

海浜砂礫の私たちの鹿児島県新島^{しんじま}に探る

磯部 一 洋 (環境地質部)

1. はじめに

長かった梅雨もあけ真夏がやってくる度に 誰しも何かと落ち着なくなり 海岸付近の人々だけではなく遠い山国の人々もこぞって海水浴に出かける。心ゆくまで海水と戯れた後に砂浜で肌を焼いたり 砂山を作ったり 巣穴を見つけてはカニを捜した経験があろう。そのような時にふと砂を掌に取り そして強烈な陽ざしにキラキラと光る無数の砂粒に気づかれたことでもあろう。

この小さな砂粒は 海岸に間断なく打寄せる波によってたやすく動かされ あるものは転がり 飛上がり 浮かされて流れ去る。そして 砂粒は波あるいは沿岸流によって海岸線に平行に長距離にわたって移動を行なう性質がある(奈須 1958)。たまたま砂の移動方向に防波堤があれば 砂粒はその内側に沈積して埋没を生じそこにある港湾機能に支障をきたすことがある。一方防波堤の下流側にあたる所では砂粒が供給されないために もっぱら流れ去るばかりで 海岸の侵食が起り沿岸の土地や建物に被害が発生する。それらの結果 港内土砂の浚渫と その外側における護岸工事に多額の費用を要することになる。新潟県直江津港 California の Santa Barbara 港というように国の内外を問わず 実例は枚挙にいとまない位である(田中・沢本 1974; JOHNSON 1956)。

この一見やっかい者の砂粒は 防波堤のまったく存在しない以前から いわば天然の防波堤の役目を立派にはたしてきたのである。 というのは“砂の豊富な”遠浅の海岸では沖合から大波がやっても 砕波を繰り返しながら進むうちに(写真1)そのエネルギーを消費し 砂浜には小波しか打寄せない。ところが“砂の少ない”急勾配の海岸では 砕波にともなうエネルギーの消費をみないうちに大波が直接に砂浜に打寄せ より緩勾配の砂浜にしようとする。 実際到大波の続く暴浪期の後に砂浜の高さが1~2mも低下し その幅が数10mも減少することが報告されている(SHEPARD 1950; ZEIGLER et al. 1959)。 やがて波の静穏期になれば以前の状態に戻るのが普通であるが 侵食された状態のまま次の暴浪期を迎える場合もある。そして侵食がそれ以上に進むときにはこれを防ぐために一般に護岸 離岸堤 縦堤等の

構築物が施されることになる。 もともとこれらの構築物は岩石に代わってコンクリートを使用し 人工的に岩石海岸を作り出すものであり その結果として砂浜は消えてなくなり その直下まで海となることが多い。 こうなると もはや海水浴や散歩にはふさわしくなく さらに危険防止のために海岸への立入り禁止さえ余儀なくされることになろう。

砂浜を歩いていると 土地の人から かつて広い砂浜であったのが 最近特に侵食されやせ細ってしまったという話をしばしば聞くことがある。 海岸侵食防止のために構築物を施工する前に 是非詳細な調査研究を実施し やせ細った理由が何であるかを解明しなければならない。 必ず侵食前には その砂浜への供給土砂量と流出土砂量とが均衡を保っていたはずであり 侵食の原因として供給土砂量が減少したのか 流出土砂量が増大したのか 検討されなければならない。 一般に砂浜の侵食が局地的に生じている場合は 構築物の出現によって波や流れの作用が強まったことによる局所的な流出土砂量の増大がその原因であり 逆にそれが広域的に生じている場合は 供給土砂量の減少がその原因であるとみてよい。 海岸への供給土砂量の減少として3つのケース

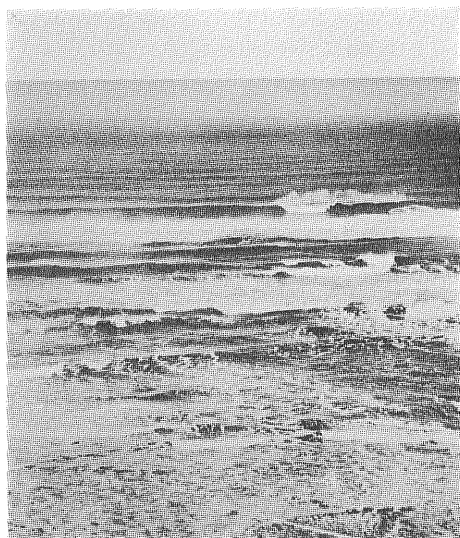
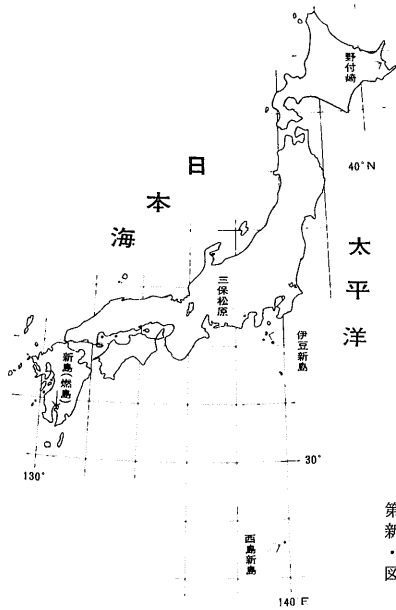


写真1 カリフォルニア テーブル ブラフ海岸で繰り返される砕波。最も海側の砕波の高さは約7.5mである。BASCOM (1964) による。



第1図
新島・三保松原
・野付崎の位置
図

が考えられる。

- (1) 海食崖の後退を防止するための護岸整備によるもの
- (2) 河川における砂利の採取 ダムの建設 河身改修工事によるもの
- (3) 海岸に新設された構築物による砂移動の阻止によるものである。

以上3つのケースともある利益を追求するために行なわれた自然に対する人為的行為である。従って 海岸の侵食による損失と 資源利用や構築物を存続させることによる利益とを比較して もし後者の利益がより大きくなれば 多額の費用をかけてでも供給土砂量の減少に見合う土砂の搬入が考えられる。

近年東京湾や瀬戸内海をはじめ 沖縄海洋博覧会エキスポ・ビーチの如く外洋に面した所でも 土砂を他所から搬入して 人工浜(渚)が作られている。すなわち

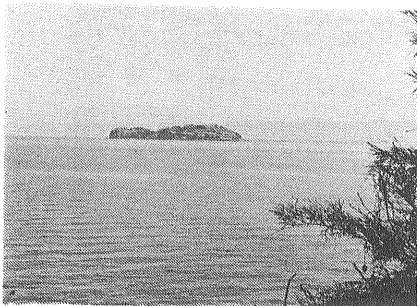


写真2 桜島浦ノ前より新島を望む。

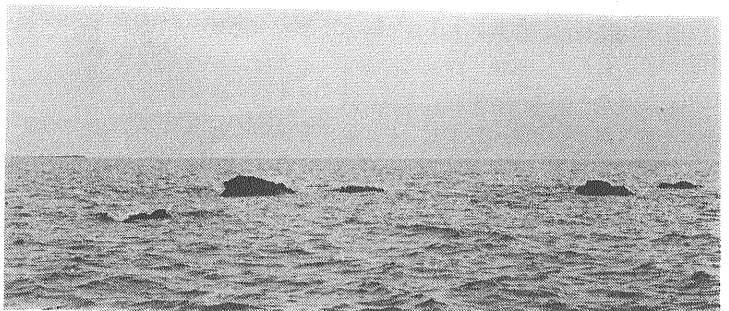


写真3 海面より顔を出す猪子島。いくつかの岩礁からなる。写真遠方左上海上に平坦な硫黄島がみえる。

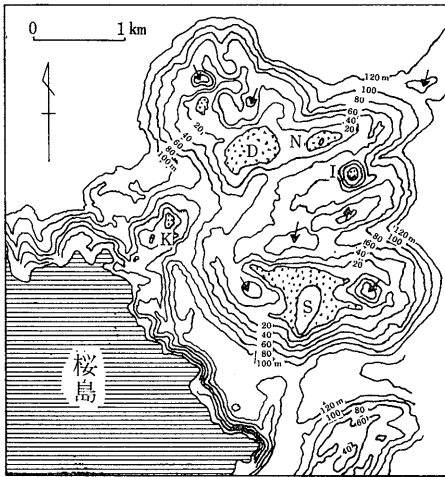
養浜と呼ばれる工法がそれであり 今後ますます普及することになるであろう。これを用いて人工浜を作る場合 どこから どのような土砂を搬入すべきかが問題となる。このうち土砂の採掘と海岸への搬入に際しては環境破壊防止対策を手ぬかりなく行なわねばならないことはいまでもない。一方 土砂としてどのような性質のものが適当であるか 検討されなければならない筈であるが 今のところ全く考慮されていないといっても過言ではない。

火山の多いわが国では 今後搬入土砂としては 量的にも採掘の容易な点からも火山噴出物が選らばれる機会も多いことであろう。そこで この噴出物が搬入土砂として適不適を判定する一つの資料として 火山島における海浜砂礫の生産について述べてみたい。以下筆者が参加した昨年3月における鹿児島県新島(燃島)の海岸欠落の原因究明のための調査から得られた諸資料をもとにした考察である。

2. 新島の地質

新島(第1図)は桜島の北々東約1.5kmに位置する南北約750m 東西約300m 人口62名の小島で(写真2)安永8年(1779年)の桜島大噴火の際海面上に生じた火山島群の1つとされている。この火山島群は安永諸島と呼ばれ 新島の他に さらに小さな硫黄島 中ノ島 猪ノ子島(写真3)からなり 現在は水没しているが水深5m以浅に泥島 ソコ島等の浅瀬がある(第2図)。

新島の地質は古く山口(1927)をはじめ多くの人により調査されたが 特にその全容が明らかにされたのは次の調査によってである。すなわち 昭和50年4月1日に島の南端州崎において 海岸が長さ60m 幅10~40mにわたり欠落するという現象が発生し その発生原因究明等のため 新島周辺の陸域と海域の地質調査が実施されたのである(科学技術庁 1976)。この調査によって明らかにされた地質図を第3図に 島の北端から東海岸沿いに南端を経て海岸欠落物質の堆積限界に至る地質断面を第4図に示した。



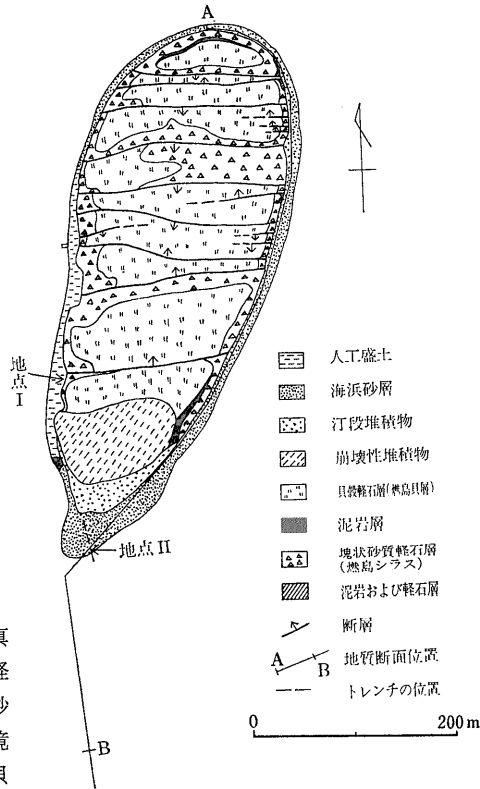
第2図 安永諸島の海底地形図 科学技術庁(1976)をもとに一部修正
 S:新島 I:硫黄島 N:中ノ島
 D:泥島 K:猪ノ子島
 5m以下の浅瀬

主要な地層は下位から上位へ泥岩および軽石層(写真4) 塊状砂質軽石層(燃島シラス) 泥岩層 貝殻軽石層(燃島貝層) 崩壊性堆積物 汀段堆積物 海浜砂層に分けられる。これらの地層の形成年代と堆積環境は 泥岩および軽石層と貝殻軽石層に含まれる木片と貝殻をそれぞれもとにして以下の通り推定されている。現在から約1.1万年前に水深100~200mの海底で泥岩および軽石層が形成された。一旦陸化の後に再び水没し塊状砂質軽石層が堆積し 約5,300年前に水深100~200mの海底で貝殻軽石層が形成された。その後安永噴火の際 隆起陸化し 崩壊性堆積物 汀段堆積 海浜砂層が形成された。

新島には落差数 cm から30mにいたる種々の規模の断層群が極めてよく発達している。断層は東西方向の走向をもち 落ちの方向は北落ちと南落ち相半ばしている(第3図)。地形は上述の断層によるいくつかの地塁と地溝からなっている(第4図)。

3. 新島の侵食

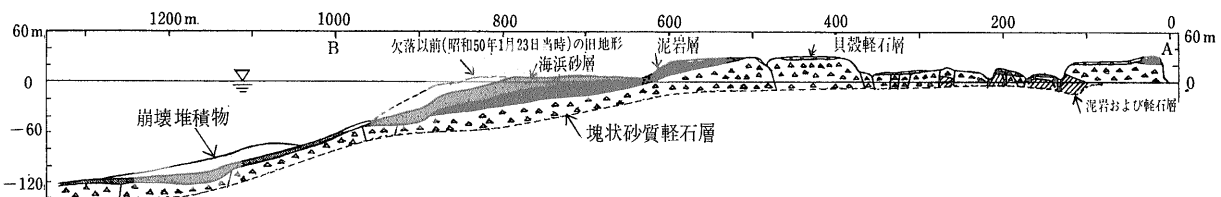
火山島が誕生すると同時に活発な侵食すなわち海食作



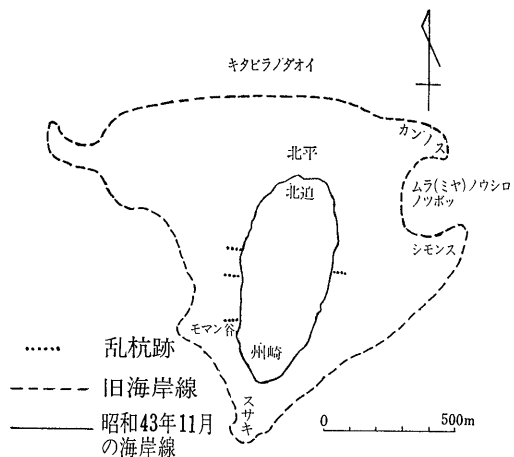
第3図 新島地質図 (科学技術庁 1976)

用を受け始め 特に外洋に面した島ではより一層顕著である。昭和48年(1973年)5月から翌年5月にかけて西ノ島の南東で海底噴火を繰り返した後生まれた西ノ島新島(第1図)の海岸はその良い例である。この島は溶岩流と噴石丘からなり 堅固な溶岩の部分は突出し脆弱な噴石丘の部分は侵食され後退していった。海岸に洗い出された岩石は水磨され 西ノ島との間の海峡部に波によって運搬され ついに昭和49年6月には火山礫からなる砂利浜によって西ノ島と結合されて一つの島となった(青木・小坂 1974)。

この西ノ島新島と同一火山帯に属する伊豆新島(第1図)も海岸の後退の顕著な島である。最新の噴火直前の新島は 北部の本島とその南部に点在する島々からなっていたと思われる。現在から約1,100年前に 南部の海底で噴火が始まり 噴出物によってしだいに海が埋



第4図 新島地質断面図(国土地理院 1976)



第5図 新島の新旧海岸線の比較図 桑代(1970)をもとに一部修正

められ ついに本島と点在する島々とは軽石層によって陸続きとなった。さらに噴火の後期には軽石層の上位に高さ200m以上におよぶ軽石丘と溶岩円頂丘(向山)が生成された。この一輪廻火山である向山生成の噴火活動(一色 1973)の終止と同時に侵食が始まり 現在島の南東海岸(羽伏浦)では 軽石層からなる台地が年に4~7.5mも後退し(矢島 1966) 噴石丘の頂上まで海食崖が達している。

内湾に面する新島の場合は 外洋の島程でなくともそ



第6図 土地台帳付図からみた新島の海岸侵食 桑代(1970)をもとに一部修正

の誕生と同時に海食作用を受け やりかなり急激に島の面積を縮少していったものと推定される。桑代(1970)によって新島の旧海岸線(第5図)が推定されているが これによると かつての新島の面積は約1.17km²現在のそれは約0.26km²であるから約4分の1以下に縮少したことになる。また桑代は明治前~中期に作成された土地台帳付図をもとにその当時の海岸線を推定した



写真4 泥岩および軽石層と塊状砂質軽石層との不整合関係。新島北東部の海食崖にて。

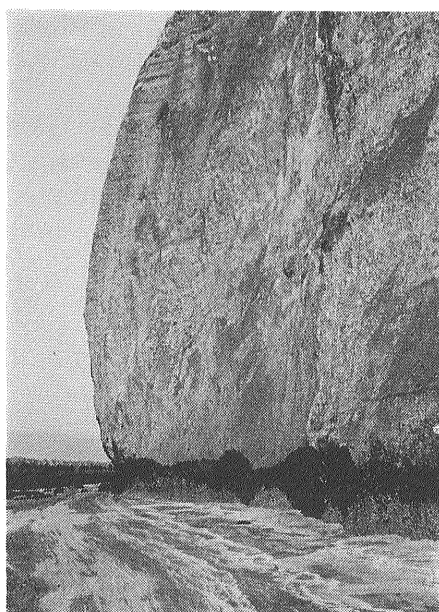


写真5 塊状砂質軽石層からなる海食崖と基部に発達するノッチ。干潮時に新島北東海岸にて撮影。

(第6図). すなわち 土地区画の外側に明治の海岸線があったとし 昭和43年当時の可耕地の最海側の位置を示す内側の太い実線から土地区画の外側までの範囲がその後侵食されたと述べている. また 第6図から侵食のより大きい地域が島の北～北西部にあたり 逆により小さい地域が島の南部にあたるのがわかる. 北～北西部で侵食が大きいのは 冬の強い季節風による風浪と台風による暴浪がともに 北西方向から海岸へ入射してくることによるものである. 現在 北～北西部の海岸には 高さ30m前後のほぼ鉛直に近い海食崖が狭く急傾斜な砂浜の背後に発達している. この海食崖の基部に洗掘されたノッチをみることのできる(写真5). このノッチは大波の時に形成されるもので オーバーハンクした部分はその後の雨水の浸透によって崩壊し 多量の土砂が海岸へ供給される. このようなプロセスを繰り返して海食崖の後退が進行するものと思われる.

島が崩れ去るのを 島民は傍観していたわけではなく かなり古い時代から乱杭と呼びならわした突堤を沖に出して 海岸侵食を防いでいたという(桑代 1970). 第5図にその乱杭の設置位置が示されているが この乱杭工事は第2次大戦後になると桜島から搬入した安山岩塊だけによる突堤によって代替されるようになった. しかしながら昭和26年ルース台風で壊滅的な打撃を受けたあとはこれも中止されてしまった. その後しばらくは侵食防止工事が行なわれない状態であった. 昭和44年には 集落のある西海岸に波返しのあるコンクリート護岸が完成し(写真6) さらに現在では島の南端を除くすべての海岸に安山岩塊と六脚ブロックからなる消波堤が島を取巻くかっこうに設置され(写真6) 徐々に海岸侵食防止の効果があらわれているようである.

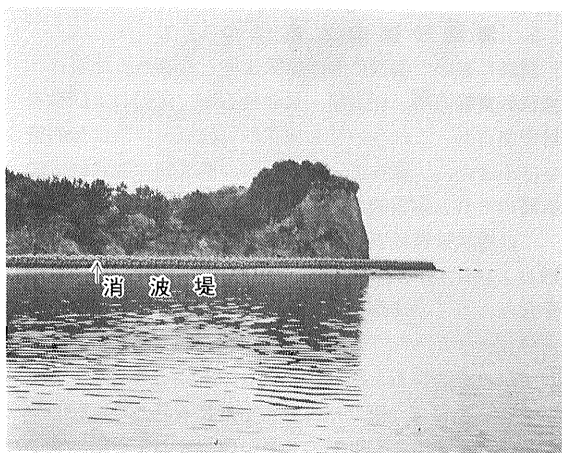


写真6 新島北部を取巻く消波堤と島の北西海上に顔を出す岩礁.

4. 新島の堆積

新島において侵食のより小さな地域は 南部であることをすでに述べた. 全体的に侵食される島の中で南部には後述するように局所的に堆積地形がみられることが注目される. そこには広い砂浜が横たわり 運動場として利用されたこともある. この砂浜は2段に面区分でき 上位面の構成層は汀段堆積物 下位面のそれは海浜砂層と区別されて呼ばれてはいるが 両地層とも構成物質は同質のものである. すなわち 軽石礫層 軽石砂礫層と 黒色および白色透明砂層の細互層からなっている(写真7). また海浜砂層とほぼ同質の海底堆積物は 海岸欠落発生地付近を中心に厚く さらに沖合の水深120mの海底にも分布する(第4図).

これらの海浜砂層および海底堆積物は 島自体から供給されたものであり(科学技術庁 1976) 北～北西部にあった旧陸地からの崩壊土砂が波と流れによって南方へ運搬されてきたものである.

この砂浜の南端には季節毎に大きく向きを変える砂嘴がある. かの有名な駿河湾西部にある三保松原や根室海峡西岸の野付崎(第1図)のように大規模なものではなく ごく小規模なものではあるが その形成過程は共通する点が多いことであろう. 三保松原は有渡山や安倍川からの土砂が卓越した沿岸流によって運搬され形成されたものといわれる. 新島でいえば北部の海岸が有渡山や安倍川に 南端の砂嘴が三保松原にそれぞれあたる.

新島の砂嘴は 刻々とその形態を変化させている(写真8・9・10). 写真8は昭和51年3月4日の干潮時に 写真9は同月7日の満潮時に 写真10は同月10日の満潮



写真7 軽石礫層 軽石砂礫層と 黒色および白色透明砂層の細互層.
(新島南端砂嘴に掘られたトレンチにて)



写真8 反時計回りに弧を描く新島南端の砂嘴。 昭和51年3月4日の干潮時。 写真中央のスケールは1 m。



写真9 水没するより新しい分岐砂嘴。 3月7日の満潮時。



写真10 時計回りに弧を描く砂嘴。 写真9の砂嘴より低い位置に形成されている。 3月10日の満潮時。

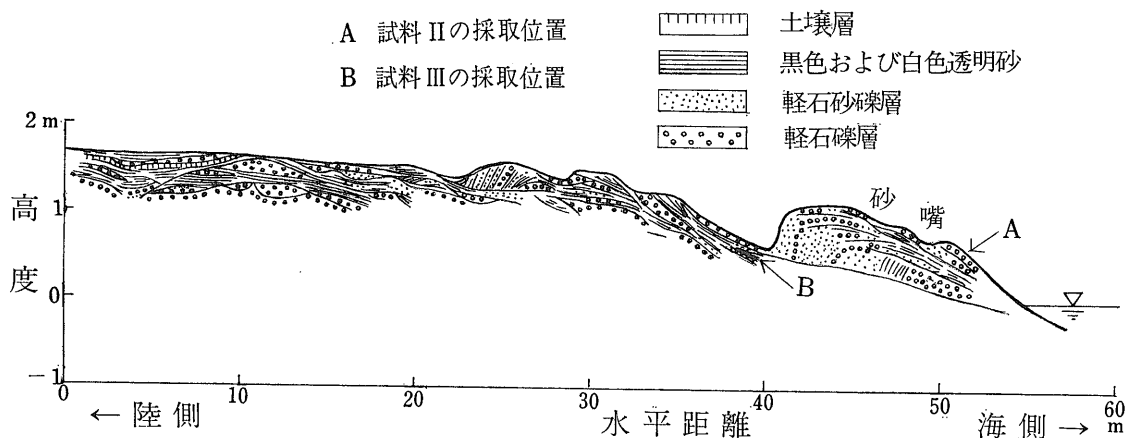
時に すなわち3日の間隔をおいて撮影されたものである。 3月4日から7日にかけて既存の砂嘴の海側に低い幾列もの新しい砂嘴が付着し 3月7日から10日にかけては最新の砂嘴が反時計回りから時計回りに向きを変えたことがわかる。 以上のように砂嘴が著しく変化し かつ繰り返して形成されることから 新島南端は砂嘴の形成過程の研究に絶好の場所であるといえよう。

砂嘴の形成過程に関して若干の知見が得られたのでそれについて述べてみよう。 昭和51年3月8日に 砂浜中部から砂嘴の海寄りにかけた 長さ50m 深さ1m以浅のトレンチを掘り(第3図) 内部構造の観察を行なった(写真11)。 第7図はその観察結果のスケッチである。 これによると 砂嘴は海側から陸側へ堆積の中心を移しながら高まり ある高さに達すると その後は逆に海側のより低い位置に堆積の中心を移すことがわかる。 このような堆積過程はちょうど海水準の上昇と下降すなわち海進と海退ともなうものとよく似ている。 ごく普通にみられる海水位の上昇と下降としては潮汐ともなう変化がある。 このうち半日周期で繰り返される干潮と満潮ともなう変化と半月周期で繰り返される大潮と小潮ともなうそれとがある。 上述の砂嘴の観察が行なわれた6日間は大潮から小潮にかけての時期にあたり最新の砂嘴がより海側へ海側へと形成されている。 また 海水位がしばらく停滞する満潮時に砂嘴が急速に形成されている。 従って 砂嘴の形成は半月周期で繰り返される大潮と小潮ともなう海水位の変化とより密接な関係があり かつ大潮の満潮時にはより陸側の高い位置に 小潮の満潮時にはより海側の低い位置にそれぞれ砂嘴が形成されることが推定できよう。 なお 観察直前直後の大潮と小潮の満潮位を比較すると0.75mもの違いがみられた。

5. 海浜砂礫の生産について

新島において海浜砂層の供給土となりうる地層は塊状砂質軽石層 泥岩層 貝殻軽石層 泥岩および軽石層であるが これらのうち塊状砂質軽石層以外は量的寄与は小さい。 従って 海浜砂層の構成物は塊状砂質軽石層のそれと本質的な関連があるものと推察される。

この塊状砂質軽石層は径10cm以下の軽石礫と同質の砂およびシルトからなり まれに25cm以上の軽石大礫を含み ごくわずかの石質破片を含む。 また軽石は大部分ガラスからなり 若干の斜長石と紫蘇輝石 それにわずかの普通輝石と磁鉄鉱を含み 石英と角閃石を含まない。 ここで 南九州に分布する軽石流と降下軽石の化学成分を示すと 第1・2表の通りであり 第1表は



第7図 新島南部砂浜の内部構造のスケッチ(昭和51年3月8日観察)

第1表 入戸軽石流の鉱物成分比
TANEDA (1957) による

試料	A	B
構成鉱物		
ガラス	78.24	77.18
長石・石英	20.04	20.23
紫霽輝石	1.38	1.39
普通輝石	0.005	0.10
角閃石	0.057	0.17
磁鉄鉱	0.315	0.36

試料採取地 { A鹿兒島市田上
B東市来町江口の浦

第2表 南九州に分布する軽石流・降下軽石の構成鉱物
鹿兒島県(1967)による

構成鉱物	ガラス	斜長石	紫霽輝石	普通輝石	角閃石	石英
シラス						
隼人軽石流	○	○	○	○	×	×
百引軽石流	○	○	○	○	×	×
河頭軽石流	○	○	○	×	○	○
阿多軽石流	○	○	○	○	×	×
吉野軽石流	○	○	○	○	△	×
川内軽石流	○	○	○	○	×	×
新川軽石流	○	○	○	○	×	×
重久軽石流	○	○	○	○	×	×
岩戸軽石流	○	○	○	○	△	×
入戸軽石流	○	○	○	○	○	○
浮津下部軽石流	○	○	○	○	×	×
大隅軽石流	○	○	○	△	×	○
池田軽石流	○	○	○	×	○	○
根占軽石流	○	○	○	△	×	×
阿多降下軽石	○	○	○	○	×	×
大隅降下軽石	○	○	○	△	×	○
池田降下軽石	○	○	○	×	○	○
開聞降下軽石	○	○	○	○	×	×
桜島降下軽石	○	○	○	○	×	×

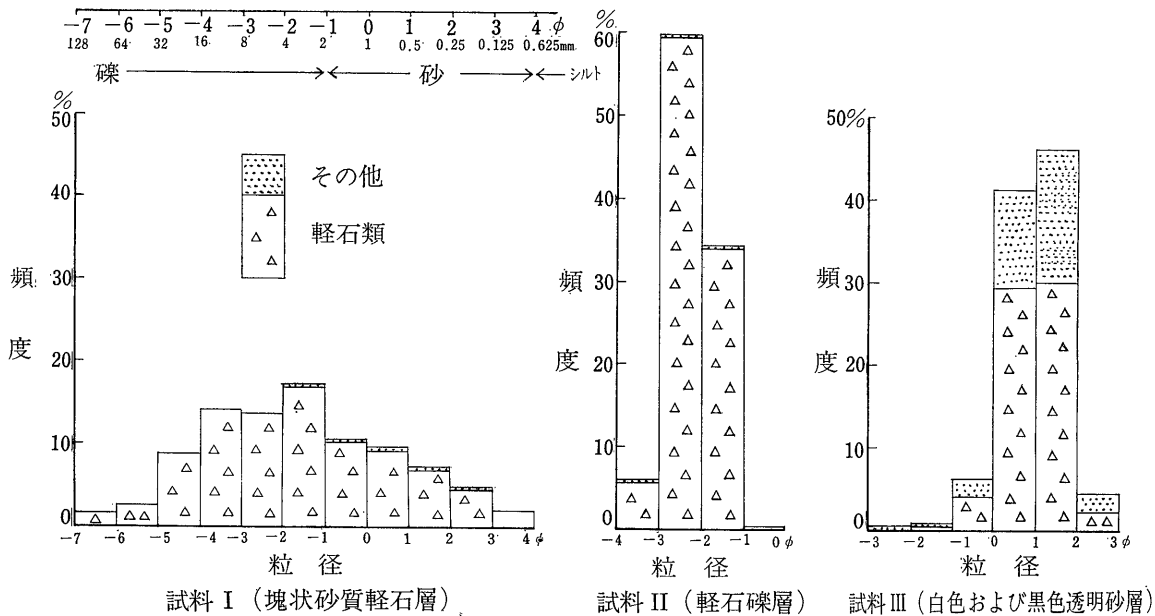
符号 ○存在する △存在するが少ない ×欠く

TANEDA (1957) による始良カルデラから噴出した入戸軽石流(2.2万年前)の鉱物成分比 第2表は鹿兒島県(1967)による“シラス”の鉱物成分である。第2表をみると軽石流と降下軽石には塊状砂質軽石層と同じく角閃石と石英を欠くものが少なくない。

塊状砂質軽石層と海浜砂層から代表的な試料を採取し粒度分析を行なった。試料Iは塊状砂質軽石層の露頭(第3図 地点I)から13kg採取されたものであり試料IIとIIIは南端の海浜砂層(第3図 地点IIであり第7図にそれぞれAとBと示された所)から各200g採取されその後脱塩乾燥されたものである。各試料について-1φより粗粒なものは1φ間隔にそれより細粒なものは0.5φ間隔に篩分けを行ない1φ間隔の頻度分布として表現した(第8図)。さらに試料Iについては各粒径毎に軽石類(軽石・斜長石・ガラス)とそれ以



写真11 新島南部の広い砂浜に掘られたトレンチ 写真手前は桜島から漂着した軽石の大礫。



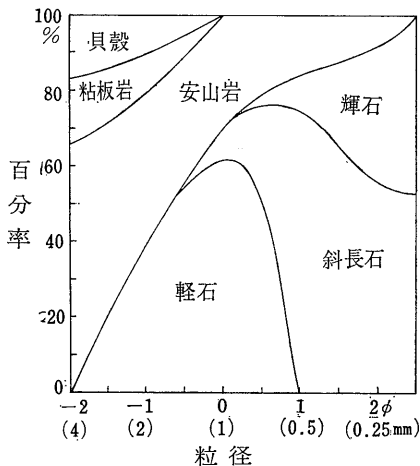
第8図 粒径頻度分布と粒径別の構成比(試料Iの3~4φの階級には4φより細粒なシルトを含む)

外の岩石および鉱物(輝石・安山岩・粘板岩)との構成比を求め 粒径頻度分布図にあわせて示した(第8図)。また試料IIとIIIについても 同様な構成比を求め 粒径頻度分布図にあわせて示した。

まず各試料について粒径頻度分布の特徴をみてみよう。中央粒径 Md φ は試料IとIIが-1.46φおよび-2.10φと粗く 試料IIIのみが1.00φと細かい。淘汰度 σ φ は試料IIとIIIが0.40φおよび0.62φと良く 試料Iのみが2.75φと悪い。以上の粒度分布の特徴から 試料Iの粗い部分(-4φ~-1φ)が試料IIに その細かい部

分(-1φ~3φ)が試料IIIに篩分けられたかの如くである。しかし 試料Iに含まれる-4φより粗い礫分と3φより細かい砂分およびシルト分は 試料IIとIIIには存在しない。さらに粒径毎の岩石および鉱物の構成比の特徴をみてみよう。試料IとIIの礫分にはともに軽石類が多くそれ以外のものが少ない。一方 試料IとIIIの砂分には軽石類も多いがそれ以外のものもかなり多く 特に試料IIIにその傾向が著しい。また 試料Iの砂分およびシルト分にはガラスが多く含まれるが 試料IIとIIIのそれらにはガラスがごくわずかに含まれるにすぎない。

これらの事実から以下のことが考えられる。塊状砂質軽石層が海岸に供給された後 波と流れによって運搬されて南部の砂浜に堆積する間に 軽石礫は磨耗および分解され より細粒な礫になり また細粒なガラス粒は海中に流れ去る。その結果 淘汰の良い海浜砂礫が砂浜に集積し 海浜砂層が形成される。



第9図 岩石および鉱物の粒径別構成比の変化(試料III)

次に 海浜砂層の黒色および白色透明砂層(試料III)に含まれる岩石および鉱物の粒径毎の構成比の変化を示したのが第9図である。粒径毎の構成比の特徴をみてみよう。貝殻は0φより粗い粒径にのみ存在し 貝殻が塊状砂質軽石層に含まれないので その地層以外からも海浜砂礫が供給されていることを示している。この貝殻は貝殻軽石層中の貝殻(スダレ貝 シマキンギョ貝)や現棲の貝の遺骸から供給されたものである。また安山岩が各粒径に多くみられるが 塊状砂質軽石層中の石

質破片およびごくわずかではあるが 護岸用に桜島から搬入された安山岩塊から供給されたものである。さらに斜長石と輝石が 0ϕ より細かい粒径に特に多く含まれる。このことは軽石の斑晶をなす両鉱物が軽石やガラスより波や流れによる磨耗作用に対して相対的に強いために生じたものであろう。なお新島の主要な構成層である泥岩および軽石層あるいは泥岩層中の泥岩は海浜砂層に砂礫として含まれていない。この事実は半固結～未固結の泥岩(層)は海浜砂礫となりにくいことを示すものとみられる。

6. おわりに

新島の海浜砂礫は軽石 斜長石 輝石 安山岩 粘板岩と 貝殻等の岩石および鉱物からなる。このうち貝殻と安山岩のごく一部を除く残りのすべては塊状砂質軽石層から供給されるものである。この塊状砂質軽石層は軽石とガラス粒からなり 軽石とガラスは波や流れによる磨耗および分解作用を特に受け易い。このためにその地層中にごくわずかしが含まれていない石質破片や軽石の斑晶をなす鉱物が 逆に海浜砂層中では著しく多くなっている。

新島は直接外洋からの波の進入をみない湾奥部に位置するため 一般の海岸ではみられない程多くの軽石が海浜砂層中に存在する。仮に新島と同質の構成物からなる海岸が外洋に面していたとすれば その海岸の海浜砂層中には新島程多くの軽石は存在することなく 石質破片や鉱物に由来する砂礫が著しく多く存在することであろう。

人工浜造成のため今後海岸へ搬入される土砂として火山噴出物特に軽石層が選ばれることもあろう。その場合 搬入されたこの土砂が海浜砂礫として砂浜に残存する割合は 砂丘砂や砂礫等の場合と比較して著しく小さいことは明らかである。また 自然の営力のもとで長時間をかけて生産された火山噴出物からなる海浜砂層は その容積の恐らく何10倍もの土砂から供給されたものであって 海岸の後退や陸地の侵食の代償ともいべき非常に貴重な砂粒からなっているのである。

ここに述べたことは ごく小さな島の調査研究から得られた海岸侵食に関する筆者のメモの1つである。このような事例 しかもその大規模かつもっとその速度の緩慢なものが 現在各地に進行中である。そしてそれらはより複雑な人工の作用とのかかわりをもつものである。本メモがそれらのケース スタディの参考となれば筆者にとって望外の喜びである。

文 献

- 奈須紀幸(1958): 浜砂の生成機構. 科学 Vol. 28 pp. 520—525.
- 田中則男・沢本正樹(1974): 砂浜港湾周辺における砂浜変形——航空写真による現状把握と海浜変形形態類型化の試み——. 港湾技研資料 No. 180 121p.
- JOHNSON, J. W. (1956): Dynamics of nearshore sediment movement. Bulletin of American Association of Petroleum Geologists, Vol. 40 pp. 2211—2232.
- BASCOM, W. (1964): Waves and beaches. Anchor Books Doubleday & Company, Inc. Garden City, New York, 267p.
- SHEPARD, F. P. (1950): Beach cycles in Southern California. Beach Erosion Board, Tech. Memo., 20, 26p.
- ZIGLER, J. M., HAYES, C. R. and TUTTLE, S. D. (1959): Beach changes during storms on Outer Cape Cod, Massachusetts. Journal of Geology, Vol. 67, pp. 318—336.
- 山口鎌次(1927): 桜島火山溶岩類の化学的研究. 地質学雑誌 Vol. 34 no. 400 p. 1—28.
- 科学技術庁(1976): 鹿児島県新島の海岸欠落に関する特別研究報告書 139p.
- 国土地理院(1976): 2,500分の1地質図 新島.
- 青木 斌・小坂文子(1974): 海底火山の謎. 東海大学出版会 250p.
- 一色直記(1973): 伊豆新島向山火山の ^{14}C 年代. 火山第2集 Vol. 18 pp. 169—170.
- 矢島昭弘(1966): 伊豆新島・羽伏浦における海崖の後退に関する研究. 昭和40年度東京教育大学卒業論文 17p. (謄写印刷).
- 桑代 勲(1970): 始良カルデラの研究 (2)新島の誕生・地形と地質・海岸侵食. 知覧文化 Vol. 7 22p.
- TANEDA, S. (1957): Geological and petrological studies of the "Shirasu" in South Kyushu, Japan, Part III. Memo. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D. Geology Vol. 6 pp. 107—127.
- 鹿児島県(1967): シラスの地質学的分類. 43P.