

沖縄県内3か所のビーチにおける砂および底質の化学分析

田代 豊

Chemical Analysis of Sands and Sediments from Three Beaches in Okinawa

Yutaka Tashiro

要 旨

沖縄県内の瀬底ビーチ, 残波ビーチ, コンドイビーチにおいて, 砂浜の地下水面付近の砂と海底表層の底質を採取し, 有機物含量等を測定して海岸の汚濁の程度を調べた。強熱減量については, 3ビーチ間および砂と底質との間で, 有意差が認められなかった。一方, 三つのビーチともに砂浜の砂のCOD値よりも海中の底質のCOD値の方が高かった。また, 砂, 底質ともに, 瀬底ビーチと残波ビーチとの間にCOD値の有意差はなかったが, これら二つのビーチとコンドイビーチを比較すると, 砂, 底質ともにコンドイビーチのCOD値が高かった。ほとんどの地点において間隙水のORPは80~160mVの範囲にあり, 砂のCODと相関が見られなかったが, CODが最も高かったコンドイビーチ中央の地点については, ORPが負の値を示した。コンドイビーチの平均汀線付近の間隙水の塩分は, どの測線においても同じであったが, 砂浜の中央付近の測線については, 平均汀線よりも3m陸側の地点における間隙水の塩分が幾分低かった。

キーワード: 水質汚染, 砂浜, 底質, 地下水, 沖縄

Abstract

Sand samples at beach water tables and the sediments from sea bed surface were collected at Sesoko, Zampa, and Kondoi Beaches in Okinawa and were analyzed for the purpose of investigating coastal pollutions. No significant difference of ignition loss was found among these beaches or between sands and sediments of each beach, whereas COD of sediments were higher than that of sands from each beach. CODs of both sands and sediments from Kondoi Beach were higher than those from Sesoko and Zampa Beaches, though no significant difference was observed between these two beaches. ORPs of interstitial waters ranged between 80 and 160 mV at almost all the sampling sites except one site located at the center of Kondoi Beach where the value of ORP was below zero. Salinity of interstitial water at the average shoreline position on all the transects on Kondoi Beach were the same, whereas one sample from a site located 3 m ashore from the shoreline in the center of the beach showed lower salinity.

Keywords: water pollution, beach, sediment, groundwater, Okinawa

1. はじめに

美しい海を中心とする自然環境は、南西諸島の観光の重要な要素である。沖縄県は、年間入域観光客数一千万人を目標に掲げ¹⁾、官民ともに観光客誘致のための様々な方策を進めている。こうした中で、観光客の集中によって発生する負荷が、沿岸環境に様々な攪乱や汚染を与えることが懸念される。化学的な側面では、海岸における来訪者や遊泳者に起因する栄養物質が陸域から海中に流入し、海岸環境に化学的な影響を与えることが考えられる。

渡久山ら²⁾は石垣島において砂浜の地下水を採取分析し、砂浜の下を流れる地下水を通じて陸域から栄養物質や汚染物質が海域に流入することを示した。また、Tsuchiyaら³⁾も同じく石垣島において砂浜からの浸出水等を分析しているが、海水よりも高い濃度の硝酸性窒素が砂浜地下から流出していることが示されている。しかしながら、南西諸島の海水浴客の多いビーチの栄養物質や有機物による汚染程度についてのデータは少ない。例えば、沖縄県⁴⁾では公共用水域水質調査の一環として毎年沖縄県内の海域の底質を分析しているが、ビーチ周辺についての調査はほとんど行われていない。また、県内の主要水浴場については、沖縄県⁵⁾が海水の糞便性大腸菌群数、COD、透明度、油膜について調査しているが、砂浜の状態については調べられていない。

本調査は、沖縄県内で夏季に海水浴客が多数訪れる自然海岸である瀬底ビーチ、残波ビーチ、コンドイビーチにおいて、砂浜の地下水表面付近の砂と海底表層の底質を採取し、有機物含量等を測定して海岸の汚濁の程度を調べたものである。

2. 方法

2.1 砂と底質の採取

瀬底島の瀬底ビーチ（沖縄県国頭郡本部町）において、2008年7月7日に図1に示す5測線を設け、砂浜の砂と海底の底質を採取した。また、沖縄島中部の残波ビーチ（同中頭郡読谷村）においては、2008年8月6日に図2に示す6測線を設け、砂および底質を採取した。さらに、竹富島のコンドイビーチ（同八重山郡竹富町）において、2009年8月5日に図3に示す5測線を設け、砂および底質を採取した。これらの採取日はいずれも大潮に当たり、干潮時に試料採取を行った。これらの砂浜の砂は、平均汀線付近の砂浜に金属製スコップで間隙水が浸出するまで穴を掘り、水面付近の砂を採取した。また、コンドイビーチの2測線（N, O）については、平均汀線から3m陸側の地点でも同様に浸出した間隙水面付近の砂を採取した。これら砂の採取の際に、穴の中に浸出した間

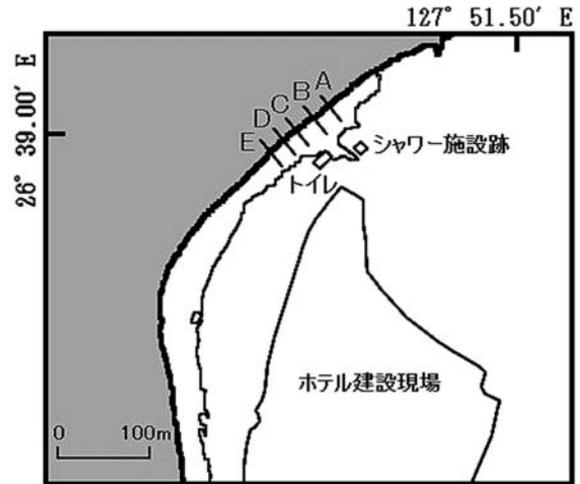


図1 瀬底ビーチにおける測線の位置

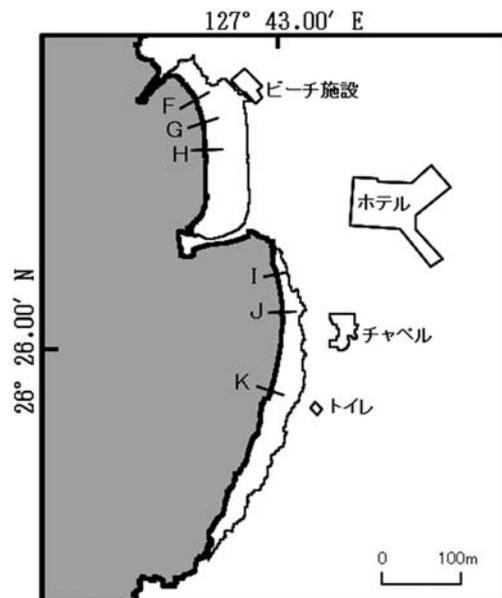


図2 残波ビーチにおける測線の位置

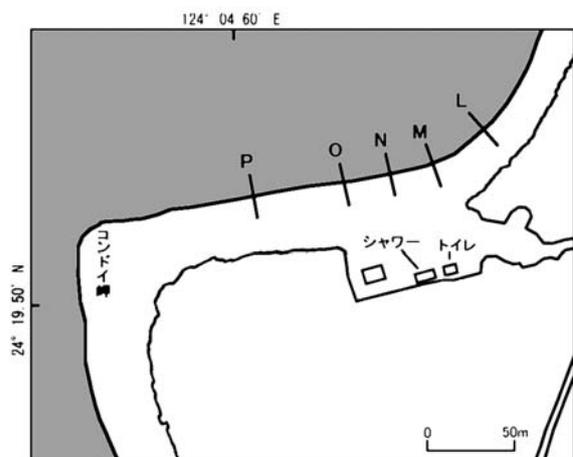


図3 コンドイビーチにおける測線の位置

隙水の酸化還元電位 (ORP) を、酸化還元電位計 (三商社製 SWC-201RP) で、塩分を電気伝導率計 (東亜ディーケーケー社製 CM-31P) で測定した。また、海中の底質については、表層のものを金属製スコープで採取した。採取した砂および底質はポリエチレン製袋に入れ、氷冷して実験室に持ち帰った。

2.2 砂と底質の分析

砂および底質試料は、2mmの篩を通したのちガラス製遠沈管に入れ、毎分3000回転で20分間遠心して上澄水を除き、湿試料とした。これら湿試料の有機物含量の指標として、550℃における強熱減量⁶⁾および過マンガン酸カリウムによる酸素消費量 (COD)⁷⁾を測定した。

3. 結果

表1に、各ビーチで採取した砂および底質の分析結果を示した。瀬底ビーチの砂浜の砂は強熱減量が2.3~3.9%、CODが0.6~0.8mgO/gの範囲にあり、海中の底質は強熱減量が2.4~4.1%、CODが1.0~1.6mgO/gの範囲にあった。残波ビーチの砂浜の砂の強熱減量は1.4~4.2%、CODは0.2~1.0mgO/gの範囲にあり、海中の底質は強熱減量が1.5~4.1%、CODが0.8~1.5mgO/gの範囲にあった。コンドイビーチの砂浜の砂は強熱減量が2.2~3.7%、CODが0.7~2.1mgO/gの範囲にあり、海中の底質は強熱減量が3.5~4.1%、CODが1.6~1.9mgO/gの範囲にあった。なお、コンドイビーチでは現地調査時に砂の着色や異臭が観察された。

三つのビーチの砂および底質の強熱減量およびCOD平均値を比較すると図4、5のようになった。強熱減量

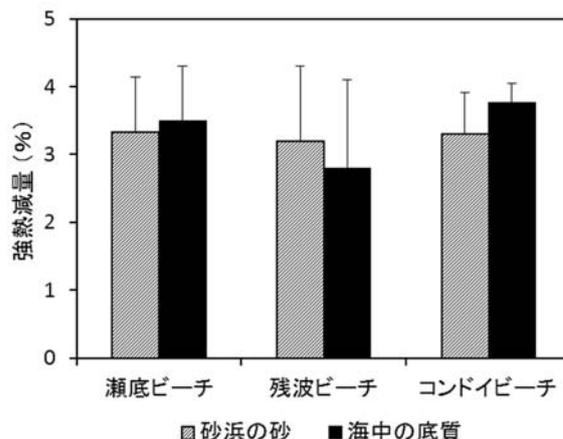


図4 各ビーチにおける砂と底質の強熱減量 (縦線は標準偏差を表す)

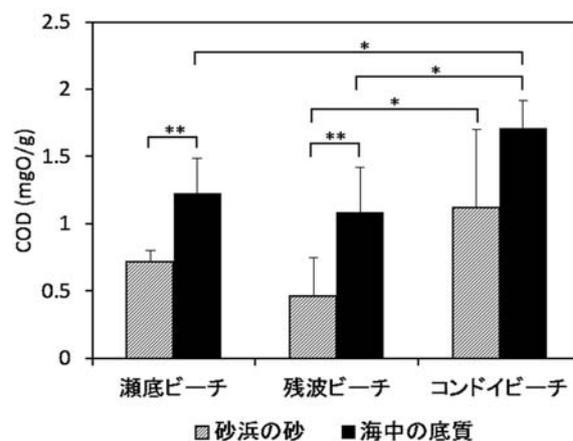


図5 各ビーチにおける砂と底質のCOD (縦線は標準偏差を表す. *: p<0.05, **: p<0.01)

表1 各ビーチにおける砂と底質の強熱減量とCOD

ビーチ	測線	強熱減量 (%)		COD (mgO/g)	
		砂浜の砂	海中の底質	砂浜の砂	海中の底質
瀬底ビーチ	A	2.3	2.4	0.8	1.1
	B	3.4	3.4	0.7	1.2
	C	3.9	4.1	0.6	1.6
	D	3.7	4.1	0.8	1.0
	E	—	—	0.7	—
残波ビーチ	F	—	—	0.4	0.8
	G	1.4	1.5	0.2	0.9
	H	2.9	2.8	0.4	0.8
	I	4.2	—	1.0	—
	J	3.6	4.1	0.5	1.4
	K	3.9	—	0.3	1.5
	—	—	—	—	—
コンドイビーチ	L	3.6	—	1.1	—
	M	3.6	—	0.8	—
	N	3.7	3.7	2.1	1.6
	O	2.2	3.5	0.7	1.9
	P	3.4	4.1	0.9	1.6
	—	—	—	—	—

(—: 未測定)

については、3ビーチ間および砂と底質との間で、t検定による有意差が認められなかった。これに対し、三つのビーチともに砂浜の砂のCODよりも海中の底質のCODの方が、t検定で有意に高かった。また、砂、底質ともに、瀬底ビーチと残波ビーチとの間にCOD値の有意差はなかったが、これら二つのビーチとコンドイビーチを比較すると、砂、底質ともにコンドイビーチのCOD値が有意に高かった。

砂のCODと浸出した間隙水のORPとの関係は図6のようになった。ほとんどの地点においてORPは80～160mVの範囲にあり、砂のCODと相関が見られなかったが、CODが最も高い2.1mgO/gであったコンドイビーチ中央の測線N上の地点については、ORPが負の値を示した。

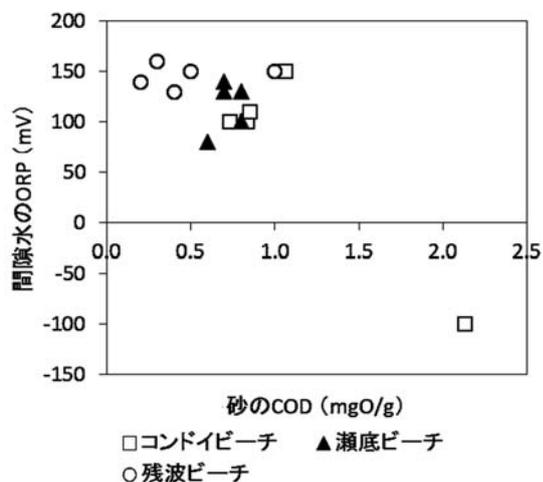


図6 砂のCODと地下水のORPとの関係

コンドイビーチの間隙水の塩分の測定結果は表2のようになった。平均汀線付近の塩分はどの測線においても同じであったが、砂浜の中央付近の測線Nについては、平均汀線よりも3m陸側の間隙水の塩分が幾分低かった。

表2 コンドイビーチの地下水の塩分

測線	平均汀線付近の間隙水の塩分 (%)	平均汀線よりも3m陸側の間隙水の塩分 (%)
L	3.3	—
M	3.3	—
N	3.3	3.2
O	3.3	3.3
P	3.3	—

(—：未測定)

4. 考 察

過去に南西諸島の比較的汚染されていないと考えられる砂浜海岸で測定された砂および底質のCOD値の例としては、沖縄島読谷村木綿原海岸の砂の0.8～1.4mgO/gがある⁸⁾。また、沖縄県⁴⁾の公共用水域水質調査結果によると、石垣島川平湾湾奥地点における2009年の底質COD値は1.6mgO/gであった。瀬底ビーチおよび残波ビーチについては、砂、底質ともにほとんどの試料がこれらのCOD値と同等かそれ以下であった。したがって、本調査の結果からは、瀬底ビーチおよび残波ビーチの汀線付近では、有機物による顕著な汚染は認められなかったといえる。なお、残波ビーチでは南側の3測線における砂および底質のCOD、強熱減量が北側3測線のものに比べてやや高い傾向が見られるが、これは後背地に集落方面からの水路が流入していることが影響している可能性がある。一方、コンドイビーチでは、他の二つのビーチに比べて砂浜の砂、海中の底質ともにCOD値が高く、上述の既存調査結果と比べても有機物を多く含む地点が見られた。さらにORPの測定結果から、砂浜の中央付近に設けた測線の平均汀線付近では、砂中の水面付近が還元状態になっていた。このような状態が、現地でも観察される砂の着色や異臭の発生をもたらしていると考えられる。海中の底質の強熱減量については、与那覇ら⁹⁾が那覇市沿岸海域において測定し2.59～8.58%という結果を報告しているが、本研究の対象海域における結果はこれと比較して低い値の地点が多かった。なお、一般に強熱減量には結晶水や硫化物等の熱分解による減量が含まれるため、本研究の対象地のような比較的低濃度の有機物汚染を評価するには、CODの方がより精度が高いと考えられる。CODで観測されたビーチ間の有意差が強熱減量では観測されなかったのは、このような原因によるものが推定される。

コンドイビーチでは来訪者が利用するシャワーの排水が後浜部の砂中に直接浸透処理されているとともに、トイレの排水も砂浜後背部の樹林帯中に無処理で投棄されているため、他のビーチに比べて陸域から流入する地下水による栄養物質の供給が多いことが予想され、このためビーチ付近の海水中における有機物の蓄積が多いと考えられる。砂浜中央付近に設けた測線上の間隙水の塩分がやや低かったことは、陸域からの地下水が砂中を海底に向かって流出していることを示しており、シャワーやトイレの排水がこの地下水の流れに寄与していることが推定される。また、コンドイビーチは遠浅の砂浜が200m余り沖にかけて広がる地形のため、波浪による底質の攪拌やビーチ付近の海水の外洋水との交換が遅いことも予想される。このようなこともビーチ付近の底質中に有機物が蓄積しやすい条件となっていると考えられる。

今後、さらに南西諸島各地の多くの砂浜において本調査のような有機物含有量の測定を実施し、来訪者の多少による砂浜の化学的環境に対する影響に関する知見を得たい。

謝 辞

本研究の試料採取にあたっては、名桜大学国際学群観光産業専攻の学生諸君の協力を得た。また、本研究は、平成21年度名桜大学総合研究所一般研究助成を得て実施したものである。

引用文献

- 1) 沖縄県. 2007. 『平成19年度ビジットおきなわ計画—一千万人の来訪を目指して—』. 沖縄県観光商工部. pp. 8.
- 2) 渡久山章・与那覇善栄・平良直秀・広田聖・東田盛善. 1991. 石垣島白保における海域環境の化学的調査. 目崎茂和編『石垣島のサンゴ礁環境』. WWFJ. 183-208.
- 3) Tsuchiya, M., Kise, M., Tanaka, M., Kawamitsu, S., Yanagiya, K and Higa, N. 1999. The Role of Sandy Beaches as Environmental Purification System in Coral Reefs. “The East China Sea” Vol. 2, Proc. 2nd Internat. Workshop on Oceanography and Fisheries in the East China Sea. 111-124.
- 4) 沖縄県. 2011a. 『平成21年度水質測定結果（公共用水域及び地下水）』. 沖縄県文化環境部. pp.113.
- 5) 沖縄県. 2011b. 『環境白書（平成21年度報告）』. 沖縄県文化環境部. pp.243.
- 6) Dean Jr, W. E. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *J. Sediment. Petrol.* 44: 242-248.
- 7) 環境庁. 1988. 『改訂版 底質調査方法とその解説』. pp.175.
- 8) 田代豊・吉田衣理・栗原章・仲宗根直司. 2006. 南西諸島石灰岩地域砂浜における地下水による陸域起源物質の海域への流出. 名桜大学紀要. 12 : 21-26.
- 9) 与那覇寛・藤田和彦・新城竜一. 2008. 沖縄県那覇市の河川及び沿岸堆積物の起源と人為的影響. 日本サンゴ礁学会誌. 10 : 25-45.