

長良川浚渫後の「塩害」予測 の検証

在間 正史

元長良川河口堰建設差止訴訟弁護団

(1) 月齢と弱混合(塩水楔)、強混合の関係

長良川の渇水時期における流量がほぼ一定のときの塩水楔の形態
 嶋祐之「長良川における塩水楔の消長」土木学会年次学術講演会1964、林泰造『鑑定書』1977

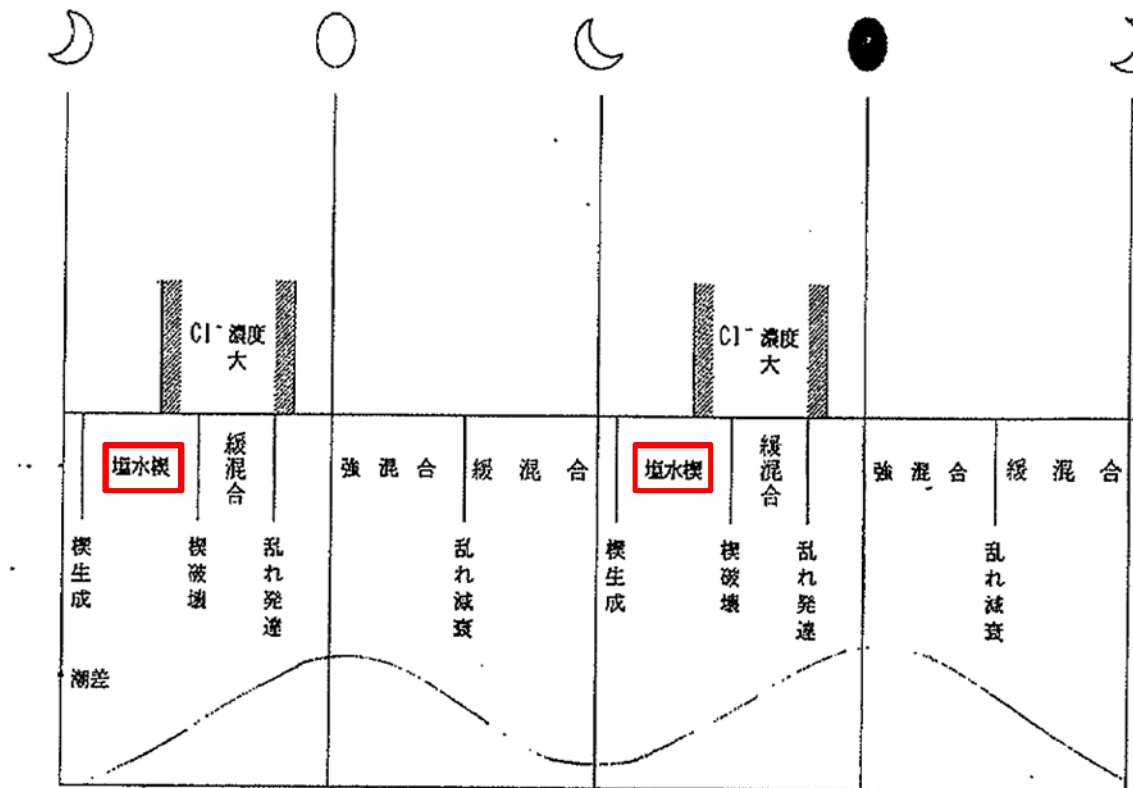
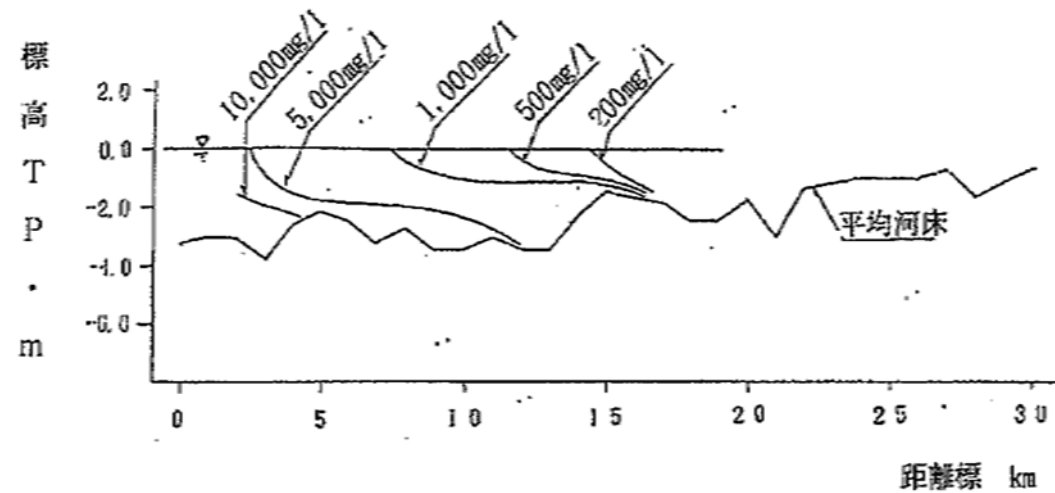


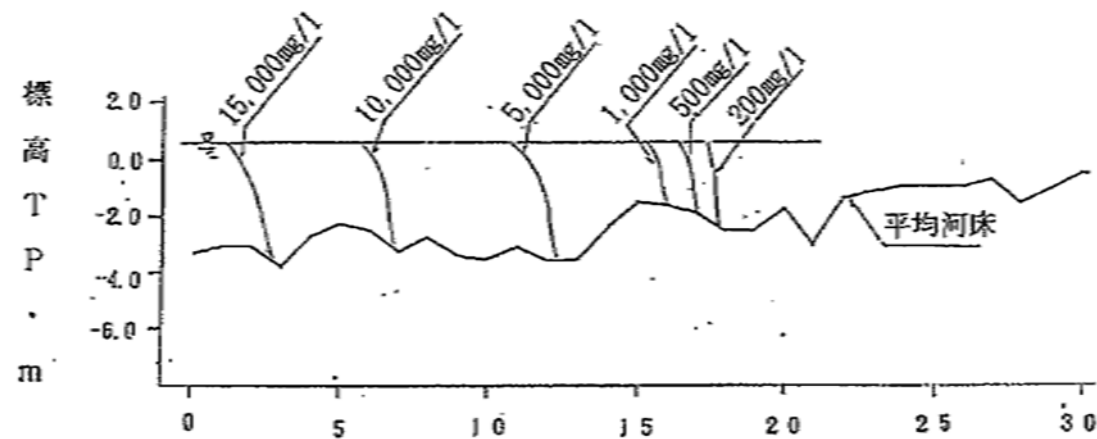
図3・3-1 月齢的に見た楔の消長と北伊勢工水第一取水点における塩素イオン濃度
 嶋祐之「流れの研究」より

(2) 長良川における塩水の混合形態

弱混合時
1991.2.8



強混合時
1985.1.25



(3) 弱混合時 塩水遡上距離の予測

『長良川河口堰に関する技術報告』建設省・水資源開発公団 平成4年4月

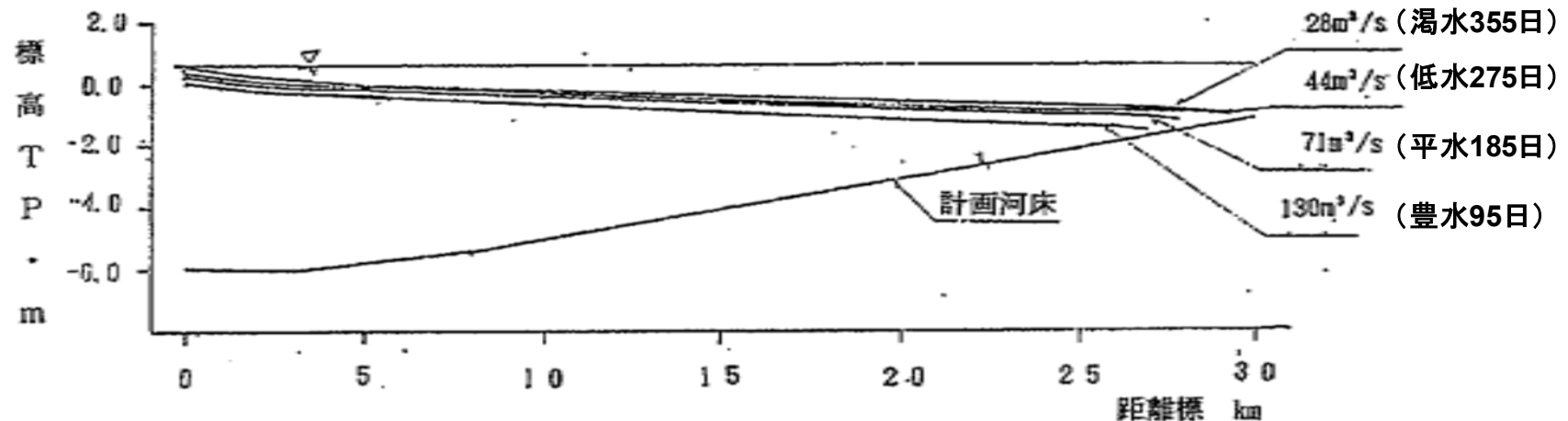


図3-4-6 浚渫後の弱混合時の塩水遡上距離への流量の影響

流量、河床 以外の計算条件

境界面の抵抗係数 f_i

$$f_i = \alpha \cdot \psi^{-\beta} = \alpha (Re \cdot Fri^2)^{-\beta}$$

Re : レイノルズ数 Fri : 内部フルード数 α : 常数 β : べき数

$$\alpha = 0.4 \quad \beta = 2/3$$

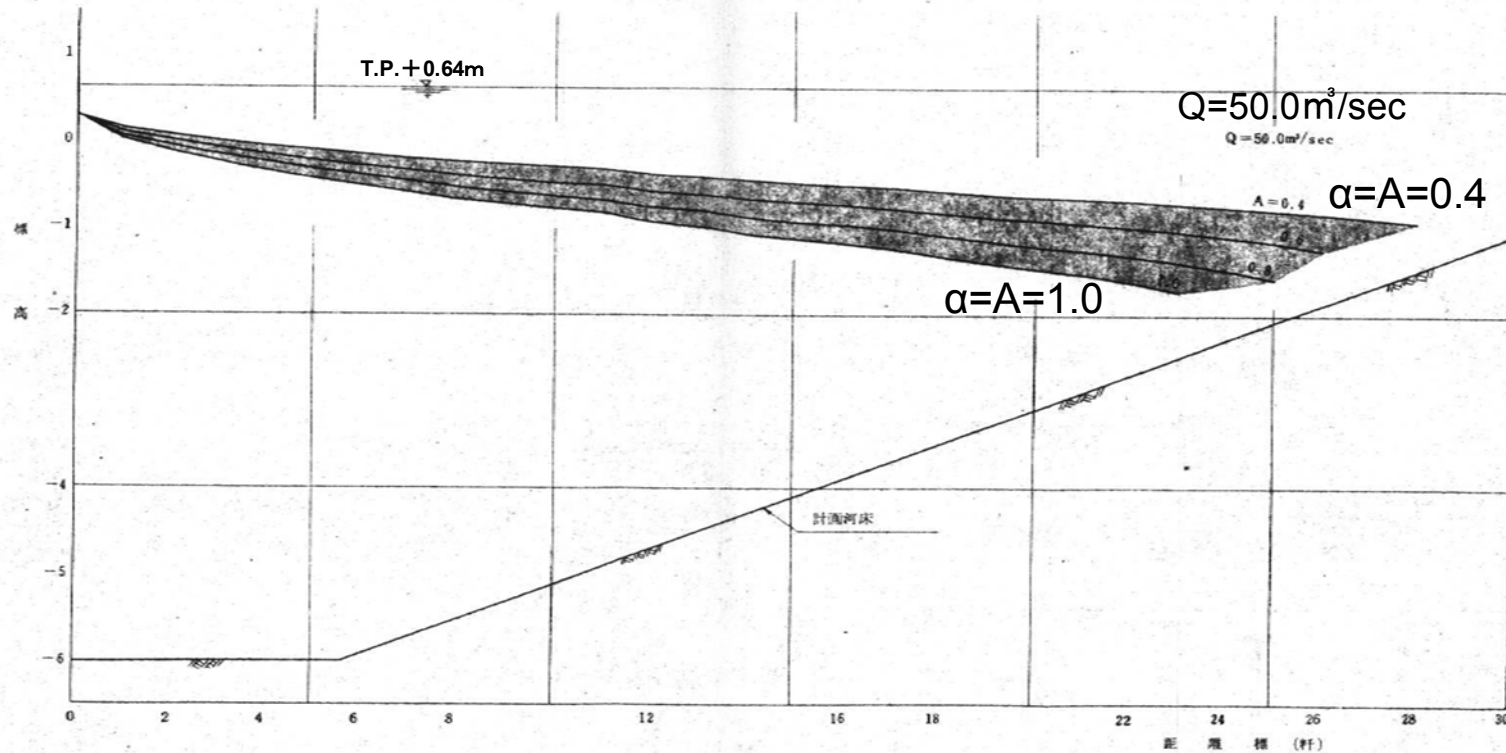
河川水位 TP. 0.64m

$$\varepsilon = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_1 = 0.026 \quad \rho : \text{密度、1は上層、2は下層}$$

※密度は、海水(塩分濃度33ppt)は1.026mg/L、淡水は1mg/L。

『長良川河道しゅんせつ後の塩水侵入について』

水資源開発公団 昭和49年5月



流量、河床 以外の計算条件

境界面の抵抗係数 $f_i = \alpha (Re \cdot Fri^2)^{-\beta}$ における α 、 β

$$\alpha = 0.4 \sim 1.0 \quad \beta = 2/3$$

河川水位 TP. 0.64m

$$\varepsilon = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_1 = 0.026$$

1は上層、2は下層

建設省・水公団 技術報告 H4 水公団 説明文書 S49 の比較 (技術報告の予測の問題点①)

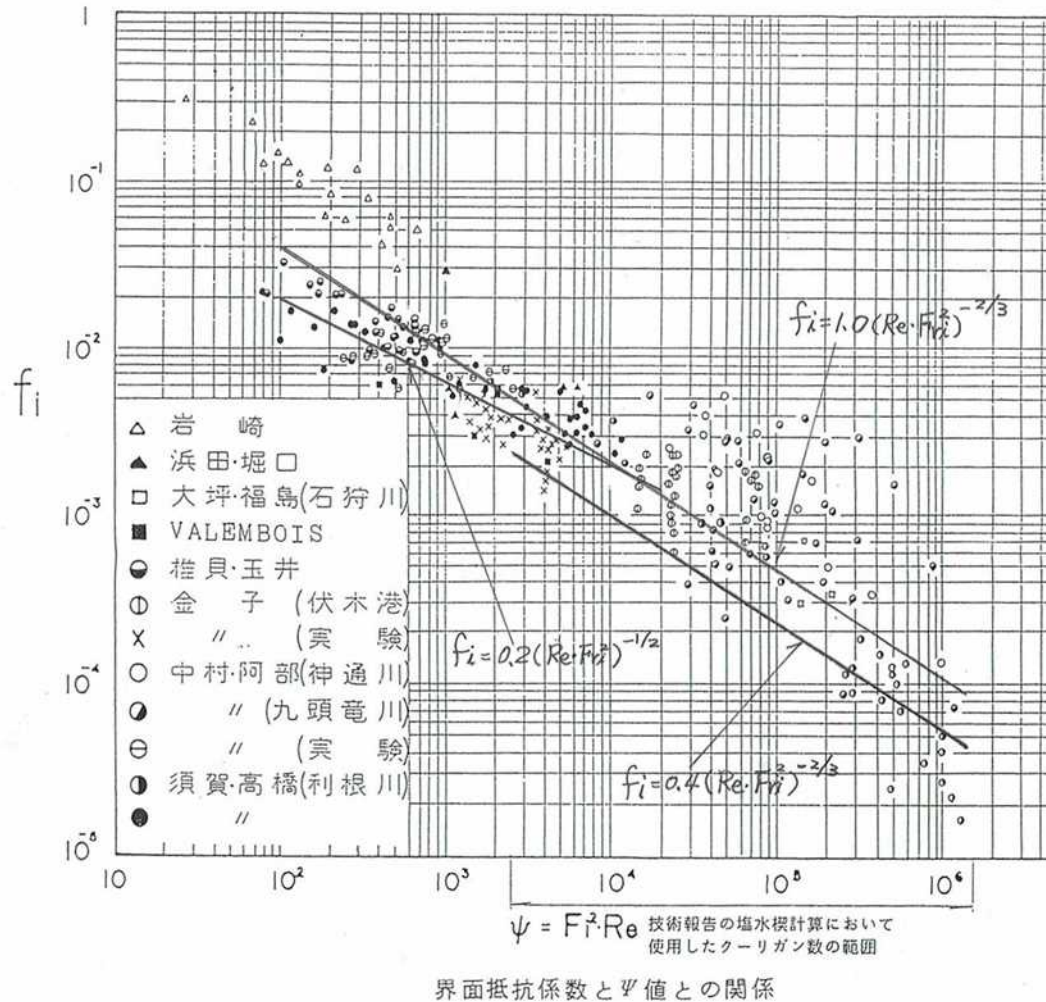
文書名	水公団 説明文書		建設省・水公団 技術報告			
	河川水位 TP. m	0.64		0.64		
境界面抵抗係数 f_i の β	2/3		2/3			
境界面抵抗係数 f_i の α	1.0	0.4	0.4			
流況			渇水	低水	平水	豊水
流量 m^3/s	50		28	44	71	130
塩水遡上距離地点 km	23	28	29.5		27.5	27.0

(注) 塩水遡上距離地点について

① 図からの読み取りによる。

② 技術報告の流量 $44m^3/s$ の塩水先端は $28m^3/s$ と重なっていて読み取りができない。
水公団説明文書の同じ計算条件での値(28km地点)を参考とする。

境界面の抵抗係数 f_i と $\psi = Re \cdot Fri^2$ の関係



◆ $\alpha = 1.0$ は点群の中央を
 通っている。

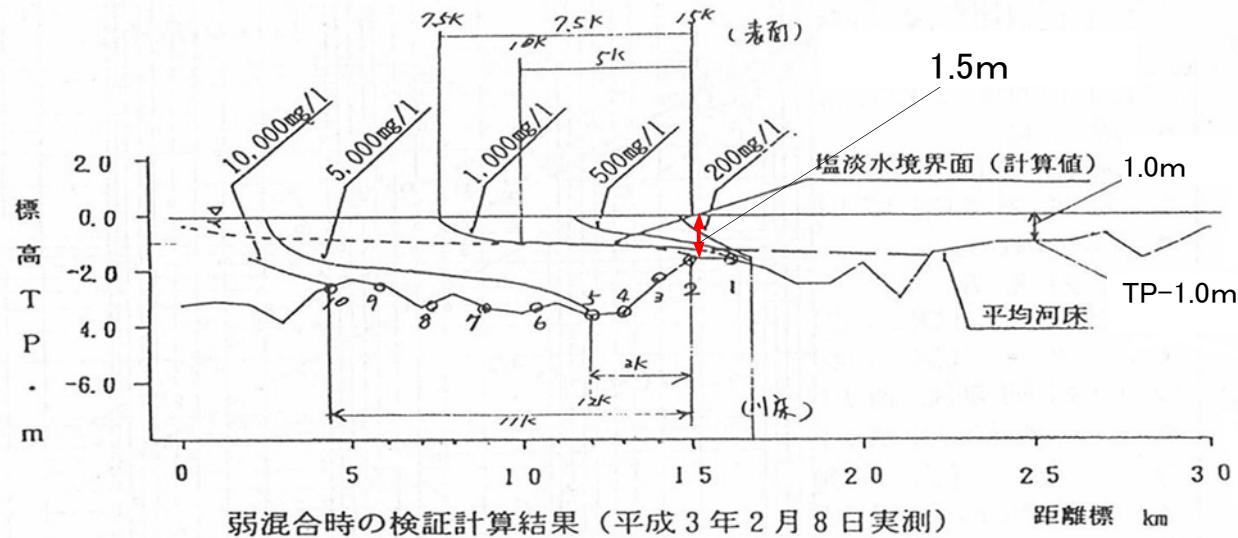
◆ $\alpha = 0.4$ は点群の下を
 通っている。

参考文献：成層密度流の界面現象に関する水工学的研究報告書
 昭和49年5月 土木学会水理委員会密度流研究小委員会

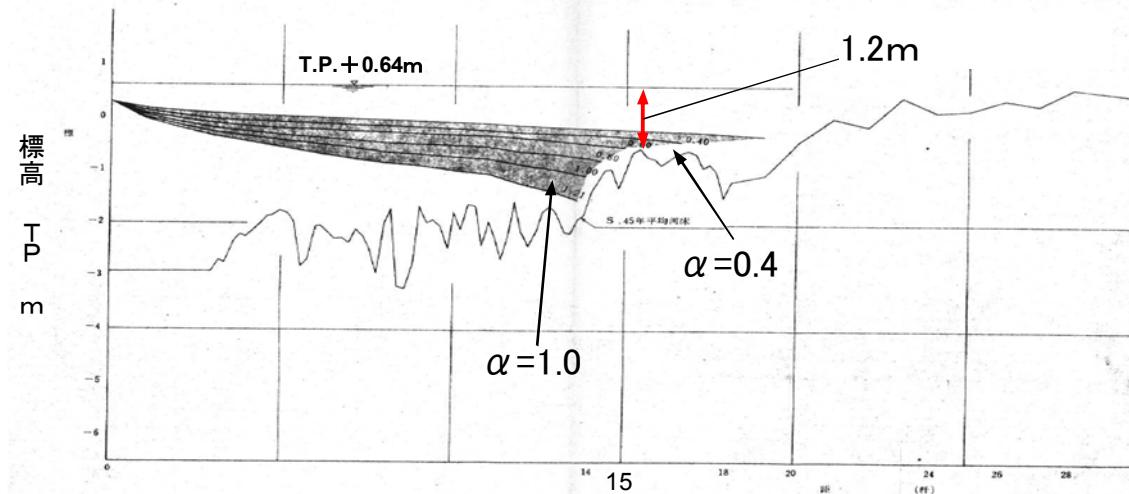
建設省・水資源開発公団『長良川河口堰に関する技術報告』1992附属文書に直線と式を加筆

浚渫前河床での塩水遡上予測結果

技術報告 H3
(H2平均河床)



説明文書 S49
(S45平均河床)



- ◆ 水深(マウンド)は、技術報告は1.5m、説明文書は1.2m (説明文書の河床を0.3m下げる)
- ◆ 河床高は、H2のほうがS45より約1m低い (同じ水位では、H2がより塩水遡上する)

技術報告の予測の問題点 ②

①河川水位TP0.64m（小潮時の平均満潮位との説明）

◆TP0.64mは小潮時の年平均満潮位の最高

※ データ期間: S10~S38(29年間)

◆最低は0.31m、平均は0.52m、2~6月では最高は0.53m

◆1日2回の干満があって潮位は変動している

平均潮位で26km、 $-2/3$ 潮位で24km ($28\text{m}^3/\text{s}$ での塩水遡上距離)

※ 建設省・水資源開発公団『長良川河口堰に関する技術報告』1992附属文書より

②上層淡水、下層塩水(河口塩分濃度)の二層化

◆弱混合時でも、塩水と淡水が明確に分かれているわけではなく、緩混合(中混合)型の形態である。(スライド3、11)

※ 嶋祐之「長良川における塩水楔の消長」土木学会年次学術講演会1964
『流れの研究』1975

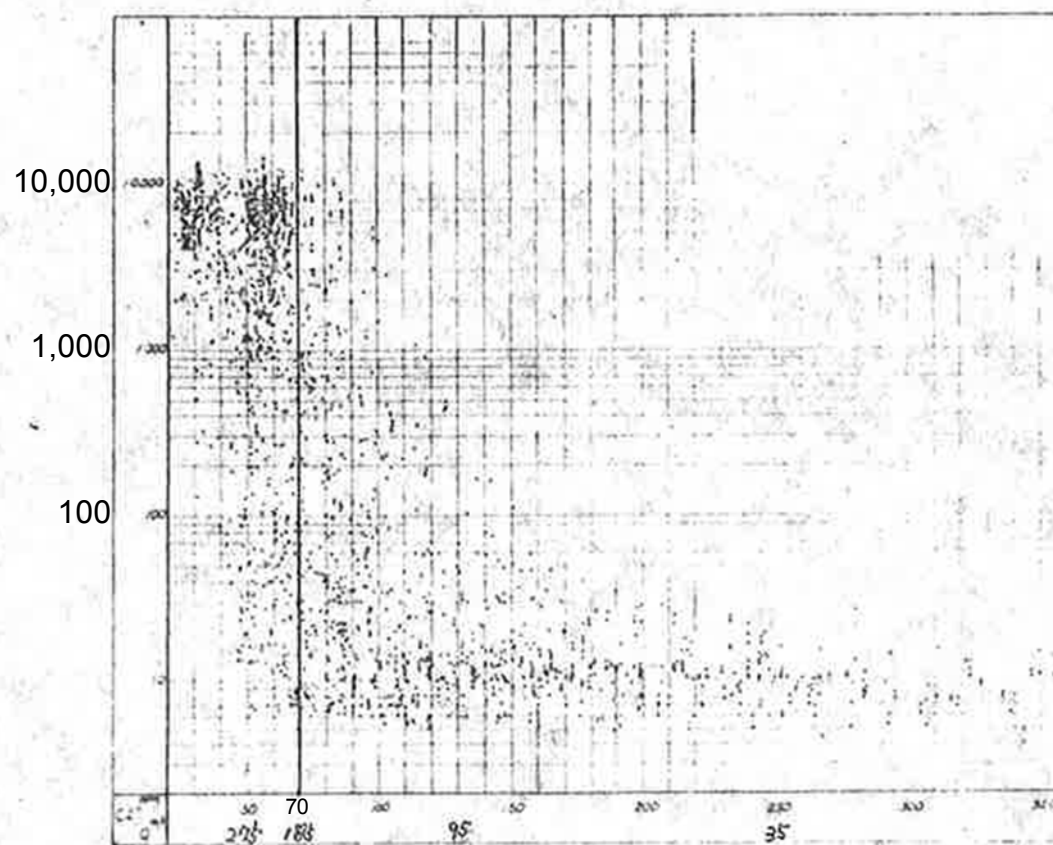
◆塩水遡上先端付近では強混合となっている。(スライド11)

※『長良川河口堰調査報告書(第4巻)平成7年7月』

墨俣流量と伊勢大橋塩化物イオン濃度の関係

河川流量と弱混合出現の関係（技術報告の予測の問題点③）

塩化物イオン濃度
mg/L



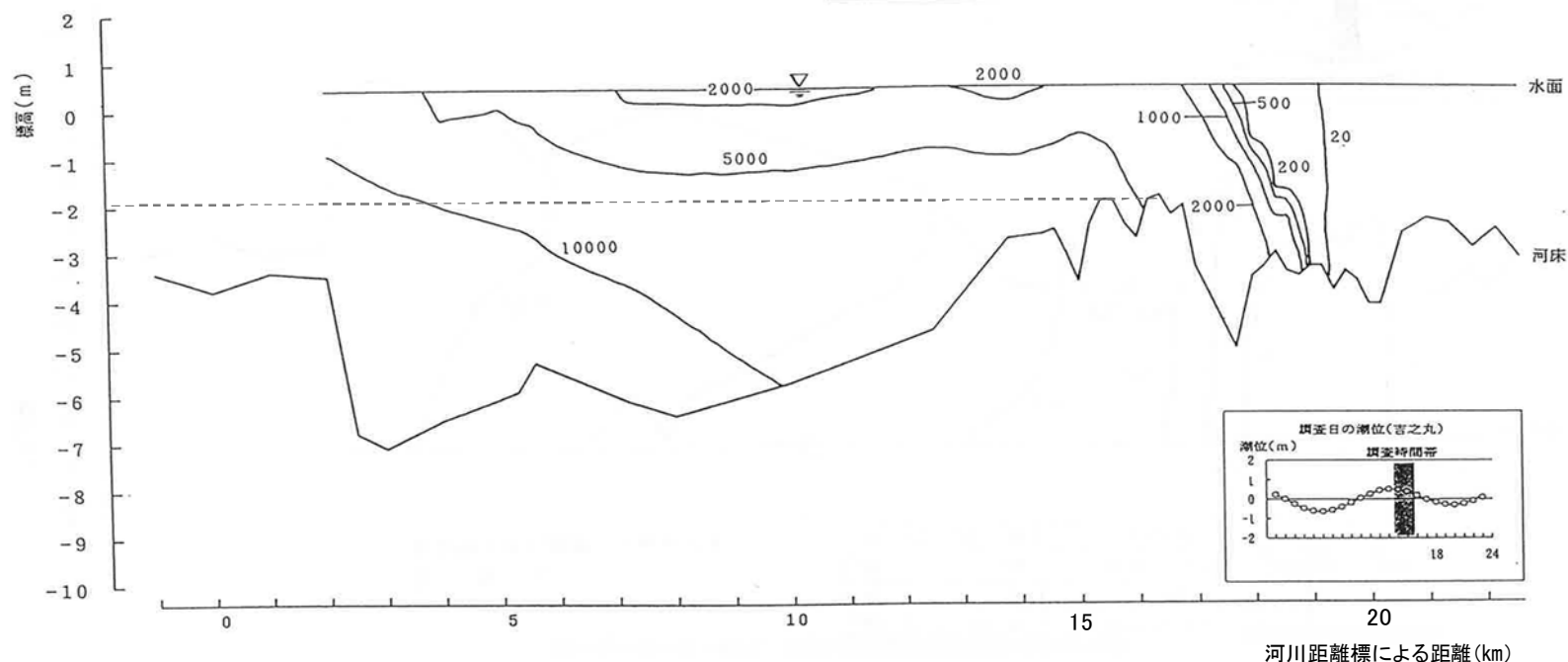
- ◆ 塩化物イオン濃度は、最大で10,000 mg/L程度。
- ◆ 流量が70m³/sを超えると、急激に塩化物イオン濃度が低下する。

流量 m³/s
流況

長良川の弱混合時の塩水遡上実態

技術報告の予測の問題点④

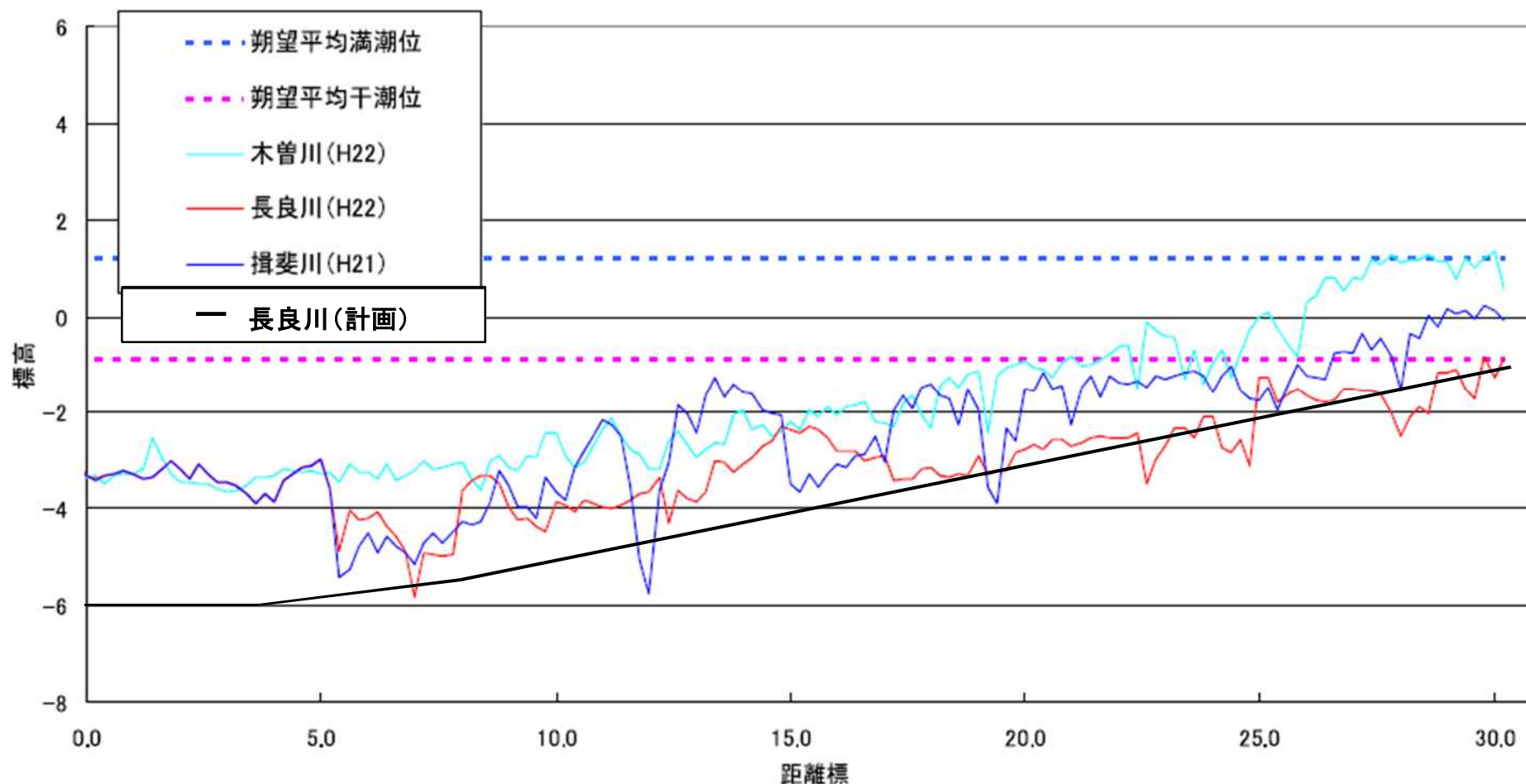
調査年月日	平成6年11月11日
気	
潮	小潮・満潮時
曇 俣 流量	約35m ³ /S



建設省中部地方建設局ほか『長良川河口堰調査報告書(第4巻)平成7年7月』より

塩水は、15km付近のマウンド(TP-1.9m)を越え、強混合となって急激に濃度が低下している。

長良川の河床高(平均) 技術報告の予測の問題点⑤



国土交通省中部地方整備局河川部ほか『長良川河口堰の運用に関する基本的な考え方【説明資料】』平成23年11月に加筆

長良川は、計画河床(技術報告が塩水遡上計算に使用)から堆積が進んでいる。15kmでTP-2.3m(H6はTP-1.9m)、さらに25kmでTP-1.2mのマウンドが形成。

技術報告の塩水遡上予測計算の検証（小括）

- ◆ 計算条件の境界面抵抗係数 f_i の α が0.4と、 f_i と $\psi = Re \cdot F r_i^2$ の関係の観測データ群の下を通っている。データ群と最も整合性のある α は1.0で、塩水遡上距離は0.4の場合よりも約5km短くなる（河川流量 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ で23km地点）。
- ◆ 計算条件の河川水位TP0.64mは小潮時の年平均満潮位の最高値。最低はTP0.31m、平均はTP0.52m、2～6月の最高はTP0.53m。
1日2回の干満があり、潮位は変動している。技術報告による計算でも、塩水遡上予測距離は、河川流量 $28 \text{ m}^3/\text{s}$ では、満潮時は29.5km地点だが、干潮時は約23km地点。
- ◆ 弱混合（塩水楔）は、毎日ではなく、小潮時に続く3～4日間発生する。
- ◆ 弱混合は、河川流量 $60 \sim 70 \text{ m}^3/\text{s}$ （平水流量）を超えると生じなくなる。 $130 \text{ m}^3/\text{s}$ （豊水流量）では生じない。
- ◆ 弱混合時でも、塩水（河口塩分濃度）と淡水が二層化しているわけではなく、水深・縦断方向ともに濃度勾配のある緩混合的形態である。
塩水はマウンド（浚渫前は15km地点付近・TP-1.9m）を越えると強混合となって急激に塩分濃度が低下する。
- ◆ 計算に用いた計画河床から堆積が進んでいる。15km地点でTP-2.3m（浚渫前はTP-1.9m）、25km地点でTP-1.2mのマウンドが形成。

技術報告の塩水遡上予測の検証（まとめ）

- ◆技術報告の約30km～約27km地点まで塩水が遡上する予測（スライド4）は、小潮時の年平均満潮位の最高時の（月齢・日内の限られた時の最大）、観測データ群の下を通っている定数による（遡上距離が長くなる）、2層流計算（上下層の混合を無視）の結果。

実際は、弱混合は、平水流量 $70\text{m}^3/\text{s}$ 以下の小流量時で、緩混合的で、マウンドを越えると急激に塩分濃度が低下する。浚渫後の堆積で、マウンドが形成。（マウンドで塩分濃度が急激に低下し遡上が止まる）

- ◆河川の塩水遡上とかんがい用水による塩害とは別のもの。
- ◆技術報告の予測は、開門をしての実測による検証が必要である（非灌漑期に検証が可能）。

(4) 地下水・土壌の塩水化(耕作障害)の予測

『長良川河口堰に関する技術報告』建設省・水資源開発公団 平成4年4月

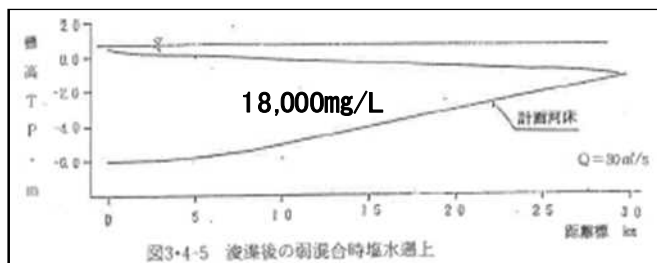
- ① 全流量で強混合・弱混合が出現、弱混合は塩水・淡水の二層として、河川水(河床)の塩分濃度を予測(期待値)
- ② ①の河川水塩分濃度から、河川水と地下水の塩分濃度相関(図)により、地下水塩分濃度を予測
- ③ ②の地下水塩分濃度から、地下水と土壌の塩分濃度相関(図)により、土壌塩分濃度を予測

①

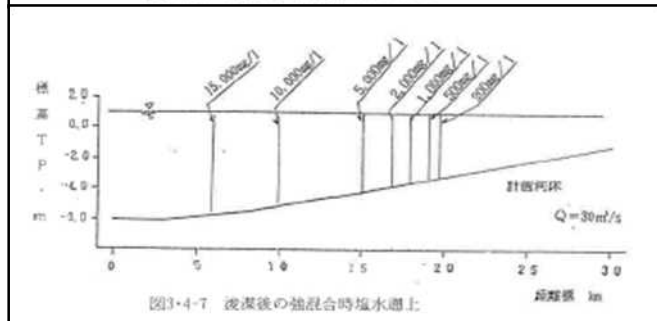
潮汐・流量の区分毎の確率

潮汐			流量			
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	500m ³ /s	500	24	0.07

小潮(弱混合)



大潮(強混合)

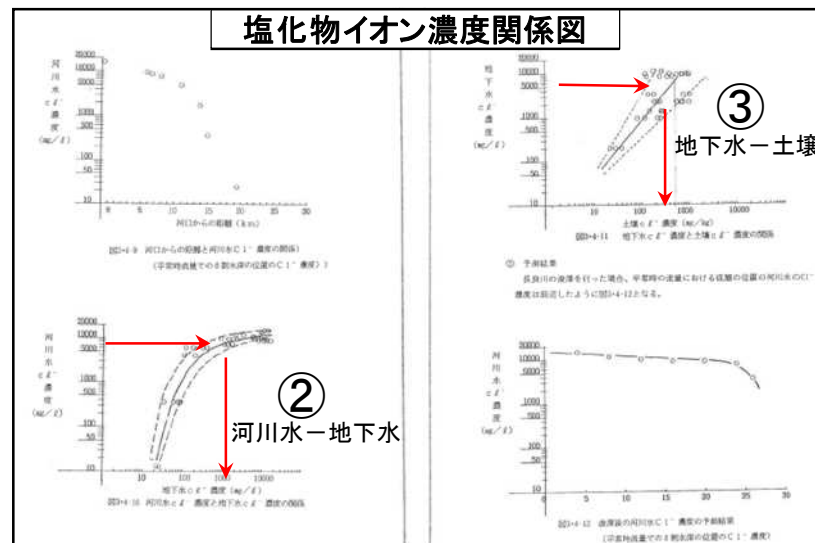


塩分濃度予測結果

河口からの距離	河川水 (mg/L)	地下水 (mg/L)	土壌 (mg/kg)
15km付近	11,000程度	7,000程度 (1,000~10,000)	600程度 (150~2,000)
20km付近	10,000程度	5,000程度 (1,000~7,000)	500程度 (150~1,000)
25km付近	6,000程度	1,000程度 (200~1,500)	150程度 (50~300)

「塩分濃度」とは塩化物イオンの値を示している。

塩化物イオン濃度関係図



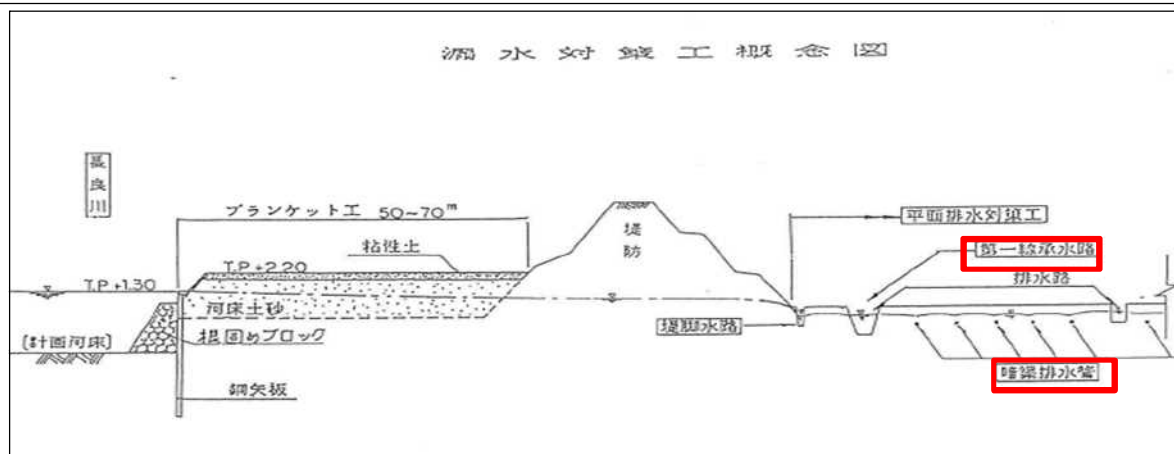
①河川水塩分濃度期待値: [潮・潮位時の流況流量での河床塩分濃度 × 潮汐確率 × 流量確率]を合計

技術報告の地下水・土壌塩水化(耕作障害)の予測の問題点

- ◆ 技術報告の予測は、前提となる河川水(河床)の塩分濃度予測において、①混合形態は強混合・弱混合しかなく、②弱混合の発生は全ての流量でも起こる、③河川水の塩分濃度は上層淡水と下層塩水に二分され塩水は全て塩化物イオン濃度18,000mg/L、としており、長良川の実態(スライド3、10、11)に反している。
⇒ 堤内の地下水・土壌の塩分濃度が過大となっている。
- ◆ 河川水塩分濃度の実態に基づいて、堤内の地下水・土壌の塩分濃度を予測すれば、技術報告と同じ方法によったとしても、耕作障害を起こさない濃度である。
※ 水稻の減収被害は、塩化物イオン濃度600mg/L程度が継続して発生。

高須輪中の漏水対策工による浸透水排水システム

高須輪中では、河口堰の補償工事として、堤内側には、河川からの浸透水を集水して排水する漏水対策工(第一線承水路と地中の暗渠排水管)が設けられている(下図)。
⇒ 仮に塩水が長良川から堤内に浸透してきても、この排水システムで排除されて、表層の耕作層には影響しない。



長良川河口堰建設所『長良川河口堰事業における漏水対策工の効果について』1988年8月より