

尾原ダムにおける連続サイフォン式取水設備の放流水温予測システムの構築

島根大学 エスチュアリー研究センター 正会員 ○矢島 啓

島根大学 総合理工学部 非会員 西村 太希

国土交通省中国地方整備局出雲河川事務所 非会員 河口 幸広 非会員 三之本幸治

(株)イーグリッド 非会員 加藤 直子 非会員 松井 貴之

1. 目的

近年、ダムにおける水質保全対策として、連続サイフォン式取水設備が採用されるケースが増えている。連続サイフォン式の場合、同時に使用できる取水口の組み合わせは無数にあるが、その取水特性等について明らかにされていない点があるため、貯水池内の水質改善や放流水の水質管理のための積極的な運用はあまり行われていない。本研究においては、矢島ら¹⁾がこれまでに島根県にある尾原ダムを対象に、CFD シミュレーションを用いて連続サイフォン式取水設備の取水特性について明らかにした知見をもとに、取水設備の放流水温予測システムを構築し、その適用性や課題を明らかにする。

2. 放流水温予測システムの構築

2.1 尾原ダムの選択取水設備とその運用

尾原ダムの取水設備は、図-1 に示す堤体中央部付近に取り付けられている。一段の取水口は、高さ 2m 幅 4m であり、それが 17 段連続するサイフォン式となっている。その運用は、ダム運用開始時には冷水対策を考慮した表層取水を中心にしていたが、最近では図-2 に示すように、異高同時取水を行うなど、弾力的な運用を試みている。

2.2 放流水温の予測計算に使用する現地データ

放流水温の計算には、取水設備の使用取水口、貯水位、取水量、貯水池の水温分布が必要である。これらは、基本的にダム管理支所が所有するデータを使用した。ただし、堤体付近での水質計測は 1 日 1 回であるため、本研究で構築したシステムの精度検証には、図-1 に示す湖心(堤体から約 2.6km 上流)における鉛直水温データ(2019 年は 30 分毎、2020 年は 1 時間毎)と放流水温データ(10 分毎)を用いた。

2.3 システムの構成

システムは、パソコン (OS:Windows10) 上に構築した。気象、堤体付近における多項目水質、流入水温等に関するデータは、システムに逐次取り込まれる。ただし、ダムコンとは接続されていないため、放流量、使用取水口はマニュアルで設定する必要がある。予測放流水温は、矢島らが行った研究の成果¹⁾を用いて算定した。

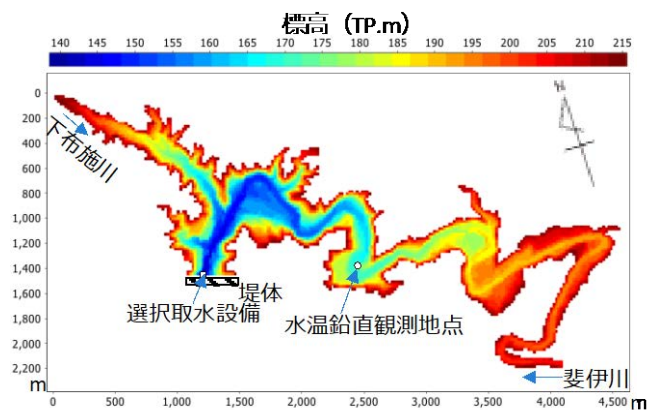
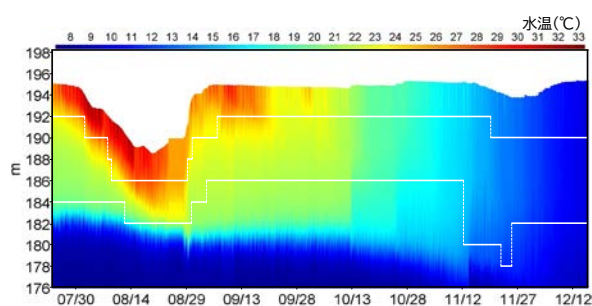
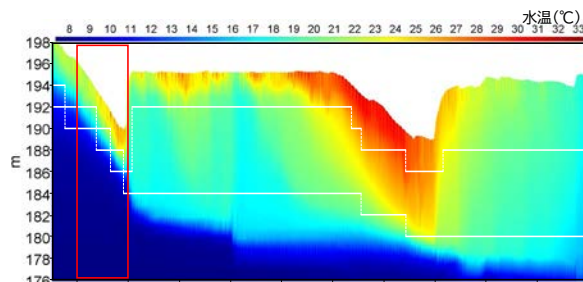


図-1 尾原ダム bathymetry と水温観測点



(a) 2019 年



(b) 2020 年

図-2 貯水池内水温分布と使用取水口位置 (白線)

キーワード 選択取水設備, 連続サイフォン式, 尾原ダム, 異高同時取水, 放流水温

連絡先 〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060 島根大学エスチュアリー研究センター TEL 0852-32-6067

図-3 左に予測システムのメイン画面を示す。メイン画面では、予測水温と流入水温との差に応じ、設定した許容水温差をもとに、冷・温水の警告を出す（赤点線四角枠内）。また、メイン画面の放流水温マトリクスをクリックすると、図-3 右に示すように、選択可能な任意の2つの取水口のすべての組み合わせに対する放流水温予測結果を表示する機能も有している。

3. 予測放流水温の精度の検証

3.1 予測放流水温の精度

構築したシステムによる放流水温の予測精度を検証するため、必要なデータが揃っている 2019 年 7 月 24 日から 12 月 15 日、および 2020 年 5 月 22 日から 10 月 27 日までの結果について、予測放流水温と観測放流水温との差の統計量及びヒストグラムを表-1、図-4 に本システムという標記でそれぞれ示した。また、使用取水口の中央高さの水温を単純平均する予測を平均式と称し、合わせて示した。

表-1 に示すように、2019 年 2020 年ともに平均誤差は 0.15℃以内で予測できている。特に 2019 年では、平均式の最大誤差が 4.07℃と温水側に予測しているのに対し、本システムの予測では 2.46℃と大きく減少し、誤差の標準偏差も 0.77℃から 0.48℃に改善した。これは、図-4 (a) にも明確に示されている。ただし、図-4 (b) 左側に示す 2020 年の冷水側の予測結果は、解析に不確実なデータが含まれていた可能性がある。

3.2 予測放流水温の精度に与える影響

過去の研究¹⁾で、取水量が小さいときに異高同時取水を行うと、上段より下段の取水量が大きくなることが分かっている。取水量の平均値は、2019 年 2.28m³/s、2020 年 8.20m³/s であり、放流量の小さい 2019 年の方が、平均式より本システムの予測精度が向上したと考えられた。また、図-2 (b) の赤枠で囲った取水では、水位低下に伴い上段取水位置が、躍層下面から表水層内へと移動している。この期間、図-5 に示すように予測水温の誤差が冷水側から温水側に漸増した。これは、取水地点と水温計測地点の水温分布の違いや躍層界面の内部波による影響があると考えられた。

4. おわりに

構築したシステムにより、概ね放流水温を予測できることを確認できた。特に、取水量が小さいときの精度が単純平均より大幅に改善できていた。今後は、水位変動時や躍層付近での取水に対する改良が望まれる。

参考文献 矢島啓・鈴木伴征：ダム貯水池での連続成層下における複数取水口を用いた異高同時取水特性，土木学会論文集 B1(水工学)，76(2)，pp. I_1375-1380，2020。

表-1 予測放流水温の精度（単位：℃）

対象年	予測手法	平均誤差	標準偏差	最大誤差	最小誤差
2019	本システム	-0.14	0.48	2.46	-1.86
	平均式	0.03	0.77	4.07	-1.70
2020	本システム	0.15	0.72	2.92	-4.85
	平均式	0.11	0.72	2.85	-4.89

※ 誤差の計算は、計算値-観測値を基準とした。

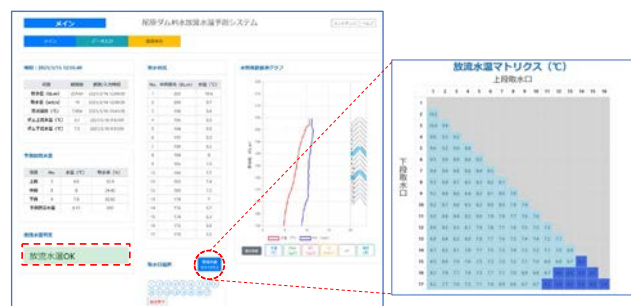


図-3 放流水温予測システムのメイン画面（左）と予測水温マトリクス表示画面（右）

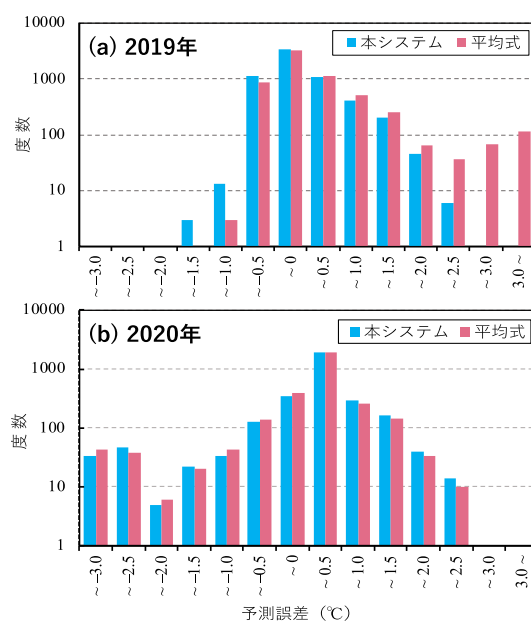


図-4 予測放流水温の誤差ヒストグラム

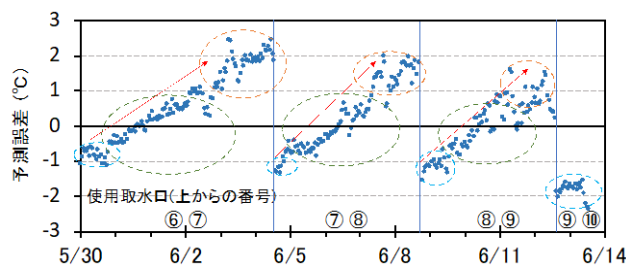


図-5 水位低下時の躍層付近での取水時の予測誤差