



Title	長崎県島原市における地下水水質および硝酸性窒素汚染に関する研究
Author(s)	天野, 弘基
Citation	(2019-03-20)
Issue Date	2019-03-20
URL	http://hdl.handle.net/10069/38971
Right	

This document is downloaded at: 2019-09-17T00:50:01Z

論文名

長崎県島原市における地下水水質および硝酸性窒素汚染に関する研究

研究科名：長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

氏名：天野弘基

地下水は、水質が一般的に良好で、水温が安定しており、地表水に比べて水量が安定していること、取水のためにダムなどの巨大構造物を必要としないといった特徴を持つため、古くから生活用水、工業用水、農業用水として利用されてきた。地下水中で生じている水文化学過程の理解は、地下水の持続的な開発、管理に重要である。このため、これまでに簡便な水質評価手法であるヘキサダイアグラムやトリリニアダイアグラムに加え、Gibbs diagram や Durov diagram, CAI (Chloro-Alkaline Indices), イオン成分間の比を用いた水文化学過程の評価が行われてきた。硝酸性窒素による地下水汚染は世界共通の問題であり、特に乳幼児に対し、メトヘモグロビン血症といった健康被害をもたらすことがよく知られている。汚染原因は化学肥料の過剰施肥や家畜排せつ物、生活排水など多様であるが、我が国では農業活動と密接に関係していることが多い。農業活動による汚染は、いわゆる非点源汚染であるため、対策が困難な場合が多い。また、地下水中の硝酸性窒素濃度は、施肥量、揚水、気象等、様々なプロセスの影響を受けて経時的に変化する。よって適切な地下水管理のためには、時空間的な汚染の拡がりの把握が要求される。汚染対策を講ずるためには、汚染原因の特定が不可欠であり、横軸に窒素の同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) を、縦軸に酸素の同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) をプロットする方法がよく利用されている。硝酸性窒素の起源によって特定の領域を示すが、化学肥料起源と家畜排せつ物や堆肥起源には重複する領域がある。この重複領域にサンプルがプロットされると汚染原因の特定が困難になる場合がある。

長崎県島原市は、水道水源のほとんどを地下水に依存する一方で、近年は数カ所の水源井戸で硝酸性窒素濃度の増加が確認されている。既往の研究では、主要な地下水組成は Ca-HCO_3 型および $\text{Ca-(SO}_4+\text{NO}_3)$ 型であること、地下水汚染は窒素負荷ポテンシャルの高い集落の下流域に拡がっていること、そして汚染は家畜排せつ物、堆肥、化学肥料と関係することが明らかとされている。しかしながら、当該地域本来の水質形成機構、鉛直方向への汚染の拡がりや汚染原因の特定については不十分である。そこで、本研究では長崎県島原市の地下水を対象として、第2章では Gibbs diagram や Durov diagram といった手法による詳細な水質形成機構の評価、第3章では深度 50 m の観測孔における多深度地下水採水装置を用いた鉛直地下水水質分布の評価、そして第4章では糞便汚染指標の一つであるコプロスタノールの濃度を用いた汚染原因の特定方法について検討した。

第2章で得られた結果は以下の様である。森林部の地下水は降雨，農地や市街地の地下水は水と岩石の相互作用が，卓越した水質形成機構として働いていた。すなわち，液相中の Ca^{2+} ， Mg^{2+} と固相上の Na^{+} ， K^{+} との間にイオン交換が起きていることが，CAI と $\text{Na}^{+}/\text{Cl}^{-}$ の両方の指標から示された。陽イオンの総量を TZ^{+} とした $(\text{TZ}^{+})/(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$ ， $(\text{TZ}^{+})/(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ および $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ から，アルカリ長石よりカルシウムやマグネシウムに富む角閃石や黒雲母，斜長石，カルサイト，ドロマイトが溶解していることが分かった。こうしたイオン交換および鉱物の溶解は，Durov diagram から確認できた。

次に，第3章で得られた結果は以下の様である。調査に使用した2つの観測孔では，それぞれ特定の深度において，主要溶存イオンの濃度が変化する遷移領域が認められた。硝酸イオン濃度は遷移領域より深い深度で濃度が低下したが，全ての深度でWHOが定める飲料水基準 (50 mg L^{-1}) を満たさなかった。浅い深度における硝酸イオン濃度は降雨による希釈の影響を受けること，作物の施肥時期と硝酸イオン濃度の増加が関係していることが示唆された。主成分分析によると，3つの主成分が抽出され，鉛直方向への水質組成に影響を与えるものとして，それらは施肥 ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ， NH_4NO_3 ， KCl)，鉱物の溶解，イオン交換反応であった。

さらに，第4章で得られた結果は以下の様である。硝酸イオンの窒素および酸素の同位体比による判別を検討したところ，サンプルは化学肥料起源と家畜排せつ物起源が重複する領域に集中していた。そこで，コプロスタノールの濃度と窒素同位体比の関係をプロットしたが，汚染原因の判別は困難であった。さらに，硝酸性窒素濃度とコプロスタノール濃度をプロットしたところ，コプロスタノール濃度が比較的高いサンプル ($\geq 30 \text{ ng L}^{-1}$) では，高い硝酸性窒素濃度を示した。高い硝酸性窒素濃度を示すサンプルの中にも，コプロスタノール濃度が低いものがあり，このようなサンプルは化学肥料が汚染原因として卓越していると考えられる。このことから，硝酸イオンの窒素および酸素の同位体比のプロットによる汚染原因の判別が困難な場合に，コプロスタノール濃度を利用できる可能性が示唆された。