

事件の表示 昭和48年(ワ)457号

証人調書(この調書は第6回口頭弁論調書と一体となるものである。)

期日 昭和49年11月7日 午前10:30

氏名 須賀 堯三

年齢 39歳(昭和10年11月1日生)

職業 国家公務員

住所 千葉県八千代市勝田台4-2-4

裁判長は、宣誓の趣旨を告げ、証人がうそをいった場合の罰を注意し、別紙宣誓書を読みあげさせてその誓いをさせた。

証人の陳述のうち前半は裁判所速記官正木常博作成の別紙速記録記載のとおりである。右陳述のうち後半は次のとおりである。

被告代理人 片山

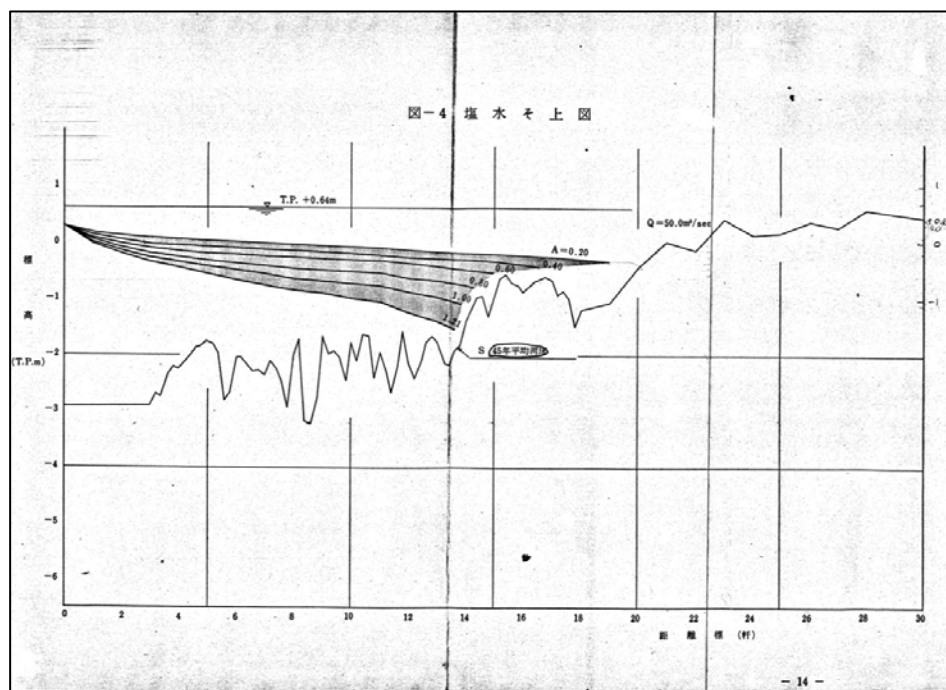
この報告書の計算結果についてはどうですか。

乙第40号証の三(長良川河道しゅんせつ後の塩水侵入について)を示す。

1 昭和45年の河道を使用して計算した結果は、この報告書の14頁の図-4に、縦軸に標高横軸に河口からの距離、平均河床グラフが示されており、そのグラフの上に六本の線が引いてありますが、これは塩水と淡水の状態を示してあります。そしてAが0.2・0.4・0.6・0.8・1.0・1.21の6ケースについて計算しますと現状をある程度説明し得ることが判ります。ただ現状においてどの地点迄塩水が侵入したかというデータはありませんので、Aの値がどれが適当であるか、その結果は引き出せません。しかしいずれにしても、この計算方法により、現状の塩水くさびの遡上状況を十分説明することが出来ます。同様の理論式、及び河道以外の条件をすべて同じにして計画河道について計算しますと、16頁図-6に示されるような、結果が得られます。今回はAが0.4・0.6・0.8・1.0の4ケースについて、計算してあります。Aの値については15頁図-5に示されているように0.4という値は実験値あるいは実測値の下限の値であり、同図の右上の黒点は土木研究所の利根川における現地実測値であり、パレンギアの値等からもAが0.4という数字になり、その点から判断してAが0.4辺り遡上する可能性があると考えする必要があります。以上の結果によって、河道が掘削された場合30km弱迄塩水が遡上することになります。

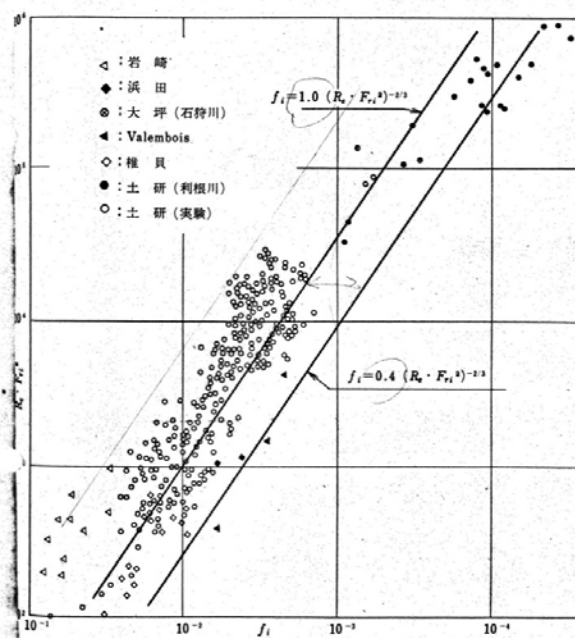
2

乙第四〇号証の三p14図-4



乙第四〇号証の三p15図-5

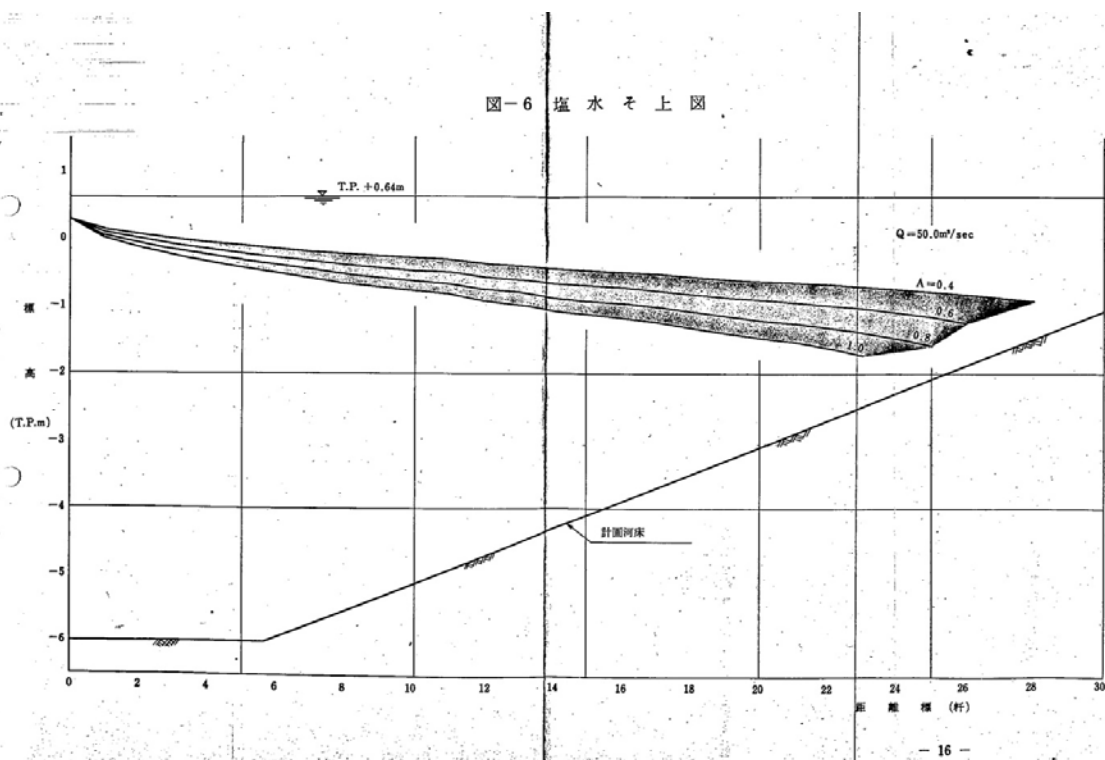
図-5 実験値および現地観測値と推定値の関係



地技1658

乙第四〇号証の三p16図-6

図-6 塩水そ上図



するとそれは塩水の量が現況と大分違ってくるのですか。

Aを0.4とした場合の現況の容積は約1600万 m^3 であり、それが、同一条件で計画河道になった場合約3500万 m^3 となります。この量は大変大きな値であり、想像も尽きかねますが、例えば揖斐川上流の横山ダムの容量が約4500万 m^3 ありますが、それには及びませんがそれにほぼ匹敵するような量になります。

以上 報告書を証人が検討し、その結果をこの検討書にまとめましたか。

乙第41号証(長良川河口堰建設事業に伴う諸問題の依頼検討について)を示す

はい。

3 この検討書の1頁に「1.理論の適用性」とありますが、これは何を検討されましたか

前述の報告書で検討しております理論が長良川の場合適用できるかどうかを中心に検討いたしました。その結果この理論はこれ迄発展してきた理論のうちかなり高度な理論であり、世間的にも十分認められている式を適用していますので、問題がないということになりました。詳しくはこの検討書に記載してあります。

1頁下から六行目に、「嶋の研究結果によれば」とありますが、これについて説明してください。

嶋さんは最近亡くなりましたが、東大助教授から埼玉大学教授になられた塩水の研究については、日本の権威です。この人は長良川の塩水問題について実測値に基づいた研究をされ、長良川の塩水遡上状況の特性について論文をまとめられました。その結果は土木学会の年次講演会で報告されています。その結果は長良川については、弱混合から強混合迄いずれの形態も発生し、強混合の時は遡上距離が一番短く、弱混合の時は一番長く、弱混合の発生する時期は多少時間のずれがありますが、上・下弦の小潮時より一日位遅れて発生すると述べております。

4 二頁三行目に「一次元の定常流に関する成層流理論」とありますが、これはどういうことをいいますか。

本来 塩水くさびは三次元的な運動をします。三次元的とはX方向・Y方向が平面的、更に独自の運動をします、それに対し一次元即ち考えています断面の中ではその平均値で代表し得るものであり、それが一次元であります。定常流は時間的に変化しない流れをいいます。又成層流は理想的な塩水楔のようで、上層・下層ばかりの層をなしている流れをいいます。この報告書ではそういう過程(過程か? 仮定か?)に基づき、一次元の定常流に関する成層流理論を適用し、その結果を準用して長良川における実際の塩水遡上理論を確立したわけです。

5 本来は三次元で非定常流として計算すべきであることを一次元で定常流として計算したと言われますが、それで計算結果は間違いないですか。

はい。京大奥田教授が長良川において三次元性の検討を行っておりますが、同教授の検討によりますと、断面の中では必ずしも一様ではないが、平均値からのずれはごく僅かであって、ほとんどその影響を無視し得ます。従って三次元的な考察をする必要はなく、長良川の塩水遡上は一次元的な理論を考えてよろしいと報告されております。それから、実際の現象は流量・潮位が変化します。流量の変化は時間的尺度の大きい現象でありますので、これは定常流と考えてよいと思います。一方潮位は尺度の短い現象であります。従ってその影響は当然入ってきます。しかし先程の嶋教授の検討によりますと現状においては1600万 m^3 という大変巨大な海水の塊でありますので、その運動は大変鈍いので、潮位変動の影響もそれ程ではありません。現状河道でくさびの長さにして3km程度しかないと報告されております。従って、定常流の解析の結果を用い、不定常流・定常流の変動の推定を用いることになりました。

6 三頁下から六行目に「2.計算条件の検討」とありますが、ここではどういうことを述べていますか。

塩水楔は計算条件により長くも短くもなりますが、今回ここでは、最長の塩水楔を計算します。そこで適正な計算条件を与える必要があります。

その中で

- a 内部フルード数1となる河口の位置、
- b 河口出発点における下層塩水濃度をどうするか
- c 内部抵抗係数の関数形と定数
- d 河口水位
- e 流量
- f 検証に用いる現状河道

以上の問題を計算条件として出さねばなりません。その内容は検討書に詳しく述べております。

五頁四行目に「塩水楔は河口において内部ジャンプし」とありますが、この内部ジャンプとはどういうことですか

7 乙第四〇号証の三に記載してあります五頁の(10)式にΦ(X)が分母に書かれています。それが(11)式に表されています。(11)式の中では上層の流速 U_1 が下層の流速 U_2 に比べて大きいので、工学的には下層の流速を無視し得るといえます。そこで U_2 を消していただきます。すると二つの項ができます。

即ち $-(U_1^2 / gh_1) + \varepsilon$ となり、これをいっしょにまとめますと ε でくくれて

8 $\varepsilon \times (1 - U_1^2 / \varepsilon gh_1)$ となります。この項は内部フルード数の二乗となります。内部フルード数が1に近づきますとこれは0になります。すると(11)式をみるとこの項は0になります、即ち上層の水深 h_1 の限界数が無限大になります。以上は理論的な問題ですが、実際にはどういう現象が起きてくるかといいますと、ここで内部ジャンプが起こることになります。内部ジャンプとは、上層水深 h_1 が急激に減少してきますと その下流に渦ができます。例えば舟を出しますとこの付近で上層の流速が少し早めになり、水面が乱れる現象がおきます。丁度そこが内部ジャンプをしている場所です。ジャンプしてから海側においては、流速は徐々に遅くなってきます。ところで、内部ジャンプ即ち内部フルード数が一更に換言しますと限界水深が発生することです。この条件は塩水楔のバランスの条件です。換言すると河口において、限界水深があらわれるという条件が一番安定しているわけです。これは広く認められていて、いずれも塩水楔の計算においては、この条件が使われています。

限界水深は乙第四〇号証の三の図-4でいいますとどこになりますか。

乙第四〇号証の三の図-4を示す

この図の距離標0の地点が水深約30数センチメートルになっています。これが限界水深であります。

この検討書の六頁二行目に「低水流量」とありますが、これはどういうことですか

乙第四十一号証を示す

9 この検討は流量 毎秒 50m^3 が使われています。この流量は年間では275日の流量であります。換言すると毎日の流量を小さい方から順々に並べて来ますと丁度90番目に相当する流量であります。これを低水流量といいます。

その二行目下の「濁水流量」とはどういうことですか

これは小さい方から10番目の流量であります。

六頁下から四行目に「3結果の妥当性」とありますが、ここではどういう検討がなされましたか。

10 この報告書では一般的に通用している理論を用い計算条件についても適当な条件を与えます。流量等についても三カ月はこれより小さい流量を与えていますので、そういう計算条件を与え現状の河道を使って計算して、その結果を実測値と比較しましたところ、実測の条件をよく説明しております。ところで全く同じ理論を適用し、更に同じ条件を用い河道以外の計算条件は全て同一条件を使いました。それを計画河道に適用しているわけですから、この計算結果は、計画河道になってからの塩水遡上を適正に表現しているものと考えます。ちなみに流量が0になったとして一番先に述べたように境界面が水平になります。この時には30km弱の塩水遡上は適正だったと思います。

原告らは塩水遡上については河床勾配のいかんによると主張していますが、それについてはどう考えますか。

11 乙第四〇号証の三の11頁図-1をみると分かりますが、最深河床をあまり変えていないので、塩水遡上は余り変わらないのではないかと判断したのだと思います。河床勾配が塩水遡上距離に一番大きく影響を及ぼすのではないかと思われたのだと思いますが、しかしそのことが今まで説明したことから正しくないことは明白であります。即ち5頁(10)式で U_2 が U_1 に比べて小さいという条件を与えますと、この式は非常に簡単になります。この報告書ではこの式が省略されていますのでその計算式を別紙に記載いたします。

(右証人の記載した書面を調書末尾に添付する)

U_2 を0とします。(10)式で河床勾配を i とします。 U_2 が小さいとした場合には河床勾配 i は消えてしまいます。ということは下層の流速 U_2 が上層に比較して小さい場合は河床の影響は全くないということになります。従って、原告の主張は工学的即ち実際的に正しくありません。

河川で塩水侵入を防止するためには、どんな方法が考えられますか。

12 この問題は、日本中至る所でこういう例はあります。塩水の侵入を防止する対策は、理論的には考えられることです。例えば、弱混合が発生しないようにしてやることです。それで遡上距離がぐっと短くなります。それには河底から空気の泡をぶくぶくとだしてやる方法が考えられます。しかしこの方法は、相当多くの電力を必要とすることになりますし、又公害を起こすことも考えられます。その外パイプレーターみたいなものを起こす方法もあります。しかしこれも同様な理由により適当ではありません。そこで日本各地あるいは世界各地で行われているように河口堰を設けるということが一番適当と考えます。

空気の泡を使って、塩水遡上を防止した実例はありますか

この問題については、数年前にオランダでかなり真剣に検討され、これに関する論文が出ています。しかし実行するには大分問題があり、恐らく実用化されないと思います。

これは河川工学の本ですが、どういう本ですか。

乙第九号証の一を示す。

河川工学の本は割合少ないのです。中でもこの本は新しく出版された本で著者の吉川さんは河川工学の本を著すのに的を得た人です。というのは、河川工学は理論だけではありません。かなり現場的な内容をマスター熟知していなければなりません。即ち吉川さんは長い間建設省の実際の河川の指導をして来られ、その後東京工業大学の教授として活躍している人であり、理論と実際の両方を知っておられるという意味から非常に優れた本です。

13
14

裁判所書記官 清水 一郎

被告代理人

証人の経歴をおっしゃって下さい。

昭和34年3月 東京大学工学部土木工学科を卒業致しまして、卒業と同時に三井金属鉱業株式会社に入社しまして、上水道の維持管理、工業排水そして発電計画等に從事致しました。そしてその後昭和36年4月から建設省の土木研究所河川研究室に研究員として入り、河川水理学の研究に從事致しました。それでこのとき 卒業前に受験しておきました国家公務員上級職の資格を復活いたしています。

それからアメリカに行かれたことはありますか。

はあ42年から一年間アメリカのコロラド州立大学客員助教授といたしまして留学しています。

アメリカのこの州立大学は—

- 15 はい、河川水理学では規模の大きい大学のひとつでございます。帰国いたしましてから、43年12月に土木研究所の鹿島試験所長になりまして、その後48年土木研究所の水文研究室長になりました。この水文研究室長は三か月で終わりをまして、9月から河川研究室長になりまして、現在に至っております。

河川研究室というのは、どういう仕事をすところですか。

河川研究室は、河川の水理的な問題……即ち水の流れ、そして土砂の動き、そういったものの力学的な現象を研究するところでございます。

そうしますと、塩水侵入なども河川研究室でやっておるのですか。

はい。

この河川研究室というのは河川部に属するわけですか。

はい。

河川部には河川研究室の他にどうい研究室があるのですか？

河川研究室・都市河川研究室・水文研究室・海岸研究室の四つがございます。

- 16 それから、証人の研究業績について言して下さい。

ええ—土木研究室にまいりましてから、鹿島試験所及びアメリカの留学を通じまして、ほとんど同じ内容の研究をしています。その内容は水の流れ方に関するものでございまして、それにもなつて河床変動そして、局所的な洗掘の問題それに蛇行の問題、河口問題 模型実験、技術、密度流に関する問題… その他建設省の河川水理学に必要なものを研究してまいりました。

そういった研究の成果はどんな雑誌に報告しているのですか。

研究結果については土木学会論文報告集、土木学会水理講演会あるいは土木学会の年次講演会…それ土木研究所のものとしたしましては、土木研究所報告、土木研究所資料あるいは土木技術資料、その他国際会議としたしまして、国際水理学会というものがございまして。大体そういったものですね。

- 17 今日お話しいただく塩水塩分侵入の問題については、どんな研究業績がございますか。具体的に仰して下さい。(塩水の遡上研究は何時からはじめたのか)

まあ河川水理学関係で大体80ぐらい出していますけど、そのうち塩水に関する論文といたしましては、土木学会年次講演会に46年・47年…それと49年にふたつ土木学会の水理講演会にひとつまあその他、土木技術資料にひとつ、そして、土木研究所資料に三つぐらいございます。

(乙第四四号証-成層密度流の界面現象に関する水工学的研究(報告書)S49.5を示す)

これは土木学会の表紙に土木学会水理委員会密度流研究小委員会とありますが、密度流研究というのは、塩水侵入の問題を研究することも含まれているのですか。

はいそのとおりでございます。

その序言の次の二枚目をみていただきますと、この小委員会に証人も所属しておられるのですね。

はい。

この第二分科会 界面抵抗会に証人も所属しておられるのですか。

はい。

この第二分科会界面抵抗会というのが、この論文を共同執筆したと一そのメンバーの中にあなたも入っていて、メンバーでもって共同執筆してことですか。

18 はい。

それでは、塩分侵入の問題について入っていきますが、この塩分侵入というのはどういうことですか。

19 ええ、それでは塩分侵入の現象のごくあらましについて説明いたしますが一学問的には密度流の一分野でございます、この密度流といいますのは、たとえて申しますと水の上に油をたらしめると、脂が薄く広がります。これは主として油が水よりも軽いという性質によるものです。ちょうどこの性質と全く同じ現象が、水と塩水の場合にも起こっているわけです。この場合には塩水のほうが上の水よりも密度が大きい、従いまして塩水が水の下に入ってくるわけですね。もし流れが全くございませんと、ここの塩水は水平に広がって、水と塩水の境界面が水平になります。その境界面にこのあと着目いただきたいと存じますが、この境界面は上の水が動き出しますと、その動力によりまして、ひきずられるようなそういう力が出てまいります。この力のことを剪断力といいます。一この剪断力は前へひきずる力でございます。それで水が流れますとその剪断力が生ずるためにこの境界面が傾きをもってまいるようになります。すなわち水が動く前は水平だったものが、こういう剪断力が発生するために、境界面が傾きを持つてくるようになるわけです。それでそういう剪断力が働いた結果、その剪断力に応じて勾配ができてまいりまして、ちょうど塩水がくさび状に侵入するという現象がおこります。その現象のことを“塩水くさび”と通常呼ばれているわけです。

それでは、塩水侵入の理論というのは、そういったくさびがどこまで中に入っていくかということを実験する理論なんですか。

はい、そういうものです…。

20 それは、どういふ必要でそういった理論が発展しているのか、その点ちょっと説明して下さい。

塩分が川の中に侵入するという事は、古くから知られていまして、原始的な地域におきましても、住民はそういう現象のことを知っていました。それは川に入って水浴をすとか、魚を採って食べたり、飲み水に使うというようなことの中で、どこまで塩水が入っているのか、そしてその侵入距離が例えば、月齢によってどう変わるかそういう定性的な内容については知られていたわけです。それで住民は川の水を灌漑用水として使いますし、又舟の航行にも川を使います。そういう川を利用する立場からいまして、この塩水の現象これは古くから注目されているわけです。

21 それでたとえばオランダのような国ですと、土地の高さが非常に低いという、いわば海面以下の土地を非常に広く持っているところですね。こういう国においては土地を有効に利用するために、川の出口を仕切りまして水の水位あるいは塩分の侵入の制限を行うということで、長い間水との闘いを続けてまいっています…そういうときにここを締め切ったらどういふ効果があるのか、あるいは舟の航行のために河口をほつたらどういふ効果があるのか、又どういふ弊害が生ずるのかというような実際的な問題が出てきておりまして、塩水の侵入について予測をする、そういう必要が出てきたわけです。それが学問の発展につながっているというような捉え方が真実ではないかと思ひます。

現在のそういう塩水・塩分の侵入理論の各国における研究の成果というものを簡単にお話し下さい。

今の土木学会水理委員会の密度流研究小委員会一

(乙第四四号証を示す)

22 この二九頁一ここに参考文献がのっていますが…これは一番古いところまで遡ったものではないのですが、現在の科学の発展に重要な貢献をなした論文は一応のっています。それでここみますと、最初物理学者がさつき申し上げました境界面の安定の問題を研究いたしましたのでそれがその剪断力の大きさを判断するひとつの重要な基礎を与えております。それでその後この 1)のところにあります、Schijf, J.B and J.C.Sohönfeldの方が塩水くさびの侵入の形、定性形状というものを予測する方法を理論的に研究いたしました、これは今から二五年ぐらい前のことでございます。それで勿論この研究は理論的な研究でございますから川の形も理想的な形そして、その剪断力についても、ごく初歩的な見積もりしかやってみせないので、この結果を直ちに実際の問題に適用するまでには至っておりませんでした。まあそのころの研究の進捗状況はそれほど早いものではございませんでしたが、ちょうど我国における研究が密度流に関する研究について活発に行われるようになりました。昭和32~33年ごろから、この密度流に関する研究が急速に進展いたしました…この塩水くさびの予測につきましても相当の精度で計算ができる段階になってきたわけです。この土木学会の水理委員会密度流研究小委員会、これは、そういう時期にあたって非常にたくさんの論文

23

をみなおして、再評価を加え、その委員会として、ひとつの権威ある結論を導こうということではじめられたものでございまして(権威ある結論は導かれていない)-(学会の委員会は権威ある結論を導くことを目的としない)この報告書が現在における密度流研究の最高水準をいくひとつの総まとめであると、そうお考えいただきたいと存じます…でこのメンバーは現在の我国の密度流に関する専門家の権威の方々が集まっておりまして…たとえば京都大学の岩佐教授・東京工業大学の椎貝助教授・東京大学の玉井助教授・北海道大学の板倉助教授・東北大学の岩崎教授・九州大学の粟谷教授・運輸省の金子技官・建設省の私(須賀)…それに東北工業大学の阿部助教授・大阪大学の室田教授・北海道大学の柏村教授・京都大学の南教授・電力中央研究所和田技官・埼玉大学の嶋教授—この方はい最近お亡くなりになりましたが…それから九州大学の植田教授・九州産業大学の崎山教授—こういうメンバーが集まって作ったものでございまして…さっき申し上げましたように、現在の総まとめができています。で、この中の密度流のこの塩水遡上問題に関しましても、取りまとめが行われています。

乙四四号証…基礎的現象に話題を絞るかつ実用的立場・従来の研究結果を引用しつつ再検討を行い、今後の研究の進展を期待しようとするもの

24

(乙第四〇号証を示す)

これは、ご存知ですか。

はい。よく知っています。

これは、どういうことからご覧になりましたか。

この報告書は水資源開発公団より土木研究所に検討の依頼がございました。

検討されたのは、土木研究所のどなたですか。

これを検討いたしましたのは、土木研究所の須賀でございます。

証人ですね。

はい。

この報告書では、どういうことが検討されているのですか。

25

長良川河口における塩水の侵入問題を検討いたしまして、これまでの密度流に関する研究結果を応用いたしまして、河道掘削後どこまで遡上するかということを推定したものでございます。

(乙第四一号証を示す)

この一頁から七頁までですが、これは証人が作成されたものですね。

はい。

この須賀堯三とあるのは証人の筆跡ですか。

はい。

もう一度乙四〇号証の三—この四〇号証の三の報告書について専門家の立場より少し説明いただきたいのですが—

26

一頁よりまいりますと、長良川では現在の計画高水流量、毎秒4500m³…これが十分でないことは、よく検討されました。たとえば、34年の伊勢湾台風とか、35年、36年の大出水により、上流部で氾濫したために、洪水の被害は下流部ではそれほどございませんでしたが、もし上流部で溢水がないといたしますと、これは、毎秒8000m³にもものぼる大洪水とされています。そこで、長良川の計画流量が4500から8000tに切り上げられることになっています。これで、このうちの毎秒500m³につきましては、ダムによって調整をすることができますが、その他には適当な方法はありません。まあ考えられます方法といたしましては、堤防を嵩上げする・放水路を作る・堤防を引き堤する。これからまた河道掘削するという方法しかございませんが、現状より判断いたしまして、「河道掘削の方法以外は実現不可能ですが、これも行います場合、河川法にある河川の正常な機能が維持できない、その中に塩水の遡上が増大するという事も含まれます。その河川の正常な機能を維持するために河口堰の建設が計画されたわけです。」(工業用水)その浚渫により、長良川に海水の遡上が激しくなるわけですが、一体どのくらい遡上するかということを検討したものでございます。

27

(このとき、速記録末尾添付(一)図を示す)

この海水遡上現象というものを次にご説明いたしたいと思います。三頁でございますが…さきほども簡単に申し上げましたように、流れがないときには塩水と淡水の境界面は水平でございますが、流れが発生いたしますと、これが勾配をもってくるようになります。これが、塩水くさびと呼ばれている現象で弱混合とも呼んでいます、この境界面に働く力つまり剪断力が大きくなってまいりますと、この境界面に波が発生するようになります。早い話が、今は水と塩水の問題を考えておりますが、空気と水の場合、これはみなさんよくご存じの現象です。風が大きくなりまして、海面を引っばられる力が大きくなりますと、波が発生いたします。それと同じような波が目には見えませんが、その境界面に発生しているわけでございます。でこの剪断力が大きくなりまして、その波がだんだん激しくなりますと、下層の塩水が上層の淡水の中に入っていきようになります。そういう現象がこの次に書いてありますが、緩混合と呼ばれる形態になっているわけです。そして、この混合が激しくなりますと強混合型とよばれる現象に移ってまいります。ですからこれを塩分分布として書いてみますと…この図に赤く書きましたように弱混合の塩水くさびでははっきり上の方が密度が小さくて、境界面から下は海水というふうに塩分分布になります。これが緩混合になりますと、上から段々塩分が濃くなりまして、下層は海水ということになります。又強混合では理想的な形は上層と下層の塩分濃度は同じですが、実際に起こっている強混合では、上のほうから底に向かっていくらか増えているのですが、その増え方がごくわずかであると、まあほとんど同じような塩分濃度を示しているともまあそういう形態でございます。この三つはこれが強混合になり、塩水くさびになりと はっきり分けられているわけではございませんので…連続的に変化しているわけでございます。

それで長良川の場合にこういう現象が実際に起こっているかどうかということを調べた論文がございます。それによりますと、この現象はいろいろな要素によって支配されています。影響を与える要因はこの一頁に一から一八まであげてございますが、この中でも特に上流からの流量それから海での潮位変動これが大きい影響を持っています。それで上流からの流量が大体低水流量程度の状態で海の潮位変動の状態をみてまいりますと、弱混合は上・下弦後一日くらいたちますと、塩水くさびの状態が形成されまして、朔望のほうに近づくに従いましてそれが緩混合にかわり、朔望では強混合になるという現象が把握されています。それで各塩水くさび…強混合型における現状での塩分遡上の状態も検討されています。それによりますと強混合型では遡上距離が短いわけですが、弱混合になりますと遡上距離がのびる、そういう特性が明らかにされています。それでこの現象は何も長良川だけに限った現象ではございません。利根川におきまして、その他の川におきまして、同じような現象がおきているわけです。元より、これは確率現象ではございませんで、はっきりした物理的な現象ですので、当然のことでございます。そういうことははっきりしていますので、この検討では、最大の遡上距離を求めるということでございますので、強混合型の検討をする必要はございません。単に塩水くさびの検討を行いますと最大の遡上距離がでてくるわけです。で果たして実際に長良川で塩水くさびが発生しているかどうかということデータを調べてみますと10頁の表(1)にありますように、千本松原の取水所の塩素イオン濃度の実測値によりますと、最高で19500ppmという濃度が観測されています。この19500といいますと、ほぼ海水の塩素イオン濃度を示す濃度として、海水がそのまま侵入しているという事実を示しています。このことは、強混合でもないし、緩混合でもない、まさに塩水くさびの侵入そのものであるというふうに考えてよいかと思えます。そこでこの報告書では、塩水くさびについての検討を行っているわけでございます。塩水くさびの現象は物理的な力学的な現象でございますので、かなり理論的に説明することができます。その理論的な内容については、四頁から説明が行われています。余り詳しい説明はさしひかえますが、これの一番の基礎になる関係は中学校で教わっていますが、ベルヌーイの定義がございます。このベルヌーイの定義を応用いたしまして、この図にありますような、海水の上層と下層の夫々に適用するわけです。

普通は、ベルヌーイの定理とはいっていない→運動方程式・一次元運動方程式・海水路の運動方程式

(速記録末尾添付(二)図をこのとき説明する)

32 それで、この図では、X軸を左から右にとっております。その関係で実際に起こる流れの方向を今ちょっと説明してみます。右の方が海になっていますし左が川の上流です。川の水は、海水の上ののっかって海の方に流れてまいります。その量については全て位置と記号をつけています。

33 この u が流速です・ h が水深・この ρ というのが密度でございます。それから τ …これがさっき申しました剪断力、これがこの境界面をひっぱるような力ですから、赤で右向に、こういう力が働いています。一方下層では海の水はこちら左のほうは、こっちということで、向いていますが、式の上ではマイナスの流速ということになります。従ってこの境界面をこういうふう

34 に左へひっぱるといってございませう。それでこういう関係を式に表しますと、(4)式(5)式(4頁)ということになります。この(4)式が上層に適用する、(5)式が下層に適用する式でございます。理論的にはこの式の他に連続の条件というものを使います。この連続の条件といひますのは、流量が蒸発したり、消えちゃったりしない、要するに上からきた流量がそのまま下流に流れていますという条件でございます。この条件が(6)、(7)式でございます。又そのほか いろいろ説明すれば式はございますが、結果だけについて申し上げます。以上4つの式を使いまして(4)(5)(6)(7)式—そして上層の水深 h_1 これの変化率、これを求めますと(10)式のようになります。ここで分母に αx というものが、これが入っていますが、それは(11)式に表されているんですが、…それで密度流の塩水くさびの計算はこの式によって計算すればよいわけですが、ここで実際の見地からあるいは工学的な見地から判断いたしますと、 U_1 上層の流速に較べまして、 U_2 下層の流速が非常に小さい従ってその影響があらわれてこないの、式の中で U_2 を消すことができ無視できるわけ。そうしてこの U_2 をゼロとおきまして式を簡略化いたしますと(13)式のようになるわけでございます。

35 それでこの式は、水理公式集、あるいは吉川秀夫さんの河川工学にもものっています。まず、乙第四二号証の二—水理公式集—そして乙第九号証の二の吉川さんの河川工学の方にのっている式と全く同じでございます。(全く同じではない。もとの基本方程式が同じ)但し、(13)式は形は違います。吉川さんの式は無次元化してしまっていて、式の形は違いますが、表しているものは全く同じものでございます。次に水理公式集にのっています乙第四二号証の二はこれを簡略化したもので…換言すれば、もっとも単純に適用する公式でございます。すなわち、この剪断力の係数が変わりますが、それを変わらないと仮定いたしまして、さらに水路の勾配がゼロだということで、これもそう仮定して求められた式でございます。従いましてこの報告書で使われています公式は、もっと一般性のある厳密な方法でございます。

36 それで今までに基本的な原理についてご説明いたしましたが、次にこの式を使いまして実際に計算をしていく方法についてご説明いたします。

この式で問題になりますのは、内部抵抗係数…六頁の7がその抵抗係数でございます。この抵抗係数といひますのは、さっきから再三申し上げます剪断力の程度を表わす係数でございます。五頁の(8)式(9)式に表しているものです。それでこの内部抵抗係数といひものは六頁の(14)式に表しているような関数式になるということが、ある程度理論的にもわかっていますし、又実験値や実測値によっても証明されています。但し(14)式の定数A及びnにつきましては、はっきりしたことが、決定されているということまでは言い切れない状態があります。そこでAとnについて検討したのが、次にのっています。

37 まず、nにつきましては、これまでの研究結果をまとめまして、図に示されています13頁図-3をみていただきたいと思ひます。この図は縦軸にレイノルズ数と内部フルード数の二乗の積、横軸に内部抵抗係数が書いてあります。但し、通常のグラフのように、上に行けば行く程、右に行けば行く程大きくなるようなこととございませぬので、まあ縦軸はよろしいんですが、横軸は右に行く方が、小さい数になっています。この点ご注意くださいと存じます。しかしながらここで使っています実験値あるいは、実測値は土木学会の密度流研究小委員会—乙四四号証これの17頁の図2-2この中で使っている実験値と同一のものでございます。土木学会のほうが多量の実験値を同時に図の中に記入していますが、全体としての傾向は全く同じものでございます。従いまして、この値については学会で広く認められているところで、この一三頁の図-3から判断いたしますと、ちょうどこの勾配が、 $2/3$ になっていることがわかります。(14)式によりまして、このnは勾配を表していますので、nの値は $2/3$ が適当であると判断しています。

(速記録末尾添付(三)図を示す)

一方 Aの値は—今度は図-5でございますが(15頁)二本の線が引いてあります。下の方がAが0.4上の方が1.0の場合でございますが、この図から判断されますように、この線の位置これを表す定数でございます。この検討では、これまでの研究結果を使って検討いたします。さて理論式の形、係数が決まりましたので、次に実験条件を決めてやれば、よろしいわけ。

ここでは、河口における水位を上下弦日絵金満潮位流量を低水流量、毎秒 50m^3 、河口における海水の密度 0.026 といたします。それからさらに河口で、内部フルード数 $=1$ すなわち限界水深があらわれると仮定いたします。

今の流量の毎秒50m³というのは。

低水流量でございます。そういう条件で計算致しました。

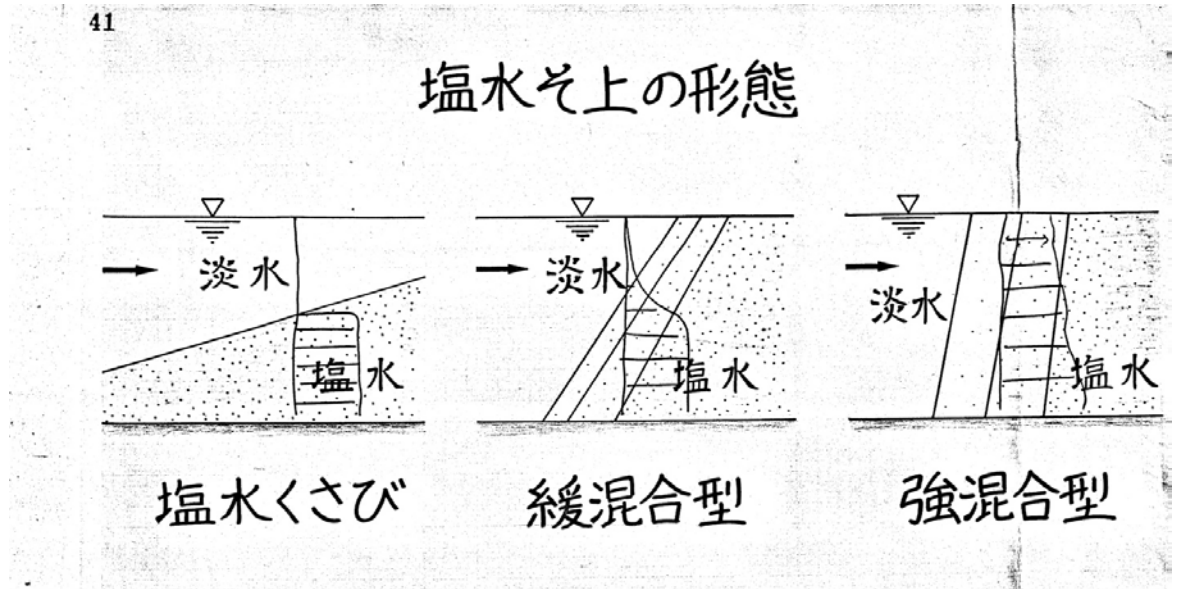
低水流量。

はい。

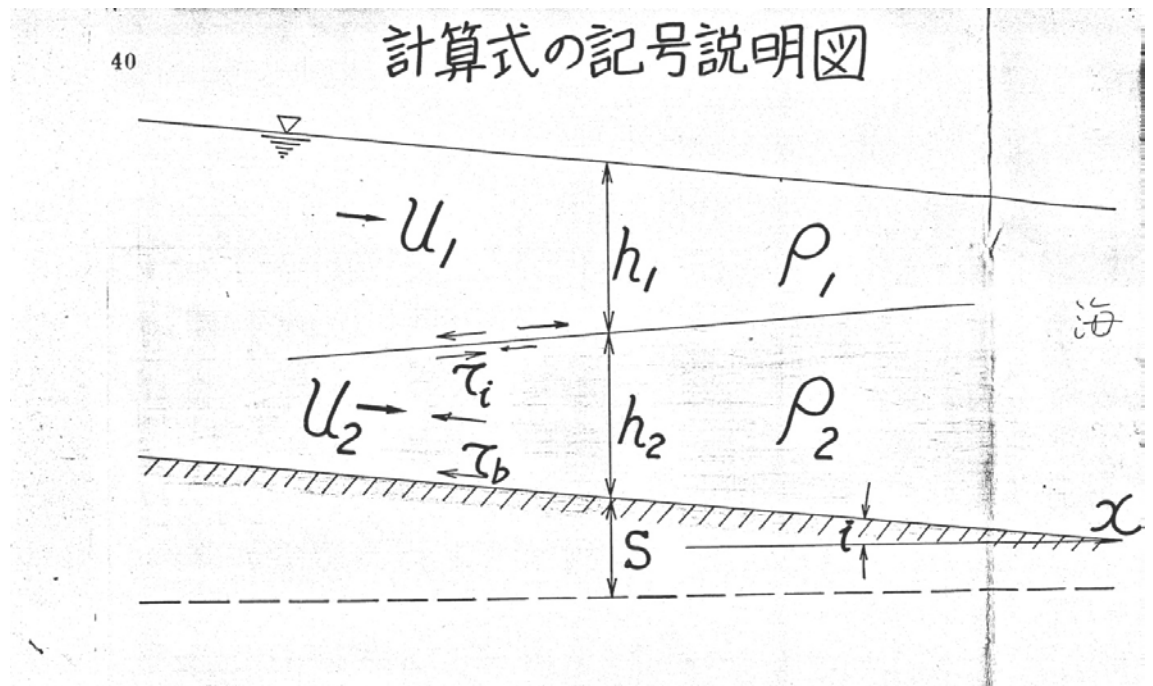
38

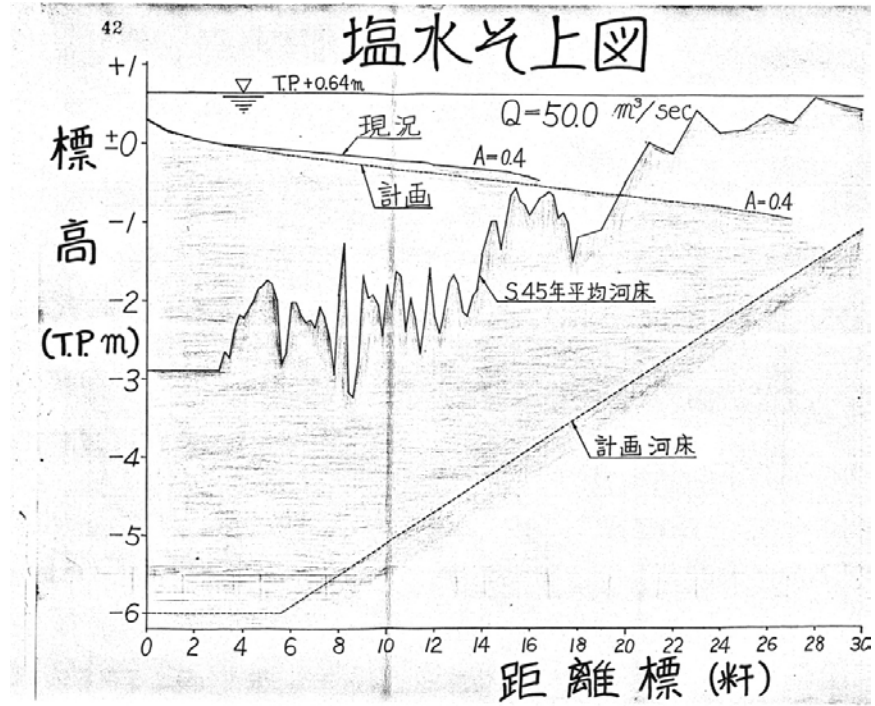
岐阜地方裁判所 裁判所速記官 正木 常博

速記録末尾添付図(一)



速記録末尾添付図(二)





速記録末尾添付図(三)

43

No. _____

(10) 式 $z'' u_2 = 0$

$$\frac{\partial h_1}{\partial x} = \frac{1}{\Phi} \left[\left(i - \frac{f_1}{2g h_1} u_1^2 \right) - \left(i + \frac{f_2}{2g h_2} u_2^2 \right) \right]$$

$$= -\frac{1}{\Phi} \left(\frac{f_1}{2g h_1} u_1^2 + \frac{f_2}{2g h_2} u_2^2 \right)$$

$$= -\frac{1}{\Phi} \frac{f_1}{2g} u_1^2 \left(\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} \right)$$

岐阜地方裁判所
裁判所速記官 正木 常博