

### 3 . 塩害チームの検討のまとめ

#### ( 1 ) 塩害チームの目的

塩害チームの作業の目的は、「今後の開門調査に向けて想定される堰上流への塩水遡上にと  
もなう農業用水、工業用水への塩害を発生させないための塩水遡上距離の検討、および利水、  
環境に及ぼす影響について考えること」である。

#### ( 2 ) 検討課題の検討

すでに河口堰が供用されていることから、開門すれば当然、堰上流に塩水が遡上する。塩害  
チームでは、現状の河床地形、河口堰建設前に予測された塩水遡上距離や塩分濃度分布などを  
検討することにより、利水に及ぼす影響を考えなければならない。

そこで、これまでに公表された既存資料（長良川河口堰に関する技術報告等）の解析および  
中部地方整備局および水資源機構への質問事項に対する回答を整理、検討し、塩水遡上の利水  
への影響について考えることから始めた。

その結果、以下の検討課題が挙げられる。

建設前の塩水遡上の実態

浚渫後の塩水遡上予測の妥当性の検討

開門に伴う塩害の発生の可能性

#### 1 ) 建設前の塩水遡上の実態

河口堰建設以前の塩水遡上の実態については、多くの資料を探したが、公表されているもの  
が少ない。

昭和 42 年 6 月の当時の建設省中部地方建設局木曾川下流工事事務所の「長良川河口堰締切  
に伴う塩水遡上と塩害の変化」( 報告書執筆：奥田節夫( 京都大学名誉教授，当時、京都大学  
防災研究所) ) によれば，塩水遡上は流量が少ない時期には、最大で 20 km、流量が多い時期  
で概ね 10 km まで到達していた( 図 1～3 参照)。また、図 4 に示されるように、平成 6 年～7  
年の河口堰運用前の塩水遡上状況は、15～20 km まで遡上が見られる。

河川流量が少なく、潮差が小さいときに塩水くさびが出現しやすいことは、建設前において  
も明らかにされている。しかし、塩水くさびの消長は単にある時の水理条件のみで決定されず、  
その時期までの水理的な条件の履歴が効いてくるために、定量的なパラメータの組み合わせで  
塩水くさびの存在範囲を一義的に予測する関数を導くことはできないと指摘されている。

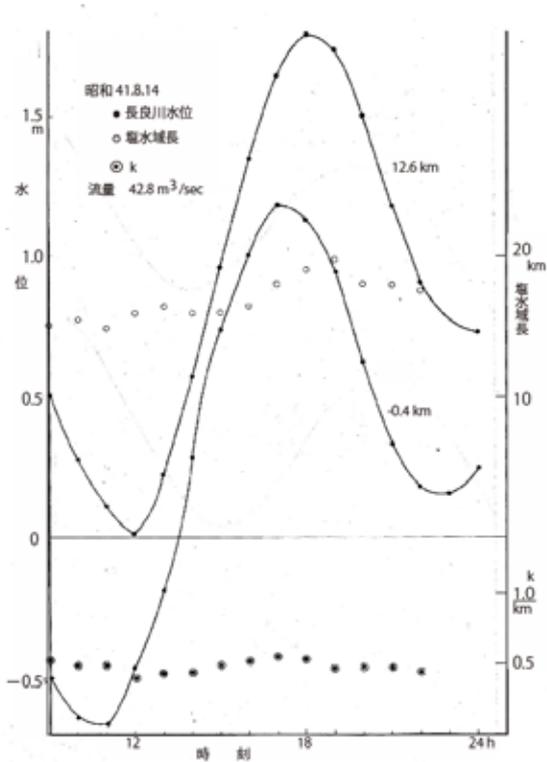


図1 長良川水位と塩水域長

昭和41年8月14日 流量：42.8 m<sup>3</sup>/s  
 (建設省中部地方建設局木曾川下流河川事務所，昭和42年6月)

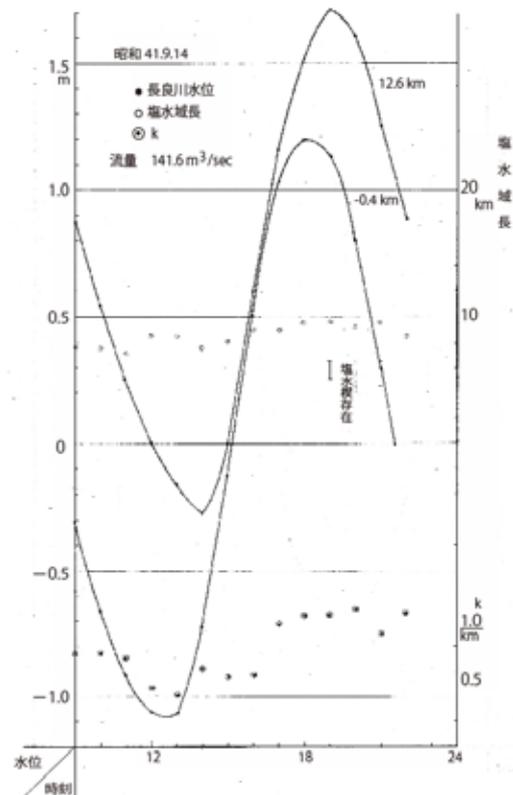


図2 長良川水位と塩水域長

昭和41年9月14日 流量：141.6 m<sup>3</sup>/s  
 (建設省中部地方建設局木曾川下流河川事務所，昭和42年6月)

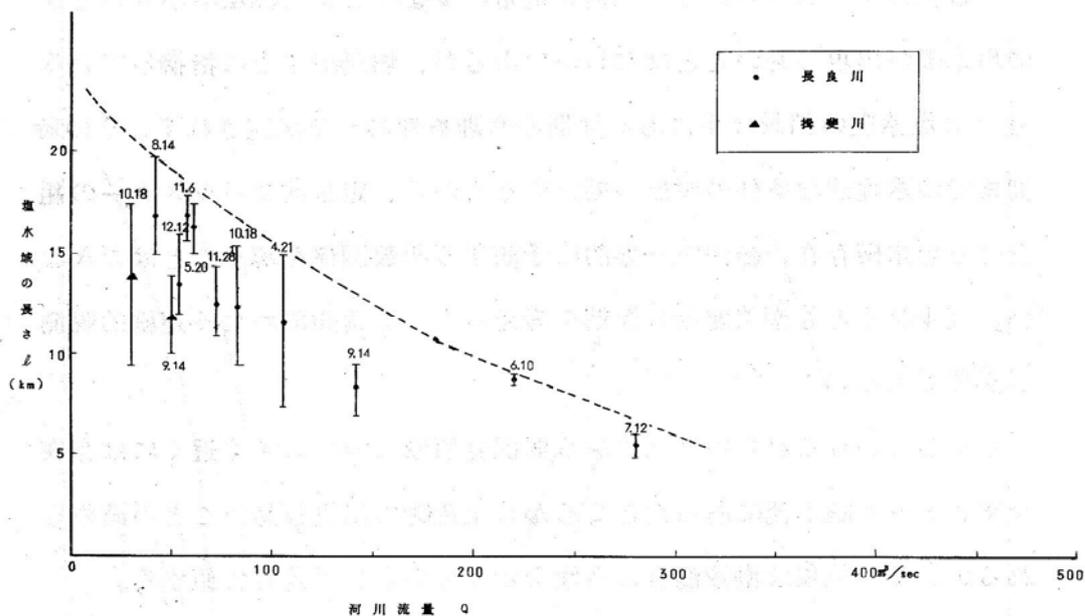


図3 長良川河川流量と塩水域長との関係

(建設省中部地方建設局木曾川下流河川事務所，昭和42年6月)

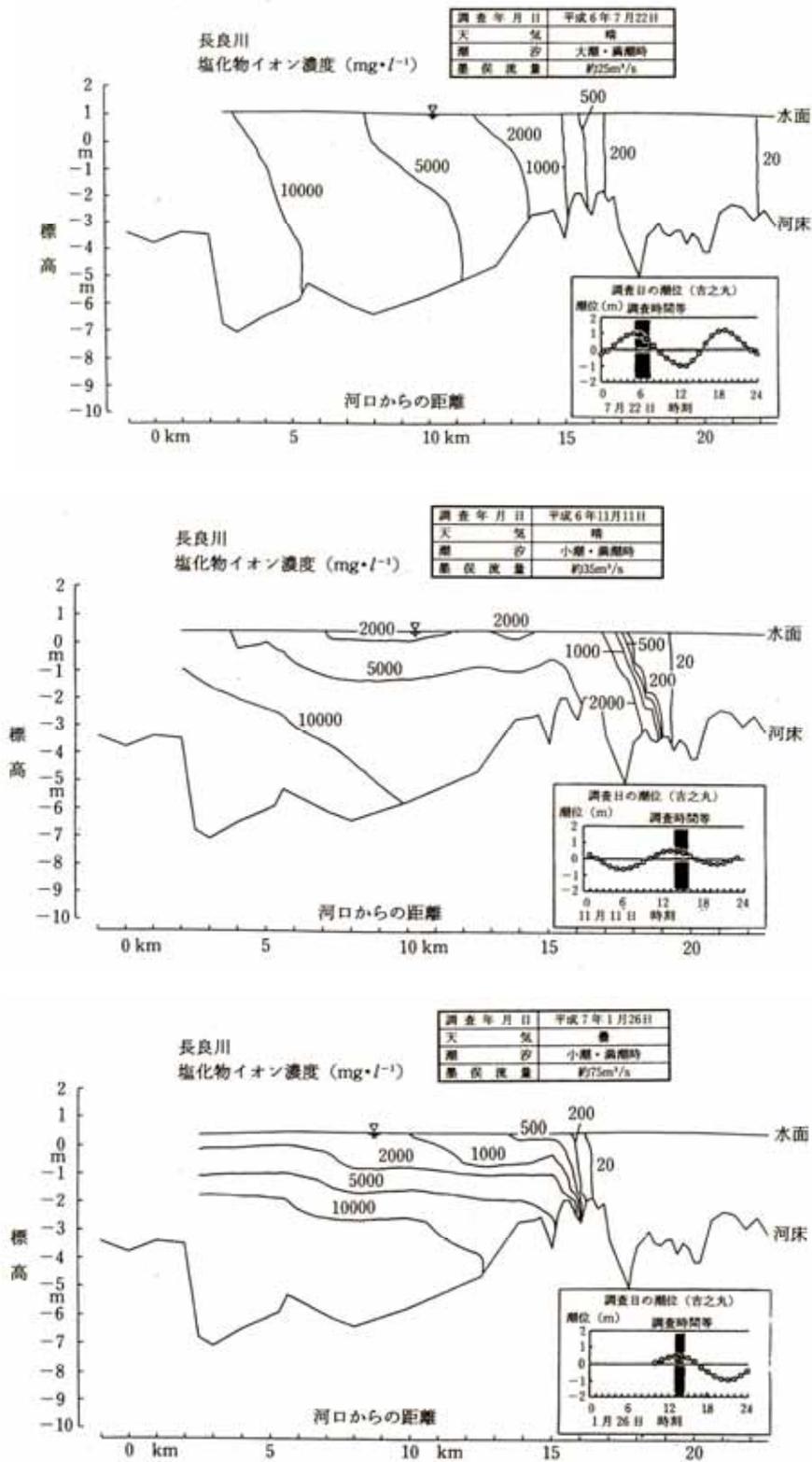


図4 長良川塩水遡上状況 (奥田・西條, 1996)

## 2) 浚渫後の塩水遡上予測の妥当性の検討

河口堰が建設されずに、浚渫が実施された場合には、図5に示されように、30 km 付近まで塩水が遡上するとされている。これについて、数値シミュレーションによって検討されている。

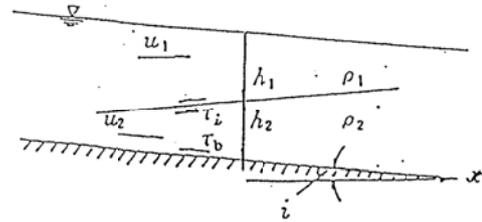
1974年の水資源公団長良川河口堰建設所の「長良川河道しゅんせつ後の塩水新入について」に示された塩水くさびの理論は以下のとおりである。一般に、河川水と海水の混合形態は、弱混合、緩混合、強混合に分けられるが、最大塩水侵入長が発生するのは弱混合の満潮時であり、この場合の基本式は次のようなる。

### 予測に用いられた基本式

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

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

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



ここで、h：各層の厚さ、u：流速、q：単位幅あたり流量、ρ：密度、添字 1：上層、添字 2：下層、x：流方向距離、ν：動粘性係数、 $f_i$ ：内部抵抗係数、 $\varepsilon$ ： $(\rho_2 - \rho_1) / \rho_1$ 、 $R_e$ ：レイノルズ数 ( $= q_1 / \nu$ )、 $F_{ri}$ ：内部フルード数 ( $= \sqrt{q_1^2 / \varepsilon g h_1^3}$ )、 $h_c$ ：限界水深、 $\alpha, \beta$ ：定数

内部抵抗係数(2)式における定数およびべき定数  $\beta$  については、既往文献より推定し、70 年河道および計画河道での塩水遡上距離を計算で求めている。

その結果、

70 年河道

$$\alpha = 0.2 \sim 1.21 \quad \text{のとき} \quad L = 14 \sim 20 \text{ km}$$

計画河道

$$\alpha = 0.4 \sim 1.00 \quad \text{のとき} \quad L = 25 \sim 30 \text{ km}$$

ここに、水位 TP+0.64 m (上下弦平均満潮位)、流量 50 m<sup>3</sup>/s、密度差 0.026、 $\beta = 2/3$  は両河道の計算に共通である。

これらをもとに実測との比較から  $\alpha = 0.4$  を採用し、浚渫を行うと湧水流量相当時に 30 km まで塩水が遡上すると予測している。

以上のように、計画河道の塩水遡上を 30 km としているが、内部抵抗係数の評価に用いた 2 つの定数が不確定なうえ、現況の河道は計画河道に比べて河床が高く、河口堰を開門した場合にどこまで塩水が遡上するかは分からないのが現状である。

また、近年のシミュレーションでは、モデル式を構築し、潮汐、流量を変化させ、現況の水溫、塩分、流速などが一致するパラメータを決定した上で、堰築造や河床変化をさせた場合に、

塩水がどこまで遡上するかを予測するが、これらの現況データとの一致など、既存文献・資料に詳細が示されていない。

図4に示される河口堰運用前の平成6年～7年の塩水遡上状況は、15～20 km まで塩水の遡上が見られるが30 km までの遡上は見られない。

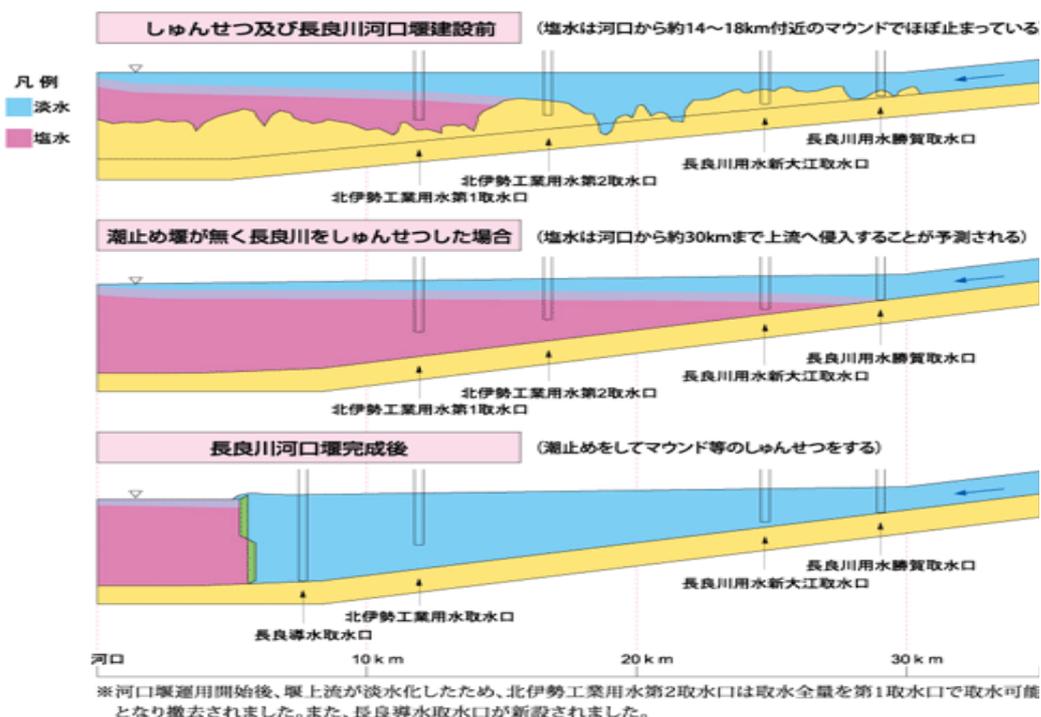


図5 長良川の浚渫と塩水遡上の防止  
(水資源機構 長良川河口堰管理所 HP より)

### 3) 開門に伴う塩害の発生の可能性

長良川河口堰に関する技術報告書(平成4年4月)では、長良川下流部の浚渫に伴い発生する塩水の河川水、地下水及び土壌への影響について検討されている。

その結果、河口堰の建設なしに浚渫を行った場合には、塩水が河口から30 km まで遡上すると予測されており、これに伴い、河川水が塩水化し、現在、長良川の河川水を利用している北伊勢工業用水、長良川用水等の取水が困難になるとされている。また、長良川によって地下水が涵養されている高須輪中のほぼ25 km より下流でかつ大江川より東の約1,600 haの地域の地下水及び土壌が塩分により汚染されると予測されており、地下水が利用できなくなるとともに農作物に被害が生じるほか、土地利用等に支障を与えている(図6)。

これについても、塩水が30 km まで遡上することを前提とした予測であり、遡上距離の変化により、塩害被害の影響範囲も大きく変化する。したがって、塩水遡上距離や塩水くさび先端部の塩分濃度などからより詳細な地下水流動シミュレーションを実施し、影響範囲について

検討する必要がある。

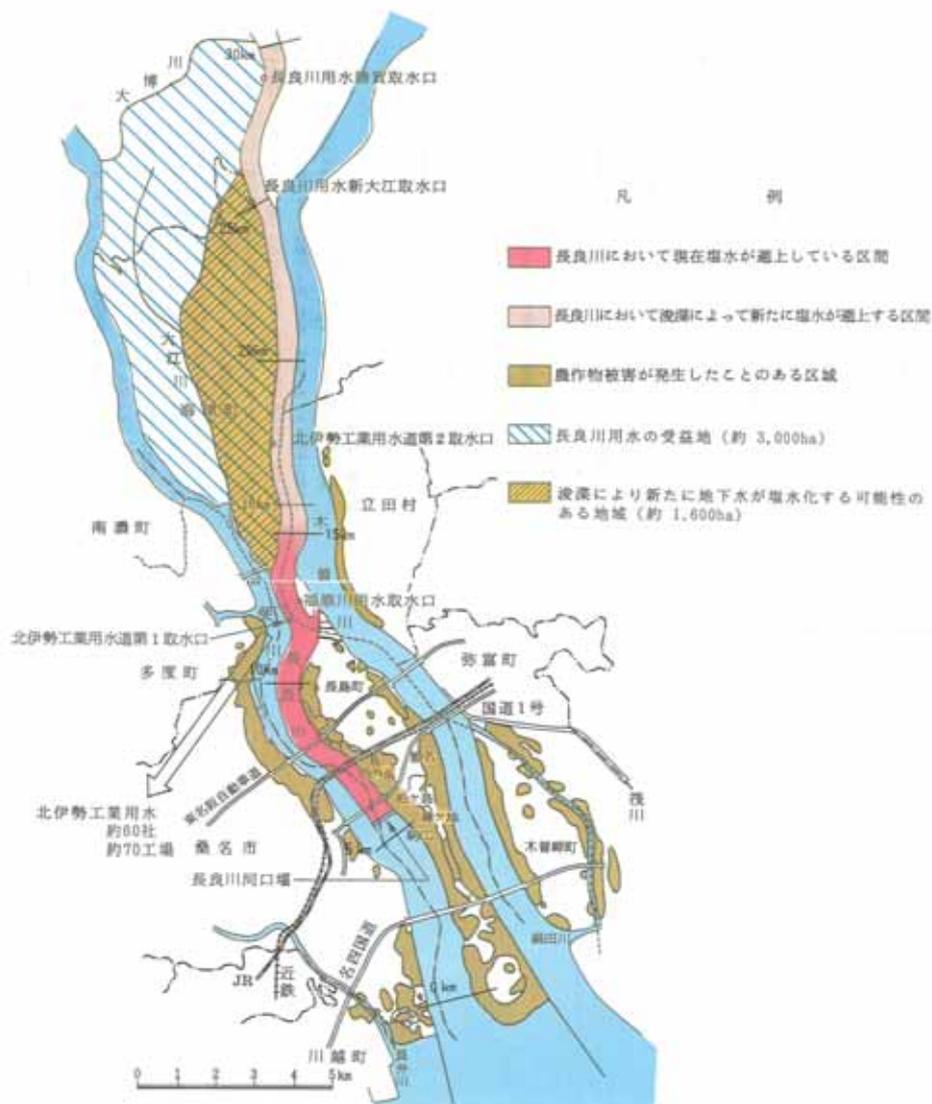


図6 長良川及びその周辺地域における浚渫による塩水の影響  
(長良川河口堰に関する技術報告書, 平成4年4月)

### (3) 2012年度の検討報告と検討上の問題点

2012年10月25日(第1回)および2013年2月15日(第2回)に塩害チーム打合せを実施し、開門調査に向けた塩水遡上距離および塩害の可能性について検討した。各打合せにおける検討内容は以下のとおりである。

#### 1) 第1回

予測結果の妥当性の検証

「長良川河口堰に関する技術報告」に関する質問事項について

今後、必要なデータ及び資料

「長良川河口堰に関する技術報告」より、数値計算による予測結果は、浚渫を実施すれば 30 km まで塩水が遡上するとされている。この予測に関して、数値計算に用いたパラメータおよび使用されたデータについて検討した。

予測に用いた数値およびパラメータについて、どの時点の数値を用いたか、どのようにパラメータを決定したかに曖昧さが残るため、国土交通省中部地方整備局および水資源機構中部支社への質問事項をとりまとめた。

## 2) 第2回

塩水遡上距離 (30 km) について

塩害を起こさない開門調査方法について

第1回に引き続き、浚渫による塩水遡上距離に関して再度検討を行った。国土交通省中部地方整備局および水資源機構中部支社から、質問事項に対して回答があった。

【巻末資料1：「長良川河口堰に関する技術報告 平成4年4月」への質問に対する回答】

## 3) 今年度、明らかになった問題点

浚渫を実施すれば 30 km まで塩水遡上することは、技術報告書に示される基礎方程式とパラメータにより予測されている。

しかしながら、先に述べたように、内部抵抗係数の評価に用いた2つの定数が不確定なうえ、現況の河道は計画河道に比べて河床が高く、河口堰を開門した場合にどこまで塩水が遡上するかは分からないのが現状である。したがって、予測当時と現在では河床地形や水理条件はことになっており、当時予測された 30 km という数値について、議論していても、開門調査にむけての議論は進展しない。

したがって、河口堰がすでに運用されている現在では、塩害チームの目的（開門による農業用水、工業用水への塩害を生じさせない）を達成させるためには、現況の数値を用いて、当時のモデルでの再計算、あるいは新たなモデル構築によるシミュレーションなどを考える必要がある。また、開門すれば塩水は堰上流に遡上するため、「利水」に大きな影響が出る。そのため、遡上距離のみではなく、堰上流への塩分分布（どのような濃度で、どのような形で）の予測についても検討する必要がある。

## (4) 2013年度への持ち越し課題

これまでは、公表されている既存報告書、資料の収集、整理を行い、塩水遡上距離の検討を行ってきた。しかしながら、限られたデータからは、今後の開門調査を実施したときの塩水遡上を予測することは困難である。

予測された遡上距離(30 km)についても、予測当時の河床高とは異なっていることなどから、

当時の予測結果だけでは、議論を前に進めることができないのが現状である。

そこで、2013年度は、以下の課題に向けて準備をする必要があると考える。

### 1) 塩水遡上予測の再計算

当時の予測計算技術と比べて、現在は3次元流動シミュレーションなどが実施されており、最新のシミュレーション手法を用いた河口堰開門に伴う塩水遡上距離の予測を行うことが望ましいと考えられる。しかし、予算的に厳しいこともあることから、当時の数値計算手法を用い、現在の河床高、流量などから再計算することも必要であると考えられる。

これについては、関係部局（愛知県、国土交通省、水資源機構）と共同して、明らかにしていく必要がある。

### 2) 開門調査に向けての課題の整理・検討

開門すれば堰上流へ塩水は遡上することは当たり前である。

したがって、開門調査を行う時期として、農業用水を取水していない時期での実施など検討する必要がある。また、「どのような条件の下」で、「塩水」が「どのような濃度で」、「どのような広がり、深さで」、「どこまで」遡上するか、また「どのように戻っていくか」など塩水遡上の消長を明らかにする必要がある。これらのことを考えると、(1)で述べたように、河床地形、河川流量、潮汐などを考慮した塩水遡上、塩分濃度を予測するモデルを構築し、3次元のシミュレーションを実施することが望ましいと考える。

その結果を踏まえ、開門時期や方法について検討することが必要である。

### 3) 利水チームと塩害チームとの問題点の共通理解

これまでの委員会での議論から、「環境チーム」では開門すれば河川の水環境、生態系が回復することが説明されている。開門調査で起こる問題としては塩害があり、これについては利水の問題と大きく関わってくることから、「利水チーム」との問題点の抽出と解決に向けて議論していく必要がある。