

## 論文の内容の要旨

論文題目 **Quality and forming environment of deep groundwaters in the southern Fossa Magna region and its adjacent area, central Japan**

(南部フォッサマグナおよび周辺地域における深層地下水の水質と生成環境に関する研究)

氏 名 谷口 無我

本論文は全7章で構成されており、第1章では研究の背景および目的を述べた。第2章から第5章では、南部フォッサマグナおよびその周辺地域の温泉井から採取した深層地下水を対象に主成分および水素・酸素・硫黄安定同位体分析を実施し、得られた結果に基づいて深層地下水の起源と水質形成機構を考察した。第6章では、第2章～5章で得られた成果に基づき当該地域の深層地下水の生成環境について総合考察を行った。第7章は水質分析の手法に関する検討結果を述べた補章である。

第2章では、甲府盆地周縁に発達する花崗岩地帯の深層地下水について検討した。

当該地域の深層地下水は天水を起源としており、花崗岩地帯の地下水の水質は全て Na-HCO<sub>3</sub> 型であるのに対し、甲府盆地北部の火山岩類の分布域では Na-HCO<sub>3</sub>、Na-SO<sub>4</sub>、Na-HCO<sub>3</sub>・SO<sub>4</sub>・Cl、および Ca-SO<sub>4</sub> 型と多様な水質を示した。花崗岩地域に分布する Na-HCO<sub>3</sub> 型の水質は、主に曹長石の風化作用、スメクタイトによる陽イオン交換反応、方解石の沈殿によって規制されていると考えられた。これらの地下水が溶存する低濃度の SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は花崗岩あるいは堆積岩中に含まれる硫化物の酸化由来と考えられ、それらの δ<sup>34</sup>S 値はチタン鉄鉱系花崗岩の分布域では低く (-8.8～-4.1 ‰)、磁鉄鉱系花崗岩地域では高い値 (+1.7～+8.0 ‰) であった。

火山岩地域の Na-HCO<sub>3</sub>、Na-SO<sub>4</sub>、Na-SO<sub>4</sub>・Cl・HCO<sub>3</sub> および Ca-SO<sub>4</sub> 型の水質形成には、深部流体の流動および混合過程において酸性変質帯に晶出した硬石膏の溶解、斜長石の風化、スメクタイトによるイオン交換反応および方解石の沈殿が関与すると考えられた。火山岩地域の地下水は幅広い δ<sup>34</sup>S 値 (-4.1～+13.6 ‰) の SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> を溶存しており、これらの起源には過去の火山活動期の SO<sub>2</sub> の不均化によって生じた H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> が関与した δ<sup>34</sup>S 値の高い硬石膏、および上昇した H<sub>2</sub>S が浅層地下水と混合することによって生じた SO<sub>4</sub> 型酸性水から沈殿した低い δ<sup>34</sup>S 値の硬石膏の溶

解が関与すると考えられた。

第3章では、富士山北麓地域および隣接する御坂山地、丹沢山地周辺の深層地下水および湧水を検討対象とした。本地域の基盤岩は、主に新第三紀中新世の海底火山活動によって形成されたグリーンタフ層である。

検討の結果、当該地域の深層地下水は天水と基盤岩のグリーンタフ層の間隙に取り残された化石海水との混合によって形成され、その混合割合は天水に卓越すると考えられた。深層地下水の水質形成には石膏・硬石膏（以下、石膏）の溶解、曹長石の風化、方解石の沈殿が関与し、主成分の濃度が規制されていると考えられた。また、富士山麓ではかんらん石の風化作用が水質に影響していると見られ、当該地域には  $Mg^{2+}$  の溶存割合が高い湧水が認められた。深層地下水が溶存する  $SO_4^{2-}$  の  $\delta^{34}S$  値は  $+8.2 \sim +20.7\text{‰}$  と幅広く、御坂山地および丹沢山地周辺で重く、富士山麓で低かったことから、御坂・丹沢両山地の重い  $\delta^{34}S$  値の  $SO_4^{2-}$  には基盤岩のグリーンタフに生じた石膏の溶解が関与し、富士山麓の軽い  $\delta^{34}S$  値の  $SO_4^{2-}$  には過去の富士山活動期の火山ガスに由来する石膏の溶解が関与すると考えられた。

第4章では、山梨県西端の瀬戸川層群北部に位置する鉱泉井および自然湧水から地下水および湧水を採取するとともに、湧水地点から採取した岩石片の顕微鏡観察を実施した。

検討の結果、試料水はいずれも降水起源であり、主要成分の溶存割合は湧水で  $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+}$  および  $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$ 、地下水で  $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$  および  $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$  であった。これらの成分のうち、最も主要な  $Ca^{2+}$  および  $HCO_3^-$  は母岩の瀬戸川層群に含まれる石灰質の溶解作用、 $SO_4^{2-}$  は表層での黄鉄鉱の酸化反応に規制されていると考えられ、その  $SO_4^{2-}$  の  $\delta^{34}S$  値は特徴的に低いことが明らかとなった。また、 $SO_4^{2-}$  は地下の嫌気環境では硫酸還元菌の作用によって  $H_2S$  を生じていると考えられ、地下水試料を採取した鉱泉地では硫化水素臭を伴っていた。

第5章では、甲府盆地およびその西方の糸魚川－静岡構造線、中央構造線地域の深層地下水を検討対象とした。

検討の結果、当該地域の深層地下水には、天水のほかに少なくとも2種類の性質の異なる化石海水が関与することが示唆された。このうち一種類はグリーンタフ層に取り残された化石海水であり、もう一つは低温変質した海洋地殻あるいは海底堆積物中から脱水した化石海水であると推察され、高い塩分濃度を有し天水よりも顕著に重い  $\delta D$  および  $\delta^{18}O$  値を有していた。これらの化石海水が関与する深層地下水はいずれも通常の海水に比べて高い  $Ca^{2+}/Cl^-$  比や低い  $Mg^{2+}/Cl^-$  比といった典型的な化石海水の特徴を示していたが、前者の化石海水  $Li^+$  を殆ど含まないのに対し、後者は高濃度の  $Li^+$  を溶存している点で性質を異にしていた。後者の化石海水が関与すると見られる高濃度の  $Li^+$  を溶存する塩水は、中央構造線や糸魚川－静岡構造線、および第四紀火山の近傍に分布していた。

以上、本研究では主成分および水素・酸素・硫黄安定同位体分析によって南部フォッサマグナおよびその周辺地域に賦存する深層地下水の起源と水質形成機構を考察した。その結果、当該深層地下水の起源流体には、天水のほかに性質の異なる複数の化石海水が関与し、それらの水質は貯留環境によって異なる水-鉱物相互作用によって支配されている可能性が示された。今後、温泉井掘削時の岩石片の構成鉱物種同定による水-鉱物相互作用の検証や、塩素やリチウムの安定同位体分析による地下水の起源の検討などに取り組む必要がある。