

貯水池の濁度の数値解析

京都大学工学部 正 眞 岩佐義朗
 “ “ 松尾直規
 東京電力(株) “ “ 井上素行

1. はじめに 近年、貯水池の濁水現象を解析するのに数値計算法が用いられ、一定の成果を挙げているが十分とは言えない¹⁾²⁾。本研究では、数学的モデルを用いて貯水池の濁度を数値解析する際に問題となる、コントロールボリュームのスケール、濁質粒子の沈降速度、および対流混合の取り扱いの3点について考察し、より適確な濁度予測を行なうための基礎的な知見を得んとするものである。ここでは吉野川水系早明浦貯水池を対象として、筆者らの二次元モデル³⁾を用いて数値計算を行った。

2. コントロールボリュームのスケールについて 貯水池の水理をコントロールボリューム法で解析するにあたって、対象とする現象の時間的、空間的一様性やスケールを実測資料より求める必要がある。いくつかの貯水池の濁度分布の実測資料によると、洪水後では貯水池縦断面内において、平均濁度からのずれを20%程度としたときには、長さ100m、深さ0.3m程度まで区切らねばならないことがわかった。しかしながら、実際にはこのように細分化してコントロールボリュームを与えることは、実用上、適当ではない。ここでは、同一の環境・界条件のもとで、 $DX=1000m$ に対して、 $DY=1m, 2m, 4m$ に変化させたとき、および $DY=2m$ に対して、 $DX=500m, 1000m, 2000m$ と変化した場合について、5.51.5.1~8.30の期間で数値計算を行ない、次のような結果を得た。水深方向、流下方向への計算値の変化は、それぞれの方向への空間的な平均化のスケールに対応しており、実際の現象の空間的なスケールに応じて実測値との一致の程度は変わってくる。したがって、洪水時およびその後の濁度分布のように、変化が流下方向、水深方向にも激しい場合は、 DX, DY を小さくとりほゞ精度の良い結果が得られた。結果については、講演時に詳細に述べる。

3. 沈降速度の評価 一般に、濁質の沈降速度は、様々な粒径を有する濁質成分の、平均的な沈降速度を与える代表粒径に対する Stokes 公式値で、時間的、空間的には一様として与えていたが、このように一様な沈降速度を用いた計算では、計算結果に問題を生じる場合もあった。図-2は、代表粒径を5 μ m, 6 μ mと変えた場合の放流濁度の計算値と実測値を比較したものである。この図から、濁度の低減過程に大きな差異があり、それぞれに問題となる期間があることがわかる。したがって、沈降速度の時間的、空間的な変化を考慮する必要がある。そこでいま、1つの方法として、流入濁質の粒度分布は流域特有の確率密度関数で近似できると仮定する

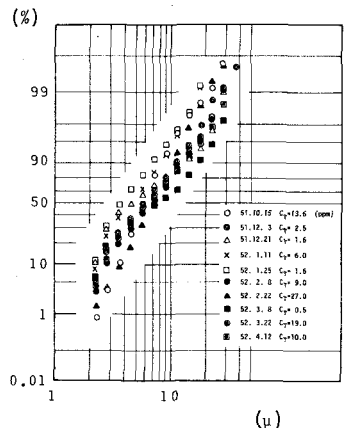


図-1

と、粒度分布を考慮した濁度の計算は次のようになる。すな (ppm)

われ、現実の粒度分布を平均粒径、標準偏差などと考慮し、数種の代表的な平均粒径に対する粒度分布に変換し、それぞれの粒径に対して濁度保存則を適用することにより、貯水池内の濁水の挙動、および粒度分布が推定できる。この方法を精度よく適用するためには、流入濁度あるいは流入流量と、粒度分布との関係について詳細に検討し、流入濁質の粒径に関する確率密度関数を時間の関数として与える必要がある。早明浦貯水池流入部での、5.51.10.15～5.52.4.12の実測資料を対数確率紙にプロットしたものが図-1である。この図より、流入濁質の粒度分布は、対数正規分布に近似できると考えられる。また、流入濁度と平均粒径、標準偏差との関係を調べたが、資料が乏しく、これらの間に明瞭な関係は見い出されなかった。そこでひとまず、流入濁質の代表粒径として、2 μ 、4 μ 、6 μ を採用し、それぞれに生起確率25%、50%、25%を与え、これらが時間的に一定であるとした。図-3は、上記のように複合粒径を与えた場合と、平均粒径を濁度の一次関数で仮定した場合の放流濁度を示す。これから、少なくとも定性的には複合粒径を与えた計算手法は、貯水池内の濁水の挙動を知る上でより適当な手法であると言えよう。今後、流入濁度あるいは流入流量と、代表粒径および生起確率との関係を定量化することが課題である。

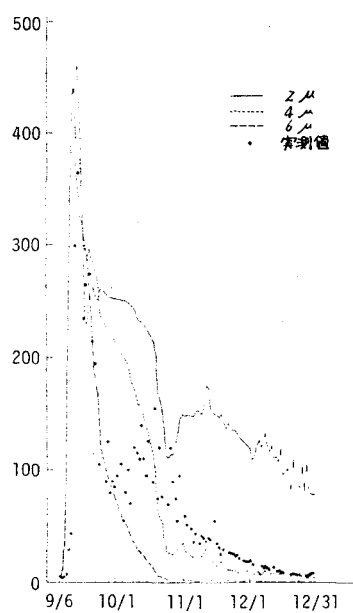


図-2

4. 対流現象の要因について³⁾ 二次元モデルでは、鉛直方向の運動方程式として、静水圧を仮定しているため、対流現象は、密度の逆転層が生じたときにはそれが生じないように平均化操作を行なうことにより、取り扱っている。ここでは、このような逆転層がどのような要因によって生じるかを検討するため、熱エネルギー保存式において、鉛直移流項、水平移流項、分散項、気象要因による熱生成項、横流入項のうちで、どの効果が卓越しているかを検討した。その結果、表層水温の低下をもたらす要因は、主に水面からの熱損失と流入水温の低下に伴う移流効果であるが、冬期には、熱生成項による熱損失が気象資料の日変化を考慮しても支配的な要因であることがわかった。対流混合をいかにモデルに反映させるか等、詳細な検討については、講演時に述べる。

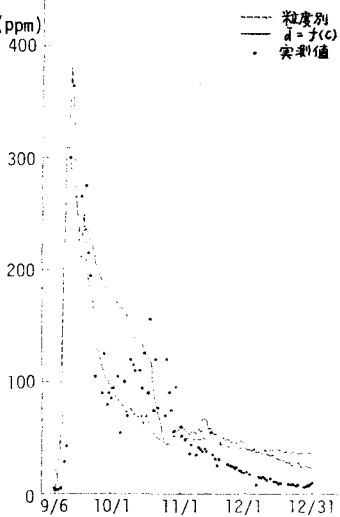


図-3

5. おわりに ここでは、濁度を数値解析する際の諸条件について考察した。計算にあたっては、水平方向の圧力勾配を省略したまま行なったので、この項の及ぼす影響を考察できなかった。今後、貯水池底層部での泥水の巻き上げについて検討を加える必要がある。

参考文献

- 1) 岩佐 松尾 達壽：貯水池の水温予測、京大防災年報第18号B-2、昭51年9月
- 2) 岩佐 白砂：貯水池内の濁度の二次元解析、第32回全国土木学会大会、昭52年10月
- 3) 松尾 岩佐 達壽：洪水による貯水池の泥沙動態とその予測、