

機関番号：18001

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21710019

研究課題名（和文）沖縄本島南部における海底地下水湧出がサンゴの生息環境に及ぼす影響

研究課題名（英文）Influence of submarine groundwater discharge on coral reef environment in southern part of Okinawa main island

研究代表者

安元 純（YASUMOTO JUN）

琉球大学・農学部・助教

研究者番号：70432870

研究成果の概要（和文）：本研究では、沖縄本島南部地域における海底地下水湧出に伴う栄養塩負荷量を、現地観測と数値解析により明らかにし、同沿岸域における海底地下水湧出がサンゴの生息環境に及ぼす影響を評価した。その結果、同地域からの海底地下水湧出に伴う窒素負荷量は、南東部沿岸域で84.4kg/day～96.0kg/day、西部沿岸域で58.9 kg/dayと推定された。これにより、沖縄本島南部沿岸域における海底地下水湧出がサンゴの生息環境に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：The objects of this study were to evaluate the influence of submarine groundwater discharge (SGD) to the habitat environments of coral reefs, and to estimate nutrients load through SGD in coastal area in southern part of Okinawa Main Island. As a result, the nitrate load through SGD which were estimated by field observation and numerical simulation were 84.4kg/day～96.0kg/day in south east coast area, and 58.9 kg/day in west coast area. The results suggest that the SGD have influenced to the habitat environments of coral reefs in this coastal area.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：海底地下水湧出，サンゴの生息環境，沖縄本島南部地域，シーページメーター，数値解析，栄養塩負荷量

## 1. 研究開始当初の背景

昨今、沖縄の海のみならず世界各地で沿岸

海域の生物生息環境の悪化が深刻な社会問題となっており、その原因の一つに、近年、

沿岸域で宅地や農耕地が開発されたことで、陸域から海域への栄養塩類等負荷量の増加したことが挙げられる。この海域の生物環境の保全に欠かすことのできない陸域からの海域への物質負荷量の算定や管理には、これまでは河川水などの表流水に溶解する物質のみ考慮されてきた。しかし最近の研究で、海域へ地下水経由でもたらされる窒素やリン等の栄養塩類の溶存濃度が河川に比べ大きい場合が存在することが示され (Valiela, I. et al. (1990)), 海底地下水湧出 (SGD : Submarine Groundwater Discharge) として注目されている。一方、水循環に関する研究においても、これまで、海洋へ流出する地下水に関する定量的評価はほとんど行われてこなかった。しかし最近の研究により、海洋への河川流出量に対する地下水流出量の割合は 10%~31% (Taniguchi, 2002), 多い場合には 40%にもおよぶ (Moore, 1996) と見積もられており、海底地下水湧出が水循環を構成する重要な要素として注目を集めている。特に、沖縄本島のような島嶼部の多くは、地質が空隙が多く透水性の非常に高い石灰岩で構成されており、陸域に降った降雨が素早く地下水として涵養されるため、水循環に占める海底地下水湧出成分は非常に多くなるため、陸域からの栄養塩類の負荷量の管理は他の沿岸域と比べても非常に重要であるが、これまで、沖縄本島において海底地下水湧出の水量・水質に関連した報告はなされていない。

## 2. 研究の目的

本研究では、利用可能な水資源が限られ気候変動に伴う脆弱性がきわめて高い島嶼部において、渇水対策としての水循環の把握と沿岸環境保護とにとって極めて重要な海底地下水湧出 (海洋への地下水流出) の水量と

水質を、(1)海底地下水湧出および地下水の現地観測により、沖縄本島南部地域における海底地下水湧出の湧出特性および水質形成機構を解明し、(2)広域地下水流動モデルを用いた数値解析により海底地下水湧出量を推定し、その値に(1)で観測された海底地下水湧出中の栄養塩濃度を乗じることで沖縄本島南部地域における栄養塩負荷量を算出し、(3)同沿岸域における海底地下水湧出がサンゴの生息環境に及ぼす影響を評価した。

## 3. 研究の方法

海底地下水湧出の観測方法は、海底面に直径 50cm の手動式シーページメーターをそれぞれ設置し、ポリエチレン製の採水袋を用いた採水を一定時間 (30 秒~360 秒) 行うことで、海底地下水湧出の流速測定および海底湧水の採水を行った。海底湧水、河川水、陸域地下水および海水の水質分析項目は、水温、電気伝導度 (EC), pH, 主要陽イオン ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ), 主要陰イオン ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ), 硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3^--\text{N}$ ), 亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_2^--\text{N}$ ), リン酸態リン ( $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ ) を選定した。

数値解析では、MODFLOW2005 (アメリカ地質調査所) を利用し、地下水位の観測値をターゲットに、沖縄本島南部地域の透水係数の広域的な分布を推定することで、3次元の広域地下水流動モデルを構築した。解析対象領域は沖縄本島南部地域で、計算グリッド間隔は x, y 方向ともに約 50m とした。地質は、帯水層となる琉球石灰岩を 4 層とした。

## 4. 研究成果

(1) 沖縄本島南部地域の西部海岸において、シーページメーターを用いて観測された海底地下水湧出の速度は、干潮時に最大値 24.2 m/day, 1 潮汐における平均値は 14.4m/day

(5256m/year) と、これまで報告されている世界の他地域の値と比較しても卓越して大きな値を示した。沖縄本島南部沿岸域では、石灰岩の割れ目等から局所的に非常に速い流速をもって湧出する湧出タイプが多くみられた。一方、海底湧水中の  $\text{NO}_3^-$ -N は 15.5mg/L と環境基準値を超える値を示し、名城ビーチ後背地の井戸でも 38.9 mg/L と高い値を示した。

(2) 沖縄本島南部地域の南東部沿岸域の水理地質構造及び水文・気象データを整理し広域地下水流動モデルを構築し、海域への地下水湧出量を推定した結果、沖縄本島南部地域の南東部沿岸域からの海底地下水湧出量は、 $84,000\text{m}^3/\text{day} \sim 95,000\text{m}^3/\text{day}$  と推定された。この値に、1993年から2005年までの同地域における地下水中の  $\text{NO}_3^-$ -N 濃度の平均値 10.1mg/L を乗じると、 $84.4\text{kg}/\text{day} \sim 96.0\text{kg}/\text{day}$  の窒素負荷量が同海域に流出していることになる。この値は後背地の農地で使用される約1年分の窒素負荷量に相当する値である。

一方、古川(1981)によって推定された沖縄本島南部地域の西部沿岸域の年間水収支(1945年～1951年)の値を参照すると、年間降水量  $2118\text{mm}/\text{year}$  (面積:  $60\text{km}^2$ ) に対し、糸満市地下水盆からの海域への地下水流出は  $3.8 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$  と推定されている。この地下水流出量に、①で示した現地観測によって計測された  $\text{NO}_3^-$ -N 濃度 15.5mg/L を乗じると、糸満市地下水盆からの  $\text{NO}_3^-$ -N 負荷量を概算すると  $58.9 \text{ kg}/\text{day}$  となった。

(3) サンゴが形成される熱帯・亜熱帯の海水は貧栄養であり、富栄養化した海域や水質の悪化した陸水の供給はサンゴの生育にとって不敵な環境となる。沖縄県内 25 海域で栄養塩濃度とサンゴの状態を観測した調査報告によると、全窒素が 0.1mg/L、全リンで

0.01mg/L 以上の場所ではサンゴの生育の良い地点はなかったと報告しており、沖縄本島南部沿岸域における海底地下水湧出がサンゴの生息環境に影響を及ぼしている可能性が示唆される。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

- ① 安元 純, 中村 真也, 田原迫 健二, 宜保 清一, 沖縄本島南部地域における海底地下水湧出とそれに伴う栄養塩負荷量, 日本地下水学会, 日本地下水学会秋季講演会, 和歌山県民交流プラザ, 2010年11月11日～13日.
- ② 安元 純, 中村 真也, 田原迫 健二, 宜保 清一, 沖縄本島南部における海底地下水湧出とそれに伴う栄養塩負荷量, 農業農村工学会九州支部, 九州支部 第91回講演会, ホテル熊本テルサ, 2010年10月19日.
- ③ 安元純, 中村真也, 田原迫健二, 宜保清一, 琉球石灰岩からの非常に速く局所的な海底地下水湧出, 平成22年度 農業農村工学会, 神戸大学, 2010年8月31日～9月3日.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

(3)連携研究者  
( )  
研究者番号：

○取得状況 (計◇件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

琉球大学農工会 (琉球大学農学部 現地域農業工学科, 旧農業工学科でつくる OB 会. 沖縄県や沖縄総合事務局から多数参加される) にて, 「陸と海とをむすぶ地下水」というタイトルで講演を行い, 地下水を含んだ包括的な水環境管理の重要性を訴えた.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

安元 純 (YASUMOTO JUN)  
琉球大学・農学部・助教  
研究者番号：70432870

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：