

熱赤外線映像装置を用いた長崎県・大村湾口 における渦観測と潮流観測

Surveys of Whirlpools and Current using thermal infrared system
in the entrance of the Omura Bay, Nagasaki prefecture

後藤恵之輔・湯藤義文・平原秀樹・松尾純一・板坂修二・中沼達也

Keinosuke.GOTOH, Yoshifumi YUTOH, Hideki HIRAHARA, Junichi MATUO,
Syuji ITASAKA and Tatuya NAKANUMA

The Omura Bay was situated in the middle of Nagasaki prefecture, Japan, and it is well known that the Bay is double closed. The large whirlpools was produced around Hario Seto area located at an enterence the Omura Bay, and so delicate care is necessary to navigate.

In addition this bay, as the pollution continnes to grow, a purification system of this Bay have to plan urgently. In one way of an approach to research the pollution problem of Omura Bay, a measurement of feature for sea water change at Hario Seto is considered.

Using the thermal infrared system, whirlpools movement and the in and out flow of sea water (the current) at Hario Seto was surveyed and recorded.

In this research , the moving feature of whirlpools around Hario Seto area was become clear.

Keyword: Omura Bay, thermal infrared system, whirlpools, current

1. はじめに

大村湾は、長崎県の中央に位置する二重閉鎖性内湾である。外海に通じる湾口は、極めて細長い早岐瀬戸と、西海橋下の針尾瀬戸の2箇所しかなく、しかも外海へは、針尾瀬戸と佐世保湾に阻まれている。その針尾瀬戸では、日本の三大急潮の一つと言われるほど、大きな渦が生じている。針尾瀬戸は、大村湾の海上交通の航路にあたり、この箇所を航行するとき、渦が航行に支障をきたすため、大変な注意を必要とする。

また、大村湾内の海水は、一度汚染が進むと容易に元には戻らない。そして、このまま大村湾の汚染が進行すれば、第2の霞ヶ浦、第2の琵琶湖にもなりかねない。大村湾の水質汚染の問題は、かなり以前から問題にされており、湾周辺市町村の下水処理施設の整備等は、近年解決されつつある。しかし、一度汚染された海水を、汚染されていない時の状態に戻すためには、汚染されている現在の水質自体の浄化を、推し進める必要がある。水質浄化するための第一義的要因として、針尾瀬戸における大村湾の内湾水と外海水との海水交換が考えられる。

そこで、本研究では熱赤外線映像装置を用いて、大村湾口である針尾瀬戸における海水の流入出を現地にて記録し、渦と潮流の観測を行うものである。この熱赤外線映像装置を用いることによって、海水表面に生じた温度差から海水の動きが分かるものと思われる。

2. 大村湾の現状^{1), 2), 3)}

大村湾は、長崎県の中央部に位置する袋状海湾である。南北26km、東西11km、周囲280km、面積約320平方kmであり、支湾として大串、小串、津水、長与、時津、村松、形上の各湾がある。また、西海岸を中心に、数十の島が散在している。図-1に大村湾と針尾瀬戸の位置を示す。

水深は中央付近で約18m、西部で約20m、針尾瀬戸南部で25~35mと東に浅く、北西に深い。

海岸線は、結晶片岩の岩肌をみせる西彼杵半島側の複雑な西側海岸と、安山岩類を基盤として形成された比較

* 正会員 長崎大学工学部社会開発工学科 (〒852 長崎市文教町1-14)

** ㈱ 鴻池組

*** 長崎県庁

**** ㈱ 神栄工業

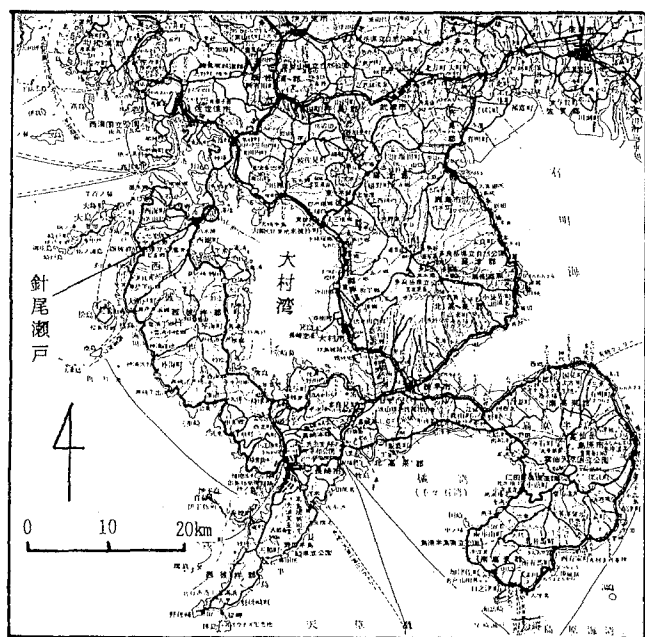


図-1 長崎県における大村湾⁴⁾

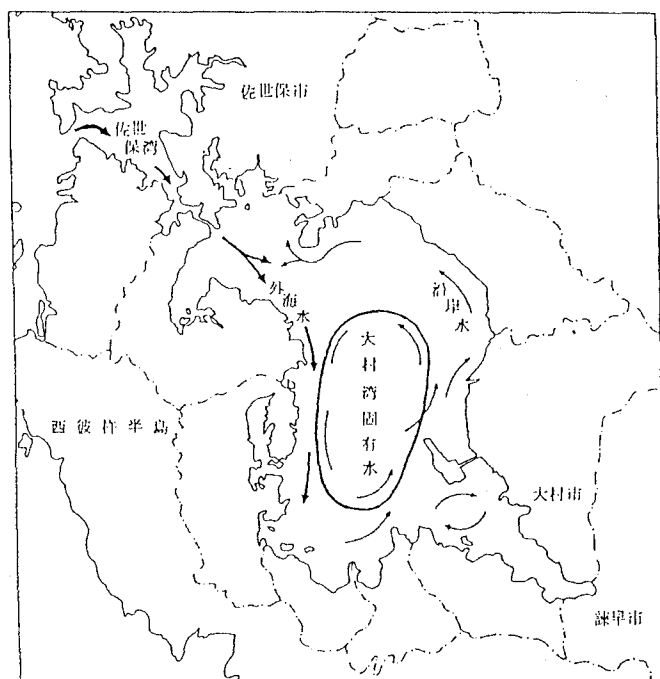


図-2 大村湾の潮流⁵⁾

奥の方の海水が交換されにくい、周辺からの都市排水が浄化されずに次第に積もっていったものである。また、大村湾による栄養塩類の過剰が原因とされる。したがって、湾に流れている河川の水質悪化が、大村湾の水質の悪化に結び付いている。

3. 観測概要

3.1 観測データ

西海橋下の針尾瀬戸の流れは、大小様々な渦が生じたり消えたりしながら、全体として一つの流れになっている。本観測は、この針尾瀬戸において、3回行った。観測地点を図-3に示す。

第1回の観測では、熱赤外線映像装置のカメラヘッドを、針尾瀬戸の西海橋直下の渦に向けて、渦とそのまわりの海面の温度差によって、熱赤外線映像装置が適用できるかどうかを確認することを目的とした。また、満潮、干潮時における海水の流れの様子を観測した。

第2回目では、第1回観測を踏まえた上で、西海橋上に熱赤外線映像装置を置き、大村湾口における海水の流

動的なだらかな火山地形をみせている東側海岸とからなっている。

東部海岸線は、郡川による大村扇状地をはじめ、川棚川・彼杵川などによる堆積地形がよく発達し、比較的緩やかな形状を呈し、一方、西部はリアス式の複雑な海岸線をみせている。北部および湾口部には、流紋岩が露出し、険しい地形となっている。

流入河川は、川棚川・彼杵川・郡川・鈴田川など24水系35河川で、平水時で1日当たり約620万トンの水量があるといわれている。

湾中央表面水では、ほとんど海水交換が行なわれることのない固有水を形成している。水温は、年間8℃から28℃の範囲であるが、沿岸浅域では最低6℃台に、最高32℃台に降温・昇温することがある。

針尾瀬戸は、針尾島と西彼杵半島の間にある急流で知られる瀬戸であり、伊ノ浦瀬戸とも呼ばれている。佐世保市と西彼杵郡・西彼町との境をなし、鴨門海峡、関門海峡と共に日本の三大急潮の1つである。長さ3.2km、平均幅300mで兩岸の大部分は急崖をなす。水深は300m前後であるが、急潮と渦潮のため、一部海釜と呼ばれるくぼみがみられ、最深部で54mにもなっている。

西海橋直下の瀬戸の幅は約200m、最大水深43mである。佐世保湾と大村湾との潮時が約3時間ずれるため、両湾の水位差は大きく、最大1.5mに達する。このため海水は、佐世保湾の満潮時近くに佐世保湾から大村湾に向け、また佐世保湾の干潮時近くに大村湾から佐世保湾に向けて急流となって流れる。

大村湾は、湾口が非常に狭いため、湾の入り口付近を除いて湾内水と外洋水との交換が十分に行われず、水温は冬では外洋より低く、夏では高くなる。図-2に大村湾の潮流を示す。また津水湾では、湾内のみで弱い環流がある。そのため、大村湾中央部の水深18m以深の海域や、津水湾の海底には、汚染度の極めて高い泥が、多量に溜まってヘドロ化しており、この付近では夏季に成層が形成され、堆積した有機物の分解によって貧酸素ないし無酸素状態になる。

大村湾の汚染泥の原因は、大村湾の中央部より

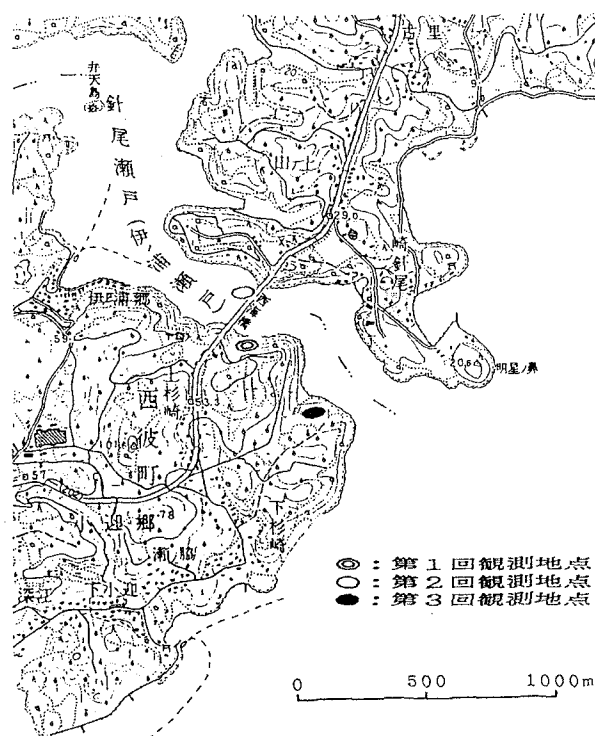


図-3 観測地点

像をフロッピーに記録した。

渦の発生箇所や急流箇所には、運動摩擦と湧昇流が起こるため、渦とまわりの海水との間に温度差が生じるのではないかと考えられる。同じ海水中であるため、その温度差は大きなものではないが、熱赤外線映像装置の温度分解能は 0.01°C であるため⁶⁾、小さな温度差であっても、渦が生じていれば、その存在を捉えることができるはずである。また、外海水と内湾水との間には温度差があるため⁷⁾、その温度差を利用して、潮流観測すなわち海水の交換作用を観測することができる。

4. 観測結果

4.1 第1回観測

写真-1に、渦の様子を、熱赤外線画像で示したものである。しかし、渦の動きは一定せず刻々と変化するため、その状態の追跡結果を写真のみで判断するにはやや難がある。そのため、熱赤外線画像を、ビデオを用いてリアルタイムに記録することによって、渦の動向がはっきり分かる。

その結果、渦とそのまわりの海水には温度差が生じ、渦の温度の方が高いことが判明した。当初、流れがある海水よりも、流れが停滞している海水の方が熱を保つため、比較的高温であると思われていたが、熱赤外線画像を見る限りでは、流れが停滞している海水よりも、流れがある海水の方が高い温度を示している。しかし、水温の温度差は大きくても 1°C 程度であり、極めて狭い範囲内で変動している。したがって、熱赤外線画像に見られる海水の温度差は、気温、天候に左右されるものではなく、水分子の運動が活発な（流れが生じている）箇所で高温になるものと考えられる。

今回の観測では、当初24時間による現地調査を計画していたが、翌28日の10:50時点で降雨になり、11:00で観測を中止した。

以上のより、海水交換観測に熱赤外線映像装置は、有効に機能するということが得られた。

4.2 第2回観測

観測を行った8時間(14:00~22:00)は、西海橋上では風が強く、熱赤外線映像画像に乱れが生じ、鮮明な画像を得ることが困難であった。しかし、何とか画像が得られたため、その結果を次に述べる。

写真-2に、干潮に向かって潮が流れている状態（下げ潮）を、熱赤外線画像で示したものである。この写真では、明瞭な温度差は表れていない。

また、写真-3は、満潮時の熱赤外線画像である。この写真から、陸地の建物や岸の岩が高温部としてはっきりしているのが分かる。これは、この部分は日中の蓄えられた熱を、夜間に保っているためである。しかし、この写真でも同様に、はっきりとした温度差は表れていない。

出入の観測を行った。この時の観測では、ひとつひとつの渦を対象にするのではなく、海水全体の流れを対象に熱赤外線映像装置を用いた。

第3回目の観測では、観測地点を変えて、第2回観測よりさらに大村湾口と湾内部が見渡せる位置を選定し、比較的広域に、大村湾口全体が見渡せる場所で行った。その地点で、大村湾口より針尾瀬戸に流入する海水の状態を観測した。また、干潮・満潮時における海水の流れの変化についても観測を行った。

観測日時は、第1回目は 1991年8月27日17:00~28日11:00、第2回目は 1991年9月5日14:00~22:00、第3回目では 1991年9月12日14:00~13日9:00である。

主な観測装置には、熱赤外線映像装置（日本アビオニクス㈱：サーマルビデオシステムTVS-2000）とその映像を録画するためのビデオデッキ(VHS)、可視画像の録画用として8mmビデオカメラ（ソニー：TR55）を用いた。

3.2 観測原理と方法

観測は、熱赤外線映像装置の観測位置を確認するため、ビデオカメラにより、可視画像も記録した。なお、熱赤外線映像装置は、夜間も観測可能であり、1時間毎に画



色が濃くなっている部分（カラー写真ではオレンジ色）は
橋脚部が海面に写って生じた反射熱によるもの

写真-1 熱赤外線画像による渦の様子
(原図はカラー, 1991.8.27, 18:03)

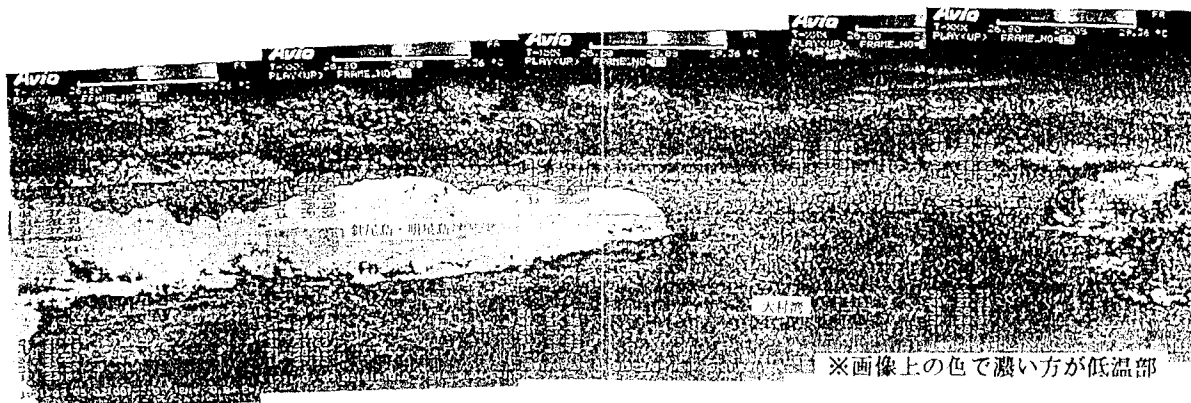


写真-2 熱赤外線画像による潮流の様子
(原図はカラー, 1991.9.5, 14:03)

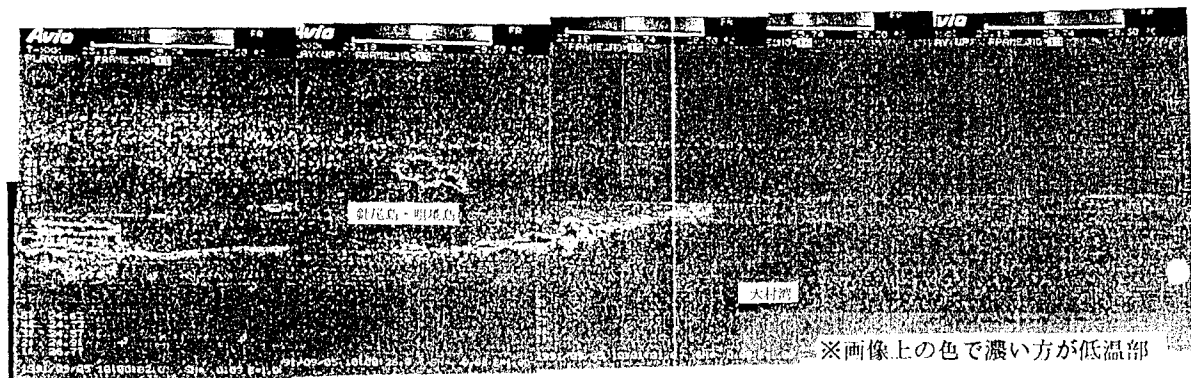


写真-3 熱赤外線画像による潮流の様子
(原図はカラー, 1991.9.5, 22:01)

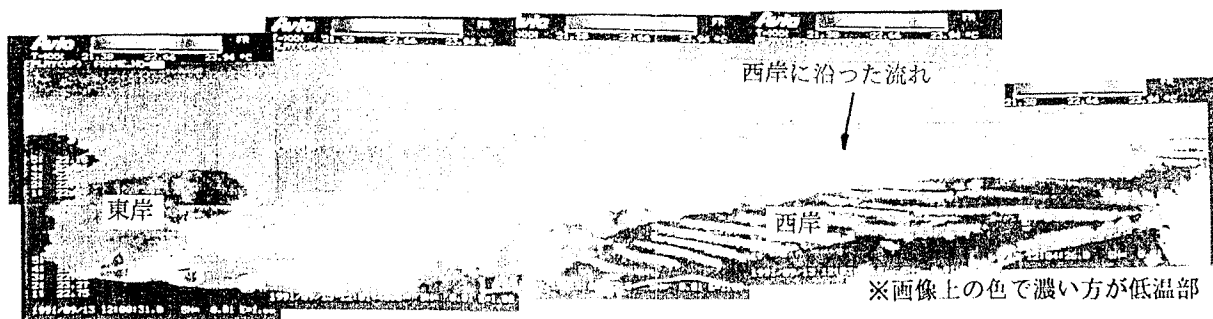


写真-4 熱赤外線画像による潮流の様子
(原図はカラー, 1991.9.12, 00:00)

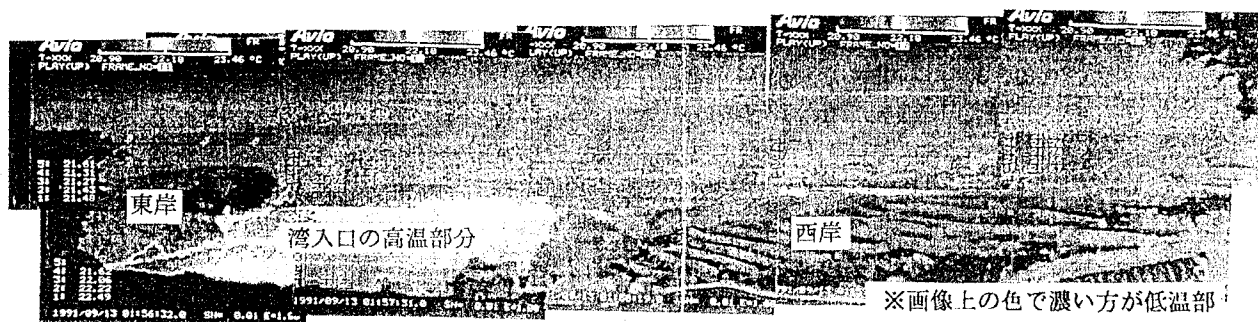


写真-5 熱赤外線画像による潮流の様子
(原図はカラー, 1991.9.12, 01:56)

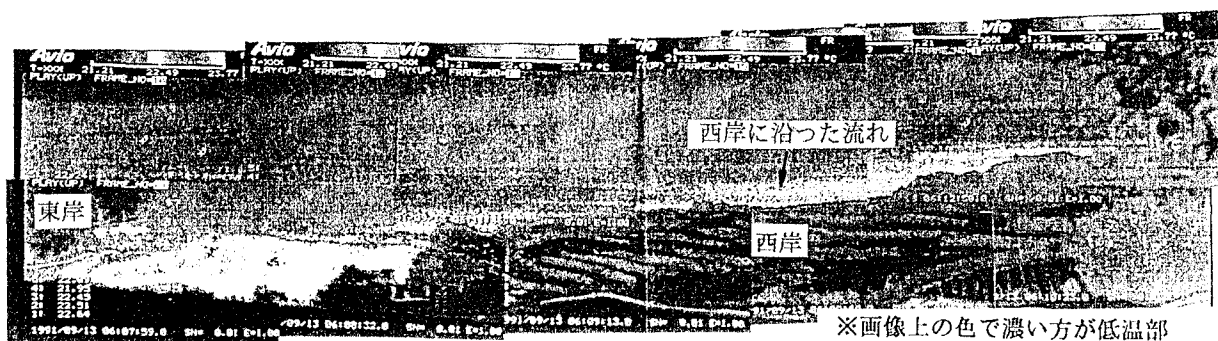
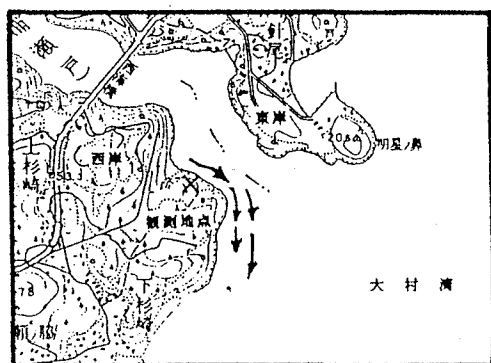
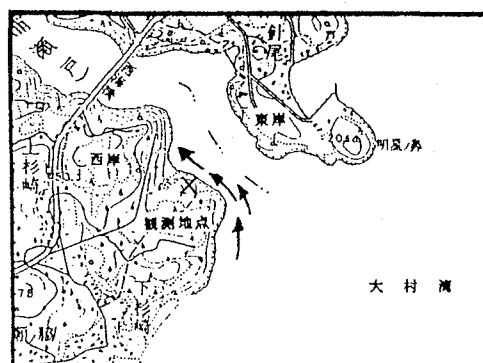


写真-6 熱赤外線画像による潮流の様子
(原図はカラー, 1991.9.12, 06:08)



(a) 大村湾への流入状況



(b) 大村湾からの流出状況

図-4 大村湾における海水の流出入

以上の結果、西海橋上から見た針尾瀬戸に流出入する海水は、瀬戸の入口付近で潮の流れが瀬戸全域で一様になってしまうため、著しい温度差は表れなかったのではないかと推察される。また、瀬戸より外側、つまり大村湾方向はどの熱赤外線画像も、瀬戸に入ってくる部分と同じく温度は一様である。

第2回観測は、第1回観測で得られた有効性を踏まえて行った。しかし、第2回観測も9月5日22:00を過ぎて、突如として突風と雷雨に見舞われ、観測開始後8時間で観測を中止せざるを得なかった。

4. 3 第3回観測

写真-4は、満潮に向かって潮が流れている状態（上げ潮時）を、熱赤外線画像で示したものである。この写真から、海水は西岸（長崎側）に沿って流れているのが分かる。これは、肉眼でも確認できた。したがって、動きのある海水部分の温度は、動きの見られない海水部分よりも、高い温度を示していることがわかる。針尾瀬戸内の最大潮速は7ノットで⁸⁾、干満時刻の中間を流れの最大と考えるならば、この23:00から0:00にかけての時刻は丁度、干満時刻の中間にあたり、流れは最大になっている頃である。したがって、海水は徐々に移動しているのではなく、流れは極めて速い。この高温になっている部分は、単なる流れではなく、第1回観測を踏まえて述べるなら、小さな渦が多数生じて大きなひとつの流れになっているものと考えられる。

写真-5は、ほぼ満潮時の状態である。この写真から、流れによる温度差は見られないが、針尾瀬戸の入口付近が高温になっている。これは停潮のため、狭い瀬戸では、海水温が保たれて、温度が高くなるものと考えられる。ここで、第1回観測で得た基本的認識として、熱赤外線画像の温度は、流れが停滞している海水よりも、流れがある海水の方が高いということが、分かっている。しかし、満潮時において停潮（流れが停滞）のため、狭い瀬戸では水温が保たれて温度が高くなり、第1回観測の結果に一見矛盾しているように見える。しかし、温度差の比較対象が違い、第1回観測は流れがあるものと流れがないもの、第2回観測は針尾瀬戸内部と沖（どちらも停潮）であり、基準は全く異なっている。写真-6は、下げ潮時である。この時も写真-4と同様に、海水は西岸に沿って流れている。

以上の結果、上げ潮、下げ潮に関わらず、大村湾口から針尾瀬戸までの海水交換にはパターンがあり、西岸に沿った流れが主体である。また、満潮・干潮時は停潮のため、狭い瀬戸の入口付近では、水温が保たれて温度が高くなることが分かった。この結果を、図-4に示す。

5. おわりに

観測は夏季に限られ、データ数も少ないため、大村湾の海水交換のパターンを、断片的に捉えたに過ぎなかった。しかし、3回の観測を通して、海水の動きに対して、熱赤外線映像装置が有効に適用できることが分かった。今回の3回の観測は、当初24時間で行うはずであったが、天候上の問題等により24時間行うことができず、どちらかと言えば、データは夜間に集中し、可視画像との比較が、十分になされていない。したがって、今後1日の干満の変化を追いながら24時間観測を行うことができれば、さらに新しい結果が生まれるのではないと思われる。また、季節ごとの観測や観測対象箇所を一定にして、熱赤外線映像装置の設置場所を変える方法も必要である。以上のような観測から、海水の交換量を把握することにより、大村湾の水質浄化に有効な基礎資料を得ることが、今後の研究課題である。いずれにせよ、本論文が今後、他の海域においても、潮流等に関する研究で参考にされれば幸いである。

参考文献

- 1) 角川書店：角川日本地名大辞典42長崎県，角川書店，p.783，1987.7.
- 2) 長崎新聞社：長崎県大百科辞典，p.713，1984.4.
- 3) 農業用地下水研究グループ：日本の地下水，地球社，pp.813～816，1986.
- 4) 人文社：最新版 高等日本地図，p.42，1981.11.
- 5) ㈱プロジェクトコンサルタンツ：昭和54年大村湾総合計画調査報告書，大村湾周辺地域環境利用ガイド，1985.3.
- 6) 日本アビオニクス㈱：サーマルビデオシステムTVS-2000/5000SERIES，販売用パンフレット
- 7) 長崎県水産試験所：特に真珠養殖場附近の調査，大村湾調査報告，第1報，pp.1～117，1954.
- 8) 鎌田泰彦・近藤 寛・堤 由美子：九州北西部伊万里湾・大村湾の底質とCHN組織，長崎大学教育学部自然科学研究報告，第31号，pp.63～82，1980.