

阿武隈川河口砂州の変形について

野村和正*・宇多高明**・因幡昭義***・宮内利夫****

1. ま え が き

阿武隈川は、その源を福島県の旭岳に発し、宮城県の大塚町荒浜において太平洋に注ぐ一級河川でありその流域面積は $5,400 \text{ km}^2$ で、河口における計画高水流量は、 $9,200 \text{ m}^3/\text{s}$ である。この河川では古くから河口処理が問題とされ、種々の調査が行われてきたが、近年において河口砂州に著しい変化が起きた。これに伴って流れが変化し、河川流が河川堤防に直接当たったため昭和59年4月には堤防が被災した。河口砂州の急激な変化の原因は種々考えられるが、主たる要因として河口南 1.6 km に建設された鳥の海の防波堤によって北向きの沿岸漂砂が阻止され、河口部で侵食が進んだことや、河川の流下土砂量の減少などが考えられる。

本研究の目的は、これらの要因を分析し、阿武隈川河口砂州の変形原因を調べることにある。

最初にマクロの見地より仙台湾沿岸全体の海浜変形を調べ、阿武隈川河口付近の漂砂環境を把握する。次にメゾスケール的な見地より河口の砂州の変形過程を明らかにする。更に数値モデルを用いて砂州の変形予測を行い、現地における砂州の変形が数値モデルによって相当良く再現しうることを明らかにする。

2. 仙台湾沿岸の大局的海浜地形変化

2.1 仙台湾沿岸の汀線変化

調査は仙台湾沿岸の大局的海浜変形を調べるマクロ的調査と河口部の地形変化を調べるメゾスケール的調査とに分かれる。ここでは前者の論議を行う。このようなマクロ的調査の目的は、仙台湾沿岸全体から見た阿武隈川河口の漂砂環境を明らかにすることにある。

調査の対象は、福島県の松川浦から仙台新港の北に至る直線距離で約 57 km の区間である(図-1)。

対象海岸は緩い弓状の海岸線を有している。この沿岸

にはいくつかの河川が流入し、また数多くの漁港・海岸構造物がある。主な流入河川としては、阿武隈川・名取川、七北田川があり、また牛橋河口からも流入している。これらのうち名取川には河口導流堤が設置されている。また沿岸に沿っていくつかの港がある。南から北へ順にあげると、松川浦漁港、相馬港、釣師浜漁港、磯浜漁港、鳥の海、関上漁港がある。これらの港では各々防波堤が設置されている。

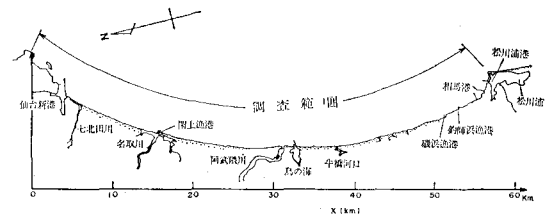


図-1 調査対象区域図

仙台湾沿岸の海浜変形特性について調べるために、まず航空写真による汀線変化調査を行った。利用可能な航空写真は昭和22年以降で10回分ある。その写真縮尺は昭和22年の米軍写真が $1/40,000$ 、その他は $1/5,000 \sim 1/25,000$ である。米軍写真は他のものと縮尺が大きく異なり、したがって汀線比較時に誤差が入り易いので、ここでは初期汀線形状を昭和27年の航空写真より定めた。

昭和27年以降の航空写真は9組であるが、昭和46年、53年、55年の撮影は調査対象領域の一部を含むにすぎないため、それ以外のデータを用いて汀線変化を求めた。

昭和27年から50年および58年までの変化を図-2に示す。横軸は図-1に示したX方向の距離としており、また汀線変化量は昭和27年の汀線に対する変化量である。このほか図には防波堤や河口導流堤の位置とその長さも示した。図から汀線変化の特徴を調べると、まず第1に磯浜漁港の周辺では、58年までの汀線変化量に明らかなように、南側では汀線が前進し、北側では後退している。これは昭和48年から建設された磯浜漁港の防波堤により北向きの沿岸漂砂量が阻止されたための変化

* 正会員	建設省道路局道路環境対策室長 (前)仙台工事事務所長
** 正会員 工博	建設省土木研究所海岸研究室長
*** 正会員	建設省東北地方建設局岩手工事事務所工務第三課長 (前)仙台工事事務所
**** 正会員	建設省東北地方建設局仙台工事事務所

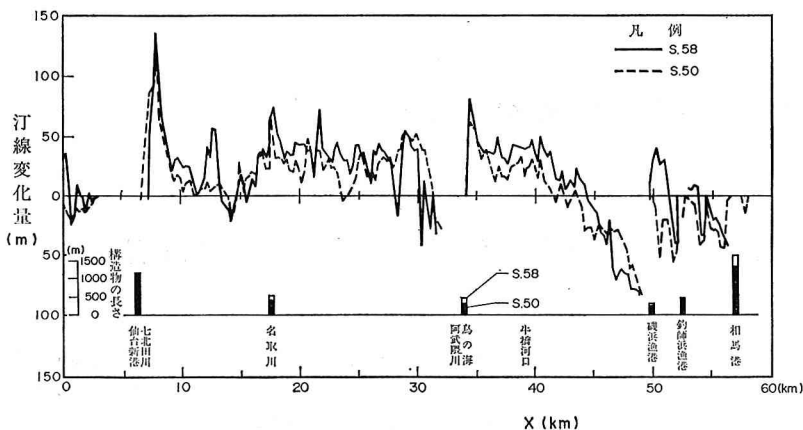


図-2 航空写真による汀線変化



写真-1 磯浜漁港北側の海岸侵食状況

である。また昭和50年と58年の汀線形状を比較すると、漁港のすぐ北側での後退領域が北側へと広がる一方、磯浜漁港の北約4.2 kmから鳥の海の防波堤の間では汀線が前進している。これは次のように説明される。すなわち沿岸漂砂の移動が磯浜漁港の防波堤と鳥の海の防波堤とによって阻止されたため、北向きの沿岸流によって磯浜漁港の北側は侵食され、鳥の海防波堤の南側では汀線が前進することにより、この間の汀線方向が平均的な波の入射方向と直角になるように変形したものである。

写真-1は磯浜漁港の北側海岸の昭和56年6月の状況である。漁港の防波堤の建設前には広い前浜があったが、砂浜は消失し、59年6月時点では護岸に直接波が打ち当り越

波が生じていた。また護岸前面が洗掘されていたために、護岸前面には消波ブロックが設置されつつあった。これと良く似た状況は全国的に多数見られ、例えば青森県の三沢漁港周辺の状況¹⁾と非常に良く似ている。

また、阿武隈川河口周辺でも磯浜漁港周辺と良く似た変化が表われている。これは鳥の海防波堤の影響が大きいと考えられる。河口の左岸側では汀線が後退し、とくに50年

と58年の汀線変化比較を行うと後退域が北側へ広がっていることがわかる。また同じ時期、鳥の海防波堤の南側では逆に汀線が前進している。一方、阿武隈川自体に関しては、河口から10.4 kmの位置に昭和57年に堰が完成したが、この堰では流量が400 m³/sを越えたときゲートが開かれる。それゆえ長期的には河川からの土砂供給は相当あると考えられ、また図-2に示した汀線変化の比較期間について言えば堰が完成して間もないために、海浜変形への影響は少ないはずである。以上の点から海浜変形の主要因としては、鳥の海防波堤による北向き沿岸漂砂の阻止が重要であったと考えられる。

阿武隈川の北方の領域では広い範囲で汀線が前進している。これは主として阿武隈川と名取川からの流出土砂が堆積して形成されたものと考えられる。また七北田川の南で汀線変化量が著しく大きい場所であるが、これは河口位置の変化があるためである。更に名取川と仙台南港の間、X≒12.5 km地点において昭和50年と58年の

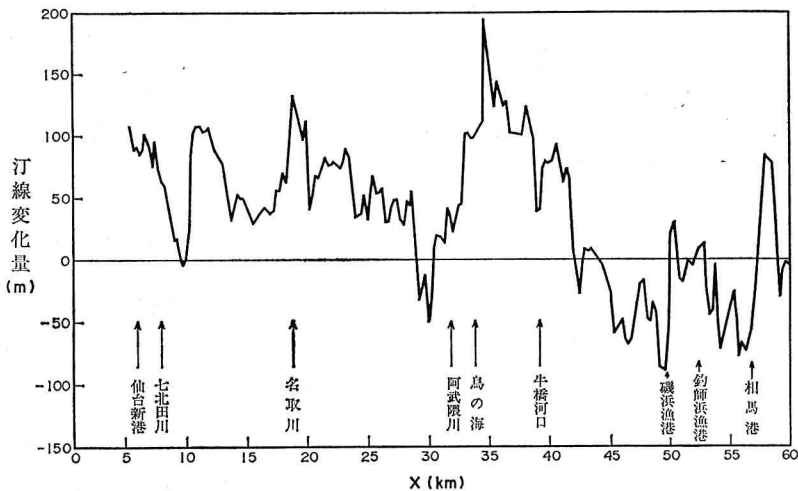


図-3 地形図による汀線変化

間に 50m 以上の汀線前進が見られる。これはここに離岸堤が建設され、土砂が堆積したために生じた変化である。

次に、地形図の比較により明治 44 年から昭和 49 年までの 67 年間の変化を調べた(図-3)。全般的には航空写真の比較による汀線変化図と良く似ている。磯浜漁港、鳥の海防波堤等の構造物周辺では南側が堆積傾向、北側は侵食側向を示す。これらは構造物によって北向きの沿岸漂砂が阻止されたための変化である。ただし前進部分の面積の方が後退域より広いがこの主な原因は河川流出土砂が海浜に堆積したためと考えられる。

汀線変化状況により当海岸では北向きの沿岸漂砂が卓越することが明らかになったが、この原因を波高と波向の出現頻度より調べる。図-4 は阿武隈川河口右岸沖合 0.8 km における波浪観測の昭和 49 年～55 年の資料をまとめたものである。波向別の波高頻度を示しているが、波向は目視観測から得ている。また破線は海岸方向を示す。この海岸では、海岸線の法線に対して時計回りの方向から入射する波がやや卓越していることが分かる。

このことは当海岸で北向きの沿岸漂砂の卓越する理由を与えている。

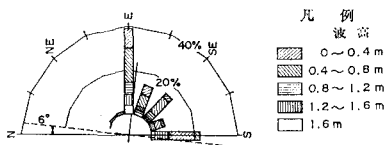


図-4 波高の波向別出現頻度

2.2 海浜断面形状の変化

ここでは海浜断面の変化について調べる。図-5 は阿武隈川河口右岸の代表断面 A-A' の経年変化を示す。測線の位置は図-8 に示す。河口部のため地形の変化が大きいが長期的に見れば汀線は後退しており、それに伴って海浜断面形も相当大きく変化している。陸上部の変

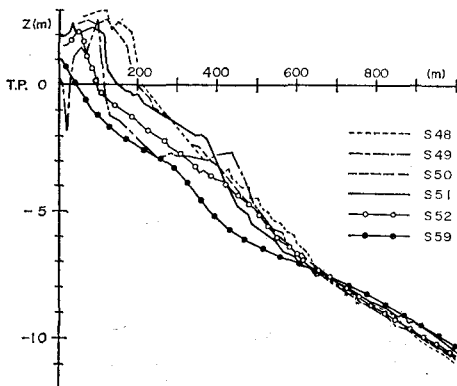


図-5 海浜断面形の変化の一例

化の生じる高さは最高約 3m である。これは波の打ち上がり高さに対応する。一方海面下において有意な地形変化が生ずる意味での限界水深は約 7.5m である。

次に、海浜断面積変化量(ΔA)と汀線変化量(Δy)との相関より沿岸漂砂の移動高を算定する。河口周辺で有意な地形変化の見られた測線のデータを用いて ΔA と Δy の相関を調べると、両変数の間には次式が成立する。ただし、断面積算出の際の積分範囲は水深 10m までとした。

$$\Delta A = 7.0 \Delta y + 102 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに ΔA , Δy の単位はそれぞれ m^2 , m である。式(1)によれば、移動高は 7.0m となる。沿岸漂砂による地形変化が生ずる場合の移動高が明らかになったので、これを用いて阿武隈川や名取川の流出土砂量の推算を行う。まず図-3 によって明治 40 年から昭和 49 年までの汀線の前進した部分の面積を計算すると、2,090,000 m^2 となる。これは主として 67 年間に阿武隈川、名取川等の流出土砂がたまつたものと考えられる。ただし正確には相馬港と磯浜漁港の間に存在する崖からの供給量もあったと考えられる。しかし河川流出土砂量と崖侵食量とを分離することは困難なので、全量が河川からの流出土砂量であったと仮定する。漂砂の移動高は阿武隈川河口周辺では 7.0m であったが、この値が沿岸方向に大きく変化しないと考えて、面積変化量に乗ずると全土量が求まる。更に経過年(67年)で割って年当りの土砂量とすると、21.9 万 m^3/yr となる。この値は阿武隈川、名取川からの流出土砂量の和と考えられる。

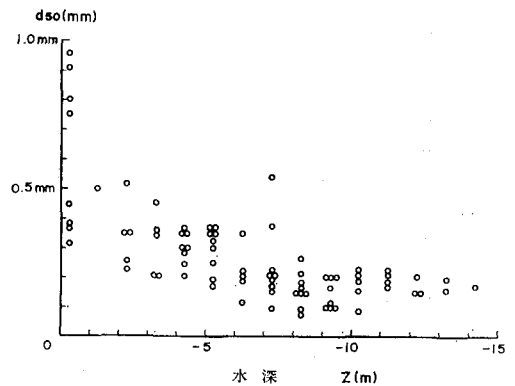


図-6 底質中央粒径の水深方向分布

先に図-5 では海浜断面形の変化から有意な地形変化の生ずる意味での限界水深を求めたが、次に底質粒径の分布形とこの水深との関係を調べてみる。資料としては昭和39年8月に阿武隈川河口海域で行われた底質調査の結果²⁾を再整理する(図-6)。

これは河口兩岸に設定された測線に沿って採取された底質の中央粒径の水深分布を示す。中央粒径は汀線近

傍で平均 0.62 mm と最大値をとったあと水深方向に減少し、水深約 8 m 以深では約 0.2 mm 以下の細砂になる。また底質粒径の変動も小さくなる。砕波帯近くでは波によって底質が活発に運動し、攪乱されるため細粒底質は沈殿することができず、結局粗粒の底質のみが海底面に存在する。したがって細粒の底質が現れる水深約 8 m は、底質の移動が活発な領域とそうでない領域とを区分する水深と考えられる。この水深は海浜断面形の変化図(図-5)と比較すると、ほぼ有意な地形変化の生ずる限界水深と一致している。

3. 河口砂州状の変化とその予測

3.1 河口砂州形状の変化

河口周辺の汀線の経年変化状況を図-7 に示す。測線位置は図-8 に示しているが、No. 1~7 は河口左岸に、また No. 15~19 は河口右岸にあり、その測線間隔は 100 m である。図中ハッチを付けた部分は昭和 43 年時点と比較して明らかに汀線が後退している部分である。これによると汀線の後退は No. 10, No. 11 で始まり、侵食領域が次第に北側へと伝わっている。また河口右岸においては No. 14 で侵食が始まったが、鳥の海の防波堤に近い No. 17~No. 19 では逆に汀線が前進している。これは防波堤により遮へい域外から内側へ向いた漂砂が

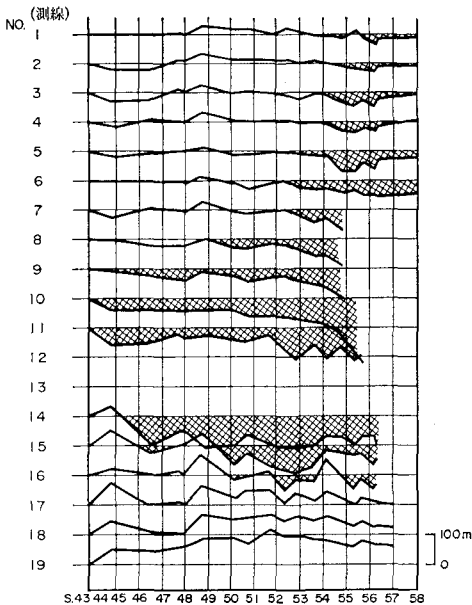


図-7 河口汀線の時空間的变化

生じたため起きた汀線変化と考えられる。

阿武隈川河口左岸では侵食が激しいために昭和54年から汀線に沿って消波ブロックが設置されており、昭和57年までに延長 2,120 m 区間に対策が施されている。この

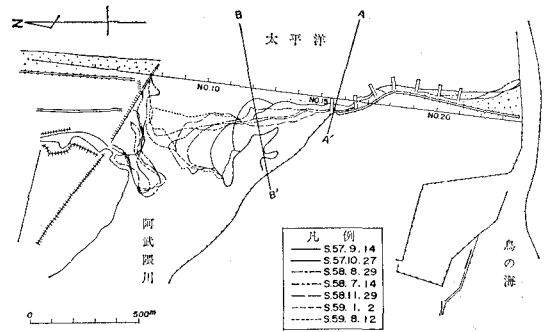


図-8 河口砂州の汀線変化

状況は磯浜漁港の北側とほぼ同一である。結局、砂浜は消滅し、消波ブロックが延々と置かれることとなった。

河口砂州の平面形状にも大きな変化が生じた。昭和57年以来約 1 カ月間隔で行われている航空写真撮影の結果から、代表時期の汀線変化を調べた(図-8)。河口は従来河道中央部に位置していたが、昭和 57 年 7 月出水と 57 年 9 月 13 日の日平均流量 4,570 m³/s の大規模な出水のため左岸寄りにその位置が変化した。図中の 9 月 14 日の汀線は出水後で砂州がフラッシュされた状況である。

右岸砂州の先端は川のほぼ中央に位置している。その後砂州の海側が次第に侵食され、逆に砂州の先端が伸びていった。一方、左岸砂州は波の作用により河川上流方向に土砂が押し込まれ、やがて河川を横断する方向に砂嘴が伸びた。兩岸の砂州は各々対岸方向へ伸びたため、河川の流れは大きく蛇行した。この結果 59 年 4 月には蛇行流が左岸堤に直接当たり、延長 120 m にわたって河川堤防に被害が出た。

砂州の平面積に注目すると、右岸砂州では侵食部分よりも堆積部分の面積の方が広い。これは右岸砂州の海側のほぼ中央部に土砂が打ち上げられ、これが砂州の土砂供給源となるためである³⁾。図-9 は砂州の消長を調べるために、兩岸の砂州面積を求め、その時間的变化を調べたものである。(a)は右岸砂州、(b)は左岸砂州の面積変化である。昭和 57 年 9 月の洪水により砂州はフラッシュされ砂州面積は急激に減少した。その後 59 年までの間、兩岸の砂州形状は大きく変形したが(図-8 参照)。

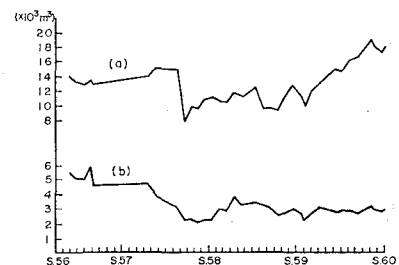


図-9 河口砂州面積の変化

左岸砂州の面積はあまり変化しておらず、したがって左岸砂州では、侵食、堆積部分の面積がほぼ釣り合っていたことがわかる。一方右岸砂州については 59 年 2 月頃まではほぼ一定値の周りで変動していたがその後急速に面積が増加している。この間の砂州の面積の増加原因としては、岸沖方向の漂砂により土砂が打ち上げられたことが考えられる。

3.2 河口砂州形状の変化予測

本節では河口砂州形状の変化予測について述べる。計算に用いたモデルは、筆者らの 1 人が開発したモデルである。

計算範囲は左岸砂州全体とし、格子間隔 10m で 57 年 9 月 14 日の砂州形状を分割して入力した。初期汀線を定めたときの格子数は全体で 53 である。境界条件としては、海側の境界は砂の出入自由、陸側の境界は漂砂量 0 とした。計算では対岸位置を左岸護岸とし、河川の水深は実測値をもとに 3m の一定水深とした。漂砂の移動高は 5m と定めた。入射波の条件として、まず砂州の海側における碎波波高は、荒浜観測所での波高観測データをもとに定めた。観測所は右岸の沖水深約 8.5m の位置にある。昭和 49 年から 55 年までのデータによりエネルギー平均波を求めると $H_i=0.82\text{ m}$ 、 $T=10$ 秒となる。この波が砂州部へ入射したときの碎波波高を昭和 59 年の断面形状から定めた海底勾配を与えて計算すると、 $H_b=1.43\text{ m}$ となる。したがって砂州前面での破波波高としてはこの値を用いた。実際には入射波は砂州に到達するまでに碎波が生ずることもあり、より小さな値となると考えられるが、ここではこの値をそのまま使い、漂砂量係数値を適切に選んだ。また、河川流量は時間的に変化するがその平均的な影響を知るために、昭和 57、58 年の年平均流量 ($Q=175\text{ m}^3/\text{s}$) を代表値として選んだ。

以上の種々の仮定のもとに行った計算の結果が図-10 である。河口砂州は次第に横断方向に伸び、その先端は左岸側へと接近する。砂州の変形は海側が削られ、先端がやや上流側に傾きながら伸びてゆく。これらの状況は実測値 (図-8) と良く一致している。計算においては砂州の変形が大きくなると精度が低くなるために、全体で 4 回初期汀線形状を与え直している。また、砂州部へ岸沖漂砂によって底質が打ち上げられることもあり得るが、計算ではこの効果を取り入れることが困難なために海側の端の境界から流入する条件としている。また、波の入射方向は N 軸から時計回りに測った角度で 80 度から 105 度まで変化させている。これは河口沖の海底地形変化による屈折特性の変化を考慮したものである。

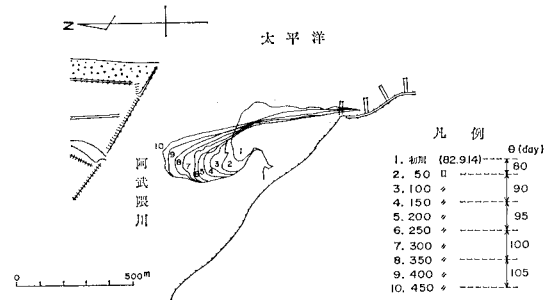


図-10 河口砂州の汀線変化予測

出水直後の航空写真によると、河口前面に深く広いミオ筋ができる。この地形条件のため入射波は屈折し、砂州部分ではやや北寄りの波が進入する。時間の経過とともに河口前面には浅瀬が形成され、その結果波は河口前面で屈折し、右岸砂州ではやや南寄から入射する。

このように、砂州変化の計算ではその沖合における海底地形の変化が重要である。

4. ま と め

本研究は阿武隈川河口砂州の変形原因を調べることを目的として行われたものである。

まず、仙台湾沿岸全体の汀線変化を調べこれにより仙台湾における沿岸漂砂の卓越方向が北向きであること、また阿武隈川河口ではその南 1.6 km に建設された鳥の海の防波堤の影響で近年急激に侵食が進んだことが明らかになった。このことは河口砂州の変形を調べる上で、河口部のミクロ的調査のみでは不十分であることを示している。河口周辺では海岸侵食によって土砂量が減少しており、これは砂州の急激かつ大規模な変化に大きな影響を有していたと考えられる。また砂州形状の詳しい変化を調べるとともに、砂州形状の変化予測を行ったが、これらにより現地の砂州形状の変化が数値モデルにより再現しうることが判明した。

参 考 文 献

- 1) 斎藤晴雄・宇多高明・綱田政芳・沢田善治・林 秀治: 小川原湖海岸の海岸侵食とその予測, 第 32 回海岸工学講演会論文集, pp. 380~384, 1985.
- 2) 阿武隈川河口調査中間報告書 (河口特性編 2-1) 東北地方建設局仙台工事事務所, 168 pp., 昭 51 年 2 月.
- 3) 小川由信・相河政登・首藤伸夫: 阿武隈川河口砂州平面地形に関する現地観測, 第 40 回年講概要集, pp. 623~624, 1985.
- 4) 宇多高明: 新しい海浜変形モデルによる河口砂州の変形予測, 土木学会論文報告集, 第 322 号, pp. 77~88, 1982.