

## 浅層地下水系への深部起源流体の混入とその定量化—山形県寒河江市平塩地区の例— On deep-seated salty groundwater mixed into shallow groundwater flow system in Sagae district, Yamagata, Japan

安原 正也<sup>1\*</sup>; 森川 徳敏<sup>1</sup>; 稲村 明彦<sup>1</sup>; 高橋 浩<sup>1</sup>  
YASUHARA, Masaya<sup>1\*</sup>; MORIKAWA, Noritoshi<sup>1</sup>; INAMURA, Akihiko<sup>1</sup>; TAKAHASHI, Hiroshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (独) 産業技術総合研究所地質調査総合センター  
<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST

寒河江川右岸の後期更新世段丘堆積物上に位置する山形県寒河江市平塩地区では、西方に広がる出羽丘陵の基部付近の2箇所から高濃度の塩水が自然湧出していることが古くから知られている。また、塩水の一部が浅層地下水系に混入して移動・拡散する結果、高い塩化物イオン (Cl) 濃度を有する舌状の浅層地下水帯が東西方向あるいは南西-北東方向に形成されている (加藤, 1984)。このような塩水すなわち深部起源水の詳細な地球化学的性状と起源の解明、また浅層地下水系への混入プロセスと混入量の量的評価を目的とした調査を2006年と2012年に実施した。

自然湧出地点2箇所の塩水はいずれも Na-Cl 型の水質組成を持ち、Cl 濃度は 12,900mg/L と 13,200mg/L とほぼ同じであった。酸素・水素同位体比もそれぞれ  $\delta^{18}\text{O} = -5.3\text{‰}$  と  $-5.4\text{‰}$ 、 $\delta\text{-D} = -45\text{‰}$  と  $-47\text{‰}$  と極めて近い値を呈した。また、希ガス同位体データについても同様であった。一方、近傍の寒河江川左岸に掘削された深さ 1500m の温泉井から採取した地下水 (Cl 濃度=16,000mg/L;  $\delta^{18}\text{O} = -5.0\text{‰}$ ;  $\delta\text{-D} = -46\text{‰}$ ) も、これら自然湧出する塩水と極めて似た地球化学的特性を有することが明らかとなった。同地域には南北方向に多数の断層が走り、さらに平塩地区の東方約 500m には活断層である山辺活動セグメント (南北方向に延びる西側隆起の逆断層) も存在する。これらの地質学的弱線を通じて、深部起源水はその上昇の過程で浅い深度の地下水とほとんど混合することなく、すみやかに地表付近までもたらされているものと考えられる。

深部起源水の浅層地下水系への混入量については以下の手順に従って推定を行った。まず、1) 丘陵基部に源を発生して平塩地区を流れる7本の河川水の Cl 濃度と流量の観測結果に基づき、浅層地下水が河川水を涵養する形で最終的には地表水として域外に排出される Cl 量を算出し、深部起源水端成分の Cl 濃度を 13,000mg/L と設定した上で関与する深部起源水の量を算出した。さらに、2) 加藤 (1984) の地下水面図に基づいてダルシー式を用いて平塩地区における地下水流動量を算出し、これに同じく加藤 (1984) が測定した浅層地下水の Cl 濃度の平均値 (等値線間の面積で重み付けした上で Cl 濃度の平均値を算出) を掛け合わせ、地下水として域外に排出される Cl 量を求めた。その上で、深部起源水端成分の Cl 濃度を同じく 13,000mg/L と設定し、浅層地下水系へ混入する深部起源水の量を算出した。このようにして求めた 1) と 2) を合計した結果、平塩地区への深部起源水の上昇量は1日当たり数 10-50m<sup>3</sup> 程度と推定された。

キーワード: 深部起源流体, 塩水, 浅層地下水系, 混合比, 同位体

Keywords: deep-seated groundwater, salty water, shallow groundwater flow system, mixing ratio, isotopes