

関東平野南部における非火山性温泉の形成機構

Genesis of hot springs in the southern Kanto Plain

村松 容一 [1]; 中村 勇太 [2]; 佐々木 実郎 [1]; 早稲田 周 [3]

Yoichi Muramatsu[1]; Yuta Nakamura[2]; Jitsuro Sasaki[1]; Amane Waseda[3]

[1] 東理大・理工; [2] 東理大・理; [3] 石油資源開発

[1] Fac.Sci. and Tech.,Tokyo Univ.Sci.; [2] Fac.Sci.,Tokyo Univ.Sci.; [3] Japex

【目的】神奈川県および山梨県東縁地域の温泉開発は箱根・湯河原火山地域で古くから行われてきたが、相模平野などの非火山性温泉の開発はこれまで非常に限られていた。しかし、近年深度1000~1500mの帯水層から採取した温泉水を利用した温泉施設が多数営業するようになり、全域を対象にした温泉水の流動機構や水質形成機構を検討できるようになってきた。今回、本地域の温泉施設で温泉水を採取し化学分析により水質組成を明らかにするとともに、水-鉱物相互作用の化学平衡論を用いて、温泉水の形成機構を考察した。

【方法】温泉水・地下水・河川水を31地点で採取した。現地では水温、pH、電気伝導度を測定した後、500mlポリエチレン瓶3本に採水して実験室に持ち帰った。水の分析方法は以下の通りである。イオンクロマトグラフを用いてMg²⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、F⁻、NO₂⁻、NO₃⁻、Br⁻を、モリブデン黄法でSi⁴⁺、クロムアズロールS法でAl³⁺をそれぞれ分析した。HCO₃⁻はMR-BCG混合溶液指示薬で硫酸標準溶液による滴定法によって総アルカリ度として算出し、HCO₃⁻濃度に換算した。また、水の酸素・水素同位体比、および丹沢山地の温泉水および温泉井産硬石膏の硫黄同位体比を同位体比測定用質量分析計によって測定した。さらに、2本の温泉井の掘削時に回収されたカッティングスを粉末X回析法で分析し、地下を構成する鉱物を同定した。

【結果と考察】温泉貯留層は断層規制型と岩相規制型に分かれ、前者は主に丹沢山地と三浦半島南部、後者は相模平野と三浦半島北部にそれぞれ分布する。このうち、断層規制型温泉の泉質はNa-Cl・HCO₃型、Na・Ca-Cl型のほか、丹沢山地ではNa・Ca-SO₄型やNa-SO₄型を示す。一方、岩相規制型温泉の泉質はNa-HCO₃型、Na-Cl型を示す。

本地域には2種類の化石海水が存在する。断層規制型温泉のなかで、小田原・藤沢・三浦半島南部の温泉地は海水の涵養域にあたり、温泉貯留層には似たような $\delta^{18}O$ 値とD値($\delta^{18}O = -0.5 \sim -1.6\%$ 、 $D = -9.3 \sim -9.7\%$)をもつ化石海水(化石海水1と呼称)が胚胎する。大山・鶴巻の温泉水は連続性のある割れ目(伊勢原断層など)を介した降水と化石海水1の混合によってできたと考えられる。丹沢山地に分布する硫酸塩泉の $\delta^{18}O$ とDは天水線にあり、温泉水の降水起源を示唆する。丹沢山地の地下浅部には石膏と硬石膏が僅かに確認されており、水-鉱物間の化学平衡計算結果に基づくと、次のような温泉の形成機構が丹沢山地では想定される。丹沢山地で割れ目に沿って地下へ浸透していく過程で硬石膏・石膏を溶解して地下水は次第にCa²⁺やSO₄²⁻に富むようになる。その後モンモリロナイトによるCaとNa間でのイオン交換反応が進行した結果、深部流体はNa・Ca-SO₄型ないしNa-SO₄型となり、硬石膏に対してほぼ飽和状態に至ったと考えられる。

一方、岩相規制型温泉に属する海老名、横浜、横須賀温泉の $\delta^{18}O$ とDの値はほぼ直線上にあり、降水と化石海水の混合によってできたと判断される。この化石海水(化石海水2と呼称)のCl濃度を現在の海水と同じであるとするならば、 $\delta^{18}O$ とD値は約5および0%とそれぞれ見積もられる。化石海水2は化石海水1に比べて $\delta^{18}O$ が数%高く、温泉水は上総層群や三浦層群の堆積時に地層中に当時の海水(中新世~更新世)が閉じ込められたもので、化石海水1よりも古いのであろう。岩相規制型温泉は、丹沢山地や関東山地方面で地下に涵養された地下水が上総層群や三浦層群中の温泉貯留層を東京湾北東部へ向けて流動しながら、化石海水2と徐々に混合して形成されたと考えられる。