

河口導流堤の延長に伴う河口周辺海岸の海浜変形

-新潟県荒川および乙大日川河口を例として-

Beach changes around river mouth caused by elongation of river mouth jetty

-the example at Arakawa and Kinoto-dainichi Rivers in Niigata Prefecture-

宇多高明*・小林總一**・五十嵐新治***

柿市勝重****・大森慎二郎****・黒木利幸****

Takaaki Uda, Soichi Kobayashi, Shinji Igarashi,

Katsushige Kaki-ichi, Shinjiro Omori and Toshiyuki Kuroki

Beach changes due to the elongation of river mouth jetties around the mouth of the Kinoto-dainichi River in Niigata Prefecture was investigated. Topographic surveys were conducted five times from 1988 to 1997 and sea bottom changes were compared. Southward longshore sand transport prevails at this river mouth. After the extension of jetties south beach was gradually eroded, whereas sand accumulated at the river mouth. The function of an artificial reef being installed off the mouth of the Kinoto-dainichi River to prevent sand deposition inside the river mouth was studied.

Key words: river mouth improvement, longshore sand transport, artificial reef, sea bottom changes.

1. まえがき

河口では、洪水処理や河口部の航路維持を目的としてしばしば河口導流堤が建設されてきた。河口導流堤は構造的に見ると透過性と不透透性に分かれるが、河道内への漂砂の堆積を防止する上では不透透性構造のほうが望ましい。しかしこのような不透透性の構造物が海岸線と直角方向に伸ばされると、沿岸漂砂の卓越する海岸にあっては漂砂上手側では砂が堆積し、下手側では侵食が起こる。そして沿岸漂砂の一部が河口導流堤の先端を回り込んで導流堤内に移動し、導流堤間で堆積が起きることもしばしばである。また、洪水が起これば、河川の流下土砂が河口周辺に堆積するので、それもまた河口部での過剰な堆積の一因となりうる。この結果、当初の目的の達成が困難となることもある。このような河口導流堤の機能設計を合理的に行うには、導流堤周辺での土砂移動と海浜変形を明確にする必要があるが、これらは複雑な機構を有しているために、水理実験や数値計算による検討には限界があり、現地データに基づいた分析によりその実態を明らかにすることが望まれる。このことから、本研究では新潟県北部において日本海に注ぐ、荒川およびそれに隣接する乙大日川を具体例として選び、乙大日川の河口導流堤の建設が河口周辺海浜に及ぼす影響について実態論的に検討する。なお、乙大日川では河口部でマリナーの建設が進められており、その航路維持が課題となっている（宇多ら、1996）ので、それとの関係についても触れる。

2. 荒川河口部の概要

荒川は、図-1に示すように新潟県北部に位置し、日本海へ注ぐ一級河川である。河口部における河床勾配は約1/830、平均年最大流量は1,532m³/sである。河口付近の海岸における沿岸漂砂の卓越方向は全体に南向きであるが、荒川の北約5kmには岩船港の防波堤が伸びており、これにより南向きの沿岸漂砂の供給は断たれている（宇多、1997）。また、岩船港の南側に隣接する神林海岸は過去に著しい侵食を受けたが、最近では突堤や離岸堤などによる侵食対策が行われた。これによって神林海岸の侵食は軽減されたが、同時に北側から荒川河口へと供給される沿岸漂砂量は減少している。

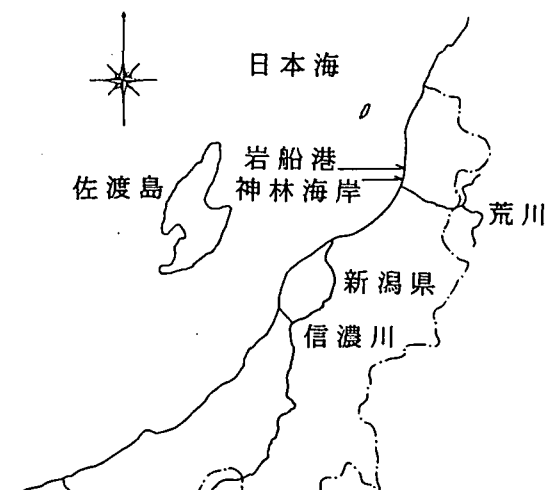


図-1 新潟県荒川河口の位置

正会員 工博 * 建設省土木研究所河川部長
 ** 建設省北陸地方建設局羽越工事事務所調査課長
 *** 建設省北陸地方建設局羽越工事事務所調査課
 正会員 ****三井共同建設コンサルタント(株)環境部

荒川河口に隣接して乙大日川が流入しているが、そこには現在長さ約160mの平行導流堤が伸ばされており、その内側にはマリナーが建設されつつある。

以下では1988～1997年に測量された5枚の深浅図を分析するが、この間において発生したほぼ平均年最大流量以上の規模を持つ洪水は表-1に示す通りである。

表-1 荒川河口における洪水記録

測定年	年最大流量 (m ³ /s)
1990	1,503
1992	1,549
1995	2,247

注：平均年最大流量 (1,532 m³/s)

3. 深浅図の分析と汀線変化

荒川および乙大日川河口を含む沿岸方向に約1.8km、岸沖方向に約1kmの範囲における深浅図をもとに、河口部の海浜変形について調べてみる。深浅図は1988年を初期地形として、1997年まで延べ5回分のデータを利用する。最初に、1988年の深浅図を図-2に示す。この当時、荒川河口に隣接する乙大日川の河口には長さ130mの不透過性の平行導流堤が延びており、その先端水深はほぼ-2mにあった。また荒川河口の北側の神林海岸との境界付近には突堤2基と離岸堤1基が設置されている。深浅図から海浜形状について調べると、中央部には荒川の河口砂州が左岸側へと伸びており、左岸との間に最小幅で約30mと非常に狭い開口部を残している。また開口部では最大-6mまでの深掘れが生じている。河口砂州の高さは右岸から左岸方向に次第に減じており、右岸近傍を除いてほぼ2mの標高を有している。河口砂州が洪水流によってフラッシュされる際には河口砂州の左岸側から中央部までが侵食される。このことを考慮すると、標高2mの河口砂州は波のうちあげ高に応じていると考えられる。沖合では-5m以深の等深線は沿岸方向にほぼ平行に伸びているが、-5m以浅はバー・トラフの形成による不規則な海底形状となっている。この段階では乙大日川の河口導流堤は沖方向にそれほど突出していないために、南向きの沿岸漂砂は導流堤によってそれほど阻止されずに移動していたと考えられる。しかし、河口導流堤の北側では導流堤の先端へ向けて-1mおよび-2mの等深線がなだらかに突出しているのに対して、導流堤の南側では-2m以浅の等深線が凹状であるとともに、左岸導流堤の先端部の南側には局所洗掘と見れる深みがある。以上より、短いとは言え、導流堤は沿岸漂砂の流れにくくする効果を有していたことが分かる。

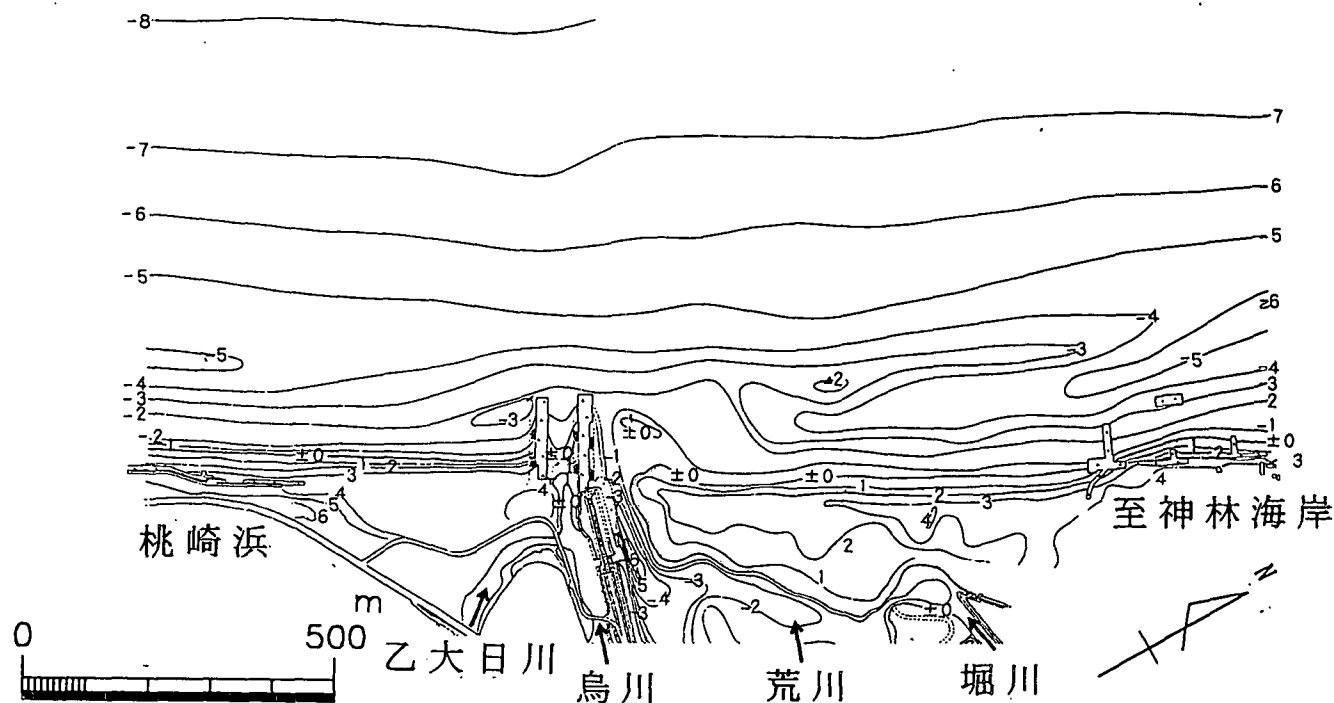


図-2 河口部深浅図 (1988年3月10日測量)

図-3には1994年3月23日実施の深浅測量図を示す。図-2と比較すると、河口砂州上流側の、堀川との合流点付近での砂州の突出形状には変化がないのに対し、海側の汀線は全体的に後退している。右岸の突堤の付け根における汀線の後退量は約30mであって、全体に砂州が細長い形状になった。一方、乙大日川の河口導流堤の北側では導流堤の先端へと-2、-3mの等深線が斜めに張り出しているのに対して、導流堤の南側ではこれらの等深線が急速に汀線へと接近し、急深となっている。これらの特徴は図-2の場合と同様である。また、汀線は1988年当時と比較して最大で20m後退しており、しかも汀線の後退は左岸導流堤の南側隣接部で大きい。

以上の点も、この海岸において南向きの沿岸漂砂が卓越するために、沿岸漂砂の移動を阻止する構造物（荒川河口右岸の突堤、乙大日川の河口導流堤）の北側では浅海域の等深線が前進し、南側では後退したことを表している。その結果として、乙大日川河口の南側では汀線付近が急勾配になったと考えられる。

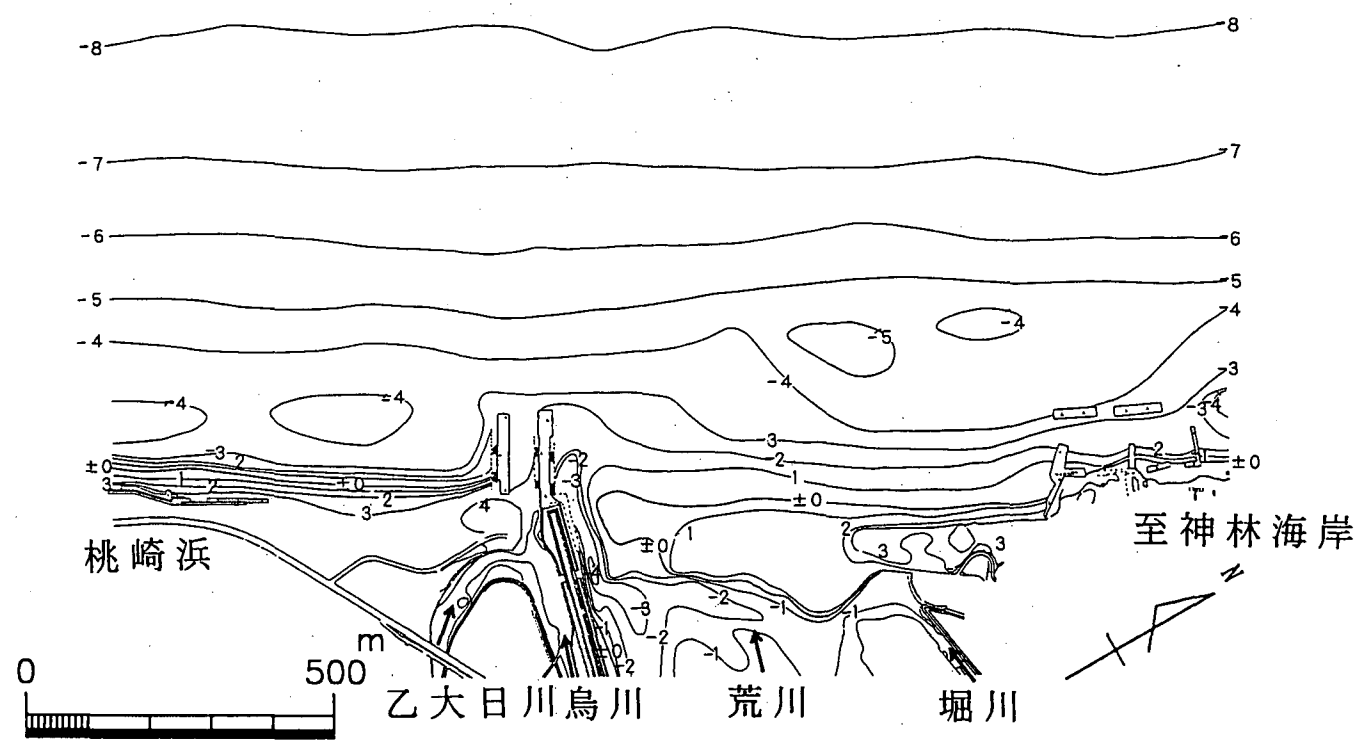


図-3 河口部深浅図（1994年3月23日測量）

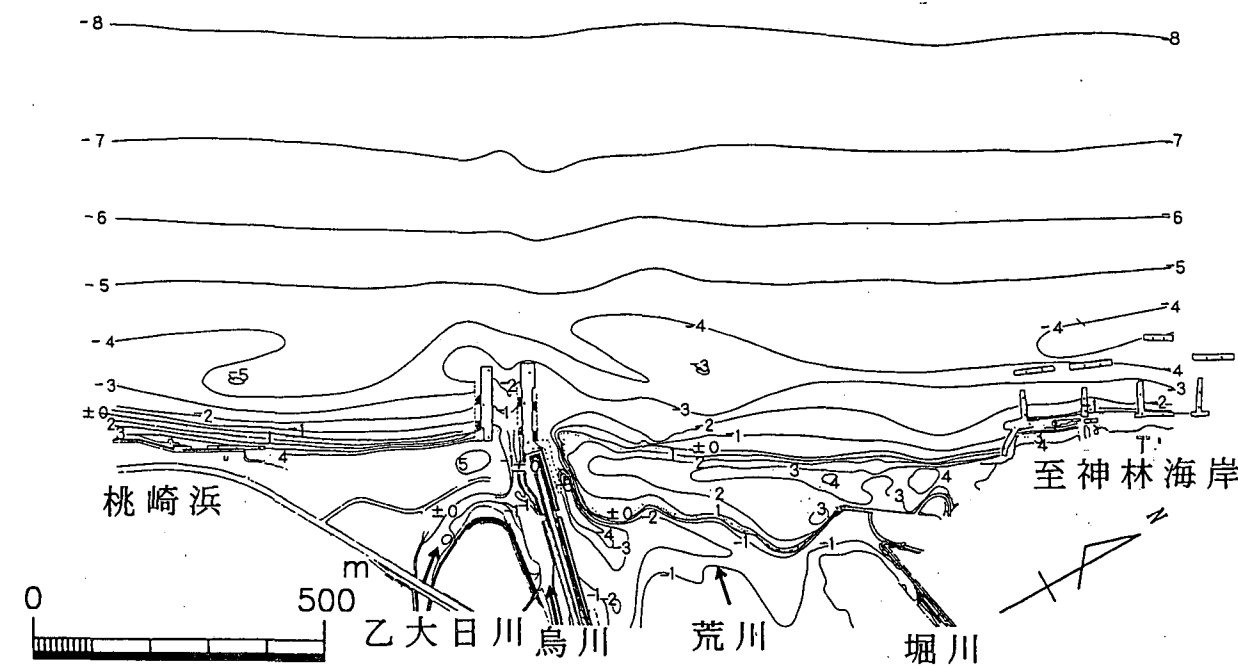


図-4 河口部深浅図（1995年2月25日測量）

図-4には1995年2月25日実施の深浅図を示す。この時期までに荒川河口の右岸側の神林海岸では突堤群と離岸堤群の建設が進んでいる。このように沿岸漂砂の上手側での侵食防止工事の進捗は、それより下手側への土砂供給を減少させることになり、結果として神林海岸に隣接する荒川の河口砂州はさらに後退することになった。汀線の後退はとくに南端の突堤隣接区域で著しい。図-3に示した1994年3月23日の深浅図と比較すると、河口砂州の汀線の方が全体的に傾き、荒川河口左岸での突出が著しくなった。さらに乙大日川河口へと-3mの等深線が河口の右岸側では斜めに伸びているのに対して、河口の左岸側では-3m以浅の等深線が凹状になっている。このこともまた南向きの沿岸漂砂が乙大日川の河口導流堤によって阻止されたため生じた変化と考えられる。

図-5には1996年3月7日の深浅図を示す。この時期までに乙大日川の河口導流堤は約10m延長された。これ以前の深浅図と比較して沿岸方向に約600m広い範囲が測量されている。この場合にも荒川の河口砂州は河口兩岸で凹状となったままである。荒川河口左岸では乙大日川の河口導流堤が伸ばされて沿岸漂砂の阻止率が向上したために、河口前面に細長い砂州が伸びるとともに、その周辺が浅くなっている。これと対照的に導流堤の南側では-2m以浅の等深線が凹状となるとともに、導流堤の南側隣接部には-3m以深の局所的な深みが形成された。河口導流堤から南に700mの桃崎浜では侵食対策として3基の離岸堤群が設置されたが、これらの離岸堤群の南北両側の汀線形状を比較すると、北側では前浜が存在するのに対して、南側では前浜は存在せず、消波工がむき出しになっている。また、その前面は非常に急深である。これらの点によっても、この海岸では南向きの沿岸漂砂が卓越し、それが導流堤や離岸堤群によって阻止されたために海浜変形が起きたことを表している。そして離岸堤群はそこより上手（北）側の海浜の安定化に役だっている。

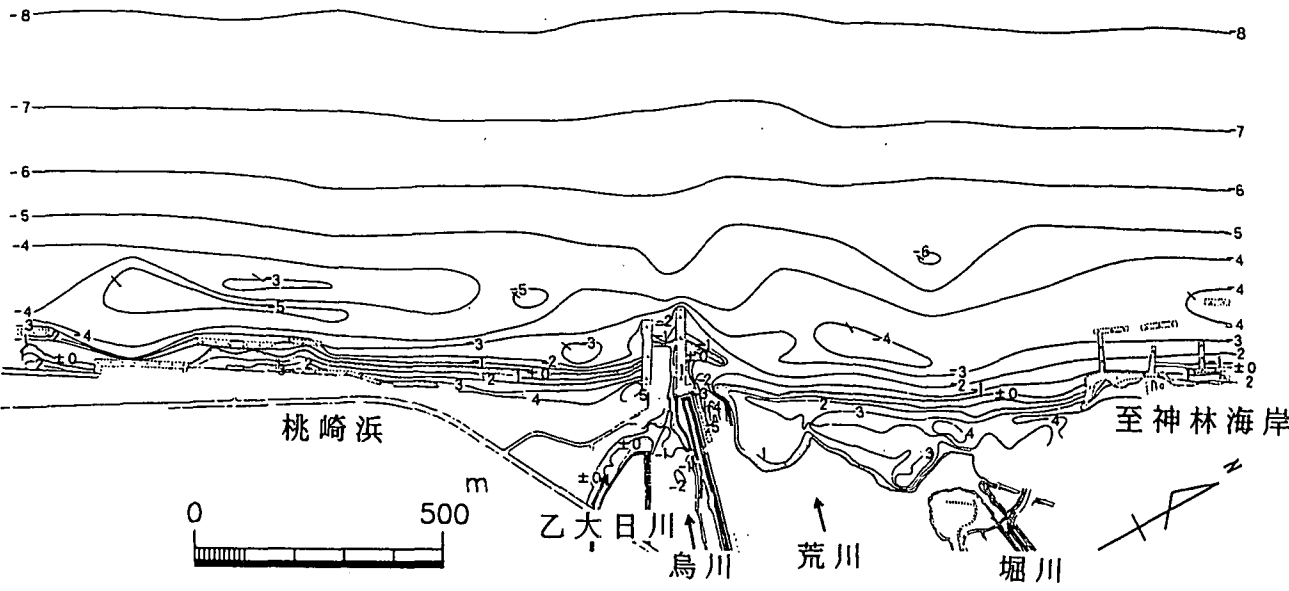


図-5 河口部深浅図（1996年3月7日測量）

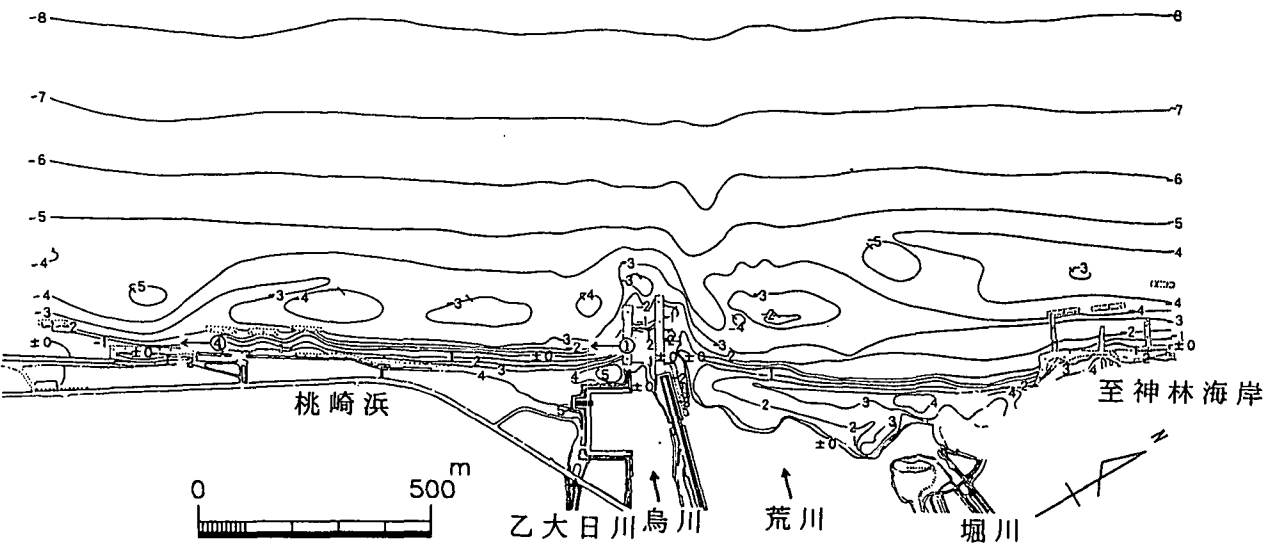


図-6 河口部深浅図（1997年2月25日測量）

図-6は1997年2月25日実施の深浅測量によって求められた深浅図である。この時期までに乙大日川の河口導流堤は延長されて約160mとなった。河口導流堤の延長後直ちにその周辺部に著しい地形変化が生じている。荒川の河口砂州はその付け根部分の後退が激しくなる一方、荒川左岸の近傍では砂州の先端部が下流側へと細長く伸びた。そしてその前面と導流堤の間には極く浅い部分が広がっている。しかし、そこより北側に約30m離れた場所では導流堤の先端へ向かって細長い深みが伸びている。さらにこの深みは、-4、-5、-6mと沖合に続くように見える。この深みは、南向きの沿岸流が導流堤によって阻止されたために、導流堤に沿って斜め沖向きに離岸流となって流出する際形成されたと考えられる。このような導流堤右岸側の状況に対して南側では-3m以浅の等深線が大きくくぼみ、離岸堤群位置まで続いている。

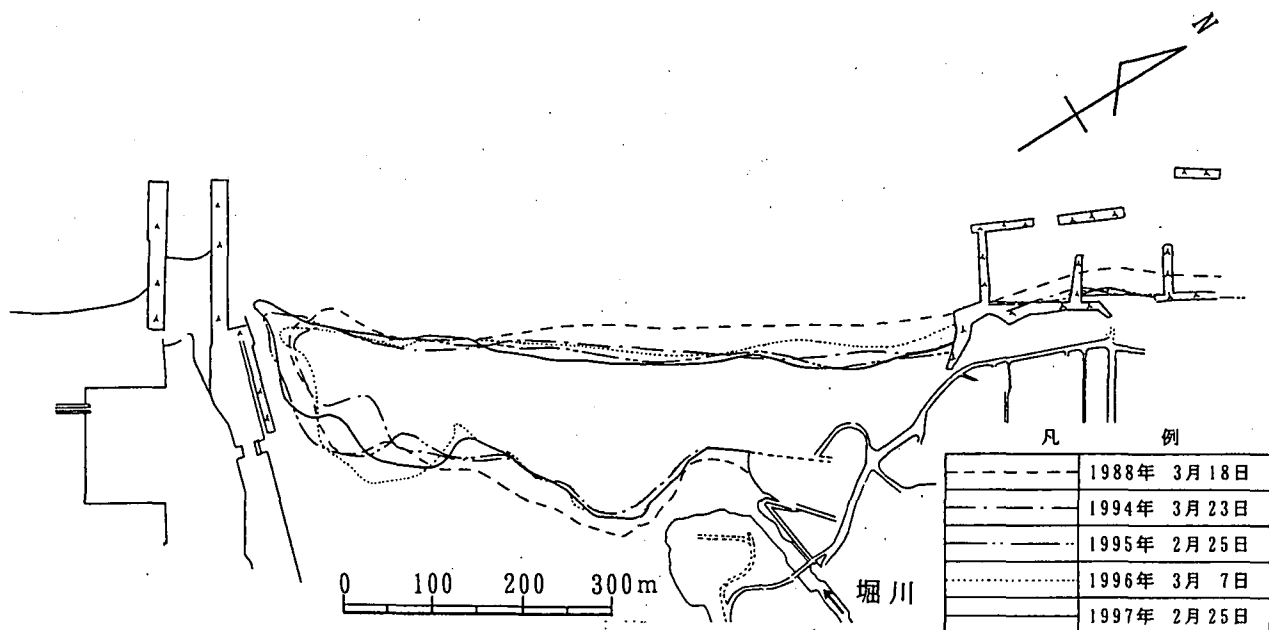


図-7 河口砂州の汀線変化

図-7は図-2～6に示した深浅図から、河口砂州の汀線形状の変化を調べたものである。変動はあるが、徐々に汀線は後退したこと、また導流堤の工事と併せて、河口砂州の南端部はむしろ前進し、全体に河口砂州の汀線を連ねる平均的な方向が時計回りの方向に約 3° 回転したかの様相を呈している。ここで深浅図を示した期間において、ほぼ平均年最大流量より規模の大きな洪水は表-1に示した通りであるが、これらの洪水はあったにもかかわらず、河口から海浜形成に寄与する粗粒の砂の供給量は大きくなかったと考えられる。なぜなら、河口から大量の土砂供給があれば、河口砂州は観測結果のように経年的に後退することはあり得ないからである。

4. 考察

深浅図の経年比較によれば、荒川河口周辺部では時間経過とともに汀線が後退するだけでなく、次第に水深が増してきたことが明らかである。侵食の進んだ区域は、荒川河口部だけではなく、その南側の桃崎浜にまで及んでいる。桃崎浜には離岸堤群があるために、そこで汀線は保持されているが、離岸堤より沖合部では侵食傾向にある。これらの点は、岩船港方向からの土砂供給が絶たれたと同時に、荒川からの流出土砂量も非常に減少していることを表している。なぜなら、岩船港方向からの土砂供給がなくても、荒川からの土砂供給が十分であれば、荒川河口の砂州や乙大日川河口の左岸側では汀線が前進してよいからである。岩船港方向からの沿岸漂砂の供給は今後も減少傾向にあり、また荒川からの土砂供給量も増加しないとすれば、荒川河口砂州の後退傾向は続き、その結果乙大日川の河口導流堤はその長さが相対的に長くなったように、すなわち沿岸漂砂の阻止率が向上したかの特性を示すことになる。これは荒川の河口砂州のさらなる後退を防ぐ意味では有効であろうしかし、乙大日川の河口内への侵入波高の増大を招く方向に働くはずである。

乙大日川の河口では、河道内にマリーナの建設が進められている。1997年2月25日測定の深浅図（図-6）によれば、河口導流堤内には高さ約1mの砂州が形成されている。導流堤間では図-4に示したように、1995年2月25日に掘削が行われて水路が掘られたが、1996年3月7日にはこの水路は完全に塞がった。乙大日川の固有流量は非常に小さいので、この土砂は河川流によって運ばれたものではなく、海側から波の作用によりうち込まれたものと考えてよい。導流堤延長前後における導流堤間の土砂堆積状況を比較すると、導流堤の延長後、1988年と1997年の深浅図の比較では河口砂州の位置は約40m沖に移動している。これは、導流堤間に土砂が堆積してなだらかな海底斜面が形成された状態における、侵入波の岸方向への減衰度が導流堤の先端からの距離に依存して定まっていることを示唆している。以上のような導流堤間の土砂堆積状況を改善するためには、土砂が海側から打ち込まれるがゆえに、導流堤間への侵入波浪を減衰させることが必要である。そのため、前報では河口沖に人工リーフを建設して波浪の減衰を行うことを提案した。人工リーフを建設することは、沿岸漂砂に対しては基本的には導流堤を延長したのと同様な機能を有している。人工リーフはT.P.-2.5mに造られ、また導流堤との間に開口部を設けることから沿岸漂砂の阻止率は不透過性の導流堤と比較して小さい。したがって沿岸漂砂阻止に伴う導流堤北側での等深線の前進の程度は小さいと考えられる。一方、南側ではすでに下手側の3基の離岸堤群の存在によって離岸堤群と導流堤間は安定化しつつあるので、人工リーフが下手側海浜へ及ぼす影響はそれほど大きくないと考えられる。

しかし、人工リーフが沿岸流を阻害することは間違いないので、それに伴う地形変化が生じる。

この状況は図-8の模式図のようにまとめられる。図-8(a)は、導流堤のみが存在する場合の沿岸流の流況であって、導流堤が流れを阻害するために、沿岸流は大きく蛇行し、導流堤の先端部を通過して南側へと流れる。次に高波浪時には人工リーフ上で砕波が生じ、その際、図-8(b)に示すように人工リーフの端部を中心とする一対の循環流が生じる。波が斜め入射するため、南側の循環流の規模が大きくなるはずである。図-8(c)にはそれら両者を合わせた場合における海浜流の模式図を示す。人工リーフの北側から人工リーフの北端部へと沿岸流が向きを変えて斜めに流下するが、人工リーフの沖合で岸向きの流れに変わったあと、導流堤の南側へと流れるものである。この場合、人工リーフの北端部には弱い反時計回りの循環流が、そして南端部には相対的に強度の大きい循環流が生じる。図-6にも示したように、荒川の下流部河道は左に弱く湾曲している上、左岸には乙大日川の河口導流堤が存在するために、みお筋は左岸に固定されている。この状態で洪水が発生すると、河川からの流下土砂は現河口周辺に堆積し、南向きの沿岸漂砂の卓越した場においては、その土砂は平均的には右岸側へと移動することはできない。そのため、乙大日川の導流堤の北側隣接部は沿岸漂砂の堆積とともに、土砂の堆積空間となってそこは常に浅い状態となる。人工リーフは導流堤の先端からわずかな距離に設置されるから、人工リーフの北端部はかなり浅い状況を呈するはずである。しかし、図-8(c)のような流況となった場合、人工リーフの南端部は必ず洗掘を受けると同時に人工リーフの岸側端部を中心として深掘れが生じる。また、人工リーフと導流堤の間でも流れが集中するのでかなり深くなる。さらに長期的に見ると、漂砂の供給量は減少傾向にあるので、人工リーフ周辺が深くなる可能性もある。以上の点を考慮すると、人工リーフは海底掘削を行った上で設置する必要があると考えられる。

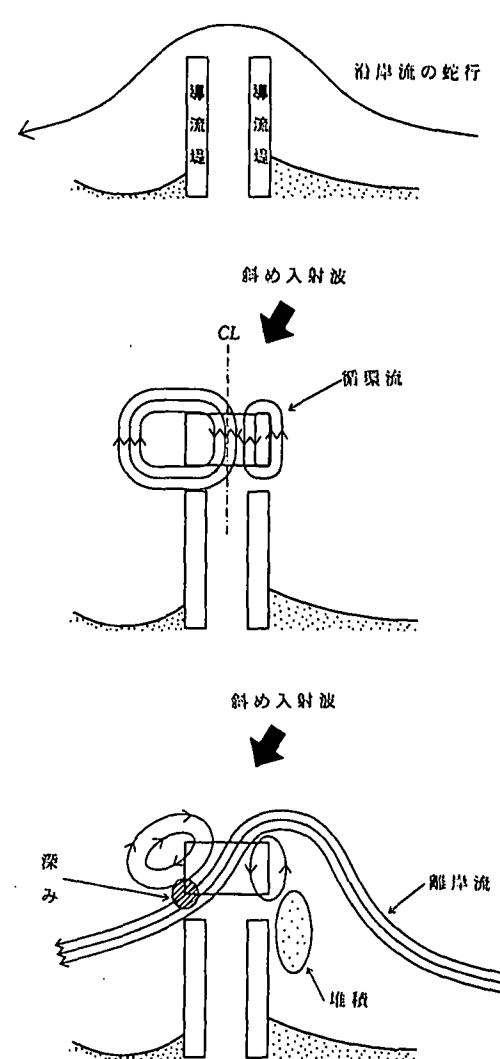


図-8 斜め入射波条件下での人工リーフ周辺の海浜流の流況の模式図

5. まとめ

河口導流堤の延長によって生じた河口部周辺の海浜変形について、新潟県の荒川とそれに隣接する乙大日川の河口を選んで検討した。これによれば、導流堤を延長すると、当海岸で卓越する南向きの沿岸漂砂はその一部が導流堤によって阻止され、この結果北側では堆積、南側では侵食が起こること、そして導流堤間の堆積土砂は導流堤先端を沿岸漂砂が越える際、波の作用で岸向きに打ち込まれたものであることが明確になった。また導流堤間での堆砂の防止のために、導流堤の沖に人工リーフを設置する方策を前報で提案したが、その建設後、人工リーフの南端部および導流堤との開口部が洗掘されて深くなることから、人工リーフは海底掘削を行ってから行うべきことを指摘した。

参考文献

- 宇多高明・皆本重雄・五十嵐新治・柿市勝重・大森慎二郎（1996）：人工リーフを用いた河口処理工の検討
 -乙大日川の河口を例として-、海洋開発論文集、Vol. 12, pp. 439-443.
 宇多高明（1997）：日本の海岸侵食、山海堂、p. 442.