

VII-61

貯水池の水温成層の定量化と降雨による影響

東北工業大学大学院

学生員○今野孝之

東北工業大学

正会員 今野 弘

東北工業大学

小出正敏

1. はじめに

閉鎖性水域である貯水池において、一般的に春から夏にかけて気温の上昇にともない、貯水の表層部と深層部に温度差が生じ上下層の垂直方向で混合が起こらなくなる。そのことにより夏期には水温成層を形成し、水質が悪化することはよく知られている。そのために貯水池水を人工的に混合させ、水温成層を破壊することで水質の改善または水質悪化の抑制がされたということが報告されている^{1)・2)}。

そこで本研究は、一貯水池における一年間の水温データを基に、水温成層の定量化を行い、成層期における外乱要因として降雨による影響についての結果を報告する。

2. 対象貯水池の概要

本研究における対象貯水池は(図-1参照)、湛水面積4.1km²、湛水延長6.0km、最大水深約45mの多目的ダムである。また貯水池上流には、副ダムがあり表層放流を行っている。

3. 垂直水温分布の経月変化

対象貯水池における垂直水温分布として、各月の20日15時の水温分布を図-2,3に示した。これらの分布図を見ると1月から4月は、表層部と深層部の温度差はほとんど見られず、全層同一水温で全循環状態にある。5月になると表層と深層で水温差が生じ、躍層が発達しはじめ循環が妨げられるようになり、7・8月には水温勾配が高く強固な水温成層を形成する。9・10月には気温の低下にともない、表層部が冷却されるため躍層は水深ふかくに移動し、対流層が厚くなって部分循環状態になる。11・12月には再び貯水は上下等温となり、全循環状態となる。

4. 解析方法

成層の変化を定量的に表すための指標として安定度を使用した。安定度とは成層状態にある水塊の重心の位置を水の密度が一樣なときの重心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 $Z_g(m)$

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

で表され、安定度 $S(g \cdot cm/cm^2)$

$$S = \frac{g}{A_0} \int_0^{Z_m} (Z - Z_g) A_z (1 - \rho_z) dz \quad \dots (2)$$

で求められる。ここで Z, Z_m, Z_g は深さ、最大水深、重心の深さ、 V, ρ_z, g は全水量、水深 Z における水の密度、重力加速度、 A_0, A_z は表面積、水深 Z における水の面積である。安定度を求める際に貯水池の面積と容積が必要になるが、それは貯水池の2mごとの面積データを基にSimpson公式より求め、面積については標高の一次関数として容積については標高の二次関数として表した。また貯水位における面積と容積は回帰式を求めそれを使用した。

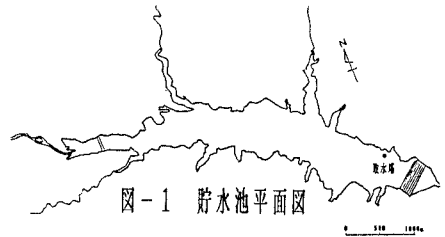


図-1 貯水池平面図

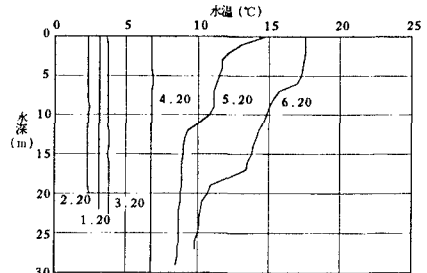


図-2 月別垂直水温分布（1月から6月）

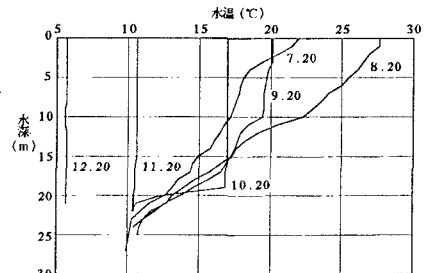


図-3 月別垂直水温分布（7月から12月）

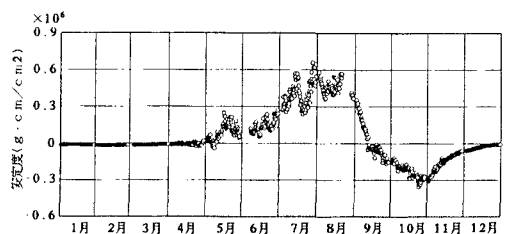


図-4 安定度の経月変化

5. 解析結果および考察

5.1 安定度の経月変化

一年間の安定度を式(1), (2)によって定量化したものを図4に示した。1月から4月下旬までは安定度がマイナスの値となり、貯水は不安定な状態になる。5月になると上旬に一時マイナスになるものの、それ以降9月中旬までプラスになり安定した状態、成層を形成することが分かる。9月中旬以降は安定度はマイナスなり、10・11月は大変不安定になるため循環状態にあるといえる。

5.2 成層期における安定度

水温成層を形成する5月から9月までの安定度を図5に示した。成層期といえども安定度の増加傾向は一樣ではなく、変動を繰り返して7月末にその値は最大となる。7月是他の月に比べ著しい増加傾向を示しているが、中旬に急激な安定度の減少が見られる。これは、多量の降水量が観測されており、そのため貯水池に流入水が入り込み貯水が攪拌され水温が低下し、安定度が減少したものと思われる。その後は、また急激に増加し8月には比較的高い値で安定度が安定している。8月の末になると安定度は気温の影響を受け急激に下降する様になる。

5.3 成層期における安定度への降雨による影響

図6, 7に安定度が大きく減少した日の前後日の水温分布を示した。15日には躍層が発達しているのが見られるが、16日になると表層から水深8mの間で水温が降下し、反対に8mから15mの間では水温が上昇しているのが見られる。これは16日に貯水池流域の3観測所においてそれぞれS, F, N観測所で29mm, 74mm, 29mmの降水量が観測されており(図-8参照)その日の貯水量の変化量は $953.88 \times 10^3 \text{ m}^3$ になる。この流入量により貯水の上層部が攪拌され水温差が小さくなり、安定度が減少したものと思われる。

6. おわりに

垂直水温分布から一年間の水温変化が明らかになり、安定度により水温成層の変動を定量的に把握することができた。対象貯水池での安定度は、一年を通して7ヶ月半はマイナスの値となり、全循環または部分循環状態にある。水温成層を形成する時期は5月から9月中旬までであり8月末からは急激に減少をする。また成層期における安定度の減少には、多量の降水量による貯水への流入が大きく関与し、その影響は数日に及ぶ。

謝辞: 本研究を遂行するに当たり、終始懇切なご指導、ご教示を賜った、本庄市市役所企画調整課佐藤晃一様に深甚なる謝意を表する。

参考文献: 1) 佐伯有常・今井千朗: 用水と廃水, Vol. 16, No. 6, p. 570~576, 1974

2) 佐藤晃一: 水道協会雑誌, 567号, p. 13~23, 1981

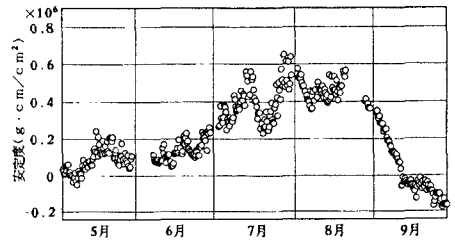


図-5 成層期における安定度

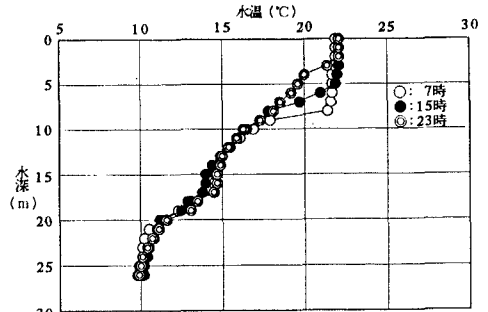


図-6 水温分布(7月15日)

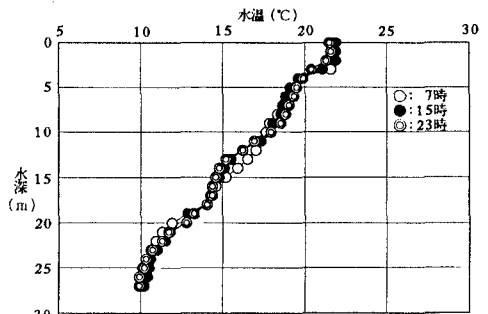


図-7 水温分布(7月16日)

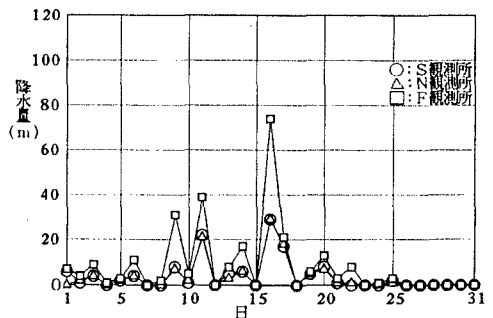


図-8 観測所3地点の降水量(7月)