

# 天の橋立はどのようにしてできたのであろうか

— 砂州のでき方と琴引浜の鳴き砂について —

41期

## I テーマ設定の理由

昨年は、和歌山県白良浜の砂の供給源を調べた。そこで今回は、日本海側に目を向けてみようと思ひ、特に美しい砂州を持つ天の橋立を調べてみた。

天の橋立などの砂州は、沿岸流によってできた説が主であるが、運ばれた砂は海面下に堆積することはあっても、海面上2mもたまることはない。そこで、縄文海進の時にたまった砂礫が、その後の海面低下によって、海面上に姿を現したのではないかと思ひ、テーマを設定した。

## II 研究方法

- (1) 文献 地形図や文献を調べて、テーマに基いた仮説をたて、検証していく。
- (2) 現地調査 実際に現地（宮津・網野）へ調査に行く。春と秋の2回行く。海岸の砂を少量、標本抽出し、採取する。そして傾向を見る。
- (3) 粒度分析 (2)で採取したサンプルを、タイラーのふるい、上ざら天びん、ルーペ等を利用し、同じ粒径ごとにふるいわけ、科学的に考察する。鉱物組成も見る。
- (4) 模型実験
  - i) ガラス管や竹筒を使って、流水の運搬作用の実験をする。
  - ii) 立体模型（陸、海底）を作り、沿岸流の流れる様子を調べる。
    - a. 洗たくのりを使用
    - b. セメダインを使用
    - c. 油粘土による方法
    - d. 紙粘土による方法（dの方法が最も適していた。）

竹筒では断面の様子が見えないので、ガラス管の方が、運搬作用の様子がよくわかった。

## (5) 結論と今後の課題

## III 研究内容

### 1 天の橋立の地形と地質

#### (1) 地形

天の橋立は、日本三景（天橋立、巖島、松島）の一つで、宮津湾の奥にある約2.5kmの砂州（一般には、海のやや沖合いに堆積物の堤が生じている地形をいう。）であり、松が生えていかにも天にかかるかけ橋のごとく美しい風景をなしている。文珠海岸との間が切れているが、これは切戸という。高さは2mをこえない。（写真1、2）

#### (2) 地質

地質は、新生代第四紀沖積世（完新世）の縄文時代前期の海水準が高かったころの砂礫層である。（写真8、9）

ところで、百人一首60番に、「大江山いくのの道の遠ければ 未だふみも見ず天の橋立」と詠まれているが、当時から今のような状態で人々の目を楽しませていたのだろうか。これが



△図1 天の橋立・サンプル採取地点

今回のテーマでもある。

## 2 粒度分析

### (1) 方法

タイラーのふるいと上皿天びん、ルーベを使って粒度分析をした。(図2)ふるいは網目になっていて、粒径ごとにたまるようになっている。その各粒径ごとの質量を量り、重量%を求める。

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

(今回、標本の総量は20g)

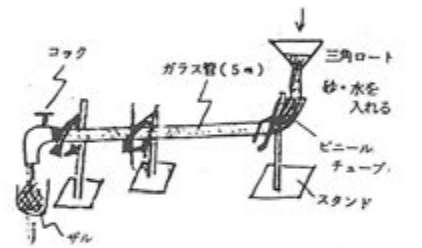
これをグラフ化したものが、(3)からの粒度分布のグラフである。

### (2) 採取地

天の橋立ではA~I、網野町の琴引浜ではN-①~N-③の各地点での標本を分析した。なお、琴引浜では、足で踏んでみて鳴る砂は①と②、③は鳴らなかった砂である。(図1, 3・写真10, 11)

### (3) 粒度分布

砂浜の堆積物は、粒径 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{16}$ mmに全体の70%をしめ、たいへん粒がそろっている。残りも全て2~ $\frac{1}{16}$ mmの



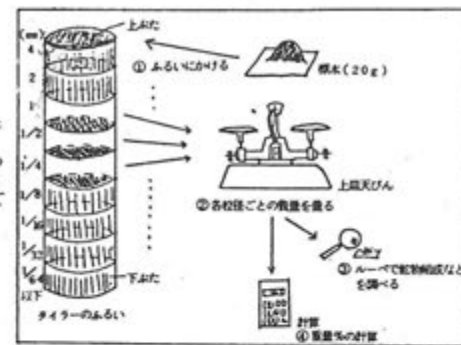
▲図4 流水実験の装置(写真7参照)

間におさまり、砂浜の堆積物は、まさに砂であることがわかる。

#### ① 天の橋立

グラフを一目見ただけで、砂の粒径がほとんどであることがわかる。だから、砂浜を歩くとサラサラして足ざわりがよい。砂の中の鉱物組成は、やはり石英が最も多く、(写真6)次いで長石(白かはだ色)、黒雲母や、岩石片である。粘板岩のかけらや、現在の貝殻(化石でない)などもあった。昨年調査した和歌山県白浜町の白良浜や江津良、兵庫県須磨の浦海岸や、福井県三国港海岸の粒度分布型とも良く似ており、分級良好(粒がそろっていること。陶汰がよい、ともいう)である。

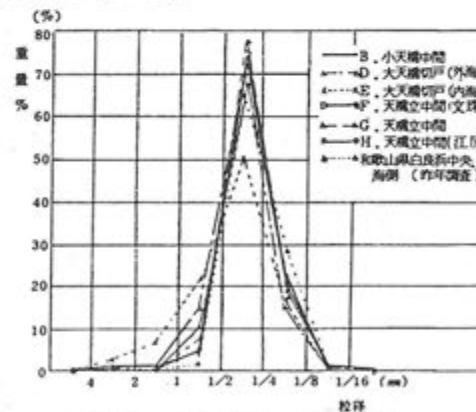
また、石英がなぜ砂の中に多く含まれているのかを考えてみると、石英は化学的に安定で、(硬度がヤスリと同じ7)風化や浸食されにくいからだと考えられる。



▲図2 粒度分析に用いる用具



▲図3 琴引浜・サンプル採取地点



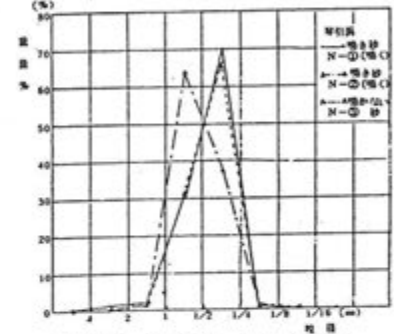
▲図5 天の橋立、粒度分布

内海側の砂と、外海側の砂とを比べてみると、(D地点とE地点)外海側のD地点の方が、内海側のE地点より全体として細粒物質が多い傾向にある( $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{16}$ mmの中粒が外海側の方が20%多い)ので、浸食のされ方が違うようであるが、比較サンプルが1か所と少ないため、今後十分に考えてみたい。

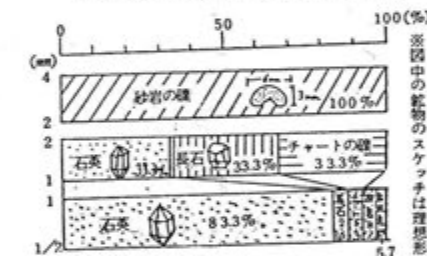
現地調査から、H地点でチャートの礫が見られたが、出かたがあまりにも極端で、供給源については、はるか内陸の加佐郡の古生代の地層なのか、今後の課題である。(写真10)

### ② 琴引浜

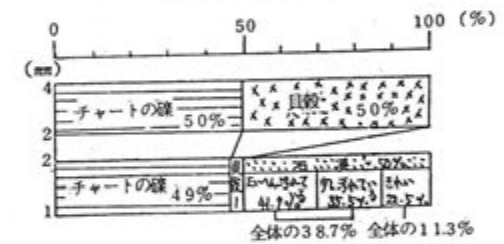
琴引浜では、鳴く砂と鳴かない砂とを比較してみたが、粒度分布ではどれも $1 \sim \frac{1}{16}$ mmがピークであった。しかし、鳴かない砂の鉱物組成を調べてみると、曇りのある汚れた石英が全体の38.7%(2~1mm・図8)と極めて多かった。鳴き砂は英語で singing sand と言う。まさに歌う砂である。



▲図6 琴引浜、粒度分布



▲図7 N-①地点(鳴く砂)の粒径による鉱物組成の変化



▲図8 N-③地点(鳴かない砂)の粒径による鉱物組成の変化

## 3 天の橋立はどのようにしてできたのだろう

一般には、沿岸流による、と説明されている。しかし、これでは運ばれた砂は海面下にたまることはあっても、海面上2mもたまることはない。では、一体何があの美しい天の橋立をつくったのだろうか。

### (1) 氷河性海水準変動

よく見なくてもわかるが、天の橋立には松が生存している。(写真1, 5)このことから考えて、数十年あるいは数百年間、海面下に没していたことはなさそうである。海にもぐってみたが、魚津埋没林(富山県)のように、海の底に松林はなかった。沿岸流でもないとなると、考えられるのは、氷河性海水準変動である。これは自然の歴史の産物である。

現在から約1万8千年前はウルム氷期であり、全地球の約 $\frac{1}{2}$ が氷河に覆われた。ちなみに新生代第四紀洪積世(200万年前)には、ギェンツ(60~55万年前)、ミンデル(45~38万年前)、リス(24~15万年前)そしてウルムの4回の氷河時代があった。ウルム氷期では、氷河に覆われたために海水が減り、海水面が150m以上も低下した。一方、逆に間氷期の温暖な時は海水面が上昇する。今から6千~5千年前頃は、現在よりやや気候が温暖で、海水面は現在より約3m高かった。この海面上昇が縄文時代だったことから、これは「縄

文海進」と呼ばれている。この「縄文海進」の時にたまった砂や礫が、その後の海面低下によって海面上に姿を現したものが、天の橋立の原形である。このころは、江尻から橋立明神あたりまで堆積していた。(図1, 11)

その後の天の橋立の成長には、沿岸流の働きが大きな役割を果たした。

(2) 沿岸流の働き

雪舟の『天橋立図』を見ると、当時(室町時代)は、橋立明神で終わる砂嘴だったことがわかる。また、現地調査からも江尻側の松は全体的にがっかりしているのに対し、文珠側はひょろっとしていたことから、江尻側の方が先に地盤ができていたことがわかる。(写真5)

この付近の海には、日本海を流れる対馬海流の逆流が鷺岬(写真1)から南へ流れているが、この沿岸流によって砂礫が運ばれてきた。沿岸流で運ばれてきた砂礫は、内海の阿蘇海から外に出ようとする野田川(天の橋立駅・西北西約2.7km)の流れと、潮の干満による潮の流れとのつり合いで沈降し、堆積する。砂礫の供給が激しく、大天橋の成長が続くと、出口をふさがれる内海の水は、より南側の砂浜を通過して外海に出る。こうして小天橋ができた。この成長は、今も続いている。(写真8)

また、時には排水口を求めて砂州を切断することもあった。その一つが、大天橋の切戸なのである。切戸では、私が現地調査に行った時も、内海から外海の宮津湾へ水が流れていた。それに、近くの智恵寺の門にも、『切戸文珠堂』というちょうちんがつるされていたが、これらからも、ここが切戸であることがわかる。(写真2)

(3) 模型実験

実際に検証する為に、紙粘土で天の橋立の模型を作り、模型実験を行った。方法は、注射器を使って沿岸流を再現し、現地から採取してきた砂を使用した。

沿岸流の作用で、砂粒が運搬される様子を調べた。

すると、運搬作用で重い(大きい)ものは、海底を転がったり、とびはねたりして運ばれ、軽い(小さい)ものは、流水中に巻き上げられて運ばれた。(写真7) また、砂粒が沿岸流によって宮津湾の中に堆積し、天の橋立のようになった。(写真8) このことから、沿岸流が氷河性海水準変動ほどではないが、天の橋立の成長に重要であったことがわかった。

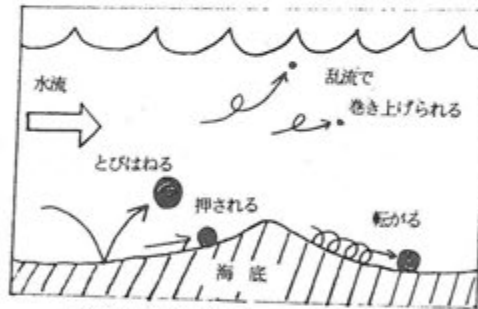
4 鳴き砂はどうして鳴くのか ~琴引浜~

対馬海流のより源流に近い所とも比較してみよう

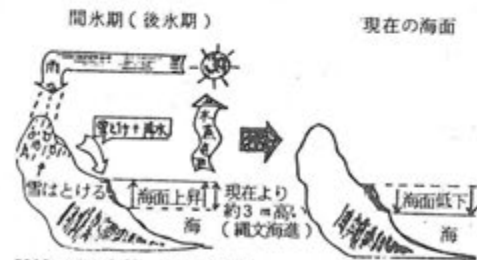


▲図9 雪舟の『天橋立図』と現在の『天の橋立』  
室町時代の水墨画に現在の砂州を加筆作成した。  
⊕の部分、現在の海岸線である。

江尻側の方が先に地盤ができていたことがわかる。



▲図10 運搬作用



▲図11 海水準変動のしくみ

と思い、特に鳴き砂で有名な琴引浜も調べてみた。

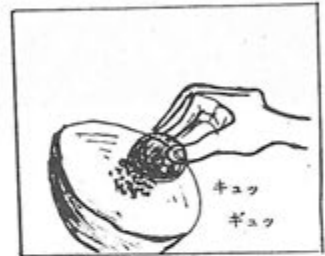
粒度分布を見てみると、砂粒の大きさがたいへんよくそろっている。(図6)このような粒径のそろった砂粒がつまみ重っている上を歩くと、砂粒の表面どおしがこすれ合っただけで鳴る。これが鳴くしくみである。また、我々の重みで砂粒のすき間に入っている空気が振動し、その振動が次々と隣のすき間の空気をふるわせる時の振動音とも考えられる。いずれにしても、鳴き砂の秘密は、大きさのそろった砂粒にあり、(図6で、1~1/4mmが99%のN-①や、98%のN-②、97%のN-③) 鉱物組成を見てわかったことだが、83.3%の石英が含まれていることにある。しかも、ルーペで見ると、石英は鏡のようにすべすべ磨かれているからである。

(写真6)

鳴らない所の砂は、石英が茶色に油のようなもので汚れていて、砂浜はゴミだらけであった。このような石英は、N-③の粒径2~1mmで38.7%もあり、石英をきれいに洗うか、琴引浜の波によく洗われたい限り、ますます鳴りにくくなるだろう。

(図8)

実際に鳴き砂を、乳鉢のかわりに磁器の器に入れ、乳棒のかわりに素焼の器の裏でこすってみると、ギョツ、ギョツ、ギョツと美しく鳴った。(図12)



(実験)  
▲図12 鳴き砂を鳴かせる

IV 結論

これらを表にまとめると、下のようになる。

採取した場所	海岸の砂の特色	粒度分析の結果	結論
天の橋立 (京都府宮津市) A~I	石英が多く、ついで長石が多い。黒雲母、粘板岩のかけら、貝殻が入っていた。	粒径1/2~1/4mmが全体の70%で、たいへん粒がそろっている。	①氷河性海水準変動…縄文海進で海水面が約3m上昇した時にたまった砂礫が、その後の海面低下によって海面上に姿を現した。その後、 ②沿岸流による運搬 ⇒ 模型実験
琴引浜 (京都府竹野郡網野町) N-①~③	鉱物組成は、石英がおおよそ83%とたいへん多い。足で砂をふむと、「ギョツ」と鳴る日本有数の鳴き砂。	粒径1/2~1/4mmが全体の70%ぐらいで、たいへん粒がそろっている。	なぜ鳴るのか。 ①石英(砂粒)どおしがこすれ合っただけで出るまさつ音。 ②砂粒と砂粒のすき間の空気の振動音。 ⇒ 磁器の器で実験

V 総括

日本三景の一つ、天の橋立を徹底的に調べられてよかったと思う。今年もいろいろな実験や調査を行い、たくさんの文献にもあたってみたので、いい勉強にもなった。

ところで、海岸の砂はどこでも、たとえ日本海側でも太平洋側でもあついなあ、と痛感した。最後に俳句を一つ。 照る猛暑 鳴かない訳は 空き缶かな — 琴引浜にて

VI 参考文献

・松下 進 (1971) 日本地方地質誌 近畿地方 朝倉書店  
 ・日本海洋学会 (1985) 日本全国海岸海洋誌 東海大学出版会  
 ・田中 真砂史 (1987) 自由研究第12集 p 25~30 大阪教育大学附属天王寺中学校  
 ・山田 渉 (1982) 水と地形 東海大学出版会  
 ・横山 卓雄 (1978) 地図のみかた -地形図を中心に- 保育社



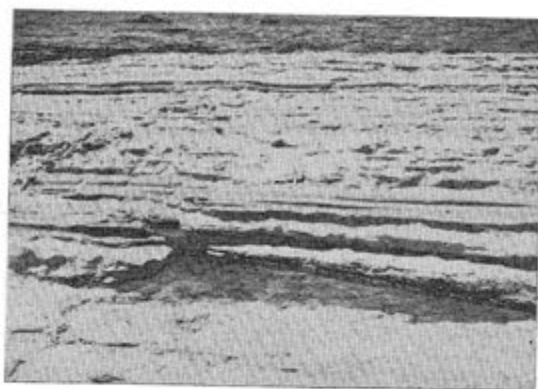
▲写真1 天の橋立全景 (ビューランドより)



▲写真2 大天橋の切戸と今残るあさり漁



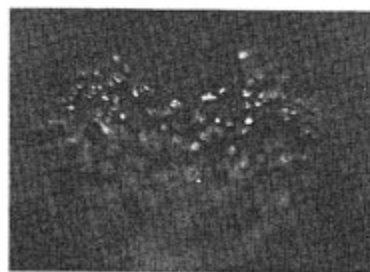
▲写真3 江尻・浸食対策工事 (内海)



▲写真4 琴引浜・砂岩泥岩層 (第三紀層)  
砂岩の厚さは12cm。石英が目立ってキラキラしていた。



写真5▶  
文珠側の松  
文珠側の松は、細くひょろっとしている。



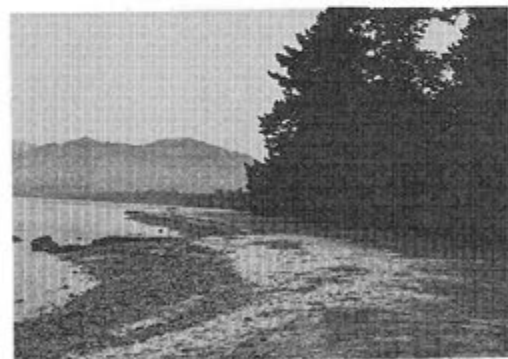
▲写真6 琴引浜・鳴き砂の石英



▲写真7 ガラス管による流水実験 (図4参照)



◀写真9 天の橋立・立体模型  
天の橋立の地形、地質、および近海の海底地形も忠実に再現した。



▲写真10 天の橋立・標本採取H地点  
このあたりから「古生代」のチャートをはじめとする礫が目立ってきた。



▲写真11 琴引浜・標本採取N-①地点  
海岸の砂の中の石英が太陽の光に反射してキラキラ光っている。砂をけて鳴き砂を鳴かせているところである。