

北海道野付崎の海岸侵食とその対策

宇多高明*・川森 晃**・若林隆司***

1. ま え が き

一般に、砂嘴は十分な沿岸漂砂の供給がある条件で形成される。しかしながら我が国にある代表的な砂嘴を縁取る海岸ではいずれも侵食が著しい。駿河湾内にある三保松原や美保湾に面した弓ヶ浜半島の皆生海岸、そして徳島県の今津坂野海岸などがそれらの実例である。北海道東部にある野付崎もこれらと同じ条件にあり、近年侵食が著しい。複合砂嘴として有名な野付崎に沿って広がる標津海岸では、海食崖や河川からの供給土砂量の減少と漁港防波堤による沿岸漂砂の阻止に起因する侵食が進んでいる。一方、侵食の激化とともに海岸線に沿って消波工が設置されたため、景観上も問題となっている。こうしたことから、標津海岸の侵食を防止する具体案を早急に作り上げる必要に迫られている。このため、本研究では波や流れの現地観測やボーリングによる地質調査、さらには空中写真などの分析を通じて侵食実態を解明するとともに、海浜安定化のための具体案について検討するものである。

2. 野付崎の周辺地形と波浪条件

野付崎は我が国第1の規模を持つ複合砂嘴で、図-1に示すように北側を知床半島、東側を国後半島、南側を根室半島で囲まれている。野付崎へ到達する波の吹送距離は、ESE方向に比べてNE方向の方が長いので、NE方向からの波浪エネルギーが卓越し、それが野付崎形成にかかる主な営力とされている(宇多・山本, 1992)。しかし、野付崎周辺では十分な波浪観測がおこなわれておらず、侵食対策の立案上問題があった。そこで本研究では図-2に示すように1992年8月と12月に波浪観測を実施した。観測は水深10mのP₁では冬季に、水深10mのP₂では夏季に観測を実施した。まず、野付崎の形成に最も深く関与すると考えられる冬季の風浪に関しては、NNE方向からの入射波が非常に卓越する。この方向角は砂嘴の北側の汀線に対しほぼ直角方向からの入射であ

る。これに次いで多いのがN方向である。この方向は野付崎の北側汀線への法線に対し反時計回りの方向からの入射となるため、野付崎では全体として南東向きの沿岸漂砂が発達することになる。一方、野付崎の先端部の汀線はその方向をほとんど180°変えている。このような汀線形状が形成されるにはNNE系列の波の入射のみでは考えにくい。そこでE方向からの入射波が発達し易い夏季に観測を行った。これによるとP₂での卓越波の入射

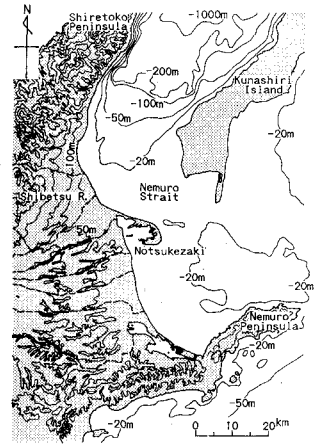


図-1 野付崎周辺の海底地形

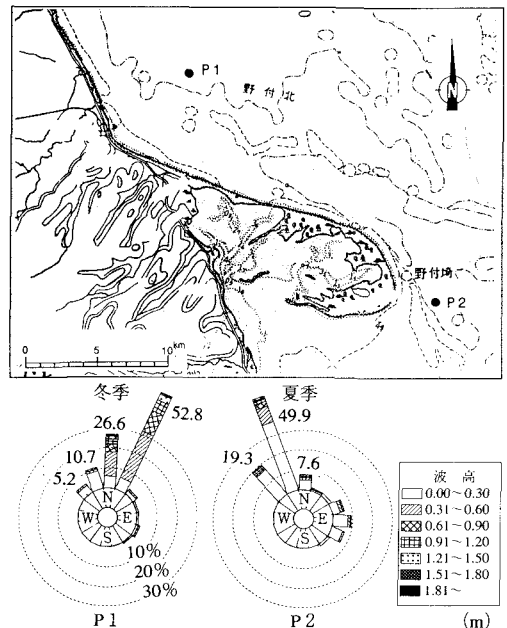


図-2 波浪観測位置と結果

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長
 ** 正会員 工博 (株)アルファ水工コンサルタンツ
 *** 正会員 (株)アルファ水工コンサルタンツ

方向はNNWであり、それに次いでNW方向からの頻度が高い。これは根室海峡で発達するNNEまたはNE方向の入射波が、野付水道を南へ屈折しつつ伝播することを表していると考えられる。また、頻度は低いもののE系列の入射波も無視できない。このように、野付崎先端部の竜崎岬周辺では2組の大きく異なる方向からの波が作用しており、このことが野付崎先端の複雑な汀線形状を定める上で重要な効果を有していたと推定される。

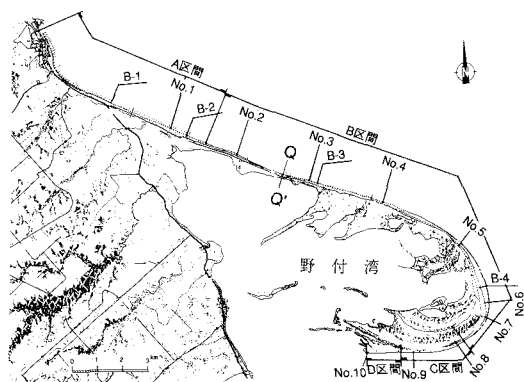


図-3 測線ならびに底質採取箇所

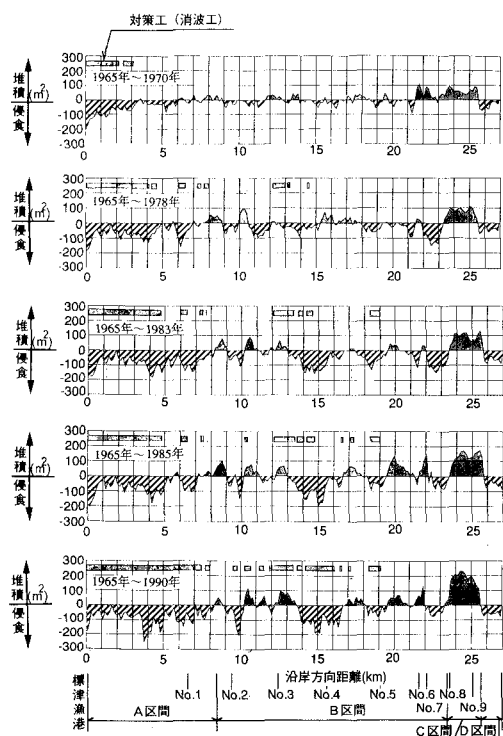


図-4 汀線比較図

3. 野付崎における汀線変化

宇多・山本(1992)は、野付崎の形成にかかる土砂の供給源を明らかにするために、野付崎の北端部にある標津漁港の北約8 kmにある崎無異川河口より野付崎先端部までの汀線変化を調べた。その調査では、砂嘴先端部での土砂の堆積状況の分析は行っていない。そこで本研究では、砂嘴の変形を土砂収支に注目して分析を進めることにした。まず図-3に示すように、標津漁港より砂嘴の先端までの全域において空中写真より150 m間隔で汀線位置を読み取った。そして1965年を基準とした1990年までの汀線変化量を求めた(図-4)。これより汀線は全体的に見ると後退傾向にあることが明らかである。標津漁港の東側隣接域では経年的に汀線後退域が広がったものの、測線No.1~No.3の間では局所的に堆積した箇所も見られる。1990年までの変化を見るとA~Dの4区間に分割して考えることが合理的である。区間Aは標津漁港に隣接した侵食区域、区間Bは侵食・堆積を繰り返す区域、区間Cは近年著しい堆積の見られた区域、そしてその隣の侵食域が区間Dである。特徴的なのは、A, B両区間での汀線後退と同時に、区間Cで汀線が大きく前進したことである。野付崎では南東向きの沿岸漂砂が卓越するが、標津漁港が1937年に建設されて以来、南東へ向かう沿岸漂砂は大きく減少している。このため標津漁港の下手側より侵食が進み、それとともに図-4に示すように対策工の範囲も次第に延長された。一方、砂嘴の裏側の区間Cでは堆砂が続いている。野付崎の先端部においては、現在も砂嘴の発達が続いている。砂嘴先端部の1952年~1990年の汀線変化を空中写真をもとに調べたのが図-5である。砂嘴の野付湾側の汀線は非常に入り組んだ形態であるが、砂嘴の先端部は1952年以来西向きに単調に伸び、1952年より1990年までに最大415 mも西へ延びた。この間の平均伸長速度は11 m/yrに達した。砂嘴の先端部の汀線は年度ごとに互いにはほぼ平行移動しているが、それより東側の部分では1952年以降、汀線の突出部が削られ、1965年以降は平滑化されて汀線が直線的になりつつある。1952年より1990

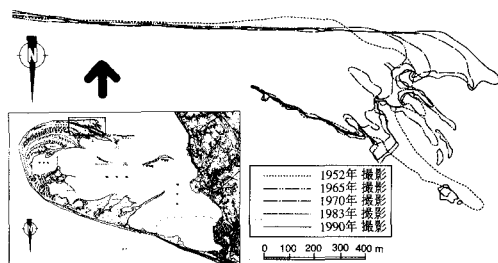


図-5 砂嘴先端部の汀線変化

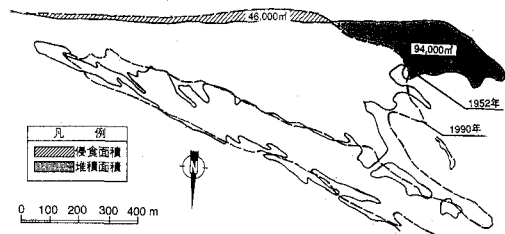


図-6 砂嘴先端部の侵食、堆積状況

年までの汀線変化はかなり著しいので、これら兩年の汀線のみを取り出して比較すると図-6となる。野付湾側の汀線変動は外海での波の入射と無関係であるから無視し、砂嘴の先端より外海側で比較を行うと、堆積面積が $9.4 \times 10^4 \text{m}^2$ 、侵食面積が $4.6 \times 10^4 \text{m}^2$ となる。

4. 浜堤高の比較と海浜縦断面形の比較

図-3に示したように、砂嘴は北側の付け根付近で幅が非常に狭くなっている。そこでこの位置に測線 Q-Q' を設定し、前浜の断面形を測定した。砂嘴先端の測線 No. 10 と、砂嘴幅の最も狭い断面 Q-Q' の前浜形状の相違について汀線位置をあわせ、比較すると図-7となる。両断面とも前浜勾配は 1/10 で同一であるが、浜堤の高さにはかなりの相違が見られる。Q-Q' 断面では消波工と道路があるため、その下部を滑らかに結ぶと、浜堤の高さは 3.1m となる。一方、測線 No. 10 の浜堤高は 2.1m である。測線 Q-Q' は野付崎への卓越入射波に直接的に曝されているのに対し、測線 No. 10 は砂嘴自体による波の遮蔽領域に入っているため浜堤高が相対的に低くなったと考えられる。そして前浜付近の勾配が同一であることから、平均満潮位を浜堤高より差し引いた値の比 (0.54) は作用波の波高比に近似的に等しいと考えられる。

一方、測線 No. 10 では、数列の浜堤が測定されている。これらのうち、高さが 1.2m 以下のものはその高さが低いことから、満潮時に野付湾内での風波により形成されたものと考えられるので除外し、残りを内陸側より①～⑥とすると、浜堤の高さは外側ほど高まりを示している。このことは、図-5に示したように、砂嘴の先端部が次々と堆積しつつ伸びていくとともに、砂嘴自体による波の遮蔽効果が次第に弱まったことを表していると考えられる。

次に、海浜縦断面形状を図-8に示す。標津漁港の下手側に隣接し、近年著しい侵食を受けた測線 No. 1, No. 2 では、海浜縦断面形は上方に凹状となり、急深である。汀線付近の急勾配と対照的に、沖合には非常に緩い勾配の海底面が続く。例えば、No. 1 の $y \geq 250 \text{m}$ では 1/200 勾配、No. 2 の $y \geq 250 \text{m}$ では 1/125 勾配、そして No. 3 の $y \geq 200 \text{m}$ では 1/500 勾配となる。これらの 3 断面は、

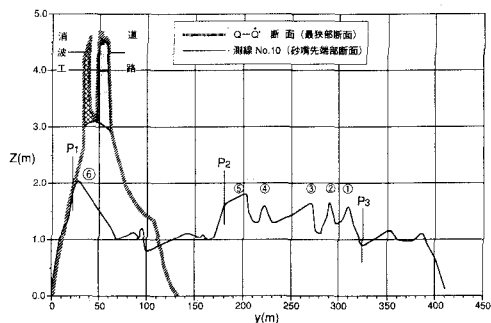


図-7 測線 No. 10 ならびに Q-Q' 断面比較図

いずれも砂嘴周辺における侵食断面の一般特性 (宇多・山本, 1992) とよい一致を示す。一方、砂嘴の先端部に位置し、近年も堆積傾向を示す測線 No. 8,

No. 9 では上に凸状のバームを形成している。注目されるのは、砂嘴が最も東方向へ突出した竜神崎に隣接する測線 No. 5, No. 6, No. 7 の断面形である。No. 5 では、汀線より約 3m まで落ち込んでほぼ平坦と

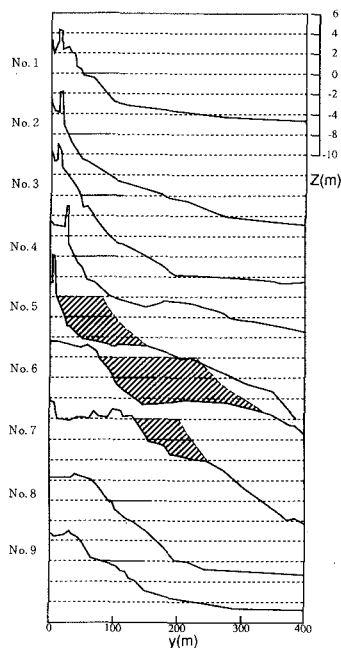


図-8 海浜縦断面形比較図

なったあと $y \geq 150 \text{m}$ では海底勾配が 1/40 と急になっており、明らかに $y \approx 150 \text{m}$ 付近に勾配の急変点が存在する。No. 6 でも同様に汀線より約 3m まで急に落ち込んだあとほぼ平坦面が続く、 $y \approx 300 \text{m}$ 付近より再び急な変化が見られる。さらに測線 No. 7 でもほぼ同様な変化が見られ、 $y = 250 \text{m}$ で勾配が急変し、急変点の水深はほぼ 2.5m にある。

以上のように、No. 5～No. 7 のいずれの測線においても沖合に水深約 3m の平坦面がある点は、これらの測線では過去に土砂が堆積した時には勾配急変点より現在の汀線付近の勾配で外挿した断面と平均水面との交点に汀線があり、その後波の作用により No. 5, No. 6 では約 3m まで、No. 7 では 2.5m まで侵食されて汀線が後退したことが推定される。この場合、過去の汀線を推定する

とそれぞれ図-8の斜線で示すようになる。前出の図-3には、上述の方法により推定した過去の汀線を一点鎖線で示す。現況の汀線はNo.5~No.7の間でその前後の汀線と滑らかにつながらず、歪んだ形状となっているが、ここで推定した過去の汀線は全体に滑らかな汀線となった。このことは現在の歪んだ形の汀線は、一度堆積したあとに再び侵食されて形成されたこと、すなわち海浜変形の履歴効果が含まれていることを表していると考えられる。

5. 底質特性と地質断面

1987年に行なわれた底質調査により、標津海岸の4測線における底質中央粒径の水深方向分布をまとめたのが図-9である。 d_{50} は水深1~2mで10~20mmの極大値を持ち、水深方向には急激に減少する。水深約4m以深ではほぼ0.15mm以下の細粒となる。 d_{50} の水深方向分布において、粒径が0.2mm以上の粗粒より細粒へと急激に変わる水深は、海浜断面形の比較において波による地形変化がほぼ見られなくなる地形変化の限界水深とよい対応を示すことがいくつかの現地海岸で明らかにされている(例えば、宇多・野口, 1990)。このことを考慮すると、図-9に示した d_{50} の水深方向分布によれば、地形変化の限界水深はほぼ4m付近にあると推定される。

次に、野付崎の形成を地質的な面より考慮するために、図-10のSt.1~St.5で示す5地点でボーリング調査を実施した。砂嘴の先端部のSt.4では、地盤高1.71mより-0.79mの間に砂礫層がのり、その下部に約1mの礫混じりの砂層を挟んだあと、-2.99mまで砂礫が堆積している。そしてこれ以深では腐植土が現れる。図-2に示した深淺図によれば、砂嘴の先端部付近の水深は約3mである。したがって砂礫の堆積は陸上部の1.7mより海面下の約3mまで全体でほぼ4.7mの範囲(移動高)で生じていると推定できる。

図-9に示した底質中央粒径の水深方向分布によれば、-3mは粒径より見た限界水深(-4m)に近い値であって、この面から見てもこの限界水深はほぼ妥当であろう。横断方向に並んだSt.1~3を比較すると、砂礫層はSt.1の-1.65mよりSt.3の-2.52mと深度が増す傾向にある。St.5では表面近くには礫がの

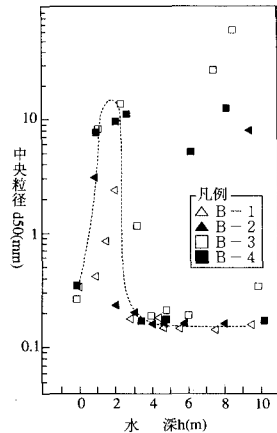


図-9 底質粒径の水深方向分布

mの間で砂質に変わり、-1.16m~-3.7の間は礫混じりのシルト層となる。すなわち侵食されて最も幅が狭くなっているこの付近では、上層に約3mの砂礫がのっているものの、それ以深ではシルト質となっており、波の侵食に対して強い砂層ではないことがわかる。

6. 侵食・堆積土砂量の経年変化

野付崎周辺での漂砂の移動高は前節で述べたように $h=4.7m$ と推定されるので、この値を図-6で得られた前浜面積の変化量に乗ずると土砂量に変換され、堆積土砂量は $4.4 \times 10^5 m^3$ 、侵食土砂量は $2.1 \times 10^5 m^3$ となる。砂嘴の南側汀線に沿って侵食された土砂は砂嘴の先端へ回り込んで堆積したとすれば、測線No.8を通過して西向きに流れた土砂量はそれらの差として $2.3 \times 10^5 m^3$ となり、経過年数で割れば、沿岸漂砂量は $6000 m^3/yr$ となる。この沿岸漂砂量は外洋に面した海岸の沿岸漂砂量数万 m^3/yr と比較すると1オーダー小さいが、調査対象域が砂嘴の背後で波が静穏な場所であることから、少なくともオーダー的に見れば妥当な漂砂量と言えよう。

次に、野付崎全体を4つに区分したA~D区間の変土砂量の経年変化について論ずる。侵食・堆積土砂量の計算は図-4の汀線変化図をもとに、各区間ごとに汀線の前進または後退面積を求め、これに漂砂の移動高(4.7m)を乗じた。その結果、A, B両区間では侵食傾向にあり、1965年~1990年の間にA区間では $7.5 \times 10^6 m^3$ の土

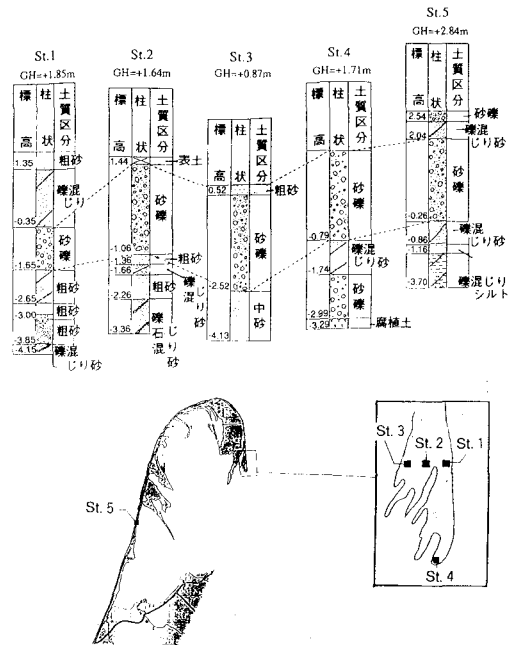


図-10 砂嘴先端部ならびに最狭断面における地質状況

砂量が、B 区間では $3.5 \times 10^5 \text{ m}^3$ の土砂量が減少した。一方、C 区間では土砂量は増加傾向にあり、1965 年～1990 年で $3.5 \times 10^5 \text{ m}^3$ の土砂が堆積した。さらに D 区間では逆に $0.7 \times 10^5 \text{ m}^3$ の侵食が起きており、土砂収支の均衡は取れていない。この原因として侵食土砂のうちシルト質などの細粒分は竜神崎より海浜流が剝離して離れる際、南東方向へ運び去られた可能性が指摘される。なぜなら、図-2 に示したようにこの付近には浅瀬が南東方向に伸びており、その形状が砂嘴先端部で剝離したと考えられる海浜流の方向とよく対応するからである。

7. 対策案の検討

野付崎は標津漁港より北側の海食崖からの侵食土砂と、流入河川からの供給土砂が南東向きの沿岸漂砂により運ばれ、堆積して形成されたものであるが、近年では海食崖基部で侵食防止が図られ、供給土砂量が減少している。また、野付崎の付け根には標津漁港があり、今後は漂砂供給量が激減し、ほとんど0かあるいはサンドバイパスなどにより利用しうる土砂はごくわずかという条件の下で検討を進めねばならない。また、図-3 および図-4 によれば現在標津漁港～測線 No. 5 の間はほぼ全域で消波工等の設置が行なわれている。一方、砂嘴の先端部では依然として堆砂が続いている。こうした状況のもとで今後とり得る策は次の手法が考えられる。

① 標津漁港～測線 No. 5 の侵食区間

現在は護岸や消波工により守られており、海岸線を維持する上では役立っているが、周辺の土砂が流出し、沿岸漂砂により運び去られているため、経年的にブロックの沈下・散乱が問題となる。砂嘴の切断を防止するとともに国道を維持するには当面、消波工の災害復旧を継続的行なわざるを得ない。長期的には適当な間隔でヘッドランドを配置し、標津漁港北側の堆積土砂を投入し、前浜を復元し、消波工の沈下災害の防止を図ることである。

② 測線 No. 5～No. 8

侵食は受けたものの、現在はまだ前浜が広い部分である。ここではヘッドランド群を早急に展開し、海浜の安定化を図る必要がある。そのまま放置すると上手側から

の土砂供給が不足しているため、北側部分より汀線の後退が著しくなり、測線 No. 5 以北と同様、消波工が汀線に沿って並ぶものと予想される。図-8 に示した断面図によると、No. 5～No. 7 では-3 m 付近に平坦面があるので、ヘッドランドはこの平坦面に設置する。先端水深はそれほど深くないことから、経済的でなおかつ漂砂を阻止する上でかなり効果的である。

③ No. 8 より西側

No. 8 付近でのヘッドランドの建設により、それより西側の汀線はフック状に後退する。しかし、この付近では十分広い前浜があるので、汀線の後退に対しただちに保全対策はとらなくてもよいと考える。環境上も保全すべき重要な場所であるから、周辺への影響に十分配慮する。仮に対策が必要となっても十分な時間的余裕がある区域である。

以上、3 区間に分けて対策案を示したが、優先的、計画的に行なうべきは No. 5～No. 8 区間のヘッドランドであり、No. 5 以北では当面は災害対策を進めればよいであろう。

8. あとがき

砂嘴の一部を構成する他の海岸と同様、野付崎を縁取る標津海岸でも漂砂供給の減少に伴って海岸侵食が著しく進んできている。砂嘴は漂砂の十分な供給のもとで形成されるが、その基本条件が失われたため大きな変化が起こりつつある。その状況は放置できないが、海岸線に沿って消波工を切れ目なく並べるのではなく、ヘッドランドにより海岸線を区分してできるだけ天然の砂浜を残す策を取るべきであろう。対策を実現する間にも侵食は広がるので、その状況にも十分注意して計画を進める必要がある。

参考文献

- 宇多高明・野口賢二 (1990): 富山県東部宮崎・境海岸における海浜変形の実態, 地形, Vol. 11, No. 4, pp. 337-347.
- 宇多高明・山本幸次 (1992): 北海道野付崎の形成過程, 地形, Vol. 13, pp. 17-33.
- 宇多高明・山本幸次 (1992): 湖内および湾内に発達する砂嘴地形の変形特性, 土木研究所報告, 第 186 号, pp. 59-72.