

# 下新川海岸における侵食計測センサーによる養浜変形の現地観測

進藤 裕之\*      ・松本 清則\*\*      ・葭本 孝央\*\*\*  
朝倉 邦友\*\*\*\*      ・鳥居 謙一\*\*\*\*\*      ・山本 幸次\*\*\*\*\*  
高木 利光\*\*\*\*\*      ・橋本 新\*\*\*\*\*      ・辺見 聡\*\*\*\*\*

養浜地形の変形実態を把握する新たな観測方法として、養浜にセンサーを縦に連続して埋め込み、侵食とともにセンサーが切り離された時刻を発信・記録する侵食計測センサーによる観測を試みた。現地観測は富山県下新川海岸で行い、高波浪時に養浜地形が大きく変化すること、変化量は法面勾配に依存することが侵食計測センサーの観測により連続的に把握することができた。また、当海岸における養浜初期地形が顕著に変形する波浪は、有義波高 1 m 程度であると推定された。さらに、同時に実施した空中写真撮影、トレーサ調査等により、養浜砂は卓越する北寄りの波浪により西側へ移動すること、水深方向の移動範囲は水深 6 m 程度で浅であることが明らかとなった。

## 1. はじめに

海岸法の改正により、砂浜の有する機能が見直され、養浜などによって造成された「砂浜」が海岸保全施設として指定できるようになった。養浜によって造成された「砂浜」は、高波浪時に大きく変形することから、従来の構造物による保全施設とはその性能や安定性が異なることが考えられるが、その変形実態については明らかになっていない。このことから、効果的・効率的な養浜計画に資することを目的として、養浜後の「砂浜」の変形(安定性)について、侵食計測センサーを用いた連続的な養浜変形観測を行なった。

現地観測は、富山湾に面する富山県下新川海岸において実施した。下新川海岸は、黒部川の供給土砂により形成された扇状地の砂礫海岸であり、北方向からの波浪が卓越するために沿岸漂砂は東から西へ移動するとされている(鎌田ら, 2000)。1950 年頃にはほぼ全域において約 20 m 程度以上の砂浜・礫浜が存在したが、黒部川の流路固定による供給箇所の固定、漁港等海岸構造物による沿岸漂砂の遮断、急深な沖合への土砂損失等に起因する侵食が著しく、一部の地先を除いてほぼ全域で砂浜が消失してきたことから、越波災害、堤防倒壊の危険性が増大し、砂浜の維持・回復が急務となっている。

## 2. 現地観測の概要

### (1) 現地観測地点および観測内容

試験養浜および追跡観測は、図-1 に示す富山県下新川海岸の荒俣地先および下飯野地先の 2 地先で行った。荒俣地先は黒部川河口の左岸に近接し、前面には離岸堤および人工リーフが設置されている。海底勾配は汀線～水深 10 m では約 1/15、水深 10～50 m では 1/6 となっており、特に沖側の海底地形が非常に急峻となっている。黒部川河口からの供給土砂が沿岸漂砂により当地先に運ばれてきており、侵食により砂礫浜の多くが消失した下新川海岸において砂浜が存在する数少ない地先である。

養浜砂は、消波工の前面に 2002 年 6 月に投入した。投入量は 2.5 万 m<sup>3</sup> であり、投入範囲は沿岸方向 280 m である。また、養浜初期の天端高は T.P. +4.0 m であり、沖側の法面勾配は 1/1.5 程度である。養浜砂は投入地点から約 500 m 東側の黒部川河口付近の離岸堤背後に堆積している土砂を掘削して用いた。この養浜材料の中央粒径  $d_{50}$  は 15 mm であるが、細砂から 100 mm 程度の礫までを含んだ混合粒径である。

下飯野地先は黒部川河口右岸の入善漁港から東へ約 1.5 km に位置し、前面には離岸堤が設置されている。海底勾配は汀線～水深 15 m では約 1/17、水深 15～40 m では 1/9 となっており、海底谷が海岸線付近まで迫ってい

- \* 正会員      国土交通省黒部河川事務所長
- \*\*            国土交通省富山河川国道事務所調査第一課(元黒部工事事務所調査課)
- \*\*\*           国土交通省黒部河川事務所調査課
- \*\*\*\* 正会員      農林水産省水産庁漁政課(元 黒部工事事務所調査課)
- \*\*\*\*\* 正会員    工修      国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室長
- \*\*\*\*\* 正会員    工博      国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室
- \*\*\*\*\* 正会員    工博 (株)アイ・エヌ・エー 海岸部
- \*\*\*\*\*      水修 (株)アイ・エヌ・エー 海岸部
- \*\*\*\*\*      工修 (株)アイ・エヌ・エー 海岸部

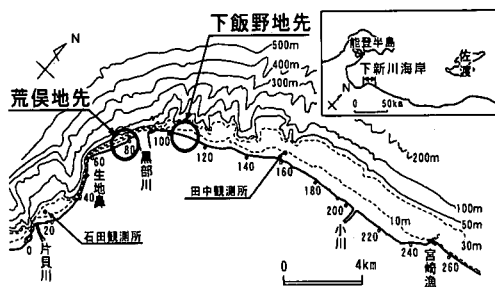


図-1 下新川海岸および荒俣地先・下飯野地先の位置

る箇所もある。護岸は緩傾斜護岸(法面勾配:1/5)として整備されているが、砂浜は完全に消失している。海岸の直背後にはキャンプ場が設置されていることから、海岸利用上、砂浜の要請が高い地先である。

養浜砂は、緩傾斜護岸上に2002年7月に投入した。投入量は2.3万m<sup>3</sup>であり、投入範囲は沿岸方向240mである。また、養浜初期の天端高はT.P.+3.0mであり、沖側の法面勾配は1/5程度である。養浜砂は黒部川の河道の掘削土砂を用いた。この養浜材料の中央粒径d<sub>50</sub>は15mmであるが、荒俣地先と同様に細砂から100mm程度の礫までを含んだ混合粒径である。

試験養浜の追跡調査は、波高・流況観測、地形変化観測、養浜砂の移動観測を実施した。外力条件を把握するための波高・流況観測は、自記式の超音波式波高・流速計を各地先1地点の水深約10m付近(荒俣地先:離岸距離約180m,下飯野地先:離岸距離約200m)の海底面に設置し、養浜砂投入時から2003年3月まで実施した。地形変化の把握は、養浜箇所の空中写真撮影(養浜砂投入後~2003年3月,1~4回/月)、養浜周辺海域の汀線・深淺測量(養浜砂投入前,養浜砂投入後,2002年8月,2003年1月および3月)、侵食計測センサーによる連続観測(養浜砂投入後~2003年3月)により行なった。また、養浜砂の移動状況を把握するためのトレーサ調査は、養浜砂投入後に各地先にトレーサ2m<sup>3</sup>(粒径1mm,5mm:各1m<sup>3</sup>)を養浜前面の汀線付近に投入し、養浜周辺海域において2002年9月,11月および2003年3月に各地先それぞれ50地点程度で採取した(図-2)。

(2) 侵食計測センサーによる観測

本調査では新たな観測方法として、侵食計測センサーを用いた養浜地形変化の連続観測を試みた。侵食計測センサーとは、写真-1に示すように、1個のセンサーは直

径15cm,高さ15cmの円筒形であり、発信機が内蔵されている。このセンサーは、複数個連続して設置し、下のセンサーから切り離されると信号を発信し、この信号を陸上部に設置した受信機が受け、受信時刻・センサーのIDを記録する仕組みとなっている(図-3)。

これまでは、陸上部における養浜地形や砂浜地形の変化については、汀線・深淺測量により把握されてきたが、測量は静穏時にしか行えないことから、測量間の養浜変形の挙動については把握されていなかった。侵食計測センサーを用いることにより、高波浪時においても地形変形の過程がリアルタイムに観測することが可能となる。

侵食計測センサーは、各地先の養浜の天端岸側および沖側に各2地点に、垂直方向に養浜天端面から養浜実施前の現況地盤線まで設置した。各地点のセンサー個数は、7~23個である。養浜砂投入後に、垂直方向に養浜工を掘削し、侵食計測センサーを埋設した。センサーからの信号を受ける受信機は、センサー設置地点背後の護岸上に各地先に1機設置した。

3. 観測結果

(1) 観測期間中の海象

観測期間中の波向一波高の出現頻度を図-4に示す。なお、経時変化は図-9,図-10に示した。波向は荒俣地先ではNNE方向が卓越し、下飯野地先ではNE方向が卓越していた。図-4には定点観測所である田中観測所の出現頻度も示してあるが、いずれの地先においても、汀線に対して、北寄りの波浪が卓越した。また、最も湾

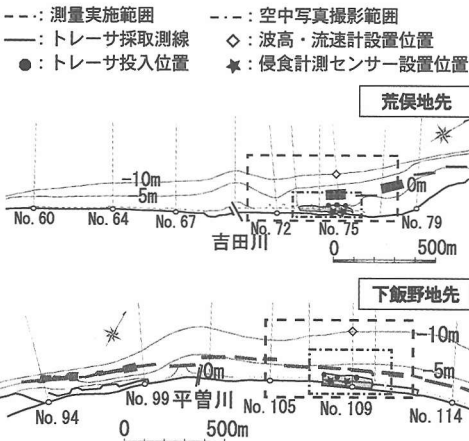


図-2 現地観測位置



写真-1 侵食計測センサーの概観

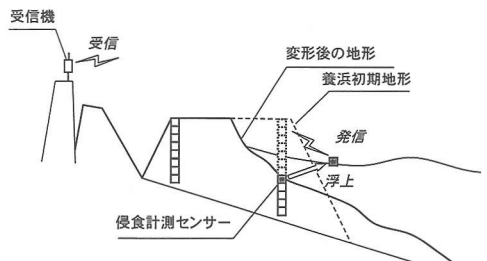


図-3 侵食計測センサーによる観測の概要

外に位置する田中観測所において高波浪の発生頻度が高く、内湾に向かうに従って波高が小さくなる傾向が明らかである。

(2) 養浜地形の汀線変化

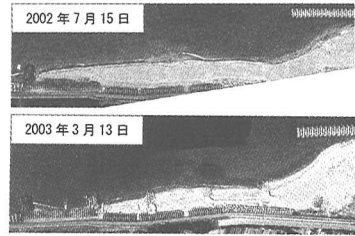
写真一2、写真一3に示す空中写真をもとに、汀線変化を判読した結果を図一5、図一7に示す。なお、図中のa~d, e~hは、侵食計測センサーの設置地点である。また、代表測線の砂浜幅の経時変化を図一6、図一8に示す。荒俣地先の汀線は、2002年12月までは全体的に徐々に後退したが、上手側(東側)ではその後回復傾向であった。下手側の測線Aでは、徐々に汀線の後退が進行し、冬季を経過した2003年3月では、砂浜はほとんど消失している。人工リーフの背後に位置する測線Bにおいても測線Aと同様に徐々に汀線は後退しているが、冬季を経過した後も砂浜幅は20m程度存在している。離岸堤の背後に位置する測線Cでは、一時的な後退は見られるが、冬季を経過した後の砂浜幅は養浜当初と同程度である。

下飯野地先では、汀線は離岸堤の開口部を中心に弧を描くように変形した。離岸堤の背後に位置する測線D・Fでは養浜当初より前進したが、開口部の測線Eでは大きく後退し、2002年12月にはほとんど砂浜が消失している。

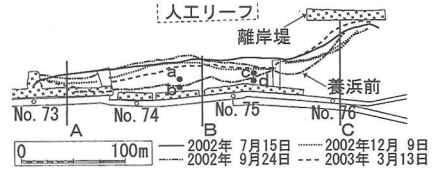
これらのことから、沖合に消波施設がない地点については、養浜地形の維持が困難であることが明らかとなった。なお、荒俣地先の、測線B・Cにおいて砂浜が消失しなかった要因のひとつとして、上手側(東側)に砂浜が充分あり沿岸漂砂による土砂供給があったことが推察される。また、下飯野地先においては、上手側(東側)に砂浜はなく、測線D・Fにおける汀線の前進は養浜砂が東西に移動して生じたものと考えられる。

(3) 侵食計測センサーによる養浜地形の経時変化

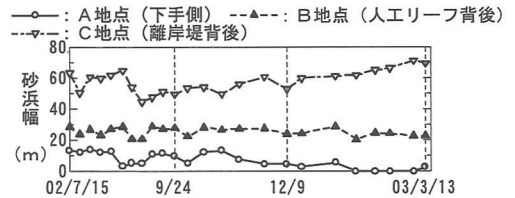
侵食計測センサーによる養浜地形の経時変化を図一9、図一10に示す。また、センサー設置地点の養浜断面地形を図一11、図一12に示す。なお、設置地点は図一5、図一7に示したとおりであり、荒俣地先は人工リーフ背後、下



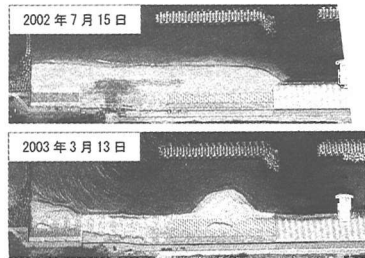
写真一2 荒俣地先の養浜箇所の空中写真



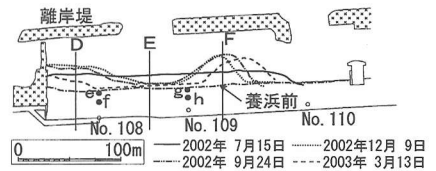
図一5 荒俣地先の養浜箇所の汀線変化



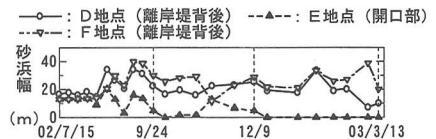
図一6 荒俣地先の代表位置の砂浜幅の経時変化



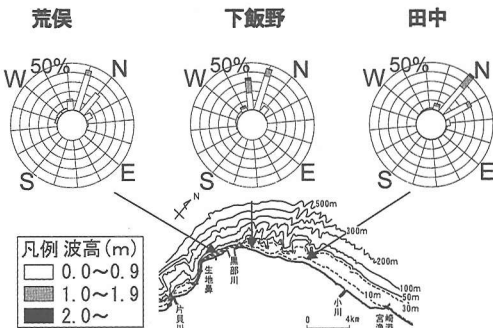
写真一3 下飯野地先の養浜箇所の空中写真



図一7 下飯野地先の養浜箇所の汀線変化



図一8 下飯野地先の代表位置の砂浜幅の経時変化



図一4 波高-波向出現頻度(2002年6月~2003年3月)

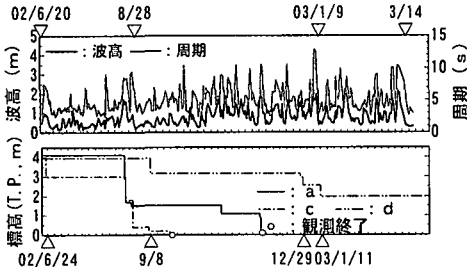


図-9 荒俣地先の侵食計測センサーの観測結果

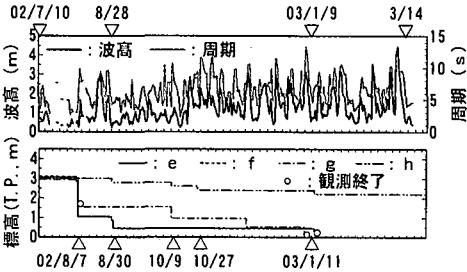


図-10 下飯野地先の侵食計測センサーの観測結果

飯野地先は離岸堤背後である。

荒俣地先, 下飯野地先ともに高波浪時あるいは高波浪来襲後に養浜地形の侵食が見られる。なお, 地点bについては, 2002年8月下旬~9月上旬に護岸側(裏法面側)にセンサーが倒壊したため, データから除いた。

荒俣地先では大きく浜岸が生じるように変形したのに対し, 下飯野地先では徐々に養浜天端高が低下するように変形している。図-13は, 主な侵食が生じた時期の波浪と地盤低下量・法面勾配を比較したものである。荒俣地先では, 時間が経過するに従って, 法面勾配は緩くなり, 低下量は小さくなる傾向が見られるが, 下飯野地先では波浪の大小にかかわらず侵食が生じており, 侵食時期による法面勾配と沈下量に関連性は見られない。これは, 養浜初期の表法勾配が, 荒俣地先では1/1.5(ほぼ砂の安息角)であったのに対し, 下飯野地先では1/5(下新川海岸の現況砂浜における勾配と同等)と緩勾配であったことに起因すると考えられ, 養浜初期の断面形状が変形過程に大きく影響していることが考えられる。なお, 養浜初期地形の変形は, 有義波高1m程度で生じている。この出現頻度は, 荒俣地先では9.4%, 下飯野地先では27.5%であり, 比較的頻繁に来襲する波浪において養浜地形が変形したことが明らかとなった。

(4) トレーサの移動状況

中央粒径1mmのトレーサの移動状況を図-14, 図-15に示す。荒俣地先では, 2002年9月では概ね漂砂下手側(西側)に移動しており, 投入箇所および投入箇所より西側約500mの吉田川河口付近に堆積している。た

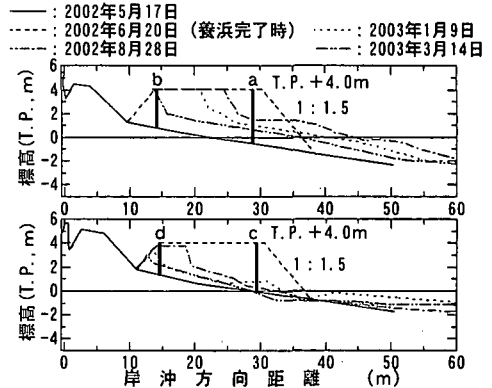


図-11 荒俣地先の養浜断面地形の変形状況

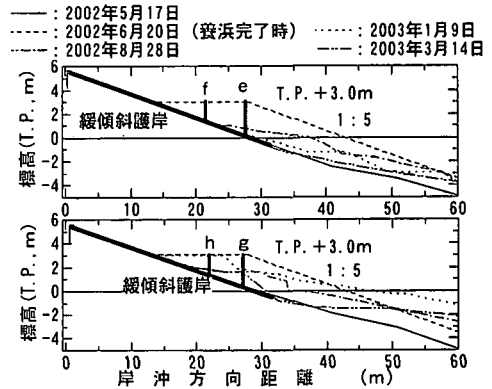


図-12 下飯野地先の養浜断面地形の変形状況

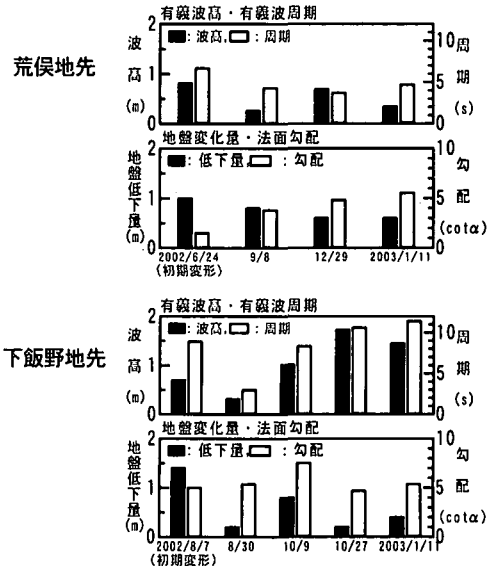


図-13 波浪と地盤低下量・法面勾配の関係

だし, 少量ではあるが, 上手側(東側)においてもトレーサが確認されている。2002年11月では, さらに下手側に移動し, 吉田川河口を越えて下手側に移動している状況

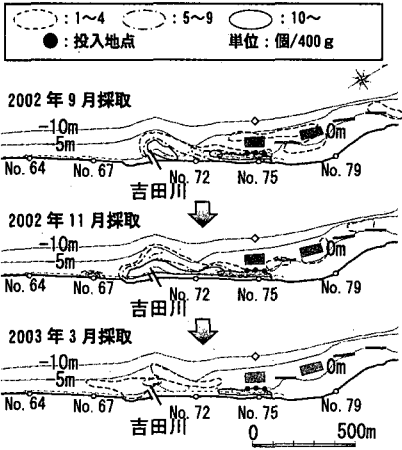


図-14 荒俣地先のトレーサ移動状況(2002年6月投入)

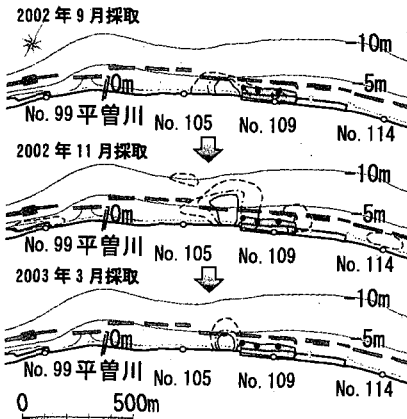


図-15 下飯野地先のトレーサ移動状況(2002年7月投入)

も見られる。下飯野地先では、2002年9月では荒俣地先と同様に概ね下手側(西側)に移動していたが、荒俣地先よりも移動量は少なく、投入箇所近傍で多くのトレーサが確認された。また、上手側(東側)では検出されなかった。

トレーサの採取は汀線部～水深10mまでの範囲で実

施したが、水深8m以深での検出数は僅かであり、概ね水深6m以浅で移動していると考えられる。また、中央粒径5mmのトレーサについても同様の移動状況であったが、移動量は1mmの移動量よりも小さかった。

#### 4. まとめ

本調査の主な得られた知見は以下のようになる。

- 1) 侵食計測センサーにより養浜断面の侵食状況が連続的に観測可能である。
- 2) 養浜断面地形の変形過程は初期地形に大きく依存し、表法勾配が急勾配な場合は、浜崖が生じるように変形する。また、表法勾配が現地海浜と同程度となると変化量は小さくなる。なお、下新川海岸における養浜初期地形を変形させる波高は、 $H_{1/3}=1\text{m}$ 程度である。
- 3) 養浜平面形状は沖合施設の設置状況に応じて変形し、当海岸では離岸堤、人工リーフなどの沖合消波施設が養浜の維持に対して効果がある。
- 4) 養浜砂は卓越する北寄りの波浪により、西向きに移動する。また、水深方向の移動範囲は水深6m以浅である。

謝辞：本調査・研究は学識経験者等で構成された「下新川海岸保全検討委員会」の指導のもとに行なった。委員長河田恵昭京都大学教授、委員石田啓金沢大学教授には、数々の貴重なご助言を頂きました。ここに記して深甚の謝意を表します。

#### 参考文献

鎌田照章・松本清則・谷口和哉・渡邊和俊・飯田和也・大谷靖郎・石橋大輔(2000): 下新川海岸生地島地先における急勾配海岸の侵食対策, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 696-700.  
 須山 洋・宇多高明・吉村敏明・若田茂和・中山 修(1986): 離岸堤背後への土砂投入による海浜変形, 第33回海岸工学講演会論文集, pp. 307-311.  
 土屋義人・芝野照夫・須山 洋・吉村敏明(1987): 黒部川扇状地海岸の形成と変化について, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 322-326.