

◆報文◆

茨城県大野鹿島海岸における波・流れ・地形変化の観測

山本幸次* 笠井雅広** 佐藤慎司***

1. まえがき

茨城県の鹿島灘沿岸は延長約71kmの砂浜で、北端に大洗港、中央部に鹿島港、南端に波崎新漁港が建設されている。一般に、砂浜海岸に構造物が設置されると、その周辺で著しい海浜変形が生じる。鹿島灘沿岸においても大洗港、鹿島港、波崎新漁港周辺で侵食と堆積が生じた¹⁾。特に、鹿島港北側に位置する大野鹿島海岸では、沿岸漂砂の阻止により侵食が生じ、その侵食が北側へ伝播することが懸念された。

このため、侵食対策として自然の岬間のポケットビーチを模したヘッドランド工法の適用が図られ、その侵食防止効果を着実にあげつつある。しかし、ヘッドランド設置以前に侵食された下津～清水の区間では、土砂の供給がほとんどないため、一度失われた砂浜を復元するまでには至っていない。また、この区間は鹿島港やそれに隣接する鹿島灘漁港の外郭施設の遮蔽域にあたるため、複雑な漂砂現象が生じている可能性がある。

そこで、大野鹿島海岸の下津～清水区間のヘッドランド計画の見直しと養浜のために、漂砂機構を把握することを目的として、1996年10月10日～12月21日に波、流れ、地形変化に関する面的観測を行った。その結果、下津～清水区間の漂砂特性や、ヘッドランド周辺の土砂移動状況が明らかになったので報告する。

2. 観測方法

大野鹿島海岸は太平洋に面する延長約12kmの砂浜海岸で、観測は鹿島港の北側に近接する下津～清水の延長約5kmの区間で行った(図-1)。この区間にはヘッドランドNo.6～9が建設されており、No.6、7は縦堤のみの暫定形状で、No.8、9はヘッ

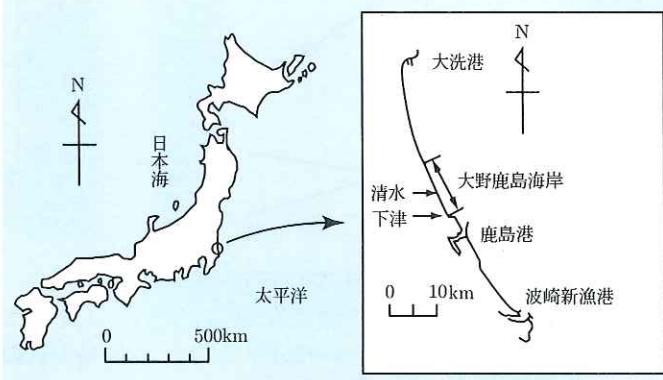


図-1 大野鹿島海岸の位置

ド部まで完成している。また、ヘッドランドNo.6から南に約1km離れた地点には3基の短突堤(下津短突堤群)が、さらに南に約1km離れた地点には堤長約300mの大突堤(平井大突堤)が設置されている。ヘッドランドNo.9～7では砂浜が見られ、ヘッドランドNo.7より南側では砂浜がなく、平井大突堤の周辺で再び砂浜が見られるようになる。

観測は、深浅測量、波浪計による波・流れの観測、濁度計による浮遊砂濃度の観測、および底質の採取・分析などについて行った。各計測機器は図-2(a)に示すようにST.1～10に設置した。ST.1～5はヘッドランドNo.8の沖合水深20、10、6.5、4.5、2mとした。また、ST.6～8はヘッドランドNo.6の沖合水深10、4、2m、ST.9は下津短突堤群の沖合水深3m、ST.10は平井大突堤の沖合水深3.5mに設定した。なお、水深の浅い位置に設置したST.5、ST.8の各種計測機器は、砂に埋もれてしまい回収ができなかった。

各種計測機器による観測は、1996年10月11日～12月22日までの期間とし、この間に各種計測機器の点検を1回行った。深浅測量は1回目を10月10～15日に、2回目を10月29日～11月6日に、3回目を12月11～21日に行い、3回目の深浅測量時に代表地点の底質を採取し、粒度分析を行った。

3. 観測結果

観測期間の10月11日～12月22日の期間には、

10月23~29日に台風23号が、11月10~15日に台風24号が太平洋沖を通過した。また、この2つの台風の間にも低気圧が通過しており、観測期間の前半は高波浪が続き、後半では比較的に小さい波浪条件にあった。

(1) 観測された波・流れの統計結果

ST.1~ST.10において毎正時20分で観測された波高・波向の頻度分布(上段)と流況の出現頻度分布(下段)を図-2(b)に示す。水深20m付近に設定したST.1では、ENE~SE方向から波が入射している。この位置は鹿島港の影響をほとんど受けない位置にあり、ST.1で観測された波は、沖波を代表していると考えられる。ST.1で観測された波の変形状況を、ほぼ同じ測線上に設定したST.2(水深10m)、ST.3(水深6.5m)、ST.4(水深4.5m)の観測データで見ると、波の入射方向が徐々にNE~E

方向へと収束し、屈折により海岸線に対してほぼ直角に入射するようになることが分かる。

沿岸方向の波の特性をほぼ同じ水深に設定したST.4(水深4.5m、ヘッドランドNo.8沖)、ST.7(水深4.0m、ヘッドランドNo.6沖)、ST.9(水深3.0m、下津短突堤群沖)、ST.10(水深3.5m、平井大突堤沖)で比較する。ST.4ではNE~E方向から入射しているのに対し、鹿島港に近くなるにしたがい、徐々にENE~E方向の狭い範囲からの入射波が卓越するようになる。しかし、海底地形による波の屈折と鹿島港の防波堤による波の回折の影響を考えると、NE方向の波が卓越する条件があるので、観測結果においてNE方向からの波が少なくなることの原因については、今後解析を進める必要がある。

流況については、沖合の水深5m以深(ST.1、2、

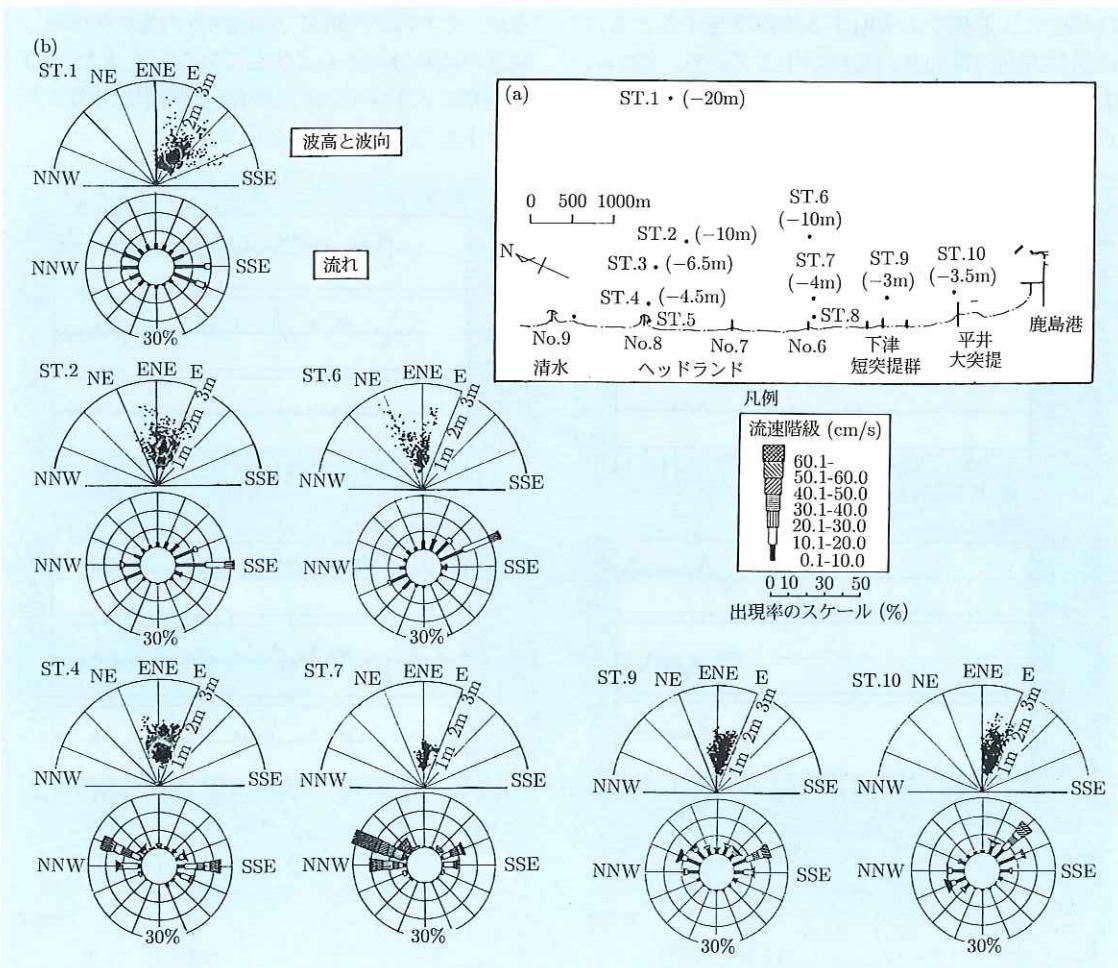


図-2 波と流れの観測結果

3、6)では流れが弱く、沿岸方向の卓越流向は鹿島港側(以下、南向き)である。水深5m以浅では流れが強く、ST.4では鹿島港と逆方向(以下、北向き)の流れと南向きの流れが見られる。ST.7では北向きの流れが卓越し、St.9、10での卓越流向は南向きとなる。また、各観測点においては岸沖方向の流れは弱い。ST.4、7、9、10の観測結果から水深5m以浅においては、鹿島港から離れた位置では波の入射方向に応じて北向きや南向きの流れが生じるが、鹿島港の影響を受ける位置では南向きの流れが卓越すると考えられる。

(2) 水深5m以浅での流れの経時変化

ほぼ同じ水深に設定したST.4、7、9、10で観測された波のエネルギーの沿岸方向成分、流れの沿岸方向成分および岸沖方向成分を図-3に示す。ヘッドランド No.8沖のST.4では、南側から入射する波が卓越するときには沿岸方向の北向きの流れが生じ、北側から入射する波が卓越するときには沿岸方向の南向きの流れが生じている。波の入射方向と流れの方向はよく対応しており、この地点で観測された流れは波によって生じていると考えられる。

えられる。

ヘッドランド No.6沖のST.7では欠測期間が長いが、観測された期間では南側から入射する波が卓越しており北向きの流れが顕著である。また、12月2日前後では北側から入射する波によって南向きの流れが生じている。11月30日～12月21日のST.4とST.7での波向と流向はほぼ同じ傾向であり、このことからST.7でも波向に応じて北向き、南向きの流れが生じていると推定される。

下津短突堤群沖のST.9では10月26日頃(台風23号通過時)に南側から入射する波によって北向きの流れが生じているが、そのほかの期間では南向きの流れが卓越し北向きの流れはほとんど生じていない。入射する波の方向は全期間で南側に若干シフトしたような傾向を示す。平井大突堤沖のST.10でも10月26日頃(台風23号通過時)に南側から入射する波によって北向きの流れが生じているが、そのほかの期間では南向きの流れが卓越し北向きの流れはほとんど生じていない。また、ST.9と同様に入射する波の方向は全期間で南側に若干シフトしたような傾向を示す。

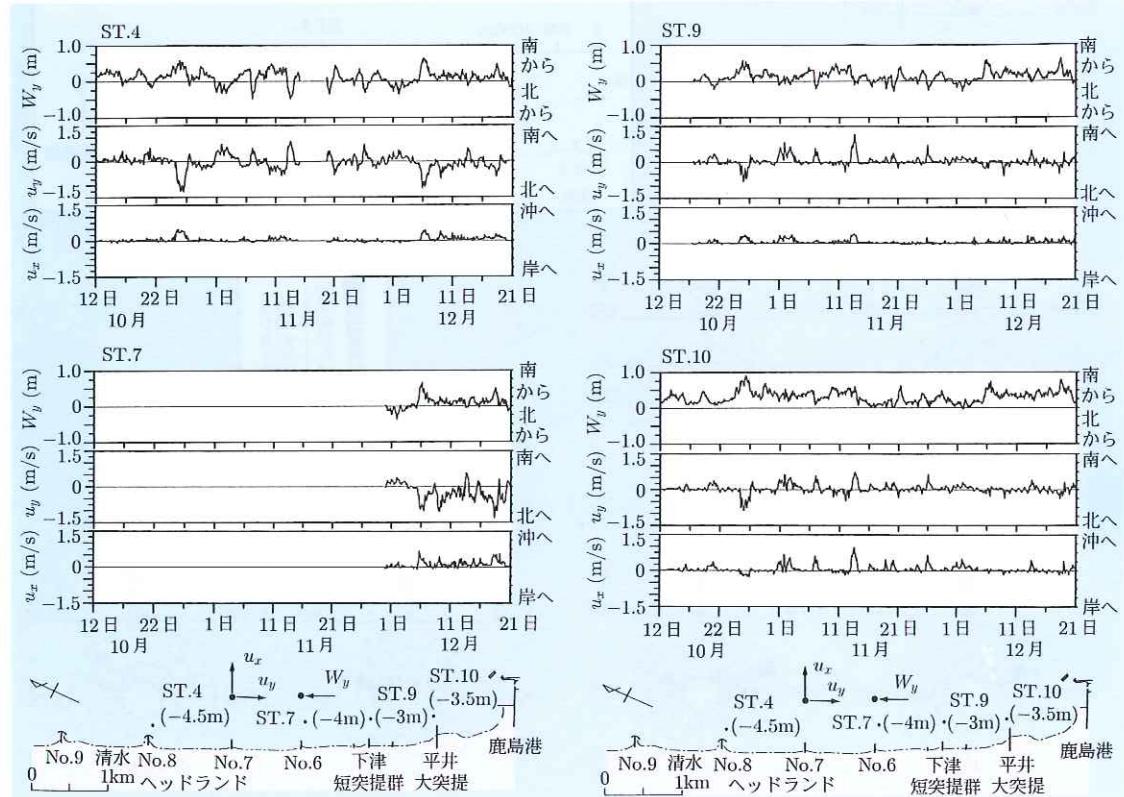


図 3 各地点での波と流れの沿岸方向成分

11月30日～12月21日のデータでST.4、7、9、10を比較すると、流向に関してはST.4、7では波向に対応して南向き、北向きの流れが見られるが、ST.9、10では南側から波が入射しているにもかかわらず北向きの流れが見られない。つまり、鹿島港から離れたST.4、7で北向きの流れが生じているとき、鹿島港に近いST.9、10では沿岸方向の流れはほとんどなく、あったとしても弱い。また、ST.4、7で南向きの流れが生じているときは、ST.9、10でも南向きの流れが生じており、流れの強さもほぼ同じである。すなわち、ST.9、10では南向きの(鹿島港へ向かう)流れが卓越する。このことから、ST.7より北側とST.9より南側では流れの特性が異なり、ST.7とST.9の区間に沿岸方向の流れが変化する点があると推定される。

次に、ST.4、7、9、10で同時期に観測された流れの岸沖方向成分について述べる。ヘッド部まで完成しているヘッドランドNo.8沖のST.4の沖向き流れよりも、ヘッド部が施工されていないヘッドランドNo.6

沖のST.7の沖向き流れが強いが、これはヘッドの有無の影響によると考えられる。汀線付近に設置された構造物の影響を受けない下津短突堤群沖のST.9では流れが弱い。一方、平井大突堤の先端北側のST.10では、ST.4、7、9では観測されていない時期(11月30日～12月2日)において沖向きの流れが見られる。このときの沿岸方向の流れは鹿島港へと向かう流れであり、この流れが大突堤に遮られ沖へと流出したと考えられる。

(3) 沖合での浮遊砂濃度の経時変化

沖合で観測された平均浮遊砂濃度の経時変化を有義波高および流速の変動とともに図-4、5に示す。水深20mのST.1では有義波高が2mを超えた10月25日に浮遊砂濃度が大きく立ち上がりピーク値をもつ(図-4)。このとき、海底面での流速はあまり大きくなない。水深10mのST.2では有義波高が2mを超えた10月25～27日と11月1～3日に

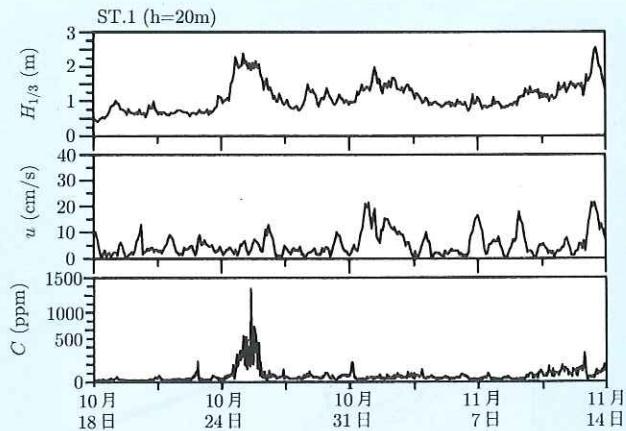


図-4 ST.1で観測された浮遊砂濃度

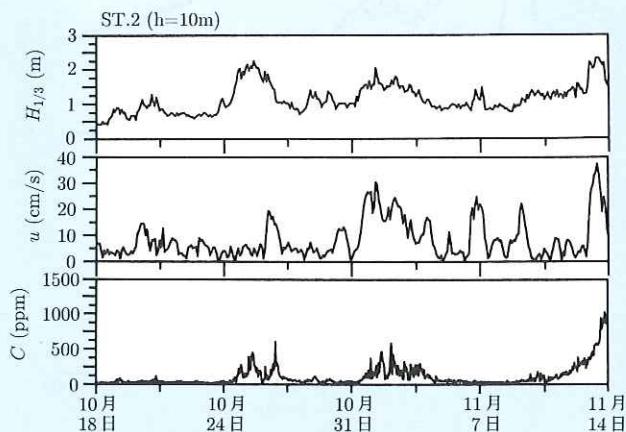


図-5 ST.2で観測された浮遊砂濃度

浮遊砂濃度が大きくなっている(図-5)。このとき、海底面の流速も大きく、波高、流速、浮遊砂濃度の対応はよい。これは、水深10mでは波・流れに対応して底質が巻き上げられ浮遊して輸送されることを示す。

(4) 地形変化

3回の深浅測量で得られた代表測線の断面形状を図-6に示す。ヘッドランドNo.9～No.7の区間の測線No.1、2に着目すると、変化量は岸沖方向でほぼ釣り合っており、1回目と2回目ではバーが発達、または沖合へ移動する侵食型の変形を示し、2回目と3回目ではバーが消失、または陸側へ移動する堆積型の変形を示す。この区間は比較的に安定していると考えられる。

ヘッドランドNo.7～No.6の測線No.3では地形変化量が大きく、変化量は岸沖方向で釣り合っていない。1回目と2回目の断面形状の比較では侵食

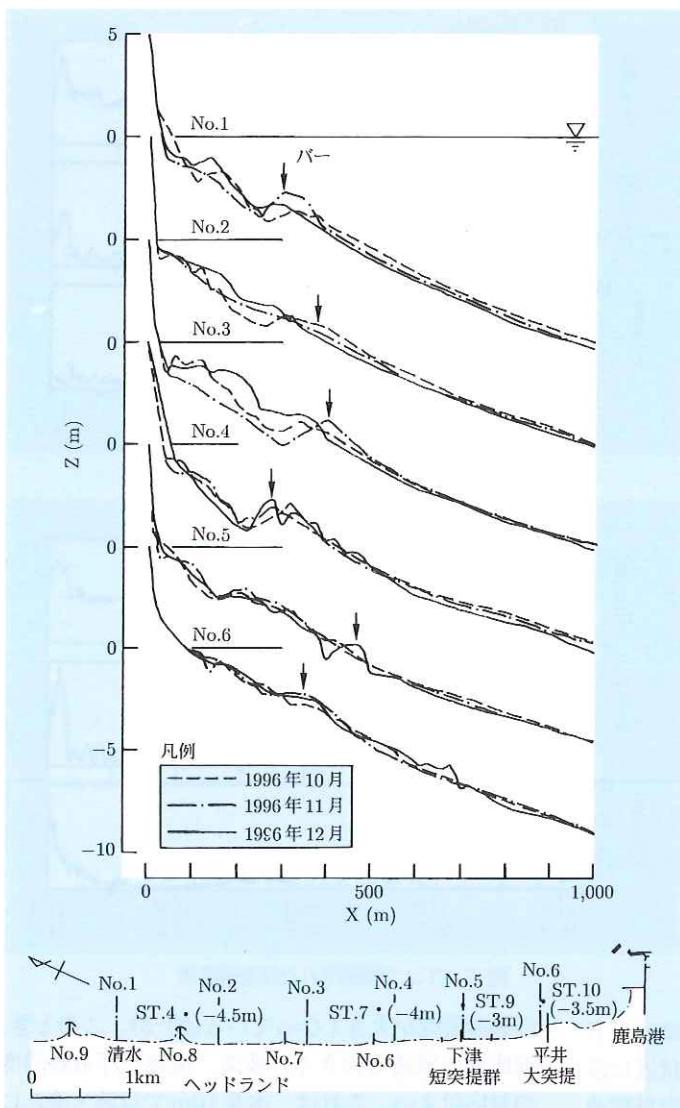


図-6 海浜断面形の経時変化

され、2回目と3回目では堆積した。以上のことから、この区間は沿岸漂砂による地形変化が卓越していると考えられる。ヘッドランド No.6 より鹿島港側の測線 No.4、5、6 では地形変化が小さい。これは、この区間にはほとんど砂浜がないこと、および鹿島港の影響を受けていることによると考えられる。

また、底質の採取・分析結果によれば、水深3m以深では粒径が0.2mm以下の底質が分布し、その粒径の平均値は $d=0.14\text{mm}$ であった。また、汀線付近では $1.5\text{mm} \sim 0.2\text{mm}$ の底質が分布しており、その粒径の平均値は $d=0.38\text{mm}$ となる。全採取地点の底質の粒径の平均値は $d=0.24\text{mm}$ であり、

汀線付近に粗粒の底質が、沖合に細粒の底質が分布していた。

4. 漂砂特性に関する考察

前節までに述べた観測結果から推察されるヘッドランド No.9～鹿島港の区間の漂砂特性を図-7に模式的に示す。まず、沿岸方向の底質移動について考察する。水深5mより沖合では弱い南向きの流れが卓越し、沖に分布する底質は細粒であるので量的には少ないものの鹿島港側に運ばれやすい。

水深5m以浅においては、前述したようにヘッドランド No.6 と下津短突堤群の区間に沿岸方向の流れが変化する点がある。すなわち、ヘッドランド No.6 より北側では、波の入射方向によって南向き、北向きの流れが生じ、それによって底質も運ばれる。また、下津短突堤群より南側では北側から波が入射する場合には南向きの流れが生じ平井大突堤付近に底質が運ばれる。

したがって、南向きの漂砂により底質が運ばれてきて、北側へは底質が運ばれない平井大突堤から鹿島港では堆積傾向の変形が進む。一方、波の入射方向に伴い南北両方向の漂砂が生じるもの、平井大突堤から鹿島港の区間からの土砂供給がない

下津短突堤群より北側では、侵食傾向の変形が進むことになる。この侵食傾向は北側へと進行していくが、ヘッドランド No.7 より北側ではヘッドランドが整備されているため安定な海浜が保たれる。

次に岸沖方向の底質移動について述べる。統計的にみると水深5m以深では岸沖方向の流れは小さく、それに伴う底質移動も少ないと考えられる。水深5m以浅ではヘッド部の完成しているヘッドランド No.8 付近と、沖側に突出していない下津短突堤群付近では沖向きの流れは小さく、それに伴う沖への底質移動も小さいと考えられる。

一方、ヘッド部のない暫定形状のヘッドランド No.6 付近と、平井大突堤付近では沖向きの強い流

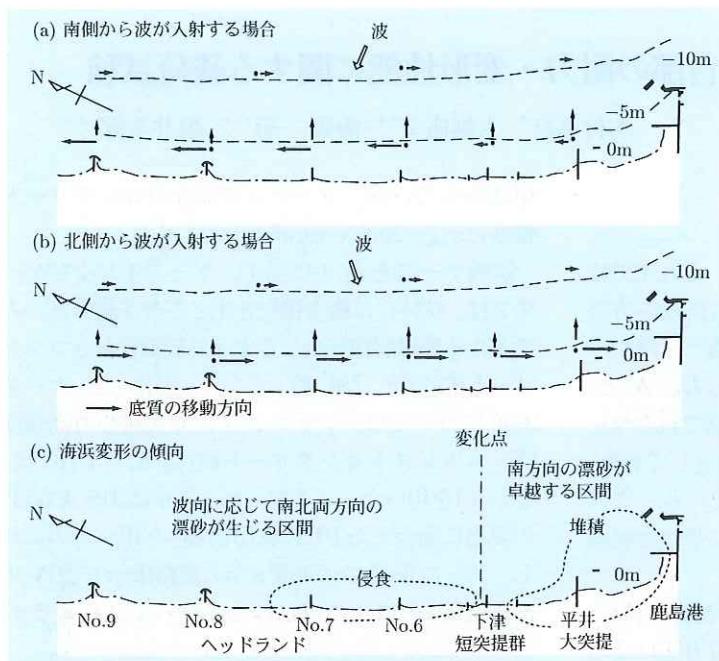


図-7 観測対象海岸の漂砂特性の模式図

れが生じる場合があり、それに伴う沖への底質流出が懸念される。深浅測量によると地形変化は水深5m以浅で主に生じており、ヘッドランドNo.6や平井大突堤に沿って底質が水深5m以深の沖合に運ばれることは、その区間の前浜の侵食を助長する可能性がある。

5. あとがき

大野鹿島海岸のヘッドランドNo.9～鹿島港までの区間で、1996年10月10日～12月22日の期間に面的観測を行った。その結果、波、流れ、地形変化に関する貴重なデータが得られ、底質移動機構について考察した。

これをもとにすれば、下津～清水間の今後の海岸保全について、次のように提案できる。この区間では鹿島港側への漂砂が卓越するので、それを

制御する必要があるため、ヘッドランドNo.6を延伸するとともにヘッドを施工する。次に、土砂の供給が望めないヘッドランドNo.6とNo.7の区間に養浜することにより砂浜の再生を図る。また、砂浜のないヘッドランドNo.6と平井大突堤の区間では下津短突堤群をヘッドランドに改築し、養浜を行い砂浜を回復する。ヘッドランドの堤長については、北側ヘッドランドの堤長と平井大突堤の堤長を勘案して決定する。なお、突堤のみの形状では、沖への底質流出を助長する可能性があるので、その対策としてヘッド部の施工を行うのが望ましい。

謝辞：今回の観測では、茨城県土木部河川課および潮来土木事務所

に協力していただいた。特に、現地データの取得などについて、住谷廸夫課長補佐および萩谷英嗣災害・海岸係長に便宜を図っていただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 宇多高明：「日本の海岸侵食」，山海堂，442p, 1997.

山本幸次*



建設省土木研究所河川部
海岸研究室研究員
Koji YAMAMOTO

笠井雅広**



同 海岸研究室研究員
Masahiro KASAI

佐藤慎司***



同 海岸研究室長、工博
Dr.Shinji SATO