

阿武隈川河口砂州ブリーチ後の地形変化

山形県 正会員 阿部 貴士
 東北大学大学院 正会員 真野 明
 東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

1996年9月21日から24日にかけて台風17号が日本付近を通過したが、阿武隈川流域でもその影響を受け、最大流量 $2200\text{m}^3/\text{s}$ におよぶ出水が発生した。そのため、阿武隈川河口砂州は右岸付け根近くで切れて新しい水路ができ、この状況が10月下旬まで続いた。出水後には、沿岸域では大規模な地形変化が観測され、図-1のA, Bに示すような、主河道、新水路の右岸から沖にのびる砂州、また、Aの横に沿岸方向にのびる砂州Cが形成された。これらは新水路開削とそれに伴う土砂の沖方向への移動に伴い、平衡が崩れたために生じた現象と考えられ、短期間で顕著な地形変化が生じることから、砂移動の機構を考える上で好材料である。本研究は、この地形変化と外力である波浪との関係を解析したものである。なお、ブリーチ(Breach)とは、裂け目を作ると言った意味であるが、砂州上の新水路形成の意味にも使われる。

2. 観測方法とデータの収集

2週に1度程度の頻度で、阿武隈川河口砂州の光波測距儀を用いた打線測量を行うことにより河口部の平面図を作成した。また、阿武隈川河口沿岸域の深浅測量図から深浅メッシュデータを作成し、仙台南港沖で観測された波浪データを用いて屈折計算を行った。

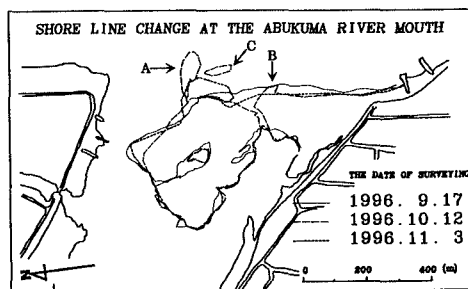


図-1 1996年9月の出水前後の阿武隈川河口砂州汀線変化

3. 解析方法

(1) 深浅メッシュデータ

1995年10月の深浅測量図から、沿岸方向に2500m、岸沖方向に1700m(砂州部を含む)の領域で格子間隔25mの深浅メッシュデータを作成した。出水後に形成された水路は現地実測調査の結果より、幅140m、水深4mの放物線で近似できるものとし、水路の形成によって押し流された土砂は、水路の沖方向に $L_s(\text{m})$ だけ離れた点を中心として式(1)に従って堆積させる。ただし、 $\Delta Z(\text{m})$ は土砂堆積高さ、 $r(\text{m})$ は中心からの距離を表す。ここで L_s は真野ら(1993)の方法によって求めた。阿武隈川で観測史上最大の1986年の出水で顕著な洪水テラスが形成されたが、河口から土砂を運ぶために使われた仕事量は式(2)で表され、流水の全運動エネルギーは岩沼水位観測所のハイドログラフを用いて式(3)で表される。1986年の観測データからは、土砂輸送の効率は6.5%と計算されており、これを本解析でも用いた。

$$\Delta Z = 1.256e^{-\left(\frac{r}{140}\right)^2} \dots (1) \quad W_s = L_s V (\rho_s - \rho_w) (1 - \lambda) g \mu_f \dots (2) \quad W_w = \int \rho_w Q \frac{u^2}{2} dt \dots (3)$$

ここで、 $W_w(\text{J})$ は流水の全運動エネルギー、 $W_s(\text{J})$ は新水路から土砂を運ぶために使われた仕事量、 ρ_w 、 $\rho_s(\text{kg}/\text{m}^3)$ はそれぞれ水と堆積土砂の密度、 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ は流量、 $u(\text{m}/\text{s})$ は流速、 $V(\text{m}^3)$ はフラッシュされた土砂体積、 λ は堆積土砂の間隙率、 $g(\text{m}/\text{s}^2)$ は重力加速度、 μ_f は摩擦係数である。

(2) 波浪データ

収集した波浪データは、1日といった時間スケールでの有義波高・有義波周期・波向であり、砂州変形を考える上での適当な時間スケールにおける波浪特性を求めるため、式(4)、(5)、(6)を用いて平均波高 $\overline{H_0}(\text{m})$ ・平均周期 $\overline{T_0}(\text{s})$ ・平均波向 $\overline{\alpha_0}(\text{degree})$ を求めた。ただし、波向 $\overline{\alpha_0}$ は、海岸線に立てた法線を基準にして計算してあり、 γ は換算沖波波高と波長から求まるパラメータである。

$$\overline{H_0} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_{0i} \cdots (4) \quad \overline{T_0} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{0i} \cdots (5)$$

$$\sin 2\alpha_0 = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_{0i}^{\frac{5+\gamma}{2}} T_{0i}^{-\gamma} \sin 2\alpha_{0i}}{\overline{H_0}^{\frac{5+\gamma}{2}} \overline{T_0}^{-\gamma}} \cdots (6)$$

4. 結果および考察

岩沼水位観測所におけるハイドログラフより全運動エネルギー W_w は $2.51 \times 10^{12} \text{J}$ と求まる。この全運動エネルギー W_w が主河口と新水路の面積に比例して配分されそれぞれを通過すると考えると、新水路を通過する全運動エネルギーは $6.50 \times 10^{11} \text{J}$ となり、 $V=7400 \text{m}^3$ 、 $\lambda=0.4$ 、 $\rho_w=1030 \text{kg/m}^3$ 、 $\rho_s=2600 \text{kg/m}^3$ 、 $\mu_f=0.5$ とすると、土砂移動距離 L_s は 120m と求まる。1995年10月に測量された深浅図に新水路を加え、さらに、新水路によって運ばれた土砂を沖に堆積させて新しい地形とした。図-2, 3 の海中の地形は、このようにして作った地形である。今回の出水では砂州の回復に約50日を要しており、これを測量実施日を基に4期間に区切って屈折計算を行った。また、平均波の計算値を表-1に示す。図-2, 3 はそれぞれの期間での屈折図と河口砂州汀線図を示したものである。出水後約20日間の状況を示したものが図-2である。主河道沖の溝型地形と新水路の存在により波向線が河口砂州前面に集中している。それに伴い、出水によって沖に押し流されていた土砂が波向線に沿って運ばれ島状砂州を形成した。汀線測量によると11月3日には新水路は閉塞している。そこで、図-3の屈折図では海底地形が出水前の地形に戻ったとみなし、水路を開削する前の深浅メッシュデータを用いた。図-3では水路の衰退によって北東からの波向線の入射が卓越している。そのため、図-2で島状砂州A, Cを形成していた土砂は岸方向に運ばれ、河口砂州につながり、頭が折れたカスプ状砂州Dを形成した。その後、カスプ状砂州を形成していた土砂は南方向に運ばれ、河口砂州前面の回復に用いられたと考えられる。

表-1 平均波の計算値

期間	平均波高(m)	平均周期(s)	平均波向(degree)
1996年9月24日~10月12日	0.73	9.2	19.49
1996年10月12日~10月19日	0.56	7.9	25.30
1996年10月19日~11月3日	0.96	9.0	33.78
1996年11月3日~11月15日	1.03	10.5	23.30

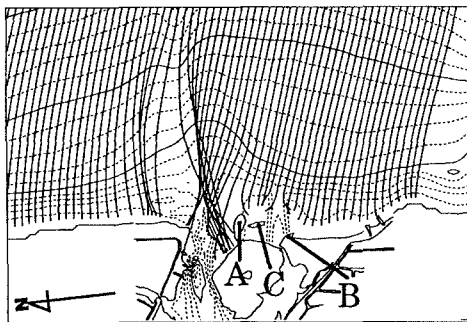


図-2 1996.9.24 から 10.12 の屈折図と汀線図

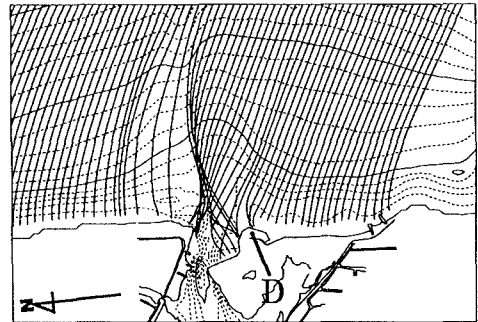


図-3 1996.10.19 から 11.3 の屈折図と汀線図

5. 結論

本研究では、等深浅図と波浪データを基に、出水後の地形変化に対する外力の影響を考えたが、屈折解析および汀線測量結果から出水後の河口付近の地形変化過程を説明できることが分かった。また、出水により形成された水路が出水後の地形変化に大きく関与していることが分かった。さらに、1995年9月の出水でも今回と同様な地形変化が現れており、今回の出水と同様な変形機構によるものと考えられる。