

1989年8月出水による阿武隈川河口砂州変形調査

佐藤道生*・岩渕 巧*・長尾昌朋**・沢本正樹***

1. はじめに

河口付近地形の変化予測は工学的に重要な問題の一つである。東北大学海岸水理学研究室・河川水理学研究室では、河口砂州変形過程の基礎資料を得るため、1984年5月より河口砂州の発達した河川である阿武隈川の河口部において河口砂州の実測調査を継続的に行っている。1947年以降の過去の地形、および1985年7月の出水（日平均流量 $1697 \text{ m}^3/\text{s}$ 、ピーク流量 $2800 \text{ m}^3/\text{s}$ ）1986年8月の出水（同 $4972 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $7591 \text{ m}^3/\text{s}$ ）による砂州の変形・回復過程は文献（沢本ら、1987；Sawamoto ら、1988）に詳しく報告した。

1989年8月には、台風13号による出水で大規模なフラッシュが起こったほか、台風14号の通過に伴ううねりの襲来、台風17号による出水など、砂州の形状が短期間に大きく変化した。本研究では、阿武隈川河口部で行った実測結果をもとに1986年以降の砂州の地形変化、特に1989年の河口砂州のフラッシュおよび回復過程について比較、考察した。

2. 対象河川について

阿武隈川は那須火山帯の旭岳を水源として北東に流れ仙台北野に入り太平洋に流入する流域面積 5396 km^2 、流路延長 225.1 km の一級河川である。河川流量は岩沼で100年確率基本高水流量 $10700 \text{ m}^3/\text{s}$ 、計画高水流量 $9200 \text{ m}^3/\text{s}$ である。年平均流量は $150 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度であり、融雪期、梅雨期、台風時に大きな値を示す。また阿武隈川は 2.6491 km^2 と比較的広い感潮面積を有しており、平水時および低水時には潮汐流量の影響が大きいと思われる。河口は南北に走る海岸線に開口し、太平洋の波浪を直接受けている。このため河口砂州及び河口の位置・幅・断面形状は絶えず変化している。

3. 観測方法

河口砂州汀線座標の測量は、2週間に1度程度の頻度で光波測距儀を用いて行った。測量の基準点としては建設省の杭のほか、自ら砂州上に設けた杭を利用した。1989年の出水時、および出水後には砂州の主要部分が中州となり、現地測量が困難になり1ヶ月程の欠測期間が生じた。この期間の汀線については建設省仙台工事事務所で撮影した航空写真を利用して平面図を作成した。実測を補う意味で、平時にはパノラマ写真撮影を、8月の出水時にはビデオ撮影を行なった。また、1989年は砂州フラッシュ後の10月から汀線測量に加え、 $25 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ の格子状に打った杭の水準測量を2週間に1度程度行い等高線図を作成して、3次元的な砂州形状の時系列変化を調査した。

4. 1986年以降の砂州形状変化

(a) 1989年出水以前

1986年8月の出水（日平均流量 $4972 \text{ m}^3/\text{s}$ ）は左岸砂州を完全にフラッシュし右岸砂州も大規模に変形した（図-1）。このため河口開口部が大きく開き、秋～冬季には砂州が河道上流方向に発達する様子がみられた。この結果、河口開口幅は出水直後よりも大きくなっている。1987年春季になると砂州が開口部を狭めるように細長く伸展した。1987年の秋～冬季には細長い砂州になっているが1988年春季になると砂州の前面に砂が堆積し肥大化している（図-2）。1988年には流量に対応して河口幅が変化する動的平衡状態になっている。1988年夏には断続的に小出水がみられ、それに応じて開口部が変化した。砂州全体では大きな変化はなく、その状態が1989年出水前まで続いた。この間、海側汀線に波長 250 m 程度のカスプが出現し、開口部の方向へ北上するのが観察された。これは沿岸砂州の動きに対応しており、砂州開口部への砂の供給に大きな役割をはたしていると予想される。また冬季には砂州先端が後退し河口最狭部が上流へ移動する様子がみられる。4月には融雪のため、5、6月には梅雨のため河口幅が若干広がっている。この一

* 学生会員 東北大学大学院 工学研究科

** 正会員 工修 東北大学助手 工学部土木工学科

*** 正会員 工博 東北大学教授 工学部土木工学科

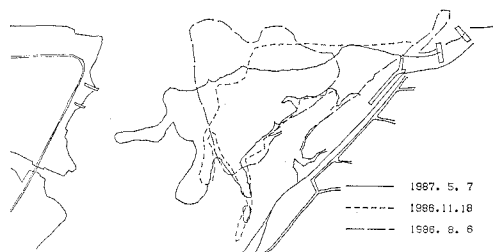


図-1 河口砂州汀線図

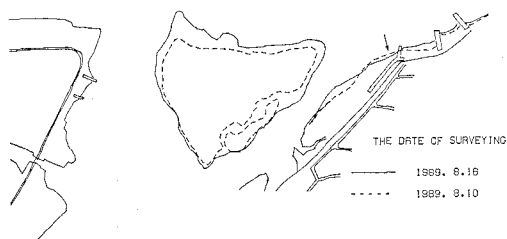


図-4 河口砂州汀線図

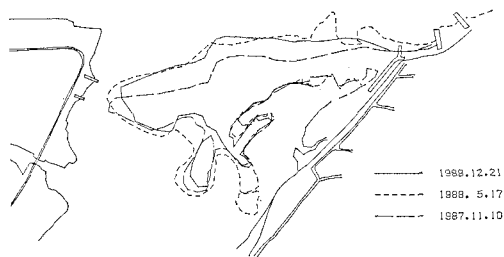


図-2 河口砂州汀線図

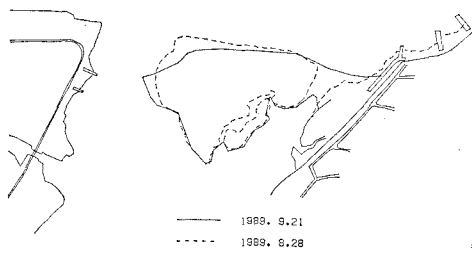


図-5 河口砂州汀線図

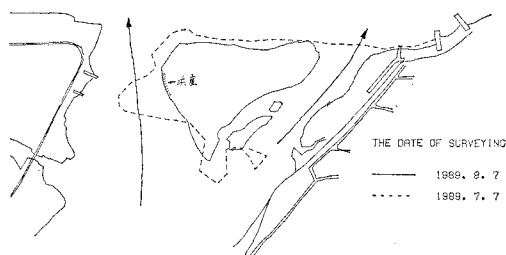


図-3 河口砂州汀線図

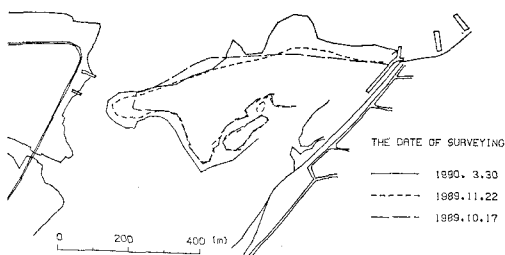


図-6 河口砂州汀線図

連の動きは動的平衡状態に達した砂州の季節的な変化と思われる。

(b) 1989年8月出水

7月31日15時、南鳥島南海上に発生した台風13号はその後発達し8月4日15時には超大型で強い台風となった。その後6日15時銚子市付近に上陸、東北地方南部を通り7日0時頃新潟県北部から日本海へ抜けた。これにより宮城県丸森町筆甫で419 mmの降水量を記録した。

台風13号の通過に伴う8月6日の出水はピーク流量4600 m³/sに達した。この出水では従来の開口部が拡幅したばかりではなく、砂州の右岸寄りの部分をフラッシュし右岸水制をかすめるような水路が形成された。この後右岸水路が閉塞するまでの1か月間は特に変化が著しい。

8月7日の本河道は左岸堤防沿いに水制をかすめながら海へ流れ込んでいたが、その流れの方向はやや北に偏している(図-3)。左岸水路最狭部近くの中州では0.5

～1 mの浜涯が形成され、約30秒間隔でオーバーハングした崖が崩れるのが観察できた。これにより出水時に砂州の急速な侵食がオーバーハングした砂州の崩壊を伴って行われていたことが分かる。砂州右岸よりでは越流により侵食された結果、砂州に幅110 m程度の水路ができた。右岸の消波ブロックの前面には約1 mの浜崖が形成されていた。

8月10日になると、中州の両開口部付近では砂嘴が発達し、特に主開口部の右岸では中州から砂嘴が沖方向に100 m程突き出ている(図-4)。また右岸水路の奥まで波が侵入しているのが確認された。

8月16日は台風14号の影響でうねりが強く右岸消波ブロック付近(図の→の部分)で5 m程侵食が進行した。一方、対岸の中州では浜崖の前面に遠浅の浅瀬ができていた。左岸水路の沖合い500 mに碎波帯があり、碎波帯の形状から馬蹄形に砂が堆積し浅瀬が生じていることが予想される。両河道では波が河道奥まで進行し、右岸

水路の奥では堆積のため若干水路が狭まった。

8月27日には台風17号による出水のため、再び砂州が侵食されたが、9月11日には右岸側水路が次第に幅が狭まるとともに蛇行し始め9月13日には閉塞した(図-5)。

(c) 右岸閉塞後

8月6日の出水は大量の土砂を沖側に運搬し、砂州の形状変化に大きな影響をあたえたが、沖に堆積した砂は波の影響により一部は岸に戻りだし、砂州の形成が行われる。閉塞までは台風14号のために60 tm/day/m以上の波を記録しているほか、9月中旬、10月中旬に強い波が襲来している。右岸閉塞後顕著なのは、砂州の伸長と河口の縮小及び河道奥への後退で、例年にないやせた形となっている。11月に入ると砂州の河道奥への後退は止まり左岸水制より河道奥へ入り込むことはなかった(図-6)。12月から1月には右岸砂州の付け根部分に20m程度の波長を持つ浜カスプが現れた。また12月初旬には砂州の付け根部分の沖に沿岸砂州が発生している。

5. 3次元的な砂州形状の変化について

1989年10月より、3次元的な砂州形状の時系列変化を調査した(図-7)。水路閉塞後堆積が顕著なのは旧水路の前浜付近で、T.P. 2mまで堆積したがこれは波のはい上がり高さにはほぼ等しい。旧水路や、それに面した浜崖は波の影響を受けなくなったため、12月初めまでその姿を残していたが、N~W方向に卓越した風の影響により次第に平坦な形に近づいている。以前中州だった部分は前浜において若干の堆積があるものの大幅な変化はない。砂面のレベル測量のデータをもとにT.P. 0mより上の土量の変化を調べた(図-8)。これによると11月半ばまでは急激な堆積が行われており、洪水により沖に流出した砂が波により岸側に戻されていることがわかる。12月以降は若干侵食傾向にあるが既に平衡状態に達しているものと思われる。

6. 河口幅と流量の推移について

1986年~1989年の河口幅と河口流量の関係を図-9に示す。河口幅と河口流量の回帰式は山本の研究(1976)より $B=4.79 Q^{1/2}$ とした。1989年の出水前は動的平衡状態にあり、この式とほぼ同様な値を示している。また1989年12月には出水前と同様な値になっていることから、出水後4ヶ月で動的平衡状態になったと思われる。1989年8月の2度の出水では、点が右に移動している。これは流量の増加に対し、河口幅の拡幅が遅れているためである。水路が複数で、非平衡状態の時期には、出水前より河口幅が流量に対して大きくなっている。これは出水量が減少しても河口幅はすぐに狭くならないことを示している。

7. 比較・考察

1989年の河口変形過程は台風による出水と右岸水路の出現という点で1986年8月6日の出水時のそれと類似し

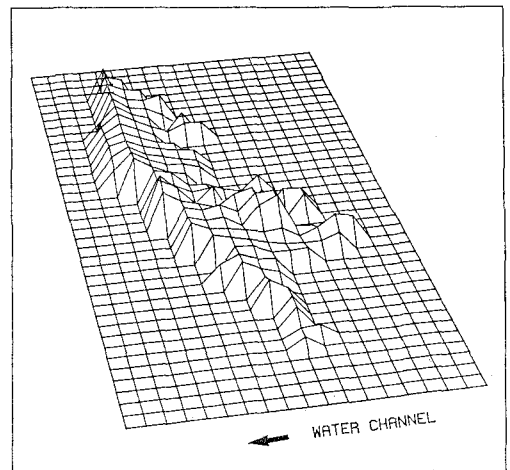


図-7 河口砂州鳥瞰図

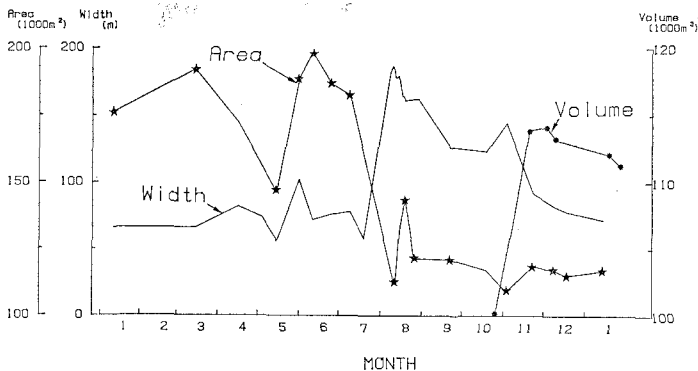


図-8 体積・面積・幅の変化

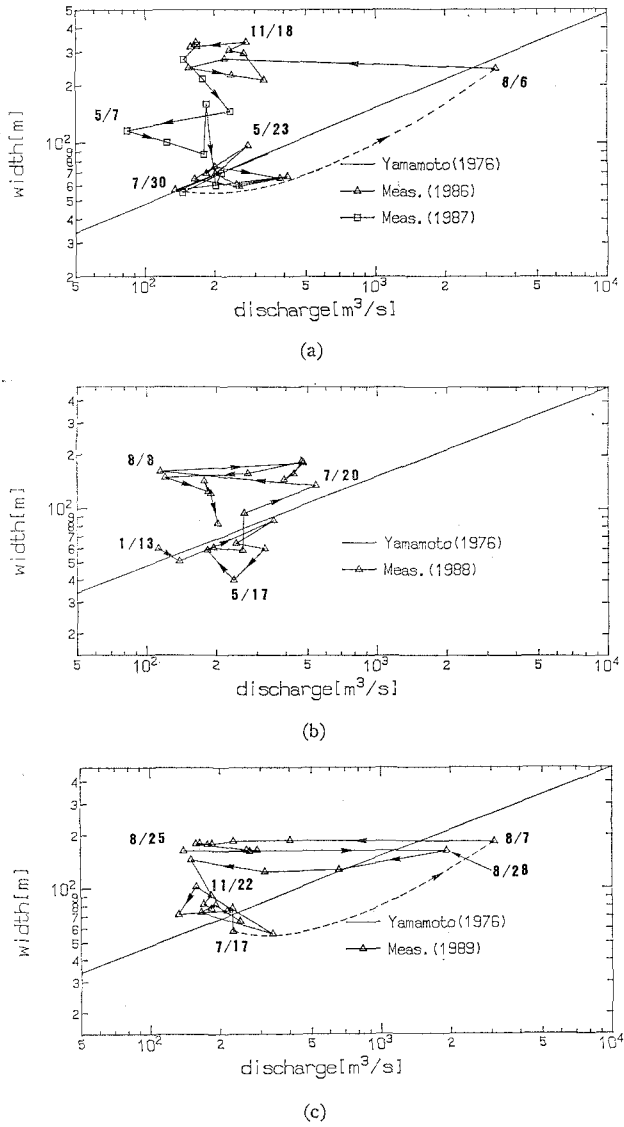


図-9 河口流量と河口幅の変化

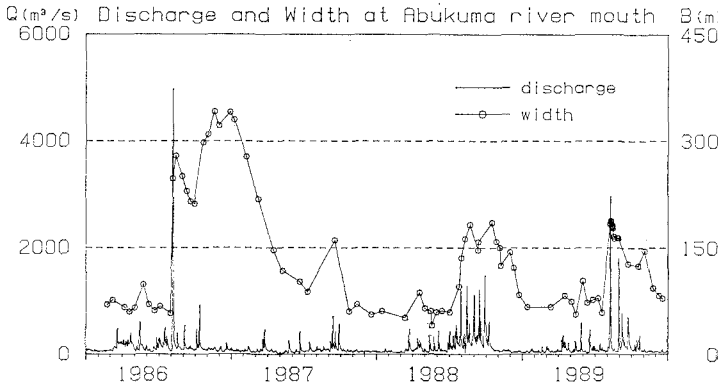
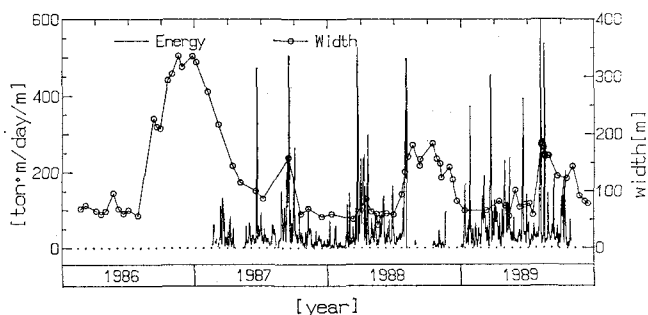
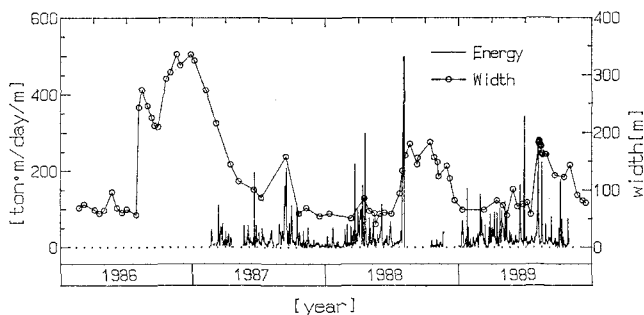


図-10 河川流量と河口幅の変化



(a) 岸沖成分



(b) 沿岸成分

図-11 波エネルギーと河口幅の変化

ている。しかし砂州の回復過程には大きな違いがみられる。

まず、1986年出水後の右岸水路は1989年の水路に比べより右岸よりに位置し、左岸水路の幅がより広い点が挙げられる。また右岸水路閉塞後1986年は大きく開いた河口部から波浪が河道の奥まで進入し砂州が上流方向へ発達したが、1989年の砂州は1986年出水時に比べて開口部が狭く極端な砂州の河道奥への伸延はみられない。この理由としては、1986年のピーク流量が $7600 \text{ m}^3/\text{s}$ だったのに対し1989年のピーク流量は $4600 \text{ m}^3/\text{s}$ だったこと、1986年出水時には左岸に砂州が存在していたため流れが蛇行していたこと、その後左岸河口部に水制が2基取り付けられたことが考えられる。また、波の影響も考えられるが、1986年出水前後の波諸量のデータが入手できなかった(図-10, 11)。

1986年時には、供給土砂量と流出土砂量が均衡し、流量と河口幅がつりあう動的平衡状態に落ち着くまで1年程度を要したのに対し、1989年は2か月ほどで平衡状態に移行した。また1989年出水後の右岸砂州は出水前に比べて面積が大幅に減少した。出水により削れた砂は、砂州の伸延と砂州上への堆積、水深の埋め合せが考えられ、沖合いにテラス状に堆積していると思われる。出水の規

模が大きいとその砂が岸へ移動するにはしばらく時間がかかるが、その一方、砂州を形成する砂は沿岸方向に移動し河口を狭めていくため、砂州は一時的にやせていく。1985年出水では4ヶ月程度で、1986年出水では2年程で沖合いの砂が戻り、砂州が太り始めている。1989年出水から9ヶ月経過した5月現在の砂州は砂嘴が見られ沖合いに堆積した砂が岸に戻ってきていると思われる。

謝 辞：本研究を行うにあたり、建設省東北地方建設局仙台工事事務所、運輸省第二港湾建設局塩釜工事事務所ならびに石巻測候所の協力を得た。ここに記し厚く謝意を表します。最後に本研究は文部省科学研究費総合研究(A)(代表者：沢本正樹)、及び小川記念基金の援助を受けていることを付記し、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 沢本正樹・首藤伸夫・谷口哲也(1987)：阿武隈川河口砂州の変形過程，土木学会論文集第387号/II-8, pp. 179~188.
- 山本晃一(1976)：河口の断面特性，第23回海岸工学講演会論文集, pp. 284~289.
- Sawamoto, M. and N. Shuto(1983)：Topography change due to floods and recovery process at the Abukuma river mouth, Coastal Engineering in Japan, Vol. 30, No. 2., pp. 99~117.