

有明海沿岸域での海底地下水湧出に伴う栄養塩の輸送過程

Nutrient transport process with submarine groundwater discharge in the coast of Ariake Bay

安元 純 [1]; 甲木 守 [2]; 高岡 秀朋 [3]; 広城 吉成 [4]; 神野 健二 [5]

Jun Yasumoto[1]; Mamoru Katsuki[2]; Hidetomo Takaoka[3]; Yoshinari Hiroshiro[4]; Kenji Jinno[5]

[1] 九大・工・環境都市; [2] 九大・工・都市環境; [3] いであ; [4] 九大・工・環境セ; [5] 九大・工・環境都市

[1] Engineering, Kyushu Univ.; [2] Environmental Engineering, Kyushu University; [3] IDEA; [4] Environmental Systems, Kyushu Univ.; [5] Urban and Environmental Engineering, Kyushu Univ.

有明海を始めとする閉鎖性水域や沿岸域における生態系環境は悪化の一途をたどっている。最近の研究成果では、海域への地下水経路による栄養塩の供給が、河川経路の供給と並び、沿岸域における栄養塩の循環や一次生産者に重要な役割を果たしているとの認識が一般的になっている。有明海沿岸域においても、海底地下水湧出 (SGD) とそれに伴う栄養塩類等の定性・定量的な物質輸送機構は未解明であり、有明海における生態系環境を再生・回復させるためにも十分な調査研究が必要である。

そこで本研究では、有明海沿岸域の佐賀県太良町大浦沖、熊本県熊本市河内沖および長崎県島原市深江沖の3地点において、海底地下水湧出の現地調査を行い、海底地下水湧出量と栄養塩類等の物質輸送特性に関する考察を行った。

調査対象にした3地点の大浦、河内および深江は、背後にそれぞれ多良岳、金峰山、雲仙火山が存在し、その地質はいずれも火山岩類が分布している。そのため地下水が豊富に存在し、各地で多くの湧水がみられることが特徴である。

今回行った海底地下水湧出の観測方法は、海底に直径32cmのLee-type手動式湧出量計を汀線に垂直および水平な測線上に数点設置し、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、同時に周辺陸域の地下水および湧水の採水を行った。海底湧水、地下水および海水の水質測定・分析項目には、水温、電気伝導度(EC)、pH、溶存酸素(DO)、酸化還元電位(ORP)、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(NH_4^+-N)、硝酸性窒素(NO_3^--N)、亜硝酸性窒素(NO_2^--N)、全窒素(T-N)、リン酸態リン(PO_4^--N)、全リン(T-P)、珪酸(SiO_2)を選出した。

観測の結果、海底地下水湧出量は陸側が大きく、沖に行くほど減少する傾向を示した。同様に、SGD中の地下水由来の淡水成分は陸側の採水地点で最も大きく、沖に行くほど小さくなった。一方、SGD中の再循環水と呼ばれる海水成分はその逆を示した。SGDの最大を示した地点は、大浦沖では汀線から30mの地点で、今回観測を行った3地点における最大値となる $20.52 \mu\text{m/s}$ を示し、淡水成分の混合比も97%と最大であった。河内のSGDおよび淡水成分の混合比の最大値は、それぞれ $10.23 \mu\text{m/s}$, 77.91%であった。深江では、陸側に最も近い地点(汀線から50m)で最大値を示し、SGDが $2.00 \mu\text{m/s}$ 、淡水成分の混合比は33.02%であった。

次に、今回の現地観測で採水したSGD、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。大浦で観測されたSGDは、ORPが平均193mVで、陸域地下水の209mVに比べて若干低く、 NO_3^--N の平均濃度は、陸域地下水では2.44mg/L、SGDでは0.75mg/Lを示した。これは、SGDの HCO_3^- 濃度が陸域地下水のそれより高いこと、またSGDの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、河内で観測されたSGDは、ORPが平均147mVで、陸域地下水214mVに比べ還元状態である。陸域地下水の NO_3^--N 濃度は平均8.16mg/Lと非常に高濃度であった。これは後背地で広く分布するみかん畑の肥料成分由来であると考えられる。海底湧水中の NO_3^--N 濃度は4.72mg/Lと若干減少しているが、その値は海水の混合比から推測される値と比べ差異は無く、脱窒が起こっているとは考えにくい。深江におけるSGDはORPの平均値が-35mVと還元状態が強く、陸域の162mVと比べて非常に小さかった。地下水の平均 NO_3^--N 濃度は2.14mg/Lと比較的大きいが、SGD中では0.05mg/Lと減少している。また、全鉄(T-Fe)の平均濃度が陸域地下水の0.15mg/Lから、SGDでは6.27mg/Lと大きく増加しており、 Mn^{2+} にも若干増加がみられたことから、還元反応は脱窒、 Mn^{2+} , Fe^{2+} の生成まで進んでいるといえる。最後に各観測地点の栄養塩(T-N, TP, SiO_2)の1日当りの負荷量を算出した。各観測地点におけるT-N負荷量の最大値を比較すると、河内のSGDが最も多く3.33g/dayとなった。ついで、大浦では1.40g/day、還元状態の強い深江では最も少ない0.02g/dayとなった。

以上の結果より、有明海への海底地下水湧出に伴う栄養塩等の物質輸送特性が明らかとなった。大きな河川の流入の無いこれらの沿岸海域において、地下水経路の海底湧水が海域の植物プランクトン等の生態系に大きな影響を及ぼしていると推測される。今後は数値解析による定量的な物質輸送機構の評価を行う予定である。