

【学位論文審査の要旨】

ダム貯水池における水温ならびに水温分布は、洪水時の濁水流の流入水深と土砂堆積、植物プランクトンの増殖と富栄養化などに直接影響する重要なファクターである。貯水池の水温は太陽の熱エネルギーが表層から入り込むことで形成されるため、気候変動は水温に直接的に影響し、温暖化の場合は成層が強化されることで鉛直混合が抑制される。また、貯水池が自然湖沼と異なるのは、水量・水質管理のために様々な水理施設が設置されており、それらは管理者が運用を決めている。水理施設としては、例えば、伝統的な底層放流、選択取水設備による放流、貯水池上流に設置される分画フェンスなどが挙げられる。したがって、貯水池管理においては、気候変動と水理施設操作が水温におよぼす影響を知ることが必要である。

本研究では、これらの要因を分析するため、東京都小河内貯水池において 1959 年から 2016 年までの貯水池水温データを解析した。期間 A は 1957 年～1991 年で、底層放流が行われていた。期間 B は 1992 年～2001 年で、選択取水設備による表層放流に切り替わった。期間 C はやや放流水深が深くなり、かつ、上流に分画フェンスが設置された。この 3 期間について、気象の変化や放流操作が水温変化に及ぼす影響を統計的手法ならびに熱エネルギーや成層安定度の観点から解析した。また、流体シミュレーションを用いて、放流操作が貯水池内部の水温ならびに放流水温に及ぼす影響を評価した。

本研究で得られた主な成果は以下のとおりである。

(1) 気候データとして気温、雨量、風速の時系列を分析し、貯水池の水温時系列と比較した。長期的なトレンドは Mann-Kendall 法により、期間ごとの値の有意差評価を Kruskal-Wallis 法と rank-sum 法により分析した。ダム地点の年平均気温は 50 年間で上昇傾向にあることが分かったが、気温の影響を受ける表層水温は低下傾向にあり、両者に関連性は見られなかった。期間ごとに水温の傾向は分類され、期間 B・C は期間 A と比較して顕著な水温成層が形成され、熱容量は小さかった。これは放流水深が底層から表層に切り替わったことが影響しており、貯水池の水温構造には気候変動よりも水理施設の操作の方が強い影響を及ぼしていることが分かった。

(2) 各期間の施設運用が水温構造の季節変動に及ぼす影響を検討した。この水温分布に対して、ブラントバイサラ振動数、成層強度指数、シュミット安定度指数を用いて評価した。夏の成層に着目すると、期間 A は表層温水層が厚みを増し、全体に温かく緩やかな水温分布となり、シュミット安定度指数と成層強度指数が低下した。一方、期間 B では表層温水層が薄くなり、水温躍層の温度勾配が最も急になり、成層強度指数が最大になった。期間 C で分画フェンスが追加されると、シュミット安定度指数が最も大きくなり、成層は最も安定した。また、期間 B と C では成層が形成される期間（春～秋）が A よりも長くなった。このように、水理施設の運用によって様々な水温構造が出現することを、各種指数により説明できた。

(3) 貯水池の水温成層と施設運用の関係を同一の入力条件（気象、河川流量）において

比較・評価するために、三次元流体シミュレーションを構築した。まず、放流に関する流速分布として、本研究では修正ガウス分布法を提案し、単純なポイント放流と比較した。その結果、修正ガウス分布法の方が精度良く貯水池の水温成層を再現できることを示した。また、放流水温についても、修正ガウス分布法の方が高精度に再現できることを示した。次に、入力条件をそろえて期間 A・B・C に相当する放流水深・分画フェンスを設定して、春～秋の計算を実行した。その結果、放流水深の変更は水温成層を顕著に変化させること、また、分画フェンスの有無によって貯水池表層の水温構造は多少影響を受けるが、放流水温には影響しないことを示した。そして、気候変動によって貯水池水温が変化しても、水理施設の運用によってその影響を緩和できる可能性があることを示した。

以上要するに、本論文は、ダム貯水池の水温が気候変動から受ける影響と、放流等の操作によって受ける影響を比較し、人為的影響の方が大きいことを明らかにすると共に、修正ガウス分布法を組み込んだ貯水池流動モデルを提案しており、環境水理学分野における貢献は大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分な価値があると認める。