

京都大学大学院 学生員 小林 正典
 京都大学工学部 正員 岩佐 義朗
 京都大学工学部 正員 松尾 直規

1. はじめに; 本研究は、揚水発電用貯水池における、揚水および発電放流が貯留水の水理学的挙動に及ぼす影響を、岩佐・松尾らの二次元貯水池水理モデルを用いた水温の数値解析により検討するとともに、その適用上の問題点について考察したものである。

2. 数値解析法; 計算の対象とした貯水池系は図-1に示すように、上部貯水池と下部貯水池により構成されており、圧力水路を通じて図-2に示すような取放水口から貯留水の取放水が行なわれている。上部貯水池の総貯水容量は $1.685 \times 10^9 \text{ m}^3$ であり、下部貯水池のそれは $1.592 \times 10^7 \text{ m}^3$ である。上部・下部両貯水池においては、揚水・発電に伴う取水・放水流量が流入流出量に比して大きな割合を占めているが、既存の観測結果より、貯水池幅方向における水温・濁度変化は、通常の貯水池同様微小であることがわわっている。したがって、ここでは岩佐・松尾らの二次元貯水池水理モデルを適用して数値解析を行なうことにする。ただし、揚水・発電に伴う取放水は、横流出入として取扱うが、上部貯水池においてはこれまで放流実績がなく、かつ取放水口がダム堤に近い所に設置されていることから、これらは下流端ブロックからの流出あるいは流入として取扱うことにする。貯水池系におけるこれらの取扱いとコントロール・ボリュームを図-2に示している。モデルは図-2の各水平要素に対する水の連続式、運動量保存式、水温収支式、濃度収支式により構成されるが、その詳細は著者らの文献を参照されたい。数値解析にあたっては、両貯水池の流速・水温・濁度分布の計算を時間的に並行して進め、取放水の水温・濁度の値には、取放水に関係する水平要素におけるそれらの平均値を各タイムステップ毎に求めて用いる。

3. 数値解析結果とその考察; まず、下部貯水池における流速分布の計算結果例を図-3に示す。この計算では $\Delta x = 500 \text{ m}$ 、 $\Delta y = 2 \text{ m}$ とし、水面勾配を考慮している。図-3より流速分布は、揚水・発電時の取放水の影響を強く受け、揚水時には、取水に伴い取水口に向かう流れ、発電時には、放流に伴い取水口より上下流に向かう流れが現れていることがわかる。実際の流れとの比較は資料がないためできないが、定性的にはほぼ妥当と思われる。

このように、対象とした貯水池では、流入流出量に伴うものより取放水に伴う流れが支配的となることが予想されるが、こうしたケースに対するモデルの適用性と問題点および数値解析上の諸問題、ここでは、計算スキームの選択、分散係数の取扱い、 Δx の値のとり方、密度差により生ずる現象の取扱いについて、水温のシミュレーション結果を用いて検討する。なお、以下の計算では、計算を簡単にするため、水面は水平と仮定しているがこれによる影響はそれほど大きなものではなく、得られる流速分布は図-3の結果と定性的には同様である。

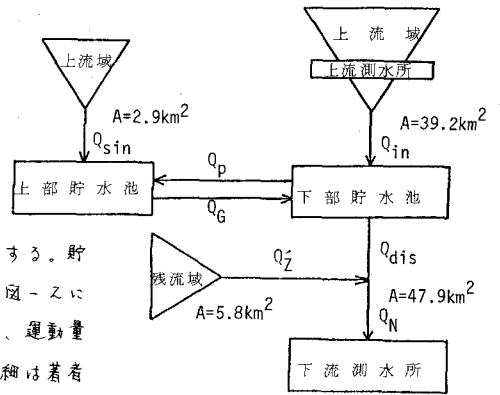


図-1 流域の模式図

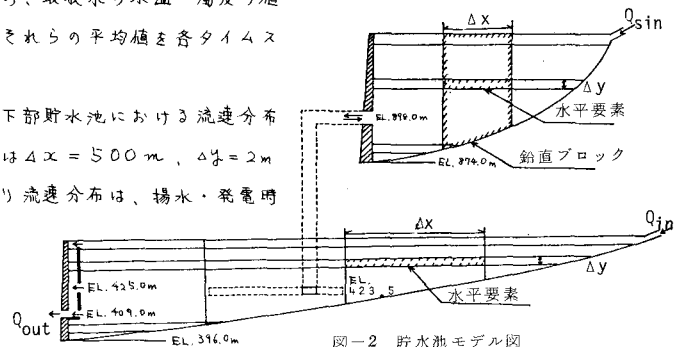


図-2 貯水池モデル図

計算は昭和54年3月17日の水温観測値を初期値として5年11月30日までの期間で実施した。図-4は $\Delta x = 1000\text{m}$, $\Delta y = 2\text{m}$ とし、分散係数を取

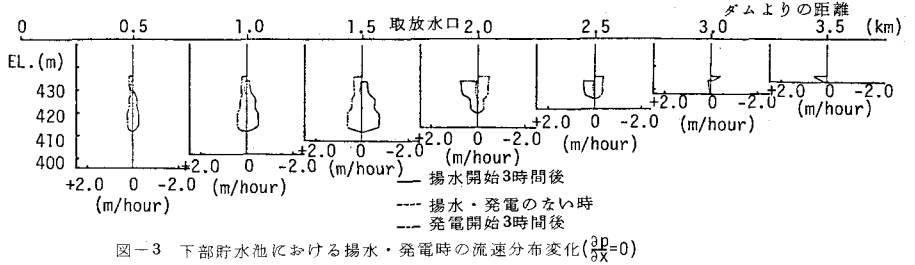


図-3 下部貯水池における揚水・発電時の流速分布変化($\frac{\partial D}{\partial x} = 0$)

排水流量に比例すると仮定して、従来より用いている二つの計算スキームで計算した結果を比較した例である。各スキームにより得られる流速分布の違いが、表水層、底水層の水温に反映されているが、その程度は大したものではない。

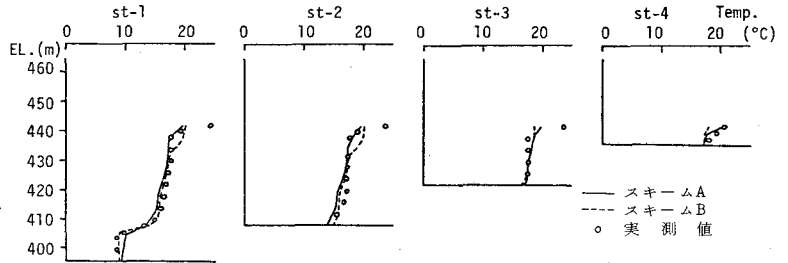


図-4 下部貯水池における水温分布の計算結果の比較 (昭和54年7月23日, $\Delta x = 1000\text{m}$, $\Delta y = 2\text{m}$)

。図-6は上述の貯水池分割で、スキームAを用い、分散係数を各水平要素の流速に比例すると仮定した場合(ケース1)と、同じ計算法、分散係数のもとで、 Δx の値を場所的に変化させ、図-5のように貯水池を分割した場合(ケース2)の計算例を示している。

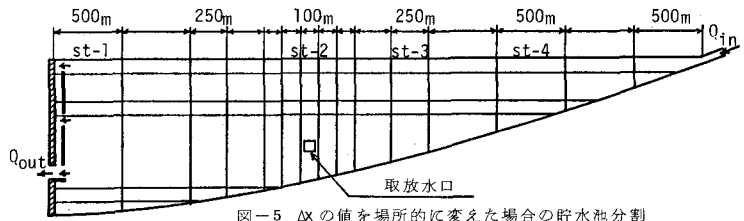


図-5 Δx の値を場所的に変えた場合の貯水池分割

図-4のスキームAの結果と、図-6のケース1のそれを比較すると、分散係数による計算値への影響はst-1の底水層に顕著にみられ、他の測点ではほとんどないことがわかる。これは従来では、取放水に伴う移流が支配的であるため

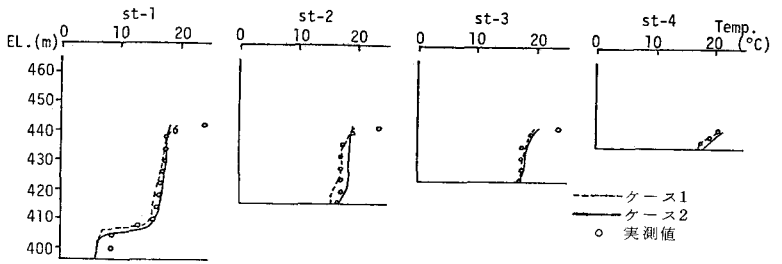


図-6 下部貯水池における水温分布の計算結果の比較(昭和54年7月23日)

と考えられる。次に図-6のケース1、ケース2を比較すると、ケース2の方が、実測値およびケース1の結果よりも水温がやや高く計算される傾向がみられ、特に取放水口のあるブロック(st-2)で顕著である。これは取放水口付近の分割を細かくしたことによる影響であるが、この点についての詳細な検討は、コントロール・ボリュームの大きさをどの程度にすれば良いかという問題を含め、講演時に述べることにする。また、密度差により生ずる現象、たとえば取放水のブルーム形態での流入、放熱期の密度逆転層により生ずる挙動などの取扱いについても、静水圧の仮定および、密度逆転層を生じた時の平均化による近似が妥当かどうかという点から検討を進めているが、従来の近似法でも余り問題はないようである。

4. おわりに; 揚水発電用貯水池における貯留水の水理学的挙動を明らかにするために、著者が従来より用いてきた解析手法を応用して数値解析を実施したが、得られた水温分布結果はほぼ妥当なものであった。揚水・発電時における取放水の水理要素への影響については、さらに詳細な検討が必要であろう。

参考文献. 1) 岩佐・松尾・倉; 貯水池水理の数値解析法とその適用について、京大防災年報第22号-B, 1979