

# 福山港水域の海況の概要

松平康雄・小山治行・遠藤拓郎  
(広島大学水産産学部水産学科)

## Hydrographic Conditions of Fukuyama Harbor

Yasuo MATSUDAIRA, Haruyuki KOYAMA & Takuro ENDO

*Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Animal  
Husbandry, Hiroshima University, Fukuyama, Japan*

(Text-figs. 1-14; Tables 1-7; Appendix Tables A-F)

(I) ま え が き .....	247
(II) 調査水域の地形 .....	248
(III) 観測方法 .....	250
(IV) 観測結果および考察 .....	251
1. 海況 .....	252
2. 底質 .....	270
(V) 論議 .....	275
1. 福山港水域の基本的特長 .....	275
2. 生物群集および漁業 .....	278
3. 観測方法について .....	281
(VI) 要約 .....	281
(VII) Summary .....	282
(VIII) 引用文献 .....	284
Appendix: Data of hydrographic observations (Tables A-F).....	286

### (I) ま え が き

沿岸漁業・水産養殖業の漁場として重要ないわゆる“浅海”“内湾”においては、海況の変化、物質循環の様相が外洋よりはるかに複雑であるが、これらの変化・様相を明らかにすることは学問的に興味深く、水産の見地からも重要なことと考えられる。

われわれは1958～60年に広島県福山港水域で、潮汐による海況の変化、底質の有機質含量などにつき調査\*したので、その結果を報告する。

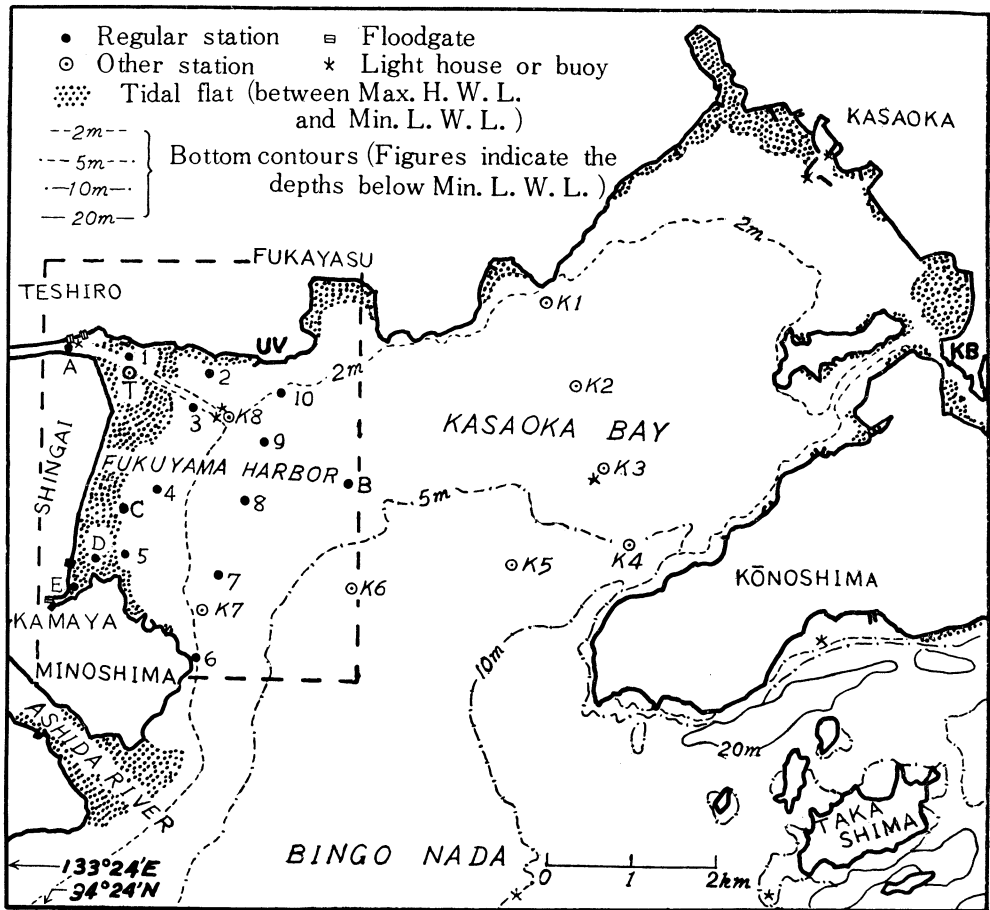
この水域は当学部の敷地に接し、教官・学生の実験・研究が頻繁に行なわれる場所であるが、従来その海況全般を記述した資料がなく不便を感じていたので、本報告では上記の調査結果のほか既に既刊の各種のデータを援用して、この水域の海域を概説した。

本文に入るに先立ち、当学部観測艇“かもめ”を運転して観測に協力された神田富夫氏、観測の一部に助力された水産学科第6回卒業生弓場登・岡山武・山本富一の諸氏、観測結果の整理に協力された弓場幹子夫人・藤井詠恵子嬢に厚く感謝する。また降水量・河川流量の資料入手に便宜を賜った松永測候所および福山市水道局に深謝する。

\* 主として昭和33, 34年度農林省農林漁業試験研究費によった。

(II) 調査水域の地形

調査を行なった福山港水域\*は、備後灘東部に開く笠岡湾の西部を占め (Text-fig. 1), 北・西・南の3方を陸にかこまれた台形状の湾入部である。台形の上辺にあたる西岸は約 3km (直線距離, 以下同じ), 両側辺にあたる南・北岸はいずれも約 2km, 下辺にあたる東側の開口部 (St. 6~10 を通る線) は約 4km で, この 4 辺にかこまれる水域の面積は約 6.1km<sup>2</sup> である。南・北岸は標高 130m 以下の丘陵 (石英班岩質) から成り樹林・畑地でおおわれ, 多少の凹凸を示す海岸線の凹部には小部落が発達している。西岸は平坦な干拓農地で, 護岸堤防以外は標高が平均海面下 0.5m 内外, 海岸線は直線状の護岸堤防から成り, その北端に福山入江, 南端に釜屋入江が開口する。



Text-fig. 1. General map of the investigated area. (After Chart No. 1118<sup>10</sup>)

UV Faculty Campus

KB Former site of the Kasaoka Branch of the Naikai Regional Fisheries Research Laboratory.

The area enclosed with the thick broken line is reproduced in Text-figs. 4, 5, 7, 8 and 12.

\* 調査水域は行政上の“福山港域” (ほぼ St. 5, 9 を通る線以北の海面) とその隣接水域とを含むが, 本報では両者をあわせて“福山港水域”と呼ぶことにする。

水深は浅く、最も沖側の St. B でも基準面下4.5m (大潮満潮面下約8.1m) にすぎず、西岸ぞいのかなりの部分が大潮干潮時に干出する。海底は平坦で西から東へゆるやかに傾斜し、底質は軟泥質である。調査水域の東北部には、福山入江口からほぼ SE/E にのびる浚渫航路があり (延長1.7km, 巾100m, 深さ基準面下2~3m), 2m等深線に達する。

流入河川は、顕著なものはなく、陸水は主として福山・釜屋両入江およびその入口付近にある農地排水樋門を経て本水域に流入する。福山入江は延長約3kmの機帆船用水路で、巾約100m, 深さ1.5m内外 (基準面下), 本水域の東北隅から西方にのび、その西端付近が福山港の埠頭になっており、ここに福山市の都市・工場廃水のかなりの部分が流入し、また海に至る間で農地排水が流入する。これらの陸水は、入江の下層を占める海水と次第に混合しつつ入江口に達する<sup>16)</sup>。農地排水樋門は福山入江口北岸に2カ所、釜屋入江奥に2カ所、同入江北岸に1カ所あり (Text-fig. 1), 干潮時に開かれて背後の干拓農地の余剰水を排出する。この地方は Table 1 に見るように降水量が少ないため、月間降水量の比較的多い (100~200mm) 4~10月以外は、上記の経路を経て調査水域に流入する陸水の量はわずかである。

Table 1. Monthly precipitation at Matsunaga\*, Hiroshima Pref.

Year	Precipitation (mm)												Annual total
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	
1942-'57 (Mean)	39.0	52.4	86.5	97.2	112.6	179.5	204.5	67.9	173.8	99.8	60.3	36.7	1210.2
1958	55.9	48.3	100.4	166.8	65.0	170.0	231.8	139.3	<b>72.3</b>	99.2	<b>30.2</b>	47.1	1226.3
1959	58.0	110.0	<b>80.7</b>	98.9	137.4	68.5	<b>148.2</b>	178.3	81.3	86.5	59.0	66.2	1173.0
1960	28.0	5.7	78.8	72.2	102.5	146.2	<b>245.3</b>	138.2	148.4	79.7	52.9	8.1	1106.0

\* Located ca. 16km west of the Faculty Campus.

**Gothic type** indicates the months in which the hydrographic observation was conducted.

Source : Matsunaga Weather Station.

なお、調査水域の西南1.5kmに芦田川が放流しており、その河水の影響が調査水域の南部におよぶ場合が多く、降水量が比較的多く偏南風の卓越する暖季にこの傾向が強い。芦田川の放水量の季節変化を Table 2 に示した。

Table 2. Average daily flow of the Ashida River\*  
(Unit : 1,000m<sup>3</sup> per day)

1960		1961										Mean
Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	
427	355	352	433	550	749	644	284	1350	244	916	930	605

\* Measured at Kami-yamamori, 16km from the mouth of the river.

Source : Water Supply Department, Fukuyama Municipal Office.

調査水域の顕著な特長のひとつは、潮差が大きいことである。これは、豊後・紀伊の両水道から瀬戸内海へ進入する2潮浪がこの近海 (備後灘東部) で出会うため、調査海域の大

潮時の潮差は平均3.0mに達する。ただし日潮不等は著しくない。福山港(福山入江奥)・笠岡港・鞆港の潮汐非調和常数を Table 3 に示した。

Table 3. Non-harmonic tidal constants at Fukuyama, Kasaoka and Tomo Ports.

Port	Fukuyama	Kasaoka	Tomo
M. H. W. I.	11 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>
Mean sea level	2 2	2 08	2 11
Spring rise	3 8	3 60	3 61
Neap rise	2 9	2 74	2 77
Spring range	(No data)	3 04	3 00
Neap range	(No data)	1 32	1 32
Mean range	(No data)	2 18	2 16
Diurnal inequality	(No data)	0 37	0 41
Source	Maritime Safety Agency <sup>11)</sup>	Matsudaira & Yoshizawa <sup>13)</sup>	

### (III) 観 測 方 法

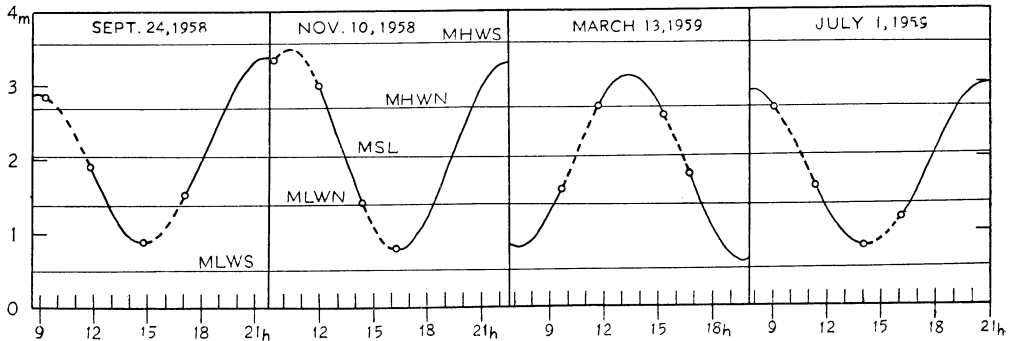
#### 1. 海 況

海況観測は合計6回行なった(Table 4)。“定期観測Ⅰ～Ⅳ”は潮時による海況の変化を各季節に調査したもので、風波のない日の午前・午後に各1回、同じ10～14の観測点を1周して観測した。1周には約2時間を要した。午前の観測はおよそ満潮時に、午後の観測はおよそ干潮時になるように計画したが、“定期観測Ⅲ”では午前は上げ潮時、午後は下げ潮時となった(Text-fig. 2)。“12時間観測”では福山入江口付近の水の流動交代を調査し、“流入陸水調査”では数日前の大雨にともなう流入陸水の分布状態を調査した。

Table 4. List of hydrographic observations.

Observation	Date (Moon age)	Time		Stations occupied (No. of stations)
Regular Observation I	24/ IX /1958 (11)	09 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> ～11 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 14 45 ～16 59	*(H+1)～(H+3) (L) ～(L+2)	St. 1～10 (10)
Regular Observation II	10/ XI /1958 (28)	09 32 ～11 58 14 21 ～16 15	(H-1)～(H+1) (L-2)～ (L)	St. 1～10, A～E (14)
Regular Observation III	13/ III /1959 (4)	09 38 ～11 39 15 16 ～16 38	(L+2)～(L+4) (H+2)～(H+3)	St. 1～10 (10)
Regular Observation IV	1/ VII /1959 (25)	09 03 ～11 20 14 00 ～16 12	(H+1.5)～(H+3.5) (L) ～(L+2)	St. 1～10, A, B (12)
12-Hour Observation	10/ VII /1960 (16)	05 30 ～17 30	(L)～(H)～(L)	St. T (1)
Land Drainage Survey	11/ VII /1960 (17)	11 05 ～12 45	(H-1)～(H+0.5)	St. K1～K8 (8)

\* (H) and (L) respectively represent high water and low water. Numerals indicate the length of time in hours. Consequently, (H+1), (L-2), etc. respectively denote “one hour after high water”, “two hours before low water”, etc.



Text-fig. 2. Predicted tide curves at Minoshima for the days of regular observations.  
Broken part of the curve indicates the duration of observation.

観測層は原則として0m層、1m層、および底層（海底上0.3~1.5m）とし、観測項目はAppendix Table A~Fの通りである。採水・測温には北原式B号採水器・棒状温度計（ときにナンセン採水器・転倒温度計）を用い、必要に応じサーミスター水温計を併用した。透明度板は直径30cmの白色のもの、表層潮流の測定には十字海流板（各面30×30cm）を用いた。pHは比色法（指示薬：cresol red または thymol blue）、塩素量・溶存酸素量は“海洋観測指針”<sup>24)</sup>の常法、C.O.D.は佐伯<sup>30)</sup>のアルカリ性過マンガン酸カリ法（ただしN/50 KMnO<sub>4</sub>を5ml使用）によった。酸可溶性全鉄量は $\alpha\alpha'$ -dipyridylで発色させ比色<sup>23)</sup>したが、浸出時間を30分とし還元液には10% Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>を用いた。

## 2. 底 質

底質試料はSt. 1~10で次の6回採取した。

- [I] 1958年10月3日
- [II] “ 11月7日
- [II] “ 12月22日
- [IV] 1959年1月31日
- [V] “ 3月13日
- [VI] “ 7月1日 (St. Aを追加)

採泥にはT型採泥器を用い、同時に古川<sup>4)</sup>の浅海用ペネトロメーターを水面から落させて貫入深度\* (penetration value) を記録した。底泥の酸素消費量の測定には、採泥直後の湿泥5gを250ml容のガラス共栓瓶（無色）に入れ、溶存酸素量既知の海水を満たして密栓し、振とうして内容物をよく混合し、24時間室温に静置した後、瓶内の上澄液の溶存酸素量をWINKLER法で測定した。灼熱減量は常法<sup>32)</sup>、有機炭素量はクロム硫酸を用いるTiurinの簡易滴定法<sup>32)</sup>、全窒素量はmicro-KJELDAHL法により測定した。

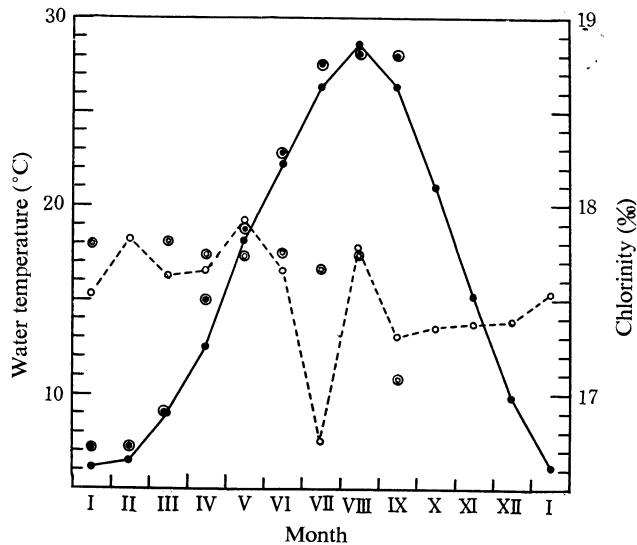
### (IV) 観測結果および考察

上記の海況観測の結果をAppendix Table A~Fに、底質に関する測定結果をTable 6に示した。

これらの観測結果を考察する前に、調査水域の水温・塩素量の年変化にふれておこう。Text-

\* 古川<sup>4)</sup>は“透徹深度”と呼んでいる。

fig. 3 に学部前\* および 内海区水産研究所笠岡支所前\*\* の表層の水温・塩素量の月別平均値を示した。前者は1961年1～9月の記録しかないが、後者は1939～53年の15年間の平均値である。各季節に大学前と笠岡支所前とでどの程度の差があるかはまだ明かでないが、かりにこの差があまり大きくないとみなせば、この図から、学部前の表層水温は1,2月に最低(月平均6～7°), 8月に最高(同28°位)に達し、表層塩素量は2～6月には17.6～17.9%, 7～9月には流入陸水の影響で低下し、10～1月の間に17.5%前後にまで回復するものと考えられる。すなわち、水温は年較差が大きく最高最低が気温のそれと同月に起るといふ内湾的な型を示すのに対し、塩素量は流入陸水の多い夏季に低下する以外は周年比較的安定しているといえよう。



Text-fig. 3. Monthly meas of water temperature and chlorinity of the surface layer of Kasaoka Bay.

—●—	Water temperature	} Based on the daily observation at the Kasaoka Branch, Naikai Regional Fisheries Research Laboratory during 1939-1953 <sup>3)</sup> .
.....	Chlorinity	
⊙	Water temperature	} Based on the daily observation on the south shore of the Faculty Campus in 1961.
⊙	Chlorinity	

## 1. 海 況

6回の海況観測の結果を順を追って考察する。

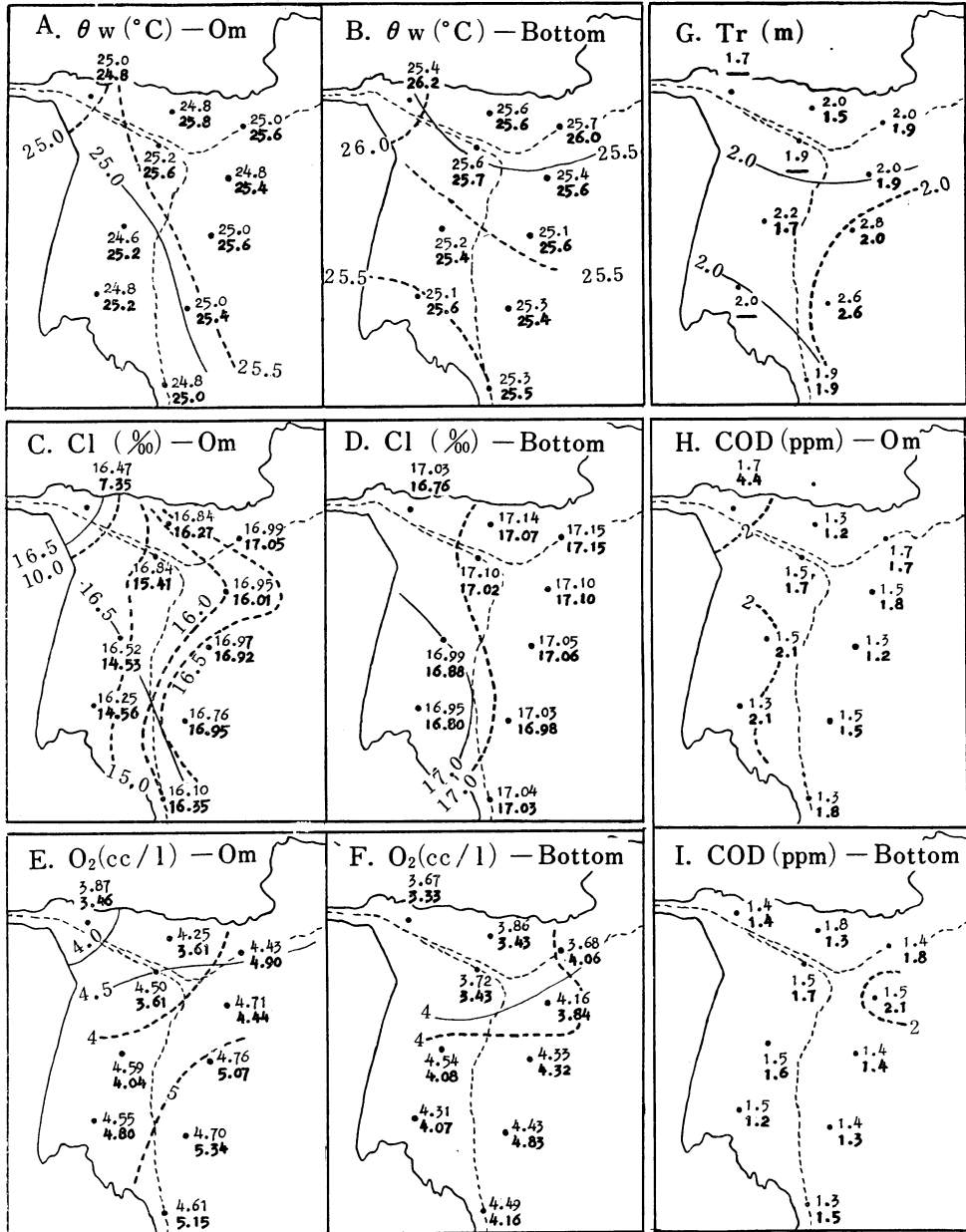
### (I) 定期観測 I (1958年9月24日)

観測結果は Table A-1, A-2 の通りで、その一部を Text-fig. 4 に図示した。

この観測は盛夏の水温最高期がすぎて水温が下り始めた頃を実施したもので、午前の観測は下げ潮の前半に、午後の観測は干潮直後に行なった (Table 4, Text-fig. 2)。天候はくもり(雲量9), 静穏(北寄りの風0～2m/sec), 海上の気温は22～25.8°で表層水温より1～3°低い。

\* 学部敷地南岸のコンクリート・スロープで毎朝9時に観測。塩素量は滴定による。

\*\* 岡山県笠岡市横島(学部の東方約8km)にあった(Text-fig. 1)。観測は同支所南岸(横島水道)で毎朝10時に行なわれ、塩素量は比重から換算された。



Text-fig. 4. Horizontal distribution of water temperature ( $\theta_w$ ), chlorinity (Cl), dissolved oxygen ( $O_2$ ), chemical oxygen demand (C.O.D.) and transparency (Tr) in the two observations on September 24, 1958.

Light-faced letter and solid line ..... Early ebb in the morning

Thick letter and dotted line ..... Early flood in the afternoon

水温 (Text-fig. 4A, B): 午前午後の各点各深度を通じ 24.6~26.2° の範囲であった。表層は大気により冷却され 1m 層より 0.1~1.0° 低温であるが、1m 層と底層 (海底上 1.0~

1.5m) との間ではほとんど差がない。各点とも午後には午前よりわずかに昇温した(表層で約 $0.5^{\circ}$ 、底層で約 $0.2^{\circ}$ )。同一深度における水平方向の温度差は $1.0^{\circ}$ 以内で、北寄りの St. 2, 10がやや高温、南西寄りの St. 4~6 がやや低温であった。学部南岸に近い St. 10の表層水温は午前 $25.0^{\circ}$ 、午後 $25.6^{\circ}$ で、内水研笠岡支所の平年値とほぼ一致する。Text-fig. 3において9月の学部前の水温が笠岡支所前の同月の平年値より $2^{\circ}$ ちかく高いが、これは恐らく1961年9月が異常に高気温であったことによるもので、一般に9月には学部前と笠岡支所前の表層水温はあまり差がないものと考えられる。

塩素量(Text-fig. 4 C,D): 一般的に見て沖側(St. 8~10)が高く、陸水の流入口に近い岸側が低い。しかし、陸水の影響はほとんど表層に限られ、1m以深の塩素量は入江口付近と沖側とで約 $0.3\%$ の差があるにすぎない。底層の塩素量は1m層よりわずかに高い。潮汐による表層塩素量の変化をみると、下げ潮前期には全般に高く、最も低い福山入江口(St. 1)および南西部(St. 4,5)でも $16.2\sim 16.5\%$ である。これに対して、上げ潮初期には、西岸から1.2km沖まで表層一帯に陸水の混入した低塩分水( $14\sim 16\%$  Cl)が分布し、下げ潮前期にくらべ塩素量が $1\sim 2\%$ 低下した。特に福山入江口では樋門から放出された淡水のために表層の塩素量は $7.35\%$ に低下した。

なお箕島東岸の St. 6 では表層の塩素量が弧立的に低く、芦田川々口の低塩分水がここまで拡がっていたものと推定される。学部南岸付近の St. 10 の表層は $17.0\%$ 前後で、さきにくのべた季節変化の傾向(Text-fig. 3)と一致する。

鉛直安定度\*: 水温・塩素量の鉛直分布について考察した諸点は、鉛直安定度の値によく現われている。すなわち、下げ潮前期には、 $0\sim 1\text{m}$ 間は大部分の測点で $E' \leq 0$ で対流状態であったことが裏書きされ、1m以深は一般に $0 < E' < 0.3$ であった。上げ潮初期には、低塩分水が表層をおおった西岸寄りの各点(St. 1~5)および St. 9 では $0\sim 1\text{m}$ 間の $E'$ は $1\sim 12$ で大きい。しかし1m以深は各点とも $0 < E' < 0.3$ で下げ潮前期と大差がない。

溶存酸素量(Text-fig. 4E, F): 分布はかなり複雑であるが、福山入江口付近は潮時にかかわらず酸素量が少ない。先ず下げ潮前期(午前)には、福山入江口(St. 1)の全層および近接する St. 2, 3 の底層が $3.8\text{cc/L}$ (飽和度 $76\%$ )前後の低値を示すが、他の測点では表層は $4.2\sim 4.8\text{cc/L}$ ( $84\sim 94\%$ )、底層はこれよりやや少なく、 $4.1\sim 4.5\text{cc/L}$ ( $83\sim 90\%$ )であった。上げ潮初期(午後)には福山入江口付近は表・底層ともさらに低酸素になったが、南方沖寄りの St. 6~8 の表層は逆に酸素量が増し過飽和となった。

本海域のような浅海の溶存酸素量は、アジモ・植物プランクトンの光合成作用、生物・浮泥・底泥による消費、貧酸素(例えば福山入江)または富酸素の水の流入など、諸種の要因によって変化する。今回はこれらの要因を個々に測定しなかったので、観測結果に見られる溶存酸素量の変動の原因を十分に説明することは困難である。

C. O. D. (Text-fig. 4H, I): 分布および潮時による変化は溶存酸素と同様やや複雑である。顕著なことは、干潮時に福山入江口表層が $4.4\text{ppm}$ の高値を示したことである。これに次ぐ高値は St. 4, 5 の表層および St. 9 の底層(いずれも干潮時)の $2.1\text{ppm}$ で、その他は午前・午後を通じて $0.9\sim 1.8\text{ppm}$ の範囲であった。潮時による変化および鉛直分布につ

\* 鉛直安定度  $E' = \frac{\sigma_t(z_2) - \sigma_t(z_1)}{z_2 - z_1}$  ただし  $z_1, z_2$  は観測深度 (m単位),  $\sigma_t(z_2), \sigma_t(z_1)$  はその深度の  $\sigma_t$ .



いては特別な法則性を見出せなかった。

酸可溶性鉄： 流入陸水や底泥の影響が少ないと考えられる水層では 0.05ppm またはそれ以下であった。下げ潮前期には St. 1 を除くほとんど全点の 0, 1m 層がこれに該当し、上げ潮初期には沖側の St. 6~8, 10 の 0, 1m 層がこの値を示した。底層は一般に 0, 1m 層より高値を示し、その最高は 0.23ppm であった。上げ潮初期、低塩分水の分布する St. 1, 3~5 の表層は 0.12~0.38ppm の高値を示した。

透明度 (Text-fig.4G)： 陸岸から最も離れた St. 7, 8 で最も大きく (下げ潮前期にそれぞれ 2.6, 2.8m), 陸岸へ近づくにつれて減少する傾向が見られた。また大部分の測点で、上げ潮初期には下げ潮前期より透明度が小さかった。

水色： 一般に下げ潮前期には 5, 上げ潮初期には 6~7 であったが、入江口に近い St. 1, 5 の水色はこれより悪かった。また、沖側の測点で下げ潮前期と上げ潮初期を比較すると、塩素量はほとんど変化していないのに、水色は後者の方が明らかに悪い。

総括： 以上を総括すると、

① 塩素量の低い季節にあたる。大気による冷却が始まっており、午前の満潮時には 1m 以浅は対流状態を示す。1m 以深は、塩素量は下方へ向ってわずかに増加するが水温はほとんど変化なく、従って鉛直安定度は大きくない。

② 干潮時には、福山入江・釜屋入江付近から放出される淡水・低塩分水のために、西岸から約 1・2km 沖まで表層の塩素量が満潮時に比し 1~2% 低下する。しかしそれより沖側および 1m 以深はほとんど影響を受けない。次の上げ潮・満潮の間にこの表層の低塩分水は下方の海水と混合してしまう。

③ 沖側やや南寄り (St. 7, 8) には水温・塩素量・溶存酸素量・透明度が比較的高く、水色がよく、C.O.D., 鉄量の小さい水が分布する。これに対し、福山入江の水は低塩分・貧酸素で透明度が小さく C.O.D.・鉄量が大きく、この水の影響は干潮時に浚渫航路周辺におよぶ。南西部 (St. 4, 5) は水温・塩素量・透明度が低く、水の交代が比較的悪いと考えられ、干潮時にその表層は釜屋入江付近から放出される陸水の影響を受ける。塩素量・透明度から見て、箕島東岸の St. 6 は芦田川々口の低塩分水の周縁にあたっていたと考えられる。

④ 溶存酸素量は、福山入江水に影響されない水域では、大体 4.1~4.8cc/L (飽和度 83~90%) で、午後表層が過飽和を示す測点もあった。鉛直傾度は著しくなかった。

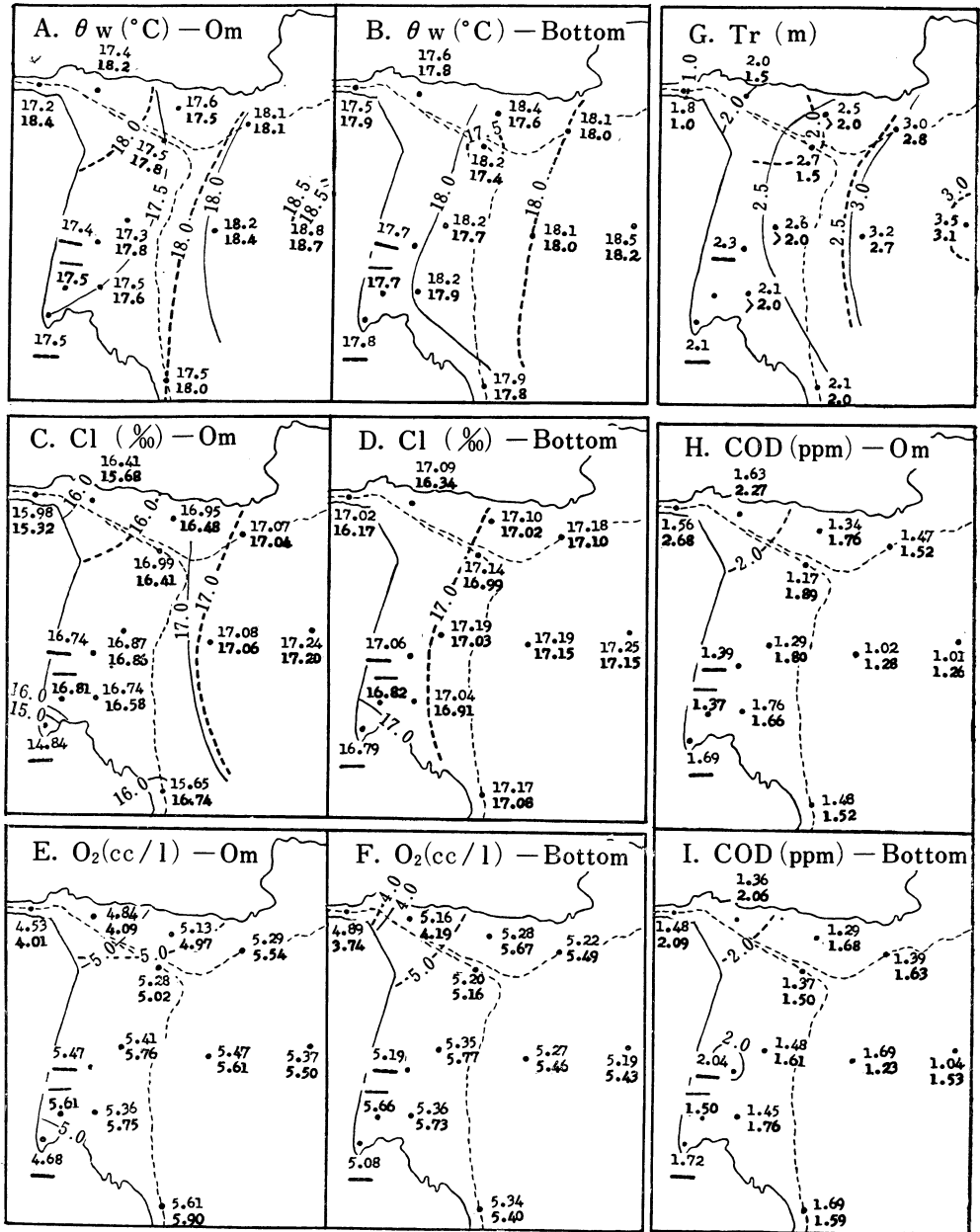
⑤ C.O.D. および酸可溶性鉄は陸水 (ことに福山入江水) の混入により増大し、また底層水は中層水に比し一般に鉄の含量が大きい。

## (2) 定期観測 II (1958年11月10日)

観測データは Table B-1, B-2 の通りで、おもな要素の水平・鉛直分布をそれぞれ Text-fig. 5, 6 に図示した。

この観測は秋季の降温がかなり進行した時期に実施した。午前の観測は満潮時を中心に、午後の観測は下げ潮末期に行なった (Table 4, Text-fig. 2)。従って、潮時からいえば、定期観測 I より 1.5~2 時間早目に観測したわけである。天候は晴、午前は無風、午後は南寄りの微風、観測時の海上気温の平均は午前 19.0°, 午後 18.2° で表層水温の平均 17.8° より少し高い。

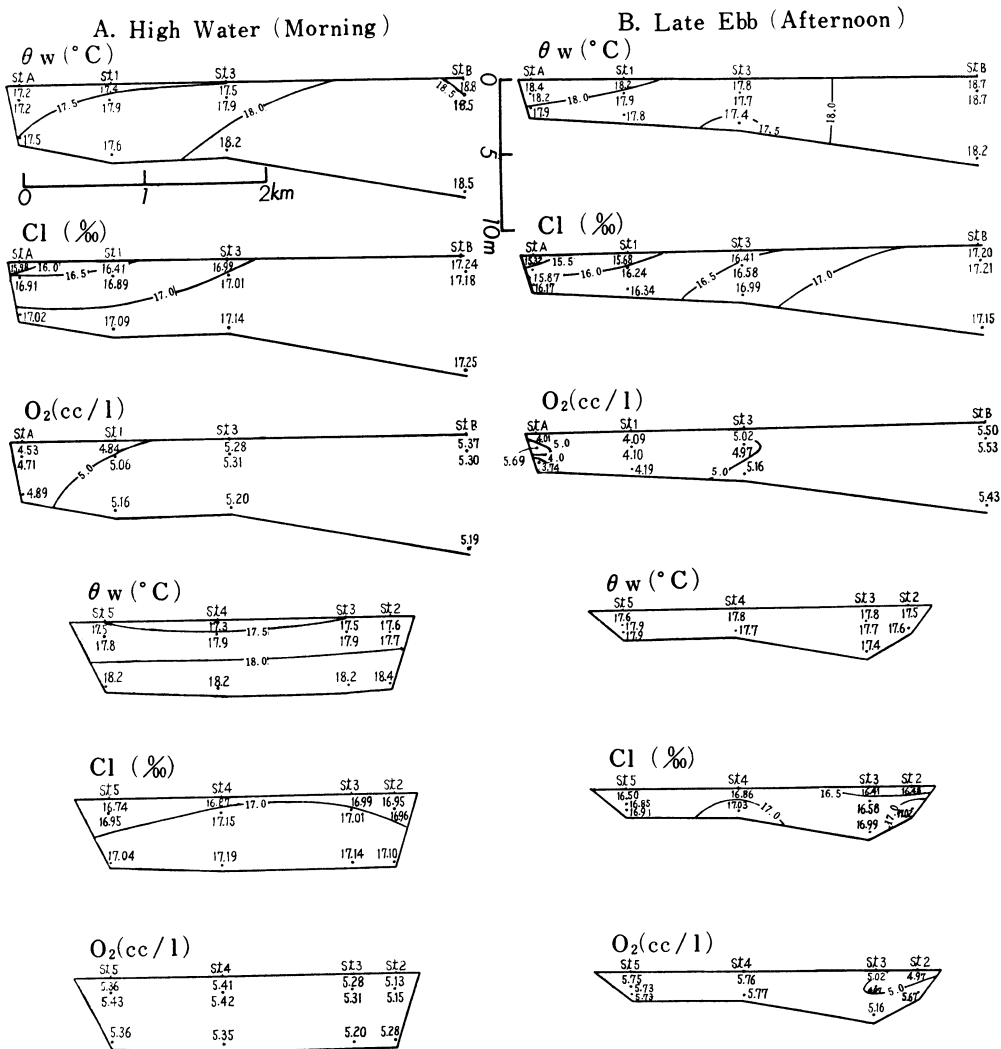
水温 (Text-fig. 5A, B, 6)： 午前午後の各測点各深度を通じ大体 17.2~18.4° の範囲であったが、最も沖側の St. 8 の上層は午前も午後もこれより高かった (18.5~18.8°)。



Text-fig. 5. Horizontal distribution of water temperature ( $\theta_w$ ), chlorinity (Cl), dissolved oxygen ( $O_2$ ), chemical oxygen demand (C.O.D.) and transparency (Tr) in the two observations on November 10, 1958.

Light-faced letter and solid line ..... High water in the morning  
 Thick letter and dotted line ..... Late ebb in the afternoon

表層一底層間の温度差は小さく、多くの場合 $0.4^{\circ}$ 以内であったが、午前の満潮時には一般に底層の方が高温であるのに対し、午後の下げ潮末期には表層の方が高温であった。ただし



Text-fig. 6. Vertical distribution of water temperature ( $\theta_w$ ), chlorinity (Cl) and dissolved oxygen ( $\text{O}_2$ ) in the two observations of November 10, 1958.

沖側の St. 8, 10, B では午前・午後とも表層の方が高温であった。

水温は一般に沖から陸岸へ向って低くなる傾向を示したが、下げ潮末期に陸岸にごく近接した測点の上層が逆に周囲より多少高温を示す場合があった (St. A, 1, 6 など)。

各測点各深度とも、午前・午後の観測の間に水温はわずかしき変化せず、変化は大体  $\pm 0.3^{\circ}$  の範囲であった。ただし、陸岸に近い測点の上層が午後 (下げ潮末期) には午前 (満潮時) より  $0.5\sim 1.0^{\circ}$  昇温している場合があった (St. A, 1, 4, 6 など)。

大学南岸に近い St 10 の表層水温は  $18.1^{\circ}$  で、Text-fig. 3 の季節変化と一致する。

塩素量 (Text-fig. 5C, D, 6)：塩素量は沖側の St. 8, 10, B で最も高く、表層で  $17.04\sim 17.24\text{‰}$  を示した。これらの測点では表層一底層間の差は小さく ( $0.11\text{‰}$  以下)、潮汐による変化もわずかであった ( $0.10\text{‰}$  以内)。

各深度の塩素量は、これらの測点から陸岸へ向って低下し、福山・釜屋両入江内の表層で最低を示した (16%以下)。ただし満潮時の底層の塩素量は岸寄りの測点でも 17% 以上あった。

2 m 等深線以西の測点では、下げ潮末期には満潮時より一般に塩素量が低く、この低下は南西部 (St. 4, 5) ではあまり目立たず、浚渫航路ぞいの St. A, 1, 3 に顕著であり、前者で約 0.1%、後方で 0.4~1.0% 低下した。さきにも述べたように、定期観測 I ではこれらの測点の塩素量は低潮時に表層だけが 1.0% 以上低下し、1 m 層はほとんど変化がなかった。それに比べると、今回は塩素量の変化は小さいが 1 m 層でも低下が起っており、また主として福山入江・浚渫航路付近に顕著な低下が見られた点が前回と異なっている。この原因については、各入江・樋門の放水量、樋門の開門時刻などの資料がないため定量的な考察はできないが、午前と午後の観測時の潮位の差が定期観測 I では 1.2 m であったのに対し今回は 2.5 m と約 2 倍であり (Text-fig. 2)、また今回は陸水が海水より低温であったから、陸水・海水の混合は今回の方がすみやかに進行しえたであろうという点を指摘しておく。学部南岸付近の St. 10 の表層塩素量は 17.05% 程度で、さきに推定した季節変化 (Text-fig. 3) よりかなり低い。

鉛直安定度： 鉛直安定度は各測点とも小さい。前述のように水温の鉛直傾度が潮時によって逆転したことを考えあわせると、各測点とも鉛直混合が盛んであったと見なしてよいようである。

E' が最も小さいのは沖側の St. 8, 10, B で、各層とも潮時にかかわらず大体 0~0.06 の範囲であった。その他の測点では 1 m 以深は  $0 < E' < 0.1$  の場合が多く、0—1 m 層の E' はこれよりやや大きく、また潮時により変化した。なお満潮時に St. E 表層の塩素量は 14.84% で著しく低かったが、このとき 0—1 m 間の E' は -2.3 であったから、その後下方の海水と速かに混合したものと思われる。

溶存酸素量 (Text-fig. 5E, F, 6)： 一般に、午前の満潮時には 5.0~5.5 cc/L (飽和度 88~97%)、午後の下げ潮末期には各点各層ともこれより 0.2~0.4 cc/L 増加した。しかし、福山入江起源の貧酸素水の影響を受けた水層にはこの通則があてはまらず、酸素量は 5 cc/L 以下であり、下げ潮末期には満潮時より酸素量が低かった。このような水層は満潮時には St. A の全層および St. 1 の表層だけであったが、下げ潮末期には浚渫航路ぞいに拡がり、St. 3 の表層にまで及んだ。このほか、満潮時の St. E の表層・1 m 層も酸素量がやや低かった。

酸素量の鉛直傾度は、福山入江起源の貧酸素水の分布する水域では正 (下層ほど酸素が多い)、その他の水域では一般に負であったが、いずれの場合も表層—底層間の酸素量の差は 0.2 cc/L 以内の場合が多かった。

C.O.D. (Text-fig. 5H, I)： 福山入江口 (下げ潮末期の St. A, 1) および西岸寄りの St. C (満潮時の表層) などに見られた高値を除けば、測定値はすべて 1.1~1.8 ppm の範囲に入る。表層の C.O.D. は満潮時・下げ潮末期とも沖側の St. 8, B などで最も小さく、陸岸へ向ってわずかに増大する傾向を示すが、底層ではこの傾向は明らかでない。各測点の各深度について、午前 (満潮時) と午後 (下げ潮末期) の値を比較すると、午後の方が高い場合が多く、その差は沖側の測点で 0.2 ppm 程度、福山入江口付近では 0.6 ppm 程度であった。鉛直分布は区々で、法則性を見出しがたい。

酸可溶性鉄： 測定値の大部分は 0.05 ppm 以下であった。これより大きい値は陸水の混入度の高い水層または底層に見られ、下げ潮末期の福山入江口 (St. A の全層, St. 1 の表

・底層)では特に大きく0.21~0.28 ppmであった。これらの測点では満潮時には0.15 ppm以下であったから、下げ潮時に福山入江を流下して来た水に鉄が多く含まれていたと考えられる。

透明度 (Text-fig. 5G)： 沖側の St. 8, 10, B で最も大きく満潮時に3.0~3.5mを示す。満潮時の透明度はこれらの測点から陸岸へ向って次第に減少するが、最も陸寄りの測点でも2.0m以上である(ただし福山入江内の St. A は1.8m)。下げ潮末期には、福山入江の水の影響を受ける St. A, 1, 3 の透明度が1.0~1.5mに減少し、同時に前記の沖側の3測点の透明度も0.2~0.5m減少した。

水色： 満潮時には沖側の St. 8, 10, B で6, 表層が著しく低塩分であった St. 6, E で8~9, その他の測点では7であった。下げ潮末期には、沖側の3測点の水色は高潮時よりわずかに悪化し(6, 6~7, 7), 福山入江口の St. A, 1 では暗色が強くて測定できず、その他の測点では7であった。

総括： 以上の結果を総括すると、

① 秋の冷却期にあたり、鉛直安定度は9月の観測におけるよりもさらに小さい。水温・塩素量・溶存酸素量の鉛直傾度は一般に小さく、上・下層の混合がよく行なわれていたと推定される。水温・塩素量は沖側に高く、一般に陸岸に近づくにつれて低下する。水温は既往の記録にもとづく平年値とほぼ等しいが、塩素量はこれよりかなり低い。

② 沖側 (St. 8, 10, B) では水温が高く、塩素量・溶存酸素量・透明度が大きく、水色がよく、鉄量・C.O.D. が小さく、上・下層の混合が最も進んでおり、また潮時による水温・塩素量の変化が小さい。

③ 満潮時には塩素量の高い水が下層にさしこみ、陸岸にまで達する。

④ 福山入江内では、塩素量・溶存酸素量・透明度が小さく、鉄量・C.O.D. が大きく、水色が悪い。低潮時には浚渫航路ぞいの測点にこの水の影響が顕著に見られた。また釜屋入江付近からも低塩分の水が放出され、低潮時に2m等深線以西の各測点にその影響が認められたが、あまり顕著ではなかった。箕島東岸の St. 6 は透明度が小さく水色が悪く、表層の塩分が低く、芦田川川口起源の低塩分水が分布していたと考えられる。

⑤ 酸素量は、福山入江の水に影響されない水層では、午前の満潮時には一般に5.0~5.5 cc/L (飽和度88~97%)で、午後には一般にこれより増加し過飽和に達した測点もあった。鉛直傾度は小さかった。

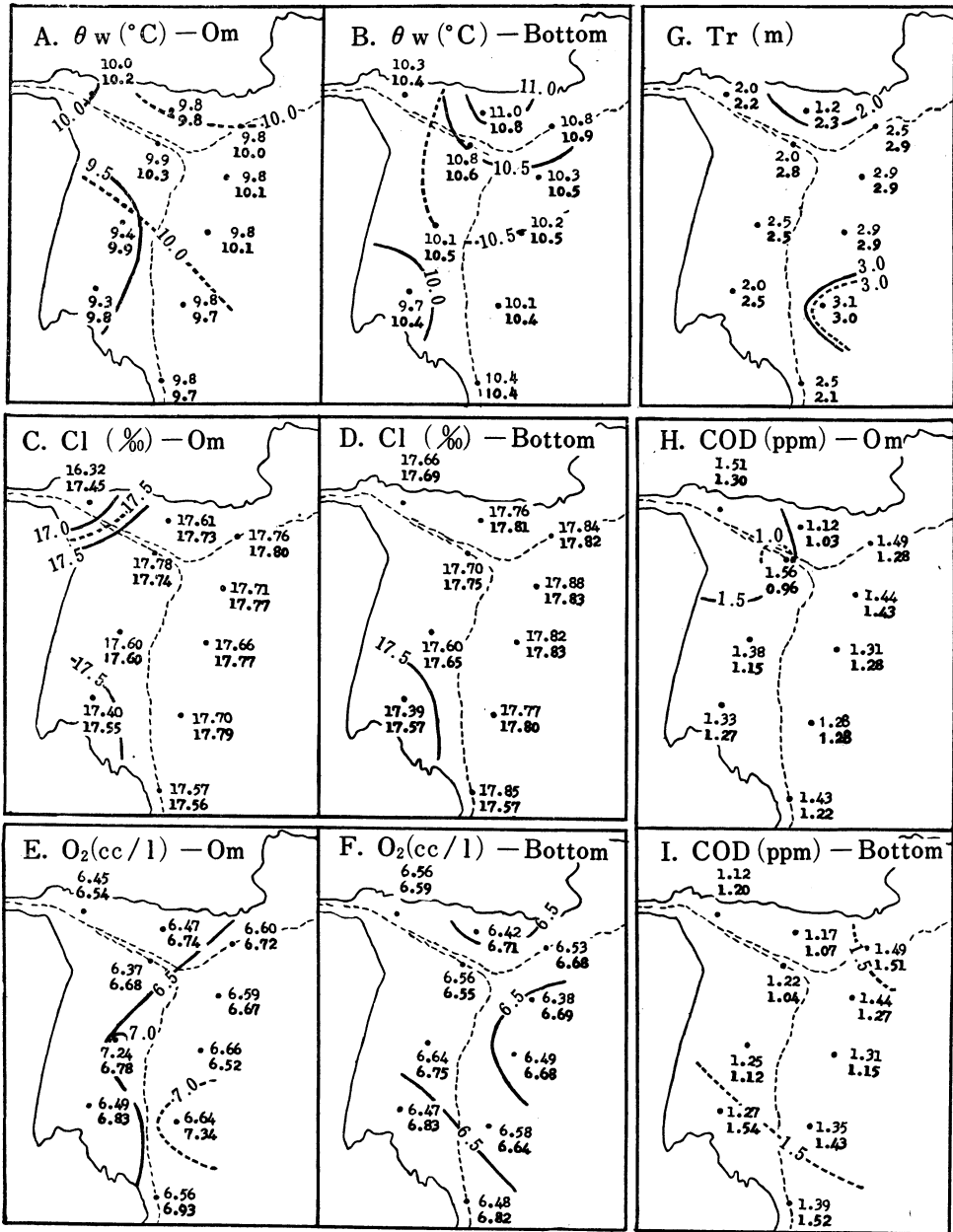
⑥ C.O.D. および酸可溶性鉄は陸水(ことに福山入江水)の混入により増大した。C.O.D. は午前(満潮時)より午後(下げ潮末期)の方が多少大きい傾向が見られた。また一般に底層は中層より鉄量が多かった。

### (3) 定期観測 III (1959年3月13日)

観測データは Table C-1, C-2 の通りで、主要な要素の水平分布を Text-fig. 7 に示した。

この観測は春の昇温の始まった時期に実施した。他の定期観測と異なり、午前の観測は上げ潮中期に、午後の観測は下げ潮中期に行なった (Table 4, Text-fig. 2)。天候はくもり、観測時の海上気温の平均は午前6.1°, 午後7.9°で、表層水温の平均よりそれぞれ約4°および2°低かった。

学部南岸に近い St. 10 の表層は水温9.9°, 塩素量17.8%で、Text-fig. 3 の季節変化と一致し、塩素量が最も高い季節にあたる。



Text-fig. 7. Horizontal distribution of water temperature ( $\theta_w$ ), chlorinity (Cl), dissolved oxygen ( $O_2$ ), chemical oxygen demand (C.O.D.) and transparency (Tr) in the two observations on March 13, 1959.

Light-faced letter and solid line ..... Flood in the morning  
 Thick letter and dotted line ..... Ebb in the afternoon

水温 (Text-fig. 7A, B) : 午前・午後を通じ 9.3~11.0°の範囲で、各測点とも表層から下方へ向ってわずかに高くなり、表・底層間の差は 0.3~1.2°であった。水温が最も高かつ

たのは北東部 (St. 2, 3, 10 など) の底層で、これに対し釜屋入江寄り (St. 5 など) は比較的低温であった。各点各層の水温は午前・午後相等しいか、または午後の方が少し ( $0.5^{\circ}$ 以下) 高かった。

塩素量 (Text-fig. 7C, D)： 一般的に塩素量が高く、少数の例外を除き各点各層とも 17.5%以上であった。一般に 0—1m層間は塩素量はほとんど差がなく、1m以深は差がないかまたは下方へ向ってわずかに増加した (1m—底層間の差は 0.3%以内)。塩素量が最も高いのは沖側北部 (St. 8~10) の底層で、上げ潮・下げ潮時とも 17.82~17.88%で、St. 2 (下げ潮時)・St. 6 (上げ潮時) の底層にもこの程度の高い値が見られた。塩素量が低かったのは福山入江・釜屋入江付近で、最低は 16.22% (St. 1 表層、上げ潮時) であった。各点各層の上げ潮・下げ潮時の塩素量を比較すると、相等しいかまたは下げ潮時の方が少し高く、差は一般に 0.2%以内であった。

鉛直安定度： 0—1m層間は午前・午後ともに負で ( $-1.6 \leq E' \leq 0$ )、これは気温が低く表層が 1m層より低温であったことによる。1m—底層間も鉛直安定度が小さく、 $E'$ の値は午前は 0~0.1、午後は一般に 0 であった。従って、昇温期ではあるが鉛直成層は発達していなかったといえる。

溶存酸素量 (Text-fig. 7E, F)： 測定値は少数の例外を除き 6.4~7.0cc/L (飽和度 97~105%) の範囲で、一般に表層から底層へ向ってわずかに減少するが、底層でも飽和度 98%以上である。同一測点の同じ層の午前と午後の値を比較すると、多くの場合午後 (上げ潮時) の方が 0.1~0.3cc/L 程度大きい。福山入江口付近 (上げ潮時の St. 1~3, 下げ潮時の St. 1) の表層は周囲より酸素量がやや小さく、これは入江の水の混入によると思われるが、周囲との差は前 2 回の観測の場合よりはるかに小さい。なお、表層または 1m層の酸素量が周囲から孤立して高い測点があった (St. 4, 7, 10)。

C. O. D. (Text-fig. 7H, I)： 一般的に 1.0~1.6 ppm の範囲で、各点各層とも午前・午後の値の差はわずかである。午前 (上げ潮時) には St. 1, 3 の表層および St. 10 (全層) などが、午後 (下げ潮時) には St. 5, 6, 10 の底層が、周囲よりやや大きい C. O. D. を示した。他の観測の場合とことなり、福山・釜屋入江付近が特に高い値を示すということとはなかった。

酸可溶性鉄： 一般に 0.05 ppm 以下であった。これより大きい値は、主として上げ潮時に福山・釜屋入江付近の塩分の比較的低い水層に見られた (St. 1, 2, 5)。このほか St. 5, 6, 10 などの底層がやや高い値を示した。

透明度 (Text-fig. 7G)： 上げ潮・下げ潮時を通じ最も陸寄りの測点でも 2.0m以上あり (St. 2 上げ潮時の 1.2mは例外)、最も大きい値は沖側の St. 7~9に見られた (2.9m以上)。浚渫航路下流部の St. 3 では下げ潮時の透明度が沖側とほとんど等しく、沖側の水の影響が強くと推定される。

総括： 以上を総括すると、

① 塩素量が最も高い季節にあたる。春の昇温が始まっているが鉛直成層は発達しておらず、鉛直安定度は全層を通じ 0 に近い。水温・塩素量の鉛直分布は、表層—1m層間は塩素量はほぼ等しく水温は表層が低い。1m以深は水温・塩素量とも下層へ向ってわずかに増大する。

② 水温・塩素量・透明度の最も高い水は沖側北寄り (St. 8~10) に分布するが、浚渫航路ぞいの St. 2, 3 などでこれに劣らぬ高い塩素量または透明度が見られた。

③ 福山・釜屋入江付近における流入陸水の影響（塩素量・酸素量・透明度の減少, C. O. D., 鉄量の増加）は他の観測の場合よりはるかに軽微で影響範囲も局限されていた。換言すれば、沖側の水の影響が水域全体に強く及んでいた。これは、干潮時に観測を行なわなかったことによる見かけの傾向ではなく、季節的な傾向であろうと考えられる。

④ 上げ潮時には下げ潮時に比べて、両入江付近における陸水の影響範囲がやや広く、他の測点においても塩素量・透明度の低い場合が多かった。

⑤ 溶存酸素はどの測点でも底層まで飽和に近く、同じ測点の同じ深度の午前・午後を比較すると、一般に午後（下げ潮時）の方が 0.1~0.3cc/L 程度多かった。

#### (4) 定期観測 IV (1959年7月1日)

観測データを Table D-1, D-2 に、おもな要素の水平・鉛直分布をそれぞれ Text-fig. 8, 9 に示した。

この観測は水温が年の最高に近づいた時期に実施したもので、午前の観測は下げ潮の中期に、午後の観測は干潮直後（上げ潮の初期）に行なった（Table 4, Text-fig. 2）。天候はくもり、観測点における気温の平均は午前 25.3°, 午後 27.1° で、表層水温の平均よりそれぞれ 1°, 0.1° だけ高い。学部南岸に近い St. 10 の表層水温は 26.8°（午前・午後の平均）で沿岸水温の平年値に近く、表層塩素量は 17.42%（同上）で比較的lowく、この時季が塩分の年変化の一つの谷にあたっていることと一致する（Text-fig. 3）。

水温（Text-fig. 8A, B, 9）： 沖測中央部（St. 7, 8, B など）の底層が最も低温で、最低は 24.0° であった（St. 7, 下げ潮時）。ここから表層および陸岸へ向って水温が高くなり、最高は午後（上げ潮初期）に福山入江口の表層に見られた 28.9° である。

沖側の測点では午前・午後水温に著しい差がなかったのに対し、2m 等深線以西の測点では、午後の上げ潮初期には午前にくらべて、各層とも 0.5~2.0° 高温であった。このため、午後の各層の水温は 2m 等深線の岸側と沖側とでは明瞭な差を生じた。

塩素量（Text-fig. 8C, D, 9）： 午前・午後を通じて沖側中央部（St. 7~9, B など）の底層が最も高く、最高は 17.57% であった（St. 8, 上げ潮初期）。ここから表層および陸岸へ向って塩素量は徐々に低下するが、最も岸寄りの測点でも底層は一般に 17.3% 以上であった。一方、陸水の混入したやや低塩分（Cl<17.2%）の水が、福山入江口では局所的に（St. A, 1）、南西部ではやや広範囲に（St. 4~6 など）、上記の底層水の上に張り出す。従って、高塩分の水の勢力は沖側中央部から福山入江口の方向にむかっていたとの印象を受ける。

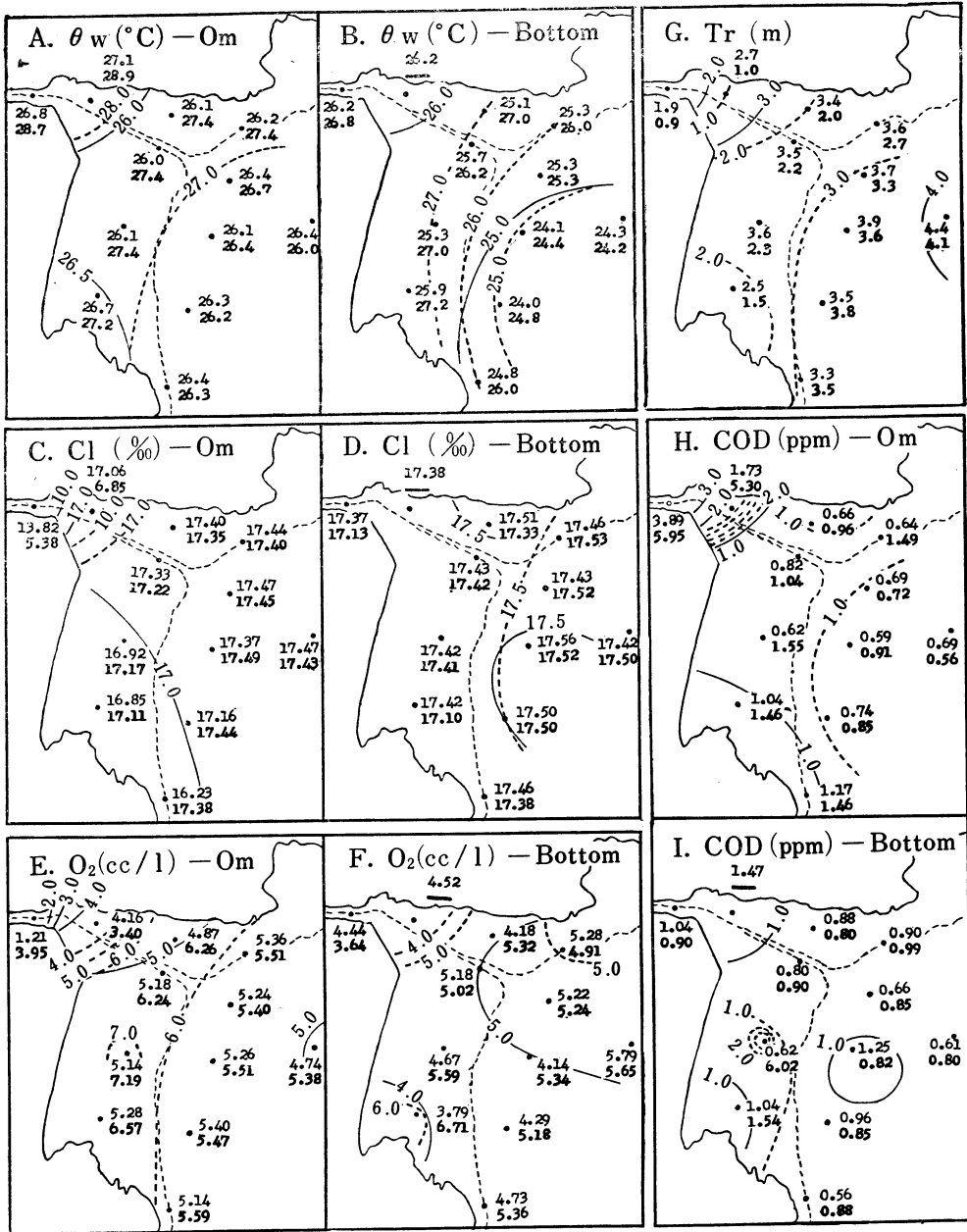
福山入江口における塩素量の低下は干潮時に著しく、表層は 5.4~6.9% となり、入江に通ずる浚渫航路にある St. 3 の表層も 17.22% に低下した。これに対し南西部の低塩分域の塩素量は、下げ潮時の方が干潮時より 0.2% 程度低かった。

鉛直安定度： 一般に  $0 < E' < 0.3$  であったが、表層が低塩分を示した St. A（両潮時）と St. 6（下げ潮時）の 0-1m 層間では 1.8~12 という大きな値が見られた。また上げ潮初期には南西部の St. 4~6 および他の 2~3 の測点の 0-1m 層間の  $E'$  が負（0~-0.2）であった。

溶存酸素量（Text-fig. 8E, F, 9）： 午前・午後ともに一般に酸素量は豊富で、測定値の大部分は 4.4~7.2cc/L（飽和度 90~150%）の範囲で、これより小さい値を示したのは、福山入江水の影響が顕著な水域（St. A, 1）および下げ潮時の St. 2, 5, 7, 8 の底層である。

酸素量の鉛直傾度は測点によりまちまちであるが、福山入江水の影響を受けた水域を除け



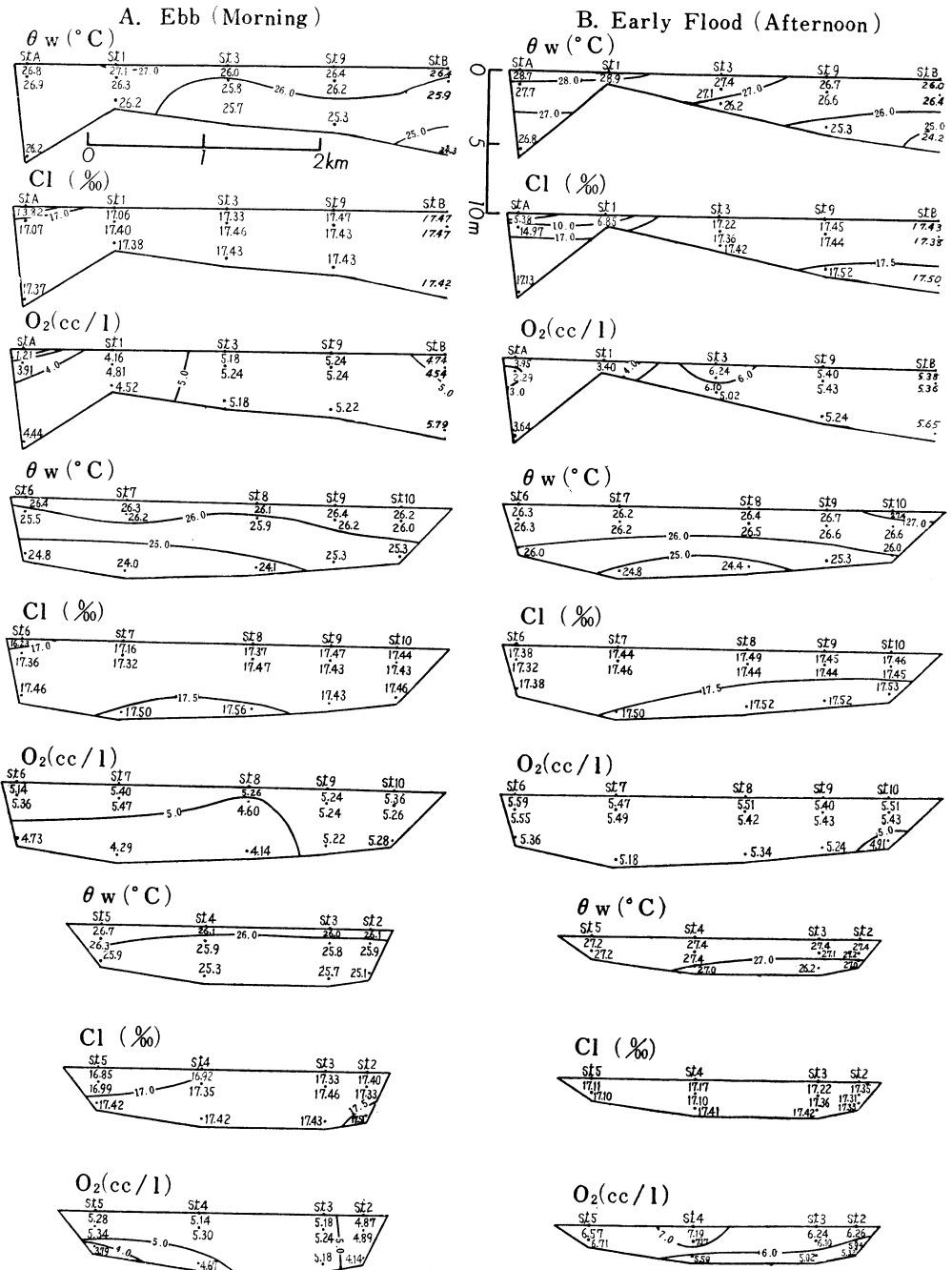


Text-fig. 8. Horizontal distribution of water temperature ( $\theta_w$ ), chlorinity (Cl), dissolved oxygen ( $O_2$ ), chemical oxygen demand (C.O.D.) and transparency (Tr) in the two observations on July 1, 1959.

Light-faced letter and solid line..... Ebb in the morning

Thick letter and dotted line ..... Early flood in the afternoon

ば、表層から底層までほとんど変化がないか、または表層—1 m 層間ではあまり差がなく底層がこれよりかなり少ない場合が多かった。



Text-fig. 9. Vertical distribution of water temperature ( $\theta_w$ ), chlorinity (Cl) and dissolved oxygen ( $O_2$ ) in the two observations of July 1, 1959.

底層の酸素量は、午前の下げ潮時には上記のようにやや少ない場合もあったが、午後の上げ潮初期には全点過飽和を示した。なお、最も沖側の St. B では午前も午後とも底層の方が

0, 1m層より酸素量が大きかったが、その理由は明らかでない。

沖側の各測点の0, 1m層の酸素量は午前と午後とであまり差がないが、2m等深線以西の測点 (St. 2~5) では、0, 1m層の酸素量は午後には午前より1~2cc/L増加した。その結果、午後の0, 1m層の酸素量は、水温の場合と同じく、2m等深線付近を境にして明瞭な差を示した。

C. O. D. (Text-fig. 8H, I) : 0.5~0.9 ppm の場合が多く、他の定期観測の値よりやや小さいように思われる。沖側の測点 (St. 7~9, B など) の各層は午前・午後とも大体この範囲にあり、岸寄りの測点も午前の下げ潮時には、福山入江口および南西部を除き、この範囲にあった。午後の上げ潮初期には、福山入江口表層の C. O. D. は著しく増加して5.3~5.95 ppm となり、2m等深線以西の他の測点の0, 1m層でも一般に増加して0.9~1.6 ppm となり沖側よりかなり高くなっていった。

酸可溶性鉄： 測定値は大部分が0.03 ppm 以下であったが、福山入江口の St. A の各層と St. 1 の表層は両潮時に、多くの測点の底層と St. 5, 6 の表層は下げ潮時に、これより大きい値を示した。

透明度 (Text-fig. 8G) : 沖側中央部の St. 7, 8, B では両潮時を通じて3.5m 以上で最も大きく、ここから陸岸へ向って減少し、福山入江・釜屋入江付近が最も小さい。一般に下げ潮時より干潮時の方が透明度が小さく、この傾向は2m等深線以西で特に顕著であった。

水色： 沖側の測点 (St. 7~10, B) では一般に5~6で潮時による差は小さい。2m等深線以西の測点ではこれより水色が悪く、下げ潮時には6~7、上げ潮時には7以下の場合が多く、福山入江内 (St. A) および釜屋入江前 (St. 6) は最も水色が悪かった。

総括： 以上の観測結果は次のように総括できよう。

① 水温は年の最高に近く、塩分は比較的低い。表層水温は気温より少し低い。鉛直成層の発達著しくなく一般に $0 < E' < 0.3$ であるが、陸水流入口付近の0~1m層間の $E'$ はこれより大きい。また上げ潮初期に0~1m層の $E'$ が負となる測点があった。水温は表層から底層へ向って低下するが、表・底層間の差は一般に $2^{\circ}$ 以内である。塩素量は、陸水の混入が顕著な場合を除けば、鉛直方向の変化は小さい。

② 沖側中央部 (St. 7, 8, B など) には陸水の影響の最も少ない水が分布したと考えられ、透明度高く水色よく、水温低く塩素量高く、C. O. D. および鉄量が小さい。ここでは各要素の潮時による変化が小さく、底層は全水域中で最も低温・高塩分である。

③ 陸水の混入した低塩分の水は福山入江口と南西部のそれぞれ上層に分布し、前者では分布範囲は比較的局限され後者ではやや広範囲に分布したと考えられる。これらの低塩分水の分布する水域 (ないし水層) は、透明度が小さく水色が悪く、高温でC. O. D. および鉄量の大きいのが特長であったが、福山入江口の場合には溶存酸素の減少も顕著であった。なお、箕島東岸の St. 6 に見られた低塩分水は、潮汐ともなう動向から見て St. 4, 5 の低塩分水とは連続せず、恐らく芦田川口起源のものであろうと想像される。

④ 沖側の高塩分水はこれらの低塩分水の下方に拡がり、その影響は浚渫航路に向って強かった。

⑤ 溶存酸素は豊富で、福山入江水の混入しない水層では一般に飽和度90%以上であった。底層の酸素量は下げ潮時にはやや少ない場合があったが、午後の上げ潮初期には全点過飽和を示した。2m等深線以西の浅所では、0, 1m層の酸素量が昼間の干潮時に著しく増加し、

同時に各層の水温がかなり上昇した。

⑥ C. O. D. は 0.5~0.9 ppm の場合が多く、他の定期観測の値より多少小さいように思われた。

(5) 12時間観測 (1960年7月10日)

この観測は潮汐にともなう福山入江口付近の水の流動・交代を調査したもので、福山市引野漁協前の浚渫航路に観測艇を碇置して行なった (Text-fig. 1 の St. T)。観測項目・観測層は Table E の通りで、測定は 5時30分から17時30分まで1時間おきに行ない、表層では毎回採水したが、1, 2m 層は水深の増減に応じどちらか一方で採水した。Table E に示した値のほかに、サーミスター水温計で表層から底層までの水温を 1m おきに測定し、また干潮・満潮時前後には数分おきに水深を測った。当日の日出・日入時刻、潮時などを Table 5 に示した。観測結果のうち、おもなものを Text-fig. 10 に図示した。

Table 5. Sunrise, sunset and tide of July 10, 1960

	Sunrise	Sunset	Low Water I		High Water I		Low Water II		Rise of tide level from Low Water I to High Water I
			Time	Tide level	Time	Tide level	Time	Tide level	
Predicted	# 4 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	# 19 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	※ 5 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	※ 1.1m	※ 11 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	※ 3.5m	※ 17 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	※ 0.1m	※ 2.4m
observed at St. T	—	—	6 30	—	11 40	—	18 30	—	2.6

# Predicted time for Okayama<sup>33)</sup> (34° 40' N, 133° 56' E).

※ Predicted time or value for Minoshima.

天候は始めはくもり、その後雨、晴と変り、これにともない風向・気温も変化した。気温は常に水温より高かった。観測日に先立ちかなり大量の降雨\*があったため、観測点の北西約 800m にある農地排水樋門から干潮時を中心に大量の淡水が放出され、その影響が観測点に及んだ。

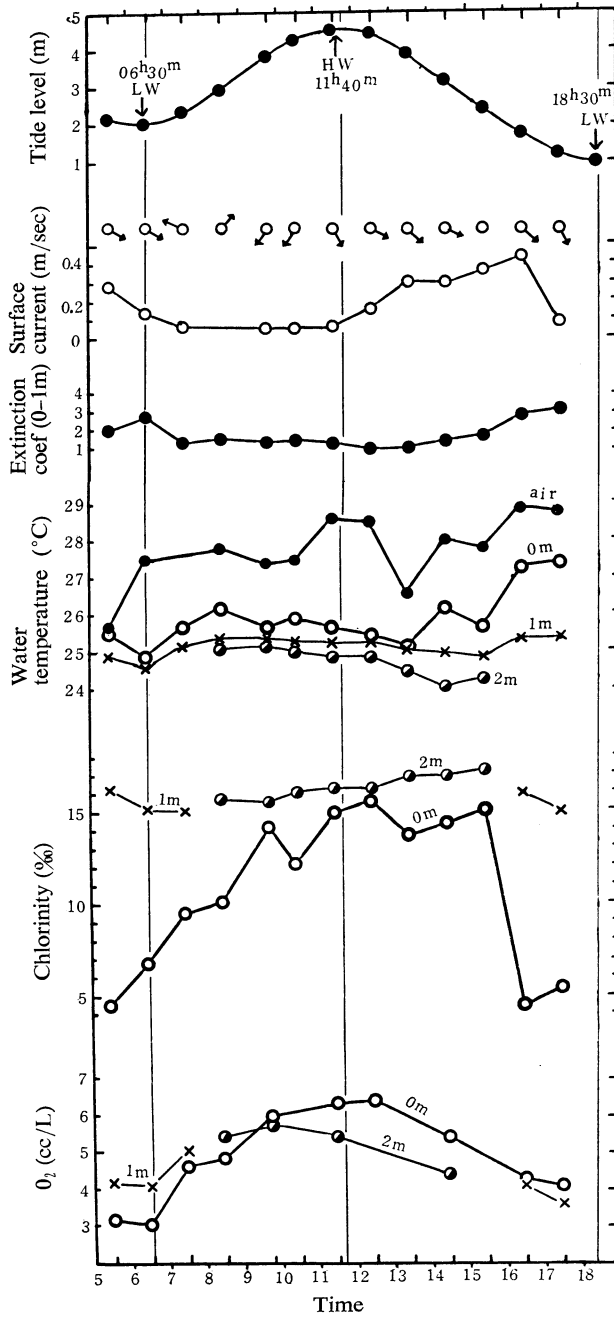
観測点の水深は満潮時に 4.6m、午後の下げ潮末期に最低 (1.3m) となった。水深の時間的変化から推定した現場の潮汐は、箕島の推算値にくらべて、満潮は 8分、干潮は 36~37分遅れ、午前の干・満潮間の潮差は 0.2m だけ大きかった (Table 5)。これらは地形の影響——観測点が高い入江に通ずる水路にあったという事情——によるものであろう。

表層潮流は、下げ潮時には流向 SSE ~ ESE でほぼ水路に沿って流下し、流速は 7~45 cm/sec でかなり速い。樋門から放出された淡水がこの下げ潮流によって流下した。一方、上げ潮時には、水路をさかのぼる方向 (WNW) またはこれと直角方向 (NE, SW など) に流れ、流速は 6~7cm/sec で小さく、水が水路をさかのぼりつつ周囲へあふれ出しているかのような印象を受けた。

透明度は、満潮時前後には 1.5~1.9m、干潮時前後には 0.5~0.8m であった。干潮時に透明度が小さいのは、樋門から放出された陸水および福山入江の水が混入したため、低塩

\* 松永測候所 (学部東方約 16km) における降雨量は次の通りであった。

7月	1~5日	29mm	7日	78.2mm	9日	—	11日	—
	6日	0.1mm	8日	84.2mm	10日	5.1mm		



Text-fig. 10. Results of the 12-hour observation at St. T on July 10, 1960.

分のときに透明度が小さい。0—1m層の消散係数\*も透明度と同様に、干潮時に水が濁っていたことを示し、その値は満潮時に小さく(1.0~1.4)、干潮時に大きく(1.9~3.1)、表層の塩素量を明瞭な逆相関を示す。

水温は表層が最も高く、下層へ向って低くなる。表層水温は24.9~27.4°の範囲で変化し、早朝の干潮時に最も低く夕方の干潮時に最高となったが、この間単調に昇温したのではなく日中に降温の続く場合があった。これは潮汐による水塊の交代のほか、水深・気温・日射などの変化によると考えられる。1m層の水温は24.6~25.4°で変化の巾は小さいが、その昇降は表層水温に似た傾向を示した。

塩素量は、1,2m層では15~17.3%の範囲で変化は比較的小さい。表層では変化が大きく、下げ潮末期には主として樋門から流出した陸水のために5%前後に低下して最低となり、その後上げ潮時に次第に上昇し、満潮時ないしその直後に最高(15~15.5%)に達した。

pHは一般に8.1であったが、下げ潮末期・干潮時の表層は陸水・入江水の混入にともない7.2またはそれ以下となった。

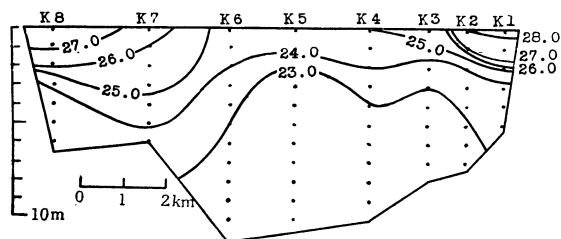
溶存酸素量は、表層では潮位の昇降にともなって増減し、昼間の満潮時前後に最も高く6.4cc/l(飽和度135%)、干潮時前後に最も低く3.0~4.3cc/l(53~78%)であった。潮位の降下にともない酸素量が減少したのは、主として福山入江内の貧酸素の水が流下して来たためであろう。1m層の酸素量は早朝の干潮時には表層よりかなり大きい、夕方の干潮時には表層よりわずかに小さかった。2m層の酸素量は一般に表層よりも小さい値であった。

以上を要約すると、今回の観測中最も顕著な現象は、農地排水樋門から放出される陸水のために、下げ潮末期・干潮時を中心に表層の塩分が低下し消散係数が増大したことである。このほか潮位の昇降にともなって透明度・溶存酸素量がそれぞれ増減したが、これは樋門の放出水・福山入江水の混入によるものと考えられた。

#### (6) 流入陸水調査(1960年7月11日)

この調査は、7月7,8日の豪雨\*\*による流入陸水の影響をみるために、笠岡湾中央部において3線8点の横断観測を行ったものである(Text-fig. 1の測点K1~8)。観測項目は、サーミスター水温計による1m層ごとの水温、表層および下層の塩素量、および透明度で、観測はほぼ満潮時に行なった。

観測データをTable Fに、水温の鉛直分布をText-fig. 11に示した。



Text-fig. 11. Vertical distribution of water temperature (°C) in the section passing St. K1~K8 on July 11, 1960.

\* 水中照度計(セレンウム光電池、白色拡散板および視感度フィルター付)を用いて水面直下と1m層の照度を測定し、これより計算した値。

\*\* 266頁の脚註参照。

水温は、表層では笠岡湾口の中央から東にかけての測点 K4~K6 で最も低く 24.3~25.0 °C であった。これらの測点を中心に湾奥すなわち陸岸に近づくに従って高くなり、笠岡側の奥部 K1 では 28.1 °C、福山側の奥部 K8 では 27.5 °C となっていた。中・底層の水温は、これらより低く、特に 7m 以上の水深をもつ測点 K2~K6 では 5m 以深の水温は 22.7~23.0 °C ではば一様である。

塩素量の分布は水温のそれとよく一致しており、表層では湾口の中央から東にかけての測点 K3~K6 で 16.6~17.0% と高く、湾奥へ進むに従って低くなり、笠岡側の K1 では 13.18% で最も低い。中・底層は表層に比べて塩素量が高く、特に 5m 以深は 17.32~17.48% で変化が少なく、水温の分布と考えあわせると 5m 以深はかなり均質であったと考えられる。

透明度は笠岡湾の常として一般に小さいが、湾口中央から東にかけての K3~K6 で 2.1~3.0m であるのに比べて、湾奥の K1, 2, 7, 8 では 1.3~1.9m で著しく小さく、水がにごっていたことを裏書きする。

以上の結果から見て、流入陸水の影響を強く受けたとみられる、透明度の小さい、高水温、低塩分の水の分布範囲は比較的狭く、鉛直方向には K7 を除けば 2m 層までである。K7 では上記の低塩分水が 4m 層にまで及んだが、これは放水量の多い芦田川に近接しているためと考えられる。また水平的には K1, 2, 7, 8 に分布するにすぎず、距岸約 2km 以内である。

笠岡湾においては潮汐ともなう海水の出入交代が大きい、これにともなって流入陸水と海水の混合が促進され、その結果前者の分布範囲が見かけ上狭くなるものと考えられる。

なおこの調査は、満潮時に行なったものであり、干潮時には、流入陸水の影響範囲は表層ではさらに拡がるものと考えられる。

#### (7) 海況要素の変動について

以上の観測結果を通覧して、各観測要素の地域・季節・潮時による変化を要約すると次の通りである。

水 温： 表層水温は 1~2月に最低（月平均 6~7°）、8月に最高（同 28°位）に達し、年較差は 21°に及ぶ。水温・気温の差は周年小さく、村上<sup>20)</sup>（原著 p. 22）によれば、1952~53年笠岡における水温・気温の旬平均の差は周年 2° 以下である。水平・鉛直分布については、夏（7月の観測 IV）には底層よりも表層、また沖合よりも沿岸の方が水温が高く、他の季節（9, 11, 3月の観測 I, II, III）には逆に底層・沖合の方が高温である。

塩 素 量： 陸水流入口付近（St. 1, 5, A, D など）を除けば周年ほぼ 16~18% の範囲にあって変化が小さく、周年変化の谷は降水量の多い 7, 9月などに起る。水平・鉛直分布は、沿岸・表層に低く沖合・底層に高い傾向を示す。陸水流入口付近では、干潮時や大雨の後などに表層の塩素量が著しく低下することがあり、観測された最低値は 4.51%（Table E）である。しかし、流入陸水の影響が 2m 層にまで及ぶことはまれで、水平的にも影響範囲が局限されている。

溶存酸素量： 陸水流入口（特に福山入江口）ではしばしば低い値が見られるが、その他の測点では表層から底層（海底上 0.3~1.5m）まで周年飽和に近いか過飽和である。鉛直的には、一般に表層より底層の方が酸素量が小さい。St. 4, 5 では昼間の低潮時に溶存酸素量が著しく増加する場合がある。その原因は充分には追究していないが、恐らく濃密な植物プランクトン群の光合成作用によるものであろう。

C. O. D.： 陸水流入口付近では 6 ppm に達する場合があるが、他の水域では 0.6~1.9

ppm である。周年変化は明瞭でない。

酸可溶性全鉄量： 一般に 0.05 ppm 以下であるが、陸水の影響の強い水および底層水ではこれより多く、測定した最大値は 0.64 ppm (Table D-1) である。山本ら<sup>34)</sup>は海水の濁りと鉄量の間密接な関係があるとしているが、これは本水域にもあてはまるように思われる。

pH： 一般に 8.0~8.3 で 8.2 の場合が多いが、福山入江水が混入すると 7.2~7.5 になる場合がある。周年変化は顕著でない。

水色・透明度： 水色は、岸寄りでは悪く 7~9 で、沖側では 5~6 である。透明度は 1~4m の範囲で、岸寄りでは小さく沖側では大きい。水色も透明度も周年変化は明瞭でない。

潮流： 定期観測 I と 12 時間観測のさいに潮流板を用いて表層の潮流を測定したのみで測定例が少なく、また下層の潮流は測定していない。

定期観測 I の上げ潮前期には、潮時の関係もあって流速は小さく (4~12cm/sec)、流向は岸寄りの St. 2, 4, 5 では岸に向かい、沖側の St. 7~10 では N~NE、浚渫航路上の St. 3 では E であった (Table A-2)。下げ潮初期には、岸寄りの St. 1, 2, 4~6, 10 では流速 5~19cm/sec で沖へ向って流れるが、浚渫航路上の St. 3 では流向は NW であった (Table A-1)。

St. T における 12 時間観測においては、さきののべたように、上げ潮流は浚渫航路をさかのぼる方向に、下げ潮流は航路を流下する方向に流れ、流速はそれぞれ 6~7cm/sec, 16~45 cm/sec であった (p. 266)。この測点は浚渫航路のそばにあり、調査水域内では潮流が比較的速い地点に考えられるのに、流速はせいぜい上記の値であった。従って、調査水域内の潮流は一般にゆるやかであると考えられる。

本水域は、潮差が中等程度の場合、満潮時と干潮時の水量の比がおよそ 2:1 で、満潮時に水域内にあった海水の約半分が下げ潮時に水域外へ流れ去る計算となり、水の出入率が高い。それにもかかわらず潮流が上記のようにゆるやかなのは、本水域の位置が笠岡湾の潮流の主軸からはずれており (p. 277)、その形状が間口が広く奥行が小さく海底が平坦であるためと考えられる。

## 2. 底 質

調査は 6 回行なったが、先ず第 5 回調査の結果にもとづいて各要素の地理的分布を説明し、その後各要素の変動と相互関係を考察する。

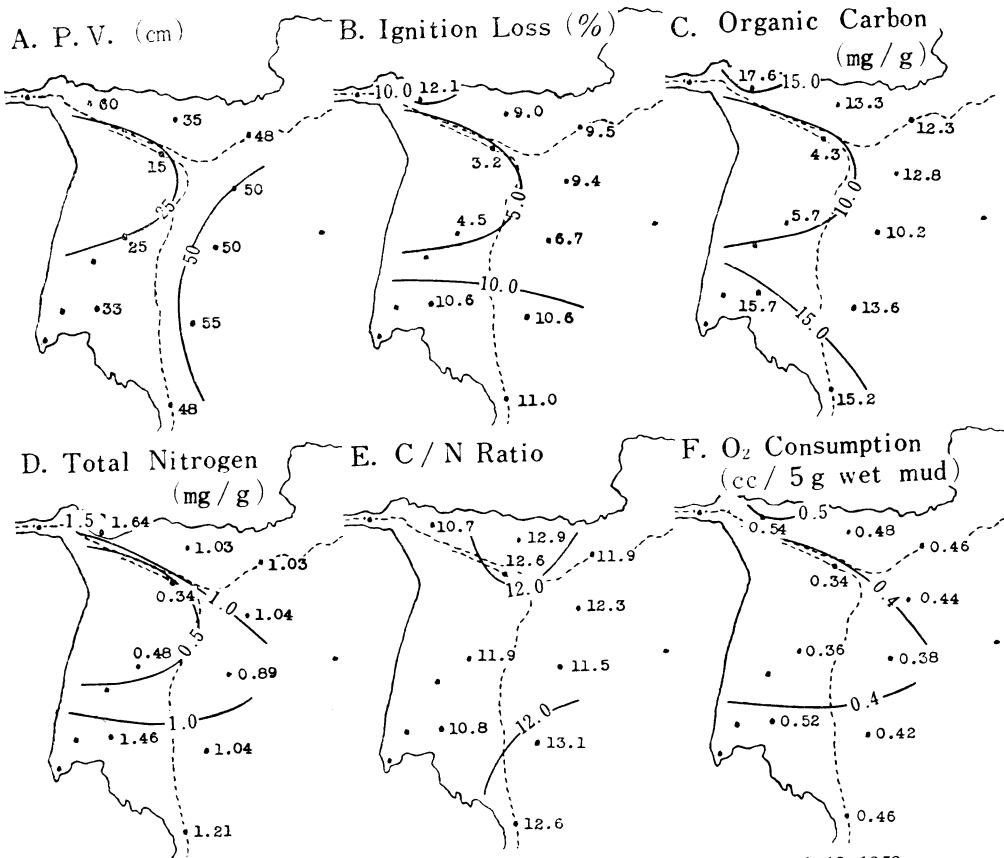
### (1) 底質調査 V (1959年3月13日) における各要素の地理的分布

貫入深度 (P.V.) (Text-fig. 12A)： 浚渫航路付近にある St. 3 が最小値 (15cm) を示し底質が最も硬い。ついで 2m 等深線の陸側 (St. 2, 4, 5) は 25~35cm, 2m 等深線の沖側 (St. 6~10) は 48~55cm と順に大きくなり、福山入江口の St. 1 が最大値 (60cm) を示す。一般に、底質が沈泥・粘土に富む場合に貫入深度が大きく、そのような底質は有機質に富む。

灼熱減量 (Text-fig. 12B)： 浚渫航路付近の St. 3 で最も小さく (3.2%)、その周囲の測点 St. 2, 4, 8~10 では 4.5~9.5%、西南部の St. 5~7 では 10.6~11.0% と順次大きくなり、福山入江口の St. 1 が最大値 (12.1%) を示した。

有機炭素量 (Text-fig. 12C)： 地理的分布は灼熱減量のそれとよく一致する。すなわち、浚渫航路付近の St. 3 が最小値 4.3mg/g を示し、その南側の St. 4 で 5.7mg/g、これらの沖側および北側の St. 2, 7~10 で 10.2~13.6mg/g、西南部の西南部の St. 5, 6 で 15.2~15.7 mg/g と順次増加し、最大値は福山入江口にある St. 1 の 17.6mg/g である。





Text-fig. 12. Properties of the bottom mud at regular stations on March 13, 1959.

窒素量 (Text-fig. 12D) : 窒素量の分布は 灼熱減量・有機炭素量の分布と一致する。すなわち, St. 3 で最も小さく 0.34mg/g, その南側の St. 4 で 0.48mg/g, これらの沖側・北側の St. 2, 7~10 で 0.89~1.04mg/g, 西南部の St. 5, 6 で 1.21~1.46mg/g と順次増加し, 最大値は St. 1 の 1.64mg/g である。

炭素率 (C/N) (Text-fig. 12E) : 10.7~13.1 で各測点とも似た値であるが, 福山入江口の St. 1 および釜屋入江前の St. 5 の値がやや小さい。

底質の酸素消費量 (Text-fig. 12F) : 分布は 灼熱減量・有機炭素量・窒素量のそれと同じ傾向を示す。浚渫航路付近の St. 3 では 0.34cc (湿泥 5g 当り), その南側の St. 4 では 0.36cc で共に小さく, これらの沖側・北側の St. 2, 6~10 では 0.38~0.48cc でやや大きく, 入江口にあたる St. 1, 5 では 0.54, 0.52cc で最も大きい。

以上を通覧すると, 福山入江口の St. 1, 釜屋入江口の St. 5 および芦田川口に近い St. 6 では, 他の測点にくらべて, 貫入深度が大きく (底質が軟かく), 灼熱減量・有機炭素量・窒素量・酸素消費量が大きく, 炭素率が小さい傾向がみられる。これは, これらの測点が陸水の流入口に近く, 底質が流入陸水の影響を強くうけることに起因すると考えられる。一方, 浚渫航路付近にある St. 3 では, 底質が比較的硬く, 有機質含量の指標となる 灼熱減量などの値が小さく, 酸素消費量も小さい。これは, 浚渫航路ぞいに流れる強い潮流によって軟泥が

洗い流されることに起因すると考えられる。

他の5回(窒素量の場合は1回)の調査結果をこれと比較すると(Table 6), 同一測点における測定値が毎回少しずつ異なるが, 地域による値の大小は上にのべた傾向とほぼ一致し, St. A, 1, 6, 7 では貫入深度および有機質含量の指標となる諸要素の値が大きく, St. 3, 4, 8 ではこれらの値が小さい。前者は流入陸水の影響, 後者は潮流が比較的強く微細な粒子の沈積が妨げられるためとみなしてよいであろう。

各測点で測定値が毎回変化した原因としては, 調査のたびに測点の位置が少しずつずれたことが考えられる。St. 1 では測定値の変動が比較的大きい, この付近は底質が一様でないから測点の位置がわずかに移動しても測定値が大きく変化したものと考えられる。なお, 各測点で酸素消費量の値がかなり著しく変動するのは, 測点の位置がずれたことよりも, 測定条件(実験温度)が毎回異なっていたことが主な原因と考えられる。

## (2) 各要素の変動と相互関係

貫入深度(P.V.): 6回の調査で測定した値は4~63cmの範囲にある(Table 6)。2m等深線以浅の測点では大体30cm前後であるのに対し, 以深の測点では50cm前後で, 2m等深線を境にして明らかな差がみられる。浅所を満潮時に, 深所を干潮時に調査してもこの差が認められるから, この差は測器の落下距離によるものではなく, 2m等深線の沖側の方が岸側より底質がやわらかいことを示していると考えられる。古川<sup>4)</sup>が燧灘(水深14~31m)で測定した値は34~79cmで, 本水域の値よりやや大きい。

灼熱減量: 6回の調査で測定された値は3.2~13.9%の範囲にあり(Table 6), 加藤<sup>13)</sup>が北海道北西域で得た4.2~14.9%。細川ら<sup>9)</sup>が東支那海で得た2.0~18.9%などと大差がないように思われる。すでにのべたよりに, 調査水域の中央から浚渫航路入口にいたる一帯(St. 3, 4, 8)では値が小さく, 福山入江口(St. 1)と芦田川の河水の影響を受けると考えられる。St. 6, 7では値が大きい。季節変化は明瞭でない。

有機炭素量: 5回の調査で得た測定値は4.3~18.2mg/gで(Table 6), 細川ら<sup>9)</sup>による東支那海の値1~12mg/g, 加藤<sup>13)</sup>による北海道北西海域の値17.4~20.0mg/gなどの範囲にわたっている。

灼熱減量と同様に, 水域中央から浚渫航路入口にかけて値が小さく(St. 3, 4, 8), 福山入江口(St. 1)と芦田川口に近いSt. 6, 7では値が大きく, 季節変化は明瞭でない。

灼熱減量との間に次の直線関係が認められる(Text-fig. 13A)。

$$y = 0.71x - 0.53$$

ただし y: 灼熱減量(%), x: 有機炭素量(mg/g)。

なお, 海底土の風乾試料には海水の塩分が含まれ, その中の塩素が酸化剤を消費するため, 有機炭素量の分析値は真の値よりやや大きくなるのが普通である。上にのべた測定値はいずれも, この塩素による誤差を補正してない。調査Vの試料についてこの誤差を測定したところ, 有機炭素量として0.8~2.2mg/gであった。

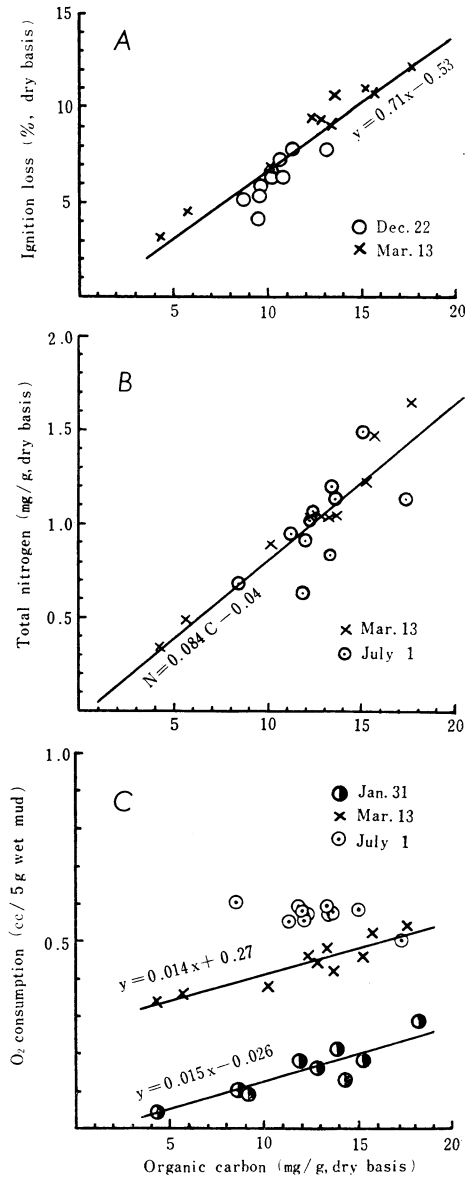
窒素量: 調査は2回行ない, 測定値は0.34~1.64mg/gで, 細川ら<sup>9)</sup>による東支那海の値0.16~1.86mg/gとほぼ似た範囲にあり, 加藤<sup>13)</sup>による北海道北西海域の値0.6~8.0mg/gより小さい。

調査水域内での分布は灼熱減量・有機炭素量とほぼ同様で, 浚渫航路入口付近のSt. 3, 4

Table 6. Results of measurements on the bottom mud.

Measurement	Date of sampling	Station										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A
P.V. (cm) [Sounding (m)]	[I*] Oct. 3, 1958	4(3.0)	34(4.0)	7(4.0)	<33(4.0)	34(3.0)	49(5.0)	47(6.0)	45(...)	48(5.0)	40(3.5)	...
	[II] Nov. 7, 1958	45(5.0)	27(4.0)	27.5(4.5)	35(...)	33.5(3.0)	45(4.5)	52(6.0)	45(6.0)	40(4.5)	... (4.0)	...
	[III] Dec. 22, 1958	25(3.0)	39(...)	33(5.0)	34(4.1)	33(4.0)	49(5.0)	48(5.0)	51(6.0)	51(5.0)	48(5.0)	...
	[IV] Jan. 31, 1959	35(3.0)	33(2.0)	15(2.0)	30(2.5)	34(2.0)	52(4.0)	53(4.5)	37(4.5)	50(4.0)	63(3.5)	...
	[V] Mar. 13, 1959	60(5.0)	35(4.0)	15(3.5)	25(3.5)	33(2.5)	48(5.0)	55(6.0)	50(6.0)	50(5.0)	48(4.5)	...
	[VI] July 1, 1959	33(0.8)	35(2.0)	36(2.5)	36(2.5)	34(1.5)	58(3.5)	59(5.0)	60(4.5)	47(4.0)	50(3.5)	64(6.0)
Ignition loss (%, dry basis)	[I] Oct. 3, 1958	7.3	7.4	3.8	5.6	...	...	9.0	6.8	8.8	6.8	...
	[II] Nov. 7, 1958	11.3	8.4	5.6	6.3	6.9	9.7	8.3	6.7	7.4	7.4	...
	[III] Dec. 22, 1958	5.9	6.3	5.1	5.4	6.6	7.8	7.9	4.1	6.3	7.3	...
	[IV] Jan. 31, 1959	12.1	7.8	3.4	6.0	9.8	10.9	10.4	6.2	9.7	8.8	...
	[V] Mar. 13, 1959	12.1	9.0	3.2	4.5	10.6	11.0	10.6	6.7	9.4	9.5	...
	[VI] July 1, 1959	11.8	10.1	6.3	7.1	12.8	13.9	12.2	10.3	11.0	10.8	15.8
Organic carbon** (%, dry basis)	[II] Nov. 7, 1958	15.7	11.1	9.1	9.6	10.3	15.8	13.3	12.2	11.9	11.8	...
	[III] Dec. 22, 1958	9.6	10.8	8.7	9.5	10.2	13.1	11.3	9.5	10.1	10.6	...
	[IV] Jan. 31, 1959	18.2	11.9	4.3	8.6	13.9	15.3	14.3	9.2	12.8	11.8	...
	[V] Mar. 13, 1959	17.6	13.3	4.3	5.7	15.7	15.2	13.6	10.2	12.8	12.3	...
	[VI] July 1, 1959	13.3	11.3	8.5	11.8	15.0	13.4	13.6	12.0	12.3	12.1	17.3
Total nitrogen (%, dry basis)	[V] Mar. 13, 1959	1.64	1.03	0.34	0.48	1.46	1.21	1.04	0.89	1.04	1.03	...
	[VI] July 1, 1959	0.83	0.94	0.67	0.63	1.48	1.19	1.13	0.91	1.06	1.01	1.13
C/N ratio**	[V] Mar. 13, 1959	10.7	12.9	12.6	11.9	10.8	12.6	13.1	11.5	12.3	11.9	...
	[VI] July 1, 1959	16.0	12.0	12.7	18.7	10.1	11.3	12.0	13.2	11.6	12.0	15.3
O <sub>2</sub> Consumption (cc/5g wet mud)	[I] Oct. 3, 1958	0.69	0.84	0.67	0.71	0.76	0.68	0.70	0.67	0.57	0.56	...
	[II] Nov. 7, 1958	0.53	0.55	0.55	0.53	0.53	0.54	0.35	0.55	0.26	0.32	...
	[III] Dec. 22, 1958	0.67	0.49	0.20	0.59	0.88	0.52	0.47	0.49	0.83	0.59	...
	[IV] Jan. 31, 1959	0.28	0.18	0.04	0.10	0.21	0.18	0.13	0.09	0.16	...	...
	[V] Mar. 13, 1959	0.54	0.48	0.34	0.36	0.52	0.46	0.42	0.38	0.44	0.46	...
	[VI] July 1, 1959	0.59	0.55	0.60	0.59	0.58	0.57	0.57	0.58	0.57	0.55	0.50

\* Serial number of the survey. \*\* Chlorine error not corrected. ... Not measured.



Text-fig. 13. Correlation of ignition loss, total nitrogen content and oxygen consumption to organic carbon content in bottom mud.

では値が小さく、福山入江口 (St. 1), 釜屋入江前 (St. 5), 芦田川口に近い St. 6 などでは値が大きい。

有機炭素量との間に次の直線関係が認められる (Text-fig. 13B),

$$N = 0.084C - 0.04$$

ただし N: 窒素量 (mg/g), C: 有機炭素量 (mg/g).

炭素率 (C/N): 炭素率 (carbon-nitrogen ratio) は窒素に対する炭素の割合で、陸上土

壤においては、有機物の分解段階・分解速度などの指標として用いられ、その値は10前後の場合が多く、これは有機物の分解が進んだ安定した状態を示す値とされている<sup>18)</sup>。一方海底土においても8~12、平均10の場合が多いといわれている<sup>31)</sup>。

2回の調査における測定値は10.1~18.7で、異常に高い値(調査VIのSt. A, 1, 4)を除けば、10.1~13.2の範囲で平均12.0である。また調査Vにおける測定値の平均は12.0であるが、塩素誤差を補正すると10.4となる。

上記のことから、福山港水域の底質中の有機物は一般によく酸化分解されていると考えられる。しかし、St. 5および調査VのSt. 1のように炭素率が小さく有機炭素量・窒素量の大きい、有機物の酸化分解が充分でないと考えられる地点もある。なお、調査VIにおいてSt. A, 1, 4の値が異常に高かったが、その原因は明らかでない。

底質の酸素消費量：底質の酸化・還元状態や細菌・酵素などの活性の目安として測定したが、測定方法が適切でなかったために十分な結果は得られなかった。

6回の調査で得た値は0.04~0.88cc(湿泥5g当り)で範囲が広く、調査のたびに値がかなり変動したが、これは実験温度のちがいによると考えられる。

調査IV, Vにおける値はかなりよく似ており、その分布は灼熱減量・有機炭素量の分布とほぼ同じ傾向を示す。すなわち、浚渫航路入口および水域中央付近(St. 3, 4, 8)では値が小さく、福山入江口(St. 1)、釜屋入江前(St. 5)およびSt. 2では値が大きい。

この2回の調査においては、酸素消費量と有機炭素量との間に直線関係が認められた(Text-fig. 13C)。すなわち

$$\text{調査 IV (1月)}; \quad y=0.015x-0.026$$

$$\text{調査 V (3月)}; \quad y=0.014x+0.27$$

ただし  $y$ : 酸素消費量 (cc/湿泥5g),  $x$ : 有機炭素量 (mg/g)

この $y=ax+b$ という直線関係において、 $a$ は0.014~0.015でほぼ一定しているが、 $b$ は温度の函数と考えられる。調査I~III, VIにおいて各測点の値が接近したのは、実験温度が高く $b$ の値が大きかったことによると推定されるが、なお検討が必要である。

水質・底質間の関連：毎回の調査において、福山入江口のSt. 1、釜屋入江前のSt. 5などでは灼熱減量・有機炭素量・窒素量・酸素消費量が大きく、これらの測点の底質が有機物に富んでいることが明らかである。これらの測点は、農地排水、都市・工業廃水の影響が強く、水の動きが比較的ゆるやかな所にあたっており、有機質の沈積が多くなっているものと考えられる。

一方、St. 3, 4, 8などでは有機質含量の指標となる諸量の値が小さいが、これらの地点では水の動きが速く有機質の沈積がさまたげられているものと考えられる。

## (V) 論 議

### 1. 福山港水域の基本的特徴

前章に詳しくのべたように、福山港水域の海況は区域・季節・潮時により異なり、底質も測点により差がある。しかし、これらの変異ないし多様性の根底に、次のような本海域の基本的特徴を認めることができよう。

- ① 内湾性の強い水域である。
- ② 水深が浅く泥底である。

- ③ 潮差は大きいが潮流は弱い。
- ④ 陸水の流入量が多くない。
- ⑤ 汚染度の高い福山入江の水が流入する。

これらの特徴には相互にある程度の因果関係が認められるが、以下それぞれの特徴について考察してみたい。

先ず本水域が内湾性が強いという点は、今回の調査結果において、(a) 水温は年変化の位相が気温のそれと一致し、年較差が大きい、(b) 透明度が小さい、(c) 塩素量が 17% 前後である、といった諸点に現われているが、プランクトン<sup>20, 21)</sup>・底棲生物群集<sup>14, 15)</sup>の研究においてもすでに指摘されており、後述するようにこの水域の漁獲物組成にも反映されている。

本水域が強い内湾性を示すのは、備後灘自身が内湾的傾向が強いうえに、本水域における局地的条件のためにこの傾向がさらに強められていると考えるが妥当であろう。

備後灘が内湾的性格を示すのは、外洋（太平洋）との間に豊後水道—伊予灘—安芸灘—<sup>ひょう</sup>燧灘が介在するために\*、この一連の水域はこの順序に水深<sup>17)</sup>（原著 p. 9）・塩分<sup>17)</sup>（原著 p. 121-129, 141-147）・透明度<sup>22)</sup>が減少し、水温の年較差<sup>17)</sup>が増大する。すなわち、備後灘は豊後水道を湾口とする長い入江の奥にあたるわけで、瀬戸内海のうちに最も内湾的傾向の強い水域のひとつとされている<sup>17)</sup>。浮遊性毛顎類の組成も豊後水道から備後灘へと次第に内湾的傾向が強まるといふ<sup>21)</sup>。

このように備後灘が内湾的傾向が強いうえに、今回の調査水域は陸に近接し水深が浅く、泥底で潮差が大きいため、水温・塩分は気温・陸水の影響を受けやすく、泥粒子の懸濁により透明度が低下し、内湾的傾向が一層強くなっていると考えられる。

本水域が水深が浅く泥底であることは、上記のようにその海況に著しい影響を与えているが、この地形的特徴は芦田川の沖積作用に負う所が多い。すなわち、この付近の海岸がもと沈降海岸として形成された当時は、本土の海岸線（従って芦田川の河口）は現在より数 km 東北方にあり、箕島、福山入江口北岸の丘、皿山などはいずれもその前面に小島として存在した。その後、芦田川の沖積作用によりその付近の水深は次第に浅くなり、特に江戸時代以降には干拓工事が繰返されて海岸線は前進をつづけ、ついに往時の小島を連結する現在の護岸が築造されるに至った。

近年は福山港水域をも埋め立てる計画が立案されており、これに関連して行なわれたボーリング調査<sup>3, 8)</sup>によれば、海底面から約 10m 下方までは粒子組成がほぼ一様な貝殻まじりのシルト層（粒径 2~20 $\mu$  の沈泥が 75~90% を占める）で、これは芦田川の沖積作用に海蝕作用が加わって形成されたものとされている。底質が泥質であるのは、その上方の水が多年にわたり懸濁性土粒子に富み、かつ水流が停滞気味であったことを示すと考えられるが、他方、本調査海域のように水深が浅い場合には、いったん海底に沈積した土粒子が風浪などによって再び水中に懸濁し、透明度を減少させ、水域の内湾性を強めるものと考えられる。

海底泥がその上方の海水にいかなる影響を与えているかは興味ある問題であるが、今回の調査ではこの点を充分明かにすることはできなかった。大家<sup>29)</sup>は 4~10月の暖季に St. A および 10 付近で海底面の上方 2cm の水温・塩素量・溶存酸素量を測定し、これを海底上 50cm

\* 外洋と備後灘との連絡路としては、この他に、紀伊水道—大阪湾—播磨灘—備讃瀬戸—備後灘があるが、播磨灘がすでに内湾性が強いうえに、備讃瀬戸が浅く狭いから、この経路による外洋水の影響はわずかであろうと考えられる。

または1mの層の値と比較し、潮流の弱い測点では盛夏(7,8月)に海底面上2cm層の酸素量が顕著に少いことを見出し、海底面直上の水層の懸濁質を測定すればさらに興味ある結果が得られるであろうとのべている。

福山港水域の懸濁粒子に関する詳しい調査はまだないが、古川ら<sup>5)</sup>(原著 p.41-44, 136-137)が笠岡湾東部(神島西端と笠岡港を結ぶ線上)で調査した結果によれば、海水1L中に粒径0.4~100 $\mu$ の粒子が2.0~6.1mg懸濁し、その灰分は69~94%で、海田湾(猿猴川尻)、広島湾(太田川尻)にくらべて懸濁物量はやや多く灰分の値は著しく高いという。従って、福山港水域においても、懸濁粒子の量が相当多く、しかも土粒子がその主な部分をしめているのではないかと考えられる。

次に潮差が大きく潮流が比較的弱いという特徴について考えてみよう。すでにのべたように、潮の干満にともなう海況の変化を調査することは、今回の調査の主目的のひとつであった。

平均潮における満・干潮時(潮位はTable 3よりそれぞれ3.17m, 0.99m)の本水域(St. 6~10の線以西)の水量を海図<sup>10)</sup>から計算すると、それぞれ $22.7 \times 10^6 \text{m}^3$ ,  $11.4 \times 10^6 \text{m}^3$ となり、満潮時の水量の50%が下げ潮時に水域外へ流れ去る計算となる。大潮、小潮には、この割合はそれぞれ63%, 33%となり(潮位はTable 3の大潮差、小潮差の値を用いて計算)、本水域では潮汐にともなう水の出入率が非常に大きい。

今回の調査で、本水域では盛夏にも鉛直成層があまり発達せず、また低塩分水の分布が通常陸水の流入口付近に局限されることが確かめられたが、これらは、上記のように水の出入率が高く、したがって擾乱・混合が盛んなことに起因すると考えられる。また、本水域が内湾的傾向が強いかかわらず底層水の溶存酸素量があまり低下しないのも、同じ理由によるものと思われる。

水の出入率が高いにもかかわらず潮流が比較的弱いのは、本水域の形態が間口広く奥行小さく海底が平坦であるという特徴を有する上に、その位置が笠岡湾に出入する潮流の主軸からはずれているためである。笠岡湾の潮流は、上げ潮時には主として湾口(箕島-神島間)の東半分をしめる深所を北上し、湾内で次第に右に折れて笠岡の方向にむかい、下げ潮時には湾内各部からほぼ湾口中央部に収れんするような方向に流れるとされており<sup>20)</sup>(原著 Fig 40-1~6)、このため福山港水域では上げ潮・下げ潮時も潮流はゆるやかである。

従って、福山港水域では、潮の干満にともなう水の出入は著しいが塩分の高い湾外水が直接流入する機会は比較的少なく、かえって芦田川河口の低塩分水の影響を多く受け、その結果内湾的傾向が強くなるものと考えられる。村上<sup>20)</sup>はすでにこの点を指摘し、笠岡湾を東・中・西部に3分した場合、西部(福山港水域)が最も内湾性が強い——塩分が低く透明度が小さく水色が悪く水温の年較差が大きい——としている(原著 p.41-42)。また、われわれが行なった4回の定期観測において、塩分・透明度の最も高い水が常に沖側中央部のSt. B, 8, 9などに見られたことは上記の潮流のpatternからよく説明される。

次に、陸水の流入量が比較的少ないという特徴は、大きな河川が調査水域内へ放流していないために生じたものであるが、さらに根本的には、この地方の陸水量が少ないことも関係がある。この特徴は、調査結果の面には、塩素量が比較的高くその年較差が小さく、低塩分水の分布とその底質への影響が陸水流入口付近に局限される、という現象となって現われた。

このように、本水域へ直接流入する陸水の影響は流入口付近に局限されているが、一方、水域外に流入する芦田川の河水の影響が、箕島を迂回して本水域の南半に及んでいる。すなわち、定期観測において箕島東岸 (St. 6) に低塩分水が見出され、大雨の後には測点 K7 に陸水の影響が著しく、また St. 6, 7 の底質には陸水の影響が濃厚である。

最後に、福山港水域の海況に顕著な影響を与えている福山入江の水についてのべる。福山入江および入江口周辺海域の水質・底質の汚染度については、1951, 1953年に新田ら<sup>25)</sup>(原著 p. 87-88) が調査し、さらに1954年に北森ら<sup>16)</sup>が底棲生物群集を中心に詳しく調査した。これらの調査結果の要点を摘記すれば、

(a) 汚染源は干潮時に入江奥に廃棄される都市・工場廃水である。このため入江奥は最も汚染度が高く、底質は周年黒色で硫化水素臭を帯びる。

(b) 入江の下層を占める海水は潮汐によってある程度更新される。このため底質の汚染度は入江の奥から入江口へ向って軽減する。

(c) 廃水は入江の上層に分布し、干潮時に入江口から海へ流出するが、その影響が顕著に認められる水域は入江口から 500~1,500m の範囲である。

(d) 終戦 (1943年) 前後には工場廃水の流入がなく、入江口・新涯付近の漁獲量は年 37~40トンに達したが、工場の操業再開とともに減少し 1953~54年には年 15トン程度となった。この場合コノシロ・スズキ・ボラなどの“浮き魚”の漁獲が著しく減少し、ウナギ・アナゴ・エビなど底棲種の漁獲量はあまり減少しなかった。

なお、新田らは上記の調査データを用いて、入江内での浄化速度と酸素のたるみ曲線を計算し<sup>26)</sup>(原著 p. 39~43)、また入江口周辺の海中における廃水の分散状態<sup>26)</sup>(原著 p. 30) および廃水の影響範囲<sup>27)</sup>(原著 p. 130, 135) を論じた。

その後、1958年9月の調査\*では、入江の水質は1953年よりかなり改善されており、入江奥の C.O.D. は  $\frac{1}{10}$  以下に減少していたという。

一方、藤山<sup>12)</sup>、片山<sup>12)</sup>は福山入江口のノリ養殖場に発生するアサクサノリの癌腫病について報告し、調査を行なった1952~57年には毎年規則正しく発生し、病徴の顕著な漁場は入江口から 500~700m の範囲であったとして (Text-fig. 14)、本病を誘発する発癌物質は入江奥に廃棄される都市・工場廃水中に含まれているものと推定した。

## 2. 生物群集および漁業

福山港水域の生物群集や漁業は、当然、上に考察した5つの特徴を有するこの水域の海況・底質によって性格づけられていると考えられる。しかしわれわれはこの点に関してまだ十分な資料を集積していないので、ここでは既刊の業績・資料を列挙し多少の考察を加えるにとどめる。

先ずプランクトンについては、村上が笠岡湾の浮遊性珪藻群集の年変化を概説し<sup>20)</sup>、また笠岡湾および近海の浮遊性毛顎類の生態を詳しく報告している<sup>21)</sup>。弓場<sup>35)</sup>は定期観測IIにさいし各測点の1m層のミクロプランクトンを調査し\*\*、全般的に珪藻が主体を占めるが、福山入江・釜屋入江付近の低塩分域には *Tintinnopsis kofoidi*<sup>6)</sup> が、沖側の高塩分域には *Ceratium tripos* が分布し、中間的な塩分を示す水域には両者が混在することを見出し、本水域内の水系区分にはミクロプランクトンが指標として役立つことを示唆した。

\* 新田忠雄・他：福山港附近の水質について。(内水研利用部資料、未発表)。

\*\* 採水・沈でん法による。

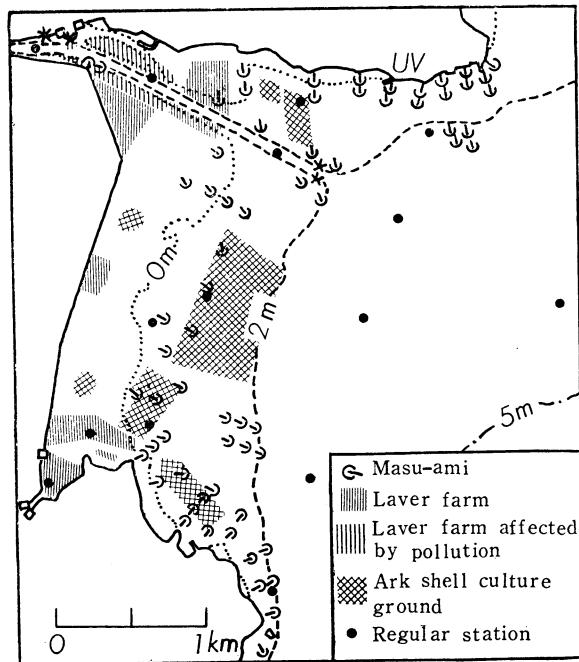


底棲群集動物については、1943年秋に川口・白井<sup>14)</sup>が、翌年春に川口<sup>15)</sup>がそれぞれ笠岡湾全域の41測点で調査し、二枚貝を主体とする強内湾性の群集が見られることを報告している。

なおここでアマモ *Zostera marina* のことにふれておきたい。1953年および1955年に本水域の水質・底質などを調査した新田<sup>26)</sup> (原著 p. 26-32) および大家<sup>29)</sup>によれば、当時は2m等深線以浅の測点ではほぼ例外なくアマモの群落が見られたようである。しかし、われわれが1958~60年に今回の海況調査を行なった時には、アマモは釜屋入江前付近にわずかに見られただけで、採水・採泥にさいしても生葉・枯葉がロープや測器にからまったことはなく、漂流中の葉を認めることもまれであった。柵網業者によれば、1961年にはアマモが柵に流入することはほとんどなかったという。以上の情報はいずれも数量的な厳密性を欠くが、本水域のアマモが1950年代後半の数年間に消滅に近いまでに減少したのではないかと考えられる。

次に本水域で行われている漁業にふれておく。おもな漁業は、柵網漁業、ノリ養殖、モガイ養殖であり、このほかマハゼ・イダコなどの遊漁が多少行なわれ、岸ぞいの干潟で天然産のアサリ、餌虫が採捕される。

柵網は陸側から沖へ向って張り出した垣網(長さ40m内外)とその沖端にある6角形の身網(間口25m, 奥行13m)からなる小型定置網で、海中に立てた竹の支柱の列にとりつける。主として0, 2m等深線間に設置され、潮流にしたがって移動する魚類・エビ・カニ・イ



Text-fig. 14. Location of pound nets ("masu-ami"), laver farms and ark shell culture grounds in Fukuyama Harbor in October, 1961.

UV.....Faculty campus

0m, 2m, 5m.....Depth below the lowest low water level.

カ類が漁獲される。盛漁期の4~10月には福山港水域内で約70艇が操業する (Text-fig. 14)。Table 7 に示した調査水域内の漁獲物は、養殖によるものおよびアサリを除けば、ほとんどすべて柵網によるもので、内湾性の強い魚種組成といえることができる。

Table 7. Landing from Fukuyama Harbor in 1959\*

Scientific or English name	Japanese name	Landing in metric tons**	Type of fishery***
<b>Marine animals, total</b>	<b>Dobutsu gokei</b>	<b>956.5</b>	
<b>Fishes</b>	<b>Gyorui</b>	<b>53.6</b>	
<i>Mugil cephalus</i>	Bora	8.0	M
<i>Lateolabrax japonicus</i>	Suzuki	7.1	M
<i>Sparus swinhonis</i>	Kurodai	6.8	M
<i>Clupanodon punctatus</i>	Konoshiro	4.8	M
Flounders	Karei rui	1.5	M
<i>Harengula zunasi</i>	Sappa	1.3	M
Lizard fish	Eso	1.2	M
Puffers	Fugu rui	1.2	M
<i>Nibea argentata</i>	Ishimochi	1.1	M
Other fishes		20.6	M
<b>Molluscs</b>	<b>Kairui ika tako</b>	<b>889.8</b>	
<i>Venerupis semidecussata</i>	Asari	390.4	O
<i>Anadara subcrenata</i>	Mogai	333.2	C
<i>Meretrix meretrix lusoria</i>	Hamaguri	12.7	O
Other shellfishes	Kai rui	141.1****	O
Octopus	Tako	8.7	M
Cuttlefishes and squids	Ika	3.7	M
<b>Crustaceans</b>	<b>Ebi kani</b>	<b>13.1</b>	
<i>Penaeus japonicus</i>	Kuruma-ebi	2.2	M
Other shrimps	Ebi rui	6.5	M
Crabs	Kani	4.4	M
<b>Seaweeds, total</b>	<b>Kaiso rui</b>	<b>1.81#</b>	
<i>Porphyra tenera</i>	Kuro-nori	1.07#	C
<i>Enteromorpha</i> and <i>Monostroma</i>	Ao-nori	0.08#	C
<i>Porphyra</i> mixed with <i>Enteromorpha</i> or <i>Monostroma</i>	Maze-nori	0.66#	C

\* Total landing by the Fukuyama, Hikino and Otsuno Fishing Cooperatives, whose fishing and culture grounds approximately coincide the area enclosed with thick broken line in Text-fig. 1. (Source : Hiroshima Statistical Survey Office, Ministry of Agriculture and Forestry<sup>25</sup>).

\*\* Gross weight unless otherwise stated.

\*\*\* Type of fishery : C - culture, M-"masu-ami" or pound net, O - others.

\*\*\*\* Includes 3 tons of sea-cucumber and sea-urchin.

# Dry weight. Calculated with the conversion factor of 1000 sheets of dried laver = 2.3kg.

ノリ養殖場は陸水の流入口付近に、モガイの養殖場はその沖側に設けられ (Text-fig. 14), その産額は Table 7 に示した通りである。新涯沖の2m等深線付近の広いモガイ養殖場は採

苗に適している<sup>7)</sup>。

### 3. 観測方法について

最後に、今後今回のような目的をもって調査を行なう場合を仮定して、観測方法の問題にふれておきたい。今回実施した4回の定期観測の主な目的は、面積の比較的限られた沿岸水域の海況が潮汐にともなってどのように変化するかを明らかにすることであった。この目的に対しては、(a) 測点間隔をさらにちぢめ対象水域外にも測点をおくことが望ましく、(b) そのためには測器の改善、艇速の増加などにより測点当りの観測所要時間を短縮する必要がある。また(c) 主要測点に連続的自記測器を定置し、(d) 水系の判別を明確にするためにプランクトン相、濁度の観測を追加することが望ましい。

また水域内の各部分の海況の特性を知るためには、底質の理化学的調査のほか底棲生物群集を調査すれば効果が大きいと考えられる。

## (VI) 要 約

福山港水域の海況を明かにする目的で、1958年9月から1959年7月にかけて定期海況観測を4回、底質調査を6回行ない、さらにこれらを補足するため、1960年7月に12時間連続観測および流入陸水調査を行ない、この水域の海況および底質について次の諸点を明かにした。

海況については

(1) 福山港水域は、内湾である笠岡湾の一部で面積約6.1 km<sup>2</sup>、水深は浅く干潟をもち、平均潮における満潮時の水量は $23 \times 10^6$  tonである。水域の北西および南西部には都市・工業廃水、農地排水の流入がみられる。潮差が比較的大きく、満潮時の水量の33~63%が下げ潮時に水域外へ流出する。

(2) このように水の出入率は高いが、潮流は比較的ゆるやかである。これは、調査水域の地形が間口が広く奥行が浅く、かつ海底が平坦なことによると考えられる。水の動きとしては、上げ潮時に沖合水はこの水域の東側中央にあたる St. 8 付近から深渚航路に向って差し込む傾向を示し、下げ潮時には北西の福山入江口、南西の釜屋入江口を中心に陸水の影響の強い水が表層(1m以浅)にひろがる。このほか、芦田川口起源と考えられる低塩分水が南西部(St. 6 付近)の表層に出現する場合が多い。

(3) 水温は、周年変化が大きく、月平均水温の最高は28°C、最低は約7°Cである。気温との差は小さく、従って気温の影響を強く受けていると考えられる。

(4) 塩素量は、陸水流入口付近を除けば、周年ほぼ16~18%の範囲である。その空間的分布は沿岸・表層で低く、沖合・底層で高い傾向を示すが、陸水の影響を強く受ける入江口付近(St. A, 1, 5 など)を除けば、比較的均一である。また入江口付近でも満潮時には流入する沖合水の影響が卓越する。

(5) 溶存酸素量は、周年比較的多く、飽和に近いか過飽和の場合が多い。分布は、沿岸・底層に少なく沖合・表層に多い傾向を示し、陸水ことに福山入江の水が混入した場合は酸素量が少ない。また局所的に酸素量が多い場合が見られ、これは植物プランクトンの濃群によると思われる。

(6) C. O. D. は、大部分の地点で0.6~1.9 ppm 位である。陸水の影響の強い水ではこれより大きく、最大6 ppm を観測した。

(7) 酸可溶性全鉄量は一般に 0.05 ppm 以下であるが、底層水ではしばしばこれより大きく、陸水の影響の強い水ではさらに大きく最大 0.6 ppm を観測した。

(8) pH は、一般に 8.2 であるが陸水の影響の強い水ではこれより小さく、最低 7.2 を観測した。

(9) 水色は 4~9 で、沿岸では悪く、沖合では比較的良好で 4~6 である。

(10) 透明度は 1~4m で、沿岸で小さく沖合で大きい。

(11) 以上のことから、福山港水域の水は 3 系統に大別できると考えられる。すなわち

① 陸水系の水は、塩素量・溶存酸素量が小さく、C.O.D.・鉄量が大きく、pH は低く、水色悪く透明度が小さい。

② 沖合系の水は、塩素量・溶存酸素量が大きく、C.O.D.・鉄量は小さく、pH は高く (8.2~8.3)、水色は 5、透明度が大きい。

③ 底層系の水は、塩素量は大きく 17% 以上、溶存酸素量は表層よりは小さく、鉄量は表層より多い。

これら 3 系統の水が潮汐による水の流動によって混合・交代し、これに大気・日射の影響、生物・懸濁質の生化学的作用などが加わって複雑な様相を呈すると考えられる。

底質については

(12) 底質は軟泥質で粒径 2~20 $\mu$  の沈泥が 75~90% を占める貝殻まじりのシルトからなり、灼熱減量 3.2~13.9%、有機炭素量 4.3~18.2mg/g、窒素量 0.34~1.64mg/g であった。灼熱減量・窒素量と有機炭素量の間には直線関係が認められる。塩素の補正を行った炭素率 (C/N) は 10 前後の場合が多いから、底質中の有機物の酸化分解はかなり進んでいると考えられる。

(13) 酸素消費量は、測定方法に欠陥があったが、0.04~0.88cc (湿泥 5g 当り) の範囲で、比較的低温で測定した場合 (底質調査 IV, V) には有機炭素量との間に直線関係が見られた。

(14) 貫入深度はほぼ 2m 等深線を境にしてかなり差がある。すなわち、2m 以浅の海域では 30cm 前後、以深の海域で 50cm 前後である。

(15) 全般的な傾向としては、陸水の影響を強く受ける測点 (St. 1, 5, 6 など) の底質は灼熱減量・有機炭素量・窒素量・酸素消費量が大きく炭素率は小さい。すなわち、有機質に富み、その分解が充分に進んでいない。一方、水の動きが比較的大きい測点 (St. 3, 4, 8 など) では有機質に乏しく貫入深度が小さい。

以上の知見を既往の海況・底質・生物群集・漁業に関する資料と比較して論議した。

## SUMMARY

A series of hydrographic observations were carried out from September, 1958 through July, 1960 in order to clarify the physical and chemical properties of sea water and bottom muds of Fukuyama Harbor, Hiroshima Pref. (Text-figs. 1,2, Table 4). The results are presented in Tables 6, A-F and Text-figs. 4-12 and discussed in comparison with previously published data on the hydrography, ecology and fishery of this water area.

Fukuyama Harbor\* is the former estuary of Ashida River. It occupies the western part of Kasaoka Bay and measures 6.1km<sup>2</sup> in area. Being trapezoidal in shape, it is bordered by a reclaimed land in the west, by hilly peninsula in the south and north, and opens wide in the east. The flat muddy bottom slopes down gently toward the east. Water depth does not exceed 7m below the mean sea level at any part of the harbor. Tidal flats are exposed along the shore at low waters.

Water temperature differs very little from air temperature all the year, the monthly mean varying between 7° (January and February) and 28°C (August) at the surface (Text-fig. 3). Water is turbid with the Secchi disc depth seldom exceeding 4 m. These two features can be ascribed partly to such local conditions as the small water depth and the muddy bottom, but are principally due to the fact that the water can not freely pass from the high sea (i. e., the Pacific Ocean off Bungo Strait) to this locality owing to the channels and shallow seas lying on the course.

Monthly mean of chlorinity varies within the range of 16.6–17.9‰ at the surface (Text-fig. 3). Seasonal variation of chlorinity is not very great and reaches minima in summer when local precipitation and the drainage of Ashida River reach maxima (Tables 1, 2).

Tidal range is comparatively great owing to the interference of the two tidal waves traversing the Seto Inland Sea in opposite directions, one wave from Bungo strait toward the east and the other from Kii Strait toward the west. In an average tide, tidal range measures 2.2m (Table 3) and 50% of the water that is present in the harbor at the high water is drained off during the ebb. Since water is mixed and replaced by the tide, vertical stratification seldom develops and the water is rich in dissolved oxygen from surface to bottom throughout the seasons. Tidal current, however, is not very fast.

At low tides C.O.D. increases and dissolved oxygen decreases in the water in the northwestern part of the harbor, where polluted water is discharged from Fukuyama Inlet. In rainy months fresh water is discharged from flood-gates at low tides, temporarily lowering the chlorinity of the surface layer nearby.

In the area where the effect of the polluted water or fresh water is not appreciable, various measurements on water are generally within the following range: water color in Forel's scale, 5 or more; pH, 8.2–8.3; C.O.D. by Saeki's alkaline permanganate method<sup>30)</sup>, 0.9–1.9ppm; acid-soluble total iron by  $\alpha\alpha'$ -dipyridyl method, less than 0.05ppm. The water near the sea bottom often gives greater values of C.O.D. and acid-soluble total iron than those mentioned above.

The bottom mud is principally composed of the silt of particle diameters between 2 and 20 $\mu$ . The bottom is harder on the inshore side of the 2m depth contour than on the offshore side: the penetration value obtained with the Furukawa's penetrometer<sup>4)</sup> averages 30 and 50cm respectively. Other measurements on the bottom

---

\* "Fukuyama Harbor" is a provisional name with which the present authors designate the water area under consideration. This area is not used as a refuge by ships because the water is too shallow, although it forms the outer part of Fukuyama Port. The word of 'harbor' is used simply in the sense of 'a sheltered arm of the sea'.

mud are within the following range: ignition loss, 3.2–13.9%; organic carbon by Tiurin's rapid titration method, 4.3–18.2mg/g (chlorine error not corrected); total nitrogen by Kjeldahl method, 0.34–1.64mg/g (Table 6). Carbon-nitrogen ratio (chlorine error corrected) is usually close to 10. Ignition loss, Kjeldahl nitrogen and the oxygen consumption of mud (measured at room temperatures) respectively hold linear relation with organic carbon content (Text-fig. 13).

Bottom mud is rich in organic matter and gives small carbon-nitrogen ratio in the area affected by the drainage from Fukuyama Inlet, flood-gates or Ashida River.

Major fisheries in Fukuyama Harbor are the "masu-ami" fishery and the culture of the ark shell (*Anadara subcrenata*) and the laver (*Porphyra tenera*). The "masu-ami" is a pound net consisting of a pound 25m wide and 13m long and a leader net about 40m long. It is usually set between the 0 and 2m depth contours, being held in place by bamboo poles driven into the bottom (Text-fig. 14). Fishes, crustaceans and cephalopods are trapped in it as they move with the tide. In 1959 about 70 nets were operated in Fukuyama Harbor with the total catch of 79 metric tons. In the same year, 333 tons of ark shell and 1.8 tons of dried laver were produced by culture and 390 tons of littleneck clam (*Venerupis semidecussata*) were harvested from the natural beds on tidal flats (Table 7). All the species represented in the commercial catch are typical inhabitants of such inshore waters where water is relatively turbid and seasonal variation of water temperature is great.

#### (VIII) 引 用 文 献

- 1) 藤山虎也. 1957a. ノリの癌腫病. 水産増殖, 4 (4) : 69–73.
- 2) ————. 1957b. アサクサノリ癌腫病の細胞化学的研究. 水産学集成 : 829–840. (東大出版会, 東京).
- 3) 福山港事務所. 1960. 福山港地質調査報告書. 5 p., 52 pls. & tables. (とう写刷).
- 4) 古川 厚. 1955. 瀬戸内海底質の硬軟に就いて—I. 浅海用新型 Penetrometer. 日水誌, 20 (12) : 1071–1075.
- 5) 古川 厚・野上和彦・久岡 実・小笠原義光・岡本 亮・小林歌男. 1961. 海中懸濁物質並びに主としてその点から見た貝類養殖場の特性に関する研究. 内水研報告, 14 : 1–151.
- 6) HADA, Yoshine. 1932. Descriptions of two new neritic Tintinninea, *Tintinnopsis japonica* and *Tps. kofoidi* with a brief note on a unicellular organism parasitic on the latter. Proc. Imp. Acad., 8 (5) : 209–212.
- 7) 広島県水産試験場 (竹内卓三・松原孝之・木村知博). 1956. 藻貝 *Anadara subcrenata* の採苗に関する研究. 広島県水試報告, 17 (2) : 15–24.
- 8) 広島県東部地区開発調査事務所. 1960. 福山港土地造成調査工事報告書. 118 p., 7 pls. (とう写刷).
- 9) 細川 巖 他. 1959. 東支那海底上の海洋化学的研究—I. 有機炭素及び全窒素含量について. 日本海洋学会誌, 15 (2) : 43–47.
- 10) 海上保安庁水路部. 1957. 海図 No. 1118 “笠岡湾及び三原湾”.
- 11) ———— (編). 1958. 昭和34年潮汐表. 第1巻. 293 p.
- 12) 片山輝久・藤山虎也. 1957. 海藻類の核酸に関する研究, 特にアサクサノリの癌腫病に於けるDNA含量の特異性について. 日水誌, 23 (5) : 249–254.
- 13) 加藤健治. 1951. 海洋底質の化学的研究. 第3報 北海道北西海域に於ける海底腐植の分布について. 北大水産学部研究集報, 2 : 10–30.
- 14) 川口正雄・白井邦彦. 1944. 瀬戸内海の内湾の研究. I. 笠岡湾の底棲群聚とその未利用資源動物としてのホトトギスの定量. 京大生理生態, 8 : 1–18, pls. 1–3.

- 15) 川口正雄. 1945. 瀬戸内海の内湾の研究. II. 笠岡湾の底棲群聚の春季相. 京大生理生態, 17: 1—4, 1 table, 1 pl.
- 16) 北森良之介・小林真一. 1958. 汚濁水域の底棲生物. (I) 福山入江. 内水研報告, 11: 1—6.
- 17) 神戸海洋气象台(編). 1942. 瀬戸内海の気象と海象. 神戸海洋气象台彙報, 161, 211 p.
- 18) 弘法健三 他. 1958. 生物と環境. 現代生物学講座 5. 397 p. (共立出版株式会社, 東京).
- 19) 松平康雄・吉沢 博. 1959. 瀬戸内海の潮汐について. 広大水産産紀要, 2 (2): 117—133.
- 20) 村上彰男. 1954. 笠岡湾海洋調査報告 (内湾の微細海況について). 内水研報告, 6: 15—57.
- 21) ————. 1959. 瀬戸内海産浮游性毛顎類に関する海洋生物学的研究. 内水研報告, 12: 1—186.
- 22) 内海区水産研究所. 1956—57. 瀬戸内海水産連絡調査要報, A輯, 16号—19号.
- 23) 日本化学会(編). 1958. 地球化学. 実験化学講座 14. 491 p. (丸善株式会社, 東京).
- 24) 日本海洋学会(編). 1955. 海洋観測指針. 252 p.
- 25) 新田忠雄 他. 1954. 工場廃水に関する研究 第2報. 内水研報告, 6: 59—103.
- 26) ———— 他. 1955. 工場廃水に関する研究 第3報. 内水研報告, 7: 1—77.
- 27) ———— 他. 1957. 工場廃水に関する研究 第4報. 内水研報告, 10: 57—135.
- 28) 農林省広島統計調査事務所. 1960. 広島農林水産統計年報. 昭和35年版. 220 p.
- 29) 大家正太郎. 1956. 浅海底に接する海水の性状について. 水産増殖, 3 (3): 34—39.
- 30) 佐伯有常. 1956. 過マンガン酸カリ消費量についての一考察. 水産増殖, 4 (2): 27—33.
- 31) SVERDRUP, H. U., *et al.* 1942. *The Oceans*. 1087 p. (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N., J., U. S. A.).
- 32) 東京大学農芸化学教室. 1958. 実験農芸化学. 上巻. 390 p. (朝倉書店, 東京).
- 33) 東京天文台(編). 1959. 理科年表. 第33冊. (丸善株式会社, 東京).
- 34) 山本広志・今井喜彦. 1959. 本邦内湾の海洋化学的研究—X. 浦戸湾における鉄およびマンガンの分布. 日本海洋学会誌, 15 (4): 185—190.
- 35) 弓場 登. 福山港におけるプランクトン分布の一例. (未発表).

## Appendix: Data of Hydrographic Observations

Table A. Data of "Regular Observation I".

1. Early ebb (morning) : September 24, 1958.
2. Early flood (afternoon) : September 24, 1958.

Table B. Data of "Regular Observation II".

1. High water (morning) : November 10, 1958.
2. Late ebb (afternoon) : November 10, 1958.

Table C. Data of "Regular Observation III".

1. Flood (morning) : March 13, 1959.
2. Ebb (afternoon) : March 13, 1959.

Table D. Data of "Regular Observation IV".

1. Ebb (morning) : July 1, 1959.
2. Early flood (afternoon) : July 1, 1959.

Table E. Data of "12-Hour Observation" at St. T on July 10, 1960.

Table F. Data of "Land Drainage Survey" on July 11, 1960.

## Abbreviations and Marks Used in Tables A-F.

br.....brownish.

$C_F$ .....Water color in Forel's scale.

Cl.....Chlorinity.

COD.....Chemical oxygen demand by alkaline  $KMnO_4$  method.

d.....darkish.

Ex. coef. 0-1m.....Extinction coefficient computed from the illuminations immediately (0m) and 1m below sea surface. Illumination was measured with a selenium photocell (maximum sensitivity at  $580m\mu$ ) equipped with a white diffusing plate.

Fe.....Iron.

$O_2$  (cc/L).....Dissolved oxygen in volume as reduced to the standard state.

$O_2$  (%).....Saturation percentage of dissolved oxygen.

Tr.....Transparency measured with the white Secchi disc 30cm in diameter.

$\theta_A$ .....Air temperature 1.2m above the sea surface.

$\theta_W$ .....Water temperature.

Z.....Observation depth.

... Not measured.

Wind.....Direction and the wind force in Beaufort's scale.



Table A-1. Early ebb (morning) : September 24, 1958

Station, Time & Sounding	Z (m)	$\theta_W$ (°C)	Cl (‰)	$\sigma_t$	pH	O <sub>2</sub>		Fe (ppm)	COD (ppm)	Tr(m) & C <sub>F</sub>	Surface Current (cm/sec)	Weather, $\theta_A$ (°C) & Wind
						(cc/L)	(%)					
1 09 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 5.5m	0	25.0	16.47	19.4	8.2	3.87	76.0	0.14	1.7	1.7	ESE	Cloudy
	1	25.6	16.82	19.7	8.2	3.94	78.5	0.07	1.2	6d	5	22.5
	4	25.4	17.03	20.1	8.2	3.67	73.0	0.16	1.4			N-1
2 09 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 4.5m	0	24.8	16.84	20.0	8.2	4.25	83.7	<0.05	1.3	2.0	ESE	...
	1	25.6	16.86	19.8	8.2	4.32	86.1	<0.05	1.5	...	10	...
	3	25.6	17.14	20.2	8.2	3.86	77.2	0.06	1.8			...
3 10 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 7.0m	0	25.2	16.84	19.9	8.2	4.50	89.1	<0.05	1.5	1.9	NW	Cloudy
	1	25.5	16.78	19.7	8.2	4.36	86.7	<0.05	1.4	4~5d	10	22.5
	5.5	25.6	17.10	20.1	8.2	3.72	74.4	0.05	1.5			N-1
4 10 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 5.0m	0	24.6	16.52	19.6	8.2	4.59	91.4	0.06	1.5	2.2	ESE	Cloudy
	1	25.2	...	...	8.2	4.50	...	<0.05	...	5d	19	...
	3.5	25.2	16.99	20.1	8.2	4.54	90.1	<0.05	1.5			NW-1
5 10 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 4.0m	0	24.8	16.25	19.2	8.2	4.55	88.9	0.05	1.3	2.0	SE	...
	1	24.9	16.21	19.1	8.2	4.37	85.7	0.05	1.6	5	17	...
	3	25.1	16.95	20.0	8.2	4.31	85.3	0.06	1.5			NW
6 10 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 5.0m	0	24.8	16.10	19.0	8.2	4.61	89.9	0.10	1.3	1.9	E	...
	1	25.8	17.01	19.9	8.2	4.52	90.6	<0.05	1.1	5d	12	23.5
	4	25.3	17.04	20.1	8.2	4.49	89.3	0.05	1.3			...
7 11 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 6.0m	0	25.0	16.76	19.8	8.2	4.70	92.7	<0.05	1.5	6.0	N	...
	1	25.3	16.77	19.8	8.2	4.80	95.2	<0.05	0.9	...	9	...
	5	25.3	17.03	20.1	8.2	4.43	88.1	0.05	1.4			NE-2
8 11 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 5.5m	0	25.0	16.97	20.1	8.2	4.76	94.1	<0.05	1.3	5.5	NNE	22.0
	1	25.4	16.96	20.0	8.2	4.96	98.6	<0.05	0.9	5d	16	Cloudy
	4.5	25.1	17.05	20.2	8.2	4.33	85.7	0.05	1.4			NNE-1~2
9 11 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 6.0m	0	24.8	16.95	20.1	8.2	4.71	92.7	<0.05	1.5	6.0	NE	...
	1	25.5	16.92	19.9	8.2	4.66	93.0	<0.05	1.4	4~5d	8	...
	4.5	25.4	17.10	20.2	8.2	4.16	82.9	0.20	1.5			ENE-2
10 11 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 4.5m	0	25.0	16.99	20.1	8.2	4.43	88.0	<0.05	1.7	4.5	ESE	...
	1	25.6	16.98	19.9	8.2	4.53	90.6	<0.05	1.3	5d	7	...
	3	25.7	17.15	20.1	8.2	3.68	74.0	0.10	1.4			...

Table A-2. Early flood (afternoon) : September 24, 1958

Station, Time & Sounding	Z (m)	$\theta_W$ (°C)	Cl (%)	$\sigma_t$	pH	O <sub>2</sub>		Fe (ppm)	COD (ppm)	Tr(m) & C <sub>F</sub>	Surface Current (cm/sec)	Weather, $\theta_A$ (°C) & Wind
						(cc/L)	(%)					
1 16 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 1.5m	0	24.8	7.35	7.1	7.2	3.46	61.5	0.38	4.4	...	SSW	Cloudy 23.1 NW/w-1
	1	26.2	16.76	19.4	8.2	3.33	67.0	0.18	1.4	9	4	
2 16 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 2.5m	0	25.8	16.27	18.9	8.2	3.61	71.6	0.07	1.2	ca.1.5	NW	...
	1	26.2	...	...	8.2	...	...	...	...	7	4	24.2
3 16 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 2.5m	1.5	25.6	17.07	20.1	8.2	3.43	68.6	0.05	1.3	...	E	Cloudy 24.4
	0	25.6	15.41	18.8	8.2	3.61	71.3	0.15	1.7	...	4	0
4 16 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 3.0m	1	26.1	17.03	19.8	8.2	3.48	70.2	0.11	1.8	6~7d	4	24.4
	2	25.7	17.02	20.0	8.2	3.43	68.6	0.13	1.7	...	4	0
5 16 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 2.0m	0	25.2	14.63	16.9	8.2	4.04	78.0	0.12	2.1	1.7	W	Cloudy 25.0
	1	25.8	16.73	19.5	8.2	4.57	91.4	<0.05	1.6	...	4	0
6 15 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 4.5m	0	25.4	16.88	19.9	8.2	4.08	81.1	0.11	1.6	...	WNW	Cloudy 24.3
	1	25.2	14.56	16.8	8.2	4.80	92.7	0.12	2.1	8~9br	4	N/W-1
7 15 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 5.0m	0	25.0	16.35	19.3	8.2	5.15	101.0	<0.05	1.8	1.9	E	...
	1	25.6	16.90	19.8	8.2	4.55	90.8	<0.05	0.9	7d	12	24.2
8 15 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 5.0m	3.5	25.5	17.03	20.0	8.2	4.16	83.0	0.18	1.5	...	N/W-1	...
	0	25.4	16.95	19.9	...	5.34	106.2	0.05	1.5	2.6	N	...
9 15 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 4.5m	1	25.5	16.93	19.9	...	5.08	101.2	0.05	1.8	7d	8	25.8
	3.5	25.4	16.98	20.0	...	4.83	96.0	0.05	1.3	...	N/W-1	...
10 14 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 4.0m	0	25.6	16.92	19.8	8.2	5.07	101.2	<0.05	1.2	2.0	NE/E	...
	1	25.7	16.96	19.9	8.2	4.93	98.6	<0.05	1.6	7d	5	23.8
11 14 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 4.0m	4	25.6	17.06	20.0	8.2	4.32	86.4	0.07	1.4	...	N/W-1	...
	0	25.4	16.01	18.7	8.2	4.44	87.7	0.13	1.8	1.9	NE	Fair
12 14 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 4.0m	1	26.0	17.00	19.8	8.2	4.71	94.8	0.05	1.6	6~7d	10	...
	3.5	25.6	17.10	20.1	8.2	3.84	76.8	0.20	2.1	...	NE-1	...
13 14 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 4.0m	0	25.6	17.05	20.0	8.2	4.90	98.0	0.05	1.7	1.9	NEE	...
	1	25.8	16.98	19.9	8.2	4.97	99.6	0.06	2.0	5~6d	4	23.2
14 13 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 4.0m	2.5	26.0	17.16	20.1	8.2	4.06	81.7	0.16	1.8	...	4	0

Table B-1. High water (morning) : November 10, 1958

Station, Time & Sounding	Z (m)	$\theta_W$ (°C)	Cl (‰)	$\sigma_t$	pH	O <sub>2</sub>		Fe (ppm)	COD (ppm)	Tr(m) & C <sub>F</sub>	Weather, $\theta_A$ (°C) & Wind
						(cc/L)	(%)				
1 09 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 5.1m	0	17.4	16.41	21.4	8.1	4.84	83.6	<0.05	1.63	2.0	...
	1	17.9	16.89	21.9	8.1	5.06	88.6	<0.05	1.17	7	...
	4.5	17.6	17.09	22.2	8.1	5.16	90.1	<0.05	1.36		0
2 10 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 4.9m	0	17.6	16.95	22.1	8.1	5.13	89.4	<0.05	1.34	2.5	Fair
	1	17.7	16.96	22.0	8.1	5.15	89.9	<0.05	1.55	7	18.4
	4.5	18.4	17.10	22.1	8.1	5.28	93.5	<0.05	1.29		0
3 10 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 5.0m	0	17.5	16.99	22.1	8.1	5.28	92.0	<0.05	1.17	2.7	Fair
	1	17.9	17.01	22.1	8.1	5.31	93.2	<0.05	1.48	7	...
	4.5	18.2	17.14	22.1	8.1	5.20	91.9	<0.05	1.37		...
4 10 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 5.0m	0	17.3	16.87	22.0	8.1	5.41	93.9	0.05	1.29	2.6	...
	1	17.9	17.15	22.3	8.1	5.42	95.3	0.05	1.26	7	17.2
	4.5	18.2	17.19	22.2	8.1	5.35	94.2	0.06	1.48		...
5 10 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 4.7m	0	17.5	16.74	21.8	8.2	5.36	92.7	<0.05	1.76	2.1	Fair
	1	17.8	16.95	22.0	8.2	5.43	95.1	<0.05	1.31	7	17.4
	4.0	18.2	17.04	22.2	8.2	5.36	94.5	<0.05	1.45		0
6 11 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 6.0m	0	17.5	15.65	20.5	8.2	5.61	96.2	<0.05	1.48	2.1	Fair
	1	17.8	17.05	22.4	8.2	5.35	93.7	<0.05	1.61	8	20.3
	5.5	17.9	17.17	22.5	8.2	5.34	93.8	0.31	1.69		0
8 11 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 6.0m	0	18.2	17.08	22.1	8.2	5.47	96.5	<0.05	1.02	3.2	Fair
	1	18.2	17.09	22.1	8.2	5.49	96.8	<0.05	1.09	6	22.0
	5.5	18.1	17.19	22.3	8.2	5.27	92.9	0.11	1.69		0
10 11 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 5.0m	0	18.1	17.07	22.1	8.2	5.29	93.4	<0.05	1.47	3.0	...
	1	18.4	17.00	21.9	8.2	5.35	94.7	<0.05	1.33	6	...
	4.5	18.1	17.18	22.2	8.2	5.22	92.1	0.09	1.39		...
A 09 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 4.0m	0	17.2	15.98	20.8	8.2	4.53	77.4	0.15	1.56	1.8	Fair
	1	17.2	16.91	22.1	8.2	4.71	81.5	0.05	1.36	7d	16.9
	3.5	17.5	17.02	22.2	8.1	4.89	84.1	0.08	1.48		0
B 11 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 8.0m	0	18.8	17.24	22.2	8.2	5.37	95.7	<0.05	1.01	3.5	...
	1	18.5	17.18	22.2	8.2	5.30	94.1	<0.05	1.28	6	20.6
	7.5	18.5	17.25	22.2	8.2	5.19	92.2	<0.05	1.04		...
C 10 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 4.7m	0	17.4	16.74	21.8	8.2	5.47	94.8	<0.05	1.39	2.3	...
	1	17.4	17.00	22.2	8.2	5.44	94.6	<0.05	1.72	...	...
	4.0	17.7	17.06	22.2	8.2	5.19	90.7	0.05	2.04		...
E 10 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 4.0m	0	17.5	14.84	19.2	8.1	4.68	79.5	0.06	1.69	2.1	Fair
	1	17.7	16.53	21.5	8.1	4.86	84.2	<0.05	1.64	8~9	...
	3.5	17.8	16.79	21.8	8.1	5.08	88.3	0.18	1.72		0



Table C-1. Flood (morning) : March 13, 1959

Station, Time & Sounding	Z (m)	$\theta_w$ (°C)	Cl (%)	$\sigma_t$	pH	O <sub>2</sub>		Fe (ppm)	COD (ppm)	Tr (m)	Weather & $\theta_A$ (°C)
						(cc/L)	(%)				
<b>1</b>	0	10.0	16.32	22.6	8.2	6.45	96.7	0.06	1.51	2.0	Cloudy 7.1
11 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	1	10.2	17.38	24.1	8.2	6.92	105.8	0.12	1.30		
5.0m	4.5	10.3	17.66	24.5	8.2	6.56	100.8	0.07	1.12		
<b>2</b>	0	9.8	17.61	24.5	8.2	6.47	98.3	0.06	1.12	1.2	Cloudy ...
11 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	1	10.6	17.62	24.4	8.2	6.51	100.6	0.06	1.35		
4.0m	3.5	11.0	17.76	24.5	8.2	6.42	100.2	0.14	1.17		
<b>3</b>	0	9.9	17.78	24.5	8.2	6.37	97.1	<0.05	1.56	2.0	Cloudy 6.6
11 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	1	10.4	17.52	24.3	8.2	6.08	93.3	<0.05	1.36		
3.5m	3.0	10.8	17.70	24.5	8.2	6.56	101.9	<0.05	1.22		
<b>4</b>	0	9.4	17.60	24.6	8.2	7.24	109.0	<0.05	1.38	2.5	Cloudy ...
11 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>	1	10.0	17.57	24.4	8.2	6.73	102.6	<0.05	1.28		
3.5m	3.0	10.1	17.60	24.5	8.3	6.64	100.9	<0.05	1.25		
<b>5</b>	0	9.3	17.40	24.3	8.2	6.49	97.4	<0.05	1.33	2.0	Cloudy 6.9
10 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	1	9.7	17.39	24.2	8.2	6.55	99.1	0.09	1.39		
2.5m	2.0	9.7	17.39	24.2	8.3	6.47	97.9	0.06	1.27		
<b>6</b>	0	9.8	17.57	24.5	8.4	6.56	99.7	<0.05	1.43	2.5	Cloudy 6.2
10 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	1	10.0	17.58	24.5	8.2	6.65	101.4	<0.05	1.44		
5.0m	4.5	10.4	17.85	24.8	8.3	6.48	99.8	<0.05	1.39		
<b>7</b>	0	9.8	17.70	24.6	8.2	6.64	101.1	<0.05	1.28	3.1	Cloudy 6.0
10 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	1	10.5	17.68	24.5	8.3	6.56	101.2	<0.05	1.38		
6.0m	5.5	10.1	17.77	24.7	8.2	6.58	100.9	<0.05	1.35		
<b>8</b>	0	9.8	17.66	24.6	8.2	6.52	99.2	<0.05	1.35	2.9	Cloudy 5.2
10 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>	1	10.2	17.61	24.5	8.2	6.56	100.6	<0.05	1.38		
6.0m	5.5	10.2	17.82	24.8	8.2	6.49	99.7	<0.05	1.31		
<b>9</b>	0	9.8	17.71	24.7	8.2	6.59	100.3	<0.05	1.22	2.9	Cloudy ...
09 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>	1	10.0	17.68	24.6	8.2	6.62	101.1	<0.05	1.35		
5.0m	4.5	10.3	17.88	24.8	8.2	6.38	98.3	<0.05	1.44		
<b>10</b>	0	9.8	17.76	24.7	8.2	6.60	100.5	<0.05	1.47	2.5	Cloudy 5.0
09 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	1	10.3	17.73	24.6	8.2	7.72	118.8	<0.05	1.57		
4.0m	3.5	10.8	17.84	24.7	8.2	6.53	101.6	0.14	1.49		

Table C-2. Ebb (afternoon) : March 13, 1959

Station, Time & Sounding	Z (m)	$\theta_W$ (°C)	Cl (%)	$\sigma_t$	pH	O <sub>2</sub>		Fe (ppm)	COD (ppm)	Tr (m)	Weather & $\theta_A$ (°C)
						(cc/L)	(%)				
<b>1</b>	0	10.2	17.45	24.2	8.2	6.54	100.0	<0.05	1.30	2.2	Cloudy 7.6
15 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>	1	10.4	17.39	24.1	8.2	6.54	100.3	<0.05	1.12		
5.0m	4.5	10.4	17.69	24.5	8.2	6.59	101.4	<0.05	1.20		
<b>2</b>	0	9.8	17.73	24.7	8.2	6.74	102.6	<0.05	1.03	2.3	Cloudy 8.6
15 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	1	10.3	17.73	24.6	8.2	6.76	103.8	<0.05	0.99		
4.0m	3.5	10.8	17.81	24.6	8.2	6.71	104.4	<0.05	1.07		
<b>3</b>	0	10.3	17.74	24.6	8.2	6.68	102.8	<0.05	0.96	2.8	Cloudy 8.2
15 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	1	10.4	17.74	24.6	8.2	6.68	102.9	<0.05	1.09		
4.0m	3.5	10.6	17.75	24.6	8.2	6.55	101.4	<0.05	1.04		
<b>4</b>	0	9.9	17.60	24.5	8.2	6.78	103.2	<0.05	1.15	2.5	Cloudy 7.8
15 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>	1	10.3	17.63	24.5	8.2	6.57	100.9	<0.05	1.31		
3.0m	2.5	10.5	17.65	24.5	8.2	6.75	104.0	<0.05	1.12		
<b>5</b>	0	9.8	17.55	24.4	8.2	6.83	103.6	<0.05	1.27	2.5	Cloudy 7.9
15 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	1	10.2	17.57	24.4	8.2	6.96	106.6	<0.05	1.27		
3.0m	2.5	10.4	17.57	24.4	8.2	6.83	104.9	0.16	1.54		
<b>6</b>	0	9.7	17.56	24.5	8.2	6.93	105.0	<0.05	1.22	2.1	Cloudy 8.3
16 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>	1	10.0	17.55	24.4	8.2	6.77	103.2	<0.05	1.28		
4.8m	4.5	10.4	17.57	24.4	8.2	6.82	104.8	0.06	1.52		
<b>7</b>	0	9.7	17.79	24.8	8.2	7.34	111.6	<0.05	1.28	3.0	Cloudy 7.6
16 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	1	10.0	17.78	24.7	8.2	6.69	102.3	<0.05	1.14		
5.5m	5.0	10.4	17.80	24.8	8.2	6.64	102.3	<0.05	1.43		
<b>8</b>	0	10.1	17.77	24.7	8.2	6.66	102.1	<0.05	1.28	2.9	Cloudy 7.6
16 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	1	10.2	17.78	24.7	8.2	6.65	102.2	<0.05	1.12		
5.5m	5.0	10.5	17.83	24.7	8.2	6.68	103.2	<0.05	1.15		
<b>9</b>	0	10.1	17.77	24.7	8.2	6.67	102.3	<0.05	1.43	2.9	Cloudy 7.6
16 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	1	10.3	17.76	24.6	8.2	6.85	105.4	<0.05	1.25		
4.5m	4.0	10.5	17.83	24.7	8.3	6.69	103.4	<0.05	1.27		
<b>10</b>	0	10.0	17.80	24.8	8.2	6.72	102.8	<0.05	1.28	2.9	Cloudy 7.6
16 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	1	10.2	17.81	24.7	8.2	6.80	104.5	<0.05	1.12		
4.5m	4.0	10.9	17.82	24.6	8.2	6.68	104.0	0.09	1.51		

Table D-1. Ebb (morning) : July 1, 1959

Station, Time & Sounding	Z (m)	$\theta_W$ (°C)	Cl (‰)	$\sigma_t$	pH	O <sub>2</sub>		Fe (ppm)	COD (ppm)	Tr(m) & C <sub>F</sub>	Weather & $\theta_A$ (°C)
						(cc/L)	(%)				
<b>1</b> 09 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 3.0m	0	27.1	17.06	19.6	8.1	4.16	85.4	0.05	1.73	2.7	Cloudy 24.5
	1	26.3	17.40	20.3	8.1	4.81	97.8	0.02	1.17	6	
	2.5	26.2	17.38	20.3	8.1	4.52	91.9	0.13	1.47		
<b>2</b> 09 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 3.5m	0	26.1	17.40	20.4	8.2	4.87	98.6	0.01	0.66	3.4	Cloudy ...
	1	25.9	17.33	20.3	8.3	<4.89	<98.6	0.01	0.82	...	
	3.0	25.1	17.51	20.8	8.1	4.18	83.3	0.10	0.88		
<b>3</b> 09 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 4.0m	0	26.0	17.33	20.3	8.1	5.18	104.6	0.02	0.82	3.5	Cloudy 25.0
	1	25.8	17.46	20.5	8.2	5.24	105.4	0.02	0.61	5~6	
	3.5	25.7	17.43	20.5	8.2	5.18	104.2	0.04	0.80		
<b>4</b> 09 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 4.0m	0	26.1	16.92	19.7	8.2	5.14	103.4	0.01	0.62	3.6	Cloudy 25.1
	1	25.9	17.35	20.3	8.1	5.30	106.9	0.01	0.64	5~6	
	3.5	25.3	17.42	20.6	8.1	4.67	93.2	0.03	0.64		
<b>5</b> 10 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 3.0m	0	26.7	16.85	19.4	8.2	5.28	107.3	0.04	1.04	2.5	Cloudy 25.0
	1	26.3	16.99	19.7	8.2	5.34	107.9	0.04	1.01	7	
	2.5	25.9	17.42	20.4	8.1	3.79	76.4	0.04	0.70		
<b>6</b> 10 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 4.5m	0	26.4	16.23	18.7	8.1	5.14	103.2	0.10	1.17	3.3	Fair 25.1
	1	25.5	17.36	20.5	8.2	5.36	107.2	0.02	0.61	7	
	4.0	24.8	17.46	20.8	8.2	4.73	93.7	0.04	0.56		
<b>7</b> 10 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 5.5m	0	26.3	17.16	20.0	8.2	5.40	109.3	0.02	0.74	3.5	Fair 25.4
	1	26.2	17.32	20.2	8.3	5.47	110.7	0.03	0.94	5~6	
	5.0	24.0	17.50	21.1	8.2	4.29	83.8	0.04	0.96		
<b>8</b> 10 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 5.0m	0	26.1	17.37	20.3	8.2	5.26	106.5	0.02	0.59	3.9	Fair 25.4
	1	25.9	17.47	20.5	8.3	4.60	92.7	0.02	0.56	5	
	4.5	24.1	17.56	21.2	8.2	4.14	81.2	0.18	1.25		
<b>9</b> 11 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 4.5m	0	26.4	17.47	20.4	8.2	5.24	106.7	0.02	0.69	3.7	Cloudy 25.8
	1	26.2	17.43	20.4	8.2	5.24	106.3	0.01	0.58	5	
	4.0	25.3	17.43	20.6	8.3	5.22	104.2	0.02	0.66		
<b>10</b> 11 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 4.0m	0	26.2	17.44	20.4	8.3	5.36	108.7	0.01	0.64	3.6	Fair 26.0
	1	26.0	17.43	20.4	8.2	5.26	106.3	0.02	1.20	5	
	3.5	25.3	17.46	20.7	8.2	5.28	105.6	0.03	0.90		
<b>A</b> 09 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 7.0m	0	26.8	13.82	15.3	7.5	1.21	23.8	0.64	3.89	1.9	Cloudy ...
	1	26.9	17.07	19.7	8.1	3.91	79.1	0.03	1.17	7	
	6.5	26.2	17.37	20.3	8.1	4.44	90.1	0.07	1.04		
<b>B</b> 11 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 6.0m	0	26.4	17.47	20.4	8.3	4.74	96.5	0.03	0.69	4.4	Fair 25.8
	1	25.9	17.47	20.5	8.3	4.54	91.5	trace	0.69	5	
	5.5	24.3	17.47	20.9	8.3	5.79	113.5	0.01	0.61		

Table D-2. Early flood (afternoon) : July 1, 1959

Station, Time & Sounding	Z (m)	$\theta_W$ (°C)	Cl (%)	$\sigma_t$	pH	O <sub>2</sub>		Fe (ppm)	COD (ppm)	Tr(m) & C <sub>F</sub>	Weather & $\theta_A$ (°C)
						(cc/L)	(%)				
<b>1</b> 15 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 0.8m	0	28.9	6.85	5.3	7.3	3.40	64.3	0.50	5.30	1.0 br	Cloudy 28.3
<b>2</b> 15 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 2.0m	0	27.4	17.35	19.9	8.4	6.26	129.6	0.04	0.96	2.0 7	Cloudy 27.1
	1.5	27.0	17.33	20.0	8.2	5.32	109.2	0.03	0.80		
<b>3</b> 15 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 2.5m	0	27.4	17.22	19.7	8.3	6.24	128.9	0.03	1.04	2.2 7	Cloudy 26.7
	1	27.1	17.36	20.0	8.2	6.10	125.5	0.03	0.99		
<b>4</b> 15 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 2.5m	0	27.4	17.17	19.6	8.4	7.19	148.6	0.05	1.55	2.3 8d	Cloudy 27.1
	1	27.4	17.10	19.5	8.3	7.17	147.8	0.02	1.49		
<b>5</b> 15 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 1.5m	0	27.2	17.11	19.6	8.4	6.57	135.2	0.04	1.46	1.5 8d	Cloudy 27.1
	1	27.2	17.10	19.6	8.3	6.71	137.8	0.06	1.54		
<b>6</b> 14 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 3.5m	0	26.3	17.38	20.3	8.4	5.59	113.6	0.02	1.46	3.5 5	Cloudy 26.2
	1	26.3	17.32	20.2	8.3	5.55	112.6	0.01	1.20		
<b>7</b> 14 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 5.0m	0	26.2	17.44	20.4	8.2	5.47	111.0	trace	0.85	3.8 5	Cloudy 26.3
	1	26.2	17.46	20.4	8.1	5.49	111.4	trace	0.90		
<b>8</b> 14 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 4.5m	0	26.4	17.49	20.4	8.2	5.51	112.2	0.02	0.91	3.6 7	Cloudy 26.7
	1	26.5	17.44	20.3	8.2	5.42	110.4	0.01	0.69		
<b>9</b> 14 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 4.0m	0	26.7	17.45	20.2	8.2	5.40	110.7	0.02	0.72	3.3 5~6	Cloudy 27.6
	1	26.6	17.44	20.2	8.2	5.43	110.8	0.01	0.70		
<b>10</b> 14 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 3.5m	0	27.4	17.40	19.9	8.3	5.51	114.1	0.02	1.49	2.7 6	Cloudy 27.8
	1	26.6	17.45	20.3	8.3	5.43	112.4	0.02	1.01		
<b>A</b> 15 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 6.0m	0	28.7	5.38	3.4	7.4	3.95	73.4	0.55	5.95	0.9 br	Cloudy 27.8
	1	27.7	14.97	15.6	8.0	2.29	46.4	0.17	1.84		
<b>B</b> 16 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 5.0m	0	26.0	17.43	20.4	8.3	5.38	108.7	trace	0.56	4.1 5	Cloudy 26.8
	1	26.4	17.38	20.2	8.1	5.36	108.9	0.01	0.58		
	4.5	24.2	17.50	21.1	8.1	5.65	110.8	0.02	0.80		



Table E. Data of "12-Hour Observation" at St. T on July 10, 1960.

Time & Sounding	Z (m)	$\theta_w$ (°C)	Cl (%)	$\sigma_t$	pH	O <sub>2</sub>		Tr(m) & C <sub>F</sub>	Ex. coef. 0-1m	Surface Current (cm/sec)	Weather & $\theta_A$ (°C)	Wind
						(cc/L)	(%)					
5h30m	0	25.5	4.54	3.2	7.2	3.11	54.2	0.8	1.99	ESE	Fair	0
2.2m	1	24.9	16.21	19.1	8.0	4.11	80.3	10~11		28	25.7	
6h30m	0	24.9	6.68	6.2	7.2	3.03	53.5	0.8	2.67	ESE	Fair	NNW-1
2.0m	1	24.6	15.17	17.8	8.1	4.19	80.6	10~11		14	27.5	
7h30m	0	25.7	9.49	9.8	8.1	(4.60)	(84.7)	1.1	1.31	WNW	Fair	WSW-1
2.3m	1	25.2	15.02	17.4	8.1	5.01	97.1	10		7	...	
8h30m	0	26.2	10.06	10.4	8.1	4.81	90.0	1.5	1.49	NE	Fair	WSW-1
2.9m	2	25.1	15.69	18.3	8.1	5.41	105.5	10		...	27.8	
9h45m	0	25.7	14.16	16.1	8.1	6.00	116.1	1.5	1.33	SW	Rain	NNW-1
3.8m	2	25.2	15.52	18.1	8.1	5.76	112.3	10		6	27.4	
10h30m	0	25.9	12.17	13.3	8.1	...	...	1.8	1.40	SSW	Rain	NW-1
4.3m	2	25.0	16.05	18.9	8.1	...	...	10		6	27.5	
11h30m	0	25.7	14.95	17.1	8.1	6.37	124.2	1.5	1.30	SSE	Cloudy	NW-1
4.6m	2	24.9	16.21	19.1	8.1	5.46	106.6	10		7	28.6	
12h30m	0	25.5	15.47	17.9	8.1	6.40	125.5	1.7	0.97	ESE	Fair	SSW-1
4.5m	2	24.9	16.25	19.1	8.1	...	...	10		16	28.5	
13h30m	0	25.2	13.77	15.7	8.1	...	...	1.9	1.05	SE	...	WNW-1
3.9m	2	24.5	16.9	...	8.1	...	...	9		31	26.6	
14h30m	0	26.2	14.27	16.1	8.1	5.46	106.8	1.8	1.38	ESE	Cloudy	W-1
3.1m	2	24.1	16.95	20.3	8.1	4.45	86.6	9		31	28.0	
15h30m	0	25.7	15.07	17.3	8.1	...	...	1.7	1.72	...	Cloudy	WNW-1
2.4m	2	24.3	17.24	20.7	8.1	...	...	9		38	27.8	
16h30m	0	27.3	4.51	2.6	<7.2	4.33	77.9	0.7	2.78	SE	...	NW
1.8m	1	25.4	16.05	18.7	8.1	4.14	81.7	9		45	28.9	
17h30m	0	27.4	5.44	3.8	<7.2	4.18	74.8	0.5	3.10	SSE	...	SW-1
1.3m	1	25.4	15.01	17.3	8.1	3.64	70.8	10		10	28.8	

Table F. Data of "Land Drainage Survey" on July 11, 1960.

Station		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Time		11 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	12 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	12 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>	12 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>
$\theta_A$ (°C)		...	...	26.4	...	...	...	...	...
Wind		S-2	...	...	...	...	...	...	...
Sounding (m)		5.2	7.3	7.9	8.1	10.5	12.0	6.0	6.5
Tr (m)		1.5	1.9	3.0	3.0	2.1	2.2	1.6	1.3
$\theta_W$ (°C)	0m	28.1	28.4	25.3	25.0	24.6	24.3	26.6	27.5
	1m	27.5	27.3	24.7	24.3	24.6	24.2	26.0	27.4
	2m	24.6	24.1	23.4	24.0	22.9	23.9	25.7	26.5
	3m	23.7	23.4	23.0	23.1	22.8	23.6	25.4	24.2
	4m	23.5	23.1	23.0	23.0	22.8	23.2	24.8	23.7
	5m	23.5	22.9	22.9	22.9	22.7	23.0	24.2	23.6
	6m		22.9	22.9	22.9	22.7	23.0	23.3	23.6
	7m		22.9	22.8	22.8	22.7	22.9		
	8m				24.8	22.7	22.9		
	9m					22.7	22.9		
	10m					22.7	22.9		
	11m						22.9		
12m						22.9			
Cl (%)	0m	13.18	14.34	16.63	16.85	17.00	16.88	14.5	14.3
	5m	17.33	...	...	...	17.48	...	17.4	17.32
	6m		17.48	17.48	17.48	...	...	...	...
	7m		...	...	...	...	17.46	...	...