

簡易な水路設置型採水器具を用いた 赤土等流出状況調査手法の開発

田代 豊・富山 徹

要旨

多数の赤土等流出発生源における発生状況を同時に観測するために、水路内に容易に設置できる小型採水器具（「富山サンプラー」）を開発し、これを用いた多地点における赤土等汚染発生状況観測手法を確立した。サンプラーは、軟質プラスチック製のネジ付容器にプラスチック製細管を取り付けた簡易な構造で、安価に多数製作することができ、設置も容易であった。室内実験の結果から、サンプラーに採取された水は、サンプラーが水没した状態が継続しても、外部との水とほとんど交換しないことが確認された。フィールドで降雨時に発生する濁水の採取を試行したところ、同時に多地点で容易に濁水を採取できた。この中には、通常の巡回による採水では採取が容易でない、降雨時初期の短時間に発生源から流出する高濃度の濁水も採取された。採取した濁水の濁度を測定しSSに換算することにより、既存データと比較した赤土等流出状況の評価が可能となった。

New Surveillance Method of Red Soil Pollution Using Simple Water Samplers for Drainage Ditches

Yutaka Tashiro and Tetsu Tomiyama

ABSTRACT

In order to survey the red soil pollutions from multiple sources simultaneously, a new type of simple water sampler ('Tomiyama Sampler') was developed and a surveillance methodology of the red soil pollution at multiple sites was established. This low cost sampler was composed of a soft plastic container with a screw cap and plastic tubes. Laboratory experiments demonstrated that only a small portion of the water in the sampler, once sampled inside, exchanged with the outer water though the sampler was left underwater. At a field trial with a set of this sampler, water samples were collected at multiple sites simultaneously, including highly turbid samples that should be generated in a short time in the beginning of the rain fall. Turbidities of the samples were measured and converted into SS concentrations in order to enable comparisons with existing data to verify the significance of each pollution source.

I はじめに

南西諸島ではまとまった降雨時に陸域から土砂が河川および沿岸海域に流出し、これがサンゴ礁生態系に悪影響を及ぼすことが知られている（大見謝 1996、大見謝ら1999）。これまで種々の流出防止対策が提案され、行政による対策事業も実施されてきたが、未だ全面的に解消したとは言えない。このような状況が続く一因は、種々の対策技術には、現場で実施する際の環境条件の違いや技術的問題等により、本来期待される機能を果たさない可能性があるにもかかわらず、個々の現場での対策効果の検証がなされていないという点にある。各発生源において流出防止対策が機能しているかどうかを検証し、必要に応じて対策に修正を加えることが、対策の有効性を確保し流出を止めるために必要である。

これまで、赤土等流出状況の観測方法として、河川や海域の底質中の赤土等粒子含量測定（SPSS および SPRS）が有効な手段の一つであり、試料採取や測定の簡便さもあって広範な試料に対する測定が実施されてきた（仲宗根 2001、大見謝ら 2002）。しかしながら、このような測定は河川流域全体での汚染発生状況を明らかにすることはできても、個々の発生源での流出防止対策の有効性を直接検証することはできない。そのような目的のためには、個々の対策実施場所における発生源からの流出水を直接採取して懸濁物質濃度（SS）などを測定することが必要となる。過去において各地でこのような流出水の採取と SS 測定が行なわれてきたが（満本ら 2000）、一般に、個々の発生源から高濃度の濁水が流出するのは、その地点において強度の高い降雨があった比較的短時間である場合が少なくなく、降雨時に現場を巡回することによって多数の発生源からの濁水試料を集めることは容易ではない。また、予め設定した観測地点に自動採水装置を設置して降雨時の流出水を採取する方法もとられるが、大型の装置を設置することができる地点は限られる上に多額の経費がかかるため、ごく限られた地点における観測にしか用いることができない。このような制約のため、各種赤土等流出防止対策の有効性は、モデル地点として設定された限られた地点における観測結果を用いて類推するしかなく、多様な条件下での現場で起こる様々な問題を考慮に入れて対策の有効性を検討することはこれまでできていない。

本研究の目的は、多数の赤土等流出発生源における発生状況を直接同時に観測するために、多数の地点に容易に設置できる小型で安価な採水器具を開発し、これを用いた広範な地点における赤土等流出状況観測手法を確立することにある。

II 方法

1 サンプラーの構造

本研究では、図1に示すようなサンプラーを「富山サンプラー」と名付け、これを用いて実験を行なった。サンプラーは軟質プラスチック製のネジ蓋付容器（市販の醤油タレ瓶。容量約14ml）に採水孔と通気孔を設けたものを製作した。サンプラーの採水孔と通気孔にはプラスチック製の細管（内径2mm、長さ6cm程度のストロー）を挿入し接着剤で固定した。この細管は、サンプラー内に採取された試料水が蒸発することを抑制するとともに、試料水採取後に引き続きサンプラーが排水路内で水没した状態が続いても、サンプラー内の水が外部の水と交換することを抑制するためのものであり、沿岸海域における採水用サンプラー（田代・奥間 2007）で用いられたものと同様のものである。本サンプラーは、赤土等流出発生源からの排水

路等の内面に、通気孔を上に通気孔を採水孔を下流側に向けて粘着テープ等を用いて設置し、降雨時の出水により排水路内の水位が採水孔の高さまで上昇した際に、排水路内の水が自然に容器内に流入するようにして使用する。

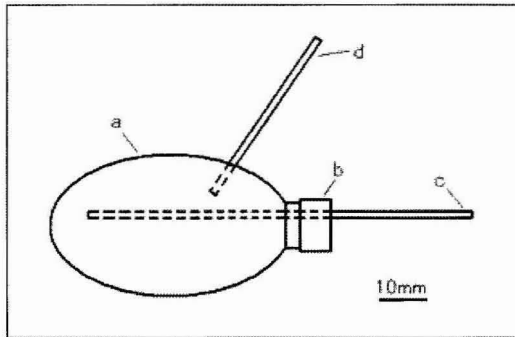


図1 「富山サンプラー」の構造

(a: プラスチック容器、b: ネジ蓋、c: 採水孔、d: 通気孔)

2 採取後の試料水のサンプラー内での保持能力試験

上述のように、本サンプラーでは、サンプラー内の水が外部の水と交換することを採水孔に挿入した細管によって抑制している。ここで、この効果を検証するために、以下のような実験を行なった。

実験室において、内部に食塩水を入れたサンプラーを、純水を入れた水槽内に沈めた。そして、一定時間ごとに引き上げてサンプラー内の水の電気伝導度を導電率計で測定し、サンプラー内の水が外部の水とどの程度交換するかを測定した。

3 フィールドでの採水試験

フィールドにおいて降雨時に発生する濁水をサンプラーによって採取し分析する過程を試行した。試験は、沖縄県恩納村内にある農地の排水路（コンクリート製U字溝、幅約50cm）において、上記「富山サンプラー」を図2に示す排水路内面の5地点に設置して実施した。サンプラーは排水路内面のなるべく底部に近い位置（ただし、設置時に水が側溝内にある場合は水に触れない位置）に設置した。これら5地点は排水路上流から下流に向けて地点1～5とした。この地域の土壌は国頭マージであり、地点1および2に接するサトウキビ畑は株出しであるがとくに赤土流出防止対策は施されておらず、地点1と2の間には排水路に接するサトウキビ畑からの排水が流入する穴がU字溝に穿たれていた。地点2と地点3の間には低木の植栽が設けられており、そこからの排水が両地点間に流入していた。地点3～5が接する農地は部分的に耕作されているものの大部分が草本によって被覆されており、地点3、4間および地点4、5間にはこれら被覆された農地からの排水が流入していた。試験は2回実施し、第1回は2007年4月26日にサンプラーを設置した。5月5～6日に降雨（金武アメダスで43mmの雨量を観測）があった後、5月9日にサンプラー内に水が採集されていることが確認されたためサンプラーを回収した。第2回は5月12日にサンプラーを設置し、6月5日に降雨（金武アメダスで74mmの雨量を観測）があった後、6月6日にサンプラー内に水が採集されていることが確認

されたため回収した。

サンプラー内に採取された水があった場合は、濁度計（東京電色社製積分球光電散乱光度計 MODEL T-2600D）で濁度を測定した。一般に赤土等流出状況の評価には濁水の SS が測定されるが、本研究におけるサンプラーで採取される濁水は量が少なく SS の測定は難しいため、濁度を測定した。花城ら（1994）にあるように、一般には濁水の SS と濁度との間には良好な相関があるため、調査地点付近の赤土等を用いて SS と濁水との関係を確認しておけば、測定した濁度から換算することにより実用上十分な精度の SS を求めることができると考えられる。そこで、サンプラー回収時に地点 5 よりも下流側の排水路底に堆積していた土砂を現地で懸濁させた濁水を約 500ml 採取し、これを濃度を変えて希釈して SS と濁度を測定した。このデータによって、調査地域における SS と濁度との関係を求め、上記サンプラーで採取した濁水の濁度を SS に換算できるようにした。

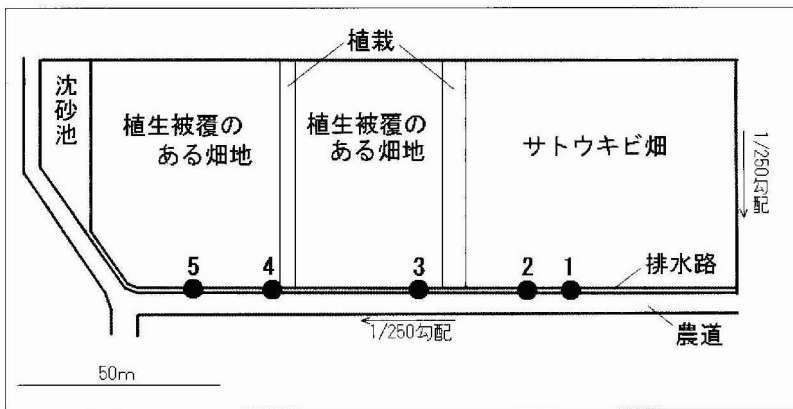


図2 サンプラー設置地点図（●：地点1～5）

III 結果

1 採取後の試料水のサンプラー内での保持能力

方法 2 に示した実験の結果を表 1 にした。サンプラー外部の水の導電率は 0.7 mS/cm であり、実験開始時のサンプラー内部の食塩水の導電率は 103.4 mS/cm であった。このため、サンプラー内部の水の X% が外部水と置換した時の導電率 L は、次式ようになる。

$$L = \{103.4X + 0.7(100 - X)\} / 100$$

この式を変形し、置換したサンプラー内部水の割合を、 $X = (100L - 70) / 102.7$ によって算出した。この実験は水の流れがない静止状態下ではあるものの、60 分後においても交換したサンプラー内の水は約 4 パーセントに過ぎなかった。

表1 サンプラー内の水の置換実験結果

経過時間 (分)	サンプラー内の水の導電率 (mS/cm)	置換した水の割合 (%)
0	103.4	0
5	103.9	0
15	101.4	1.9
30	100.6	2.7
60	99.7	3.7

2 フィールドでの採水試験

方法3に示した試験において、地点5よりも下流側の排水路内で採取した濁水を希釈して濁度とSSを測定したところ、両者の間には図3に示すような良好な相関関係があり、「 $SS = 1.25 \times \text{濁度} + 11$ 」という式により換算できることが分かった。

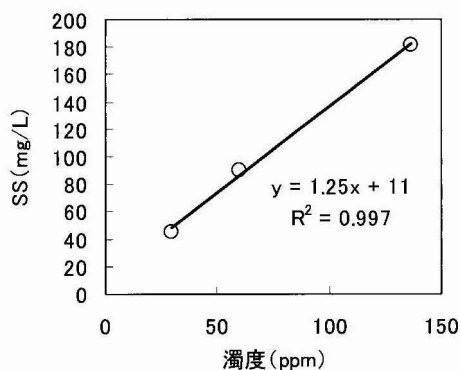


図3 排水路内で採取した濁水を希釈した試料水の濁度とSSとの関係

この式を用いて、各地点において2回の試験で採水できた試料について、測定された濁度をSSに換算した結果を表2に示した。

表2 サンプラーで採取された水のSS (mg/L)

地点	第1回試験	第2回試験
1	-	-
2	460	13,000
3	850	2,200
4	-	1,000
5	90	-

- : サンプラー内に水が入っていなかった。

2回の試験とも、複数のサンプラーで水が採取され、降雨時に排水路に発生した濁水を効率よく採取することに成功した。採取された水は、各試料とも約8ml程度であった。なお、地点1においては、2回の試験ともに水が採取されなかった。これは、地点1が排水路の最上流部に近く、降雨時にもこの地点の排水路内にほとんど水が流れていなかったためと推定される。

また、第1回の地点4および第2回の地点5においても水が採取されなかったが、これは、サンプラーの設置位置がやや高すぎたため、降雨時に採水孔の高さまで排水路内の水位が上昇しなかったものと考えられる。

IV 考察

試料水のサンプラー内での保持能力試験の結果から、実用時にサンプラーに濁水が入った後、さらに水没した状態がある程度の時間継続しても、ほぼ出水初期段階の濁水に近い試料が採取できると考えられる。本研究のフィールド試験は、降雨初期に発生する濁水を採取することを想定し、排水路のできるだけ低い位置にサンプラーを設置した。しかし、同一地点に複数のサンプラーを高さを変えて設置すれば、流出初期のみならずさらに水位が上昇した際の濁水を採取することもでき、降雨の継続に伴う赤土等流出状況の変化を観測することも可能と考えられる。

フィールドでの試験結果から、本サンプラーを用いて降雨初期に排水路に流出する濁水を採取することができることが示された。このうち第2回試験では地点2において1万mg/Lを超える高濃度の濁水が採取された。これは、地点1と2との間のU字溝側面に穿られていた穴を通してサトウキビ畑面からの排水が排水路に流入したものと考えられる。その下流の地点3および地点4ではSS濃度が順次低下した濁水が採取されており、植生に被覆された地面からのSSの少ない排水が水路に流入し、地点2の濁水を希釈したものと考えられる。また、第1回試験では、各地点ともSSが1,000 mg/L未満で、第2回試験に比べSSの少ない水が採取された。第1回試験ではサンプラーに採水された際の降水量が第2回試験に比べて少なく、かつ、2日間にわたって少量ずつ降ったため、著しい土壌浸食が発生せずにSSの少ない排水が発生したものと考えられる。

沖縄県衛生環境研究所では県内各地の赤土等発生源からの濁水を採取しているが、国頭マージ地域裸地からの濁水16試料（急傾斜地からの直接流出および強制排水を除く）のSSは最大15,900mg/L、中央値1,650mg/Lであった（溝本ら2000）。また、国頭マージの農地31地点からの流出水を測定した結果では、SSが10,000mg/Lを超える濁水が観測されたのはパイン畑作業道の1地点のみであった（比嘉ら 1998）。地点2に接する畑はサトウキビが栽培されている傾斜1度未満の土地改良農地であるが、第2回試験において裸地排水に近いSS濃度の濁水が採取されたことは、このようなとくに著しい赤土流出が予測されないような農地においても、農地表面の状態等によっては一般的な想定よりも格段に高い濃度の濁水が流出する可能性があることを示唆している。本試験では、「富山サンプラー」を利用したサンプリングを行なったことにより、降雨に伴う出水時の濁水を逃さずに採水することができ、その結果、従来の逐次採水による観測手法よりも正確に流出の実情を把握することができたものと考えられる。今後、このような安価なサンプラーを多数用いた観測を各地で実施することにより、より詳細な赤土等発生の現状把握とその原因となる発生源の状態との関連が明らかになることが期待される。

本研究の採水方法は、少ない費用で誰にでも入手できる材料を使い簡単に実施することができる。これに加えて、採取された濁水の濃度が高い場合であれば、適宜希釈することによって透視度計で透視度を測定し、本研究と同様にSS値に換算することも可能と考えられる（花城ら 1994）。このようにすると、採取試料の測定も安価で容易に行なうことができ、本調査手

法は一般市民や農家による赤土流出調査や環境教育の場で利用することも可能なものであると考えられる。

参考文献

- 大見謝辰男著 「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、30、1996年、pp.79-86
- 大見謝辰男・仲宗根一哉・満本裕彰・小林孝著 「赤土堆積がサンゴに及ぼす影響（第2報）－サンゴの赤土堆積耐性について－」、沖縄県衛生環境研究所報、33、1999年、pp.111-120
- 大見謝辰男・比嘉榮三郎・仲宗根一哉・満本裕彰著 「赤土条例施行前後における沖縄沿岸の赤土等堆積状況比較」、沖縄県衛生環境研究所報、36、2002年、pp.77-84
- 田代豊・奥間榮仁著 「簡易な投げ込み型採水器具を用いた沿岸海域赤土汚染調査手法」、『平成19年度赤土等流出防止交流集会事例集』、2007年、pp.15-18
- 仲宗根一哉著 「沖縄島北部地域河川における赤土汚染の現況」、沖縄県衛生環境研究所報、35、2001年、pp.87-92
- 花城可英・大見謝辰男・比嘉榮三郎・満本裕彰・普天間朝好・古堅勝也・下地幸枝・田代豊著 「濁水の評価に関する研究－SS、濁度、透視度の関係について－」、沖縄県衛生環境研究所報、28、1994年、pp.67-71
- 比嘉榮三郎・満本裕彰・仲宗根一哉・大見謝辰男著 「農地での土壌流出防止対策とその効果」、沖縄県衛生環境研究所報、32、1998年、pp.73-82
- 満本裕彰・大見謝辰男・比嘉榮三郎・仲宗根一哉著 「流出源濁水のSS濁度について」、沖縄県衛生環境研究所報、34、2000年、pp.125-127