

# 海底掘削に伴う河口砂州の変形

宇多高明\*・藤井政人\*\*・高橋 晃\*\*\*・伊藤克雄\*\*\*\*

## 1. まえがき

河口砂州は洪水流の流下に対する阻害要因となるが、河口部への高波浪の侵入や塩水遡上の防止を図る上で有効なことはよく知られている。近年、全国各地の河川では河口砂州の規模の縮小や、消失が見られ、波浪侵入や塩水遡上の面でしばしば問題が生じている。

砂州の著しい地形変化を生じさせる原因には、河川流出土砂量の減少に伴う海岸侵食や海底浚渫など、様々な要因が考えられる。例えば航路掘削などで沖合に形成された深みに土砂が流出すると河口砂州の後退が引き起こされることになる。筆者の1人は、水理模型実験や等深線変化モデルにより海底掘削を行うと掘削穴の背後で汀線が後退し、掘削穴の形成水深によっては沿岸漂砂のトラップが起こることを明らかにした(宇多ほか, 1993b)。しかし、現地河川での検討事例は少なく、現地データによる検証は十分ではない。このことから、海底掘削に伴う河口部汀線の後退などに対する有効な策について検討する上では、現地河川での実態解明が望まれるのが実状である。そこで、本研究では土佐湾に注ぐ仁淀川の河口沖での海底掘削と河口砂州の変形について実態論的に考察を進めるものである。仁淀川河口沖での海底掘削については既に宇多ほか(1985)でとり上げたが、本研究で

はその後の多くのデータを加えて分析を進める。

## 2. 仁淀川河口の概要

仁淀川は、高知県西部の土佐市において土佐湾に注ぐ流域面積2,270 km<sup>2</sup>、計画流量14,000 m<sup>3</sup>/sをもつ一級河川である。図-1に示すように現況では左岸側より長大な河口砂州が伸びており、河口部は右岸近傍にある。従来、この河口砂州の開口部は左岸導流堤の近傍にあって安定していたが、近年河口部沖の掘削と大洪水の発生により開口部の大きな移動が見られた。

河口の東側には文庫鼻があり、その東側では春野漁港の建設が進められ、防波堤が伸びている。この付近では全体として東向きの沿岸漂砂が卓越しており、従来は仁淀川の流出土砂が東向きに移動する条件にあった。しかし、春野漁港の防波堤の建設後、東向きの沿岸漂砂移動は阻止されている。春野漁港より東側への漂砂供給量が減少しているため、春野漁港の東側の長浜・戸原地区では近年侵食が進んでいる(宇多ほか, 1993a)。

仁淀川河口は土佐湾に面し、粗な砂礫からなるため、前浜付近の勾配は約1/13と急である。河口部汀線付近の海浜砂の $d_{50}$ は宇多ほか(1993a)によれば、1 mm~10 mmである。また、土佐湾への来襲波の特性として、例えば最近高知海岸に災害をひき起こした台風9109号時には、 $H_{1/3}$ が3~4 m、 $T_{1/3}$ が10~12 sの波が来襲している(宇多ほか, 1993a)。

なお、以後の解析の便を考え、文庫鼻に原点を定め、ここより沿岸方向にx軸、沖向きにy軸を定める。

## 3. 海底掘削に伴う海浜変形

### 3.1 空中写真の判読

1975年9月19日における仁淀川河口砂州とその東側の高知海岸の状況を写真-1に示す。この時点では河口砂州は沖向きに大きく突出しており、砂州幅も非常に広い。また、河口部では仁淀川河口大橋の橋脚工事が進められつつあった。河口左岸、海岸堤防と河口砂州の間には細長くラグーンが伸びる。また、岬が海へ突き出した文庫鼻では砂浜は一度途切れるが、そこより東側にも連続的に広い砂浜が続く。このことは、1975年当時仁淀川か

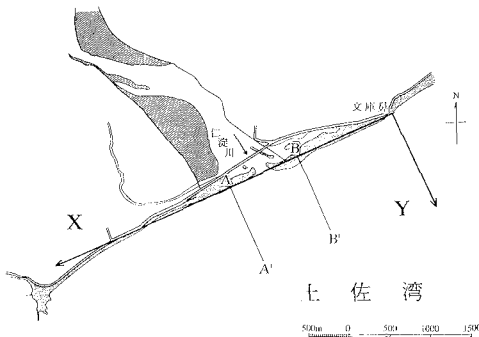
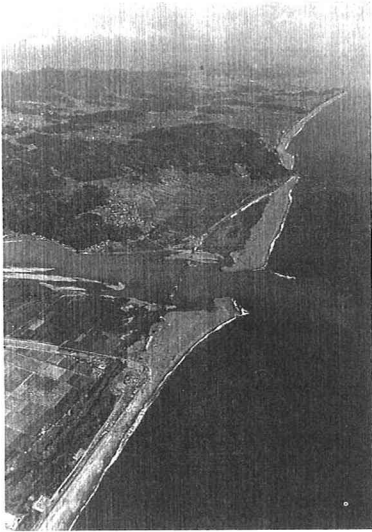


図-1 仁淀川河口の位置と測線配置

\* 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長  
 \*\* 正会員 建設省土木研究所河川研究室研究員  
 \*\*\* 正会員 建設省土木研究所河川研究室主任研究員  
 \*\*\*\* 正会員 建設省土木研究所河川研究室



写真一 仁淀川河口部の空中写真 (1975年9月19日)



写真二 仁淀川河口部の空中写真 (1991年2月23日)

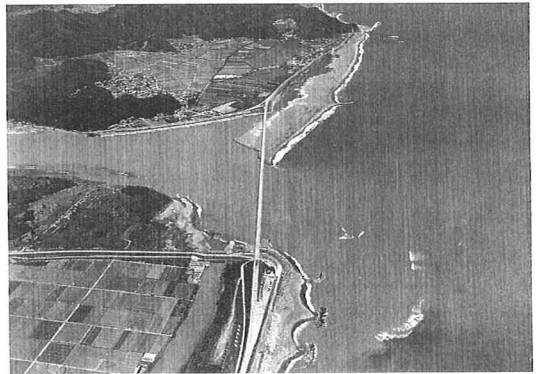
らの流出土砂は豊富であり、それが高知海岸へと連続的に流れていたことを表わしている。

1991年2月23日の河口砂州の状況を写真二に示す。1988年まで行われた河口沖での掘削により砂州の汀線が大きく後退したことが砂州の汀線と仁淀川河口大橋の橋脚との相対関係より明らかである。仁淀川の開口部は近年まで左岸導流堤の近傍にあったが、砂州の後退とともに開口部は右岸側へ移っている。写真右下隅にある導流堤の先端部付近の汀線形を調べると、導流堤を挟んで右側で汀線が突出し、左側では後退している。このことは少なくともこの写真の撮影時点では東から西、つまり河口へ土砂が逆流する方向であったことを示している。

写真三には9307号台風 ( $Q_{max}=10,387\text{ m}^3/\text{s}$ ) により河口砂州がフラッシュされた1993年8月12日の砂州状況を示す。写真二に示したように、河口砂州は西(右岸)側に開口部があり、砂州高も開口部に向けて低下する状況にあったため、砂州は右岸よりほぼ中央部までが切れた。河口の左岸沖ではほぼ半円形に碎波の白濁域が見られる。これは、開口部より流出した土砂が河口沖テラスを形成して堆積していることを示している。

### 3.2 汀線変化

仁淀川河口砂州の1982年～1993年の汀線変化を図一2に示す。1982年～1984年では砂州の開口部は左岸導流堤に接近し、1987年まではこの導流堤に沿って河川流が流出していた。この間、河口部位置には大きな変動はないものの、河口砂州は全体に後退しつつ、しかも砂州の中央部が凹状となるように変形を遂げた。1987年以降砂州の後退はほぼ停止し、また中央部が凹状の形状自体に



写真三 9307号台風による仁淀川河口砂州のフラッシュ状況

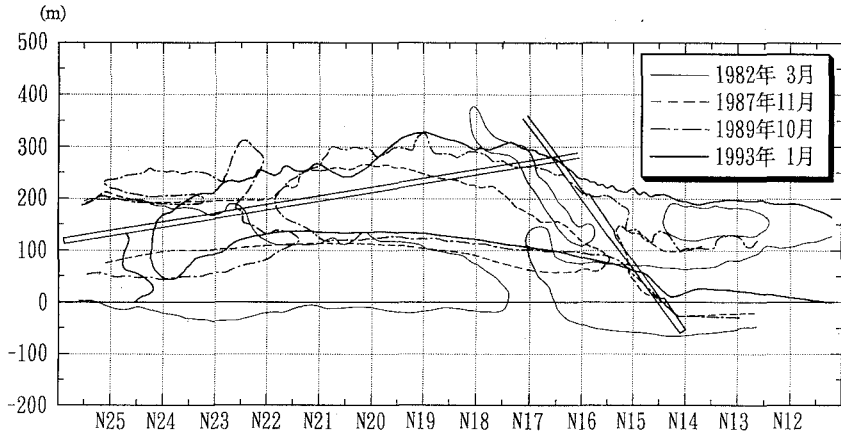
は変化がない。しかし、開口部位置は左岸側から右岸側へと大きく移動した。

1982年と1993年の砂州形状を比較すると、砂州が最大で150m後退するとともに、開口部が左岸側より右岸側へと移動したことが明らかであって、わずか11年間で仁淀川河口砂州には著しい変化が生じた。

以上の汀線変化をまとめると図一3となる。砂州の汀線は1982年より1989年まで単調に大きく後退したが、その後は変動はあるもののほぼ安定状態にある。しかも砂州の汀線はその中心部が最も後退し、全体として凹状となった。このような河口砂州の後退の主な原因は1988年まで継続的に行われた沖合での海底掘削である。図一3で汀線が大きく後退した時期と、沖合での海底掘削の時期とがよい対応を示すことがその理由にあげられる。

### 3.3 深浅図の比較

1981年と1984年の深浅図を図一4に示す。破線で示す1981年の河口沖の等深線は河口中心に対し三角形状に突出していた。しかし1984年になると、この三角形状のテラスで海底掘削が行われ、等深線は逆に河口側に大きく凹む形となった。この掘削穴の最大水深は14mに



海浜縦断測量の測線位置

図-2 仁淀川河口砂州の汀線変化 (1982年~1993年)

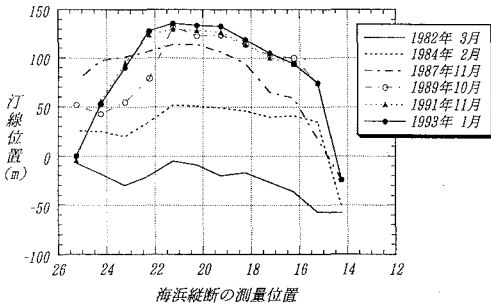


図-3 河口砂州の汀線変化比較

達し、最深部は汀線よりわずか約150mの沖合にある。また河口の東(左岸)側にも掘削穴が見られ、その最大水深は約11mである。

図-5には1988年11月の深淺図を示す。1984年までは河口沖の掘削は河口中心より左岸側で行われていたが、それ以後は、砂州前面のほぼ全域で掘削が行われた。特に右岸側での海底掘削が著しく、それとともに掘削穴

は河口右岸側に移動した。この掘削穴の最大水深は約14m、最深部位置は汀線より約200m沖合であるが、その規模は非常に大きく、1984年当時の掘削穴の径をT.P.-10mの等深線の沿岸方向の間隔とすると、約400mとなるが、1988年では約900mにもなる。

同様に、図-6には1993年3月の河口部沖の海底地形を示す。砂州は右岸で開口し、左岸から右岸へと弓状に伸びている。砂州高は左岸寄りが約6.5mと最も高く、右岸方向に徐々に標高が低下する。この砂州のすぐ沖合には掘削穴が形成されている。図-5と比較すると、最深部位置や掘削穴の径に変化はないものの、最大水深は約11.5mと浅くなっており、1988年以後に発生した洪水により掘削穴が徐々に埋め戻されてきていることが分かる。

### 3.4 海浜縦断面形の比較

典型的な断面形の変化が見られる2測線を選んで断面変化について調べてみる。代表断面としては、図-1にA-A'(原点より沿岸方向に2200m)で示す掘削穴を通る断面と、B-B'(原点より沿岸方向に1300m)で示す

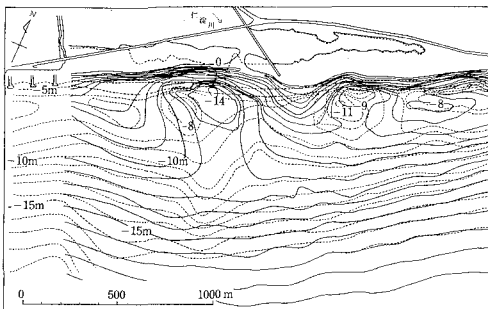


図-4 仁淀川河口沖の海底地形 (1981年 vs. 1984年)

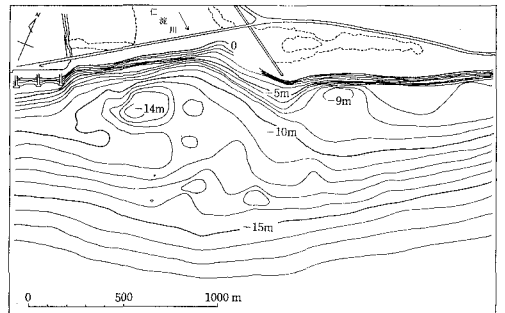


図-5 仁淀川河口沖の海底地形 (1988年)

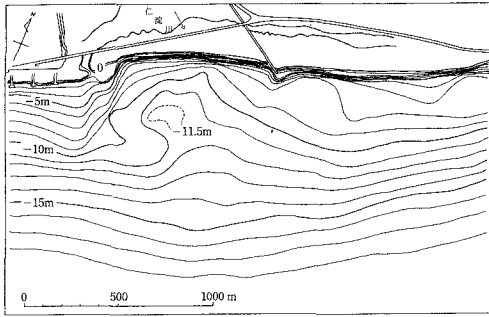


図-6 仁淀川河口沖の海底地形 (1993年)

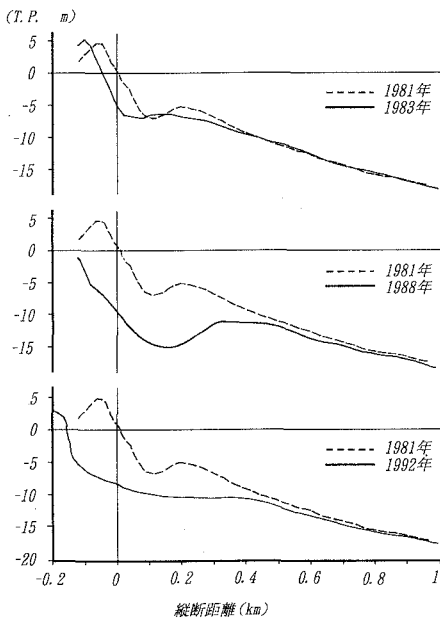


図-7 海浜断面形の比較 (断面A-A')

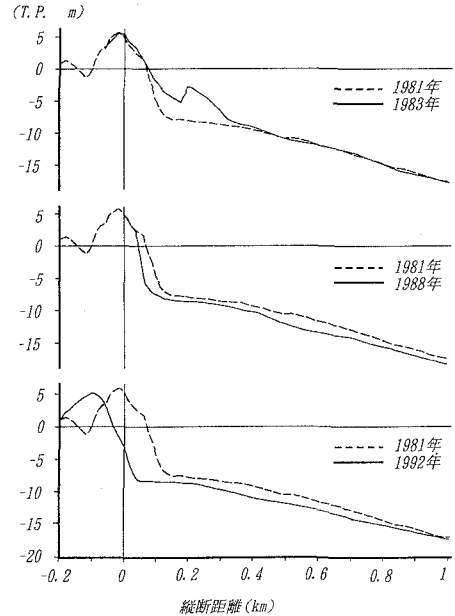


図-8 海浜断面形の比較 (断面B-B')

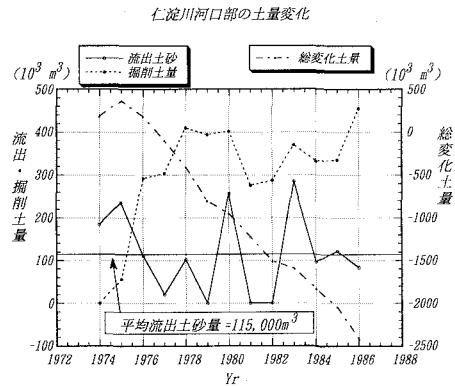


図-9 仁淀川河口部の土砂量変化

左岸導流堤近傍の測線を選ぶ。図-7はA-A'断面の変化を示す。1983年～1988年の間に1981年当時の汀線より100～200mの範囲に掘削穴が形成された後、1988年～1992年の間に徐々に埋め戻されつつあることが見てとれる。同様に図-8に示すB-B'断面では、1983年～1988年の間に1981年当時の汀線より100～200mの範囲に掘削穴が形成された。その後、開口部の移動により埋め戻されることはなく徐々に侵食されて、海浜断面がほぼ平行移動しつつ後退したことがわかる。

3.5 土砂量変化の検討

図-9には仁淀川河口部での土砂量の経年変化を示す。図中の掘削量は1974年以降の毎年の実績値である。1978年以降は、毎年30～40万m<sup>3</sup>の海底掘削が行われ

た。一方、実線は仁淀川の流量をもとに土研公式より算出した流出土砂量の変化を示す。洪水頻度に応じてばらつきは大きいですが、平均では約11.5万m<sup>3</sup>/年の流出土砂量があったことになる。掘削量を負、河川からの流入土砂量を正として両者の和を求めると、総変化土砂量が求められる。図中の一点鎖線が計算結果である。1976年頃までは河口部の土砂量はむしろ増加傾向にあったが、その後は単調に減少し、1986年には約250万m<sup>3</sup>もの土砂量の欠損が起きた。この土砂量の欠損は、推定された平均流出土砂量から逆算すると、23年分の土砂量に相当する。

#### 4. 考 察

従来、河口部沖の等深線は突出していたがために波の屈折が生じて河口部汀線も冲向きに突出し得た。しかし、河口沖に図-3に示すような掘削穴が形成された場合、波の屈折状況が従来と逆になったため波浪侵入が著しくなり、河口部の汀線は河口の中心部が最も凹んだ形状となるよう後退したのである。しかも、深浅図や海浜断面図の比較によると、掘削穴が開口部直近に位置するために、大洪水時には砂州よりフラッシュされた土砂が沖合の掘削穴に落ち込んでいる。また掘削穴の最大水深が約14mとこの海岸で漂砂移動が活発と見られる水深約10mと比較してはるかに深く、掘削穴での砂のトラップが生じた。このため、陸側へ砂がうちあげられて砂州が再形成されることが不可能となった。大洪水の頻度は高くないが、それが起こるたびごとに河口砂州の土砂量の減少を招いたと考えられる。また波のうちあげ高も増大するため、砂州高の上昇を招いたと考えられる。

さらに、仁淀川河口沖では約250万 $m^3$ の土砂が消失しており、これは年間の平均流出土砂量よりも1オーダー大きいから、もとの地形まで回復するにはかなり長い年月を必要としよう。

本研究では掘削穴の形成とその岸側に位置する河口砂州の後退に関する現地データを示したが、定量的分析は別として生じた変形は実験や数値計算で指摘されている

ものとよい一致を示した。

#### 5. ま と め

本研究の主要な要点は次のようである。

① 仁淀川河口沖での海底掘削により、海底に最大水深約14mに達する大きな掘削穴が形成された。移動限界水深より深い穴が形成されるに伴い、砂州を形成するための材料が陸側にうちあげられて砂州が再形成されることが不可能となった。また、掘削穴の背後の砂州の汀線が最大で150mも後退して凹状となる過程が深浅測量や空中写真の比較により明らかにされた。

② 土研公式による仁淀川からの推定流出土砂量は平均で約11.5万 $m^3$ /年である。一方、河川からの流出土砂による増分を含んだ上でも河口部では250万 $m^3$ もの土砂量が減少した。このことは河川からの流出土砂により沖合の掘削穴が埋め戻され、もとのデルタ状地形まで復元するには23年も必要なことを示している。

#### 参 考 文 献

- 宇多高明・上森千秋・中條徳翁 (1985): 海底掘削にともなう海浜変形, 第32回海岸工学講演会論文集, pp. 410-414.  
 宇多高明・上森千秋・門田時廣・岡本俊策 (1993 a): 台風9109号による高知海岸(長浜・戸原地区)の海岸災害の分析, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 551-555.  
 宇多高明・山本幸次・板橋直樹 (1993 b): 拡張された等深線変化モデルによる海底谷周辺における海浜地形変化予測, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 391-395.