

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月21日現在

機関番号：12611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22700853

研究課題名（和文）

琵琶湖北部流域の積雪と琵琶湖内密度流の関係

研究課題名（英文）Relationship between density current in Lake Biwa and snow at northern part of catchment area of Lake Biwa

研究代表者

長谷川 直子（石黒 直子）（HASEGAWA NAOKO (ISHIGURO NAOKO)）

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・准教授

研究者番号：60433231

研究成果の概要（和文）：

本研究では、琵琶湖集水域北部に位置する姉川流域（特別豪雪地帯）の融雪水が湖内に流入したときに、深層密度流となるかどうかを検討した。そのため、湖内に自記式の水温計、流速計、電気伝導時計、溶存酸素濃度系などを冬季を通して設置し、連続観測を行った。その結果、数日間にわたって湖底付近で低水温、高濁度、低電気伝導度の水塊が見られた。この水塊の特性から、沿岸密度流や地下水湧出は考えにくく、河川期減水である可能性が高いと結論づけた。

研究成果の概要（英文）：

This study verifies whether snowmelt water from the Ane River serves as the density current in Lake Biwa by measuring the water temperature, water current, and other water elements such as conductivity, oxygen, and turbidity by using a mooring logging system at the embouchure of the river. We found that the water mass was characterized by a relatively low temperature, high oxygen content, and low conductivity near the bottom as compared to the surrounding water. This water mass appeared at face of embouchure for three days. With such characteristics, this water would be neither underground water (which has a lower oxygen concentration than lake water) nor coastal cooling water (whose conductivity should be the same as the surrounding lake water, and which should appear only in the morning and not last for several days). In conclusion, water at the bottom is possibly the density current originated from Ane River.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：地理学

科研費の分科・細目：

キーワード：密度流、溶存酸素、水温、融雪水、琵琶湖

1. 研究開始当初の背景

近年の冬季の気温上昇により琵琶湖内での冬の循環が弱まっており、特に琵琶湖深層の溶存酸素濃度の低下が指摘されている。また、融雪起源の河川水（本研究の対象としている河川は姉川）は湖水よりも水温が低いと考えられるため深層密度流となり琵琶湖深層に酸素を供給するプロセスとなると考えられる。それに対して、姉川流域に建設予定の丹生ダム報告書（近畿地方整備局）によると、姉川の河川水は湖水温より低くならないため深層密度流として寄与しないと結論づけている。ただしこれに関しては河川水と湖水（一般）の水温の比較および流量変動から結論づけているものであって、湖内で観測を行って密度流が実際に発生していないことを確かめた訳ではない。

2. 研究の目的

そこで本研究においては、姉川の融雪河川水が琵琶湖内で深層密度流となっているのか、つまり深層へ酸素を供給するプロセスとなり得ているのかを、観測データに基づいて明らかにしたい。

3. 研究の方法

本研究では、冬季を通して湖内の多地点で係留観測を行うことにより（下図1参照）、間欠的に発生すると考えられる密度流がどれくらいの期間、どれくらいの頻度で発生しているかを連続的に捉えようとした。具体的には自記式の水温計、流向流速計、電気伝導時計、溶存酸素計を複数深度に係留するとともに単発的に多項目水質系を用いて表層から深層までの各種理化学成分鉛直プロファイルを取った（図2参照）。これらの取りためたデータを精査し、密度流が発生していると思われるデータを抽出し、そのときの河川水の状況と湖内での密度流の挙動を詳細に検討した。

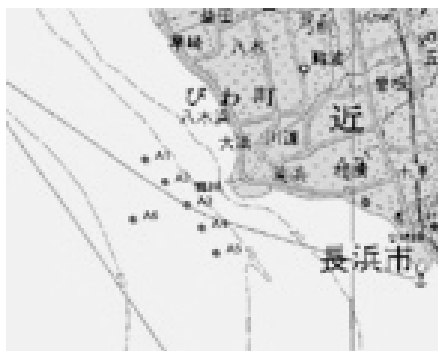


図1：係留観測地点

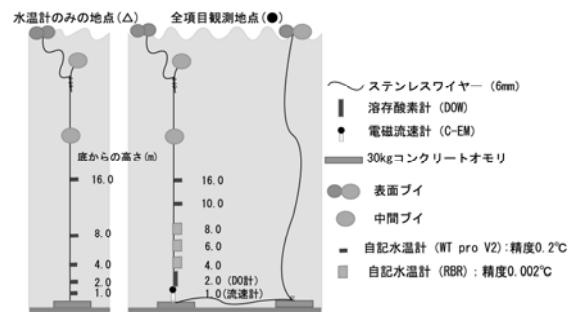


図2：係留方法

4. 研究成果

1、2月に河川水温は湖水温よりも低くなっており、間欠的ではあるが、複数日にわたって深層密度流が発生していることが確認できた。その中でも明らかに深層に低温の水塊が見られた2月中旬における河口正面地点での水温プロファイルを下記図3に示す。このとき、単発的にはあるがCTDによる鉛直多項目プロファイルを得ていたため、それについて精査した。その時の観測データを図4に示す。

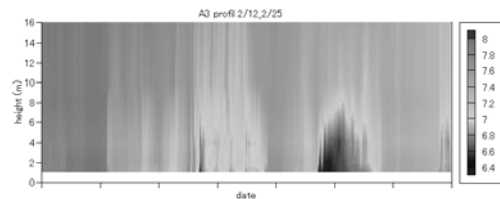


図3：A3における2月中旬の水温変化（°C）

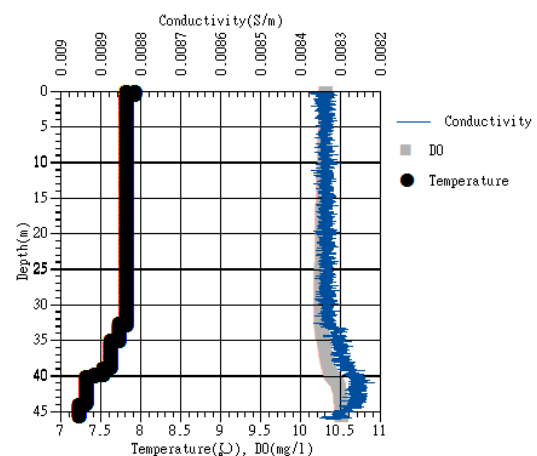


図4：EC, DO, 水温の鉛直プロファイル (2/15)

図4によると、ここで見られた深層密度流は周りの湖水と比べて電気伝導度が低く、溶存酸素濃度が高かったことが明らかとなった。

深層密度流の起源としては、河川水のみならず、沿岸密度流や地下水の流入も考えられる。沿岸密度流は明け方のみ発生するため、複数日連続することは考えにくく、また湖水が起源となるため、電気伝導度が周りの水塊より低くなることは考えられない。また、地下水の場合には還元状態になるため、溶存酸素濃度が高くなることは考えにくい。

また、図5は、河口からA3,A6方向へと河口から置方向への断面でのプロファイルを見たものである。ここで示したのはあるスナップショットであるが、このように深層へ沈み込んでいる状況が確認できた。また、このような沈み込みは、何度も見られた。

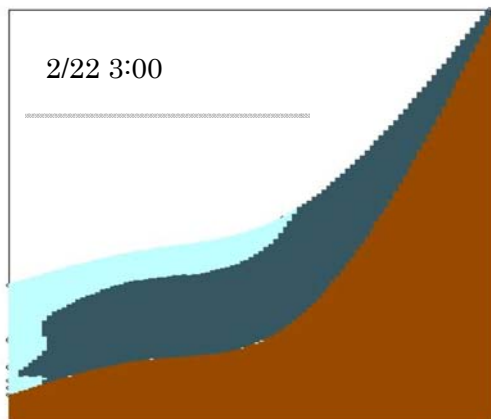


図5：河口から沖方向への水温断面(観測深度のみ寒色で色付けしている)

以上のことから、ここで観測された密度流は姉川起源のものであると考えられ、このことが本研究によって始めて確認できた。

今後の課題としては、以下のことがあげられる。今回の研究では、密度流の量的な評価ができなかった。それは、湖水から密度流にかけて、水温が段階的に変化しているため、どこで密度流の境界線を引くかを定めるのが非常に困難であったことによる。これは、水温の計測が基本的に1m間隔で行われており、断面図を描くときに観測点間のデータは内挿されるため現実の値を示していないこともあって、量的な評価をする際に数値が大きく異なるため、線引きをするのがためらわれた。これに関しては、本観測結果を見る限り、河川水はすべて深層に沈んでいると考えられるため(表層や中層において電気伝導度や溶存酸素濃度に変化している層がなかったため)、河川水量がすべて深層密度流とな

ったと仮定して、湖内流入直後の連行係数がどのくらいになっていたかを見積もることによって最終的な密度流量とする、あるいは河川水の溶存酸素濃度が飽和していると仮定して酸素の供給量のみを見積もる(推量自体は見積もらない)といった方法を考えている。これらの検討による密度流および湖底への酸素供給量の推定は今後の課題としたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

① Kitazawa, Kumagai, Hasegawa (2010) Effects of internal waves on dynamics of hypoxic waters in Lake Biwa. Journal of the Korean society of marine environmental engineering. Vol. 13, No. 1. pp. 30-42, February 2010. 査読あり

[学会発表](計6件)

- ① 長谷川直子, 大久保卓也, 熊谷道夫 (2012) 琵琶湖内での姉川起源密度流の挙動. 日本地理学会春季学術大会. 2012/3/28 首都大学東京.
- ② 大久保卓也・長谷川直子・岩木真穂 (2011) 琵琶湖北部流入河川(姉川)の融雪時の栄養塩供給量. 日本陸水学会 (2011/9/23) 島根大学
- ③ Iwaki, Hasegawa, *et. al.* (2010) Effect of snowfall on water temperature of small tributary of Ane River in northern catchment area of Lake Biwa during winter of 2009. AGU(American Geophysical Union) Fall meeting, San Francisco, 13-17 Dec. 2010
- ④ 長谷川直子・熊谷道夫(2010)「近年の気候変動による琵琶湖湖水への影響と将来課題」日本地理学会秋季学術大会 (2010/10/3) 名古屋大学
- ⑤ 岩木真穂・長谷川直子・大久保卓也 (2010)「びわ湖集水域北部における河川への降雪と河川水温の関係について」日本陸水学会 (9月17~20) 弘前大学

〔図書〕（計1件）

- ① 長谷川 直子（2012）「日本の事例、湖岸境界過程」 pp33-35, 87-98. 永田・熊谷・吉山編「温暖化の陸水学」京都大学学術出版会（分担）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 直子（石黒 直子）

(HASEGAWA NAOKO (ISHIGURO NAOKO))

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・准教授

研究者番号：60433231

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し