

都市の浅層地下水中の硫酸イオンの起源に関する同位体的研究—東京、石神井川流域を例として—

An isotopic study on the origins of sulfate ion in shallow urban groundwater of the Musashino Plateau, Tokyo, Japan

安原 正也^{1*}; 林 武司²; 中村 高志³; 稲村 明彦¹; 浅井 和由⁴

YASUHARA, Masaya^{1*}; HAYASHI, Takeshi²; NAKAMURA, Takashi³; INAMURA, Akihiko¹; ASAI, Kazuyoshi⁴

¹ 産業技術総合研究所, ² 秋田大学, ³ 山梨大学, ⁴ 地球科学研究所

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Akita University, ³University of Yamanashi, ⁴Geo Science Laboratory

武蔵野台地上を東西方向にのびる石神井川の流域では、浅層（自由）地下水の硫酸イオン濃度は全調査地点の約30%において30mg/L以上と高濃度であり、またその分布には7-135mg/Lと著しい地域性が認められる。安原ほか（2013）では、都市化が進行した同流域の浅層地下水の水質形成機構解明研究の一環として硫酸イオンに注目し、その起源について予察を行った。引き続き、今回は硫黄安定同位体（ $\delta^{34}\text{S}$ ）の測定地点数を増やし、また硝酸イオンの窒素（ $\delta^{15}\text{N}$ ）・酸素（ $\delta^{18}\text{O}$ ）同位体データ（中村ほか、2013; 2014）も加味して、硫酸イオンの起源についてさらに詳細な検討を行った。その結果を紹介する。

同流域の浅層（自由）地下水は、板橋粘土層や渋谷粘土層といった凝灰質粘土層が厚く分布する下流域においては粘土層上位のローム層中に（水位は地表面下数m程度）、またこれら粘土層が薄いもしくは存在しない上流域では武蔵野礫層中に賦存する（水位は地表面下数5-10m程度）。浅層地下水の硫酸イオン濃度の平均値は北区（35mg/L）、板橋区（36mg/L）、豊島区（33mg/L）、練馬区（21mg/L）、西東京市（19mg/L）、小平市（28mg/L）と、都市化がより進んだ下流域の北区、板橋区、豊島区で高い値を示す。同様に、 $\delta^{34}\text{S}$ 値もこれら下流域において最高値が $+10.5\text{‰}$ $\delta^{34}\text{S}$ （豊島区）、 $+10.6\text{‰}$ $\delta^{15}\text{N}$ （北区）と上・中流域と比較して相対的に高い値を示す傾向が認められた。都市地下水の涵養源として各地でその重要性が指摘されている水道漏水については、硫酸イオン濃度は20-40mg/Lと高いものの、 $\delta^{34}\text{S}$ 値については -2.6‰ - $+0.6\text{‰}$ という低い測定結果が得られた。このことから、下流域の浅層地下水中の硫酸イオンの起源としての水道漏水の寄与は全体としては大きくないと判断される。一方で、化学肥料の $\delta^{34}\text{S}$ 値は -2.7‰ - $+3.5\text{‰}$ （村松ほか、2010; 千葉県野田市の下総台地における測定値）、また生活排水の $\delta^{34}\text{S}$ 値は $+6\text{‰}$ - $+10\text{‰}$ 程度（Vengosh, 2004）とされている。これらの値に基づくと、石神井川流域の下流域の場合、同位体的には化学肥料（中・上流域の農地などで現在使用されている肥料、もしくは土壌中に残留している過去に使用された肥料）と下水がその浅層地下水の硫酸イオンの起源となっている可能性が示唆される。 $\delta^{34}\text{S}$ 値からは下水成分の寄与は下流域ほど大きいものと推定されるが、これは並行して測定された $\delta^{15}\text{N}$ の結果とも整合的である。下水には通常高濃度の硫酸イオンが含まれている（東京都区部の下水では最高で55mg/L; 産総研未公表データ）。下水道管渠の経年変化による老朽化に伴い、管渠の建設時期が古い地域ほど漏水は著しいものと推定される。このように、石神井川流域においても、下水漏水は都市化が早くから進んだその下流域の浅層地下水の水質形成に特に重要な影響を及ぼしているものと考えられる。一方で、特に関東ローム層のように火山灰を起源とする土壌からはパイライト起源の硫酸イオンが大量に溶出している可能性もある。今後はこのようなエンドメンバーも考慮に入れながら、浅層地下水中の硫酸イオンの起源の特定をはじめとする水質形成プロセスの解明を進めてゆきたい。

キーワード: 都市の地下水, 東京都区部, 浅層地下水, 硫酸イオン, 硫黄同位体

Keywords: urban groundwater, central Tokyo, shallow groundwater, sulfate ion, sulfur isotope