

琉球石灰岩からの非常に速く局所的な海底地下水湧出 Extremely rapid and localized submarine groundwater discharge from the Ryukyu limestone aquifer

○安元 純*, 中村 真也*, 田原迫 健二*, 宜保 清一*

Jun YASUMOTO, Shinya NAKAMURA, Kenji TAHARAZAKO, Seiichi GIBO

1. はじめに

近年、海域の生物環境の保全に非常に重要な陸域からの栄養塩等の物質負荷量の算定や管理には、河川水などの表流水のみならず、地下水経路でもたらされる窒素やリン等の栄養塩濃度が河川水中に比べ高いところが存在することが示され(Valiela, I. et al.(1990), 海底地下水湧出(SGD)として注目されている(図-1)。

特に、沖縄本島南部地域は、地質に空隙が多く透水性の非常に高い琉球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、水循環に占める地下水流出(海底地下水湧出)は表流水よりも多くなる場合もある(古川, 1956). サング礁が形成される熱帯、亜熱帯の海水は一般的に栄養塩濃度が低く貧栄養であり、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適な環境となる。そのため陸域からの栄養塩等の物質負荷量の管理は、他の沿岸域に比べても非常に重要になるが、これまで、沖縄本島で海底地下水湧出の水量・水質に関連した報告はない。

海底地下水湧出は大きく分けて、砂礫層等で形成された海底からしみ出すようにしみ出す「シーページ型」と、陸域の湧水のように地質の亀裂等から集中的に流出する「スプリング型」の2つの湧出形態に分類される(Zektser, 2006)。

しかし、これまで観測された海底地下水湧出の多くはシーページ型で、スプリング型に分類される陸域の湧水のように局所的に非常に速い流速をもった海底地下水湧出は報告例も少なく、十分な把握はなされていない。また、スプリング型の海底地下水湧出がみられる帯水層は、比較的還元的な環境になりにくく、硝酸態窒素等の地下水汚染も進行しやすい。沖縄本島南部地域においても地下水中の硝酸態窒素が農業活動や畜産活動により増加するなど、地下水の水質汚染が顕在化している(渡久山ら, 1990)。この汚染された地下水が海域に直接流出することで、海域の生物生息環境に大きな影響を及ぼしている可能性が考えられる。

そこで本報では、沖縄県本島南部地域の糸満市名城ビーチで観測された、琉球石灰岩で構成される帯水層からの非常に速く局所的な海底地下水湧出の流速とそれに伴う栄養塩負荷量について報告する。

2. 調査概要 2.1 地域概要

沖縄本島南部地域には琉球層群とよばれる石灰岩(琉球石灰岩)が広く分布しており、本研究で対象

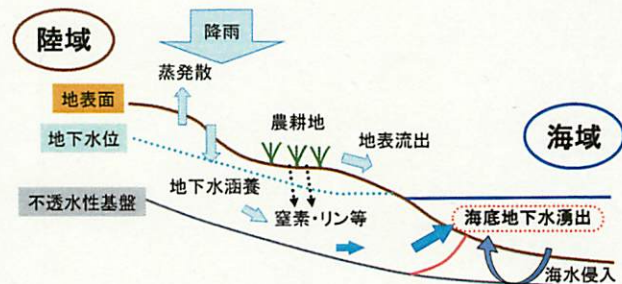


図-1 海底地下水湧出の概念図

Fig.1 Conceptual diagram of submarine groundwater

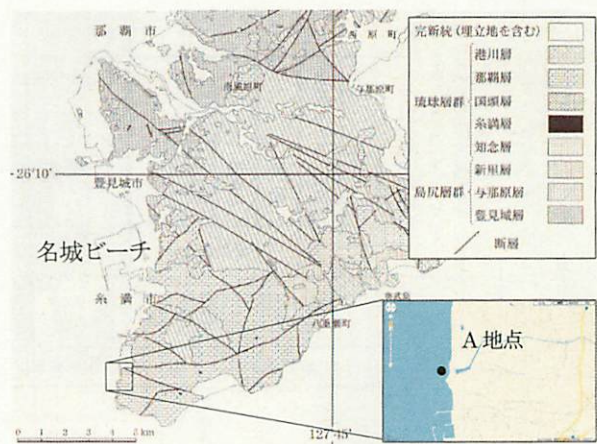


図-2 沖縄本島南部地域の地質図と観測地点
Fig.2 Geological Map and Observation points

*琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

キーワード: 海底地下水湧出, 琉球石灰岩, 栄養塩

とした糸満市名城ビーチ後背地の帯水層も琉球石灰岩で構成されている(図-2)。石灰岩分布域には断層地形が顕著に認められ、加えて鍾乳洞などのカルスト地形が発達しており、このことが同地域の地下水の挙動を複雑にしている。本地域の地下水流動は、不透水基盤をつくる島尻層群泥岩の上面構造に支配されており、上位をおおう琉球石灰岩中からは多くの湧水がみられ、古くから地下水を利用した生産・生活が営まれてきた。南部地域の地下水盆は5つに分類され、名城ビーチ後背地は糸満地下水盆群に分類される(古川, 1981)。

2. 2 海底地下水湧出の観測方法

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。現地調査は2009年12月2日(河川水のみ2009年11月25日)に実施した。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(Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+})、主要陰イオン(Cl^- , 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。

3. 結果及び考察

シーページメーターによっ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14.4 m/day (5256 m/year) と、図-3に示すように、これまで報告されている他地域の値と比較しても卓越して大きな値を示した。海底湧水中のECの値も小さく陸域の地下水と変わらない値を示した。

一方、海底湧水中の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は15.5 mg/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。

海底地下水湧出の流量に海底湧水中の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ を乗じて、観測地点Aにおける $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 負荷量を概算すると16.0 kg/yearとなる。古川(1981)によって推定された沖縄本島南部の年間水収支(1945年~1951年)の値を参照すると、年間降水量2118 mm/year(面積:60 km²)に対し、糸満市地下水盆からの海域への地下水流出は 3.8×10^3 m³/dayと推定されている。この地下水流出量を用いて、糸満市地下水盆からの $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 負荷量を概算すると58.9 kg/dayとなる。この値の評価は後背地の農地で使用されている施肥量調査と併せて、今後の課題としたい。また、この値は暫定的なもので、今後、詳細な現地観測と地下水流動解析とを用いて、リンや他の栄養塩負荷量と併せて正確な値を推定していく予定である。

4. まとめ

沖縄本島南部地域の沿岸海域は、サンゴなどの栄養塩類に敏感な海洋生物の生息地域になっているため、他地域より正確に海域へ流出する栄養塩類負荷量を把握する必要がある。そして、土地利用形態・農業手法における水環境管理は、表流水だけではなく地下水を含めて包括的に構築していくべきである。

参考文献

Taniguti et al. (2002): Hydrol. Process., 16, pp2115-2129. Slomp et al. (2004) Journal of Hydrology, 295, pp64-86. Valiela, I. et al. (1990): Biogeochemistry, Vol.10, No3, pp177-197. Zektser, et al. (2006): Submarine groundwater, CRC Press. 渡久山ほか(1990):工業用水, 380, 19-32. 古川博恭(1981):九州・沖縄の地下水,九州大学出版会, pp278-285.

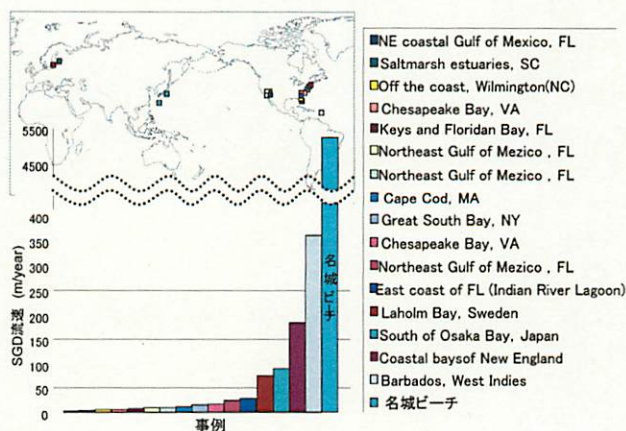


図-3 名城ビーチと各地域とのSGD流速比較

Fig.4 Comparison of SGD rate between Nashiro and other sites

表-1 水質分析結果の一部

Table 1 The results water quality analyses

	pH	EC (ms/m)	NO ₃ -N (mg/L)
河川水(河口)	7.81	59	13.3
SGD(A)	7.32	86.5	15.5
海水	8.14	4660	-
民家井戸	7.01	224	38.9