

IEA 水力実施協定 ANNEX 11 水力発電設備の更新と増強

第二次事例収集（詳細情報）

事例のカテゴリーとキーポイント

Main: 1-b) 投資支援策

Sub: 1-f) 環境保全及び改善

2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

プロジェクト名	: クシュマン第二ダムの North Fork Skokomish 発電所
国、地域	: ワシントン州、USA
プロジェクト実施機関	: ワシントン州、タコマ市
プロジェクト実施期間	: 2009 年 10 月～2013 年 9 月
更新と増強の誘因	: (B) 環境劣化 (C) 発電機能向上の必要性
キーワード	: 発電所増設、魚の移動、環境保護

要 旨

この事例は、米国ワシントン州のクシュマン第二ダム発電設備において、エネルギー省の補助金を利用して、新しく発電所を建設し環境保護機能を組み込んだ水力機能改善プロジェクトを紹介するものである。発電所を再認可した結果、プロジェクトに関連した損害賠償に関する訴訟(複数)が提出された。和解協定の一環として、水力設備は環境保護を強化し、未利用エネルギーを取り込むために新発電所を建設する手続きを開始した。プロジェクトは、米国再生再投資法による補助金を受け、2013 年 9 月に完了した。

1. プロジェクト地点の概要(改修前)

この事例は、米国エネルギー省、エネルギー効率・再生可能エネルギー部、風力・水力プログラムを通して、再生法（米国再生・再投資法）の補助金を受けて行った、近代化計画の結果について紹介する。

クシュマン水力開発プロジェクト（FERC No.460）は、米国ワシントン州にあって、2 ダムと 2 貯水池で構成される。クシュマン第一計画は 1926 年に完成し、第二計画の約 2 マイル（約 3.2km）上流に位置している。第二計画は、Kokanee 湖を築造し 3 台の水車発電機、設備出力 81MW のプロジェクトである。図 1 に示すように、Kokanee 湖から取水した水は、発電所へ導かれ Hood Canal（フード水路: ノースフォーク・スココミシュ川の別称）へ放流される。1974 年に最初のライセンスが 50 年の有効期限が切れ、その後の 24 年間は、多くの検討と様々な団体と協議を続けながら単年毎の許可書で対応してきた。（即ち、24 年後の 1998 年に、何らかのライセンスを発行している。そして、）2003 年に至り、FERC は最終ライセンスを発行したが、クシュマン・プロジェクトから生じたとしている損害賠償により、多くの団体が異議を申し立てた。その後 2 年間の交渉の末、2009 年 1 月に至り、ようやく画期的な包括和解協定が成立し、新しい FERC ライセンスが発行され、申し立ては取り下げられた。和解協定は、とりわけ、魚を保護し野生生物やレクリエーションを増進するために多くの環境機能を規定し、また、クシュマン第二ダム直下に、新 North Fork 発電所を設置する計画が含まれていた。



図 - 1 クシュマン第二ダムの位置

2. プロジェクト(更新/増強)の内容

2.1 誘因及び具体的なドライバー

① 状態、性能、リスクの影響度等

(B) - (b) 環境劣化-河川環境の改善

1998年にクシュマン第二ダムプロジェクトのダム継続運用ライセンスが発行された。その結果、複数の団体が異なる理由で、その決定（ライセンス発行）に不服申立てを行った。不服申立て手続き中には、連邦地方裁判所に影響の再評価要請を促し、ワシントン州のいくつかの魚類個体群が絶滅危惧種保護法の下でリストアップされる種に指定された。その後も追加の不服申立てが提出されたが、2009年に至り、より魚に優しい新たな河道内流況を確保し、魚の遡上遡下（上下流への回遊）を考慮した、孵化場の設置、野生生物の（減少）緩和、およびレクリエーションの改善を行うための決定が下され、不服申し立て手続きも終了した。

(C) - (a) 発電機能向上の必要性-効率向上、増設、出力・アワー増

2009年の和解協定の一環として、新 North Fork 発電所をクシュマン第二ダム直下流に設置するための”Non-capacity (-related) amendment”（注：FERC 既認可ライセンスの変更の一つで、認可容量に関係しない変更。）の申請が行われた。以前水は、エネルギーを回収することなくダム直下で放流バルブを経由してノースフォークスココミシュ川へ放流されていた。新発電所と関連機器の設置は、この放流水を利用し発電電力量を 13%増加させる可能性がある。

② 価値（機能）の向上

(C) - (a) 発電機能向上の必要性-効率向上、増設、出力・アワー増

効率向上の可能性に取りくむことにより、電力量が増えることを通じて発電所の価値を高めることができる。また、改善された環境性能は、プロジェクトの価値を向上させる一要素でもある。

- ③ 市場における必要性
(該当なし)

2.2 経 緯

表 - 1 計画スケジュール

タイトル/項目の説明	完了年月		
	元の計画	修正計画	実績
タービン/発電機の調達と搬入	Mar-12	Jul-12	Sep-12
発電所建屋の工事契約	Sep-12	Nov-12	Mar-13
変速機の設計と構築	Sep-12	May-12	Jun-12
魚道施設の設計と施工	Sep-12	Oct-12	Jun-13
計画の管理と報告	Dec-12	Dec-12	Sep-13
起動試験を開始	Jul-12	Nov-12	Jan-13
運転を開始	Sep-12	Dec-12	Feb-13

2.3 内 容 (詳細)

1-b) 投資支援策

プロジェクトは、米国エネルギー省の風力・水力プログラムから、再生法の補助金として 4,671,304 ドルを受けた。これはプロジェクト総額の 17.5%に相当し、残りはタコマ市が資金提供した。この補助金を受けるに当たり、3 通りの異なるビジネスケースの費用便益検討がなされた。最初のケースは、再生法の補助金なしで行い、費用対効果比率は 0.94 で \$2.67/MWh の減益となり経済的でないことがわかった。2 番目のケースは、再生法の補助金が受けられ、その資金はプロジェクトの発電所建設費に充てられると仮定し、費用対効果比率は 1.16 で \$5.86/MWh の利益をもたらした。3 番目のケースは、密接にプロジェクトの真の成果を反映した場合で、費用対効果比率は 1.65、投資回収期間は 8 年間、\$19.81/MWh の均等化便益をもたらした。

DOE 資金調達機会の知らせの下で、資金調達のプログラムは、既設非連邦水力発電設備で、ダムへの大幅な改造を施すことなく、最小の規制遅延で水車と制御装置の開発および発電所の出力増強を支援することを目的としている。環境性能改善、効率、およびエネルギー生産（電力）量と品質は、成功事例の重要な資質としている。

1-f) 環境保全及び改善

革新的な上流への魚の移送システムは、この増強プロジェクトの一環として建設された。新水車からの放流水の一部は、コンクリート製築(fish trap)のスクリーン床を經由して新発電所から放流される。魚は溝状の魚入口を通して築の中に引き寄せられ、搬送ホッパー／トラムを介してダム頂部に持ち上げられる。ジブクレーンはトラムから搬送ホッパーを吊り上げ、新魚輸送システムである受槽へ移動させて、魚を分類、カウント、マーキング（必要に応じて）している。その後、魚は最終目的地、即ち二つのクシュマンダムの上流域、もしくは二つの孵化場の一つに、槽に入れられ移送される。Northwest Hydraulic Consultants 事務所で 1/5 スケールのモデルを製作し、この形状が想定した流れを生み出すことを実証し、水車放水路放流状態（水車性能）に悪影響を与えないことを確認した。



図 - 2 魚の収集施設図

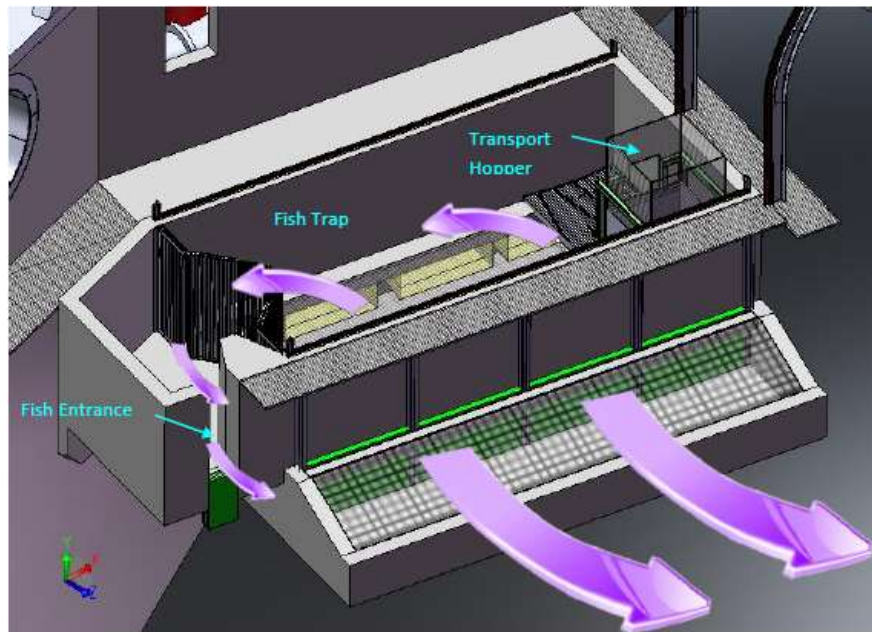


図 - 3 クシュマン第二ダム底部の魚収集施設図

2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

新 North Fork 発電所の設計プロセスは、現場での多くの制約のために困難であった。プロジェクトは、タワークレーンの建込み、沈砂池および土砂封じ込めダム（Sediment containment dam=仮締切）の背後に独立した発電所を建設することから始まった。土砂封じ込めダム建設中は、放流バルブからの放流は停止し洪水吐から放流した。長期間放流する方法としては相応しくないが、土砂封じ込めダムが建設される 3 日間だけ洪水吐が使用され、放流バルブは土砂封じ込めダムを超えて放流することで再開放された。ポンプは、（工事や大雨で）水が濁った時、あるいは pH 値が上昇した時に、沈殿池に給水するために使用された。

続いて、掘削が行われた。これには斜面の岩盤切り崩し、建設現場の水平性、基礎岩盤の表面掘削などが含まれる。発電所と魚槽の設置面積の約 1/3 は基礎岩盤上であるが、残りは河床中央付近の厚さ 60ft (18m) の緩んだ砂礫上である。魚槽は放水路上で建設された後水中に下げられた。傾斜を修正し床下にグラウト注入を行った。魚の誘導捕集施設はデッキ上で建設され、その上に第 2 層が建設された。それから、ドラフトチューブが受枠の中へ挿入され、それから波状鋼管がそれぞれのマイクロパイル（杭）の位置に取り付けられた。マイクロパイルの設置がこれに続き、一方、変電設備の建設が併行して進められた。変電設備の地盤土質評価で接地特性が不十分であったため、接地棒の追加や特別な境界接地システムの手配が必要となった。発電所の建設は、限られたスペースと上下作業によりスケジュールに遅れが生じたが、大きな問題はなく進められた。プロジェクトが進行するにつれ請負者によって工事工程は大幅に遅れ、機器の startup テストを 2013 年 1 月 1 日に開始するか、または、請負者が遅延弁済金を支払うかどうかを保証する合意書が必要となった。2013 年 1 月 8 日に、構内照明とトイレ設備は未完成で、魚設備は運転開始しておらず、いくつかの機器は未設置であったが、機器の startup 試験が開始された。いくつかの機器は未承認であったが、実質的竣工日は 2013 年 7 月 1 日と合意された。新発電所は、1.8MW フランシス水車発電機 2 台を備えている。更に、他のタコマプロジェクトのアップグレードのモデルとなる新一体型制御システムが設置された。この一体型制御装置は、水車、発電機、放流バルブ、及び魚移送装置全ての制御が一システムに統合されており、運用効率を向上させている。

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例要素

- 有望な水力増強プロジェクトに対する連邦政府による資金援助
- 革新的魚移送システム
- 未利用エネルギー利用による既設発電設備の拡張

3.2 成功の理由

クシュマン増強プロジェクトの成功は、主として、

- 1) 緊急に改善する必要がある水力プロジェクトを特定したこと
- 2) 地元住民に満足してもらえる発電所を建設し、再生可能エネルギー発電の拡張を図ると共に、新しい環境保全設備を設けたこと

である。

4. 他地点への適用にあたっての留意点

魚の誘導・捕集システムの性能チェックのために物理的水理模型装置が使用されたが、それは湧出流を推進する水車水流による乱流を正確に再現しなかった。この問題は、放水庭で均一な湧出に必要な流量を得ることの難しさを示した。将来のプロジェクトでは、放水庭での湧出の際に更なる精巧な多孔性制御、例えば、サージングを減少させる調節ブロックの設置あるいはドラフトチューブ出口にもっと調節板を設けて流れを真っ直ぐにするなどの対策が考えられる。将来のプロジェクトでもう一つ考慮すべき点は、水車水流に空気を導入してキャビテーション乱流域を滑らかにすることである。このようなシステムは、初期の頃の試験に基づきクシュマンにも設置され、魚プールで激しく気泡が発生したが、測定上は全溶解ガス値でみて、相当の増加は示さなかった。しかし、魚は気泡のプールを嫌うこともあり、この問題はタコマ市でレビューされている。2 台の発電ユニットの運転は最も顕著なラフゾーンを避け、プールに気泡を造らないようにすることはできるが、より高いキャビテーション壊食の可能性がある。最終技術報告書に述べているように、新しく設置された制御システムは、他のタコマプロジェクトでの増強の良い手本である。2013 年に行われたプロジェクトのプレゼンでは、計画区域の考慮、詳細設計と請負者設計、設計の簡素化、維持管理、運転場所と簡略を含めた教訓に焦点を当てて行なわれた。

5. その他（モニタリング、事後評価等）

新発電所は、年間発電電力量で約 13%増加することが期待される。設備のユニークなデザインにより、North Fork 発電所で節約された 1MWh 分の水エネルギーで、クシュマン第二発電所では 3MWh の電力量が発生する。従って、クシュマン第二発電所での更なる発電を考慮に入れながら、新発電所では合意された最小流量で運転していく予定である。

6. 参考情報

6.1 参考文献

- 1) City of Tacoma, Washington. Final Technical Report – North Fork Skokomish Powerhouse at Cushman No. 2 Dam, 2013
- 2) DOE (Department of Energy), “Recovery Act: Hydroelectric Facility modernization Project,” presented at Water Power Peer Review, February 2014.

6.2 問合せ先

会社名: Oak Ridge National Laboratory

URL: <https://www.ornl.gov/>