蛍光X線分析による石川海岸白山市沿岸の砂の構成元素特性

1. 研究背景と目的

石川海岸に作用する波浪は夏季には比較的静穏であ るのに対して冬季は、日本海で定期的に発達する低気圧 による波浪によって砕波帯周辺での海浜変形が顕著で ある.また、田中ら(1994)によれば水深15mを超える水 深でも海底地形の変動が報告されている. これらの地形 変動は石川海岸の比較的緩やかな海浜勾配1/100という 遠浅な海浜特性と海流,風や風波によって引き起こされ る海岸流が発達し、中、長期的な土砂移動が広範囲に発 生し地形変化を引き起こしていると考えられる. これら の石川海岸における漂砂機構に関しては、宇多ら(2008) は季節波浪の波向きと波高の変化に起因した長期間の 平均沿岸漂砂の岸沖での反転に伴う漂砂循環が報告さ れている.しかし、石川海岸における漂砂機構を解明す るための現地観測データは地点や期間が限られている ため漂砂機構の解明にはより詳細な観測データが必要 である.

本研究は、石川海岸の漂砂機構の解明を最終目標に、 石川海岸沿岸の海底砂を岸沖方向2側線、沿岸方向1側 線で採取し、蛍光X線分析によって砂の構成元素を解析 し、地点ごとに採取した砂の構成元素特性を熊谷と水村 (1997)による相関係数法を用いて採取側線ごとの砂の構 成元素の特性の違いについて考察を行った。

2. 計測地点と観測手法

砂の採取地点は図-1に示すように石川県白山市の石 川海岸の手取川河口の北西方向の沿岸部にline1-3まで の3側線を設定して、水深5mから20mの範囲で合計28 箇所で行った. 採取した砂は室内で十分乾燥させた後, 蛍光X線分析を行った、使用した機器はJEOL 日本電子 株式会社製のJSX-1000Sを使用し、検出元素範囲はF~U, X線発生装置は5~50 kV,1 mAを使用し、試料に含まれ る元素の質量百分率を計測し、質量百分率が1%以上の 元素を検出元素としてデータ解析に用いた.各地点ごと に2つの試験体を用意し蛍光X線分析を行い採取した 砂のサンプルが十分に混合され採取した砂の蛍光X線 分析には、JEOL 日本電子株式会社製のJSX-1000Sを使 用し、検出元素範囲はF~U、X線発生装置は5~50 kV、 1 mAを使用し、試料に含まれる元素の質量百分率を計 測し、質量百分率が1%以上検出された元素を検出元素 としてデータ解析に用いた. 分析は2つのサンプルに対 して行い検出元素に相違のないことを確認した.

金沢工業大学 正会員 ○有田 守金沢大学 正会員 煤田 真也



図-1 石川海岸の観測地点と側線 (Google Earthの図を 加工して作成)

解析した蛍光X線分析結果を用いて各計測地点同士の相関係数を熊谷と水村(1997)の手法によって算定した. 各地点の検出された元素に対するそれぞれの比率を濃度比x_i(A)としてeq.1のように定義する.

$$\left\{ x_{ij} \left(A \right) \right\} = \begin{bmatrix} \left(\text{Si/Si} \right)_{A} & \left(\text{Al/Al} \right)_{A} \\ \left(\text{Al/Si} \right)_{A} & \left(\text{Al/Al} \right)_{A} & \left(\text{K/K} \right)_{A} \\ \left(\text{Ca/Si} \right)_{A} & \left(\text{Ca/Al} \right)_{A} & \left(\text{Ca/K} \right)_{A} & \left(\text{Ca/Ca} \right)_{A} \\ \left(\text{Fe/Si} \right)_{A} & \left(\text{Fe/Al} \right)_{A} & \left(\text{Fe/K} \right)_{A} & \left(\text{Fe/Ca} \right)_{A} & \left(\text{Fe/Fe} \right)_{A} \end{bmatrix}$$

(eq.1)

次に2地点のA, Bの濃度比を比較する際には,濃度比をeq.2のように算定する.

$$\left\{x_{ij}\left(AB\right)\right\} = \begin{bmatrix} \frac{(\mathrm{Si}/\mathrm{Si})_{A}}{(\mathrm{Si}/\mathrm{Si})_{B}} & \\ \frac{(\mathrm{Al}/\mathrm{Si})_{A}}{(\mathrm{Al}/\mathrm{Si})_{B}} & \frac{(\mathrm{Al}/\mathrm{Al})_{A}}{(\mathrm{Al}/\mathrm{Al})_{B}} & \\ \frac{(\mathrm{K}/\mathrm{Si})_{A}}{(\mathrm{Al}/\mathrm{Si})_{B}} & \frac{(\mathrm{K}/\mathrm{Al})_{A}}{(\mathrm{K}/\mathrm{Al})_{B}} & \frac{(\mathrm{K}/\mathrm{K})_{A}}{(\mathrm{K}/\mathrm{K})_{B}} & \\ \frac{(\mathrm{Ca}/\mathrm{Si})_{A}}{(\mathrm{Ca}/\mathrm{Si})_{B}} & \frac{(\mathrm{Ca}/\mathrm{Al})_{A}}{(\mathrm{Ca}/\mathrm{Al})_{B}} & \frac{(\mathrm{Ca}/\mathrm{K})_{A}}{(\mathrm{Ca}/\mathrm{K})_{B}} & \frac{(\mathrm{Ca}/\mathrm{Ca})_{A}}{(\mathrm{Ca}/\mathrm{Ca})_{B}} & \\ \frac{(\mathrm{Fe}/\mathrm{Si})_{A}}{(\mathrm{Fe}/\mathrm{Si})_{B}} & \frac{(\mathrm{Fe}/\mathrm{Al})_{A}}{(\mathrm{Fe}/\mathrm{Al})_{B}} & \frac{(\mathrm{Fe}/\mathrm{K})_{A}}{(\mathrm{Fe}/\mathrm{K})_{B}} & \frac{(\mathrm{Fe}/\mathrm{Ca})_{A}}{(\mathrm{Fe}/\mathrm{Ca})_{B}} & \frac{(\mathrm{Fe}/\mathrm{Fe})_{A}}{(\mathrm{Fe}/\mathrm{Fe})_{B}} \end{bmatrix}$$

(eq.2)

eq. 2の各要素についてeq. 3の相関度係数をMとした条件 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} を算定する.本研究では $M=1.3:0.76 \leq M \geq$ 1.3とした.

$$1/M \leq x_{ii} (AB) \leq M$$

(eq.3)

キーワード 石川海岸, 蛍光X線分析, 相関係数

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂3丁目1番地69号館310 金沢工業大学 TEL 076-274-7802

3. 解析結果

蛍光X線分析結果の例を図-2に示す.28の観測地点で
計測された元素は、Na (ナトリウム)、Mg (マグネシウム)、Al (アルミニウム)、Si (珪素)、P (リン)、S (硫黄)、K (カリウム)、Ca (カルシウム)、Ti (チタン)、Fe (鉄)、Zn (亜鉛)、Zr (ジルコニウム)であった.共通して含まれる元素は、Si、Fe、K、Alの4元素で、特に
鉄と珪素の割合が両者で70%以上であった.



図-2 蛍光X線分析結果(T25地点)

Line1の蛍光X線分析結果を図-3に、line-1の計測地点と 水深の関係を図-4に示す.図より、計測地点T05を境に 浅い部分では含有元素の割合が類似し、それ以降では珪 素:Siの増加、鉄:Feの減少が見られ、T05の水深10 m を境に砂の構成元素が異なる傾向を示すことが確認で きる.また、T01は水深が3mの浅い場所であるがこの地 点は水深の深い地点の傾向と異なることも確認できる.









line-1の相関係数解析結果を図-5に示す. 図は縦横軸 に観測地点を示しており,対角位置の観測地点に対して 列方向(下方向)に相関係数を示している. T01の地点 に対して相関係数が最も高い物はT05の0.4でそれ以外 は0.1であることから,T01のサンプルは他の地点と比 べて異なる特性であることが分かる.また,T02 は T03-05までが相関係数が高いことが分かる.また,T06 に対してはT11までが相関係数が高く,line1はT01, T02-05,T06-11までの3つの元素構成のグループである ことが分かる.同様にline2では,T13,T12-20,T21-T23, 24-25の4つに分けられる.line3は,T26と28,T27の 2つに分けられることが相関係数の解析から知ることが できる.

4. まとめ

石川海岸を構成する海岸砂は12種類の構成元素で構成され主要な元素はSi, Fe, K, Alの4元素であることが分かった.岸沖方向の海底砂は水深によって構成元素の構成が異なり、水深0-5m、5-10m、10-15mで大きく3つの異なる構成元素に分けられることがわかった.

<謝辞>

本研究は国土交通省河川砂防技術研究開発の助成を受けた.

<参考文献>

 1) 武藤和宏 ・宇多高明 ・島 敏明 ・岡本俊策(1992): 高 波浪によるバーの大規模変動の観測-石 川海岸の離岸堤・ 人エリーフ沖の地形変化-,海岸工学論文集,第 39 巻, pp.446-450.

2) 武藤和宏 ・宇多高明 ・島 敏明 ・岡本俊策(1992): 高 波浪によるバーの大規模変動の観測-石 川海岸の離岸 堤・人工 リーフ沖の地形変化-, 海岸工学論文集, 第39巻, pp.446-450.