

湖の水平環流と成層過程に関する実験

京都大学防災研究所 正員 村本嘉雄 正員 大久保賢治
関西電力 正員 片岡幸毅

1. はじめに 琵琶湖北湖の夏季の水平環流は、風成論と熱成論の立場からその形成要因が研究されてきた。風成論では、成層が重要ではあるが外的な条件としか考えられず、一方、熱成論に基づく数値研究では、強度の点で環流がまだ十分表現されていない。本研究では、湖面が一様に熱せられるとき浅い所と深い所の熱容量の差によって生じる密度流を模擬した回転水槽実験を行い、環流形成と成層発達の相互の関係を検討し、環流を密度流の側面から説明しようとする。

2. 実験の概要 図1の実験水槽は、主水槽部(A), 導入水路(B), 副水槽部(C), ヒーター(D), サーミスタ(E)より成り、ヒーターにはアルミ板に100V 50Wの筒型ヒーターをうめ込んで用いた。サーミスタは上半分が密になるように鉛直に8本配置し、先端の感知部は壁から20mm離してある。この水槽を北半球に相当する反時計回りのターンテーブル中央に設置した。実験は、水が剛体回転になった後、ヒーターを入れて1時間加熱し、その後1時間はヒーターを止めて自然放熱を行った。その間、水温を測定しながら約4分ごとにフロートを浮かべてそのストリーク写真を撮った。実験はヒーターの強さを3種類変えて行った。実験条件とその解析結果得られた諸量を合わせて表1に示す。なお現地と実験の相似は、Q1について比成層厚 h/H が同じになる時間から、ターンテーブルの回転数と加熱時間を与えている。

3. 実験結果の考察 得られた水温の時間変化を図2に、加熱期の水温鉛直分布を図3に示す。加熱開始後10分までの急激な変化は、副水槽部で熱せられた温水塊がフロントを形成して、図1 実験水槽主水槽壁面に沿ってまわり環流を

表1 実験条件と得られた諸量

RUN	W (Watt)	H (cm)	b (cm)	f (s ⁻¹)	h (cm)	δ (cm)	\bar{v} (cm/s)	Ko	Ev	Fi
Q-1	50	10.0	30.0	0.362	4.74	2.51	0.788	0.0726	0.280	0.348
Q-2	40	10.0	30.0	0.362	4.12	1.83	0.581	0.0535	0.197	0.298
Q-3	25	10.0	30.0	0.362	4.89	2.89	0.437	0.0402	0.349	0.266

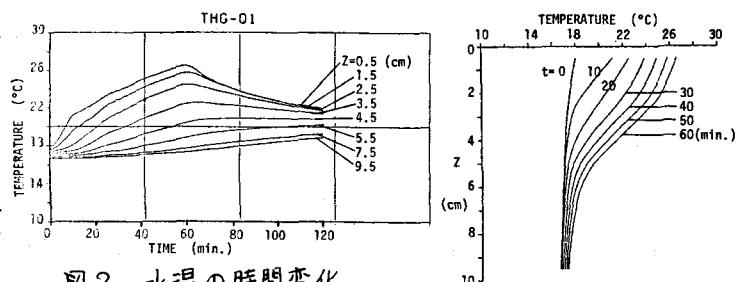
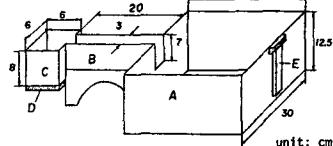


図2 水温の時間変化

で、下層をそれ以下とし、それぞれの間の水温の平均値を平均水温

Yoshio MURAMOTO, Kenji OOKUBO, Kouki KATAOKA

温とする。定義から求めた層厚の時間変化を図5に示す。黒丸は実験中、目視により得られた層厚である。層厚と平均水温から求めた上層浮力 δh と浮力束 B_f の時間変化を図6、図7に示す。また、同様な定義で琵琶湖の水温データから得られた結果が、図8、図9である。上層浮力の変化では、実験の加熱期である60分までと、3~9月までの変化はよく似ている。一方、冷却期は実験では強制冷却を行っていないので初期値に戻っていない。浮力束の変化は、現地では正弦形の年間変化を示し、実験では細かい波があるものの基本的には対応がよい。また、浮力束の正負は上層浮力の増減によく一致している。図9中の黒丸は、上層浮力の時間変化から要求される浮力束を示したものである。

次に、ストリーカ写真から求めた平均流速と上層浮力に基づく内部Froude数 F_i の時間変化を示したのが図10である。環流が形成された加熱期後半では、加熱条件によらず F_i はほぼ一定で0.25~0.35の値をとる。琵琶湖でも F_i がこの程度とすれば、環流の存在する7~9月の δh が図8より0.25~0.35(m^2/sec^2)であるから、 \bar{v} として15~20(cm/sec)を得る。これは観測値として得られる値の範囲であり、 F_i がこのオーダーであると思われる。

最後に、実験と現地の相似性について検討する。表1には加熱開始後約60分でのRossby数 R_o 、鉛直Ekman数 E_v 、内部Froude数 F_i の値が示されている。先の F_i を仮定すると琵琶湖の R_o は0.12程度であり、実験ではこの半分程度である。 E_v については、上層厚と躍層厚から現地では0.25程度であり実験のオーダーとなっている。この E_v の定義は、躍層部分がエクマン層のような流動、即ち反時間回りの環流の下方で逆回転の弱い渦流が生じていた実験事実から採用した。以上、小規模実験という制約はあるが、上記3つのパラメータの相似はおおむね満足されるものであると考えられる。

《参考文献》 1) 片岡幸毅; 琵琶湖の湖流形成における湖面からの熱流入の役割, 京都大学卒業論文(1980)