

2006年10月の洪水時における網走湖内の流動解析

Investigation of flow field in Lake Abashiri in October 2006

北見工業大学	正員	中山恵介 (Keisuke Nakayama)
北見工業大学	学生員	堀松大志 (Daishi Horimatsu)
北見工業大学	学生員	丸谷靖幸 (Yasuyuki Maruya)
北見工業大学	○学生員	徐乃丹 (Xu Naidan)
北海道開発局	正員	米元光明 (Mitsuaki Yonemoto)

1. はじめに

オホーツク沿岸に位置する網走湖は典型的な汽水湖であり、上流側からの淡水の流入、河口からの塩水流入により明確な塩淡水境界層が発達する。豊かな自然環境の下、水産資源にも恵まれており、シジミを主として、サケ、ワカサギなど漁場としても有名である。しかし、明確な塩淡水境界層を有する湖故、塩水層における貧酸素水塊の発生、湧昇による青潮による魚類の瀬死などの問題を有する。そのため、貧酸素水塊の発生を決定付ける要因の一つである密度界面位置に関する検討は重要課題であり、どのような機構でその位置が決定されているかを理解する必要がある。

密度界面位置を大きく変化させる自然現象として、洪水の流入が考えられる。その影響は洪水規模により大きく異なるが、例えば2006年10月7日からの100mmを越える降雨により、密度界面位置が大きく低下したことが報告されている。そこで本研究では、洪水における密度界面低下の効果を定量的に理解するために、3次元数値モデルによる再現計算を行い、密度界面低下のメカニズムを解明することを目的とする。

2. 2006年10月における洪水について

2006年10月におけるハイドログラフから、7日から8日にかけての降雨により、 $800 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度のピークを持つ流入が網走湖に与えられ、ピーク流量がおおよそ10月8日18:00にかけて発生したことが確認された(図-1)。10月7日から10月16日までの10日間における総水量は $180,000,000 \text{ m}^3$ であり、網走湖全体($230,000,000 \text{ m}^3$)における水を約1回交換するほどの流量であった。通常、明確

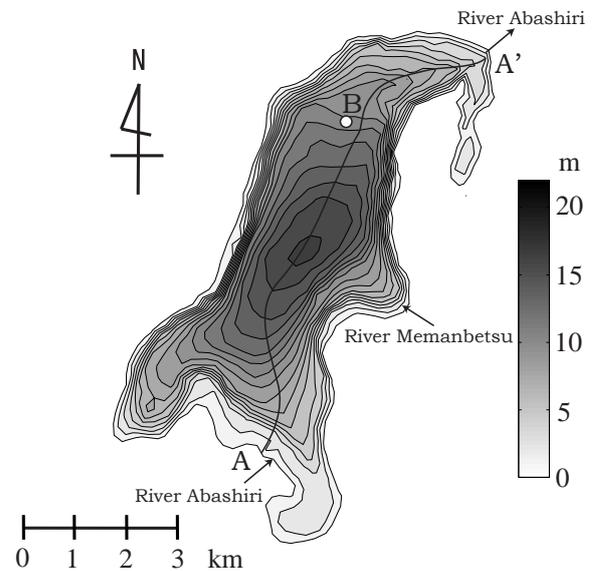


図-1 網走湖 (A-A': 滞筋)

な密度界面が形成されているため、上層における水の交換が主であり、それを考慮すると与えられた流量は網走湖にとって大きなインパクトを与える洪水であったことが推測される。

3. 3次元数値モデルによる解析

洪水時における流動を理解するため、3次元数値モデル ELCOM¹⁾ による再現計算を行った。詳細なモデルに関する情報は参考文献²⁾をご覧ください。本計算で、これまでの計算と大きく異なる点は、洪水による密度界面低下をより正確に考慮するために、鉛直メッシュの与え方に工夫を凝らした点であり、上層で0.5 m、密度界面付近で0.1 m、底層で1 mの合計102層を与えた。水平方向のメッシュサイズは200 mとした。簡単な検証であるが、洪水

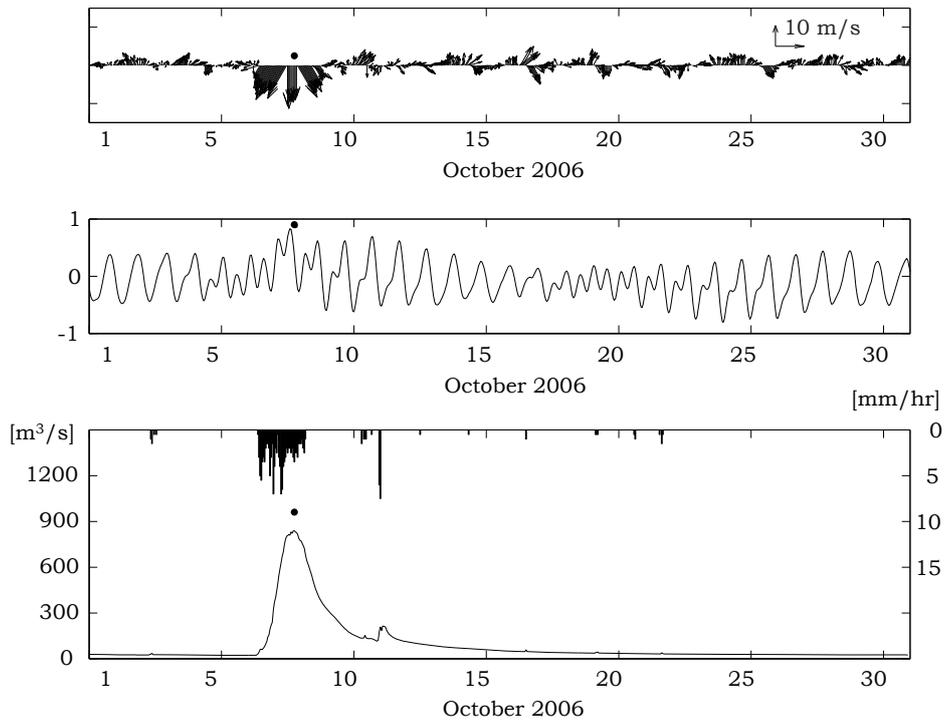


図-2 2006年洪水時における風ベクトル・潮位・ハイドログラフ（上から）

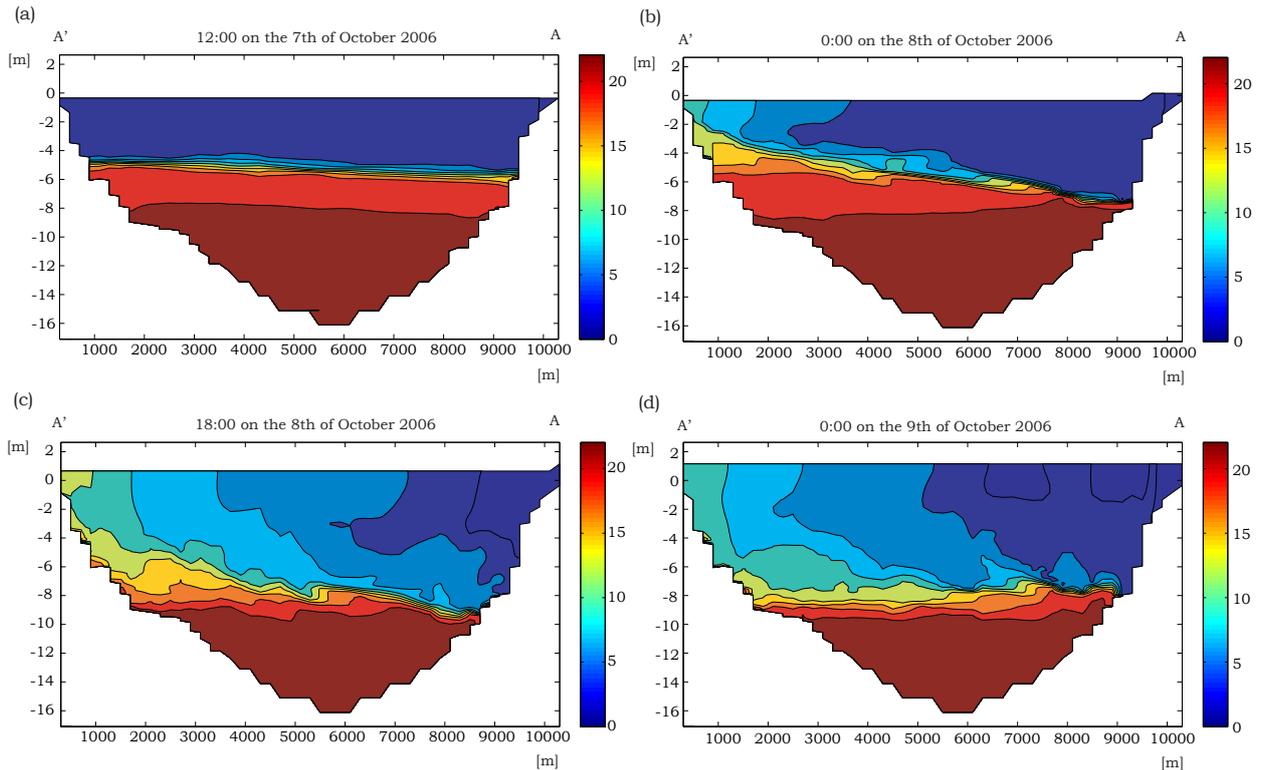


図-3 3次元数値計算結果. 滞筋における塩分の鉛直コンタ図.

(a) 2006年10月7日12:00. (b) 2006年10月8日0:00. (c) 2006年10月8日18:00. (d) 2006年10月9日0:00.

前の10月1日から洪水後の10月30日における密度界面位置の低下量を計算したところ約2mであり、観測により得られた結果とほぼ一致していたことを記しておく。

10月7日12:00ころから密度界面に変化が現れ始め、10月8日0:00には界面が呼人付近の水面にまで到達し、密度界面が滞筋に沿って大きく傾斜している様子が分かる

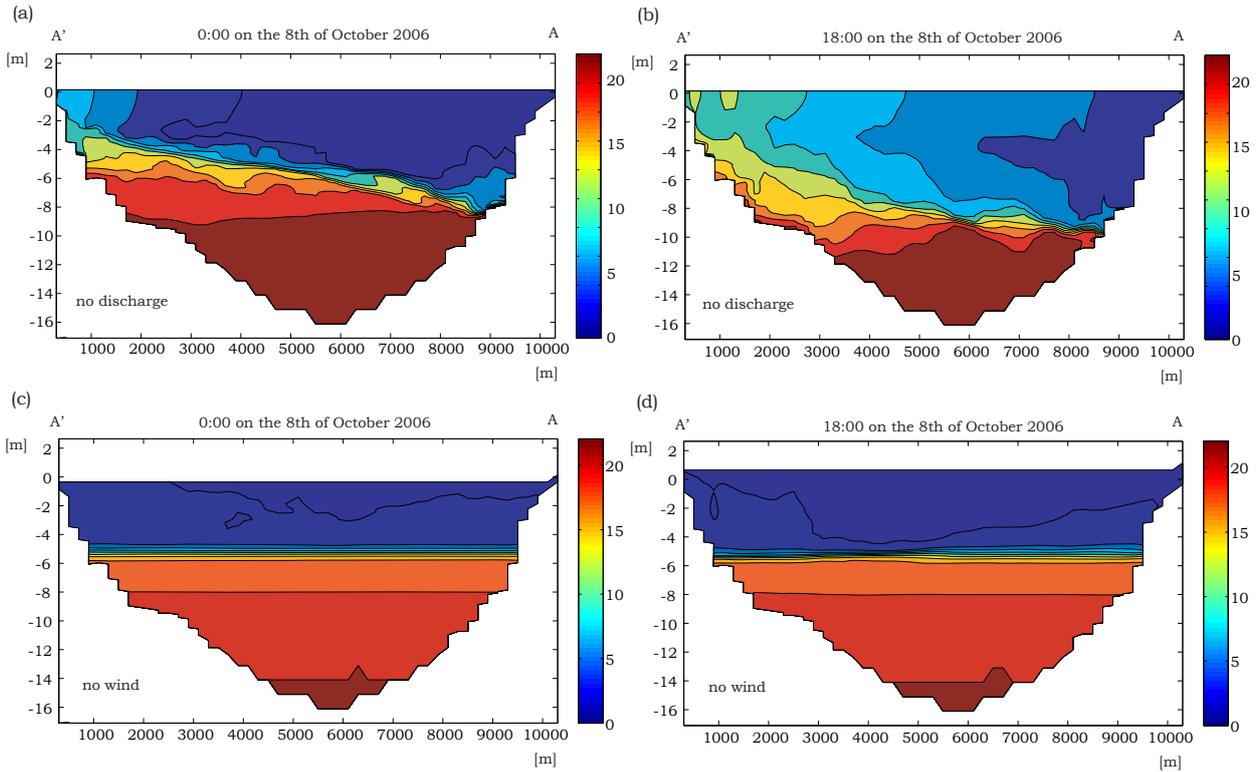


図-4 3次元数値計算結果. 滞筋における塩分の鉛直コンタ図.

風考慮, 河川流入無視 : (a) 2006年10月8日0:00. (b) 2006年10月8日18:00.

風無視, 河川流入考慮 : (c) 2006年10月8日0:00. (d) 2006年10月8日18:00.

(図-3). その後, 10月8日18:00まで密度界面の傾斜は維持されていたが, その直後から密度界面の傾斜は急激に変化し, 10月9日0:00には水平な状態へと落ち着いた.

10月7日12:00付近からの北北東の風が, 上流側における密度界面の低下を生じさせ, その結果, 下流側の密度界面が上昇したと推測される. 10月7日付近における上下層の密度差に対する下層密度比は0.012程度であり, 上層厚さを6m, 下層厚さを9mとすると, 長波近似における内部波の波速は0.66m/sであり, 滞筋における上流側から下流側までの距離約7kmを進むためには約3時間程度必要であることが分かる. 風が北へと変化した10月8日18:00付近から約4時間程度で密度界面が水平な状態へと変化したことは, 内部波の伝播による変化を裏付けるものであると共に, 微妙な風向の変化により密度界面が敏感に反応するというを示すものであると考えられる.

これまでの研究では, 洪水時における上層流速の増加による吸出し効果³⁾が重要であることが指摘されており, 本研究で示す効果と異なる要因が重要であることが指摘されている. その効果を確認するために, 河川の影響を考慮

しない計算, 風を一切与えない計算の2種類の計算を追加して行った(図-4). その結果, 風による密度界面の傾斜は明らかであり, 河川流入の影響は下層水の排出にほとんど影響を及ぼしていないことが分かる. よって, 吸出しの効果は, 本研究対象期間では発生していなかったことが確認された.

また, 数値計算結果(図-5)から, 上層の下流側の流速は最大で0.3m/s程度であった. 少なくとも見積もって5m密度界面を上昇させるためには, $0.012 \times 9.8 \times 5 \text{ m}^2/\text{s}^2 = (\text{下流側の流速の二乗} / 2 - \text{上流側の流速の二乗} / 2)$ 程度の流速が必要³⁾であり, 上層の上流側における流速をゼロと見積もっても約1m/sの流速が必要である. つまり, 2006年10月の洪水時には, 吸出しの効果よりも風の効果³⁾が, 密度界面の傾斜に大きな影響を及ぼしていたことが分かった. なお, 2006年10月8日18:00において水表面付近に大きな流速が発生しているのは風の影響であり, その流れの方向は下流側から上流側に向かうものであった. つまり, 吸出し効果を促進するものではなく, 吸出しの流向とは逆であったことを記しておく.

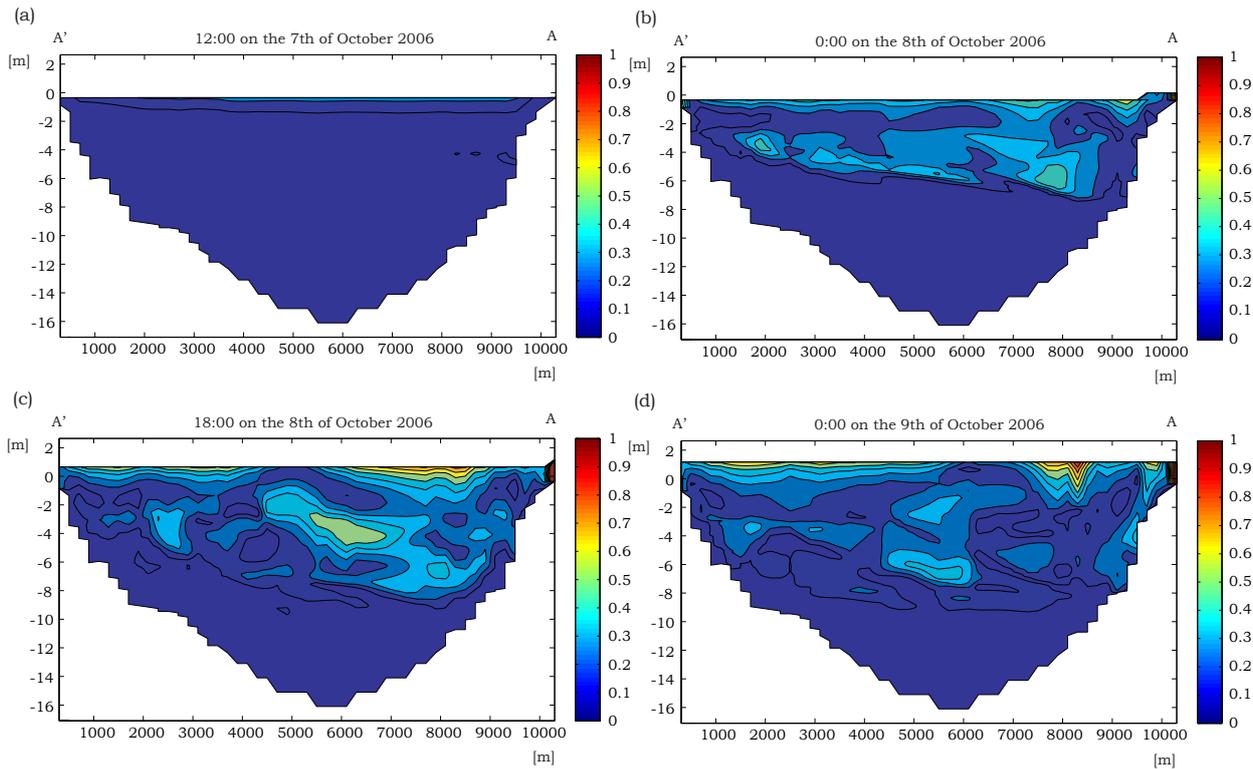


図-5 3次元数値計算結果. 滞筋における絶対流速の鉛直コンタ図.

(a) 2006年10月7日12:00. (b) 2006年10月8日0:00. (c) 2006年10月8日18:00. (d) 2006年10月9日0:00.

密度界面の傾斜は、下流側において界面が斜面と接している領域における不安定の発生を促進し、大きな混合をもたらす。下層水の流出を促進する。密度界面における連行も重要な要素であると考えられるが、洪水時における密度界面の傾斜、および斜面不安定領域付近における混合は、密度界面位置を決定付ける大きな要因の一つであると考えられる。

4. おわりに

2006年10月洪水における3次元数値計算を行い、密度界面位置を決定付ける要因として、風による密度界面の傾斜および斜面上での不安定現象が存在することが示された。

謝辞: 本研究を進めるにあたり、網走開発建設部治水課にご協力いただきました。記して感謝の意を記します。本研究は、科学研究費補助金(基盤研究(C):中山恵介)および科学研究費補助金(基盤研究(C):古川恵太)の助成を

受けました。

参考文献:

- 1) Hodges, B.R., Estuary, lake and coastal ocean model (ELCOM): User manual, University of Western Australia, Center for Water Research Reference WP 1386 BH, 2000.
- 2) 中山恵介, 堀松大志, 清水健司, 丸谷靖幸, 角谷和成, 早川博, 岡田知也, 鰻目淑範, 網走湖における内部ケルビン波と風応力の影響評価, 水工学論文集, 第53巻, 2009
- 3) 池永均, 向山公人, 大島伸介, 山田正, 塩淡二成層を形成する汽水湖沼の長期的な界面変動予測手法の開発, 土木学会論文集, 第628巻, pp.77-96, 1999.
- 4) 川那部浩哉・水野信彦(編). 1993. 日本の淡水魚. 山と溪谷社,
- 5) 中坊徹次(編). 2000. 日本産魚類検索全種同定 第二版. 東海大学出版会