

上五島・有福日ノ島東部内湾における流動構造に関する調査研究

長崎大学工 学○大石祐樹 正 古本勝弘 正 多田彰秀

1. はじめに

日ノ島東部内湾は、若松島西部に深く切れ込んだ狭長な内湾(図-1)で、1975 年、有福島・漁生浦島・日ノ島が堤防道路で連結されたことからさらに閉鎖性の強い水域となり、近年では赤潮が頻繁に発生し、湾内における養殖業に多大な影響を与えている。このため、地元町は、海水交換促進策として堤防道路の一部を開削して「潮通し」を設置しつつある。本報告では、「潮通し」設置の効果を評価するために実施してきた周辺海域の調査のうち、日ノ島東部内湾の流動構造に注目して述べる。

2. 現地観測概要

2007 年7/31(中潮)に ADCP 曳航観測による流況調査を図-1 の A,B,C,D の4測線で、一潮汐間に2時間間隔で6回行い、満潮、干潮時に多項目水質計による水質調査を各測線の中央で行った。また、7/9～7/31 の期間に図-1 の a,b,c 地点の水深10mと20mに自記水温計を設置し、水温の時間的変化を10分間隔で記録するとともに、圧力式水位計を図-1の①、②地点に設置し湾内および湾外の潮位を2分間隔で記録した。ただし、自記水温計は、期間中に台風襲来があってc地点水深10mのもの以外は回収できなかった。

3. 観測結果

図-2 はADCPにより得られた上げ潮、満潮、下げ潮、干潮の各潮時における、湾口 A 断面内の流速ベクトル図である。湾への流入(南向き)を下向き、流出(北向き)を上向きで表している。図-2 から、A 断面には水深15～20mを境に上下層が流向を変える流れがあることが分かる。上層は湾から流出、下層は流入のパターンである。特に図-2(C)は下げ潮最強時にも拘らず、下層に明瞭な流入が認められる。他の観測時刻および他の断面の流れパターンにおいても水深15～20mで反転する上下層の逆転流は常時見られ、この縦循環の流れは湾内水の交換に寄与していると考えられる。また、潮汐による入退流れ以外に流れを複雑にする要因があることが分かる。

図-3 は、A 断面を入退する流量を ADCP のデータから求めたものと、湾内面積と潮位変動をもとに連続式から求め



図-1 観測地

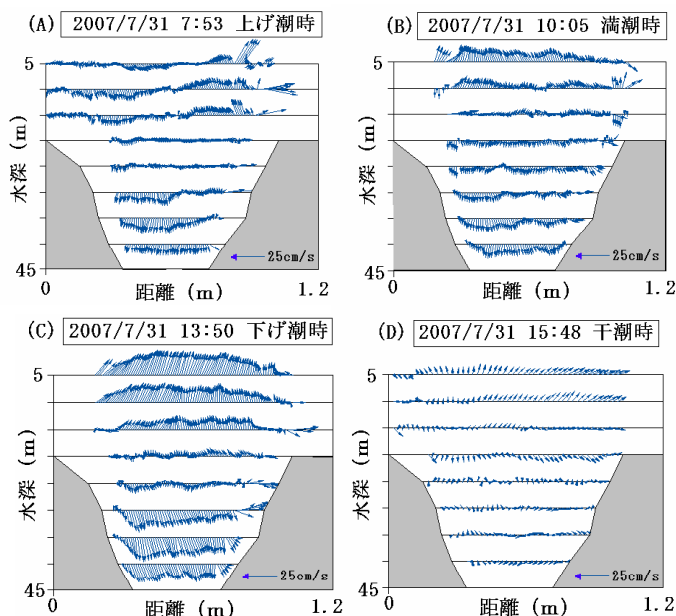


図-2 A断面における流速ベクトル図

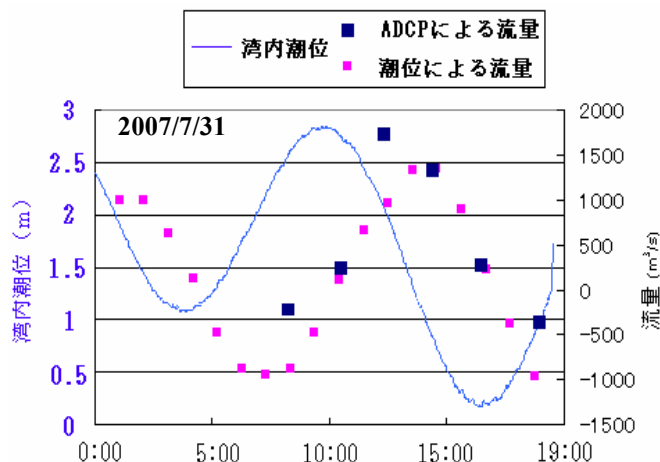


図-3 ADCPと潮位による流量の比較

たものを潮位変化とともに示したものである。ADCP による流量が連続式のものよりかなりずれる点があり、ADCP のデータが問題かデータ処理の問題か検討の余地がある。

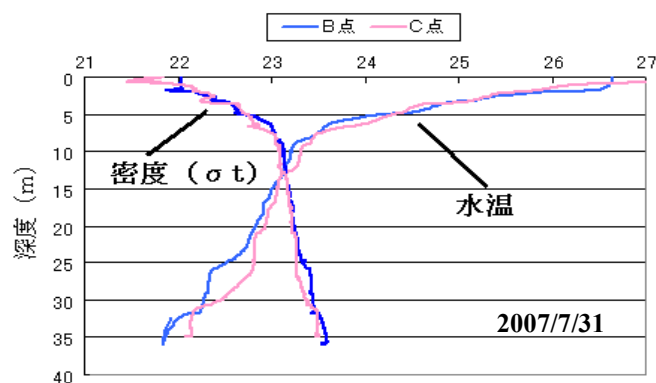


図-4 B、C点の水温・密度鉛直分布

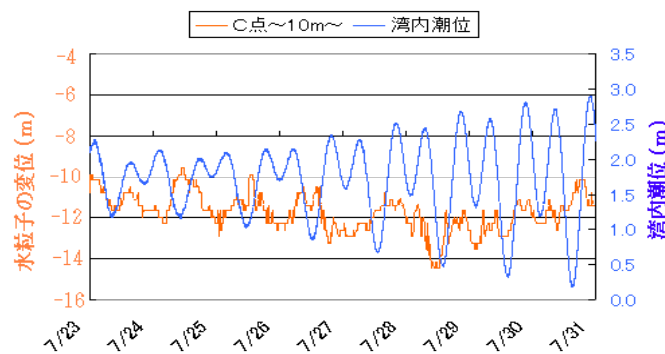


図-5 c点の水粒子鉛直変動

当該内湾における過去の調査でも上下層の逆転流が見られ、この要因として密度流が想定された。このため、流れの界面付近と考えられる水深 20mと 10mに自記水温計を水中フロートで海底から立ち上げたロープに取り付け、10分間隔で自記させた。設置と撤去のとき水質の鉛直分布を計測した。図-4 は 2007/7/31 満潮時、B、C 地点における水温および塩分・水温から換算式で求めた密度 (σ_t) の鉛直分布である。

図-5 は、c点で得られた水温時系列から求めた水粒子の鉛直変動と潮位変化を示したものである。水粒子の鉛直変動は水温の時間変化と水温鉛直分布を用い、拡散項を無視した水温(T)の移流方程式(1)から鉛直流速を導き出した。すなわち、図-4 の.b、c地点における水温鉛直分布から、 $\partial T / \partial x$ は微小と判断されるため、(1)式の第 2 項は無視し(2)式により鉛直流速を求め、時間積分して鉛直移動距離を求めた。

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + w \frac{\partial T}{\partial z} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$w = - \frac{\partial T / \partial t}{\partial T / \partial z} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、T: 水温、t: 時間、u, w: x, z 方向流速、x: 湾に添う水平軸、z: 鉛直上向軸とする。

潮位と水粒子の変動は相関する部分もあるが、潮汐周期よりかなり長周期の変動が見られるため、水粒子の変動には、潮汐以外にも原因があることが分かる。観測時期が成層期であり、内部セイシュの存在が考えられ、二成層状態と見做して、その周期を概算した。内部セイシュの周期は湾内に 1/4 波が存在する場合、(3)式により与えられる。

$$T = \frac{4L}{C}, \quad C = \sqrt{\frac{\Delta \rho}{\rho} g \frac{h_1 h_2}{h_1 + h_2}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、T: 周期、L: 湾の長さ(6km)、 h_1, h_2 : 上層、下層の厚さ(20m, 15m)、 ρ : 水の密度(1.023)、 $\Delta \rho$: 上下層の平均密度差(6.75×10^{-4})である。

() の数値を与えて(3)式より計算した結果、当該内湾の内部セイシュの周期は約 28 時間となった。

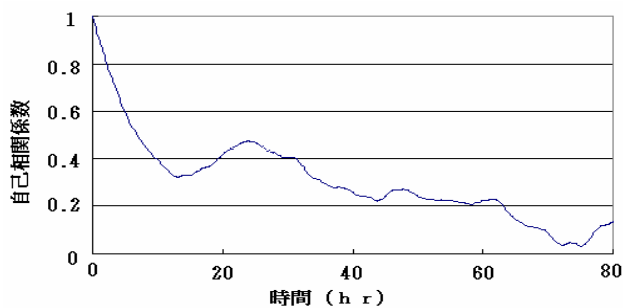


図-6 水粒子鉛直変動の自己相関係数

図-6 は、図-5 における水粒子鉛直変動の周期性を見るために自己相関係数を計算したものである。これによると24時間の周期性を認める。(3)式の計算結果は、内部セイシュの周期は約 28 時間であったが、(3)式が等深矩形湾の2層流の固有周期を表しており、現地の条件はこれとかなり異なることを考えると、それなりに近い値であり、内部セイシュに類する現象があったと推測される。図-5 の水粒子変位において、2007/7/31 の ADCP 曳航調査を実施した時間帯で、界面の上昇、すなわち、上層が湾から流出、下層が流入の流れとなっていることを示しており、ADCP で得られた流れパターンを内部セイシュが存在したことで説明できる。

4. まとめ

今回の調査から、当該内湾の流動特性の一つとして内部セイシュが挙げられることが分かった。しかし、非成層期においても複雑な逆転流の存在は観測されており、その成因については更なる調査が必要である。