

琉球大学学術リポジトリ

[論文]

瀬底島サンゴ礁海岸における砂質堆積物の移動

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄地理学会 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 平山, 静香, 廣瀬, 孝 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002017749

瀬底島サンゴ礁海岸における砂質堆積物の移動

平山 静香*・廣瀬 孝**

(*沖縄県警, **琉球大学法文学部)

I はじめに

九州以北のサンゴ礁の分布しない海浜は、黒い色調のところが多い。これは、海浜の構成物が山(陸側)から供給されているためである。一方、琉球列島の海浜は、サンゴ礁特有の白さの目立つ堆積物が分布しているところが多い。琉球列島の海浜堆積物は、サンゴ破片、貝殻破片、有孔虫殻、棘皮類、甲殻類、石灰藻類など、生物の骨格や外殻の細片であり、すなわち生物の遺骸が堆積物の大部分を占めている。これら砂質堆積物の多くは、海岸線前面の浅海底で生産され、潮汐や風などの働きにより海浜に運搬されていると考えられている。つまり、琉球列島の島々に白い海浜が多く分布するのは、形成する構成物がサンゴ礁の海から供給されているからである。

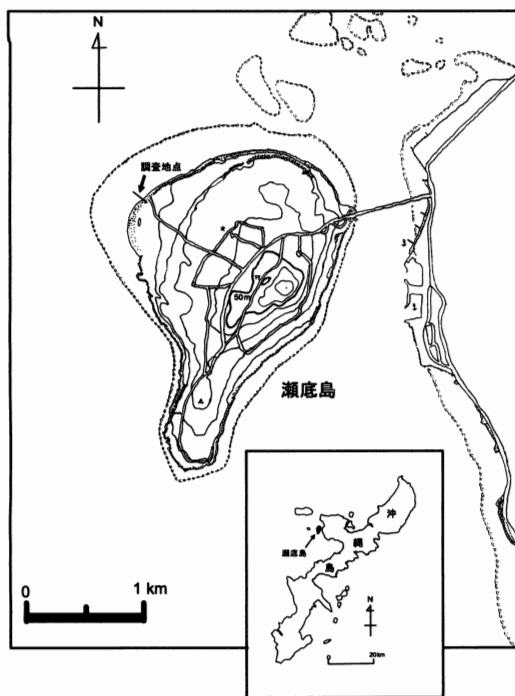
サンゴ礁海岸の砂質堆積物に関するこれまでの研究としては、以下のようなものがある。山内ほか(1989)は、1972年以來、琉球列島の十数個の島々の海浜で、横断測線上の堆積物分布について、構成物質、構成割合、有孔虫殻(星砂)の棘の磨耗度に注目した砂質堆積物の移動などの実態調査を行ってきた。秋山(1979)は、サンゴ礁海岸における漂砂の調査研究を行い、有孔虫殻の碎屑過程を指標に用いる事の意義を指摘した。両者の研究によって明らかにされた点は、琉球列島のサンゴ礁海岸の砂質堆積物には、有孔虫殻が多量に含まれる事、そして、有孔虫の生息の場や有孔虫殻の供給の

場は、礁縁から50~100m内陸側の礁原上にあることなどである。また、長谷川(1990)は、沖縄県久米島のハテノハマ州島において調査を行い、サンゴ洲島の海岸線変化は台風の影響が大きいことを指摘した。

これまでの研究では、調査地を時間の移り変わりごとに測量、観察した例は少なく、砂質物の移動が最も大きいとされる暴浪時(特に台風前後)の変化については、まだ不明瞭な点が多い。本研究では、サンゴ礁海岸の砂浜において、どのような砂質物がどのように浜に堆積し、移動しているかを考察することを目的とする。そのため瀬底ビーチを対象として、台風をはさんだ時間経過による砂浜の地形変化を調査し、砂質堆積物の粒度組成を波、風などの外的影響を受けやすい表層部分だけでなく、直接影響を受けにくい地中部分についても測定し、潮汐や風のデータと合わせて考察した。

II 研究対象地域の概要

研究対象地域である瀬底島(第1図)は、沖縄島の北西部に位置し、面積は2.99km²、最高所は島の中央部で、海拔76mである。島の周囲にはサンゴ礁が発達し、島の北側、南西側に断崖がある。島の大部分は第四紀の琉球石灰岩からなり、それらは、段丘地形を形成している。また、島の中央部には中生代の石灰岩が分布している。調査対象とした瀬底ビーチは島の北西部にあり、島の中では最も広い砂浜で、沖側に最大幅400mの広いサンゴ礁が発達している。



第1図 研究対象地域の位置と地形

島に地表河川が存在しないため、ビーチを構成する砂質物の供給源は海からのものと限定できる(第1図)。また調査地点の海浜の背後には海岸砂丘とみられる地形があり、ヒルガオ、アダン、モクマオウなどの植生がある。

III 研究方法

1. 海浜縦断形の測量および貫入試験

海浜堆積物の移動をとらえるため、海浜地形が大きく変化する暴浪時を含む7回の縦断測量を2002年7月から12月にかけて行った。このうち第1~4回の測量は、海浜地形が大きく変化する暴浪時(台風)前後に行った。第1回目は、台風0205号(2002年5号で、7月3日~4日にかけて琉球列島を通過)通過後の7月8日に行い、第2回目は台風0207号(7月14日~15日にかけて琉球列島を通過)通過直後の7

月15日に、第3、4回は、8月29日~30日にかけて琉球列島を通過した台風0215号の通過直前の8月29日と通過直後の8月30日に行った。また、第5~7回目の測量は、それぞれ11月5日、11月17日、12月15日に行った。

測量は、海岸砂丘部分に設置されたコンクリート製の柱を不動点として毎回の測線起点と置き、ここから海岸線に直交する縦断測線を設定して行った。この測線に沿って、オートレベルとスタッフと巻き尺を用いて、砂浜の地形断面形(起点からの距離と高さ)を計測した。なお、瀬底島南部の三角点(38.92m)からオートレベルを用いて測量を行った結果、測線起点部分(水平距離0m地点)は、東京湾平均海面(TP)を基準にすると、標高+391cmであった。

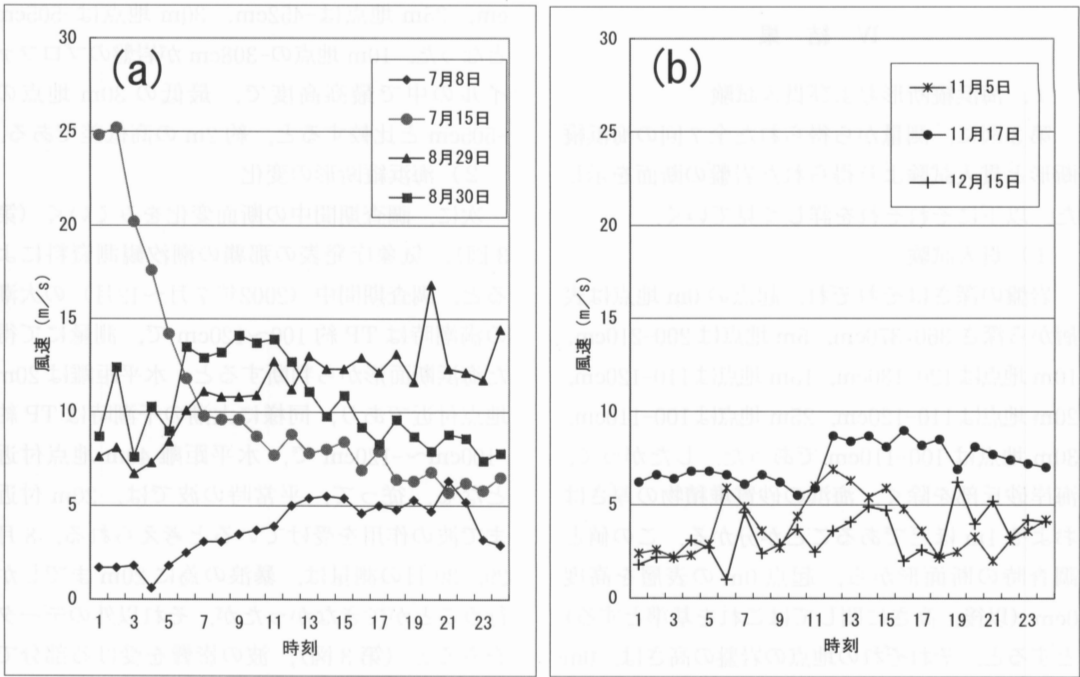
また、砂浜部分の砂質堆積物の厚さを知るため、起点からの距離0m、5m、10m、15m、20m、25m、30mの7地点において斜面簡易貫入試験器を用いて貫入試験を行った。貫入試験で得られた堆積物の厚さと測量で得られたその日の断面形から、岩盤のプロファイルを作成した。

また、海浜堆積物を移動させる要因を考えるため、以下のような潮汐および気象観測資料を整理した。気象庁発表の那覇(那覇市通堂町、緯度:26°13'N、経度:127°40'E)の潮汐観測資料を用いて、調査時の潮位と調査時から24時間前までの平均海面・最高潮位・最低潮位を求めた。また、沖縄気象台名護測候所(緯度:26°35'N、経度:127°58'E)のデータから調査日の毎時風速の時間変化の図を作成し(第2図)、調査日の風向別頻度分布、調査開始の7月から最終調査が行われた12月までの日別風速変化、降水量などの資料を得た。

2. 海浜堆積物の性質

1) 粒度分析

測線上いくつかの地点において表層および地中における砂質堆積物試料の採取を行った。採



第2図 名護測候所における調査日の毎時風速の時間変化
(a: 夏季の調査, b: 冬季の調査)

取した試料は、110℃で24時間炉乾燥させ、4000 μ m、2000 μ m、1000 μ m、500 μ m、250 μ m、125 μ m、63 μ mのふるいを使用して、粒度分析を行った。分析結果は、Wentworth (1922) にもとづき、2000 μ m以上を礫、2000 μ m~1000 μ mを極粗砂、1000 μ m~500 μ mを粗砂、500 μ m~250 μ mを中砂、250 μ m未満を細砂と分類し、重量百分率を求めた。

2) 有孔虫殻の棘の磨耗度

採取した試料の中から無作為に有孔虫殻を50個選択し、棘の磨耗度による分類を行った。本研究では、山内ほか(1989)と同様に棘の磨耗度を以下のように3段階に区分した。棘の形態が原形通りにほぼ完全に残っているものを階級A、棘が磨耗を受けているが明瞭に残ってい

るものを階級B、棘がほとんど磨耗してしまったものを階級Cとした(写真1)。



写真1 有孔虫殻の棘の磨耗度分類の一例

IV 結果

1. 海浜縦断形および貫入試験

第3図に、測量から得られた全7回の海浜縦断形と貫入試験より得られた岩盤の断面を示した。以下にそれぞれを詳しく見ていく。

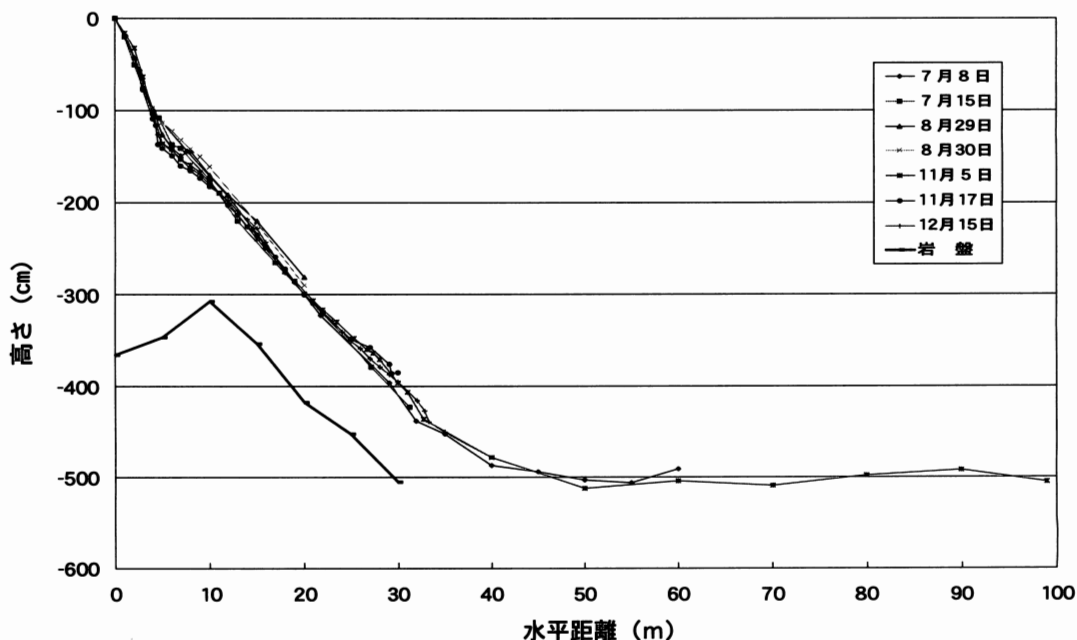
1) 貫入試験

岩盤の深さはそれぞれ、起点の0m地点は表層から深さ360-370cm、5m地点は200-210cm、10m地点は120-130cm、15m地点は110-120cm、20m地点は110-120cm、25m地点は100-110cm、30m地点は100-110cmであった。したがって、海岸砂丘部を除く、海浜の砂質堆積物の厚さはおよそ1mほどであることが分かる。この値と調査時の断面形から、起点0mの表層を高度0cm（以後、高さに関してはこれを基準とする）とすると、それぞれの地点の岩盤の高さは、0m地点は-366cm、5m地点は-347cm、10m地点は-308cm、15m地点は-354cm、20m地点は-417

cm、25m地点は-452cm、30m地点は-505cmとなった。10m地点の-308cmが岩盤のプロファイルの中で最高高度で、最低の30m地点の-505cmと比較すると、約2mの高低差である。

2) 海浜縦断形の変化

次に、調査期間中の断面変化をみていく（第3図）。気象庁発表の那覇の潮汐観測資料によると、調査期間中（2002年7月～12月）の大潮の満潮時はTP約100～120cmで、測量にて得た海浜断面形から判断すると、水平距離は20m地点付近であり、同様に大潮の干潮時はTP約-100cm～-120cmで、水平距離40m地点付近となる。従って、平常時の波では、20m付近まで波の作用を受けていると考えられる。8月29、30日の測量は、暴浪の為に20mまでしか行うことができなかったが、それ以外のデータをみると（第3図）、波の影響を受ける部分である20m～40m地点では、夏の測線（7月8、15日の調査）は11月以降の冬の測線よりも低



第3図 海浜縦断形の測量結果

く、侵食傾向を示している。それに対して、0 m～20m 地点の海浜縦断形の変化をみると、反対にこの区間では夏の測線のほうが、冬の測線よりも高く、堆積傾向を示している。調査期間全体では、8月30日と11月17日の差が最大で、5m、7m 地点で28cmの高低差があった。

海浜縦断形の変化をより詳細に見るため、全調査のデータがそろった0m～20m 地点について、海浜縦断形の変化を前後2回の調査ごとに第4図に示した。

7月8日～7月15日の断面変化(第4図a)を見ると、測線全体にわたって侵食傾向にあり、特に5m～8m、10m～14m 付近にかけては最大約10cmの侵食がみられた。この間には、台風0207号が通過しており、この台風は7月15日午前2時に最大風速25.2m/s(この台風の最大瞬間風速46.4m/s)を記録し(第2図)、終日南南西、南西からの強い風が吹き続けた。7月15日の調査では、海浜表層の砂質堆積物は南西からの風の影響を強く受けている事が分かる砂模様がみられた。

8月29日～8月30日(第4図c)では、測線上4m～14m 地点にかけて最大20cm堆積したが、15m～20m 地点では侵食が確認された。この台風は8月30日未明に通過し、8月29日午後8時には最大風速である16.8m/s(この台風の最大瞬間風速30.8m/s)を記録した(第2図)。風向は29日午前1時には北北西の風であったが、時間の経過ごとに北北西、西北西、北西の風へと徐々に変化し、30日はさらに西、西南西、南南西、南西と風向が変化した。すなわち、この2日間の間に北～西～南へと調査地を取り囲むように海側から陸側のビーチに向かい垂直方向の風が吹いたことになる。

8月30日～11月5日(第4図d)では、この間約2ヶ月の時間経過があった。中村(1990)は、1976～1981年にかけて、風向風速の日データを分析し、夏の南方向の風から冬の北方向の

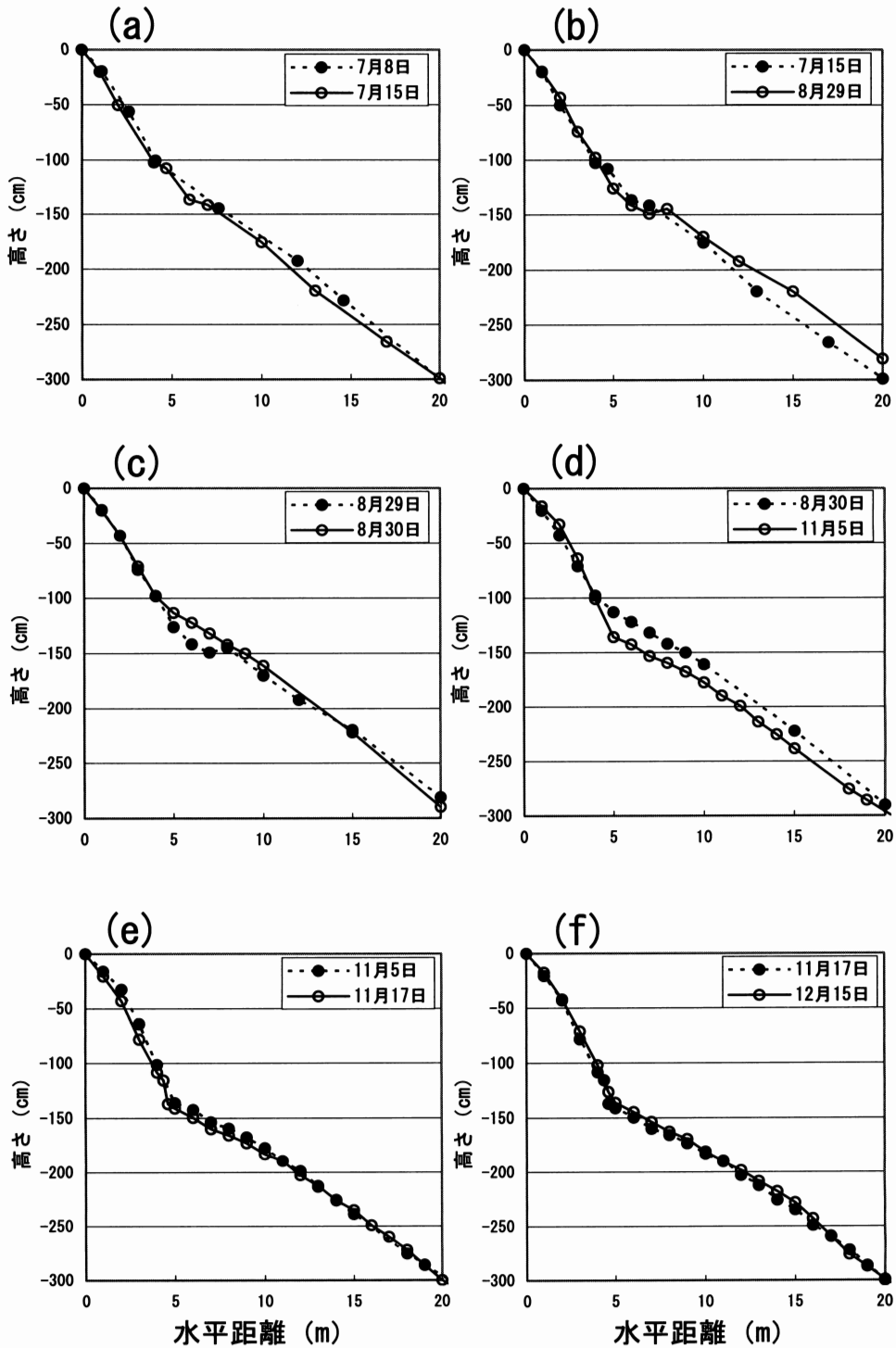
風へと変化するのは9月3日頃と報告している。11月5日の風向は北東からの風であり、すなわち冬の季節風であった。測線上0m～4mの海岸砂丘部で最大約10cmの堆積がみられ、4m～20m 地点では大幅な侵食がみられ、最大の高差(侵食深)は6、7m 地点の20cmであった。

2. 海浜堆積物の粒度組成

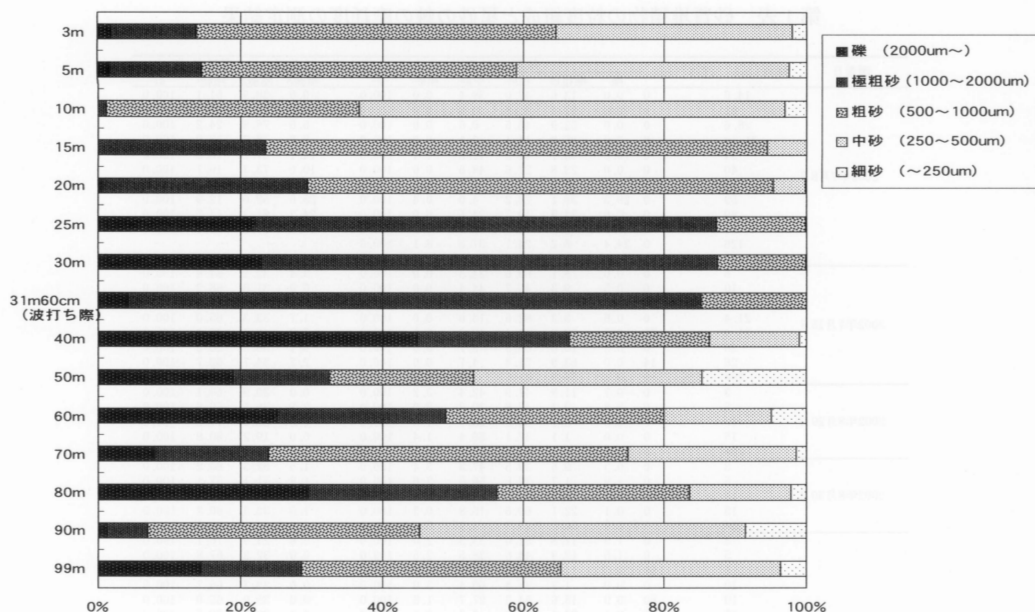
採取した試料の粒度分析結果を第1表に示す。これらの結果から、海中での試料採取を密に行った2002年11月5日の粒度組成分布を第5図に、台風通過直前(8月29日)と直後(8月30日)の粒度組成分布を第6図に、地中での試料採取を密に行った11月17日の粒度組成分布を第7図に示した。

第5図から、堆積物表層における粒度組成を見ると、波打ち際付近から海側数mにかけて粒径の大きな礫、極粗砂の割合が多い。これらの主な構成物はサンゴ片や貝殻であった。さらに、海側においては、粗砂、中砂など細かい砂質物が堆積している所と岩盤がむき出しになっている所があった。また60m 地点から陸側にかけては、砂質物の堆積が確認できた。海中では粒度組成の構成割合に一定の傾向がみられず、試料採取地点によりばらつきがみられた。また、陸側では、波打ち際から測線起点にかけて、つまり砂質物の生産の場である海からの距離が遠方に至る程、より粒径の小さな、粗砂、中砂の全体に占める割合が大きくなっている傾向がみられた。

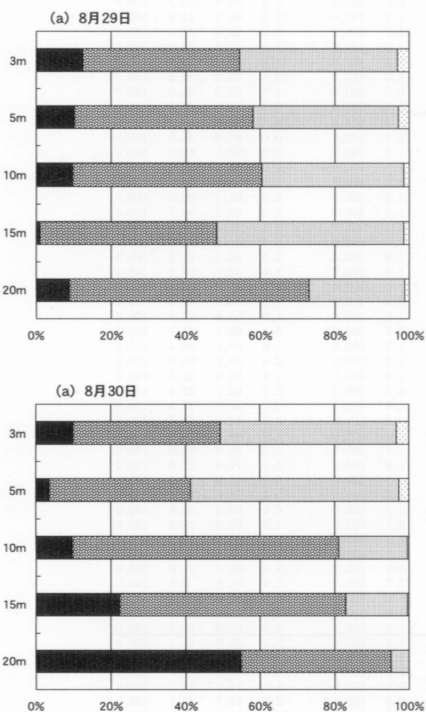
次に、台風15号通過前と通過後の8月29日と8月30日の表層の粒度組成を比較すると(第6図)、8月29日の10m、15m、20m 地点は、粗砂以上の大きさが全体の60%前後であるのに対して、8月30日は、それぞれ約80%以上と前日に比べて20%ほど高い割合を示した。また29日の15m、20m 地点は極粗砂以上が10%以下であるのに対し、30日は15m 地点



第4図 前後2回の調査における海浜縦断形の変化



第5図 2002年11月5日の表層砂質堆積物の粒度組成分布

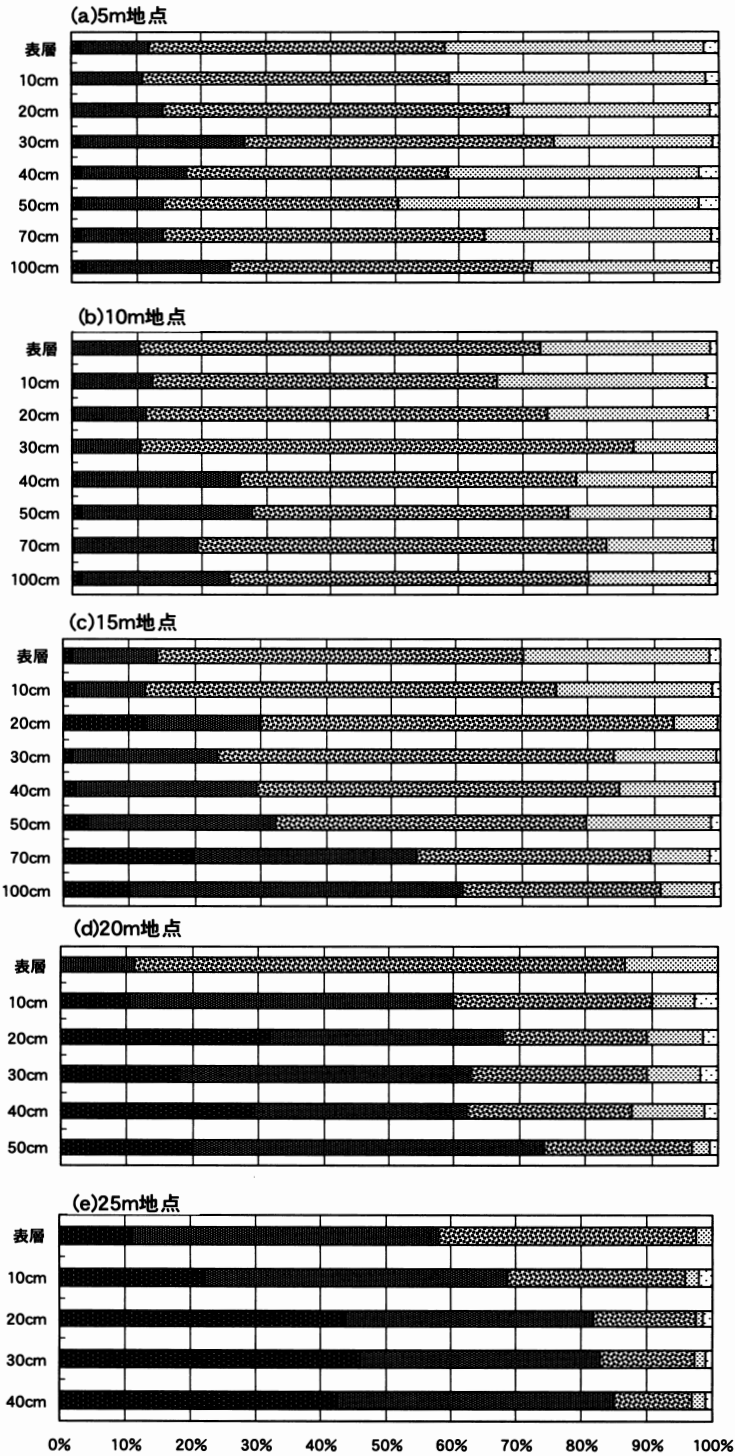


第6図 台風通過前後の表層砂質堆積物の粒度組成 (凡例は第5図と同じ)

で20%、20m地点で約50%と、これもまた前日に比べ高い割合を示した。すなわち、10mから20mにかけては台風通過後に粒径の大きなものの割合が増加した。

地中で密に試料採取を行った11月17日の砂質堆積物の粒度分析結果(第7図)を、特に極粗砂以上の粒径に注目して深さ方向にみていくと、5m地点では表層から100cmまで、深度方向への粒度組成に大きな変化は確認できない。礫はほとんどなく、極粗砂は平均15%、粗砂は45%、中砂は35%と、この三区分だけで95%を占める。深さ30cmでは、極粗砂の割合が25%と他地点に比べやや高かった(第7図a)。10m地点では、表層~100cmまで、礫はほとんどなく、極粗砂は、表層~30cmまでは10%であり、40cm~100cmでは約20%と2倍の割合になった。粗砂は、表層~30cmまでは約60%、40cm~100cmでは45%と減少し、30cmと40cmの間で割合に変化がみられた。中砂については各深度とも約20%の割合であった(第7図b)。

瀬底島サンゴ礁海岸における砂質堆積物の移動



第7図 2002年11月17日の砂質堆積物の粒度組成分布 (凡例は第5図と同じ)

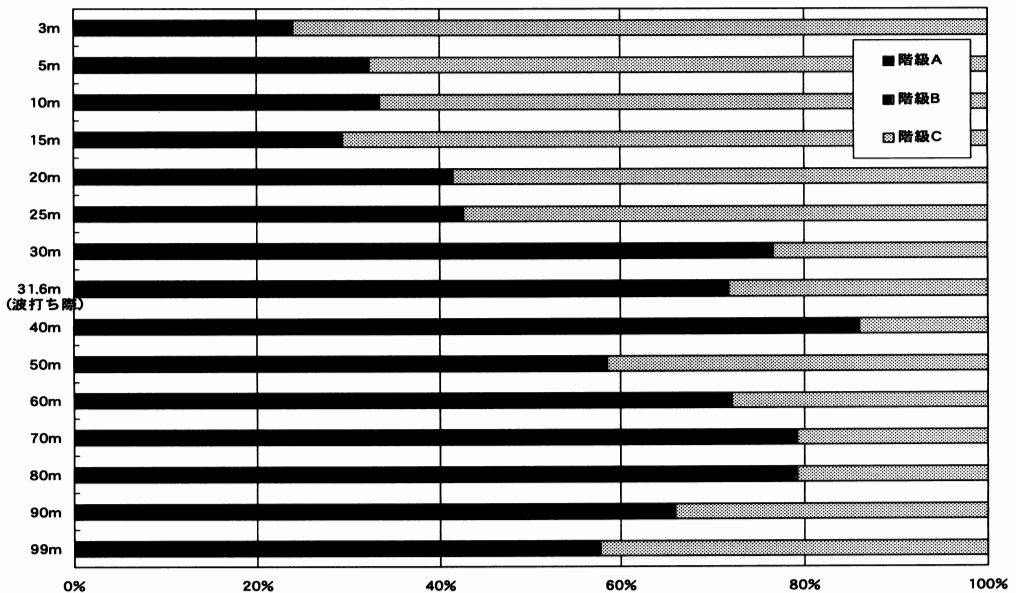
15m 地点では、各深度とも各粒径区分割合にばらつきはあるものの、深度を増すごとに極粗砂以上の荒い粒径の割合が高くなる。礫は深度 20cm で 15%、70cm で 20%、100cm で 10% であり、他の深度でも数%ではあるが、全深度で含まれていた。極粗砂は、深度が増すごとに含有率が増えており、表層、10cm で 10%、20cm ~50cm で 25%、70cm で 35%、100cm で 50% であった。それに対し、粗砂は深度が増すごとに割合は減少していった(第7図 c)。20m 地点では、表層以外の 10cm~50cm で礫が含まれており、深度 10cm で 10%、20cm~50cm では約 25%の割合であった。極粗砂は表層で 10%、他の深度では 30%~50%と高い割合になった。深度 10~50cm の極粗砂以上の割合は 60%前後であった。粗砂は表層で 70%で、他の深度では 20%であった。表層と 10cm 以深の粒径分布に大きな違いが見られた(第7図 d)。25m 地点では、礫は表層で 10%、深度 10cm で 20%、深度 20~40cm でそれぞれ 40%と高い割合であった。極粗砂は全深度で 40~50%

の割合で、粗砂は表層で 40%、深度 10cm で 30%、深度 20~40cm でそれぞれ 20%前後であった。深度 20cm 以深は同じような粒度組成をしている(第7図 e)。

3. 有孔虫殻の棘の磨耗度

採取した試料に含まれる有孔虫殻について、棘の磨耗度を階級別に区分した全結果を第1表に示す。これらの結果から、海中での試料採取を密に行った 2002 年 11 月 5 日の表層砂質堆積物試料中の棘の磨耗度階級区分を第8図に、台風通過直前(8月29日)と直後(8月30日)の棘の磨耗度階級区分を第9図に、地中での試料採取を密に行った 11 月 17 日の棘の磨耗度階級区分を第10図に示した。

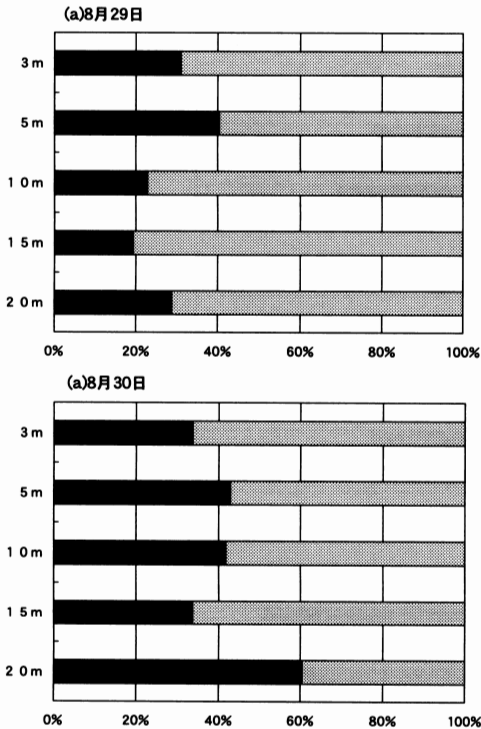
11 月 5 日に表層で採取した試料中に含まれる有孔虫殻について、棘の磨耗度を階級別に区分した結果(第8図)について、階級 A から階級 C へと階級別にみていく。階級 A は、海中から波打ち際と波打ち際付近までの試料に多い。海中においては、地点ごとに割合にばらつ



第8図 2002年11月5日における有孔虫殻の棘の磨耗度階級別分布

きはあるものの、全地点で確認でき、平均的に10~30%の含有率である。波打ち際を境に激減し、陸側ではほとんど含有していないか、わずか数%の含有率である。階級 B は、海中から波打ち際では50~70%と高い割合である。波打ち際を境にやや減少傾向を示し、陸側では20~40%の含有率になり、波打ち際から遠のくにつれて、全体に占める割合は減少する。階級 C は、海中から波打ち際では20~30%ほどの低い割合であった。それに対し、陸側では60~80%と高い割合になった。また波打ち際から遠のくにつれて、階級 C の割合は増加した。

砂質堆積物の粒度組成と同様に、台風通過前後の8月29日と30日の表層試料の分析結果を比較すると(第9図)、台風通過前の29日では5m地点にのみ階級 A が確認でき、階級 B は10m、15m地点において約20%程度であった。

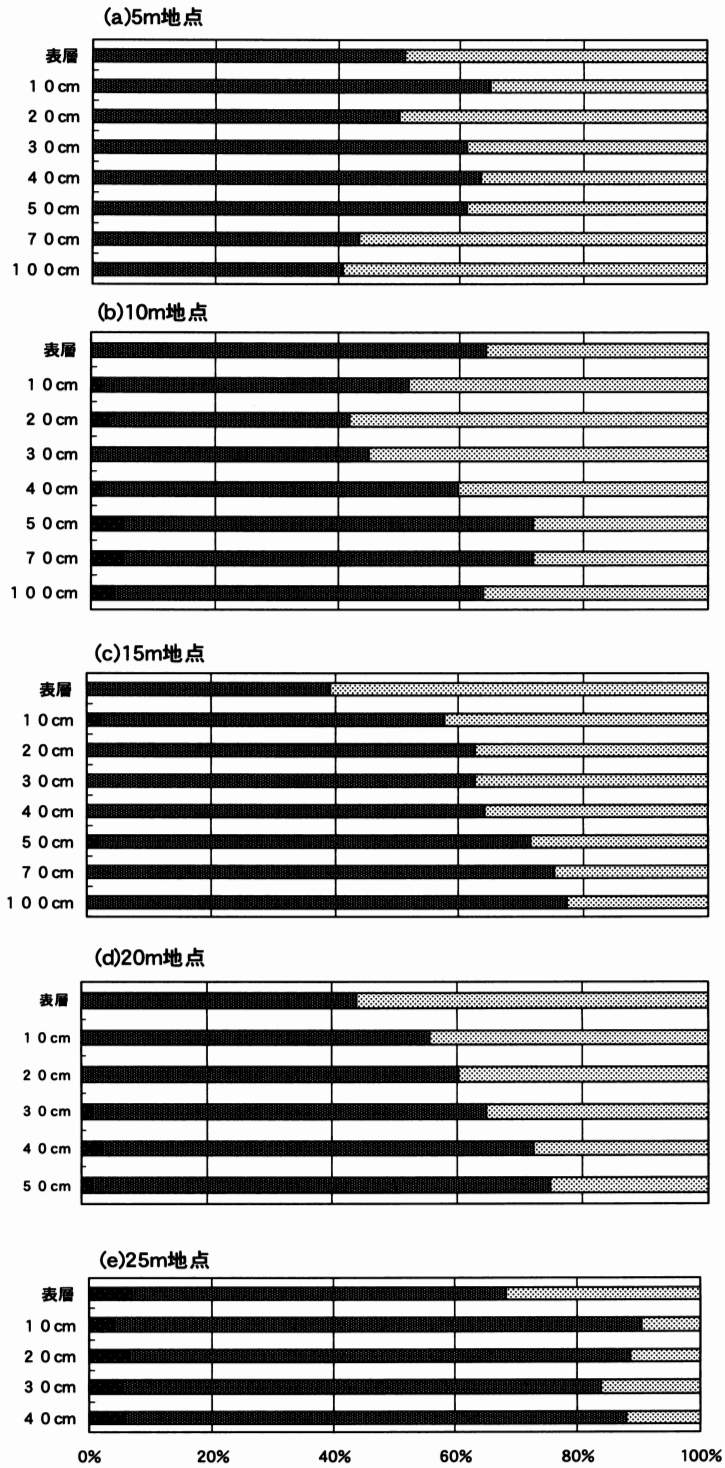


第9図 台風通過前後における有孔虫殻の棘の磨耗度階級別分布 (凡例は第8図と同じ)

それに対し、通過後の30日では5m~20mの全地点において階級 A (棘が磨耗していないもの) がみられた。階級 B は全地点において30~40%の割合であった。

有孔虫殻の棘の磨耗度についても、地中での試料の採取を密に行った11月17日の結果(第10図)について各地点を深さ方向にみていく。5m地点では、階級 A は全深度において含有せず、階級 B と階級 C との分布比率が全深度にわたって、ほぼ同程度であった(第10図 a)。10m地点では、階級 A が表層、30cm以外の深度では含有しているが、割合は低く5%以下であった。しかし、他の地点に比べ、多くの深度で確認できた。階級 B は、表層~深度30cmまでは50%前後だが、40cm以深は60%ほどに増加した。階級 C は、逆に40cm以深は深度が増すに従い減少した(第10図 b)。15m地点では、階級 A は深度10cmと50cmに数%含まれていた。階級 B は、表層で40%、深度10cm~40cmでは60%、深度50cm~100cmでは60~80%と深度が増すにつれて、割合が除々に増加した。階級 C においては、これと逆の傾向をみせた(第10図 c)。20m地点では、階級 A は深度30cm~50cm地点で5%程度の割合であった。階級 B は、表層~深度50cmにかけて、40%~70%と深度の増加とともに割合が増加していった。階級 C においては、この逆の傾向をみせた(第10図 d)。25m地点で階級 A は全深度で5%の割合で、階級 B は表層では60%で、他の深度では80%の割合であった。階級 C は表層では35%の割合で、他の深度では10~15%の割合であった(第10図 e)。

有孔虫殻の棘の磨耗度についてまとめると、10m地点までは深度と階級 B との割合の関係性は見られなかったが、15m、20m地点では深度が増すごとに階級 B の割合は増加していった。25m地点では全層にて階級 A が含まれていたのが特徴的であった。



第10図 2002年11月17日における有孔虫殻の棘の磨耗度階級別分布 (凡例は第8図と同じ)

V 考察

1. 海浜縦断形の変化とその要因

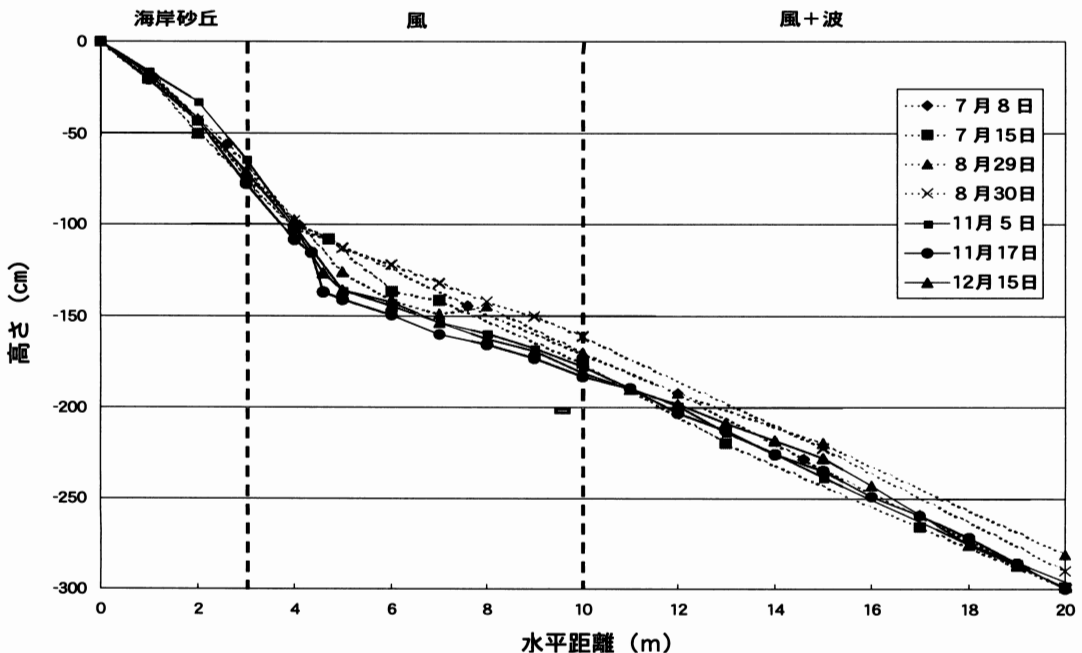
以上の結果をふまえると、全調査記録の残る0m~20mの海浜縦断形は以下のようにまとめられる。海岸砂丘部(4m~5m地点まで)のうち、0m~3m地点は植生があり、地形変化が乏しかった。海岸砂丘基部の4m~5m地点は地形変換点でもあり、地形変化も大きかった。調査期間において、10m地点では波紋跡が確認できたので、波の影響を受けていると考えられる。そこで、0m~20m地点を次のように3つの部分に分けて考えた(第11図)。0m~3m地点を海岸砂丘部、3m~10m地点を風の影響を受ける部分、10m~20m地点を風と波(暴浪)の影響を受ける部分とした。以下に、3つの部分それぞれについて、縦断形変化と堆積物の移動を考察していく。

1) 海岸砂丘部(0~3m)

この区間では、8月30日~11月5日の間で最大約10cmの堆積が確認された。目崎ほか(1978)の研究によれば、沖縄島北部の海岸の海岸砂丘は冬の季節風時に堆積し、形成されたとしていることから、この説を裏付ける結果となった。しかし、調査全体を通して大きな変化はない。ハマヒルガオ、アダン、モクマオウなどの植生が風による侵食などの大きな変化を防いでいるものと考えられる。

2) 風の影響を受ける部分(3~10m)

この区間は、調査した測線上でもっとも侵食、堆積の激しい部分である。4m地点付近の海岸砂丘基部の傾斜勾配が急変するため、砂がたまりやすく、飛ばされやすい微地形になっていると思われる。7m地点で最大約28cmの高低差が確認できたが、波による影響はほとんど受けず、風による影響が強いと考えられるので、風だけでも表層から約20cm程度の深さまでの砂質堆積物の移動に影響を与えうるのではないかと



第11図 海浜縦断形の区分と季節変化(点線は夏の測線、実線は冬の測線)

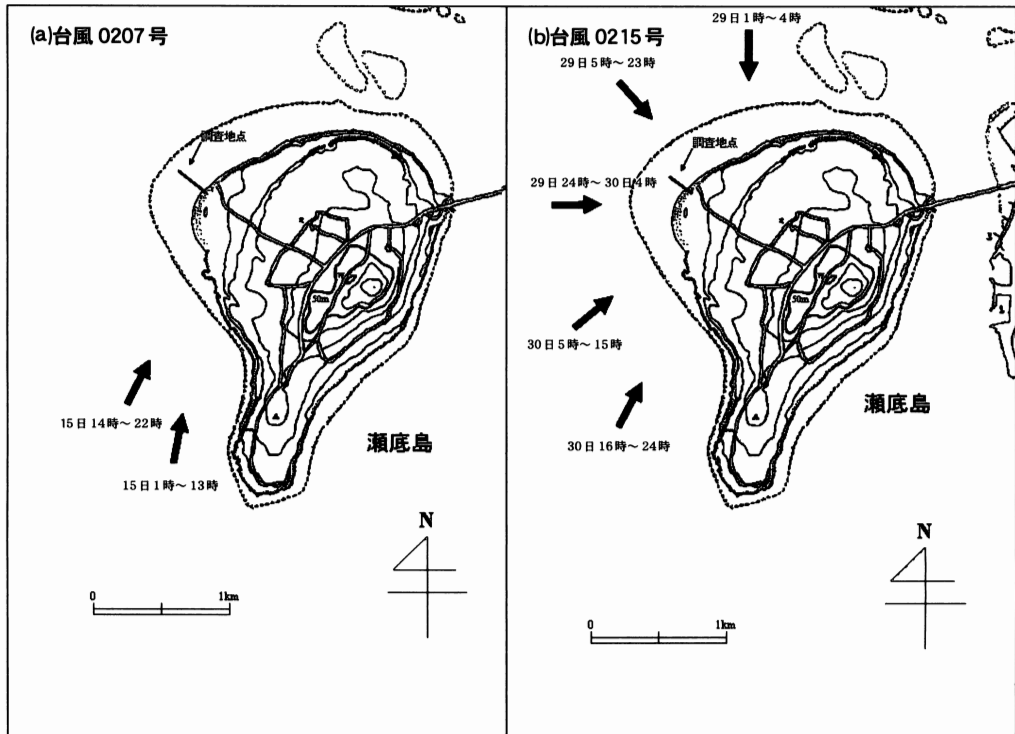
と考える。

台風による変化では、台風の風向が砂質堆積物の移動に大きな影響を与えたのではないかと考えた。台風 0207 号と台風 0215 号を比較して考えると、両台風の毎時平均風速は 10.6m/s と同じであった。台風 0207 号の通過直後 7 月 15 日は、終日ほぼ一定方向の南西、南南西から風が吹き、海岸線に対して平行に風が吹いていた事になる (第 12 図 a)。それにより、最大 10cm の大幅な侵食が確認された。それに対し、台風 0215 号は時間の経過につれて調査地を取り囲むように海側から陸側へ、北～西～南西へと風向が変化し、海岸線に対して、ほぼ垂直方向に風が吹いた (第 12 図 b)。それにより、最大 20cm の堆積が確認された。

季節的な変化では、夏測定した測線 (4 測線) よりも冬の方 (3 測線) が低い位置にある (第

11 図)。特に、調査期間が約 2 ヶ月開いた、8 月 30 日～11 月 5 日の海浜縦断形の変化を比較すると、大きな侵食が見られた。9 月前半から北向きの季節風が吹きはじめる事を考慮すれば、ほぼ 2 ヶ月間海岸線に対して平行な北向きの季節風の影響を受け、この侵食が引き起こされたと考える。前項にて述べたが、0m～3m までの海岸砂丘部においては同じ期間で堆積が確認された。3m～10m 地点の砂質堆積物が海岸砂丘部に移動したのではないかと推測することもできるが、今回の調査においては測線が複数でないで、面的な砂質堆積物の移動を見る事はできない。よってこの推測を結論付けることはできなかった。しかし、冬の北方向の季節風が砂質堆積物の移動の大きな要因と考えられることは分かった。

台風時の風と冬の季節風を比較すると、南西、



第 12 図 台風 0207 号通過後と台風 0215 号通過前後の風向の時間変化

南南西から風が吹いた台風 0207 号と冬の北方向の季節風は海岸線に対してほぼ平行の風向であり、いずれも測線上で侵食傾向が確認できた。また、海岸線に対し、垂直方向の風が吹いた台風 0215 号では、堆積傾向が確認できた。したがって、風向により砂質堆積物の侵食や堆積に影響が出ることが分かった。

3) 風と波（暴浪）の影響を受ける部分 (10m~20m)

調査期間中、10m地点において、貝殻や木片が波によって運ばれている波紋が残っているのが確認できた。したがって、暴浪時の波はこのあたりまで来ていたと考えられる。よって、砂質堆積物の移動に風のみならず、波も影響している事が考えられる部分である。この区間は風と波、両方の作用が働いているために、調査期間中、夏でも冬でも調査日によって侵食したり、堆積したりしており、10m 付近にみられたような季節的な傾向を見ることはできなかった。

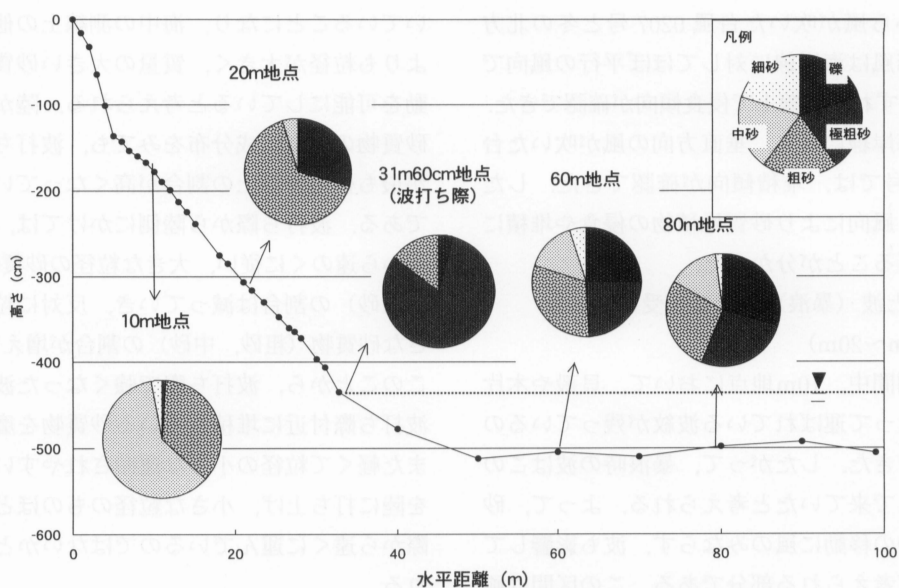
2. 粒度組成および有孔虫殻の棘の磨耗度からみた砂質堆積物の移動

初めに表層の砂質堆積物試料の粒度組成及び有孔虫殻の棘の磨耗度の分析結果から特徴的なものを取り上げ、砂質堆積物の移動を考察していく。第 13, 14 図に、2002 年 11 月 5 日における表層の砂質堆積物の粒度分布と有孔虫殻の棘の磨耗度を海浜縦断形に合わせて円グラフで示した。まず、表層の砂質堆積物の粒度組成についてみていく（第 13 図）と、海中では陸と比較すると粒径の大きな礫の割合が高いが、礫の多い地点、少ない地点があった。これは採取地点の近くの地形（サンゴの有無や礁地、礁原、礁縁など）に大きく関わるのではないかとと思われる。平常時、波の力が強いのは海表面直下で、水深が増すにつれて、その力は弱まっていくと言われている。そのように考えると海表面と地面が接する波打ち際付近には、波の強い力が働

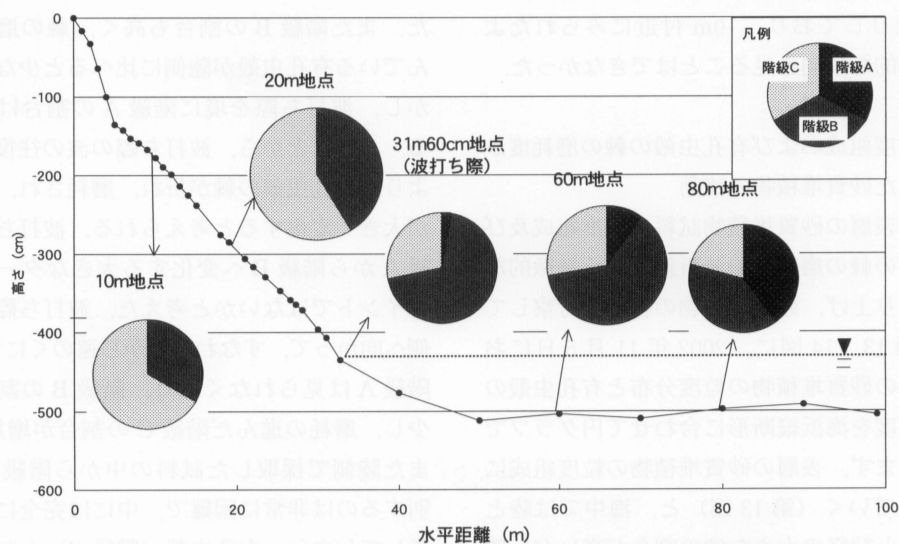
いていることになり、海中の測線上の他の地点よりも粒径が大きく、質量の大きい砂質物の流動を可能にしていると考えられる。陸から海の砂質物の粒度組成分布をみても、波打ち際付近が最も極粗砂以上の割合が高くなっている部分である。波打ち際から陸側にかけては、波打ち際から遠のくに従い、大きな粒径の砂質物（礫、極粗砂）の割合は減っていき、反対に粒径の小さな砂質物（粗砂、中砂）の割合が増えてくる。このことから、波打ち際で強くなった波の力が波打ち際付近に堆積している砂質物を磨耗し、また軽くて粒径の小さな運搬されやすい砂質物を陸に打ち上げ、小さな粒径のものほど波打ち際から遠くに運んでいるのではないかと考えられる。

第 14 図の表層の有孔虫殻の結果を見ると、海中では階級 A が分布しているのが確認できた。また階級 B の割合も高く、棘の磨耗が進んでいる有孔虫殻が陸側に比べると少ない。しかし、波打ち際を境に階級 A の割合は激減する。このことから、波打ち際の波の往復運動により、有孔虫殻の棘が折れ、磨耗され、その形が大きく変化すると考えられる。波打ち際が階級 A から階級 B へ変化する大きなターニングポイントではないかと考えた。波打ち際から陸側へ向かって、すなわち海から遠のくにつれて、階級 A は見られなくなり、階級 B の割合は減少し、磨耗の進んだ階級 C の割合が増加する。また陸側で採取した試料の中から階級 C を選別するのは非常に困難で、中には完全に棘が磨耗してしまい、有孔虫殻（階級 C）と判別できなかった試料の方が多くを占めていた可能性は否定できない。

上述したように、台風 0215 号をはさんだ、8 月 29 日と 30 日の分析結果を比較すると、特異な傾向が見られた。台風通過後の 8 月 30 日の有孔虫殻の棘の階級別磨耗度割合（第 9 図）は、波紋跡が見られた 10m 付近まで、前日には確



第 13 図 2002 年 11 月 5 日における表層の砂質堆積物の粒度組成分布



第 14 図 2002 年 11 月 5 日における表層の有孔虫殻の棘の磨耗度階級別分布

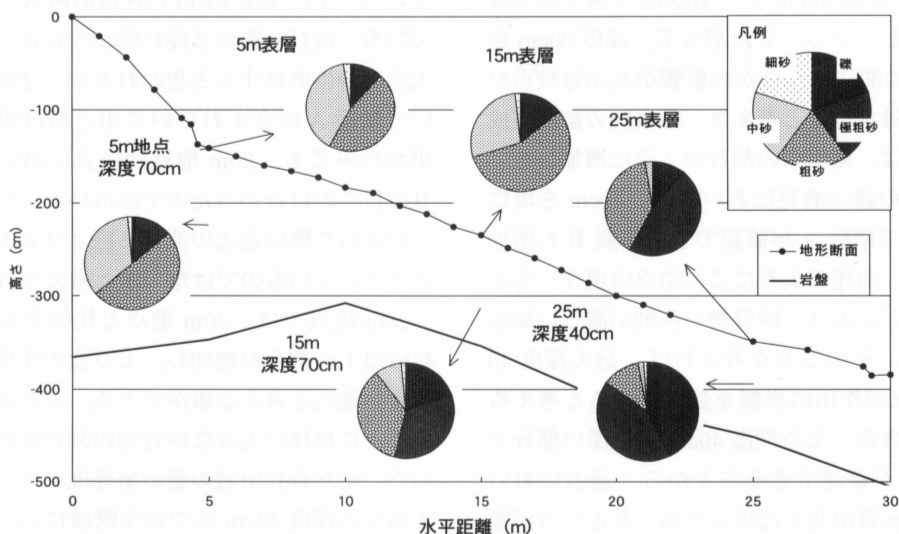
認できなかった階級 A が分布し、階級 B の有孔虫殻が前日のほぼ 2 倍の割合になっていた。この間の地形変化は堆積傾向を示しているの、海岸線に垂直に風が吹いた台風により波が強まり、海中の砂質堆積物が波による磨耗の力をほ

とんど受けることなく、短時間で陸側に打ち上げられ、またその波は 10m 地点まで及んだのではないかと考えた。このことから、有孔虫殻は砂質物の移動の tracer になりえることが考えられる。

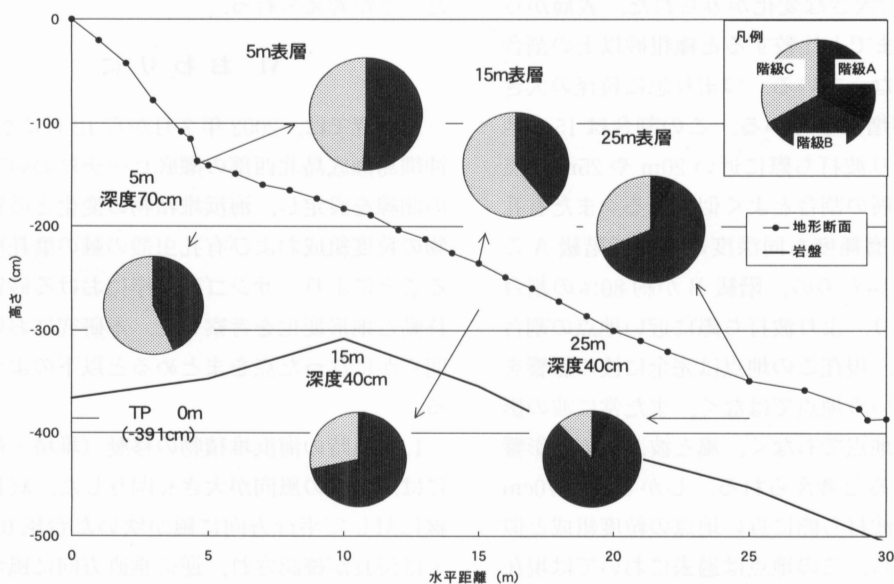
次に、砂質堆積物の粒度組成、有孔虫殻の棘の磨耗度割合を合わせて地中での砂質堆積物の移動を考えた。第15、16図は、2002年11月17日に採取した試料の中で、表層試料と地中試料の両方から特に特徴的であったものを取り上げ、その割合を円グラフで示し海浜縦断面と

あわせて示した。

5m地点においては、砂質堆積物の粒度組成、有孔虫殻の棘の磨耗どちらも深度変化による大きな変化はない。前節のように現在この地点は波による侵食・堆積の影響を受けず、風の作用で侵食・堆積している部分と考えられる。深度



第15図 2002年11月17日における表層および地中の砂質堆積物の粒度組成分布



第16図 2002年11月17日における表層および地中の有孔虫殻の棘の磨耗度階級別分布

が増していても大きな変化がないことから5m地点は過去においても波の影響を受ける地点でなかったと考えられる。

10m地点においては、砂質堆積物の粒度組成、有孔虫殻の棘の磨耗とも深度40cmにおいて変化が見られた。どちらも表層から深度30cmまでと深度40cmから100cmで同じような傾向を示している。したがって、深度30cmから40cmの間になんらかの影響が及ぶ分岐点があるのではないかと考えた。砂質物の粒度組成においては、極粗砂の割合が2倍に増加した。有孔虫殻の棘の磨耗においては、40cmを境に100cmまで階級Aが確認でき、階級Bも増加している。前述のようにこの地点は現在、冬の季節風などにより、砂質物の移動が激しい地点であった。そのことを考えれば、最大深度40cmまで風の作用の影響を受けていると考えることもできる。また深度40cmより深い部分でも階級Aが確認できることから、過去においては波の影響が及んだ地点であったという可能性も考えられる。

15m地点では、砂質物の粒度組成では深度70cm以深で大きな変化がみられた。表層から深度50cmまでと比較すると極粗砂以上の割合が約2倍になっている。つまり急に粒径の大きな砂質物が増加している。この割合は15m地点よりもより波打ち際に近い20mや25m地点の表層、深層の割合とよく似ている。また有孔虫殻の棘の磨耗度も同深度において階級Aこそ分布しないものの、階級Bが約80%の割合を占めており、より波打ち際に近い地点の割合と似ている。現在この地点は完全に波の影響を受けないという地点ではなく、また常に波の影響を受ける地点でもなく、風と波、両方の影響を受けていると考えられる。しかし深度70cm以深がより波打ち際に近い地点の粒度組成と似ていることから、この地点は過去においては現在よりも波の影響を受けやすい地点(状況)であっ

た事が考えられる。

20m地点では、砂質物の粒度分布では深度10cm以深は礫の割合が約20%、極粗砂以上の割合が60%と、15m地点に比べ急激に礫の割合が増加している。有孔虫殻の磨耗度については、深度を増すごとに階級Bの割合が増加している。また深度30cm以深は階級Aが含まれている。波打ち際から陸に向かうに従い、有孔虫殻の棘は磨耗すると思われるが、深層部において階級Aが含まれている事と粒度組成の結果からみても、20m地点は過去において、より波打ち際に近かったのではないかと、つまり現在の波打ち際は過去の波打ち際よりもより海側に変化しているのではないかと考えられる。

25m地点では、20m地点と比較すると、極粗砂以上の割合が増加し、より波の作用を受けやすい地点と考える事ができる。また深度を増すごとに粒径の大きな砂質物の割合が増加している。また有孔虫殻の棘の磨耗度についても、表層から深度40cmまでの全階層において階級Aが含有している。このことから、この地点も過去において、波の強い作用を受ける地点であったことが考えられる。

VI おわりに

本研究では、2002年7月から12月にかけて、沖縄島瀬底島北西部の瀬底ビーチにおいて1つの測線を設定し、海浜堆積物の変化と砂質堆積物の粒度組成および有孔虫殻の棘の磨耗度をみることにより、サンゴ礁海岸における砂質物の移動と地形変化を考察した。本研究において、明らかになった点をまとめると以下ようになる。

1. 台風時の海浜堆積物の移動(堆積・侵食)には、台風の風向が大きく関与した。終日海岸線に対して平行方向に風が吹いた台風0207号では侵食が確認され、逆に垂直方向に風が吹いた台風0215号では堆積が確認された。

2. 北向きの季節風の吹く冬は夏に比べ、風のみ影響を大きく受ける3m~10mまでの砂質堆積物は侵食傾向にあったが、0m~3mの海岸砂丘部では堆積が確認された。夏の測線と冬の測線の高低差は最大28cmで、これは観測期間中における最大の変化でもあったことから、冬の季節風が砂質堆積物の移動に大きく影響を及ぼすことが示唆される。

3. 表層の砂質堆積物の粒度組成をみると、海側から陸側に向かうにつれて、粒径の大きな砂質堆積物から小さなものへと変化した。これは、陸側に向かうにつれて、波による砂質物の運搬能力が弱まったためと考えられる。

4. 有孔虫殻の棘の磨耗度を3階級に分け、その分布状況を見ると、階級Aは海中に多く分布し、波打ち際を境にその割合が激減し、陸側には階級BやCが多く分布し、階級Aはほとんど分布していなかった。このことから、波打ち際の波の往復運動により有孔虫殻の棘が大幅に磨耗されることが示唆される。

5. 地中における砂質堆積物の粒度組成、有孔虫殻の棘の磨耗度の割合を見ることで、過去から現在への堆積過程をみることができると考え、海浜地形の形成過程を考察した。現在波の作用を大きく受けないと考えられる15m地点では、その深層部の極粗砂以上の粒度組成割合が表層に比べ倍増し、より波による影響を受けやすい20m、25m地点の表層砂質堆積物の構成割合と似ていることから、過去において、この地点はより波の影響を受けやすい位置(状況)であったのではないかと推定した。それは、有孔虫殻についても、表層では確認できなかった階級Aが、深度40cmにて確認できたことから示唆される。

本研究では複数の測線を設定してないため、面的な堆積物の移動を見る事はできず、線的な

変化でのみ砂質堆積物の移動(堆積・侵食)をとらえた。したがって、侵食された砂質物がどこへ、どのくらいの量移動し、また堆積した砂質物がどこからきたのかまでは突止める事ができなかった。また、より長期に渡っての(例えば、1年を通してとか)海浜の砂浜変化を観察することも今後の課題として上げられる。

本研究を進めるにあたり琉球大学法文学部地理学教室の前門 見教授には、大変有益な御助言と多くの資料提供をしていただきました。また、地理学教室学部生の小浜紀子さん、林 賢太郎氏には現地調査に協力していただきました。記してこれらの方々に深く感謝いたします。なお、本研究は著者の一人である平山の卒業研究を骨子に加筆・修正したものである。

文 献

- 秋山吉則(1979):漂砂の指標としての「星砂」の砂屑過程——与論島北東部現成サンゴ礁を例として——. 地理科学, 31, 33-40.
- 中村和郎(1990):サンゴ礁を育む島々の気候. サンゴ礁地域研究グループ編:『熱い自然』古今書院, 189-201.
- 長谷川 均(1990):琉球列島久米島, ハテナハマ州島でみられる海岸線変化. 地理学評論, 63, 676-692.
- 目崎茂和・我那覇 念・広山 実(1978):沖縄島北部の海浜地形. 琉球列島の地質学研究, 3, 215-225.
- 山内秀夫・長谷川 均・長澤良太(1989):石垣島吉原のサンゴ礁海岸における砂質物分布について. 沖縄地理, 2, 1-12.
- Wentworth, C. K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 377-392.