

特集：持続可能な社会の実現に向けた土木技術

河川における再生可能エネルギーの活用の推進 —既設ダムを活用や小水力発電の促進—

西村宗倫* 川崎将生** 豊田忠宏***

1. はじめに

河川の水力エネルギーは、古くは水車等の動力源として、電気がエネルギーとして使い始められた頃には発電の主力として利用され、我が国の工業化の黎明期においては、まさしく基幹発電として殖産興業を支えてきた。

しかしその後は、図-1に示すように、火力発電や原子力発電の台頭や、ダムの建設は長期にわたること等により、水力発電の一次エネルギーの国内供給に占める割合は低い状況が継続してきた。

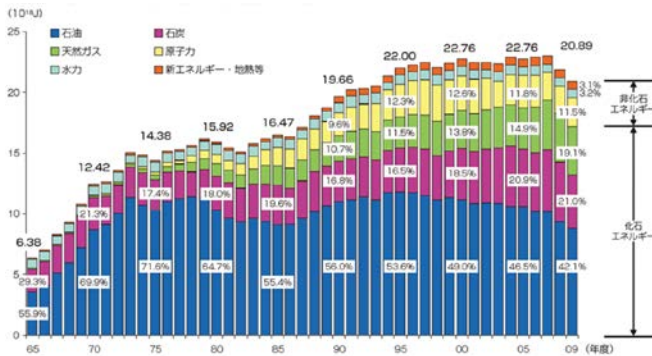


図-1 一次エネルギー国内供給の推移 (1)

ところが最近になって、エネルギー安全保障や環境への意識の高まりから、更には、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東京電力福島第一原子力発電所の被災を契機とした電力の供給力低下等を踏まえ、純国産かつ二酸化炭素排出量が小さい再生可能エネルギーとして、河川の水力エネルギーの活用が再び期待されている。

特に、既存の取水設備を利用した発電や、ダム等の河川横断工作物を伴わない小水力発電が注目されている。昨年 7 月 1 日には、図-2 のように再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始され、その一つに 3 万kw未満の水力発電が位置づけられるなど、その大小を問わず、河川の水力エネルギーの更なる利活用が望まれている。



| 水力 | 1,000kW以上 30,000kW未満 | 200kW以上 1,000kW未満 | 200kW未満 |
|------|-------------------------|----------------------|---------|
| 調達価格 | 25.2円 | 30.45円 | 35.7円 |
| 調達期間 | 20年間 | 20年間 | 20年間 |

図-2 再生可能エネルギーの買取価格等（水力抜粋）¹⁾

このような背景から、国総研水資源研究室においては、河川の水力エネルギーの活用について以下のような調査研究を行っている。

2. 既設ダム貯水池を活用した増電策の検討

東北地方太平洋沖地震では、強い地震動とそれによる大津波が東北及び関東地方の太平洋沿岸部のあらゆるインフラに被害を与え、中でも、東京電力福島第一原子力発電所をはじめとした発電設備への損傷も著しく、計画停電が実施された。更には、計画停電が回避された後も、夏季等の電力不足が予測され、数値目標を掲げた節電要請が行われた。

そこで、本研究室では、直轄・水資源機構管理ダムを対象に、図-3に示す東日本地域（商用電源周波数が50Hzの区域）において、多目的ダムの貯水池運用変更による増電策の整理を行うとともに、全国の多目的ダムのハード対策を伴う増電策の整理（管理用発電設備の設置検討）を行った。

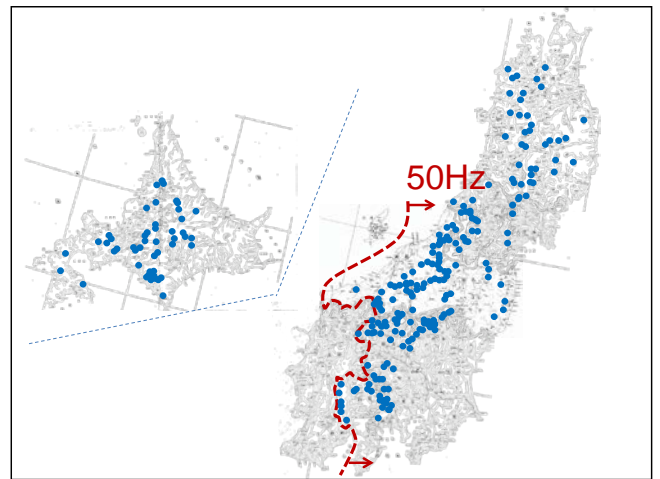


図-3 東日本地域（50Hz）における発電関係ダム

(出典：(財)日本ダム協会「ダム年鑑2010」及び「ダム便覧」をもとに国総研作成)

2.1 多目的ダムにおける貯水池運用変更による増電策の整理

東日本地域の発電目的を有する直轄・水資源機構管理ダムを対象に、既設のダム及び発電施設を利用して、貯水池の運用変更による発電電力量の増電ポテンシャルを試算した。平成 12～21 年（平成 12 年以降に運用開始されたダムについては運用開始以降平成 21 年まで）の 10 年については、ダムの実績流入・放流量及び貯水位（日データ）から、既存発電設備の未利用部分（最大使用水量と実績発電使用水量との差）を試算し、これを利用した各年の年最大出力（kW）及び年間発生電力量（MWh）を算出した。ここで、下流への利水補給は現況の補給量を維持するものとし、無効放流量の活用と貯水池運用の変更による貯水位の変化、及び未利用の貯水量の活用による発電使用水量の増加による増電策を検討の対象とした。なお、貯水位の変動に伴う発電機器の最大・最小使用水位の超過、及び取水設備やダム堤体の強度条件等の制約については、今回の増電量の試算上は考慮していない。

検討を行った増電策は、以下の(1)～(4)のとおりである。

(1) オールサーチャージ方式の変更 (図-4)

洪水調節容量を年間を通じて一定量とするオールサーチャージ方式が採用されており、ゲート等によって常時満水位以上の水位まで貯水可能と考えられる 3 ダムにおいて、発電最大使用水量を超過したため発電機を通過せず放流されていた無効放流量を貯留して、非出水期の貯水位を常時満水位より 2m 程度上げることにより増電を行う。

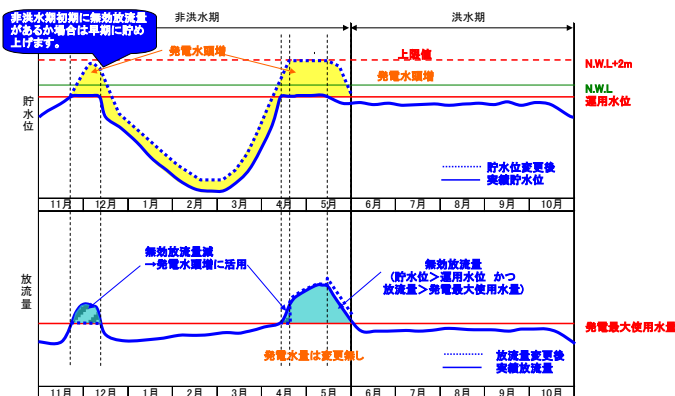


図-4 オールサーチャージ方式の変更

(2) 利水放流の変更 (図-5)

発電専用容量を持たず他の利水のための放流によって発電している利水完全従属の 26 ダムにおいて、春期の雪解けによる貯水位回復を見込み、他の利水者に影響の及ばない範囲で、無効放流量分の貯水量を事前に発電利用する。

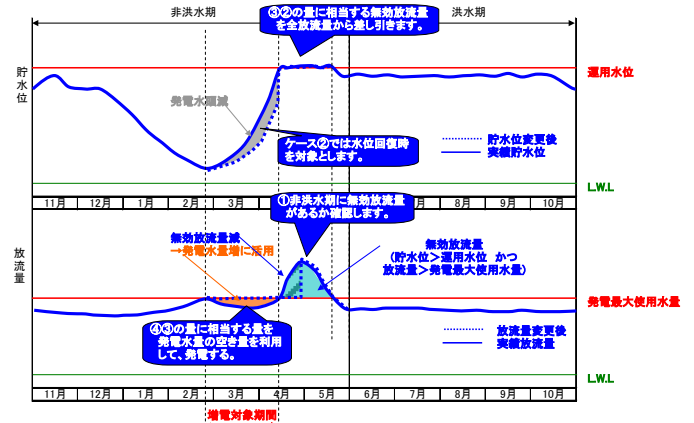


図-5 利水放流の変更

(3) 洪水期の弾力的運用による増電 (図-6)

現在、一部のダムでは洪水調節容量の一部に貯水し、河川環境の改善等を行う弾力的運用試験が行われているが、これを行っていない 26 ダムにおいて、洪水期に制限水位の上に弾力的活用容量を設定し、これを発電に利用する。ここでは、①貯水位上昇（発電有効落差の増大）を増電に活用するケースと②弾力的活用容量の貯水量を発電水量として利用するケース（発電使用水量の増大）の 2 ケースについて試算した。

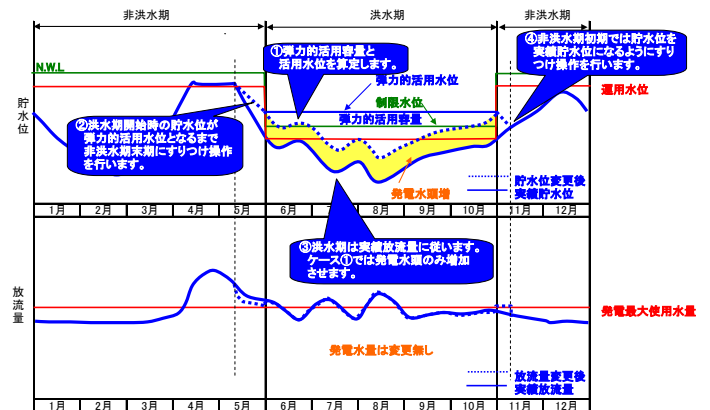


図-6 洪水期の弾力的運用による増電の検討

(4) 未利用容量の発電専用容量への転用 (図-7)

未利用の利水容量を一定以上保有する 16

ダムにおいて、当該未利用容量を一時的に発電専用容量として使用する。

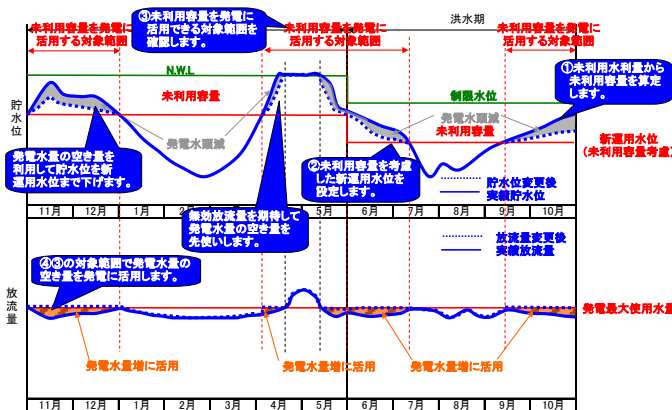
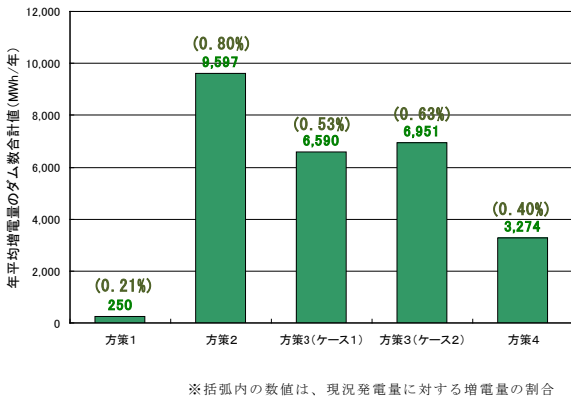


図-7 未利用容量の発電専用容量への転用

図-8 に検討結果を示す。検討を行った何れのケースでも一定の増電は確認されたものの、現況発電量からの増電割合は、おおよそ 0.2%~0.8%の値となった。これは、現状においても、無効放流ができるだけ少なくなるよう貯水池が運用されるなど、個別ダムの機能の範囲内では流水が相当効率的に発電利用されていることを示唆している。



※括弧内の数値は、現況発電量に対する増電量の割合

図-8 各増電方策の検討結果 (年間増電総量)

2.2 多目的ダムにおけるハード対策を伴う増電策の整理 (管理用発電設備の設置検討)

直轄・水資源機構管理ダムへアンケートを行い、発電機を通過していない a)利水及び維持放流量、b)導流壁の落差、c)貯砂ダム、d) 副ダム、e) 魚道、f) その他の未利用水量・落差の有無による管理用発電の実施の可能性について整理を行った。

また、提供された未利用落差及び平均年の日水量データに基づき、年間発電電力量の算出を行った。その際、年間発電水量が最大となるよう発電

設備の最大出力を設定した。

さらに、既設管理用発電の事業費を参考に、最大出力に基づき対象発電所の概算事業費及び維持管理費を推算した。

余剰電力の売電価格については、現況の管理用発電の売電単価の平均値のケースと、固定価格買取制度による売電単価を仮定したケースで算出を行った。その結果、図-9 に示すとおり、売電価格を 20 (円/kWh) とした場合に 64 施設で、費用対効果が 1 を上回ることとなった。

なお、本試算はアンケートに基づく未利用水量や落差の有無のみでポテンシャルを判断しており、発電機設置箇所の制約等は考慮していない。

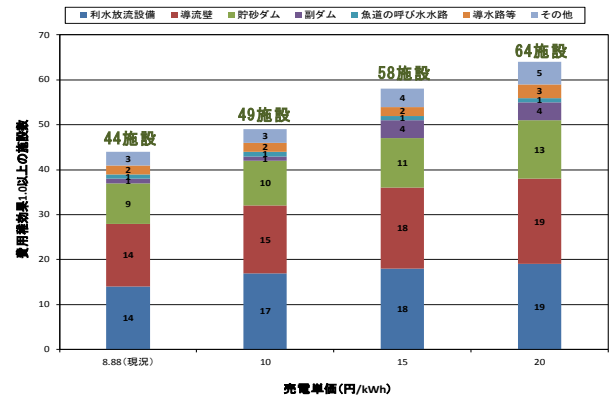


図-9 売電単価と費用対効果1.0以上の施設数の関係

3. 既設ダム貯水池の容量再配分による増電策の検討

今年度においては、さらなる検討として、既設ダム貯水池の容量再配分による増電策の検討に着手している。例えば、治水容量を下流ダムに再配分した場合、様々な支川流域の降雨に対応することが可能であり、更には基準点に近くなることで、同じ容量で治水機能が増す可能性がある。一方、発電容量は、上流ダムに再配分した場合、流況が安定することで、そのダムより下流に位置する発電設備がより安定的かつ高い出力で機能し、同じ容量で発電機能が増す可能性がある。

これらの想定のもと、図-10 に示すモデル河川を設定して、容量再配分前後の各容量の上下流・本支川の位置関係、ダムの堤高や集水面積等の相違による増減電特性、治水・利水への影響等について現在整理を進めている。

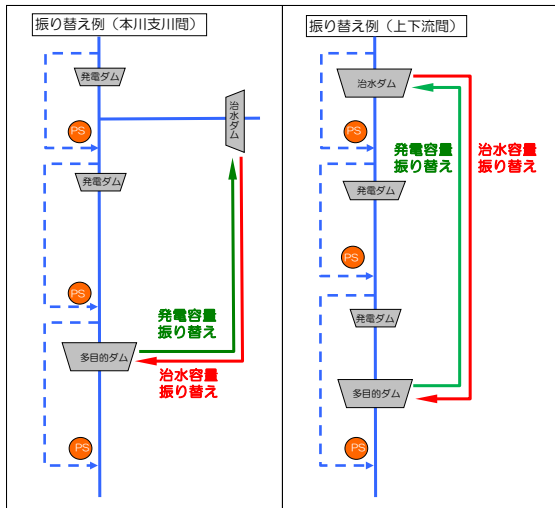


図-10 モデル河川における容量再配分の概念図

4. 小水力発電の水利使用許可の技術審査に係る研究

再生可能エネルギーの固定価格買取制度の導入を踏まえ、賦存量や導入ポテンシャル分布図²⁾が報告されており、これまでは経済性や需要地との距離の関係から必ずしも多くなかった山間部においても小水力発電の増加が予想される。このため、生物生息環境や景観等の観点から流水の正常な機能が維持されつつ安定的な取水が可能か等の審査を行う水利審査について、山間部河川の特性を考慮しつつ、円滑化することが望まれている。

しかし、一般的に山間部河川では、河川特性が平野部の河川区間と異なるため、主に平野部の河川を対象に構築されている従来の維持流量設定手法では、山間部河川における維持流量を必ずしも適切に設定できないと考えられる。さらには、水利審査に必要となる河川流量の観測が行われていないことも多い。

このため、山間部河川における既存の小水力発電に係る水利審査資料を分析し、今後小水力発電の実施が想定されるような河川をモデル河川とし

て、山間部河川における生物生息環境（魚類等）や景観からの必要流量の設定手法について検討を行っている。また、気候区分、積雪の有無、流域面積、標高等の類似性から、山間部河川の流況を簡易に推定する手法について検討を進めている。

図-11 は、被験者による景観選好実験の例である。従来の維持流量設定手法では主に川幅と水面幅の比から景観に対する必要流量を算出しているが、山間部河川の場合、水面幅よりむしろ波立ち（空気混入に伴い白く見える流れ）が水量感に強く影響していることが推察された。



図-11 被験者による景観選好実験例

5. まとめ

河川の水力エネルギーの活用について、国総研水資源研究室における調査研究の動向について概説した。環境と調和を図りつつ、河川の水力エネルギーを効果的効率的に利活用する方策について、引き続き検討を進めていくこととしている。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁 ホームページ
<http://www.enecho.meti.go.jp/>
- 2) 環境省 再生可能エネルギー導入調査報告書
<http://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/index.html>

西村宗倫*



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水資源研究室 主任研究官
Sourin NISHIMURA

川崎将生**



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水資源研究室 室長
Masaki KAWASAKI

豊田忠宏***



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水資源研究室 研究官
Tadahiro TOYODA