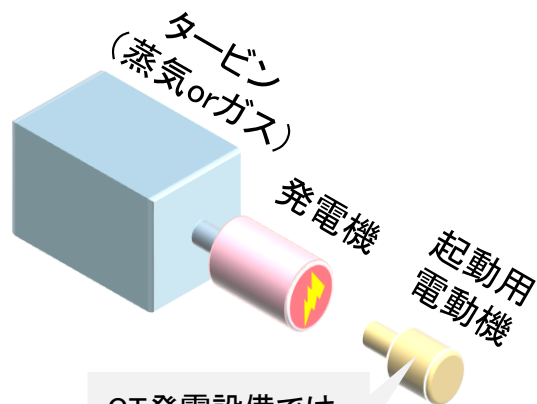
中国電力（株） E-mail: makoto.miyuki.ix@hd.energia.co.jp TEL:080-9958-1384

背景・目的

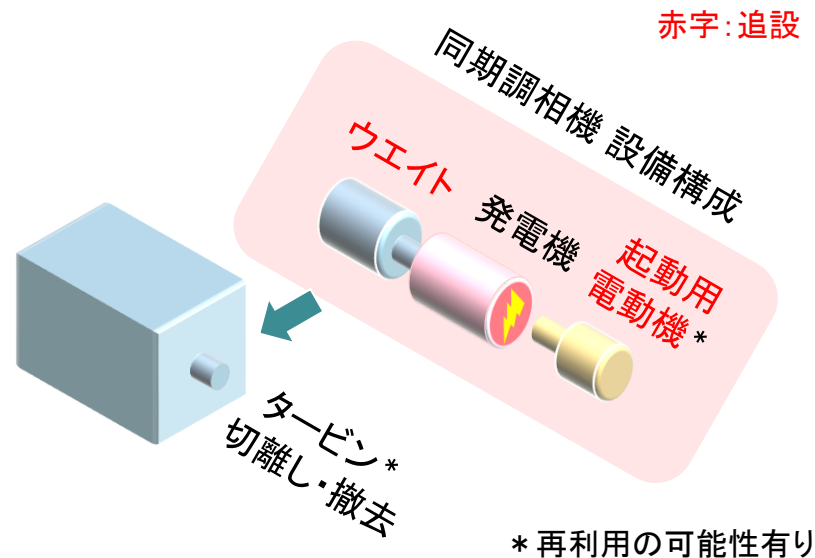
将来の電力系統における慣性力の低下及び新たな課題である短絡容量の低下に注目し、STREAMプロジェクトで実施中の技術開発と並行して、電力系統における慣性低下と短絡容量低下に対する解決策として海外で検討が進められている既設発電設備の同期調相機化について、今後国内で適用する際の技術面・運用面・ビジネス面での課題と対策を抽出するとともに、系統安定性の向上効果とその費用対効果を明らかにすることを目的として実施。

《 改造イメージ 》

既設発電設備



同期調相機(改造後)



調査項目・実施内容

1 既設発電設備の同期調相機化に関する体系整理

- (A) 既設発電設備の同期調相機化に関する海外事例の概要(用途・設備仕様等)
- (B) 技術面: 発電機、付帯設備の改造に係る各仕様(機器構成、システム構成等)
- (C) 費用面: 設備導入コスト(廃止済、稼働中、同期調相機の新設の3ケース)、維持管理コスト
- (D) 運用面: 発電事業者が調相設備を設置・維持・運用する場合の関係法令・技術基準等との関係性、運用上の遵守事項、必要な取り扱い、設備保安上留意すべき事項、保守点検事項
- (E) ビジネス面: 欧米諸国等での慣性提供等に関する取引実績、我が国での期待収入

2 我が国における既設発電設備の同機調相機化にあたっての課題等抽出

- (A) 技術面での課題(発電機、付帯設備の改造等)とその対策
- (B) 運用面での課題(保安・保守・費用面等)とその対策
- (C) ビジネス面での課題(改造費用、収支構造、事業リスク等)とその対策

3 系統安定性の向上効果とその費用対効果の検証



調査結果を、以下の5つのパートに分けて報告する。

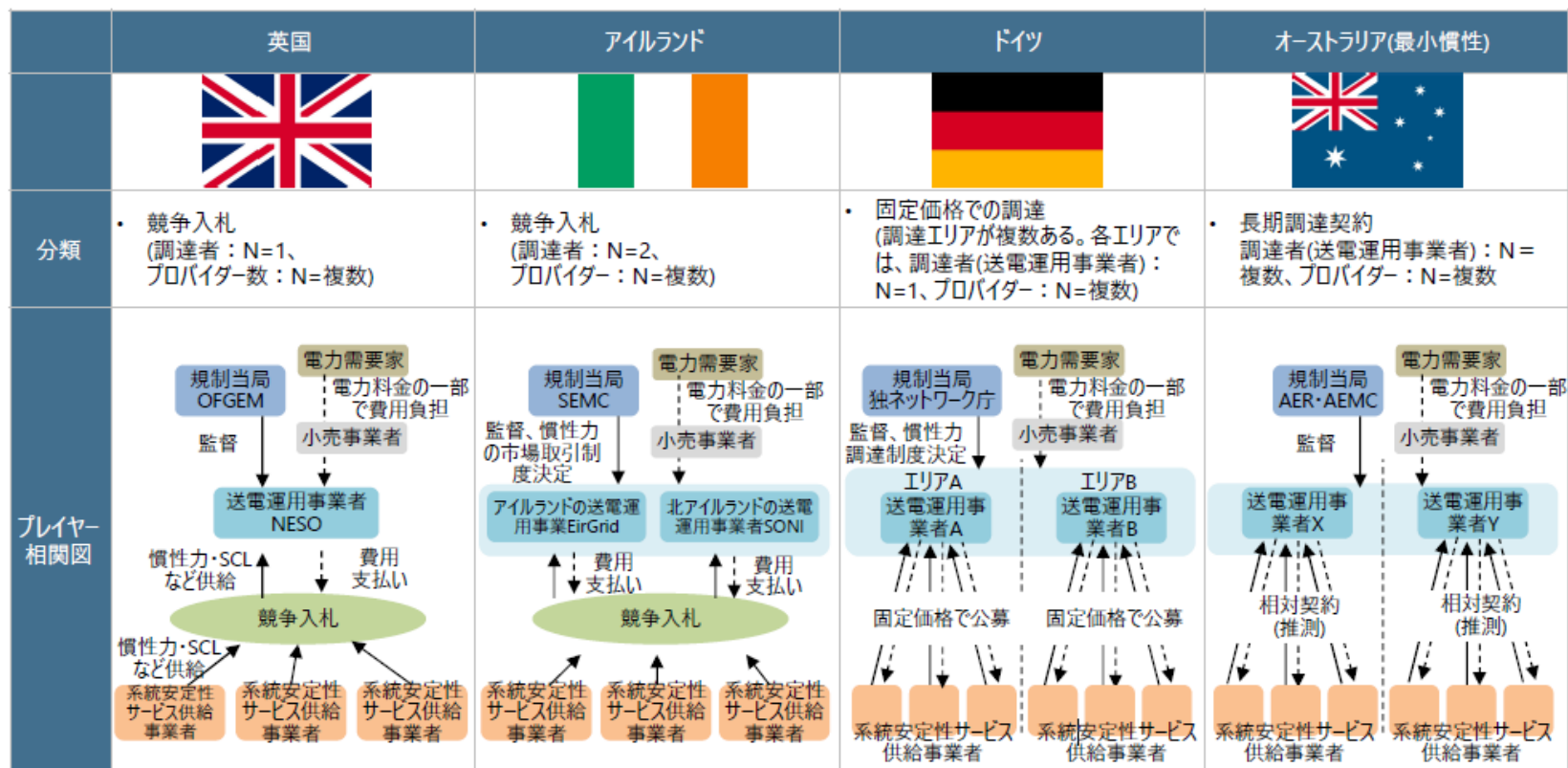
- ①海外事例調査
- ②設備導入に係る課題
- ③法規制に係る課題
- ④系統安定性への寄与
- ⑤事業性評価および費用対効果

実施スケジュール

項 目	2024年度	2025年度			
	～3月	4～6月	7～9月	10～12月	1～3月
1 既設発電設備 の同期調相機化 に関する体系整理					
	(A) 海外事例調査	改修事例調査、競合技術比較			
	(B) 技術面	機器仕様、再利用可否検討			
	(C) 費用面	改修・運転維持コスト調査			
	(D) 運用面	現行法令解釈確認			
	(E) ビジネス面	海外電力市場調査、期待収入			
2 我が国における既設発電設備 の同機調相機化 にあたっての課題 等抽出					
	(A) 技術面	系統連系・試運転検討、各種対策検討			
	(B) 運用面	保安規制・有資格者検討			
	(C) ビジネス面	ビジネスモデル検討、事業性評価			
3 系統安定性の 向上効果とその費 用対効果の検証					
	検証方法検討	シミュレータ検証・評価結果まとめ			
有識者委員会の 開催	▼ 第1回			▼ 第2回	▼ 第3回

調査結果 ①海外事例調査

- 英国、アイルランドでは、送配電事業者が慣性力・短絡容量・無効電力を調達する取引市場が設立され、その調達費用は電力料金の一部として需要家負担の構図となっており、系統安定化サービスが公共負担により支えられる構造が確立している。



SEMC：The Single Electricity Market Committee AEMC：オーストラリアエネルギー市場委員会。国家電力規制などの策定と改正を担当する

AER：オーストラリアエネルギー規制局。規制を執行し、AEMCが設定した枠組みに従ってエネルギー市場を規制する

英国において、系統安定性サービス費用は、発電事業者などが提供する場合は、BSUoS(バランシングサービス料金)で資金回収される。一方、送電設備保有者が同期調相機や...

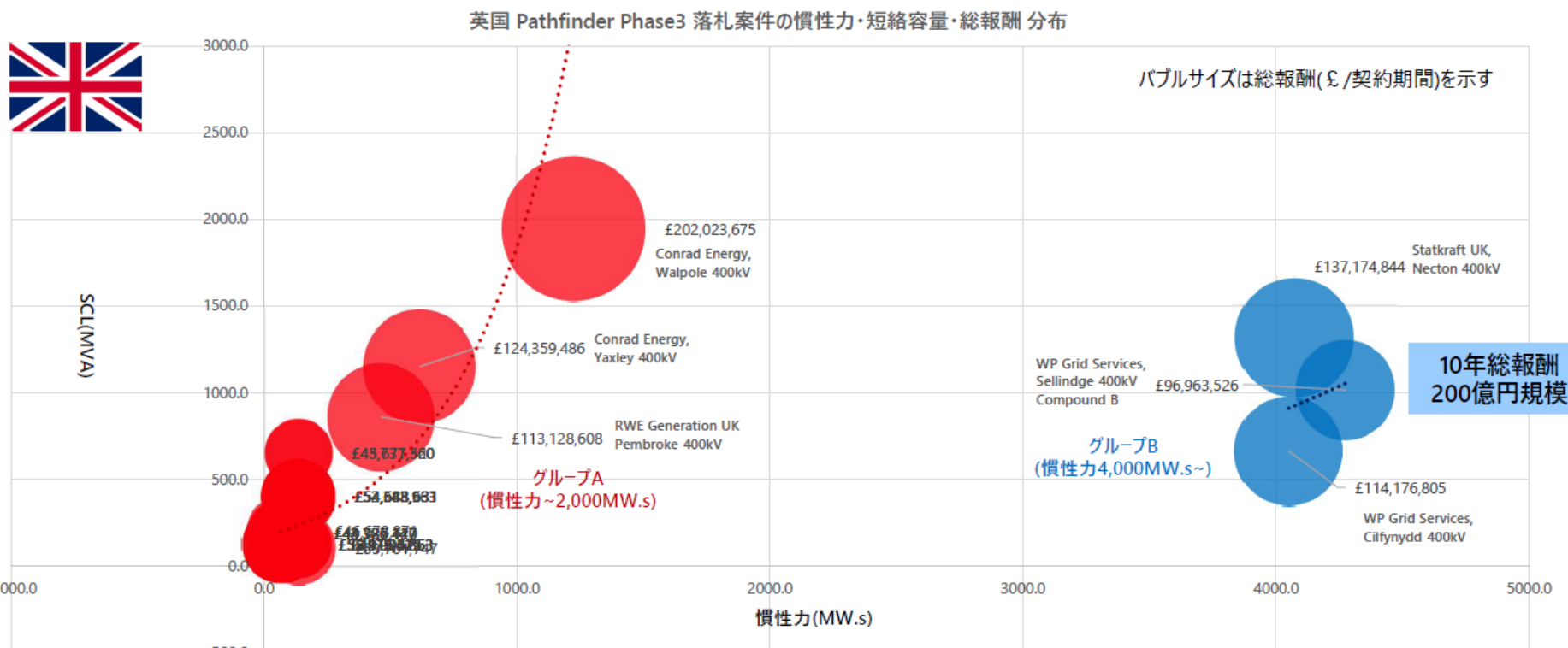
STATCOM等を設置する場合は、TNUoS(送電線利用料金)で資金回収される。上記はあくまで簡易図である点に留意が必要である

資料：各種資料より日立総研作成

(第2回有識者委員会資料より抜粋)

調査結果 ①海外事例調査

- 英国事例について、合計29案件を公表データベースを用いて慣性力・短絡容量・総報酬の相関関係を分析したところ、慣性力の差から、大きく2つのグループに分類される結果となっている一方で、総報酬(バブルサイズ)には強い相関がみられなかった。
- 単純な供給量ではなく、地点需要に応じた供給量であることに価格設定がなされる**規律とインセンティブを並立させた制度設計の必要性が示唆された。**



SP: 決済期間(30分)、1£=189円、取り消し線: 採択後にキャンセルとなったもの(理由は非公表)

注1: 落札結果公表資料(Stability Phase 3 Results Table v2)に終期の情報がなかったため、NESOによる系統安定性市場などの市場改革ロードマップ(Markets Roadmap 2024)に記載のサード提供期間終了日を記載。

注2: 開始日から契約終了日までに支払われた契約の合計費用

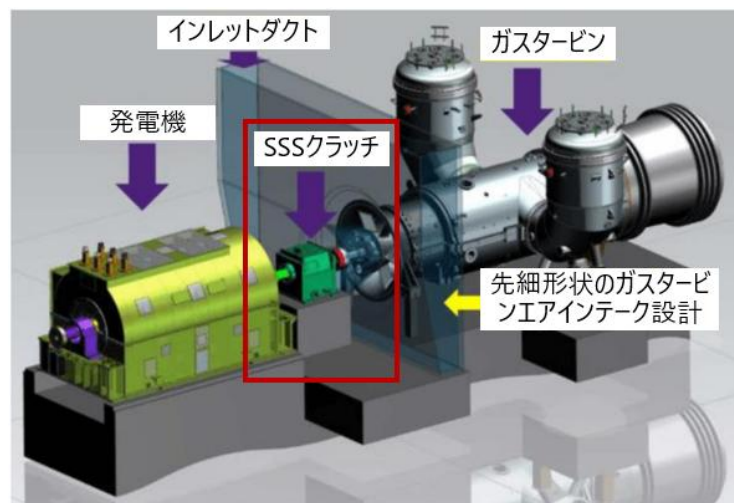
資料: NESO「Stability Phase 3 Results Table v2」「The Balancing and Settlement Code」

(第2回有識者委員会資料より抜粋)

調査結果 ①海外事例調査

- 既設発電機の同期調相機化の事例は欧州、オーストラリア等で確認でき、比較的短期間に慣性力、無効電力等を得られる手段として活用されている。
- 公表情報をベースとした調査を実施したため、詳細仕様は確認できなかったが、多くの事例が存在することから、技術的にはある程度確立しているものとの示唆を得た。

型式	ガス火力（242MWのコンバインドサイクルプラント。Siemens Energy SGT5-2000Eガスタービン1基（160MW）と、蒸気タービン1基（82MW）で構成）
改造対象	ガスタービンを改造
発電所運開時期	1999年 ※効率改善・排出量削減のため、アップグレードと改修を数回実施。2005年にもアップグレードを実施
発電所廃止時期	（廃止はされていない）
同期調相機運開時期	2025年半ば以降 ※2025年に予定されている計画停止期間に改造実施予定
同期調相機運用期間	N/A
改造工事会社	Siemens Energy
工事期間	N/A
改造概要	- 既存のガスタービンをハイブリッドRGS(Rotating Grid Stabilizer)に改造し、システム強度と慣性サービスを提供 - ガスタービンと同期発電機の間のシャフトをSSS(Synchro-Self-Shifting)クラッチに交換することで、発電モードから同期調相機モードへの瞬時切替を可能にする
駆動機出力	N/A
発電機の無効電力出力範囲	N/A
発電設備としての廃止理由（背景や改造後の用途）	Australian Energy Market Operator (AEMO)が、グリッド運用者Powerlinkにシステム強度の改善を要求。Powerlinkは、8つのオプションのうち、Townsville発電所の改造が最小コストのオプションと判断。PowerlinkとTownsville発電所は、システム強化サービスの提供に関する契約を締結
その他情報	同期調相機モードでは、短絡容量(約350～400MVA)と慣性力(約250MW.s)を提供。発電モードでは、慣性力(約1,000MW.s)を提供
プラント所有者	RATCH-Australia Corporation



SSSクラッチ：動力源と動力を受け取る部分を接続・切断する装置

インレットダクト：機械に外部から空気を取り込むための通路

エアインテーク：外部から空気を取り入れるための入り口

rpm：revolutions per minute。1分間あたりの回転数

資料：Power Magazine「[The Queensland SuperGrid Marries the Old and the New](#)」

（第2回有識者委員会資料より抜粋）

調査結果 ②設備導入に係る課題

- 既設発電機の同期調相機化の想定として廃止済プラントおよび稼働中プラントからの改造、ならびに新設(FW:フライホイール有／無)の各4ケースについて検討。
- いずれも導入リードタイムに時間を要する等の課題はあるものの、海外事例調査で得た示唆のとおり、**技術的な成立性を確認**した。

項目	既設改造：廃止済	既設改造：稼働中	新設(FWなし)	新設+FW
技術成立性	○ 技術的に成立 設備状態によっては 改造難易度高	○ 技術的に成立 既設流用も容易	○ 技術的に成立 標準技術で構成可	○ 技術的に成立 海外実績あり
導入コスト	大	小	大	最大
運用コスト	小	大	小	中
慣性力	小	小	中	大
設計自由度	中	低	高	高
手配期間	約32か月	約32か月	約42か月	約42か月
現地工期	約16か月	約6か月	約12か月	約12か月
特徴	・導入コストが高価 ・設備改造を踏まえると 相対的に劣後	・導入コストが最も安価 ・短工期だが運用コスト 面に課題	・導入コストが高価 ・設計自由度は高いが 長工期	・導入コストが最も高い ・系統安定性への効果 は最大

調査結果 ③法規制に係る課題

- 資源エネルギー庁との意見交換により、送配電事業者以外が系統の調相設備を単独で保有する場合、現行法令上、うまく位置づけができないという課題を共有した。
- 「調相設備を設置する施設(調相所)」という事業スキームを想定し、事業の履行に適用すべきと考える保安規制を整理したところ、所有事業者により取扱いに差異が生じる点を確認した。これらは合理的な規制の統合が行われることが望ましい。
- また、既設発電設備の同期調相機化という視点から、新設同期調相機では考慮不要となる保安規制も確認した。これらは設備の特徴を踏まえて適用することが必要。

所有事業者による差異を確認した法規制		現行の取扱い	
法令・条文	概要	発電事業者	送配電事業者
【電気事業法】 第47条、第48条 工事計画の認可又は届出	公共の安全確保上、特に重要な事業用電気工作物を設置したり変更したりする場合は、経済産業大臣に事前に工事計画等を届出要。	届出	17万V以上届出
【技術基準規則】 第47条、第47条の2、第47条の3、第48条 監視方式	常時監視しない発電所、蓄電所、変電所は適切な設備構成、監視方式が必要。	随時巡回方式 随時監視制御方式※ ：17万V以下に適用可	随時巡回方式 ：定義なし 簡易監視制御方式※ ：10万V以下に適用可

※概ね同等の監視方式

適用可否を注視すべき保安規制		設備による違い	
保安規制	概要	既設改造	新設
技術基準	第41条 水素冷却式発電機等の施設	既設流用範囲によっては 考慮が必要	基本空気冷却であり 考慮不要
使用前自主検査	・水素及び密封油関係保護装置試験 ・発電機固定子冷却関係保護装置試験		

調査結果 ④系統安定性への寄与

- 中西60Hz系統の原則基幹系統以上を模擬したモデルを用いて、同期調相機を含む調相設備による系統安定性の向上効果を定量化するため系統解析を実施。
- 評価断面の指標として非同期電源比率SNSPと中西θ(西九州変電所(九州)と西播変電所(関西)の電圧位相差)を用い、電力広域的運営推進機関の公開データを参照のうえそれぞれが大きくなる断面を想定し、電源脱落および500kV送電線の3LGOおよび6LGOを模擬した。

西日本系統シミュレータ

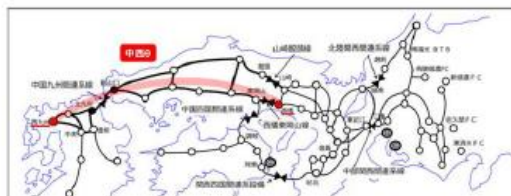
再エネを含む電力系統の現象を検討するため、系統構成などの解析モデルを公開情報から構築



中西安定度の運用実施 (1/3)

8

- また、中西安定度は、電気的な位相角重心である関西エリアと大きく振動する九州エリアの位相角差に相当がある(位相差が大きくなると不安定になりやすい)ことが経験的に分かっている。
- この点を踏まえ、西九州変電所(九州)と西播変電所(関西)の500kV送電線の電圧位相差を中西θと呼称し、中西系統の同期安定性に対する指標としており、事前のシミュレーション結果に基づき、中西θの運用目標値を設定し、実運用において中西θが運用目標値を超過しないよう監視・調整を行っている。



ケース#	日付	九州中国間潮流[MW]	SNSP[%]	中西θ[deg]
1	2029/4/4 14:00	3578.7	47.2	38.8
2	2029/4/6 13:00	3888.6	62.1	30.8
3	2029/4/1 16:00	5560.0	34.7	50.8
4	2029/4/1 10:00	5560.0	47.7	52.4

図 西日本系統における課題

次ページ以降で結果をご紹介します

[1] 参照：OCCTO、「中西安定度の運用容量制約への反映について」、2025年4月22日 (https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2025/files/unyouyouryousagyoukai_7_04.pdf)
 [2] SNSP：非同期電源発電割合（与再エネ発電割合）

調査結果 ④系統安定性への寄与

- 中国エリアの500kV送電線事故(3LGOおよび6LGO)における挙動において、対策をしない場合、発電機脱調に至るケースを確認。複数台の調相設備を接続することで、発電機脱調を抑制できることを確認した。

想定故障

山陰および山陽の系統故障時を想定

2. 想定事故の設定

想定事故に関する設定は下記の通りとした

< 日立製作所 資料より再掲 >
(図上: 系統図における故障シナリオ想定)

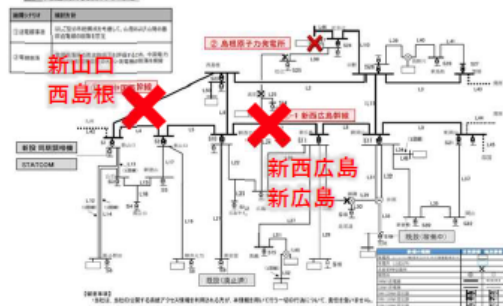


図 中国電力系統および故障箇所

同期調相機設置時の系統安定性評価

西日本の電力系統に同期調相機を設置することで、系統故障が発生した際の発電機の脱調抑制、瞬時電圧低下の抑制といった効果が得られることを定量化

ケース#3

表1: 2029/4/1/16:00断面における解析結果まとめ

故障点	故障様相	対策	最大位相角 [deg]
新西広島 新広島	3LGO	-	90
	6LGO	-	110
新山口 西島根	3LGO	-	100
	6LGO	-	脱調
	6LGO	新山口同期調相機 新山口STATCOM 新西広島同期調相機	140

右に解析結果を图示

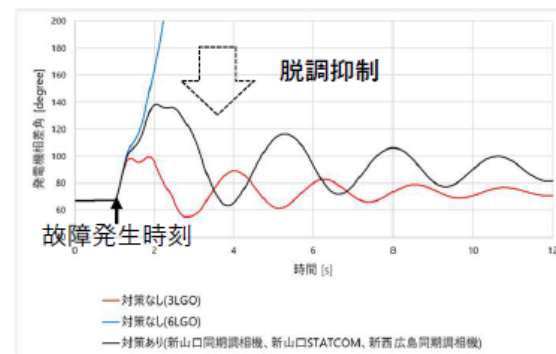


図 系統故障時の川内原子力の発電機相差角

(第3回有識者委員会資料より抜粋)

調査結果 ④系統安定性への寄与

- 複数箇所に分散して同期調相機を設置することにより、**発電機相差角の振動抑制効果が高まることを確認した**。これは電圧低下の抑制効果が、送電線の潮流変動を抑制し、結果として発電機の加速抑制に貢献することによるもの。

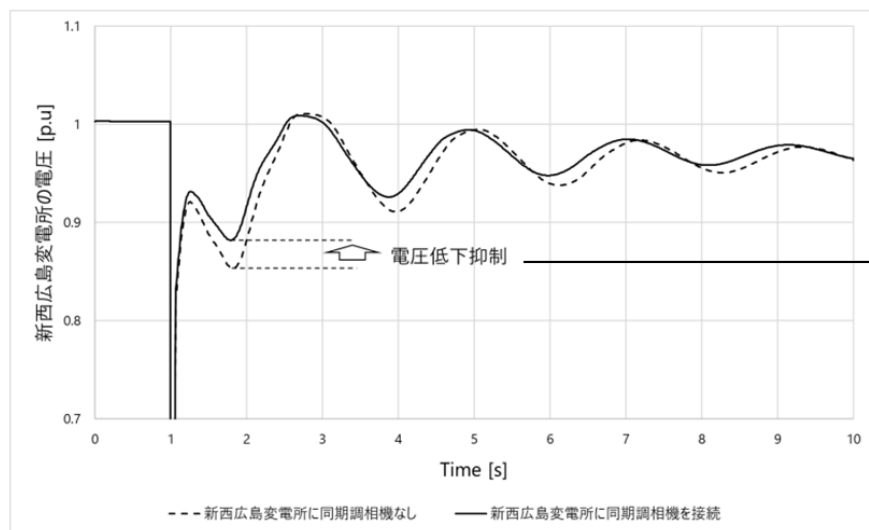


図 新西広島変電所の電圧変化

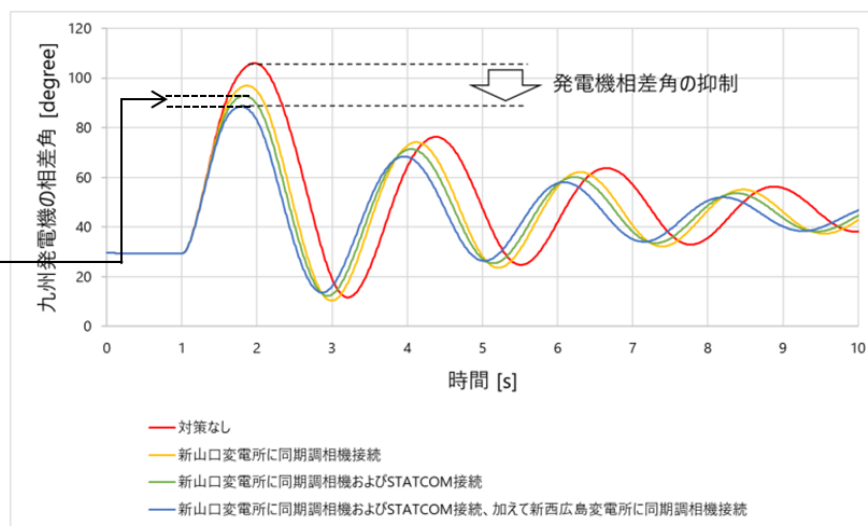


図 九州発電機の相差角変化(関西発電機基準でプロット)

(第3回有識者委員会資料より抜粋)

調査結果 ④系統安定性への寄与

- 一方、電力系統内の一箇所に集中的に複数台の調相機を設置することによる系統安定性への効果を確認した結果、容量増加による効果は頭打ちとなる傾向を確認。
- 実際の系統事故は様々な箇所で発生しうることから、**電力系統内に広く分散して同期調相機を配置することで、一機当たりの費用対効果が高まるもの**と思料。

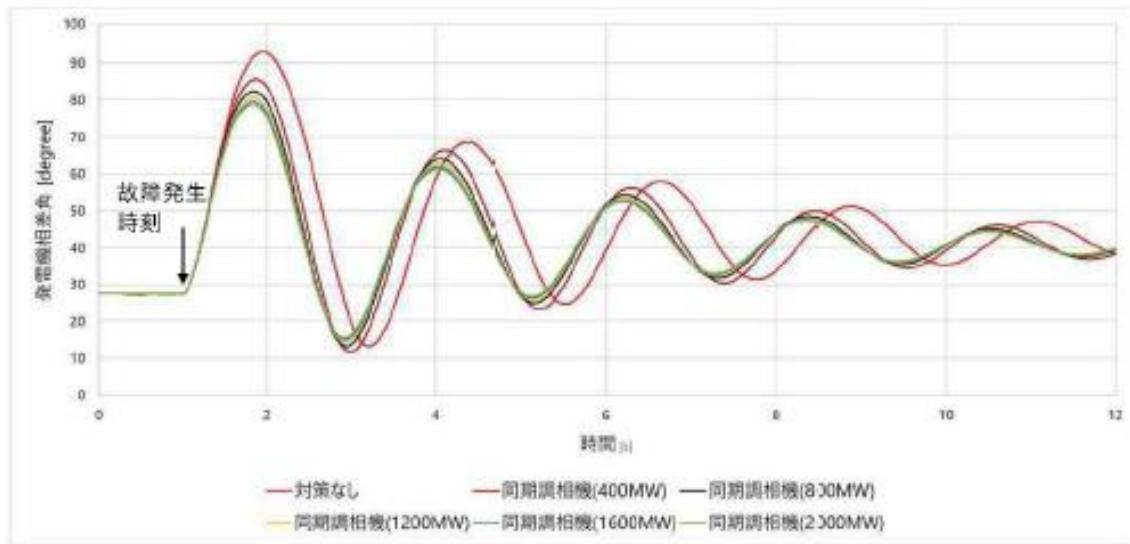


図 川内原子力の発電機相差角変化

(第3回有識者委員会資料より抜粋)

調査結果 ⑤事業性評価および費用対効果

- 海外事例調査で得た取引市場情報を参考として収益を設定し、同期調相機（既設改造・新設）のコストとの比較により、事業成立性を評価。適切な制度設計がなされることを前提に、参考とした市場制度における報酬程度の収益が確保できれば十分事業性があり、**新設同期調相機と比しても価格競争力があることを確認した。**

	既設改造：廃止済	既設改造：稼働中	新設	新設+FW
慣性力(MW.s)	439	439	888	4,754
無効電力(MVar)	434	434	500	500
仮想総報酬(億円)	200			
導入費用(億円)	151	54	100	128
運用費用(億円)	64	103	37	47
IRR	-1.9%	12.7%	9.3%	3.4%
評価	×	◎	◎	○
(参考)IRRが4%となる報酬目安(億円)	260程度	170程度	170程度	210程度

- 既設改造、新設それぞれの特徴から、適した事業環境での使い分けにより**費用対効果が高まる**と考える。

	建設期間	事業性評価		運転可能期間	事業環境
		待機報酬	稼働効率		
既設改造：廃止済	○	×	△	△ (10年程度)	・比較的短期に調整力が必要な環境
既設改造：稼働中	◎	◎	△	△ (10年程度)	・喫緊に調整力が必要な環境
新設	△	◎	○	○ (10年+α)	・将来的に長期の調整力需要が生じる環境
新設+FW	△	○	◎ (慣性力：大)	○ (10年+α)	・将来的に長期の調整力需要が生じる環境 ・大きな慣性力が必要な環境

有識者委員会

- 大学・研究機関・業界団体等の外部有識者による有識者委員会を設置し、調査の進捗に応じて計3回開催。各委員からの助言を通じて、本調査成果の客観性および妥当性の確保を図った。

委員構成	氏 名	所属・役職等
委 員 長	小宮山 涼一	東京大学 教授
委 員	井上 俊雄	富山大学 客員教授
	吉村 健司	電力中央研究所 客員研究員
	乾 貴行	送配電網協議会 電力技術部 副部長
	坂本 織江	上智大学 准教授

開催実績

日 時		場 所	主 な 内 容
第1回	2025年 3月19日	中国電力株式会社 東京支社 会議室	○本調査計画全般に関する進め方 ・海外事例などの調査範囲、調査方法および設備改造に関する調査項目・方法等 ・系統安定性の向上効果に関する検証方法案等
第2回	2025年 11月5日	中国電力株式会社 エネルギア総合研究所 会議室	○中間報告 ・調査状況報告(中間) ○現地視察 ・既設発電設備に関する視察(大崎発電所)
第3回	2026年 2月18日	鶴見駅前ホール 第二会議室	○最終報告 ・全ての事業項目に関する完了報告 ・法規・制度面や市場面での事業環境整備に向けて必要な事項や提言の取り纏め ○現地視察 ・新設同期調相機に関する工場視察



2025年3月19日 第1回



2025年11月5日 第2回



2026年2月18日 第3回

まとめ

- 本調査を通じて、既設発電機の同期調相機化は**技術的実現性が高く**、系統事故の影響緩和や非同期電源の不要解列抑制等、STATCOM等の他の技術と同様、**系統安定化に確実に寄与する有効な手段**であるとともに、費用的にも**新設の同期調相機と比して遜色のない**ことが明らかとなった。
- 一方で、既存制度では慣性力や短絡容量を価値として取引する仕組みが存在せず、調相設備単独所有の位置づけも未整理であるなど、事業として成立させるためには**制度的・事業的な環境整備が不可欠**である。
- 国のエネルギー政策や電力広域的運営推進機関の計画の中で、同期調相機を明確に系統安定化サービスの提供設備の選択肢として位置付けるとともに、他技術との棲み分けを整理した上で、費用回収を確保し得る制度設計を進めることで、国内における新たな系統安定化施策として活用される可能性が高いと評価できる。