

五島・日ノ島漁港の海域調査と潮通し設置による環境改善

長崎大学院 学 ○古賀恵美子 猶木昌史 大田 元
正 古本勝弘 多田彰秀

1. はじめに

長崎県五島列島の中ほどにある漁生浦島・有福島・日ノ島は2つの堤防道路で連結され、閉鎖性が増した日ノ島漁港ではここ数年赤潮が発生し養殖魚の斃死も起きており、その対策が迫られている。その対策の1つに、南西堤防の一部を切り欠いて潮通しを設け海水交換を促進し、港内環境を改善しようとする計画がある。本報告は、現地海域調査の結果とこれに基づいて環境改善に必要な潮通し水路の規模と海水交換量の見積りについて述べるものである。

2. 観測概要

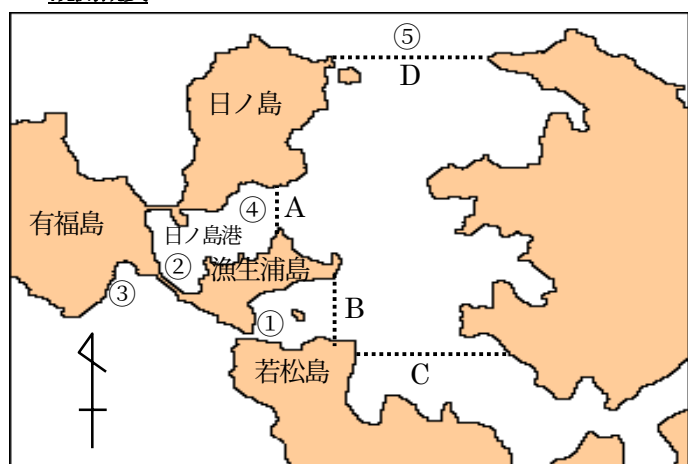


図-1 調査地点

日ノ島漁港の潮位、潮流現象を調べるために、次の観測を行った。I.ADCP 曳航観測による流況調査およびクロロテックによる水質鉛直分布調査(2003.8.25):図-1に示す測線A~Dを1.5時間間隔で8回観測。水質調査は各側線中央で水温、DO、クロロフィルaなどの鉛直分布を測った。II.①(漁生浦瀬戸)における流量調査(2003.8.25):1時間毎に橋上から流速計を垂下し断面流速分布を計測。III. 測点②,③における自記水位計による潮位観測(2003.8/24-9/8)。IV.測点①(底から0.5m),④(底から30m),⑤(底から40m)における設置型流向流速計による自記計測(2003.8/25-9/8)。

3. 調査結果と考察

8/25から9/8までの港外③・港内②の潮位記録により、計測期間の平均潮位は港外で1.801m、港内で1.833mであり、港内平均潮位が南西側港外水域のそれより3.17cm高いキーワード 潮汐、潮流、海域調査、ADCP、環境改善

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1番14号 長崎大学工学部社会開発工学科 Tel 095-819-2620

ことが分かった。現地調査日の港内・港外潮位差の時間変化(図-2)に注目すると、潮位差が正(港内潮位が高い)の時間が長く、下げ潮最強時には港内潮位が港外潮位より約15cm高いことが分かる。また、上げ潮時には港外潮位が港内潮位より高くなるが、最強時でも5cmほど高くなる程度である。このような特性から南西堤防に潮通しを設けた場合、日ノ島港からその南西側水域に港内水を効率的に排出できることが分かった。

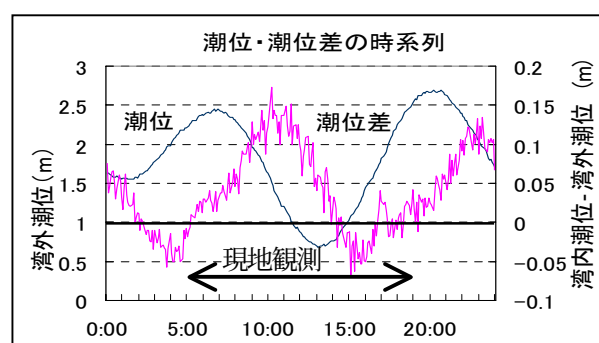


図-2 港外潮位と潮位差の時間変化

図-3は、ADCPにより観測された断面内流速分布のデータから求めたA断面の鉛直方向の流量配分図(鉛直方向1m毎の流量)である。これによると上下層で流れが逆転していることがよく分かる。この時期、当該水域は水温成層しており、内部潮汐といった密度流が潮汐流に加わって複雑な流れになっている。対象湾への入潮・退潮は表層部の流れに一致するので、潮通しを設ける場合、表層水が潮汐に伴い流出入することになる。

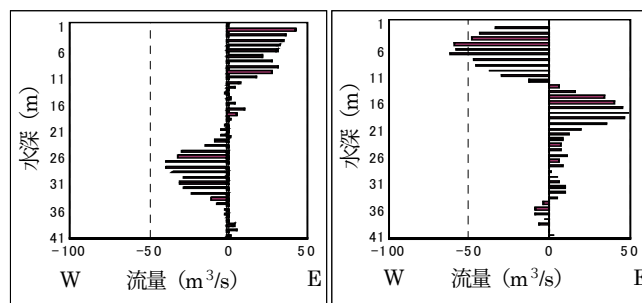


図-3 流量配分図(A断面)

(左;下げ潮時(8:30)、右;上げ潮時(16:00))

4. 南西堤防に潮通しを設ける場合の流量

南西堤防の一部を切り欠いて長方形断面の水路とする場

合の流量を定常流と仮定して試算する。概略の流れの様子を図-4に示す。水位の高い側の流速と水深を V_1 , h_1 、また、低い側を V_2 , h_2 、水路中の平均流速と水深を V , h 、水位差を Δh 、とする。エネルギー式は(1)式となる。ここで、 ζ_e , ζ_o : 入口損失係数および出口損失係数、 n : Manning の粗度係数、 L : 潮通し水路長、 g : 重力加速度、 R : 径深とする。

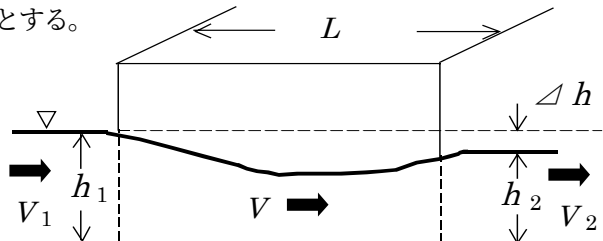


図-4 流れの概略図

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + \Delta h = \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + (\zeta_e + \zeta_o + \frac{2gn^2L}{R^{4/3}}) \frac{V^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$V_1 = V_2 = 0$ 、 $V = Q / Bh$ より、上式は

$$Q = Bh \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{(\zeta_e + \zeta_o + \frac{2gn^2L}{R^{4/3}})}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

となる。 $\zeta_e = 0.5$ 、 $\zeta_o = 1.0$ 、 $n = 0.02$ 、 $L = 10\text{m}$ 、水路床高 $GL = -2\text{m}$ と仮定して、調査期間（8/25～9/8）に得られた港内・外の潮位差（ $h_1 - h_2$ ）を用いて、水路幅を $B = 10\text{m}$ 、 15m 、 20m とした場合に港内から排出される正味の水量の計算結果を図-5に示す。

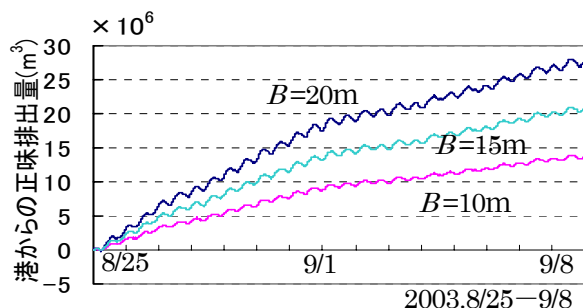


図-5 潮通し水路による港からの正味排水量

入退潮により変動あるものの、潮通し水路を挟んで港内潮位が港外より高いという特性を反映して、港内水が外部に排出されることになる。排出量は、水路幅 B に対してほぼ比例して増加する。

ここで、赤潮の抑制のため、海水交換率を向上させ港内滞留時間を植物プランクトンの増殖に要する時間より短くすることを目安とした水路幅を考える。植物プランクトンの比増殖速度 μ 、細胞倍化時間 t は、Monod 式より、

$$\mu = \mu_{\max} \frac{C}{K_c + C} \quad , \quad t = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0.693}{\mu}$$

最大比増殖速度 $\mu_{\max} = 1.0$ (1/日)、リンに対する半飽和定数 $K_c = 3.5 \mu\text{g/l}$ とし、現場のリン濃度 $C = 4.0 \mu\text{g/l}$ を用いると、 $\mu = 0.53$ (1/日) となり、細胞倍化時間は $t = 1.31$ 日となる。夏季には港内は成層しているため、港外に排出される水は表層水に限られると考え、水深 5m までの港内水と仮定し、側線 A より内側のその部分の水量は約 $2.9 \times 10^6 \text{m}^3$ である。この水量を潮通し水路から排出するに要する時間は、図-5 から水路幅 $B = 20\text{m}$ では約 1.16 日、 $B = 15\text{m}$ では約 1.54 日である。したがって、細胞倍化時間内に 5m までの表層水を港外に流去させるためには $B = 18\text{m}$ 必要である。しかし、赤潮被害を抑制するためには、必ずしも細胞倍化時間 ($t = 1.31$ 日) 内に対象水を港内から排出できなくても、赤潮を港内から流去させる流れを与えることで可能と考えられるため、簡易的に $B = 15\text{m}$ とした潮通し水路を設けた場合の海水交換量を求める。大潮時、干・満潮位差 $\Delta H = 2.8\text{m}$ とすると、潮通しのない現状で、干・満潮間の港口(A断面)における交流量は $\Delta V = \text{水表面積} (7.1 \times 10^5 \text{m}^2) \times \Delta H = 2.0 \times 10^6 \text{m}^3$ であるが、港口における実質の交換量は、その 1/10 程度とすると、 $2.0 \times 10^5 \text{m}^3$ となる。

図-5 から、 $B = 15\text{m}$ の潮通し水路がある場合、一潮汐当たり $0.95 \times 10^6 \text{m}^3$ の正味海水交換量（潮通しからの流出量）が増加する。港口においては、先に示した一潮汐間の交流量 ΔV のうち、潮通し水路からの流出量 $0.95 \times 10^6 \text{m}^3$ を差し引いた量が交流することになるので、一潮汐間の港口海水交換量は $1.05 \times 10^5 \text{m}^3$ となる。

したがって、潮通し水路流出量 $0.95 \times 10^6 \text{m}^3$ と港口海水交換量 $1.05 \times 10^5 \text{m}^3$ を加えた量が、一潮汐間における日ノ島港の海水交換量 $10.55 \times 10^5 \text{m}^3$ となる。この量は、潮通しを設けない場合の 5.28 倍の海水交換量である。

港の総水量 V に対する一潮汐間の海水交換量の比は $10.55/120$ (8.8%) となり、港の総水量が外海水と入れ替わるには 11.4 潮汐を要することとなるが、内外水の入れ替わりに要する時間は、潮通しを設けない場合よりも大幅に短縮できる。

5. むすび

日ノ島漁港とその周辺海域の流動特性を調査した。また、その結果を用いて以下のようなことが分かった。

- 1) 日ノ島漁港内の潮位が港外のそれよりも高い時間が長く、その高まり量は低まり量の 2 倍近くある。南西堤防に潮通しを設ければ効果的に港内の海水を排出でき海水交換率の向上が期待できる。
- 2) 当該水域には潮汐流だけではなく、成層流れ場でよくみられる内部潮汐と呼ばれる現象がある。