

京都大学 工学部 正員 合田 健

京都大学 工学部 正員 海老瀬 一

京都大学 大学院 大島 高志

1. はじめに

各種の用水を供給し、洪水調節だけでなく景観やリクレーションなどの環境的諸要素をも有する貯水池は、肉眼でも認めうるような懸濁性物質の長期滞留などの汚濁のほか、各種の溶解性物質による汚濁を受け、利水面で障害をもたらすことになる。それゆえ、各種の排水を受ける貯水池では、高水による相当量の放水に基く池水の入れ替えでもなければ溶解性物質も滞留され、富栄養化状態など深刻な汚濁へと進行することになる。この流入した溶解性物質が貯留・流出の過程において受ける変化や移動の機構を、すでに検討を進めている浮遊性物質との関連も考慮して、流動による相違を中核にして明らかにし、貯水池の水質制御の足がかりを旨とするものである。

2. 解析へのアプローチ

一般に貯水池や湖沼では、溶解性物質が総濃度で数百ppmを最高に、それ以下の程度で存在することが多い。そして池水の密度の鉛直分布に大きな影響を及ぼさない程度であれば、ほぼその水の流れた挙動をとる。とくに、その溶解性物質が池内で一様でない濃度分布を有する場合は、他の水質因子との関連が大きく、まして夏季に温度成層化するような場合には、貯水池内での各種の水質変化に及ぼす影響は大きい。それゆえ、成層状態の有無およびその温度躍層の強さに応じて、図-1に示すような1層、2層、3層の解析モデルを考えて、各々の層について水質変化の方程式を立て、境界条件を考慮することにする。その水質変化の基本式は次式である。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + w \frac{\partial C}{\partial z} = E_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + E_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + [\text{反応項}]$$

ここで、反応項は各々の層でその物質の変化に適した形を取り、その境界条件としての層の上下での物質移動量は、層の安定度や乱れの強さなどを示す諸指標と濃度変化の関係から定まるものと考え、その実際の数値は実験や観測から決定しうるものとする。したがって、内部の層境界面での物質移動に注目して実験的考察を行なう。

3. 実験

実験は図-2に示される本水路、補助水路および採水・測定装置より成る貯水池模型実験槽で行なった。本水路は幅60cm、長さ500cm、深さは流入端で30cm、流出端で130cmで、 $1/5$ の底面勾配であり、人工的に温度成層状態をつくり出すために底面下に冷却装置を有しており、1側面は観察のためにガラス面であるが、その他の面は断熱材を容するステンレス面である。また、流出端は越流の他、水深方向20cm毎に放流できるようになっており、補助水路は本水路と同じ幅、同じ底面勾配で、長さ100cmである。

溶解性物質としては食塩と亜硫酸ナトリウムを用い、放流条件として越流(overflow)と水表面下20cm放流(interflow)の場合について、それぞれ流量と濃度を変えて、成層

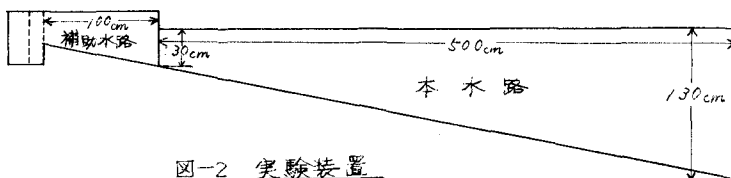


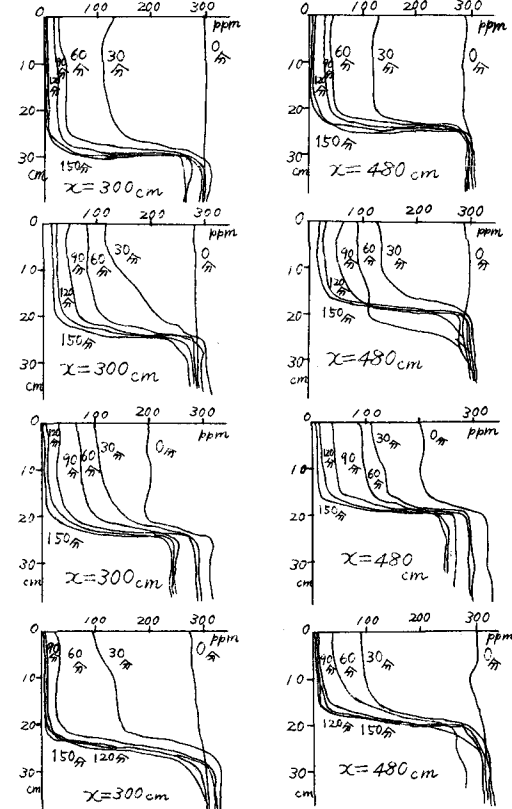
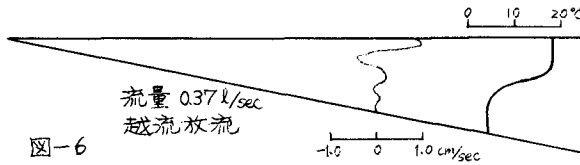
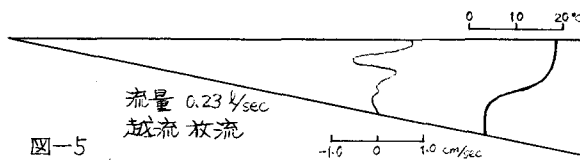
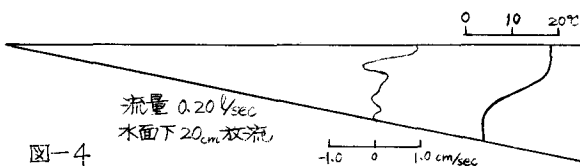
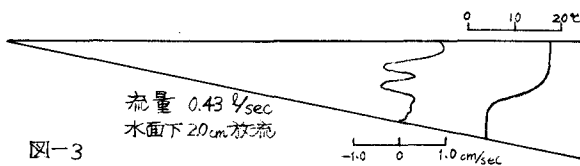
図-2 実験装置

状態および層を成さない状態の実験を行なった。濃度の測定は0分から150~180分まで30分毎に行ない、水温と流速はその間随時測定を行なった。実験は、最初等濃度の溶解性物質の水で満たし、それと同濃度の流入水を約90分流した後、流入水の濃度を0にし、この時を0分とし、その後の変化を濃度測定により調べた。

4. 実験の結果および考察

実験結果を実験回数の多い食塩の場合について、図-3 から図-6 までに示してみる。まず、成層していない場合と成層状態の場合の比較から、成層していないと濃度が急に大きく（ほぼ初期濃度）なる木深が、上から順にハギ取られて時間の経過とともに低下して行く様子が明らかに認められる。また、成層状態の場合は、その濃度の時間変化より一定時間経過後はほぼ定常的な濃度変化になり、温度躍層の存在は強大な影響力をもつことがわかる。そして、越流の場合と、水表面下20cm放流の場合を比べると、越流放流の方が躍層の下の方の濃度の差が少し目立ち、流量による比較をすると、流量が大きいほど（躍層に影響を与えない程度ならば）ある定常的な状態に早く近づき、木深の小さい部分での混合が大きいため、流量の小さい場合には濃度の鉛直方向の勾配が存在するがそれを消失させて一様分布にさせる傾向が見られる。

温度、濃度、流速の測定結果から木深1cmごとの鉛直安定度、Richardson数、濃度fluxを求めてみた。それによると温度躍層付近では、最高で1000~2000のオーダーの Ri 数になり、鉛直安定度は $100 \sim 150 \times 10^6 (\%)$ のオーダーの値を示した。濃度fluxは濃度の鉛直分布から明らかである。亜硫酸ナトリウムに関する実験についてもほぼ同様の結果を得ているが、溶存酸素との反応もあり、まだ十分な検討は行っていない。



5. おわりに

今回は温度成層状態下の温度躍層面の上下間での物質移動量を、溶解性物質について実験的考察を中心に検討を行なった。そして、定常的な温度成層状態下では、流入する溶解性物質の濃度変化に対して、一定時間経過後は躍層面を通しての移動量は一定量に近づき、しかもその温度躍層の強さに応じてほぼ一定量に押さえられていることが認められた。この温度躍層面を通過する物質移動量は、溶解性物質だけでなく、溶質などの浮遊性物質や溶存酸素などの溶存物質にも関連させてさらに詳しい検討を進めて行く予定である。また、各物質の各層における反応項の形については、他の各種の水質因子との関係が強く、今後検討を必要とする課題の1つである。