

汽水湖の水溫逆転層に関する研究

岡山大学環境理工学部 正員 大久保 賢治
岡山大学大学院 学生員 長井 重威
徳島県庁 正員 ○大林 史典

1. はじめに 冷却期における汽水湖の水溫逆転層を実験的に再現し、微細対流による数分周期の水溫振動と鉛直方向の水溫・塩分輸送量を検討した。ついで宍道湖・中海で得られた水溫逆転層の観測値を整理した結果、汽水湖の逆転層が熱塩二重拡散対流の拡散領域に区分され、各湖について冬の塩分成層安定度を評価した。この現象全般について、領域区分図や濃度・水溫フラックス比が熱塩対流及び溫濁対流で同一とみなせることから溶存及び懸濁物質が共存する水溫場の多重拡散対流過程と一般化できることがわかった。

2. 拡散領域に関する実験 実験は弱混合型の塩淡水二層系をつくって水面放熱または冷却に伴う熱対流で拡散領域(塩分安定・水溫不安定)になるのを待ち、水槽に取付けた2 cm間隔32本の水溫計と2本の塩分計で成層状態の推移と水溫・塩分差を記録した。現地条件を考慮して初期塩分濃度は0.5~15‰、躍層厚は10 cm以内とした。自然放熱でも強い塩分成層中に弱い水溫逆転層はできるが、暖かい日は過安定状態に移る。安定密度比 $R_p = \Delta\rho_s / \Delta\rho_T$ は10を下回らず、混合は緩やかで、10日以上経過しても上層の塩分上昇がほとんど進まない場合もあった。そこで表層を強制冷却する条件に切替えると、 R_p は減少し安定限界に近づき水溫振動も現れるようになった。 $R_p=4$ まで下げた実験 DB7(初期下層塩分3‰)の水溫振動周期は約2分で初期塩分成層の浮力振動数 N_s に相当する周期の約10倍(理論は5倍)であった。図1是水溫差表示の振動記録であり、厚さ6 cmの逆転層がみえる。DB7の浮力フラックス比は0.17~0.23となり、従来よりいわれている $R_p=2\sim10$ の範囲でのフラックス比 0.15 に近い値が得られた。

3. 宍道湖観測 96年11月7日午前中に全域を大まかに測定し水深5 m付近に約2℃の逆転層がみえた。午後東部水域で観測を続け、この日得た水溫・濁度の縦断面分布を図2に示す。東風が吹いた午前中は波もあったが、晴間の出た午後結果もあわせると高温底層水(塩水)とその躍層に貫入した濁質が東に這い上がっている。図中央、26/14:50と記した点に設置した水溫・塩分計の記録を図3に示す。午前中4.5 m層には水溫上昇パルス(周期約3分)があり、実験と同様に塩分の上層混入があったと思われる。後述の塩分差から R_p は3程度と小さく、宍道湖は一部熱対流で不安定化することがわかる。

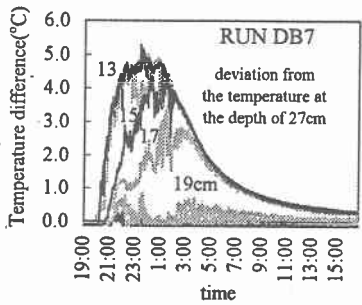


図-1 DB7における水溫振動

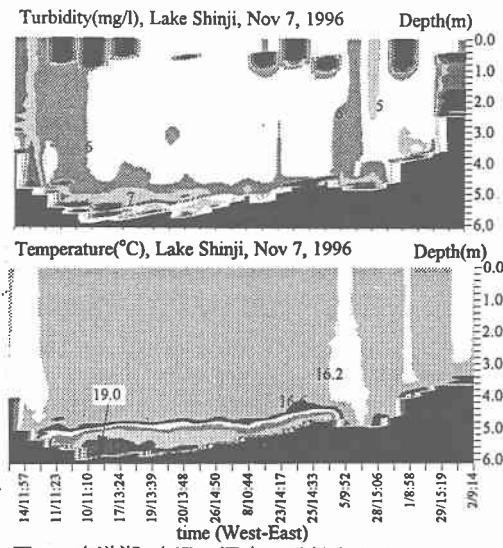


図-2 宍道湖 水溫・濁度の長軸方向分布

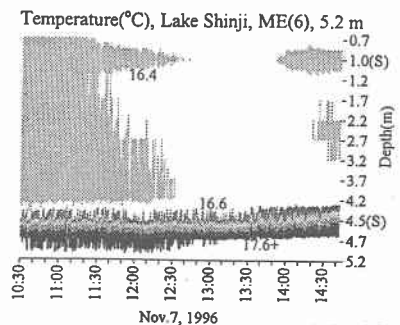


図-3 宍道湖 測点 No.26 での水溫推移

4. 中海の観測 翌日の中海は午前中曇天で日中晴れ、夕方雨になったが、観測中は静穏であった。図4では表層及び下層に2段の逆転層がみえる。上部の逆転水温差は1℃、河川起源と思われる濁水層が伴うのに対し下部逆転層は3℃以上の水温差があった。また、宍道湖に通じる大橋川に近い測点(図で1/8:57)で逆転層が厚く係留した水温・塩分計記録(図5)から水温は2m以深で線形成層していたことがわかる。一方、下部逆転層は中浦水門(境水道)に近づくほどシャープ(厚さ1 m以下)になる。湖心に比べ河口の逆転層が厚い状況は表層水が下層水を引込む形で大橋川を遡上した形跡のようでもある。厚い逆転層の水温振動は宍道湖よりも周期が長い(約5分)。吹送流が存在すれば宍道湖でみたような鉛直拡散も含まれるが、基本的に冬はこの日の中海のような拡散領域が存在するようである。図6は宍道湖・中海の上下層水温差及び塩分差であり、中海の塩分差は実験より大きかったことがわかる。

5. 得られた知見 得られた実験・観測値を纏めて拡散領域の区分を図7に示す。熱塩対流よりも温濁対流、自然冷却より強制冷却実験が臨界安定状態に近く、今回は中海により宍道湖の安定度が低い。中海の塩分Rayleigh数、 Rs は冬季の網走湖の値に匹敵する。

これより中海の塩分成分層は大潮や強風の強制対流がなければ極めて安定であり水温振動も微弱である。一方、宍道湖の Ra があと数倍大きいと混合によって過剰な塩分の排除も可能である。

これ以外に、

弱～緩混合河口でも冬季に拡散領域がみられる。旭川の河口でも1～3月に約2～3℃の薄い水温逆転層があり、上流の塩水楔先端部は濃度差が大きく過安定となる。また淡水温が低い河口では夏も逆転層がある。表1は実験と観測で得た水温振動周期、密度比 Rp 、対流層厚を示し、拡散領域は周期数分の水温振動が特徴である。強い塩分躍層で自然対流が抑制されて流動が悪くなり、貧酸素化など水質悪化にもつながる。こうした水質過程を定量化するため溶存酸素などを含む多重拡散対流系を調べていくつもりである。

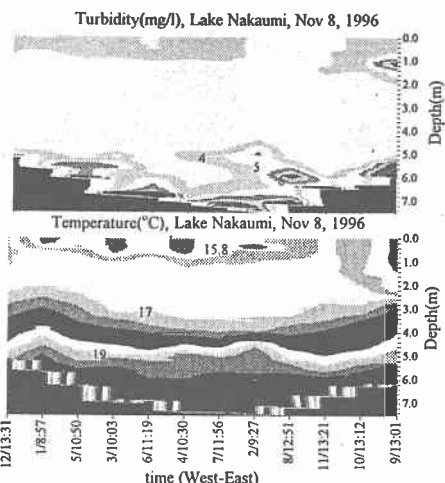


図-4 中海 水温・濁度の長軸方向分布

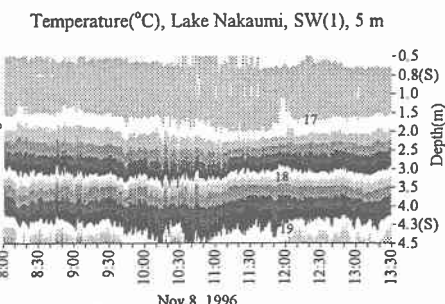


図-5 中海 測点 No.1 での水温推移

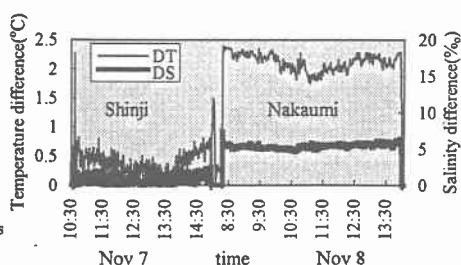


図-6 宍道湖・中海での水温・塩分差

図-7 拡散領域の領域区分図

表-1 実験および観測での周期(T)、安定密度比(Rp)、対流層厚(d)

	T(min)	Rp	d(cm)
DB4～DB6	3	10～1000	8
DB7～DB8	2	4～100	3～8
Lake Shinji	3	3	24～120
Nakaumi	5	20	116～380
DA1	6	2	3～9
Asahi River	10～	60	40