

佐賀県太良町大浦沖における海底地下水湧出と栄養塩の輸送に関する調査研究

九州大学大学院 工学研究院 正会員 安元 純 九州大学 工学部 学生会員 甲木 守

(株)いであ 非会員 高岡秀朋

九州大学大学院 工学研究院 正会員 広城吉成

九州大学大学院 工学研究院 正会員 神野健二

1. はじめに

海域の生態系保全のために欠かせない要因である陸域から海域への物質負荷量の算定や管理には、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栄養塩類等の溶存濃度が河川に比べ大きい場合があることが示された¹⁾。

そこで本研究では、有明海沿岸域の佐賀県太良町大浦沖において、海底地下水湧出の現地調査を行った結果を基に、本地域における海底地下水湧出量 (SGD) の推定と、栄養塩等の海底湧出過程での還元反応による水質変換に着目し考察を行う。

2. 調査概要

(1) 地形および地質

本研究では、有明海沿岸域の佐賀県藤津郡太良町大浦沖を調査対象とした。図-1 に調査対象地域の位置と海底湧水観測地点 (St.1, St.2, St.3, St.4) および陸域地下水観測地点 (St.A, St.B, St.C, St.D) を示した。観測地点の後背地である多良岳地域の地形は、約 25km の直径に対し、比高 1100m 足らずの傾斜の緩い円錐形をしている (図-2)。本地域の地質は、多くの火山岩類が分布しており、その種類は玄武岩から角閃石安山岩まで多様である。本地域の基底部に広く分布する古期玄武岩類は、数十枚以上の溶岩流と少量の降下火砕物よりなる。溶岩流は亀裂が発達しており透水性が高く、透水性の低い降下火砕物を挟んでほぼ水平に累重している。

(2) 調査方法

海底地下水湧出の観測方法は、汀線に直交する測線上において、陸側から順に St.1, St.2, St.3, St.4 の計 4 点の海底面に直径 32cm の Lee-type の手動式湧出量計 (Seepage meter) をそれぞれ 2 個設置し、ポリエチレン製の採水袋を用いた採水を一定時間 (15 分～20 分) 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。また、沿岸域の 4 点 (St.A, St.B, St.C, St.D) で地下水の採水を行った。本地点は、潮汐の大きな有明海でも比較的潮

差の大きな場所であることから、海底地下水湧出の観測は潮汐の影響を考慮し、20 日の上げ潮時 (FT: Food Tide), 21 日の満潮時 (HW: High Water), 下げ潮時 (ET: Ebb Tide), 干潮時 (LW: Low Water) に計 4 回行った。現地観測は、2006 年 8 月 20 日から 21 日にかけて行った。調査日における潮汐条件を表-1 に示す。海底湧水、地下水および海水の現地測定項目には、水温、電気伝導度 (EC), pH, 溶存酸素 (DO), 酸化還元電位 (ORP), 水質分析項目に、溶存性有機態炭素 (DOC), 全有機態炭素 (TOC), 主要陽イオン (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}), 主要陰イオン (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}), 栄養塩 (アンモニア性窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$), 硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$), 亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$),

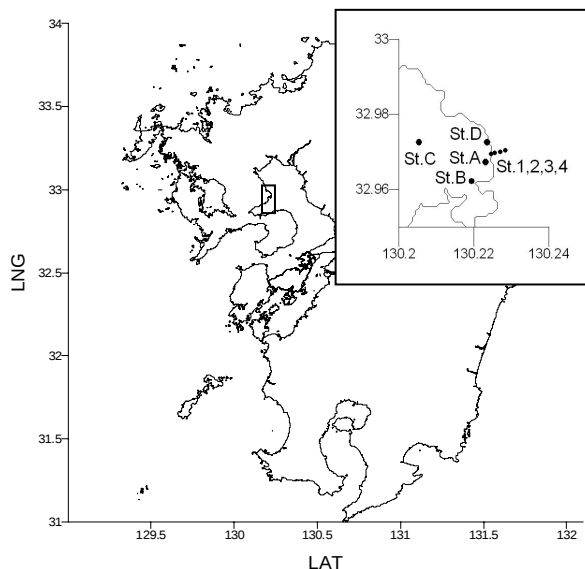


図-1 調査対象地域の位置および観測地点

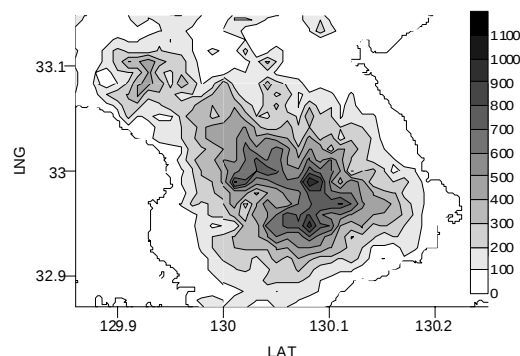


図-2 多良岳地域の地形(標高: m 表示)

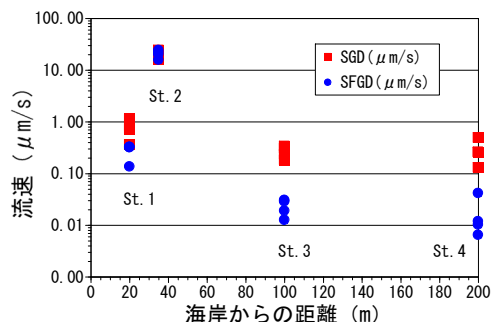


図-3 海底地下水湧出・淡水湧出の流速分布

表-1 海底湧水 (SGD)、陸域地下水 (GW)、海水 (SW) の水質分析結果 (ND: 定量下限値以下, FT: 上げ潮)

水質項目	水温	pH	EC	DO	ORP	TOC	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	TN	PO ₄ ²⁻	TP	SiO ₂
単位	°C	—	mS/m	mg/L	mV	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
SGD:FT (St.2)	26.9	8.2	16.9	9.8	196	0.2	0.05	0.006	18	52.8	4	ND	0.75	0.002	0.79	0.037	0.04	31
GW (St.D)	26.4	7.5	15.5	9.5	208	0.1	ND	ND	11.2	44.1	6	0.06	2.88	0.002	3.14	0.036	0.038	25
SW (St.4)	26.3	7.6	3820	5.9	186	1.1	1.27	0.514	16700	79.7	2500	ND	0.13	0.026	0.69	0.043	0.116	4

全窒素 (T-N), リン酸態リン (PO₄-P), 全リン (T-P), 珪酸 (SiO₂) を選出した。

3. 結果および考察

海底地下水湧出の現地観測の結果, St.1 および St.2 で比較的大きな海底地下水湧出量が観測された。特に汀線から約 30m の距離に位置する St.2 において, 海底地下水湧出の断面平均流速は 20.52μm/s を示し, 電気伝導度もほぼ淡水に近い 32 mS/m であった。St.1 においても海底地下水湧出の流速が平均 0.76μm/s と観測されたが, 電気伝導度は淡水と海水との半分近い値で, 平均 2823mS/m を示した。St.3 および St.4 においても若干の海底地下水湧出が計測されたが, 電気伝導度はより海水に近い値であった。今回計測された海底地下水湧出には, 陸域の地下水系と連動する海底地下水湧出に加え, 潮汐に応答し海水と海底堆積物の間で流入出を繰り返している海水成分を含んでいることが考えられる。そこで, 観測された電気伝導度を塩分濃度の指標として, 谷口らの手法²⁾を参考に, 海底湧水に含まれる海水の混合比により, 陸域由来の淡水湧出と海水の分離を行った。得られた結果を図-3 に示す。図-3 をみると, St.2 で観測された海底地下水湧出 (SGD) と淡水湧出 (SFGD) の流速がほぼ一致しており, 淡水湧出の流速は海水面の低い干潮時に大きくなる傾向を示した。一方, それ以外の St.1, St.3, St.4 では淡水湧出は少なく海水の混合が確認できた。観測された海底地下水湧出中の淡水湧出の混合比の平均値は, St.2 では淡水湧出が 99.6% となっており, 海水の混合はほとんどみられなかった。一方, St.1 における淡水湧出は 39.4%, St.3, St.4 ではそれぞれ, 8.6%, 5.9% であった。

次に, 今回の現地観測で採水した海底湧水, 陸域地下水, および海水の水質分析結果について考察する。代表地点の結果を表-1 に示す。今回観測された海底湧水は酸化還元電位 (ORP) が平均 193mV で, 陸域地下水の 209mV に比べて若干低く, 還元状態である。また, 硝酸イオン (NO₃⁻) の平均濃度が, 陸域地下水では 2.44mg/L, 海底湧水では 0.75 mg/L となっており, 海底湧水の値は小さくなっている。これは海底湧水中の重炭酸イオン (HCO₃⁻) 濃度が陸域地下水のそれより高いこと, また海底湧水中の全有機物 (TOC) 濃度が陸域地下水と比べ減少していることから, 陸域地下水が海底から湧出する過程で, 脱窒反応が起こったものと考えられる。一方, マンガンイオン (Mn²⁺) 濃度や 2 価鉄イオン (Fe²⁺) 濃度には海底湧水と陸域地下水とで差異はみられなかった。硫酸イオン (SO₄²⁻) 濃度は, 満潮時 (HW) の海底湧水中で大きな値がみられたが, 塩化物イオン (Cl⁻) 濃度も同時に大きくなっていることから, これは海水の混入によるものと考えられる。海底湧水中の還元反応は脱窒反応までであり, Mn²⁺や Fe²⁺の生成する還元反応や硫化水素 (H₂S) の生成する硫酸還元まではいたっていない。

4. おわりに

以上の結果より, 本地点付近における海底地下水湧出は, 沿岸部の帯水層を形成する玄武岩中に火砕岩と火山灰の累重により形成された被圧帯水層を流下してきた地下水が, 海底基盤岩である玄武岩中に局所的に発達した亀裂などの透水性の高い部分から, 比較的早い滞留時間を経て湧出したものと推測される。

参考文献: 1) Taniguchi, M. et al.: Investigation of submarine groundwater discharge, Hydro. Process. Vol16, pp2115-2129, 2002.