

江津港（河口港）の航路埋没プロセスについて

加藤 一正*・柳 嶋 慎一**・千原 佐介***

1. はじめに

島根県の江津港は江の川河口の左岸に位置し、港口が河道内にあって左岸導流堤に沿った滞筋を航路（維持水深 4 m, 幅 60 m）として利用している。河口の両岸にそれぞれ導流堤と防波堤（一部、護岸）があり、河口閉塞の問題は解消している（宇多ら, 1994）が、導流堤の屈曲部付近より沖側（図-1 参照）において、航路維持浚渫が必要になっている。そこで、航路埋没防止の方法を検討することを目的に、河口部の地形変化（特に河口砂州について）と航路埋没に関する既存資料の収集・解析を行うとともに、新たに蛍光砂調査を行い、航路埋没のプロセスを明らかにした。

2. 河口部の地形変化

江の川は、広島県の山間部に源を発し島根県江津市で日本海に流入する、流域面積 3,870 km²、計画高水流量 10,700 m³/s、平均年最大流量約 4,000 m³/s（宇多ら, 1994）の一級河川である。上流に建設されている貯水量の大きなダムは、高暮ダム（建設：1949 年、総貯水量：

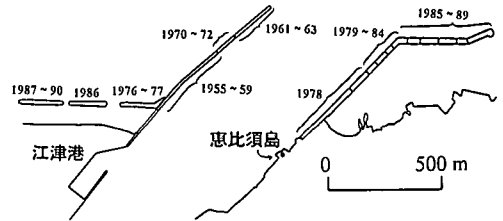


図-2 河口周辺構造物の建物の経緯

40 百万 m³), 土師ダム（同：1974 年、同：47 百万 m³), 八戸ダム（同：1977 年、同：27 百万 m³）である（ダム総覧, 1976）。

1947 年の航空写真によると、河口処理はされておらず、左岸より長さ約 400 m の河口砂州が延びており右岸からは長さ約 300 m の砂州が開口部を覆うように円弧状に形成されている。これに対して、図-1 に示した最近の深浅図によると、河口両岸は導流堤と防波堤（一部、護岸）で固定されていて、河道内の右岸側に小規模な砂州が形成されているにすぎなく、滞筋は左岸導流堤に沿って存在する。左岸導流堤先端付近の水深は約 7 m であり、それ以深の等深線は直線状に近く河口テラスの発達には弱い。

図-2 は、河口およびその周辺の構造物建設の経緯である。左岸導流堤の建設は 1955 年から始まり、1959 年に 550 m の区間が完成した。その後 1961~1963 年に沖合いに 90 m 離れた島導流堤 190 m が建設され、さらに 1970~1972 年に導流堤開口部が閉じられ総延長 830 m の現在の状況になった。一方、右岸では江津港（渡津地区）の防波堤（基部は護岸）の建設が 1978 年に始まり、1984 年までに 655 m 区間が完成した。この後 1985~1989 年に建設された 390 m の防波堤は海岸にほぼ平行である。河口左岸海岸の離岸堤については、1976~1977 年に第 1 基が施工され、1986 年、1987~1990 年に第 2 基、第 3 基が建設された。なお、さらに左側の海岸には、1978~1984 年に 7 基の離岸堤が建設されている（宇多ら, 1997）。これら構造物とダムの建設時期を図-3 の上段に示してある。

1964~1996 年の間に撮影された航空写真 21 枚による

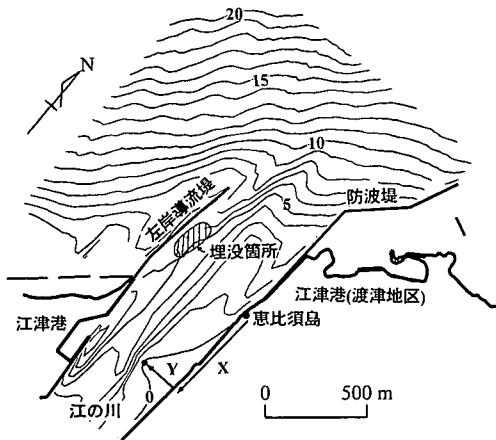


図-1 河口周辺の地形（1996 年 10~11 月測量）

* 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所特別研究官
** 正会員 運輸省港湾技術研究所海洋環境部主任研究官
*** 島根県出雲土木建築事務所都市河川課第二係長

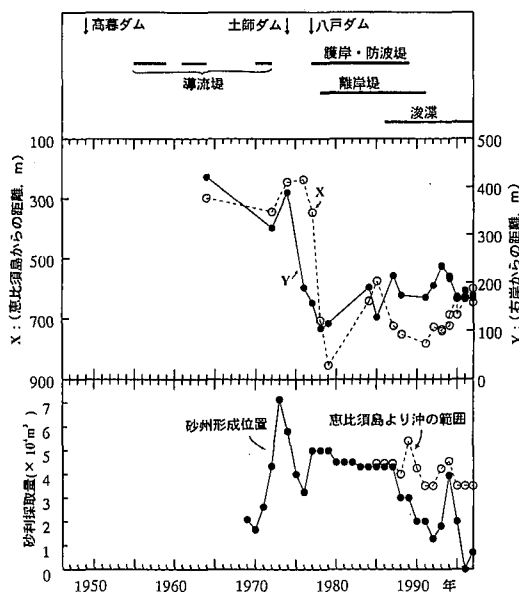


図-3 構造物の変遷（上段），河口砂州先端位置（中段），砂利採取量（下段）

と、河口砂州は2ヶ所に形成される傾向があり、全て右岸から発達していた。ここでは規模の一番大きい砂州を解析対象とし、その形成位置と規模を最も簡単に定義するために、砂州先端位置（図-1の砂州に黒丸で示した位置）に注目した。航空写真から読みとった砂州先端位置を恵比須島からの距離（X）と右岸からの距離（Y）で定義し、図-3の中段に示している。この図によると、恵比須島から上流方向200～300 mにあった砂州先端位置は、1977年頃に急激に上流側へ移動し1983年以降は700 m付近で安定している。この変化に対応して、右岸からの約400 m延びていた砂州の規模は、ほぼ半分の長さに縮小していることが分かる。

図-4は、航空写真から読みとった全ての河口砂州地形を、潮位補正を行わずに重ね合わせた結果である。規模の大きい河口砂州は図中Aの所に形成されていたが、

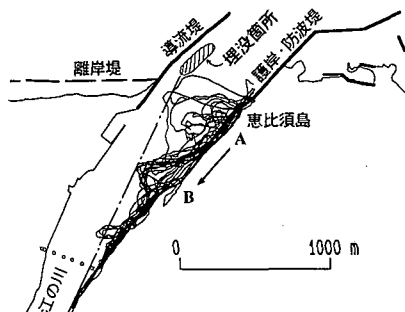


図-4 河口砂州地形の重ね合わせ（1964～1996年）

1977年頃に上流側のB地点にシフトし規模も小さくなった。この2地点の砂州先端を一点鎖線で結ぶと、全ての砂州はほぼこの一点鎖線の右側で形成されていることが分かる。

図-3の下段は、河口部からの砂利採取量（計画量）である。実線は、図-4において恵比須島より上流側で一点鎖線より右岸側（つまり砂州が形成されるところ）からの採取量である。一方、破線は恵比須島より沖側で左岸導流堤先端の少し沖までの範囲における砂利採取量である。このうち主要な採取場所は導流堤先端より約100 m沖側である。この範囲で1984年以前に採取されていたかどうかは不明である。

さて、図-3によると、河口砂州が上流方向に移動した1977年前後にいくつかの状況の変化が起こっている。まず左岸導流堤が1972年までに全延長が完成した。しかし、導流堤は河流をそれに沿わせることによって河口部の砂を沖に運ぶ機能があるので、砂州の形成位置を上流側に移動させた原因とは考えにくい。次に、土師ダムと八戸ダムがそれぞれ1974年、1977年に完成している。これらによって、洪水流量の調整が可能になるので、ピーク流量は小さくなるし流下土砂も減少する。いずれも河口砂州の上流側へのシフトの原因となり得る。1977年頃、河口砂州が形成される所から年間あたり4～5万 m^3 （計画量）の砂利が採取されている。特に、1973年には7万 m^3 以上の採取量となっていて、この影響も否定できない。というのは、砂利採取は砂州そのものが痩せる直接的な原因であるとともに、河口部の水深が深くなって波がより上流まで伝播する状況をつくる。河口部で土砂が減少したことは、左岸海岸の離岸堤建設が1976年に始まったことや、沖側海底の河口テラスの発達が弱いこととも対応している。なお、1977年頃の航路浅瀬量は少ないと考えてよい（詳細は後述）。さらに、右岸の防波堤が1978年に着工となっている。右岸の防波堤は海岸に対して斜めに延びているので、海岸に直角に入射する波は左岸導流堤に遮られることなく直接防波堤に作用し、反射

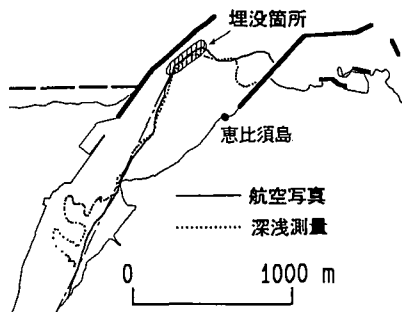


図-5 浅瀬の縁とD.L.-3 m等深線の比較

波が河道内の上流方向へと伝播する。防波堤の建設は、河口砂州の形成位置が上流側にシフトした原因には、年代のズレから、ならないが、その後上流側で砂州が安定する要因の一つになり得る。

河口砂州が形成される位置が上流にシフトし水深が深くなったので、航路埋没が生じにくくなったと思われるのであるが、維持浚渫は依然として必要である。図-5は、1992年4月のカラー航空写真にはっきりと認められる河道内の浅瀬の縁とD.L.-3mの等深線(1992年6月測量)位置を比較したものである。両者はほぼ一致し、また、図中に描いた図-4の一点鎖線とも一致する。つまり、河口砂州が上流側に移動したが、それは水面上の地形についてであり、砂州の土台は依然として残されている。浅瀬が航路側にせり出すことにより航路埋没が生じているのである。

3. 航路埋没・浚渫の実態

図-6は、1986年から現在までの浚渫土砂量の経年変化を示している。なお、1984年にも浚渫を行っているが、浚渫量は不明であり、1983年以前の浚渫の有無に関する資料はない。年間浚渫量は1993年ころから急激に増加し、1997年には約20,000 m^3 に達している。浚渫量の増加には、いくつかの要因があるようだ。まず、1993年の夏期に台風に伴う洪水が繰り返し発生しており、日平均流量が1,000 m^3/s 以上の延日数は17日にもなる(通常は3日程度)。1994年6月に実施された河道内の深淺測量結果は河口付近に著しい堆積が生じたことを示していた。江津港への入港船舶が変化したことも挙げられる。入港船舶は、1990年まで全て500t未満であったが、1994年には全て500t以上になり、かつ入港数も3倍に増加した。このような船舶の大型化、船数の増加に対処するため、浚渫量が增大したことも考えられる。

図-7は、1986年から1997年までの浚渫量の月別累計量と、日平均河川流量が1,000 m^3/s 以上の月別総日数である。浚渫は年間を通して実施されているのではなく、12月～3月に集中しており、河川流量が多い6月～9月

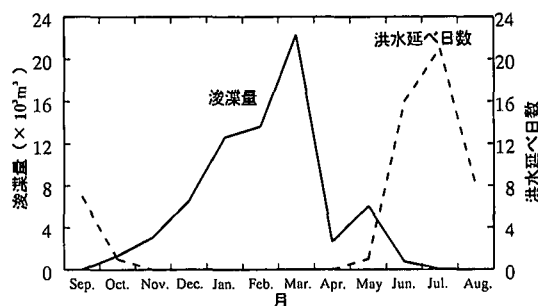


図-7 浚渫量と洪水回数の月別累計値

の間はほとんど行われていない。なお、浚渫は航路に張り出す浅瀬を削るように行われている。

4. 埋没機構と対策に関する検討

航路埋没の状況を調べるために、河道内から河口沖合までの範囲の深淺測量と、蛍光砂調査を行った。蛍光砂調査では、浚渫土砂を用いて赤色および黄色をそれぞれ3 m^3 作成しトレーサとした。サンプリングは、内径4cm、長さ30cmのアクリルパイプを砂面に押し込んで行い、海底面から5cm厚さのコアサンプル中にある蛍光砂の数を全てカウントした。調査は高波浪期(1996年10月～1997年4月)と、洪水期(1997年4月～8月)に分けて行った。

(1) 高波浪期の調査結果

図-8は、調査期間中の浜田港で観測された日平均有義波高と江の川の日平均流量である。全期間を通じ河川流量は少なく、多くてもせいぜい600 m^3/s ある。一方、10月下旬～2月の間に3m以上の波が頻繁に来襲した。

1996年11月26日に、河口前面中央部に3 m^3 の蛍光砂(赤色)を投入した。図-9は同年12月17日にサンプリングした結果であり、等深線は投入の約1ヶ月前に測量した結果である。蛍光砂の平面分布から、蛍光砂は投入地点から右岸護岸に近づきつつ上流に移動し、水深3～4m付近で航路方向へと方向を変えて移動したこと

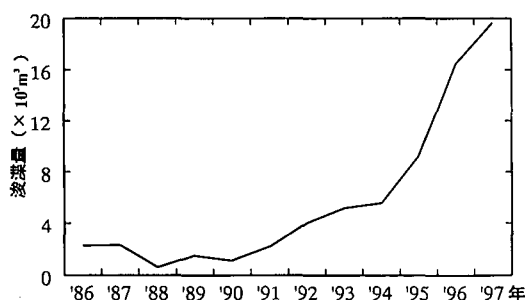


図-6 浚渫量の経年変化

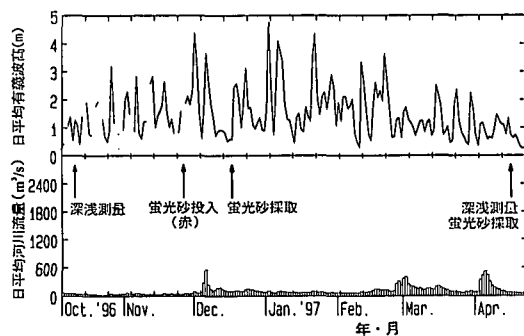


図-8 日平均有義波高と日平均流量(高波浪期)

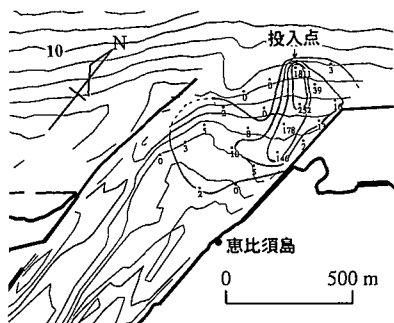


図-9 蛍光砂の分布（高波浪期，1回目の採取）

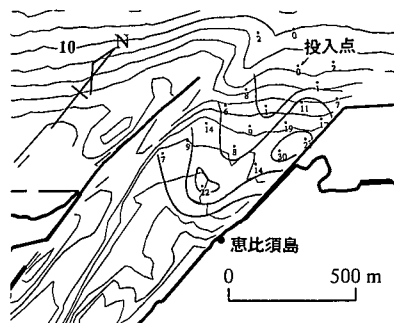


図-10 蛍光砂の分布（高波浪期，2回目の採取）

が分かる。投入直後の12月1日、2日に、日平均有義波高4.4 m、3.3 mの波がそれぞれ来襲しており、その波向きは、浜田の風向(SW)、鳥取港の波向(NNW)からNW方向と推定される。つまり、河口部の等深線にほぼ直角に入射し、護岸で反射して航路方向に伝播することが容易に推察できる。また、航路は左岸導流堤による波の遮蔽断域にあるのでそこに回り込む流れが発生する。この2つの作用によって蛍光砂が航路方向へと運ばれたものと考えられる。

図-10は、1997年4月16日の蛍光砂の分布をサンプリング時の海底地形とともに示したものである。蛍光砂は、投入地点では検出されず、護岸前面および河道中央に分布している。航路付近の検出個数が第1回目のサンプリング時よりも増えている。全体の分布状況より、河道中央部を上流方向のサンプリング範囲外へ運ばれた蛍光砂もあると考えられる。

図-11は、調査期間の最初と最後（1996年10月と1997年4月）の水深変化量を0.25 m毎にコンターで示したものであり、太い線は堆積を、細い線は侵食を表している。恵比須島から海側の河道と河口部が侵食し、恵比須島よりも上流側の河道および左岸導流堤沿いの航路に堆積が生じている（この期間中に23,550 m³の航路浚渫を行っている）。このような地形変化は蛍光砂の移動方

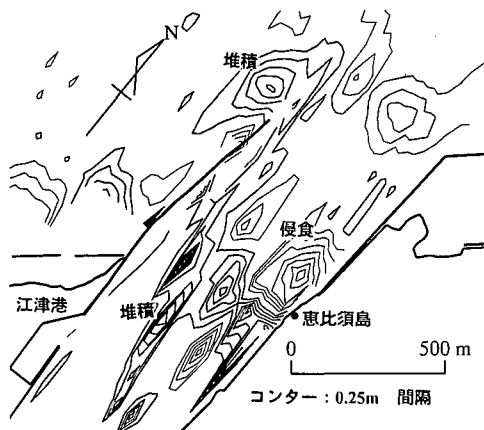


図-11 高波浪期（1996年10月～1997年4月）の地形変化

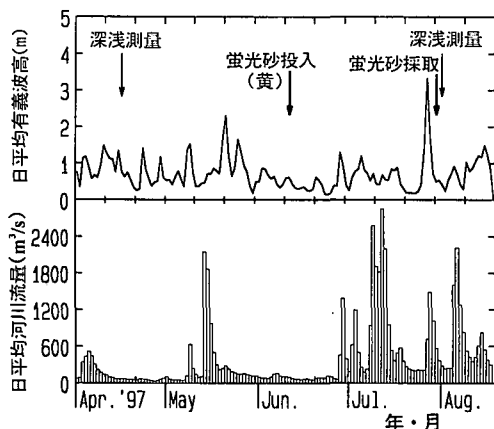


図-12 日平均有義波高と日平均流量（洪水期）

向と良く対応するものである。さらに、底質採取を行っていない左岸導流堤延長線上の左側の海底にも堆積が認められる。この結果は江の川から左岸海岸への土砂供給が全くないということではないことを示している。

（2）洪水期の調査結果

図-12は、調査期間中の日平均有義波高と日平均流量である。1997年6月11日に、河道内の上流側へ蛍光砂（黄色；3 m³）を投入した。その後、7月9日～12日に洪水があり、12日は日平均流量2,859 m³/sを記録した。ところが残念ながら底質採取の準備に手間取り、採取直前に日平均有義波高3.3 mの波浪が来襲した。

図-13は、調査期間を含む1997年4月～8月の地形変化量を0.25 m毎の等変換線で示したものである。航路付近の浅瀬が最大2.6 m侵食され、蛍光砂投入点でも1.4 m程度の侵食が生じている。これに対して0.25 m以上の堆積は、恵比須島付近から導流堤先端の沖600 mまで及び最大堆積厚は2.6 mである。全体の土砂収支を計算したところ、約59,000 m³の増加になっていた。この期

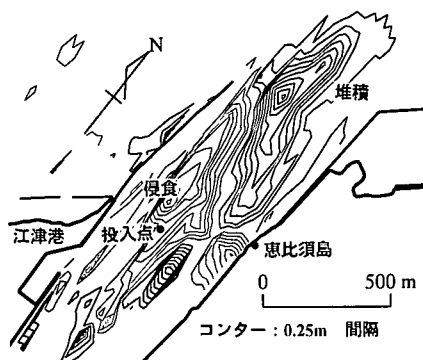


図-13 洪水期 (1997 年 4 月～8 月) の地形変化

間中に航路浚渫は行われておらず、導流堤先端付近で $2,500 \text{ m}^3$ の砂利採取が行われている (これ以外に、1997 年度に $7,000 \text{ m}^3$ の砂利採取が行われているが、その正確な月日までは調べきれなかった)。したがって、上流から $60,000 \sim 70,000 \text{ m}^3$ の土砂供給があったと考えられる。

図-14 は、1997 年 8 月 1 日の底質採取地点と蛍光砂の数である。左側は、黄色蛍光 (1997 年 6 月投入) のカウント数である。蛍光砂の存在が確認できたのは、河川中央部の一部と右岸防波堤前面である。図-13 によると、これらの地点はそれぞれ侵食と堆積の境界部付近と堆積の少ない所など地形変化の少ないところである。蛍光砂は、洪水の初期には、投入地点から河口の堆積領域に運ばれたと推測されるが、最終的には投入点での侵食量が大きかったことと、堆積領域にさらに砂がたまって蛍光砂が埋もれたために検出できなかったものと考えられる。これに対して、図-14 の右側は赤色蛍光砂 (1996 年 11 月投入) のカウント数であり、蛍光砂は河口部の堆積範囲を含む広い範囲に分布している。黄色蛍光砂が検出されなかったにもかかわらず最初に投入した赤色蛍光砂が検出されたのは、前者が点投入であったのに対し、後者は高波浪時に河口砂州形成地域に広範囲にしかもかなり深い位置まで分布していたためと考えられる。侵食域で検出されていないということは、高波浪時に河口砂州を形成するように堆積した砂のほとんどがフラッシュされたことを意味する。

5. おわりに

本研究で明らかになった点およびそれに基づく航路埋没対策の基本的考え方は以下の通りである。

1) 右岸の河口砂州は、1977 年頃に上流方向に約 500 m 移動しその規模が半分になった。この時期上流に 2 つ

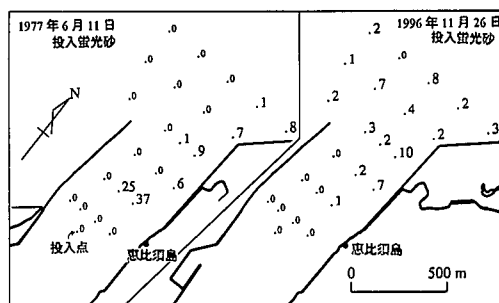


図-14 蛍光砂の分布 (1997 年 8 月 1 日)

のダムが建設されていて土砂供給量が減少し、河口部では継続的に砂利採取が行われている。このため河口部が深くなり波がより上流まで遡上する状況になった。このようなことが複合的に作用して河口砂州の移動が生じたものと考えられる。その後、上流側で砂州が安定する条件として右岸防波堤による沿い波や反射波が加わる。ただし、河口部には右岸から左岸に向かって広がる水深 3 m 以浅の浅瀬が残されている。この浅瀬が航路に向かって発達すると航路維持浚渫が必要になる。

2) 洪水時には、河口砂州、浅瀬の航路よりの部分等がフラッシュされて河口部の水深 7 m 前後の海底に砂が堆積する。これによって航路の水深は維持される。しかしながら、冬季の高波浪によって、洪水時の堆積域の砂は河道内に運ばれる。その過程で、右岸防波堤からの反射波と左岸導流堤の遮蔽域に向かう流れの作用を受けて航路方向に砂が運ばれ、航路埋没が生じる。

3) このような航路への砂の移動を止める直接的方法は、左岸導流堤屈曲部より沖側の航路右岸側に、導流堤に平行に中導流堤 (宇多ら, 1994) を建設すること、間接的には遮蔽域をつくる左岸導流堤部分を取り除くこと等が考えられる。ただし、航路維持の観点だけではなく河口処理に伴う多項目の検討 (宇多ら, 1994) が必要である。

最後に、島根県土木部港湾課からさまざまな資料を提供を受けたことを記し、謝意を表したい。

参 考 文 献

- 宇多高明・高橋 晃・松田英明 (1994): 河口地形特性と河口処理の全国実態, 建設省土研資料, 第 3281 号, 123 p.
- 宇多高明・福田清隆・上田源一・木原 均・富士川洋一・戸川光司 (1997): 閉じた漂砂系の中での離岸堤群建設がもたらす周辺海岸の侵食とその軽減方策, 海岸工学論文集, 第 44 巻, pp. 551-555.
- 日本ダム協会 (1976): ダム総覧, pp. 126-127.