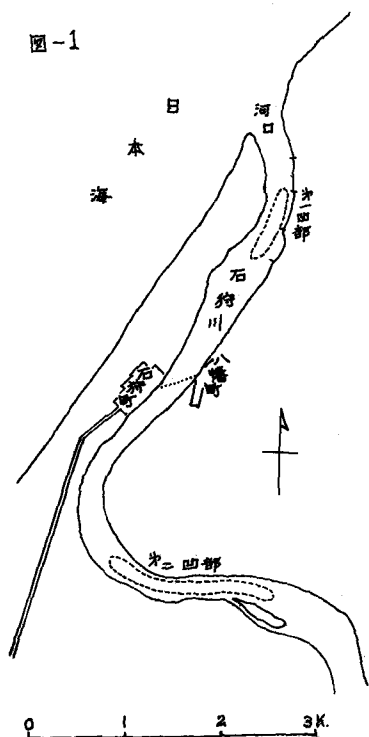


(15) 石狩川河口の密度流 — 2塩水楔の遡上

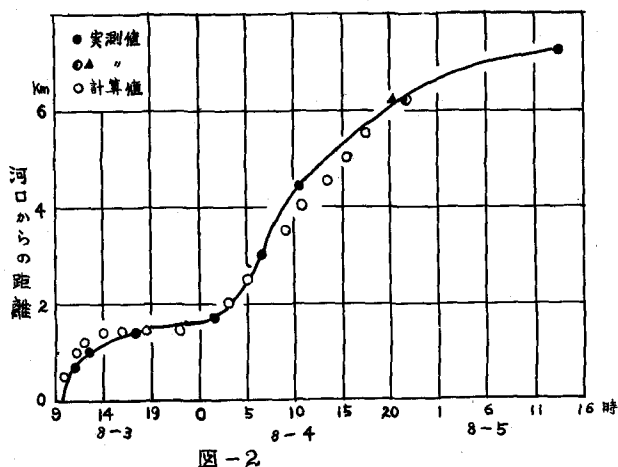
北海道大学工学部 理博 福島 久雄 柏村 正和
八鍬 功 高橋 将

図-1



石狩川は北海道大雪山系に端を築き、日本海石狩湾に開口する延長360 Km. 流域面積14200 平方Km. の日本屈指の大川であり、河口内10数Km. は水面勾配が極めて緩く、平水量以下の場合には下層にしばしば20Km. におよぶ塩水楔が存在する。増水時には楔は河口外に押し出され平水に戻ると徐々に浸入してくる。昭和33年8月に河口外に押し出された塩水が平水に戻つて河口内に遡上する状況を観測する機会に恵まれた。その中で楔先端の遡上速度の観測結果について考察する。楔先端の探知にはコードの先に一對の白金電極を附したものを水中に下ろし電極間の電気抵抗をコールラウシュブリッジにより測定して得たが非常に鋭敏に探知出来た。先端遡上の実測結果を図-2に示す。石狩川の楔の遡上機構は図-2の如く二段に区切られている。この事は一様な理想水路を考へては納得出来ないことで、河口内河床の複雑である事が原因となつてゐる。図-3に河口から上流9 Km. までの河床縦断形状を示すがこれによつて河口が非常に浅いこと、河口内に大規模な凹部が二箇所あることが知られる。楔が河口内に入り始めた時の淡水流量は約500

m^3/s でありその後流量はさらに僅かづつ低下している。上流江別の水位曲線から推定すれば観測終了時には400 m^3/s 以下になつたものと思われる。河床の縦断形状から次のような遡上機構を考へる事が出来る。「河口の内部にくらべて河口が非常に浅いためそこを通過して入り込む海水流量は淡水流量によつてのみ制御される。通過した海水は第一の凹部へ流れ込み徐々に凹部を満たして後第二の凹部に流入し、又これを満たして先へ進む」この考へのもとに図-2に得られた遡上の二段構造を説明せんとした。期間中の淡水流量の変化がわりに少ないことから流入海水流量を観測値にもとずき13 m^3/s で一定と仮定し、凹部に入り込む途中の河床の負勾配に於て楔は定常的に前進し、かつ観測結果に於て塩水と淡水の



境界面における抵抗が河床の抵抗に比し僅少であることからこれを無視出来ると考えた。

〔T. von KÁRMÁN〕のこのような二層流体の二次元的考察によれば下層と上層の相対速度 q について $q = \sqrt{2g h_1 (h_1 - h_2) / h_2}$ が成り立つ。但し h_1 ,

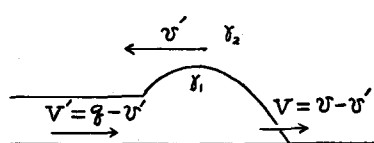


図-4

h_2 は下層、上層の流体密度 ρ

は下層の厚さである。更に〔L. PRANDTL〕により上層流に対する下層先端前進速度 u は $u = q / (1 + \sqrt{h_2 / h_1}) \approx \frac{1}{2} q$ なる関係がある。 u から淡水の流速 v を差引けば真の楔の前進速

度 V を得る。故に V と h の関係あるいは塩水流速 $V' (= q - u)$ と h の関係が求め得る。次に川の断面積 S は河床からの高さ h の関数で $S = f(h)$ で表される。塩水流量を Q とする

と $Q = \rho V' S = \rho V' f(h)$ を得る。 ρ は断面形状による常数である。 $Q = \text{一定}$ とすれば各断面につき V' と h の関係が求まる。 V' と h の関係につき前者と後者を同一グラフにのせるとその交点から V' が求まり従って各地奥の楔先端速度 V を求める事が出来る。(図-5)

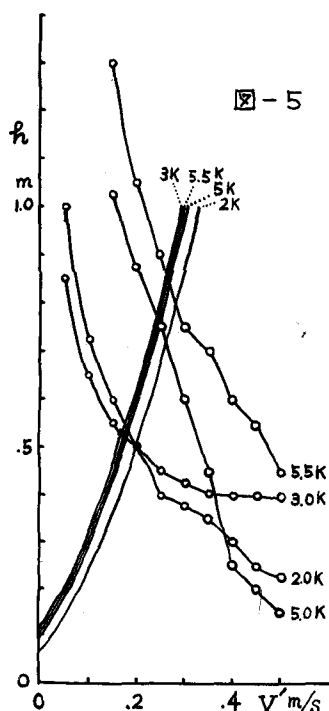


図-5

次に四部にたまる塩水が河床の正勾配をはい上る速度 V は $V = Q / A(h) I$ で表される。 I は河床勾配、 $A(h)$ は四部最下奥から h の高さの四部の水平面積であり h の関数である。

このようにして河床負勾配、正勾配の楔の先端速度をそれぞれ河床形状の実測結果と $Q = 13 \text{ m}^3/\text{s} = \text{一定}$ を用いて計算し、楔先端位置と時刻の関係に直して図-2に白丸をもつて記した。

多少のずれが見られるがほぼ実測結果と同様な傾向を示している。塩水流量を一定としたことは勿論ずれの原因となるので実際は次第に増加したと思われる。又この他に層間の摩擦抵抗や潮汐による流量の変動等があり、これらを修正すれば尚よい一致を見ると考えられる。

結局、図-2の如き石狩川河口の塩水楔遡上の二段構造は河床の二つの四部によつて出来るものであることが結論づけら

れ、さらに一般的には塩水楔先端の遡上には河床形状と河口の水深が大きな要素として存在するといふことが出来る。

文 献

〔T. von KÁRMÁN〕 "The Engineer grapples with Non-Linear Problems," *Bull. Am. Math. Soc.*, 1940, Vol. 46,

p. 651

〔L. PRANDTL〕 "The Essentials of Fluid Dynamics," 1953, p. 369