

**令和7年度 IEA水力実施協定国内報告会**

# **HYDRO2025の概要**

**令和8年 3月4日**

**一般財団法人 新エネルギー財団  
水力地熱本部 水力国際・技術部**

# 1. はじめに

## 「HYDRO」とは...

国際ジャーナル誌「HYDROPOWER & DAMS」を発刊しているイギリスのAqua-media International社が、1994年から毎年ヨーロッパ各地で実施している国際会議であり、水力発電、ダム工学、揚水発電開発のあらゆる話題について議論することを目的としている。また、「HYDRO」の他に「ASIA」や「AFRICA」といった姉妹会議体があり、これらの会議は東南アジアやアフリカの各国で開催されている。

<https://www.hydropower-dams.com/>

基本的には  
秋に開催

## 「HYDRO」の直近の開催状況

	月日	場所
HYDRO2018	10月15日～17日	グダニスク／ポーランド
HYDRO2019	10月14日～16日	ポルト／ポルトガル
HYDRO2020	10月26日～28日	オンライン開催
HYDRO2021	—	中止
HYDRO2022	4月25日～27日	ストラスブール／フランス
HYDRO2023	10月16日～18日	エジンバラ／イギリス
HYDRO2024	11月18日～20日	グラーツ／オーストリア
HYDRO2025	10月22日～24日	テッサロニキ／ギリシャ
HYDRO2026	10月14日～16日	ボローニャ／イタリア

## 2. HYDRO2025について

開催期間 : 2025年10月22日(月)～24日(水)  
開催場所 : テッサロニキ / ギリシャ

この会議は、約69 か国から1,000 人を超える代表者が集まり、今日の課題と、それに対処するための専門知識と新興技術について検討した。

発表はテーマ毎に37のセッションに分かれ、合計200件を超える発表が4つの会場で行われた。水力発電所に係る新技術・保守運用・開発のみならずアセットマネジメント、環境・政治課題など、多岐にわたる発表が行われた。また並行して大規模な国際技術展示会が開催され、水力発電業界の約200の組織・団体が自社のサービスや製品の展示を行った。

<https://www.hydropower-dams.com/photos/hydro-2025/>

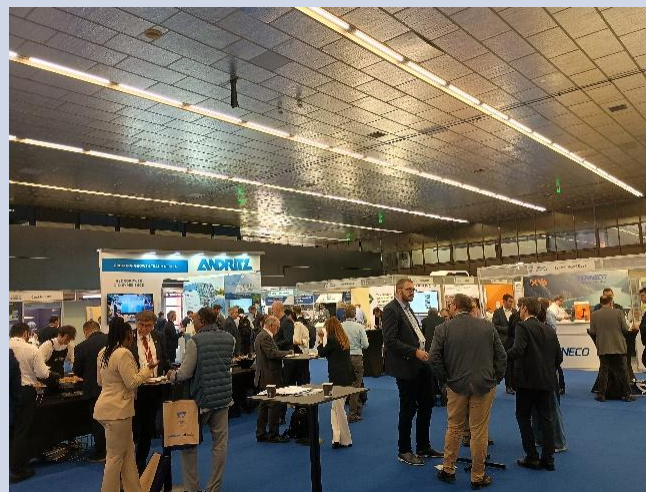
### HYDRO2025 プログラム

	10月22日(水)	10月23日(木)	10月24日(金)
8:00～10:30	開会	10 環境と社会の側面I 11 ダムの安全性と監視 12 揚水発電I 13 堆砂管理I	26 水中工学 27 運用上の問題とメンテナンス 28 人工知能 29 小水力発電
11:00～12:30	1 ギリシャの水力発電の現状 2 ハイブリッド化 3 水力機械I	14 環境と社会の側面II 15 自然災害管理 16 揚水発電II 17 堆砂管理II	30 トンネルと地下工事I 31 水力発電のアップグレードと改修 32 既存の水力発電O&M向けデジタルソリューション(iAmp) 33 IEAセッション
14:00～15:30	4 プロジェクトファイナンス 5 設計と建設I 6 水力機械II	18 魚類保護 19 水文学と洪水 20 揚水発電III 21 土木材料	34 トンネルと地下工事II 35 電気工学 36 欧州の水力発電の取組み 37 多目的水力発電プロジェクト
16:00～17:30	7 法的および契約上の側面 8 設計と建設II 9 水力機械III	22 気候変動リスクとレジリエンス 23 ゲートと放水路 24 揚水発電IV 25 土木工事-改修	閉会

## 開会セッション



## 展示ブース



## 発表会場の様子

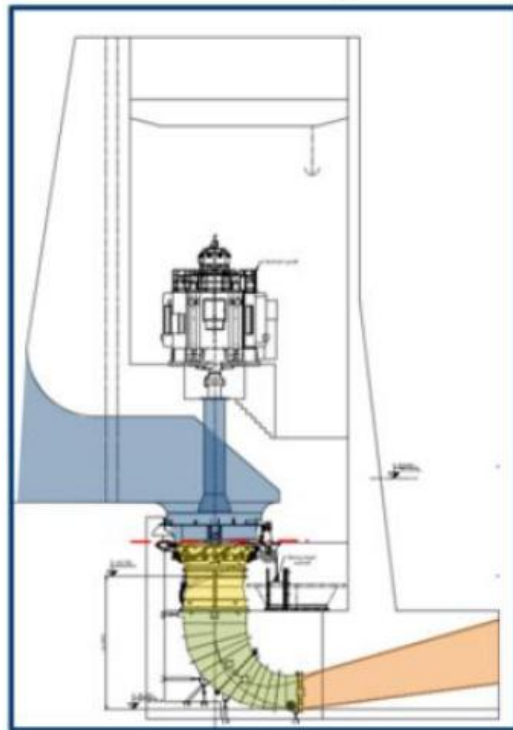


# 3. 技術トピック「水力機械」

## 3-1. 発電所の建設と運用コストを最適化するための新しいカプラン設計コンセプト

- Andritzから渦巻き型ケーシングを持たず、箱形コンクリート構造とした新型カプラン水車構造の紹介があった。
- 渦巻き型ケーシングに比べ、箱型コンクリート構造では、スパイラルが不要であり、コンクリート工事がシンプルとなる(建設費減)。
- 渦巻き型ケーシングに比べ、コンパクトになり省スペース化が図れる(設置面積29%減)。

New Design



新型カプラン水車  
(箱型コンクリートケーシング)



据付け状況

# 3. 技術トピック「水力機械」

## 3-2. 既存のペルトン水車の改修のための水平軸配置のマルチジェットユニット

- Voithから最大 6 つのノズルを統合できる水平マルチジェットペルトン水車の紹介があった。
- 横軸ペルトン水車においては、ケーシングの上部と下部に位置するノズルにより、流出水がランナに干渉し、タービン性能を低下させる可能性があるが、ハウジング・ランナを改良し、ランナ外径部に円錐形のシールドを設置することで実現した。
- 横軸二輪四射両掛ペルトン水車の設備改修などの際に、マルチジェットペルトン水車を採用することが有効な選択肢となる。



横軸6射ペルトン水車

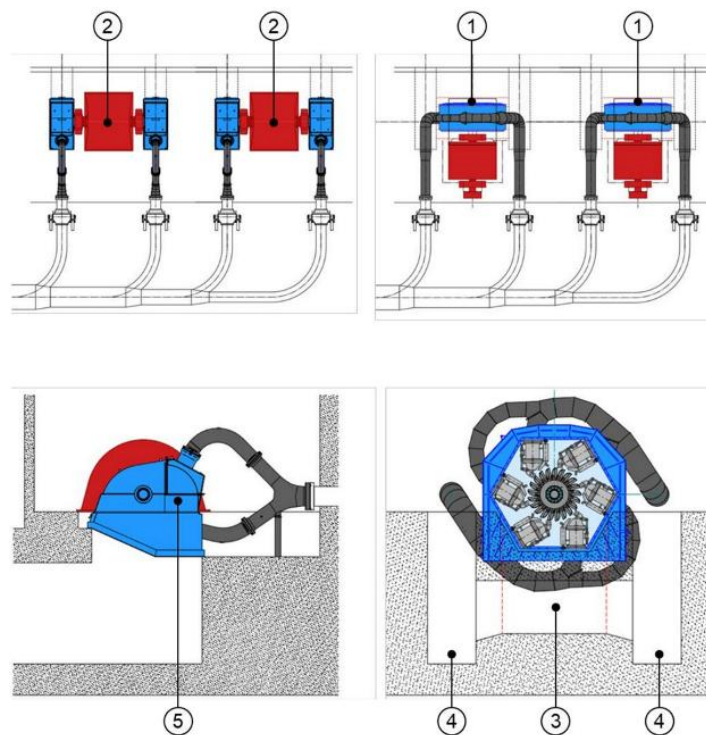


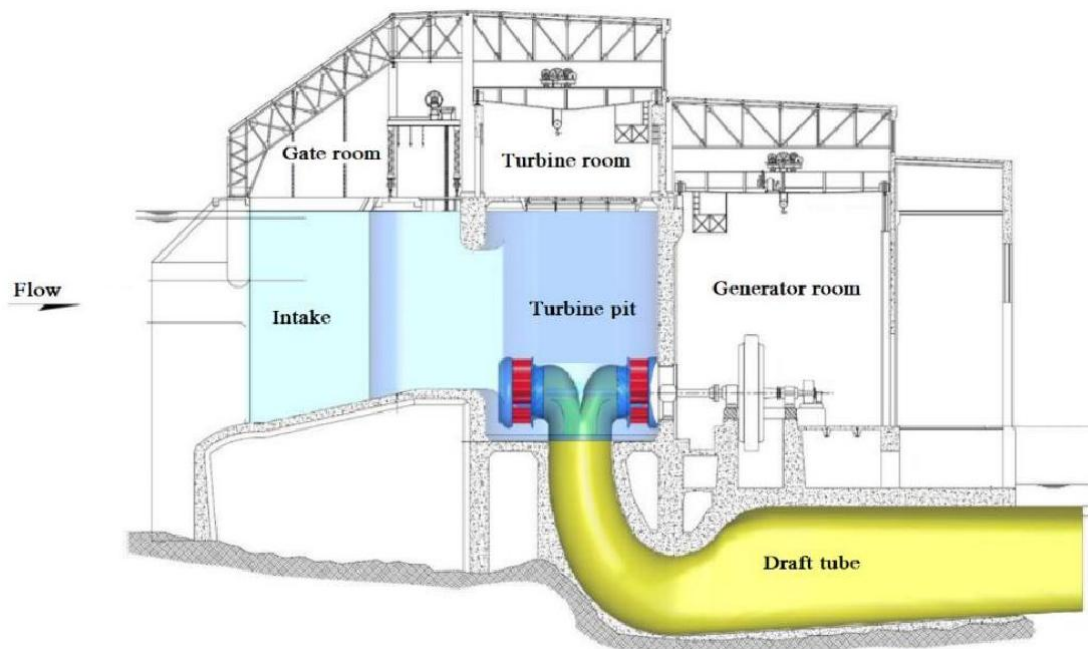
図10 - 改修コンセプト : ツインペルトンからダブルフローペルトン水車へ

横軸二輪四射両掛ペルトン水車から  
マルチジェットペルトン水車への更新例

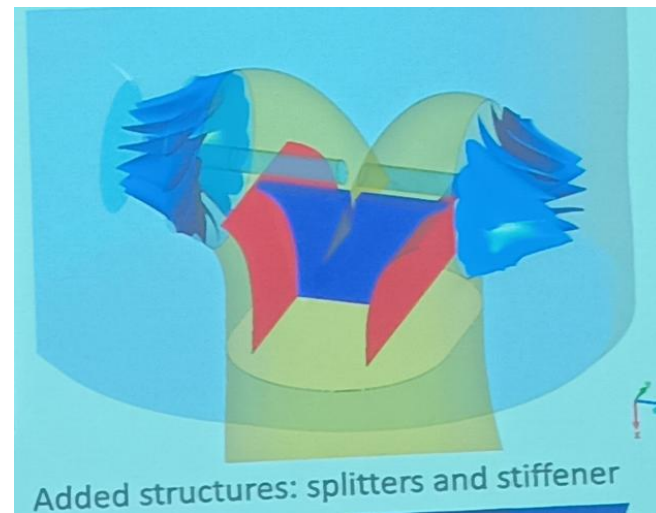
# 3. 技術トピック「水力機械」

## 3-3.高比速度水平フランシスキャメルバック水車の水力設計

- Litostrojから露出形双子フランシス水車(キャメルバック型)の改修事例の紹介があった。
- カプラン水車が発明される1920年代以前までは、落差が低く流量が多い地点で露出形双子フランシス水車(キャメルバック型)が多く使われてきた。これらの機械は1世紀近くも運用されているものが多いため、改修を検討する必要がある。
- 露出形双子フランシス水車における水力損失の最も重大な原因の一つは、吸出し管のダブルエルボ部となるが、CFD解析によりドラフトチューブにスピリッターと補強材を設けることで、水車の構造を変えずに性能を向上させることに成功した。



露出形双子フランシス水車の発電所断面モデル



露出形双子フランシス水車のドラフトにスピリッターと補強材を追加

# 4. 技術トピック「揚水発電」

## 4-1.ギリシャの揚水発電所建設計画

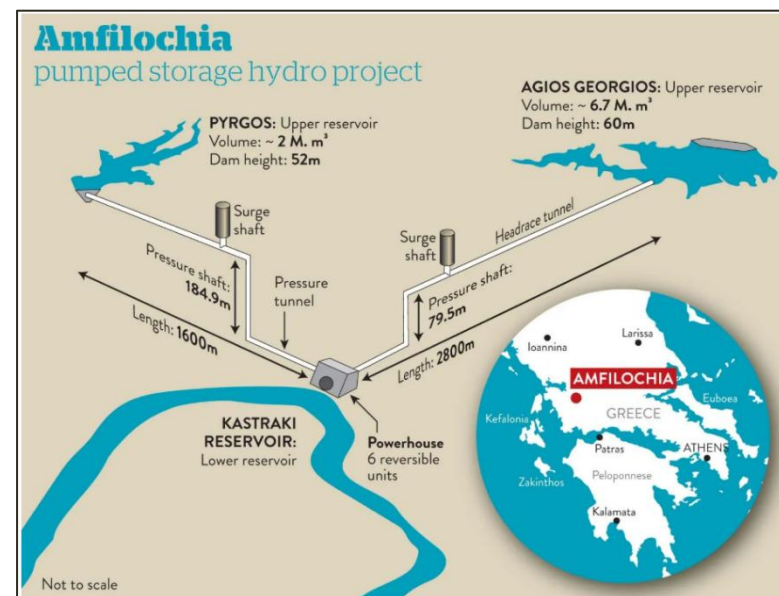
・アンフィロキア揚水発電所建設計画

上池	ユニット数	水車出力	流量	落差	総設備容量	備考
AGIOS GEORGIOS	固定速ポンプ 水車4基	124.64MW/台	58.8m <sup>3</sup> /s	247.35m	発電出力 680MW 揚水動力 730MW	2009年概略検討開始 2023年工事開始
PYRGOS	固定速ポンプ 水車2基	115.08MW/台	46.5m <sup>3</sup> /s	289.35m		

ギリシャで建設中のアンフィロキア揚水発電所は、発電出力が680MWで、2つの上池と共通の下池による構成。当初計画は上池ごとに2つの揚水発電所を計画していたが、1つの発電所にまとめ工期短縮と建設コストの低減、および運転保守費用の低減を行っている。



写真1. アンフィロキア揚水発電施設



アンフィロキア揚水発電所建設計画水系図

# 4. 技術トピック「揚水発電」

## 4-1.ギリシャの揚水発電所建設計画

- ・ギリシャの鉱山跡地を利用した揚水発電所の建設計画

炭鉱 付近の火力発電所	落差	総設備 容量	
カルディア鉱山 カルディア火力発電所	約136m	329MW	フランス固定速 ポンプ水車4基
サウスフィールド鉱山 アギオスディミトリオス火力発電所	約121m	240MW	フランス固定速 ポンプ水車4基

鉱山跡地に揚水発電所を建設する際の特徴

### ○利点

- ・ 付近にある火力発電所の送配電設備に接続できること
- ・ 冷却水供給用のパイプラインを初期の貯水池への給水に再利用できること
- ・ アクセス道路が既にあることなどがある。

### ○課題

- ・ 鉱山跡の斜面が水理条件にさらされること



鉱山跡地

# 4. 技術トピック「揚水発電」

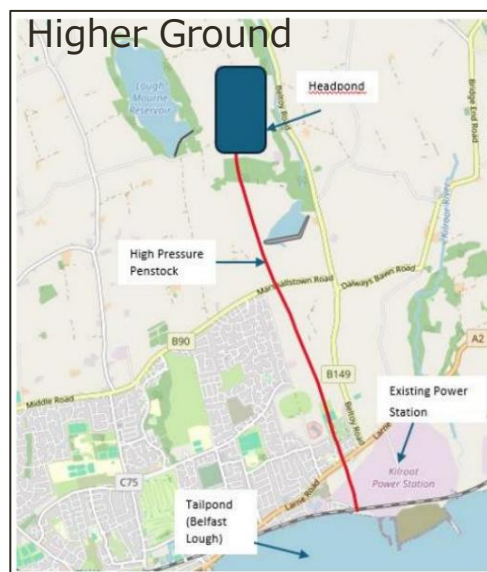
## 4-2. 海水揚水発電所建設計画

・ 海水揚水発電所の検討状況

地方	地点名	落差 流量	総設備 容量	水車仕様	実施段階
北アイルランド	Higher Ground 海洋揚水発電所	約200m	450MW	固定速ポンプ水車×4基	実現可能性調査
南イタリア	Favazzina 海洋揚水発電所	600m 47m <sup>3</sup> /s	255MW	横軸ターナリー形 ポンプ水車×2基	予備設計完了 許認可手続き

海水揚水発電所の建設に適した条件

- ・ 人口密集地など需要のある地域へ近いこと
- ・ 廃止された化石燃料発電所などがあり、強力な送電網接続、海水取水設備を備え、既に工業化された環境があること
- ・ すでに貯水施設が設置されている、または廃止された淡水貯水池があること
- ・ 沿岸の鉱山跡などの貯水池になりうるものがすでにあること。



# 5. IEA HYDRO セッション

## セッション33 : IEA-Hydro TCPセッション

IEA水力実施協定(IEA-Hydro)のもと活動している各専門部会(Task)の活動成果や活動内容について、IEA水力実施協定の参加国から、以下の8つの発表が行われた。Task17は西内海外委員が発表を行った。

1. IEA水力発電技術協カプログラムの活動に関する最新情報 (IEA Hydro事務局長)
2. **水力発電施設の気候変動耐性【Task17】 (日本：西内海外委員)**
3. 流域水資源の総合的利用のための意思決定支援【Task18】 (中国)
4. 水力発電所のデジタルツインに関する新たな取り組み【Task20】 (中国)
5. 長期エネルギー貯蔵の必要性と価値【Task9】 (アメリカ)
6. 水力発電サービスと揚水発電の価値評価【Task9】 (ノルウェー)
7. 水力発電と魚【Task19】 (アメリカ)
8. 西・中央アフリカ水力発電同盟WCAHAの活動 (ナイジェリア)

IEA水力実施協定における各Taskの活動状況の詳細は、以下ホームページをご覧ください。

<https://www.nef.or.jp/ieahydro/>

発表会場の様子



Task-17の発表 (西内海外委員)



# 6. HYDRO2026

開催期間 : 2026年10月14日(水) ~ 16日(金)  
開催場所 : ボローニャ / イタリア

**HYDRO 2026**

Adapting to change ~ Embracing opportunities  
will take place in  
**Bologna, Italy**  
**14 - 16 October 2026**

Host and organiser:  
**HYDROPOWER & DAMS**

Supporting organisations include:  
IFCOLD, CIGH, ICHINCOLD, TEA HYDRO, EREF

Aqua-Media International is pleased to welcome the global hydropower and dams community to HYDRO 2026 for three days of sessions and an exhibition, preceded by training workshops, and followed by study tours. The elegant city of Bologna will provide a perfect backdrop for discussions on global issues: challenges and opportunities of the energy transition; new technology; AI; safety and risk; project finance; environmental protection; helping developing countries to unlock their hydro potential... and more



論文要旨(Abstract)の募集は 3 月 16 日まで。

<https://www.hydropower-dams.com/hydro-2026/>

## 以下、ご参考：聴講したセッションの概要

IEA水力実施協定では、日本は

- Task-9水力発電の多様な価値  
(Valuing Hydropower Services)
- Task-16既存インフラにおける隠れた水力発電の機会  
(Hidden and Untapped Hydropower Opportunities on existing infrastructures)
- Task-17水力発電施設の気候変動耐性  
(Measures to enhance the Climate Resilience of Hydropower)

を中心に活動をしていることから、関連するセッションを主に参加したが、最近の太陽光発電や風力発電の増加に伴い系統調整力として水力発電（揚水発電所含む）の役割が重要になっていることから、これに関連するセッションに分担して参加し、情報収集を行った。

### HYDRO2025 プログラム ※赤字：聴講したセッション

	10月22日 (水)	10月23日 (木)	10月24日 (金)
8:00~10:30	開会	10 環境と社会の側面I 11 ダムの安全性と監視 12 揚水発電I 13 堆砂管理I	26 水中工学 27 運用上の問題とメンテナンス 28 人工知能 29 小水力発電
11:00~12:30	1 ギリシャの水力発電の現状 2 ハイブリッド化 3 水力機械I	14 環境と社会の側面II 15 自然災害管理 16 揚水発電II 17 堆砂管理II	30 トンネルと地下工事I 31 水力発電のアップグレードと改修 32 既存の水力発電O & M向けデジタルソリューション(iAmp) <b>33 IEAセッション</b>
14:00~15:30	4 プロジェクトファイナンス 5 設計と建設I 6 水力機械II	18 魚類保護 19 水文学と洪水 20 揚水発電III 21 土木材料	34 トンネルと地下工事II 35 電気工学 36 欧州の水力発電の取組み 37 多目的水力発電プロジェクト
16:00~17:30	7 法的および契約上の側面 8 設計と建設II 9 水力機械III	22 気候変動リスクとレジリエンス 23 ゲートと放水路 24 揚水発電IV 25 土木工事-改修	閉会

ご興味のある内容がございましたら新エネルギー財団までお問い合わせください。

## セッション名

## 概要

セッション1：  
ギリシャの水力発電の現状

このセッションではギリシャにおける新たな揚水発電プロジェクトの推進として、炭鉱跡地を活用することが報告された。このプロジェクトではギリシャ最大の電力会社であるPPCが1.5GWの貯蔵容量と年間1万8,000MWh以上のエネルギー供給能力を開発する計画であるという内容であった。

また、PPCはギリシャ国内の大型水力発電所を全て所有しており、総容量は約3.2GW、揚水能力は663MWとなる。これらの水力発電所は平均で40年の歴史があるが、最近では干ばつ等により発電量が毎年3~3.6%のペースで着実に減少していることを報告した。2010年には水力発電がエネルギー需要の20%を賄っていたのに対し、2025年には6.2%にまで落ち込んでいる。また、数十年にわたり安定稼働してきたインフラに損傷を与える極端な気象事象の増加にも言及した。これらの課題に対応するため、次の対策を提案した。

- 1) 洪水制御と容量拡大のための新たなインフラ整備。
- 2) 河川群内での水の内部循環システムの導入。
- 3) プロジェクト開発を加速させるための規制枠組みの最適化。
- 4) あらゆる用途のダムを一つの組織が統合的に管理する水資源管理の実施。

セッション2：  
ハイブリッド化

- このセッションでは、島など限定された地域で太陽光、風力、蓄電池と水力・揚水を組み合わせる電力を安定供給する事例紹介が多かった。
- ギリシャではクレテ島での水力開発にAndritzが初期から加わり可逆式揚水発電所の設計を行ったが、小容量の場合は水車とポンプを個々に設置する方が経済的だったため設計変更した。

## セッション名

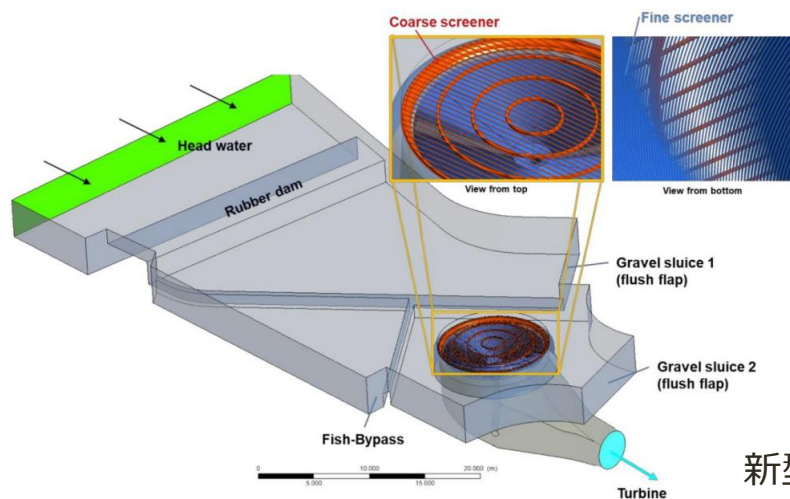
## 概要

### セッション3： 水力機械 I ～研究とモデリング～

- 流体解析(CFD)を用いて、円錐形で中央排出口を備えた新たな形状の取水口スクリーンのシミュレーションが行われ、将来の課題に向けた基礎調査を実施された。【参考資料3】
- ヨーロッパの水力発電設備の平均経年は46年、米国では約50年となり老朽化が課題である[IEA水力発電市場レポート2021]。  
【参考資料3】
- 135MW揚水発電所にてランナのクラウン部に複数回の亀裂を経験。計測の結果、通常運転中に観測される「ランナ回転数と羽根枚数」による140Hzの励振と「主軸とランナ直結状態」の固有振動数との共振によるものと判明した。

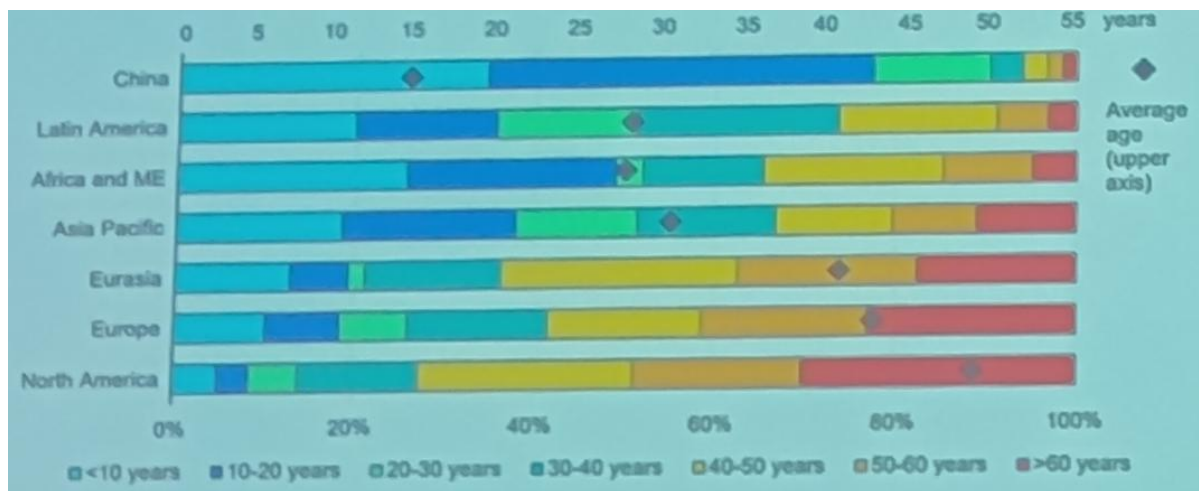
### セッション5： 設計と建設 I

- このセッションでは、変化し続けるダム建設と設計環境における新たな課題について取り上げられた。より詳細な設計と建設技術についての報告が行われたが、主なテーマとしては下記の通りであった。
- 1) 現在、新設されるダムのほとんどは水力発電用に開発されているが、水の貯蔵需要も依然として存在している。
  - 2) 投資が必要なため、計画・準備段階がプロジェクト成功の鍵となる。
  - 3) 独立系発電事業者の参入や官民連携により、民間の関与が増加している傾向にある。
  - 4) ダムや水力発電プロジェクトにおいて必ずしも最適とは言えないものの、EPC契約の活用が増加している。
  - 5) 最も好ましい立地はすでに開発済みのため、新規プロジェクトはより複雑な地盤条件や高い技術リスクに直面している。
  - 6) 環境規制や地域社会への影響を考慮することが、プロジェクトの進め方や設計を見直す要因となっている。
  - 7) 水循環の変化や極端な気象事象が、設計基準や安全対策、貯水池の運用、さらには発電量に影響を及ぼしている。



新型取水口スクリーン図

図 5: HPP ツヴァッテンブリュッケの CFD モデル、詳細



各地域の水力発電所の経年グラフ

## セッション名

## 概要

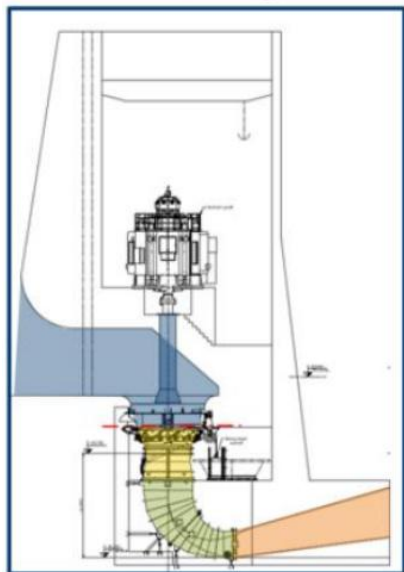
### セッション6： 水力機械Ⅱ ～設計、機械の選択、改造～

- 渦巻き型ケーシングを持たず、箱形コンクリート構造とした新型カプラン水車構造の提案がAndritzからされた。従来よりコンパクトになり省スペース化が図れる。【参考資料6】
- 流出水とランナの相互作用を最小限に抑えることがペルトン水車における開発課題であり、主にケーシングの適切な位置にガイドプレートを挿入することで対策してきた。Voithではランナあたりの6つのノズルを持つ横軸ペルトン水車を開発した。【参考資料6】
- カプラン水車が発明される1920年代以前までは、落差が低く流量が多い地点で露出形双子フランシス水車(キャメルバック型)が多く使われてきた。これらの機械は1世紀近くも運用されているものが多いため、改修を検討する必要がある。CFD解析によりドラフトチューブにスプリッターと補強材を設けることで、水車の構造を変えることなく性能を向上させることに成功した。【参考資料6】

### セッション8： 設計と建設Ⅱ

- このセッションでは下記の具体的なプロジェクトについて報告された。
- 1) ジョージア州におけるパラメトリックダム設計の最適化プロジェクト  
RhinocerosとGrasshopperのアルゴリズムを活用して、ダムの配置と形状を最適化するパラメトリック手法について報告された。
  - 2) タスマニアの揚水発電施設における水路設計の最適化プロジェクト  
CFD解析を用いた40種類の荷重ケースから、サージタンクの最適化の検証を行ったことについて報告された。
  - 3) ギリシャの水力発電プロジェクトにおけるCFD解析プロジェクト  
水路設計に伴うCFD分析について、SimScale (OpenFOAM派生版) を用いてRANS单相モデルより大きな約600万セル規模のモデルでメッシュ独立性試験区間の位置選択に関する感度分析を行ったと報告された。
  - 4) パシュカン水力発電所の再生プロジェクト

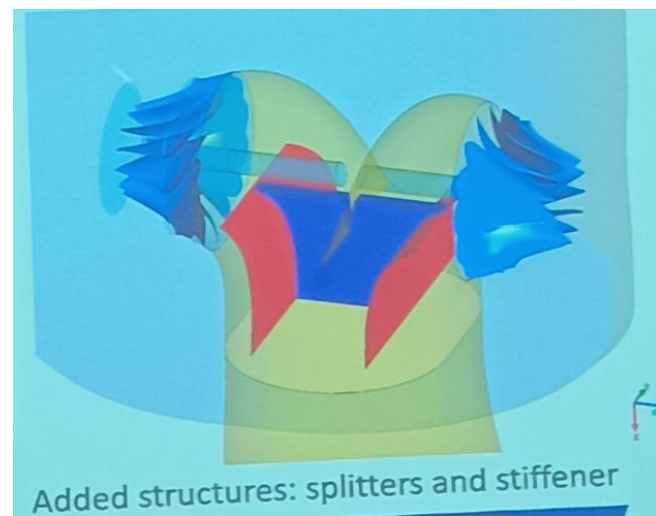
New Design



新型カプラン水車  
(箱型コンクリートケーシング)



横軸6射ペルトン水車



露出形双子フランシス水車(カメラバック型)のドラフトにスピリッタと補強材を追加

セッション名	概要
<p>セッション9： 水力機械Ⅲ ～操作とパフォーマンス～</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 過渡現象解析において、無水GV閉鎖モード（設計値）に対し、有水状態におけるGVに掛かる水圧が考慮されたGV閉鎖時間を特定し過渡現象解析を行った事例が報告された。</li> <li>➤ スリランカからは、発電所は事後対応型の修理から、事前対応型でエビデンスに基づいた運用・保守アプローチへと転換する必要があるため、タービンの侵食を低減するための、状態監視と具体的な運用改善を組み合わせた実践的な戦略について報告された。</li> <li>➤ アイスランドにあるカプラン水車の発電所では定格出力の50%未満では振動レベルが増加することから運転範囲外として運用していたが、地域電力網からの需要増加に伴い、このような部分負荷状態での運転をより頻繁に行う必要が生じた。これに対し最適化されたカムカーブが開発され、タービンベアリングの振動レベルを約60%削減する可能性が実証された。</li> </ul>
<p>セッション10： 環境と社会の側面 I</p>	<p>このセッションでは、持続可能なインフラ開発と建設プロジェクトにおける炭素排出削減について取り上げられた。</p> <p>主要なテーマとしては下記の通りであった。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) コンクリートと鉄鋼が炭素排出の主な要因であることが明らかになった。対策とし環境に配慮したソリューションを持つ施工業者が有利になるコスト計算を適用したことを報告した。</li> <li>2) ダム開発におけるライフサイクルアセスメントの方法論について、準備段階から廃棄段階まで、すべてのプロジェクトフェーズを網羅したライフサイクル評価の包括的な手法が提示された。</li> </ol>

セッション11：  
ダムと安全性の監視

- このセッションはダムの安全性向上のため、衛星を使った挙動監視やダム基礎やダム本体構造の強化・改良技術を紹介している。
- 衛星を用いた安全監視として、干渉SAR解析によりダム構造物や貯水池周辺斜面の変位を計測、評価して、その有効性を確認した。
- 重力ダムの貯水池岩盤へのグラウト充填プロセスを、ダム基礎岩盤界面の非線形挙動や基礎岩盤内部の線形、非線形挙動を考慮した数値シミュレーションにより評価した。調査結果に基づき、解析ではダム基礎岩盤の接合部界面状況および強度、剛性、水理特性などがパラメータとして設定されている。
- 水力発電所ダム基礎グラウトを対象として、ニューラルネットワーク法と機械学習法を用いて液状化評価手法モデルを構築し、構築モデルを既存ダム基礎の液状化評価および基礎グラウトへ適用して、手法の有効性を検証した。
- 流入・堆積瓦礫等の処理、気候変動を踏まえた洪水吐の流下洪水量予測等、ダムの安全性にとっての課題を有するダムにおいて、適応技術への投資、多様なステークホルダーの連携の促進、資金不足への対応を通してダムの信頼性と強靱性の維持が重要であることを示した。
- 越流によるダムの決壊防止やダムの安全性向上に資する新技術(Cemented Material Dam)と将来の開発動向が報告された。

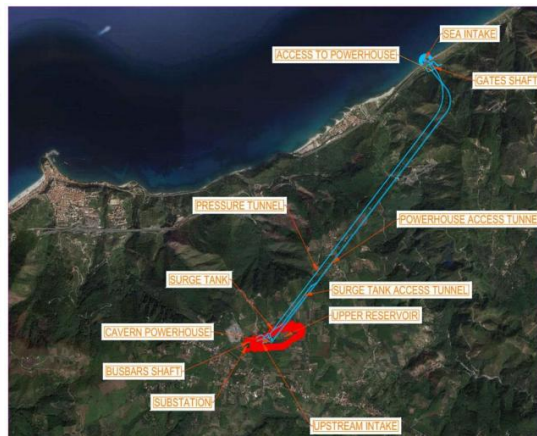
セッション12：  
揚水発電 I  
～新しいアプローチ～

- 各国の電力市場の構造を要約しLDES技術への適合性を評価。
  - ・ 英国のキャップアンドフロア制度は、収益の確実性を確保することで投資リスクを軽減することを目的とした規制枠組みであるが、最低8時間の継続時間を義務付けているうえ、資格要件が複雑で、様々な利害関係者からの承認が必要となるため、プロジェクト開発のタイムラインが長期化している。
  - ・ オーストラリアの容量スキームは最終的には周波数制御アンシリサービス（FCAS）に連動した収益源を優先している。
  - ・ カナダでは、市場が州ごとに細分化されており、さらなる課題が生じている。
  - ・ 米国では、市場が4時間を超える貯蔵期間を補うことができていない。
- 北アイルランドの地点において海水揚水発電所の実現可能性調査を行った。日本のやんばる海水揚水発電所の事例を参照し、海水に関連する技術的リスクは高いレベルで解決しているとしている。海沿いに設置された火力発電所の廃止跡地などで活用しやすい。

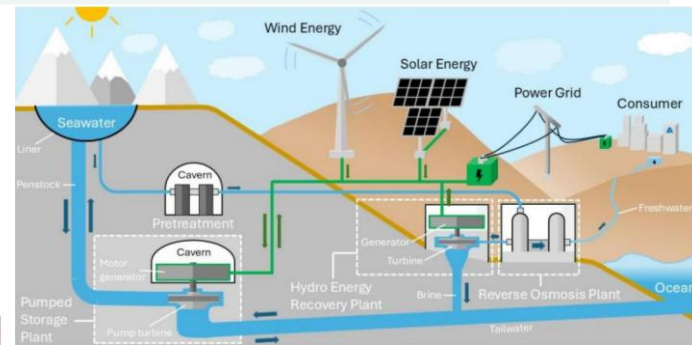
【参考資料12】
- イタリアの発電会社は、南イタリアでFavazzinaと呼ばれる海洋揚水発電所を開発に着手した(総揚程約600m,流量47m<sup>3</sup>/s,出力約255MW)。2台の横軸ターナリー形ポンプ水車。付近には大規模な系統用変電所がありグリッドの制約が小さい。【参考資料12】
- 乾燥地帯、島嶼地域、沿岸地域において深刻な淡水不足とエネルギー貯蔵の必要性の解決のため、淡水化プラントと揚水発電所を併設(脱塩一体型揚水発電)することで、貯水池、パイプライン、エネルギー変換設備などのインフラを共有し、設備投資と運用コストを削減することが可能であると提案があった。【参考資料12】



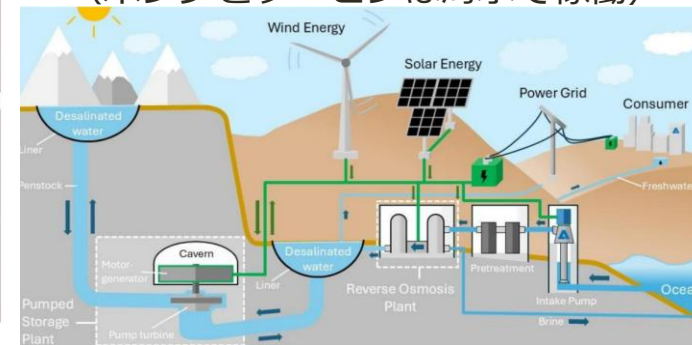
海水揚水発電所の実現可能性調査地点  
(北アイルランド)



Favazzina海洋揚水発電所  
(南イタリア)



脱塩一体型揚水発電  
(ポンプとタービンは海水で稼働)



脱塩一体型揚水発電  
(ポンプとタービンは淡水化水で稼働)

地方	地点名	落差 流量	総設備 容量	水車仕様	実施段階
北アイルランド	Higher Ground 海洋揚水発電所	約200m	450MW	固定速ポンプ水車×4基	実現可能性調査
南イタリア	Favazzina 海洋揚水発電所	600m 47m <sup>3</sup> /s	255MW	横軸ターナリー形 ポンプ水車×2基	予備設計完了 許認可手続き

## セッション名

## 概要

### セッション13： 堆砂管理 I

- セッション13と17は、いずれも既設発電所の土砂管理や水車の土砂による摩耗対策が主題であり、セッション13では、ダム堆砂対策や水車の土砂摩耗対策の事例、土砂管理支援ツールなどが紹介された。
- ヒマラヤの流れ込み式発電所では、土砂による水車の摩耗対策として、土砂濃度に応じた取水制限を行っている。こうした運用による経済的損失を評価し、運用の最適化を図っている。
- マラウイの発電ダムでは、2022年の大規模洪水でアースダムの一部が損壊し、貯水池内に大量の土砂が堆積した。復旧のため、締切ダムの新設や洪水吐からの流水排砂等の効果を、世銀が開発した土砂管理支援モデル(RESCON-2)等を用いて検証し、工事計画を策定した。

### セッション14： 環境と社会の側面 II

- このセッションでは、極端な気象条件下における水力発電所の運用を改善しつつ、エネルギー生産の効率を維持することに焦点が当てられた。主な内容は、洪水対応の貯水池の容量最適化と、先進的な予測技術の導入についてである。具体的テーマは下記のとおり。
- 1) AIと機械学習の実装とデータ統合手法について報告された。
  - 2) 地域ごとの事例研究とその結果が報告された。日本の例では、洪水前の水位低減戦略の成功事例や、洪水対策を維持しつつも水力発電量を4%増加させたことの成功事例、災害レジリエンスと持続可能性を目指した政府の指針（REBA）の策定について報告された。

## セッション名

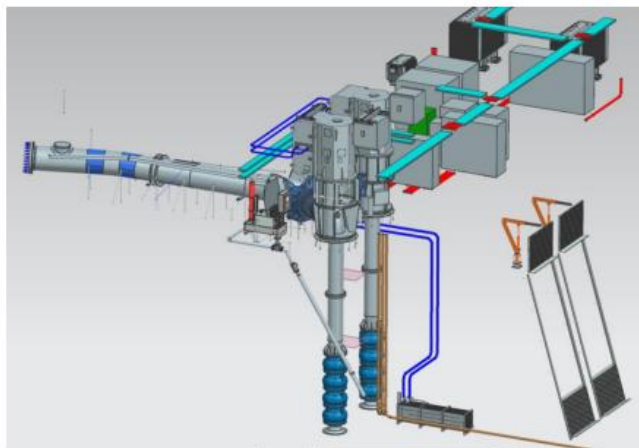
## 概要

### セッション16： 揚水発電Ⅱ ～技術の発展～

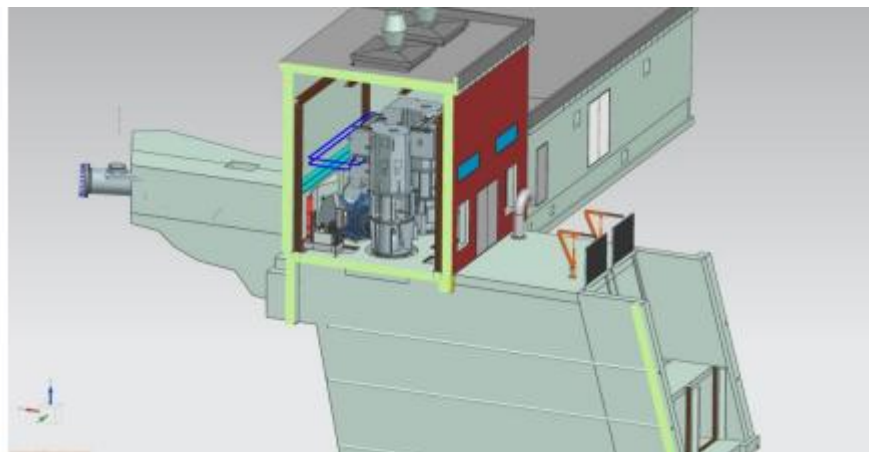
- このセクションは揚水機能の多様な利用方法を紹介している。
- 小型揚水発電は蓄電池と比較して、コストは高いが寿命が蓄電池の4倍であること、回転質量を持っているのでシステムの安定度に貢献できるメリットがある。
- ノルウェーでは当初揚水発電所から高揚程ポンプに変更し、貯水池に水を汲み上げ年間発電電力量を増加させた。【参考資料16】
- スペインでは既設、新設揚水発電所にフルパワーコンバーターの導入が進められている。

##### 参考資料16 貯水容量を増やすためのポンプステーション

- 再生可能エネルギーの変動を抑制する1つの方策。当初は揚水発電所を計画していたが、下池に適した場所が見つからず、ポンプを設置した。河川水を貯水池に揚げて確保することで年間を通じて発電に利用可能な水力を増やす取り組み。
- 年間37GWhで4%増加。
- ポンプはAndritz製2023年完成。
- 谷に下部貯水池を建設する選択肢がなかったため、新しい水力発電所（BPP）の建設は実現不可能



ポンプ構造（機器のみ）



ポンプと建物の構造

セッション17：  
堆砂管理Ⅱ

- 土砂濃度(SSC: Suspended Sediment Concentration)の様々なモニタリング技術、水車の摩耗対策、排砂技術、貯水池の堆砂管理システムなどが紹介された。
- スイスの水車効率と質量流量計によるSSCの連続モニタリングに基づく摩耗対策、オーストリアの音響測定法による水車の摩耗量のモニタリング、ノルウェーの音響および光学センサーによる土砂モニタリングに基づく水車の摩耗対策運用の最適化などが紹介された。
- マレーシアのSarawak Energyは、熱帯河川の土砂環境を把握するために、面的なモニタリングを高解像度で行えるドローン(Unmanned Aerial Vehicles)を利用したRGB測定の有効性を現地で検証している。
- ノルウェーで1993年に開発されたSediCon Sluicerは、取水口や沈砂池などの堆積土砂を管路流で効率よく排出する装置で、今日まで世界の様々なプロジェクトで利用されている。
- フランスのEDFの揚水発電所の上池では、堆砂対策として、長さ7kmの管路を新設して、浚渫土砂を下流河川に流す事業を2025年から4年計画で開始した。浚渫は水中ロボットで行い、下流河川の環境保全のために、SSCの厳格な管理を行っている。【参考資料17】

##### 参考資料17 EDFのCheylas揚水発電所上池の排砂事業における下流河川の環境保全対策

- 堆砂の進行した揚水発電所の上池から、長さ7km、内径400mm、落差280mの鋼製管路を新設して、年間約30万m<sup>3</sup>の浚渫土砂をスラリーとして下流河川に流す事業。2020～24年の5年計画。
- 年間の排砂期間は自然河川の流量が多い4月～8月の5カ月間に限定
- 排砂による浮遊土砂濃度(SSC)の上限値(河川では増分)を設定し、リアルタイムでモニタリング
  - ① 土砂流送管内の最大濃度：400g/L
  - ② 下流河川の増分の3時間平均最大濃度：1g/L
  - ③ 下流河川の増分の24時間平均最大濃度：0.5g/L
- SSCの上限値を超えないように、浚渫ロボットに流量計と密度計を設置して運転を管理する。
- 土砂流送管の摩耗対策として、浚渫した土砂のうち、粒径0.3mm以上を水槽で除去してから流送管へ送る。粗い土砂は貯水池へ戻す。
- 初年度の2025年は5カ月間で目標の30万m<sup>3</sup>以上の排砂を達成し、フランスアルプス地域のダムの上池の堆砂管理のベンチマークとなる事業としている。



浚渫ロボット(右)と上池  
への設置状況(左)

## セッション名

## 概要

### セッション19： 水文学と洪水

- このセッションでは、下記について報告された。
- 1) ジェブルラ氷河の過去および将来変遷が、ヴァノワーズ山塊におけるドロシ・デ・ザリュ川の水文学に及ぼす影響。
  - 2) 気候変動下におけるダム流入量管理のための水文気象確率論的・時間別予測。
  - 3) データ不足地域における流入量予測への人工知能の適用。
  - 4) 複雑な水力発電システムにおける短期流入量予測。
  - 5) 気候変動下におけるザンベジ川流域の水文リスクおよび極端事象の評価（バトカ峡谷を対象としたAI主導型アプローチ）。

### セッション20： 揚水発電Ⅲ ～土木工学～

- 石炭は、露天掘りでは、地域によって深さ150～200メートルを超える大規模な掘削跡が残される。そのうえ、適切な送電網を備えた石炭火力発電所が近くに建設・運営されていたため、放棄された露天掘り炭鉱を再利用し、太陽光発電パークと小規模バッテリーストレージ、または揚水式ストレージなどの大規模ストレージを組み合わせることが有用。枯渇した炭鉱に残存する斜面の安定性は極めて重要であり、適切な長期安全性を考慮して再設計する必要があるなどの地質工学上の課題について紹介があった。
- ギリシャの西マケドニア地域にあるカルディア鉱山とサウスフィールド鉱山跡地を利用して揚水発電所を建設する。課題は鉱山跡の斜面が水理条件にさらされることなどによる主に地質関係のものである。利点として付近にある火力発電所の送配電設備に接続できること、冷却水供給用のパイプラインを初期の貯水池への給水に再利用できること、アクセス道路が既にあることなどがある。【参考資料20】



炭鉱跡地

炭鉱 付近の火力発電所	落差	総設備 容量	
カルディア鉱山 カルディア火力発電所	約136m	329MW	フランス固定速 ポンプ水車4基
サウスフィールド鉱山 アギオスディミトリオ ス火力発電所	約121m	240MW	フランス固定速 ポンプ水車4基

ギリシャの鉱山跡地を利用した揚水発電所の建設計画

## セッション名

## 概要

セッション22：  
気候変動-  
リスクとレジリエンス

このセッションでは、水力発電プロジェクトに対する気候変動の影響評価について取り上げられた。産業革命前と比較して気温は1.45℃上昇した。陸地の気温上昇は海洋に比べて著しく大きく、特に高緯度地域でその影響が強く現れている。氷河は後退した。降水パターンにも変化が見られ水資源の管理に複雑な課題が生じているということに関連し、下記の内容が報告された。

- 1) 欧州の水力発電の開発の進捗状況について、再エネの拡大と蓄電要件の重要性が報告された。
- 2) フランスの水力発電に関する気候分析について、気温上昇により積雪が30%少なくなったこと、流入状況が地域毎に変化しており、洪水対策と水供給の問題が発生している。
- 3) オランダの洪水対策戦略における既存のインフラの拡充について。

セッション23：  
ゲートと放水路

- このセッションはダム安全性向上のため、衛星を使った挙動監視やダム基礎やダム本体構造の強化・改良技術を紹介している。
- 衛星を用いた安全監視として、干渉SAR解析によりダム構造物や貯水池周辺斜面の変位を計測、評価して、その有効性を確認した。
- 重力ダムの貯水池岩盤へのグラウト充填プロセスを、ダム基礎岩盤界面の非線形挙動や基礎岩盤内部の線形、非線形挙動を考慮した数値シミュレーションにより評価した。調査結果に基づき、解析ではダム基礎岩盤の接合部界面状況および強度、剛性、水理特性などがパラメータとして設定されている。
- 水力発電所ダム基礎グラウトを対象として、ニューラルネットワーク法と機械学習法を用いて液状化評価手法モデルを構築し、構築モデルを既存ダム基礎の液状化評価および基礎グラウトへ適用して、手法の有効性を検証した。
- 流入・堆積瓦礫等の処理、気候変動を踏まえた洪水吐の流下洪水量予測等、ダムの安全性にとっての課題を有するダムにおいて、適応技術への投資、多様なステークホルダーの連携の促進、資金不足への対応を通してダムの信頼性と強靱性の維持が重要であることを示した。
- 越流によるダムの決壊防止やダムの安全性向上に資する新技術(Cemented Material Dam)と将来の開発動向が報告された。

## セッション名

## 概要

セッション24：  
揚水発電Ⅳ  
～国家計画と事例研究～

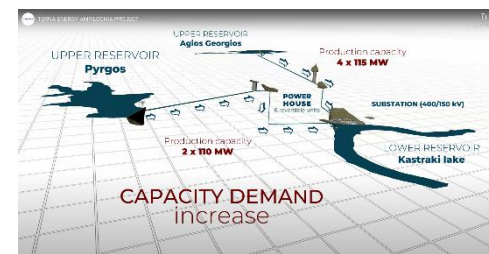
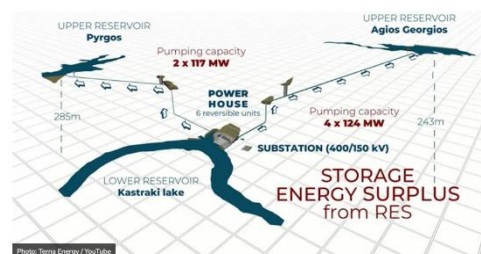
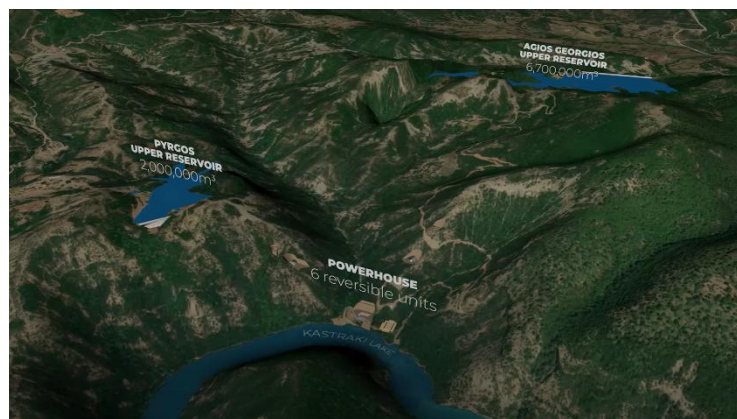
- ギリシャで建設中のアンフィロキア揚水発電所は、発電出力が680MWで、2つの上池と下池は湖の構成。当初計画は上池ごとに2つの揚水発電所を計画していたが、1つの発電所にまとめ工期短縮と建設コストの低減、および運転保守費用の低減を行った。  
【参考資料24-1】
- ノルウェーでは再エネ増加に伴い、国内外の系統調整のために揚水発電所の計画がいくつかが上がっている。
- 英国は久しぶりに揚水発電所が計画されたが、専門技術者や機器・工事調達先の確保、労働力の確保、資金調達先の確保が課題として上がっている。【参考資料24-2】

セッション24：揚水発電Ⅳ～国家計画と事例研究～

The Amfilochia pumped-storage powerhouse: A joint, holistic effort to lead multiple stakeholders to achieve success 【F. Guillen Minguito, IDOM Consulting, Engineering, Architecture SAU, Spain And G. Papadopolos, Terna Energy SA, Greece】

参考資料24-1 ギリシャ アンフィロキア揚水発電所開発計画

- 主機はAndritz、立軸フランシスポンプ水車6台、定速機
- 発電出力680MW、揚水動力730MW、2023年から建設中
- 上池が2つ（Agios Georgios  $6.7 \times 10^6 m^3$ とPyrgos  $2.01 \times 10^6$ ）、下池はKastraki湖  $97 \times 10^6$
- 当初計画は2つの発電所だったが、1つの発電所にまとめて建設コスト低減と工期短縮および運転費用の低減を図った。
- 詳細は<https://www.terna-energy.com/acivities/pumped-storage-projects/amfilochia-pumped-storage/>



Pump-turbine unit hydraulic characteristics for Amfilochia PSH scheme									
Reservoir and Waterway	Units	Maximum pumping power (MW)	Maximum flow in turbine mode (m <sup>3</sup> /s)	Maximum shaft power in turbine mode (MW)	Minimum gross head (m)	Maximum gross head (m)	Setting level mASL	Unit speed (rpm)	Specific speed (pumping)
Agios Georgios	4	115.7	58.8	124.64	214.85	247.35	116.5	333.3	38.3
Pyrgos	2	112.1	46.5	115.08	270.35	289.35	116.5	375	34.8

Fig.3: Pump-Turbine Hydraulic Characteristics

セッション24：揚水発電Ⅳ～国家計画と事例研究～

Building the future UK grid: from the Clean Power 230 Mission to delivering the next wave of pumped storage 【K. Gilmartin, British Hydropower Association, UK】

#### 参考資料24-2 英国の未来の送電網の構築-【英国水力発電協会】

- 英国で揚水発電所を開発するのは久しぶりなので、専門技能を持った人材や調達先の確保、労働力の確保、資金調達、建設コスト低減を課題として挙げている。
- 新たなキャップ・アンド・フロア制度の役割、国民富裕基金とグレート・ブリティッシュ・エナジーの重要性、そして計画、資金調達、サプライチェーン、そして地域社会の関与を通じたリスク管理の重要性についても考察する。
- 労働安全衛生（OSH）は複雑でリスクは多岐にわたる。
- サプライチェーン、タービン、トンネル工事の専門知識、そして土木請負業者に対する世界的な需要が高まっている。英国の能力は限られており、早期の関与が必要。
- 労働力：全国で1万人以上の熟練労働者が必要となり、残りのトレーニングセンターとファストトラック認証も必要。
- 資金調達と建設：PSHプロジェクトは、バッテリーよりもコスト超過リスクが高いものの、原子力や大規模ガスプロジェクトよりもリスクは低い。不確実性を軽減するには、早期の請負業者の関与、目標原価契約、そして協調的なリスク配分が不可欠。

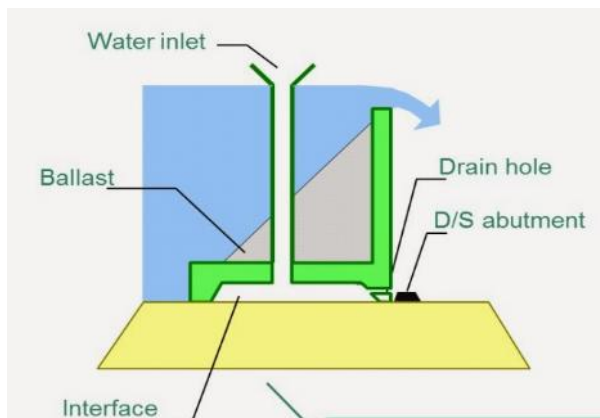


セッション25：  
土木工事-改修

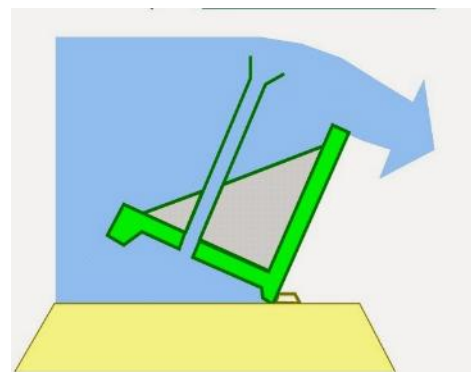
- 水力発電所の更新・増強のうち、ダム、取水設備、放流設備等に関わるプロジェクトが紹介された。
- 高経年化したダムを現在の安全基準に適合させる改修について、フランス(経年100年以上)、スペイン(経年80年以上)、イタリア(経年約70年)から報告があった。フランスとスペインのケースは、ダムの構造的安定性と洪水放流能力に関する基準への適合が主な目的である。イタリアのケースは、コンクリートダム(高さ20.5m)を現在の安全基準に適合させる補強工事に併せて、堆砂の除去と発電機器の更新も行い、全体の発電停止期間が最短となるように工程管理している。
- スイスの揚水発電所上池(ダム高147m)では、運開後47年で堆砂容量が満杯になり、土砂が取水口敷に達したため、取水口を約24m高くする工事を行った。新たな取水口の施工を工場製造のプレキャストコンクリート部品の組み立てを中心に行うことで、現場での施工期間の大幅な短縮を図っている
- ギリシャの高さ96mのフィルダムでは、ダムや洪水吐きクレストのかさ上げをせずに有効容量を増大させる方法として、既設のゲートレス洪水吐きに自動傾斜式ブロック「フューズゲート」を設置した。このシステムは、通常規模の洪水時には高水位を維持し、大規模洪水時にはゲートが自動的に傾斜して洪水吐きの最大放流能力を確保するもので、低コストで安全に有効容量の増大が可能になる。2010～25年の実証試験の結果、有効容量がシステム設置前の約1.8倍に増加し、季節間調整やピーク供給の運用の柔軟性が向上した。【参考資料25】

参考資料25 「フューズゲート」による貯水池有効容量の増大

- フューズゲートは、フランスのHydroplus社(建設会社VINCI Constructionの子会社)が特許を保有する自動作動式傾斜ブロックで、ダムへの洪水吐きに設置し、通常洪水時(Kastriakiダムの場合には100年確率以下)には水密遮水壁を形成し、稀な規模の洪水時(設計洪水量規模か?)には、内部シャフトに水が流入するにつれて水圧で自動的に傾斜する。洪水吐きの最大放流能力を維持した上で、満水位の上昇による貯水容量の増大などが可能になる。
- 日本ではフューズゲートの導入例はない。Hydroplus社によると、欧米やインド、アフリカなどの80以上のダムに導入実績があるとのこと。
- アメリカ開拓局(U.S. Bureau of Reclamation)は、フューズゲートの作動による放流量の急激な増加が下流に及ぼす影響について、慎重な評価が必要と指摘している。



通常洪水時は遮水壁を形成



大規模洪水時は底部空気室に水が入りゲートが転倒

## セッション名

## 概要

### セッション27： 運用上の問題とメンテナンス

- 振動、軸受温度などの上昇を予測して、設備異常を早期に検知するAIを用いたモニタリングシステムの紹介があった。
- 発電機のアアギャップと水車のキャビテーション状態を運転中でも監視できるシステムの提案があった。
- ブラジルとパラグアイが共同運営するイタイプ水力発電所（700MW×20基）では、上流および下流の流入量予測、需要想定、河川制約、運転制約などの諸条件から、今後10日間の運用計画を立てるシステムの紹介があった。

セッション28：  
人工知能

- デジタル技術やAIの水力発電分野への適用例として、BIM (Building Information Modeling)の発電計画への活用、AIエージェントの発電所O&Mへの活用、GNSS(全球測位衛星システム)を利用した先進的地形測量技術、デジタルツインを利用した設備の予防保全、ロボットによる水圧管路の補修技術などが紹介された。
- GNSSを利用した高精度で低コストの地形測量技術は、日本でも幅広く利用されているが、ドイツからは、アフリカのように調査面積が広大でアクセスしづらい地点の調査への有用性が紹介された。また、合成開口レーダーは、地表面の時間的な変位の連続測定が可能であり、構造物を設置する地盤の安定性評価にも利用できるという。
- デジタル技術による水力発電技術の高度化を目指すEUの“Di-Hydro project” (Digitalization of Hydropower、2023~26年)のケーススタディのうち、ギリシャの発電所を対象とした、主要設備のデジタル・ツインによる発電所運用の最適化、センサーによる設備の予防保全、電力系統シミュレータによる水力発電(揚水発電を含む)の系統安定化効果の評価等のモデル開発状況が紹介された。
- チェコのJettyRobot社は、スコットランドの1909年完成の水力発電所の水圧管路の内面補修をロボットで行う実証試験を紹介した。長さ66m、内径91mmのセクション(1995年の再塗装実施から30年経過)で試験実施し、高圧洗浄から再塗装までを10日間で完了。作業の質、効率性、省力化において有効な施工法であるとアピールしている。

セッション29：  
小水力発電

ヨーロッパ全体で小規模水力発電は再生可能エネルギーの発電に大きく貢献しており、今後もさらなる発展が見込まれている。また、ヨーロッパの企業は、世界の水力発電市場の約40%のシェアを占めていると報告があった。報告された主要な研究プロジェクトは下記のとおり。

- 1) EUの資金提供による、小規模水力発電の実証活動を中心とした研究がある。マレーシアのパートナーと協力し、東南アジア地域に重点を置いている。5年間で1150万ユーロの総予算小規模水力発電所の建設と技術開発を含む事業となる。
- 2) 小規模水力発電所が再生可能エネルギーの統合を支えるために、柔軟性のあるサービスをどのように提供できるかを調査している。サージタンクに空気が溜まることで、タービンの効率低下やキャビテーションの問題が発生することにも着目していた。
- 3) ウガンダでは小水力発電開発に利用可能なサイトが50か所以上特定されており、総発電容量は210MWに達する。小水力発電への投資コストは、容量1MWあたり300~400万米ドルと見積もられている。
- 4) タービン最適化計画について、既存のタービンは70~80%の効率で稼働しているが、キャビテーションによる損傷が激しい。CFD解析および幾何学最適化のための遺伝的アルゴリズムにて34個のパラメータを最適化した結果、効率が89%に向上した。

セッション33 :  
IEA-Hydro TCPセッション

- IEA水力実施協定(IEA-Hydro)のもと活動している各専門部会(Task)の活動成果や活動内容について、IEA水力実施協定の参加国から、以下の8つの発表が行われた。
  1. IEA水力発電技術協カプログラムの活動に関する最新情報 (IEA Hydro事務局長)
  2. **水力発電施設の気候変動耐性【Task17】 (日本 : 西内海外委員)**
  3. 流域水資源の総合的利用のための意思決定支援【Task18】 (中国)
  4. 水力発電所のデジタルツインに関する新たな取り組み【Task20】 (中国)
  5. 長期エネルギー貯蔵の必要性和価値【Task9】 (アメリカ)
  6. 水力発電サービスと揚水発電の価値評価【Task9】 (ノルウェー)
  7. 水力発電と魚【Task19】 (アメリカ)
  8. 西・中央アフリカ水力発電同盟WCAHAの活動 (ナイジェリア)

セッション35 :  
電気工学とグリッド問題

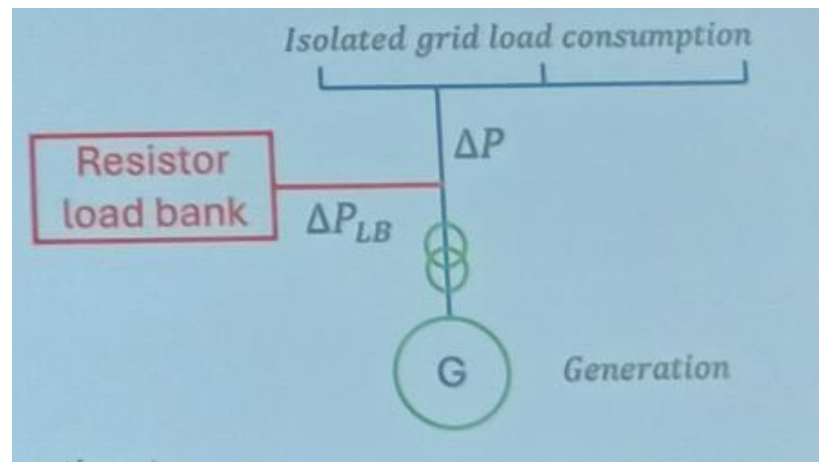
- 発電機のエアギャップの不均一により振動値が増大した。原因は固定子が楕円になり真円度が悪くなっていたことであると報告があった。
- 回転子の残存強度を測定するため、運転中の回転子の弱点部にひずみ測定を行った事例について報告があった。センサ電源を回転子から取り、運転中の発電機回転子(界磁巻線)とブラシレス励磁機の回転子部分の温度測定が可能な無線監視システムの報告があった。  
**【参考資料35】**
- 完全に独立した電力系統において既存の非水力発電機から水力発電所(4MW×2台)に置き換えた事例の紹介。地域送電システム運用者(TSO)から、±0.2Hz以内の周波数変動が要求されたため、调速機の応答および機械の慣性だけではカバーできない分を負荷バンクを用いた制御の実装により、独立系統における周波数調整を効果的にサポートすることが実証できた。**【参考資料35】**



回転子へひずみ測定装置取付写真



回転子巻線の温度測定用の無線監視装置取付写真



完全に独立した電力系統に負荷バンクを設置

## セッション名

## 概要

### セッション36： 欧州の取り組み水力発電

- EU資金を用いた組織ETIP HYDROPOWER、ReHydro、D-HYDROFLEXが活動している。ETIP HYDROPOWERはEUに対して水力の戦略を提言する。ReHydroは持続可能な水力発電所の改修方法を検討する。D-HYDROFLEXは各国の水力発電所にデジタル技術を試験導入して電力変動に対する柔軟性を確認している。【参考資料36】
- フランスのEDFは、電力市場の取引間隔15分に対応する水力発電所の運用方法を検討し、揚水機1台を使って設備に与える機械的影響を検証したところ、P→Gの切り替えで鉄管振動が大きくなった。

#### セッション36：欧州の取り組み水力発電

Excellence in science and industrial innovation in the European hydropower sector: How industry and science can collaborate to generate a policy impact? 【E. Quaranta, European Commission】

#### 参考資料36-1 欧州水力発電部門における科学と産業革新の卓越性

- EUの様々な研究資金プログラムの中でも、研究・イノベーションのためのホライズン資金プログラムは、EUの競争力と成長を支える重要な要素。
- EUの政策の策定、支援、実施、そして地球規模の課題への取り組みにおいて、連携を促進し、研究・イノベーションの影響力を強化する。
- 優れた知識と技術の創出とより効果的な普及を支援する。
- 雇用を創出し、EUの人材プールを最大限に活用し、経済成長を促進し、産業競争力を高め、投資効果を最適化する。

- ETIP HYDROPOWER

<https://etip-hydropower.eu/>

- ReHydro

<https://www.rehydro.eu/>

- D HYDROFLEX

<https://d-hydroflex.eu/>

セッション37：  
多目的水力発電プロジェクト

- スキーリゾートにおける発電と造雪を行うプロジェクト、ダム維持流量を利用した発電、水道ネットワークの発電利用、自治体による多目的再生エネプロジェクトが紹介された。
- オーストリアのスキーリゾートの地元企業による発電・造雪事業は、電力の自家消費と余剰電力の売電、発電放流水を利用した造雪によるスキー場整備を行うもので、経済性や環境保全の面からも地域にメリットのある地域主体の小水力事業である。
- イタリアにおける発電・水道・農業用のダムの維持流量(eco-flow)を利用した小水力発電の導入実績が紹介され、さらなる開発のために、低落差用機器の開発や経済的インセンティブの必要性が指摘された。イタリアでは、自治体が開発者となる小水力(500kW以下)は、インセンティブの手続きが優遇されるなどの制度的支援が行われている。