

# 外洋に面した海岸における河口処理と河口地形の応答

——九十九里浜南部に流入する南白亀川および一宮川河口の例——

市川 慎一\* ・宇多 高明\*\* ・三波 俊郎\*\*\*  
古池 鋼\*\*\*・木戸 浩彦\*\*\*\*・星上 幸良\*\*\*\*

## 1. ま え が き

河口処理は古くて新しい問題である。わが国の多くの一級河川ではすでに導流堤などの河口処理工が建設され、その機能が発揮されている。しかし中小河川にあっては依然として河口への過剰な堆砂が問題となっている場所もある。この種の問題に対する最も正統的な研究手法は、河川流による砂州のフラッシュと漂砂による河口への砂輸送とのバランスを考慮して動的意味でその機構を探る手法である。一方、わが国のかなり多くの河川では過去に実際に河口処理が行われているので、その状況を調べる手法も一つの判断材料を与えるが、この手法は人工構造物を設置した場合の地形応答を正確に把握する上ではやや難がある。これらとは別に、河口処理が行われた後数十年間の河口地形応答を調べることが可能な場所もある。千葉県沿岸では国土地理院による空中写真に加えて、京葉測量（株）が毎年 1 回空中写真測量を行ってきており、時間的に高密度で空中写真の利用が可能である。このことから、本研究では 1947 年以降集積されてきた空中写真を利用して河口処理に伴う河口地形応答について、周辺海岸と陸域の変遷も含めて検討する。

## 2. 九十九里浜の南白亀川および一宮川河口周辺海岸の特徴

南白亀川および一宮川は、図-1 に示すように太平洋に面した九十九里浜南部に位置する二級河川である。いずれも河口部付近の河床勾配はおおよそ  $1/3000$  という低平地河川である。これらの河口周辺の沿岸漂砂特性として、宇多ら（2000）による地質学的時間スケールの汀線変化から推定された沿岸漂砂量は、いずれの地点も北向きで、南白亀川河口で約  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ 、一宮川河口で約  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$  である。漂砂の供給源は南部に位置する太東崎の海食崖である。これに比べ河川自体の供給土砂量は低平地河川である事から少ないと推定される。

## 3. 空中写真判読による南白亀川河口の変遷調査

この地域では、1947 年 2 月の米軍による空中写真撮影以後、2000 年 1 月までに国土地理院や京葉測量（株）によって延べ 22 回の空中写真撮影がなされてきている。本研究ではこれらの写真をスキャナーに取り込み、写真スケールを同一として相互比較を行った。写真-1a は 1947 年 2 月の南白亀川河口状況である。戦後間もない時期であり河口部には最大約 400 m 幅の砂浜が広がり、そこに細い河川流が蛇行しつつ海へと流れ出ていた。河口左岸には小規模な護岸があったが、流れの整流効果は低かった。当時の汀線から約 200 m 陸側の砂丘の裏側には、過去の洪水により形成されたと考えられるラグーンが存在した。

1961 年 7 月（写真-1b）では、河川流は北側に大きく蛇行し、河口左岸護岸から約 450 m も北側に開口していた。1947 年当時河口の北側に存在したラグーンの内、北部ラグーンはその後進んだ保安林の整備区域に取り込まれ周辺が松林に囲まれた。一方、この蛇行により南部ラグーンは大きく蛇行した水路と繋がった。写真-1a と比較して陸域の開発が進んだ。内陸での土地利用の高度化とともに、海浜地では飛砂防止の為の保安林の整備が進んでいる。

1965 年 6 月までに河口で左岸導流堤が延ばされ、1970

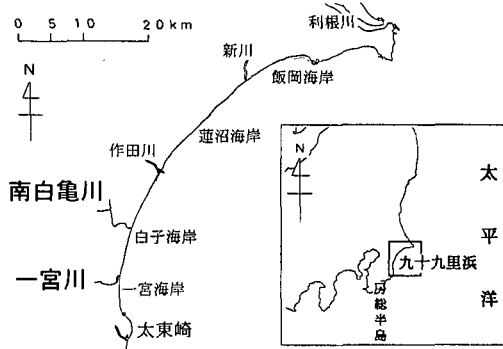


図-1 南白亀川および一宮河口の位置

\* 千葉県一宮川改修事務所 所長  
\*\* 正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 研究総務官  
\*\*\* 正会員 国土技術政策総合研究所 海岸研究室(有)  
\*\*\*\* 正会員 国際航業(株)海洋エンジニアリング部

年4月(写真-1c)では、左岸導流堤の建設によって北部ラグーンと本川とは狭い水路を残して切り離された。この当時の左岸導流堤はその先端が汀線までであり、碎波帯まで突き出ることによって沿岸流(漂砂)を阻止する構造は有していなかった。導流堤の建設後、河川流はこの導流堤に沿って流れ、汀線で右に蛇行して海に注ぐようになった。また河口の南側地区では、県道の海側に黒く見える保安林の成長が著しい。この結果、河口南側地区での砂浜幅は約150mと狭まった。さらに河口から南に約350m離れた場所から始まる保安林中には、保安林を横断して県道から海浜へと至る小道が延べ11本見られる。それらは約70m間隔で並んでいたが、これらより当時陸域から海浜へのアクセスはかなり良好であったことが分かる。

1980年2月(写真-1d)では、1970年と比較して新た

に右岸導流堤が建設された。右岸導流堤は北向きの沿岸漂砂を阻止したため、1970年当時河口南側から河口内へと大きく湾曲した汀線が形成されていたが、右岸導流堤の建設によって導流堤から南側の汀線は直線状に延び、それに代わって河口砂州の上流への移動が見られた。海岸では保安林区域の外側を囲むようにして海岸堤防の建設が進められた。これらの工事によって河口右岸側の海浜では1947年当時の約400mの砂浜幅が1980年には約150mと、約1/3に狭まった。また1979年までには九十九里波乗り道路が完成し、保安林を二分することになった。

1988年1月(写真-1e)では、1980年と比較して右岸導流堤が約70m延長されると同時に、導流堤南側の汀線は導流堤先端まで前進した。これと同期して河口左岸側から右岸側へ規模の大きな河口砂州が新たに発達し

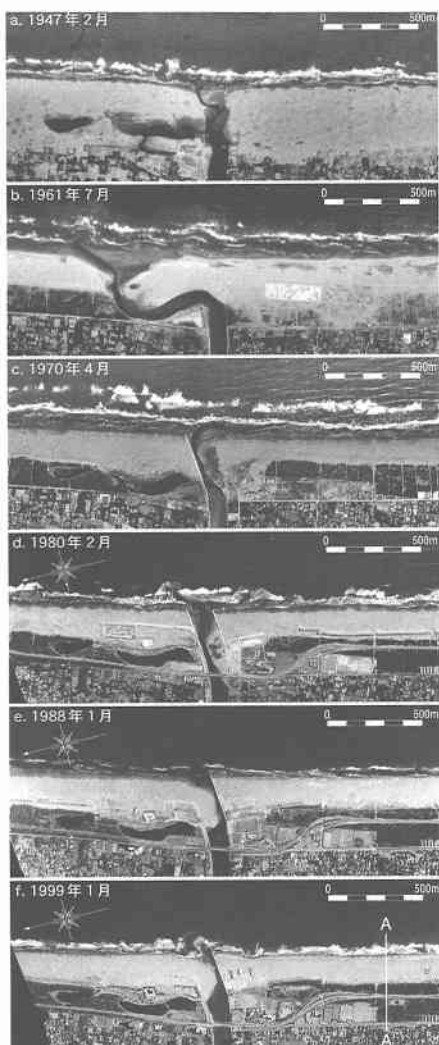


写真-1 南白亀川河口部の空中写真

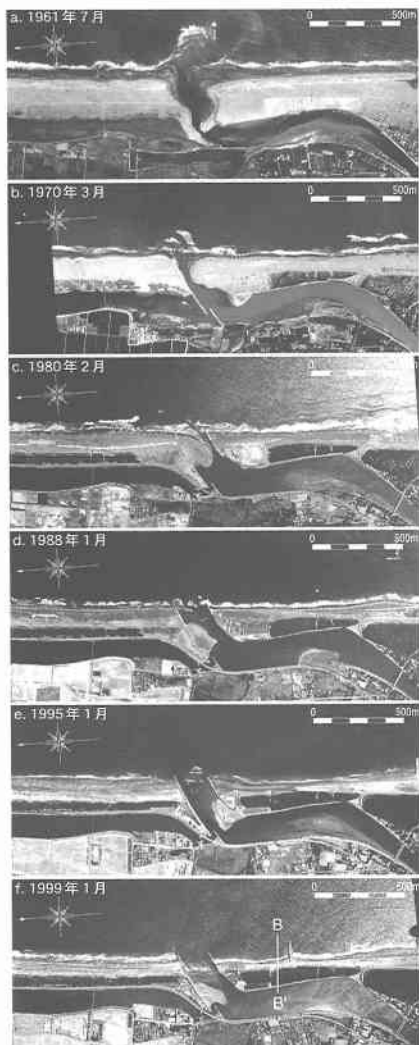


写真-2 一宮川河口部の空中写真

た。

1999年1月(写真-1f)では、1988年以後、南白亀川河口では安定的に左岸側から河口砂州が発達している。また九十九里道路を横断して背後地から浜地へ達する道は地下道となったが、その間隔は約300mとなり、道路建設以前の間隔約70mと比較してかなりの迂回が必要とされるようになった。

#### 4. 空中写真判読による一宮川河口の変遷調査

南白亀川河口と同様にして一宮川河口の変遷を調べた。写真-2aは1961年7月の空中写真である。南白亀川の場合と同様、1961年当時には河口には導流堤などの施設はなく自然状態で河川流は蛇行していた。写真に示すように河川流は北向きに大きく蛇行し、長さ約1kmの河口砂州が発達していた。北向きの河口砂州の発達自体は南白亀川の場合と同様であるが、砂州の長さを比較すると南白亀川の約500mに対し、一宮川では約1000mと、一宮川の河口砂州の方が長い。両者が同じ時期に撮影されたものである事を考慮すれば、一宮川河口の方が北向きの沿岸漂砂が著しいことに対応していると考えられる。これは既往の研究結果(宇多ら, 2000)とよく合う。また南白亀川の場合と同様、この当時海岸砂丘には保安林もなく飛砂が卓越する条件下にあった。さらに当時の河口より北側の砂丘地の裏側にも細長いラグーンが発達していた。

1970年3月の河口状況(写真-2b)を示す。1967年までに左岸導流堤が建設された。導流堤は北部のラグーンとの間に狭い開口部を有し、ラグーン内の水はここを通過して海と繋がっていた。導流堤の建設以前には右岸側から左岸側へと細長い砂嘴が発達し、河口部地形が非常に不安定であったが導流堤の建設後導流効果が発揮され、導流堤の南側側面に流れが集中した結果、右岸から左岸への細長い砂嘴の発達は見られなくなった。1961年当時には北向きに延びていた長大な河口砂州の河川に面した区域に白っぽい長方形の区域が見られたが、この区域は1965年までに保安林として松が植えられた。

1980年2月の河口状況(写真-2c)を示す。1970年には河口には左岸導流堤のみであったが、その後1974年までには左岸導流堤より約20m長い右岸導流堤が延ばされた。この結果、河口砂州は左岸側から発達するようになった。滞筋は右岸導流堤に沿って形成されている。さらに1970年当時と比較して保安林の生育が進み、1961年当時砂浜であった部分の内のかなり広い部分が保安林に変わった。

1988年1月(写真-2d)では、左岸の河口導流堤が延伸されて河口左岸側の汀線と河口砂州の汀線との連続性が切れたために河口砂州が上流側へと移動している。ま

た、河口右岸側に位置する一宮海岸では全体として汀線が後退している。1995年(写真-2e)になると河口右岸側での汀線後退がさらに進んだ。また河口砂州は右岸側へ移動している。1999年1月(写真-2f)では、河口右岸側の汀線の後退が一層著しくなった結果、右岸導流堤は相対的に汀線からの突出長が長くなった。

#### 5. 河口周辺海岸における汀線と保安林外縁線の変化

南白亀川および一宮川河口周辺において河口処理が行われてからの境界条件の変化を空中写真により把握した。

まず、南白亀川河口周辺域における汀線の空間的变化を調べたのが図-2である。1961年から1999年までの汀線形状を示すが、この河口においては、大きく蛇行した河道形状の変化と比較して河口周辺部での汀線の変化量は小さく、長期的に見て汀線はほぼ安定状態にあった事が分かる。次に、基準点から汀線と保安林外縁線までの沖向き距離の経年変化と各種工事の時期との関係を調べたのが図-3である。南白亀川河口南側の測線A-A'(写真-1f)における経年変化である。右岸導流堤の建設前後で比較すると、汀線は平均で約20m前進したが、これを除けばほぼ安定状態にある。1947年には砂浜幅は約400mもあったが、保安林前縁線の急速な前進によって砂浜幅が狭まり、2000年には約140mと1947年当時の1/3に狭まった。これより南白亀川河口部での砂浜幅の縮小は汀線の後退が原因ではなく、保安林の前進にあった事

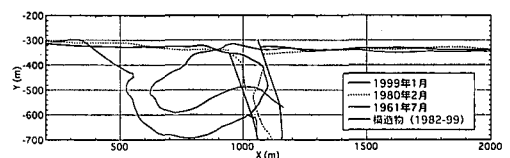


図-2 南白亀川河口部の長期的汀線変化 (1961, 1980, 1999年の比較)

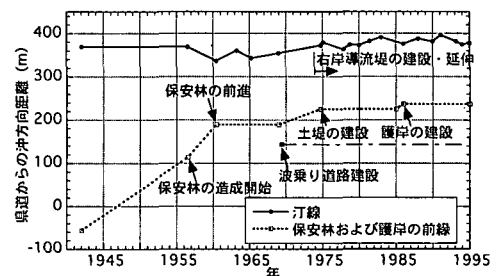


図-3 南白亀川河口南側の測線A-A'における汀線および保安林前縁線の経年変化

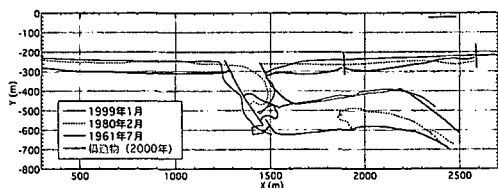


図-4 一宮川河口部の長期的汀線変化  
(1961, 1980, 1999年の比較)

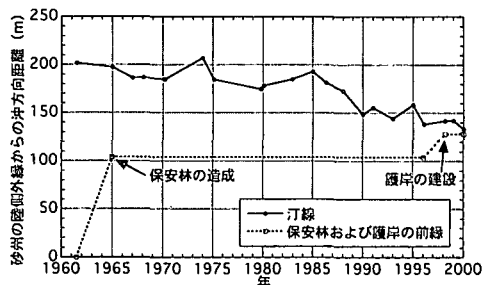


図-5 一宮川河口部の測線 B-B' における汀線および保安林前縁線の経年変化

が分かる。

図-2と同様に一宮川河口周辺部の汀線変化をまとめたのが図-4である。河口左岸では1961~1980年には汀線変化は小さかったが、1999年までには最大約65mも汀線が後退している。河口右岸においても汀線の後退が著しく最大約60mもの汀線後退が起きた。このため侵食対策としてヘッドランドの工事が進められている。図-5は一宮川河口の南側の測線 B-B' (写真-2f) における汀線と保安林外縁線位置の変化である。この区域では1961年には約200mの砂浜幅があったが、2000年には砂浜幅はほぼ0となった。その原因は保安林の前進と汀線の後退である。砂浜幅の縮小量のうち65%が保安林(護岸含む)起源で、35%は汀線後退起源であった。とくに汀線の後退は1985年以降急速となり5m/yrの割合で後退してきたことが分かる。

以上のように南白亀川では沿岸漂砂上手側の汀線はほぼ安定かやや前進傾向であったのに対し、一宮川河口では汀線が大幅に後退傾向にあったことは十分注意されるべきである。なぜなら漂砂上手側に位置する導流堤の、汀線からの沖向き長さが、一宮川河口では汀線後退によって著しく増大したのに対し南白亀川では短くなり、結果として右岸導流堤の先端を越えて河口内へと流入する漂砂量が一宮川では枯渇状態に近いのに対し、南白亀川では大きな変化がなかったと考えられるからである。また、いずれの河川でも砂浜幅の減少には保安林の前進が大きな割合を占めている。これは宇多ら(2000)が明らかにした北茨城の海岸の場合と同様な結果である。

## 6. 河口処理に伴う地形応答

写真-1, 2に示した空中写真より河口処理工が行われた前後の写真を選び、河口処理に伴う河口地形応答を調べた。まず南白亀川河口について、各時期の変化をまとめたのが図-6である。河口に処理工が全く存在しない時代には写真-1bに示したように沿岸漂砂の方向に長大な河口砂州が延びて河口の変動が大きい。このような状況に対して、沿岸漂砂の下流側に位置する左岸側に導流堤が延ばされた場合が図-6aである。左岸導流堤が建設されると河川流がそれに沿って流れるようになる。右岸側から沿岸漂砂によって河口内へと砂が輸送されるので動的安定な河口となる。動的安定である以上、最狭部の川幅は流量と波浪条件によって定まるはずであり、人工的に砂州を浚渫しても元の砂州が急速に復元されることになる。

左岸導流堤に加えて右岸導流堤を建設した場合の変化を示したのが図-6bである。右岸導流堤によって河口砂州の汀線と河口右岸側の海浜の汀線との連続性が絶たれると河口砂州は左岸側から発達するようになる。この理由として考えられるのは、右岸導流堤の建設に伴って導流堤に沿った部分では卓越入射波が遮蔽され、波高が低下することによって、波高が低い場所へと河川流が集中

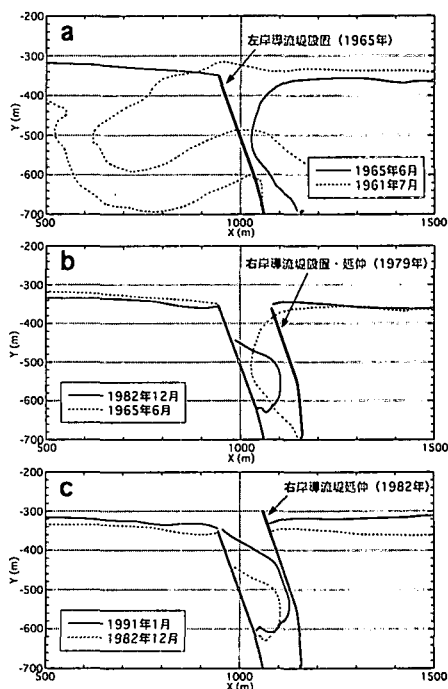


図-6 河口処理に伴う南白亀川河口部地形応答

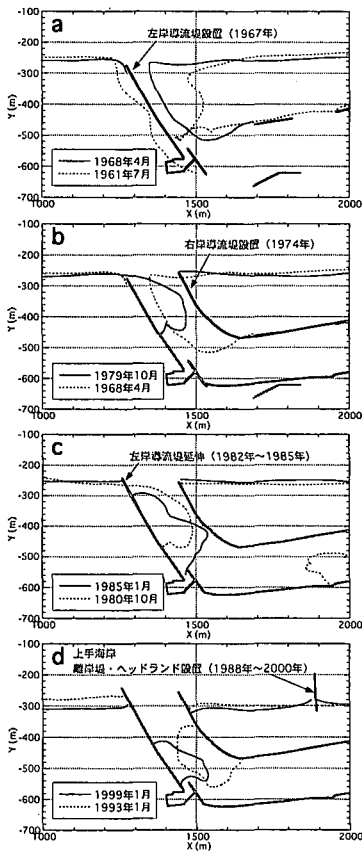


図-7 河口処理に伴う一宮河口部地形応答

することにある。これは宇多ら (1997) が示したように波高が低い場所ではそこで形成される砂州高も低くなり河川流が海へ流出する際のヘッドが低くて良いことに起因すると考えられる。このように沿岸漂砂の上手側における河口導流堤の建設は河口砂州の位置を対岸へと移す機能を有していると考えられる。さらに図-6cは漂砂上手側の導流堤をさらに延長した場合で(図-6bは図-6cの導流堤よりも約70m長くなった), 左岸砂州は益々規模が増大した。これは導流堤による波の遮蔽の度合が強まるためと考えられる。

図-6と同様にして一宮川についてまとめたのが図-7である。一宮川の場合も河口処理工が全くなかった時代には河口部地形の変動が写真-2aのように著しかった。このような状態で沿岸漂砂の下手側となる河口左岸側で初めて導流堤が建設された(図-7a)。その場合の地形応答は図-6aの場合と同様、河川流はこの導流堤に沿って流れるようになり、河口砂州は北向きに延びたがその位置が固定された。左岸導流堤の建設後、右岸導流

堤を建設した場合、図-7bのように新たに左岸側から河口砂州の発達を見た。この場合の応答関係は図-6bの場合と同一である。この時点では左岸導流堤の先端は周辺の汀線より突出していないため河口北側から砂が汀線に沿って自由に移動できる環境にあったと考えられる。その後図-7cでは左岸導流堤が延長されて河口北側の汀線と河口砂州の汀線との連続性が絶たれた。これによって河口砂州は上流側へと移動した。すなわち、導流堤による砂州と周辺海岸の汀線との連続性の遮断は、砂州の土砂の供給不足を招いて砂州の上流方向への移動をもたらしたことが分かった。図-7dは周辺海岸で侵食が進んだために突堤が建設された後の河口砂州の変化である。河口内では右岸から左岸側へと河口砂州の移動が見られた。

## 7. まとめ

本研究により明らかになった点は以下に要約される。

① 九十九里浜南部において過去数十年間に砂浜幅が狭まった理由としては、飛砂防備のために造られた保安林の前進による寄与が大きく、それに海岸侵食が二次的要因として関係している。海浜幅を汀線と松林との間に広がる区域と定義すれば、海浜幅の狭小化には汀線の後退のみが必然的要因とはならず、保安林の前進も大きな要因となる。このことは海岸侵食に関する地先住民からのヒヤリング調査時に十分注意すべきことである。

② 南白亀川と一宮川河口では河口導流堤による河口処理対策が行われたが、両者ではほぼ同一な地形応答が起きた。沿岸漂砂の下手側に延ばされた河口導流堤は河口流路の固定に役立ち、上手側から下手側への砂州の発達を促した。さらに漂砂の上手側への導流堤の建設は河口流路を漂砂上手側の導流堤側へとずらし、河口砂州の発達方向を逆転させる機能を持つことが分かった。

## 参考文献

- 宇多高明 (1997): 日本の海岸侵食, 山海堂, p. 442.
- 宇多高明・酒匂敏次・野村光寿 (1997): ポケットビーチに流入する中小河川の河口位置の決定メカニズムと河口処理, 水工学論文集, 第41巻, pp. 863-870.
- 宇多高明・高田 修・星上幸良・芹沢真澄・三波俊郎・古池 鋼 (2000): 九十九里海岸における地質年代スケールの沿岸漂砂量の推定, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 686-690.
- 宇多高明・住谷勉夫・下山田光一・鮎谷純夫・高野泰隆・神田康嗣・大木康弘・芹沢真澄・三波俊郎・古池 鋼・五十嵐竜行 (2000): 茨城県北部有明・伊師浜海岸における市街地の発達, 保安林の拡張および離岸堤群の建設に起因する海浜変形, 地形, Vol. 21, pp. 17-30.
- 森脇 広 (1979): 九十九里浜平野の地形発達史, 第四紀研究, p 18, pp. 1-16.