

沖縄県における赤土汚染の現状

大見謝辰男

Water Pollution Caused by Reddish Soil Erosion on the Okinawa Islands

Tatsuo OMIJA

I はじめに

現在、沖縄県では山や丘を削り、谷間を埋めて農地やリゾート、ゴルフ場などが造成されており、米軍演習による山火事や訓練場建設などと相まって、自然の森林が減少してきている。このような山地開発や米軍演習は、単に山地の生態系破壊や貴重な動植物の絶滅という問題だけでは終わらない。すなわち、植物がはぎ取られた山肌からは、強い雨が降るたびに土砂が流出し、川を埋め、サンゴ礁の海に微粒子が堆積するという二次的な自然破壊をも引き起こしてしまう(大見謝, 1988)。このような現象は、国頭マージと呼ばれる赤黄色土壌が分布する地域で顕著に見られるが、他の土壌も流出し、程度の差こそあれ、国頭マージだけでなく、沿岸海域に悪影響を及ぼしている。(大見謝, 1991; 沖縄県, 1992)。

著者は1983年から現在(1992年)まで土砂流出による海域汚濁の調査研究に携わってきた。この間に、この現象は「赤土汚染」の名称で県民に広く知られるようになり、赤土汚染に対する県民世論や、発生源の防止対策などにも大きな変化がみられるようになった。ここでは、これまでに得られた知見や今後の課題などについて報告する。

なお、この報告では、国頭マージだけでなく、暗褐色の島尻マージ、灰色っぽいジャーガルなどの土壌等の流出による環境汚染を総称して「赤土汚染」と呼ぶ。

II 赤土汚染の影響

1. 海や川の自然破壊

沖縄の島々はサンゴ礁で囲まれ、沿岸海域の大部分では造礁サンゴを中心とした生態系

が成り立っている。たとえば、枝状サンゴにはエビなどの小動物などが身を守るため住みつき、これを補食するための魚類が集まるといふ食物連鎖がみられる(宜野座村, 1984; 酒井・西平, 1986)。このため、造礁サンゴの群落が何らかの要因で破壊されると、ここを生活の場としていた海の生き物たちが次々と姿を消し、「死の海」と化してしまう(酒井・西平, 1986)。

造礁サンゴの群落は陸地にたとえれば森のようなものである。森が消滅すれば森の生き物たちがいなくなってしまうのは議論の余地がないが、海でも同様なことが言えよう。

沖縄県環境保健部(1990)は、サンゴが赤土汚染で死んでいく写真を小冊子で紹介している。また、石垣島轟川流域の土地改良事業が、土砂流出ないしそれに伴う要因を介して河口周辺海域のサンゴ群落の衰退を招いた可能性は高い(大垣・野池, 1992)との報告もある。

赤土のサンゴに対する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色藻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(沖縄県農林水産部, 1978; 宜野座村, 1984; 酒井・西平, 1986)。

サンゴのみならず、赤土の懸濁や堆積は他の底生生物にも悪影響を及ぼしている(西平, 1974, 1988)。

沖縄県では、河川における有機質による水質汚濁を評価するため、生物指標調査が毎年行われており、きれいな川にはそれ相応の、汚れた川にもそれなりの水生生物が見られる(岸本・比嘉, 1988)。しかし、岸本(未発表)

によると、赤土が堆積した川には水生生物がほとんど見当たらないとのことである。これは河床の礫のすき間に赤土の微粒子が詰まり、水生生物の住み家が無くなってしまふからであろう。

このように、赤土等の流出・堆積は、海や川の生態系に大変悪い影響を及ぼしている。

2. 沿岸漁業被害

漁業への直接被害としては、漁場が濁ると魚が逃げ出す、養殖モズクなどの商品価値が無くなる、潜水による漁業ができない、漁港内へ赤土が堆積するなどがある（沖縄県水産業中央会・沖縄県漁業振興基金，1989）。また、沖縄県水産試験場の調査では、水産生物に及ぼす赤土の影響はあきらかであり、海底に大量の赤土泥が堆積している羽地内海や潮間帯の赤土懸濁が大きい古知屋潟原ではいずれもほとんど無生物状態になっている（沖縄県農林水産部，1979）。

3. 観光産業のイメージダウン

観光立県を目指し、海が観光の目玉である沖縄県にとって、赤土汚染は死活問題である。県内主要ビーチにおいても海底の赤土汚染は

かなり進行しているものと思われ、このままの状態では赤土汚染が進めば保養及びリクリエーション地域としての貴重な自然資源を失うことになる（沖縄県環境保健部，1990，1991）。

4. その他

上水道水源としての取水や、県民が海や川に親しむことにも障害となっている（沖縄県環境保健部，1990）。

III 赤土汚染発生機構

1. 概要

土砂が流出しやすい気候風土という自然要因に、開発工事などのような人為インパクトが加わると赤土汚染が起きやすい（翁長・吉永，1983）。土壌侵食が顕著になったのは1950年代後期（翁長，1986）からであり、自然的要因だけでは赤土汚染は発生しないことがわかる（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（野池，1990）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なったため引き起こされたものである（沖縄県環境保健部，1990）。

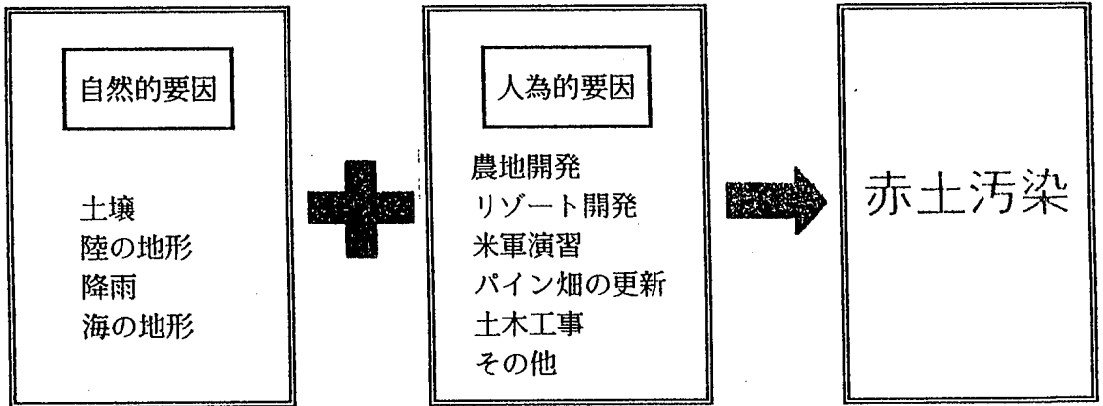


図1. 赤土汚染のしくみ 流出しやすい国頭マージ（土壌条件），地形が急峻で河川が短小（陸の地形条件），大粒の雨がたたきつけるように降る（降雨条件）などの自然的要因をはらんだ沖縄の自然に，人間が手を加えて緑を引きはがすと赤土が海へと流出する。さらにサンゴ礁の海は沖合いのリーフで囲まれて閉鎖的水域となっており（海の地形条件），赤土微粒子が堆積して海の生き物や水産業に重大な被害を与える。

(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。

2. 自然的要因

(1) 土壌

沖縄県土面積に占める土壌分布は、国頭マージが55.1%、島尻マージが27.4%、ジャージャーが8.0%、沖積土壌などその他が9.5%となっている(大城・浜川, 1980)。翁長(1986)は、国頭マージの理工学的特性として、①比重が広範囲にまたがっており流亡しやすい土粒子を含む、②表層腐植層がない、③多量に存在する遊離酸化鉄によって団粒構造が低下し水食を受けやすい、④耐水団粒が少ない、⑤分散率が高い、⑥分散した土粒子が目詰まりして雨水の透水性が悪く表流水が増大するなどの例をあげ、国頭マージは受食性の強い土壌であるとしている。

すなわち、流出しやすい国頭マージが県土の55%に分布している。

(2) 陸の地形

目崎(1985)によると、沖縄の島々は山のある高島と山がなくて平たい低島の二つに分類され、高島と低島では地形・地質・土壌・水文系がはっきり異なっている。しかし、沖縄本島、石垣島、久米島のように、高島部と低島部の両面がみられる島もある。高島には主として国頭マージが分布しており、高島の

急傾斜地が多く河川が短い地形的条件と相まって、山地開発などで流出した赤土は、短時間のうちに海へ運ばれてしまう。

(3) 降雨

沖縄の降雨の特性は、降り方がスコール型であり、その雨滴が比較的大きく、侵食性の雨が多い(翁長, 1986)。翁長・吉永(1983)によると、本土と異なり冬季にも侵食性の高い降雨があり、一般に侵食性の雨とみなされる3mm/10min以上の雨が沖縄本島北部の名護市では年間50回以上もある。

(4) 海の地形

沖縄の島々の周辺にはサンゴ礁が発達しており、干潮時に姿を現す礁縁(干瀬)と海岸線で囲まれた、礁池(イノー)とよばれる浅い海が各地でみられる。礁池は、礁縁という天然の防波堤に守られ、通常は波も穏やかで、潮の流れも緩やかである。礁池に流出した赤土はここに沈殿し、台風接近などで波が高くなると再び舞い上がって海を懸濁する。赤土汚染は降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。このような閉鎖的な海域は、赤土が堆積するととのきれいな海へは戻りにくい(大見謝, 1988, 1991)。



図2. イノー(礁池)流出した赤土は、クチ(水道)とよばれるリーフの切れ目から細々と外海に出て行き、大半はイノーに沈殿する。(国頭村・1988年)

3. 人為的要因

著者は1983年6月～1984年8月の期間に沖縄本島北部で赤土流出が見られた174河川の発生源調査を行った。そのうち155河川で発生源を確認または推定できた。大部分の河川で複数の発生源がみられ、延273件であった(大見謝, 1985を一部修正)。

人為的なものを種類別にみると、パイナップル畑をはじめとする農用地からの影響が最も多く、次いで山野を削って農用地や宅地などを造成する土地改変、以下、米軍演習場、土木工事、農林道、事業所と続いている。

調査期間中に広範囲に赤土汚染を受けた海域の多くで、主な発生源の一つとして土地改良事業があげられ、更にこの事業のいくつかでは全く赤土流出防止対策のないまま工事が進められており(大見謝, 1985)、流出量としては土地改良事業が最も多かったと推定される。

なお、当時はリゾート開発による赤土汚染はみられなかったが、1985年からみられるようになった(沖縄タイムス, 1985)。

IV 赤土汚染の歴史

昔、人々が人力で細々と山林を切り開いて農業を営んでいた時代、沖縄には「赤土汚染」という言葉はなかったと思われる。

1955年頃から、沖縄本島北部や八重山諸島の山地において、ブルドーザーなどの重機類を使用してパイナップル畑を造成するようになってから、土壌侵食が顕著になった。この山地での農地開発は、沖縄の農業史上かつてない規模と速度で行われた。1954年には沖縄本島と八重山諸島で合計89haだったパイナップル栽培面積は、1958年には20倍以上となり、ピーク時の1967年には60倍以上の5,380haに達した。このような急速な開発の結果、赤土汚染が発生した。しかし、この段階では開発が個々の農家でなされており、一枚一枚の畑が小さいため、沿岸を極度に汚染するには至らなかった(翁長, 1986)。

その後、日本復帰後の沖縄を「本土並み」にするため、公共工事などによる大規模開発が相次いだ。沖縄県農林水産部耕地課・農林

建設課の資料(1991)で土地改良事業を例にとると、復帰後の1972年度に事業予算は32億円であったが、1991年度には10倍以上の338億円に増大した。それに伴い、復帰前のは場整備面積(農地開発を含む)は885haであったのに対し、1991年度までにはその18倍の15,874haが整備された。この資料を基に試算すると、山野を切り開いての農地開発、草地開発は復帰後5,413haに及び、これは県土の2.4%に相当する。

このように開発が進むにつれ、国頭マージ地帯では赤土汚染が急激に進行した。更には他の土壌が分布する地域でも、ジャーガルの流出で養殖モズクが汚染されるとか、島尻マージの流出で美しいビーチが濁ってしまうなどの被害がみられるようになった(大見謝, 1988)。

また、比較的大きな島ばかりでなく、小離島においても開発に伴う赤土汚染は進行した(大見謝, 1990)。沖縄本島北部では、米軍演習による山地破壊が拍車をかけた(大見謝, 1985, 1986)。

このような状況の中で1987年、総合保養地域整備法(いわゆるリゾート法)が成立し、県内におけるリゾートやゴルフ場などの開発計画も相次いで打ち出された(琉球新報, 1988)。沖縄県の赤土汚染は、まさに火に油を注ぐ危機的な局面となった。

これに対し、県内のマスコミ各社は1988年頃から赤土汚染特集を報道するようになり、沖縄タイムス紙は1990年に68回にも及ぶシリーズ「赤土汚染」を掲載した(沖縄タイムス, 1990)。これら一連のマスコミ報道は、世論を赤土流出防止へと傾けた。

1992年、沖縄県水産業中央会など漁業関係6団体は55,000人の署名を携え、赤土流出防止条例の早期制定を県に要請した。また、沖縄県知事は、赤土汚染防止条例を策定する意向を明らかにした。

V 海の赤土汚染の評価

1. 概要

通常、海の赤土汚染の評価と言えば、降雨時に海水を採取し、その濁り具合を測定すれ

ばよいと考えがちである。しかし、これは①濁りのピークをタイムリーに捕らえるのが困難、②川から流れ込んだ雨水は海水との密度差があるため海面の表層を薄く層を成して広がっていき水深によるサンプリング誤差が極めて大きい、③沖縄の降雨は局所的・スコール的であり地域により降雨量が異なるため地域間比較ができない、④荒天時の海水採取は危険が伴う、⑤計画的なサンプリングが不可能などの理由で、赤土汚染の評価には適さない(大見謝, 1988)。(図3参照)



図3. 宮良川河口干潟の赤土堆積状況。立っているだけで足がのめり込み、見た目は泥そのもの。簡易法による測定値は $1,080 \text{ kg} / \text{m}^3$ 。(1 m^3 あたりの底質の中に $1,080 \text{ kg}$ の赤土微粒子を含む)(石垣島・1985年)

これに対し、底質調査は、①海に沈殿した赤土微粒子は台風や季節風による風波または人為的な攪拌の影響がない限り移動しにくいのでサンプリング誤差が小さい、②季節単位で見れば地域間比較が可能、③晴天で波の穏やかな日に採取できる、④計画的なサンプリングが可能などメリットが多く、赤土汚染の

評価に適している。

このため、著者ら(大見謝, 1987; 沖縄県水産業改良普及所, 1989)は、潮間帯や海底の底質を採取し、これに含まれる赤土濃度を測定する「底質中の赤土(微粒子)濃度簡易測定法」(以下、簡易法と称す)を考案した。測定原理は、適量の底質試料をメスシリンダーに入れ水を加えて激しく転倒させ、水の濁りの度合いを透視度計で計測し、底質 1 m^3 あたりに赤土微粒子が何 kg 含まれているかを求めるといものである。簡易法による測定値は対数正規分布するので、平均値は幾何平均による。

簡易法では簡単な操作と器材で科学的に検査できるため、地域の保健所や市町村、漁業協同組合などでも用いられてきた(下釜ら, 1987; 沖縄県水産業改良普及所, 1989; 石垣市水産課, 1989; 松田ら, 1990; 恩納村漁業協同組合, 1991; 篠原, 1991; 嘉数ら, 1992)。

2. 沖縄県内の全体的な状況

著者ら(1992)は、1983年11月~1991年3月の期間に8機関で簡易法により測定された県内30市町村、274海域、560地点、979検体の結果をデータベース化し、解析を行った。

それによると、周辺土壤が国頭マージである地点はその他の土壤から成る地点に比べて底質中赤土濃度の平均値が約2倍高い値を示した(表1)。

このことから、国頭マージが流出しやすい土壤であることを改めて確認した。

また、海の地形を、常時水面下にある「海底」、潮間帯で遠浅の「干潟」、潮間帯で干潟以外の「その他」に分けて比較すると、赤土微粒子は「海底」や「干潟」によく堆積し、「その他」にはその5分の1から10分の1程度の濃度で分布していることがわかった。こ

表1. 海の地形別、土壤別底質中赤土(微粒子)濃度平均値[kg / m^3]

| 地形/土壤 | 国頭マージ | その他 | 全体 |
|-------|--------------|--------------|--------------|
| 海底 | 46.2 (N= 92) | 16.8 (N= 54) | 31.8 (N=146) |
| 干潟 | 59.2 (N= 64) | 58.8 (N= 23) | 59.1 (N= 87) |
| その他 | 7.1 (N= 69) | 5.8 (N= 43) | 6.5 (N=112) |
| 全体 | 27.9 (N=225) | 14.6 (N=120) | 22.2 (N=345) |

のため、地域間比較などは「その他」の地形を除いて統計処理することが望ましい。

簡易法による測定値が $50\text{kg}/\text{m}^3$ 以上の場合、経験上、あきらかに人為的汚染によるものとしているが、統計によれば海底や干潟の45.5%がこれに該当していた。県内海域の約半分は土砂流出による汚染を受けている。

地域別に平均をとり比較すると、沖縄本島北部や八重山が高く、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本島北部と同じであるにもかかわらず渡嘉敷の値が低いのは、山地開発がほとんどなされていないからである。また、宮古は島内の大部分が開発されているのに値が低いのは、土壌の大半を鳥尻マーヅが占め雨水がよく浸透するので表流水が少ないこと、島が平坦で大きな川もなく陸域に降った雨が急速に海域に流出しにくいことなどの自然的条件に恵まれているからである。

1988年から3年間行った定点観測では、大宜味村平南川河口や恩納村赤瀬展望台（アカティダパンタ）下の礁池では梅雨の後、海底におびただしい泥が堆積し、台風や季節風で浄化され、次の梅雨までまた泥が堆積するという年間サイクルが見られた。その変動幅は平南川河口では約2,000倍に達した。干潟の変動幅は礁池より小さかった。

3. 簡易法によるその他の調査

(1) 金武湾の赤土堆積調査

沖縄県環境保健部(1989)は金武湾における赤土堆積状況を簡易法による赤土(微粒子)濃度測定値の等濃度曲線で表した。それによると、金武湾への三大赤土供給源は具志川市天願川河口、石川市石川川河口及び金武町屋嘉から浜田にかけての中小河川群であり、海底面積の15.5%は表層が完全に泥で埋まっていることが推測された。また、底質中の赤土(微粒子)濃度 $X[\text{kg}/\text{m}^3]$ と水深 $Y[\text{m}]$ の関係は、 $Y \leq 26.25 \log X - 10.4$ の境界で表される分布を示した。すなわち、水深の浅いところでは赤土がかなり堆積したところも、そうでないところもあるが、水深が増すにつれ赤土(微粒子)濃度は高い方へ集中して分

布する。金武湾へ流出した赤土は、堆積や再懸濁をくり返し、深みに向かって移動しているようである。

(2) 水平透明度と赤土堆積

また、沖縄県環境保健部(1989)は礁池における水平透明度と赤土の関係を求めている。これによると、1地点における水平透明度と簡易法による赤土(微粒子)濃度の相関はみられない。しかし、各地点における水平透明度の逆数の平均値 $Y[\text{m}^{-1}]$ と赤土(微粒子)濃度の平均値 $X[\text{kg}/\text{m}^3]$ は、

$Y = 0.139 \log X + 0.011$ の関係が得られた。すなわち、平均的に見ると、赤土の堆積が著しいほど海水も濁って透明度が悪くなる傾向がある。

また、水平透明度の逆数と濁度は正の相関がある(沖縄県水産業改良普及所, 1989)。

このため、礁池では、濁度を継続的に測定して平均値を求めると、海底の赤土堆積状況を推測することが可能である。

(3) 石垣島における赤土堆積と台風

石垣島轟川河口では、風台風の後、底質中の赤土(微粒子)濃度が約半分に減少した。

また、その後の雨台風では、多量の赤土が轟川から流出したのにもかかわらず、礁池の赤土堆積量は増加しなかった(篠原, 1991)。

VI 川の赤土汚染の評価

1. 目視による調査

著者(1985)は、1983~1984年、沖縄本島北部の河川河口域において赤土の流入・堆積状況の目視調査を223河川で行った。そのうち、78%にあたる155河川で赤土流入が確認された。1974年に行われた同様な調査(西平, 1974)と比較すると、恩納村では赤土汚染が治まる傾向がみられたものの、他の地域では横ばいまたは進行していた。最も進行していたのは金武町であった。

1985年、著者は同様な調査を石垣島の一部の河川(19河川)で行い、同様に1975年と比較したところ、赤土汚染の進行速度は金武町を上回っていた(未発表)。

2. 科学的計測による調査

(1) 降雨量と濁度

翁長・吉永(1983)は農地造成地区下方の河川で降雨時の降雨量, 流量, 濁度を計測している。1982年3月27日, 極めて高強度の降雨があり, 濁度は, 雨が強くなってから2時間後に急激に増加して30分後にピークが現れたが, その2時間後には値は1/10以下まで減少している。

篠原(1991)が1990年に石垣島轟川で行った調査でも, 雨が強くなって2時間後に濁度が急激に増加し, 小降りになって2時間ほどすると濁度がかかなり落ちて始めている。

濁度, 透視度, SSなどで, 刻々変動する水の濁りを計測して河川の赤土汚染を評価するためには, 細かく複数回にわたるサンプリングが必要となる。降雨ごとに異なる条件で, しかも多数の河川を一括調査するとすると, かなりの手が必要であり, 實際上, この方法での妥当な評価は得られにくい。

(2) SS計測値の特性

沖縄環境保健部(1989)は降雨時と降雨直後をねらい, 河川下流, 河口地点のSSを計測した。その値は0.6~6,276mg/lと広範囲に分布した。

これは, 沖縄特有の片降り(あるところではどしゃ降りなのに少し離れたところでは全く雨が降っていないような偏った降雨状態)や, サンプリングのタイミングのずれによるものと思われる。

また, これらの測定値は, 海域の底質中の赤土(微粒子)濃度と同様に対数正規分布を示した。河川の赤土による濁りを統計的に評価するには, このことを十分考慮しなければならない。

(3) 今後の課題

川の赤土汚染を科学的にかつ簡便に評価する最適な手法はまだ確立されていない。このための今後の検討課題をいくつかあげる。

- 1) 常時監視が必要な河川の自記流量測定器と濁度自動測定器の常時設置。
- 2) 濁りの最高値を簡単に計測できるような器材(簡易最高濁度計)の開発。

3) 流出してきた微粒子をろ過や凝集などで補集する安価なサンプラーの開発。

4) 川底の状況や水性生物などで川の赤土汚染を間接的に評価する手法の確立。

Ⅶ 赤土流出防止対策

1. 従来の方策

土地改良事業では土砂流出を防止する目的で沈砂池などの砂防施設を設置してきた。これは, 開発現場からの濁水がこの施設を通過する間に土粒子を自然沈降させ, 上澄みを放流するというものである。

沖縄本島北部地域で砂防施設の設計に採用されている計画雨量は, 10年確率雨量の94.1mm/hrであり, 0.2mm以上の土粒子の捕獲排除を対象としている。しかし, 降雨強度や流出率など, 設計の計算に用いる値の設定に問題があり, 現実には施設への流入量は従来の設計値よりも大きな値が頻繁に発生し, 造成直後の裸地の多い状態には対応できない(吉永, 1986, 1987)。

また, 国頭マージの代表的な3土壌統の0.2mm以上の粒度組成は5~50.5%であり(農林水産省構造改善局, 1979), 平均的にみて土壌成分の約3/4は設計対象外となっている。

実際, これらの砂防施設は赤土微粒子の流出を止められず, 砂防施設をオーバーフローした濁水は川や海に流出している(大見謝, 1986, 1988, 1991; 沖縄県環境保健部, 1990)。

また, このような砂防施設すら設置せず, ほとんど無対策のまま農地造成工事などが進められた事業もあった(大見謝, 1985; 野池, 1990)。

2. 最近の動向

これまで述べた砂防施設は本土並みの「防災施設」であり, 沖縄の海や川を守る「赤土防止施設」ではなかった(大見謝, 1991)。沖縄の赤土汚染被害は, 大部分が微粒子によるものであるという事実は疑う余地がない。本来, 砂や石を自然沈降によって捕獲するために考えられた砂防施設を, そのまま赤土微粒子対策として使用してきたことに根本的に無理があった。

このような反省から、近年は公共工事や民間の開発事業などでもいろいろな防止対策が工夫されるようになってきた。沖縄県環境保健部(1991)では「赤土流出防止対策の手引き」を発行し、その基本的な考え方や、多数の具体的事例について詳しくまとめている。

恩納村では役場が中心となって設計段階から土地改良事業を指導し、マルチングや段畑工、ろ過方式を併用した砂防施設、湿地帯などの自然の地形利用など、徹底した対策を講じている。恩納村漁業共同組合の担当者によると、「恩納村の赤土流出が止まり始めた」とのことである。しかし、このような対策は沖縄全県でとられているわけではなく、現在(1992年)でも流出の危険度が高い梅雨時に農地造成工事をしたり、造成農地を裸地のまま1年間も放置して侵食させるなど、初歩的な対策もとらない事例が見られる。

VIII 開発と赤土汚染

日本復帰後、沖縄では「本土並み」を合言葉に急激に資本が投下され、その開発のありかたは「切りたい山を切る」というように環境保全より開発事業が優先し、赤土汚染は現在のように深刻化してしまった。これはあ

たかも我が国が経済の高度成長時代に産業公害をたれ流し、危機的な状況に陥ったのとよく類似している。

我が国がこれ乗り越えたのは、企業が公害防止にも設備投資をせざるを得ない状態に追い詰められたからである。沖縄においても、これまでの開発優先主義から、環境保全優先へと発想を転換しない限り、赤土汚染問題は解決しないであろう(大見謝, 1988)。

赤土汚染の側面からみた今後の開発は、次のようなステップを進めることを提案したい。第一段階として、自治体として環境保全と開発に対する総合的な理念を持ち、地域の開発を図る。

第二段階として、開発の適地、不適地を把握する。地形によっては、現在の技術では赤土流出を止められない場所もある。宜野座村(1984)では村全域の開発に対する赤土危険度の分布図を作成し、開発の適不適を示している。このように、地形を把握しておき、開発計画が提出されてきた段階で計画を中止させる、あるいは縮小、変更させるという制度があれば、赤土汚染防止に極めて有効であると思われる(図4)。

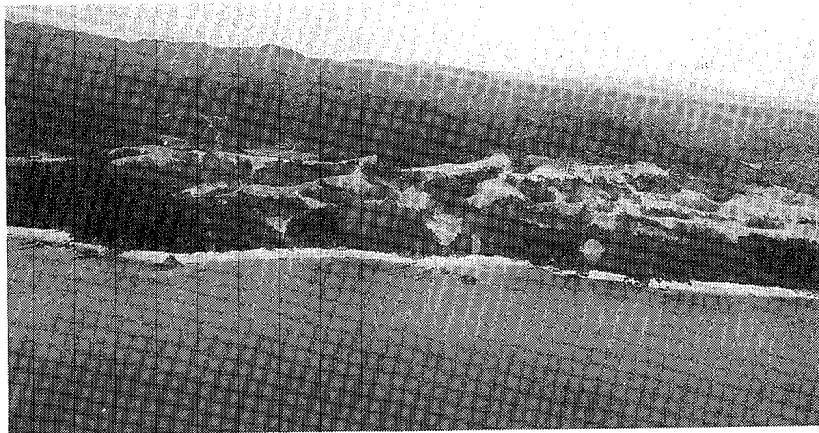


図4. 土砂流出防止が困難な地形、多くの小さな沢が海岸に向かって走っており、ほとんどの沢から赤土流出が確認された。(県内・1991年)

次に第三段階として環境アセスメントで検証した後、第四段階で具体的な工法の検討に入れればよいと思われる(大見謝, 1991)。

いわゆる「公害国会」が開かれ、我が国の産業公害問題が改善され始めた1970年を「公害防止元年」ともいうが、沖縄にも「赤土防止元年」といわれる年が早く来るよう願ってやまない。

IX 参考文献

- 宜野座村(1984)赤土の流出—その理解と防止にむけて。pp.5-7, 13.
- 石垣市役所水産課(1989)石垣水産業振興計画策定基礎調査—赤土及び生活産業排水等による海域影響調査—報告書。pp.43-50.
- 嘉数浩・上原強・仲里禎之・花城哲夫・新城光男・新本久美子・安里義男・下地邦輝(1989)八重山諸島における赤土汚濁について(第3報)。第22回沖縄県衛生監視員研究発表抄録。pp.96-100.
- 岸本高男・比嘉ヨシ子(1988)リーバウオッチング, 1987, 1. 沖縄産指標生物について。沖縄県公害衛生研究所報, 22: 43-60.
- 松田了・藤山俊和・仲里禎之・花城哲夫・川崎克・天久朝信(1989)八重山諸島における赤土汚濁状況について(第2報)—赤土汚濁簡易測定法を用いた測定結果—。第20回沖縄県衛生監視員研究発表会(記録集)。pp.64-68.
- 目崎茂和(1985)自然条件からみた沖縄の開発と保全。沖縄問題研究シリーズ第92号, 沖縄協会, pp.9-16.
- 西平守孝(1974)沖縄の潮間滞—1974.琉大海洋保全研究会, pp.28-31.
- 西平守孝(1988)マングローブと潮間滞。池原貞雄・加藤祐三編, ニライ・カナイの島じま。築地書館, 東京, pp.42-56.
- 野池元基(1990)サンゴの海に生きる, 石垣島・白保の暮らしと自然, 農山漁村文化協会, 東京, pp.2, 195-200.
- 農林水産省構造改善局(1979)土地改良事業計画設計基準, 計画・農地保全。pp.54
- 大垣俊一・野池元基(1992)沖縄県石垣島の

土地改良事業と白保のサンゴ礁。日本生態学会誌, 42: 9-20.

- 沖縄県(1992)平成3年版環境白書(平成2年度年次報告)。pp.134
- 沖縄県環境保健部(1989)赤土汚濁モニタリング調査報告(1)—昭和63年度報告—。pp.12-13, 24-25, 27-33.
- 沖縄県環境保健部(1990)沖縄の自然と赤土汚染。13pp.
- 沖縄県環境保健部(1991)赤土流出防止対策の手引き。pp.41, 110-199.
- 沖縄県農林水産部(1978)赤土の流出による漁場の汚染状況調査報告書。pp.112-123.
- 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。pp.59-60.
- 沖縄県農林水産部(1981)沖縄県の土地改良平成3年度。pp.24-29.
- 沖縄県水産業中央会・沖縄県漁業振興基金(1989)沖縄沿岸の赤土汚染, —赤土等流出の現状と防止対策—。pp.6-8.
- 沖縄県水産業改良普及所(1989)漁業公害調査指導事業テキスト, 赤土汚染簡易測定法の手引き。35pp.
- 沖縄タイムス(1985)2月5日の新聞記事。
- 沖縄タイムス(1990)1月1日~9月4日の新聞記事。
- 大見謝辰男(1985)沖縄県の赤土汚濁の調査研究(第1報)—沖縄本島北部の赤土汚濁の現況—。沖縄県公害衛生研究所報, 18: 71-86
- 大見謝辰男(1986)コバルトブルー沖縄の海“赤土”汚染が深刻化。自然保護, 289: 8-11.
- 大見謝辰男(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報, 20: 100-112.
- 大見謝辰男(1988)赤土と海の汚染。池原貞雄・加藤祐三編, ニライ・カナイの島じま, 築地書館, 東京, pp.57-70.
- 大見謝辰男(1990)沖縄県内各地の海域における赤土汚濁の現状。沖縄県公衆衛生学会誌, 21: 1-15.

- 大見謝辰男(1991)現状報告. ゆたかな海づくりにシンポジウム, どうする赤土汚染!, 報告書. 沖縄県水産業中央会, 那覇, pp.23-37.
- 大見謝辰男・大山峰吉・池間修宏・八重山保健所衛生課・沖縄水産業改良普及所・石垣市水産課・伊平屋村漁業共同組合・伊是名漁業共同組合・久米島漁業共同組合・恩納村漁業共同組合(1992)沖縄県内各地の海域における赤土汚染の現状(第2報). 第23回沖縄県衛生監視員研究発表会(抄録集), pp.31-34.
- 翁長謙良(1986)沖縄島北部地方における土壌侵食の実証的研究. 琉球大学農学部学術報告, 33:113-209.
- 翁長謙良・吉永安俊(1983a)流出機構調査. 昭和56年度赤土流出機構調査結果, 沖縄県環境保健部, pp.3, 10-25.
- 翁長謙良・吉永安俊(1983b)土砂の流出実態調査. 赤土流出機構調査報告書, 沖縄協会, pp.68-69.
- 恩納村漁業共同組合(1991)第2次恩納村地域営漁計画書. pp.14-15, 23.
- 大城喜信・浜川謙(1980)よみがえれ土, 琉球新報社, pp.29-30.
- 琉球新報(1988):6月8日の新聞記事.
- 酒井一彦・西平守孝(1986)造礁サンゴの生態. 西平守孝編, 沖縄のサンゴ礁, 琉球大学公開講座委員会, pp.71-85.
- 下釜洋二・安里義男・新垣博・久保敏郎(1987)川平湾における赤土の堆積状況について. 第17回沖縄県監視員研究発表会(記録集), pp.74-77.
- 篠原直樹(1991)石垣島東岸轟川下流及び河口域における赤土流出・第39回全国地理学専攻生卒業論文発表大会要旨.
- 吉永安俊(1986)造成農地における流出機構の解明. 赤土流出機構及び流出防止対策に関する調査, 研究報告書, 沖縄協会, pp.35-45.
- 吉永安俊(1987)雨水の流出特性からみた赤土流出防止対策. 赤土流出機構及び流出防止対策に関する調査・研究, 沖縄協会, pp.32-41.