

大町ダムの貯水池運用高度化の可能性について

※応募論文は、北陸地方整備局ホームページに公表されます。

田邊 雄司¹ 高山 龍¹ 吉田 晴飛²

¹大町ダム管理所 (〒398－0001 長野県大町市2112－71)
²富山河川国道事務所 計画課 (〒930-8537 富山県富山市奥田新町2番1号) .

気候変動緩和のためのカーボンニュートラルの取組として、水力発電の増電を目的とした、大町ダムの貯水量を最大限活用した高度な貯水池運用の可能性について報告する。

キーワード 貯水池, 運用, 高度化

1. はじめに

我が国では、2050年までに温室効果ガスの排出を全体ゼロにする脱炭素社会の実現を目指すことが示されている。ダムの高度運用（既存ダムにおける事前放流やハイブリッドダム等、運用の工夫によりダムの機能を強化する取組み）により水力エネルギーを徹底的に活用することで脱炭素社会への更なる貢献が期待されている。

本稿では、脱炭素社会に向け、水力発電の増電を目的に、大町ダムの貯水量を最大限活用した高度な貯水池運用の可能性について報告する。

2. 大町ダムの概要

大町ダム（諸元：表-1参照）は、信濃川水系高瀬川に位置する、洪水調節、水道用水の確保、流水の正常な機能の維持、水力発電を目的に建設された多目的ダムである。上流には、東京電力リニューアブルパワー株式会社（以下：東京電力）が管理する七倉ダム・高瀬ダムがある。

水力発電は、東京電力が管理する大町発電所（諸元：表-2参照）より、発電を行っている。

表-1 ダム諸元

形 式	重力式コンクリートダム
高 さ	107m
長 さ	338m
天 端 標 高	906m
天 端 の 幅	7m
体 積	765,000m ³
総 貯 水 容 量	33,900,000m ³
有 効 貯 水 容 量	28,900,000m ³
集 水 面 積	193.0km ²
湛 水 面 積	1.1km ²

表-2 大町発電所諸元

最 大 出 力	13,000kW
最 大 使 用 水 量	25m ³ /s
放 水 位 標 高	EL.814.0m
水 車 効 率	最大92%
有 効 落 差	63.4m

3. 大町ダム弾力的運用について

大町ダムでは、本検討を行う前から弾力的運用の実施をしている。現在の運用内容は、下記のとおりである。

a)貯留方法

洪水期において、少雨や夕立等、洪水に達しない流水の調節について、洪水期制限水位 879.6m より +0.5m(880.1m)を上限として一時的に貯留を可能とする。

b)貯留後の操作

貯水位が880.1mに達し、流入量が25m³/s以上である場合は、大町ダムからの放流量を流入量と等しくする。流入量が25m³/s以下になった場合、最大発電放流量25m³/sで緩やかに水位低下をする。

貯水位が879.6mから880.1mにある場合は、最大発電放流量25m³/sで放流する。

図-1に大町ダム弾力的運用の概念図を示す。

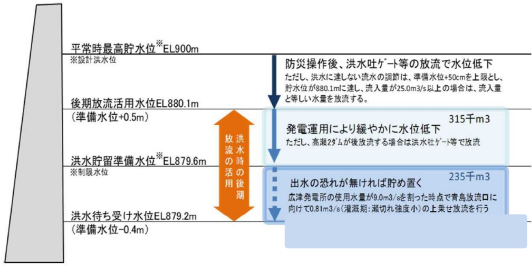


図-1 大町ダム弾力的運用の概念図

4. 増電方策の検討

本検討では、「運用変更による増電の可能性検討」及び「施設改造による増電の可能性検討」の2つの可能性について検討をする。

(1) 運用変更による増電の可能性検討

増電のための運用変更として、以下の2項目が挙げられ、大町ダムの運用を想定しイメージ図に示すと図-2のとおりである。

- ・洪水調節後の後期放流
- ・洪水期・非洪水期の高度化運用（洪水に達しない流水の活用）

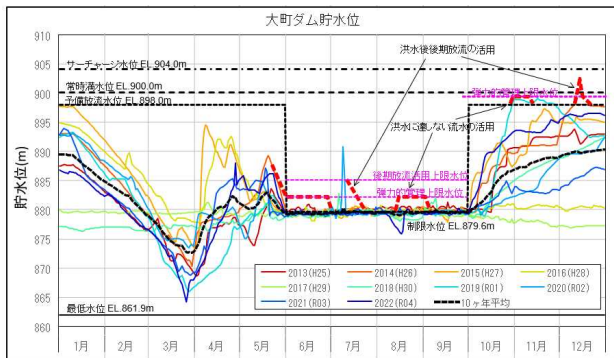


図-2 大町ダム運用実績（最近10ヵ年）とダム運用高度化による増電のイメージ

(2) 無効放流量の発生時期

2013年から2022年までの近10カ年の大町ダム時刻データを用いて、無効放流量の整理を行った。無効放流量は以下の条件に従い算出した。

- ・無効放流量は全放流量から発電使用水量を差し引くことで計算する。
- ・洪水時（ダム流入量が $200\text{m}^3/\text{s}$ を超える場合）は無効放流量を計上しない。

月ごとの無効放流の発生数を表-3に示す。過去10年において、無効放流は主に非洪水期では、4月、5月、10月、洪水期では6月～9月に多く発生し、12月～3月の発生はなかった。

表-3 無効放流の発生日数（時間数÷24h）

月	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	10年平均
1月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4月	0	0	25	13	6	29	0	0	0	4	7
5月	11	12	31	31	24	31	19	7	14	11	18
6月	29	23	17	12	12	14	14	20	7	5	15
7月	25	21	18	13	16	19	20	30	15	2	18
8月	5	8	1	2	6	0	10	11	21	3	7
9月	12	0	15	12	11	30	9	0	14	1	10
10月	0	0	0	6	12	7	11	0	0	0	4
11月	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	1
12月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	83	64	106	90	93	121	74	68	71	26	80

(3) 洪水調節・後期放流の操作について

洪水調節及び後期放流の操作については、下記のとおりである。

- ・洪水調節方式：鍋底操作
- ・洪水調節開始流量： $200\text{m}^3/\text{s}$

- ・鍋底操作放流量： $25\text{m}^3/\text{s}$
- ・終了基準：貯水位が 895m に達したときか、流入量が $200\text{m}^3/\text{s}$ 以下に減少したとき
- ・後期放流最大放流量： $200\text{m}^3/\text{s}$

5. 増電効果の検討

(1) 増電効果とリスク評価のシミュレーション

a) シミュレーションの考え方

運用変更による増電の可能性について、増電効果とリスクを合わせて10年間通しで（2013年～2022年）シミュレーションを行った。

- ・洪水期高度化運用における増電効果とリスク評価
- ・非洪水期高度化運用における増電効果とリスク評価

b) 増電効果の検討ケース

① 活用水位のケース

増電効果とリスクを合わせて評価するため、以下のようにより+4.0mまでの8ケースを設定した。

- ・制限水位+0.5m、+1.0m、+1.5m、+2.0m、+2.5m、+3.0m、+3.5m、+4.0m（以下：高度化運用）

② 計算期間のケース

- ・洪水期：6月1日～9月30日
- ・非洪水期：10月1日～翌年5月31日

なお、非洪水期のリスク評価については、洪水数が2洪水と少ないため参考とする。

(2) 操作条件の設定

a) 高度化運用中止の判断

現在運用中の弾力的運用の中止基準をもとに、「注意報発令」、「前7日雨量 $\geq 35\text{mm}$ 」をともに満たしたときに運用高度化は中止とする。

b) 高度化運用中止後の水位低下操作

- ・安全側評価を行うため、上記の中止判断から1時間後に水位低下操作を開始する
- ・放流量 $150\text{m}^3/\text{s}$ により貯水位を制限水位まで低下させる
- ・放流量 $150\text{m}^3/\text{s}$ への増放流操作には放流の原則を適用する
- ・水位低下後は、注意報が解除されるまでは、流入量＝放流量により制限水位を維持
- ・流入量が $200\text{m}^3/\text{s}$ 以上になったら洪水調節を行う

c) 高度化運用中止の再開

発令中の注意報が解除されたら、高度化運用を再開する（前7日雨量が 35mm 以上であっても、次期洪水の見込みがなくなると判断）

d) リスク評価の方法

活用水位設定によるリスクについては、洪水時に制限水位に低下できたカバー率により評価する。

（水位低下カバー率＝洪水調節開始までに制限水位に低下できた数／洪水数）

e)洪水期における増電効果とリスク評価

洪水期においては、活用水位が+1.89m（0.1m 単位で1.8m）までは、近年 10 ケ年のうち洪水量 200m³/s に達した 5 洪水全て制限水位まで低下できているが、活用水位が+2.0m を超えると制限水位まで低下できない洪水も生じ、活用水位が+4.0m ではそのカバー率は 60%程度となる。

これにより、水位低下のリスクを考慮した場合の活用水位の最大は+1.8m（表-4、図-3）と評価できる。

治水リスクを考慮すると、洪水期の発電量は最大で 600MWh（増電率 2%）程度である。

表-4 活用水位における増電効果とリスク評価（洪水期）

活用水位 (m)	増電量 (MWh)	増電率 (%)	洪水到達時 平均水位(m)	カバー率 (%)
0.00	0	0.00%	0.00	100.00%
0.50	225	0.79%	0.00	100.00%
1.00	387	1.35%	0.00	100.00%
1.50	524	1.82%	0.00	100.00%
1.80	601	2.09%	0.00	100.00%
1.89	623	2.17%	0.00	100.00%
2.00	650	2.27%	0.02	80.00%
2.50	773	2.69%	0.13	80.00%
3.00	891	3.10%	0.23	80.00%
3.50	998	3.48%	0.36	60.00%
4.00	1,097	3.82%	0.82	60.00%

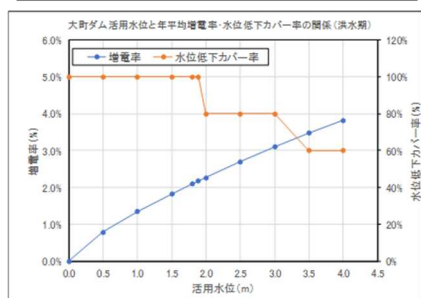


図-3 活用水位と増電効果・リスク（水位低下カバー率）の関係（洪水期）

f)非洪水期における増電効果とリスク評価

非洪水期の場合は、近年 10 ケ年のうち洪水量 200m³/s に達した洪水は 2 洪水しかないが、活用水位が+2.08m までは 2 洪水とも水位低下は可能となっている。

しかし、活用水位が+2.08m を超えると常時満水位まで低下できない洪水も生じる。

これより、非洪水期においては、水位低下のリスクを考慮した場合の活用水位の最大は+2.0m(表-5、図-4)と評価できるが、非洪水期においては洪水数が少ないため参考までとする。

治水リスクを考慮すると、非洪水期の増電量は最大で 120MWh（増電率0.30%）程度である。

表-5 活用水位による増電効果とリスク評価（非洪水期）

活用水位 (m)	増電量 (MWh)	増電率 (%)	洪水到達時 平均水位(m)	カバー率 (%)
0.00	0	0.00%	0.00	100.00%
0.50	21	0.05%	0.00	100.00%
1.00	55	0.13%	0.00	100.00%
1.50	86	0.21%	0.00	100.00%
2.00	122	0.30%	0.00	100.00%
2.08	128	0.31%	0.00	100.00%
2.50	152	0.37%	0.21	50.00%
3.00	174	0.43%	0.47	50.00%
3.50	185	0.45%	0.74	50.00%
4.00	192	0.47%	1.00	50.00%

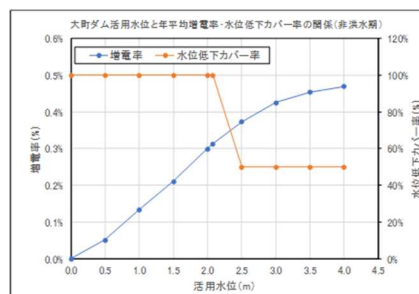


図-4 活用水位と増電効果・リスクの関係（非洪水期）

g)洪水後期放流におけるリスク評価

①検討対象洪水

近年 10 カ年（2013 年～2022 年）において、大町ダムピーク流入量が 200 m³/s を超えた以下に示す 7 洪水を対象とする。

- ・2013.6.19 洪水
- ・2017.7.4 洪水
- ・2018.7.5 洪水
- ・2020.7.7 洪水
- ・2021.8.14 洪水
- ・2019.10.12 洪水(非洪水期)
- ・2021.5.21 洪水(非洪水期)

②活用水位の設定

活用水位は、「e)洪水期における増電効果とリスク評価」及び「f)非洪水期における増電効果とリスク評価」の結果から、全ての検討対象洪水に対して水位低下が可能なよう、以下のように設定した。

洪水期：制限水位+1.8m

非洪水期：常時満水位+2.0m

③後期放流シミュレーションによる評価

以上の活用水位を設定し、対象洪水でシミュレーションを行った。結果の一例を図-5に示す。この結果、全ての洪水について、放流量200m³/sによる後期放流により活用水位まで確実に低下が行われ、その後、弾力的運用に移行できる結果となった。

また、後期放流後の弾力的運用において、注意報警報の発令により弾力的運用を中止になった洪水についても 2 山洪水が来る前までに制限水位まで低下できる結果となった。

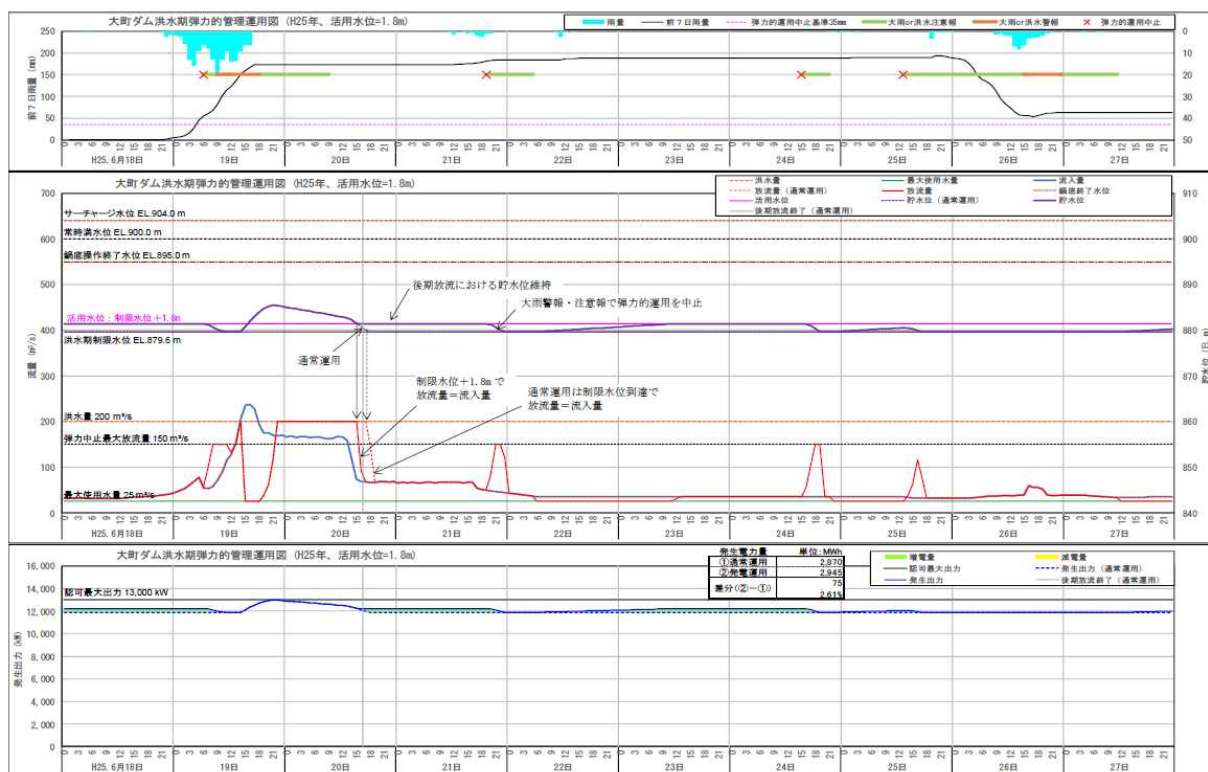


図-5 大町ダム洪水期高度化運用シミュレーション結果（2013年.6.18洪水、流入量50m³/s以下24h移動平均、活用水位=1.8m）

b)増電に伴う増収

大町ダムの高度運用による年間増電量は10ヵ年最小で294MWh、10ヵ年最大で1,248MWh、10ヵ年平均で774MWhであり、これに小売単価を掛けて増収を算定すると表-7のとおりである。10ヵ年平均で20,000千円/年程度の増収の可能性があると考えられる。

表-7 大町ダム高度運用による増電量及び増収

流況年	増電量 (MWh/年)			小売単価 (円/kWh)	増収 (千円/年)
	洪水期	非洪水期	年間		
最小 (2014年)	294	0	294	25.92	7,612
最大 (2015年)	898	349	1,248		32,340
平均	601	136	774		20,058

7. 施設改造による増電の可能性検討

施設改造に増電方策として、①既設発電所の規模拡大 ②発電所の新設、③ダム嵩上げ、④揚水発電（施設改造）の方法で課題、留意点を表-8で整理した。

実現性が高い方策は、流量設備利用率、規模、施工性等の観点から、①既設発電所の規模拡大が有力と考えられる。

(3)増電効果の評価

a)他ダムにおけるダム運用変更による増電率と比較

既往文献「治水強化と水力発電増電に向けたダム管理のパラダイムシフト」によれば、運用高度化により15～20%増電の可能性があると言われており、この値と比較する。

大町ダムの運用高度化による増電効果は、活用水位を洪水期 1.8m、非洪水期 2.0m とした場合に増電率 1.1%(表-6)であり、上記の既往文献の 15～20%に比べて低い。

表-6 大町ダム高度運用による増電量及び増電率

活用水位: 1.8(洪水期)+2.0m(非洪水期)		発電計算結果(MWh)			
No.	対象期間	①通常運用	②活用運用	③差分 (②-①)	④増電率 (③/①)
1	2013年	69,528	70,542	1,014	1.46%
2	2014年	74,160	74,454	294	0.40%
3	2015年	76,887	78,135	1,248	1.62%
4	2016年	72,668	73,204	537	0.74%
5	2017年	77,729	78,622	893	1.15%
6	2018年	69,147	69,849	702	1.01%
7	2019年	76,660	77,638	978	1.28%
8	2020年	68,182	68,796	613	0.90%
9	2021年	69,204	69,891	687	0.99%
10	2022年	-	-	-	-
平均		72,685	73,459	774	1.06%

表-8 大町ダムの増電に向けた施設改造案

項目	①既設発電所の規模拡大	②発電所の新設（取水設備の増強を伴う）	③ダム嵩上げ	④揚水発電
概要	最大使用水量を増加に対応可能なように発電施設（大町発電所）を増強する。	大規模に最大使用水量を増加させる場合に取水設備、及び発電施設（大町発電所）を増強（発電所を新設する）する。	- 堤体嵩上げにより発電容量を増加させるとともに有効落差を増加させる。 - 発電施設は再設置する。 - 国管理の発電を実施する場合には発電所を追加する。	大町ダム貯水池周辺で上池を建設し、揚水発電所を建設する。
主な改造内容	- 発電機の新設、あるいは増強 - 発電所の改造、あるいは改築 - 分岐導水管の設置	- 取水設備の改造、あるいは新設 - 発電所の改造、あるいは新設	- 堤体嵩上げ、基礎処理・止水処理 - 大町発電所の再設置 - 場合によっては発電所を追加新設（国管理）	- 上池ダム建設 - 導水路設置 - 発電所新設
課題・留意点	- B/Cは概算で1.11となったが、具体的な改造方法、施工計画等を踏まえた精査が必要である。 - 大町発電所の所有者である東電RPによる検討、改造工事、維持管理が前提となる。 - 利益の増加に伴うアロケの見直しが必要となる。	- 大町発電所を改造する場合には所有者である東電RPによる検討、改造工事、維持管理が前提となる。 - 施工時に大規模な仮締切が必要となり、工事費が増大する可能性がある。 - 発電所を新設する場合には発電所設置スペースの確保が必要となる。 - 新たな発電所を国で管理する場合には、効率的な発電とはならない可能性がある（現行の25m³/sは東電RPが先取り）。 - また、送電系統容量が不足する場合には新たな費用が発生する可能性がある。	- 仮に嵩上げにより10m有効落差を増加させた場合のポテンシャルの増加は15%程度（現行H_{eff}=63.4m⇒嵩上げ後H_{eff}=73.4m）であり、費用（数百億円単位）に対して十分な増電効果は期待できないと想定される。 - そのため、治水機能増強を主目的としたダム再生と併せて実施することが前提と考えられる。 - 嵩上げに際しては、左岸アバット部は建設段階から高位段丘処理（フィルダム・イコス壁）が実施されており、再度追加対策等が必要となると想定される。 - 新たな発電所を国で管理する場合には、効率的な発電とはならない可能性がある（現行の25m³/sは東電RPが先取り）。 - また、送電系統容量が不足する場合には新たな費用が発生する可能性がある。	- 上池の適地がない（既往検討で適地とされたサイトは大規模地すべり地形内）。 - 揚水発電は発電量の増加は見込めない（蓄電機能のみ期待できる）ため、経済的に成立しないことが想定される。（巻末資料1に東電RPによる揚水発電の課題を掲載した）

8. まとめ

(1)運用変更による増電方策の可能性

高度化運用及び洪水後期放流の活用水位は最大で洪水期1.8m、非洪水期2.0mとなった。また、運用変更による増電率は約1%と他の事例に比べて低く、増収は平均で約20,000千円/年となった。よって、運用変更による増電の可能性は低い結果となった。

(2)施設改造による増電方策の可能性

大町発電所の規模拡大（最大使用水量25m³/s→35m³/s）が流量設備利用率、施工性、経済性等の視点から有力となった。

発電所の新設、ダム嵩上げ、揚水発電は効果、施工性、地形上検討から実現性が低い結果となった。

9. 課題

(1)運用変更による増電方策に関する課題

高度化運用中止基準の適用により、頻繁に中止、再開を繰り返していることから、「頻繁な操作による管理負担の増加」、「弾力的運用中止による空振り率が大きく最大限可能な増電効果が得られない」という課題が挙げられるため対応策の検討が必要である。

また、検討は実績洪水のみを対象としているため、大町ダムの計画洪水についてもリスク評価を行う必要がある。

(2)施設改造に増電方策に関する課題

大町発電所は東京電力の所有であり、今回の検討では大町発電所の施設詳細は不明であるため、新たに10m³/sを利水導水管から分岐し、別途発電所を建設する前提で検討している。

本来は、発電所の更新時期に合わせて35m³/sの発電所を建設する案や、2系統の発電施設で最適配分を設定する案などが想定されるため、実際に大町発電所の発電最大使用水量を増加させることを検討する場合には、より詳細な検討が必要である。

謝辞：本論文を作成するにあたり、ご協力くださいました関係者の方々に感謝申し上げます。