

平成 30 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）

1. 事業概要および目的（IEA 水力実施協定の概要を含む）

(1) 事業概要および目的

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。

(2) IEA 水力実施協定の概要

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（2018年11月時点）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。2018年現在、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。

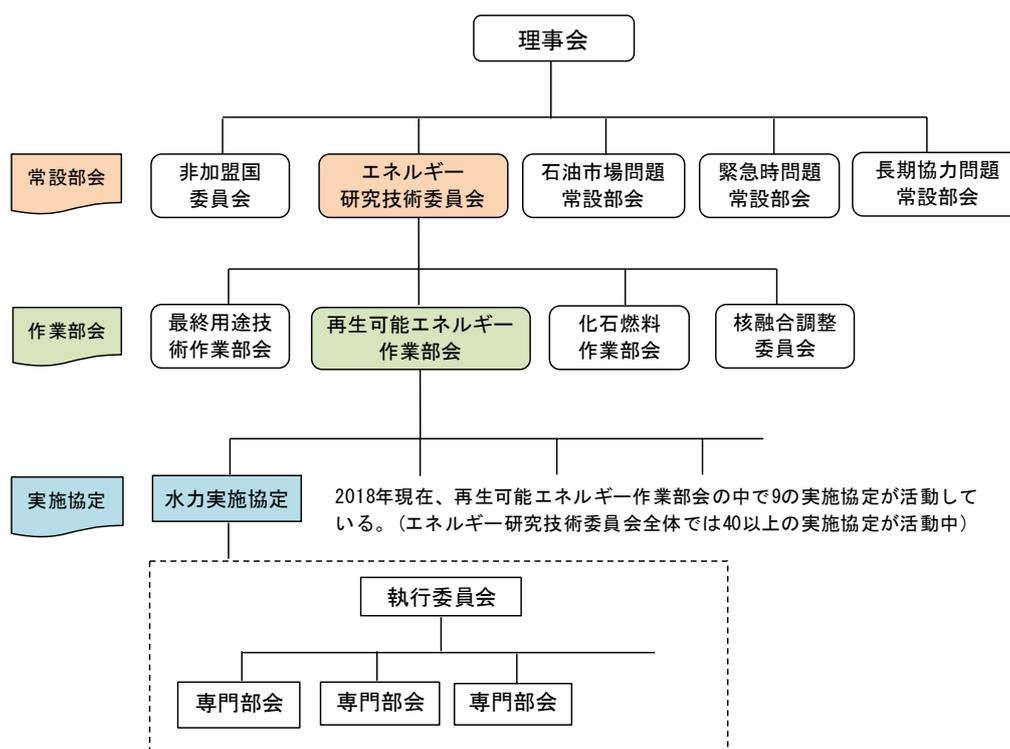


図 1.1 国際エネルギー機関(IEA)の組織

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。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。

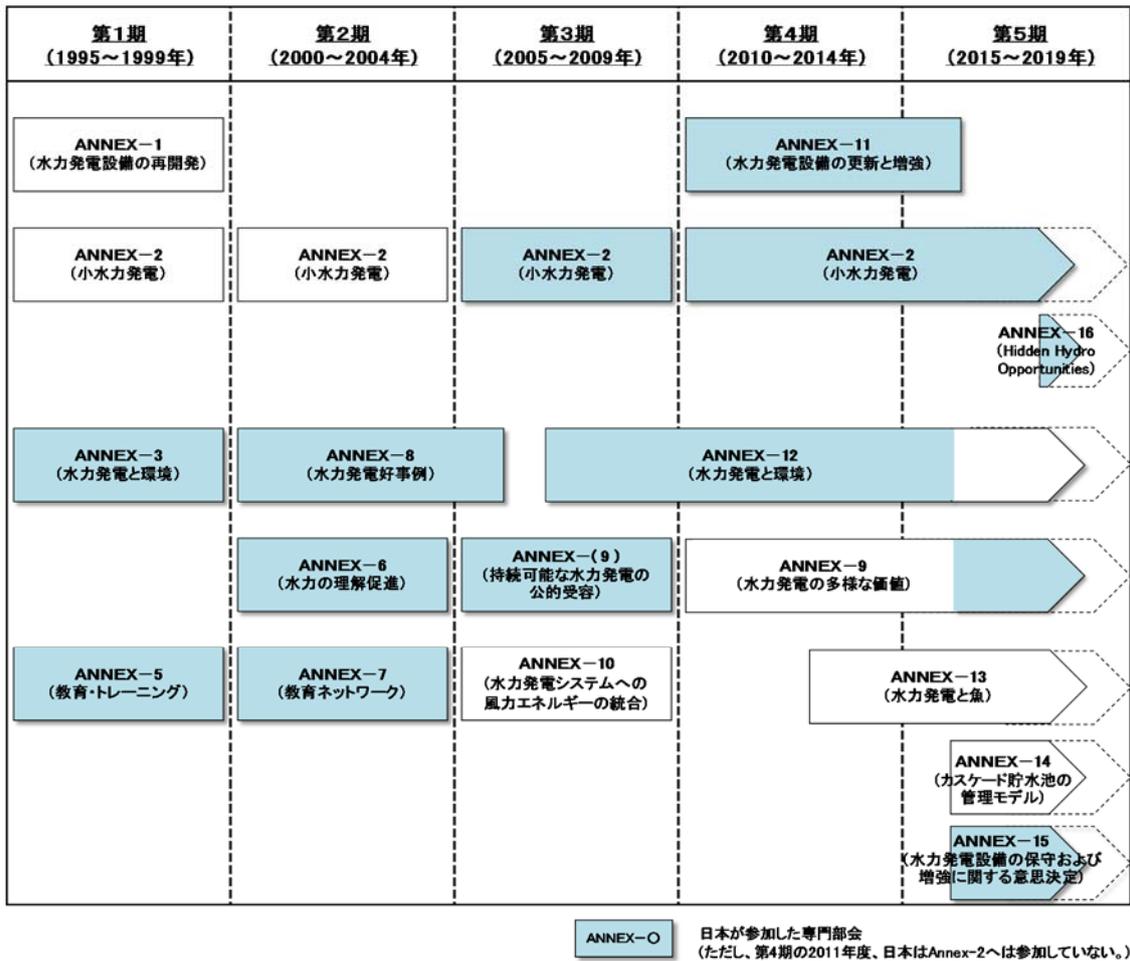


図 1.2 各活動時期の専門部会(Annex)

今年度は第5期の4カ年目にあたり、Annex-2「小水力発電」、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」及び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-2、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. 事業実施結果（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、アメリカ及びEUの7カ国と1地域である（平成30年3月2日現在）。執行委員会には、議長（Chair）と事務局（Secretary）が置かれ、議長は、IEA水力実施協定を代表する。平成30年3月から、Mr. Alex Beckitt（オーストラリア（ハイドロタスマニア））が議長に就いている。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

今年度は、平成30年10月に臨時執行委員会、平成31年2月に本執行委員会が、それぞれポーランド及び日本で開催された。以下に両会合を経た各Annexにおける審議結果等を記載する。

【主な審議結果等】

（Annex-2について）

- ・サブタスクA1（ウェブサイトの充実）について、これまでの成果をIEA水力実施協定のウェブサイト統合されることとなった。
- ・サブタスクA3（政策と経験）については、長期間にわたり活動がなかったため活動を終了することとなった。
- ・サブタスクA5（地域社会における持続可能な小規模水力発電）については、最終報告書は既に完成しており、本報告書に基づき持続可能性のある小水力の好事例を整理したガイド書案を作成した。ガイド書は様式の編集や説明書の添付等の修正を行い、次年度中にIEA水力実施協定のウェブサイトへアップする予定である。

(Annex-9について)

- 今年度からフェーズIIが開始となり、SINTEF（ノルウェー）のMr. Atle HarbyとMs. Linn Emelie Schäfte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について取り組むこととなった。

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：水力発電バランスと柔軟なロードマップ

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。
- 日本としては、2018年のアメリカでの揚水発電調査結果を含む作業計画を整理した情報を、特に揚水発電や可変速揚水発電に着目した形でOAに提供できるよう準備するよう要請された。
- 気候変動に関する活動はAnnex-12にも含まれているため、双方が網羅する範囲及びアプローチの違いや互いがもたらす相乗効果について明らかにすることが示された。
- フェーズIIの活動は注目度が高く、既存のTCPメンバーだけでなくカナダやスイス、アイルランド、オーストリアなどの欧州の国々に対しても参加を促すことが示唆された。

(Annex-12について)

- 至近の活動として、ブラジルでは2017年末から2018年12月にかけて計測プログラムを再開し、アマゾン川流域にあるTeles Pires RiverのSINOP発電所で現地計測を実施したことが報告された。
- 現在は温室効果ガス削減の実態を再現するための水理学的な水質モデルの検討を含めたBALCARプロジェクトの第2フェーズが進行中である。
- 2018年1月に作成されたガイドライン第3巻には、貯水池からの温室効果ガス発生量の削減管理に関する好事例のためのロードマップが示されており、最終報告書では温室効果ガス発生を減らす対策事例を掲載予定である。
- 今後の活動としては、発電用貯水池における気候や水文の影響について、気候変動への適

応を扱うAnnex-9と共同で議論を行うことが示された。また、これまでの活動成果をまとめるため本Annexのポジションペーパーの作成を予定している。

(Annex-13について)

- ・今年度オーストラリアで開催された魚道会議の一環として、水力と魚の管理に関する国際シンポジウムが開催された。また、2017年5月に開催されたEU/ECとの共同ワークショップに続き、2回目の共同ワークショップを2019年後半に計画している。
- ・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をまとめた総括報告書が提出されたが、ノルウェーやアメリカの事例については資料の充実を求められたため、ノルウェーとアメリカの代表が情報収集のフォローアップを行うこととなった。また、より複雑な水管理システムを保有しているブラジルに対してもサポートする旨の要請があった。
- ・今後の活動については、更なる事例収集及び情報の拡充により報告書を改良するとともに、フランス(CNR)、ポルトガル(EDP)、カナダ(Hydro Quebec)等にも事例収集のための協力を要請する予定である。

(Annex-15について)

- ・今年度は、日本国内及びカナダ、アメリカにおけるアセットマネジメントに係る意思決定事例の収集結果について報告を実施した。その中で、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。
- ・また、アセットマネジメントに係る意思決定の一環として、アセット価値を維持あるいは増加させるための対策を検討することの重要性についても指摘された。
- ・今後の活動として、引き続き日本及びその他の国々から事例を収集し分析を進めることに加え、次年度以降ノルウェー及びオーストラリアに訪問し、アセットマネジメントの動向調査を実施する予定である。

(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 : 「Non Power Dam（非非発電用ダム）」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。

・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. 当事業の実施により日本として有益となる情報収集結果

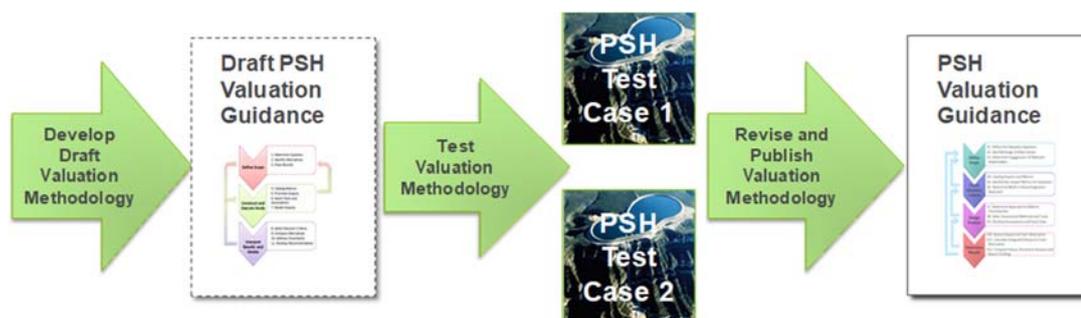
(1) HYDRO2018 での収集情報

今年度参加した国際会議 HYDRO2018 において、Annex-9 及び Annex-16 に関連する論文の概要を以下に整理する。

➤ Annex-9

1) Developing a valuation guidance for pumped storage hydropower – V. Koritarov, Arg National Laboratory, USA

現在、米国で進めている揚水発電所の評価ガイドブック作成に関する紹介が行われた。これは U.S. Department of Energy (DOE) を中心に 5 つの研究機関によって資金提供と検討が進められている。米国においても揚水発電の価値が正しく評価されておらず、開発が進んでいない状況にある。本ガイドブックを揚水発電開発者やその他関係個所に配布・普及させることで、揚水発電の開発を促進したいという目的である。



ステップとしては、上図のように、まず揚水発電プロジェクトの一貫した評価および比較を可能にする包括的かつ透明な評価ガイダンスを作成する。その評価方法を 2 つの揚水発電プロジェクトに適用してテストを行う。適切な評価ガイダンスを作成し水力発電業界、揚水発電開発者に普及させる流れである。

本ガイドラインは海外でも適用できるため、完成後、日本のケースで評価を行うことが有効であると考えられる。

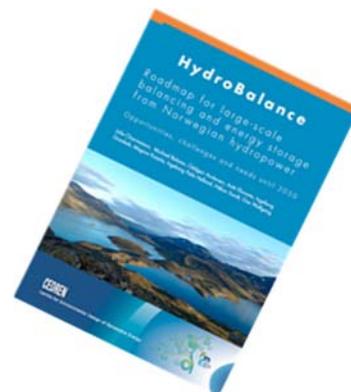
2) Review of existing studies on valuing energy services in Japan – K. Ota, Kansai Electric Power Co, Inc, Japan.

日本における IEA Hydro Annex 9 の活動を紹介したもので、日本における水力発電プロジェクトの価値、特に揚水発電の価値に関する既存の研究をレビューして紹介した。取り上げた研究は、2030 年時点での再生可能エネルギーの大規模導入が日本の発電システムの容量と運転モードに与える影響を、揚水の種類の違いを反映して評価したものである。水力発電（可変速または定速揚水発電を含む）ならびに火力発電の異なる運転モードおよびエネルギー効率、負荷周波数制御能力を考慮している。本検討

により、再エネ導入は限られた容量の従来型電源の代替にしか使用できず、火力発電の稼働率は低下し、その代わり可変速揚水発電の稼働率は高くなる可能性が示唆された。

3) Possibilities and challenges for balancing hydropower; Results of the CEDREN Hydrobalance project – M. Belsnes, SINTEF Energy Research, Norway

ノルウェー CEDREN が進めている活動として、HydroBalance ロードマップを作成したため紹介が行われた。電力システムへの適用、環境面、経済的実行可能性および社会的受容性に関して記載されており、将来のヨーロッパの電力市場におけるノルウェーの水力発電開発実現性を検討するうえで重要となる。内容として、水力発電のコスト比較、需給バランスをとるための要求、市場商品としての柔軟性、持続可能な貯蔵装置などの項目が網羅されている。



4) Hydropower value: Past, present, and future hydropower – A. Somani, Pacific Northwest National Laboratory, USA

米国における水力発電、特に揚水発電の現状と取り組み内容について説明が行われた。水力発電が不確実な将来において、よりの確に競争できるように研究ポートフォリオをどのように設計するか検討している。そのためには、米国の水力発電の能力と制約、水力発電は現在どのように運営され補償されているか、将来的に価値が見いだされるか整理する必要がある。Annex9 は、同様の問題を抱える海外諸国から貴重なデータと知見が得られる点で、今後注目されるべき会合である。

5) Lessons learned from an assessment of pumped storage schemes in Europe –M. Takahashi, Kansai Electric Power Co., Inc. Japan; M. Urayama, Japan Electric Power Information Centre, Inc. Japan; N. Nielsen, Kator Research Service, Australia

昨年度実施した欧州での揚水発電調査結果をまとめたものである。近年の水力発電事業を取り巻く環境は、世界的に、変動型再エネ VRE の導入状況の変化、電力市場の改変など、電気事業関係者にとってより柔軟な対応が必要になっている。特に欧州では、先行的に風力を積極的に導入するとともに、調整力市場が設置されているため、その状況下で水力発電、特に揚水発電がどのように運用され評価されているのかという実態は、今後開発を進めていく計画としている世界各地の発電事業関係者へ大変参考になる情報である。本調査では、欧州におけるさまざまなタイプの揚水発電所を調

査し、最新の運用状況などについて、再エネ導入状況や市場の動向などに関連させたうえでとりまとめたため、今回報告を行った。

6) Can Tasmania become a ‘battery for the nation’ in Australia? – A. Beckitt, Hydro Tasmania, Australia

オーストラリア電力システムの現状と今後の展望について説明が行われた。オーストラリアの National Energy Market (NEM)は6つの州にわたる電力システムを管轄している。これにはタスマニア島が含まれており本土までの距離は約370kmである。NEMの系統では、2028-2037の間に30%程度の火力発電所が変動型再エネVREに置き換えられる可能性があると予測されている。このためオーストラリアのエネルギー市場運営者(AEMO)は、NEMが2040年までに15,000MWの大規模貯蔵設備が必要であると試算した。

これを受け、Battery of the Nationプロジェクトは、タスマニアの既存の水力発電所を揚水発電に増強することに対する実現性と採算性を評価している。また、競争力のあるエネルギー貯蔵装置として、蓄電池の導入を検討しており、オーストラリア政府はタスマニアで揚水発電および蓄電池の導入を模索し続けている。Hydro Tasmaniaは、将来の揚水発電の価値を最大化するために、国際的な関係機関や政府と積極的に協力していることを紹介していた。

7) Climate change adaptation to constrain floods through cascade system expansion and pumped- storage development. a Norwegian river system example – T. Jensen, NVE, Norway

ノルウェーのNVE(The Norwegian Water Resources and Energy Directorate)は、気候変動による洪水を防ぐため、揚水発電所の改造やカスケードダム最適な運用方法を検討している。気候変動はノルウェーの洪水発生に大きな影響を与えていると考えられている。Mandal川の例を挙げると、ここには6つの発電所(合計400MW)が運転されており、下流域で洪水のリスクが非常に高くなっている。これに対応するため、河川から貯水池に300~400 m³/sの水を汲み上げることができるように揚水発電所を改造した。また、既存の発電所の容量を増加させる対応も行っている。新たに建設しているダムの容量も可能な限り増量させるなど、さまざまな洪水対策を行っていることが紹介された。

➤ Annex-16

1) Needs of Identification of the potential for hidden hydro not addressed through traditional approaches to hydropower development planning in Japan, Y. Miyanaga, CRIEIP, Japan

経済的に実現可能性が高いとされる水力ポテンシャルのほとんどが開発された国では、新規水力開発地点は減少している。水力開発計画においては、水力ポテンシャルは一般的には技術、経済性、環境、社会といった側面での実現可能性に基づいている。これらの実現性の基準は国によって異なり、歴史的にも変化してきた。さらに過去の調査の殆どが発電目的ではない水資源関係施設の未利用落差といった付加的な水力ポテンシャルを除いていた。それゆえ、さらなる水力開発の可能性を検討するために、従来の水力開発計画のアプローチによる検討にはよらない”Hidden Hydro”のポテンシャル（以下、”Hidden Hydro”）を検討することが重要である。

ここでは、”Hidden Hydro”を従来の伝統的な水力開発や既存の設備の再開発では網羅できない水力ポテンシャルと考え、”Hidden Hydro”の開発可能性を以下の3つの視点で考える。

① 既存の水力開発計画についての実現可能性の基準の見直し

国によっても時期によっても水力開発の実現可能性の基準は変わるので、歴史的な変化を考慮した水力発電計画策定の考え方と手法を世界的に比較して見直すことにより、従来、評価されてきた水力ポテンシャルとは異なる”Hidden Hydro”の可能性が期待できる。

② 既存の水力設備の運用の見直し

既存の設備の出力増や効率改善は主に更新や増強による。ところが運用の見直しのみで設備のパフォーマンスを向上できることもある。従来の既設設備の再開発とは異なるやり方で設備のパフォーマンスの向上が可能となる点についても注目すべきである。

③ 非発電用の水資源関係施設への水力発電設備の据付

最近、非発電用ダム、灌漑水路、水処理施設等に水力発電設備を導入する事例が増えている。こうした未開発水力ポテンシャルは従来の包蔵水力調査では考慮されてこなかった。したがって、さまざまな施設に水力発電設備を据付けたり、施設の未開発ポテンシャル、将来の導入に向けた技術や規制を検討する必要がある。

日本は100年以上の水力開発の歴史があるが、そのピークは1950年代と60年代であった。1970年代以降、水力開発地点は継続的に減少して今日に至っている。1910年以降、5回に渉って、全国大で包蔵水力調査が実施されてきた。1980年から1986年にかけて実施された5回目の調査から既に30年近い月日が経っている。調査によれば、当初34GWとされた経済的に開発可能な水力ポテンシャルは現在、12GWである。開発されていない水力ポテンシャルのほとんどが10MW以下で、経済性も低いことが開発地点の減少につながっており、その一方で日本の水力開発を取り巻く環境は5回目の調査の時期に比べると劇的に変化した。2018年に策定された日本の長期エネルギー計画では、日本の主要なエネルギー資源、エネルギー自給自足、コスト削減と地域開発

といった再生可能エネルギー開発推進の観点からさらなる水力開発が必要としている。日本の水力開発新時代で重要なのは、開発コストの削減、環境規制の緩和、既設設備の更新・出力増強、”Hidden Hydro”開発である。

上記③に示した観点により、1998年以降、さまざまな水資源関係施設についての水力開発ポテンシャルに係る追加調査が実施されてきた。次の段階では、過去の包蔵水力調査の実現可能性に係る基準の見直しや、特に多目的施設について既存設備のパフォーマンス改善の可能性を検討する必要がある。”Hidden Hydro”を識別し、その開発戦略を練る必要性が高まっている。

2) Resource assessment approaches for hidden hydropower in the USA, P. ‘O. Conner, Oak Ridge National Laboratory, USA

最近、アメリカ合衆国内の既設の水資源インフラの”Hidden Hydro”を開発するために残存する水力ポテンシャルを識別する様々な検討が行われている。結論から言えば、非発電用ダムには12GW、灌漑用の水路や送水管に2GWの水力ポテンシャルがあるとされている。ところが、技術的な課題が山積しており、国家レベルで実施したより正確性を期した検討によれば、そのポテンシャルは50%を下回るとされている。アメリカにおける”Hidden Hydro”開発の経済性とその特徴を改善するために実施している試みが紹介されている。

3) Experience gained from adding power to a water supply scheme in Norway for the transfer of knowledge, T. Jensen, NVE, Norway

調査によれば、ノルウェーでは水供給施設の未利用落差を活用することにより約1TWhの水力ポテンシャルを開発することが技術的に可能とされている。ここでは減圧バルブに水力発電設備を据付けた水供給施設の事例を紹介された。検討によれば、首都オスローの水供給施設では理論的には45GWhの発電が可能で、そのうち8.5GWhが経済的に実現可能で、その発電原価は0.2 NOK/kWh (2.5 Euro Cent/kWh 以下)である。8.5 GWhという電力量はオスローの路面電車で1年間に消費する電力量の50%に等しい。また、将来ブルガリアで実施する予定の検討について紹介されており、30～40件の大規模水供給施設における水力ポテンシャルについて精査されている。

4) Upgrading small hydropower units with an improved design at an irrigation scheme in the USA, A Eaton, Gilbert, Gilks and Gordon LTD., UK

水力発電部門では、水車と水供給量を効率的に調節し、定量的に支配すればするほど電力量は多くなる。ここではポテンシャルの重要性、すなわち既設の灌漑水路における水車発電機のパフォーマンスに着目する。これは水車効率を見るだけでなく、

年間発生電力量も念頭に置くことにより、プラント全体の効率を見ることとしている。

5) Overview of Hidden Hydro in Japan, H. Murashige, JEPIC, Japan

Hidden Hydro の開発については、日本国内においても既存の水力設備の運用の見直しや非発電用の水資源関係施設への水力発電設備の追加といった事例が数多く存在している。ここでは、以下に示すような事例が紹介された。

- ・引水による既設発電所の発生電力量の増加
- ・既存発電所の溢水流量の活用
- ・ダム嵩上げによる有効落差の増加及び発生電力量の増加
- ・灌漑用水路、砂防ダム、上下水設備など元々発電能力を持たない施設への発電設備の追加

6) A Review of innovative hidden hydro projects in Australia, N. Nielsen, IEA Hydro

多くの国で経済性が良好とされた水力プロジェクトのうち多くの地点が既に開発されてきた。ところが、既設の設備のパフォーマンス向上だけではなく、新規地点あるいは既存のサイトにおいて未利用の流水や落差を利用することによる水力開発の機会がわずかながら残っている。これらは以下に分類可能である。すなわち、「新たなポテンシャルを探すことによる既設水力設備の更新・改良」、「既設設備の運用の見直し」、「非発電用ダムや灌漑施設、水道施設への水力発電機器の設置」である。IEA 水力実施協定における作業は従来の水力発電計画策定手法によるアプローチで特定した水力資源ではなく、技術革新や規制緩和、機器の設置といった新しいアプローチによる特定される Hidden Hydro のポテンシャルを理解することである。

(2) IEA 水力実施協定ワークショップ

2019年2月4日(月)にTKP品川カンファレンスセンターにおいて、2018年度IEA水力実施協定ワークショップを開催した。本年度は、IEA水力実施協定第35回執行委員会を日本で開催することから、国内メンバーおよび海外メンバーからの発表、さらには東京大学の荻本氏、カナダCooperleaf社のBoudewijn氏による基調講演を実施する等、IEA水力実施協定に関する国内外の活動成果について情報提供を行った。

ワークショップの詳細については以下のとおりである。

1) 参加者

参加者数 69名(事務局、IEA水力実施協定海外メンバー含)

参加者所属分類

官庁：7名

電力関係（事務局、電中研含）：47名
公営電気（経営者会議、各企業局）：1名
大学（講演者含）：2名
発電メーカー：4名
水力関連コンサル：4名
再エネ事業者（研究者含）：4名



2) プログラム

【開会挨拶】

執行委員会メンバー：

一般財団法人 電力中央研究所 名誉研究アドバイザー 宮永 洋一

【第1セッション：水力開発の現状と将来の戦略】

- ・ IEA 水力実施協定の活動紹介

IEA 水力実施協定事務局：Kator Research Services（オーストラリア） Niels Nielsen

- ・ 日本の水力発電施策について

経済産業省資源エネルギー庁

電力・ガス事業部 電力基盤整備課 電力供給室 課長補佐 佐野 徹

【第2セッション：IEA 水力実施協定に関する取り組み】

(Annex-IX：水力発電の多様な価値)

- ・ Annex-IX フェーズ2 キックオフワークショップの結果報告

IEA 水力実施協定 Annex-IX OA：SINTEF Energy Research（ノルウェー） Atle Harby

執行委員会メンバー：Hydro Tasmania Co.（オーストラリア） Alex Beckitt

- ・ オーストラリアの Annex-IX 活動報告（タスマニアにおける揚水開発構想）

執行委員会メンバー：Hydro Tasmania Co.（オーストラリア） Alex Beckitt

- ・ アメリカの揚水発電の現状

執行委員会メンバー：Department of Energy（アメリカ） Samuel Bockenbauer

- ・ 特別講演「再生可能エネルギー大量導入時代の系統運用と水力の価値」

東京大学 生産技術研究所

エネルギーシステムインテグレーション社会連携研究部門 特任教授 荻本 和彦

(Annex-XVI：Hidden Hydro Opportunities - 未利用落差を活用した水力開発 -)

- ・ Annex-XVI について

IEA 水力実施協定事務局：Kator Research Services（オーストラリア） Niels Nielsen

- Annex-XVI の概要

執行委員会メンバー：

一般財団法人 電力中央研究所 名誉研究アドバイザー 宮永 洋一

- 非電力ダムにおける”Hidden Hydro Opportunities”について - 米国の研究開発事例 -

Oak Ridge National Laboratory (アメリカ) Adam M. Witt

- Annex-XVI について日本における”Hidden Hydro Opportunities”の開発状況

一般社団法人 海外電力調査会 国際協力部門 電力協力部 副主任 武川 修平

(Annex-XV：水力発電設備の保守業務と増強に関する意思決定)

- Annex-XV の概要

IEA 水力実施協定 Annex-XV OA：

電源開発株式会社 国際営業部 審議役 高木 慎悟

- アメリカ、カナダ、日本におけるアセットマネジメントに対する現在の取り組み

および「水力発電設備の保守業務と増強に関する意思決定」事例収集結果

IEA 水力実施協定 Annex-XV OA：

電源開発株式会社 国際営業部 審議役 高木 慎悟

- アセットマネジメントに関する好事例

IEA 水力実施協定事務局：Kator Research Services (オーストラリア) Niels Nielsen

- 特別講演「アセットマネジメントと ISO55001」

Copperleaf Technologies, Inc., Chief Marketing Officer、

ISO TC/251 WG3, Convener (カナダ) Boudewijn Neijens

【第3セッション：IEA 水力実施協定における各国のトピックス】

- 長江における水資源の包括的利用

執行委員会メンバー：中国三峡国際電力運営有限公司 (中国) Liu Changdong

- Annex-XII (水力と環境) の現在の取り組みと今後の活動

執行委員会メンバー：The Electrical Energy Research Center (ブラジル)

Jorge Machado Damazio

- 気候変動シナリオ下における水力発電の状況

執行委員会メンバー：Norwegian Water Resources and Energy Directorate (ノルウェー)

Fredrik Arnesen

- 水力の調査・開発投資の目標－欧州の視点－

執行委員会メンバー：(EU) Thomas Schechter

【閉会挨拶】

一般財団法人 新エネルギー財団 業務執行理事 鳥谷 宗治

3) 主な質疑等

(第1セッション)

- ・日本の水力発電施策について
- Q 太陽光発電について、日本では特定の地域に集中しているのか。また、2030年度の電力需給予測のうち再生可能エネルギーについてはバランシングが考慮されているか。
- ⇒ 日本では太陽光は全国規模で展開している。また、再生可能エネルギーについてはエネルギーミックスの観点から各電源構成をバランスよく利用することを想定し、将来的な電源比率を設定している。
- ⇒ 昨年、九州地方ではバランシングの問題から太陽光発電を抑制する動きもあった。そのため日本では、揚水発電のような水力発電も利用しつつバランスをとることが期待されている。

(第2セッション)

- ・オーストラリアの Annex-IX 活動報告（タスマニアにおける揚水開発構想）
- Q オーストラリアの連系線をタスマニアに接続するという認識でよいか。
- ⇒ 連系線を強化する計画がある一方、送配電のコスト高く料金が上がっているのが問題となっている。しかしながら、石炭の資源量の減少や再生可能エネルギーの普及も進むことからグリッドの強化は重要と考えている。
- Q オーストラリアでは、2040年までに15GW以上の電力貯蔵が必要とのことだが、更なる貯蔵に向けてどのような計画があるか。
- ⇒ 需給予測については、モデリングの精査は必要であるため詳細は割愛させて頂く。現時点では正確には回答できないが、バッテリーや揚水発電を含め様々な計画を検討している状況である。
- Q タスマニアには多数の揚水の地点があるとのことだが、既にある貯水池をつなぐことで経済性を確保しているという認識でよいか。
- ⇒ プロジェクトごとに最大落差や改修のし易さ等をもとに経済性を算出している。ご指摘の通り、土木構造物の建設には多くのコストがかかるため、既存の構造物を利用することで経済性を確保している。
- Q タスマニアで揚水や風力発電の投資を呼び込むとあるが、揚水や風力発電で収益が見込めるのか、または政府の支援等があるのか。
- ⇒ 現段階では、コストと利益のバランスを検討しているところである。タスマニアは現在規制価格が設けられているので、タスマニア内では需要が見込めないが、オーストラリア全土と連系できれば採算性はあると考えている。

・アメリカの揚水発電の現状

Q 再生可能エネルギーの出力抑制について、出力抑制により発生する損失はどのように扱われるのか。

⇒ 特に風力発電事業者に対しては、損失をどのように補填するか規制当局内で議論をしている状況である。

Q 揚水発電プロジェクトについては、地域によって価格等に差が出ると考えられるがどうか。

⇒ 市場のメカニズムが異なることがその理由である。

Q Closed-Loop Pumped-Storage について、この揚水発電の方法によるシステム運用に与える価値はどの程度あるか。

⇒ 環境的な影響が少なく済む可能性が期待されており、将来的に多くの事業者がこの揚水発電方法に関心を持っている。

・特別講演「再生可能エネルギー大量導入時代の系統運用と水力の価値」

Q 可変速揚水発電を運用する際のメリットは何か。

⇒ 可変速の場合は揚水運転中でも周波数調整が可能であるため、火力発電の出力を抑える際にはユニットの台数を下げることができる。

Q 2050年以降のエネルギー構成について今後どのように予測しているか。

⇒ 今後さらなる発展に向けて、既存の発電の活用、太陽光や風力発電の出力管理、デマンドレスポンス、配送電の強化、システムの規制化、オペレーション運用の適正化が必要となると考えている。

・非電力ダムにおける”Hidden Hydro Opportunities”について - 米国の研究開発事例

Q 紹介されたプロジェクトについては、今後プロジェクト全体の中での工程短縮を見込むことができるか。

⇒ 許認可を受ける際、周辺環境への影響を検討するため、新規で発電ダムを建設するより非発電ダムを改造する方が時間がかかる場合がある。しかし、最近規制当局が規制プロセスを迅速化する計画を立てているので、今後はもっと許認可を受けるまでの時間が短くなると予想される。

Q 浮体式発電のプロジェクトについて、現在の状況や実現可能性を教えてください。

⇒ 現在研究中のプロジェクトであり、実現可能性はまだわかっていない。現在、既存の技術による建設コストとの比較を行っているところである。

Q Hidden Hydro を開発する際の調整はどのような手順で進めるのか。

⇒ アメリカ陸軍工兵隊等複数の機関から何度も承認をもらう必要があり、プロセスが複雑なのが現状である。但し、将来的に手続きを簡略化するような動きにはなっている。

・アメリカ、カナダ、日本におけるアセットマネジメントに対する現在の取り組みおよび「水力発電設備の保守業務と増強に関する意思決定」事例収集結果

Q メンテナンス・改造をする際に発電を停止するが、停止に係る損失等が今回の意思決定プロセスにどのように反映されているのか。

⇒ 現段階では反映されていないが、そのような事例がないか整理し分類できればと考えている。

⇒ リスクベースの意思決定に移行する中で、投資を先延ばしにすることによるコスト（リスク）もアセットマネジメントにおいて非常に重要になっている。

⇒ 意思決定をするにあたってはコスト、リスクに加えバリューも含めてアセットマネジメントを考えることとなる。

(3) パンフレットによる小水力発電に関する海外事例の紹介

電気事業者への小水力発電に関する新技術・事例の紹介を目的として、海外の小水力発電事例をまとめたパンフレットを作成するとともに、国内委員や IEA 水力実施協定ワークショップ参加者への配布を行うことで、積極的に新知見の展開を図った。

4. 有益情報取得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、変動する再生可能エネルギー(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系統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系統への価値
- 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。

(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。

(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、次記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、水理学的および電気的な損失の削減
 - ・ 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。

以 上