

B-12 異常水温成層を形成する島地川ダム貯水池 の水の挙動と指標物質

宇部短期大学 ○松本治彦、城田久岳
山口大学工学部 羽田野袈裟義、斉藤隆

1 はじめに

ダム貯水池では、受熱期に水面熱収支により水温成層が形成され、その鉛直密度差の浮力安定効果によって水の混合が抑制される。また、この時期に底層の溶存酸素は、表層より沈降した有機物の分解に消費されるために欠乏する。したがって数ヶ月間にわたり水温成層が維持されるような水域では、底層は無酸素状態となり、還元的な物質代謝が行われ化学成分が溶出してくる。この成層は、流入・流出量が少ない深いダム貯水池では、寒冷期になって表面冷却により対流が生じるまで継続し、そこに滞留する水の水質悪化が問題となる。このような水温成層の長期化に伴う水質悪化の概要は、一般には水温とD0の鉛直分布より把握することができる。しかし、底部で水温が高くなる現象や無酸素の状態が長期間続くダム貯水池では、水温やD0の分布だけから鉛直方向の水の流動や密度構造、あるいは水質変化を把握することはできない。

1981年4月に貯水開始した島地川ダム貯水池（山口県新南陽市）では、下層水の無酸素状態が長期化し、さらに下層水温が中層水温よりも高くなる、いわゆる異常水温成層（中冷層）の存在が明らかになった。

本研究では、このダム貯水池の水質調査を行い、異常水温成層が形成される期間とその規模、密度算出方法さらにこの成層の挙動がダム全体の水質に与える影響について検討する。また、水温、D0以外にこの成層の挙動を知る指標となる物質について検討する。

2 調査の概要

このダム貯水池の年間総流入量は6000万 m^3 で年間交換率 α は3と小さく、夏季を中心に安定した水温成層を形成する成層型の貯水池である。調査期間は貯水開始した1981年4月から1990年3月までの9年間で毎月1回の割合で行った。調査点は図1に示すS1（満水位の水深が約60m）とS2（満水位の水深が約25m）の2地点でサーミスター水温計による水温の鉛直分布測定を行い、さらに多層で採水を実施し、D0、濁度、電気伝導度、窒素、重金属等について分析を行った。また、1989年11月から1990年3月までの期間には、この2点に加えて地点P1、P2およびP3の3点でも水温の鉛直分布測定を行った。

3 結果と考察

3.1 異常水温成層の形成

貯水開始した1981年から1984年までの3年間、この貯水池の水温は、冬季には鉛直方向で一様な分布であった。しかし1985年1月から4月までの循環期に、はじめて異常水温成層が形成され、それ以降、この層が断続的に形成されていた¹⁾。

次に、図2と3に1987年4月から1990年3月までの地点S1における水温とD0の鉛直分布の経月変化を示す。図2から地点S1では水温躍層より下層において、湖底に近づくほど水温の高くなる異常水温成層の存在が確認できる。この成層はこの期間継続して存在し、その層内の水温は最大で2℃程度で、厚さ



図1 調査点

は最大で40m 程度である。このように、異常水温成層が長期間相当な規模で存在することから判断して、このダムの密度構造を水温だけから評価できない。また、図3 のD0の鉛直分布をみると、同地点で10%以下の低酸素層がこの期間継続して存在していることがわかる。この層では、酸素の補給がほとんどなく、還元状態が長期化していたことがわかる。一方、地点S2では、夏季を中心に強い水温躍層が存在するが、深水層に異常水温成層は存在せず、気温の低下する冬季には水面から湖底まで一様な水温分布となっている。次に、貯水池全体の様子をみるために、図4 に1990年1月、2月および3月に測定した貯水池内の水温の縦断面分布を示す。この図より循環期において、貯水池の水面下40m より深い層では上からの冷たい水塊と殆ど混合していないことがわかる。

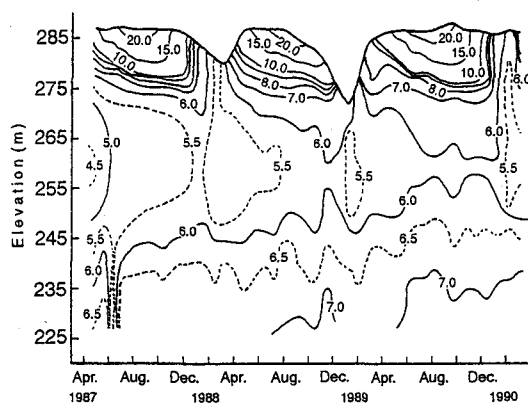


図2 S1における水温鉛直分布の経月変化
(単位: °C)

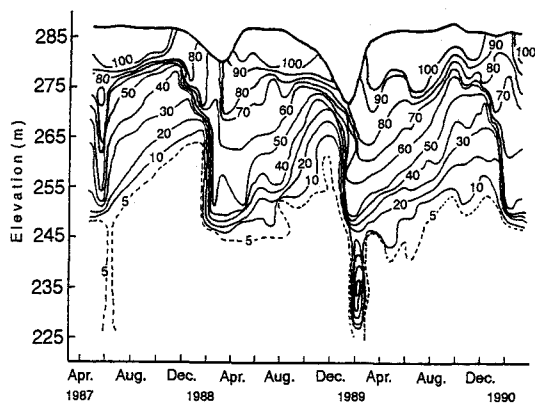


図3 S1におけるD0鉛直分布の経月変化
(単位: %)

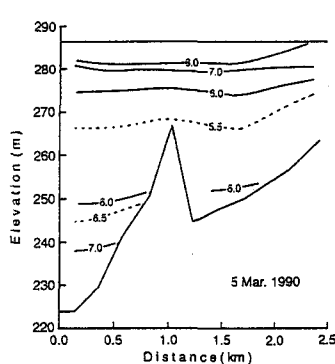
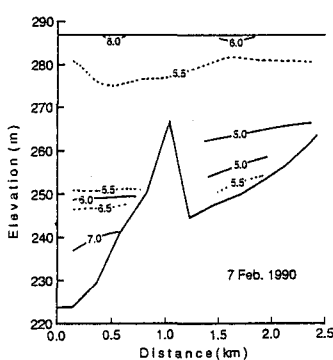
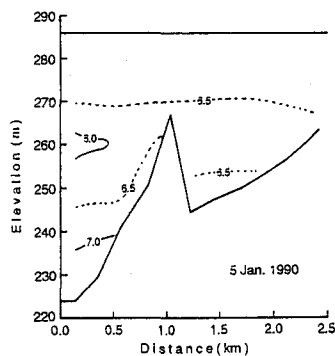


図4 貯水池内の水温の縦断面分布 (単位: °C)

3.2 異常水温成層内の電気伝導度, Fe, Mn の変動

図5 に1987年4月から1990年3月までの地点S1における電気伝導度の鉛直分布の経月変化を示す。この図から異常水温成層を形成している部分では、電気伝導度の強い躍層がみられ、この層で溶解性物質濃度の高いことがわかる。一方、地点S2ではこのような躍層はみられない。次に、図6 に同期間の地点S1の中層、水面下40m および底層におけるMnとFeの経月変化を示す。この図からいずれの層でも異常水温成層内では下方に向かってMnとFeが急激に増加している。底層では冬季に水位の急激に低下した時期を除くとMnで7mg/l、Feで10mg/l程度の一定した値を維持している。一方、中層と40m層では一年周期の変動がみられる。

3.3 溶解性物質の起源

表1 に貯水池水の表層、中層および底層の化学成分について分析した結果を示す。この表から底層におけるMn, Fe の値が表層、中層のそれに比べて大きく、TC, Ca も底層で高い。貯水池水がこのような分布を形成している原因として、1)湖底湧水、2)流入水の潜り込み、3)還元状態による生物化学的成層等が考えられる。検討の結果、1)、2)は否定され、3)の現象は3.1 節、3.2 節の現象と一致した。

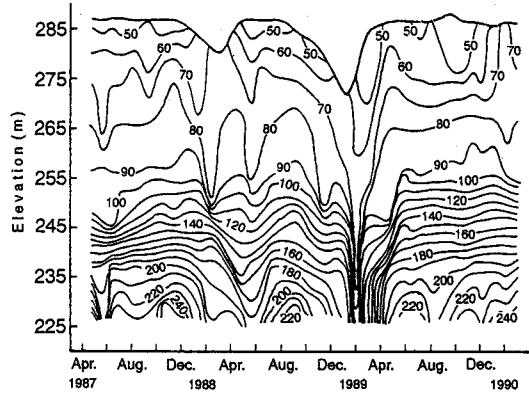


図5 S1における電気伝導度の経月変化

3.4 密度の算出と鉛直流動

湖水の溶解性蒸発残留物(S-Re)を淡水の塩分

(単位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)

とし、これを電気伝導度で推定する。湖水の密度を水温の他に水圧と塩分を考慮して密度を算出した結果、標高225mから265mまでの厚さ40mの層は、水温の逆転にもかかわらず下層に向かって密度は増加しており、水温だけでは不安定となる密度構造は解消された。

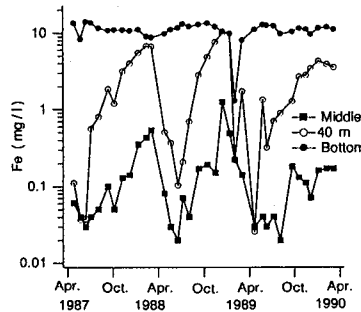
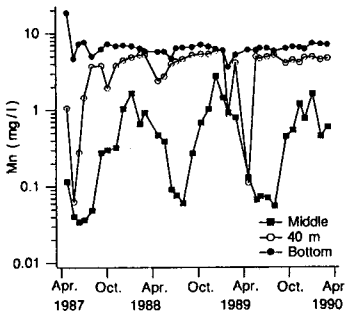


図6 MnとFeの経月変化

表1 貯水池水の化学成分

(単位: mg/l)

	surface	middle	bottom
Cl^-	3.1	9.9	10.2
SiO_2	9.9	12.5	12.5
SO_4^{2-}	4.0	4.0	2.0
TC	5.2	6.4	26.1
K	0.7	1.2	1.9
Na	2.7	5.7	5.0
Mg	0.7	1.1	3.9
Fe	0.02	0.04	12.3
Mn	0.003	0.07	6.32
Ca	3.6	6.6	23.3
Sum	29.923	47.71	103.32
T-Re	33.2	58.0	148.2

3.5 異常水温成層の挙動

ここでは、異常水温成層の挙動がダム貯水池全体に及ぼす影響について検討する。ダム全体に占める異常水温成層の水量、塩分、MnおよびFeの総量比を、1987年4月から1990年3月までの期間中の平均でみると水量は13%に対して塩分は22%、さらにMnやFeでみるとそれぞれ76%、81%となる。このような層の水が急激に上層水と混合した場合、ダム貯水池全体のDOの急激な低下を招く。またこの層の流動をつかむ上での指標として、底部で濃度の急激に増加するMn, Feのほかに異常水温成層内で強い躍層を形成する電気伝導度が有力である。

4 まとめ

水温成層の長期化した貯水池で水温、DO、Mn、Fe等の鉛直分布を調べた結果、満水時に水深が約60mとなる地点では、水温躍層より下層で異常水温成層が継続して存在し、そこではMn、Feが下層に向かって急激に増加していることがわかった。また、これらの溶解性物質の起源が生物化学的成層の形成によること、密度構造は水温以外に水圧と溶存物質を考慮する必要があることがわかった。さらに異常水温成層の流動が貯水池全体の水質に大きな影響を与えること、この層の挙動を把握する指標として電気伝導度、MnおよびFeが有力であることがわかった。

参考文献 1) 松本治彦; ダム湖における水温成層の長期化とその密度分布に及ぼす塩分の影響、宇部短大学術報告, 26, 31-36, 1989.