

# VII - 7

## 貯水池の水温成層特性の経日変化

東北工業大学大学院 学生員○今野孝之  
東北工業大学工学部 正会員 今野 弘

### 1. はじめに

滞留時間の長い貯水池においては水温分布の把握は、水質管理の上で重要な役割を果たしている。また貯水池水の挙動やその化学的な作用および生物の環境を知る上で不可欠であり、水利用の面でも重要な因子である。特に冬期における上下等温の水温分布とは異なり、夏期には水温成層を形成するため上下層の垂直混合は起こりにくく、酸素の供給は断たれて溶存酸素が減少し、水質が著しく劣化することは良く知られている。この成層特性に関する研究は多くの報告がみられ、また一方で水温成層を破壊し、貯水池水を混合させて水質改善を図る手法の研究も報告されている<sup>1)・2)</sup>。そこで本研究は、一貯水池における一年間の水温記録を基にして水温成層がどのように変化するかを求める定量化を試みた結果について報告する。

### 2. 対象貯水池の概要

調査対象とした貯水池（流域面積236.6km<sup>2</sup>、湛水面積4.1km<sup>2</sup>、総貯水容量109×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>）は、多目的ダム（高さ90m、堤頂長565mの中央ア型ロックフィルダム）により形成されたものである。

### 3. 対象貯水池の水温分布の概観と解析方法

対象貯水池における水温分布を各月の代表として各15日15時の場合の結果をまとめて図-1, 2に示した。これらの図によると1～3月は水温躍層が存在せず、全層同一水温で完全循環状態である。4月から躍層が発達し始めて循環が妨げられるようになり、7～9月頃には強い温度勾配をもつ躍層のため湖水は完全な成層状態となる。10月以降は気温が低く、表層部が冷却されるため対流層が厚くなり、躍層が深く移動するとともに弱くなる。このような成層の変化を解析するために安定度という指標を導入する。安定度Sは成層状態にある水塊の重心位置を水の密度が一樣なときの重心Z<sub>g</sub>の深さに移動するのに要する仕事と定義される。水塊の重心は

$$Z_g = \frac{\int_0^Z Z \cdot A_z \cdot dz}{V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

と表され、安定度 S(gcm/cm<sup>2</sup>)は

$$S = g \cdot \int_0^Z (Z - Z_g) A_z (1 - \rho) dz / V \quad \dots\dots\dots(2)$$

と表される。ここで、Z, Z<sub>m</sub>, Z<sub>g</sub>は深さ、最大水深、重心の深さ、V, ρ, gは全水量、水の密度、重力加速度、A<sub>0</sub>, A<sub>z</sub>は表面積、水深Zでの面積である。安定度を求める際にダムの容積と面積が必要となるが、容積についてはダムの2mごとの面積Z<sub>2</sub>-Z<sub>1</sub>を元にSimpsonの補完法を適用し、標高の二次関数として表した。また、各標高毎の面積については回帰分析して式を求め、その結果をまとめて図-3に示した。

### 4. 解析結果および考察

#### 4.1 一年間を通しての安定度と水温の関係

一年間の水温と式(1), (2)によって求めた5日ごとの安定度を図-4, 5に示した。これらを比較すると水温は2月中旬に最低を記録し、3月から8月の最高点まではほぼ一定の傾きで上昇し、10月下旬まで高い日が続いてその後ほぼ一定の傾きで降下する。これに対し、安定度は12月下旬から4月上旬まで低くほぼ一定しており、それ以降8月

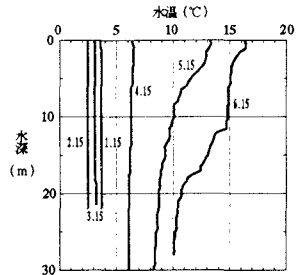


図-1 月別垂直水温変化(1月から6月)

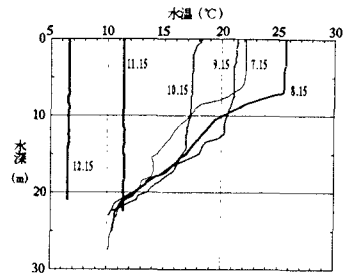


図-2 月別垂直水温変化(7月から12月)

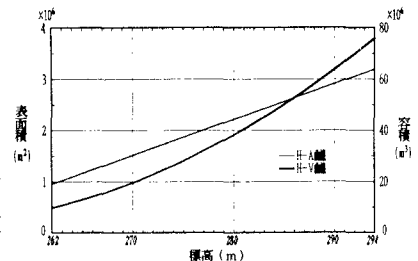


図-3 H-A・H-V曲線図

の最大点まで急激に増加し、10月上旬まで大きい日が続く12月下旬にかけて急激に減少していることがわかる。1月から4月までの間は水温がかなり変化しているが、安定度については2月が少し増加しただけで他はほぼ一定である。また、安定度の最高値は最小値の約65倍であり、夏期の水温成層の強さがうかがえる。しかし、全体的には大きく変化している安定度ではあるが、細かくみると、大きな変動の中に小さな変動要因が見受けられる。

#### 4.2 成層期の安定度と影響を及ぼす外的要因

図-6は、成層期で安定度の高い7~10月までの安定度を7:00, 15:00, 23:00の各時刻における水温分布から計算して示したものである。この図から1日ごとの安定度の細かい変化が見える。全体的に15:00の安定度が大きい、これは15:00の水温が一番高いためであり、最大値は8/21, 15:00の $1.0234 \times 10^7$  (gcm/cm<sup>2</sup>) である。また、7月中旬と9月中旬に安定度の谷が存在するが、これは7月中旬にはF、S両気象観測所でそれぞれ最高74mm、29mmの降水、9月中旬にはそれぞれ最高76mm、66mmの降水が確認されており(図-7参照)、この降水のため湖水の水温が低下し、安定度が $1 \times 10^6$  (gcm/cm<sup>2</sup>) 程度小さくなったと思われる。したがって、降雨による出水は安定度を $1 \times 10^6$  (gcm/cm<sup>2</sup>) 程度低下させる要因となることがわかる。

#### 4.3 一ヶ月中の安定度の時間的変化

図-8に、安定度の高い成層期でデータの揃っている7月の7:00, 15:00, 23:00の安定度を示した。安定度の時間的変化を考察すると、降雨量の多い上旬から中旬にかけては細かいバラツキがあるものの3時間帯ともだいたいまとまっており、降雨の少ない下旬になるとそれぞれの時間帯によりバラツキが大きくなって安定度は水温が高い15:00が最も大きく、水温が低い7:00が最も小さくなるという傾向が見られる。中旬に存在する安定度の谷は多量の降雨によるものであり、その変化量は最高で約 $1.2 \times 10^6$  (gcm/cm<sup>2</sup>) となり、1日における安定度の変化量よりも降雨による変化量の方が大きいことがわかる。

#### 5. おわりに

一年間の水温変化が明らかになり、水温成層の特性が安定度から把握できた。安定度は、3月から8月の最高点までほぼ一定の傾きで上昇し、その後ほぼ一定の傾きで降下する。12月下旬から4月下旬までは小さくほぼ一定である。成層期間中は15時と23時の安定度が高く強固な成層を形成するが、降雨による出水によって安定度は減少する。

謝辞：本研究の解析と整理には東北工業大学4年学生で、共同研究者の友友哲君、菊地泰生君のご協力を得た。記して厚く感謝致します。

参考文献：1) 柳瀬至康・石毛峯正：用水と廃水, Vol. 17, No. 1, p. 35~43, 1975,

2) 佐伯有常・今井千朗：用水と廃水, Vol. 16, No. 6, p. 570~576, 1974

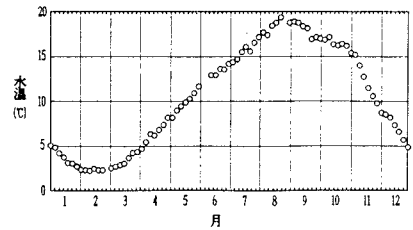


図-4 水温の年間変化

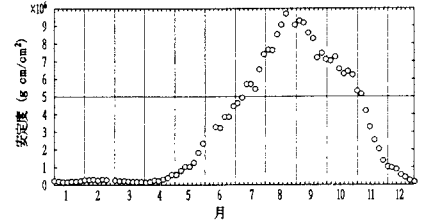


図-5 安定度の年間変化

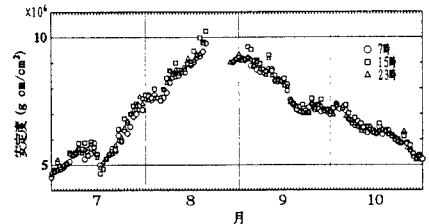


図-6 成層期の時間別安定度(7月~10月)

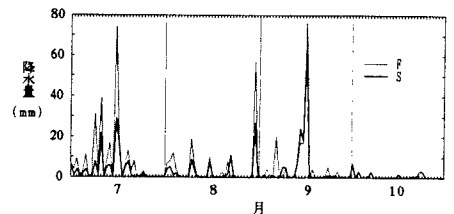


図-7 7月から10月の降水量

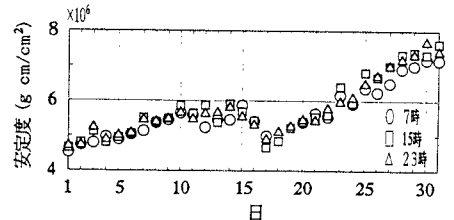


図-8 7月の安定度