

1. まえがき

われわれをとり巻く環境を良好に保つことは必要にして欠くことができないが、それとともに人間生活を行う以上開発行為がある。従来、水資源開発はその大部分をダム建造に依存しており、これに伴う河川水の質的変化が問題になってきた。すなわち、下流河川水の濁水長期化や池水の富栄養化などの現象はいずれも貯水池が作られたために生じたものであり、その予測を正しく行うとともに適切な予防措置を講ずる必要がある。

本研究は、ダム貯水池内の濁水滞留機構を水理模型実験装置を使って明らかにしようとするものであり、本報では第一段階として行われた温度躍層の形成に関する実験結果を示す。

2. 実験装置の概容

まず、1.の目的を達成するため、貯水池水理実験装置(九州丸東(株)製作)が製作されたが、その概念図を示せば図-1のようである。これまでにも、ダム貯水池を対象に水理実験を行った研究は二三あるが^{1,2)}、本実験装置ではより実際の現象に近けるため、(i)熱源が2系統に分離されており、さらには(ii)温度躍層の発達した場に濁水を流入させるようになっており、既に、著者らは全国のダム貯水池での成層形式を貯水池への流出量と総貯水容量との比をとってその相関を示したが³⁾、この結果によれば温度躍層が発達する成層型の内でも、池内の熱収支に及ぼす要因の違いにより2種類のタイプに分けられることがわかった。すなわち、1つのタイプは自然湖沼の状態に近く、水温成層は主として水面へ直接照射される太陽エネルギーによって形成されるが、他のタイプの貯水池では前述の比が大きく、池内の温度分布は流出水が運ぶ熱量によって決められる。これらの点を考慮して、今回の実験装置では熱源として主水槽上部に赤外線ランプを置き、また、移流熱量を調節しようとする上流側に給湯水槽が設けられた。一方、濁水の流入はバルト・フィーダー式の給砂装置により行われるが、この実験については別の機会に発表する予定である。なお、本装置は one through 型もしくは循環型のいずれについても実験が行えるようになっており、取水流量はベンチュリー・メーターあるいは三角堰により測られる。

3. 実験結果とその考察

実験は、(i)貯水池での熱収支を考える上で水面への輻射エネルギーが重要な役割を果たす成層Ⅰ型、(ii)移流熱量が熱収支に占める割合が大である成層Ⅱ型および(iii)これらの両要因により水温成層の発達する中間型の3形式³⁾の貯水池を対象に行われた。また、実験は主に受熱期を対象としたが、放熱期も含めた模型実験をするには、時間縮尺の歪ませ方に注意しなければならない。

まず、成層Ⅰ型の貯水池に対して水温成層化の状態を見るため、熱源として赤外線ランプのみを用いた実験が行われた。ランプとして375Wのものが60cmピッチで10個使用されたが、このときに水面での受熱量が比較的一様になるランプ高を定めることが必要である。この点に関しては熱量計はいないため、石橋ら²⁾の実験データを参考にし、水面より40cmおよび60cmとして実験が行われた。図-2に、ランプ高が60cmの場合の水槽内水温分布

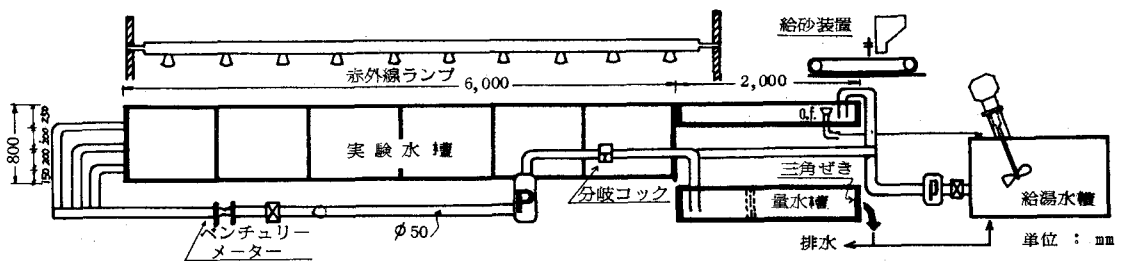


図-1 実験装置の概念図

を示す。図中の曲線はM.I.T.で開発されたシミュレーション・モデルにより計算された値で、水中への輻射熱量 ϕ は

$$\phi = (1 - \beta) \phi_0 e^{-\gamma y} \quad \text{ただし、} \begin{cases} \phi_0: \text{水面での輻射熱量, } y: \text{水面から深さ} \\ \beta: \text{アルベード, } \gamma: \text{減衰係数} \end{cases}$$

により求められた。ここに、 $\beta = 0.4$, $\gamma = 0.5$ とした。水中でラングによる到達熱量を測った結果によれば²⁾、ある深さを境にして減衰係数が大きく変化するため、係数を一定として計算した値は、時間の経過とともに深部で実験値とはずれていく。

つぎに、成層Ⅱ型の貯水池を対象に、給湯水槽より主水槽の温度と異なる流入水を与えたときの実験結果について示す。実験は上段取水口より流量 $Q = 136, 258, 347 \text{ cm}^3/\text{sec}$ で、また、中段取水口より $Q = 222 \text{ cm}^3/\text{sec}$ で行われた。前者の実験は平均的な内部フルード数 F_d がそれぞれ 4.5, 8.5, 11.5×10^{-3} であり、主水槽内では十分安定した水温成層が形成された。これは実際の観測値とも対応している²⁾。一方、後者の実験は $F_d = 7.3 \times 10^{-3}$ であり、測定された水槽内水温分布および流出水温は図-3, 4に示されている。図中の曲線は先の計算モデルで選択取水公式にCrayaの式を折り込んで計算された値である。混合取水の始まる初期の段階を除いて計算値と実験値とはよく合っている。また、図-4の細い曲線は、以前、淡水と塩水との二成層流に対して示された混合取水モデル⁴⁾による計算結果である。もちろん、保存物質を対象にしたため、熱損失に相当する差が存在するが、混合取水の開始時間についてはほぼ正確に求められている。

最後に④の実験は、この装置本来の目的である実際の貯水池に対して模型実験を行う場合の基礎を与えるものである。昨年②年講で発表したように昭和50年度に蘆瀬貯水池の観測がなされており、その再現を試みた。実験を始めたばかりであることと、図-1の装置が当貯水池と幾何学的に相似になっていく深さ方向の縮尺のみを考慮したことなどにより、これまでのところ十分には満足いく結果が得られている。このことに関しは再現性の問題とともに更に検討する予定であるが、前述の原因以外に実際の底層水温と比較して水道水が高温である分については水槽底部に冷却用パイプを置くか、実験温度をさらす必要がある、④流量や放熱量の相似をでき得る限り正確に制御するには時間縮尺の歪のとり方に限度があり、1年間を対象にして模型実験をする場合かなり長時間実験しなければならない、などの諸点についても実験上の工夫が必要である。

4. おとがき

今後、濁水実験を行う場合には相似のとりに方に困難さが予想されるが、図-1のような模型装置を使えば貯水池内での水質変化予測をより有効にすることができると思われる。最後に本研究を進めるにあたり、実験装置の製作等に種々御配慮戴いた松原 茂教授を初め長崎大学工学部土木工学科の諸先生方に感謝するとともに、実験に協力された元学生の久保二男、鈴木浩也両君に謝意を表します。

・参考文献 (1) W.C. Huber, D.R.F. Harleman and P.J. Ryan, Proc. ASCE, HY, 1972, (2) 石橋毅、有藤茂、電研、技二研報 74549, 1950 (3) 岩佐義朗・野口正人・見島彰、京大防災研年報 第18号B, 昭50, (4) 岩佐義朗・井上和也・野口正人、第17回水理学会講演集, 1973

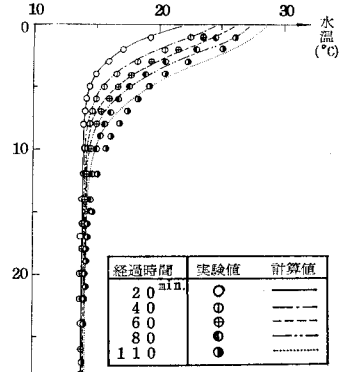


図-2 水槽内水温分布(成層Ⅰ型)

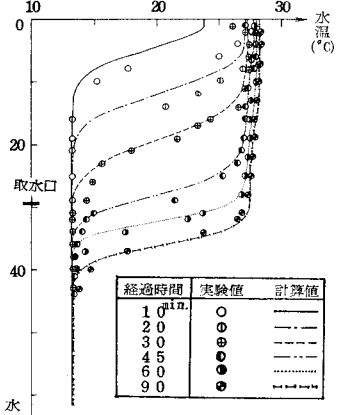


図-3 水槽内水温分布(成層Ⅱ型)

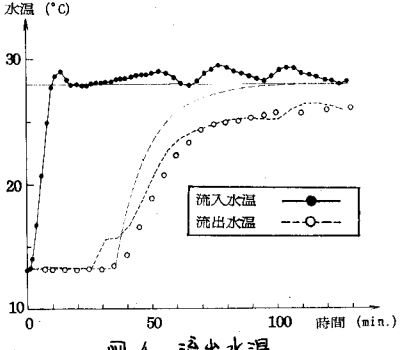


図-4 流出水温