

## 1 第 2 章 現況と課題

2 本章では、現在の沖縄県における赤土等流出に関する現況と課題を示す。

3 まず、「2.1 赤土等流出による各種影響」にて、赤土等流出によって、自然環境および産  
4 業等を含め、広く県民の生活に影響を与えている現状を説明した後、「2.2 赤土等の流出メ  
5 カニズム」にて、赤土等流出に関する「侵食」・「流下」・「堆積・巻き上げ」の一連のプロセス  
6 について概要を説明する。その後「2.3 海域の現況」、「2.4 赤土等の流出状況」にて赤土等  
7 汚染にかかる現況を紹介した後、「2.5 旧基本計画の最終評価に示された課題」にて旧基本  
8 計画を踏まえ今後必要となる対応について整理した。

9 「2.5 旧基本計画の最終評価に示された課題」では、旧基本計画が令和3年度に終期を  
10 迎えたことから、平成 25 年度から令和3年度に実施した海域及び陸域のモニタリング調査  
11 結果を基に環境保全目標や流出削減目標量の達成状況の評価を行い、これら目標を達成  
12 していない監視地域の状況をモニタリング調査結果などから把握するなどし、旧基本計画期  
13 間中に解決できなかった課題や新たに抽出された課題を整理している。よって、「2.5 旧基  
14 本計画の最終評価に示された課題」は平成 25 年度から令和3年度までのモニタリング調査  
15 結果で把握した現状を踏まえた上で抽出・整理された課題である。

16 なお、「2.3」～「2.5」については、旧基本計画における各種モニタリング調査結果および  
17 旧基本計画最終評価結果の内容に基づく。

### 18 2.1 赤土等流出による各種影響

19 赤土等流出による影響について、「自然環境への影響」と「産業等への影響」に分け示  
20 す。

#### 21 2.1.1 自然環境への影響

##### 22 < 海域 >

- 23 ・ 赤土等の堆積は、海域生物の生息環境そのものを改変し、魚介類の産卵場所の  
24 喪失や底生動物、海草藻類、サンゴ類の埋没のほか、沈降粒子によるサンゴ類へ  
25 のストレスなどの悪影響を及ぼす。
- 26 ・ 赤土等による海水懸濁は、魚類の濁りからの回避行動や海藻草類の光合成阻害  
27 を引き起こし、また、サンゴ類（造礁サンゴ類）についても、体内に共生している褐  
28 虫藻の光合成阻害により、サンゴ類が褐虫藻の光合成産物を利用できなくなり死  
29 滅するなど、各種悪影響を及ぼす。
- 30 ・ サンゴ礁生態系の基盤であるサンゴ類の死滅により、サンゴを住処とする様々な海  
31 域生物（魚類、底生動物等）は、その生息環境を失うこととなり、結果これらの生物  
32 についても姿を消し、生物多様性は著しく減少する。
- 33 ・ 赤土等の懸濁・堆積によりサンゴ幼生の定着阻害が起こることも確認されており、  
34 赤土等の影響により、幼サンゴ加入によるサンゴ礁の再生も妨げられることとなる。
- 35 ・ 海草藻場や干潟等においても、赤土等が堆積することにより、泥が少ない環境を  
36 好む生物種が減少する一方、泥を好む生物種がみられるようになり種構成が変化  
37

1  
2  
3  
4  
5  
6

するとともに、種数自体の減少傾向も見られ、生物多様性が減少する。



①健全なサンゴ礁海域



②海域への赤土等拡散



③赤土等が堆積した海域

7  
8

### <河川>

- 9 ・ 河川への赤土等の流出・堆積は、河川の流下能力や自然の浄化機能の低下を招き水質を悪化させるほか、河床の上昇により、河川内の岩や礫などが埋没することもある。ダムについても赤土等の流入は水源汚染を生じ、土砂の堆積が貯水量を減少させダム機能を低下させている。
- 10
- 11
- 12
- 13 ・ 赤土等の堆積により河口閉塞が起きると、河川と海とを行き来する魚類の往来が妨げられる。
- 14
- 15 ・ 赤土等が、河川内の岩や礫の表面に付着した場合、付着藻類が減少し、それに伴って、藻類を摂食する水生昆虫類をはじめ魚類や甲殻類、貝類が減少する等、動物群集に影響を与える。
- 16
- 17
- 18 ・ 赤土等の流出による汚濁負荷は濁水に強い外来種の勢力拡大を助長する等の間接的な影響を与える可能性がある。
- 19

20  
21  
22  
23  
24  
25



①清浄な河川域



②河川への流出



③赤土等が流出した河川

26

### 2.1.3 産業等への影響

#### < 漁業 >

- ・ 定置網、建干網、刺網等に赤土等が付着し、漁場が赤土等によって濁ると、魚は網に入らなくなる。このため、漁業者は漁場を移動したり、網をあげて洗うことになる。
- ・ 赤土等による汚染は、沖縄県沿岸域のモズク、ヒトエグサ等の海藻類、ミーバイ（ハタ類）等の魚類、クルマエビの養殖などに大きな影響を及ぼしている。収穫前のモズクやヒトエグサに赤土等が付着してしまうと、商品価値は著しく損なわれる。
- ・ 潜水器漁業、素潜り漁業、追込網漁業等は、直接漁業者が海に潜るので、赤土等によって濁ると海の中が見えなくなり、極めて危険であるばかりでなく操業することができなくなることもある。



① 漁獲物



② モズク収穫



③ 赤土等が流出した海域でのアーサ網

#### < 農業 >

- ・ 土づくりを行った肥沃な耕土の流出は、それまで土壌改良のために投じた資材や労力を失うものである。
- ・ 農地からの赤土等の流出は、農業生産の基盤である耕土を失うこととなり、継続的な農業生産にとって損失となる(耕作に適した土壌は、表土の1～2mと浅い)。
- ・ 土壌は、その元となる岩石などの母材に浸食や風化などの物理的作用と腐植などの生物的作用が加わって形成されるが、土壌が生成されるには、数百年から数千年の時間がかかるとされており、土壌生成に必要な時間と人間の利活用による短期間の損失を考慮すると土壌は有限資源である。土壌を失うと、農業に適した場所そのものが失われるおそれがあることから、持続的な農業生産にとって損失となる。



① 農地からの収穫物



② 肥沃な耕土



③ 耕土の流出

1 <観光・レクリエーション>

- 2 ・ 赤土等の海域への流出により、各種観光業およびダイビング、ウィンドサーフィン  
3 等のレクリエーションなどの利用に適さなくなり、沖縄経済振興の主軸である観光  
4 産業に影響を及ぼす。  
5 ・ 赤土等の流出により、優れた景勝地やレクリエーションの場となっている干潟、藻  
6 場、砂浜、岩礁、マングローブ等で構成される海岸線周辺の景観が悪影響を受け  
7 る。



①健全な海域での観光業



②健全な海域におけるレクリエーション



③赤土等が拡散した海域

14

15 <その他>

- 16 ・ 河川等からの上水道水源としての取水に際して、赤土等による濁りがある際には  
17 取水を止める等、運用面での障害となる。  
18 ・ サンゴ礁を含む沿岸海域等は、地域に根ざした様々な祭事や伝統、文化、慣習等  
19 の実践の場であるが、赤土等の流出によって環境が悪化するとその障害となる。  
20 ・ サンゴ礁を含む沿岸海域等は、豊かな自然に触れることができる教育の場として  
21 貴重であるが、赤土等の流出によって環境が悪化するとその機会が失われる。  
22 ・ 本県に特徴的な亜熱帯海洋性気候に属するサンゴ礁等環境は、その独自性等を  
23 踏まえ研究の場として貴重であるが、赤土等の流出によって環境が悪化すると研  
24 究面での障害となる。  
25  
26

2.2 赤土等の流出メカニズム

赤土等とは、県内で見られる赤茶色の土(国頭マージ・島尻マージなど)や灰色の土(ジャーガルとその母岩のクチャ)など、粒子の細かい土壌等の総称である。

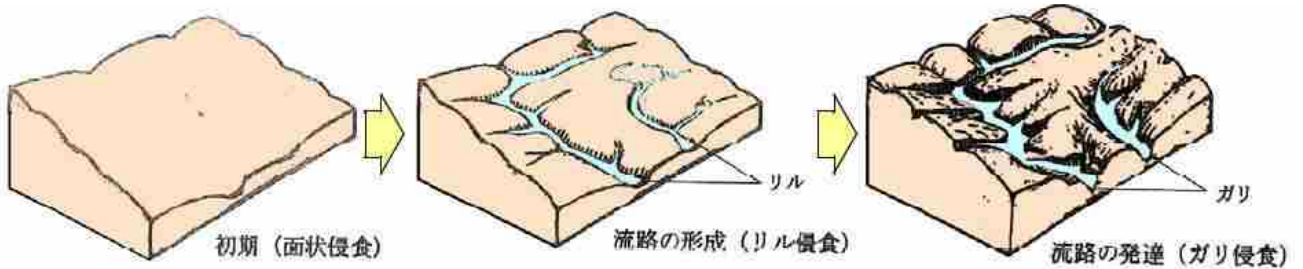
赤土等の流出の機構は、強い降雨を起因とした「侵食」、「流下」、「堆積・巻き上げ」の過程として説明される(図 2-1)。



図 2-1 沖縄県における赤土等流出のイメージ

## 2.2.1 侵食

地表の土壤侵食は、降雨によって発生した地表面の流水によって引き起こされ、流水の量と速度に大きく影響される。したがって地形（傾斜角、斜面長、斜面の形状）の険しい地域は、土壤が侵食されやすい。侵食の初期状態では、土粒子が斜面全体から流出する面状（シート）侵食が起こり、その後、斜面全体に細かい雨溝を形成して土壤が流出するリル侵食となる場合がある。また、リル侵食が進んでより深く広い流路の発達した形態のガリ侵食となる場合もある（図 2-2）。



リル侵食：面状侵食の状態では表面水が次第に集中し、流水は土地の底部などに向かって小さな溝（リル）を形成しながら流下するようになる。このような侵食形態をリル侵食という。

ガリ侵食：リル侵食がさらに進んで侵食溝が大規模になり、農業機械などの導入が不能になるまで達したリルをガリといい、その形態をガリ侵食とよぶ。【農業技術辞典（農研機構）】

図 2-2 土壤侵食の進行イメージ

一般に植生がある土地は土壤侵食が起こりづらい。これは、植生により雨滴が直接的に土壤に当たる衝撃が緩和され、また根により土壤流出防止の効果が発生することによる（写真①～③）。一方、農地耕作や開発工事等で地表の緑を剥がし裸地状態にすると、上記効果が消失し、土壤侵食が顕著に起こることとなる（写真④～⑥）。

緑肥による植生がある状態では、裸地と比べ6～7割程度流出量が抑えられることが知られている（参考：赤土流出防止に有望な緑肥作物の選定（沖縄県農業研究センター））。



① 植生あり（森林、草地）



② 植生あり（サトウキビ畑）



③ 植生あり（草地）



④ 開発工事による裸地化



⑤ 裸地法面に発生したリル侵食



⑥ 裸地農地からの赤土等流出

以下、本県において土壌侵食が顕著となる各種自然条件について記載する。

### (1) 降雨条件

土壌侵食は、強い降雨が発端となる。

本県は亜熱帯特有のスコール的な強い雨の降り方が多く、降雨エネルギーの強さを表す指標である「降雨係数」で見ると、本県は全国平均の約3倍である(図 2-3)。

また、本県において現時点では気候変動の影響による顕著な降雨の変化は表れていないが、将来的な降雨量の増加等も懸念されている。長期的な降雨状況の変化に伴う赤土等流出に変化が生じた際には対策手法の検討も必要となる。

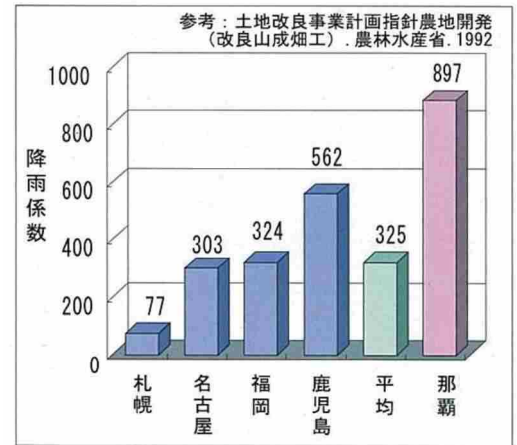


図 2-3 沖縄県の降雨の強さ・全国比較

### (2) 地形条件

急峻な地形は降った雨が流れやすく、土壌が浸食されやすい要因となる。

沖縄本島中南部は丘陵地や台地・段丘が多く、なだらかな地形が多いが、沖縄本島北部や八重山は山地・丘陵地で急傾斜の地形が多く、赤土等が流れやすい地形といえる。

県全体では山地・丘陵地などの浸食されやすい地形が 50%以上を占めている(図 2-4)。

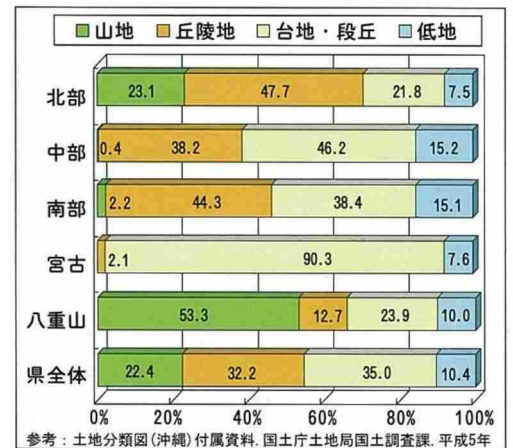


図 2-4 沖縄県の地形分類別比率

### (3) 土壌条件

沖縄県に分布する主な土壌である、国頭マージ、島尻マージ、ジャーガル、ジャーガルの母岩となるクチャ(泥岩)は、粒子が細かく、崩れやすい土壌である。加えて亜熱帯の沖縄では微生物の活動が活発で有機物が早く分解され、有機物が不足しがちになり、土壌粒子が結合されず団粒構造が形成されにくい傾向にある(図 2-5)。

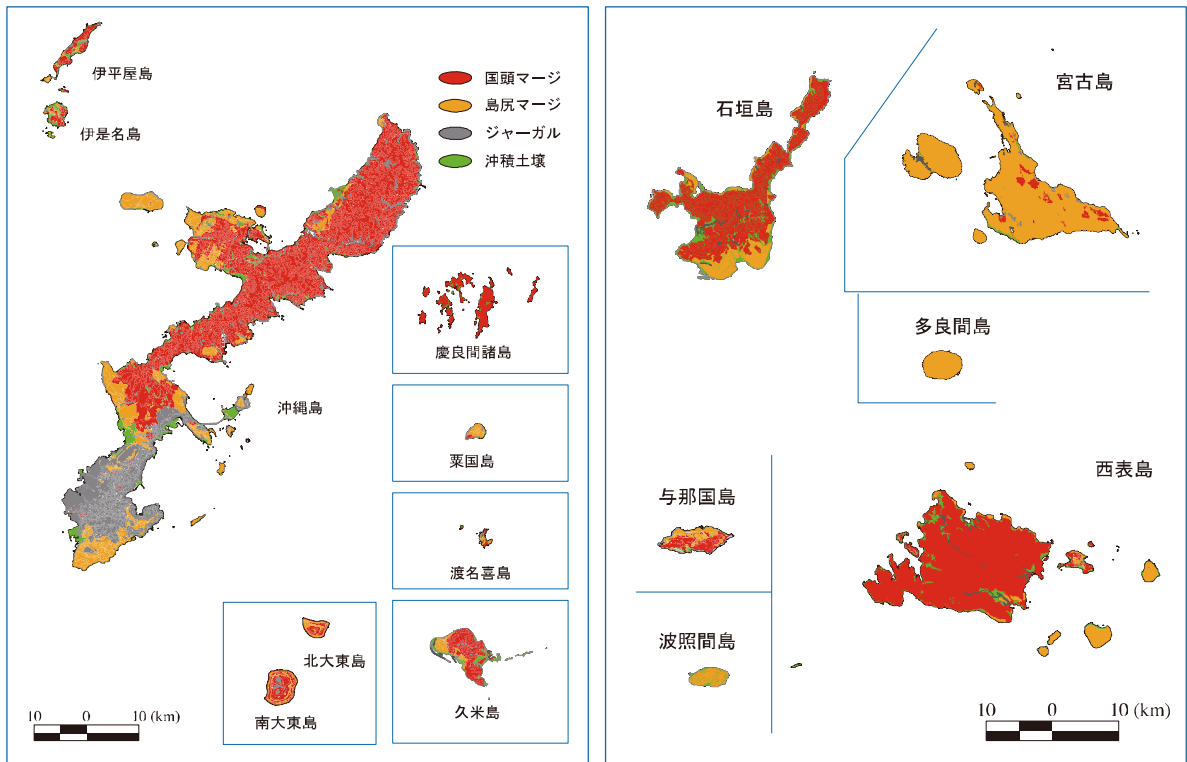


図 2-5 沖縄県の主な土壌

沖縄県の土壌分布図を図 2-6 に示した。

各土壌の分布面積のうち約 55%を国頭マージが占め、島尻マージ、ジャーガルが占める割合も多く、沖縄県の土壌は極めて流出しやすい環境にあるといえる。

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37



データ提供：沖縄県衛生環境研究所

図 2-6 沖縄県の土壌分布図

### 2.2.2 流下

侵食された赤土等が河川に流入すると、河川を通じ海域まで運ばれる。

河川に流入した赤土等は、土壌粒子が微細で沈降しにくいこと、また、本県は島嶼という地形条件の中で河床勾配が急な上に短小河川であることから、降雨時には河川全体が急流となり、短時間で海域まで運ばれることとなる。特に沖縄本島北部、久米島、八重山の高島型の島は、急峻な地形であることからこの傾向が顕著となる(図 2-7)。

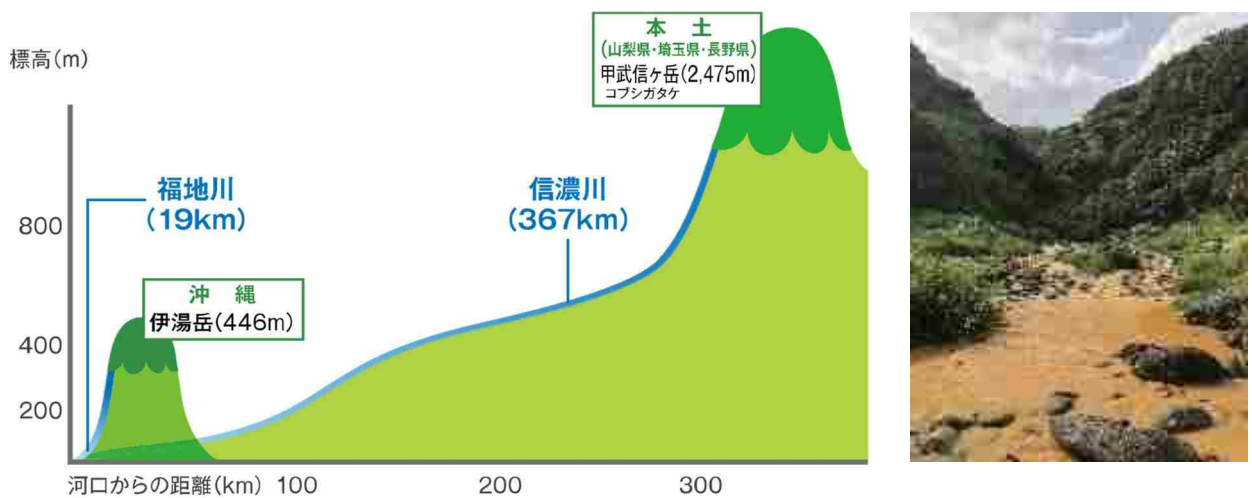


図 2-7 沖縄と本土の山岳標高と河口までの距離の比較例、および山地からの赤土等流出



### 2.2.3 堆積・巻き上げ

海へ流出した赤土等は、土壌粒子が細かいため浮遊時間が長く、広く海域を濁らせる。その後徐々に沈降するが、リーフエッジに遮られ、河口域から礁池（イノー）にかけてのリーフ内の浅海域で堆積する。

底質巻き上げは、潮汐及び荒天時の波浪によってもたらされる。引き潮時等では、リーフの切れ目（クチ）から少しずつ外洋に出ていくが、一度堆積した赤土等がリーフの外に拡散するには相当な時間を要する。台風接近等による高波浪発生時には、海域地形によっては拡散が顕著に進む場合もある(図 2-8)。

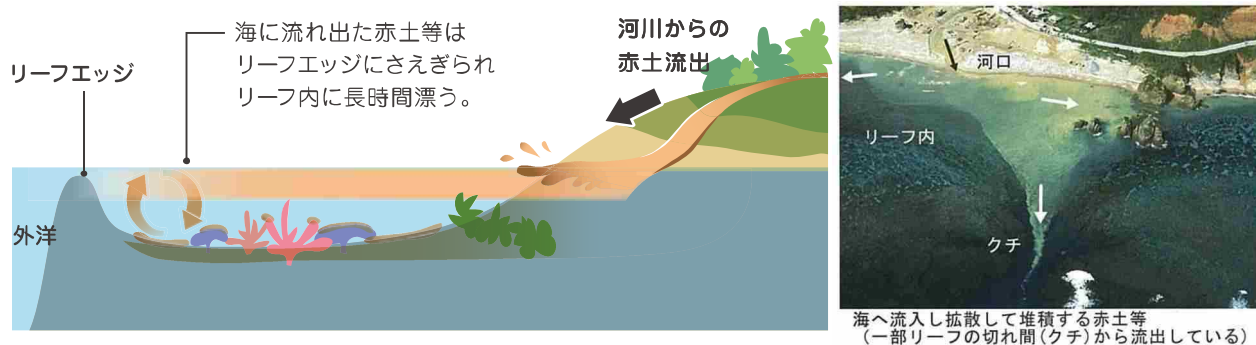


図 2-8 海域(リーフ内)での堆積の状況

#### 【参考】赤土等流出と栄養塩流出

陸域からのサンゴ礁海域へ環境負荷としては、本計画で取扱う赤土等流出のほかに栄養塩の流出も挙げられます。

海域へ流出する栄養塩は、生活排水、畜舎排水等に加え、農地からの赤土等流出に伴う化学肥料成分の流出等が由来として知られており、これらの海域への流出により貧栄養塩濃度を好むサンゴ類に負の影響を及ぼしているという報告があります<sup>(注)</sup>。本計画では、主に農地からの赤土等流出削減を目指しますが、この取り組みは同時に栄養塩流出の削減にも寄与することとなります。

また、本計画では海域の赤土等堆積状況の改善により生物の生息状況が回復または良好な状態を維持しているかを把握するため海域モニタリング調査を実施することとしています。前述のとおりサンゴ礁は栄養塩類の影響も受けることから、海域モニタリング調査では、栄養塩についても調査を行い、赤土等の堆積以外の影響についても把握することとしております。

なお、県では、河川・海域等の公共用水域の調査を毎年実施しており、栄養塩などの環境基準が未達成の河川については上乘せ基準の見直しを行うとともに、排水基準を満たさない汚水の排出を抑制するため、食品製造業施設や畜産施設などの特定事業現場の監視強化に努めております。

また、生活排水対策として、上下水道等の整備動向を踏まえながら合併浄化槽の普及を促進するとともに、生活排水対策のパンフレットの作成や家庭でできる生活排水の対策をホームページに掲載するなど普及啓発を実施しています。

(注)：陸域からの環境負荷対策について 金城孝一 (2017)日本サンゴ礁学会誌 19 巻

1 **【参考】 海域における赤土等堆積状況測定について**

2 海域における赤土等堆積状況は、赤土等が堆積した海域の底質をサンプルとした底質  
3 中懸濁物質含量 (SPSS: content of Suspended Particles in Sea Sediment) 分析法  
4 が知られており、本計画においても赤土等の堆積状況把握等に使用する。

5 SPSSは、沖縄県衛生環境研究所により開発された赤土等堆積指標であり、簡便性と定  
6 量性の点で優れた方法であり、広く活用されている。

7 **● SPSS 測定方法**

8 SPSS の測定手順を図 2-9 に示す。



赤土等濃度換算表 は「沖縄県衛生環境研究所」ホームページ <http://www.eikanken-okinawa.jp/mizuG/akahp/Seatable.htm> の「干潟や海底の底質中懸濁物質含量 (SPSS) 換算一覧表 (単位: kg/m<sup>3</sup>)」を参照してください。

36 出典:「沖縄県の赤土流出についてー赤土等ガイドブックー」(沖縄県、平成 20 年)

37 図 2-9 SPSS の測定手順

## ●SPSS ランクについて

SPSS はその値により下表にある9つのランクに分類することができる。

ランク1～5b までは自然界由来(波浪により岩や砂が研磨されたものや生物活動等により生じたもの)による懸濁物質の発生が考えられるが、ランク6以上の場合は、明らかに人為的な赤土等の流出による汚染と見なすことができる。

SPSS kg/m <sup>3</sup>			底質状況その他参考事項
下限	ランク	上限	
	1	<0.4	水中で砂をかき混ぜてもほとんど濁らない。 白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
0.4 ≦	2	< 1	水中で砂をかき混ぜても懸濁物質の舞い上がりを確認しにくい。 白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
1 ≦	3	< 5	水中で砂をかき混ぜると懸濁物質の舞い上がりが確認できる。 生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。
5 ≦	4	< 10	見た目ではわからないが、水中で砂をかき混ぜると懸濁物質で海が濁る。 生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。透明度良好。
10 ≦	5a	< 30	注意して見ると、底質表層に懸濁物質の存在がわかる。 生き生きとしたサンゴ礁生態系のSPSS上限ランク。
30 ≦	5b	< 50	底質表層にホコリ状の懸濁物質がかぶさる。 透明度が悪くなりサンゴ被度に悪影響が出始める。
50 ≦	6	<200	一見して赤土等の堆積がわかる。底質攪拌で赤土等が色濃く懸濁。 ランク6以上は、明らかに人為的な赤土等の流出による汚染があると判断。
200 ≦	7	<400	干潟では靴底の模様がくっきり。赤土等の堆積が著しいがまだ砂を確認できる。 樹枝状ミドリイシ類の大きな群体は見られず、塊状サンゴの出現割合増加。
400 ≦	8		立つと足がめり込む。見た目は泥そのもので砂を確認できない。 赤土汚染耐性のある塊状サンゴが砂漠のサボテンのように点在。

出典:「沖縄県の赤土流出についてー赤土等ガイドブックー」(沖縄県、平成 20 年)

図 2-10 SPSS、SPSS ランクと対応する底質状況その他参考事項

SPSS(SPSS ランク)と海域における赤土等堆積状況、および周辺環境の対応したイメージを図 2-11 に示した。

周辺環境は、生息場環境(サンゴ場、海草藻場、干潟)を混在させて示し、SPSS(SPSS ランク)が高くなるほど、赤土等堆積量が増大し、それに伴い周辺環境も悪化した状況となることを示している。

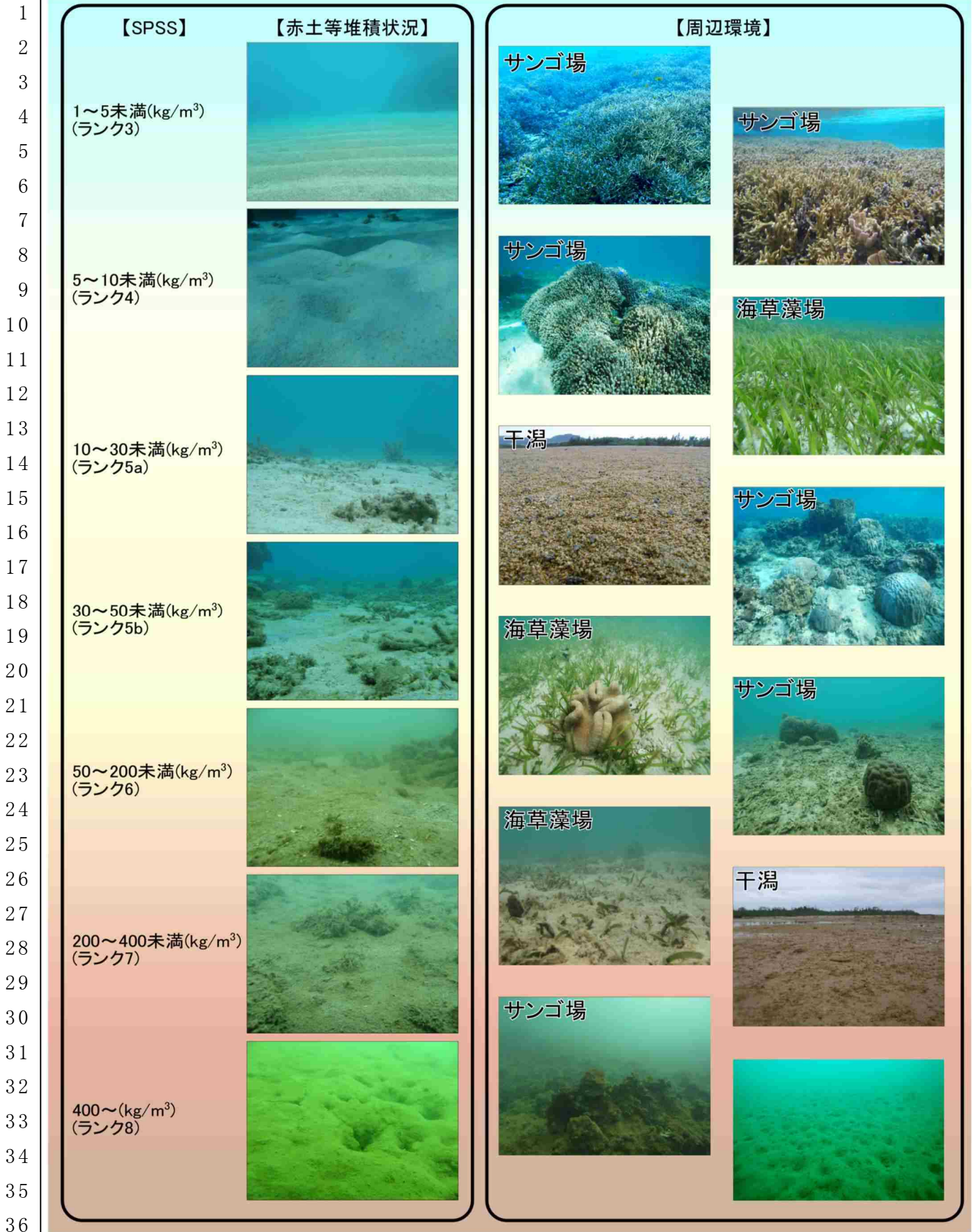


図 2-11 SPSS(SPSS ランク)と赤土等堆積状況、周辺環境の対応イメージ