

## 鹿児島県与論島の沿岸域を含む陸水環境の現況とサンゴ礁生態系環境の変遷

### Study on Current Situation of Water Environment including Coastal Area and Change of Coral Ecosystem in Northeastern Area of Yoron Island

○ 中野拓治\*, 山本一生\*\*, 仲村千春\*\*, 畑 恭子\*\*\*

NAKANO Takuji, YAMAMOTO Kazuo\*\*, NAKAMURA Chiharu\*\*, HATA Kyoko\*\*\*

#### 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。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、地下水から周辺海域への栄養塩負荷供給の観点からの課題やサンゴ礁生態系への影響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・再生の両立を図るため、健全な水循環構築と管理に向けた取組の一環として、陸水環境の現況把握とサンゴ礁生態系環境の変遷について検討したので、その概要を報告する。

#### 2. 研究方法

本研究では、与論島沿岸域を含む陸域と礁池海域を対象にヒアリング等による関連情報を収集するとともに、地下水と農業排水路からの表流水等について現地調査（栄養塩類、有機物量、主要陽イオン、主要陰イオン等）を実施した。海域礁池内外の栄養塩類等の分布状況を把握するとともに、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。潮流・水質シミュレーションを通じた海底地形の変化による海域環境への影響とサンゴ分布域の変遷等からみたサンゴ礁生態系環境の長期的な変動要因について検討を試みた。

#### 3. 結果と考察

##### (1) 陸水環境の現状

与論島内 24 地点の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の中間型)を除いて最も含有割合の大きな陽イオンが  $\text{Ca}^{2+}$ 、陰イオンは  $\text{HCO}_3^-$  であり、炭酸水素カルシウム (Ca- $\text{HCO}_3$ ) 型の特徴を有していた。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,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 、及び  $\text{SO}_4^{2-}$  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。第 2 主成分は  $\text{PO}_4^{3-}$ -P の主成分負荷量、第 3 主成分は  $\text{NO}_3^-$ -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  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  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。

##### (2) 地下水窒素濃度の長期的推移と窒素負荷量の推定

与論島地下水  $\text{NO}_3^-$ -N の長期的な経時変化について、水道水源 8 地点の観測データを用いて検討したところ、1984 年から 1997 年までは平均濃度で  $8\sim 9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  で推移するとともに、1995 年には最も高い濃度値 ( $9.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) を示していた。 $\text{NO}_3^-$ -N 濃度は 1998 年から低下した後、2009 年まで  $7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  程度の横ばい傾向で推移し、2010 年代に入ると  $\text{NO}_3^-$ -N 濃度は再び低下していた。与論島の農地系（化学肥料）の窒素負荷発生量は、化学肥料の施肥量増加に伴って増えており、1987 年には最大値 ( $502.0 \text{ t/y}$ ) を示していた。化学肥料による窒素負荷発生量は 1988 年～1996 年は  $400 \text{ t}$  程度で推移しており、1997 年以降、減少に転じた後、2000 年代以降は減少幅が小さくなっていた。家畜排泄物による窒素負荷発生量は、1984 年以降、肉牛の飼育頭数が増えるのに従って増加していたが、堆肥センターの稼働で 2005 年に家畜排泄物の受入が開始されたことから、2005 年以降は家畜排泄物の窒素負荷発生量は減少していた。

堆肥施肥量は 2005 年に  $301 \text{ t/y}$  であったものが、2017 年には  $4,285 \text{ t/y}$  に増加しており、堆肥施用に起因す

\*琉球大学 University of The Ryukyus, \*\*沖縄環境調査(株) Okinawa Environmental Research Co., Ltd., \*\*\*いであ(株) IDEA Consultants, Inc.

キーワード：サンゴ、栄養塩類、与論島、潮流場

る2017年の窒素負荷発生量は42.9t/yであると推定される。与論島の人口は、1984年の7,200人から2017年には5,299人と減少傾向が続いており、生活排水起源の窒素負荷発生量は農業集落排水施設の供用や浄化槽の設置箇所の増加と相まって減少していた。1984年と2017年における与論島の窒素負荷としてそれぞれ547.1t/yと279.6t/yの負荷量を生じているものと推定される。2017年の農地系（化学肥料）、畜産系（家畜排泄物・堆肥）、生活系（生活排水）、自然系（降雨）の窒素負荷量は、それぞれ183.2t/y、85.4t/y、7.7t/y、3.3t/yと推計され、96%の窒素負荷量が農地系と畜産系に由来しているものと考えられる。与論島内の窒素動態として2000年～2010年代は化学肥料の施用量の減少による影響が現れるとともに、2010年代以降は家畜排泄物の堆肥化に伴って農地への堆肥施用が図られた結果が反映されているものと推察される。

### (3) 周辺海域水環境とサンゴ礁生態系環境の変遷

与論島北東部の礁池では、離岸流と沿岸流が複雑に入り組んだ潮流場が形成されているとともに、海岸近傍や海底水深が浅いエリアでは潮流速が2cm/sを下回る領域が存在するなど、皆田から寺崎で海底土砂の堆積域になっている可能性が示された。現地観測と数値解析結果から、与論島北東部礁池内では礁池外の海域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とともに、礁池内の海底地形条件に応じて水深が浅い場所においては潮流場が弱く水温上昇や渦を生じて、土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。

与論島北東部の航空写真や衛星写真等によるサンゴ分布域の整理結果から、サンゴ生息面積は1945年に38.9haであったものが、30年後の1975年には17.6haとサンゴ生息域が45%にまで減少していた。1985年になるとサンゴ生息域は9.6haにまで減少したと推定され、サンゴ生息面積は1975年～1985年の10年間で半減していることが確認された。1990年の推定サンゴ生息面積は6.3haとなっており、1945年の16%を占めるとともに、2000年代にはサンゴの大規模白化現象による影響もあり、2005年と2015年のサンゴ生息面積はそれぞれ8.1ha、1.8haとサンゴ生息域の減少は続き、2015年には1945年の5%程度にまで減少していたものと考えられる。2018年の調査では、塊状ハマサンゴ属の点在（被度1%以下）が確認されるのみで、面的広がりのあるサンゴ生息域は消失しており、サンゴ生息面積は0.2haと1945年当時の1%程度以下であるものと推定される。

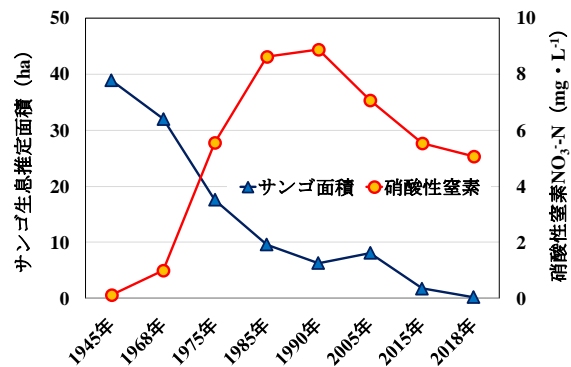


Fig.1 与論島北東部海域のサンゴ分布面積と地下水NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N濃度の推移（1945年～2018年）

## 4. まとめ

与論島地下水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N濃度水準は、過去の地下水水質試験結果から1945年に0.1mg · L<sup>-1</sup>程度であったものが、第2次世界大戦後の戦後復興と高度成長期を経て、農地での化学肥料の使用量の増加を含めた生活形態や社会経済活動の変化に伴い、1968年には1mg · L<sup>-1</sup>、1975年に5.5mg · L<sup>-1</sup>と急増した後、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nは1990年に8.9mg · L<sup>-1</sup>に達していたものと考えられる。1990年以降のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nは、化学肥料施用量の減少と家畜排泄物の堆肥施用を通じて、2005年に7.1mg · L<sup>-1</sup>、2005年には5.5mg · L<sup>-1</sup>と1975年の濃度水準まで低下しているものと推察される。1945年から1985年においては、陸域からの窒素負荷量等の増加とサンゴ生息面積の減少を関連づけることができるものの、サンゴ生息面積は1990年から2018年も減少し続けており、陸域からの栄養塩類負荷による影響要因のみではサンゴ生息環境の悪化を説明できない。このようなことから、陸域からの栄養塩類の流入負荷に加えて、サンゴ礁生態系への影響要因として潮礁池内の潮流変化による栄養塩類や水温の上昇と海底への土砂の堆積が関与している可能性が示唆された。

謝辞：本研究の一部は、環境省による「サンゴ礁生態系保全行動計画2016-2020」モデル事業で実施したものであり、ここに記して、深甚の感謝を表す。

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。