

湖山池における海陸風が支配する流れ場に関する研究

鳥取大学大学院 学生員 ○石黒 潤

鳥取大学工学部 正会員 矢島 啓

鳥取大学工学部 正会員 檜谷 治

1.はじめに 2000年の夏季における湖山池の現地観測で水深4m付近に躍層をもつ表層と水底で最大4℃程度の水温差の成層が現れ、成層形成時には、内部静振を含む広義での内部波の発生と複雑な流れの構造が認められた。そこで、この水温躍層形成時の流動場を対象とし、西オーストラリア大学 Center for Water Research で開発された3次元湖沼計算モデル ELCOM (Estuary and Lake Computer Model)¹⁾を用いた数値計算で再現し、海陸風が卓越している流れ場について検討を加える。

2.湖山池の概要 本研究で対象とする湖山池(図-1参照)は、鳥取県東部に位置し、池と称する中で日本最大級の池であり、東西約4km、南北2.5km、表面積6.1km²、平均水深2.8m、最大水深6.5m、貯水量 $1.9 \times 10^7 \text{ m}^3$ の規模を有する低塩性汽水湖である。

3.成層形成時における過去の検討²⁾ 2000年の夏季に行われた現地観測について、検討されたことを以下に示す。湖山池の北部に位置する最深部の躍層界面で明確な温度躍層の上下運動が6月29日から7月9日にかけて発生していた。このときの水温変化を図-2に示す。この図で、日付はユリウス日で示してあるので、180が6月29日にあたる。また、この期間における風況は、1日周期の風向変化から海陸風(風向は日中NE、夜間SSE)が支配的であることがわかっている。そこで、湖山池における内部波の特性を知るために、明確な温度躍層の上下運動が発生していた7月1日から7月6日を対象に最深部におけるポテンシャルエネルギーのスペクトル解析を行った結果、21時間18分、12時間12分、8時間6分といった卓越周期が得られている。

4.単純化した成層形成時の流れ場の検討 ELCOMを用いて計算条件やパラメータに関する様々な検討を行い、観測で得られた水温躍層界面の変動の特徴的な部分は再現できた(図-3)。しかし、湖山池の風速場は周辺地形の影響を受け、とても複雑であるため、流れ場の構造も複雑になっていると考えられる。そこで、湖山池の成層場を単純化したモデルを2つ作成し、流れ場を検討した。なお、数値計算期間は2日間である。

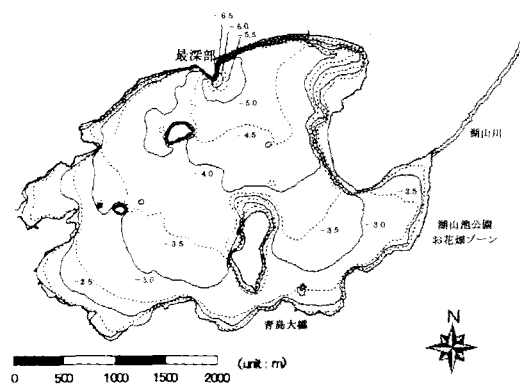


図-1 湖山池の水深分布

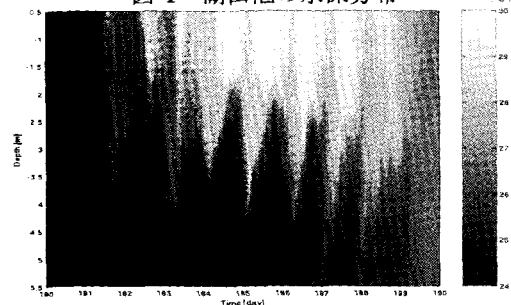


図-2 現地観測による最深部の水温変化

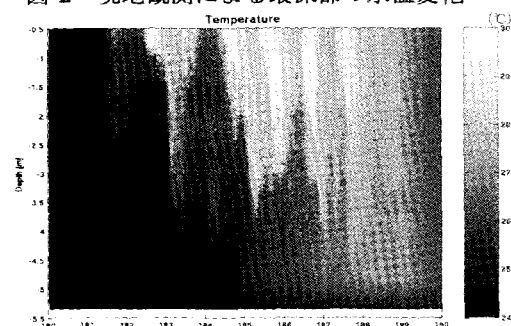


図-3 数値計算による最深部の水温変化

(a) 湖山池の水温躍層を水深2mに設定し、上層の水温を29℃、下層の水温を25℃とする。その成層条件下で、海風が卓越する風速場を再現するため、風速3m/sの北東の風を初期6時間吹き続け、その後、風を停止させる。

(b) 湖山池の水温躍層を水深3mに設定し、上層の水温を28℃、下層の水温を25℃とする。その成層条件下で、陸風が卓越する風速場を再現するため、風速3m/sの南南東の風を初期6時間吹き続け、その後、風を停止させる。

計算より得られたそれぞれの最深部の水温変化を図-4に示す。この図より、最深部における水温躍層の変動をみると、(a)の場合は風が吹いている間は上昇し、(b)の場合では下降していることがわかる。また、(a)の場合は、風を停止させてからも上昇が続いていたが、(b)の場合は、風が停止した時が一番下降していた。また、

計算開始後 24 時間経過すると、水温躍層は安定していた。

次に、最深部を通る南北方向の鉛直断面における流速・水温分布をみると、風の影響で、上層と下層で循環方向が逆方向の鉛直循環流が形成されて、躍層界面が波打ち、ケルビン・ヘルツホルム波が発生していた。また、徐々に躍層界面は水面とは逆方向に傾斜し、(a) の場合は風が止んでもこの傾斜は戻らず、風停止後 4 時間後の傾斜が最大であり (図-5 (a))、(b) の場合では風が停止した時が最大だった (図-5 (b))。その後、(a) (b) の場合ともに、水温躍層は揺り戻され、内部波が発生していった。

さらに、水温躍層界面における水平方向断面における流速・水温分布をみると、下層は、風が吹き始めてから徐々に風下側に上昇するが、風が止むと、風下側は下降し、また風上側は上昇し、(a) の場合のみに反時計回りの内部ケルビン波と考えられる水平循環流が発生した (図-6)。

5.海陸風が卓越している流れ場の検討 2000 年の観測データをもとに数値計算によって得られた流れ場を検討する。単純化モデルの時と同様、風が吹くと、躍層界面が波打ち、ケルビン・ヘルツホルム波が発生している。また、徐々に躍層界面は水面とは逆方向に傾斜し、一定時間南風が吹き続けると、風下側である最深部付近で、水温躍層が低下し、大きな内部波が生じる。この躍層界面の大きな低下は、湖山池の最深部が北側にあり、急に深くなる地形の影響で、潜り込みが起こるためである。そのため、湖山池の水温躍層は、南風の影響を受けやすいことが考えられる。一方、日中は海風によって暖められた上層水は南側に集められて、下層に潜り込み、北側と比べると潜り込む水深は浅い内部波が発生する。よって湖山池の躍層界面の変動は、図-7 のように、潜り込みによって発生した 2 種類の大きな内部波が時間差で発生し、また単純化モデルでも見られた水平循環流など様々な流れの重なりによる複雑な内部波の形成によって生じているものと考えられる。

また、過去の検討と同じように、7 月 1 日から 7 月 6 日を対象に最深部におけるスペクトル解析を行った。数値計算結果による内部波の卓越周期は、24 時間 24 分、7 時間 24 分、3 時間 48 分といった周期が卓越していた。観測データ (過去の検討) と比較すると、両方とも約一日周期の波が卓越しているが、一致はしなかった。この原因として、内部波は風の影響を非常に受けるが、湖山池の風速場はとても複雑であり、今回数値計算の際に補正した風速場では表現しきれなかったことが考えられる。

6.おわりに 今後、湖山池における風向風速の観測を更に詳細に行い、湖山池の風速場を解明することが重要であると思われる。

参考文献 1) http://www.cwr.uwa.edu.au/~ttfadmin/cwr/soft/doc/elcom_user/

2) 矢島啓・檜谷治・道上正規：湖山池における成層時の内部波と流れに関する現地観測，水工学論文集，第 46 巻，pp1001-1006，2002。

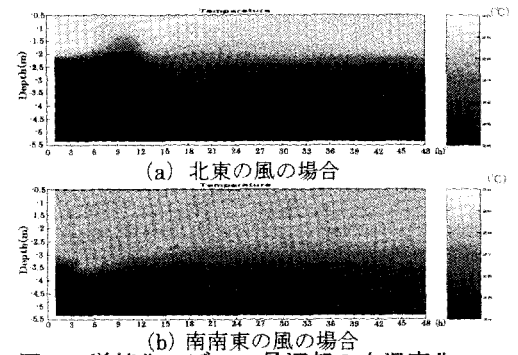


図-4 単純化モデルの最深部の水温変化

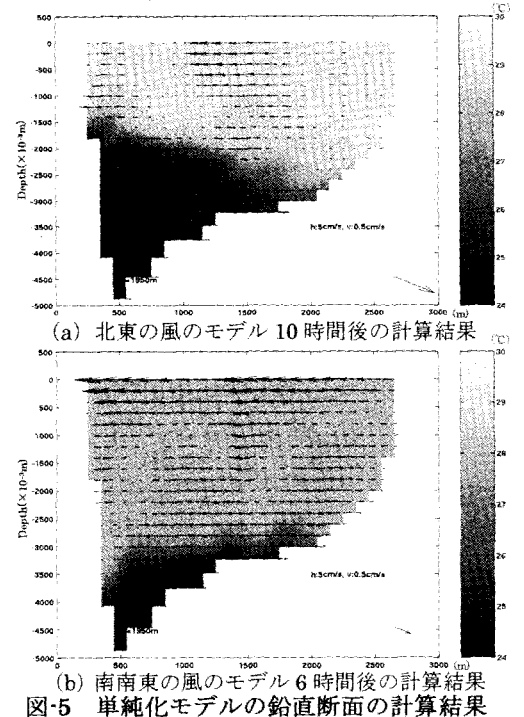


図-5 単純化モデルの鉛直断面の計算結果

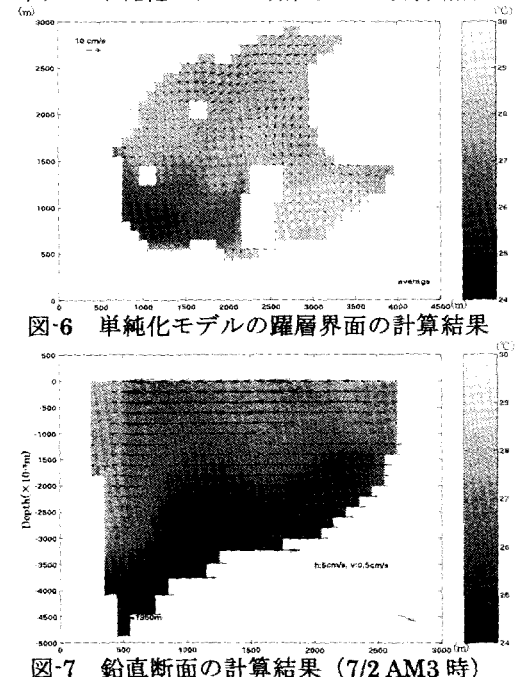


図-6 単純化モデルの躍層界面の計算結果

図-7 鉛直断面の計算結果 (7/2 AM3 時)