

サンゴ海浜砂の化学成分組成に基づく沖縄赤土汚染の評価

防衛大学校建設環境工学科 学生会員 ○吉武 義将
防衛大学校建設環境工学科 正会員 山口 晴幸

1. はじめに

赤土流出による海域汚染は沖縄本島のみならず、近年では、沖縄の他の島々でも深刻な環境問題となりつつあり、海洋・海浜生態系への影響始め、自然景観・海食資源等に甚大な被害を齎している。特に、沖縄本島では大きな社会問題として常態化しており(写真1)、1995年10月に「赤土流出防止条例」を施行して以来、海域への赤土流出を防止・軽減するための様々な方策・対策が実施されてきた。しかし主要な流出源となっている農耕地や土地開発地などでの抜本的な改善対策は進展しておらず(写真2)、未だに赤土流出による海域汚染問題は回避された状態にあるとは言い難い。さらに昨今では離島への観光人気が高まり、八重山諸島の石垣島や西表島などには年間約70万人以上もの観光客が入島することで、宅地・農地の開発やライフラインの整備事業等が活発化し、海域への赤土流出問題が深刻化しつつある(写真3)。海域への赤土流出や堆積状況を調査し汚染実態を詳細に把握することは、海域環境の現況を認識し、汚染防止対策を押し進めていく上で極めて重要である。



写真1 海域の赤土汚染



写真3 農地からの赤土流出



写真2 赤土流出

海域への赤土流出による汚染状態を評価する方法としては、一般に、海域に沈降堆積した底質土に含有されている懸濁物質の質量を評価する測定方法が用いられている。

この測定方法は、海底や干潟域に沈降堆積した赤土等の土壌微粒子量を測定して評価する方法で、赤土汚染の標準的な評価方法となっている。しかしこの測定方法を、赤土流出で濁水化した海水が波浪によってサンゴ白砂浜の海浜域を赤色化させる汚染評価に適用することは難しい。本報告では、沖縄特有のサンゴ・貝殻などの石灰質成分を主体とした海浜砂と混入赤土微粒子成分との含有酸化物成分組成の相違に着目した評価手法を導入して、表1 調査とサンプリング概要 琉球列島の主要な島々における海浜域への赤土流出に起因する汚染実態とその定量的評価を試みた。

2. 調査と実験

沖縄本島に加え、昨今観光人気の高い石垣島と西表島を中心に、琉球列島の8島63海岸から78サンプルの海浜砂を採取した(表1)。大半の海浜砂のサンプルは2013年に採取したものであるが、数サンプルは2008~2010年に掛けて採取したのも含まれている。海浜域での海浜砂の採取に際しては、海浜域を代表するほぼ中央部波打際付近で表層部(表面から深さ5~10cm程度)の海浜砂を採取している。海浜砂の赤土汚染の評価に用いるためのサンゴ・貝殻は5サンプル、赤土は9サンプルで、それぞれ表1に示す島の海浜と陸域で採取している。海浜域への赤土混入による汚染度合を定量的に評価するために試みた海浜砂、赤土、サンゴ・貝殻サンプルに関する含有酸化物成

島名	調査年	調査海岸数	採取サンプル数		
			海浜砂	サンゴ・貝殻	赤土
本島	2008	9	11	2	
	2010				
	2013				
宮古島	2010	16	17		4
	2013				
石垣島	2009	10	17		2
	2013				
竹富島	2010	4	4		
西表島	2013	11	14	1	1
黒島	2010	1	1		
波照間島	2013	3	3	1	1
与那国島	2013	9	11	1	1

キーワード 赤土汚染, 海岸環境, 琉球列島, 海浜砂, サンゴ・貝殻, 酸化物成分組成

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL 046-841-3810 E-mail :

fr_frt_yo2@yahoo.co.jp

分組成の解析には、蛍光 X 線分析装置 (XRF—1500 型島津製) を用いた。

3. 分析結果と考察

(1) 含有酸化物成分組成解析に基づく赤土汚染の評価

海浜域での赤土汚染の本評価方法は、蛍光 X 線分析結果に基づき、赤土とサンゴ・貝殻等間での鉱物学的な違いに起因する主要酸化物成分組成の大きな相違に着目しており、海浜砂への赤土の混入量を評価し、赤土による汚染度をランク表示する方法である。

まず図 1 に示す赤土の成分分析結果をみると、主要な含有酸化物成分はケイ酸 (SiO₂)、酸化アルミニウム (Al₂O₃)、酸化鉄 (Fe₂O₃)、酸化カリウム (K₂O) で、しかもこの 4 酸化物成分の質量%の総量は、図 2 に再プロットしている様に、90%以上を占めていることがわかる。この結果は国頭マージや島尻マージなどの琉球列島に広く堆積分布している赤土の典型的な酸化物成分組成を示している。

一方、琉球列島の島々はサンゴ礁で囲まれており、大半の海浜域はサンゴ、貝殻、有孔虫遺骸などの石灰質成分の粒子や破片等を主体として構成されている。そのため、赤土汚染の影響を全く受けていないと思われる海浜砂などは、本来、サンゴ・貝殻などの石灰質成分を主体に構成されていたと想定される。そこで図 3 と図 4 には、サンゴ・貝殻を粉砕して作製したサンゴ・貝殻サンプルについての酸化物成分組成の分析結果を示している。サンゴ・貝殻サンプルは石灰質成分なので、当然、酸化物成分で表示すると、大部分は酸化カルシウム (CaO) が占め、全質量%の 90%以上で、他に酸化マグネシウム (MgO) と酸化ナトリウム (Na₂O) が数%以内含まれている。赤土の主要酸化物成分であるケイ酸 (SiO₂)、酸化アルミニウム (Al₂O₃)、酸化鉄 (Fe₂O₃)、酸化カリウム (K₂O) は微量である。逆に、図 1 と図 2 に示したように、赤土では CaO, MgO, Na₂O の含有量は微量となっている。この結果から、当然、海浜砂に赤土が混入し汚染が進行すると、海浜砂には SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O の赤土を構成する酸化物成分が増加することになる。このような赤土の混入量に伴う酸化物組成の変化を定量化することによって、海浜域での赤土汚染の実態を定量的に評価することが可能となる。

そこで、まず上述した赤土とサンゴ・貝殻サンプルの平均的サンプルの主要酸化物組成をそれぞれ図 5 に示す。

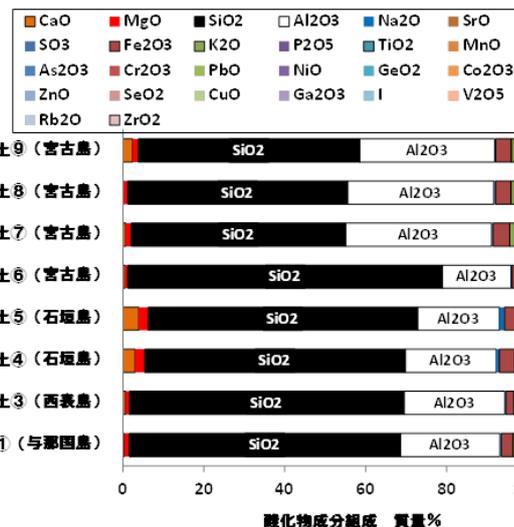


図 1 赤土の酸化物成分組成

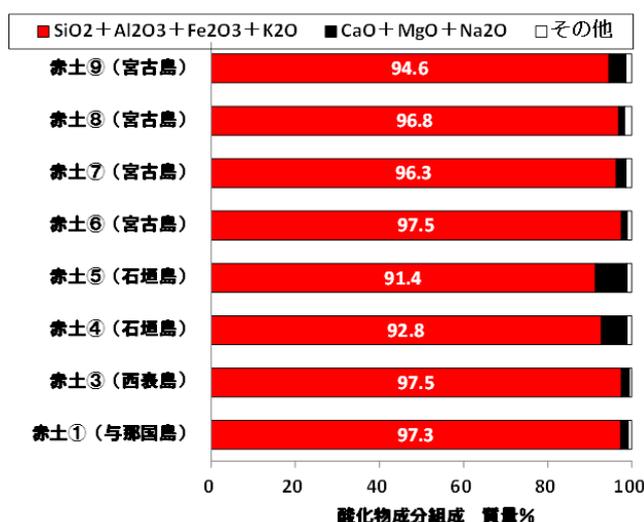


図 2 赤土の主要酸化物構成

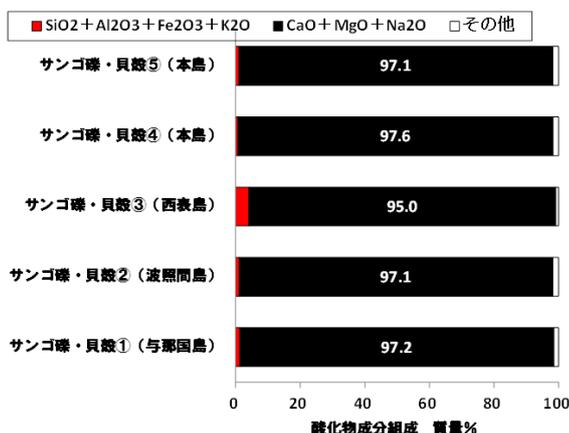


図 4 サンゴ・貝殻の主要酸化物構成

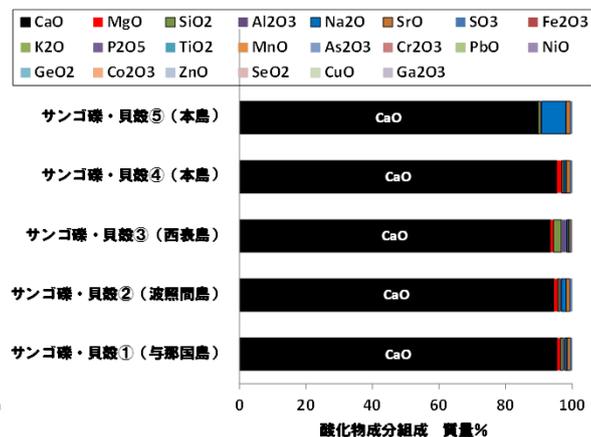


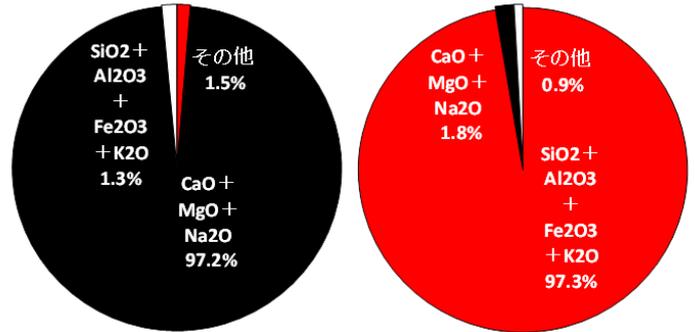
図 3 サンゴ・貝殻の酸化物成分組成

サンゴ・貝殻への赤土の配合百分率(R：全質量に対する赤土の質量割合(%))を20%ずつ増し、4段階に調整して作製した混合サンプルについて、酸化物組成の推移を示したのが図6である。当然、赤土の配合割合の増加に伴い[SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O]の酸化物成分の割合が増大し、逆に[CaO, MgO, Na₂O]の酸化物成分の割合が明瞭に減少していくことが分かる。この結果を赤土の混入量を算定する検量線と位置付け、

(CaO+MgO+Na₂O) ~ (SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃+K₂O) 関係図として表示したのが図7である。赤土とサンゴ・貝殻サンプルの結果は、それぞれ横軸と縦軸の両軸付近にプロットされる。混合サンプルでは、配合百分率が增加するにつれて、そのプロットは右肩下がり減少する。関係図に示すように、各配合百分率で求めたプロットを順次原点と結び、各直線によって挟まれた領域で、赤土の混入量を示す汚染度ランクを表示することにする。汚染度ランクはIからVまでの5段階に区分し、数字が高くなるに従い赤土の混入量が増し、汚染度合の激しいことを意味する。即ち、縦軸からの時計回り方向への回転角度(θ)が増加することで、サンプルの汚染度ランクは増加することになる。この関係図を海浜域での赤土による汚染度合を判定する評価図として活用することで、列島での海浜域における赤土汚染の実態を定量的に把握することが可能となる。

(2) 海浜域における赤土汚染の実態評価

今回、琉球列島での8島63海岸で採取した海浜砂(78サンプル)の主要酸化物組成に基づいて作成した評価図を用いて、赤土による海浜域の汚染度合を判定したのが図8で、その結果を島ごとに海岸地点上にマップ表示したのが図9である。図8の結果から、各島での赤土汚染の状況が直観的に把握でき、沖縄本島、石垣島、西表島では調査海岸の中に、汚染度ランクV、IV、IIIの海岸が若干確認される。他の島での調査海岸では、大半が1ランクで赤土の混入量の低いことがわかる。なお沖縄本島での調査海岸は、主にホテルビーチや海水浴場海岸など比較的管理・保全がなされた海岸が対象であった。図9のよう



(a) サンゴ・貝殻の平均組成 (b) 赤土の平均組成
図5 平均的主要酸化物構成

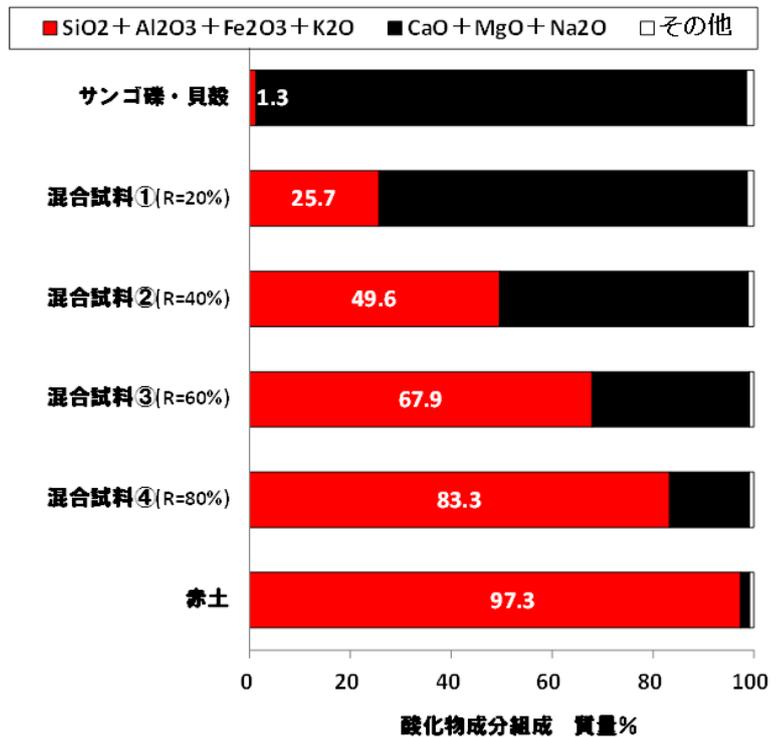


図6 混合試料の主要酸化物構成

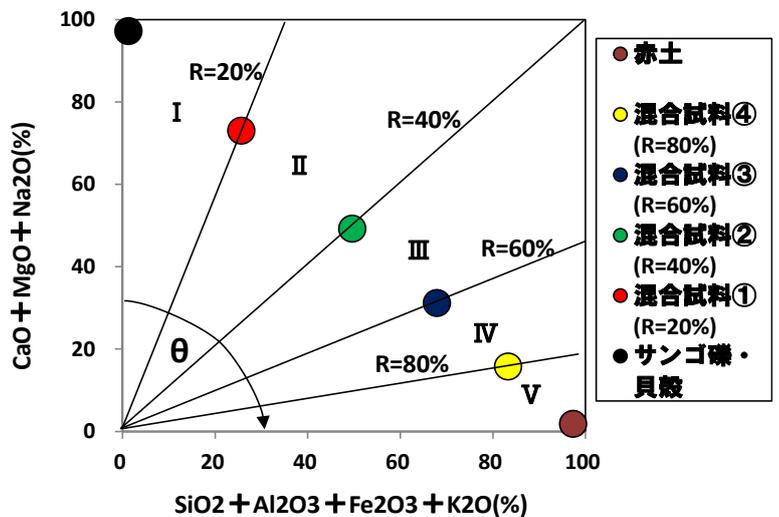


図7 赤土汚染ランクの評価図

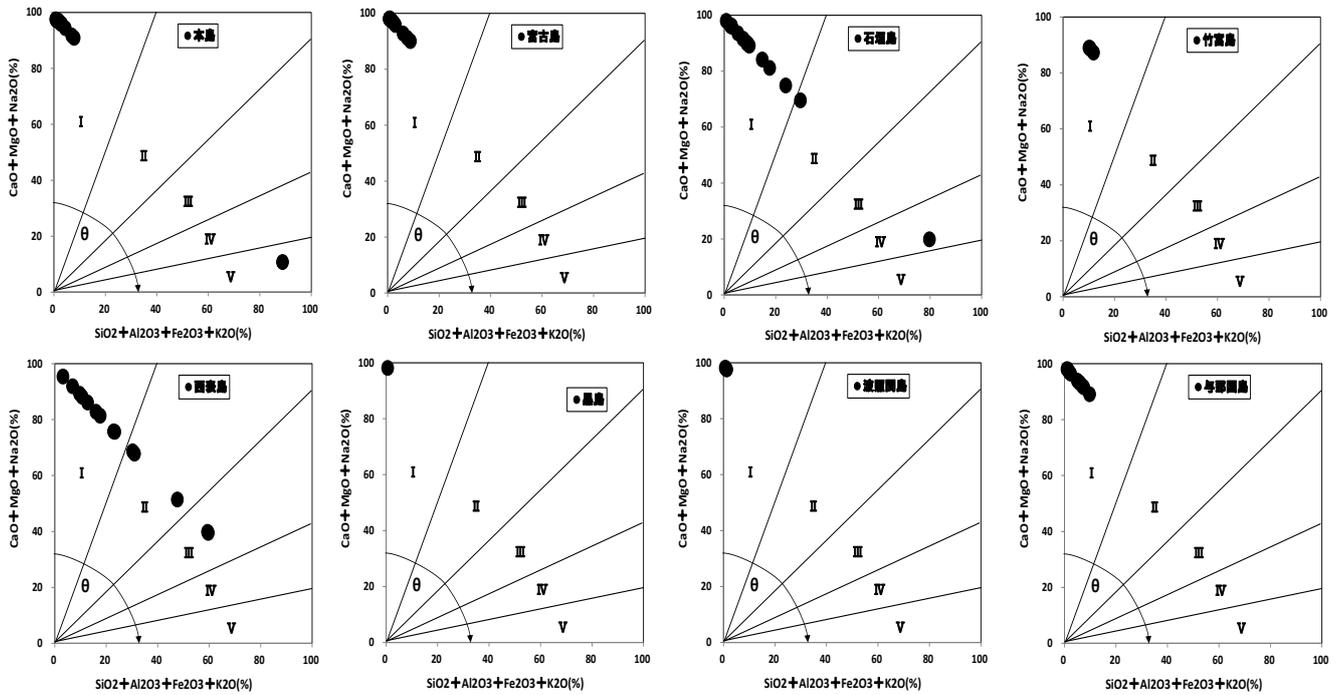


図8 琉球列島の主要な島々での海浜域における赤土汚染のランク状況

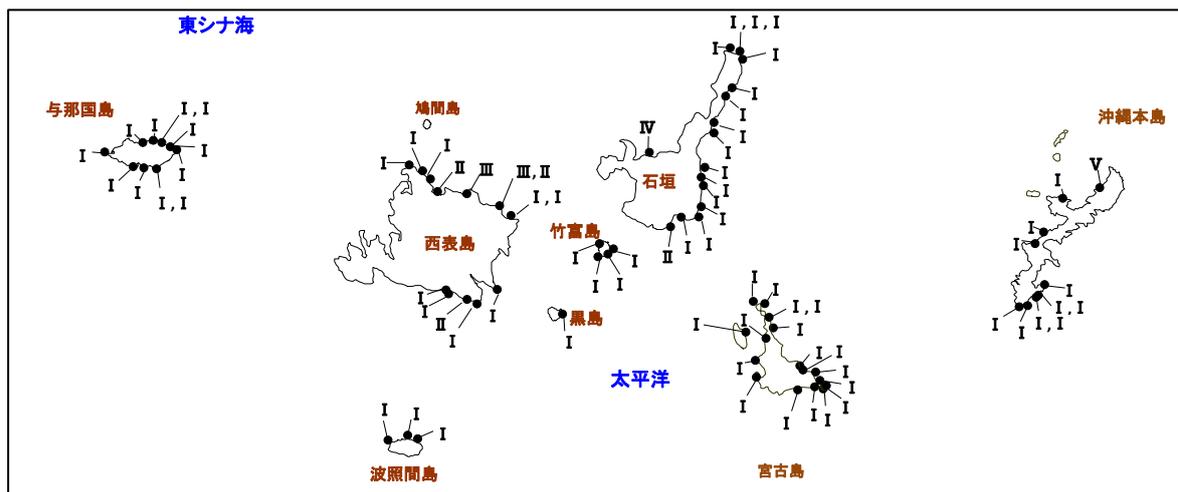


図9 琉球列島における赤土汚染ランクの海岸地点マップ

に、汚染度ランクをプロットした海岸マップを作成・活用することで、海域への赤土流出源となっている河川流域や河口付近、海浜域に近接した赤土裸地域などを選定し、赤土汚染の発生源を広域的に評価するのに役立てられる。

4. むすび

琉球列島での代表的な島々を対象として、海浜砂等の主要酸化物成分組成に基づいて、海浜域の赤土汚染の実態評価を試みた。石垣島と西表島では汚染度の比較的高い海浜域が確認された。当研究室では、現在、十数年以前に列島全域に亘って採取した海浜砂の赤土汚染データとの比較検証を試みている。今後、海浜砂の分析サンプル数の増加を図り、海浜域における赤土汚染の経年的な進行状況を定量的に把握し、赤土流出の防止・軽減対策や海浜域の環境保全対策に反映させるために、サンプリング調査の充実に努めたい。

参考文献

- 1) 斎藤和伸・山口晴幸・増永和弘：沖縄県における赤土汚染問題に関する研究，土木学会第11回地球環境シンポジウム講演論文集，pp. 63～72 (2003. 9).
- 2) 山口晴幸・斎藤和伸：琉球列島での赤土汚染の実態と評価，土木学会第12回地球環境シンポジウム講演論文集，pp. 279～288 (2004. 9).