

金沢工業大学	水村和正
真柄建設	西本俊晴
真柄建設	筒井弘之
真柄建設	松岡明美

研究の目的

自然海浜や海岸構造物の周辺での砂の移動方向を決定するのは、大変重要な、かつ、さしせまった問題である。砂の移動方向は、海岸工学では、ふつう過去と現在の航空写真の比較、深淺測量図の比較、蛍光砂の移動解析、水理模型実験、現地での海浜流の調査、簡単な海岸構造物周辺の地形変化等によって決定する。しかしながら、これらの資料が整っているとは限らないし、整っていても漂砂方向を客観的に決めるのは容易ではない。それに対して、地球化学や環境工学の分野では汚染試料に含まれる地球化学元素や重金属元素の含有量を測定し、大気、河川、湖沼、海洋中の重金属元素の移動形態や汚染物質の源を調査している(Japan)。本研究では、砂試料を蛍光X線で解析し、その中に含まれる地球化学元素や重金属元素の比を求める。つぎに、相関行列を計算することによって、砂試料間の相関度を求め(Anders)、砂の移動方向を決定しようとするものである。用いる地球化学元素は、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を 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)。同一の砂の場合、相関度すなわち相関行列の要素の値は1となる。

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、逆に、0に近ければ、2点間の砂はほとんど独立である。したがって、砂の移動方向の砂同志は相関度が高く、そうでない場合は、相関度が低くなる。これらから、砂の移動方向を決定することができる。相関度がほぼ1の場合、2地点間の試料はほぼ同一と考えられる。しかしながら、普通、流水中の砂は移動しており、上流側の元素の含有量は、下流側のそれより大きくなる。これらの事実は河川砂の解析結果より、逆に河川流の方向を決定することにより検証できた。さらに、この方法を用いて、石川県門前町の海岸の漂砂方向を決定することができた（図-1）。なお、本海岸の砂の堆積と浸食傾向を本方法によって求めた結果と比較したところ、本方法が合理的であることが判明した。

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).

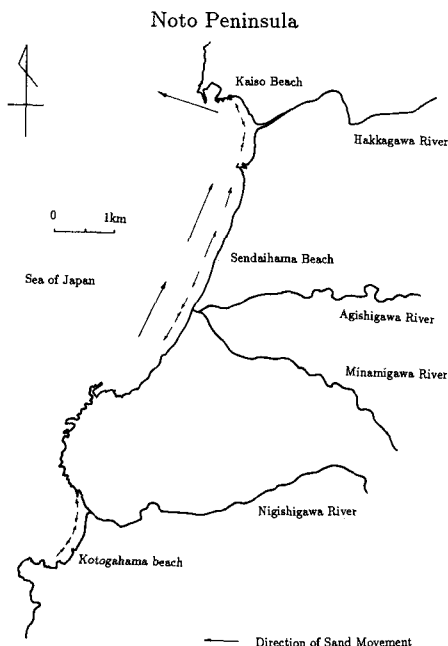


図-1