

中期的時間スケールでみた阿武隈川河口部の地形変形

岩 渕 巧*・ 沢 本 正 樹**

1. はじめに

河口部の地形変形を調査し、変化予測モデルをつくることは工学的にみて重要な問題である。東北大学では河口砂州の発達した河川である阿武隈川の河口部を対象として1984年から現地調査を継続して行なっている。調査期間中には1985、1986、1989年と3度の出水が観測されている。1985、1986年出水による河口砂州の変形については沢本ら(1987)、Sawamoto・Shuto(1988)が、1989年出水によるものは佐藤ら(1990)がその詳細を報告した。

現在までに、河口部では出水時の時間～日単位での短期的現象、数十年以上の単位で議論すべき長期的トレンドの他に、ひとつの出水後数年にわたっての変動があることが確かめられた。本研究では阿武隈川河口部を対象として、この中期的な変動、特に出水後の数年にわたる回復過程を考察することを目的としている。

2. 対象河川について

阿武隈川は那須旭岳に源を発し、白川、福島、角田盆地を通り仙台平野を東流して太平洋に流出する幹線流路延長 239 km、流域面積 5405 km² の一級河川である。河川流量は宮城県岩沼(河口より 8.0 km 地点)で100年確率基本高水流量 10700 m³/s、計画高水流量 9200 m³/s である。年平均流量は 120 m³/s 程度であるが、季節変化が大きく、融雪期、梅雨期、台風時に大きな値を示す。特に洪水は主として台風による降水によって引き起こされている。調査期間内の出水状況を表一に示す。

阿武隈川の海岸線は仙台湾の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。佐藤ら(1966)によると仙台湾海岸は緩やかな砂浜海岸であり、南部で一部南向き漂砂が卓越するが、阿武隈川河口部を含む大半では北向き漂砂が卓越している。また感潮面積は 2.6 km² と比較的広く、入退潮流があり完全に閉塞することはない。

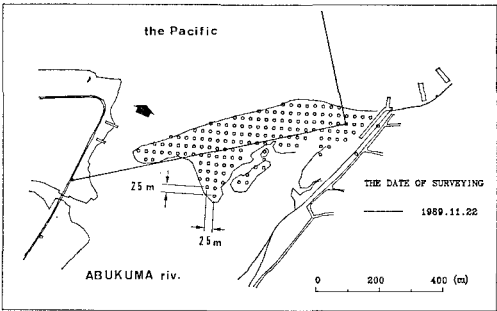
表一 調査期間内の出水状況 (岩沼水位観測所)

洪水発生日	ピーク流量 m ³ /s	日平均流量 m ³ /s	2日間平均流量 m ³ /s
1985. 7. 1	2800	1700	1600
1986. 8. 5	7600	5000	4100
1989. 8. 6	4600	3000	1900

3. 調査方法

河口砂州の平面形状は2週間に1回程度光波測距儀を用いて行なった。また建設省仙台工事事務所で撮影した航空写真からも砂州の平面形状を求めている。測量の基準点として左右両堤防上の建設省の杭の他に、自ら砂州上に設けた杭を用いた。1989年10月からは砂州の立体的な形状を把握することを目的として、砂州上に 25×25 m のメッシュ状に杭を設置している。杭の設置状況は図一に示している。こうして得られたデータから、河口開口幅、砂州の面積・体積等を算出した。

また仙台工事事務所で行なっている河道横断測量・河口前面の深浅測量データを入手して、出水前後の侵食/堆積の様子を調べた。



図一 杭設置状況・面積算定領域

4. 平面形状の変化

図一2 に河口砂州の平面形状を示す。

(1) 1984年 5月～1985年 7月出水以前

現地調査は1984年 5月から行なっている。阿武隈川河口砂州は1982年の日平均 4600 m³/s の出水後、右岸砂州

* 正会員 工修 東北電力(株) 土木部
** 正会員 工博 東北大学教授 工学部土木工学科

が発達、左岸砂州が縮退して開口部は左岸寄りとなっていた。1984年5月から1985年7月出水前までは日平均 $1000\text{ m}^3/\text{s}$ を越える出水はなく、海側汀線が前進して砂州の発達が続いていた。

(2) 1985年7月出水～1986年8月出水以前

台風6号による1985年7月1日の出水によって、右岸砂州は越えし砂州上にいくつかの水路が形成された。左岸砂州はほとんど水没したが、顕著な変化はみられなかった。開口部は170mまで拡幅したが砂州の全体的な構成に大きな変化は認められず、排出された土砂も出水後数日で砂州に戻り始めたため、砂州は出水以前と変わらない発達した形状を保っていた。

(3) 1986年8月出水～1989年8月出水以前

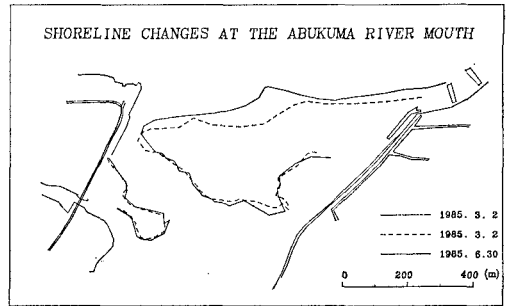
台風10号による1986年8月5日の出水は下流域で観測史上最大の出水であり、阿武隈川河口地形に大きな影響を及ぼしている。この出水によって左岸砂州が完全にフラッシュされた。これ以後右岸砂州のみの構成が現在(1991年5月)まで続いている。右岸砂州の根元が侵食されて水路が形成された。この水路は出水後1ヶ月程で閉塞した。開口部は280mまで拡幅し、波の河道内への侵入が容易になったために出水後の砂州は激しく変形した。出水後、砂州は横断方向ではなく河道奥に伸延したため開口幅はなかなか狭まらず、出水後1年を要してようやく出水以前の規模に戻った。

1987年は目立った出水がなかったが、1988年7～8月

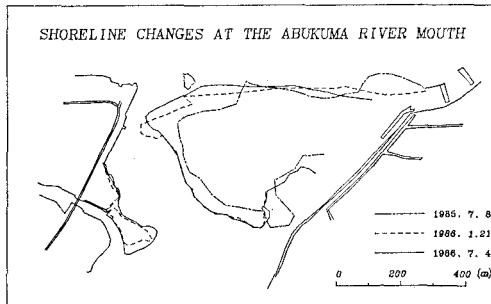
には梅雨前線による長雨のためにある程度の流量が維持されたために、開口部は広く開いたままの状態が冬まで続いた。

(4) 1989年出水～1991年3月

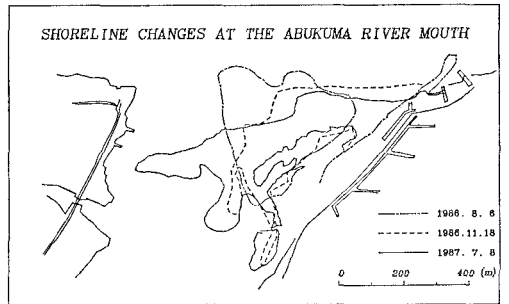
1989年8月6日には台風13号による出水が発生した。1986年出水の場合と同様に右岸砂州の根元がフラッシュされて水路が形成されたが、出水の規模がかなり下回っているにもかかわらず右岸水路の規模は1986年の場合より大きい。これは左岸砂州の消失等によって河口部での河川流が直進するようになったためであろう。開口部は190mまで開いたが、1986年出水の場合のような出水後の砂州の劇的な変形はみられなかった。1990年春になると急激な海側汀線の前進がみられた。



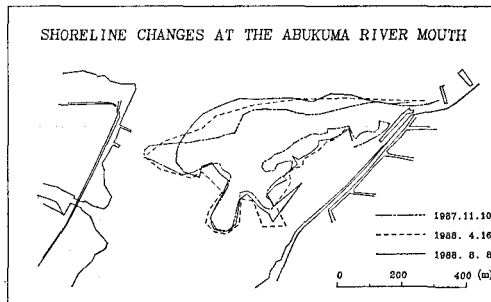
(1) 1985年3月～1985年6月



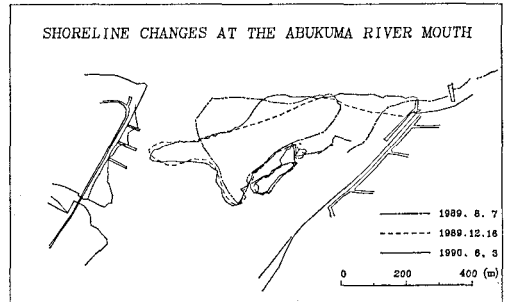
(2) 1985年7月～1986年7月



(3) 1986年8月～1987年7月



(4) 1987年11月～1988年8月



(5) 1989年8月～1990年6月

図—2 河口砂州平面地形変化

5. 河口開口幅・砂州面積・砂州体積

図-3 に日平均河川流量と河口開口幅, 砂州面積を示す. 図-4 は1989年10月以降の砂州面積と砂州体積のみを取り出してみた. 砂州の河川側汀線は勾配が非常に小さく, 入退潮流などの影響で汀線位置が確定できないので砂州面積・体積は図-1 に示した直線より海側の領域で計数している.

これらによって以下のことがわかる. 小さい出水では河口は動的平衡からあまりずれずに変動する. 出水が大きくなると河口は急激に拡幅し, 出水以前の規模に戻るには数ヶ月を要する. 1985, 1988, 1989年の場合などがこれに当てはまる. 1986年出水の場合では開口幅が極端に大きくなり波浪の侵入が容易になったために, 動的平衡状態に戻るまでに1年弱を要している.

砂州面積も1986, 1989年出水のような大出水時に急激に減少する. ただし1985, 1988年の出水時には河口開口幅は大きく拡幅したものの砂州面積はほとんど変化していない. 1985年出水時には砂州面積は一時的に減少したものの, 間もなく出水以前と同様の増加傾向に戻っている. したがって砂州面積は河口砂州の構成が大きく変わるほどの大出水時に大きく変化するものといえ, その境界は日平均流量 $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度であろう.

出水がないと砂州面積は単調増加するが面積増加には

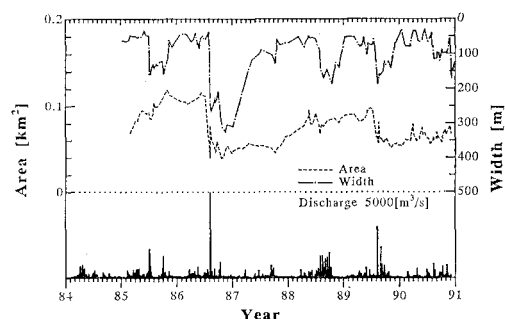


図-3 日平均河川流量・河口幅・砂州面積

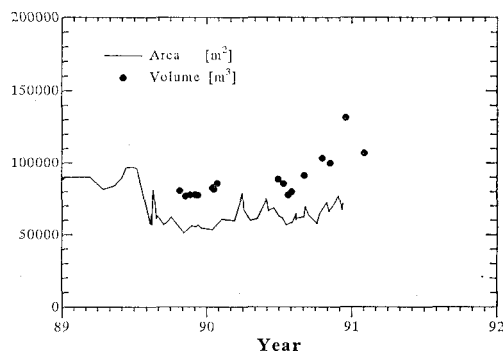


図-4 砂州面積・砂州体積

限界があり, この7年間では1986年出水前の 0.18 km^2 程度である. 出水後の面積増加は河口の縮小より遅れて始まる. これは, ①河口の縮小が沿岸漂砂に支配されているのに対し, 汀線の前進による砂州面積の増加は岸沖漂砂による沖からの砂の供給に支配されていること, ②沖から砂の供給があっても, 出水後しばらくの期間はその砂が沿岸漂砂で河口部に運ばれて砂州面積の増加に効かないこと, などが理由として挙げられる.

砂州体積はデータの期間が短い, 砂州面積とほぼ同位相で推移しているようである. これは砂州の平均高さがほぼ一定(約 1.5 m) であり, 砂州の前浜に波の打ち上げ高さ程度の砂がつくことによって面積の増加がそのまま体積の増加になるためであろう.

6. 河口開口部横断面

仙台工事事務所で行なっている横断面測量は図-5 に示す測線で行なわれている. 1985年出水後に左岸に水制工が設けられ右岸砂州の先端がほぼその向いの位置にくるようになり, 従って河口最狭断面も 0.2 km 測線の位置に落ちつくようになった. 図-6 に最狭断面図の変化を示す. 断面は動的平衡が成り立っているときにはほぼ三角形断面で変動している. 出水時には流量の増加より遅れて断面の拡大が始まるが, 初期の段階では三角形断面を保持したまま拡大が進行し, 最深度水深が $10 \sim 12 \text{ m}$

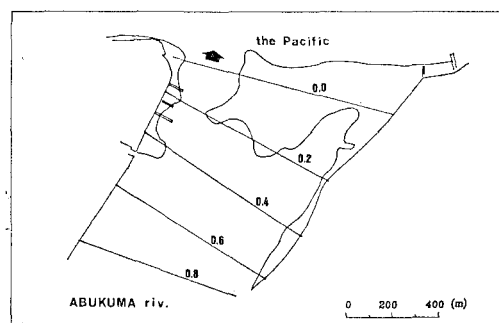


図-5 河口横断面測線概念図

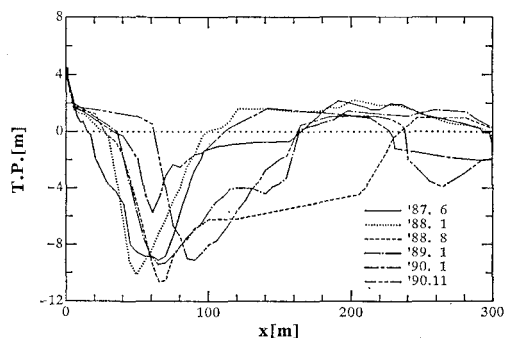


図-6 最狭断面の変化

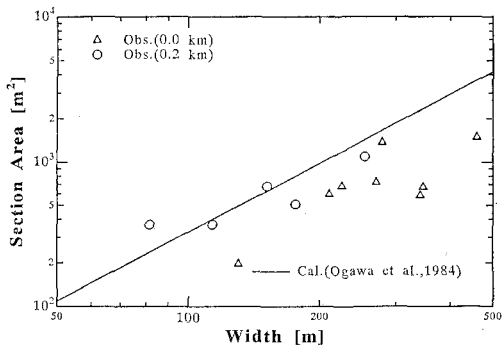


図-7 河口幅と通水断面積

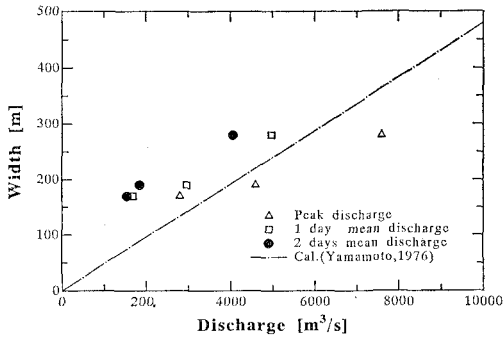
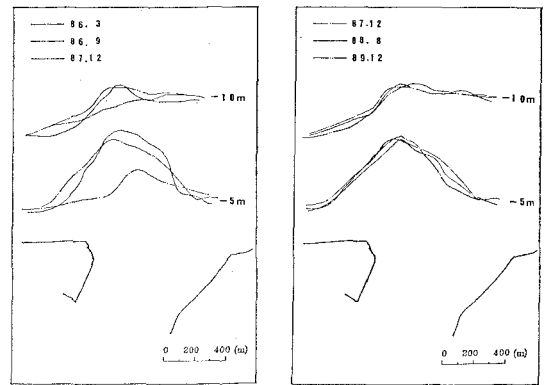
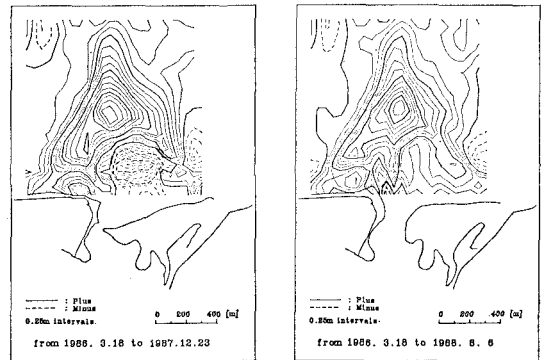


図-8 出水時最終河口幅と流量の関係



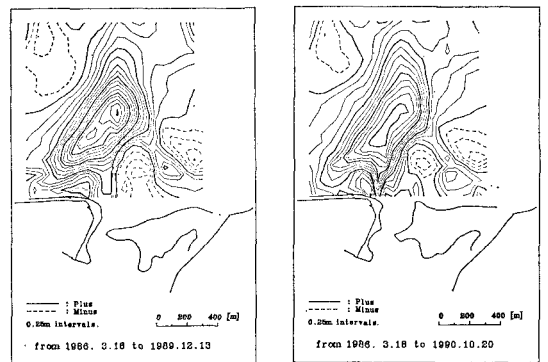
(1) 1986年3月～1987年12月 (2) 1987年12月～1989年12月

図-9 5m, 10m の等水深線



(1) 1987年12月まで

(2) 1988年8月まで



(3) 1989年12月まで

(4) 1990年10月まで

図-10 1986年3月からの地盤高の変化量

に達するとそれ以上の深掘れは起こらず横断方向の拡大が主となる。出水後の埋め戻し過程ではこの逆、すなわち河口の縮小は河床の埋め戻しより遅れて進行することになる。

出水後の河道横断面は単純な形状ではないが、図-7によれば通水断面積と河口開口幅は比較きれいな相関がある。また図-8をみると出水時の2日間平均流量と最終河口幅は線形の関係を持っている。以上より出水時の河口幅の拡幅量を予測することが可能になる。

7. 河口前面の海底地形

図-9に5, 10mの等水深線の変化を示す。1986年8月の出水によって大量の土砂が排出されて河口前面に顕著なテラス地形が形成されたことがわかる。出水後1年ほどはかなり変化しているがそれ以後はあまり変化していない。テラス地形が消滅するにしても、今回対象とした時間スケールよりかなり長い時間スケールが必要なのであろう。

土砂の侵食/堆積の様子を明らかにするために、図-10に1986年3月を基準とした海底地盤高さの変化量を示した。それによると1986年出水によって河口前面に大量の土砂堆積があったことがわかり、これがテラス地形に対応している。出水後にはテラス地形の頂部がならさ

れ、堆積域が北方に移動していることがわかる。これは河口付近の沿岸漂砂量の卓越方向に対応している。

また土砂移動を定量的に論ずるために、 $\pm 0.5\text{m}$ 以上の水深変化が起きている場所を抽出して侵食/堆積量を概算した。それによると1986年出水前後では約 870000m^3 の堆積があるのに対し、この間の砂州面積の減少量は約 56000m^2 であるから砂州平均高さを 1.5m

とすると、砂州の水面上の侵食量は約 84000 m^3 ということになる。両者を比較すると、量的な地形変化の大部分は水面下の河床侵食などによることがわかる。

8. 結 論

出水時における河口地形の変化は1ないし2日間で起こる。主な変化は、①開口部の拡幅（河床侵食を伴う）、②開口部沖のテラス状地形形成、③砂州海側汀線の暴浪による後退とその後の短期的回復、④河川流の砂州越流による砂州上の砂の海への排出（これが進行すると水路形成に及び、1986年出水では左岸砂州全体が消滅している）、⑤波の砂州越波による河道内への砂供給、などが挙げられる。

出水後の回復過程では、①開口部の縮小（河床の埋め戻し）、②出水時に形成された水路の閉塞、③砂州汀線近くに排出された砂の砂州への回復、④テラス状地形の変形と北海岸（河口付近での沿岸漂砂量の卓越方向と一致）および右岸砂州前面碎波帯への砂移動、⑤砂州面積・体積の回復（③より長期にわたる現象）、⑥入退潮流による河道内干潟地形の変形、などが挙げられる。また1986年出水後では波の河道内侵入による砂州全体の変形が観察された。ある程度の期間ある程度以上の出水が生じなければ、河口地形はこれらの過程を経て動的平衡状態に復帰する。

出水前後の砂州変形の大部分は水面下で生じているこ

とがわかったが、この量的な関係を把握することが次の課題となる。

謝辞：本研究を行なうにあたって建設省東北地方建設局仙台工事事務所から各種資料提供をはじめ多大なる協力を頂いている。また運輸省第二港湾建設局塩釜港工事事務所・小名浜港工事事務所から波浪データの提供を受けた。ここに記し厚く感謝致します。最後に本研究は文部省科学研究費総合研究（A）（代表：沢本正樹）、および小川記念基金の援助を受けたことを付記し、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 小川由信・藤田義治・首藤伸夫 (1984): 河口断面・河口地形の変化について, 第28回水理講演会論文集, pp. 129-135.
- 佐藤昭二・庄司忠夫・田中則男 (1966): 仙台湾岸の漂砂について, 第13回海岸工学講演会論文集, pp. 176-182.
- 佐藤道生・岩渕 巧・長尾昌朋・沢本正樹 (1990): 1989年出水による阿武隈川河口砂州変形調査, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 339-343.
- 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. 179-187.
- 山本晃一 (1976): 河口断面特性, 第23回海岸工学講演会論文集, pp. 284-289.
- Sawamoto, M. and N. Shuto (1988): Topography Change due to floods and recovery process at the Abukuma River mouth, Coastal Engineering in Japan, Vol. 30, No. 2, pp. 99-117.