

II - 9

小川原湖に侵入する重力密度流の縦横断分布

○東北大学工学部 学生員 松本 潤也
 東北大学大学院 学生員 長島 伸介
 東北大学工学部 正 員 石川 忠晴
 八戸工業大学 正 員 西田 修三

1. はじめに

斜面に沿って下降または上昇する密度流の従来の研究は、小規模な室内実験を主な手段としており、一次元的または鉛直二次元的な現象の把握を主眼としていた。しかし、実際の現象は、多くの場合、室内実験に比べて規模が大きく、且つ大なり小なり三次元的であるから、従来の研究で設定している枠組みを逸脱した運動をする可能性がある。この点において現地観測による現象把握は重要な意味を持っている。本論文では、汽水湖である青森県小川原湖（図-1）において実施した密度流の現地観測の結果を取りまとめている。現地の値は、もちろん、現地固有の条件に支配されているので、この結果を持って普遍的な結論を導くことはできないが、新しい研究課題を提供する可能性もあり、発表するものである。

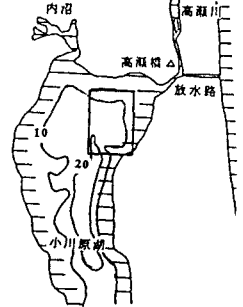


図-1 小川原湖観測域

観測は平成4年6月29日から7月2日までの4日間に行なった。密度流の主流線に沿って測線を設け、地点Aから地点Dまでの4測点を設定した。またその測線に直交させて、それぞれの測線端点に観測地点を設定した。各観測点には目印を置き、正確な地点間移動を行えるようにした。また、塩分水温計を搭載した舟が各観測点を順次まわり、塩分と水温の鉛直分布を計測した。なお、水温計を設置したのは、この期間の海水が底層湖水と若干の温度差を持つために、水温計でも塩水の流下状況を感じ取ることができるからである。

2. 流れのマクロな特性

図-2に、観測期間中の高瀬川河口水位と湖水位から推定される高瀬橋地点の流量⁽¹⁾、及び高瀬橋地点の塩素イオン濃度（建設省計測）を示す。4日とも深夜に逆流が生じたが、高瀬橋に到達するのに数時間を要し、湖内で底層密度流を形成するのは明け方となった。図-3は、B地点に設置した流速計（湖底から50cm）の記録である。これらから、密度流到達のおおよその時刻と、流向及び流速のオーダーが読み取れる。なお、流向は、A～D測線（つまり最急勾配線）とほぼ一致している。図-4は、同地点に設置した水温計の記録の一部である。いずれも突然水温が上昇するときに密度流フロントが通過している。そこで、この時刻からフロントの走時曲線を求めると図-5のようになった。一方、図中の三角形の斜辺の勾配はフロント通過後の流速を表している。したがって、フロント通過後の流速の約7割の移動速度を持っていることがわかる。これは海陸風フロントの特性⁽²⁾とほぼ同じである。

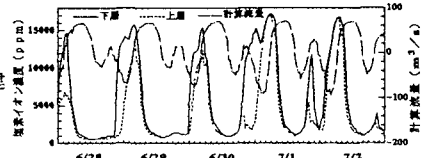


図-2 高瀬橋での諸データ

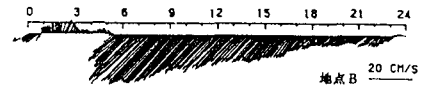


図-3 流速計の記録(7/1)



図-4 水温計の記録(7/1)

B地点における塩分の鉛直分布から $\epsilon g \delta$ （ ϵ ：相対密度差、 δ ：塩水厚）を求め、流速の鉛直分布から同厚さ内の平均流速を求め、両者の相関を取ると図-6のようになる。すなわち、密度流の強度が変化しても、両者の比はあまり変化しない。

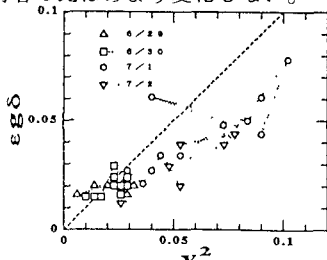


図-5 密度流フロントの走時曲線

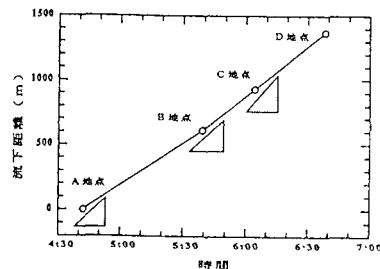


図-6 浮力と運動量フラックスの関係

3. 塩分分布特性

図-7に塩分鉛直分布の例を縦断的に示す。最大塩分は10‰程度、層厚は1～2mであった。図-7のC点のように、塩水層の厚さが時々増大する現象が見られた。この現象は、1地点で生じる場合もあるが、複数地点で同時に生じている場合もあった。ただし、同一地点での計測は約40分一度であったため、現象の時間的推移はとらえられていない。

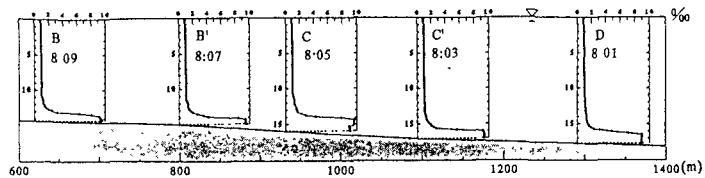


図-7 塩分鉛直分布の縦断図(7/1)

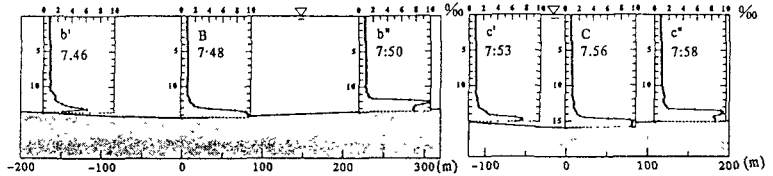


図-8 塩分鉛直分布の横断図(7/1)

図-8に塩分鉛直分布の例を横断的に示す。図にみられるように、みお筋の両端で、不安定な塩分分布が観測された。この不安定な分布は、主流部で層厚が増大する現象と前後して観察され、同じ原因によるものと考えられた。

4. 流速分布特性

図-9にB地点での流速分布と塩分分布の関係を示す。流速分布は、最大流速の方向に投影したものである。なお、一測点の計測は1分とし、その平均値を代表値としている。図-9は塩分の層厚が増大している場合だが、最大流速の位置は、塩分層厚が増大しても、通常の場合とほぼ同じである。このことから考えると、層厚が増大した場合の層の上部は、漂っているか、側方に流動しているものと思われる。このことは、図-8に示した不安定な塩分分布の存在とも符合する。

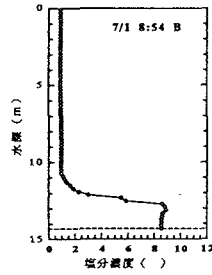


図-9 塩分分布と主流方向流速の関係

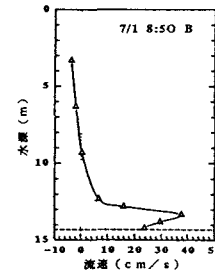


図-10 横断方向流速

図-10は、主流と直角方向の流速の鉛直分布である。このように、流れは時として大きくねじれていることがあり、塩分分布の特性と何らかの関係があると思われる。ただし、直角方向の流れのねじれが顕著な時刻と、塩分分布が変調する時刻の間には明確な関係が認められなかったので、確証はない。

5. おわりに

小川原湖で観測された塩水底層密度流の特徴を取りまとめた。3. 及び4. で述べた変動現象の細部や原因は、今のところ明らかではない。地形や流入条件などの現地固有の条件によるものかもしれない。あるいは、横断方向に水深（塩水層厚）が漸変するための横断方向の力学的不均衡によるものか、あるいはコリオリ力などによる横断方向の不均衡によるものかもしれない。今後観測を継続して検討する予定であるが、とりあえず流れの実態を報告した。

本研究に関して、高瀬橋でのデータを貸与して頂いた建設省東北地方建設局高瀬川総合開発工事事務所ならびに現地観測でお世話になった小川原湖漁業協同組合に謝意を表します。また現地観測ならびにデータ整理に関して御尽力賜った東北大学工学部土木工学科及び八戸工業大学土木工学科の諸氏に御礼申し上げます。

参考文献

- (1)石川・板井・小沢：小川原湖に侵入する塩分の計算モデルの検討、水工学論文集第35巻、1991
- (2)石川・田中・山崎・鈴木：海風フロントの構造と伝播特性に関する研究、土木学会論文集375