

濁水化貯水池における濁質粒度の変動

TIME- AND SPATIAL-DISTRIBUTIONS OF GRADINGS OF
TURBIDITY-MATERIALS IN THE RESERVOIR

中村 俊六*・足立 昭平**

By Syunroku NAKAMURA and Syohei ADACHI

1. 緒 言

貯水池の濁度問題は、ダム建設がもたらす重要な環境変化のひとつとして、近年とみに注目されるようになり貯水池内の濁度分布形成機構の解明が急がれている。

貯水池における濁度分布の形成機構を解析するうえで、濁質の沈降を適切に評価することは、濁水の移流や拡散を的確に把握することと同様に、重要な課題のひとつである。

濁質の沈降は、本来、濁質の粒度に基づいて検討されるべきものであるが、従来、測定された粒度分布曲線は、単に、「粒径数ミクロン(μ)以下の粒子が大部分である」といった程度の評価にしか用いられていないようである。また、そういった評価から、一般に、濁質の沈降速度は、時間的、空間的な一定値として扱われているのが現状である。

しかしながら、出水に伴って流入する濁質の粒度は、濁質の発生源や出水の規模などによって異なり、また、最近の調査によれば、同一出水中であっても、時間的に大きく変動していることがわかってきた。

貯水池においては、移流や拡散の弱い領域が形成される。そのような領域では、濁質の沈降も重要な役割を受持つはずであるから、このような濁質粒度の変動が、濁度分布の形成に及ぼす影響は、決して無視できないものと思われる。

本報告は、以上の観点から、貯水池における濁質粒度の変動に着目し、その濁度現象解析への導入のためのアプローチを試み

たものである。

すなわち、

(1) まず、従来の、濁質沈降速度を一定とした解析では、濁度現象を十分把握できない場合があることを、

(i) 池表面濁度の時間変化、および、(ii) 濁度鉛直分布形の変化、について例示し、

(2) 次に、現実の貯水池における観測例から、(i) 流入濁質粒度における時間的変動、および、(ii) 濁質粒度の貯水池内における分布、を明らかにし、

(3) 最後に、流入濁質粒度の変動を導入した成層モデルによる数値解析の有効性を示した。

2. 濁質沈降速度を一定とした濁度現象解析の問題点

(1) 池表面濁度についての計算例

図-1 は、揖斐川横山ダム貯水池における、昭和 51

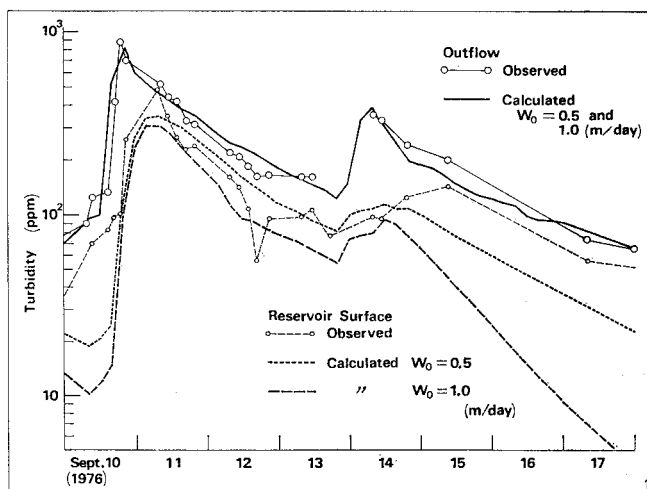


図-1 成層モデルによる解析結果の一例

* 正会員 名古屋大学助手 工学部土木工学科
** 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学科

年台風 17 号出水時の濁度現象³⁾に対して、成層モデルを適用した結果を、実測値とともに示したものである。計算結果は、濁質沈降速度 W_0 を、0.5(m/day) および 1.0(m/day) (いずれも一定) とした各場合の流出濁度および池表面濁度について示してある。

これを見ると以下のようである。

(i) 流出濁度: $W_0=0.5$ の場合も、1.0 の場合も、計算結果はほとんど同じである(図では、太実線で示されているが、区別がつかない)。実測値と比較すると、最初のピークの直前において、実測値との違いが大きいが、2つのピークを含む全期間にわたっての変動状況については、おおむね良好な一致を示している。

(ii) 池表面濁度: $W_0=0.5$ の場合も、1.0 の場合も、最初の出水については、実測値における変動の概略をとらえて得ているが、15 日以後については、実測値と計算結果はかなり異なっている。

使用した計算モデルは、安芸・白砂²⁾のモデルを基礎に、拡散、連行および池表面での熱交換の各計算を省略(池表面水温には実測値を与えている)したものである。初期条件には、出水前の 9 月 8 日における実測値を用い、入力データは、4 時間ごとに実測に基づいて与えている。また、横山ダムには、本川の他に大きな支川(坂内川)が流入しているが、計算上は両者を一本化している。

上記のように、流出濁度の計算結果は、実測値との良好な一致をみせているわけであるが、ここで注目されるのは、異なる W_0 の各計算結果が、流出濁度についてはほとんど同一であるのに対して、池表面濁度については異なっていることである。

このことは、流出濁度に直接的に関係する取水口近傍(取水口は、池表面下約 20 m の位置にある)の濁度変化には、ほとんど移流のみが関与していて、沈降の効果は著しく小さいのに対し、比較的流速の遅い(時には 0 となる)池表面においては、沈降が大きく寄与しているためと思われる。

つまり、濁度の変化における沈降の効果は、対象とする期間や空間によって異なるものと考えられる。

しかし、 W_0 があくまで濁質の性状に基づくものであり、また、実際現象として濁質粒度が時間的に変化している以上、濁度現象を詳細に、あるいは長期的に検討しようとするならば、 W_0 を一定として扱うことには当然限界があるわけで、図-1 の池表面濁度の計算結果は、そのひとつの例としてみる事ができよう。すなわち、池表面のように、沈降が卓越する領域においては、 W_0 を一定とすることに無理があるものと思われる。

こういった解析結果を、たとえば選択取水(表面取水への切換)のための予測に用いることを考えると、池表

面濁度についての計算誤差は、決して見過ごすことはできないと考えられる。

濁度の変化に対する沈降の効果が、時間的に変化していることを、より直接的に示した解析例もある。たとえば、岸³⁾による報告を引用すれば以下のようなのである。すなわち、岸は、平均水深約 6 m、有効貯水量 $6.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ の混合型貯水池における流出濁度の減特性を、水位一定、完全混合の仮定に基づく比較的簡単なモデルを用いて検討しているが、その結果をみると、濁度急減期間では、 $W_0=1.2(\text{m/day})$ 程度に相当する沈降が評価されるのに対し、出水後ある程度経過した濁度緩減期間においては、沈降を無視し得ることが示されている。

(2) 濁度鉛直分布形の変化

濁度の鉛直分布における変化を考える場合には、濁質沈降速度を、各水深ごとに同一とすることに問題がある。

図-2 は、次章で示す池原貯水池における調査結果(図-8)から、取水口前面における、昭和 50 年 8 月 24 日および 31 日の、各濁度の鉛直分布を取り出したものである。

水温分布は示していないが、標高 262~265 m の位置に、顕著な水温 2 次躍層が形成されていて、そのため濁度の鉛直分布は、標高 270 m の位置に

ピークを有する成層型貯水池特有の分布形状となっている。同図から、1 週間における濁度の変化をみると、水温 2 次躍層上では全体に濁度が低下し、2 次躍層より下では上昇しているが、特徴的なのは、ピークの位置そのものはほとんど下降していないということである。2 次躍層上における濁度低下の主たる原因は、取水口(標高 270~290 m に開口している)からの高濁水の流出と、流入河川水による希釈であると考えられるが、2 次躍層より下層の濁度上昇は、明らかに上層からの濁質の沈降によるものと思われる。

この場合、 W_0 を池表面から下層まで同一のものとして、下層における濁度上昇に対して妥当な結果が得られるように沈降を評価すれば、ピークの位置が相当下降し、実情と合致すると思われる。

図-3 は、白砂・安芸²⁾による成層モデルの適用例から引用したものであるが、計算結果(実線)における濁度ピークの位置が、しだいに下降して、実測(破線)と

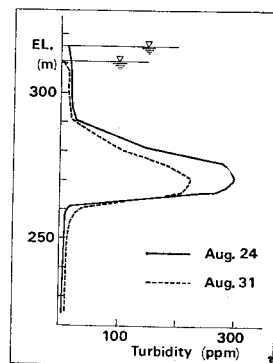


図-2 成層貯水池における濁度鉛直分布変化の一例

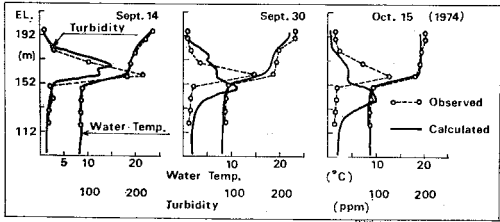


図-3 濁度鉛直分布の変化についての計算例¹⁾

合わなくなる状況が端的に示されている。

安芸・白砂⁹⁾の別の報告によれば、水温2次躍層近傍には、池水のかなりの乱れ(流速変動)が存在するようであり、そのことも実際現象において水温2次躍層上の濁質が沈降しにくいことの一因と考えられる。一方、下層においては濁質の沈降による濁度変化がみられても、2次躍層上にはそれがみられない(少なくとも、ピーク位置の下降という形ではみられない)という事実からすれば、2次躍層上の濁質の粒度が、特に微細であって沈降しにくいとも考えられる。すなわち、濁質の平均沈降速度は各層によって異なるように思われる。

3. 濁質粒度の変動

(1) 流入濁質粒度の変動

出水時の流入濁質粒度の時間的変動状況を示す例として、まず、新宮川濁水調査委員会⁶⁾(昭和48年4月~)による昭和50年台風5, 6号出水時の池原貯水池北山川流入地点における調査結果を示せば、図-4 のようである。

図-4(a)は、台風5号出水時の、同図(b)は、台風6号出水時の、各流入濁質粒度である。粒度は、対数正規確率紙上に、粒度累積曲線(重量基準)で示してある。図中の表は、各試料の採取日、濁度(C)、および次式で計算した粒度上の平均沈降速度(W_s)である。

$$W_s = k_s \sum_{i=1}^m D_i^2 \cdot p_i / \sum_{i=1}^m p_i \dots (1)$$

ここに、 $i=1$ および m は、それぞれ最小粒径および最大粒径に対応するものであり、 p_i は、粒径 D_i なる濁質粒子による濁度が、全粒子による濁度に対して占める割合である。ここでは、すべての粒子の比重を同一(2.65)とし、重量基準百分率を用いた。また、 k_s は、粒径 D_i なる濁質粒子の沈降速度 W_i が、Stokes の沈降速度

$$W_i = k_s D_i^2 \dots (2)$$

で表わされると仮定したものであり、水温 20°C の場合について計算されている。

この値は、実際の沈降速度よりも、相当過大な値と思われる(補注 1)。しかし、濁質粒度の比較上は、十分有用な値と考えられる。

また、試料採取地点での、他の流入諸量(および、次節の参考のために流出濁度)の変動状況を示せば、図-5 のようである。同図には、 W_s の変動状況も併記した。

さて、図-4 をみると、流入濁質の粒度は、出水の違いにより、また、出水のピーク期とてい減期の違いによって、相当異なっていることがわかる。すなわち、まず図-4(b)の、台風6号出水時の試料についていえば、

(i) 出水ピーク期: 最大粒径が 90~100 μ , 50% 粒径が 12~15 μ 程度であって、比較的粗粒子を多く含む。 W_s は、40~60(m/day) 程度である。

(ii) てい減期: 最大粒径は 55~95 μ 程度であり、10 μ 以下の微細粒子が 70~80% を占めている。 W_s は、

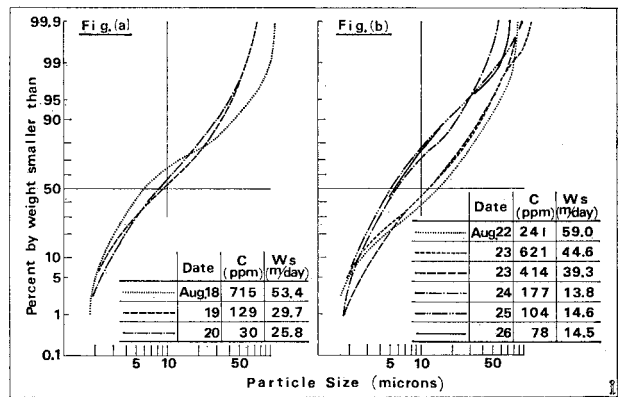


図-4 流入濁質の粒度累積曲線

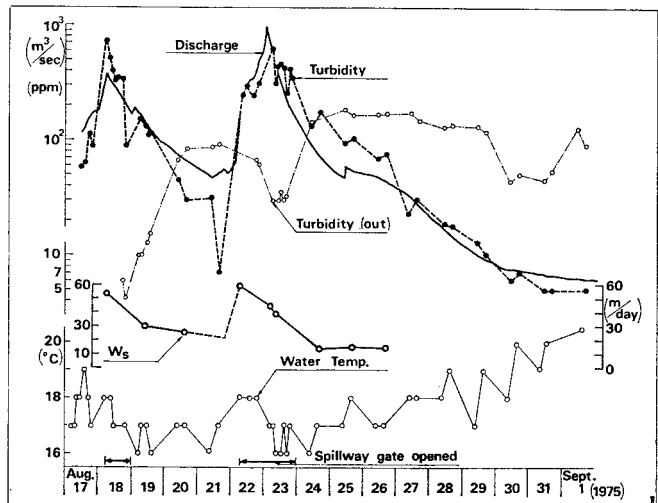


図-5 試料採取時の流入諸量および流出濁度の変動状況

約 14(m/day) であり、出水ピーク期の 1/3~1/4 である。

また、同図 (a) の、台風 5 号出水時の試料については、

(iii) 台風 5 号出水時：上記 (i), (ii) の中間的粒度となっていて、台風 6 号出水時と比較して、変動が小さいという違いはあるが、 W_s がピーク期に大きく、てい減期に小さいという点では、図-5 に示したように、類似の変動傾向を示している。

次に、もうひとつの例として、筆者ら⁷⁾が、昭和 51 年台風 17 号出水時に、揖斐川横山ダム貯水池において調査した結果を示すと、図-6 のようである。揖斐川本川および支川の坂内川についての各調査結果であり、同図では、濁質粒度を表現するパラメーターとして、微粒子率を用いている (図中、両者の破線部は、流量との相関

から求めた推定値である)。

微粒子率 (r) は、採水した試料を、濁度測定後混合して、24 時間静置し、再び試料表面水の濁度を測定して、静置前の濁度で除した値である。すなわち、全濁質中での、24 時間静置しても沈降しない程度に微細な粒子の割合を表わすものである。大きな粒子を多く含む試料ほど r は小さく測定される。したがって、 W_s とは負の相関を有するパラメーターである (補注 2)。

図-6 をみると、微粒子率は、本川においても支川においても、出水のピーク期に小さく、濁度のてい減 (したがって流量のてい減) に伴って、急激に大きくなる傾向を示している。すなわち、この場合も、流入濁質の粒度は、図-4 (あるいは 5) の場合と同様な変動傾向を有し、出水のピーク期に比較的粗粒子を多く含む。

このような流入濁質粒度の変動は、支川の合流などによって水質変動が著しく影響を受けない場合の一般的な傾向と思われる。

(2) 貯水池内濁質粒度の空間的分布

貯水池内の濁質粒度の実測例として、前節と同じく、池原貯水池における調査結果を引用すれば、図-7 のようである。図-7 (a) は台風 5 号出水時、図-7 (b), (c) は台風 6 号出水時のものであって、各図とも、① 取水口前面 (No. A 断面)、② 取水口より約 5 km 上流 (No. B 断面)、および、③ 取水口より約 11 km 上流 (No. C 断面) の、各断面における採取試料について、濁質粒度が図-4 と同様に示されている。図中の表は、試料番号、試料採取位置 (水深 Z)、濁度 (C) および W_s である。

同図をみると、貯水池内濁質の粒度累積曲線は、流入濁質のそれよりも一般に大きく曲折しており、また、濁質の採取位置によって、非常に異なっていることがわかる。 W_s についていえば、図-7(a) 8月 20 日、21 日：6.5~62.2(m/day)、(b) 8月 24 日：5.8~53.0(m/day)、(c) 9月 1 日：4.6~55.0 (m/day) であって、いずれも約 10 倍程度の変化を示している。

図-8 は、このように著しい多様性を示す貯水池内濁質の粒度に関し、その空間的分布状況を把握するために、上記試料の採取時とほぼ同時期における貯水池内の水温および濁度の各分布状況を示したものである。図-8(a), (b) および (c) は、それぞれ、図-7(a), (b), (c) に対応するものであり、各図と

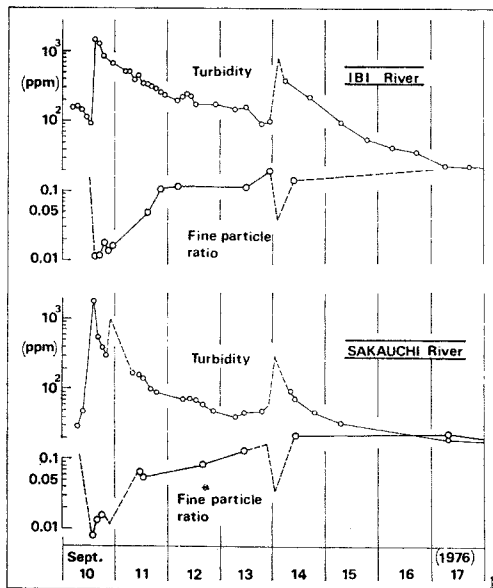
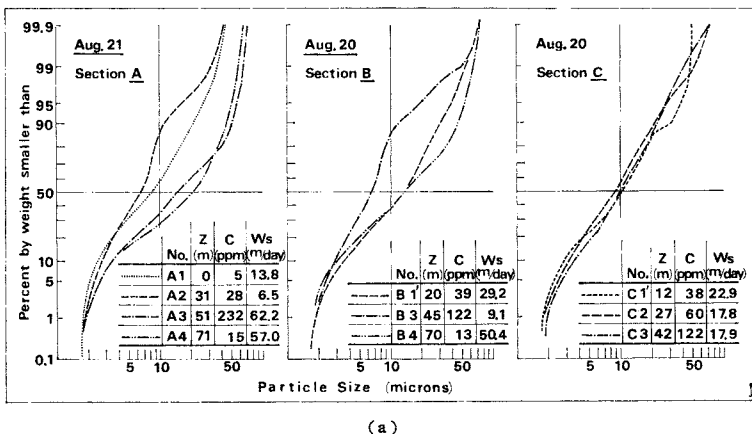
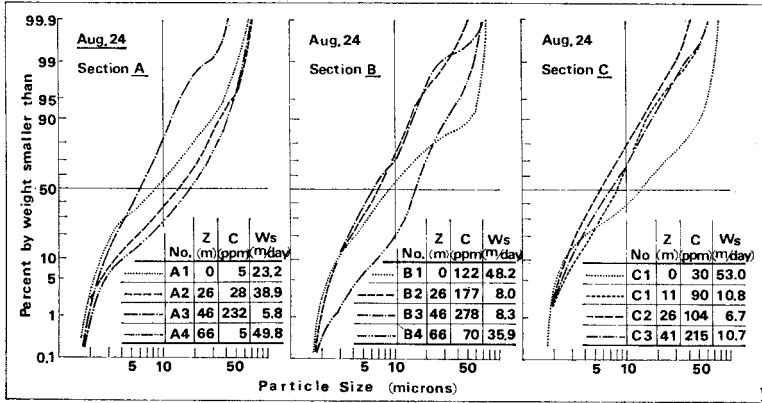
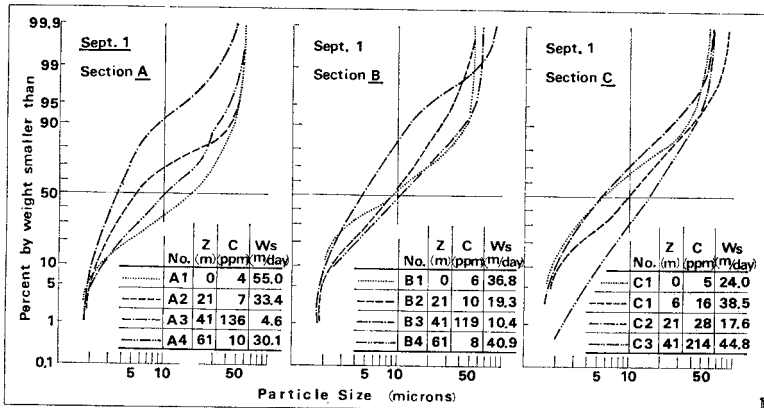


図-6 横山ダム流入水における濁度と微粒子率の変動





(b)



(c)

図-7 貯水池内濁質の粒度累積曲線

も、水温分布は主要断面ごとに鉛直分布形で、また、濁度分布は等濁度線で、それぞれ示してある。同図(a)の上部の、下向きの矢印は主要流入支川の流入位置を示す。また、各図の上流部、左向きの矢印は、流入水温とほぼ同水温の位置を示したものである。

また、図-8中の黒丸印は、上記試料の採取位置であり、X, Y, Z, Z'の記号は、その位置の濁質の、粒度の概略を示すものであって、図-7中の各粒度累積曲線を、それぞれ類似のものごとに、図-9のように4種類に大別したときの類型記号である。ここに、X, Y, Zは、50% 粒径の違いによって区分されているが、Z'は、50% 粒径が7μ以下のもののうち、粒度累積曲線が、累積百分率90%以上の位置に変曲点を有するものである。Wsは、X, Y, Z, Z'の順に小さい。

さて、図-8をみると、同図(a)~(c)のいずれにおいても、

上層の比較的低濁度(100 ppm以下)の領域には、各種の粒度の濁質が分布していて、その分布状態と、濁度分布との間に、必ずしも明瞭な対応関係はみられない。これは、既存の濁質や本川からの流入濁質のほかに、支川からの流入濁質が混在しているためと考えられる。これに対し、水温2次躍層上の高濁水塊(100 ppm以上の濁水)においては、類似の粒度を有する濁質が層状に分布している。すなわち、

(i) 鉛直断面の濁度変化でみて、濁度が下方に向かって急上昇している部分、および濁度がもっとも高い部分の濁質は、Z'型の粒度。

(ii) その下層の濁度が急激に低下している部分の濁質は、X型の粒度。

となっている。中層部における水温2次躍層上の高濁水塊は、出水のピーク時に、川より流入したものが主体であって、既存の貯水池内濁質や支川からの流入濁質の混入量は、相対的に無視し得る程度と考えられる(台風6号出水の際には、5号出水時の濁水が池内に残存していたわけであるが、出水のピーク時にはゲート放流も行われ、ほとんど排出されたものと思われる)。したがって、

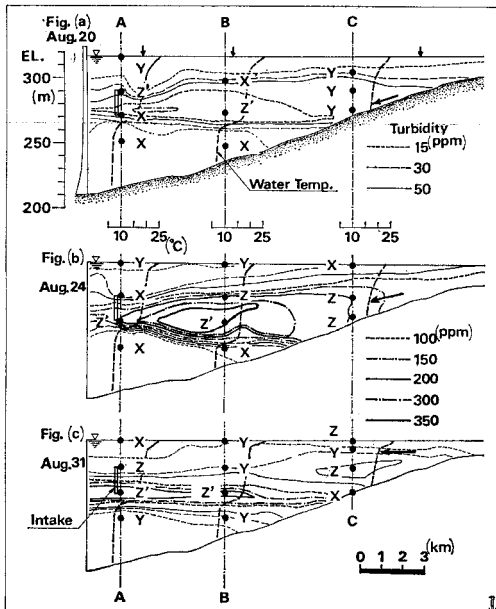


図-8 試料採取時の濁度、水温分布状況

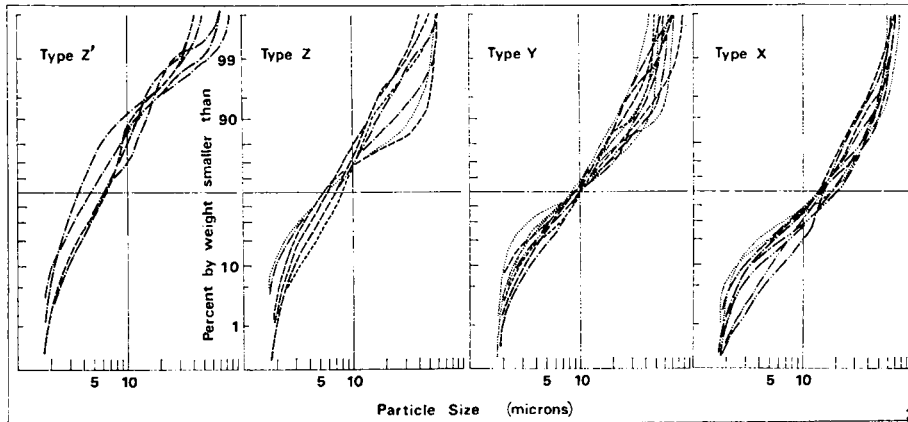


図-9 粒度累積曲線の分類

中層部における濁質の粒度は、出水のピーク時に、本川より流入した濁質の粒度が、主として沈降によって変化し、類似のものが層状に分布しているのであろう。また、高濁水塊の上部と下部とで粒度が異なるのは、濁度が鉛直下方に急上昇している位置では、大きな粒径の粒子の占める割合が減り、逆に鉛直下方に濁度が急減している部分では、大粒径粒子の占める割合が増加する形で、粒度が変化したものであり、いずれも、濁質が大粒径のものから、順次沈降していくという性状に基づいているといえよう(補注 3)。

4. 濁度現象解析への濁質粒度変動の導入

前節でみたように、貯水池内では、流入した濁質が、相互の混合と、(粒別)沈降によって、時間的、場所的に、それぞれ異なる粒度を構成している。こういった濁質粒度の変動を、濁度現象解析に導入するには、まず第1に流入濁質における粒度の変動、第2に流入後の沈降による粒度変化、の各機構を組み込めばよいわけであるが、まず第1の機構の導入が重要と思われる。特に、濁質の滞流時間が短い中・小規模貯水池においては、沈降による粒度変化の影響は少ないものと思われるからである。大規模貯水池において、水温2次躍層上を高濁水が滞流する状況での濁度変化(たとえば 図-2 あるいは 3 の場合)についていえば、躍層上の高濁水の、流入水による希釈は、同時に、微細な濁質との交換を意味するから、少なくともそのことを考慮することの効果は期待できよう。成層モデルへの、流入濁質粒度変動の導入の概要は、すでにその一部を発表⁹⁾したが、基本的考え方は、成層

モデルでなくとも同様であり、以下のものである。

便宜上、貯水池および流入水の濁度および沈降速度は、ある適当な期間(時間間隔)ごとに、離散化して考えることにし、初期条件が与えられる時点から、順に数えて i 番目の期間を、「期間 i 」とよぶことにする。

貯水池内の、任意のある位置の、ある期間 n における濁度 \bar{C}_n は、期間 $i (i \leq n)$ に流入した濁質のみに基づく濁度を C_i として、

$$\bar{C}_n = \sum_{i=1}^n C_i \dots \dots \dots (3)$$

とみることができる。

拡散方程式は、濁度に関して線形方程式であるから、 \bar{C}_n に関して解く代りに、 C_i に関して、それぞれ別個に計算して、その和として \bar{C}_n の変化を求めても同じ結果となる。その場合、沈降項は、 $W_i (i=1 \sim n)$ を期間 i に流入した濁質のみの沈降速度、 \bar{W}_n を \bar{C}_n に対応する沈降速度として(鉛直下方に z 軸をとり)、

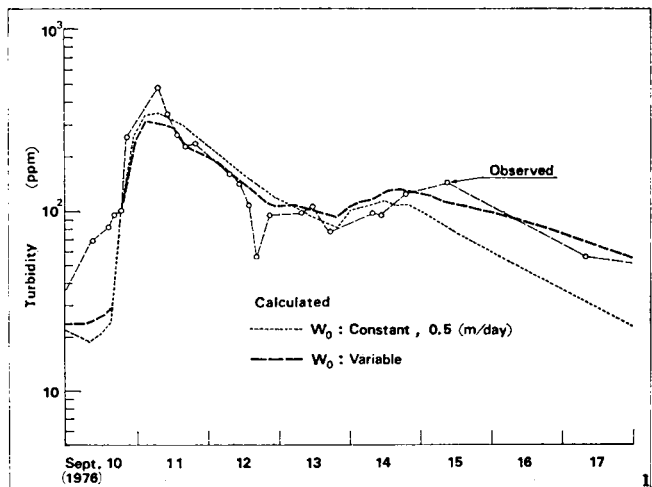


図-10 流入濁質粒度の変動を導入した成層モデルによる計算結果

$$\frac{\partial \bar{C}_n \cdot \bar{W}_n}{\partial Z} = \frac{\partial (C_1 \cdot W_1)}{\partial Z} + \frac{\partial (C_2 \cdot W_2)}{\partial Z} + \dots + \frac{\partial (C_i \cdot W_i)}{\partial Z} + \dots + \frac{\partial (C_n \cdot W_n)}{\partial Z} \dots \dots \dots (4)$$

の右辺を計算するわけであるから、 W_i の変動、すなわち流入濁質粒度の変動が導入されることになる（ここでは、沈降による粒度変化を無視するから、各 W_i は、各期間 i における流入濁質の沈降速度そのものであり、入力データのひとつとして、既知である）。

図-10 は、上記の方法で、図-1 の池表面濁度についての計算をしておいたものである。流入濁質の沈降速度 W_i は、図-6 に示した微粒子率 r_i と負の相関関係にあるので、両者の関係をもっとも単純な形で次式のように表現し、 $k=0.02(\text{m/day})$ とした。

$$W_i = k/r_i \quad (k = \text{const.}) \dots \dots \dots (5)$$

W_0 を一定とした場合よりも、全期間にわたる概略の変動状況がよくシミュレートされている。

5. 結 言

以上、貯水池における濁質粒度の変動に着目して、濁度現象を考察し、その濁度現象解析への導入のためのアプローチを試みた。要約すれば以下のようである。

(1) 濁度変化に対して移流の効果がつねに卓越する領域については、従来の濁質沈降速度を一定とする解析を適用できるが、濁質の沈降が重要な役割を果たす領域についての長期的な濁度変化については、沈降速度を一定とした解析では、実際の現象を十分に説明できない。

(2) 濁質粒度の変動については、

(i) 流入濁質粒度の時間的変動特性として、出水のピーク時に、比較的大粒径の粒子が多く含まれる。

(ii) 貯水池内における濁質粒度の分布は、濁質相互の混合と、濁質自体の沈降とによって、時間的、場所的に著しく異なるが、その鉛直分布に注目すれば、濁度が鉛直下方に上昇している領域では、比較的微細な粒子の濁質が、逆に、鉛直下方に濁度が低下している領域では、比較的大粒径の濁質が、それぞれ分布している。

(3) 濁度現象解析への濁質粒度変動の導入には、流入濁質における粒度の変動と、流入後の沈降による粒度変化の各機構を組み込む必要があるが、まず前者のみを導入することによっても、従来の濁質沈降速度を一定とした問題点に対して、かなり改善できることを示した。

貯水池からの流出濁度軽減対策としては、選択取水、あるいは表面取水が、目下のところもっとも有効とされ⁹⁾、各所で用いられ、あるいは改造されているが、その有効な運用にあたっては、このような、濁質粒度の変動に対するきめ細かい考慮が必要と思われる。

なお、濁質粒度に関する資料に関しては、建設省中部地方建設局、近畿地方建設局、水資源開発公団、ならびに電源開発株式会社紀和電力所より、多数の資料をご提供いただいた。深甚なる謝意を表す。

また、計算には、名古屋大学大型計算機センター FACOM-230 を用い、研究経費において、文部省科学研究費補助金——自然災害特別研究および奨励研究——の補助を受けた。あわせて謝意を表す次第である。

補注 1 粒度と Stokes の式から得られる沈降速度 W_s

W_s は、粒度の面からも、Stokes の式を用いる点からいっても、実際の値よりも過大な沈降速度といえる。なぜなら、(1) まず粒度については、——たとえば、濁水を採水して濁度計にかける場合、比較的大粒径の粒子は、試料セル中で沈降してしまうこともあり得ようから、——濁水中に含まれる懸濁粒子のすべてが（粒度分析にはかかって）濁度の対象物質とはいえないからである。(2) また、Stokes の式を用いることについては、現実の貯水池中の濁質は、各粒子相互の干渉や、池水の乱れの作用下にあり、Stokes の式で仮定されているような、単一粒子の自由沈降における、終末速度では沈降しないと考えられるからである。

補注 2 微粒子率 r

静置試料水中での濁質粒子の沈降状況を、図-11 のように模式的に示して説明する。同図では、考察の便のため、濁質を粒径の小さいものから順に、図の左から右へならべて示してある。微粒子率 r は、初期状態（同図左）および 24 時間後の状態（同図右）における、図中のハッチング部分の各濁度の比に相当する。

いま、説明の便宜上、粒子個数を考え、初期状態においては、水深 h なるハッチング区間の全粒子個数 P_0 が、

$$P_0 = h \sum_{i=1}^m p_i \dots \dots \dots (6)$$

で与えられるものとする。ここに p_i は単位体積あたりに粒径 D_i なる粒子が含まれる個数であり、 $i=1$ および

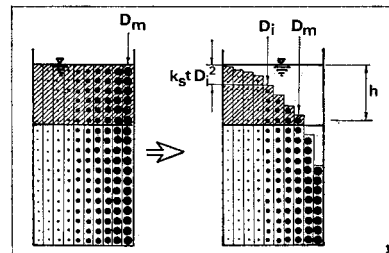


図-11 微粒子率説明図

m はそれぞれ最小粒径粒子, 最大粒径粒子に対応する.

対象区間内の全粒子個数は, 各粒子が式(2)で沈降するものとすれば, t 時間後には, t 時間の沈降距離が h なる粒子径を $D_{m'}$ ($m' < m$) として, 次式で与えられる P_t に減少する.

$$P_t = h \sum_{i=1}^{m'} p_i - k_s \cdot t \cdot \sum_{i=1}^{m'} D_i^2 \cdot p_i, \quad (m' < m) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ところで, 観測例(図-4)によれば, この場合, 流入濁質の粒度累積曲線は, 対数正規確率紙上で, 概略直線とみることができ, また, 直線の傾きも, それぞれほぼ同一とみなすことができる.

この点に着目して, ここでは便宜上, 粒度分布は対数正規分布に従い, かつ, 幾何標準偏差 σ は一定とする.

この仮定を用いれば, P_t と P_0 の比は $D_{m'}$, D_{50} (50% 粒径) のみの関数として $P_t/P_0 = f_1(D_{m'}, D_{50})$ となる.

このことは, 粒度分布を個数基準から濃度基準(重量基準)にしても同様であり, いまの場合, いわゆる Hatch-Choate¹⁰⁾ の式

$$\log D_{50}' = \log D_{50} - 6.908 \log^2 \sigma \quad \dots\dots\dots (8)$$

から得られる重量基準の 50% 粒径 D_{50}' を用い, 個数の比の代りに濁度の比 (C_t/C_0) を考えれば,

$$C_t/C_0 = f_2(D_{m'}, D_{50}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる. 一方,

$$\frac{\sum D_i^2 \cdot p_i}{\sum p_i} = \exp[2 \cdot \ln D_{50}' + 2 \cdot \ln^2 \sigma] \quad \dots\dots (10)$$

であるから, 式(1)の W_S は, $W_S = f_3(D_{50}')$ である. また, h および t が同一の条件下では, $D_{m'}$ は定数である. したがって微粒子率 $\gamma (= C_t/C_0) = f_4(\gamma)$ となり, 微粒子率 γ と W_S とは, ある種の関数形で(当然 γ と W_S とが負の相関を有する形で)一意的に結びつくことになる.

現実には, 測定時における熱対流, 干渉沈降あるいは容器壁面などの影響もあり, このように単純ではないにしても, W_S の変動, すなわち濁質粒度の変動を知るうえでの簡便法としては, 有効と思われる.

補注 3 鉛直に濁度勾配のある状況下での濁質の沈降による粒度変化

図-12 のように, 極端な場合として, 2 層状態を考える. (a) 図は上層に濁質がない場合であり, 2 層の境界を池表面と考えれば, 濁度一様の場合に相当する. (b) 図は 2 層状態で, 上層の濁度が低い場合である. すなわち鉛直下方に濁度が急増している状況に相当する.

池原貯水池における観測例(8月23日)を(上層にも, 下層にも)用い, $Z=10$ m, 沈降速度が Stokes の式に従うものとすれば, 各場合の粒度累積曲線の変化

は, 図-13 のようである. 鉛直下方に濁度が急増している状況下での沈降によって, (b 図), 粒度累積曲線が X 型からしだいに Z' 型に変化することが示されている.

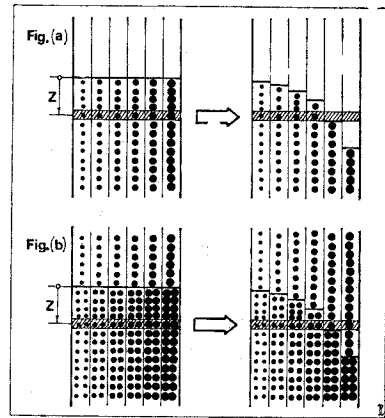


図-12 2層状態での沈降

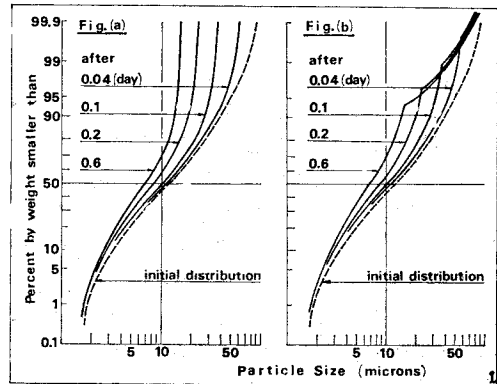


図-13 沈降による粒度の変化

参 考 文 献

- 1) 足立昭平・中村俊六: 横山ダム貯水池における洪水時の濁水調査, 第21回水理講演会論文集, pp. 15~20, 1977.
- 2) 安芸周一・白砂孝夫: 貯水池流動形態のシミュレーション解析, 発電水力, No. 134, pp. 37~50, 1975.
- 3) 岸 力: 小貯水池の濁りについて, 利水評論(北海道広域利水調査会), No. 11, pp. 10~19, 1974.
- 4) 白砂孝夫・安芸周一: 貯水池水温, 濁度の予測法とその適用例, 第21回水理講演会論文集, pp. 48~49, 1977.
- 5) 安芸周一・白砂孝夫: 成層貯水池における流れについて, 土木学会第28回年次学術講演会講演概要集, 第2部, pp. 345~346, 1974.
- 6) 新宮川水系濁水調査委員会: 新宮川水系濁水調査報告書, 1976.
- 7) 1) に同じ
- 8) 同上
- 9) 佐々木宜彦: 最近の水力開発と環境問題, 発電水力, No. 146, pp. 3~6, 1977.
- 10) クライド・オアー・ジュニア・J.M. ダラバル共著, 牟田明德・角田光雄訳: 粉体の測定, p. 23, 産業図書, 1970.

(1978.1.5・受付)