

高瀬川河口付近の飛砂について

東北大(工) 正員 岩崎敏夫
東北工大 正員 阿部隆雄 ○今野弘

I まえがき

河綿付近の砂は風的作用によって移動し、それが河口閉塞や港湾埋没の一要因をなすことが多い。この飛砂量を推定するには、個々の地域の自然条件に適合する算定式を見出すことが必要である。本報告は、現在河口閉塞しているむつ小川原高瀬川放水路付近を対象地域として、飛砂に関する現地調査を実施し、その結果に基づき、既往の飛砂量算定式に検討を加えることにより、高瀬川地域におけるその算定式を求め、さらに、過去の気象資料から飛砂量の推算を試みたものである。

II 調査の概要

高瀬川放水路は、図-1に示すように、高瀬川の上流約6km地点で分流し、その河口は高瀬川河口の南約4.6kmに位置する。その規模は長さ約1.6km、幅約70mであるが、現在河口から250mにわたって閉塞している。調査は、昭和48年10月29～30日の2日間実施し、風向風速と飛砂の観測および現地での砂の採取を行なった。図-2は、放水路河口の状況と砂の採取点を示したものであって、地点N-2, S-2, C-5では地表面(±0cm)から20cmごとに-120cmまで砂の採取を行ない、その他の地点では地表面のみの砂を採取した。また、風向風速と飛砂量の観測は、地点S-5で行なった。

III 調査結果および考察

(i) 砂の分布状況

図-3は、地表面で採取した砂の密度(γ_s)、砂粒子の比重(G_s)、砂の中央粒径(d)の分布を示したものである。図によると、放水路の北側では γ_s , G_s , d はともにほぼ一定であるが、それに比し、

南側では、 G_s , d の場地的変化が大きい。一方、図-4によって、砂の鉛直分布についてみると、 γ_s , G_s はほぼ一様でかつ同じ値を示しているが、 d は北側では深さとともに大きさを増すのに反し、南側では減少する傾向を示している。なお、砂の色は北側は南側に比し、黒味を帯びており、砂の

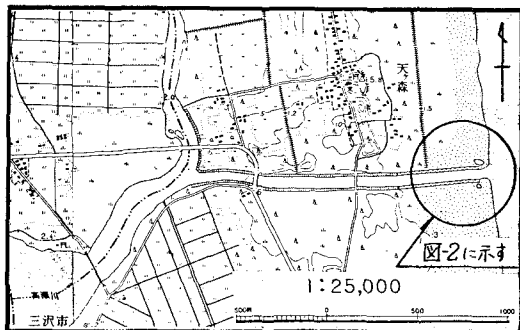


図-1 むつ小川原高瀬川放水路付近の地形

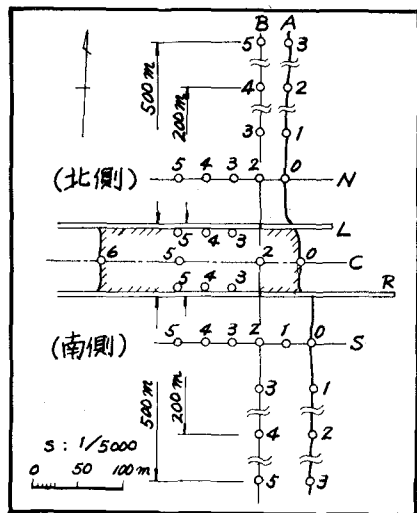


図-2 放水路河口の状況と砂の採取点

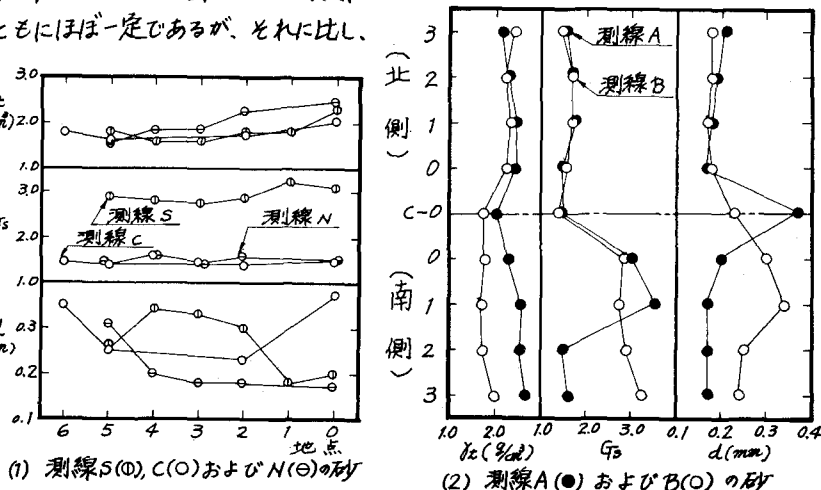


図-3 地表面における採取砂の γ_s , G_s および d

組成の違いがうかがいられる。

(II) 風速分布および摩擦速度 (U_* の評価)

砂移動が生じているときの風速分布は、

$$U_z = \frac{U_*}{K} \ln \frac{Z}{Z'} + U' \quad \text{①}$$

であり、ここに、 U_z は砂面上 Z の高さにおける風速、 K は Kármán 定数、 $U_* (= \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}})$ は摩擦速度、 Z' と U' は Bagnold のいう "focal point" の値である。なお、Zingg²⁾ は、この focal point を実験により、 $K=0.375$ に対し、

$$Z' (mm) = 10d, \quad U' (mile/hr) = 8.94 \times 10^{-2} d (cm/sec) \quad \text{②}$$

と提示している。ただし、 $d (mm)$ である。

さて、図-5 は、観測結果による U_z と Z の関係 (○印) の一例を示したもので、さらに、同図の実線は、この観測値から、風速の対数分布式を仮定して、最小二乗法により求めた

$$\log Z = 0.00371 U_z - 1.405 \quad \text{③}$$

を示したものである。なお、同図の●印は地点 S-5 の砂の粒径 $d=0.25 mm$ に対して、式②を用いて求めた focal point を示したものであるが、これが式③で表わされる直線上にあることから、focal point の決定は、式②を用いて行なうこととした。

そこで、式①と式③を用いて、 $Z=100 cm$ における風速 U_{100} と U_* の関係を求めて図示すると図-6 のようになり、高瀬川地域における U_* は

$$U_* = 0.0626 U_{100} - 14.0 \quad (K=0.375) \quad \text{④}$$

で表わすことができる。なお、同図に $K=0.40, 0.43$ に対しても式③が適用しうると仮定して U_* の評価式を示してあるが、この点検討を要するところである。また、河田³⁾ が他地域での観測結果から得ている U_* の評価式を用いると、高瀬川地域では $U_{100} < 15 m/sec$ において U_* が負大に見積られることになる。

(III) 飛砂量の算定式

飛砂量の算定については、次のような式が提示されている。

$$\text{理論式} \begin{cases} \delta = C \sqrt{\frac{g}{\rho}} \frac{\rho}{g} U_*^3 & \text{⑤: Bagnold}^{1)} \\ \delta = K \frac{\rho}{g} (U_* - U_{*c})(U_* + U_{*c})^2 & \text{⑥: 河村}^{4)} \end{cases}$$

$$\text{観測結果 } Q (\% \text{ day}) = 7.16 \times 10^{-3} C (U_{100} (\% \text{ sec}) - 4)^3 \quad \text{⑦: Bagnold}^{5)}$$

ただし、 δ は単位時間、単位幅あたりの飛砂量、 C, K は砂の組成および砂の状態によって異なる係数、 D は砂の標準粒径で $0.25 mm$ 、 ρ は空気の密度、 U_{*c} は砂移動がおこる限界の摩擦速度で $U_{*c} = A \sqrt{\frac{g}{\rho}} g d$ ($U_* d / \rho > 3.5$ で $A=0.1$) と表わされる。¹⁾

さて、高瀬川地区における $d=0.25 mm$ 、 $\rho=1.3 (g/cm^3)$ とし、江戸における昭和31年から10年間の平均気温 $T=9.9^\circ C$ として、観測結果に基づいて式⑤、⑥に対応する算定式を求め、さらに、式⑦の諸元に一致するように式④を用いて書き改めて示すと、

$$Q (\% \text{ day}) = 2.7 \times 10^{-3} C (U_{100} (\% \text{ sec}) - 2.24)^3 \quad \text{⑧}, \quad Q (\% \text{ day}) = 2.7 \times 10^{-3} K (U_{100} (\% \text{ sec}) - 5.3)(U_{100} (\% \text{ sec}) + 0.8)^2 \quad \text{⑨}$$

となる。図-7 は、この式③、⑥と式⑦の関係を C, K をパラメーターとして示したものである。図によると、

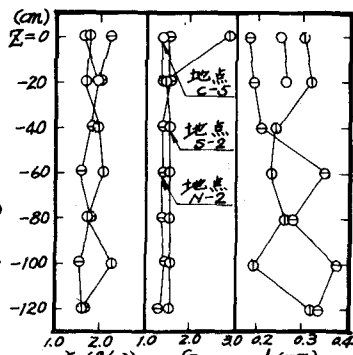


図-4 地点 N-2 (○), C-5 (○), S-2 (○) の砂の鉛直分布

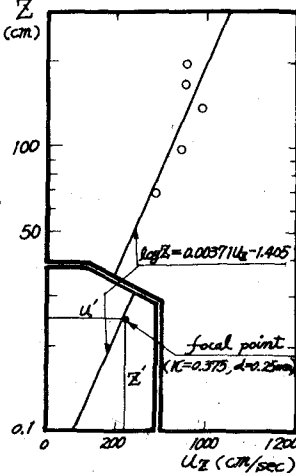


図-5 Z と U_z の関係 (○) と focal point (●)

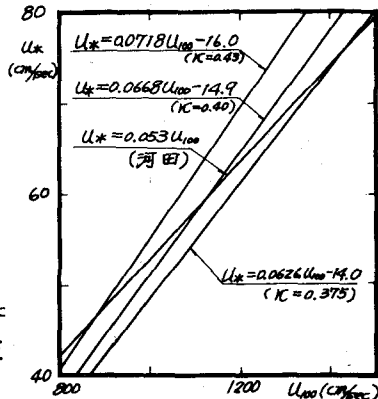


図-6 U_* と U_{100} の関係

式⑤と式⑥の名パラメーターを同一の値にすれば、両式による飛砂量の差異はほとんど生じない。しかし、係数CあるいはKのわずかな変化が飛砂量の算定に大きな影響を及ぼしている。このC、Kは通常1.0～3.0の範囲にあるとされているが、同図に示してある飛砂量の測定結果(○印)を参照し、式⑤を適用してCを評価するとC=0.1で極めて小さい。この原因は観測日前日の低気圧による激しい雨のために砂が非常に湿っていたためと考えられる。なお、既往の式⑦を高瀬川地域に適用し飛砂量を算定すると大きく推算されることになる。

(Ⅲ) 高瀬川付近の飛砂量の推算

式⑤を各月ごとの算定式に改め、同地域付近における過去の気象観測結果^{6), 7), 8)}から、積雪および降雨の影響を考慮して推定した飛砂量を図-8および表-1に示した。年間総飛砂量は約4800トンで、そのうち約1600トンは北側より南側へ、約3200トンは南側から北側へ移動しており、前者と後者の比率は1:2となっている。さらに、季節的には飛砂の卓越方向をみてみると、3月～9月は南から、10月～2月は北側からの飛砂が卓越し、また、後者と前者の季節的な飛砂量の割合は1:3.2を示す。写真-1はその堆砂状況を示したものであるが、北側の砂は黒味を帯びているため縞状に堆積している。次に、1㎡当りの年間堆砂厚を $\delta = 2.5 \text{ t/m}^2$ として求めてみると約11.8cmとなる。この堆砂厚の推定結果は、写真に示されている厚より多少大きくなっている。この差異は、飛砂量の推算に際し、放水路堤防の影響を考慮していないこと、放水路内から外への飛砂を無視していること、Cの評価および過去の気象資料の整理の段階での仮定に因るためと考えられる。

Ⅳ あとがき

河口関塞の一要因である飛砂現象に着目し、高瀬川地域の現地観測を行なうことにより、飛砂量の算定に関して多少有用な情報を提供したが、さらに検討をおし進めたい。最後に、本報告を草するにあたり、貴重な資料を提供して下さった関係機関はらびに調査と資料整理の際に協力戴いた東北工大職員 佐藤達己、相原昭洋および学生 田中通夫、大山 淳の名位に謝意を表します。なお、本研究は昭和48年度文部省自然災害特別研究「大規模開発地域における災害の予測と防止に関する研究(代表者河上房義)」に費用の一部助成を受けた。

参考文献

- 1) Bagnold: The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, Methuen, 1954
- 2) Zingg: Proc. 5th Hydro. Conf., 1952
- 3) 河田: 治山事業参考資料第Ⅱ輯、林野庁、1950
- 4) 河村: 東大理研報告, vol. 5, No. 3/4, 1951
- 5) Bagnold: Proc. Roy. Soc., A., 1938
- 6) (運) 二建入港工事事務所: 小川原地区港湾調査報告書, 1969
- 7) (運) 二建横浜調査設計事務所: 小川原地区の自然条件(資料編), 1973
- 8) (運) 二建・青森県・港研: 小川原地区の自然条件(総括編), 1973

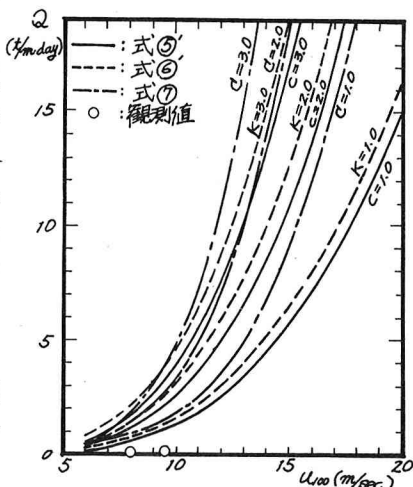


図-7 U_{100} と Q の関係

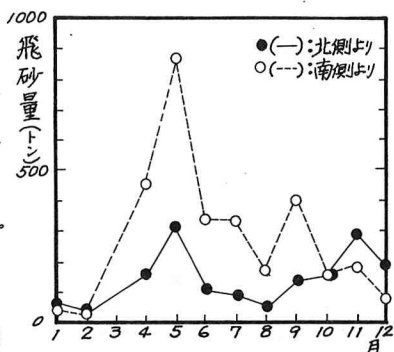


図-8 各月ごとの飛砂量の推算結果

表-1 季節的飛砂量の推算結果

月	北側南へ	南側北へ	合計
3～9	920	2770	3690
10～2	700	440	1140
1～12	1620	3210	4830

(単位: トン)

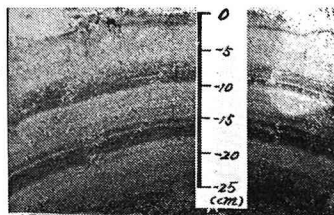


写真-1 地点C-5の堆砂状況