

密度流中における水質変化の研究 (その2)

京都大学工学部 正員 合田 健
 学生員 〇 海老瀬 潜一
 学生員 米沢 靖夫

1. はじめに

貯水池の水利用上, もっとも問題の多い成層時における流動と水質, とくに, その中でも他の水質因子や成層状態に支配的である水温, との関係に注目して, 鉛直方向の水温差によって生ずる密度流中での熱拡散現象の実験を行なった結果をここに報告する。

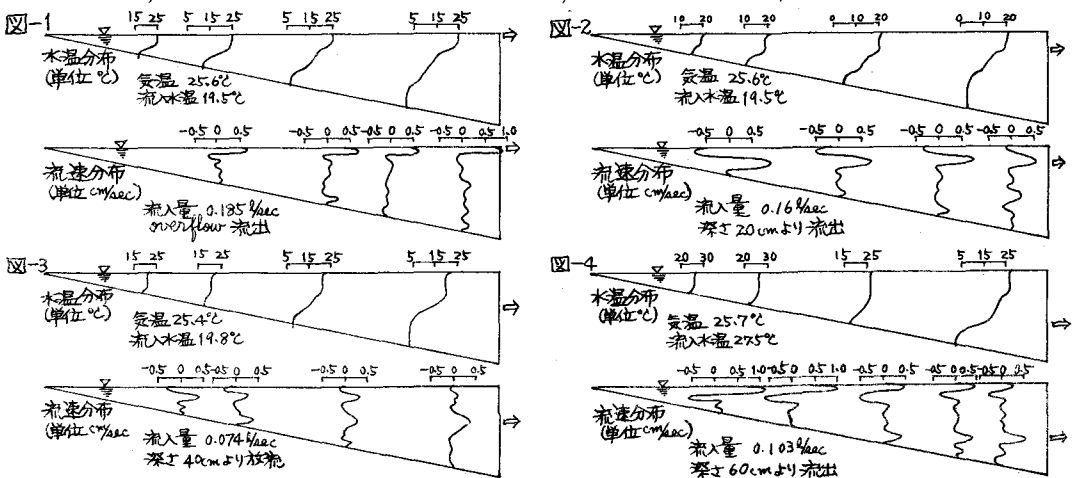
2. 実験装置

この実験は, 長さ 500 cm, 幅 60 cm, 深さは流入端で 30 cm, 流出端で 130 cm で, $1/5$ の池底勾配を有する模型貯水池実験槽を用いた。この装置の側面は流動などの観察のためにガラス張り, 他の側面と池底面はステンレス製であり, 鉛直方向に水温勾配を人工的につくり出して成層状態を生ぜしめため, 池底面下からパイプ冷却する。また, この実験は, 室内で行なったため, 風の影響がなく, 水面上からの熱供給は, 太陽からの放射熱がなく, 主に大気と水体との伝導と対流による熱交換になるので, 実際の貯水池の場合の熱収支と比べて, その内容と量の点で異なっている。また, 解析を容易にするため, 定常状態になるように実験装置を操作した。

3. 実験結果

種々の条件下で人工的に成層状態をつくり出すため, 流量・水深・取水(放流)位置を変化させて, いろいろ実験を行なった。図-1~4 は, 流下に伴う各位置での水温と流速の鉛直分布の変化を示したものである。このうち, 流出端近くの深い部分の水温の鉛直分布は, 表水層・変水層(躍層)・深水層の三層にわかれていると見なせるが, 変水層の部分がかなり厚く, ここでは直線的に水温が変化している。

また, この実験の観測結果から, Richardson 数 (Ri), 鉛直安定度 (E) や拡散係数 (K_z) 等を求めて表-1 に示すと, 躍層付近では Ri 数や E の値は大きく, 安定である。また, 表水層の方が深水層に比べ



てR_z数やEが小さく不安定で、混合が生じやすい。そして、流下方向に水層が増すとともに、躍層部部分が強化され、安定化して混合が生じにくくなることがわかる。これらのことは、K_zが表水層で大きく、変水層で急に小さくなり、深水層ではかなり小さいことや、流下に伴ない三層化が進むにつれて小さくなって行くことからわかる。

4. 温度躍層の位置の変化

この実験では、2.で述べたように日射がないため、熱供給の絶対量が実際の貯水池の場合に比べて小さく、躍層の位置は流量と取水(放流)の位置によって著しく影響を受ける。これについては、同じ条件、またはそれに近い条件の場合について実験結果をまとめると、その影響が良くわかる。それゆえ、前述のように三層にわかれた状態については、上層の $\frac{d\theta}{dz}=0$ から下層の $\frac{d\theta}{dz}=0$ までを変水層とする、dutchinson の定義を用い、この上層の $\frac{d\theta}{dz}=0$ の面を上層躍層面として z_2 で表わすと、図-5 に示すごとく、流量の増加とともに z_2 は低下し、取水(放流)位置が下がっても低下することは図-6 から明らかである。(ここで、 θ は水温、 z は水面から鉛直方向の距離である)

また、この z_2 の位置は、流速分布や、大気温と表水面温との差とも関係がある。そして、松原・奥田西氏により越流堰取水による取水口付近の躍層の上昇が報告されているが、この実験においてもその傾向が見られた。

5. おわりに

3.での水温分布からも明らかなように、水温差にもとづく成層状態を人工的につくり出し、定常状態に保つことができた。したがって、各種の密度流のパターンにおける物理的な水質の変化現象については、この実験槽で実験を行ないうることができる。さらに、化学的・生物的な水質の変化現象については、熱収支をその量と内容とともに実際の貯水池の場合に近づけることが必要と思われる。

表-1 図-1のときの R_z, E, K_z の値

(A) 流入点より 180 cm

水深	R _z	E(x10 ³)	K _z (x10 ³)
0 cm	3.8	25	大
1	2.0	50	9.3
2	1.2	25	5.8
3	0.4	13	4.6
4	0	13	大
5	0.03	13	大
6	9.8	13	2.1
7	2.5	25	0.5
8	3.7	25	0.4
9	2.3	50	0.06

(B) 流入点より 490 cm

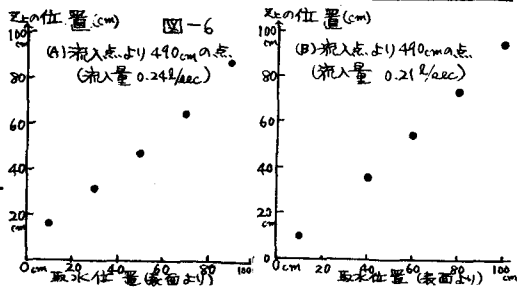
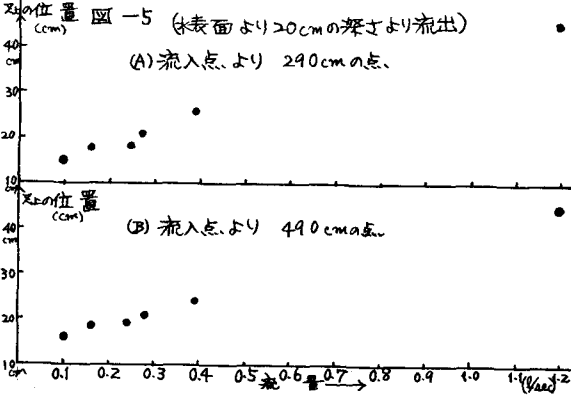
水深	R _z	E(x10 ³)	K _z (x10 ³)
0 cm	76.2	148	1.1
1	32.5	377	0.2
2	29.4	244	0.9
3	42.7	283	1.2
4	596.4	234	0
5	38.1	74	0.3
6	52.7	91	0.1
7	29.6	71	0.1
8	196.3	68	0
9	598.5	84	0.2

(C) 流入点より 490 cm (E: %/cm, K_z: cm²/s)

水深	R _z	E(x10 ³)	K _z (x10 ³)
0 cm	20.5	25	1.4
1	3.4	13	1.2
2	1.5	12	大
3	2.6	13	大
4	0.5	0	1.2
5	0.1	25	大
6	127.8	25	0.05
7	245.7	25	0.07
8	0.6	38	0.08
9	54.6	61	0.4

(D) 流入点より 490 cm

水深	R _z	E(x10 ³)	K _z (x10 ³)
0 cm	18.0	94	0.2
1	21.9	187	0.4
2	149.8	202	1.1
3	719.2	236	0.5
4	2296.8	243	0.3
5	181.6	97	0.5
6	99.2	94	0.5
7	77.4	73	1.0
8	667.2	80	0.2
9	3326.1	61	0.4



参考文献: 松原・奥田節夫:「貯水池取水口における躍層の上昇について」 水温の研究 vol.2, no.3