

# 松本川の水質現況について

浦 勝\*・松尾 信\*

## On the Water Quality of Matsumoto River

Masaru URA and Shin MATSUO

### Abstract

Matsumoto River which runs through Hagi City in Yamaguchi Prefecture is a river being subject to the influence of the tidal motion of the Japan Sea. This paper is to report on the investigations of the characteristics about the water quality of the tidal river.

The conclusions of the investigations

- (1) Matsumoto River has an estuary of highly stratified type and has a so called "SALINITY WEDGE" with well-defined interface.
- (2) The salinity of the river surface decreases towards the upstream with exponential function in neap tide, and with easy grade by 1.5 km in spring tide.
- (3) A cross sectional salinity distributions of the river can be re-garded as horizontal.
- (4) The tidal action results in a translatory motion of the salinity wedge to and fro about 1.75 km point.
- (5) The water quality of Matsumoto River changes in sharp contrast with tidal ranges; pH, EDTA-hardness, Alkalinity and Acidity change in proportion to chlorinity ion.
- (6) In the presence of salinity wedge, the water quality of Matsumoto River has a distinct difference in a vertical direction.
- (7) In addition to the direct changes of the water quality by the intrusion of salt water, the water surface pollution by curling up pollutants on the river bed, and sedimentation of suspended matters comes from the action of electrical neutralization in contact with fresh water and salt water.
- (8) Up to day the water pollution in Matsumoto River can't be noticeable; the highest value of the COD is within 10 ppm and DO is more than 80 percent.

### 1. 緒 言

山口県萩市街を流れる松本川は日本海の潮汐変動の影響を受ける感潮河川である。感潮河川における水質に関する特性を知ることは河川下流部における各種用水の取水、あるいは将来の汚濁防止を考えると、重要な問題であると思われる。この報文は最近行なった感潮河川の性質についての調査のうち水質に関する部分を述べたものである。

感潮河川における水質は河道を媒体として境界条件となる外海の潮汐、河川固有の流量および固有の水質ならびに河道において供給される下水・工業廃水などの量と質によつて規定されるはずである。したがつて

松本川における水質を調査する場合には、

- (1) 松本川の河道条件
  - (2) 松本川の固有流量および固有の水質
  - (3) 外海の潮汐および塩分の侵入状況
  - (4) 流入下水および工業廃水の量と水質
- についても十分検討する必要がある。

### 2. 調 査 方 法

本調査は昭和42年8月12日～9月20日の期間に行なった。

#### 2.1 水質の測定

水質の測定および採水は舟外機を付けた河舟を用

\* 土木工学教室

い, Fig. 1 に示す松本川河口より0.52km 地点, 1.75 km地点および2.46km地点において行なつた. この水質測定地点の選定は予備調査の結果, それぞれ上流淡水

水部, 中流塩水楔先端部および下流部を代表することができると思つたものによる. 測定および採水は水深方向に3点とし, 表層はそのままポリエチレンビン

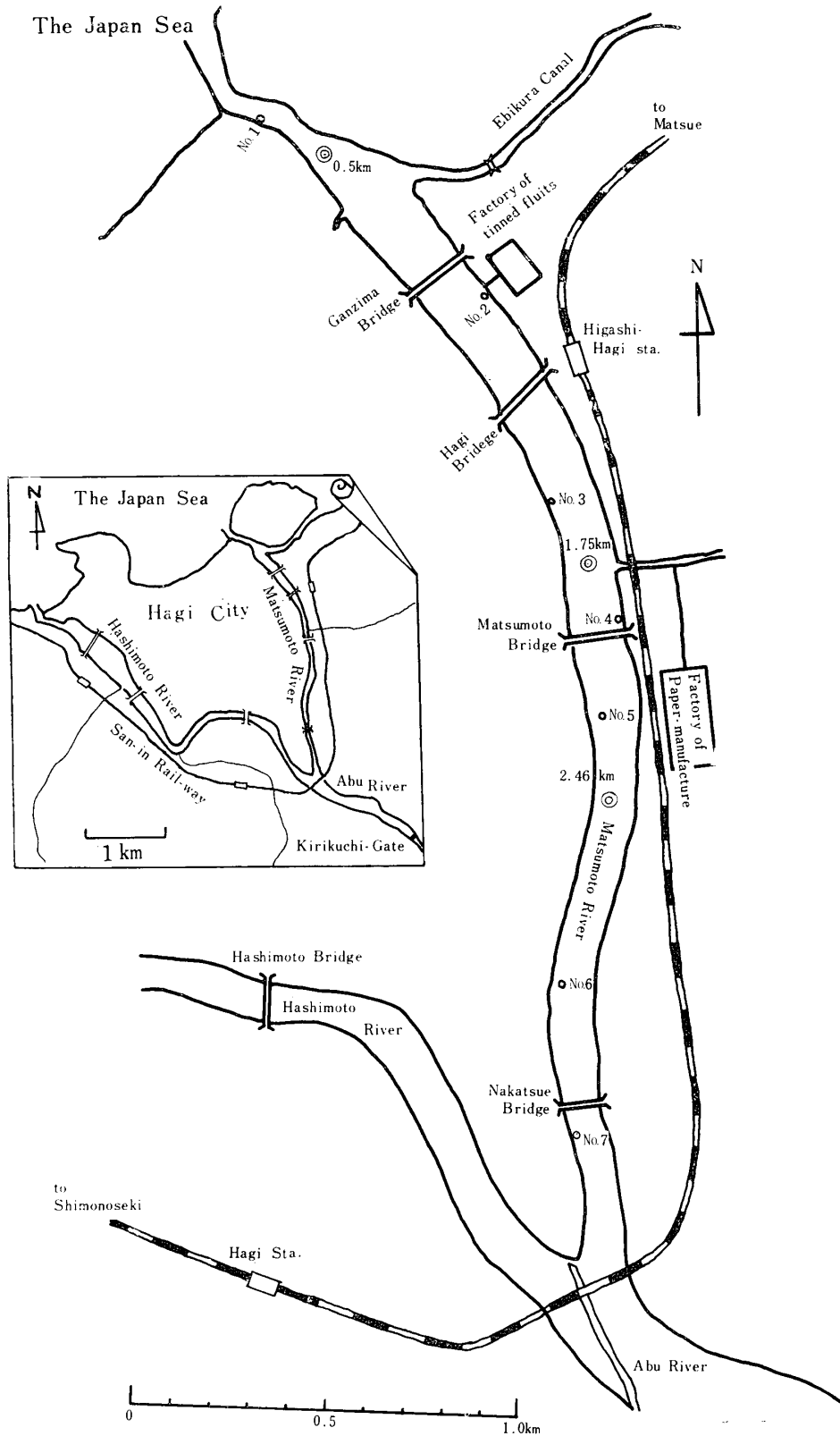


Fig.1 Location of investigation and sampling stations in Matsumoto River

に採取し、中層・底層は採水ビンを用いて採取した。

現場における測定事項は水温〔サーミスター温度計〕、濁度〔透視比色法〕、pH・RpH〔携帯用 pH メーター〕、電気伝導度〔携帯用電気伝導度計〕、DO〔ウインカラー法〕であり、DO は舟上で酸素固定処理を行なった後、陸上に設けた基地において滴定を行なった。

その他採水後実験室に持ち帰り行なった測定項目としては、浮遊物質質量 (Suspended Matter)、EDTA 硬度 (EDTA-hardness)、アルカリ度 (Alkalinity)、酸度 (Acidity)、COD (化学的酸素要求量) である。これらは採水後 1 週間以内に測定した。なお COD の測定にあたっては海水中の塩素イオンの影響を防ぐためにアルカリ性過マンガン酸カリウム法により行なった<sup>1)</sup>。

## 2.2 松本川の河道条件

松本川の平面および横断面、河床縦断面は山口県萩土木事務所によって昭和42年10月に実施された測量結果を用いた。松本川の概要はつぎのようなものである。

島根県との県境、山口県徳佐村に源を発する阿武川は小支川を集めて西北に流れ、阿東町出合瀬において篠目川と合流し、長門峡に入り、北に方向を変える。長門峡において生雲川、蔵目喜川を合流し、さらに川上村藤蔵において、旭村に源を発する佐々並川を合流した後、明木川を容れて萩市に入る。萩市街に入った阿武川は松本川河口より約 4 km 上流地点の分流堰において松本川と橋本川に分流し、日本海に注ぐ。阿武川の流域面積は約 600km<sup>2</sup> であるが、平湯水時には大部分が松本川に流入する。

## 2.3 松本川河川固有流量および固有の水質

上流側の境界条件としての河川固有流量は、2.9km 地点において河川横断方向に 2.5m 間隔で、鉛直方向には水深の約 6 割の点の流速を広井式流速計を用いて測定した結果を用いて算出した。

松本川固有の水質については小林純が 1957.6.15~1958.4.15 に霧口堰取水口 (Fig. 1 参照) において行なった測定結果<sup>2)</sup>を参考にした。これを Table 1 に示す。

## 2.4 外海の潮汐および塩分の侵入状況

河口潮位の変化は萩港の潮位を用いて推定した。萩港の潮位は気象庁の潮位表<sup>3)</sup>より外の浦の値を用いて換算した。調査時期における変化を Fig. 2 に示す。

河道内の水位変化は Fig. 1 に示す水位観測地点 No. 1~7、すなわち河口より 0.29km 左岸 (No. 1)、1.06km 右岸 (No. 2)、1.6km 左岸 (No. 3)、1.955 km 右岸 (No. 4)、2.23km 左岸 (No. 5)、2.95km 左岸 (No. 6) および 3.4km 左岸 (No. 7) に山口県阿武川総合開発局により設置し、レベリングされた杭に竹製の物指を固定した量水標を用いて行なった。測定者は自動二輪車により河川付近の道路を上下し、各地点を約 40 分ごとに陸上より測定した。

松本川は潮汐変動の比較的小さい日本海側に注ぐため、弱混合型の感潮河川となり、塩水の模型侵入が起こることが予想された。したがって河川の水深方向には水質変化が著しいであろう。このため水質測定および採水時の塩分分布の状態を知る必要がある。この測定には、投込式に改良した電気伝導度計を用いたが、電気伝導度より塩分濃度への換算は適宜採取した松本川の水について硝酸銀滴定法による塩分濃度と電気伝

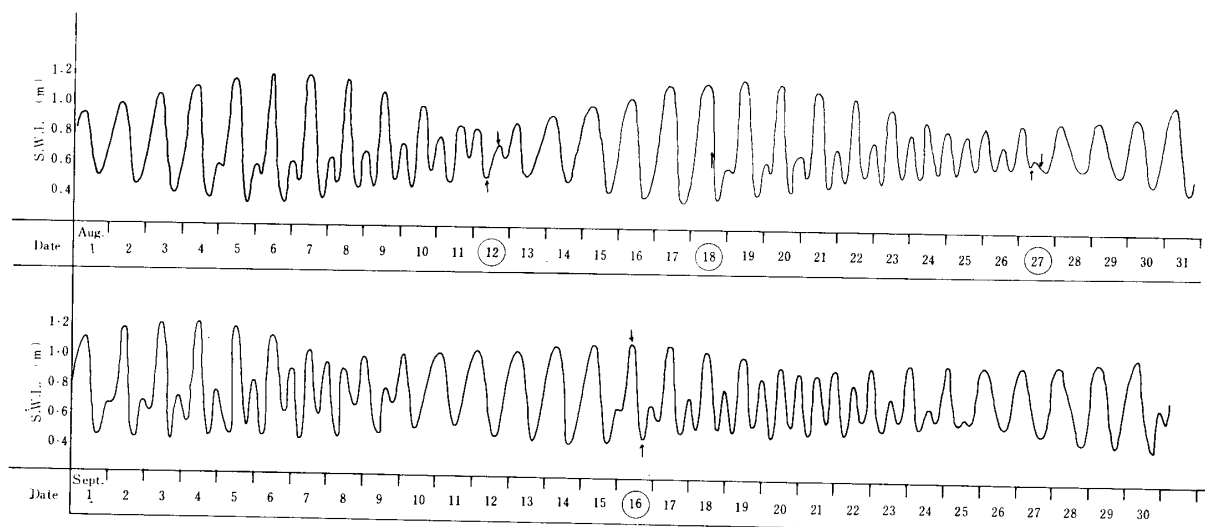


Fig.2 Ocean tide at Hagi Port

導度との関係を水温を加味してプロットした較正曲線により求めた。なおこの曲線はかなり安定したものであり、この観測では十分な精度を持つものと思われる

**2.5 流入下水および工業廃水**

松本川の流域はほとんど住宅地となっており、汚染物質としてはこれらからの下水が供給され、他に比較的大きな工場として2.2km地点の製紙工場、1.0km地点の果実缶詰工場の排水口がそれぞれ1.75km、1.0km地点において松本川に排出されている。

この水質調査においては流入下水および廃水に関する調査を行なっていないため不完全のそしりはまぬがれがたいが、流入下水および廃水の量も質もそれほど大きな影響を与えていないと思われる。

**3. 調査結果および考察**

水質調査の結果の総括表をTable 2~5に示すが、まず河道条件、境界条件について述べる。

**3.1 松本川の河道条件**

松本川はFig. 1に見られるように河道はかなり端正であるが、河口がきわめて狭く、また幅30m程度の姥倉運河によつて外海と接続していることが特徴として挙げられる。

河床形はFig. 3に示すようになんかなり凹凸のはげしいものである。河床こう配は平均的にみて、0~1.0kmにおいては3/1,000程度の急こう配であるが、1.0~

2.6km区間で3/10,000程度の緩こう配になり、それより上流2.6~3.4km区間では2/1,000程度のこう配で阿武川につらなる。

**3.2 河川固有流量**

測定した河川流量から求めた昼間の河川固有流量の変化をFig. 4に示す。測定期間中は干天続きのため流量は減少傾向にあつた。1日(昼間観測時)における固有流量変化は、その1例をFig. 8に示しておいたが、大きな変化はなく、平均して3~7 m<sup>3</sup>/secであつた。したがつて本調査は異常渇水時における水質を調査したことになり、河川として条件の悪い場合の水質状況といえよう。

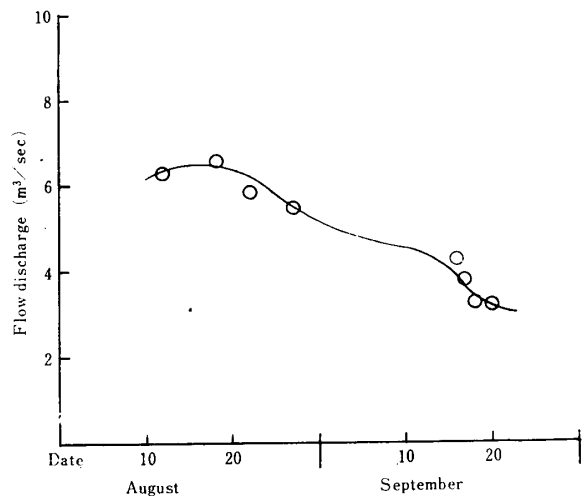


Fig. 4 Flow discharge to Matsumoto River

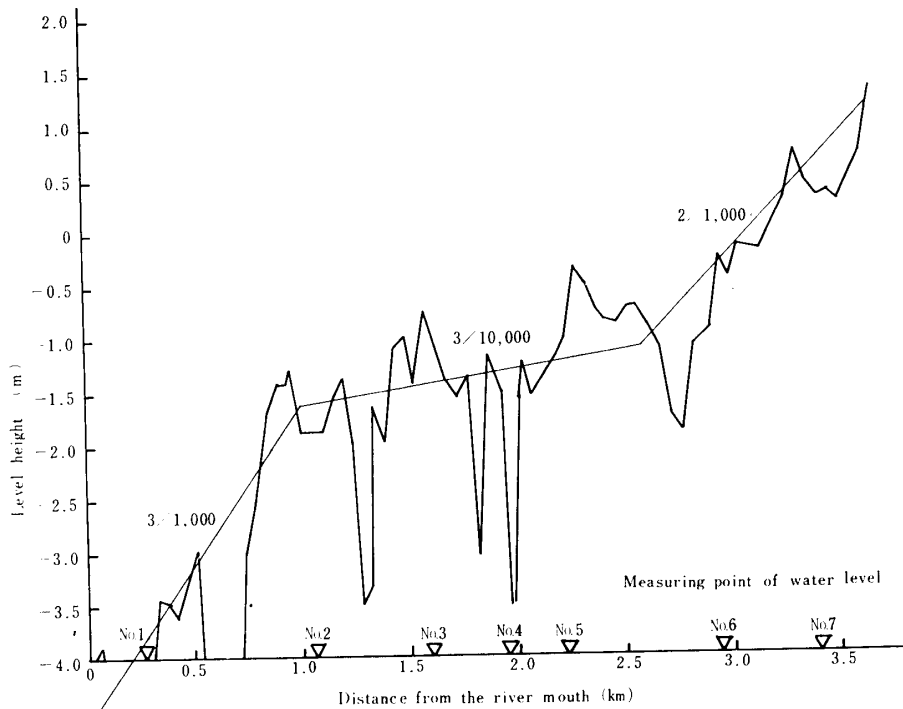


Fig. 3 Bed profile of Matsumoto River

3.3 外海潮汐および塩分の侵入

状況

萩港における潮位変化をFig. 2に示したが、これから大平洋岸側の潮位変化(2~3m)に比べてはるかに小さいことがわかる。また外海の潮汐は複雑で、小潮時における潮位差30cm程度の1日2回潮が月令とともに変形し、中潮時には1日1回潮となり、大潮時には潮位差が約30cmと約30cmの日潮不等の著しい1日2回潮となることがわかる。

8月12日, 8月27日は小潮時, 8月18日, 9月16日は大潮時の調査といえよう。

塩分侵入に関する詳細な調査を行なったが、これについては別の機会に述べるが、ここではその一例として8月18日の大潮時における測定結果をFig. 5に示す。松本川における塩分の鉛直濃度分布を模型化したものがFig. 6である。これより表層部に表面濃度 $S_f$ にほぼ等しい一様濃度部分があり、躍層上部境界から濃度は急激に増加して躍層(厚さ $\delta$ )を形成し、躍層下部境界以下ではほぼなまのままの海水濃度 $S_b$ に保たれている。いま表層濃度の河川延長方向の変化を小潮時の8月27日と中潮時の9月20日の資料で満, 干潮における表面濃度および平均濃度を比較したものがFig. 7のA, B曲線である。

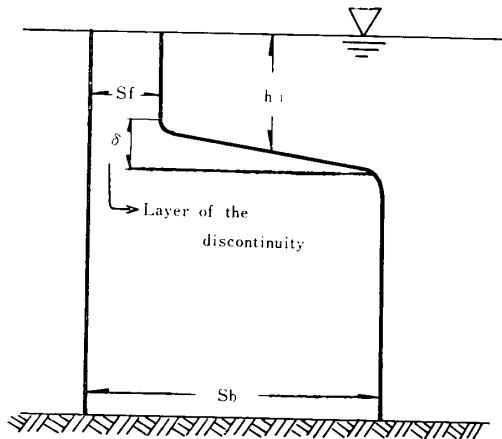


Fig.6 Schematic model of the vertical distribution of salinity

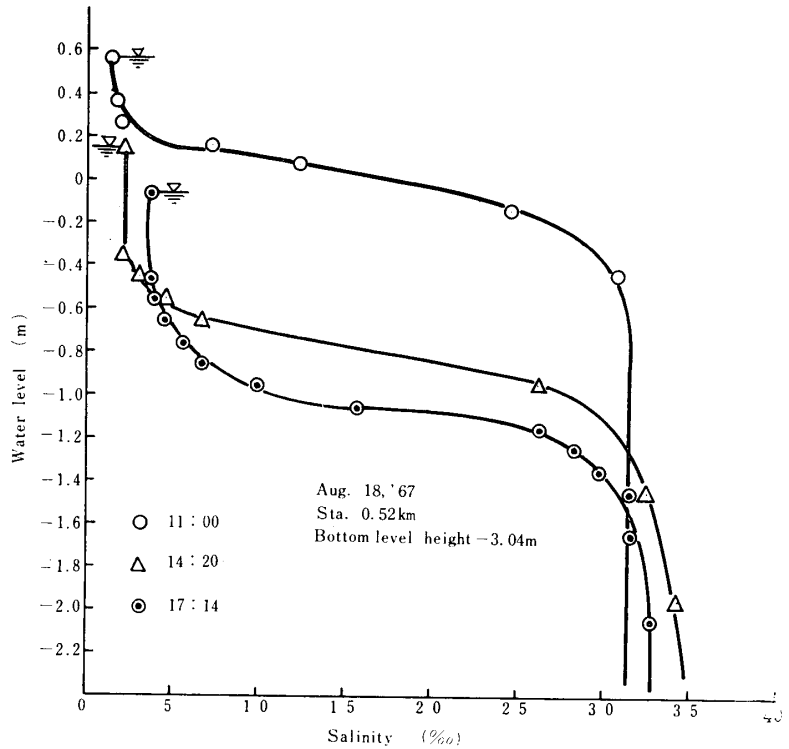


Fig.5 Vertical distribution of salinity

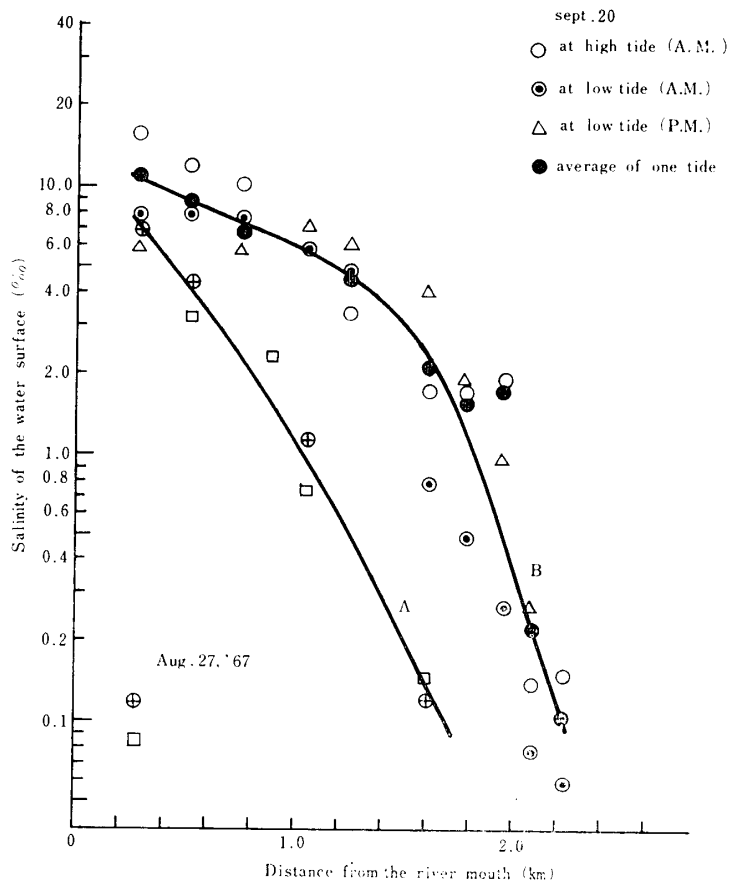


Fig.7 Longitudinal variation of surface salinity

潮汐振動のほとんどないAの場合では河口より上流までほぼ指数関数的に減少する。しかしながら潮汐振動が加わると、B曲線のような減衰の仕方となる。

横断方向の塩分分布を示す例として河口より890mの断面における満潮時および干潮時の分布を示したものがFig. 8, (a), (b)である。これには潮汐変化の間に

おそらく地形的影響と思われる横方向の傾斜がみられるが、量的に大きなものではなく、ただ一般的な傾向として海水の侵入時には等濃度線は上に凸であり、退潮時には上に凹の形をしていることが認められるが、実用的には横断方向の塩分分布は水平と見なしてよいであろう。

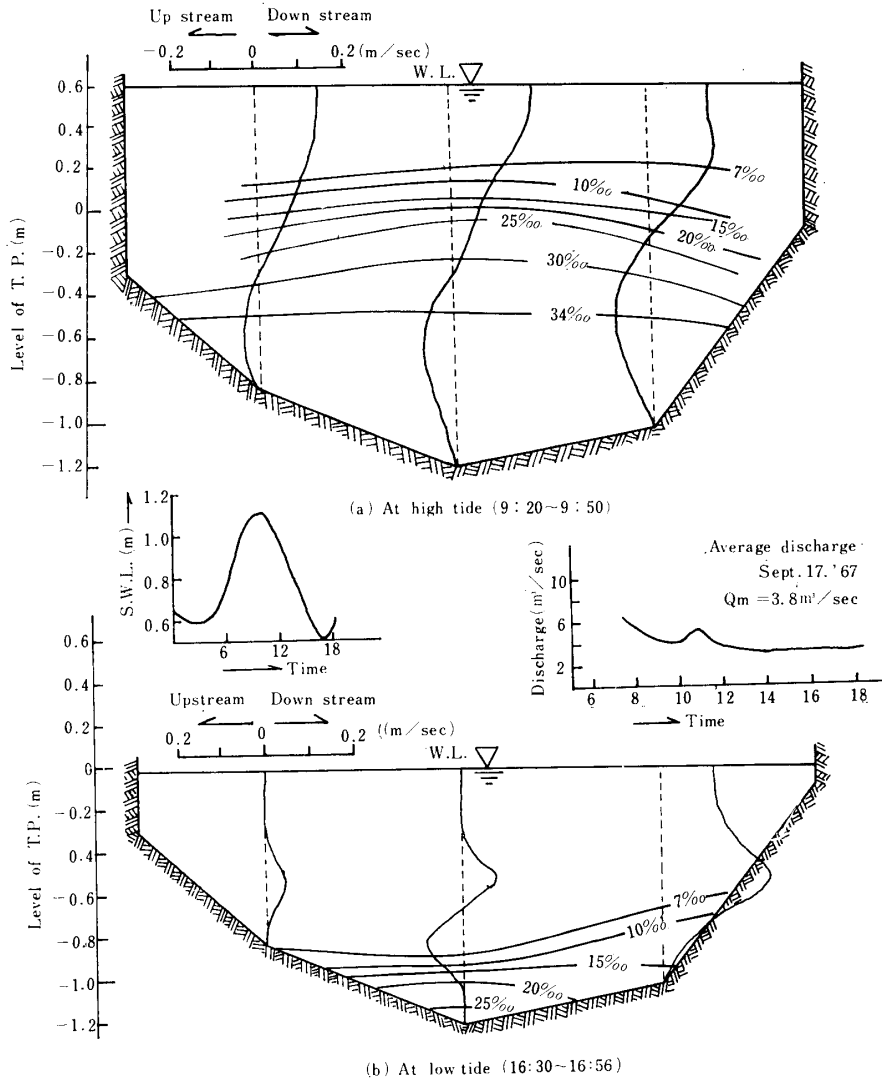


Fig.8 Cross sectional distribution of salinity and velocity Stn 890m Sept. 18. '67

潮汐にともなう等濃度曲線の移動性についてはつぎのようなことがいえる。(1) 等濃度曲線は水位の上昇(塩分の下層への流入・貯溜)、水位の低下(貯溜塩分の排出)にともなつてほぼ水平に昇降する。

(2) 0.5kmより12.5kmまでの区間における水表面より躍層中心までの深さ $h_1$ (Fig. 6参照)は干潮時の方が満潮時よりも大きいことがFig. 9よりわかる。

(3) 萩橋より上流における等濃度曲線のこう配は上流に行くとともに急になり、等濃度曲線(15‰)の先

端は小潮時にはほぼ1.5km地点に停留するが、大潮時にはその平均位置約1.75km地点から約200m程度潮汐に応じて前進、後退する。またこの付近では河床形状浅瀬の影響が著しく、とくに河口より2.0km地点松本大橋の橋脚部に積まれた捨石が防潮堰的な役割をはたしている。すなわち、満潮時あるいはそれより若干遅れてこの地点に達した塩水楔はこの地点において上流への塑上を阻止され、満潮時から下げ潮時中頃までこの位置に停留し、下げ潮の末期に急速に河口側に移動

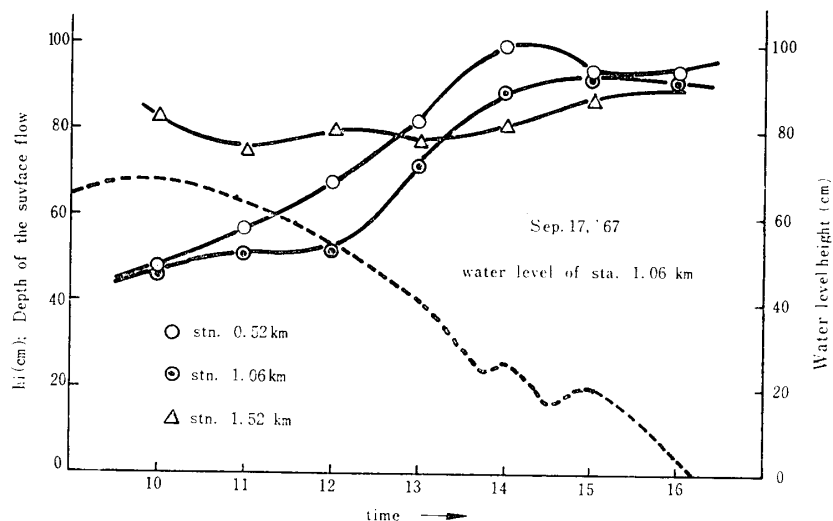


Fig.9 Variation of depth of surface flow

する。

3.4 水質調査結果と考察

水質調査の項目および分析結果を Table 2~8 に示す。これらに以上 3.1~3.3 までの調査結果を考慮して若干の検討を行なった。

3.4.1 河川の水深方向および縦断方向の水質の比較

調査地点 0.52km, 1.75km, 2.46 km における一連の測定および採水にはおよそ 1 時間から 1 時間半の時間を要したが、時間差を無視して同時刻の各地点の水質として検討してみる。調査結果を図化したものが Fig.10, 11 である。同一地点において水深方向の変化を見ると、底層になるにしたがって塩素イオン濃度、浮遊物質濃度、COD、アルカリ度、pH はすべて増加している。つぎにこれらの河川の縦断方向の変化を見ると、浮遊物が潮位とはあまり関係なく 0.52km 地点に多く、市街部における汚濁物質の流入を示している。1.75km 地点では浮遊物質が少なくなっていることが Fig.10 に見うけられるが、これは後述のように小潮時に著しい。

Fig.10, 11 の測定結果からつぎの 4 点が考察される。(1) アルカリ度および酸度はほぼ海水の侵入、すな

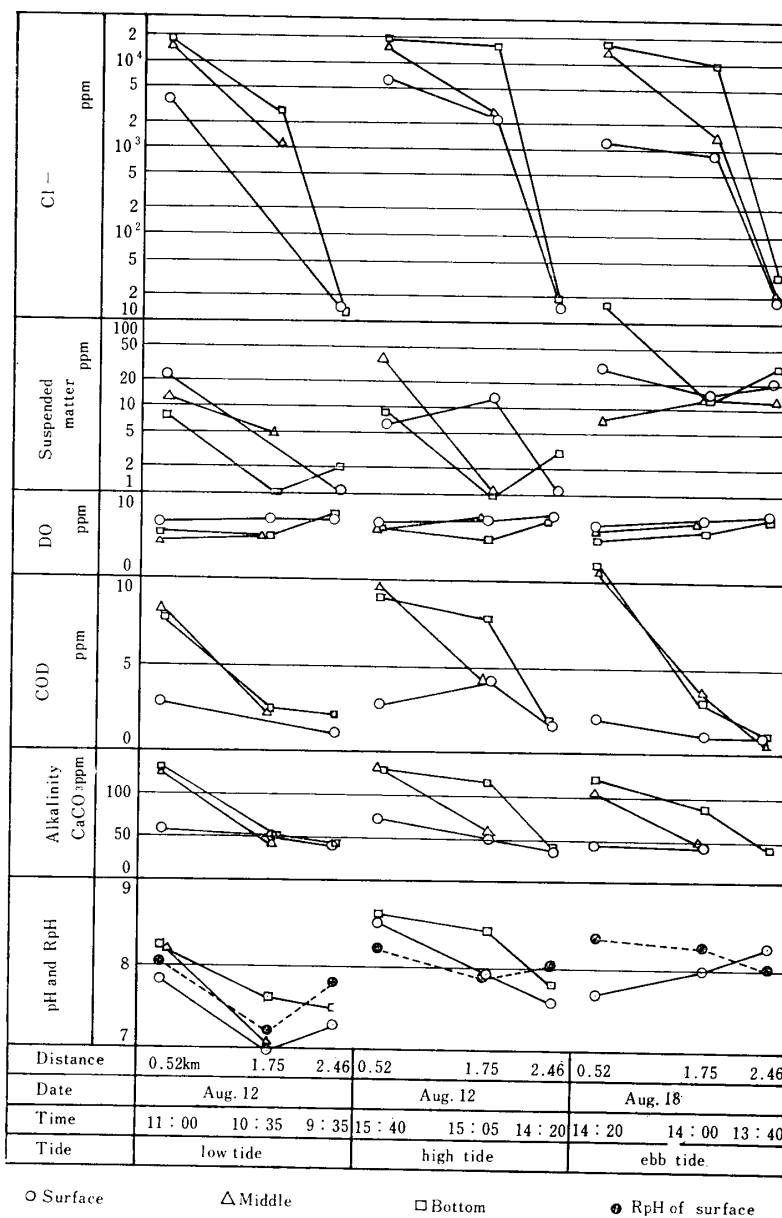


Fig.10 Water quality of Matsumoto River

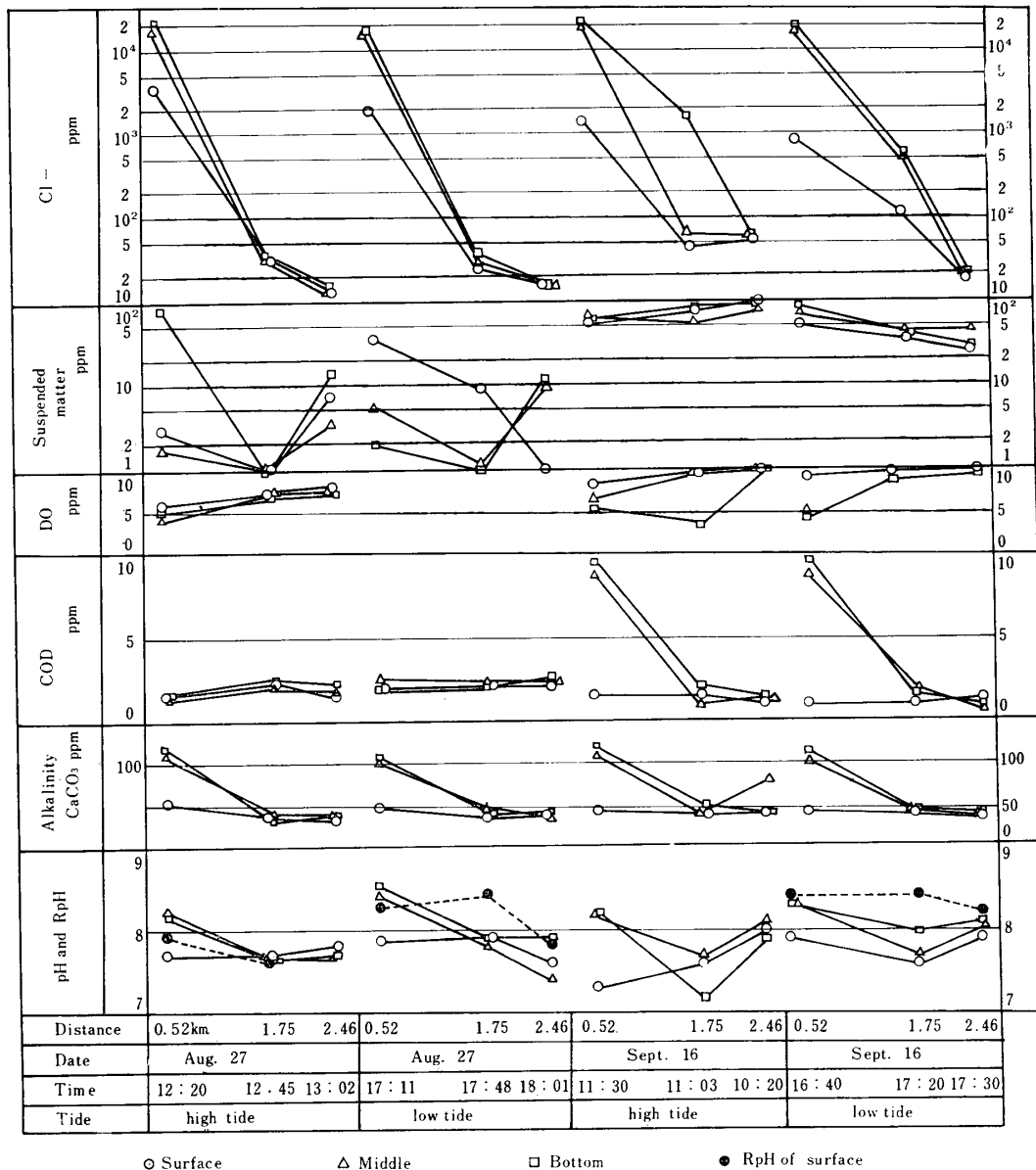


Fig.11 Water quality of Matsumoto River

わち塩素イオン濃度に比例している。

(2) CODは河口に行くにしたがって高い値を示すが、最高値でも10ppmを超えない。

(3) DOは概して高く変化も少なく、わずかに上流の方が高い値を示している。1.75km地点において低い値を示している場合があるが、これはこの地点に流れ込んでいる下水によつてDOが消費されたものと思われる。松本川においてはほとんどの調査地点におけるDOは飽和量の80%以上を示し、清浄な河川であることがわかつた。

(4) 松本川の水質は主として潮位変化によつて変化するといえるが、下流に行くに従つて住宅や工場廃水による汚濁がわずかに見られる。しかしこのような満

水時においても全般的に清浄な河川といえる。

### 3.4.2 満潮時と干潮時の水質の比較

Fig.11は8月27日の小潮時における結果であるが、これによると浮遊物質以外の水質に関しては満潮時と干潮時に明らかな差異が認められない。一方Fig.10は8月12日の潮位変化のある小潮時の満潮時と干潮時を比較すると、潮位の影響で満潮時の方が塩素イオン濃度が大きく、これに伴つてEDTA硬度をはじめアルカリ度、酸度などの各測定項目も大きくなつており潮汐による影響が明らかに見られる。

### 3.4.3 大潮・小潮時における水質の比較

Fig.10, 11に見られるように大潮と小潮時ではつぎの2点が認められるが、塩分濃度以外ではその他著し



い変化はないようである。

浮遊物質濃度は小潮の 때가低く、かつ1.75km 地点で著しく低い値をもつ。これは入退潮による河床の沈澱物のまき上げが少ないこと、さらに1.75km 地点では3.3の(3)において述べたように塩水楔の先端部にあたり、海水と淡水の混合が激しいため上流から流されて来た負に帯電された微粒浮遊物質が海水中のプラスイオン物質のナトリウムイオン、カルシウムイオンなどと電気的中和作用および吸着作用を起こし、凝集、沈澱<sup>4)</sup>するためと思われる。

CODの値は概して下流部(0.52km)で大きな値をもつが、8月27日の潮位差が非常に小さい小潮では河川縦断方向にはほぼ一定の値を示している。このことは入退潮による河床沈澱物のまき上げが潮位差が大きくなると活発になり、中・下層部の汚濁化を示している。

#### 4. 結 言

以上松本川の水質の現況を述べて来たが、結論としてつぎのことがいえる。

(1) 松本川は水深方向に塩分濃度が急変する弱混合型の河川であり、塩水楔が存在する。

(2) 海水の混入による河川表面濃度はFig. 7に示したように潮汐の小さい時は上流に行くにしたがって指数関数的に減少するが、潮汐振動が大きい時には減衰曲線は0.3~1.5km 区間まではきわめてゆるやかで、1.8kmより上流で急減する。

(3) 河川縦断方向の塩分濃度はほぼ水平とみなしてよい。

(4) 河川の縦断方向から見た塩分の侵入状況に関しては等濃度曲線は潮汐によつてほぼ水平に昇降し、上層部水深は干潮時の方が満潮時より大きい。

塩水楔の先端は潮汐によつて河口より1.75km 地点を中心にして約100m前進後退するが、1.5~1.6km間の浅瀬および2.0kmの松本大橋下の捨石が塩分の侵入に大きな影響をおよぼしている。

(5) 松本川の水質は潮位および潮汐によつて大きく変化し、pH、EDTA 硬度、アルカリ度および酸度は海水の侵入、すなわち塩素イオン濃度に比例する。

(6) 松本川の水質は塩水楔の存在する地点においては鉛直方向に著しい差を生じている。

(7) 海水の混入による水質の直接の変化のほかに、潮汐による底層部沈積汚濁物質のまき上げによる河川中、上層部の汚濁、淡水と海水との接触によつて生ずる微粒汚濁物質のフロック化および沈澱が推定され

る。

(8) 松本川の水質の汚濁度は下流に行くにしたがって住宅や工場排水による汚濁がわずかに見られるが、COD 値は一番高い所でも10ppmを超えず、DO もほとんどすべての調査地点で80%以上を示した。したがって現在のところ松本川は渇水期においても清浄な河川といえる。

以上松本川の水質現況について述べたが、まだ十分検討すべき点が残されている。今後も研究を進めていきたいと考えている。

本報文の最後にあたって、本調査は山口県阿武川総合開発局の石崎局長、藤原係長をはじめ山口県萩土木事務所の方々、大平公博氏ほか多くの方々の暖かいご援助をいただいたことを付記して謝意を表す。また本研究中終始ご懇切なご指導をいただいた九州大学篠原謹爾教授、椿東一郎教授、粟谷陽一助教授、さらに調査と分析に熱心なご協力をいただいた九州大学浜村実助手、桐岡洋子助手、園田敏勝氏、古本勝弘氏、本学学生小林茂(横浜市)・茂田勇誠(熊本県)・星隈保夫(山口大学大学院)の三君に深甚なる謝意を表す。

#### 参 考 文 献

- 1) 富士川知子：資源科学研究所業績 第989号，水質汚濁研究 I (1961)
- 2) 小林 純：用水と廃水，2，No. 1，p.18 (1960)
- 3) 気象庁：昭和42年潮位表，気象庁(1967)
- 4) 石橋多聞：公害衛生工学大系，日本評論社，p.97 (1961)

(昭和43年3月9日受理)

Table 1 Water quality of Matsumoto River at Kirikuchi Weir

Ca	7.9 ppm
Mg	1.0 〃
Na	6.3 〃
K	1.07 〃
HCO <sub>3</sub>	31.1 〃
SO <sub>4</sub>	4.4 〃
Cl	8.0 〃
SiO <sub>2</sub>	13.3 〃
Fe	0.02 〃
PO <sub>4</sub>	0 〃
NO <sub>3</sub> -N	0.25 〃
NH <sub>4</sub> -N	0.03 〃
蒸 発 残 留 物	59.7 〃
浮 遊 物	10.8 〃
pH	7.1

Table 2 Analytical table of water quality

Date		Aug. 12, 1967 (Flow discharge 6.3m <sup>3</sup> /sec,							
Sampling station		Station 2.46km			Station 1.75km			Station 0.52km	
Time		9 : 35			10 : 35			11 : 00	
		Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle
Water temp.	°C	25.0	25.0	25.0	25.0	25.2	27.0	26.8	28.0
pH		7.3		7.5	6.9	7.1	7.6	7.8	8.2
RpH		8.21		8.21		8.15	8.12	7.95	8.25
Electric conductivity	×10 <sup>-4</sup> mho/cm	1.29		1.42		23.9	77.4	110.0	485
Turbidity		15			11			14	
DO	ppm	6.90		7.32	6.90		5.17	6.50	4.57
	O <sub>2</sub> %	80.2		85.0	86.2		67.7	85.6	71.2
Total residue	ppm	85		71		1322	4860	6864	36268
Loss on ignition	ppm	47		24		400	812	222	4198
Ignition residue	ppm	38		47		932	4048	5642	32090
Suspended matter	ppm	0		2		5	0	23	13
EDTA Hardness	CaCO <sub>3</sub> ppm	47.5		37.3		360	840	1180	6110
Chlorine-ion	ppm	15		16		1120	2760	3690	17100
4.3 Alkalinity	CaCO <sub>3</sub> ppm	38		38		42	50	56	125
8.4 Alkalinity	CaCO <sub>3</sub> ppm	0		0		0	0	0	12
8.4 Acidity	CaCO <sub>3</sub> ppm	4.0		3.0		4.0	2.0	4.0	0
COD	ppm	1.15		2.10		2.26	2.45	2.95	8.30

Table 3 Analytical table of water quality

Date		Aug. 18, 1967 (Flow discharge 6.6m <sup>3</sup> /sec, Tidal				
Sampling station		Station 2.46km			Station	
Time		Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle
		13 : 40			14 : 00	
Water temp.	°C	28.8		29.0	28.5	
pH		8.25			8.0	
RpH		8.01	8.00	8.12	7.99	8.02
Electric conductivity	×10 <sup>-4</sup> mho/cm	1.88	1.27	2.25	30.3	49.0
DO	ppm	7.87	7.80	7.59	7.33	7.03
	O <sub>2</sub> %	101	100	97.6	96.2	92.8
Total residue	ppm	99	14	46	1,618	2,848
Loss on ignition	ppm	83	14	10	340	605
Ignition residue	ppm	16	0	36	1,278	2,243
Suspended matter	ppm	20	13	30	15	14
Chlorine-ion	ppm	18	17	33	871	1,436
4.3 Alkalinity	CaCO <sub>3</sub> ppm	40.7	39.6	39.6	43.3	46.2
8.4 Alkalinity	CaCO <sub>3</sub> ppm	0	0	0	0	0
8.4 Acidity	CaCO <sub>3</sub> ppm	3.0	2.6	3.0	3.0	3.0
COD	ppm	0.7	0.5	0.6	0.6	3.5
Turbidity		14			17	

Tidal range 0.23m)

Bottom	Station 2.46km			Station 1.75km			Station 0.52km		
	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom
	14 : 20			15 : 05			15 : 40		
28.2	28.0		28.0				28.9	28.5	27.0
8.2	7.6		7.8	7.9		8.3	8.5	8.6	8.6
8.27	8.30		8.15	8.09	8.09	8.33	8.15	8.22	8.21
505	1.09		1.16	59.4	76.3	445	205	493	500
	16						17		
5.69	7.72	7.72	7.72	7.10	7.32	4.97	6.60	5.89	5.99
90.1	97.5	97.5	97.5	93.8	97.0	77.7	92.5	92.6	93.1
37448	192		87	3839	4957	32479	14007	36612	37592
5474	88		47	812	963	5319	1820	5135	6081
31974	104		40	3027	3989	27160	12187	31477	31511
8	0		3	13	0	1	7	41	9
6200	65.3		37.0	415	410	5490	2350	6075	6250
18100	15		15	2310	2680	15862	6868	17286	18095
130	39		38	49	55	115	71	130	130
18	0		0	0	0	0	0	14	18
0	2.0		2.0	2.0	5.0		5.0	0	0
7.84	1.38		1.90	4.10	4.10	7.82	2.90	9.70	9.00

range 0.78m)

1.75km	Station 0.52km		
Bottom	Surface	Middle	Bottom
14 : 20			
29.0	28.8		29.1
	7.7		
8.11	8.02	8.13	8.19
325	42.2	409	496
5.94	6.74	5.86	4.94
86.8	89.1	89.2	78.2
22,815	2,360	34,035	38,095
3.977	324	5,039	7,023
18,838	2,036	28,996	31,072
13	29	7	172
10,359	1,160	13,900	17,100
85.9	42.9	103.5	121.0
0	0	10.1	10.1
3.0	3.0	0	0
2.95	1.98	10.4	10.7
	7		

Table 4 Analytical table of water quality

Date		Aug. 27, 1967 (Flow discharge 5.0m <sup>3</sup> /sec,							
Sampling station		Station 2.46km			Station 1.75km			Station 0.25km	
		Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle
Time		13 : 02			12 : 45			12 : 20	
Air temp.	°C	33.7			33.7			33.7	
Water temp.	°C	28.8	28.6	28.5	27.8	27.4	27.4	28.5	29.4
pH		7.8	7.7	7.7	7.7	7.65	7.6	7.7	8.2
RpH		8.22	8.21	8.20	8.19	8.19	8.20	8.09	8.19
Electric conductivity	×10 <sup>-4</sup> mho/cm	1.26	1.29	1.27	2.36	2.27	2.04	102.0	470.0
DO	ppm	7.90	8.01	7.65	7.47	7.60	7.23	5.80	4.54
	O <sub>2</sub> %	101.0	102.0	97.4	94.2	95.1	90.4	74.0	58.9
Total residue	ppm	65	49	55	84	95	99	6,634	35,349
Loss on ignition	ppm	10	1	3	10	39	37	1,403	6,659
Ignition residue	ppm	55	48	52	74	56	62	5,231	28,690
Suspended matter	ppm	8	4	15	1	0	0	3	2
EDTA Hardness	CaCO <sub>3</sub> ppm	41	43	25	44	51	48	1,730	5,810
Chlorine-ion	ppm	14	14	15	32	34	36	3,630	18,700
4.3 Alkalinity	CaCO <sub>3</sub> ppm	35	38	38	38	38	36	53	114
8.4 Alkalinity	CaCO <sub>3</sub> ppm	0	0	0	0	0	0	0	0
8.4 Acidity	CaCO <sub>3</sub> ppm	4.0	4.0	4.4	3.0	2.8	2.8	3.6	0
COD	ppm	1.7	1.8	2.4	2.5	2.3	2.5	1.7	1.6

Table 5 Analytical table of water quality

Date		Sept. 16, 1967 (Flow discharge 4.3m <sup>3</sup> /sec,							
Sampling station		Station 2.46km			Station 1.75km			Station 0.52km	
		Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle
Time		10 : 20			11 : 03			11 : 30	
Air temp.	°C	25.0			23.0			22.0	
Water temp.	°C	21.0	21.0	21.0	23.0	23.0	24.8	22.8	24.3
pH		8.0	8.1	7.9	7.6	7.7	7.2	7.3	8.2
RpH		8.2	8.2	8.1	8.3	8.2	8.0	7.8	8.0
Electric conductivity	×10 <sup>-4</sup> mho/cm	1.40	1.38	1.39	2.31	3.06	43.3	41.4	465
DO	ppm	9.95	10.06	9.93	9.52	9.52	3.54	8.25	6.76
	O <sub>2</sub> %	110.7	111.9	110.5	109.5	109.5	44.4	93.3	101.7
Total residue	ppm	95	103	98	151	319	2,892	2,765	
Loss on ignition	ppm	107	133	133	122	149	481	625	
Ignition residue	ppm				29	170	2,411	2,140	29,520
Suspended matter	ppm	94	76	92	77	50	84	54	60
Chlorine-ion	ppm	16	16	16	43.6	60.7	165	1,340	18,894
4.3 Alkalinity	CaCO <sub>3</sub> ppm	41.7	81.6	40.2	40.9	40.3	52.8	453	111
8.4 Alkalinity	CaCO <sub>3</sub> ppm	0	0	0	0	0	0	0	11.1
8.4 Acidity	CaCO <sub>3</sub> ppm	2.0	4.8	3.0	2.8	2.0	3.8	3.0	0
COD	ppm	1.22	1.33	1.53	1.63	1.08	2.04	1.53	8.71

Tidial range 0.09m)									
Bottom	Station 2.46km			Station 1.75km			Station 0.52km		
	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom
	18 : 01			17 : 48			17 : 11		
	30.0			30.5			31.0		
29.0	27.3	27.3	27.3	28.8	28.8	28.8	29.3	29.6	29.2
8.15	7.6	7.4	7.9	7.9	7.8	7.9	7.85	8.4	8.5
8.19	8.25	8.21	8.20	8.21	8.20	8.21	8.20	8.19	8.19
500	1.28	1.29	1.45	2.05	1.83	1.73	52.8	419	417
5.54									
71.4									
38,457	142	128	286	198	155	165	3,355	31,322	30,934
6,387	51	103	48	46	66	58	750	5,717	5,116
32,070	91	25	238	152	89	107	2,605	25,605	25,818
89	1	10	12	9	0	0	38	6	2
6,160	42.0	42.0	44.0	43.8	42.8	53.0	630	5,390	5,000
21,200	15	15	15	27	28	31	1,719	16,521	16,656
117	42	39	41	38	44	40	48	102	107
16.2	0	0	0	0	0	0	0	9.9	11
0	3.6	3.0	3.6	3.8	4.2	2.6	4.2	0	0
1.8	2.2	2.6	2.8	2.4	2.5	2.3	2.1	2.8	2.1

Tidial range 0.65m)									
Bottom	Station 2.46km			Station 1.75km			Station 0.52km		
	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom
	17 : 30			17 : 00			16 : 40		
	19.5						21.2		
25.0	22.5	22.5	22.5	23.2	23.2	23.2	23.5	24.7	24.7
8.2	7.9	8.1	8.1	7.6	7.7	8.0	7.9	8.3	8.3
8.0	8.2	8.4	8.4	8.4	8.4	8.3	8.3	8.4	8.4
495	1.48	1.47	1.59	5.21	16.9	20.3	26.6	413	461
5.39	9.86		9.72	9.77		8.76	9.29	5.02	4.36
83.9	106.5		100.8	115.7		105.4	112.5	74.4	68.2
	238	126	94	274	1,086	1,395	1,632		
	185	91	87	63	212	337	302		
32,292	53	35	7	211	874	1,058	1,330	25,965	29,985
58	26	44	27	34	44	36	48	70	81
21,043	19	20	21	118	519	623	815	17,000	18,900
120	41.3	41.3	41.5	42.7	44.3	44.3	42.5	104	118
14.7	0	0	0	0	0	0	0	9.67	10.1
0	5.40	3.40	4.20	3.00	2.60	3.20	4.80	0	0
9.53	1.22	0.88	1.06	1.04	1.82	1.67	1.14	8.71	9.63