

「電源の統合コスト低減に向けた電力システムの
柔軟性確保・最適化のための技術開発事業(日本版コネクト&マネージ 2.0)」
基本計画

再生可能エネルギー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

① 政策的な重要性

2021年10月に決定した「第6次エネルギー基本計画」において、2030年の再生可能エネルギー(再エネ)比率として36~38%程度を、2025年2月18日に決定した「第7次エネルギー基本計画」において、2040年の再エネ比率として4~5割程度を実現することが示され、安全性を大前提とし、エネルギーの安定供給、経済効率性、環境適合(S+3E)を同時達成しつつ再エネの導入を進める必要性がますます高まっている。他方、我が国の電力システムの整備状況は、この再エネ導入量を前提としたものに必ずしもなっておらず、再エネ導入量の増加に伴いさまざまな課題が顕在化しつつある。特に、自然条件によって出力が変動し、適地に偏りのある再エネについて、系統制約の課題を解消し電力システムに接続するためのコスト(統合コスト)を抑制し導入を進めることは喫緊の課題である。このため、「エネルギー基本計画」においては、エネルギーコストを可能な限り低下させていくため、規制改革等とともに電力システムの柔軟性の向上等などに取り組む必要性が示されている。費用対効果の視点から評価しつつ、再エネの出力変動等を調整するための「柔軟性(フレキシビリティ)」を電力システムで確保し最適化を図る研究開発が、国民負担を伴う電源の統合コストを低減していく上で重要となっている。

② 我が国の状況

再エネの導入拡大にあたり新規に電源を系統に接続する際、従前は系統の空き容量の範囲内で先着順に受入れを行い、空き容量がなくなった場合には系統を強化した上で追加的な受入れを行っていた。他方、系統の強化には一定程度の時間とコストを要することから、系統の強化と並行しながら既存系統を最大限に活用する「日本版コネクト&マネージ」が進められてきた。特に、送電線混雑時の出力制御を条件に新規接続を許容する「ノンファーム型接続」の実現に向けて、NEDOでは、「再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代電力ネットワーク安定化技術開発」にて、この制御システムの開発に取り組んできた。また、広域連系システムのマスタープランの策定や長距離直流送電の具体的なプロジェクトの検討が、資源エネルギー庁と電力広域的運営推進機関を中心に進んでおり、再エネの早期接続に対して更に期待が寄せられている。

今後は、再エネの早期導入の目的に加えて、エネルギーコストや一般負担を可能な限り抑えるため、よりシステムの全体最適を意識した取組が求められる。これまでの「日本版コネクト&マネージ(1.0)」の取組に対して、発電・送電・配電での分散型エネルギーリソース(DER)の活用等により電力システムの柔軟性を確保・最適化する新たな技術開発「日本版コネクト&マネージ 2.0」に取り組み、2030年温室効果ガス削減目標、2050年カーボンニュートラルの達成に向けて将来の更なる再エネの導入に備える必要がある。

③ 世界の取組状況

国際エネルギー機関(IEA)では、太陽光や風力等の変動性再エネの導入割合や電力システムの状況等に関して、6つの運用上のフェーズを定義している¹。

フェーズ1: ローカルでの調整が必要。

フェーズ2: システム混雑が現れ始め、需要と変動再エネのバランスが必要。

フェーズ3: 出力制御が起こり、柔軟な調整力や大規模なシステム変更が必要。

フェーズ4: 変動再エネを大前提としたシステムと発電機能が必要。

フェーズ5: 変動再エネの供給が頻繁に需要を上回り、交通や熱の電化による柔軟性確保が必要。

フェーズ6: 変動再エネの余剰・不足がより長い時間軸で発生し、合成燃料や水素等による季節貯蔵が必要。

IEAの試算によれば、2030年時点で欧州各国(ドイツ、イタリア、英国、アイルランド等)はフェーズ4~5に、日本をはじめ米国・中国等はフェーズ3に位置するとされ、さらにOECD等の試算によれば、変動性再エネの接続割合が増えることに伴い統合コストも上昇していくとされている。このような中、IEA International Smart Grid Action Network (ISGAN)²をはじめ、各国において電力システム全体にて周波数維持、熱容量等の確保、電圧安定性(、更に日本の場合は同期安定性)にかかわる柔軟性(kW, kWh, Capacity, Voltage)を持たせることの議論やさまざまな技術開発が進んでいる。

④ 本事業のねらい

本事業では、S+3Eの前提に立ち、統合コストを可能な限り低減し再エネの導入を促進することを目指し、電力システムの柔軟性確保・最適化のための技術開発を実施する。具体的には、「DER等を活用したフレキシビリティ技術開発」、「市場主導型制御システムの技術検討」、「バイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上のための技術検討(水力発電の柔軟性向上のための技術開発)」を一体的に行い、日本版コネクト

¹ IEA World Energy Outlook 2018 (https://iea.blob.core.windows.net/assets/77ecf96c-5f4b-4d0d-9d93-d81b938217cb/World_Energy_Outlook_2018.pdf)

² IEA ISGAN (Power Transmission & Distribution Systems) Discussion paper: Flexibility needs in the future power system (2019年3月) (https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2019/03/ISGAN_DiscussionPaper_Flexibility_Needs_In_Future_Power_Systems_2019.pdf)

& マネージ 2.0 としてシステム全体での最適化を目指す。

(2) 研究開発の目標

① アウトプット目標

研究開発項目1 DER等を活用したフレキシビリティ技術開発

【最終目標】(2028年度末)

実証試験等を通じて、平常時の混雑緩和や出力制御量の低減ないし事故時の安定度確保等に資する新たな分散型エネルギーリソース(DER)等の活用手法の基盤技術及びシステムの標準仕様を確立する。

【中間目標】(2026年度初頭)

平常時の混雑緩和や出力制御量の低減ないし事故時の安定度確保等に資する新たなDER等の活用手法・ユースケースを整理し、実証試験での検証項目を絞り込む。また、実証試験において必要となる設備・システム等の設計・構築を2026年度末時点で完了する見通しを得る。

研究開発項目2 市場主導型制御システムの技術検討

【最終目標】(2028年度末)

混雑管理等の制度設計の議論状況を確認しながら、市場主導型制御システムの要素技術の検討等を完了する。

【中間目標】(2026年度初頭)

混雑管理等の制度設計の議論状況を確認しながら、市場主導型制御システムの必要性・適用課題の整理、2027年度以降に必要となる技術開発項目の抽出を2026年度末時点で完了する見通しを得る。

なお、中間目標が達成され、検討継続の必要性が確認された場合、システムの要素技術の検討等を行う詳細なフェージビリティスタディ(FS)を2028年度まで実施する。

研究開発項目3-1 バイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上のための技術検討

【FS目標】

電力システムの信頼度を下げずに経済的に再エネの最大活用を図るための柔軟性を評価・分析するとともに、バイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上の限界とその要因をFSにて明らかにする。

なお、FSにてバイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上に係る技術要件・要求仕様、検証試験を行う電源、次年度以降の具体的な検証項目が定義され、費用対効果の精緻化を行った上で、技術開発が必要と判断された場合は、技術開発目標及び実施計画を改めて策定の上、開発事業に係る事業者の公募を速やか

に実施する。

研究開発項目3-2 水力発電の柔軟性向上のための技術開発

【最終目標】(2028 年度末)

一般水力を対象³に、以下の①②を一体的に行い、中小型水車に関しては河川や農業用水等への多数の水車導入による運用台数の制御によって、大型水車に関しては単機容量の運用幅の拡大によって発電量の柔軟性を向上させる。

① 中小型水車の設計・解析支援技術の開発

模型試験プラットフォームを構築し、設計や過渡応答評価に必要な手法やツールを整備・公開する。さらに、中小型水車の導入を促進するため、様々な落差・流量に対応する種々の形式の水車について、標準設計(比速度 70~600 程度)として公開する。

② 大型水車の極低負荷運転評価手法と最適運用・制御システムの開発

実機検証を行うことを通じ、発電電力量の向上と機器損耗の低減等を可能とする最適運用・制御システムを構築する。極低負荷運転の評価手法や既存の制御システムとの取り合い方法などはメーカーや発電事業者等に公開する。

【中間目標】(2026 年度初頭)

必要な検証の実施体制を構築し、技術開発・検証を 2028 年度末時点で完了する見通しを得る⁴。

② アウトカム目標

本事業により、エネルギーコストを可能な限り抑え系統制約による出力制御の低減を図りつつ再エネの導入を促進することにより、「エネルギー基本計画」で示される 2030 年の再エネ導入比率 36~38%程度の実現及び 2050 年のカーボンニュートラルに貢献する。

本事業の成果として確立したシステムが各電力系統に導入され、再エネ出力制御量・コストの低減とともに再エネの早期接続が可能となることにより、追加的に接続される再エネ設備として、2030 年で約5万 kW、2050 年には約 500 万 kW 以上を見込み、CO₂削減効果として約 270 万トン/年(排出原単位 0.443kg-CO₂/kWh で算出)を想定する。

③ アウトカム目標達成に向けての取組

アウトカム目標の達成に向け、本事業最終年度(2028 年度)のアウトプット目標を達成できるよう事業を進めることで、送電から配電まで一連のシステムである電力系統の

³ 揚水式水力発電は除く。

⁴ 中間評価時点で検証の体制が構築できない場合は、当該項目の検討は中止又は内容見直しとする。

各所における課題を着実に解決していく。また、事業終了後、開発装置の更なる高機能化や、実用化技術の成熟、装置の普及促進を進める。さらに、本成果の普及に向け、必要に応じて系統連系規程、電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドラインなどのグリッドコードへの反映や、関連政策や法改正等に向けた取組を実施する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

【委託事業】

研究開発項目1 DER等を活用したフレキシビリティ技術開発

研究開発項目2 市場主導型制御システムの技術検討

研究開発項目3-1 バイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上のための技術検討

研究開発項目3-2 水力発電の柔軟性向上のための技術開発

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー(以下「PMgr」という。)に NEDO 再生可能エネルギー部 主査 小笠原 有香を指名する。PMgrは、事業の成果・効果を最大化させるため、実務責任者として担当事業全体の進行を計画・管理し、事業遂行にかかる業務を統括する。

NEDO は公募により研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等(以下「団体」という。)のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO はプロジェクトリーダー(以下「PL」という。)を送配電システムズ合同会社 ゼネラルマネージャー 大野 照男氏に委嘱する。PL は、PMgrと協働し、プロジェクトに参画する実施者の研究開発を主導する。

(2) 研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

PMgrは PL や研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握す

る。また、外部有識者で構成する技術委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

PMgrは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

2024年度から2028年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期について、中間評価を2026年度、終了時評価を2029年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の継続・加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

② 知的財産権の帰属、管理等取扱い

研究開発成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。なお、開発段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

③ 知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

④ データマネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針(委託者指定データを指定しない場合)」を適用する。

(2)「プロジェクト基本計画」の見直し

PMgrは、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

(3)根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ及び第9号に基づき実施する。

(4)その他

本事業は、交付金インセンティブ制度(物的インセンティブ)を活用することとする。当該事業における具体的運用等は、公募を経て採択された実施者に提示する。

6. 基本計画の改定履歴

2024年2月 策定

2024年10月 改定(部署名の変更等)

2025年9月 改定(研究開発項目3-2の追加等)

研究開発計画

研究開発項目1 DER等を活用したフレキシビリティ技術開発

1. 研究開発の必要性

「第6次エネルギー基本計画」で示された「再生可能エネルギーの主力電源化」の実現のためには、特に時間と費用がかかる「系統制約の克服」が重要である。このため、既存送変電設備を最大限活用する「日本版コネク&マネージ」が進められてきた。しかしながら、これらは電源の出力制御(抑制)を前提としており、将来的に再エネがさらに増加した場合においても、電源の出力制御量の低減を含め、引き続き社会的便益(3E)の確保に努めていくことが課題である。また、出力制御量の増加は、新規の太陽光・風力発電事業者等にとっては事業の不確実性を高める要因にもなり得る。このため、その次の取組みとして、蓄電池やヒートポンプなどの分散型エネルギーリソース(DER)をフレキシビリティ(Δ kW、kWh、電圧調整など)として有効活用し、系統混雑時等に需要をシフトあるいは創出等を行うことで、電源の出力制御量の低減等に貢献することが可能なシステムの開発が期待されている。

DER フレキシビリティは、「電力系統の混雑緩和のための分散型エネルギーリソース制御技術開発(FLEX DER)」事業で対象としてきた配電用変電所の混雑だけでなく、ローカル系統等の混雑に対しても有効となり得る。また、DERを系統運用と連携し全体最適を図りながら活用していく上では、DERの Δ kWとkWhを同時かつ確実に確保する仕組みが中長期的には必要となる。さらに、広域的な運用容量(同期安定性や周波数等)の制約により再エネの連系制約が今後顕在化するリスクのある地域間連系線も含め、平常時のみならず事故時に系統用蓄電池等のDER等を制御することにより、再エネの有効活用とともに系統運用の高度化や系統増強の延伸・代替等の効果も期待される。

このように、これまでに無い新たなDER等の活用を検討することは、S+3Eを前提とした系統制約の克服を行う上では必要不可欠な取組みとなる。

2. 具体的研究内容

既存の制度や日本版コネク&マネージとの整合も図りながら、再エネの有効活用を図り社会的便益を向上させるためのDER等の制御システムのロジック構築及び基盤技術の開発を行う。

3. 達成目標

【最終目標】(2028年度末)

実証試験等を通じて、平常時の混雑緩和や出力制御量の低減ないし事故時の安定度確保等に資する新たな分散型エネルギーリソース(DER)等の活用手法の基盤技術及びシステムの標準仕様を確立する。

【中間目標】(2026 年度初頭)

平常時の混雑緩和や出力制御量の低減ないし事故時の安定度確保等に資する新たな DER 等の活用手法・ユースケースを整理し、実証試験での検証項目を絞り込む。また、実証試験において必要となる設備・システム等の設計・構築を 2026 年度末時点で完了する見通しを得る。

研究開発項目2 市場主導型制御システムの技術検討

1. 研究開発の必要性

2023年4月から、全てのローカル系統においてノンファーム型接続が適用され、今後、基幹系統・ローカル系統での系統混雑の発生が想定されている。系統混雑の際には、S+3Eの観点から、CO₂対策費用、起動費等のコストや、運用の容易さを踏まえ、送配電事業者の指令により電源の出力を制御する再給電方式(一定の順序)が適用されている。他方、電力・ガス取引監視等委員会制度設計専門会合における検討結果では、「再給電はあくまで暫定的な措置であり、できるだけ速やかに市場主導型(ゾーン制・ノーダル制)に移行するよう早急に検討を進めるべき」とされている。また、第6次エネルギー基本計画では、「今後は、再生可能エネルギーが石炭火力等より優先的に基幹系統を利用できるように、メリットオーダーを追求した市場を活用する新たな仕組み(市場主導型:ゾーン制やノーダル制)への見直しと早急な実現を目指すこと」とされている。

市場主導型へ移行する場合、新たなシステム開発が必要となるが、市場主導型混雑管理を適用する国・地域が一部にとどまるように、その前提となる制度・市場上の整理を含め多くの課題が存在する。また、市場主導型の実現には、その共通基盤となる新たなシステムのロジック開発など、技術的課題も存在する。これまで開発を行ってきたノンファーム型システムの基盤技術の経験を踏まえながら、先んじて当該システムの検討を行う必要がある。

2. 具体的研究内容

欧米での先行調査結果や資源エネルギー庁、電力広域的運営推進機関等での議論も踏まえつつ、市場主導型混雑管理の必要性・課題、適用範囲、当該手法を適用する場合に必要な追加的なシステム等の開発課題の抽出や適用効果を整理するための調査及びFSを実施する。具体的には、系統混雑等の長期見通しを算定し、混雑管理手法ごと(再給電方式、ゾーン制、ノーダル制)の費用対効果を試算するとともに各オプション適用時の課題整理を行う。また、市場主導型制御システムにおいても必要となるSCUC・SCEDロジック⁵については、既存技術の高度化・代替する手法や新規技術について調査・検討を実施する。

3. 達成目標

【最終目標】(2028年度末)

混雑管理等の制度設計の議論状況を確認しながら、市場主導型制御システムの要素技術の検討等を完了する。

【中間目標】(2026年度初頭)

混雑管理等の制度設計の議論状況を確認しながら、市場主導型の制御システムの必要性・適用課題の整理、2027年度以降に必要な技術開発項目の抽出を2026年度末時

⁵ 信頼度制約付き発電機起動停止計画(Security Constrained Unit Commitment)及び信頼度制約付き経済負荷配分(Security Constrained Economic Dispatch)。

点で完了する見通しを得る。

なお、中間目標が達成され、検討継続の必要性が確認された場合、システムの要素技術の検討等を行う詳細なフェージビリティスタディ(FS)を2028年度まで実施する。

研究開発項目3-1 バイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上のための技術検討

1. 研究開発の必要性

バイオマス発電・水力発電・地熱発電は、従来、固定価格買取制度(FIT: feed in tariff)の適用電源として出力を調整するニーズが低かったことに加えて、水力発電・地熱発電は、長期固定電源として、優先給電ルール上も出力制御(抑制)を受けることが実質的になかった。他方、今後はノンファーム型接続によって、系統混雑要因での出力制御を受ける可能性が生じている。全ての電源がノンファーム化し、卒FITも見据える場合、ノンファーム電源は最大受電電力(kW)での系統利用が保証されず、kWhに基づいた卸取引等となる。そのため、現状のように単にkWhで全量売電するのみならず、市場価格に応じた出力調整や、需給調整市場等での Δ kWhの取引を行うことを含め、電源の設備利用率の高さが発電事業者にとっては重要となる。しかしながら、混雑発生時には、確実な制御を前提に、ノンファーム電源として逆潮流を出力制御値(出力上限値)以下に制御又は逆潮流=0制御することとなる。公平性の観点での全電源メリットオーダー・一律制御も見据えると、様々な要因で最低出力等が決まっているバイオマス発電・水力発電・地熱発電にとっては系統連系の障壁となる可能性もある。そのため、当該電源を中心として出力調整機能を改善・柔軟性を向上させ、kWhの価値を提供しつつ一般送配電事業者の求めに応じることができれば、再エネ連系量及び発電量を増やせる可能性がある。

2. 具体的研究内容

本事業では、バイオマス発電・水力発電・地熱発電を中心に出力変化速度の向上や最低出力の引き下げ等の技術開発を行うことも見据えて、電力系統の信頼度を下げずに経済的に再エネの最大活用を図るための柔軟性を評価・分析するとともに、バイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上の限界とその要因をFSにて明らかにする。

なお、FSにてバイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上に係る技術要件・要求仕様、検証試験を行う電源、次年度以降の具体的な検証項目が定義され、費用対効果の精緻化を行った上で、技術開発が必要と判断された場合は、技術開発目標及び実施計画を改めて策定の上、開発事業に係る事業者の公募を速やかに実施する。

3. 達成目標

【FS 目標】

電力系統の信頼度を下げずに経済的に再エネの最大活用を図るための柔軟性を評価・分析するとともに、バイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上の限界とその要因を明らかにする。

研究開発項目3-2 水力発電の柔軟性向上のための技術開発

1. 研究開発の必要性

バイオマス発電・水力発電・地熱発電は、系統混雑時に出力制御を受けることを前提としたノンファーム型接続(新規に接続するあるいは増出力する電源)やFIT切れのファーム型接続が増えることが想定され、現状のように単に kWh で全量売電するのみならず、市場価格に応じた出力調整や、需給調整市場等でのΔkWの取引を行うことを含め、電源の設備利用率の高さが発電事業者にとっては重要となる。そこで、kWhの価値を提供し、再エネ連系量及び発電量を増やす可能性を探るため、出力変化速度の向上や最低出力の引き下げ等といった当該電源の柔軟性向上の限界とその要因を明らかにする「バイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上のための技術検討」(FS)を2025年5月末までに実施してきた。

特に、国内の一般水力(1,000kW以上)は1,362地点あり、新規水車の導入はさることながら、その大半の既存設備の大改修時代が到来することが見込まれる。ノンファーム型接続及びFIT切れを中心としたファーム型接続の水力発電が、系統混雑にかかわらず需給制約時に火力発電等に代わって調整力を発揮することにより、火力発電等の燃料費・起動費、再エネ出力制御量、CO₂排出量の大幅な削減が見込まれる。NEDOによる試算では、2040年に少なくとも国内で190億円/年の燃料費・起動費の削減効果が期待される。他方、水力発電の柔軟性向上に向けては、表1に示すような技術的課題が存在する。

表1 水力発電の柔軟性向上に向けた影響の大きい問題と技術的課題

影響の大きい問題	技術的課題の概要
① 部分負荷運転の頻度の増加により、キャビテーションや旋回流が発生する領域での運転が増え、翼面壊食や流体振動等による損傷リスクが増えるとともに水車効率が下がる。	部分負荷運転による水車の損傷リスクを低減させ、保全コストを抑制するとともに、発電電力量の減少を抑制する必要がある。
② 高速・高頻度な出力調整や起動停止の増加により、水車の摺動部品の摩耗や疲労破壊、水撃波の発生や過渡応答による水車・水圧管等の損傷のリスクが増える。	高速・高頻度な出力調整や起動停止による水車・発電機や水圧鉄管等の損傷リスクを低減させ、保全コストを抑制する必要がある。
③ 一般送配電事業者からの出力制御指令によって河川放流が発生する場合、人工洪水によって河川水位が上昇し、(特に無降雨時に)入川者の安全の確保が難しくなる。	河川放流させないため、水車の運転を継続するなどの必要がある。
④ 水路を農業用水等の利水補給に利用している場合、出力制御指令に伴う取水制御によって利水補給できなくなる。	水位を下げず利水補給や下流への放流を続けるため、水車の運転を継続する必要がある。

<p>また、カスケード型のシリーズ発電所では、発電制御対象発電所以外の下流発電所で減電が生じる。さらに、高頻度な出力制御に対応するため、取水水位を下げた運用する場合、出力制御しない時間帯で減電が生じる。</p>	
<p>⑤ 出力制御に伴い、洪水吐ゲート等の微小開度放流や余水路放流が続くと、近隣の家屋や旅館等から騒音や振動の苦情(風況被害を含む)が寄せられる懸念が生じる。</p>	<p>微小開度放流や余水路放流をさせないため、流水を止めずに出力制御する、あるいは水車の運用を継続する必要がある。</p>
<p>⑥ 取水口から水車までの着水遅れ時間に対応するために取水口で取水制御する必要がある場合、取水口ゲートに自動制御装置を新たに設置する場合が生じる。また、出力制御の頻度が多くなると、(長時間の利用を想定していない)余水放流設備の損傷が進行したり、ゲートのワイヤーケーブルや巻上機の劣化速度が加速したりする。</p>	<p>取水口から水車までの着水遅れ時間に対応するための取水口での取水制御や余水放流等をさせないため、水車運転を継続する必要がある。</p>

部分負荷運転や高速・高頻度な出力調整・起動停止にあたっては、水車各部への荷重、振動、壊食、摩耗や水圧鉄管の水撃波伝播などの負担が増加するため、水車の信頼性や耐久性の低下に対する保守コストの増加への対策が必要となる。また、運用面では、出力制御によって短時間で出力を下げる場合、流れ込み式発電所では溢水が発生し、ダム式、調整池式発電所では、無効放流量が増加する可能性があり、その分が減電となるため、経済性の確保が課題となる。逆に出力を短時間で上げる場合は、河川水位が急激に上昇するため、流域の安全性確保が必要となる。

すなわち、水力発電の柔軟性向上にあたっての問題は、運用上の溢水と減電による収益減と水車・発電機の劣化であり、これらを技術開発により解決することが必要である。

2. 具体的研究内容

今後ノンファーム型接続をする中小水力発電については多数の水車導入による運用台数の制御によって、ファーム型接続済みの大規模水力発電については単機容量の運用幅の拡大によって発電量の柔軟性を向上させるため、以下の2点に対する技術開発を一体的に実施する。

① 中小型水車の設計・解析支援技術

運用の柔軟性向上のための中小型水車メーカーへの技術支援及び発電事業者等に

おける水車のトラブル対応支援⁶を行い、また、柔軟性の高い運転が可能な水車形状を設計するため、中小型水車の設計標準化による低負荷時の高効率運転技術と高速・高頻度出力調整時の過渡応答抑制技術を開発する。

②大型水車の極低負荷運転時の水車評価手法と最適運用・制御システム

極低負荷運転の可否を容易に判断できるようにするため、極低負荷運転に特徴的な流れの挙動を簡易に評価可能な手法等を開発し、模型試験により本手法の妥当性を検証する。さらに、運転や機器の状態等のデータと既存の制御システムとの取り合い方法などを標準化するとともに、高速・高頻度な出力調整の抑制に資するシステムとの協調制御を検討し、実機検証を行うことを通じ、発電電力量の向上と機器損耗の低減等を可能とする最適運用・制御システムを構築する。

3. 達成目標

【最終目標】(2028 年度末)

一般水力を対象⁷に、以下の①②を一体的に行い、中小型水車に関しては河川や農業用水等への多数の水車導入による運用台数の制御によって、大型水車に関しては単機容量の運用幅の拡大によって発電量の柔軟性を向上させる。

① 中小型水車の設計・解析支援技術の開発

模型試験プラットフォームを構築し、設計や過渡応答評価に必要な手法やツールを整備・公開する。さらに、中小型水車の導入を促進するため、様々な落差・流量に対応する種々の形式の水車について、標準設計(比速度 70~600 程度)として公開する。

② 大型水車の極低負荷運転評価手法と最適運用・制御システムの開発

実機検証を行うことを通じ、発電電力量の向上と機器損耗の低減等を可能とする最適運用・制御システムを構築する。極低負荷運転の評価手法や既存の制御システムとの取り合い方法などはメーカーや発電事業者等に公開する。

【中間目標】(2026 年度初頭)

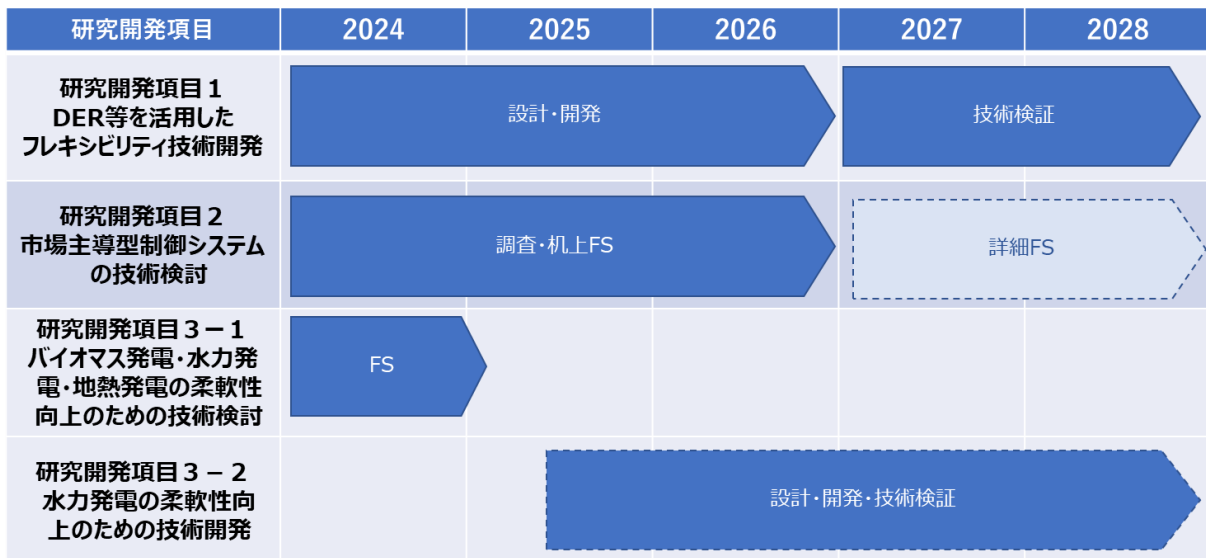
必要な検証の実施体制を構築し、技術開発・検証を 2028 年度末時点で完了する見通しを得る⁸。

⁶ 低負荷運転を想定していない中小型水車の低負荷運転時の振動・異音、出力調整運転・日間起動停止に起因する諸問題への対応(運転方法や水車形状の見直し、対策品の設置等)、極低負荷運転の継続によって懸念される水車や鉄管等の寿命(耐久性)低下への対応、状態監視等新技術開発の支援など

⁷ 揚水式水力発電は除く。

⁸ 中間評価時点で検証の体制が構築できない場合は、当該項目の検討は中止又は内容見直しとする。

研究開発スケジュール



※研究開発項目2については、上図にて実線で示した FS が完了したタイミングにて、検討継続の必要性の判断を行うこととする。

※事業全体の中間評価は 2026 年度、終了時評価は 2029 年度に予定する。