

II-45 利根川河口特性に関する二 三 の考察

建設省 土木研究所 正員 須賀 堯三

〇 渋谷 武治

1. まえがき

利根川は、その源を群馬県利根郡水上町丹後山に発し、片品川、吾妻川、烏川、渡良瀬川、鬼怒川および小貝川等を合流し、関宿で江戸川を合流し、銚子より大平洋に注ぐ流域面積15832 km^2 を有する大河川である。

筆者らは、利根川河口のエネルギー損失特性、流況等について実験的に検討し、砂洲変動調査、河床材料調査、入退潮流の挙動調査等現地での貴重なデータを解析して見て、利根川河口における二、三の性質について知ることができたので、ここにその概要を報告する。

2. 河口砂洲と導流堤

現在、利根川河口には左岸0.8 km まで導流堤がのびされ、左岸豊かな沿岸流にのって南下してくる漂砂を止めているが、導流堤設置前は砂洲が河口にせり出し、洪水疎通、船運の障害になっていたと思われる。それを表わす導流堤設置前後の

砂洲消長の様子を図-2に示す。これを見るに、導流堤設置は昭和24年以後であるが、昭和の初期年代には砂洲が自由に動きまわり、河道内へもはみ出していたが、設置後は昭和27年の例に見られるように、河道と左岸砂洲がはっきり分けられ、河道内に残された砂洲も減少していきつつある。

また、導流堤設置と砂洲の変化を図-3に示し、導流堤設置過程での砂洲変化をとらえてみたが、この図は大きく三分される。つまり、1) 導流堤設置が砂洲消長にほとんど影響しない期間、昭和24.4～24.8、2) 導流堤が影響し始め、汀線変化の最も著しい期間、昭和24.9～25.12、3) 砂洲が安定し、汀線変化が緩慢となった期間、昭和26年以後、である。

汀線変化の最も著しい2)の期間を見ると、導流堤を延ばすと砂洲がつき、又延ばせばつくといったたちどこの型となっており、ほかほか興味深い。そして砂洲安定期へと移っていくのだが、この図がもっと正確かつ精密で、導流堤長、先端付近の水深等がわか

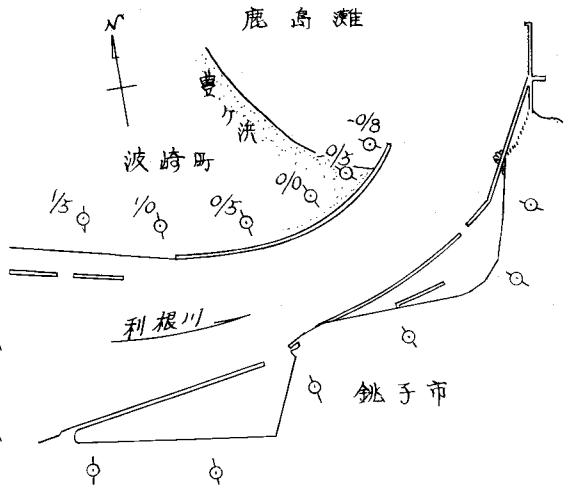
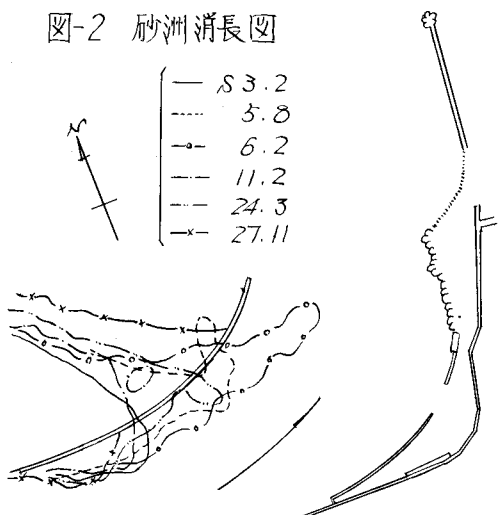


図-1 利根川河口概図

図-2 砂洲消長図



り、さらに砂洲材料、波の資料等があるが、導流堤設置の貴重な資料になると思われたが、現在それ入手し得ず残念に思われる。

現在の導流堤に対する汀線の変化は現在ほとんど安定した状態にあるようだが、汀線付近の沿岸流による漂砂はやはり活発なようで、導流堤端をまわりの土砂が河口付近に堆積し、これは洪水時にはフラッシュ

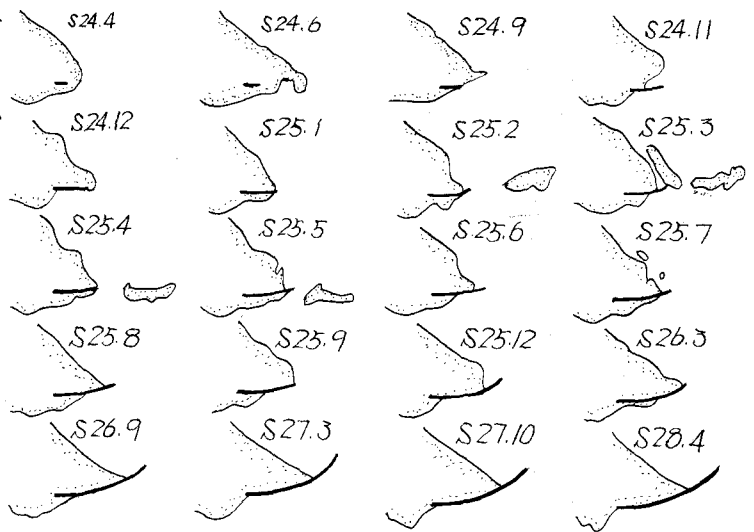
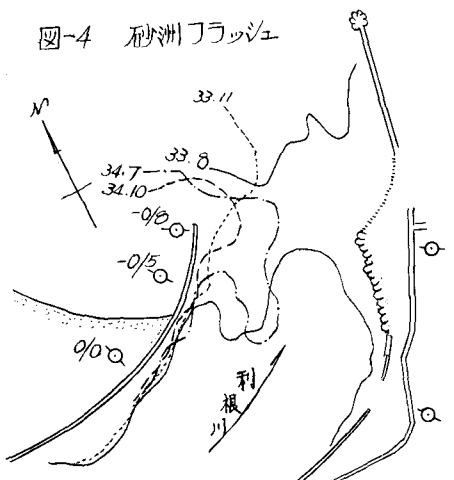


図-3 導流堤設置と砂洲変動

ユされる。図-4は昭和33年8月洪水(max 3130 m^3/sec)、34年8月洪水(max 6090 m^3/sec)前後のY.P-30mコンターを示す。

図-4 砂洲フラッシュ

結局、利根川河口の砂洲は、導流堤設置前は自由に動きまわり、河道内にまでみ出していたが、導流堤を設置することにより砂洲も安定し、河口形も保たれるようになった。しかし、なお導流堤端をまわりの土砂は多く、他の要因(波、河川流、入退潮流等)も加わって、河口に低い砂洲を形成しており、河口掘削計画の場合は、掘削河道の維持上この土砂のとりのつかいが問題となろう。



3. 河口付近の粒度分布

粒度分布についてはあまり多くを語れないが、昭和43年実測の60%粒至の平面的分布を示すと図-6のようになり、狭窄部の0.25k付近に1つの境界が認められ、下流では右岸に片寄った分布となっており、最大は-0.25k右岸導流堤付近となっているのは興味深い。又同実測の最大粒至(横断方向は平均)と41年洪水(max 4060 m^3/sec)の移動限界粒至を岩垣式で求め縦断分布を示したのが図-5である。この結果をみるに、洪水による移動限界粒至は-1.0kを最大とした山型分布であるのに対し、43年実測の粒度分布では0k~-0.5k付近を最大とした山型分布であり、若干ずれている。このことは、41年以後大きな洪水がないことを考えると、-0.8k付近より下流では波による土砂の持ち込み、沿岸流の土砂運搬、入退潮流の土砂ぶるいわけ等により、土砂が運搬、堆積したためと思われる。

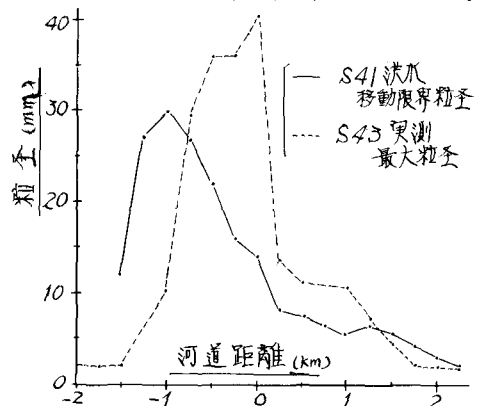


図-5 河口付近粒度縦断分布

4. 河口部のエネルギー損失

現在、利根川下流部の粗度係数は表-1のように計画されており、河口の粗度係数が非常に大きくとられている。

河道距離	-1.5 ~ 0.5 ~ 18.5
粗度係数	0.035 0.016

この粗度係数は、過去の出水の水位記録。

表-1 計画粗度係数

もとに、不定流、不等流計算および簡単な模型実験の結果により推算されたものであるが、河口部で粗度係数が急増する理由が明確でない。

河口部におけるエネルギー損失の要因としては、

- 1) 流量、2) 外海潮位、3) 河口部の平面形状、4) 河口部の河道断面、5) 不定流特性、6) 河口

密度流、7) 海底地形、8) 河床材料、等々が考えられるが、今これら各要因による損失を、摩擦損失 Δh_r (この場合砂堆による損失も含む)、形状損失 Δh_f の2つに大別してみると、利根川河口における損失は次のように表わされよう。

$$\Delta h = \Delta h_r + \Delta h_f \quad \text{----- (1)}$$

ここで摩擦損失に Manning の式形がとられているとする。

また形状損失としては、急拡、急縮、曲りの損失が考えられる。

全損失を粗度係数に換算した全粗度 n_a は、流速に断面の平均流速をもちいると、

$$n_a^2 = \frac{2}{Q^2} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta X} \left(\frac{1}{R_1^{4/3} A_1^2} + \frac{1}{R_2^{4/3} A_2^2} \right) \quad \text{----- (2)}$$

摩擦損失は、摩擦粗度 n_r を仮定し、流速に断面の平均流速をもちいると、

$$\Delta h_r = \frac{n_r^2 \cdot Q^2 \cdot \Delta X}{2} \left(\frac{1}{R_1^{4/3} A_1^2} + \frac{1}{R_2^{4/3} A_2^2} \right) \quad \text{----- (3)}$$

さらに、形状損失を粗度係数に換算した形状粗度 n_f は、

$$n_f^2 = \frac{2}{Q^2} \frac{\Delta h_f}{\Delta X} \left(\frac{1}{R_1^{4/3} A_1^2} + \frac{1}{R_2^{4/3} A_2^2} \right) \quad \text{----- (4)}$$

以上の式を使って (4) 式の n_f の値を求めようとするには、必要な条件として水位 H 、流積 A 、および摩擦粗度 n_r がある。なお、上式中、添字の 1, 2 は相隣る上下流の断面を表す。

利根川河口模型実験 (模型縮尺、水平 $1/100$ 、鉛直 $1/20$) で、 $8000 \text{ m}^3/\text{sec}$ (模型流量 $895 \text{ l}/\text{sec}$) の洪水流量を流して水位、流積を求め、粗度については形状損失が摩擦損失の多少の変化に依存しないと仮定した。その摩擦粗度を支配する河床の粗度として、モルタル面およびモルタル面に一様に粗度

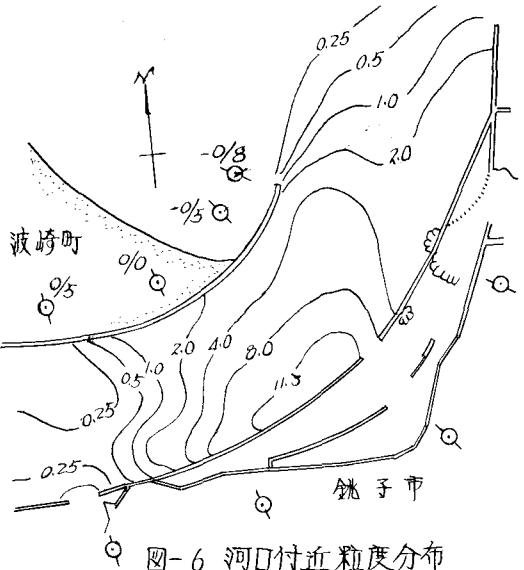


図-6 河口付近粒度分布

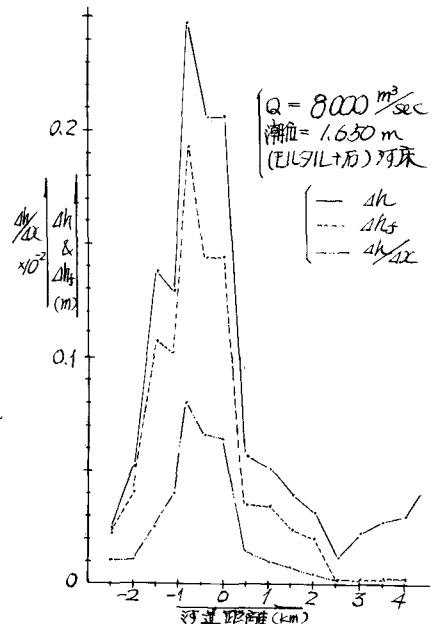


図-7-1 エネルギー損失分離

石を配置した状態の2種とした。この摩擦粗度を河道を通して同一値とし (3) (4) 式を使ってエネルギー損失の分離を行なってみた。その結果が図-7.1、7.2 である。

図-7.1 はモルタル河床に粗度石を配列したケースであり、 n_b の値は 0.012 を採用している。又図-7.2 はモルタル河床のケースであり、 n_b の値は 0.008 を採用している。図中、実線が全損失 Δh であり、破線が形状損失 Δh_f 。そして面線により夾まれた値が摩擦損失 Δh_r である。この図から河口部のエネルギー損失のピークは -0.8k (左岸導流堤端) 付近であり、また河口部の全損失中に占める形状損失の割合が多いことがわかる。

現地河川においては、洪水時砂堆ができ、摩擦損失の割合が若干ふえることが予想されるが、図-7.1、7.2 を比較してもわかるように、摩擦損失が若干ふえても河口部で形状損失が大きな割合を占めることにはかわりないようである。

形状損失については、河口部が図-8に見るように非常にわん曲していること、同図に示すように外海と海水との間に急拡大による渦を生じていること、等を考えると、形状損失の主因はわん曲と急拡大であろうと考えられる。

そう考えると、図-7.1、7.2 での 0.5k (ほぼわん曲の影響の出はじめに地突) 付近からエネルギー損失が大きくなり、-0.8k (0.25k の急縮部をすぎ、わん曲の影響も大きい地突) 付近にピークが見られるのもうなづける。

結局、利根川河口では、全損失中、形状損失の占める割合が大きく、粗度係数は大きくなりすぎるを得ない。従って、水位をさげるためには河口を掘削する方向で検討しなければならないが、その場合、波の影響等についても検討する必要があると思われる。

5. あとがき

以上、利根川河口の特性というテーマで述べてみたが、紙面の都合上多くのことを略したので、さらに興味をいだかれた方のために下記に参考文献をあげておく。

最後に、本稿を書くにあたり、多くの有益な現地データを提供された利根川下流工事事務所の方々、ならびに数多くの助言をいただいた土木研究所、馬場研究員に深く感謝いたします。

参考文献

- 「利根川河口に於ける漂砂及び懸砂に関する中間報告」 利根川下流工事事務所 5.29. 9
- 「利根川河口部流況および底質調査解析報告書」 5.95. 12
- 「利根川河口部模型実験報告書」 土木研究所資料第651号 5.46. 3

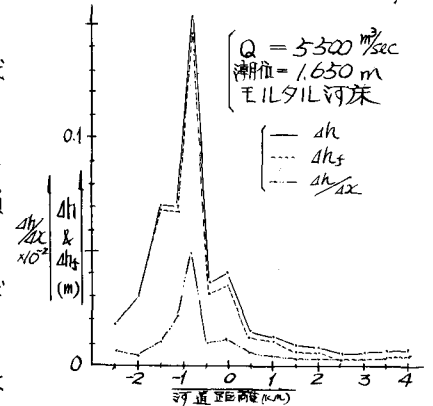


図-7.2 エネルギー損失分離

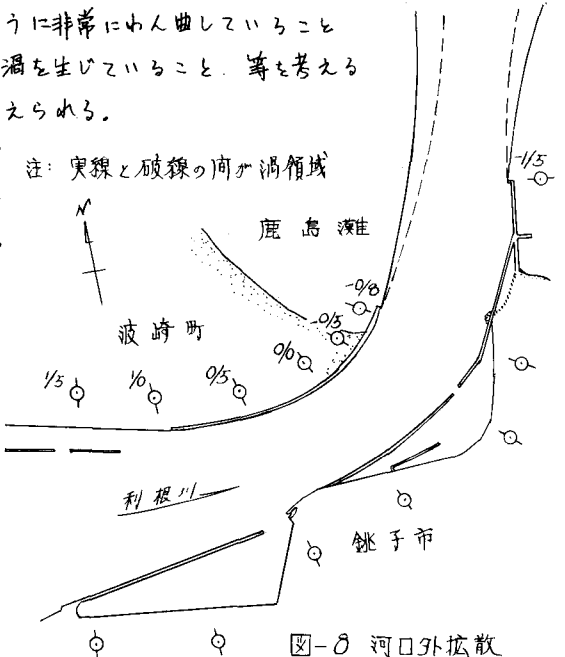


図-8 河口外拡散