

京都大学工学部 正会員 岩佐 義朗
長崎大学工学部 正会員 野口 正人
九州電力 正会員 松葉 保幸

1. まえがき 近年における各種の水利用に対応し、ダム貯水池の水量制御も水質制御と同時に満足されなければならないようになってきた。この種の問題は物理、化学、生物などの諸側面からの検討を必要とするが、とくに水の流況を知ることには他の水質諸因子を推定する上で重要となる。したがって、ここでは水質要素として水温・濁度をとりあげ、その予測を行なうことにより池内の流況について若干の検討を行なった。

2. 基礎方程式とシミュレーション・モデル 成層化した貯水池において濁水流の流況を調べるには、流況の連続方程式、運動方程式とともに懸濁物質の保存式、熱エネルギー式を解かねばならない。一般に、運動方程式をこの種の流況場で厳密に解くことは困難であり、分離取水公式で代用することにする。残りの式はつぎのようになる。ここに、 C は懸濁物質の濃度、 ρ

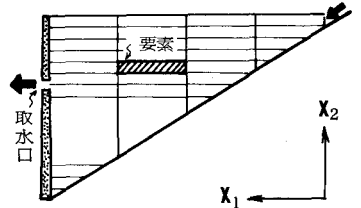


図-1 模式図

は貯水池内の単位体積あたりの熱量であり、 ρ, ρ, u, v, w はそれぞれ流体ならびに懸濁物質の密度と速度成分を、また、 H は単位時間、単位体積あたりの熱生成量を表わしている。実際の計算にあたっては、これらの式を乱流時の平均流に対するものに変換し、図-1の各要素について積分したものを使うが、とくに取水層についてはその厚さを K の式より求め、流速分布は非対称な正規分布形とした。

3. 野外観測例 観測を行なった蘆瀬ダムは郡川(長崎県)の上流にある洪水調節・かんがい・上水道の3目的をもつ多目的ダム(取水口、E.L.204m)で、貯水池規模は総容量 $3.03 \times 10^6 m^3$ 、有効容量 $2.63 \times 10^6 m^3$ であり、全国的には小規模なダムである。しかし、水深は常時25mほどあり、年間流出量と貯水池総容量とを比べると大きくないため($Q_0/V_0 \approx 10$)、夏季には安定した躍層の発達が予想される¹⁾。なお、観測は50年7~11月にかけて7回行なったが、以下の解析には蘆瀬ダム管理事務所の資料をも使っている。

観測より求めた貯水池最深部での水温分布は図-2のようであり、また図-3には流入・流出水温が流量の変化とともに表わされている。とくに、図-2から放熱期における表層での成層破壊が徐々に深部に伝わっていることがわかるが、底での水温は従来の観測と同じく7~8℃年間を通じてほぼ一定である。一方、図-4には貯水池内での濁度が等濁度線を使って示されている。この図より、池水の濁りに影響を及ぼす2種類の要因について検討することができる。すなわち、最初のは移流に伴うものである。9月4日の観測結果を見ればわかるように、流量規模が大きいため池水の流況は分離取水の状態になっており、取水口付近で死水領域ができ、濁水流入前の清澄な水が残されている。また、9月4日の降雨を除けば前後に大きな雨がなかったため、9月24日の観測では池内の濁度分布は8月28日のものとほとんど同じ状態に回復している。つぎに、循環期における濁度を見れば、10月23日と11月

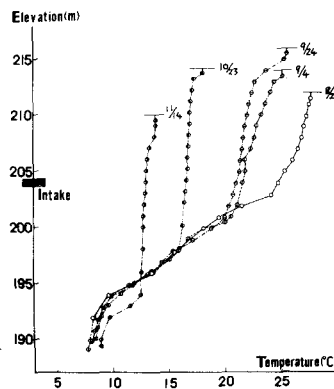


図-2 水温分布

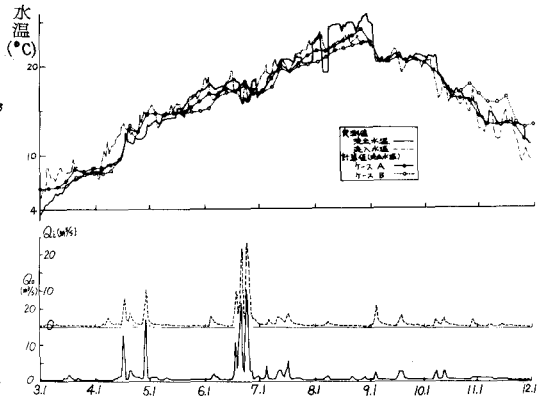


図-3 流出水温と流出入量

14日の観測結果から明らかなように、貯水池上流側から成層破壊が起こり、徐々に濁りが池内全体に及んでいる。とくに、11月14日のものでは濁りが顕著であり、等濁度線も鉛直で循環が完全に起っていることがわかる。そのため、底底の水温は1年が一番高くなっている。一方、セッキ板による透過水深の測定では、8月28日、9月24日には3mほどあったが、9月4日、10月23日のものは1.5~2.0mしかなく、濁度分布との相関が高いことが明らかである。したがって、高濁度の貯水池では、水中での日射量の消滅係数は濁度の関数として表わすことが必要である。

4. 水温・濁度の予測 荳瀬貯水池での水温・濁度の予測を行なうため、2で示されたモデルを用いて計算した。計算は、水深ならびに時間の基本間隔をそれぞれ1m、1日とし、浮遊物質の沈降速度は土砂粒子の比重2.65、粒径6 μ として求められたものを使って行なわれた。また、計算に必要なデータで観測されていない流入濁度については流量の関数として表わすこととし、流入量がある限界を越えたときにのみ考慮した。計算結果について記せば以下ようである。

まず、流出水温については、図-3に熱収支項に気象要因を考慮したケースAと、無視したケースBの結果が示されている。図から明らかなように、荳瀬貯水池においては移流熱のみから求めた計算値は実測値と良好な一致を示さず、 Q_0/V_0 が小さな貯水池では平衡水温に及ぼす気象要因の影響が著しく、とくに放熱期における表層冷却に対しては顕著の影響が大であることがわかる。また、池内の水温分布も同様な理由から、ケースAの結果がより観測値に近い値を示した。さらに、計算より求められた濁度分布については、9月4日のものの一例が図-5に示されている。前述したように、流入濁度を仮定したため、計算値と実測値とをそのまま比較することはできないが、定性的にはよく現象をシミュレートしており、モデルに設定された仮定の妥当性がうかがわれる。以上の計算では水温・濁度に対する基礎式に、直接にはこれら両者の相関が考慮されていない。

しかし、間接的には分離取水層厚を決定する際や輻射熱の吸収量を濁度の関数として表わすことにより考慮されている。実際、本貯水池で後者の影響を入れて計算したところ、濁水流入時に池内の水温ならびに取水水温は若干変化するがその差は小さく、通常の予測計算では考慮するまでもないことがわかった。むしろ、水温計算の精度を上げるためには、流入層厚を正確に予測し、各種の輸送係数の値を知ることが重要と思われる。

5. あとがき 2次元モデルを使って水温・濁度の予測を行ない、観測結果との比較を行なった。その結果、池内の濁度分布はこのモデルにより、かなり良く予測されることがわかった。今後さらに予測精度の向上に努めたい。

参考文献 1) 岩佐・野口・児島, 京大防災研年報 18B, 昭50

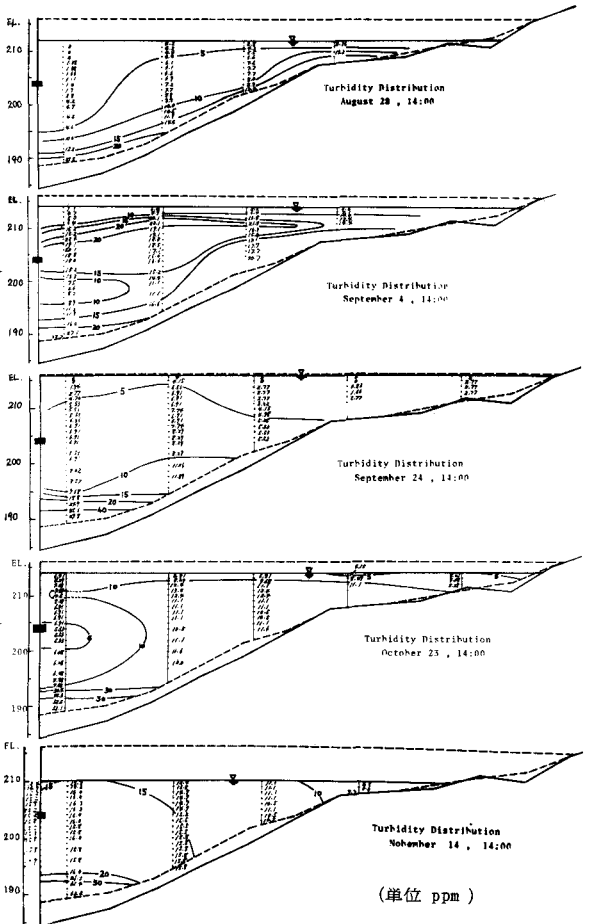


図-4 濁度分布 (実測値)

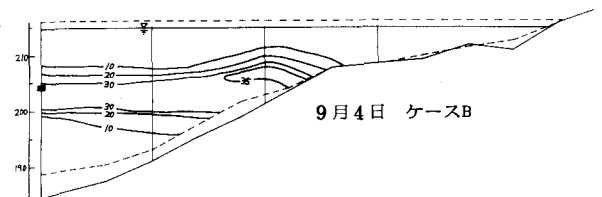


図-5 濁度分布 (計算値)