

令和元年度水力発電の導入促進のための事業費補助金（水力発電事業性評価等支援事業）のうち技術情報の調査事業 報告書（概要版）

第1章 水力開発技術情報収集調査（IEA 水力実施協定）の概要

(1) IEA 水力実施協定の概要および目的

IEA（International Energy Agency：国際エネルギー機関）は、エネルギーの安全保障および持続可能なエネルギー需給構造の確立を目的として、1974年に設立された国際機関であり、OECD加盟35カ国のうちの30カ国が参加（2020年3月現在）している。図-1.1に示すように、IEAでは、理事会の下に5つの常設部会が設置されている。常設部会の一つであるエネルギー研究技術委員会（CERT：Committee on Energy Research and Technology）には、各種エネルギー技術の調査・研究開発に関する4つの作業部会が設けられており、各作業部会の中に組織された国際協働プログラム（実施協定）を支援している。実施協定では、OECD非加盟国や国際組織を含む各種機関と共同研究が推進されている。2020年3月現在、再生可能エネルギー作業部会（REWP：Working Party on Renewable Energy）で9の実施協定（Implementing Agreement）が、また、エネルギー研究技術委員会全体では40以上の実施協定が活動している。

水力実施協定は、再生可能エネルギー作業部会の中の実施協定の一つであり、1995年の締結以来、加盟国等がこれまでに蓄積した水力技術を集結し、世界レベルでの水力開発の更なる促進に資することを目的に活動を行っている。

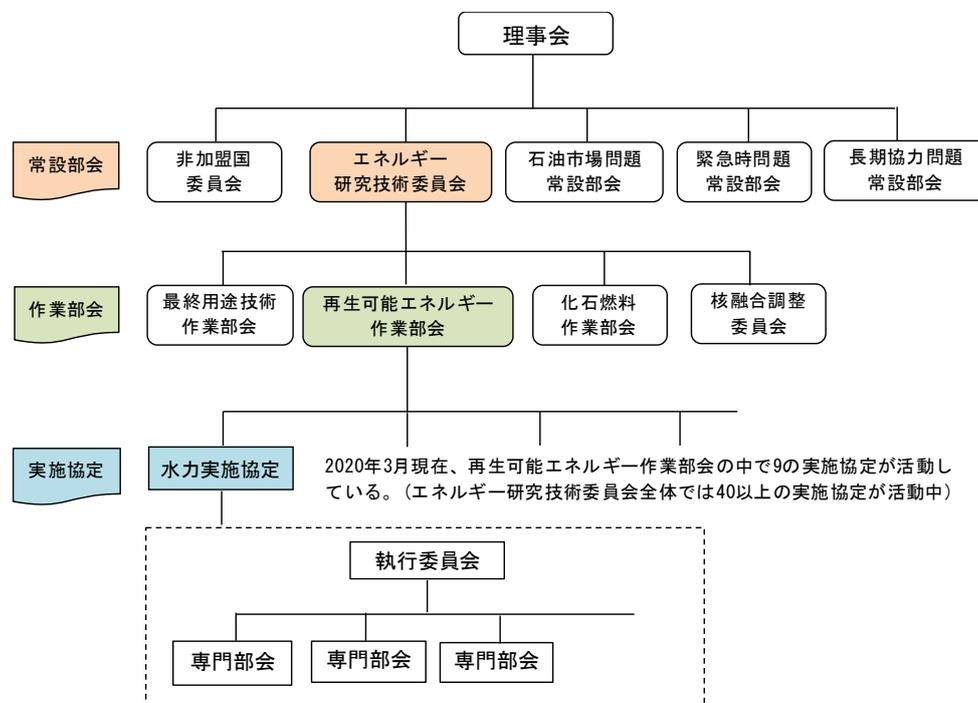


図 1.1 国際エネルギー機関(IEA)の組織

IEA 水力実施協定は、その1つの活動期間を5年間としてさまざまな課題に取り組んでおり、第1期（1995～1999年）、第2期（2000～2004年）、第3期（2005～2009年）、第4期（2010～2014年）の活動に続いて、2015年3月から第5期（2015～2019年）の活動を実施している。また、2020年からは第6期が開始されることとなっている。なお、水力実施協定の活動は、全参加国の代表により構成される執行委員会と、テーマ毎に設立される専門部会（Annex）により行われている。専門部会活動の変遷を図1.2に示す。

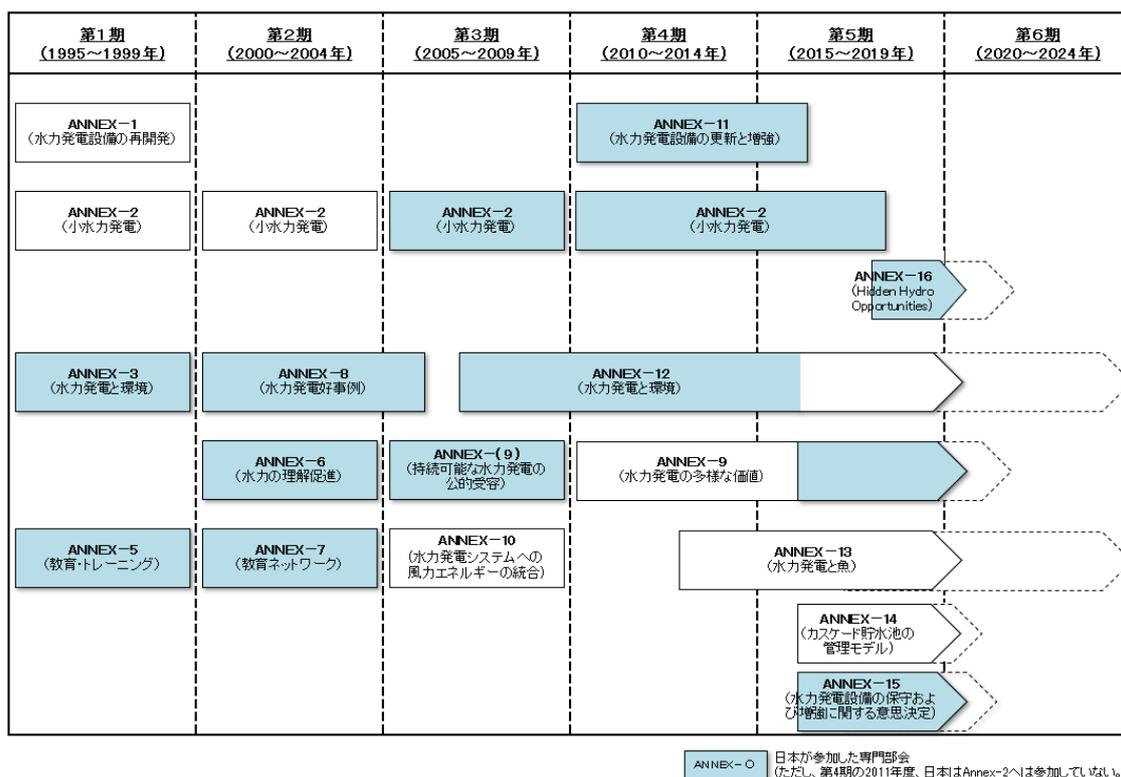


図 1.2 各活動時期の専門部会(Annex)

今年度は第5期の5カ年目にあたり、Annex-9「水力発電の多様な価値」、Annex-12「水力発電と環境」、Annex-13「水力発電と魚」、Annex-14「カスケード貯水池の管理モデル」、Annex-15「水力発電設備の保守および増強に関する意思決定」、Annex-16「Hidden Hydro Opportunities」の活動が推進されている。そのうち、今年度、日本としては、Annex-9、Annex-15 及び Annex-16 の活動に主に参画した。なお、Annex-15 に関しては、日本が執行責任者（OA; Operating Agent）となって取り組んでいる Annex である。

(2) 本事業の概要および目的

エネルギー自給率が低い我が国において、水力発電は再生可能エネルギーの中でも安定的な電力供給を長期に亘り行うことが可能な電源と位置付けられており、平成 27 年 7

月に決定した「長期エネルギー需給見通し」においても、2030年の電源構成として、8.8～9.2%の水力発電が見込まれている。

非化石エネルギーである水力発電は、純国産でクリーンな再生可能エネルギーであるという特徴を有しており、地球温暖化に対応するためにも開発・導入を支援していく必要がある。

しかし、水力発電のための開発地点は小規模化、奥地化しているため、経済上の課題が存在する。また、自然・社会環境面からの制約などもあり、開発に際しては他事例などを参照に創意工夫を施し、課題克服をしていかねばならない。つまり、今後の中小水力開発を推進するためには、国内外で活用されている既設発電所の再開発技術や中小水力導入技術情報等を収集し、開発地点の自然条件などを加味した上で地点ごとに丁寧に適用していくことが重要となってきた。

このため、本事業では、国際エネルギー機関（IEA）の「水力技術と計画に係る実施協定」（以下「水力実施協定」という。）に参画する新エネルギー財団あるいは新エネルギー財団が指定する海外委員を支援し、他の参加国と共同で実施する水力発電に係る調査研究、水力発電に係る最新の技術情報あるいは政策情報の共有活動を通して、国内水力事業者が必要とする水力開発の促進に係る情報をタイムリーにわかりやすく提供することを目的とする。

第2章 事業実施結果（執行委員会、臨時執行委員会、専門部会、国内委員会等）

(1) IEA 水力実施協定 執行委員会（ExCo）

執行委員会（Executive Committee; ExCo）は、参加各国の代表者1名ずつから構成されるIEA水力実施協定の最高意思決定機関である。参加国は、オーストラリア、ブラジル、中国、フィンランド、日本、ノルウェー、アメリカ、スイス及びEUの8カ国と1地域である（2020年3月4日現在）。執行委員会には、議長（Chair）と事務局（Secretary）のポストがあり、議長は、IEA水力実施協定を代表する。2018年3月から、Mr. Alex Beckett（オーストラリア（ハイドロタスマニア））が議長に就いた。また、事務局はMr. & Ms. Nielsen（オーストラリア）が務めている。

執行委員会は、次のような役割を担っている。

- 本協定の5ヶ年に亘る活動計画の立案と承認
- 本協定の年度予算の審議と承認
- 国際社会および参加各国の電力エネルギー・水力発電・その他再生可能エネルギー（Renewable Energies; REs）起源電力等の直近の動向、政策、課題、技術開発等に関する情報の共有
- 具体的な活動を推進する専門部会（Annex）に関する審議と承認、及びその活動の支援
- ウェブサイトを通じた各種情報の展開（<http://www.ieahydro.org/>）
- IEAの枠組みの下で活動する、再生可能エネルギーに関する他の実施協定との連携、情報の共有、など

令和元年度は、2019年10月に臨時執行委員会がポルトガルで開催された。また、2020年3月に本執行委員会がアメリカで開催される予定となっており、Annex-9では今後の日本の取り組み内容についての提案、Annex-15では海外事例の収集結果と分析を加えた最終報告書案の報告、Annex-16では来年度活動内容の提案をする予定だったが、新型コロナウイルスの感染拡大を懸念して本執行委員会は延期となった。そのため、今年度は臨時執行委員会を経た各Annexにおける報告等を記載する。

【主な報告等】

- IEA事務局は“再エネ市場レポート”を年次出版物として発行しており、これまで、バイオエネルギー（2018年）、分散型電源（2019年）を重点トピックとしてフォーカスしてきたが、2020年は水力についてフォーカスする予定である。IEA水力実施協定事務局からは、2019年時点における現状と共に今後（2020年～2025年（第6期））の検討課題を含めて、以下の5点をキートピックとして提案された。
 - ✓ 政策および市場の枠組み
 - ✓ システムの柔軟性
 - ✓ 経済性と価値

- ✓ エネルギーセキュリティ
- ✓ 気候レジリエンス
- 追加メンバーとしてスイスが紹介され、Annex-16のOAを務めることが報告された。

(2) 専門部会

(Annex-9について)

- 昨年度からフェーズIIが開始となり、SINTEF（ノルウェー）のMr. Atle HarbyとMs. Linn Emelie Schäffeが暫定OAとなった。
- フェーズIIについては、近年変動する再生可能エネルギーの供給源が大幅に普及拡大していること、気候変動の潜在的な影響が認識されてきていることを踏まえ、新たに以下のTaskについて取り組んでいる。

Task-1：エネルギー、グリッドサービス及び適応力

将来、低炭素社会に移行するエネルギー市場及び電力系統における水力発電の役割と価値について検討を行う。

Task-2：気候変動サービスへの適応力

気候変動に関連するリスクを最小化または緩和するための水力発電の役割と価値について検討を行う。

Task-3：水力発電による需給バランスへの柔軟性確立に向けたロードマップ

上記Taskの結果を取りまとめ広く普及活動を行う。

- 至近はTask-1に関して、エネルギー市場と電力システムにおける水力の将来の役割と価値に注目し、「水力発電バランスと柔軟なロードマップ」の作成を目指す。Task-2に関しては、気候変動に伴うリスクを最小化または回避するために、貯水池式水力による多様なサービスの役割及び価値に注目することで、後日活動を進める予定である。
- 2019年10月に水力の柔軟性の価値についてWhite Paperが発刊された。このWhite Paperは近い将来“水力発電ロードマップ”として取り纏められる予定である。
- 気候変動に関する活動はAnnex-12にも含まれていることもあり、2019年12月にアメリカで合同ワークショップが開催され、ブラジル、ノルウェー、アメリカからいくつかのケーススタディが発表された。

(Annex-12について)

- ブラジルから、2019年12月3日～5日にリオデジャネイロで開催されるAnnex IXとAnnex XIIの合同会議について紹介があった。主なテーマは「気候変動への対応」であり、これに関するリスク低減方法や水資源管理について議論される。今後、Annexの構成について検討する必要がある。
- 事務局から、White Paperの作成について要望があった。また気候変動の課題として各国より事例の紹介があった。

- アイスランドから、北欧の地球温暖化の進行状況について紹介があった。氷河が減少し、河川流量が増加しているとのこと。既存データに基づいて、将来の流量変化を予測している。将来的には、電力需要との兼ね合いを考慮して水力発電設備の増容量を検討する必要があるとのこと。

(Annex-13について)

- 今年度は、魚にやさしい最新技術を適用した水力発電所プロジェクトの内容として、魚道の確保や堆砂の低減について紹介があった。
- 今後の活動としては、持続可能な魚の生息や水力発電設備のある河川管理に関するロードマップの作成及びポジションペーパーの作成を予定している。

(Annex-14について)

- 今年度は、中国が調査したカスケード式貯水池群の管理に係る事例について、ヨーロッパ・アメリカ・中国のモデルケースをピックアップした。主に、国際管理、国家管理、地方政府管理の3つに大別される。アメリカでは、単一オーナーがカスケード式貯水池群を管理していることが多いのに対して、中国では複数オーナーが管理している。
- カスケード河川管理においては、その利用目的に応じて管理者が異なる。発電事業者は、関係各所との情報共有が求められる。管理のキーテクノロジーとして、気象予測、降雨予測や水文解析などの精度の高い技術が求められる。ヨーロッパやアメリカでは、機械学習(AI)によるビッグデータ分析を活用している。

(Annex-15について)

- 今年度は、日本国内外の保守管理に係る意思決定事例の収集取りまとめと、ニュージーランドにおけるアセットマネジメント実施状況の調査を実施した。さらなる事例の収集に向けて、日本以外のExCoメンバーさらにはその他の国々の発電事業者にもアセットマネジメントに係る意思決定事例を収集することが提案された。
- 今後の活動として、最終報告書の取り纏めに向けて検討・議論していく予定である。

(Annex-16について)

- 本Annexは、Annex-2「小水力発電」を発展的に継続した専門部会として提案されており、2019年2月の執行委員会において正式に合意がなされた。
- Annexの目的は、世界規模で隠れた水力ポテンシャルの開発を可能にし、それを支援するための枠組みを提供することを目的とし、以下のTaskについて取り組む予定である。

Task-1：包蔵水力量データの更新

新技術、追加データ、最新の経済的基準、規制及び環境の制約に関する情報等に基づき、既存の包蔵水力量を更新するためのプロセスを特定する。

Task-2：既存の水力発電所の性能向上

既存の古い水力発電所において、損失を減らして性能を改善し、出力増加の可能性を評価する。

Task-3：「非発電用ダム」及び水管理施設への発電設備の追加

水供給、灌漑、洪水調整等に利用されるダム及び送水・配水施設等について、落差や流量を利用して新たに水力発電設備が追加できるか評価する。

Task-4：「Hidden Hydro Opportunities」に関する水力発電技術の研究と革新

上記Taskで適用された研究開発内容を評価し、将来の研究の方向性や更なる革新のための課題を策定する。

なお、Task-2は日本、Task-3はアメリカ、Task-4はEUがリーダーを務めることで合意した。

また、2019年10月の臨時執行委員会の場にてスイスがOAを務めることが報告された。

- 今後の活動については、各国のHidden Hydro Opportunitiesに関する事例を収集するために、OAが質問票を作成し関係者に配布する予定である。また、日本としては、海外におけるHidden Hydro Opportunitiesの動向調査を実施する予定である。

(3) 国内委員会

海外電力調査会は、本事業を適正に実施するために、水力発電に知見を有する電気事業者、発電事業者、研究機関、機器メーカー等から選任された有識者または技術者からなる国内委員会、国内専門委員会および海外委員会を組織した。

国内委員会および国内専門委員会については、国内委員会を年間3回、Annex-15国内専門委員会を年間2回、およびAnnex-16国内専門委員会を年間3回開催した。

第3章 活動成果の提供と知見の展開およびその他の技術情報収集調査

(1) 国内報告会

2020年1月23日（木）にグランパークカンファレンス 401 ホールにおいて、令和元年度 IEA 水力実施協定国内報告会を開催した。茨城大学農学部からお招きした小林教授による基調講演の他、海外委員による今年度の活動報告と日本が参加していない Annex の活動について報告した。

(2) HYDRO2019 での収集情報

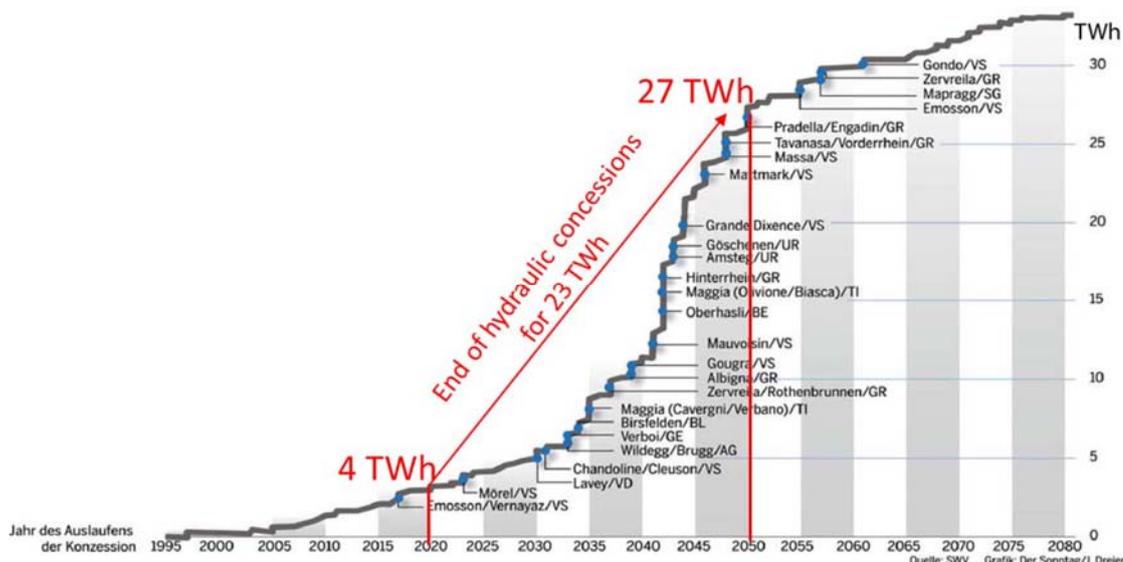
今年度参加した国際会議 HYDRO2019 のセッション一覧を以下に示す。今年度は、日本が Annex-9 の活動の中で取り上げている揚水発電に関するセッション 15 や、その他にも興味深いセッションがあったため、その中から一部を以下に記載する。

表 3.1 HYDRO2019 セッション一覧

No	テーマ	No	テーマ
1	将来の開発機会	17	ダム：安全マネジメント
2	土木：設計、建設、改修	18	運転制御
3	ファイナンス：イノベーション	19	気象被害
4	水力機械：モデリング	20	ダム：監視
5	プロジェクト計画	21	O&M
6	土木：材料	22	越境プロジェクト
7	ファイナンス：法律および契約	23	ダム：地震リスクと故障メカニズム
8a	水力機械：運転	24	電気工学と系統課題
8b	水力機械：環境、改修	25	環境
9	将来のトレンド	26	放流設備
10	コンクリートダム	27	水力発電の柔軟性
11	ファイナンスワークショップ	28	小水力
12	ファイナンス：グリーンボンド	29	環境：魚類保護
13	圧カトンネル	30	改修と機能向上
14	セキュリティ	31	デジタル技術
15a	揚水発電：プロジェクト	32	堆砂マネジメント
15b	揚水発電：技術的側面	33	社会的側面
15c	揚水発電：イノベーション	34	設備景観
15d	揚水発電：統合	35	組織強化
16	気候変動	36	河川運用

1) Pushing the envelope: Switzerland's approach to unlocking hidden hydropower potential- A. Muller, EPFL; C. Munch-Aligné, HES-SO; C. Nicolet, Power Vision Engineering; V. Denis, Mhylab; and; F. Avellan, EPFL, Switzerland

スイス連邦評議会が策定したエネルギー戦略 2050 によると、水力発電による年間発生電力量を 2020 年から 2050 年にかけて 364 億 kWh から 386 億 kWh へ増加させる目標が掲げられており、この増加分の 50%は小水力によるものである。この目標を達成するには潜在的な水力の開発が必要であり、環境への影響を最小限に留めるため既設設備を活用した開発を優先する。既存の上下水設備や人工水路へ新たに小水力発電設備を設置するほか、既設水力発電所の改修機会を利用する。同国では、2020 年から 2050 年にかけて既設水力発電所の約 70% (年間発生電力量 230 億 kWh 相当) がライセンス失効となるため、ライセンス更新に伴う増出力が期待される。このような背景をふまえ、スイスにおける小水力(発電、小規模揚水発電)や既設発電所改修のプロジェクト事例を紹介する。



揚水発電は、世界各国で大規模なエネルギー貯蔵技術として導入されており、2018年現在その容量は約1億6,000万kWである。スイスでは、既存の河川を利用した500~1万kWの小規模揚水発電に着目し、そのポテンシャルに加え、他のエネルギー貯蔵技術と比較した場合の競争力について検討している。10地点のケーススタディによると、小規模揚水発電への投資コストは大規模揚水発電より若干高いが、蓄電池より安価な10万円/kWh以下の水準と試算されており、今後の導入が期待される。

2) Design of the tailrace surge tank of the Gouvães pumped-storage plant - J.C. Vera and L. de la Torre, Iberdrola, Spain; W. Richter, TU Graz Hydraulic Institute, Austria; C. Nicolet, Power Vision Eng. Sàrl, Switzerland

近年、変動する再生可能エネルギー(Variable Renewable Energy、以下 VRE)が大量導入される状況において電力貯蔵が果たす役割の重要性が高まっている。揚水発電は、蓄電池よりも容量当たりのコストが小さく、また大きな貯蔵容量を提供できる一方、新規建設の場合はライセンス取得や建設工事に時間を要するデメリットがある。既設の一般水力発電所を流用して揚水発電所へ変更することで、初期投資を抑制するとともに、タイムロスなく大きな貯蔵容量を確保することができる。この変更においては、経済的および技術的条件を満足する必要がある。

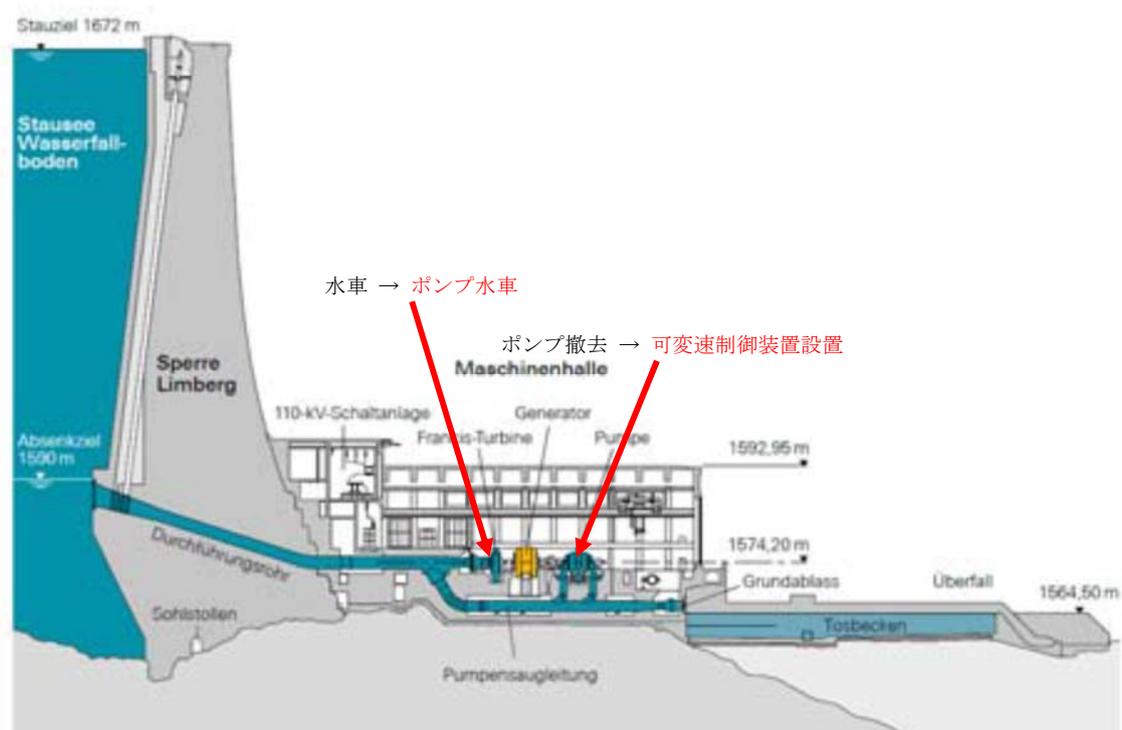
スペインの Iberdrola 社は、Cortes II 発電所 (14 万 kW×2 機) を揚水発電所へ変更するプロジェクトの検討を進めている。Cortes II 発電所は、欧州最大規模の La Muela 揚水発電所 (La Muela I : 21 万 1,600kW×3 機、La Muela II : 22 万 500kW×4 機) の下流に位置し、Cortes 貯水池の水を発電に利用している。発電に使用した水は、下流の Naranjero 貯水池へ貯留される。同発電所の年間平均運転時間は 1,032 時間、その負荷率は 40%であり、また貯水池への平均流入量は貯水容量に対して十分小さいため経済的条件を満足している。

検討中プロジェクトの仕様は、技術的条件をふまえ既設発電所相当となっている。なお、キャビテーションによるポンプ水車の壊食を回避するためポンプ水車のレベルに対して下部貯水池の最低水位を僅かに高く設定している。また土木工事範囲を最小限にするためポンプ水車の直径は既設水車と同等の設計としているが、ポンプ水車は同サイズの水車と比較して使用水量が減少してしまう。サイズを変更せずに使用水量を増加させるには回転速度を増加させる必要があり、ケーススタディを実施している。この結果をふまえ Iberdrola 社は、ポンプ水車の直径を大きくして使用水量を増加させることも視野にいれながら、2019 年末までに詳細設計を完了させる予定としている。



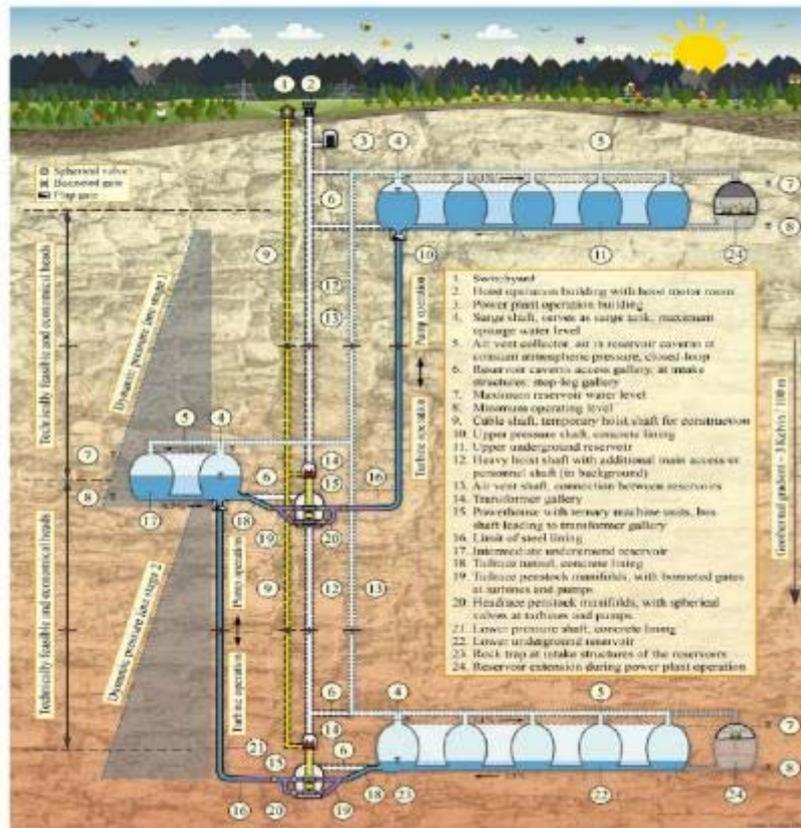
3) Replacement of a horizontal Francis turbine by a pump-turbine with variable speed - J. Zouhar, J.Obrovský, M. Abrahám and A.Skoták, Litostroj Engineering, as, Czech Republic

オーストリアの Verbund 社は、同社が所有するターナリー式の Limberg I 揚水発電所（水車：5万6,000kW×2，ポンプ：6万5,000kW×2，1956年運開）の改修を計画している。その方針は、ターナリー式から可逆式へ変更するとともに調整能力の高い可変速揚水とし、さらに出力を増加させるものである。既設の水車位置でスパイラルケーシングを流用してポンプ水車を設置し、既設のポンプを撤去したスペースを利用して可変速制御装置を設置する予定である。



4) Underground pumped hydro: A versatile-forever asset for a sustainable energy future - F.G. Píkl, W. Richtner and G. Zenz, Graz University of Technology, Austria

揚水発電は大規模なエネルギー貯蔵技術として、そのニーズは高まっているが、従来の地上貯水式揚水発電は、地形などの特性から、その開発に適した地点は限られている。また現在は、自然保護に関する規制が厳しくなっており、新たなライセンス取得が困難な状況である。一方で地下貯水式揚水発電は、貯水スペース含め全ての設備を地下に設置することから、地上貯水式と比較して開発地点を柔軟に選定することができ、また環境負荷も小さいと考えられており、オーストリアのグラーツ工科大学の研究者が、その開発方式について提案した。



まず地下貯水式揚水発電の共通の特徴として、上部および下部貯水スペース、発電所を地下の任意の場所に設置するため、貯水スペースから発電所までの圧力水路を最短距離で設計可能となる。圧力水路は強固な岩盤箇所を掘削して利用するため、ライニング処理のみで鉄管が不要となる。また貯水スペースは河川等から隔離されているため堆砂により貯水容量が減少する懸念はなく、必要に応じて水平方向に拡張させることも可能である。

地下貯水式二段揚水発電は、上部および下部貯水スペースに加えて中間貯水スペースが設けられ、発電所は下部貯水スペースと中間貯水スペースの高さにそれぞれ設置される。中間貯水スペースを設けることにより、それぞれの圧力水路へのストレスが低減され、圧力水路の径を小さく設計できるため開発コストを抑えられる。

5) Dinorwig update: Balancing intermittent renewables with Europe's largest pumped-storage plant - G. Yohe and R. Clarke-Johnson, American Governor Company, USA

英国では、石炭火力や原子力のベースロード電源が相次いで閉鎖する一方、風力や太陽光といった VRE が増加しており、系統の慣性力低下や系統周波数の調整が課題となっている。これを解消するために蓄電池の導入が進められてはいるが、揚水発電が担う周波数調整の役割は以前にも増して重要になっている。

同国の北ウェールズに位置する First Hydro 社所有の Dinorwig 揚水発電所 (30 万 kW

×6機、1984年運開)は、揚水運転と発電運転の他に調相運転が可能であり、停止から発電運転(0kW→+172万8,000kW)までは約90秒要するのに対して、調相運転から発電運転(-5,000kW→+132万kW)までは約12秒で遷移可能である。調相運転でのスタンバイにより、系統周波数が規定値以下に低下した場合でも、制御装置はこれを検知して調相運転から発電運転へ即座に運転モードを切り替えることで、周波数維持に貢献することができる。

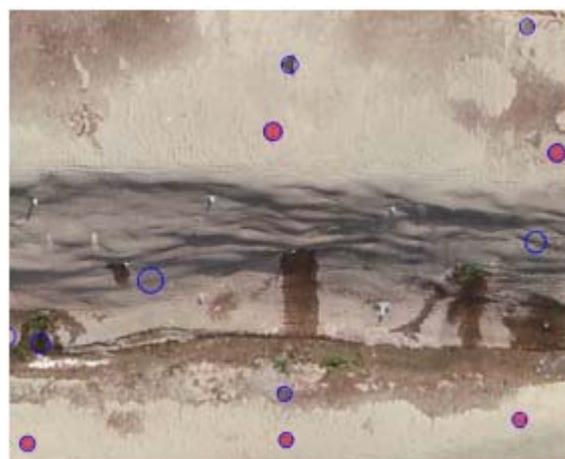
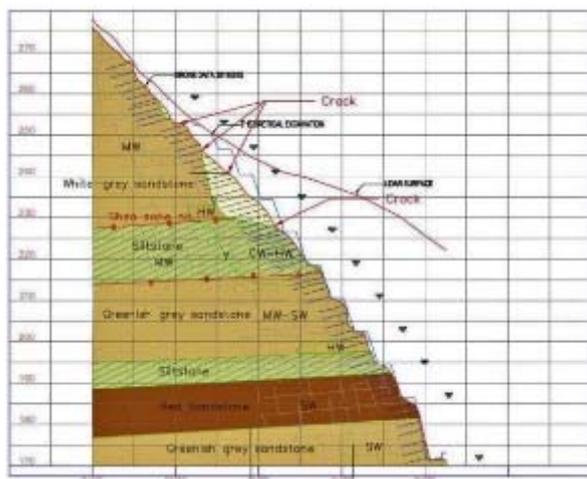
同発電所は、2019年4月のある日には24時間の内に3機の発電運転で13回の周波数低下に対応し、また同年6月のある日には、全6機が発電運転と調相運転のやり繰りで周波数維持に努めた。

このように英国の揚水発電は、系統安定のために過酷な運転を求められており、今後さらにその役割は不可欠なものになると考えられる。

6) Slope monitoring using combined optical and drone survey tools - P. Nater, R. Fretz and V. Crisp, Pöyry Switzerland Ltd, Switzerland

ラオス中央部のNam Kading川で建設中のNam Theun 1水力発電所では、2つの立坑型の発電所の建設のための平場を造るために相当量の地山掘削が行われ、最終的には最大高さが110mにも及ぶ長大法面が形成された(左下図)。この掘削後の法面の状況を管理するために固定式プリズムによる測量とドローンによる日常的なフォトグラム計量によるモニタリングシステムが採用された。

ドローンによる写真撮影を用いた粒子画像流速測定法(PIV手法)により広域に渉る変位を計測するために斜面に大きなカラーマーカー(右下図)が設置されたが、照明、粉塵、湿気、障害物等によりPIV手法では計測ができなかった。そこでAIパターン認証技術を導入することにより信頼度の高いマーカーの認証が可能となり、手動操作による相互作用量は最小限になった。元々、計測精度は低かったが、最終的には測量とほぼ同等の精度を得ることができた。



7) First experiences with a 420 kW TUM Hydroshaft plant in the Bavarian Alps - P. Rutschmann, Technical University of Munich, Germany; A. Sepp and C. Hackl, Hydroshaft GmbH, Germany

本インライン式水車発電機はエコロジーに関していくつかの利点を有する新型水車発電機である。従来の水車発電機と異なり、取水口とスクリーンが底にあり、河床とほぼ接しているため、設計上、スクリーン近傍では河水の流速が低くなり、スクリーンバーに対して垂直方向の流速成分は極めて低くなる。その結果、取水口に魚が呑み込まれて水車まで至る現象は極めて少なくなる。また、スクリーンの下流側末端には魚が上下流を行き来できるよう開口部が設けられている。これらについて、ドイツ、EU、アメリカ大陸で7つの特許が承認あるいは申請中である。また、設計は2つの系列からなり、一つは通常のインライン水車、もう一つはTUM (Technical University of Munich) の多管式インライン水車:TUM-Multi-Hydroshaft Power Plant(TUM-MHSPP)である。TUM-MHSPP は、上下流方向に設けられた複数のインライン水車と、河床に設けられた2本のバイパス管から成り、バイパス管を通じて魚は水車発電機の上下流を行き来することができる(下図参照)。また、現在、第三のインライン水車式発電機も開発中である。なお、途上国向けの分散型の小水力発電機として活用でき、水車やスクリーン、吸引管は通常のコンテナで輸送可能で、輸送用コンテナはその後、取水口として使用することも可能である。



現在、35kW の2つの小型パイロットプラントがある。一つはTUM 理研究所のあるObernach にあり、そこで設計の最適化や生きた魚を用いた試験を実施している。もう一つは、ドイツのHeidenheim で、水車メーカーが建設した実証試験用の発電所である。第1号機は、Bavarian Alps にあるLoisach 川のGrossweil 近傍のNatura 2000 に位置し出力は420kW、2019 年秋に運開予定である。設置場所の認可取得の際には、NGO により、レッドデータブックに載っている鮭と鯀の希少魚類の生息が水力発電所により危険にさらされるのではないかと訴えが出たが、TUM で実証中の試験から得た知見で反論した結果、魚の生息を脅かすのは発電運用者だけではないということ見解もあったことから結審となった。その後の検討で、魚に与えるダメージは水車を通過するか、バイパス水路を下流方向に移動するかにより生じるもので、概ね2.5%という予測が得られた。

8) Improvements of Coanda screen intakes for small hydro - L. Lia and S.D. Sæle, NTNU, Norway; B. Skår, BD Hydropower, Norway; T. Jensen, NVE Energy, Norway; H. Brekke and P-K. Skudal, Tafjord kraft, Norway

ノルウェーでは、政策的な受入と市場動向が小水力開発促進の追い風となったことから、2005年～2019年にかけて400カ所以上の小水力発電所（1MW～10MW級）が運開した。その際、個別の発電所では収入が少ないため、プロジェクトの全ての要素について省力化を図り、労務費の最小化が導入されてきた。小水力発電所の取水口における解決策の殆どがスクリーン清掃に係る費用の削減であったことから、Coanda式スクリーンを導入したことで、それに伴ういくつかの技術革新が生まれた。全て旧来の取水口スクリーンから生まれたもので、現在50機ほどのCoanda式スクリーンが稼働あるいは建設中である。



洪水で発生する氷塊や漂流堆積物および流木による摩耗や、機械的な影響からスクリーンを保護することを目的とし、新しく‘Fossekalen’式取水口が開発された。これは、表面を覆う傾斜式スクリーンによって、チロリアン式取水口とCoanda式スクリーンの長所を取り入れたものとなっており、現在では5カ所で‘Fossekalen’式取水口が運用中である。傾斜式スクリーンとしてシュノーケルという装置を取り付けることで漂流物による摩耗を防ぐとともに、スクリーン頂部からの温度変化を防ぐことで、スクリーンに到達した流水の温度を極低温のまま保持することができる。水温保持の原理は、シュノーケルの水面から1m下の位置に穴を設け、そこから取水口水面よりも1/1000℃程度低い水温の水を取り込む。さらに、シュノーケルの天蓋を、熱放射を減少させる構造とすることで温度変化を抑制する。シュノーケルの第1号は2015年にDyrkorn取水口に据付けられ、これまでに有望な結果をもたらしているが、プロトタイプには重大な設計上の問題があることが判明し、問題解決のために今後も実験を通じて最適化していく必要がある。



(3) 新エネルギー財団のホームページへの掲載

一般財団法人新エネルギー財団のホームページ内に作成されている「水力実施協定国内専用サイト (<http://www.nef.or.jp/ieahydro/>)」に、国際会議およびワークショップでの発表資料を掲載するとともに、最新の活動状況を反映させた更新を行う予定であり、このために活動内容を整理した。

- ・ IEA水力実施協定ウェブサイト (<http://www.ieahydro.org/>)
- ・ 国際会議「HYDRO2019」でのIEA関連セッション（令和元年10月：ポルトガル）

(4) 有益情報が見込まれる今後の活動内容

IEA 水力実施協定の今後の活動内容のうち、特に日本の水力発電事業に有益な情報取得が見込まれる活動内容を以下に示す。

1) Annex-9

今年度より本 Annex はフェーズIIに移行している。フェーズIIでは、VRE を支援するために相当量の安定した再生可能エネルギーおよび電力貯蔵容量を供給できる点、そして、いわゆる「ハイドロバランス」と呼ばれる、電力システムを支援するための柔軟なエネルギーサービスを提供できる点における水力発電の役割について検討を行う。

活動は以下3つのタスクに分けて実施する。

Task-1. エネルギー、グリッドサービスおよび適応力:

将来、低炭素社会に移行するエネルギー市場および電力システムにおける水力発電の役割と価値について検討を実施する。具体的な作業は以下のとおりである。

- フェーズI活動プログラムとのギャップを明確化するとともに、サービスを評価するための方法論のより詳細なレベルを提供する。
- ハイドロバランスに関連する技術的論点の特定と柔軟性サービスの提供。
- 市場および商業的な側面。
 - ・ 貯蔵とエネルギーサービスの提供に関連する（資本と運用上の）コスト
 - ・ これらのサービスを提供する際の電力システムへの価値
- 様々な国が現在「水力の調整力と柔軟性のサービス」の提供にどのようにアプローチしている、もしくはアプローチしようとしているかを理解して文書化する。
- 揚水発電所や貯水池式発電所を訪問し、柔軟な運用と VRE の調整へのアプローチの更なる理解に努める。
- エネルギーの貯蔵と統合、特に水力の調整力サービスに関して IEA 本部と協力する。
- 収集された情報を「水力発電の調整力と柔軟性のロードマップ」にまとめる。
- 得られた情報を普及させる。

Task-2. 気候変動サービスへの適応力

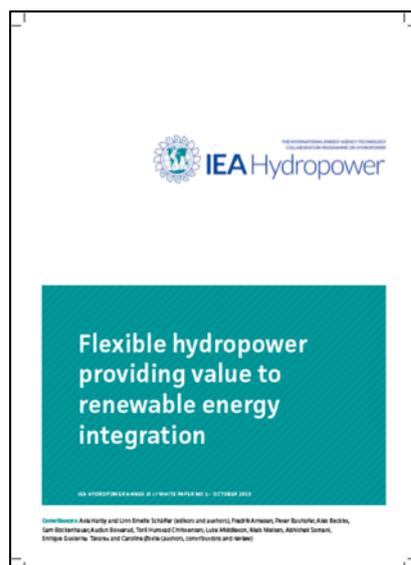
気候変動に関連するリスクを最小化または緩和するための水力発電の役割と価値について検討を実施する。具体的な作業は以下のとおりである。

- フェーズI活動プログラムのギャップを特定し対処するとともに、サービスを評価するための方法論のより詳細なレベルを提供する。
- 気候変動シナリオの下で各国が水資源管理にどのようにアプローチするかを理解し文書化する。
- 気候変動に伴うリスクの最小化または緩和における水力発電の役割の調査。
- 気候変動に伴うリスクの最小化または緩和に対する水力発電がもたらす価値の評価。
- 集められた情報を「水力発電の調整力と柔軟性のロードマップ」にまとめる。
- 得られた情報を普及させる。

Task-3. 水力発電バランスと柔軟なロードマップ

Task-1 と Task-2 の結果を文書化し普及させる。

2019年10月にIEA水力実施協定事務局より水力の柔軟性の価値について White Paper の第1稿が発行された (<https://www.ieahydro.org/annex-ix-hydropower-services>)。これは、電力システムの持続可能な変遷を確かなものにするために、技術的な課題や市場・政策・規制からの要求事項を適切に捉え、更なる分析・評価を加えた上で、近い将来“水力発電ロードマップ”として取りまとめられる予定である。日本は2017年～2019年までの活動をいくつかのファクトシートとしてまとめて欲しいとOAから要望されている。



2) Annex-15

電気事業者が実施しているアセットマネジメントの事例調査を実施することにより、水力発電設備の資産価値を向上させるために重要な役割を果たしている項目の特定を目指す。

調査活動は以下の2段階で実施する。

段階-1：資産管理や意思決定の手法と技術

段階-2：資産価値向上の目標

段階-1 では、各電気事業者が実施しているアセットマネジメントの事例を収集して、下記に示すような手法や技術を分類、抽出する。

1)設備の性能、機能の向上に関する手法、技術

- 設備保全方法（維持管理費の低減）
- 設備の点検、診断、寿命予測、補修、更新等に関する新技術（ライフサイクルコストの低減）
- 出力や効率の向上のための技術
- 電力市場の変化に対応するための設備改善策

2)設備の価値の向上に関する手法、技術

- リスクマネジメント
- 補修、更新と比較の対象になった代替案（廃止や売却も含む）
- アセットマネジメントのための計算ソフトウェア
- 電力市場の変化に対応するための運用方法改善策（設備の改良を伴わないで価値を向上させる方法）

段階-2 では、段階-1 で収集した事例を整理して、意思決定の特徴を分類するとともに、アセットマネジメントで資産価値を向上させるために重要な役割を果たしている項目を抽出する。

2020年度中に最終報告書を取りまとめることとしており、国内事例140件、海外事例50件を基に国内外における意思決定の特徴を分類し、先進的な取り組み等、有益な情報を普及することを予定している。

3) Annex-16

本 Annex の全体的な目的は、世界規模で隠れた水力発電ポテンシャルの開発を可能にし、それを支援するための枠組みを提供することである。

活動は以下 4 つのサブタスクに分けて実施する。

サブタスク 1：包蔵水力量データの更新

新技術、見直し・追加データ、最新の経済的基準、規制および環境の制約に関する情報、ならびに改善された開発方法に基づいて、既存の包蔵水力量を見直して更新し、追加データを特定するためのプロセスを検討し特定する。この包蔵水力量の見直しでは、「持続可能」を定義するプロセスと判断基準、およびそれらが包蔵水力量の更新にどのように使用されているかについても調査する必要がある。具体的な作業は以下のとおりである。

- 包蔵水力調査の過去および現在使用されている各国の調査方法を、技術改善が必要と思われる事項と併せて調べる。(この調査では、水力発電開発に制約を与える可能性がある技術的、経済的、環境的、社会的要因を含める)
- 「Hidden Hydro」の調査によって包蔵水力量を増大する方法を明らかにする。
- 「Hidden Hydro」の明確化によって包蔵水力量の増大に成功した事例の文書化。

水力発電開発の計画では、包蔵水力量データは、一般に技術的、経済的、環境的および社会的実現可能性に基づいている。ただし、これらの実現可能性の基準は国によって、そして時とともに変わる。したがって、包蔵水力量データを整備するための考え方とその方法を比較検討することで、以前に推定されたものに加えて、「Hidden Hydro」の可能性を特定できることが期待される。

包蔵水力量データを拡大するための「Hidden Hydro」の評価は、以下の方法に焦点を合わせる。

- 気候変動の包蔵水力量データへの影響を含め、水文および気象データの分析とモデリングを改善する。
- ハイドロポテンシャル増加を特定できる評価ツールを改善する。
- 改善された保全および緩和技術を明らかにした高度な方法を含めて、変化した環境への配慮を特定する。

サブタスク 2：既存の水力発電所の性能向上

既設の古い水力発電所において、損失を減らして性能を改善し、出力増加の可能性を評価する。具体的な作業は以下のとおりである。

- 既設の水力発電所の性能を改善する余地を特定するために、従来使用されている運用・運転方式(processes and methods)の見直しを行う。
- 既設水力発電の性能を改善するために、「Hidden Hydro」ポテンシャルの利用拡大を図る追加的かつ改善された方法を明らかにする。

- Annex-XI および XV の事例の見直しを行い、改善されたその方法が「Hidden Hydro」利用によって行われた既設水力発電所の事例を抽出する。
- 既設水力発電所の性能を、「Hidden Hydro」利用によって向上させた好事例の文書化
- 性能を向上させるための「Hidden Hydro」の可能性に対する評価については、以下の方法に着目する。
 - ・ 発電に利用可能な流量とその有効性の増大
 - ・ 発電に利用可能な落差の増大
 - ・ 貯水池水資源の運用の改善
 - ・ 水文的、水理的および電氣的な損失の削減
 - ・ 河川流量および魚道流量を保持する、専用の環境放流発電設備の追加
 - ・ 水力発電所の性能を改善するために、水力発電装置の持続可能性の評価

サブタスク 3 : 「非発電用ダム」と水管理施設への発電設備の追加

水供給、灌漑、洪水調節などのために建設された既設のダムは数多くあり、送水・配水施設などの落差・流量を使用して水力発電設備を追加できる可能性があるかどうかを特定・評価する。具体的な作業は以下のとおりである。

- 「非発電用ダム(Non-power Dam)」(以下、NPD という) や水管理施設において、水力発電施設を追加することが技術的、経済的、環境的／社会的に実現可能であるかをレビューする。
- 技術革新、改善された開発および建設方法、戦略的アプローチを考慮して、その実行を成功させるためのベストプラクティスを見極める。
- NPD や水管理施設に発電機能を追加するために、「Hidden Hydro」ポテンシャル利用拡大を図るその追加的かつ改善された方法を特定する。
- NPD や水管理施設に、発電設備を追加した好事例のその機会、方法およびプロセスなどを文書化する。
- NPD と水管理施設に発電能力を追加するための「Hidden Hydro」利用の評価は、次の方法に着目する。
 - 水力発電施設の追加が可能なポテンシャルを有する NPD の特性を明らかにする。
 - 水力発電施設の追加が可能なポテンシャルを有する灌漑施設の特性を明らかにする。
 - 水力発電施設の追加が可能なポテンシャルを有する送水、上下水道施設の特性を明らかにする。

サブタスク 4 : 「Hidden Hydro」利用発電に関する水力発電技術の研究と革新

サブタスク 1～3 で適用された革新的な研究開発内容(構想)をまとめて評価し、将来の研究方向性と革新的研究の課題を策定する。具体的な作業は以下のとおりである。

- 「Hidden Hydro」ポテンシャルを集めるために、利用可能な現在の個々の水力発電技術と関連分野の文献／ケースレビュー、およびそれらの適用性のレビュー。
- 持続可能な「Hidden Hydro」ポテンシャルを予測するための方法に関する文献とケースレビュー。
- 水力発電技術に関する文書化された最先端技術に基づく、水力発電技術に関する将来の研究と革新の必要性、非技術分野および持続可能な「Hidden Hydro」ポテンシャルを最大限に活用するための方法を策定する。
- 好事例と成功した事例を用いて、持続可能な「Hidden Hydro」ポテンシャル利用発電の機会を市場にもたらすための研究と革新の分担を決める。
- 世界規模の研究と技術革新のニーズを、水力発電技術に関する将来を見据えた研究と技術革新の課題へとレビュー、ランク付けし、統合する。

今後は海外の「Hidden Hydro」について調査を実施し、国内の発電事業者に対して有意義な報告書になるように、報告書の内容及び構成を検討する予定である。

以 上