

粗粒材養浜による安定な砂浜の復元

宇多高明* 石川仁憲** 酒井和也***

1. まえがき

2000年には44年ぶりに海岸法が大きく改正され、海岸管理者が「消波等の海岸を防護する機能を維持するために設けた砂浜」を「海岸保全施設」に指定することが可能になった。これにより、従来のようにハードなコンクリート構造物による海岸の防護に代わって、砂を投入する養浜が法律上行きやすくなるとの期待が高まった。しかしこの期待は急速にしぼみ、法改正後も養浜については従来と同様、慎重に扱うという考えから大きな変化がない。これは、従来から行われてきた、主に細砂による養浜では、砂の投入後容易に砂が流失し、その効果が失われ易いことから、養浜自体が効果的でない判断されてきたことに多く起因すると考えられる。しかし、近年茨城県が進めてきた神向寺海岸での粗粒材養浜^{1)~5)}では、投入土砂が護岸前面に安定的に堆積して根固め効果を発揮することが確認され、現海岸法で謳われている「指定された砂浜」の効能を発揮しうることが明らかになった。ここではこの粗粒材養浜の効果について整理し、今後の粗粒材養浜の可能性について述べる。

2. なぜ粗粒材養浜か？

鹿島灘に面した神向寺海岸では、南側に鹿島港の防波堤が伸ばされることによって形成された波の遮蔽域へと、細砂が流出することによって侵食が起きた。この場合、神向寺海岸の海岸状況の変化は図-1の模式図に示す変遷をたどった。侵食前には護岸前面に細砂からなる砂浜が広がっていた(図-1(a))。その後侵食とともに汀線が後退し、汀線が護岸位置まで後退し護岸前面の前浜が消失した(図-1(b))。結果的に越波が激しくなり、対策として護岸に沿って大量の消波ブロックが敷き並べられることになった(図-1(c))。このような神向寺海岸における海岸の変遷は特別な現象では

なく、同じ状況は全国各地で見られる。

図-1(c)のように消波ブロックで埋め尽くされた海岸になると、景観・環境が著しく悪化するため多くの人々が元の海浜(図-1(a))を復元してほしいと願うようになる。具体的には、図-1(c)に破線で示すように砂を投入して元の海浜を復元する計画が立てられる。しかしここでよく考えると、図-1(a)から図-1(c)に至る侵食の要因が除去されない限り、砂を投入すれば必ず同じこと(つまり侵食)が繰り返され、再び図-1(c)の姿となる。侵食とは常にそのような変化をたどるものである。

このことは次の比喩により一層明らかになる。例えば、バケツに穴が開いたまま水と混ざった砂

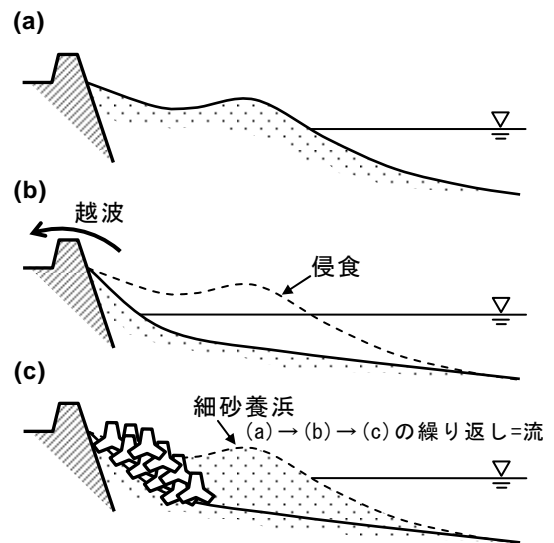


図-1 神向寺海岸の海岸状況の変化の模式図

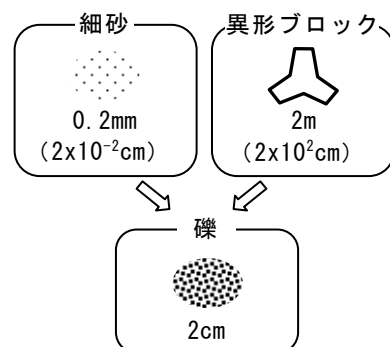


図-2 消波ブロックと細砂の大きさ

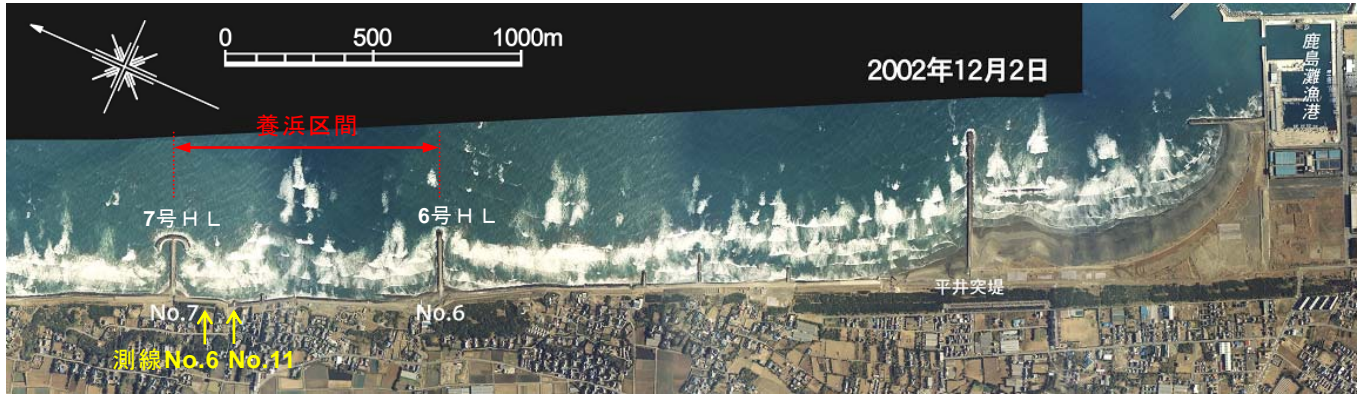


図-3 神向寺海岸での粗粒材養浜区間



図-4 2002年9月8日（潮位：T.P.+0.7m）における海岸状況



図-5 2006年7月10日15時(潮位T.P.+0.1m)の海岸状況

を注いで掻き回せば、バケツの中の水と砂はたちまちなくすることは子供でも知っている。これに対応するには、バケツの穴を塞ぐ（侵食原因の除去）か、あるいは砂粒の大きさを穴から漏れない大きさにする（流失しにくい砂の利用）か、のいずれかである。侵食前の神向寺海岸の海浜砂の粒径は0.2mm（ 2×10^{-2} cm）程度であった。一方、侵食後投入された消波ブロックの大きさはほぼ2m（ 2×10^2 cm）の大きさを持つ（図-2参照）。この大きさの消波ブロックは投入地点にそのまま留まるが、細砂は図-1の模式図に示したように、侵食原因の除去が行われない限り必ず流出する。そこで両者の中間の大きさ2cmオーダーの粒径材料を用いて海浜に留ませようとするのが粗粒材養浜である。実際に、神向寺海岸では径が3mm～15mmの礫が養浜材として用いられた。

3. 粗粒材養浜による海岸状況の変化

神向寺海岸での粗粒材養浜は図-3に示すように南側を6号ヘッドランド（HL）により、北側を7号HLに挟まれた延長約1km区間で行われた。その効果は定点写真による海岸の変遷より明らかにできる。図-4は、2002年9月8日（潮位：T.P.+0.7m）に図-3に示す測線No.6から南向きに



図-6 異常波浪襲来後の2006年11月23日の海岸状況

撮影した海岸状況である。当時前浜は全く存在せず、護岸と平行に敷並べられた消波工に波が強く打ち当たっており、背後地では越波やしぶきの飛散が問題となっていた。しかし図-5に示すように、2005年における7,000m³の礫投入が行われてから約5ヶ月が経過した2006年7月10日15時（潮位T.P.+0.1m）の同じ場所の海岸状況を見れば、広い前浜が形成されたことが明らかである。さらに異常波浪襲来後の2006年11月23日も図-6のように投入礫は前浜に安定的に堆積しており、護岸前面の地盤高が増加したことが分かる¹⁾。図-5,6から図-4の状態への前浜の喪失状況は、海岸侵食

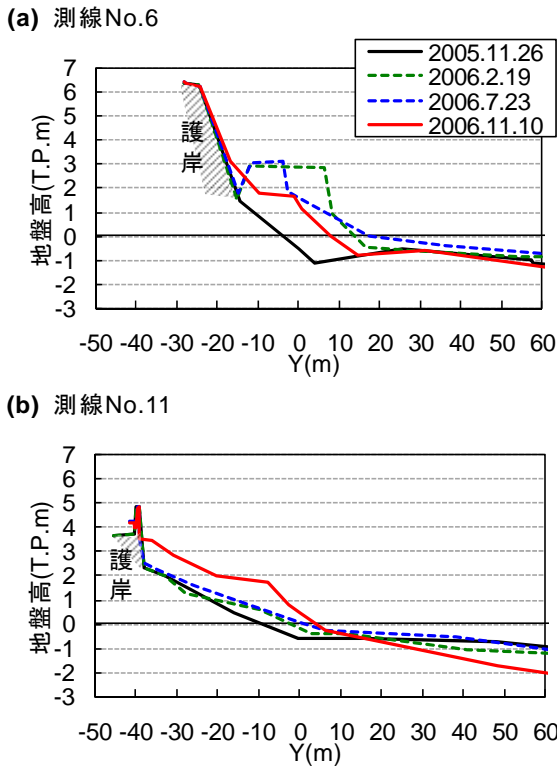


図-7 No.6とNo.11に沿う海浜縦断形の変化

が起る際普通に見られるが、神向寺海岸にあつては養浜に伴ってこれと逆に前浜を広げることが可能となったのである。

神向寺海岸における粗粒材養浜では、細砂からなる狭い前浜上に粗粒材が投入された。投入後、粗粒材は下層にあった細砂と入れ替わり護岸前面に急勾配をなして堆積し、護岸の根固め機能を発揮した¹⁾。例えば、7号HLから南にそれぞれ100m、200m離れた測線No.6とNo.11に沿う海浜縦断形の変化は図-7のようであり、No.6では台形状に盛土された礫が岸側に寄せられ、水深ほぼ1mから標高3mまでの間で1/8の勾配で堆積し、護岸のり先を埋めた。No.11でもNo.6と同様な堆積状況が見られる。

粗粒材が岸側に集中的に堆積する状況は底質調査からも明らかにされた。測線No.6での底質サンプリングデータをもとに、2.8mmのフルイ目に残留した礫分について水深ごとに並べ拡大して撮影したのが図-8である。投入した角礫のうち、粒径が1cm程度のものが標高2,1,0mに集中的に堆積している。-1mと-2mでは粒径がやや小さくなり、かつ円磨度が高い礫が見られる。これは予備試験時の投入礫が波により磨耗作用を受けたと推定できる。一方、水深3mでは貝殻を除き礫は発

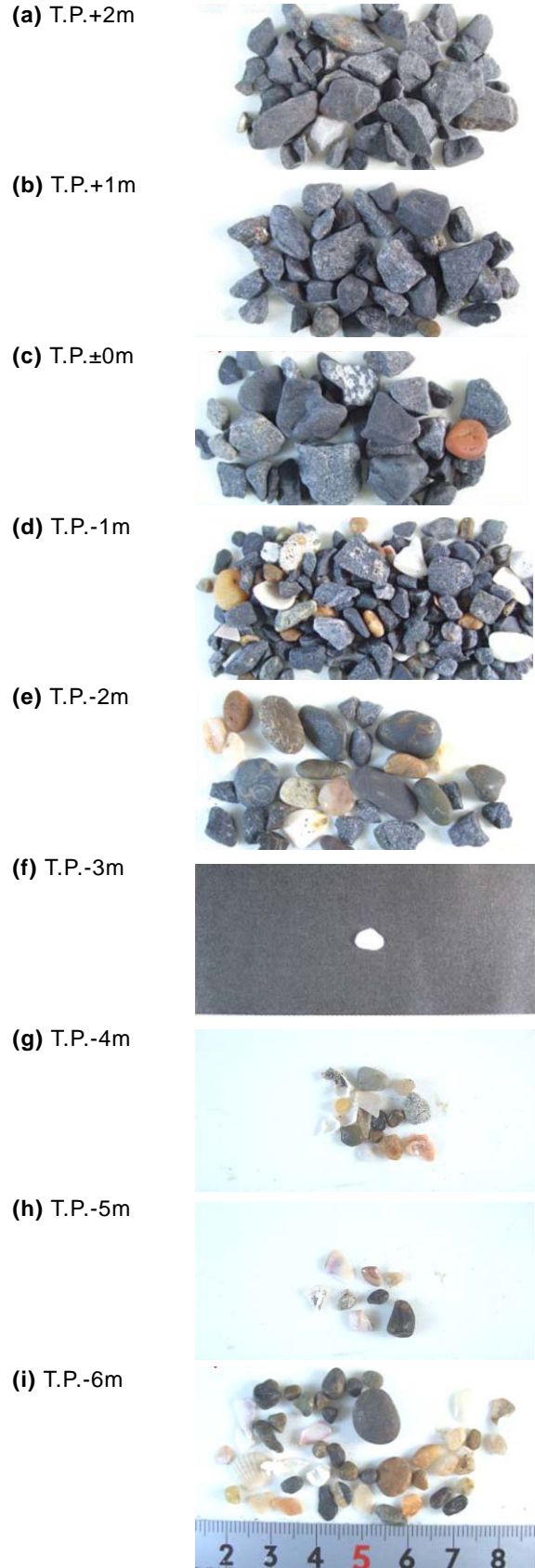


図-8 2.8mmのフルイ目に残留した礫分(測線No.6)

見されず、また水深4,5mでは礫径が3mm程度となり、材質から見て投入礫とは異なる。このことから投入礫は水深ほぼ2m以浅に集中的に堆積す

ることが分かった。

4. 粗粒材養浜を行う際の注意点

一般に、投入砂礫は粒径に応じた平衡勾配⁶⁾に応じて堆積し、細砂は1/30程度の緩勾配で、一方神向寺海岸で使われた径3-13mmの粗粒材では1/8と急勾配で堆積する。したがって護岸前面に堆積して根固め効果を発揮するには粒径の大きな材料が必要とされた。このような岸沖方向の砂移動に加え、沿岸方向の砂移動についても注意を払わなければならない。神向寺海岸での粗粒材養浜は、図-3に示したように両端をHLで区切られたポケットビーチ状の海岸において行われた。粗粒材は急勾配で堆積する特性を有するが、砂浜の両端を区切るHLの先端水深が小さいとその先端を通過して両側へと砂が流出し、最終的に影響が中央部まで及んで砂が流出することになる。このため粗粒材養浜は十分な長さを有するHLが設置され、沿岸漂砂による流出の防止が図られた海岸で行われたのである。もし沿岸漂砂を阻止する施設がないまま粗粒材養浜を行えば、投入された粗粒材は投入地点から下手側へと汀線に沿って急速に移動し、投入地点に留まることはないので安定した砂浜を形成できなくなる。また粗粒材は汀線付近に急勾配をなして堆積するため、細砂養浜の場合と比較してHLや突堤などの施設の長さが相対的に短くてよい、という利点もある。

5. まとめ

神向寺海岸での粗粒材養浜では、投入砂礫は沿岸・岸沖方向に移動したものの、両端はHLで区切られており、また粗粒材は水深2m以浅に集中的に堆積する一方、HLの先端水深がほぼ3mと深

いため、HLの先端を回り込んで南北両方向への粗粒材の流出は生じなかった。これより粗粒材はHL間に留まって根固め効果を発揮すると同時に、広がった前浜は護岸からの越波や飛沫の発生を防止する上でも役立つことが分かった。このことは、細砂養浜において投入した細砂が広く沖合まで拡散するのとよい対照を示し、ある一定量の土砂を投入した場合、粗粒材養浜では護岸前面での堆積が促進される意味で非常に経済的なことを意味する。同時に、汀線付近より沖合に広がらないことから、沖合の細砂からなる海底面に生息する生物、例えばチョウセンハマグリなどへの影響も少ない養浜工法となる²⁾。

参考文献

- 1) 宇多高明・石井秀雄・阿部 良・長山英樹・大木康弘：神向寺海岸における礫養浜の追跡調査、海洋開発論文集、第23巻、pp.1093-1098、2007。
- 2) 宇多高明・土子浩之・阿部 良・松浦健郎・大木康弘・豊田圭太：粗粒材養浜がチョウセンハマグリの生息へ及ぼす影響調査、海洋開発論文集、第25巻、2009。（投稿中）
- 3) 野川康利・宇多高明・松浦健郎・阿部 良・長山英樹・大木康弘：神向寺海岸における礫養浜の歩留まり検討、海岸工学論文集、第55巻、pp.766-770、2008。
- 4) 石井秀雄・中村友和・宇多高明・大木康弘・熊田貴之・芹沢真澄：茨城県神向寺海岸での粗粒材養浜による砂浜の安定化、海洋開発論文集、第22巻、pp.887-892、2006。
- 5) 石井秀雄・中村友和・宇多高明・高橋 功・大木康弘・熊田貴之：粗粒材養浜による砂浜の安定化に関する現地実験、第53巻、海岸工学論文集、pp.681-685、2006。
- 6) 宇多高明・石川仁憲：河口部での土砂移動を安倍川河口に見る、土木技術資料、Vol.50-10、pp.58-61、2008。

宇多高明*



財団法人土木研究センター
理事なぎさ総合研究室長、
工学博士
Dr. Takaaki UDA

石川仁憲**



財団法人土木研究センター
なぎさ総合研究室 主任
研究員
Toshinori ISHIKAWA

酒井和也***



財団法人土木研究センター
なぎさ総合研究室 研究員
Kazuya SAKAI