

化学成分・同位体比からみた  
呉羽丘陵地下水の水質形成と硝酸イオンの起源

内田 裕子

呉羽丘陵は山頂部から南斜面は森林で覆われ、北側の斜面には梨畑や野菜畑が広がり、人家も点在している。このように呉羽丘陵地帯で雨がしみ込み、地下水として流出する間、どのように水質が形成されるか、また呉羽丘陵にも窒素汚染を確認することを目的として本研究を行った。呉羽丘陵周辺 26 地点で 2005 年 6~11 月に採水し、水温、電気伝導度、pH、主要化学成分、ケイ酸、安定同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta\text{D}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ) を測定した。

呉羽丘陵湧水の  $\delta^{18}\text{O}$  値は平均-8.6‰であった。11 年間の平均は-8.6‰となり、呉羽丘陵湧水の  $\delta^{18}\text{O}$  は富山降水の値に極めて近く、ほぼ完全に降水起源と言える。呉羽丘陵の水質タイプは Na-Cl 型・Ca-HCO<sub>3</sub> 型・Na-HCO<sub>3</sub> 型に分けられた。Na-Cl 型は呉羽丘陵の山頂付近に多く分布している。富山降水は海塩起源から、この Na-Cl 型は降水起源である。地下水で最も一般的な Ca-HCO<sub>3</sub> 型地下水 ( $\text{Ca}^{2+}$ 15.3ppm、 $\text{HCO}_3^-$ 40.3ppm) は主に旧 8 号線より海岸側で認められた。これらの地下水のケイ酸濃度は 0~200 $\mu\text{M}$  と低く、滞留時間の短い地下水と考えられる。この地下水は  $\delta^{18}\text{O}$  値が-7.7~-9.4‰と降水の平均値からやや離れており、長期にわたる滞留・平均化を受けず流出してきたと示唆された。Na-HCO<sub>3</sub> 型地下水は呉羽丘陵の旧 8 号線より内陸側の北西側と南東側に分布している。しかし、その平均濃度は北西側  $\text{Na}^+$ 6.6ppm、 $\text{HCO}_3^-$ 9.9ppm、ケイ酸濃度 100~300 $\mu\text{M}$ 、南東側は  $\text{Na}^+$ 15.5ppm、 $\text{HCO}_3^-$ 24.0ppm、ケイ酸濃度 300 $\mu\text{M}$  以上が高い。これより南東側の滞留時間は長く、北西側は短いことが示唆された。Na-HCO<sub>3</sub> 型地下水は、Ca-HCO<sub>3</sub> 型地下水が長い滞留時間の中に  $\text{Na}^+$  を含む鉱物とイオン交換をし、古い南東側の地下水が  $\text{Na}^+$  を多く含むことは、この交換反応がより進んでいるためと考えられる。

$\text{NO}_3^-$  濃度は平均 7.4ppm であった。10 年間の平均値は 4ppm で約 1.9 倍になった。呉羽丘陵は降水起源の地下水であるため、酸性雨による  $\text{NO}_3^-$  付加もあるが、降水の  $\text{NO}_3^-$  濃度が平均 1.5ppm、地下水では平均 15.3ppm から酸性雨の影響は考えにくい。梨畑や菜園付近での地下水は  $\text{NO}_3^-$ 13.1~19.8ppm、 $\delta^{15}\text{N}$  値は -0.6~2.4‰より、これは化学肥料の値 (-8~+3‰) にほぼ一致し、地下水では肥料由来の  $\text{NO}_3^-$  の付加が起こっていると考えられる。一方、北西側の地下水では  $\text{NO}_3^-$ 6.4~14.3ppm、 $\delta^{15}\text{N}$ 4.2~5.8‰、南東側の地下水では  $\text{NO}_3^-$ 4.8~8.7ppm、 $\delta^{15}\text{N}$ +5.6~8.5‰と、 $\text{NO}_3^-$  濃度が低下すると  $\delta^{15}\text{N}$  の増加する傾向がみられた。一般に地下水の脱窒が進行すると  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  比は低く  $\delta^{15}\text{N}$  は高くなる。これらの地点ではその傾向から脱窒が起こっている可能性が示唆された。