

赤土汚染とサンゴ礁

大見謝辰男
沖縄県衛生環境研究所

Water pollution caused by soil run off and coral reefs in Okinawa Islands

T. Omija

●はじめに

沖縄県では、開発事業などにより植物がはぎ取られた裸地から土壌が流出し、透明に輝くサンゴ礁の海を濁らせ、海底を土壌微粒子で覆ってしまうという自然破壊がみられる。このような現象は国頭マージと呼ばれる赤黄色土が分布する地域で顕著に見られるが、他の土壌も流出し、沿岸海域の水産、観光などの産業にも悪影響を及ぼしている。これは「赤土汚染」の名称で、県民はもとより広く国内でも知られるようになった。ここではサンゴ礁海域の赤土汚染状況を紹介しますと共に、今後の課題などについて述べる。

●赤土汚染発生機構

土壌が流出しやすい自然的要因に、開発工事などのような人為的インパクトが加わって初めて赤土汚染が起きる(図1)。赤土汚染は、海も陸もひとつながりの小さな島の生態系を無視し、これが発生しやすい気候風土を考慮せず、無理な開発などを行ったため引き起こされたものである。自然的要因としては、土壌、陸の地形、降雨、海の地形が挙げられる。これまでの実態調査より流出しやすい土壌は国頭マージやジャーガルであり、沖縄県の面積に占めるそれぞれの分布割合は55%、8%となっている。これらの土壌は、雨水の透水性が悪く表流水が増大するなどの理由で浸食されやすい。これらの土壌は主として山地や丘陵に分布し、島の河川は短いため、山地開発などで流出した土壌は短時間のうちに海へ運ばれてしまう。さらに沖縄の降雨の特性は、降り方がス

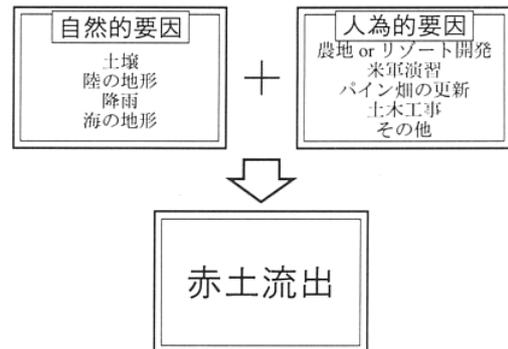


図1. 赤土汚染のしくみ

流出しやすい国頭マージ(土壌条件)、地形が急峻で河川が短小(陸の地形条件)、大粒の雨がたたきつけるように降る(降雨条件)などの自然的要因をはらんだ沖縄の自然に、人間が手を加えて緑を引きはがすと赤土が海へと流出する。さらにサンゴ礁の海は沖合いのリーフで囲まれて閉鎖的水域となっており(海の地形条件)、赤土微粒子が堆積して海の生き物や水産業に大きな被害を与える。(注) 沖縄の自然と赤土汚染(沖縄県環境保健部 1990)を一部修正。

コール型であり、その雨滴が比較的大きく、侵食性の雨が多い(翁長 1986)。これに加え、沖縄の島々の周辺に発達した礁池は閉鎖的で、流出してきた土壌はここに沈殿しやすい。これは台風接近などで波が高くなると再び舞い上がって海に懸濁する。このため赤土汚染は大雨時のみの一過性のものではなく、慢性的に沿岸を蝕んでいるといえる。

これまでに見られた人為的的要因としては、農地開発や道路建設などの公共事業、米軍演習、リゾート関連用地造成、パイナップル畑をはじめとする農用地、土取り場などである。最近の目新しい傾向としては、造成された農地や牧草地が使用されず侵食されるまま放置されたり、バブル経済が崩壊したためゴルフ場造成工事が裸地のままストップして広範囲に侵食されるなど、過度の開発のつけが目立つ。

●海域における赤土汚染の測定法

筆者は、潮間帯や海底の底質に含まれる懸濁物質含量を測定する簡便な方法（以下、簡易法と称す）を考案した（図2）。サンゴ礁海域の底質は大部分がサンゴ等の生物が由来してできた砂で、流出してきた土壌微粒子と粒径が異なる。これを利用し、底質1m³あたりに赤土微粒子として何kg含まれているかを求めるものである。簡易法による測定値と、底質の外観等の赤土汚染状況はよく対応している。たとえば、400kg/m³以上では、海底は赤土微粒子で埋めつくされ、田んぼのような外観になる。

●赤土汚染の実態

1983~1991年の期間に、県や漁業協同組合など8機関で簡易法により測定された県内30市町村、274海域、979検体の底質中の懸濁物質含量について解析を行った。生データの代わりにその対数を使うと、懸濁物質含量の度数分布は正規確率分布に従う。すなわち、懸濁物質含量の変化は対数正規分布するので、平均値での評価は幾何平均を用いた。

底質中の懸濁物質含量が50kg/m³以上になると経験上、あきらかに人為的汚染によるものと判断しているが、統計上、45.5%がこれ以上である。また最高値が50kg/m³以上の海域は全部で138あり、これは全調査海域数の半数を超える。これらのことより、県内海域の約半数は、あきらかに土壌流出による汚染を受けているといえよう。地域別に平均値を比較すると、沖縄島北部が最も高く、渡嘉敷、宮古が低かった。赤土流出に関する自然的要因が沖縄島北部と類似しているにもかかわらず渡嘉敷の値が低いのは、山地開発が進んでいないからである。また、島の大部分が開発されている宮古の値が低いのは、島尻マージと呼ばれる透水性の大きな土壌が分布し、さらに島が平坦で大きな川がないなどの自然的条件に恵まれているからである。

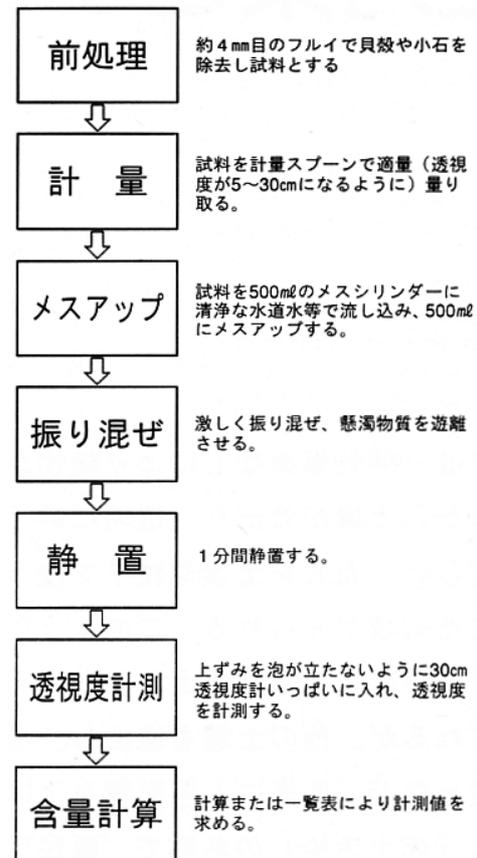


図2. 海域における底質中の懸濁物質含量測定法（簡易法）

●サンゴ礁への影響

宜野座村の漢那海岸では、開発事業から大量の赤土が流出している。海底には赤土が堆積し、やや波が立つと再懸濁して海底の懸濁度は61mg/lにも上昇した。なお、ウニの幼生は7mg/lの赤土懸濁で赤土粒子が付着し全個体が死滅し、ワムシ類、ツノケイソウ類、クロレラ類等のプランクトンも5mg/l程度で赤土粒子が付着して沈降する（沖縄県農林水産部 1979）。このような海域では、サンゴ礁生態系の食物連鎖の最も基本的な部分が断ち切られているといっても過言ではない。

1988年から3年間にわたり、恩納村赤瀬海岸の礁池で赤土堆積の定点観測をした。この海岸の近くで土地改良事業が行われており、事業現場からの赤濁水は観測地点に流れ込んだ。梅雨の後、海底におびただしい赤土が堆積し、底質中の懸濁物質含量は1,000kg/m³を越えた。事業継続期間中は、堆積した

赤土は台風や季節風の波浪による再懸濁・移動で減少し、次の梅雨でまた赤土が流出し堆積するという年間サイクルが見られた。この間、観測地点の近くでは、直径 1.2m のテーブル状サンゴが赤土を被り死んでいく様子が観察された。また周辺では海底岩盤でのサンゴの成育はほとんど見られなかった。同事業が終了して 3 年後、梅雨後の底質中の懸濁物質含量は 95 kg/m³ と農地造成時の 10 分の 1 以下になり、海底岩盤にはこぶし大のサンゴの成育が確認されるようになった。しかし、これはまだ砂漠に木が点在しているような状態であり、本来の姿からは程遠い。

赤土がサンゴに及ぼす生理的な害としては、埋没や付着による窒息、濁りによる光量減少で共生している褐虫草が死亡することによる二次的な死や成長阻害、サンゴ幼生の定着阻害などがあげられる（酒井・西平 1986）。

既存の文献に（沖縄県環境保健部 1989, 木村 他 1993）新たな調査を加え、底質中の懸濁物質含量が生サンゴの被覆度に及ぼす影響を調べた。底質中の懸濁物質含量が 20kg/m³ 以上では、懸濁物質の増加に伴い生サンゴ被覆度の最高値も低下し（図 3）、その分布は次式で表される。

$$Y^{1/2} \leq -5.47 \log X + 15.6$$

X: 底質中の懸濁物質含量 [kg/m³]

Y: 生サンゴ被覆度 [%]

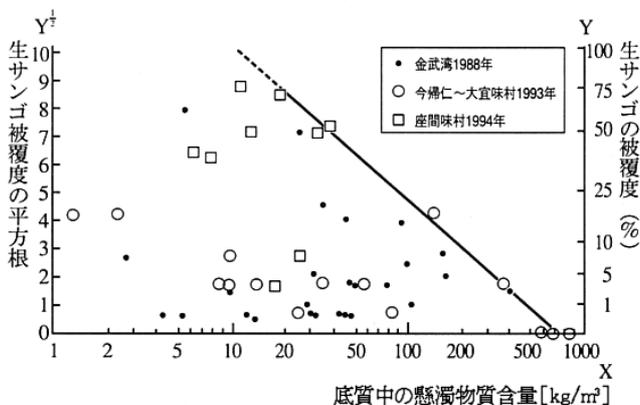


図 3. 生サンゴ被覆度と底質中の懸濁物質含有量の分布
生サンゴ被覆度の測定は、金武湾は西平守孝琉球大学教授（当時）、今帰仁～大宜味村は沖縄県衛生環境研究所、座間味村は阿嘉島臨海研究所による。

これより、底質中の懸濁物質含量が 400 kg/m³ 以上では、造礁サンゴはほとんど棲息できないと推察される。

●おわりに

これまで、沖縄県内において、赤土汚染がサンゴ礁に及ぼす影響についての報告はいくらか見られるが、ほとんどが定性的か調査結果の記録にとどまっている。これは研究者または調査員がサンゴの専門家であっても赤土汚染の専門家でないケースが多く、定量的に関連づけるのが難しいためと思われる。もちろんこれの逆もあろう。今後それぞれの専門分野の研究者が協力し合い、赤土汚染がサンゴ礁に及ぼす影響を定量化し、さらにサンゴ礁保全のための環境指針を示すことができるまで研究が進展することを切望している。

なお、沖縄県は「沖縄県赤土等流出防止条例」を 1994 年 10 月に制定し、1 年以内に施行することになっている。これにより、サンゴが成育できないような高濃度濁水を排出している開発事業は実質上規制を受ける見通しである。一方で、直接的には規制の対象となっていない農地からの土壌流出量の削減も、大きな課題となっている。

●参考文献

木村匠・林原毅・下池和幸 1993. 阿嘉島のサンゴ礁と水質、沖縄本島との比較（予報）. みどりいし, (4): 20-22.

沖縄県環境保健部 1989. 赤土汚染モニタリング調査報告書 (1) 昭和 63 年度報告, pp. 34-53.

沖縄県農林水産部 1979. 赤土の流出による漁場環境への影響調査報告書, p.60.

翁長謙良 1986. 沖縄島北部地方における土壌浸食の実証的研究. 琉球大学農学部学術報告, 33: 163-185.

酒井一彦・西平守孝 1986. 造礁サンゴの生態, 沖縄のサンゴ礁 琉球大学公開講座委員会, pp. 71-85.