

## Relationships between Measured Values of Turbidity, Horizontal Transparency and SPSS at Coral Reefs.

大見謝辰男・満本裕彰

Tatsuo OMIJA and Hiroaki MITSUMOTO

**要旨** 既存のデータベースに新たな調査を加え、近隣に国頭マージ土壤が分布しているサンゴ礁海域における濁度・水平透明度・SPSS測定値の関係を求めた。濁度と水平透明度は測定値間に強い相関が得られた。一方、1地点における水平透明度と赤土堆積のめやすであるSPSSの測定値は無相関に近いが、それぞれの測定地点で平均値を求め、平均値間の関係を求めると極めて強い相関が得られた。

**キーワード** 濁度, 水平透明度, SPSS, サンゴ礁, 白保

### はじめに

海域における赤土汚染評価手法として、海水の濁りを計測する濁度や透明度、海底に堆積した赤土等のめやすになるSPSS（底質中懸濁物質含量）など、いくつかの測定法が用いられている。これらの異なった手法で得られた測定値間の関係がわかれば、赤土汚染状況をより幅広く比較検討することが可能になる。ここでは、平成11年度環境庁委託業務により作成された赤土等の流出に関するデータベース<sup>1)</sup>（以下、赤土データベース）に新たなデータを加え、濁度・水平透明度・SPSSの関係を解析したので報告する。

### 海域赤土汚染評価手法の概要

#### 1. 濁度

海水に波長660nm付近の光を通し、光の透過や散乱など光学的な原理から相対的に濁りの度合いを求める。いくつかの測定原理や標準物質があり、測定原理等が異なると測定値もいくらか異なることになる。

#### 2. 水平透明度

通常、透明度は船上からセッキ板（直径30cmの白い円盤）を海中に沈めていき、セッキ板が認識できる限界の鉛直方向の距離（m）を読み取る。ところが一般的に沖縄の礁池は浅くて海底まで透視できるので、よほど濁った地点でなければこの手法を適用できない。そこで、著者はセッキ板の横に重りをつけ、セッキ板を海底に対して垂直に保ち、太陽光線がセッキ板の真横にくるような角度で泳ぎながら水平方向の透明度（m）を測定して

いる。太陽光線の強さ、入射角度、雲の厚さなどが測定値に影響を及ぼすと思われる。

#### 3. SPSS

底質を採取し、4mm目のふるいで小石や貝殻を除去して検体とする。検体の適量（5～100ml）を計量スプーンで量り取り、500mlメスシリンダーに流し入れ水道水でメスアップする。激しく振り混ぜた後、1分間静置し、上澄みを透視度計に注いで透視度を計測する。検体の量と透視度より、換算表または計算によりSPSS（kg/k）を求める。測定値は対数正規分布する<sup>2)</sup>。この方法は大見謝<sup>3)</sup>の考案によるもので、1983年からデータが蓄積されており、前述の赤土データベースには2,644件のデータが収録されている。現在では、沖縄県沿岸海域における赤土汚染調査の標準手法として活用されている。

### 水平透明度と濁度の関係

#### 1. データの出所

前述赤土データベースより、1993年8月～1995年4月の間に沖縄島北部の大宜味村塩屋湾、今帰仁村運天東、名護市奥武島東、羽地内海、宜野座村沿岸の5海域において水平透明度と濁度が測定されたデータ60件を抽出した。また、サンゴ礁物理生態環境システムに関する国際共同研究（東京工大、灘岡和夫代表、財団法人・平和中島財団の2000年度国際学術共同研究助成金による）で2000年6月25～27日に石垣島白保礁池で測定された48件のデータも合わせ、計6海域における108件のデータを得た（表1）。これらの6海域は近隣の陸域に赤土と呼ばれ

表1. 水平透明度と濁度測定値 (その1)

市町村	海域・地点	年月日	水平透明度(m)	濁度(度)
大宜味村	塩屋湾S02	93/08/26	1.1	1.76
大宜味村	塩屋湾S05	93/08/26	1.1	1.84
大宜味村	塩屋湾S06	93/08/26	2.0	1.78
大宜味村	塩屋湾S07	93/08/26	1.6	1.83
大宜味村	塩屋湾S09	93/08/26	2.0	1.35
大宜味村	塩屋湾S10	93/08/26	1.6	1.81
大宜味村	塩屋湾S11	93/08/26	1.7	0.86
大宜味村	塩屋湾S12	93/08/26	1.9	1.16
大宜味村	塩屋湾S13	93/08/26	2.5	0.78
大宜味村	塩屋湾S14	93/08/26	1.9	0.90
大宜味村	塩屋湾S15	93/08/26	1.8	0.99
大宜味村	塩屋湾S16	93/08/26	4.0	1.03
大宜味村	塩屋湾S18	93/08/26	1.7	0.33
大宜味村	塩屋湾S19	93/08/26	2.1	0.84
大宜味村	塩屋湾S20	93/08/26	7.9	0.42
大宜味村	塩屋湾S21	93/08/26	7.2	0.22
今帰仁村	運天東U01	93/08/26	9.5	0.23
今帰仁村	運天東U02	93/08/26	11.8	0.22
今帰仁村	運天東U04	93/08/26	8.0	0.20
今帰仁村	運天東U05	93/08/26	9.0	0.25
今帰仁村	運天東U06	93/08/26	8.1	0.19
今帰仁村	運天東U07	93/08/26	5.5	0.25
今帰仁村	運天東U08	93/08/26	11.5	0.20
今帰仁村	運天東U09	93/08/26	9.5	0.29
今帰仁村	運天東U10	93/08/26	12.1	0.42
今帰仁村	運天東U11	93/08/26	5.9	0.43
今帰仁村	運天東U12	93/08/26	5.1	0.31
今帰仁村	運天東U13	93/08/26	8.2	0.16
名護市	奥武島東001	93/08/27	1.2	1.88
名護市	奥武島東002	93/08/27	1.6	1.22
名護市	奥武島東003	93/08/27	2.2	1.45
名護市	奥武島東004	93/08/27	2.3	1.16
名護市	奥武島東006	93/08/27	1.9	1.22
名護市	奥武島東007	93/08/27	2.7	1.13
名護市	奥武島東008	93/08/27	4.8	1.20
名護市	奥武島東009	93/08/27	2.6	1.07
名護市	奥武島東010	93/08/27	4.5	1.57
名護市	奥武島東011	93/08/27	7.0	0.19
名護市	奥武島東012	93/08/27	6.2	0.08
名護市	羽地内海I09	93/09/06	3.2	0.32
名護市	羽地内海I10	93/09/06	2.2	0.45
名護市	羽地内海I12	93/09/06	2.2	0.47
名護市	羽地内海I15	93/09/06	3.5	0.10
名護市	羽地内海I16	93/09/06	3.4	0.42
名護市	羽地内海I18	93/09/06	3.1	0.60
名護市	羽地内海I23	93/09/06	2.5	0.31
名護市	羽地内海I24	93/09/06	4.5	0.16
名護市	羽地内海I25	93/09/06	2.1	1.00
名護市	羽地内海I27a	93/09/06	2.5	0.23
名護市	羽地内海I27b	93/09/06	4.5	0.31
名護市	羽地内海I31	93/09/06	1.9	0.60
宜野座村	古知屋	95/04/12	4.9	0.34
宜野座村	宜野座	95/04/12	3.4	0.73
宜野座村	漢那	95/04/12	12.7	0.20
宜野座村	漢那	95/04/12	5.0	0.34
宜野座村	漢那	95/04/12	5.4	0.50
宜野座村	漢那	95/04/12	8.8	0.27
宜野座村	漢那	95/04/12	4.3	0.61
宜野座村	漢那	95/04/12	2.7	0.72
宜野座村	漢那	95/04/12	3.3	0.67

表1. 水平透明度と濁度測定値 (その2)

市町村	海域・地点	年月日	水平透明度(m)	濁度(度)
石垣市	白保0	00/06/28	7.0	0.20
石垣市	白保01-1	00/06/28	3.5	0.44
石垣市	白保01-2	00/06/28	5.7	0.27
石垣市	白保01-3	00/06/28	8.6	0.17
石垣市	白保02-1	00/06/28	4.7	0.44
石垣市	白保02-2	00/06/28	5.6	0.28
石垣市	白保02-3	00/06/28	5.8	0.19
石垣市	白保03-1	00/06/28	5.7	0.41
石垣市	白保03-2	00/06/28	9.3	0.21
石垣市	白保03-3	00/06/28	14.2	0.07
石垣市	白保04-1	00/06/28	3.9	0.42
石垣市	白保04-2	00/06/28	10.6	0.17
石垣市	白保04-3	00/06/28	15.5	0.11
石垣市	白保05-1	00/06/28	3.5	0.46
石垣市	白保05-2	00/06/28	4.7	0.36
石垣市	白保05-3	00/06/28	8.3	0.22
石垣市	白保06-1	00/06/27	4.5	0.29
石垣市	白保06-2	00/06/27	6.8	0.22
石垣市	白保06-3	00/06/27	14.4	0.08
石垣市	白保07-1	00/06/27	2.9	0.98
石垣市	白保07-2	00/06/27	8.2	0.23
石垣市	白保07-3	00/06/27	16.0	0.09
石垣市	白保08-1	00/06/27	3.4	0.74
石垣市	白保08-2	00/06/27	9.8	0.20
石垣市	白保08-3	00/06/27	14.9	0.16
石垣市	白保09-1	00/06/27	3.2	0.69
石垣市	白保09-2	00/06/27	6.2	0.22
石垣市	白保09-3	00/06/27	13.8	0.10
石垣市	白保10-1	00/06/27	4.0	0.44
石垣市	白保10-2	00/06/27	7.0	0.21
石垣市	白保10-3	00/06/27	8.7	0.21
石垣市	白保11-1	00/06/26	3.8	0.73
石垣市	白保11-2	00/06/26	5.7	0.45
石垣市	白保11-3	00/06/26	9.3	0.18
石垣市	白保12-1	00/06/26	2.8	1.07
石垣市	白保12-2	00/06/26	7.9	0.32
石垣市	白保12-3	00/06/26	15.1	0.13
石垣市	白保13-1	00/06/26	4.5	0.55
石垣市	白保13-2	00/06/26	11.9	0.24
石垣市	白保13-3	00/06/26	16.3	0.16
石垣市	白保14-1	00/06/26	6.3	0.36
石垣市	白保14-2	00/06/26	11.1	0.11
石垣市	白保14-3	00/06/26	16.7	0.09
石垣市	白保15-1	00/06/26	7.4	0.36
石垣市	白保15-2	00/06/26	10.3	0.23
石垣市	白保15-3	00/06/26	12.6	0.13
石垣市	白保16	00/06/26	8.5	0.23
石垣市	白保17	00/06/26	6.0	0.36

る国頭マージンが分布しているか、もしくは国頭マージン地域を流れる河川水が流入している。以後、このような海域を国頭マージン影響海域と称す。

## 2. 測定の概要

水平透明度は著者手製の測定器を用いた。2000年6月の計測時には距離の目印を入れたビニールロープがいくらか縮んでいたのが後日補正した。

濁度測定は、沖縄島北部の検体は沖縄県衛生環境研

研究所水質室所有の東京電色社製積分球光電散乱光度計MODEL T-2600Dを使用した。定量下限は0.2度であるが、それ以下の値も読み取った。石垣島の検体は沖縄県企業局水質管理事務所所有の日本電色社製Water Analyzer 2000N（積分球式光電光度法）を使用した。定量下限を0.01度とした。両機種とも精製カオリンを標準とした。

### 3. 解析及び考察

108件の濁度のデータは対数正規分布する（図1）ので、統計解析はデータを対数変換してから行い、平均値は幾何平均により求める。また、水平透明度は濁度と逆比例の関係にあるので、水平透明度の逆数は対数正規分布することになる。前述6海域の水平透明度をZ、濁度を

出現頻度（％）

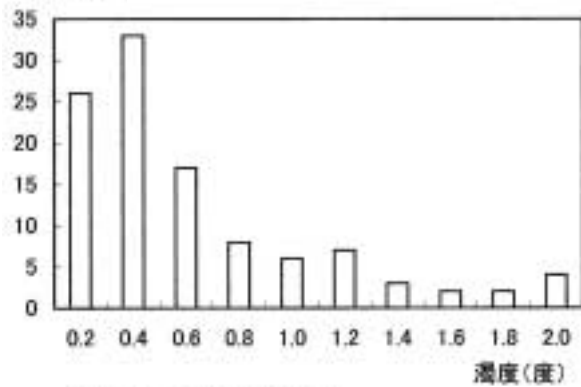


図1. 海域濁度の度数分布  
分布が左に偏っており、対数正規分布する。

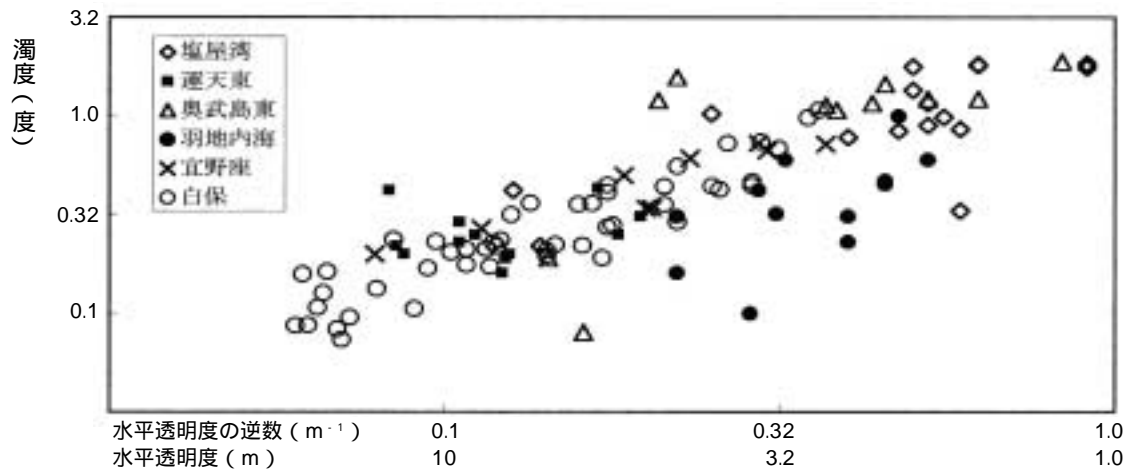


図2. 各海域における水平透明度と濁度の関係

表2. 各海域における水平透明度と濁度の関係  
水平透明度をZ、濁度をYとして、 $\log Y = a \cdot \log(1/Z) + b$

海域	式番号	a	b	$\gamma$	n	水平透明度 (m)			濁度 (度)	
						平均値	最大値	最小値	平均値	最大値
塩屋湾	①	0.805	0.253	0.708	16	2.2	7.9	1.1	0.95	1.84
運天東	②	0.195	0.420	0.187	12	8.4	12.1	5.1	0.25	0.43
奥武島東	③	1.229	0.497	0.711	11	2.9	7.0	1.2	0.85	1.88
羽地内海	④	1.294	0.136	0.607	12	2.9	4.5	1.9	0.35	1.00
宜野座	⑤	0.896	0.273	0.927	9	5.0	12.7	2.7	0.44	0.73
白保	⑥	1.149	0.391	0.916	48	7.3	16.7	2.8	0.25	1.07
全体	⑦	0.992	0.264	0.835	108	4.9	16.7	1.1	0.38	1.88

表3. 回帰式を用いた濁度から水平透明度の推算

濁度 (度)	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5
水平透明度 (m)												
塩屋湾 (①式)	36.0	21.8	15.2	9.2	6.4	4.9	3.9	3.2	2.7	2.4	2.1	1.2
奥武島東 (③式)	16.5	11.9	9.4	6.8	5.3	4.5	3.8	3.4	3.0	2.8	2.5	1.8
羽地内海 (④式)	7.5	5.5	4.4	3.2	2.6	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.3	0.9
宜野座 (⑤式)	26.3	16.8	12.2	7.7	5.6	4.4	3.6	3.0	2.6	2.3	2.0	1.3
白保 (⑥式)	16.2	11.4	8.9	6.2	4.9	4.0	3.4	3.0	2.7	2.4	2.2	1.5
全体 (⑦式)	18.8	12.5	9.3	6.2	4.6	3.7	3.1	2.6	2.3	2.1	1.8	1.2
全体補正 (⑧式)	18.2	12.5	9.6	6.6	5.0	4.1	3.5	3.0	2.7	2.4	2.2	1.5

表4. SPSSと水平透明度測定値(その1)

市町村	測定海域	年月日	SPSS kg/m <sup>3</sup>	水平透 明度	土壌
大宜味村	平南定点2	88/10/25	26.5	5.7	国頭マ
大宜味村	平南定点2	89/02/15	1.3	12.4	国頭マ
大宜味村	平南定点2	89/06/29	1280.0	5.1	国頭マ
大宜味村	平南定点2	93/08/19	80.2	7.8	国頭マ
大宜味村	平南定点2	95/03/08	0.8	5.9	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	88/07/18	13.2	8.5	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	88/08/16	32.7	5.3	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	88/09/13	24.9	3.3	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	88/10/24	29.0	7.8	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	89/01/11	8.9	8.7	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	89/02/14	10.7	7.8	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	89/04/18	23.9	8.7	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	89/05/26	17.2	4.0	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	89/06/29	21.4	7.2	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	89/09/29	31.5	10.4	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	90/01/26	8.8	6.3	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	90/09/10	30.7	2.6	国頭マ
名護市	海中公園NO.1	91/02/08	6.7	5.1	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	88/07/18	12.5	10.0	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	88/08/16	7.7	5.7	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	88/09/13	6.7	6.8	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	88/10/24	3.0	10.4	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	89/01/11	3.1	8.4	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	89/02/14	2.3	16.3	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	89/04/18	2.4	14.4	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	89/05/26	4.8	6.8	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	89/06/29	2.6	8.1	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	89/09/29	8.6	11.3	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	90/01/26	3.1	15.7	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	90/09/10	7.8	2.8	国頭マ
名護市	海中公園NO.2	91/02/08	1.9	11.3	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	88/07/18	3.8	7.5	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	88/08/16	9.7	12.1	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	88/09/13	12.5	8.5	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	88/10/24	1.8	10.9	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	89/01/11	1.9	9.2	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	89/02/14	1.5	21.0	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	89/04/18	1.9	11.9	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	89/05/26	1.8	8.0	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	89/06/29	2.1	5.3	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	89/09/29	4.1	12.1	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	90/01/26	2.5	11.3	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	90/09/10	2.6	4.9	国頭マ
名護市	海中公園NO.3	91/02/08	1.9	17.4	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	88/07/18	1080.0	2.3	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	88/08/15	60.7	3.3	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	88/09/12	48.6	4.5	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	88/10/21	13.5	5.8	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	89/01/10	7.4	7.8	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	89/02/14	11.2	6.8	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	89/04/18	25.4	6.4	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	89/06/05	1480.0	3.1	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	89/07/03	1420.0	1.0	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	89/09/29	137.0	1.1	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	90/01/25	83.9	11.3	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	90/06/28	943.0	1.4	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	90/09/10	206.0	2.4	国頭マ

表4. SPSSと水平透明度測定値(その2)

市町村	測定海域	年月日	SPSS kg/m <sup>3</sup>	水平透 明度	土壌
恩納村	赤瀬定点1	90/10/12	2.7	4.9	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	91/02/28	5.8	11.4	国頭マ
恩納村	赤瀬定点1	95/03/08	17.3	12.5	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	88/07/18	123.0	11.2	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	88/08/15	57.5	2.3	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	88/09/12	44.1	2.4	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	88/10/21	5.0	5.2	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	89/01/10	3.8	4.0	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	89/02/14	2.7	15.4	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	89/04/18	18.6	8.8	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	89/06/05	22.8	3.2	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	89/07/03	45.6	2.2	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	89/09/29	18.2	6.4	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	90/01/25	14.9	15.0	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	90/06/28	104.0	3.5	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	90/09/10	83.9	3.4	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	90/10/12	3.2	5.5	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	91/02/28	2.2	4.8	国頭マ
恩納村	赤瀬定点3	95/03/08	13.2	10.2	国頭マ
読谷村	波平NO.1	88/06/10	8.7	6.0	島尻マ
読谷村	波平NO.1	88/07/02	9.3	5.0	島尻マ
読谷村	波平NO.1	88/08/15	6.9	4.7	島尻マ
読谷村	波平NO.1	88/09/12	11.0	4.3	島尻マ
読谷村	波平NO.1	88/10/21	5.9	10.7	島尻マ
読谷村	波平NO.1	89/01/10	2.7	6.5	島尻マ
読谷村	波平NO.1	89/02/14	8.9	16.1	島尻マ
読谷村	波平NO.1	89/04/18	4.2	12.1	島尻マ
読谷村	波平NO.1	89/07/03	4.2	4.4	島尻マ
読谷村	波平NO.1	89/09/29	9.5	4.2	島尻マ
読谷村	波平NO.1	90/01/26	2.9	10.6	島尻マ
読谷村	波平NO.1	91/02/27	2.2	5.0	島尻マ
糸満市	大度定点2	88/07/10	12.1	4.2	島尻マ
糸満市	大度定点2	88/08/11	14.9	12.5	島尻マ
糸満市	大度定点2	88/09/01	13.8	12.5	島尻マ
糸満市	大度定点2	88/10/03	11.2	11.2	島尻マ
糸満市	大度定点2	88/11/01	5.5	13.6	島尻マ
糸満市	大度定点2	88/12/09	5.9	11.3	島尻マ
糸満市	大度定点2	89/01/13	7.1	18.2	島尻マ
糸満市	大度定点2	89/02/25	9.9	18.8	島尻マ
糸満市	大度定点2	89/03/27	8.4	13.8	島尻マ
糸満市	大度定点2	89/04/25	12.6	18.8	島尻マ
糸満市	大度定点2	89/06/29	6.8	16.5	島尻マ
糸満市	大度定点2	90/09/10	2.1	21.2	島尻マ
糸満市	大度定点2	95/12/12	22.0	3.0	島尻マ
糸満市	大度定点3	88/07/10	7.0	6.0	島尻マ
糸満市	大度定点3	88/08/11	15.7	12.5	島尻マ
糸満市	大度定点3	88/09/01	16.9	13.2	島尻マ
糸満市	大度定点3	88/10/03	10.2	7.6	島尻マ
糸満市	大度定点3	88/11/01	8.0	10.9	島尻マ
糸満市	大度定点3	88/12/09	15.5	9.1	島尻マ
糸満市	大度定点3	89/01/13	13.2	22.7	島尻マ
糸満市	大度定点3	89/02/25	12.1	15.2	島尻マ
糸満市	大度定点3	89/03/27	14.8	11.0	島尻マ
糸満市	大度定点3	89/04/25	17.0	19.1	島尻マ
糸満市	大度定点3	89/06/29	11.3	18.0	島尻マ
糸満市	大度定点3	90/09/11	4.4	19.3	島尻マ

国頭マ: 国頭マージ, 島尻マ: 島尻マージ

をYとして分布を求めた(図2).  $\log Y = a \log(1/Z) + b$  として, 各海域の回帰式の傾き a, 切片 b, 相関係数  $\gamma$ , その他の統計値を表2に示す.

運天東(式)を除くと相関係数は0.607~0.927の範囲で良い相関が認められる. これは, 濁度が高くなると水平透明度が悪くなるという定性概念を定量的に示し得る.

式を除き, ~ 式より濁度から水平透明度を推算した(表3). 図2の分布や表3より, 羽地内海における水平透明度と濁度の関係は他の海域と大きく異なっているといえる. 濁度に対して水平透明度の値が相対的に小さくなっており, 原因はわからない. 羽地内海のデータを母集団から除き, 全体の回帰式を補正すると

$\log Y = 1.081 \log(1/Z) + 0.361$  ( $\gamma = 0.892$ )... が得られる. 式を用いて濁度から水平透明度を推算した値を表3に示す.

## SPSSと海の濁りとの関係

### 1. データの出所

沖縄沿岸における海の濁りは, 大雨や各種工事による急性的なものと, 主として底質の巻き上げや微小生物等による日常的なものに分けられる. ここでは, 前述赤土データベースより定点を設けて5回以上SPSSと水平透明度が測定された日常的なデータを抽出した. その結果, 1988年6月~1995年12月の間に沖縄島の大宜味村平南1地点, 名護市海中公園3地点, 恩納村赤瀬2地点(以上, 国頭マージ影響海域), 読谷村波平1地点, 糸満市大度2地点(以上, 島尻マージ影響海域)の計5海域, 9地点, のべ113件のデータが得られた(表4). 水深はいずれも5m以内で, 干上らず枝状のサンゴが生育できる深さである.

表5. 各地点におけるSPSSと水平透明度の関係  
SPSSをX, 水平透明度をZとして,  $\log(1/Z) = a \log X + b$

地点	a	b	$\gamma$	n	SPSS (kg/m <sup>3</sup> )			水平透明度 (m)	
					平均値	最大値	最小値	平均値	最大値
平南定点2	0.060	-0.922	0.514	5	19.5	1280.0	0.8	7.0	12.4
海中公園No.1	0.134	-0.953	0.056	13	17.5	32.7	6.7	6.1	10.4
海中公園No.2	0.407	-1.210	0.520	13	4.3	12.5	1.9	9.0	16.3
海中公園No.3	0.084	-1.037	0.136	13	2.8	12.5	1.5	10.1	21.0
赤瀬定点1	0.289	-1.136	0.739	16	65.5	1480.0	2.7	4.1	12.5
赤瀬定点3	0.160	-0.922	0.334	16	17.4	123.0	2.2	5.3	15.4
波平No.1	0.128	-0.921	0.152	12	5.6	11.0	2.2	6.7	16.1
大度定点2	0.575	-1.623	0.581	13	8.9	22.0	2.1	12.0	21.2
大度定点3	-0.109	-0.992	0.110	12	11.4	17.0	4.4	12.8	22.7
全体	0.235	-1.120	0.538	113	11.4	1480.0	0.8	7.4	22.7

## 2. 解析及び考察

赤土等が堆積するほど海は濁るという仮説を立て, 各測定地点におけるSPSS・Xと水平透明度・Zの関係求めた.  $\log(1/Z) = a \log X + b$  として, 各地点の回帰式の傾き a, 切片 b, 相関係数  $\gamma$ , その他の統計値を表5に示す. 赤瀬定点1を除いた地点は相関が弱いが無相関と判断され, 各地点の傾き a もまちまちである. これは, SPSSが一定でも波の強さや水深により堆積物の巻き上げ量が異なること, 1日2回の潮の干満で海水が移動していることなどが影響していると考えられる.

しかし経験的に地点間を比較すると, 赤土汚染が進んでSPSSの高い海域は透明度が悪く, 赤土汚染がみられない海域は透明度が良い. このため地点ごとにSPSSと水平透明度の幾何平均を求め(表5), 平均値の対を解析した. 国頭マージ影響海域6地点のSPSSの平均値をX', 水平透明度の平均値をZ'とすると, その分布(図3)は  $\log(1/Z') = 0.28 \log X' - 1.132$  ( $\gamma = 0.955$ )... という回帰式で表され, 高い相関が得られた. すなわち, 1地点においては赤土等の堆積と海の濁りの直接的な関係は弱い, 長期間にわたり地点間を比較すると, 赤土等の堆積レベルが高い値で分布する地点ほど平均的な濁

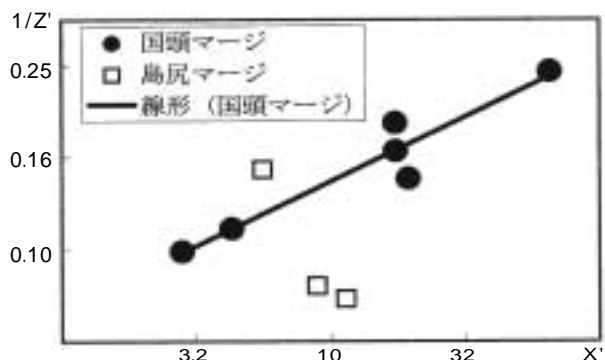


図3. SPSS平均値と水平透明度平均値の関係  
X':SPSS平均値 (O/K)  
1/Z':水平透明度の逆数の平均値 (m<sup>-1</sup>)  
 $\log(1/Z') = 0.28 \log X' - 1.132$  ( $r = 0.955$ )

表6. SPSS平均値と海水濁り平均値の関係

SPSS o /k	水平透明度 m	濁度 度
0.4	17.5	0.10
1.0	13.6	0.14
5.0	8.6	0.22
10.0	7.1	0.28
20.0	5.9	0.34
30.0	5.2	0.38
50.0	4.5	0.45
100.0	3.7	0.55
200.0	3.1	0.68
400.0	2.5	0.84
1000.0	2.0	1.11
1600.0	1.7	1.28

りも強くなる傾向が定量的に明らかになった。

式と式よりSPSS平均値X'と濁度平均値Y'の関係を導くと、

$$\log Y' = 0.303 \log X' - 0.863 \dots$$

が得られる。

これらの式より、国頭マージ影響海域におけるSPSSの平均値と海の濁りの平均値の関係を表6に示す。

### 3. 応用

沖縄県では赤土等汚染海域定点観測調査<sup>3)</sup>を実施しており、SPSSを年4回(阿嘉島海域は1回)測定し、赤土等堆積の変動やサンゴへの影響をモニタリングしている。これまでに導いた関係式を用い、石垣島宮良湾と白保海域定点における1999~2000年度の2年間のSPSS平均値から水平透明度と濁度の平均値を推算した(表7)。その結果、宮良湾2定点平均の水平透明度は3.5m、濁度は0.60度となった。また、白保海域4定点平均では、5.2m、0.39度と推算された。

## まとめ

1. 海域における濁度、水平透明度の逆数は対数正規分布するので、統計処理は対数に換算して行い、平均値は幾何平均により求める。
2. 国頭マージ影響海域において、濁度をY、水平透明度をZとすると、 $\log Y = 1.081 \log(1/Z) + 0.361$  ( $r = 0.892$ )の強い相関が得られた。水平透明度板でもサンゴ礁の濁質モニタリングは可能である。
3. 国頭マージ影響海域において、1地点におけるSPSSと水平透明度の相関は弱い。しかし長期測定による1地点のSPSSの平均値をX'、水平透明度の平均値をZ'とし、

表7. SPSS平均値から海の濁り平均値を推算  
赤土等汚染海域定点観測調査1999・2000年度より

	SPSS実測値 (kg/m <sup>3</sup> )	水平透明度 推算値(m)	濁度推算値 (度)
宮良湾定点1	83.1	3.9	0.52
宮良湾定点2	202.0	3.1	0.68
宮良湾平均	129.6	3.5	0.60
白保定点1	48.5	4.6	0.44
白保定点2	54.4	4.4	0.46
白保定点3	13.4	6.6	0.30
白保定点4	24.8	5.5	0.36
白保平均	30.6	5.2	0.39

複数地点におけるX'とZ'の関係を求めると、 $\log(1/Z') = 0.28 \log X' - 1.132$  ( $r = 0.955$ )の強い相関が得られた。年間平均で赤土堆積が著しいほど、海の透明度平均値も悪くなる。

4. これまでの赤土汚染関連のSPSS定点調査から、海域の濁りの平均的な値を推定することが可能である。また、沖縄県は公共用水域水質監視のため、県内13海域76地点で年6から12回各種の測定を行っており、その中に透明度も含まれている<sup>4)</sup>。過去にさかのぼって透明度のデータを整理・解析すれば、多くの地点で赤土等堆積の相対的な経時変動が明らかになる可能性がある。

5. ジャーガル土壌やその母岩となるクチャ(泥岩)は国頭マージよりも流出しやすく<sup>5)6)</sup>土質も異なるので、今後ジャーガルが分布する沖縄島中南部のサンゴ礁環境を研究する際に同様な解析が必要になるとと思われる。

## < 謝辞 >

2000年6月の石垣島白保海域調査ではサンゴ礁保護研究センターの小林孝氏に同行していただきお世話になりました。また、同海域調査の濁度計測時には沖縄県企業局水質管理事務所にて高性能の濁度計を貸していただき、同事務所の仲地健次氏にはお忙しい中、濁度計の使用法についてご指導をいただきました。たいへんありがとうございました。

## 参考文献

- 1) 沖縄県環境保全室赤土対策班・沖縄県衛生環境研究所赤土研究室(2000)平成11年度環境庁委託業務 赤土等の流出に関するデータベースCD-ROM。
- 2) 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: 100-110。
- 3) 沖縄県環境保全室(2001)平成12年度赤土等汚染海域



定点観測調査報告書，162pp.

- 4) 沖縄県文化環境部（1999）平成10年度水質測定結果，  
142pp .
- 5) 満本裕彰・大見謝辰男・比嘉榮三郎・仲宗根一哉  
（2000）流出源濁水のSS濃度について．沖縄県衛生環  
境研究所報，34：125 - 128 .
- 6) 仲宗根一哉・大見謝辰男・比嘉榮三郎・満本裕彰  
（2000）雨天時河川水SSの解析．沖縄県衛生環境研究  
所報，34：97 - 104 .

