

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo.5-4

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)／

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

発表：2025年7月15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 吉葉史彦

(一財)電力中央研究所

問い合わせ先 電力中央研究所 <https://criepi.denken.or.jp/>

もくじ

- 背景・目的
- 事業概要
- バイオマス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検討
- 地熱発電の柔軟性向上のための技術検討
- まとめ

背景・目的

背景

- ▶ 今後導入されるバイオマス発電・水力発電・地熱発電(以下、再エネ3電源)はノンファーム型接続電源として系統混雑要因での出力制御の可能性がある
- ▶ 変動性再エネ(太陽光発電、風力発電)も含む、公平性の視点から、最低負荷の引き下げの技術課題を明確化する必要がある

目的

- ▶ 再エネ3電源の出力変化率の向上や、最低負荷の引き下げ等の柔軟性向上の技術開発を見据え、柔軟な運用の限界とその要因を明らかにする。

事業概要 再エネ3電源の柔軟性向上に向けた課題抽出・整理

事業概要

現状の発電設備を対象に、設備仕様、設備規模、および運用状況について、文献に基づき調査・整理する。また、負荷変化運用や最低負荷運用時の技術課題については、ヒアリングや特許等の公開文献に基づく調査を行う。

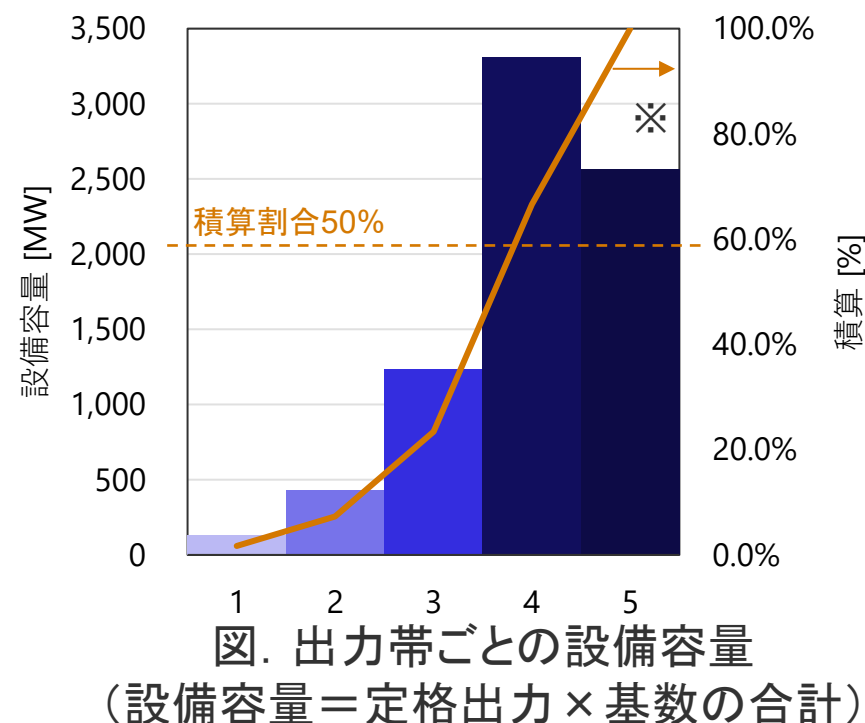
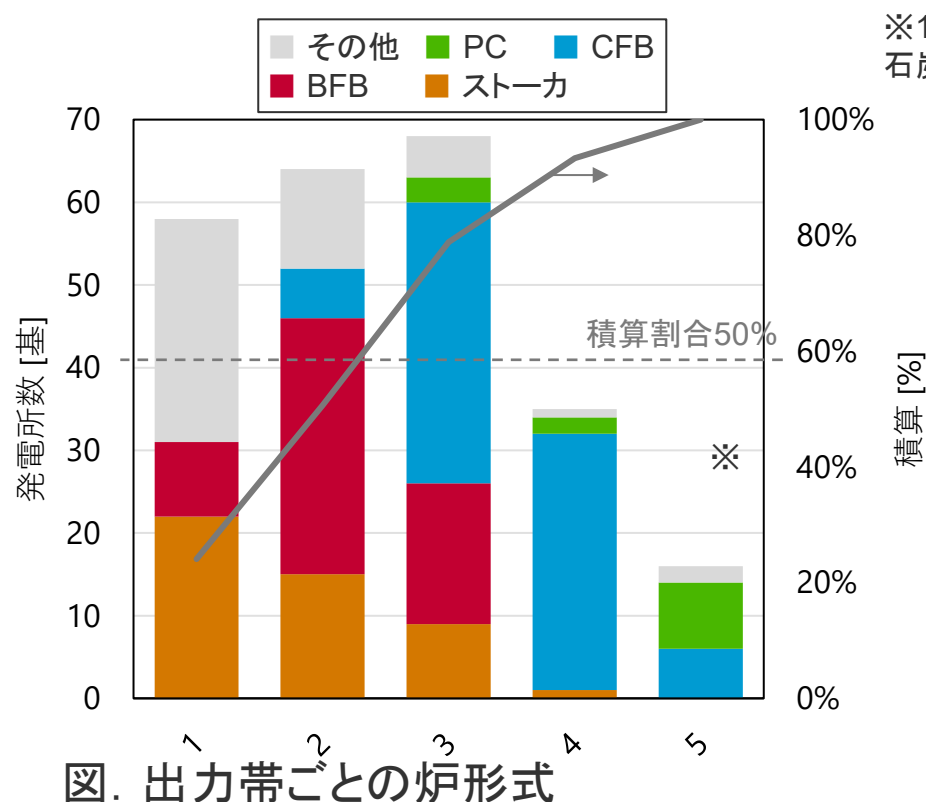
最終目標

再エネ3電源について、系統連系規定や電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドラインで明記されている発電設備に求められる仕様等と対応させ、a.各仕様の現行の運用範囲、b.運用上の限界値、c.技術開発で対応可能な範囲を表形式でまとめ、それぞれに対応する際の課題、対策コスト(増分)の要因等について抽出・整理する。

バイオマス発電の柔軟性向上のための技術検討

バイオマス発電の柔軟性向上に向けた課題抽出・整理

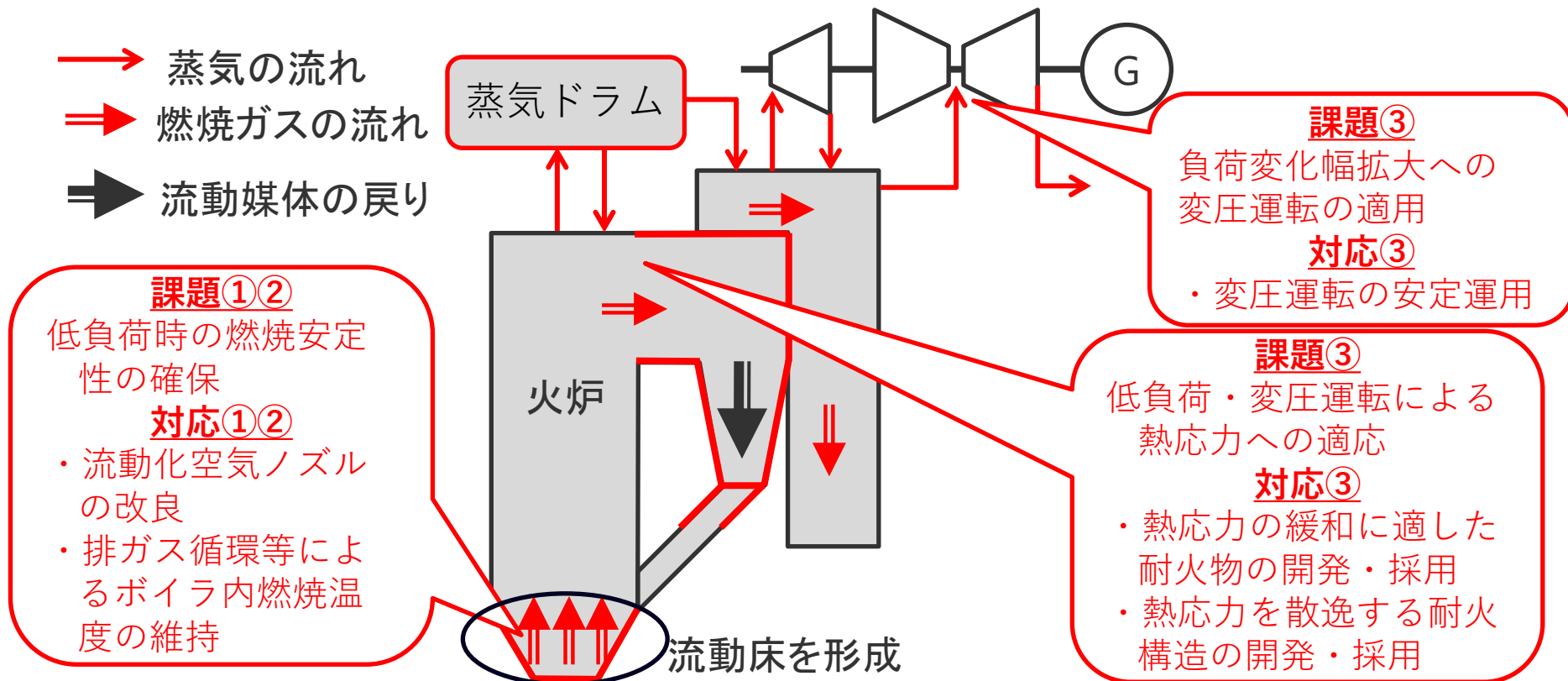
◆ 大型バイオマス専焼発電設備の大部分を占めるCFB(循環流動床ボイラ)を対象とし、柔軟性向上に向けた技術課題等を調査・整理(概ね50MW以上)



対象: FIT認定されている1MWより大きく300MW以下のバイオマス発電所(全:241件)
(その他 CHP:12件、ガスエンジン:3件、ディーゼル:1件、ORC (Organic Rankine Cycle):1件、不明:24件)

バイオマス発電の柔軟性の現状性能、向上限界、限界に至るまでの課題と対応（主にボイラ）

- ◆ 現状性能：最低負荷の下限：50～60%、負荷変化率の上限：1%/分
- ◆ 柔軟性向上の限界：最低負荷：45%（木質ペレット専焼）、負荷変化率：3%/分
- ◆ 柔軟性向上の限界に至るまでの課題：①火炉内温度低下による燃焼不安定化
②流動媒体循環量低下による蒸気温度低下
③低負荷運用への変圧運転の適用と熱応力の緩和



バイオマス発電における負荷変化性能の現状値、課題、技術開発等により対応可能な範囲

負荷変化性能	現状値	主な問題点と技術課題	技術開発等により対応可能な範囲
最低負荷	50～60%	燃料の自然発熱・火災リスク増 ➤ 自然発熱の抑制 火炉内温度低下による燃焼不安定化 ➤ 流動媒体の温度維持、燃料完全燃焼の維持 流動媒体循環量低下による蒸気温度低下 ➤ 変圧運転による運転範囲の拡大 排ガス温度低下による脱硝性能低下 ➤ 規制値に対応するための排煙処理性能の維持 （その他、燃料調達の調整頻度増加等の問題あり）	木質ペレット専焼の場合：45%程度 PKS専焼の場合：50-55% 木質チップの場合：55-60% （燃料管理により、最低負荷を削減可能と考えられる。）
負荷変化率	0.5～1%/分	問題点と課題は最低負荷と共通、追加的に以下の問題あり ボイラの熱慣性および時定数大 ➤ 蒸気管と耐火物の熱応力緩和	3%/分 （水分変動が小さく高発熱量の燃料を使用することで負荷変化速度を向上可能と考えられる。石炭であれば最大5%/分まで可能と考えられる。）
DSS運転	困難（最短で停止3h/起動12h）		耐火材の新規開発等により、起動停止時間を短縮できる可能性はあるが、DSS運転の実施可否は不明。
GF	有りの運転可		現状通り実施可能
LFC	実績なし	問題点と課題は上記と共通	
EDC	指令により出力下げ実施あり	（その他、手動運転対応での負担増加等の問題あり）	最低負荷、負荷変化速度の改善による

バイオマス発電の柔軟性向上に向けた課題と対策及び対策実施のためのコスト増分

影響の大きい問題	課題	対策	対策実施のためのコスト増分等
(ボイラ以外) 高頻度な出力制御に対応するため、燃料の保存期間が長期化し、燃料の自然発熱と火災リスクが増加する	燃料消費量が減少し、保存期間が想定外に長期化して自然発熱が発生（特に低負荷運転に不向きな燃料種）	再エネ制御の予測に基づき保存期間や使用順を管理	燃料管理負担の増加
(ボイラ以外) 高頻度な出力制御により燃料消費計画が変更となり燃料流通に影響を及ぼす	燃料消費計画の変更による滞船の増加への対応	出力制御による燃料消費計画の変動を考慮した燃料調達計画の策定	燃料管理負担の増加
①低負荷時にボイラ内の温度低下により燃焼状態が不安定化し、運転に支障が出る	温度低下、流動化空気量減少時の安定燃焼	流動化空気ノズルの改良、排ガス再循環等によるボイラ内燃焼温度の維持	- ノズルの改良技術の開発が必要 - 排ガス再循環運転は実績が無く実証が必要
②低負荷時（定圧運転）に流動媒体の循環量が減り、運転範囲が限定される	負荷変化幅の拡大	変圧運転の採用による安定運用	CFBボイラへの国内適用実績は無く、実証が必要
③ボイラの大きい熱慣性および時定数が大きいことにより柔軟な運用を行ったときの制約要因となる	蒸気管と耐火物の熱応力の緩和	熱応力の緩和に適した耐火物の開発・採用、熱応力を散逸する耐火構造の開発・採用	- 耐火物・耐火構造の開発が必要 - 開発技術の実証が必要

バイオマス発電の柔軟性の限界に至るまでの課題への対応 (まとめ) と技術開発について (主にボイラ)

◆ 柔軟性向上の限界に至るまでの課題(①～③)への対応

- 流動化空気ノズルの改良
- 排ガスの循環運用
- 変圧運転の安定運用
- 熱応力を緩和・散逸する耐火物の開発等

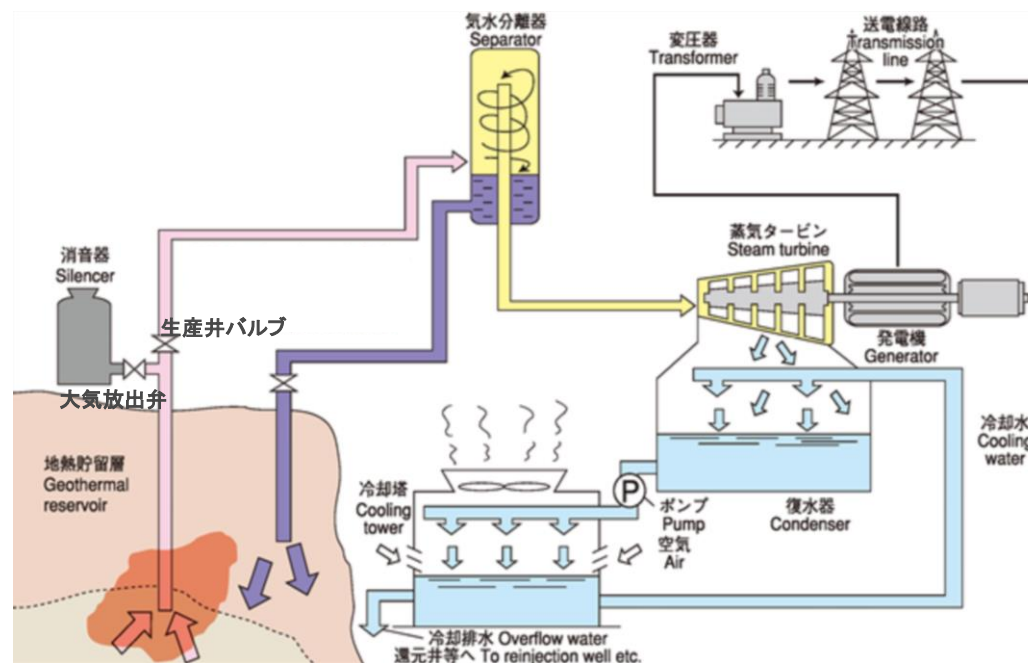
◆ 技術開発について

バイオマス発電の導入容量が小さく、柔軟性の向上により再エネ制御率の削減効果は限定的であり、技術開発や事業化には時期尚早と判断

地熱発電の柔軟性向上のための技術検討

地熱発電の柔軟性向上に向けた課題抽出・整理

- 主に国外で研究されている柔軟性に関する運用方法を調査
 - 熱源や環境への影響等、柔軟な運用を妨げる要素を整理
 - 調査対象
 - ・ 設備容量の95%以上を占める、2,000kW以上（特別高圧接続）の発電設備
 - ・ 総基数の7割、総設備容量の9割以上を占めるフラッシュ方式に重点を置く
 - ・ 蒸気生産・還元基地廻りの課題にも留意
- ※ 現在稼働中の生産井および還元井は250本以上



地熱発電の柔軟性の現状性能、向上限界、限界に至るまでの課題と対応

- ◆ 現状性能: 最低負荷の下限: 25%程度、負荷変化率の上限: 3~6%/分
DSS、LFC、EDC運用はいずれも困難、GF設備は付帯しているが実運用は困難
- ◆ 柔軟性向上の限界: 運用制約が多く、対応可能な範囲の明示が困難
- ◆ 柔軟性向上の限界に至るまでの課題: ①スケーリング箇所の増大、②生産井の噴気停止、③出力ハンチング・停止、④周辺環境・供給熱の不安定化

課題①

大気放出弁・生産井バルブ・各設備のスケーリング箇所の増大

・スケーリングの抑制

対応①

スケーリングメカニズムを考慮した薬注など

課題②

生産井の噴気停止

・貯留層の状態変化の予測、状態安定化

対応②

地下構造の変化予測、貯留層のリアルタイムモニタリングなど

課題④

蒸気の大気放出による環境影響の発生、周辺地域への熱水・蒸気供給の停止・周辺環境への影響低減、供給熱の安定化

対応④

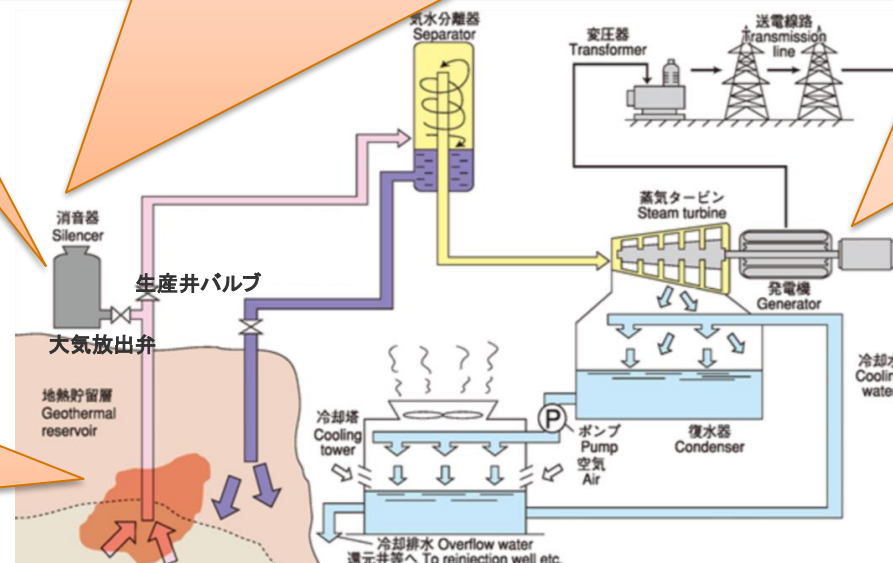
サイレンサの大容量化・高機能化など

課題③

低負荷・所内単独運転継続による出力ハンチング、発電停止
・出力ハンチング・タービン排気温度上昇の抑制、GF運転の無実績

対応③

タービンバイパスによる出力制御、エネルギー貯蔵による負荷増大、GF運転後の原状回復技術など



地熱発電における負荷変化性能の現状値、課題、技術開発等により対応可能な範囲

負荷変化性能	現状値	主な問題点と技術課題	技術開発等により対応可能な範囲
最低負荷	25%程度 短時間の所内単独可能	【問題点】暦日利用率の低下、制御弁へのスケーリング、地熱エネルギーの放出、生産井の圧力変動、タービン排気温度上昇による緊急停止、出力ハンチングによる不安定運転への対応、大気放出に伴う騒音・化学物質放出・着氷等、外部への熱供給量変動 【技術等課題】 ・運転員・監視員の増員、化学物質除去装置導入補助、タービンバイパス制御の高度化、ダブルフラッシュ方式における二次蒸気流量制御、エネルギー負荷増加による低負荷・所内単独運転の長時間化 ・貯留層・坑井への影響評価、トラブル回避・制御、地下構造のモニタリング及びリアルタイム制御等技術の開発 ・防音壁の経済性・景観影響評価	・蒸気タービンは現状でも負荷変化に対応可能だが、発電設備としての出力制御対応が必要 ・生産井の不安定化や周辺環境への影響が大きく、対応可能な範囲の明示が困難
負荷変化率	3～6%/分 ※ 負荷変化に未対応の設備あり	【問題点】上記に加え、直前の制御指示への対応が困難、熱源側の変動に対応した制御、坑井ケーシング損傷・貯留層状態変化・噴気停止等のトラブル発生、還元熱水量の変動、ダウンホールポンプによる出力調整運用の無実績 【技術等課題】上記対策技術の開発、生産・還元設備周りの完全な自動制御、貯留層構造変化を含む連成解析、還元性能維持のための坑井刺激等技術の開発	
DSS運転	発電設備は運転可 蒸気生産設備は運転不可	【問題点】上記に加え、生産井再噴気の所要日数及びコスト増、噴気誘導装置の調達困難 【技術等課題】上記に加え、坑内(底)オンラインモニタリング技術の高度化、噴気誘導装置の調達補助	
GF	設備は対応、運用無し	負荷変化率の項目と共通	
LFC、EDC	実績なし		

地熱発電の柔軟性向上に向けた課題と対策及び対策実施のためのコスト増分

影響の大きい問題	課題	対策	対策実施のためのコスト増分等
①大気放出弁・生産井バルブ・各設備のスケーリング箇所の増大	スケーリングの抑制	スケーリングメカニズムを考慮した薬注等	スケーリング対策の技術開発、導入
②生産井の噴気停止	貯留層の状態変化の予測、状態安定化	地下構造の変化予測、貯留層のリアルタイムモニタリング等	貯留層評価技術の高度化、モニタリング技術の開発、導入
③低負荷・所内単独運転継続による出力ハンチング、発電停止	出力ハンチング、タービン排気温度上昇の抑制、GF運転の無実績	タービンバイパス等による出力制御、エネルギー貯蔵による負荷増大、GF運転後の現状復帰技術	- タービンバイパス技術、エネルギー貯蔵技術の開発、導入 - GF運転の実証が必要
④蒸気の大気放出による環境影響の発生、周辺地域への熱水・蒸気供給の停止	周辺環境への影響低減、供給熱の安定化	サイレンサの大容量化・高機能化等 (地域への熱水・蒸気供給量の変動には対策困難)	- サイレンサ設備の環境影響評価、導入補助 - 地域への熱水・蒸気供給量変動は技術対応範囲外

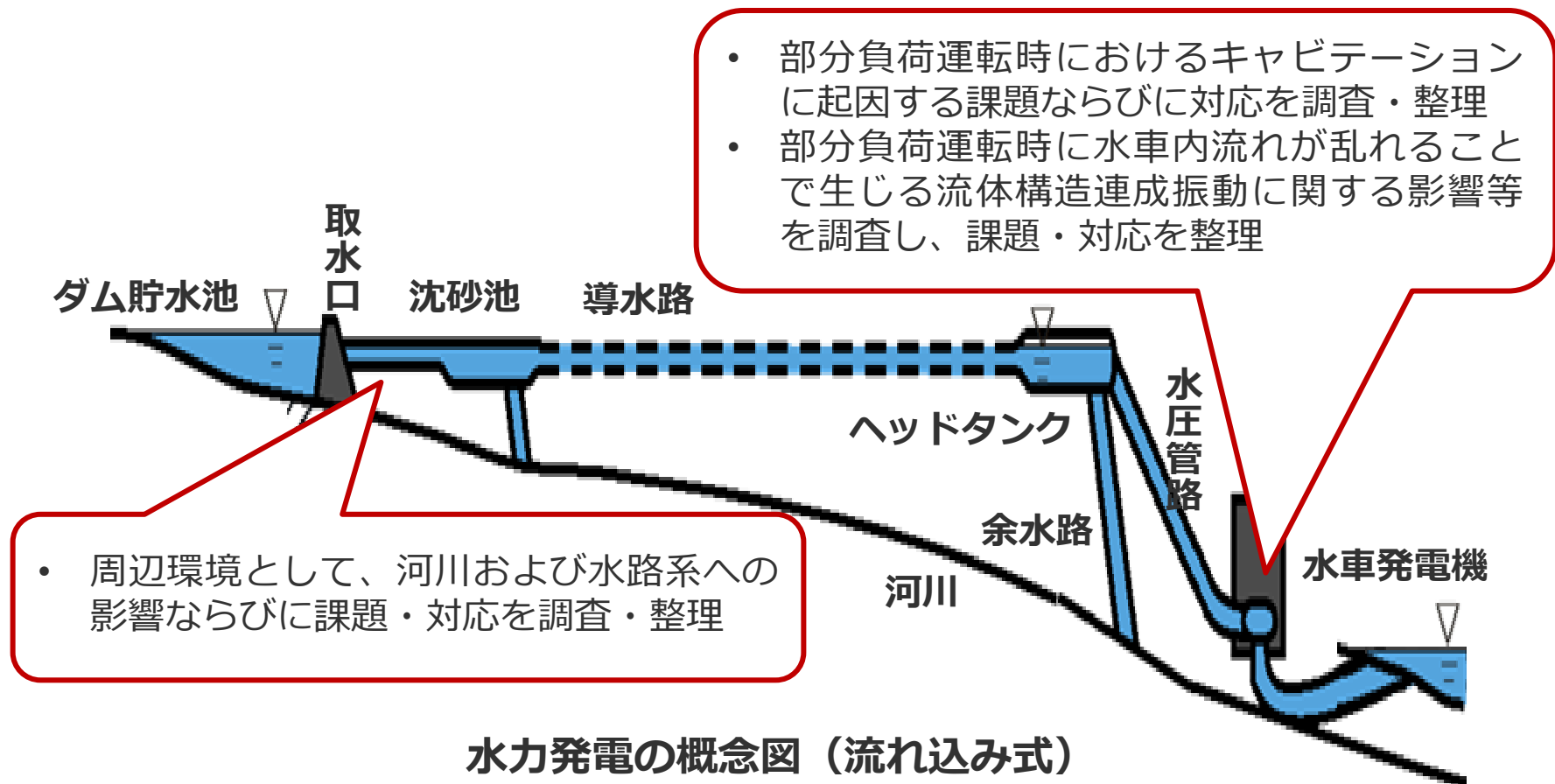
地熱発電の柔軟性の限界に至るまでの課題への対応（まとめ）と技術開発について

- ◆ 国外では柔軟な運用について先行して検討されているが、このケースは火力発電等の調整電源が少なく、地熱発電を調整電源として用いる必要のある特殊な事例
- ◆ 柔軟性向上の限界に至るまでの課題(①～④)への対応
 - ・ スケーリングメカニズムを考慮した薬注
 - ・ 地下構造の変化予測、貯留層のリアルタイムモニタリングなど
 - ・ タービンバイパスによる出力制御、エネルギー貯蔵による負荷増大、GF運転後の原状回復技術など
 - ・ サイレンサの大容量化・高機能化など
- ◆ 技術開発について
地熱発電の導入容量が小さく、柔軟性の向上による再エネ制御率の削減効果は限定的であり、技術開発や事業化には時期尚早と判断

水力発電の柔軟性向上のための技術検討

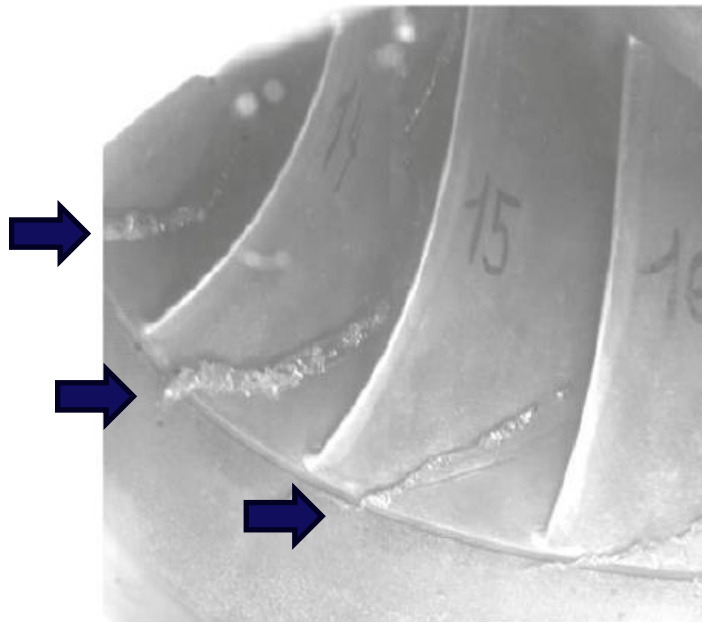
水力発電の柔軟性向上に向けた課題抽出・整理

- ◆ 中規模以上の水力発電を対象に、柔軟性向上に伴う水力発電設備の信頼性低下要因になり得る諸問題ならびに周辺環境への影響等を調査・整理



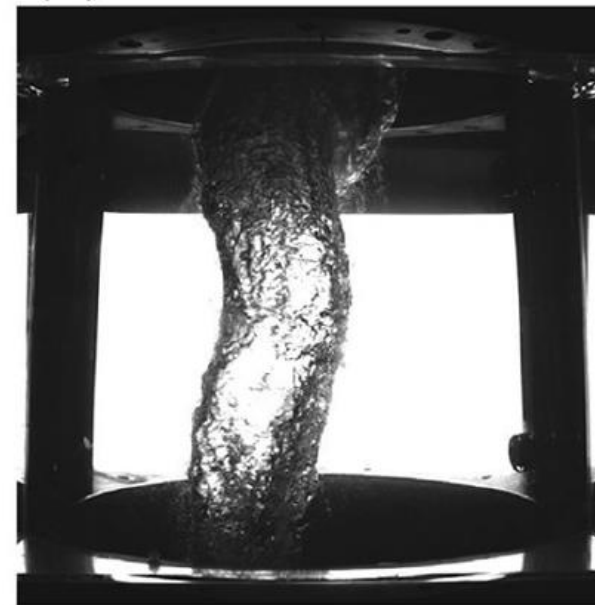
部分負荷運転時に水車で発生する現象例

キャビテーションが翼面上で消滅する瞬間に高温・高圧となり、衝撃力で翼表面を破壊し劣化する（壊食）



Deep part load 運転中に発生する翼間キャビテーション¹

渦芯の振れ回りによる強い圧力脈動
キャビテーション体積が変動すると
流量変動を伴い発電所全体が振動



ランナ（羽根車下流）の渦芯に生じるキャビテーション¹

水力発電の現状性能、柔軟性向上の限界、限界に至るまでの課題

◆ 現状性能：最低負荷の下限：

- ✓ 50%(標準的なもの)
- ✓ 負荷変化率の上限：50～100%/分
- ✓ DSS、GF、LFC、EDC運用はいずれも可能

◆ 柔軟性向上の限界：

- ✓ 最低負荷：0～100%
- ✓ 負荷変化率：100%/分

◆ 柔軟性向上の限界に至るまでの課題：

- ① 水車： 旋回失速、キャビテーション発生、翼面壊食、圧力脈動、効率低下、応力集中、疲労破壊、摺動部摩耗他
- ② 周辺環境： 河川水位上昇、農業用水等補給毀損、下流発電所の減電、振動・騒音、取水口～水車の着水遅れ時間、魚類・底生動物影響他

水力発電の柔軟性向上に伴う主要課題への対応

課題②

取水口～水車の着水遅れ時間

対応

- 取水口ゲートの自動制御装置の設置
(電源、通信環境の整備を含む)

課題②

農業用水等補給毀損、河川水位上昇、農業用水等補給毀損、振動・騒音、魚類・底生動物影響他

対応

- 導水路・水圧管路の流水遮断、余水路放流、河川放流、微小開度放流等の抑制と諸問題発生回避のためのバルブ付きバイパス管路やBESS等の設置

課題①

水車の旋回失速、キャビテーション発生、翼面壊食、圧力脈動、効率低下、応力集中、疲労破壊他

対応

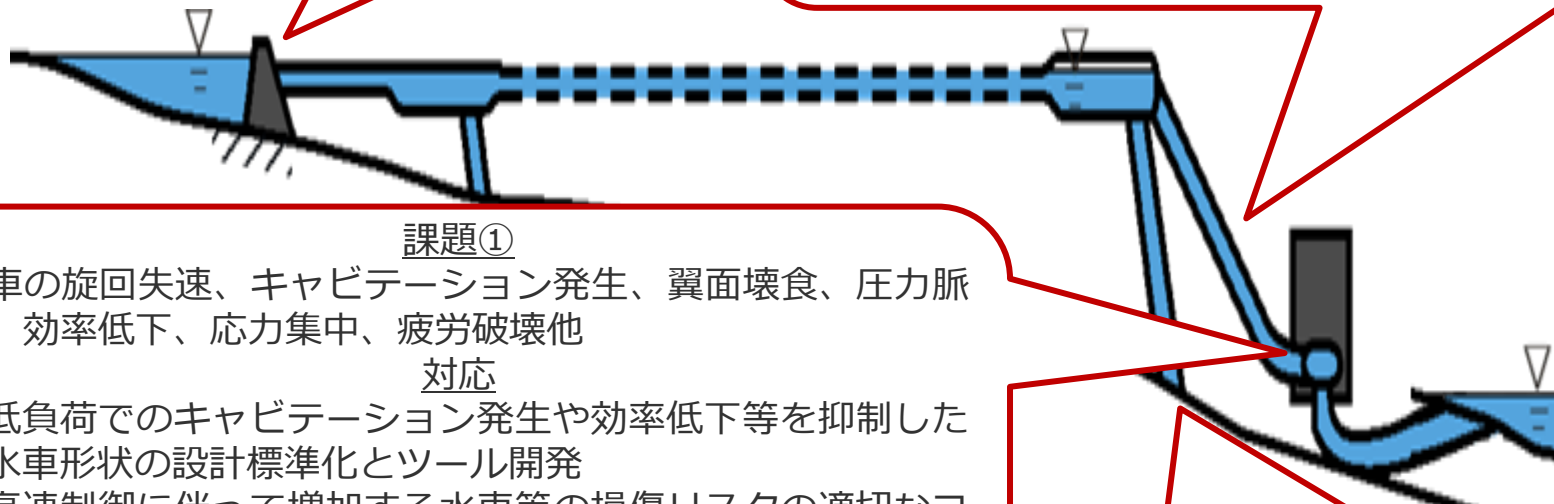
- 低負荷でのキャビテーション発生や効率低下等を抑制した水車形状の設計標準化とツール開発
- 高速制御に伴って増加する水車等の損傷リスクの適切なコントロールのためのデジタル技術(SPPS)やエネルギーストレージ(BESS)、過渡応答シミュレータ等の技術開発

課題②

放水口と下流河川の水位上昇

対応

- 自動警報装置や監視カメラ等の設置
(電源、通信環境の整備を含む)



水力発電における負荷変化性能の現状値、課題、技術開発等により対応可能な範囲

負荷変化性能	現状値	主な問題点と技術課題	技術開発等により対応可能な範囲
最低負荷	事業者、地点で異なるが、 標準は50%前後 。 但し、事業者の責任で、振動等を勘案しながら 10%前後まで 下げた運用もある	水車 ：キャビテーション発生、翼面壊食、圧力脈動、旋回失速のリスク増、効率低下	低負荷でのキャビテーション発生や効率低下等を抑制した水車形状、エネルギーストレージ（BESS）、デジタル技術（SPPS）により、柔軟性向上に伴う水車の損傷リスクの増加を適切にコントロールし、0～100%運転を可能とする
負荷変化速度	50～100%/min程度 (調整池式、貯水池式) (水路式は地点で異なる)	水車・圧力管路 ：可動翼の軸や摺動部の摩擦、過渡応答、応力集中、キャビテーション発生、水撃波の発生・伝播、圧力脈動	BESS、SPPS、密閉式エアクッションサージチャンバー、過渡応答シミュレータにより、柔軟性向上に伴う水車や圧力管路の損傷リスクの増加を適切にコントロールし、高速制御を可能とする
DSS運転	運転可 (但し、制御指令⇒ 運転制御の時間に制約)	水車・発電機 ：翼間・ランナ出口の圧力振動、ランナの疲労破壊 水路・河川 ：無降雨時の水位上昇、農業用水等利水補給の毀損、振動・騒音、余水路や巻上機等の劣化促進、着水遅れ時間対応（要員確保or自動制御） その他 ：発電制御以外の下流発電所の減電、溢水防止低水位運転による減電	水車・発電機 の課題については同上 水路・河川・その他 の課題については、バルブ付きバイパス管路やBESS等の設置により、柔軟性向上に伴う流水遮断や余水路放流、微小開度放流を抑制し、諸問題の発生を回避する
GF	可能	100MW以上の大型揚水では系統用件が課されているが、一般水力には系統用件は課されておらず、出力調整速度は揚水よりも劣ると考えられる	地点ごとに異なるが、現状よりも厳しい系統用件となる場合には、制御系や伝送系の大掛かりな改修が必要で、大きなコストを要すると考えられる
LFC	可能		
EDC	可能		

水力発電の柔軟性向上に向けた課題と対策及び対策実施のためのコスト増分

影響の大きい問題	主な課題	主な対策	対策実施のためのコスト増分等
①水車： ・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	・部分負荷運転や高速・高頻度制御でも損傷リスクが高まらない水車・発電機ならびに水路系の設計技術の汎用化を図る（密閉式エアクッションサージチャンバー等設置含む） ・水力発電所に小規模なエネルギーストレージ機能（BESS）を持たせ、高速・高頻度な水車の制御や起動停止を抑制する ・デジタル・AI技術（SPPS）を用いて副作用（設備損傷、溢水等）を最小化する	・部分負荷運転や高速・高頻度制御に対する最適化が十分でなく、技術開発と実機実証が必要 ・水車とBESSの最適運転について国内外に実績がほとんど無く、我が国の特性に合わせた技術開発と実機実証が必要 ・SPPSによる最適制御の国内実績が無く、我が国の特性に合わせた技術開発と実機実証が必要
①水車： ・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	・自動警報装置や監視カメラ等を設置する（電源、通信環境の整備を含む） ・バルブ付きバイパス管路等を設置し、水車を通過させずに放水路に水を流下させる ・水力発電所に小規模なエネルギーストレージ機能を持たせ、出力制御に伴う流量変化を抑制する	・出力制御直前の指令への対応が必要 ・追加の設備導入により脱炭素拡大の事業成立性の低下が懸念され、地点によっては掘削等の膨大な費用が必要 ・水車とBESSの最適運転について国内外に実績がほとんど無く、我が国の特性に合わせた技術開発と実機実証が必要
②周辺環境： ・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 ・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	・入川者の安全確保を行う必要がある ・河川放流させない、もしくは、利水補給を続けるため、流水を止めずに出力制御する必要がある。 ・河川放流させない、もしくは、利水補給を続けるため、水車の運転を継続する必要がある	・自動警報装置や監視カメラ等を設置する（電源、通信環境の整備を含む） ・バルブ付きバイパス管路等を設置し、水車を通過させずに放水路に水を流下させる ・水力発電所に小規模なエネルギーストレージ機能を持たせ、出力制御に伴う流量変化を抑制する	・出力制御直前の指令への対応が必要 ・追加の設備導入により脱炭素拡大の事業成立性の低下が懸念され、地点によっては掘削等の膨大な費用が必要 ・水車とBESSの最適運転について国内外に実績がほとんど無く、我が国の特性に合わせた技術開発と実機実証が必要

水力発電の柔軟性向上の技術開発イメージ

ー発電電力量拡大との両立のために必要な技術開発項目

『技術開発項目(本調査にて、以下 I、II、IIIの技術開発が必要と判断。2025年以降、本プロジェクトにて実施予定)』

I. 低負荷時にも高効率な水車の設計技術

- ⇒技術開発項目:(中小メーカーも利用可能な)水車設計の標準化・シリーズ化、設計ツール、模型試験プラットフォーム(検証用、過渡応答兼用)
- ⇒得られる効果:幅広い運転範囲で高効率化を図り、かつ、翼面の壊食や流体振動を抑制

II. 高速・高頻度な出力制御にも適した水車・発電機と水路系の設計技術

- ⇒技術開発項目:エネルギーストレージ(BESS)、過渡応答シミュレーター(水車-発電機-設備連成解析、余水制御設備や圧力脈動抑制設備の連成を含む)、可変速水車・発電機
- ⇒得られる効果:出力調整や起動停止に伴う水撃波の発生、振動を抑制

III. 高速・高頻度な出力制御にも適した水車・発電機の運用制御技術

- ⇒技術開発項目:IoTセンサーやAI等によるデジタル技術、SPPS
- ⇒得られる効果:状態監視・最適制御による発電電力量の最大化と壊食、侵食、機器損耗の最小化

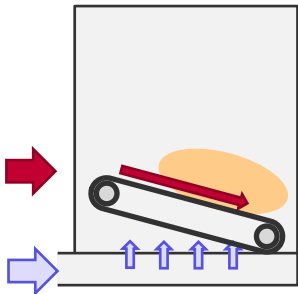
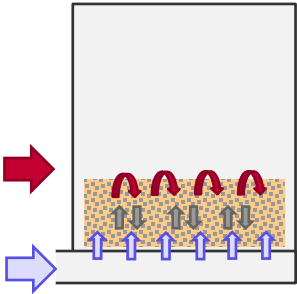
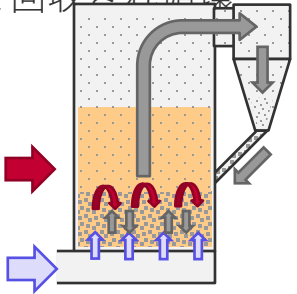
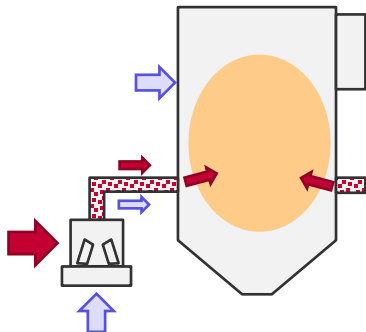
まとめ

- ◆ バイオマス発電はCFBボイラ、水力発電はダム式・ダム水路式・水路式（中規模以上）、地熱発電はフラッシュ方式に対象を絞り、運用柔軟性に関する現状の性能、性能向上の限界、性能の限界に至るまでの技術課題を調査。
- ◆ 文献調査、学会調査、発電事業者やメーカーへのヒアリングを通じ、技術課題をベースとした研究開発案を列举。
- ◆ 柔軟な運用を実施するための技術課題・対策・対策実施のためのコスト増分（定性的評価）を整理。
- ◆ バイオマス発電や地熱発電については導入量が少なく、柔軟性の改善による再エネ制御率削減の効果が限定的であることから、技術開発の優先順位を考慮し、次期事業としては水力発電について2点の技術開発を進めることとなった。

以下、参考資料

バイオマス発電の形式

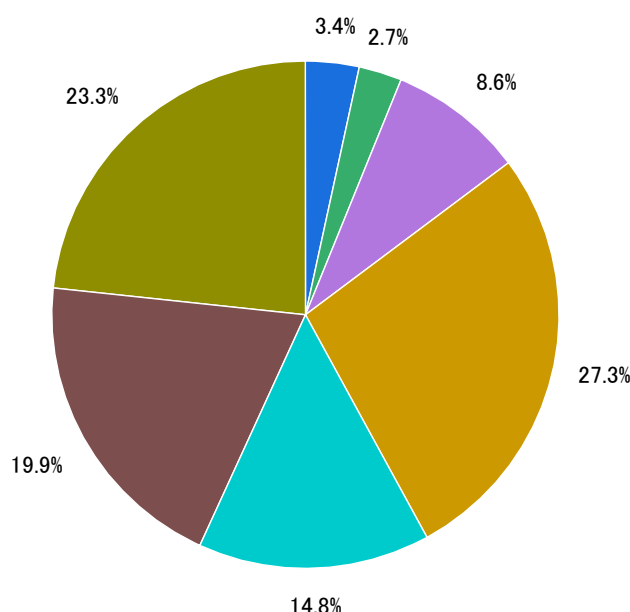
◆ バイオマス発電のボイラ形式を整理

炉形式	ストーカ式	気泡流動床式	循環流動床式	微粉炭式
流動状態	移動層	気泡流動層	乱流流動層	噴流層
本研究での略記	ストーカ	BFB (Bubbling Fluidized Bed)	CFB (Circulating Fluidized Bed)	PC (Pulverized coal Combustion)
特徴	➤ 火格子上で燃料を移動させながら燃焼 	➤ 下部から空気を導入して形成した気泡流動層内で燃焼 ➤ 流動媒体は炉内に留まる 	➤ 下部から空気を導入して形成した乱流流動層内で燃焼 ➤ 流動媒体の一部は排出され、サイクロンで回収され循環 	➤ 粉碎して微粉状となった燃料を空気とともに炉内に吹き込んで燃焼 

燃料 →
 空気 ⇄
 流動媒体 →
 燃焼場 ●

水力発電の柔軟性向上に向けた調査対象の選定 出力規模別の整理(総出力kW)

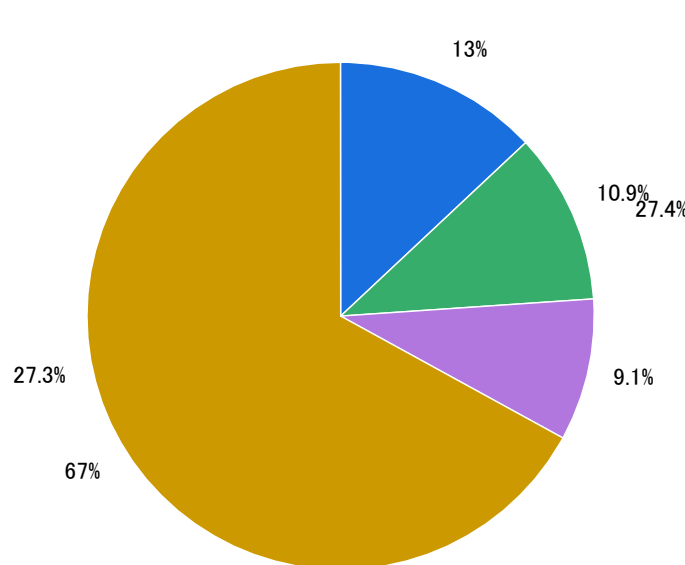
◆ 新規水車や改修水車の容量が多い中規模(概ね10MW)以上の大型水車発電設備について、柔軟性向上に向けた技術課題等を調査・整理



日本の一般水力
(1,000kW未満除く)

1362地点

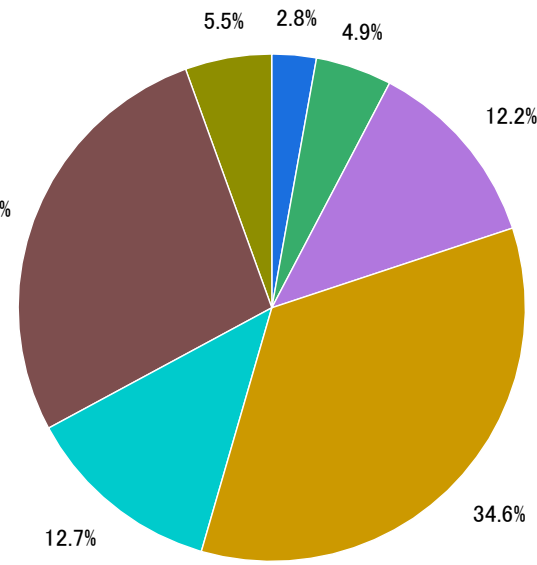
総出力は10,000kW以上が8割以上、30,000kW以上が6割程度を占める



至近10年の新規水車
(1,000kW未満除く)

36台

新規地点では10,000kW～30,000kWが総出力で7割程度を占める



至近10年の改修水車
(1,000kW未満除く)

346台

改修地点も10,000kW以上が8割以上、30,000kW以上が5割程度を占める