

自然海岸における化学元素の特徴に関する研究

豊橋技術科学大学 学生会員 ○井手美里
豊橋技術科学大学 学生会員 村田充彦
豊橋技術科学大学 正会員 加藤 茂
豊橋技術科学大学 正会員 岡辺拓巳

1. 諸言

陸域から海域への供給土砂量が減少したことによる海岸侵食が各地で問題となっている。そのため、限られた量の土砂を沿岸流砂系内で効果的に利活用し、全体としての最適な土砂管理が必要である。そのためには、砂浜の状態や土砂移動の状況を把握することが必要であり、測量などによる地形調査や着色砂を用いた土砂動態調査などが実施される。しかし、これらの調査は調査・作業時間や費用などの面での負荷が大きく高頻度、広範囲で実施することは容易ではない。それに対して、加藤ら（2012）は蛍光 X 線分析（XRF 分析）を用いて海浜砂の化学元素含有量を計測し、それによって砂浜の状態を把握することを試みている。しかし、XRF 分析には僅か数 g 程度の砂を用いるだけであるため、1 地点での採取サンプルの分析結果を砂浜の代表値として用いるためにはその妥当性について検討が必要である。光山（2011）は砂浜の 3 地点で採取したサンプルを用いて XRF 分析を行い、分析結果の比較から 1 地点での採取およびその分析結果を代表値として用いても問題ないと結論付けている。しかし、岸沖方向の僅か 3 地点での分析結果を用いたのみであるため、今後、更に XRF 分析を砂浜の地形変化や土砂移動調査へ活用するためには、分析結果の妥当性、代表性を詳細に検討しておくことが必要である。そこで本研究では砂浜において化学元素種およびその含有量の空間分布を調査し、その特徴把握を試みた。

2. 調査概要

細谷町地先の海岸（以降、A 海岸）を本研究の対象海岸とした。A 海岸では消波ブロックが汀線とほぼ平行に設置されているため、そこに基準点を設置して調査を実施した。図-1 に示すように沿岸方向に 10m 間隔（7 側線、60m の範囲）を設定し、岸沖方向には 10m 間隔で汀線付近まで試料採取を行った。調査は、2014 年 9 月 29 日、10 月 10 日、10 月 17 日、10 月 29 日の計 4 回実施した。1 回目と 2 回目の調査日の間には、台風 18 号が A 海岸沖の海上を通過し、静岡県浜松市付近に上陸した。また、2 回目と 3 回目の間にも台風 19 号が発生し、A 海岸付近（内陸側）を通過した。このため、4 回の調査期間中に A 海岸

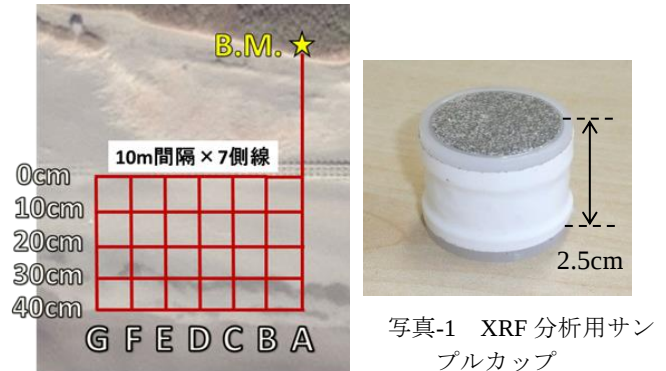


図-1 A 海岸での試料採取点の配置

では顕著な地形変化が確認されている（試料採取と同時に砂浜の地形測量も実施済み。詳細は省略）。海象条件の違いにより、最初の 2 回は岸側基準点から 40m 地点まで（5 地点）で採取したが、後の 2 回は 50m 地点（6 地点）まで採取可能であった。したがって、1, 2 回目の調査では沿岸 7 測線×岸沖 5 地点の 35 サンプル、3, 4 回目の調査では、沿岸 7 測線×岸沖 6 地点の 42 サンプルを採取した。これら各地点では、砂浜表層の砂をポリエチレン広口瓶（100ml）に採取した。採取した試料は実験室に持ち帰り、乾燥炉で約 1 時間乾燥させたのち、指定のサンプルカップ（写真-1）に約 5g を封入し、すべて採取サンプルに対して XRF 分析を行った。XRF 分析には、エネルギー分散型成分分析計（NITON 社製、XLt792YW）を用いて、金属元素（24 種）の測定を行った。

3. 砂浜における検出化学元素の特徴

各調査日において XRF 分析で検出された化学元素の検出地点割合（調査日に全地点で検出されれば 100%）、元素含有量（ppm）の平均値と標準偏差を表-1 に示す。今後、砂浜での地形変化との対応関係を検討することを念頭に、XRF 分析結果の特徴を把握した。4 回全ての調査日と採取地点で検出された元素は Sr, Rb, Fe, Mn, V, Ti, Ca, K, Cl の 9 元素である。反対に、4 回全ての調査日と採取地点で検出されなかった元素は Sb, Sn, Cd, Ag, Pd, Se, S の 7 元素である。これに加えて各調査日で検出できる確率が約 10%以下である As, Hg, Cu, Co は、検出される頻度が非常に低く、砂浜の特徴を示す指標として調査に用いることは不適切であると考えら

表-1 A 海岸における XRF 分析結果の一覧

(平均値, 標準偏差: ppm)

調査日	総サンプル数		Sb	Sn	Cd	Ag	Sr	Rb	Pb	Se	As	Hg	Zn	Cu
2014.9.29	35	検出地点	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	3%	0%	97%	11%
		平均値	0.0	0.0	0.0	0.0	177.2	45.2	0.0	0.0	16.1	0.0	35.0	44.2
		標準偏差	NA	NA	NA	NA	7.0	2.8	NA	NA	NA	NA	3.9	3.6
2014.10.10	35	検出地点	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	11%	0%	97%	11%
		平均値	0.0	0.0	0.0	0.0	176.6	48.1	0.0	0.0	15.1	0.0	37.0	43.4
		標準偏差	NA	NA	NA	NA	7.3	3.7	NA	NA	0.8	NA	6.1	6.6
2014.10.17	42	検出地点	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	2%	100%	10%
		平均値	0.0	0.0	0.0	0.0	173.4	48.7	0.0	0.0	0.0	14.3	34.7	41.4
		標準偏差	NA	NA	NA	NA	8.6	5.2	NA	NA	NA	NA	5.5	6.2
2014.10.29	42	検出地点	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	2%	5%	90%	2%
		平均値	0.0	0.0	0.0	0.0	174.2	50.0	0.0	0.0	15.5	15.2	34.7	57.7
		標準偏差	NA	NA	NA	NA	8.8	5.4	NA	NA	NA	0.7	6.2	NA
調査日	総サンプル数		Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Sc	Ca	K	Cl	S
2014.9.29	35	検出地点	57%	3%	100%	100%	100%	100%	100%	34%	100%	100%	100%	0%
		平均値	127.3	339.1	18419.3	485.6	193.2	79.8	3257.4	153.1	21608.0	18911.2	14695.5	0.0
		標準偏差	26.3	NA	5982.5	213.4	156.8	19.5	1205.7	23.1	6033.1	1766.7	2358.4	NA
2014.10.10	35	検出地点	49%	3%	100%	100%	100%	100%	100%	34%	100%	100%	100%	0%
		平均値	117.8	395.5	15350.5	390.2	137.1	71.8	2652.2	150.3	17538.5	19643.6	17489.2	0.0
		標準偏差	22.2	NA	5991.1	197.3	162.9	17.0	1244.3	25.0	5752.0	1861.9	3634.8	NA
2014.10.17	42	検出地点	33%	10%	100%	100%	98%	100%	100%	17%	100%	100%	100%	0%
		平均値	124.3	270.1	15346.0	378.4	98.9	71.2	2547.4	141.9	17521.2	20229.0	16037.4	0.0
		標準偏差	27.9	66.9	7311.9	214.5	69.0	15.9	1103.9	53.1	6985.1	2502.8	4011.7	NA
2014.10.29	42	検出地点	38%	2%	100%	100%	98%	100%	100%	31%	100%	100%	100%	0%
		平均値	132.7	341.9	15724.3	399.9	135.8	75.4	2777.2	147.8	18130.9	20951.7	14218.2	0.0
		標準偏差	37.4	NA	6944.0	227.1	115.5	17.8	1189.1	29.0	6890.3	2840.9	2505.4	NA

れる。一方、全調査日・採取地点で検出された Sr と Rb は、平均値と標準偏差が非常に安定しており、標準偏差は平均値の約 10% 以内に収まっている。XRF 分析の相対的な正確さは 10% 程度であるため (河合, 2012), Sr と Rb における値のバラつきは有意なものとは考え難い。しかし、調査期間中には対象海岸の近くを台風が通過しており、それによる地形変化も確認されている。したがって、Sr と Rb は調査地点の特徴を示す化学元素になる可能性もあるが、同じ砂浜でその変化を継続的に調査する場合には、指標として用いることが困難であると考えられる。以上より、A 海岸を対象とした調査では、Fe, Mn, V, Ti, Ca, K, Cl (検出率 100%), Zn, Cr (検出率 90% 以上), Ni, Sc (検出率 10~90%) の 11 元素が分析対象になると考えられる。

4. 元素含有量の空間分布特性

各調査回での Fe と Mn, V, Ti, Ca の含有量の相関を調べたところ、非常に高い正の相関を示す一方で、Fe と K は高い負の相関を示した。そこで、Fe

と K の含有量の空間的な対応関係を調べた。図-2 は、2 回目の調査で得られた Fe 含有量と K 含有量の空間分布を示している。横軸は陸側基準点 (消波ブロック) からの距離、縦軸は汀線に平行な沿岸方向距離を示している。Fe 含有量は陸側で高い値を示し、反対に K 含有量は海側 (波打ち際) で高い値を示す傾向が確認された。Cl に関しては、1~3 回目の調査結果では Fe 含有量との顕著な関係は確認できなかったが、4 回目の結果に限っては Fe と明確な負の相関を示すことが確認できた。

5. 結論

本研究では 24 元素の定量分析が可能な蛍光 X 線分析器を用いて、自然海浜で検出される化学元素種とその特徴について、調査・検討を行った。その結果、17 元素の検出が確認され、今後の継続的な地形変化調査への適用を考えた場合、そのうちの 11 元素が分析対象になる可能性があることを明らかにした。また、元素含有量の空間分布を確認した結果、Fe は陸側で含有量が高く、K は波打ち際で値が高くなることが明らかとなった。また、状況によって Cl も K と同様の特徴を示した。今回の 4 回の調査は台風の来襲を跨いで行われており、砂浜の環境も調査期間中に変化していると考えられる。実際に、砂浜地形の顕著な変化は地形測量によって確認されている。今後は、地形変化との対応についても検討する予定である。

参考文献

- 加藤 茂・光山英典・岡辺拓巳・青木伸一 (2012): .沿岸域での土砂堆積・侵食域調査における蛍光 X 線分析の適用に関する検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.68(2), pp. I_651-I_655.
- 光山英典 (2011) 蛍光 X 線分析を用いた土砂分布特性の把握に関する研究, 豊橋技術科学大学卒業論文, 34p.
- 河合 潤 (2012) 蛍光 X 線分析, 共立出版, p.26.

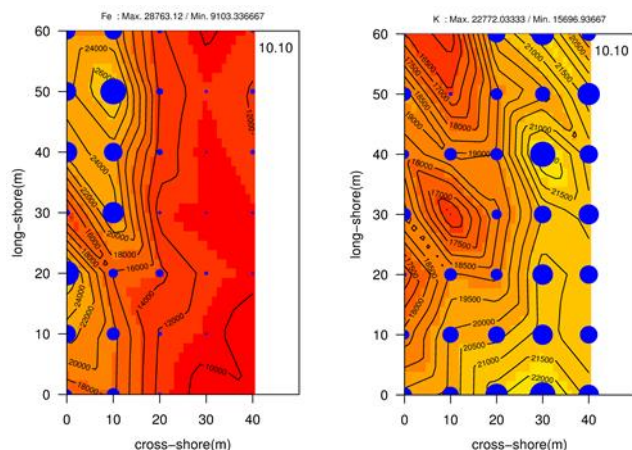


図-4 A 海岸における元素含有量分布の例 (左: Fe, 右: K)