

熊本市とその近隣地域における地下水の硝酸性窒素汚染とその要因

熊本市工学部 学生会員 村上祐也

熊本市大学院 非会員 富家和男

熊本市大学院 正会員 川越保徳

1. はじめに

現在、熊本市近隣地域では用水の大部分に地下水を使用しており¹⁾、人口が 50 万人を超える都市では世界的にも例をみない規模といえる。しかしこれは逆に、地下水の異常が市民の生活に大きな影響を及ぼすことを意味する。水量が多く、水質も良好とされる熊本の地下水だが、近年は硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度の上昇が懸念されている。また本地域の主な地下水涵養原である白川中流域の水田の減少などが原因と推定される地下水位の低下や湧水量の減少が認められている。このような地下水水量や水質に関する研究は、市町村を超えた中〜広域にわたる地下水流動域全体での包括的な調査研究が不可欠である。

以上の背景を鑑み、本研究では熊本市及び近隣市町村を対象として地下水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 汚染の実態を明らかにするとともにその要因を解明するための調査解析を行った。

2. 調査研究方法

2.1 対象地域と地下水試料採取地点

Fig.1 に研究対象地域の地質と地下水流動の概要、および試料採取地点を示す。本地域の主たる地下水流動は、植木台地や菊池台地と白川中流域と呼ばれる涵養域からの地下水熊本市および有明海に向かう。

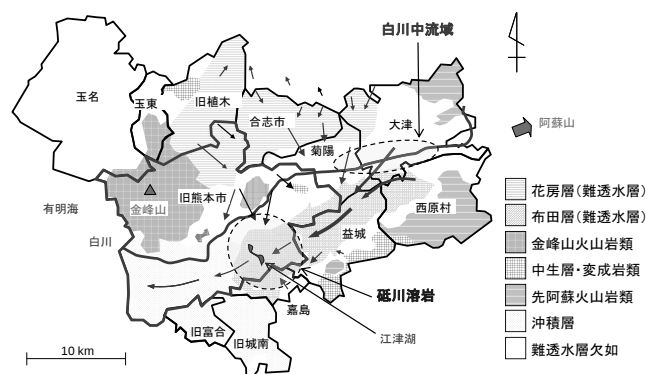


Fig.1 熊本市近隣の地質構造と地下水流動

2.1 水質分析と窒素安定同位体分析

各採水試料は上水試験方法に準じて分析を行った。陽イオン成分と溶性ケイ酸は原子吸光法あるいは ICP 発光分析法、陰イオン成分はイオンクロマトグラフ法、総アルカリ度は滴定法で測定を行った。また過去の水質データに関しては熊本市下水道局をはじめ、自治体の水道事業体および水環境関連部署から提供を受けた。 ^{14}N および ^{15}N の窒素安定同位体の分析には、1.5mg 以上の窒素を含む地下水試料を pH10~11 に調整して濃縮、凍結乾燥したものを試料として用い、ガス化および質量分析を行った。得られた各窒素安定同位体量から、窒素安定同位体比 $\delta^{15}\text{N}$ を算出した。

2.2 農林業センサスデータを用いた地下浸透水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と窒素負荷要因の推定

窒素負荷発生に関わる下水道や農業関連の情報収集を行ったところ、生活排水やし尿の処理に関しては 1970 年代から施設整備が進んでおり、とくに今回調査した地下水流域において窒素負荷を増加させる要因は見いだせなかった。そこで本研究では、農林業から発生する窒素負荷量に着目し、農林業センサスデータによる推計を行った。このデータは 1960 年から 5 年ごとに農林業センサス調査によるデータであり、面積の比較的小さな旧市町単位で農作物別の耕地面積や家畜別の頭数などの情報が得られる。そこでこれらのセンサスデータをもとに、基準施肥量や家畜からの窒素排出量、降水量、窒素用脱率などを設定して土壌浸透水における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を算出し、GIS (Geographic Information System) 上に統合して解析を行った。

3. 結果及び考察

3.1 地下水中の硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度

Fig.2 に、対象地域における地下水中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の

経年変化を示す。Fig.2 に示すように本地域では $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が 4mg/L を超える地下水が多くみられ、地下水環境基準である 10 mg/L を超えるものもあった。またグラフより熊本市の北部～東部～南東部において高い地下水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が確認された。またほぼ全ての観測地点で $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が上昇傾向にあることが明らかになった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が 10 mg/L を超える場合、体内で亜硝酸性窒素に還元された $\text{NO}_3\text{-N}$ によって状況によってはメトヘモグロビン血症を引き起こす恐れがあるなどの人体影響²⁾が懸念されることから、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度については今後とも注意深く監視していく必要がある。

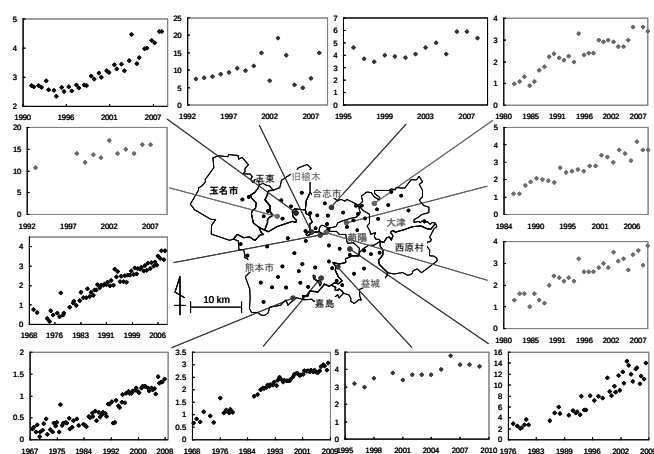


Fig.2 熊本市近隣地域の硝酸性窒素濃度の経年変化
(縦軸： $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、横軸：年)

3.2 窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) の結果

Fig.3 に地下水中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度と窒素安定同位体比との関係を示す。 $\delta^{15}\text{N}$ は、大気中の ^{14}N と ^{15}N の存在比に対する試料中の同位体存在比の偏差であり、Fig.3 に示したように、この値によって下水や堆肥などの有機態窒素や、化学肥料や降雨のような無機系窒素など、窒素の起源推定が可能である。

本研究の対象地域では、ほとんどの地下水が 8‰ 以上の $\delta^{15}\text{N}$ 値であり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高い地点の地下水試料ではいずれも 10‰ を超える高い値となっていた。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高くなるほど $\delta^{15}\text{N}$ も高くなる傾向が認められた。以上の結果から、脱窒による同位体分別が起こった可能性を否定することはできないものの、本地域地下水での $\text{NO}_3\text{-N}$ の汚染要因は、主に家畜糞尿や堆肥などの有機態窒素であることが強く示唆された。

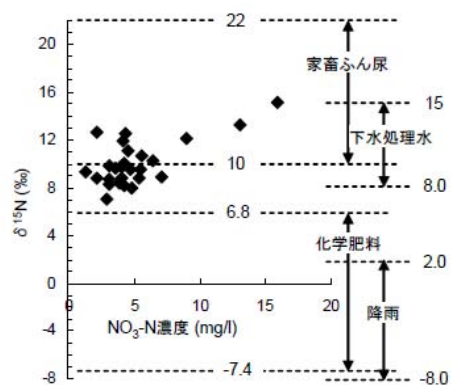


Fig.3 硝酸性窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ との関係

3.3 農林業センサスデータによる硝酸性窒素汚染要因の推定

Fig.4 に 1960 年と 2000 年の農林業センサスデータから推定される施肥及び畜産糞尿由来の地下浸透水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を示す。Fig.4 から明らかなように施肥による推定 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は熊本市の北西部を除く多くの地域で 1960 年よりも 2000 年時点での推定値が低くなり、実際の地下水中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化と逆の傾向にあることが分かった。一方で畜産糞尿由来の推定 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は 1960 年時点では殆どの地域が 3.0mg/L であったのに対し 2000 年には 10mg/L を超える地域が多くみられた。以上の結果から、本地域熊本地域の地下水における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度上昇の主な原因は、主に畜産糞尿や堆肥などによる窒素負荷であると考えられる。

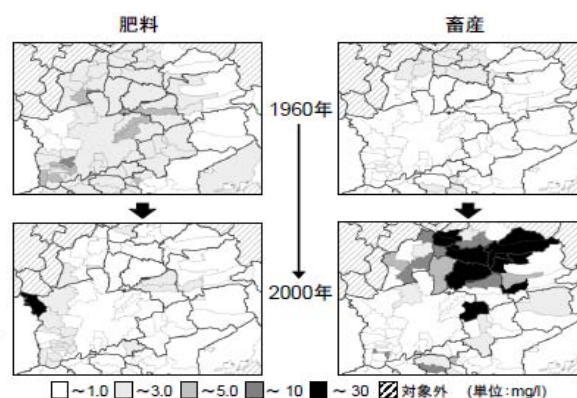


Fig.4 肥料及び畜産糞尿由来の地下浸透水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度

[参考文献]

- 1) 柴崎達雄 (2004) 「農を守って水を守る」
- 2) リロンデル J. (2006) 「硝酸塩は本当に危険か」