

地下地質環境の地球化学的調査解析手法の検討

上田 晃^{*}

1. 研究の目的

地下地質環境を解析する手法の1つとして、地球化学的調査解析がある。これは、地下水、ガス及び岩石を採取し、その化学組成及び同位体組成を分析し、それらの物質の起源や生成環境を解析するものである。地下水あるいは地熱水の水質や同位体組成は、その水の起源が天水（雨水、河川水、湖水など）か、海水か、あるいはその混合物かにより大きく影響を受け、またどのような条件（温度、圧力、岩石/水比、酸化還元電位など）で、どのような岩石と反応しているかによって決定される。本研究では、放射性廃棄物地層処分、石油・LPG地下備蓄、CO₂地中貯留及び石油回収技術等に係わる地下環境の地球化学的評価手法について、とくに水-岩石反応及び同位体に着目した解析を行い、調査・評価手法の適用性について検討した。

2. 研究の方法

地下水や地熱水の起源や水質を検討するためには、現地での試料採取、主要化学成分分析、及び同位体分析が必要である。主要化学成分は、pH, EC, ORP, Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cl, HCO_3 , SO_4 , B などである。同位体組成については、一般的に水素・酸素同位体が主に分析されているが、近年では、図1に示すような多くの同位体が測定されるようになってきている。このうち、Sr 同位体はどのような岩石と反応したかについて解析できる。希ガス同位体は、火山性起源あるいは放射性起源の成分がどの程度寄与しているかを判定できるものである。

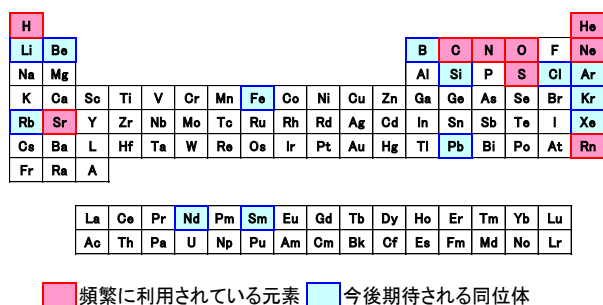


図1 水の起源解析に利用されている同位体

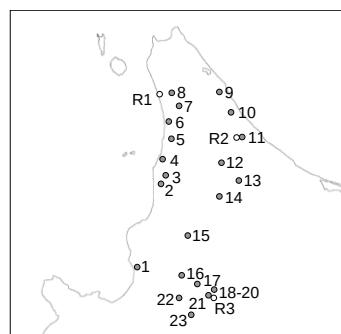


図2 水試料採取点

本研究では、北海道北部地域を対象とした研究例を紹介する¹⁾。この地域には、図2に示すように地下水及び温泉水が分布しており、その主要化学成分、水素・酸素同位体組成、希ガス同位体組成を測定した。また、各主要成分とCl濃度との関係や、多変量解析主成分分析を行うことにより、水の起源や岩石との反応を解析した。

3. 得られた成果

図3は、本研究で対象とした北海道北部地域の地下水と温泉水の水素同位体 (δD) と酸素同位体 ($\delta^{18}O$) 組成を示している。図中の直線は、天水ラインと呼ばれるもので²⁾、 $\delta D=8\delta^{18}O+10$ で示される。これは、世界中の天水の値がこの線付近の組成を持っていることによる。図1から、本地域では、地下水と温泉水では、特に有意の差は認められていない。また、大部分の地下水や温泉水が天水起源であることが分かる。天水ラインより離れてプロットされる水試料は、天水と海水よりやや $\delta^{18}O$ に富んだ流体の混合の可能性が示唆される。これらの試料について、Cl濃度に対する各主要成分濃度を検討したところ、Naは海水と天水との混合線上にプロットされることから、単純混合で説明可能であるが、Mg, SO_4 は混合線よりはるかに低い値を、Ca, HCO_3 は高い値を示した。

図4は、主要化学成分と水素・酸素同位体組成をもとに解析した主成分分析結果を示す。この結果から、本地域の地下水や温泉水は、3つの起源水(end member)からなると予想され、それらは、天水(河川水)、海水と深部地下水である。この深部地下水は、Cl濃度が6,000 mg/L程度で、 δD 値は、-20 ‰程度と推測される。このような深部地下水は、背斜構造の主軸部に分布しており、他の地下水や温泉水とは、その由来する深度が深いと予想される。この水は、昔の海水と天水の混合水であり、堆積岩との反応で、Mg, SO_4 が岩石中に取り込まれ、Ca, HCO_3 が溶脱してきていると解釈される。

本研究では、同位体組成として水素・酸素同位体だけを用いた解析を行っているが、地下水の起源や地下での環境を推測することが可能である。図1に示したいろいろな同位体を用いることにより、より詳細に地下の環境を検討できると思われる。

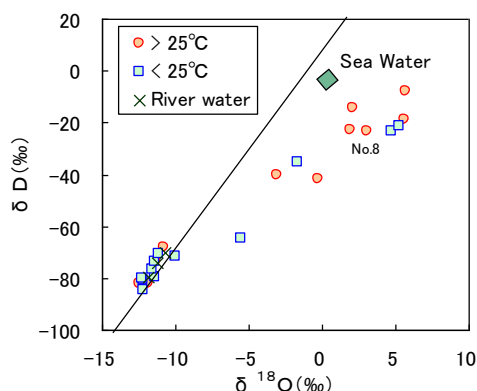


図3 水素-酸素同位体組成

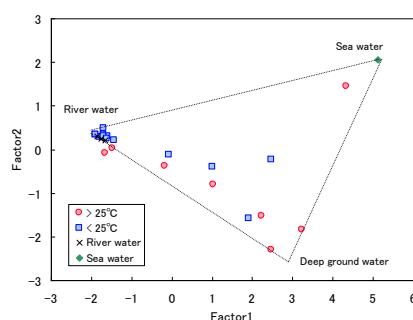


図4 主成分分析結果

	Na	K	Ca	Mg	Cl	δD	$\delta^{18}O$
Factor1	0.43	0.35	0.30	0.29	0.44	0.42	0.38
Factor2	-0.04	0.51	-0.49	0.59	-0.02	-0.10	-0.37

4. 謝辞

本研究は、三菱マテリアル資源開発㈱により委託されたものである。関係各位の協力と助言に厚く感謝申し上げます

参考文献

- 1) Ueda, A., Shimoda, S., Nagao, K., Shibata, T. and Suzuki, T. (2006) Stable and noble gas isotopic study of geothermal and ground waters in North Hokkaido, Japan, Goldschmidt Conference, No. 190
- 2) Craig, H. (1961) Isotopic variations in meteoric waters, Science, 133, 1701-1703.