

# サンゴ礁海岸における赤土堆積と拡散に関する研究

仲 座 栄 三\*・津嘉山正光\*\*・砂川 恵 輝\*\*\*・金 城 太\*\*\*\*

## 1. はじめに

奄美諸島以南の南西諸島には、国頭マージ（赤土）と呼ばれる赤黄色系土壌（酸性土壌）が広く分布している。この土壌は、植生などで表面を覆われている状態では比較的安定しているが、いったん表土を剥がされると極めて分散性の高い土壌となる。それゆえ、表土がむきでた状態の土壌は、弱い降雨でもすぐに河川や海域へ流出するという特性をもっている。いまや南西諸島の大半のサンゴ礁海岸では、その赤土流出によって未曾有の海域汚染が進行しつつある。赤土汚染によるサンゴの死滅は、水産資源や観光資源としての損失に留まらず、それが発端となってさまざまな環境変化をもたらすことも十分考えられる。赤土によるサンゴ礁海域の汚染に関する調査は、様々な角度から数多くなされている（例えば、翁長，1974；大見謝ら，1975；津嘉山ら，1992；灘岡ら，1993）。しかしながら、赤土による海域汚染が生物環境に及ぼす影響の定量的評価や、流出防止工法の開発などに関する成果は未だ十分でない。さらに基本的な問題であるサンゴ礁内の赤土の拡散・堆積に関する研究も未だ十分とは言えない。

サンゴ礁海域の赤土汚染の認識は、一般には陸域から直接海を眺めたり、降雨後の航空写真などを見ることによって行われることが多く、専門的な立場での調査結果に基づくものは非常に少ない。また、サンゴ礁海域に流出した赤土の拡散は、短時間に数 km 四方の広範囲にも及び、そのことが人力による調査を困難にしている。また、サンゴ礁上に堆積した赤土も波や流れの強弱によって極めて非正常に振る舞うため、そのことがさらにサンゴ礁上の赤土の拡散や堆積量の把握を困難にしている。

このようなことから、現在、サンゴ礁内に堆積した赤土を除去しようにも、いかなる手法を用い、いかなる工法で行うのかの検討さえも行えない状況にある。

以上のような状況に鑑み、本研究では、赤土流出による海域汚染が深刻と言われる沖縄県内の 2 箇所の海域を

選定し、数 km 四方にも及ぶ海域を全体的にカバーし得る測点を設け、そこでの底質濃度及びその鉛直分布を時間的に調べると共に、降雨強度など気象条件及び波浪条件などとの関連を明らかにする。また、このことを通じて、サンゴ礁海岸における赤土汚染の実態を明らかにする。

## 2. 現地観測位置及び観測方法

図-1 に示すように、現地観測の対象とした海域は、沖縄本島北部に位置する恩納村ヤカタ海岸と宜野座村から名護市にまたがる古知屋海岸・久志海岸周辺の 2 箇所である。これらの海岸に広がるサンゴ礁は、約 D. L.+1.0 m のレベルを有し、起伏の殆どないフラットな地形である。そのため湾内のリーフは干潮時には汀線から沖側に約 1 km にも亘り干上がるといふ、一種の干潟を形成している。これらの海域は、地方ではヤカタカタバル及び古知屋・久志カタバルと呼ばれる（カタバル＝潟原）。また、陸域の周辺地形は、急傾斜で谷密度が高く、河川延長は 2~3 km で、かなり短いという特徴を有する。現在、これらの山地の海岸から 1 km 以内の殆どは、山地開発が行われ、畑地への変貌を余儀なくされている。この海域に流出する赤土の殆どがこれら造成地からのものである。

先に述べたように、海域に流出した赤土は、主な流出

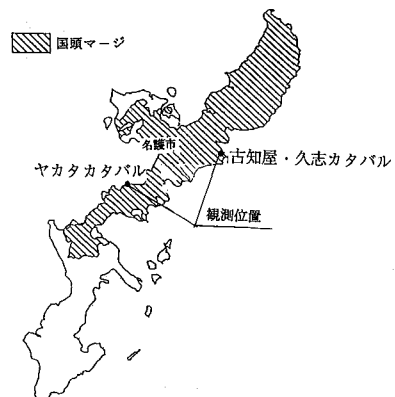


図-1 現地観測位置

\* 正会員 工博 琉球大学助手 工学部環境建設工学科  
 \*\* 正会員 工博 琉球大学教授 工学部環境建設工学科  
 \*\*\* 海岸環境調査研究所  
 \*\*\*\* 沖縄県土木建設部

源となる河川を中心として広大な領域に拡散する。そのようなことから、赤土による海域汚染の定量的評価は極めて困難となる。平面的に、しかも広範囲に及ぶ海域汚染状況を把握する方法に、ランドサットや航空写真などの利用が考えられるが、この手法では海水濁度は得られても底質中の微粒子濃度やその鉛直分布を定量的に把握することは難しい。逆に、光科学的な測定には、そのキャリブレーションとして、本研究で行うような現地調査が必要となる。

本研究では、サンゴ礁上に堆積する赤土の挙動を中心に調べることとした。観測対象とした海域のサンゴ礁は、大潮時、ほぼ全域が干上るため、底質のサンプリングは干潮時の時間帯に一気に行った。図-2に、古知屋カタバル周辺海域における測定点を示す。図示のとおり、測定点は、汀線近傍で25 mあるいは50 m間隔で配置し、汀線から150 mより沖側では、100 mピッチとした。底質のサンプリングには、観測日毎に約15人を投入し、干潮時の2時間程度の間、測線に沿って行うという人海戦術をとった。サンゴ礁表層中に含まれる赤土の調査は、毎月1回行うこととし、ある程度まとまった降雨があった場合は、降雨後1週間以内に行うこととした。鉛直分布の測定は、表面から下方に10.0 cm間隔で行った。本研究で行った現地観測は、1993年度中に45回行われており、観測に投入した人数は延べ300人を越え、また底質のサンプルは優に7000個を越えた。なお、濁度の測定には、光学的簡易濁度計 HACH 社-2100 A を用いた。

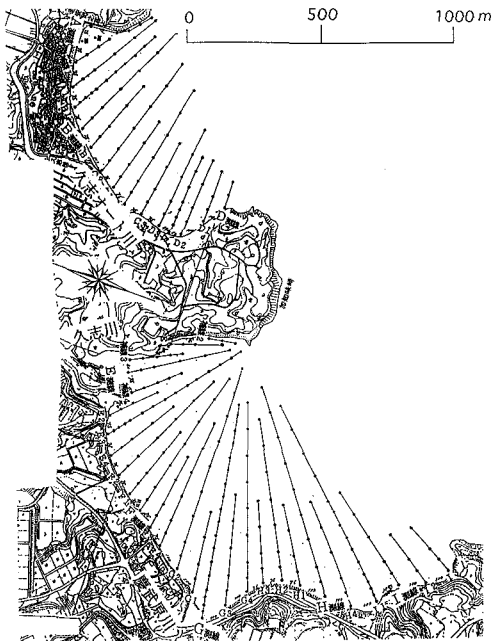


図-2 古知屋カタバル・久志カタバルにおける測点

### 3. 観測結果及び考察

#### 3.1 サンゴ礁上の赤土の平面分布

図-3に、1993年4月9日、古知屋・久志カタバルで行った観測による表層底質の赤土含有率を示す。この海域に流入する赤土は、主に慶武原川、久志大川、久志オート川、及び排水口よりもたらされる。後に、図-7で示す降雨強度の日変化で示すとおり、この観測日より1ヵ月間は、殆ど雨は降っていない。図-3に示すとおり、表層底質中に含まれる赤土は、全体的に重量比で2.5% (底質1 kgf 当たり土粒子の重量が25 gf) 以下であり、含有率が5%以上の領域は河口付近に集中している。図-4に、6月5日に得られた表層底質中の赤土含有率の平面分布を示す。この結果は、日雨量140 mmの降雨後2日たった状態のものである。図示のとおり、含有率が5%を越える高濃度帯が河口を中心として両カタバルのかんりの部分を覆っている。図-5に、7月20日に得られた観測値を示す。この場合、平均赤土含有率は図-4に示した結果より落ちているものの、赤土がカタバル全域にばらまかれた状態となっており、2.5%以上の領域は、カタバルのほぼ全域を覆っている。図-6に、10月14日に得られた結果を示す。この場合、古知屋カタバルではほぼ全域が1%以下となり、極めてきれいになっている。また、久志カタバルにおいても、全体的な赤土含有率は減少しており、10%を越えるような高濃度帯は河口付近に局在化している。

図-7に、降雨強度及び日平均風速と海域全体の平均赤土含有率との時間変化を示す。風速に関しては、海岸の法線がほぼ東向きであることから、東方向を中心として北及び南に±90度の方向から吹き込む風のみをピックアップし、それらの日変化を平滑化したものである。赤土含有率の全体的な変化は、降雨強度が比較的高い5~8月にかけて高くなり、10~12月にはかなり低下するという傾向を示している。5月24日に降った140 mmを越える降雨によって流出した大量の赤土が一気に海域の濃度を上げ、それが、波や流れによって海域全体に拡散すると共に、徐々に浄化されている。風速が継続して強くなる9月以降には、海域全体がかなり自然浄化され、古知屋カタバルに関しては、約1%以下となっている。

赤土濃度5%を越える海域では、二枚貝など優選種の貝類や海藻類などの生息は殆ど望めないと言われる。また、赤土堆積が殆ど見られないサンゴ礁海岸の底質の微粒子含有率は、0.5%以下であり、この海域の赤土汚染の深刻さが理解される。

ここで示した海域と反対側の東シナ海に面するヤカタカタバルも全く同様な状況下にある。図-8及び9に、ヤカタカタバルで6月3日及び11月17日に行った結果を

示す。この海域でも梅雨期に大量に流出した赤土が時間をかけ、うすめられるという変化を示している。図示のとおり、この海域も現在なお深刻な赤土流出に悩んでいる。この海域では、毎年11～2月にかけて、海苔やモズクなど海藻の養殖が行われる。この海藻類の繁殖時期が海水温と関係し、11～2月となるのは、この海域の赤土汚染が波・流れによって自然に浄化される時期と偶然にも一致し、そのことがこの海域の漁場としての利用をいくらか可能にしているものと言える。

3.2 赤土の鉛直分布

図-10 及び 11 に、久志湾で行った底質濁度の鉛直分

布を示す。鉛直分布は、表面下鉛直方向に10 cm 単位でボウリング測定されたが、ここでは海底表面から5 cm 及び30 cm の結果のみ示す。図示のとおり、両者の平面分布は大きく異なる。表層近くでは、含有率が低く、高濃度域は河口近くに存在している。しかし、表層下30 cm の所の含有率はほぼ海域全体に10%以上の高濃度帯が広がっている。また、この高濃度帯は河口を出発点として沖側へ指状に数本伸びている。これは、干潮時リーフが干出する時、河川水がわずかに低い箇所を求めて流れることによってできた溝筋とほぼ一致している。また、河口と離れた箇所でもスポット的に高濃度となっている箇所は、干潮時に水たまりができるような箇所と一致する。

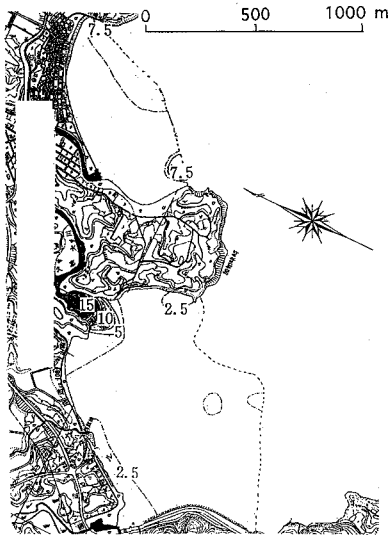


図-3 表層底質中の赤土含有率 (1993年4月9日)

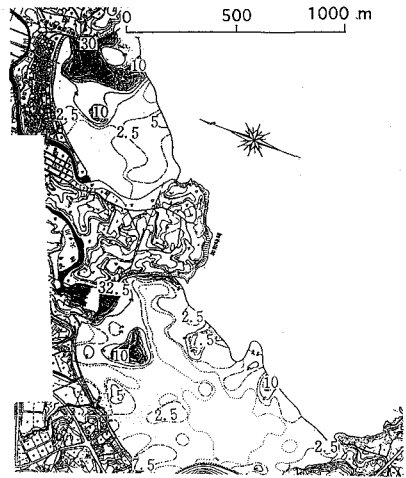


図-5 表層底質中の赤土含有率 (1993年7月20日)



図-4 表層底質中の赤土含有率 (1993年6月5日)

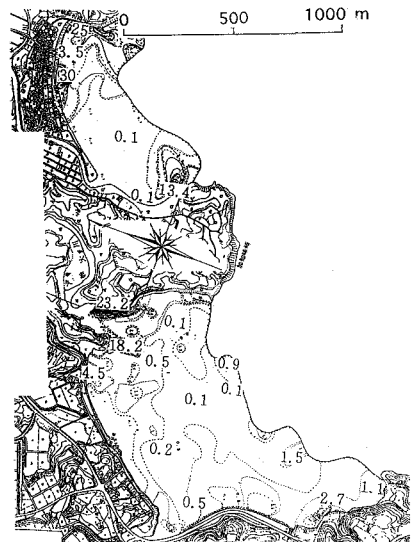


図-6 表層底質中の赤土含有率 (1993年10月14日)

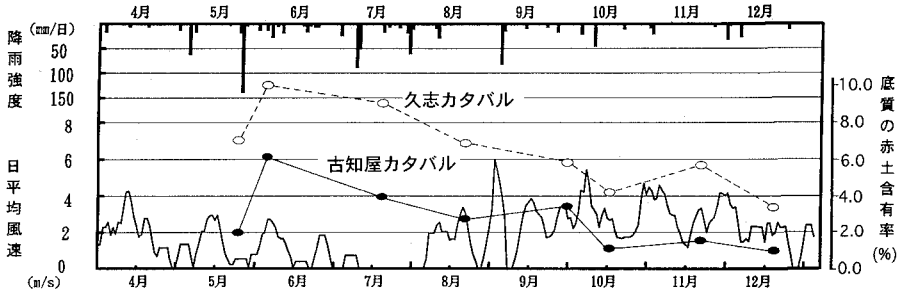


図-7 降雨強度・日平均風速及び底質中の赤土含有率の経時変化

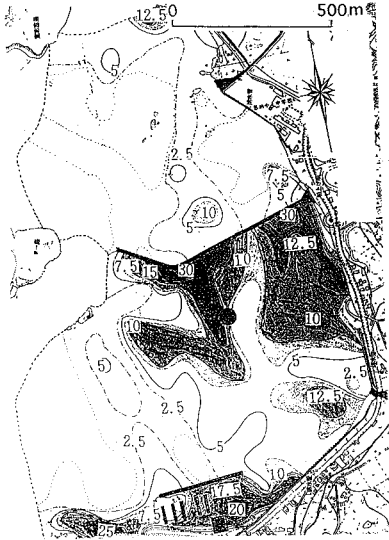


図-8 表層底質中の赤土含有率  
(ヤカタカタバル, 1993年6月3日)

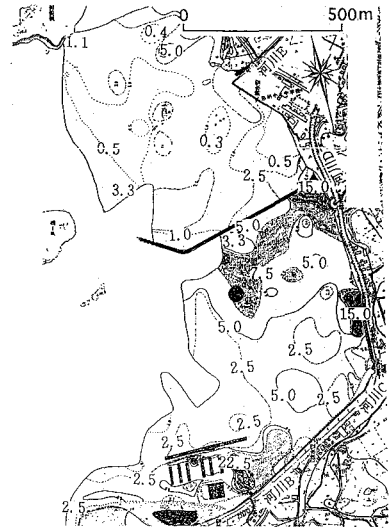


図-9 表層底質中の赤土含有率  
(ヤカタカタバル, 1993年11月17日)

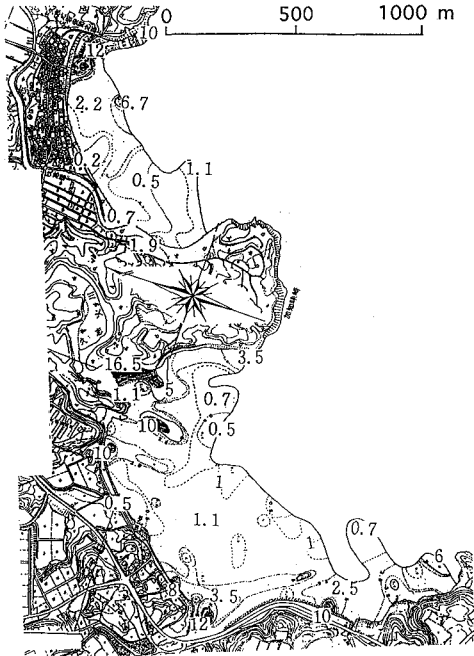
また、これらの海域では、表層下 50 cm を越えてもかなりの赤土濃度が測定されており、表層濃度からは予想を遙かに上回る赤土の堆積がある。

以上のことからサンゴ礁海域に流出した赤土は、次のような過程をへてサンゴ礁上に堆積するものと考えられる。まず海域に流入した赤土は、満潮時には海水と混ざり、その濃度を拡散によって薄めながら流れによって移流され、海域全体へと広がる。干潮時には、サンゴ礁が干出するため河川水はわずかな滞筋を選択的に流れる。そこでは、流れが極めて緩やかであり、流れ出た多くの赤土水はサンゴ礁及び砂質土中へと浸透していく。

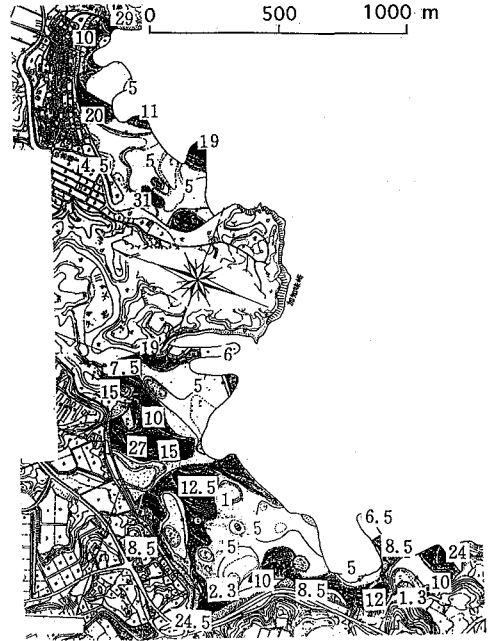
4. おわりに

本研究では、これまで主として定性的か、あるいは点としてのデータで示されてきたサンゴ礁海域での赤土汚染の実態を、沖縄本島内の2箇所の海域を選び、そこで

の赤土の堆積状況を平面的にしかも時間と空間の両面の解像度を上げることによって定量的に明らかにした。調査はほぼ1年間に亘って行われ、しかも数 km 四方にも及ぶ海域の平面的な調査であった。本調査結果から、サンゴ礁内に流出した赤土がどのように拡散・移流されるかが明らかとなった。具体的には、降雨後サンゴ礁海域に流出した赤土が強風時に発生する波や流れによって海域全域で攪拌され、外洋へと移流される結果、この海域は夏場の比較的静穏時には赤土濃度が高く、冬場季節風が比較的継続して吹き込む時期にはかなりの程度まで減少することが明らかとなり、そのことがこの海域の水産資源としての利用をいくらか可能にしていることなどが明らかになった。また、赤土含有量の鉛直分布では、表層より 20 cm 以下で高濃度帯がほぼ海域全体に及んでいることを示し、それが干潮時の滞筋と一致することなどを示した。以上の結果から、これまで、サンゴ礁海域



図一〇 表層下5 cmにおける赤土含有率  
(1993年8月18日)



図一一 表層下30 cmにおける赤土含有率  
(1993年8月18日)

に流出した赤土の除去をいかにしてなすべきかの問題もいくらか明るくなったように思える。例えば、サンゴ礁への赤土の浸透・堆積を押さえるには、干潮時に流出する赤土をうまく除去するような方法が効果的な工法として挙げられる。

本研究に関する現地調査では、多くの方の協力を得た。特に、琉球大学工学部の宇座俊吉技官をはじめ、平成5年度水工学研究室の卒業研究生や院生には多大なご協力を得た。また、本研究の一部には、文部省科学研究費(一般研究(A), 代表者: 琉球大学農学部教授翁長謙良; 試験研究(B), 代表者: 東京工業大学工学部教授灘岡和夫)の援助を受けた。ここに記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

大見謝辰雄(1987): 沖縄県の赤土汚濁の調査研究(第2報), 赤土汚濁簡易測定法と県内各地における赤土濃度, 沖縄県公害衛生研究所, 第20号, 1987.  
 翁長謙良(1974): 沖縄における農地保全の基礎的研究IV, 人工降雨によるマージ土壌の侵食試験, 琉球大学農学部学術報告, No. 21, pp. 181-188, 1974.  
 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.  
 津嘉山正光・仲座栄三・高良尚樹・屋良朝(1992): 赤土流出の発生とサンゴ礁水域内での拡散について, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 945-949.