

愛媛県北灘湾における上げ潮時の流速場（予報）

Current Pattern during Flood Tide in The Kitanada Bay, Southwest Japan

関口智寛¹・天野敦子²・井内美郎¹

Tomohiro Sekiguchi, Atsuko Amano and Yoshio Inouchi

Abstract

In the Kitanada Bay, current patterns during flood tide were observed using an Acoustic Doppler Current Profiler on 12 August and 22 December 2003. The results showed complex current patterns: current from bay mouth into head of bay and current in the opposite direction were observed at the same time. On 12 August, the flood current was observed in the lower layer; whereas the reverse current was in the upper layer. On the other hand, on 22 December, the flood current was in the upper layer, and the current in the reverse direction in the lower layer. The differences between directions of the surface- and the bottom-currents seem to depend on the relative density of seawater of the Kitanada Bay to that of the Uwa Sea.

はじめに

四国西部に位置する北灘湾（第1図）においては、近年、赤潮の発生が問題になっており、同海域の環境に対する関心が寄せられている。天野ほか（2003）は、底質試料を分析することで、北灘湾の底質をとりまく現在の環境と過去約100年間の変遷史、およびそれらのメカニズムについて検討している。そのなかで、底質表層の堆積物粒径が西部の湾口域（4.0~5.0 Md ϕ ）から北東部（>7.0 Md ϕ ）へと細粒化していることから、湾口から湾奥へと向かう流れが底質環境に強く影響を及ぼし、流れの減衰により湾奥域で最も停滞的な環境となっているものと推測している。また、コア試料の粒度に鉛直変化

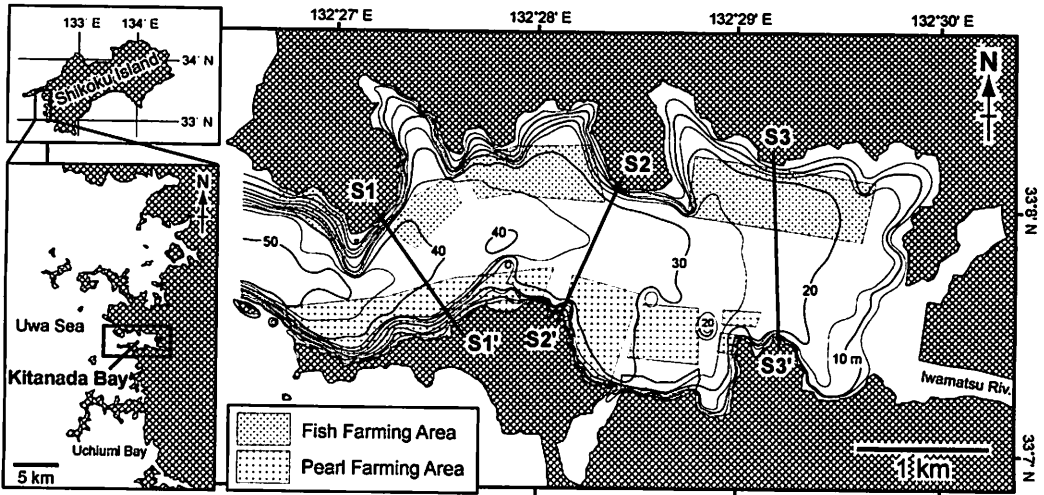
がみられることから北灘湾の水理環境はここ数十年で変化したと考えており、その原因を、養殖筏の存在により流れの抵抗が大きくなったためとしている。

底質の粒度変化から過去の水理環境の変動を推測するためには、北灘湾の水理環境の現状、特に底質分布にどのような流れが影響を及ぼし得るかを把握し、それらの流れの変動と粒度変化との関係について検討することが必要であろう。本研究においては北灘湾の水理環境を明らかにする第一歩として、超音波ドップラー流速プロファイラー（Acoustic Doppler Current Profiler）を用いて上げ潮時の流速を実測した。

調査海域

北灘湾は東西方向に伸張する湾であり、西に開く

1 愛媛大学沿岸環境科学研究センター
2 愛媛大学大学院理工学研究科



第1図 調査海域図

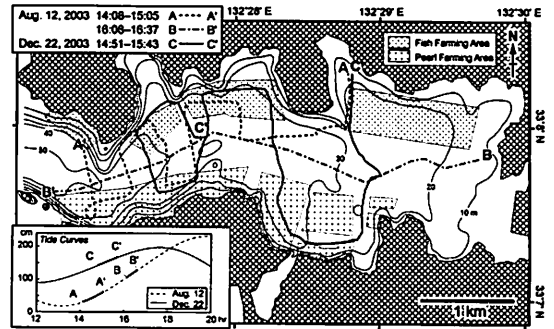
湾口で宇和海に通じ、南東端には二級河川の岩松川が流入する（第1図）。本研究においては、第1図に示すS1—S1'、S2—S2'、S3—S3'を境界として、西から湾口部、湾中部、湾奥部、湾最奥部と呼ぶことにする。

北灘湾の海岸線は南北への湾入を繰り返し、複雑な形状を示す。特に、湾中部北側の湾入、湾奥部の北側および南側の湾入が顕著である。東西方向の地形断面は、海岸から水深10 mまで急傾斜を示し、そこから湾口部（最大水深54 m）までは緩やかな傾斜を示す。南北の地形断面は、海岸付近で急傾斜な他はほぼ平坦な鍋底状の形状を示し、この傾向は湾奥部から湾最奥部で顕著である。

湾の北部では魚類養殖、南部では真珠養殖が行われており、多くの養殖筏が設置されている。

観測内容

北灘湾における上げ潮時の流向・流速測定を2003年8月12日14時から17時、および12月22日14時から16時に、それぞれ第2図に示す測線に沿って行った。調査では、調査船にRD Instrument社製超音波ドッ



第2図 調査測線および調査日の潮汐曲線

ラー流速プロファイラー Workhorse-600kHzを搭載し、水深3 m以深の流速を水深1 m毎に10秒間隔で測定した。調査時の船速は約5 knotとした。

北灘湾における、8月12日の天文潮位に基づく干潮・満潮時刻はそれぞれ13時21分および20時9分であり、潮位差は2.2 mである。また、12月22日の干潮・満潮時刻は12時7分および17時38分であり、潮位差は1.1 mである。

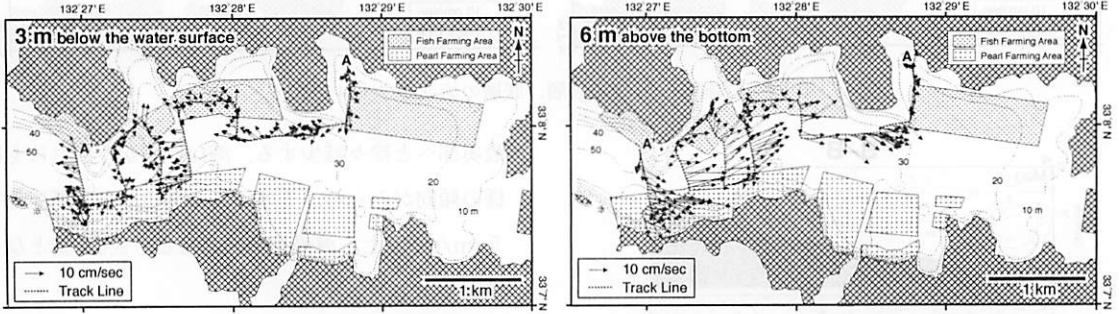
北灘湾中央部水深5 mにおいて、水温の連続モニタリングが愛媛大学沿岸環境科学研究センターにより行われており、本研究においてもデータの一部を参照した。

結 果

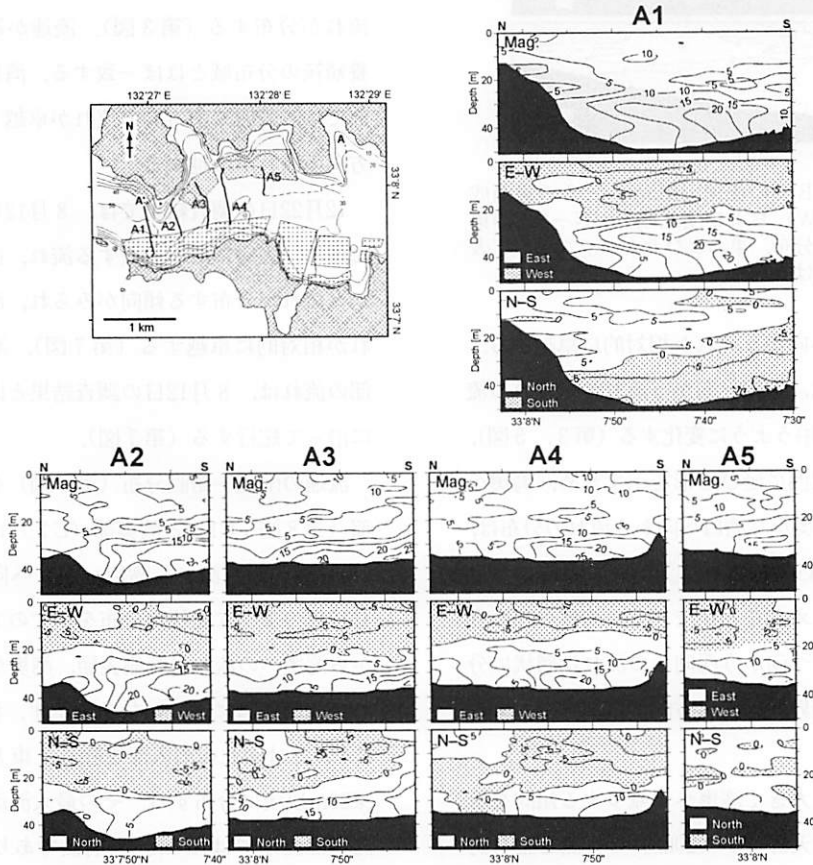
今回の調査では、北灘湾においては上げ潮時に湾外の水が一樣に流入するのではなく、湾内への流入と湾外への流出が同時に起こっている様子が観測さ

れた (第3図~第8図)。以下、8月12日の調査結果、12月22日の調査結果の順に述べる。

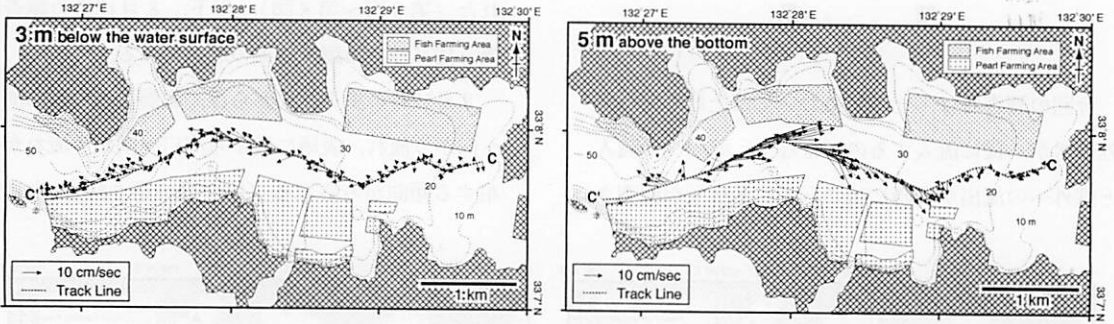
8月12日の調査結果からは、底層に湾口から湾奥へ向かう流れ、表層に奥から湾口へ向かう流れが分布する傾向がみられる (第3図~第6図)。上げ潮



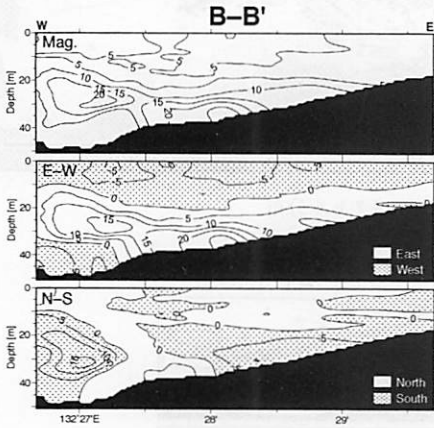
第3図 測線A-A'での表層、底層の流速ベクトル分布



第4図 測線A-A'での流速 (Mag.) とその東西成分 (E-W) および南北成分 (N-S) の南北-鉛直分布。東および北をプラスとして表す。単位はcm/sec。



第5図 測線B-B'での表層、底層の流速ベクトル分布



第6図 測線B-B'での流速(Mag.)とその東西成分(E-W)および南北成分(N-S)の東西一鉛直分布。東および北をプラスとして表す。単位はcm/sec.

時であり、湾奥へ向かう流れが相対的に卓越する。湾奥へ向かう流れ、湾口へ向かう流れのいずれの流向も、湾の形状に沿うように変化する(第3, 5図)。

北灘湾はほぼ東西に延びる形を示すため、湾奥へ向かう流れと、湾奥から湾口へ向かう流れの分布は、流れの東西成分(第4, 6図; E-W)のみに着目すると明確にとらえることができる。湾奥へ向かう東向き流れと湾口へ向かう西向きの流れは層状に分布し、それらの境界面は南北方向にほぼ水平である(第4図)。

流速は湾口ほど大きく湾奥へと減少する傾向を示し(第5, 6図)、天野ほか(2003)の推測と整合的である。湾奥へ向かう流れの速さは、湾口部から湾中央部では最大20 cm/sec以上であり、湾中央部から湾

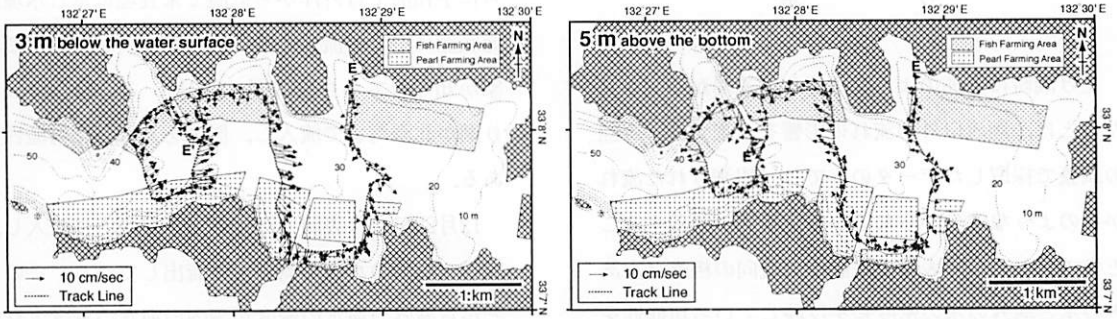
最奥部へと徐々に減少する。湾口へ向かう流れにも同様の傾向がみられ、その速さは湾口部から湾奥部で5 cm/sec以上、湾最奥部では5 cm/sec未満となる傾向を示す。

湾中央部および湾奥部の北側にみられる湾入部では、流速が小さく(10 cm/sec未満)複雑な流向を示す流れが分布する(第3図)。流速が遅い海域は魚類養殖筏の分布域とほぼ一致する。湾奥部北側の湾入部では、表層で南方向の流れが卓越し、底層では北方向の流れが卓越する。

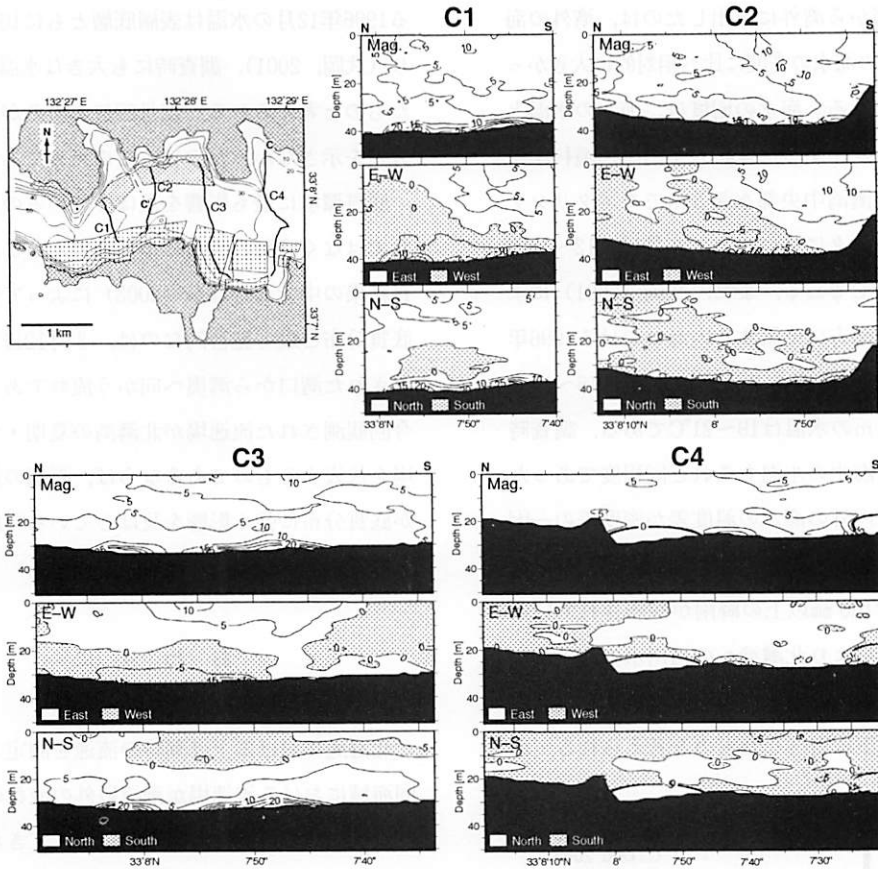
12月22日の調査結果では、8月12日の調査結果とは逆に、表層に湾へ流入する流れ、底層に湾外へ向かう流れが分布する傾向がみられ、湾奥へ向かう流れが相対的に卓越する(第7図)。湾口部から湾中央部の流れは、8月12日の調査結果と同様に湾の形状に沿って蛇行する(第7図)。

流速の南北一鉛直分布(第8図)をみると、湾口部(第8図; C1)と湾奥部(C2)において、湾奥(東)へ向かう流れ、湾口(西)へ向かう流れは8月12日のような層状の分布を示すのではなく、湾口から湾奥への流れは南側表層、湾奥から湾口への流れは北側底層に偏った分布を示す。湾奥部(C3, C4)では南北の湾入部を除き、東方向の流れは水深20m以浅に分布する。その最大流速は湾口部から湾奥部西端では10 cm/sec前後であり、湾奥部東端では、5 cm/sec前後まで減少する(第7, 8図)。

湾中央部北側の湾入部では、流速が小さく、複雑な



第7図 測線C—C'の表層，底層での流速ベクトル分布



第8図 測線C—C'での流速 (Mag.) とその東西成分 (E—W) および南北成分 (N—S) の南北—鉛直分布。東および北をプラスとして表す。単位はcm/sec.

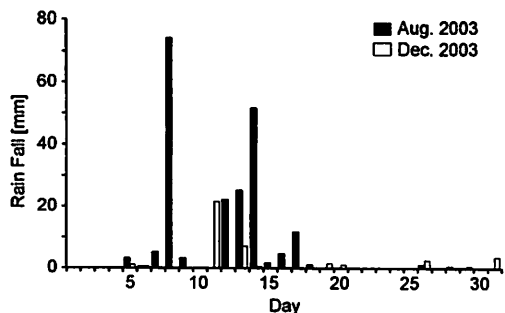
流向を示す傾向がみられる（第7図）。湾奥部の南側の湾入部においては、表層では南東から南—南西へと流向を変える流れが分布するのにに対し、底層では北への流れがみられる。また、北側の湾入部で

は、表層、底層ともに湾入部から流出する方向の流れが観測されている。

考 察

上げ潮時に上述のような複雑な流速場が観測されたことは、潮流以外の流れの影響を示唆する。今回の調査で採取したデータのみでは、観測された流れがどのような成分からなるかを定量的に議論することはできないが、表層と底層での流向の相違は、湾内の水と湾外の水の密度差を反映している可能性を指摘しておく。

8月12日に湾外の海水が底面に沿って流入し、湾内の海水が表層から湾外に流出したのは、湾外の海水の密度が湾内の海水の密度に比べ相対的に大きかったためと考えられる。海水の密度は、海水の水温と塩濃度によって変化する。愛媛大学沿岸環境科学研究センターが北灘湾中央部水深5mでモニタリングしている水温データに基づく、8月12日12~16時の表層水温は25℃である。また、武岡(2001)によると、北灘湾の南方に位置する内海における1996年8月の水深68m(海底上2m)の水温は16~19℃であり、水深5mの水温は19~21℃である。調査時における湾外の海水の水温もこれと同程度であったと考えると、湾内外の海水の温度差が密度差の要因であると考えられる。また、8月7日から12日には、北灘湾周辺で計100mm以上の降雨が報告されている(第9図)。これにより北灘湾への河川水の流入量が増加することで湾内の海水の塩濃度が低下し、湾内の海水の密度低下に寄与したものと考えられる。さ



第9図 北灘湾周辺地域の降水量

らに宇和海では外洋から低温で栄養塩に富む水塊が海底面に沿って流入する“底入り潮”と呼ばれる現象が知られており(武岡, 2001), この時期に底入り潮が北灘湾まで流入し、影響を及ぼした可能性もある。

12月22日には表層で湾外の海水が湾内に流入し、底層で湾内の水塊が湾外へと流出している。このことから湾外の海水の密度が湾内の海水の密度より小さかったと推測される。ただし、12月22日16時の北灘湾表層の水温は17℃であるのに対し、内海における1996年12月の水温は表層底層ともに16~19℃であり(武岡, 2001), 調査時にも大きな水温差はなかったものと考えられる。12月22日の流れが顕著な層状分布を示さなかったのは、このためであろう。

底質環境に最も影響を及ぼしているのは表層の流れではなく底層の流れであると考え、今回の調査結果の中で天野ほか(2003)によって報告された底質分布と最も整合的なのは、8月12日に底層で観測された湾口から湾奥へ向かう流れである。もしも今回観測された流速場が北灘湾の夏期・冬期の流速場を代表するものであるならば、夏期の流れの変動が底質分布に強く影響を及ぼしている可能性も考えられる。

お わ り に

北灘湾における上げ潮時の流速を測定した結果、同海域における流速場が潮流以外の流れの影響を強く受けている可能性が明らかになってきた。特に、湾内外の海水の密度差が寄与しているものと推測される。今後は、潮流成分を分離することができる形での流速測定を行い、海水の温度・塩濃度データを比較することで、北灘湾の水理環境に影響を及ぼす流れ成分を特定していくことが求められる。その結果を基に、それぞれの流れに対する地形の影響を考慮に入れた上で、底質分布と流れの関係を明らかに

することができれば、底質の粒度変化が示す意味を紐解くことができるだろう。

謝 辞

（独）産業技術総合研究所の高杉由夫博士には、超音波ドップラー流速計による流速測定についてご教授いただいた。また、本稿について有益なご指摘をいただいた。愛媛大学沿岸環境科学研究センターの速水祐一博士には宇和海や北灘湾の水理環境について御教示いただいた。ここに記して深く感謝の意を表します。

文 献

- 天野敦子・星加章・井内美郎，2003，愛媛県北灘湾における海底堆積物からみた過去約100年間の環境変遷。日本地質学会第110年学術大会講演要旨集，305。
- 武岡英隆，2001，栄養塩供給機構調査。宇和海漁場環境調査検討会編「宇和海漁場環境調査検討報告書」，53-88。