

河口導流堤および河口内堆砂の軽減を 目的とした人工リーフの建設に伴う 河口周辺海岸の海浜変形

BEACH CHANGES CAUSED BY CONSTRUCTION OF RIVER MOUTH JETTIES
AND AN ARTIFICIAL REEF TO REDUCE SAND DEPOSITION
IN RIVER MOUTH

宇多高明¹・秋本 修²・小池康雄³・柿市勝重⁴・黒木利幸⁴・中村利行⁴

Takaaki UDA, Osamu AKIMOTO, Yasuo KOIKE, Katsushige KAKI-ICHI,
Toshiyuki KUROKI and Toshiyuki NAKAMURA

¹正会員 工博 建設省土木研究所河川部長(〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

²建設省北陸地方建設局羽越工事事務所調査課長(〒959-3196 新潟県岩船郡荒川町大字藤沢字前坪27-1)

³建設省北陸地方建設局飯豊山系砂防工事事務所工務課設計係長(〒999-1363 山形県西置賜郡小国町大字小国小坂町3-48)

⁴正会員 三井共同建設コンサルタント(株) 環境部(〒169-0075 東京都新宿区高田馬場1-4-15)

Beach changes due to the elongation of river mouth jetties around the mouth of the Arakawa and Kinoto-dainichi Rivers in Niigata Prefecture are investigated. Topographic surveys off the river mouths were carried out seven times from 1988 to 1999. Since southward longshore sand transport prevails at this river mouth, south beach was gradually eroded after the extension of the jetties, whereas sand accumulated at the river mouth. The occurrence of scouring around the artificial reef and jetties, which was predicted by the previous study based on the topographic surveys, is confirmed in the real data. The effectiveness of an artificial reef constructed off the mouth of the Kinito-dainichi River to prevent sand deposition inside the river mouth is verified.

Key Words : River mouth improvement, longshore sand transport,
jetty, artificial reef, sea bottom changes

1. まえがき

河口では、洪水処理や航路維持を目的として河口処理が行われているが、その中の有力な手段の一つに河口導流堤がある。河口導流堤は海岸線と直角方向にかなり長い距離にわたって構造物が伸ばされるものであるために、沿岸漂砂の卓越する海岸にあつては沿岸漂砂の連続性の阻害要因となり、導流堤の上手側では砂が堆積し、下手側

では侵食が起こる。しかし長さが短ければ沿岸漂砂の一部が導流堤先端を回り込んで河口内に移動し、導流堤間では堆砂が生じる。さらに、固有流量の小さな河川において、河口にマリーナなどを建設する場合、導流堤があつたとしても、導流堤の先端部からの波によるうち込みによって河口に土砂が堆積し、航路埋没を起こすことも多い。このような場合の対策として、筆者の一人は河口沖に人工リーフを設置し、それにより洪水の流下阻害を起こ

さずに河道内への侵入波高の低減を図る手法を提案し、山口県の橋本川河口を対象として水理実験と数値計算による検討を行った¹⁾。また、新潟県の乙大日川河口についてもその適用性について検討した²⁾³⁾。この結果、河口の閉塞防止に人工リーフが有効な手段となるとの結果が得られたものの、実河川へ応用するまでには至らなかった。1998年、乙大日川河口では、過去の検討結果を受けて人工リーフが建設され、その効果、および新たに設置した施設の周辺海岸へ及ぼす影響検討が行われた。本研究はこれらの結果についてとりまとめるものである。

2. 荒川および乙大日川河口の地形特性

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、1988年から1998年までの平均年最大流量は1,392m³/sである。河口付近では全体的に南向きの沿岸漂砂が卓越しているが、荒川河口の北約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⁴⁾。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が設置され、これによって神林海岸の侵食は軽減されたものの、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。乙大日川は荒川河口に隣接して流入しているが、そこでは1999年現在約160mの長さの平行導流堤が伸

ばされ、その陸側にはマリーナが建設されている。以下では1988～1999年に測量された7枚の深浅図を分析する。

3. 深浅図の分析

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、河口部の海浜変形実態を分析する。

(1) 1988年3月10日 (図-2)

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。また荒川河口北側に位置する神林海岸との境界付近には突堤3基と離岸堤1基が設置されていた。中央部では荒川河口砂州が左岸側へと細長く伸びており、左岸との間に約30mと非常に狭い開口部を残していた。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付近までが侵食される。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、この付近で卓越する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。

(2) 1995年2月25日 (図-3)

この時期までに荒川河口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。このような沿岸漂砂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突堤群隣接区域で著しい。また乙大日川河口へと-3mの等深線が河口右岸側では斜めに伸びているのに対して、河口左岸側では-3m以浅の等深線が凹状になっている。

(3) 1996年3月7日 (図-4)

この時期までに乙大日川の右岸河口導流堤は約

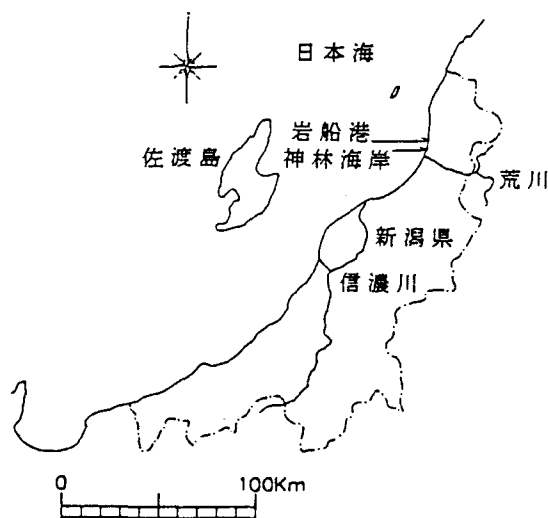


図-1 位置図

10m延長された。両側を構造物によって挟まれた荒川河口砂州は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上昇したために、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。

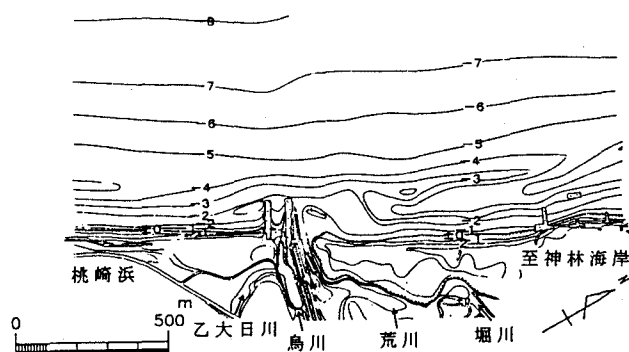


図-2 河口部深浅図 (1988年3月10日測量)

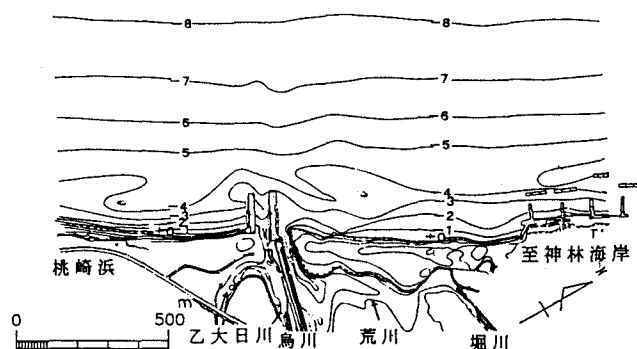


図-3 河口部深浅図 (1995年2月25日測量)

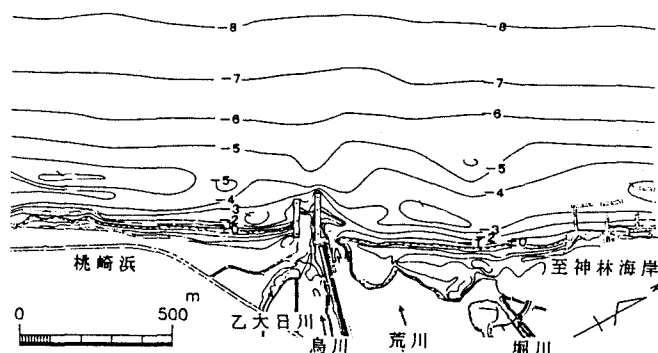


図-4 河口部深浅図 (1996年3月7日測量)

(4) 1997年2月25日 (図-5)

乙大日川の河口導流堤の長さは、左右ともに約160mとなった。河口導流堤の延長によって、その周辺部で著しい地形変化が生じている。荒川河口砂州はその付け根部分の後退が激しくなる一方、荒川河口左岸近傍では、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、導流堤に沿う斜め冲向き流れとなって沿岸流が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、汀線付近が急勾配になっている。

(5) 1998年2月19, 20日 (図-6)

乙大日川導流堤が1997年2月時点で160mに延伸された後、砂州および海岸地形に変化が起き、砂州の先端が沖側へ突出し、導流堤の右岸側が堆積傾向になった。また、砂州の先端部は更に細くなっている。河口導流堤の北側約130mの汀線付近から-4、-5mの等深線にかけて等深線に大きな凹状地形が観察され、逆に-5、-6、7mでは冲向きになだらかな等深線の突出が見られる。汀線付近での凹状のくぼみと、その沖の凸状地形は、導流堤によって沿岸流が遮られた結果斜め冲向き流れが発達し、それによって流れが加速されて浅い部分で海底面が削られ、その土砂が沖合に堆積して形成されたことを表していると考えられる。

(6) 1999年1月25日 (図-7)

乙大日川の河口導流堤沖には幅60m、延長70m、天端水深T.P. -2.5mの人工リーフが施工されている。この人工リーフの影響に

より、砂州の先端部は消失し人工リーフおよび導流堤右岸側の堆積傾向が著しくなっている。また砂州の先端部が上流方向へ回り込んだ形状を呈している。荒川の流路は導流堤に沿って形成されており、それを取り囲むようにテラス状の地形が形成されている。河口砂州の沖合では、最大水深約5mのトラ

フが2組、汀線と斜行して発達し、その周辺の海底形状が非常に複雑になっている。人工リーフ周辺では、北側では沿岸流の一部が沖向き流れとなって流出した際形成されたと考えられる深みが斜め沖向きに発達している。一方、人工リーフの南端部では斜め岸向きに-4.5mに至る深みが形成された。

(7) 1999年2月26日 (図-8)

1998年2月時点では見られた導流堤右岸側の-3, -4, -5mと続く深みが消え水深が浅くなってきている。さらに、人工リーフを挟んで-4mの等深線が北側では突出し、南側では局所的に大きく凹んでいることも特徴として指摘できる。

4. 河口部海浜縦断形の比較

図-9は河口導流堤間の測線①、②の縦断形である。1997年、1998年では導流堤間に高さがT.P.+1.0m以上の砂州が発達していたが、y=200m付近に設置された人工リーフの効果によって、1999年では砂州高が2m程度低減されたことが分かる。

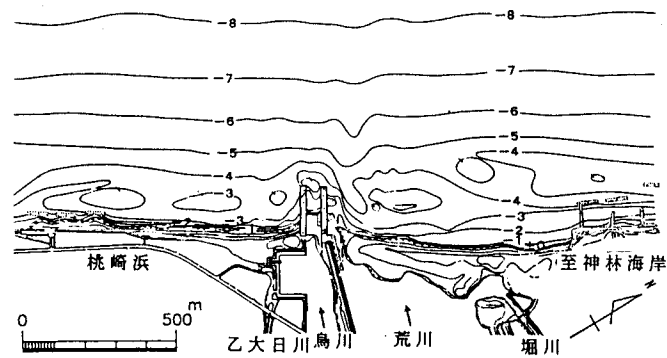


図-5 河口部深浅図 (1997年2月25日測量)

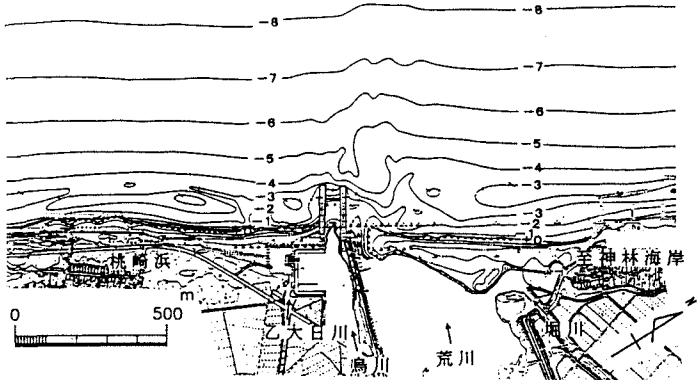


図-6 河口部深浅図 (1998年2月19日、20日測量)

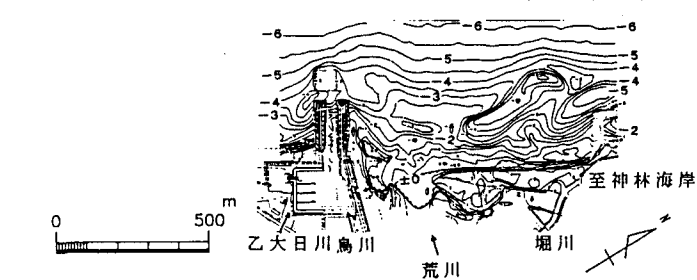


図-7 河口部深浅図 (1999年1月25日測量)

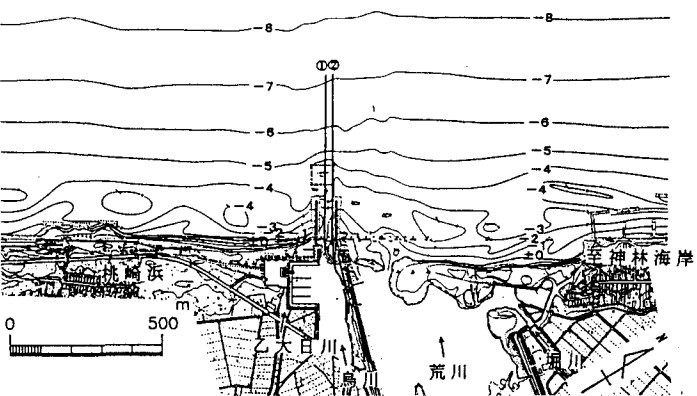


図-8 河口部深浅図 (1999年2月26日測量)

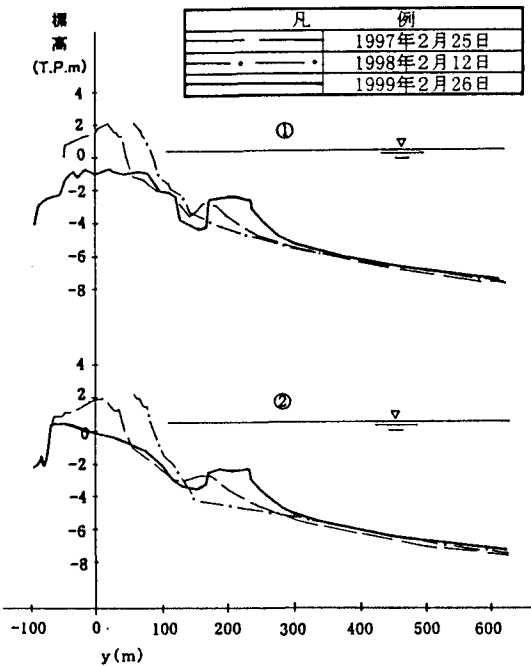


図-9 河口導流堤間の海浜縦断形の比較 (1997.2~1999.2)

5. 考察

1997年2月25日測量の深淺図（図-5）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た。導流堤間では図-3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判断できる。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年の深淺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を軽減するには、土砂が海側からうち込まれるものであるがゆえに、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²⁾³⁾では河口沖に人工リーフを建設して波浪の減衰を行う方式を提案した。さらに、導流堤の先端に人工リーフを設置した場合の流れの模式図として前報³⁾では図-10を示し、その機構を以下のように考察した。

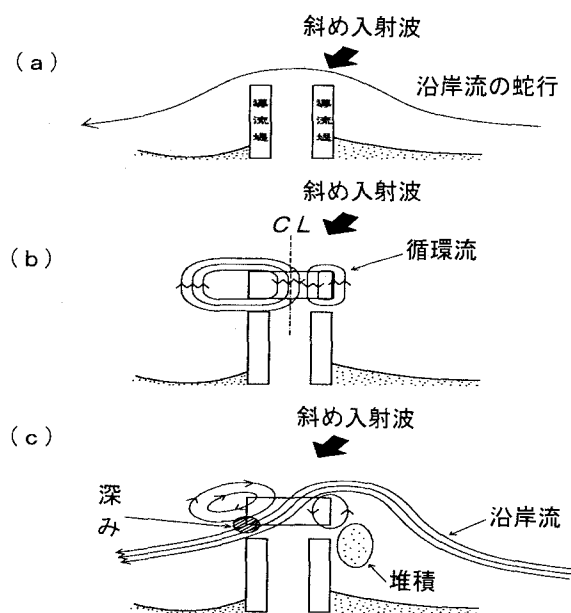


図-10 斜め入射波条件下での人工リーフ周辺の海浜流の流況の模式図³⁾

図-10aは、導流堤のみが存在する場合の沿岸流の蛇行状況であって、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。人工リーフが設置された場合、高波浪が襲来すると、人工リーフ上で碎波が生じ、その際図-10b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。当地区では人工リーフの中心線に対して波が斜めに入射するため、南側の循環流の規模が大きくなる。図-10cには、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海浜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-5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-10c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。

今回、実際の人工リーフ建設後の測量によって求められた深淺図（図-8）に現れた結果は、前報で予測した上述の特徴と良好な対応を示しており、予測結果の妥当性が高いことが明らかである。

宇多ら⁴⁾は、過去に観測されたデータを発掘し、それらから現地河川・海岸で起きた現象の分析を行うこと（data mining）の重要性について述べ、実際に手取川河口での河口導流堤の延伸に伴う周辺地形変化について分析した。その中で主な地形変化が河口部で卓越する南向

きの沿岸漂砂に起因すること、したがって河口処理においては第一義的に沿岸漂砂について考慮しなければならないことを明らかにした。この方法は、単に過去のデータの羅列のみという批判はあり得るが、実際にその現場で起きたことを正確に認識することがまず必要なこと、また数値シミュレーションには以下に述べる限界があることから、現地データについて十分な考察が与えられればその種の研究もまた意味を持つと筆者らは考える。

河口部を対象として、各種構造物周辺の地形変化について数値シミュレーションにより再現することを考える。この場合、本研究での対象地区では、一方向の沿岸漂砂が卓越しているため、計算領域の両側での沿岸漂砂量の境界条件 (q_1, q_2) と、河川からの供給土砂量 (q_3) を設定しなければならない。それらの与えられた条件下での、土砂収支の結果が河口部地形に残される。このため、これらの条件設定によっていかなる結果も得られることになる。過去のある時期の深浅データを検証データとして、適当な境界条件を与えて検証計算を行うことは可能である。しかし、沿岸漂砂の供給条件は長期的に変化するものであるがゆえに、将来予測には土砂供給条件の変化の推定が必要となる。これには対象区域外の様々な要因が関係する。したがって単に数値計算手法の開発が行われたのみでは問題は解決しない。data miningのみにより定量的意味での将来予測は行うことはできないが、この段階での定性的、直観的な判断は詳細な予測計算の妥当性を判断する上で欠くべからざる重要性を有している。そうであるならば、検証計算ではdata miningによって得られた結果の再現性を十分明らかにし、それに基づいて将来予測計算を行うことが考えられる。そのような検討が不十分なままで、数値モデルを予測に用いることは危険と考える。

宇多ら⁴⁾は、手取川河口での導流堤延伸に伴う地形変化を分析し、沿岸漂砂が卓越する場に導流堤が伸ばされた場合、導流堤の上手側の海浜では等深線が導流堤に接近するほどなだらかに前進し、これと逆に導流堤の漂砂下手側では凹状に後退して急勾配の海浜となることを明らかにした。本研究で対象とした乙大日川の河口導流堤周辺での海浜変形の場合にも、手取川河口導流堤の場合

と全く同様な地形変化が観察された。このことは、手取川河口および乙大日川河口周辺での導流堤延伸に伴う河口部地形変化が、いずれも沿岸漂砂が卓越する場合において海岸線と直角方向に構造物が伸ばされた場合に生じるかなり一般的な現象を表していると考えられる。

また、現在までの測量データによれば河口内への波による砂のうち込み量を減少させる上で乙大日川河口沖に設置された人工リーフが有効なことが明らかになった。

6. 結論

筆者らは、新潟県の荒川および乙大日川河口において、過去に取得された深浅図をもとに河口に導流堤および人工リーフが建設された場合の海底地形変化を予測した。その後、実際に人工リーフが建設された後に取得された深浅図を精査した結果、予測された地形変化が実際に起きたことが実測データから明らかにされた。また、河口内への波のうち込みに伴う堆砂を防止するための人工リーフが堆砂防止効果を発揮し、したがって河口閉塞防止に有効であることも実測データから確認できた。

参考文献

- 1) 宇多高明・高橋 晃・水魔嘉幸・高木利光：人工リーフを用いた河口処理工の検討，海岸工学論文集，第41巻，pp. 506-510, 1994.
- 2) 宇多高明・皆本重雄・五十嵐新治・柿市勝重・大森慎二郎：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，第12巻，pp. 439-443, 1996.
- 3) 宇多高明・小林総一・五十嵐新治・柿市勝重・大森慎二郎・黒木利幸：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-，海洋開発論文集，第14巻，pp. 209-214, 1998.
- 4) 宇多高明：日本の海岸侵食，山海堂，p. 442, 1997.
- 5) 宇多高明・中田慎一郎・山形 宙：手取川河口における導流堤延伸に伴う河口部地形応答と石川海岸の海岸侵食，水工学論文集，第43巻，pp. 443-448, 1999.

(1999. 9. 30受付)