

サンゴ礁海域における赤土の流出過程と拡散特性に関する研究

山本 幸次* ・ 佐藤 慎司** ・ 仲座 栄三***
大谷 靖郎**** ・ 堀口 敬洋*****

1. はじめに

近年, 地球規模の環境問題がクローズアップされてきており, 我が国の南西諸島においてもサンゴ礁海域での赤土汚染が大きな社会問題となっている。サンゴ礁海域への赤土の流出は, サンゴの生息する場所(貴重な自然環境)を着実に消滅させ, 地球温暖化の一要因である二酸化炭素の吸収・固定生物の減少, および水産・観光資源への悪影響を招いている。このため, サンゴ礁海域への赤土の流出と影響について研究が行われ, 赤土の流出と背後地の開発との関係, 特定の海域における赤土流出によるサンゴの死滅状況などが明らかにされつつある(大見謝, 1992; 1996)。

また, サンゴ礁海域への赤土の堆積状況などに関する研究も行われている(灘岡・田村, 1991; 1993, 津嘉山ほか, 1991; 1992, 仲座ほか, 1994)。さらに, サンゴ礁海域に流出した赤土の拡散特性, サンゴ礁上に堆積した赤土の波・流れによる挙動特性についても, 現地観測および数値シミュレーションなどで検討されている(灘岡ほか, 1999a; 1999b)。本研究でも, 沖縄県屋嘉田海岸を対象として, 波・流れの観測, 底質調査, 降雨・河川流量調査などを行い, サンゴ礁海域における赤土汚染の実態と, 波浪・海浜流の特性と赤土の挙動との関係を検討したので報告する。

2. 調査方法

サンゴ礁海域に赤土が流出し, 汚染された海岸の例を写真-1に示す。写真の上段は沖縄本島西岸中部に位置する屋嘉田海岸で, 岬と岬に挟まれたポケットビーチとなっている。また, 沖合に2つの小島があり閉鎖的な海岸となっている。海岸の沖合のサンゴ礁上は赤白く, 全体的に赤土の汚染がひろがっている。写真中段は東岸中部に位置する久志海岸で, ポケットビーチであることは屋嘉田海岸と一致する。この海岸もサンゴ礁上は全体的に赤白く赤土に汚染されている。写真下段は西表島の干



写真-1 代表海岸における赤土汚染の実態

立海岸で, この海岸もポケットビーチである。写真右側に流入する河川から大量の赤土が流出している状況が読みとれる。

写真-1は, 沖縄県の海岸を対象として, 1990~1991年にかけて撮影された斜め空中写真である。これをもとにすれば, 赤土の流出が著しい場所は, やや規模の大きい河川が流入している湾内やポケットビーチであることが分かった。また, 沖縄本島では中部, 北部, 南部の順に

* 正会員 建設省土木研究所海岸研究室
** 正会員 工博 東京大学教授 工学系研究科
*** 正会員 工博 琉球大学助教授 工学部環境建設工学科
**** 正会員 (株)アイ・エヌ・エー

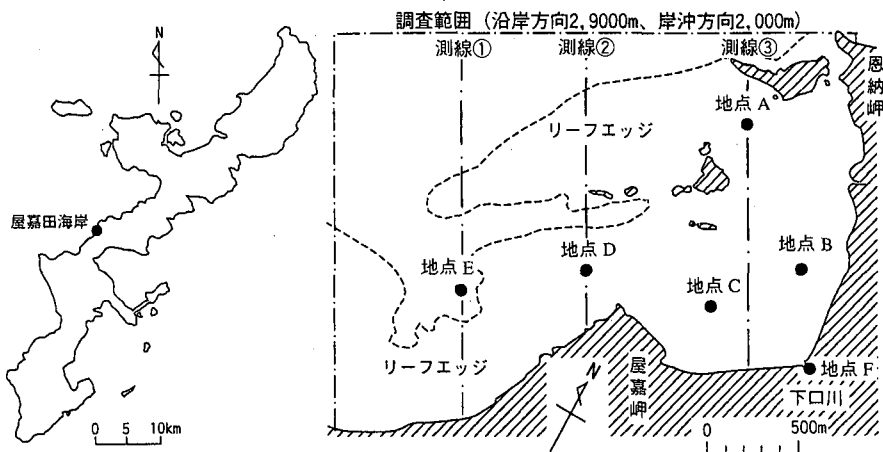


図-1 屋嘉田海岸の位置と計測機器の設置地点

赤土の流出が著しいようであり、離島においても閉鎖的な海岸では赤土の汚染が著しい。これは、開放的な海岸においては、流出した赤土は波や流れにより沖合に拡散して残留しないが、閉鎖的な海岸では沖合への赤土の流出を促進する流れが生じていないためと推定できる。

そこで、ポケットビーチ状の海岸を対象として、サンゴ礁海域における赤土汚染の実態と、波浪・海浜流と赤土の挙動との関連についての現地観測を行うこととした。対象としたのは、沖縄県の西岸中央部に位置する屋嘉田海岸で、北側と南側を岬状の地形(以下では便宜上、北側を恩納岬、南側を屋嘉岬と呼ぶ)で囲まれた延長約2 kmのポケットビーチである(図-1)。屋嘉田海岸の中央部には下口川が流入し、屋嘉岬より西側にはなだらかな海岸線が続くので、今回の調査では屋嘉岬西側のなだらかな海岸も含むことにした。

計測機器による波、流れ、濁度の観測は1998年1月26日～3月20日にかけて、地点A～Eの5地点において行った。深浅測量は沿岸方向約3 km、岸沖方向約2 kmの範囲で、30 測線について1998年1月26日に行った。赤土の分布状況を調べるための底質採取は1998年1月26日に1回目を、1998年3月20日に2回目をし、各回毎の採取は232地点とした。また、河川からの底質の流出量を把握するために、下口川河口の地点Fにおいて、河川横断測量と水位・流速の観測を行った。

3. 調査結果

調査範囲の海底地形はサンゴ礁で構成されており、図-1に破線で示したリーフエッジまでは水深5 m以浅と浅く、リーフエッジより沖側になると急深となる。深浅測量で得られた代表測線における断面形状を図-2に示す。地点Eを通過する測線①では海岸線から $X=500$ mまでは水深2 m以下と浅くなっているが、 $X=$

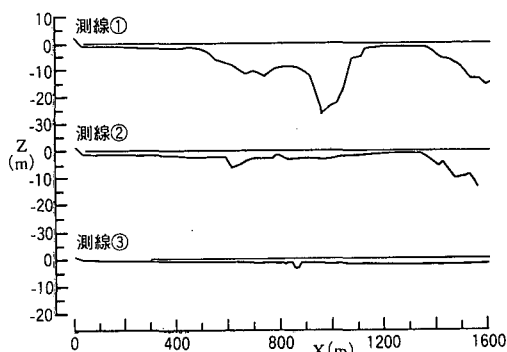


図-2 代表測線における断面形状

500～1000 mにかけては水深2 mから25 mと急になっっている。また、その沖側では急に浅くなり、 $X=1100\sim1400$ mに水深2 m以下の幅300 mのリーフエッジが形成されており、リーフエッジより沖側は、また急に深くなる。

地点Dを通過する測線②では $X=500$ m付近が水深8 mまで深くなっているが、 $X=1300$ mのリーフエッジまで浅いリーフが続く断面形状となっている。また、地点Aを通過する測線③では水深2 m以浅のリーフが $X=1600$ mまで続く断面となっている。測線②と③の断面形状から図-1に示した破線より岸側は浅いリーフであることが分かる。したがって、恩納岬と屋嘉岬の間には沖合約2000 mまで水深2 mのリーフが続いていることになり、高波浪はリーフエッジで碎波すると思われることから、波の影響を受けにくい状況にあると言える。

各地点での観測機器の設置水深は地点A, Dが約2 m、地点B, Cが約1 m、地点Eが11 mであり、高い濁度が観測されたのは地点Eのみであった。そこで、地点Eで観測された波浪を代表波として、地点A～Eにおける流

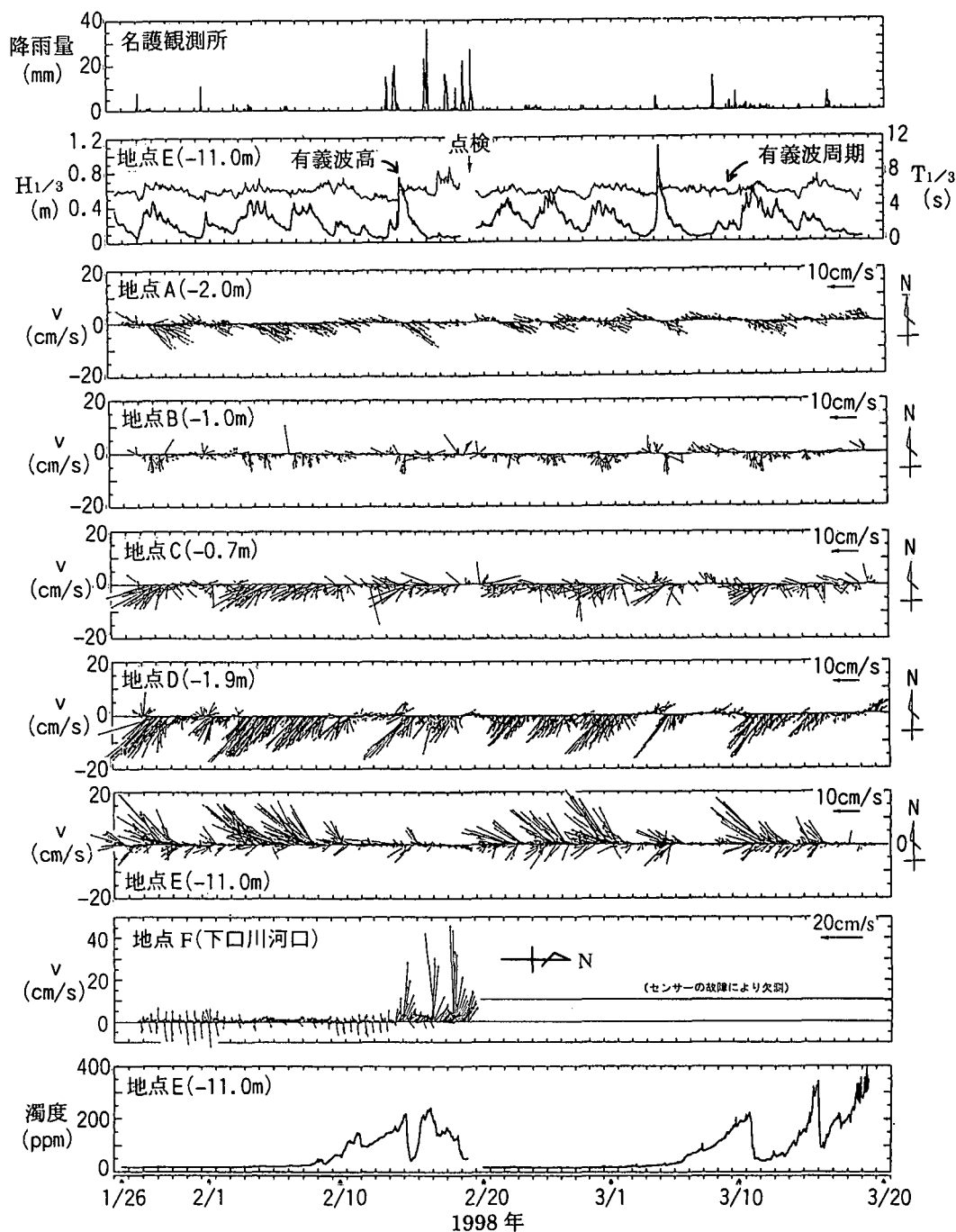


図-3 各観測地点での流れの観測結果

れとの関係調べるとともに、降雨と地点Eの濁度の経時変化から観測期間中の赤土の拡散特性を検討することとした。1998年1月26日～3月20日の観測期間中に名護観測所で得られた雨量と、地点Eで観測された波浪と濁度、各観測地点で得られた流れの経時変化を図-3に示す。

地点Aでは、代表波の波高が大きいときに東南東に向かうやや強い流れが、波高が小さいときに西北西に向かう弱い流れが観測されている。地点Eで観測された波浪の入射方向は西～北西の間に集中しており、観測期間中の地点Aの流向は波浪の強弱で決まるものと考えられる。地点Bでは干潮時における観測機器の露出による欠

測があるものの、波高が大きいときに南へ向かう流れ(海岸線に沿う流れ)が観測され、波高が小さいときには流れはほとんど生じていない。地点Cでも欠測はあるが、波高が大きいときに西南西に向かうやや強い流れ(岸向き流れ)が、波高が小さいときには弱い沖向き流れが観測された。

地点Dでは波高が大きいときに南西に向かう強い流れ(海岸線に沿う流れ)が観測され、波高が小さいときにはほとんど流れは生じていない。地点Eでは波高が大きいときに北西に向かう強い流れ(沖向き流れ)が見られるときがあるが、やや北よりの波が入射するときには波高が高くても流れは生じていない。以上のことから、観測期間中では波浪の来襲方向は西から北西の間に集中しており、波高が大きいときには沖合の2つの小島の間から海水が流入し、恩納と屋嘉田に広がるリーフ内の水位が上昇し、地点Dで西側への流れが生じ、リーフエッジの地点Eで沖側へと流出するものと推定できる。

地点Eでは高濃度の濁度が観測期間中に2回観測された。これは、降雨と対応しており、地点Fで下口川からの出水により西向きの流速が大きくなる時と一致している。また、地点Eで観測された濁度のピークは、降雨後に地点Cで西南西へ向かう流れが、地点Dで南西へ向かう流れが観測され、地点Eの流れが弱いときに見られる。地点Aで沖向きの流れが生じており、地点Eの流れがやや強いときには、降雨後であっても高い濁度は観測されていない。また、濁度が観測され始めるのは、降雨後において地点C、Dでの流れのパターンが濁度のピーク時と同じパターンになり、地点Eでも流れが観測される場合である。

1998年1月26日と3月20日に採取した底質を分析し、赤土の含有量を調べた結果を図-4、5に示す。底質中に含まれている赤土の量は、底質中懸濁物質含有量測定法(大見謝, 1996)によって測定した。観測開始直後の1月26日には、高濃度の赤土は岬の遮蔽域と、下口川河口を中心とした中央部に分布し、屋嘉岬西側ではリーフエッジ外にも分布していた。観測終了時の3月20日も同様な傾向を示すが、下口川河口沖合の赤土の濃度が高くなっている。これは、2月14～20日の降雨により下口川から赤土が流出したためと推定できる。また、観測終了時には観測範囲の西側にも赤土が分布するようになった。

4. 赤土の拡散特性に関する考察

ここでは、高波浪時の観測地点における流れの卓越方向を模式的に示した図-6をもとに赤土の拡散特性について考察する。屋嘉田海岸への赤土の流出源は図-6に示した①～④(流出の多いのは②、④)で、1995年の観

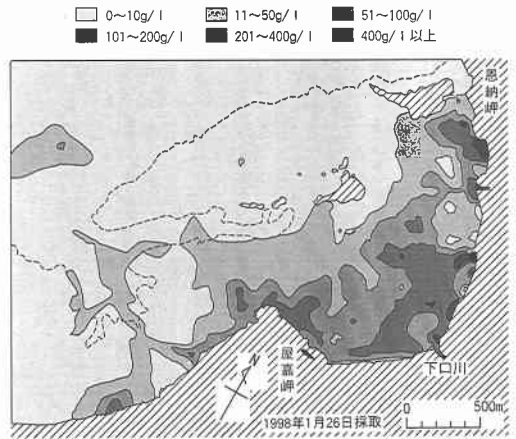


図-4 観測開始直後の赤土の分布状況

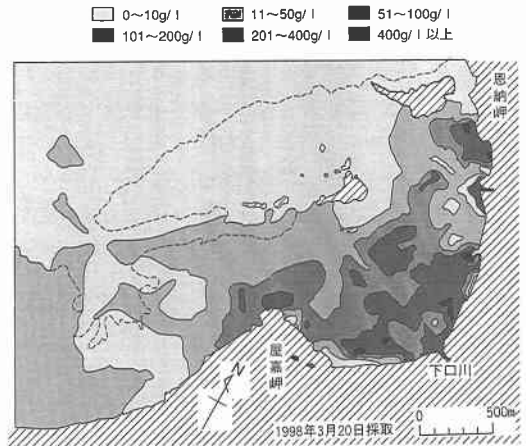


図-5 観測終了時の赤土の分布状況

測によれば約5mmの降雨量でも赤土の流出が確認されている。1998年1月26日～3月20日の観測期間中に名護観測所で得られた雨量によれば、5mm以上の降雨が十数回生じており(図-3)、それらの降雨で1995年と状況がほぼ同じ下口川河口部の②では赤土の流出があったと考えられる。

地点Eにおいて波高が比較的に高いときでも高い濁度は観測されていないことや、地点A～Dで高い濁度は観測されていないことから、観測期間中に来襲した波浪では観測前に堆積していた赤土(図-4)の巻き上げは生じなかったと考えられる。地点Eでは降雨により河口部②、④から流出した赤土がリーフ内の流れにより海岸線沿いに西側へと運ばれ、海底谷へ流出し、地点Eの流れが小さいときに沈降したために観測されたと考えられる。観測後にはこのような赤土の流出・移動により、谷茶の沖合と地点Eの海底谷に赤土が多く堆積するよう

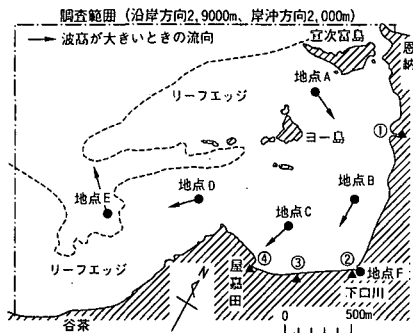


図-6 高波浪時の各地点の流れの卓越方向

になった(図-5)と推定される。

屋嘉田海岸では、河川から流出した赤土のほとんどは岬間に堆積する。しかし、卓越する流れの下手側では、岬を超えて沖へ流出する流れもあり、岬の沖合に急深な海底谷がある場合にはそこへの赤土堆積も生じる。また、屋嘉田海岸ではリーフエッジから岸側へと向かう流れが卓越するために、赤土の沖合への拡散は少ないと考えられる。屋嘉田海岸の北側から岸側へと向かう流れは海岸線に沿って南側へと流れ屋嘉岬を超えて更に南側への海岸に流出する。このため、赤土は屋嘉岬の南側の海岸にも堆積するとともに、屋嘉岬南側の沖合の急深な水路状の海底谷から沖合へ流出すると考えられる。

5. おわりに

屋嘉田海岸では、赤土の供給源である河口部①～④から流出した赤土のほとんどはリーフ内に堆積するが、波高が高い波浪が来襲する場合には時計回りの流れが生じ、海岸線沿いに西側へと運ばれ海底谷に沈降することが分かった。また、地点A～Dで高い濁度が観測されなかったことから、観測期間中に来襲した波浪では、過去に堆積した赤土の巻き上げ・拡散はほとんど生じないと言える。今回の現地観測では、河川からの赤土流出量を含めて定量的な検討を行う予定であった。しかし、降雨量が少なかったことや計測機器の故障などにより、河川からの赤土流出量の検討はできなかった。

したがって、今後のサンゴ礁海域での赤土汚染の調査研究に際しては、河川からの赤土流出量の定量的な把握

が課題として残されている。また、サンゴ礁海域に流出した赤土を回収・除去することは、経済的かつ技術的にかなり困難である。赤土の流出を防止するのが最適と考えられるが、海域に流出した場合はサンゴ礁海域の波や流れの特性を把握し、それを利用して赤土をリーフ外の実地谷へと誘導し、除去する方法が望ましいと言える。ただし、この場合、海底谷の生態系に関する詳細な調査を行い、赤土の影響が最小限であることを確認しなければならない。

謝辞：屋嘉田海岸での現地調査に際しては、沖縄県土木建築部河川課に協力していただいた。また、沖縄県衛生環境研究所環境生活部赤土研究室の大見謝辰男室長には助言をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 大見謝辰男 (1992): 沖縄県における赤土汚染の現状, 沖縄県公害衛生研究所報, 第26号, pp. 87-96.
- 大見謝辰男 (1996): 赤土堆積がサンゴに及ぼす影響, 沖縄県衛生環境研究所報, 第30号, pp. 79-86.
- 津嘉山正光・仲座栄三・高良尚樹・大山幸徳 (1991): 南西諸島海域における赤土流出の実態と新たな防止工法の開発, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 911-915.
- 津嘉山正光・仲座栄三・高良尚樹・屋良朝博 (1992): 赤土流出の発生とサンゴ礁水域での拡散について, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 945-949.
- 仲座栄三・津嘉山正光・砂川恵輝・金城 太 (1994): サンゴ礁海岸における赤土堆積と拡散に関する研究, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 1031-1035.
- 灘岡和夫・田村英寿 (1991): 衛星画像データによる沖縄リーフ海域における赤土堆積状況把握の試み, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 906-910.
- 灘岡和夫・田村英寿 (1993): 沖縄赤土流出問題に関する汎用衛星モニタリングシステム構築の試み, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 1106-1110.
- 灘岡和夫・二瓶泰雄・横山智子・大見謝辰男・下池和幸 (1997): 海底分光反射特性解析に基づくサンゴ礁海域衛星モニタリングの一般化の試み, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 1291-1295.
- 灘岡和夫・二瓶泰雄・横山達也・熊野良子・大見謝辰男 (1999a): サンゴ礁海域の水環境に関する陸水・外洋水影響の検討, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 1181-1185.
- 灘岡和夫・二瓶泰雄・熊野良子 (1999b): 高解像度水深マップを用いたサンゴ礁海域の流動シミュレーション, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 1186-1190.