

海辺の砂は鳴き砂か

—鳴かぬなら鳴かせてみよう海岸の砂—

41期生

I テーマ設定の理由

3年をかけて近畿や山陰各地の海岸を調査してきたが、今回はその総まとめとして「鳴き砂」という観点から見つめ直してみた。新たに島根県の鳴き砂の浜、「琴ヶ浜」へも訪れ、「砂が鳴く」という不思議な事実をとことん追求すると同時に、自然の大切さ、尊さをも再確認してみようと思い、このテーマを設定した。

II 研究方法

- (1) 予備調査 今まで訪れた海岸のデータを整理し、鳴く砂と鳴かない砂の相違点を考察する。また、鳴き砂に関する文献にもあたってみる。
- (2) 現地調査 日本で最も良く鳴くといわれる島根県・琴ヶ浜海岸へ現地調査に行く。地元の人のエピソードなどを聞き、海岸の砂を標本抽出して採取する。
- (3) 粒度分析 (2)で採取したサンプルを粒度分析し、同時に鉱物組成や生物がいるか、実験・考察なども分析する。分析結果や実験から鳴き砂の条件、鳴かない砂を鳴かせる方法や、なぜ鳴くのか、などを考察する。
- (4) 今後の課題

III 研究内容

1 鳴き砂とは

砂に何らかの形で圧力を加えた時に「キュッ／」などとおかしな音をする砂をいう。(定義はない)家庭にあるでんぶんや小麦粉も「キュッ／」と音が出るが、これと同じようなことが砂でおこるのである。英語ではmusical sand (音楽砂) などと呼ばれる。海岸だけでなく内陸にも(この場合は、booming sand)、また諸外国にも数ヶ所存在するが、日本ほど良質なものは少ない。



▲図1 発音実験装置

日本三大鳴き砂として宮城県の十九鳴浜、京都府の琴引浜、島根県の琴ヶ浜があり、私は琴引浜と琴ヶ浜の2つを制覇したことになる。

なお、今回の研究では図1に示すような、砂を乳棒でつく発音実験法をとった。また、専門家の中では「鳴り砂」と表記することもあるが、私は「鳴き砂」と取りたい。

2 今回の調査海岸

計9か所(鳴き砂2か所)を調査した。和歌山県白浜町の白良浜、円月島北海岸、江津良海岸(鳴かない)、兵庫県神戸市の須磨の浦、舞子の浜(鳴かない)、福井県三国港海水浴場(鳴かない)、京都府宮津市の天の橋立(鳴かない)、網野町の琴引浜(鳴く)そして、島根県仁摩郡仁万町馬路の琴ヶ浜(鳴く)である。図2に琴ヶ浜の

サンプル採取地点を示しておく。

3 粒度分析

(1) 粒度分布

タイラーのふるい、上皿天びん、ルーペなどを使って各粒径ごとの重量%を求める。

$$\text{重量\%} = \frac{\text{各粒径ごとの質量}}{\text{標本の総量}} \times 100$$

(今回、標本の総量は20g)

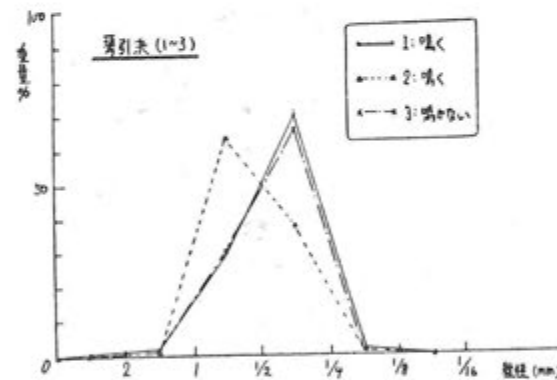
これをグラフ化したものが図3と図4のグラフである。

(2) 砂の鉱物組成

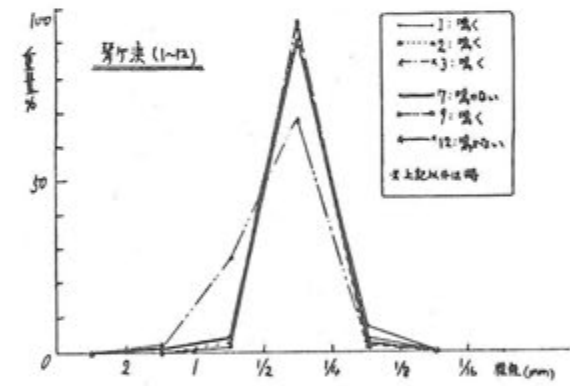
砂粒ひとつひとつを丹念に調べていくと、たくさんのきらきら光る鉱物に出会う。



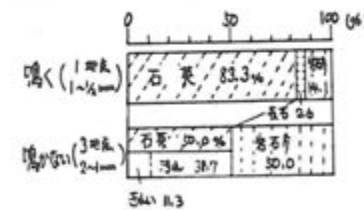
▲図2 琴ヶ浜・サンプル採取地点



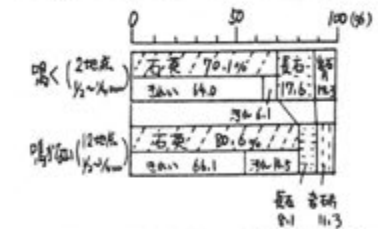
▲図3 琴引浜・粒度分布グラフ



▲図4 琴ヶ浜・粒度分布グラフ



▲図5 琴引浜・鉱物組成グラフ



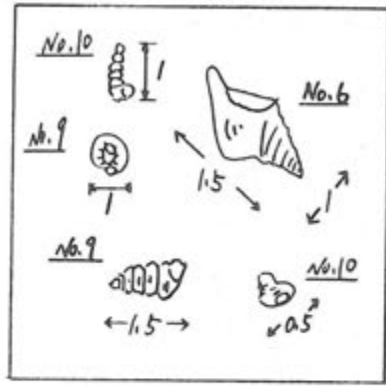
▲図6 琴ヶ浜・鉱物組成グラフ

そのきらきら光る鉱物は石英(硬度7、密度2.7g/cm³)が丸く円磨されたもので、図5、6に示すようにどちらの鳴き砂にも多量に含まれていた。

特に琴ヶ浜について詳しく見てみると、その円磨度(浸食されて角が丸くなって

いく度合)は、Sub-angular (やや角ばった)~Sub-rounded (やや丸っこい)型であった。(図13)

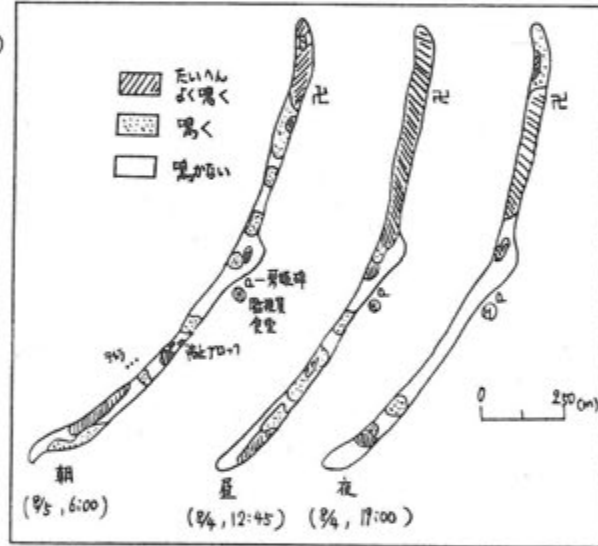
また、1~2mmの小さな巻き貝や二枚貝が入っていて、これらは「微小貝」と呼ばれる。これが貝の幼生なのか、小型有孔虫(カンブリア紀~現在に生息。原生動物)なのかはまだ調査段階だが、少なくとも海水浴客の捨てたゴミの多いところでは見付けられなかったので、海岸の美しさのパロメーターのひとつであることは確かである。



▲図7 砂の中の鉱物や微小貝(単位: mm)

(3) 1日の鳴き砂の変化(琴ヶ浜)

右の図8は私が琴ヶ浜を朝・昼・晩、浜を南北1.5km歩いて得た1日の鳴き方の変化である。近くの北部は、人があまり行かないことや、排水口もないことなどより、1日中よく鳴く。ところが中央部はこの海水浴場へのメインゲートで駐車場などもあり、写真1のような排水口もあって泥などが混入してくるため、あまり鳴かないのではなかろうか。将来の天然記念物に排水口とは、今ひとつしっくり来ない。



▲図8 1日の鳴き砂の変化

また、朝・昼・晩で鳴き方が変わるの、砂の乾燥の度合ではなかろうか。ここは海岸なので潮の満ち干によって砂のしめり方に変化がおきる。また、朝露や夜露も多い地域である。実験によりわかったことだが、水中では砂は鳴くのに、含水率が1.5%ぐらいのしめった砂では鳴かないのである。これは、しめっていると砂粒どうしがくっついてしまうからではなかろうか。

4 鳴き砂の条件

以上の実験や分析結果より、主に次の5つと、それに関係する2つが考えられる。

- (1) 砂中に石英が70%以上ぐらい含まれていること。
- (2) 砂粒の表面が研磨されていること。(Sub-angular~Sub-rounded型)
- (3) 砂の粒径が1~1/8mmである。(山型の粒度分布グラフ)

- (4) 砂が汚染されていない。
 - (5) 砂どうしがしめって、くっついていない。
 - (6) 砂中に生物が生息している。(4)に関係)
 - (7) 砂中に礫や泥が混入していない。(3)に関係)
- *以上の7つが備われば、それは「鳴き砂」と言えるだろう。

5 鳴き砂のメカニズム

まだ諸説が一長一短で定説はない。ここで、現存する有名な諸説と、実験によってわかったことを述べてみた。

エア・アクション説	粒子間摩擦説	均一球モデル説	表面被膜説	空気噴出説	バグナルドの説
砂粒に、蒸発によって空気やガスの膜ができ、その中で振動。	石英粒の表面がこすれあってでるときの摩擦音。	砂を均一球と考え、横に移動するときのアップタウン振動。	水に含まれるMgやCaCO ₃ が膜をつくり、摩擦係数を増す。	砂の上に圧力を加えた時、砂粒と砂粒のすき間の空気の噴出音。	砂中のすべり面上での力の分解。(下の説明参照)

実験1 水中に鳴き砂を入れて鳴かせる。(結果)鳴く。
 <考察> 鳴き砂が鳴くのに、空気などの気体は不要である。

実験2 鳴き砂を十分洗浄してから乾かせて、鳴かせる。(結果)鳴く。
 <考察> 砂粒の表面に付着している物を取り除いても、発音特性は変わらない。(かえって不純物を取り除かれてよく鳴く。)

・粒子の摩擦による音は単なるきしり音で、Musicalではない。
 ・石英粒の弾性率10¹¹と密度2.7g/cm³より、基本周波数10⁴以下はあり得ない。

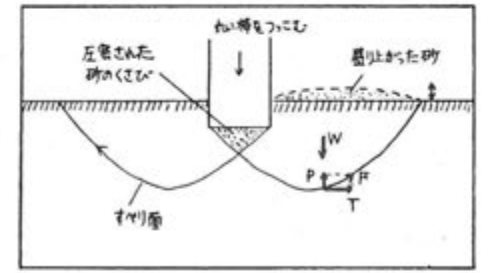
・粒度分析により砂の粒径は全て均一ではない。

・圧力Pの計算式は?
 ・すべり面の推定法は?
 =>すでに、すべり面のX線写真は現存。

これだ!?

*今現在、最も有力だと思われるバグナルドの説について

仮に図9のように砂の層を上から棒で押すと、棒のすぐ下には砂が圧密された砂のくさびができ、それがさらに下へと押し込まれたら砂の層中にすべり面が生じる。このすべり面上のある一点で力を分解して考えてみると、すべりの力Fが十分大きくないうちは、砂の自重W>垂直方向の分力Pですべりはおこらないが、ある値以上Fが大きくなるとW<Pとなって、すべり面



▲図9 バグナルドの説
 [F: すべりの力 W: 砂の自重]
 [P: 垂直方向の分力 T: せん断力]

より上にある砂は、棒を入れる前より盛り上がる。するとすべり面ではすべりが起こり、砂の圧密状態はゆるんでPが急に減少してWに打ち勝てなくなり、すべりは止まる。棒には絶えず力が加わって押し込んでくるので、再び前と同じような動きが生じ、これを繰り返す。そのためにすべり面より上にある砂は弾性的に上下振動運動をし、そのため楽音を発するというものである。実験的な裏付けが今後の課題である。

6 鳴かぬなら鳴かせてみせよう海岸の砂

(1) 琴ヶ浜・町の対策① (写真2)

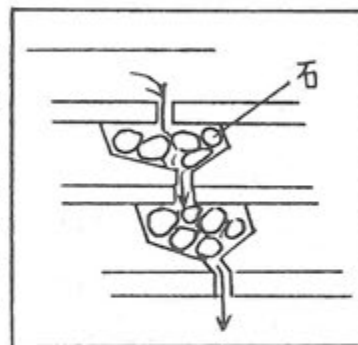
町では、鳴き砂が鳴かなくなったので、その原因の一つである「礫や泥の混入」を防ぐために階段状の防止ブロックを実験的につくった。石をしきつめたくぼみを礫・泥まじりの水が通過する時に、不純物がろ過される、という仕組みのようである。しかし、私が訪れた時はその地域は鳴かなかつた。(図8)建設の時にセメントなどが混入したのであろうか。

(2) 琴ヶ浜・町の対策② (写真3)

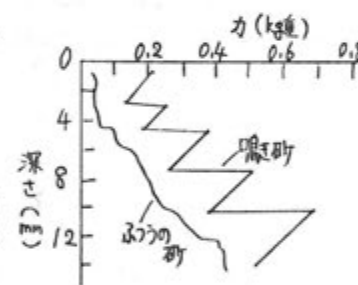
町は、鳴き砂が海の波にさらわれないようにと、沖にテトラ・ポットを置いたようであるが、それによって波が浜までとどかなくなり、砂は洗われなくなって鳴きにくくなっている。そこで、高さにして上半分は取り除かれた。

(3) 全く鳴かない普通の砂を鳴かせる。

図11は、普通の砂と鳴き砂にそれぞれ棒をつっこんだ時の貫入の深さと、その貫入に要する力の関係を表したものである。このように、鳴き砂には階段的特性がある。鉱物組成が原因だと思いが、そのままの普通の砂は簡単には鳴いてくれそうにない。



▲図10 礫・泥混入防止ブロック

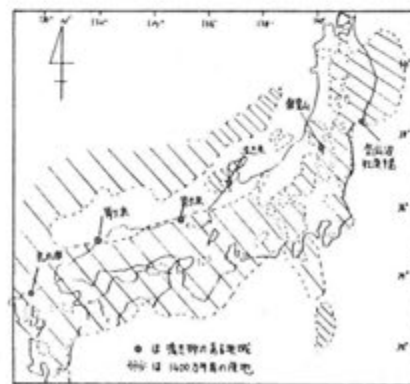


▲図11 貫入試験結果

7 鳴き砂に残された今後の課題

(1) 謎の一直線

日本全国の有名な鳴き砂の存在する地域を地図上に表すと、なんと一直線上にのるのである。ここで、古地理図を調べてみると、新生代第三紀中新世末期(約1400万年前)のかつての大陸の海岸線とよく似ているのである。このころに花崗岩の侵入も行われ、その後の風化・浸食により、海岸にもたらされたのが原形ではなかろうか? しかし、氷河性海



▲図12 謎の一直線(加筆作成)
//// は中新世末期の海岸線

水準変動のこともあり、謎の一直線は謎のままでありそうだ……。

IV 結論

採取した場所	海岸の砂の特色	粒度分析の結果	結論
琴ヶ浜 (島根県仁摩 郡仁万町 馬路) 1~12	石英が70%以上をしめる白砂青松の日本有数の鳴き砂の海岸。微小貝が生息し、石英は丸く円磨されている。	粒径1~1/8mmが全体の95%以上。 (1/2~1/4mmが90%以上)	1:鳴き砂の条件は主に5つある。 2:鳴き砂のメカニズムは、バグナルドの説によって説明される。(すべり面上における力の分解) 3:鳴き砂のある地域は、日本では一直線にならぶ(?)

V 総括

人類の祖先は海からやってきたことより、よく「海は人類の母である」と言われる。今、私たちは産みの母である海を虐待してはいないだろうか。馬路の人たちの心はあたたかかった。すべては彼らの誇りである鳴き砂のためだからだろう。彼らの心に海の贈り物が住みついているからであろう。そんな私たち全ての共有財産である全ての海、全ての自然を決して怒らせてはならない。海は人類の母、なのだから——。

*

最近、鳴き砂の天然記念物指定論争が一部の人々の間で行われている。国民それぞれが自然を理解できるならこんな指定などいらぬのであるが、まずは鳴き砂保護の一方法として、天然記念物指定を期待したい。11月6日には、鳴き砂の博物館の起工式が行われた。いよいよ鳴き砂も市民権を得たようである。

VI 参考文献

- ・三輪茂雄(1982) 鳴き砂幻想 -ミュージカル・サンドの謎を追う- ダイアモンド社
- ・日本磁物趣味の会(1971) 地学研究 Vol.22 Nos.11, 12 日本磁物趣味の会
- ・小林学ほか(1988) 地学観察実験ハンドブック 朝倉書店
- ・田中真砂史(1987, 1988) 自由研究 第12, 13集 大阪教育大学附属天王寺中
- ・市川浩一郎ほか(1970) 日本列島地質構造発達史 築地書館

~図版~



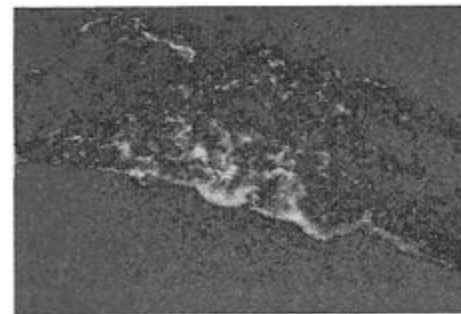
▲写真1 琴ヶ浜に流れ込む排水口
これでは天然記念物指定なんて……



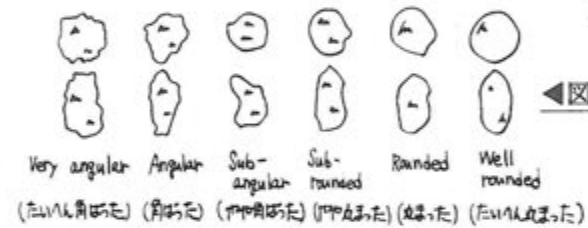
▲写真2 礫・泥混入防止ブロック



▲写真3 取りはずされたテトラ・ポット
地元のおじさんは、「全て取り除いてほしい」とおっしゃっていましたが……。



▲写真4 砂を洗い、円磨する波
大自然は何万年という気が遠くなるような年月をかけて透明な石英粒を、角ばった部分だけではなく、凹んだところも含めて粒子全体を同時に円磨していく。



◀図13 礫屑物の円磨度



▲写真5 キャンプ禁止、なのに……

手前の立て札は、「みんなで守る郷土の自然」指定地域であることと、鳴き砂保護のためにキャンプを禁止していることを呼びかけている。なのに、写真のようなキャンプグループを2日のうちで4グループも見た。



▲写真6 エンディング 写真7▼

