

(II-90) 強風時の網走湖における塩淡水境界面の挙動とそれに伴う水質の変動特性に関する研究

中央大学大学院 学生員 ○佐藤武司
中央大学大学院 学生員 吉本健太郎

中央大学理工学部 正会員 志村光一
中央大学理工学部 正会員 山田 正

1. はじめに 近年において網走湖では、富栄養化に伴うアオコ・青潮による水質・生態系への被害が増大している。本研究では特に青潮の発生機構に着目し、強風時の網走湖において大規模な現地観測を行い、塩淡水境界面の挙動及び水質の変動特性について実測データに基づいた考察を行った。**2. 観測概要** 現地観測は1999年11月10日～19日の期間において観測船3隻を用いて行った。図-1は網走湖の概要と観測地点である。湖内の水質の測定には多項目水質計(クロロテック:アレック電子製)を用い、塩淡水境界面の可視化については魚群探知機(本多電子製:107kHz,400kHz)を用いて測定を行った。詳細な観測概要を表-1に示す。

3. 観測結果と考察 3.1 塩淡水境界面の挙動 塩淡水境界水深は淡水層の塩分濃度と塩水層の塩分濃度の中間値と定義した。観測期間中における微風(風速 2～3m/s 程度)時の塩淡水境界水深は6.8mである。図-2に測点①と⑧における塩淡水境界水深と風速ベクトルの時系列を示す。この図より、13日と16日には図中の▲印で示す時刻に風速10m/s以上の強風が観測されており、これに対応する時刻では塩淡水境界水深が風上側では上昇、風下側では下降している。これより、強風が連吹するときの塩淡水境界面の挙動と風速ベクトルには強い相関性があることがわかる。図-3は観測時間内の平均風速が7.5m/sという強風時(11/16/10:41～15:06)に3度にわたり縦断測線上8測点で観測された塩分濃度の鉛直分布である。この図から観測中の塩淡水境界面(塩分濃度11‰の等濃度線)の勾配は、時間とともに大きくなっていることがわかる。塩淡水境界面の上方における塩分濃度の変化形状が風下端(測点⑧)に比べ風上端(測点①)において緩やかである。これは風上端の塩淡水境界面の上方で淡水と塩水が混合されているためであると考えられる。塩淡水境界水深が風下端で大きく変化しているのに対し風上端で変化していないが、これは前述の通り風上端の塩淡水境界付近において塩水と淡水が混合されたためであり、2.5‰の等濃度線を注視すれば風下端と同様塩淡水境界水深が大きく変動していると言える。

3.2 水質の変化 図-4は1999年11月17日(10:45～13:50)に観測した縦断測線上の8測点(図-1参照)における塩分濃度と溶存酸素量の鉛直分布である。これより、風上側(測点①～湖心)では塩淡水境界水深(6.8m)の上方で塩分濃度が高く、溶存酸素量が低くなっている

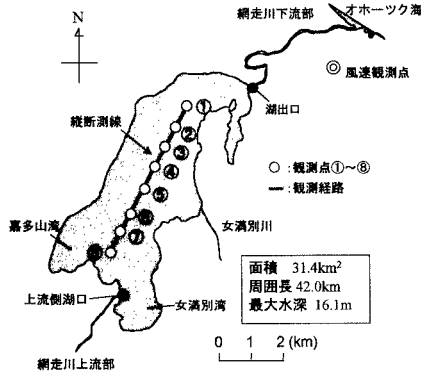


図-1 網走湖の概要と観測地点

表-1 観測概要

観測期間 1999年11月10日～11月19日			
観測項目	測定装置	測定方法	測定間隔
塩淡水境界面の挙動	魚群探知機 (本多電子製 HE570-2F周波数 107kHz,400kHz)	観測船に設置し 移動観測	連続
水深 (m)	クロロテック (アレック電子製 ALC208-DK)	定点観測 湖内の測定点で 船上から測定装 置をおろして測定	10cm
水温 (°C)			
塩分濃度 (‰)			
濁度 (ppm)			
クロロフィル-a (μg/l)			50cm
密度 (kg/m³)			
溶存酸素量 (mg/l)	DO計 (セントラル 科学製UC-12型)		

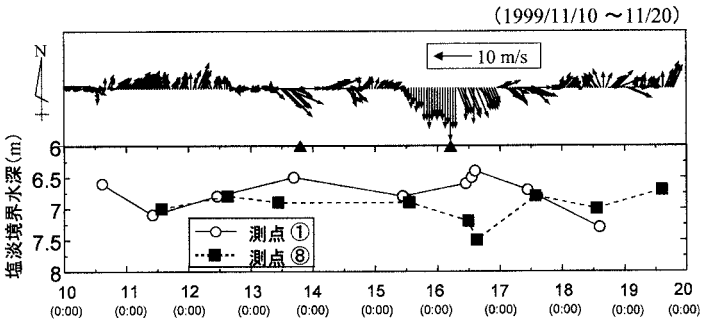


図-2 測点①と⑧における塩淡水境界水深と風速ベクトルの時系列

(塩淡水境界水深は強風時に風上端(測点①)では小さく、風下端(測点⑧)で大きくなっている。)

キーワード: 塩淡水境界面, 青潮, レヤーモデル, 汽水湖

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL 03(3817)1805, FAX 03(3817)1803

ことがわかる。これは前日の16日に塩淡水境界面が傾いた時の履歴であり、下層水(高塩分、無酸素の水)が上層水と混合されたためだと考えられる。この影響は風上端で顕著であり最大約30cm上方まで影響が認められた。**3.3.1 レーモデルによる塩淡水境界面の挙動の再現計算** 強風時の湖内の観測は非常に危険を伴うためデータを蓄積することは困難である。そこで塩淡水境界水深の変動量を再現計算により求める。ここでは網走湖を一次元の矩形断面水域とし、図-1に示した縦断測線上の測点①から⑧方向に吹く一様風を与えた時の測点①における塩淡水境界水深の変動量を求めた。再現計算には2レー

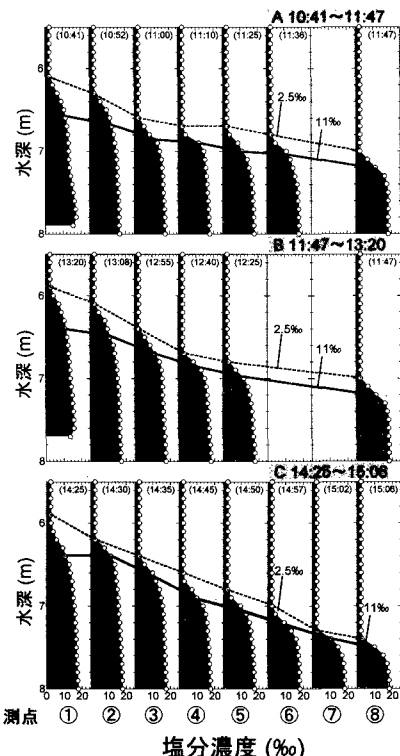


図-3 塩分濃度の鉛直分布

(時間とともに塩淡水境界面の勾配が徐々に大きくなっている。風下端において塩淡水境界水深が5時間で60cm下降している。)

基礎式と計算条件については表-2に示す。計算値との比較には、再現計算と同様の風向で風が吹いた時の風上端における塩淡水境界水深の変動量の実測値を用いた。**3.3.2 計算結果** 図-5に風上端における塩淡水境界水深の変動量と風速、および淡水層厚との関係を示す。これより実測値の塩淡水境界水深の変動量は淡水層厚と風速の変化に影響を受けることがわかる。再現計算による計算値も同様な傾向を示していることから、2レーモデルが風に起因する塩淡水境界水深の変動量の基本的な考察を行う際に有用であることがわかる。再現計算において塩淡水境界水深の変動量が小さく算出されているが、これは実現象においては風が数時間連吹した後に観測が行われているのに対し、再現計算では計算開始前の風を考慮に入れていないためだと考えられる。

4. まとめ 本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 塩淡水境界面が傾いたことによる上層水(淡水)への影響は風下端に比べ、風上端でより顕著であることが塩淡水境界面上方の塩分濃度と溶存酸素量の観測結果より明らかになった。
- (2) 塩淡水境界水深の変動量を再現計算により求めた結果、計算値と実測値は上層厚の変化に関して定性的によく一致を示した。

謝辞：本研究を行うに際して北海道開発局網走開発建設部の協力を得たことをここに記し、感謝の意を表す。

参考文献 池永均・向山公人・大島伸介・内島邦秀・山田正：汽水湖成層界面の挙動と吹送循環流の形成に関する研究、土木学会論文集 No.614/II-46,77-96,1999.2

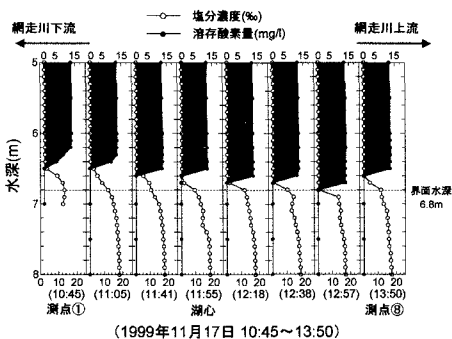
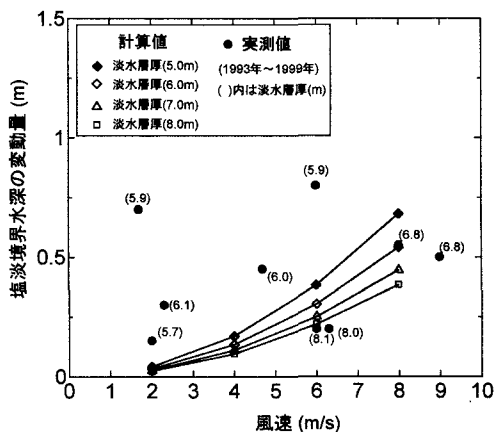


図-4 塩分濃度と溶存酸素量の鉛直分布 (塩淡水境界面の上方で塩分濃度が高く、溶存酸素量が低くなっている。)

表-2 基礎式と計算条件

基礎式	
$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} - gh_1 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} - \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial \tau_0}{\partial x}$	
$\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} - gh_2 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right) \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} = gh_2 \frac{\rho_1}{\rho_2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}$	
$\tau_0 = C_D \rho_a V_{10}^2$	
計算条件	
ξ : 水面変動量 (m)	$\rho_1 = 1000$ (kg/m ³) (上層水の密度)
η : 界面変動量 (m)	$\rho_2 = 1020$ (kg/m ³) (下層水の密度)
τ_0 : 風応力 (N/m ²)	$\rho_a = 1.225$ (kg/m ³) (大気密度)
h_1 : 上層水厚 (m)	V_{10} : 地上10mの風速 (m/s)
h_2 : 下層水厚 (m)	$C_D = 1.6 \times 10^{-3}$ (水面摩擦係数)
$g = 9.8$ [m/s ²] (重力加速度)	



(実測値の風速は観測が行われる前3時間の平均風速である。計算値は計算開始から3時間後の塩淡水境界水深の変動量である。)

図-5 塩淡水境界水深の変動量と風速の関係

(計算値と実測値は上層厚の変化に関して定性的によく一致している。)