

都市化が進んだ石神井川流域における浅層地下水の水質特性—特に、塩化物イオンならびに硝酸イオン濃度について—

Water chemistry of shallow groundwater in the urbanized Shakujii river catchment, downtown Tokyo, Japan, with special re

安原 正也^{1*}, 稲村 明彦¹, 林 武司²

Masaya Yasuhara^{1*}, Akihiko Inamura¹, Takeshi Hayashi²

¹産総研, ²秋田大

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Akita Univ.

石神井川は武蔵野台地中央部からほぼ東方に流下する河川であり、その流域は小平市から北区まで広がる(流域面積; 62km², 本流流路長; 25km)。石神井川流域の市街地面積率は1993年時点で87%であり(東京都, 2006)、特に下流部に位置する板橋区、豊島区、北区では早くから都市化が進み、現在はその大部分が不透水性の地表面によって覆われている。一方で、練馬区より上流の地域でも近年急速に都市化が進行しつつある。本研究では、このような典型的な都市化流域である石神井川流域の浅層地下水の水質特性とその形成プロセスを、特に塩化物イオン(Cl⁻)と硝酸イオン(NO₃⁻)に注目して議論する。なお、比較のため、石神井川流域に比べて都市化の程度が低く、比較的広範な林地や農地が分布する黒目川流域(小平市に隣接)の浅層地下水についても調査を実施した。地域の浅層地下水は武蔵野台地を構成する段丘礫層もしくはその上位の関東ローム層中に賦存している。

今回の調査では、流域の段丘崖もしくは河道沿いに分布する湧水(石神井川流域で56地点; 黒目川流域で16点)を対象とし、2006年7月に採水を行った。石神井川はほぼ全流路にわたって垂直護岸(比高2-8m)であり、この護岸の中-下部の裂かやパイプから湧出していた湧水(地下水)を採取した。すなわち、深度8m程度未満の浅層地下水を採取したことになる。

水質については、石神井川流域を板橋区と練馬区の境界をもって、すでに著しく都市化が進んだ段階にあるその下流部(板橋区と北区; 27地点)ならびに都市化が進行中のその上流部(練馬区と西東京市; 29地点)に分けて議論する。まず、Cl⁻濃度の平均値については下流部が18.2mg/l、上流部は17.7mg/lとほぼ同じ値を示した。しかし、NO₃⁻濃度については下流部が17.3mg/lであるのに対し、上流部は26.0mg/lとはるかに高い値を有することが明らかとなった。ちなみに、都市化が進んでいない黒目川流域では、Cl⁻濃度の平均は14.6mg/l、またNO₃⁻濃度の平均は約2倍の29.4mg/lであった。一國(1996)によれば、地下水中のCl⁻とNO₃⁻の起源が大气降水物と生活排水にある場合、両者の濃度にはNO₃⁻ = 2 × Cl⁻の関係がある。都市化が進んでいない黒目川流域の浅層地下水ではこの関係がなりたっている。しかし、都市化が進行中の石神井川上流部ではNO₃⁻ = 1.5 × Cl⁻、また都市化がすでに著しく進んだ段階にある下流部ではNO₃⁻ = 0.95 × Cl⁻と、都市化の進行度とともにCl⁻濃度に対してNO₃⁻濃度が著しく減少する傾向がみられる。一方、炭酸水素イオン(HCO₃⁻)濃度は、上流部の浅層地下水のHCO₃⁻濃度(22-167 mg/l)に比べて下流部のそれは73-447 mg/lと明らかに高い値を有していた。

この原因として考えられるのは脱窒反応によるNO₃⁻の減少とHCO₃⁻の増加である。溶存酸素が消費されて地下水の酸化還元電位が低下し、バクテリアによるNO₃⁻のN₂などへの還元が行われ、その結果NO₃⁻濃度が減少するとともに、HCO₃⁻が生成され地下水での濃度が増加する。ここで、脱窒反応の活発な進行には、地下水が還元状態下に置かれていることと、十分な量の有機物の存在が必要となる。石神井川下流部においては地表面の被覆が進んだ結果、浸透涵養量の減少

によって浅層地下水がより停滞性の状態すなわち還元状態下に置かれている可能性が指摘される。ただ、この点に関しては、都市化の進行に伴って浸透涵養量は反対に増加するという研究例もあり、今後さらに検討する必要がある。一方で、下流部と上流部において、段丘礫層や関東ローム層中の有機物含有量が大きく異なるとは考えにくい。このため、下流部では脱窒の進行を支えるのに十分な量の有機物が外部からコンスタントにもたらされる必要がある。断定はできないが、下水道の敷設が早かった下流部においては下水道管渠の老朽化のため、敷設が新しい上流部に比べてより大量の下水が漏出し、地下水に有機物を付加している可能性も考えられる。今後、NO₃⁻の窒素・酸素同位体比やガドリニウム等（医薬品）の地下水中の濃度測定を通じて、上述したプロセスの妥当性をさらに検討して行きたい。

キーワード:浅層地下水,都市化流域,水質,硝酸イオン濃度,脱窒,東京

Keywords: shallow groundwater, urbanized catchment, water chemistry, nitrate concentration, denitrification, Tokyo