サンゴ礁海域における底質中懸濁物質含量の変動解析*

仲宗根 一 $哉^{1}$ ・金 城 孝 $-^{1}$ ・灘 岡 和 $+^{2}$

宮 川 勝 司³⁾・吉 本 昌 弘⁴⁾・佐 藤 泰 夫⁵⁾

<u>キーワード</u> ①底質中懸濁物質含量 ②サンゴ礁 ③全国港湾海洋波浪情報網 ④線形回帰 ⑤予測モデル

要 旨

陸域からの土壌流出によるサンゴ礁海域の汚染を定量的に把握する方法として海域の底 質中懸濁物質含量の測定がある。サンゴ礁海域の底質中懸濁物質含量は,主に陸域からの 土壌等の流入と台風や季節風等の波浪による底質撹乱によって変動すると考えられる。底 質中懸濁物質含量の変動に及ぼす要因について定量的に評価するため,沖縄島の8海域に おける底質中懸濁物質含量の長期観測データと気象および波浪の長期観測データを用いて 各海域の底質中懸濁物質含量の変動を説明する回帰モデルを得た。また,この回帰モデル を漸化式に変形した底質中懸濁物質含量予測モデルを用いてサンゴ礁海域の保全管理手法 について検討した。

1. はじめに

亜熱帯性気候の沖縄県や鹿児島県奄美地方の 島々はサンゴ礁に囲まれており,サンゴ礁ではサ ンゴを中心とした多様性の高い生態系が見られ る。これらの島々では,まとまった降雨時に陸域 から土壌が流出し,これに由来する濁水がサンゴ 礁海域に流入してサンゴ礁生態系や水産業,観光 産業に悪影響を及ぼす^{1~3)}。流出土壌には,一般 的に赤土とよばれる国頭マージ土壌ばかりではな くジャーガルとよばれる灰色系の土壌やその母岩 でクチャとよばれる泥岩が侵食されたものも含ま れる。沖縄県ではこれらの土壌等を総称して「赤 土等」としており、本報告においても同様に用い ることとする。

大見謝⁴⁾はサンゴ礁海域における赤土等の堆積 の目安として底質中懸濁物質含量の簡易測定法を 考案した。その後,底質中懸濁物質含量簡易測定 法は SPSS(content of Suspended Particles in Sea Sediment)測定法の略称で普及し,沖縄県のサン ゴ礁海域における赤土等汚染調査の標準的手法と なっている。SPSSの単位は底質1m³あたりの kg で表され,測定値と底質外観などはよく対応して

143

^{*}Analysis of content of Suspended Particles in Sea Sediment in Coral Reefs

¹⁾Kazuya NAKASONE, Koichi KINJO(沖縄県衛生環境研究所) Okinawa Prefectural Institute of Health and Environment

²⁾Kazuo NADAOKA(東京工業大学)Tokyo Institute of Technology

³⁾Katuji MIYAKAWA(株式会社沖縄環境分析センター)Okinawa Environment Analysis Center Co.,Ltd.

⁴⁾Masahiro YOSHIMOTO(株式会社沖縄環境保全研究所)Okinawa KHK

⁵⁾Yasuo SATO (いであ株式会社) IDEA Consultants, Inc.

文

おり、海域の状況を説明しやすい5)。

SPSS は隣接する陸域からの赤土等の流入と台 風や季節風等による波浪の影響を受けて変動す る。変動の大きさは海域の土地利用や地理的環 境, 礁原の発達程度, 海岸線の形状等の条件に よって異なることは容易に想像できるが, 定量的 な評価はあまり進んでいない。今後、サンゴ礁生 態系の保全を目的に陸域からサンゴ礁海域への赤 土等の流入負荷の低減を図る上で, SPSS の変動 を定量的に評価することが重要な課題となってい る。本報告では、地理的環境や地形の異なるサン ゴ礁海域で、SPSSの変動に対して気象や波浪が どの程度寄与しているのかを既存の SPSS 長期定 点観測データと気象および波浪観測データを用い た線形回帰分析を行った。さらに、得られた回帰 モデルを漸化式に変形した SPSS 予測モデルを用 いたサンゴ礁海域の保全管理手法について検討し たので報告する。

2. 調查方法

2.1 解析に用いた観測データ

沖縄県では1995年以降,1997年を除き赤土等汚 染海域定点観測調査を毎年実施している^{6~17)}。こ の間,調査海域の削除・追加や一部定点位置の変 更等があるため,ここでは1998年から2007年まで の沖縄島の平南(へなん)川河口海域,源河(げん か)川河口海域,赤瀬(あかせ)海域,平良(たいら) 川河口海域,漢那中港(かんななかみなと)川河口 海域,加武(かん)川河口海域,大度(おおど)海域, アージ海域の8海域,24定点における SPSS デー タを用いた。海域に設置された定点は,基本的に 海域に接続する河口または排水路末端を中心にそ の正面および両側の計3地点で構成される。表1 に各海域の概要を示した。いずれの海域も隣接す る陸域に農地等の赤土等流出源が存在する。

気象観測データは1998年から2007年までの地域 気象観測システム(Automated Meteorological Data Acquisition System)略称 AMeDAS の観測値 を用いた。降水量は調査海域近傍の AMeDAS 観 測地点の10分間,毎時および日降水量を用いた。 風向・風速は1時間ごとの16方位の風速値を用い た。

波浪観測データは全国港湾海洋波浪情報網(Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HArbourS),略称 NOWPHAS の那覇お よび中城湾の1998年から2007年までの2時間ごと





図1 解析対象海域と気象および波浪観測地点位置図

海域名	海岸法線 の向き	前方礁原 の有無	チャネルの 大きさと数	海岸形状	前方礁原 の干出	定点近傍流入 河川・排水路	土壌等の 主な流出源	礁原幅 (m)	礁池面積 (ha)
平南川河口海域	北西	無	—	直線	—	河川	農地	—	—
源河川河口海域	北西	無	_	直線	_	河川	農地	_	—
赤瀬海域	北西	有	小2	湾曲	無	排水路	農地	510	100.6
平良川河口海域	南東	有	大1,小1	湾曲	有	河川	農地	650	519.8
漢那中港川河口海域	南南東	無	_	湾曲	_	河川	農地	_	—
加武川河口海域	南南西	無	—	直線	_	河川	米軍演習場		_
大度海域	南南東	有	小2	湾曲	有	排水路(地下湧水)	農地	220	33.5
アージ海域	南東	有	大1	直線	有	排水路	農地・その他	2080	373.6

表1 海域の概要

海巴亚特	海域々	AMeDAS 気	NOWPHAS		
 (伊)户 地	(降水量	風向・風速	波浪観測地点	
沖縄島北部西海岸	平南川河口海域	名護	名護	那覇	
	源河川河口海域	"	11	"	
	赤瀬海域	金武	金武	"	
沖縄島北部東海岸	平良川河口海域	東	金武	中城湾	
	漢那中港川河口海域	金武	11	"	
	加武川河口海域	11	"	"	
沖縄島南部南海岸	大度海域	糸数	糸数	中城湾	
	アージ海域	"	"	"	

表2 観測地点の組合せ

の有義波高とその周期および最大波高とその周期 観測値を入手し,解析に用いた。

2.2 観測地点の組合せ

図1に調査海域,AMeDAS 気象観測地点およ びNOWPHAS 波浪観測地点を示し,解析対象海 域に近い AMeDAS 気象観測地点および NOW-PHAS 波浪観測地点の組合わせを表2に示した。 平良川河口海域では,東AMeDAS の風向・風速 記録がないため,金武 AMeDAS の観測値を使用 した。

結果および考察

3.1 観測データの概要

3.1.1 SPSS

「赤土等汚染海域定点観測調査」では1998年か ら2004年まで,年間の SPSS 測定回数は4月下旬 から5月上旬の梅雨期前,6月下旬から7月上旬 の梅雨期後,10月上旬から11月上旬の台風襲来期 後,1月下旬から2月中旬の冬季季節風期後の計 4回が設定されていたが,2005年以降は沖縄島の 全海域で梅雨期後と台風襲来期後の年2回の測定 となっている。

各海域定点の SPSS の 推移を 図2 に示した。 1998年から2004年にかけてほとんどの調査海域で SPSS は減少傾向を示したが,2005年以降は沖縄 島北部海域で上昇傾向に転じている。また,沖縄 島北部西海岸の平南川河口海域,源河川河口海 域,赤瀬海域では5,6月の梅雨期後に SPSS が 上昇し,9,10月の台風襲来期後と1月の冬季季 節風期後に減少する明瞭な年間サイクルが見られ る。表3 に各海域定点の平均 SPSS の統計値を示 した。なお, SPSS は対数正規分布するため,平 表3 海域定点 SPSS の統計値(1998~2007年)

SF SS (kg/ III)	亦動
海域 幾何 最高 最低 平均 最高 最低	係数
平南川河口海域 8.0 701.0 0.6	0.92
源河川河口海域 17.0 615.2 2.5	0.48
赤瀬海域 7.7 96.6 1.0	0.58
平良川河口海域 130.4 709.0 4.9	0.26
漢那中港川河口海域 43.1 206.5 9.1	0.19
加武川河口海域 16.8 52.3 7.6	0.15
大度海域 16.1 61.3 5.2	0.21
アージ海域43.9102.111.2	0.14

均値は幾何平均により、また、変動係数はSPSS を対数変換(常用対数)して算出した。

平南川河口海域,源河川河口海域,赤瀬海域で は平均 SPSS の変動が大きく,とくに平南川河口 海域では最高701kg/m³(泥状で砂が確認できな い)に対し,最低0.6kg/m³(底質をかき混ぜても 懸濁物質の舞い上がりを確認しにくい)と極端な 変動を示す。沖縄島北部東海岸の平良川河口海 域,漢那中港川河口海域,加武川河口海域,沖縄 島南部の大度海域,アージ海域では,前述の3海 域よりも定点の地点平均 SPSS の季節変動はやや 不明瞭となる。

3.1.2 降 水 量

1998年から2007年までの AMeDAS 年降水量の 推移を図3に示した。各地点とも1998年から2003 年にかけて年間降水量は減少傾向であった が,2004年以降は増加の傾向を示している。

3.1.3 風向·風速

1998年から2007年までの AMeDAS 風向・風速 の1時間ごとのデータから,風速1m/s を超える





全国環境研会誌

風と10m/sを超える風の風向別出現率を風配図として図4に示した。

沖縄島の名護・金武・糸数 AMeDAS では,冬季には北から時計回りに北東の風が卓越し,夏季には東南東から時計回りに南南東の風が卓越する。10m/sを超える強風では台風時の南東の風の 出現率が高く,次いで冬季季節風の北向きの風が 認められる。

3.1.4 波 浪

波浪データは有義波を用いた。NOWPHASの波 高・周期は海面水位データから算出された波の総 数からもっとも波高の大きい波を最大とし,波高 の大きい順に波数の1/3の個数の波高と周期を平 均した波を有義波としている。図5に1998年か ら2007年までのNOWPHAS観測地点の有義波高 を時系列で示し,有義波・最大波の波高および周 期の月別平均値を図6に示した。なお統計値は 欠測期間を除いて算出した。

那覇の波浪観測地点は沖縄島西の那覇港防波堤



図3 AMeDAS 気象観測地点における年降水量の推移 (1998~2007年)

沖で東シナ海に面する。有義波高,周期の平均値 は、1.18m,7.37秒,最大波の波高,周期の平均 値は、1.93m,7.72秒である。1月から5月にか けて有義波高は低下し、5月が最小となる。その





図4 AMeDAS気象観測地点における風配図(1998~2007年)
 (レーダー図内の数字は風向出現率(%)を表す)



後,5月から8月まではほとんど差はなく,9月 から12月にかけて上昇し,1月が最大となる。周 期に明瞭な季節変動は見られず,1月から5月に かけて緩やかに低下し,5月が最小となる。有義 波高の平均値は1月の1.42mがもっとも高く,最 大値は2001年10月の6.79mがもっとも高い。ま た,4mを超える有義波高の発生頻度は,9月 が1.61%,12月が1.42%と他の月より高い。9月 ・10月は台風の影響,12月・1月は北よりの季節 風の影響で大きな波が発生しやすい。

中城湾の波浪観測地点は沖縄島東の勝連半島南 東の津堅島沖に位置し、太平洋に面する。有義波 高、周期の平均値は、0.96m、6.48秒、最大波の 波高、周期の平均値は、1.58m、6.46秒である。 1月から6月にかけて有義波高はほぼ1m程度



図 6 NOWPHAS波浪観測地点の月別平均有義波高と周期

で推移し、6月が最小となる。その後7月から10 月にかけて上昇し、10月が最高となり、1月にか けて緩やかに低下する。周期に明瞭な季節変動は 見られず、6月が最小となる。有義波高の平均値 は10月の1.45mがもっとも高く、最大値は2003 年8月の9.60mがもっとも高い。また4mを超 える有義波高の発生頻度は、9月が3.68%、8月 が3.16%と他の月より高く、8月から10月にかけ ては台風の影響で高い波が発生しやすい。

3.2 SPSS 予測モデル

SPSSの変動は、主に陸域からの赤土等の流出 による海域への赤土等の流入・堆積と堆積後の波 浪による底質の巻上げに続く赤土等の外洋への移 送によってもたらされると考えられるが、海域に 流入した赤土等が礁池に堆積する割合は海域地形 や気象条件および潮汐によっても異なり、礁池に 堆積した赤土等の外洋への移送は海域地形に加え て潮流や波浪に強く影響を受けることが推察され る。赤土等汚染海域定点観測調査において設定さ れた観測時期の前後、ta およびtb において、あ る海域の定点平均 SPSS をそれぞれ SPSS(a)およ び SPSS(b)とした時、SPSS を対数変換後、両者 の差分(階差)を求めると次式のようになる。

$$\begin{split} log_{10}(\ensuremath{ \bigtriangleup } SPSS_{(a,b)}) = & log_{10}(SPSS_{(b)}) - log_{10}(SPSS_{(a)}) \\ = & log_{10} \left(\frac{SPSS_{(b)}}{SPSS_{(a)}} \right) \end{split}$$

観測期間における定点平均 SPSS 比の対数, log10(⊿ SPSS(a,b))は観測期間の SPSS の増減を比 で表すとともに増加を正,減少を負の値で示す。

治 本	Pearson 相関係数						
(Wterm	Rterm	Hmean	Hmax	Wd		
平南川河口海域	-0.048	-0.261	0.023	-0.433*	0.132		
源河川河口海域	0.008	-0.183	-0.089	-0.305	0.159		
赤瀬海域	0.106	0.061	-0.295	-0.572**	-0.239		
平良川河口海域	0.399*	0.295	-0.308	-0.369*	-0.128		
漢那中港川河口海域	0.213	0.122	-0.391*	-0.420*	-0.185		
加武川河口海域	0.127	0.091	-0.296	-0.268	-0.227		
アージ海域	0.270	0.024	-0.295	-0.510**	0.071		
大度海域	0.394*	0.130	0.113	-0.376*	0.043		

表 4 観測期間定点平均 SPSS 比の対数値と変数間の相関

**Wterm:期間降水量(mm)×10⁻³ **Rterm:期間降雨係数×10⁻³ **Hmean:期間 平均有義波高(m) **Hmax:期間最高有義波高(m) **Wd:期間風程(km)×10⁻³ *p<0.05 **p<0.01</p> 次に,各観測期前後における定点平均 SPSS 比 の対数値を算出し,期間降水量,期間降雨係数, 期間平均有義波高,期間最高有義波高および海岸 線方向の期間風程の各変数との相関係数を求めた (表4)。観測期間定点平均 SPSS 比の対数値と期 間降水量,期間降雨係数の間には,おおむね正の 相関が,また,期間平均有義波高,期間最高有義 波高との間には負の相関が見られる。

観測期間定点平均 SPSS 比の対数値を従属変数 に,表4の項目を説明変数とする重回帰分析を ステップワイズ法により行ったところ,6海域に ついて,有意な回帰モデルが得られた(表5)。し かし調整済み決定係数は0.15~0.491であり,選 択された変数では観測期間定点平均 SPSS 比の変 動を十分に説明できない。

SPSS 変動量に寄与する要因としてプラス方向

表 5 観測期間定点平均 SPSS 比の対数値と変数間の標 準偏回帰係数および調整済み決定係数(その1)

海林	標	調整済み			
御 坝	Wterm	Hmax	Wd	決定係数	
平南川河口海域		-0.666**	0.470*	0.310	
赤瀬海域	0.436**	-0.735**		0.491	
平良川河口海域	0.892**		-0.730**	0.413	
漢那中港川河口海域		-0.420*		0.150	
アージ海域	0.318*	-0.539**		0.318	
大度海域	0.427**	-0.411*		0.278	

**Wterm:期間降水量(mm)×10⁻³ **Hmax:期間最高有 義波高(m) **Wd:期間風程(km)×10⁻³ *p<0.05 **p<0.01</p> には期間降水量,マイナス方向には期間最大有義 波高が選択された。しかし,SPSS 変動量に対し てマイナスに働く要因は波浪の大きさのみなら ず,赤土等の堆積量にも依存する。すなわち,赤 土等の堆積量が多ければ波浪により外洋に排出さ れる赤土等の量は多いが,もともと赤土等の堆積 量が少なければたとえ大きな波浪があっても外洋 に排出される赤土等の量は少ない。

そこで,期間始めの定点平均 SPSS 対数値に期 間平均有義波高,期間最高有義波高および期間風 程のそれぞれを乗算したものを新たに説明変数と して加え,ステップワイズ法による重回帰分析を 行った。その結果,全海域で有意な回帰モデルが 得られた。モデルの調整済み決定係数は加武川河 口海域を除いて0.63~0.77と高く,選択された変 数で定点平均 SPSS の変動を説明することができ た(**表 6**)。

回帰モデルを漸化式に変形すると定点平均 SPSS 予測モデルが得られる(表7)。平南川河口 海域,源河川河口海域および赤瀬海域では,SPSS 減少に対する波浪の寄与が大きい。その理由とし て沖縄島北部の西海岸は冬季季節風の影響を強く 受けるためと考えられる。上記3海域に比べる と,他の海域では波浪による SPSS 減少への寄与 が小さい。これらの海域は位置的に冬季季節風の 影響が少なく,東海岸の調査海域の多くは内湾に 位置しているためと考えられる。とくに加武川河 口海域は金武湾の湾奥に位置し背後には米軍の演

表6	観測期間定点平均 SPSS 比の対数値と変数間の標準偏回帰係数および調整済み決定係数
(その 2)

		調査 次 7.			
海域	Wterm	$\underset{\text{Hmean}}{\text{log}_{10}(\text{SPSS}(a))}$	$\underset{\text{Hmax}}{\text{log}_{10}(\text{SPSS}(a))}$	$\underset{\times Wd}{\underset{\log_{10}(SPSS^{(a)})}{\times Wd}}$	調整頃み 決定係数
平南川河口海域	0.401**		-0.938**		0.666
源河川河口海域	0.369**	-0.885 **			0.630
赤瀬海域	0.369**	-0.895**			0.770
平良川河口海域	0.446**	-0.290*	-0.498**		0.632
漢那中港川河口海域	0.335**	-0.490**	-0.424 **		0.688
加武川河口海域		-0.610 **			0.352
アージ海域	0.235**	-0.463**	-0.457**		0.712
大度海域	0.594**	-0.451**		-0.421**	0.676

※log10 (SPSS(a)):観測期間始めの定点平均 SPSS の常用対数 ※Wterm:期間降水量(mm)×10⁻³
 ※Wd:期間風程(km)×10⁻³ ※Hmean:期間平均有義波高(m),Hmax:期間最高有義波高(m)
 *p<0.05 **p<0.01

表7 海域の定点平均 SPSS 予測モデル

海 域	定点平均 SPSS 予測モデル
平南川河口海域	$\log_{10}(SPSS_{(b)}) = \log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.998W_{term} - 0.240H_{max} \times \log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.304$
源河川河口海域	$\log_{10}(\text{SPSS}_{(b)}) = \log_{10}(\text{SPSS}_{(a)}) + 0.610\text{W}_{\text{term}} - 1.334\text{mean} \times \log_{10}(\text{SPSS}_{(a)}) + 0.982$
赤瀬海域	$\log_{10}(SPSS_{(b)}) = \log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.637W_{term} - 1.456_{mean} \times \log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.700$
平良川河口海域	$log_{10}(SPSS_{(a)}) = log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.517W_{term} - 0.216_{mean} \times log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.041H_{max} \times log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.589$
漢那中港川河口海域	$log_{10}(SPSS_{(b)}) = log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.332Wterm - 0.417mean \times log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.031Hmax \times log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.817mean \times log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.031Hmax \times log_{10}(SPSS$
加武川河口海域	$log_{10}(SPSS_{(b)}) = log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.392Hterm \times log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.551$
大度海域	$log_{10}(SPSS_{(b)}) = log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.569W_{term} - 0.474H_{mean} \times log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.016Wd \times log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.635W_{term} - 0.474H_{mean} \times log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.016Wd \times log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.635W_{term} - 0.474H_{mean} \times log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.016Wd \times log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.635W_{term} - 0.474H_{mean} \times log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.016Wd \times log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.635W_{term} - 0.474H_{mean} \times log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.016Wd \times log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.635W_{term} - 0.474H_{mean} \times log_{10}(SPSS_{(a)}) - 0.016Wd \times log_{10}(SPSS_{(a)}) + 0.635W_{term} - 0.474H_{term} $
アージ海域	$\log_{10}(\text{SPSS}_{(b)}) = \log_{10}(\text{SPSS}_{(a)}) + 0.235W_{\text{term}} - 0.392H_{\text{mean}} \times \log_{10}(\text{SPSS}_{(a)}) - 0.029H_{\text{max}} \times \log_{10}(\text{SPSS}_{(a)}) + 0.842$

*log10 (SPSS(a)):観測期間始めの定点平均 SPSSの常用対数, log10 (SPSS(b)):観測期間終わりの定点平均 SPSSの常用対数
 *Wterm:期間降水量(mm)×10⁻³
 *Wd:期間風程(km)×10⁻³
 *Hmean:期間平均有義波高(m), Hmax:期間最高有義波高(m)

習場があるが、米軍の実弾砲撃演習が1997年に本 土に移転後、演習場からの赤土等の流出が激減し たため定点平均 SPSS も低い数値で推移してい る。また、大度海域は水深が浅く礁池面積が小さ いうえ、東から南の強い風が吹くときに流れの早 い離岸流が発生することが知られている。このた め波浪以外に風による影響も示唆される。

解析に用いた SPSS 観測値は観測間隔が一定で はなく、時系列モデルとして取り扱うことは適当 ではないかも知れないが、8海域の予測モデルに 適当な SPSS(ここでは観測開始時の1998年5月の 定点平均 SPSS)をそれぞれ初期値として投入し、 SPSS を連続して計算した場合、計算値が観測値 の変動に対してどのような動きを示すのか確認し た。その結果、すべての海域で計算値は観測値の 変動とおおむね近似する動きを示した(図7)。

3.3 赤土等流出削減シナリオ

SPSS 予測モデルでは期間降水量が SPSS の増加 に寄与する。期間降水量にかかる係数の大きさに より陸域からの赤土等の流出しやすさがある程度 評価できる。期間降水量にかかる係数は、土壌の 侵食されやすさのほか、流域面積、陸域の裸地出 現時期や開発状況、赤土等流出防止対策の効果等 のすべてが反映されるため実際には一律ではな く、それ自体も変動するものと考えられるが、こ こでは約10年間の観測結果から得られた平均的な 数値として捉えることができる。

海域に接続する流域からの赤土等流出量が削減 された場合,モデル中の期間降水量の係数は現在 よりも小さくなることが予想され,加武川河口海 域のように目立った流出源がなくなれば期間降水 量の項目はモデルから除かれるものと考えられ る。したがって、モデル中の期間降水量の係数を 流域の赤土等流出削減率に見立てて変化させるこ とで定点平均 SPSS の将来予測が可能である。た だし将来の期間降水量、期間有義波高については 予測困難なので、ここでは源河川河口海域を例に 1998年5月から2007年5月までの観測値を用い て、毎年、前年の赤土等流出量に対して一定比率 で削減するように対策を実施するというシナリオ を設定し、10年間の SPSS を連続計算するシミュ レーションを行った。

試算の条件として,毎年前年比5%と10%の削 減率を設定した。SPSSの時系列変化を図8に示 した。期間前半は対策をとらない現状維持の場合 と対策を取った場合のSPSSの変動に大きな違い は見られないが,期間後半からは赤土等流出削減 の対策を取ったことによるSPSSのピークの低下 が明瞭になる。流域の赤土等流出量を毎年前年比 5%削減する場合は,10年目で無対策時の40%ま で流出量を削減することになり,10%削減の場合 は同様に無対策時の65%削減することになる。

健全なサンゴ礁生態系を維持するには SPSS の 年間最大値は30kg/m³以下が望ましいといわれて おり²⁾, SPSS 予測モデルは, SPSS を指標とした サンゴ礁海域の保全管理計画に役立つものとして 期待できる。しかし,ここで得られた SPSS 予測 モデルは解析対象海域に限定された経験式であ り,多様な陸域と海域を対象とした場合,赤土等 の流入量に影響する陸域の環境要因や海域の赤土 等の堆積と外洋への移送に影響する海域地形等の 環境要因を整理し,陸域の土地利用と海域地形に



図7 SPSS 観測値と予測モデルによる連続計算値の時系列表示(1998~2007年)

SPSS (kg/m³)



報

図 8 赤土等流出量削減シナリオによる源河川河口海 域の SPSS 変動のシミュレーション

(SPSS 予測 モデルに1998~2007年の AMeDAS 降水 量および NOWPHAS 有義波高を入力)

対応できる汎用性の高いモデルを構築する必要が ある。また地形的に NOWPHAS の観測値と対応 しない海域もあることから,波浪推算を利用する 等の検討も必要であろう。

4.まとめ

- (1) 沖縄島の8海域における SPSSの長期観測 データと気象および波浪の長期観測データを 用いてステップワイズ法による重回帰分析を 行い,各海域の定点平均 SPSSの変動を説明 する回帰モデルを導いた。
- (2) 回帰モデルの調整済み決定係数は加武川河 口海域を除いて0.63~0.77と高く,選択され た変数で定点平均 SPSS の変動を説明するこ とができた。
- (3) 回帰モデルを漸化式に変形した定点平均 SPSS 予測モデルから SPSS を連続して算出した計算値は10年間の SPSS 観測値の変動に対して概ね近似した動きを示した。
- (4) SPSS 予測モデルは SPSS を指標としたサン ゴ礁海域の保全管理計画に役立つものとして 期待できるが,経験モデルであることから, 今後陸域の赤土等流出予測量や海域地形等の

謝 辞

が課題である。

文

本報告の研究は平成20年度内閣府補助事業「赤 土等に係る環境保全目標設定基礎調査」の一部と して実施した。本報告をまとめるにあたり,資料 収集等のご協力を頂いた沖縄県環境保全課の前原 秀規氏に感謝申し上げる。

一参 考 文 献一

- 大見謝辰男:陸域からの汚濁物質の流入負荷.環境省
 ・日本サンゴ礁学会編,日本のサンゴ礁.66-70,環境
 省,2004
- 2) 大見謝辰男,仲宗根一哉,満本裕彰,比嘉榮三郎:陸 上起源の濁水・栄養塩類のモニタリング手法に関する 研究.平成14年度内閣府委託調査研究サンゴ礁に関す る調査研究報告書,86-102,2003
- 3) 大見謝辰男:赤土等の流出によるサンゴ礁の汚染.沿 岸海洋研究,40,141-148,2003
- 4) 大見謝辰男: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,20,100-110,1987
- 5) 大見謝辰男: SPSS 簡易測定法とその解説. 沖縄県衛生 環境研究所報, 37, 99-104, 2003
- 6) 沖縄県環境保健部環境保全課:赤土等汚染海域定点観 測調査報告書. 1996
- 7) 沖縄県環境保健部環境保全室:平成8年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書. 1997
- 約 沖縄県文化環境部環境保全室:平成10年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書. 1999
- 9) 沖縄県文化環境部環境保全室:平成11年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書.2000
- 10) 沖縄県文化環境部環境保全室:平成12年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書. 2001
- 沖縄県文化環境部環境保全課:平成13年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書. 2002
- 12) 沖縄県文化環境部環境保全課:平成14年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書. 2003
- 13) 沖縄県文化環境部環境保全課:平成15年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書. 2004
- 14) 沖縄県文化環境部環境保全課:平成16年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書. 2005
- 15) 沖縄県文化環境部環境保全課:平成17年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書.2006
- 16) 沖縄県文化環境部環境保全課:平成18年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書.2007
- 17) 沖縄県文化環境部環境保全課:平成19年度赤土等汚染 海域定点観測調査報告書. 2008