

砂浜海岸における植生の地形変化に及ぼす影響に関する現地調査

加藤 史訓*・佐藤 慎司**・田中 茂信***・笠井 雅広*

1. はじめに

砂浜海岸では、ハマニンニクなどの海岸植生の最前部を境に海浜勾配が変化したり、植生のあるところが周辺より高くなっていたりするなど、海岸植生と地形の間には何らかの関係があるものと考えられる。また、前浜上の海岸植生は遡上波による砂移動に影響するとともに、飛砂が最も多い表面付近の風速を低減し、砂の一部を捕捉していると考えられる。仲座ら(1991)は、沖縄本島の東海岸と西海岸との間の前浜形状の違いが植生の捕砂・留砂機能によることを指摘している。しかしながら、地形変化と植生の相互干渉についてはまだよくわかっておらず、植生に関する長期の現地調査を継続することが必要である。

本研究では、砂浜海岸に生える草本の地形変化に及ぼす影響を調べるため、植生、地形、風及び飛砂に関して現地調査を行った。

2. 調査地概要

図-1のように、調査地は九十九里浜のほぼ中央部の小松海岸で、片貝漁港の北東約4 kmである。砂浜幅は約100 mで、砂浜と保安林の間に標高6 m前後の砂丘がある。保安林頂部の高さは砂丘のそれと同程度である。調査範囲は、沿岸方向約500 m、汀線から保安林前面までである。なお、汀線付近、植生帯前面、植生帯中央部、植生帯後部で表層の砂を採取し粒度試験を行ったところ、いずれの地点でも中央粒径は約0.15 mmであった。

3. 植 生

1996年9月に調査地の踏査を行ったところ、植生が36種確認された。群落として確認されたのは、ハマニンニク群落、ハマヒルガオ群落、チガヤ群落、コマツヨイグサ群落、オニシバ群落、コウボウシバ群落、ギョウギ

シバ群落、コウボウムギ群落の8群落であった。各群落の分布を見ると、最も海寄りにハマニンニク群落が広く分布し、ハマヒルガオ群落やコウボウムギ群落、コマツヨイグ

サ群落等がその背後に見られ、保安林近くの砂丘はチガヤ群落で占められていた。また、調査地内の一部に設置されている海岸堤防の背後は、コウボウシバ群落とオニシバ群落が分布していた。なお、植生帯最前部の標高は2.2~3 mであった。

植生の季節変化を調べるため、調査地内に1 m四方のコドラートを図-2のように20点設置し、1996年9月下旬から1997年1月下旬まで1か月間隔で植高と植被率(コドラート内で植物が地上投影で占める割合)を測定した。各コドラートの特徴は表-1のとおりである。優占群落種毎に植高と植被率を集計したのが図-3、4である。植高は冬になるにつれてコウボウムギ以外の群落で減少しており、とりわけハマニンニク群落とコマツヨイグサ群落が著しかった。また、植被率は全群落とも減少しており、ハマヒルガオ群落、ギョウギシバ群落、コウボウ

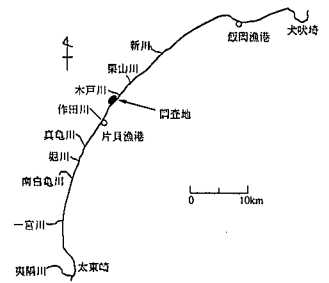


図-1 調査地の位置

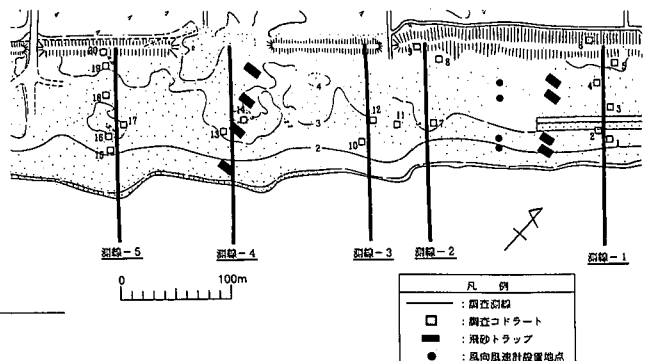
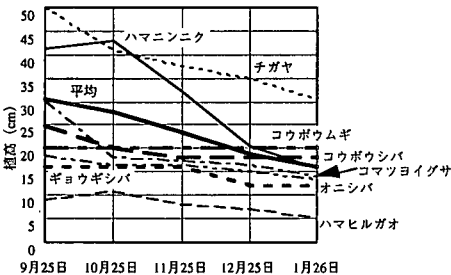


図-2 測線とコドラートの配置

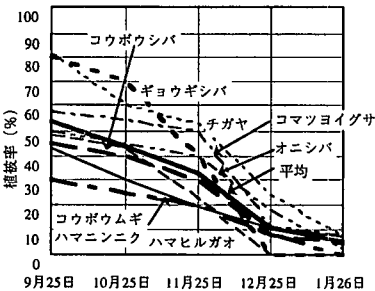
* 正会員 工修 建設省土木研究所海岸研究室研究員
 ** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室室長
 *** 正会員 工修 (財)国土開発技術研究センター(前建設省土木研究所海岸研究室室長)

表一 各コドラートの特徴

コドラート	特 徴
1	植生帯最前線のハマニンニク群落
2	堤防前面のハマニンニク群落
3	堤防背後の緩斜面にあるコマツヨイグサ群落
4	後背砂丘前面のオニシバ群落
5	後背砂丘前面のハマヒルガオ群落
6	後背砂丘裏側のチガヤ群落
7	植生帯最前線のハマニンニク群落
8	後背砂丘前面のオニシバ群落
9	後背砂丘上部のハマニンニク群落
10	植生帯最前線のハマニンニク群落
11	最前線のハマニンニク群落背後のハマヒルガオ群落
12	植生帯中央部のコウボウシバ群落
13	植生帯最前線のハマニンニク群落
14	ハマニンニク群落背後でマウンド上部のハマヒルガオ群落
15	植生帯最前線のハマニンニク群落
16	植生帯中央部のコマツヨイグサ群落
17	植生帯中央部のギョウギンバ群落
18	植生帯内やや後方のコウボウムギ群落
19	後背砂丘斜面のチガヤ群落
20	後背砂丘上部のチガヤ群落

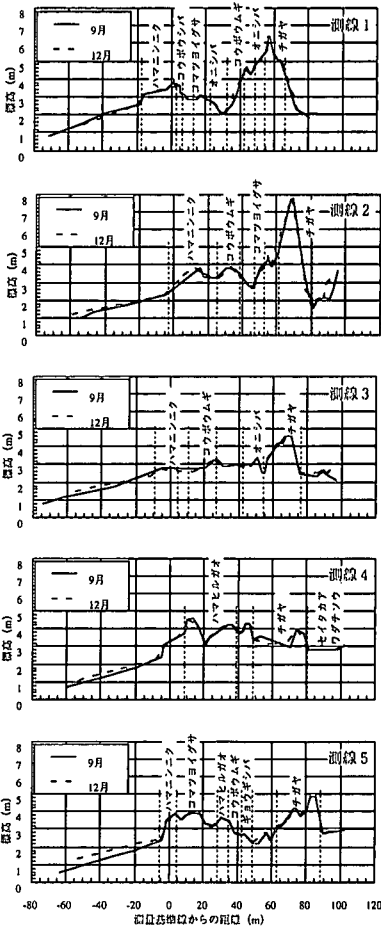


図一三 植高の変化



図一四 植被率の変化

ムギ群落は1月下旬にはほぼ0であった。また、枯れても砂浜上に残っている草本も地形変化に影響があると考えられるので、地上部が枯れた植物も含めて算出した植被率を表覆度として測定したが、植被率とほぼ同様に減少していた。



図一五 断面変化

4. 地 形

調査地の地形変化を把握するため、調査地内に5本の測線を岸沖方向に設定し、1996年9月と12月に断面測量を行った。図一五は各測線毎の測量結果である。両時期を比較すると、標高2m以下のところで堆積していることがわかる。図中に示した植生配分と比較すると、植生帯より海側で地形変動が生じていることがわかる。

調査地に近い片貝漁港での毎正時の最大波高と潮位を用いて、1996年9月から1997年1月における波の最大打ち上げ高をHuntの式により求めると、図一六のようにT.P.+1.2mとなった。ただし、図一七のように台風17号による時化中の波高欠測期間に潮位がさらに60cm上昇したので、最大打ち上げ高はT.P.+1.8m以上であった可能性がある。時化直後に地下茎が露出したハマニンニクが随所に見られたが、Huntの式では植生まで波が打ち上がらなかった結果となった。以上のことか

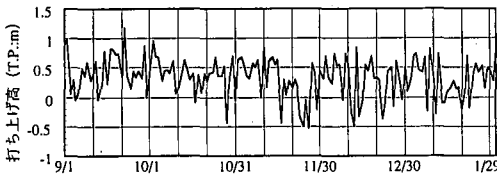


図-6 打ち上げ高 (1996. 9-1997. 1)

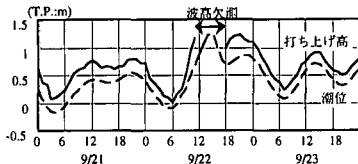


図-7 台風 17 号接近時の打ち上げ高

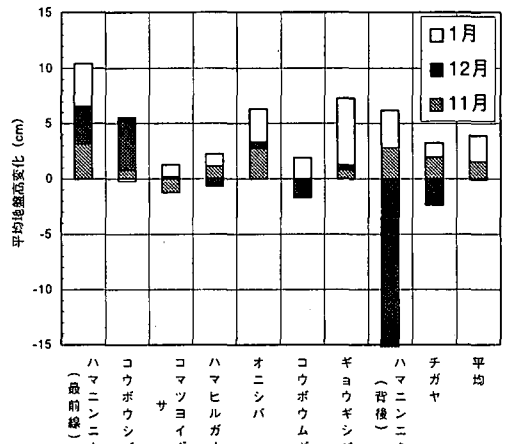


図-8 平均地盤高変化 (優占群落別)

ら、植生帯より海側での地形変化は主として波により生じたものと考えられる。

植生帯内の地形変化を詳細に調べるため、1996年10月下旬から1997年1月下旬まで1か月間隔で、各コドラートの周辺の50 m² (沿岸方向10 m×岸沖方向5 m) で細密な平面測量 (10 cm コンター) を行った。その結果を用いて、測量範囲の平均地盤高の変化量を優占群落種毎に算出した。ただし、ハマニク群落については、植生帯最前部の群落と植生帯背後の群落とに分けて集計した。図-8のように、最前部のハマニク群落が優占種であるコドラートの周辺で堆積が顕著で、その背後のハマヒルガオ群落やコウボウムギ群落、コマツヨイグサ群落、後背砂丘のチガヤ群落の周辺では地形は安定的であった。

96年11月から97年2月の間、植生帯最前部のハマニク群落では毎月約3.5 cm 地盤高が上昇しているが、ハマニク群落の植高は43 cm から16 cm に激減している。一方、11月にオニシバ群落で3 cm、12月にコウボウムギ群落で5 cm、1月にオニシバ群落とギョウギシバ群落でそれぞれ3 cm、6 cm 堆積しているが、堆積期間の前後の植高にほとんど変化は見られなかった。また、ハマヒルガオ群落等の安定的な群落の植高の変化もハマニク群落より小さく、植高もオニシバ群落より大きい群落もあれば小さい群落もあった。このように、地形変化と群落の植高との関係は認められなかった。

同期間の植生率については、12月のコウボウムギ群落や1月のオニシバ群落のように堆積量も植生率の減少とも大きい場合と、11月のオニシバ群落や1月のギョウギシバ群落のように堆積が大きいものの植生率が変化していない場合が見られた。逆に、12月のハマヒルガオ群落やコマツヨイグサ群落、コウボウムギ群落、1月のチガヤ群落では、植生率の減少が大きいのに地形変化がほとんどなかった。このように、地形変化と植生率との関係

も認められなかった。

図-9はコドラート周辺の測量結果を前浜における位置別に集計したものである。前面砂丘では、ハマニク群落のある前面で毎月約3.5 cm の堆積があるのに対し、頂

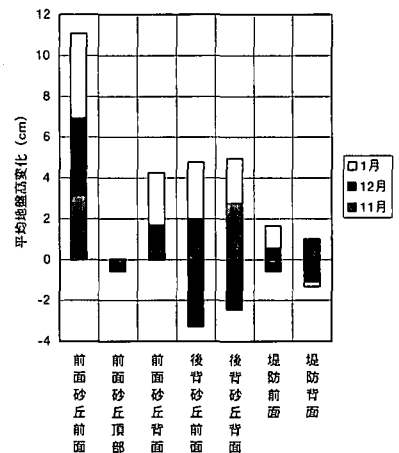


図-9 平均地盤高変化 (位置別)

部ではほとんど変化がなく、背面で堆積量がだんだん増加していた。一方、後背砂丘では、11月と1月は堆積傾向にあったのに対し、12月は侵食傾向にあった。また、堤防前面では11月が侵食傾向、12月と1月が堆積傾向であり、堤防背面ではその逆の傾向であった。

5. 風・飛砂

調査地の風を連続的に観測するため、調査地の北東約2.5 kmにある千葉県沼浜海浜公園展望塔に風向風速計を設置して観測を行った。風向風速計の設置点は標高T.P. 38.2 mで、展望塔と海岸との間にあるクロマツ林よりはるかに高い。図-10は1996年9月18日から1997年2月28日までの期間に得られた毎正時の瞬間風速・風向データから作成した風配図である。全風の卓越風向は北北西であるのに対し、強風 (風速10 m/s以上) は北西だけでなく南南西も卓越していた。全風、強風ともに、陸から海に向かって風が吹くことが比較的多い。図-11は

毎正時の瞬間風速をプロットしたものである。11月までに比べ12月以降の方が強風頻度が高い。11月からの3か月間について、毎正時の瞬間風速の岸沖方向成分（北西風を正）をプロットしたのが図-12である。12月は海から陸に向かって吹く風が比較的多かったのに対し、1月は陸から海に向かって風が吹くことが多かった。このことから図-9の平均地盤高変化を考察すると、前面砂丘の前面及び背面では風向に関わらず堆積していたのに対し、後背砂丘では陸から海に向かって風が吹いた1月には堆積傾向、海から陸に向かって風が吹いた12月には侵食傾向にあったことがわかる。

調査地は粒径が細かいので、飛砂による地形変動が大きいものと考えられる。しかし、飛砂を引き起こす地上付近の風は、微地形の影響を受けるため一様なものではないことが予想される。そこで、1997年2月21日に岸沖方向の4点（汀線～植生最前部、植生最前部、植生繁茂地、後背砂丘前面：図-2参照）の地上1mにおける風を1時間毎に10分間測定した。観測を始めた直後は晴天であったが、正午前に数分間の降雨があった。図-13は各時刻における砂浜上の各地点での10分間平均風速を示している。植生最前部より海側の2点に比べ、植生繁茂地、後背砂丘の順に風速は小さくなっていた。

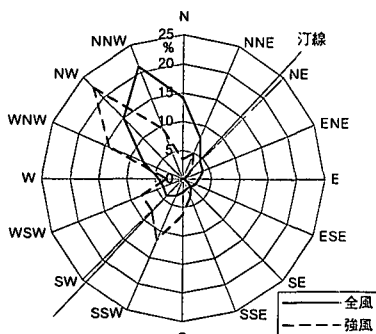


図-10 風配図

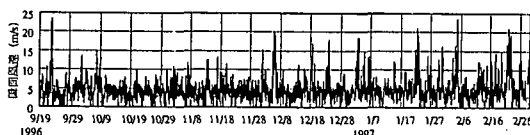


図-11 展望塔での毎正時瞬間風速

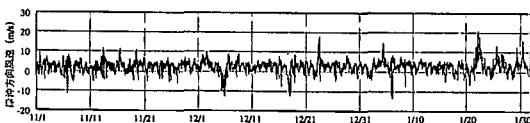


図-12 展望塔での風の岸沖方向成分

飛砂が発生しているときの摩擦速度 u_* と地上高 z における風速 u の間には、式(1)のような関係がある。

$$u = 5.75 u_* \log \frac{z}{z_0} + u' \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに (u', z) は通常 focal point と呼ばれる点で、風速の鉛直分布を表す曲線群が集中する点である。摩擦速度が同一となるときの展望塔での風速 u_t と地上1mでの風速 u_1 との関係は、式(1)から導出される式(2)で表される。

$$u_1 = u_t \left\{ 1 - \frac{\log(z_1/z_t)}{\log(z_t/z)} \right\} + u' \frac{\log(z_1/z_1)}{\log(z_t/z)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 z_t は展望塔の地上高、 $z_1 = 100$ cm である。式(2)を用いて、展望塔での瞬間風速を地上1mでの風速に換算した。図-14は、1997年2月21日の11時と12時の前浜上の4点での平均風速と地上1mでの風速に換算した展望塔での瞬間風速の比を表している。風向が西南西であった11時には、植生帯より海側での風速は地上1mでの風速に換算した展望塔での瞬間風速とほぼ等しく、後背砂丘前面でも7割程度の風速が観測された。風向が北北西に変わった12時には、植生帯での風速は換算風速の半分以下となり、植生帯より海側でもその6割程度であった。13時以降もほぼ同様の傾向にあることから、防風林や後背砂丘の風下側になる場合、前浜での風速は他の風向に比べ低減率が大きいことがわかる。また、海岸上空での風速が同じでも地表付近の風速は風向により大きく異なるので、飛砂を発生させる限界の風速も風向により異なることが考えられる。

風観測と同時刻に、岸沖方向に設定した2測線（測線

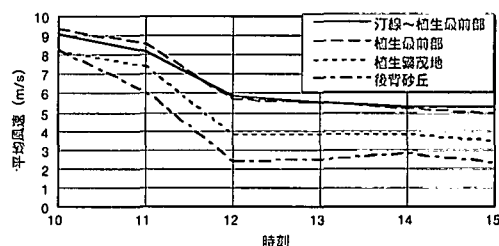


図-13 前浜での風速

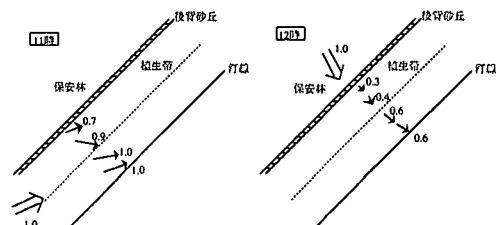


図-14 前浜での風の低減

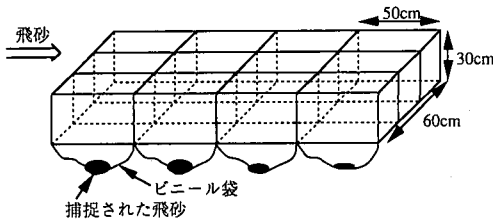


図-15 捕砂器

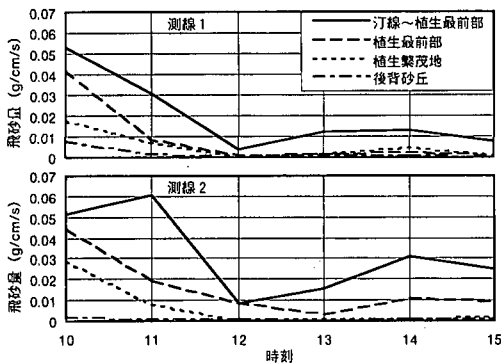


図-16 捕捉された飛砂量

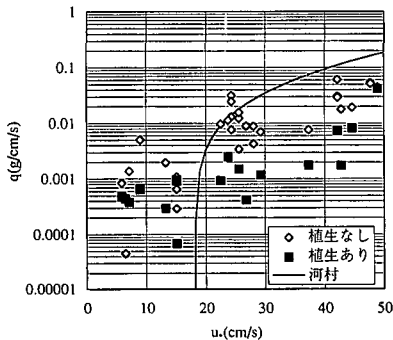


図-17 摩擦速度と飛砂量の関係

1: 堤防の南西端付近, 測線 2: 断面測量の測線 4) 上の 4 点 (図-2 参照) で飛砂観測を行った。観測に用いた捕砂器は図-15 のような水平型捕砂器である。捕捉された砂が流出することがないようにするため、砂が深さ 30 cm の仕切りの下端に取り付けたビニール袋に入るようにした。捕砂器は、設置時の主風向を考慮して東西方向が長辺 (200 cm) になるように砂浜に埋め込んで設置し

た。午後 3 時頃に砂の含水比を測定したところ、捕砂器で捕捉された飛砂は 0.3~0.4%, 捕砂器周辺の表面で 2.7~4.2% であった。図-16 は、毎正時からの 10 分間に捕砂器に捕捉された砂の質量を捕砂器の平均風向方向の投影長さで除した、単位時間の単位幅飛砂量を示している。この図のように、測線 1, 2 とともに、飛砂量は植生帯最前部より海側で多く、植生繁茂地や後背砂丘前面では少なかった。また、植生帯最前部より海側での飛砂量は降雨直後の 12 時に激減し、風が若干弱まったにもかかわらず 13 時以降は増加に転じていた。一方、測線 2 の方が測線 1 より飛砂量が多いが、これは測線 2 のすぐ西側の海岸へのアクセス通路に植生がなく、しかもそこを風が吹き抜けるためと考えられる。図-17 は、捕砂器周辺の植生の有無別に摩擦速度と飛砂量の関係をプロットしたものである。図中の実線は河村公式から得られたもので、その実験係数は 0.1 としている。限界摩擦速度 (18.1 cm/s) より摩擦速度が大きい領域では、周囲に植生がある方が飛砂量が小さくなる傾向にある。

6. おわりに

本研究で得られた主要な結論は以下のとおりである。

- (1) 海浜は植生帯最前部のハマニンニク群落で堆積傾向だったが、その背後のハマヒルガオ群落、コウボウムギ群落、コマツヨイグサ群落、チガヤ群落ではあまり変化がなかった。
- (2) 地形変化と海岸植生の植高や植被率との相関は見られなかった。
- (3) 海浜が防風林や後背砂丘の風下になる場合、他の風向に比べ地表付近の風速は低減される。
- (4) 飛砂は汀線～植生最前部の方がその後より激しい。

海岸植生は砂浜の保全効果を持っていることから、海岸植生の保全が必要であると考えられる。今後も継続して調査を行ってきたい。

参考文献

- 仲座栄三・津嘉山正光・砂川勇二・大山幸徳 (1991): 捕砂・留砂機能を有する植生による砂浜の維持システムに関する研究, 海岸工学論文集, 第 38 巻, pp. 336-340.
- 堀川清司・堀田新太郎・久保田進 (1985): 飛砂が存在する状態での風速鉛直分布の現地観測, 第 32 回海岸工学講演会論文集, pp. 350-354.