

## 有明海の潮流新旧比較観測結果について†

小田巻実\*, 大庭幸広\*\*, 柴田宣昭\*\*\*

### Comparative Tidal Current Observation in Ariake Bay with the Previous Results †

Minoru ODAMAKI\*, Yukihiro OONIWA\*\* and Noriaki SHIBATA\*\*\*

#### Abstract

Ariake Bay is a semi-enclosed bay located in the west coast of Kyushu, where it is well known that the largest tide in Japan occurs. It is called Shimabara-Wan in nautical chart and its inner area Ariake-Kai, but we call it Ariake Bay in this paper as used for general purpose.

In autumn 2000, seaweed plants in Ariake Bay were severely damaged by extra-ordinary blooming of phyto-plankton, and people were afraid of the marine environment getting worse. Recently, tendency of tidal amplitude reduction has been pointed out and suspected as one of the causes of marine environment deterioration. Furthermore the reduction of tidal current is also doubted concerned to the tidal amplitude reduction. Hydrographic and Oceanographic Department, JCG, was requested to carry out tidal current observation in order to check the change comparing the previous tidal current in the bay observed in August - September 1973. Therefore HOD carried out tidal current observations of 15 days at 12 stations from 10th to 28th in May 2001, including vertical current profile observations at 3 stations using WorkHorse ADCP. Their locations were set as close as the previous stations. The data obtained in previous observation were re-processed using the same calculation software as for new data.

Considering the result that the tidal currents were getting strong in some place and weak in other place, it was not concluded that the tendency of tidal current reduction was distinguished so definitely. However, mean current flowing out along the peninsula coast of Shimabara was definitely reduced as 1/3 as that of previous one. Comparing the vertical profiles at the off-Shimabara station, it was remarked that tidal current was getting strong in the surface layer 3m below the sea surface, but unchanged in the sub-surface layer of 10m. While low saline water was distributed in the surface layer of the central area of the bay in 1973 and 2001 observations, its value was getting saline in 2001. Besides, the river discharge in 1973 was about 4 times larger than that in 2001 and possibly made the coastal sea water less saline. Less saline water possibly tends to flow in surface layer on the saline and denser water in the subsurface layer as density current. Therefore such larger river discharge might strengthen the mean current flowing in the surface layer in 1973. Furthermore the flood current may be suppressed by this strengthened mean current in the surface layer but not so influenced in the subsurface layer. Then the reason of weak tidal current in the surface layer in 1973 compared to that in 2001 could be explained by this larger river discharge too. Although the difference of river discharge was not made clear by seasonal or year-to-year change, it was indicated that the river discharge could influence not only to the less saline water distribution and the mean current flow but also to the tidal current through the vertical distribution change.

---

† Received January 6, 2003 ; Accepted March 18, 2003.

\* 技術・国際課海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

\*\* 航海情報課水路通報室 Notices to Mariners Office, Chart and Navigational Information Division

\*\*\* 環境調査課 Environmental and Oceanographic Research Division

1. はじめに

島原湾は、湾口の早崎瀬戸から湾奥の住之江に至る全長約90kmの湾である(第1図a)。狭義の有明海は、島原湾のうち三池港より奥の海域を指すが、最近では島原湾そのものを有明海ということが多いため、本稿では島原湾全体を有明海と呼ぶこととする。

有明海では、近年、海洋環境の悪化が懸念されていたが、平成12年秋・冬には大規模なノリ不作が発生し、社会的な問題となった。このような海洋環境悪化に関連する現象として、潮汐振幅の減少が指摘されるとともに、潮流の減衰も懸念さ

れるようになった(宇野木 2002)。このような状況に鑑み、海上保安庁海洋情報部では、国土総合開発事業調整費による有明海海域環境調査の一環として、平成13年5月に潮流の現況把握観測を行った。観測の目的は、昭和48年8、9月に行った潮流観測結果(海上保安庁水路部 1974)と比較し、潮流の変化を把握することである。そのため、測点ではできるだけ前回の近傍とし、大潮・小潮の変動も考慮して15昼夜連続観測を計12点で実施した。その結果、潮流については、場所によって強くなっているところも弱くなっているところもあり、必ずしも減衰しているとは言えなかった。平均流については、前回、顕著であった島原半島

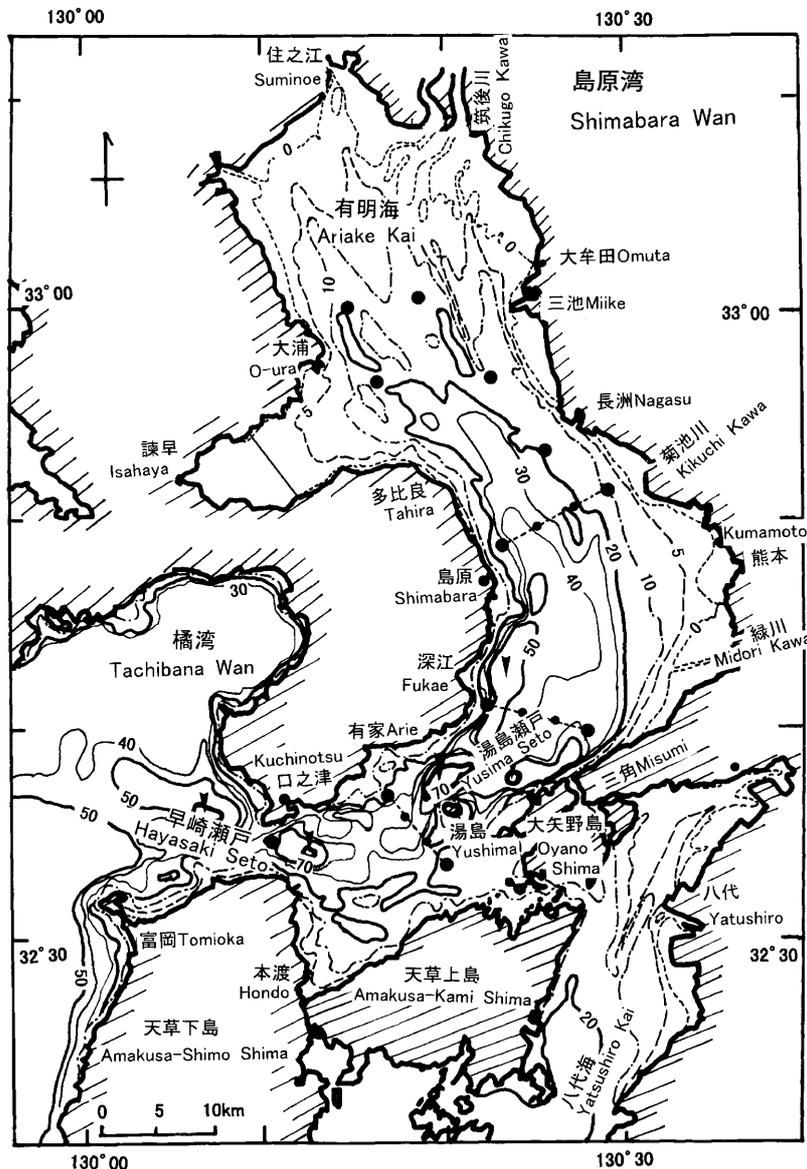


Fig. 1a. Location map of Ariake Bay

沿いの沿岸流は、流速が約1/3に弱くなっていた。さらに、潮流の鉛直分布について見ると、島原沖の測点では、表層で強くなっているのに10m層はほとんど変化していないなど、特徴的な変化が認められた。また、湾中央部の水温・塩分の断面観測では、新旧ともに表層に低塩水が分布していたが、今回は前回よりも高塩であった。また、湾口付近の水温・塩分分布の傾向も変化していた。塩

分や水温分布は、降水量などの気象条件でも変化するため単純な比較はできないが、潮流の鉛直分布の変化や沿岸流の強弱にも影響している可能性がある。

本稿では、今回の潮流観測結果を概括するとともに、新旧比較並びにその変化の原因について考察する。

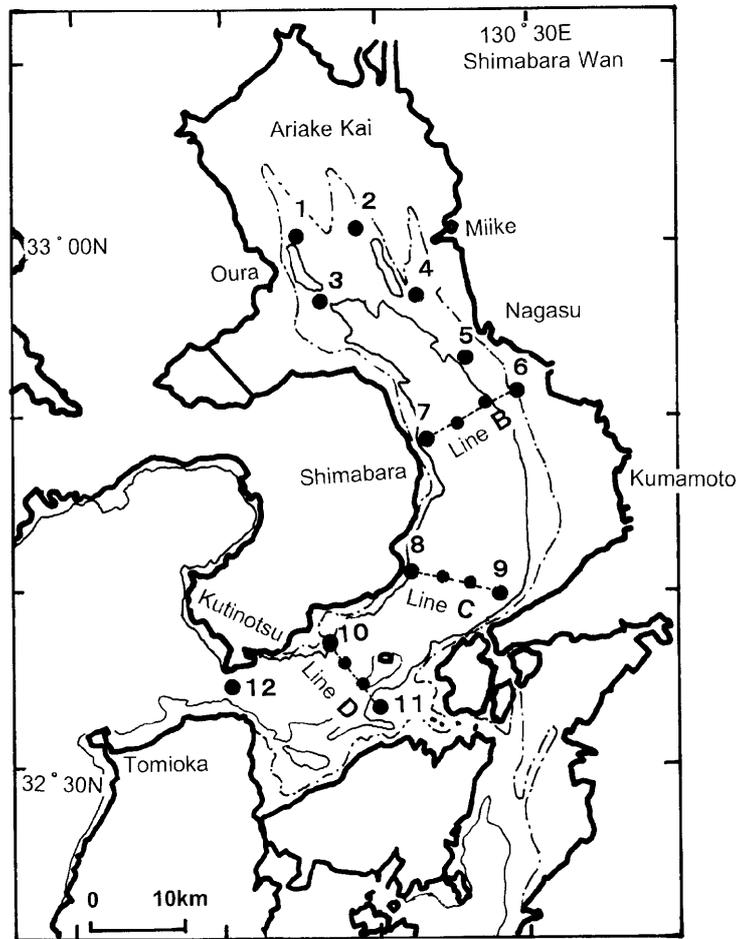


Fig. 1b. Tidal current stations and CTD observation lines in May 2001.

## 2. 観測及び資料整理概要

観測は、平成13年5月10日～28日まで15昼夜潮流連続観測12点を行うとともに、大潮期（20-22日）に3測線で、上げ潮・下げ潮それぞれの水温・塩分・ADCPの断面観測を実施した（第

1表、第1図b）。潮流測点は、できるだけ昭和48年の測点に近くに設定した。資料整理にあたっては、新旧で比較するため、前回の資料も再整理して同じ計算処理を行った。

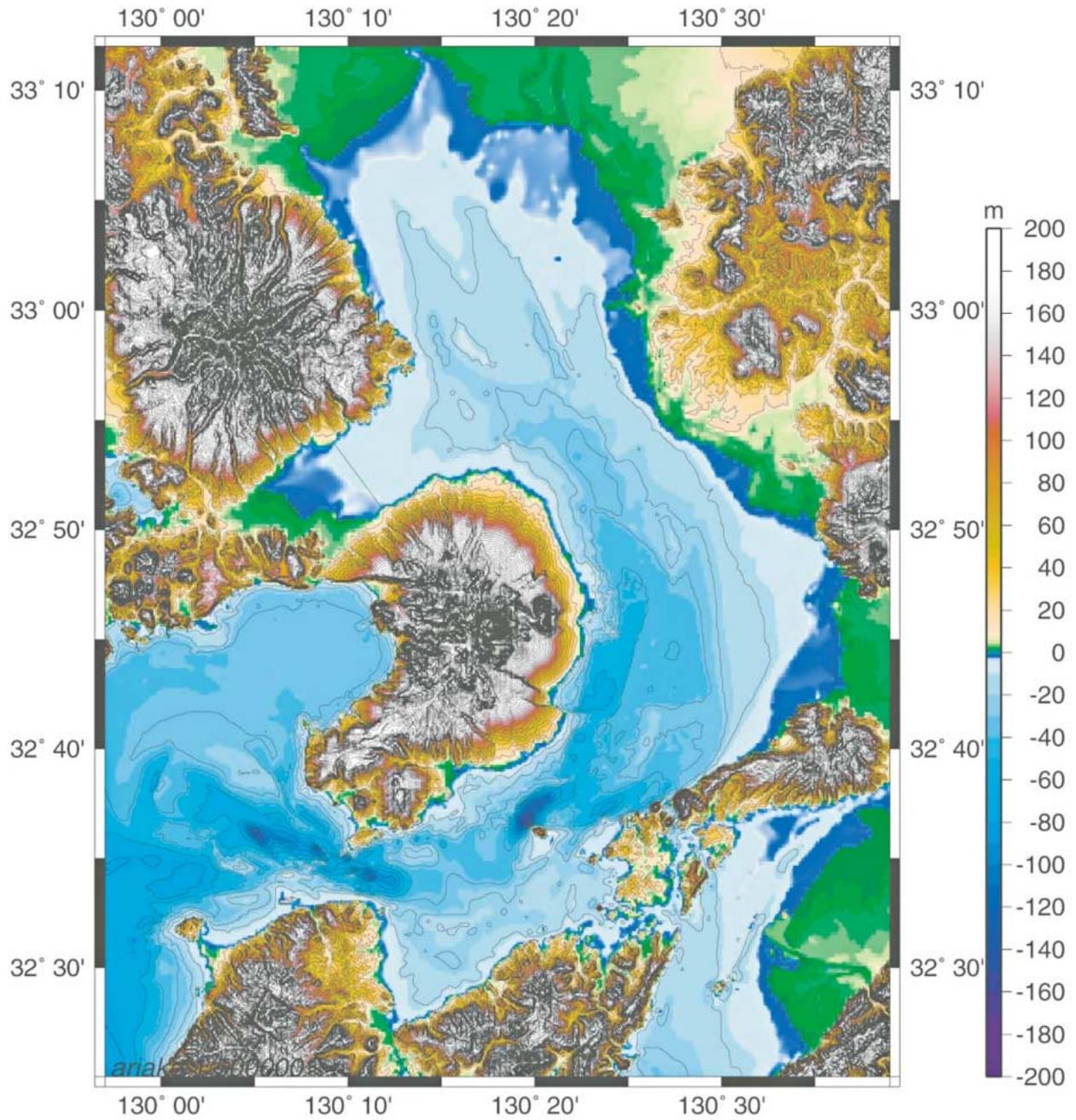


Fig. 1c. Topographical map of Ariake Bay, drawn by N. SASAHARA using GMT graphic package (Wessel and Smith, 1998) with J-BIRD depth data from Japan Oceanographic Data Center and digital land height data from Geographical Survey Institute.

2. 1 資料整理及び解析

潮流の測定間隔は10分または20分とし、短周期雑音を除くため重み付き移動平均による平滑処理（注1）を行った後、毎時値を取り出し、基本データとした。15昼夜観測データについては、東方分速・北方分速毎に最小自乗法により10分潮に調和分解（小田巻 1980）、さらに主方向統一常数を算出した（第2表、潮流調和分解成果）。昭和48年観測データについても、読み取りデータから同様に処理しなおしたが、測点5,6に関しては、欠測や不良データがあったため数昼夜調和分解とし、8分潮の算出にとどめた。昭和48年の一昼夜観測データは、半日、1日、1/4日周潮に分解した。半日周潮成分等を比較するには、月

齢による変化を補正する必要があることから、最寄りの15昼夜点の調和常数によって平均大潮（ $M_2+S_2$ ）に換算した。同様に、15昼夜点についても平均大潮（ $M_2+S_2$ ）の潮流を求めて比較した。

なお、関連データとして大浦・三角・口之津の験潮資料並びに周辺の海上風資料、筑後川・菊池川の河川流量資料を収集した。

（注1）平滑処理の計算式：流速観測データ  $V_i$ （添字 $i$ は、データ番号）として、平滑値  $V_i'$  は、 $i = i-3 \sim i+3$ の七個のデータを使って、

$$V_i' = \{-2(V_{i-3} + V_{i+3}) + 3(V_{i-2} + V_{i+2}) + 6(V_{i-1} + V_{i+1}) + 7V_i\} / 21$$

とした。

Table 1. Elements of tidal current observation in Ariake Bay, May 2001. See Figure 1 b.

(1) Observation date	from 2001 May 10th to 28th (18 days)
(2) Tidal current observation (15 days) : 12 stations	
1 layer observation	: current meter moored at 3 m below the sea surface
Station	: 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12
Current meter	: Ono-type (MTC-III, Kyowa-Shoko ltd.)
Multi layer observation	: ADCP current meter moored at 1 m below the sea surface
Station	: 4, 7, 10.
Current meter	: Acoustic Doppler Current Profiler (WorkHorse, RDI), directed to downward.
(3) Temperature and salinity observation by CTD : 3 lines	
Line B	: at the flood and ebb of May 21st
Line C	: at the flood and ebb of May 20th
Line D	: at the flood and ebb of May 22nd
Observation timing	: From 1 hour before the time of maximum flood or ebb current to just before the time at Hayasaki-seto. After T/S observation, current profile observation was carried out along the line using ship mounted ADCP at the time of maximum flood and ebb current.
(4) Observation Ship	: HL05 "Kaiyo" (550ton)

Table 2. Harmonic Constants table of tidal currents (1) Results of 15 days observations in 2001 and 1973 re-analyzed

Tidal Current Observation / Harmonic Cnst		M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub>	M <sub>4</sub>	MS <sub>4</sub>	S <sub>0</sub>	Const.		
Station 1 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 11~ 5. 26 Position 33° 0' 12"N 130° 14' 48"E	North Cmp.	V (kn)	0.509	0.248	0.067	0.115	0.069	0.054	0.023	0.024	0.048	0.046	-0.021	114.7 0.05	
		K (°)	191.3	218.7	218.7	190.9	166.7	171.4	166.7	101.3	285.8	277.2			
	East Cmp.	V (kn)	0.246	0.095	0.026	0.037	0.014	0.027	0.005	0.004	0.024	0.032	0.046		
		K (°)	357.6	10.2	10.2	32.2	344.7	325.3	344.7	148.3	15.1	45.9			
	Main dir. 338°	V (kn)	0.562	0.262	0.071	0.120	0.069	0.059	0.023	0.021	0.045	0.051	-0.037		
		K (°)	189.1	214.9	214.9	193.3	166.5	167.1	166.5	98.7	274.2	266.6			
Station 2 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 11~ 5. 26 Position 33° 0' 42"N 130° 18' 30"E	North Cmp.	V (kn)	0.773	0.381	0.104	0.157	0.072	0.067	0.024	0.006	0.066	0.052	-0.059	138.6 0.079	
		K (°)	180.0	214.0	214.0	190.4	132.3	138.8	132.3	24.0	288.3	296.6			
	East Cmp.	V (kn)	0.339	0.128	0.035	0.068	0.008	0.034	0.003	0.019	0.024	0.016	0.052		
		K (°)	341.2	10.3	10.3	348.5	49.9	289.6	49.9	344.7	43.0	65.9			
	Main dir. 340°	V (kn)	0.837	0.399	0.108	0.169	0.067	0.073	0.022	0.004	0.066	0.052	-0.073		
		K (°)	177.5	211.5	211.5	187.5	134.6	134.4	134.6	106.0	282.0	292.0			
Station 3 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 11~ 5. 26 Position 32° 56' 30"N 130° 16' 24"E	North Cmp.	V (kn)	0.592	0.273	0.074	0.148	0.068	0.061	0.022	0.015	0.008	0.037	0.001	276.2 0.006	
		K (°)	187.1	225.5	225.5	202.9	126.3	180.2	126.3	153.0	181.2	270.5			
	East Cmp.	V (kn)	0.550	0.257	0.070	0.094	0.028	0.082	0.009	0.032	0.021	0.025	-0.006		
		K (°)	350.7	28.3	28.3	355.2	2.0	339.7	2.0	354.6	222.5	283.8			
	Main dir. 318°	V (kn)	0.800	0.371	0.101	0.168	0.063	0.099	0.021	0.032	0.011	0.012	0.005		
		K (°)	179.7	217.7	217.7	192.9	140.5	169.0	140.5	167.3	64.6	252.1			
Station 4 Layer 5.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32° 56' 48"N 130° 22' 42"E	North Cmp.	V (kn)	0.996	0.432	0.118	0.079	0.063	0.063	0.021	0.026	0.028	0.023	-0.073	208.4 0.083	
		K (°)	164.6	201.2	201.2	133.4	101.8	95.4	101.8	219.2	257.3	257.3			
	East Cmp.	V (kn)	0.324	0.177	0.048	0.034	0.012	0.033	0.004	0.004	0.022	0.019	-0.040		
		K (°)	336.1	19.1	19.1	4.5	297.1	266.6	297.1	73.8	254.0	346.2			
	Main dir. 341°	V (kn)	1.046	0.466	0.127	0.082	0.063	0.071	0.021	0.026	0.020	0.023	-0.056		
		K (°)	163.7	200.9	200.9	139.5	102.7	94.1	102.7	221.0	258.5	241.0			
Station 4 Layer 5.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32° 56' 48"N 130° 22' 42"E	North Cmp.	V (kn)	0.976	0.418	0.114	0.077	0.060	0.072	0.020	0.026	0.029	0.017	-0.049	190.9 0.05	
		K (°)	161.9	195.9	195.9	130.9	114.9	75.2	114.9	221.7	262.8	273.5			
	East Cmp.	V (kn)	0.344	0.148	0.040	0.040	0.027	0.019	0.009	0.004	0.015	0.003	-0.009		
		K (°)	338.6	20.9	20.9	12.4	291.8	247.5	291.8	2.0	266.4	218.8			
	Main dir. 341°	V (kn)	1.035	0.443	0.121	0.079	0.066	0.074	0.022	0.026	0.022	0.016	-0.043		
		K (°)	161.5	196.4	196.4	139.3	114.4	74.5	114.4	219.7	262.0	276.9			
Station 4 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32° 56' 48"N 130° 22' 42"E	North Cmp.	V (kn)	0.540	0.189	0.051	0.063	0.026	0.010	0.009	0.030	0.123	0.116	-0.075	132.1 0.111	
		K (°)	156.4	199.9	199.9	244.1	163.6	331.0	163.6	221.5	64.8	88.6			
	East Cmp.	V (kn)	0.058	0.016	0.029	0.035	0.033	0.012	0.026	0.046	0.040	0.082			
		K (°)	346.9	38.8	38.8	356.3	269.8	160.2	269.8	95.1	242.8	255.3			
	Main dir. 334°	V (kn)	0.591	0.194	0.053	0.062	0.032	0.024	0.010	0.035	0.130	0.121	-0.103		
		K (°)	158.3	202.3	202.3	233.2	135.4	336.7	135.4	236.9	64.5	86.7			
Station 5 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 11~ 5. 26 Position 32° 53' 18"N 130° 25' 42"E	North Cmp.	V (kn)	0.953	0.421	0.115	0.177	0.045	0.098	0.015	0.019	0.049	0.007	-0.071	129.1 0.113	
		K (°)	173.7	205.3	205.3	163.5	141.3	112.6	141.3	117.7	101.1	150.6			
	East Cmp.	V (kn)	0.569	0.217	0.059	0.075	0.042	0.047	0.014	0.039	0.002	0.017	0.088		
		K (°)	348.5	14.4	14.4	350.2	346.8	288.0	346.8	257.3	87.9	8.3			
	Main dir. 330°	V (kn)	1.109	0.472	0.128	0.190	0.059	0.108	0.019	0.033	0.042	0.014	-0.106		
		K (°)	172.4	202.8	202.8	164.8	150.1	111.6	150.1	95.5	101.4	172.8			
Station 6 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 11~ 5. 26 Position 32° 51' 24"N 130° 29' 12"E	North Cmp.	V (kn)	0.773	0.317	0.086	0.107	0.047	0.085	0.016	0.020	0.039	0.029	-0.040	217.5 0.051	
		K (°)	167.0	197.8	197.8	173.9	138.8	99.0	138.8	302.7	141.8	227.9			
	East Cmp.	V (kn)	0.330	0.118	0.032	0.051	0.015	0.026	0.005	0.015	0.019	0.038	-0.031		
		K (°)	333.9	5.6	5.6	339.6	254.7	241.3	254.7	8.0	283.4	19.9			
	Main dir. 339°	V (kn)	0.837	0.338	0.092	0.118	0.047	0.087	0.015	0.017	0.042	0.040	-0.027		
		K (°)	165.2	196.3	196.3	171.7	133.0	95.3	133.0	286.8	136.1	218.6			
Station 7 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32° 48' 42"N 130° 23' 18"E	North Cmp.	V (kn)	0.586	0.270	0.074	0.173	0.013	0.082	0.004	0.034	0.096	0.103	-0.083	155.5 0.091	
		K (°)	169.1	204.1	204.1	145.3	201.7	44.7	201.7	14.1	198.1	199.3			
	East Cmp.	V (kn)	0.079	0.122	0.033	0.208	0.030	0.039	0.010	0.052	0.056	0.033	0.038		
		K (°)	28.0	48.2	48.2	349.3	234.2	154.8	234.2	9.0	242.1	339.8			
	Main dir. 351°	V (kn)	0.588	0.285	0.078	0.202	0.010	0.084	0.003	0.025	0.089	0.106	-0.088		
		K (°)	169.8	205.7	205.7	149.1	185.8	40.7	185.8	15.8	194.1	197.5			
Station 7 Layer 5.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32° 48' 42"N 130° 23' 18"E	North Cmp.	V (kn)	0.627	0.296	0.080	0.184	0.025	0.093	0.008	0.004	0.087	0.109	-0.114	164.4 0.118	
		K (°)	168.5	204.4	204.4	157.0	188.1	47.2	188.1	134.7	219.1	208.9			
	East Cmp.	V (kn)	0.204	0.156	0.042	0.178	0.041	0.031	0.013	0.058	0.041	0.045	0.032		
		K (°)	347.5	26.5	26.5	349.9	284.5	177.5	284.5	24.5	210.9	12.4			
	Main dir. 336°	V (kn)	0.656	0.334	0.091	0.239	0.030	0.094	0.010	0.025	0.064	0.117	-0.117		
		K (°)	168.4	204.8	204.8	160.8	155.0	41.3	155.0	195.9	221.2	206.4			
Station 7 Layer 10.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32° 48' 42"N 130° 23' 18"E	North Cmp.	V (kn)	0.866	0.360	0.098	0.131	0.063	0.063	0.021	0.041	0.051	0.060	-0.130	174.9 0.131	
		K (°)	159.4	191.3	191.3	128.4	140.6	78.0	140.6	100.0	264.2	259.5			
	East Cmp.	V (kn)	0.422	0.169	0.046	0.048	0.050	0.019	0.017	0.006	0.015	0.024	0.012		
		K (°)	335.6	4.9	4.9	279.9	295.3	320.2	295.3	276.6	131.6	133.2			
	Main dir. 334°	V (kn)	0.963	0.397	0.108	0.136	0.077	0.061	0.026	0.039	0.051	0.061	-0.122		
		K (°)	158.7	190.1	190.1	124.2	133.7	84.7	133.7	99.8	269.7	267.3			
Station 8 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32° 41' 6"N 130° 22' 30"E	North Cmp.	V (kn)	1.510	0.643	0.175	0.168	0.075	0.099	0.025	0.021	0.194	0.103	-0.232	200.3 0.248	
		K (°)	153.1	186.4	186.4	148.2	120.9	93.9	120.9	104.0	318.0	324.1			
	East Cmp.	V (kn)	0.693	0.284	0.077	0.149	0.116	0.090	0.038	0.027	0.106	0.103	-0.086		
		K (°)	170.3	203.8	203.8	183.9	78.4	37.9	78.4	298.0	89.6	118.0			
	Main dir. 27°	V (kn)	1.649	0.697	0.190	0.208	0.111	0.116	0.037	0.008	0.146	0.054	-0.246		
		K (°)	156.3	189.5	189.5	159.0	102.5	77.1	102.5	82.0	332.1	345.9			

**Comparative Tidal Current Observation in Ariake Bay with the Previous Results**

Table 2. (1) , Continued

Tidal Current Observation / Harmonic Cnst			M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub>	M <sub>4</sub>	MS <sub>4</sub>	S <sub>0</sub>	Const.
Station 9 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32°39' 54"N 130°27' 42"E	North Cmp.	V (kn)	0.667	0.311	0.084	0.167	0.029	0.064	0.010	0.011	0.032	0.032	-0.026	246.2 0.064
		K (°)	179.6	221.3	221.3	210.0	127.5	111.3	127.5	43.4	154.3	231.1		
	East Cmp.	V (kn)	0.420	0.146	0.040	0.077	0.078	0.037	0.026	0.016	0.010	0.011	-0.059	
		K (°)	184.8	232.4	232.4	234.3	103.4	128.6	103.4	272.1	39.1	119.0		
	Main dir. 33°	V (kn)	0.787	0.339	0.092	0.179	0.066	0.073	0.022	0.007	0.025	0.025	-0.054	
		K (°)	181.1	223.9	223.9	215.5	112.2	116.0	112.2	338.9	143.4	218.6		
Station 10 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32°36' 42"N 130°17' 0"E	North Cmp.	V (kn)	1.147	0.440	0.120	0.107	0.079	0.044	0.026	0.008	0.085	0.040	-0.113	220.4 0.148
		K (°)	160.6	200.5	200.5	128.9	128.5	99.5	128.5	324.2	301.7	303.0		
	East Cmp.	V (kn)	1.089	0.474	0.129	0.452	0.110	0.083	0.037	0.069	0.098	0.078	-0.096	
		K (°)	172.8	217.6	217.6	149.3	141.8	130.1	141.8	122.6	195.1	220.3		
	Main dir. 46°	V (kn)	1.571	0.639	0.174	0.396	0.134	0.088	0.044	0.045	0.078	0.066	-0.147	
		K (°)	166.7	209.6	209.6	145.6	136.3	119.9	136.3	120.1	241.4	244.8		
Station 10 Layer 5.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32°36' 42"N 130°17' 0"E	North Cmp.	V (kn)	1.100	0.494	0.134	0.147	0.103	0.040	0.034	0.018	0.083	0.027	-0.108	222.7 0.147
		K (°)	160.4	200.7	200.7	129.0	134.0	69.4	134.0	231.9	294.1	276.6		
	East Cmp.	V (kn)	1.207	0.592	0.161	0.462	0.091	0.095	0.030	0.021	0.065	0.087	-0.100	
		K (°)	172.1	198.6	198.6	163.6	139.8	105.1	139.8	5.0	211.7	226.5		
	Main dir. 49°	V (kn)	1.624	0.770	0.210	0.431	0.136	0.094	0.045	0.012	0.078	0.078	-0.146	
		K (°)	166.9	199.5	199.5	156.3	136.9	95.8	136.9	315.9	255.5	236.5		
Station 10 Layer 10.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32°36' 42"N 130°17' 0"E	North Cmp.	V (kn)	1.134	0.495	0.135	0.104	0.108	0.030	0.036	0.025	0.069	0.048	-0.124	207.1 0.14
		K (°)	160.5	194.4	194.4	170.4	144.0	90.3	144.0	247.7	301.2	293.2		
	East Cmp.	V (kn)	1.557	0.650	0.177	0.179	0.118	0.063	0.039	0.048	0.030	0.032	-0.064	
		K (°)	162.9	194.9	194.9	169.0	147.3	86.0	147.3	268.7	323.9	251.8		
	Main dir. 53°	V (kn)	1.926	0.817	0.222	0.206	0.159	0.069	0.053	0.053	0.064	0.051	-0.125	
		K (°)	162.1	194.7	194.7	169.4	145.9	87.1	145.9	262.8	309.5	273.5		
Station 11 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32°33' 36"N 130°19' 54"E	North Cmp.	V (kn)	0.467	0.188	0.051	0.060	0.036	0.013	0.012	0.022	0.017	0.017	-0.041	222.6 0.056
		K (°)	163.7	192.1	192.1	162.4	130.9	290.6	130.9	195.3	209.1	249.7		
	East Cmp.	V (kn)	1.172	0.481	0.131	0.099	0.151	0.052	0.050	0.051	0.031	0.035	-0.038	
		K (°)	157.1	188.3	188.3	179.5	137.7	101.7	137.7	210.2	89.0	83.2		
	Main dir. 70°	V (kn)	1.260	0.517	0.141	0.112	0.154	0.044	0.051	0.055	0.027	0.027	-0.049	
		K (°)	157.9	188.8	188.8	176.5	137.2	100.8	137.2	208.1	99.8	86.0		
Station 12 Layer 3.0 m Date 2001. 5. 12~ 5. 27 Position 32°34' 36"N 130°10' 42"E	North Cmp.	V (kn)	0.537	0.304	0.083	0.082	0.104	0.097	0.035	0.028	0.321	0.127	-0.283	211.1 0.33
		K (°)	8.7	37.1	37.1	35.7	302.5	251.6	302.5	188.3	220.3	237.3		
	East Cmp.	V (kn)	2.602	1.043	0.284	0.330	0.290	0.217	0.096	0.072	0.199	0.126	-0.171	
		K (°)	165.5	197.4	197.4	197.3	121.5	121.2	121.5	165.0	286.1	314.1		
	Main dir. 283°	V (kn)	2.646	1.081	0.294	0.339	0.306	0.226	0.101	0.064	0.177	0.119	0.101	
		K (°)	346.5	18.7	18.7	18.3	301.5	296.8	301.5	342.7	128.5	147.9		
Station S1 Layer 3.0 m Date 1973. 8. 26~ 9. 10 Position 33° 4' 30"N 130°14' 48"E	North Cmp.	V (kn)	0.537	0.235	0.064	0.087	0.069	0.013	0.023	0.050	0.049	0.068	0.031	355.4 0.031
		K (°)	180.3	209.4	209.4	237.6	141.9	285.3	141.9	19.4	223.3	220.5		
	East Cmp.	V (kn)	0.265	0.104	0.028	0.107	0.035	0.045	0.012	0.049	0.004	0.036	-0.002	
		K (°)	329.8	357.0	357.0	345.2	279.2	39.0	279.2	145.1	176.8	242.7		
	Main dir. 334°	V (kn)	0.585	0.251	0.068	0.102	0.074	0.026	0.024	0.060	0.043	0.047	0.029	
		K (°)	174.6	203.9	203.9	211.9	133.7	243.2	133.7	2.8	225.0	213.3		
Station S2/4 (H13) Layer 3.0 m Date 1973. 8. 26~ 9. 10 Position 32°57' 6"N 130°22' 36"E	North Cmp.	V (kn)	0.661	0.358	0.097	0.120	0.048	0.057	0.016	0.024	0.022	0.024	-0.066	149.7 0.076
		K (°)	174.1	192.0	192.0	272.4	104.4	93.9	104.4	13.9	312.2	348.5		
	East Cmp.	V (kn)	0.178	0.052	0.014	0.057	0.012	0.007	0.004	0.011	0.033	0.061	0.038	
		K (°)	349.2	352.4	352.4	56.3	257.4	119.4	257.4	105.0	335.6	1.9		
	Main dir. 349°	V (kn)	0.683	0.360	0.098	0.127	0.049	0.054	0.016	0.023	0.016	0.012	-0.072	
		K (°)	173.8	191.5	191.5	269.4	103.2	93.3	103.2	8.8	302.8	335.1		
Station S3 Layer 3.0 m Date 1973. 8. 28~ 9. 12 Position 32°51' 24"N 130°29' 12"E	North Cmp.	V (kn)	0.650	0.275	0.075	0.121	0.017	0.035	0.005	0.022	0.023	0.011	-0.006	262.8 0.046
		K (°)	173.6	198.8	198.8	203.5	93.5	105.7	93.5	299.8	333.7	241.9		
	East Cmp.	V (kn)	0.269	0.121	0.033	0.057	0.039	0.017	0.013	0.006	0.021	0.008	-0.046	
		K (°)	337.3	11.6	11.6	354.1	251.0	287.0	251.0	190.4	94.9	15.3		
	Main dir. 335°	V (kn)	0.700	0.300	0.082	0.131	0.031	0.039	0.010	0.021	0.026	0.013	0.014	
		K (°)	171.0	197.6	197.6	198.4	81.7	106.0	81.7	305.8	317.3	231.0		
Station S4/7 (H13) Layer 3.0 m Date 1973. 8. 28~ 9. 12 Position 32°48' 42"N 130°23' 18"E	North Cmp.	V (kn)	0.378	0.176	0.048	0.052	0.031	0.050	0.010	0.042	0.031	0.041	-0.225	175.7 0.226
		K (°)	164.2	203.6	203.6	333.4	118.0	75.6	118.0	78.6	223.3	248.4		
	East Cmp.	V (kn)	0.346	0.142	0.039	0.045	0.033	0.021	0.011	0.015	0.023	0.053	0.017	
		K (°)	352.4	23.4	23.4	105.9	279.3	182.1	279.3	142.7	152.5	178.0		
	Main dir. 320°	V (kn)	0.511	0.226	0.062	0.063	0.044	0.044	0.015	0.030	0.024	0.038	-0.184	
		K (°)	167.7	203.5	203.5	313.7	109.2	58.8	109.2	61.0	259.4	306.5		
Station S5/10 (H13) Layer 3.0 m Date 1973. 9. 2~ 9. 13 Position 32°36' 48"N 130°16' 54"E	North Cmp.	V (kn)	1.014	0.391	0.106	-	0.045	0.026	0.015	-	0.040	0.056	-0.487	213.3 0.583
		K (°)	112.8	139.4	139.4	-	33.4	61.5	33.4	-	130.7	152.9		
	East Cmp.	V (kn)	1.227	0.523	0.142	-	0.069	0.042	0.023	-	0.034	0.025	-0.320	
		K (°)	133.0	150.4	150.4	-	84.3	76.7	84.3	-	188.9	133.1		
	Main dir. 52°	V (kn)	1.567	0.650	0.177	-	0.075	0.049	0.025	-	0.045	0.053	-0.551	
		K (°)	125.2	146.4	146.4	-	67.7	71.9	67.7	-	161.5	145.6		
Station S6 Layer 3.0 m Date (11Days) 1973. 9. 2~ 9. 13 Position 32°34' 42"N 130°10' 48"E	North Cmp.	V (kn)	0.484	0.234	0.064	-	0.059	0.074	0.020	-	0.270	0.151	-0.550	236.4 0.994
		K (°)	140.6	148.3	148.3	-	171.4	50.1	171.4	-	161.6	157.3		
	East Cmp.	V (kn)	1.373	0.581	0.158	-	0.180	0.077	0.060	-	0.232	0.258	-0.829	
		K (°)	138.4	175.0	175.0	-	88.8	106.7	88.8	-	209.8	228.5		
	Main dir. 71°	V (kn)	1.455	0.618	0.168	-	0.174	0.089	0.058	-	0.285	0.264	-0.962	
		K (°)	138.6	171.8	171.8	-	95.1	93.5	95.1	-	196.5	218.4		

Table 2. Harmonic Constants table of tidal currents (2) Results of 1 day observations re-analyzed

Station	Layer	Position	Obs. Date	Axis	Diurnal			Semi-diurnal			1/4-diurnal			Mean Flow	
					Dir. (°)	Vel. (knot)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (knot)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (knot)	Lag (°)	Dir. (°)	Vel. (knot)
S2(H4)	5	32°57'6"N 130°22'36"E	1973.8.26~27	L	52.5	0.094	308.9	326.3	0.871	183.1	49.6	0.070	166.2	218.2	0.234
				S	142.5	0.016	38.9	56.3	0.021	273.1	139.6	0.021	256.2		
S2(H4)	10	32°57'6"N 130°22'36"E	1973.8.26~27	L	338.3	0.204	130.8	343.8	1.078	174.9	37.9	0.017	288.0	230.9	0.049
				S	68.3	0.043	40.8	73.8	0.054	84.9	127.9	0.000	18.0		
S4(H7)	5	32°48'42"N 130°23'18"E	1973.8.31~9.1	L	339.8	0.152	213.2	317.6	0.904	139.5	313.3	0.180	225.7	178.4	0.203
				S	69.8	0.004	123.2	47.6	0.099	49.5	43.3	0.051	135.7		
S4(H7)	10	32°48'42"N 130°23'18"E	1973.8.31~9.1	L	320.0	0.084	207.0	336.5	1.371	139.8	357.0	0.225	207.2	181.7	0.231
				S	50.0	0.010	297.0	66.5	0.034	49.8	87.0	0.065	117.2		
S5(H10)	5	32°36'36"N 130°16'42"E	1973.9.11~12	L	52.9	0.071	300.5	53.6	1.777	145.8	74.6	0.199	101.0	222.2	0.638
				S	142.9	0.001	210.5	143.6	0.190	235.8	164.6	0.039	11.0		
S5(H10)	10	32°36'36"N 130°16'42"E	1973.9.11~12	L	30.1	0.036	272.8	35.7	1.418	142.7	21.8	0.273	89.4	198.3	0.606
				S	120.1	0.005	2.8	125.7	0.170	232.7	111.8	0.028	359.4		
S16	3	33°43'6"N 130°18'6"E	1973.9.10~11	L	61.9	0.051	288.8	355.1	0.639	200.7	303.7	0.081	56.7	270.9	0.151
				S	151.9	0.014	198.8	85.1	0.191	290.7	33.7	0.057	146.7		
S24	3	32°41'6"N 130°22'36"E	1973.8.30~31	L	318.3	0.121	142.2	16.3	2.599	149.7	341.4	0.330	291.7	185	0.556
				S	48.3	0.008	52.2	106.3	0.409	239.7	71.4	0.040	21.7		
S24	3	32°41'6"N 130°22'36"E	1973.9.7~8	L	68.6	0.077	339.5	47.6	1.096	180.2	21.5	0.077	316.9	177.6	0.05
				S	158.6	0.021	249.5	137.6	0.067	90.2	111.5	0.041	46.9		
S25	3	32°38'18"N 130°27'0"E	1973.8.30~31	L	9.0	0.098	24.6	38.4	1.342	176.9	22.1	0.076	261.3	221.6	0.05
				S	99.0	0.022	114.6	128.4	0.129	266.9	112.1	0.024	351.3		
S25	3	32°38'18"N 130°27'0"E	1973.9.7~8	L	312.8	0.066	349.2	52.2	0.646	156.7	88.6	0.095	322.6	212	0.147
				S	42.8	0.013	259.2	142.2	0.123	246.7	178.6	0.023	52.6		
S26	3	32°33'18"N 130°18'42"E	1973.8.29~30	L	47.1	0.092	187.5	66.8	1.707	158.9	305.2	0.144	205.0	250.3	0.019
				S	137.1	0.005	97.5	156.8	0.019	68.9	35.2	0.005	115.0		
S26	3	32°33'18"N 130°18'42"E	1973.9.6~7	L	49.2	0.293	317.7	63.4	0.468	219.1	32.5	0.064	293.5	252.3	0.454
				S	139.2	0.026	47.7	153.4	0.041	309.1	122.5	0.019	203.5		

Table 2. Harmonic Constants table of tidal currents (3) Reference tidal current harmonic constants of Hayasaki Seto.

Tidal Current Observation / Harmonic Cnst		M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub>	M <sub>4</sub>	MS <sub>4</sub>	S <sub>0</sub>	Const.
Station Hayasaki Layer 4.0 m	North Cmp.	V (kn)	2.427	0.913	0.249		0.238	0.074	0.079		0.433	0.243	-1.060
		K (°)	355.2	16.3	16.3		314.3	252.5	314.3		205.8	199.1	
Date 1955. 5. 19~ 6. 3	East Cmp.	V (kn)	3.560	1.066	0.290		0.251	0.179	0.084		0.417	0.257	-0.720
		K (°)	172.7	197.0	197.0		137.7	136.5	137.7		196.8	193.8	
Position 32°34'23"N 130°9'43"E	Main dir. 117°	V (kn)	4.274	1.364	0.372		0.331	0.177	0.110		0.180	0.120	
		K (°)	173.3	196.8	196.8		136.5	126.7	136.5		186.7	189.1	

### 3. 有明海の潮汐・潮流概要

新旧比較の前に、前回の観測結果（海上保安庁水路部 1974）並びに既存の報告（海上保安庁水路部 1951, 1959, 1994）をもとに有明海の地形並びに潮汐・潮流の概要について述べる。

#### 3.1 地形概要

有明海は、全長約90kmに対し幅が約16km、面積約1500km<sup>2</sup>、容積約31km<sup>3</sup>、平均水深が約20mの細長く湾曲した湾となっている（第1図a）。湾の幅を見ると、多比良-長洲、有家-大矢野島の二つの狭窄部があり、湾口の早崎瀬戸は、幅約5kmと著しく狭くなっている。

海底地形（第1図c）を見ると、湾北部は、水深5m以浅の浅海域が拡がり、住之江川や筑後川に繋がる滞筋と干潟が顕著である。三池港から大浦に至る付近では、湾軸に沿った列状の高まり（海底砂州）と深み（海釜）が並んでおり、その北側は前述の滞筋に繋がっている。海底砂州の水深は10mよりも浅く、海釜の水深は20mよりも深くなっており、海底砂州は西側で海釜に向かって急傾斜となっている。大浦から多比良に至る諫早湾口付近にも海底砂州がある。これらの干潟や滞筋、海底砂州や海釜は、潮流分布に関係していると言われている（水路部 1959）。湾中央部の熊本沿岸にも干潟や緑川に繋がる滞筋が発達している。湾中央部から早崎瀬戸に向けて島原半島沿いに

水深30m以深の深みが広がっているが、この深みは、早崎瀬戸西部の鞍部で切れており、外海とは繋がっていない。この深みの主要部は、湯島の北側を通り、湯島の南側で天草上島北側の海域は比較的浅くなっている。湯島の北側、湯島瀬戸には最大水深120m近い海釜がある。湾口の早崎瀬戸は、有明海の容積に比べて断面積が小さく、大潮時には5ノット以上に達する潮流が発達するため、早崎瀬戸西部の鞍部を挟んで東西に延びた二つの細長い海釜が見られるが、南側には天草下島北側から富岡に至る浅所が分布し、北側には島原半島南端の岬（瀬詰埼）が張り出しているため、はなはだ複雑な地形となっている。さらに、早崎瀬戸西側の海釜の南北には、潮流の反流渦によると見られる海底地形の高まりがある。

このような干潟や滯筋、海底砂州や海釜の形成には、潮汐・潮流が関係しているが、逆に、この

ような地形が潮流分布などに影響し、多少の場所のズレでも流れが大きく異なる可能性があることに注意しなければならない。

なお、第1図cの海底地形図は、地形図描画ソフト（GMT graphic package (Wessel and Smith, 1998)）を使って、海域は日本海洋データセンターのJ-BIRD水深データ、陸域は国土地理院 数値地図50mメッシュ（標高）データをもとに、笹原昇主任研究官が編集作成した。

### 3.2 潮汐概要

有明海は、日本有数の潮汐の大きい海である。海図の水深の基準面（最低水面）は、潮汐を考慮して決められる。日本では、主要四分潮（ $M_2$ ,  $S_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ）の振幅和（ $H_m+H_s+H^l+H_o$ ）を $Z_0$ （平均水面と最低水面の差）の基準としており、潮汐の大きさの指標になる。第2図に有明海の $Z_0$ の区分

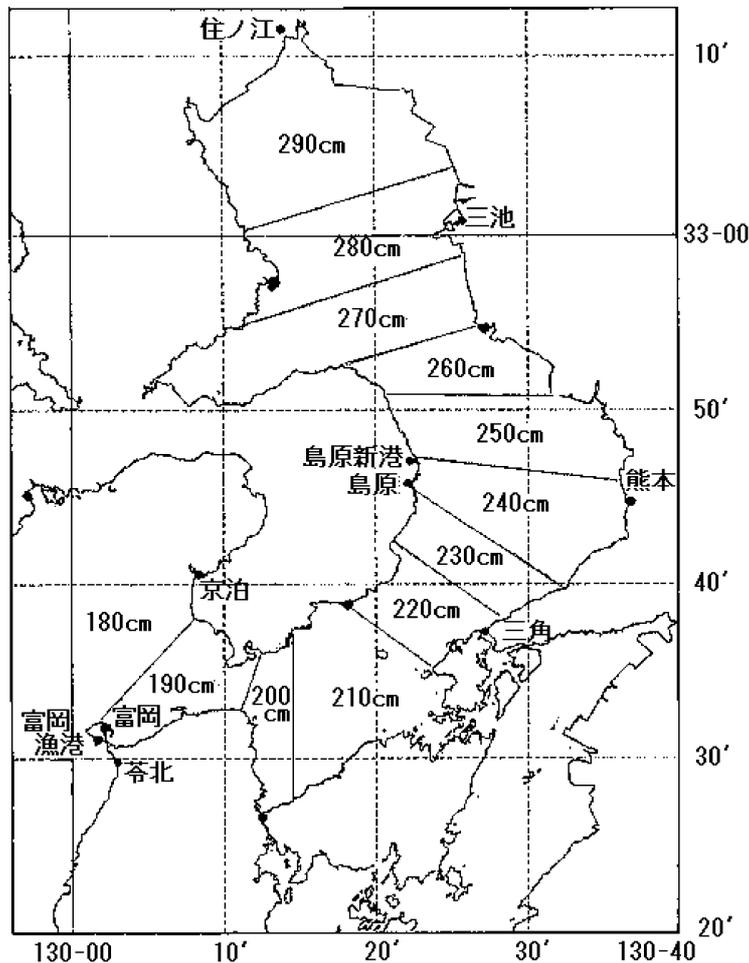


Fig. 2.  $Z_0$  (Distance from Datum Level for chart depth to mean sea level) distribution in Ariake Bay.

図を示す。有明海の  $Z_0$  は、湾外の富岡漁港で 1.7m、湾口部の口之津で 1.9m、湾奥の住之江で 2.9m と、湾外の 1.7 倍に増幅される。第 3 図に示すように、日周潮の振幅  $H'+H_0$  は比較的一様であり、有明海の大いなる潮汐は、半日周潮  $H_m+H_s$  の増幅によるものである。

潮時 ( $K_m/29$ ) は、湾外で 7.8 時間、湾口で 8.6、湾奥で 9.2 時間となっている。湾内各地の潮時差は約 30 分以内で、湾内でほぼ一斉に高潮・低潮になる定常振動の様相を呈している。

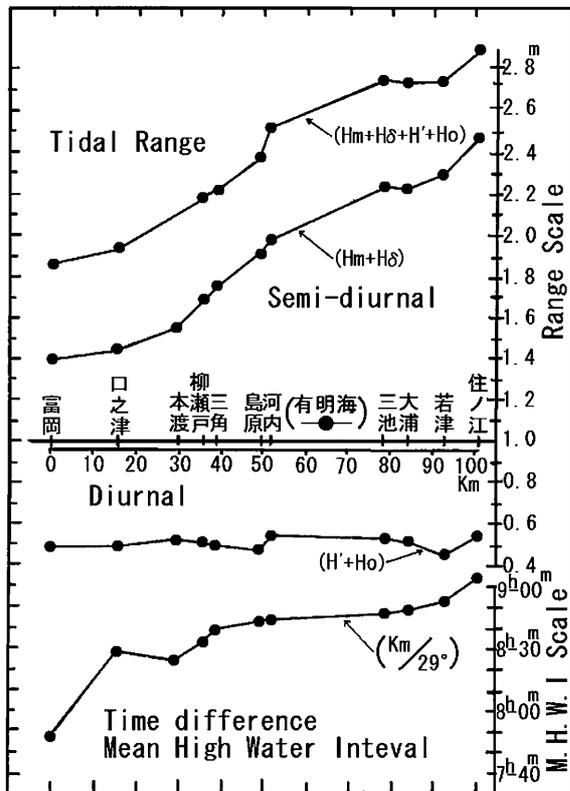


Fig. 3. Tidal range (upper) and phase lag (lower) distribution in Ariake Bay according to Maritime Safety Agency 1974.

### 3.3 潮流概要

有明海の潮汐の主要成分が半日周潮の定常振動になっていることに伴い、早崎瀬戸並びに湾内の潮流は、湾内の高低潮時に憩流、低潮後 3 時間で上げ潮流最強、高潮後 3 時間で下げ潮流最強となる。潮流の各分潮成分も、半日周潮が卓越する潮汐の特性を反映し、日周潮流は弱く、半日周潮流が卓越している。第 4-1, 2 図は、平均大潮

( $M_2+S_2$  の半日周潮と 1/4 日周潮成分) に換算した潮流を描いたもので、それぞれ早崎瀬戸の上げ潮流最強時、下げ潮流最強時の潮流分布を表している。観測層は表層 (ほとんどが海面下 3m) で、流速ベクトルには平均流 (恒流) を含んでいる。

上げ潮流 (第 4-1 図) では、湾外の富岡港沖まで 2-3 ノットの強流域が延びている。湾口部では、早崎瀬戸中央部で流速 5.4 ノットに達し、最狭部を通過した後は、島原半島側に沿って流速 2-3 ノットの潮流が見られる。三角から深江に至る海域では、島原半島側が強く、三角側が弱くなっている。その後、島原から熊本付近の海域では幅が広がって 2 ノット以下の流速となるが、長洲から有明にかけての狭窄部では、再び 2 ノット近くにまで流速が強くなる。三池から住之江にかけての湾奥部では、広がって流速が弱くなるものの、かなり奥部に至るまで 1 ノット近くの流速を保つ。

下げ潮流 (第 4-2 図) でも、湾最奥部で 1 ノット近い潮流が見られ、長洲から多比良にかけての狭窄部では 2 ノット以上の潮流が見られる。湾中央部では、島原半島に沿って流れ、熊本側よりも島原側の方が潮流が強い。その後、湾口に向けて流速が徐々に増し、有家から大矢野島に至る狭窄部では、湯島の南側よりも北側の湯島瀬戸が強い流速分布となっている。湾口付近では、早崎瀬戸で 7.1 ノットに達した後、湾外の富岡港沖まで 3 ノット近くの強流域が延びている。

第 5-1 図の潮流流速分布 ( $V_m+V_s$ ) では、湾口に 6-7 ノットの最強部があり、湾奥に向かって徐々に弱くなっているが、湾の最奥部でも 1 ノット以上の流速が見られる。また湾中央部では、最深部に沿って流速の大きいところが延びている。

第 5-2 図の潮流潮時差分布 (早崎瀬戸基準) では、湾の中心軸に沿って潮時差 0 もしくは 0.5 時間遅れ程度の部分が湾奥まで延びている。諫早湾口南側から島原半島に沿って早崎瀬戸に至る岸沿い、及び三池港から熊本港に至る岸沿い、並びに柳の瀬戸から早崎瀬戸に至る沿岸部には、1 時間進みの領域が分布している。

このように有明海の潮流では、湾口の早崎瀬戸

で強い潮流が発生するだけでなく、2カ所の狭窄部の存在や、干潟や濠筋の発達した地形のために湾最奥部までかなりの流速を持った潮流が分布しており、さらに島原半島と熊本県側の岸寄りには、

1時間程度の潮流潮時進みの部分が見られるなど、第3図の潮汐分布に比べ複雑な様相となっている。

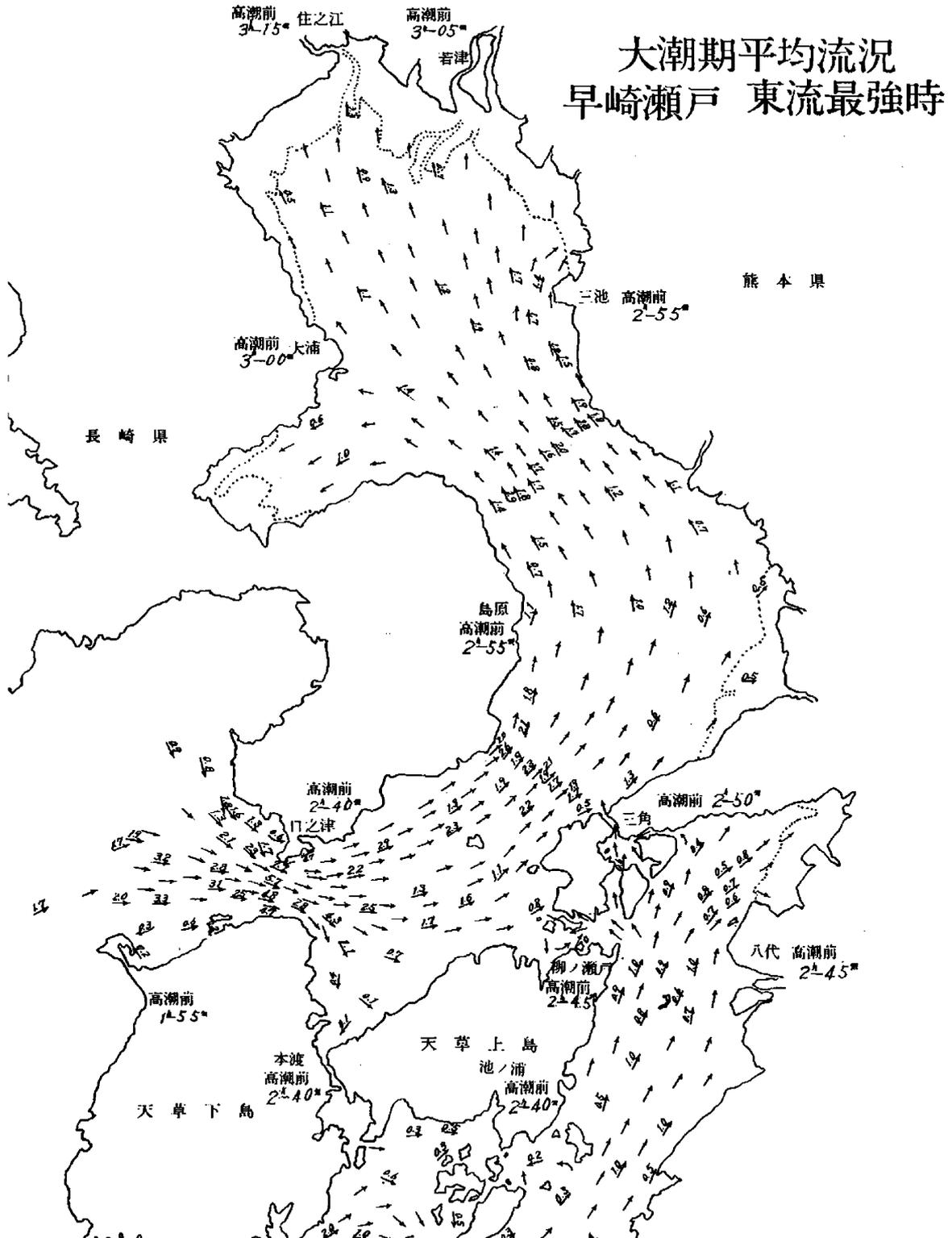


Fig. 4-1. Maximum flood tidal current chart 3m below the sea surface at the time of eastward current maximum in Hayasaki Seto according to MSA 1974.

3.4 平均流（恒流）概要

第6図は、有明海の表層平均流（海面下約3m層）の分布である。ただし観測期間は、一昼夜あるいは15昼夜などまちまちである。湾奥では、三池港付近から左遷する平均流が表れているが、

流速は0.1ノット以下である。湾中央部では、島原半島沿岸の南下流が顕著で、流速は中央部で0.2～0.6ノット、湾口付近では0.9ノットに達している。

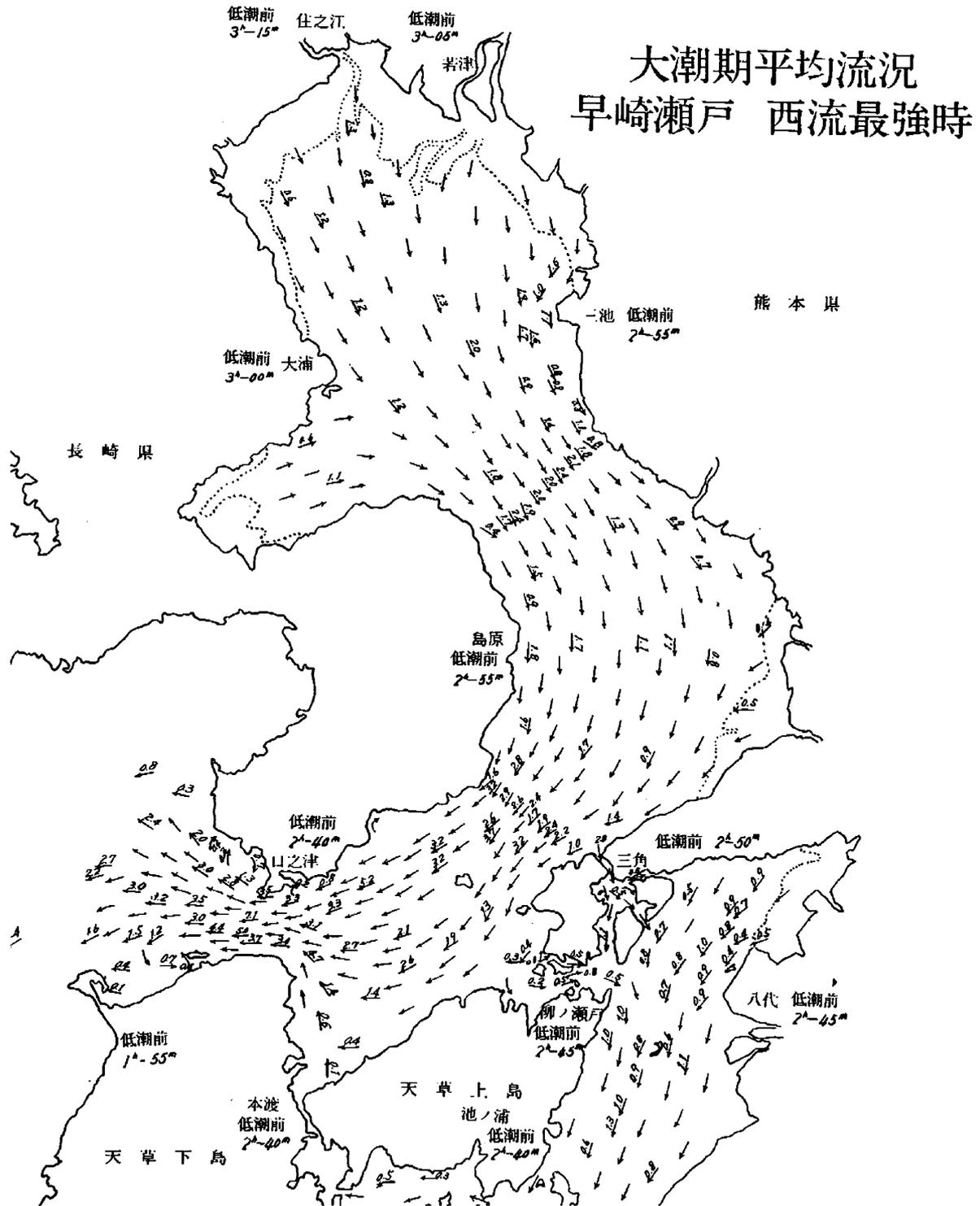


Fig. 4-2. Maximum ebb tidal current chart in 3m below sea surface in the time of westward current maximum in Hayasaki-Seto according to MSA 1974.

4. 今回の観測結果と旧資料の比較

4.1 上げ潮流・下げ潮流分布の比較

第7-1図は、昭和48年と平成13年の上げ潮流分布（早崎瀬戸東流最強時）の比較である。各点の潮流は、平均流は含まず、平均大潮に換算されている。三池港沖では1.1ノットが1.5ノットに増大している。湾中央域では、島原沖で0.8ノットから0.7ノット、深江沖で2.7ノットから2.5ノット、三角付近で1.3ノットが1.1ノットに減少している。口之津東方では1.4ノットから2.2ノットに増大し、湾口近くの測点12では、昭和48年の1.3ノットに対し平成13年は3.9ノットと著しく強くなっている。

第7-2図は、下げ潮流分布（早崎瀬戸西流最強時）の比較である。三池港沖では上げ潮流と同様に1.0ノットから1.5ノットに増大している。湾中央部では、島原沖で0.7ノットから1.0ノット、三角

沖では1.1ノットから1.2ノットに増大しているものの、深江沖では2.2ノットから2.0ノットに減じており、増減まちまちである。湾口付近では、口之津東方で1.6ノットから2.3ノットに増大し、測点12では、昭和48年の2.2ノットから3.5ノットと増大傾向を示した。

なお、平均大潮に換算した潮流流速が、上げ潮流と下げ潮流で異なるのは、1/4日周潮流成分に起因し、上げ潮流と下げ潮流で地形によって生ずる流れの偏りが異なることなどによる。

4.2 平均流（恒流）分布の比較

第8図は、15昼夜観測の平均流の比較である。湾中央から湾口にかけては、いずれの年も島原半島沿岸沿いの南下流が顕著であったが、平成13年の流速は平均0.2ノット程度だったのに対し、昭和48年では平均0.6ノットと3倍となっていた。

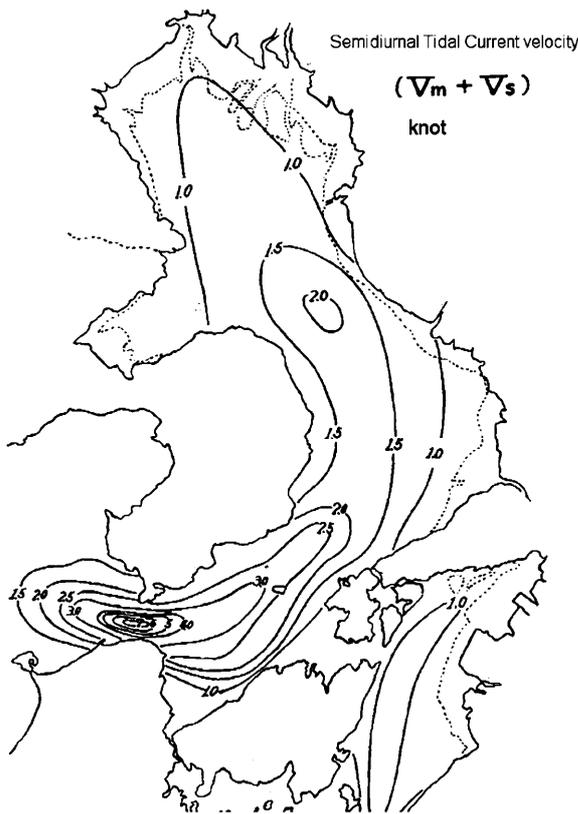


Fig. 5-1. Semi-diurnal tidal current range  $V_m + V_s$  according to MSA 1974.

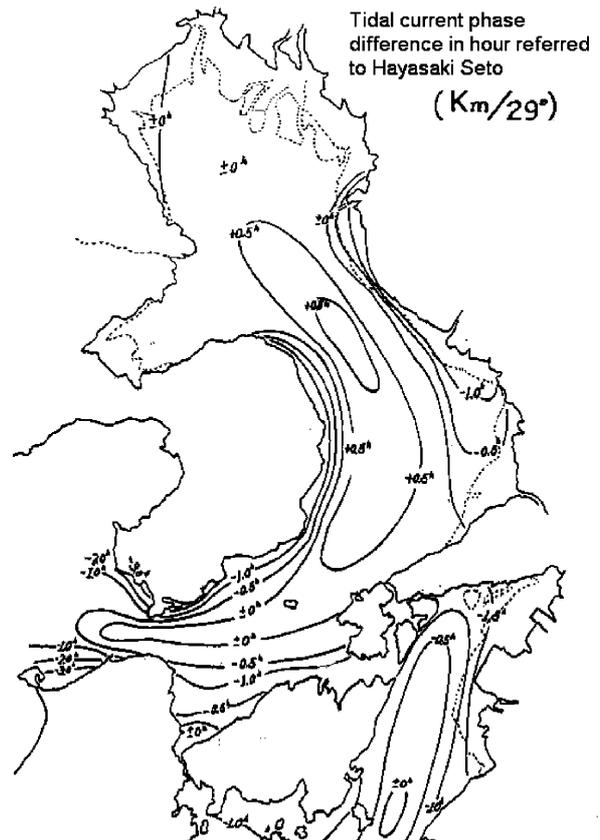


Fig. 5-2 Tidal current phase difference in hour referred to Hayasaki Seto according to MSA 1974.

4.3 潮流楕円水平分布の比較

海面下3m層の半日周潮流（平均大潮）楕円分布の新旧比較を第9図に示す。湾奥の三池港付近の潮流（測点4）では、平成13年の長軸長は、

昭和48年よりも約3割増大している。また、湾中央の島原から三角付近の楕円長軸は、やや増大傾向にあるもののほぼ同じである。湾口（測点12）の楕円長軸は、昭和48年の2.1ノットに対し、平成

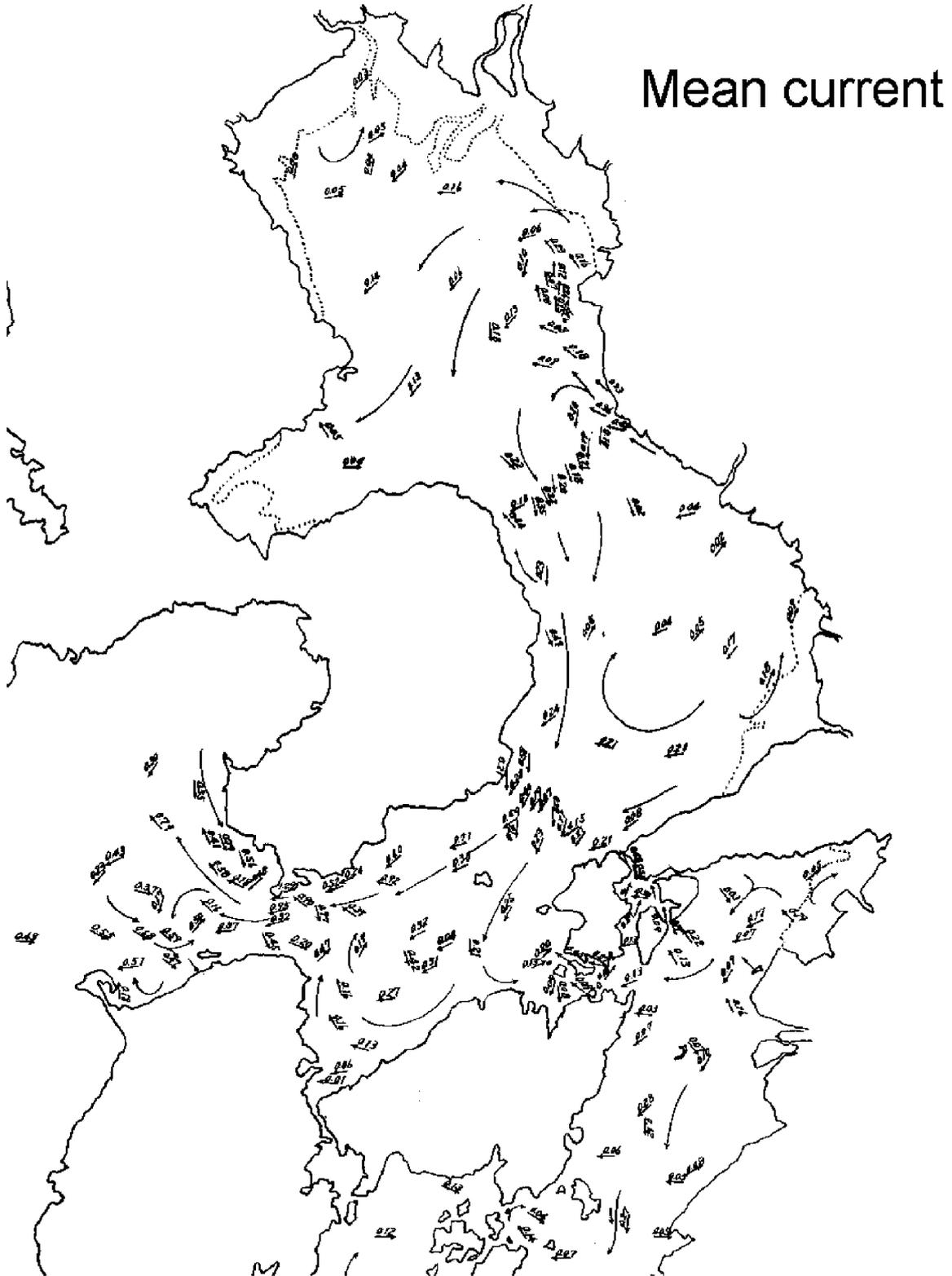


Fig. 6. Mean current 3m below the sea surface, according to MSA 1974.

13年は3.7ノットと約8割の増大を示した。

第9図の潮流楕円に付した数値は、早崎瀬戸予報点に対する潮流潮時差である。湾奥の三池付近では、平成13年が昭和48年よりも約0.2時間進みの傾向を示した。湾奥から湾口にかけては、島原半島沿岸で、昭和48年の平均1.2時間の進みに対し、平成13年では平均0.3時間の進みとなっており、湾口の早崎瀬戸予報点の潮時に約0.9時間近くなった。湾口近くの測点12における楕円長軸流速の著しい増大と、この潮時差の縮小は、第5-1, 2図の流速と潮時差分布に表れているように、同じ測点であっても、昭和48年は岸に近い潮流特性、平成13年は瀬戸中央の主流に近い特性となっていることを示唆している。

#### 4.4 潮流鉛直分布の比較

昭和33年の潮流断面観測結果（海上保安庁水路部 1959）などにも表れているように、表層が必ずしも潮流最強となるわけではない。昭和48年の観測では、3測点において海面下3m層の15昼夜連続観測とともに5m層と10m層の一昼夜観

測を行い、鉛直分布比較を行っている。平成13年には、同じ3測点でADCP流速計による15昼夜観測を行って、1m毎の鉛直分布を観測した。

三池沖測点4（第10-1図）では、昭和48年は、3m層から下層になるに従って楕円長軸が大きくなり潮時も約1時間進む。それに対し、平成13年は、3m層の楕円長軸が大きく下層になるに従って小さくなり、10m層は3m層の半分程度になる。潮時は、上下であまり違いがない。

島原沖測点7（第10-2図）では、昭和48年は、各層の潮時はほとんど変化がないが、楕円長軸は下層ほど大きくなり、10m層は3m層の2倍になる。平成13年でも、楕円長軸が下層に行くほど大きくなる傾向は同じだが、3m層の楕円長軸は昭和48年よりも大きくなっており、10m層は3m層の1.6倍程度である。10m層の楕円長軸は、昭和48年と平成13年でほぼ同じである。

口之津東方の測点10（第10-3図）では、昭和48年は、各層の潮時差は-1.3から-1.6時で違いがなく、楕円長軸は、3m層で2.2ノットなのに対し10m層で1.6ノットと2/3に減少している。平

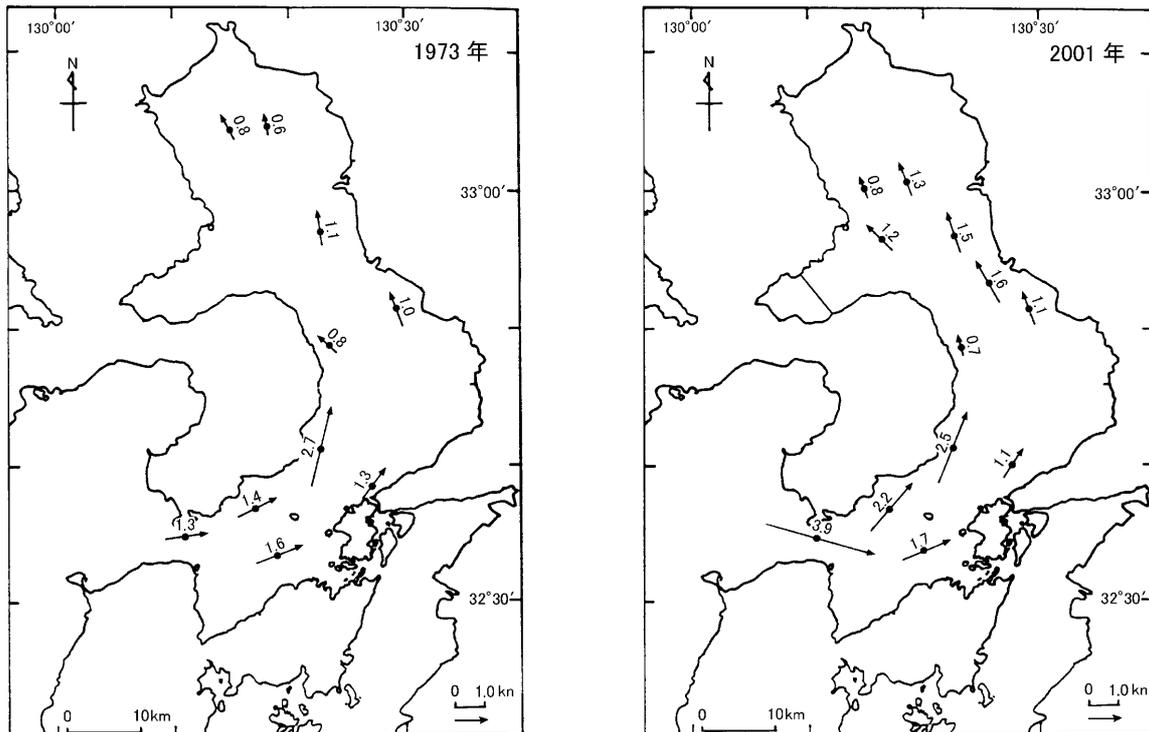


Fig. 7-1. Comparison of flood tidal currents 3m below the sea surface in the mean spring tide condition of  $M_2+S_2$ , not including the mean current. Left : 1973 and Right : 2001.

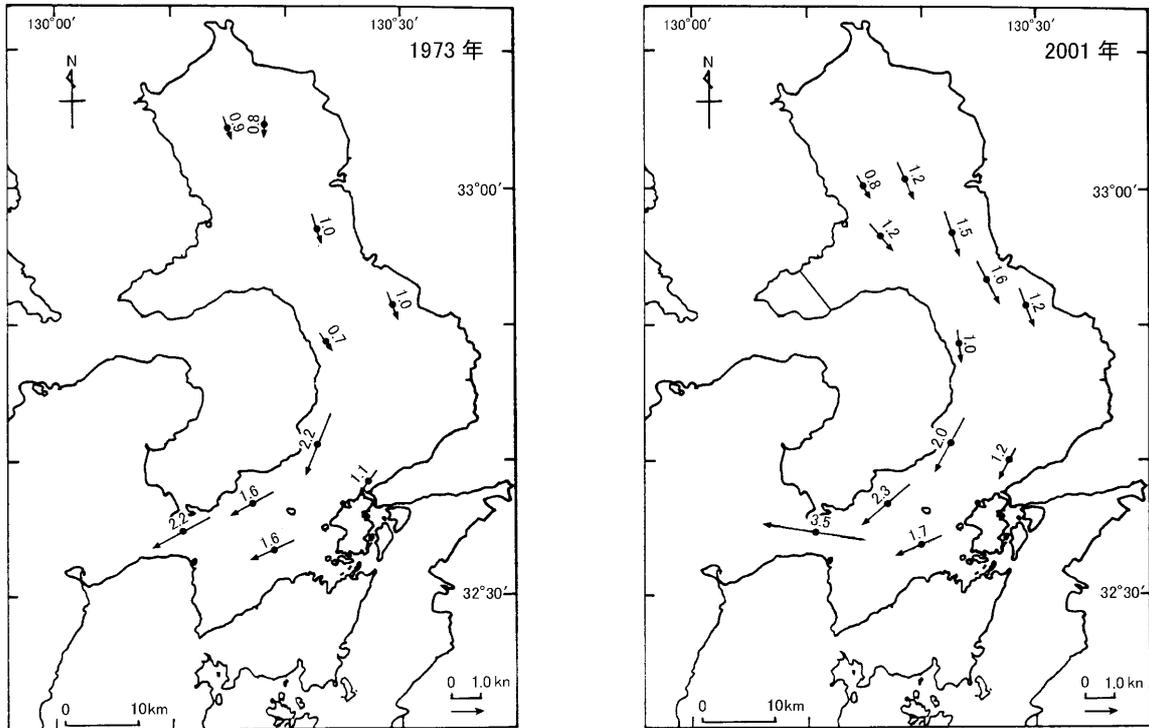


Fig. 7-2. Comparison of ebb tidal currents 3m below the sea surface, in the mean spring tide condition of  $M_2+S_2$ , not including the mean current. Left : 1973 and Right : 2001.

成13年は、各層の潮時はいずれも約5.5時で違いないが、昭和48年よりも1.5時間遅れている。楕円長軸は、3m層は2.4ノットと昭和48年と同じであったが、10m層は2.8ノットと1.3倍に増大

している。すなわち、昭和48年では下層ほど小さくなっているのに対し、平成13年では下層ほど大きくなっている。

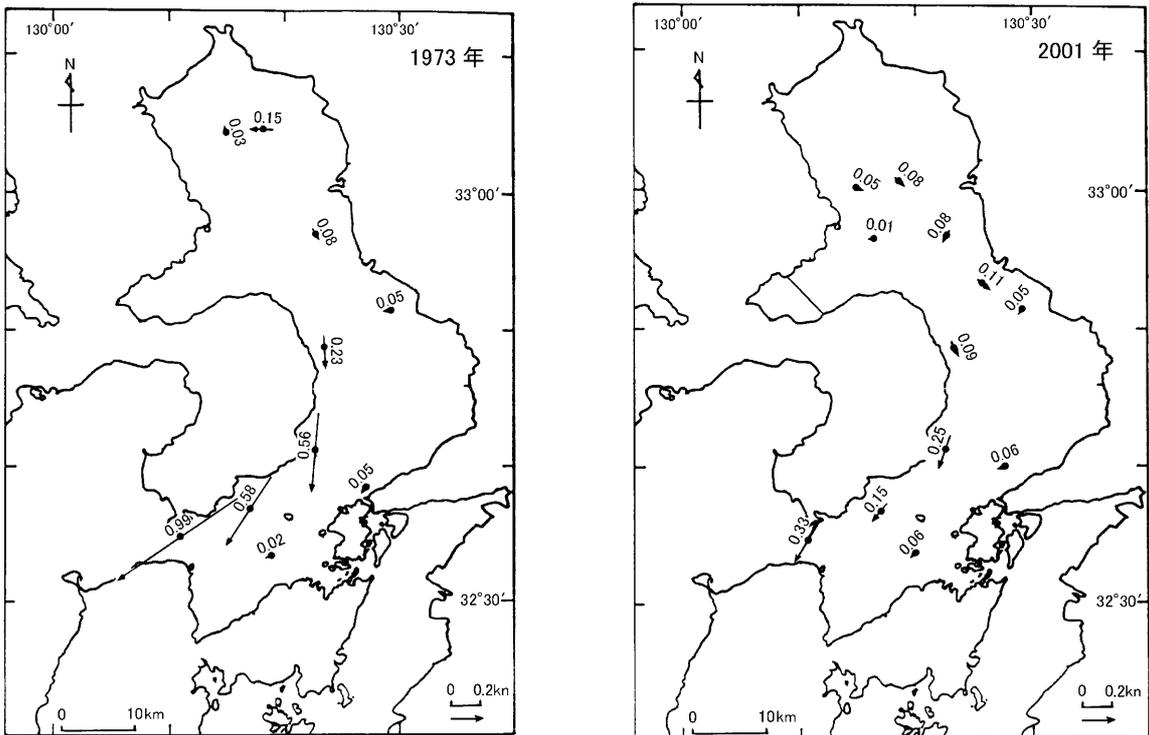


Fig. 8. Comparison of mean currents 3m below the sea surface, averaged 15 days. Left : 1973 and Right : 2001.

4.5 水温・塩分断面分布の比較

昭和48年には、高潮・低潮時を基準に観測したが、平成13年には、上げ・下げ潮流最強時を基準として、その1.2時間前から約1時間の間に観測した。潮流による流跡を計算すると、平成13年の上げ・下げ潮流時の観測は、それぞれ湾口に向かって流出した状態と湾奥に向かって流入した状態に相当することから、昭和48年の低潮と高潮に対応するとした。

[高潮時の水温・塩分分布 (第11-1, 11-2図)]

湾口に近いD断面では、強い潮流による潮汐混合のため水温・塩分の鉛直分布差は小さい。昭和48年では、中央部下層に25.9℃・33.4psuの低温・高塩水、表層・中層に26.5℃・33.1psuの高温・低塩分水が分布している。平成13年では、水温はほとんど一様化しており、断面底層に18.4℃台のやや高温傾向が見られる。塩分では、断面中央底層に33.9psuの高塩分傾向が見られ、表層では、33.5psu台の低塩分水が天草側に分布している。

C断面では、水温・塩分躍層が見られるようになる。昭和48年では、断面西側中層の32.4psu台の低塩水のほかは32.7-32.8psuとなっており、D断面にあった33.0psu以上の高塩分水は見られない。水温も、底層が26.3℃で表層が26.7-27.0℃となっており、D断面よりも高温となっている。平成13年では、5m～15m深に水温・塩分の弱い躍層があり、上層は約18.9℃・33.0psuの高温・低塩分水、下層は18.0℃以下で約33.4psuの低温・高塩分水となっている。昭和48年と同様に、D断面にあった33.6psu以上の高塩分水は見られない。

湾奥のB断面では、水温・塩分躍層が他断面よりもはっきりしている。昭和48年には、27.3-28.3℃・32.0-31.5psuの高温・低塩分水が東側の表層から断面中央の極表層に広がっているほか、底層は26.8-27.2℃・32.3psuの低温・高塩分水となっている。平成13年には、5m深から10m深付近に水温・塩分躍層があり、その上層には19.0-20.0℃・32.1-32.6psuの高温・低塩分水が東側から

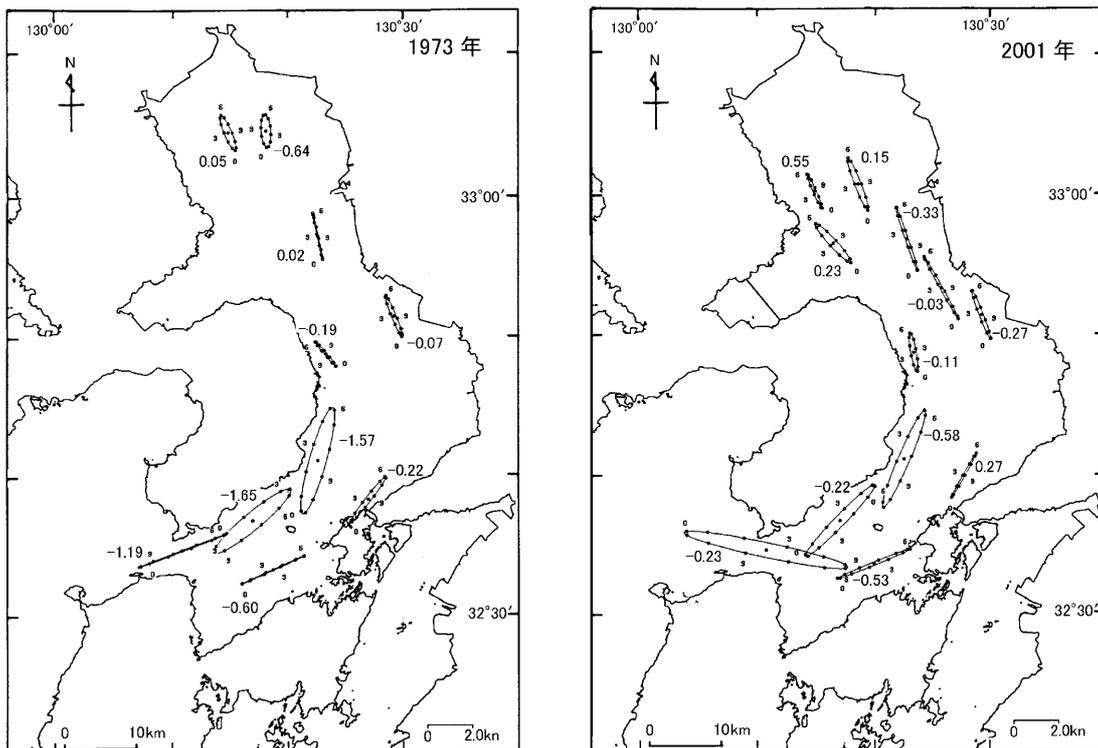


Fig. 9. Comparison of semidiurnal tidal current ellipses 3m below the sea surface, in the mean spring tide condition of  $M_2+S_2$ . Left : 1973 and Right : 2001. Attached figure to the ellipse means tidal current phase difference in hour referred to Hayasaki Seto.

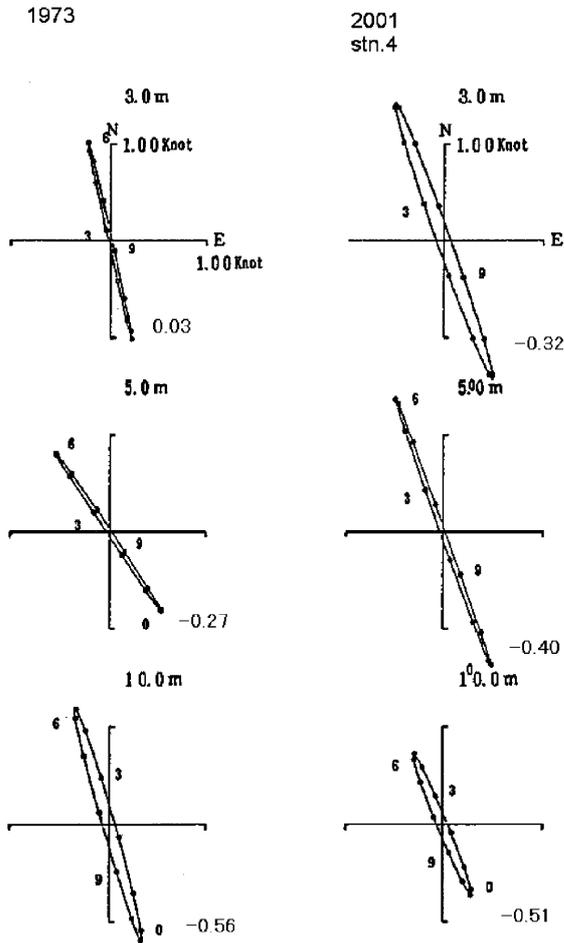


Fig. 10-1. Comparison of vertical distribution of semi-diurnal tidal current ellipses 3m, 5m and 10m below the sea surface in the mean spring tide condition of  $M_2+S_2$ , at station 4, off-Miike. Left: 1973 and Right: 2001. Attached figure to the ellipse means tidal current phase difference in hour referred to Hayasaki Seto.

広がり、下層には  $18.0^\circ\text{C}$  以下で  $33.0-33.2\text{psu}$  の低温・高塩分水が広がっている。

昭和48年と平成13年を比較すると、湾奥側では、表層に高温・低塩分水、下層に低温・高塩分水が分布し、湾口付近は比較的上下に一様化し低温・高塩分水が分布する傾向は、両年とも同様であるが、昭和48年は、各断面とも平成13年よりも高温かつ低塩となっている。

[低潮時の水温・塩分分布 (第11-3, 11-4図)]

D断面では、昭和48年には  $26.7^\circ\text{C} \cdot 32.6\text{psu}$  の高温・低塩分水が西側に、 $26.3^\circ\text{C} \cdot 33.0\text{psu}$  の低温・高塩分水が東側に分布していた。それに対し、平成13年には、断面中央表層部にある  $18.5^\circ\text{C} \cdot 33.2\text{psu}$

の高温・低塩分水のほかは、 $18.6^\circ\text{C} \cdot 33.5\text{psu}$  の低温・高塩分水が占めている。

C断面では、昭和48年には、5mから10m層に弱い水温躍層が見られ、表層には  $28.0^\circ\text{C} \cdot 32.4\text{psu}$  の高温・低塩分水が東側から張り出し、下層に約  $27.0^\circ\text{C} \cdot 32.8\text{psu}$  の低温・高塩分水が分布していた。平成13年でも、5mから10m層に水温・塩分躍層が見られ、表層には  $18.5-20.0^\circ\text{C} \cdot 32.6-33.0\text{psu}$  の高温・低塩分水が東側から断面中央に延び、下層には  $17.7-18.0^\circ\text{C} \cdot 33.1-33.4\text{psu}$  の低温・高塩分水が分布していた。

B断面では、昭和48年には、 $28.0^\circ\text{C} \cdot 31.5\text{psu}$  の低塩分水が東側の表層を中心に広がり、下層には西側を中心に  $27.0^\circ\text{C} \cdot 31.9\text{psu}$  の低温・高塩分水が分布していた。平成13年には、 $18.0-19.0^\circ\text{C} \cdot 33.0-32.5\text{psu}$  の水温・塩分躍層が見られ、上層には東側の表層から  $19.5-20.0^\circ\text{C} \cdot 32.1-32.5\text{psu}$  の高温・低

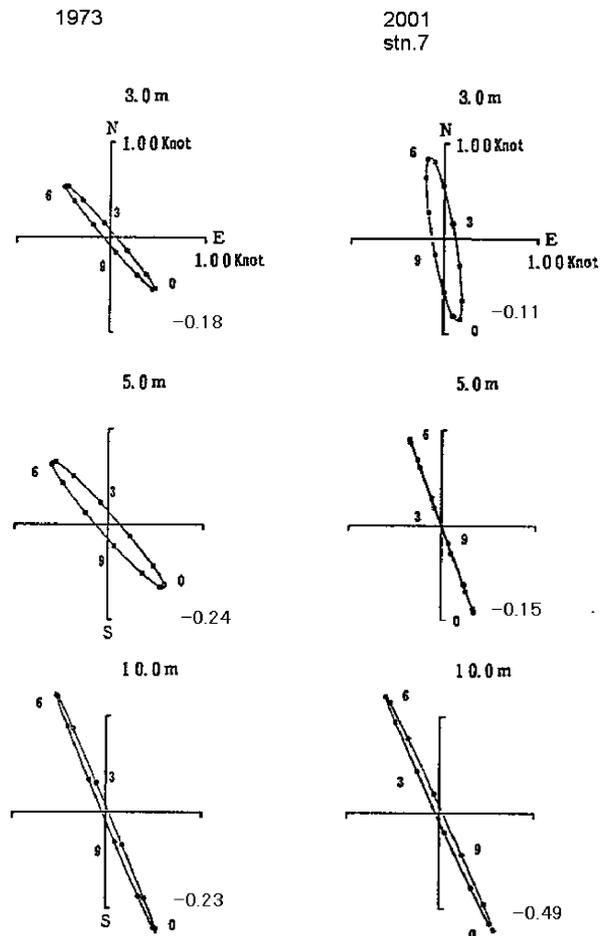


Fig. 10-2. Same as Figure 10-1 except for at station 7, off-Shimabara.

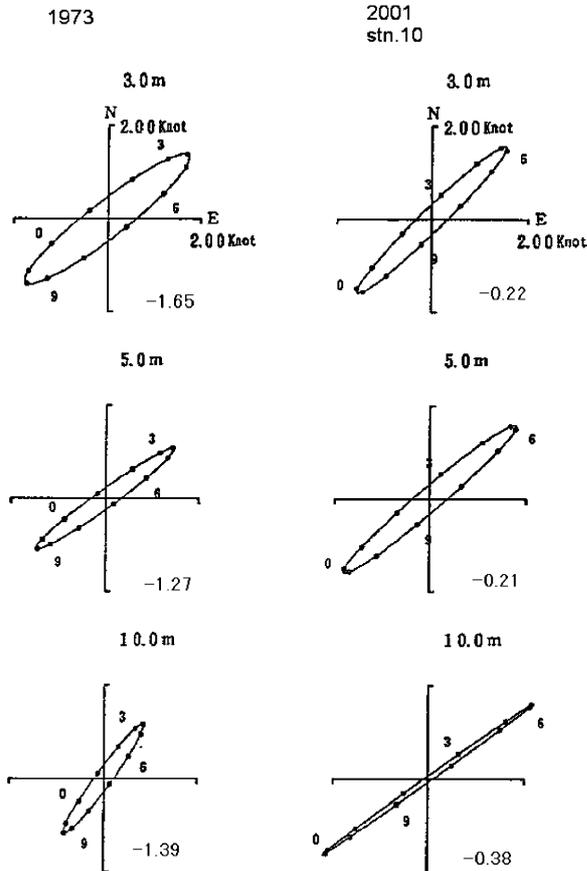


Fig. 10-3. Same as Figure 10-1 except for at station 10, east of Kuchinotsu.

塩分水が広がり、下層には  $17.7^{\circ}\text{C} \cdot 33.0\text{psu}$  の低温・高塩分水が分布していた。

新旧各断面の水温・塩分分布を比較すると、全体的に平成13年は、昭和48年よりも約  $8^{\circ}\text{C}$  低温で、約  $1\text{psu}$  高塩分となっている。

[高潮時と低潮時の塩分分布の比較(第11-2, 4図)]

昭和48年では、B断面を見ると、高潮時にあった底層の  $32.3\text{psu}$  の高塩分水が、低潮時には見えなくなり、表層の  $31.5\text{psu}$  の低塩分水が広がっている。C断面では、高潮時に断面の大半を占めていた  $32.7-8\text{psu}$  の高塩分水が、低潮時には底層に見られるだけになり、表層は  $32.5\text{psu}$  の低塩分水が広がる。D断面では、高潮時には見られなかった  $32.7\text{psu}$  以下の低塩分水が、低潮時には西側に大きく現れるとともに、等塩分線が鉛直に走り、上下に一様化している。すなわち、高潮時には上げ潮で流入した高塩分水がD断面・C断面の大半

を占め、低潮時には下げ潮で流出した低塩分水がB断面からC断面の表層を占めて、D断面では低潮時に上下混合が進むものの島原半島側に低塩分水が見られる。

平成13年では、B断面では、高潮時にあった底層の  $33.2\text{psu}$  の高塩分水は、低潮時には分布域が狭まる。表層の  $32.3\text{psu}$  以下の低塩分水も、低潮時には表層で広がっている。C断面では、高潮時には中央の表層に限定されていた  $33.0\text{psu}$  の低塩分水が、低潮時には中央部から東側の  $15\text{m}$  までの表層に大きく広がっている。高潮時には深度  $15\text{m}$  付近にまで上昇した  $33.4\text{psu}$  以上の底層高塩分水も、低潮時には  $30\text{m}$  以深に下降していた。D断面では、高潮時には見られなかった  $33.5\text{psu}$  以下の低塩分水が、低潮時に断面中央表層部に出現している。すなわち、低潮時には、 $33.1\text{psu}$  以下の低塩分水が舌状にC断面からD断面の表層中央に延びるのに対し、高潮時にはC断面よりも奥に引き込み、D断面は  $33.6\text{psu}$  よりも高塩分の海水で満たされる。

D断面の低潮時の塩分分布では、昭和48年は低塩分水と高塩分水が北西側と南東側に水平的に分布しているのに対し、平成13年では、断面中央の表層に低塩分水が上下に分布している。

#### 4.6 平均流の経日変化

平均流(恒流)とは、1日以上平均操作を行って、潮汐周期の変動を除いた流れを指す。第8図は、15日平均流を示しているが、15日間ずっと同じ流れが続いているわけではなく、実は日々の変化や深さによる違いが大きい。毎時の潮流観測値に25時間移動平均を施し、測点4,7,10の平均流の経日変化と鉛直分布を調べた。

測点4(第12-1図)では、 $3\text{m}$ 層と $5\text{m}$ 層は、前半に南下流が見られるものの後半は弱くなる。それに対し、 $10\text{m}$ 層では逆に前半が弱く後半に強くなっており、 $3\text{m} \cdot 5\text{m}$ 層とは逆になっている。この平均流の変化について、大牟田の平均風と比較したが、あまり対応していない。

測点7(第12-2図)では、後半には各層とも

Temperature: 1973/8/29-30 (High water) 2001/5/20-22

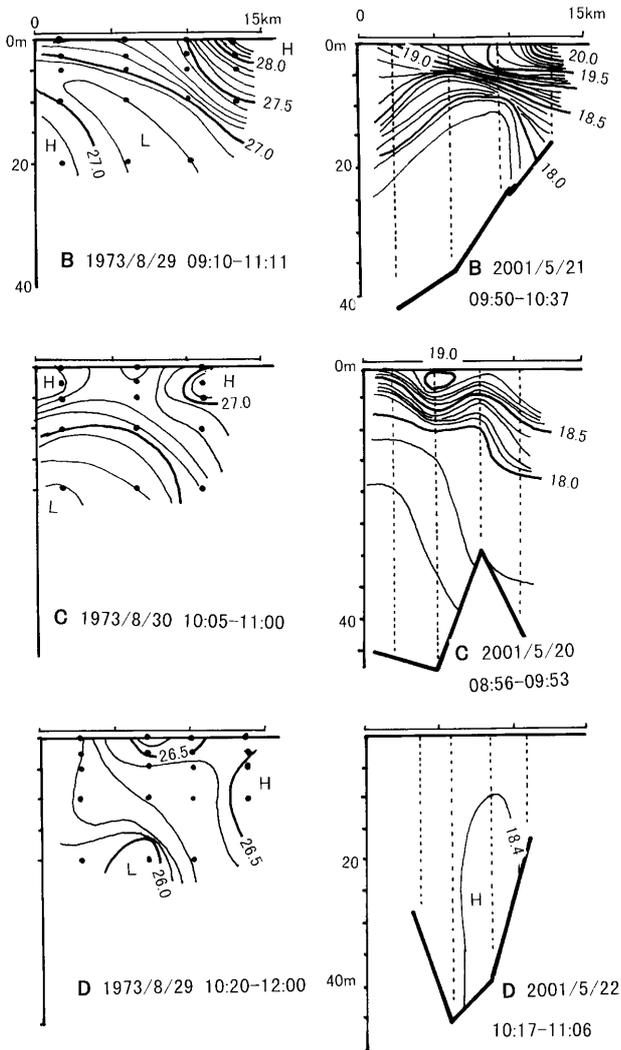


Fig. 11-1. Comparison of temperature distributions in the sections B, C and D in High Water. Upper : May 2001, Lower : August-Sept. 1973.

に南下流が発達するものの、前半の5月16日頃に出現する北上流は3m・5m層にのみ表れ、10m層には出ない。総じて、3m・5m層の平均流は、2日間程度の短期変動が表れるものの、10m層はあまり短期変動が出ない傾向にある。測点4と同様に、測点7でも平均風との対応はよくない。

測点10(第12-3図)では、南流ないし南西流となっており、後半に湾口に向かう南西流が強くなる。また、測点7と同様、3m・5m層に比べて、10m層は短期変動が小さくなる傾向にある。

Salinity :1973/8/29-30 (High water) 2001/5/20-22

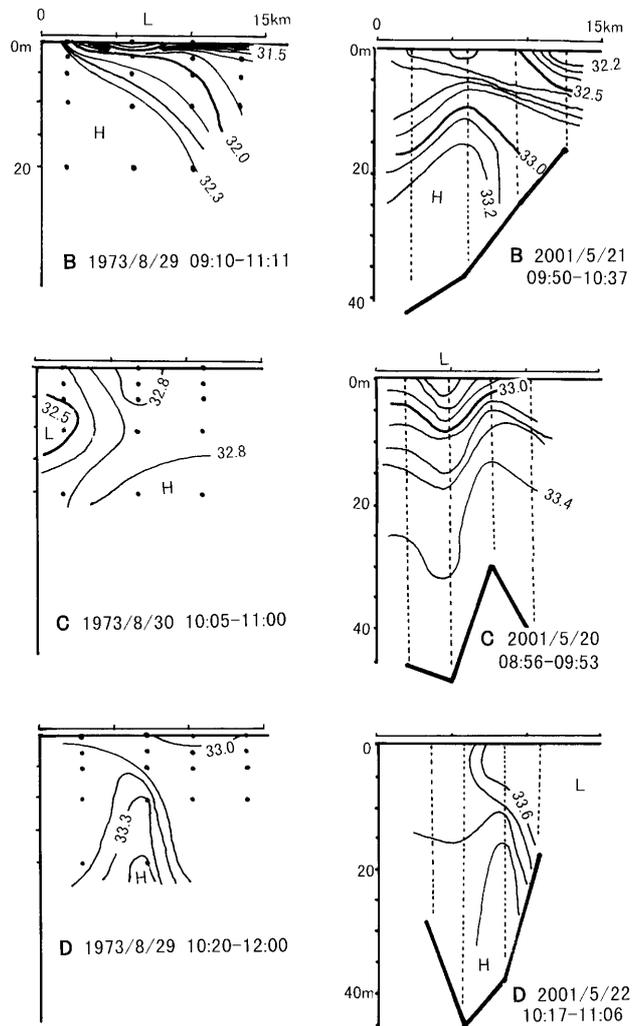


Fig. 11-2. Comparison of salinity distributions in the sections B, C and D in High Water. Upper : May 2001, Lower : August-Sept. 1973.

### 5. 変化と原因の考察

昭和48年と平成13年の潮流を比較して、全体的に弱くなるような一方的な変化傾向は見られなかった。しかしながら、各測点で鉛直分布を比較すると、測点7のように10m層の潮流は顕著な変化はないものの、3m層では流速が増加するなど、明らかな変化が見られた。測点4の潮流では、昭和48年では下層ほど増大するのに対し、平成13年では下層ほど減少していた。また、島原半島沿岸の15日間平均流は、平成13年では、昭和48年の約1/3になっていた。このような変化の原

Temperature : 1973/8/29-30 (Low water) 2001/5/20-22

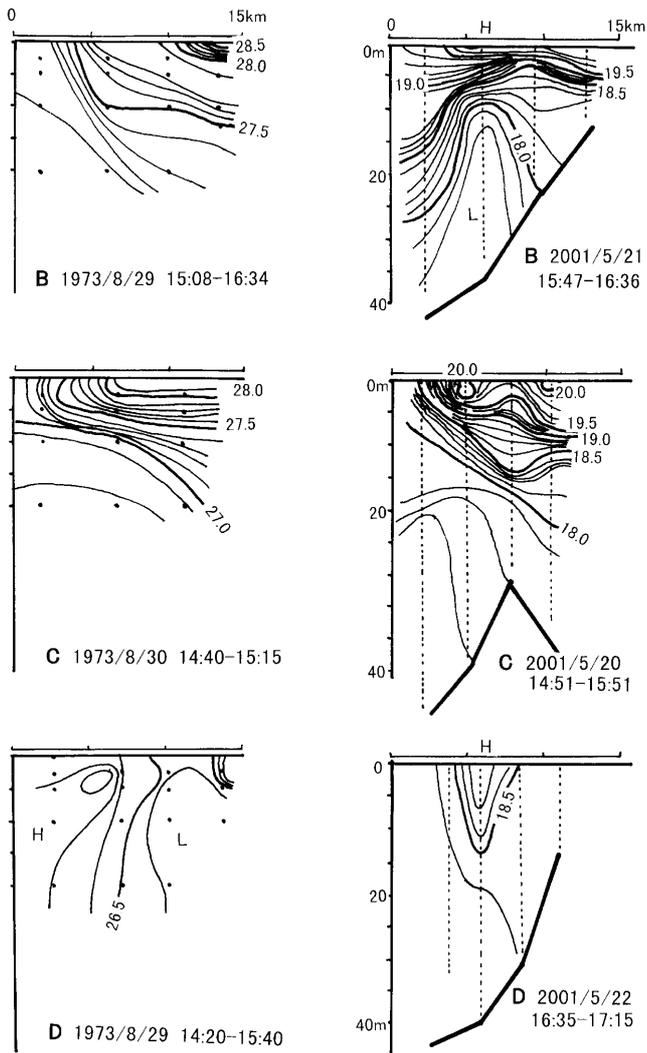


Fig. 11-3. Comparison of temperature distributions in the sections B, C and D in Low Water. Upper : May 2001, Lower : August-Sept. 1973.

因について考える。

### 5.1 島原沖の潮流鉛直分布変化

第13-1図は、島原沖測点7の潮流ベクトル時系列変化図である。3m層では、北に向かう上げ潮流は、最強時でも0.5ノット程度で流速が頭打ちになっているのに対し、南南東に向かう下げ潮流は、2ノットに達する時期もあり、下げ潮流が卓越する「片潮」傾向となっている。5m層でも、同様の傾向が見える。10m層になると、上げ潮流の流速も1ノット以上に達するようになり、上げ

Salinity : 1973/8/29-30 (Low water) 2001/5/20-22

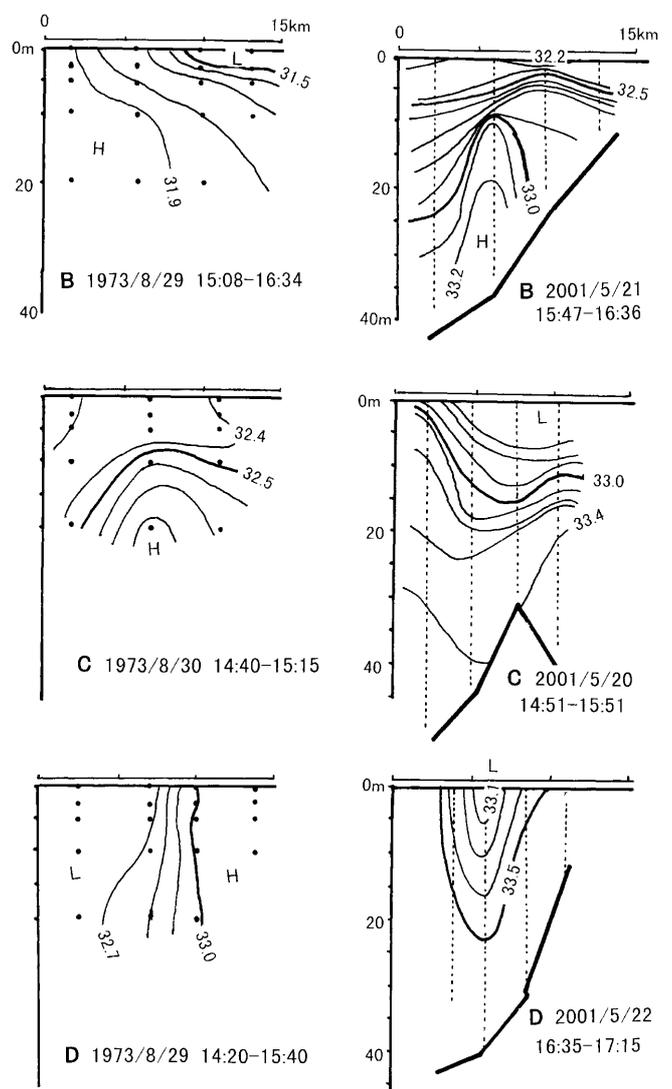


Fig. 11-4. Comparison of salinity distributions in the sections B, C and D in Low Water. Upper : May 2001, Lower : August-Sept. 1973.

下げ対称の規則的な潮流に近くなっている。すなわち、下げ潮流を見ると深度による違いは少ないのに対し、上げ潮流では、3m・5m層の流速が頭打ちになり、10m層の流速が速くなる。その結果、潮流楕円の鉛直分布（第10-2図）では、10m層に比べて、3m・5m層の潮流楕円長が小さくなったと考えられる。

一方、昭和48年の同点3m層の潮流（第13-2図）でも「片潮」傾向が見られ、特に9月5日から8日の頃は上げ潮の北流が出現せず、終日、南東流になっている。また、一昼夜観測ではあるが、

平成13年と同様、5m・10mと下層になるほど潮流が強くなる傾向が表れている。各層毎に見ると、3m層では平成13年よりも弱いものに対し、10m層では同程度の流速が現れている。その結果、第10-2図のように、10m層の潮流楕円は、昭和48年と平成13年はほぼ同じなのに対し、3m・5m層では昭和48年よりも平成13年が大きくなっていた。

このような上げ潮・下げ潮で潮流の鉛直分布が異なる現象は、河川からの淡水と海水が接する河口フロントなどでも見かけられ、海水の密度分布やそれに伴う密度流分布と密接な関係がある(宇野木1993)。今回の観測でも、各断面の水温・塩分分布にかなりの相違があることから、海水密度勾配とそれに伴う密度流が潮流に及ぼす影響について検討することとした。

## 5.2 海水密度分布が潮流鉛直分布に及ぼす影響の検討

4.5節で見たように、湾央のB断面の表層には

高温・低塩分の密度の小さい海水、湾口近くのD断面には低温・高塩分の密度の大きい海水がある。しかも、D断面付近では、強い潮流による鉛直混合で上下一様化する傾向がある。このような密度差のある海水が水平に接した場合は、密度の小さい湾奥の海水は上層を広がり、湾口付近まで行き上下混合されて、密度の大きい湾口付近の海水は下層を奥に向かうようになる。このような海水密度(重さ)の違いが引き起こす流れを重力循環といい、密度差が駆動力となった流れを密度流と言う。宇野木(1993)によれば、密度 $\rho_1$ と $\rho_2$ の海水が、第14-1図のように距離 $l$ 、水深 $h$ で接した場合、この重力循環に伴う密度流(水平流) $U$ の強さは、

$$(1) \quad U \sim \Delta \rho \cdot gh^3 / (\rho Kz \cdot l)$$

程度と見積もられる。ここで、 $\rho$ は平均的な海水密度、 $\Delta \rho$ は $(\rho_2 - \rho_1)$ 、 $Kz$ は鉛直渦動粘性係数である。すなわち、水深 $h$ が大きいほど、また密度差 $\Delta \rho$ が大きいほど発達する。この重力循環に鉛直一様な潮流が加わった場合(第14-2図)

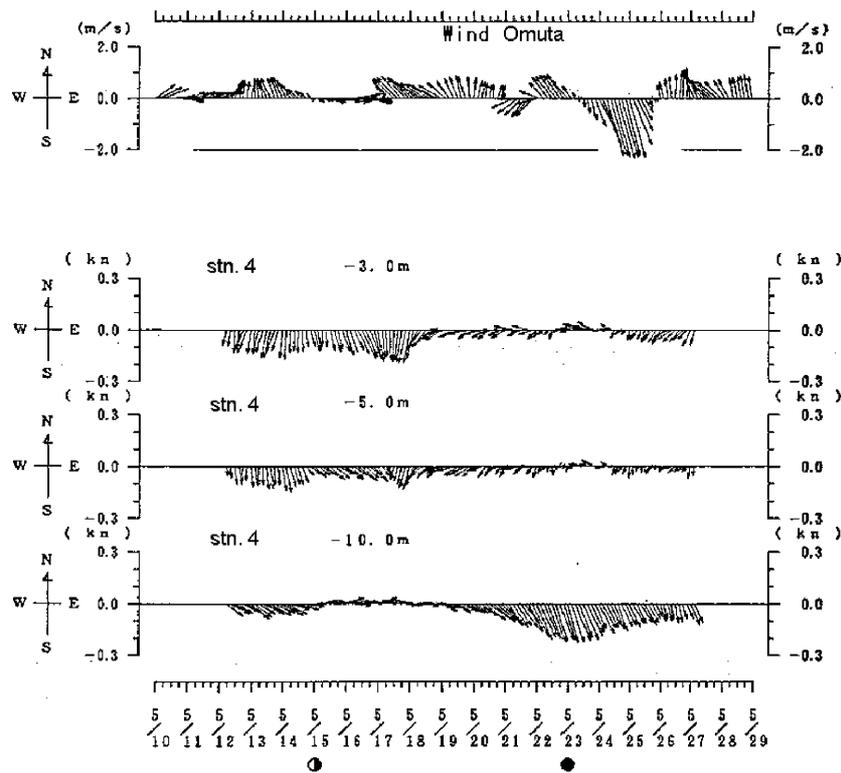


Fig. 12-1. 25 hours running mean current diagram 3m, 5m and 10m below the sea surface at station 4. Upper : wind vector diagram at Omuta.

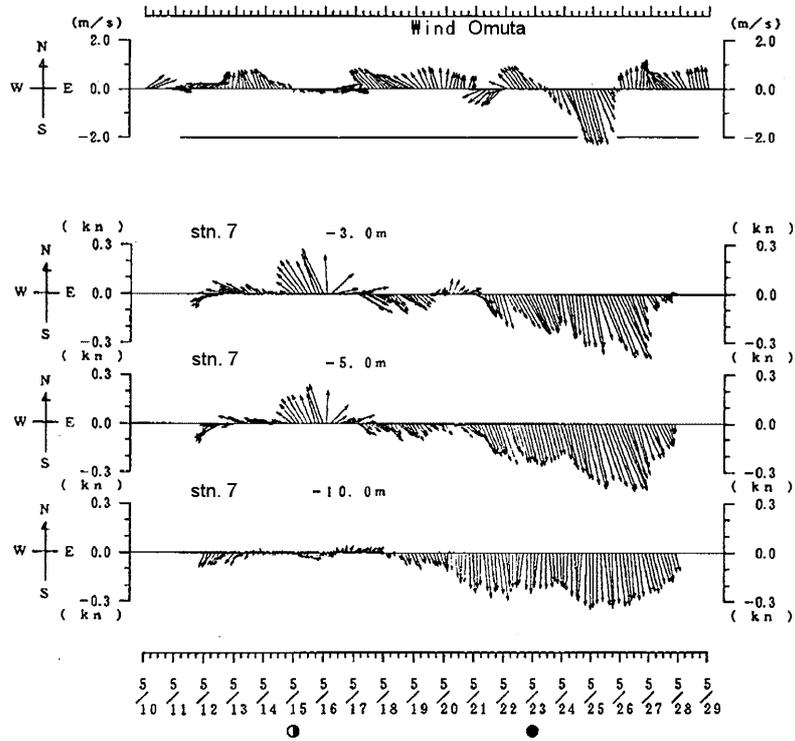


Fig. 12-2. Same as Figure 12-1 except for at station 7.

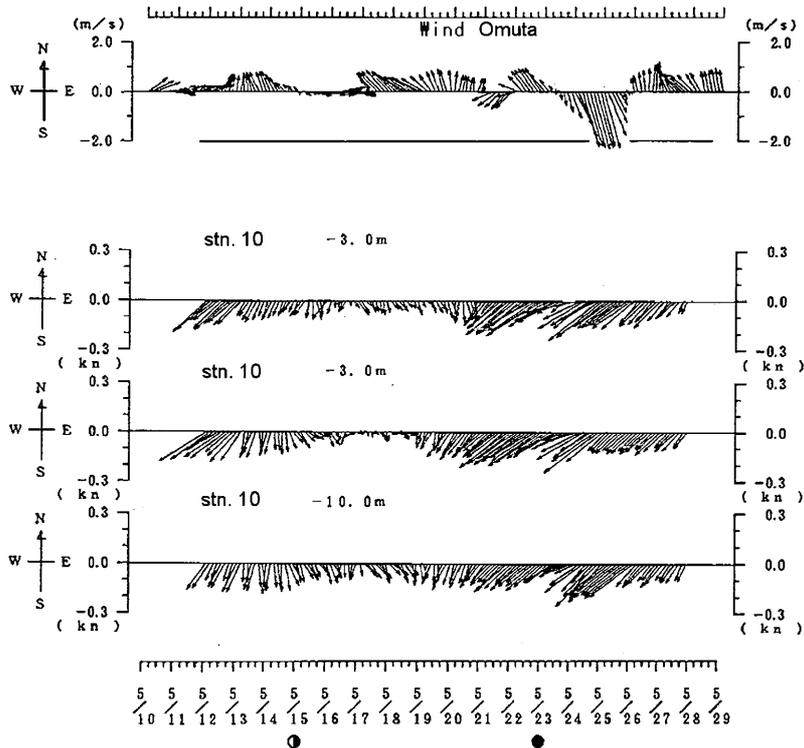


Fig. 12-3. Same as Figure 12-1 except for at station 10.

を考える。重力循環の密度流に時間変化がなければ、見かけ上、表層には下げ潮流に、下層には上げ潮流に「片潮」傾向が表れるものの、潮流成分

には鉛直的な違いはない。(1)の重力循環の見積もりは時間変化を考慮していないが、仮に重力循環が上げ潮流で強く、下げ潮流で弱くなると考える

と、第14-3図のように上層の潮流は小さく、下層の潮流は大きくなる。第15-1図は、平成13年の水温・塩分分布（第11図）から計算した、B-C-D断面の島原側に沿った密度の水平分布である。測点7のあるB断面からC断面にかけて、上げ潮の密度勾配は、明らかに下げ潮よりも大きくなっている。昭和48年（第15-2図）でも、下げ潮（低潮）よりも上げ潮（高潮）の密度勾配が大きくなっており、第14-3図のような密度流分布の変化を通して表層が下層よりも小さい潮流楕円鉛直分

布を作り出している可能性が考えられる。逆に、下げ潮の密度勾配が大きい場合には、第14-4図のように表層が下層よりも大きい潮流楕円分布となると考えられる。

一方、河口フロントなどの密度差や重力循環は、それ自体が時間変化しなくても、上げ潮・下げ潮で水平移動することによって見かけ上の時間変化を生じることが考えられる。流速計を係留した固定点での潮流観測では、その密度流の時間変化が、第14-3図や第14-4図のような潮流楕円の鉛直分

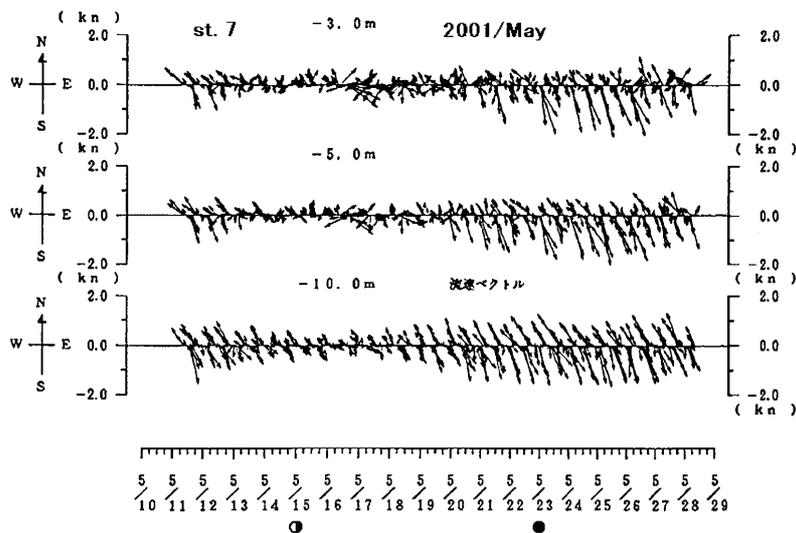


Fig. 13-1. Hourly tidal current vector diagrams 3m, 5m and 10m below the sea surface at station 7 off-Shimabara, May 2001.

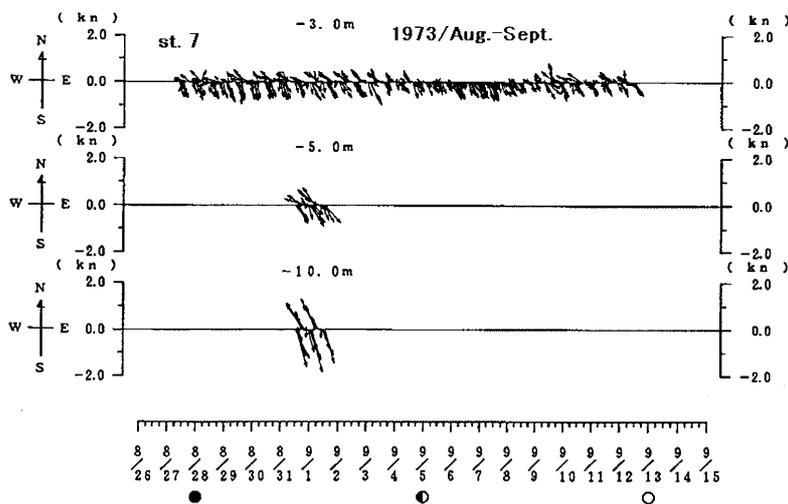


Fig. 13-2. Hourly tidal current vector diagrams 3m, 5m and 10m below the sea surface at station 7, in August-September 1973. Diagrams at 5m and 10m are only 1 day and night.

布として現れる可能性が考えられる。しかしながら、このような重力循環と潮流の相互作用に関しては、海水混合や潮汐フロントなど複雑な過程が関与しており、今のところ定性的な議論の域を出ず、今後、さらにに検討を進める必要がある。

### 5.3 淡水流入と密度勾配分布への影響

この重力循環に伴う密度流の大きさは、(1)式及び第14-1図のように両側の密度勾配(差)に依存する。B断面表層の低塩・高温水は、有明海に流入する淡水の影響によるものと考えられ、重力循環を駆動する密度勾配は、淡水流入の影響で変化する。そこで淡水流入の指標として、河川流量年表から昭和48年と平成13年の両観測期間の河川流入の状況を調べた(第16図)。昭和48年の

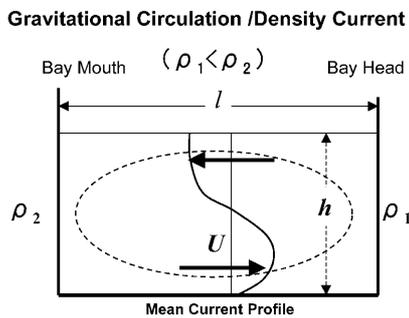


Fig. 14-1. Schematic gravitational circulation induced by horizontal difference of sea water density according to S. Unoki 1993.

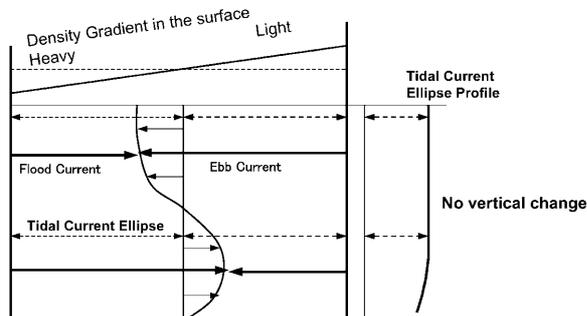


Fig. 14-2. Relation of gravitational circulation and vertical distribution of tidal current ellipse in the case of time independent density gradient and gravitational circulation. Tidal current ellipses are not vertically changed.

観測は、河川流量の多い8,9月に行われ、9月1日~11日の筑後川・菊池川の合計流量平均は207m<sup>3</sup>/sに達した。9月6-8日には、小潮時の水温・塩分断面分布の観測が行われたが、降雨による淡水流入の影響が現れていた。すなわち、高潮時(第17-1図)では、B断面の表層には30psu以下の低塩分水があり、低潮時(第17-2図)にはさらに低塩分化するとともに、西側表層には低塩・低温分水が出現し、下層の高塩分水との間に逆転層を生じている。この30psu以下の低塩分水は、低潮時にはC断面の表層にまで流下している。この時の島原半島沿いの海水密度分布(第18図)では、海面から5mぐらいまでの表層には密度の小さい海水が分布し、8月29-30日の分布(第15-2図)と比べ、表層の密度勾配も1.8倍と著しく大きくなっている。さらに第13-2図では、この時期に0.5ノットに近い南南西平均流と「片潮」傾向が出現している。

平成13年の観測は、河川流量の多くない5月に行われ(第16図)、5月12-24日の合計流量平均は47m<sup>3</sup>/sであった。すなわち、観測期間中に有明海に流入した淡水量は、昭和48年は平成13年の4倍程度となっていたと考えられる。この多い淡水流入は、4.5節で述べたような水温・塩分分布の違いに表れるだけでなく、大きな密度差による密度流として平均流(第8図)の増大に影響している可能性がある。

### 5.4 各測点の潮流鉛直分布変化と淡水流入

測点4の潮流楕円鉛直分布比較(第10-1図)では、昭和48年では下層に行くほど潮流が強くなり、潮時も早くなるのに対し、平成13年では表層の潮流が強く潮時も上下で差がない。すなわち、前述の淡水流入の違いを考えると、昭和48年は、淡水流入による重力循環の影響を受けて、測点7と同様に、上層よりも下層の潮流が強くなり、平成13年は、淡水流入が少なくて重力循環が弱く、しかも上げ潮時に密度勾配が小さい第14-4図のような状態になり、上層が強く下層が弱い潮流となっていたのではないかと考えられ

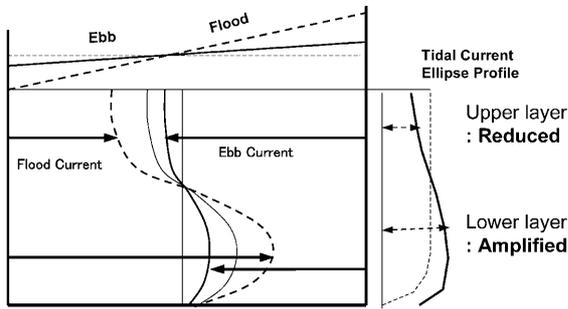


Fig. 14-3. As same as Figure 14-2 but in the case of density gradient and gravitational circulation strengthened at flood tide and weakened at ebb tide. Tidal current ellipse is reduced at upper layer and amplified at lower layer.

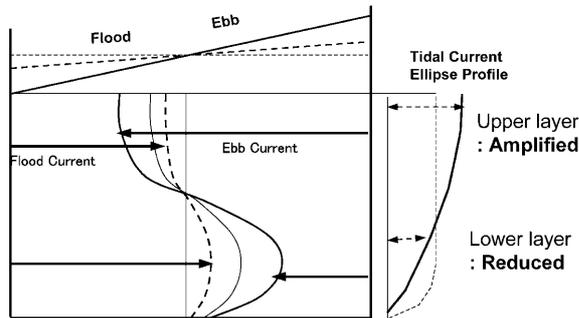


Fig. 14-4. As same as Figure 14-2 but in the case of density gradient and gravitational circulation weakened at flood tide and strengthened at ebb tide. Tidal current ellipse is amplified at upper layer and reduced at lower layer.

る。

測点10（第10-3図）では、平成13年は下層になるほど潮流が強くなるのに対し、昭和48年は、下層に行くほど潮流が弱くなっている。すなわち、測点4とは逆に、昭和48年は第14-4図のような状態になっているのに対し、平成13年は第14-3図のような状態となっていたと考えられる。従って、淡水流入の影響の現れ方が逆のように思われる。しかしながら、潮流楕円の大きさを見ると、各層ともに昭和48年の方が小さくなっており、潮時も昭和48年は平成13年よりも約1.5時間進んでいる。すなわち、第5-1図のように半日周潮流の流速は岸寄り小さく、第5-2図のようにその潮時は岸寄りが1時間以上進んでおり、同位置の測点であっても、昭和48年は岸寄りで陸岸の影

響範囲にあったと考えられる。さらに、昭和48年は、第11-4図のようにD断面西側に低塩分水が張り出しており、島原半島沿いに波及してきた低塩分水塊の中に測点10があったと考えられる。そして、この低塩分水の中では、第14-4図のように上げ潮時に密度勾配が弱くなる状況があり、上層が強く下層が弱くなるような潮流鉛直分布となっていたと想像される。一方、平成13年では、低塩分水はD断面中央の表層に分布しており、測点10付近は表層に低塩分傾向が残るだけである。従って、平成13年の測点10は、陸岸の影響から離れて主流域に属するようになるとともに、測点7と同様、上げ潮時に密度勾配が大きくなって、第14-3図のように下層が上層よりも強くなる潮流鉛直分布になっていたと考えられる。

## 6. まとめと今後の課題

平成13年の潮流観測結果と昭和48年の結果を比較したところ、潮汐について指摘されているような一方的な減衰傾向は見られず、場所によって強くなっているところもあり、明確な変化傾向は得られなかった。しかしながら、島原半島に沿って南下する沿岸流の流速は約3分の1となっており、各測点の潮流鉛直分布についても特徴的な変化が現れていた。

一方、両観測時期の河川流量を調べたところ、平成13年5月の流量は、昭和48年8、9月の約4分の1になっており、昭和48年の観測結果は、淡水流入の影響を強く受けているようであった。すなわち、有明海に流入した淡水は、表層を拡がって湾口付近に来ると、強い潮流による鉛直混合で混ぜ合わされ、その結果、密度の水平勾配が大きくなり、第14-1図のような重力循環が強くなって、平均流が密度流として強化されている可能性が考えられた。同時に、この強い密度勾配が、潮流の上げ下げに合わせて増減をすることにより潮流の鉛直の分布差を生じる可能性が示された。各点の潮流鉛直分布の新旧の違いは、この重力循環と潮流の相互作用で説明される可能性がある。一方、潮汐混合で一様化されやすい湾口周辺では、

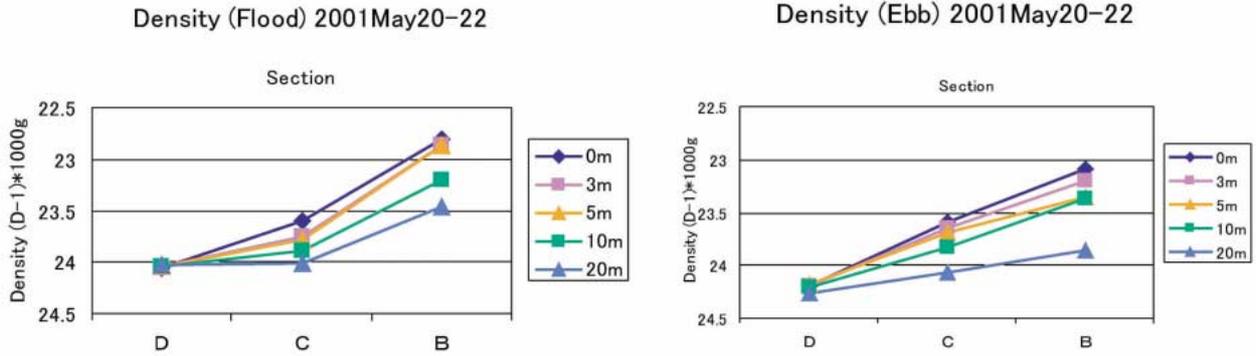


Fig. 15-1. Sea water density gradient between the sections B, C and D along the Shimabara peninsula in 20th - 22nd May 2001. Vertical axis is sigma-t ( $\rho-1$ ) $\times 10^3$ , unit  $10^3$  g/cm<sup>3</sup>

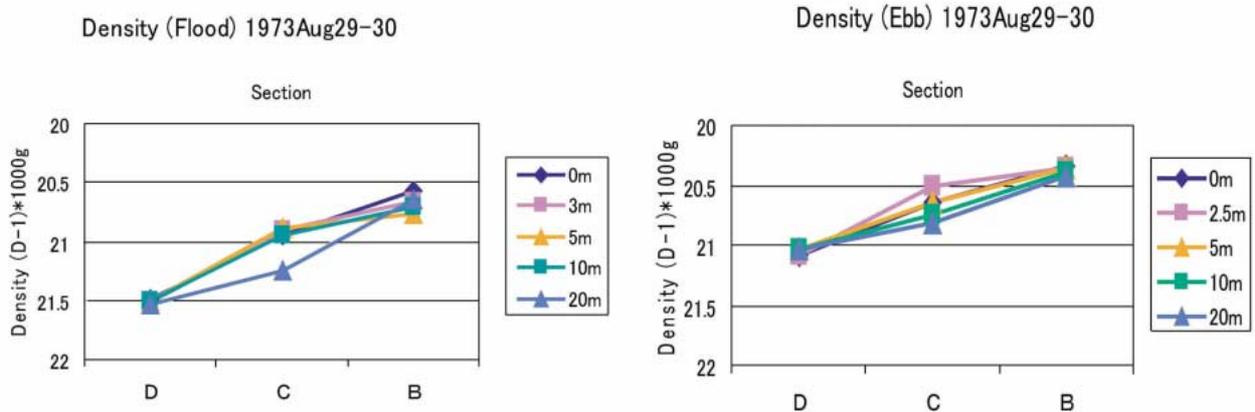


Fig. 15-2. As same as Figure 15-1 but in 29th-30th August 1973.

昭和48年は流入した淡水の影響が幅広く表れ、逆に、平成13年では淡水流入が少なく、沿岸部まで主流域の潮流分布特性に近くなっていたと解釈された。

このように、今回の新旧の潮流観測結果の違いは、淡水流入条件による重力循環（密度流）の違いによる可能性が大きいですが、淡水流入は季節や日々の気象によって大きく変化し、年毎の違いも大きいので、この違いが経年的な長期変化かどうかは、今のところ判断できない。また、平均流についても、場所によっては15日平均よりも数日程度の短期変動の方が大きく、また上下層での違いが顕著になる場合もあり、このような変動が、風などの気象条件によるものか、密度流の変化に起因するものか、今後、さらに検討する必要がある。また、場所や水深による違いも大きいと考え

られるので、今回のような鉛直2次元の考察ではなく、3次元的な考察を進める必要がある。

今回の新旧比較観測結果では、潮流分布の変化に淡水流入による重力循環の強さが関係している可能性が示されたが、沿岸海洋環境のアセスメントに使われる数値モデルでは、潮汐・潮流は淡水流入とは別個に扱われることも多く、モデルと観測の照合や検証には注意する必要がある。

#### 謝 辞

この観測は、平成13年度国土総合開発事業調整費による有明海海域環境調査の一環として行った。本調査の企画・準備には、陶正史 課長を始めとする沿岸調査課（当時）があたり、現地観測作業は、測量船「海洋」が実施した。資料収集には、庁内並びに国土交通省、水産庁などの関係者

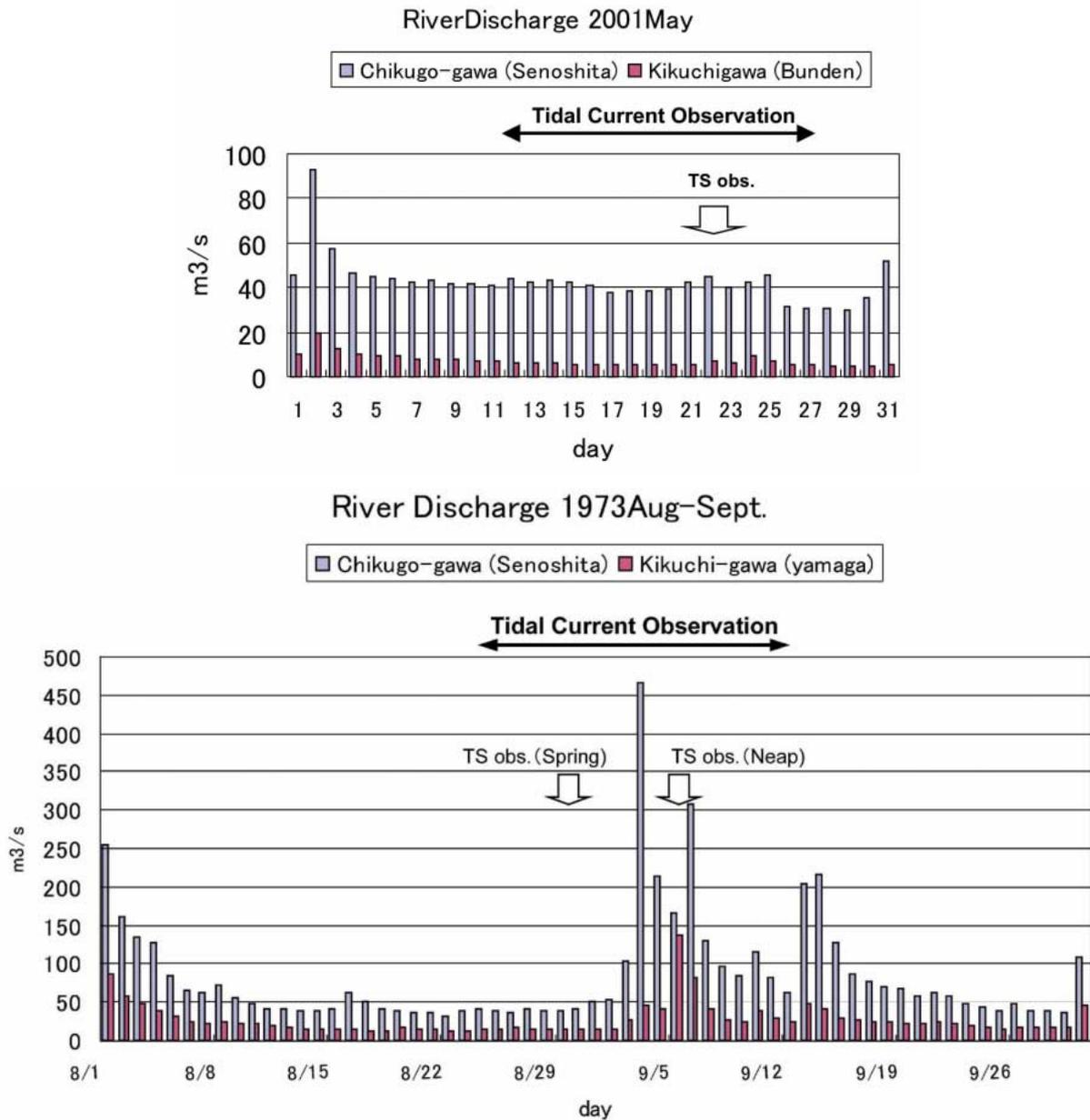


Fig. 16. Daily river discharges of Chikugo-gawa and Kikuchi-gawa in the rate of volume flux m<sup>3</sup>/s. Upper : May 2001, Lower : August-September 1973

の協力を得た。また、資料整理解析作業は、大半を三洋テクノマリン（株）に外注し、特に渡辺秀俊・山口初代両氏の協力を得た。部内に於いても、海底地形図作成には笹原昇主任研究官、観測準備や資料整理には下平保直主任環境調査官、溝口真希環境調査官付ほかの協力を得た。さらに、二人の査読者には、有益かつ示唆に富むコメントを頂いた。

ここに記して、関係各位に感謝する。

#### 参 考 文 献

- 宇野木早苗：有明海における潮汐と流れの変化，海と空，78-1，19-30，（2002）
- 宇野木早苗：沿岸の海洋物理学，全672頁，東海大学出版会（1993）。
- 海上保安庁水路部：島原海湾の潮汐と潮流，水路要報22，1-11，（1951）
- 海上保安庁水路部：島原海湾の海底地形・底質分布および潮流，海上保安庁水路部調査報告，全62頁，（1959）

Comparative Tidal Current Observation in Ariake Bay with the Previous Results

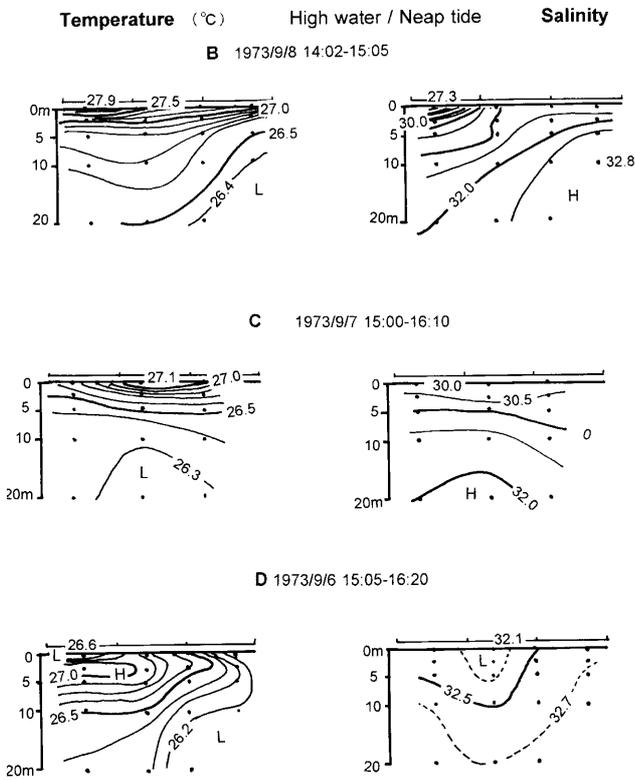


Fig. 17-1. Temperature and salinity distributions of High Water at neap tide in 6th-8th September 1973, which are influenced by the large river discharge during the observation. See Figures 16 and 13-2.

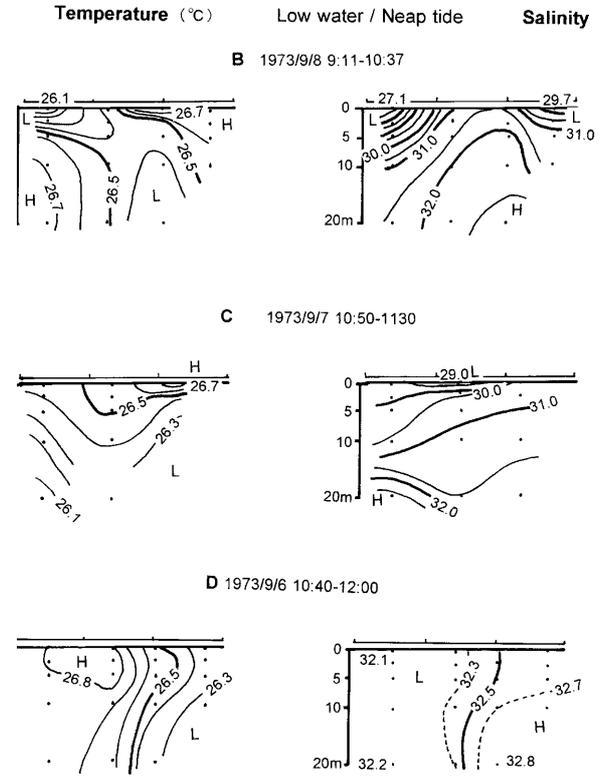


Fig. 17-2. Same as Fig.17-1 except of Low Water.

海上保安庁水路部：有明海，八代海海象調査報告書，全39頁，(1974)。

海上保安庁水路部：有明海，八代海潮流図（有明海，八代海海象調査報告書別冊），全15頁，(1974)。

海上保安庁水路部：5万分の1沿岸の海の基本図海底地形地質調査報告「橋湾」，全25頁

(1992)

Wessel, P. and Smith, W.H.F. : New, Improved version of the Generic Mapping Tools released, EOS Trans. AGU, 79,579, (1998).

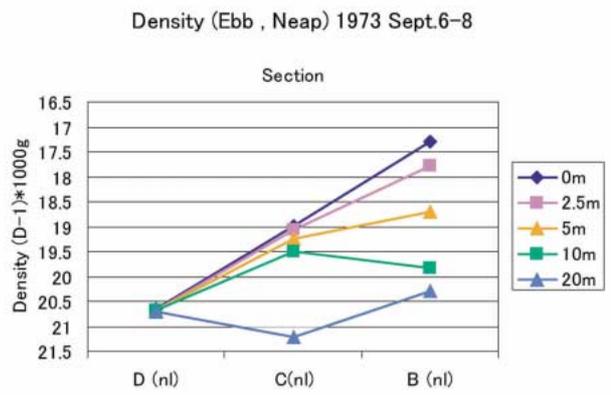
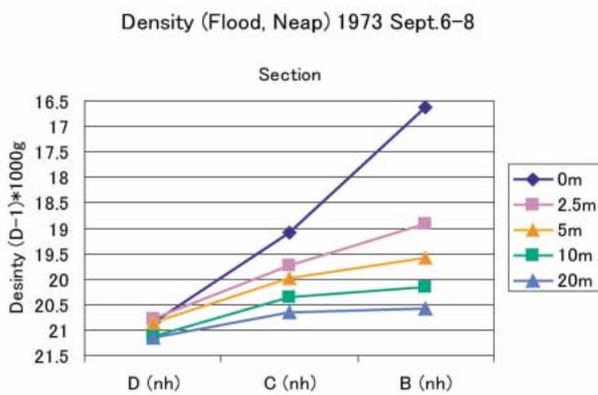


Fig. 18. As same as Figure 15-1 but in 6th-8th September 1973. Density gradient is severe compared with those in Figures 15-1 and 15-2. See Figure 13-2.