

長良川河口堰調査

中間報告書

(第3卷)

平成7年1月

建設省中部地方建設局
水資源開発公団中部支社

第 7 章

塩 分 の 状 況

目 次

7 塩分の状況

7-1 塩水遡上防止効果の確認	7-1
7-1-1 全ゲート操作時における塩水侵入防止効果と塩水排除方法の確認	7-1
A) 水質詳細調査	7-1
B) 定点観測	7-9
7-1-2 調節ゲートによる塩水遡上防止効果確認	7-13
A) アンダーフロー操作時の調査	7-13
B) オーバーフロー操作時の調査	7-18
7-1-3 ロック式魚道操作による塩水排除方法の確認	7-23
7-1-4 閘門操作による塩水排除方法の確認	7-28
7-2 長良川、揖斐川の塩水遡上の現況の把握	7-31
7-2-1 塩水遡上調査	7-31
A) 長良川	7-31
B) 揖斐川	7-39
7-2-2 全ゲート操作時における塩分調査	7-42
A) 長良川河口堰下流の塩分調査	7-42
B) 揖斐川の塩分調査	7-48
7-3 地下水の塩分濃度変化の確認	7-59
7-3-1 河岸近傍の表層及び浅層地下水の塩分濃度調査	7-60
7-3-2 既設井戸による浅層地下水の塩分濃度調査	7-70
7-3-3 深層地下水の塩分濃度調査	7-76
7-3-4 まとめ	7-78
7-4 まとめ及び今後の課題	7-79
7-4-1 まとめ	7-79
7-4-2 今後の課題	7-80

7 塩分の状況

調査目的

長良川河口堰による塩分遡上防止効果を確認するとともに、ゲート操作に伴う堰上流域での地下水の塩分濃度の変化について調査する。

なお、全ゲート操作期間以外の期間においては、長良川河口堰運用前の現況における長良川、揖斐川の塩水遡上及び、堤内地の地下水の塩分濃度について調査する。

7-1 塩水遡上防止効果の確認

各ゲート操作による堰上流への塩分侵入防止、塩水排除方法についての確認を行った。

7-1-1 全ゲート操作時における塩水侵入防止効果と塩水排除方法の確認

全ゲート操作時に堰上下流において塩化物イオン濃度（電気伝導度からの換算）を測定し、堰上流域の塩水侵入防止効果と塩水排除方法の確認を行う。

A) 水質詳細調査

a) 調査地点

調査の地点は、図-7-1-1に示す0.8km～39.2kmまでの定点13測線と深掘箇所13測線の26測線において実施（水質詳細調査として実施）した。

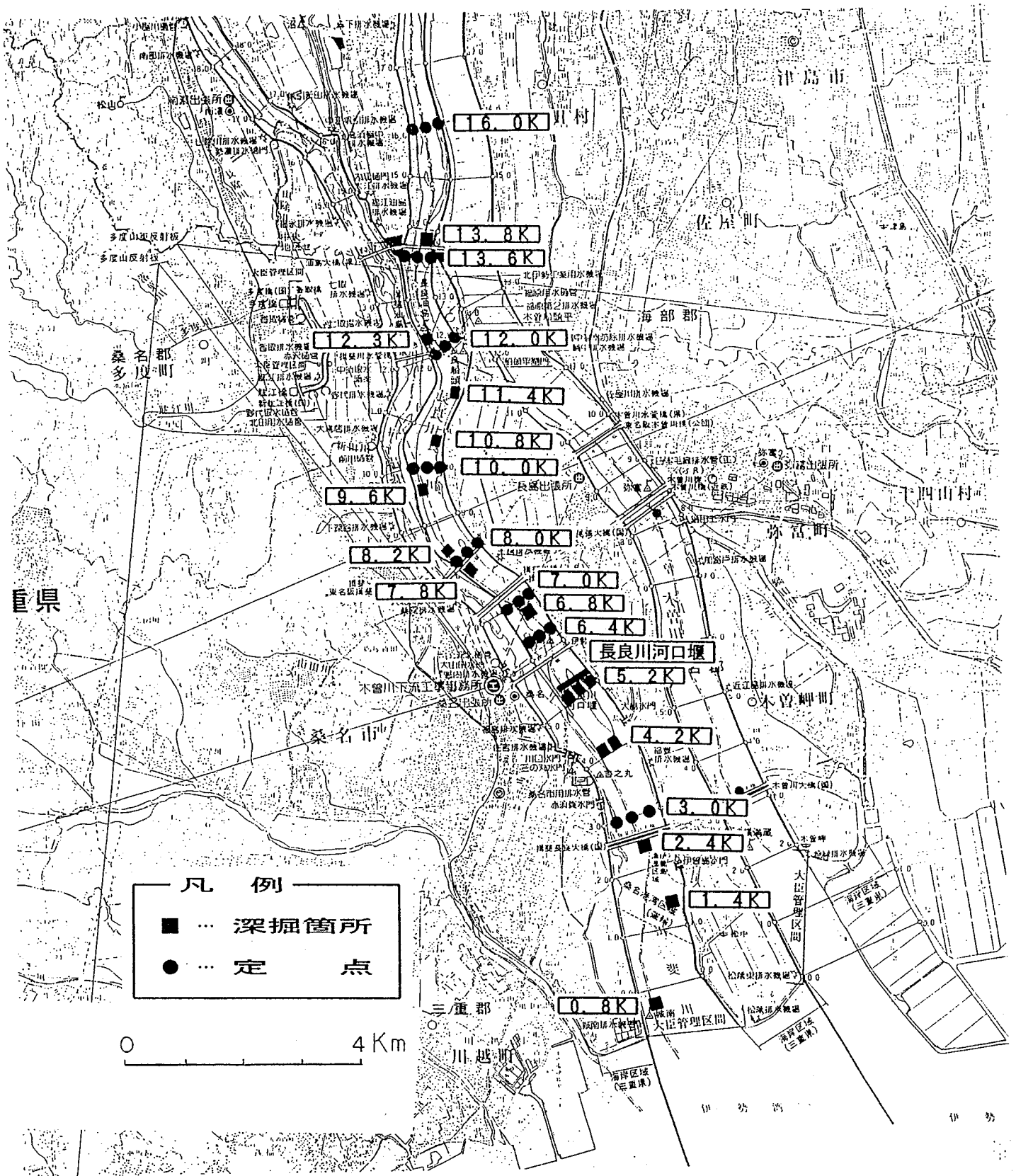


図-7-1-1-1(1) 水質詳細調査位置図

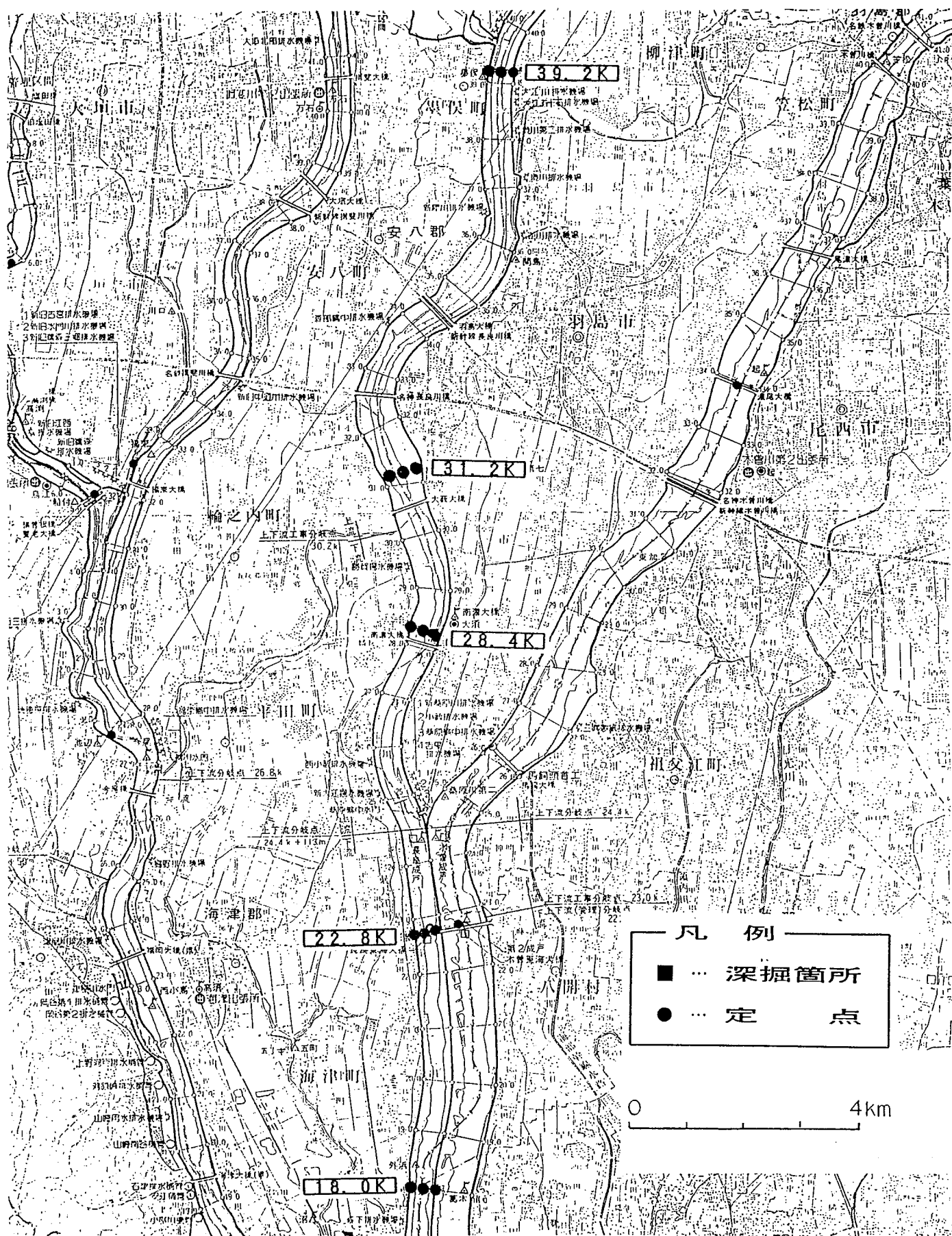


図-7-1-1-(2) 水質詳細調査位置図

b) 調査の方法

船上よりセンサーを所定の深さまで降下させ測定した。

c) 調査日

平成6年9月18日～10月24日

d) 調査結果

全ゲート操作（閉鎖）期間中の9月18日～10月24日の間に堰上下流の塩化物イオン濃度を測定し河口堰によって塩水の侵入防止が確実にされているかを調査した。

定点では、流心、左右岸の3箇所を測定しており、深掘れ箇所では、それぞれの地点で測定している。今回はこの測定結果のうち流心で実施したものを使用した。

結果は図-7-1-2のとおり出水に伴う全ゲート操作直後（図-7-1-2-(1)）を除いては、いずれも堰下流の濃度は $10,000 \text{ mg/l}$ を越す高濃度となっているが、堰の上流部では、局所的な深掘れ箇所（例えば図-7-1-2-(3)の7Km 河床付近）を除けば、概ね 100 mg/l 程度以下で12Kmより上流では 20 mg/l 以下となり、河口堰によって確実に塩水遡上防止が行われていることを確認した。

しかし、全ゲート操作後堰直上流での塩化物イオン濃度が一時的に 100 mg/l （図-7-1-2-(3)、(4)）を上回ることがあるが、これは、開門ゲート操作により閘室を通過して堰上流へ塩水が侵入するためと推定され、調節ゲートの放流による効果でその広がりが抑制されたものと判断される。

なお、開門ゲートからの塩分の侵入は、今後設置する除塩ポンプ（図-7-1-3）が稼働すれば開門ゲート操作と除塩ポンプの運転を適切に組み合わせることによって解消されるものと考えられる。

また、参考としてゲート操作期間以外の測定結果は図-7-1-2-(7)のように、 $2,000 \text{ mg/l}$ の濃い塩分が13Km付近まで遡上している。

墨俣地点流量（日平均）： $900 \text{ m}^3/\text{s}$ 単位： mg/l

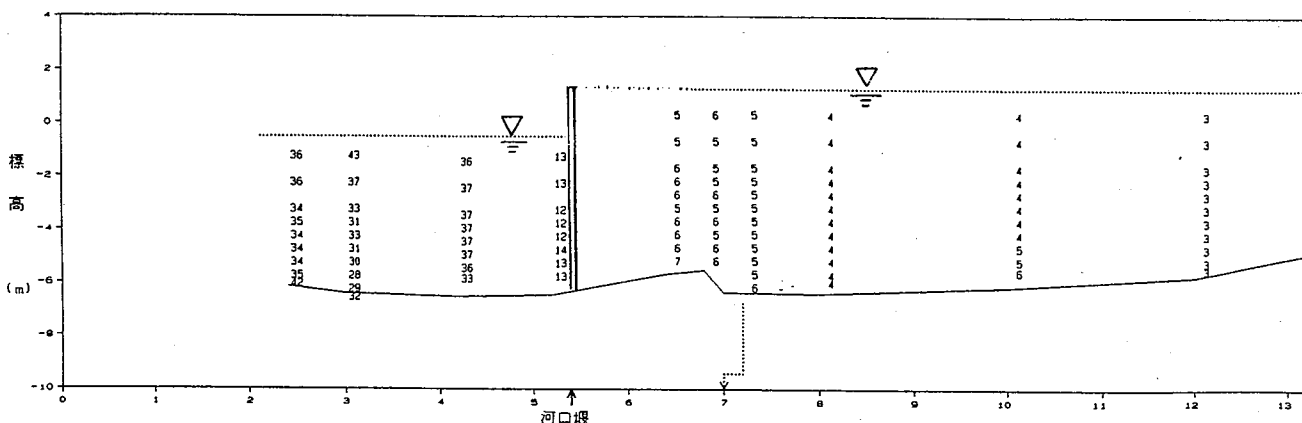


図-7-1-2-(1) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断図（9月18日24時 干潮）

墨俣地点流量（日平均）：170m³/s 単位：mg/ℓ

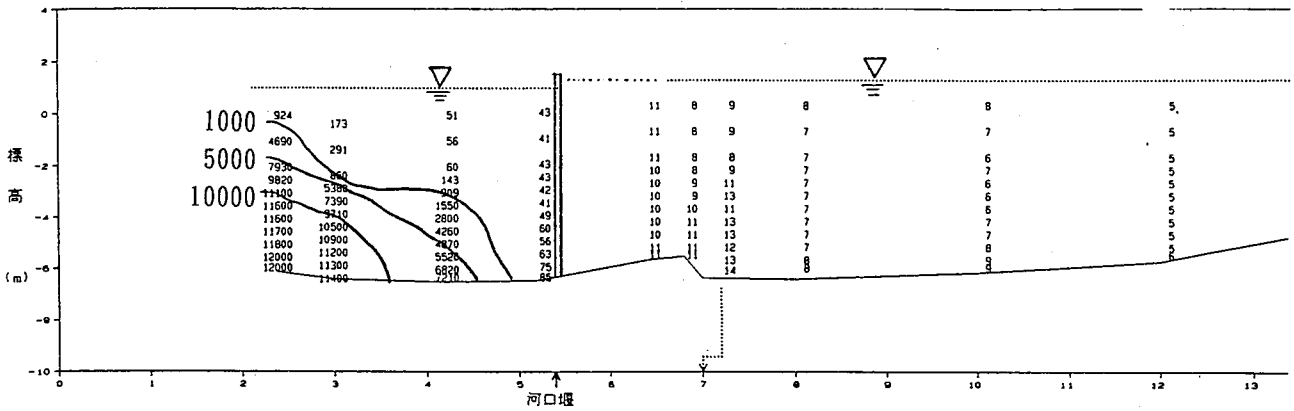


図-7-1-2-(2) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図（9月20日7時 満潮）

墨俣地点流量（日平均）：90m³/s 単位：mg/ℓ

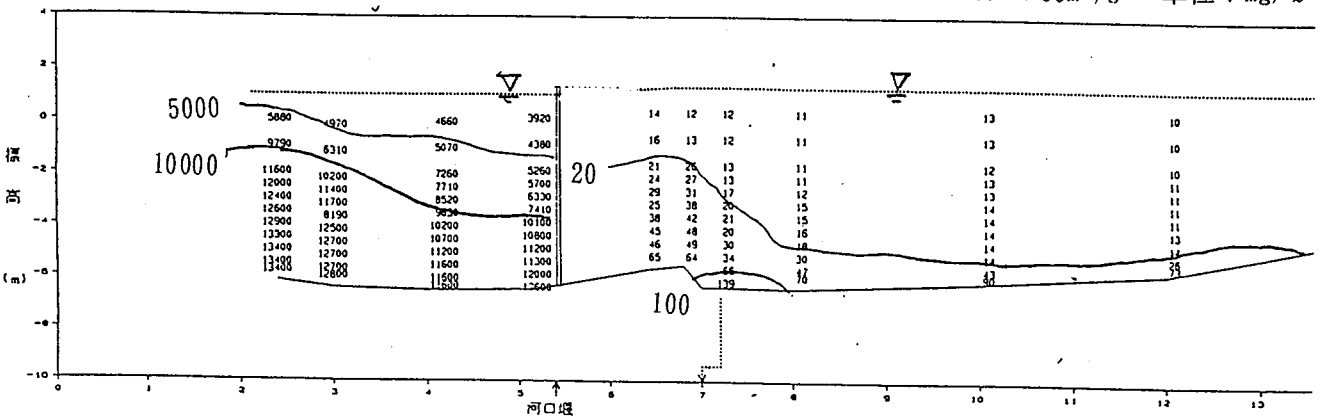


図-7-1-2-(3) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図（9月22日8時 満潮）

墨俣地点流量（日平均）：130m³/s 単位：mg/ℓ

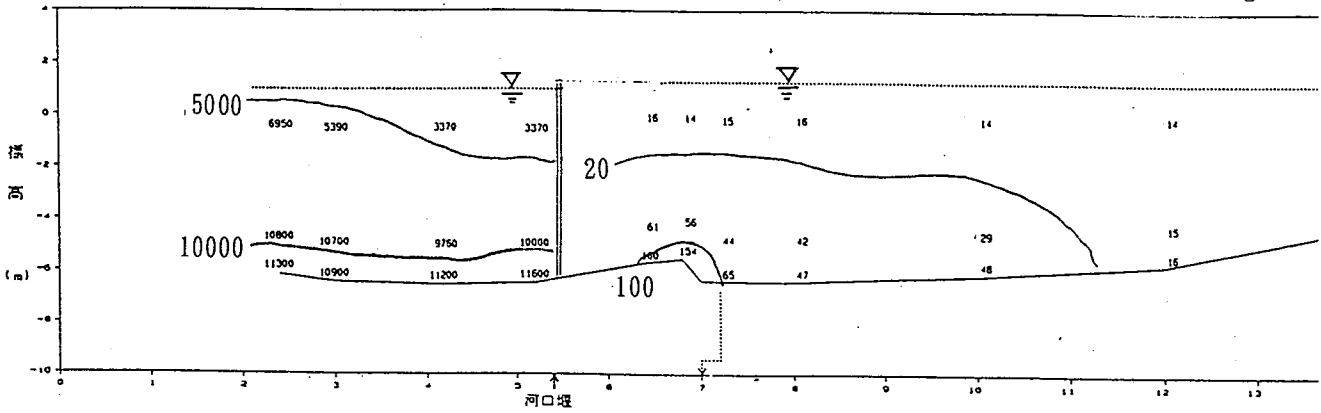


図-7-1-2-(4) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図（9月24日8時 満潮）

墨俣地点流量（日平均）：190m³/s 単位：mg/ℓ

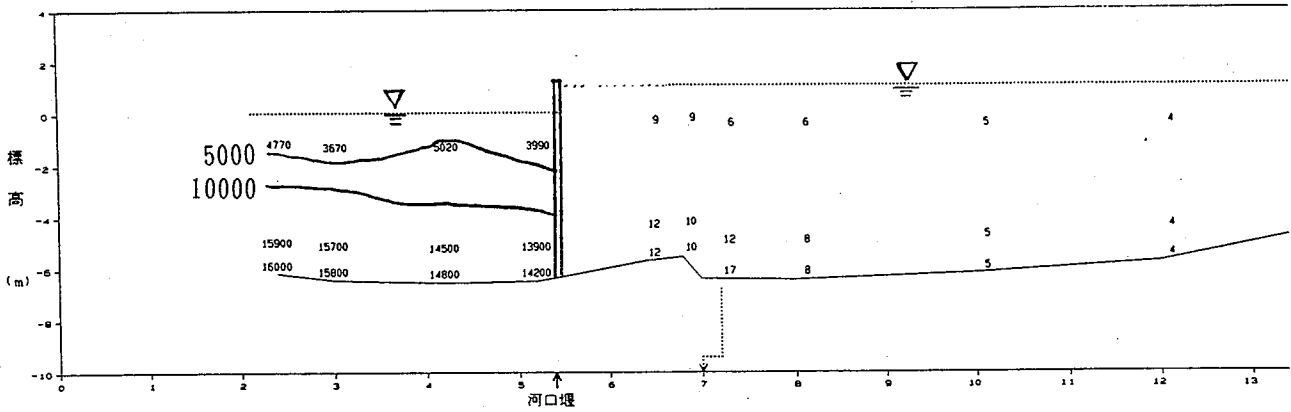


図-7-1-2-(5) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図（9月26日13時 干潮）

墨俣地点流量（日平均）：65m³/s 単位：mg/ℓ

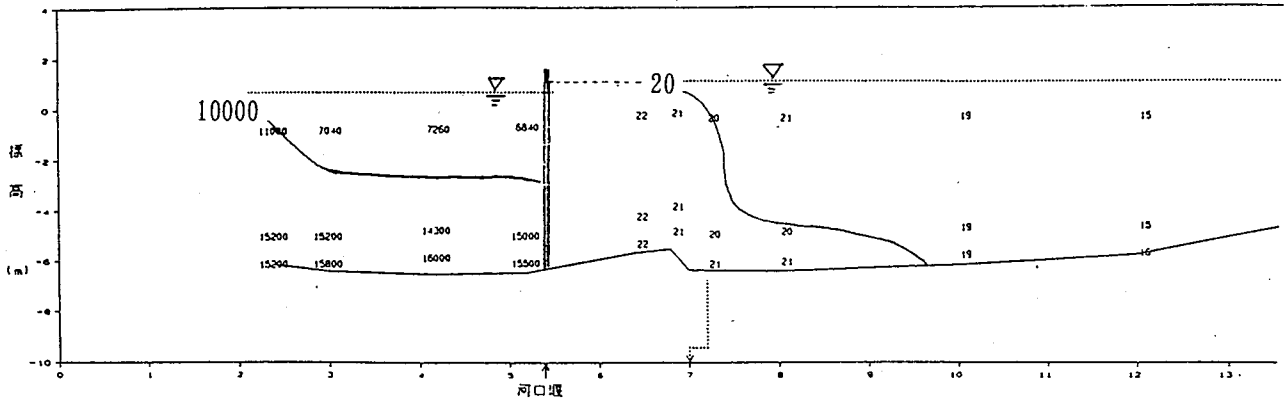


図-7-1-2-(6) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図（10月24日8時 満潮）

参考 ゲート操作以前

墨俣地点流量（日平均）：25m³/s

単位：mg/ℓ

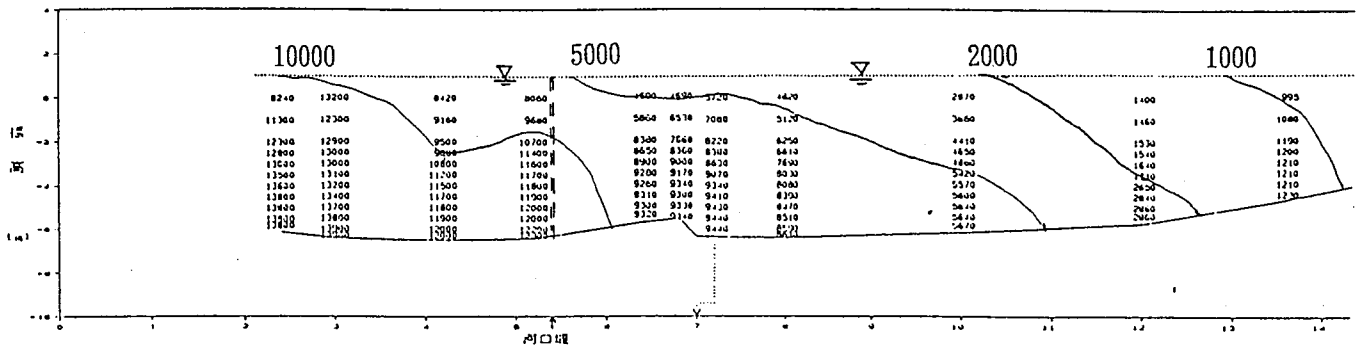
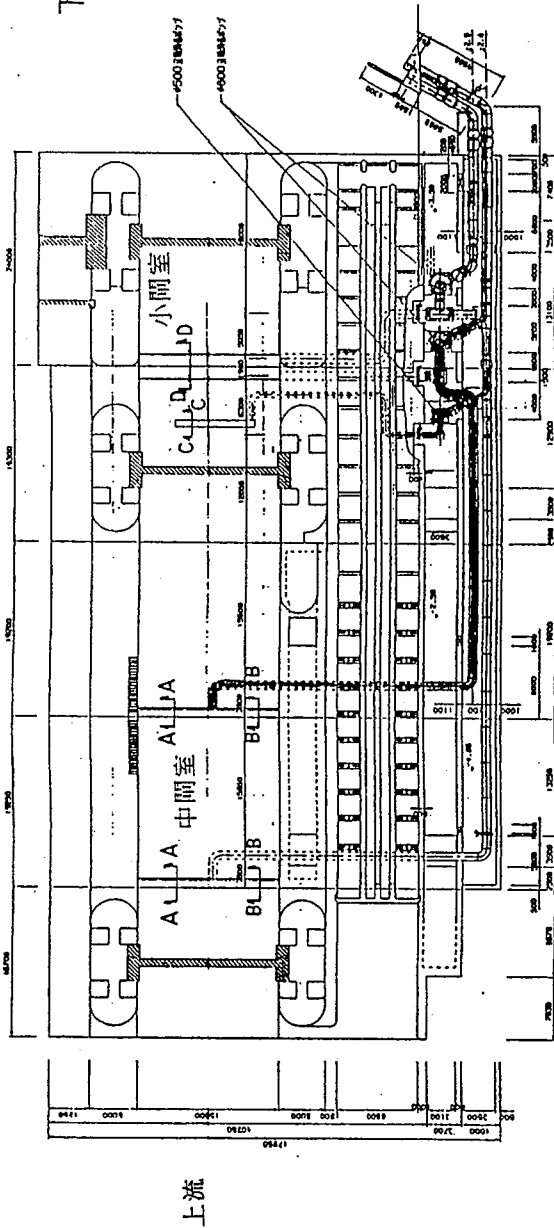
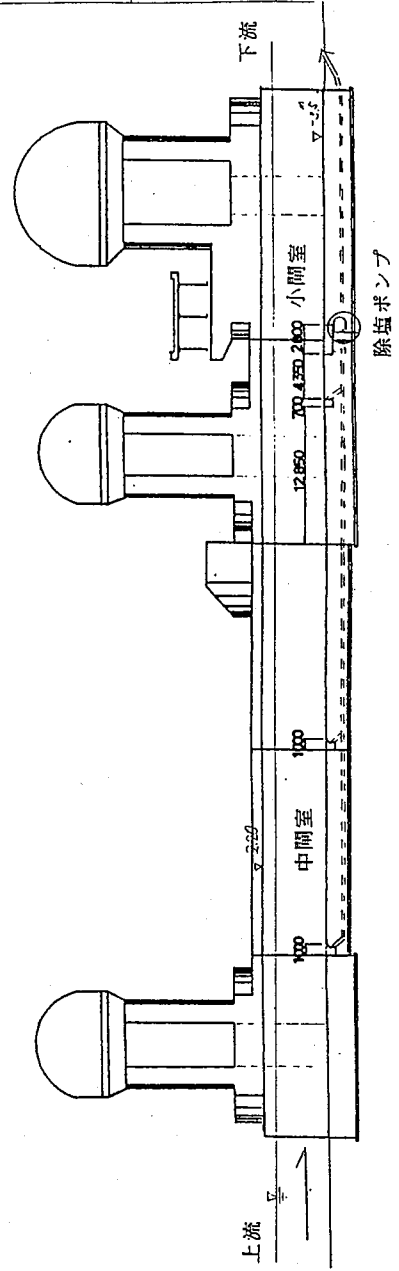


図-7-1-2-(7) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図（7月12日8時 満潮）

閘門平面図



閘門縦断面図



下流から上流通航する場合 (中間ゲート全閉時)

操作の概要図	操作の内容
(1)	(1) 船舶が閘門に入る 下流ゲートは全閉、中間ゲートは全閉とする (上流ゲートは常時常保とする)。
(2)	(2) 下流ゲート全閉 船舶が下流から小間室へ入室後下流ゲートの全閉操作を行う。
(3)	(3) 小間室内水位調整 下流ゲート全閉後、中間ゲートからの越流操作 (越流水深20cm) により小間室水位を上昇させる。 下流水位が上流水位より高い場合には、ポンプ排水により小間室の水位低下を行う。
(4)	(4) 除塩操作 操作(3)において、水位差が20cm程度になった後ポンプ排水を行う。
(5)	(5) 中間ゲートを開庫作 排水操作は継続し中間ゲートの越流水深を1.5mにする。これにより、船舶の吃水を確保する。
(6)	(6) 船舶が小間室から出る。 船舶が通過後ポンプ排水を停止する。

図-7-1-3 除塩ポンプ概要図

B) 定点観測

塩水の侵入、排除状況等の確認のためシラベール、自記観測機器により観測を実施した。

a) 調査地点 (表-7-1-1)

シラベールでの観測 3.0km、6.4 km、13.6km、22.6kmの4地点及び自記観測機器での観測 5.4km-250m ~18.0kmの11地点の計15地点で常時観測を実施している。

表-7-1-1 定点観測地点一覧表

シラベール (テレ観測)	自記観測
イーナちゃん 3.0km	堰下流 5.4km-250m (テレ観測)
イセくん 6.4km	堰地点 5.4km (")
ナガラちゃん 13.6km	堰上流 5.4km+200m (")
トーカイくん 22.6km	" 5.4km+250m (")
	" 6.0km (自記観測)
	" 7.0km (")
	" 9.0km (テレ観測)
	" 14.2km (自記観測)
	" 15.0km (")
	" 16.5km (")
	" 18.0km (")

b) 調査の方法

テレ観測は毎時テレメーター装置にて送信され、自記観測は1か月毎に回収する方式である。

c) 調査日

4月より継続して実施している。

d) 調査結果

9月18日から全ゲート进行操作して実施した9月調査期間における、堰の直上流における塩化物イオン濃度の状況は図-7-1-4に示すとおり堰直上流(5.4k+200m)地点で、全ゲート操作時には上・中層では、ほとんど $100\text{mg}/\ell$ 以下になっている。一方、下層においては同図の10月14日、16日のように数 $100\text{mg}/\ell$ となる場合もあるが、これは閘門ゲート操作により塩水が侵入したためと判断される。

また、7.0km地点(図-7-1-5)においては、上層では9月25日に最大 $62\text{mg}/\ell$ を観測したが、ほとんど $30\text{mg}/\ell$ 以下で維持されている。一方、下層においては、全ゲート操作時に最大値で9月22日 $660\text{mg}/\ell$ を記録し、 $200\text{mg}/\ell$ を上回る時が9月21日～24日まで続いたが、台風第26号の高潮、洪水により9月29日にゲートを全開したことにより高潮が遡上し約 $13,000\text{mg}/\ell$ の塩化物イオン濃度の高いものが記録された。しかし、引き続き上流からの出水によってすぐに、塩化物イオン濃度はゼロ近くに低下した。その後、再びゲート操作を開始した10月1日以降10月27日までは、下層で概ね $50\text{mg}/\ell$ 以下に、また上層においては $20\text{mg}/\ell$ 以下に維持され、淡水化の状況が確認された。

これは、9月18日から行った全ゲート操作では、河川流量が最大約 $1,400\text{m}^3/\text{s}$ を経験した後の操作開始であったが一方、10月1日からの全ゲート操作では約 $4,400\text{m}^3/\text{s}$ を経験し、河床の凹地部分も含めて全域の塩分が流下したことに起因するものと判断される。

なお、閘門ゲートからの塩水の侵入は、今後除塩ポンプを設置することとしており、水位状況に応じた閘門操作と除塩ポンプの運転を適切に組み合わせることにより解消されるものと判断している。

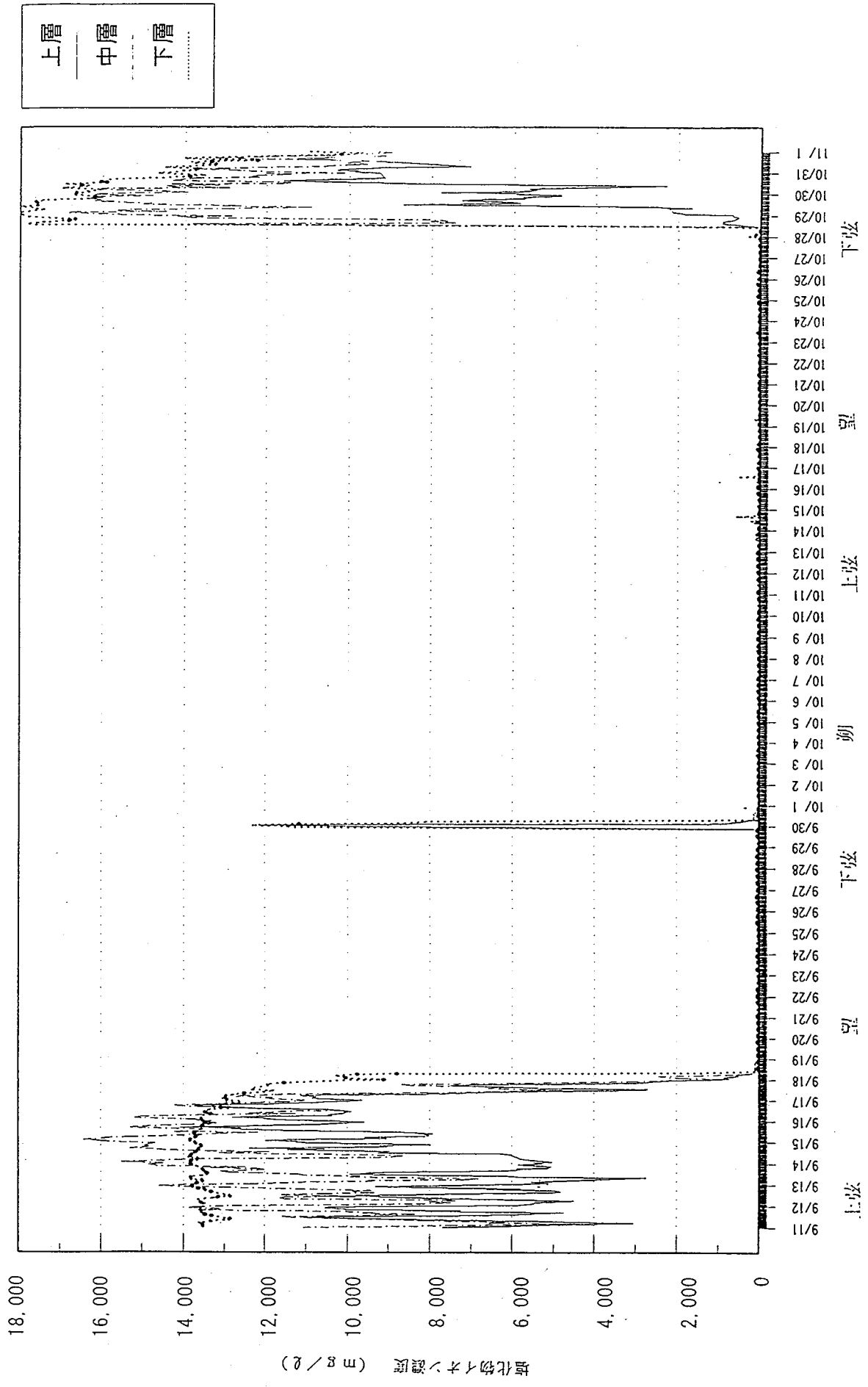


図-7-1-4 定点観測調査地点 塩化物イオン濃度変化図 (5.4km+200m右岸)

上層
——
下層
.....

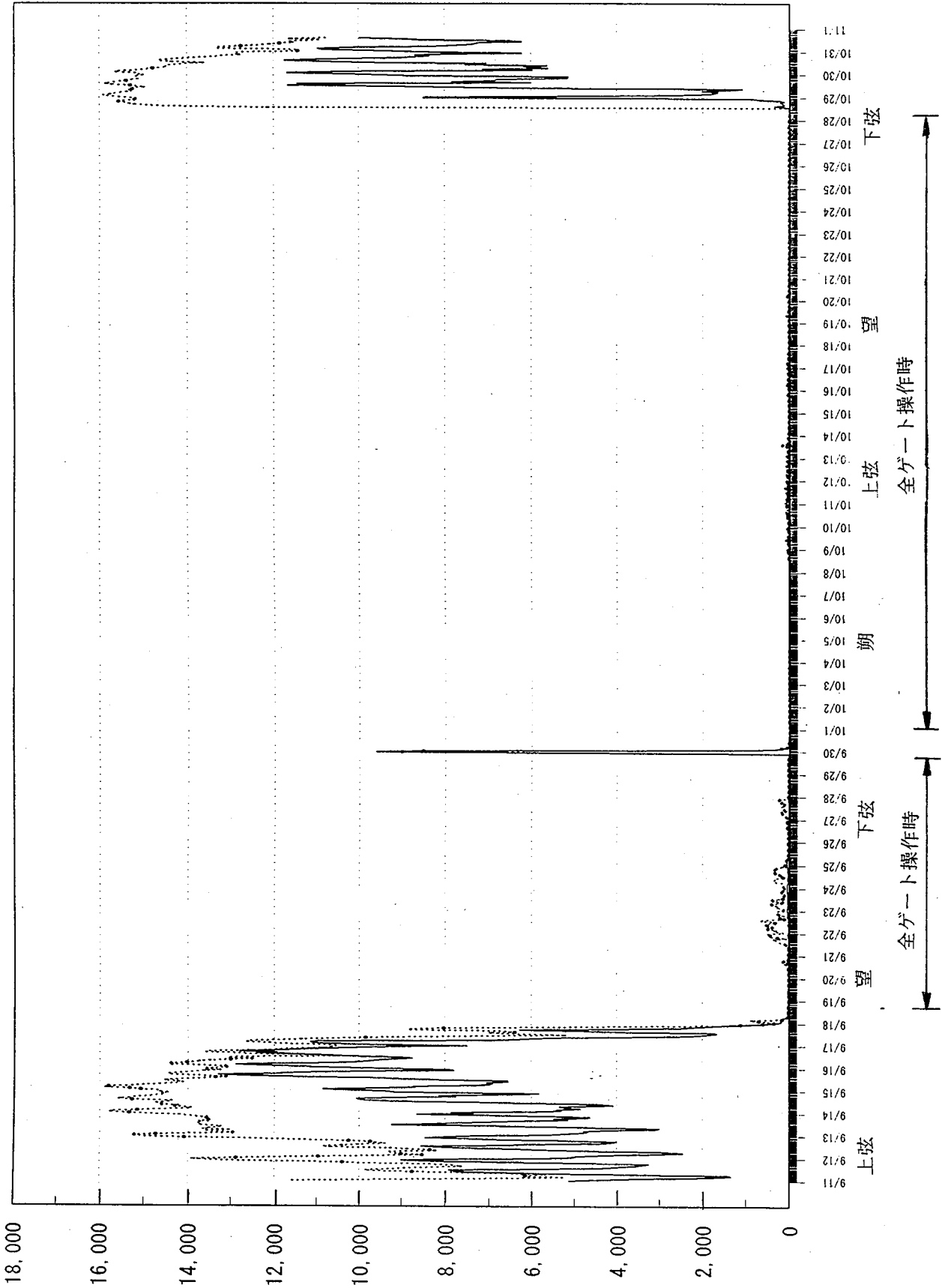


図-7-1-5 定点観測調査地点 塩化物イオン濃度変化図 (7.0km)

7-1-2. 調節ゲートによる塩水遡上防止効果確認

調節ゲートにおけるアンダーフロー、オーバーフロー操作時の塩水侵入状況を調査するため、アンダーフロー時は調節ゲートにより、またオーバーフロー時はロック式魚道において塩水の侵入限界を確認した。

A) アンダーフロー操作時の調査

a) 調査地点 (図-7-1-6)

調節ゲート1号および6号のゲート直上流床版部において測定した。

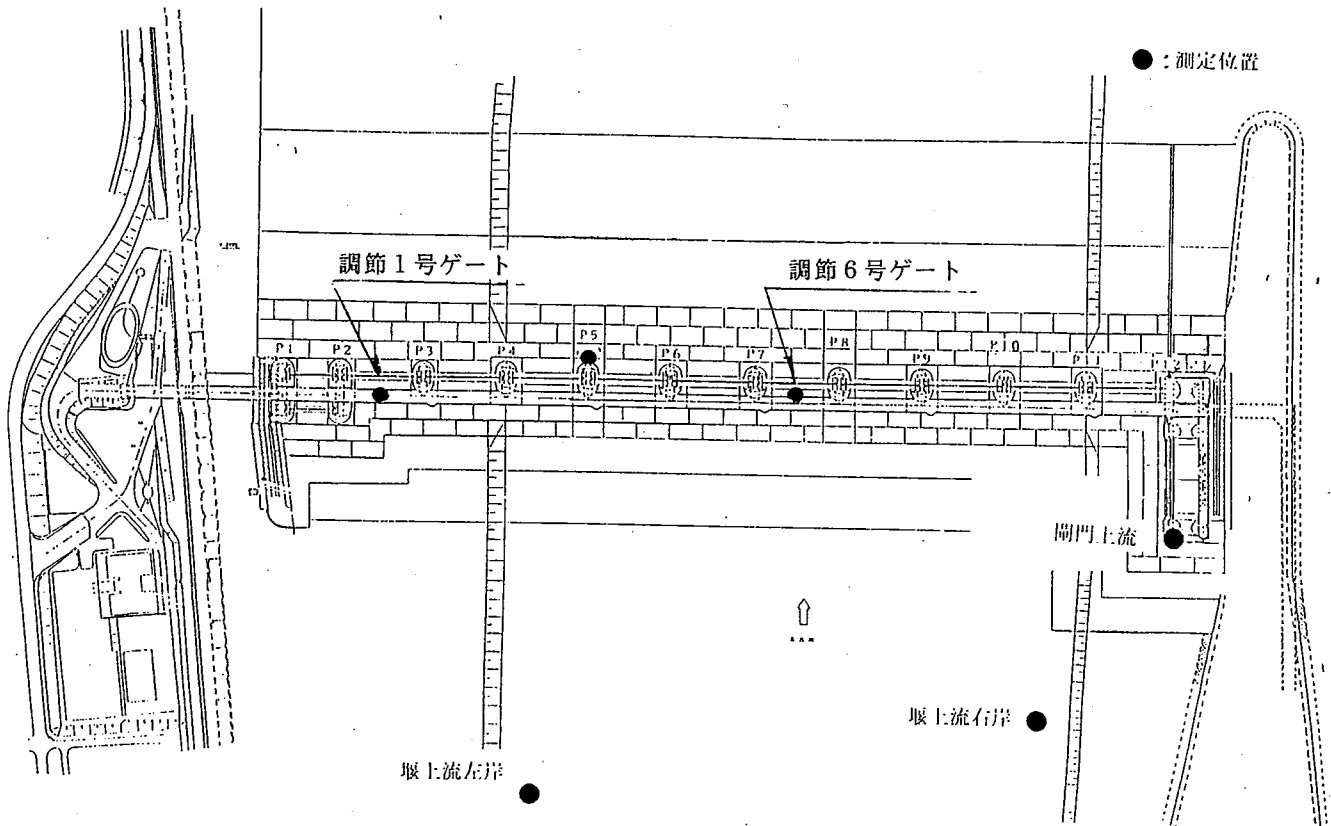
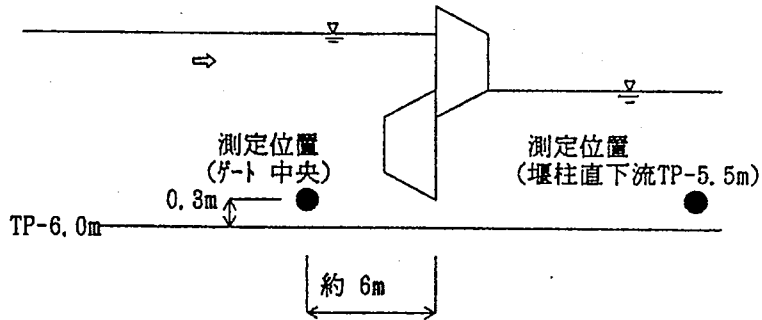


図-7-1-6 調節ゲート 塩化物イオン濃度測定位置図

b) 調査の方法

調節ゲート直上流床版に取付けたセンサーで自動観測による連続観測を行った。

c) 調査日

自動観測は、平成6年9月18日～10月28日に連続観測（10分間隔）を実施した。

d) 調査結果

調節ゲートの操作状況とその時の上下流の水位変化は図-7-1-7のとおりである。

9月18日～10月28日の調査期間において、堰上下流の水位差が20cm以下の状態で、なおかつ調節ゲートをアンダーフロー操作していたのは、表-7-1-2の3ケースであり、水位差の最小は17cmであったが、この場合においても塩水の遡上は認められなかった。

なお、10月7日の7時～9時（図-7-1-7(3)）にみられるように、ゲートを全閉しているにもかかわらず、ゲート上流部において一時的に1,000mg/l近い塩化物イオン濃度を記録している。これは、短時間であり、かつ堰直上流域の限られた区域であることが堰上流左右岸の観測により確認されており、それほど問題ないと思われるが、この原因がゲートの水密性に起因するかどうかも含め今後調査を実施する。

調節ゲートの操作に当っては、アンダーフロー操作の場合、塩水遡上防止のため上下流水位差20cm以上で行うこととなっているため、塩水の遡上は確実にできることが確認できた。

表-7-1-2 調節ゲートにおける塩化物イオン濃度

(アンダーフロー操作時)

日 時	ゲートNO.	上流水位 (m)	下流水位 (m)	水位差 (cm)	ゲート 開 度 (cm)	塩化物イオン濃度(mg/l)	
						上 流	下 流
10/3 15:50	NO.6	TP+1.22	TP+1.05	17	97	7	3.156
10/7 6:00	NO.6	+1.09	+0.91	18	20	12	3.422
10/7 6:00	NO.1	+1.09	+0.91	18	20	14	3.422

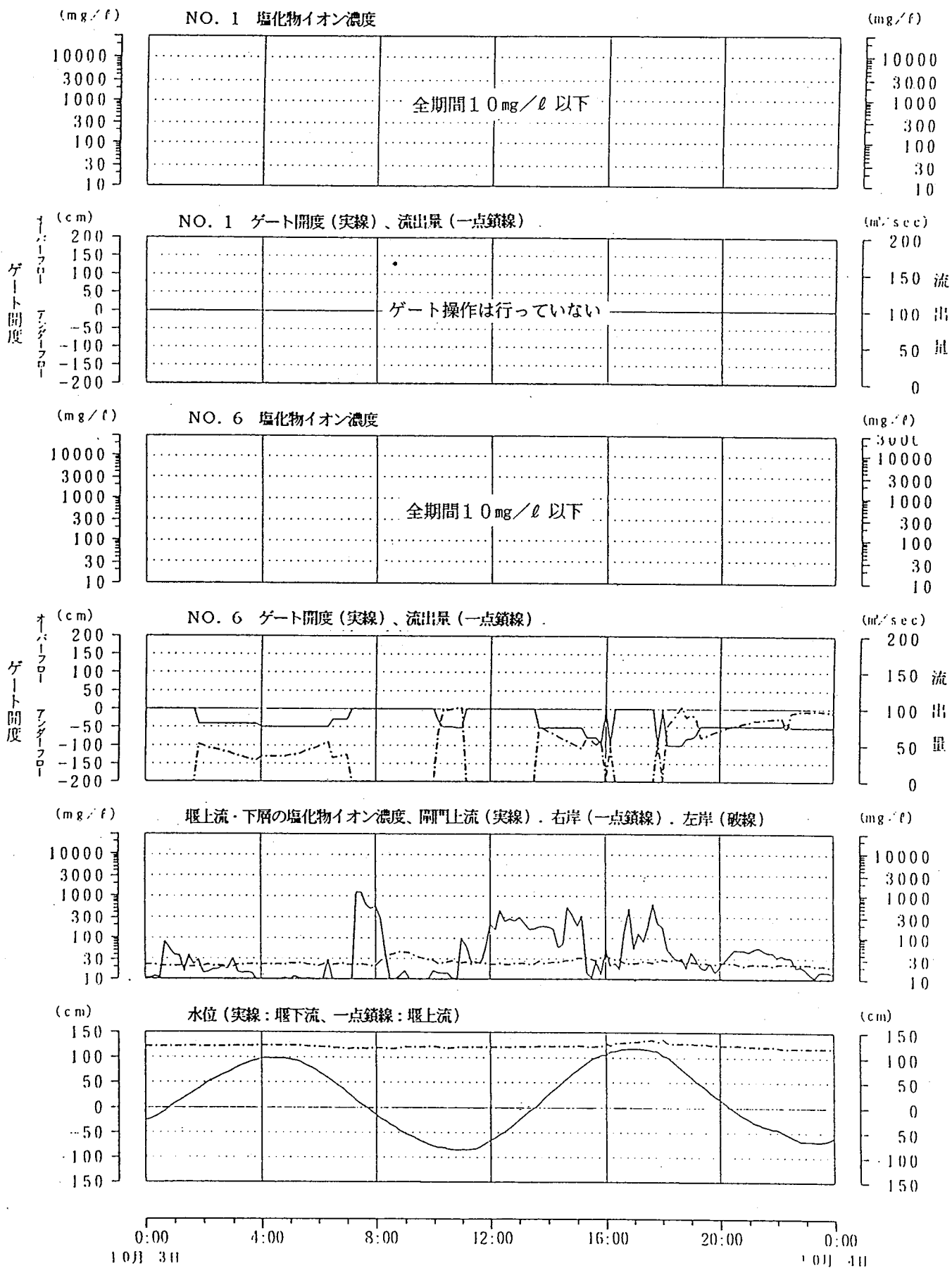


図-7-1-7-(1) アンダーフロー操作時の塩水侵入状況図

視測日：平成6年10月 5日

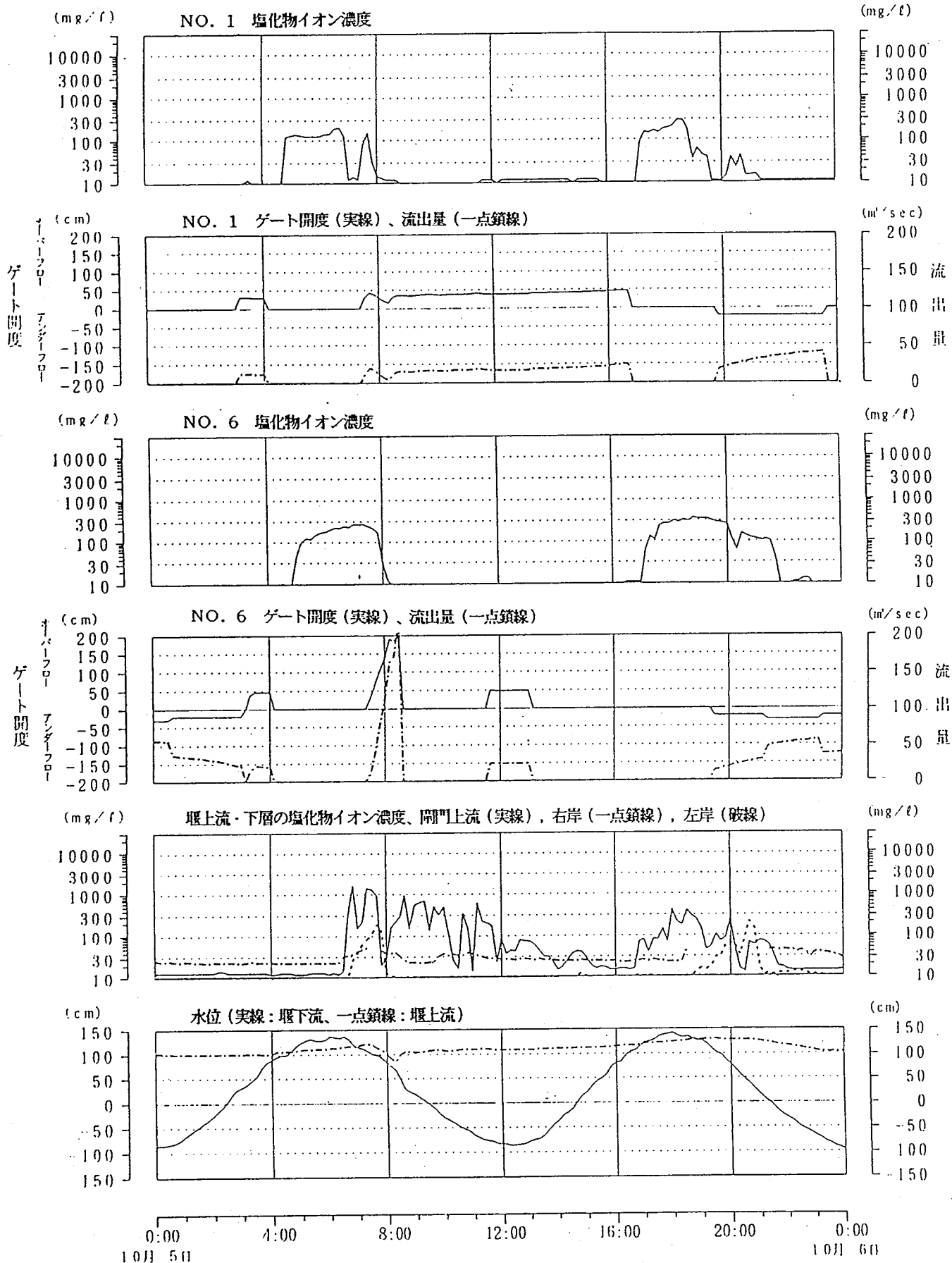


図-7-1-7-(2) アンダーフロー操作時の塩水侵入状況図

観測日：平成6年10月7日

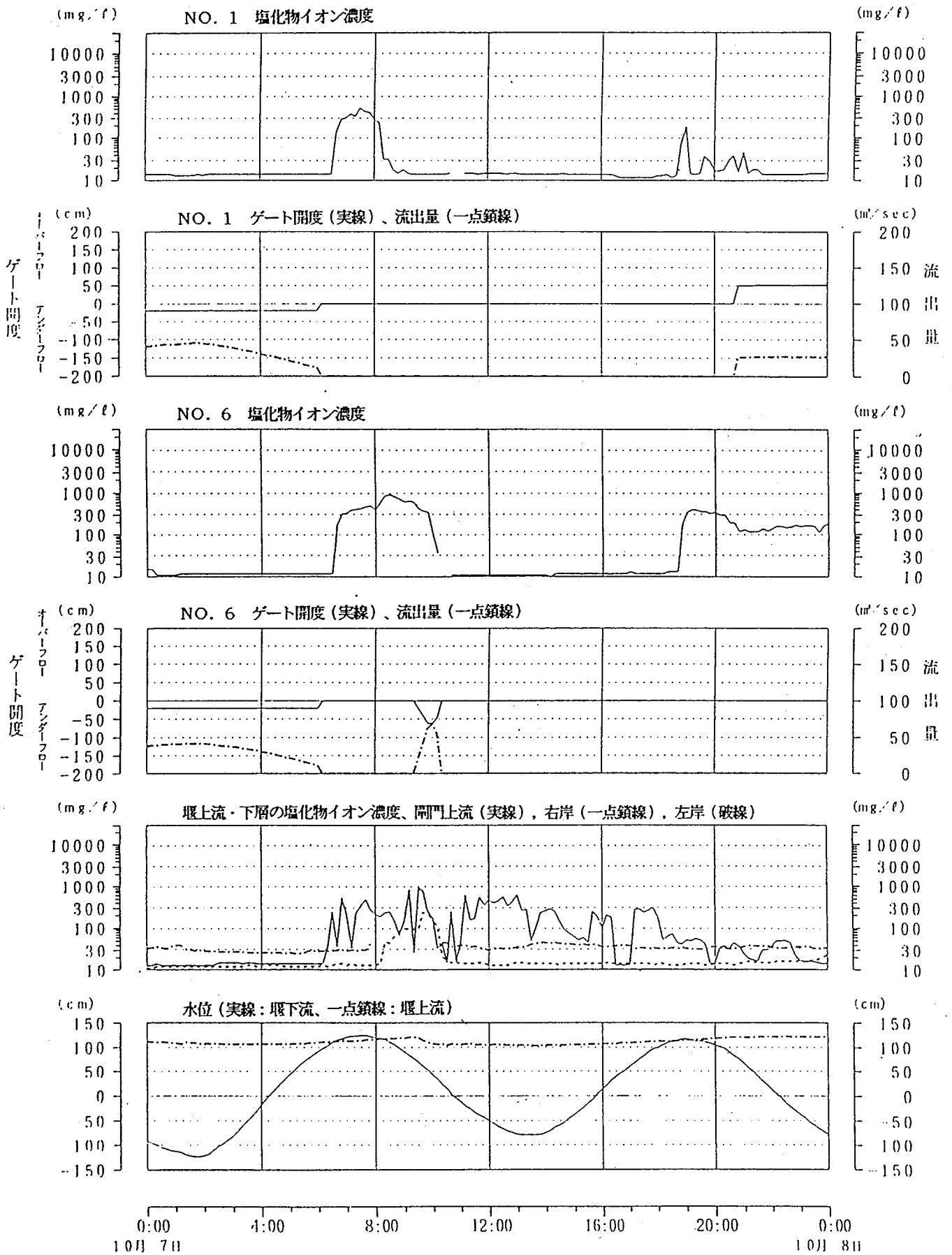


図-7-1-7-(3) アンダーフロー操作時の塩水侵入状況図

B) オーバーフロー操作時の調査

調査は、堰上流へ塩水を侵入させないことを考慮し、上下流にゲートがあるロック式魚道の下流ゲートを使用し、オーバーフロー時の塩水侵入状況の確認調査を実施した。

a) 調査地点 (図-7-1-8)

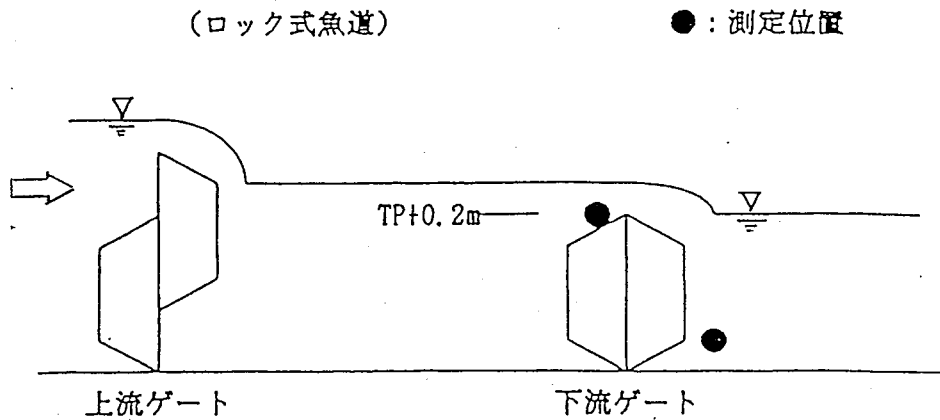


図-7-1-8 ロック式魚道 塩化物イオン濃度測定位置図

b) 調査の方法

測定は、上流ゲートで越流水深を10cm、20cm、30cm、50cmに維持し、流量が一定となる状態を設定した上で、上げ潮時に下流ゲートを着床(天端標高TP+0.2m)させ、下流ゲートの上下面において塩化物イオン濃度を測定した。

c) 調査日

調査は上下流の水位状況から、次のように実施した。

10月14日(越流水深10cm)、10月21日(越流水深50cm)、10月24日(越流水深30cm)
10月25日(越流水深20cm)

d) 調査結果

測定した期間のゲート状況、堰上流水位、堰下流水位、ゲート開度の時系列グラフは、図-7-1-9に示すとおりである。

表-7-1-3 ロック式魚道における測定水位

上流ゲート 越流水深	測定開始			測定終了			測定月日
	下流水位 (T.P)	ロック内 水位 (T.P)	下流 越流水深	下流水位 (T.P)	ロック内 水位 (T.P)	下流 越流水深	
10 cm	-0.25m	0.30m	10 cm	0.43m	0.41m	21 cm	10月14日
20 cm	-0.06m	0.39m	19 cm	0.65m	0.62m	42 cm	10月25日
30 cm	-0.07m	0.45m	25 cm	0.71m	0.67m	47 cm	10月24日
50 cm	-0.03m	0.61m	41 cm	1.12m	1.14m	94 cm	10月21日

なお、測定間隔は10分間隔で測定した。

上流ゲートによる越流水深と調節ゲート1門当りの流量の関係は表-7-1-4のとおりである。なお、測定は前述のように塩分侵入防止のためロック式魚道（径間30m）で実施したが、流量は調節ゲート（径間45m）1門当りに換算してある。

表-7-1-4 越流水深と調節ゲート1門当りの流量

上流ゲート 越流水深	1門当り 流量(m ³ /s)	備 考
10 cm	約 2	
20 cm	約 6	
30 cm	約12	
50 cm	約26	

測定は、上流ゲートを所定の越流水深に設定し、各ケース毎にロック内水位と下流との水位差がどの程度になったときに塩水が遡上するかを観測した。

図-7-1-9(1)によれば、1門当たり約 $2 \text{ m}^3/\text{s}$ の放流量の場合で水位差 1 cm 以上あれば塩水が侵入しないこと、(2)のように放流量が約 $6 \text{ m}^3/\text{s}$ で 3 cm の水位差があれば塩水が侵入しないことが観測された。また、(3)のように放流量約 $12 \text{ m}^3/\text{s}$ 、(4)のように放流量が約 $26 \text{ m}^3/\text{s}$ では、ほとんど水位差がない状態でも塩水が侵入しないことが観測された。

調節ゲートの操作に当たっては、オーバーフロー操作の場合、塩水遡上防止のため上下流水位差 10 cm 以内となった場合には全閉することとしているため、塩水の遡上防止は確実にできることが確認できた。

(水位 TP.)

(塩化物イオン濃度mg/l)

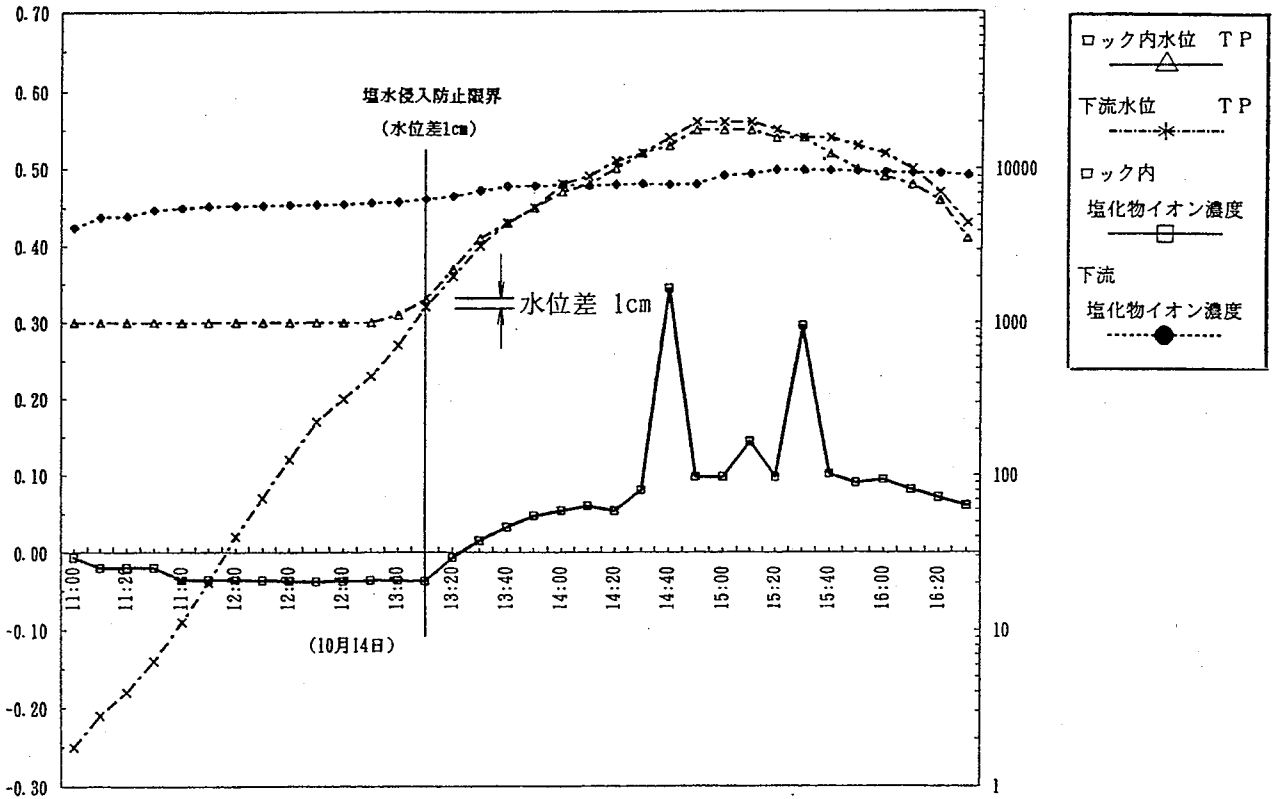


図-7-1-9-(1) オーバーフロー時の塩水侵入状況図 (一門あたり流量約 $2 \text{ m}^3/\text{s}$)

(水位 TP.)

(塩化物イオン濃度 mg/l)

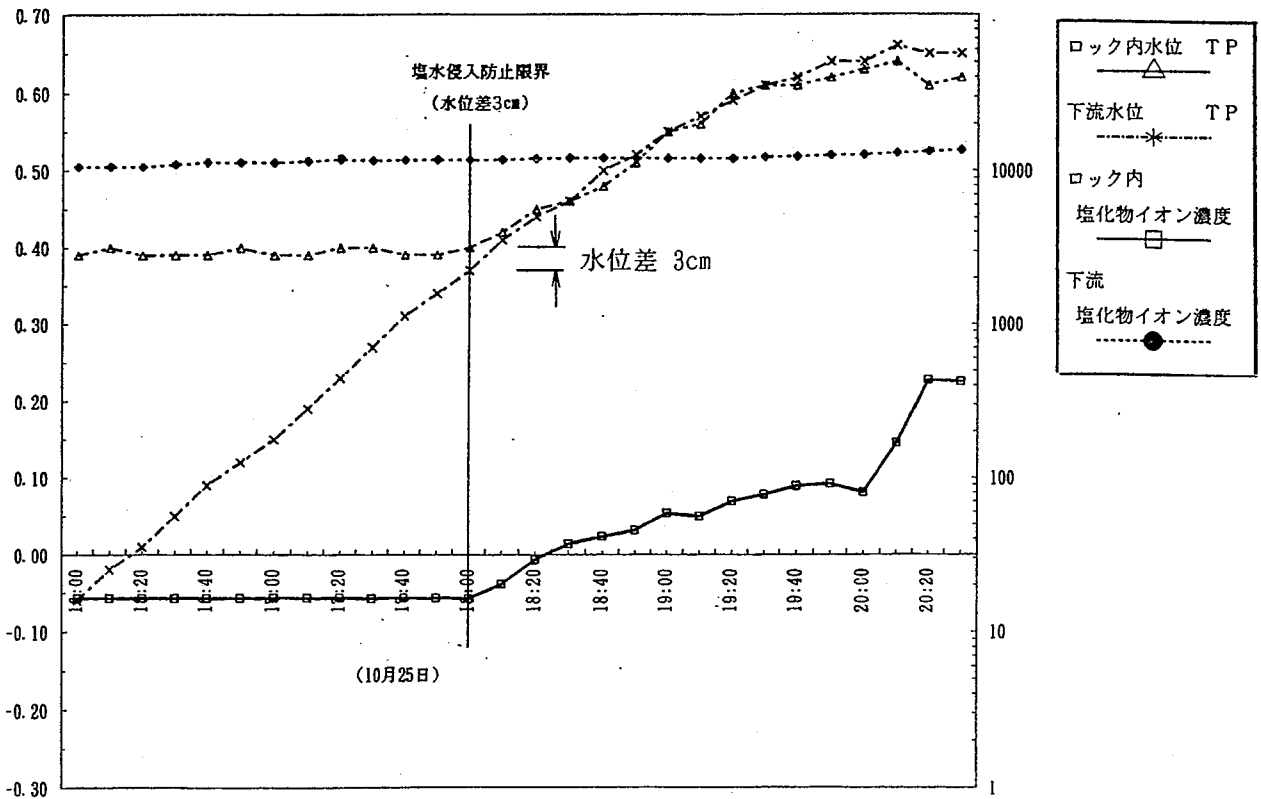


図-7-1-9-(2) オーバーフロー時の塩水侵入状況図 (一門あたり流量約 $6 \text{ m}^3/\text{s}$)

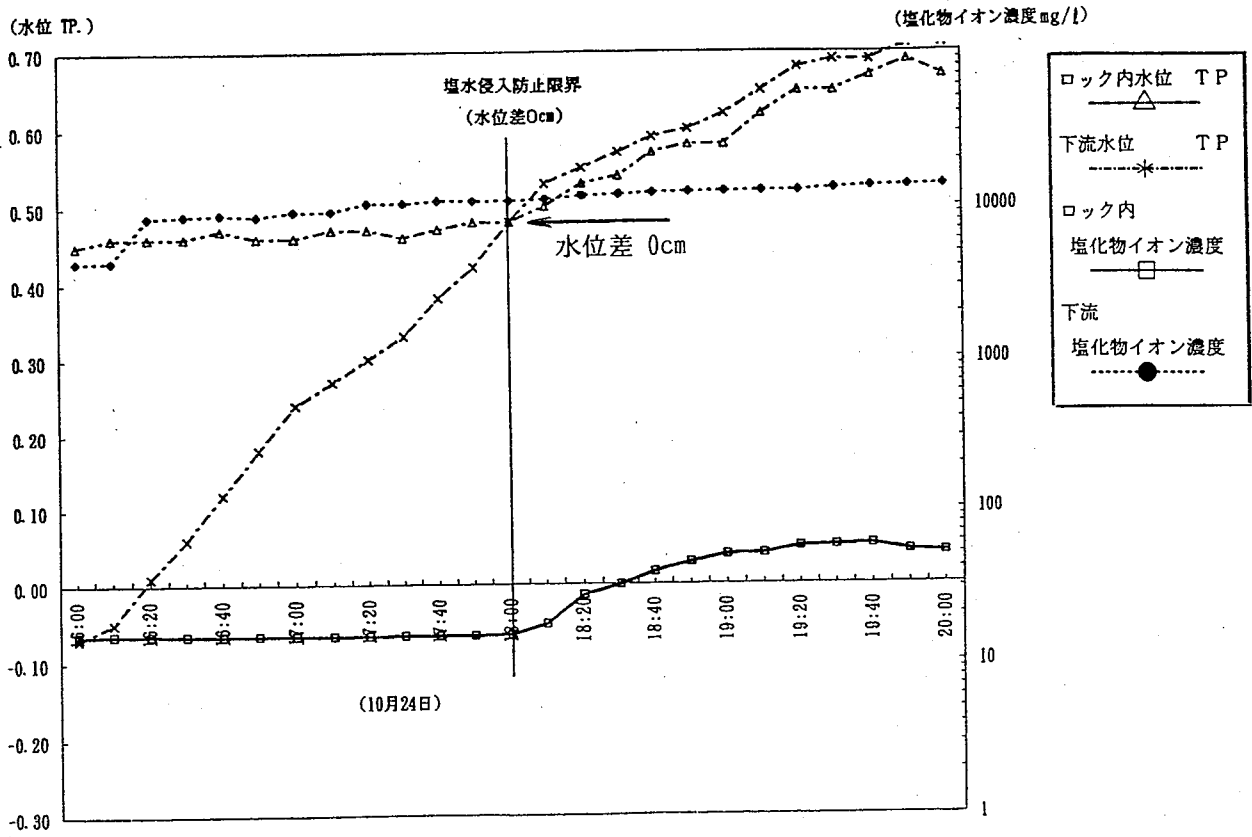


図-7-1-9-(3) オーバーフロー時の塩水侵入状況図 (一門あたり流量約 $12\text{m}^3/\text{s}$)

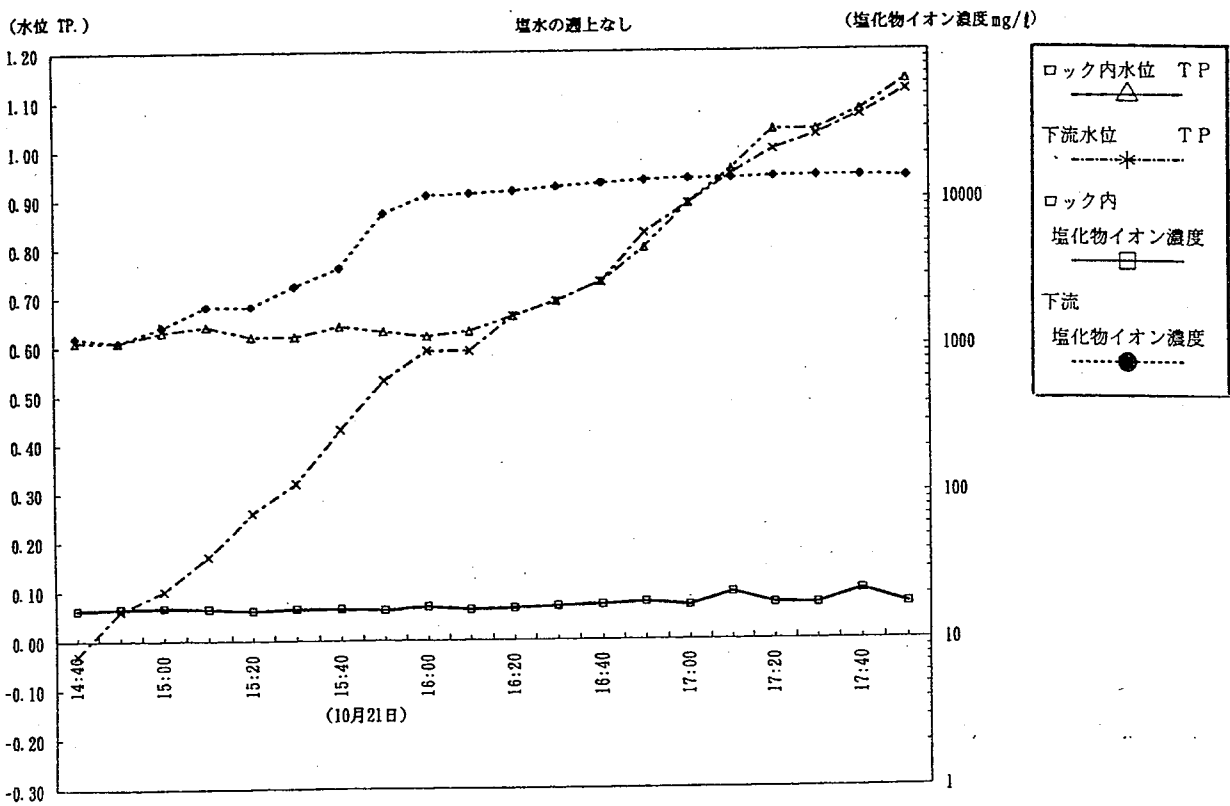


図-7-1-9-(4) オーバーフロー時の塩水侵入状況図 (一門あたり流量約 $26\text{m}^3/\text{s}$)

7-1-3. ロック式魚道操作による塩水排除方法の確認

調査の目的

ロック式魚道操作による塩水の侵入状況、および排除状況について調査をする。

a) 調査地点 (図-7-1-10)

測定の位置は、ロック式魚道上流ゲートの直上流下層 (TP -2.0m) およびロック内の上流側・中央・下流側において各々3層 (TP +0.0m, TP -1.0m, TP -2.0m) の合計10か所において塩化物イオン濃度を測定した。

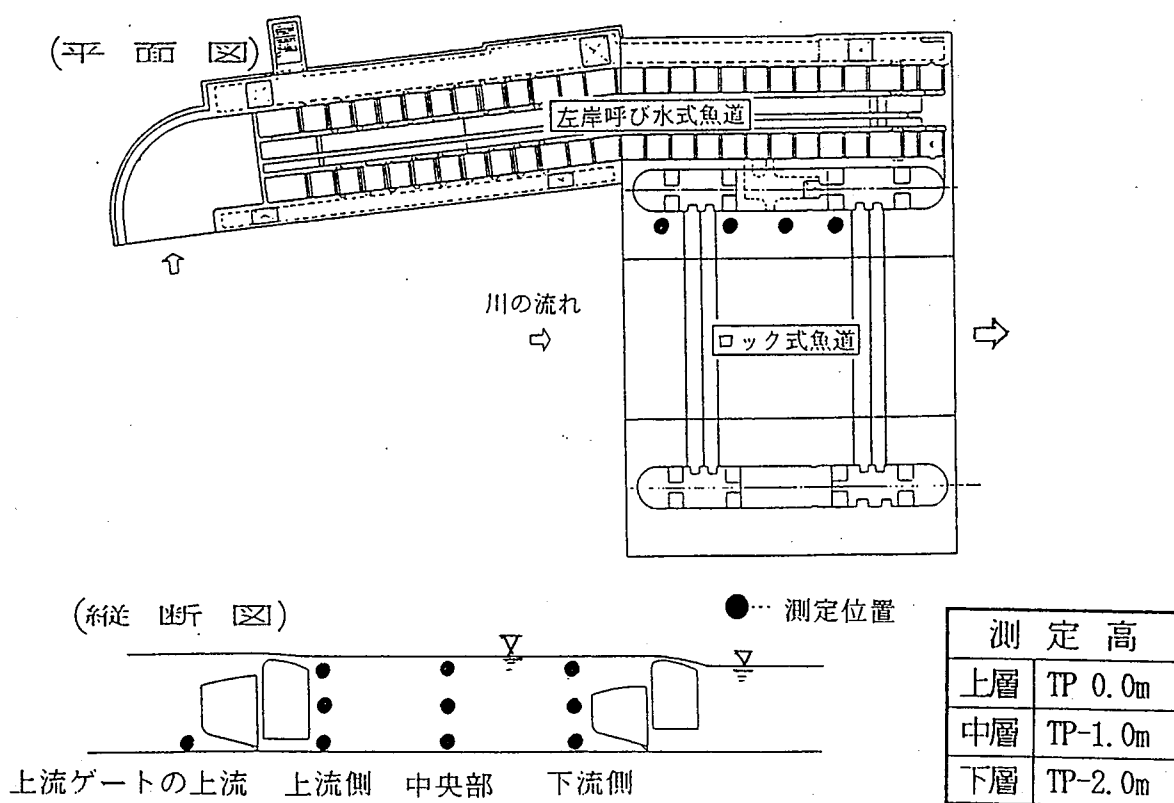


図-7-1-10 ロック式魚道塩化物イオン濃度測定位置図

b) 調査の方法

ロック式魚道の操作については、図-7-1-11 に示す3つの基本パターンにより操作することとしており、それに基づきロック室内への塩分の侵入状況、排除の確認を行った。


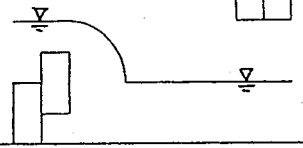
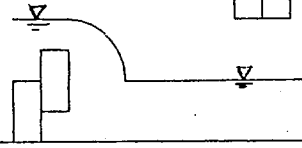
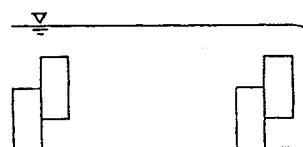
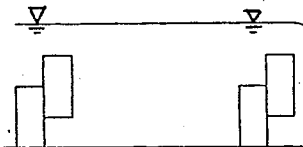
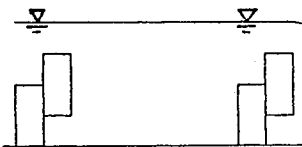
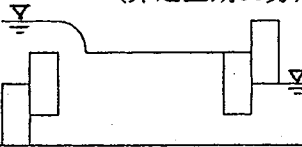
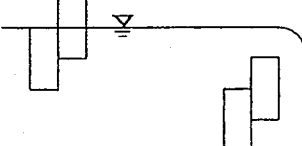
操作 (1)	操作 (2)	操作 (3)
<p>①浮魚等集魚操作 20分</p>  <p>上流 下流 ・上流越流水深 20cm ・下流着床(TP+0.2m)</p>	<p>①浮魚等集魚操作 60分</p>  <p>上流 下流 ・上流越流水深 20cm ・下流全開</p>	<p>①浮魚等集魚操作 60分</p>  <p>上流 下流 ・上流越流水深 20cm ・下流全開</p>
<p>②浮魚遡上操作(1) 20分</p>  <p>上流 下流 ・上流越流水深 20cm ・下流越流水深 15cm</p>	<p>②浮魚遡上操作(1) 40分</p>  <p>上流 下流 ・上流越流水深 20cm ・下流越流水深 15cm</p>	<p>②浮魚遡上操作(1) 40分</p>  <p>上流 下流 ・上流越流水深 20cm ・下流越流水深 15cm</p>
<p>* 図中「越流水深」とあるのは、オーバーフロー 「開度」とあるのは、アンダーフロー操作である。</p>		<p>③浮魚遡上操作(2) 60分 (非遡上期90分)</p>  <p>上流 下流 ・上流越流水深 30cm (非遡上期20cm) ・下流開度 15cm</p>
		<p>④底生魚遡上操作 60分</p>  <p>上流 下流 ・上流開度 50cm ・下流越流水深 15cm</p>

図-7-1-11 ロック式魚道操作方法

c) 調査日

全ゲート操作時の期間中の大潮および小潮時に連続4日間観測を実施する。

- 9月26日～9月29日（小潮時）……ただし、台風接近により9月29日に観測機器を撤去。再調査を10月12日～10月15日に実施した。
- 10月3日～10月7日（大潮時）

d) 調査結果

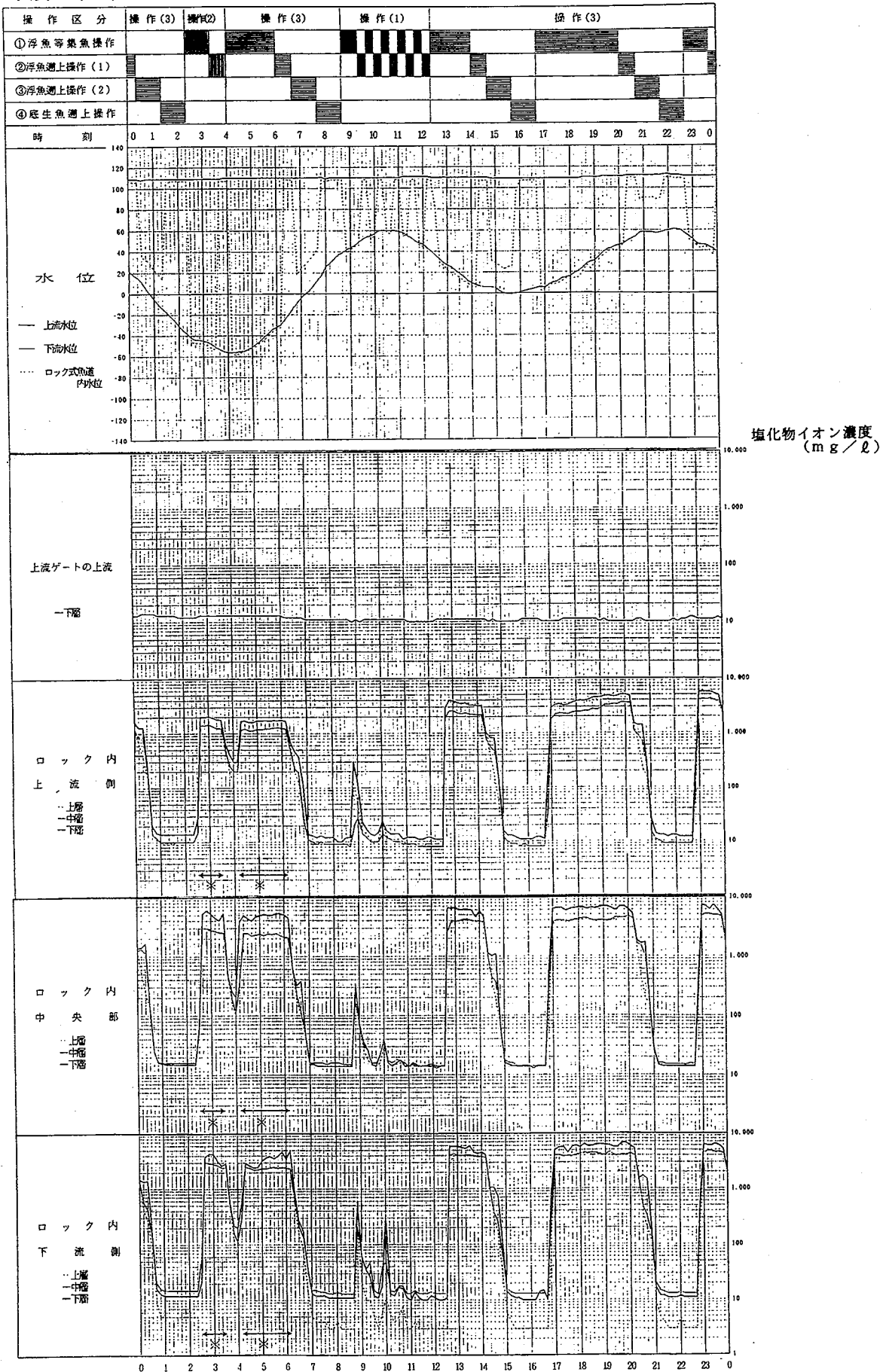
ロック式魚道においての操作の結果、上流ゲートの直上流下層の塩化物イオン濃度については、ロック室内の一連の除塩操作（操作(3) ③の操作）(図-7-1-11)によって大潮時、小潮時いずれもほとんど $10\sim 20\text{mg}/\ell$ であり操作による塩水の遡上は見られない（図-7-1-12）。

ただし、図-7-1-12-(2)の10月6日6時～9時あるいは18時～22時頃に、上流ゲート全閉状態にもかかわらず上流ゲート上流下層で $20\sim 50\text{mg}/\ell$ 程度の塩化物イオン濃度が観測されている。

この程度の塩化物イオン濃度は問題となるものではないが、下流水位が上流水位よりも高い時に現象が始まることから、ゲートの水密性に起因する可能性があり、今後の調査によって解明したい。

なお、ロック室内の塩化物イオン濃度の最大値は、上流側ゲートを全閉している状態のときに観測されている。例えば、10月6日20時30分頃（図-7-1-12-(2)）最大値 $10,000\text{mg}/\ell$ を記録している。これは、図-7-1-11の操作(3) ①から上流側ゲートを全閉操作に移行した状態であり、下流ゲートが開放されているために、下流から塩分が供給されることによるものである。

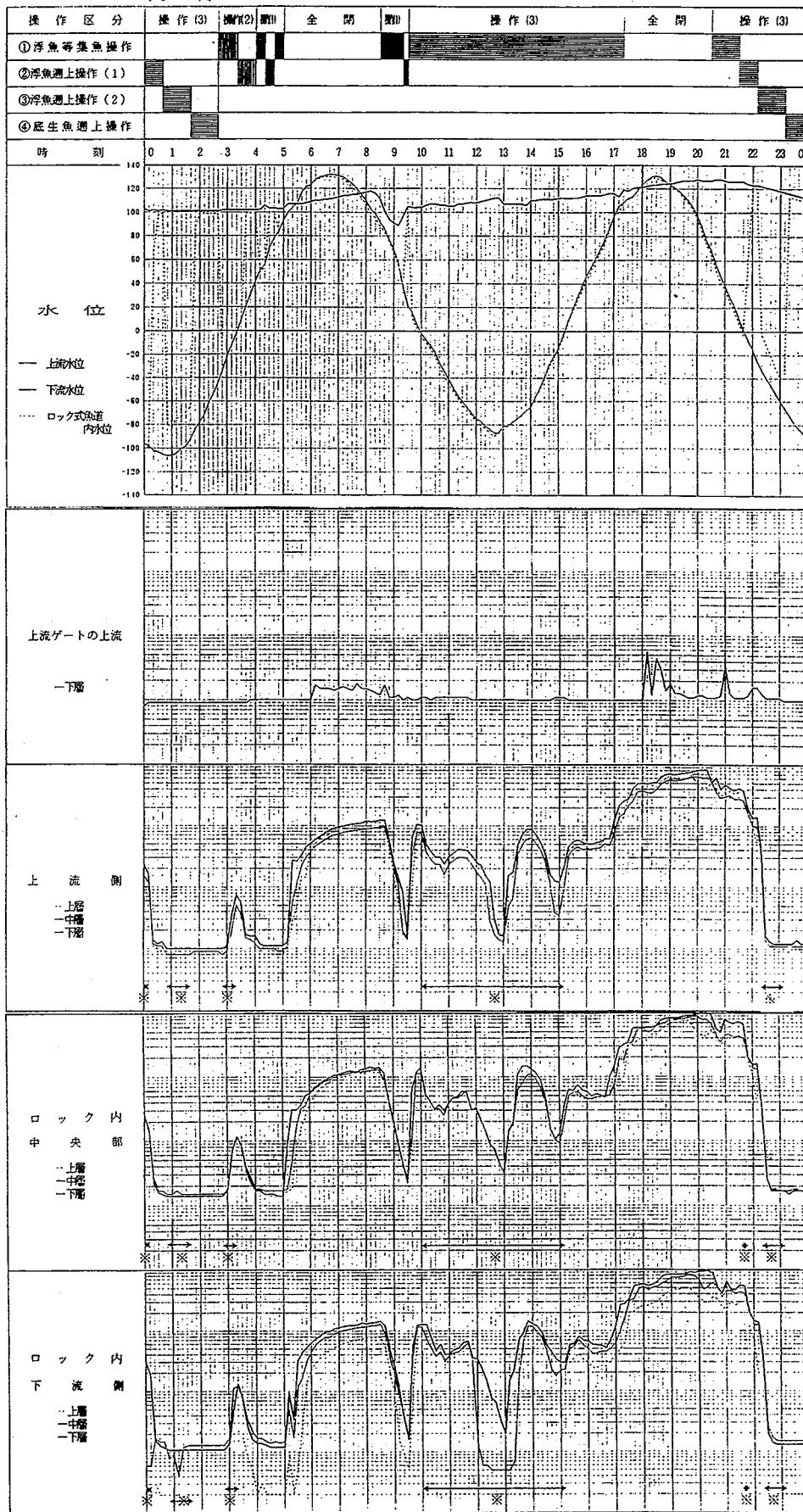
平成6年9月27日



※上流側上層、中央部上層及び下流側上層については、ロック内水位がTP+0m(測定高)未満であるため、測定不能。

図-7-1-12-(1) 操作状況、塩化物イオン濃度変化図(小潮時)

平成6年10月6日



※上流側上層、中央部上層及び下流側上層については、ロック内水位がTP+0m(測定高)未満であるため、測定不能。

ロック式魚道塩水排除方法の確認

図-7-1-12-(2) 操作状況、塩化物イオン濃度変化図(大潮時)

7-1-4 閘門操作による塩水排除方法の確認

閘門操作による小閘室、中閘室の塩水排除について確認する。

a) 調査地点

小閘室、中閘室、および堰上流において測定する。

センサーの設置位置は図-7-1-13 に示すとおりである。

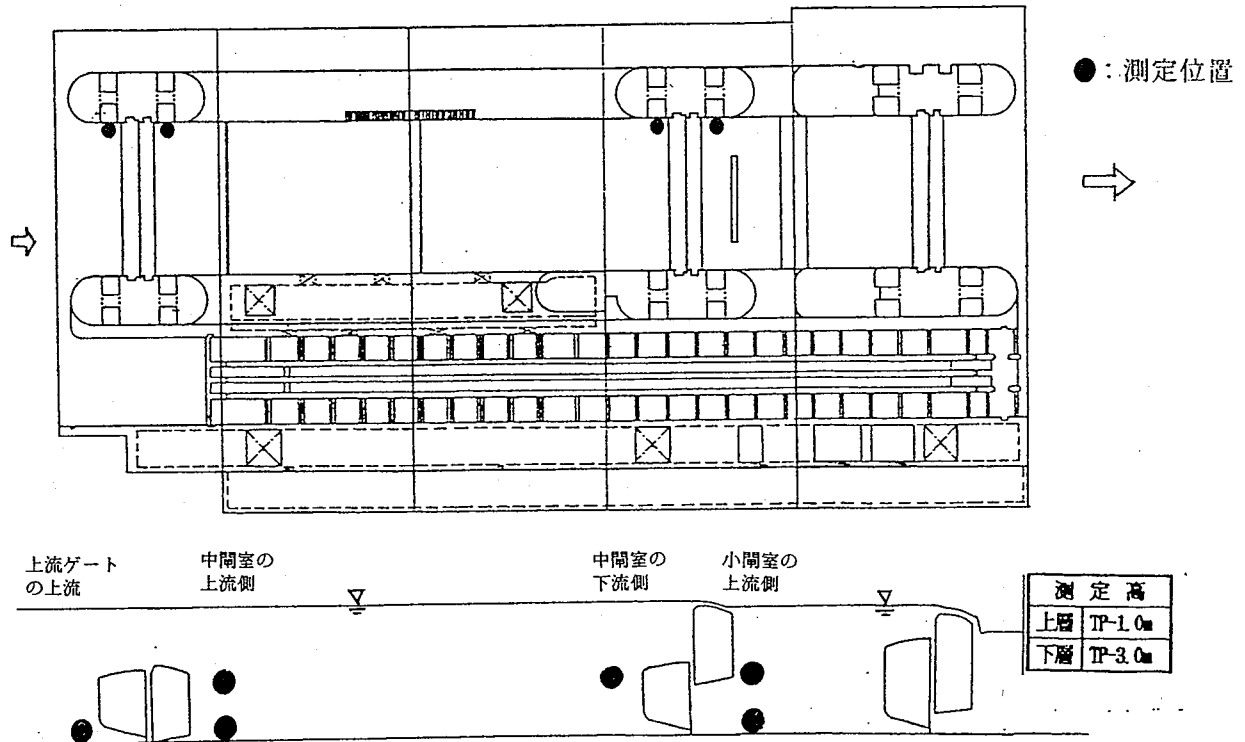


図-7-1-13 閘門塩化物イオン濃度測定位置図

b) 調査の方法

船舶の閘門通過に伴う閘門ゲート操作時の小閘室、中閘室、および堰上流の塩化物イオン濃度をセンサーにて自動測定した。

c) 調査日

平成6年9月18日～10月28日に連続観測を実施。

d) 調査結果

閘門操作による小閘室、中閘室、堰上流の塩化物イオン濃度の測定記録は図-7-1-14 に示すとおりである。堰上流域はゲート操作によって一定量の塩水の侵入は見られるが、累積的に濃度が高くなるようなことは認められない。これは本調査時に調節ゲートからのアンダーフロー放流が行われており、これにより堰上流域への塩水の拡散が抑制されたものと判断される。

なお、除塩ポンプの設置をまって効果的な除塩の方法について調査を進めていくこととする。

平成6年9月27日

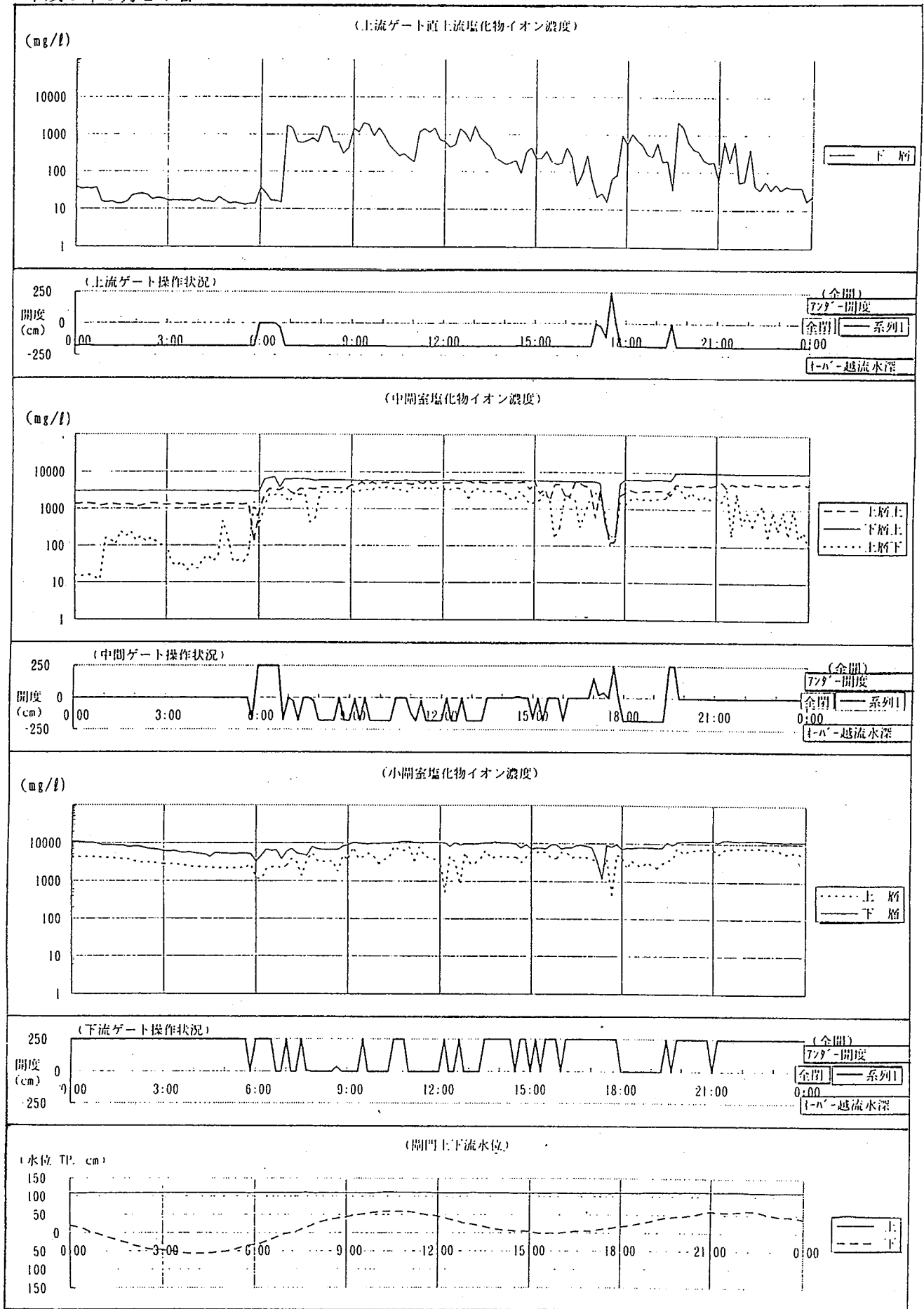


図-7-1-14-(1) 開門操作による塩化物イオン濃度変化図 (小潮時)

平成6年10月5日

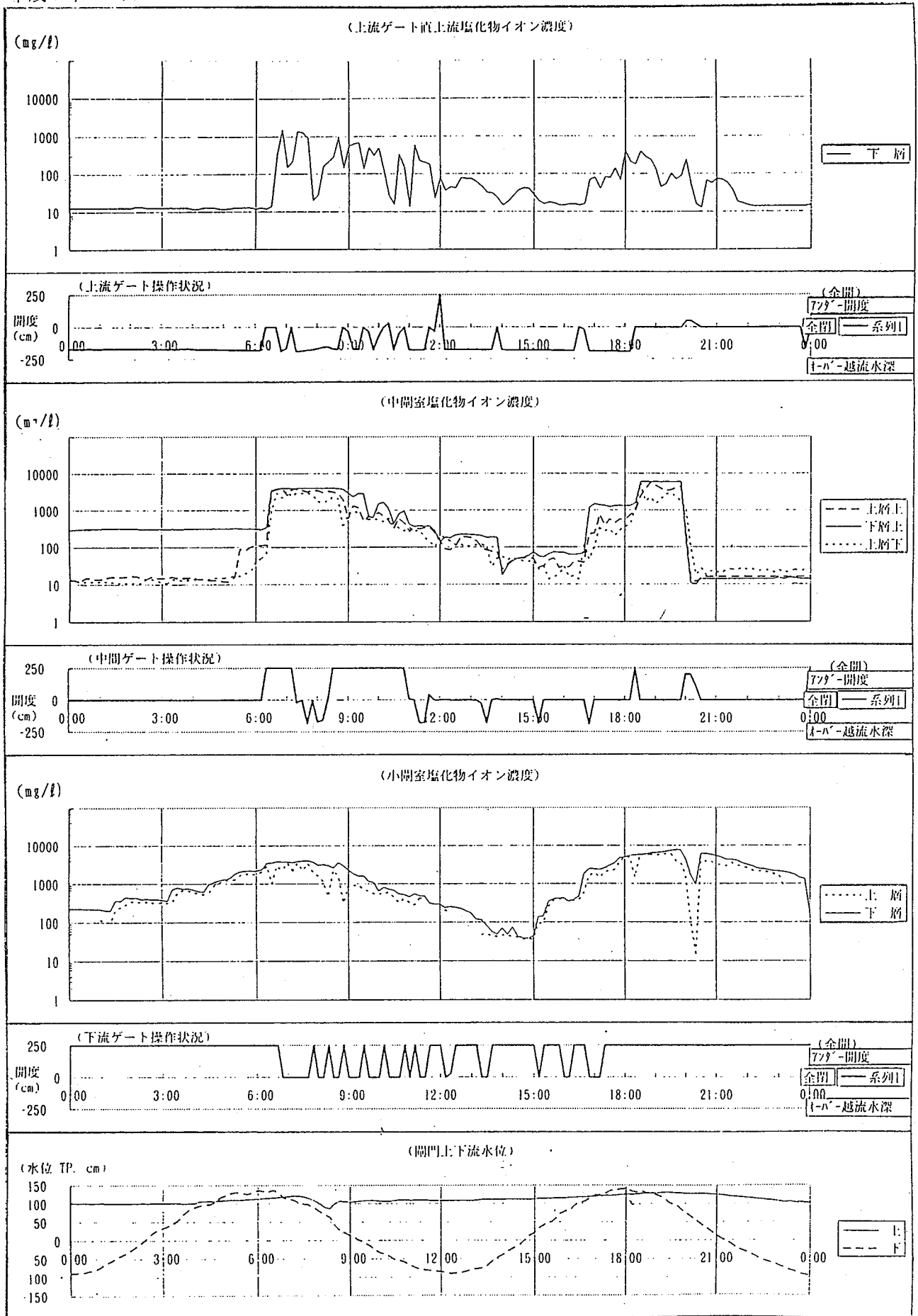


図-7-1-14-(2) 開門操作による塩化物イオン濃度変化図 (大潮時)

7-2 長良川、揖斐川の塩水遡上の現況の把握

ゲート操作を行っていない期間において、長良川、揖斐川の塩水遡上の現況を把握する。

7-2-1 塩水遡上調査

A) 長良川

a) 調査地点 (図-7-2-1)

2.5km ~ 22.6kmまでの13地点で実施する。各調査地点の流心において、表層を含む水深1mピッチおよび底層において測定する。

また、調査地点で塩化物イオン濃度 1,000mg/l を確認した地点より上下流1kmを200mピッチで測定し、塩水遡上端を併せ把握する。

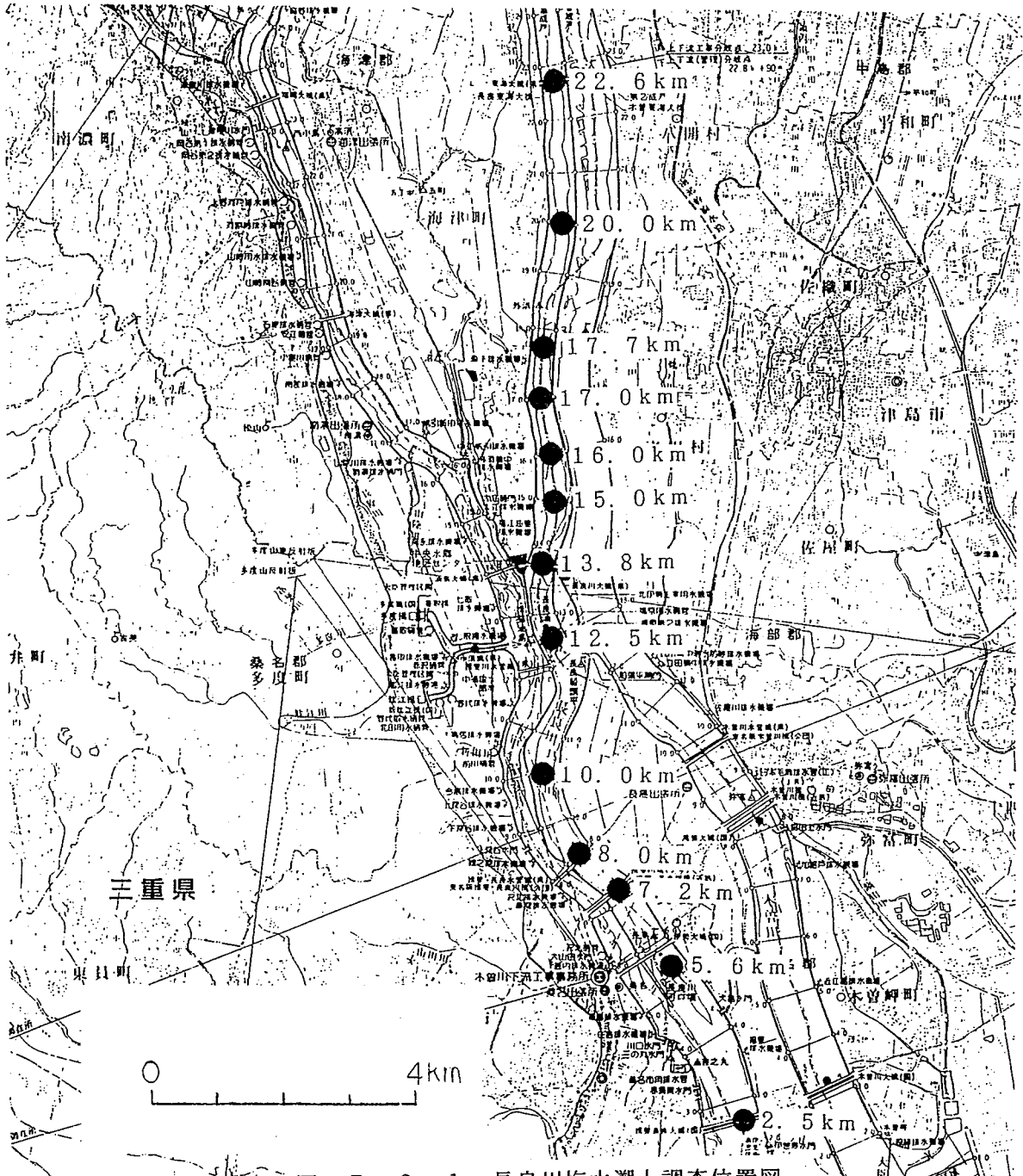


図-7-2-1 長良川塩水遡上調査位置図

b) 調査の方法

船上よりセンサーを所定の深さまで降下させ測定した。
なお、流向、流速計による流況測定も合わせて実施した。

c) 調査日

平成6年7月22日に実施した。

d) 調査結果

- ・月齢的には望の大潮時であり、塩分の混合形態は強ないし緩混合型の状態を示した(図-7-2-2)。
- ・観測日の墨俣地点の流況は、概ね濁水流量に相当する $25\text{m}^3/\text{s}$ (速報値) で、塩化物イオン濃度は16~17km地点で $200\text{mg}/\ell$ 、22km地点で $20\text{mg}/\ell$ 程度となっている。

また、参考のため、塩水遡上端は捕らえていないが平成6年7月8日~22日の間に実施した水質詳細調査(表-7-2-1)の塩水遡上状況について示す(図-7-2-3)。

なお、この期間における墨俣地点の流量は、約 $20\sim 45\text{m}^3/\text{s}$ とほぼ低水流量程度以下が連続した期間である。

表-7-2-1 水質詳細調査(流心での調査箇所)

調査月日	7月8, 11, 12, 13, 14, 17, 22日の満潮および干潮時
調査測点 (km)	2.4, 3.0, 4.2, 5.2, 6.4, 6.8, 7.0, 8.0, 10.0, 12.0, 13.6, 16.0, 18.0, 22.8, 28.4, 31.2

- ・7月8日は月齢的に朔の前日で、塩分の混合形態としてみれば緩混合型から強混合型への移行期であり(緩混合型)、満潮時の低層部においては、マウンド地点までくさび状になって高濃度の塩分が侵入し、弱混合型のような侵入形態となっている(図-7-2-3-(1))。一方、干潮時においては下げ潮による河川(潮汐)流動の影響により高濃度の領域は下流に移行し(図-7-2-3-(2))、河床における $5,000\text{mg}/\ell$ の地点をみると満潮時で約14km地点であったものが、干潮時には約10~11km地点となっている。
- ・7月17日は、月齢的には上弦翌日の小潮時であり、塩分の混合形態としては弱混合型で、満潮時は比較的明瞭な塩水くさび状を呈している(図-7-2-3-(5))。一方、干潮時においては潮汐流動が少ないこともあって、河床の高濃度の部分は $5,000\text{mg}/\ell$ でみると満潮時に約12~13kmが、干潮時には約11km地点とほとんど移動することなく、上層部を淡水が流下していることが読み取れる(図-7-2-3-(6))。

- 7月22日は、月齡的には望の大潮時であり、塩分の混合形態としては、強いし緩混合型の状態を示した(図-7-2-3-(7))。

満潮時及び干潮時の5,000 mg/lの地点をみると満潮時で約11~12km地点であったものが、干潮時には約6 km地点となっている(図-7-2-3-(7)、(8))。

- 以上のことから、塩水遡上形態の特徴として、次のことが理解できる。

① この期間は、流量が少ない時期であったこともあり、河床を高濃度の塩水が遡上しているが、マウンドによって、高濃度塩水の遡上が抑制されている。

② 高濃度塩水の遡上距離の変動は満潮時、干潮時ともに強混合型の時に大きく、弱混合型の時には小さい。

③ これらの観測結果は、いずれも長良川河口堰技術報告等でのべられている長良川における塩水遡上のメカニズムについての調査結果と符合するものである。

調査年月日	平成6年7月22日	
天候	晴	
湖	大潮・満潮時	
壱保流量	25 m ³ /s	

長良川
塩化物イオン濃度 (mg/l)

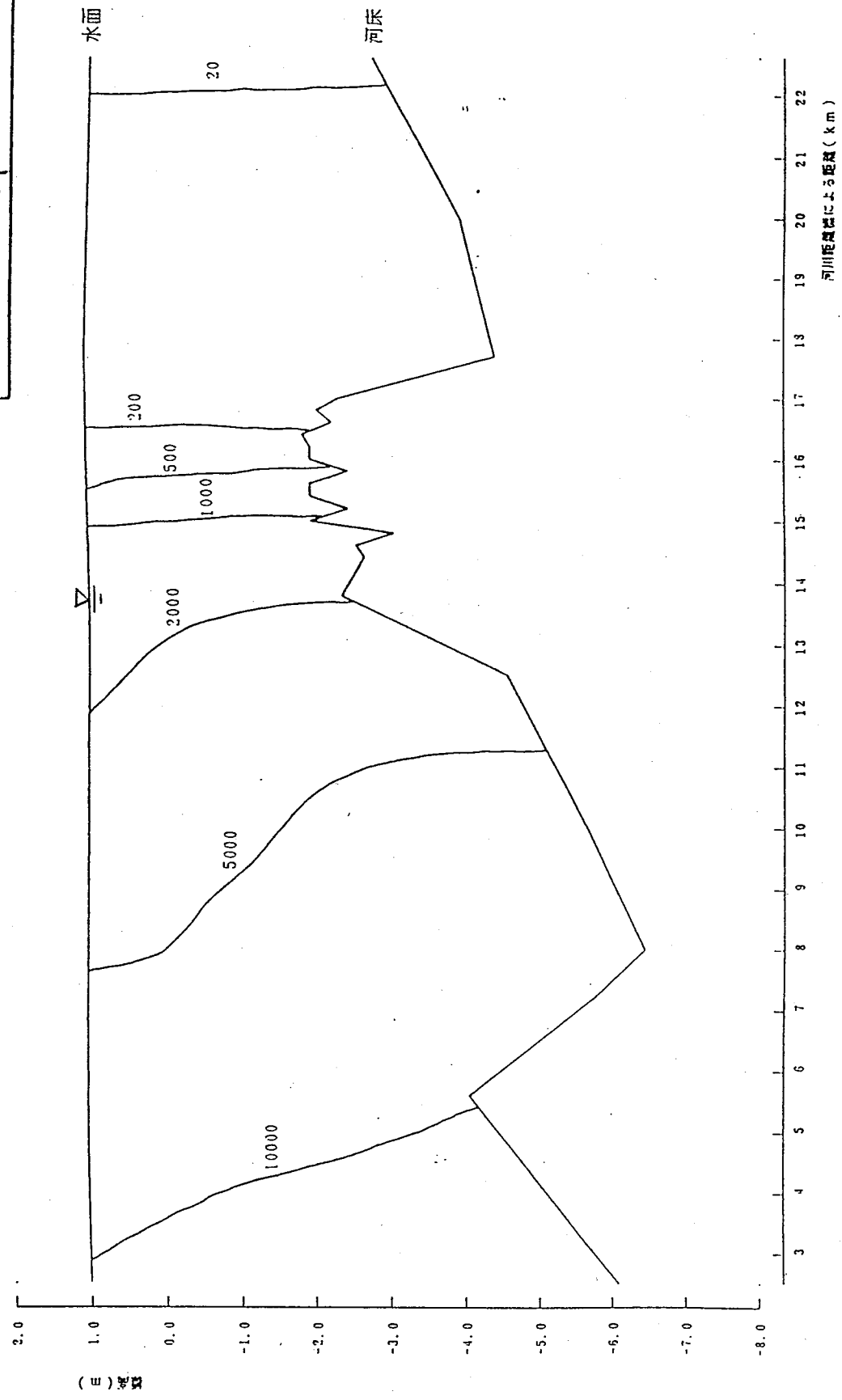


図-7-2-2 長良川塩水遡上調査結果

平成6年7月8日 潮汐：大潮・満潮 墨俣地点流量（日平均）：45m³/s

単位：mg/ℓ

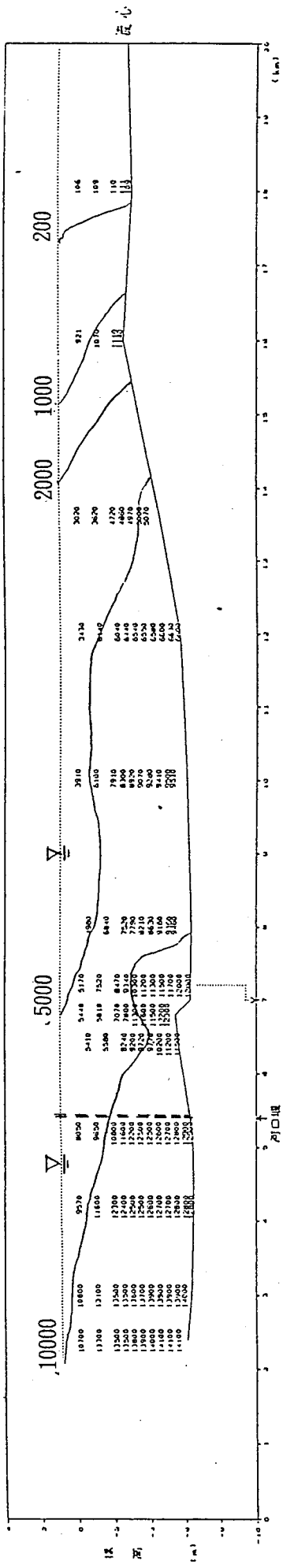


図-7-2-3-(1) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図

平成6年7月8日 潮汐：大潮・干潮 墨俣地点流量（日平均）：45m³/s

単位：mg/ℓ

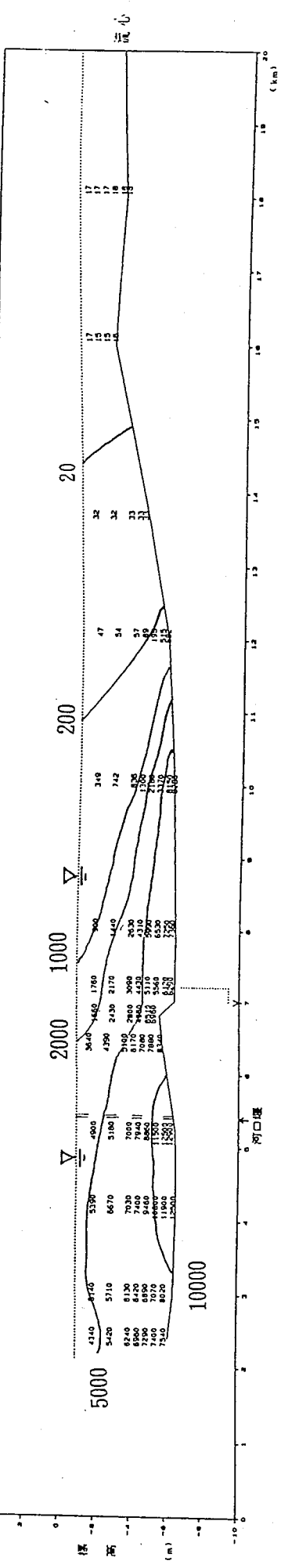


図-7-2-3-(2) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図

平成6年7月12日 潮汐：中潮・満潮 墨俣地点流量（日平均）：25m³/s

単位：mg/ℓ

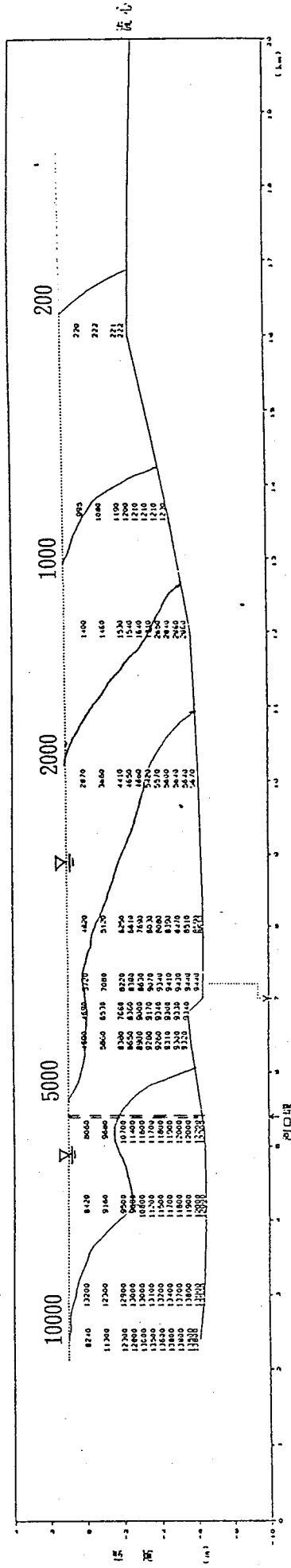


図-7-2-3-(3) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図

平成6年7月12日 潮汐：中潮・干潮 墨俣地点流量（日平均）：25m³/s

単位：mg/ℓ

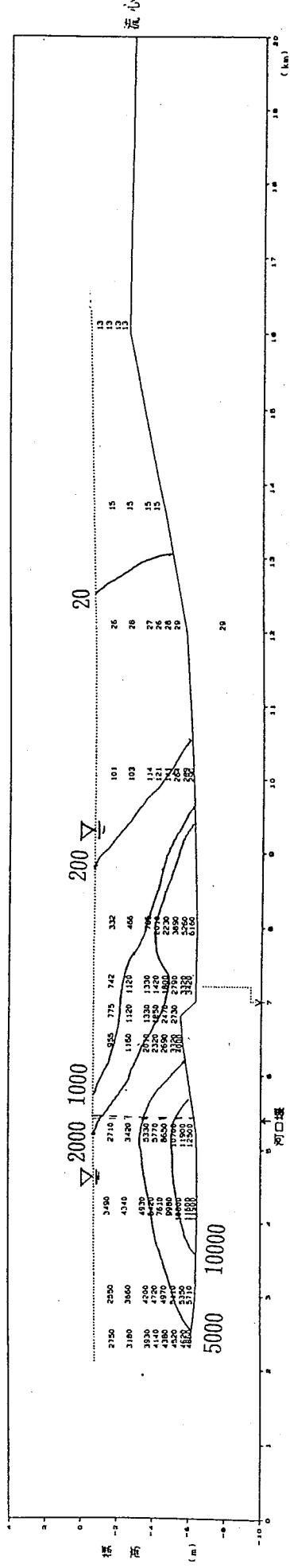


図-7-2-3-(4) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図

平成6年7月17日 潮汐：小潮・満潮 墨俣地点流量（日平均）：20m³/s 単位：mg/ℓ

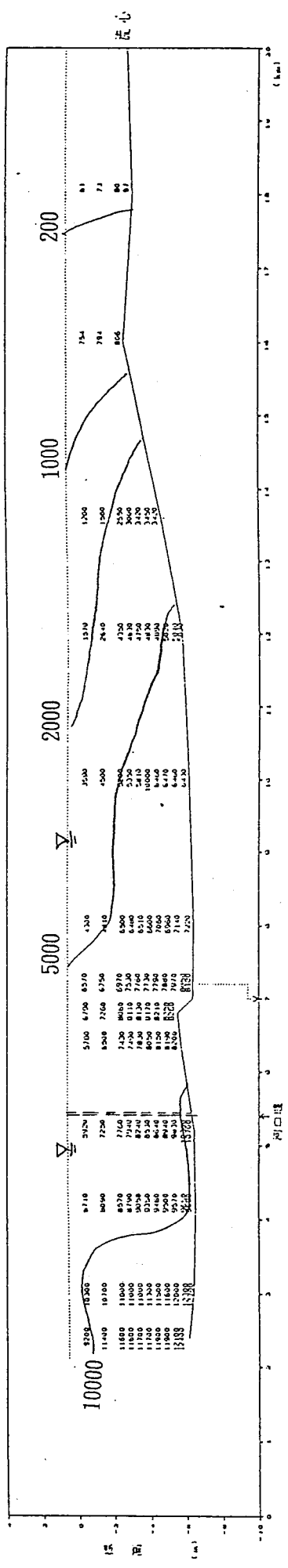


図-7-2-3-(5) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図

平成6年7月17日 潮汐：小潮・干潮 墨俣地点流量（日平均）：20m³/s 単位：mg/ℓ

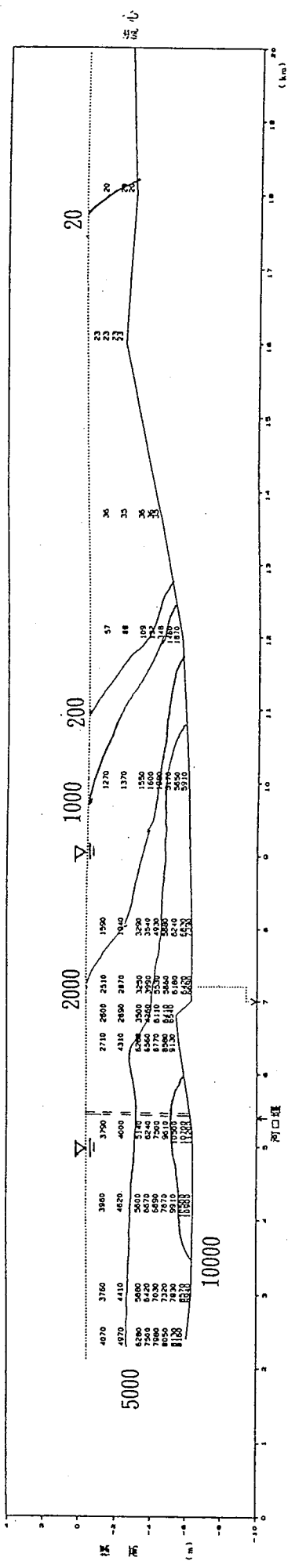


図-7-2-3-(6) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図

単位：mg/l

平成6年7月22日 潮汐：大潮・満潮 墨俣地点流量（日平均）：25m³/s

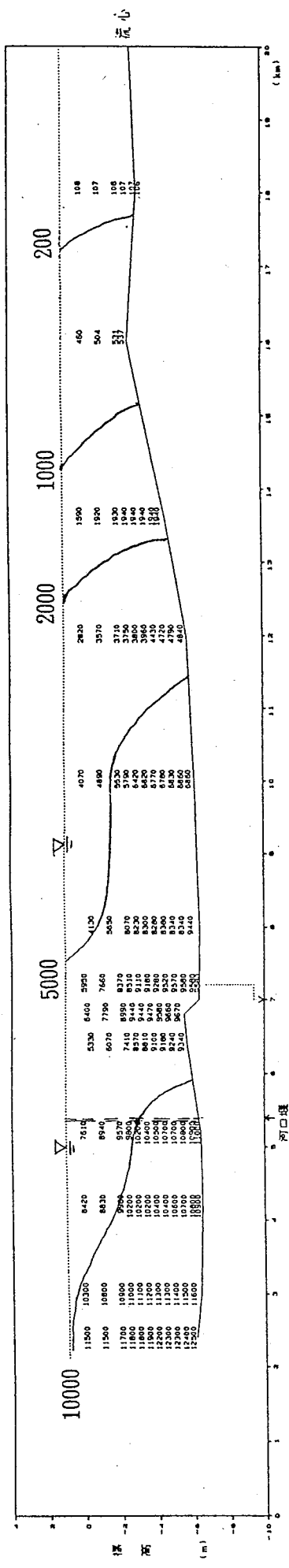


図-7-2-3-(7) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図

単位：mg/l

平成6年7月22日 潮汐：大潮・干潮 墨俣地点流量（日平均）：25m³/s

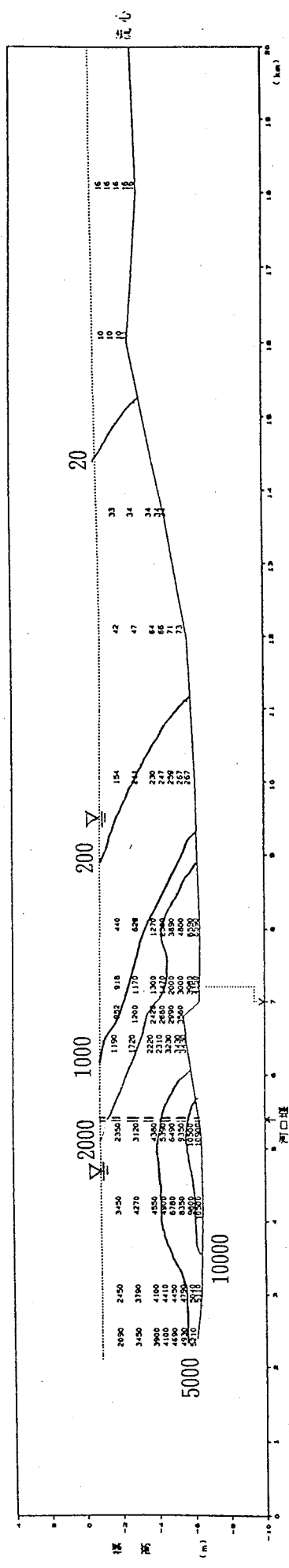


図-7-2-3-(8) 水質詳細調査 塩化物イオン濃度河川縦断面図

B) 揖斐川

a) 調査地点 (図-7-2-4)

5.0km ~ 24.0kmまでの12地点で実施する。各調査地点の流心において、表層を含む水深1mピッチおよび底層において測定する。

また、調査地点で塩化物イオン濃度 $1,000\text{mg}/\ell$ を確認した地点より上下流1kmを200mピッチで測定し、塩水遡上端を併せ把握する。

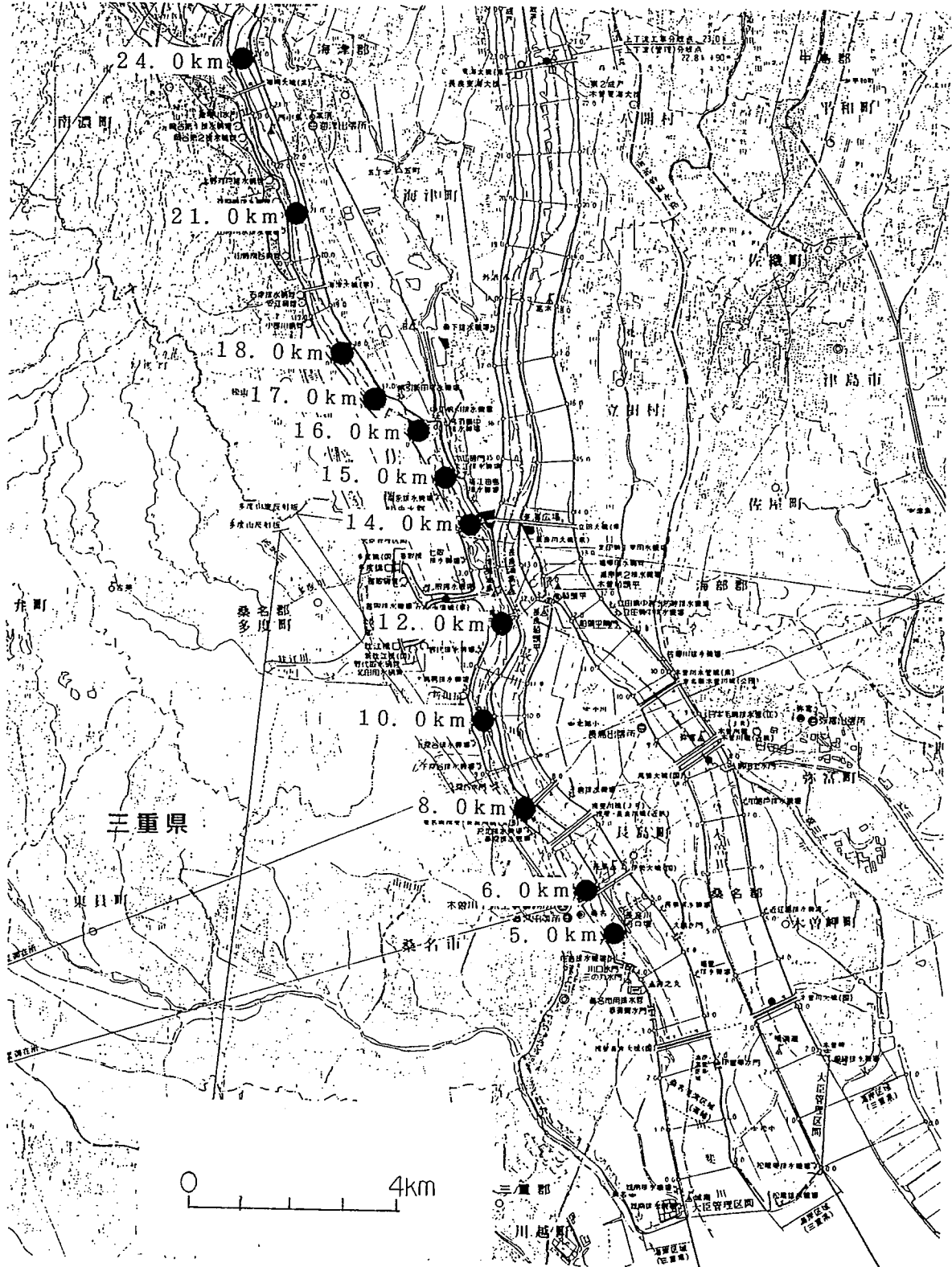


図-7-2-4 揖斐川塩水遡上調査位置図

b) 調査の方法

船上よりセンサーを所定の深さまで降下させ測定した。
なお、流向、流速計による流況測定も合わせて実施した。

c) 調査日

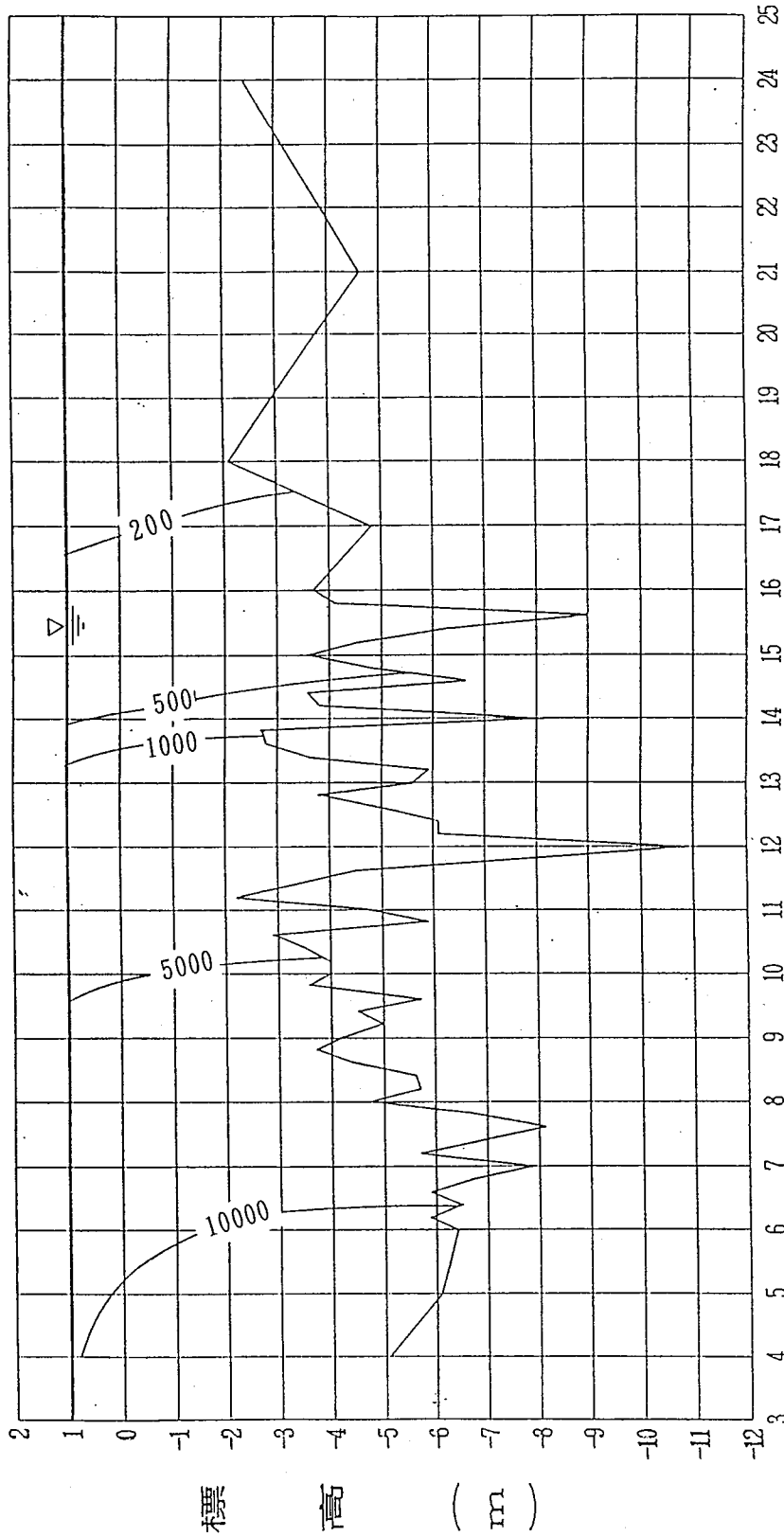
平成6年7月22日に実施した。

d) 調査結果

- ・月齢的には望の大潮時であり、塩分の混合形態は強ないし緩混合型の状態を示した(図-7-2-5)。
- ・観測日の万石地点の流況は、約 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ と非常に少ない状況であった。
塩化物イオン濃度 $200\text{mg}/\ell$ でみると16~17kmまで遡上している。
- ・過去の観測結果によれば、塩水の遡上は11km付近のマウンドにより相当程度抑制されているが、今回の観測では塩化物イオン濃度の抑制効果は顕著にはみられなかった。これは万石流量が約 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ と濁水流量 $12.4\text{m}^3/\text{s}$ (S36 ~H3の平均値) を大きく下回る流量であり、潮汐による上流方向への流れが川の流れを大きく上回ったためと考えられる。

調査年月日	6年 7月22日
天気	晴れ
潮	大潮
万石流量	1.1 m ³ /s

揖斐川
塩化物イオン濃度 (mg/l)



河口からの距離 (km)

図-7-2-5 揖斐川塩水遡上調査結果 (全ゲート操作期間以外)

7-2-2 全ゲート操作時における塩分調査

全ゲート操作時の長良川の堰下流、および揖斐川の塩水遡上の現況把握を大潮、小潮の満潮時に実施する。

A) 長良川河口堰下流の塩分調査

a) 調査地点 (図-7-2-6)

-1.0km～ 5.4kmまでの13地点で実施する。各調査地点の流心において、表層を含む水深1mピッチおよび底層において測定する。

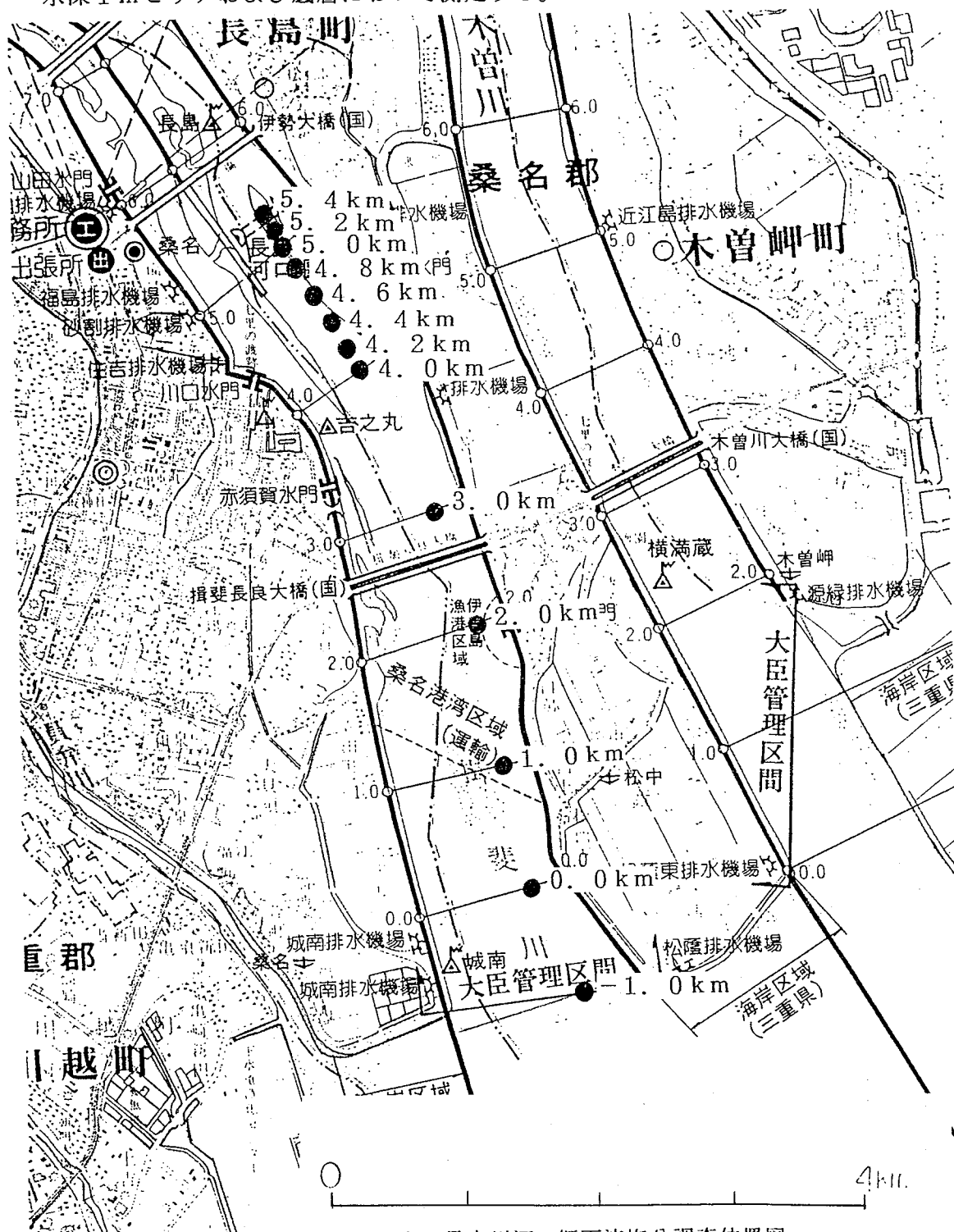


図-7-2-6 長良川河口堰下流塩分調査位置図

b) 調査の方法

船上よりセンサーを所定の位置まで降下させ測定した。
また、流向・流速計による流況測定も合わせて実施した。

c) 調査日

10月6日（大潮時）および10月13日（小潮時）に実施した。

d) 調査結果

1) 10月6日（大潮時）について

- 10月6日は月齢的には朔の大潮時であり、墨俣地点の流量は $120\text{m}^3/\text{s}$ であった。
- 過去の観測結果からは大潮時の塩分の混合形態は強混合型となる。
強くないし緩混合型の状態であった7月22日の観測結果と比較すると、10月6日の観測結果は塩化物イオン濃度が、水深方向にある程度層状をなしており、長良川河口堰地点まで塩水楔に近い形態を示した（図-7-2-7）。
- 流向は、表面から水深3m程度までは下流に向かって流れ、水深3mより深いところでは左岸方向か、あるいは上流に向かって流れている（図-7-2-8）。
- 流速は、堰付近の表面から水深3m程度までは $0.2\sim 0.8\text{m}/\text{s}$ 程度であり、水深が深くなるにしたがって流速は $0.1\sim 0.2\text{m}/\text{s}$ 程度と小さくなっている。

2) 10月13日（小潮時）について

- 10月13日は月齢的には下弦の小潮時であり、墨俣地点の流量は $160\text{m}^3/\text{s}$ であった。
- 過去の観測結果からは小潮時の塩分の混合形態は弱混合型であり、塩水楔の形成が見られる。
10月6日大潮時の観測結果と比較すると、10月13日の観測結果は塩化物イオン濃度が水深方向にきれいな層状をなしており、塩水楔が形成がされている（図-7-2-9）。
- 流向は、表面から水深3m程度までは下流に向かって流れ、水深3mより深いところでは左岸方向か、または上流に向かって流れている。この形態は大潮時とほぼ同じである（図-7-2-10）。
- 流速は、堰付近の表面から水深2m程度までは $0.2\sim 0.4\text{m}/\text{s}$ 程度であり、水深が深くなるにしたがって流速が小さくなり河床付近では $0.1\text{m}/\text{s}$ 以下である。
- 塩化物イオン濃度は、堰直下においては、これより下流部に比べ全体的に小さい傾向が見られる。これは墨俣の流量が $160\text{m}^3/\text{s}$ と比較的大きいが、塩水楔が形成され、混合されにくい状況にあったためと考えられる。

長 良 川

塩化物イオン濃度 [mg/l]

調 査 年 月 日	平 成 6 月 10 月 6 日
天 気	薄 曇
潮	大 潮 ・ 満 潮 時
壱 俣 流 量	120 m ³ /s

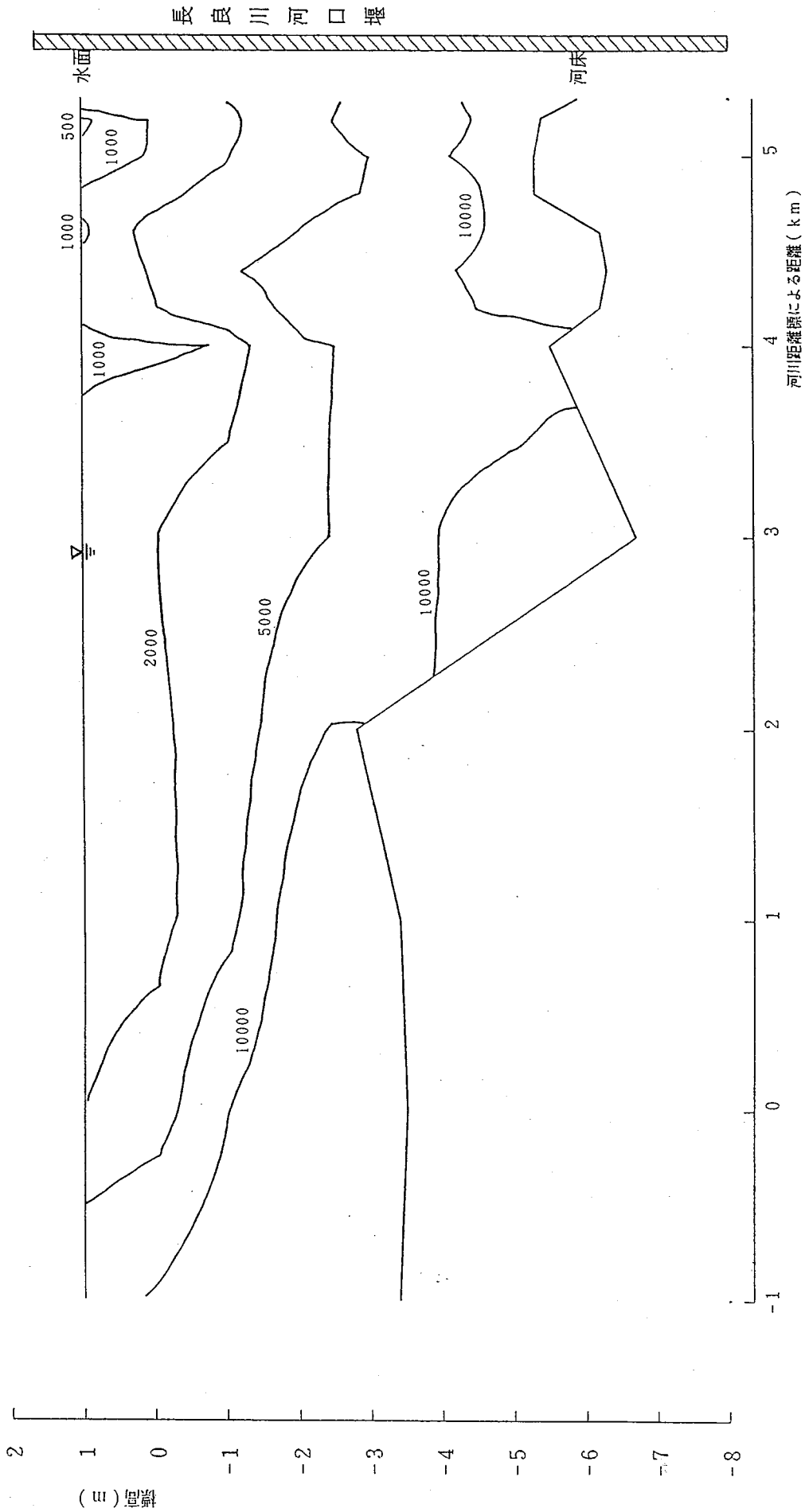
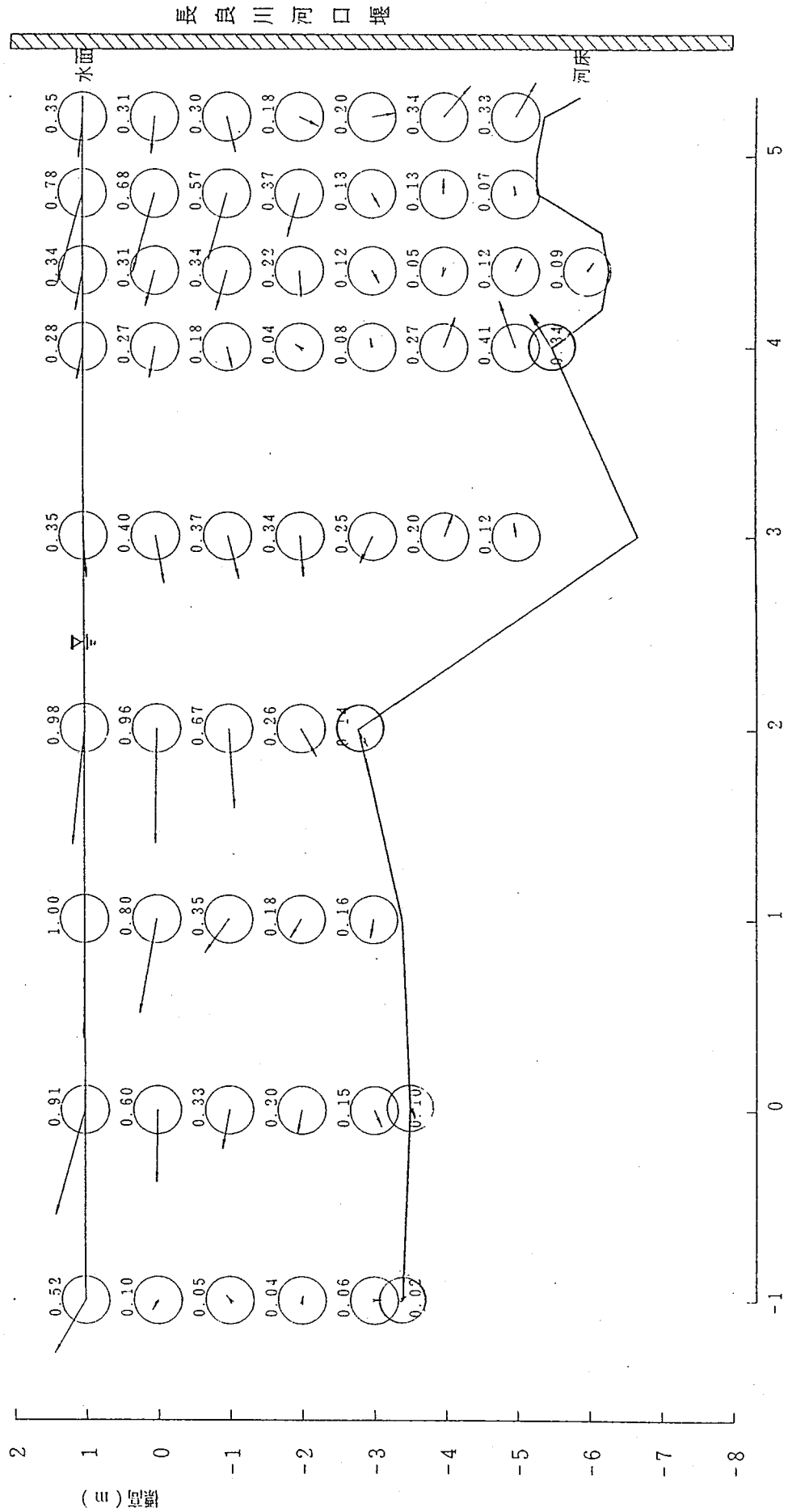
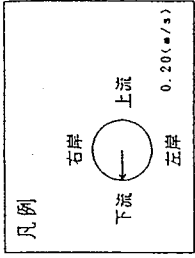


図-7-2-7 全ゲート操作時長良川河口堰下流塩水遡上調査結果 (H6.10.6)
(塩化物イオン濃度)

長良川
流向・流速

調査年月日		平成6月10月6日	
天	気	薄曇	
潮	汐	大潮・満潮時	
墨俣	流量	120 m ³ /s	



河川距離による距離 (km)

図-7-2-8 全ゲート操作時長良川河口堰下流塩水遡上調査結果 (116.10.6)
(流向・流速)

長良川
塩化物イオン濃度 [mg/l]

調査年月日	平成6月10月13日	
天	気	晴
湖	汐	小潮・満潮時
墨俣流量	160 m ³ /s	

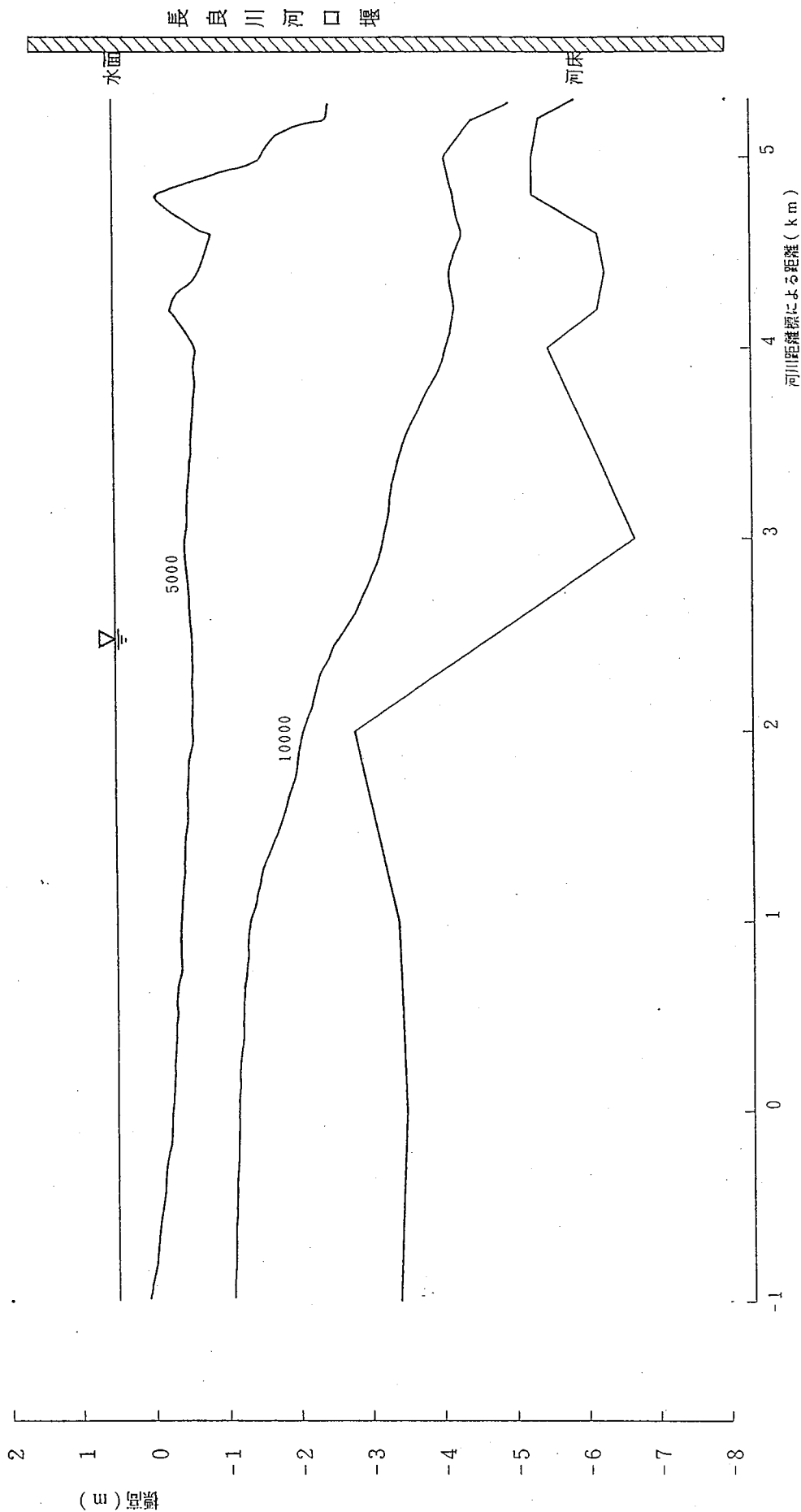


図-7-2-9 全ゲート操作時長良川河口堰下流塩分調査結果 (H6.10.13)
(塩化物イオン濃度)

長良川
流向・流速

調査年月日	平成6年10月13日
天候	晴
潮位	小潮・満潮時
盛候流量	150 m ³ /s

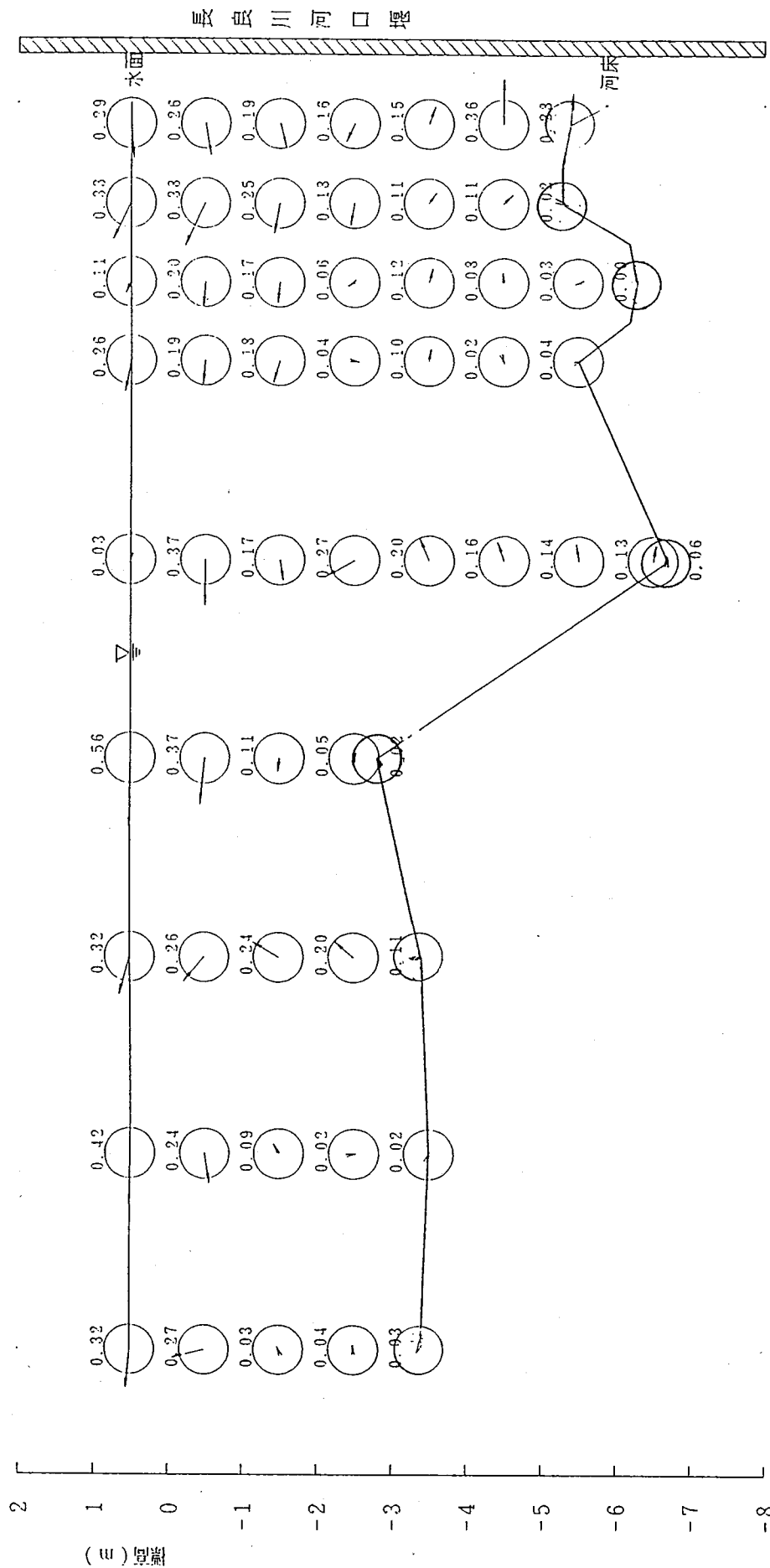
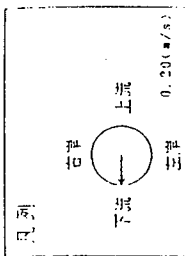


図-7-2-10 全ゲート操作時長良川河口堰下流塩分調査結果 (H6.10.13)
(流向・流速)

B) 揖斐川の塩分調査

a) 調査地点 (図-7-2-11)

-1.0km~24.0kmまでの18地点で実施する。各調査地点の流心において、表層を含む水深1mピッチおよび底層において測定する。

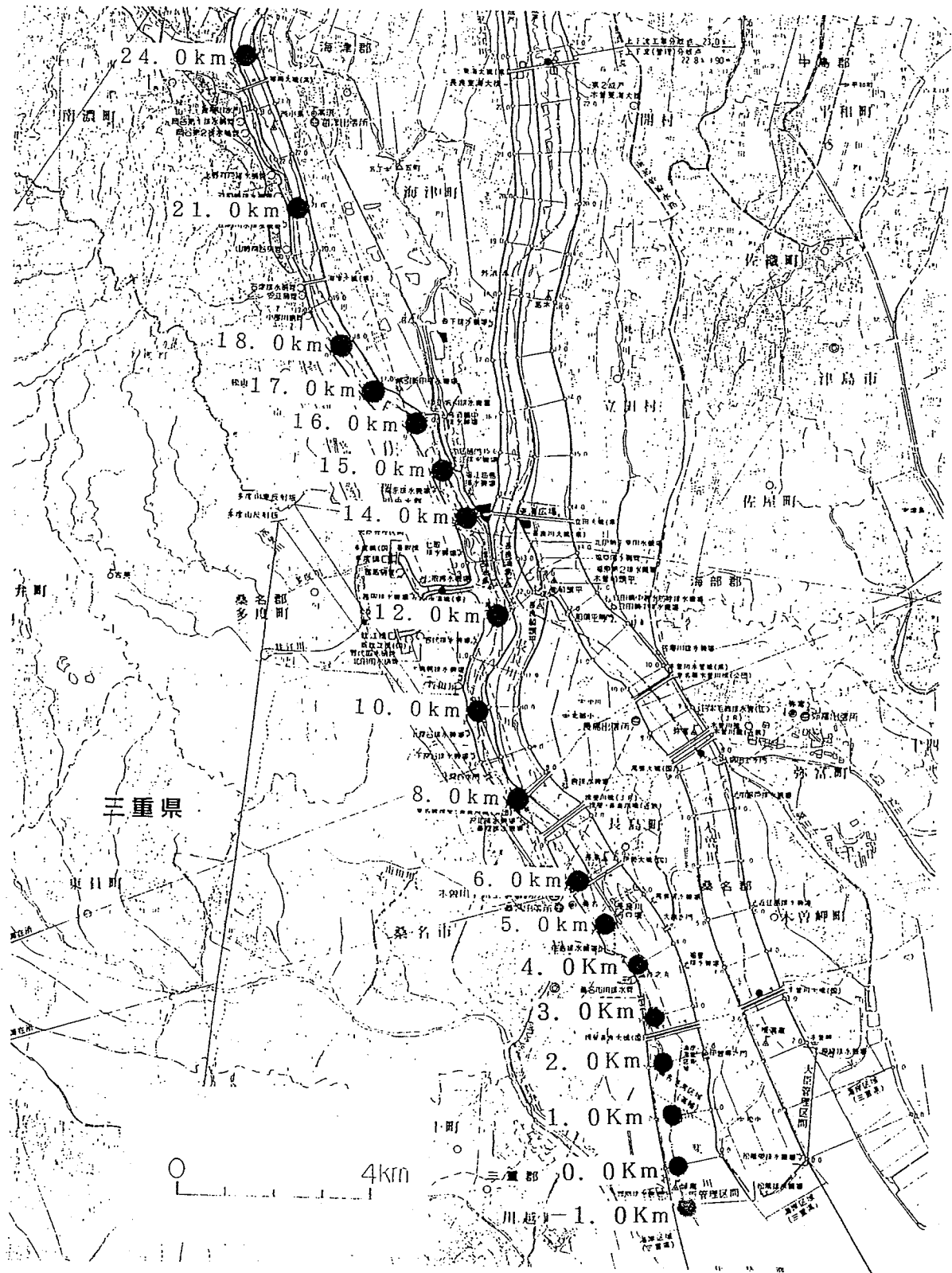


図-7-2-11 揖斐川塩分調査位置図

b) 調査の方法

船上よりセンサーを所定の位置まで降下させ測定した。
また、流向・流速計による流況測定も合わせて実施した。

c) 調査日

10月6日（大潮時）および10月13日（小潮時）に実施した。

d) 調査結果

1) 10月6日について

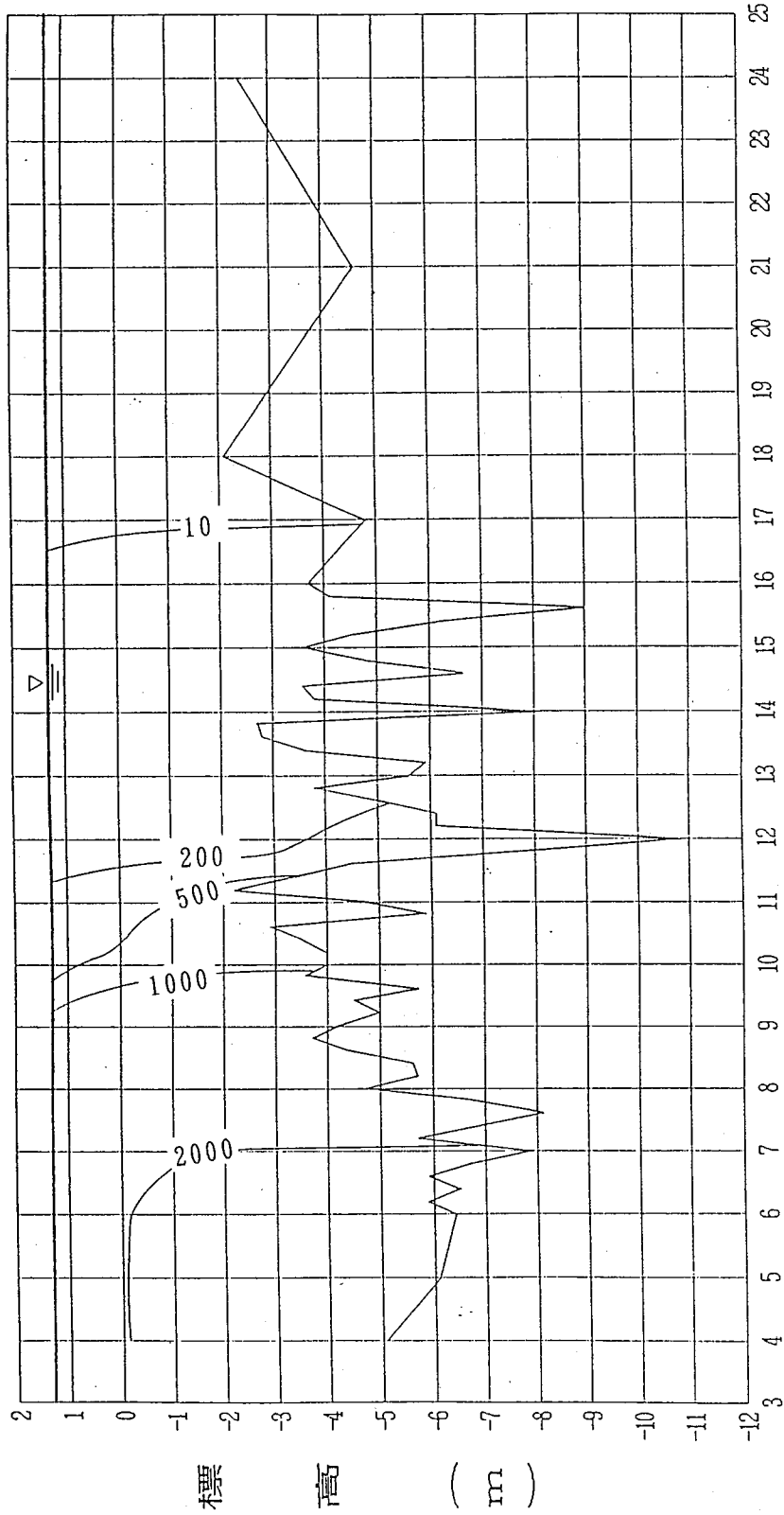
- ・10月6日は月齢的には朔の大潮時で、万石地点の流量は $70 \text{ m}^3 / \text{s}$ であった。
- ・塩分の混合形態は強ないし緩混合型となっている（図-7-2-12）。
- ・塩水遡上は、塩化物イオン濃度 $200 \text{ mg} / \ell$ でみると、11～13km付近まで遡上しており、11km付近にあるマウンドにより相当程度抑制されている。
- ・揖斐川下流部（-1.0km～4.0km）での水の流向はほぼ下流に向かって流れていた（図-7-2-13）。
- ・流速は表面から水深2m程度までは、 $0.6 \sim 1.0 \text{ m} / \text{s}$ 程度と比較的早い流れである。水深が深くなるにしたがって流速が遅くなっている。
- ・また、平成6年10月6日に比較してやや少ない流量であるが、潮汐がほぼ同条件である平成5年9月3日（万石流量 $50 \text{ m}^3 / \text{s}$ ）の塩水遡上調査結果（図-7-2-14）においても、塩化物イオン濃度 $1,000 \text{ mg} / \ell$ でみると両日ともほぼ8～9km付近まで遡上し、 $500 \text{ mg} / \ell$ でみると10～11km付近まで遡上しており、この両日の揖斐川の塩分遡上は、ほぼ同様の遡上形態、遡上距離を示している。

2) 10月13日について

- ・10月13日は月齢的には下弦の小潮時であり万石地点の流量は $47 \text{ m}^3 / \text{s}$ であった。
- ・塩分の混合形態は弱混合型であり、塩水楔の形成が見られる（図-7-2-15）。
- ・塩水遡上は、塩化物イオン濃度 $200 \text{ mg} / \ell$ でみると、11～12km付近まで遡上しており、11km付近にあるマウンドにより相当程度抑制されている。
- ・揖斐川下流部（-1.0km～4.0km）での水の流向は表面では、ほぼ下流に向かって流れ水深が深くなるにしたがって流向は左右、上流に乱れている（図-7-2-16）。
- ・流速は表面から水深1.0m付近では、 $0.4 \sim 0.6 \text{ m} / \text{s}$ 程度と比較的早い流れであるが、水深が深くなるにしたがって遅く $0.1 \text{ m} / \text{s}$ 以下となっている。
- ・また、流量及び潮汐がほぼ同条件である平成5年12月8日の塩水遡上調査結果（図-7-2-17）においても、塩化物イオン濃度 $200 \text{ mg} / \ell$ でみると11～12km付近まで遡上しているが、11km付近にあるマウンドにより相当程度抑制されており、平成6年10月13日の状況とほぼ同様の遡上形態、遡上距離を示している。

調査年月日	平成6年10月6日
天気	晴
潮	大潮・満潮時
万石流量	70m ³ /s
観測時間	7:05~8:30

揖斐川
塩化物イオン濃度 (mg/l)



河口からの距離 (km)

図-7-2-12-(2) 全ゲート操作時揖斐川塩水遡上調査結果 (H6.10.6)
(塩化物イオン濃度)

揖斐川

塩化物イオン濃度 [mg/l]

調査年月日	平成6年10月6日
天気	薄曇
潮	大潮・満潮時
万石流量	70m ³ /s
観測時間	8:00~9:45

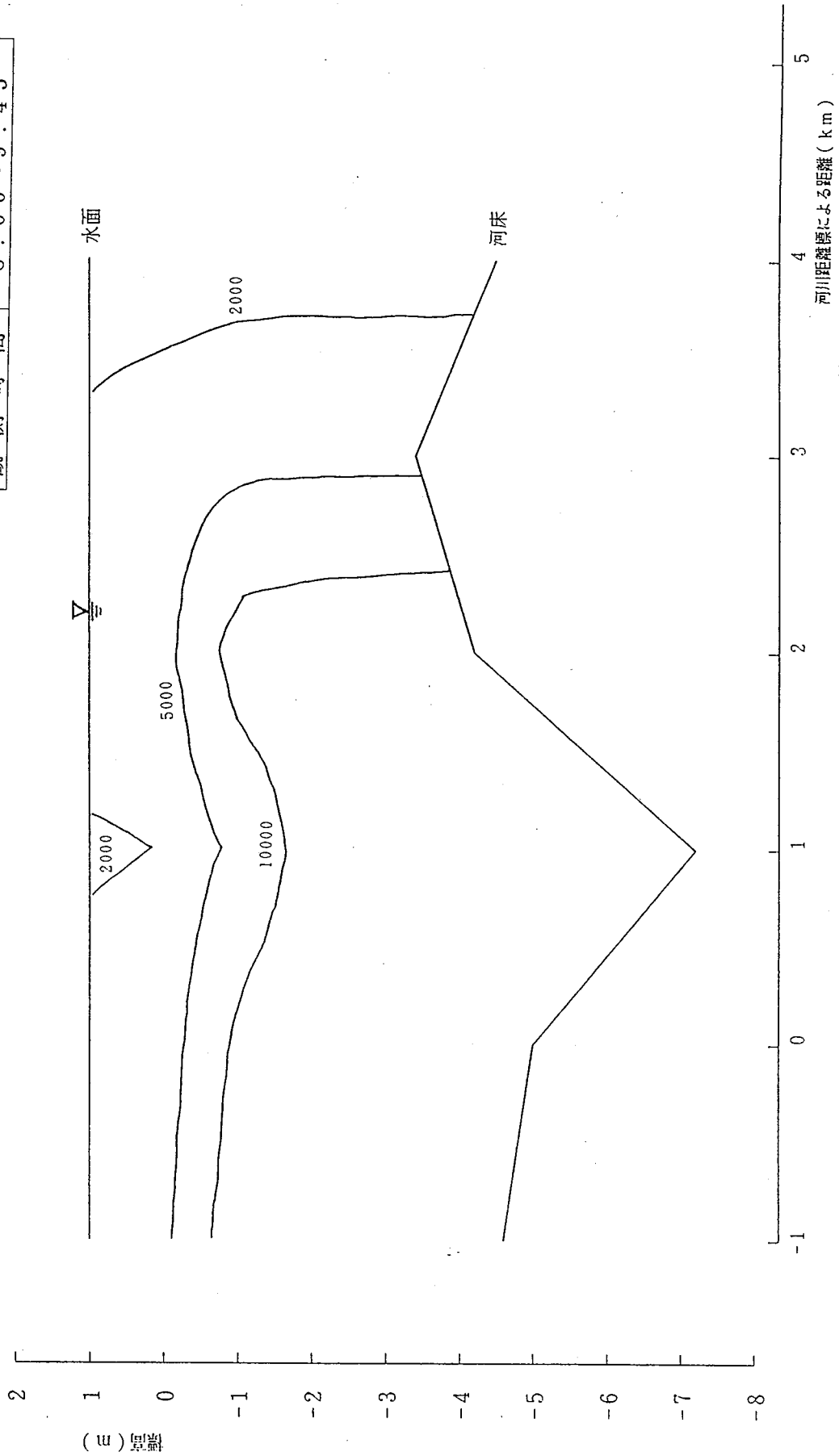


図-7-2-12-(1) 全ゲート操作時揖斐川塩水遡上調査結果 (H6.10.6)
(塩化物イオン濃度変化図)

斐川
流向・流速

調査年月日	平成6月10月6日	
天候	気	薄曇
潮	汐	大潮・満潮時
万石流量	量	70 m ³ /s

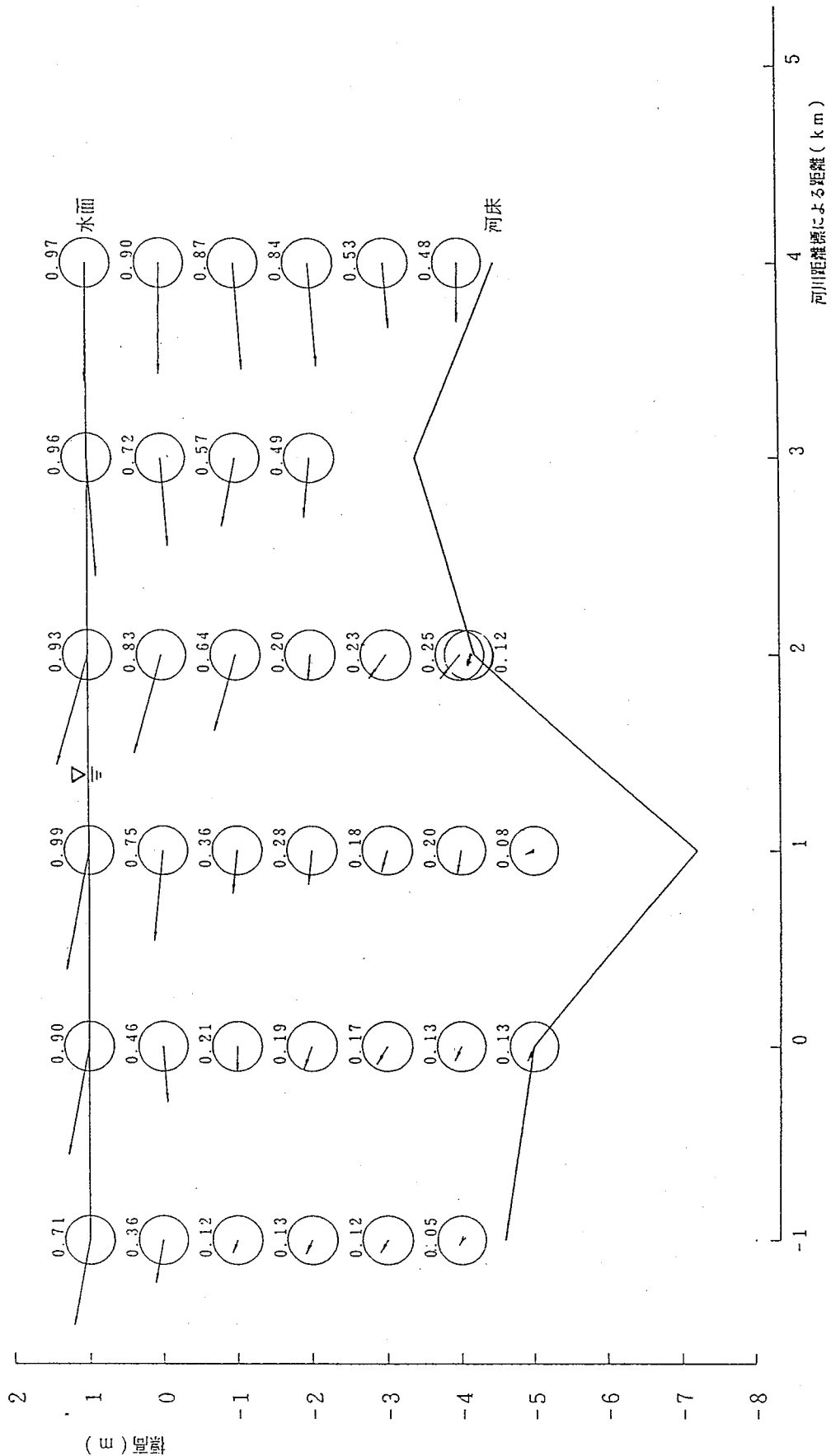
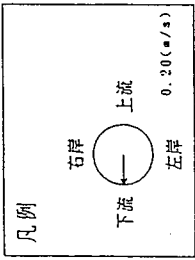


図-7-2-13 全ゲート操作時揖斐川隘水測上調査結果 (H6.10.6)
(流向・流速)

調査年月日	平成5年9月3日
天気	雨
潮	大潮・満潮時
万石流量	60m ³ /s

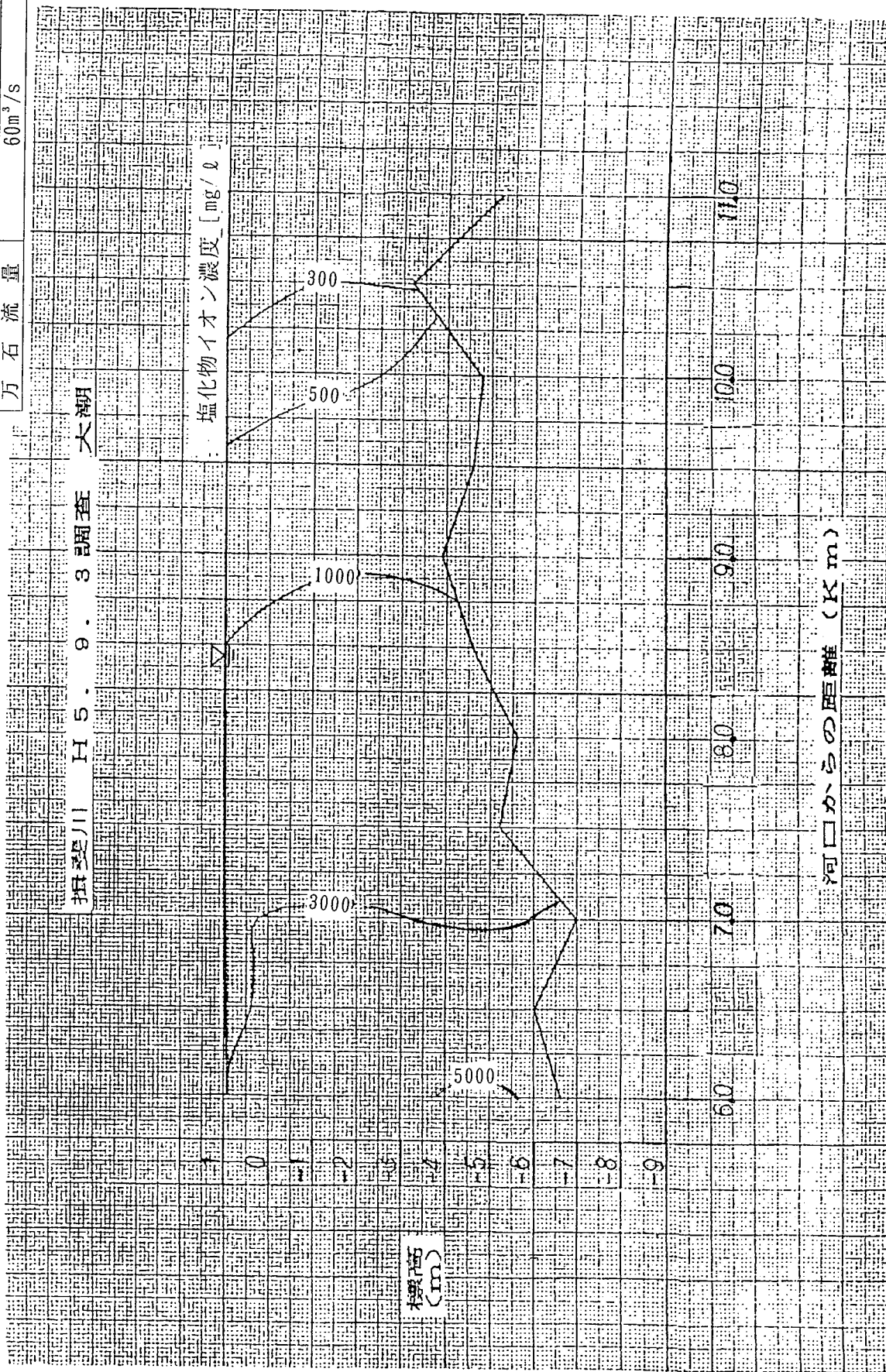


図-7-2-14 揖斐川塩水遡上調査結果 (H5.9.3)

調査年月日	平成6年10月13日
天気	晴
潮汐	小潮・満潮時
万石流量	47m ³ /s
観測時間	13:54~15:50

揖斐川
塩化物イオン濃度 (mg/l)

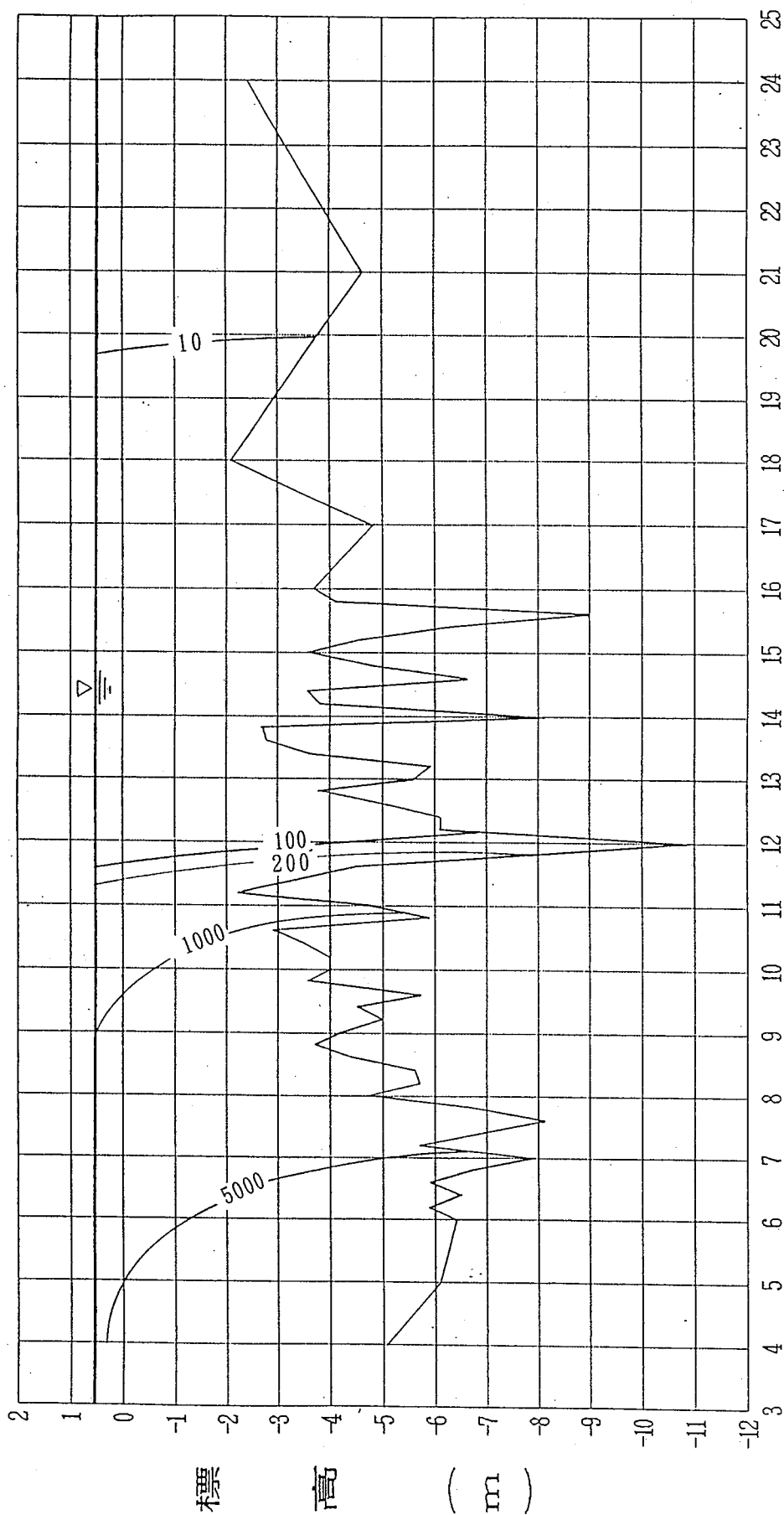
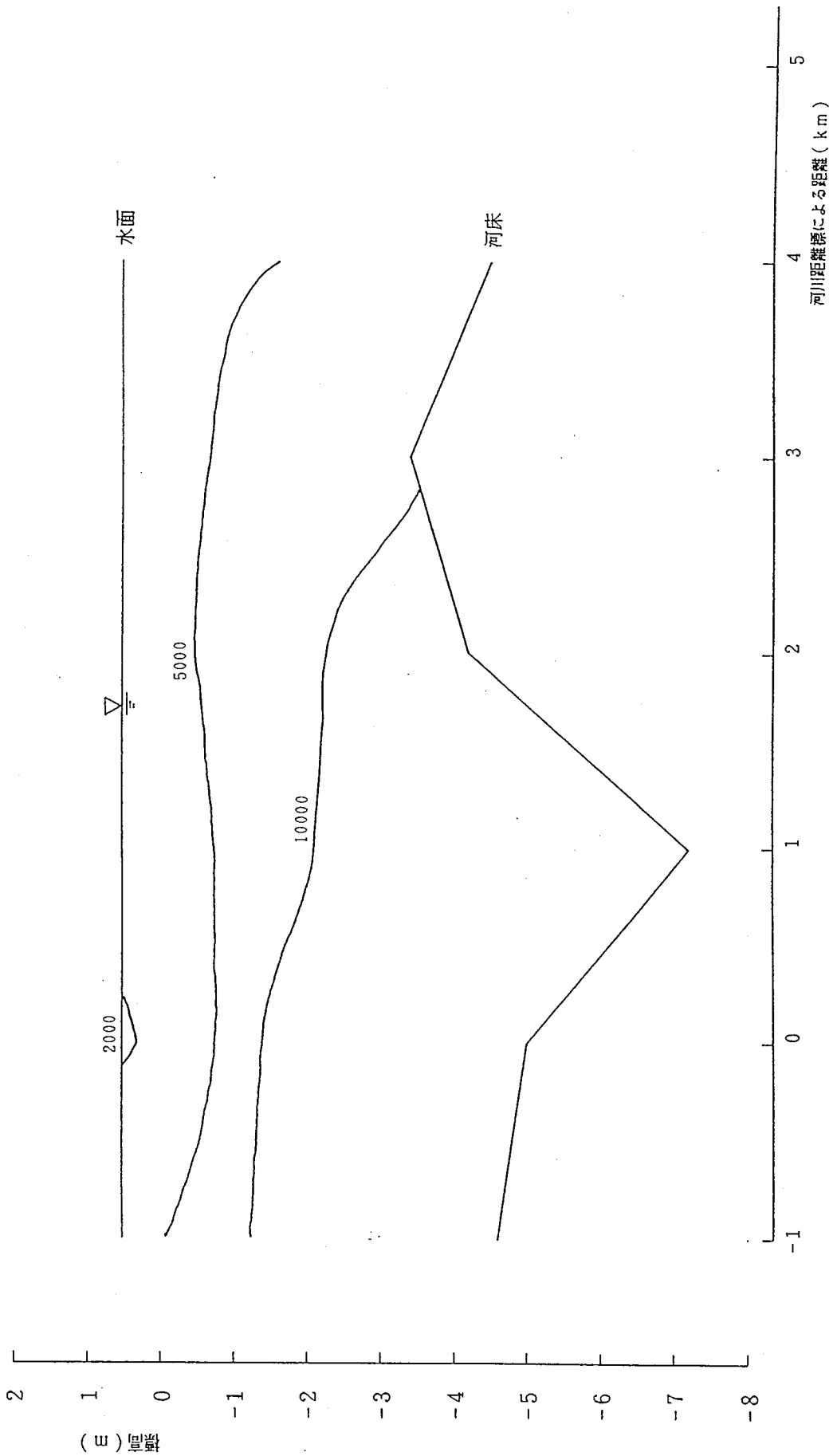


図-7-2-15-(2) 全ゲート操作時揖斐川塩水遡上調査結果 (H6.10.13)
(塩化物イオン濃度)

調査年月日	平成6年10月13日
天気	晴
潮	小潮・満潮時
万石流量	47m ³ /s
観測時間	14:20~15:58

掛 斐 川
塩化物イオン濃度 [mg/l]



揖斐川
流向・流量

調査年月日	平成6年10月13日	
天気	晴	
潮	小潮・満潮時	
万石流量	47m ³ /s	

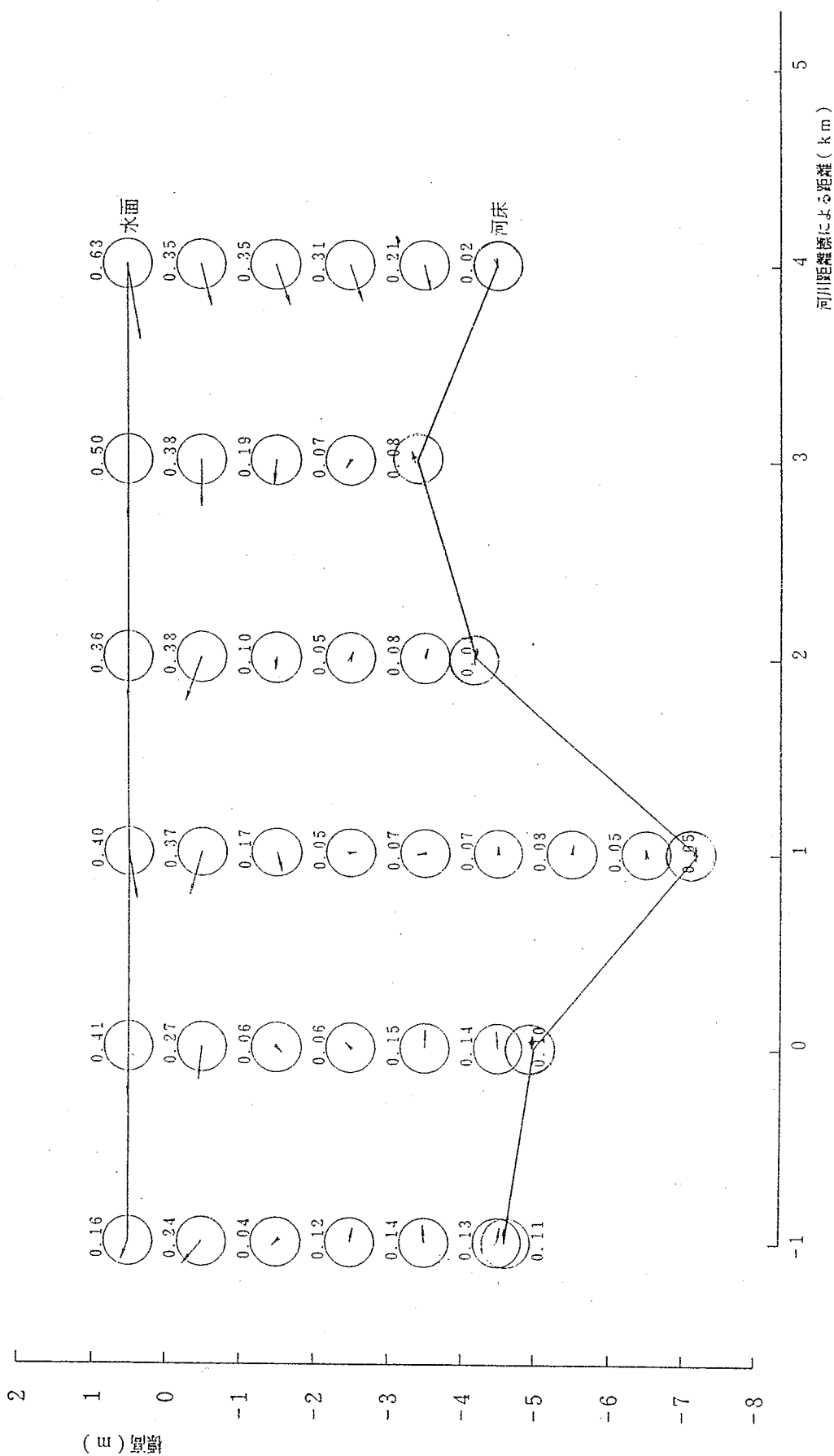
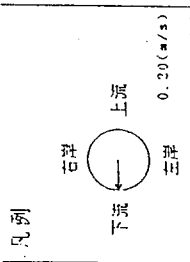


図-7-2-15-(1) 全ゲート操作時揖斐川塩水遡上調査結果 (H6.10.13)
(塩化物イオン濃度)

調査年月日	平成5年12月8日
天候	晴
潮	長潮・満潮時
万石流量	50m ³ /s

揖斐川 H5.12.8 調査

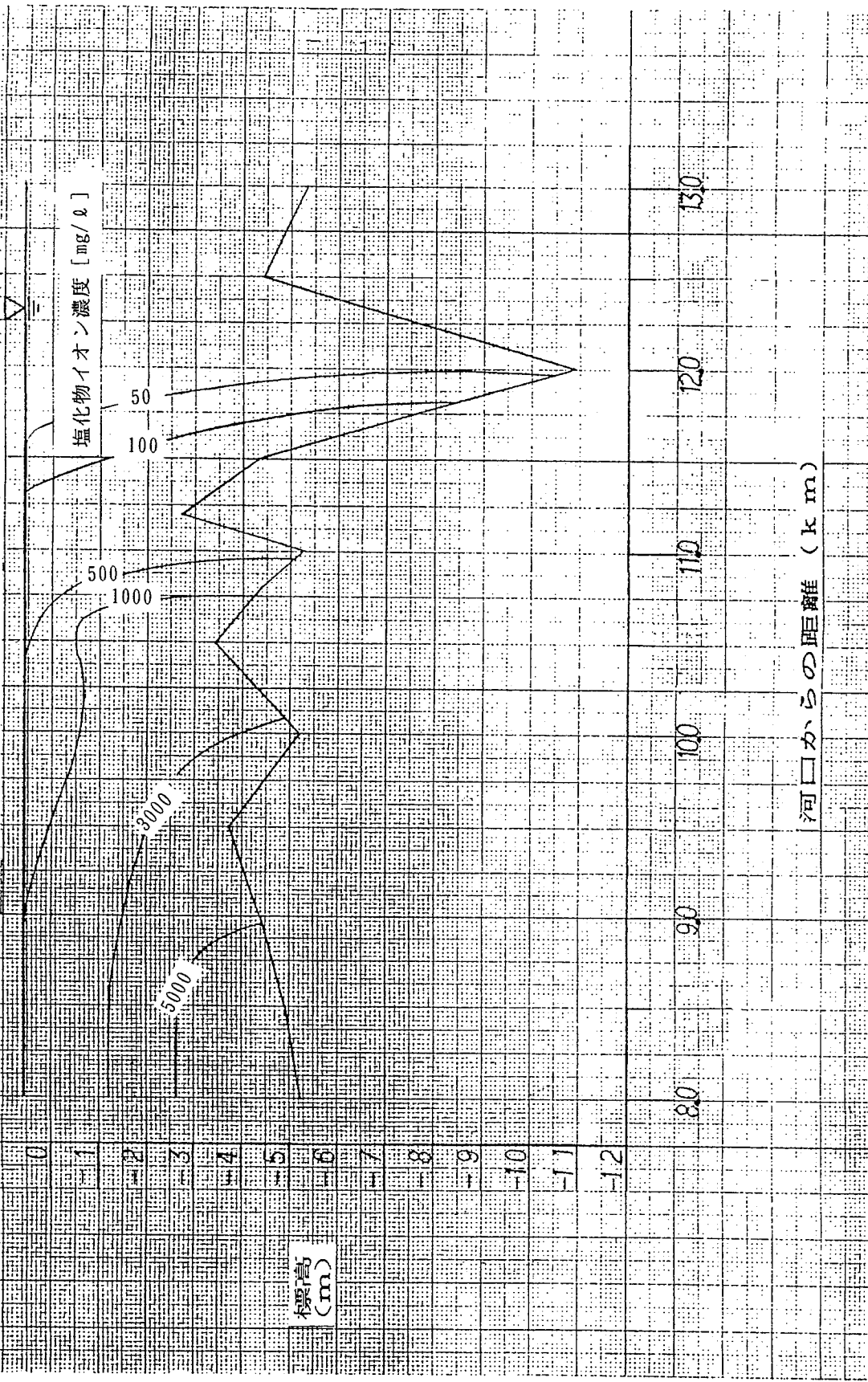


図-7-2-17 揖斐川塩分遡上調査結果(H5.12.8)

3) まとめ

- 長良川河口堰全ゲート操作時の揖斐川の塩水遡上状況は、大潮時、小潮時のいずれの状況下においても、ゲート操作のない状況と比較して、塩水の遡上形態及び遡上距離はほとんど差のない観測結果となっている。
- 揖斐川における塩分遡上は11km付近にあるマウンドにより相当程度抑制されており、その傾向は河口堰運用に伴うゲート操作の影響を受けてはいないことが認められるが、さらにデータを追加して検討する。

7-3 地下水の塩分濃度変化の確認

長島輪中の地質は大略、地表から0.5 mが耕作土 (F)、その下位に層厚0.5 ~ 2 mの最上部砂層 (A_{s1})、層厚 1.5~ 4 mの最上部粘性土層 (A_{c1})、層厚10~15mの上部砂層 (A_{s2}) が続き、さらにその下位に、層厚20m余りの下部粘性土層 (A_{c2}) が存在するが、輪中南部では、江戸時代以降の干拓地であることから、最上部粘性土層 (A_{c1}) が欠如しているところも多くなっている。また、輪中内に散見される旧河道跡には耕作土 (F) の下部に河床堆積物 (rd) が分布している。

この地域の地下水構造は、この砂層が帯水層となっており、最上部砂層ないしは旧河道堆積物内の地下水が「表層地下水」で、上部砂層内の地下水が「浅層地下水」である。また下部粘性土層を貫き、おおよそTP. -40m以深にあるのが「深層地下水」である (図-7-3-1)。

これらの、表層、浅層、深層の各地下水の塩化物イオン濃度の変化について調査する。

凡 例

B : 盛土	A _{s1} : 最上部砂層
F : 耕作土	A _{c1} : 最上部粘性土層
rd : 河床堆積物	A _{s2} : 上部砂層
	A _{c2} : 下部粘性土層

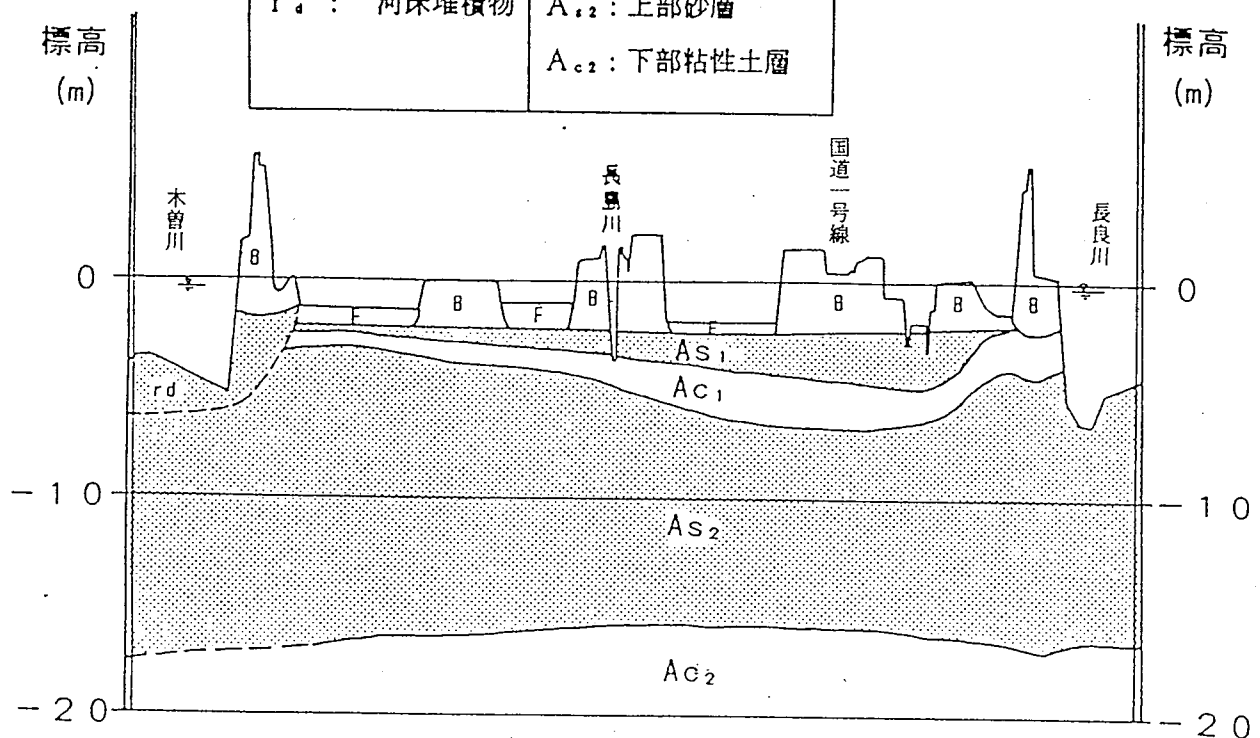


図-7-3-1 長島輪中の地質

7-3-1 河岸近傍の表層及び浅層地下水の塩分濃度調査

a) 調査地点 (図-7-3-2)

3.6、4.0、5.8、6.6、9.6kmの河岸近傍の測線上に観測井を設置し表層及び浅層地下水等の塩化物イオン濃度を測定する。

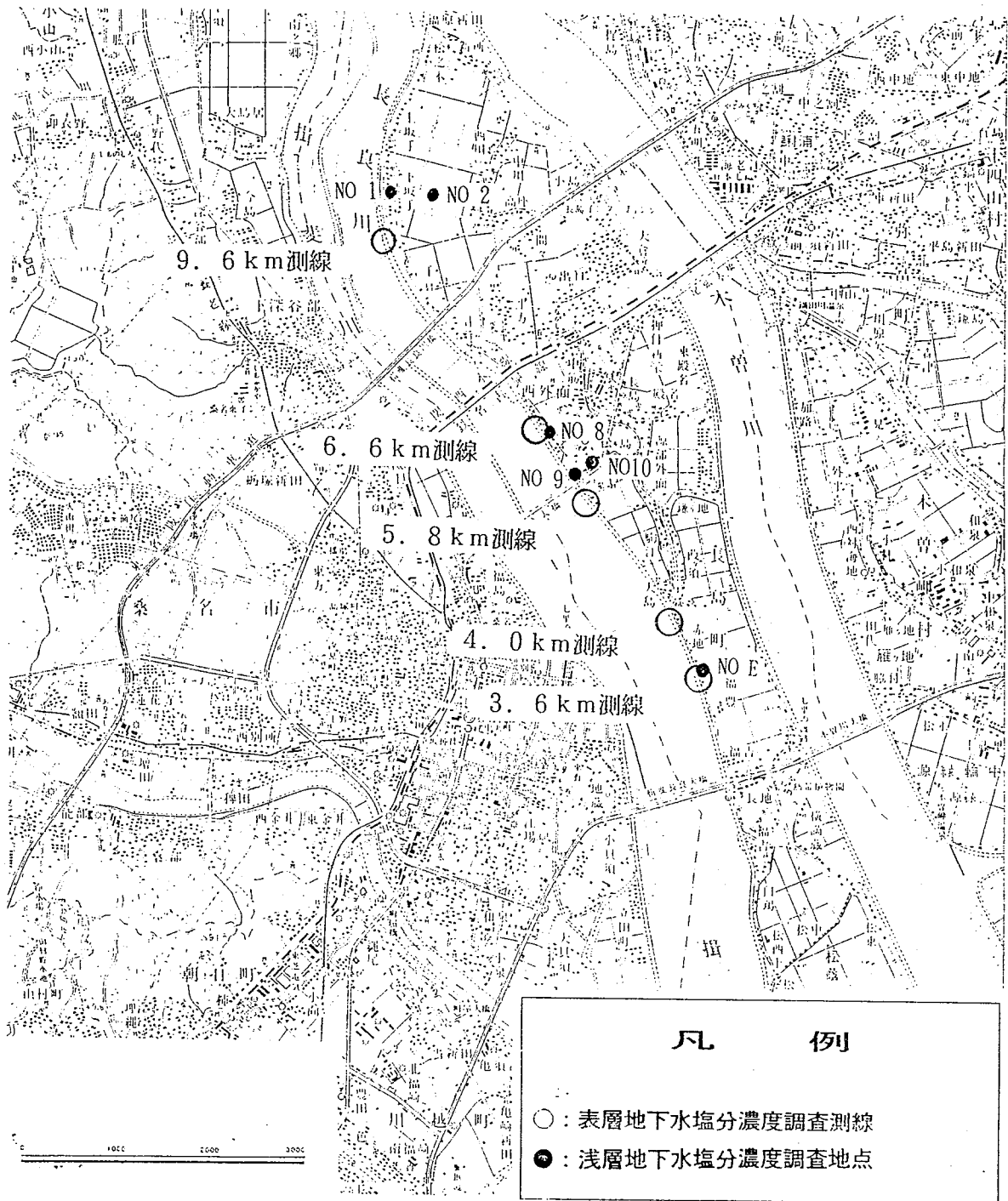


図-7-3-2 河岸近傍の表層及び浅層地下水の塩分濃度調査位置図

b) 調査の方法

観測井の塩化物イオン濃度については、地下水を真空ポンプにより吸上げて現地においてセンサーにて測定する（図-7-3-3）。同時に試料500mlを採水し室内分析（公定分析法）により塩化物イオン濃度を測定する。

水路の塩化物イオン濃度について、水路の水を容器で汲取り、センサーにて測定を行い同時に試料の採水を行い室内分析（公定分析法）により塩化物イオン濃度を測定する。

各観測箇所地下水水位、河川水位について、自記観測によりデータ収集をしている。

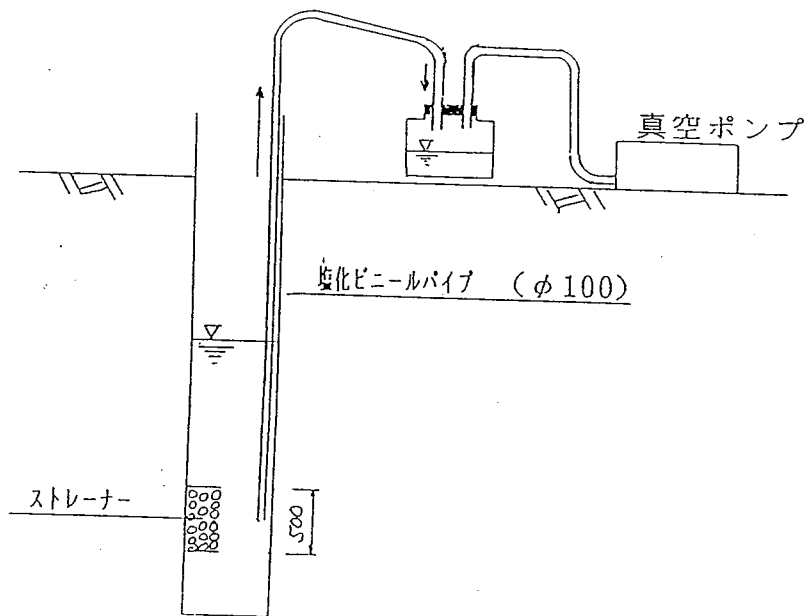


図-7-3-3 表層地下水採水方法模式図

c) 調査日

5.8km, 9.6km については、4月より月各2回調査を実施している。

6.6km については、7月に観測井を設置し以後月各2回調査を実施している。

3.6km, 4.0km については、8月に観測井を設置し以後月各2回調査を実施している。

表-7-3-1 各観測井の調査実施日

調査月日	4		5		6		7		8				9		10					
	8	27	18	21	21	28	14	25	4	5	24	25	6	7	3	4	13	14	24	25
3.6 km										○		○		○		○		○		○
4.0										○		○		○		○		○		○
5.8	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○		○		○		○		○	
6.6							○	○	○		○		○		○		○		○	
9.6	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○		○		○		○	

d) 調査結果

1) 3.6km地点について (図-7-3-4、図-7-3-5、表-7-3-2)

- ブランケット下部の A_{s2} 層 (3.60km-A) の塩化物イオン濃度は、2,500 ~ 4,200 mg/ℓ 程度である。
- 堤内地の堤防から140 m離れたNo. E地点 (TP -5.5m) (図-7-3-2) の浅層地下水の塩化物イオン濃度は 5,000mg/ℓ ~ 6,800mg/ℓ と高濃度になっており、 A_{s2} 層 (TP -4m以深) では河川からの高濃度の塩水が広く侵入していることが確認された。
- A_{s2} 層の塩化物イオン濃度で堤内地の方がブランケット下部より高濃度を示しているのは、近傍の旧河道跡等透水性の高い部分から侵入したものの影響とも考えられる。
- 堤内地の表層地下水 (3.60km-1) の塩化物イオン濃度は、8月5日の観測時には約 590mg/ℓ で、その後は、35~約80mg/ℓ と低くなっている。

2) 4.0km地点について (図-7-3-6、図-7-3-7、表-7-3-3)

- ブランケット部分では、 A_{s1} 層、 A_{s2} 層において観測を実施している。 A_{s1} 層 (4.0 km-A) の塩化物イオン濃度は約70~ 140mg/ℓ と低い値を示している。
これは、下部に A_{c1} 層が広く分布しているため、ブランケット上の降雨の降下浸透水が滞留したことが主な原因と推察される。
- A_{s2} 層 (4.0km-B) の塩化物イオン濃度は 3,100~ 3,400mg/ℓ 程度と比較的濃い濃度が観測された。
- A_{s2} 層 (4.0km-2) 下部 (TP -12.5m) の塩化物イオン濃度は約12,000mg/ℓ 程度の高濃度塩水となっており、河川からの浸透によって蓄積されているものと推測される。
- 堤内地の浅層地下水 (4.0km-1) の塩化物イオン濃度は8月5日が約 2,500mg/ℓ、8月25日に約 1,000mg/ℓ と9月以降の 700mg/ℓ 程度に比べて高濃度になっている。

3) 5.8km地点について (図-7-3-8、図-7-3-9、表-7-3-4)

- ブランケット部分では、 A_{s2} 層において観測を実施している。
- A_{s2} 層では、河川寄り (5.8km-A) における塩化物イオン濃度は 5,300~約11,000 mg/ℓ と高い濃度で、堤防寄り (5.8km-c) では約600 ~ 2,500mg/ℓ となっている。
また、堤内地の堤防から約15m離れたNo. 9地点 (TP -5.5m) 及び約 200m離れたNo.10地点 (TP -7.5m) (図-7-3-2) の浅層地下水の塩化物イオン濃度も 1,000~ 3,500mg/ℓ と高く、河川からの高濃度の塩水が A_{s2} 層をとおして、堤内地に広く侵入している状況がみられる。
- 堤内地の表層地下水 (5.8km-1) の塩化物イオン濃度は約90mg/ℓ から 340mg/ℓ の間で変動している。特に、全ゲート操作前の9月6日の 290mg/ℓ が全ゲート操作後は約90mg/ℓ と大きく低下しているが、今回のデータのみから淡水化されたことによる影響かどうかは判断できない。

4) 6.6km地点について (図-7-3-10、図-7-3-11、表-7-3-5)

- ブランケット部分では、 A_{s2} 層において観測を実施している。
- A_{s2} 層では、河川寄り (6.6Km-A)における塩化物イオン濃度は 2,000~5,700 mg/ℓ と高い濃度で、堤防寄り (6.6Km-C)では 3,700~約 4,500mg/ℓ となっている。また、堤内地の堤防から約40m離れた A_{s2} 層 No8地点 (TP-5.0m) (図-7-3-2) においては11,000~13,000mg/ℓ とブランケットと比較して非常に高い濃度を観測しているが、これは、近傍に分布する旧河道跡などの透水性の高い部分からの河川水の侵入による影響と思われる。
- 表層地下水の塩化物イオン濃度は、6.6Km-1、6.6Km-2、また、 A_{s2} 層上部の塩化物イオン濃度を6.6Km-4で測定している。河川寄り (6.6Km-1)では 1,100~1,300 mg/ℓ で、6.6Km-2では60~440mg/ℓ 程度、6.6Km-4では約 570~750 mg/ℓ が観測された。また、これら地点の塩化物イオン濃度は、3.6Km、4.0Km、5.8Kmと同様に7月25日~9月6日の間に比較的高い濃度が観測されている傾向がみられた。
- 6.6km-2の塩化物イオン濃度は全ゲート操作前の9月6日の約 430mg/ℓ が全ゲート操作後は約60mg/ℓ と大きく低下しているが、今回のデータからは淡水化されたことによる影響かどうかは判断できない。
- 6.6km-4と6.6km-2の塩化物イオン濃度を比較すると、6.6km-4の方が堤防から遙かに離れているにもかかわらず高い値を示しているのは、6.6km-2が A_{c1} 層であるのに対し6.6Km-4が A_{s2} 層であるため、長年にわたり河川からの塩分の供給を受けて一帯が塩水化していることを表している。

5) 9.6km地点について (図-7-3-12、図-7-3-13、表-7-3-6)

- ブランケット部分では、 A_{s2} 層において観測を実施している。
- A_{s2} 層では、河川寄り (9.6Km-A)における塩化物イオン濃度は 690~約 2,100 mg/ℓ であり、堤防寄り (9.6Km-C)では約 250~1,700mg/ℓ となっている。下流の6.6kmに比較して相当程度低くなっている。
- 堤内地の浅層地下水の塩化物イオン濃度は、堤防から約150m離れたNo.1地点 (TP-5.0m) (図-7-3-2)は 130~230mg/ℓ で、また堤防から約550m離れたNo.2地点 (TP-5.0m) (図-7-3-2)では19~29mg/ℓ であり、堤防に近いところでは塩水侵入の影響が認められる。
- 堤内地の表層地下水の塩化物イオン濃度は、最も河川に近い地点 (9.6Km-1)で 4~8 mg/ℓ と完全な淡水となっている。また、堤防から70m離れた9.6Km-3においては 6~約 520mg/ℓ と相当変動が大きくなっている。9.6Km-3においては、7月14日~8月4日の間と10月13日以降に高い濃度を示している。7月14日~8月4日の間の傾向については、他の観測地点とほぼ同様の傾向であるが、10月13日以降漸増していることについては、今後の観測結果とあわせ検討する必要がある。

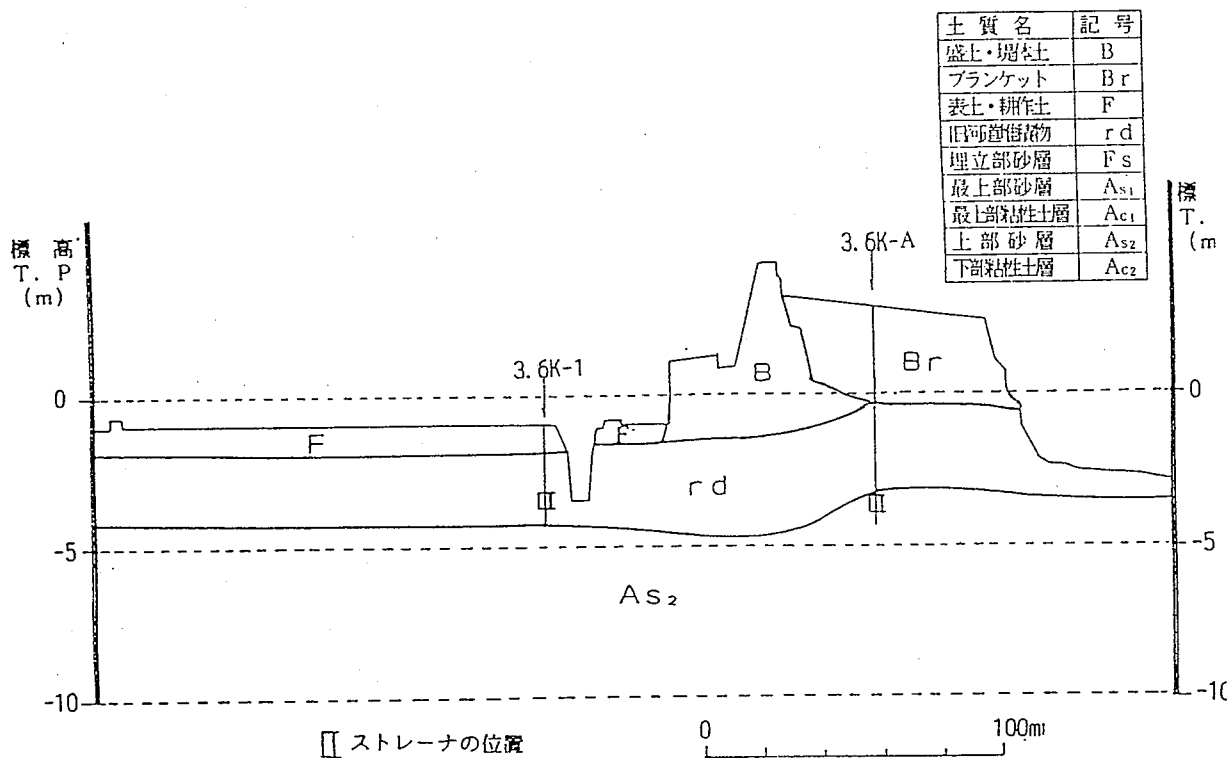


図-7-3-4 3.6 km 付近地質横断面

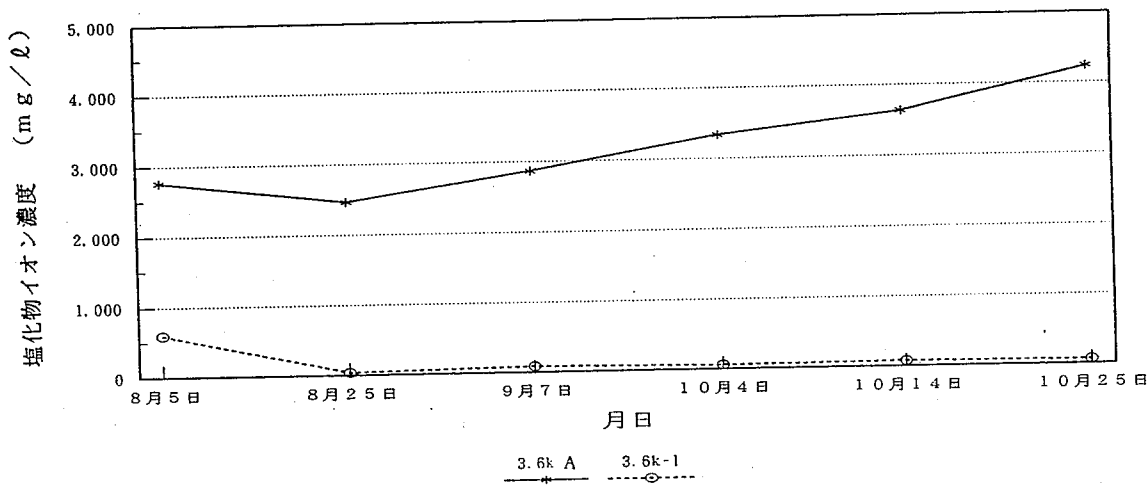


図-7-3-5 3.6 km 表層及び浅層地下水塩化物イオン濃度変化図 (平均値)

表-7-3-2 3.6 km地点塩化物イオン濃度 (mg/l)

観測井	日付	4/8	4/27	5/18	5/21	6/21	6/27	7/14	7/25	8/5	8/25	9/7	10/4	10/14	10/25	/
A	方外									2,770	2,470	2,870	3,330	3,670	4,230	
1	表層									593	35	82	57	75	63	
No E	浅層									6,800	6,300	6,300	5,000	5,400	5,400	

土質名	記号
盛土・堤本土	B
プランケット	Br
表土・耕作土	F
旧河道遺物	rd
埋立部砂層	Fs
最上部砂層	As ₁
最上部粘性土層	Ac ₁
上部砂層	As ₂
下部粘性土層	Ac ₂

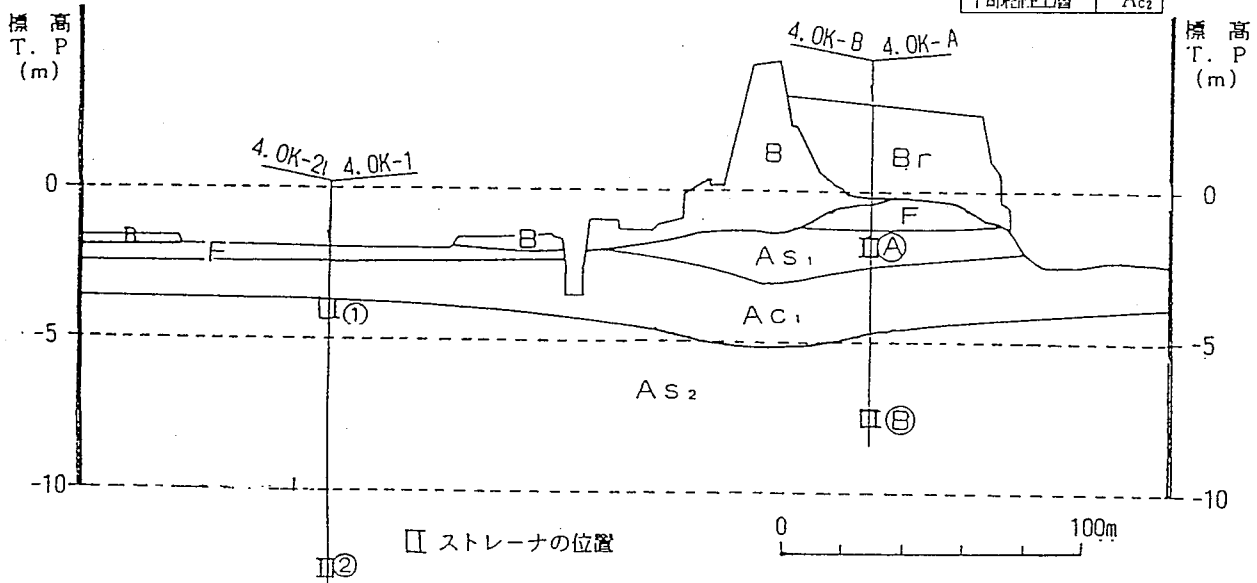


図-7-3-6 4.0 km 付近地質横断面図

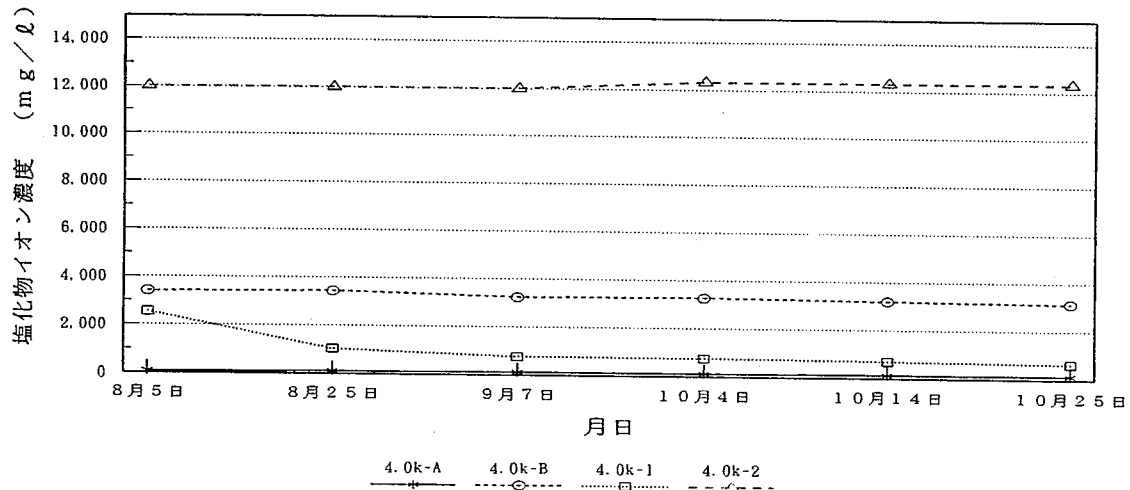


図-7-3-7 4.0 km 表層及び浅層地下水塩化物イオン濃度変化図 (平均値)

表-7-3-3 4.0 km 地点塩化物イオン濃度 (mg/l)

観測井	日付	4/8	4/27	5/18	5/21	6/21	6/27	7/14	7/25	8/5	8/25	9/7	10/4	10/14	10/25	/
A	方カト									73	107	117	120	137	140	
B	方カト									3,400	3,430	3,230	3,270	3,200	3,130	
1	浅層									2,530	1,030	763	747	697	630	
2	As ₂ 層									12,000	12,000	12,000	12,300	12,300	12,300	

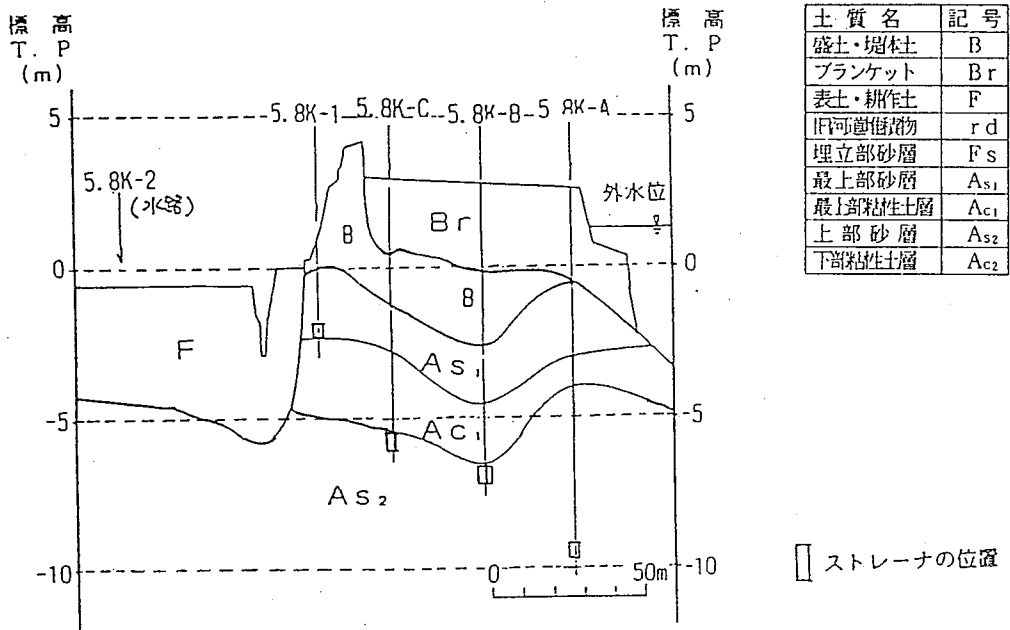


図-7-3-8 5.8 km 付近地質横断面

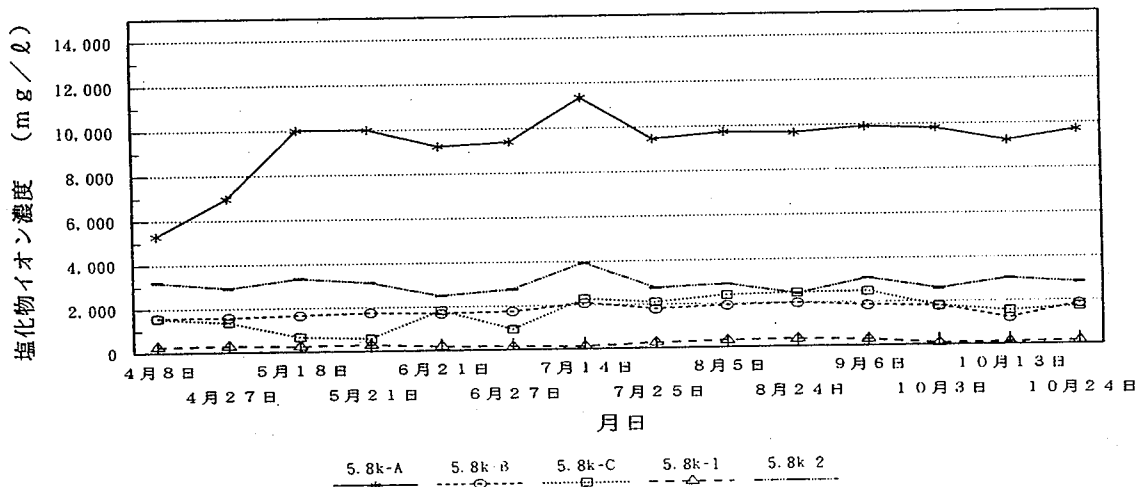


図-7-3-9 5.8 km 表層及び浅層地下水等の塩化物イオン濃度変化図 (平均値)

表-7-3-4 5.8 km 地点塩化物イオン濃度 (mg/l)

観測井	日付	4/8	4/27	5/18	5/21	6/21	6/27	7/14	7/25	8/5	8/24	9/6	10/3	10/13	10/24	/
A	方カト	5,300	6,970	10,000	10,000	9,230	9,400	11,300	9,470	9,730	9,670	9,900	9,800	9,230	9,700	
B	方カト	1,600	1,600	1,670	1,770	1,700	1,770	2,100	1,800	1,930	2,000	1,870	1,800	1,770	1,870	
C	方カト	1,570	1,370	670	577	1,830	940	2,300	2,100	2,400	2,470	2,500	1,800	1,570	1,730	
1	表層	273	287	253	293	187	147	117	257	313	340	290	85	123	143	
2	水路	3,200	2,930	3,330	3,130	2,500	2,770	3,930	2,770	2,900	2,430	3,100	2,600	3,030	2,830	
No. 9	浅層						1,300	1,600	1,600	1,600	1,500	1,500	1,000	1,200	1,500	
No. 10	浅層						2,200	2,400	2,200	2,200	2,700	3,500	3,000	2,900	2,800	

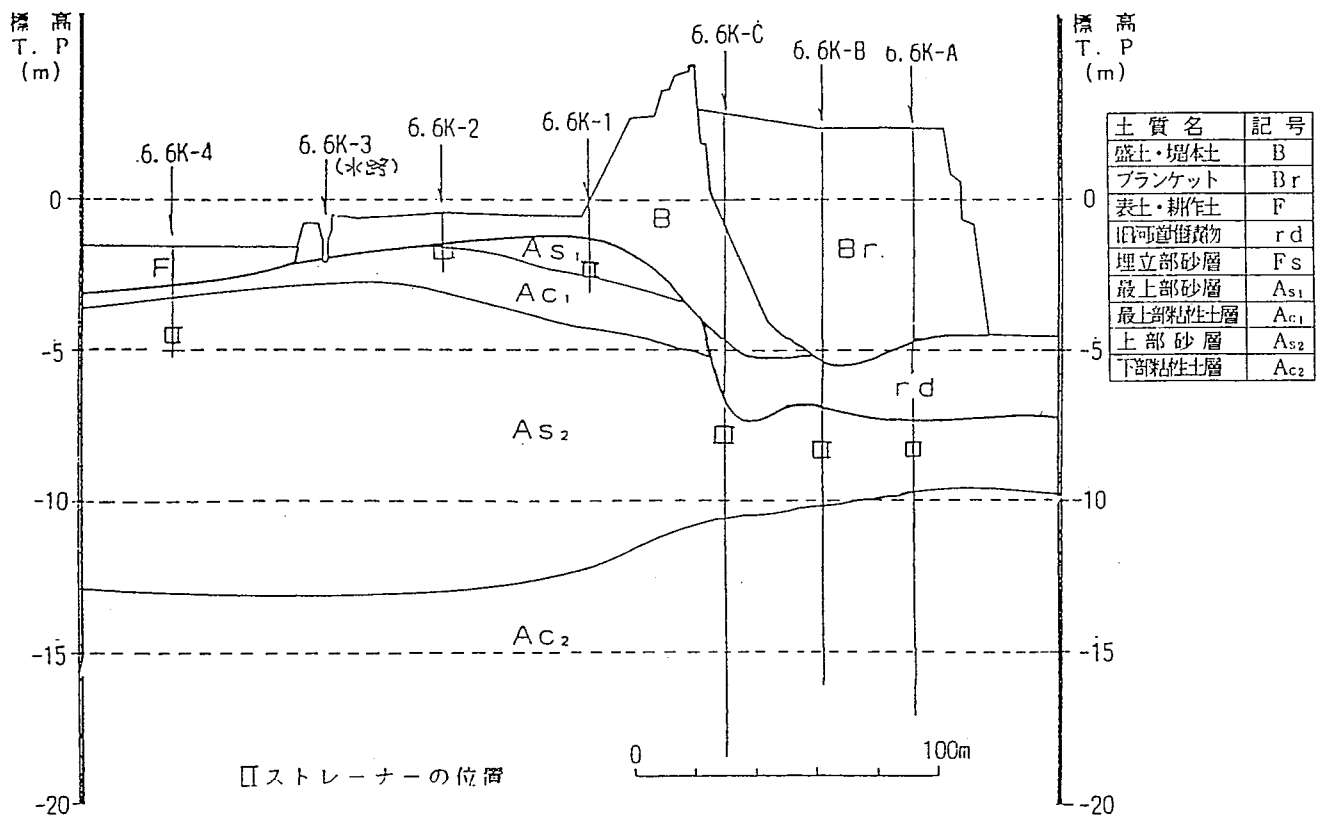


図-7-3-10 6.6km付近地質横断面

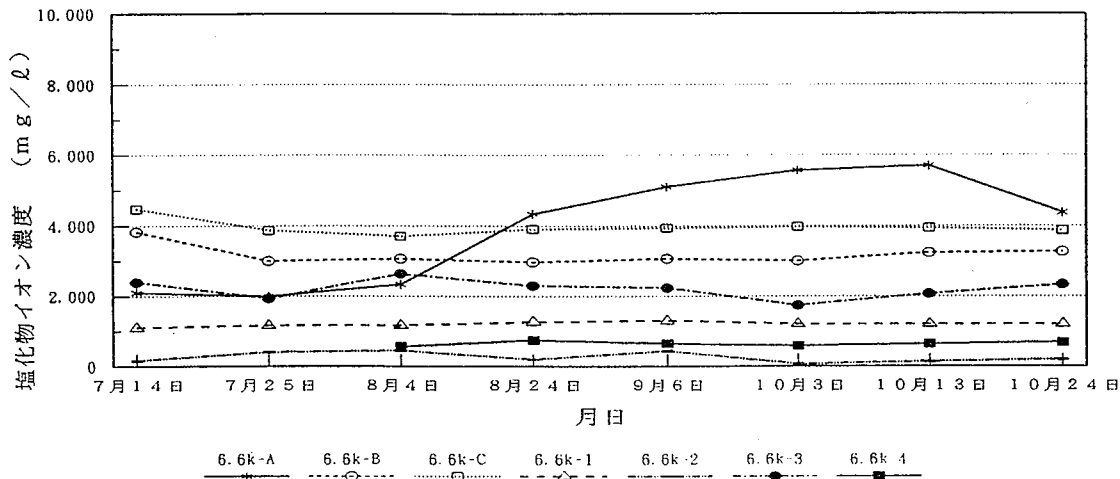


図-7-3-11 6.6km表層及び浅層地下水等の塩化物イオン濃度変化図(平均値)

表-7-3-5 6.6km地点塩化物イオン濃度 (mg/l)

観測井	日付	7/14	7/25	8/4	8/24	9/6	10/3	10/13	10/24	/
A	方外	2,100	2,000	2,330	4,330	5,100	5,570	5,700	4,370	
B	方外	3,830	3,000	3,070	2,970	3,070	3,000	3,230	3,270	
C	方外	4,470	3,870	3,700	3,900	3,930	3,970	3,930	3,870	
1	表層	1,100	1,170	1,170	1,270	1,300	1,200	1,200	1,200	
2	表層	157	400	443	200	433	61	130	190	
3	水路	2,400	1,930	2,630	2,300	2,230	1,730	2,070	2,330	
4	浅層			567	750	650	583	637	683	
No. 8	浅層	13,000	11,000	11,000	11,000	12,000	11,000	11,000	11,000	

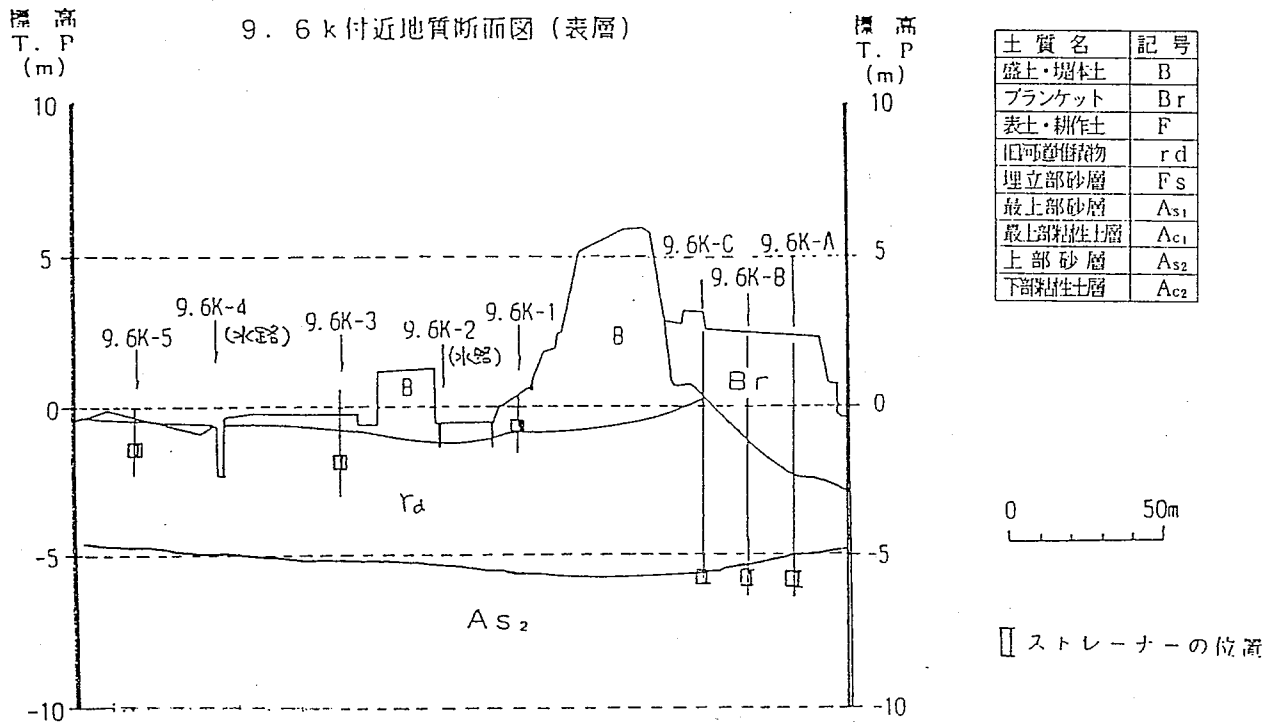


図-7-3-12 9.6 km 付近地質横断面図

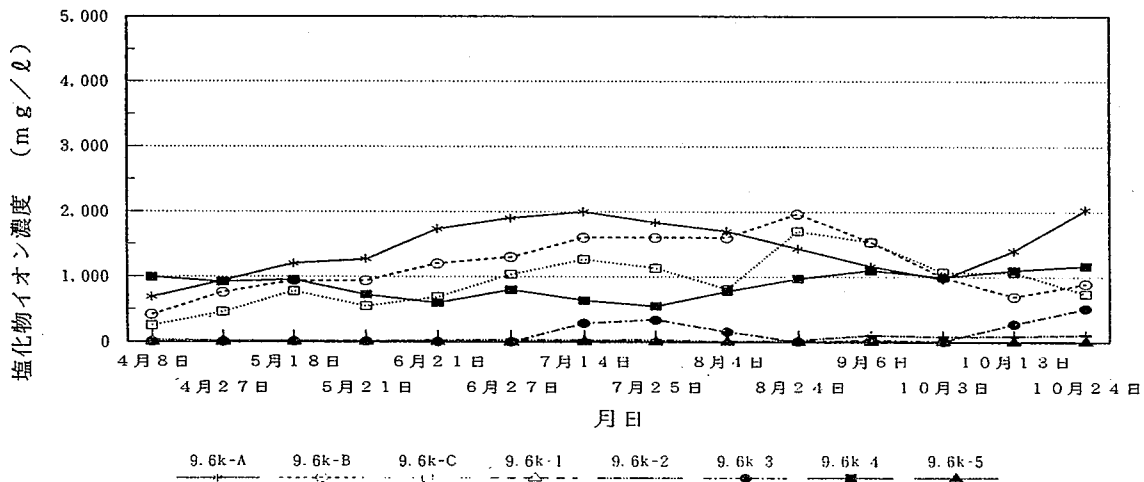


図-7-3-13 9.6 km 表層及び浅層地下水等の塩化物イオン濃度変化図 (平均値)

表-7-3-6 9.6 km 地点塩化物イオン濃度 (mg/l)

観測井	日付	4/8	4/27	5/18	5/21	6/21	6/27	7/14	7/25	8/4	8/24	9/6	10/3	10/13	10/24	/
A	方カト	690	937	1,200	1,270	1,770	1,900	2,000	1,830	1,700	1,430	1,170	967	1,400	2,070	
B	方カト	417	760	937	937	1,200	1,300	1,600	1,600	1,600	1,970	1,530	990	697	893	
C	方カト	253	460	777	550	690	1,030	1,270	1,130	810	1,700	1,530	1,070	1,070	740	
1	表層	4	5	7	7	5	4	6	7	7	7	8	7	7	7	
2	水路	35	18	18	16	30	36	36	42	15	34	107	88	92	113	
3	表層	6	6	12	12	11	6	287	343	147	14	34	13	277	517	
4	水路	993	920	950	723	603	800	637	550	783	973	1,100	997	1,100	1,170	
5	表層	3	17	6	7	6	4	13	6	8	8	11	7	7	8	
No. 1	浅層				230	130	140	180	170	180	190	190	170	160	150	
No. 2	浅層				23	29	27	28	20	22	28	27	20	26	19	

6) まとめ

- 河岸近傍の堤内地の表層地下水については、図-7-3-14 に示すとおり概ね7月から9月前半にかけて高い塩化物イオン濃度を観測した。
- 河岸近傍の浅層地下水については、相当程度高い塩水化が進んでおり、なお長期的な観測を実施していく必要がある。

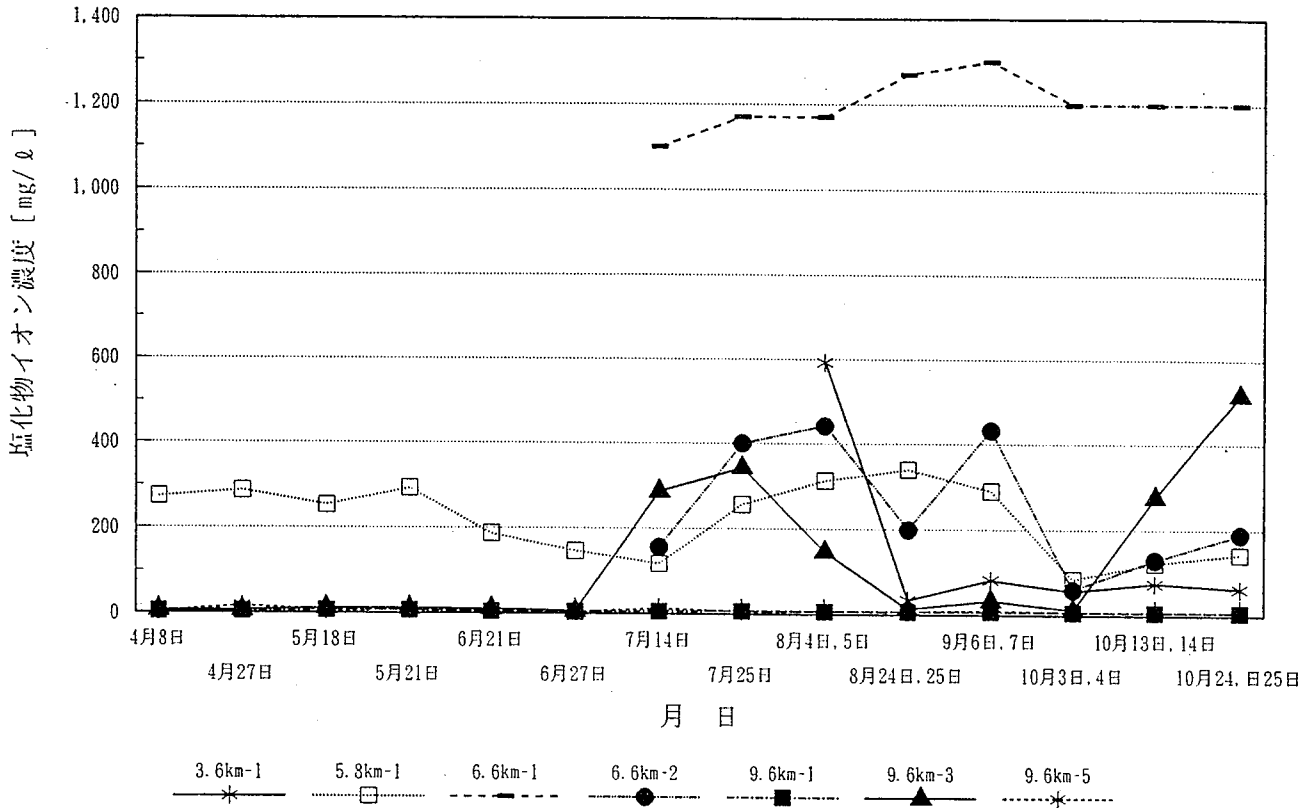


図-7-3-14 表層地下水塩化物イオン濃度変化図

7-3-2 既設井戸による浅層地下水の塩分濃度調査

a) 調査地点 (図-7-3-15)

長島輪中23箇所、高須輪中21箇所、桑原輪中5箇所の既設の浅層地下水井戸にて採水し、塩化物イオン濃度を測定した。

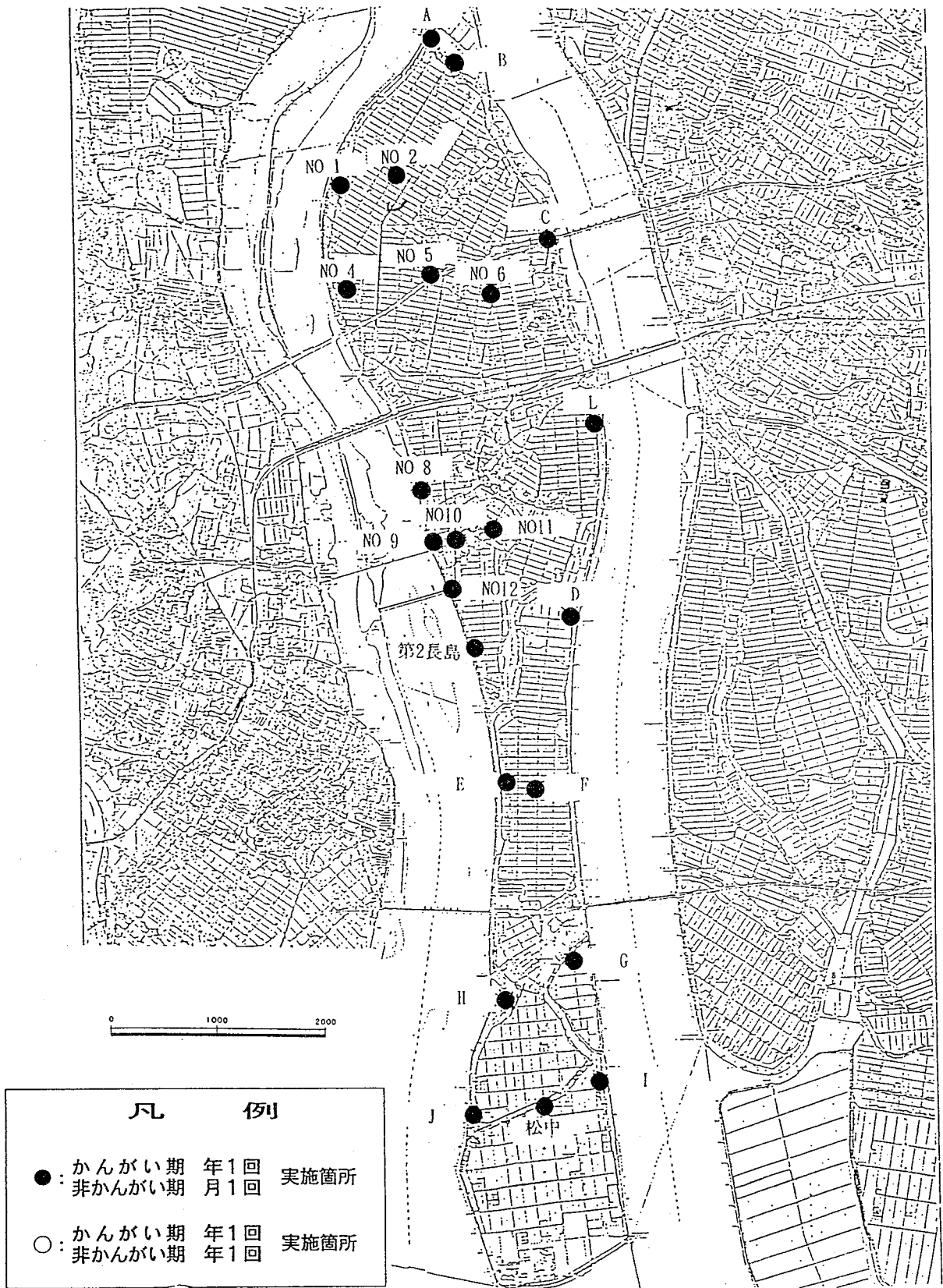


図-7-3-15-(1) 浅層地下水塩分濃度調査位置図(長島輪中)

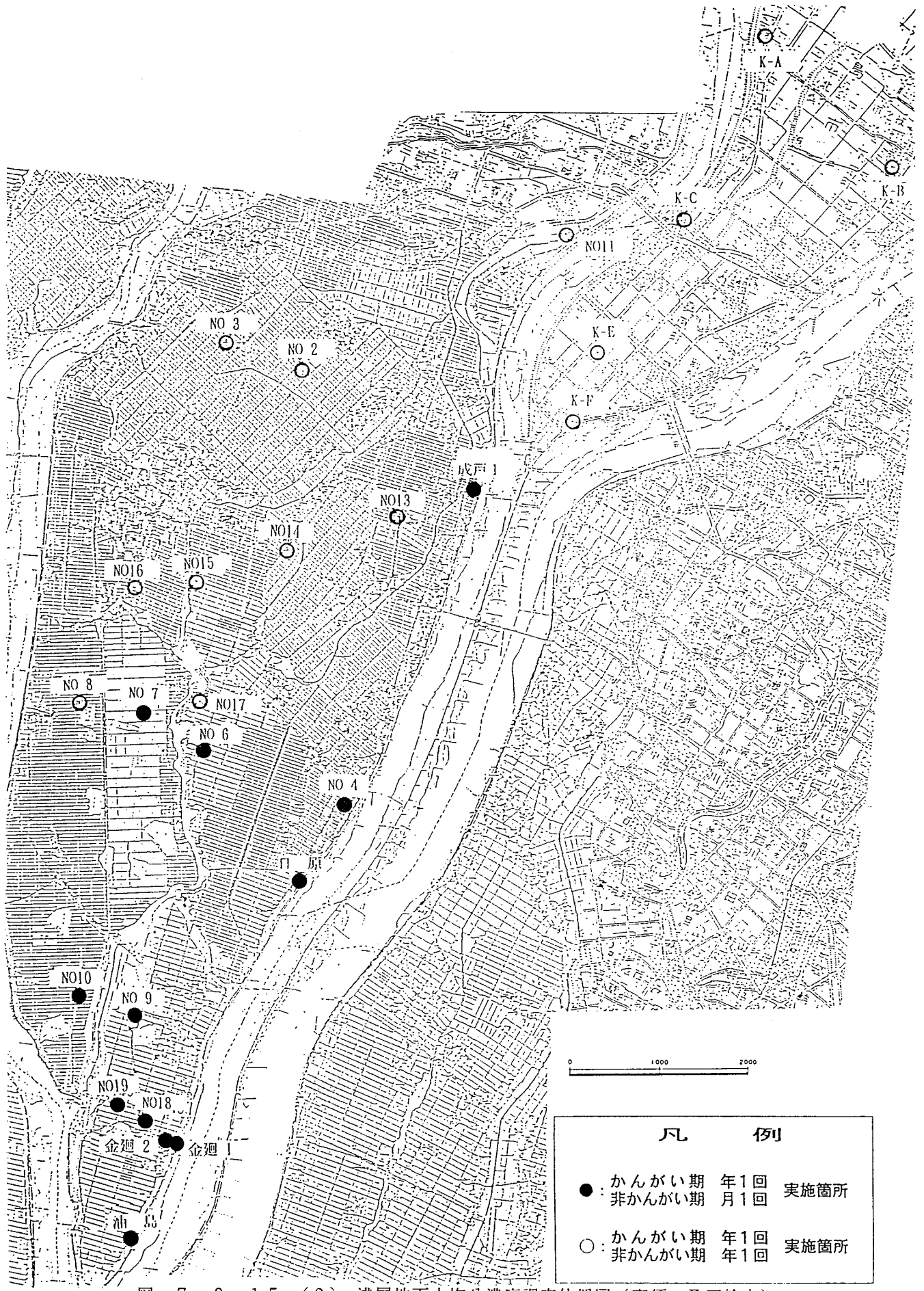


図-7-3-15-(2) 浅層地下水塩分濃度調査位置図 (高須・桑原輪中)

b) 調査の方法

観測井の周辺の塩分を含んだ地下水を寄せ集めるために水中ポンプにより約20分間程度連続して地下水を吸上げる。その間5分毎にセンサーにより電気伝導度を測定し安定しているのを確認し試料(500ml)を採水し室内分析(公定分析法)により塩化物イオン濃度を測定した。

c) 調査日

灌漑期の調査として、平成6年8月4日～11日に実施した。

非灌漑期の調査として、同年10月11日～14日に実施した。

なお、表層地下水の観測井近傍の浅層地下水は、表層地下水の観測時にも併せて実施している。

d) 調査結果

1) 長島輪中の浅層地下水について

- ・長島輪中の浅層地下水の塩化物イオン濃度は、全般的に下流部ほど、また堤防沿いほど高い値を示している(図-7-3-16)。
しかし、堤防から離れている地点でも濃度の高い所(No10, No11, F)があり、旧河道跡等からの浸透の度合いが大きい部分が存在していると考えられる(図-7-3-17)。
- ・関西本線より下流部では、塩化物イオン濃度はほとんどが数千mg/l以上であり塩水化している。
- ・長島輪中の上流部の堤防から離れている地点では、塩化物イオン濃度は、50mg/l程度以下となっている。しかし、上流部のB地点では、約900mg/lと塩水化していることが観測された(図-7-3-16)。
- ・灌漑期および非灌漑期の調査結果では、各観測地点とも大きな変化は見られなかった。

2) 高須・桑原輪中の浅層地下水について

- ・高須輪中の浅層地下水の塩化物イオン濃度は、高須輪中においては全般的に100mg/l以下となっているが大江山沿いのNO.6, 7, 9, 10, では110～480mg/lが観測された(図-7-3-18)。
- ・桑原輪中の浅層地下水の塩化物イオン濃度は、10～30mg/lであり、塩水化は見られなかった(図-7-3-18)。

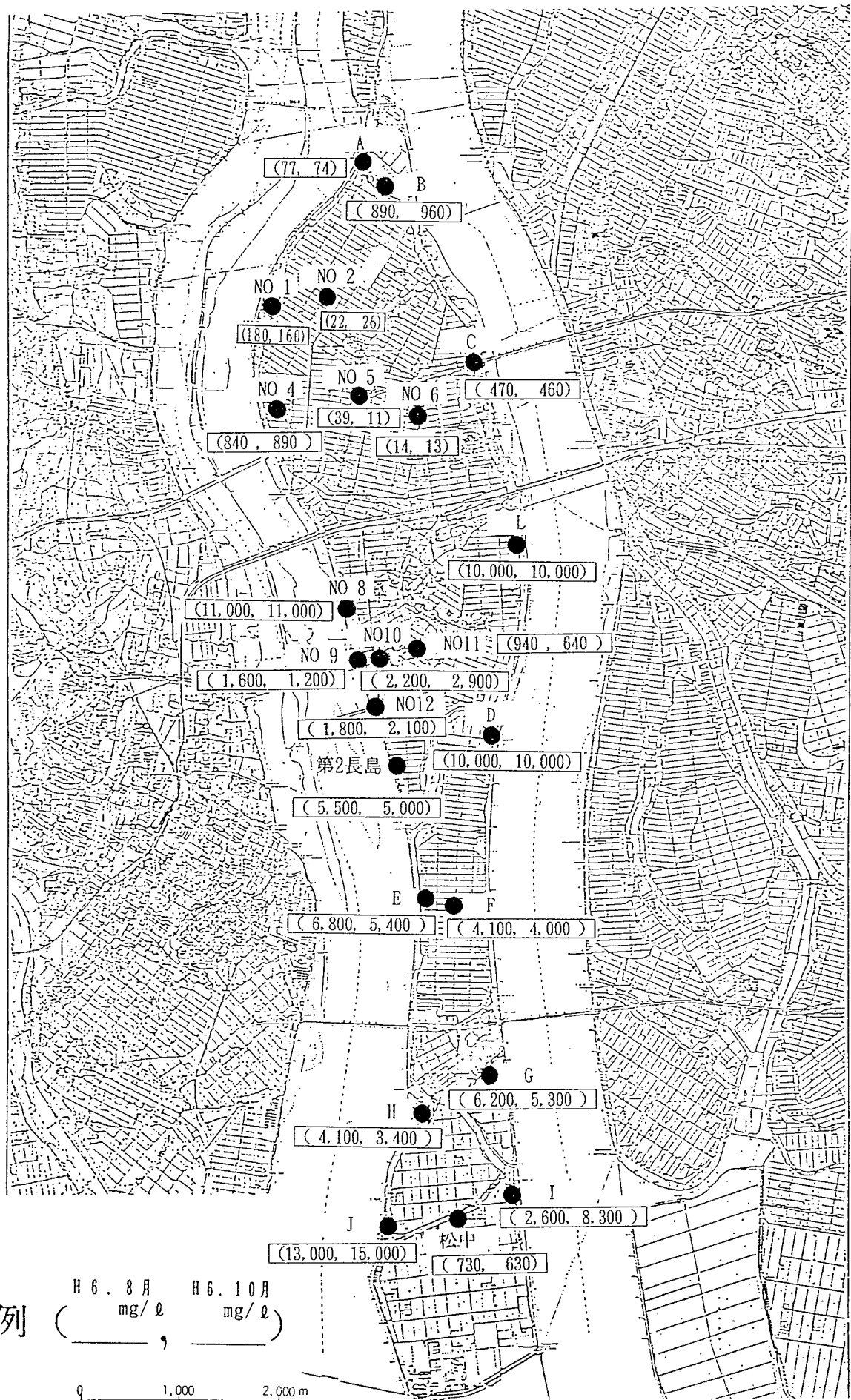
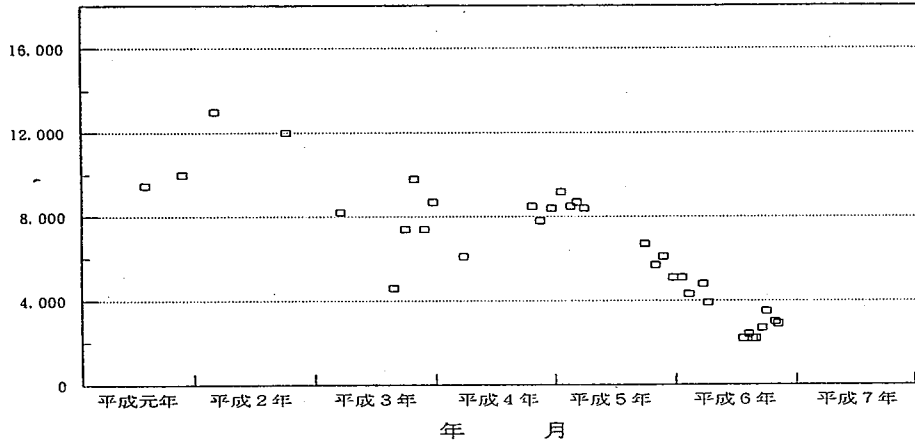


図-7-3-16 浅層地下水塩化物イオン濃度調査結果(長島輪中)

塩化物イオン濃度



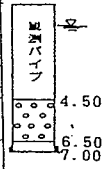
NO. 10

井番号: 長島 NO. 10

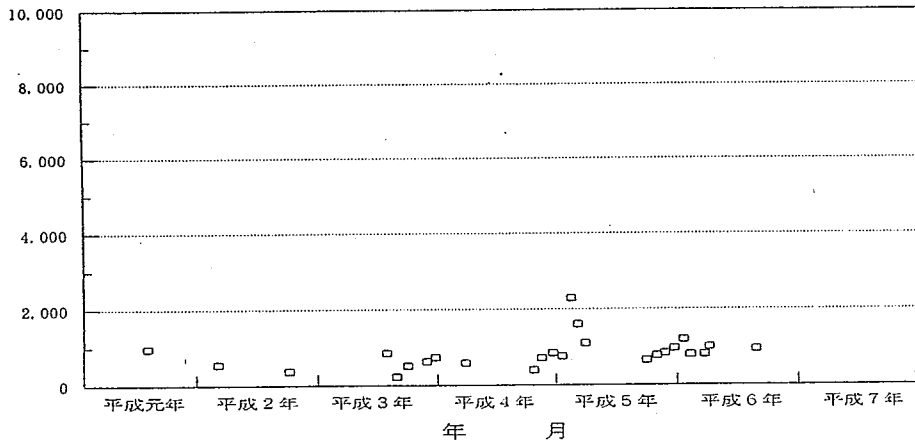
調査地点:

調査年月日: 年 月 日

深	深	深	深	注	地
尺	尺	尺	尺	記	名
m	m	m	m	号	
1					塩
2					層
3					砂
4					層
5					砂
6					層
7					砂
8					層
9					砂
10					層
11					砂
12					層
13					砂
14					層
15					砂
16					層
17					砂
18					層
19					砂
20					層
21					砂
22					層
23					砂
24					層
25					砂
26					層
27					砂
28					層
29					砂
30					層



塩化物イオン濃度



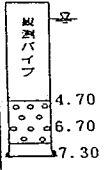
NO. 11

井番号: 長島 NO. 11

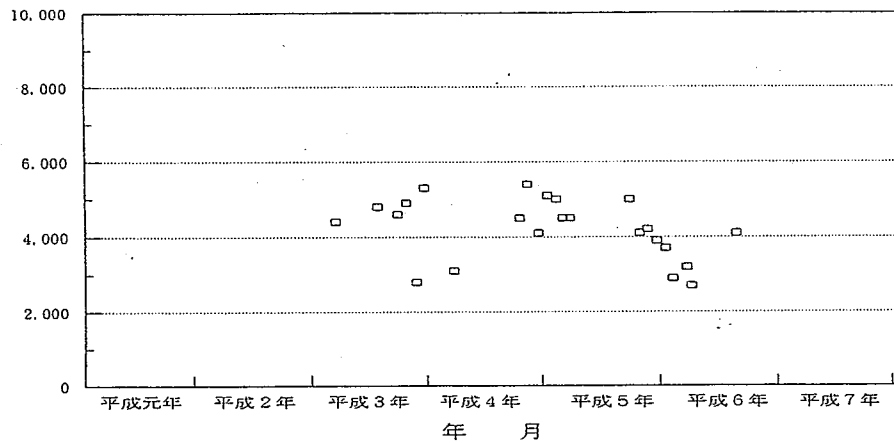
調査地点:

調査年月日: 年 月 日

深	深	深	深	注	地
尺	尺	尺	尺	記	名
m	m	m	m	号	
1					塩
2					層
3					砂
4					層
5					砂
6					層
7					砂
8					層
9					砂
10					層
11					砂
12					層
13					砂
14					層
15					砂
16					層
17					砂
18					層
19					砂
20					層
21					砂
22					層
23					砂
24					層
25					砂
26					層
27					砂
28					層
29					砂
30					層



塩化物イオン濃度[mg/l]



F

井番号: 長島 F

調査地点:

調査年月日: 年 月 日

深	深	深	深	注	地
尺	尺	尺	尺	記	名
m	m	m	m	号	
1					塩
2					層
3					砂
4					層
5					砂
6					層
7					砂
8					層
9					砂
10					層
11					砂
12					層
13					砂
14					層
15					砂
16					層
17					砂
18					層
19					砂
20					層
21					砂
22					層
23					砂
24					層
25					砂
26					層
27					砂
28					層
29					砂
30					層

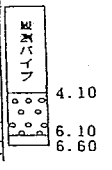
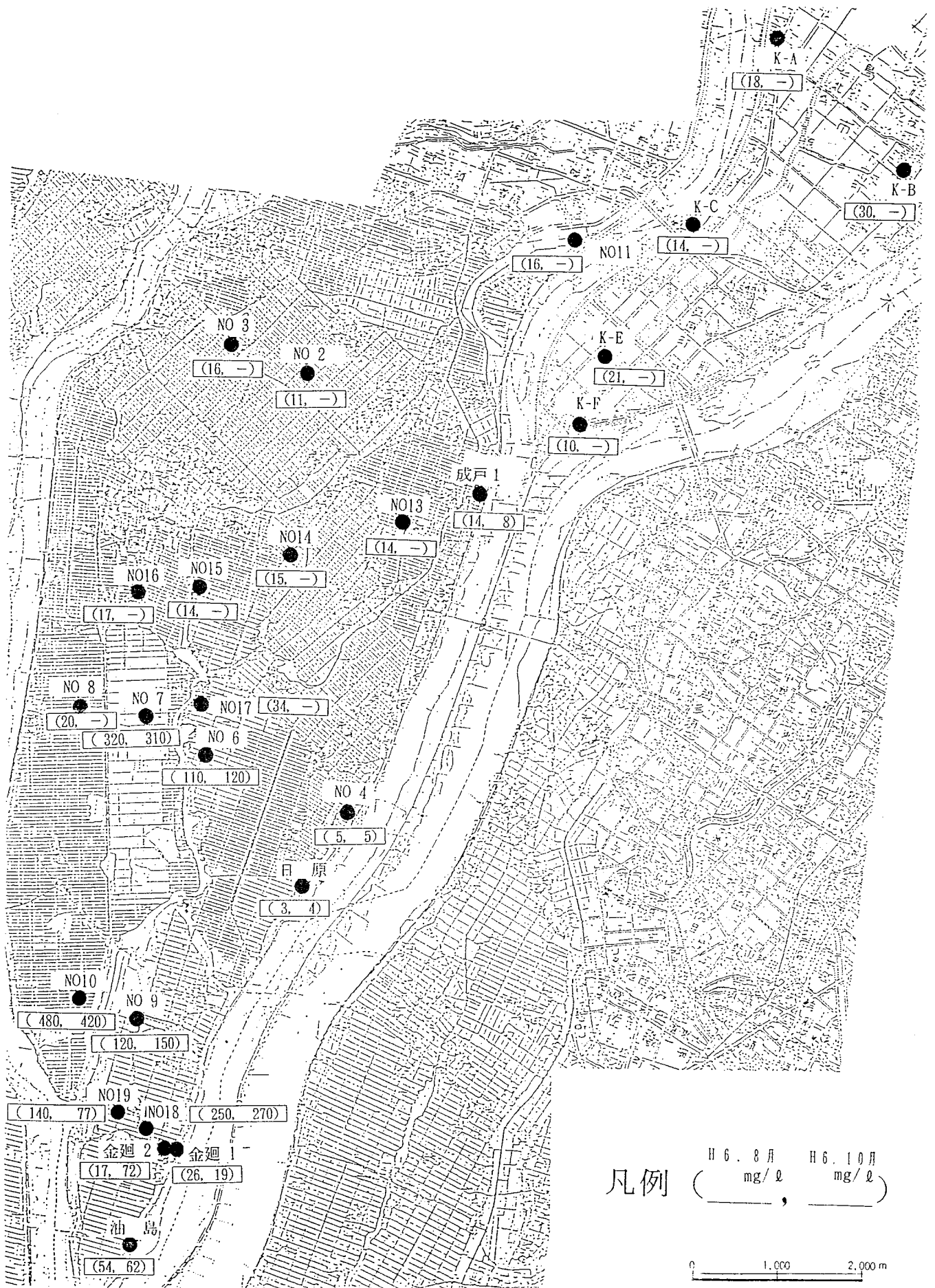


図-7-3-17 浅層地下水塩化物イオン濃度経年変化図(長島輪中)



凡例 (H6. 8月 H6. 10月
mg/ℓ mg/ℓ)

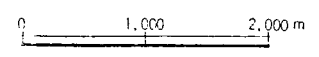


図-7-3-18 浅層地下水塩化物イオン濃度調査結果(高須・桑原輪中)

7-3-3 深層地下水の塩分濃度調査

a) 調査地点 (図-7-3-19)

長島輪中については、長島町における第1滞水層 (T.P-40~-70m内外の深度にある砂礫層に相当) の地下水の塩化物イオン濃度調査地点で現在採水可能な井戸10か所にて採水・測定を実施した。

高須、桑原輪中では、建設省が実施している地下水水質調査地点各1か所の調査井戸にて採水・測定を実施した。

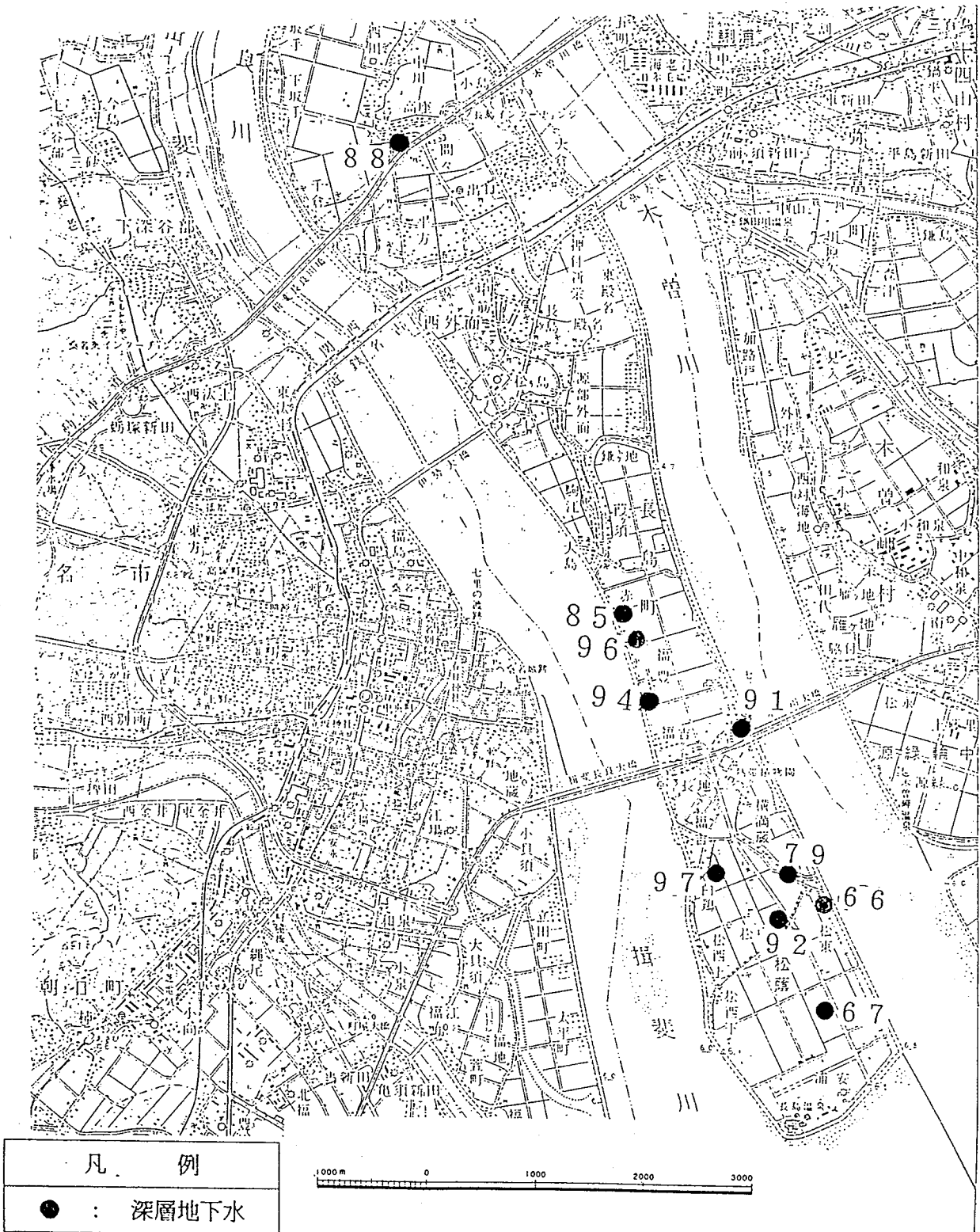


図-7-3-19-(1) 深層地下水塩分濃度調査位置図 (長島輪中)

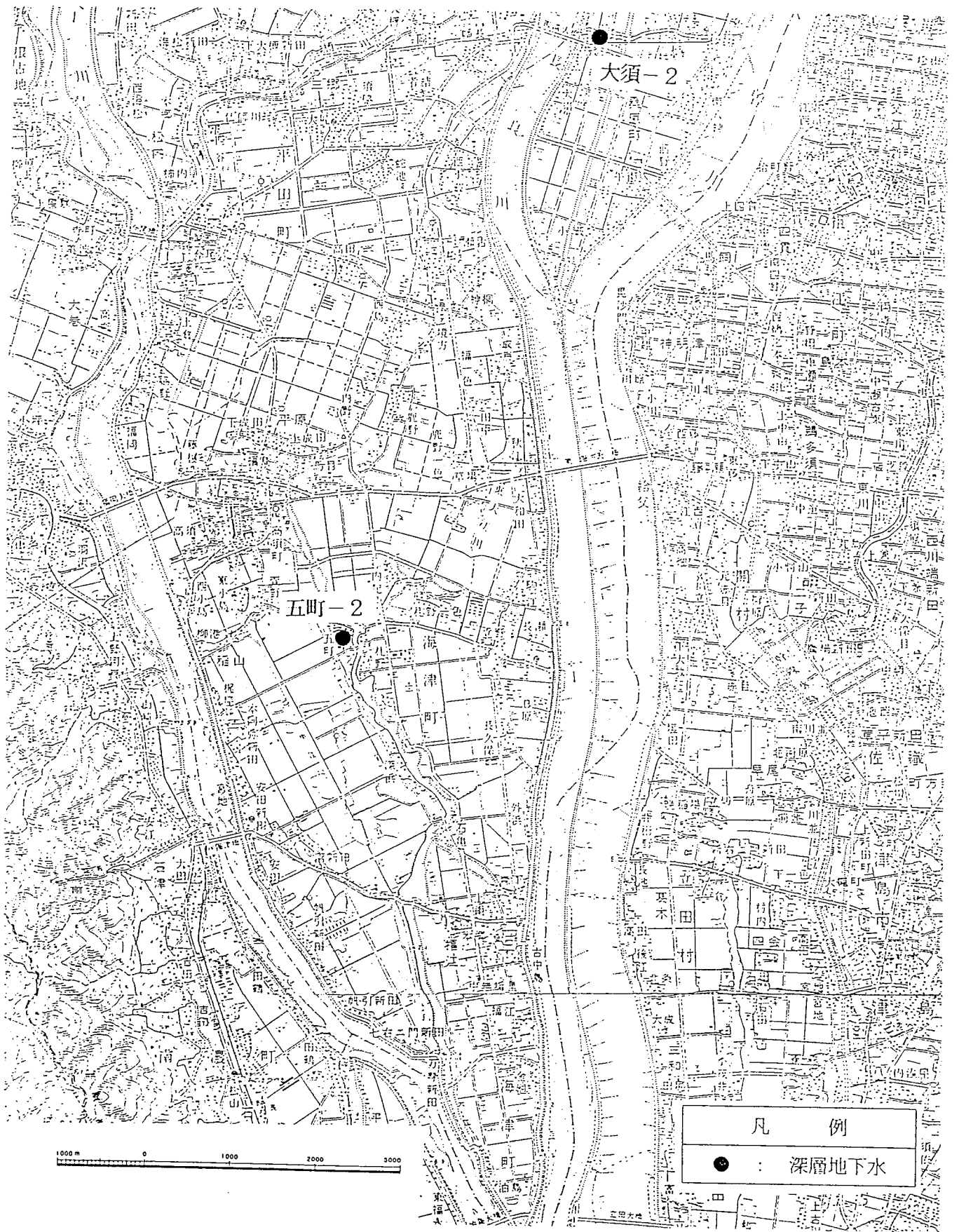


図-7-3-19-(2) 深層地下水塩分濃度調査位置図(高須・桑原輪中)

b) 調査の方法

長島輪中深層地下水の採水は、観測地点の水道施設から水を流した状態を約5分程度続け、その後試料(1,000ml)を採水し室内分析(公定分析法)により塩化物イオン濃度を測定した。

高須、桑原輪中深層地下水の採水は、深井戸揚水装置を使い採水し室内分析(公定分析法)により測定した。

c) 調査日

平成6年8月4日~11日に実施した。

d) 調査結果

8月(灌漑期)の調査結果は、長島輪中の深層地下水の塩化物イオン濃度は、1,100~2,400mg/l(長島町高座地点 No88 では、280mg/l)とほぼ塩水化している。

また、高須、桑原輪中の深層地下水は、9.3, 3.2mg/lであり塩水化は見られない。

表-7-3-7 深層地下水塩分調査結果

	地点名		塩化物イオン濃度 (mg/l)		備考
		深さ	過去の測定結果*1	H6.8調査結果	
長島輪中	66	55m	1,640 ~1,950	1,600	
	67	55	1,490 ~1,800	1,700	
	79	65	990	1,100	
	85	42	570 ~1,570	1,100	
	88	55	160 ~ 370	280	
	91	50	1,340 ~1,550	1,100	
	92	50	2,510	1,600	
	94	50	570 ~1,570	1,200	
	96	50	570 ~1,570	1,300	
	97	55	1,970	2,400	
高須輪中	五町 2	55		9.3	
桑原輪中	大須 2	55		3.2	

*1 S62.4 三重県地盤沈下調査研究会発表資料

7-3-4 まとめ

長島輪中の浅層地下水(A_{s2}層)は、ほぼ全域において塩水化されていることが確認されたが、表層地下水は浅層に比べ全般的には低塩分の傾向にある。表層地下水については時期により相当の変動が認められた。今後、継続的に観測を行い、データの蓄積により、排水路水位、降雨及びかんがい用水の供給などの要因をあわせ検討する必要がある。

7-4 まとめ及び今後の課題

7-4-1 まとめ

1) 塩水遡上防止効果の確認について

9月調査の全ゲート操作時に塩水遡上防止効果と塩水排除方法を調査した結果、除塩ポンプ未設置の状態でも閘門より堰直上流への塩水の侵入が少量認められたが、堰上流域で累積的に濃度が高くなるようなことは認められず、河口堰によって塩水の侵入が概ね防止された。

2) 長良川、揖斐川の塩水遡上状況について

(1) ゲート操作を行っていない期間において、長良川では、概ね濁水流量に相当する約 $25\text{m}^3/\text{s}$ で調査した結果、塩化物イオン濃度は16~17km地点で $200\text{mg}/\ell$ 、22km地点で $20\text{mg}/\ell$ 程度であった。

揖斐川では、調査日の万石流量が約 $1\text{m}^3/\text{s}$ と非常に少ない状況であり、塩化物イオン濃度 $200\text{mg}/\ell$ でみると16~17kmまで遡上していた。

(2) 長良川河口堰全ゲート操作時の長良川河口堰下流域については、大潮時は、塩化物イオン濃度が、水深方向にある程度層状をなしており、長良川河口堰地点まで塩水楔に近い形態を示した。

小潮時は、水深方向にきれいな層状をなし塩水楔が形成されていた。

(3) 長良川河口堰全ゲート操作時の揖斐川の塩水遡上状況は、大潮時、小潮時のいずれの状況下においても、ゲート操作のない状況と比較して、塩分遡上の形態、および遡上距離はほとんど差のない観測結果となった。

3) 地下水の塩分濃度変化の確認について

(1) 堤内地の表層地下水の塩分濃度については、浅層に比べ全般的に低塩分であるが、おおむね7月から9月前半にかけて高い塩化物イオン濃度を観測した。

(2) 浅層地下水塩分濃度について、長島輪中では、全般的に下流部ほど、また堤防沿いほど高い値を示している。また、堤防から離れている地点でも濃度の濃い所があった。

高須輪中においては全般的に低い値となっているが、大江川沿いでは比較的高い値が観測された。

(3) 長島輪中の深層地下水については、ほぼ塩水化している。

高須、桑原輪中の深層地下水は、塩水化は見られない。

7-4-2 今後の課題

1) 塩水遡上防止効果の確認について

今後、閘門の閘室内に設置される除塩ポンプの効果を確認する。

2) 長良川、揖斐川の塩水遡上の状況について

長良川河口堰全ゲート操作における塩分調査については、さらにデータを追加して検討する必要がある。

3) 地下水の塩分濃度変化の確認について

表層地下水については、今後、継続的に観測を行いデータの蓄積により、排水路水位、降雨及び灌漑用水の供給などの要因をあわせ検討する。

浅層地下水についても、継続して観測を実施していく。