

## 地形の影響による恒流と $1/4$ 日周潮流の発生について

山田紀男・矢野雄幸

### ON OCCURRENCE OF CONSTANT AND QUARTER-DIURNAL CURRENTS BY THE TOPOGRAPHICAL EFFECT

Toshio Yamada and Yūkō Yano

Received 1 July, 1970

#### Abstract

At even a place where neither oceanic currents nor outflow from a river is expected, the tidal currents are deformed by the configuration of the coast or by the existence of an island and constant current or rather large shallow water components of current are observed.

Such phenomena in the Seto Naikai are shown and the special condition of the configuration are examined.

Based on the results of continued current measurements for 112 days or 30 days, the variation in the daily mean currents are analysed at several places in the Seto Naikai.

#### 1. ま え が き

瀬戸内海のように海流・河川流・風や波等が原因となって起こる流れの比較的少ないと思われる海域で潮流を観測していると、時おり予想外に強い恒流が測得されることがある。また潮汐の場合は、 $1/4$ 日周潮は浅海潮と呼ばれ、一般に微小であるが、潮流では主要分潮に匹敵する大きな値が測得されることが少なくない。従来はこのような観測結果は、上述のような起潮力以外の原因による不規則な流れ、あるいは観測誤差であろうと考えられていたが、近年潮流観測が自動化されて豊富な観測資料が得られるようになり、これらの現象が地形の複雑な海域や島の周辺で観測される例が多いことが判明し、このような現象は地形の影響で潮流が異った形に変わられるのではないかと考えられるに至った。そこで地形の複雑な海域の既存資料を整理すると共に、努めて長期連続観測を行なって、その発生原因や消長について解析を試みた。

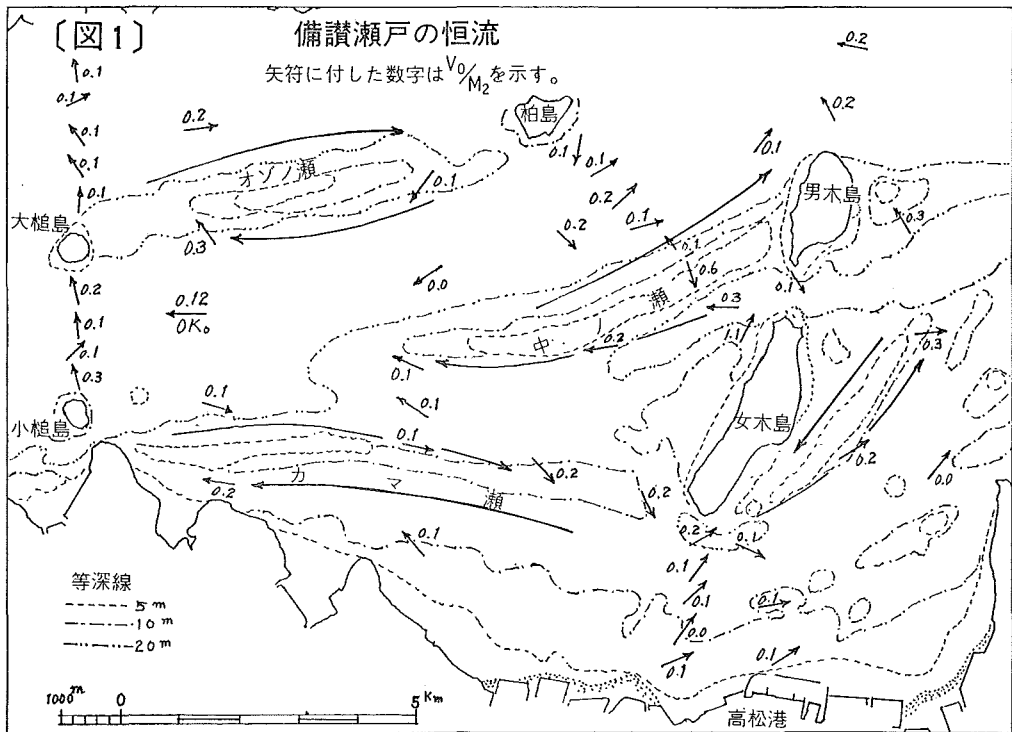
#### 2. 地形的影響による恒流の発生

##### 1) 備讃瀬戸の恒流

##### i 男木島～大槌島間の砂州周辺の恒流

この海域の柏島・男木島・女木島の西側には、オゾノ瀬・中ノ瀬・カマ瀬等の長大な砂州が並列している。これらの砂州の周辺の一昼夜潮流観測で得た恒流は、砂州の周囲を環流する傾向が明らかに現われている。これらの観測は昭和17, 18年および36年に大潮期・小潮期の別なく行なったものである。この観測結果を〔図1〕に示す。このような恒流の発生は、たとえばカマ瀬の周囲について考えると、西流時には砂州の北側は女木島の陰となって潮流の流速が弱まり、相対的に南側の流速が強まる。東流時にはこの海域一帯の

潮流がほぼ一様の流速で流れると、カマ瀬の北側の恒流は東向きに、南側は西向きに現われることとなる。他の砂州の周囲の恒流も同様に砂州の周囲を環流するかのように現われる。砂州があるからそのような現象が現われるのではないか、という考え方は当を得ていない。島陰の流れが常時このような片寄った流れ方をすることは砂州の有無には関係ないし、砂州がこのような片寄った流れを起こす理由はない。これらの長大な砂州は 10~20m の厚さの砂層で形成され、その下層は瀬戸内海創生期の扇状地礫層である。従って瀬戸内海の創生期から現在に至る間、潮流が片寄った流れを続けたために、恒流が環流する中央部に砂がたい積してこれらの砂州が形成されるに至ったものと考えられよう。このように島陰の潮流が地形の影響で片寄って流れるために恒流の形で現われる場合には、その恒流の流速変化は潮流振幅の消長に比例すると考えられる。備讃瀬戸全体について考えれば、起潮力による流れは一方向への片寄った流れは起こさないが、特定箇所について考えると目掛け上の片寄った流れが生ずることとなり、海流・河川流・吹送流等の非周箇的な流れと混同され易いが、この恒流の発生原因は起潮力に他ならない。



## ii 恒流の日変化

備讃瀬戸の恒流の毎日の変化を知る手掛りとして、昭和 36 年 6 月から 9 月に至る 112 日間、大槌島の東南東方約 2km の St. OK<sub>0</sub> で行なった潮流連続観測資料を解析して述べよう。この調査は建設省から委託された瀬戸内海架橋調査の一環として実施したもので、備讃瀬戸航路第 2 号燈浮標に小野式自記流速計を保留して観測した。観測資料を 1 か月ずつ 3 期間に分けてダーウィン法により調和分解を行ない、潮流調和常数を求めた。要目および計算結果を次に示す。

測点番号	OK <sub>0</sub> (海面下 10m 層)	位置	大槌島 Δ より 117.3° 2,050m
観測期間	昭和 36 年 6 月 6 日~9 月 25 日	欠測時間	なし
主方向	84°	恒流	-0.308kt

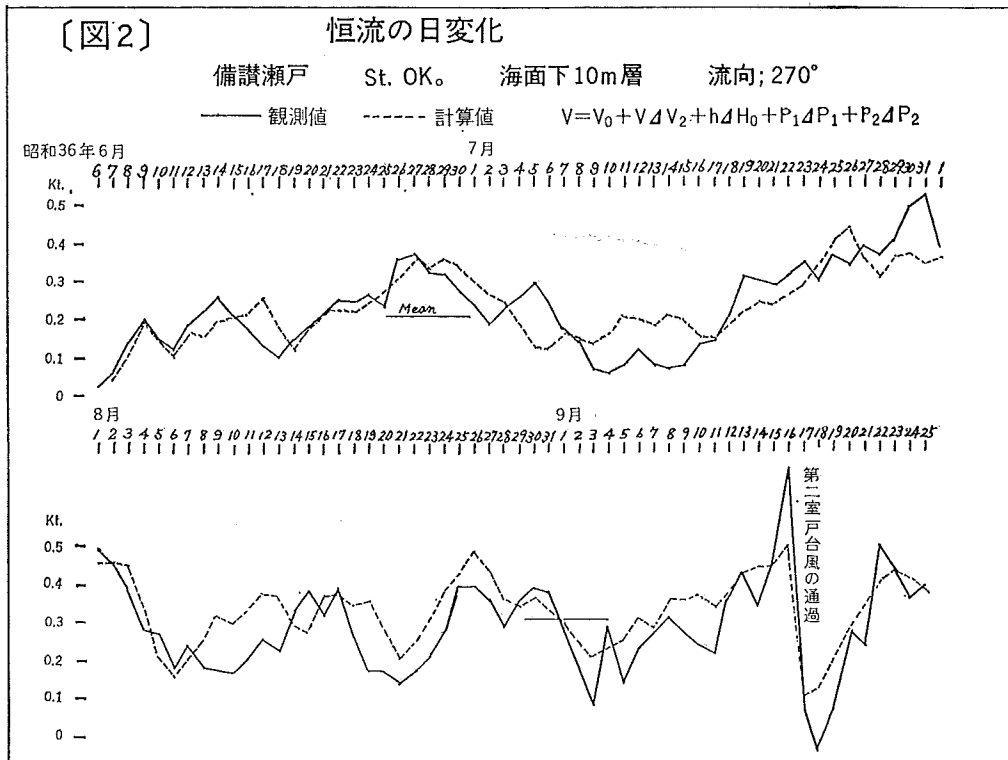
表 1

常 数	V	K	常 数	V	K
	kt			kt	
$M_2$	1.831	36°	$K_1$	0.271	322°
$S_2$	0.659	78	$O_1$	0.221	306
$K_2$	0.179	78	$P_1$	0.090	322
$N_2$	0.305	32	$Q_1$	0.053	291
$L_2$	0.141	12	$M_4$	0.132	306
$v_2$	0.059	32	$MS_4$	0.078	341
$\mu_2$	0.112	99			

観測値を毎日0時から翌日0時に至る25時間ずつ平均して、各分潮の平均残値を補正して恒流を求める  
と、観測全期間の平均は、西流0.31kt、西流最大値は0.71kt、東流最大値は0.03kt(第2室戸台風通過  
時)であった。毎日の恒流の主方向線上の値をVとして

$$V = V_0 + v \Delta V_2 + h \Delta H_0 + p_1 \Delta P_1 + p_2 \Delta P_2$$

とおいた。ここに  $V_0$  は観測期間の平均値、 $V_2$  は半日周潮流の振幅、 $H_0$  は備讃瀬戸と備後灘との日平均  
潮位の地域偏差\*、 $P_1$  は神戸と呉との前日の気圧傾斜、 $P_2$  は同じく当日の気圧傾斜を表わしている。最小自  
乗法によって係数と実効値とを求めて [図 2] ならびに [表 2] に掲げる。



\* 水路部研究報告第1号 (1966), 瀬戸内海における日平均潮位の地域偏差について 参照

表 2  $OK_0$  の恒流の日変化要素

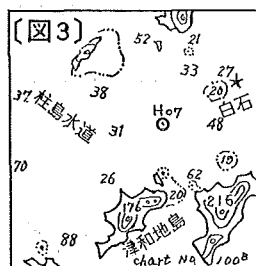
種 類	単 位	記 号	係 数	最大実効値
平 均 値	kt	$V_0$	—	0.308
半日周潮流	kt	$v$	0.104	0.104
潮位偏差	m	$h$	0.757	0.105
前日気圧差	mb	$h_1$	0.080	} 0.176
当日気圧差	mb	$h_2$	0.036	

この計算結果から, St.  $OK_0$  の恒流は, (1) 常に西に片寄っている. (2) 半日周潮流の消長に比例する変化が認められる. (3) 日平均潮位の地域偏差による変化が認められる. (4) 気圧傾斜に関する変化が認められる. この測点の恒流が常に西偏している原因として, 砂州周囲の恒流の環流が考えられ, 半日周潮流に比例する変化が現われていることは, 常時西偏する要素が地形的な影響で潮流が変形されて現われたものであることを示している. すなわち,  $v \Delta V_2$  は  $V_0$  が潮流の消長に比例して変化する量を表わすもので, 両者は常に一体となって表われる性質のものである. 潮位偏差と気圧傾斜による恒流変化の方向は, 前者は日平均潮位の高い側から低い側へと流れるが, 後者は気圧傾斜による海水移動が恒流変化として現われるために, 気圧傾斜による海面の低い側から高い側へと向う流れが現われている.

## 2) 広島湾の恒流

### i 広島湾口 (柱島水道) の恒流

湾奥が広く, 湾口が狭い地形の恒流の例として柱島水道の恒流を紹介する. 昭和 37 年 7 月中旬から 8 月中旬に至る 30 日間, 広島湾第 1 号燈浮標の St.  $H_{07}$  で海面下 10 メートル層の潮流観測を行なった.



20 分間隔に流向流速を讀取って北方と東方の両分速曲線を描き, 毎日 0 時から翌日 0 時に至る 25 時間平均値を求め, 観測期間の平均流向線上の成分  $V$  を求めて, これを  $V = V_0 + v \Delta V_2 + h \Delta H$  とおいた.  $H$  は広島港の日平均潮位の変化量を表わしている. 最小自乗法によって係数と実効値とを求めて次表に示す.

表 3  $H_{07}$  の恒流の日変化要素

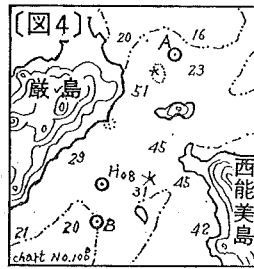
種 類	単 位	記 号	係 数	最大実効値
平 均 値	kt	$V_0$	—	0.35
半日周潮流	kt	$v$	0.740	0.21
潮位変動	cm	$h$	0.019	0.17

この計算結果から, St.  $H_{07}$  の恒流は, (1) 常に西に片寄っている. (2) 半日周潮流の消長に比例する変化が認められる. (3) 湾奥の日平均潮位の変動に関する変化が認められる. St.  $H_{07}$  の恒流が常に西に片

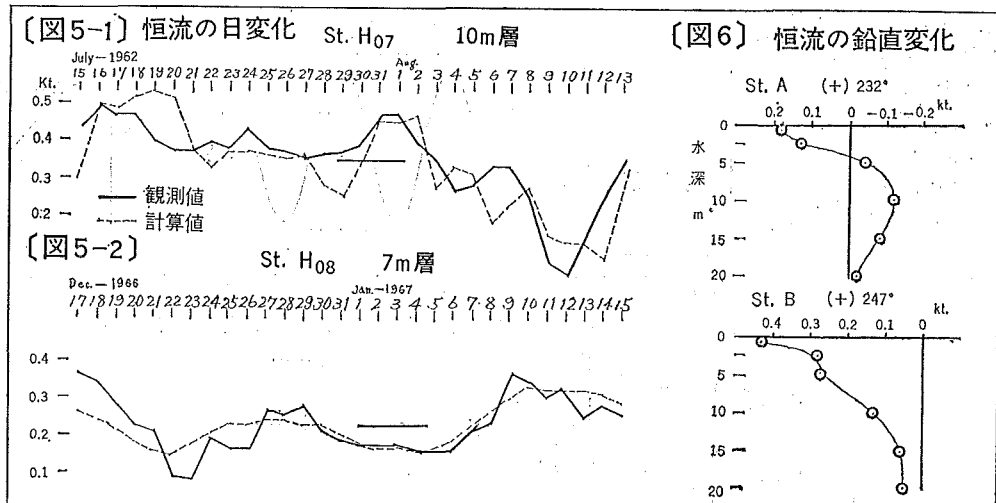
寄り、半日周潮流の消長に比例する流速変化を示すことは、前述の備瀬瀬戸の St. OK<sub>0</sub> の例と同様であるが、このような恒流の発生は地域的に狭い範囲に限られており、この恒流の片寄りは柱島水道の流量傾向を示すものではない。この片寄った流れは、広島湾口が柱島水道の南側で諸島水道・怒和島水道・クダコ水道等の狭水道に分かれ、上げ潮流と下げ潮流の流出入経路や流量がそれぞれ異っており、また広島湾南部にある恒流の環流現象に関連して水道内の恒流分布が一様ではないことなどが原因と考えられる。また日平均潮位の変動量に関する値は、湾奥の日平均潮位が 1 cm 上昇するのに対して 0.02 kt の湾内へ向う流れが起こり、観測中の最大値は 9 cm, 0.18 kt であった。St. H<sub>07</sub> の恒流日変化を解析して [図 5-1] に示す。

ii 宮島瀬戸の恒流

陸水の影響のある港口の恒流の一例として、広島港口の宮島瀬戸の恒流を紹介する。昭和 41 年 12 月中旬から 42 年 1 月中旬に至る 30 日間、沿岸海湾の海象に関する総合研究（科学技術庁、特別研究促進調整費）のため、宮島瀬戸の St. H<sub>08</sub> で海面下 7 m 層の潮流を観測し、その北々東、約 800 m の St. A と南方約 200 m の St. B とで各層の潮流一昼夜連続観測を行なった。St. H<sub>08</sub> の潮流観測値を毎日について 25



時間平均して、観測期間の平均流向線上の成分  $V$  を求めて、 $V = V_0 + v \Delta V_2$  とおいて  $V_0, v$  を求めると、 $V_0 = 0.23 \text{ kt}$ ,  $v = -0.452$  (最大実効値 0.11 kt) が得られた。次に St. A, B の観測値から主流方向線上の成分を求め、(+) 上げ潮流と、(-) 下げ潮流とに分けて各層の恒流を求めて、その鉛直変化を [図 6] に示した。ここで恒流を地形的な影響による値と、鉛直変化を示す値とに分けて考えると、前者は St. H<sub>08</sub> が宮島瀬戸の最狭部の南側にあつて、後述する狭水道下流の恒流が発生したもので、宮島瀬戸全体の総流量変化には関係のない、限られた場所のみ現われる値であつて半日周潮流の消長に比例する流速変化を示すもの



である。後者は広島湾沿岸の陸水の影響を受けた沿岸水系の海水が、上層を通過して港外に流出し、外洋水系の海水が下層から港内に流入する、自然的な海水交換現象によって起こる流れであると考えられる。St. Bの鉛直変化から、地形的影響による流れを除いて逆転層を求めると海面下8m層となる。ここでSt. H<sub>08</sub>の海面下7m層の恒流が逆転層の値にはほぼ等しいとすれば、宮島瀬戸の恒流は、地形の影響による値と、海水交換作用による値とから成っていると考えることができる。ただし、この観測は比較的静穏な気象状態下に行なったものであるが、季節的な気象状態や連続した降雨、あるいは一時的な大雨等によって、逆転層や鉛直分布は大幅に変動することがある。

3) 恒流の解析

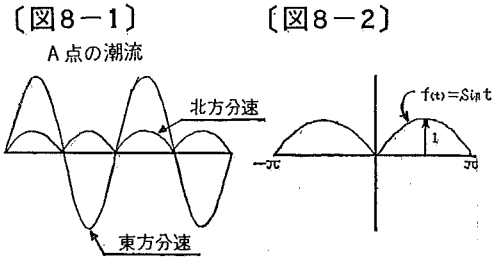
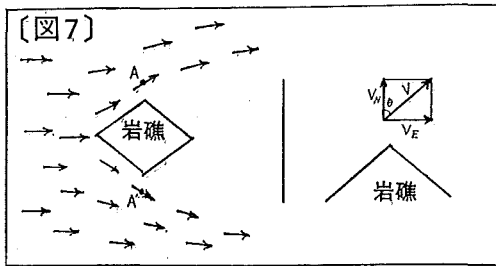
前項に瀬戸内海の異なった地形環境における恒流発生の数例を紹介したが、これらの恒流変化には、いずれも共通して  $V_0 + v_0 \Delta V_2$  で表わされる要素が含まれ、この要素は恒流構成の大半を占めている。従って、これら数例の恒流の発生や流速変化の原因は主として起潮力によるもので、その他、隣接海域の日平均潮位偏差や湾内の日平均潮位の変動量、あるいは日平均気圧傾斜等、地域環境によって異なる種々の原因で発生する恒流が加わっている。また、いずれの解析結果にも相当量の計算残値があって解析方法にもなお検討の余地がある。現状では起潮力以外の自然現象による値を予測することは困難であるが、予測不可能な原因で発生する恒流変化は観測される値の一部分に過ぎないので、これを理由に恒流の総てを解析できない不安定な値、あるいは観測誤差であると断定するのは当を得ていない。前述のような簡単な解析式でも恒流変化の概要を表わし得ることからも、恒流の発生や変化には、それぞれの原因があることは明らかである。

3. 恒流と 1/4 日周潮流とを発生させる地形の代表的数例

複雑な地形の海域や島陰、あるいは狭水道で恒流や 1/4 日周潮流が顕著に現われることは、従来から瀬戸内海各地の観測結果にしばしば見受けられている。そこでその観測例と、代表的な地形を紹介する。

1) 島や岩礁の影響による恒流と 1/4 日周潮流の発生

ここに正しく東西方向に通ずる直線状の水道があり、かつ半日周潮流のみの流れがあると仮定すれば、水道内の潮流は東西にのみ流れて、北方成分の流れはない。この水道中に流れの障害となる島や岩礁が存在していると、障害物の周囲の潮流は [図 7] に示すように島の北側の A 点、南側の A' 点の流れは、それぞれ北と南に偏流する。



A, の北方成分の流速  $V_N$  は、偏向角を  $\theta$ , 流速を  $V$  とすれば,  $V_N = V \cos \theta$  で表わされ, [図 8-1] に示す曲線変化をしている。これを [図 8-2] のように  $f(x) = |\sin t|$ ,  $-\pi \leq t \leq \pi$  とおいてフーリエ展開すると

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nt \, dt = \begin{cases} 0 & n=1, 3, \dots \\ -\frac{4}{\pi(n^2-1)} & n=0, 2, 4, \dots \end{cases}$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nt \, dt = 0$$

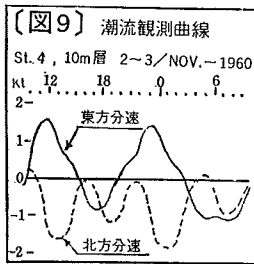
$$\therefore f(t) = \frac{2}{\pi} - \frac{4}{3\pi} \cos 2t - \frac{4}{15\pi} \cos 4t \dots$$

となり、潮流を表わす次式

$$V_N = V_0 + V_1 \cos(15^\circ t - \zeta_1) + V_2 \cos(30^\circ t - \zeta_2) + V_4 \cos(60^\circ t - \zeta_4)$$

によって潮流要素を求めると、 $V_0 = \frac{2}{\pi}$ 、 $V_4 = \frac{4}{3\pi}$  が得られ、本来なかったはずの恒流と  $1/4$  日周潮流が現われることとなる。

観測例として備讃瀬戸西部の坂出沖にある、三ツ子島の南方約 500m の測点 4 を紹介する。この観測は瀬戸内海架橋調査のために、架橋予定線上の 500m 間隔毎に測点を設け、夏季と秋季とに重複して各層の潮流を観測したもので、隣接する測点には、恒流や  $1/4$  日周潮流がほとんど見られないにも拘らず、この測点では表面層から底層に至る各層で、夏季、秋季のいずれにも顕著に現われている。流況を [図 9] に、計算結果を [表 4] に示した。



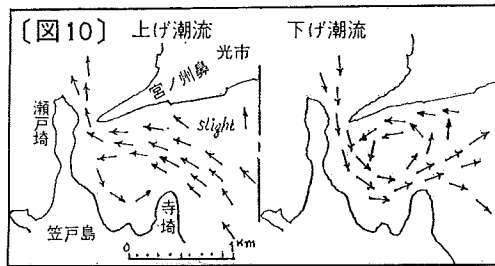
〔表4〕 潮流精円要素

St. 4 2~3/NOV.-1960

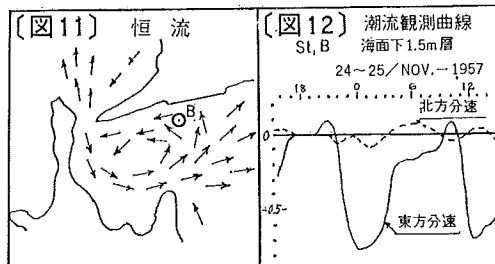
観測層	M <sub>1</sub>			M <sub>2</sub>			M <sub>4</sub>			恒流		
	Dir.	V.	K <sub>1</sub>	Dir.	V <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	Dir.	V <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>	Dir.	V.	
0 m	L	307°	0.15 <sup>74</sup>	11.9°	269°	0.58 <sup>60</sup>	7.6°	308°	0.72 <sup>24</sup>	5.0°	1.24°	0.86
	S	37	0.03	17.9	359	0.05	10.6	38	0.16	0.5		
5	L	323	0.25	10.8	274	1.02	7.3	319	0.74	5.0	1.27	0.77
	S	53	0.04	16.8	4	0.10	10.3	49	0.11	0.5		
10	L	313	0.14	10.6	290	1.04	7.4	356	0.75	5.2	1.60	0.72
	S	43	0.07	16.6	20	0.10	10.4	86	0.08	0.7		

2) 特殊な地形による片潮の発生

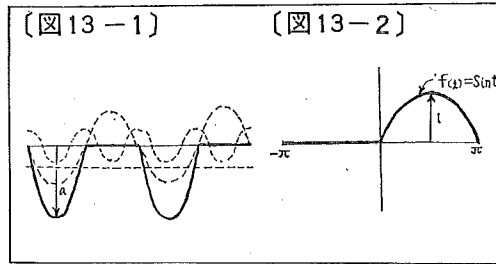
[図 10] に、一端の流出入口が極度に偏向している特殊な地形の海域の流況を紹介する。



西流時には南岸の凹部は、寺崎の陰となってほとんど流れないが、東流時には西側の狭水道から流入した流れは凹部を通過して寺崎沖を北上し、一部は東方へ流れ去るが、一部は北岸沿いに環流して西流する。このため南岸沿いの凹部では東流のみの片潮が、北岸沿いの B 点では西流のみの片潮現象が現われ、[図 11] に示すように環流する恒流が発生する。



〔図 12〕の St. B の観測値を〔図 13〕に示す波形と考えてフーリエ展開すると



$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos nt \, dt = \frac{\cos n\pi + 1}{\pi(1-n^2)} \quad (n \neq 1)$$

$$a_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sin t \cos t \, dt = 0$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin nt \, dt = 0 \quad (n \neq 1)$$

$$b_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sin^2 t \, dt = \frac{1}{2}$$

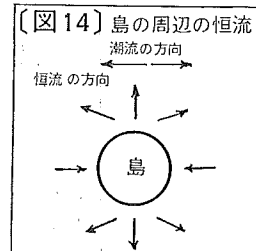
$$\therefore f(t) = \frac{1}{\pi} + \frac{\sin t}{2} - \frac{2}{3\pi} \cos 2t - \frac{2 \cos 4t}{15\pi} \dots$$

となることから、基本振幅の  $\frac{1}{2}$  倍の  $M_2$ ,  $\frac{2}{3\pi}$  倍の  $M_4$ ,  $\frac{1}{\pi}$  倍の恒流が得られる。観測例として下松泊地の St. B の観測曲線を〔図 12〕に、計算結果を上式による値と比較して〔表 5〕に示した。

〔表 5〕 潮流精円要素と計算値

St. B                      24~25/NOV.-1957

観測 軸	M <sub>1</sub>			M <sub>2</sub>			M <sub>4</sub>			恒流	
	Dir.	V <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	Dir.	V <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	Dir.	V <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>	Dir.	V <sub>4</sub>
1.5 <sup>m</sup> L	81°	0.02 <sup>KL</sup>	0.3 <sup>A</sup>	87°	0.33 <sup>KL</sup>	4.8 <sup>A</sup>	33°	0.18 <sup>KL</sup>	1.4 <sup>A</sup>		
S	171°	0.02	6.3	177°	0.03	7.8	179°	0.02	3.9	267°	0.25
計算値 (R=0.7 <sup>KL</sup> )											
					0.35 <sup>KL</sup>			0.15 <sup>KL</sup>			0.22 <sup>KL</sup>



このような片潮の現象は前項の島や岩礁が流れの障害となる場合にも起こり得ることである。前項では潮流流向に直角方向に働く恒流と  $\frac{1}{4}$  日周潮流についてのみ述べたが、島陰の片潮現象による恒流は、島に向う恒流として現われる。このように海流や河川流等、片寄った流れのない水道で、半日周潮流のみが存在する場合にも、島や岩礁の周辺には恒流や  $\frac{1}{4}$  日周潮流が発生するが、その範囲は、地形の影響による流向変化が及ぼされる海域内に限られることとなる。東西方向の潮流によって島の周囲に発生する恒流と  $\frac{1}{4}$  日周潮流の流向を〔図 14〕に示した。

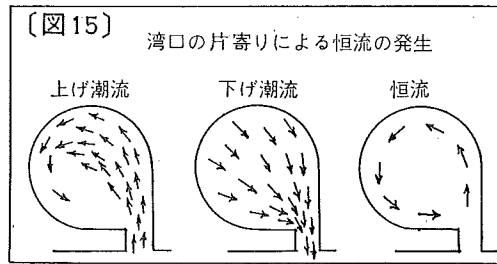
3) 湾口の偏向による湾内の恒流の発生

ここに湾口が幅狭く、その開口方向が湾の中央に向かわずに、湾内沿岸の一側面に片寄っている地形の湾があるとして、湾内の潮流について考えてみよう。

上げ潮流時には湾内へ向かう流れは、湾口が向いている側の沿岸は強く流れ、対岸側はこれよりも弱い場合によっては、流入した流れが湾内を環流して湾口へ向って流れることもある。下げ潮流時には湾内の各地



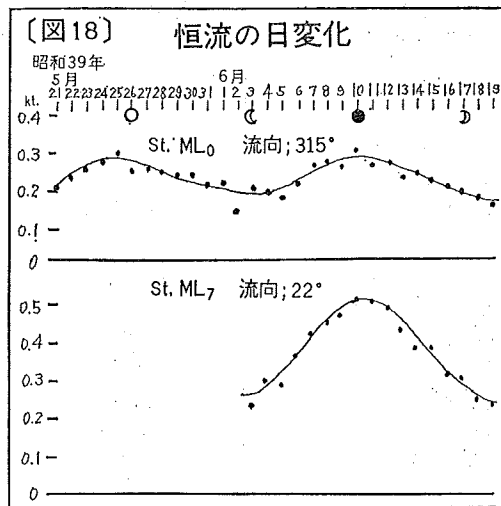
点共、湾口へ向って流れ、湾内の横断線上の流速が一様であるとすれば、湾内には湾口の偏向に原因する恒流が発生することとなる。これを〔図 15〕に示す。



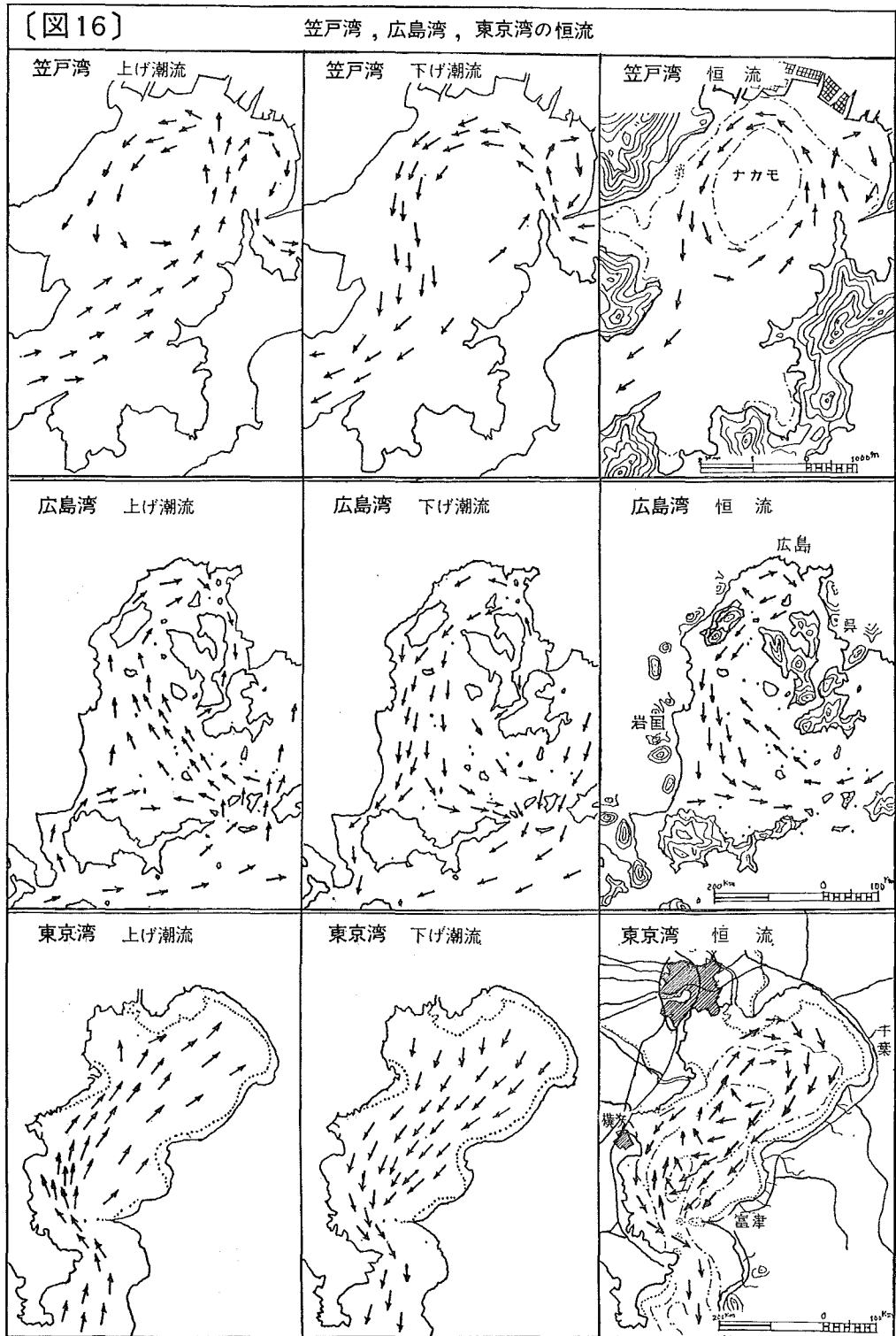
この現象は前述の下松泊地の片潮の発生と同じ原因である。下松泊地のように片潮にならないまでも、湾口が偏っているために湾内に環流する恒流が発生している例として笠戸浦、広島湾があり、東京湾にもこの現象が見られる。すなわち笠戸浦は宮ノ瀬戸が、広島湾は柱島水道が、それぞれ右岸寄りに開口しているため、湾内には左旋回する環流状の恒流が存在している。また東京湾は富津埼と横須賀間の水道が左岸寄りに開口しているために湾内には右旋回の恒流がある。このような恒流が存在すると環流の中央部には砂州が形成されることが多く、笠戸浦にはナカモと呼ばれる砂州があり、東京湾には中ノ州が形成されている。広島湾における浮流物の漂着状況調査結果や、東京湾の全日空機遭難時の遺留品捜索結果等いずれも潮流観測結果と一致し、これらの湾内の恒流の環流が四季を通じて変わらないことを示している。笠戸浦・広島湾・東京湾の潮流と恒流とを〔図 16〕に示した。

4) 複雑な地形の水道内における恒流の発生

曲折し、あるいは三叉路付近の水道内の潮流は、上げ潮流と下げ潮流との主流線が水道中央部を通らずに、それぞれ異なった側へ片寄って流れる場合がある。このため中央部をはさんで両岸寄りに相反する方向に向かう恒流が起り、結果的には環流と同様の状態となる。このような恒流の流速変化は潮流の消長に比例し、水道内に砂州が形成されることは前述の例と同様である。



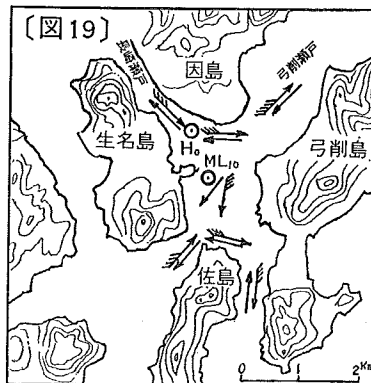
一例として尾道糸崎港沖にある因島北西岸の三叉路水道の潮流観測資料を紹介しよう。測点位置を〔図 17〕に示す。昭和39年5月下旬から6月上旬に至る30日間、因島北西岸の竜王山沖燈浮標の St. ML<sub>0</sub> で海面下5m



層の潮流観測を行ない、同期間中の6月上旬から下旬に至る15日間、中蘂州北端燈浮標で海面下10m層の潮流を連続観測した。観測値を毎日25時間平均して、観測期間の平均流向線上の成分を求めて〔図18〕に示した。この恒流の流速変化はほぼ規則正しく半日周潮流の消長に比例しており、長周期潮  $MSf$  (14.77日周期) で表わすことができる。この恒流の発生は、下げ潮流が因島西側の長崎瀬戸を北上して、佐木島南側の三叉路で、佐木島の南側を西流する流れと、東側を北流する流れとに分流する。このとき佐木島の東側を北流する流れは、因島の突出した地形の影響で、主流線が水道の中央よりも佐木島寄りに片寄って流れ、因島寄りの沿岸付近は反流となって南流する。上げ潮流時には東流する流れに対して佐木島の陰となって水道内は流れが停滞するか、わずかに因島寄りに南流する。このため水道内には中央線をはさんで相反する恒流が生ずることとなる。水道中央部の中蘂州は、この恒流が右旋する環流状に存在し、その中央部にたい積した砂が砂州を形成したものであろう。

#### 5) 特殊な地形による恒流と $1/4$ 日周潮流の発生

特殊な地形環境のために、限られた狭い海域内で恒流と $1/4$ 日周潮流とが極度に発達する例を紹介する。因島南西方の弓削島と生名島との間の水道内にある油ノ沖ノ石付近は、〔図19〕に示すように弓削瀬戸と長崎瀬戸とに通ずる三叉路であるが、南口は更に佐島で二分されている。

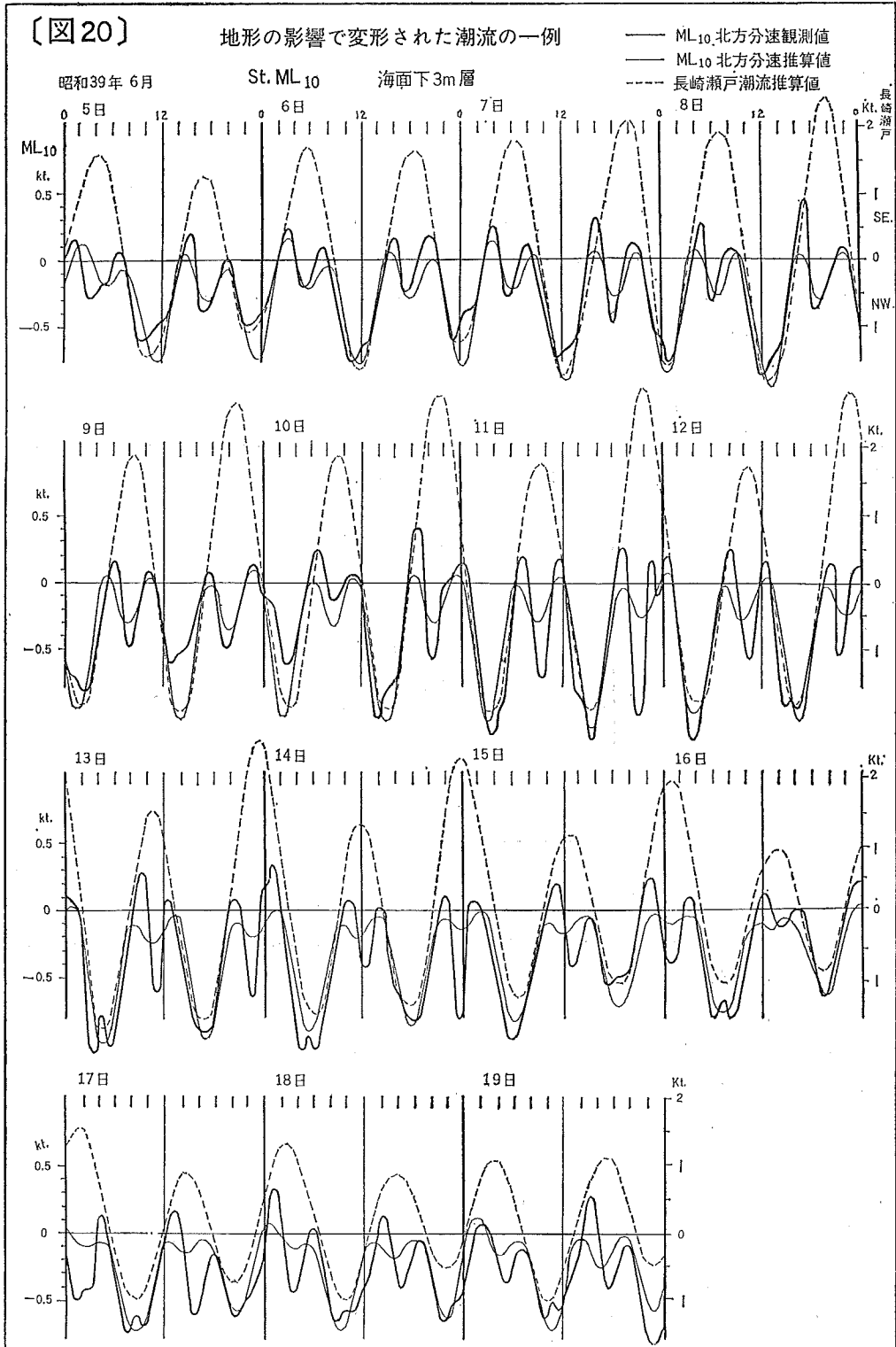


この海域の潮流は、上げ潮流は長崎瀬戸を南東に流れたのも急激に向きを変えて弓削瀬戸を北東に流れ、下げ潮流は弓削瀬戸を南西に流れたのも長崎瀬戸を北西に向って流れる。また佐島の北岸沿いの潮流は、上げ潮流は佐島の北西岸から北岸、北東岸へと島沿いに半周するように流れ、下げ潮流は東岸から北岸、北西岸へと島沿いに流れる。油ノ沖ノ石付近の潮流は、上げ潮流は長崎瀬戸の南東流の一部が通過して佐島の東岸を南流するために南へ流れ、下げ潮流は転流後、しばらくは北流するが、弓削瀬戸から長崎瀬戸へ向かう流れが流速を増すにつれて、急角度に曲がり切れない流れの一部が直進して、佐島の北西岸を南西流するために南へ流れる。従って油ノ沖ノ石付近の潮流は、上げ潮流、下げ潮流共に南流することとなり、恒流と $1/4$ 日周潮流とが卓越することとなる。

この水道内の潮流は、他に例のない異様な潮型で、しかも極めて狭い範囲内に限られていることが特徴である。このような特異な潮型の発生する原因は、

- i この水道は潮浪の進行方向に対してほぼ直角で、弓削島の陰となって流速が微弱である。
- ii 弓削瀬戸と長崎瀬戸とが三叉路で急角度に接しており、潮流の流速が増すと一部は両水道の接する地形のとおり曲がり切れずに本来の流れ方に逆らって南流する。
- iii 水道南部が佐島に二分され、常にそのいずれかが南流している。

等が挙げられる。昭和39年6月上旬から下旬に至る15日間、油ノ沖ノ石燈浮標の測点  $ML_{10}$  で海面下3m層

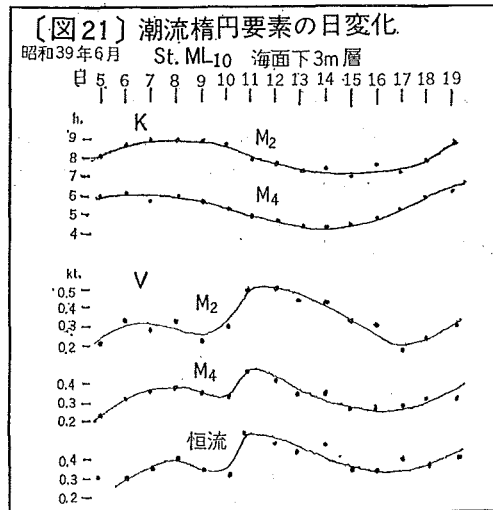


の潮流を連続観測した。潮流調和常数を〔表 6〕に示す。次に観測値を北方分速と東方分速に分けて、北方分速の観測曲線と推算曲線とを、長崎瀬戸の潮流推算曲線と共に〔図 20〕に示した。

表 6 St. ML<sub>10</sub> 潮流調和常数

常数	軸	方向	流速	遅角	常数	軸	方向	流速	遅角
$M_2$	長軸	200°	0.32 kt	63°	$O_1$	長軸	225°	0.04 kt	201°
	短軸	290	0.01	333		短軸	315	0.02	291
$S_2$	長軸	175	0.07	133	$P_1$	長軸	225	0.01	3
	短軸	265	0.01	223		短軸	315	0.00	93
$K_2$	長軸	175	0.02	133	$Q_1$	長軸	237	0.04	2
	短軸	265	0.00	223		短軸	327	0.00	92
$N_2$	長軸	211	0.04	93	$M_4$	長軸	219	0.32	148
	短軸	301	0.02	183		短軸	309	0.08	238
$K_1$	長軸	225	0.04	3	$MS_4$	長軸	221	0.12	133
	短軸	315	0.01	93		短軸	311	0.02	223
		恒流				229°		0.39 kt	

〔図 20〕から長崎瀬戸では微小な恒流と 1/4 日周潮流が、St. ML<sub>10</sub> では極度に発達していることが知れよう。次に潮流要素の毎日の変化を知るために、一日単位の調和分解を行ない、毎日について恒流と潮流楕円要素とを求めて〔図 21〕に示した。

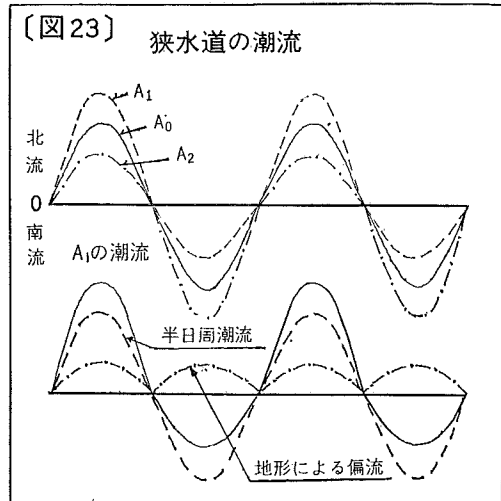
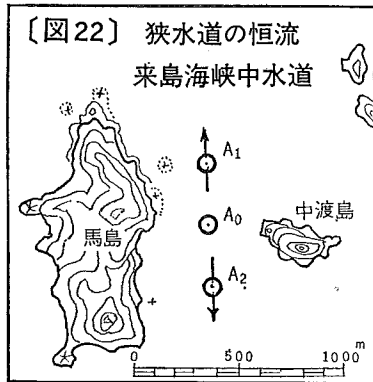


これら計算結果の毎日の変化は、恒流と 1/4 日周潮流の値は、半日周潮流の値の変化とほぼ同様の变化傾向を示しており、この測点の恒流や 1/4 日周潮流は半日周潮流が変形して現われたものと言えよう。

6) 流速の激しい狭水道付近の恒流と 1/4 日周潮流の発生

来島海峡・鳴門・音戸瀬戸等、潮流の激しい狭水道で潮流を観測すると、最狭部の中央点には恒流はほとんど現われないが、主流線上の最狭部から離れた地点では、最狭部から流れ去る方向に向く恒流が観測される。この恒流と 1/4 日周潮流について考えてみよう。〔図 22〕のように来島海峡中水道最狭部中央の  $A_0$  と、その主流線上 300m 北方の  $A_1$ 、および 300m 南側の  $A_2$  の各点の流速を比べてみよう。 $A_0$  の流速は、北流・南流の

いずれについても、単位時間通過する流量が等しければ流速も等しいが、 $A_1, A_2$  では流向によって異なる流速を示す。すなわち北流時には  $A_1 > A_0 > A_2$  となり、南流時には  $A_1 < A_0 < A_2$  となる。この現象は激しい潮流のために、最狭部から下流には兩岸から流線沿いに渦流帯が生じ、反流域の壁となつて、海水は地形の最狭部よりも更に下流で最も狭い壁の間を通過するために起こると考えられる。来島海峡では最狭部の下流約300~400m付近が流速最強点となり、最狭部の流速の約1.1~1.2倍の値が観測されている。またこの下流点は転流後は最狭部の上流点となつて、最狭部よりも流速が弱く、これを平均して恒流を求めると、あたかも最狭部から下流に向つて恒流が湧き出るかのような見掛け上の恒流と、 $1/4$ 日周潮流とが現われることとなる。



ただし、 $A_1, A_2$  の潮流曲線の、上流点となつた場合の  $A_0$  の流速に対する減少率と、下流になつた場合の増大率とは、両者の流速変化の絶対値が等しいとは言えない。潮流調和常数の計算に際しては、これを共通するものとして、恒流と  $1/4$ 日周潮流を求めている。仮に等しいとして変化の振幅を  $a$  とすれば、3-(1) の場合と同様に、

$$\text{恒流, } V_0 = \frac{2a}{\pi}, \quad V_4 = \frac{4a}{3\pi} \text{ が得られる。}$$

#### 4. むすび

従来は瀬戸内海や内湾における恒流や  $1/4$ 日周潮流は、一般に微弱で不規則な変化をされると考えられていた。これらの現象は、航海資料のみを目的とした本流筋の観測が主体の潮流図を作成するには問題にならなかったが、近年瀬戸内海沿岸の臨海工業地帯が急速に発展し、主航路から外れた島陰や沿岸海域にも巨大船の航路が開かれるようになって、沿岸海域の潮流の精測、予報が必要となつてきた。また、これら臨海工場群から排出される汚染水は海洋公害の原因として注目されている。このような沿岸海域の潮流の流況から、沿岸海水の流動機構を追求するには、従来の航海資料を目的とした潮流調査方法とは異つた観測方法や、整理方法が確立される必要がある。一般に沿岸海域の潮流は複雑で、本流域の潮流に比べて調査資料も少なく、解明されていない現象が多い。現状ではこの種の観測資料が少ないので、本稿はその一部を紹介したに過ぎないが、今後も機会あるごとに資料を集めて解明に努めたい。海流や河川流等非周期的な流れがない海域でも、半日周潮流が恒流や  $1/4$ 日周潮流に変形されて現われ、時により潮流予察上無視できない程度にまで発達することがあり、またこれらの現象は解明の困難な不規則な値や、観測誤差であるとは断定できないことを申述べた次第である。

おわりに本稿のとりまとめに当り，指導，助言を賜わった海上保安庁水路部海象課長 庄司大太郎，同海洋資料センター所長 彦坂繁雄，観測と資料整理に当られた第六管区海上保安本部水路部 蓮池克己，中能延行，桑木野文章，倉本茂樹の諸氏に厚くお礼申し上げる。

#### 参 考 文 献

- 小野弘平 1951, 東京海湾の潮流 水路要報 水路部創立 80 周年記念号  
山田紀男 1962, 本州四国連絡架橋潮流観測報告 第六管区海上保安本部  
茂木昭夫, 加藤俊雄 1962, 備讃瀬戸東部の海底地形 海上保安庁水路部調査報告  
山田紀男 1966, 瀬戸内海における日平均潮位の地域偏差について 水路部研究報告第 1 号