

【報告 3】 水力発電設備の高経年化・ 自然災害リスクへの対応

電力中央研究所 サステナブルシステム研究本部
研究統括室 分野統括（水力）
上席研究員 佐藤隆宏

研究成果報告会2025

2025年11月13日

RI 電力中央研究所

© CRIEPI 2025

RI 電力中央研究所

本報告でお伝えしたいこと

我が国では、**非化石エネルギー**である**水力発電電力量の増加**に向けて様々な取り組みがなされている一方、**長期運用の発電所が多く、水路延長が長い発電設備は高経年化・自然災害のリスク**に晒されている

高経年化に伴う水力発電設備の劣化に対して、当所は**状態把握や予測評価の合理化・簡便化、設備の延命化や発電停止期間の短縮につながる対策技術の開発**を進めている

地震や豪雨などの**自然災害**に対し、当所は水力発電設備の**効率的な事前調査や損壊リスク評価の合理化、発電運用支障の少ない対策技術の開発**を進めている

将来の社会環境変化を踏まえた高経年化・自然災害による**リスクの合理的な評価**にあたり、当所は**省力化・省人化や定量化・見える化**が図れる技術開発を行う

© CRIEPI 2025

1

本報告の内容は電力インフラに対し どのような価値向上の要素を持っているか

価値向上の要素

更新判断と
高経年化対策

運用変化
対応

自然災害
対応

設備保全・
合理化

性能向上・
非化石等増発電

報告会の構成

報告 1 電力流通設備のアセットマネジメントへの貢献

報告 2 火力発電設備の運用変化に伴う課題への対応

報告 3 水力発電設備の高経年化・自然災害リスクへの対応

報告 4 電力流通設備の災害復旧支援システムの開発と実務適用 — 災害情報共有プラットフォームの活用拡大 —

報告 5 電力設備の電気化学的手法による腐食劣化評価 — 送電鉄塔とコンクリート構造物への適用 —

報告 6 電力設備用パワー半導体の長期信頼性評価とSiCパワー半導体による技術革新

報告内容

1. 水力発電の最近の動向と本報告の視点
2. 高経年化に係わる諸課題の解決を支援する技術
3. 自然災害リスクを低減する技術
4. 高経年化・自然災害リスクに対する今後の備え

水力発電電力量増加に向けた取り組み

第7次エネルギー基本計画・水力発電電力量の電源構成比率

- 2023年度：7.6%
- 2040年度見通し：8～10%（130～450億kWh増に相当）

発電施設の新設

遠山川11,400kW、成瀬5,800kWなど18地点、約5.1万kW※

既設発電所の改修・更新による増電

丸山+13,000kW(151,000kW⇐138,000kW)など32地点、約5.5万kW(増加分)※

ダム運用高度化による増電

融雪出水の活用、洪水放流の一時的な貯留、複数ダムの連携運用、AIを活用したダム流入量予測の導入、AIを活用した貯水池式水力発電計画策定の最適化

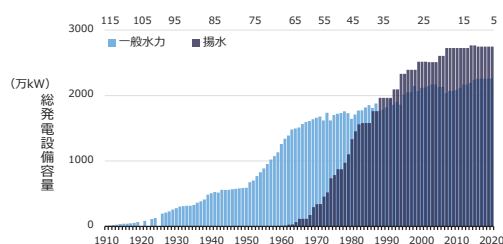
揚水発電の活用拡大

変動性再エネ拡大に対する系統安定性の確保

※ 令和6年度全国工事中水力発電所（九電力会社、電源開発、公営）、電力土木、No.438、2025.7

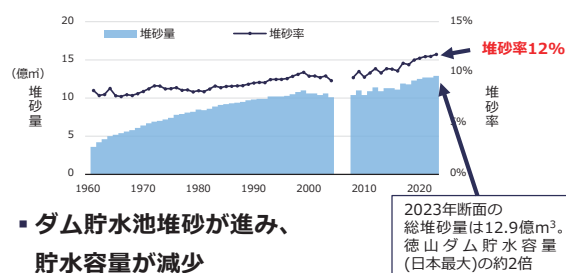
水力発電設備の高経年化の動向

総発電設備容量の推移と運用からの経過年数



- 一般水力は発電設備容量の1/2以上が60年超
- 近年稼働率の高い揚水発電も1/2以上が40年超
- 設備更新を順次進めているが、延命化や補修も必要

ダム貯水池堆砂量と堆砂率の推移



- ダム貯水池堆砂が進み、貯水容量が減少

水車ランナの侵食状況



- 水車の土砂摩耗や劣化が進行

出典：日本経済史研究所「日本電力業史データベース」、資源エネルギー庁データベース、電力土木技術協会誌「発電用貯水池・調整池堆砂状況」、国土交通省「全国のダム堆砂の状況」などを基に作成

水力発電設備への自然災害の影響

■ 地震起因の斜面崩壊による設備損壊事例



2016年熊本地震・黒川第一発電所

■ 既往最大超過洪水による設備損壊事例



2005年台風14号・西郷ダム

大規模地震による影響評価

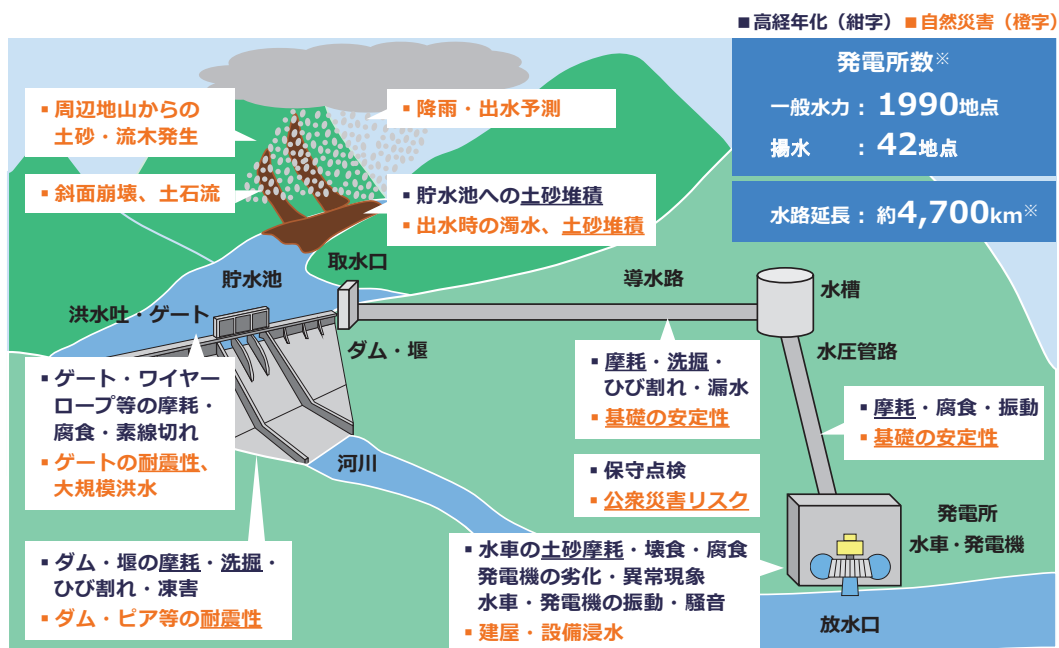
- ダムの耐震性能照査は完了^注
- 総延長が長い水路や水槽などについては、公衆災害リスクと地すべり等のリスクを踏まえた優先順位付けに応じた対策を実施中

気候変動による影響評価

- 台風・豪雨の激甚化・頻発化
 - 洪水流量の増加
 - 地すべり・斜面崩壊の増加
 - 土砂生産量の増加
- 出水期の変化
 - 融雪期の早期化
- 気候予測データを活用した河川流量の将来予測評価を実施中

注 経済産業省「第23回電気設備自然災害等対策WG」（20250618）で示された新たな南海トラフ巨大地震の想定地震動については現在検討中

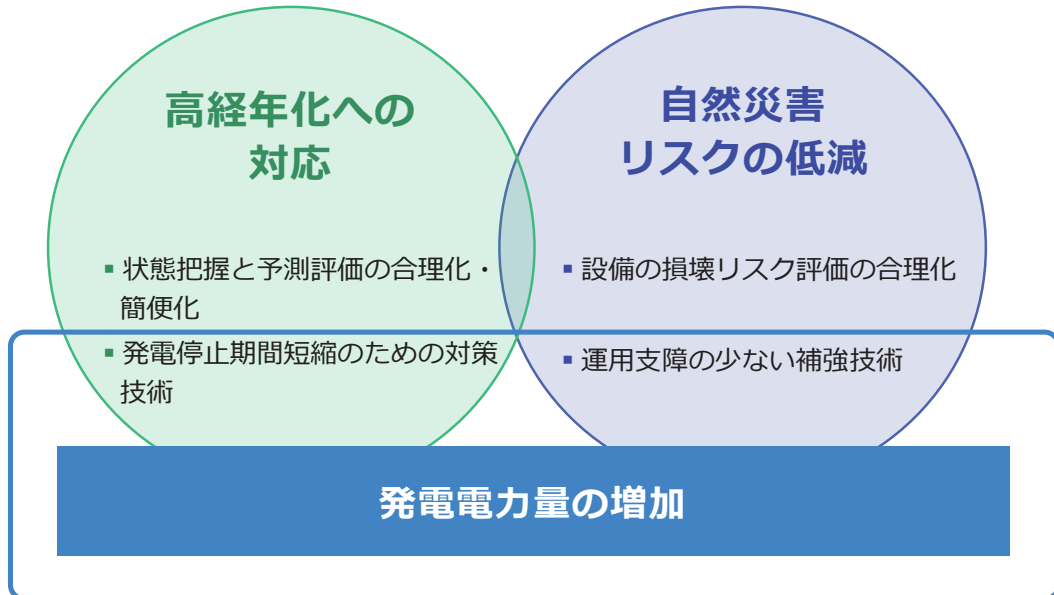
高経年化・自然災害に係わる主な技術課題



※ 資源エネルギー庁ホームページ

本報告の視点

水路延長が長い水力発電設備



高経年化に係わる電中研の取り組み

コンクリート構造物（ダム・堰、導水路、水槽等）

- 劣化損傷部材・劣化対策部材の構造性能評価
- 土砂摩耗・損傷予測評価

■ ダム下流水叩きの洗掘



鋼構造物（ゲート、水圧管路等）

- 健全性診断マニュアル
- 取替判断指標
- 局所腐食の限界状態評価
- 土砂摩耗・損傷予測評価

■ 水圧鉄管の腐食・孔食



出典：柴田ほか（2014）：水圧鉄管伸縮部の腐食事象、電力土木、No.374

ダム貯水池

- 堆砂予測評価
- 堆砂対策技術
- 排砂・通砂影響評価

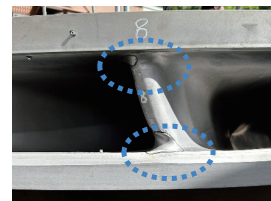
■ ダム貯水池の堆砂



機械設備（水車、発電機）

- 水車の土砂摩耗予測評価・対策技術
- 土砂流入予測評価
- 土砂流入軽減技術
- 発電機器の劣化・異常判定技術

■ 水車ランナの摩耗・損傷

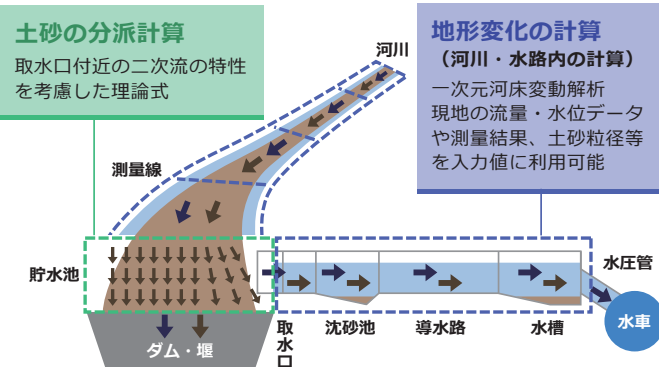


水車への土砂流入予測評価技術

- 出水規模や発電運用パターンによって大きく変化するダム・沈砂池等の堆砂量や水車への流入土砂量を実務者が簡便に算定できる解析ソフトを開発

土砂動態シミュレータSuiricの開発

河川から水車までの土砂の挙動や堆積状況を簡便かつ一体的に計算可能



出典：太田、米澤（2023）「河川・取水施設の一体的な流砂解析」、電力中央研究所研究報告SS23005 を基に作成

活用例

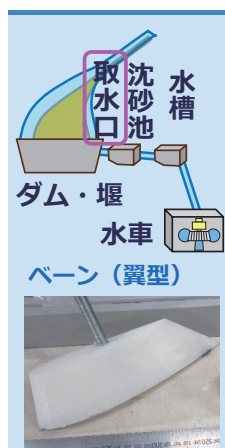
- 発電運用による沈砂池や水槽の土砂堆積量、水車への流入土砂量を算定可能
- 累積土砂堆積量は効率的な排砂や発電運用に利用可能
- 累積水車流入土砂量は水車部品交換の目安に利用可能
- 発電電力量と溢水電力量※・土砂処理・水車補修費用の算定に活用可能
- 電力各社にて利用開始

※洪水時に水車土砂摩耗・損傷などを防ぐために水を有効に発電できず、放流せざるを得ないことで失われる電力量

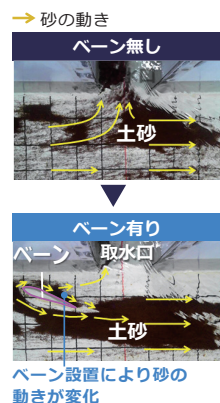
取水口への土砂流入軽減技術

- 豪雨の頻発化に伴う土砂生産増加による水車土砂摩耗の加速の懸念に対し、出水中の発電停止期間の短縮が可能な取水口の土砂流入軽減技術を開発

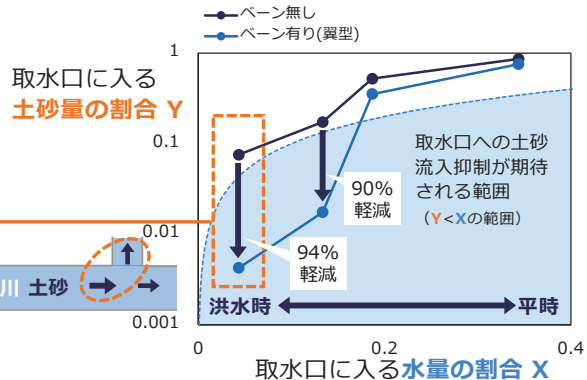
取水口前面へのベーン設置による取水口への土砂流入対策



■ 洪水時の砂の流れ



■ 実験で得られたベーン設置の効果



- 洪水時の土砂流入量が大幅に減少
- 現在、現地施工に向けて検討中

出典：太田ら（2024）「ベーン工による水力発電用取水口の土砂流入制御に関する実験」、河川技術論文集 を基に作成

自然災害リスクに係わる電中研の取り組み

地震

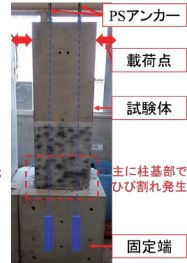
主な対象

- ダム・堰
- 導水路
- ゲート
- 水槽
- ピア
- 水圧管路

取り組み

- 耐震性評価
- 耐震補強技術
- 耐震性スクリーニング手法

■ ダムピア耐震補強



降雨

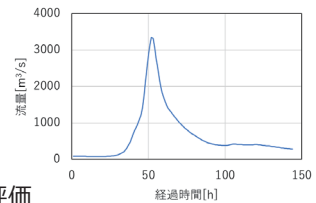
主な対象

- 洪水吐

取り組み

- 降雨・出水予測評価
- 大規模洪水量算定手法
- 流木捕捉影響評価

■ 1000年確率洪水波形の計算結果例



地震・降雨共通

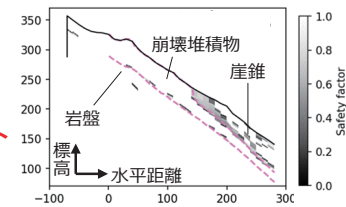
主な対象

- 斜面
- 貯水池
- 周辺地域（公衆災害）

取り組み

- 斜面崩壊危険度評価
- 濁水挙動評価
- 崩落斜面の土砂移動評価
- 洪水・浸水解析ソフト
- 天然ダムの形成・決壊・洪水伝播評価
- 土石流解析ソフト
- 土砂流入に伴う貯水池段波評価
- ドローン電磁探査

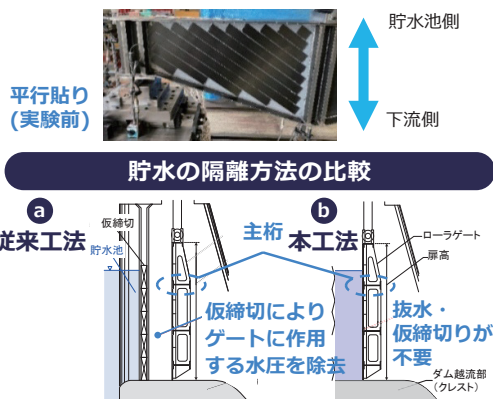
■ 斜面崩壊危険度評価の計算結果例



CFRP※接着工法によるダムゲート補強

- ダムゲートの供用中も施工可能で、かつ、大型仮設備が不要となる廉価なダムゲート耐震補強工法として、CFRP接着工法の効果を実験により確認

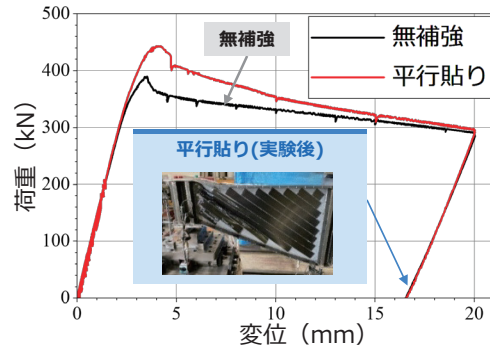
CFRP接着工法によるローゲート主桁端部の補強



※ Carbon Fiber Reinforced Plastics、炭素繊維強化プラスチック

出典：府川、塩電（2023）「CFRPによる荷重作用下での変断面I形桁端部の補強効果」、鋼構造年次論文報告集 を基に作成

CFRP接着工法によるローゲート主桁端部補強の実験結果

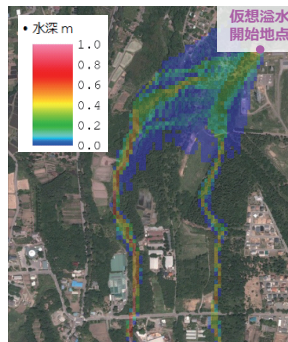


- 軽量で施工性に優れ、部材加工が不要なCFRPの接着により、剛性および最大耐力が向上
- ラジアルゲートを対象に現地実証中

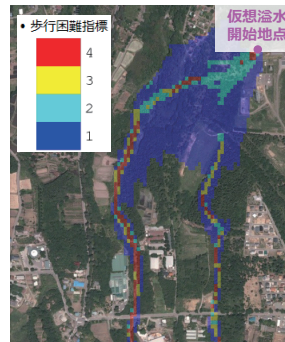
公衆災害リスク評価技術

- 自然災害に起因する水力設備損壊がもたらす公衆災害リスク（溢水・浸水影響）を簡便かつ合理的に評価できる溢水・浸水解析ソフトを開発

解析例（水深）

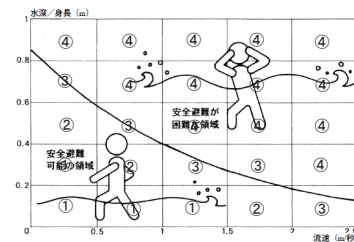


解析例（歩行困難指標）



（参考）歩行困難指標

- ① 低い⇒② 中程度⇒③ 高い⇒
④ 非常に高い



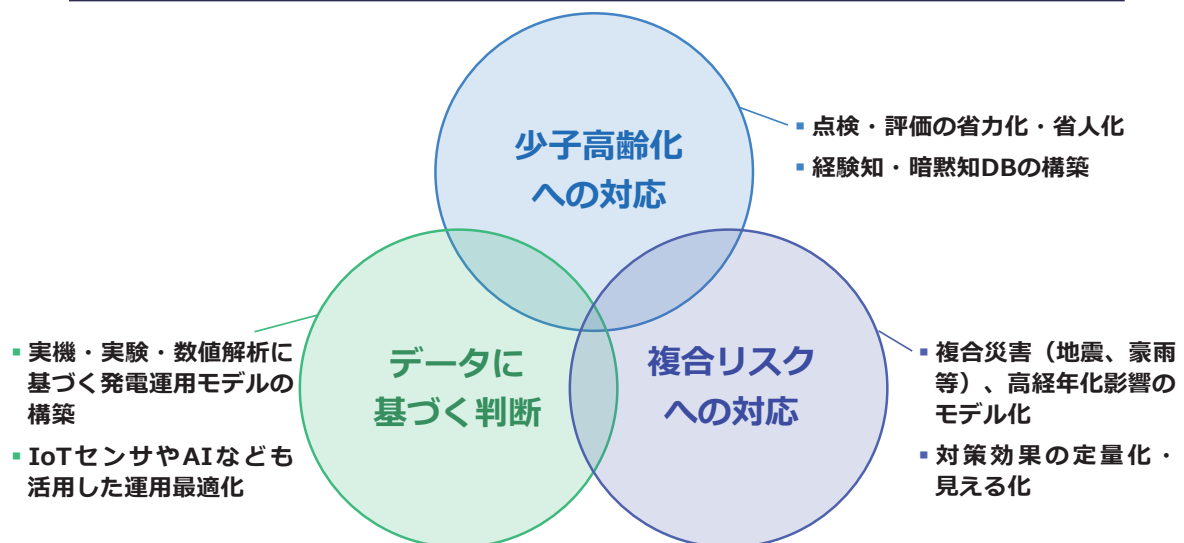
出典：国土交通省：地下空間における浸水対策ガイドライン＜技術資料＞，2002。

- 設備損壊箇所の緯度・経度と流量波形を入力条件として、溢水影響範囲の水深や流速、流体力を評価可能
- GPU並列により一般的な洪水氾濫解析の10倍以上の計算速度
- 電力各社に採用され、水力発電設備の公衆災害リスクの評価と対策検討に活用

出典：新井、太田（2019）「水力設備の公衆災害リスク評価を目的とした浸水解析ソフトウェアの開発」、新エネルギー財団第115回中小水力発電技術に関する実務研修会を基に作成

高経年化・自然災害に対する今後の課題

- 2050年カーボンニュートラル実現に向けて水力発電電力量増加に取り組みつつ、設備の状態評価や余寿命予測、自然災害リスク評価、対策技術等の開発を進めるとともに、下記の課題への取り組みが必要



省力化・省人化のための自動点検技術

■ 今後、設備の高経年化に伴い損傷リスクが増大する懸念がある一方で、**発電停止期間の短縮**や点検の**省力化・省人化**が望まれている

これらの解決の一助として、数kmに亘る**導水路トンネル**を自動かつ短時間で点検する技術として、**自律飛行ドローン**と**自己位置同定技術**の開発を進めている



特徴

過酷環境に使用可能な高性能な機体

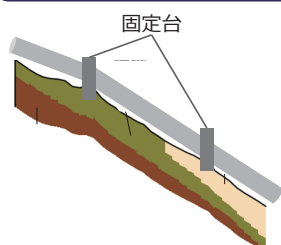
特殊環境に対応可能な安定・ロバストな自律制御システム

長距離飛行を可能とするエンジン・バッテリーの搭載

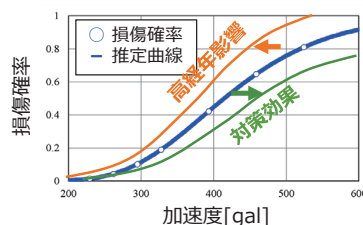
複合リスクと対策効果の定量化・見える化

■ 今後、複合災害（地震、台風・豪雨等）、高経年化に対する備えが求められるが、水力発電設備は**水路延長が長い**ため、これらの**リスクと対策の効果**を適切に評価し、**優先度**を合理的に判断しながら、**戦略的**に対策を進める必要がある
その解決の一助として、複合リスクと対策効果の**定量的評価手法**ならびに**リスクマネジメント手法**の開発を進めている

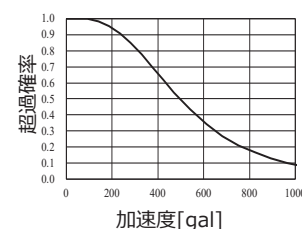
地震による水圧鉄管固定台の損傷確率算定イメージ



水圧鉄管固定台の脆弱性曲線



最大加速度ハザード曲線



固定台の年間損傷確率 1.20%

特徴

複合災害、設備の高経年化、対策効果等を考慮して複数地点の損傷確率を算定

リスクの大きさ、対策効果、発電電力量などを勘案し、優先度を合理的に判断

まとめと今後の備え

当所は、発電停止期間の短縮や発電運用支障の減少につながる、高経年化や自然災害のリスク低減のための計測・評価技術や対策・補修技術を開発し、現地適用を進めてきた

今後、電気事業において、点検の省力化・省人化と評価の合理化につながる技術開発、ならびに水路延長が長い発電設備のリスクと優先順位の定量化・見える化を可能とする技術開発が必要である。当所は所有する基盤技術を活用・発展させ、これらの技術開発を着実に実施する

ご清聴ありがとうございました

電力中央研究所

Central Research Institute of Electric Power Industry