

天然における核種移行とコロイド粒子

高レベル放射性廃棄物地層処分からの観点から

地層処分におけるコロイドの重要性

高レベル放射性廃棄物地層処分の安全性を評価する上で、地下水による核種の移行は考慮すべき最も重要なプロセスである。天然水中には、酸化物・水酸化物、有機酸、鉱物粒子等からなる種々のコロイド粒子が存在する。多くの場合、コロイド表面は様々な官能基に起因する電荷を帯びており、金属イオン等を吸着する。

地質媒体中の核種の移行は、亀裂や空隙中に存在する地下水の移流とその中の拡散等によって生じるが、環境

中における核種の移動特性は、コロイドに吸着した場合、元素単独のイオンの場合と大きく異なる。コロイド粒子が鉱物表面へ吸着・固定(フィルトレーション)することで移行が遅くなることも考えられるが、逆に、サイズ排斥・イオン排斥等のメカニズムによって、コロイド粒子がより大きな亀裂や流速の大きい経路を選択的に通ることから、移行が促進される可能性もある。

例えば、米国ネバダ州の核実験サイトでは、地下水中の溶解度が低く極めて移動しにくいと考えられていたプ

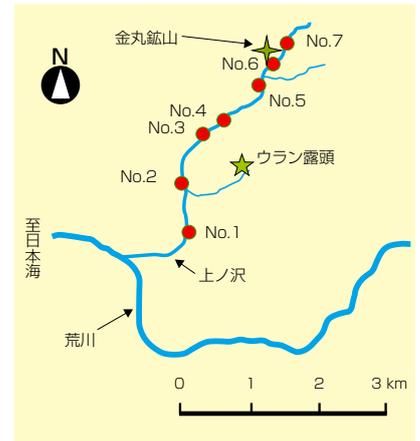


図1 金丸地区・上ノ沢における試料採取点

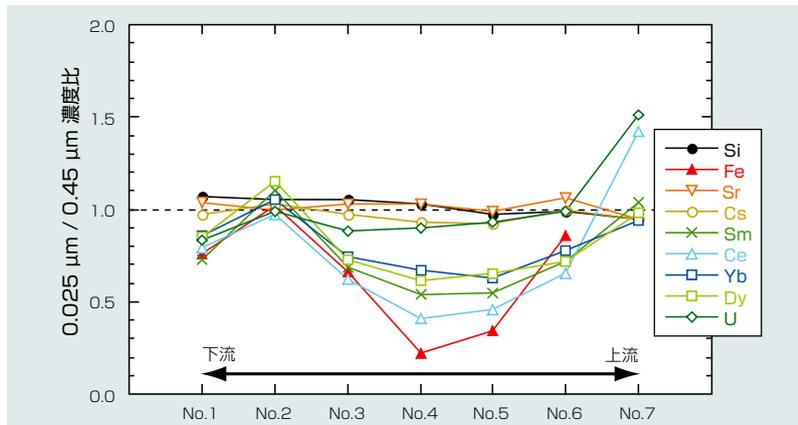


図2 上ノ沢における主な元素の地点(上流～下流)ごとの濃度の比較(2種の孔径のフィルターろ液中の元素濃度比)

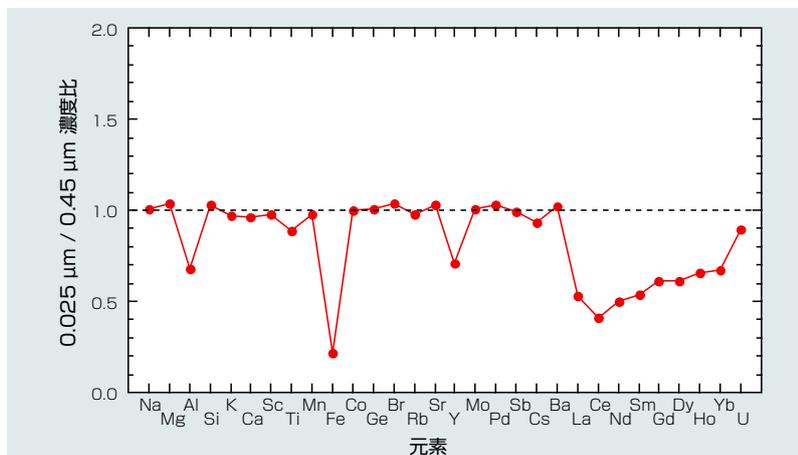


図3 上ノ沢中流域(No.4地点)における元素ごとの濃度の比較(2種の孔径のフィルターろ液中の元素濃度比)

トニウムがコロイドと結びつくことで移行が促進され、サイトから1km以上離れた地点で検出された例がある^[1]。

河川水中で観測されたコロイド粒子

新潟県北西部(一部山形県)に位置する金丸地区は、基盤の白亜紀後期花崗岩(岩船花崗岩)上の新第三紀アルコーズ質砂岩(釜杭層)中にウラン濃集帯が存在することで知られ、自然環境下でのウラン等の挙動を研究するのに適した地域である。この地域を流れる上ノ沢(荒川の支流)には、その上流に花崗岩ペグマタイトの金丸鉱山(長石を採鉱)が存在し、また下流域の支流にはウラン濃集帯へ向かう水系がある。花崗岩ペグマタイトは、一般にウランや希土類元素を濃集する鉱物を多く含むため、上ノ沢の水もそれらの元素濃度が比較的高いと予想される。希土類元素は核分裂生成物として高レベル放射性廃棄物中に含まれるほか、同じく高レベル放射性廃棄物中に多く含まれるセシウムやアメリカシウムなどの超ウラン元素と化学的性質が類似することから、それらのナチュラルアナログと

しても有用である。

この研究では、環境中における元素移動へのコロイド粒子の関与を調べるため、上ノ沢において、約4 kmの範囲の7箇所(図1)で、0.45 μmおよび0.025 μmの2種の孔径のフィルターを通した水試料を採取し、ICP質量分析法による化学分析を行った。試料は2004年8月下旬に採取したが、この時期は渇水期であり、流水の大部分は地下水として伏流していた水が地表に流出したものと考えられる。

コロイド粒子が0.45 μmのフィルターはすり抜け、0.025 μmのフィルターには捕捉される大きさだと考えると、それぞれのフィルターでろ過した濃度を比にすることで、その元素がコロイドに結びつくのかどうかかわかる。コロイドに結びつく元素では、この比の値が低くなる。ケイ素、ストロンチウム、ウラン等は比が1に近く、0.025 μm以上の粒径のコロイドによる移動はほぼ無いものと思われる。これ

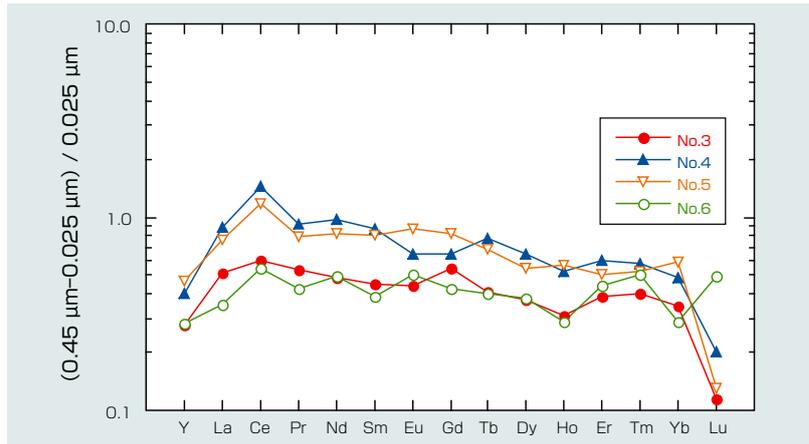


図4 上ノ沢の各地点における希土類元素のコロイド態/溶存態重量比

に対し、鉄および希土類元素は比が顕著に低い試料があり、それらの一部がコロイド粒子に結びついていると考えられる(図2)。鉄の比が最も低い試料につき、分析したすべての元素の比をみると、鉄、アルミニウム、希土類元素が顕著に低いことがわかる(図3)。このことから、鉄およびアルミニウムを多く含むコロイド(水酸化物または有機物コロイドなど)が形成され、それに希土類元素の一部が吸着しているものと推定される。

また、希土類元素を元素ごとに見てみると、軽希土の方が重希土よりもコロイドへ吸着される割合が大きいといえる。希土類元素のそれぞれについて、コロイド態/溶存態重量比を求めると、

軽希土では50~60%が、重希土では20~30%がコロイド態であるとわかる(図4)。特にセリウムがコロイド態の割合が多いのは、水溶液中でセリウムのみが3価から難溶性の4価へと酸化され得るためと考えられる。

今後の展開

天然に存在するコロイドは一般に濃度が低く、またpH、酸化還元電位、イオン強度等の化学的条件の変化にもなってその安定性や特性も変化してしまう。今後は、現場の化学的条件を乱さない試料採取法やろ過法、各種特性の測定方法の開発等、必要な技術的課題に取り組み、自然環境下でのコロイドの生成条件、組成、サイズ、濃度、元素吸着などの特性を明らかにし、「水-固相(鉱物表面等)-コロイド」を考慮した核種移行モデルの構築に役立ちたい。

用語説明

核種：原子の種類を示す用語で、原子番号と質量数で決まる。放射能を持つものは、放射性核種という。

コロイド：水などの媒質中に微細な粒子が散らばり漂っている状態。またはその粒子。

参考文献

[1] A.B.Kersting, D.W.Efurd, D.L.Finnegan, D.J.Rokop, D.K.Smith and J.L.Thompson : Nature, Vol.397, p.56-p.59 (1999)

深部地質環境研究センター(つくばセンター)

上岡 晃

E-mail : h-kamioka@aist.go.jp

工業技術院地質調査所に入所以来、希土類元素やストロンチウムの同位体地球化学の研究、地球化学図による元素のバックグラウンドと人為汚染の評価技術の研究、中性子放射化分析法や表面電離型質量分析計を用いた微量元素分析および同位体分析技術の研究などを行ってきた。産総研発足後は、高レベル放射性廃棄物地層処分安全性評価の観点から、希土類元素を中心としたナチュラルアナログ研究に従事している。今後は各種微量分析技術とそれらを利用した希土類元素の地球化学的研究を基盤として、さまざまな課題に取り組んでいきたい。

