

浜田沿岸流動調査

山崎 繁
北原 武 (京都大学)
安達 二朗
石田 健次

I. はじめに

浜田市那賀環境衛生事務組合の浜田浄苑(旧し尿処理組合)は浅野式酸化処理方式(活性汚泥処理法)によって、し尿水最大約90klをポンプ、アップされた河川水で稀釈し、2000トン/日の処理水を海洋放出する計画がなされた。

このため、海洋環境汚染防止の立場から、また、直接的には漁場への影響の度合を調べる目的で、この調査が当場に委託され、主として、処理水の移動、分布、拡散を含む流動調査をおこなうことになった。

一般に、このような至近沿岸での流動は潮汐流がその主流となることは勿論であるが、この起動力となる潮汐自体が物理的な規則変動であるにしても、流動となると全く複雑となり、海流成分(恒流)、あるいは、地形、海底地形、気象、河川水等の影響によって、予測的に流動の形をあらわすことは極めて困難である。したがって、調査の計画立案にあたっては、水温、塩分からみた海況(水塊構造)と、自記潮流計による26時間連続観測からの潮流の変動、漂流物の追跡調査による実際の流動、さらに、ウラン染料による拡散調査という多面的な調査を組合せて、総合的にこの問題を解決することとした。

海洋環境汚染の問題については、事前調査の目的をもって、定住性の藻類を主とする生物調査とCOD、PHについての水質調査を一部おこなった。

おわりに、京都大学農学部助手 北原 武氏には、この調査の焦点である拡散調査について取まどめをしていただきました。厚く御礼を申し上げます。また、下記の調査担当者、調査船の乗組員の協力に感謝いたします。

海洋科長 山崎 繁

調査担当者

海洋科長 山崎 繁 海況, 潮流

主任研究員 安達 二 朗 生 物
技 師 石 田 健 次 海 況 ， 潮 流

調 査 船

島 根 丸 (1 0 6 . 7 3 トン)
船 長 浅 中 正 祿 以下 1 1 名
いそかぜ (3 . 3 7 トン)
佳 島 丸 (2 . 7 4 トン)

Ⅱ・海 況 調 査

対島暖流の沿岸暖流に浴流されるこの海域は、正確には、暖流系外洋水ではなく、沿岸水々域であって、暖流系水より低塩分であり、水温も気温の影響を受けやすく冬期低温、夏期高温となる特質をもっている。

排水口から東方向 1 0 0 0 m には毎秒 5 ~ 1 5 トンの流量をもつ周布川が流入しているために、沿岸水の発達は顕著でこの中に排出される処理水流量毎秒 0 . 0 2 3 トン程度では、この処理水だけを分離し、指示することは極めて困難である。流況は一般に潮汐流に左右され、直接海流(恒流)の流入がないことは今度の観測結果からも明らかで、一日週潮、半日週潮が卓越し、最高 5 0 cm / sec (0 . 9 ノット)、平均で 2 0 ~ 3 0 cm / sec 程度の中流がある。

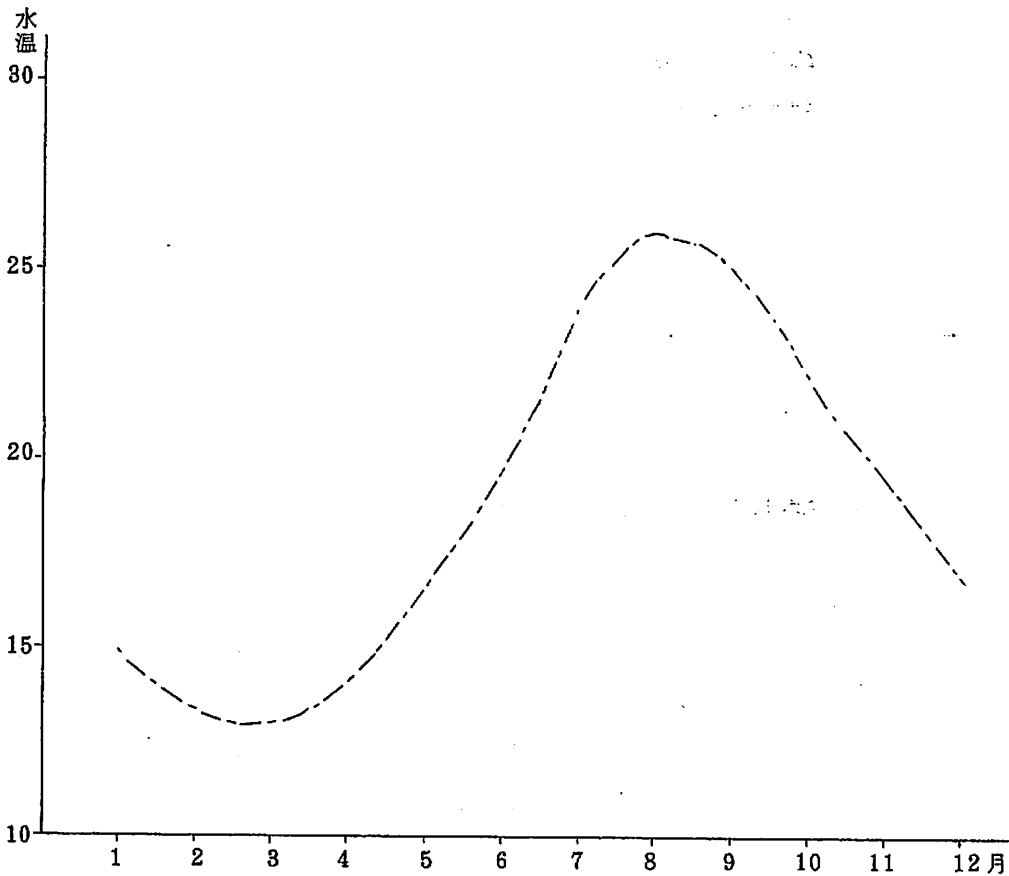
(1) 水温、塩分の季節変化

沿岸水々域と外洋水々域の水温、塩分の季節変化をみるため、第 1 図に浜田市馬島から距岸 3 0 0 m (水深 4 6 m) 地点の定置観測と浜田北々西 6.5 哩地点、(N 3 5 ° - 0 0 ' , E 1 3 2 ° - 0 0 ') の平均水温と塩分(昭和 5 0 年)の年変化を示した。

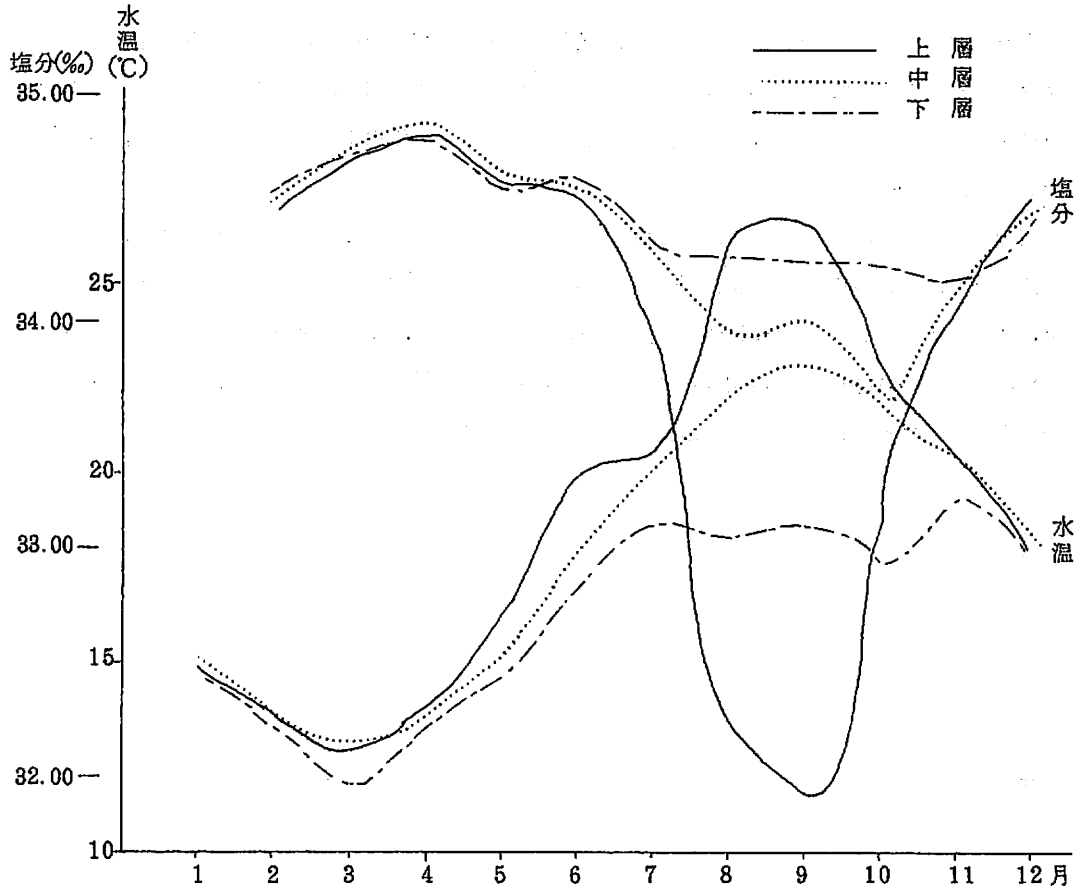
水温の最低期は 2 月下旬 ~ 3 月上旬で最低水温は 1 2 . 8 ° C となる。3 月中下旬より上昇期をむかえ、4 月には 1 4 . 0 ° C、5 月には太陽副射熱の表層吸熱がすゝみ 1 6 . 6 ° C まで昇温する。6 月に入ると 1 9 . 7 ° C となるが、年間で昇温勾配が最高となり月間 4 . 4 ° C 昇温して 7 月には 2 4 . 1 ° C の高温水となる。盛夏期 8 月には年間の最高温期となり、最高水温は 2 6 . 0 ° C で、水温構造は成層型となり、いわゆる夏型海況として安定することになる。降温期をむかえ、9 月には約 1 ° C 下降して 2 5 . 0 ° C、1 0 月に入ると表層放熱が活発となり、海の成層がくずれて、2 2 . 0 ° C まで降温する。1 1 月から日本海の季節風の吹出しにより、物理的な混合が旺盛になり、水温下降は促進されて 1 9 . 7 ° C となる。混合はさらにすゝみ、1 2 月には沿岸の上中下層の水は完全に均質化されて 1 6 . 9 ° C となり、水温下降はさらに活発化する。

外洋水域での水温の年変動は沿岸水々域とそれ程異なるものではないが、外洋水が暖流としての熱エネルギーを保存しているために、気温変動に順応する沿岸水に対し、変動の位相のずれが約1ヶ月前後みられること、および、季節的な水温値そのものが、沿岸水に比較して、夏期低温、冬期高温となる二つの特徴的な相異をもっている。

塩分については、沿岸水々域での連続的な記録はないが、外洋水より一般に低温分で7、8月の最低塩分期にはいちじるしい低塩分となる。外洋水の塩分は冬期1月に34.5%から徐々に高くなり、4月には34.7%の最高塩分値をとる、5、6月にかけて、大陸淡水の影響によって低下をはじめ、6月下旬の梅雨期から陸水の被覆によって、表層から急激に下降し、9月には最低塩分期をむかえて表層で31.9%となり、秋期から再び上昇に転ずる。



第1図-(1) 沿岸水の水溫年変化



第1図-(2) 外洋水の水溫，塩分の年変化

(2) 調査海域の水溫，塩分，密度分布

浜田浄苑の排水口沿岸の調査海域は陸岸に並行し，東西方向に4500m，南北方向に2000mを区画し，500m間隔の観測定点50点を設定して水溫，塩分の各層観測をおこなった。定点図を第2図に示す。この調査海域は処理水と周布川の河川の分布，および，水塊構造を把握することを目的としている。密度は15℃常温での海水密度(6t)のことである。第3図-(1)~(2)に各等量線図を示す。

夏期(7月28日~7月29日)

0m層

全般に27℃から28℃の高温水に覆はれ，至近沿岸で28℃，それより沖合で27℃となって

いる。等温線が陸岸に並行した水塊の縞状分布をみせているのは、観測が横方向に順次実施されたために、水温の日変化の較差が観測時間の違いによってたものであって、異質の水塊ではない。

塩分分布では 3 1.0% から 3 2.4% までの低塩分水が観測され、河水の影響範囲を塩分で指示することはむずかしいが、汐目の位置の観測からあわせ考えると 3 2.3% 以下の水がそれであると判断できる。放水口付近に極めて低塩分の 3 1.0 ~ 3 2.2 の孤立水塊がみられるが、これは処理水ではなく、河川水の流路のいちじるしい移動か湧水が観測されたものであろう。

密度分布からは水塊の構成がかなり明瞭となり、2.0.4 以下の水が陸水（河川水）であろう。

20 m 層

夏期の完全成層期であるため、0 m 層より 1℃ ~ 2℃ 低い 25℃ ~ 27℃ の水温で、0 m 層と同じく沿岸高温、それより沖合で低温という一般的な型となっている。こゝでも水温の観測時と日較差があらわれ、表層から 20 m 層までは比較的熱伝導がよくおこなわれている。

塩分は 3 2.5% から 3 3.0% で、沿岸で低く沖合で高い。この層では 0 m よりやや高塩分となるが、この層までが陸水の厚さであって、水平方向では 3 2.6% 以下がその分布域であろう。0 m 層でみられた、低塩分孤立水塊はこの層で全くあらわれないのは、いずれにしても量的にそれ程大きいものではない。

密度分布では 2 0.70 から 2 1.80 までの分布がみられ、2 1.10 以下の水が陸水であろう。

40 m 層

水温は 21℃ から 22℃ の等温線が分布し、20 m 層との水温隔差は 4℃ ~ 5℃ と大きく、各層間の水温差はこの層で最大となる。したがって、夏期における不統面（躍層）はこの層間に存在する。

塩分も水温同様に、この層を境介として急激に高く 3 3.10% ~ 3 3.70% が出現するが、この塩分は沿岸水の夏期における一般的な値であって、この層以浅に高温、低塩分の陸水が層重している。

密度分布は 2 2.5 ~ 2 3.2 までの相対的な高密度水となり、部分的に 2 2.5 以下の低密度水が存在する。

この低密度水は西側の海底地形の急斜面に 2 3.2 という高密度水と接しているので、潮流による地形性渦流域（右施沈降域）を形成していると推察される。

60 m 層

調査海域中この層の深度をもつのは西北端部だけで、海底地形上こゝからの深度勾配は大きい。したがって、水温、塩分、密度分布も全く陸水の影響を受けなため、低温、高塩分、高密度水が存在している。

冬期(11月28日~12月1日)

0 m層

冬期初期の海況となり、対流混合がよくおこなわれたために水温の水平、垂直的な変化はなく、上層から下層まで均質な水塊構造となった。水温は全域17℃前後となったが、川口付近とその沖側に16℃の水がみられる。太陽の放射量の少ない時期であるので水温の日較差は小さく、こゝでの16℃台の水は陸水であろう。

塩分は30.0‰から33.8‰からあらわれ、沿岸低塩分、沖合高塩分の分布となっているが、32.4‰以下の水は陸水であろう、放水口付近に32.5‰の低塩分水がみられるが、これが処理水であるかどうかということは不明である。河口付近では30.0‰~33.4‰の塩分の不連続帯があり、湧水期とはいえ毎秒5.9トン(流量観測による実測値)の周布川の河水である。

密度分布では22.0から24.6が分布し、陸水は24.8以下で指示される水である。こゝで、22.0から24.2の値をとる前線帯の沖側の孤立水塊は明らかに陸水系から分離されたものである。

20 m層

水温は全域17℃の水であるが、塩分は33.2‰から33.9‰が分布し、陸水は33.2‰~33.5‰で指示され、対流混合期であるだけに表層の低塩分水はこの層におよんでいる。密度分布は24.0から24.4で、24.2以下が陸水である。

40 m層

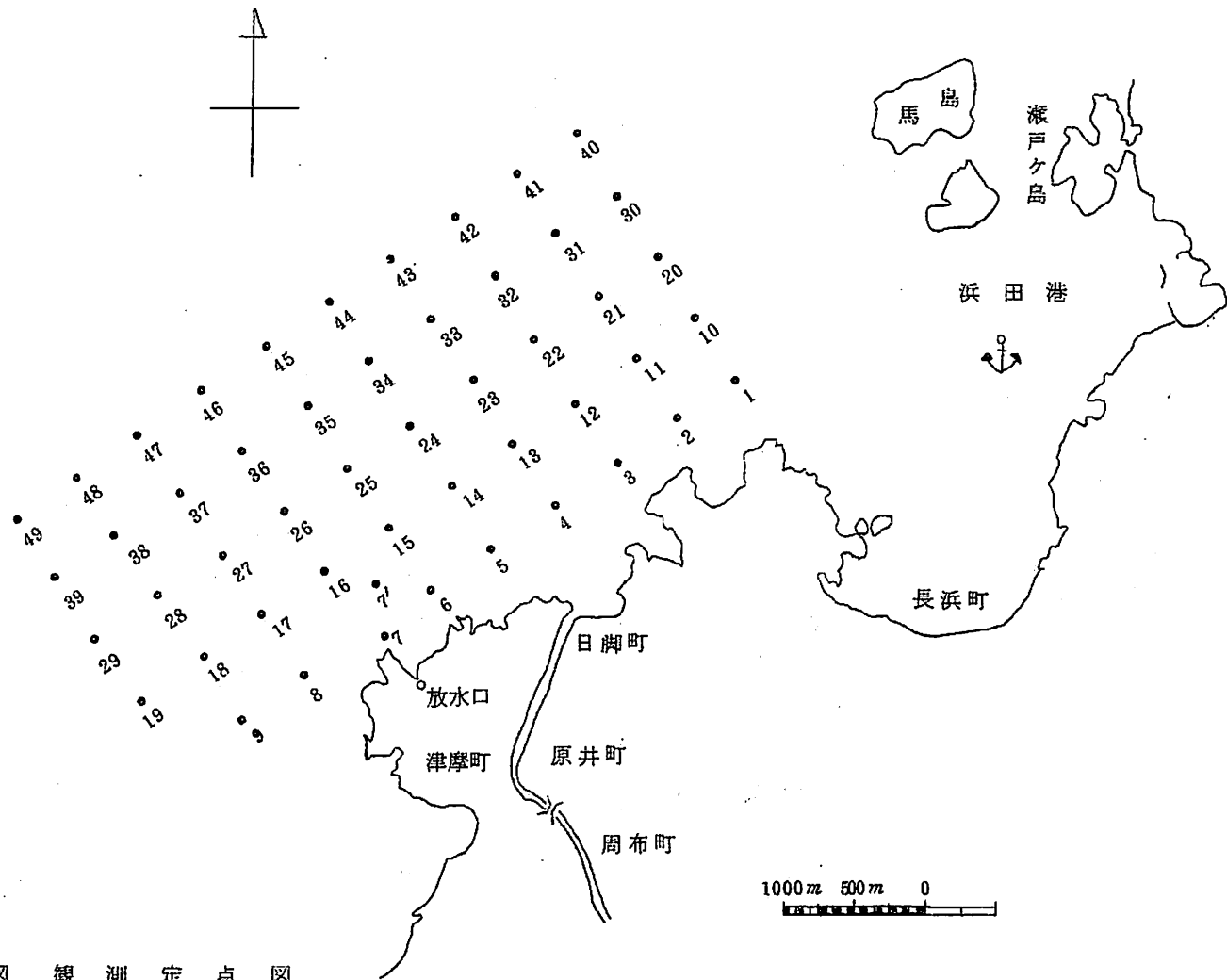
水温は0 m層、20 m層と同様に17℃台の水であるが、20 m層よりやや高温である。

塩分は33.3‰から33.8‰で、33.6‰以下の水は陸水である。西端部に33.3‰を中心とする低塩分水塊がみられるが、これは渦流による沈降水々域で、夏期にも同様な現象がみられたことから定常性をもつ、地形性の渦流域である。

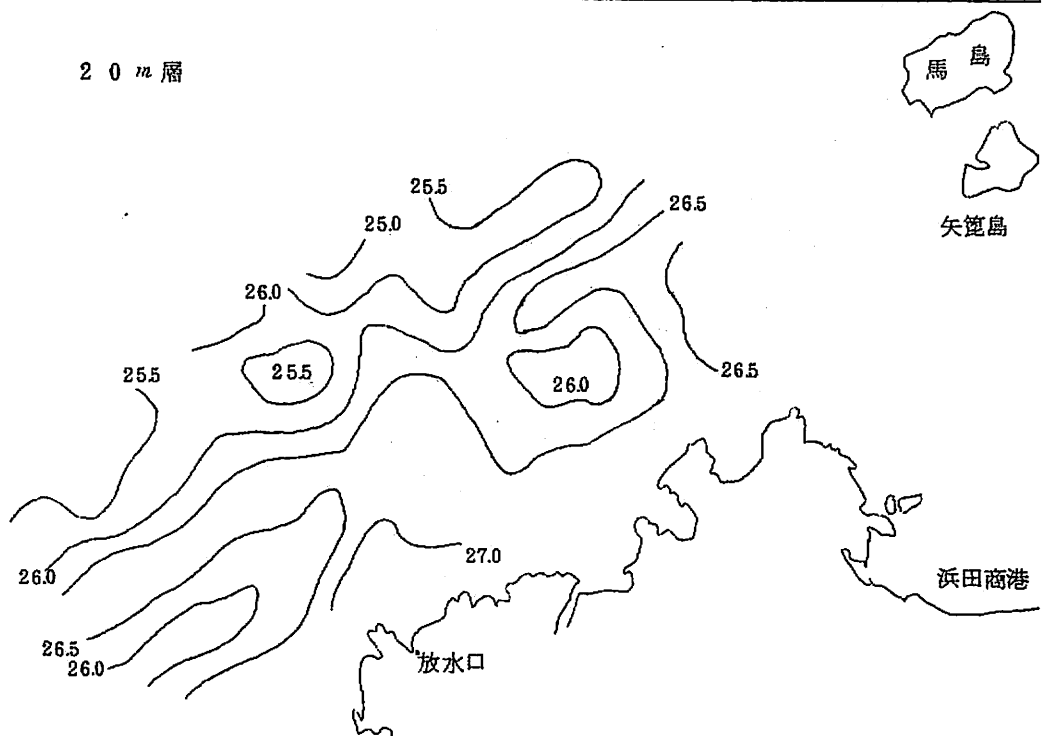
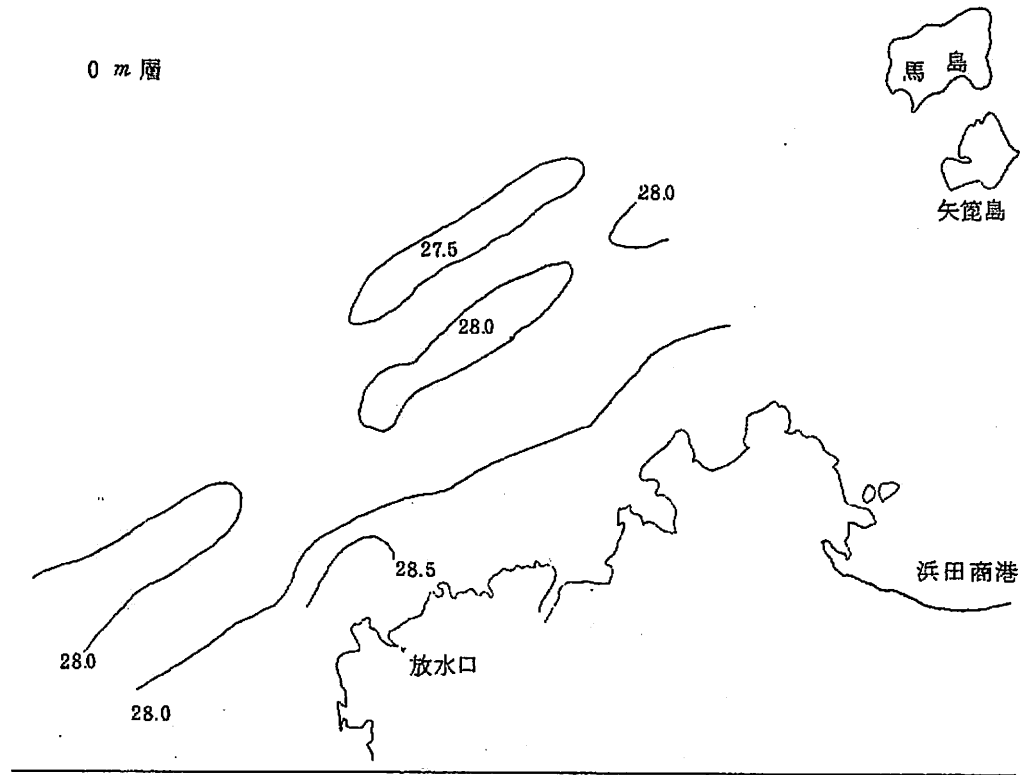
密度分布は20 m層と同様で、こゝでも上述の渦流域の存在を裏付けている。

60 m層

地形性沈降域であるので、低密度水の沈降はこの層にまでおよんでいる。

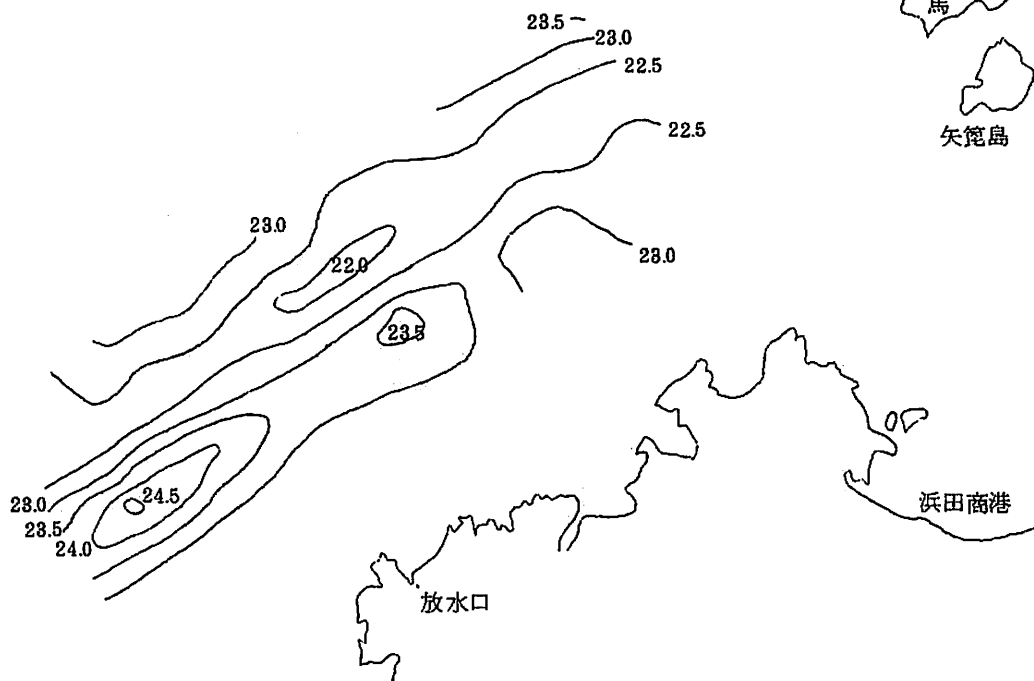


第2図 観測定点図

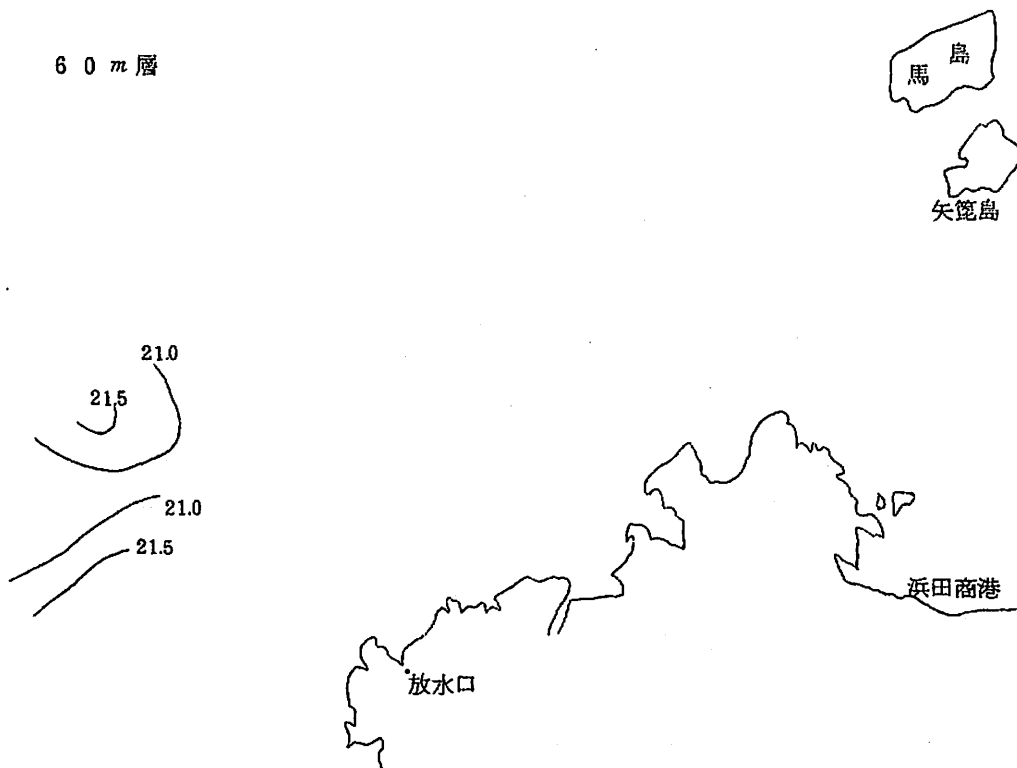


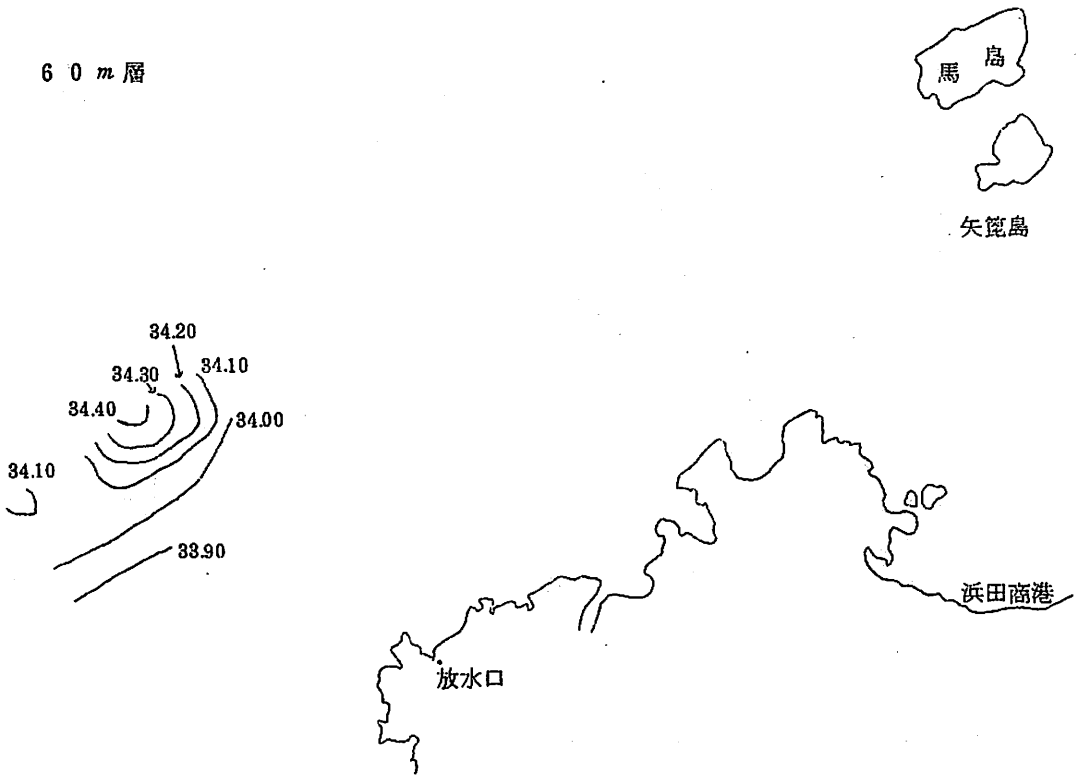
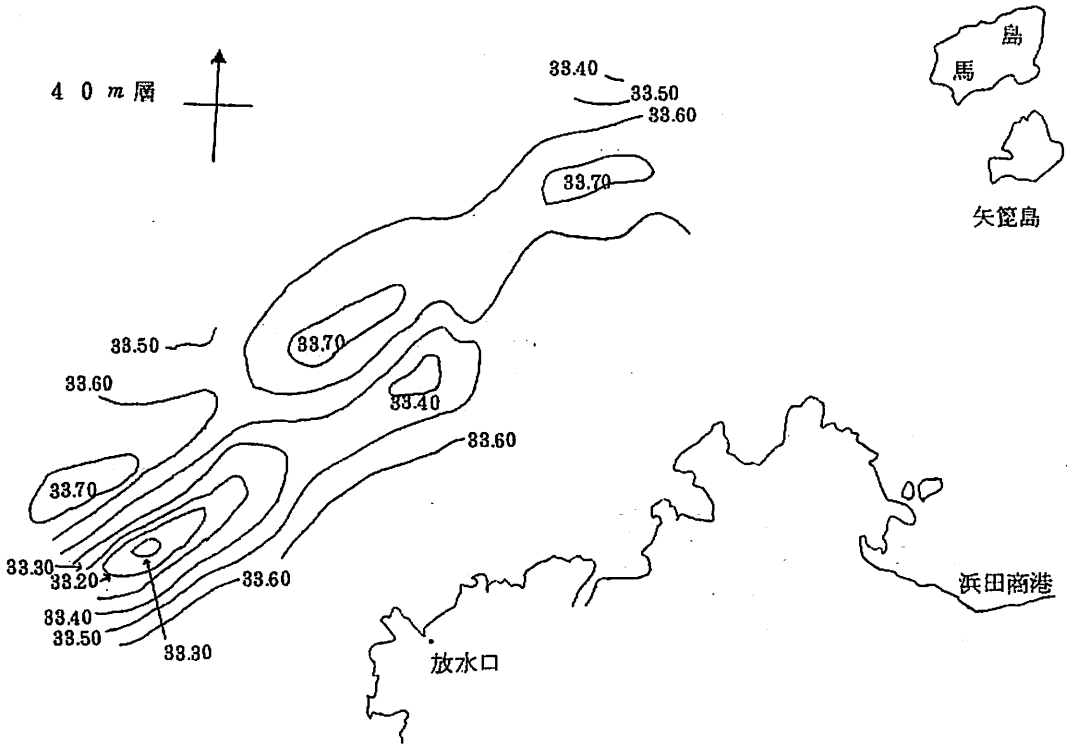
第3図-(1) 7月28日~29日 各層水温分布図

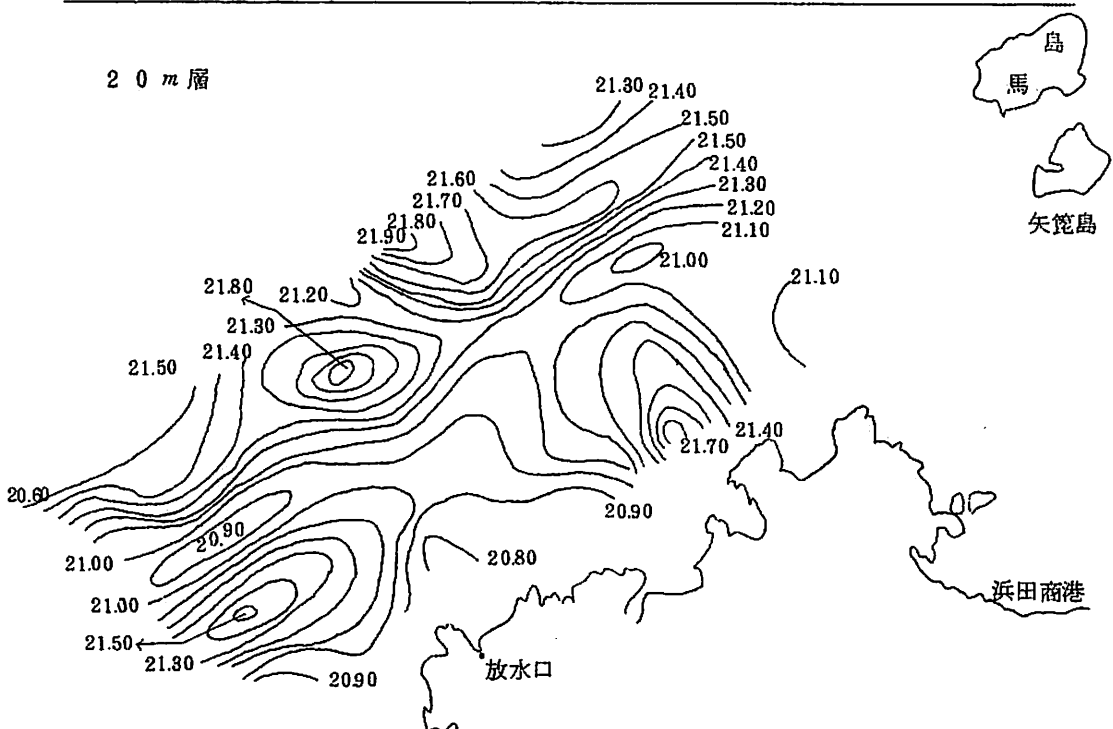
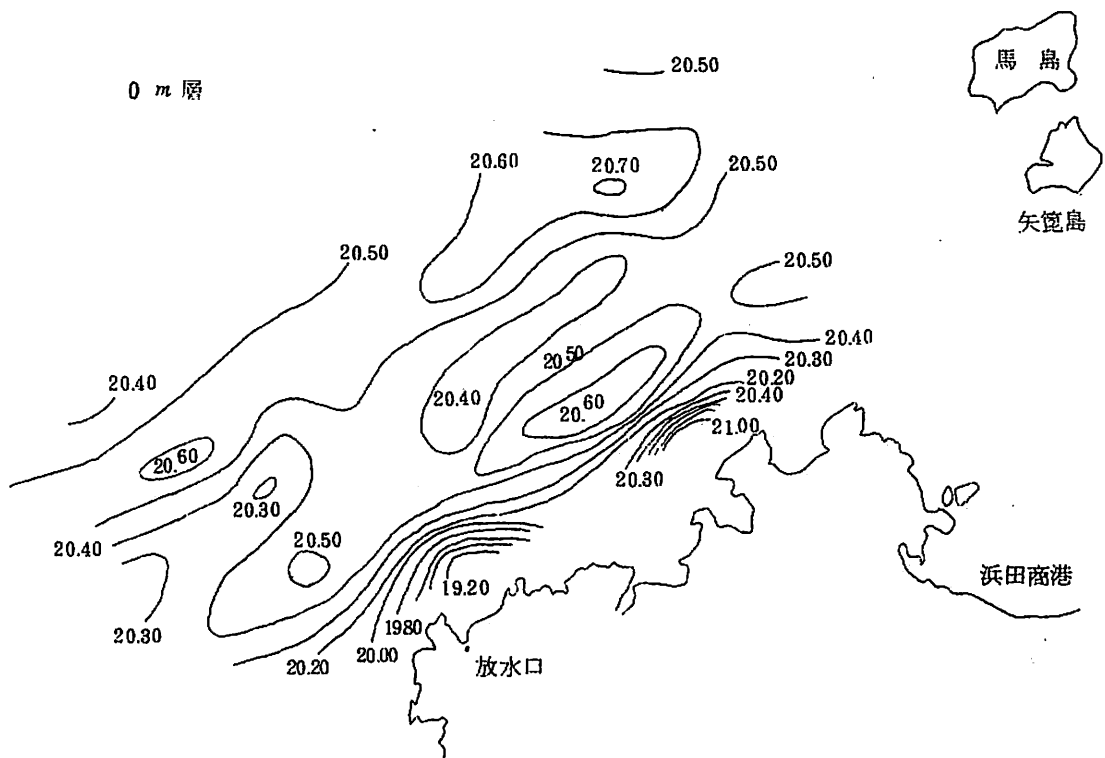
40 m 層



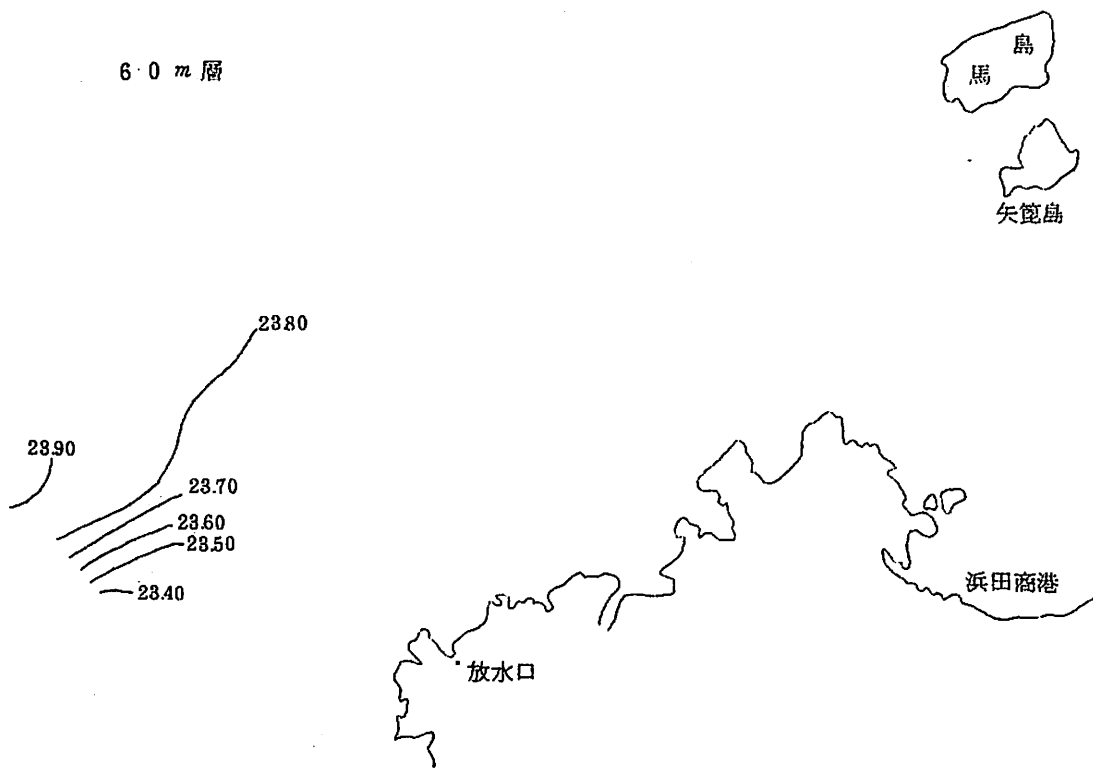
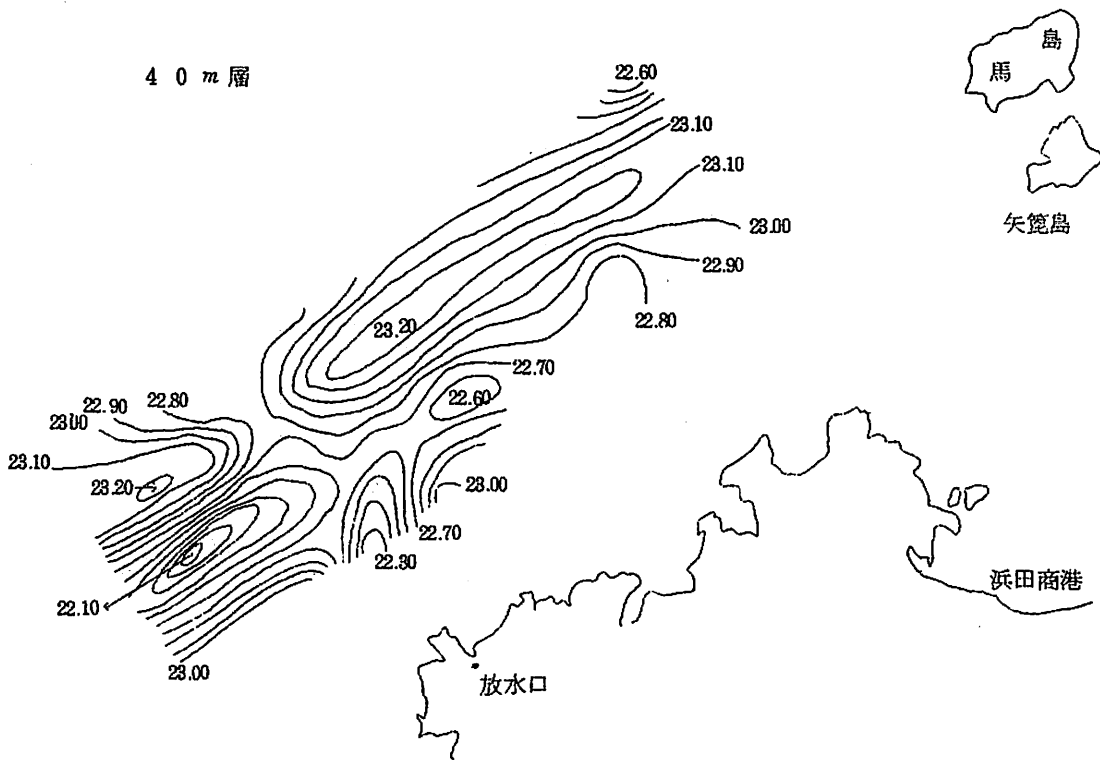
60 m 層

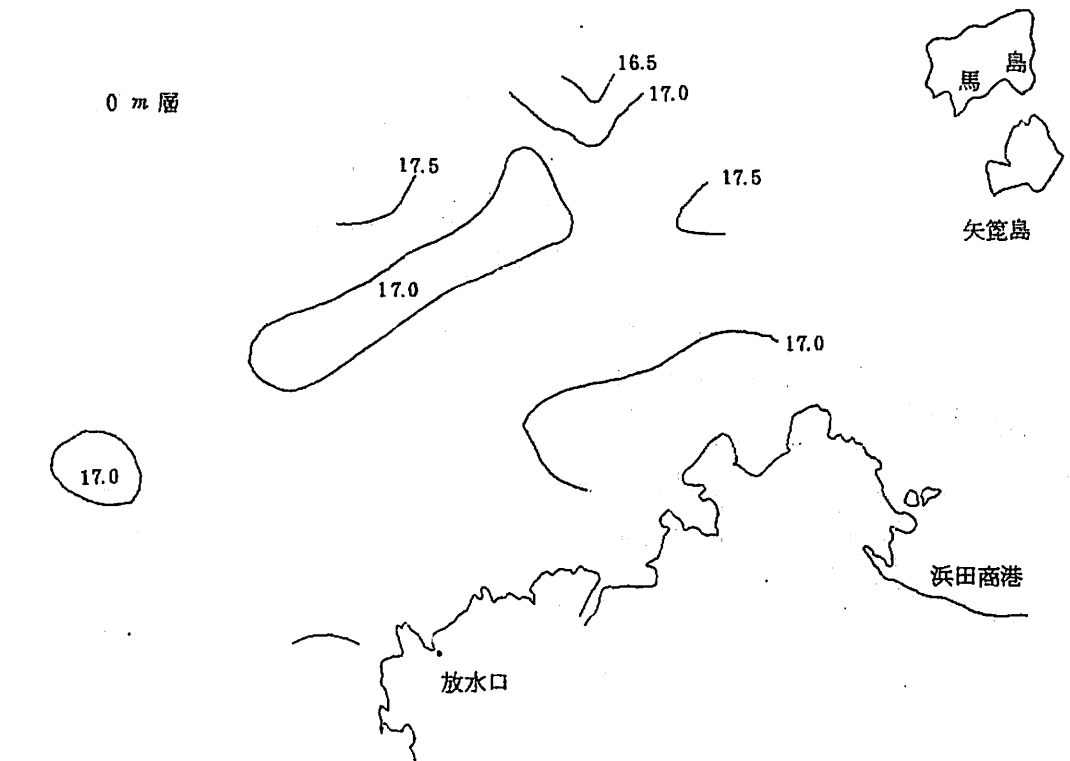




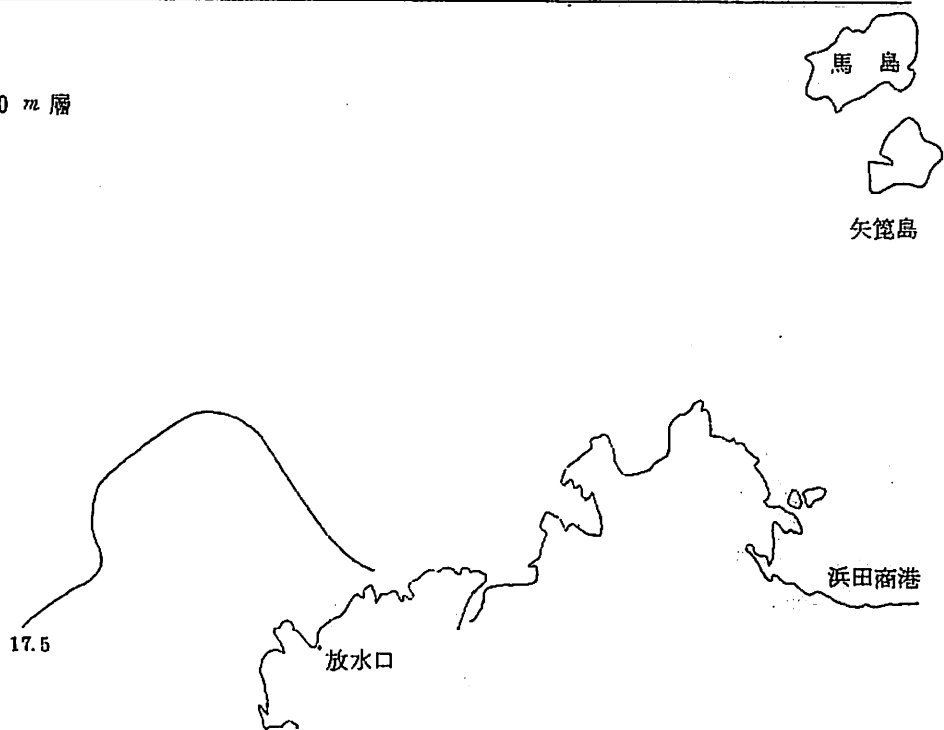


7月28日~29日 各層密度分布図

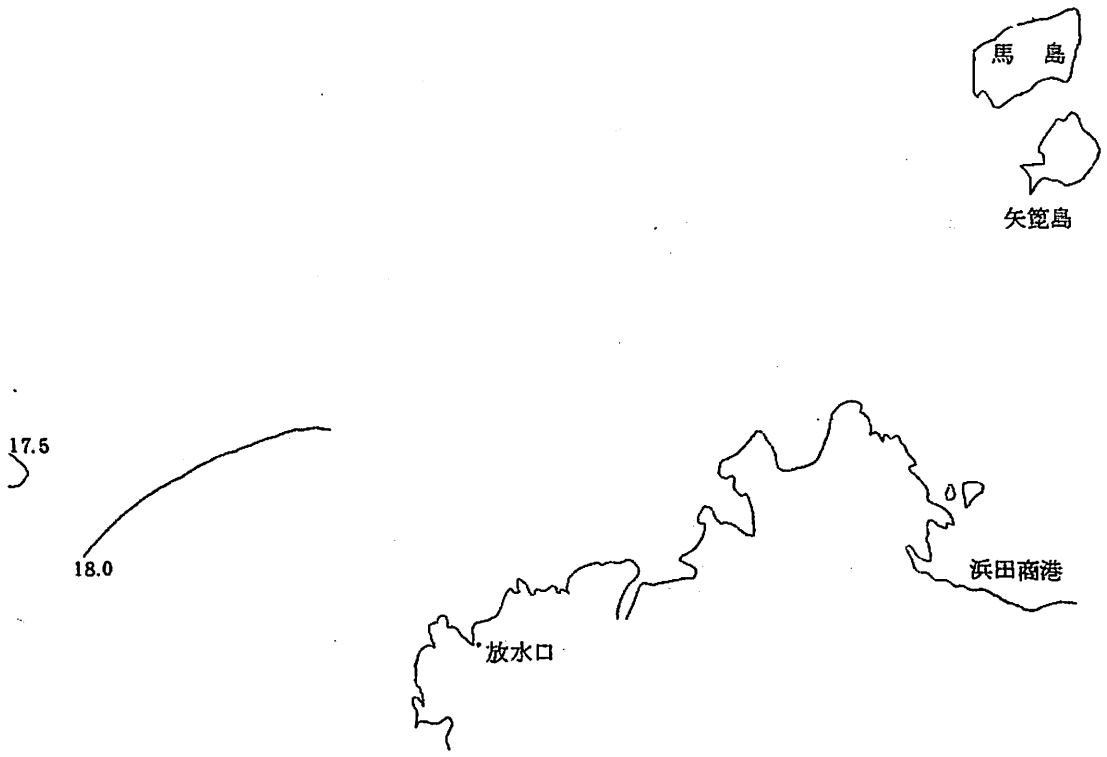
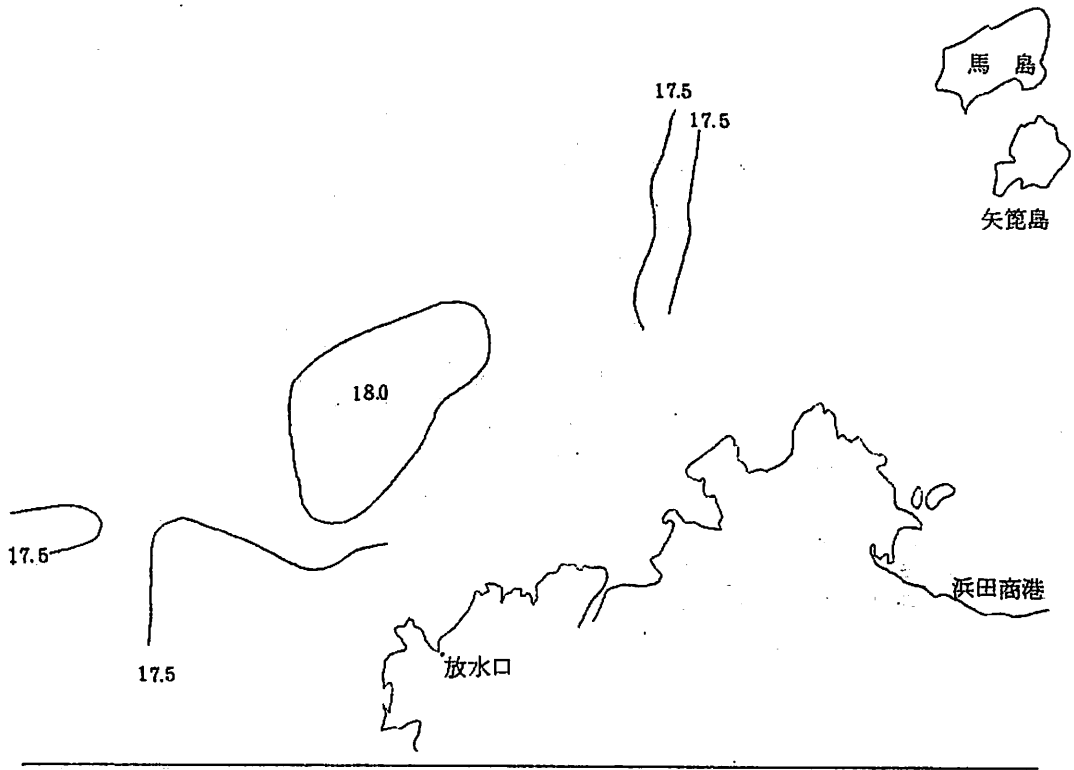


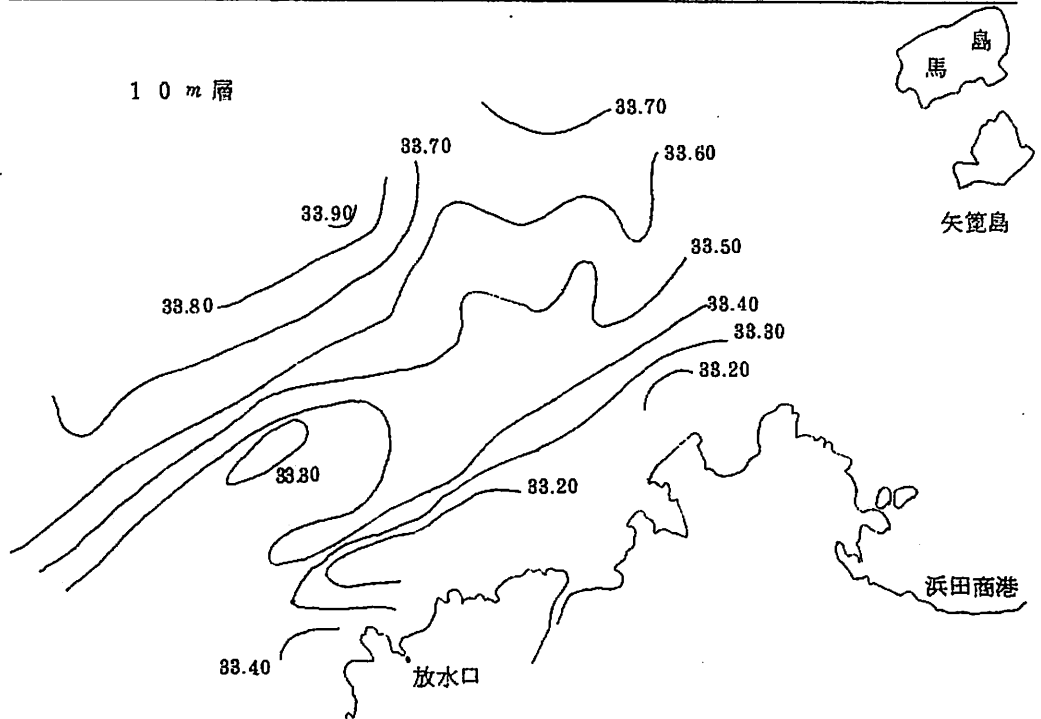
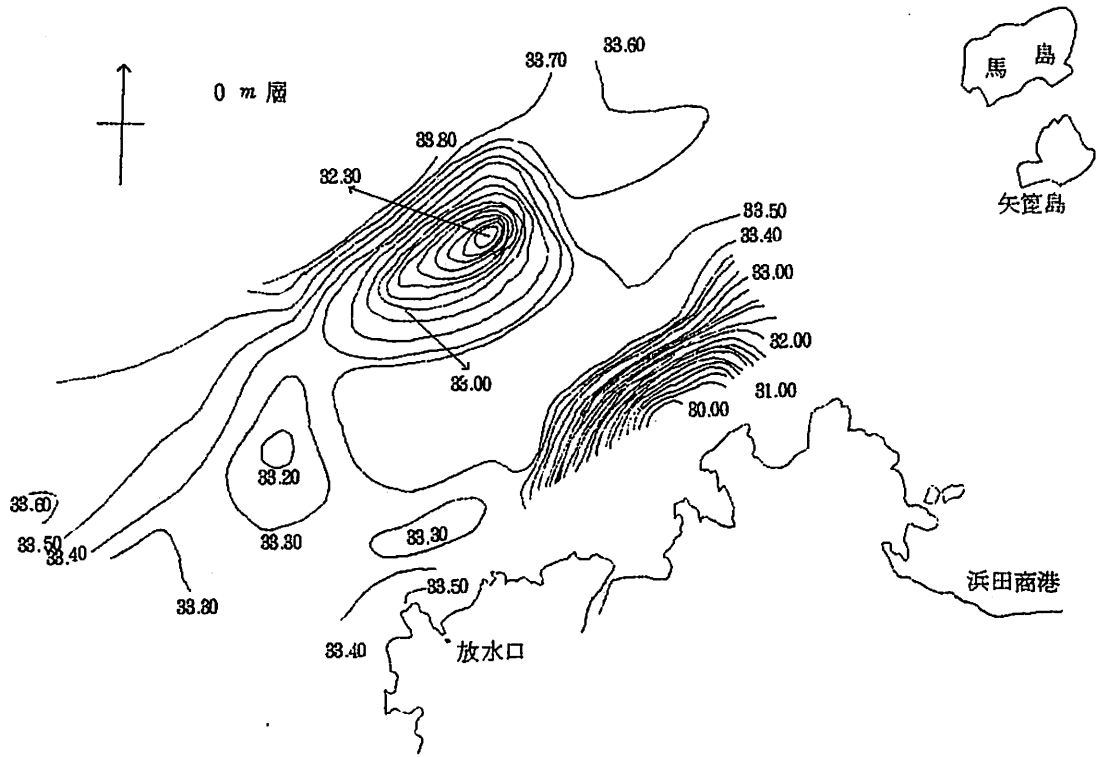


20 m 層

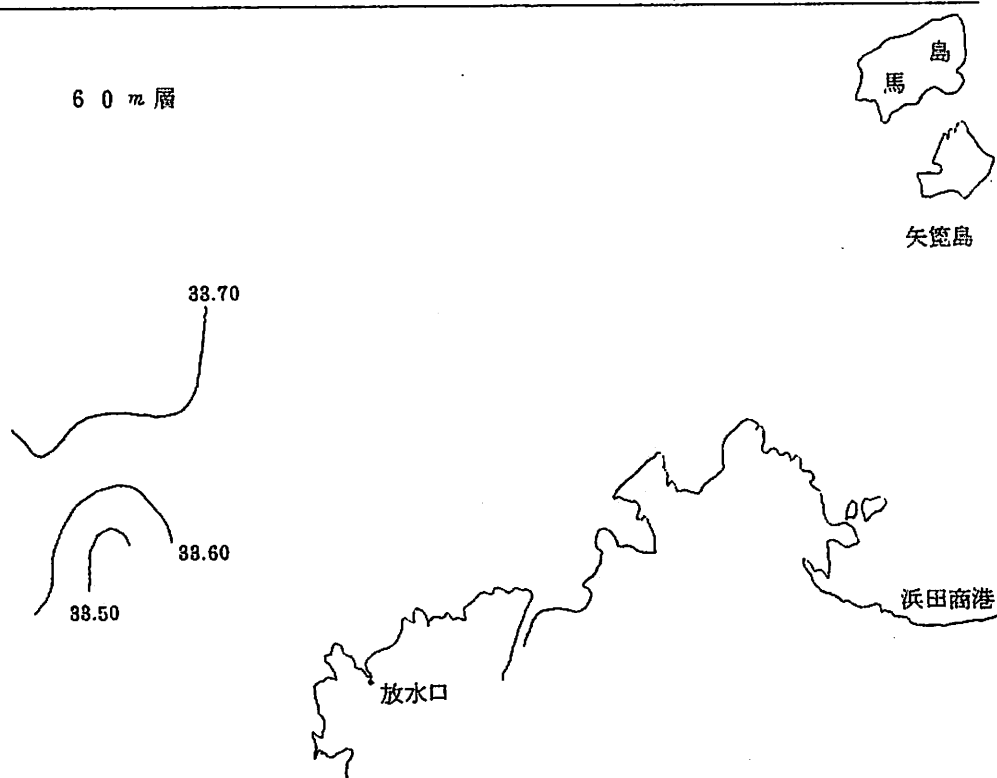
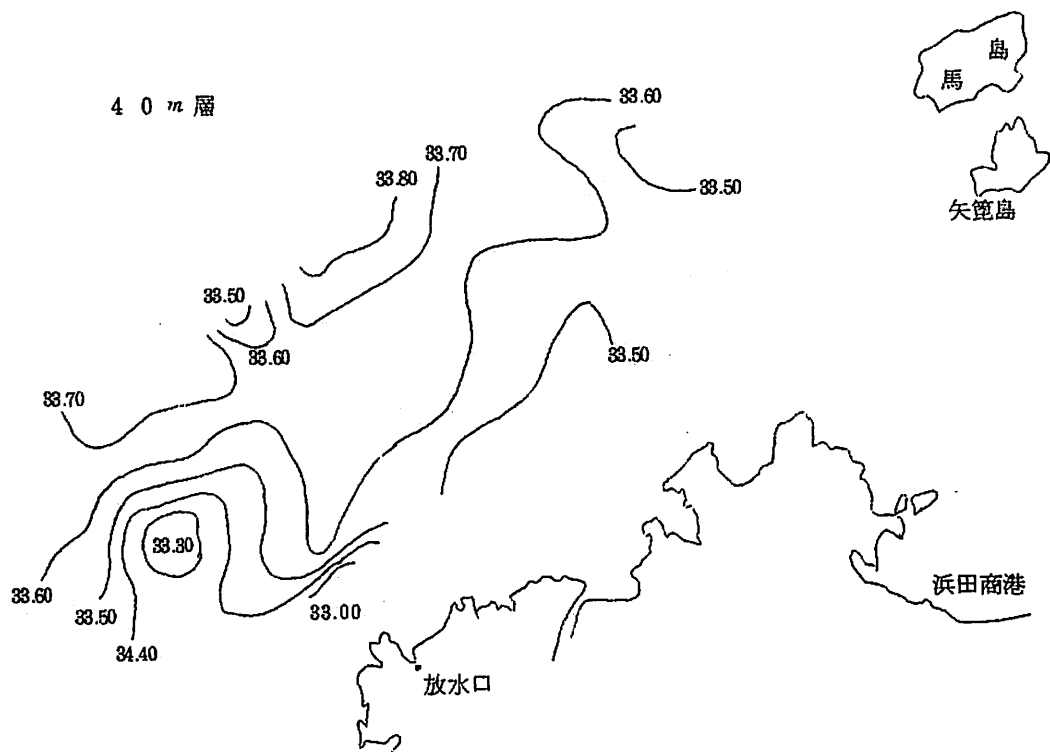


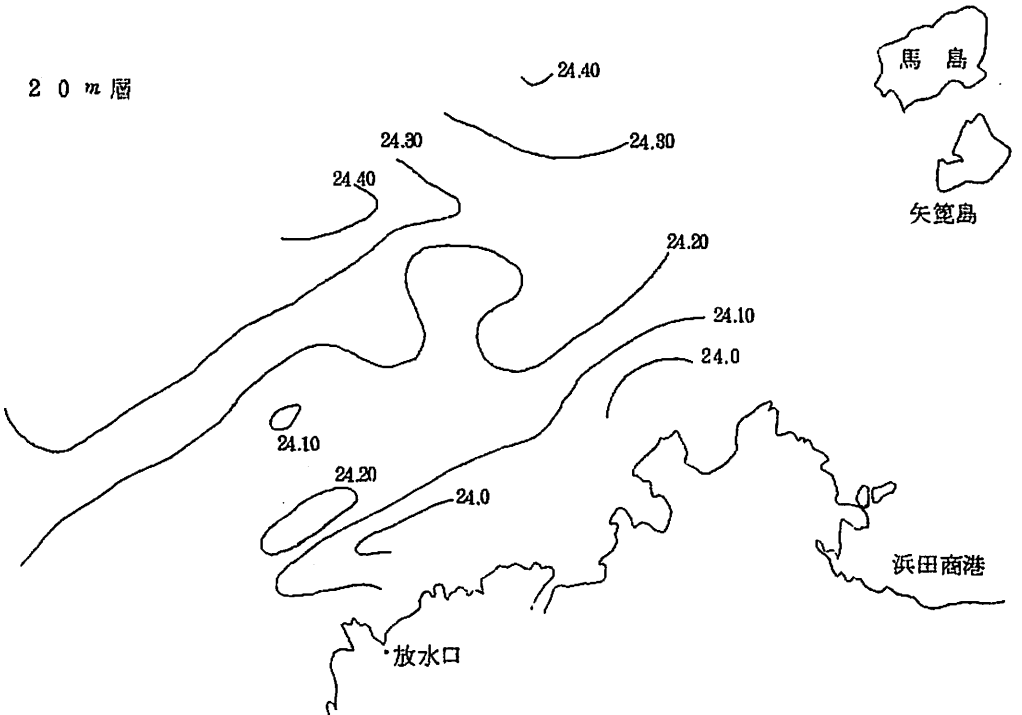
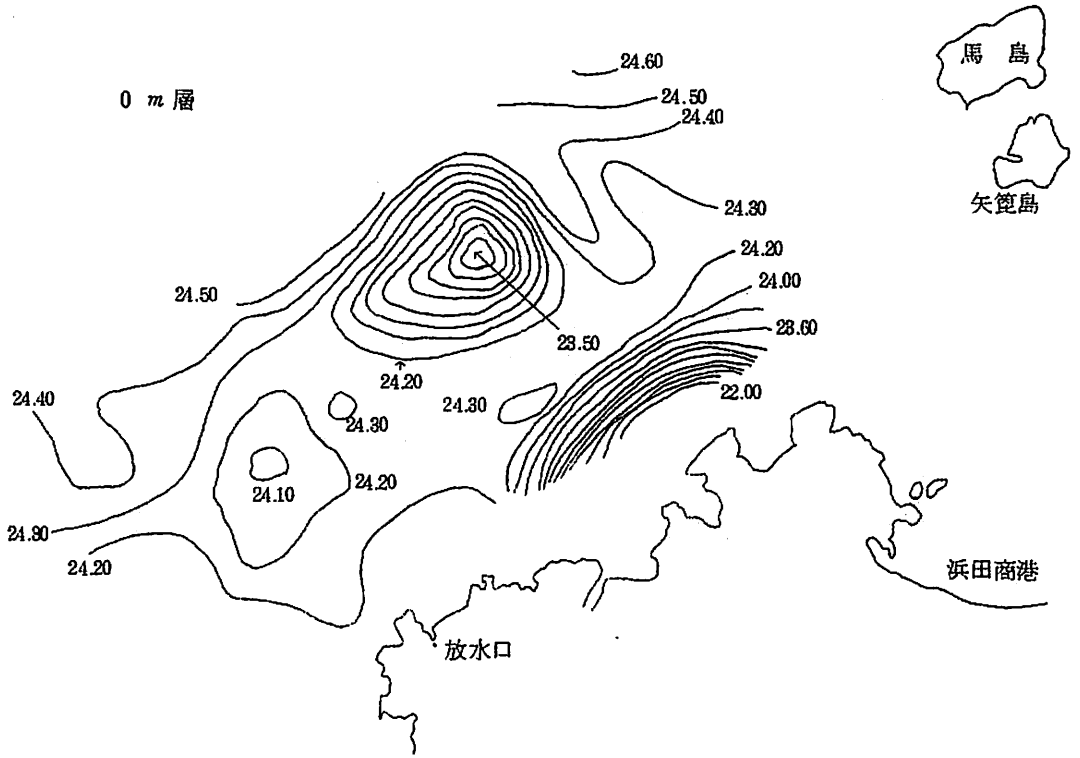
第3図一(2) 11月28日~12月1日 各層水温分布図





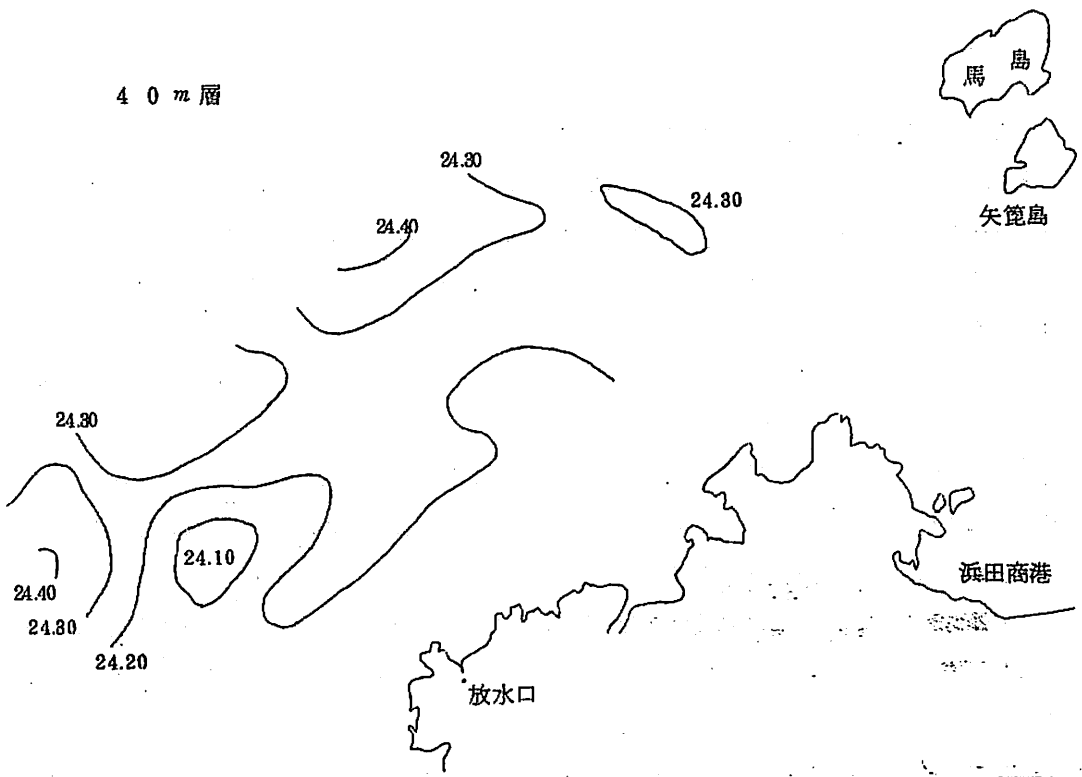
11月28日~12月1日 各層塩分分布図



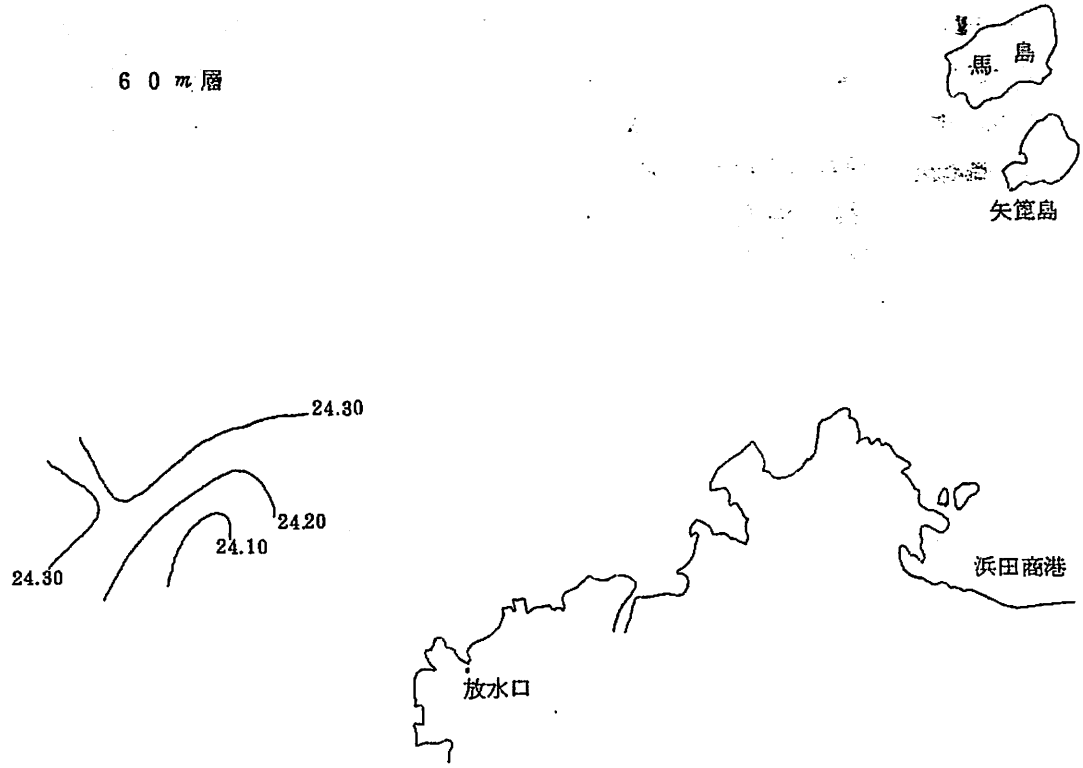


11月28日~12月1日 各層密度分布図

40 m 層



60 m 層



Ⅲ 潮 流 調 査

1. 潮流の26時間連続観測結果

潮流観測は昭和50年7月9日10時30分から10日13時10分まで、排水口の北方400mの地点で船を定置し、自記潮流計(小野式NCⅡ型)を水深3.5mに設置しておこなわれた。気象は天候晴れから曇り、風速は毎秒3m以下という恵まれた海上で観測は続行されたが、10日13時、WSWの8mの風の吹出しによって中止した。

観測結果を第1表-1)に示した。さらに、これを東分(U)、北分(V)の各成分に分解し、ベクトルであらわしたのは第1表-2)である。

流速の範囲は毎秒20cmから52cmが観測され、流向は反時計廻りで回転する。計算された恒流成分は流向 $270^{\circ}10'$ 、流速 $6.7\text{cm}/\text{sec}$ で西方向へ微弱流である。したがって、この浅海域の流動は弱流から中流に属する潮汐流が主流となることが理解できる。

第4図はこの観測結果を陸岸に並行な軸をとり、この軸に並行な流れ(V_x)と軸に垂直な流れ(V_y)とに分けてあらわし、潮位変動(浜田市外浦検潮所)も同時に時系列的に対応させたものである。

潮流観測地点と潮位の観測された検潮所の地理的間隔は約8kmであるが、潮位変動の位相を2～3時間正方向にずらすことによってこの両者はよく対応することになる。一日週潮の高々潮に向う漲汐時には V_y は負、すなわち南流が強化し、落潮時には V_y が正、すなわち北流が卓越する。同様に、漲汐時には U_x は正流が、落潮時には東流が卓越する。したがって、こゝでは漲汐時南西流が落汐時北東流が発達することになる。半日週潮の低高潮では潮差が10cm程度であるので潮汐流にはほとんど反応がみられない。

第1表-(1) 汐流の26時間観測結果

日 時分	流 向 (°)	流 速 (cm/sec)	日 時分	流 向 (°)	流 速 (cm/sec)	日 時分	流 向 (°)	流 速 (cm/sec)
7月9日			19-30	280	28	04-30	210	28
10-30	120	45	-50	300	25	-50	220	28
-50	70	45	20-10	240	28	05-10	220	34
11-10	60	34	-30	280	31	-80	220	28
-30	70	41	-50	250	25	-50	230	25
-50	70	50	21-10	260	28	06-10	230	28
12-10	60	52	-30	250	21	-30	230	31
-30	60	47	-50	270	36	-50	230	41
-50	50	36	22-10	270	36	07-10	250	36
13-10	30	28	-30	270	36	-30	240	36
-30	80	31	-50	290	34	-50	260	31
-50	60	25	23-10	300	25	08-10	250	28
14-10	60	25	-30	300	25	-30	200	31
-30	50	22	-50	290	25	-50	220	28
-50	30	25	10日			09-10	200	25
15-10	360	22	00-10	270	25	-30	160	22
-30	320	25	-30	270	25	-50	110	22
-50	280	25	-50	280	22	10-10	100	20
16-10	270	25	01-10	280	25	-30	100	22
-30	290	22	-30	310	25	-50	110	28
-50	290	22	-50	300	22	11-10	100	25
17-10	300	25	02-10	380	22	-30	80	22
-30	260	25	-30	270	25	-50	70	28
-50	290	28	-50	230	20	12-10	80	41
18-10	320	28	03-10	220	22	-30	70	34
-30	290	28	-30	240	28	-50	80	47
-50	240	25	-50	250	22	13-10	290	41
19-10	280	25	04-10	230	25			

第1表-(2) 汐流のベクトル表

(単位 cm/sec)

日 時分	U 東分	V 北分	日 時分	U 東分	V 北分	日 時分	U 東分	V 北分
7月9日			21-10	-27.6	-4.9	07-50	-30.5	-5.4
10-30	+39.0	-22.5	-80	-29.1	-10.6	08-10	-26.3	-9.6
-50	+42.3	+15.4	-50	-36.0	0	-30	-10.6	-29.1
11-10	+29.4	+17.0	22-10	-86.0	0	-50	-18.0	-21.5
-30	+38.5	+14.0	-30	-36.0	0	09-10	-8.6	-23.5
-50	+47.0	+17.1	-50	-32.0	+11.6	-30	+7.5	-20.7
12-10	+45.0	+26.0	23-10	-21.7	+12.5	-50	+20.7	-7.5
-30	+40.7	+23.5	-30	-21.7	+12.5	10-10	+19.7	-3.5
-50	+27.6	+23.1	-50	-23.5	+8.6	-30	+21.7	-3.8
13-10	+14.0	+24.3	10日			-50	+26.3	-9.6
-30	+30.5	+5.4	00-10	-25.0	0	11-10	+24.6	-4.3
-50	+21.7	+12.5	-30	-25.0	0	-30	+21.7	+3.8
14-10	+21.7	+12.5	-50	-21.7	+3.8	-50	+26.3	+9.6
-30	+16.9	+14.1	01-10	-24.6	+4.3	12-10	+40.4	+7.1
-50	+12.5	+21.7	-30	-19.2	+16.1	-30	+32.0	+11.6
15-10	0	+22.0	-50	-19.1	+11.0	-50	+46.3	+8.3
-30	-16.1	+19.2	02-10	-11.0	+19.1			
-50	-24.6	+4.3	-30	-25.0	0	Σ	U	V
16-10	-25.0	0	-50	-15.3	-12.9		+714.0	+507.2
-30	-20.7	+7.5	03-10	-14.1	-16.9		+1252.5	-487.4
-50	-20.7	+7.5	-30	-24.3	-14.0		-538.5	+19.8
17-10	-21.7	+12.5	-50	-20.7	-7.5		÷	÷
-30	-24.6	-4.3	04-10	-19.2	-16.1		80	88
-50	-26.3	+9.6	-30	-14.0	-24.3		\bar{U}	\bar{V}
18-10	-18.0	+21.5	-50	-18.0	-21.5		-6.7313	+0.2475
-30	-26.3	+9.6	05-10	-21.9	-26.1			
-50	-21.7	-12.5	-30	-18.0	-21.5			
19-10	-24.6	+4.3	-50	-19.2	-16.1			
-30	-27.6	+4.9	06-10	-21.5	-18.0			
-50	-21.7	+12.5	-30	-23.8	-19.9			
20-10	-24.3	-14.0	-50	-31.4	-26.4			
-30	-30.5	+5.4	07-10	-33.8	-12.3			
-50	-23.5	-8.6	-30	-31.2	-18.0			

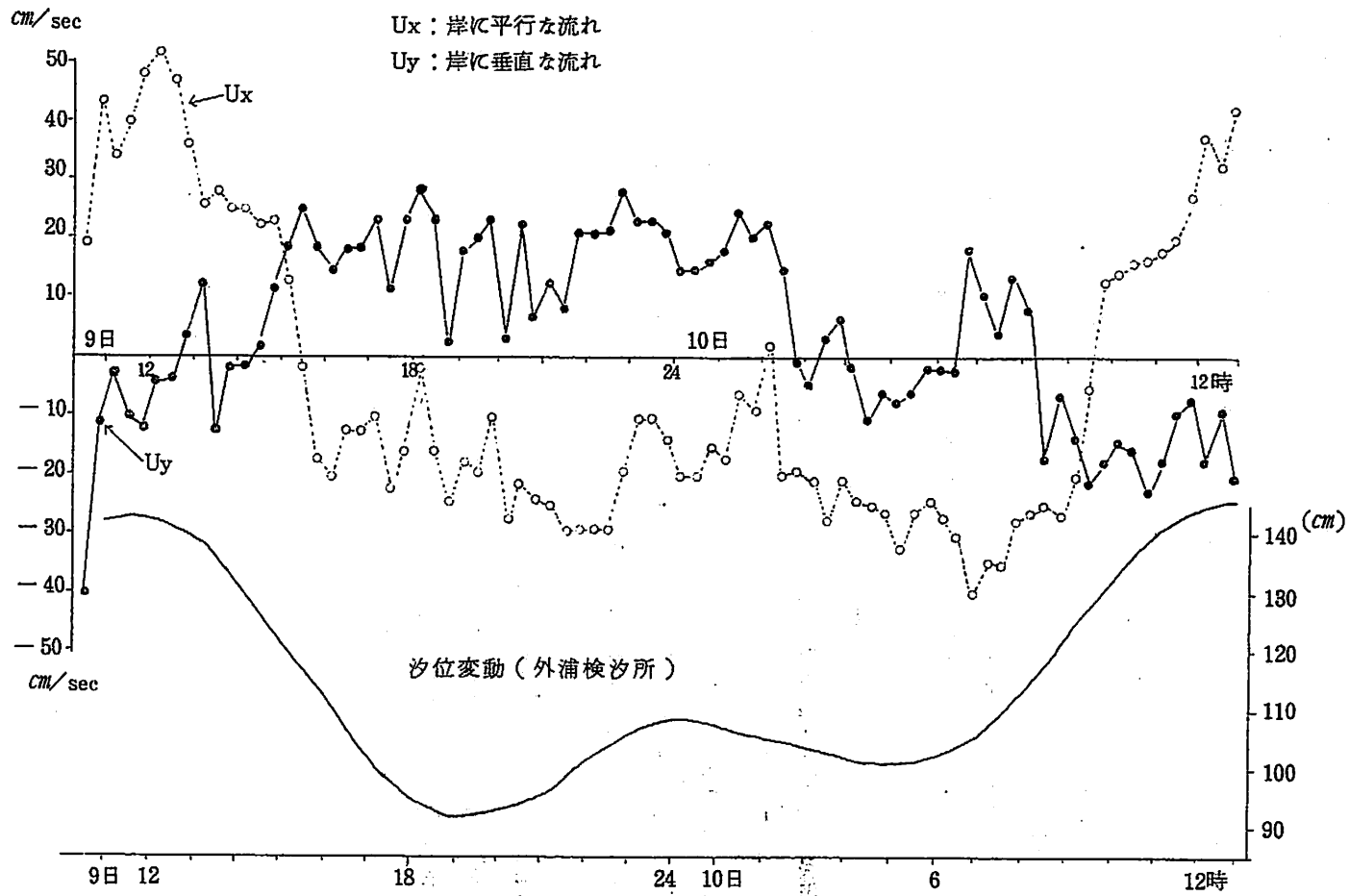
$$V = \sqrt{6.731^2 + 0.248^2}$$

$$= \sqrt{45.368} = 6.736 \text{ cm/sec}$$

$$\tan \theta = \frac{0.248}{6.731}$$

$$= 0.0368$$

$$\theta = 270^\circ 10'$$



第4図 26時間汐流観測結果 (7月9日~10日)

2. 漂流物追跡調査

漂流物の追跡調査は潮汐流の平面的な流動を知る一つの方法である。処理水が海洋に放流された場合、毎秒0.2トン程度の水では、海面傾斜をおこして流動を誘起する程の力はなく、低密度水であるために、潮流として流動する沿岸水の上に層重し、拡散、混合しながら移動の過程において消失することになる。

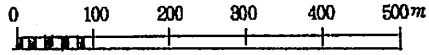
しかし、夏期に沿岸で発生する二重汐のように、層重した低密度水が必ずしも下層の相対的な高密度水と同じ方向、速度をもって移動しないこともよく知られた事実であるが、こゝでは、処理水が潮汐流と同一の移動をするであろうという前提にたっている。

調査は風圧の影響を受けにくい構造をもつ海流くらげと、測流竿の移動を、対時間的な位置を正確に測定することの必要から、島根丸と二隻のボートを使用し、六分儀と測距儀によって位置測定をおこなった。

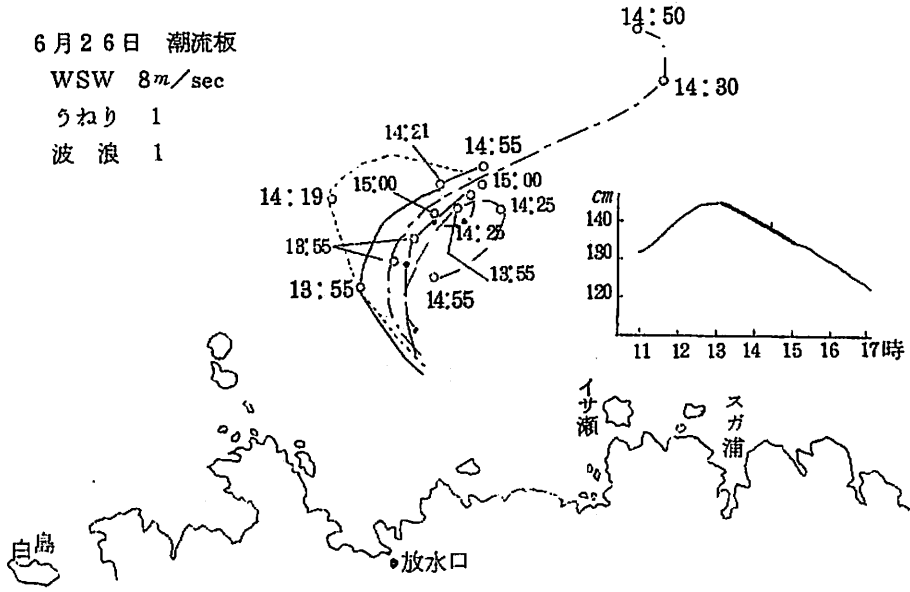
第5図一(1)~(4)に潮位と気象の関連において結果をあらわした。

一般に、漲汐時は西方向へ、落潮時は北方向へ、停汐時は東方向への流路をとることが多く、比較的26時間連続観測の結果と一致している。風速毎秒8m以上の海上では潮汐流よりは風圧による移動をしていると考えられるものがあり、漂流物の移動の速さは各測定毎の平均流速として求め第6図一(1)~(4)に示した。流速は毎秒8cmから85cmが観測され、放水口から350m以内では18cm以下で、それより沖合ではこれより高い流速となる。この値は泉下の平均的な沿岸水々域の流速である。

II-(2)の項で放水口のNW方向2000mの地点に定常的な地形性渦流域があることを指摘したが、この追跡調査でも、これを裏付けるいくつかの事例、例えば6月8日、7月2日、8月28日のこの海域での移動経路は多分に旋回性をもっている。この地形性渦流域の存在は海水の沈降、湧昇をおこさせるので、いちじるしく混合を助長する力となるであろう。



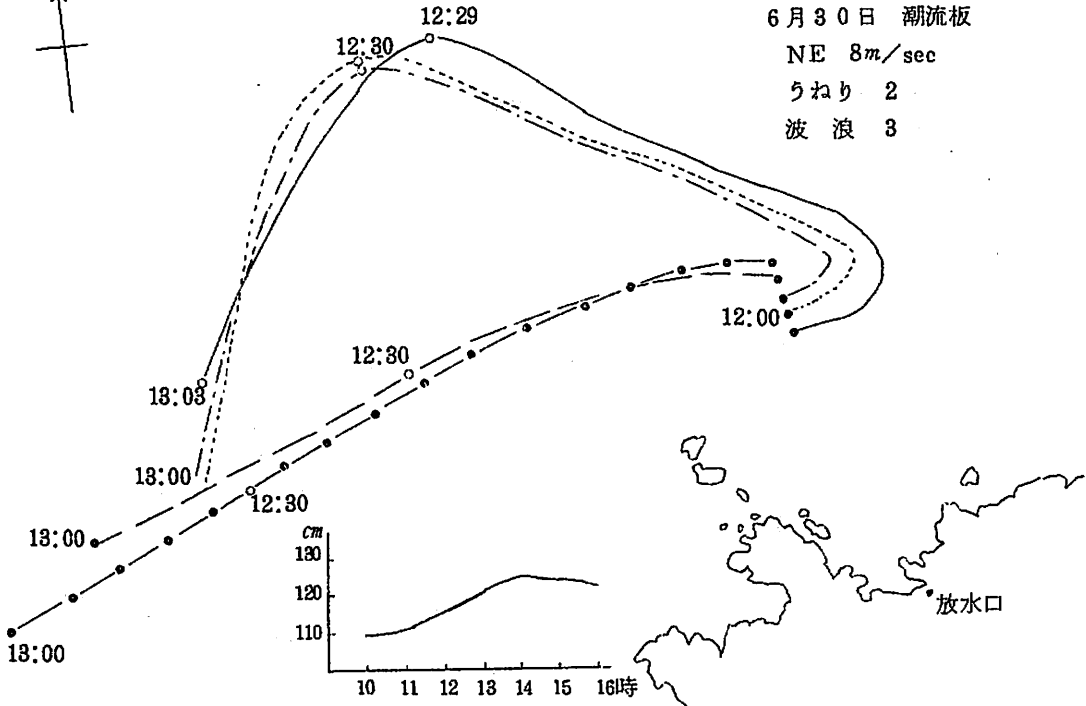
6月26日 潮流板
 WSW 8m/sec
 うねり 1
 波浪 1



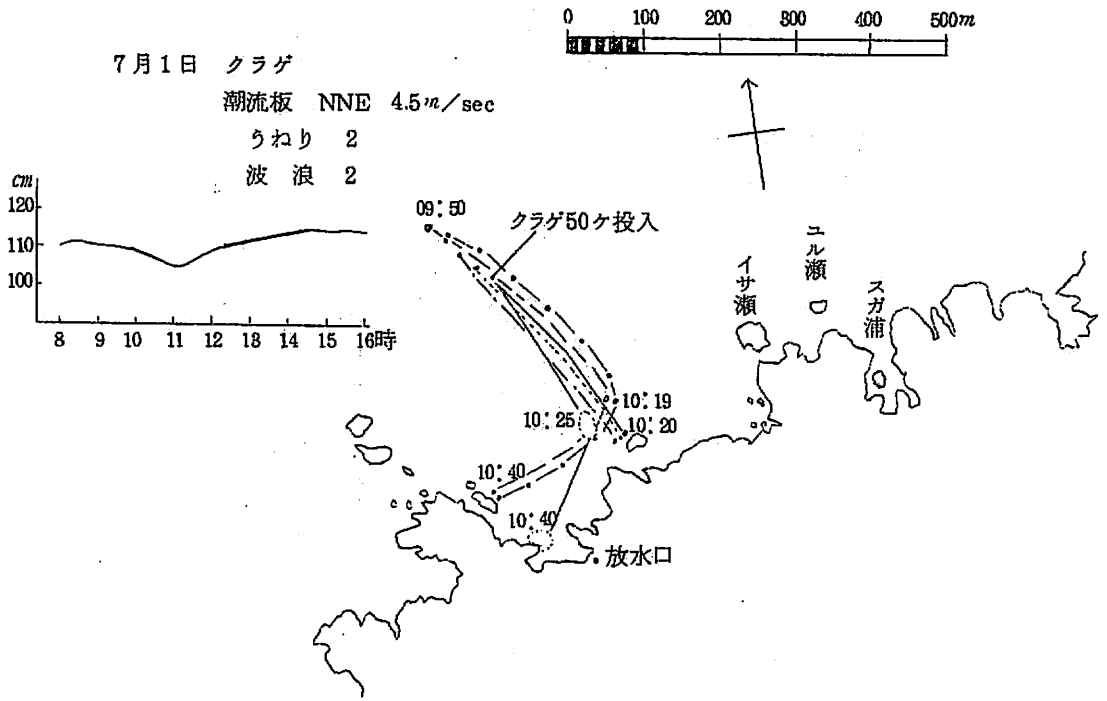
第5図-(1)



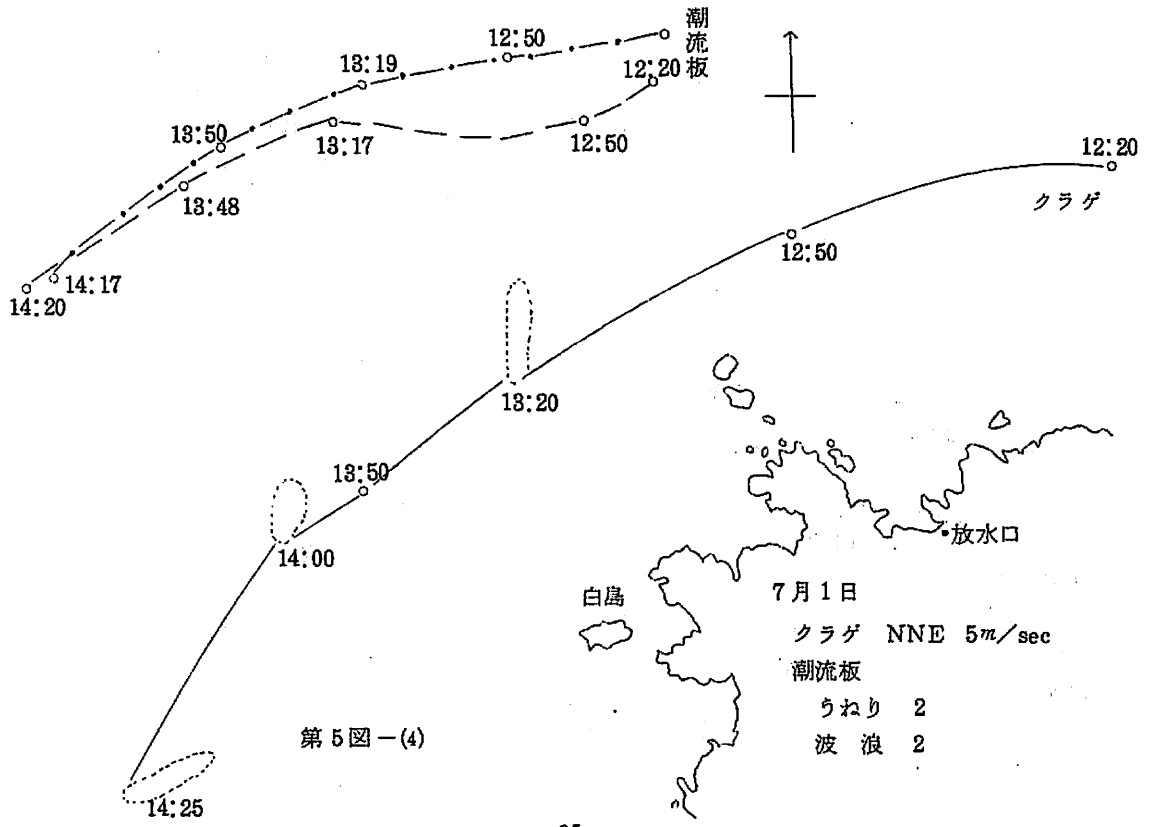
6月30日 潮流板
 NE 8m/sec
 うねり 2
 波浪 3



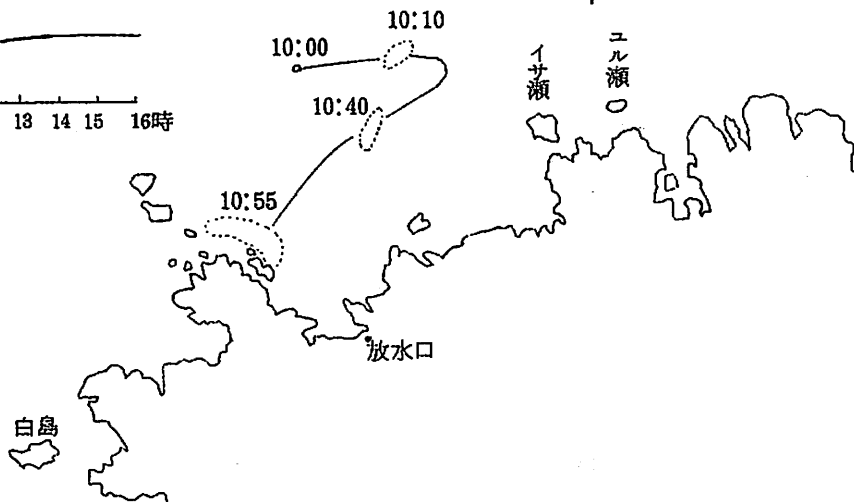
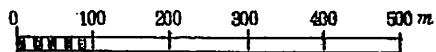
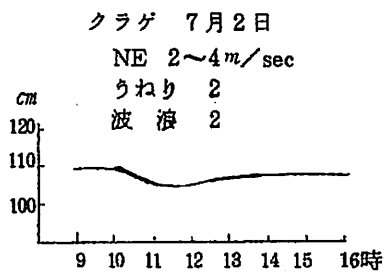
第5図-(2)



第5図-(3)

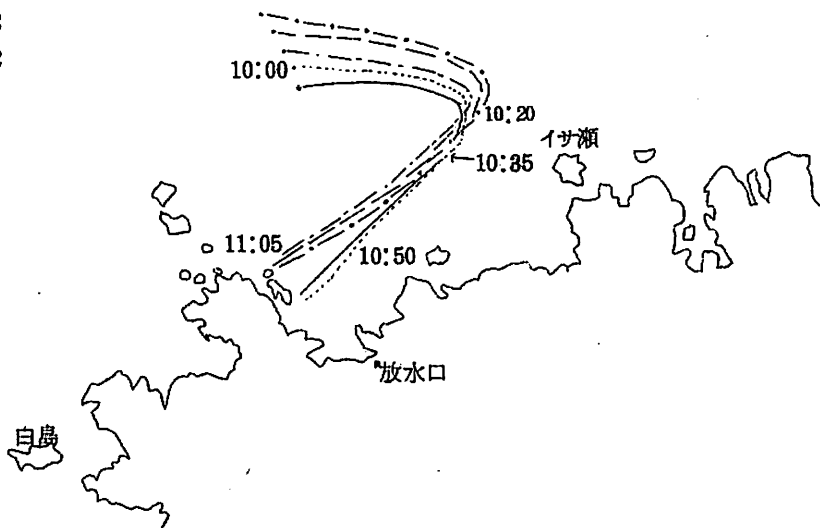


第5図-(4)

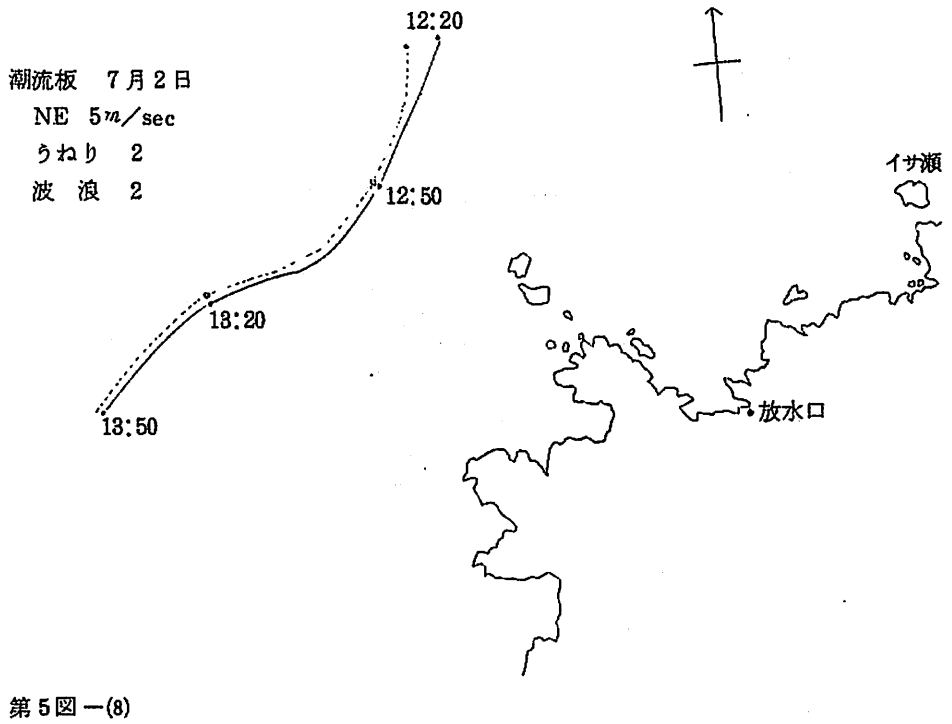
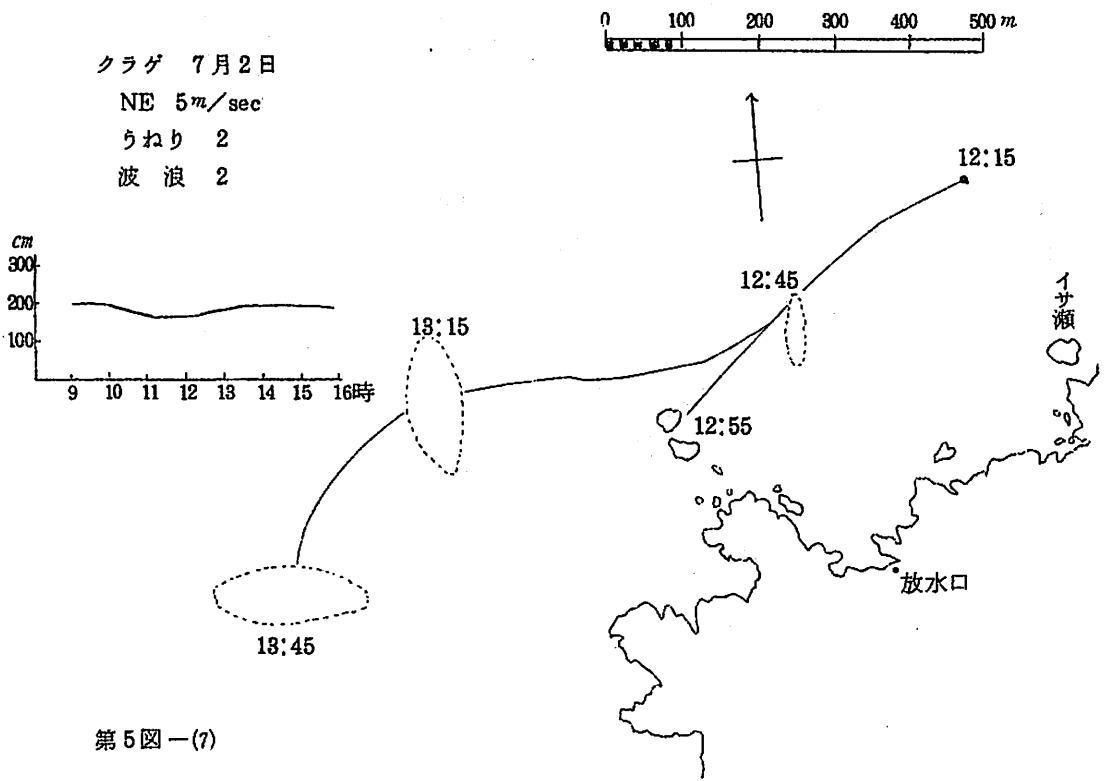


第5図-(5)

潮流板 7月2日
NE 2~4 m/sec
うねり 2
波浪 2

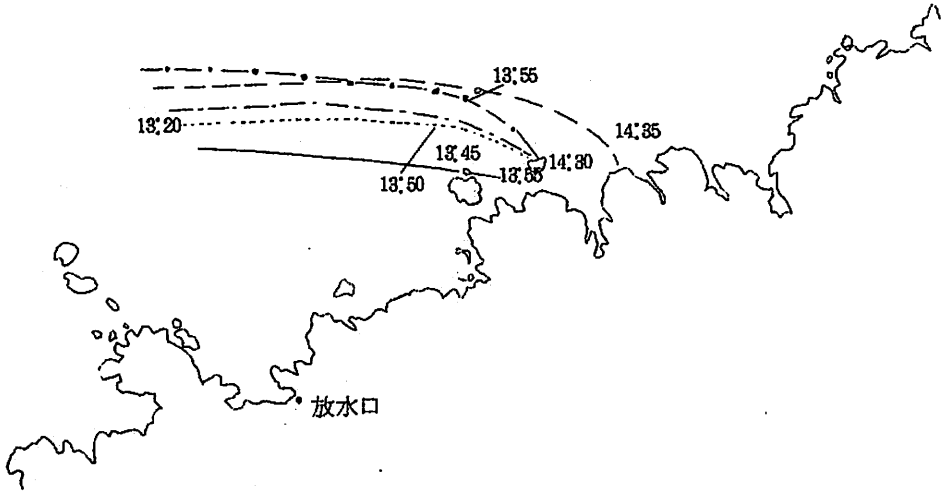
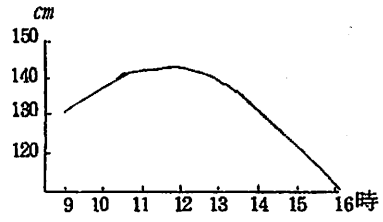
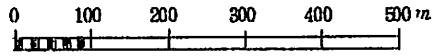


第5図-(6)

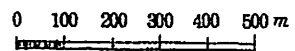




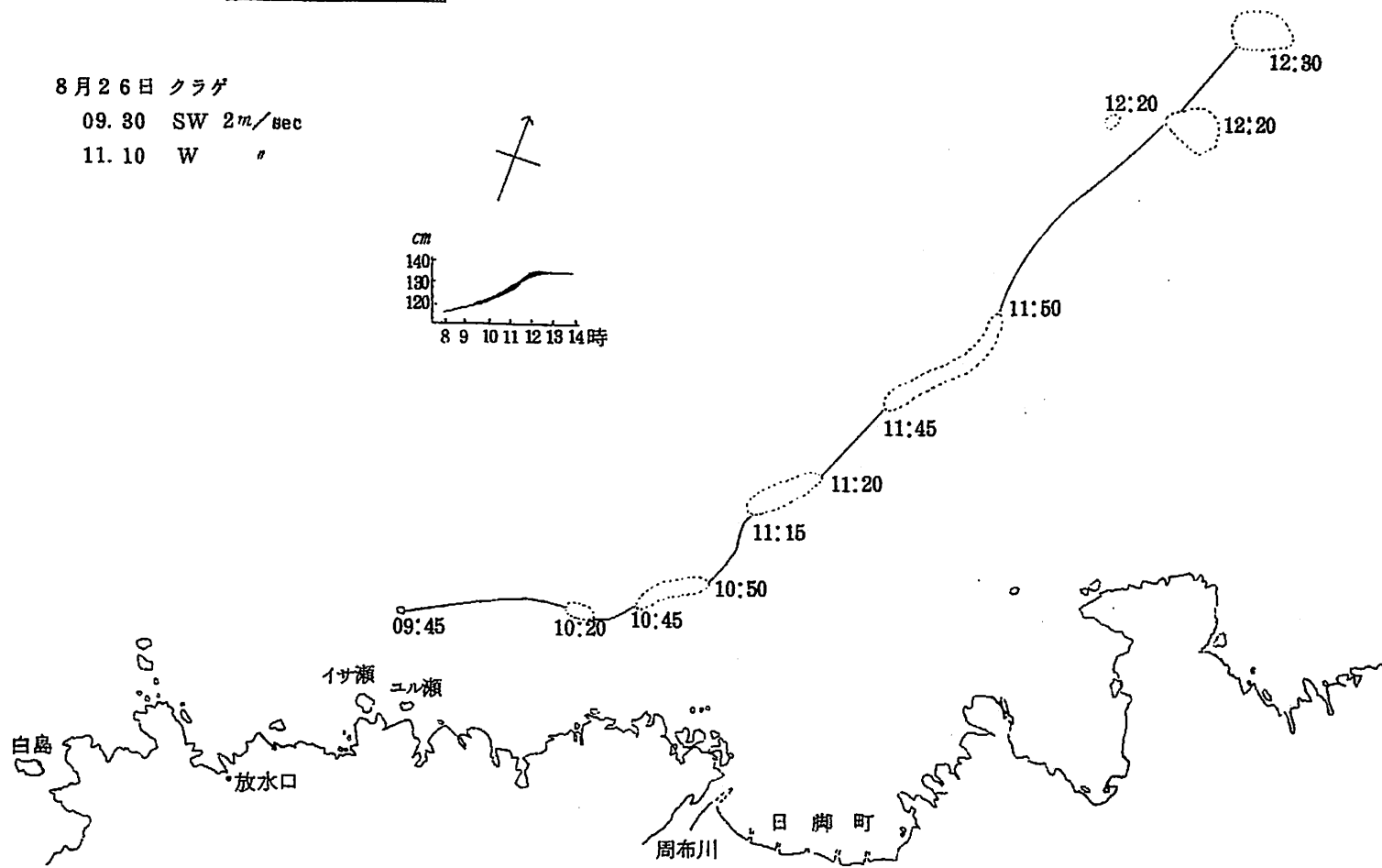
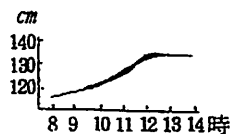
潮流板 7月9日 E 1m/sec



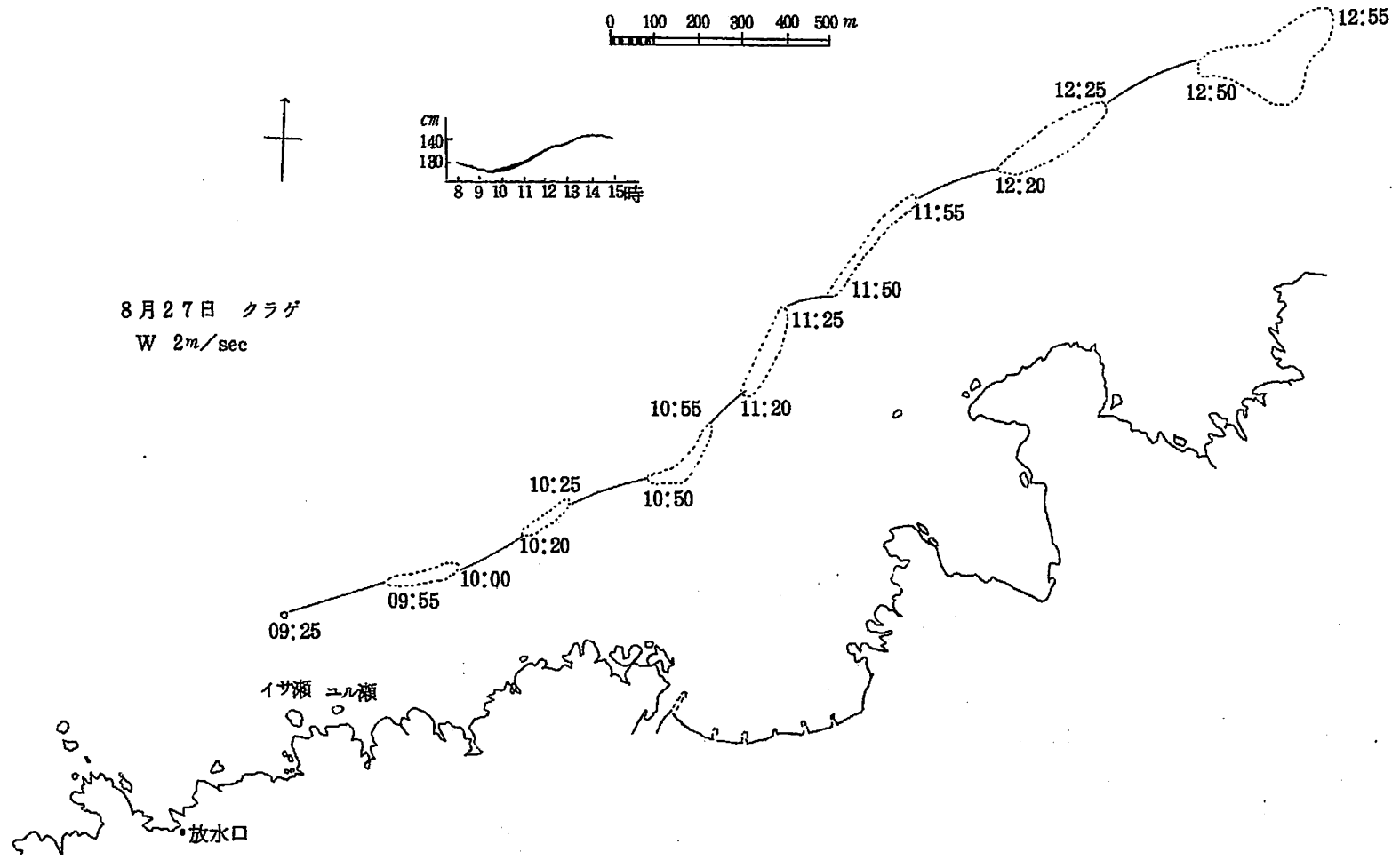
第5図-(9)



8月26日 クラゲ
 09.30 SW 2m/sec
 11.10 W "

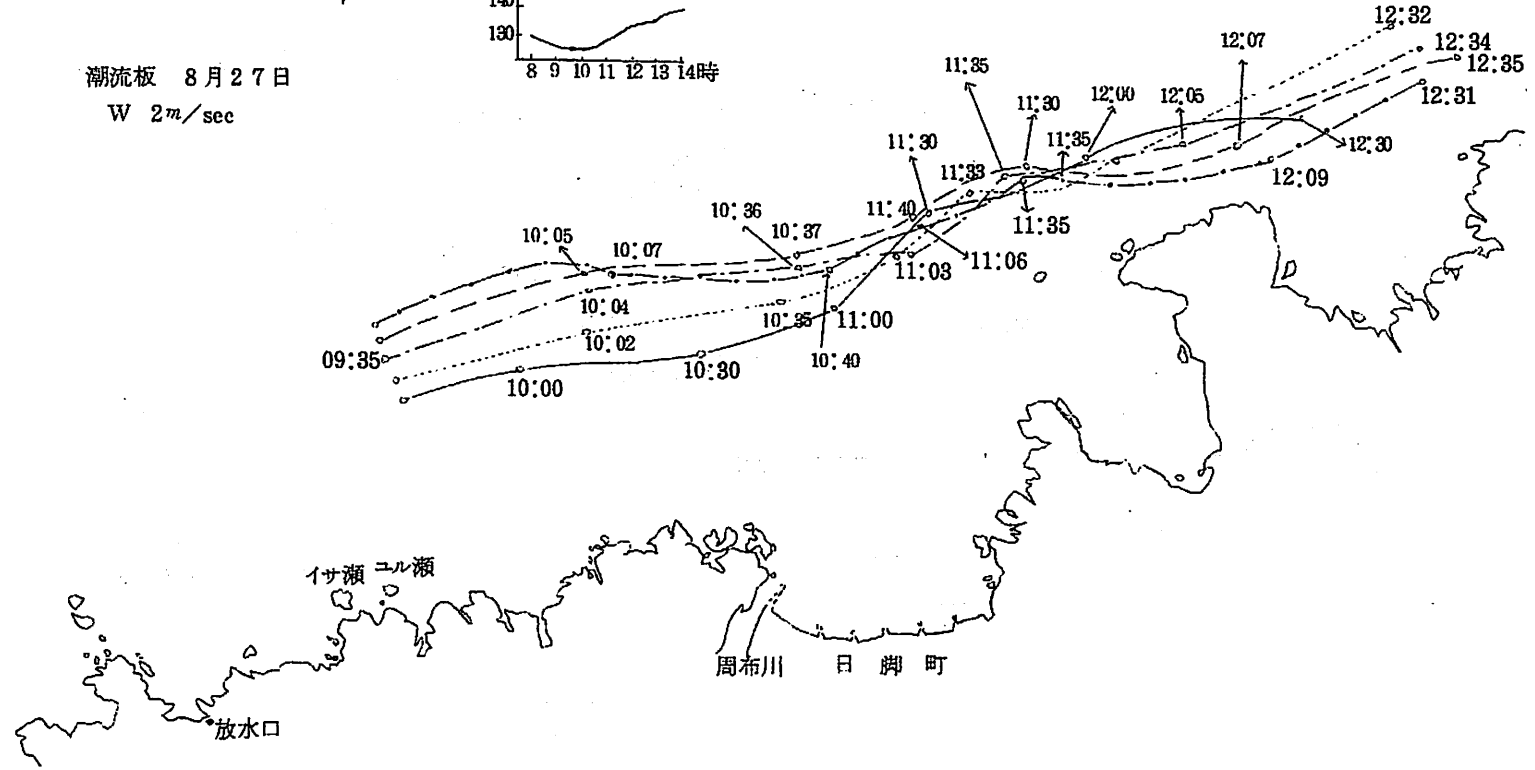
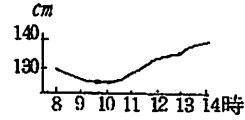
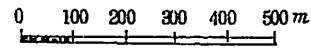


第5図-10



第5図一(1)

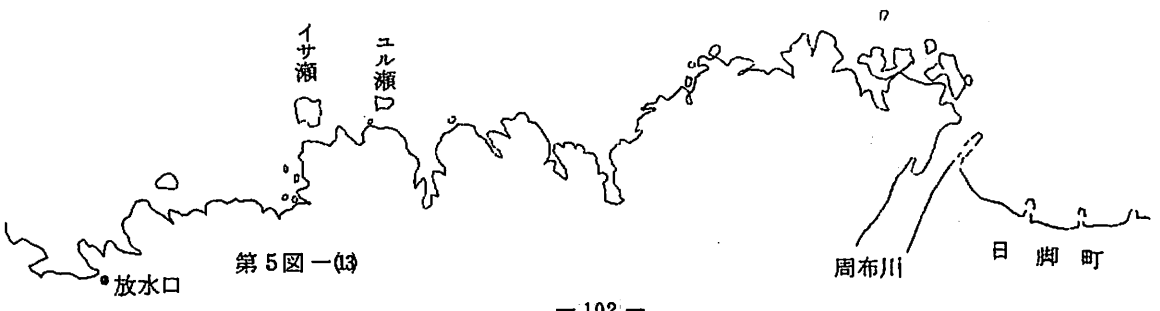
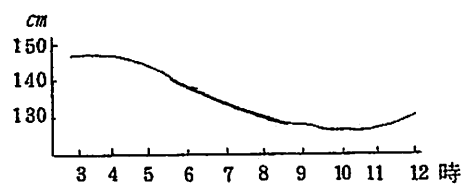
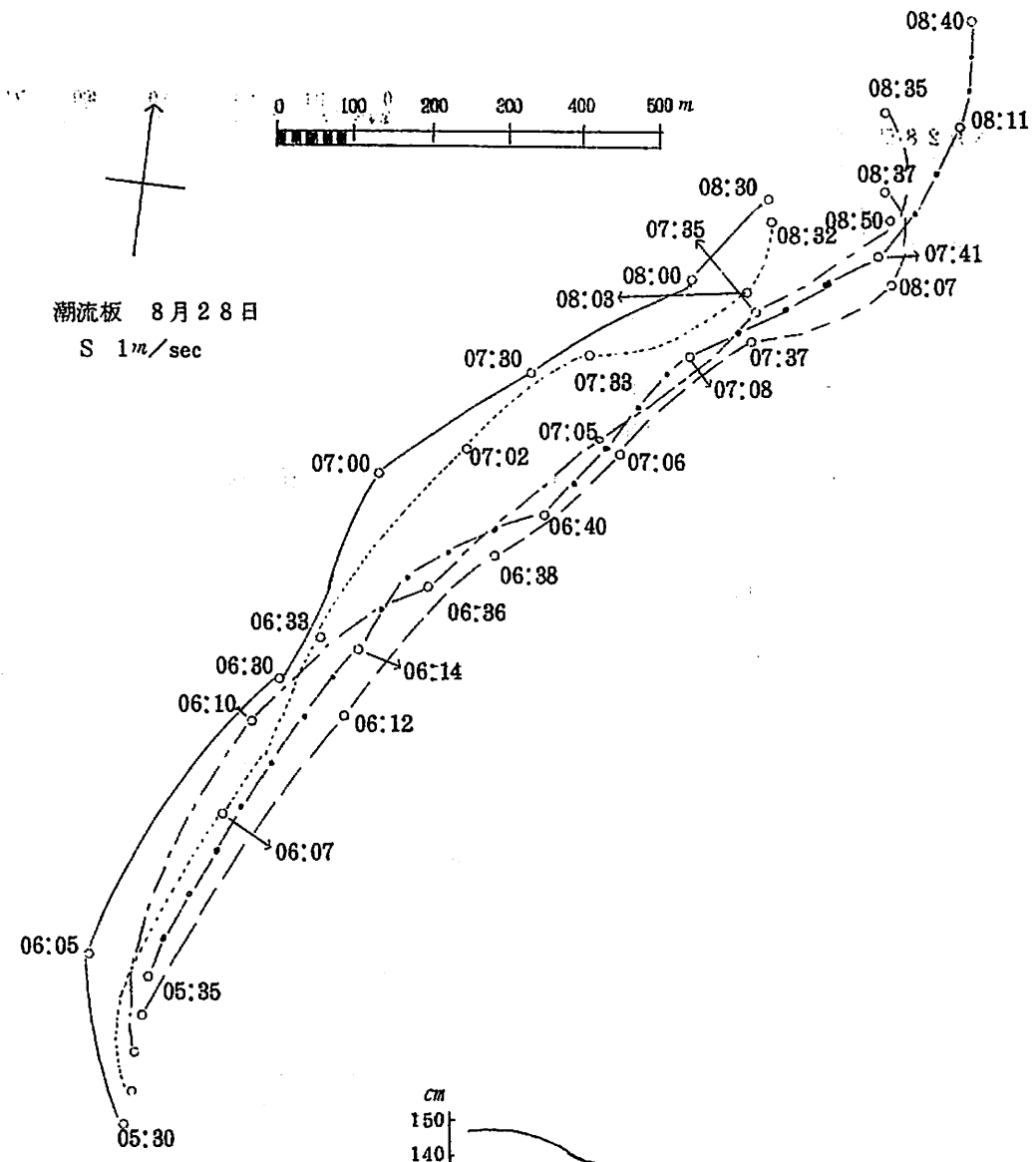
潮流板 8月27日
W 2m/sec



第5図-12

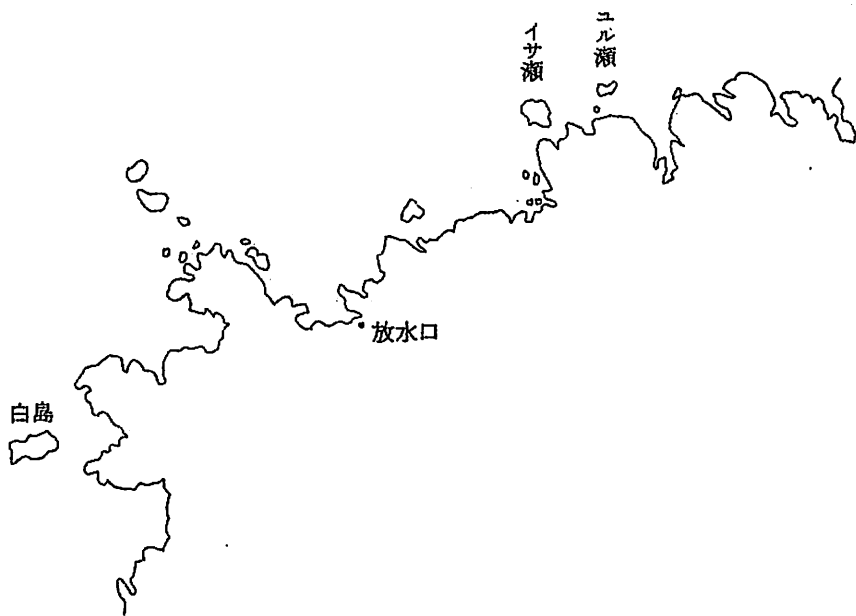
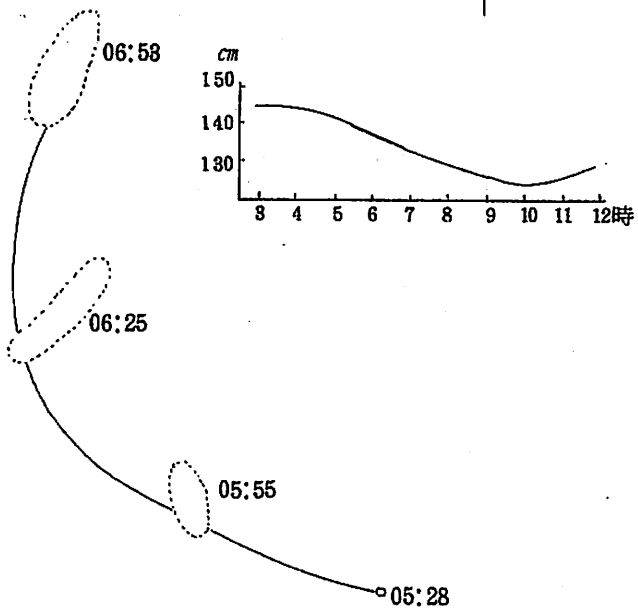
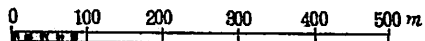
昭和二十一年八月二十七日

水産院

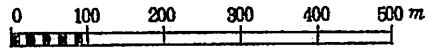


第5図-43

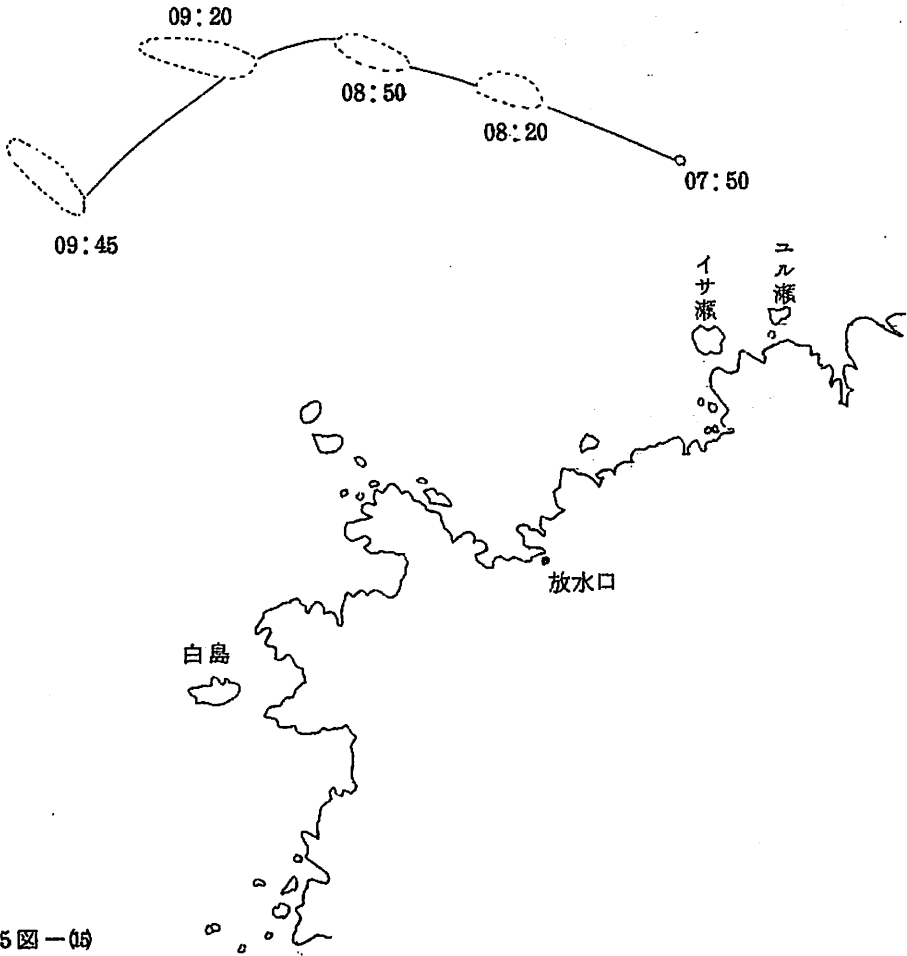
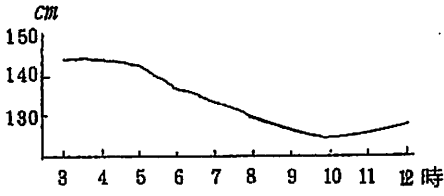
8月28日 クラゲ
 SE 2m/sec
 うねり 1
 波浪 1



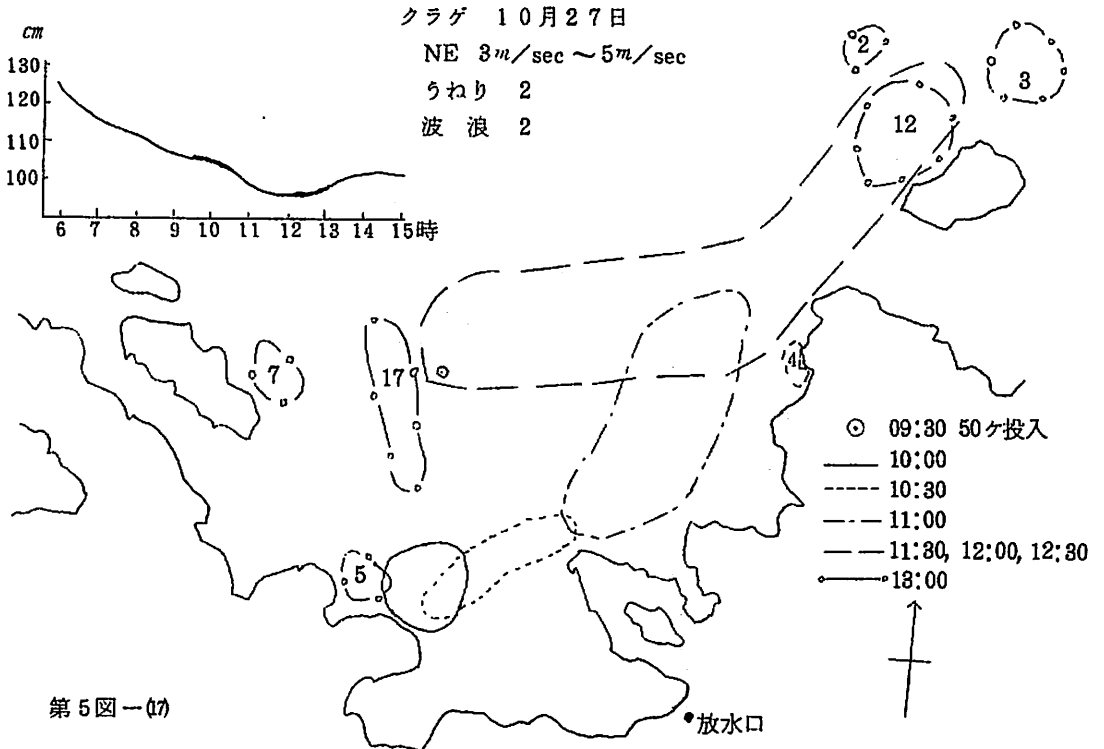
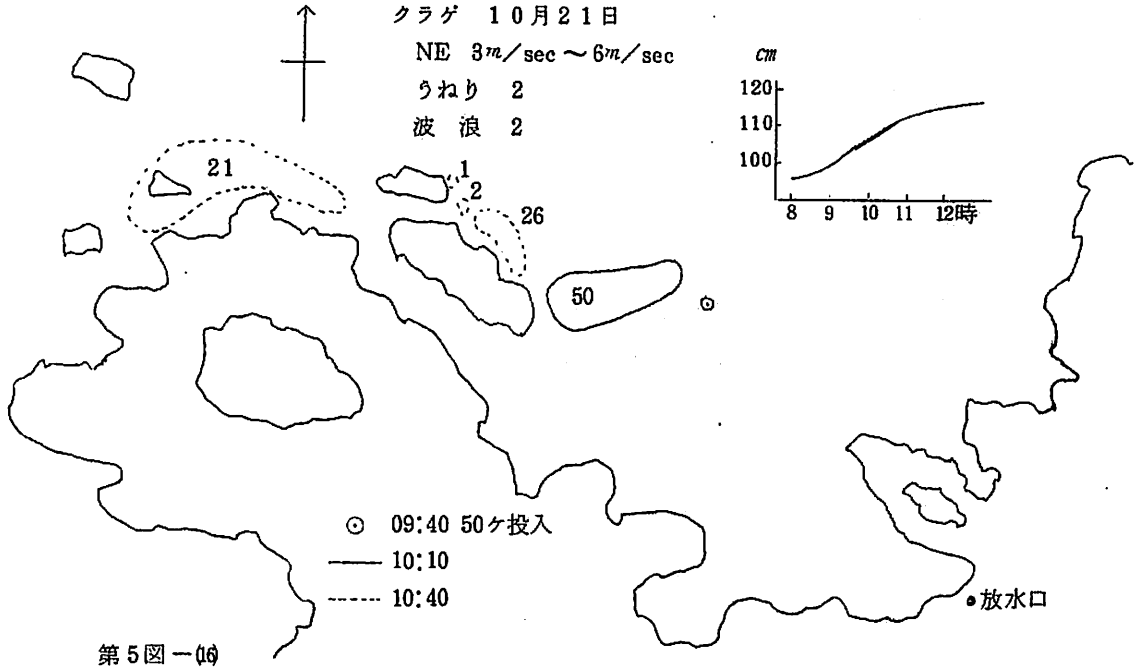
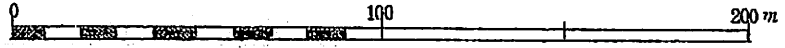
第5図-(14)

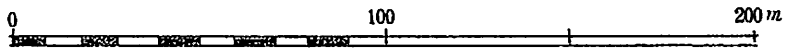
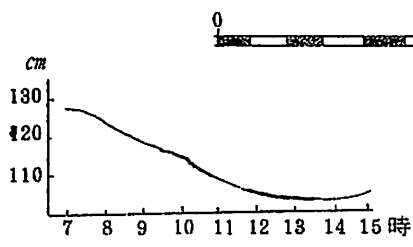


8月28日 クラゲ
 SE 2m/sec
 うねり 1
 波浪 1

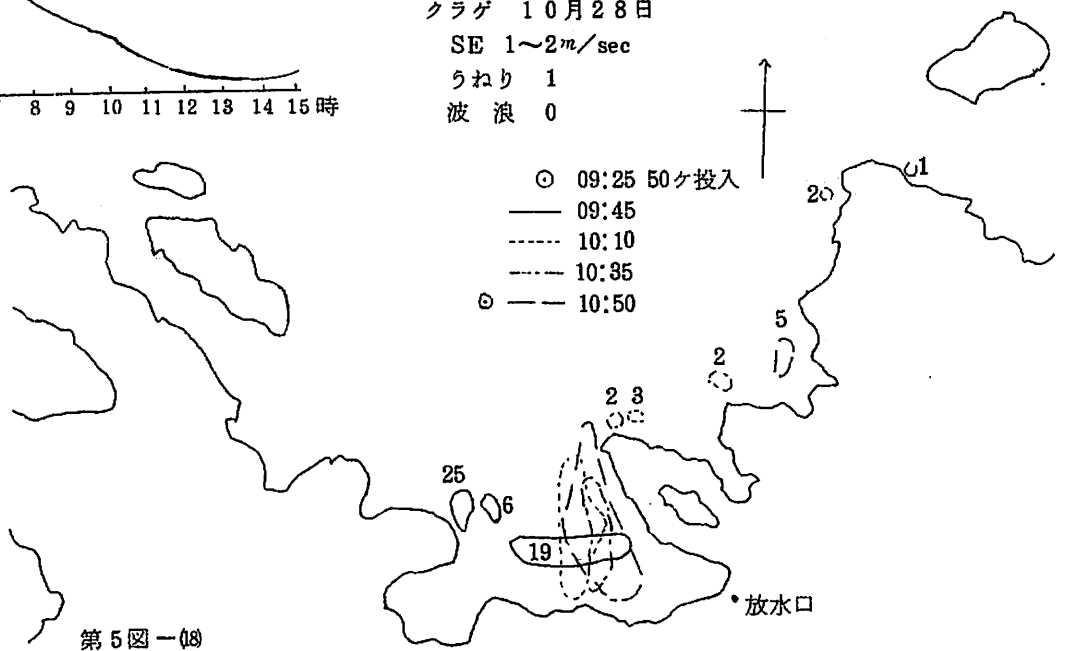


第5図-05

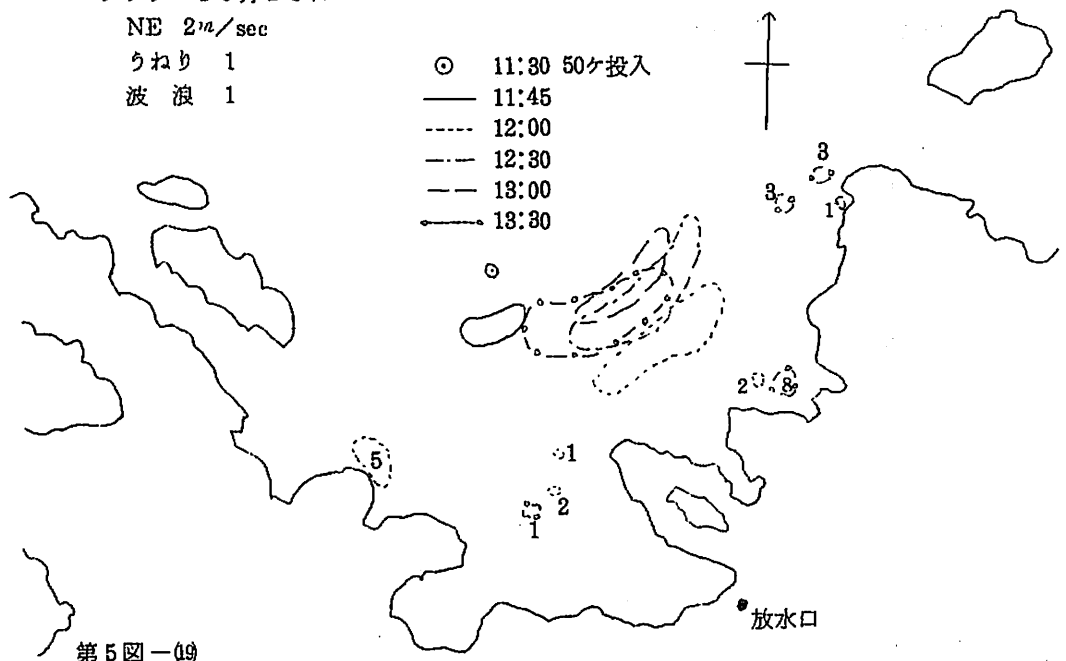


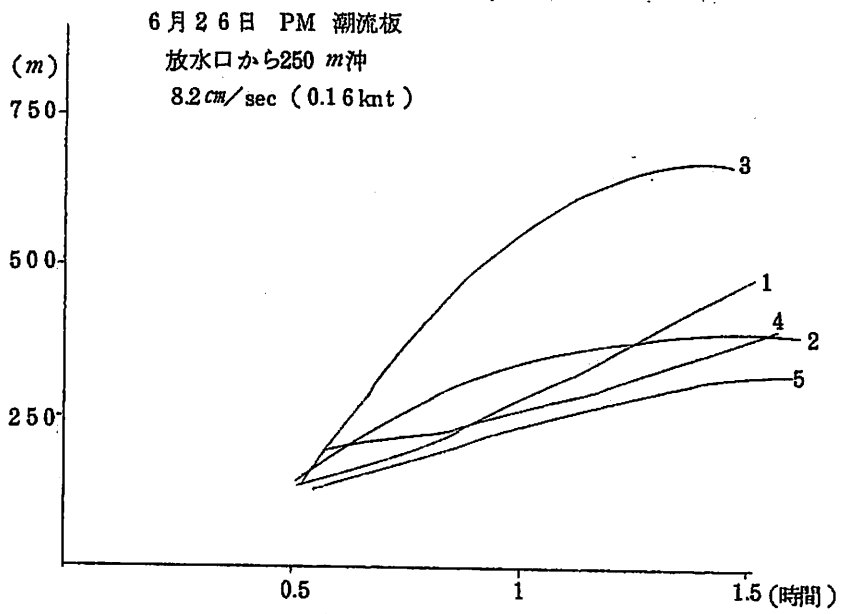


クラゲ 10月28日
SE 1~2m/sec
うねり 1
波浪 0

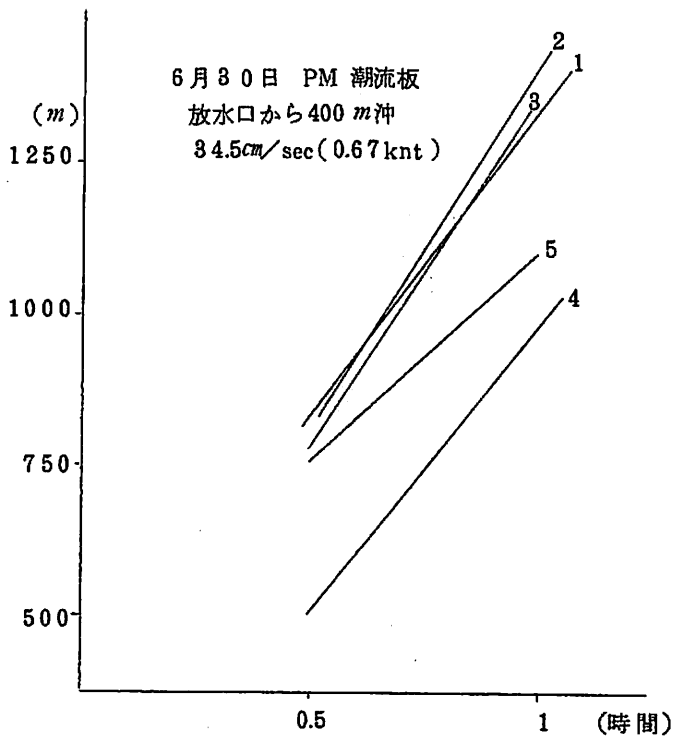


クラゲ 10月28日
NE 2m/sec
うねり 1
波浪 1

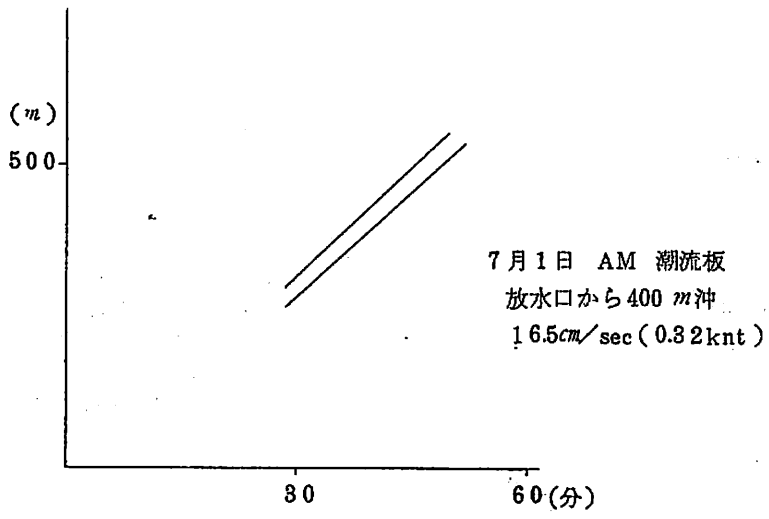




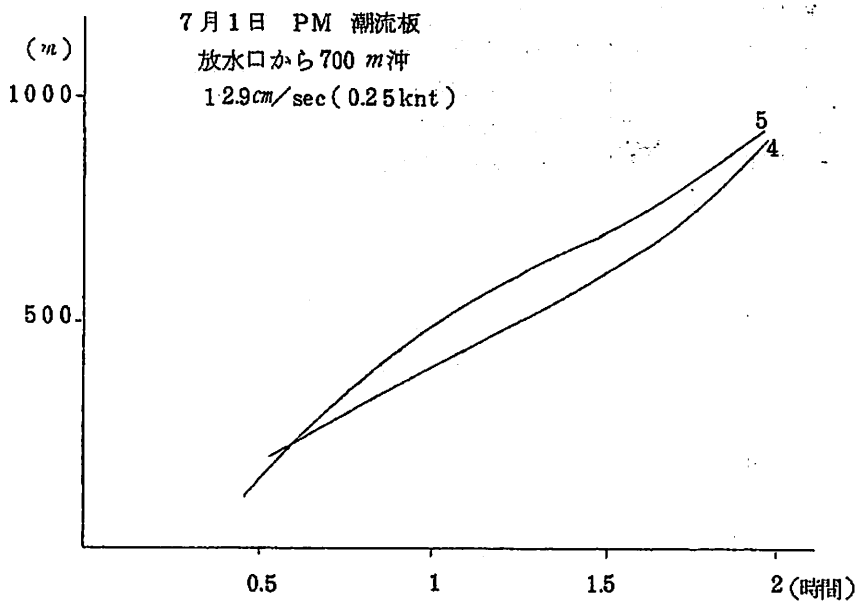
第6図一(1)



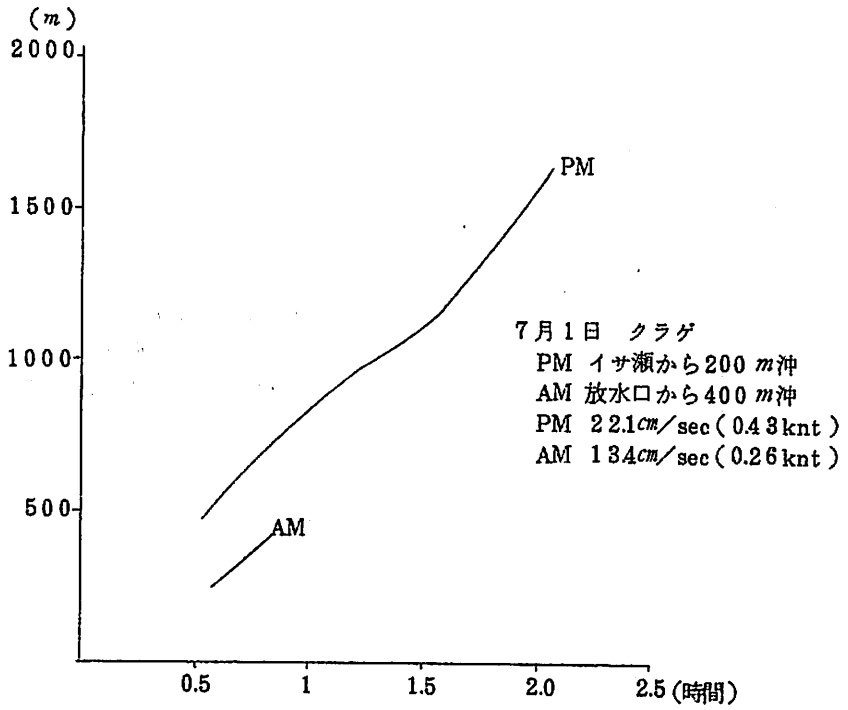
第6図一(2)



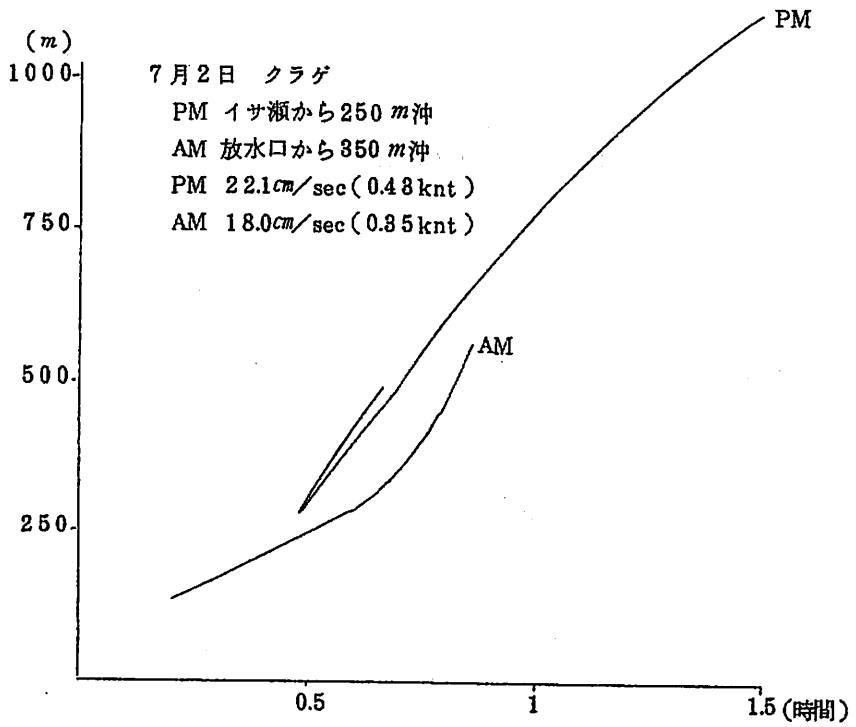
第6図一(3)



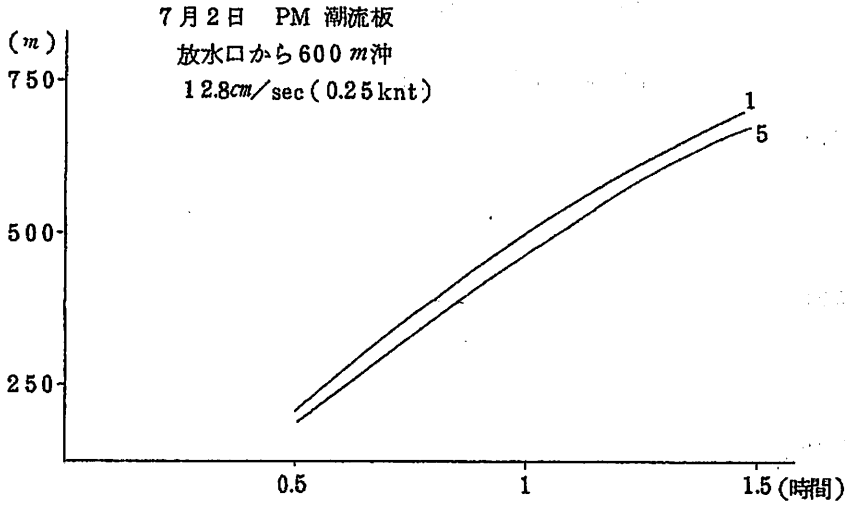
第6図一(4)



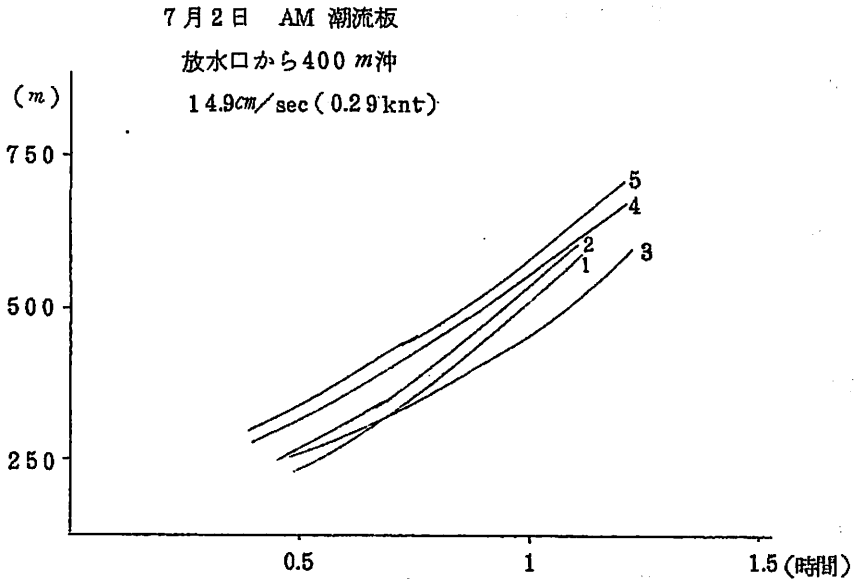
第6図-(5)



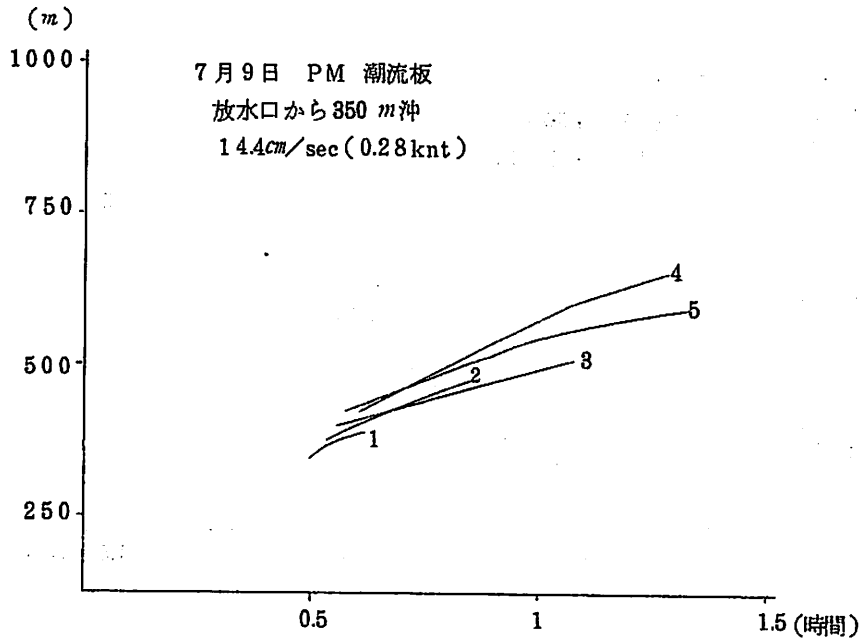
第6図-(6)



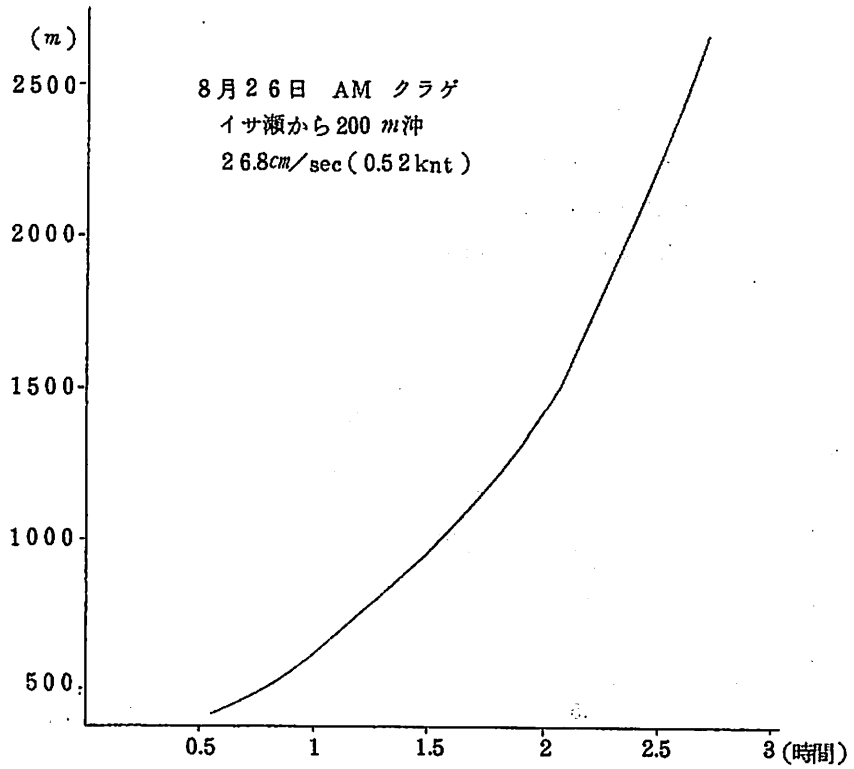
第6図-(7)



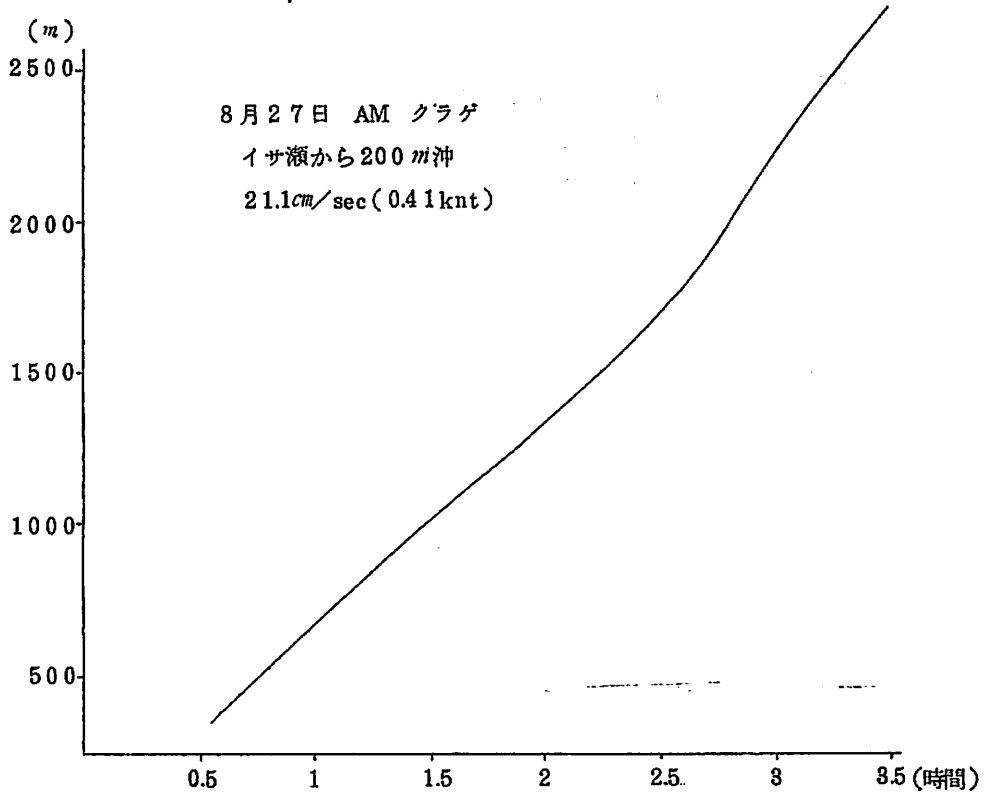
第6図-(8)



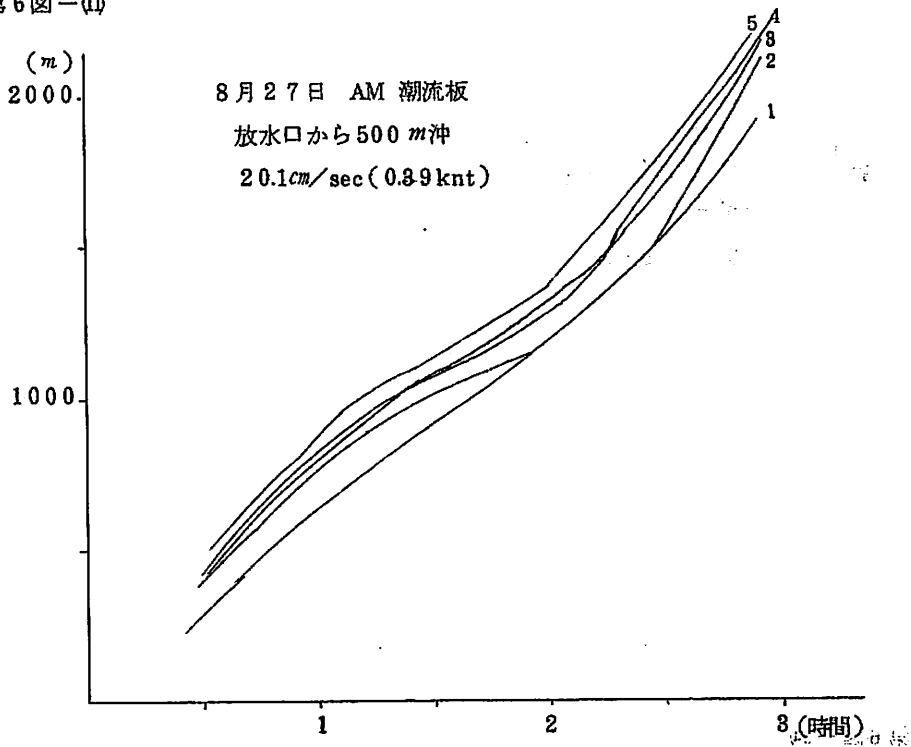
第6図一(9)



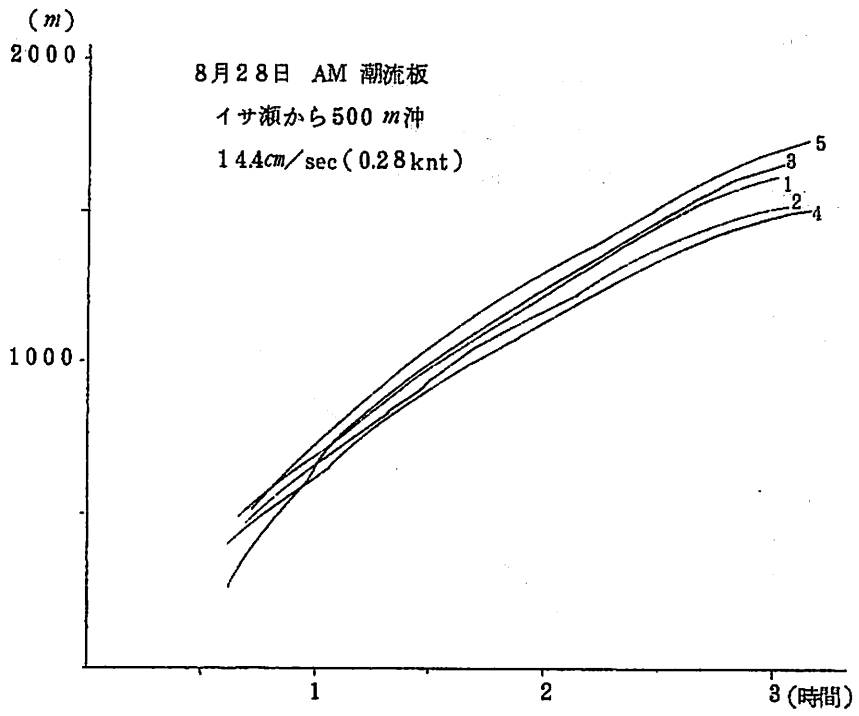
第6図一(10)



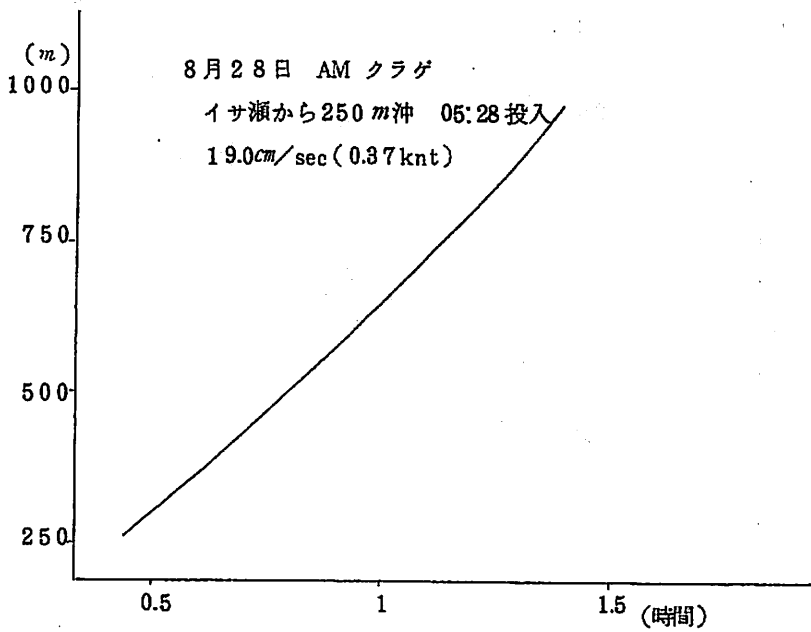
第6図-(1)



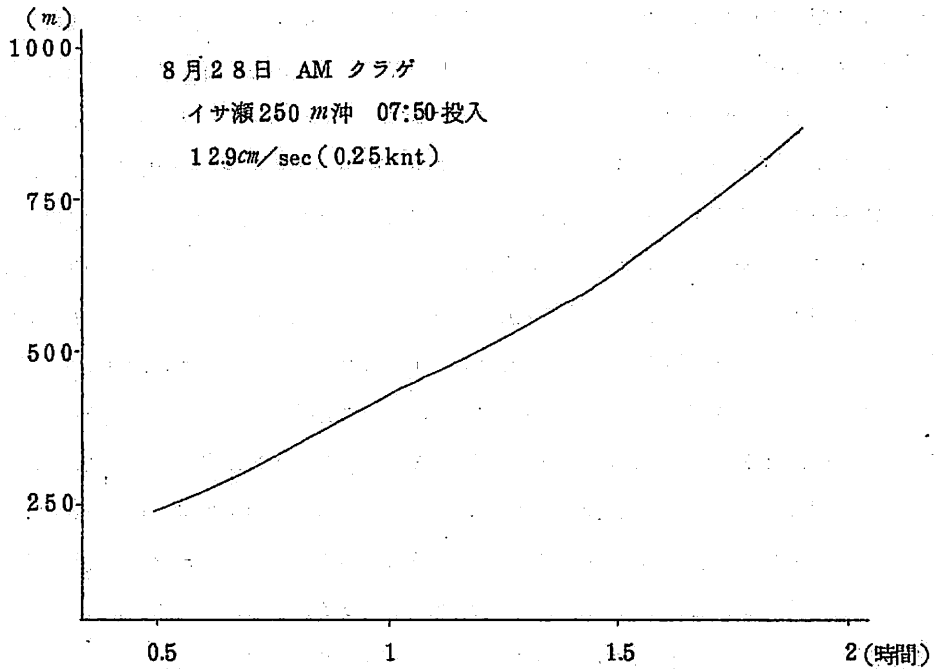
第6図-(2)



第6図-03



第6図-04



第6図-09

3 拡散調査

(1) 染料(ウラニン)流し実験

稀釈された尿を海洋に流出した場合、それがどのように移動、混合、拡散するかを明らかにする目的で染料流し実験を行った。

実験は、昭和50年11月21日と12月1日の両日の午前と午後の計4回浜田市浜田浄苑の放水口附近で染料としてウラニンを用いて行なわれた。各実験ともウラニンの投入量は約500gで、その投入場所を図7-(1)-(4)に示すとともに、風向、風速および波浪等の実験条件も表わした。実験では、ウラニン投入後10分経過ごとに海面上でウラニンの色が見えなくなる位置を六分儀で決定した。

上述の実験から得られたウラニン投入後のその拡散の状態(海面上でウラニンが見えなくなる位置の時間的变化)を図7-(1)-(4)に表わした。図7-(1)-(4)は、どの実験結果もウラニンの拡散が北東方向に卓越しているようであることを示している。しかし、ウラニン投入後の各経過時間におけるウラニンが見える面積には各実験の間でかなりの差が認められる。このことを明らかにする

ために、図7-1(1)-(4)からプランメーターで各経過時間における海面上でウランが見える面積（今後これを拡散面積と呼ぶことにする）を求め、その結果を表2に示した。表2は、前述のように、各経過時間におけるウランの拡散面積に実験の間でかなりの差があることを示している。とくに、同じ日の午前と午後の実験結果を比較すると、両日とも午前と午後では風向、風速および波浪には大差がないにもかかわらず、午後の実験による拡散面積は午前のそれよりいじりしく大きくなる。また、海面上でウランが全く見えなくなるまでの時間も、午前では50分以内であり、一方午後ではそれは少なくとも60分以上である。このことは、ウランの拡散過程に潮汐流がかなり影響しているように考えられる。すなわち、11月21日の場合には、満潮が12時27分であるので、午前の実験時間帯は上げ潮時に相当し、午後の実験は満潮から下げ潮時に行われたことになる。一方、12月1日では、満潮が11時15分であり、これは午前の実験の時間帯に当り、午後の実験は下げ潮時に行われたことになる。これらの事実は午前と午後のウランの拡散面積の差とよく対応している。また、上げ潮の時には拡散面積が小さく、ウランが海面上で見えなくなるまでの時間も短いことから、鉛直混合も相対的に大きくなるのであろう。しかし、潮汐のみでは拡散面積の差を説明できない面もあるので、風や波浪の影響を無視することはできない。

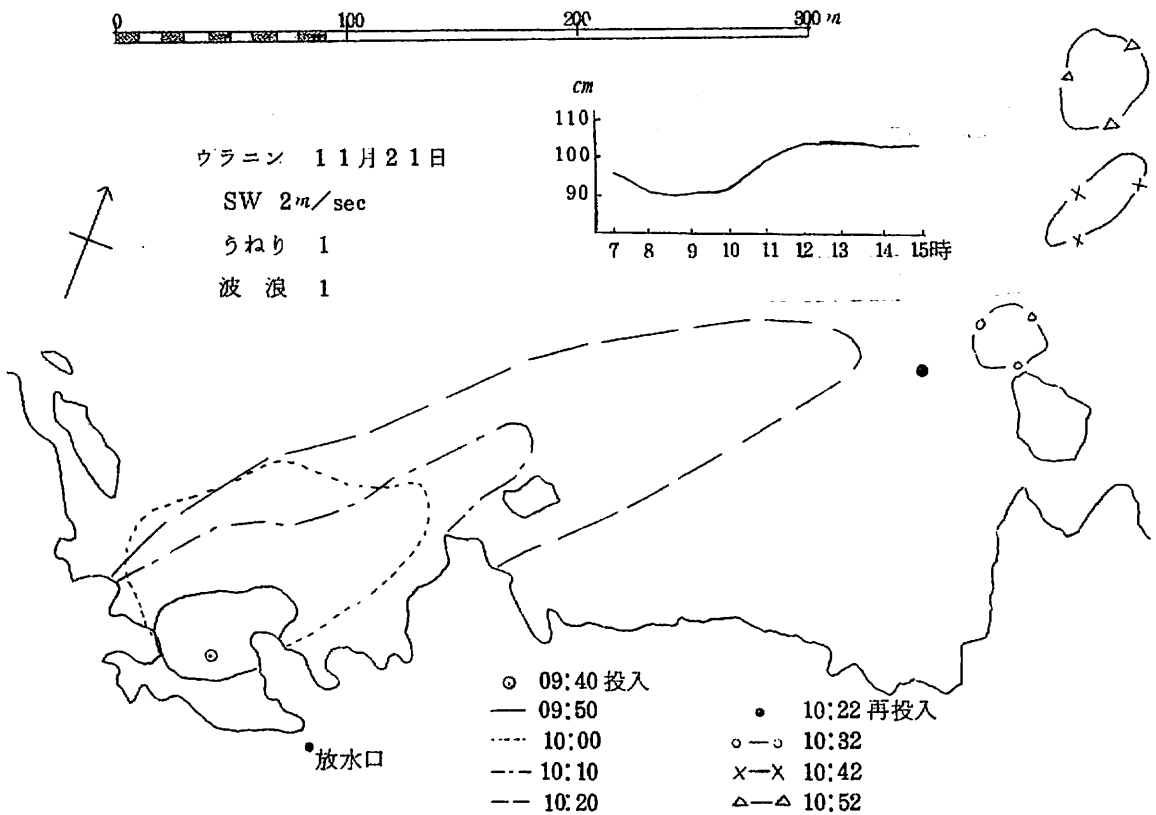
海洋における瞬間点源からの水平混合に関する方程式の理論解は、ヨセフ・ゼンドナーとオズミドフの解がある。これらの解は外海で移流がないという条件で得られたものであるので、本実験のように潮汐流や岸という境界条件がある場合に用いるには無理がある。しかし、本実験で得られた資料を上述の解に当てはめることによって、本海域の混合の状態やそれに及ぼす潮汐の影響を知ることができる可能性はある。

上述のような目的で、ヨセフ・ゼンドナーとオズミドフの解について、沿岸域における表層での適当なパラメーターを用いて各経過時間に対するMoHを拡散面積から算出した（Moは表層でウランが見えなくなる濃度）、ただし、ウランは表面から厚さHの層に均一に混合しながら水平拡散すると仮定されている。このようにして求めたMoHの値は、各実験でヨセフ・ゼンドナーの解を用いた場合には比較的安定しているが、オズミドフの解ではそれはばらつく。したがって、今後の取扱いは、ヨセフ・ゼンドナーの解を用いることにする。

ヨセフ・ゼンドナーの解から、一方に沿岸のある場合のウラン濃度 M_0 以上の拡散面積A（半円と仮定して）と、ウラン投入後の経過時間 t の関係は次のようになる。すなわち、 $2A / (\pi P^2 t^2) - 4 \left(\ln \frac{t}{T} \right)^2$ の $\ln \frac{t}{T}$ に対するプロットは傾きが $4 \ln \left\{ \pi P^2 M_0 T^2 / (MH^{-1}) \right\}$ 、 $\ln \frac{t}{T} = 0$ で $\left\{ \ln \pi P^2 M_0 T^2 / (MH^{-1}) \right\}^2$ の直線関係を示す。ただし、Tは時間の次元をもつ定数、また、Mはウランの投入量で、ここでは500gであり、Pは拡散速度というパラメーターで本実験のような場合には、 $1 \pm 0.5 \text{ cm/sec}$ となる。したがって、 $p = 1 \text{ cm/sec}$ として各

実験の資料について $2A / (\pi \sigma^2) - 4 (\ln \frac{t}{T})^2$ を $\ln \frac{t}{T}$ に対してプロットしたのが図8である。ただし、 $T=1 \text{ sec}$ 図8から明らかのように、各実験ともプロットはほぼ直線関係を示し、その傾きと $\ln \frac{t}{T} = 0$ から推定される $\ln (\pi M_0 / MH^{-1})$ の値は大体一致し、それは $-1.85 \sim -1.9.8$ の範囲となる ($\pi M_0 / (MH^{-1}) \div 2.6 \times 10^{-9} \sim 9.2 \times 10^{-9} \text{ sec}^{-2}$)。このことは、上述の拡散面積と経過時間の関係を一応満足していることを表わしているが、 $\pi M_0 / (MH^{-1})$ の値の実験間の差が潮汐等の影響を表わしているものと考えられる。なお、海面上でウラニンが見えなくなるその濃度 M_0 は、 $H=100 \text{ cm}$ とすれば、 $1 \times 10^{-8} \sim 4 \times 10^{-9} \text{ g/cm}^3$ 、また、 $H=200 \text{ cm}$ とすれば、 $5 \times 10^{-9} \sim 2 \times 10^{-9} \text{ g/cm}^3$ 程度と推定される。

以上の結果から、本実験の資料をヨセフ・ゼンドナーの解を用いて解析しても大きな間違いがないようであることがわかる。したがって、ヨセフ・ゼンドナーの解によって逆に拡散面積の時間的变化を算出したのが図9である。ただし、 $\pi M_0 / (MH^{-1}) = 2 \times 10^{-9}$ と $1 \times 10^{-8} \text{ sec}^{-2}$ 。図9において $\pi M_0 / (MH^{-1}) = 2 \times 10^{-9}$ と $1 \times 10^{-8} \text{ sec}^{-2}$ に対する計算曲線はそれぞれ下げ潮時と上げ潮時から満潮時にかけてに相当する。



第7図-(1)

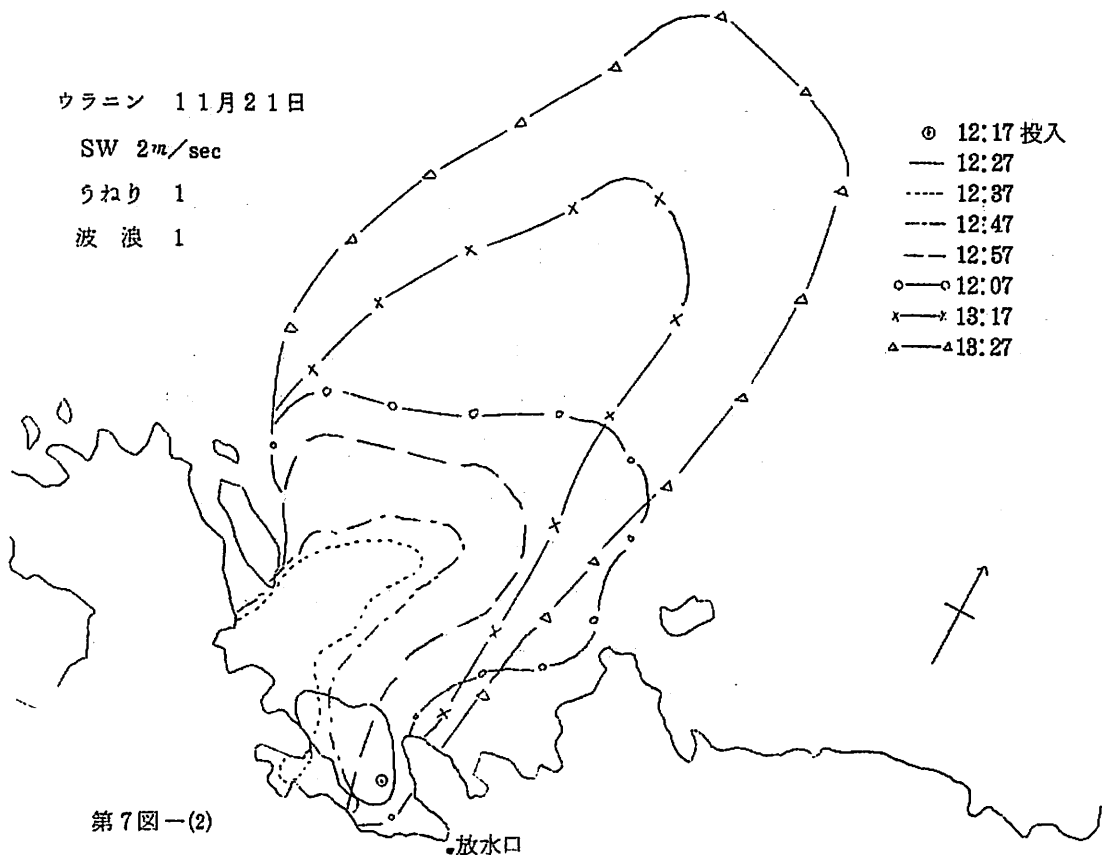
ウラニン 11月21日

SW 2m/sec

うねり 1

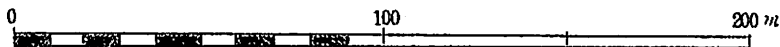
波浪 1

- 12:17 投入
- 12:27
- ⋯ 12:37
- - 12:47
- - 12:57
- 12:07
- x x 13:17
- △ 13:27



第7図一(2)

放水口



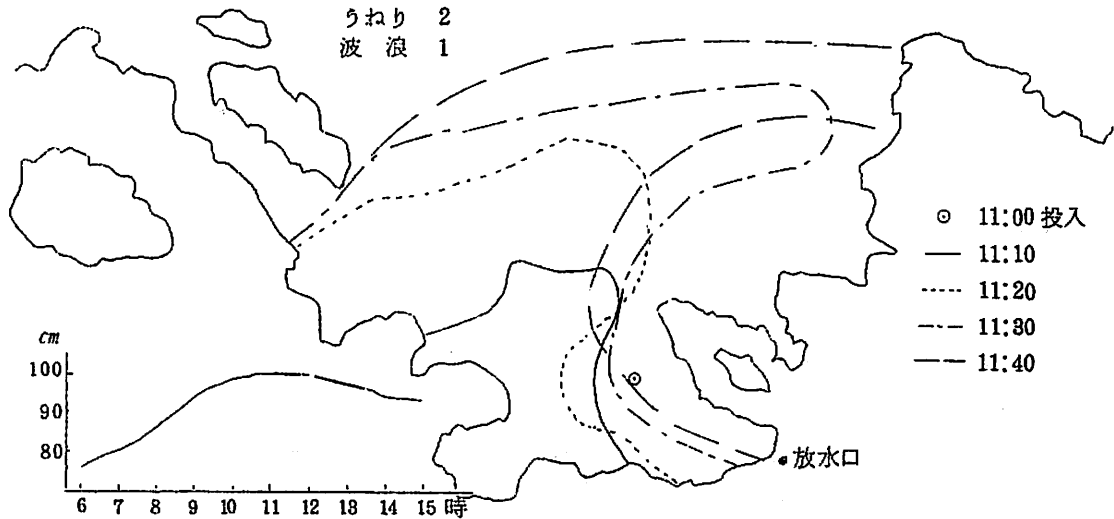
ウラニン 12月1日

NE 3m/sec

うねり 2

波浪 1

- 11:00 投入
- 11:10
- ⋯ 11:20
- - 11:30
- - 11:40



第7図一(3)

放水口

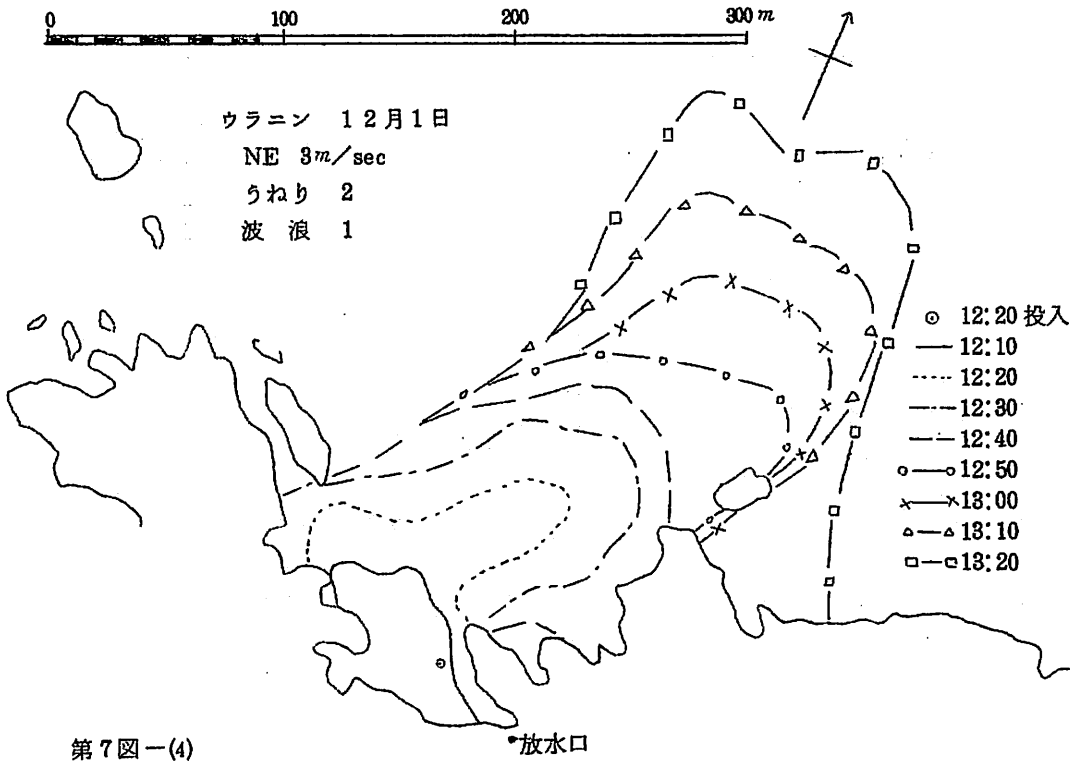
cm

100

90

80

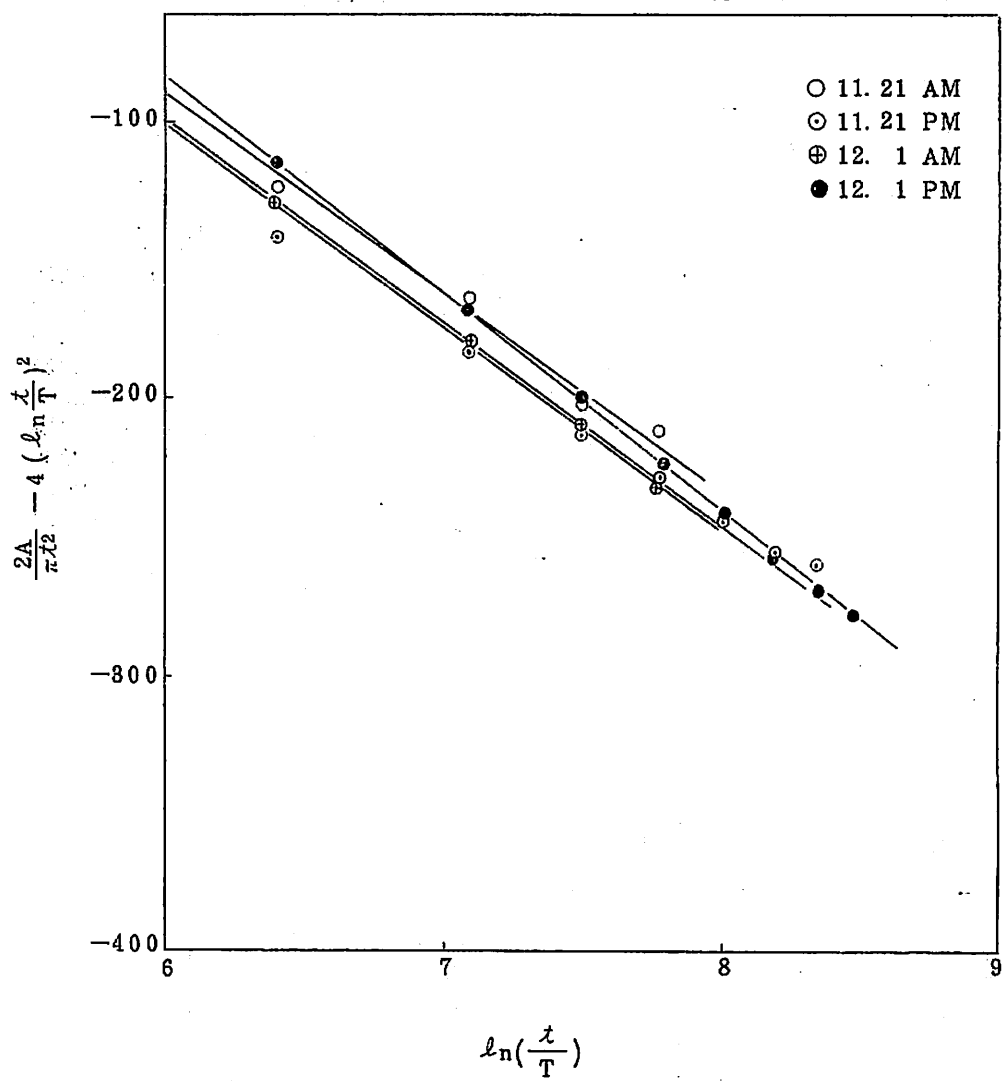
6 7 8 9 10 11 12 13 14 15時



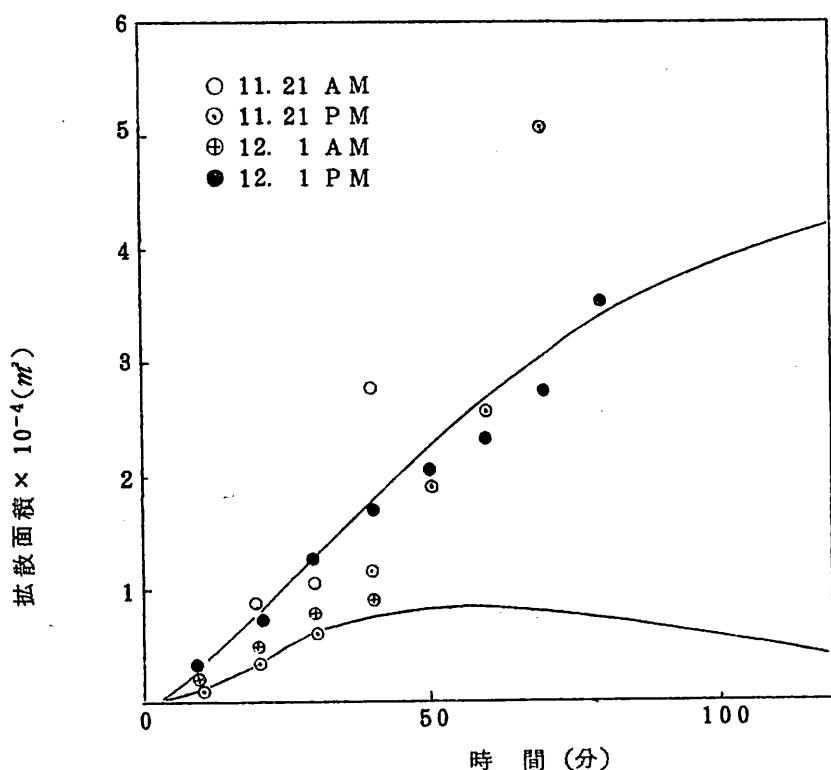
第7図一(4)

第2表 ウラニンの拡散面積

11月21日		12月1日	
時 間	面 積 (m ²)	時 間	面 積 (m ²)
AM 09. 40	0	AM 11. 00	0
09. 50	2,273	11. 10	2,068
10. 00	8,350	11. 20	4,615
10. 10	10,895	11. 30	7,708
10. 20	27,600	11. 40	9,203
PM 12. 17	0	PM 12. 00	0
12. 27	1,240	12. 10	2,768
12. 37	3,878	12. 20	7,365
12. 47	6,140	12. 30	12,535
12. 57	11,350	12. 40	16,721
13. 07	18,896	12. 50	20,323
13. 17	25,300	13. 00	23,223
13. 27	50,250	13. 10	27,250
		13. 20	35,000



第8图



第9図

(2) 連続的に流出した場合

染料流し実験は、瞬間点源からの海洋拡散であるので、希釈された尿が連続的に流出されるような場合にはその結果そのまま用いることはできない。したがって、前に述べた昭和50年7月28日～29日に行われた海洋観測による塩分に関する資料を用いて固定点から連続的に流出するときの移動、混合、拡散を検討してみる。本観測の海域の塩分分布に影響を及ぼすものとしては主に周布川からの淡水の流入と考えられる。逆に、周布川からの淡水の当海域における移動、混合、拡散の機構を明らかにすることによって上記の目的をある程度達することができるであろう。

昭和50年7月28日～29日の観測資料から得た塩分の断面図は岸に近い所では淡水との強い鉛直混合の存在を暗示している。このことから、周布川からの淡水が流入と同時に下層水の加入によって強い混合を起すものと考えられる。しかし、一般には河口から離れるに従って水平混合が相対的に強まるといわれている。一方、染料流し実験では、瞬間点源からの移動、混合はヨセフ・ゼンドナーの解で一応近似されたが、同時にそれは潮汐によってかなり影響されることがわかった。ゆえに、周布川からの淡水の混合の場合には、潮汐によるそれを考慮に入れる必要がある。昭和

50年7月9日～10日に行われた24時間の潮流観測の結果によれば、岸に平行な流れは岸に直角なそれより少し大きい、両者はほとんど等しいとしてもさしつかえはないであろう。また、同資料から判断すると、当海域では恒流はほとんど存在しないようである。したがって、潮流が離岸距離に比例するとすれば、潮汐混合係数は離岸距離の自乗に比例すると置いてよいであろう。

上述の事実を考慮に入れて、単位時間当りQの淡水が流入し、流入した淡水は表面から厚さHの層に均一に混合しながら水平混合するとすれば、河口からある程度離れた距離 r とそこでの塩分Sとの関係は次のように近似される、

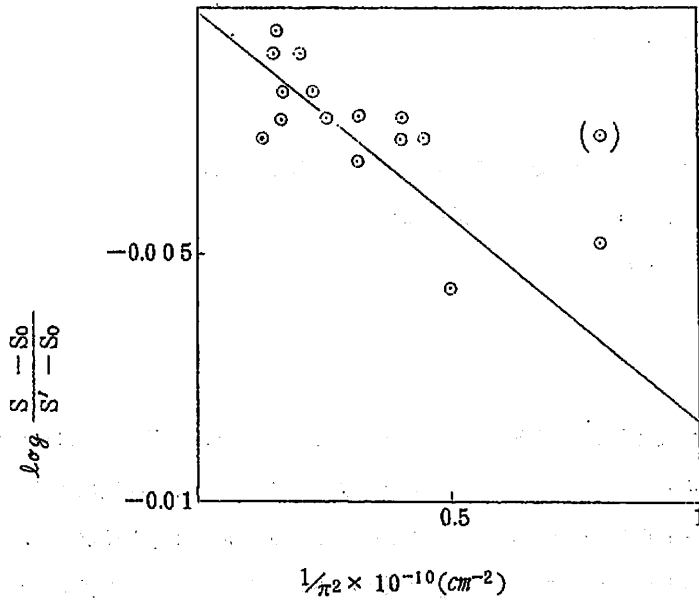
$$\frac{S - S_0}{S' - S_0} \doteq e \times P \left[- \frac{Q'}{\alpha \pi H} \frac{1}{r^2} \right], \quad (1)$$

ただし、 S_0 は河口での塩分、 S' は沖合の塩分、 α は潮汐混合係数に関する定数である。Qの代りに Q' としたのは、河口附近では下層水の加入によって強い混合が起り、そこでの塩分が S_0 になると仮定しているので、Qに加層水の加入量を加えて Q' としたためである。ゆえに、 Q' は $S'Q / (S' - S_0)$ によって与えられる。式(1)は、 $1/r^2$ に対する $\ln \left[(S - S_0) / (S' - S_0) \right]$ のプロットは $1/r^2 = 0$ で0を通り、傾きが $-Q' / (\alpha \pi H)$ である直線になることを表わしている。

次に、式(1)に昭和50年7月28日～29日の観測による表面の塩分の資料を適用してみる。その場合、河口における下層水の加入によって混合したときの塩分、すなわち S_0 、が必要である。平野によれば、10 ton/sec 程度の淡水が流入するときの S_0/S' の値は0.2～0.3であろうとしている。こゝでは、 $S' = 3.250\text{‰}$ として、 $S_0/S' \doteq 0.3$ と置き、 $S_0 \doteq 1.000\text{‰}$ とした。7月28日～29日の観測による表面の塩分の資料の内河口から1km以上のものについて、 $\log \left[(S - S_0) / (S' - S_0) \right]$ を $1/r^2$ に対しプロットしたのが図10である。なお、同図では、河口から西側の海域には著しい低塩分の水塊が出現しているので、それらの定点の資料は用いなかった。図10のプロットは、ばらつきがあるが、ほぼ直線関係を示し、その傾きから $Q' / (\alpha \pi H)$ の値として $1.8 \times 10^8 \text{ cm}^3/\text{sec}$ を得る。周布川の流量は10 ton/sec程度であるので、 $Q' = 14 \text{ ton/sec}$ となり、 $H = 100 \text{ cm}$ とすれば $\alpha = 2.2 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$ となる。離岸距離1kmにおける混合係数は $2 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{sec}$ ほどと推定される。

さて上の結果を用いて、浜田市浄苑で2000 ton/day ($2.8 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{sec}$)の稀釈された尿が放出された場合について考察してみる。放出量が少なければ、海への放出直後の混合による稀釈率は高くなると考えられるが、稀釈された尿の流入の際のそれも周布川のそれと同程度であるとすれば、 $Q' = 3.3 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{sec}$ 、また $S' = 3.250\text{‰}$ とすれば $S_0 \doteq 1.000$ となる。平均的な稀釈が50倍以下の面積は $2.6 \times 10^3 \text{ m}^2$ 、100倍以下の稀釈率のそれは 5.0×10^3

m^2 と推される。ただし、この場合、 $H=100\text{cm}$ としている。なお、新田の式から求めると、60-100倍までの稀釈面積は約 $6.0 \times 10^8 m^2$ となる。



第10図

参 考 文 献

大久保明：海洋物理学 I（東海大学出版会）（1970）。
 平野敏行：尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，105～112（1960）。
 新田忠雄：海洋域における工場廃水の稀釈と拡散について，用水と廃水（1963）。

4. 生物調査

(放水口附近における生物の現状)

調査月日

1975年7月29～30日

調査方法

- (1) 海底地形……………ポータブル魚群探知機による推定, および潜水調査
- (2) 海藻類の分布……………潜水観察および海藻類の採集
- (3) 魚類, 貝類の観察……………潜水調査

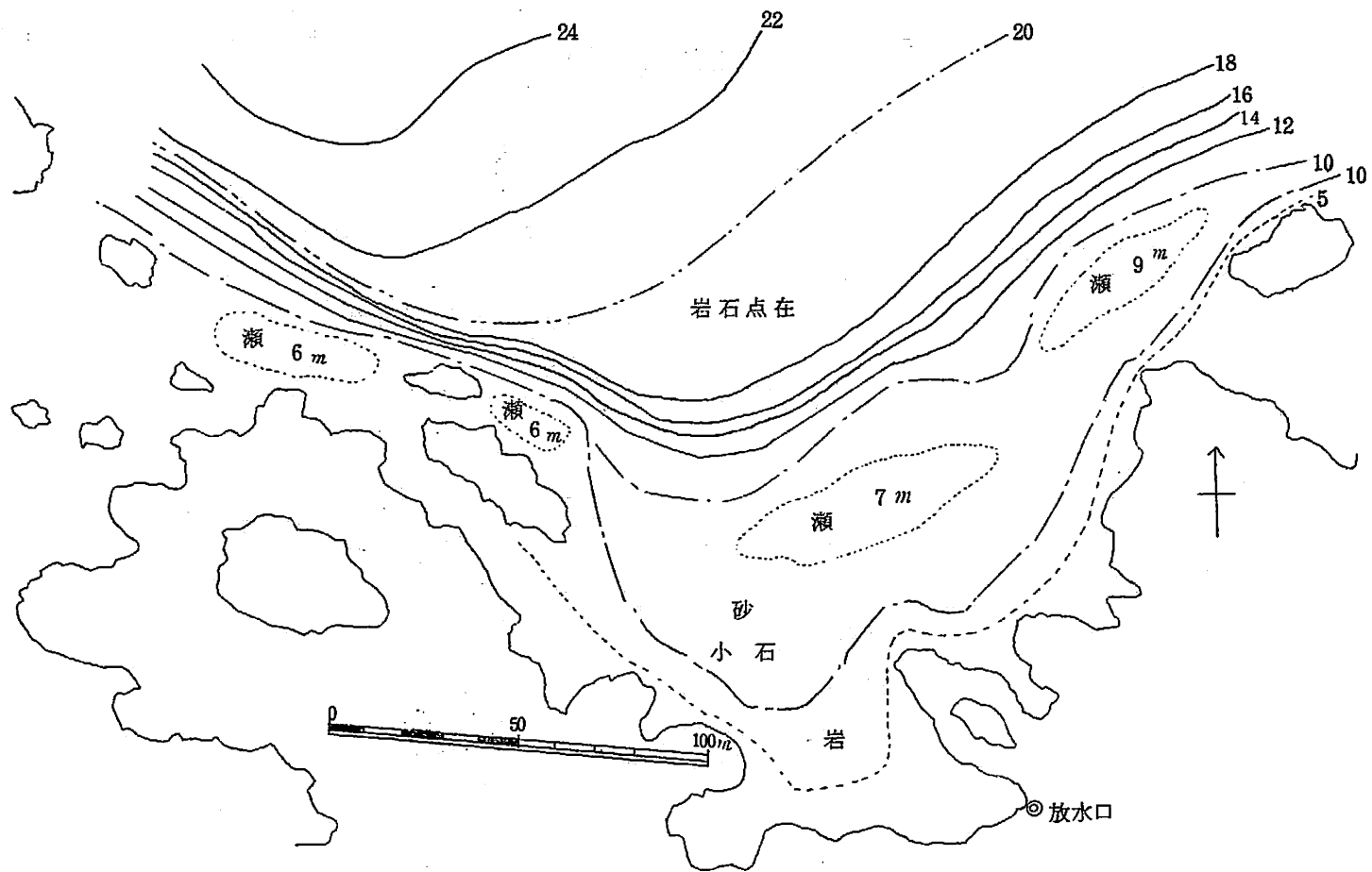
調査結果

(1) 海底地形

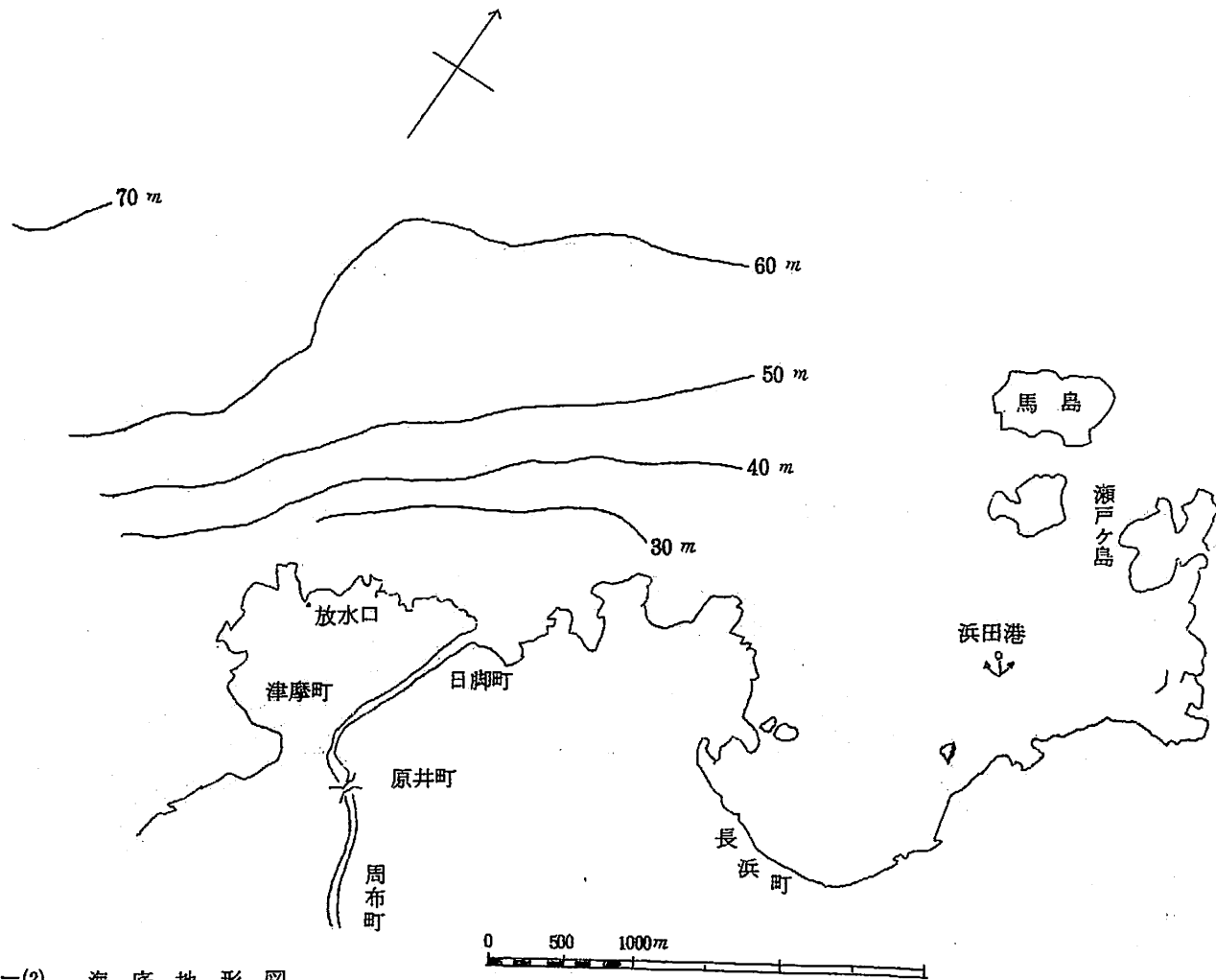
放水口附近の海底地形は第11図-(1)~(2)に示すとおりである。その地形は放水口から北へ100m沖合で東西約200mを底辺とするほぼ逆三角形を示す湾となっている。海底地形は沖合100mあたりでは水深10~16mの砂地で、湾の中央部に約1000m²の大きな瀬があり、東西にそれよりも少し小さな瀬がそれぞれ一つずつある。底質は中央の瀬南側では砂および小石が堆積している。また瀬の北側は砂地に岩石が点在し沖合になるにしたがって、砂地の占める割合が大きくなっている。この地形の特徴的なことは岸から直ちに水深5~10mの深みとなり、地質学的に陥没タイプの海岸とみなされることである。

(2) 海藻類の分布

海藻の繁茂場所を第12図に示した。海藻類は緑藻, 紅藻, 褐藻類の三者がたがいに混りあって生育している状態が観察された。その種類は三者あわせて32種類に分類されたが、(第8表), これらのうち大部分を占めるのはアラメ・ホンダワラ・モク類で、5採集地点における単価面積(50cm×50cm)あたりの生産量は2.6~3.2kgを示した。これらの値は浜田市近辺における藻場の量としては通常の状態であり、各採集地点における紅藻, 緑藻, 褐藻の定性的な分布状態も他の磯と変わるところはない。紅藻, 緑藻, 褐藻の量的な割合(重量)98%位までが褐藻によって占められ、また潜水観察によると水深10m以深で可視状態にある藻類は褐藻, 緑藻で大部分は褐藻類のアラメである。紅藻類はテングサ・マクサが主体で、褐藻類に覆われているため、簡単には観察できない。しかし、潮間帯では非常に多く、湾西部の岩には石灰藻もかなり観察された。緑藻類は水深3~4m附近に多く、この調査時はミル・ホソジュヅモが主体であった。紅藻, 緑藻とも水深の浅い部分に多く、放水口附近の海藻相としてはこれら二者は種類は多いけれど、量的には少

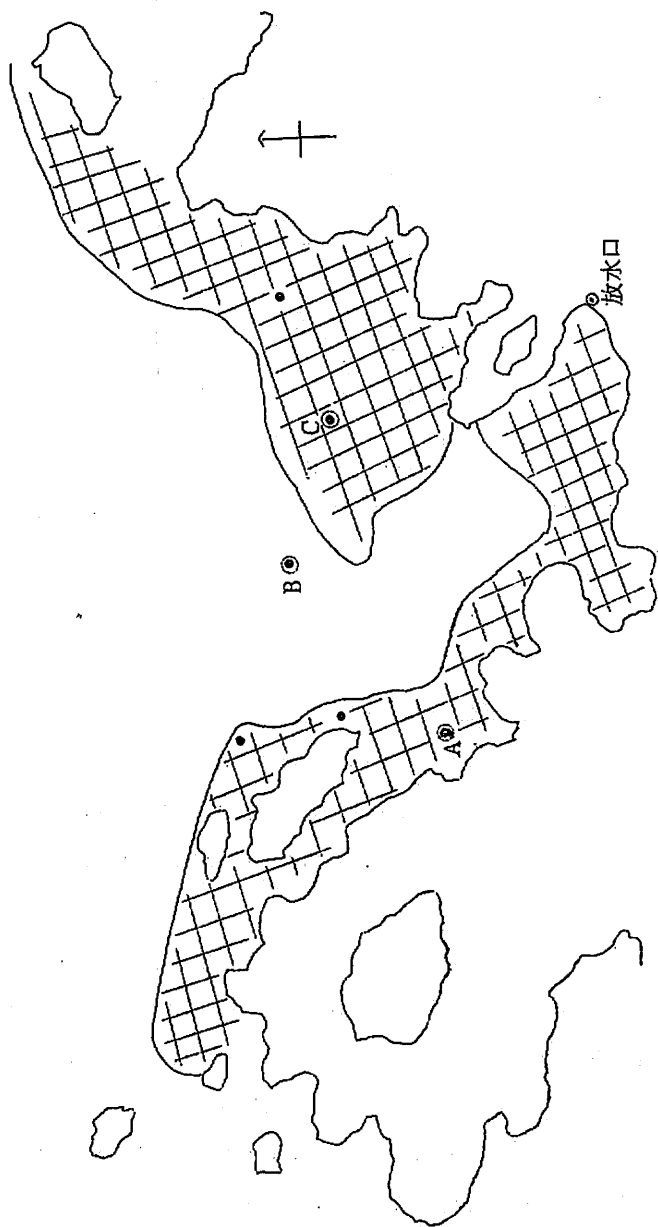


第11图-(1) 海底地形图



第11图—(2) 海底地形图

ないこと、褐藻類の種類、量とも多いことであり、前述のとおり他の海岸と変わるところはない。一般に多くの海藻類にとっては春から5～6月にかけて体形が十分にできあがり、7～8月にはすでに胞子を放出し終り、自体朽ちはたして流出する頃であるためこの調査の行われた7月末は潜水観察には便利であるが、種類、量等の推定には不適であった。



1975年7月30日

● 海藻採集地点

⊙ 写真撮影地点

第12図 海藻類繁状態

第3表 放水口附近における海藻類

紅 藻 類	緑 藻 類	褐 藻 類
1. ま く さ	1. りゅうもんそう	1. ね じ も く
2. お ば く さ	2. み る	2. なんかいもく
3. かたおばくさ	3. にせかれきぐさ	3. やばねもく
4. ひらくさ	4. こもんぐさ	4. じょろもく
5. てんぐさ	5. しおぐさ	5. うすばもく
6. ふさのり	6. ぼそじゅちも	6. たつくり
7. おおぐさ	7. あみじぐさ	7. すぎもく
8. うらもさすき		8. のこぎりもく
9. そでがらみ		9. あ ら め
10. びりひば		10. あおばもく
		11. ひらもく
		12. あかもく
		13. よれもく
		14. やつまたもく
		15. ははきもく
		16. ほんだわら

(3) 魚貝類の分布

潜水士3名による有用水産生物(主としてアワビ・サザエの貝類)の観察結果は資料として示すことはできないが、その分布はある一定の場所に限定されているようである。すなわち、水深3~8m位の場所で丸みを帯びた岩石(通称ゴロ石)の集まっているところ、およびアラメ・モク類の繁茂しているところに限られる。7月30日当時のアワビ・サザエの数はアワビ約30個(殻長8~15cm)サザエ約90個(殻径2.5~4.0cm)が観察され、貝類の棲息場所としては好適のところと考えられた。

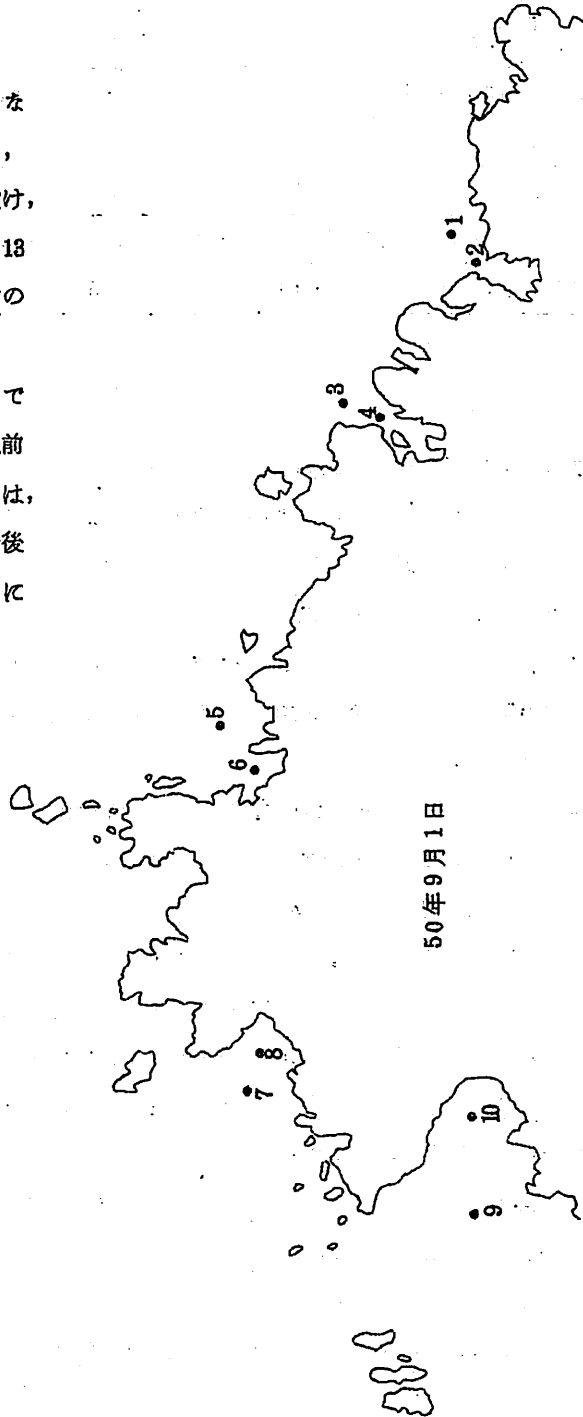
一方、魚類は湾の西部でインダイ・メジナ・ペラおよび種不明の仔魚多数が観察され、東部ではイワシ稚魚(体長約7cm)群泳している様子が観察された。しかし魚類は常に移動しているため量的な把握はできない。また海底地形図に示されているように、この附近は天然の瀬が多いため魚類にとって物理的な蟄集効果(かくれ家、影を求める、餌がみやすい)があらわれていると同時に、海藻類の繁茂状態から考えて、当然生物学的な効果(餌料を濃縮する、附着物を食べる)が想像され、これら海藻類の生活史を通じて繁茂期間には魚類の産卵場となり、また魚類の餌となる附着生物が多くなり、したがって幼稚魚の育成場、また磯魚の成魚にとっては採食の場となっていることも考

えられる。しかしながら調査回数が1回というわずかな結果からの推論にすぎないので、今後放水開始後について継続した調査の行われることが望ましい。魚貝類の分布は海底地形が不変と考えられるため、海藻類の分布消長の影響を受けることは容易に推察されることである。

(4) 水質調査

放水口に近い水交換のおこなわれにくい小湾口で、COD、PHの分析のための測点を設け、こゝで採水をおこなった。第18図に採水位置を、また、分析の結果を第4表に示した。

この調査は事前調査の目的で計画され、採水時点は排水以前で、この数値を論議するよりは、継続的に調査をおこない、今後の水質の変化を対比することによって論議したい。



第18図 採水点図

第4表 水質分析表

定 点	1		2		3		4		5	
水深(m)	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
COD	1.39	0.88	1.54	1.32	1.47	1.05	0.77	0.91	1.18	1.32
PH	8.30	8.31	8.32	8.32	8.33	8.38	8.35	8.38	8.32	8.38
定 点	6		7		8		9		10	
水深(m)	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
COD	0.91	0.69	1.25	1.82	0.68	1.80	0.69	1.11	1.25	1.33
PH	8.38	8.40	8.38	8.39	8.28	8.35	8.30	8.32	8.38	8.40

5. む す び

浜田浄苑の放水口が海湾でなく、直接、対馬暖流の沿岸水々域の放出されたことにより、比較的海水交換はよくおこなわれている。放水口から400m離れた地点での潮流観測結果は恒流成分が $270^{\circ}10'$ (西方向)にわずかに6.7cm/秒という値で、こゝでの水塊の全体としての移動は小さい。したがって、こゝでの流動は潮流が主動力となるが、日本海では全般に潮位差が30cm程度であることから、潮流はそれ程活発な動きとはならない。しかし、漂流物の移動速度は放水口の350m沖合で0.35~0.67ノットが観測されたが、これは日本海沿岸での平均的な値で海水交換をおこなうに充分である。

海洋構造の面からは放水口のWNW2000mにある地形性渦流域は右旋沈降をおこなっているため、この周辺では直接流動による混合拡散は極めて大きくなる。

ウラン染料による拡散調査の結果は100倍以下の稀釈率で拡散面積が5,000 m^2 また新田の式から60~100倍までの稀釈率での拡散面積が6000 m^2 であることから5~6000 m^2 がその影響範囲と考えられる。この範囲はウラン染料の拡散域(第7図)からみれば、この放水口をはさむ小湾内には限定される狭い海域である。さらにまた、周布川の平均流量毎秒10トンに対し、処理水の流量は0.02トンでわずかに500分の1であり、周布川の分布域に処理水が放出拡散されていることにより稀釈はさらにすすんでいると判断される。

うみ現象は高密度の海水の上に低密度の淡水が層重した場合に、その2層間の境界附近の不連続面で光の屈折率が変わる現象のことで、この強弱は層間の垂直安定度に関係する。漁業上では人間の視覚上の問題として漁撈作業(箱目眼を利用し魚貝藻類を刺突しておこなう漁業)が困難となる意味も持っている。このため、計算された垂直安定度($10^8 E = \frac{dP}{dZ} 10^8 - 500$)は当然

のことながら夏に大きく(+3,000~+10,000)、冬は小さくなる(-200~-1,800)が、放水口が周布川の分布域である比較的低密度の海水の上に低密度の処理水が層重するので、盛夏期、放水口に近い海域以外でこの現象が起る可能性は小さい。

最後に、この海域は採貝藻を主とする小型漁業の優れた漁場であることは生物調査の結果から明らかであり、処理水の水質に充分注意され放水されることを希望します。

(附表) 観測記録 (7月28日~29日)

観測定點		1	2	3	4	5	6	7
日時分		28.15.52	28.15.45	28.15.37	28.15.29	28.15.21	28.15.05	28
天候		☉	☉	☉	☉	☉	○	○
風向, 風力		NE・4	NE・3	NE・3	NE・3	NE・3		
海深		35	32	25	21	21	20	38
波高		2.1	1.1	1.1		1.1	1.1	1.1
水温 (℃)	0(m)	28.2	28.4	28.1	28.2	28.5	28.7	28.4
	20	26.29	26.63	26.53	26.89	26.93	27.37	27.06
	40							
	60							
塩分 (‰)	0(m)	32.38	32.26	32.27	31.89	32.28	30.98	32.20
	20	32.06	32.56	32.50	32.52	32.41	—	32.41
	40							
	60							
密度	0(m)	2.040	2.023	2.110	2.002	2.022	1.918	2.020
	40	2.116	2.103	2.175	2.092	2.082	—	2.079
	20							
	60							
垂安定直度	20(m)	3.300	3.500	2.700	4.000	2.500		2.400
	40							
	60							
観測定點		16	17	18	19	20	21	22
日時分		28.11.29	28.11.36	28.11.45	28.11.52	28.12.56	28.13.07	28.13.15
天候		☉	☉	☉	☉	☉	☉	⊙
風向, 風力		NNE・1	NNE・1	NNE・1	NNE・1	NNE・2	NNE・2	NE・2
海深		48	55	58	58	48	50	50
波高		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
水温 (℃)	0(m)	27.8	27.7	27.7	27.8	28.2	27.9	28.2
	20	26.39	25.98	25.57	25.85	26.66	26.65	26.82
	40	22.58	22.61	22.55	22.56	22.59	22.82	23.15
	60							
塩分 (‰)	0(m)	32.30	32.34	32.23	32.16	32.40	32.39	32.37
	20	32.61	32.74	32.80	32.68	32.52	32.54	32.56
	40	33.65	33.59	33.63	33.64	33.62	33.57	33.50
	60							
密度	0(m)	2.046	2.051	2.044	2.035	2.040	2.050	2.038
	20	2.113	2.135	2.151	2.135	2.100	2.101	2.098
	40	2.229	2.300	2.304	2.304	2.301	2.292	2.277
	60							
垂安定直度	20(m)	2.800	3.700	4.800	4.500	2.500	2.000	2.500
	40	5.300	7.700	7.100	7.900	9.500	9.000	8.400
	60							

8	9	10	11	12	13	14	15
28.14.53	28.14.88	28.10.25	28.10.40	28.11.51	28.11.01	28.11.10	28.11.20
○	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎
		N.2	NNE.1		NNW.1	NNE.1	NNE.1
89	40	89	41	38	39	41	43
1.1		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
28.4	28.3	27.6	27.6	27.5	27.5	27.6	27.9
26.5.8	26.9.9	26.3.7	26.5.7	25.6.4	26.1.5	26.7.2	26.9.3
			2.9.5			2.2.9.0	2.2.6.5
32.1.4	3.2.2.7	3.2.3.4	3.2.2.1	3.2.3.7	3.2.4.4	3.2.3.8	3.2.3.2
3.2.5.2	3.2.4.4	3.2.6.0	3.2.5.4	3.2.7.6	3.2.6.7	3.2.6.0	3.2.5.3
			3.3.5.6			3.3.6.0	3.3.6.4
20.15	20.28	21.1.8	20.4.8	20.6.1	20.6.6	20.5.9	20.4.4
21.01	20.8.2	21.1.8	21.0.8	21.4.7	21.2.5	21.0.2	20.9.1
			2.2.8.8			2.2.9.3	2.3.0.2
3.8.0.0	2.2.0.0	2.4.0.0	2.2.0.0	3.8.0.0	2.4.0.0	1.6.0.0	1.8.0.0
			8.7.0.0			9.0.0.0	10.0.0.0
2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
28.13.25	28.13.31	28.13.40	28.13.50	28.14.00	28.14.09	28.14.18	29.10.03
①	①	①	①	①	①	①	○
NNE.1	NNE.1	NNE.1	NE.2	NNE.2	NNE.2	NNE.2	NNE.2
51	54	56	58	60	62	68	57
1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
2.8.2	2.8.1	2.7.9	2.7.9	2.8.2	2.8.2	2.8.4	2.7.6
2.6.1.8	2.6.6.8	2.6.4.7	2.6.6.8	2.6.8.1	2.7.0.2	2.6.9.8	2.5.5.3
2.2.9.5	2.3.6.0	2.3.4.8	2.3.4.9	2.4.1.4	2.4.5.5	2.3.8.3	2.2.2.5
					2.1.6.2	2.1.8.1	
3.2.3.6	3.2.2.5	3.2.3.0	3.2.3.2	3.2.2.7	3.2.2.9	3.2.2.8	3.2.4.0
3.2.5.7	3.2.5.5	3.2.5.5	3.2.5.1	3.2.4.4	3.2.4.4	3.2.5.7	3.2.8.0
3.3.5.7	3.3.3.7	3.3.4.8	3.3.4.0	3.3.2.8	3.3.0.6	3.3.2.4	3.3.6.9
					3.3.8.6	3.3.8.1	
20.3.8	20.3.2	20.4.2	20.4.5	20.3.0	20.3.2	20.2.5	20.6.0
21.1.7	21.0.1	21.0.8	20.9.8	20.8.8	20.8.1	20.9.2	21.5.2
2.2.8.9	2.2.5.3	2.2.6.4	2.2.6.0	2.2.2.9	2.2.0.3	2.2.3.8	2.8.1.7
					2.8.4.8	2.8.3.8	
3.4.0.0	2.9.0.0	2.8.0.0	2.1.0.0	2.4.0.0	1.9.0.0	2.8.0.0	4.1.0.0
8.1.0.0	7.1.0.0	7.3.0.0	7.6.0.0	6.5.0.0	5.6.0.0	6.8.0.0	7.7.0.0
					6.7.0.0	4.5.0.0	

観測定点	81	32	33	34	35	36	37	
日時分	29.10.18		29.10.24	29.10.33	29.10.41	29.10.51	29.11.00	
天候	○	漁	○	○	○	○	○	
風向, 風力	NNE・3	船	NE・3	NNE・3	NNE・3	NE・3	NNE・2	
海深	55	が	49	52	58	62	63	
湾ねり	1・1	多	1・1	1・1	1・1	1・1	1・1	
水温 (℃)	0(m)	27.4	い	27.4	27.5	27.5	27.6	27.5
	20	25.34	た	25.15	26.00	25.08	25.90	25.56
	40	22.04	め	22.07	21.93	21.93	22.34	22.13
	60		中				20.97	21.01
塩分 (‰)	0(m)	32.45	止	32.89	32.38	32.29	32.25	32.44
	20	32.88		32.98	32.64	32.98	32.64	32.76
	40	33.72		33.67	33.72	33.75	33.57	33.67
	60						33.97	34.03
密度	0(m)	20.70		20.66	20.59	20.55	20.49	20.67
	20	21.65		21.75	21.29	21.76	21.31	21.49
	40	23.25		23.21	23.29	23.30	22.77	23.19
	60						23.74	23.77
垂安定直度	20(m)	4,200		4,900	3,000	5,500	3,600	3,600
	40	7,500		6,800	9,500	7,200	6,800	8,000
	60						4,300	2,400
観測定点	46	47	48	49				
日時分	29.11.56	29.11.45	29.11.38	29.11.26				
天候	○	○	○	○				
風向, 風力	NNE・4	NNE・3	NNE・3	NNE・3				
海深	65	66	68	70				
湾ねり	2・1	2・1	2・1	2・1				
水温 (℃)	0(m)	27.8	27.9	27.9	27.7			
	20	25.98	25.33	25.25	25.27			
	40	23.87	23.09	22.42	22.34			
	60	20.98	21.92	20.72	20.62			
塩分 (‰)	0(m)	32.36	32.37	32.26	32.28			
	20	32.70	32.85	32.88	32.96			
	40	33.48	33.54	33.64	33.67			
	60	34.08	34.45	34.05	34.12			
密度	0(m)	20.50	20.48	20.40	20.49			
	20	21.32	21.63	21.68	21.70			
	40	22.70	22.75	23.08	23.13			
	60	23.81	23.88	23.88	23.95			
垂安定直度	20(m)	3,600	5,200	5,900	5,500			
	40	6,400	5,100	6,500	6,600			
	60	5,000	4,900	3,500	3,600			

38	39	40	41	42	43	44	45
29.11.08	29.11.16	29.12.51	29.12.40	29.12.38	29.12.28	29.12.15	29.12.06
○	○		○	○	○	○	○
NNE·3	NNE·3	NNE·3	NNE·3	NNE·3	NNE·4	NNE·4	NNE·4
67	67	63	62	60	61	60	60
2·1	2·1	2·1	2·1	2·1	2·1	2·1	2·1
27.6	27.7	27.8	27.8	27.7	27.7	27.7	27.8
25.45	25.69	25.85	25.95	25.89	25.08	24.87	26.20
22.22	22.36	23.54	23.12	23.02	22.64	22.51	23.05
20.69	20.85	20.91	20.89		21.03		
32.39	32.37	32.37	32.45	32.48	32.38	32.37	32.36
32.80	32.80	32.71	32.55	32.71	32.96	33.05	32.61
33.73	33.70	33.39	33.55	33.54	33.57	—	33.58
34.03	34.01	34.03	34.07		33.99		
20.60	20.54	20.50	20.56	20.63	20.55	20.54	20.50
21.55	21.10	21.36	21.22	21.35	21.77	21.94	21.19
23.21	23.15	22.57	22.82	22.83	23.00	—	22.85
23.86	23.80	23.80	23.84		23.72		
4,200	2,300	3,800	2,800	3,100	5,600	6,500	2,900
7,800	9,700	5,500	7,500	6,900	5,600		7,800
2,700	2,700	5,600	4,600		3,100		

観測記録 (11月28日~12月1日)

観測定点	1	2	3	4	5	6	7'
日時分	28.13.52	28.13.47	28.13.42	28.13.35	28.13.30	28.13.26	28.13.20
天候	☉	①	☉	☉	☉	①	☉
風向, 風力	W・4	W・4	W・3	W・4	WNW・4	WNW・4	W・4
海深	35	31	24	21	23	27	43
波うねり	2・2	2・2	2・2	2・2	2・2	2・2	2・2
水温 (°C)	0(m)	16.9	16.6	16.5	17.0	17.3	17.1
	20	17.72	17.80	17.70	17.62	17.56	17.47
	40						17.50
	60						
塩分 (‰)	0(m)	32.31	30.17	30.03	30.99	33.40	33.30
	20	33.27	33.16	33.26	33.23	33.17	33.20
	40						33.26
	60						
密度	0(m)	23.49	21.94	21.85	22.47	24.23	24.20
	20	24.03	23.94	24.04	24.03	24.00	24.04
	40						24.08
	60						
垂安定直度	20(m)	2200	9500	10400	7300	-1600	-1300
	40						-300
	60						
観測定点	16	17	18	19	20	20.5	21
日時分	28.10.54	28.10.48	28.10.42	28.10.35	28.12.02	28.12.08	28.12.16
天候	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
風向, 風力	NW・4	NW・4	NW・4	NW・4	NW・4	NW・4	W・3
海深	47	49	51	55	49	50	51
波うねり	2・2	2・2	2・2	2・2	2・2	2・2	2・2
水温 (°C)	0(m)	17.1	17.1	17.3	17.1	17.5	17.5
	20	17.39	17.33	17.48	17.44	17.78	17.84
	40	17.99	17.27	17.39	17.40	17.96	17.40
	60						
塩分 (‰)	0(m)	33.39	33.36	33.37	33.27	33.57	33.54
	20	33.43	33.31	33.35	33.37	33.53	33.61
	40	33.61	33.31	33.40	33.37	33.57	33.58
	60						
密度	0(m)	24.27	24.25	24.21	24.19	24.30	24.28
	20	24.23	24.15	24.15	24.18	24.22	24.26
	40	24.23	24.17	24.20	24.18	24.21	24.33
	60						
垂安定直度	20(m)	-700	-1000	-800	-500	-900	-600
	40	-500	-400	-300	-500	-500	-200
	60						

7	8	10	11	12	13	14	15
28.13.20	1.	1.	28.11.32	28.11.25	28.11.18	28.11.13	28.11.06
		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
		NW.4	NW.3	NW.3	NW.3	NW.3	NW.3
		42	42	41	41	41	41
		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
17.3	17.6	17.3	17.4	17.2	17.0	17.1	17.2
17.40	17.80	17.74	17.74	17.62	17.55	17.72	17.46
			17.48	17.64	17.68	17.74	17.95
33.51	33.41	33.31	33.44	33.46	33.42	33.41	33.40
33.35	33.47	33.48	33.50	33.45	33.42	33.47	33.41
		33.56	33.51	33.45	33.49	33.48	33.55
24.31	24.17	24.16	24.23	24.29	24.31	24.28	24.25
24.17	24.17	24.19	24.20	24.20	24.19	24.18	24.20
		24.20	24.27	24.19	24.22	24.19	24.19
-1200	-500	-400	-600	-900	-1100	-1000	-700
		-500	-200	-500	-400	-500	-500
22	23	24	25	26	27	28.29	30
28.12.22	28.12.29	28.12.38	28.12.44	28.12.53	28.13.01	28.13.08	1.12.48
⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	○
W.4	W.4	W.3	W.3	W.4	W.4	WNW.3	NE.3
51	52	56	59	62	63	64	53
2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.2
17.3	17.2	17.3	17.1	17.2	17.1	17.3	17.4
17.32	17.60	17.71	17.48	17.41	17.59	17.73	17.62
17.59	17.94	18.23	18.22	17.73	17.51	17.84	17.44
				18.22	18.22	18.21	
33.48	33.46	33.44	33.43	33.17	33.38	33.23	33.60
33.52	33.45	33.46	33.29	33.30	33.38	33.36	33.61
33.53	33.56	33.66	33.69	33.45	33.20	33.56	33.42
				33.66	33.45	33.57	
24.28	24.29	24.25	24.30	24.08	24.26	24.10	24.35
24.20	24.20	24.19	24.10	24.12	24.11	24.10	24.30
24.26	24.20	24.20	24.23	24.17	24.02	24.19	24.22
				24.21	24.06	24.13	
-900	-900	-800	-1500	-300	-1200	-500	-700
-200	-500	-500	100	-300	-900	-100	-900
				-300	-300	-800	

観測定點	31	32	33	34	35	36	37	
日時分	1.12.40	1.12.33	1.12.25	1.12.27	1.12.09	1.12.01	1.11.52	
天候	○	○	○	○	○	○	○	
風向, 風力	NE・2	ENE・2	NE・2	NE・2	E・2	E・2	E・2	
海深	56	53	54	52	58.	60.5	64	
波うね	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
水温 (°C)	0(m)	17.3	16.3	16.9	16.3	16.9	17.0	17.1
	20	17.73	17.73	17.89	17.97	17.91	17.83	17.83
	40	17.65	17.80	17.87	17.96	17.91	17.81	17.80
	60						17.82	17.81
塩分 (‰)	0(m)	33.64	33.63	33.20	33.78	33.30	33.32	33.51
	20	33.62	33.61	33.55	33.63	33.66	33.62	33.63
	40	33.61	33.64	33.61	33.69	33.68	33.66	33.66
	60						33.68	33.65
密度	0(m)	24.30	24.51	23.40	23.83	24.24	24.23	24.36
	20	24.29	24.28	24.20	24.28	24.28	24.26	24.28
	40	24.30	24.29	24.25	24.29	24.28	24.29	24.30
	60						24.31	24.29
垂安定直度	20(m)	- 500	-1,600	3,500	1,500	- 300	- 400	- 900
	40	- 500	- 500	- 300	- 500	- 500	- 400	- 400
	60						- 400	- 500
観測定點	46	47	48	49				
日時分	1.10.51	1.11.00	1.11.19	1.11.18				
天候	☉	☉	①	○				
風向, 風力	E・3	E・3	E・3	E・3				
海深	65	67	70	70				
波うね	1.2	1.2	1.2	1.2				
水温 (°C)	0(m)	17.1	17.1	17.1	17.1			
	20	17.33	17.33	17.75	17.81			
	40	17.92	17.79	17.83	17.88			
	60	17.91	17.81	17.82	17.50			
塩分 (‰)	0(m)	33.62	33.62	33.60	33.51			
	20	33.78	33.74	33.63	33.64			
	40	33.78	33.75	33.65	33.66			
	60	33.78	33.73	33.65	33.66			
密度	0(m)	24.44	24.43	24.42	24.35			
	20	24.38	24.35	24.29	24.28			
	40	24.36	24.37	24.28	24.29			
	60	24.36	24.35	24.28	24.37			
垂安定直度	20(m)	- 800	- 900	-1,100	- 800			
	40	- 600	- 400	- 500	- 500			
	60	- 500	- 600	- 500	- 100			

38	39	40	41	42	43	44	45
1.11.41	1.11.28	1.09.55	1.10.06	1.10.16	1.10.26	1.10.35	1.10.43
○	○	○	○	○	○	◎	◎
E·2	E·2	E·3	E·3	E·2	E·3	E·3	E·3
65	65	64	62	61	61.5	59	63
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
16.9	17.4	16.2	17.1	17.3	17.6	17.4	17.2
17.84	17.80	17.77	17.88	17.90	17.90	17.94	17.80
17.81	17.34	17.82	17.95	17.94	17.98	17.92	17.92
17.85	17.85	17.85	17.94	17.98	17.95		17.88
33.56	33.61	33.56	33.74	33.70	33.87	33.86	33.85
33.64	33.65	33.80	33.69	33.65	33.92	33.82	33.80
33.65	33.68	33.67	33.67	33.67	33.88	33.83	33.48
33.66	33.68	33.61	33.68	33.68	33.88		33.78
24.43	24.35	24.61	24.52	24.45	24.50	24.55	24.59
24.28	24.30	24.41	24.31	24.27	24.47	24.39	24.40
24.28	24.42	24.30	24.28	24.28	24.42	24.40	24.14
24.29	24.30	24.25	24.28	24.29	24.42		24.37
-1200	-700	-1500	-1500	-1400	-600	-1300	-1400
-500	100	-1000	-600	-500	-700	-500	-1800
-500	-1100	-700	-500	-500	-500		+600