

～フル発電でクリーンエネルギーを還元～ 真名川ダム管理用小水力発電設備の運用改善 について

九頭竜川ダム統合管理事務所¹ 防災情報課 中矢 剛

¹ (〒912-0021 福井県大野市中野29-28)

真名川ダムの水環境改善事業の一環として、整備された小水力発電設備ですが、全国の小水力発電の共通の悩みである「流木・ゴミとの闘い」などの課題があり、これまでダムの落差を最大限活用した「フル発電」を維持することができない状況でした。

その主たる原因である維持費と発電量とのバランスを分析し、とるべき対策を検討・実施しました。結果、約1.7倍程度の増電が可能となり、河川維持流量をすべてクリーンエネルギーとして還元することができました。売電単価の見直しの影響もあり、年間の売電収益も約6倍となります。設計当初想定できなかった現場条件やそれに対する対応を現段階でまとめることで、今後の運用や更新時の参考となること、また、他のサイトでの導入時検討の参考となることを願うものです。

キーワード 小水力発電，クリーンエネルギー，運用による売電収益アップ

1. 真名川ダム管理用小水力発電設備の概要

真名川ダムは、昭和40年9月の奥越豪雨と台風24号による大洪水を契機に再検討された九頭竜川治水計画を受けて、福井県大野市下若生子に洪水調節と不特定灌漑及び発電の機能をもったダムとして建設され、昭和54年に完成しました。

ダムのすぐ下流約3kmは、川にほとんど水が流れていない区間があり、清流の回復が望まれていました。これを解消すべく水環境改善事業に取り組み、0.67m³/sを河川維持用水として日常的に放流できるよう、必要な放流施設の整備をおこないました。



この河川維持用水を無駄なく有効に利用するため、「ダム管理用小水力発電設備」を整備しました。



河川維持用水
(0.67m³/s)

真名川ダム管理用
小水力発電所



表1：発電所の諸元

	発電所諸元
運転開始年月	平成15年11月
水車形式	横軸単輪単流渦巻 フランス水車
発電機形式	横軸三相交流同期発電機
主機台数	1台
発電所出力	490KW

2. 運用開始時からの課題「フル発電の継続困難」

管理用水力発電の出力は、図-1のグラフのような特性です。使用流量により出力が変動し、使用流量が同じであれば、ダムの水位の化（落差）によります。

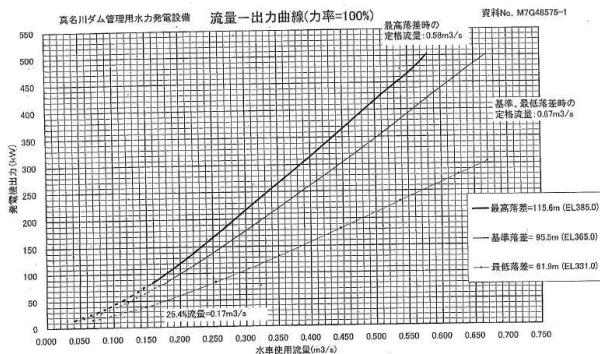


図-1：落差ごとの流量-出力曲線

おおむね図-2のように、最大限発電（青ライン）することができれば、年間2,650,000kWh発電することが可能です。

しかし実際の運転（桃ライン）では、フル発電することができない時期があります。主な理由は、以下の2点です。

- (1) 流木等で水車の出力が低下したままの運転を余儀なくされた場合
- (2) 転送遮断信号による緊急停止時に水力発電設備の故障回避するための抑制運転をおこなう場合（詳細は後述）

上記の結果、年間を通して累計した場合、フル発電の7割に満たない発電量となっていました。

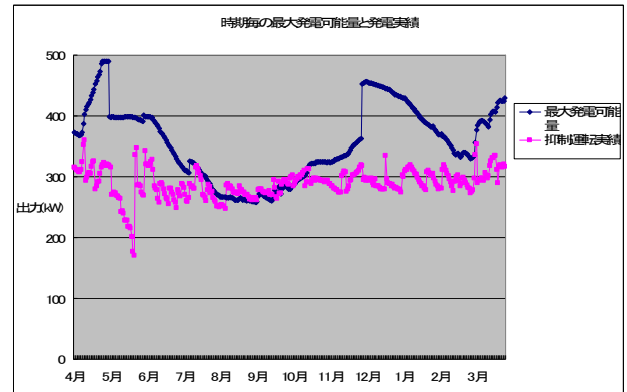
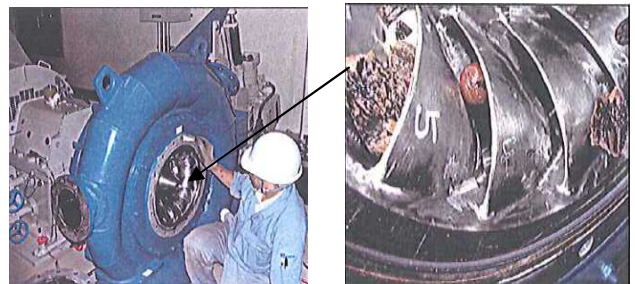


図-2：年間の最大発電可能量と抑制運転実績

3. フル発電に近づけるためにとってきた対策

少しでもフル発電に近づけるために、上記2課題に対する対策を検討し、実施しました。

(1) ランナーへのゴミ詰まり対策



ランナー清掃状況

ランナーに詰まったゴミ

①発電効率の常時監視機能追加

水車のランナーに詰まる流木やクルミは、発電機の出力を低下させる大きな要素です。全国の小水力発電設備で、その対策にあたまを悩ませているようです。

大規模な発電ではあまり問題視されていませんが、真名川ダムの水車のランナーは、隙間が約20mm～30mmでクルミなどがすり抜けるかどうかといった大きさです。

まず、詰まっているかどうかを把握することが第1ですが、目視で確認しようとしても見えないため、水力発電設備を停止させ、分解する必要があります。カバーを外す作業（写真「ランナー清掃状況」のような状態）をおこなうには5人掛かりで約1日の作業です。よって、毎回カバーを開けて目視で目詰まり点検することは断念せざるを得ず、発電出力から詰まり具合を想定することになりました。

流量とダム水位から理想的な発電出力を算出することは可能ですが、図-3のような構成であり、流量が「噴水と水力発電と維持用水ゲートの合計値」でしか把握できず、なおかつ維持用水ゲートの水位・開度・流量は手計算でしていたため、常に発電効率を把握することは困

難な状況でした。

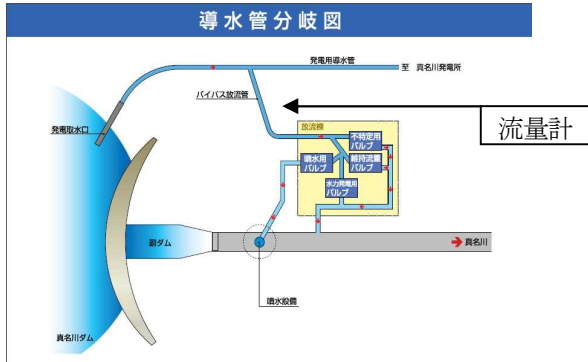


図-3：導水管分岐図

よって、監視装置に演算式を組み込み、常に発電効率を計算できるように、また効率が低下した場合には、アラームを出すように改造しました。

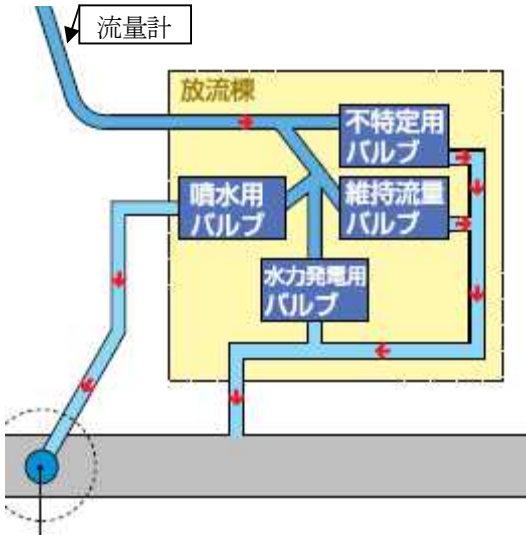


図-4 導水管分岐図のアップ

水力発電効率＝現在の発電出力／理想発電出力
 理想発電出力＝現在水位・流量から求められる出力
 水車流量＝維持流量流量計の読み
 －噴水流量（H-A-Q※）
 －維持ゲート流量（H-A-Q-）
 （※ダム水位とゲート等の開度で流量がわかるもの）

また、噴水もゴミ詰まりをおこすため、効率監視を正確する場合は、一度噴水を停止して、噴水のゴミ詰まり要素を計算から排除し、シンプルにするなどの工夫もしました。

結果、カバーを分解することなく、常に水力発電の効率をチェックすることができるようになり、ランナーへのゴミ詰まりを想像できるようになりました。

効率が常時監視できるようにはなりましたが、今度は、どれくらい効率落ちれば清掃を実施するかという問題があります。1回の清掃には再組み立てを要し、

工場からの技術者派遣も必要であるため、相当な費用がかかっていました。よって、少し効率が落ちたからと言って、発電停止し清掃を実施することはできません。逆に詰まりを放置すると、振動が増え発電機などに悪影響を及ぼすことも予想され、また売電量もへるため、どこまで効率が落ちれば、回復のための清掃や点検を実施すればよいかという部分でも試行錯誤している状態でした。

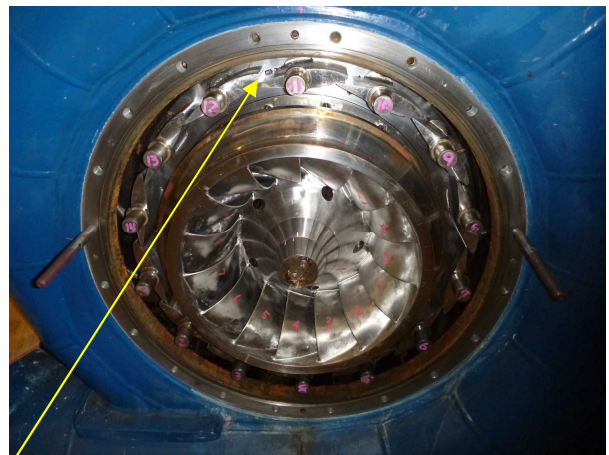
②取水口網場のスクリーン改造

そもそものクルミや流木の詰まりを減少させるため、発電取水口網場のスクリーンの目を細くし（22mm→16mm）、かつ、高さを増やす（1.5m→2.0m）ことも実施しました。流木を減少させるとともに、仮に流入しても水車ランナーの隙間を通り抜けることを期待したものです。

結果、目詰まりによる出力低下は格段に減少しましたが、やはり、表層取水せざるを得ない時期や大雨でダムへの流入量が多いときには、流木が多くなり、目詰まりとなることが多くなる傾向が現れます。網場の下を通り抜けていることも想像できますが、これ以上のスクリーンの目の縮小は、同じ取水口から約14m³/s取水している発電事業者にとっては、取水口の管理面でマイナス要素が増えるため、理解を得ることが困難な状況です。

(2) ガイドベーンのゴミ詰まりによる発電機故障を避けるための抑制運転

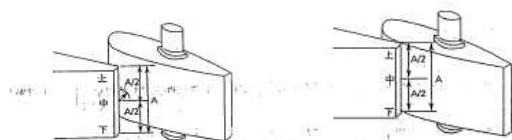
ガイドベーンは、水車に使用する水量を調整するためのものです。



「ガイドベーン」の点検のためカバーを外したもの

水車の出力調整をするためガイドベーンを開閉したり、水力発電設備を停止したりする際に、流木が噛み込んだ状態であり、必要以上にガイドベーンに力が加わると、弱点ピンが折れガイドベーンを保護するようになっていきます。その場合、ガイドベーンは閉じず、入り口弁が全閉になります。水車本体が深刻な被害を受けることを防

止する機構です。



ガイドベーン開 ガイドベーン閉
図-5 ガイドベーン構造図

しかし、折れた弱点ピンの交換や流木の排除には、場所によっては熟練した技術者3人掛かりでも1日は水力発電を停止しなければなりません。弱点ピンは1個20万円と高価なものであるため、極力、弱点ピンを折らない運用が不可欠です。

水力発電の点検時や電力会社の配電線の工事などで停止の要請があった場合など、計画的に水力発電を停止する際は、必ずフラッシング操作（開度を一時的に大きく開くなど）を実施して、ガイドベーンの間隙に流木がつかまらないよう（弱点ピンが折れないよう）に運用していますが、停電や転送遮断（後述）、故障による緊急停止時には、フラッシングする余裕がないため、ほとんどの場合、弱点ピンが折れ、復旧の経費がかさむと共に発電停止時の売電量が低下することになります。

瞬時停電は、避けられませんが、転送遮断の回数を減らすことは可能ですので、転送遮断の回数を減らすためにとる行動は、重要なものでした。

ここで、「転送遮断」の解説です。電気の受け入れ先である北陸電力の設備の技術的制約により、受け入れ先トランス配下の工場や民家の電力需要量を上回って真名川ダムで水力発電した電力を売電する＝逆潮流が発生することが禁止されています。逆潮流がおこると、転送遮断信号が受け入れ先の設備から送信され、管理用水力発電が緊急停止します。

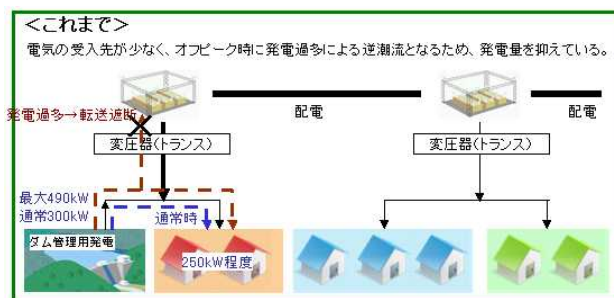


図-6 逆潮流の発生イメージ

転送遮断は、450KW送電していても、平日の日中などは、起こりませんが、季候が良い日の深夜に電力需要がオフピーク（最小値）になったときにしばしば起こります。

季節毎、時間帯毎に北陸電力からオフピークのデータを手入れし、ある程度の予測の元、逆潮流が起こらない最大の発電をおこなっていましたが、あくまでも予想であ

るため、外れた場合のリスクもあるため、どうしても過大抑制気味の運転にならざるを得ませんでした。

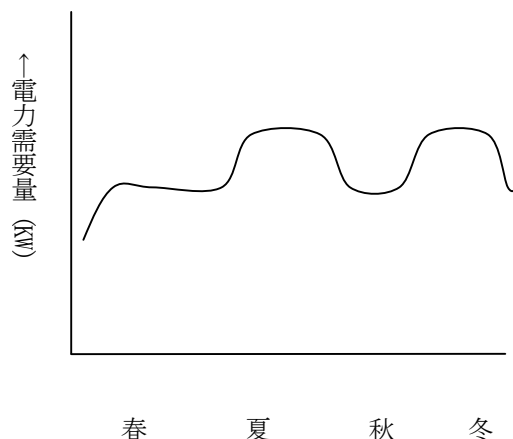


図-7 季節毎の需要電力変化のイメージ

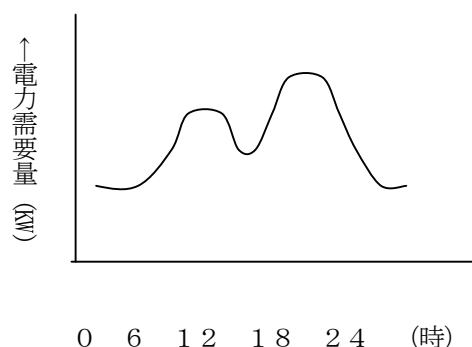


図-8 一日の電力需要量の変化イメージ

休日夜間は特に職員が常駐することが現実的に難しいので、さらに抑制運転をおこないました。平均で概ね490Kwの能力に対し、300kWの発電をおこなうのがやっとでした。

これまでの運用は、一言で言えば「故障時の対応や清掃・点検費用がかさむため、落差がある時期でも能力どおりに出力を上げられない。」というものでした。

4. 売電単価などの見直し

(1) 再生可能エネルギー認定

平成24年度に「再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度」が始まりました。真名川ダムの管理用小水力発電設備でも、適用が可能なかを検討しました。

これまでのRPS法（新エネルギー法）に基づく買い取り単価が約4倍になるため、非常に魅力的でした。発電開始から20年間は、29円での買い取りを義務づけるものですが、20年経過後は、電気事業はとの交渉による自由契約で4円程度の単価になる可能性もありました。発電開始から10年経過していた真名川ダム小水力発電では、今後10年間しか恩恵を受けることができま

せんが、設備更新しない条件で、今後40年間の試算をおこないました。その結果、「再生可能エネルギー法」を適用したほうが約3億円有利となるため、再生可能エネルギー認定への移行を判断し、実施しました。

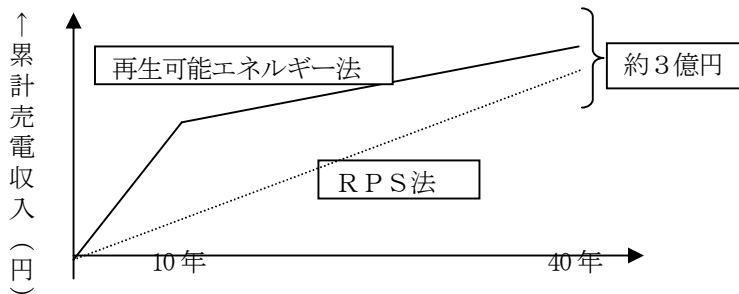


図-9 再生可能エネルギー法の優位性

(2) 売電量の見直し(受入容量アップ)

前述の逆流発生時の転送遮断信号は、平成24年12月頃よりほとんど発生しなくなりました。電力需要の変化や受け入れ先の設備の修繕工事などがあったことにより、どんなに需要が少ない時間帯でも、小水力発電の能力の最大値まで売電できるようになったということです。

これにより、年間を通じて抑制運転をする必要がなくなり、ゴミ詰まりによる出力低下や故障による停止さなければ、ダム水位を最大限利用したフル発電ができる条件が整いました。

5. 単価アップ、フル発電で変わった運用ルール

単価が約4倍、発電量が約1.7倍にあがり、真名川ダムの管理用水力発電設備の運用は大きく変わることになりました。

(1) 点検頻度を上げて、高効率を維持

売電による収入は、維持費として還元されること無く国庫に入りますが、正確では無いですが、大きく言えば、維持費に還元されるという見方もできます。

よって、点検にかかる費用に臆すること無く点検ができるようになりました。出力低下を検知すれば、計画的に水力発電を停止し、ゴミ清掃とともに、他の点検をおこなう。(ゴミ詰まりで出力低下しないいうちは、定期点検も先送りにする。)という運用が可能となりました。

結果、高効率状態を維持できる時間が増え、ますます売電収入が増えることとなります。

ただし、効率低下の割合と点検清掃のタイミングについては、今後もデータを蓄積して、最良の運用を見出す必要があります。ゴミ詰まりを避けるためには、出水時は思い切って水力発電を停止するなど検討しているところです。

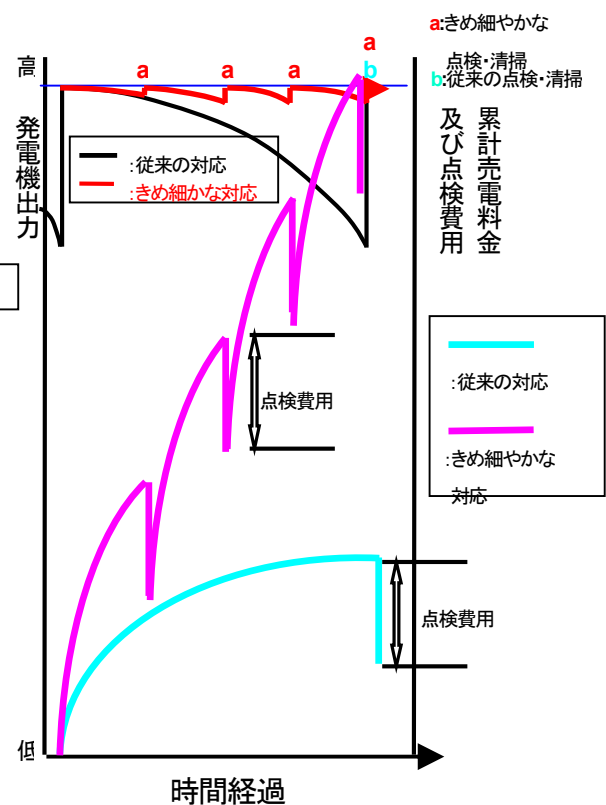


図-10 点検頻度と発電出力・売電収益

(2) 点検停止期間を極力短くし、連続フル運転を維持
点検でやむなく停止する際も、利水者と調整し、極力短時間かつやむを得ない時間帯に停止するような調整を実施しています。

「止まらない運用」を意識し、フラッシング操作など重要な運用方法はマニュアル化し徹底しています。

(3) 計画的な維持管理で故障停止期間を短縮

計画的かつ集中的に点検し、突発的な故障が発生しないようにメンテナンスをしています。また、故障時に備え、交換可能な予備品を事前に確保することで、停止時間を短縮することが可能となりました。休日夜間に故障した場合もできるだけはやく復旧することが不可欠となるため、管理体制を強化し、管理担当職員のみならず点検受注業者にも最低限の故障対応作業が可能となるよう講習会を実施しました。

(4) 噴水などの運用変更

観光目的とはいえ、噴水も維持流量を使用しています。これまでも、冬期は噴水を停止し、水力発電に回していました。夜間のダム・噴水のライトアップなどもダムに親しんで頂くには非常に効果的でしたが、今後は期間を最小限に限定するなどし、夜間は原則噴水を停止するなどの運用変更を検討しています。

(5)「一日の停止減益」という意識改革とマニュアル化

水力発電を運用管理している部署の意識にも変化が現れました。これまでは「一日動かして、約3万円の収入」という考え方でしたが、現在は、「一日停止すれば約20万円の減収」という意識が運用管理する部署に根付き始めました。これにより、今後もいろいろな工夫や知見を蓄積可能となります。例えば水力発電停止時の買電契約の基本料金は、30分間の最大使用電力（デマンド）で決定されますが、如何に水力発電停止中の最大使用電力を抑えるかなどの検討・試行も運用管理部門から始めています。これからもどんどん良い改善提案が期待できそうです。

また、これまでの運用のルール元になる事象を確認する会議を実施したり、運用ルールを変更したことをマニュアルに入れるなどして徹底ができるようにしています。

6. 今後の課題

(1) 更新時の基本条件整理

「再生可能エネルギー法」では、設置後20年間のみ固定単価（高単価）での買い取りが認められます。平成35年には買い取り単価が大幅に低下する見込みです。その時点で発電機や水車はオーバーホールすれば継続使用できると想定できますが、売電単価のこのみを考えれば水車発電機を全面更新した場合の方が、再度「再生可能エネルギー法」の29年/kwhが適用となるため、断然有利です。

オーバーホールするのか更新するのか、ライフサイクルコスト、環境面、その他いろいろな角度から検討をおこない、更新時の考え方の整理が必要となります。

(2) 更新時の検討事項

管理用水力発電を設置する際はやはり既設取水口の能力性能を踏まえ、ゴミ（流木）などの大きさがある程度

想定しなければなりません。水力発電設備は、落差や流量、耐圧力、回転数などの諸元を示し発注するため、性能さえ満たせばランナーやガイドベーンの大きさなどは、メーカー仕様に左右されていました。今後は、ランナーの隙間などは最低となる大きさも発注者が示し、メーカーはそれ以上の大きさのものを納めるという発注方法に変更しなくてはなりません。

そのためには、流木の大きさを調査・分析することも必要です。詰まったものは全部計測し記録するなどの実際はおこなっていますが、マニュアルに明記することも必要です。

また、ゴミ詰まりを取り除くための清掃にかかる時間を短くできる構造のものであれば、水力発電設備全体の価格が高くて納入するだとか、弱点ピンを取り替える費用が抑えられるような水力発電機を納入できるような仕組み（発注仕様書等への記載など）も検討する余地があると考えます。

(3) 他のダムでの事例収集の定例化

他のダムでの管理用水力発電所の構造や運用ルール、悩みなどの最新情報を常に共有できるような仕組みがあれば、いろいろな悩みの解決に役立つことは間違いありません。真名川ダムでもこれまで、苦労している点を他のダムに問い合わせたりしていましたが、構造や運用ルールまでは収集できていません。他のダムの運用ルールや改善点などを見ることでこれまで当たり前と思っていたことやあきらめていたことも改善できる可能性があるため、引き続き情報収集が不可欠です。

7. まとめ

今回整理したこと、これまでの管理支所職員が苦労してきたことが、今後の運用に活用されるためには、運用マニュアルにきっちり記載しなければなりません。本論文と運用マニュアルが管理用小水力発電設備を新設する他のダムなどに参考となれば幸いです。