

東北大学工学部 正 員 岩崎 敏夫

〃 〃 三王 英寿

〃 大学院 学生員 〇庄子 隆

## 1. まえがき

近年、ダム貯水池の築造による水質環境問題に対する研究がクローズ・アップされている。本文では、ダム貯水池に流入する濁度物質の挙動についての基礎的研究の一環として、盛岡市北部・北上川本川に築造された四十四田ダム貯水池における調査結果および若干の解析結果を報告する。

## 2. 現地調査および結果

四十四田ダムは、昭和43年に竣工した重力式コンクリート・アース複合ダムである。ダム貯水池の湛水面積は3.9 km<sup>2</sup>、総貯水容量は4.71×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>であり、ダム貯水池に流入する水系はFig-1に示したとおりである。北上川の2次支川赤川上流には旧松尾硫黄鉱山があり、この鉱床を通過する地下水には硫酸および硫酸第一鉄が含有され、いくつかの坑口を通して強酸性水が赤川に流出し、北上川本川をも酸性化してきた。これに對して、赤川上流部・松尾鉱山跡もとにおいて、炭酸カルシウムおよび消石灰を投入することによる中和処理が行われている。この中和処理により、北上川本川への流入水の酸性度はしだいに緩和されてきたが、他方石膏や水酸化第二鉄などの反応生成物が懸濁して常時四十四田ダム貯水池内に流入し、沈降・堆積している。ダムの運用は、洪水調節を主目的とし、一部発電に利用されている。貯水位は、年間を通じて、洪水期(7月～9月)と非洪水期(10月～5月)とに分けて調節され、洪水期には最低水位(EL. 158.0 m)と制限水位(EL. 159.0 m)との間に保たれ、非洪水期には常時満水位(EL. 170.0 m)付近に保たれている。さて、前述したようにダム貯水池に絶えず流入する濁質は、化学組成との関連から、貯水池内に流入すると凝集性によるフロックの形成と成長を生じ、したがって懸濁粒子の径を増大しながら沈降・堆積し、流入水は流下するにつれて清濁度を増している<sup>1)</sup>。このような濁質の沈降・堆積領域は水理条件によって変化し、洪水期においてはPT.No. 24～20であり、非洪水期にはPT.No. 50～40 (PT.No. は、ダムサイトを0として、上流側に200 m間隔にとっている)となっている。そこで、洪水期と非洪水期における流入濁質の挙動を把握するために、昭和51年9月中旬および11月中旬の2回にわたって現地調査を行なった。9月における調査項目は、流速分布、水温分布、濁度分布、各種水質(PH、Fe<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>、As、導電率、透明度、透視度)の分布等、また11月においては、流速分布、水温分布、濁度分布、PH、導電率等である。測定にあたっては、各測点で横断方向に張ったロープに船をけい留し、回転式微流速計、サーミスター温度計、積分球式濁度計等の計器を使用した。測定位置は、各測線における流心部付近とした。以上の主要測定結果を、Fig-2(9月)およびFig-3(11月)に示す。

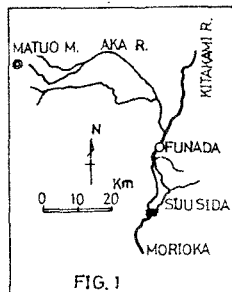


FIG. 1

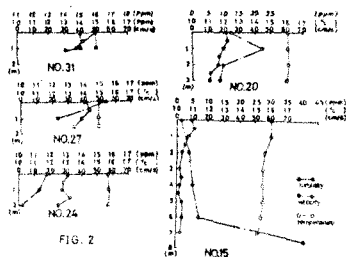


FIG. 2

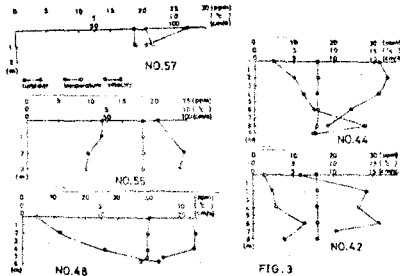


FIG. 3

### 3. 貯水池内の濁度分布に関する数値計算

前記調査結果にみられるように、貯水池内の沈降・堆積領域においては、特徴のある濁度分布を呈している。このような濁質の挙動を各種流量時に対して予測することが今後必要であるが、このための第一段階として、つぎのような数値計算を行なった。

貯水池に流入する濁質物質の濃度分布に対する基礎方程式は、座標系をFig.4のようにとり、流れは定常で、横方向および鉛直方向の流速成分は微小、流れ方向の濃度変化を微小とすると次式のようになる。

$$U \frac{\partial C}{\partial x} - W_0 \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( E_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad \text{---(1)} \quad \text{ここで } U: \text{流速}$$

$W_0$ : 濁質の沈降速度  $E_z$ : z方向拡散係数  $C$ : 濁質の濃度

流速Uについては、粗面乱流に対する対数流速分布式(2)式、摩擦速度 $U_*$ については(3)式、相当粗度 $k_s$ については(4)式より算定した。

$$U/U_* = 8.5 + 2.5 \ln \{ (z - S(x))/k_s \} \quad \text{---(2)} \quad U_* = \sqrt{g} \cdot n \cdot U_m \cdot R^{1/6} = \sqrt{g} \cdot n \cdot U_m \cdot h^{1/6} \quad \text{---(3)} \quad U_m/U_* = 6.0 + 2.5 \ln (R/k_s) \quad \text{---(4)}$$

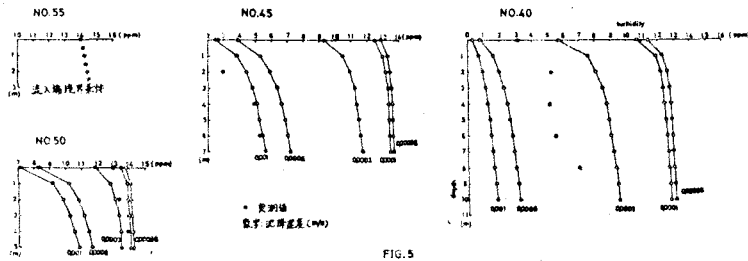
ここに、 $h$ : 水深、 $S(x)$ : 地盤高、 $n$ : 粗度係数(=0.029)、 $R$ : 径深、 $U_m$ : 断面平均流速、 $g$ : 重力加速度である。また、拡散係数 $E_z$ は、渦動粘性係数 $E_z = (\tau/\rho)/(\partial u/\partial z)$ に比例するとし、せん断力 $\tau$ を直線分布と仮定したラウスの表示により(5)式を用いている。

$$E_z = \beta \cdot k \cdot U_* (E - z)(z - S(x))/R \quad \text{---(5)} \quad \text{ここで } \beta: \text{比例定数}(=1.2), k: \text{カルマン定数}(=0.4), E: \text{貯水池境界条件については、つぎのように考えている。}$$

$$\text{① 流入端}(x=0): C = C_0(z) \quad \text{---(6)} \quad \text{② 水面}(z=S(x)+h(x)): E_z(\partial C/\partial z) + W_0 C = 0 \quad \text{---(7)}$$

$$\text{③ 水底}(z=S(x)): E_z(\partial C/\partial z) + W_0 C = 0 \quad \text{---(8)}$$

上記各式を差分化して数値計算を行なった結果をFig.5に示す。ここに、計算安定条件 $\Delta x \leq \{U(\Delta z)^2\}/2E_z$ 、 $\Delta x \leq 2E_z U / \{W_0 + (\partial E_z/\partial z)^2\}$ より、 $\Delta x = 0.5 \text{ m}$ 、 $\Delta z = 0.5 \text{ m}$ としている。



上記の計算においては、沈降速度を定数として扱い、実測値に近い範囲で各種の値を仮定し、その値を图中にパラメーター表示してある。この計算結果は、沈降・堆積領域における濁度変化の傾向を比較的良好に表わしているが、沈降速度の与え方が結果に大きく影響することがわかる。したがって、懸濁粒子の凝集・フロックの形成を考慮し、沈降速度を流下距離および水深の関数として与えることが必要であると思われる。

### 4. あとがき

以上、貯水池に流入する凝集性濁質の挙動が、単純化した拡散方程式の数値解によってかなりよく表現できることは明らかである。さらに、濁質の変化特性を取り入れて、計算精度を上げたいと考えている。

おわりに、本研究に対して多大な援助をいただいた建設省北上川ダム総合管理事務所の皆様、および当研究室の西沢勝・佐藤淳両助手、卯花政孝・山路弘人両技官、学部学生青木茂夫・高橋栄悦両君の御協力に対して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 岩崎・三王: 貯水池における流入濁度物質の挙動について、第21回水理講演会論文集, 1977.
- 2) 土木学会編: 土木工学における数値解析(基礎編), サイエンス社, 1974.