

鹿ノ子ダム小水力発電設備の更新について

網走開発建設部 北見河川事務所 鹿ノ子ダム管理支所 ○上田 泰敬
菅野 裕也

鹿ノ子ダムは、治水、利水機能を有する多目的ダムであり、昭和58年7月に試験湛水を開始し、昭和59年4月に本格運用を開始した。石油危機や電力需要の急増など当時の社会情勢から、ダム管理に必要な電力を自前で賄える管理用の小水力発電設備が設置され、効果的に活用されてきた。鹿ノ子ダムの小水力発電設備は、運用後約30年が経過し、更新の時期を迎えていることを踏まえ、近年のダム運用実績を考慮した上で、最適な発電規模と水車形式を選定し、水車・発電機を含む電気設備等の検討を行った。

キーワード：管理用小水力発電設備、更新計画、水車形式、リスク対応、固定価格買取制度

1. はじめに

鹿ノ子ダムは、昭和58年7月に試験湛水を開始し、昭和59年4月に本格運用を開始した多目的ダムである。

当時の社会情勢は、昭和48年及び昭和54年に石油危機が発生し、再生可能なクリーンエネルギーとして水力発電が着目されていた。また、ダム管理に要する電力量も逐次増加傾向にあり、将来を見通したダム管理に要する電力量及び管理費用の軽減策が求められており、ダム管理に要する電力を賄うための管理用小水力発電設備の設置が検討された。

鹿ノ子ダムにおいては既に本体工事が進行していたが、利水放流管を若干改造することにより常時下流に放流される河川維持用水を利用して発電可能と判断されたことから小水力発電設備が設置された。

2. 鹿ノ子ダムの概要

鹿ノ子ダムは、北海道常呂郡置戸町に建設された洪水調節、かんがい用水の補給、水道用水の補給、流水の正常な機能の維持を目的とした多目的ダムで堤高 55.5m、堤頂頂 222mの重力式コンクリートダムである。

各事業目的の詳細を以下に示す。

●洪水調節

ダム地点の計画高水流量460 m^3/s のうち、420 m^3/s を貯留し、下流へは最大40 m^3/s の放流を行う

●かんがい用水

北見市（旧留辺蘂町、旧端野町含む）、置戸町の1市1町にわたる、たまねぎ畑572haに対し、かんがい用水を補給する

●水道用水

北見市（旧留辺蘂町、旧常呂町、旧端野町含む）、置戸町、訓子府町に対し、水道用水を補給する

●不特定流量（流水の正常な機能の維持）

ダム地点、基準地点（北見）の維持流量を確保する

・ダム地点：0.6 m^3/s

・北見地点：最大10.72 m^3/s



図-1 鹿ノ子ダム位置図



図-2 鹿ノ子ダム全景

表-1 鹿ノ子ダム諸元

| | |
|--------|---------------|
| 形式 | 重力式コンクリートダム |
| 本体工事着工 | 昭和53年（1978年） |
| 竣工 | 昭和58年（1983年） |
| 堤頂長 | 222m |
| 堤体高 | 55.5m |
| 総貯水容量 | 39,800千 m^3 |
| 有効貯水容量 | 35,800千 m^3 |

3. 小水力発電設備の概要

鹿ノ子ダムの小水力発電設備の概要は、表-2に示すとおりであり、有効落差29.26m、最大使用水量3.5 m^3/s 、最大出力720kWである。

表-2 小水力発電設備の概要

| 項目 | 諸元 |
|------|------------------------------------|
| 発電方式 | ダム式 |
| 水車 | クロスフロー水車 |
| 発電機 | 三相交流同期発電機 |
| 取水位 | EL. 442.90m |
| 放水位 | EL. 409.60m |
| 総落差 | 33.30m |
| 有効落差 | 29.26m（最大使用水量時） |
| 使用水量 | 最大 3.50 m^3/s 最小 0.60 m^3/s |
| 最大出力 | 720kW |

4. 小水力発電設備の更新の必要性

平成23年3月11日に発生した東日本大震災及びこれに伴う原発事故を受け、エネルギー問題が顕在化し、再生可能エネルギーの必要性及び重要性が再認識され、国土交通省においても小水力発電設備の検討がされた。

鹿ノ子ダムの小水力発電設備は、設置から約30年が経過し、更新時期を迎えていることから、発生電力量の増大を目的とし、単純更新ではなく形式及び規模から見直すこととなった。

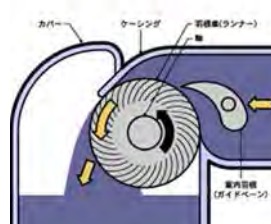
5. 発電設備更新検討

(1) 主な小水力発電設備の形式

主な水車形式には、以下のようなものがある。

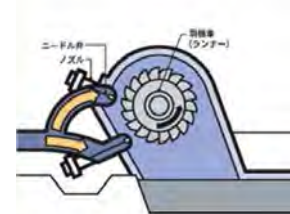
a) クロスフロー水車

水流が円筒形のランナーに軸と直角方向より流入し、ランナー内を貫通して流出する衝動水車。ガイドベーンを分割し負荷に応じた操作が可能で低流量でも効率低下を抑制できる。



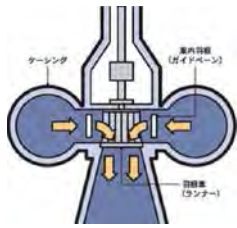
b) ペルトン水車（立軸、横軸）

ノズルから噴出する水をバケットに衝突させる衝動水車で高落差に適している。流量調整できる機構（ニードル）を備えることで流量調整が優先される場合にも使用可能である。



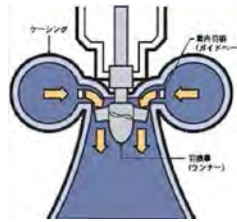
c) フランシス水車（立軸、横軸）

高落差から低落差、大容量から小容量まで広い範囲に用いられ、構造も簡単。水はランナーの全周から中心に向かって流入し、水圧によりランナーを回転させ軸方向に向きを変えて流出する。流量調整できる機構（ガイドベーン）を備えており流量調整が最優先される場合にも使用可能である。



d) プロペラ水車

軸方向に流れる水流を利用して発電する水車。落差が比較的低く、流量が多い発電所で採用される場合が多い。



(2) 小水力発電設備の形式選定

a) 水車形式の抽出

鹿ノ子ダムに適する水車形式を選定する際の条件としては、有効落差25m~35m、最大使用水量 $0.6\text{m}^3/\text{s} \sim 6\text{m}^3/\text{s}$ となることから、図-3に示す有効落差—使用水量の関係を参考に、クロスフロー水車と横軸フランシス水車の2形式を選定した。

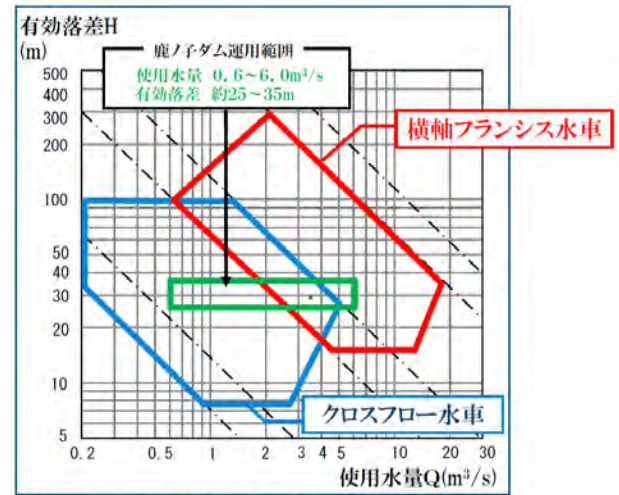
クロスフロー水車と横軸フランシス水車の特徴は、以下に示すとおりである。

○ クロスフロー水車

- 流量の変化が大きい場合に有利
- 異物混入時に水車が破損する可能性がある
- 異物は点検業者がケースを開け除去
- 異物に対する耐性が低い
- 有効落差は水車中心が基準となる

○ 横軸フランシス水車

- 流量の変化が少ない場合に有利
- 異物混入時は弱点ピンの破損により保護
- 弱点ピンは管理支所職員が交換可能
- 異物に対する耐性は高い
- 有効落差は放水路水面が基準となる



中小水力発電ガイドブックより

図-3 有効落差—使用水量からの水車形式

また、クロスフロー水車は貯水位から水車軸までが有効落差となるのに対し、横軸フランシス水車は、図-4に示すように、貯水位から放水位までを有効落差として勘案できることから、クロスフローに比べて優位となる。

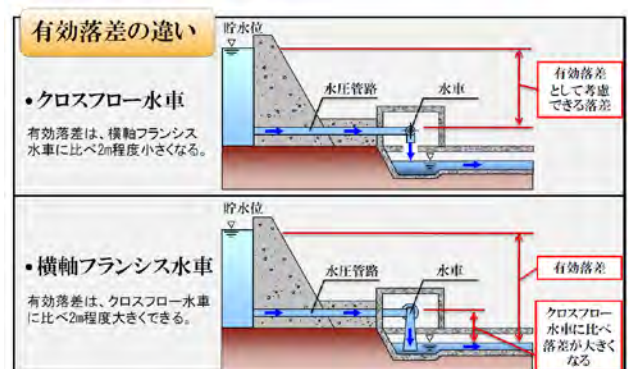


図-4 クロスフロー水車と横軸フランシス水車の有効落差

(3) 発電規模の決定

a) 使用水量

鹿ノ子ダムの発電使用水量は、2条の利水放流管の内、2号利水ゲート側の放流管より分岐して導水されている。利水放流管1条あたりの放流能力は最大 $6.0\text{m}^3/\text{s}$ 程度であることから、発電に使用する最大使用水量も $6.0\text{m}^3/\text{s}$ 以下とする必要がある。また、図-5に示すように洪水期後は冬期における下流必要流量を確保するため、ダム地点の維持流量である $0.6\text{m}^3/\text{s}$ の放流を行い、残りをダムへ貯留する操作となる。このため小水力発電設備もこれに対応出来る様、放流量 $0.6\text{m}^3/\text{s}$ で発電可能な設備とする必要がある。

以上のことから、使用水量が $0.6\text{m}^3/\text{s} \sim 6\text{m}^3/\text{s}$ となる設備にて検討を行った。

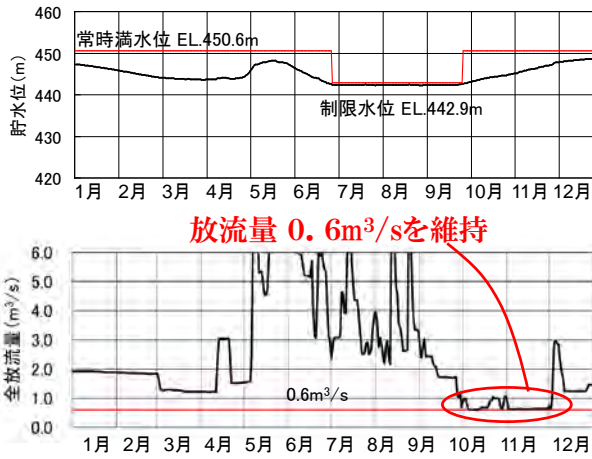


図-5 貯水位と放流量の関係

b) 水車形式及び規模の選定

水車形式及び規模は、鹿ノ子ダムの使用可能水量範囲を踏まえるとともに、年間発電量が大きく、経済性指標のkWh単価、B/Cに優れる水車を選定した。なお、鹿ノ子ダムの発電設備は、設置目的が管理用発電であること踏まえ、年間発電量より経済性指標を優先している。

クロスフロー水車及び横軸フランシス水車の最適規模を選定した結果を表-3及び表-4に示す。これら各水車形式の最適案を比較した結果、表-5に示すように、最も経済性に優れる「横軸フランシス水車、最大使用水量2.0m³/s、最大出力570kW」を選定した。

表-3 クロスフロー水の最適最大使用水量

| 使用水量 | | 最大出力 | 年間発電量 | B/C |
|---------|---------|-------|---------|------|
| 最小 | 最大 | | | |
| 0.2m³/s | 1.5m³/s | 370kW | 2895MWh | 0.70 |
| 0.3m³/s | 2.0m³/s | 480kW | 3471MWh | 0.85 |
| 0.4m³/s | 2.5m³/s | 590kW | 3837MWh | 0.93 |
| 0.5m³/s | 3.0m³/s | 690kW | 3984MWh | 0.89 |
| 0.5m³/s | 3.5m³/s | 780kW | 3974MWh | 0.81 |
| 0.6m³/s | 4.0m³/s | 850kW | 3851MWh | 0.73 |

表-4 横軸フランシス水車の最適最大使用水量

| 使用水量 | | 最大出力 | 年間発電量 | B/C |
|---------|---------|-------|---------|------|
| 最小 | 最大 | | | |
| 0.4m³/s | 1.5m³/s | 440kW | 3397MWh | 1.04 |
| 0.6m³/s | 2.0m³/s | 570kW | 4041MWh | 1.37 |

表-5 最適水車形式・規模の選定

| | | クロスフロー水車 | 横軸フランシス水車 | 既設クロスフロー水車 |
|-----------|----------|----------|-----------|------------|
| 使用水量 | 最大 | 2.5m³/s | 2.0m³/s | 3.5m³/s |
| | 最小 | 0.4m³/s | 0.6m³/s | 0.6m³/s |
| 最大出力 | | 590kW | 570kW | 720kW |
| 年間発電量 | | 3363MWh | 4041MWh | 3919MWh |
| B/C (35年) | 現行売価 | 0.93 | 1.37 | - |
| | 固定価格買取制度 | 2.75 | 4.04 | - |

6. 大規模災害時のリスク対応

(1) 単独運転機能の役割

ダム施設の機能を維持する電源設備は、電力給電網が整備され長期の停電が殆ど無い北海道電力の商用電源に加えて、商用電源停電時に発電して給電する発電機により、2重化されて確保されている。

しかしながら、先の東日本大地震時に経験した電力需給状況や発電機燃料流通状況等を勘案すれば、ダム貯水を利用した水力発電設備による単独運転を行い、大規模災害時に発生する可能性のある長期間の電源供給遮断時においても、ダムの治水機能を維持する電源を確保するリスク対応が望ましい。

(2) 現行運用

現行の運用システムは、商用電源が停電した場合、置戸変電所よりNTT回線でその信号を受信し、連係する電力配電線路への電力流出による感電事故及び機器損傷等を防止するために、小水力発電は自動停止するシステムである。

(3) 運用手順

ダムの管理体制は、専門技術者と職員の限られた人員で行っている。

本ダムにおいて小水力発電機の単独運転が必要な大規模災害時は、管理用小水力発電電力により最小限のダム機能復旧や職員等の活動支援が可能である。

具体的管理用発電機の単独運転手順は図-6のフローに基づき、単独運転の可否を判定して行うものと考えられ、電源としての優先順位は①商用電源+管理用発電、②予備発電機、③管理用発電機の単独運転の順番となる。

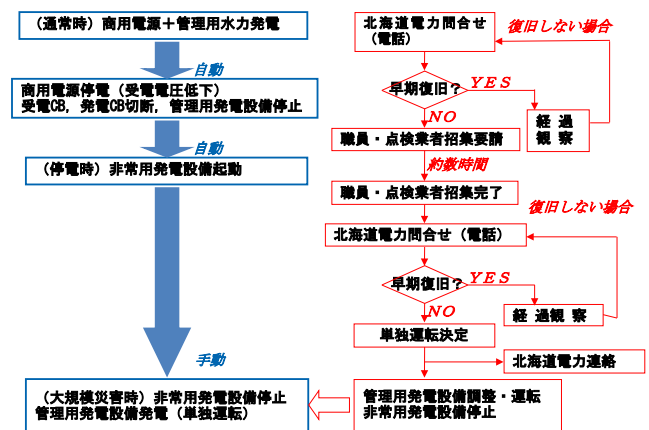


図-6 管理用発電機の単独運転手順

7. 固定価格買取制度 (FIT)

固定価格買取制度 (FIT) とは、再生可能なクリーンエネルギーを一定期間有利な価格で売電可能な制度である。鹿ノ子ダムに適用された場合は、現行価格の4倍以上の単価で売電可能となる。

「更新発電設備の固定買取制度 (FIT) の適用要件について」は、資源エネルギー庁から以下の文書が発行されている。

**既存設備の固定価格買取制度における
設備認定手続の補足説明**

平成24年7月11日
資源エネルギー庁 新エネルギー対策課

..... [中略]

(2) 発電設備の更新を行った場合の「既運転期間の起算日 (発電開始日)」の取扱い

専ら発電の用に供し、発電設備と一体不可分な設備の太宗を占める部分を更新した場合、発電設備を実質的に全更新したものとみなし、当該更新後に運転開始した日をもって「既運転期間の起算日 (発電開始日)」とします。

どの程度の更新が上記に該当するかは、個別に資源エネルギー庁に御相談ください。

..... [以下省略]

上記の文書にしたがい、新エネルギー等電気利用推進室 (RPS 室) にヒアリングを行い、北海道経済産業局を含めた協議の結果、以下に示す設備を更新することにより固定価格買取制度 (FIT) 適用が確認された。

【更新設備範囲】
水車、発電機、電機設備など

8. 水車発電機室の配置

小水力発電設備の更新に伴い既設発電所建屋を増築することとした。これは、以下に示す理由からである。

- 水車形式変更に伴い、放水庭の改造が必要となるが、既設発電所建屋を改造して新設発電設備を設置する場合、大規模な発電所の改造が必要となり、長期間の発電停止が発生する。
- 既設発電所建屋を増築して新設発電機を設置することにより発電停止期間は、新旧の放水路接続時となり、図-7に示すように発電停止期間の短縮化が図れる。



図-7 発電機室改造方法による発電停止期間の差

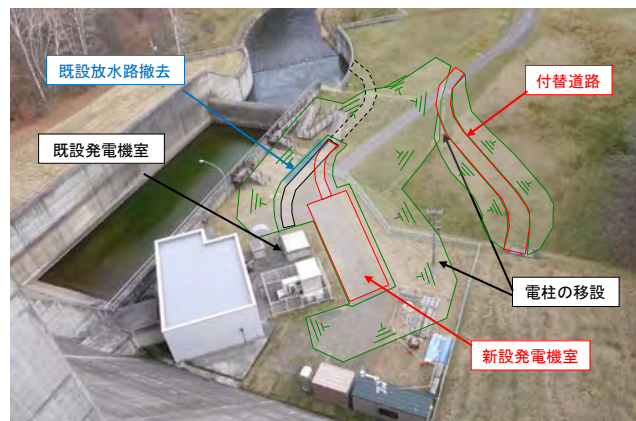


図-8 発電機室改造イメージ図

9. まとめ

鹿ノ子ダム小水力発電設備の老朽化に伴う更新に係る既往検討結果や近年のダム運用実績を踏まえ、既往発電設備を運転していく上での条件や、課題を把握し、更新計画を立案した。その結果を以下に示す。

- ① ダム地点の維持流量(0.6m³/s)放流時においても発電が可能となることを基本方針として小水力発電設備の形式検討を行い、横軸フランシス水車、最大使用水量2.0m³/s、最大出力570kWを選定した。なお、最大出力は、現行設備より減少しているが、年間発電量は増加する結果を得ている。
- ② 固定価格買取制度 (FIT) の適用については、関係機関との協議を行い、更新範囲を確認しつつ適用要件を満足する設備とした。
- ③ 水車発電機の配置は、発電停止期間の短縮化を基本方針として、既設発電所建屋を増築することとした。

参考文献

- 中小水力発電ガイドブック（新訂5版）（平成20年5月 財団法人 新エネルギー財団）
- ハイドロバレー計画ガイドブック（平成17年3月 経済産業省 資源エネルギー庁、財団法人 新エネルギー財団）