

浜辺の砂は 生きている

←
カナダ地質調査所から1962年
に発行された PRINCE ED-
WARD 島国立公園のガイド
ブックの表紙 David M.
Baird 著による
"The Living Sands"

故服部 富雄・小野寺 公児

はじめに 今年も水ぬるむ時季となり 砂干狩や海水浴のシーズンが近づきました ここに紹介する記事はカナダの地質調査所の発行したプリンス エドワード島国立公園のガイドブックから抄訳編集したものです。砂浜がどのようにしてできるか？ 浜の砂はどこからやってきたか？ 砂浜や波打際に見られる美しい紋様は何をものがたるか？ などについて やさしく解説してあり 写真もまたたいへんきれいなので これから皆さんが海辺へ行楽されるにあたってお役に立つだけでなく 専門の人たちにとっても参考になる点があると思います

〔訳文は必ずしも原文に忠実ではありませんが 一応 原図番号および原文の頁数をかっこ内に小活字で示しました わずらわしいかも知れませんが ご了承下さい また地名や固有名詞はなるべく省略しました (注) 本文訳者服部富雄技官は去る3月23日脚麻痺のため急逝されました ここつつしんで哀悼の意を表します〕

海岸の地形

(18) “海岸線とは海と陸との境である” という定義はある意味では いかにもあいまいな定義である。陸が終り海がはじまるところの場所 たとえば岸辺や崖ではある力が常に陸地を破壊しようとして働き また他の力は波浪と流動とに逆らって陸地を建設しようとして試みつつある。このような侵食の力とこれに抵抗し建設しようとする力との斗争が休止しているときには 海岸はこの上なく平和で静穏な場所であるが ひとたび嵐がくれば 激しい磯波が荒れ狂い 猛烈な風が吹く場所でもある。幾百万の海棲動物の生まれ場所が 海岸近くの海水中に見出される一方 至るところの磯に 大自然の遺棄物一打ち砕かれた介殻や動物の死体が発見される。

パーとスピット⁽¹⁾ (7)非常にゆるやかな傾斜をもった いわゆる遠浅海岸では 海水準のきわめてわずかな変化にも 海岸線のかたちや位置に非常に大きな変化を生ずるが 陸が垂直な崖で海に接するような絶壁海岸では 海水準の変化に伴う海岸線の位置の変化は 水平的ではなくて垂直的である。 (10)海岸あるいは湖岸に立ってみると 波が岸に沿って砕け そして砂や泥をかき回しつつあるのを観察することができる。このような波の影響はかなり遠くの海底にまで及ぶことが知られている。大嵐のときの波浪は深さ120mの海底の細砂および泥を動かすにじゅうぶんな強さをもっている。水深10m⁽²⁾以下の浅いところでは その力は海底の物質を積極的に侵食し 移動させる。攪拌され沖の方へ動か

された堆積物はより深い海へ 陸の方へ動かされた部分は 波浪それ自身の前進運動によって碎波線へと運ばれる。嵐のあいだ 暴風と共に波浪がつぎつぎと岸辺に押し寄せ それに伴って大洋底から運ばれてきた砂や泥は 海岸線にほぼ平行な長い堤状をなして積み重ねられる。パーやスピットと呼ばれるものがこれであって しばしばふつうの海面よりも1~2m高くもり上っている。

*1 パー (bar) と スピット (spit) パーは堤状のもり上った地形 スピットは出洲地形のこと ふつうにパー地形などと呼びならわしている (訳者注 以下同じ)

*2 原文では 長さの単位をインチ フィートで記してあるが これらはすべてメートル法単位に直した

浜辺の砂

(19) 浜辺を定義すれば 一般に海の近くで しばしば海水をかぶることのある砂や礫によっておおわれた陸地の部分である ということができよう。それは低潮線から高潮線にまで及び さらにそれを多少越える範囲であり また常に変化—淘汰と混合 削剝と堆積 研磨と回転というような変化—をする場所でもある。たとえ静かな夏の日であっても 浜辺を洗う小さな波は そこにある変化と運動が行なわれつつあることを示している。私たちはいつでも浜辺にやってきて このような多くの事件の一部に接することができ また多くの興味ある活動の過程を観察することができる。

浜辺の砂はどこからきたか？ (10) 現在の海浜に沿って分布する砂の多くの部分は 波によって また波の



① 海水のリズミカルな波動運動によって形成された漣痕は 対象的な形を示す これらの漣痕は水が引くときに回転運動をしながら漣痕のいただきをのりこえる 散点する小れきの部分は 規則正しい漣痕の運動をみだし 介殻のすぐ後では その縁に沿っていくらかの砂が侵食される (22 Fig 4)

前進運動によって その付近の海底の砂が洗い流され凌瀝されて運ばれたものである。(11) 陸上から河川・流水によって 海に運び込まれる土砂や岩石屑および海に突出した基盤岩石もまた浜砂の根源として重要である。

(6) 岬や突端地形は波に削られ その侵食産物は付近の海底に堆積する。 離岸水は至るところを浅くし 海底は波に洗い削られ 堆積物は白波線の前方向へと持上げられ 動かされる。

砂の粒子⁽¹⁹⁾ 浜辺の砂が何からできているか どのような分布をしているか またどのような形をしているかを注意深く観察してみよう。 浜辺で手のひらに一杯の砂をとってみる。 この大量の砂粒はセンチメートルやデジメートルといった単位で測るにはあまりにも小さすぎる。 砂の粒は $1/100\text{cm}$ 単位で測られる。 そして直径 1cm というような礫は一般に砂浜にはまれな大きな対象物なのである。 かわいた一つまみの浜砂を黒い紙または布片の上に広げると 砂粒は少し離ればなれになって たとえ裸眼でも 次のような多くの興味ある

事がらが観察できる。 砂の粒がほとんど等しい大きさであること ある粒は角張っており あるものは丸いこと若干の粒子は美しく⁽²⁰⁾ ガスのようであり あるものはピンクまたは赤色を呈し さらに他のものは黒色であることなど。 そしてまた浜辺のある場所では光沢のある白色鉱物の小さい薄片が大量に存在することなど。 石英は砂粒を構成する鉱物のなかでその量が圧倒的に多い。 石英の大部分は透明で種々のガラス光沢をもつがなかには白色やミルク色の石英粒もある。 石英の粒が赤鉄鉱や鉄錆でおおわれるとピンクあるいは赤色を呈する。 黒い粒はおもに磁鉄鉱——鉄の酸化物であって光沢のある薄片状の淡色の鉱物は 白雲母あるいは絹雲母である。 浜辺の砂は一般に多くの種類の鉱物と細粒化した岩石片とを含んでいるが ある浜辺ではほとんど純粋の石英のみが大量に集積していることがある。

どうして石英はもっとも普遍的なのか？ ⁽²⁰⁾ 砂が生産される過程には単純なものから複雑なものまでであるが 要するに 砂はある場所から運び出された岩石が磨滅粉碎されてつくられるものであり その結果としてのいわば岩石の屑が 他のどこかに運ばれて集積したものである。

もし原岩の破壊が 氷結によるひき裂きとか 海岸での波浪による磨滅作用といったような 純粋な物理的方法によるのであるならば 砂粒の外見や成分はもとの岩石や鉱物にそのままそっくり類似しているはずである。 しかしながら ほとんどの岩石は多種の鉱物が多様の割合で組み合わせられてできている。 これらの鉱物のあるものは それが風化されると化学的に破壊する一鉄がどのようにだんだんとさびてゆくかということは 誰でも知っていることである。 ⁽²¹⁾ このように岩石は 鉱物の混り合ったものから構成されており これらの鉱物のあるものは物理的に破壊され またあるものは化学的に変質する。 したがって岩石の侵食によってもたらされた堆積物とは あるものはもとのままのように見え あるものは化学的に全く変ってしまったところの 粒の混合物であるということが出来る。 岩石をつくっているすべての鉱物のなかで もっとも普通のは石英と長石である。 石英は硬く ガラス様あるいは白色の鉱物で化学的にたいへん抵抗力があり また物理的にもたいへん強じんである。 いっぽう 長石はかなり硬いが一般的な風化の条件下ではむしろ腐りやすい。 かくして地表で風化作用を受けたほとんどの岩石は しいだいに 長石や他の化学変化を受けやすい鉱物片と こうした変化を受けつけない石英の破片とになってゆく。

岩石が砂になるまでの過程で まず最初に行なわれた

破壊作用の次の段階は 風雨による鉱物の運搬作用である。岩屑の粒子が河川中にあるいは岸に沿う波や流れの中に掃き込まれると 軟かい粒は磨滅してだんだん細かくすりへってしまい より抵抗力のある強じんな粒—石英粒のような—は時間および過程を経るにしたがってだんだんと多くなる。もしその物質が遠くから運ばれてきたものであれば その分離の状態は 運搬距離の短いものに比べて より完全であるだろう。以上のようなことから 高度に純粋な石英砂から構成される浜辺や砂堤に立つとき その砂が長いきびしい歴史を経てきたことを知るのである。(23)われわれが山脈の墓場として波に洗われる浜辺は見るだけでも自然現象の複雑さ 奥深さを感じさせてくれる。

砂の輪廻 (23) 海浜あるいは三角洲堆積物である砂が固結して岩石になるということは きわめて普通におこることなのである。もしこの岩石が再び侵食にさらされるようになったとすれば はじめと同じ砂の粒が第2の岩石から分離してばらばらになり 再び波や流れに洗われることになる。純粋に近いような石英砂からなる海浜は まず例外なくこのような経過をたどったものであると考えても誤りではあるまい。さきにも述べたように 基盤岩石は浜砂の供給源として大きな役割を果たしている。また かなり離れたところの海底の砂も類似の岩石の破壊によってもたらされたものであるだろう。いまこの基盤岩石が古生代の二疊白亜系に属する岩層であったとすれば その砂は実に2億5,000万年の間にわたる海や川の一流水の運動によって吹き寄せられ もたらされたということを意味する。そしてその間に 砂粒は固体の岩石の一部となり さらにひき裂かれて ばらばらになり 何回となく波に洗われてきたということの意味する。掌一杯にすくい上げた この平凡な砂の粒をしみじみと眺めると 長いそして複雑な歴史が心に浮かぶのである。

浜辺における淘汰の過程 (23) 砂質の浜辺を静かに洗うような波は それが他にあまり例のないほどの小さい波であっても多少は砂粒を乱し 再配列する。軽い粒子は重い粒子よりも そして小さい砂粒は大きい砂粒よりもよく動かされる。一度海底から離れて一時的に水中に浮かぶと 軽くて小さい粒子は (25)重く大きい粒子に比べて 再び海底に落ち着くのに時間がかかる。

水深 20cm 位の穏やかな波のくるところに立って水底を観察すると 澄んだ海水を透して 次々と波が通過するごとに どのように砂がかき回され どのように落ち着くかを見ることができる。ある砂粒は一度で落ち着



④ 岸辺に沿って形成された流れ あるいは砕け波のもどりによる流れはこのように非対称的な漣痕を形作る どのようにしてより大きな礫や粒子が漣痕の凹所—谷の部分—に濃集し そして より細かい粒子が頂部において卓越しているかについては じゅうぶん注意深く観察する価値がある 写真にみられる巻貝のはった跡や漣痕の規模については スケールの代わりに置かれたジャックナイフの大きさからみて ほぼ明らかであろう ナイフの上方にある大きな礫の存在によって漣痕の型が乱されている (24, Fig 5)

いてしまうが 他の砂はさらに数秒長くかかる。泥や粘土のようにきわめて細かいものは 多少とも流れがあれば長い間にはよそへ運ばれてしまうが もしそれらがよそへ運び去られなくて その場所にあるとすれば おそらくある範囲の水が泥っぽくみえるほど長い間懸濁状態を呈するであろう。

漣 痕

漣 痕 (リップル マーク ripple marks (水底や水の退いた後の砂の表面などに見られる波紋様)) (25) 水が軟弱な砂の上を運動する場合に 砂の表面には漣の形をした凹凸の紋様ができる。このような表面構造は しばしば至るところの浜でみることができる。漣痕は浜を横切って海に注ぐ小川の河床にも見られる。潮が引いて残された平坦面上にはとくに豊富であり また水深10mあるいはさらに深い海底にもかなりよく発達している。

漣痕はその形によって対称的漣痕と非対称的漣痕との2種に分けられている。前者は漣痕の嶺のどちらの側もともに同じかたちを示すものであり 後者は嶺の両側が同じでない型をいう。一般には 対称的なものは波に伴って形成され 非対称的なものは流れに伴うと考えられているが よく観察すると 波の作用からは対称型・非対称型の2種とも形成可能であり (21)流れからは非対称型だけが形成されるということがわかる。流れが



③ 一般に漣痕は流れに対して直角方向のスジをもった外形を示すものであるがたとえば小川におけると同様に泥質あるいは砂質の底の上水の薄い層が早く流れる場合にはこのような渦巻型の漣痕に変化する。小さな流れが海岸に交わるようなところで形成される漣痕は、そのほとんど全てが明白な急流変化型であるといっても過言ではない。(26 Fig 6)

たいへん早くなつたときには写真③に見るような渦巻型漣痕のつくられることがある。

波が対称型・非対称型の2種のうちどちらの型の漣痕をつくるかということ、海底のかたちと波がそれをどのようにこわすかということによって決定される。穏やかな波が足を洗う程度のところに立って対称型漣痕が非対称型漣痕に変わるのを観察した例があるがこれはわずか数秒の間に波が岸へ打ち上げて力を消耗しそのかたちを変えることによるのである。対称型漣痕は浅いところよりも深いところにおいてより一般的でありまた浅い水中では波の急な前進運動はより穏やかではあるがより長持ちのする逆向きの流れによって相殺されるのが一般である。ある型の漣痕が他の型に変わりうる海の深さはその時その場所での波のかたちと大きさによって決まるのである。

漣痕上の砂粒の分布⁽²⁷⁾ 漣がつくり出す作用—一定常的な妨害干渉と砂の再洗作用—もまた砂の鉱物分離に役立つ。このことは良好な漣痕を詳細に検討すればわかる

④ ある型の上に他の型とつぎつぎに上に重ねられる波と流れの変化に応じて際限もなく変化に富んだ漣痕の型が形成されるここに示された漣痕についていえばまず左の方向へ動いた波によって非対称的な流れの漣痕が形成されついで引き潮のときに風が小さな波をおこしてその波が観察者の方向へのおもな運動によって漣痕を形成するにいたつたのである。(31 Fig 7)

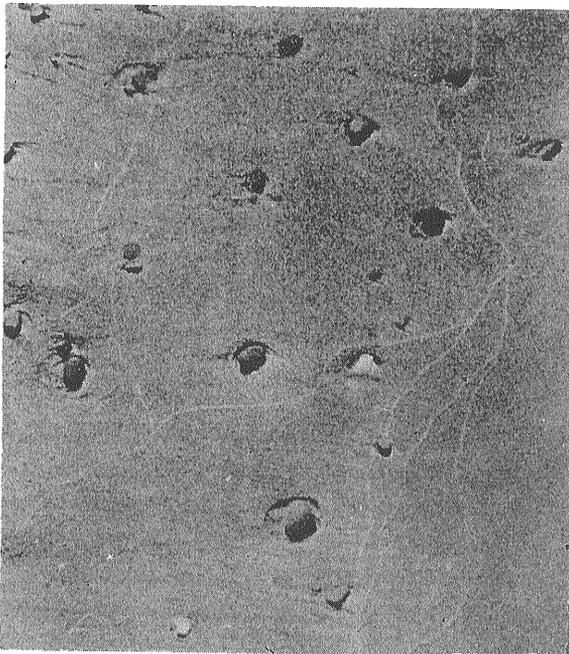
ことである。すなわち黒色の磁鉄鉱粒は一般に漣痕の谷部よりも頂部に近いところにより多く集まりより粗い粒・介殻および小礫は谷部に残る。また軽い破片は他のどの場所よりも漣痕の急な面の前の部分に著しく濃集する。われわれは浅い波の穏やかなところでこうした分離過程が実際に行なわれている状況を観察することができる。

漣痕の保存⁽²⁷⁾ 潮が引いてゆくときには漣痕の形成されている海底はだんだんと浅くなってゆく。⁽³⁰⁾そして波の変化のかたちとしての流れとかリズムカルな波動運動の流れの系への変化とかによってそれらの漣痕は次第に侵食されこわされることがある。すなわち漣痕が水面上にあらわれるようになるとその頂部は平らに削られ谷部は漸次うめられ潮が引いて前方の海底が干上がったときにはほとんどの漣痕は完全に消されてしまう。

それでは美しい漣痕紋様の印された広い砂浜はどのようにして保存されたのだろうか？ 漣痕の保存される条件として次の3つの場合があげられる。

一般に漣痕はわれわれが泳ぐために徒渉する程度のきわめて浅いところで離岸水によって形成される。そのような場所では漣痕は満潮になつても海底に形成されたまま残っているが前述したように潮が引いてゆくときに引きつつある汀線をくずす波が海水表面に接してやってきて漣痕を破壊してしまうことがある。このような場合と異なつて岸から離れたバーの1つが波に切りさかれてバーの背後の静かな水溜りから流れ出るような場合にはその水溜りの底に漣痕が残る。すなわち引き潮がまだすっかり引いてしまわないうちに水溜りの中の水はすき間の多い砂を通して水溜りの側





⑤ 小礫や介殻は流動した水によって侵食された小さな砂のくぼみの中に残されている。写真にみられるせん細な白線は波先痕。すなわち石英粒・雲母片・介殻片および有機質物などからなる小さなウネで、それは個々の波が汀線から陸の方へ最も遠くまで入りこんできたことを示す線である。(33 Fig 8)

方や凹みに排出されて、漣痕は完全に保存され露出する。ときには水溜りの表面を吹く微風が小さな波をおこしてそれが水溜りの底に新しい漣痕をつくるきっかけとなる。このことは早期にできた漣痕の上にさらにもう1つの型の漣痕を加えて、写真④に示すような複雑な型の漣痕をつくるであろう。

(32)漣痕が保存されるもう1つのみちは、波浪の立つ時期と静かな時期とに関係するものである。嵐の時期を通して波浪が海底の砂を浜に堆積させ、その表面に漣痕を印した後に、もし天候が急に変って完全な風が続いたならば、そこにはもう漣痕を破壊するような波が存在しないから、潮が退いて露出した平面上には、よく保存された漣痕が残される。

漣痕に伴う干渉紋様 (32) 漣痕は美しい砂でおおわれた浜や海底に最もよく発達する。砂粒の間に散在する小礫や介殻片は漣痕が形成される時に乱れを生じさせる。写真②にみられるように、1つの小礫の存在によって、その小礫に接近した部分のみでなく、流れの下降する方向に沿って遠くまで、明らかに漣の作用による型が改変されている。このような外来物体の影響は

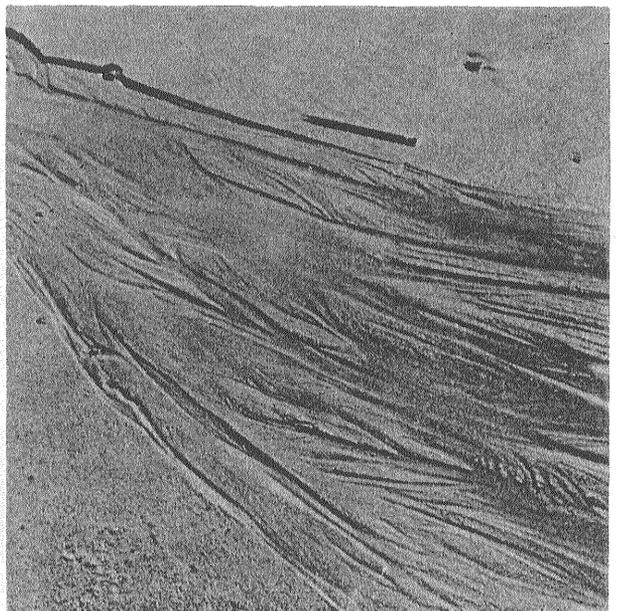
⑥ 流痕は引き潮に際して、飽和した砂から水が浸み出して海に戻るときに、あるいはパーの背後の水溜りから濡れ出た水によって浜辺に形成される。このような流痕による流路は、一般に変わりやすい特徴がある。写真に示された鉛筆の大きさと比べれば、ほぼ流痕の規模が規定されるであろう。(34 Fig 9)

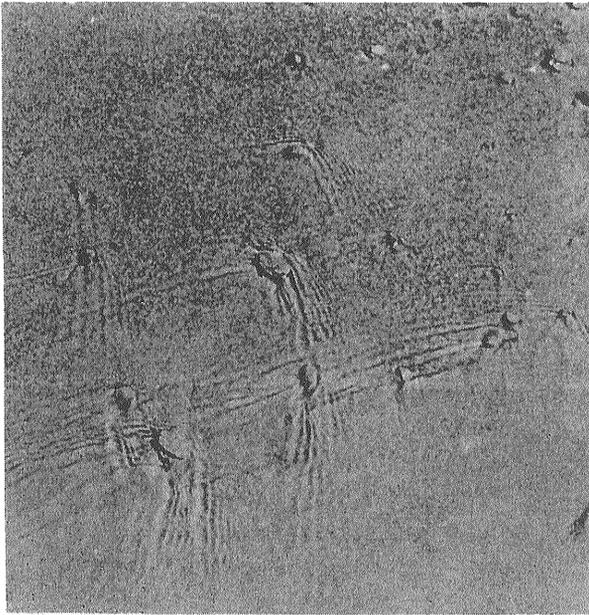
対称型の波による漣痕では、流れによる漣痕の場合ほど遠くは及ばない。もしある方向の漣痕が形成された後にすぐにひき続いてもう1つの方向からの漣痕が形成されるとすると、はじめに形成された型は、第2の漣痕の形成によって乱される。(35)このような干渉型の漣痕は、最初に形成された漣痕が完全に消えてしまう以前に、第2の漣痕形成過程が停止した結果としてつくられるものである。すなわち干渉型は、2つの型の漣痕が同時に形成されたときに生じる。

たとえば、流れが1つの方向で岸に沿って漣痕を形成しつつあり、同時に波が他の方向で運動しつつあるようなときに、干渉型漣痕が形成される。漣痕とその型の多種多様な組み合わせは、このような条件によってもたらされるのとある。

化石漣痕 (35)地質家は各地で砂岩上に漣痕面を発見している。これらの漣痕面は、数億年あるいは10億年以上もむかしの、遠い地質時代の海に横たわっていたものであって、現在われわれが海岸でみているような過程が、実際にむかしむかし、そこで進行したことを指し示している。

波先痕 (スワッシュマーク swash mark) (35)波が砂質の岸辺を洗うところでは、海水がもっとも遠くまで岸へはい上がって砂地に浸み込む部分に、しばしば堆積物のデリケートな小さな線条がみられる。これは波先痕と呼ばれる。ゆるやかに傾斜した砂の表面を洗い上がってくる波は、最後に上がってくる海水の先端に、種々の物質の薄片からなるお荷物をもってくる。海水の前進





⑩ 浅い傾斜した砂質の浜において波が砕ける場合には 海水はできる限り海から遠く陸の方向へ前進運動する。そして前進運動の極限にいたってはじめて反対方向の運動へ海へ戻る～に転じ、ふたたび流れは背後へ向って流下する。浜辺の斜面を流下して流速を増したときに、それは砂浜に散在する小礫の上部および周縁に写真に示すような型を形成する。水はおのおの小礫の背後をすみやかに侵食して、小さいくぼみをうがち、その小礫の外方の砂を押し流してV字型の紋様を刻するようなことがある。(37 Fig 10)

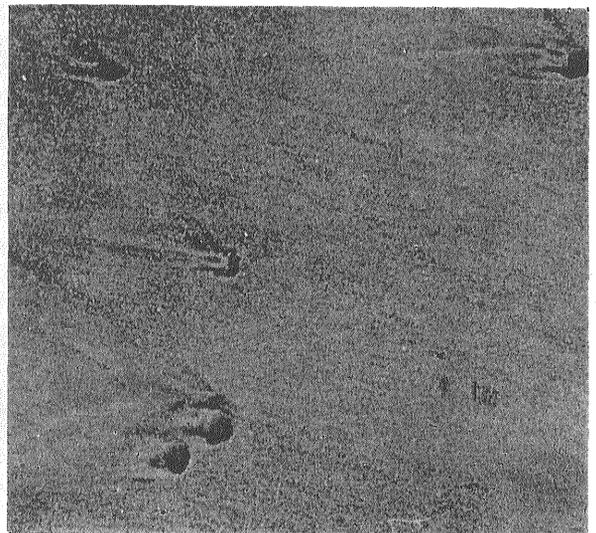
運動が完全に停止したときに、海水の一部は砂の中に浸み込み、そして他の部分は斜面を走って海にもどる。海水が運んできたお荷物の内容が何であったとしても、その波の先端は波先痕として浜に乗り上げて残される。われわれは水際立ってこのような波先痕の形成を観察することができる。波先痕を構成するお荷物の内容は浜により、また場所により多少異なるが⁽³⁶⁾一般に白色雲母・ガラス様あるいはミルク色の石英、蛤その他の介殻の破片および軽い物質の片などからなっている。これらの波先痕は写真⑤に示すように暗色の浜砂上に明かるい線となってあらわれるが、場所によって波先痕と浜砂と斜面とが全く同じ物質から構成されている場合には、波先痕はただ砂の細かい嶺線としかみえない。個々の波はつぎつぎに少しずつ異なった範囲を洗う。したがって最先端の1つだけが完全な波先痕であるということもできるが、一般に波先痕は、この完全な最後の1つを伴って重複した型としてあらわれるのである。瀬が上がってくるときには、より遅れた波は早いものをこえてより高く浜に上るから、早期の波先痕は後期のもの

⑪ 潮が引いてしまった後の砂浜には、この写真にみられる型へ侵食されたくぼみの中に横たわる小礫と、そしてその前方にV字型を伴ったあざやかな波痕が示されることがある。(38 Fig 11)

によって次第にぬぐい消され、交代される。これと反対に潮が引いてゆくときには、波はだんだんと浜にまで届かなくなるから、波先痕の印された砂の表面はだんだんと広くなるであろう。このようなデリケートな構造が、砂が固化して岩石になるまで、そのまま保存されるとはちょっと期待したいことであるが、地質家は波先痕かあざやかに印された岩石のむかしの表面を、しばしば発見している。

流痕 (リルマーク rill mark) ⁽³⁶⁾潮が満ちてくるときに、高潮線上の浜砂の小孔隙は海水によってみだされる。そして潮が引いてゆくときに、この海水の1部は孔隙から漏れ出て、再び斜面を海へ走りもどるのであろう。このようなもどり水や、あるいは浜の後背地にある水溜りや潟からの引き口にあたる砂中から出てきた水、さらに雨水などによって形成された、小さな川のような紋様を流痕と呼ぶ。流痕は写真⑧に示すように、植物のような型をもって枝分かれている。

小礫や介殻の周囲の型とくぼみ ⁽³⁸⁾波が浜辺を洗うときに、波は砂浜の表面を滑らかに掃いて、平らにする傾向がある。もし小礫や岩石が表面上に突き出ていると平坦化の過程は妨害される。⁽³⁹⁾これは波の部が速い流れのかたちをとって岸辺へ走りもどるからであって、このような海水の流れは、大小の小礫の周囲では力も強く、またその速度も、障害物のすぐ近くでは増大するので、その結果、障害物の周囲の砂は洗い流される。砂と水との混合物の流下運動によって、写真⑦と⑧に示したようにV字型の紋様がゆるく傾斜した砂の表面に形成される。流れの速さや障害物の大きさなどの条件によって、いろいろのV字紋様が形成される。そしていくつかのそのような単純V字型が他のもう1つの単純型と干渉し



合うときに 各種の変化に富んだ複合型が形成される。

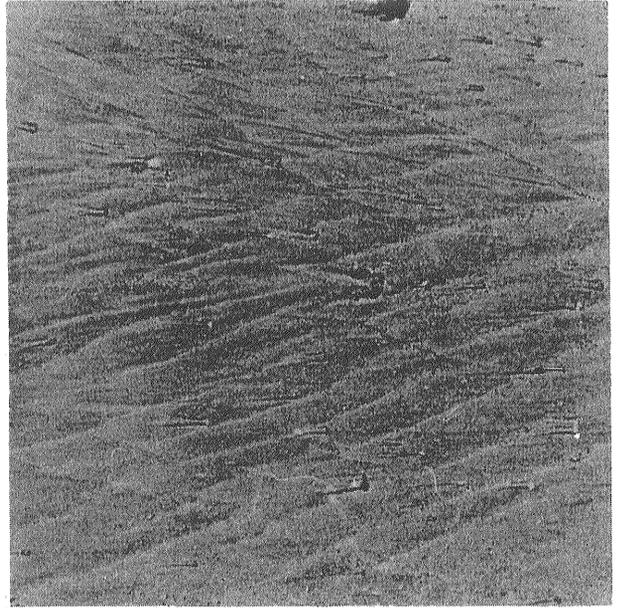
ある条件の下では さらに異なった型のV字がつくられるであろう。 1つ1つの小礫の背後にあたるきわめてせまい部分は 流動する海水の影響をこうむらないので 小さい嶺形として残され V字型の紋様は小礫からある距離をへだてた背後に生ずる。 すなわちV字型の紋様が実際に存在する場所には小礫はないのである。小礫の背後の嶺形をなす部分は その周辺とは少し異なった砂粒が長く尾をひいて流れ出たものである。 このような条件は写真⑨の複雑型に若干関係している。

底面上の尾跡¹と痕跡² (1尾跡はい跡 trails 2痕跡 tracks)⁽³⁹⁾ 曲りくねった線 枝分かかれた線あるいはまっすぐな線——巻貝がゆっくりと運動した痕跡やその他の底棲動物の尾跡——は軟かい堆積物質の表面にきわめて普遍的に見られる。 写真②の連痕の頂部に沿う痕跡は巻貝によってつくられたものである。 水際を渉る鳥や かもめの足跡もまたしばしば浜辺で見られる。 このようにして泥や砂の上に印象づけられた尾跡や痕跡あるいは足跡は その他の多くの痕跡とともに これらを印象づけた動物や その当時の情景についてのお話をわれわれに物語ってくれるのである。

砂丘と風に吹きつけられた砂

⁽⁴¹⁾海岸地帯では しばしば浜辺に沿って その背後に部分的に まばらな草におおわれた 小高い砂の丘が横たわっている。 この砂の丘は風に吹きつけられた砂によってつくられたもので 砂丘と呼ばれる。

砂丘はどうしてできるか ⁽⁴¹⁾さきに述べたように 波や流れによってもたらされた砂の1部は それが乾くと直ぐに風の作用で砂浜の表面から持ち上げられ移動さ

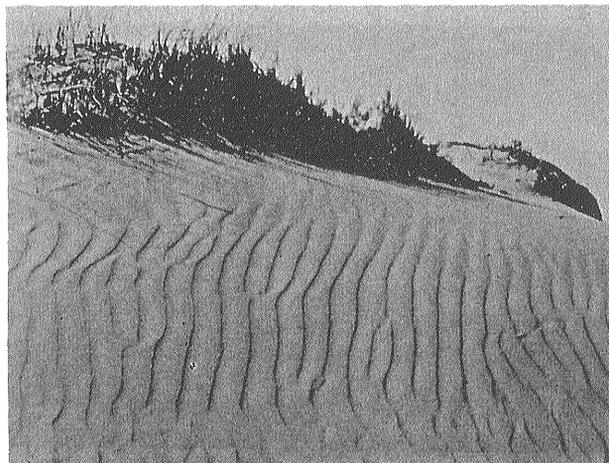


⑨ この写真は 浜における錯綜型(複雑型)の紋様を示したものである。これは干渉をうけた連痕型と 散点する礫および介殻によって乱された海水が 浜を流れ戻るときに生じた侵食型との組み合わせによって形成されたものである (40 Fig 12)

せられる。 嵐のときには 砂は波浪のために それがいつもある浜辺よりもずっと高いところにまで押し上げられて堆積する。 そして嵐がすぎて正常の海水準にもどったときには ふつうの高潮水準より上にある砂は急速に乾燥して 風による運搬作用をうけるようになる。たとえ日常の浜辺においてさえも 砂の1部は高潮と低潮の間に早くもかわいて 風に吹き動かされるにじゅうぶんな状態になる。 まず最初に 浜辺に風が吹いてくると 数粒の砂がわずかに動く。そしてだんだん風が強くなるに従って より多くの粒子が動きはじめ より長い距離を移動する。 風速がさらに大きくなると ついには海浜地域の全表面は飛砂におおわれる。 個々の砂粒は激しい空気の流れによって持ち上げられ 吹き下



⑩ 嵐のときには 波浪が砂を浜の前方のそして高いところへ運搬する。それはおだやかな時期には乾いていて 風による侵食を受けやすいようなところである。もし風が離岸風ならば 砂は海の方へ戻るだろうし。もし風が向岸風あるいは沿岸風ならば 砂は堆積して砂丘や小丘になるかも知れない。これらの砂丘は たとえ砂丘の表面に草が生育して比較的長い時期にわたって砂丘を安定させるかも知れないが 絶えず吹きつけられる砂によって 砂丘は大きくなり あるいは侵食される (42 Fig 13)



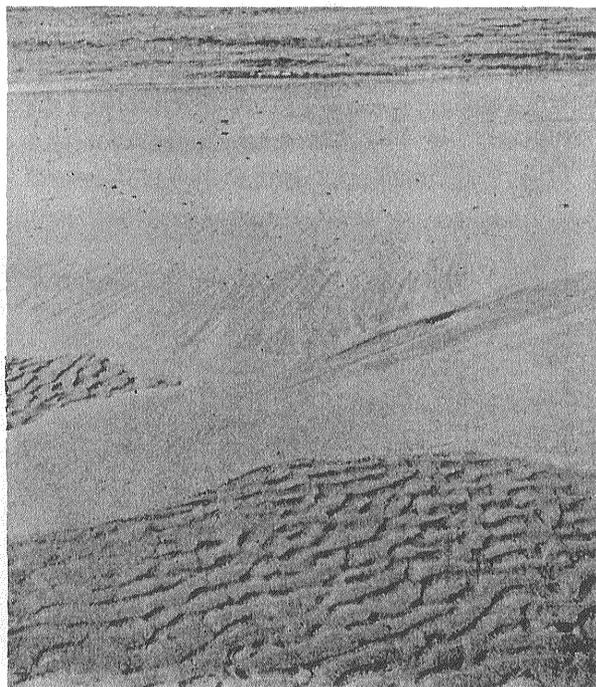
① 一般的に砂丘の表面には 風によって並行の風漣痕が形成されることが多く このような風漣痕は その断面において1つの斜面が他のもう1つの斜面より長いところの非対象的な形態を示す 砂丘上に生じた草むらは砂丘のある部分の砂を保持するけれども あるいはさらに引き続いて吹き寄せられた砂におおわれ あるいは草生えの土台を掘られ そしてついには砂丘を保護する能力を失うにいたる (45 Fig 14)

ろす風によって大地に吹きつけられ 短い距離を運ばれる。このような1種の跳躍運動を 砂の粒子は何回も繰り返すのである。あるいはまた より短い距離を回転する砂粒もあるだろう。 (42) 浜辺における小さな隆起・転石あるいは大きな礫など たとえわずかな障害物が存在するだけでも 砂粒の運動は阻害される。そしてひとたび空気の流れが妨害されると 運動していた砂はその障害物の前方か後方かどちらかに堆積して より大きな障害物となり 空気と砂の流れに対する妨害と変化はさらに増大する。このようにして風による砂の堆積物が形成されるのである。もし風が長期にわたって1方向に吹くとするならば そこに美しい三日月形の砂丘が形成されるであろう。 (43) 海岸地帯に吹く風は種々方向を変えるが 一般的には海から吹く風が卓越しており 砂の丘は不規則ではあるがほぼ海岸線に平行して伸長する。このような砂の小丘がひとたび形成されると 砂丘のかたちはほぼ定常的に変化するようになる。砂丘の砂に強く深く根を下ろした草は 砂丘を安定させ砂の飛散漂流を防ぎ さらにまたより多くの砂を集積させるのに役立つ。風のために砂丘をおおう草の覆いが1部は剝がれて口をあげはじめると 砂丘の安定に役立っている草の根の部分が露出する。このように草のおおいの中に穴ができると その部分から砂が容易に吹き飛ばされて草の下が掘られ 丸いくぼみができる。このくぼみは“吹き出し blow outs”と呼ばれる。砂丘地域で風が吹くと 砂粉は浜辺に沿って あるいは浜

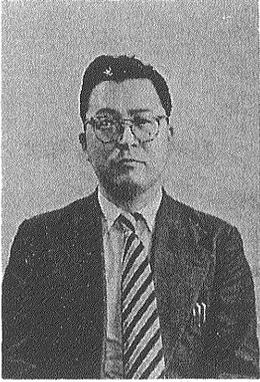
辺に斜交して移動する。運動中の粒子は 一般に砂丘の斜面を上方へ動き そして風下で縁辺部に落下する。このような過程は各地の海岸地帯に分布する大小の砂丘の陸側の部分でしばしば観察することができる。またそのような場所では 砂丘の表面に美しい小縮尺の漣痕を見ることが多い。

風 漣 痕 ripple mark (43) 砂丘の表面やかわいたルーズな砂におおわれた区域には しばしば風漣痕 (または単に漣痕) と呼ばれる並行の嶺状の紋様がみられる。このような風漣痕は砂質の水底で水の流れによって形成された漣痕によく似ているが 水的作用によってではなくて空気中で乾いた砂の表面に形成されたものであるから水による漣痕とは異なった特徴をもっている。 (44) すなわち風漣痕においては 粒度の異なった地域においてもまた構成粒子の種類が異なった地域においても 同じような砂粒の淘汰作用がみられるのである。

淘汰作用 (44) 粒度もかたちも異なった鉱物粒の混合物である砂が 流動する水や波によってどのように淘汰されるかということは すでに述べたとおりである。風による淘汰作用も その一般的性質は水による場合とほぼ同じであるが 水による場合よりも 砂の粒子間の差異に対してより敏感なのである。風が吹きはじめて だんだんと風速を増し 軽い小片を持ち上げるにじゅうぶんな強さとなった場合に もし砂が全く1種類の鉱物から構成されているとすれば まず最初にもっとも



② 写真の前方にみられる変形された風漣痕は 幸運にも向う側に発達しつつある砂のウネにおおいつくされずに保存されている 波浪はうねを洗いこえて そのウネの背後に波の痕をのこし ある場所では波は漣痕の印された区域をおおって小さい三角洲を形成した (52 Fig 15)



故 服部富雄 技官

本文執筆者 故服部富雄技官は 千葉県君津湾で 海底砂鉄調査研究についての海上作業中 その激務により現地で発病し 昭和38年3月23日12時8分急逝された (病名膵臓癌享年38才) 同技官は 昭和24年北大理学部地質学鉱物学科を卒業 同年7月地質調査所へ入所 以来13年間 鉱床部金属課に所属し 幾多の調査研究に従事した なかでも未利用鉄資源開発調査に関しては その砂鉄部門を総括し これが結実し昭和36年「本部の砂鉄鉱床について」の論文で理学博士の学位を授与されたわが国地下資源開発に関して各方面から その力量を期待されていた矢先 突然病に倒れたことは惜しみても余りある痛恨事である ことに つつしんで哀悼の意を表する次第である

小さい粒子が風で運び去られ どこか他の場所に堆積する。 他方 もし砂が多様な粒度と多種の鉱物から構成されているとすれば そこでは 重い鉱物のきわめて小さい粒子と 軽い鉱物のより大きな粒子とが 同時に動き出すであろう。 どちらの場合も その過程は異なった種類の小片のうち ある小片を運び去り 他の粒子を残すという淘汰分級作用の1つである。

浜辺における淘汰作用は すでに波や流れが砂をもたらした過程において作用した。 いまや風はこうした過程を経たものに対して さらにそれ以上に砂粒の粒度と種類とに従って分離作用を行なうのである。 このことは一般的には 風に吹きつけられた砂は 実によく淘汰されているということの意味するのであって 事実 ある砂丘ではこのような砂は純粋な石英砂に近く そしてすべての粒子は ほとんど正確に同サイズである。 ある大きな砂丘から採取した1試料についての粒度を例にとれば20・40・60・80および100メッシュ (1インチ=2.54cmに対して) の篩のセットに通した結果 (45)すべての砂は第1・第2の篩を通過し 17%が第3に 64%が第4にそして19%が第5の篩をそれぞれ通過せずにとどまった。 全部の篩を通過したのは痕跡であった。 これは砂丘砂の粒度分布が大へん狭い範囲に限られており きわめて淘汰のよいことをはっきりと示しているのである。

む す び

(65)各地の海岸地帯にみられるすばらしい砂浜には その砂浜についての あるいは浜辺の周囲についての 地質学的に興味のある過程や多くの出来事がこと細かに書

④ 砂丘の表面には多くの物語りが記されている ここに示された紋様は 砂中から露出した草の根の一部が風に吹かれて 前や後に動き 同心円状の異常な紋様をのこしたものである 砂の面に印された弱い波紋をみれば 風がどちらから吹いてきて その波紋をのこしていったかわかる 小動物の足跡は 写真を横切って草のかげの中にまで続いている

き記されているのである。 引き潮のときに露出し さらに波線を越えて海底にまで続く美しい漣痕紋様は 海水の作用一波と流れ—の無限の型とその結果とをわれわれにみせてくれる。 風と波との作用によって 浜辺の背後に形成された砂丘では風がどのようにして乾いた砂を堆積させるかを観察できる。 (66)砂の粒度が等しいことや 砂粒を構成する鉱物として石英がきわめて優勢であることなどは その淘汰と分離の過程に長年月を経てきていることを示すものである。 そしてこれらの砂の粒それ自身には むかしの山脈が侵食され 海へ運ばれ さらに固結して岩石となり 陸化して再び三たび侵食されるというような長い歴史が秘められているのである。 海岸線に凹凸があるのは 海によって古い河谷が埋め立てられた結果であり 海岸線にほぼ平行に形成されたバーやスピットは 沿岸流と波による海岸の平滑化を示すものである。 このような過程は決して停止することがない。 岸辺に立ってみれば 波は海底面上に漣痕を押しつつあり 沿岸流は河口を横切り岸辺に沿って小さい砂粒を動かしつつある。 さらに崖を構成する岩石や地層中からは 波浪が打寄せるたびに砂粒が抜け落ちつつある。 また海岸地域では些細な微風が吹くだけでも その風によってきわめてわずかながら砂粒がかき回され動かされるのである。 夏季においては海浜は一般に陸の部分の幅も広く 遠浅で穏やかであるが 冬季の海は嵐の時期であって 夏季には数日あるいはそれ以上の日数を要して生じた変化—海岸に波浪が押し寄せた結果生じた変化—よりも大きな変化が 冬季の大嵐によって わずか数分間のあいだにひきおこされるのである。

(編訳者は 大陸閣調査研究グループ員 浅海堆積研究班)

