

2) 木曾川、揖斐川

木曾川、揖斐川とも塩水混合形態は、長良川とほぼ同様であり、表層から8割水深の位置における塩分濃度観測値の平均をみると、塩水が遡上する範囲は木曾川では18km付近までであり、揖斐川では約11km付近にマウンド（河床の高い部分）があるため、塩水の遡上はここで相当程度抑制されている（図3・3-3、図3・3-4、図3・3-5、図3・3-6）。

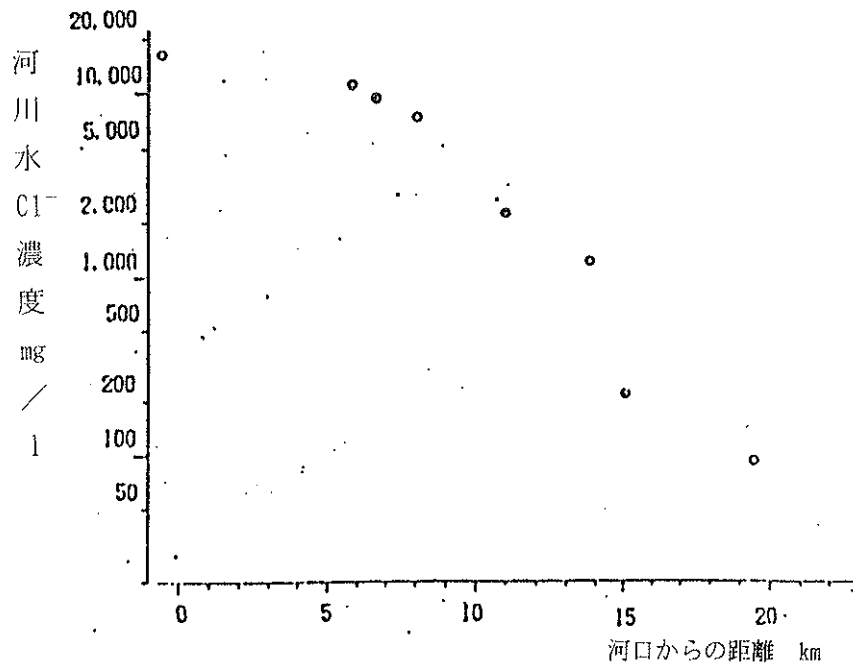


図3・3-6 揖斐川の河口からの距離と河川水Cl⁻濃度の関係
(平常時流量での8割水深の位置のCl⁻濃度)

2. 地下水の塩水化

1) 長島輪中

長島輪中の現在の浅層地下水のCl⁻濃度は、全般的には下流ほど、また堤防沿いほど、濃くなる傾向にあるが、堤防から離れている地点でもCl⁻濃度の濃い所があり、「みずみち」の存在を示していると考えられる（図3・3-7）。地表近く（層厚50cm程度の耕作土）の土壌のCl⁻濃度は、昭和50年代前半には100~1000mg/kg程度の高濃度であったが、木曾川大堰から取水され木曾川総合用水によりパイプラインで真水が供給されるようになって以降、通常の灌漑用水に加えて除塩用水が補給されているため10mg/kg程度となった。しかし今でも旧河道跡地では1,000mg/kg以上となっている。また、浅層地下水のCl⁻濃度が濃い程、土壌のCl⁻濃度が濃い傾向が見られる。

注) 土壌のCl⁻濃度は、乾土1kg当たりのCl⁻量である。

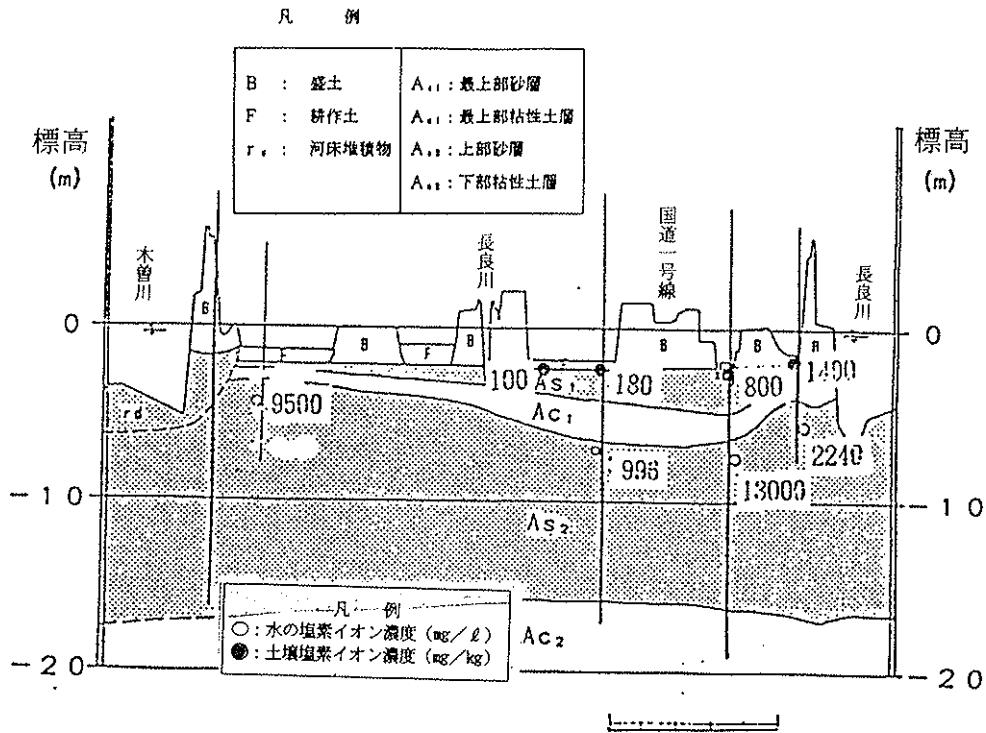


図3・3-7 長島輪中の浅層地下水、土壌の Cl^- 濃度 (6 km 付近)

2) 高須輪中

高須輪中における平成 2 年 1 月 (非灌漑期) 及び 6 月 (灌漑期) の地下水面コンター及び地下水流動方向をみると、25km より北側の約 1,800ha の地域では、地下水は全体として北から南へ向かって流動している。これより南でかつ大江川より東の約 1,600ha の地域は、長良川から地下水が補給され、大江川に向かって流動している。大江川の西約 1,200 ha の地域は、揖斐川から地下水が補給され、大江川に向かって流動している (図3・3-8)。なお、現在の高須輪中の浅層地下水及び土壌は塩分化していない (図3・3-9)。

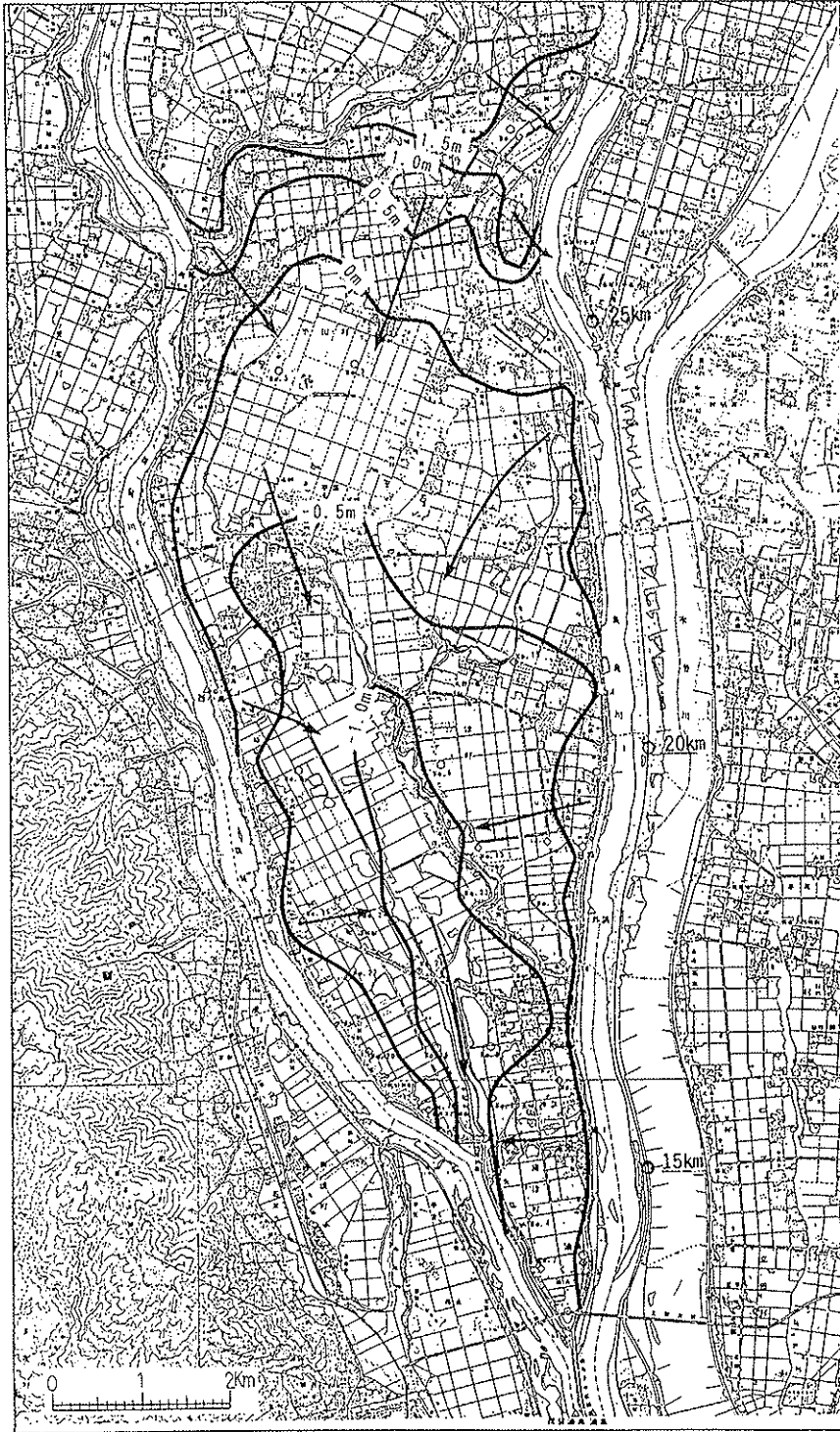


図3・3-8a 高須輪中の地下水面コンター及び地下水流動方向（非灌漑期）

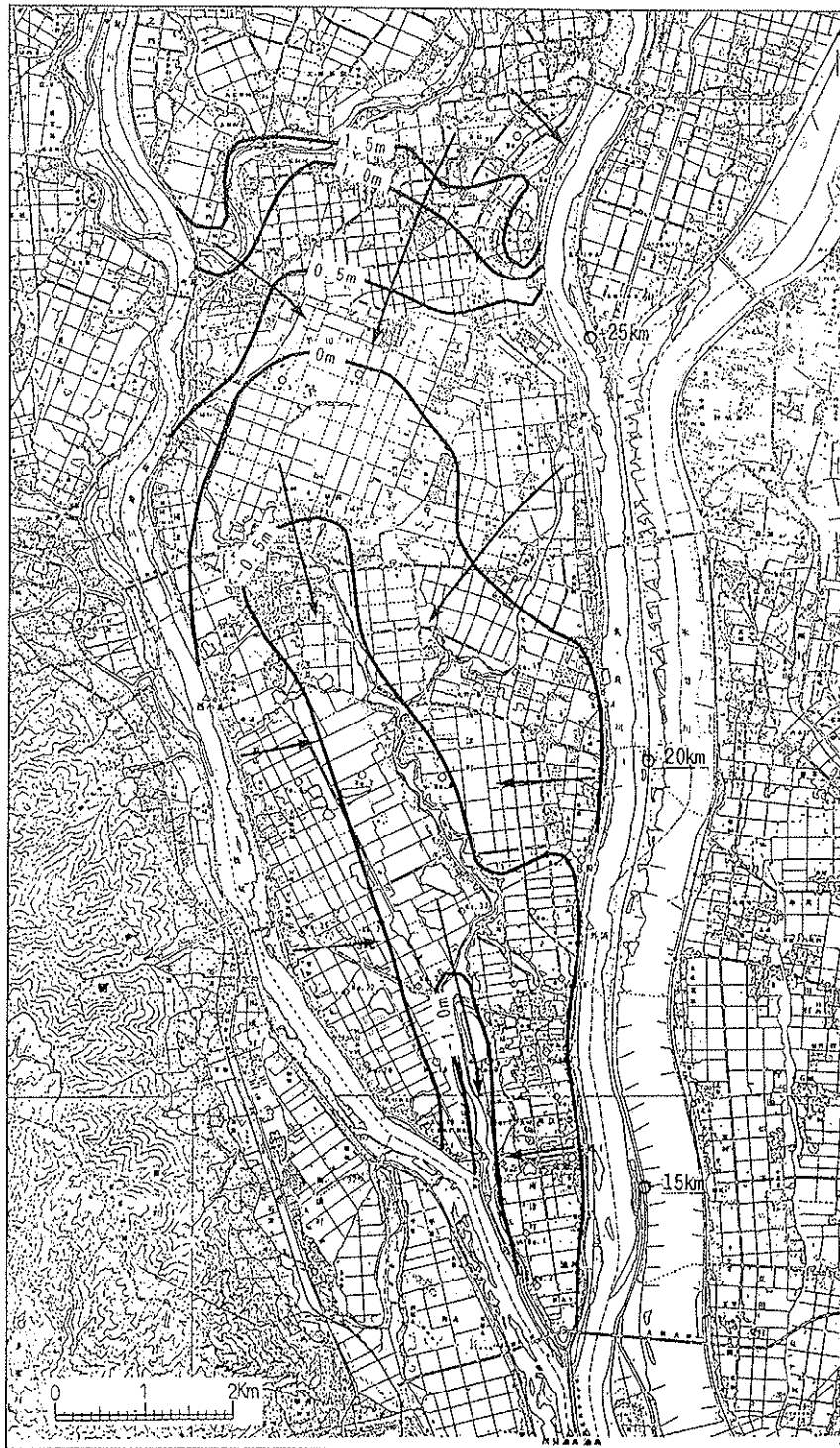


図3・3-8b 高須輪中の地下水面コンター及び地下水流動方向（灌漑期）

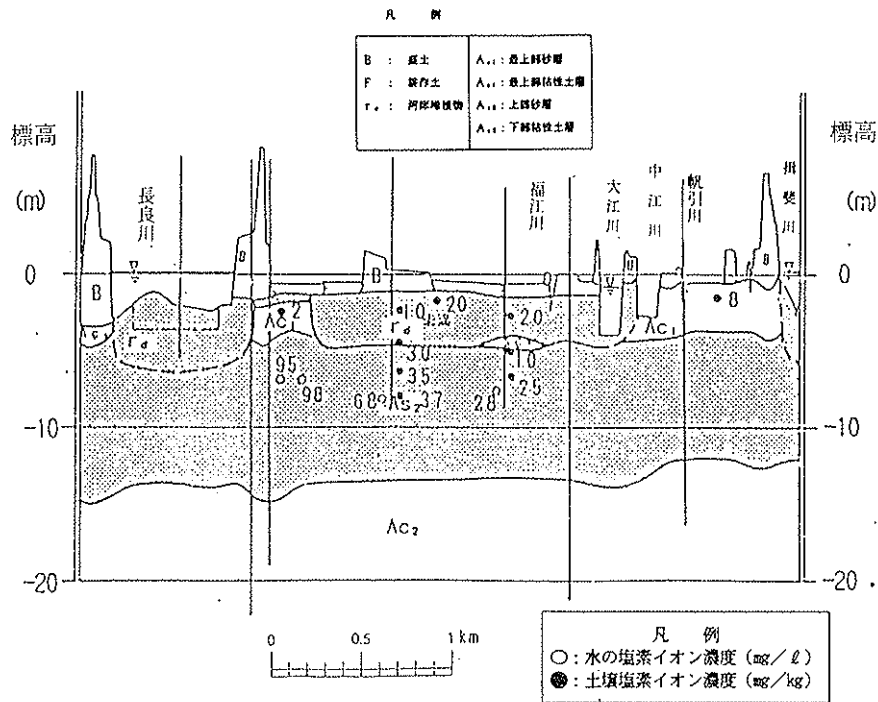


図3・3-9a 高須輪中の浅層地下水、土壌のCl⁻濃度 (16km付近)

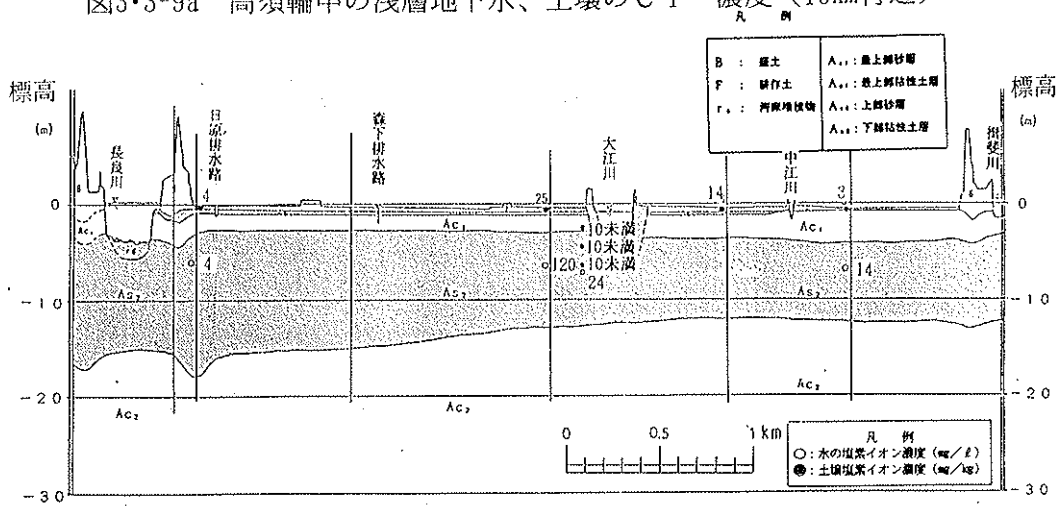


図3・3-9b 高須輪中の浅層地下水、土壌のCl⁻濃度 (20km付近)

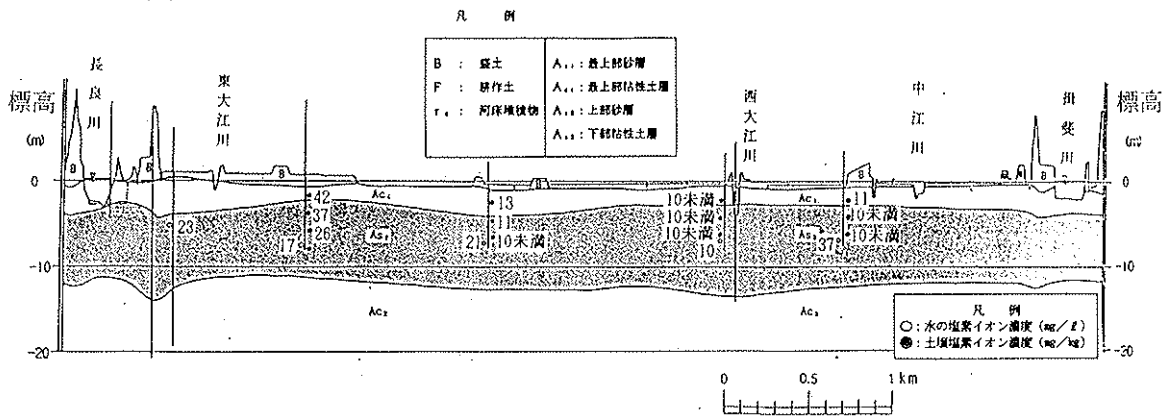


図3・3-9c 高須輪中の浅層地下水、土壌のCl⁻濃度 (24km付近)

3) 木曾川左岸、揖斐川右岸

木曾川左岸では、14km付近の堤防から300m地点の地下水のCl⁻濃度は7,000mg/l程度、土壌のCl⁻濃度は、1,500mg/kg程度の値が記録されている。

揖斐川右岸の10km付近の堤内地の地下水のCl⁻濃度は、1,600mg/l程度、土壌のCl⁻濃度は、600mg/kg程度の値が記録されている。

3. 塩害

1) 長島輪中

① 生活用水、農業用水

長島町史等によれば、長島輪中の生活用水、農業用水は、古来長良川、木曾川からの地先の樋管による取水に頼っていた。長島輪中南部の伊曾島地区では、昭和10年頃より河川水の塩水化が甚だしくなると記述されている。

このため、浅井戸（深度数メートルの井戸）を掘って用いたがこれも塩水の影響が大きくなり、昭和22年頃には、深井戸（伊曾島では深く掘ったので百間掘りと呼ばれていた）に変えられた。

こうした深井戸利用による地下水大量揚水は伊勢湾沿岸部各地で行われ、この結果、昭和30年代から広範囲に地盤沈下が発生し、塩害に対する地勢的条件をさらに悪化させることとなった。

地先における取水も、塩水の影響を少しでも緩和するため、取水口を順次上流に移していったが、長島輪中最上流に昭和41年に設置された長島揚水機においても塩分の影響が強くなった。

このため、真水を得るために遠く木曾川上流に水源を求め、木曾川大堰、海部幹線水路、弥富揚水機場、木曾川水管橋等極めて大規模な事業からなる木曾川総合用水により昭和52年から水道用水、昭和53年から農業用水の供給が開始されることとなり、昭和58年には全面給水となり、これに伴い地先からの取水は全て廃止された。水道用、かんがい用の深層地下水取水も同時に廃止されている。

現在、浅層地下水は塩水化しているため、水道用水、灌漑用水としては利用できない状況にある。

② 農業被害

長島輪中の作付面積は、平成元年で約800haであり、この内水稲が84%、麦類が5%、豆類が4%となっており、塩害は水稲だけでなく豆類、野菜にも発生している。

長島輪中の水稲塩害の被害面積は昭和22年から記録されており、昭和35年には、前年の伊勢湾台風による冠水もあり、作付面積の約1/3が被害を受けている。そ

の後、昭和40年までは塩分の洗い流しが進むにつれて被害面積が減少し、伊勢湾台風による冠水の影響が薄れていったことを示している。しかし、昭和40年から被害面積は再び増加に転じており、これは塩害の大きな要因が伊勢湾台風以外にもあることを示している。この要因として、地盤沈下による地先取水の塩分化の進行、河川からの塩水の浸透による地下水、土壌の塩分化の進行があると推定される。その後、昭和45年以降の被害面積はほぼ着実に減少を続けている（図3・3-10）。これは、塩害がひどく稲作ができない水田を宅地、養魚池へ転用したり、休耕地にしたりするとともに、遠く木曾川上流に水源を求めて、夏期はこの地域における通常の減水深20mm/日の灌漑用水に加えて30mm/日の除塩用水を送水することによって塩分を希釈して流出させ、冬期は塩抜き溝を設け、河川水により、湛水させ塩分を下げる方法をとっており*2、このため用水路のパイプライン化、用排水路の分離を行うなど、多大な費用と労苦をかけた塩害対策の成果によるものである。しかし、平成元年においても依然として2.8haの水稲塩害がある。また、地下水は現在でも濃い塩分で汚染されたままである。

なお、長島輪中の上流に福原輪中がある。この輪中の田面標高はTP.0.5mと河川水位より高く、このため塩害が発生しにくい条件にある。ここでは現在も経験に頼る淡水（アオ）取水がなされているが、水田面積が約3haと狭小のため普通期における水利権量は日量1,990m³（毎秒換算0.023m³/s）で、最大0.065m³/sの6時間～12時間取水となっている。実際には、5～7日間隔に2～4時間取水しているに過ぎない。このため、福原輪中では、農業共済による農作物の塩害の報告はない。

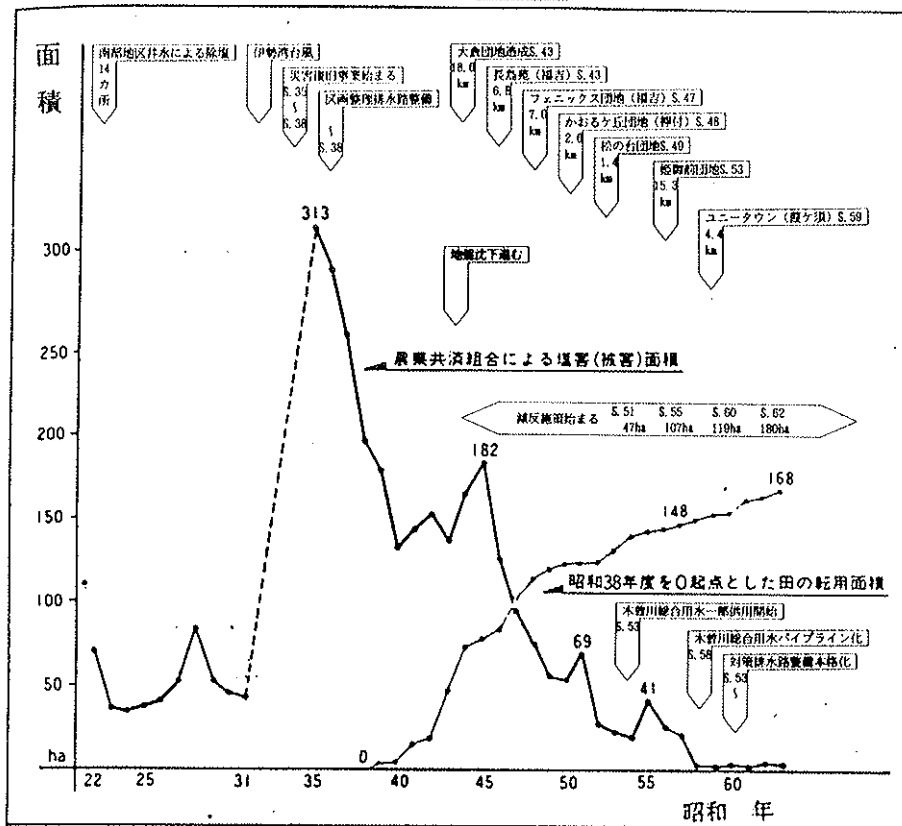


図3・3-10 長島町の水稻塩害の被害面積経年変化

③ 土地利用の制約

長島輪中では昭和40年代の初め頃から、塩害の激しい水田を養魚池、宅地などに転用したり休耕地にしたりしている。昭和38年～平成元年までに水田から他の用途へ転用された面積は173ha に達している。これは農用地の20% を越え、近年、農地が減少傾向にある。

2) 高須輪中

① 生活用水、農業用水

高須輪中における水道用水は、深度200m程度の深井戸 5本により約8,500m³/日が供給されている。また、浅層地下水の利用状況を平成 2年の聞き取り調査を基に推計すると、浅井戸は約 2,600本であり(表3・3-1)、家庭水道用、農業用、養魚用、酪農用等に利用されている。これらの地下水は、現在、塩水の影響をほとんど受けていない。

表3・3-1 高須輪中の浅井戸利用状況

用 途	井 戸 本 数
家庭用水道用	2,210
農 業 用	279
養 魚 用	40
酪 農 用	54
計	約 2,600

平成2年の聞き取り調査による

高須輪中における農業用水は、3,100haの灌漑面積を有する長良川用水により、長良川の29.5kmの勝賀取水口から最大3.73m³/s、25.1kmの新大江取水口から最大6.4 m³/sが取水されている。なお、このうち約760haの灌漑面積に対しては、揖斐川25.0kmの中江取水口からも最大2.47m³/sが取水され補給されている。

これらの農業用水は、現在、塩水の影響を受けることなく、いつでも自由に水利権の範囲内で取水することが可能である。

② 農業

高須輪中の作付延面積は、平成元年で3,300haであり、この内水稲が62%、麦類が14%、野菜が11%、豆類が3%、その他が10%となっている。

現在のところ、高須輪中においては、農業共済による農作物の塩害の報告はない。

3) 木曾川左岸、揖斐川右岸

木曾川左岸の木曾岬町、弥富町、立田村及び揖斐川右岸の桑名市、多度町で水稲塩害が、また、立田村で蓮根の塩害が報告されている。

木曾岬町では、昭和20年代から30年代にかけて町全体（当時は木曾岬村）に塩害がみられ、堤防から200~300mの水田はほぼ全体に塩害が生じていた他、木曾川から1km程度離れた中央部でも塩害が散見された。また、桑名市でも揖斐川沿川の11km付近まで塩害が発生していた。

このため、長島輪中と同様に木曾川左岸では木曾川総合用水からの取水に切替え、揖斐川右岸では溜池がかりや揖斐川右支川牧田川の中里ダム等を水源とする三重用水からの取水に切替えるとともに、用排水整備事業等の土地改良事業が進められている。

これらの対策にもかかわらず、現在（平成元年）でも、木曾岬町、立田村、桑名市では水稲塩害の発生が報告されている。

また、立田村における蓮根の塩害は、昭和56年から報告され、被害面積は増加している。

4) 北伊勢工業用水

北伊勢工業用水は、四日市市を中心とした約60社、約70工場に給水しており、長良川からは最大2.951 m³/sを12km地点の第一取水口、または17.7km地点の第二取水口より取水している。

工業用水の水質としてCl⁻濃度は低い濃度が必要とされている（表3・3-2）。このため北伊勢工業用水のCl⁻濃度は、20mg/l以下の時取水するように管理されている。

昭和37年に設置された下流の第一取水口は、設置後間もなく塩水の影響を受けたため、昭和40年には第二取水口が設置され、第一取水口の塩分濃度が高い場合は第二取水口より取水している。しかしながら、近年の地盤沈下、河床変動等による塩水遡上距離の増加に伴い、第二取水口でも塩分濃度の増加により取水できない日も多くなっており、関係利水者より改善要望が出されている。

〔参考文献〕

1. 「流れの研究」 嶋祐之 技報堂 昭和50年4月
2. 木曾川農業水利誌（農業土木学会編）

表3-3-2 工業用水要望標準水質

業 種 (産業分類別)	用 途 別	濁 度 (ppm)	p H (-logH)	総硬度 CaCO ₃ (ppm)	硬 度 CaCO ₃ (ppm)	蒸 発 残 留 物 (ppm)	塩 素 イ ン C l ⁻ (ppm)	鉄 Fe (ppm)	マ ン ガ ン Mn (ppm)
食 料 品 製 造 業	冷 洗 却 用	10	7	35	60	75	30	0.1	0.1
	原 料 ラ ー	5	7	35	50	80	20	0.1	0.1
	水 イ 潤 整	1	7	60	60	80	20	0.1	0.1
織 維 工 業 (染 色 整 理 を 除 く の 織 維 業)	冷 洗 却 用	20	7	60	50	200	30	0.1	0.1
	原 料 ラ ー	20	7	50	50	200	20	0.1	0.1
	水 イ 潤 整	20	7	60	60	150	20	0.1	0.1
染 色 整 理 業	冷 洗 却 用	20	7	50	50	100	100	0.1	0.1
	原 料 ラ ー	1	7	50	100	50	20	0.05	0.05
	水 イ 潤 整	1	7	50	10	50	10	0.01	0.01
大 家 具、木 製 品 製 造 業	冷 洗 却 用	20	7	60	50	200	30	0.1	0.1
	原 料 ラ ー	20	7	50	50	200	20	0.1	0.1
	水 イ 潤 整	20	7	60	60	150	20	0.1	0.1
バ ル プ、紙、紙 加 工 品 製 造 業	冷 洗 却 用	10	7.5	60	100	150	30	0.05	0.02
	原 料 ラ ー	5	7.5	30	30	100	10	0.05	0.02
	水 イ 潤 整	5	7	50	80	80	30	0.05	0.02
出 版・印 刷、同 関 連 産 業	冷 洗 却 用	20	7	60	50	200	30	0.1	0.1
	原 料 ラ ー	20	7	50	50	200	20	0.1	0.1
	水 イ 潤 整	20	7	60	60	150	20	0.1	0.1
化 学 工 業	冷 洗 却 用	20	7	50	50	200	80	0.1	0.05
	原 料 ラ ー	10	7	50	50	80	20	0.1	0.05
	水 イ 潤 整	10	7	40	40	70	10	0.1	0.05
石 油 製 品、石 炭 製 品 製 造 業	冷 洗 却 用	30	7	40	50	200	10	0.1	0.05
	原 料 ラ ー	6	7	40	50	200	5	0.05	0.01
	水 イ 潤 整	6	7	40	50	150	5	0.05	0.01
ゴ ム 製 品 製 造 業 な め し か わ 同 製 品 毛 皮 製 造 業	冷 洗 却 用	20	7	60	50	200	30	0.1	0.1
	原 料 ラ ー	20	7	50	50	200	20	0.1	0.1
	水 イ 潤 整	20	7	60	60	150	20	0.1	0.1
窯 業、土 石 製 品 製 造 業	冷 洗 却 用	15	7	100	70	200	30	0.1	0.1
	原 料 ラ ー	15	7	20	40	80	20	0.1	0.1
	水 イ 潤 整	10	7	30	30	50	10	0.1	0.1
鉄 鋼 業	冷 洗 却 用	30	7	100	200	300	100	-	-
	原 料 ラ ー	30	7	100	200	300	100	-	-
	水 イ 潤 整	20	7	100	100	200	50	-	-
非 鉄 金 属 製 品 製 造 業	冷 洗 却 用	20	7	40	60	300	20	0.1	0.1
	原 料 ラ ー	16	7	40	50	300	10	0.1	0.1
	水 イ 潤 整	20	7	40	60	200	10	0.1	0.1
一 般 機 械 器 具 製 造 業 電 気 輸 送 機 械 器 具 製 造 業 精 密 機 械 器 具 製 造 業	冷 洗 却 用	20	7	40	60	300	20	0.1	0.1
	原 料 ラ ー	20	7	40	50	300	10	0.1	0.1
	水 イ 潤 整	20	7	40	60	200	10	0.1	0.1

資料：日本工業用水協会「水質基準制定委員会」資料による。

第4章 長良川の河道浚渫による塩水の影響の予測

1. 長良川下流部の浚渫計画

長良川では下流部の洪水疎通能力を増大するため、河口から 30km までの河道を、平成元年度以降約1,500 万 m^3 浚渫することとしている（図3・4-1）。

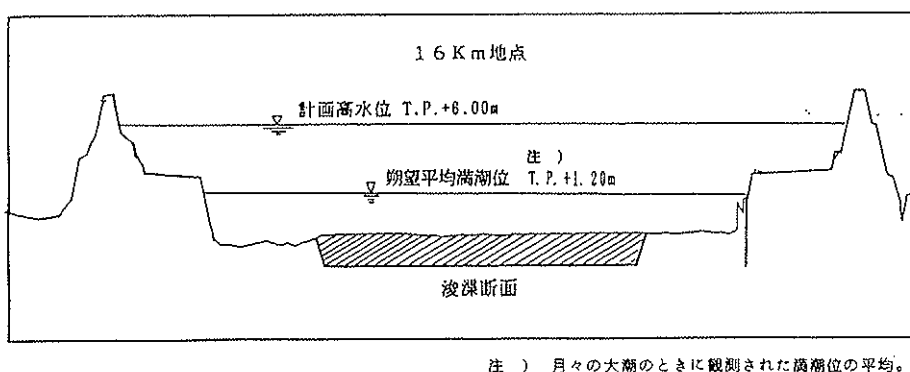


図3・4-1 長良川下流部における浚渫計画

2. 長良川の塩水遡上の予測

1) 基本条件

長良川下流部における塩水遡上の形態は、前述したように、平常流量時の場合、小潮時は弱混合（塩水楔）、大潮時は強混合、その間は緩混合となっている。ここでは、弱混合及び強混合に注目して検討を行う。なお、塩水の混合形態は潮汐が支配要因になっており、浚渫後も潮汐は変わりがないことからほとんど変化はないと考えられる。

① 弱混合（塩水楔）

弱混合（塩水楔）とは、塩水と淡水の混合がなく、塩水が楔状に淡水の下をくぐって河道内に侵入する形態で、一般に塩水楔と呼ばれている。

解析にあたっては、通常、以下のように扱われている。

- 現象は厳密には非定常であるが、準定常流として取り扱う。
- 最大侵入長は満潮時に生じるので、下層（塩水層）の流速を 0 とする。

c 淡水は河口から海に広がって拡散する。このため、河口付近で淡水層は限界水深（密度差を考慮した内部限界水深）をとるが、この位置は河口（0km）とする。

② 強混合

強混合とは、流れの乱れが強く塩水と淡水が完全に混合し、塩分の等濃度線がほぼ鉛直に近くなり、移流分散現象によって塩分が河道に侵入する形態である。

解析は一次元移流分散方程式によって行う。

2) 基本式

塩水遡上の予測に当っては、一般的に用いられている下記の式を使用した。

① 弱混合

密度の異なる 2種の流体よりなる 2層の流れがあり、各層の深さ、流速、単位幅当たり流量及び密度を h 、 u 、 q 及び ρ とする。ただし、上層の値は添字 1を、下層の値は添字 2を付す（図3・4-2）。

吉川等が用いているように、運動方程式及び連続方程式より、次式を得る*1。

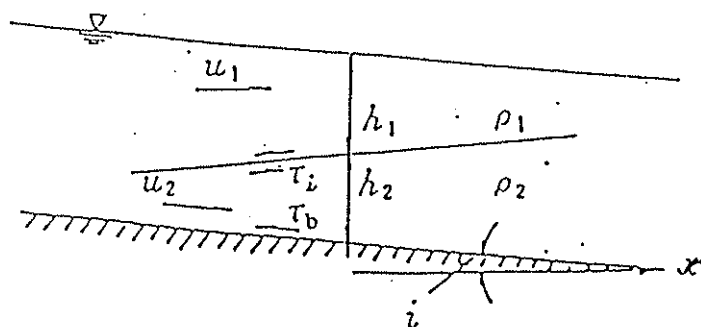


図3・4-2 弱混合時の解析の記号説明

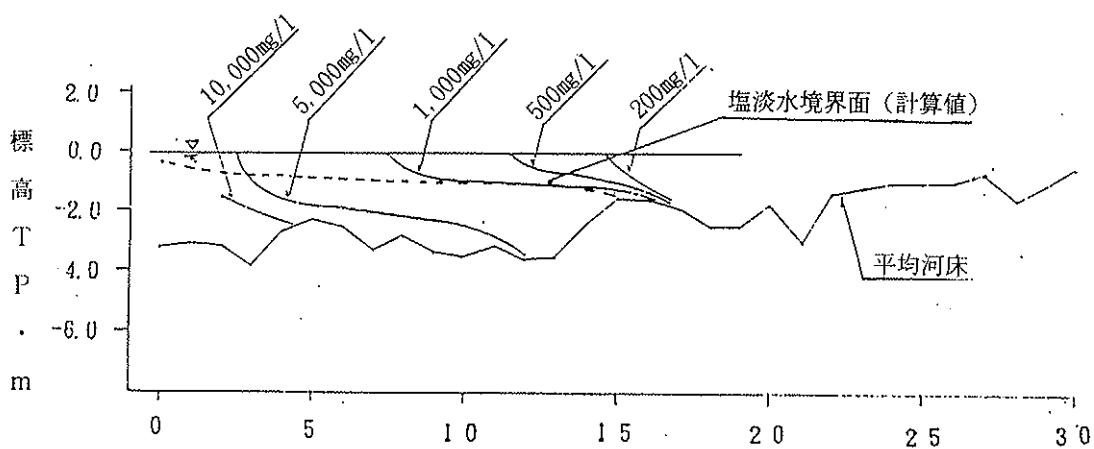


図3・4-3 弱混合時の検証計算結果（平成3年2月8日実測） 距離標 km

$$\frac{\partial h_1}{\partial x} = \frac{1}{\Phi(x)} \left[\left(1 - \frac{u_2 |u_2|}{g h_2}\right) \left(i - \frac{f_i}{2 g h_1} (u_1 - u_2) |u_1 - u_2|\right) - \left(i - \frac{f_b}{2 g h_2} u_2 |u_2| + \frac{f_i}{2 g h_2} (u_1 - u_2) |u_1 - u_2|\right) \right] \quad (1)$$

$$\Phi(x) = \frac{u_1^2}{g h_1} + \frac{u_2^2}{g h_2} - \frac{u_1^2}{g h_1} - \frac{u_2^2}{g h_2} + \varepsilon \quad (2)$$

ここで、 x : 流下方向を正とした距離、 g : 重力加速度、 i : 河床勾配、 f_b : 河床の抵抗係数、 f_i : 境界面の抵抗係数、 ε : $(\rho_2 - \rho_1) / \rho_1$ である。

最大塩水侵入長は満潮時に発生するので、 $u_2 = 0$ とし、河口において淡水深が限界水深をとるとすると、(1)、(2) 式は次の式となる。

$$\frac{d h_1}{d x} = \frac{1}{2} \cdot f_i \cdot \frac{h_1 + h_2}{h_2 (h_1^3 - h_c^3)} h_c^3 \quad (3)$$

$$f_i = \alpha (R_e \cdot F_{ri}^2)^{-\beta} \quad (4)$$

$$h_c = (\sqrt{q_1^2 / \varepsilon g})^{1/3} \quad (5)$$

ここで、 R_e : レイノズル数 ($= q_1 / \nu$)、 q_1 : 単位幅当たり流量、 ν : 動粘性係数、 F_{ri} : 内部フルード数 ($= \sqrt{q_1^2 / \varepsilon g h_1^3}$)、 α 、 β : 定数である。

② 強混合

M. L. Thatcher & D. R. F. Harleman が用いているように、連続方程式、運動量方程式及び塩分保存方程式を組み合わせる解析を行う*2。

$$B \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + u \frac{\partial Q}{\partial x} + Q \frac{\partial u}{\partial x} + g A \frac{\partial y}{\partial x} + g \frac{Q |Q|}{A C^2 R} + g \frac{A d_c}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial A S}{\partial t} + \frac{\partial Q S}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} (E A \frac{\partial S}{\partial x}) \quad (8)$$

ここで、 B : 水面幅、 y : 水位、 t : 時間、 Q : 流量 (上流向きを正)、 x : 水平距離で上流向きを正、 q : 単位長さ当たりの横流入量、 u : 断面平均流速 (上流向きを正)、 g : 重力加速度、 A : 流水断面積、 C : シーザーの流速係数 ($C = R^{1/6} / n$)、 R : 径深 (A / B)、 d_c : 流水断面図形中心までの深さ、 ρ : 流水の密度、 S : 塩分濃度、 E : 移流分散係数である。

$$E = K \frac{\partial (S/S_0)}{\partial (x/L)} + E_0 \quad (9)$$

$$K = \gamma \cdot u_0 \cdot L \cdot E_D^{-1/4} \quad (10)$$

$$E_D = (P_T F_{r1}^2) / (Q_T T) : \text{エスチュアリー数} \quad (11)$$

$$E_0 = 62.9 \cdot n \cdot u \cdot R^{5/6} \quad (12)$$

ここで、 S_0 : 伊勢湾の塩分濃度、 L : 感潮域全長、 u_0 : 上げ潮時の最大流速、 P_T : 1回の上げ潮で河道に入る水量の総量、 F_{r1} : 内部フルード数、 n : マニングの粗度係数である。

3) 定数の設定

① 弱混合

既往の文献*3より、 $\beta = 2/3$ とし、 α をパラメータとして現況の最大塩水侵入長の再現を行った。この結果、 $\alpha = 0.4$ とすると、長良川の弱混合に近い混合形態の観測結果（平成 3年 2月 8日観測）の最大塩水侵入長をほぼ再現できる（図3・4-3）。

② 強混合

(6) ~ (8) 式を差分方程式に書換えて、 γ をパラメータとして塩分濃度分布の再現数値解析を行った。この結果、 $\gamma = 0.0025$ とすれば、長良川の強混合に近い混合形態の観測結果（昭和60年 1月21日観測）をほぼ再現できる（図3・4-4）。

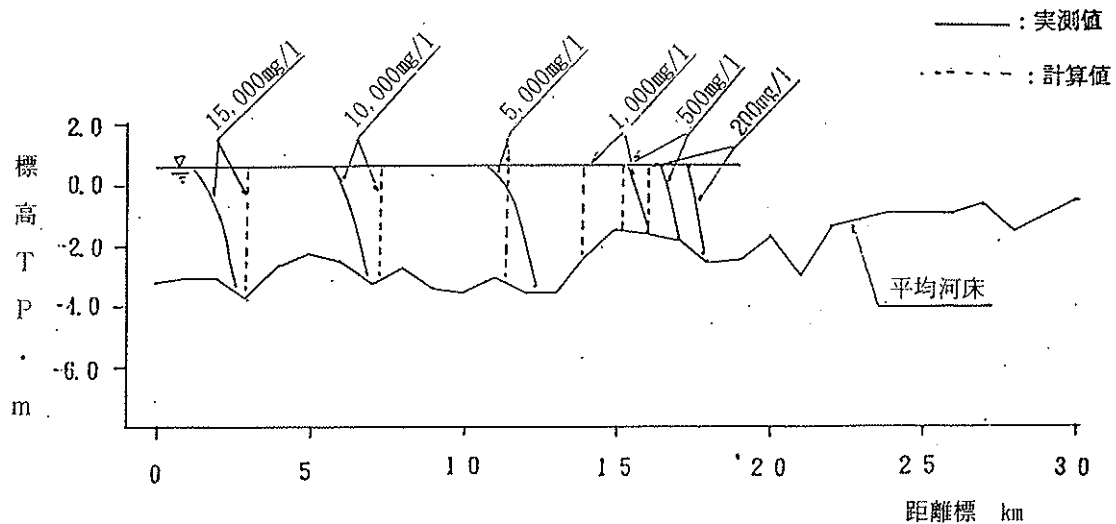


図3・4-4 強混合時の検証計算結果（昭和60年 1月21日実測）

4) 予測結果

① 弱混合

(3) ~ (5) 式及び再現検証により設定した定数を用いて、浚渫後の河道における弱混合時の塩水遡上を解析した。この結果、浚渫を行うと濁水流量相当時には30km付近まで塩水が遡上すると予測される(図3・4-5)。

[計算条件]

河床：浚渫後の計画河床

$$f_i = 0.4 (R_e \cdot F_{r_i}^2)^{-2/3}$$

$Q = 30\text{m}^3/\text{s}$ (濁水流量に相当)

河川水位 = TP. 0. 64m (小潮時の平均満潮位)

$$\epsilon = 0.026$$

塩水遡上距離は、通常の流量の範囲では流量が変化しても大きな変化はなく、濁水流量と豊水流量(130 m^3/s)との遡上距離の差は2km程度である(図3・4-6)。

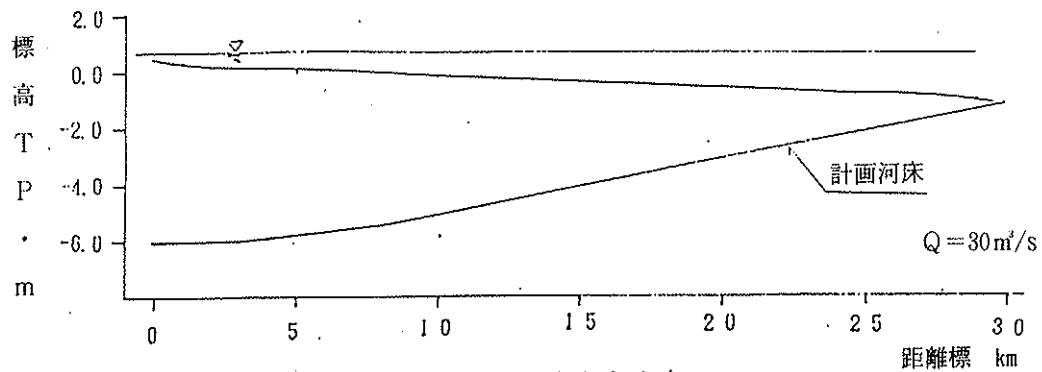


図3・4-5 浚渫後の弱混合時塩水遡上

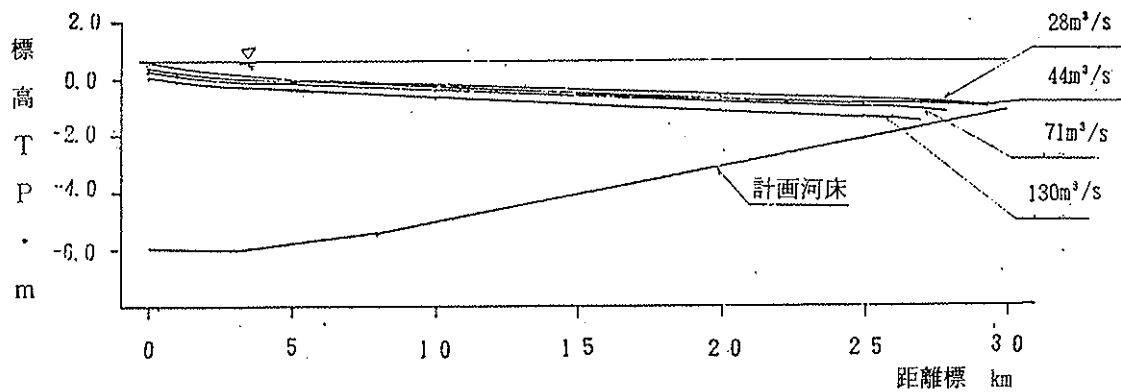


図3・4-6 浚渫後の弱混合時の塩水遡上距離への流量の影響

② 強混合

(6)~(8) 式及び再現検証により設定した定数を用いて、浚渫後の河道における強混合時の塩水遡上を解析した。この結果、浚渫を行うと、塩水遡上は Cl^- 濃度 200mg/l でみた場合、渇水流量相当時には 20km 付近まで遡上すると予測される (図3・4-7)

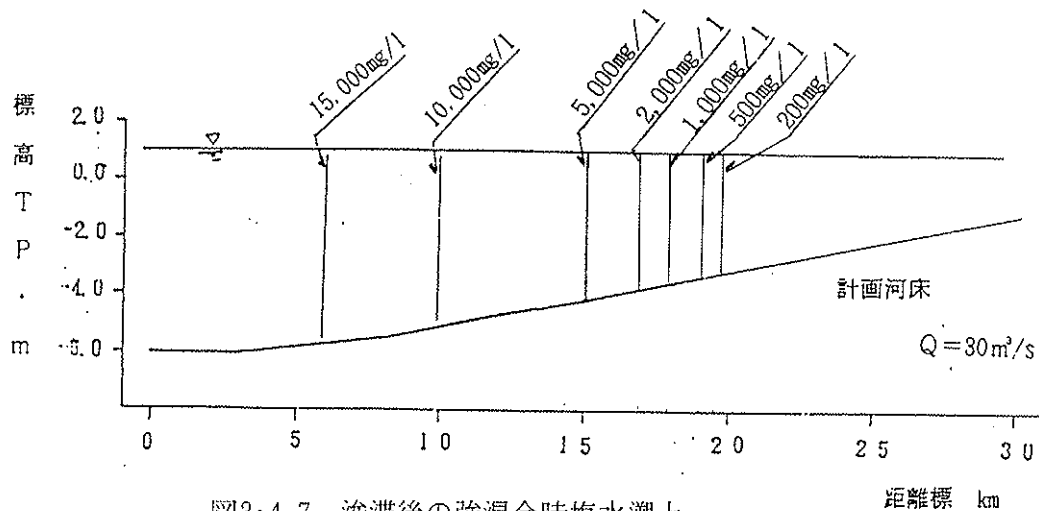


図3・4-7 浚渫後の強混合時塩水遡上

[計算条件]

河床：浚渫後の計画河床

$$K = 0.0025 \cdot u_0 \cdot L \cdot E_D^{-1/4}$$

$Q = 30\text{m}^3/\text{s}$ (渇水流量に相当)

河川水位 = TP. 1.12m ~ TP. -1.08m を周期12時間25分の単弦振動として与える。

河口塩分濃度 = 上げ潮時33,000mg/l

(なお、塩分濃度 (NaCl、 MgCl_2 、KCl 等の混合時の濃度) と Cl^- 濃度の関係は次のとおり。塩分濃度 = $300 + 1.805 \times \text{Cl}^-$ 濃度)

③ 浚渫後の長良川河川水の平均 Cl^- 濃度

河川内の Cl^- 濃度は潮汐、流量によって日々刻々変化している。このため、浚渫後の長良川での平常時の流量における年間の平均的な塩分濃度を、前述の2つの混合形態における塩水遡上の予測結果を基に、統計学的手法により推定した。

推定は水深方向に平均した値と水面から8割の水深の位置での値との2つのケースについて行った。なお、8割水深での値を算定したのは、塩水の堤内地地下水への浸透は平均幅300m程度の幅広い河床の全域から進んでいくこと及び河岸よ

り浸透する河川表層からの浸透水は堤内地に設置されている承水路、排水路により排水されることから、河床に近い位置でのCl⁻濃度が大きなウエートを占めるためである。

ここで用いた統計学的手法は次の考え方による。

浚渫後の河川内のCl⁻濃度は潮汐（1日の間で変化する干満及び月単位で変化する大潮、小潮）と流量の状況により変化する。

潮汐の変化は月、太陽及び地球の位置関係によって起こり、流量の変化は主に流域の降水等によって起こっており、両者の変化の要因は全く異なるため独立した事象として扱うことができる。このため、潮汐と流量が組合わさった事象の起こる確率は潮汐の確率と流量の確率の積で求められる。従って、年間を平均したCl⁻濃度は、統計学上はCl⁻濃度の期待値として求めることができる。

潮汐、流量の段階区分毎の確率は表3・4-1 のとおりである。

表・3・4-1 潮汐、流量の段階区分毎の確率

潮	潮位	確率	流況	流量 m ³ /s	代表日数	確率
大潮	2 / 3	0.195	濁水流量	28	50	0.14
	平均	0.110	低水流量	44	85	0.23
	- 2 / 3	0.195	平水流量	71	90	0.25
小潮	2 / 3	0.195	豊水流量	130	75	0.20
	平均	0.110	35日流量	252	41	0.11
	- 2 / 3	0.195	500 m ³ /s	500	24	0.07

この結果、何ら対策を行わずに長良川下流部の浚渫を行った場合、年間を通しての長良川の河川水の平均Cl⁻濃度の水深方向に平均した値は15km付近で約5,600mg/l、20km付近で約4,100mg/l、25km付近で約2,000mg/l程度となる（表3・4-2）。

また、同様の手法で、平常時の流量における8割水深の位置のCl⁻濃度を求めると15km付近で約11,000 mg/l、20km付近で約10,000mg/l、25km付近で約6,000 mg/l程度となる（表3・4-3）。

表3・4-2

浚渫後の平均Cl⁻濃度の予測
(水深方向の平均)

河口からの距離 km	濃 度 mg / l
15 km 付近	5,600
20 km 付近	4,100
25 km 付近	2,000

表3・4-3

浚渫後の平均Cl⁻濃度の予測
(水面から8割水深の位置)

河口からの距離 km	濃 度 mg / l
15km付近	11,000
20km付近	10,000
25km付近	6,000

3. 高須輪中の地下水の塩水化予測

地下水の塩水化の予測手法には、既に地下水が塩水化している長島輪中における河川水と地下水のCl⁻濃度の相関関係から予測する手法と、移流分散方程式を数値解析する手法がある。

ここでは、高須輪中の地下水流動を考慮して、地下水が塩水化する範囲を判定した上で、上記の2つの手法による検討を行い、何ら対策をしないで浚渫を行った場合の高須輪中の地下水塩水化の予測を行う。

1) 地下水が塩水化する範囲

高須輪中における地下水面の観測結果によれば、高須輪中の地下水面は、25km付近から下流では長良川の平常時の水位より低い。このため、この地域では、長良川から地下水が涵養される(図3・4-8)。

したがって、長良川の河川水が塩水化すれば、前述したように高須輪中の地下水流動は大江川に向かっているため、25kmから下流でかつ大江川より東の約1,600haの地域の地下水が塩水化することとなる。

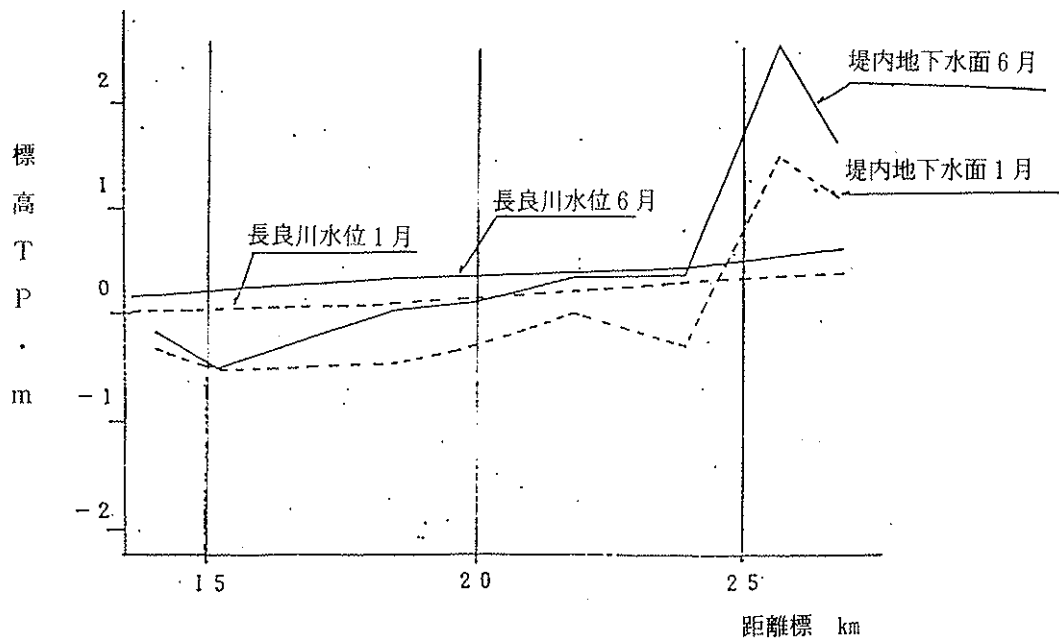


図3・4-8 長良川水位と高須輪中地下水面の関係

2) 河川水、地下水のCl⁻ 濃度相関による予測

① 長良川下流部の河川水、地下水、土壌のCl⁻ 濃度観測結果

最近の観測結果によれば、長良川下流部では平常時の流量における8割水深の位置（以下底層という）の河川水Cl⁻ 濃度は、図3・4-9のとおりである。

また、長良川下流部における地下水のCl⁻ 濃度と、河川水Cl⁻ 濃度との関係は図3・4-10のとおりである。

さらに、長良川下流部における土壌のCl⁻ 濃度と、地下水Cl⁻ 濃度との関係は図3・4-11のとおりである。