

与論島における沿岸域を含む陸水環境の現況と地域の取組み

琉球大学○中野拓治, いであ(株)畑 恭子, 沖縄環境調査(株)山本一生
NPO 法人海の再生ネットワークよろん 渡辺暢雄, 東京農業大学○中西康博

Efforts in creation of comprehensive management system for sustainable water environment based on coastal area and in Yoron island, by Takuji NAKANO(Univ. of The Ryukyus), Kyoko HATA(IDEA Consultants, Inc.), Kazuo YAMAMOTO(Okinawa Environmental Research Co.,Ltd), Nobuo WATANABE(NPO Marine Regeneration Network Yoron), Yasuhiro NAKANISHI (Tokyo Univ. of Agriculture)

1. はじめに

与論島では、サンゴ礁生態系が発達する独特の景観と特有の動植物種の生息域となっており、サトウキビ・肉用牛・野菜・花卉等の農業生産活動を通じて、豊かな地域の暮らしが営まれている(図 1)。一方、与論島等の島嶼地域では古くから農業用水や生活用水として地下水の利用がなされているが、近年、地下水の水質環境の変化や地下水から周辺海域への栄養塩負荷供給の観点からの課題等が指摘されている。与論島の農林水産観光産業の振興と自然環境の保全・再生の両立を目指して、沿岸域を含むサンゴ礁創生推進エリアの設定と健全な水循環構築と管理に向けた取組が行われているので、その概要を報告する。

2. 水環境の現状と課題

与論島内 24 地点の地下水の水温と pH は、それぞれ 20.1~23.1℃(平均値: 22.0℃), 6.8~7.3(平均値: 7.0)であり、弱酸性 - 中性 - 弱アルカリ性を示している。DO は、1.0~5.9 mg/L(平均値: 4.9mg/L)と還元的状態から酸化状態であり、EC は、0.75~1.32mS/cm(平均値: 0.95mS/cm)と全ての測定値が 0.5mS/cm 以上の値となっている。地下水の水質特性として、24 地点のうち海岸線近傍の 5 地点(塩化ナトリウム(Na - Cl)型及び塩化ナトリウムと炭酸水素カルシウム(中間型)を除いて最も含有割合の大きな陽イオンが Ca^{2+} 、陰イオンは HCO_3^- であり、炭酸水素カルシウム(Ca - HCO_3)型の特徴を有している。

与論島の地下水水質の主成分分析を行ったところ、第 1 主成分は EC, Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} 、及び SO_4^{2-} に係る主成分負荷量が 0.7 以上の値を示すとともに、クラスター 3 と 4 に分類される海岸近傍の調査地点で高い値となっており、海塩による自然現象を反映している主成分であると解釈できる。また、第 2 主成分は $PO_4^{3-} - P$ の主成分負荷量、第 3

主成分は $NO_3^- - N$ の主成分負荷量が 0.7 以上を示しており、農地や畜産等の社会経済活動を起源とする水質指標であると考えられる。第 4 主成分と第 5 主成分は、それぞれ Ca^{2+} , HCO_3^- の主成分負荷量が 0.5 以上を示しており、石灰岩溶解の自然現象を反映している主成分であると判断される。与論島の地下水は、海塩と石灰岩溶解の自然現象や農地排水・畜産排水等の社会経済活動によって水質形成が図られていることが示唆された。

3. 陸域負荷と周辺海域水環境

論島地下水の採水は 2016 年 6 月と 10 月の 2 回実施するとともに、沿岸海域での海水の採取は 2016 年 4 月と 10 月に行った。周辺海域のサンゴ被度調査に関しても、2016 年 4 月と 10 月 2 回に実施した。陸域の栄養塩負荷として、農地系、畜産系、生活系それぞれの発生負荷量を算定した。農地系については、2014 年の年間肥料購買実績を基に肥料種別の窒素及びリンの成分含有量から発生負荷量を算定した。畜産系は、与論島の畜舎と牛の飼育頭数と排泄物の日平均原単位を乗じて発生負荷量を推定した。生活系に関しては、農業集落排水施設の供用人口と浄化槽設置情報から発生負荷量を算定した。与論島全域からの輸送物質の影響が想定される範囲を計算対象海域として、流動シミュレーションモデルと物質拡散モデルを構築し、流動シミュレーションによる解析結果に基づいて、窒素とリンの保存系拡散計算を行った。

与論島全域で窒素(T-N)とリン負荷としてそれぞれ年間 149.0t/y と 34.7t/y の栄養塩負荷を生じている。農地系、畜産系、生活系それぞれの窒素(T-N)負荷量は、67.1t/y, 69.8t/y, 12.1t/y と推計され、窒素負荷量の 9 割以上が農地系と畜産系に由来しているものと考えられる。リン負荷量に関しても、農地系、畜産系、生活系それぞれ 24.5t/y, 9.0t/y, 1.2t/y の発生量となっており、リン負荷の 7 割が農地系起源であると試算された。生活系は、窒素とリンそれぞれ島内負荷量の約 8% と 3% であり、いずれも 1 割以内の発生負荷となっている。与論島の窒素とリンの栄養塩負荷の 9 割以上が農地・畜産系に起因しており、島内の栄養塩負荷量の大宗を占めていることが示された。与論島地下水中の $NO_3^- - N$ と $PO_4^{3-} - P$ の平均濃度(7.8mg/L, 9.2µg/L)と年間地下水流動量から、窒素とリンの年間地下水流出負荷量として 116.9t/y と 0.14t/y が得られた。この地下水流出負荷量は、窒素とリンの年間発生負荷量のそれぞれ 77.9%, 0.46% に相当しており、地下水中への流出負荷量は窒素に比べてリンが非常に小さい。

現地観測と数値解析結果から、潮時によって栄養塩の濃度分布は変化しており、高い濃度の栄養塩が礁池内に留まる傾向が認められる(図 2)。与論島東部礁池内では礁池外の海域

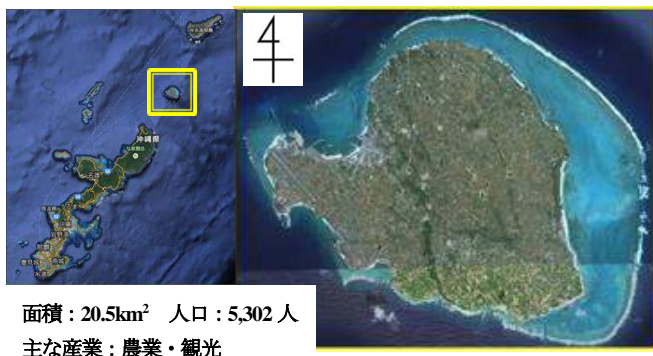


図 1 与論島の概況

からの海水交換が少ないことに起因して、陸域からの窒素等の栄養塩が礁池内に滞留する傾向がある。海底地形条件に応じて礁池内の水深が浅い場所では潮流場が弱く水温上昇や渦を生じて、砂の堆積環境下になるなど、与論島西部海域とは異なった潮流場になっている。与論島周辺海域のサンゴ被度と数値解析から得られた硝酸性窒素の値には明らかな負の相関が存在するなど、サンゴ生態系への影響要因として与論島周辺海域の潮流条件や窒素等の陸域由来の栄養塩が関与していることが示唆された。

4. 地域の暮らしとサンゴ礁生態系つながりに向けて

水温上昇による地球的な環境変化でサンゴの復元力の低下は一義的な外的要因であるけれど、二次的な努力として陸域の栄養塩管理を含め、農業等の人為的活動による陸水への影響と陸水を介した栄養塩の沿岸海域生態系への影響を包括的に考慮するような視点が必要になっているものと考えられる。環境保全型営農手法の導入による与論島沿岸海域を含む陸域の栄養塩管理と海域潮流場・物質輸送モデルの構築・モニタリングの必要性とともに、農林水産観光産業の振興と自然環境の保全・再生の両立を目指すことの重要性として、農業・観光産業の振興を図りながら、環境の創造・保全に地域自ら取り組んでいくことが重要である。与論島におけるサンゴ礁生態系の保全・再生を図るためには、地域の暮らしとサンゴ礁生態系のつながりを意識して、陸域に由来する栄養塩等の負荷低減対策の重要性の認識・啓発と効果的な対応策を講じる観点からの取組が必要である。

地形・立地条件に応じて、サンゴ礁創生推進エリア（ゾーンⅠ）、水源涵養保全推進エリア（ゾーンⅡ）、自然環境保全減災推進エリア（ゾーンⅢ）、生活排水処理推進エリア（ゾーンⅣ）の4エリアに島内を区分・設定したうえで、①サンゴ礁生態系の現状把握、②栄養塩の礁池内の移流・拡散メカニズムの解明、③サンゴ再生・保全方策等の検討について、自然科学・社会科学的課題解決アプローチと民官学協働実践活動を整合させながら着実に推進することが重要である。①実施運営組織の体制構築、②海域潮流場・物質輸送モデルの構築とモニタリング、③沿岸海域を含む陸域の栄養塩管理、④民官学協働実践による環境教

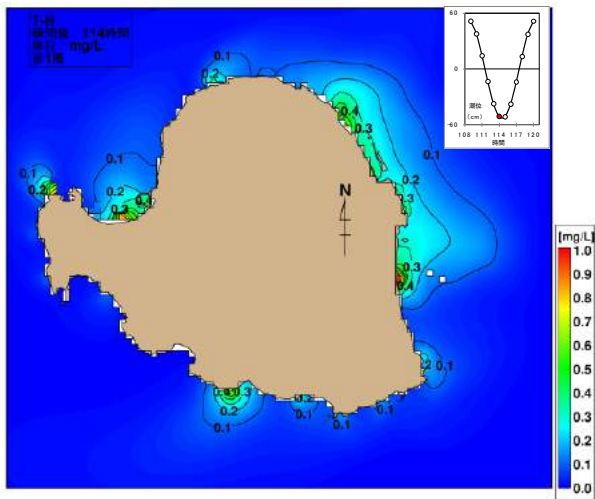


図 2 干潮時の窒素の拡散状況

育・普及啓発活動の実施、⑤ソーシャル・ビジネス手法導入による地域資源の発掘と事業化を通じた地域社会の活性化を図ることが必要である。

このような状況を踏まえ、サンゴ礁生態系保全行動計画2016-2020（2016年3月環境省策定）において、2020年までに特に重点的に取り組む課題として、「陸域に由来する赤土等の土砂及び栄養塩等への対策の推進」を掲げており、環境省と関係機関の連携・協力によるサンゴ礁生態系保全の基盤構築に向けたモデル事業が実施されている。モデル事業では、NPO 法人海の再生ネットワークよろん、与論町役場、大学研究者が連携を図りつつ、今後の与論島における各種施策計画や地域の取り組みへの反映を図るため、沿岸域を含む陸水環境の現況把握と陸域栄養塩対策の実証事業等を通じて、「サンゴ礁生態系保全と結びつけた地下水保全」に関する知見の集積と「与論島の水環境・サンゴ礁・未来を考えるシンポジウム」開催等による情報共有の取組が行なわれている。

5. まとめ

鹿儿岛県奄美群島における地理的・自然的環境等の特質を踏まえ、農村空間に広がる豊かな緑、美しい水を保全し、農村に生活する人々のみでなく、都市に生活する人々にとっても憩いの場、潤いの場となるような豊かで美しい農村を維持・保全することによって、都市と農村の交流を深め、地域の活力を高めることに、今後とも、関係者が連携を図りつつ、地域の暮らしとサンゴ礁生態系つながり構築に向けて、積極的に対応することが求められる。

引用文献

中野拓治, 畑 恭子, 金城健正, 渡辺暢雄 (2017) 亜熱帯沿岸域を含む健全な水環境の構築と管理に向けた取組 (地域の暮らしとサンゴ礁生態系つながり構築に向けて), 日本サンゴ礁学会誌, 第 19 巻, 95-108.

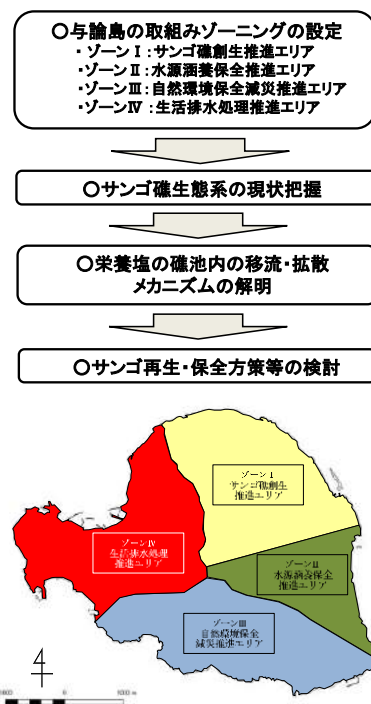


図 3 与論島における取組