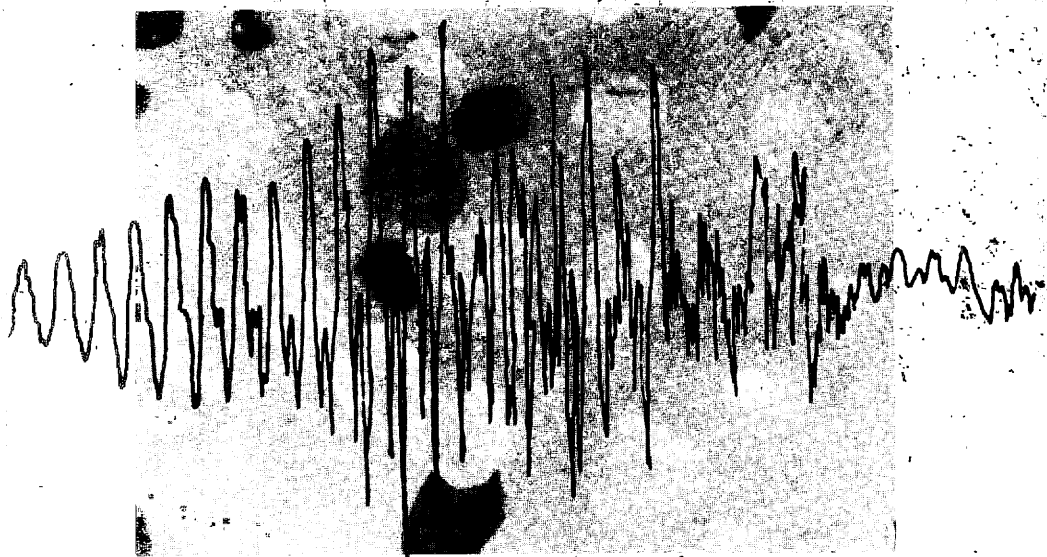


紀要第54号

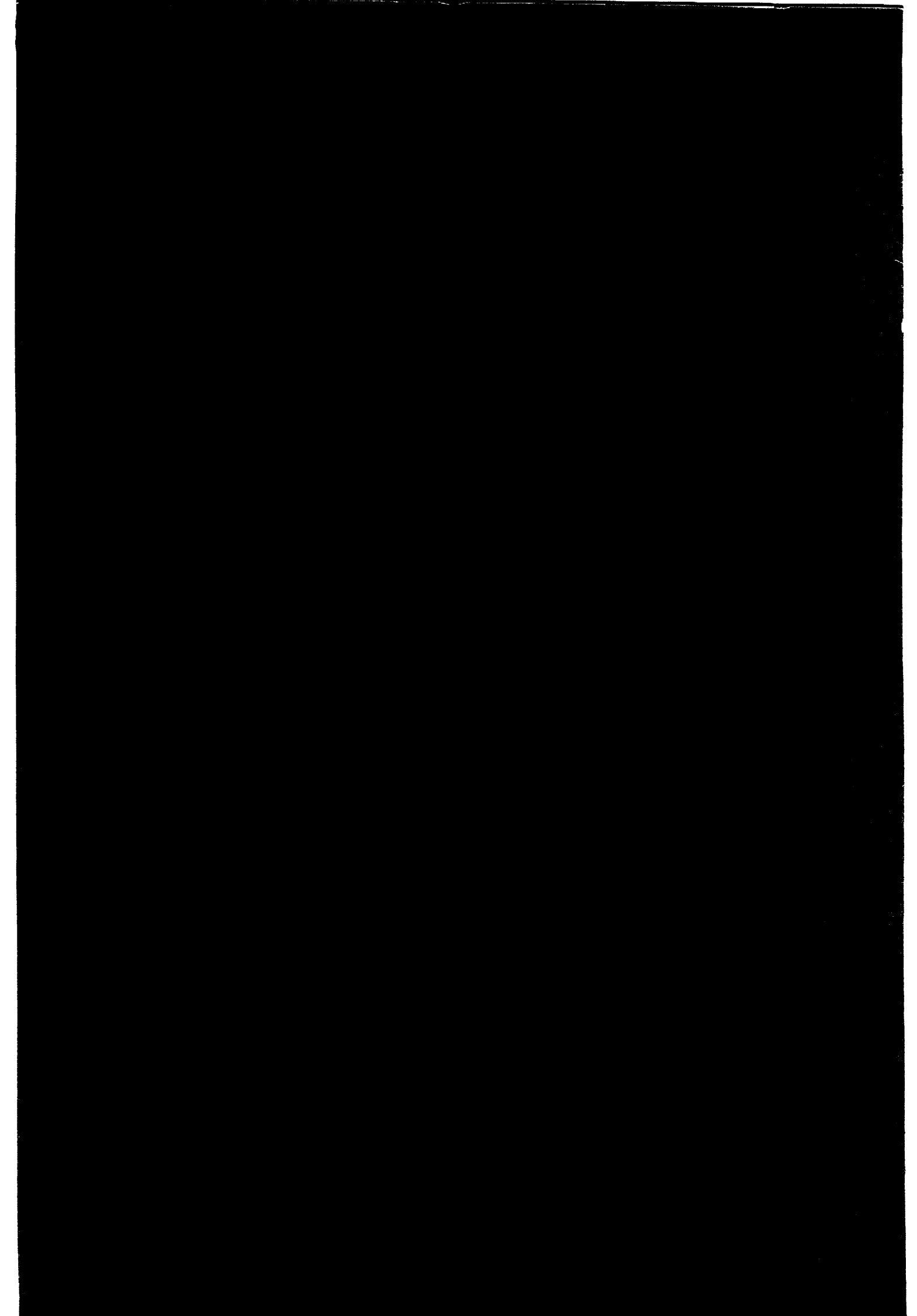
石川の自然

第20集 地学編(9)



平成8年3月

石川県教育センター



「石川の自然」第20集 地学編(9) 発刊にあたって

新しい学力観に立つ教育は、子供たちの自ら学ぶ意欲や思考力、判断力、表現力などの資質や能力の育成を重視しています。これは、理科教育で言えば、与えられた知識で分かったつもりになったり、自然の美しさや素晴らしさへの感動や、自ら未知の自然の不思議に積極的に取り組もうとする意欲等の欠如しがちな子供たちに育ててきた、私たち教師の大きな反省の上に立ったものでもあります。現在盛んに言われる「理科離れ」の危機も、このような状況から生まれてきたものと考えられます。ノーベル化学賞を受賞した福井謙一氏は、その著書「学問と創造」の中で自然との触れ合いの重要性に触れ、「何が一番私の学問及び創造を志した人生に役立ったかを問われれば、科学的直観を培ったに相違ない自然との生の触れ合いだ。」と述べ、さらに科学的直観はできるだけ幼い頃から自然に親しむことによって、より有効に養われるのではないかと述べています。

理科離れの中でも、とりわけ地学離れが言われていますが、考えてみれば、地学は私達人間が毎日暮らす大地の土や岩石、川、そして仰ぎ見ると常にある太陽や星空といった、最も親しみやすい自然を対象にしています。したがって、“自然との生の触れ合い”を提供する格好の場であるはずで

こうした中であって、当教育センターでは、地学研究室・生物研究室が中心となって自然学習に関する教材の開発に取り組むとともに、小・中・高等学校の先生方を対象にした野外観察教材の基礎資料「石川の自然」を刊行してきました。

今回発行の「石川の自然」第20集 地学編(9)は、「海岸地形の観察及び調査」を实践されようとする先生方のための教材基礎資料として、地学研究室の所員が本県の主要海岸における調査結果をまとめたものです。

調査は、約70箇所、100地点を超え、ほぼ県内全域の海岸を網羅した結果をまとめましたので、先生方の勤務地の近くで、実際に確かめることのできる場所も何箇所かあると思います。

内容は、大きく3部構成になっています。第1部は海岸地形の観察調査ですが、単に地学的な知識を得るのではなく、例えば「なぜここが砂浜地形になったのだろうか？」と、問題意識を持ちながら、海岸地形を読み取っていく力を子供たちに付けていくための観点を大切に編集しました。第2部は、各々の海岸の砂の分析資料と考察です。身近な砂を使った簡単な分析から、第1部で観察したポイント毎の地形の特徴をラインでつないで、より広い視野から石川の海岸地形の特徴を見ていこうとするものです。実験方法や結果の考察の仕方は、実際に子供たちと実践する場合の参考にもなると思います。第3部は、鳴き砂の分析です。琴ヶ浜の鳴き砂を中心に、県内外の様々な砂との比較を元に、鳴き砂の特性や鳴く秘密についての考察を行っています。十分な研究成果が得られたとは言えませんが、この部分は内容と共に、その問題解決のための過程そのものも参考になればと思っています。

各学校におかれましては、野外観察を年間学習計画に取り入れると共に、この資料を積極的に活用していただければ、児童・生徒の心の中に自然に対する感動と興味が生まれるものと信じております。先生方の児童・生徒へのご指導を期待しています。

今後も当教育センターでは、本県の自然についての調査・研究を継続し、各種の野外学習教材資料を提供していきたいと考えておりますので、関係各位のご指導とご鞭撻をよろしくお願いいたします。

平成8年3月

石川県教育センター
所長 北橋 正治

目 次

「石川の自然」第20集 地学編(9) 発刊にあたって 北橋 正治

石川の海岸地形を読む——地形の観察と砂、特に鳴き砂の分析を通して—— 新保 修

はじめに	1
I 海岸地形の概説	1
II 石川県の海岸地形の概観と調査方法	3
III 各地の海岸地形を読む	5
加越海岸	
1 加賀海岸	5
2 石川・金沢・金石海岸	9
3 河北地方の海岸	12
能登外浦海岸	
1 富来方面の海岸	15
2 琴ヶ浜の海岸	17
3 門前海岸	18
4 皆月～狼煙方面の海岸	19
能登内浦海岸	
1 三崎～九十九湾方面の海岸	22
2 穴水～七尾方面の海岸	24
能登島	25
IV 各地の砂の粒度分析と考察	
加越海岸	
1 加賀海岸	27
2 石川・金沢・金石海岸	28
3 河北地方の海岸	29
能登外浦海岸	
1 富来方面の海岸	32
2 琴ヶ浜の海岸	33
3 門前海岸	34
4 皆月～狼煙方面の海岸	35
能登内浦海岸	
1 三崎～九十九湾方面の海岸	36
2 穴水～七尾方面の海岸	37
能登島	39
V 琴ヶ浜を中心とした「鳴き砂」の分析	
1 琴ヶ浜の砂の詳細な粒度分析	40
2 県下全域の砂の粒度比較と分析	42
3 石英の含有量、及び形状の分析	44
4 仁岸川に沿った砂の分析	45
5 鳴き砂の音の波形分析	46
6 鳴き砂モデルの考察	50
VI まとめ	52
VII 主な参考文献	54
VIII 資料	
1 〈砂の色・粒度変化と、代表的な海岸地形〉一覧図	55
2 〈県内の浜の、砂の粒度分析一覧表〉	56

石川の海岸地形を読む

—地形の観察と砂、特に鳴き砂の分析を通して—

新保 修*

はじめに

過去、「石川の自然」地学編では、県内各地の代表的な地質を中心に紹介してきた。その結果、主要な地学的特質を示す場所については一通りの報告を終え、それらの資料が県下の理科教育に貢献してきたものと自負している。その実績の上に立ち、今回この地学編第9集を出すねらいは2つある。

1つは、今回の報告を「地形を読む(地形の成因を探る)」ということを考えるきっかけにしてほしいことである。本来、地質巡検は、特色ある地質ポイントの観察を通して、普遍的な「地学的な物の見方や考え方」を養うことを目的とするものだろう。つまり、典型的な地形的特色を示す地点の理解にとどまらず、私たちが日常的に暮らす地域の地形的特色の理解につながるものであるべきであり、そのような眼でまわりの景観を見ることができるところを「地形を読む」と表現したのである。

今回の紀要では、県内に広く分布している海岸地形を対象に、地形を読むことを試みてみた。具体的には、県内各地の海岸地形を、景観や、地質図、地形図等を使った観察から調査し、その見方についての解説を試みた。さらに本文の解説中には適宜【海岸の特徴的な地形】と【地形の読み方】の欄を設け、典型的な海岸地形の紹介とその見方、地形を読み取る種々の方法についての解説を行った。過去「石川の自然」で紹介された地点についても、このような海岸地形を読むという共通の視点に立った説明に心がけ、できるだけ内容の重複は避けたつもりである。

また、調査の際には各地の海岸の砂を採取し、粒度分析法を用いて互いに比較することで、より総合的に石川県の海岸地形の特色を検討してみることにした。

2つ目のねらいは、「琴ヶ浜」を中心とした「鳴き砂」の調査と研究である。鳴き砂とは、その砂浜を歩くと、キュッ、キュッという音がする砂浜の砂のことで、石川県では門前町剣地の琴ヶ浜の砂が有名である。鳴き砂については、全国的にも、県内においても数多くの研究があり、近年環境問題にも絡めていろいろな試みもなされている。

本紀要では、上述した「地質を読む」という観点で捉え、鳴き砂の浜の地形的特色や、県下全域の砂と比較しての考察、更には、鳴く音の物理的分析等を通して、従来の研究とは多少異なる方向から検討を加えるつもりである。

本紀要が、郷土の自然により親しみをもち、地学的な見方や考え方への関心の高まりに役立つことを願っている。

※本紀要で使用する地層の名称や年代等については、糸野(1991)に依った。

I 海岸地形の概説

日本列島は、北東から南西にかけて、長く連なる島々から成り立っており、総面積は約37万7,700km²である。それに対し海岸線の総延長は、約3万3,800kmもある(1979年、隠淵剛編)。日本列島を単純に一つの長方形と考えれば、その全周はほぼ2,458kmに過ぎず、実際の海岸線の長さはその13.8倍もの長さになる。このことから、日本列島の海岸線が複雑で、入り江や岬に富んでいることが分かる。

1. 海岸の分類

(1) 形成材料による分類

海岸を作っている材料面から見てみると、海岸は大別して、岩か砂礫かサンゴか氷でできている。県内にはサンゴや氷の海岸は存在しないので、岩と砂礫の2通りということになる。

岩でできた海岸は「磯」と言う。その中には、一般に「岩石(海食崖)海岸」と「火山海岸」がある。火山から出た溶岩が海に面しているところでは、磯になっているようである。

砂で出来た海岸は「浜」と言う。これには、「砂浜海岸」に加え、「礫(砂利)浜」も含めるのが一般的である。砂の多い浜では、内灘のように、砂丘の発達することがよくある。

〈海岸の形成要因〉

磯ができるか浜になるかを左右する、海岸堆積物の組成、堆積作用、分布を決定する要因には、波の作用、沿岸流、潮汐、海岸を作る岩石の鉱物組成、海岸全体の地形と地質的な特性などがある。海岸堆積物はこれらの要因が複雑に絡み合った平衡状態の上に立って個々の場所に固有な分布を示している。

浜が出来る場合は、海岸域に供給される物質の量が、波浪や海流によって運び去られる量より多い場合である。その反対の場合は、基盤の岩石が露出した磯浜(岩石海岸)になる。

*石川県教育センター 地学研究室
金沢市高尾町ウ31番地の1

(2) 生い立ちによる分類

海岸線は、その生い立ちの違いからも、いくつかに分けることができる。ここでは、1919年にD. W. ジョンソンが提唱し、現在も広く使われている分類法を、(1)の「磯」地形と「浜」地形との関係を中心に、簡単に紹介する。

- ①沈水海岸…土地が沈降するか、海面が上昇するかして、海が陸地へ進入してきたためにできた海岸。
谷に、水が入り込んで出来た「溺れ谷」、山の急斜面が、すぐに海にせまり、出入りの多い「リアス式海岸」などは、ここに属する。
このタイプの海岸は、岩石海岸、つまり磯であることが多い。
- ②離水海岸…沈水海岸とは逆に、土地が隆起するか、海面が低下するかしてできた海岸。
このタイプの海岸は、普通、単調で平らな砂浜海岸、つまり浜を作る。
- ③中性海岸…土地や海面の隆起や沈降などの動きに関係なくできる海岸。
普通、海岸の前に、新しく堆積物がたまることでできる。例えば、三角州、火山・サンゴ礁などができたことで、新しく広がった海岸。
- ④合成海岸…一般の海岸では、上に述べた①～③の海岸地形が独立してあることより、いくつかのタイプが重なりあっていることが多い。このような海岸を合成海岸と呼ぶ。

以上のように、大きく2つの海岸地形の分類法があるが、ここでは磯地形と浜地形の分類を基本に、生い立ちによる見方も加えて話を進めていくことにする。

2. 磯と浜の特色

日本の海岸では、1で述べた浜と磯が入り組んでいることが多く、海岸に沿って行くと、海原から引込んだ入り江には浜があり、出っ張った岬には磯があるという景色の繰り返しがある。その特徴といえる。

この磯と浜の様子や地形的な特色をまとめたのが表1で、各々の作られ方の模式図を図1にまとめた。

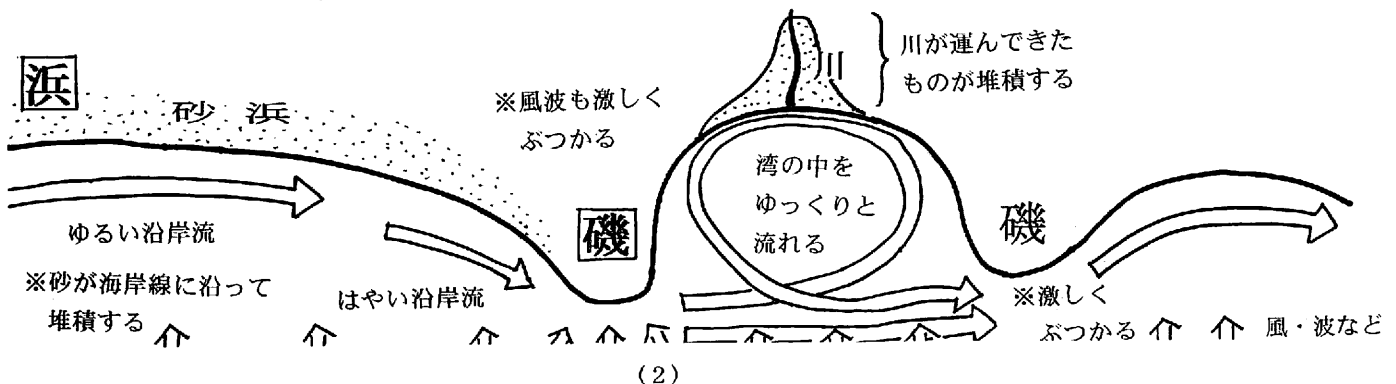
〈磯と浜の成因と地形的な特徴〉

表・1

種類	成因	地形的な特徴など	代表的な地形
磯 (砂でできた) ・岩石海岸 ・火山海岸	常に風波が海岸にぶつかり岩石を削り取る(海食)。このような所では海水の流れが強く、削り取られた岩石などはその場に留まらず、他の場所に運び去られてしまう。このようにして、基盤の岩石が露出して、磯浜となる。	切り立った崖が海岸まで迫り、岩磯などに波が押し寄せ、しぶきをあげている。海岸線は出入りが多く、岬あり、入り江ありで極めて変化に富んでいる。 ・カニをつかまえたり、釣りをしたりしている姿が見られる。 ・波は岩に直接当たって砕け、水しぶきが高く上がっている。 ・磯の背後には崖があり、むきだしの岩が見える。 ・そのため、観光名所となる所も多いが、交通の難所でもある。 ・磯の前の海は、急に深くなっていることが多く、ダイビング等をしている姿の見られることもある。	海食崖：海水が海岸にぶつかり作られた垂直に近い崖(P 8 参照) 海食台：海食崖手前の海底を海水が削り、平坦になった所。干潮の時には水面上に出てくることが多い(→P 8) 海岸段丘：土地の隆起で海食台が完全に陸地化したもの(→P 1 8) 海食洞：海水の働きで海食崖にできた穴や洞窟(→P 8)
浜 (砂でできた) ・砂浜海岸 ・磯浜海岸	磯で削り取られたり、川によって運搬された砂などが、沿岸流によって運ばれて、海岸線に沿って堆積する。こうしてできたのが浜(砂浜・砂利浜)となる。	単調で、平らな海岸線を形成している。 海岸は、砂や砂利などからできている。 ・海水浴やサーフィン、あるいは潮干狩り(石川県では、潮汐変化は少ないので、あまり行なわれない)などが行なわれる。 ・遠くから波が打ち寄せ、ある所で波頭が砕け、サーッと浜辺に打ち上げる。 ・海に入ると、少しでこぼこのある場合もあるが、大体は平らでずっと沖まで腰の辺りまでしか水のこない遠浅の浜もある。 ・浜の後ろには、松が生えていたり、小高い丘があったりする。 ・白砂青松と言われる景勝地の展開する場合もある。	砂嘴：湾の入り口に細長く砂が堆積してできたもの 砂州・潟：供給される砂の量が多く、湾の入り口、または湾そのものが砂や泥で埋めつくされたもの 陸繋島：島と陸地が砂によって地続きになったもの ※何れも、P 1 4 参照

〈海岸地形(磯と浜)の作られ方の模式図〉

図・1



Ⅱ 石川県の海岸地形の概観と調査方法

石川県の海岸線の総延長は、約657.2km（「石川の海岸」5頁）あり、瀬戸内海を持つ山口県と、太平洋やオホーツク海にも接し面積の大きな北海道を除けば、日本海に面した府県の中では1番長い。しかしそのうち自然海岸は年々減り、現在は全海岸線の40%にも満たない状況である（「いしかわの自然白景」140頁）。

この海岸線に沿い、石川県には現在26の海岸（海岸保全区域・H548310観）がある。（石川県発行「石川県河川海岸図」H743冊、図・2参照）

1. 各地域の概観

石川県の海岸の景観は様々で様ではなく、加賀と能登では大きく異なり、さらに能登でも外浦と内浦とでは、その様相が一変するのが大きな特徴である。したがって、県内の海岸を一巡すれば、ほぼ日本の海岸地形の特徴を掴むことが出来ると言えるだろう。（沖縄などのサンゴ礁海岸は除く）

そこで、まず県内の海岸を・加越海岸・能登外浦海岸・能登内浦海岸の三領域に分け、各々の海岸地形の概略を紹介する。その際、必要に応じて26地域以外の海岸も加えることにする。

加越海岸（1橋立海岸～12羽咋滝海岸）

福井県境の「塩屋海岸」（1の橋立海岸中）から、羽咋市滝崎北の柴垣海水浴場（12羽咋滝海岸中）回りまでの海岸地域とする。加賀市橋立台地の岩石海岸（1、2の海岸各々の1部）を除いては、ほとんど海岸砂丘の前面にある砂浜海岸か、手取川扇状地の砂礫海岸、つまり「浜」地形である。

鳥取砂丘にも匹敵する規模の内灘砂丘（8字ノ気・内灘海岸）や、車が砂浜を走れる千里浜海岸（10押水・羽咋海岸）などがある。

能登外浦海岸（13志賀浦海岸～20珠洲西海海岸）

赤住の漁港辺りから、能登半島突端の禄剛崎（20の先）までの海岸とする。

地質的には、部分的に安山岩が点在するが、多くは砂岩・泥岩・凝灰岩・集塊岩等であり、波食を受けやすい地質と言える。そのため、直接日本海に面して激しい荒波を受ける外浦の海岸は、男性的で荒々しい景観が特徴の岩礁海岸になったと考えられる。海拔300m前後の奥能登丘陵が海岸に迫っており、能登金剛やヤセの断崖、関野鼻を始め、多くの名勝、景勝地が見られる。それらの間に点在する砂浜海岸の規模は一般的には小さいが、鳴き砂で有名な琴ヶ浜や、歌仙貝の産地の増穂ヶ浦などの砂浜もある。

能登内浦海岸（21三崎海岸～26七尾海岸）

禄剛崎から下り、富山県境の東浜漁港辺りまでの海岸とする。

富山湾に面する内浦海岸は、冬の厳しい北西の季節風を奥能登丘陵に遮られて、外浦に比べて波浪が弱く、外浦とは対照的で穏やかな景観の岩礁海岸を形成している。

地形的には、リアス式沈降海岸であり、珠洲、七尾西湾、南湾に第四紀の砂礫層が幅広く見られ、背後は一般的に起伏が少ない。九十九湾や能登島周辺に見られる、波静かな内湾の景観が特徴的である。

2. 調査地点の選定

調査地点の選定にあたっては、前述した「石川県河川海岸図」にある、26箇所の海岸保全区域を基準とした。まず、この海岸保全区域全てについて、どの区域についても最低1箇所は調査することとし、その上で、各区域中の主な砂浜海岸を調査に加えた。さらに、砂浜でなくとも特徴的な海岸地形の見られる地域も、調査地点に加えた。その上で、この区域以外にも狼煙などのように特徴的な地形の見られる所や、区域以外の砂浜海岸についても調査した。能登島の海岸も含め、調査区域を1で分けた三領域を元に12地域に分け、調査は約70箇所100地点で行い、ほぼ県内の全域に及ぶ。具体的な調査地点は、図2（P4）に記しておく。

3. 調査方法

(1) 野外調査（観察）

- ・海岸の景観を写真やスケッチに記録し、地形上の特色を探る（自然海岸と人工海岸の区分、防波堤や離岸堤の有無や位置関係と海岸線や波の様子、河川の流入、波の立ち方、背後の地形など）
- ・砂浜がある場合は、大きさ（幅と奥行き）を計測。海岸線や背後の起伏などの記録。砂の分布状況の観察など
- ・岩石や露頭がある場合は、岩石の種類や露頭の観察を通して、海岸地形との関係を探る
- ・地形図や地質図から、地質と景観の関係を探る
- ・砂の観察（色、粒子の大きさ、構成している鉱物の様子など）
- ・原則として海岸線から4mの地点での、表面の砂の採取→室内分析

(2) 室内分析（砂粒の観察と分析）

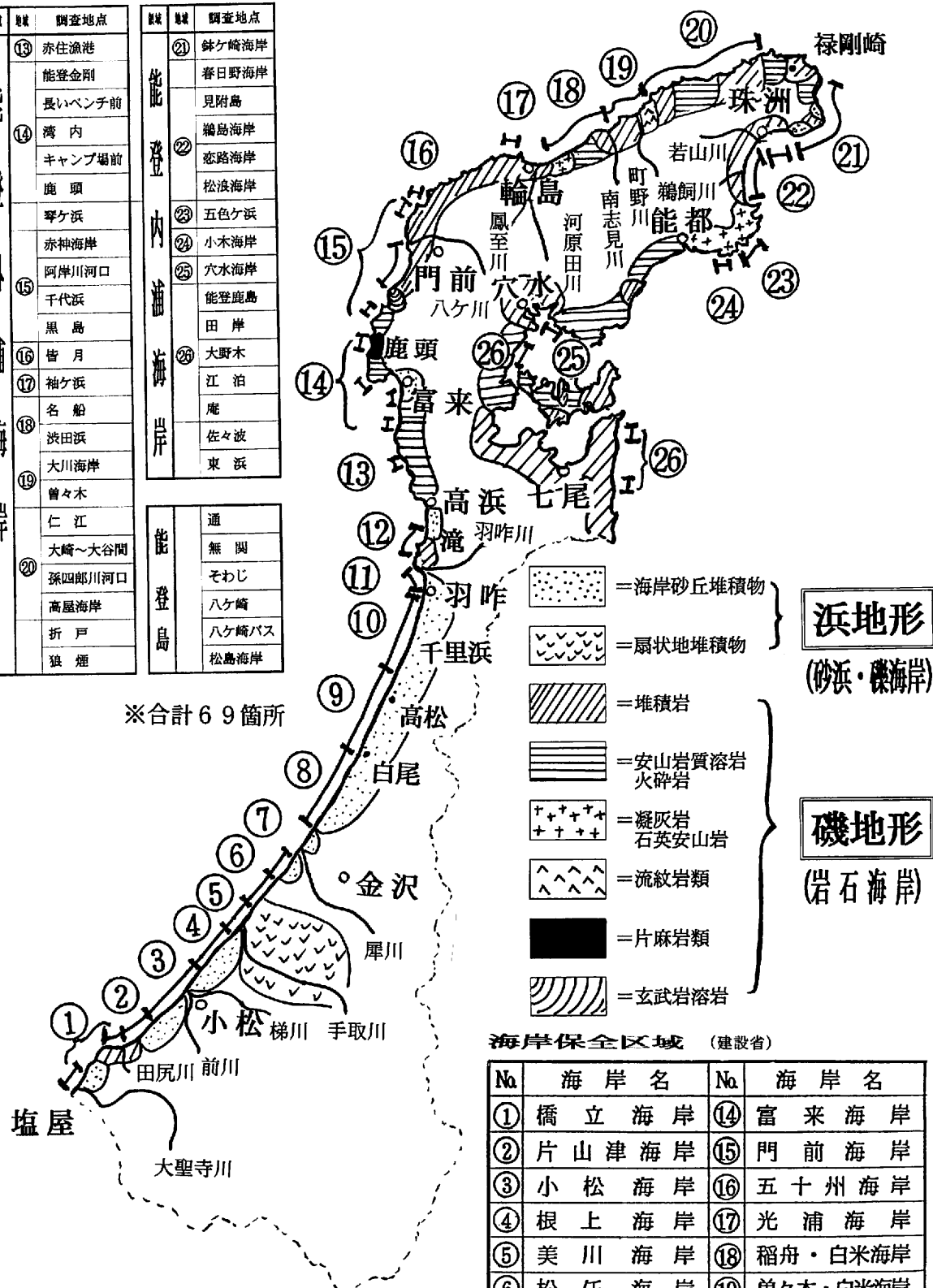
- ・採取してきた砂の粒度分析
 - ・砂の実体顕微鏡による観察
- などを通して、県下全域における砂の比較観察を行う。
- 詳しい方法については、第四章「各地の砂の粒度分析と考察」（P26）を参照。

《調査した海岸の地質と類型（磯・浜地形）区分》

図・2

《調査海岸一覧表》

順	調査地点	順	調査地点	順	調査地点
加越前	塩屋海岸	能登外	⑬ 赤住漁港	能登内	⑳ 鉢ヶ崎海岸
	片野海岸		能登金剛		春日野海岸
	黒崎海岸		長いベンチ前		見附島
	加佐ノ岬		⑭ 湾内		輪島海岸
	加賀海岸				キャンプ場前
	片山津インター		鹿頭		松浪海岸
	③ 安宅・梯川南		琴ヶ浜		⑳ 五色ヶ浜
			安宅・梯川北		赤神海岸
	④ 根上海岸		阿岸川河口		㉒ 穴水海岸
			小鑿子海岸		千代浜
	⑤ 美川海岸		黒島		田岸
			徳光CCZ		⑯ 皆月
倉部海岸	⑰ 袖ヶ浜	江泊			
⑦ 金石海岸	名船	庵			
	内灘海岸	⑱ 波田浜	佐々波		
権現森	大川海岸	東浜			
⑨ 白尾	曾々木	能登島	通		
	高松海岸		仁江	無関	
宝達川河口	大崎～大谷間		そわじ		
⑩ 今浜	孫四郎川河口		八ヶ崎		
千里浜	高屋海岸		八ヶ崎バス		
⑪ 羽咋川河口	折戸		松島海岸		
	瀧港		狼煙		
⑫ 柴垣					



※合計69箇所

浜地形
(砂浜・磯海岸)

- = 海岸砂丘堆積物
- = 扇状地堆積物

磯地形
(岩石海岸)

- = 堆積岩
- = 安山岩質溶岩 火砕岩
- = 凝灰岩 石英安山岩
- = 流紋岩類
- = 片麻岩類
- = 玄武岩溶岩

海岸保全区域 (建設省)

No	海岸名	No	海岸名
①	橋立海岸	⑭	富来海岸
②	片山津海岸	⑮	門前海岸
③	小松海岸	⑯	五十州海岸
④	根上海岸	⑰	光浦海岸
⑤	美川海岸	⑱	稻舟・白米海岸
⑥	松任海岸	⑲	曾々木・白米海岸
⑦	金沢海岸	⑳	珠洲西海海岸
⑧	宇ノ気・内灘海岸	㉑	三崎海岸
⑨	高松・七塚海岸	㉒	宝立・正院海岸
⑩	押水・羽咋海岸	㉓	珠洲宮崎海岸
⑪	羽咋一の宮海岸	㉔	小木海岸
⑫	羽咋・滝海岸	㉕	穴水海岸
⑬	志賀浦海岸	㉖	七尾海岸

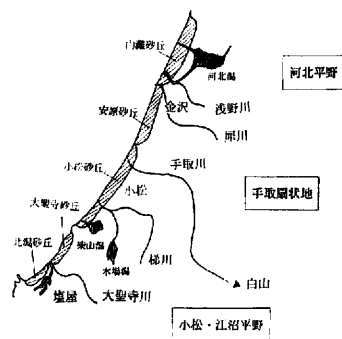
※「石川県地質誌」第Ⅱ・8図参考
石川県河川海岸図参考

Ⅲ 各地の海岸地形を読む

加越海岸

加越海岸は、福井県境より、手取川、梯川、犀川等により形成された沖積層の加賀平野(金沢平野とも言う)と、その北の千里浜、羽咋付近までを含む。加賀平野は右図のように、南の大聖寺川河口から北の河北潟の北縁まで、南西～北東に延びる長さ60km、最大幅10kmの細長い平野で、「小松・江沼平野」「手取扇状地」「河北平野」の3つに大別できる。

図からも分かるように、ここは石川県の中でもよく海岸砂丘の発達している地域である。したがって、砂丘地形を観察するのによい地域と言える。



〈3つに大別できる加賀平野〉

砂丘の特徴的な地形① [海岸砂丘]

〈県内の海岸砂丘の生成と概要〉

日本海側の海岸平野には、一般に海岸砂丘がよく発達する。

石川県の場合は、小松から羽咋にかけて砂浜海岸がなめらかな海岸線をつくり、海岸砂丘が連なっている。その間、手取扇状地の末端部と橋立台地で一部中断しているとはいえ、総延長は70km余り、最大幅2km、最高点は海拔60m余りもあり、日本海側の海岸砂丘の中でも屈指の規模である。この一連の砂丘列以外には、能登半島南部西側の高浜地区と富来地区、半島北東部内側の宇治地区、蛸島地区に小規模な沿岸砂丘がある程度である。

この大砂丘列は、北東～南西方向にほぼ一直線に延びており、北西からの激しい季節風をまともに受ける位置にある。つまり、この地域の海岸線は強い波浪や沿岸流が発生し、漂砂は集められて砂州となり、海浜に打ち上げられて浜堤を作り、あるいは砂嘴となって海上に伸びていくという現象が起こりやすい条件下にあった。これらの現象が土台となり、風成砂が堆積して砂丘がよく発達したと考えられる。

〈潟と平野の生成〉

砂丘の発達は、しばしばその内側に潟をつくり、それが平野の形成につながる。

砂州の発達により内湾が海から切り離されたものが「潟」である。手取川扇状地の北側にある河北平野と、南側にある小松・江沼平野とは、ともに沿岸州により閉じ込められて生じた潟湖(ラグーン)が埋積されてできた沖積平野である。潟湖の名残は、北側では河北潟、南では加賀三湖(今江潟、木場潟、柴山潟)があるが、その多くは干拓事業などで著しく狭くなり、大きく変貌してしまった。

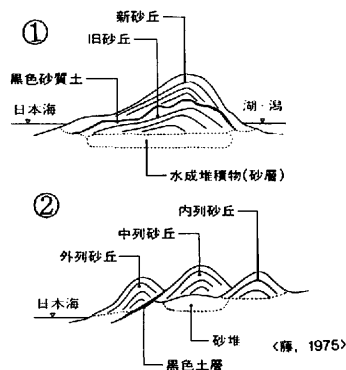
〈砂丘の2つのタイプ〉

ふつう砂丘は海岸線に沿って、2～3列に並行している。

内側から海側にかけて、内列砂丘、中列砂丘、外列砂丘と呼ばれ、海側ほど新しい。このうち内列砂丘は概して規模が小さく、中列砂丘に大きいものが見られることが多い。(右②図)

ただし多くの場合は、内列砂丘の前面(海側)は中列砂丘の後面(陸側)に覆われ、外見上は2列の砂丘列に見える。千里浜なぎさドライブウェイや羽咋砂丘はこの例である。

それに対し、古い砂丘の上に新しい砂丘が乗っている「累積型」のものがああり、内灘砂丘がその代表である。(右①図)この型は重なるので、一般に規模は大きくなる。(以上、ア・バカ砂、砂の地形・地質学参考)



1. 加賀海岸

(1) 概要

小松・江沼平野の海岸側には、「小松砂丘」と「橋立台地」があり、海と隔てられている。北の小松平野と南の江沼平野の間には、橋立台地と、やや低い台地(柴山台地、月津台地など)が連なって、両者を分けている。小松平野も江沼平野も、屈曲した山麓に囲まれた閉鎖的な湾が、埋没してできた平野である。

地形の読み方① [地質図から地形を読む]

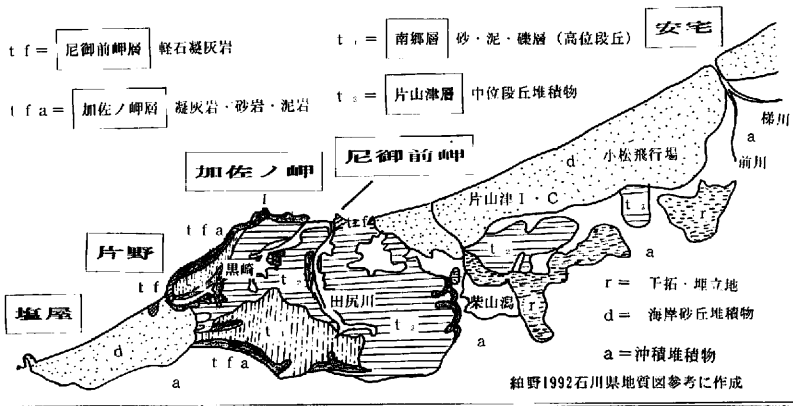
この地域の地質の特徴は、古くて固い層と、新しく柔らかい層とから成っていることである。前者は新第三紀中新世中頃に堆積した「尼御前岬層」や「加佐ノ岬層」であり、後者は、第四紀の「片山津層」、「南郷層」等である。

尼御前岬層は、約1300万年前の古くてかなり固結した軽石質凝灰岩、凝灰質砂岩・泥岩及び礫岩からなり、加佐ノ岬層はそれより更に古くて約1400万年前の、凝灰質砂岩・泥岩、中粒砂岩、シルト岩からなる厚い層である。それに対し更新世の片山津層と南郷層は、あまり固結していない軽石を含む砂岩や泥岩である。(次頁地質年表)

このような地層の分布から、砂浜の分布がうまく説明できる。

次頁図で岬になっている尼御前や加佐ノ岬は、それぞれ古い地層から成っているし、海岸砂丘地の背後は大体、片山津層か南郷層になっている。固い母岩からできている尼御前や加佐ノ岬は、波に削られ、岬地形になり、柔らかい砂や泥からなる片山津層と南郷層は、川の流れに削られやすく、流された土砂がたまり、沖積堆積物や海岸砂丘堆積物となり、砂浜地形を形成したと考えられる。

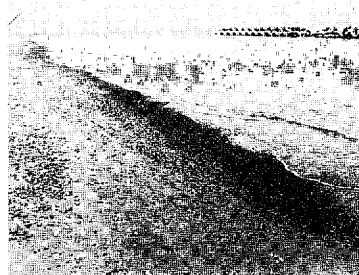
地質年代	石川県	加賀・山中・小松地域	
第 四 紀	完新世	海岸砂丘 d	
	更新世	沖積層 a	
		扇状地	
		低位段丘 t ₁	
新 世	中位段丘 t ₂	片山津層	
	高位段丘 t ₃	南郷層	
	卯辰山層		
	大桑層		
新 第三紀	中 期	飯塚層 t ₁ : 尼御前岬層	
	新 期	関野鼻層 t ₁ : 加佐ノ岬層	
	古 期	大型寺層	



(2) 各地域の観察 ~北から南へ~

① 安宅海岸

梯川河口南は、礫を含む砂浜海岸だが、河口から離れるに従い礫浜になっていく。右下図のように、河口付近の流れの速さと堤防のため、河口付近は礫が溜まりやすく、離れるに従い徐々に堆積するからだろう。波打ち際から4~5m辺りの水深1m未満の海底には礫が多く堆積している。ここは、「安宅の関」が沖合に没していることから分かるように、年々海岸線の侵食が進み、かつては梯川の先端部分はもっと沖合にあったと考えられる。したがって、現在の海岸線辺りは、川から流れてきた物はまだまだ粗い状態で、それが溜まって現在の砂礫浜になったと考えられる。沖合には、その波による海岸線の侵食を防ぐための波消しブロックが3基設置されている。浜の後方は1段高く盛り上がり、海岸砂丘が見られる。

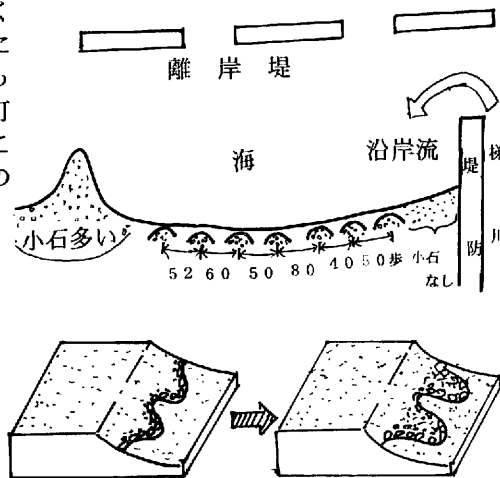


〈梯川から南へ行くに従い「砂礫浜」になる〉

〈ビーチカスプ〉

礫浜の方へ行くと、礫が半円形状に固まってアーチ状の形を作った物が、ほぼ同じ間隔を保って海岸線に沿って並んでいるのが目につく。これはビーチカスプと言い、一般には波打ち際に砂の低くて小さな丘が、砂浜が舌を出しているようにいくつも並んでいる。成因はまだはっきりしないのだが、この浜については、大きめの礫が円周を形成し、内側に細かい礫や砂が残っている様子から、波が打ち寄せる時に砂や礫が運ばれてきて、波打ち際に小さなでっぱりができ、引く時に砂が沖に運ばれていく、この作用の繰り返しにより、礫の出っ張りが次第に大きくなってこのようなアーチができたのではないかと考えられる。

〔安宅海岸の概略図〕



〈ほぼ等間隔で並ぶビーチカスプ〉

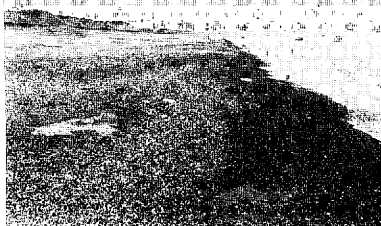
〈きれいな半円形状になったビーチカスプ〉

波が打ち寄せる毎に礫や砂が運ばれ、小さなでっぱりを作ります。でっぱりが次第に大きくなり、波が引く時にでっぱり中の砂を沖へ運び去る。

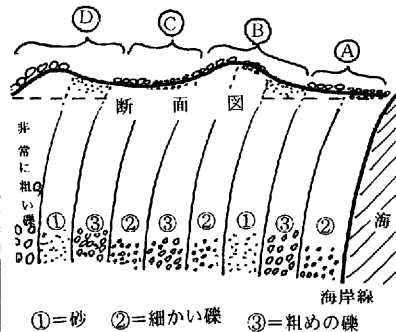
② 片山津インター横の海岸

安宅の片山津インター手前にある小さな浜。ここは完全な礫浜。海岸線の礫は、安宅に比べて平べったくはないが、細かい。礫浜の礫の分布は、波の力や打ち上げ方を見るのに都合がよい。下写真のように、礫の大きさによりいくつかの帯になって海岸線と並行に分布している。砂を①、細かい礫を②、粗い礫を③としてその分布をスケッチすると右図のように、海岸線からいくつかのブロックに分かれ、それぞれが「細~粗」の繰り返しになっていることが分かる。荒い波や高い波が打ち寄せてきた場合はより後方にこのブロックが形成され、このような繰り返しのパターンができたのだろう。

〈ビーチカスプの形成説明図(推定)〉



〈礫浜の様子〉



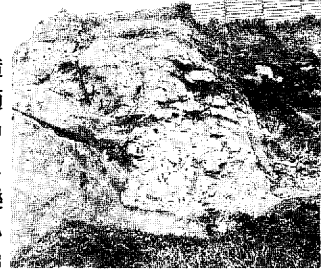
〈礫の分布図〉

③ 塩浜～千崎の海岸

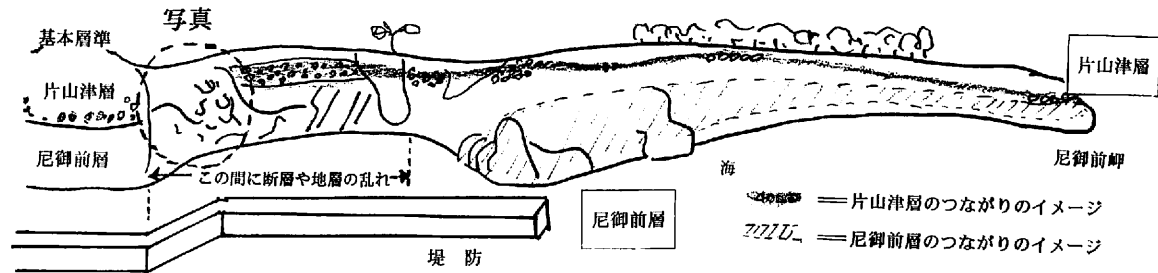
尼御前岬に近い塩浜～千崎の海岸に来ると、観察で述べたように、浜海岸から急に磯海岸に変貌する。この辺りの崖には、凝灰岩・砂岩・泥岩の互層が見られ、尼御前岬凝灰質互層と呼ばれている。この層の上には、不整合に覆う段丘堆積物である片山津層が見られる。(P6上の地質年表参照)ここから、高さ5～20mの海食崖地形が尼御前岬まで続いている。

〈露頭の観察〉

この辺りの露頭は、尼御前岬層の堆積直後の変形によると思われるスランブ構造や断層、海岸侵食の様子、尼御前岬につながる層の横方向の広がり等を見るのに適している。右写真のようなスランブ構造や断層は数箇所で見られ、軽石凝灰岩の中には、火山豆石も見られる。砂岩・泥岩の互層を見ると、比較的侵食に強い砂部と弱い泥部が凸凹になって崖を作っているのが観察できる。また、層のつながりは礫層を境に上は片山津層、下は尼御前層で、スランブ構造付近の一部を除き、緩やかな北落ち傾斜で、尼御前につながっている。したがって尼御前に向かう程、古い層を見ていくことになる。観察は、白い凝灰岩層を鍵層とすると分かりやすい。



(スランブ構造)



〈層のつながりをスケッチしたもの〉

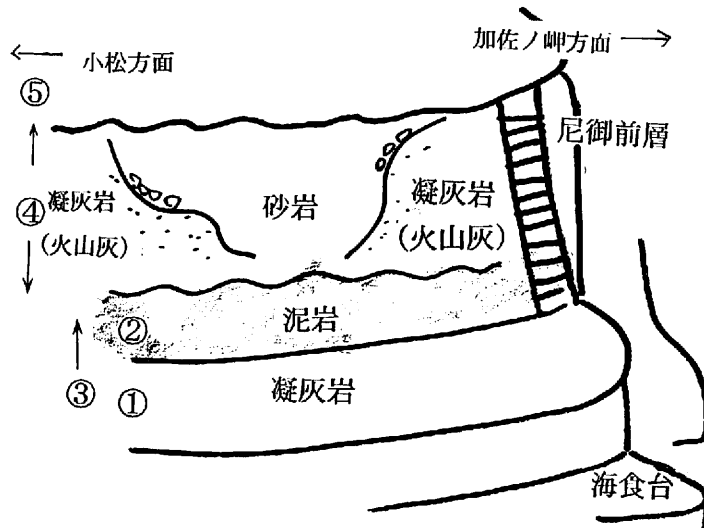
④ 尼御前岬

淡青灰色～黄白色の軽石凝灰岩の岩肌が、波や風雨に侵食され、絶壁となって海に切り立っている。尼が身を投じたという伝説からも分かるように、ここは岬地形が特徴である。ここが岬になった理由を考えたり、崖の観察から、そのつながりや層の出きかたを学習するのによいだろう。

〈露頭の観察〉

海岸線に沿った崖下に降りると、この辺りを構成している地層のようすやつながりがよく分かる。

〔尼御前岬の崖の地層の観察〕 〔地層の出き方の推定〕

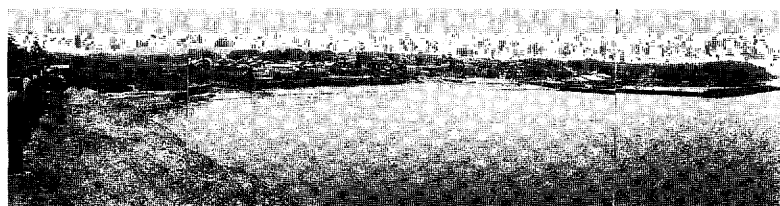


- ① 火山が爆発してできた火山灰が、海に溜まって「凝灰岩」ができる。
- ② 海、または川の流れがあまりない深い所に、泥がたまる。
- ③ ①、②全体が隆起または海面が下がり、陸地化した泥の上面が削られる。(②の上面が凸凹している事実から)
- ④ 再び沈降する。その際、まだ火山の影響が残っていて、火山灰や砂礫が溜まる際、スランブ構造等が生じたのだろう。
- ⑤ 隆起して上面が侵食される。
〔以上、ニ御前層〕
- ⑥ 再び海面下に沈降、川等による礫が堆積後隆起し、段丘礫層ができる。
〔片山津層の形成〕
- ⑦ 北へ10度、地層全体が傾く。
- ⑧ 上に土壌が堆積する。

〈岬地形になった理由〉

塩浜町から続く、古くて固い尼御前層が、砂浜海岸を磯海岸に変えたのは、尼御前層が海岸段丘として隆起したからである。(海食地形と海岸段丘については、P8参照)

では、なぜここだけが岬になったのだろうか。理由は、他の地域は川等により侵食され、相対的に低くなったからだろう。右は、尼御前岬から加佐ノ岬を見たものである。間に挟まれた地形は、山側に向かい平坦な海岸段丘になっており、尼御前と片野より標高が低い、谷地形になっている。間に尻川が流れ、小さな砂浜海岸ができてることから考えると、川の侵食及び堆積作用によってこの谷地形が形成されたものと考えられる。



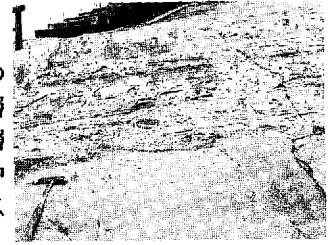
〈尼御前岬から加佐ノ岬を望む(谷地形)〉

⑤ 加佐ノ岬

ここも岬地形になっているが、海岸や崖に露出している層は、(1)で述べたように、尼御前層より古い加佐ノ岬層である。高さ20～30mの海食崖が見られ、岬の先端には大小の島々が散在し、無数の海食洞が作られている。磯海岸の海食地形を見るには、絶好の場所だろう。

〈露頭の観察〉

この加佐ノ岬層は、軽石凝灰岩層である尼御前層と違い、凝灰質砂岩が中心の砂泥互層である。凝灰質砂岩層は風化した赤茶色、それには含まれた凝灰質泥岩層は白色で色の違いがはっきり分かる。この砂岩中には多数のパイプ状の生痕が地層面に見られ、二枚貝の化石も見つかる。橋立漁港の西側や天崎付近の岩壁には、中・粗粒の黄褐色砂岩が露出し、薄い亜炭層や流木片を含み、しばしば見事なクロスラミナが見られる。

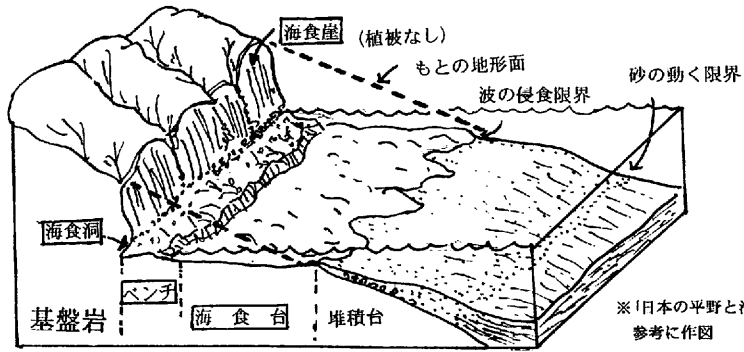


〈加佐ノ岬層〉

磯の特徴的な地形② - [磯(岩石)海岸の特徴]



〈加佐ノ岬から見た海食崖(嶺の岬)〉
～典型的な磯地形を示している～
(右の模式図と比較)



※日本の平野と海岸に参考で作図

〈磯(岩石)海岸の模式図〉

加佐ノ岬から黒崎を経て、片野海岸までの4～5kmの間は、高さ20～25mの海食崖が連続し、加賀海岸屈指の景勝地であり、磯海岸の地形的特色をよく表している。

(1) 海食崖と海食洞

磯とはゴツゴツした岩に波が砕けてしぶきが散る所であり、その背後にはふつう崖がある。海岸線の裾の岩には絶えず荒い波が直接当たるので、下部がえぐられ、上部はそのうち崩落する。こうして海岸線には切り立った崖ができる。波の侵食作用によってできる崖なので、「海食崖」という。崖の岩肌に割れ目や弱い所があると、ほら穴になり、これを「海食洞」という。加佐ノ岬の南西の海岸にはいくつかの海食洞が見られ、中でも写真の「お夏の岩洞」は有名で、奥行は50mもある。

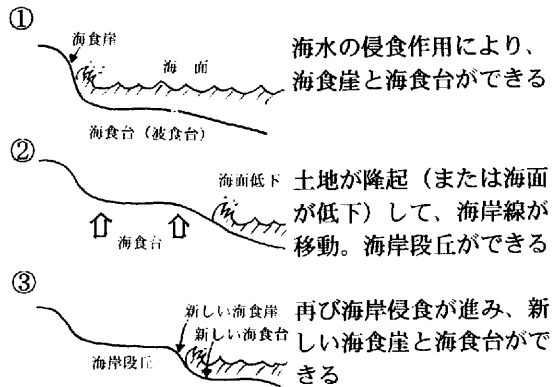
(2) 海食崖、海食台から海岸段丘へ

崖には植物の被覆がなく、岩が露出しているのが一般的である。これに対し、崖の表面が植物に覆われているものは、現在は海食作用が働いていない事を示す。上写真のように、ここでは海食作用は進行中である。

海食崖が後退して拡大した海面下には、波で岩石が平らになった岩礁が残る。これを「海食台」という。したがって、海食崖は必ず海食台を伴っている。海食台を作る波のエネルギーは、どんな岩石にも働き、岩石の種類に関わらず海食台は作られる。海食台のうち、波が引くと姿を現すものを「ベンチ」とか「波食台」という。

【海岸段丘の引き方】

この海食台が隆起して海上に現れたのが「海岸段丘」である。したがって海岸段丘ができるには、土地が隆起するか海面が低下する必要がある。一連の運動が一回起こると、一段の段丘ができる。したがって段丘の数は、土地の隆起または海面の低下の回数を表している。この写真でも、崖の上は平らな海岸段丘になっている。日本のような山がちな国では、海岸段丘に集落が立地し、生活していく上で大切な場所になっていることが多い。海食台の深さはふつう10m程度で、その先には速く沈降する砂、そして深い所に泥がたまる。砂や泥がたまっている浅い平らな海底は「堆積台」と呼ばれる。海食台や波食台の実例は、能登の海岸の項で観察する。(P15, 18, 20, 22などを参照)



⑥ 黒崎海岸 ～鳴き砂の存在する海岸 その1～

磯地形の間に砂がたまって出きた砂浜海岸。砂鉄が多い砂で、季節によっては海岸線が真っ黒になる。(右写真は、浜の黒い砂の層)

〈鳴き砂発見〉

春先に海岸を訪れた際、砂浜をややすり足で歩くと「キュッキュツ」と鳴ることに気づいた。手で砂の表面を軽く撫ぜると、プブブと音がして、手にかすかな振動を感じる。鳴き具合は、後から述べる琴ヶ浜にも匹敵する。冬に再度調査に行つ



た時も、同じように鳴った。従来、県内では琴ヶ浜周辺の鳴き砂しか報告されていないので、大変驚いた。「この砂や砂鉄は越前海岸辺りが起源かもしれない」(「石川の自然」第19集)との説もあり、この点については、砂の粒度分析や琴ヶ浜の砂との比較などから、後に考察する。(P27参照)

⑦ 片野海岸 ～鳴き砂の存在する海岸 その2～

加佐ノ岬から片野海水浴場辺りまで続く海食崖の南には、片野軽石凝灰岩の大露頭が現われ、そこから南西は、長者屋敷跡を除くと福井県境の塩屋海岸まで一転して砂浜海岸が続く。
(片野の大露頭)

非常に複雑な岩相を示す露頭である。地質図からも分かるように、再び尼御前層が現われている。白っぽい軽石凝灰岩層に火山豆石が入っている点や、スランピングが随所に見られる点などが、その特徴を示しており、③塩浜～千崎、④尼御前岬と似ている。

(大聖寺砂丘)

ここから塩屋までの約5kmの砂丘は、幅が最大で1.5kmあり、大聖寺砂丘と呼ばれている。ここからまた砂浜海岸が発達しているのは、大聖寺川によって運ばれた砂のせいではないかと考えられる。この砂丘の、長者屋敷跡前付近でも、黒崎海岸と同じように砂が鳴り、冬の調査においても、同様に鳴った。



(片野大露頭の一部)

- ①火砕流堆積物
- ②火山灰
- ③溶岩のかけら
- ④炭化の跡

(長者屋敷跡)

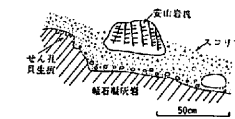
片野海岸から500mほど南西に行くと、砂丘から灰白色の軽石凝灰岩が突き出ている。その上には、黒い安山岩塊が散在していて、これらをまとめて「長者屋敷火砕岩層」と呼ぶ。ここも尼御前層なので、同じく軽石や火山豆石が多数見つかる。このように特異な形になったのは、風化や海岸侵食によるものだろう。(以下、糸野1991の説) 散在する安山岩の巨礫は海岸段丘堆積物中に含まれる自然石であろうと考えられる。隆起後の侵食により、周りの安山岩質の凝灰質層が取り除かれ、礫だけが露出したのだろう。この巨礫の表面は緻密で、パン皮状構造と呼ばれる特徴的なひび割れ模様が縦横に走っている。これは溶岩が冷却する際に、外側が急冷して収縮したため生じたものと考えられている。



(長者屋敷跡)

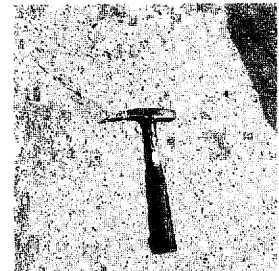


(安山岩塊)



片野の長者屋敷跡にみられる段丘堆積物と巨大な安山岩塊の産状を示す概念図。(糸野, 1968, 1977より)

(概念図)

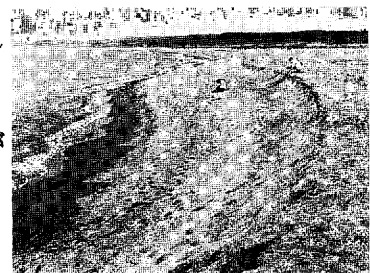


(火山豆石)

⑧ 塩屋海岸

加賀市片野から塩屋にかけての、およそ4kmの海岸線。遠浅の海水浴場として知られている。

波はかなり強く、砂浜は海岸線から10m程で大きな段になっていた。沖合には2列の波消しブロックがあり、これらが設置されてから、砂浜が広がったようである。



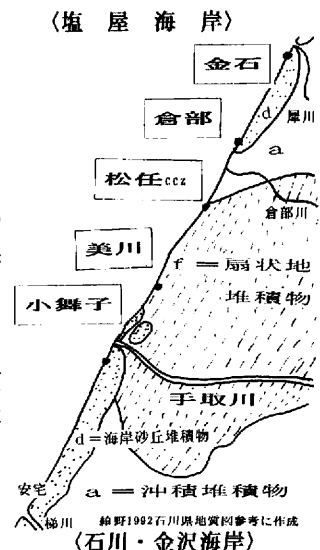
2. 石川・金沢・金石海岸

(1) 概要

石川海岸とは、根上海岸、美川海岸、松任海岸の総称で、海岸線は約18.5kmある。金沢市の南西方向にあり、白山を源流とする手取川扇状地と日本海が接する所に、ほぼ直線的に北東から南西に伸び、一部礫を含む砂浜海岸を形成している。砂浜の幅は、侵食のため狭い所では数m程度、広い所では後述の離岸堤等による人工砂浜の形成により70～80m程度にまでなっている。

金沢・金石海岸は、松任海岸と内灘海岸の間にある、約9.5kmの砂浜海岸である。金沢港辺りは湾港施設があり、完全に人工的な汀線になっている。

この地域の海岸地形観察の観点としては、内灘からの一連の砂丘地としての安原砂丘の観察(南へ行くほど小さくなる)、離岸堤等による人工砂浜形成の様子、扇状地地形の影響などがあるだろう。



(2) 安原砂丘

内灘砂丘の南、金沢市大野町から手取扇状地の扇端付近、松任市徳光町までの間に広がる小規模な砂丘。古墳時代に形成された外列砂丘で、手取扇状地の礫層の上に黒灰色泥層が発達し、その上に砂丘がのっている。なお、金石海岸の普正寺付近で室町時代以後に堆積したと思われる砂丘があるが、おそらく外列砂丘の一部が、何らかの事情で再移動したものと考えられる。(7-パンク1992誌)

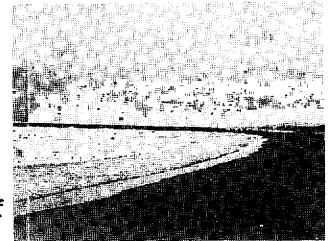
(3) 各地域の観察 ~北から南へ~

① 金石海岸

犀川の少し南で手取川の北に位置し、なだらかな海岸線が続く。砂は細かいが、位置から考えると、手取川と犀川の堆積物が混在する可能性がある。

後方には、低い安原砂丘が見られ、家が砂丘地を削って建てられている。

南の倉部に向かう途中、こんもりと樹木の生える野鳥園が見られるが、これも安原砂丘の高まりに作られたものである。



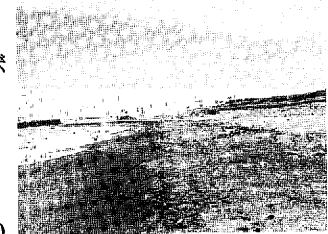
〈金石の海岸〉

② 倉部海岸

波が荒い海岸。砂は金石より粗く、砂の上には礫も見られる。

沖には、テトラポットの列(離岸堤)が南に連なり、それによって砂が溜り、トンボロ状になっている。(離岸堤、トンボロについては、③徳光海岸参照)

後方の安原砂丘の高さは、①金石(家の屋根位の高さ)よりやや低くなっている。



〈倉部のトンボロ、砂丘〉

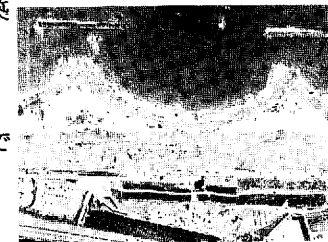
③ 徳光海岸(CCZ海岸)

右写真のように、並んだ離岸堤の前には砂浜が広がったり、トンボロ状態になり広い海水浴場になっている。浜にあった解説板によると、昭和44年度から石川海岸では侵食防止の離岸堤を、海岸から約100m沖に1基約100mの長さで分散的に築造し、合わせて消波堤を設けている。

後方の砂丘地は、ここまで来ると高さも幅も殆どなくなってきているようだ。

〈海岸線の保護〉

ここは、「憩いと潤いのシーサイドパーク」作りを掲げ、砂浜の育成に取り組んでいることから、海岸線の保護の1つのモデルと考えられる。



〈徳光海岸の看板より〉

海岸の特徴的な地形⑥ [海岸線の保護]

海岸線を保護するための方法は、いろいろ考えられているが、現在の所、大きくは以下の4つまたはその併用である。

① 海岸堤防・海岸護岸

海岸堤防は、海岸線に土砂やコンクリートで堤防を築く方法で、海岸護岸は、海岸線の地形を利用して、その上から被覆して波の侵食作用を防ぐ方法。この方法だけでは、砂浜の育成はできない。

② 突堤(とってい)

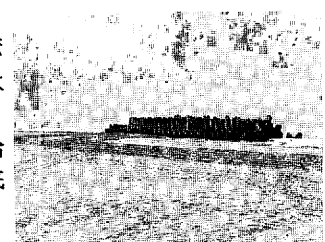
突堤とは、海岸から直角に突出した細長い構造物である。海岸侵食は、沿岸漂砂量の釣り合いが破れたために起こる現象であるため、突堤によって海岸からの砂の流出量を減らし、流入してくる砂の量と釣り合うようにすれば、侵食を防止できる。しかし、効果を上げるには、十分な量の沿岸流砂が必要である。

③ 離岸堤(りがんてい)

離岸堤とは、海岸線から少し離れて、海岸線にほぼ平行に設けられた建造物で、簡易な防波堤と言える。場合によっては、海面より低い潜堤にすることもある(徳光の人工リーフは、これにあたる)。潜堤は離岸堤に比べて効果は少ないが、景観を損なわない利点がある。

離岸堤が海岸侵食防止によく用いられるのは、これにより波の力を弱め、前面に土砂を堆積するからである。こうしてできた舌状の堆積物を「トンボロと呼ぶ。(トンボロを含む、沿岸地帯の砂の移動のできる地形についてはP14の「海岸の特徴的な地形⑥」を参照)

徳光を始め多くの海岸で、現在この方法で砂浜が広がりつつあるが、供給される砂の絶対量が変化しない以上は根本的な解決にはならず、離岸堤の底が荒波で削られ、その砂が沖に流されるという現象も起きている。



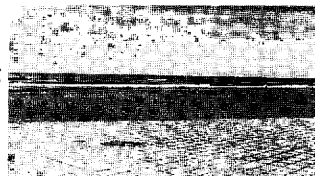
〈人工的なトンボロ〉

④ 養浜工(ようひんこう)

侵食量の砂を補給して、砂浜海岸を保とうとする方法。何回も補給する必要がある。海岸地形を観察する立場としては、そこが自然海岸なのか、養浜工などで人工的に保たれている海岸なのかを判別できることが大切である。これから以後の海岸も、この点にも気をつけて見ていきたい。

＜独立した波の発生＞

波の立ち方を見ていると、時々ある場所だけ独立して波頭の立つことがある。波頭は水深が浅い所で立つため、その立ち方から海底地形の様子が伺われることがある。右の写真は、離岸堤と離岸堤の間に波頭が立っている様子である。離岸堤により水の流れが変わってぶつかったためできたのか、あるいはこの海底に浅瀬や潜堤があり、浅くなったためできたのかもしれない。



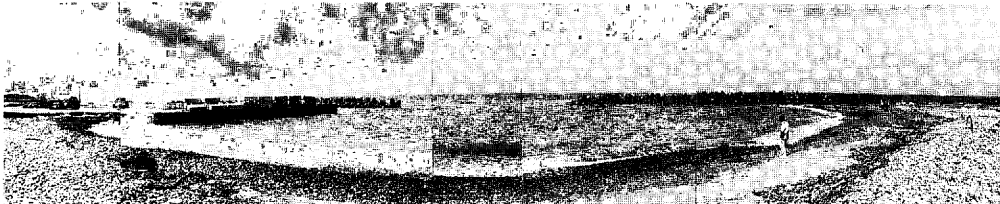
（離岸堤の間に立つ波）

④ 美川 I. C 南の海岸

磯浜。左に出た突堤と、沖合に並んでいる離岸堤によってできた人工的な海岸だろう。（海岸の特徴的な地形③参照）後方には、もはや砂丘らしき地形は明確には見られない。一方、ここから、手取川扇状地の端に入る。

（礫の様子）

小松の海岸と同じように、礫は海岸線に山状に打ち上げられている。かなり粗い礫で、位置から考えて手取

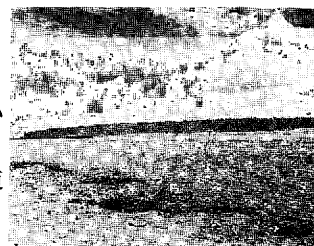


（美川海岸の全景）

川から供給された物ではないかと考えられる。幾つか種類を見てみると、晶質石灰岩、凝灰岩、熔結凝灰岩、片麻岩などが目立ち、何れも手取川の upstream によく見られる種類の石である。

⑤ 小舞子海水浴場

ここも引き続き、離岸堤による砂浜海岸が形成されている。砂浜の礫は④の美川より少ない。ただ、波打ち際を中心に、少し岸に上がった所からも、これまでとは違って角ばった大きめの礫が多数見られる。（礫については、⑥を参照）後方には、もう砂丘らしい高まりは見られない。海岸沿いを走る高速道路に砂が入らないようにするためか、'人工砂丘'が作られている。



（小舞子海岸の人工砂丘）

（沿岸扇状地地形の特色）

—— 海岸の特徴的な地形④ —— 【沿岸扇状地地形】

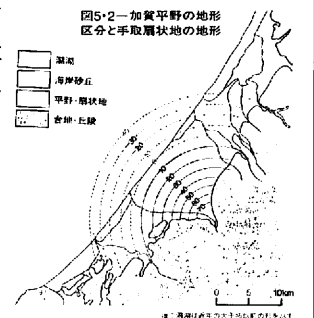
石川県の南東側には、2000m級の山岳地帯が連なり、これらの山地から流れる川は、比較的短い流路で日本海に注ぐため、山地では急流となり、山麓では砂礫を大量に堆積し、しばしば大きな扇状地を作る。そして、扇状地の先端がそのまま海にもぐりこむものも少なくなく、手取川もその一例である。（右図参照）このように、海岸近くでできた扇状地を'沿岸扇状地'と呼ぶ。

（扇状地と磯浜）

砂礫の堆積でできた扇状地は、当然厚い礫層からできている。それが海にまでもぐりこんだ手取川扇状地などでは、海岸でその運ばれた礫が打ち上げられたりして磯浜になることがある。

（扇状地と湧水）

手取川扇状地の場合、礫層の厚さは中央部で100mほどもあると言われている。したがって、山地から流れ出た川の水のほとんどはこの礫層にしみ込んで地下水となり、※7-パカ砂1992より扇状地の末端部で清水となって湧きだす。これを「湧水」と言い、この存在も扇状地地形の特徴となる。



（手取扇状地）

・湧水

砂浜の端に、水の湧き出ている所があった。これは、扇状地地形による湧水だろう。



（湧水の出ている地点）

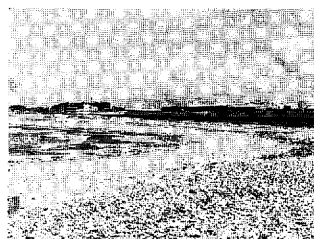
⑥ 寺井の海岸

やはり離岸堤を持つ、なだらかな海岸線の海岸。右写真のように、海岸線は砂浜だが、そこから20m位奥には、海岸線と平行に礫浜が続く。沿岸扇状地による礫が波の荒い時に打ち上げられた物だろう。

（礫の比較）

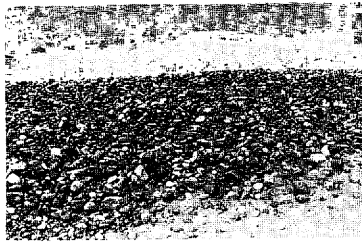
④美川、⑤小舞子、⑥寺井の各浜に分布する礫を比べてみる。（次頁写真）

ここでは、礫の形状をきちんと分類するわけではないが、美川と寺井の礫は、大きさが直径10cm位で丸い物が多く、大変似ていることに気付く。手取川を挟んでほぼ同じ対称的な位置にあるため、同じような堆積礫になった可能性もある。手取川に最も近い小舞子でも、このような礫が海岸線から離れた所で見られるが、波打ち際や海岸線近くに多く見られた角礫は、その状態から長い距離を運ばれてきた物とは、考えにくい。また、礫の種類も他とは違うようだ。

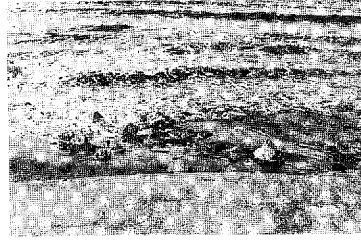


（礫が見られる寺井の海岸）

＜沿岸扇状地上にある海岸の礫の比較＞



〈美川の海岸〉



〈小舞子海水浴場〉



〈寺井の海岸〉

3. 河北地方の海岸

(1) 概要

この区域には、8 宇ノ気・内灘海岸、9 高松・七塚海岸、10 押水・羽咋海岸、11 羽咋一の宮海岸、12 羽咋滝海岸が含まれる。

右図のように、この地域の海岸は、南から「内灘砂丘」「羽咋砂丘」「高浜砂丘」の3つの砂丘から成り立っていることが特色である。

内灘砂丘は、南は大野川河口から、北は大海川河口までの、延長約20kmの長大な砂丘である。その累積状態の違いから、宇ノ気町宇気を境に北部と南部に分かれ南部が一般に「内灘砂丘」と呼ばれている。南部は、新・旧両砂丘が重なる2重構造の砂丘で、全国的にも「内灘型」として知られている。(右下図)

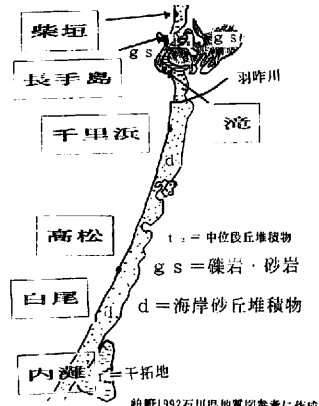
延長約10km、幅1.5～2km、最も高い所は海拔61.3mに達し、日本の代表的な山状の海岸砂丘。一般に海側にゆるく傾斜し、内陸側へ急傾斜している。

この砂丘の2重構造は、砂丘を横断して河北潟放水路を作った際、その姿を見ることができたが、現在では表面の状態からはうかがい知れない。

羽咋砂丘は、大海川河口から羽咋市一の宮までの延長約11km、幅約1.5kmの形成期の異なる3つの砂丘の複合したもの。相見川河口から一の宮までの外列砂丘前面は千里浜と呼ばれ、砂がよくしまり、なぎさドライブウェイとして知られる。

高浜砂丘は、長手島から北の於古川にかけての約7km、幅1.5kmの、3つの砂丘列の複合したもの。南の柴垣海岸の長手島や滝の漁港辺りは、他とは異なり、流石で有名な、岩石海岸になっている。

したがってこの地域の観察の観点は、南から続く3つの砂丘に接する典型的な砂浜海岸の特徴的な地形の観察、砂浜海岸の中の磯海岸の観察などだろう。砂については有名な、なぎさドライブウェイの砂の粒度分析を詳しく行い、その特性も探りたい。(次章P30参照)



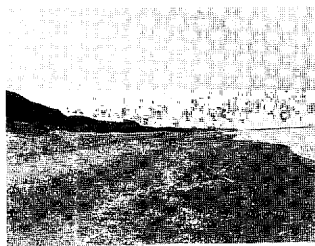
〈河北地方の海岸〉



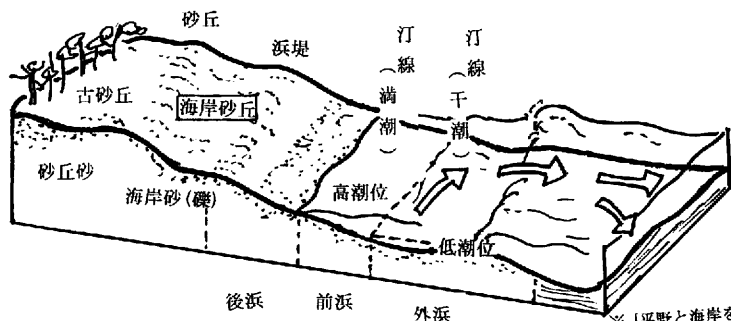
〔内灘型砂丘〕

海岸の特徴的な地形

〔砂浜海岸の特徴〕



〈権現森海水浴場の砂浜海岸〉
～典型的な砂浜海岸地形～
(右の模式図と比較)



〈砂浜海岸の模式図〉

〈砂浜地形の特徴〉

浜の模式的な地形は、右上図のようである。

まず、波が打ち寄せる所を「汀線」(海岸線)と呼ぶ。汀線の位置は、潮の干満で行ったり来たりして変化するがその範囲を「前浜」(いわゆる波の洗う所)と言う。日本海に面する石川県では、潮の干満による汀線の変化はあまり大きくはない。時々、大波が浜のずっと奥まで打ち寄せることがある。そのような時に、浜の後方に砂の高まりをつくることある。これを「浜堤」と呼ぶ。そして、汀線から浜堤までを「後浜」と呼ぶ。その後方には、前浜や後浜の砂が乾いて飛んでできた「海岸砂丘」のあることが多い。

写真の権現森海水浴場の砂浜も、陸側の高まりから下に汀線があり、前浜の後方に小高い浜堤がある。その後ろにはもう1段高い海岸砂丘が連なっている。

一方、海底部分を見ると、前浜から続いて砂が溜っている海底部分を「外浜」と言い、波が砕ける所である。この海底には「パー(高まり)」のあることが多く、更に沖に行くと、泥の溜っている「沖浜」になることが多い。

〈砂浜の成立要因〉

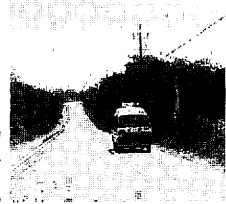
浜地形には礫浜もあるが、一般的には砂浜が圧倒的に多い。その理由は、砂が粘土や礫よりも運搬しやすいからである。細かい粘土は、粘着力があるうに水や空気との摩擦が小さいので、動き始めにくい。また、粗い礫は重たくて、これも動き始めにくい。また、粘土はいったん動き始めたら水中に懸濁し、遠くまで運搬されてしまう。つまり、砂は動きやすいが沈みやすいため、粘土や礫とは異なる動きをし、結果として、砂だけの集合体を作りやすいのである。これが、砂浜を始め、砂丘や砂州、砂嘴などの地形ができる理由である。

また、砂浜を作る砂は多くの場合、川が河口まで運び出した砂泥のうちの砂が、海の流に運ばれて海岸に堆積した物であり、海食崖をつくる岩石が砕けてできた砂から供給される場合は比較的少ないようである。能登外浦海岸の観察の際、その点にも注意して見ていきたい。

(2) 各地域の観察 ～南から北へ～

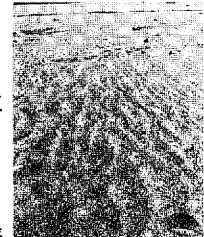
①内灘海水浴場

内灘砂丘の前面にあたる海岸。内灘砂丘の南はしにあたる。南には、相当長大な金沢港の防波堤があり、漂砂に影響を与えていると思われるが、海岸の前面には幅200m程の砂浜が広がっている。沖には離岸堤がないのに砂浜なのは、後方の豊富な砂(大砂丘)の供給によるものだろう。ここより北にある河北潟は、内灘砂丘の発達により封じ込められた「潟湖」である。〈海岸前砂丘の登り〉



②権現森海水浴場

河北潟放水路の北部にある砂浜。波が荒く、波打ち際には砂が崩れて壁ができています。浜には、風紋ができています。海岸線近くの砂浜を掘ると、上部が粗め、下部が細かめの2層に分かれていた。



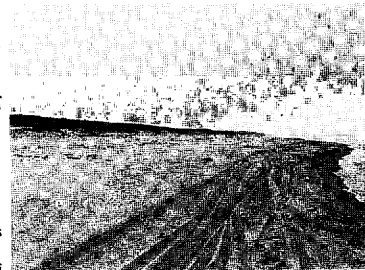
③白尾海水浴場

内灘砂丘の中程に位置する。なめらかな海岸線が続く海水浴場。砂浜は奥行70～80m位で狭く、後方の砂丘からの傾斜がややある。そのため、海岸線で砂が崩れ、段になっている所がい

〈浜にできた風紋〉
(権現森海水浴場)

④高松海水浴場

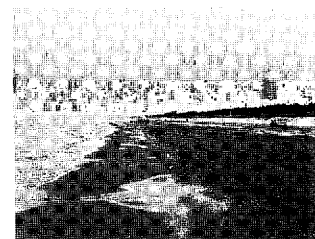
ここも後方の砂丘までが70～80m位の幅の狭い砂浜。海岸線の所々が段状になっている。南の砂浜と比較すると、砂は徐々に細くなり、掘っても固くしまっており、千里浜の状態に似てきている。砂浜の北端には、大海川の河口があり、ここで内灘砂丘は終わる。河口の砂には、砂鉄の層が2枚認められた。



⑤千里浜海岸

押水町今浜から羽咋市千里浜まで、約6kmに渡り海岸線を車で走ることができる「渚ドライブウェイ」が有名。砂浜はなだらかで段差はない。砂は細かく揃っているようだが、砂浜を横切って海に流れ込んでいる幾つかの川が、砂の分布に微妙な影響を与えている可能性もある。これらについては次章の粒度分析で調べる(P30)。千里浜は元々、塵がよく溜る“塵浜”だったらしい。砂の供給地からの距離が遠く、細かい砂が到達しやすいということと、弧状になっているという地形的な関係から、“細かい物”が溜りやすい場所と言えるのだろう。

〈白尾海水浴場〉



⑥滝の海岸

千里浜から滝崎方面を見ると、平坦な階段状の地形に気付く。砂丘地形なら上面は一般に丸くなるはずで、これは海岸段丘地形の特徴である。(下写真)

南に小さな滝の砂浜があり、その北は滝石で有名な礫海岸になっている。さらにその北には長手島や柴垣海水浴場が続いている。

滝の海岸は、離岸堤に囲まれた小さな砂浜で、南の千里浜から潮流によって運ばれる砂に羽咋川からもたらされる砂の混入が考えられる。(次章のP31参照)

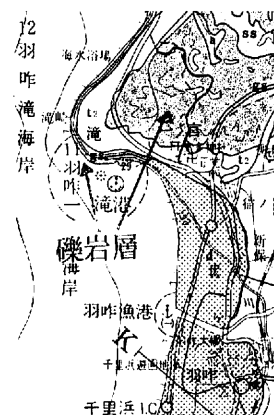
〈礫浜になる理由〉

加賀海岸の「地形の読み方①」で見たように、海岸地形は背後の地質から説明できることが多い。この辺りは滝礫岩層が分布している。これは、中新世前期末～中期(約1600万～1400年前)頃のもので、片麻岩や花崗岩などの巨大な礫を含んでおり、海岸侵食によって段丘地形を形成しているのである。波打ち際に転がっている礫は、海岸侵食により残った大きな礫である。これは「滝石」と呼ばれ、庭石として珍重されている。



〈千里浜から滝崎方面の海岸段丘を望む〉

〈渚ドライブウェイ〉



〈滝周辺の地質図〉

※絆野1992地質図参考

⑦長手島・柴垣海水浴場

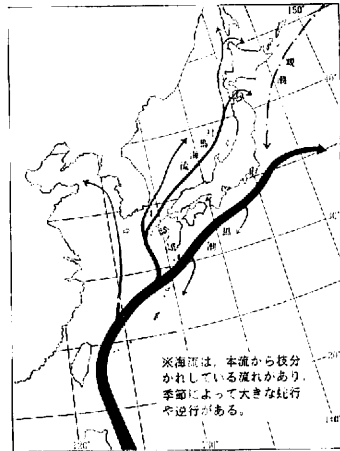
長手島の岩石海岸のすぐ北は、再び砂浜海岸になり、高浜砂丘の前面に広がる柴垣海水浴場となる。長手島は、小規模な陸繋島(りくけいとう=トンボロ)として知られている。

海岸の特徴的な地形⑦ - [沿岸州の種類とでき方]

海岸には常に波が押し寄せているが、それとは別に海岸沿いを流れる海水があり、沿岸流と呼んでいる。沿岸流は日本付近を流れる海流から分かれて年間を通して決まった方向に流れていることが多い。この沿岸流が強いときは砂を大量に運び、そして堆積し続けることになる。そのようにしてやがてできる陸地を「沿岸州」と呼ぶ。

沿岸州をつくる砂は、海岸が侵食されたり、川から運びだされたりした物で沿岸州は海岸から少し離れた所から出き始め、やがて砂の堆積が進んで陸続きとなり、砂浜の一部となってしまう。

沿岸州は、次のように形によって分類される。



〈日本付近を流れる海流〉

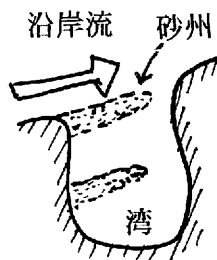
[沿岸州の種類]

①砂嘴(さし)



岬や半島の先に、鳥のくちばし状に州がのびたもの。また、湾の入り口で沿岸流が弱くなり、堆積する場合もある。

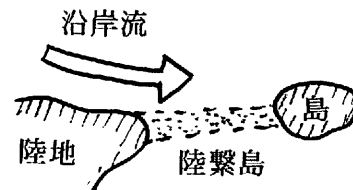
②砂州(さす)



沿岸流が十分強かったり湾の入り口が狭い時は、湾の入り口が堆積した砂礫で、ほとんど閉じられたり、湾の中に堆積されることがある。

③陸繋島

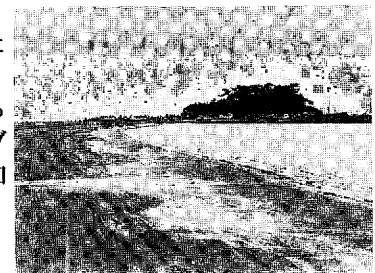
(りくけいとう)
=トンボロ



沿岸流によって、陸地と島との間に発達した砂州が、島とつながったもの。
※陸繋島にはこの他に、島のかげに波の低い所ができて、そのまわりから砂が集まってできる場合もある。

〈陸繋島〉

羽咋市柴垣の長手島は、海に突き出した半島のように見えるが、これは陸地と島が陸続きとなってできた「陸繋島」(トンボロ)である。海に400mほど突き出していて、滝石と呼ばれる飛騨片麻岩の礫が多く、それらの礫には、片麻岩を貫くベグマタイトの岩脈が見られるものもある。このベグマタイト中には、放射性鉱物である長手石(ナガテライト)が産出することで知られている。



〈柴垣から見た長手島〉

⑧大島海岸 (12羽咋滝海岸と13志賀浦海岸の間)

柴垣海岸の北に小さい岬が突き出している。高浜の砂丘地でこだけ輝石安山岩の岩石海岸である。安山岩の海岸はこの北の高浜よりずっと続くので後に説明するが、ここでは岩石が薄く板状に割れる「板状節理」がよく発達していて有名である。

〈節理〉

節理とは、岩石中の明瞭な割れ目のことで、マグマが冷却する時に収縮してでき、冷却方向と垂直な方向にできると言われている。

板状に割れ目の入ったものは「板状節理」、柱状のものは「柱状節理」と呼ぶ。能登の火山岩や熔結凝灰岩には、板状や柱状節理の発達したところがいくつかあり、海岸沿いでも見ることができる。



〈大島の板状節理〉

能登外浦海岸

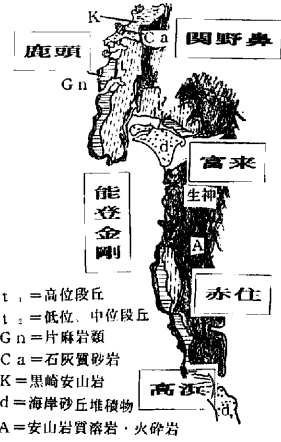
高浜から北の能登外浦海岸に入ると、これまでの加越海岸と景観は一変し、磯(岩石)海岸が中心となる。海岸としては13志賀浦海岸から、20珠洲西海岸まで含まれるが、ここではそれらを富来方面、琴ヶ浜、門前方面、皆月～狼煙方面の4箇所に分けて見ていく。

1. 富来方面の海岸

(1) 概要

高松までの海岸砂丘堆積物による砂浜海岸は、それより北では磯海岸に一変する。原因としては、高浜より北が地形的に海に出張っており南からの砂が供給されないこと、海岸線の地質が安山岩に変化することが、考えられる。

地質的に海岸線を見ていくと、赤住から能登金剛を経て七海までは安山岩の侵食による磯海岸が続く。富来に入ると段丘堆積物を背景にして海岸砂丘堆積物が少し湾内にあるが、その北は再び安山岩の磯海岸が続く。北の鹿頭まで来ると、ここには石川県で唯一片麻岩が海岸に露出しているのが見られる。さらにその上には黒崎安山岩や関野鼻の石灰質砂岩でできた海岸地形も見られ、これらは何れも能登を代表する景勝地となっている。このように、この地域では、同じ磯海岸でも岩石による違いを比較したり、磯海岸の中の砂浜海岸の様子を観察するのがポイントとなるだろう。

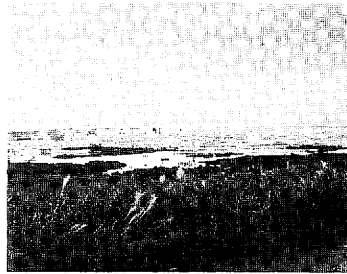


結崎1992石川県地質図参考で作成

(2) 各地域の観察 ~南から北へ~

①赤住漁港辺り

志賀町百浦から富来町七海に至る約1.6kmにわたる海岸線は、新第三紀中新世初期(約1500~2400年前)の両輝石安山岩を主体とする岩石が侵食を受け、しかも人の影響が殆どないことから、典型的な磯地形が連続している。



〈岩石海岸が続く志賀浦海岸〉

②能登金剛

志賀浦海岸から富来海岸にかけての磯地形の中でも、両輝石安山岩の溶岩が露出して黒色の岩肌を呈する節理の発達が見られる、能登金剛の代表的な名勝巖門が目玉を引く。巖門は両輝石安山岩の溶岩や凝灰角礫岩などから形成されている。

〈ここで見られる磯地形〉

ここらの海岸線は、安山岩が波の侵食を受け、高さ20mにもなる「海食崖」が発達している。能登金剛センターから海食崖の急崖をおりると、トンネルになった大きな「海食洞」が見られる。遊覧船の発着場のある広めの平坦な岩場は、「波食台」で、千畳敷と呼ばれている。

(磯地形の説明は、P8を参照)

〈小さな砂浜〉

巖門のある生神周辺は、磯海岸のくぼみを埋めるようにいくつか小さな砂浜があった。砂の粒子は非常に粗く色は赤黒くて不純物もかなり入っているようだ。これまでの砂とは全然違う。砂浜の後はすぐ崖になっており、右写真のように大きな安山岩の塊が凝灰角礫岩などの火山性堆積物の中に埋まっている。したがって下の砂浜はこの火山性堆積物がくずれて砂になり、それが前面の離岸堤などでたまってきたのではないかと考えられる。砂の成因などについては、次章の粒度分析や写真による鉱物組成等で検討してみる。(P32参照)

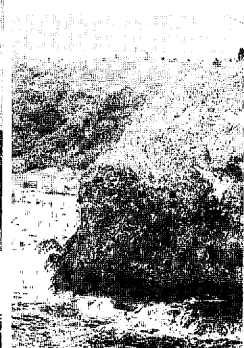


〈巖門の千畳敷(波食台)〉

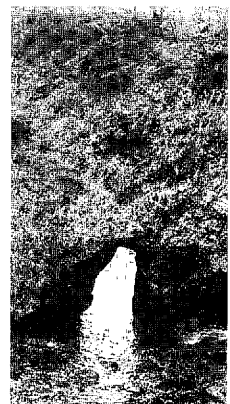


〈生神海岸前の露頭〉

〈富来方面の海岸〉



〈能登金剛巖門〉



〈巖門の海食洞〉

③富来増穂ヶ浦海岸

南東方向の七海海岸と西方向の西海岸という、共に安山岩とその火砕岩からなる岩礁海岸にはさまれた位置にあり、長さ約4km、幅約50mの砂浜海岸である。そして、南の富来川河口から北の酒見川河口にはさまれた位置でもあり、砂丘に続く砂浜が、奥行の浅い湾人を形づくっている。

ここはまた、多量の貝類が打ち上げられ、それらは「増穂ヶ浦の歌仙貝」として有名である。地形から考えると、北の高岩岬に南からの沿岸流がぶつかり、ここに多量の堆積物を残していくからではないかと考えられる。これは、でっばった滝崎の影響で細かい砂が溜まった千里浜と同じような砂浜のでき方と見られる。

したがってここでは、そのような沿岸流の変化による景観の違いや千里浜と比較しての砂の粒度変化があるのかなどを中心に見ていくため、南端の「長いベンチ前」、湾中央の「1番奥まった地点」、北端の「キャンプ場前」の3箇所ですべての採取と観察をした。

〈各地点の観察〉

①世界一長いベンチ前

後方には、砂丘地の高まりが見られる。砂丘地は南の領家から北の酒見まで続いており、砂丘地の上面は削られて道路等になっているため、平らになっている。南後方はすぐ安山岩の山が海岸線まで迫っているため、崖になって磯海岸地形と隣接している。

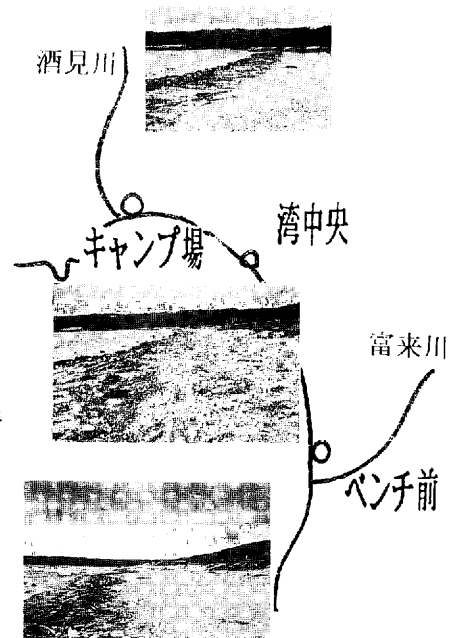
海岸には打ち寄せられたゴミが多く、黒い砂(砂鉄)も、波打ち際によく見られる。

②1番奥まった地点

砂浜海岸の幅が広く、それに対応してゴミの量も非常に多い。右図のように、南北双方から見て、この中間点に近付くにつれてゴミの量が増え、ここでは最大幅11m50cmに渡ってゴミが堆積している。砂鉄は、奥まった中心辺りに少しあるが、先程よりはかなり少ない。

③キャンプ場前

ここまで来ると、またゴミの量は徐々に減っていく。砂鉄を含む砂も見られない。



〈富来海岸のゴミの変化の様子〉

④鹿頭海岸

岩石海岸で、非常に古い「古期花崗岩類、片麻岩類」(先カンブリア～古生代初頭)の岩石が露出している。これらの岩石は、日本列島の基盤を作っている深成岩で、県内の海岸で、これらの岩石が見られるのはここだけである。

〈岩石の種類〉

海岸線に見られる大きな礫は黒っぽいが、近付くと変成作用による「片理構造(しま模様)」が見られる飛騨片麻岩である。その他、浜辺に転がっている礫の多くも、この飛騨片麻岩類である。例えば、下写真〈海岸に見られる礫種〉のように、花崗閃緑岩、片麻岩、結晶質石灰岩等が見られる。

〈砂の様子〉

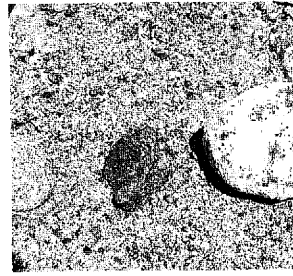
これらの礫の下は砂浜になっている。砂の粒度は大変粗く、また色もこれまでの灰色から赤っぽい色に変化している。ここから、砂の供給地が変化してくるのか、後で検討してみる。(P32参照)



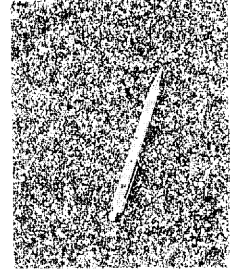
〈鹿頭海岸の全景〉



〈飛騨片麻岩〉



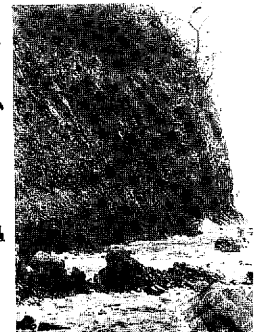
〈海岸に見られる礫種〉



〈粗くて赤っぽい砂〉

⑤玄徳岬

黒崎安山岩(約800万年前のもの。剣地の南方に分布する)の柱状節理の岩盤が海中から姿を表わしている。よく見ると、上の節理はごつくて太い感じで放射状に広がっており、下の節理は細くて立った感じである。この様子から、まず下の節理ができ、その上に奥から溶岩が押し出されてきて周りから冷やされ、放射状になったと考えられる。



〈玄徳岬〉

⑥関野鼻

周りが黒っぽい安山岩質の礫海岸の中で、一際白っぽく浮き上がって見える。「関野鼻石灰質砂岩層」と呼ばれる、約1400万年前に堆積した層でできており、波の侵食でできた奇岩や海食洞、海食台などが見られる。石灰質砂岩層の中にはウニの骨針やサメの歯などがあり、表面には生痕化石の凸凹の痕が無数に付いている。また、海底の地層が溜って滑ってできた「スランプ構造」も見ることができる。海食台には、海水の流れと小石が作った「ポットホール」も見られる。

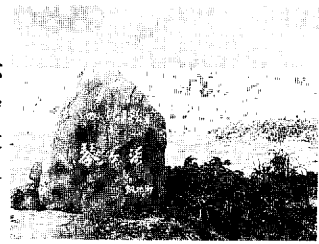


〈関野鼻のスランプ構造〉

2. 琴ヶ浜の海岸

(1) 概要

鳳至郡門前町剣地にある、長さ約700m、幅40mの比較的小規模な砂浜海岸。南は黒崎の岬が突き出ている、こゝらはやや入江のようにへこんでいるため、砂が堆積して砂浜になったのだろう。砂浜の北には仁岸川が流れている。こゝは鳴き砂の浜として有名だが、砂浜や沖合には大小の岩石が見られ、岩石同士の貫入や柱状節理なども観察できる。特にここでは、南の玄徳岬で見た「黒崎安山岩」と、関野鼻で見た「石灰質砂岩層」が接触していることから、火成岩と堆積岩を同時に比較して観察するのに適している。そこで、岩石の観察と、鳴き砂の分析を中心に観察する。



〈琴ヶ浜の全景〉

① 岩石の観察

〈石灰質砂岩への安山岩の貫入〉

砂浜に黒い肌の崖が海に突き出た所があり、その下方に白い岩石が入りこんでいるように見える。黒い岩石は黒崎安山岩、白い岩石は関野鼻石灰質砂岩である。☆堆積岩と火成岩の違い…白い石灰質砂岩の方には、堆積を示す層構造が見られ、中には貝やウニの化石、生痕化石が多く見られる。それに対し黒い安山岩の方は溶岩の流れたような跡や柱状節理が見られる。



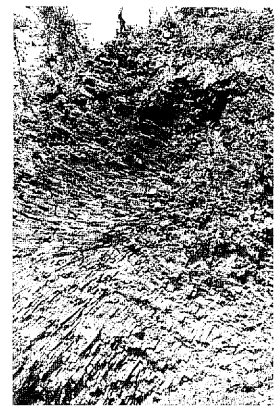
〈2つの岩石の貫入部分〉

☆どちらが貫入したのか…2つの岩石の接触部分を見ると、右写真のように、黒崎安山岩は細かく破碎されていて、急冷されたことが分かり、接触部から離れると、大きな柱状岩帯になっている。更に、石灰質砂岩層が黒崎安山岩に接触している部分には、この層が熱変成を受けた変質部分が見られる。これらから、石灰質砂岩層に黒崎安山岩が貫入したと分かる。この結果からも、1400万年前後の関野鼻石灰質砂岩層に貫入したのだから、黒崎安山岩はそれより新しい(約800万年前)ことが分かり、厳門などに見られ周りに広く分布する2000~1500万年前の安山岩とは異なると分かる。



〈放射状の柱状節理〉

貫入部分の裏側にあたる砂浜の南には、黒崎安山岩の見事な放射状柱状節理が見られる。その前の海岸に見られる石灰質砂岩の岩や、砂に埋もれて顔を出している安山岩などと様子を比べてみるとよいだろう。



〈貫入部分の拡大〉

〈放射状柱状節理〉

② 砂浜の調査

浜の地形調査を中心に、右図のように砂浜の南から北へ4箇所の地点で景観の調査や砂の採取、および鳴き方の比較などを行った。なお、鳴き方の比較は砂を持ち帰り、乾燥させてから乳鉢に入れ、乳棒で突いて行った。「鳴き方指数」を1~5と×の6段階に設定して調査したが、方法についての詳しい説明は、次章(42ページ)で行なう。

地点①・放射状の柱状節理の前辺り。波は比較的穏やかで、海岸線もなだらかな、陸方向への傾斜も最初は少しあるが、全体的に弱い。海岸線から4m地点での「鳴き方指数」は、4(かなり鳴く)。

地点②・貫入地点の前辺りの浜。波は荒くて、砂浜は大きく削られている。波に削られた砂の下にある安山岩が見えることもある。したがって通常は、海岸線から少し離れた地点で傾斜がかなり急になる。

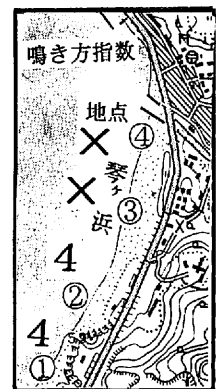
なお、こゝの浜には後方の山から小さな水の流れが何本もあり、そこから、かなりの砂鉄が流れ込み、黒い筋模様を作っている。海岸線から4m地点での「鳴き方指数」は、4(かなり鳴く)。

地点③・南から見ると、砂浜の傾斜がこゝからなだらかに奥まで広がるようになる。後の安山岩やデイサイト質火砕岩の領域がなくなり、かつはこゝらまで、仁岸川の河口だったと推定される。

海岸線から4m地点での「鳴き方指数」は、×(全く鳴かない)。

〈砂浜に流れ込む砂鉄〉

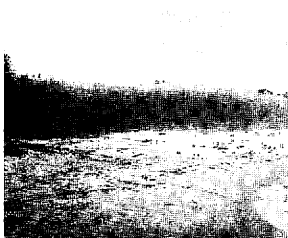
地点④・仁岸川の河口の南。浜は海岸線からなだらかに傾斜し、最後少し急になる。波打ち際はやや削られ斜めに傾斜するが、わずかな距離で②地点ほどではない。海岸線から4m地点での「鳴き方指数」は、×(全く鳴かない)



〈琴ヶ浜の砂浜〉

※国土地理院25000分の1

地図参考に作成



〈地点①の様子〉



〈地点②の様子〉



〈地点③の様子〉

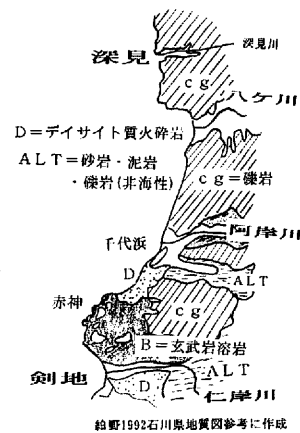


〈地点④の様子〉

3. 門前海岸

(1) 概要

剣地から赤神を経て鹿磯、猿山にかけての門前海岸は、地質的に見ると、上に段丘堆積物の乗った玄武岩質溶岩、デイサイト質火砕岩、海岸段丘堆積物と続き、阿岸川以北はこの地域の大部分を占める礫岩層が猿山まで続いている。途中、深見漁港では断層面もある。したがってこの地域の海岸地形としては、海岸段丘や波食台、礫岩層の侵食による海食崖の観察などが中心となるだろう。その間にたまった小規模な砂浜や、海岸に見られる断層面の観察もしたい



鉛筆1992石川県地質図参考で作成

(2) 各地域の観察 ~南から北へ~

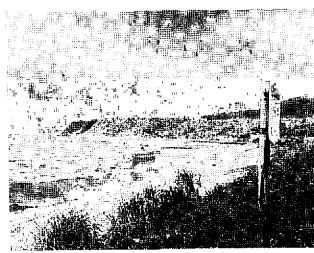
① 剣地～赤神間の海岸段丘

南の黒崎岬や剣地～赤神間の海岸沿いには、海拔約50mの地点に、第四紀更新世後期頃と推定される海岸段丘の平坦な面が続いている。大泊から北には、それに伴って波食台も見られる。

(門前海岸の地質)

地形の読み方② [海岸段丘を読む]

段丘地形は、地形図を見ると見つけやすい。右図のように、剣地～赤神間の等高線を見ると、0~40m辺りまではかなり等高線が混んでいて、急な崖になっているのに、50m前後で線の間隔が広がり、一転して平らな面、つまり「段丘面」が広がっている。さらにその上の80m位からは再び急になり、120m辺りから上にも海岸側に少し平らな所が見られる。したがってここには2段の海岸段丘があると分かる。



(剣地から赤神を見る)

また、「磯海岸の特徴」(海岸の特徴的な地形②・P8)で書いたように、海岸段丘のある場所の海岸線は海食崖になっており、沿岸には海食台や波食台が見られることが多い。地形図の隠巖の記号がそれを表しており、これは未来の海岸段丘面ということになる。

なお、海底地図もあれば、そこから海底下の段丘面を見つけ、過去ここで何回の隆起や沈降があったのかを推定することもできる。

※土地理学25000分の地形図



(剣地～赤神の地形図)

② 赤神海岸

赤神崎の北の、ややへこんだ所にある幅200m前後、奥行5~15m程度の小さな砂浜。南北に小さな2本の川が流れ込んでいる。

川には大きめの礫があるが、川の長さや大きさからいっても、砂を供給しているとは考えにくい。地形的に南からの砂が溜まったのではないと思われる。

川からの礫とは別に、海岸線に大きな玄武岩質溶岩礫が見られる(右写真)。



(赤神海岸)

③ 阿岸川の河口、千代浜、八ヶ川の河口

門前海岸の、阿岸川の河口から北の八ヶ川の河口にかけて、奥行5~10m程度の小さな砂浜が続く。地形から見ると、何れも南からの沿岸流による砂が溜まってきたのではないかと考えられる。

阿岸川の河口付近の砂浜は礫が多く、川から供給されと考えられる。千代浜は、琴ヶ浜と同様鳴き砂で有名である。八ヶ川の河口は一部海岸堤防でかなり大きな砂浜になっている。地形的に南からの流れがぶつかる位置だからだろう。河口辺りの砂には砂鉄も見られる。また、八ヶ川の上流にはダムがあるが、川の大きさから考え、かつてはこの川から供給された砂が、砂浜の形成に一役買っていたと考えられる。

④ 深見漁港の断層面、波食台

阿岸川より北には、今から1500~1600万年前頃の新第三紀中新世中期に属する礫岩類からなる「道下(道州)礫岩層」の地層が続く。特に、鹿磯から猿山岬を経て吉浦に至る約7kmの海岸線は、外浦の荒い波に侵食され、すばらしい景観の海食崖となっている。その中でも猿山岬の西側には、急峻な絶壁状の海岸が連なり、高さ200mを越える急崖が広く見られる。この地域では、この地層が傾斜10°~20°で、西西北西に傾いているので、南から北へ向うにつれて、上の層が現われ、地層の重なり方や堆積環境の変化を知るのによい。



(断層面と波食台)

(断層面と波食台)

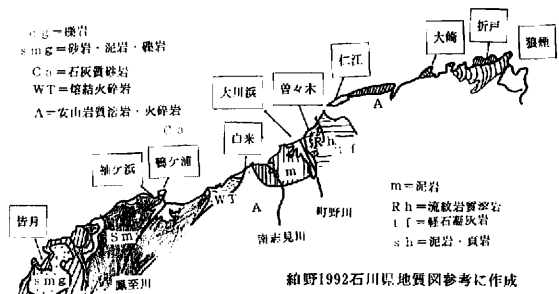
深見の南400mの岬には、ほぼ北東から南西にかけての断層が見られる。海の方には、断層面で片方がスッパリ落ちていて、面上には「擦痕」(上下方向にこすったような痕、断層形成時に出来た)が見られる。また、後方には、滝がある。断層面は一般に弱く、そこが滝になったのではないかと考えられる。断層面の右横には、現在海苔畑として利用している「波食台」が見られる。

1. 皆月(おき)～狼煙(のり) 方面

(1) 概要

ここらは、能登外浦でも代表的な磯地形の続く地域である、ただ、一見同じような磯地形が続くようにみえても、地質は右図のようにかなり頻繁に変化している。したがって、地質と海岸地形の関係に気をつけながら観察することが大切だろう。また、磯海岸の合間を縫うようにしてある小さな砂浜海岸の様子や立地条件にも注意したい。

地質的に見ると、皆月付近の礫岩主体の「道下礫岩層」と砂岩・泥岩の多い「皆月互層」から、大沢～輪島付近の砂岩・泥岩の「縄又互層」、輪島崎の「石灰質砂岩層」と続き、熔結火砕岩地帯の惣領(そうりょう)と、白米までの安山岩質溶岩・火砕岩地帯(「穴水累層」)は、地回り地帯として有名である。その後は、名船から白米にかけて泥岩地帯が続き、曾々木では窓岩に代表される流紋岩の領域となる。その後は、軽石凝灰岩や泥岩・頁岩、安山岩や安山岩質火砕岩等が代わる代わる現われて、変化に富んだ海岸地形を形づくっている。



〈皆月～狼煙方面の地質図〉

(2) 各地域の観察 ～西から東へ～

① 皆月湾

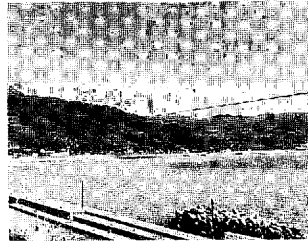
七浦中学校の前辺りを中心に、奥行は狭いが幅約700m位のかかなり広い砂浜がある。砂浜の一部や沖合には礫もある。砂はごく粗い粗粒砂である。

〈地回り地形〉

皆月の方からこの地域を見ると、山肌の急な斜面の手前がなだらかになっている。(右写真)これは、地回り地形の特徴である。地回り分布図を見てみると、確かにここは地回り区域であることが分かる。(「地回り地形」については、P20の解説を参照)

〈砂浜の様子〉

砂浜の砂はごく粗くて、白く輝き石英が多い。オレンジっぽくカリ長石もかなり含まれている様だ。砂浜に点在する礫は、右写真①のようにここの砂を固めたような礫岩や、さらに細かい砂岩などが目立つ。中には写真②のように大小の礫が入った礫岩もあり、これなどはその特徴から、皆月湾の両端に分布する道下礫岩層から供給された物と考えられるが距離から考えてもこれがそのままここの砂の母岩とは考えにくい。おそらく、地回りで出来た平野を形成する写真①のような皆月互層の礫が、いったん沖へ流され、打ち上げられることを繰り返し、ここの砂浜ができたのではないかと考えられる。

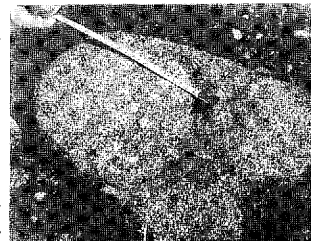


〈皆月湾の地回り地形〉



〈地回り分布図より〉

(国土地理院の資料より)



〈浜にあった礫岩〉①



〈砂浜にあった礫岩〉②

② 西保海岸

上大沢から輪島西の鶴入までの約7kmの海岸。縄又互層(新第三紀中新世中期の砂岩・泥岩層で輪島から門前に至る間に広く分布)が荒い波の侵食を受けた断崖が続く。海食崖の観察には最適で、小規模な海食洞も見られる。

③ 袖ヶ浜海水浴場

袖ヶ浜海水浴場は、輪島市光浦町から輪島崎町に広がる幅約780m、奥行約15～30mの広い砂浜海岸で、岩石海岸の多い能登外浦地区では大変珍しい。東方の輪島岬から弓状に囲まれ、砂が堆積しやすいような地形である。

この特色は、海水浴場として砂浜の侵食対策を数多く施していることである。まず、海岸の東方に180mに渡り直立護岸があり、その西からは幅10mの階段護岸が建設されている。また、沖合には右図のように離岸堤が建設されているが、加賀海岸で見た物とは異なり、海面上にその姿は見えない。設計では50cmしか海面上には出ないようにして、景観に配慮したそうである。(離岸堤についてはP10を参照)

〈砂浜の様子〉

砂浜の砂は細かい粒もあるが、粒度が揃っていない。粗い砂もあることから 短い距離を運ばれてきた物であると考えられる。また、砂全体の色がこれまでの赤茶けた色からこい灰色に変化したことから、砂の構成鉱物の変化も伺われる。これらの事実から、これまでの砂とここの砂とでは、供給源が違ふと考えられる。後方の山を形成している縄又互層の砂岩・泥岩がその母岩ではないかと考えられる。



〈袖ヶ浜海水浴場の案内〉



〈砂浜の砂の様子〉



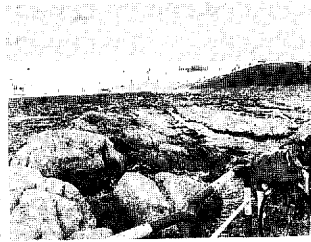
〈袖ヶ浜海水浴場の様子〉

④ 鴨ヶ浦

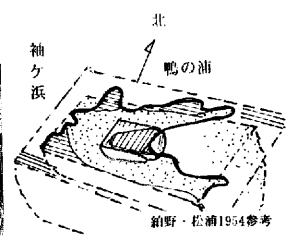
鴨ヶ浦は、輪島市街地の西北に張り出した輪島崎の先端にあり、袖ヶ浜と接している。大きく三層に分けられる輪島崎砂岩層(約1300~1400万年前の中新世中頃の層)からなり、向斜構造や波の侵食による海岸地形、そして中に含まれる海生動物の化石等で有名である。

〈向斜構造〉

この石灰質砂岩層は、右モデル図のように、海側の地層が南向きに、陸側の地層が北向きに傾斜し、全体として向斜構造になっている。そのため、向斜の中央部に上部層、中間に中部層、縁に下部層が現われる。



〈南傾斜の波食台〉



〈輪島崎の向斜構造〉

〈波食台〉

海の中の層は、10°~20°位の南傾斜で、'オニの洗濯板'状に並んでいる。これは、石灰質砂岩層中の比較的柔らかい部分が差別侵食されて出来た結果であり、層状堆積の特徴を表している。

⑤ 惣領・白米の地回り地形

輪島市惣領付近は、高洲山を構成する安山岩溶岩や火砕岩の前面に、石英安山岩質火砕岩があつて、これが地回りを起こしている。その先の白米町では、最上部の崖が石英安山岩質熔結凝灰岩であり、階段状地形をしており、それが千枚田として利用されている。

地形の読み方③

〔地回り地形を読む〕

〈山地の侵食〉

山地の侵食は、山の斜面全体で少しずつ起こっているのではなく、地震や豪雨、長雨などによる'山くずれ'という形で特定の場所で起こる。したがって、山の斜面とは、こうして次々とくずれた跡が重なってできたものである。

〈土石流と地回り〉

くずれた土砂の運ばれ方は、含まれる水の量や流れ下る速さにより、次の2つに分けられる。

- ・土石流…大量の水を含む場合は、土砂の細粒部分は泥水となり、大きい岩塊は泥水の表面や前面に集まり、谷に沿って一気に流れる。
- ・地回り…地下深くまで風化などが進んで水がしみ込みやすく、斜面の地下に水を通しにくい層があると、水はその層の上に溜り、上側の土地がゆっくり動き出す。これが地回りで、流れ下る速度が小さく、元の地表の状態をある程度保ったまま移動するのが特徴。地形的特徴としては、緩急の傾斜を繰り返す階段状で、先端の圧縮部が盛り上がる。



〈地回り地形のモデル図〉

〈地形図から読む〉 ※地形図は何れも国土地理院25000分の1地形図を使用

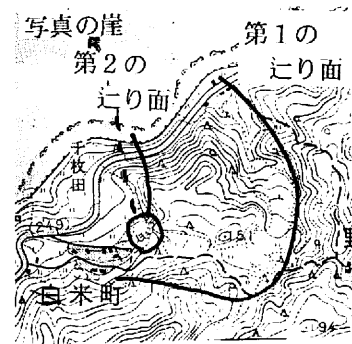
- ・惣領の地回り地形…下の地形図の等高線の混み具合を見ると、標高200~300mと、400~450m辺りの2つのり面のあることが分かる。
- ・白米の地回り地形…下の地形図を見ると、上の方にまず第1のり面があり、その下に小規模な第2のり面のあることが分かる。すると千枚田で見られる写真の地形は、この2つ目の地回り面と言える。山裾の家屋の裏の林は、元は後ろの山の森と同じ位置にあったのかもしれない。



〈惣領の地形図〉



〈千枚田の地回り地形〉



〈白米の地形図〉

⑥ 名船手前の海岸

名船手前の少し奥まった地形の所に小さな砂浜がある。千枚田辺りまでは、安山岩質溶岩・火砕岩地帯で磯浜が続いていたが、ここから泥岩地帯に入る。砂は粗く、黒っぽい。海には泥岩も多く見られ、それが打ち上げられたと見られる小石も見られる。ここらの泥岩が砂の供給源になっているのだろうか。貝殻も多く含んでいる。

⑦ 渋田町「三ツ子浜」

南志見川を渡ってから白崎の岬までの間、かなり長い距離に渡って幅は狭いが砂浜海岸が続く。粒はやはり粗く、③の袖ヶ浜海水浴場と同じような灰色をしている。砂浜に散在している小石は泥岩のようだ。南志見川による後ろの泥岩の影響もあるのではないかと考えられる。(後の粒度分析で考察する。P36参照)

⑧ 「大川浜」

白崎の岬を過ぎてから曾々木の窓岩まで、約3kmに渡り、幅もかなり広い砂浜海岸が続く。町野川をはさんで、2箇所を観察と砂の採取を行った。

〈白崎過ぎの浜〉…町野川手前

砂は今までより細かい。白崎岬と奥まった湾地形の関係で、砂が吹き寄せられているようである。浜の後方は少し高まりがあり、砂丘のようにもなっていることかかなりの量の砂が供給されているらしいと分かる。石英も含まれているようだ。

〈窓岩前の浜〉…町野川通過後

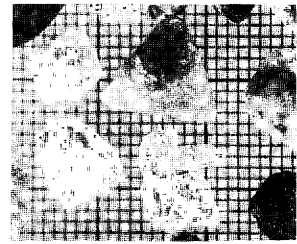
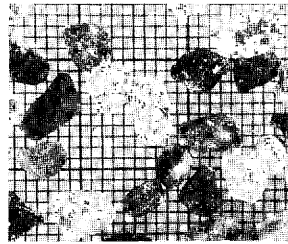
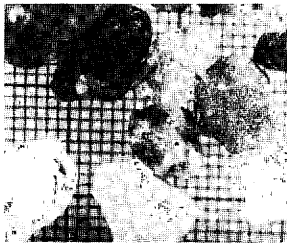
砂は先程よりは粗くなり、中程度。この浜も、砂が輝いて見え、石英がかなり含まれているようだ。

〈町野川の影響〉

このかなり広い砂浜は、町野川による運搬物でできたのではないかと考えられる。

1つ目の理由は、町野川の大きさである。指定延長が21.48km、流域面積が168.9km²で(傾斜の数値も県の「石川県河川海岸図」による)、能登外浦では最大の圧倒的な規模を持つ。指定延長では梯川、流域面積では羽咋川と、何れも砂丘を形成してきた川に匹敵し、この広い沖積堆積物を形成したものと考えられる。

2つ目は、石英の存在である。右の実体鏡の砂粒の写真を比べて見ると、三ツ子浜では殆ど石英はないのに、大川浜に入るとかなり多くなる。窓岩付近の浜も粒は大きくなるが、やはり石英の割合は三ツ子浜よりかなり多い。(写真の透明

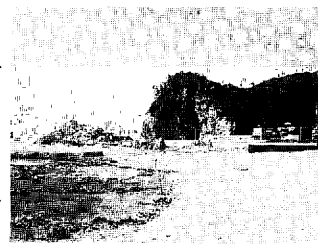


な粒が石英) 石英の割合が多くなる原因はいろいろ考えられるが、この場合は地形からみても、他より長い距離を

運搬されてきたからだと考えられる。以上の理由から、大川浜は、町野川により作られた砂浜海岸と考えられる。

な粒が石英) 石英の割合が多くなる原因はいろいろ考えられるが、この場合は地形からみても、他より長い距離を

運搬されてきたからだと考えられる。以上の理由から、大川浜は、町野川により作られた砂浜海岸と考えられる。



〈窓岩手前の大川浜〉

⑨ 「曾々木海岸」

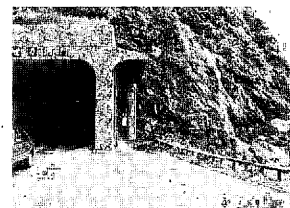
町野川河口から垂水滝までの約4.5kmに渡る海岸線は、能登半島を代表する礫海岸であり、随所に海食洞や崖が発達している。地質的には新第三紀中新世中期末(約1500万年前)に噴出した流紋岩質溶岩及び岩脈である。

〈代表的名所〉

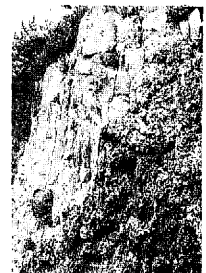
- ・窓岩…流紋岩。流理構造が見られ小規模だが、典型的な海食洞
- ・「カイモチ岩」岩脈…両側を灰褐色の黒雲母流紋岩にはさまれた幅15m位の火山角礫岩の火砕岩脈。黒色の玄武岩や灰色の流紋岩の角礫が集まった物



〈典型的な海食洞の窓岩〉



〈成層構造の垂水の滝〉



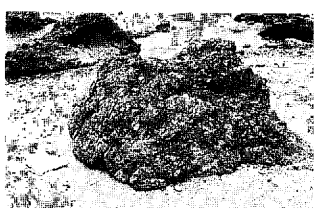
- ・垂水の滝…地質図では軽石凝灰岩層地帯に入っており、窓岩辺りの岩倉山から噴き出したままの流紋岩質火砕岩と異なり、次第に火山灰の堆積構造に変わりつつある淡緑色～黄灰色の流紋岩質凝灰角礫岩が、成層構造をしている。

⑩ 仁江～高屋の海岸

- ・仁江の砂利浜…仁江町手前。地質図では泥岩・頁岩地帯。海岸には右写真のように地層の傾きに沿って侵食されて残った頁岩層が見られるが、同時に砂利浜となっている。どうしてここだけ砂利浜なのかは不明。
- ・大崎手前の砂礫浜…やや粗い灰色の砂を主体とする砂礫浜。地質図では、安山岩質火砕岩地帯。沖には石英安山岩の大崎島が見え、浜にも安山岩質火砕岩が点在している。(右下写真)
- ・孫四郎川河口の砂浜…地質図では再び砂岩・泥岩・礫岩層に入る。孫四郎川の河口から鰯崎にかけて、1km以上に渡る広い砂浜が続く。砂の色や粒度はほぼ今までと変わらないようだ。これだけ大きな砂浜が孫四郎川により出来たとは考えにくい。沿岸流の影響が考えられる。
- ・高屋の砂浜…地質図では再びデイサイト質火砕岩地帯。高屋の漁港を過ぎた辺りに小さな砂浜がある。漁港の突堤や沖の離岸堤により、元々の小さな浜が広がったのではないかと考える。砂質は変わらないが、やや細かい。



〈層構造を示す仁江の泥岩〉



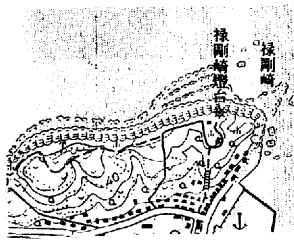
⑪ 折戸の浜

木の浦辺りは安山岩質火砕岩の穴水累層で、岩石海岸が続く。再び安山岩質の柳田累層に入った折戸には、折戸川を挟んでかなり広い砂浜がある。ここは、西のシヤク崎と東の洲崎に挟まれた湾地形で波が静かな上、沖合の岩石が離岸堤の役目もして、砂浜が広がったのだろう。海水浴場にもなっている。

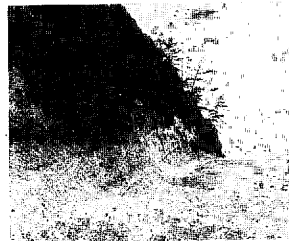
〈大崎手前の浜の安山岩質火砕岩〉

⑫狼煙海岸

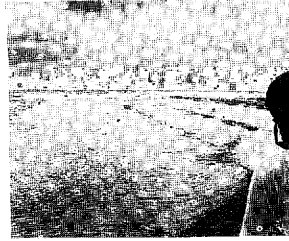
地質的には、仁江と同じで中新世後期の泥岩・頁岩(赤神頁岩)層。海面から高さ40mの海食崖で、禄剛崎灯台の下には差別侵食されて出来た通称「鬼の洗濯板」の海食台が見られる。海食崖上部は平坦な海岸段丘地形が見られ、典型的な「磯海岸地形」が観察できる。



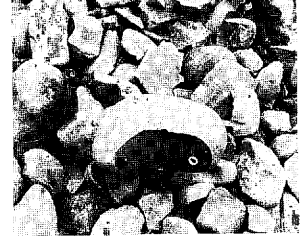
〈禄剛崎の海岸段丘〉



〈灯台下の海食崖〉



〈灯台下の海食崖〉



〈浜辺の赤神頁岩〉

〈砂浜の様子〉

禄剛崎の下に砂浜がある。今までの砂よりやや白い。小さな川が流れこみ、その周囲が元からの小さな浜で、他は港の突堤や離岸堤で広がったようである。

能登内浦海岸

金剛崎南の寺家から南になると、砂浜海岸を主体としたなだらかな海岸線に一変する。海岸としては21三崎海岸から最後の26七尾海岸までを含む。ここではそれらを、三崎～九十九湾方面、穴水～七尾方面に区分して見ていく。

1. 三崎～九十九湾方面の海岸

(1) 概要

金剛崎までの磯海岸地形は、寺家から始まる内浦型の砂浜海岸地形に一変する。地質的に見ると、寺家から珠洲市蛸島町まで広がる三崎海岸は、泥岩・頁岩層から海岸砂丘堆積物、砂岩・泥岩・礫岩層、再び海岸砂丘堆積物と続く、長大な砂浜海岸である。蛸島から飯田港を経て見附島までは、珪藻泥岩層の砂浜地形が続く。恋路海岸は玄武岩や熔結凝灰岩、石英安山岩質の火砕岩が、砂浜に点在する複雑な地形になっていて、その南の赤崎は、熔結凝灰岩の岩礁海岸で、内浦では珍しい風景である。その南は白丸から新保まで、玄武岩質溶岩と石英安山岩質火砕岩層の磯海岸が続くが、途中五色ヶ浜海水浴場だけが砂浜になっている。最後は石英安山岩質火砕岩層の九十九湾で、ここはリアス式海岸で名高い。

このように、この地域では、複雑に変化する地質と地形の関係をしたり、見附島や恋路海岸、赤崎海岸や九十九湾など、景勝地として有名な地形の成立を観察していくことがポイントとなるだろう。

(2) 各地域の観察～北から南へ～

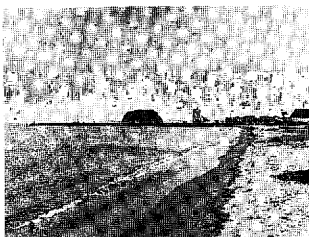
①鉢ヶ崎海水浴場

寺家から蛸島まで続く約10kmの長大な海岸の後半部分で、小泊から蛸島辺りの海岸砂丘堆積物を後背地を持つ砂浜海岸。砂浜の幅も20m程あり、背後には15m前後の高さを最高とする数列の砂丘が発達している。

砂は細かく、海の中や後ろの砂浜にも礫はない。これは、海水浴場から離れた場所でも同様だった。

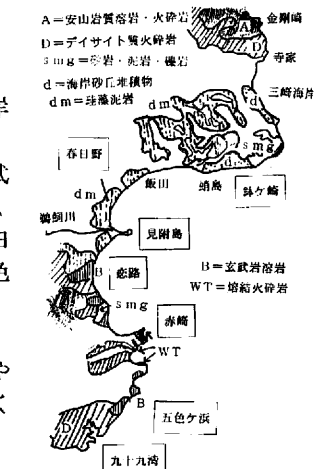
②春日野海岸

鶴飼川北の約1km程の長さに渡り、幅20m程の砂浜を持つかなり広い砂浜海岸がある。砂浜の陸地の方半分には植物が生えており、ここらは最近、砂の大規模な移動のないことが分かる。また、20m程海岸線から離れた辺りに舟小屋が建っている。(右写真) これらのことから、この地域には砂の流入が続き、砂浜が広がってきたのではないかと推測できる。浜の北の小高い谷崎から春日野海岸の沿岸を眺めてみると、沖の海面に黒い影が見える。海深図と比較してみると、ここは周りに比べてかなり浅くなっていることが分かる。したがって、この海底地形が波の力を弱め、奥まった地形とも合わせてここに砂浜を育てていることも考えられる。



〈春日野海岸〉

※向こうに見附島が見える

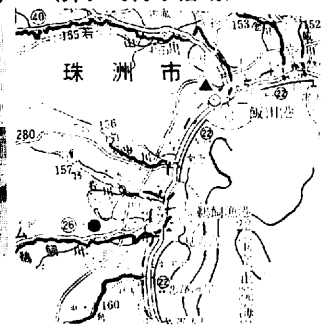


鉛野1992石川県地質図参考で作成

〈三崎～九十九湾の海岸〉



〈鉢ヶ崎海水浴場〉

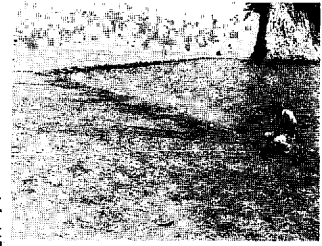


③見附島

沖から300mの所に浮かぶ見附島が、この海岸のシンボルである。島は黄白色の飯塚珪藻泥岩層(1000~1500年前の新生代第三紀中新世の中頃に、海底で堆積した珪藻化石から出来ている)でできており、波の侵食作用でこのような形になった。海は遠浅で、海水浴客で賑わう。

<砂浜の様子>

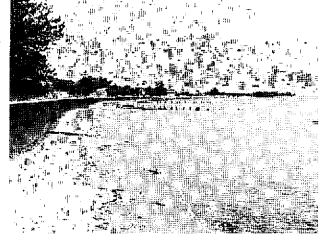
写真のように、砂浜から見附島までは磯で作った道が付いている。その左の浜は波が殆ど打ち寄せず、静かである。湾地形と道によって囲まれていることと、海底の浅瀬が原因だろう。右の浜には荒めの波が打ち寄せている。砂はここで採取したが、今までと異なり濃い茶色で細かく、汚れた感じがする。



<見附島の砂浜>

④鵜島の浜

見附島から恋路へ向う間の砂浜海岸。幅4~5mの狭い砂浜だが、海岸線から10m位沖まで、写真のように木の杭が海岸線に垂直に何箇所か打たれている。おそらく海岸の砂の流出を抑えるためのもので、かつてはここらまで砂浜だったのだろう。コンクリートの堤防の後ろの畑地は砂地でその後方に家屋がある。かつては家屋のある前までは砂地だったのだろう。見附島の浜にも、同様の杭の打たれた跡があった。見附島から南の砂浜は、削られて減っていく傾向にあるらしい。



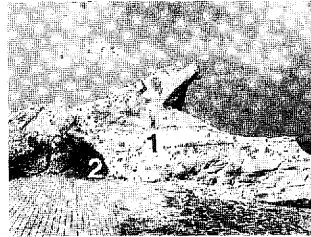
(鵜島の海岸)

⑤恋路海岸

<海水浴場の凝灰岩>

海水浴場北側の白っぽい岩石は、中新世前期の柳田累層に属する「軽石凝灰岩」や「角礫凝灰岩」の堆積物が、侵食で特異な形状になったものである。凝灰岩層は、主に白色凝灰岩からなる互層で、縞状の層理が発達し、所々に火山豆石を含み、小断層も見られる。

※岩石の観察…写真1の岩石で、右の白っぽいのは軽石凝灰岩で、きれいに層になっている。よく見ると①辺りに小断層やズレがあり、②では大きなズレになっている。左は、小さな火山礫や角礫凝灰岩である。写真2も、ベースは軽石凝灰岩の層だが、下方には大きな角礫が入っている。



<海水浴場の砂>

幅10m前後、長さも100m足らずの小さな砂浜がある。 <恋路海岸の凝灰岩の岩> 左: 写真1 右: 写真2 砂は白くて、石英もかなりありそうである。実験室での乳鉢の実験で、この砂もかなりよい音で鳴くことが分かった。持ち帰ったのは、海水浴客の多い所から少し南の人気の少ない浜。詳しい分析は、第四章で行う。

<恋路の玄武岩>

地質図でも分かるように、恋路海岸の尾ノ崎寄りの海岸や道路沿いの岸には、黒~暗緑黒色で多孔質の玄武岩が露出している。これは柳田累層(石動山以北の能登半島に広く分布する前期中新世の火山岩類のうち、デイサイト質火砕岩、玄武岩溶岩を主とする層)の一部である。

※アラレ石と方解石…玄武岩の孔隙中に、うすい紫紅色の長さ2~3cmのアラレ石の結晶が入っていたり、数mm~1cmの白い方解石が入っていることがある。両者は化学組成は同じだが、物理的特質は異なる別の鉱物。溶岩が冷えて固まる時に、空気の抜けた穴ができ、そこに残ったカルシウム分が結晶化した物。その時の条件で、アラレ石になったり方解石になったりする。



<恋路の玄武岩溶岩>



<アラレ石>

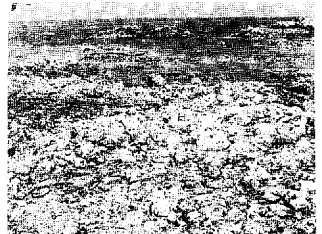
⑥松浪海岸

松波川の南、松浪漁港を過ぎた辺りに幅50m、奥行10m位の小さな砂浜がある。砂は細かめで、色は白め。石は流れてきていない。

⑦赤崎海岸

立壁から赤崎にかけての海岸は熔結火砕岩層で、赤褐色の熔結凝灰岩の岩石海岸が続いている。能登内浦では珍しい磯海岸である。この熔結凝灰岩は節理が発達し流理構造も観察できる。波食作用により平坦化し、岩肌は丸みを帯びている。

※熔結凝灰岩…熔結火砕岩の一種。火口近くの熱を持った火山灰が、溶岩の上などに降って、再度溶かされた物。下の溶岩等と共に溶けて流理構造を示したり冷やされる時は、節理も発達する。

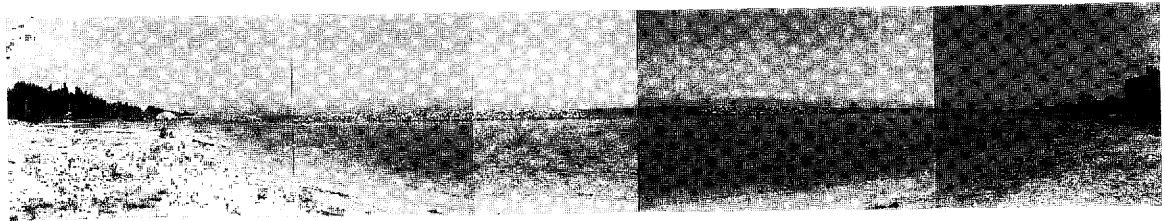


<赤崎の熔結凝灰岩>

⑧五色ヶ浜海水浴場

白丸から南の新保までの間、2km程に渡り、かなり広い砂浜海岸が続いている。磯海岸の間にここだけ砂浜になったのは、湾曲した地形が大きな原因だろうが、次頁写真のように、離岸堤で浜を育てていることも理由の一つ

だろう。海は透き通っていて大変きれい。浜に石はない。



〈五色ヶ浜海水浴場の全景〉 一湾曲した地形に加え、離岸堤が砂浜を育てている一

⑨九十九湾

九十九湾の湾口の幅は約200mしかないが、その奥行きは1300mもあり、入り組んだ海岸線を持つ、小規模だが典型的な「リアス式海岸」である。

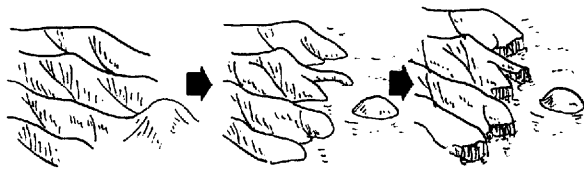
海岸の特徴的な地形⑨ - 「リアス式海岸のでき方と特徴」

この地は地質的には第三紀中新世中期(2000~2200年前)の石英安山岩質凝灰岩(柳田累層)からなり、この岩石が第四紀更新世の最終氷期(7万~2万年)の時に海水面の低下により侵食されて、深い谷を持つ起伏の多い地形となった。それがその後の海進(土地が沈降するか海面が上昇する)により、海水が谷の奥まで入りこみ、人江の多い海岸線になる。谷が入江、尾根が岬となって海岸まで山地の迫ったこのような地形をリアス式海岸と呼び、谷から出来た湾を「溺れ谷」と呼ぶ。ここは、古い時代の柳田層で比較的固い岩石で、近くに大きな河口がないため、侵食や堆積があまり進まず、氷期に作られた複雑な侵食谷の地形を、海岸線に残しているのだろう。

このようにして出来た湾は水深が深く、波が静かなために、天然の良港となるが、海岸近くまで海が迫っているため、陸路の交通が不便という欠点もある。 (九十九湾の地形図) ※国土地理院25000分の1地形図

＜リアス式海岸のできかた＞

- ①山地が沈降すると、海水が谷の奥まで入りこみ、人江が多い海岸線になる。尾根は岬になって、海に突き出る。
- ②岬の先端では侵食が進み、海食崖ができる。入江の奥では、堆積が進む。



2. 穴水～七尾方面の海岸

(1) 概要

ここは最後の25穴水海岸と26七尾海岸の地域である。穴水湾は小規模だが、リアス式海岸の典型である。その南の七尾海岸地域は安山岩質溶岩・火砕岩地帯で、岩石海岸の中に所々小規模な砂浜や砂の溜りが見られる。七尾湾を過ぎて灘浦方面へ行くと、江泊から庵辺りまでの砂岩地帯、そこから佐々波辺りの泥岩地帯と続き、黒崎辺りの安山岩地帯を過ぎると、再び東浜では泥岩になる。その間に何箇所かの砂浜海岸がある。この地域の海岸地形は、リアス式海岸とそれを可能にした後背地の関係や、地質と砂質の関係等を見るのがポイントとなるだろう。



(2) 各地域の観察～北から南へ～

①穴水湾

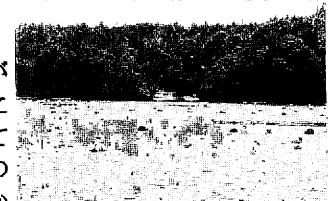
地質は砂岩・泥岩・礫岩層(下部縄文層)が中心。湾内の、日詰川河口付近と七海川河口付近(麦ヶ浦)の2箇所海岸地形を観察してみた。(右下写真)

両方の地とも、山が海に迫ってきており、そのまま海に入る典型的なリアス式地形である。その山と海のわずかなすき間に家などが建っている。海はすぐ深くなるので、写真のように海岸に直接船を留めたり、海岸近くでカキ漁ができる。後ろの山は低く、したがって流れる川の流れも緩やかで、土砂の堆積もあまりないことがこの地形がなかなか変化しない原因になる。(「リアス式海岸のでき方と特徴」参照)

〈穴水～七尾方面の海岸〉

②能登鹿島の海岸

海に突き出したコンクリートの突堤と防波堤に挟まれた所に、幅も奥行も狭いが(幅20m、奥行2m程)砂が溜っている所がある。海の中には粗い石が見える。砂には白い貝殻が多く混ざり、全体的には茶色っぽくて粗い。これまでの石英が多くて白っぽい砂とはかなり違う。大きな川がないので、砂があまり淘汰されていないのが原因だろう。砂は色から考え、後背地の安山岩が母岩になっているのではないかと考えられる。



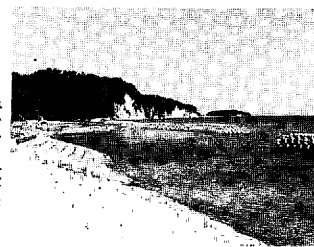
〈七海川河口付近の海岸〉

③田岸の海岸

能登鹿島から安山岩質火砕岩の岩石海岸が続くが、田岸の小さな川の河口に砂と礫が堆積した場所がある。能登鹿島より貝殻は少ないが、やはり粗くて石英が少なく、前と同じような砂質と考えられる。

④大野木の海岸

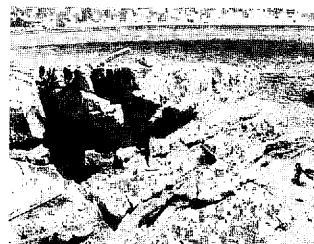
灘浦海岸の大野木には、長さ500m程に渡りブロック状の護岸工事がしてあり、その両端は溜った砂で埋まり、小さな砂浜ができています。沖には離岸堤も2基設置されており、砂浜を育てている成果のようである。現在も北へ工事区間を伸ばしている。この砂は非常に細かく、千里浜等と同じ感じである。色は灰色っぽく石英の量も多そうだ。明らかにこれまでの砂質とは異なっている。三崎～九十九湾方面の松浪辺りの砂と似ているが比べるとやや赤っぽい感じがする。



〈大野木の浜〉

⑤江泊の海岸

江泊小学校前の突堤と山にはさまれて湾地形になった所に、奥行4～5m、広さ300m程の、かなり広い砂浜がある。後方はコンクリートの護岸。砂は少し粗くなり、色は赤っぽさがはっきりしてくる。海岸にはこの辺りの母岩と思われる砂岩があちこちにあり（右写真）、これらが砂の供給源ではないかと思われる。



〈江泊の岬にある砂岩互層〉

⑥庵の海岸

江泊から南に岩石海岸が続いているが、庵には湾地形に囲まれて、奥行15m、広さ100m程の、かなり広い砂礫浜がある。この辺りの母岩も砂岩で、砂も赤っぽく江泊と同じ砂質らしいが、砂は江泊より粗い。

⑦佐々波の海岸

地質では泥岩地帯に入る。奥行は狭いが広さ1km程もある砂浜海岸があり、沖に岩礁も見える。砂は細かくなり、色はやや赤っぽい灰色～白色で、石英も多く含まれているようだ。

⑧東浜の海岸

ここも泥岩地帯。熊淵川の河口に突堤と護岸があり、そこに砂がかなり広く溜って砂浜になっている。砂の色や質は、佐々波の砂と同じようだ。

能登島

能登島はその海岸線の殆どをコンクリートで護岸されており、海水浴場以外には、僅かな砂の「溜り」が殆どである。そんな理由で今回砂の採取ができた地域も、図のように島の北と東部分に限られた。したがって能登島については、簡単な採取地点の様子を紹介に留める。



1. 砂の採取地点

① 「通」の海岸

能登島の西の端、やや奥まった護岸に黄色っぽく粗目の砂が溜まる。

〈能登島の砂の採取地点〉

② 「無関」の海岸

立ヶ鼻の東の入江。砂と礫が混ざり、通より更に粗くなる。砂質は通と同じようだ。

③ そわじ海水浴場

奥行20m、幅40m程の海水浴場。砂は細かいが、今までの黄色っぽい色の粗い砂が僅かで灰色の砂が大部分を占める。波打ち際から少し離れると、下が黄色、上が灰色の2層に分かれており不自然な感じ。地元で聞くと、砂を人工的に加えたいらしい。

④ 八ヶ崎海水浴場

ここだけコンクリートの護岸がなく、奥行20m、幅40m程の海水浴場になっている。この砂もかなり細かく色は、そわじ以外と同じ黄色っぽい色になる。地元の話では、自然の砂のようだ。

⑤ 八ヶ崎バス停前の砂浜

2本の海に突き出た防波堤の間の、奥行10m、幅20m程の小さな砂浜。沖には、岩石が並んでおり、離岸堤の役目をしている。そのせいか、砂は細かく、粒度も揃っているようだ。

⑥ 松島海水浴場

岩石海岸になっていて、砂浜は見当らなかった。海底に砂があったのでそれを採取した。

IV 各地の砂の粒度分析と考察

1. 砂粒の観察方法

県内各地で採集してきた砂を持ち帰り、鉱物分析と粒度分析を行った。海岸線から4mという採取地点の選定は、通常の沿岸流の流れによる砂浜形成の影響を受けやすく、人による影響を受けにくく、比較的奥行きのない砂浜でも採集可能ということから行った。(潮の干満による海岸線の変化は、日本海の場合は太平洋側に比べて比較的少ない) また、砂浜の奥行きが4mに満たない地点については、それを明記し、できるだけそれに近い地点で採取を行った。その上で、以下のような方法で、観察と分類を行った。

《採取した砂の観察と分類方法》

・採集してきた砂を乾燥させ、資料として保存する。

・写真に記録する。

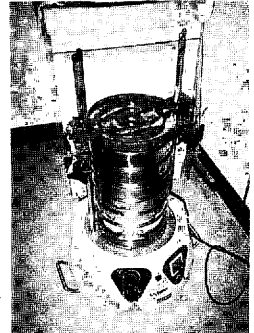
接写により、見たままの砂の色や粒子の大きさ、様子などを記録し、各地の特徴を比較すると共に、砂の色や粒径、構成物などの変化の様相や砂浜の形成について調査する。

・実体顕微鏡での観察をする。

30倍程度の倍率で撮影し、主に砂を構成する鉱物の組成や粒子の大きさを観察する。前後の砂浜の資料と比較し、砂の色や粒度の違い、周りの地質を構成する鉱物との比較等の検討により、砂浜形成要因を検討する。

・砂を粒度分析する。

砂100~200gをふるいに入れ、振盪器(しんとうき)で25分間振動させて粒度分析を行う。使用したふるいは国際基準のもので、目の細かさ(メッシュ、Mと書く)は、右下表の通り。なお4M以上は礫、200M以下は泥である。



〈使用した振盪器〉

2. 砂の粒度の分析法

1で得た、各メッシュ毎の重量%の分布結果を、後の計算のためφ(ファイ)値毎の分布に置き換える。メッシュ値とφ値との対応は右表の通り。その結果を、重量累積曲線に描き、Inman(1952)に基づき、中央値(Mφ)、中央粒径値(Mdφ)、淘汰度(σφ)、歪度(skφ)の各解析パラメーターを算出した。

以下、各々の値の算出方法と説明を載せる。

- 中央値 (Mφ)

重量累積で16%と84%に相当するφ値をグラフから読み取り、右式で計算する。
粒度分析した中で、出てくる砂の粒子が1番多くある箇所の粒径値(φ値)を表す。

$$M\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84}}{2}$$

- 中央粒径値 (Mdφ)

粒径分布の中央値。すなわち、粗い方もしくは細かい方から積算して、ちょうど50%になる所の粒径値である。グラフから読み取る。

$$Md\phi = \phi_{50}$$

メッシュ	μm	φ(ファイ)
4	4750	-2.25
14	1180	-0.25
26	600	0.625
50	300	1.75
100	150	2.75
200	75	3.75
泥	20	—

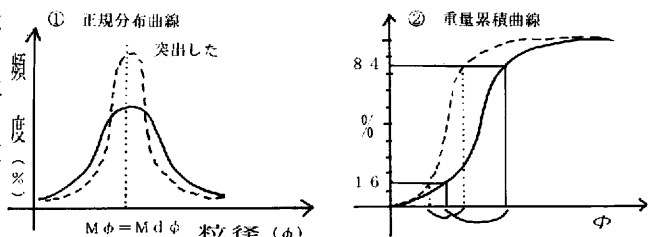
〈メッシュとφの対応表〉

- 淘汰度 (σφ)

重量累積で、84%と16%に当たるφ値から右式で計算する。
どの程度粒子が揃っているかを示し、値が0に近づくほどばらつきが少なく淘汰度が高いと言える。

$$\sigma\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{2}$$

以上3種のうち、粒度が正規分布を示す場合は右図のように、MφとMdφが一致する。また、正規分布曲線が突出(図の点線)するときは、粒子のばらつきが少なくなり、揃ってくることを意味し、累積曲線にすると、立ってきてσφ値は小さくなる。



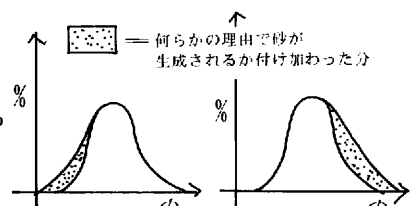
- 歪度 (skφ)

今まで算出してきたMφやMdφ、σφを用いて右式で計算する。

値が負になる場合は、粗い方の砂が何らかの理由で生成されたか付け加わっていることを示し、正になる場合は、細かい方の砂が、生成されたか付け加わっていることを示している。値の大きさは、その度合いを示している。

$$sk\phi = \frac{M\phi - Md\phi}{\sigma\phi}$$

・ skφ > 0 の時 skφ < 0 の時



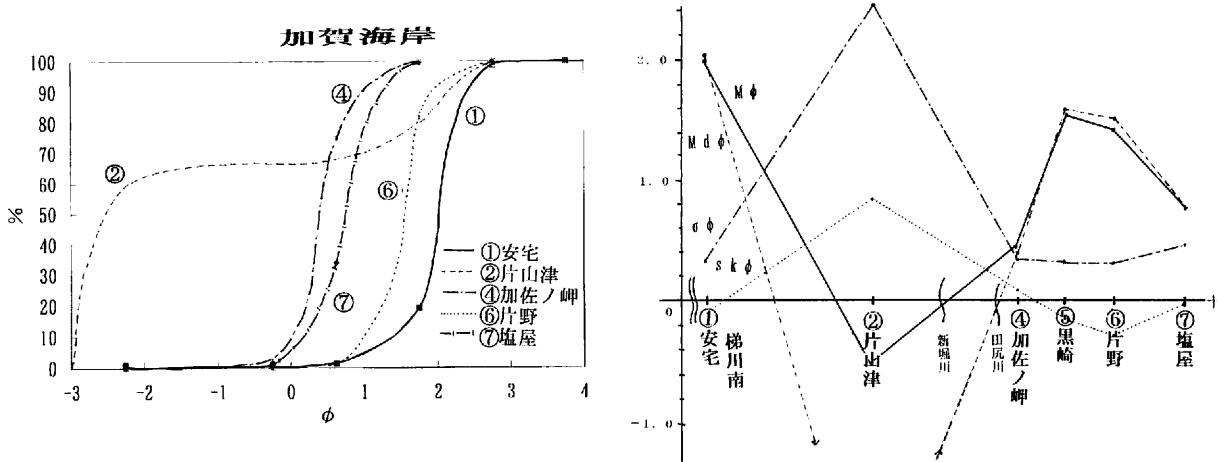
以上4つの値を元に、県下各地の砂の粒度を分析し、比較してみた。

3. 各地の砂の粒度分析と考察

加越海岸

1. 加賀海岸

主な地点での重量累積粒度曲線グラフと、この地域の各パラメーター値の変化を下に示す。



〈各パラメーターの分析〉

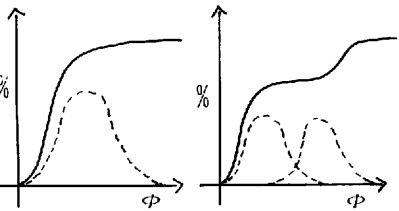
- ・ $M\phi$ (平均粒径値) … 最小が1.99、最大が-0.52で、場所によりややばらつくが、②の「片山津インター横」と③の「伊切の浜」の礫浜、および④の「加佐ノ岬」を除けば、南から北に行くにつれて砂は細かいものの割合が増えていくことが分かる。
- ・ $Md\phi$ (中央粒径値) … 最小2.02、最大-2.58。やはり礫浜と加佐ノ岬を除くと、北へ行くほど砂は細くなる。
- ・ $\sigma\phi$ (淘汰度) … 礫浜以外には、塩屋が0.46とやや高いが、他は0.31~0.34と、かなり粒は揃っている。
- ・ $Sk\phi$ (歪度) … ②、③の礫浜を除くと-0.27~0.09で、何れもかなり正規分布に近い。その中で、加佐ノ岬以外はマイナス値で、粗めの砂が何らかの理由で出来たか、他から供給されていることが分かる。

〈全体の考察〉

以上の分析を元に、次の3点について考えてみる。

① なぜ、加佐ノ岬だけ「特別」なのか？

各パラメーターの分析から、加佐ノ岬は他と比べ・粒度が粗く・細かめの砂の供給がやや多い点が違うが、ばらつきを示す淘汰度は殆ど同じ値だった。淘汰度が他と同じで低いことや、歪度も低く、正規分布に近くて、累積曲線も右の①の形をしていることから加佐ノ岬の砂も供給源は1つで、他と同じく南から供給された1連の物と考えられる。これは、砂の色が塩屋から続き、同じようなやや赤っぽい色をしていることから分かる。それが、ここで粗めになったのは、岬地形により、砂を運ぶ沿岸流が速くなることや、磯により波が荒くなることなどにより、細かい砂が持って行かれたためと考えられる。



① (供給源1つの場合) ② (供給源2つの場合)

② 礫浜の礫はどこから来たのか

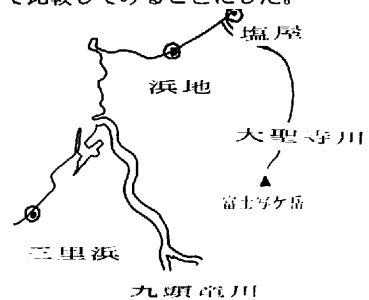
片山津インター手前の海岸と、伊切の浜は礫浜になっていたが、この2つの浜の累積曲線は上の②の形をしている。これは、供給源が、粗い礫の方と細かい砂の方の2つあることを示している。礫は、安宅から南へ行く程細くなり、円磨度も上がってくることから、梯川から供給されているらしい。したがって、加賀海岸の礫浜には、南からの砂と、梯川からの礫が混在していることが分かる。

③ どこから供給された砂なのか？

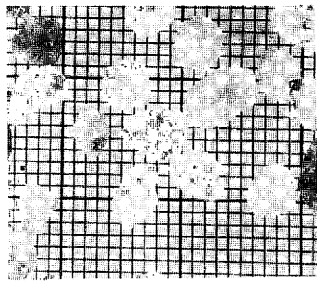
地形から、塩屋のすぐ南の大聖寺川か、さらに南の九頭竜川が考えられる。大聖寺川は、比較的短くて急なため、礫はあまり細くならないうちに海に出てしまうことも考えられる。それがここに砂を供給しているのか、九頭竜川の影響もあるのか、それを調べるため、さらに南の福井県の砂を採取して比較してみることにした。

砂は、右図にある2地点で採取した。(結果は、P56の表参照)

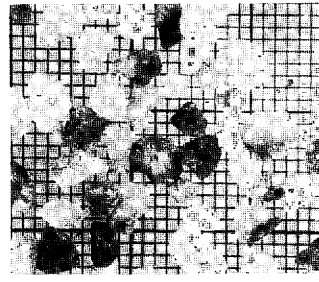
その結果、九頭竜川を境にして北と南では、北の浜地の粒度が粗く、それが塩屋に続いていることが分かる。砂の色もやや赤っぽく、浜地の砂と塩屋の砂は一連の物と考えてよさそうだ。したがって加賀海岸の砂の主な供給源は九頭竜川と考えられる。ただ、砂の色で見ると加佐ノ岬を過ぎるとそこから北では、灰色がかった色に変化する。鉱物的に見ると、今までの石英やカリ長石が多かった砂から、斜長石や黒雲母が増えてくる。ここらでは、富士写ヶ岳の安山岩が大聖寺川によって運ばれて、影響を与えていることも考えられる。(次ページ写真参照)



〈福井の砂を採取した浜の位置〉



① 〈黒崎の砂〉



② 〈安宅・梯川南の砂〉

〈実体顕微鏡写真での比較〉

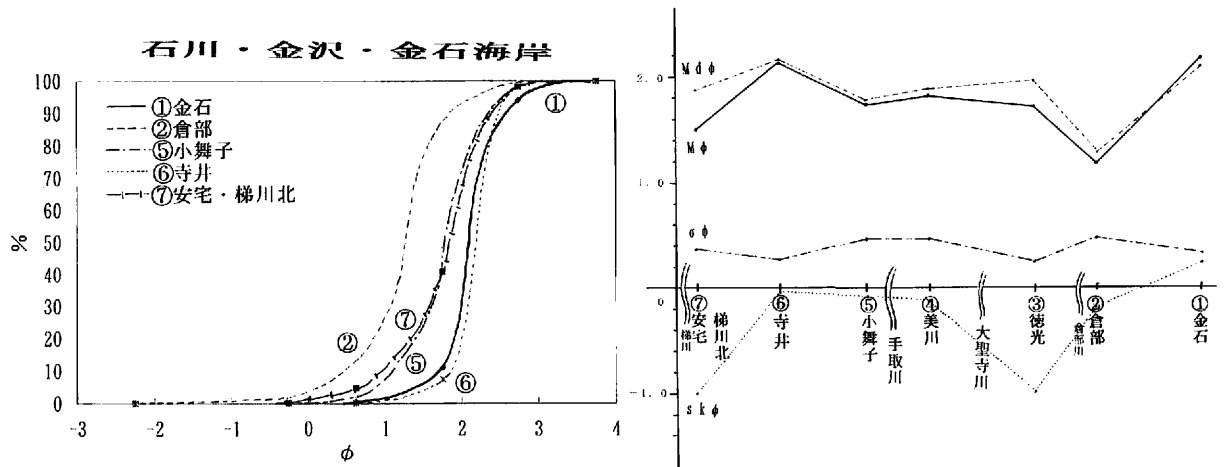
- ①左上には、カリ長石がある。これが赤っぽい色を出す。無色透明の石英がたくさん含まれている。これが、砂の鳴く原因かもしれない。
- ②中央に緑~灰色っぽい輝石やカクセン石が見られる。

以上をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになる。

- ・加賀海岸の砂の供給源は九頭竜川で、石英やカリ長石の多い、やや赤みがかった色が特徴である。
- ・南から北に行くにしたがい、一部の礫浜などは除き、砂は細かくなっていく。
- ・礫浜には、南からの砂と、梯川からの礫という2つの供給源がある。
- ・加佐ノ岬は、岬地形のために前後より砂が粗めになっている。
- ・砂の色(構成鉱物)が加佐ノ岬より北で灰色に変化するの、大聖寺川による安山岩の影響の可能性もある。

2. 石川・金沢・金石海岸

主な地点での重量累積粒度曲線と、この地域の各パラメーター値の変化を下に示す。



〈各パラメーターの分析〉

- ・ $M\phi$ (平均粒径値) …最大が②倉部の1.17、最小が⑥寺井と①金石の2.14。根上がやや細かすぎると、倉部が粗すぎるのを除けば、南から北へ、砂は細かいものの割合が増えていく傾向にある。
- ・ $Md\phi$ (中央粒径値) …最大が②倉部の1.26、最小が⑥寺井の2.15で、変化の傾向は $M\phi$ に対応している。やや粗すぎる倉部と細かすぎる根上を除けば、北へいくほど砂は細かくなっていく傾向にある。
- ・ $\sigma\phi$ (淘汰度) …⑥寺井は0.27、③徳光は0.24とよく揃っている。⑤小舞子、④美川、②倉部は何れも0.46とやや高いが、全体的には粒子のばらつきは少なく、よく揃っていると言える。
- ・ $Ssk\phi$ (歪度) …①金石以外はマイナス。しかし値は、⑦安宅梯川北と③徳光の-1.00を除くと全体的に小さめである。したがって、金石では僅かに細かい砂が多めで、他は粗めの砂がやや多めに他から供給されていることが分かる。

〈全体の考察〉

以上の分析を元に、次の2点について考えてみる。

① なぜ、倉部は粗いのか？

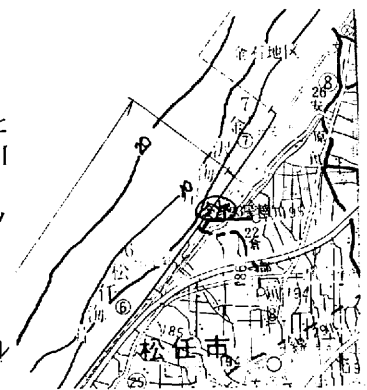
$M\phi$ と $Md\phi$ の分析から、倉部の砂が前後に比べて粗すぎる結果が出た。南に位置する倉部川の影響も考えられるが、 $\sigma\phi$ と $Ssk\phi$ の値変化は前後とほぼ同じことから倉部に供給されている砂はこれらと同じ物と考えられ、川の影響は考えにくい。

では、この砂だけ粗くなった地形的な要因は何だろうか。前回の加佐ノ岬では、「岬地形」がその要因と考えたが、ここは岬でもない。

そのような時は、海底地形を見てみる必要がある。

右図は、この付近の海底の水深を表した地図である。倉部の辺りになると、急に海岸線付近の水深が深くなる。そうすると、岸に打ち上げる波のエネルギーは弱まらず、粗い砂を浜に堆積することになる。

南の根上の砂がやや細かすぎると、水深がやや浅めの海底地形のためと考えるとよいかもしれない。



〈倉部付近の水深〉

※石川県河川編年図を参考

② 流れこむ川の影響はどうか？

$\sigma\phi$ と $Sk\phi$ の変化を見てみると、⑦安宅梯川北と③徳光の2箇所で落ち込んでいる。つまりこの2地点で、粗い砂の供給が多くなることで、砂のばらつきが大きくなったことを示している。このような変化を生んだ要因として考えられるものの1つが、川による砂の流入である。安宅梯川北は梯川、徳光は手取川と、何れも南にある大きな川の影響だろう。

③ 加賀海岸との関係は？

加賀海岸の結果と連続して見てみると、安宅梯川北で少し粗くなるが⑥寺井で今までで1番細くなる。その後手取川をはさむ⑤小舞子、④美川で粗くなり、また北へ行くにつれて細くなる傾向にある。これは、九頭竜川からの砂に手取川からの砂が混入するためと考えられる。九頭竜川も手取川も、供給源は同じ礫質なため、連続した砂の変化になるのだろう。

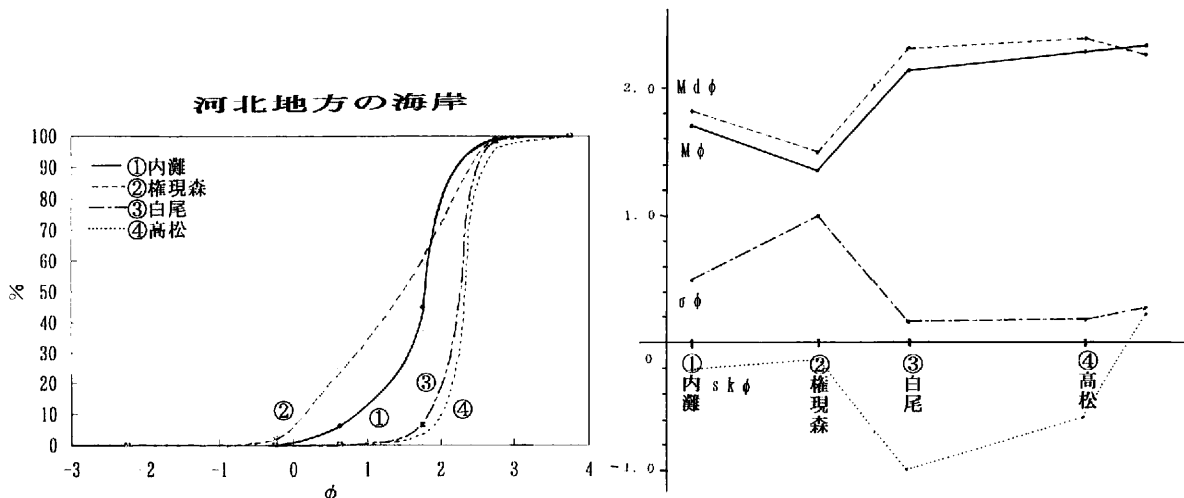
以上をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになる。

- ・石川、金沢、金石海岸の砂は、南の九頭竜川から供給された砂に梯川や手取川からの砂が混入し、全体的には南から北へ次第に細くなっていく。
- ・途中の礫浜は、梯川と、手取川の沿岸扇状地から供給された礫からできている。
- ・倉部の砂が粗すぎ、根上の砂が細かすぎる原因として、海底地形による沿岸流の流れの変化が考えられる。

3. 河北地方の海岸

この地域の分析は、内灘～高松、千里浜、羽咋の海岸の3箇所に分けて行なう。

(1) 内灘～高松の粒度分析



〈各パラメーターの分析〉

- ・ $M\phi$ (平均粒径値) …②権現森海水浴場を除けば、最大が南の①内灘の1.70で最小が北の④高松の2.28となり、南から北へ行くにつれて、砂は細かいものの割合が増えていく傾向にある
- ・ $Md\phi$ (中央粒径値) …やはり②権現森海水浴場を除けば、最大が南の①内灘の1.81で最小が北の④高松の2.38となり、変化の傾向は $M\phi$ に対応し、北へ行く程砂は細くなっていると言える。
- ・ $\sigma\phi$ (洶汰度) …①内灘が0.49とややばらつき、②権現森海水浴場は1.00とばらつきが大きい。その他は大体揃っている。
- ・ $Sk\phi$ (歪度) …すべてマイナス。この傾向は、加佐ノ岬と礫浜、金石海岸を除き、南の塩屋から一貫している。③白尾が-1.00とやや高い値を示している。

〈全体の考察〉

以上の分析を元に、次の2点について考えてみる。

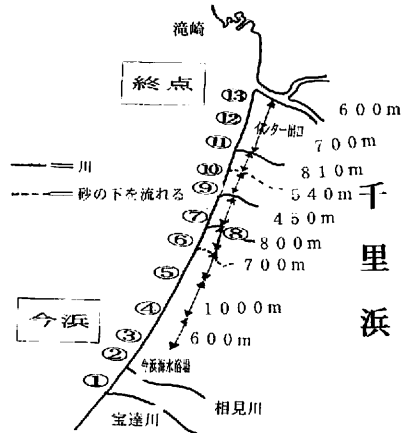
- ① なぜ、権現森海水浴場は粗くてばらつきが大きいのか？
 前述の倉部(石川・金沢・金石海岸)と違い、今回は粗さと共にばらつきも大きく異なった。しかし $Sk\phi$ の値は他とあまり変わらない。この事実から、他から粗い砂が流入してきたとは考えにくい。
- ② なぜ、白尾の $Sk\phi$ が大きくマイナスになったのか？
 歪度が大きくマイナスになるということは、他から粗い砂の供給があったり、作られることを意味する。この場所で供給源としては、河北潟放水路が考えられるが、粗い物が大量に来るとは考えにくい。これは権現森についても同様である。したがって権現森、白尾共、変化の明確な原因は不明。なお河川課の報告からは、両者共人為的操作はないらしい。

以上をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになるとと思われる。

- ・内灘から高松間の砂浜の砂は、南から北へ行くにつれて細くなると言える
- ・歪度や淘汰度が揃っていることから、ここの砂も南の九頭竜川や手取川から供給され、沿岸流に乗って北に運ばれている一連の砂らしい。
- ・権現森海水浴場や白尾では、何らかの影響で粗い砂や歪度の高い(マイナス)砂が分布する

② 千里浜の粒度分析

千里浜の砂の粒度分布については、右図のように、南の始点である今浜から、北の羽咋川河口南にあたる終点までに、南の宝達川河口と今浜海水浴場を加え、計13箇所調査した。(なお、8箇所は、砂浜に流れこんでいる川底の砂を調べた) 調査地点の選定は、海岸に流れ込んでいる川(小川程度も含む)の北側とした。なお、川は、工事により砂浜の下を流れるようにした箇所とそのまま砂浜を横切って流れるものの2種類があった。(右図参照) 主な地点での重量累積粒度曲線グラフと、この地域の各パラメーター値の変化を下に示す。

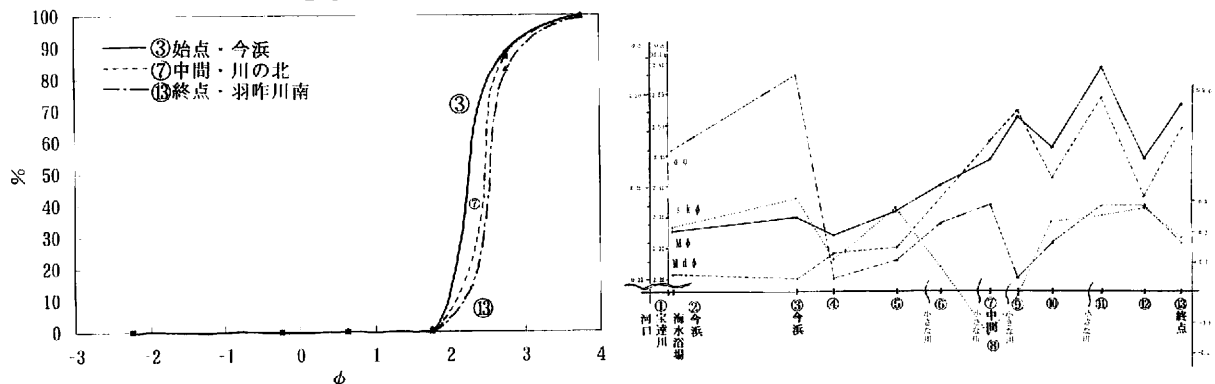


〈千里浜の砂の採取地点〉

〈各パラメーターの分析〉

- ・ $M\phi$ (平均粒径値) … 最小は①地点の2.59、最大は④地点の2.32。④、⑩、⑫地点で少し粗くなるが、全体的に非常に揃っていて、北へ行くにつれて細かい砂の割合が増える傾向にある。
- ・ $Md\phi$ (中央粒径値) … 最小は①地点の2.54、最大は③地点の2.25。変化の傾向は $M\phi$ にほぼ対応し、北へ行く程砂は細くなっていると言える。
- ・ $\sigma\phi$ (淘汰度) … 0.20~0.31の間で変化し、非常に淘汰度が高く揃っている。 $M\phi$ 、 $Md\phi$ と比較すると、一般的に粒子の細さと淘汰度の間に明確な相関は見られない。ただし、⑦地点までばらついてきたのが⑨地点でやや粒度が揃い、その後またばらつき、最後の⑬地点で揃うという変化はある。
- ・ $Sk\phi$ (歪度) … 最小は①地点の-0.14、最大は④地点の+0.31で、どれも大変小さな値で、ほぼ正規分布と考えられる。値は、⑦と⑨地点を除いてはどれも小さな正数であることから、千里浜全体としては、わずかに細かい砂が多めに供給されていることが分かる。⑦と⑨地点については、何らかの影響でわずかに粗い砂が多めに供給されている。

千里浜



〈全体の考察〉

以上の分析を元に、次の2点について考えてみる。

① $\sigma\phi$ と $Sk\phi$ の変化について

$\sigma\phi$ が⑨でよくなるのは、南にある2本の川の影響が少なくなる地点だからかもしれない。その後、⑪で小さな川が再び入り、⑬辺りでまた粒度が揃ってくると考えられる。(右上図参照) 千里浜沿岸の地形は、一様な遠浅で、特に砂の分布に影響はないようである。

$Sk\phi$ は、⑦地点でマイナスになり、⑨地点でも僅かながらマイナスになる。他は全てプラスである。

⑦地点でマイナスになるのは、その南にある2本の川からの粗い砂の流入が原因だろう。次の⑨地点にもその影響が少し残っていたのではないか。

② 千里浜の砂はどこから供給されたものか？

砂の細かさや淘汰度のよさから考えると、相当遠くから運ばれてきた砂であることが分かる。また、これまでに調査してきた南の海岸の砂との続き具合を見ても、各パラメーター共つながりは自然である。砂の色も、片山津イ

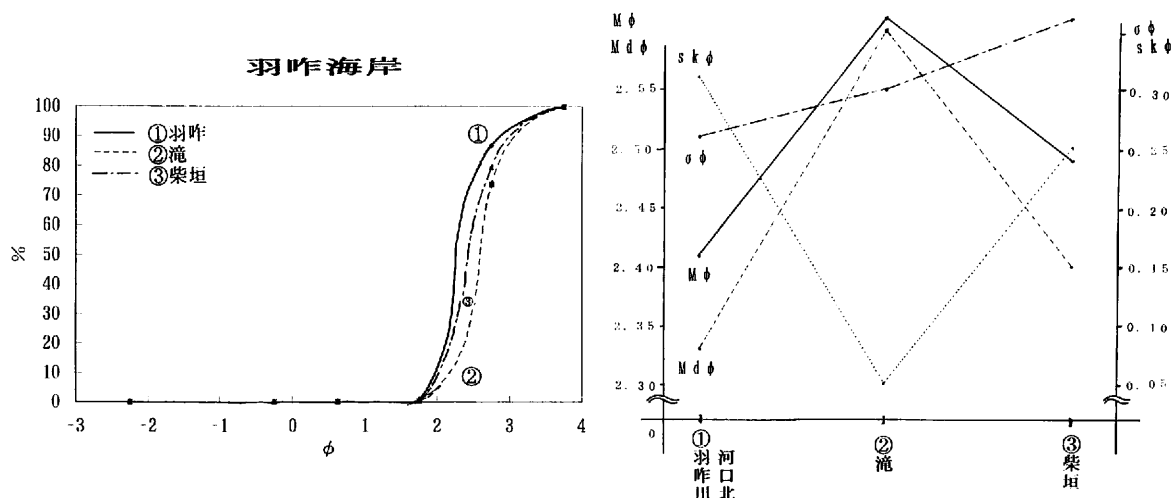
ンターから続く灰色で、鉱物成分も変わりはない。したがって千里浜の砂は、これまでの砂と同様、南の九頭竜川や手取川から供給されたものが、沿岸流でここまで北上し、細かくなってできたと考えられる。

以上をまとめると、粒度分析から千里浜の砂については以下の点が明らかになる。

- ・南の今浜から北の終点まで、途中川の流入などによる $\sigma\phi$ や $S k\phi$ の乱れはあるが、全体的には細粒で、北へ行くにつれて、一層細くなる。
 - ・淘汰度は非常に高く、粒の揃った砂浜を形成している。
 - ・歪度は低く、ほぼ正規分布で他からの影響を殆ど受けていない砂である
 - ・これらの分析結果から、千里浜の砂は、これまでと同様に、南から供給された砂が沿岸流によって北上し、淘汰されてきた一連の物と考えられる。
- 以上の事実(細かい、揃っている、正規分布)と、適度な湿気による砂のしまり具合が、車でも走れる“落ドライブウェー”を形成している原因だと考えられる

(3) 羽咋海岸の粒度分析

各地点での重量累積粒度曲線と、この地域の各パラメーター値の変化を下に示す。



〈各パラメーターの分析〉

- ・ $M\phi$ (平均粒径値) …最小が滝港の2.61で最大が羽咋川河口北の2.41。全体的に細かく南から北へ行くにつれて、砂は細かいものの割合が増えていく傾向にある。
特に滝港の砂は、千里浜も含めて今までで1番細かい砂と言える。
- ・ $Md\phi$ (中央粒径値) …最小が滝港の2.60で最大が羽咋川河口北の2.33。変化の傾向は $M\phi$ に対応し、北へ行く程砂は細かくなっていると言える。
- ・ $\sigma\phi$ (淘汰度) …0.26~0.36の間で、千里浜よりやや悪いがよく揃っている。南から北に行く程、淘汰度は悪くなる。
- ・ $S k\phi$ (歪度) …全てプラス。0.05~0.31で、ほぼ正規分布と考えてよい。

〈全体の考察〉

以上の分析を元に、この地域の砂の粒度分布について考えてみる。

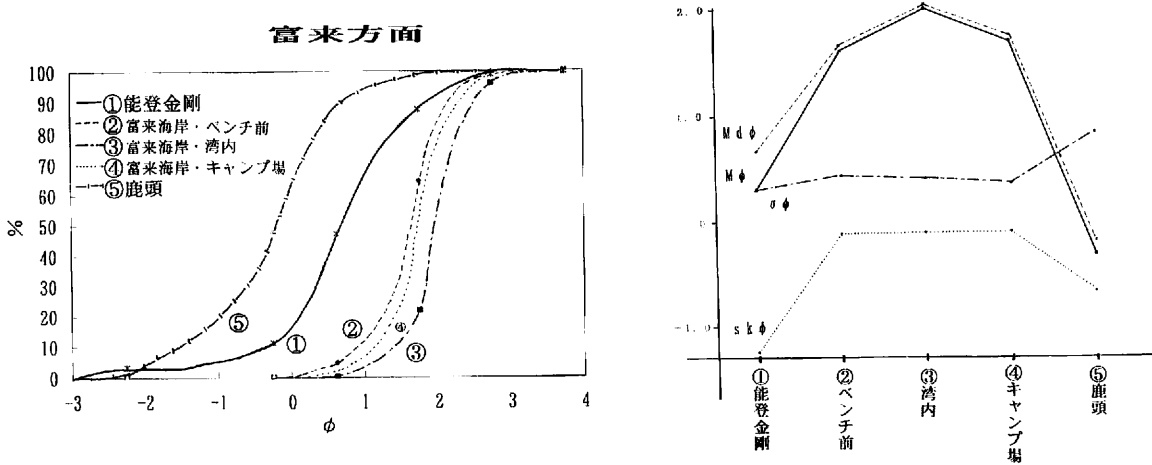
$M\phi$ も $Md\phi$ も、奥まった滝港を最高値にしながも、南から北に細かい砂になることを示している。これは、滝港が湾地形をしているため、そこにより細かい砂が集まったからだろう。羽咋川河口北でその南の千里浜よりやや粗めの値が出たのは流れ込む羽咋川の影響と考えれば、この地域の砂も南の千里浜と合わせた一連の物と考えてよいだろう。

以上から、この地域の粒度分析で明らかになった点をまとめる。

- ・羽咋川から北の柴垣海水浴場までの砂浜も、千里浜と同じく南からの沿岸流により運ばれ細かくなった砂によってできたものと考えられる。
- ・滝の港の砂は、千里浜の砂より細かい(淘汰度は落ちるが)ことがわかる。

1. 富来方面の海岸

各地点での重量累積粒度曲線と、この地域の各パラメーター値の変化を下に示す。



〈各パラメーターの分析〉

- ・ Mφ (平均粒径値) …最大は⑤鹿頭の-0.34、最小は③湾の真ん中の2.00。
北へ行くほど細かい砂の割合が増加し、湾の真ん中で最高値をとり、キャンプ場で少し落ちて、高石岬を越えて鹿頭になると、急に粗い砂の割合が増える傾向にある。
- ・ Mdφ (中央粒径値) …最大は⑤鹿頭の-0.21、最小は③湾の真ん中の2.02で、変化の傾向はMφにほぼ対応し、北へ行く程砂は細かくなっているが、鹿頭で急に粗くなる。
- ・ σφ (淘汰度) …0.29～0.82間での変化だが、①能登金剛では0.29とそれ程ばらついてはなく、その後の富来の湾でも②、③、④と北へ行くほど淘汰度は上がり、徐々に粒子は揃う傾向にある。
それが鹿頭で突然0.82とばらつきに大きな差が出てくる。
- ・ Skφ (歪度) …全てマイナス値をとる。①能登金剛で-1.24、⑤鹿頭で-0.68の大きな値をとり、粗い砂がより多く支給されていることを示す。湾に沿う②、③、④は小さな値で揃い、ほぼ正規分布と見てよい。

〈全体の考察〉

以上の分析を元に、次の点について考えてみる。

① 能登金剛(生神)の砂浜はどうしてできたのか？

各パラメーターの分析から、生神の砂は、その粗さや淘汰の悪さでそれより北の富来の砂とは供給源が違うのではないかと考えられる。南の羽咋方面の値と比べても、その不連続性は明らかである。また、鉱物組成を示す砂の色が柴垣までの灰色から、ここだけ赤黒く、北の富来では白っぽくなることや、歪度が非常に高く(-1.24)、粗い砂が多く供給されている事実が明らかになった。

以上のことは、実体鏡写真を比較すると、より明らかになる。次頁上写真を見ると、南の①は細かく、北の③は粗いという違いはあっても、共に粒度は揃っており、透明できれいな石英が目立つ。それに対し②の能登金剛生神の砂は、粒度が揃わず灰色や赤茶けた色の鉱物が多い。細かい泥っぽい粒子も見られる。このように見てくると、ここの小さな砂浜は、背後の安山岩や火山灰堆積物が崩れて細かくなりできたものではないかと考えられる。

② 富来の湾の砂浜は、どのようにしてできたのか？

こちら一帯の砂は、地形的要因で湾内により1番細くなるが、全体的には南から北に向かって細くなり、揃ってくると言える。その点では、千里浜から滝崎を経て柴垣に至る変化と同様で、したがって南からの沿岸流で運ばれた一連の砂が溜まってできた砂浜と考えられる。

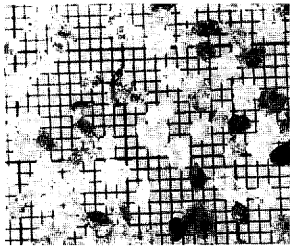
ただ、南の千里浜から羽咋にかけての一連の変化と比べると、粒度にしても淘汰度にしても悪くなっており、そのまま南から連続したものとは考えにくい。

逆に言えば、南の塩屋から始まった、沿岸流にのった九頭流川と手取川による堆積物の運搬による砂浜の形成は、羽咋海岸の柴垣辺りまでで一段落することが分かる。

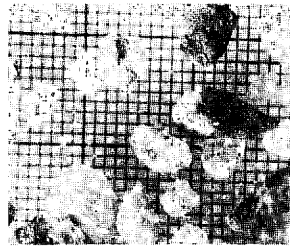
その北にあたるここの砂の供給は、おそらく富来川が上流から運搬してきたものだろう。

③ 鹿頭の砂浜は、どのようにしてできたのか？

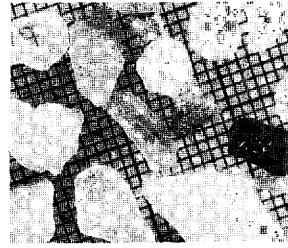
ここの砂も南の富来の砂とは大きく異なり、非常に粗くて粒子も揃わず、粗い砂の流入が多い。色も赤っぽくなる。実体顕微鏡写真で南の砂浜と比較しても、違いは明らかである。(次頁上写真参照)
したがって、近くに大きな川もないことから、海岸の礫が崩れて砂浜を形成したのではないかと考えられる。



① 〈柴垣海水浴場〉



② 〈生 神〉



③ 〈富来・長いベンチ前〉



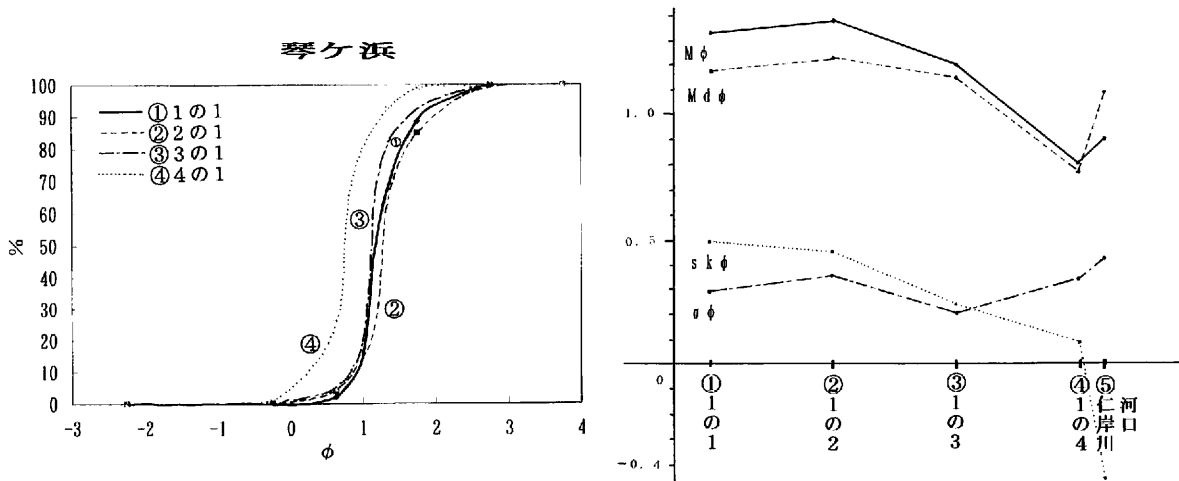
④ 〈鹿 頭〉

以上をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになる。

- ・九頭流川と手取川による堆積物が沿岸流によって運ばれて形成される砂浜は、羽咋海岸の柴垣辺りまでで一段落するらしい。
- ・能登金剛の生神や鹿頭の海岸の砂は、現地の礫が崩されてできた物ではないかと考えられる。
- ・富来の海岸の砂浜の大部分は、富来川が上流から運搬してきたものだろう。

2. 琴ヶ浜の海岸

砂を採取した4地点における重量累積粒度曲線グラフと、琴ヶ浜の各地点のパラメーター値変化を下に示す。なお比較のため、上記の4地点の他に琴ヶ浜の北に当たる仁岸川河口の北で採取した砂の分析結果も載せる。



〈各パラメーターの分析〉

- ・ $M\phi$ (平均粒径値) …最大は④地点の0.80、最小は②地点の1.38と、河口付近で粗い砂の割合が増え、河口から北に離れるにしたがい、細かい砂の割合が増加する傾向がある。
- ・ $Md\phi$ (中央粒径値) …最大は①地点の0.77、最小は②地点の1.23で、変化の傾向は $M\phi$ にほぼ対応している。
- ・ $\sigma\phi$ (淘汰度) …最大は河口北の0.42、最小は③地点の0.20と少し差が出るが、河口付近を除けば0.20~0.35とかなり揃った値になる。かなりよく鳴った②地点は淘汰度0.35で、この中ではあまりよくなく、淘汰度の揃っていた千里浜(平均0.23)等と比べても、よくない。
- ・ $Sk\phi$ (歪度) …河口北で-0.46をとる他は、全てプラス値をとる。河口北から南北に離れるにしたがい、歪度が上がっていく。つまり、河口北では粗い砂がより多く供給されていたのが、南へいくにしたがい、細かい砂の供給が増加していることになる。

〈全体の考察〉

以上の分析を元に、次の点について考えてみる。

① 琴ヶ浜の砂は、どこから来たのか？

琴ヶ浜における $M\phi$ や $Md\phi$ の変化を見ると、概ね仁岸川河口から南に細くなっていく傾向がある。また、 $Sk\phi$ も、南へ行くほど細かい砂の供給が増えていく。これは、琴ヶ浜の沿岸を北へ向かって流れる沿岸流だけでは説明できない。さらに、南の富来の砂浜の粒度と比較してみると、特異点である鹿頭は別にしても、 $M\phi$ 、 $Md\phi$ 共、一度細くなったのが再び粗くなり、 $\sigma\phi$ はばらつく傾向が揃いだし、 $Sk\phi$ はマイナス傾向がプラスに転ずる。したがって琴ヶ浜は、富来からの砂が沿岸流で北上してできた浜ではなく、砂浜の北を流れる仁岸川による運搬物が、河口から南北に向かって供給されて形成された浜ではないかと考えられる。

② 鳴き砂の条件を考える

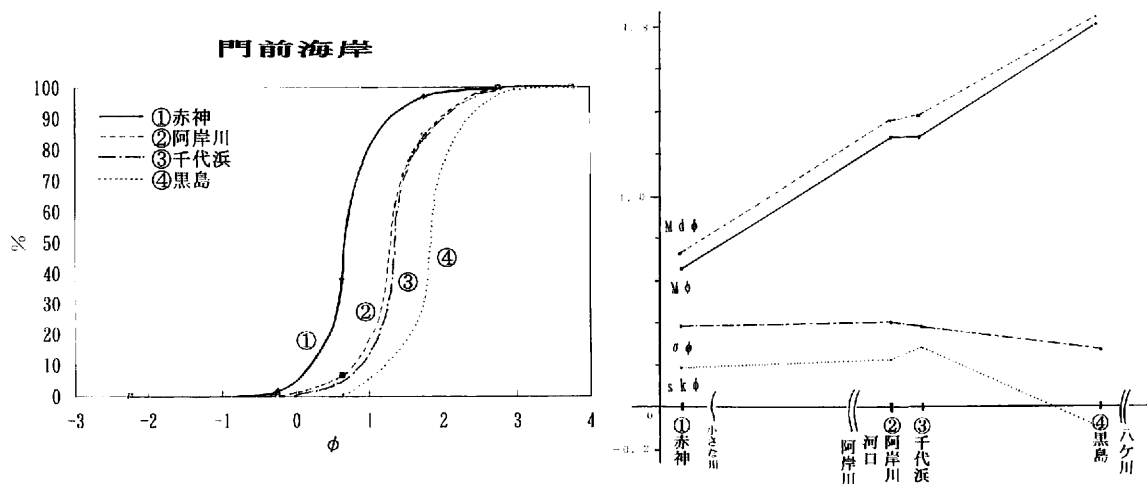
同じ琴ヶ浜でも、南はよく鳴くの北の方では鳴かない。鳴く原因については V 章で改めて検討するが、ここでは調査地点の粒度分析の結果から、鳴く条件がないかを考えてみる。それぞれのパラメーターの数値を、鳴くものと鳴かないものとで分類できるか調べ、同じく特徴のある砂浜である千里浜と比較してみた。

以上の結果をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになる。

- ・琴ヶ浜は、浜の北を流れる仁岸川による運搬物が堆積してできた砂浜と考えられる。
- ・粒度分析からの「鳴き砂」の条件は、次のように考えられる。
 - ・ $M\phi$ …… $1.33 \leq M\phi \leq 1.38$ で鳴く。〔かなり細かいが、千里浜ほどではない〕
 - ・ $Md\phi$ …… $1.18 \leq Md\phi \leq 1.23$ で鳴く。〔かなり細かいが、千里浜ほどではない〕
 - ・ $\sigma\phi$ …… $0.29 \leq \sigma\phi \leq 0.35$ で鳴く。〔千里浜などと比べてもそれ程揃ってはいない〕
〔ただし④地点は 0.34 で鳴かない〕
 - ・ $Sk\phi$ …… $0.45 \leq Sk\phi \leq 0.49$ で鳴く。〔千里浜などと比べると、細かい砂の供給がやや多め〕
- 調査した資料に限れば、砂が鳴く原因の1つに上のような粒度の条件が考えられる。

3. 門前海岸

主な地点での重量累積粒度曲線グラフと、この地域の各パラメーター値変化を下に示す。



〈各パラメーターの分析〉

- ・ $M\phi$ (平均粒径値) …… 最大は①赤神の 0.72 、最小は④黒島の 1.80 。①赤神と②、③の間、②、③と④黒島の間やや差があるが、概ね南から北へ行くにつれ、細かい砂の割合が増える傾向にある。上右グラフの横軸は、ほぼ実際の距離間隔で採ったが、 $M\phi$ の細くなり方はほぼ直線的になっている。
- ・ $Md\phi$ (中央粒径値) …… 最大は①赤神の 0.65 、最小は④黒島の 1.84 で、概ね変化の傾向は $M\phi$ と同様、南から北へ行くにつれて砂は細くなっていく。
- ・ $\sigma\phi$ (淘汰度) …… $0.36 \sim 0.40$ 間での小さな変化。②阿岸川の河口でやや大きい値をとり、ばらついたのは、川からの供給物の影響かもしれない。それに対し、④黒島は八ヶ川の河口で、より大きな川なのに小さな値で揃っていたのは、入江地形の影響と、川にダムが作られ、礫などの供給が殆どないからだろう。
- ・ $Sk\phi$ (歪度) …… 南から北へ向かう程、正数値が増え、細かい砂の供給が増えていく。ただ、一番北の④黒島だけが負数値を採り、粗い砂の供給が多いことを示している。八ヶ川の影響ではないかと考えられる。

〈全体の考察〉

以上の分析を元に、次の点について考えてみる。

① 門前付近の砂浜の砂は、どこからきたのか？

$M\phi$ と $Md\phi$ の分析から、この地域の砂浜の砂は、概ね南から北へ細くなっていくことが分かる。そこで、南に位置する琴ヶ浜の砂との関連を調べてみる。琴ヶ浜の値としては、仁岸川の河口付近で値が乱されていた④地点ではなく、その南の③地点の値を見てみると、 $M\phi$ は 1.20 、 $Md\phi$ は 1.15 である。この値は、①赤神の $M\phi = 0.72$ 、 $Md\phi = 0.65$ とは連続しないが、その北の②阿岸川河口の 1.35 、 1.27 とは無理なくつながり、その後の細くなる傾向も、琴ヶ浜と同様である。赤神だけ粗くなったのは、おそらく岬地形の影響で沿岸流の流れが速くなり、粗い砂が堆積したからだろう。また琴ヶ浜と比べ、 $\sigma\phi$ が概してよい値をとり、 $Sk\phi$ が北へ行くほど数が大きくなるのは、南からの沿岸流で運ばれ、より砂粒が揃い、細かい物の供給が増えていると考えられる。また、砂の色で比較しても、琴ヶ浜と門前付近の砂は、共に赤っぽく、石英の含有量も多くて、キラキラ光っている共通の特徴がある。

以上から考え、門前付近の砂浜の砂は、南の琴ヶ浜からの連続で、仁岸川からの供給物が沿岸流で運ばれてきた物と考えられる。

② なぜ、阿岸川の砂は鳴かないのか？

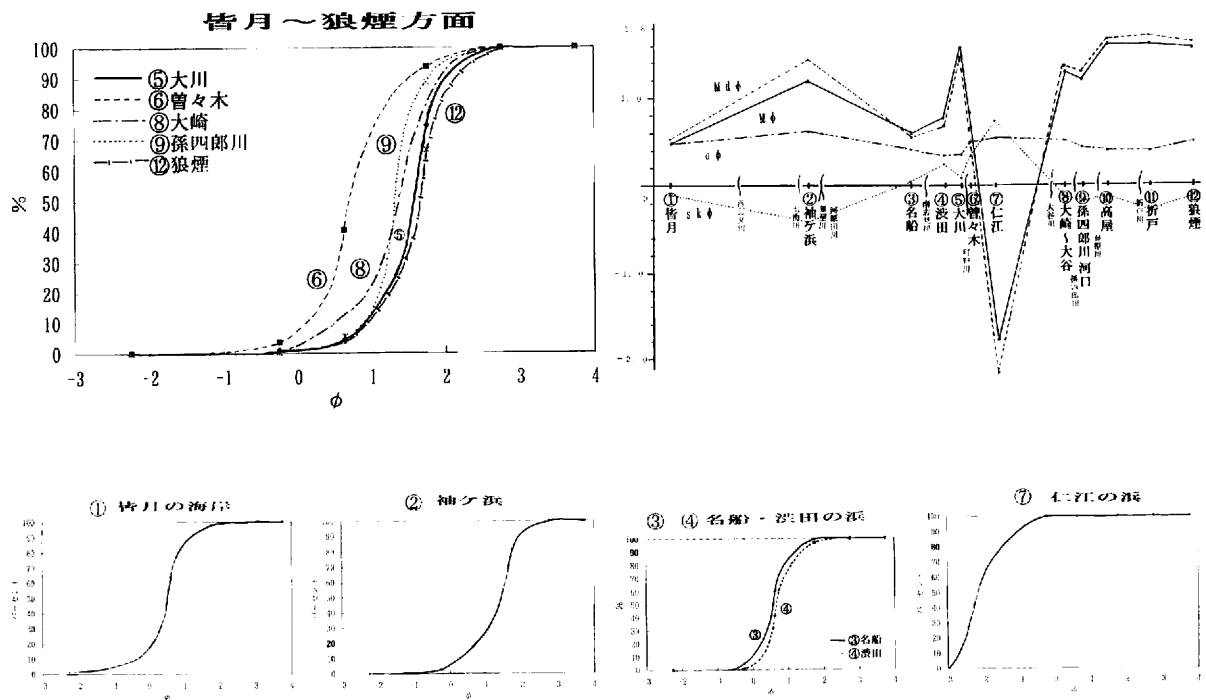
ここの砂が、琴ヶ浜の砂と一連の物であることは、③千代浜の砂が琴ヶ浜と同様、よく鳴くことから分かる。ところが、その千代浜の砂と、各パラメーターの数値では殆ど変わらない②阿岸川河口の砂が殆ど鳴かない。(鳴き方指数2で、かろうじて鳴くのが聞こえる程度)千代浜や琴ヶ浜の鳴いた砂と比べると、 $S k \phi$ がやや小さな正数という点が異なっている。そこで、琴ヶ浜で考えた「鳴き砂」の条件と比較してみると、やはり鳴いた砂と一番異なっているのは、 $S k \phi$ 値が小さいということである。この他にも、石英の含有量等も比較する必要があるだろう。これらについては、第V章で詳しく検討する。ここでは、新たによく鳴いた千代浜の値も加えて、鳴き砂の条件を改訂する。

以上をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになる。

- ・ 門前付近の砂浜の砂は、南の琴ヶ浜と同様、仁岸川の運搬物が沿岸流によって運ばれ、堆積したものであると考えられる。
- ・ 千代浜の結果も加え、粒度分析から出した「鳴き砂」の条件は、次のように考えられる。
 - 1. $3.3 \leq M \phi \leq 1.38$
 - 1. $1.8 \leq M d \phi \leq 1.27$
 - 0. $0.29 \leq \sigma \phi \leq 0.38$ (ただし、 $\sigma \phi = 0.34$ は鳴かなかった)
 - 0. $0.28 \leq S k \phi \leq 0.49$

4. 皆月～狼煙方面

主な地点での重量累積粒度曲線と、各パラメーター値の変化を下に示す。



(各パラメーターの分析)

- ・ $M \phi$ (平均粒径値) …砂の色が他と違った①皆月と、1箇所だけ砂利浜だった⑦仁江の浜を除くと、最大は③名船の0.57、最小は⑩高屋の1.60。②袖ヶ浜と⑤大川ではやや細かいが、全体的には西から東の沿岸流に沿って細かい砂の割合が増える傾向にある。⑩高屋から急に細くなる傾向がある。
- ・ $M d \phi$ (中央粒径値) …やはり皆月と仁江を除くと、最大は③名船の0.56、最小は⑪折戸の1.69。②と⑤でやや細かく、⑩から急に細くなる点も $M \phi$ と同じ。概ね変化の傾向は $M \phi$ と同様、西から東へ行くにつれて砂は細くなっていく。
- ・ $\sigma \phi$ (淘汰度) …①と⑦を除いてみても0.34～0.62であり揃ってはいない。 $M \phi$ 、 $M d \phi$ で前後と不連続な値をとった②と⑤地点については、②では前後よりばらついたが⑤の大川ではやや揃いがよいものそんなに違った値ではなかった。全体的に変化の傾向ははっきりしないが、やや東の半島先端の方が粒度が揃う傾向にあるようである。
- ・ $S k \phi$ (歪度) …①と⑦を除いて見ると、西は②袖ヶ浜を除き、⑥の曾々木まで全て正数値、東は狼煙まで全て負数値を採る。つまり、西は細かい砂の供給が、東は粗めの砂の供給が多いことを示している。しかし値の大きさは、②袖ヶ浜の-0.41、⑥曾々木の0.34を除けば小さく、ほぼ正規分布に近いと考えられる。

(全体の考察)

以上の分析を元に、次の点について考えてみる。

◎ パラメーター値の不連続をどう考えるか

- ・ 皆月…ここだけこれ以後と比べて粗い砂が多い。次の袖ヶ浜が特殊と考えれば粒度面では連続するが、砂の色(鉱物組成)が明らかに違う。南の門前とのつながりを見ても、八ヶ川の河口の黒島のMφは1.80で、連続性は見られない。やはりこの地の平野を形成する皆月互層(砂岩・泥岩・礫岩)の地氈りで供給されて出来たのではないかと考えられる。
- ・ 袖ヶ浜…ここだけ前後より粒度は大変細かく、ばらついて、歪度は負数値をとる。後背地が粘土質の縄又互層で、そこに流れる比較的大きな鳳至川、河原田川が輪島港に注いでいることから、これらによって平らに削られた浜に細くなった砂が打ち上げられて砂浜になったと考えられる。淘汰度が悪く、歪度が負数値なのも、供給地が近いからだろう。
- ・ 名船の浜、三ツ子浜…解説でも触れたが(P20)、この2箇所の浜には殆ど石英がない。それに対し、その後の浜には一貫して比較的多くの石英が見られる。したがってこの付近の小さな浜の砂は、後背地の泥岩による物と考えられる。
- ・ 大川浜…解説でも触れたように、ここの浜は町野川により出来たのだろう。町野川の西の大川が東の曾々木より粒度が細かいのは、白崎岬により沿岸流が回転して、町野川からの砂が大川方面に供給されるということが起こっているのかもしれない。歪度が、曾々木より大川がよいのも同じ理由と考えられる。
- ・ 仁江浜…ここだけ砂利浜になる理由は不明。地元にお問い合わせでも、人工的に搬入した物ではないそうだ。
- ・ 大崎~大谷間~狼煙…砂の色や実体鏡写真を見ても、町野川からの一連の砂が主らしい。高屋で急に粒度が上がるのは湾地形の影響だろう。折戸が狼煙より細かいのも、折戸の湾地形と狼煙が岬になっていることの影響だろう。淘汰度が高屋と折戸で低く粒度が揃っているのも、湾地形の影響という予想と一致する。

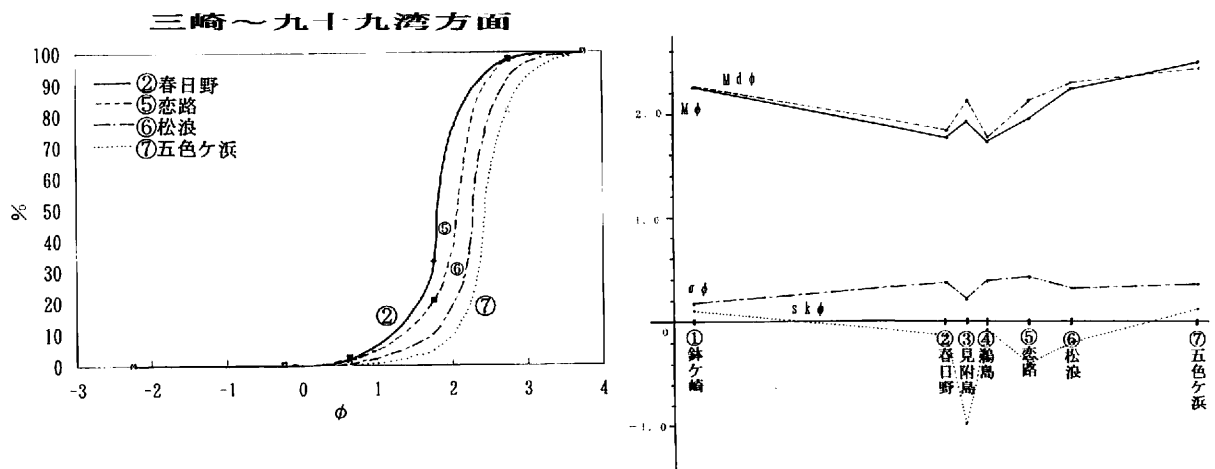
以上をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになる。

- ・ 能登外浦の皆月~狼煙方面の砂浜は、その成因や組成から以下の6地区に分けられる。
 - 皆月浜…この地の平野を形成する皆月互層(砂岩・泥岩・礫岩)の地氈りで供給されて出来た浜。
 - 袖ヶ浜…後背地の縄又互層が鳳至川、河原田川に削られて出来た浜。
 - 名船手前の浜、三ツ子浜…後背地の泥岩が削られて出来た浜。
 - 大川浜(大川、曾々木)…町野川により後背地が削られて運ばれ、出来たのだろう。
 - 仁江浜…ここだけ砂利浜。成因は不明。
 - 高屋~狼煙…町野川からの一連の砂を主に、それが運ばれて細かくなってできた浜。

能登内浦海岸

1. 三崎~九十九湾方面の海岸

各地点での重量累積粒度曲線グラフと、この地域の各パラメーター値を下に示す。



〈各パラメーターの分析〉

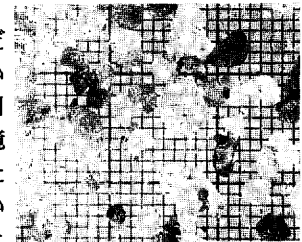
- ・ Mφ (平均粒径値) …最大は④鵜島の1.73、最小は⑧五色ヶ浜の2.48で、全体的に細かい。最初の鉢ヶ崎と③見附島が他に比べて細かすぎるが、この2つを除けば、概して北から南に沿岸流に沿って、細かい砂の割合が増える傾向にある。北の狼煙海岸のMφ値=1.55との連続性もよい。
- ・ Mdφ (中央粒径値) …最大は④鵜島の1.76、最小は⑧五色ヶ浜の2.44で、変化の傾向はMφとほぼ対応し、南へ行くほど砂は細くなる傾向にあると言える。
- ・ σφ (淘汰度) …0.17~0.42間の変化で、外浦の0.34~0.62と比較すると、変化の幅は同じ位だが全体的に揃っており、値も外浦から内浦にほぼ連続しているようである。①鉢ヶ崎と③見附島が他よりやや揃いすぎのようだ。
- ・ Skφ (歪度) …③見附島の-0.99、⑤恋路海岸の-0.39を除けば、他は殆ど正規分布に近いと言える。見附島と恋路には、粗めの砂が多く供給されていることになる。

〈全体の考察〉

以上の分析を元に、次の点について考えてみる。

① 見附島の砂は、どこから来たのか？

観察でも書いた(P23)ように、北から徐々に白くなっていく砂の色の中で見附島だけが茶色で特異である。珠洲の河川管理課に問い合わせた結果、人為的な搬入ではないことが分かった。考えられるのはまず、北を流れる鵜飼川からの供給である。この川は内浦では若山川に次いで大きい。ただ現在はダムがある。また、右のように実体鏡写真を見ると、細かい粒子のあることが分かる。今まで大きな川から供給されてきたと思われる砂を多く見てきたが、このような粒子はなかった。したがってこの細かい粒子は、川からの供給物に後から加わった可能性もある。鉱物組成は、前後の砂浜と比べてそんなに違いはなく、有色鉱物もやや多いが石英もかなりある。したがってこの細かい粒子が鉱物の表面に付いて、茶色く見えたのだろう。この事実、粒度が細かく比較的淘汰度も良いこと、歪度がやや大きくて粗めの砂が多めに供給されていることを考え合わせると、見附島の砂は、北からの沿岸流に乗った砂に、鵜飼川から供給された細かめの砂が加わり、それに何らかの原因で細かい粒子が加わった物と考えられる。



〈見附島の砂の実体鏡写真〉

② 各地の特徴と全体的な砂の傾向は？

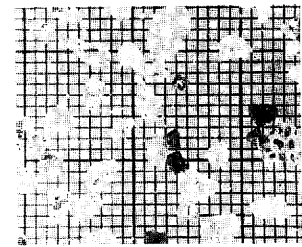
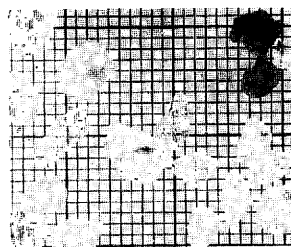
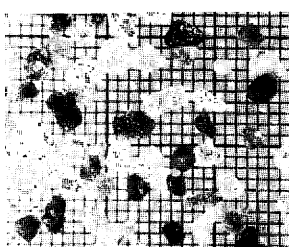
見附島以外では、①鉢ヶ崎が前後と比較して粒度が細かすぎで揃っている。これは鉢ヶ崎が、能登半島の先端部で回りこんだ地形に位置して細かい砂が溜りやすいからだと考えられる。

また、⑥松浪海岸も、ここから急に細くなり、揃ってくる。ここも、湾地形の影響だろう。

砂の変化の様子を北から見ていくと、①で述べた見附島は除いて、同じような灰色がだんだん薄くなる傾向で、松波からは特に白っぽくなる。そこで、各地の鉱物組成を実体鏡写真で比べてみたが、大きな違いはなく、一連の砂だろうと考えられる。ただ、右写真のように、南へ行く程石英の含有量が増加傾向にあり、これが砂の色が白っぽくなる原因だろう。

《北の浜から南の浜への石英分の変化》

北 (鉢ヶ崎海水浴場) 中 (鵜島の浜) 南 (五色ヶ浜海水浴場)



う。北からの沿岸流による砂の供給と考えれば、距離を運ばれる南の石英が多くなる理由も納得できる。

以上をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになる。

- ・ 能登内浦の浜の砂は、北から南へ流れる沿岸流による供給が主体で、外浦からの変化と連続しており、粒度は概して北から南へ細くなる。
- ・ 見附島の砂だけ他と色が違うが、これは沿岸流により供給された砂に鵜飼川からの砂が加わり、それらに、細かい粒子が付着したからだと考えられる。

2. 穴水～七尾方面の海岸

主な地点での重量累積粒度曲線グラフと、この地域各パラメーター値変化を下に示す。(次頁参照)

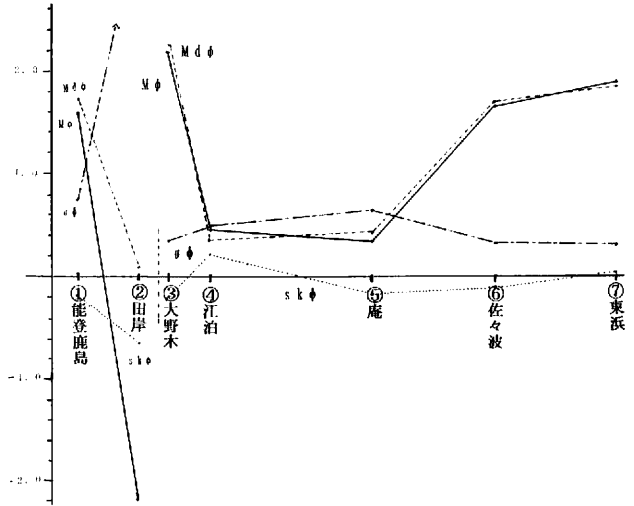
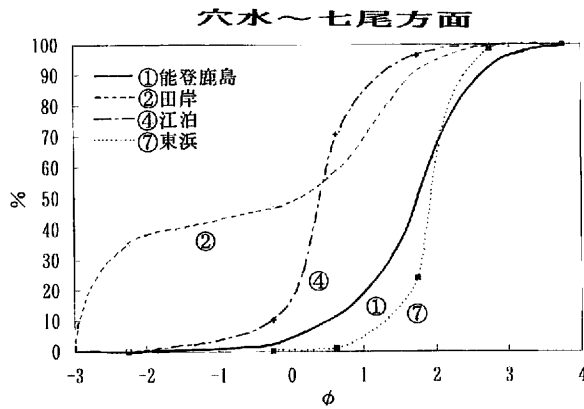
〈各パラメーターの分析〉

各地の観察の結果、砂質がAグループ穴水方面(能登鹿島、田岸)とBグループ七尾方面(大野木、江泊、庵、佐々波、東浜)とで異なっていたので、分析も分けて行う。

- ・ Mφ (平均粒径値) …Aグループでは能登鹿島が1.60、田岸が-2.19と、かなり差がある。北の五色ヶ浜の2.48との連続性もなさそうだ。Bグループでは最大は⑥庵の0.34、最小は④大野木の2.20。大野木の細かすぎるのを除く(37)

けば、全体的には北から南へ細かい砂の割合が増える傾向にある。

- ・ $Md\phi$ (中央粒径値) … Aグループでは能登鹿島が1.74、田岸が0.08と、かなり差がある。Bグループでは最大は④江泊の0.35、最小は③大野木の2.26。やはり大野木の細かすぎるのを除けば、全体的には北から南へ行くほど砂は細くなる傾向にあると言える。
- ・ $\sigma\phi$ (淘汰度) … Aグループでは0.74~3.57間の変化で、大変淘汰度が悪い。Bグループでは0.31 (東浜) ~0.64 (庵) 間の変化で、③大野木の揃いすぎと⑤庵のばらつきを除けば、概して北から南へ揃っていく傾向にある。
- ・ $Sk\phi$ (歪度) … Aグループでは能登鹿島が-0.18、田岸が-0.64とかなり差がある。田岸では粗い砂がかなり多めに供給されていることが分かる。Bグループでは-0.19 (大野木) ~0.22 (江泊) 間の変化で、ほぼ正規分布と考えられる。江泊と東浜はプラス、その他はマイナスになっている。

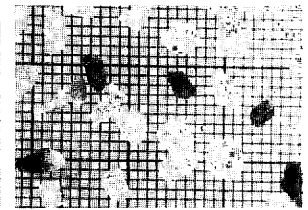
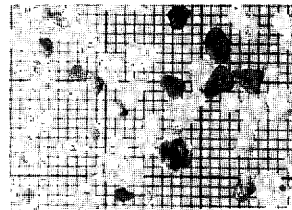
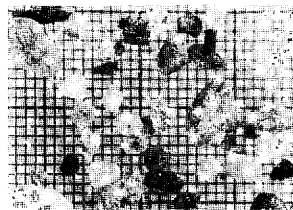


〈全体の考察〉

以上の分析を元に、次の点について考えてみる。

① 砂の供給源から、いくつの区域に分けられるか？

能登鹿島と田岸の砂は、粒度分析の結果から見ても以北の砂とは供給源が違うようだ。同じ理由で、大野木からの砂とも異なっている。



実体顕写真で比べてみると、能登鹿島の砂は貝殻や

〈能登鹿島の浜〉

〈大野木の浜〉

〈東浜の浜〉

粗い礫、細かい粒子が混ざり、石英は少なくあまり淘汰されていない。それに対し南の大野木では細かい石英粒が圧倒的に多くなる。一番南の東浜では、より石英の割合も増し、透明度も上がっている。これに $M\phi$ 、 $Md\phi$ 、 $\sigma\phi$ の粒度変化の傾向を考慮すれば、大野木から東浜までの砂は一連の物と言えるだろう。したがってこちらの砂は、粒度分析の特徴からもA穴水方面(能登鹿島、田岸)とB七尾方面(大野木、江泊、庵、佐々波、東浜)グループに分けられる

② 各地の特徴は？

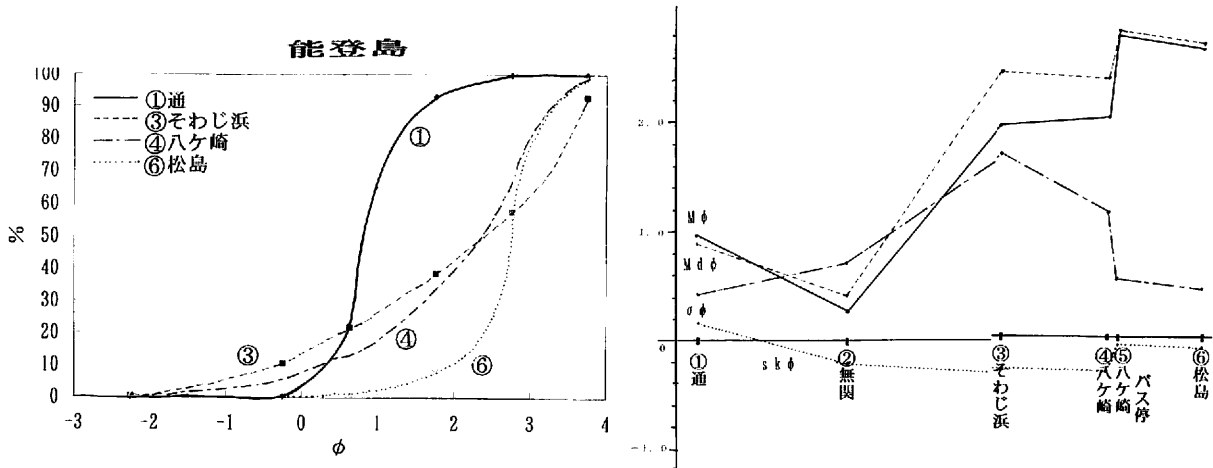
- ・ A穴水方面(能登鹿島、田岸) … 粒度分析からも、この地域の砂質は南北との関連性は少なく、後背地の安山岩により供給された、粗くて石英分の少ない浜と言える。ただ、田岸の重量累積粒度曲線グラフを見ると、砂の供給源が粗い方と細かい方の2箇所あることを示している。北の能登鹿島のグラフ①と比べると能登鹿島と同質の砂に粗い砂が加わった形になっている。能登鹿島と田岸の間には小さな川は数本あるが、堆積物を大量に供給するほどではなく、供給源は不明である。
- ・ B七尾方面(大野木、江泊、庵、佐々波、東浜) … 大野木は粒度が前後と比べて細かく、揃っている。後背地が泥岩であるという地質的な面、崎山半島をまわった位置にあるという地形面、そして養浜をしているという人工的な面が総合しての結果ではないかと考えられる。江泊、庵の砂岩地帯に比べ、南の佐々波、東浜地帯の粒度が急に上がるのは、後背地が再び泥岩になることと、共に湾地形だということに関係するのだろう。

以上をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになる。

- ・ 穴水方面の能登鹿島、田岸の浜の砂は、後背地の安山岩から供給された粗い物らしい。
- ・ 田岸浜の砂は、供給源が2つあり、後背地の安山岩ともう1つは不明である。
- ・ 七尾方面の砂は、地質や地形、人工的要素で大野木の砂が細かく揃っており、その南は次第に細かくなっていくが、佐々波からは泥岩の地質と湾地形により、急に細くなる。

能登島

主な地点での重量累積粒度曲線グラフと、この地域の各パラメーター値変化を下に示す。



〈各パラメーターの分析〉

- ・ $M\phi$ (平均粒径値) …最大が②無関の0.25、最小が⑤八ヶ崎バス停前の2.75。無関で粗い砂の割合が増える以外は、全体的に西～東～南と、細かい砂の割合が増える傾向が見える。
- ・ $Md\phi$ (中央粒径値) …最大が②無関の0.40、最小が⑤八ヶ崎バス停前の2.79。変化の傾向は $M\phi$ と同じで、全体的に西～東～南と、砂は細くなる傾向にある。
- ・ $\sigma\phi$ (淘汰度) …最大は③そわじ浜の1.66、最小は①通の0.42で、西～東の通～そわじ浜まではばらつき、北～南の八ヶ崎海水浴場～松島海水浴場までは揃う傾向にある。
- ・ $sk\phi$ (歪度) …最大は①通の0.16、最小は④八ヶ崎海水浴場の-0.32で、通以外はマイナス値でやや粗い砂が多めに供給されているが、どこもほぼ正規分布に近いと考えられる。

〈全体の考察〉

以上の分析を元に、能登島の砂の粒度分布について考えてみる。

全体的な傾向としては、各パラメーター分析で見えてきた結果、西～東～南と砂の移動による粒度の変化の規則性がありそうである。その中で①通と③そわじ浜、⑤八ヶ崎バス停前の粒度が良すぎる点と、②無関の粒度が悪すぎる点が気になる。通が良いのは湾地形、八ヶ崎バス停も2本の突堤に挟まれ、離岸堤を持って砂が溜りやすいという地形的要因によると思われる。そわじ浜は、人工的に入れた細かい灰色の砂の影響だろう。無関が入江にも拘らず粒度が粗いのは、立ヶ鼻の岬地形による影響と考えられる。

以上をまとめると、粒度分析から以下の点が明らかになる。

- ・ 能登島の上半分の砂については、西～東～南へと細くなる、粒度変化の傾向が見られる。
- ・ この粒度変化の傾向を乱しているものとして、通や八ヶ崎バス停前、無関などの浜に見られる地形的要素や、そわじ浜に見られる人工的な砂の搬入などが考えられる。

V 琴ヶ浜を中心とした「鳴き砂」の分析

以下の6つの方法を用いて、鳴き砂の特性や鳴く条件、その結果から鳴くメカニズムについても考えてみる。

〈鳴き砂の分析方法〉

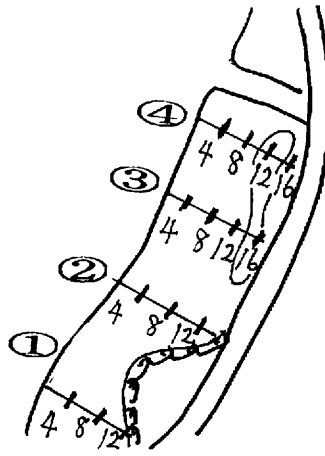
1. 琴ヶ浜の砂の詳細な粒度分析…IV章での波打ち際付近の砂の分析だけでなく、後浜や浜堤を含めて調査し、琴ヶ浜における砂の分布状態の解明と、鳴き方と粒度の関係を探る。
その上で、粒度面から、鳴き砂の条件が探れないかを検討する。
2. 県下全域の砂の粒度比較と分析…IV章で調べた県下全域の砂、および県外の主な鳴き砂の粒度分析結果を、1で求めた鳴き砂の条件と照らし合わせ、粒度面から見た「鳴き砂の条件」を見つける。
3. 石英の含有量、及び形状の分析…IV章での調査や、過去の多くの鳴き砂の研究物によると、砂が鳴く原因は石英にあるようである。そこで、鳴き砂と石英の含有量の関係、及び石英の形状的特徴について、電子顕微鏡等も用いて、調べてみる。
4. 仁岸川に沿った砂の分析…琴ヶ浜の砂を形成していると思われる仁岸川の砂を、上流にさか登りながら採取し、これを分析することにより、鳴き砂になる過程が見られるかを検証する。
5. 鳴き砂の音の波形分析…鳴き砂の音(波形)の特徴を分析し、鳴く秘密に迫れるか調べてみる。
6. 鳴き砂モデルの考察…以上の分析を元に、鳴き砂の鳴くメカニズムについてモデル化して考察してみる。

1. 琴ヶ浜の砂の詳細な粒度分析

IV章では、海岸線から4m地点の4箇所
の砂を調査したが、よく鳴く砂は、海岸線
より少し離れた所にあるようである。
そこで、砂浜全体の粒度分析の傾向と鳴き
方の比較を行い、その関係を調べてみる。

(1) 調査方法

調査は2回、行った。1回目は、IV章
の調査と同時に、4箇所の場所それぞれ
で、海岸線から4、8、12、16m地点の
砂を採取した。(1、2地点は狭くて、
12mまで)。2回目は、砂の分布と地形
の関係をより詳しく調べるために、先の
4箇所で、ハンドレベルで砂浜の傾斜を
測りながら、傾斜の変化する地点毎に砂
を採取した。(右図参照)



〈琴ヶ浜の調査地点(1回目)〉

1回目は前日が風雨の強い日で、かなりその影響が砂浜にも出たようである。地形や景観を探るには、異常日(強風、豪雨、津波など)の観察が、変化が大きいため本質的な理解に役立つことが多い。

2回目は穏やかな日を選び、琴ヶ浜の地形と砂の分布の基本的な関係について調査した。この2回の結果を総合して、考察したい。

(2) 調査の結果

2回目のハンドレベルによる砂浜の傾斜の測定結果をモデル図にしたのが右図である。また、砂を採取した各地点における粒度分析値および各分析パラメーター値は、1、2回目とも、P56の表に載せる。

(3) 砂の分布と地形の関係

ア. $M\phi$ ($Md\phi$ も同じ傾向)

〈1回目〉右グラフのように、仁岸川河口より南へ徐々に細くなるが、地点2は地点1より細かい。地点2は1より波が荒く、粗い砂が溜りそうだが、写真のように、かなり海岸線が削られた結果、後方の細かい砂が汀線近くに位置したせいではないかと考えられる。(海岸線は1mの段差ができ、地中の安山岩も見える) 各々の地点の縦の変化を見てみると、地点1、2の砂は汀線から離れるに従い、徐々に細くなっていく。これは、風により軽い砂ほど遠くまで運ばれていることを示している。地点3では12m以降は僅かに粗くなりほぼ平衡を保っている。日常的な条件下では、砂はこれ以上遠くまでは飛ばず、非日常的な環境変化(強風、洪水など)の際には、これ以降が影響を受けるのではないかと考えられる。地点4では、8m以降急に細くなる。ここは海岸線がやや急になっているが、IV章で見たように、後方はなだらかな地形になっているので細かい砂も遠くまで運ばれるのだろう。

〈2回目〉今度は粒度と地形変化を詳しく見てみる。4地点の変化が揃う7m辺りで比べると(右下グラフ)、粗い順に4-3-2-1地点となり、河口から次第に細くなる。地点1の砂浜の傾斜を見てみると(右上図)、汀線から1.2mまでの傾斜が $11'40''$ 、その後4.3mまで $6'20''$ もあり、その後はなだらかな傾斜である。したがって最初の急傾斜で細かい物だけが陸側に上がることができ、その後はなだらかに細くなるグラフ変化になったのだろう。同じ傾向は地点2の汀線から6.7~7.3mの間でも見られ、ここの傾斜が $16'10''$ と急な影響が、グラフ変化に出ている。地点2はこの後も、1よりは傾斜が急なため、12m辺りで南の地点1より細くなる。この調査結果からも、1回目の調査で、一番南の1地点より2地点の方が細かい砂になったのは、地点2の砂浜が写真のように大幅に削られて、今回の調査の12m以降の変化が出たからではないかと考えられる。

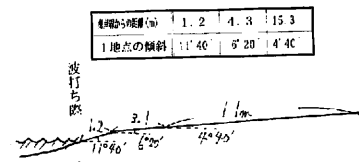
イ. $\sigma\phi$

〈1回目〉全体的に地点2の淘汰度が悪い。やはり、荒い波による砂の移動が激しいからだろう。4もあまり揃っていないのは、河口付近での前日の雨による川からの土砂の流入等の影響が大きいからだろう。汀線から奥へ行くにつれての、淘汰度の規則的な変化の傾向は見られなかった。

〈2回目〉汀線からの距離により、地点1~4の淘汰度の順番はかなり複雑に変わるが、全体的には陸方向に離れるにつれて、淘汰度は悪くなる傾向にある。これは、汀線に近い方が水に洗われて粒子の選別が行なわれてよく揃い、奥の方は堆積してから種々の外的要因で乱されてばらつくということで、説明できる。地点2で、急傾斜を登るとばらついたり、地点1、3では一旦良くなる理由については、よく分からない。1回目と比較してみると、

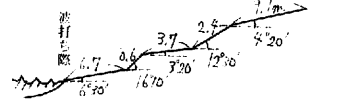
(40)

〈琴ヶ浜の調査地点(2回目)の地形〉



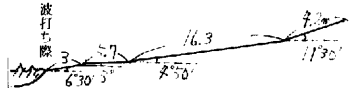
〈地点1の砂浜の傾斜〉

距離から距離(m)	5.7	7.3	11.0	15.4	22.5
2地点の傾斜	$6'30''$	$15'10''$	$3'20''$	$12'30''$	$4'20''$



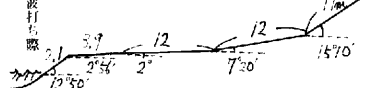
〈地点2の砂浜の傾斜〉

距離から距離(m)	3.0	8.7	25.0	29.2
3地点の傾斜	$6'30''$	$3'00''$	$4'50''$	$11'30''$

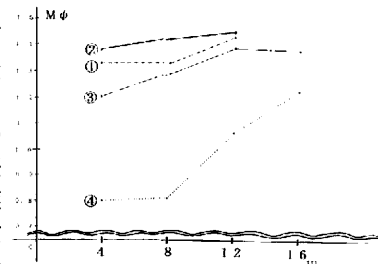


〈地点3の砂浜の傾斜〉

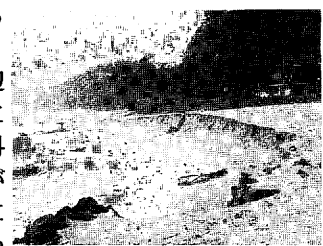
距離から距離(m)	2.1	6.0	18.0	30.0	41.0
4地点の傾斜	$12'50''$	$4'50''$	$2'00''$	$7'20''$	$16'10''$



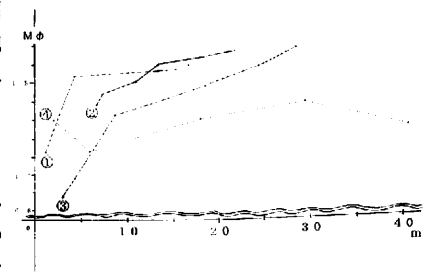
〈地点4の砂浜の傾斜〉



〈 $M\phi$ ・1回目調査の結果〉

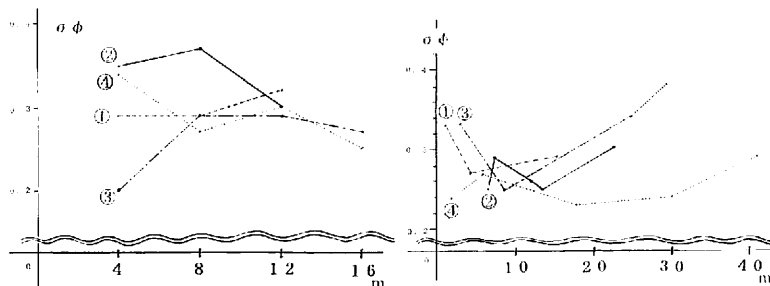


〈大きく侵食された跡・點2〉



〈 $M\phi$ ・2回目調査の結果〉

地点2、4の淘汰度の悪さは、あまり目立たない。1回目の汀線近くの粗さは、やはり天候の影響だろう。変化の範囲は0.23~0.38で、全体としては、かなり揃っている方である。



(σφ・1回目調査の結果)

(σφ・2回目調査の結果)

ウ. Skφ

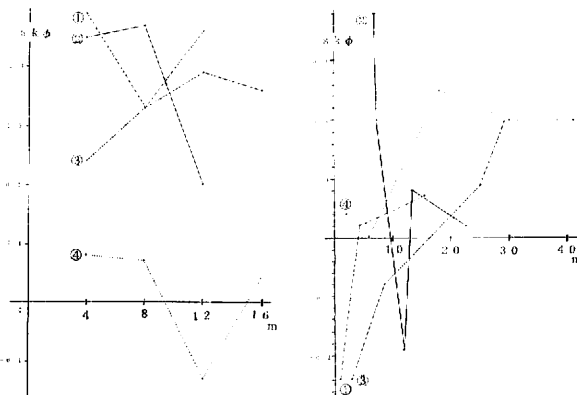
〈1回目〉全体的には、河口付近の

地点4から南へ順に、歪度が上がる。

つまり、河口から離れるに従い細かい

物の供給が多めになるということである。これが琴ヶ浜の一般的な傾向かどうかは、2回目と比べる必要がある。岸から離れるにつれての歪度の変化の傾向については見られなかった。なお、地点4の岸から12m地点を除いては全て正数値だった。

〈2回目〉どの地点もかなり複雑な変化をしている。歪度は一般に、岸に近いと細かい砂が流されて、負数値をとりやすい傾向にあるが、その点地点1、3の変化は、その原則に則っている。地点2は特に変化が激しいがその原因は不明である。1回目と比べると、日常的には概して原則通りの変化をしているが、川からの供給が多くなる1回目のような場合には、その影響で南ほど細かい砂粒の供給が多くなると言えそうである。ここからも仁岸川が琴ヶ浜の砂に大きく影響を与えていることが分かる。ただ、地点4の歪度が岸近くでかなり小さな正数値をとっていることから、日常的には、仁岸川の河口南の海岸線への影響はあまりないと言えそうである。



(Skφ 1回目調査の結果) (Skφ 2回目調査の結果)

以上の分析から、次のことが分かる。

- ・琴ヶ浜の砂は、仁岸川河口から南に向かい徐々に細かくなっている。
- ・砂浜の地形により砂の粒度分布は影響を受けているが、特に地点2の波が荒くて、汀線が大きく変化する点、地点3を境に北の砂浜の傾斜がゆるやかな点などが、変化の主な要因として考えられる。
- ・淘汰度については、岸から離れるに従い徐々に悪くなるという原則が成り立つが、細かい変化の理由は不明。全体的には、かなり揃っている。
- ・歪度は、岸近くが負数値をとる原則が見られるが、変化はかなり複雑。

…何れも、2回目の日常的な様子と、1回目の非日常の様子との対比により、一層その傾向が明らかになる。

◎全体を通して、やはりこの砂浜の砂の大部分は仁岸川からの供給物と言える。

(4) 鳴き方と粒度分布の関係

2回の砂浜の粒度分布の分析結果を元に、鳴き方と粒度分布の関係を探ってみることにする。

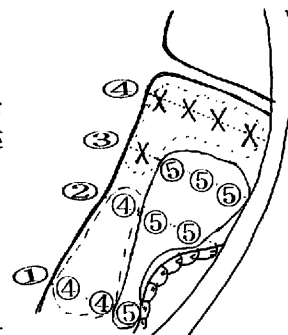
1、2回目毎の結果を分析した後で、IV章で考えた「鳴き砂の条件」と比較し、さらに改良を図りたい。

① 1回目の調査

1回目の各調査地点での砂の鳴き方指数(詳細は P42、指数5が最もよく鳴く。

以下数が増える毎に悪くなり、×は全く鳴かない)を、右図に示す。

この結果から、最もよく鳴る指数5の地点のパラメーターを元に、鳴き砂の条件を出してみる。なお、出し方の具体的な手続きの例は、2回目のMφの項で詳しく述べる。検討した結果、次ページ③の表中の「1回目」の条件を得た。



② 2回目の調査

2回目の各調査地点での砂の鳴き方指数を、次頁上図に示す。

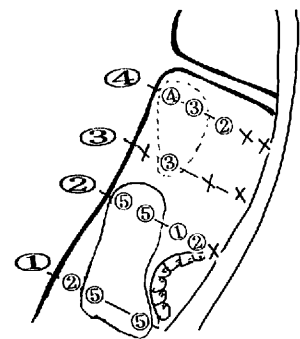
- ・Mφの条件の検討…指数5の各地点のMφは、1.38~1.58間にある。これと指数4地点のMφ=1.30を比較すると、指数5の範囲外になる。指数3地点では、数値は1.15~1.60間にあり、指数5の範囲と重なりそうだが、これを1.15~1.33と、1.58(砂の採取地と鳴き方指数)~1.60と分けて捉えれば、実際重なるのは1.581つだけだということが分かる。

~1回目~
指数2地点も1.06と1.31で、範囲外となるが、指数1は1.51と重なる。問題の×については、0.88~1.39、1.59~1.69と分けて考えれば、範囲に入るのは1.391つだけになる。このように見てくると、鳴き方が悪かったり鳴

かないもので指数5の範囲に入るものは殆どなく、しかも範囲の境界値に近いことが分かる。したがって、この調査から得るMφに関する「鳴る範囲」は、 $1.38 \leq M\phi \leq 1.58$ と考えられる。※以下、同様の手順で検討していくので詳細は略す。

・Mdφの条件の検討…Mφの場合と同様の検討の結果、指数5地点の範囲である、 $1.28 \leq Md\phi \leq 1.56$ と考える。この場合も、指数5以外では13箇所中3箇所しかこの範囲に入らず、またその数値も境界値に近いことから、このままの範囲とした。

・σφの条件の検討…指数5地点の範囲である、 $0.25 \leq \sigma\phi \leq 0.29$ には、指数2、4は入らないが、指数1、3は入り(計4地点)、×地点は1地点入る。上のMφやMdφほどのはっきりした範ではなさそう。全く鳴かない×地点で、5点中1点だけということと、1の2点が境界値だということから、一応この範囲にしておき、後の比較の際に考えてみる



〈砂の採取地と鳴き方指数〉
~2回目~

・Skφの条件の検討…指数5地点の範囲である、 $0.02 \leq Sk\phi \leq 0.38$ には、指数3で1つ、2、1で1つずつ、×地点で5つの計8箇所が含まれる。ただし、その中で境界値近くの2つと、指数3の0.08を除くと、全て0.20前後の値になる。そこで指数5の範囲を、0.02~0.07と0.28に分けてみた。
以上から、③の表中の「2回目」の条件を得た。

③ 3つの結果の比較

以上の結果と、IV章で求めた条件を右表で比較してみる。これを見ると、MφとMdφは勿論、あまり規則性のはっきりしないσφやSkφさえも、3回の結果にかなり共通性のあることが分かる。つまり、「鳴く砂には、粒度面から一定の条件があるらしい」と言える。そこで、これらの値の共通する範囲を総合して、IV章で求めた粒度面からの鳴き砂の条件を改良してみることにする。

《粒度分析から見た「鳴く範囲」の比較》

各パラメータ	汀線から4m	1回目	2回目
Mφ	1.33~1.38	1.29~1.45	1.38~1.58
Mdφ	1.18~1.27	1.19~1.43	1.18~1.56
σφ	0.29~0.38	0.27~0.37	0.25~0.38
Skφ	0.28~0.49	0.20~0.47	0.02~0.07 0.20~0.38

2. 県下全域の砂の粒度比較と分析

1で、鳴き砂には粒度面から一定の条件があるらしいことが分かったので、IV章で調査した全ての砂について鳴き方を調べ、1で改良した条件の範囲を元に、更に全ての場所の砂に当てはまる粒度面からの経験的「鳴き砂の条件」を求めてみた。なお、鳴き砂の一般的特性をよりはっきりさせるため、県外の有名な「鳴き砂」も粒度分析と鳴き方を調査した。調べたのは、北海道の「イタンキ浜」、「鳥取の浜」、島根の「琴ヶ浜」の3箇所、何れも全国的に有名な「鳴き砂の浜」である。(粒度分析の結果はP56表の通り)

(1) 鳴き方の調べ方

今までも「鳴き方指数」については触れてきたが、ここでまとめておく。砂の「鳴き具合」を手軽に、できるだけ客観的に比較できるように、色々な砂の鳴き方を比較し、下表中「判定基準」のような6段階の「鳴き方指数」を設定した。なお、「鳴かし方」は、乳鉢に砂を入れ、上から押し込むように乳棒を挿入する方法である。

(2) 実験の結果と粒度面からの「鳴き砂の条件」

ここでは、各砂の「鳴き方指数」の一覧を載せる。これを元に、1で求めた鳴き砂の条件を改良した経緯は省略し、その結果を次に載せる。

【調査した各砂浜の砂の「鳴き方指数」】

鳴き方指数	判定基準	砂を採取した場所
5 (大変よく鳴く) 25箇所	現地で鳴くことが分かる。砂浜の表面を手で軽く撫ぜると、鳴く時の振動が手に伝わる。乳鉢で実験すると、「キュッ、キュッ」という大きな音と共に、乳鉢全体に振動を感じる。	琴ヶ浜、千代浜、(イタンキ、鳥取、島根…県外)
4 (よく鳴く) 13箇所	これも現地で分かるが、手に感じる振動が弱い。乳鉢の実験でも、乳棒を軽く入れただけで大きく鳴く指数5よりは弱い。黒崎や片野の砂。	黒崎、片野、琴ヶ浜の一部
3 (一応鳴く) 15箇所	現地では分からないが、乳鉢の実験ではかなりいい音で鳴く。振動はあまり感じない。恋路や狼煙の砂。 <i>ここまで「鳴き砂」と観える</i>	松任CCZ、狼煙、恋路、高松、琴ヶ浜の一部
2 (少し鳴く) 9箇所	現地では分からない。乳鉢では、鳴っていることは分かるが弱く、雑音も入り、ざらついた音。音の方が雑音より大きい。根上や高屋の砂が相当。「鳴き砂」というには、やや弱い。	根上、安宅川・南、孫四郎川河口、高屋、折戸、鉢ヶ崎、白尾、黒島、琴ヶ浜の一部。
1 (僅かに鳴く) 11箇所	現地では分からない。乳鉢で、雑音に混じて鳴っているのが微かに聞こえるが、雑音の方が大きい。小舞子や権現森の海水浴場がここに相当	富来・長いベンチ前、富来・キャンプ場前、金石、倉部、美川、小舞子、安宅、塩屋、大川、大崎~大谷間、鶴島、権現森、赤神、阿岸川河口、琴ヶ浜の一部。
× (全く鳴かない) 13箇所	乳棒で押しでも、全く鳴かない。生神のように砂の粒子が粗くて、乳棒があまり抵抗なく入ってしまい、鳴かない場合と、千里浜のように細かくて、粘土の中に入れるように抵抗が大きくて鳴かない場合がある。	宝達川河口、千里浜、羽咋川河口、滝、柴垣、通、無閑、そわじ浜、八ヶ崎、八ヶ崎バス停前、松島、大野木、江泊、庵、佐々波、東浜バス停前、生神、富来・ベンチ~キャンプ場間、鹿頭、加賀海岸、加佐ノ岬、琴ヶ浜の一部、皆月、袖ヶ浜、名船、波田、曾々木、仁江、春日野、見附島、松浪、五色ヶ浜、能登鹿島、田岸、内灘。

〔県下の砂から得た「粒度分析面からの鳴き砂の条件」〕

※県外3地域の鳴き砂も含む

石川県の砂浜に限れば、

以下の条件を全て満たす砂は大変よく鳴く「鳴き砂」である

（「鳴き方指数5または4」）

平均粒径値… $1.29 \leq M\phi \leq 1.58$

中央粒径値… $1.18 \leq Md\phi \leq 1.58$

淘汰度… $0.25 \leq \sigma\phi \leq 0.38$

歪度… $0.45 \leq Sk\phi \leq 0.10$

または $0.20 \leq Sk\phi \leq 0.50$

※上式は、県下の砂を中心としたデータから得た経験則だが、対象とした県下の砂に限れば、「鳴き方指数4、5」の「よく鳴る砂」には、よく当てはまる。また、これ以外の「鳴き方指数3～1、及び×」の砂は、上の4つの条件の何れかを満足しない。

ただし、琴ヶ浜の地点別の結果の中で、3箇所だけ上の原則から外れる地点がある。（詳しくは下の解説）

(3) 県下全体から見た鳴き砂の分布状況

調査から、県下には何箇所か「鳴き砂」の分布していることが分かった。そこで、全県下における鳴き砂や鳴かない砂の分布状況を②の鳴き砂の条件に照らし合わせて検証し、それらの分布状況が、砂の粒度分布とどう関係しているのか検討してみる。各地域毎に、主に鳴かない理由を中心に検討する。（P55 一覧図中の右下図参照）

[加賀海岸] 北の「安宅・梯川南」の河口の砂が細かすぎるのを除けば、他は全て粗すぎる。

なお、ここには、よく鳴った「黒崎」と「片野」が含まれる。

[石川・金沢・金石海岸] 砂が粗すぎる「倉部」を除き、北の「金石海岸」から南の「安宅・梯川北」までは細かすぎる。鳴き方指数3の「徳光CCZ」も、やや細かい。

[河北地方の海岸] 内灘から高松にかけては、砂が細かすぎる。権現森海水浴場は、内灘はばらつき過ぎに対し、 $M\phi$ 、 $Md\phi$ 、 $Sk\phi$ 共よいのに、淘汰度 $\sigma\phi$ のみが大変悪い。これが原因で鳴らないのだろうか。淘汰度については、南の内灘と権現森が悪く、北の白尾、高松は揃いすぎる。千里浜では、どの地点も細かすぎる。淘汰度も、宝達川河口以外は揃いすぎである。羽咋川より北でも、砂はますます細かすぎとなる。

[富来方面の海岸] 南の「生神」と北の「鹿頭」は粗すぎ、その間は細かすぎる。「長いベンチ前」と「ベンチ～キャンプ場間」は、淘汰度もばらつきすぎる。

[琴ヶ浜]

- ・1回目の調査について…鳴らなかった地点の内、3-①は、粒子が粗すぎで淘汰度は揃いすぎ、4-①～④は粒子は粗すぎだが他の条件は良かった。琴ヶ浜内でも、鳴らない砂には2通りあることが分かる。

- ・2回目の調査について…鳴らない2-⑤、3-③、④は、粒子が細かすぎ、3-①、4-⑤は粗すぎである。しかし以下の4箇所は、鳴き砂の条件では説明できない。◎2-③…全ての条件を満たすのに「鳴き方指数」は1。◎1-②、③、4-①… $Sk\phi$ が範囲外だが、よく鳴く。

[門前海岸] 南の「赤神」は粒子が粗すぎ、北の「黒島」は細かすぎて鳴らない。よく鳴る千代浜の南の「阿岸川の河口」は、粒度はよいが、淘汰度が悪く、ばらつき気味である。

[皆月～狼煙方面] ここは、範囲が広く粒度面の変化と鳴き方の関係が見やすい。西の「皆月」から「孫四郎川の河口」までは、粒度が粗くて鳴らないが、次第に細くなるに従い「大崎～大谷間」が指数1、「孫四郎川の河口」が2と、鳴くようになってくる。更に次の「高屋」から「狼煙」までは今度は細かくなりすぎるが、条件に近く、指数は2～3とよくなっている。淘汰度については、鳴る所以外は全体的にばらつき傾向である。

[三崎～九十九湾方面] 全体的に粒子は細かすぎで、淘汰度はばらつく所と揃いすぎる所がある。ここでは、「恋路」が指数3でかなり鳴く。淘汰度がもっと良くなると、更に鳴くのもかもしれない。

[穴水～七尾方面] ここは、粒度が細かすぎる所と、粗すぎる所が交互に出てくる。

[能登島方面] ここは、島の北半分の内、西の方は粗すぎて、東の方は細かすぎて鳴らないようだ。

以上の結果を、まとめたのが巻末図である。この分布地図から県内の鳴き砂は、「加賀、松任海岸」「琴ヶ浜」「狼煙～内浦」方面の3地域に分布していることが分かる。鳴き砂の浜の前後の粒度を比較すると、琴ヶ浜のようにここだけ仁岸川の影響を受けている地域は別だが、他ではその前後からの粒度変化の中で、一番条件式に合っている地域が比較的よく鳴っていることが分かる。このように見てくると、やはり砂が鳴く要因の1つに、砂の粒度が関係してくると最終的にも言えそうだし、そこから考えれば、例えば皆月から狼煙間には、狼煙の西に更によく鳴く砂浜が、あってもよさそうである。（ただし、ここらは岩石海岸が基本なので、そのように砂がうまく溜まる場所ができるかどうかは問題だが）

以上、ここまで鳴き砂の要因を主にその粒度分析から探ってきた結果、以下の点が明らかになったと言える。

- ・ 鳴き砂になる1つの大きな要因は、その砂浜を構成している粒子の粒径値や淘汰度、歪度が、適当な値を採ることであり、その範囲を表す式は、(2)で述べた。これらの式を全て満足した時、鳴き砂の浜となるらしい。
- ・ 石川県には、従来知られていた琴ヶ浜以外にもかなり鳴き砂の浜(またはそれに準ずるもの)のあることが明らかになった。その分布を見ると、全県的な砂の粒度分布の中で、鳴き砂の条件に合う3領域の地点になる。
- ・ 琴ヶ浜の中には、(2)の式を満足しないのに鳴く地点があった。また、能登外浦の「大川の海岸」は鳴かないが、Skφ以外は全て条件に入っている。(2)の条件式だけでは、鳴き砂の条件として十分ではないらしい。

そこで次は、砂の成分に注目して調べてみることにする。

3. 石英の含有量、及び形状の分析

鳴き砂のもう一つの要因と思われる、砂中の石英について調べてみる。

(1) 砂の成分分析法

砂は、多くの種類の鉱物から成り立っている。そこで、各地の砂を顕微鏡写真に撮り、右表のような分類法に沿って14種類の鉱物に分け、各々の含有量を比較してみた。表中の1~3が石英を色や形で分類したもので、各々の比率と共に、まとめて「石英群」としての比率も出した。数の多かった長石についても、同様にまとめた。粒数は、500粒以上とし、分析の信頼度を高めることにした。

砂の成分分析表 No. 5

表 2-3'

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計(個)	割合(%)
1 石英角無	29	18	24	22	32	35	17	14	12	32	235	39.5
2 石英角薄	12	4	8	7	10	14	11	6	3	5	50	13.5
3 石英丸薄											0	0
4 長石白	1		4	6	1	3	1	1	2	3	22	3.73
5 長石蒼	11	7	6	5	15	7	4	10	11	7	83	14.0
6 黒雲母											0	0
7 磁鉄鉱	1	1		1						1	4	0.67
8 貝類	1										1	0.16
9 珪質岩片											0	0
10 輝石・珪石	2		1	1	2					1	7	1.18
15 その他											2	0.33
11 石英質	6	10	3	11	11	12	12	15	13	10	109	19.5
12 安山岩質	3	6	4	4	7	8	2	5	2	7	46	7.80
13 燧岩											0	0
14 凝灰岩											0	0
	66	46	56	57	78	77	47	51	48	65	589	100

(2) 鳴き砂中の石英の含有量

砂中の石英含有量を、琴ヶ浜でよく鳴いた、汀線から12m地域の1-③、2-③、3-③地点、同じ地域で鳴かなかった4-③地点と、同じく鳴かなかった3-①地点で比べた。比較のため、よく鳴く千代浜と、特徴的な千里浜も調べた。

右表の結果を見ると、よく鳴く地点の砂は何れも石英の含有率が高く、特に千代浜は80%近くに達している。同じ琴ヶ浜でも、鳴らない4-③、3-①では割合が低い。石英質を比べると、元々石英類の少ない千里浜は別として、よく鳴く地点では概して低い。したがって石英類の合計の割合だけを比べると、例えば1-③と4-③とはあまり違いがない。したがって、単なる石英類の割合と、鳴き方の相関はないと言える。純粋な石英を多く含むことが重要な条件のようだ。

(砂の成分分析表の例(琴ヶ浜 2-③))

《砂の成分分析表》

調査地点(鳴動)	石英	石英質	合計	長石
琴 1-③ (5)	53.4%	18.5%	71.9%	17.8%
2-③ (5)	55.5	12.9	68.4	17.2
ケ 3-③ (5)	59.9	7.1	67.0	13.8
4-③ (x)	45.0	27.5	72.5	22.5
浜 3-① (x)	51.0	22.5	73.5	20.4
千代浜 (5)	77.7	6.5	84.2	6.5
千里浜 (x)	43.5	9.5	53.0	28.2

(3) 石英の粒度分布

次に含まれる石英の大きさの分布を調べてみた。各大きさのメッシュ毎に砂の顕微鏡写真を撮り、同じ方法で数えた。結果は、砂粒全体のメッシュ毎の粒度分布と、純粋石英のみのメッシュ毎の粒度分布を比較した。(右下表)

この表を見ると、琴ヶ浜の鳴き砂では、砂粒全体では、50Mが80%以上を占めているのに、石英では40%足らずで、全体の13%しかない100Mには、石英の約半分が含まれていることが分かる。千里浜は全体に粒が細かいため200Mの石英が多い。

このように見てくると鳴き砂の場合、100Mの石英の含有率の多いのが特徴のようである。

(砂の成分分析結果表)

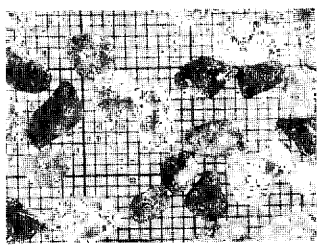
場所	26M	50M	100M	200M	合計	
3-③	砂	3.1%	83.2%	13.6	0.1	100%
	石英	5.9	41.0	47.5	5.6	100
千里浜	砂	0.01	0.13	87.29	12.57	100
	石英	0.00	19.3	42.0	38.7	100

(4) 鳴き砂の浜の石英含有の割合

琴ヶ浜や千代浜以外の鳴き砂も、石英含有率は高そうである。今回は紙面の都合で省略するが、片野や黒崎、狼煙や恋路の浜は、透明度の高い純粋な石英を数多く含んでいる。(巻末のカラー写真参照)

(砂全体と石英の粒度分布の比較)

以上から考えると、粒度から考えた鳴き砂の条件式に合わなかった琴ヶ浜の各地点については、純粋石英含有率が低かったからだと考えられる。また、疑問として残っていた、大川の海岸のように殆ど条件を満たして鳴かない場合も、右写真のように、明らかに石英(透明な粒子)の含有率が低く、これが原因と考えられる。



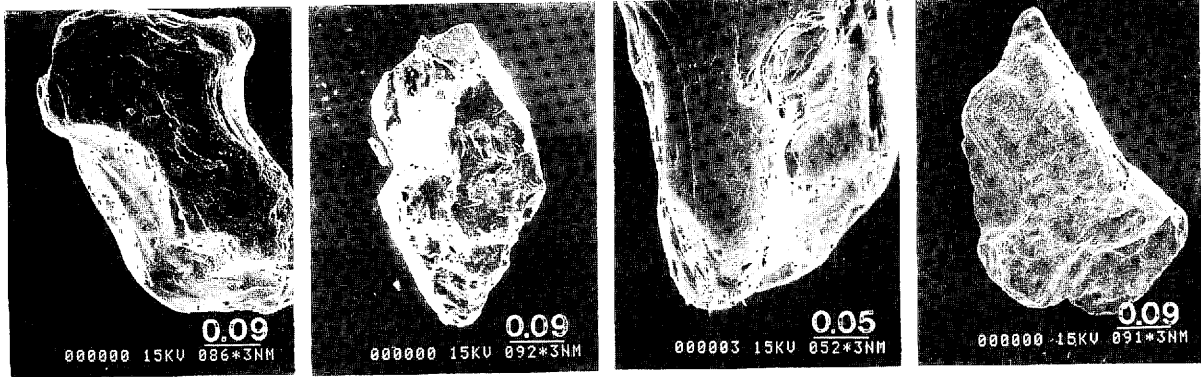
(大川海岸の砂の写真)

(5) 石英の形状の観察

次に、鳴く砂とそうでない砂とでは石英の形状に相違があるのか、電子顕微鏡で比較してみた。砂は、鳴き砂として琴ヶ浜と片野、それに県外の鳥根の砂を用い、比較として鳴らない千里浜と、粒度条件からかなり鳴き砂に近いが鳴かない高屋の砂を用いた。

① 琴ヶ浜の石英

琴ヶ浜の石英は、角が取れ丸くなっているのが特徴である（写真①）写真②のように一見角ばって見える石英も角の部分拡大してみると、写真③のように丸くなっていることが分かる。更に写真③を見ると、小さなへこんだ穴がたくさん見られる。これは、砂同士がぶつかってできたものと考えられ、石英が円磨された証拠である。片野の石英も、写真④のように、角が取れ、丸くなっている特徴は、琴ヶ浜と共通している。



〈写真① 琴ヶ浜・石英〉

〈写真② 琴ヶ浜・石英〉

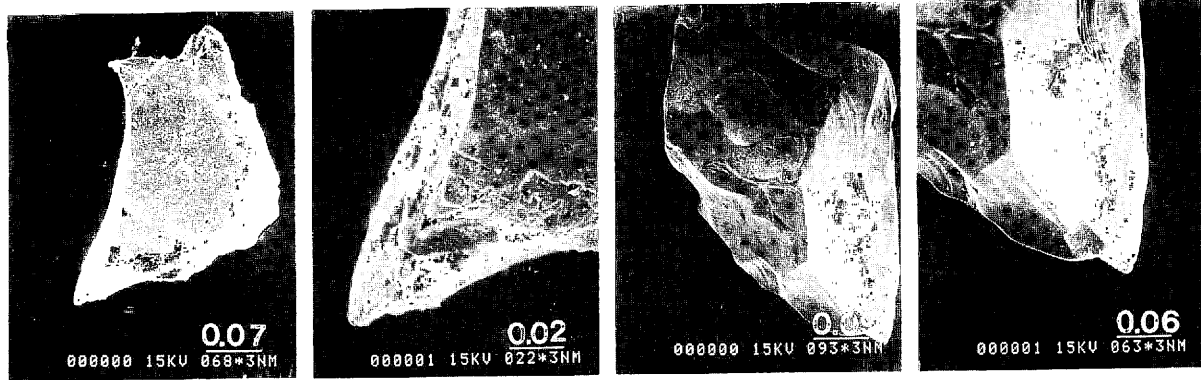
〈写真③ 琴ヶ浜・破砕状〉

〈写真④ 片野・石英〉

※スケール下の数字は、 $\mu\text{m}(*3\text{NM}=\times 10^{-3})$ 、上の数字はmm。

② 鳴かない砂の石英

千里浜の砂は写真⑤のように角ばっており、拡大した写真⑥を見ても角は鋭く、琴ヶ浜との違いは明白である。同じく高屋の石英も石英特有の鋭いへき開面を示し、角も鋭く（写真⑦、⑧）、千里浜の石英と共通した特徴を示している。したがって、粒度の条件からはかなり琴ヶ浜に似ていた高屋の砂も、石英の形状面の違いが、鳴らない要因ではないかと考えられる。



〈写真⑤ 千里浜・石英〉

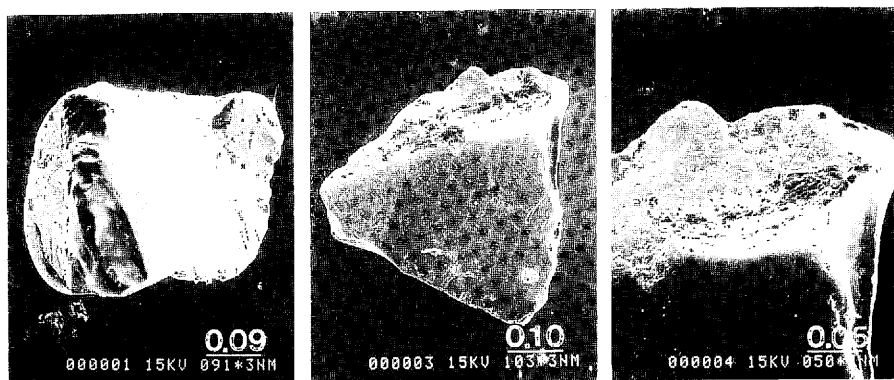
〈写真⑥ 千里浜・破砕状〉

〈写真⑦ 高屋・石英〉

〈写真⑧ 高屋・破砕状〉

③ 県外の鳴き砂との比較

粒度分析で、琴ヶ浜に近かった島根の鳴き砂の石英を見ると、琴ヶ浜や片野と同じく角の丸くなった石英が特徴であった（写真⑨、⑩）。更に、角を拡大した写真⑪には、琴ヶ浜と同様、砂同士がぶつかりあってできた穴が見られる。



〈写真⑨ 島根・石英〉

〈写真⑩ 島根・石英〉

〈写真⑪ 島根・破砕状〉

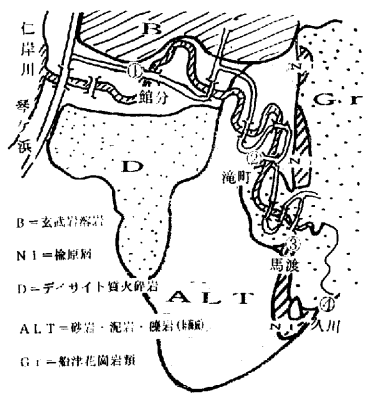
4. 仁岸川に沿った砂の分析

琴ヶ浜の砂はV章の粒度分析の結果から、仁岸川の運搬による堆積物でできたと考えられる。更にこれまでの石英の鳴き砂に対する役割を考慮すると、この考えが正しいならば、仁岸川の運搬する砂には、琴ヶ浜の砂を構成する石英が高い含有率で含まれているはずである。そこで、まず地質的に仁岸川流域を考察した後、上流にさか登って採取した各地の砂を分析し、更に石英を中心に琴ヶ浜の物と比較してみる。

(1) 地質的な考察

仁岸川上流は、日本の基盤を成すと言われる古い「船津花崗岩類」である。その縁とその外側にこの花崗岩が風化

してできたと思われる、砂岩・礫岩の楡原層と、非海成の砂岩・泥岩・礫岩層があり、外側に行くにしたがい徐々に新しくなっていく。したがってこれらの層には、花崗岩を構成している石英が比較的多く含まれていると考えられる。更に外側のデイサイト質火砕岩や玄武岩溶岩層はこれらより新しく、デイサイト質には石英は少なく、玄武岩には含まれない。したがって、仁岸川からは、上流の花崗岩を母岩とする石英が供給されると考えられる。



鉛野1992地質図参考

〈仁岸川に沿った地質と採取点〉

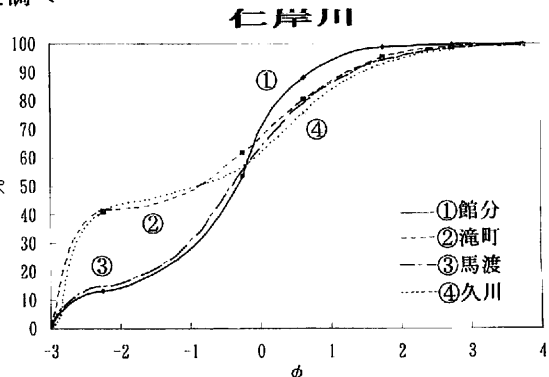
(2) 各地の粒度分析

仁岸川に沿って、右地図の4箇所川底の砂を採取し、粒度分析を行った。結果は右下グラフのようで、上流から下流へ様々に細かくはならなかった。それは、実際にはそれぞれの場所に細かい砂も粗い礫もあったからであり、何れの地点のグラフも供給源が2つあることを示しているのも、それを裏付けている。しかし、グラフの細かい粒度の方を比べると、下流になるに従い(館分)、より細かい粒子が増えていく傾向が見られる。そこで、本当にこの川からの砂が琴ヶ浜の砂を形成しているのか、石英粒の形状に着目して調べてみた。

〈仁岸川に沿った石英粒の変化〉

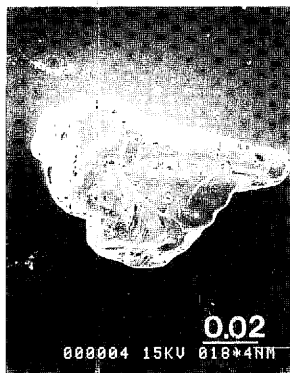
100Mの石英の形状を、電子顕微鏡で比較した。(下写真)

写真①の丸みを帯びた琴ヶ浜の石英の特徴は、仁岸川の2km程上流の館分で採取した石英にも見られる(写真②)。ところが一番上流になる久川付近の石英には、写真③のような丸いもの他に写真④のような角ばったものも見られた。やはり仁岸川からの石英が、琴ヶ浜に供給されていると考えられる。

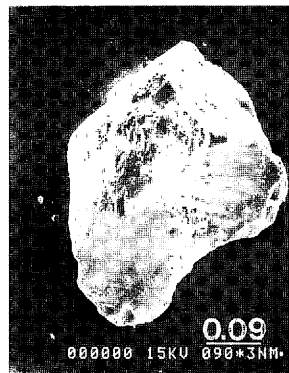


〈仁岸川に沿った砂の粒度分析累積曲線〉

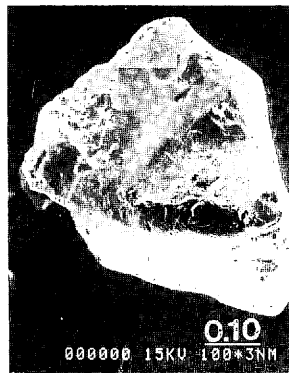
〈100メッシュ石英の形状比較〉



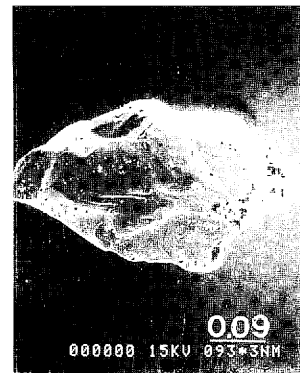
〈写真① 琴ヶ浜〉



〈写真② 館分〉



〈写真③ 久川(1)〉



〈写真④ 久川(2)〉

以上の観察から次のことが言えるだろう。

- ・ 鳴き砂は、石英を多く含み、琴ヶ浜では特に100メッシュの含有率が高い。
- ・ 鳴き砂中の石英は、円磨されて角が丸くなった特徴がある。
- ・ 仁岸川の石英は、上流は円磨されてない物も含むが、下流になると琴ヶ浜の石英と同様の形状的特徴を示す。

5. 鳴き砂の音の波形分析

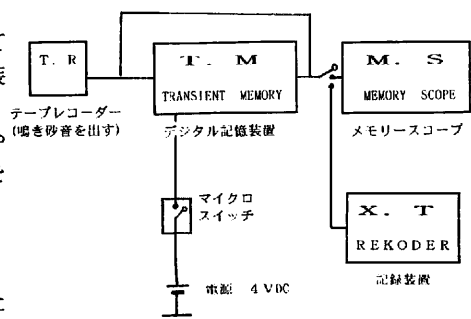
(1) 鳴き砂の波形の記録

鳴き砂の波形を記録するため、乳鉢に入れた鳴き砂を乳棒で押して音を出し、それをテープレコーダーで録音した物を、右図のような装置で読み取らせ、記録用紙に書かせた。

琴ヶ浜の鳴き砂を中心に調べたが、他県の鳴き砂の波形との比較や押し方を変えたり、砂を洗ったりして、鳴き砂としての波形の特徴を探ることを目的とした。

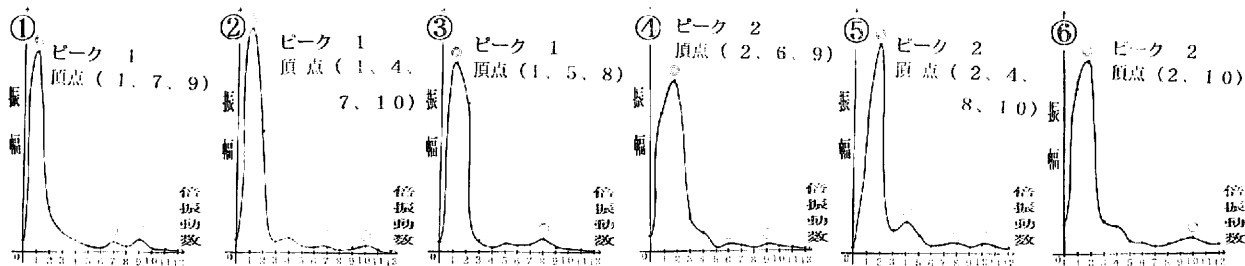
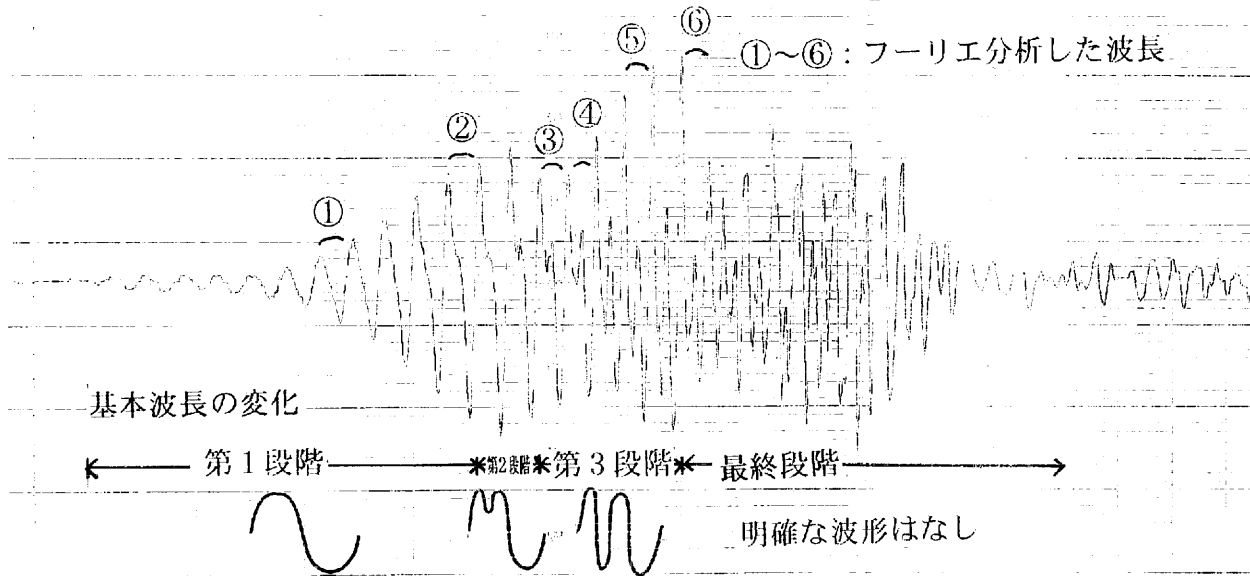
(2) 琴ヶ浜の波形

まず、琴ヶ浜の波形を調べてみた。波形の記録は、何回も実験した上で、同じような波形になることを確かめた上で、その典型例を紹介する。※波形中の①～⑤での「フーリエ分析」については、(5)参照。



〈波形記録のための装置及び配線〉

【琴ヶ浜の鳴き砂の波形】



【全体的特徴】

- ・ 鳴き始めから振幅は徐々に大きくなるが、最大を過ぎると急に小さくなり、減衰はやや不規則である。
 - ・ よく見ると、振幅は一概には増加せず、2段階に分かれており、最大を過ぎた後も小さな山型になっている。
- …そこで、繰り返している基本的な波形の変化に注目すると、下のような4つの部分に分かれることが分かった。

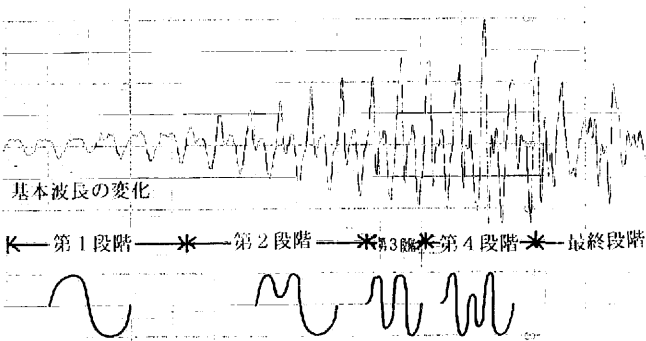
【基本波形の変化から見た4つの部分】

- ・ 鳴き始めの段階【第1段階】… \sin 曲線を基本としている。振幅は徐々に大きくなっていく。
- ・ 音が大きくなる段階【第2段階】… \sin 曲線がくずれた図のような曲線が基本。振幅はまだ増加している。
- ・ 音が最大になる段階【第3段階】… 基本曲線は第2段階と同じだが、くずれ方が段々大きくなる。振幅は第2段階から一旦下がり、再び増加して最大になる。
- ・ 小さな山型を作る段階【最終段階】… 振幅は小さくなり、波形も乱れてくる。基本的な波形は認められない。

(3) 他の鳴き砂との比較

① 鳥根の鳴き砂

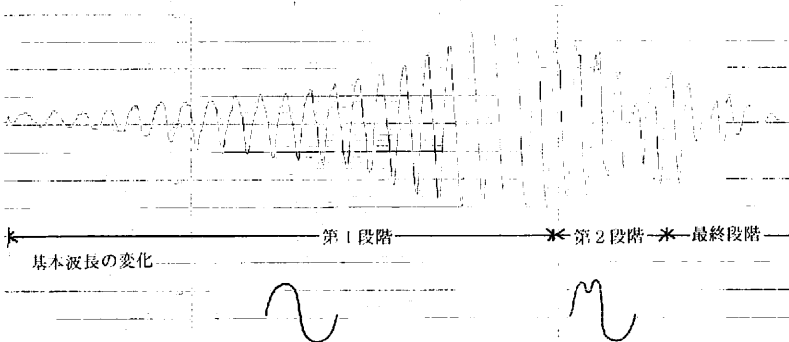
振幅が2段階に分かれて増大する点や、減衰の仕方など、琴ヶ浜の波形に似ている。基本波形の変化を見ると、第1～第3段階まで同じで、その後右図の第4段階の後に乱れる段階がくる。ところが、鳥根の鳴き砂の第3段階の後半もよく見ると、この第4段階になりかけの波形が見られる。したがって、鳥根の鳴き砂の波形は、基本的には琴ヶ浜の波形と同じ種類と考えられる。乱れる段階で1つの山型に見られる点も似ている。



② 鳥取の鳴き砂

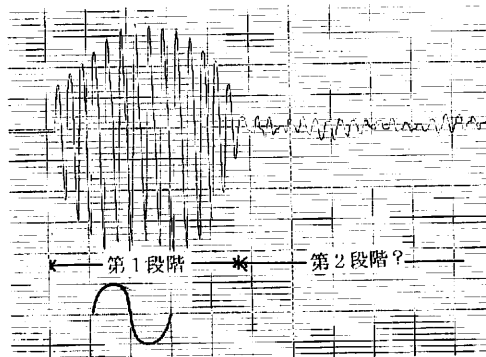
鳥取の波形は、琴ヶ浜や他のどの砂より、鳴いている時間が長いのが特徴。記録用紙の目盛りで表すと、平均の継続時間は以下の通り。() 内が時間。琴ヶ浜 (25臈動) 鳥根 (22)、鳥取 (28)、イタンキ (11)。

また、波形の変化も滑らかで乱れが少なく、基本波形の変化も、最大振幅を過ぎた辺りで少し第2段階が出るだけで、ほとんどがきれいな \sin 曲線である。最後に少し、第2番目の山型があるようである。



③ イタンキの鳴き砂

今までと違い、継続時間が極端に短く、急激に振幅が変化する。ただ変化は非常に滑らかで、基本振幅は全てsin曲線であり、最後に極小さな余韻が長く残る。これが他の第2の山型なのか。



《全体を比較してみても》

- ・ 鳴き砂の基本波長はsin曲線であり、よく鳴る鳴き砂ほど、音が大きくなってもその形は崩れにくい。
- ・ sin曲線の崩れ方には、第1～第4の段階があるようであり段階の進まない方が、よく鳴る鳴き砂のようである。
- ・ 全体は、大きく2つの山型を合わせた形をしている。
- ・ 琴ヶ浜の波形に最も近いのは、島根の鳴き砂のようである。

(4) 条件を変化させた場合の波形

ここでは、幾つか条件を変えて行った結果を紹介する。

- ① 洗った琴ヶ浜の砂…右写真のように、レコードプレーヤーの上に、水中に砂を入れたピーカーを置き、掻き混ぜるためスプーンを入れて、回転させる。水が濁ってきたら取り換え、1週間程度、洗い続けた。



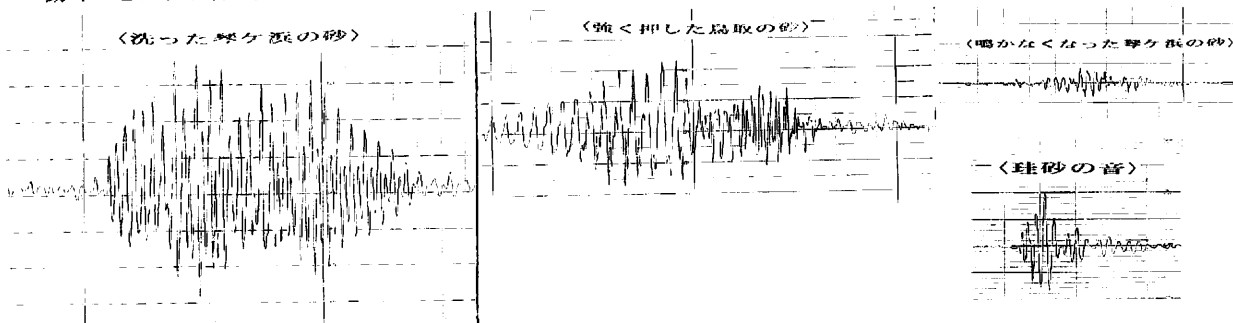
琴ヶ浜の砂は、第2段階から始まり、振幅が大きくなった。2つの山を合成したような形は洗う前と同じだが、後半の山が大きくなり、2つの山型がはっきりしている。常に第2段階から始まるのかは、資料不足で不明。

- ② 強く押した鳥取の砂…きれいな波形変化をしていた鳥取の砂を、強く押してみた。結果は、第2段階やそれが更に乱れた波形が現われた。2つの山型がはっきりし、後半の乱れは大きくなった。振幅が大きくなった分、きたない音になる。

- ③ 鳴かなくなった琴ヶ浜の砂…鳴き砂は何回も突くと、鳴かなくなる。鳴かなくなった琴ヶ浜の砂の波形をとってみた。結果は、当然小さな振幅だが、波形も乱れ、基本波形は見られなかった。

- ④ 珪砂の鳴く音…鳴き砂の要因と考えられる「石英」の成分である珪砂を水の中に入れて、容器を傾けると蛙が鳴くような音を発する。(「白砂の唄」三輪茂雄) その音の波形をとった結果、小さな音だったが、きれいなsin曲線で、2つの山型の連なった形をしている。

つまり、鳴き砂の波形の最も基本的な形をしていることになる。このことから、やはり鳴き砂は、砂中の石英が動くことにより音を発すると考えられる。



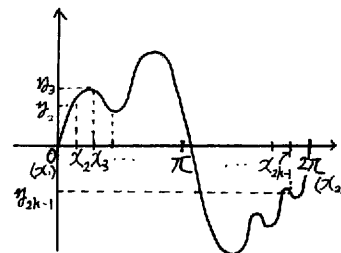
(5) フーリエ分析

以上の分析から、音の波形を構成している基本波形の変化に、鳴き砂の音の特徴がありそうである。そこで、より厳密に、波形を構成している基本的な振動数を調べることにする。

① フーリエ分析法

フーリエ分析とは、一般的に 2π を等間隔に $2k$ 等分する点 $x_1, x_2, \dots, x_{2k} = 2\pi$ に対する y の値 y_1, y_2, \dots, y_{2k} が与えられている時(右図参照)、

$$y = a_0 + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + \dots + a_k \cos kx + b_1 \sin x + b_2 \sin 2x + \dots + b_{k-1} \sin(k-1)x$$



という式を考え、 a, b を適当に定めて、与えられた全ての x_p, y_p がこの式を満足するようにする手続きのことである。未知数 a, b は $2k$ 個あり、また (x, y) も $2k$ 組あるので、 a, b は必ず定まる。

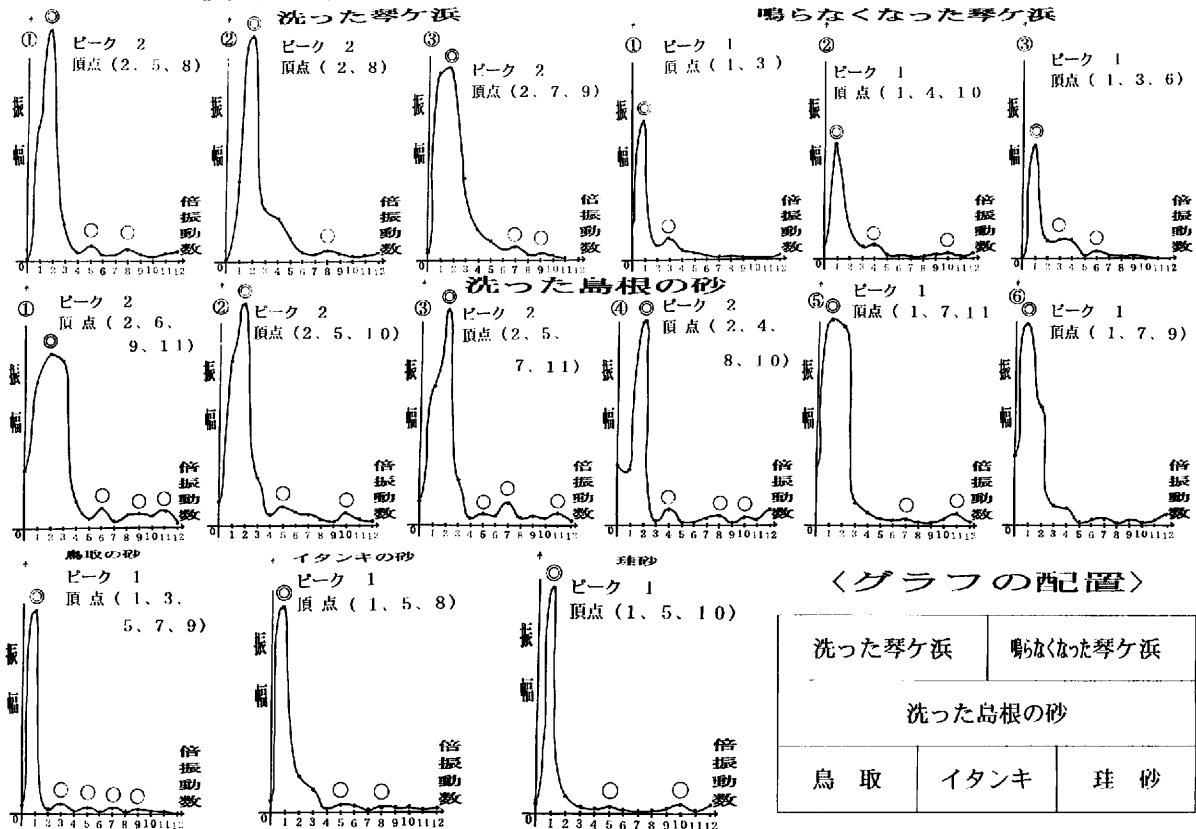
(フーリエ分析)

今回は、波形の基本周期を $k=12$ (24等分)とし、 (a, b) の12組を求めた。それを元に、 $\sqrt{a^2+b^2}$ で、 $(\cos x, \sin)$ の基本振動、 $(\cos 2x, \sin 2x)$ の2倍振動…… $\cos 12x$ の12倍振動までの各々の振幅の大きさを計算し、各波形がどのような基本振動の合成できているのかを調べてみることにした。ここでは、具体的な計算経過は省略し、結果のみ紹介する。

② フーリエ分析の結果

紙数の関係で、結果のグラフのみ紹介する。琴ヶ浜については、(2)のグラフと共に載せてある。

《各振動数に対応する振幅の強さの変化(フーリエ分析)》



【結果の分析】

※番号を打ってあるものは、鳴き始めからの順番

① 琴ヶ浜の分析

- ・琴ヶ浜…音が鳴り出す時の頂点は1倍振動だが(以下‘1倍’と書く)、大きくなるにつれて2倍が伸びてきて(1~2段階)、再び大きくなる第3段階では、2倍が頂点になり、以下この形が続く。波形も、④~⑤辺りが最もきれいで、各々のピーク位置は、(2, 6, 9)、(2, 4, 8, 10)で、位置も似ている。この結果から、琴ヶ浜の“標準振動数分布”を、とりあえず「頂点2、ピーク(2, 6, 9)」と考える。
- ・洗った琴ヶ浜…音の増大、最大、減少の3箇所まで分析したが、最初から全て2倍が頂点になる。洗って良い音にしての結果なので、やはり2倍が中心になる振動が、特徴と考えられる。波形がきれいな増大部分の振幅は、頂点2、ピーク(2, 5, 8)で、琴ヶ浜の標準振動数分布と、非常に似ている。
- ・鳴らなくなった琴ヶ浜…3箇所まで分析した結果、どれも1倍が頂点で、2倍が少ない分布となった。2倍振動が頂点にならないと、鳴かないのではないと思われる。

※以上、琴ヶ浜の分析から、以下のように推測してみた。

鳴き砂が鳴いている時の波形は、2倍振動が中心で、(2, 6, 9)倍振動が振幅の頂点となる合成波を形成しているのではないか。

以下、この規則が成り立つかを中心に、考察していく。

② 他の鳴き砂の分析

- ・島根の砂…鳴き始めから終わりまで、6箇所まで分析した。鳴き始めから、頂点は2倍で、弱くなりだした頃から1倍が伸びてくる。一番きれいな波形である、増大場面の②では、頂点2、ピーク(2, 5, 10)で、琴ヶ浜の規則と合っていると考えられる。
- ・鳥取の砂…始めから終わりまで、きれいな波形なので、1箇所まで分析した。結果は頂点1、ピーク(1, 3, 5, 7, 9)となり、1倍の振幅が非常に大きいのが特徴。つまり1倍である基準振動のsin曲線が、ほぼそのまま波形に現われていることを示している。これは今までの鳴き方とは異なる。
- ・イタンキの砂…これもきれいな波形なので、1箇所まで分析した。結果は頂点1、ピーク(1, 5, 8)で、これも琴ヶ浜より、鳥取の砂に似ている。
- ・珪砂…これも1箇所まで分析した結果、頂点1、ピーク(1, 5, 10)と、上の2つとよく似ている。

③ 全体の考察

①と②を比べてみると、琴ヶ浜や島根のように、基本的には2倍振動が基本になっているものと、鳥取やイタンキ、珪砂のように1倍振動が基本になっているものの、2組あると考えられる。

《鳴き砂の2グループ》

ここまでの研究で、調査した鳴き砂には2グループあることが分かった。まず、粒度分析では、細かい鳥取やイタンキの砂に比べて、琴ヶ浜や島根の砂は比較的粗かった。次にフーリエ分析の結果、同じグループで、基準振動が1倍振動と2倍振動に分かれることが分かった。まとめると、下のようになる。

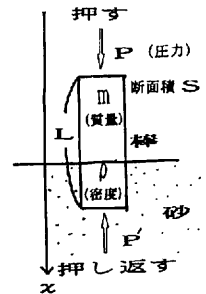
<p>A. 琴ヶ浜グループ…・Mφ, Mdφが1.2~1.6</p> <ul style="list-style-type: none"> ・琴ヶ浜 ・島根の砂 	<p>B. 鳥取グループ…・Mφ, Mdφが2.0前後</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鳥取の砂 ・イタンキの砂 ・珪砂
--	---

・2倍振動が基本

・ピークは3つが基本
(洗ったり、きれいな時は2倍から始まるが、そうでない時は1倍から2倍振動への移行期がある)

6. 鳴き砂モデルの考察

鳴き砂の鳴くメカニズムをモデル化したものとして、西山氏の「バネモデル」が、実験結果ともよく合っている。そこで、このバネモデルを元に、今回の調査研究で分かった点を加えて考察してみる。



(1) バネモデルの基本式

まず、西山モデルの考えを元に、砂の動きが単振動になることを示す。右図のように、押し棒の断面積S、長さL、重さm、密度ρとし、押す圧力をP、その時砂から押し返す圧力をP'とする。

$P - P' > 0$ で、棒は砂の中に入る。
棒の運動方程式 $F = m\alpha$ を考えると
 $S \times (P - P') = S L \rho \ddot{x}$
 $\therefore P - P' = L \rho \ddot{x}$
時間で微分して $L \rho \dddot{x} = \frac{dP}{dt} - \frac{dP'}{dt}$ ①

ここで、棒は一定の力で押ししていると仮定し、

$$\frac{dP}{dt} = \alpha v \quad \text{②}$$

とおく。(αは比例定数)

そして、押し返す力は時間で変化し、棒を押し込む速さに比例していると仮定すると、

$$\frac{dP'}{dt} = \alpha v = \alpha \frac{dx}{dt} \quad \text{③}$$

この2つの仮定から①式は、

$$L \rho \ddot{x} = \alpha v - \alpha \dot{x} = -(\dot{x} - v)$$

$\dot{x} - v = y$ とおくと $\ddot{x} = \ddot{y}$ となり

$$L \rho \ddot{y} = -\alpha y \quad \text{④}$$

となる。両辺にSをかけて、 $S L \rho = m$ より

$$m \ddot{y} = -\alpha S y = -k y$$

これは $\alpha > 0$ の時、単振動の式である。(k:バネ定数)

したがって④より $\ddot{y} = -\frac{\alpha}{L \rho} y = -\omega^2 y$

$$\therefore \omega = \sqrt{\frac{\alpha}{L \rho}} \quad \text{⑤}$$

※西山氏はこの後、容器の影響についても考察しているが、ここでは省略する。

(2) 主振動数変化の影響

① 主振動数と砂の性質

今回、実験結果をフーリエ変換し、鳴き砂の発生音を分析した結果、琴ヶ浜の鳴き砂については1倍振動から2倍振動に移行し、2倍振動が主に中心になるが、発音の最初から終わりまで、幾つか主になる振動数が変化することが分かった。また、鳥取の砂に代表されるグループについては、同じ鳴き砂でも1倍振動が主になっていた。振動数fは、 $\omega = 2\pi f$ より ω で決まり、⑤式より ω を決める棒のLとρは一定なので、結局fはαの値で決まることになる。したがって、振動の途中で振動数fが変化するという事は、αが変化することになり、これは、(1)で求めた単振動の式のバネ定数 $k = \alpha S$ が、音が鳴っている最中に変化することを意味している。

つまり、(1)の式中の②、③で仮定したα=一定の条件が、鳴き砂の鳴き始めから終わりまでを考えると当てはまらないことが分かる。そこで今回は、鳴き方に違いのあった「琴ヶ浜グループ」と「鳥取グループ」で、αの変化がどう影響してくるのか考えてみることにした。

③式から $\alpha = \frac{dP'}{dx}$

これは、

「深さの変化と、棒の受ける圧力の比例定数」である。したがってαが大きいということは、同じΔx棒を押し込むのに、棒の受ける圧力ΔP'がより大きくなることを意味する。

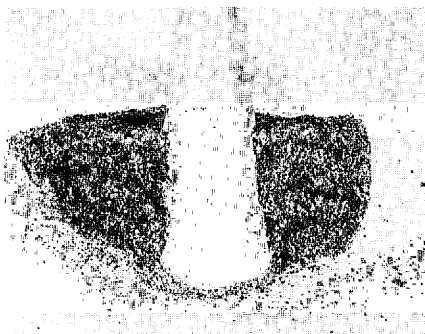
これは砂の動きで考えると、琴ヶ浜グループの方が鳥取グループより「詰まりやすい」又は「滑り(ずり)にくい」砂だということの意味する。

鳴き砂の 2グループ	粒度	主振動	振動数	バネ定数	$\frac{dP'}{dx}$
鳥取グループ	細	1倍	f^1	α^1	小
琴ヶ浜グループ	粗	2倍	f^2	α^2	大

確かに鳴き砂を鳴らす実験をしていると、乳鉢のように棒を押しした時、砂が動く容器では鳴くが、動かない容器に入ると鳴かなくなる。どうも砂の動きやすさが、鳴き方に関係しているようだ。そこで、この仮説が正しいかどうか、鳴いている時の砂の動きを見てみることにした。

② 鳴き砂の動きを見る実験

実験は、乳鉢に鳴き砂を入れる際、間に色砂を平行に何本か挟んで入れたものを使う。乳鉢で押しして鳴くことを確かめた上で、押ししたままの状態、薄めて染み込みやすくした糊を静かに砂に流し込み、棒を付けたまま固定する。乾いた後、全体を乳鉢から出し、ナイフで砂の断面を切って観察する。結果は右写真のように、乳鉢の周囲の砂が大きく、しかも乳鉢の動きに対応して規則正しく移動していることが分かる。この結果からも砂の滑り具合(滑りやすさ、滑りにくさ)が砂の「バネ定数」を決める要因になっているのではないかと考えられる。



〈鳴き砂の動きを見る方法〉

(3) 砂の滑り具合を調べる実験 (仮説の検証)

そこで本当に、(2)で式の上から考えたように、琴ヶ浜グループと鳥取グループの間には砂の滑り具合に違いがあるのか、実験で確かめてみることにする。方法は、砂を床に落とした時にできる山の形を比較することにした。具体的には、一定量の砂を漏斗から静かに床に落とし、山を作る。これを写真撮影して、稜線の作る「安息角」と底面の砂の広がり(面積)を測定して、比較することにした。使用したのは、琴ヶ浜グループの「琴ヶ浜」と「島根」の砂、鳥取グループの「鳥取」と「イタンキ」の砂の4種類である。なお実験値は、何回か行った平均値を用いた。

右表の結果を見ると、まず底面の広がり方については、琴ヶ浜の広がりを1.00(基準)とすると同じグループの島根は近い値を採るが、鳥取グループの2ヶ所は何れもかなり大きな値となる。つまりそれだけ砂が、滑りやすいということになる。

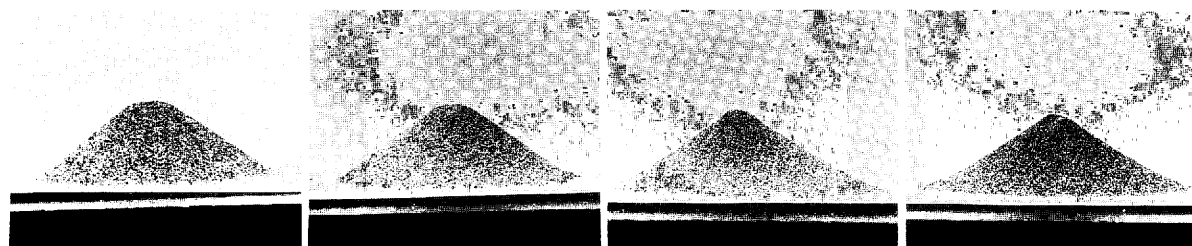
〈鳴き砂2グループ間の砂の滑りやすさの比較〉

	鳴き砂	底面積の比率	安息角	砂山の形状
琴ヶ浜G	琴ヶ浜	1.00	107°	上面広い 角度狭い ほぼ直線 底面狭い
	島根	1.02	106°	
鳥取G	鳥取	1.14	111°	上面狭い 角度広い なめらかな曲線 底面広い
	イタンキ	1.12	110°	<富士山型>

次に安息角を比較すると、これも2つのグループで明らかな違いが見られ、鳥取グループの広がりが大きい。ここからも、こちらの方の砂が、より滑りやすいと分かる。

これらの違いは、砂山の形状の観察からも分かる。右図のように、琴ヶ浜グループの稜線は、ほぼ直線で、頂上がわりと平たくて広いのに対し、鳥取グループの稜線は、富士山のように曲線を描き、頂上も狭くなっている。実際の写真で比べてみると、その違いは一層明らかである。(下写真)

〈鳴き砂で作った砂山の形状比較〉



〈琴ヶ浜〉

〈島根〉

〈鳥取〉

〈イタンキ〉

琴ヶ浜グループ

鳥取グループ

以上の結果から、次のことが言える。

鳥取グループの主振動が1倍振動で、琴ヶ浜グループの主振動が2倍振動なのは、「各々の「バネ定数」に相当するα値が、鳥取より琴ヶ浜の方が大きく、これは砂の滑り具合の違いによるものではないか」という仮説は、琴ヶ浜の砂の方が、「滑りにくい」ことが実験から確かめられたことで、実証されたと考えられる。

したがって、琴ヶ浜の鳴き砂の主振動が、鳴き始めから徐々に、1倍から2倍振動へと移行していくのは、砂を押し始めの滑りやすい状態(1倍振動)から、徐々に滑りにくい状態(2倍振動)へ変化していくからだ、解釈できる。また、琴ヶ浜の砂は、洗うと2倍振動が強くなった(P49)が、これは洗うことにより余分な粒子がなくなり、滑りにくくなったため、α値が増大したと考え、説明がつく。

VI ま と め

海岸地形の調査と砂の粒度分析、鳴き砂の分析結果、および鳴き砂の波形分析からの考察の3つに分けて、要点のみをまとめる。

1. 海岸地形の調査と砂の粒度分析結果から

- ① 九頭竜川から供給される堆積物は、途中の梯川、手取川などからの供給物を混入しながら、全体的には、南の塩屋から羽咋海岸の柴垣辺りにまで達し、その間次第に細かく、粒度は揃っていく傾向がある。砂の色は、塩屋から加佐ノ岬までは赤っぽく、梯川河口からは灰色っぽい色をしている。なお、滝港の砂は、千里浜を含め、県内で最も細かい砂であることが分かった。
- ② 高浜から富来、鹿頭辺りの砂は、後背地の母岩や富来川からの供給物により堆積したらしく、その地の地質の影響を、大きく受けている。
- ③ 琴ヶ浜から門前にかけての砂浜は、仁岸川からの供給物が堆積したものと考えられる。砂の色は赤っぽい。
- ④ 皆月から狼煙にかけての能登外浦海岸は、後背地や鳳至川、町野川などからの供給物でできた浜が、磯浜の間に点在し、砂は全体として西から東へ沿岸流に沿って細かく、粒度は揃う傾向にある。砂の色は皆月の赤っぽい色(後背地の影響と考えられる)を除き、黒っぽい色に変化し、狼煙に向かうにつれて灰色っぽくなる。
- ⑤ 能登内浦の砂も、外浦からの連続と考えられ、北から南に細かく、粒度は揃っていく傾向にある。砂の色は、ますます白っぽくなっていく。その中で、見附島の砂だけが茶色っぽくて特異である。

なお、結果の要点を、P55に一覧図の形にまとめた。

2. 鳴き砂の分析結果から

① 新しい「鳴き砂の浜」の発見

全県下の主な砂浜の調査(69箇所)から、各々の砂浜の「鳴き方指数」を求めることができた。その結果、従来県内で鳴き砂の浜として知られていた「琴ヶ浜」「千代浜」の他に、加賀海岸の「黒崎」「片野」、松任の「徳光(CCZ)海岸」、河北の「高松」、能登の「狼煙」「恋路」海岸の砂が、かなり鳴くことを見つけることができた。(詳しい結果の一覧表は、P42参照)

② 「鳴き砂の条件」の設定

・ 粒度面からの条件設定

全県下の砂および他県の鳴き砂の粒度分析の結果から、経験則として、右のような「鳴き砂の条件」を設定できた。

《粒度面からの鳴き砂の条件》

以下の条件を全て満たす砂は大変よく鳴く「鳴き砂」である	
平均粒径値…	$1.29 \leq M\phi \leq 1.58$
中央粒径値…	$1.18 \leq Md\phi \leq 1.58$
淘汰度…	$0.25 \leq o\phi \leq 0.38$
歪度…	$-0.45 \leq Sk\phi \leq -0.10$ または $0.20 \leq Sk\phi \leq 0.50$

・ 石英の特徴からの条件設定

- ・ 砂の組成鉱物を調べた結果、鳴き砂中の純粋石英の割合は非常に高く、少なくとも50%以上はあることが分かった。
- ・ 鳴き砂中の石英は、角が円磨されており、丸くなっているという特徴のあることが分かった。

3. 鳴き砂の波形分析と鳴き砂モデルの考察から

① 鳴き砂の2グループ

フーリエ分析で、鳴き砂の音の波形を構成している基本振動数の分布を調べた結果、以下のことが分かった。

- ・ 一連の音を表す波形も、鳥取のように始めから終わりまで同じ主振動数で構成されているものと、琴ヶ浜のように、1倍振動から2倍振動に変化していくものがある。

- ・ 主振動の変化から見ると、調べた鳴き砂は、2倍振動が主の「琴ヶ浜グループ」と、1倍振動が主の「鳥取グループ」の2種類に分けられる。なお、この2種類は粒度面の特徴も違い、鳥取グループが細かいのに対し、琴ヶ浜グループは比較的粗い。


② 鳴き砂モデルの考察

砂の動きを単振動と考える西山氏の式と、①で得た鳴き砂の2グループの特徴を考え合わせると、従来一定としてきた α (比例定数)が、鳴き砂の鳴き始めから鳴き終わりの間や砂の違いで変化すると考えられる。そこでその原因を、砂の滑りやすさの違いと考え、砂山の形状と安息角を調べる実験から確かめた。その結果、鳴き砂に2グループある(鳥取グループの主振動が1倍なのに、琴ヶ浜グループの主振動が2倍振動になる)理由が分かった。以上をまとめると、次ページの表になる。

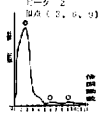
＜ 2 組の鳴き砂の特徴 ＞

A 琴ヶ浜グループ


・琴ヶ浜・島根の砂



〈波形モデル〉



〈振動数分布〉



〈砂山の形状〉


- ・ Mφ、Mdφが1.2～1.6
- ・ 2倍振動が基本＝ずれにくい
- ・ 頂点は3つが基本

鳴き始めは、砂が滑りやすく1倍振動が主だが、その後は滑りにくくなり、2倍振動が中心になる。

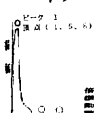
・ 洗ったり、きれいな時は2倍から始まるが、そうでない時は、1倍から2倍振動への移行期がある。

B 鳥取グループ


・鳥取の砂・イタンキの砂・珪砂



〈波形モデル〉



〈振動数分布〉



〈富士山型〉

- ・ Mφ、Mdφが2.0前後
- ・ 1倍振動が基本＝ずれやすい
- ・ 頂点は3つが基本

○ 鳴き砂は、1倍又は2倍振動を基本とし、3つのピークをもつ振動数分布をしている。

あとがき

地学は、空間と時間から自然現象を探る学問だと言えるでしょう。小学校六年と中学校一年生に、空間認識の調査をしたことがあります。部屋の中で北の方位を指差し、「この部屋のずっと向こうの方位は何かな？」と問うと、「南」と答えた子がいました。理由は、「地球は丸いから」ということでした。また、太陽の高度を運動場と屋上で測定させた結果、運動場より屋上で計った高度が低くなるとした子がかなりいました。いずれも、本やテレビからの一方的な情報に頼り、実体感のない上べだけの知識で分かったつもりになっていることの現われでしょう。

今回の自然資料調査研究は、海岸地形と砂という、石川県にとって大変親しみやすいものを対象にしました。調査方法も、景観の観察を始め、子ども達と共に手軽にできるものがほとんどです。この紀要を参考に、子ども達と共に身近な海岸に出られ、名所・旧跡巡りの地学ではなく、自分の足元から見つめ実感していく地学教育の、一層の推進に役立てていただければ、これに優る喜びはありません。足元から実感した景観を読む楽しみから生まれた見方や考え方は、地球的に考えることにより更に深まり、自然認識を形成していくことになるでしょう。そしてそれは、現在の景観を読むことから、過去を知り、そして未来を考えることにもつながることになると思います。

最後になりましたが、本研究をまとめるにあたり、多くの方々に大変お世話になりました。以下に紹介して感謝の意を表します。

金沢大学理学部助教授神谷隆宏先生、同大学工学部助教授塚脇真二先生には、砂の粒度分析の方法及びその考察法、金沢大学理学部教授河田修二先生には、音の波形分析法とその考察法について、詳しく御指導いただきました。また、田鶴浜高等学校の高瀬達也先生、加賀市立山代小学校の山田利明先生、金沢伏見高等学校の北村栄一先生、金沢市立小將町中学校の山本英喜先生には、現地での調査に同行しご協力をいただき、研究をまとめる際にもお手伝いや貴重なご意見をいただきました。さらに調査に同行、協力いただいた県教育センター山本秀紀研修指導主事、原田宗昭、水野吉浩主任技師、珠洲市立宝立中学校時兼秀充先生にも感謝いたします。これらの方々のお一人が欠けても、本研究はまとまりませんでした。さらに、まとめるにあたり多くの文献や資料を参考にさせていただきましたが、特に金沢大学名誉教授糸野義夫先生と同大学教授の藤 則雄先生の著作および、金沢商業高等学校の西山恭申先生の論文から多くを参考にさせていただきました。

これらの方々に改めて、心よりお礼申し上げます。

Ⅶ 主な参考文献

- 粕野義夫(1993)：石川県地質誌 石川県
- 粕野義夫(1977)：石川県の環境地質 石川県
- 粕野義夫(1979)：日曜の地学 築地書館
- 粕野義夫(1992)：北陸の丘陵と平野-ア-パンク31- 株式会社ポタ
- 藤 則雄(S 60)：石川の地形・地質案内 東京法令出版
- 貝塚爽平(1995)：日本の平野と海岸-体の自然4- 岩波書店
- 貝塚爽平(1992)：平野と海岸を読む 岩波書店
- 遠藤純夫他：自然観察・自由研究の手引きVI海 東洋館出版社
- 中野導正・式 正英(1986)：地形の教室 古今書院
- 地学団体研究会編：たのしい海岸ハイキング 大月書店
- 日本自然観察路研究会編：海や川原を観察しよう 成文堂新光社
- 三輪茂雄(1994)：消えゆく白砂の唄 近代文芸社
- 川村國夫(1993)：日本の鳴り砂（論文）
- 西山恭中(1979)：鳴り砂の発音機構 石川県理化部会紀要
- 西山恭中(1983)：鳴き砂の音の波形 石川県理化部会紀要
- 坪井忠二(1964)：観測値の整理-物理学の旅7- ダイアモンド社
- 石川県教育センター：石川の自然（過去の刊行物）
- 石川県(1995)：石川県河川海岸図 石川県
- 国土地理院：2 5 0 0 0 分の1地形図 国土地理院
- 粕野義夫編図(1992)：石川県地質図（縮尺1 0 万分の1）石川県
- 石川県環境部自然保護課企画(1995)：いしかわの自然百景 橋本確文堂
- 塚脇真二他(1980)：大槌湾とその周辺地域の地質 大槌臨海研究センター報告
- 碎屑性堆積物研究会編(1983)：堆積物の研究法-観・雄・器- 地学団体研究会
- 金沢弁護士会・同公害対策委員会編(S 62)：石川県における海岸侵食の現状と問題点

テーマ いしかわの自然 第20集 地学編(9)

石川県の主要な海岸における海岸地形の調査と砂の粒度分析の結果を考え合わせることで、「海岸地形の観察及び調査」を实践されようとする先生方のための教材基礎資料としてまとめたものである。

また、琴ヶ浜に代表される「鳴き砂」の特徴や鳴く秘密を、砂の粒度分析や鉱物組成調査、電子顕微鏡による観察などの地学的手法に加え、物理的な振動数解析などの方法も用いて探求し、自然現象を総合的に問題解決していく際の一例を示した。

石川の海岸地形を読む

——地形の観察と砂、特に鳴き砂の分析を通して——

石川県教育センター地学研究室

新保 修

はじめに

- I 海岸地形の概説
 - II 石川県の海岸地形の概観と調査方法
 - III 各地の海岸地形を読む
 - IV 各地の砂の粒度分析と考察
 - V 琴ヶ浜を中心とした「鳴き砂」の分析
 - VI まとめ
 - VII 主な参考文献
 - VIII 資料
- 1 石川県の海岸地形一覧図～砂の分析を中心に～
 - 2 砂の粒度分析一覧表

教育センター紀要第54号

平成8年(1996年)3月24日発行

発行所 石川県教育センター

〒921 金沢市高尾町ウ31番地の1

TEL 0762-98-3515

FAX 0762-98-3518

代表者 北橋正治

印刷 高島出版印刷株式会社

