

内水試前における湖流について

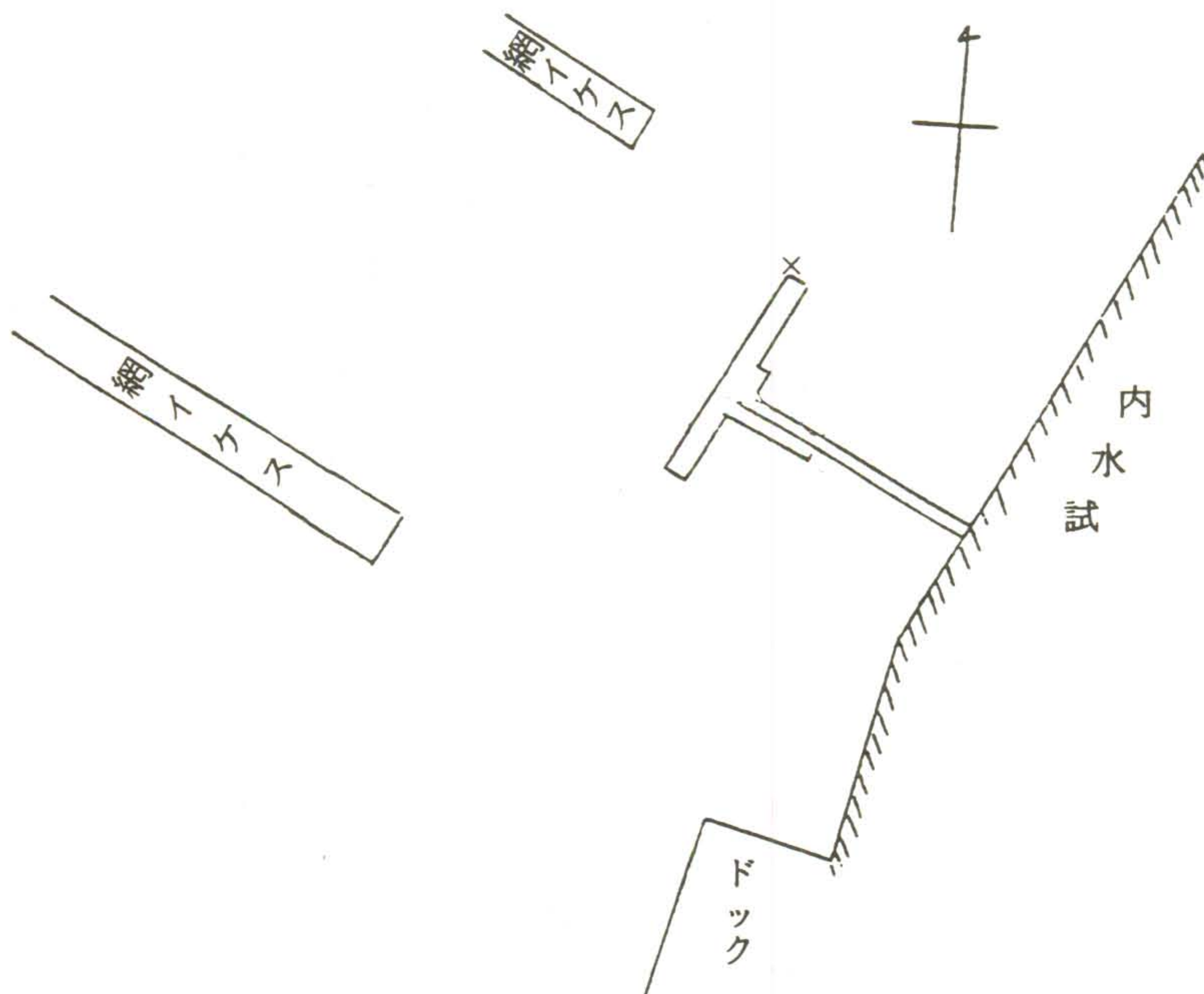
中 村 誠

無酸素水塊が網いけす漁場内に出現する場合に、それが特定の風向の風と関係していることが多く、また同一漁場内でも、へい死等がみられるのには時間的な差があり、無酸素水塊が漁場内を移動しているように見えることが多い（赤野他 1975）。そのことから漁場内での湖水の移動特性を明らかにすることにより無酸素水塊の発生を監視する場合の定点の選定や発生した場合の移動先の予測等が可能になると思われる。ここでは、漁場内での湖流の状況を明らかにするため、風向、風速と湖流の関係を調査した。なお、本報告は、昭和61年度赤潮調査報告書の一部である。

方 法

調査は内水試地先の網生簀先端（図1）に電磁流向流速計を湖底表面上約50cm（水面下約3 m）に設置し記録紙に出力された記録について15分毎に読み取った。風向、風速については内水試屋上に設置してある風向風速計の記録を1時間毎に読み取った。

数値の解析は、大西（1980）のプログラムのデータ読取部を変えて使用した。



第1図 流向・流速計設置地点の概要
× 流向・流速計

結 果

霞ヶ浦における湖水の流動は吹送流及びセイシュ流が卓越していると考えられる(村岡等 1981)。本調査地点においても周期約 2.5 時間のセイシュが存在する(茨内水試 1985)。ここではセイシュによらない流れと風向風速の関係について調べるため資料の処理は原則として 5 時間分のデータについて移動平均を取った。

i) 風速と流速の関係

表 1 は昭和60年 8 月及び昭和61年 6 月の風速と一定時間後の流速との相関を見たものであるが、3～4 時間後までは比較的高い相関を示すが、以後は低い相関となっている。風の影響が湖底付近の流速に現われるまでには 1～数時間の遅れがある(村岡等 前出)。そこで、その時差が弱い風の時には長く強い風の時には短いと仮定すれば、表 1 中の時差が短いときの相関は強い風に対し、また時差が大きくなるに従って弱い風に対する相関を現わしていると見ることができる。従って、風によって湖流が生成されるまでに、弱い風では 4 時間位かかる事になる。逆に言えば、安定した湖流を生じさせるためには強い風ならば 1 時間以内、弱い風では 4 時間以上風向の安定した風が吹く必要が有ることになる。

ii) 風速別風向と流向の関係

表 2 は昭和61年 6 月のデータについて一定の風速以上の時の風向と流向の相関を求めたものである。表から風速が 1 m を越える辺りから流向との相関が大きくなり、また r の値が時差 0 の時の値の $1/2$ を示す時差も風速 0 m 以上の風については 11 時間後であったものが 2.5 m 以上の風の時には 8 時間後となり風が強ければそれだけ早くまた大きく湖流に影響を与えるという予測し得る結果を得た。しかし、昭和60年 8 月には表 3 に示すように上述したような傾向がほとんど起こらず、風速の違いによる風向と流向の相関係数に差が見られなかった。この傾向は昭和61年 5 月にも

第 1 表 風速に対する流速の時差相関

時差 (時間)	S. 60. 8	S. 61. 6
1	0.569	0.520
2	0.559	0.533
3	0.528	0.519
4	0.479	0.484
5	0.412	0.434
6	0.333	0.377
7	0.251	0.318
8	0.175	0.256
9	0.107	0.198
10	0.051	0.151
11	0.011	0.115
12	-0.012	0.090
13	-0.022	0.080
14	-0.018	0.079
15	0.004	0.088
16	0.034	0.103
17	0.062	0.126
18	0.086	0.157
19	0.110	0.192
20	0.131	0.224
21	0.147	0.255
22	0.153	0.284
23	0.154	0.310
24	0.148	0.333
25	0.134	0.354
26	0.111	0.371

第2表 風速別風向に対する流向のなす角度の標準偏差
(60年6, 7, 8月及び61年5, 6月の平均値)

時差 (時間)	風				速	
	0 m <	1 m <	2 m <	3 m <	4 m <	5 m <
0	50.0	47.5	49.7	52.0	52.5	50.2
1	49.3	47.4	48.9	52.1	53.8	49.4
2	48.1	47.4	48.7	53.3	53.7	47.7
3	47.7	48.5	49.6	52.6	54.8	47.1
4	48.7	48.5	49.6	53.0	56.2	46.1
5	50.1	48.3	50.8	53.3	56.9	44.6
6	49.1	48.6	50.4	55.0	56.4	43.6
7	49.6	49.3	50.6	55.5	55.4	44.4
8	50.3	50.4	51.4	54.1	53.8	45.2
9	51.3	50.8	51.2	53.6	52.0	44.6
10	52.6	51.4	50.6	53.3	50.0	49.4
11	53.4	50.8	51.1	54.2	50.1	43.6
12	53.0	50.4	51.6	54.8	48.8	43.5
13	53.5	51.3	51.0	54.2	49.1	41.4
14	54.4	50.6	50.7	53.7	49.8	43.2
15	53.2	50.8	50.4	52.9	49.9	41.4
16	51.7	51.0	50.1	51.1	50.7	43.2
17	51.6	50.7	50.1	50.2	51.0	41.1
18	51.4	49.5	50.4	50.3	52.0	38.6
19	51.0	48.9	49.8	51.5	51.9	39.8
20	50.9	48.8	50.7	52.2	50.1	38.0
21	51.4	49.2	51.0	51.5	50.5	42.3
22	51.4	49.4	50.7	52.0	50.2	46.5
23	51.0	49.5	50.9	50.8	50.9	47.6
24	50.8	49.8	50.6	51.9	51.6	50.3
25	51.2	50.3	50.1	52.8	52.8	49.6

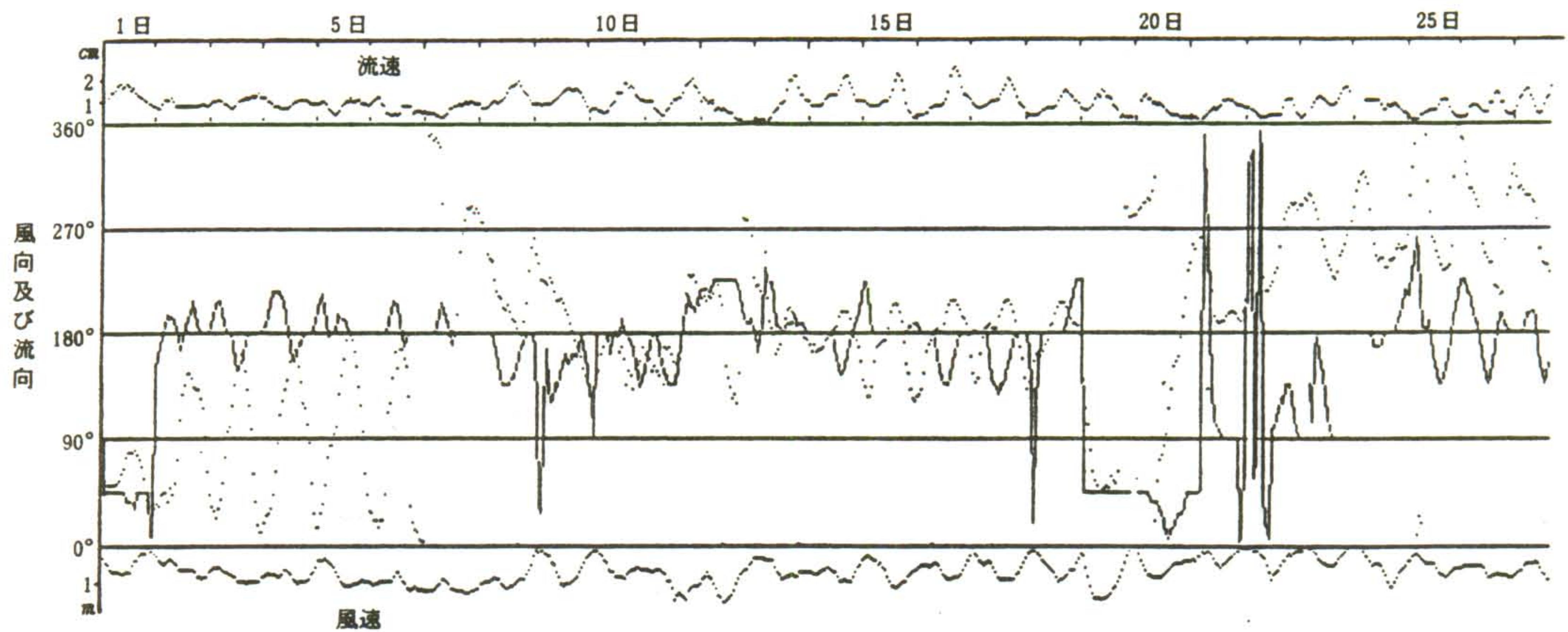
見られた。図2は昭和60年8月の流向と流速を示したものである。明らかに約1日の周期で流向が変動している。その周期を知るため時差相関を取ったのが表3及び図3である。データを取る期間によって多少の差は有るものの、23時間ないし25時間くらいの周期で相関が高くなることから、この時間が周期であると思われる。この周期の振動は多かれ少なかれ他の月にも見られる。図2に見られるように振動の中心方向が東であったり南であったり、または西であったりまちまちであるため、また、周期も約1日と長いことなどから、この振動がセイシュであるとは考えにくい。この振動のため上記の相関係数が低くなったものと思われる。

第3表 昭和60年8月の流向の時差自己相関

時差 (時間)	1 - 5日	14 - 18日	22 - 28日
1	0.854	0.640	0.689
2	0.703	0.557	0.409
3	0.522	0.451	0.156
4	0.322	0.355	0.164
5	0.117	0.237	0.164
6	-0.087	0.104	0.149
7	-0.280	-0.017	0.113
8	-0.452	-0.124	0.062
9	-0.589	-0.224	0.002
10	-0.681	-0.320	-0.041
11	-0.718	-0.396	-0.063
12	-0.695	-0.428	-0.098
13	-0.617	-0.442	-0.158
14	-0.491	-0.447	-0.127
15	-0.326	-0.402	-0.154
16	-0.132	-0.329	-0.175
17	0.074	-0.214	-0.142
18	0.275	-0.089	-0.076
19	0.454	0.061	0.015
20	0.603	0.172	0.094
21	0.715	0.219	0.169
22	0.782	0.264	0.216
23	0.800	0.286	0.236
24	0.763	0.314	0.248
25	0.674	0.321	0.239
26	0.545	0.327	0.222
27	0.380	0.324	0.210
28	0.189	0.283	0.186
29	0.017	0.190	0.163
30	0.218	0.077	0.136

iii) 風向と流向の関係

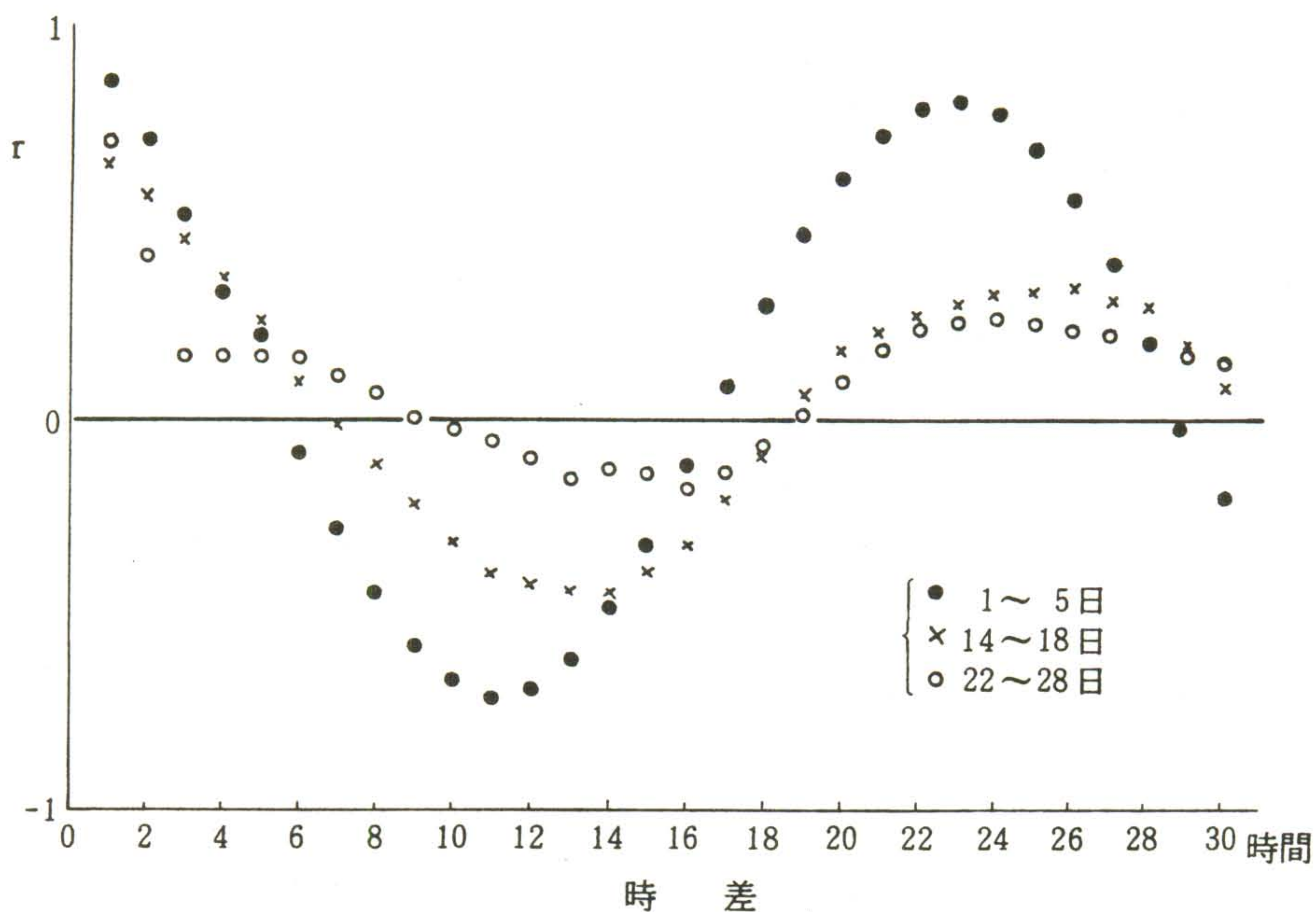
次に、特定の風に対してどのような湖流が生じるかを知るため風向別に風向と流向のなす角度の分散を見た。270°(西)～360°(北)の風はほとんど無いのでその風に対する分散は無視した。昭和61年5月のデータについて求めたのが表4である。表から比較的低い値を示すのは45°～90°の風に対する0～2時間後、及び225°～270°の風に対する5～6時間後の流向である。また、表5は昭和61年6月のデータについて求めたものであるが、90°～135°及び225°～270°



第2図 内水試前における湖流（底層 昭和60年8月 —：風向 …：流向）

第4表 各風向別の風向と流向のなす角度の標準偏差（昭和61年5月）

風向 時差	0° ~ 45°	45° ~ 90°	90° ~ 135°	135° ~ 180°	180° ~ 225°	225° ~ 270°
0	29.4	19.8	20.9	25.3	40.1	16.7
1	28.8	17.7	22.0	23.8	41.2	20.9
2	28.4	17.6	22.7	22.0	42.9	23.2
3	29.4	19.4	22.1	21.8	43.5	26.2
4	31.2	20.5	20.7	22.3	43.6	31.8
5	32.6	36.7	19.5	23.5	44.1	34.5
6	33.4	42.0	19.9	23.7	44.6	34.7
7	34.5	45.3	20.2	24.1	45.5	36.1
8	35.0	51.3	20.2	24.1	45.7	35.1
9	35.2	52.4	19.3	24.7	44.5	37.1
10	36.3	50.3	16.9	25.4	43.6	40.0
11	37.1	47.5	16.6	26.9	43.0	41.9
12	37.4	40.2	16.1	28.8	42.9	45.1
13	38.1	26.1	16.3	31.5	42.7	46.1
14	38.5	17.1	18.0	32.6	42.4	46.4
15	38.7	12.1	18.1	33.6	41.8	47.2
16	39.3	13.6	18.3	33.6	41.7	47.2
17	39.3	11.1	18.4	33.5	41.9	45.7
18	39.1	9.3	20.6	33.4	41.6	44.2
19	39.3	8.6	21.8	33.5	41.7	41.4
20	40.0	10.7	22.0	34.0	42.0	36.3
21	40.1	13.0	24.0	34.6	42.6	31.4
22	40.7	14.7	24.2	35.1	42.8	31.3
23	41.4	16.1	23.2	35.4	42.3	30.8
24	41.7	15.3	21.8	35.7	41.0	35.1
25	41.9	13.4	20.5	36.6	39.6	40.5



第3図 昭和60年8月の流向の自己時差相関

第5表 各風向別の風向と流向のなす角度の標準偏差 (昭和61年6月)

風向 時差	0°~45°	45°~90°	90°~135°	135°~180°	180°~225°	225°~270°
0	41.4	36.0	23.5	31.0	49.4	48.8
1	41.3	43.5	25.1	31.9	47.5	39.4
2	42.0	47.7	27.8	32.4	47.4	31.1
3	43.0	52.2	31.3	34.0	47.9	27.7
4	44.3	55.7	32.5	36.4	47.5	27.8
5	45.2	55.7	31.4	39.1	49.3	30.4
6	45.4	52.5	25.3	41.1	50.6	33.8
7	45.6	47.6	21.6	43.2	50.3	33.8
8	45.9	48.3	23.1	45.8	49.3	31.8
9	45.6	46.7	24.8	49.3	46.7	28.2
10	45.3	48.7	26.1	50.8	44.3	22.9
11	45.2	50.0	27.9	51.6	42.1	18.7
12	45.3	53.7	27.8	52.1	40.7	20.0
13	46.0	50.6	27.4	52.5	40.2	23.9
14	46.3	49.0	27.3	53.3	40.2	29.2
15	46.6	45.1	26.9	53.5	41.0	31.8
16	46.6	40.4	26.3	52.4	43.8	31.5
17	46.4	39.1	25.2	51.3	45.3	34.2
18	45.7	35.6	24.6	49.2	46.8	33.1
19	45.5	36.6	24.0	47.2	47.0	33.7
20	44.8	42.3	23.3	45.8	47.7	32.2
21	43.8	44.3	23.8	45.1	48.0	30.0
22	43.3	45.9	26.4	45.1	47.6	32.3
23	42.9	49.7	29.2	45.1	47.1	33.5
24	42.9	48.1	28.9	45.4	46.8	36.0
25	42.9	42.9	27.8	45.2	48.2	37.0

の風に対して低い値を示した。

同様に、昭和60年の資料についても 45° ～ 90° の風及び 225° ～ 270° の風に対して低い値を示した。しかし、その時差は時によって異なる。これは、それ以前の湖流の状態によるものと思われる。

以上の事から内水試前の湖水は 45° ～ 90° の風及び其の逆方向の 225° ～ 270° の風に対して影響され易いことが判る。

以上の事をまとめると、内水試前の流れは主に風に直接起因する吹送流、吹送された結果生ずる水位のアンバランスによるセイシュ、及び周期約24時間で流向を変化させる流れ、によって構成されている事が判る。吹送流については北東または南西の風に対して生じ易いがその流向は一定せずそれ以前の湖流の状態に大きく依存しているものと思われる。セイシュによる流れは約2.5時間周期で方向を変えている。流速は最大2cm前後であり1周期間の水塊の移動距離はせいぜい50m前後と見られ、水塊の移動に対してよりも水塊同士の混合及び底泥の巻き上げへの寄与が大きいと思われる。24時間周期の流れは起こる原因は不明である。しかしそれによる水塊の移動距離が約400mくらいと見積もられ、短期間内の水塊の移動にかなり重要なものと思われる。

参考文献

- 1) 赤野誠之, 佐々木道也, 山崎耿二郎, 浜田篤信 霞ヶ浦における養殖ゴイのい死について—1
茨内水試調研報 No.12, 1975
- 2) 茨城県内水面水産試験場 昭和60年度赤潮調査報告書 1985
- 3) 村岡浩爾, 福島武彦 霞ヶ浦(西浦)の潮流 国立公害研報 No.19, 1981
- 4) 大西正和, 実用BASIC 日刊工学新聞社 1980