

第6章 海浜・干潟域への赤土流出の汚染度評価

6.1 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沖縄の他の島々でも深刻な環境問題となっており、観光業、漁業、養殖業などに甚大な被害をもたらしている。特に、沖縄本島では大きな社会問題となっており、赤土流出を防止するための様々な方策・対策が実施され、海域への流出を防止・軽減する努力が払われている。しかし主要な赤土流出源となっている農耕地、土地開発地、米軍演習地などでの抜本的な改善対策は進展しておらず、いま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。海域への赤土流出状況や堆積状況などを観測して汚染実態の全貌を詳細に把握することは、海域環境の現況を知り、汚染防止対策を確立する上で極めて重要で必要不可欠なことである。

海域への赤土流出による汚染状況の評価する方法として、現在、海域に沈降堆積した底質土に含有されている懸濁物質量を評価する簡易測定法（SPSS 測定法）がある。この測定手法は、海底や干潟域に沈降堆積した赤土等の土壤微粒子を測定して評価する手法で、大見謝¹⁹⁾により開発されている。その後、水産業改良普及所により改良され、赤土汚染の標準的な評価手法となっている。

本章ではこの SPSS 測定とは異なる新たな評価手法を提案し、その手法に基づいて、海浜・干潟域への赤土流出に起因する汚染度評価を試みている。

6.2 赤土汚染の評価方法

本研究では、海域の赤土汚染状況の評価を行うために海浜・干潟域で採取した海浜砂や底質土について蛍光 X 線回折装置による含有酸化物成分の分析を実施している。ここでは、赤土を構成している主要酸化物成分の含有量に着目した海浜・干潟域における赤土汚染の評価方法を提案している。即ち、赤土とサンゴ・貝殻等間の化学成分組成における大きな相違に着目して、海浜砂や干潟底質土への赤土の混入量を定量化し、汚染度をランク表示する手法である。

赤土の含有酸化物成分は、前章でも記述したが、**図 6-1(a)**に示すようにケイ酸 (SiO_2)、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化鉄 (Fe_2O_3)、酸化カリウム (K_2O) が全質量比の 90%以上を占めている。ここでの結果は、本島中部地域の太平洋側と東シナ海側の 3 地点 (01 志嘉座, 10 ウツタ川, 11 志嘉座 No. 1) での赤土の含有酸化物組成の平均値を示しているが、この組成値は、国頭マージや島尻マージなどの沖縄に分布している赤土の典型的な含有酸化物組成を表してい

る。

一方、亜熱帯地域に属する沖縄県の多くの島々はサンゴ礁で囲まれていることから、本来は、分布する海浜砂や底質土はサンゴ片、貝殻、有孔虫(バキュロジプシナ、カルカリナなど)の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たと考えられる。そこで、赤土汚染の影響を受けていない海浜砂などはサンゴ片や貝殻破片などの石灰質成分の酸化物成分を主体に構成されていると仮定できる。図 6-1 (b) には、サンゴ礫の酸化物成分を蛍光 X 線回折試験で求めた結果を示している。図よりサンゴ礫は石灰質成分なので、当然、酸化物成分の大部分は酸化カルシウム (CaO) が占め、全質量比の約 92.4% になっていることが分かる。赤土の主要酸化物成分であるケイ酸、酸化アルミニウム、酸化鉄、酸化カリウムは微量であり、その総量は 2% 未満である。逆に、赤土では CaO, MgO, Na₂O の含有量は 2% 未満で微量である (表 6-1)。この結果から、当然、海浜砂に赤土が混入し赤土汚染が進行すると、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、赤土汚染の度合を評価することが可能となる。

そこで、赤土とサンゴ礫の配合百分率(全質量に対する赤土質量の割合(%))を 4 段階に調整し作製した混合試料について、酸化物組成の推移を示したのが表 6-1 と図 6-2 である。サンゴ礫に赤土を混合し、配合百分率を 20% ごとに増加させた混合試料を作製している。なお図表中の酸化物組成データでは、主要酸化物 (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, CaO, MgO, Na₂O) に着目し、それ以外の酸化物は極く微量なので除外して 100% 換算している。赤土の配合割合の増加に伴い (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O) 成分が増大し、逆に (CaO, MgO, Na₂O) 成分が明瞭に減少していくことが分かる。この結果を (CaO+MgO+Na₂O) ~ (SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃+K₂O) 関係として図示したのが図 6-3 である。赤土とサンゴ礫の結果は、それぞれ横軸と縦軸の両軸付近にプロットされる。また赤土とサンゴ礫の混合試料では、配合百分率が増加するにつれて、そのプロットは右肩下がりに減少する。図 6-3 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汚染度の激しいことを意味している。縦軸からの時計回り方向への回転角度 (θ) が増加することによって、測定プロットの汚染度ランクは増加することになる。この関係図は、石灰質の海浜砂への赤土の混入度合を定量的に判定できることを意味している。そこで、この酸化物組成関係図を海浜・干潟域での赤土汚染の評価図として利用し、海域における赤土汚染の実態把握のた

めに活用することにする。

6. 3 汚染評価を実施した海浜・干潟域

本研究で赤土汚染の評価を実施した地域を図 6-4 に示している。対象地域は沖縄諸島（沖縄本島，粟国島，伊平屋島，久米島），宮古諸島（宮古島，多良間島），八重山諸島（石垣島，黒島，小浜島，竹富島，波照間島，与那国島）の島々での海浜・干潟域である。また赤土の海域への運搬を担う河川からの海域への赤土の流出状況を調べるため，河口～干潟域における調査も実施している。その対象地域は沖縄本島中部太平洋側の宜野座村に位置する古知屋潟原干潟，石垣島の南部宮良地区の宮良湾と西部名蔵地区の名蔵湾である。これらの海浜・干潟域で赤土汚染調査を実施した時期と箇所数を表 6-2 に示している。各島で海浜砂を採取した地点については，沖縄諸島では図 6-5 と図 6-6(a)～(c)，宮古諸島では図 6-7(a)と(b)，八重山諸島では図 6-8，9(a)と(b)，10(a)～(c)にそれぞれ示している。図 6-5～10 中の調査地点を示すプロットの数字は，左側が採取年，右側が採取番号を意味している。

表 6-2 にまとめているように，海浜砂の調査地点は，沖縄諸島 4 島で 122 地点，宮古諸島 2 島で 33 地点，八重山諸島 6 島で 166 地点の総計 321 地点に及び，ほぼ琉球列島全域にわたっている。さらに以前より赤土流出問題が指摘されている沖縄本島と石垣島での 3 箇所の干潟では，総計 58 地点で底質土の赤土汚染調査を実施している。特に沖縄本島での 105 箇所の調査地点(図 6-5 参照)，石垣島での 107 箇所の調査地点(図 6-8(a)参照)に示すように，両島ではほとんどの河口域を含め海岸線全域にわたって海浜域での詳細な赤土汚染調査を試みている。

6. 4 赤土汚染度評価

6. 4. 1 海浜域での赤土汚染

本節では，6. 2 節で詳述した提案する赤土汚染度の評価手法を適用して，琉球列島の島々での海浜域における赤土汚染の実態について論述する。海浜域での海浜砂の酸化物組成に基づいて，図 6-3 に提示した酸化物組成関係図上で，海浜域での流出赤土に起因する汚染度を 5 段階でランク表示する手法である。

この手法を適用して，琉球列島の島々での海浜砂を分析し酸化物組成関係図上にプロットして汚染度ランクを表示したのが図 6-11～15 である。表 6-3 には各図と島との対応をまとめている。一連の図に示した酸化物組成関係図を見ると，明瞭な特徴が現れていることが分かる。まず沖縄本島と石垣島を除く他の島々での海浜域では，海浜砂のほとんどは汚染度ランクが I

の範疇にあることか分かる。汚染度ランクⅠは、赤土が海浜砂に質量比で20%未満混入している状態を意味している。しかも、これらの多くの島々での海浜砂は、本来のサンゴ礫の酸化物組成に近いことから、海浜域はほとんど赤土汚染の影響を受けておらず、サンゴ白砂の砂浜が広がっていることを意味している。この大きな理由として、これらのほとんどの島では高い山岳域がなく、標高の低い平坦な地形が形成されていることが多いことによる。しかも島内には海域へ流がれる河川などの地表流の少ないことが挙げられる。土地利用としては、都会域に見られるような大規模な土地造成地や公共土木工事用地などよりもむしろ農耕地や牧畜用地が主体となっており、赤土汚染が顕在化した場合には、その流出源はこれらの利用地が主流になるものと考えられる。

一方、**図6-11**に示す沖縄本島と**図6-14**に示す石垣島での酸化物組成関係図を見ると、海浜砂の汚染度ランクがⅠからⅤ範囲にわたって広く分布している。これは赤土による汚染度状態が異なる海浜域が広がっていることを意味している。その中には赤土本来の酸化物成分とほとんど同値の酸化物成分を有する海浜砂も多数見られる。そこで、赤土汚染の被害を受けている海浜域を視覚的に識別できるように、沖縄本島と石垣島での結果については、**図6-16**と**17**に汚染度ランクを明示した島マップを作成して、赤土汚染の実態を表示している。

平成6年、7年、14年と3度にわたり赤土汚染調査を実施している沖縄本島では、105箇所の海浜域中、半数に近い45海浜域で汚染度レベルがⅢ以上にあり、かなりの海浜域で赤土汚染の生じていることが理解できる。赤土汚染の地域的状况を**図6-16**で見ると、中部以西の東シナ海側と南部地域の海浜域では汚染度レベルはⅠまたはⅡがほとんどであり、赤土流出による汚染の影響はかなり小さいといえる。しかしながら中部太平洋側と北部地域では多くの海浜域で汚染度レベルがⅢ～Ⅴを示しており、汚染度レベルⅠ～Ⅱを示す海浜域は一部に見られる程度である。この結果からも、沖縄本島の海浜域は、赤土汚染の影響を強く受けていることが一目瞭然で分かる。この赤土流出の主因としては、中部太平洋側と北部地域に赤土の流出起源となる耕作地や土木工事地域などによる裸地化した地域や、短い急峻な河川の河口域が多く点在していることなどが挙げられる。また注目すべき点は、平成7年の調査結果より更に汚染度レベルの進んでいる湾域などがあることである。これは赤土による海浜域の汚染が今も進行している可能性が高く、早急な赤土発生源の究明と防止対策を実施することが強く要求される。

石垣島での状況を示した**図6-17**を見ると、汚染度レベルがⅢ～Ⅴを示すものは、78箇所の海浜域の内8海浜域である。この結果は、海浜域の赤土汚染域が沖縄本島に比較してかなり少ないといえる。しかし、東シナ海側では汚染度レベルⅡの海浜域が広く分布している。石垣

島についても農耕地などの裸地の地域が多く見られることから、今後の赤土流出状況により、汚染度レベルが上昇する可能性も考えられる。このため今後も定期的な赤土汚染調査を実施し、赤土汚染のモニタリングを通して、その動向について把握していくことが重要となる。

6. 4. 2 干潟域での赤土汚染

赤土による海域への汚染被害は主として河川によりもたらされる。それは、降雨により裸地化した地域から流出した赤土が河川に流入し、河口から潮流や沿岸流に乗って沖合に運搬されることによる。そのため河口域に発達している干潟域では赤土の堆積量が多くなり、地域によっては、サンゴ片、貝殻、有孔虫の遺骸などで構成される沖縄特有の白砂や礫がほとんど見られず、軟弱なヘドロ化した底質土が厚く堆積している干潟も存在している。

ここでは、干潟域での赤土流出による汚染度状況についてまとめている。対象とした干潟域は、赤土流出が指摘されている沖縄本島中部の慶武原川と松田鍋川の合流河口域に広がる古知屋潟原干潟、石垣島南部を流れる宮良川が注ぐ宮良湾と西部に位置する名蔵川が注ぐ名蔵湾に広がる3つの干潟域である。この調査においても節6. 2で提案した海浜砂の汚染度評価方法を適用し、5段階の汚染度レベルで赤土の汚染状況の評価した。各干潟域では海域での表層部の底質土を採取して試料としている。底質土の採取においては、古知屋潟原では湾内のかなり広い範囲にわたって実施している。また宮良湾と名蔵湾では、河口から干潟域までの底質土を一定間隔で直線的に採取し、赤土流出状況の下流・河口部から湾先端部への影響範囲を概略的に把握することを目的としている。

(1) 沖縄本島古知屋潟原干潟での赤土汚染

古知屋潟原干潟は、松田鍋川と慶武原川の合流河口から半径約650mの扇状の湾地形をなしている。両河川からは農耕地、土地開発、米軍演習地、レジャー施設建設などから発生²⁰⁾した赤土の流出が激しく干潟表面は赤褐色に変色しており、赤土微粒子が干潟の表層底質土に広く堆積しているのが観察できる(写真6-1)。この干潟域での赤土による汚染度状況を表示したマップを図6-18に示している。汚染度レベルを見ると、慶武原川と松田鍋川の河口付近を中心として海岸線に沿って、ほとんどの地点では、赤土の酸化物成分に近い汚染度レベルVとなっている。また干潟域の中央沖合に向かうに従い汚染度レベルはIIとIIIを示す地点が確認され、汚染度ランクは多少低下する傾向にある。しかし汚染度レベルは、全体的には非常に高く、古知屋潟原干潟のほぼ全域が流亡して堆積した赤土で覆われているといえる。

(2) 石垣島宮良湾と名蔵湾での赤土汚染

宮良湾と名蔵湾での赤土の汚染度状況を図 6-19 と 20 に示している。宮良川では湾の中央部に向って 11 地点で採取している。河口付近の①～⑤までの地点では汚染度レベルは V を示し、本島の古知屋潟原と同様に、赤土の酸化物成分に近い底質土が堆積していることが分かる。これは宮良川の流速が遅くまた河川幅が狭小であることから、赤土が沖合に運搬され海域に拡散しづらく、流出赤土が沈降堆積しやすいためと推察される。また⑥～⑩間の湾先端部方向では、汚染度レベルはⅢとⅣを示し、やや低い傾向にあるといえる。

次に名蔵湾についてみると、名蔵湾に注ぐ名蔵川は、本島の慶武原川などと同様に、以前から赤土流出が問題となっている河川である。しかし、河口から 200 m 程の地点より海域側では汚染度レベルはⅡ以下で、赤土の堆積はあまり見られなかった。この理由としては名蔵川の河口流域付近に名蔵アンパルと呼ばれる広大な湿原が広がっており、河川から湾内に流出する前に大部分の赤土が、この湿原で沈降・堆積していることが考えられる。そのため今後の名蔵湾の調査では、名蔵アンパル内の赤土の堆積評価を試み、どの程度天然の貯留沈砂池の役割を果しているのかを究明する必要があると考えている。

6. 5 まとめ

本章では、沖縄本島と石垣島での海浜・干潟域を中心に赤土の汚染実態とその評価を試みた。海浜域への赤土汚染状況では、本島と石垣島以外の島々ではほとんどの海浜域で汚染度レベルはⅠあるいはⅡ程度で、赤土流出の影響はあまり見られなかった。しかし沖縄本島では中部地域の東シナ海側から北部域および太平洋側の中部域にかけて汚染度レベルはⅣまたはⅤを示す海浜域が多数存在し、赤土汚染の非常に激しい海浜域となっていた。また石垣島では本島ほど汚染度レベルは高くはないが、汚染度レベルⅢ～Ⅳを示す海浜域が確認された。干潟域の 3 海域（古知屋潟原干潟、宮良湾、名蔵湾）での赤土汚染状況では、各干潟域の河口付近で高い汚染度レベルを示していた。特に、本島古知屋潟原の干潟と石垣島宮良湾では汚染度レベルが高く、広範囲な海域にわたって汚染度レベルがⅢ以上を示していた。石垣島名蔵湾では汚染度レベルは湾先端部の干潟域に移動するに従い低下する傾向を示し、湾内への赤土の流出は少なかった。これは河口付近に広大な湿原が存在することにより、干潟域に到達するまでに赤土が沈降・堆積するためと考えられる。