

恩納村沿岸域底質における蓄積リン分布について*

糸洲昌子・比嘉彩也香・久保弘文・座間味佳孝・熊谷直喜**・山野博哉**

Preliminary Study on Distribution of Accumulated Phosphorus in Benthic Sediments along the Onna Village Coast

Shoko ITOSU, Sayaka HIGA, Hirofumi KUBO, Yoshitaka ZAMAMI,

Naoki H. KUMAGAI** and Hiroya YAMANO**

要旨：近年の研究で海域底質中に蓄積しているリン酸塩（蓄積リン）から高濃度のリン酸が溶出し、稚サンゴの骨格形成を妨げることが確認されている。本研究では、恩納村沿岸において、蓄積リンの影響について検討するため調査を実施した。調査の結果、地点によって蓄積リン濃度に差がみられ、特にリーフの切れ目の比較的深い場所などに高濃度の地点が存在した。当該地点が高濃度となった要因としては、地形的な特徴により蓄積リンを含む底質が滞留しやすいことなどが考えられた。また当該海域では岩盤上に生育するサンゴが多く、現地画像からは蓄積リン濃度の差による環境の違いは明らかには出来なかった。

Key words: 気候変動, サンゴ, 底質, 蓄積リン, リーフ, 恩納村

I はじめに

沖縄県が有する豊かなサンゴ礁生態系は、漁業や観光、防災など、私たちに様々な恩恵をもたらしている。しかしながら、地球規模の気候変動による海水温上昇や陸域からの汚濁物質による影響などにより、当該生態系の衰退が懸念されており、これらの対策を講ずることは喫緊の課題となっている。

近年安元ら¹⁾により、市街地や農地に近い海域で採取した石灰質の砂と共に稚サンゴを飼育すると、砂からリンが高い濃度で溶出し、サンゴの骨格形成が妨げられることが確認されている。本報では、底質中に蓄積しているリン酸塩（以下、「蓄積リン」という。）の実態及びサンゴの生育状況との関係を調査することを目的として、沖縄県恩納村沿岸海域の一部における蓄積リンを調査した結果を報告する。

II 方法

1. 底質試料の採取

2022年8月26日に恩納村役場が定期的実施しているSPSS調査の試料採取が行われた（SPSSとは底質中懸濁物質含量²⁾のことであり、底質の赤土等堆積状況を簡易的に調査する方法として用いられている。）。当該採

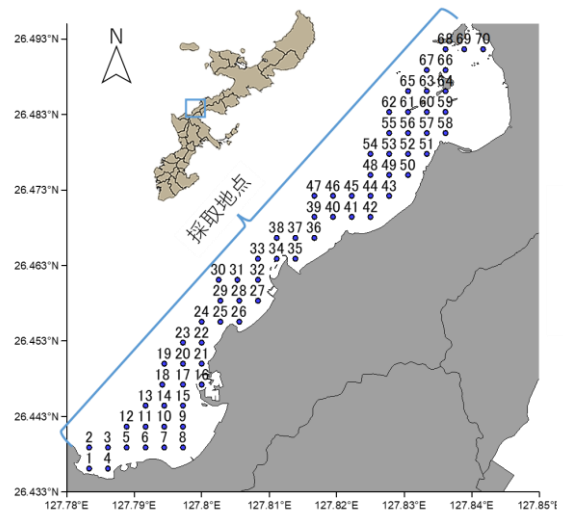


図1. 沖縄県恩納村における海域底質試料採取地点（70地点）。

取に同行し、採取地点の外観写真（以下、「現地画像」という。）を撮影した。採取された試料は恩納村漁業協同組合の冷凍庫で保存し、翌日、SPSS測定後に余った底質試料の提供を受けた。採取地点は図1のとおりである。

2. 底質試料の前処理

前処理は安元ら¹⁾を参考に行った。採取した底質試料を70℃で3時間乾燥させ、目開き1mmのふるいを用以て粒径1mmより大きい粒子を除いた後、底質試料6gを50mL遠沈管に分取し、精密ろ過海水15mLを加えて

* 本研究は、気候変動適応に関する国立環境研究所と地域気候変動適応センター等との共同研究「沖縄県のサンゴ礁生態系への気候変動・地域環境複合影響を軽減するための赤土流出削減指標策定」によって実施した。

** 国立研究開発法人 国立環境研究所

30 °C下で72時間浸透させた。振とう後、3,000 rpm 15分間遠心分離して底質を沈降させ、上澄み液を孔径 0.2 μm のセルロースアセテートメンブレンフィルターを用いてろ過し、ろ液を分析に供した。

安元ら¹⁾の方法では粒径を0.5–1 mmとしているが、本報告では赤土等などの微細な粒子も考慮するため、粒径は1 mm以下とした。

3. 蓄積リンの分析方法

ろ液を50倍希釈し、ビーエルテック社製の連続流れ分析装置を用いて、モリブデン青発色CFA法にてリン酸の分析を行った。

4. 分析結果のデータ解析

株式会社カイエンスのKyPlot6.0で統計検定を実施、フリーソフトのQGIS 3.28.6を使用して空間補間を行った。

III 結果

1. 分析結果の精度について

地点No.1~No.15についてn=3で前処理から分析までを並行して行った。No.1~No.15の試料について3群以上の対応なしノンパラメトリック検定(クラスカル・ウォリス検定)をしたところ有意差ありとなり、地点間による濃度差が確認できた。また、14地点の蓄積リン濃度の各変動係数は2.5–11%、濃度の低い地点No.6では35%であった(図2)。地点全体の傾向及び高濃度地点を把握する上で、個々の検体における繰り返し測定のみならず

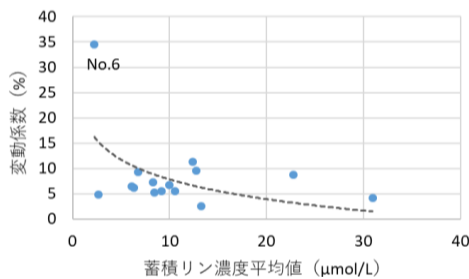


図2. 変動係数 vs. 蓄積リン濃度平均値 (No. 1~No. 15).

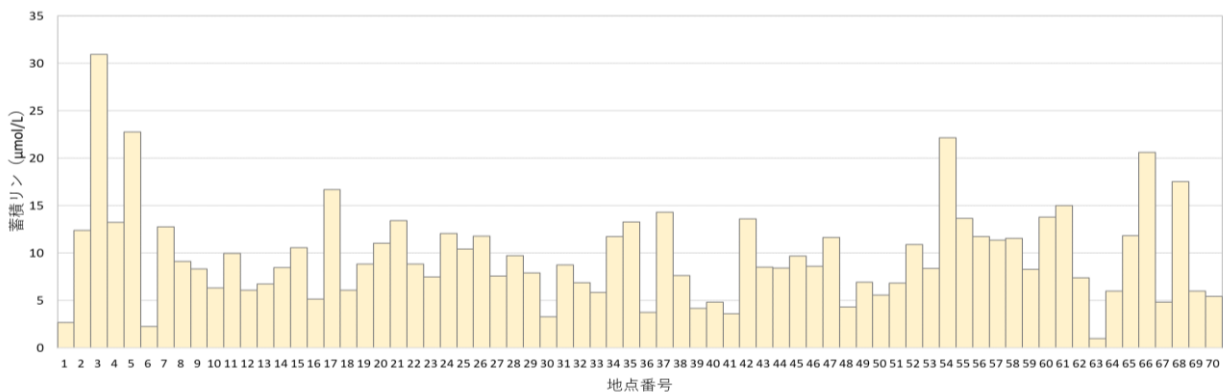


図3. 各地点の蓄積リン分析結果 (No. 1~No. 70).

による影響は小さいと考えられたため、地点 No.16~No.70については効率化のためn=1で分析を進めた。

2. 蓄積リンの分析結果

測定地点の分析結果を図3に示した。局所的に20 μmol/L以上の地点もみられ、5–10 μmol/Lが全体の約46%、10–15 μmol/Lが全体の約31%を占めた。

IV 考察

1. 蓄積リン濃度による現地画像の比較

安元ら¹⁾は蓄積リンと稚サンゴ数の関係から、サンゴの生育環境を保つための蓄積リンの閾値は3.0 μM (mol/L)と推定している。本研究の結果は多くの地点で当該閾値を超えているが、底質試料として0.5 mm以下の粒子も含めて分析しているため、単純に値の比較はできないと考えられる。より微細な粒子径の試料が含まれると、分析に供する一定質量当たりの粒子の表面積は大きくなるため、本研究の方が溶出するリンの量は多くなる可能性がある。

蓄積リン濃度によって海域環境に変化がみられるかを確認するため、撮影した現地画像を、蓄積リン濃度0–5 μmol/L、5–7.5 μmol/L、7.5–10 μmol/L、10–15 μmol/L、15– μmol/Lの5範囲で分類して比較した(現地画像はこの報告の付録に掲載)。現地画像からは蓄積リン濃度によるサンゴ被度や生育状況等の明らかな変化を確認することはできなかった。調査地点では砂地上より岩盤上に生育しているサンゴが比較的多かったため、底質試料の蓄積リン濃度による差が出にくかった可能性がある。また安元ら¹⁾の調査では、稚サンゴ数との関係から閾値を見いだしているため、現地画像では情報不足であることも考えられる。その他、蓄積リンの影響がサンゴの種によって異なる可能性もあり、各地点の基質の状況(岩盤、砂地)、流況、水深なども異なることから一律には比較できなかった。

2. 蓄積リン濃度の分布について

蓄積リン測定結果を、GIS 空間分析に一般的に用いられる TIN 内挿 (Triangulated. Irregular Network : 不規則三角網) による空間補間図を作成した。その結果、南側と北側などに 20 $\mu\text{mol/L}$ を超えるような比較的濃度の高い部分が存在するという結果が得られた。当該結果を衛星画像 (Google Earth) に重ねたところ図 4 のようになった。衛星画像で海域の色が濃く、水深が比較的深いと思われる箇所に高濃度域の位置が重なっていることから、リーフ内の水深が深い箇所で蓄積リンが比較的高くなっている可能性がある。その他北端側の小島と陸の間も比較的高いという結果になった。一般的に海水中に存在するリン酸は低濃度であることから、蓄積リンの主な負荷源は陸域になると考えられる。そのため蓄積リンは図 4 の陸域に図示されている河川や水路の接続点付近や陸に近い箇所で高くなると予測していたが、実際には、深い場所などで蓄積リンが高かった。このように濃度が局所的になる要因として次のようなことが考えられた。

一つ目はリーフ内の流況が反映され局所化しているということである。谷本ら³⁾は仲泊地区のリーフ周辺での波と流れの観測において、リーフ上の平均流速はリーフへの入射波高の変動と高い相関を有するとしており、リーフ上で碎波した入射波のかなりの部分が流れのエネルギーに変換され、その流向は岸近くでほぼ一定してリーフの切れ目へ向かう方向であったとしている。このことから、当該海域における流況は

「リーフ外→リーフ内→リーフの深み」が主であり、この深みにおいてリーフ内の負荷や堆積物が蓄積されやすくなっていることが考えられる。また、深みにおいて攪乱が起きづらく、懸濁物質が堆積しやすいことが蓄積リン濃度を高くする要因である可能性がある。

またその他、局所的に濃度が高い地点が発生する理由として、地下水などが海中に湧出している箇所の存在も考えられる。同海域内では海底付近で海水と真水の密度差によって生じるもやのようなゆらぎ (シュリーレン現象) が確認されていることから、当該湧水の影響などで局所的に高濃度な地点が発生している可能性も考えられる。

2. SPSS との関係

恩納村漁業協同組合が測定した SPSS 結果を基に空間補間図を作成した結果、図 5 のとおりとなり、図 4 と類似した南側及び北側海域に高濃度域があると推計された。

そこで蓄積リンと SPSS で散布図を作成したところ図 6 のとおりであった (地点 No.63 については、土層が海底に露出しており、SPSS 値が著しく高いため、外れ値として除外した)。当該結果から蓄積リンと SPSS の直接的な関連は確認されなかった。



図 4. 蓄積リンの空間補完図 (TIN 内挿).

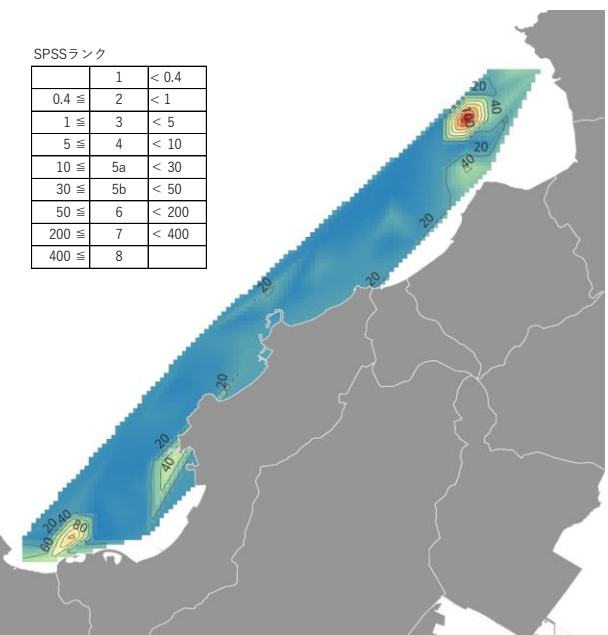


図 5. SPSS の空間補完図 (TIN 内挿) .

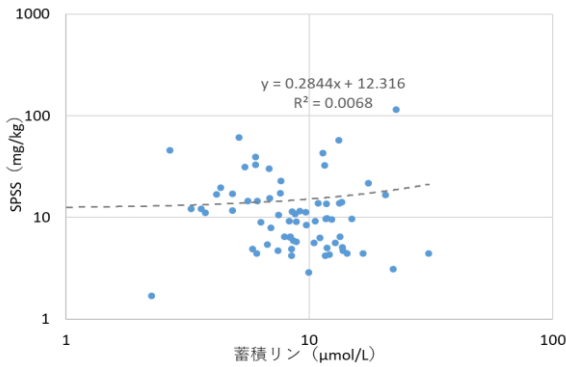


図 6. SPSS vs. 蓄積リン濃度(地点 No. 63 を除く).

3. 気候変動と蓄積リンについて

気候変動による海水温上昇によってサンゴの大規模白化の頻度は増加傾向にあると言われており、サンゴ礁生態系の存続が危ぶまれている。当該生態系の衰退を食い止めるためには、サンゴが受ける様々なストレスの低減を図る適応策などが有効であると考えられており、陸域からの栄養塩流出を低減することもその適応策の一つとなる。

本調査において赤土等やサンゴの生育状況と蓄積リンの関係は明らかに出来なかったが、今回判明した蓄積リンの分布状況を踏まえ、基盤環境との関連について引き続き検討したい。また、調査した恩納村海域では砂地上に生育するサンゴよりも岩盤上に生育す

るサンゴが多く見られたことから、今後は岩盤上の堆積物にも着目していきたい。

<謝辞>

当該調査にあたり恩納村役場農林水産課、恩納村漁業協同組合、一般財団法人沖縄県環境科学センターの金井恵様に多大なる御協力を賜りました。この場を借りて感謝いたします。

V 参考文献

- 1) 安元純 (2022) 島嶼特有の水循環とリン酸塩負荷がサンゴの石灰化機構に及ぼす影響. 科学研究費助成事業研究成果報告書, 2-3.
- 2) 大見謝辰男 (1987) SPSS 簡易測定法とその解説. 沖縄県衛生環境研究所法, 37 : 99
- 3) 谷本修志, 中野泰雄, 大月和義, 宇多高明, 小俣篤 (1988) 沖縄県仲泊地区のリーフ周辺での波と流れの観測. 第 35 回海岸工学講演会論文集, 211

VI 付録

本調査で撮影した現地画像について、衛生環境研究所ホームページ ([https://www. pref.okinawa.jp/site/hoken/eiken/syoho/syoho56_60.html](https://www.pref.okinawa.jp/site/hoken/eiken/syoho/syoho56_60.html)) にて掲載する。