

高津川河口部における河口処理と海岸侵食について

宇多高明*・福田清隆**・上田源一***
木原均***・戸川光司****

1. ま え が き

河口に港が併設されている場合、航路維持のためにしばしば中導流堤が建設され、砂州の変動に伴う航路埋没を抑える手法が採用される。一般に、中導流堤は堤間幅が狭く、同時に先端が絞られた形状を有する(宇多・松田, 1995)。このため航路の確保と河口への波浪進入の防止に有効であるが、逆に洪水の阻害要因となることもある。しかし、洪水時には中導流堤の外側の砂州がフラッシュされて洪水が流下し、洪水後の波浪の作用で再び砂州の形成が進むケースがほとんどである。そしてこのような変動が起きている限りは問題はないが、河口近傍における堤内地盤高が低く、砂州への越流が生じるような水位上昇が許されない場合は問題となる。こうした場合の対策として、砂州を洪水期に掘削し、それにより洪水流下を促進する方法が取られることもあるが、繰り返して行われる砂州の掘削が周辺海岸の侵食原因となることもある。ここでは、このような問題を抱える島根県の高津川河口を例として河口処理と周辺海岸の海岸侵食の関係について考察する。

2. 高津川河口の概要

高津川は島根県西部において日本海へ注ぐ、流域面積1,080 km²の一級河川である。図-1には河口部の地形を示す。高津川は河口部で大きく左に湾曲し、河口近くで古川と合流したあと日本海へ注ぐ。河口には不透過導流堤が伸びている。導流堤は本川と反対にやや右に湾曲しており、左・右岸の導流堤長はそれぞれ315 m, 225 mである。図-1では高津川とその東1.6 kmに位置する益田川とも河口は導流堤により開口しているが、明治32年の地形図によると、高津川と益田川の河口は、海側に沿って伸びる砂丘により出口を塞がれ、砂丘のすぐ内陸に広い低湿地を有していた。

この地区の波浪条件として、高津川河口の北東約10 kmに位置する三隅における波浪観測によれば、1978年

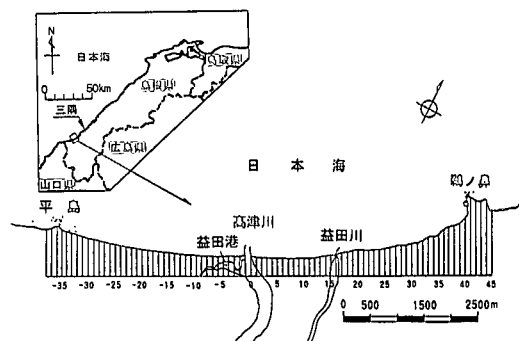


図-1 高津川河口の位置と座標系の設定

12月から1985年1月まで6年間の観測結果として、冬季(12, 1, 2月)の平均有義波高は2.17 m, 周期は7.1 sである。これに対して夏季の6月では平均有義波高が0.74 m, 周期が5.1 sと静穏である。また、気象庁浜田検潮所の1990~1994年の記録によれば、平均潮位はT.P. 0.161 m, 朔望平均満潮位はT.P. 0.513 m, 朔望平均干潮位はT.P. -0.109 mにある。

3. 高津川河口部の汀線変化

図-1に示すように高津川河口を中心として西側は平島より、東側は鶴ノ鼻付近まで全長7.4 kmの範囲の汀線形状を、図示する座標系にもとづいて100 m間隔で読み取り、沿岸距離に対する岸沖距離を5倍に縮小して海岸線形状を書いたのが図-2である。これによると、平島と鶴ノ鼻との間に挟まれた海岸線は、大きなポケットビーチ状を呈する。一方、高津川河口周辺の海岸線は河口部でわずかにデルタ状に突出しているものの、ポケットビーチ状の海岸線の全体形状と比較したとき、その突出度はごく小さい。このことは、高津川からの流出土砂量は、規模の大きい河口デルタを発達させるような河川と比較して小さいこと、そして河口周辺部の海岸線形状は入射波に対してかなり安定状態に近く、河口部海岸で一方向の沿岸漂砂が卓越する条件にはないことを意味する。

次に、宇多・五十嵐(1995)と同様にして1947年撮影の空中写真を基準とし、1983年までの汀線変化を調べた

* 正会員 工博 土木研究所河川部長
** 中国地方建設局浜田工事事務所副所長
*** 中国地方建設局浜田工事事務所
**** 正会員 建設技術研究所大阪支社河川本部

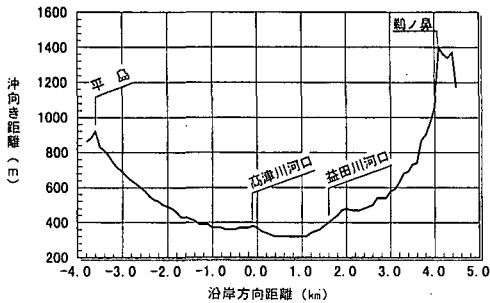


図-2 平島から鶴ノ鼻における海岸線形状

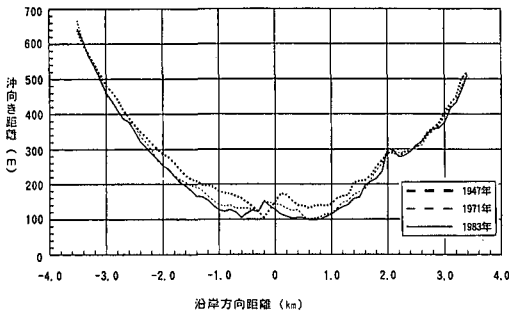
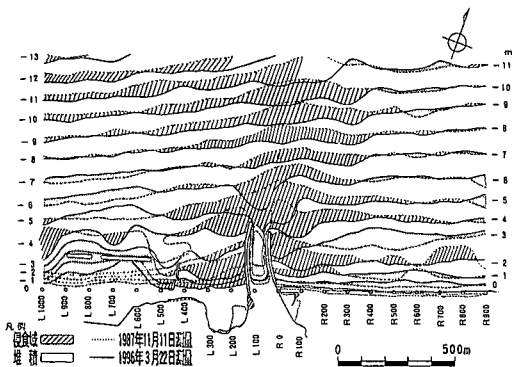


図-3 空中写真による汀線変化比較 (1947年基準)

図-4 高津川河口沖の深浅図
(1987年11月11日および1996年3月22日測量)

のが図-3である。これによると、高津川河口導流堤の両側隣接部分を除き、河口を中心として両側の海岸とも汀線が後退したことが明らかである。このことは、海岸侵食の原因が河口部にあることを強く示唆している。

図-4には、1987年11月11日と1996年3月22日測量の高津川河口沖の深浅図を示す。1987年の深浅図において、河口導流堤を挟んで東西の海浜地形を比較すると、導流堤の西側では東側と比較して浅海部の-4m以浅の等深線が海岸線に大きく近づき、急深である。

また、沖合では-10m付近までの等深線が沖向きに突出しているが、その方向は河口導流堤の延長方向とほぼ一致している。このことは河口からの流出土砂が沖合に

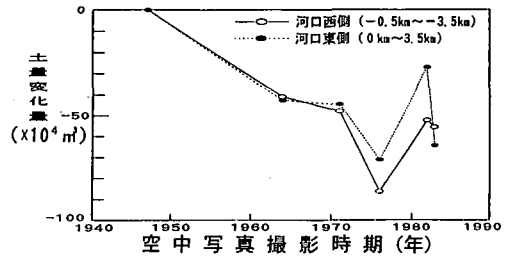
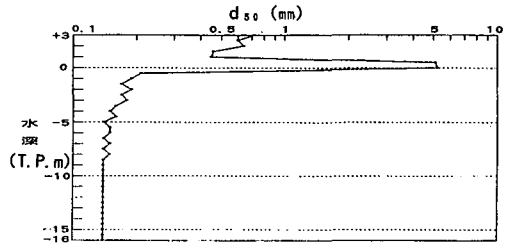


図-5 河口周辺海岸の侵食土砂量の経年的変化

図-6 河口沖における d_{50} の水深方向分布

堆積していたことを示唆している。しかし、1996年の深浅図では河口沖の等深線の突出はなくなり、沿岸方向になだらかな等深線形状となった。また、河口の左岸側では新たに離岸堤が建設されたために、その周辺で著しい堆砂が見られるのに対照的に、1987年では沖向きに突出していた導流堤の両側隣接区域の等深線が全体的に大きく後退し、河口部で侵食が激化したことを示している。

同じ深浅測量データをもとに、沿岸方向には図-4に示したL200からL1000にいたる800m間で、また水深6m以浅の区域において海浜断面積と汀線変化量の相関を調べ、これより漂砂の移動高を算出したところ、移動高として7.5mが得られた。そこで、図-3に示した汀線変化図をもとに、1947年からの海浜面積の減少量にこの移動高を乗じて各年の侵食土砂量を算出した。結果を図-5に示す。これによると、変動はあるものの、長期的には河口両側でそれぞれ約 $60 \times 10^4 \text{ m}^3$ の土砂量が消失したことがわかる。

1996年9月には、河口左岸のL200測線において底質サンプリングを行い、 d_{50} の水深方向分布を調べた。結果を図-6に示す。 d_{50} は、汀線では5mmと粗いが、水深方向に急激に細粒化し、かつその変動も少なくなり、-8m付近からは約0.15mmの一定値となる。図-4では河口沖の-10m付近までの深い範囲で地形変化が生じたと見られるが、図-6によれば、そこでの底質材料は $d_{50}=0.15 \text{ mm}$ と非常に細かいものであった。

4. 河口砂州の開削と波による砂州の復元

高津川河口では、河口導流堤間の河積が小さく流下能力が不足するために、毎年左岸導流堤に隣接する砂州で開削が行われている。開削幅は約 50 m で、約 4,500 m³の掘削である。掘削土砂は掘削区域の両側に山積みされている。以下では、砂州の開削後の地形変化について調べてみる。まず、図-7 は、砂州開削直後の 1991 年 6 月 19 日～1992 年 2 月 5 日の砂州形状の変化である。砂州の開削は 6 月に行われたが、この時期は波浪が静穏なため、掘削後復元された砂州の幅は約 20 m で、砂州高も約 1 m と低い。この状態のもとで 7 月 15 日に 1,900 m³/s(高角地点：河口上流 1.2 km)の洪水が発生した。この結果開削した水路上にも洪水の一部が流下したが、図-7(b)に示すように、砂州はフラッシュされ、その開口部沖に三日月状の堆砂が生じた。しかしながらその後冬季風浪の作用により標高 1.5 m の砂州が再形成された。この時形成された砂州は、海側が勾配約 1/10、河川側勾配が 1/35 であり、またその幅は約 100 m と 6 月時点の砂州幅と比較して 5 倍にもなった。

図-8(a) は 1992 年 6 月の掘削後の状況である。砂州の掘削土砂は掘削河道の両側に山積みされた。掘削直後、海側の開口部に直ちに細長く砂州が伸びている。この状況は、図-7 に示す 1991 年の場合と良く似ている。1992 年には開削河道を流下するような規模の大きな洪水がなかったため、開削河道は波の作用で直ちに埋め戻され、

開削前の状況、すなわち図-7(c)に示す状態へと戻った。図-8(b)の場合も砂州高は 1.5 m、砂州幅は約 100 m である。

図-9(a) は 1993 年 6 月 11 日の掘削直後の砂州形状である。掘削河道はすでに海側より塞がりつつある。この年も規模の大きな洪水がなかったため、図-9(b)のように冬季風浪の作用により河道は埋め戻された。砂州高は約 1.5 m、砂州幅は 90 m であり、砂州高は図-7、8の場合と同様である。以上のように河道掘削を行っても、冬季風浪の作用下で砂州はもとの高さまで直ちに復元することが明らかである。図-8 に示すように河口砂州を横断する測線における、砂州断面形の変化を図-10 に示す。これによると、砂州は経年的に後退してきており、1991 年 2 月 12 日における砂州頂部を基準とする 1995

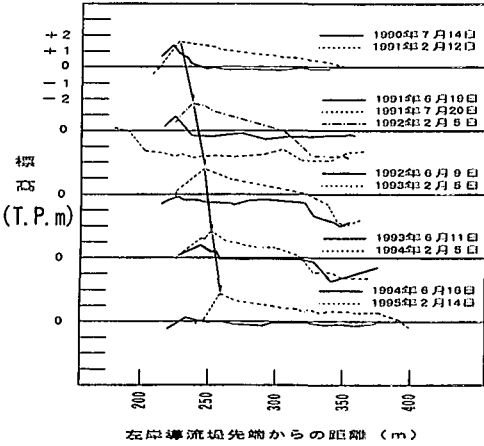


図-10 砂州の縦断変化 (1990 年 7 月 14 日～1995 年 2 月 14 日)

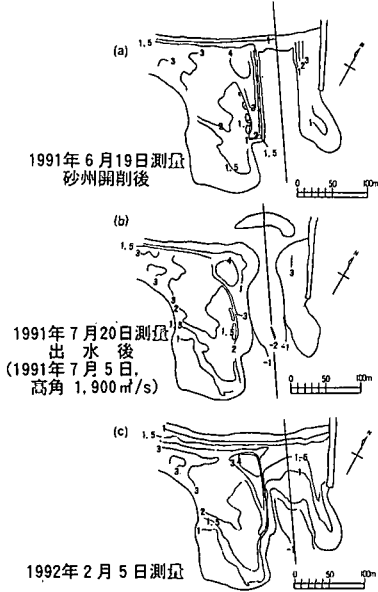


図-7 左岸導流堤脇の砂州の平面形 (1991 年 6 月 19 日～1992 年 2 月 5 日)

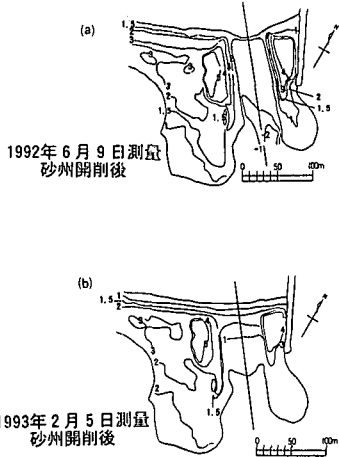


図-8 左岸導流堤脇の砂州の平面形 (1992 年 6 月 9 日～1993 年 2 月 5 日)

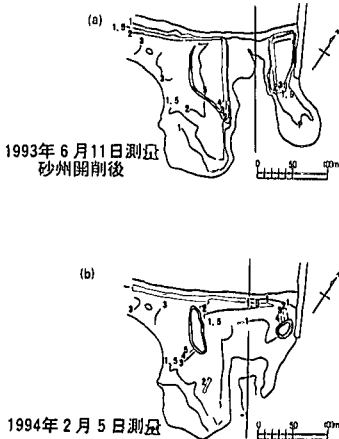


図-9 左岸導流堤脇の砂州の平面形 (1993 年 6 月 11 日～1994 年 2 月 5 日)

年2月までの後退量は35 mに達した。

5. 河口導流堤間の河床変動の分析

高津川河口では、1990年7月～1995年7月の間、ほぼ半年ごとに11回の深浅測量(間隔50 m)が行われてきている。ここではこのデータの分析を行う。まず、毎回の最深河床位置の変化を図-11にまとめている。なお筋は河口導流堤の上流端付近では中央部にがあるが、-0.35 km～-0.45 kmでは著しく左岸に接近する。しかし、河口導流堤の先端部では、そのまま左岸導流堤に沿ってみお筋が直進する場合と、大きく東向きに曲がる場合とに分かれる。

図-12(a)には、導流堤間に挟まれた区域のうち最下流の-0.45 km断面の変化を示す。各時期の横断形によれば、1993年7月、1995年2月、7月には他の時期と比較して大きな変動が見られる。そこで図の煩雑さを防ぐために、これら3回のデータと残りのデータを区別し、8回のデータについては平均断面形と標準偏差としてまとめた。これによれば、1993年7月と1995年7月の最深河床は、平均河床面より約2.4 m、2.7 m低く、かつ最深部が左岸近傍にあることが特徴である。これに対して1995年2月では平均河床高が2 mも高く、また左岸ごく近傍を除き、河床高が横断方向にほぼ一定なのが特徴である。

図-12(b)に示す-0.35 km断面では、平均河床に対して1995年7月の断面は図-12(a)と同様河床低下が起きているが、1993年7月断面では右岸側で局所的な低下が見られる以外低下量は大きくない。一方、1995年2月では全体的に河床面が上昇しているが、とくに右岸導流堤の前面で堆積量が大きい。さらに河口導流堤の付け根に近い-0.25 km断面では、下流側の断面と比較して

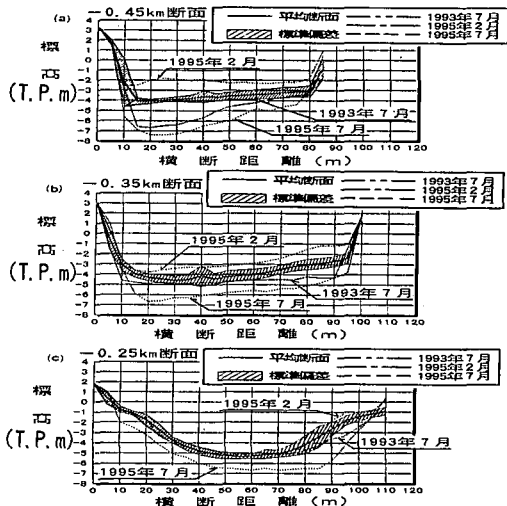


図-12 河口部横断形

(a: -0.45 km断面, b: -0.35 km断面, c: -0.25 km断面)

最深部が河道の中央部で現れている。図-11に示したように-0.35 km断面より下流では、河口導流堤間の河道は大きく右に湾曲している。このため-0.35 kmより下流側の断面では左岸近傍にみお筋があるのに対して、-0.25 km断面では湾曲の影響が少ないため、ほぼ左右対称の断面形となったと言える。

以下では、著しい河床変動の見られた3時期における平均河床形状の特徴を調べてみる。図-13には8組のデータより定めた平均河床を示す。河口導流堤が湾曲しているために、左岸導流堤に沿ってみお筋が発達している。逆に、右岸導流堤の先端部には幅広い浅瀬が広がっている。図-14には、1993年7月7日の河床を示す。この深浅図は6月29日の $Q=745 \text{ m}^3/\text{s}$ 、7月3日の $Q=1,229 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水直後に得られたものである。洪水が左岸導流堤に沿って集中したため、図-13と比較して左岸側で洗掘が進み、-6 mの等深線で囲まれた深みが細長く上流方向に伸びている。同様に、1995年7月3日の $Q=2,172 \text{ m}^3/\text{s}$ 、7月22日の $Q=1,619 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水後の深浅図が図-15である。図-14と似た特徴を示すが、左岸導流堤に沿う-6 mの等深線で囲まれた深みは導流堤間全体に広がっている。洪水の規模が増大したため、1993年7月7日の場合よりも局所洗掘が進んだことが明らかである。一方、図-16には、逆に堆積が著しい場合である、1995年2月23日の深浅図を示す。図-13と比較すると、先端部より-0.35 kmまでの範囲において平均的に広く堆積が生じている。1995年冬季には波浪条件は従来とあまり変化がなかったが、高津川では渇水となったため、河川流量が大きく減少した。このため河川

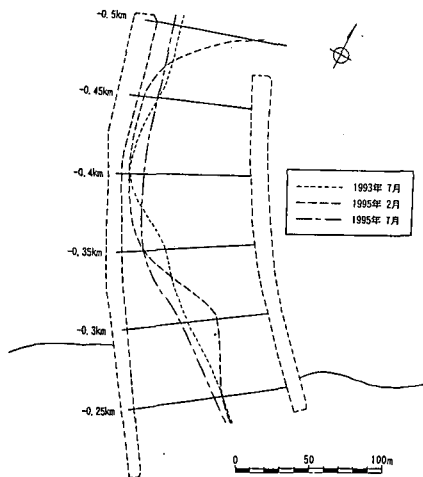


図-11 測線の配置と最深河床位置の変化

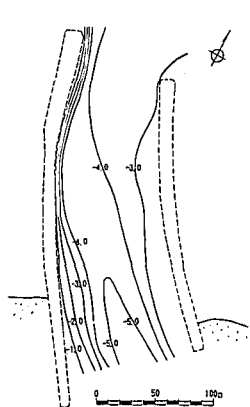
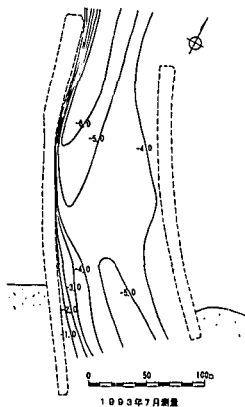
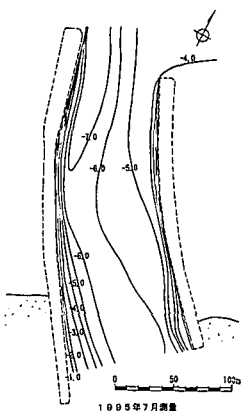
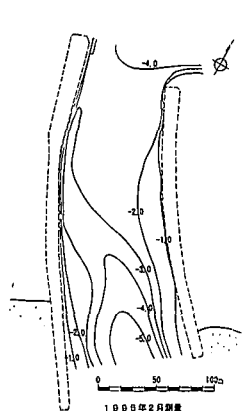


図-13 河口部平均河床形状

図-14 河口部河床形状
(1993年7月測量)図-15 河口部河床形状
(1995年7月測量)図-16 河口部河床形状
(1995年2月測量)

流によるフラッシュ効果が減少したため、波浪による堆積が卓越したことが分かった。以上の点を要約すると、導流堤に挟まれた区間での海底面変動が洪水起源と波起源の2つに分かれること、そして洪水起源の変動では河川の湾曲に対応した深掘れが、また波起源の変動では-0.45 km から上流に向かって減衰し、かつ横断方向に一樣な地形変化が生じることが分かった。

6. 高津川河口部における土砂移動プロセスに関する考察

高津川の河口導流堤は、導流堤の間隔が狭くまたその先端が絞られた形状を有するため洪水疎通能力が小さい。このため、洪水時における砂州のフラッシュが容易となるよう、左岸導流堤の西側に隣接する砂州の掘削が1976年以降毎年行われてきた。掘削土砂は図-17の④のように砂州の両側に山積みされたが、冬季風浪の作用で、⑤のようにして開削した水路は直ちに埋め戻された。このとき砂州上に山積みされた土砂の一部は波の作用で⑥

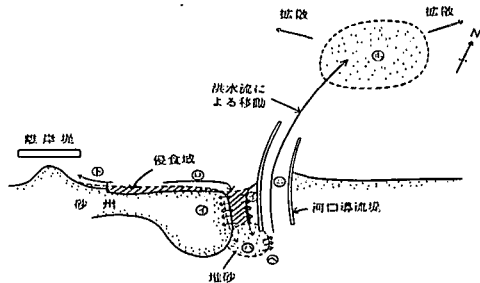


図-17 高津川河口における土砂移動プロセスの模式図

のようにして河川の上流方向へと運ばれ、航路を塞ぐようにして河道に堆積した。この場合、砂州の再形成に必要な土砂は海側より供給されたため、汀線は次々と後退した。そして航路および砂州の掘削が行われるたびに砂州は後退し、現況では砂州幅が極端に狭くなり、その切断も危惧される状況となった。

一方、河口導流堤間では、図-12, 15に示したように、洪水時に平均河床面よりも3m近く河床面が低下し、河口導流堤間の全域で河床低下が起こり、洪水流はN方向に流出する。この状況は図-17の⑤で表される。沖への流出方向は、図-5の深淺図において沖合の等深線が最も突出する点を包絡する方向とほぼ同一である。さらに、河口左岸側において、開削した河道部より⑥の機構により上流へ運ばれ、河道内に堆積した土砂は、④に示すように洪水により沖へと運ばれる可能性が大きい。さらに、益田港では海岸保全のため、離岸堤(堤長200m, 離岸距離120m)が建設されたが、その背後に規模の大きな舌状砂州が形成されたことは、隣接する河口砂州から離岸堤背後への土砂移動をも助長したと考えられる(⑥)。以上のような過程を経て、高津川の河口砂州は後退を続けてきたと考えられる。

7. あとがき

導流堤の設置されている高津川河口では洪水疎通能力に限界があるが、それを向上させるための砂州掘削が砂州の後退と密接に関係していることが分かった。しかしながら、砂州の著しい後退は隣接の益田港に対する防波堤としての機能の喪失につながる。このことから、今後の河口処理では、単に砂州の掘削を繰り返すのではなく、地盤高が低く、洪水時の浸水が問題となる益田港と、河口とを分離する方向で検討することが必要と考える。

参考文献

- 宇多高明・五十嵐竜行 (1995): 前浜の狭い海岸でのヘッドランド(人工岬)建設に伴って生ずる問題とその解決法—島根県持石海岸を例として—海洋開発論文集, Vol. 11, pp. 79-84.
- 宇多高明・松田英明 (1995): 導流堤方式の河口処理の現状と問題点, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 556-560.