

千葉県の外洋沿岸海域の流況一 II

外房総 鴨川沖

瀬戸口明弘・佐藤 寿

はじめに

県は本県外房総東安房地区において、人工礁漁場造成事業を実施するために、その事前調査を昭和53年度に行なった。この調査の中で造成予定域周辺の流況を調査したところ、その実態をかなり詳細に把握できたので報告する。

調査方法

図1に示す位置(水深33m)に設置されている定置網のブイより、NC-II型自記流速計を海面下10m、20mの2層に垂下し、昭和53年6月30日~7月21日の22日間にわたり流向・流速を20分毎に計測した。

得られた資料からは、流向方位別・流速階級別出現頻度、日平均恒流、潮流調和解析、自己相関関数、パワースペクトル、拡散係数などを求めたが、その解析方法は次のとおりである。

1) 流向・流速の出現頻度

流向は16方位に、また流速は5 cm/sec ごとの階級に分けて、方位別出現頻度、階級別出現頻度を求めた。

2) 日平均恒流

毎正時を中心とする連続5個の値をとり出し、平均してこれを正時値とした。そしてこの正時値の連続25個の平均値を求め、これを日平均恒流とした。

3) 潮流調和解析

T I法で15日間の潮流調和解析を行い、10分潮の潮流調和定数を求めた。さらに各分潮の東方および北方の分速ごとに、解析して得た流速振幅と遅角を合成して、潮流楕円要素を求め主要6分潮(M₂, S₂, K₂, K₁, O₁, P₁)の長軸方向と流速振幅の加重平均を行なって主流向を計算し、さきに求めた各分潮の楕円値を主流向線に投影計算して、主流向線上成分の振幅と位相を求めた。

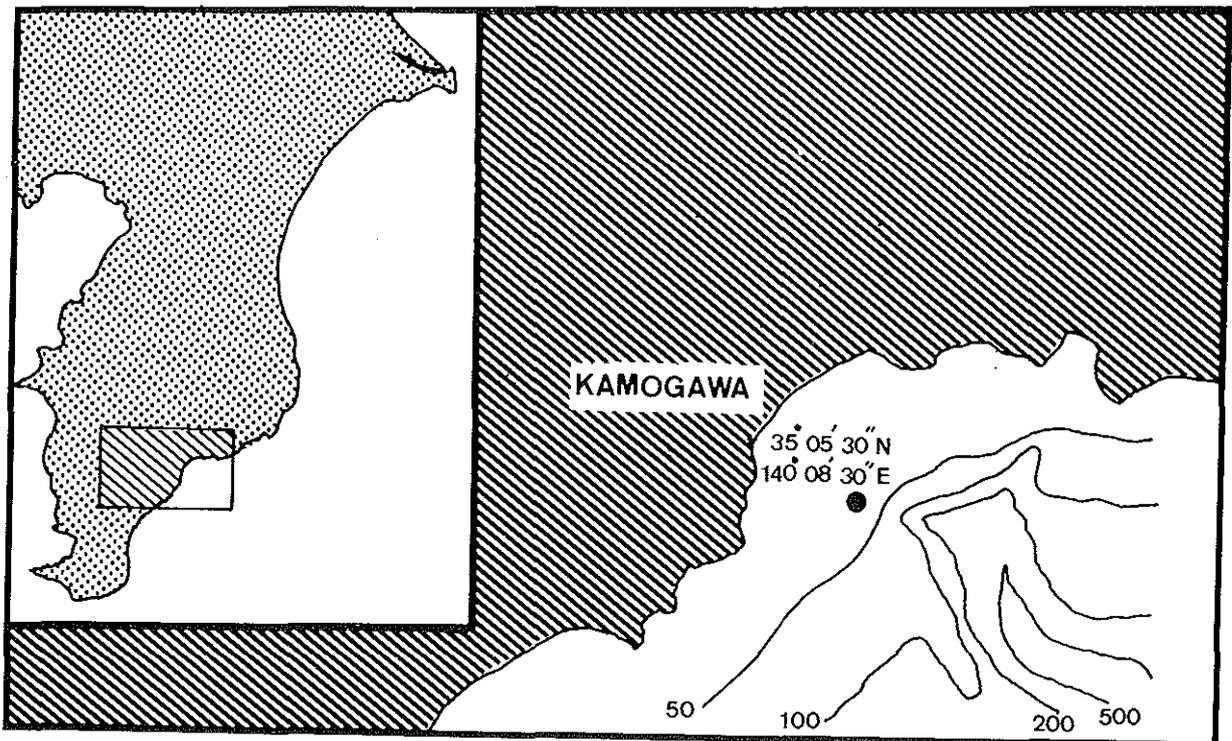


図1 調査点

4) 自己相関関数, パワースペクトル

資料を潮流調和解析の主流向成分 (M-comp) と、その法線方向成分 (X-comp) に分けて、ラグ数を100にとり、最大ずらし時間を33.3時間として100個のずれまでの相関を求め、オートコレログラム、パワースペクトルの図を作成した。

5) 拡散係数

G.I Taylor の理論を用いて、自己相関関数から拡散係数を求めた。

結果と考察

1) 流向・流速の出現頻度

測点における流れは、図3と表1に示した。上、下層ともに全方向に流れているものの、特に南西流を中心とする流れが卓越してみられ、両層とも約50%弱の出現となっている。その他の流れは、上層では東流を中心とする流れが約26%、北流を中心とする流れが約15%、下層では北流を中心とする流れが約20%ほど出現している。

上層と下層では南西流を中心とする流れは、大体同じような出現傾向を示しているが、その他の流れには若干の差異がみられ、上層では下層にみられない東流を中心とする流れが、比較的によく出現している。

流速は上、下層ともに、10cm/sec~15cm/secの流れが最も多く、次いで15cm/sec~20cm/sec, 5cm/sec~10cm/secの順となっているが、これら5cm/sec~

20cm/secの流れが全体の90%弱を占めている。

2) 恒流

観測期間中に計測した流れのうち、恒流成分についてはその日変化を図2に示した。

上、下層ともに南西方向と北東~北西方向への流れがみられ、5~7日の周期で流向を転じているが、とりわけ南西方向へ流れる頻度が多い。

また流速も南西方向の場合が大きく、最大で20cm/sec程度、平均で5cm/sec程度となっている。北東~北西方向の場合は南西方向への流れの約半分程度の流速となり、最大で10cm/sec程度、平均で3cm/sec程度の流速となっている。

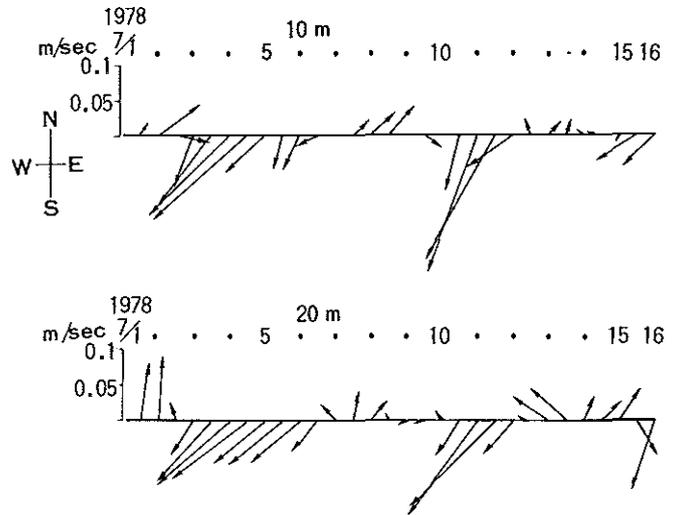


図2 恒流 (25時間移動平均)

表1-1 流向、流速の出現頻度と平均流速(上段は度数, 下段は%)

流速m/sec	海面下10m層																
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	SUM
0.00	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
0.00-0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.05-0.10	14	11	24	34	24	34	13	9	7	17	31	29	18	10	7	4	286
0.10-0.15	3.3	1.6	2.1	2.1	3.1	1.8	2.1	1.6	2.8	3.0	4.1	2.1	2.1	1.3	1.8	1.0	36.1
0.15-0.20	73	15	12	14	15	15	18	26	49	56	63	43	21	8	17	23	468
0.20-0.25	4.8	1.0	.8	.9	1.0	1.0	1.2	1.7	3.2	3.6	4.1	2.8	1.4	.5	1.1	1.5	30.5
0.25-0.30	16	2	1	×	×	1	3	7	10	20	26	16	2	4	2	4	114
0.30-0.35	1.0	.1	.1	0.0	0.0	.1	.2	.5	.7	1.3	1.7	1.0	.1	.3	.1	.3	7.4
0.35-0.40	16	×	×	×	×	×	×	×	4	7	24	12	×	2	5	3	81
0.40-0.45	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.3	.5	1.6	.8	0.0	.1	.3	.2	5.3
0.45-0.50	2	1	×	×	×	×	×	×	×	4	11	1	1	×	1	1	22
0.50-	.1	.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.3	.7	.1	.1	0.0	.1	.1	1.4
SUM	174	54	70	82	89	78	67	71	117	151	218	133	78	44	60	50	1536
FQ SUM	11.3	3.5	4.6	5.3	5.8	5.1	4.4	4.6	7.6	9.8	14.2	8.7	5.1	2.9	3.9	3.3	
V MEAN	17.0	13.6	11.8	11.0	11.8	11.3	13.3	15.5	16.2	16.3	17.1	15.7	13.3	13.9	15.2	16.5	

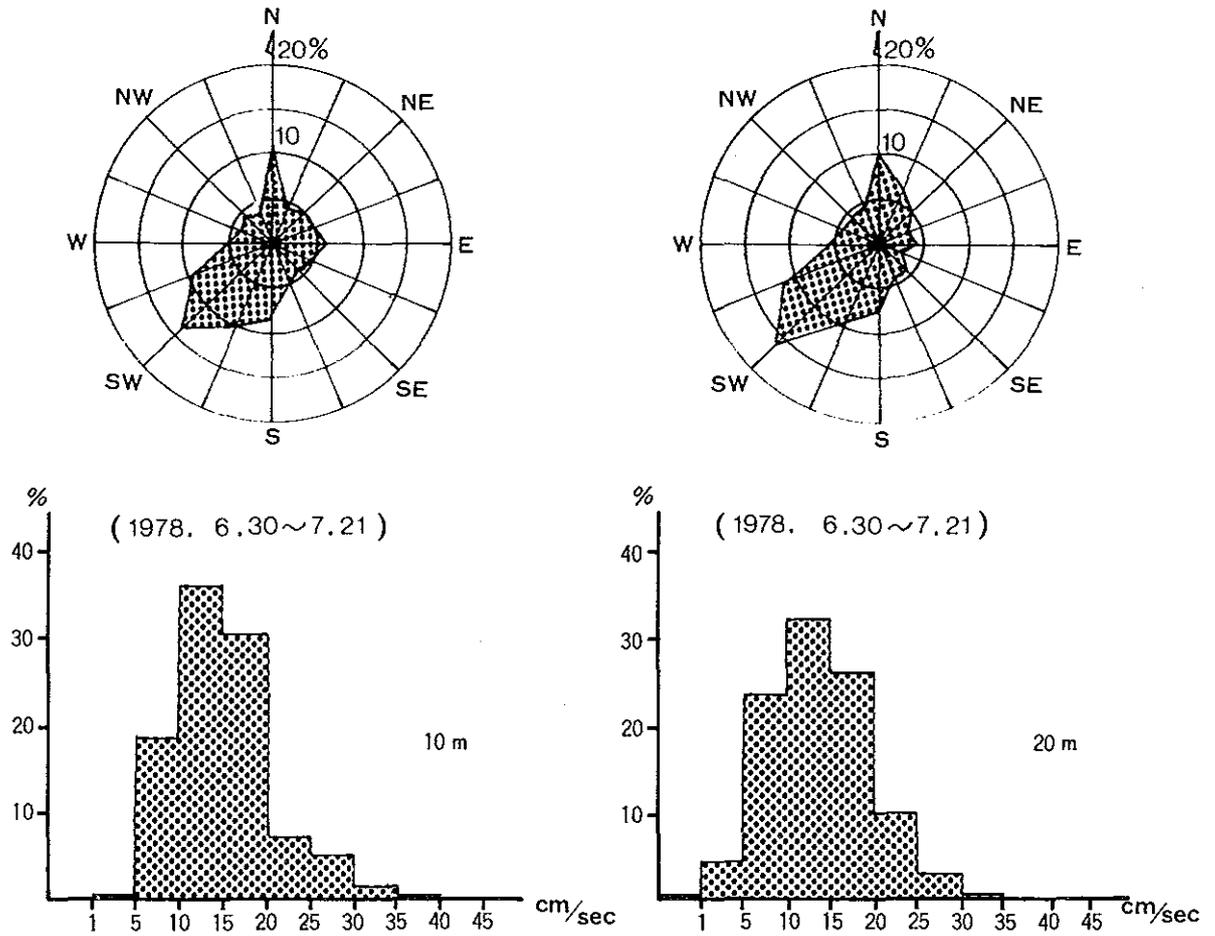


図3 流向, 流速の出現頻度

表1-2 流向, 流速の出現頻度と平均流速(上段は度数, 下段は%)

海面下20m層

流速m/sec	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	SUM
0.00	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	1
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.1
0.00-0.05	3	8	6	5	7	×	1	2	3	2	8	16	10	2	4	×	77
	.2	.5	.3	.3	.4	0.0	.1	.1	.2	.1	.5	.9	.6	.1	.2	0.0	4.4
0.05-0.10	43	48	31	23	27	9	16	7	15	28	62	40	27	18	13	13	420
	2.4	2.7	1.8	1.3	1.5	.5	.9	.4	.9	1.6	3.5	2.3	1.5	1.0	.7	.7	23.9
0.10-0.15	72	40	23	11	22	15	24	8	35	45	93	53	36	24	27	36	564
	4.1	2.3	1.3	.6	1.3	.9	1.4	.5	2.0	2.6	5.3	3.0	2.0	1.4	1.5	2.0	32.1
0.15-0.20	45	17	16	7	12	11	29	22	43	40	84	58	21	16	24	13	458
	2.6	1.0	.9	.4	.7	.6	1.6	1.3	2.4	2.3	4.8	3.3	1.2	.9	1.4	.7	26.1
0.20-0.25	10	8	6	1	2	1	6	18	15	24	28	38	11	3	2	2	175
	.6	.5	.3	.1	.1	.1	.3	1.0	.9	1.4	1.6	2.2	.6	.2	.1	.1	10.0
0.25-0.30	8	2	3	1	×	2	2	3	7	9	7	5	1	×	×	2	52
	.5	.1	.2	.1	0.0	.1	.1	.2	.4	.5	.4	.3	.1	0.0	0.0	.1	3.0
0.30-0.35	1	1	1	1	×	×	×	×	3	1	2	×	×	×	×	×	10
	.1	.1	.1	.1	0.0	0.0	0.0	0.0	.2	.1	.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.6
0.35-0.40	×	×	×	×	×	×	×	1	×	×	×	×	×	×	×	×	1
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.1
0.40-0.45	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.45-0.50	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.50-	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUM	182	124	86	49	70	38	78	61	121	149	284	210	106	63	70	66	1758
FQ SUM	10.4	7.1	4.9	2.8	4.0	2.2	4.4	3.5	6.9	8.5	16.2	11.9	6.0	3.6	4.0	3.8	
V MEAN	13.7	11.7	12.4	10.8	10.7	13.8	14.4	17.5	16.0	15.4	14.1	14.3	12.5	12.5	13.0	13.3	

3) 潮流

計測した流れのうち潮流成分について、潮流調和分解計算の結果から得られた潮流楕円と平均大潮期 ($M_2 + S_2 + C$) 流況のホトグラフと最大大潮期 ($M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + C$) 流況のホトグラフを図4に、潮流調和定

数を表2に示した。

この測点付近の潮流成分は、外洋域にしては他に比較してやや強く、計測した流れのうちのほぼ半分の要素を占めている。潮型は上、下層とも日周潮と半日周潮の混合潮型(上層 $F = 0.38$, 下層 $F = 0.51$)である。

表2-1 潮流調和定数と楕円要素(海面下10m層)

分 潮	M2	S2	K2	N2	K1	O1	P1	Q1	M4	MS4	CONSTANT
北方 流速 m/sec	.044	.031	.008	.042	.011	0.29	.004	.042	.006	.008	-.029
遅角 °	330	81	81	249	191	220	191	203	326	196	
東方 流速 m/sec	.050	.017	.005	.043	.006	.025	.002	.034	.003	.013	-.017
遅角 °	337	70	70	311	93	106	93	128	191	262	
主流向 流速 m/sec	.059	.035	.010	.048	.011	.025	.004	.044	.004	.011	-.033
遅角 °	332	79	79	266	178	201	178	187	315	220	

分 潮	M2	S2	K2	N2	K1	O1	P1	Q1	M4	MS4	CONSTANT
長 方 向 °	48	29	29	47	354	326	354	25	334	70	211
流 速 m/sec	.067	.035	.010	.052	.011	.033	.004	.044	.006	.014	.033
遅 角 °	334	78	78	282	194	243	194	185	335	251	
短 方 向 °	138	119	119	137	84	56	84	115	64	160	
流 速 m/sec	.004	.003	.001	.031	.006	.021	.002	.031	.002	.007	
遅 角 °	64	348	348	12	104	153	104	95	245	341	

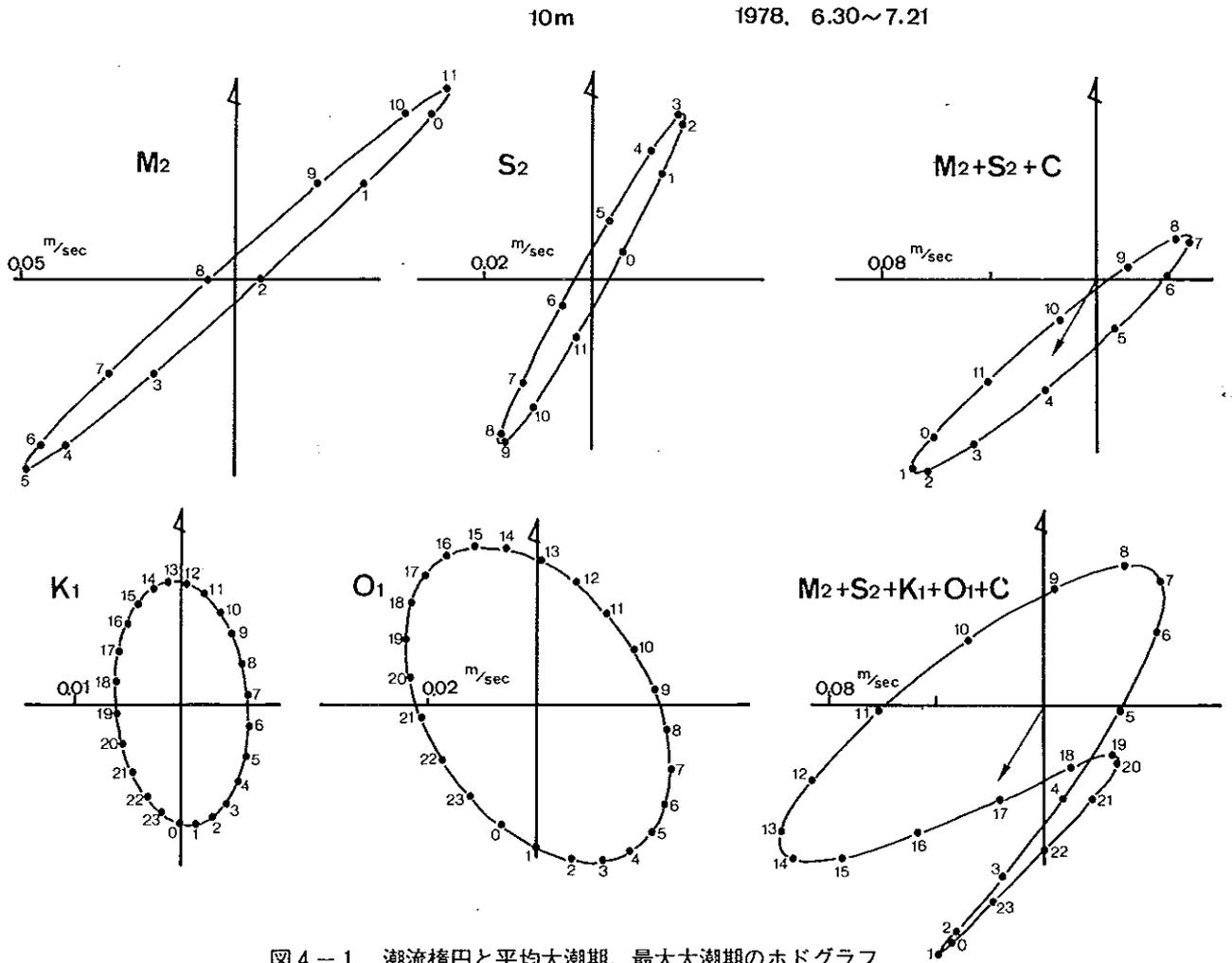


図4-1 潮流楕円と平均大潮期、最大大潮期のホトグラフ

潮流成分の主流軸方向は、上、下層間で若干の差異があり、約50度ほどのずれがみられている。潮流成分が比較的強いことと、主流軸方向にずれがみられることは、この測点のすぐ沖合にみられる海底谷と、奥行きは少ないながらも岸線が湾型となっている地形変

化に起因するものと考えられる。

主要四分潮のうち最も振幅の大きいのはM₂分潮（主大陰半日周潮）で、上層が6cm/sec、下層が5cm/secであるが、主要四分潮以外のN₂、Q₁分潮（ともに主大陰椿率潮）の振幅が意外に大きく、4～5cm/sec程度と

表 2-2 潮流調和定数と楕円要素(海面下20m層)

分 潮	M2	S2	K2	N2	K1	O1	P1	Q1	M4	MS4	CONSTANT
北 方	流速 m/sec .039	.012	.003	.040	.008	.026	.003	.035	.007	.003	-.015
	遅 角 ° 52	11	11	90	34	165	34	153	334	136	
東 方	流速 m/sec .024	.016	.004	.020	.006	.004	.002	.011	.004	.005	-.029
	遅 角 ° 244	95	95	223	315	276	315	189	96	258	
主 流 向	流速 m/sec .046	.012	.003	.041	.007	.023	.002	.025	.007	.005	.003
	遅 角 ° 55	328	328	79	61	160	61	145	319	109	

分 潮	M2	S2	K2	N2	K1	O1	P1	Q1	M4	MS4	CONSTANT
長 軸	方 向 ° 329	79	79	339	16	357	16	14	339	299	243
	流速 m/sec .046	.016	.004	.042	.008	.026	.003	.036	.007	.005	.032
	遅 角 ° 55	86	86	83	22	164	22	156	324	94	
短 軸	方 向 ° 59	169	169	69	106	87	106	104	69	29	
	流速 m/sec .004	.012	.003	.014	.006	.004	.002	.006	.003	.003	
	遅 角 ° 325	176	176	173	292	254	292	246	54	184	

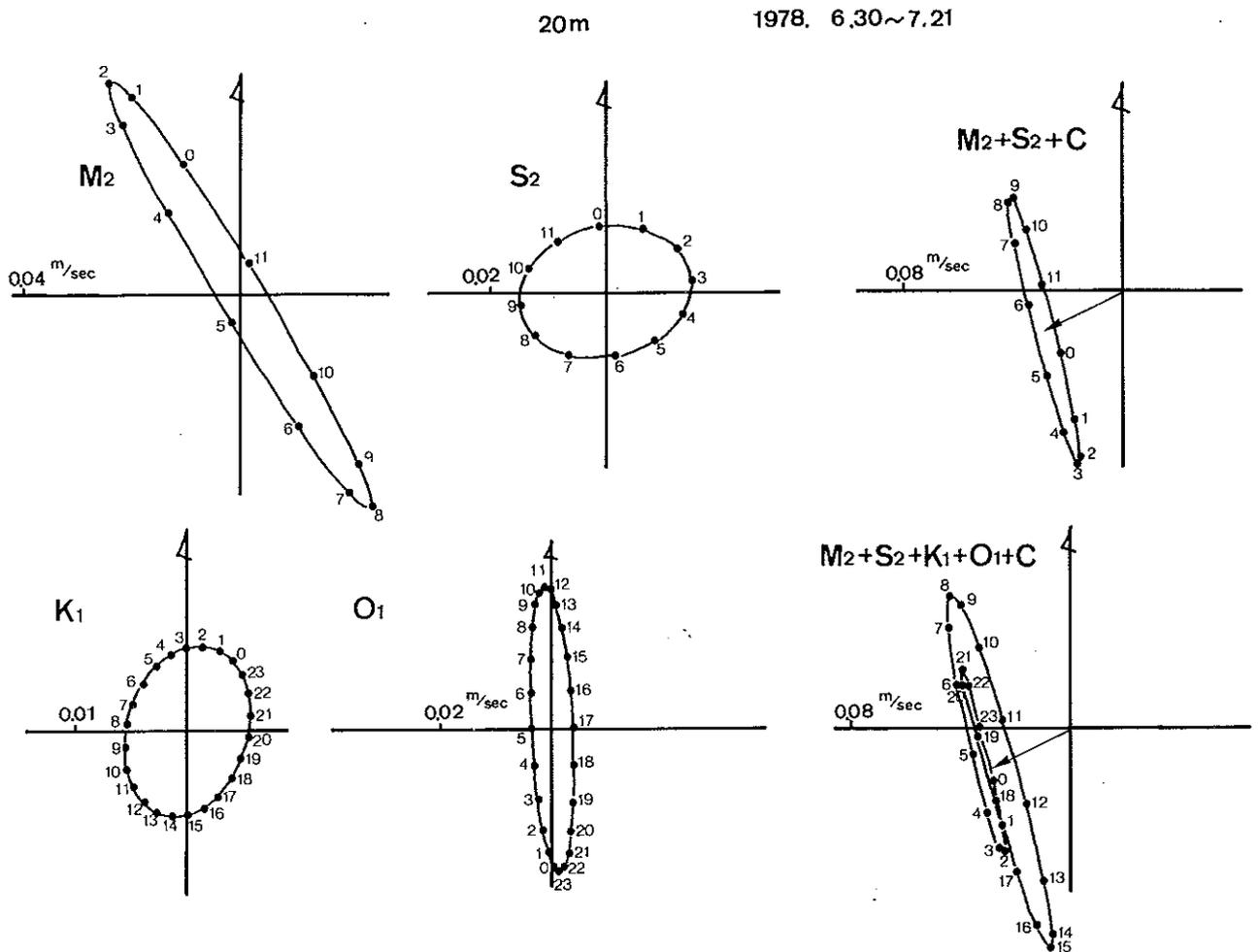


図 4-2 潮流楕円と平均大潮期、最大大潮期のホドグラフ

なっている。

4) 自己相関関数, パワースペクトル

実測値によるオートコレログラムを図5に、またパワースペクトルを図6に示した。

オートコレログラムで見ると、上、下層ともに主流向成分、法線方向成分に約半日、約1日の持続性のある周期変動がみられている。しかし下層では法線方向成分に周期性が幾分か弱い傾向がみられる。

パワースペクトルでも約半日のところに顕著なピークがみられ、半日周期の流速変動がはっきり示されている。ただ上層の主流向成分には1/4日周期のところにもピークがみられている。

5) 拡散係数

流れの中の12時間周期成分以上のものを除去した資料から算出した拡散係数を表3に示した。これによると上、下層ともに主流向成分が $10^5 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、法線方向成分が $10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$ のオーダーとなっており、外洋域としては若干小さな値となっているが、これも海底や陸岸の地形変化によるものではないかと考えられる。

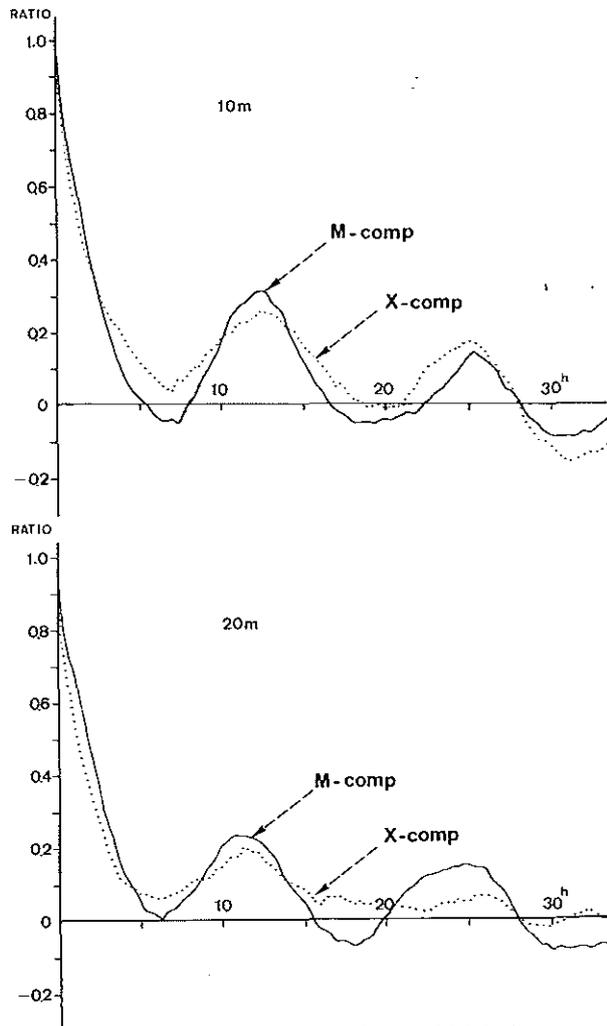


図5 オートコレログラム (実測値)

ちなみに本報告第37号で報告した外房総和田沖での拡散係数に比較すると、実測値によるものであるが、和田沖では主流向成分が $10^7 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、法線方向成分が $10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ のオーダーとなっているが、この測点では主流向成分が $10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、法線方向成分が $10^5 \text{ cm}^2/\text{sec}$

表3 拡散係数

資料	層	主流向成分	法線方向成分
		K	K
12時間以上の周期成分を除去した資料による	10m	$1.51 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{sec}$	$9.81 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$
	20	1.12×10^5	9.94×10^4

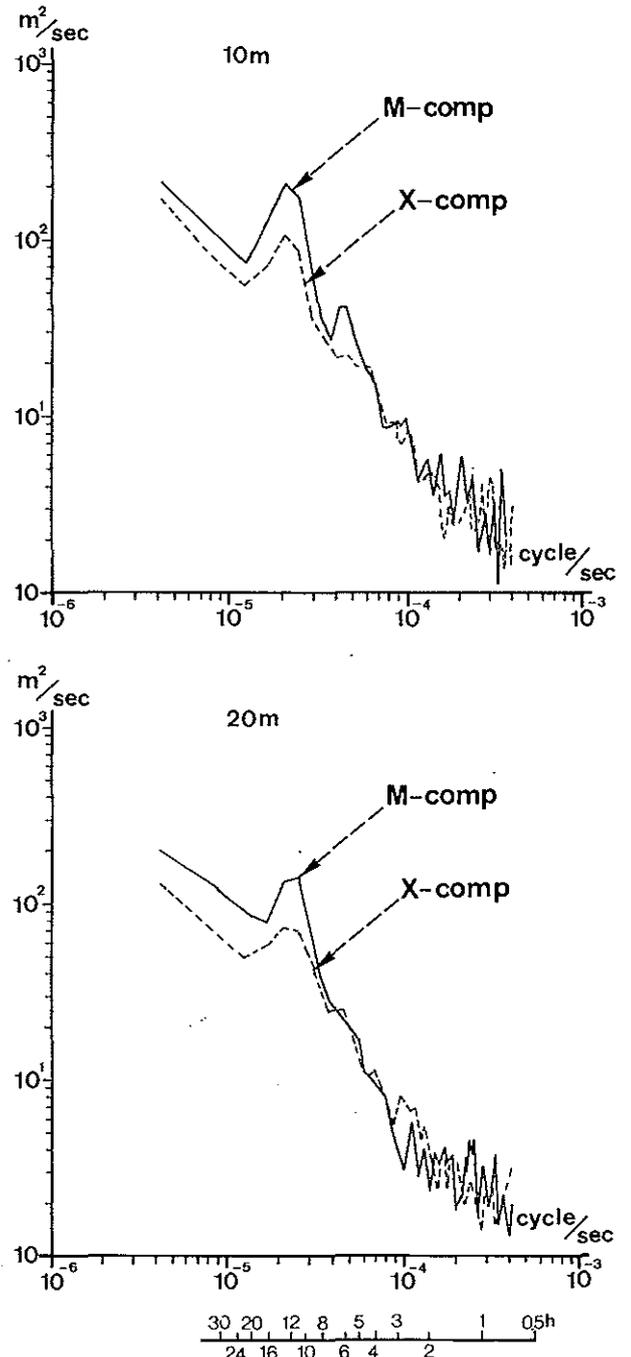


図6 パワースペクトル (実測値)

のオーダーとなっている。

要 約

- 1) 本県外房総鴨川沖で、昭和53年6月30日～7月21日の間に、NC-II型自記流速計を用いて、海面下10mと20m層の流況を調査した。
- 2) 流れは上、下層ともに全方向へ流れているが、特に南西流を中心とする流れが多い。流速は20cm/sec以下の流れが全体の90%弱を占めている。
- 3) 恒流成分も南西方向と北東～北西方向への作用が多く、5～7日の周期で流向を転じている。流速は南西方向の場合が最大で20cm/sec程度、平均で5cm/sec程度であるが、北東～北西方向の場合は、これの約半分程度の流速となっている。
- 4) 潮流成分は外洋域にしては比較的に強く、流れのうちのほぼ半分の要素を占めている。
- 5) 潮型は混合潮型である。
- 6) 流れの中の潮流成分による周期変動が、上、下層ともにオートコログラムやパワースペクトルに明瞭に示されている。
- 7) 拡散係数は12時間周期成分以上のものを除去した資料で算出したが、その値は主流向成分が $10^5 \text{cm}^2/\text{sec}$ 、法線方向成分が $10^4 \text{cm}^2/\text{sec}$ のオーダーとなっており、外洋域としては若干小さい値となっている。

おわりに

流況の解析にあたって、計算処理はすべて「株式会社 調和解析」に委託して電子計算機(CDC6600)で行なったが、同社社長山田紀男氏に多くのご指導を、また観測資料の取得にあたっては、鴨川市漁業協同組合定置漁業部の人達のご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 彦坂繁雄：潮汐，海洋科学基礎講座3、海洋物理Ⅲ、東海大学出版会
- 2) 瀬戸口明弘・他：千葉県の外洋沿岸海域の流況—I. 外房総和田沖、千葉水試研究報告、37、1～6 (1978)