

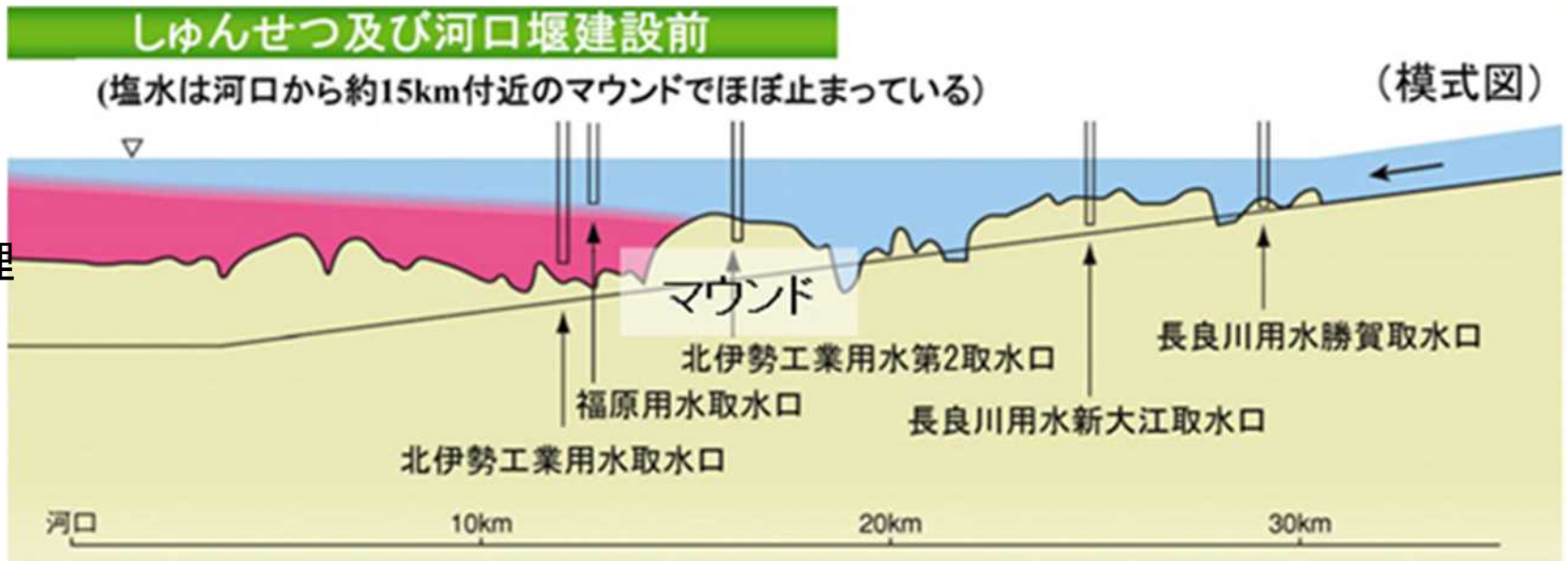
コメント

塩害の論理は何も当てなまらない！！

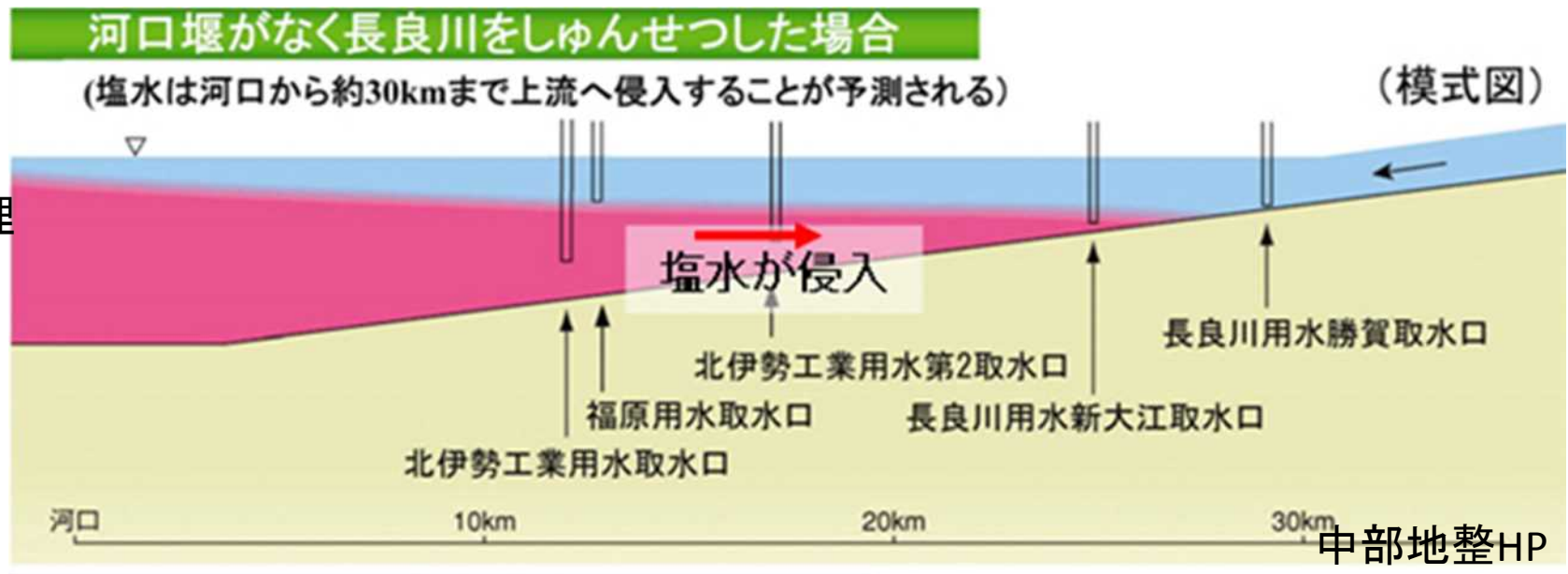
長良川市民学習会 粕谷志郎

河口堰が必要な理由

塩害の論理
1



塩害の論理
2



塩害の論理
=その1=

塩水はマウンドで止まっていたか？

長良川(マウンド有り)

調査年月日	平成6年11月11日
天気	晴
潮汐	小潮・満潮時
墨俣流量	約35m ³ /S

1994年11月11日

小潮・満潮時

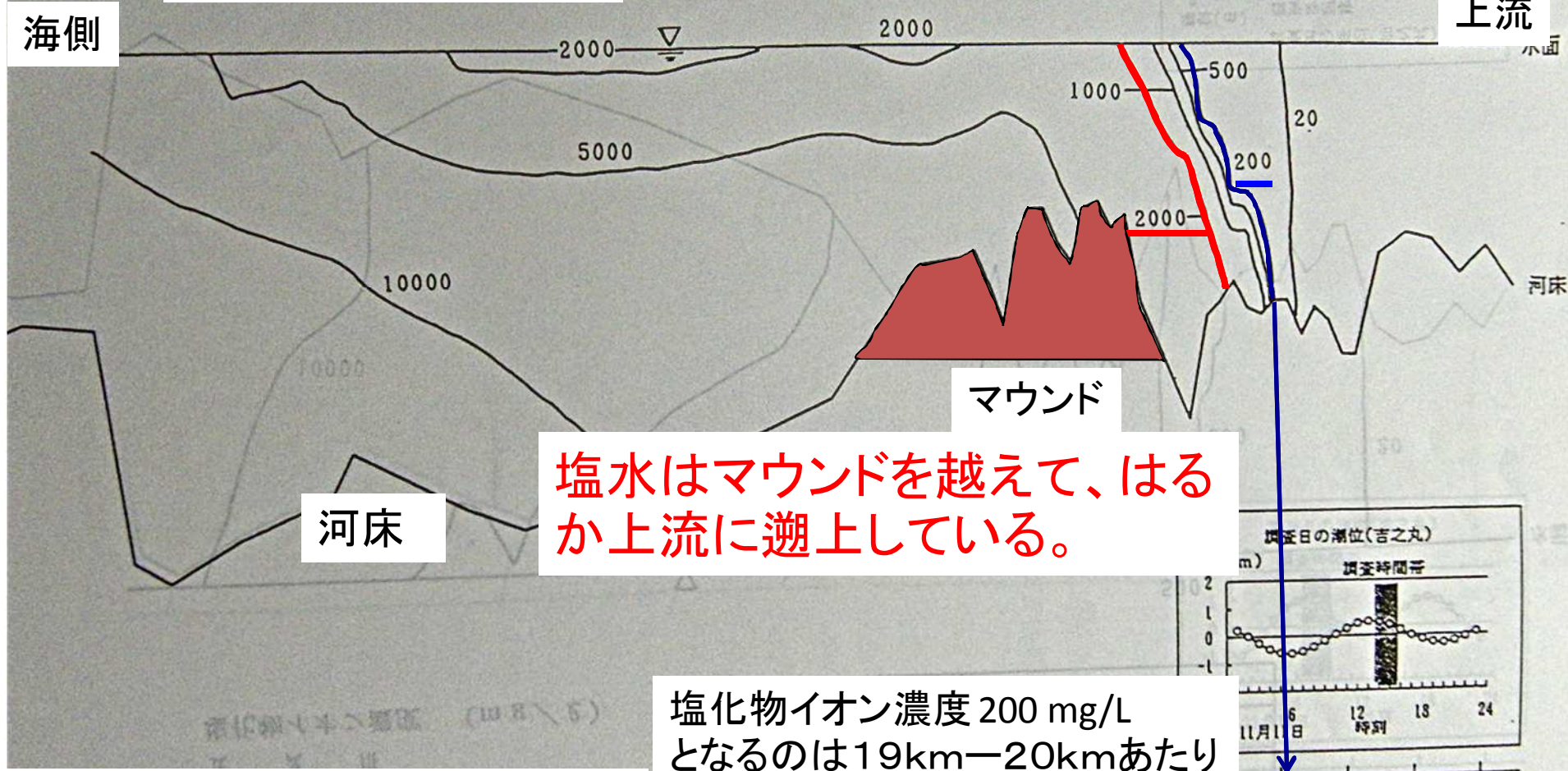
墨俣流量 35 m³/s

長良川
塩化物イオン濃度 (mg/L)

塩化物イオン濃度 (mg/L)

海側

上流

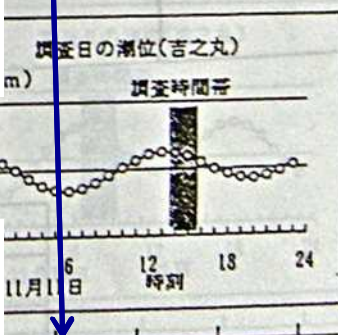


河床

マウンド

塩水はマウンドを越えて、はるか上流に遡上している。

塩化物イオン濃度 200 mg/L
となるのは19km-20kmあたり



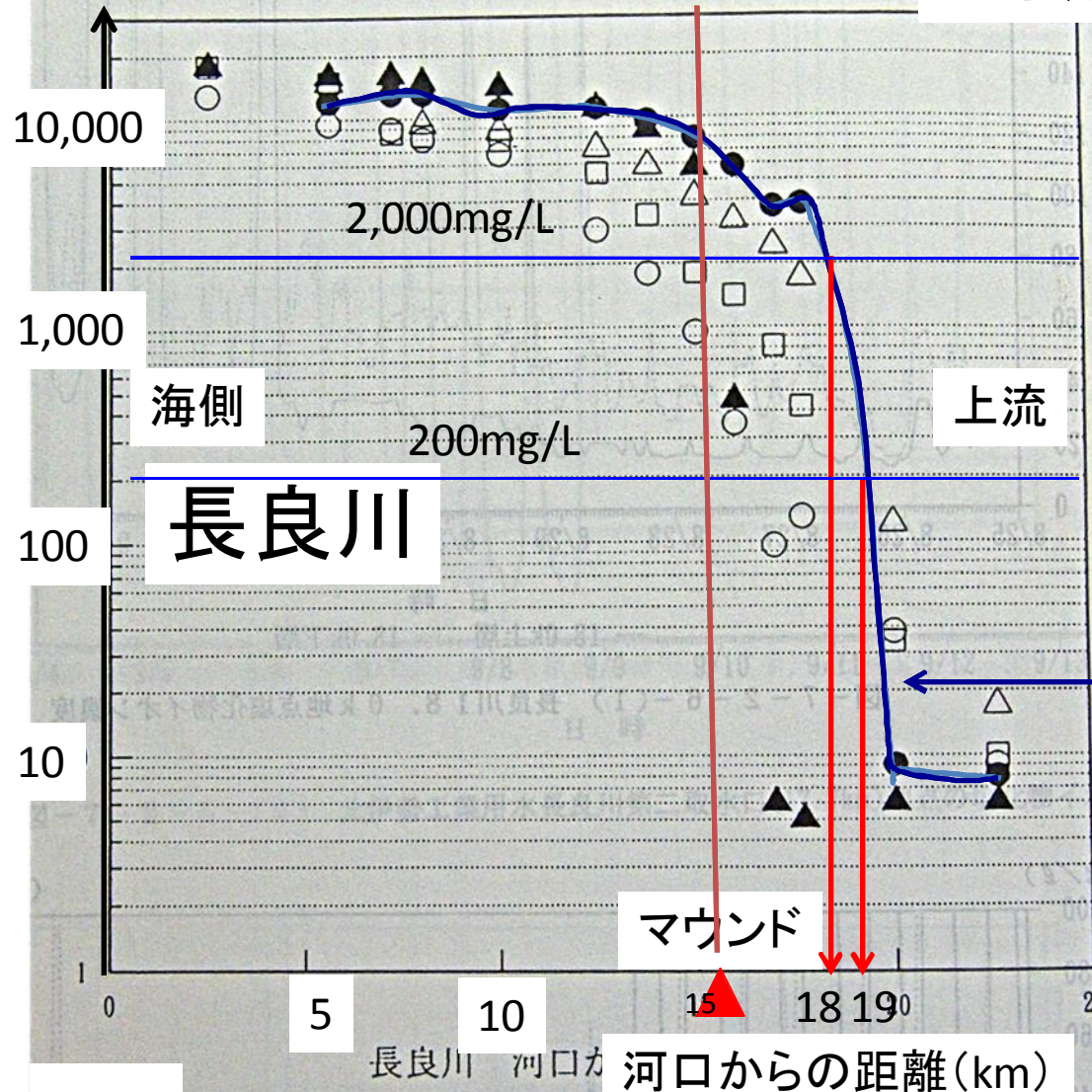
長良川河口堰調査 報告書(第4巻)
7-40

10 15
長良川塩水遡上調査結果 (H6.11.11)

19 20
河口からの距離(km)

塩化物イオン濃度 (mg/L) 8割水深

塩水遡上は19kmあたり



平成6年11月11日
小潮時、墨俣地点流量 約35m³/s

- 凡例
- ：平成6年7月22日 (大潮時、墨俣地点流量 約25m³/s)
 - ：平成6年11月11日 (小潮時、墨俣地点流量 約35m³/s)
 - △：平成6年11月18日 (大潮時、墨俣地点流量 約30m³/s)
 - ：平成7年1月19日 (大潮時、墨俣地点流量 約30m³/s)
 - ▲：平成7年1月26日 (小潮時、墨俣地点流量 約75m³/s)

長良川河口堰調査 報告書(第4巻)
7-50

長良川(マウンド有り)

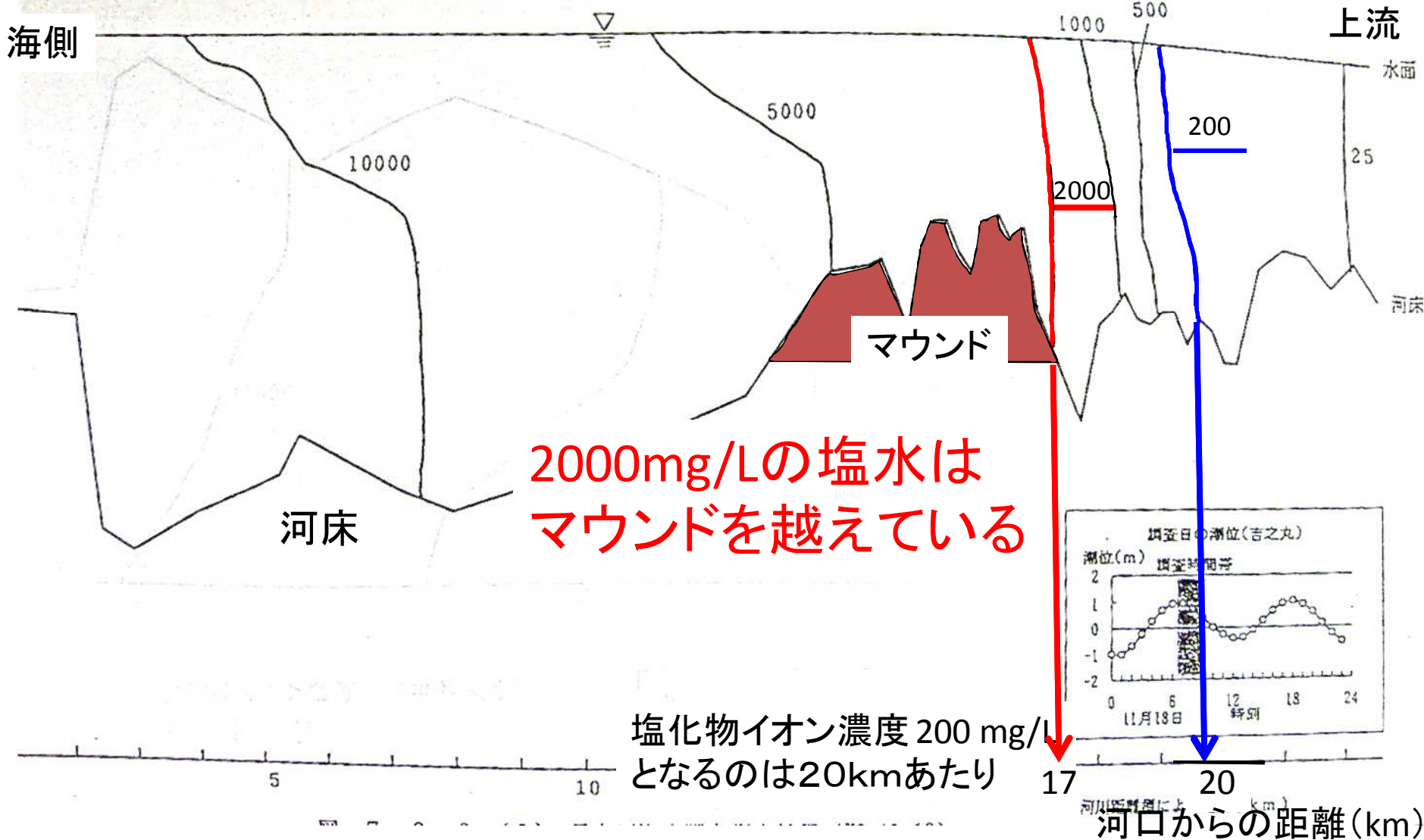
調査年月日	平成6年11月18日
天気	曇
潮汐	大潮・満潮時
墨俣流量	約30m ³ /S

1994年11月18日

大潮・満潮時

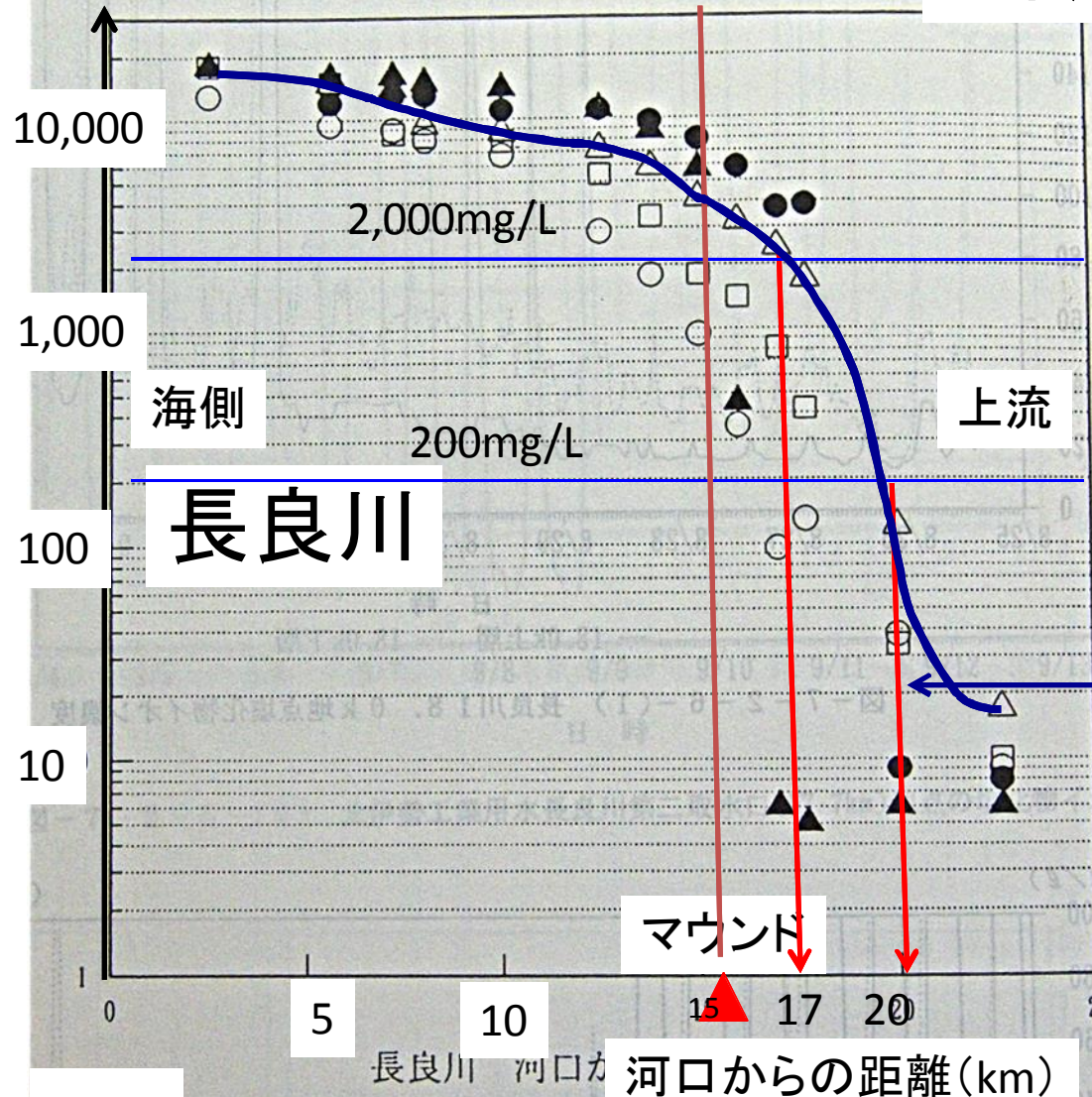
墨俣流量 30m³/s

長良川
塩化物イオン濃度 (mg/l)
塩化物イオン濃度 (mg/L)



塩化物イオン濃度 (mg/L) 8割水深

塩水遡上は20kmあたり



平成6年11月11日
小潮時、墨俣地点流量 約35m³/s

- 凡例
- ：平成6年7月22日 (大潮時、墨俣地点流量 約25m³/s)
 - ：平成6年11月11日 (小潮時、墨俣地点流量 約35m³/s)
 - △：平成6年11月18日 (大潮時、墨俣地点流量 約30m³/s)
 - ：平成7年1月19日 (大潮時、墨俣地点流量 約30m³/s)
 - ▲：平成7年1月26日 (小潮時、墨俣地点流量 約75m³/s)

長良川河口堰調査 報告書(第4巻)
7-50

河口堰完成、マウンド浚渫前 墨俣流量:25m³/s 大潮

海側

マウンド

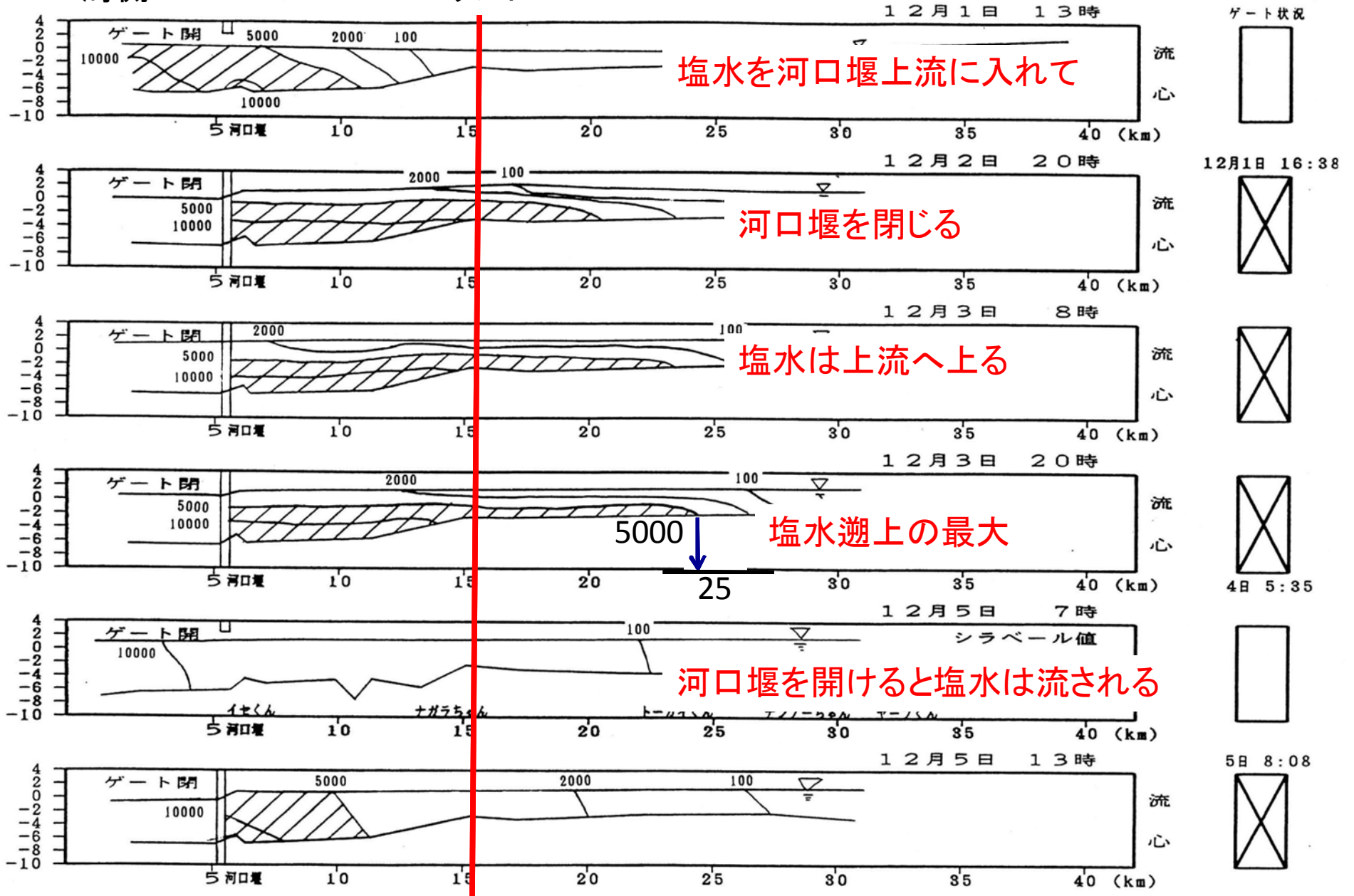


図-4-1-88 長良川水質詳細調査水質縦断面図 塩化物イオン (mg/l) 等濃度線

長良川河口堰運用前の
多毛類の生息状況
長良川下流域生物相調査報告書
籠橋数浩

15kmのマウンドを越えてはるか
上流で生息していた。

イトメ、ゴカイは汽水性の動物で、
運用後堰上流からは姿を消した。
長良川下流域生物相調査報告書
2010

27km左岸		1992.6.14	
	イトメ	ゴカイ	その他
小計	7	---	---
総計	7個体		

24.5km左岸		1992.6.14	
	イトメ	ゴカイ	その他
小計	58	---	---
総計	58個体		

15.6km左岸		1993.11.3	
	イトメ	ゴカイ	その他
小計	125	1	---
総計	126個体		

10.4km左岸		1992.8.30	
	イトメ	ゴカイ	その他
上層	375		---
下層	41	19	
総計	435個体		

長良川(マウンド有り)

調査年月日	平成7年1月26日
天気	曇
潮汐	小潮・満潮時
墨俣流量	約75m ³ /S

塩化物イオン濃度 (mg/L)

塩化物イオン濃度 (mg/L)

墨俣流量 75 m³/s

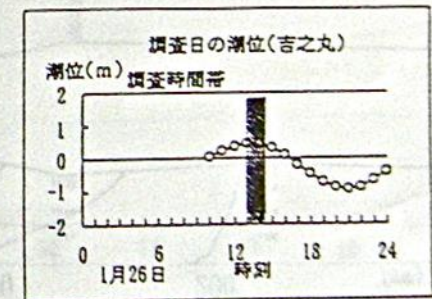
海側

上流

塩水はマウンドで止まっている

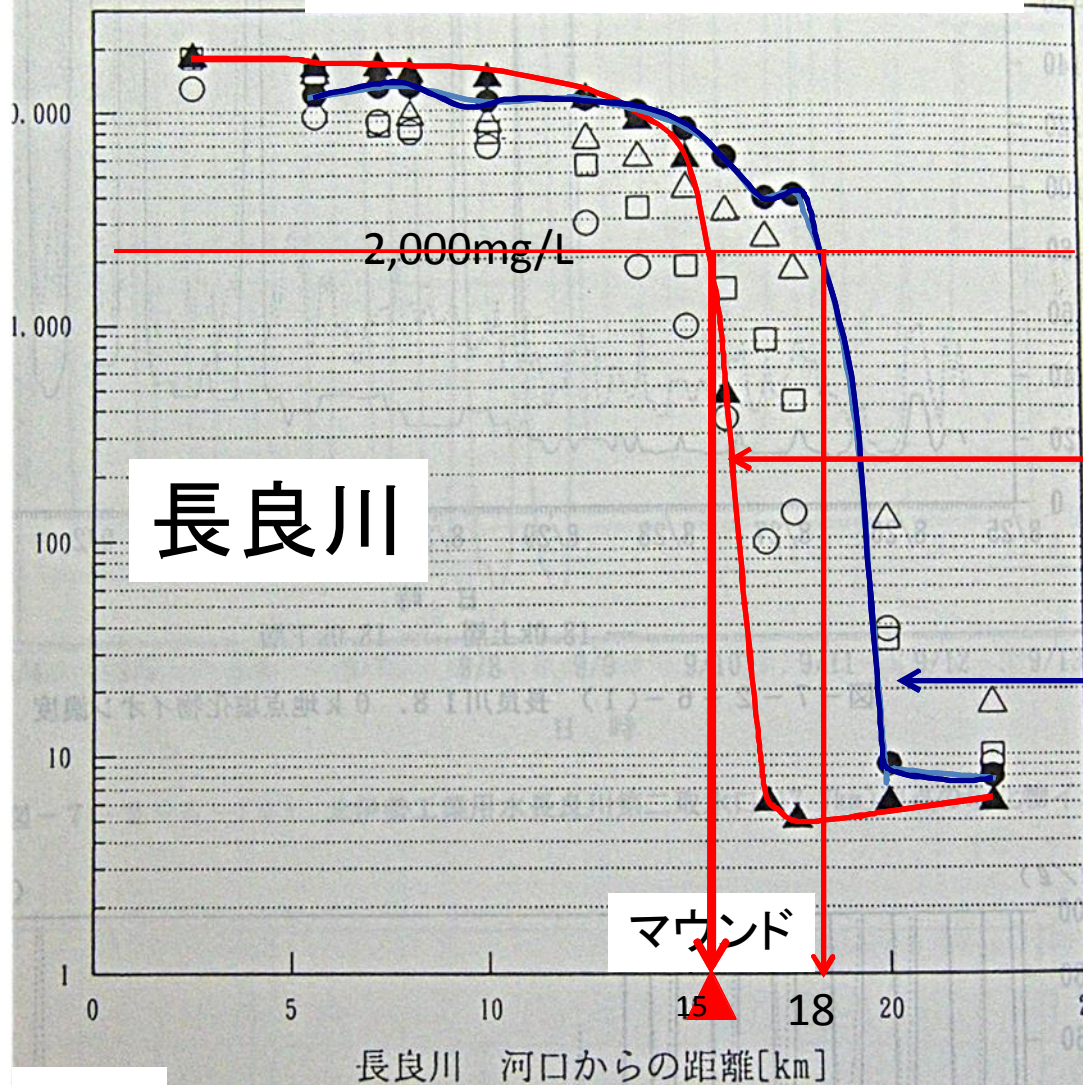
マウンド

河床



河川距離標による距離 (km)

塩水遡上は20kmあたり



- 凡例
- ：平成6年7月22日（大潮時、墨俣地点流量 約25m³/s）
 - ：平成6年11月11日（小潮時、墨俣地点流量 約35m³/s）
 - △：平成6年11月18日（大潮時、墨俣地点流量 約30m³/s）
 - ：平成7年1月19日（大潮時、墨俣地点流量 約30m³/s）
 - ▲：平成7年1月26日（小潮時、墨俣地点流量 約75m³/s）

平成7年1月26日
小潮時、墨俣地点流量 約75m³/s

平成6年11月11日
小潮時、墨俣地点流量 約35m³/s

長良川河口堰調査 報告書(第4巻)
7-50

塩水はマウンドで止まっていたか？

No!

ウソ1

マウンドで塩水が止まっていた。

塩害の論理
=その2=

塩水は30kmまで遡上する？

ある。

ある一つの河川が、
ないことはほとんど
ば、潮位、潮位差、
ためである。したが
らといって、つねに
真の意味の弱混合、
川でありながら、強
現象に注目してみる
て、鉛直に近くなり、
である。

上述のように、す
なるが、研究のもっとも進んでいないのかこの緩混合型の現象であって将来の研究に待つべきものが多い。

あてはまら
子、たとえ
て変化する
川であるか
おいても、
混合型の河
る。非定常
し上げられ
注意すべき

えることに

朝倉土木工学講座17

改訂 河川工学

吉川秀夫 著

昭和56年3月10日 改訂版第2刷
朝倉書店

5.5.2 弱混合型の海水のそ上——塩水くさび

弱混合型の河川では塩水と淡水の混合はほとんど生じないから、塩水がくさび状に淡水の下にもぐって河道内に侵入する。これを一般に塩水くさびまたは河口二層流とよんでいる。このような現象については、通常つぎのような解析が行なわれている。

図5.22のように、密度の異なった2種の液体よりなる2層の流れがあり各層の深さ、流速、単位幅あたりの流量および密度を h, u, q, ρ であらわす。ただし上層の値にはすべて添字1、下層の値には添字2をつけるものとする。また

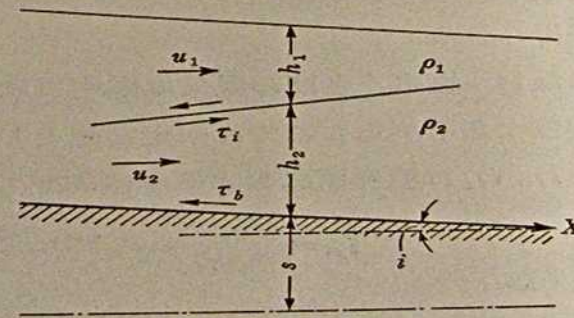


図 5.22 記 号

$$\epsilon = \frac{\Delta\rho}{\rho_1} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} \doteq \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} \tag{5.30}$$

$$\frac{d\eta_1}{d\xi} = \frac{1}{2} f_i \frac{\eta_1 + \eta_2}{\eta_2(\eta_1^3 - 1)} \quad (5.40)$$

$$\frac{d\eta_2}{d\xi} = i - \frac{1}{2} f_i \frac{\eta_1 + \eta_2}{\eta_2(\eta_1^3 - 1)} \quad (5.41)$$

すると計算上便利である。ここに、

$$\eta_1 = \frac{h_1}{h_c}, \quad \eta_2 = \frac{h_2}{h_c}, \quad \xi = \frac{x}{h_c}, \quad h_c = \sqrt[3]{\frac{q_1^2}{\varepsilon g}}$$

長良川河口堰に関する技術報告

$$\frac{dh_1}{dx} = \frac{1}{2} \cdot f_i \cdot \frac{h_1 + h_2}{h_2 (h_1^3 - h_c^3)} h_c^3 \quad (3)$$

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

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

差分法で直接グラフを描いた
(中部地整担当者)

ここで、 R_o : 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。

$$dh_1/dx = (1/2) * f_1 * (h_1 + h_2) * h_c^3 / (h_2 * (h_1^3 - h_c^3))$$

$$dh_2/dx = i - (1/2) * f_1 * (h_1 + h_2) * h_c^3 / (h_2 * (h_1^3 - h_c^3))$$

$$f_1 = \alpha (R_e * F_{ri}^2)^{-\beta}$$

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

ここで、 R_e : レイノズル数 ($= q_1 / \nu$)、 q_1 : 単位幅あたりの流量、 ν : 動粘性係数、 F_{ri} : 内部フルード数 ($= (q_1^2 / \varepsilon g h_1^3)^{1/2}$)、 α 、 β : 常数である。

差分法でグラフを描く

[計算条件]

河床: 浚渫後の計画河床

$$= 0.4 * (R_e * F_{ri}^2)^{-2/3}$$

$Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ (濁水流量に相当)

河川水位TP.. 0.64m (小潮時の平均満潮位)

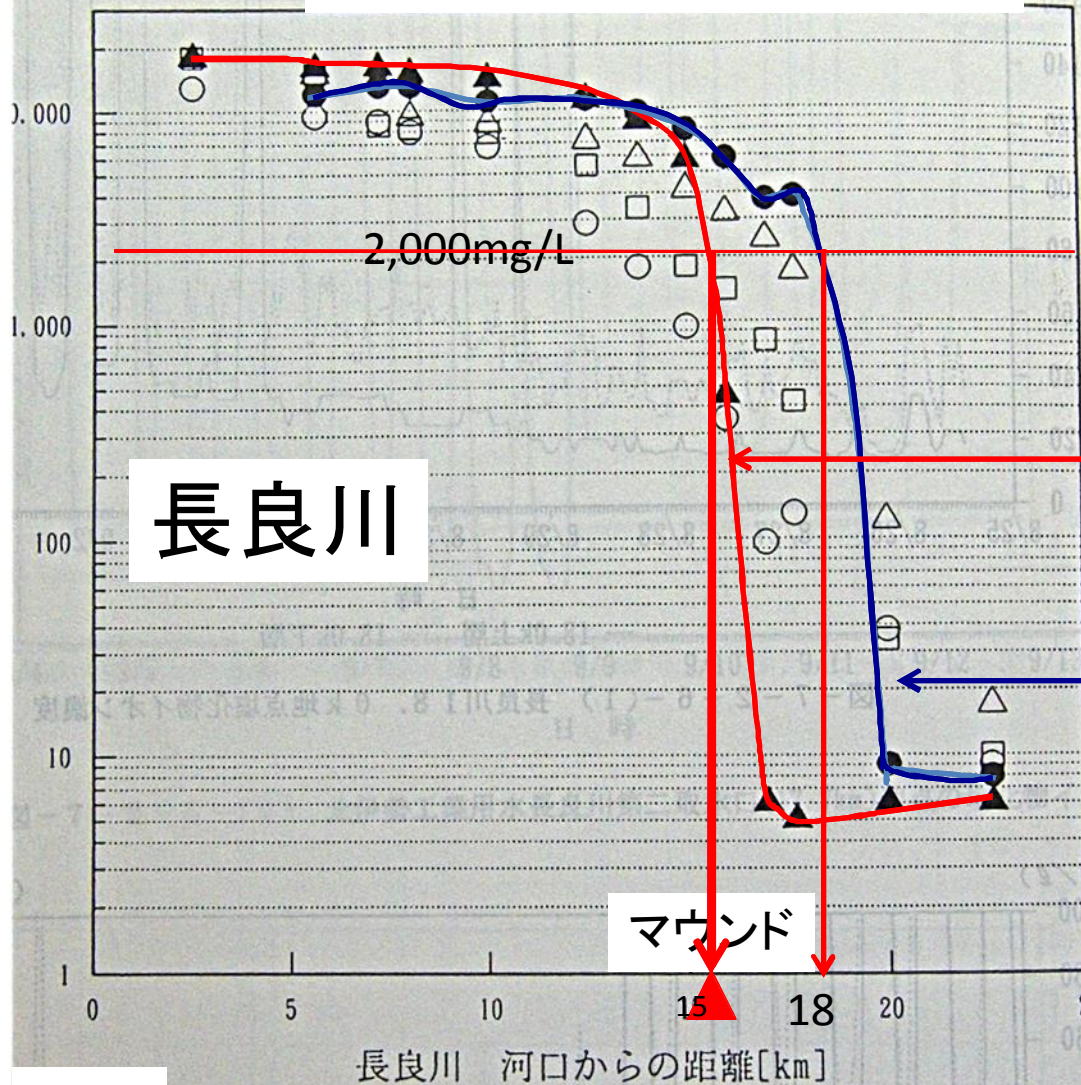
$$\varepsilon = 0.026$$

実測値から係数を出し

上記条件で30km付近まで遡上、豊水流量 ($130 \text{ m}^3/\text{s}$) との遡上距離の差は2km程度である。

結論を導く

塩水遡上は20kmあたり



- 凡例
- ：平成6年7月22日（大潮時、墨俣地点流量 約25m³/s）
 - ：平成6年11月11日（小潮時、墨俣地点流量 約35m³/s）
 - △：平成6年11月18日（大潮時、墨俣地点流量 約30m³/s）
 - ：平成7年1月19日（大潮時、墨俣地点流量 約30m³/s）
 - ▲：平成7年1月26日（小潮時、墨俣地点流量 約75m³/s）

平成7年1月26日
小潮時、墨俣地点流量 約75m³/s

平成6年11月11日
小潮時、墨俣地点流量 約35m³/s

長良川河口堰調査 報告書(第4巻)
7-50

$i=0$ の場合、 f_i = 一定と仮定すると、積分ができて、河口で $\eta_1=1$ とすれば次式が得られる。

$$\xi = (1/f_i) [(1/2)\eta^4 - 2\eta_1 - (2/5)(\eta_1^5/\eta_0) + (\eta_1^2/\eta_0) + (3/2) - (3/5)(1/\eta_0)]$$

さらに $\eta_1 = \eta_0$ (η_0 は上流の無次元化された水深)で $\xi = \xi_0$ とすれば

$$\xi_0 = (1/f_i) [(1/10)\eta_0^4 - \eta_0 + (3/2) - (3/5)(1/\eta_0)] \quad (5.43)$$

$$L = \xi_0 h_c \quad \text{吉川秀夫著 改訂 河川工学 より}$$

L:塩水楔長 ~~f_i :境界面の抵抗係数~~、h:水深、 $\eta = h/h_c$

$$h_c = (q^2/eg)^{1/3} \quad e = \Delta r/r \quad q = Q/B$$

Q:流量、B:河幅、g:重力加速度、 Δr :密度差、r:海水密度

椎貝博美論文(長良川河口堰にかかわる治水計画の技術評価 1992年7月)

式(5.43)から

$$L = [(1/10)(h/h_c)^3 - 1 + (3/2)(h_c/h) - (3/5)(h_c/h)^2] h/f_i \quad (2)$$

$$L = [(1/10)(h/h_c)^3 - 1] h/f_i \quad \text{値として小さいので省略} \quad (3)$$

$$q = 30/500 = 0.06 \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{湧水流量: } 30 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{川幅: } 500 \text{ m}$$

$$eg = 0.023 \times 9.8 = 0.225 \text{ m/s}$$

$$h_c = [(0.06)^2/0.225]^{1/3}$$

$$= 0.25 \text{ m}$$

$$L = 8,244/f_i$$

吉川秀夫 著
改訂 河川工学

i は川底の傾斜

式の展開

とくに $i=0$ の場合は $f_i=1$ と仮定すると、積分ができて、河口で $\eta_1=1$ とすれば次式が得られる。

$$\xi = \frac{1}{f_i} \left[\frac{1}{2} \eta_1^4 - 2\eta_1 - \frac{2}{5} \frac{\eta_1^5}{\eta_0} + \frac{\eta_1^2}{\eta_0} + \frac{3}{2} - \frac{3}{5} \frac{1}{\eta_0} \right] \quad (5.42)$$

さらに $\eta_1 = \eta_0$ (η_0 は上流の無次元化された水深) で $\xi = \xi_0$ とすれば

$$\xi_0 = \frac{1}{f_i} \left[\frac{1}{10} \eta_0^4 - \eta_0 + \frac{3}{2} - \frac{3}{5} \frac{1}{\eta_0} \right] \quad (5.43)$$

が得られ、塩水くさび侵入長 L としては次式で与えられる。

$$L = \xi_0 h_c \quad (5.44)$$

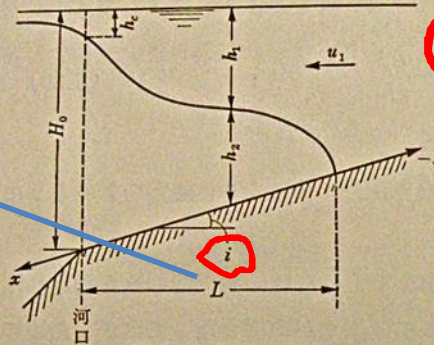


図 5.23 塩水くさび

$i \neq 0$ のときには (5.42) 式を数値積分して L を求めればよいが、 i が一定のときにはつぎのように変形して計算するのが便利である。

$$\frac{d\eta_1}{d\xi} = \frac{1}{2} f_i \frac{\frac{H_0}{h_c} + i\xi}{\left(\frac{H_0}{h_c} + i\xi - \eta_1 \right) (\eta_1^3 - 1)} \quad (5.45)$$

ただし、 H_0 は図 5.23 に示すように河口の全水深であり、 $\eta_1 + \eta_2 = \frac{H_0}{h_c} + i\xi$ の関係を用いた。

f_i の値については今後の研究に待つ点が多いが、だいたいの目安としては、岩崎の式²¹⁾

$$f_i = 7.88 (R_* F_i^2)^{-0.8356} \quad (5.46)$$

または、椎貝の式²²⁾

$$f_i = \frac{12}{R_* F_i^2} \quad (5.47)$$

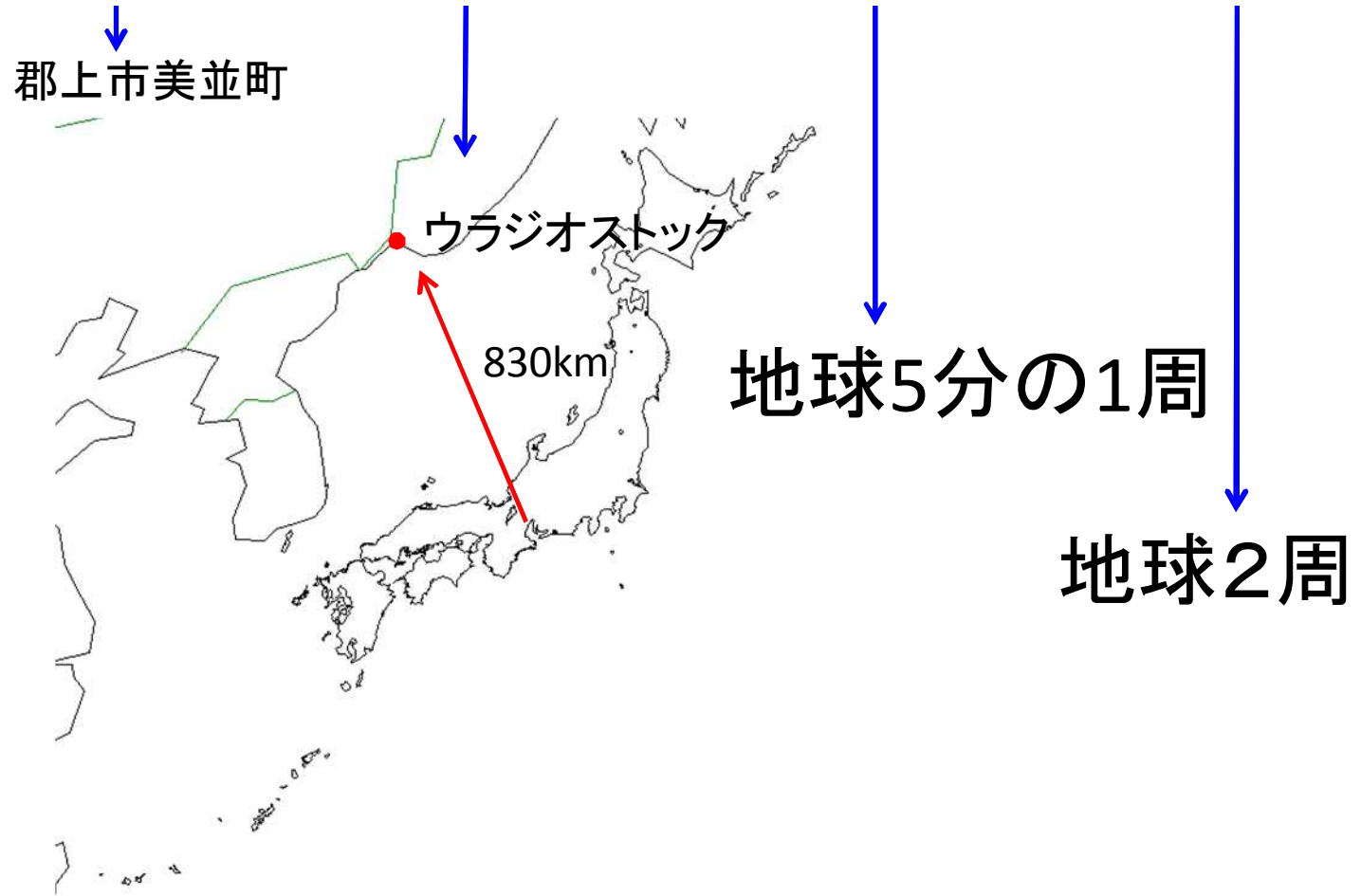
を用いて求めることができる。ただし、

$$R_* = \frac{q_1}{\nu}, \quad F_i^2 = \frac{q_1^2}{\epsilon g h_1^3}, \quad q_1 = u_1 h_1 \quad (5.48)$$

である。

また、金子²³⁾ は現地観測の結果を重視して

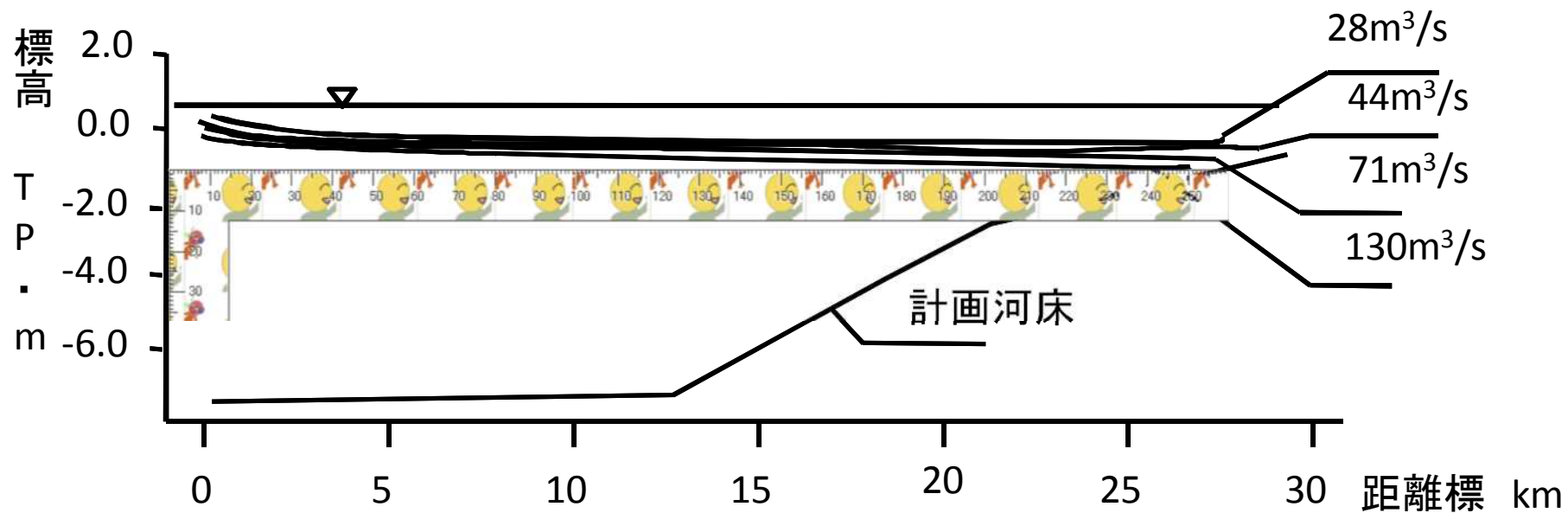
ケース	①	②	③	④
f_i	0.1	0.01	0.001	0.0001
L	83km	830km	8,300km	83,000km

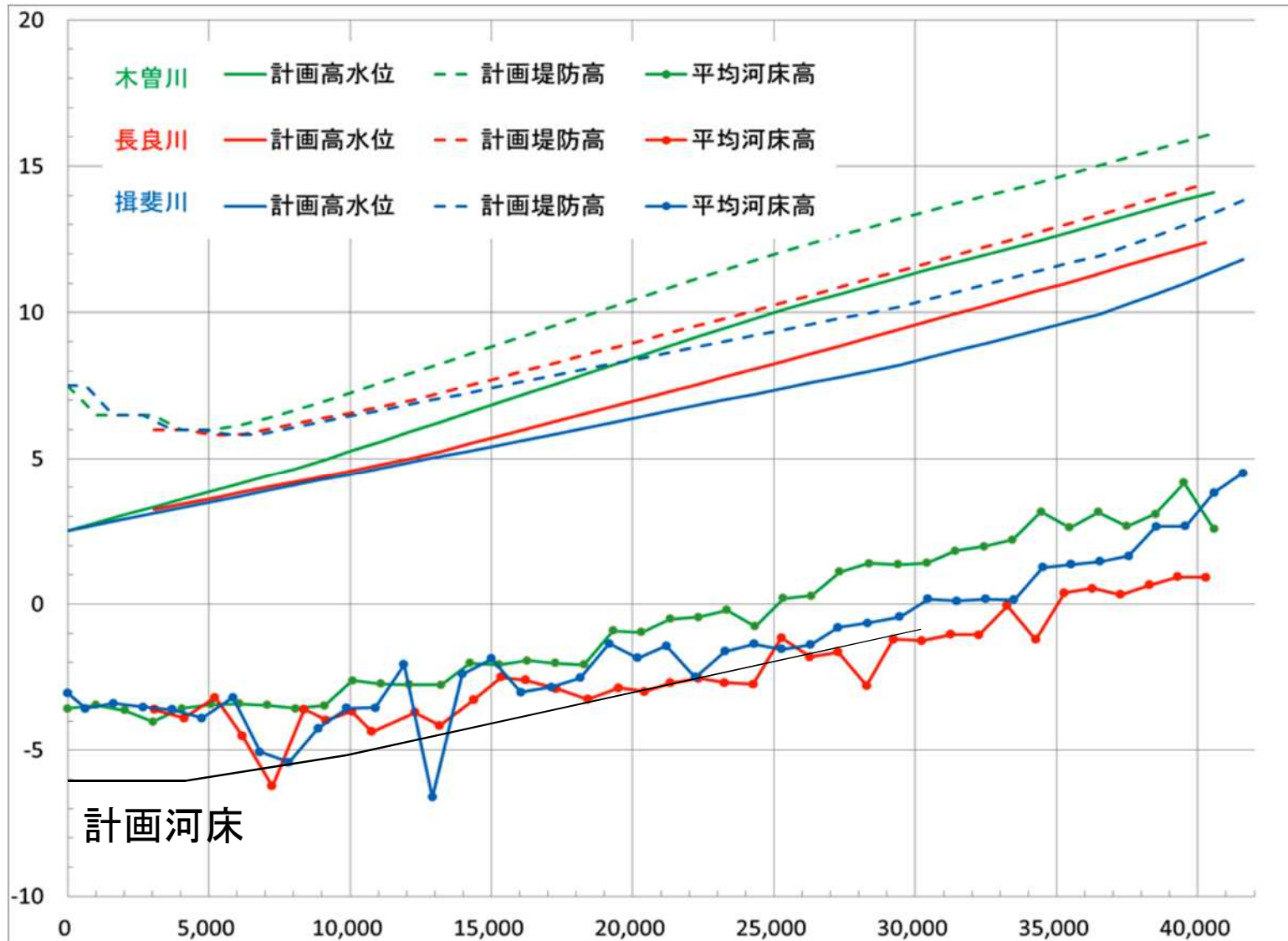


実際の河川における f_i の値はケース③程度のものであるが、室内実験の値程度のケース①においても既に35kmを上回っている。これはもし底勾配がなければ、海水は壁にさえぎられるまで侵入する、という物理的事実によるものである。湧水流量では、塩水の侵入をほとんど阻止できず、(略) 海水そのものが侵入してくる。つまり35km地点は海になるのである。

$i=0$

長良川塩水遡上シミュレーション





「木曽川水系河川整備計画、中部地方整備局、平成 20 年 3 月」の「計画諸元縦断図（木曽川）、同（長良川）、同（揖斐川）」の図表中の数値を読み出して、藤田委員が作成

青字・赤字の記入は藤田委員による

計画河床高は図 4-9 より手作業で転記（在間正史氏による）

図 4-12 木曽川、長良川、揖斐川の河床縦断形状の比較

長良川塩水遡上シミュレーション

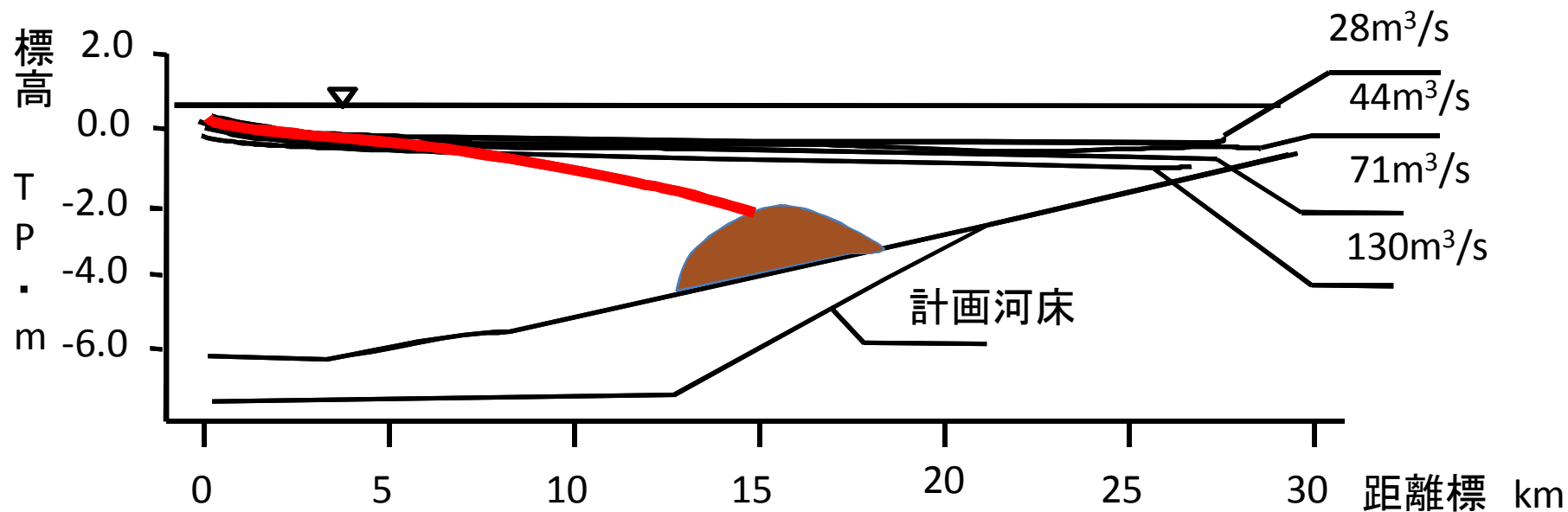


図3・4-6 浚渫後の弱混合時の塩水遡上距離への流量の影響

1. マウンドで潮が止まっているシミュレーションが描かれなければダメ！

長良川(マウンド有り)

調査年月日	平成6年11月11日
天気	晴
潮汐	小潮・満潮時
墨俣流量	約35m ³ /S

1994年11月11日

小潮・満潮時

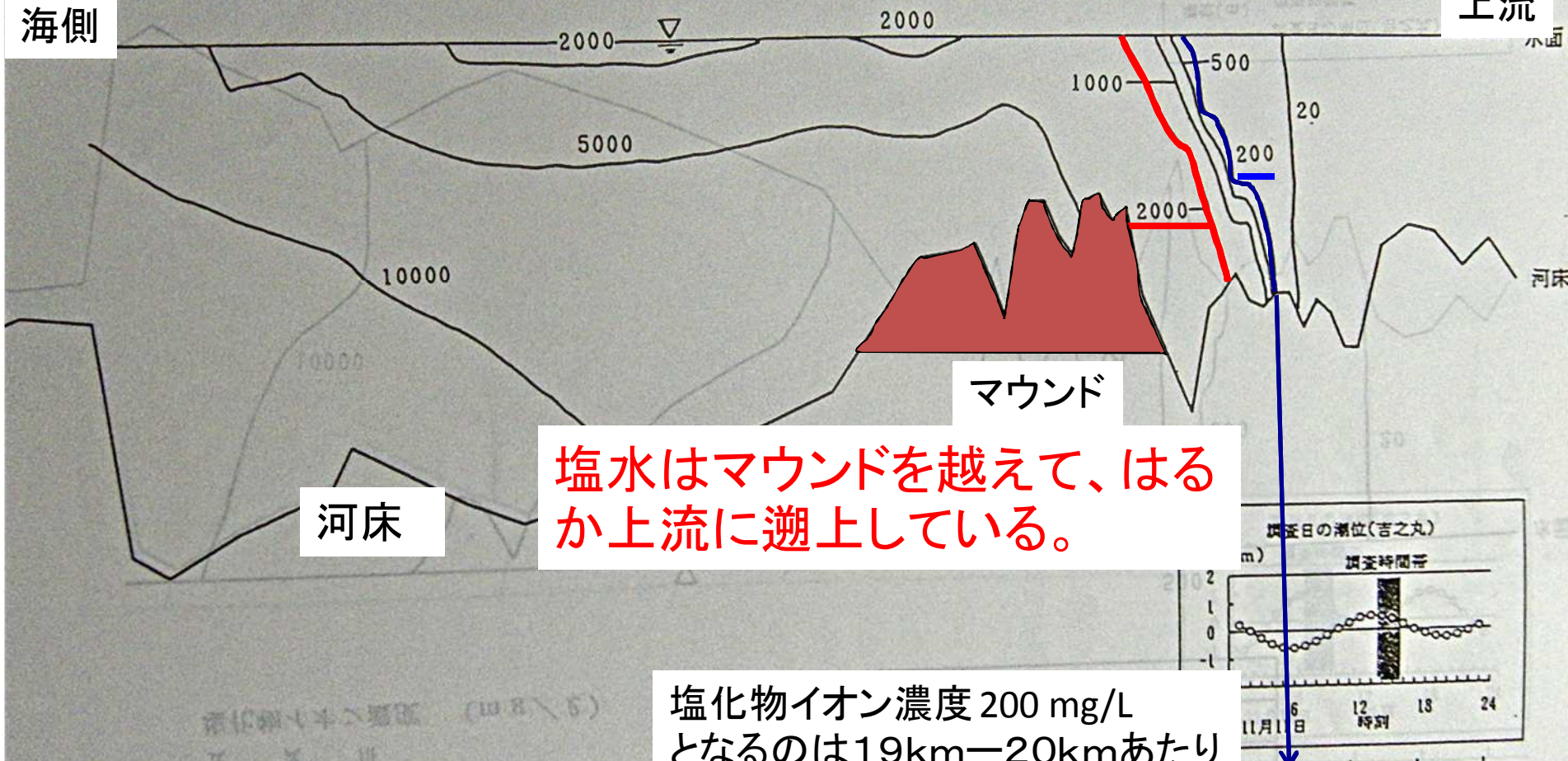
墨俣流量 35 m³/s

長良川
塩化物イオン濃度 (mg/L)

塩化物イオン濃度 (mg/L)

海側

上流

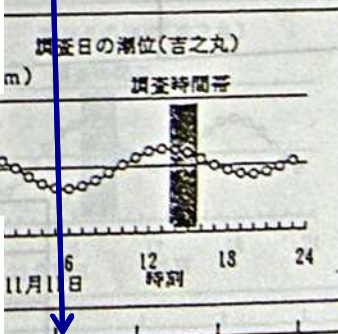


河床

マウンド

塩水はマウンドを越えて、はるか上流に遡上している。

塩化物イオン濃度 200 mg/L
となるのは19km-20kmあたり



長良川河口堰調査 報告書(第4巻)
7-40

10 15
長良川塩水遡上調査結果 (H6.11.11)

19 20
河口からの距離(km)

長良川塩水遡上シミュレーション

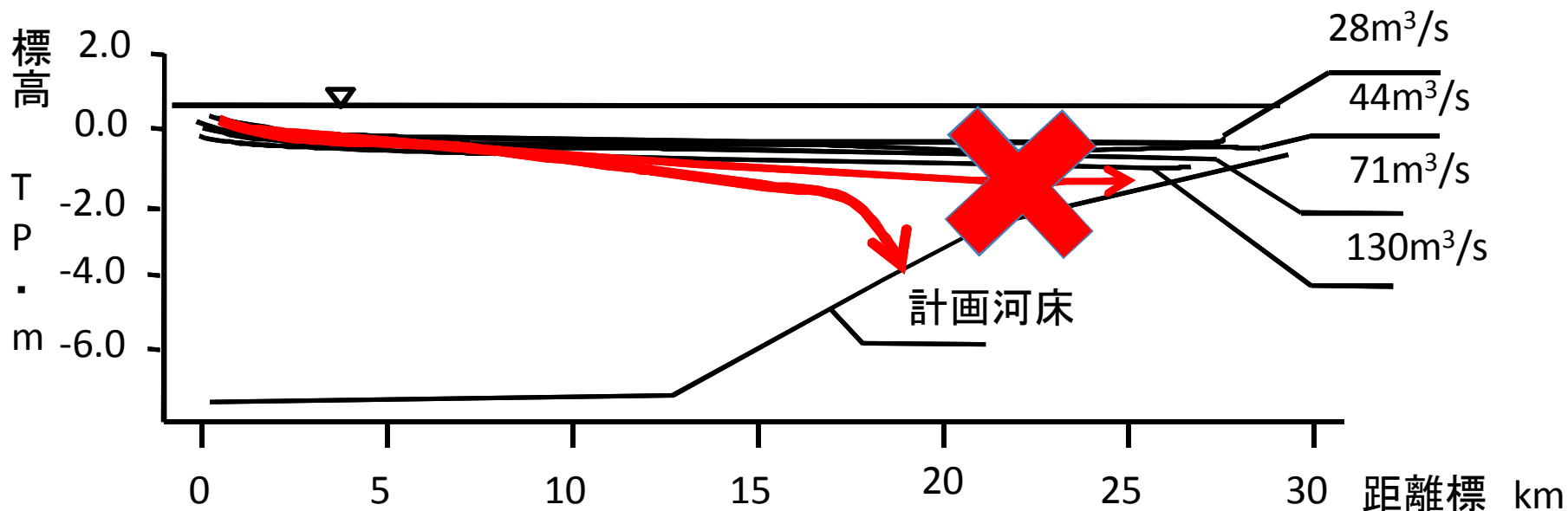
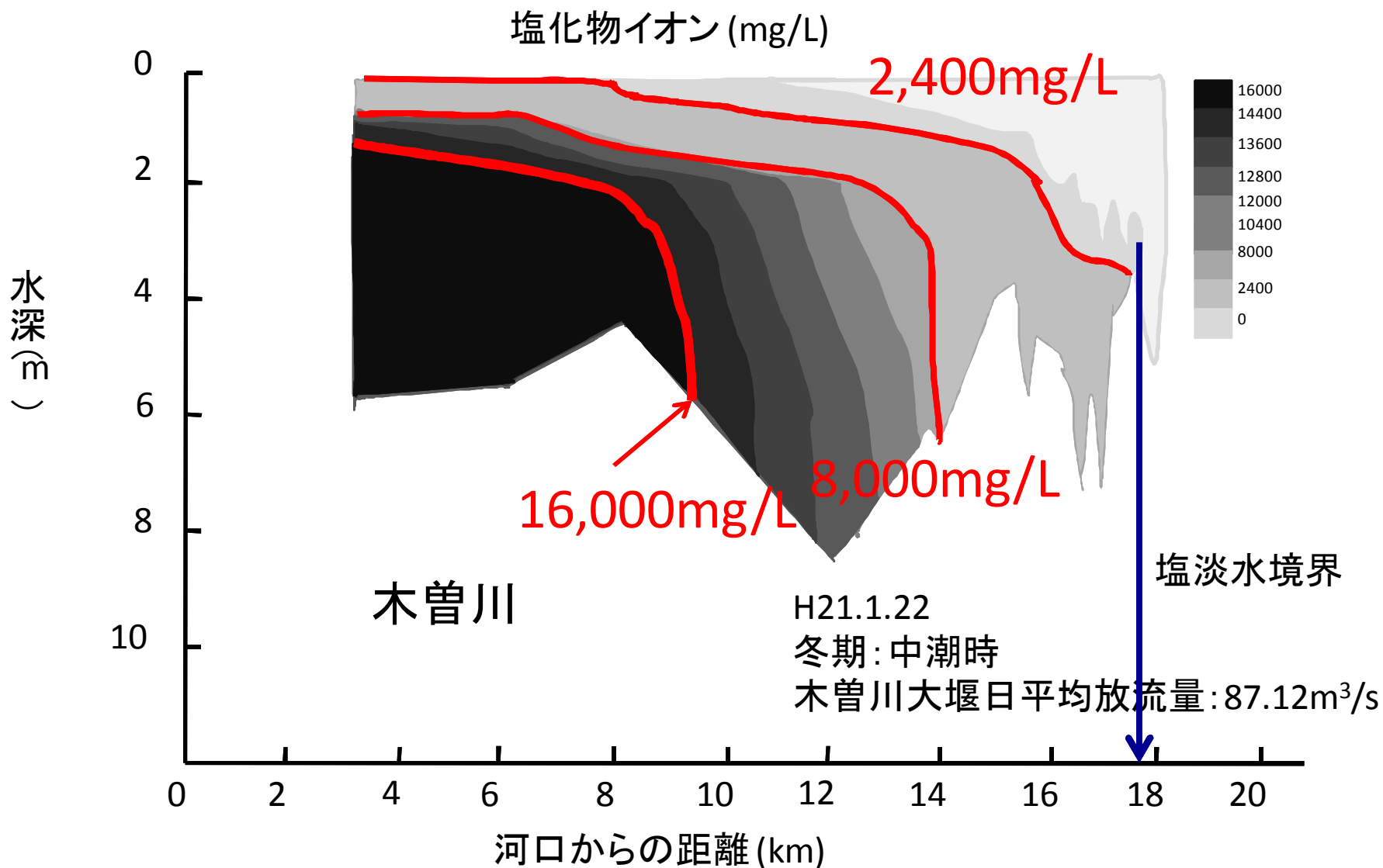


図3・4-6 浚渫後の弱混合時の塩水遡上距離への流量の影響

2. 楔の先端は真横に延びない。必ず川底へ向かう。



長良川塩水遡上シミュレーション

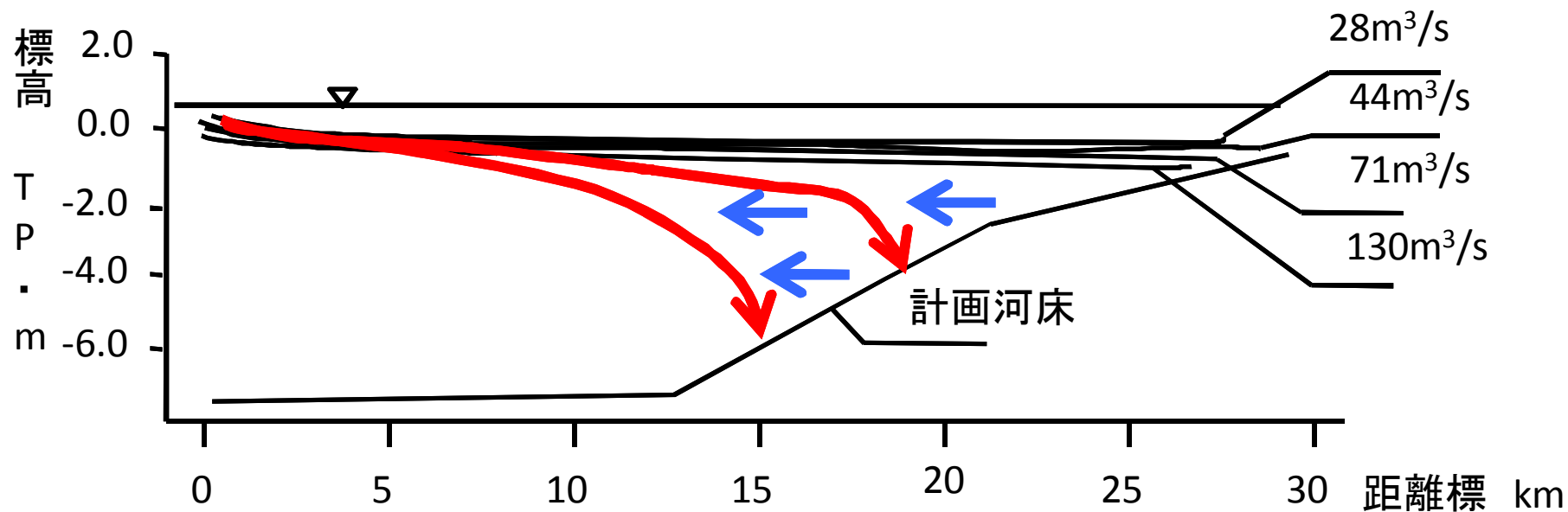
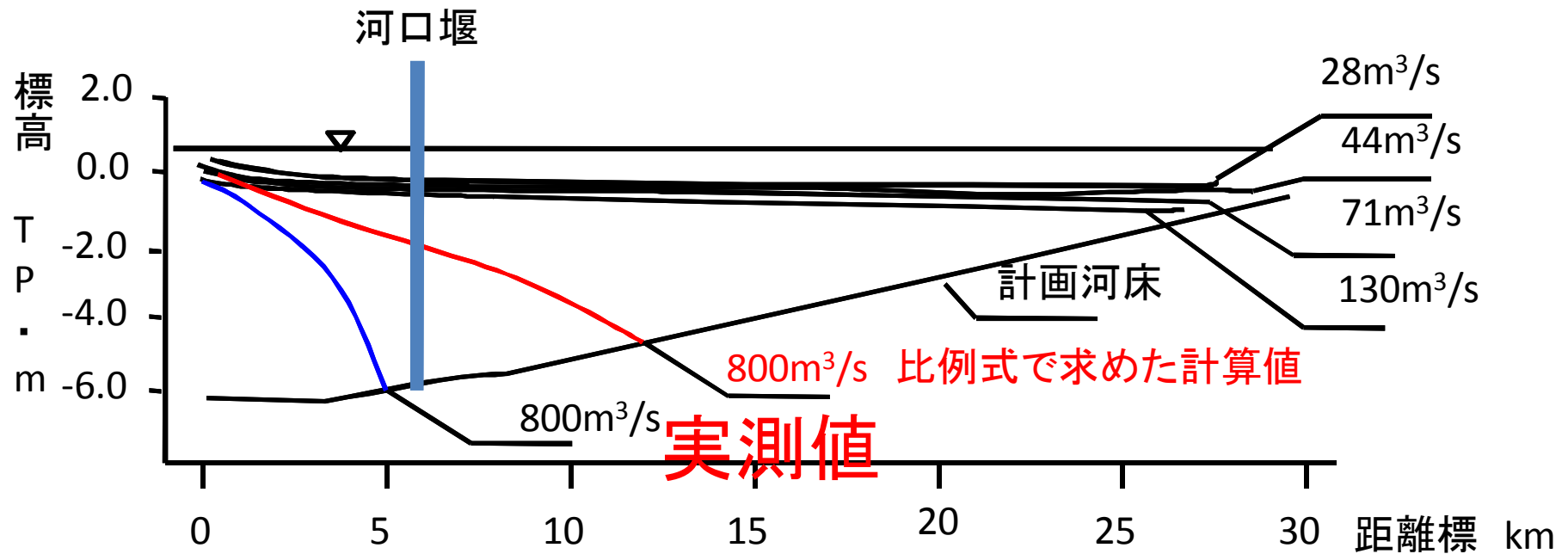


図3・4-6 浚渫後の弱混合時の塩水遡上距離への流量の影響

3. 流量によって大きく変化する。

流量が多くなれば塩水を押し戻す



実測値と計算値は大きく外れる

このシミュレーションは長良川に当てはまらない

長良川(マウンド有り)

調査年月日	平成6年11月11日
天気	晴
潮汐	小潮・満潮時
墨俣流量	約35m ³ /S

1994年11月11日

小潮・満潮時

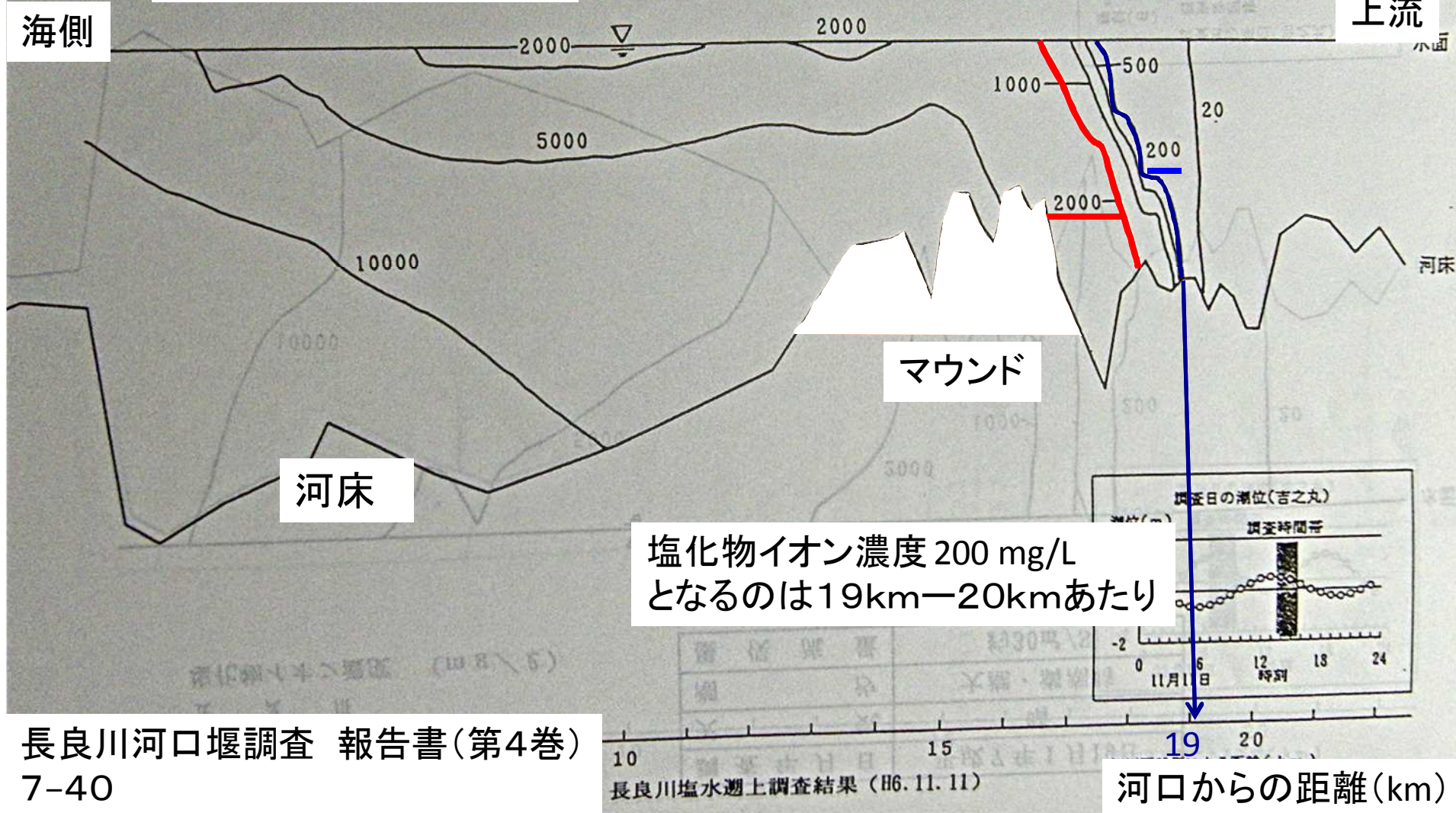
墨俣流量 35 m³/s

長良川
塩化物イオン濃度 (mg/L)

塩化物イオン濃度 (mg/L)

海側

上流



河床

マウンド

塩化物イオン濃度 200 mg/L
となるのは19km-20kmあたり



長良川河口堰調査 報告書(第4巻)
7-40

長良川塩水遡上調査結果 (H6. 11. 11)

河口からの距離(km)

河口堰を開けても塩害は発生しない。

塩水はマウンドで止まっていない。
河口堰運用前に、マウンド以外の浚渫は完了している。



河口堰運用前に塩害は無かった。



河口堰を開けても、運用前と同じ程度の塩水遡上と予想される。



河口堰を開けても塩害は発生しない。