

治水に資する既設ダム等の最適操作方法の開発とその現地適用

a)背景

2022 年 4 月に熊本市で開催された第 4 回アジア・太平洋水サミットでは、「強靱性、持続可能性、包摂性を兼ね備えた質の高い社会への変革」を謳った『熊本宣言』が採択されました。ここでは、当時の岸田首相から、「質の高いダム」の整備推進を盛り込んだ『熊本水イニシアチブ』が発表され、降雨観測・予測技術を活用し、洪水期には事前放流による洪水被害の軽減を、非洪水期および洪水後には高水位運用による利水・水力発電機能の向上を同時に実現する、気候変動の適応と緩和を両立するダム運用技術を開発・供与が示されました。利水ダムにおける洪水調節機能の確立と利水機能向上のためには、ダム操作という現場での状況判断と、広域観測、予測情報を正確に判断し、平時から緊急時へ操作を継続的に移行できる能力を有する人材の育成とそれを支える情報の統合化システムが必要です。

土木研究所 ICHARM では、東京大学地球環境データコモンズとの共同研究においてデータ統合・解析システム (DIAS) 上で、

- 1) リアルタイムアンサンブル予測(短期予測・季節予測)、
- 2) システム開発研究、
- 3) 民間共同研究

を実施してきました。

本稿では、発電ダムの洪水調節機能確立と発電機能向上を目的とするシステム開発と短期・季節予測に基づくダムの最適操作の検討事例を紹介します。

b)検討事例

流域内に存在するダムを効率的に操作し、発電効率を上げながら下流の洪水調節等の検討をするためには、平常時の流量、洪水時のピーク流量、また、積雪・融雪による融雪出水を切れ目なく定量的に推定し、且つダム操作の効果を反映できる流出モデルが必要です。そこで「積雪を考慮した地表面での水・エネルギー収支を考慮した分布型的水文モデル(WEB-DHM-S)」を開発・適用しました。このモデルは、流出予測に大きく影響を及ぼす地表面の初期水文状態量（土壌水分、地下水位、積雪・融雪量等）の面的分布を時々刻々と計算することが可能で高精度で流量を推定可能な特徴を有しています。そこに、牛山らが実施している短期（3km 空間解像度，39 時間先まで 1 時間時間解像度，32 アンサンブル）、長期（3km 空間解像度：3 ヶ月予測、13 アンサンブル）を入力とする流入量予測に基づく洪水調節と増電に資する最適ダム操作手法を検討しました。対象流域を大井川畑薙第一ダムとしました。大井川畑薙第一ダムの位置図と写真を図 1 と写真 1 に示します。

① 短期予測を用いた検討事例

アンサンブル降雨予測データを入力し得られる 32 のアンサンブル予測流入量の幅を考慮し、1) 洪水調節に重きを置く場合は上位 25%程度を、増電のための水量確保に重きを置く場合は下位 25%程度の流量時系列を用いること、2)既存の操作規定に従って運用した場合に予測期間中にダムから安全に放流できる流量を超えるかどうか、3)予測開始時点で予測時間内の流入量の積算値が貯留可能な容量を超えるかどうか、の各計算をし、4) 超える場合は超過量を予測期間内で均等

にダムから発電使用水量を優先し放流する、5)超えない場合は 39 時間先までの予測流入量の平均値を次の 1 時間の発電使用水量とする、という操作を設定しました。洪水調節については、目標とする洪水時上限ゲート放流量を 600m³/s とした場合、ダム湖の水位が常時満水位以下となるかどうか、発電については、発電使用水量に有効落差を考慮した「発電量指標」で評価しました。



図 1 大井川畑薙第一ダムの位置図、写真 1 俯瞰写真

2018 年、2019 年暖候期（7～10 月）を対象としこの 2 暖候期に 600m³/s を超す出水は、2018 年 9 月 30 日～10 月 1 日と 2019 年 10 月 12～13 日の 2 回発生しました。検討結果を図 2 に示します。

2018 年は予測開始時のダム湖の水位が高い場合の事例で、ダム湖の水位が予備放流水位とほぼ同等な状態で予測された流入量を洪水が起こる前日の 29 日の午前（ピンク色範囲）に事前放流を実施することで貯水位(黄色の点線)を適時に下げて、流入量(青の実線)ピーク時のゲート放流量（ピンク色範囲）を既定の 600m³/s 以下に抑えることに成功しています（なお、事前放流をしない場合、オレンジ色範囲のようにゲート放流量は 600m³/s を超えています）。2019 年は予測開始時のダム湖の水位が低い場合の事例で、貯水能力が見込める中で、常時満水位(赤の点線)まで効果的に事前に水を貯留し、ゲート放流量を 600m³/s 以下に抑えることに成功しています。なお、発電量指標では暖候期（7～10 月）平均で、2018 年は 12.8%、2019 年は 3.7%の増電を示しました。

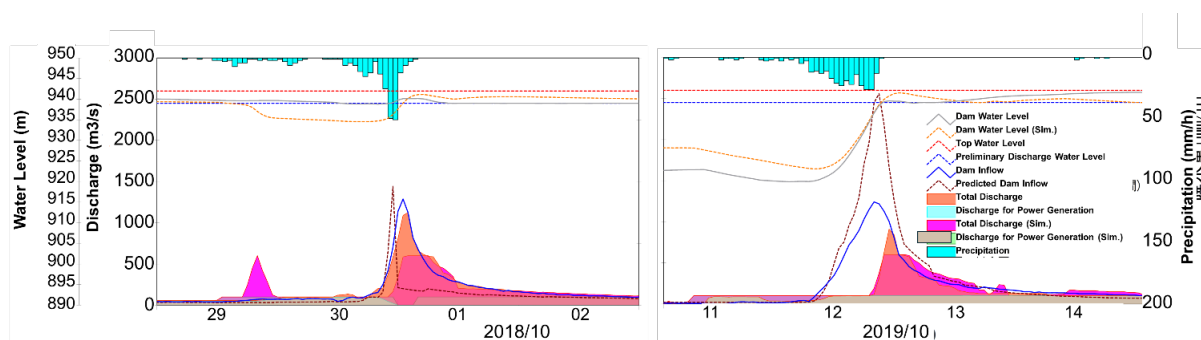


図 2 ゲート放流量が 600m³/s を超した出水時の操作検討事例(2018 年 9 月 30 日～10 月 1 日(左図) と 2019 年 10 月 12～13 日(右図))

②短期と長期測を用いた検討事例

①で検討した短期予測に加え、アンサンブル 3 ヶ月降雨予測を踏まえた長期のダム操作のシミュレーションを実施しました。短期（アンサンブル 39 時間予測、32 メンバー）と長期予測（アン

サンプル3ヶ月予測、13メンバー)を同時に実行しました。

2020年3月～2021年2月の1年間をケーススタディとしました。短期予測では予測時点で Href(高低判断水位)よりも「水位」が高い場合は上位8位(25%相当)のアンサンブルを、低い場合は上位24位(75%相当)のアンサンブル流入量を使用しました。長期予測では予測開始時からN日後までの総流入量をN日間で除した平均流入量で検討することとし、平均日数(N)を10, 30, 86日とし(暖候期:5～10月、寒候期:11～4月)に分け検討しました。予測時点で Href(高低判断水位)に相当する「貯水量」より多い場合は上位1位(最大 rank01)を、低い場合は上位13位(最小 rank13)のアンサンブル流入量で検討しました。短期と長期予測それぞれの処理から、次の1時間に放流(発電とゲート放流の合計放流量)する値が得られますが、両者の大きい方を採用することとしました。平均する日数や使用するアンサンブルを変え、ケース1～ケース3で検討しました。

	N [日]		アンサンブル (長期)	発電量指標 (落差と水量)	増減 [%]	年間発電使用 水量[m ³]	増減 [%]
	暖候期	寒候期					
実績	-	-	-	218,294	-	871,517,952	-
ケース1	N=10	N=86	Rank1 or 13	214,335	-1.80%	900,618,347	3.30%
ケース2	N=10	N=30	Rank1 or 13	231,465	6.00%	897,865,266	3.00%
ケース3	N=10	N=30	Rank6	211,687	-3.00%	890,741,812	2.20%

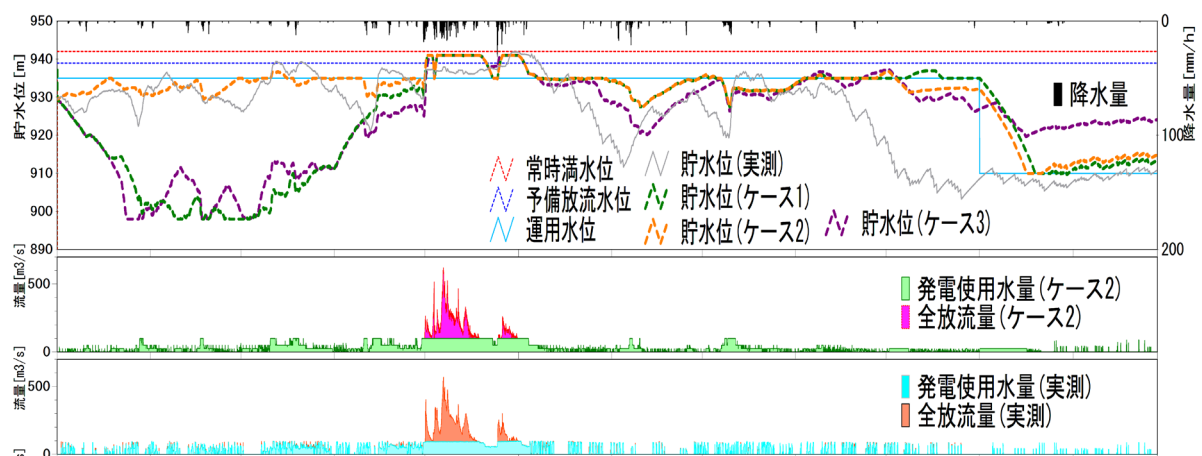


図3 大井川 畑薙第一ダムにおける年間運用シミュレーション結果(2020年3月-2021年2月:1年間)

上表: ケース1～3での発電量比較、下図: 年間運用水位、ケース2・実測での使用水量と放流量

その結果、ケース2(オレンジ線)に示す暖候期N=10、寒候期N=30としたもので実績比+6.0%の増電を示すことを見出しました。なお、ケース1(緑線)は、年間発電使用水量が増えたものの4月時点水位の低下で-1.8%となりました。これはN=86日で梅雨期以降の大きな出水イベントを含むため多くの水が使えると判断され水位が低下したためです。ケース3(赤紫線)は-3.0%となりました。これは常にrank6を用い運用水位とは関係なく増電操作が行われ3月下旬で最低水位までの低下が原因です。

以上のように、短期予測(39時間先)と長期予測(3ヶ月先)を同時に走らせ、洪水調節とともに長期予測の季節による平均日数や使用するアンサンブルのランクを適切に調整することで増電

へ有効な情報であることを見出し、横展開に向けた最適ダム操作法の確立に方向性を示しました。

c) 今後の検討

これまで、短期事例として 2018 年 9 月 30 日～10 月 1 日および 2019 年 10 月 12～13 日、長期事例として 2020 年 3 月から 2021 年 2 月までの 1 年間を対象に検討を行いました。今後は、異なる時期における同様の検討を進めるとともに、単一ダムに加え、カスケードダムを対象とした運用を考慮した最適操作の検討を行う予定です。

<引用文献>

- 1) 小池俊雄, 中村茂, Cho Thanda Nyunt, 牛山朋来, Rasmy Mohamed, 玉川勝徳, 伊藤弘之, 池内幸司, 生駒栄司, 喜連川優: 発電ダムの洪水調節と発電操作支援システム, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.77, No.2, I_79-I_84, 2021
- 2) 中村茂, 小池俊雄, Cho Thanda Nyunt, 牛山朋来, Mohamed Rasmy, 玉川勝徳, 伊藤弘之, 池内幸司, 生駒栄司, 喜連川優: 長期・短期アンサンブル予測を組み合わせた発電ダムの操作支援システム, 土木学会論文集 B1 (水工学), 78 卷, 2 号, p. I_1195-I_1200, 2022.