

常陸川水門の開閉操作が霞ヶ浦の湖内流況に与える影響

茨城県霞ヶ浦環境科学センター 正会員 ○小松 伸行
 茨城県霞ヶ浦環境科学センター 正会員 石井 裕一
 茨城県霞ヶ浦環境科学センター 非会員 根岸 正美
 東京大学生産技術研究所 非会員 北澤 大輔

1. はじめに

霞ヶ浦は、茨城県南部に位置し、西浦、北浦、外浪逆浦、北利根川、常陸川および鱒川から構成される湖沼である。このうち、水域の大部分を占めるのは西浦と北浦であり、湖面積は各々170.8km²と35.6km²、湖容積(Y.P.1m時)は各々642.1×10⁶m³と172.4×10⁶m³である。常陸川と利根川との合流点には洪水の逆流と塩水の遡上を防ぐことを目的に常陸川水門が設置されており、水門操作によって霞ヶ浦の水位管理が行われている。

霞ヶ浦では水門の開閉に伴い、水域間で連成振動(サージング)が発生することが知られており、この現象は一次元不定流モデルで良く説明されている¹⁾。これまで、北浦における現地観測により、水門操作は河川の流入や上・工水の取水よりも湖流に与える影響が大きいことが報告されている²⁾。しかしながら、西浦も含めた霞ヶ浦全域の流動に与える影響は十分に明らかにされていない。そこで本研究では、霞ヶ浦の多地点で設置型 ADCP により取得された流況観測データを用いて、常陸川水門の開閉操作が西浦および北浦の湖内流況に与える影響について検討した。

2. 観測の概要

湖内流況の連続観測は、図-1に示す北浦8地点(K1~K8)では2005年12月から2006年9月に、西浦8地点(N1~N8)では2007年11月~2008年10月に、湖底にADCP(Nortek製アクアドッププロファイラーNB型2MHz)を設置して行った。ADCPの鉛直方向の分割幅は、センサー上20cmから水面方向へ50cm間隔とし、各層における流向・流速の60秒平均値を10分間隔で取得するように設定した。北浦では約100分周期のセイシュの影響による振動が見られるため、得られた流況データには100分間の移動平均を施し、風向・風速に合わせて毎正時の値を抜き出して解析した。

K6における水温鉛直分布の連続観測は、自記式水温計(HOBO製WaterTempProV2)を50cm間隔に配置したサーミスタチェーンを用いて、2006年8月に行った。

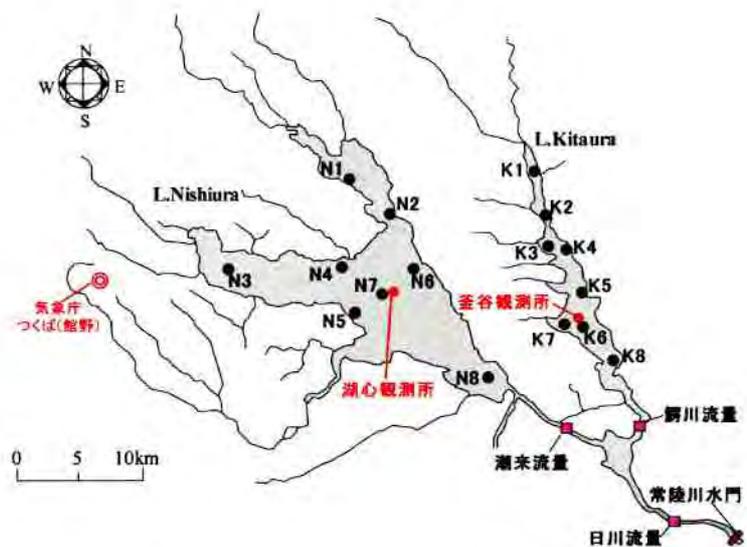


図-1 霞ヶ浦の概要と調査地点

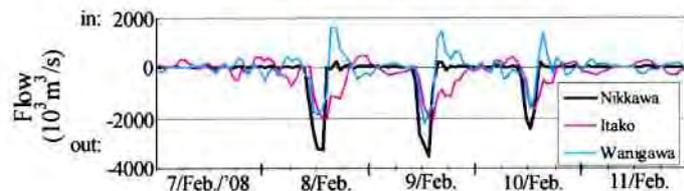


図-2 水門操作に伴う流出河川の時刻流量の変動

キーワード: 湖流, ADCP, 霞ヶ浦, 常陸川水門, 閉鎖性水域

〒300-0023 茨城県土浦市沖宿町1853 TEL: 029(828)0963 E-mail: n.komatsu@pref.ibaraki.lg.jp

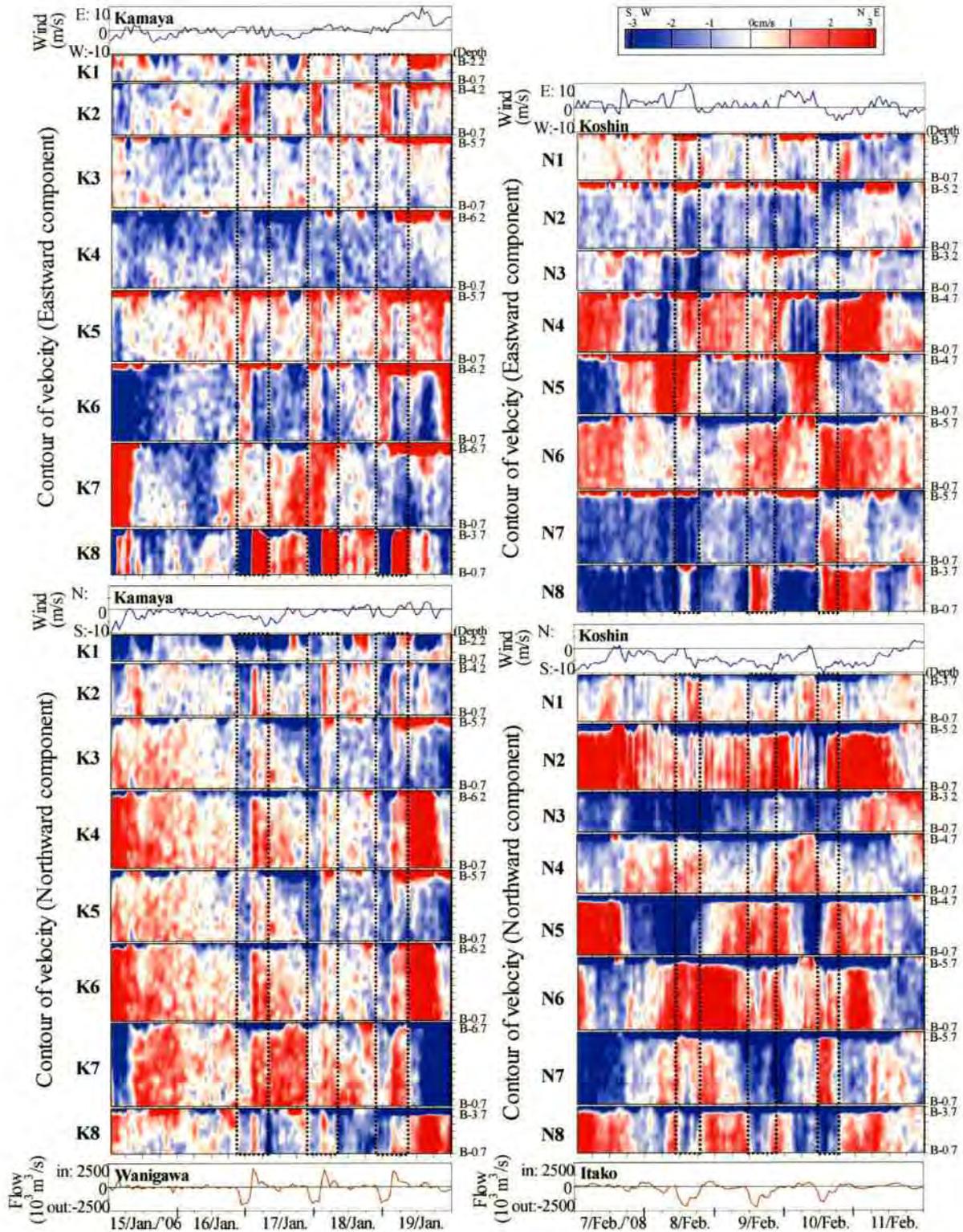


図-3 非成層期における風速と流出河川流量の時間変化と流速2成分の水深-時間コンター図
(左：北浦, 右：西浦)

3. 結果と考察

流出河川の流量変動

水門操作に伴う流出河川の時刻流量変動の例を図-2 に示した。常陸川水門からの流出量を示す日川における時刻流量は、水門開放時に順流となるが閉鎖時には概ね0となっていた。また、西浦からの流出量を示す潮来と北浦からの流出量を示す鰐川では、水門開放時にはほぼ同量の順流が見られたが、閉塞直後には潮来で順流が持続する一方、鰐川では強い逆流が生じていた。その後、西浦と北浦との間で連成振動が発生していた。このような大きな流量変動が、水門操作が行われる度に繰り返し観測された。

非成層期の湖流に与える影響

水門操作に伴い流出河川の流量変動が生じた時の非成層期(冬季)における湖内の流況について、風況と河川流出量と併せて図-3 に示した。風速と流速はEW成分とNS成分の2成分に分けて示した。図中、河川流量が大きく変動した期間の流速コンターは点線で囲んだ。北浦(左図)ではほとんど全ての地点・水深の流速NS成分において、水門開放による鰐川の順流時に南向き(青)の流れ、水門閉塞後の逆流時に北向き(赤)の流れが明瞭に観測された。また、多くの地点において、流速EW成分にも河川流入出量の影響が見られており、流出河川の流量変動が湖流に影響していることが明らかとなった。但し、最上層には風に従う流れが形成されているため、風向と水門操作による流向が一致しない場合には、上層のみ異なる流向が出現した。北浦の北端部であるK1では、水深が浅く最上層の風の影響が中層まで及んでいるため、北浦の他の地点と比較すると水門操作の影響は不明瞭であった。これに対し、西浦では北浦と異なり、水門開放から閉塞後北浦に逆流が生じている間に強い順流が継続して生じている。この間、最も流出部に近いN8では南向き(青)・東向き(赤)の流れが全水深において観測された。しかしながら、その他の地点においては、順流しか生じないにも関わらず水門操作ごとに異なる流向が出現する地点が多く、河川流入出量の影響を特定できる一定の傾向は認められなかった。既に示したとおり、水門操作に伴う時刻流量の変動幅は潮来と鰐川の間でほとんど差がない。このため、北浦の約3.7倍の湖容積を有する西浦では、同じ流量変動に対して北浦よりも感度が小さくなると考えられる。また、本解析の対象期間である2006年1月15~19日と2008年2月7~11日につくば気象台で観測されたつくば地方の平均風速は2.4m/sと2.6m/sであり大きな差は見られなかったが、湖上風の平均風速は西浦湖心が5.7m/s、北浦釜谷が3.4m/sであり西浦で強くなっていた。西浦は湖面積も北浦の約4.7倍広く、吹送距離が長くなることから、霞ヶ浦の湖流形成において支配的要因である風の影響が大きく現れることにより、流量変動の影響を不明瞭にする可能性も考えられる。

成層期の湖流に与える影響

成層期(夏季)の北浦(K2, K6, K8)における水門操作時の湖内流況、風況および河川流出量の変動を図-4 に示した。また、図-5には同じ期間のK6における水温鉛直分布を最下層との水温差(ΔT)を用いて示した。 ΔT の時空間分布から8月10日、11日および13日には日中に日成層が形成されており、8月12日には成層が消失していたことがわかる。日成層形成時には、日中の蓄熱により最上層において形成された水温躍層が、午後にかけて時間とともに上層から下層へ下降する傾向(図中、左上から右下への斜めの構造)が見られる。このような成層時には、吹送流が成層面を境界とする二層流的な形態をとることにより、同じ風速であっても流速が大きくなること、上下層で反対向きの流れが形成されること、成層面の下降とともに流向が反転する境界面も下降することなどが知られている³⁾。図-4に示した流速コンターにも日成層に対応した流向境界面の下降が見られており、日成層の有無が湖流に大きく影響していることが示された。このうち、点線で囲んだ8月11日と12日には水門操作が実施され、鰐川の河川流量が大きく変動した。この間、北浦南端部の観測点であるK8では、非成層期と同様に順流時に南・西向き(青)の流れ、水門閉塞後の逆流時に北・東向き(赤)の流れが明瞭に観測された。しかしながら、K2とK6においては、8月11日には日成層と風の影響を示す斜めの構造が明確であり、水門操作の影響は不明瞭になっていた。また、成層が消失した12日の午後には、非成層期に見られたような逆流の影響による北向き(赤)の流れがK2やK6でも見られた。今回の解析の対象

とした成層期の北浦の風速は、非成層期の風速と比較して強くなかった。これらの結果から、日成層が発達したことにより吹送流の影響が非成層期よりも強く現れたことが、水門操作の影響を不明瞭にした要因と考えられる。北浦の湖流形成においても、風の影響は水門操作の影響を卓越することが示唆された。

4. まとめ

設置型 ADCP を用いた現地観測により、常陸川水門の開閉操作が霞ヶ浦の湖内流況に与える影響について検討した。その結果、水門操作に伴う流出河川の流量変動は、霞ヶ浦の湖流形成要因のひとつとして重要であり、その影響は西浦よりも北浦で大きいことが示された。また、吹送流が発達する広い水域や日成層形成時には、流出河川の流量変動に対応する湖流の変動が不明瞭になることから、水門操作が湖流に与える影響は吹送流の影響と比較して小さいと推察された。

今後、霞ヶ浦における湖流の解析やモデル構築を行うにあたっては、本研究で得られた成果を活用し、水門操作の影響も考慮して進める必要がある。

謝辞

本研究の遂行にあたり、霞ヶ浦漁業協同組合連合会と関係各漁業協同組合およびきたうら広域漁業協同組合の皆さんから多大な協力を得た。また、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所および(独)水資源機構利根川下流総合管理所から貴重なデータを提供して頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

本研究は、文部科学省「特別電源所在県科学技術振興事業補助金」の交付を受けて実施された。

参考文献

- 1) 湖沼技術研究会編：湖沼における水理・水質管理の技術，湖沼技術研究会，2007.
- 2) 小松伸行，石井裕一，根岸正美：鱒川の流量変動が北浦の流況に与える影響，第 34 回土木学会関東支部技術研究発表会講演旨，II-095，2007.
- 3) 銭新，石川忠晴，西部隆宏：霞ヶ浦高浜入りにおける日成層形成時の湾水交換の数値シミュレーション，海岸工学論文集，vol.44，pp1051-1055，1997.

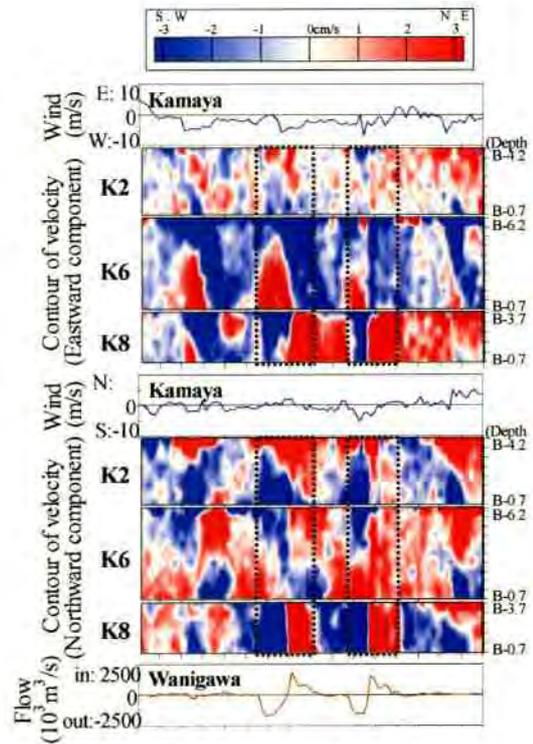


図-4 成層期における風速と流出河川流量の時間変化と流速 2 成分の水深-時間コンター図 (北浦 K2, K6, K8)

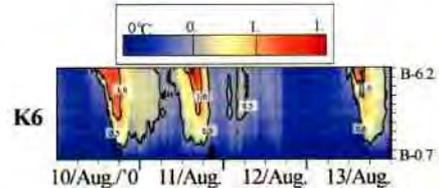


図-5 最下層との水温差(ΔT)の水深-時間コンター図(北浦 K6)