

金沢工業大学	水村和正
真柄建設	西本俊晴
真柄建設	上田信二
真柄建設	松岡明美

研究の目的

日本の各地域には、その上を歩くとキユキユと鳴る砂浜が存在している。こういう海岸は自治体による開発が及んでいない場所で、砂が十分多く存在し、海岸線が短く、ポケットビーチを形成していることが多い。砂の色は、普通の海岸と比較して、白く、美しい砂浜となっている。例えば、石川県門前町にある、琴ヶ浜や千代浜はこれに相当する。嵐の後や冬季には海浜の上層部の砂のほとんどは沖に去り、やがて、波が穏やかになると、海浜にもどってくる。これが砂の洗浄作用となっている。したがって、この、新しく形成された砂の上では、よく鳴くことが判明している。本研究では、日本の鳴き浜と普通の浜(琴ヶ浜、千代浜、内灘浜、琴ヶ浜(島根)、琴引浜(京都)、十八鳴浜(宮城)等)より採取した砂を蛍光X線で解析する。これは、砂を構成する、地球化学元素の1秒当たりの Kilo Count Number (X線による元素からの電子の放出数)を求め、各砂試料に含まれる地球化学元素の含有比を算出する。最も一般の砂に含まれる地球化学元素は、珪素(Si)、アルミニウム(Al)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、鉄(Fe)である。

研究の方法

まず、砂移動方向を決めたい領域から砂を取り、蛍光X線用の試料を作成する。これは砂を細かく粉末状にし、それから圧縮し、煎餅状にする。これに蛍光X線を照射し、砂試料に含まれる地球化学元素の量を測定する。実験はここまでで、これからは計算になる。例えば、実験結果より、A点の試料について、次式のような対称行列を計算する。

$$\{x_{ij}\} = \begin{pmatrix} \left(\frac{Si}{Si}\right)_A & & & & \\ \left(\frac{Al}{Si}\right)_A & \left(\frac{Al}{Al}\right)_A & & & \\ \left(\frac{K}{Si}\right)_A & \left(\frac{K}{Al}\right)_A & \left(\frac{K}{K}\right)_A & & \\ \left(\frac{Ca}{Si}\right)_A & \left(\frac{Ca}{Al}\right)_A & \left(\frac{Ca}{K}\right)_A & \left(\frac{Ca}{Ca}\right)_A & \\ \left(\frac{Fe}{Si}\right)_A & \left(\frac{Fe}{Al}\right)_A & \left(\frac{Fe}{K}\right)_A & \left(\frac{Fe}{Ca}\right)_A & \left(\frac{Fe}{Fe}\right)_A \end{pmatrix} \quad (1)$$

A点とB点の試料の比較には、式(1)の行列を2試料について計算し、それらから、 $\{x_{ij}(AB)\}$ を求めればよい。そうすると、次の式(2)がもとまる。

$$\{x_{ij}(AB)\} = \begin{pmatrix} \frac{(Si/Si)_A}{(Si/Si)_B} & & & & \\ \frac{(Al/Si)_A}{(Al/Si)_B} & \frac{(Al/Al)_A}{(Al/Al)_B} & & & \\ \frac{(K/Si)_A}{(K/Si)_B} & \frac{(K/Al)_A}{(K/Al)_B} & \frac{(K/K)_A}{(K/K)_B} & & \\ \frac{(Ca/Si)_A}{(Ca/Si)_B} & \frac{(Ca/Al)_A}{(Ca/Al)_B} & \frac{(Ca/K)_A}{(Ca/K)_B} & \frac{(Ca/Ca)_A}{(Ca/Ca)_B} & \\ \frac{(Fe/Si)_A}{(Fe/Si)_B} & \frac{(Fe/Al)_A}{(Fe/Al)_B} & \frac{(Fe/K)_A}{(Fe/K)_B} & \frac{(Fe/Ca)_A}{(Fe/Ca)_B} & \frac{(Fe/Fe)_A}{(Fe/Fe)_B} \end{pmatrix} \quad (2)$$

この行列の各要素について、次の条件

$$\frac{1}{M} \leq x_{ij}(AB) \leq M \quad (3)$$

を満たす要素の数を対角成分を除いた行列要素の数で除した値 z_{AB} とし、与えられた試料が、A、B、C、D、E ならば、相関行列は次のようになる。

$$\{z_{ij}\} = \begin{pmatrix} 1 & & & & \\ z_{AB} & 1 & & & \\ z_{AC} & z_{BC} & 1 & & \\ z_{AD} & z_{BD} & z_{CD} & 1 & \\ z_{AE} & z_{BE} & z_{CE} & z_{DE} & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

ここで、これらの要素、すなわち、相関度は1と0の間にある。ただし、Mの値は一般的には、1.3、または1.5が推奨されている (Anders, Japan)。

研究の結果

以上の方法を砂試料に適用することによって、各2点間の相関度が求まる。その値が1または1に近ければ、その2点間の砂はほぼ同一成分よりなっており、同じものと解釈できる。逆に、0に近ければ、2点間の砂は全く異なるものとなる。これを鳴き浜と普通の浜に適用した結果を表-1に表す。これより、つぎのことが判明した。

1. 同じ鳴き浜の砂試料の相関度はほぼ1である。しかしながら、砕波点ではその値が低下する。
2. 同じ鳴き浜の砂でも、場所が異なると（例えば、石川県と島根県）目では同一に見えても、その相関度はかなり低下する。

参考文献

Anders, O. U., "Ratio Matching - A Statistical Aid for Discovering Generic Relationships among Samples," *Analytical Chemistry*, Vol. 44, No. 12, Oct., 1972, pp.1930-1933.

Japan Society of Geochemistry, *Mechanism and Analysis of Water Pollutions*, Sangyou Tosho Co., Ltd., 1980 (in Japanese).

Table.1 相関行列 (d は黒い砂を、b は砕波点を意味する。)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. 琴ヶ浜 (石川)	1.00												
2. 琴ヶ浜 (石川 b)	0.50	1.00											
3. 琴ヶ浜 (石川)	1.00	0.80	1.00										
4. 琴ヶ浜 (石川)	1.00	0.70	1.00	1.00									
5. 琴ヶ浜 (石川 b)	0.50	1.00	0.90	0.60	1.00								
6. 千代浜 (石川 b)	0.80	0.50	0.60	0.60	0.50	1.00							
7. 千代浜 (石川 b)	0.50	0.30	0.60	0.40	0.50	1.00	1.00						
8. 千代浜 (石川 d)	0.60	0.30	0.50	0.60	0.50	0.80	0.70	1.00					
9. 内灘浜 (石川)	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.30	0.30	0.20	1.00				
10. 千代浜 (石川)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.10	1.00			
11. 琴ヶ浜 (島根)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.50	0.40	0.60	0.0	0.10	1.00		
12. 琴引浜 (京都)	0.30	0.20	0.30	0.30	0.30	0.60	0.70	0.40	0.30	0.10	0.50	1.00	
13. 十八鳴浜 (宮城)	0.20	0.10	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10	0.0	0.10	0.20	0.10	0.10	1.00