

II-236

琵琶湖南湖における湖流促進に関する実験的検討

京都大学防災研究所	正会員	武藤裕則
同 上	正会員	今本博健
同 上	正会員	石垣泰輔
同 上	正会員	馬場康之
鹿島建設	正会員	藤井秀樹

1. はじめに：近年の社会環境の急激な変化に伴い、我々を取りまく水環境も大きく変貌しつつある。各家庭や工場からの排水中に含まれる有害物質は、湖沼や湾域等の閉鎖性水域を最終滞留地とすることが多く、これらの水域では赤潮・アオコの発生、富栄養化などの問題が起きている。このことはわが国最大の湖である琵琶湖においても例外ではなく、近年の流域における排水規制にも関わらずその状況が大きく改善しているとは言い難い¹⁾。閉鎖性水域においてそのような問題が発生しやすいのは、そこでの流速が決定的に小さいことから、物理的な水塊交換や化学的・生物学的過程を活性化し難いことがその原因の1つと考えられる。

本報告は、琵琶湖南湖を対象とした水理模型実験により得られた湖流の流動特性結果に基づき²⁾、停滞水域における流動を人工的に促進させる手法について実験的に検討したものである。

2. 実験の概要：水理模型の概要は既報²⁾に示したとおりである。図-1に示す停滞の顕著な水域のうち、本報では帰帆島中間水路を対象として流動の促進効果について検討した。流動を促進する方法としては、①水路内にポンプを設置・稼働、②下流側堰（瀬田川洗堰）による放流量操作、の2手法を考慮した。①では、水路内にポンプを1台設置し、設置位置にて毎秒 $10\text{m}^3/\text{s}$ 取水・放流することにより強制的に流れを起こそうとするものである。ポンプの設置位置を変化させた5ケースについて実験を行った（ケースP1～P5）。なお瀬田川放流量としては1986～90年の5年間の平均である $133\text{m}^3/\text{s}$ とした。一方②では、前述の瀬田川平均放流量による1日総放流量を維持するという条件の下で放流量を時間的に変化させ、堰の解放時すなわち大流量時に流れを促進しようとするものである。非定常放流波形としては800あるいは $400\text{m}^3/\text{s}$ という洪水流量を2時間放流しあとの22時間は定常とする単純なモデルとした（ケースW1、W2）。

また①、②全ケースともに湖水停滞の発生条件を勘案して無風条件の下で実験を行った。現況と流動促進法が実施された場合の表面流況を5mm角紙トレーサまたは直径2mmのプラスチック粒により可視化し、35mmスチルおよびビデオカメラにてトレーサの挙動を撮影、画像を解析した。

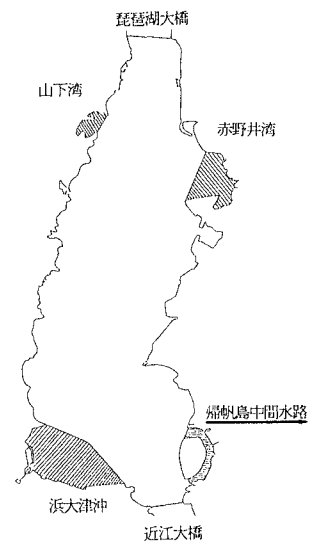


図-1 琵琶湖南湖の概要

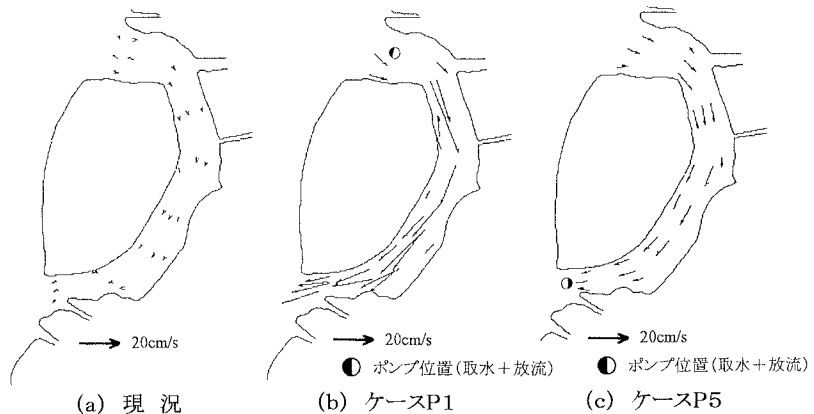


図-2 ポンプ稼働による流動促進効果（流速ベクトル）

3. 実験結果：1)ポンプ稼働による流動促進効果：図-2は現況およびポンプ稼働時のうち代表的な2ケース（P1およびP5）について、表面流速の計測結果をベクトルで示したものである。なお、ここでは水路内に南流を引き起こすような形でポンプが設置されている。現況に比して、ポンプを稼働した場合にはいずれも水路内の全領域において流速が大きくなるのが明瞭であり、水路外からのより清浄な水の流入が期待される。ポンプの設置位置による比較を行うために、水路内の平均流速およびその標準偏差をまとめたものが表-1である。表より、水路の北部にポンプを設置した方が水路内の平均流速はより大きくなる傾向にあるといえる。しかしながらそれらのケースでは、ポンプ下流側における逆流域の形成に伴い場所的な流速の差異を生じている。このような乱れの発生が水環境に与える影響は今のところ不明であるが、円滑な水塊交換という点から考察した場合、水路南部にポンプを設置するケースP5が最も好ましいと考えられる。

表-1 ポンプ設置位置の比較

ケース	ポンプ位置	平均流速 (cm/s)	標準偏差 (cm/s)
現 況	なし	1.10	0.53
P 1	北	15.89	7.66
P 2	↑	17.02	6.73
P 3	↓	14.14	6.73
P 4	↓	10.94	3.50
P 5	南	7.71	2.28

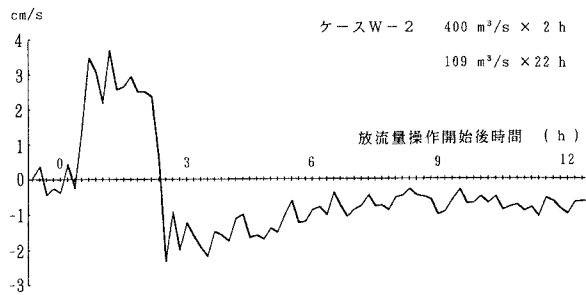


図-3 放流量操作による水路内の平均流速の時間的変化

2)放流量操作による流動促進効果：図-3は放流量操作に伴う水路内の平均流速の時間的変化をケースW2について示したものである。なお図中、時間0は放流操作開始時を、また流速の正值は南流を、負値は北流を表す。図より、放流量操作に伴う水路内の流速の増加・減少の時間遅れは約30～40分である。放流操作の開始に伴い、水路内では南流が引き起こされるが、操作停止後の定常状態に戻ると北流する。このことは、既報②に示した結果からも推測されるように、放流量を増加することに伴い、定常流量が水路内の流向を決定する臨界流量133m³/sよりも少なくなることから起こる。この結果水路内の水塊は図-4に示すように、一旦南へ向かうものの放流操作停止に伴いその流向は反転し、最終的な水塊の移動量は実際のそれよりも小さくなる。したがって今回の放流量の操作条件（操作時間および流量）では、放流量を増加させた2時間以内に水路内の全水塊を交換させることは不可能である。

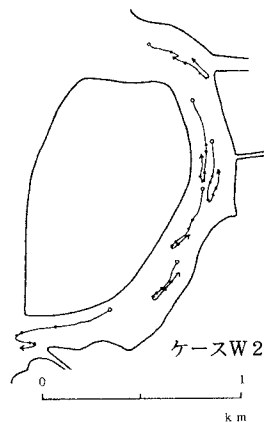


図-4 放流操作開始後12時間の水路内の粒子の移動

4. おわりに：本報告で取り扱った湖水の流動促進手法は、水塊の物理的な交換に主眼をおいた簡単なモデルケースである。この観点から検討された手法を比較すれば、表-2にまとめた12時間の移動距離が示すように、ポンプ稼働による方法が有利であると言える。しかしながら水環境の改善は、このような交換によってのみもたらされるものとは言えず、平均場・乱れ場を包含した流れ場の化学・生物学的過程に与える影響を検討することも重要と考えられる。参考文献：1)琵琶湖・淀川水質保全機構、琵琶湖・淀川の水質保全、第III章琵琶湖・淀川水系の水環境、1995、2)今本ら、琵琶湖の湖流に関する水理模型実験、土木学会関西支部年講、1996。

表-2 12時間移動距離による各手法の比較

ケース	12時間の移動距離(m)
現 況	480
P 1	6860
P 2	7350
P 3	6110
P 4	4730
P 5	3330
W 1	470
W 2	270