

石垣島名蔵川流域における地下水中の栄養塩動態に関する現地観測

東京工業大学大学院 学生会員 ○伊藤公人
 宇都宮大学大学院 正会員 大澤和敏
 東京工業大学大学院 フェロー会員 池田駿介

1. 本研究の背景と目的

沖縄県では大規模な公共施設整備や農地造成、民間資本による開発等が進められた結果、土砂および栄養塩が海域へと流出し、生態系へと大きく影響を与えている。土砂は表面流によって輸送され河川域や海域へ流出するが、栄養塩は表面流のみならず、地下へ浸透し、地下水流によっても流出する。ただ、これまで表面流による流出に関する研究は数多くなされてきたが、地下水流による流出に関する研究は、その影響が示唆されてきたにも関わらず、ほとんど進められていないため、地下水の栄養塩の動態、影響力ともに把握されていないのが現状である。そこで、本研究では石垣島の名蔵川流域を対象とし、現地観測を行うことで地下水の栄養塩動態を把握し、さらに名蔵川流域における窒素収支を定量的に算出し、地下水流による窒素流出の影響を把握することを目的として研究を進めた。

2. 現地観測

(1) 現地観測の概要

対象流域は石垣島西部に位置する名蔵川流域とし、観測地点と観測項目は、くみ上げ等の人為的な水位変動が無視できると考えられる未使用の井戸 7 地点において硝酸態窒素濃度と水位、使用されている井戸 6 地点において硝酸態窒素濃度、上・中流域の河川において硝酸態窒素濃度、流域末端の河川において硝酸態窒素濃度と全窒素濃度、水位、流速をそれぞれ計測した。ここで、硝酸態窒素濃度と全窒素濃度は2005年以降の定期的な採水によって得たサンプルを TRAACS2000(BRAN+LUEBBE 製)にて分析することで計測し、水位は圧力式水深計 Diver(大起理化工業)もしくは U20-001-01-Ti(On Set Computer 社)、流速は電磁流速計 (Compact EM, アレック電子製)をそれぞれ用いて計測を行った。なお、河川において計測された流速、水位から、対数速度分布によって断面平均流速を決定し、そこに水位から算出される通水断面積を乗じて流量を求めた。さらに、流域内の3地点において転

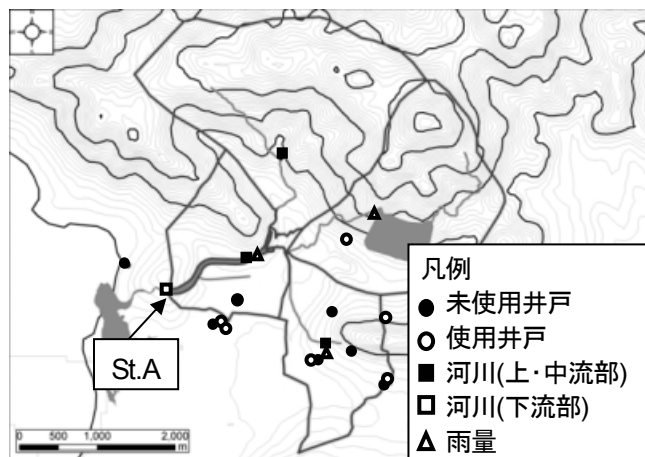


図1 名蔵川流域における観測地点

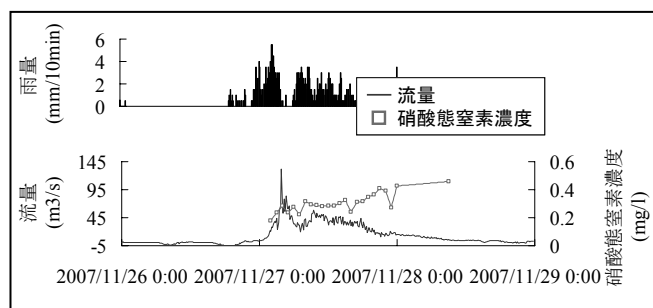


図2 流域末端における時系列

倒升式雨量計(MW-010, 栄弘精機)を用い、雨量も計測した。図1に観測地点をそれぞれ示す。

(2) 結果および考察

a) 流域末端での硝酸態窒素濃度の時系列

2007年11月26日の降雨イベントにおける、流域末端(St.A)での降雨、流量、硝酸態窒素濃度の時系列を図2に示す。これを見ると、硝酸態窒素濃度は、降雨による流量の変動とは無関係に緩やかに上昇していることが確認できた。これは、地下水流が表面流と比べ流達時間が著しく大きいことから、地下水に溶けた硝酸態窒素が河川へと流出していることが原因である可能性が高い。よって、降雨イベントにおける硝酸態窒素の流出に関しては、地下水の影響が重要であると考えられる。

b) 降雨イベントによる地下水位変動

2007年11月26日の降雨イベントにおける、流域南部

キーワード 石垣島, 名蔵川, 地下水, 硝酸態窒素, 井戸

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-M1-1 東京工業大学 緑が丘1号館 518号室 TEL:03-5734-2597

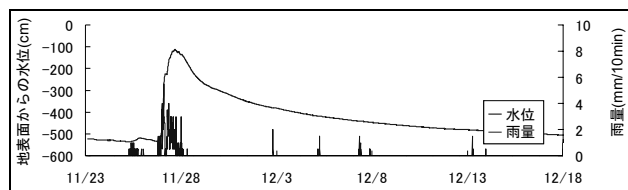


図3 降雨イベントにおける水位変動

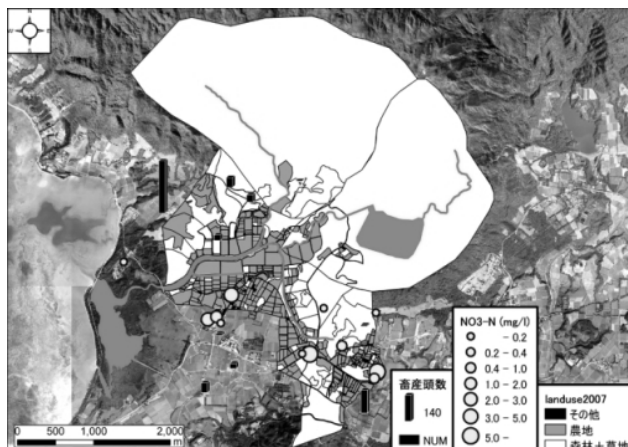


図4 硝酸態窒素濃度の分布

の井戸における降雨と水位変動を図3に示す。水位は降雨に反応して上昇し、数時間から十数時間をかけてピークに達し、その後下降を始めてから十数時間から数十時間後に大きく下降速度が遅くなり、それ以降は徐々に速度を落としながら下降していく、という過程が確認できる。ここで、水位が上昇を始める時刻と下降速度が大きく変化する時刻が変曲点となっていることから、水位が上昇し始めてから、下降速度が大きく変化するまでが降雨イベントによる一連の水位変動であると考えることができ、降雨イベントによる挙動の変化が数時間程度である表面流との違いが改めて示された。

c) 硝酸態窒素濃度分布

2007年8月2日に行った各井戸における硝酸態窒素濃度の分布を図4に示す。森林や草地に囲まれた人為的な影響が少ないと考えられる場所での地下水は低い硝酸態窒素濃度を示し、一方で農地や畜産が盛んで、多くの窒素投入が予想される場所での地下水は高い硝酸態窒素濃度を示す傾向にある。よって、地下水の硝酸態窒素濃度は周辺の土地利用状況に大きく依存することが確認できた。

3. 流域内での窒素収支

(1) 窒素収支の算出方法

名蔵川流域における人為的な窒素投入量と、流域末端(St.A)からの窒素流出量、作物による窒素吸収量、その他で窒素の収支を取ることとした。窒素投入量と窒素吸収量は原単位法¹⁾を用い、原単位に統計量を乗じることで

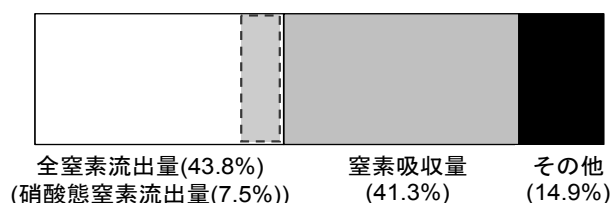


図5 窒素収支結果

算出した。窒素流出量は、採水を行った降雨イベントでは実測値に流量を乗じて算出し、採水を行っていない降雨イベントでは、実測値から導出したLQ式を用いて算出した。また、流出量に関しては、全窒素の流出量と、その一部として硝酸態窒素の流出量をそれぞれ算出した。

(2) 結果

窒素投入量は、年間46,313kgとなり、その内訳は肥料由来が70%、家畜排泄物由来が25%、生活廃水由来が5%と、農地における肥料由来からの投入が支配的であった。そこで多量の施肥量が必要となる即効性肥料ではなく、比較的少量の施肥量で同等の効果が期待できる緩効性肥料を使用するなどの、減肥対策が効果的であると考えられる。次に、名蔵川流域における窒素収支の結果を窒素投入量に対する割合として図5に示す。“その他”には、脱窒による大気中への排出や地下水による流域外への流出が考えられる。ここで、年間で地下へ浸透した窒素量は、河川における地下水由来の流出量と流域外への流出量の和となるが、ここではそれぞれの具体的な数値を提示するまでには至らなかった。地下水に対するさらに定量的なアプローチは今後の課題と言える。

4. 結論

(1) 現地観測

- ・降雨後の河川中の硝酸態窒素濃度変化により、地下水から河川への硝酸態窒素の流入が確認できた。
- ・地下水の一連の水位変動が把握できた。
- ・土地利用と硝酸態窒素濃度に深い関係があった。

(2) 栄養塩収支の定量的議論

- ・投入される窒素のうち70%が農地由来であった。
- ・流域へ投入される窒素のうち、41%が作物へ吸収され、44%が河川から流出した。

5. 参考文献

- 1) 田代豊・高平兼司：宮古島における窒素負荷発生量と地下水窒素濃度の長期的推移，水環境学会誌，第24巻，pp.733-738，2001。