

環境中の無機コロイドについて

鈴木正哉¹⁾

1. 無機コロイドとは

一般に地下水中に存在する無機コロイドとしては、シリカコロイドや鉄コロイド、そして粘土鉱物などが挙げられるが、岩石の破片などでも粒子のサイズが1nm-1 μ mであれば無機コロイドとして分類される。無機コロイドの中でも、最も重要視されているのは粘土粒子である。何故なら粘土粒子は電荷を帯びているため放射性核種を吸着し、溶解度が低い元素であっても粘土粒子とともに地下水の流れの流れて移動することを可能にするからである。本節では、無機コロイドの研究をその背景から2つに分け、核種移行を検討する上でコロイドが重要であるか否かを検証した研究、および天然の地下水などにどの程度コロイドが含まれているかなど現状の地下水の把握(バックグラウンドの把握)を目的とした研究について解説する。

2. 核種移行における無機コロイドの重要性

核種移行においてコロイドが重要であるか否かは、コロイドの存在によって核種移行が促進されるかどうかである。いくらコロイドが核種を吸着したとしても、核種を吸着したコロイドが容易に移動することができなければ、核種移行を考える上では重要でない(言い換えれば処分の安全性を示す)ということになる。そこで核種移行におけるコロイドの影響を検証するため、核種を吸着させたベントナイトコロイドを用いて、実際に亀裂性の岩盤中を通過させる実験が行われた(NAGRA, 2004)。その結果、亀裂帯におけるアメリシウム(Am)およびプルトニウム(Pu)の遅延効果はベントナイトコロイドの存在によって著しく減少すること、また投入したベントナイトコロイドのうちの80%以上は遅延効果やフィルトレーション効果もなく母岩中を通

過したことが示され、コロイドの存在により核種移行が促進されることが明らかにされた。

この研究においてベントナイトコロイドを用いたのは、核種が人工バリアから外部に放出されるときの出発形態としてベントナイトコロイドを想定しているからである。地層処分計画においては、ベントナイトは人工バリアにおいて緩衝材として用いられている。高レベル放射性廃棄物はホウケイ酸ガラスと混合し溶融したものを、ステンレス容器に注入して固化する。このガラス固化体を、オーバーパックと呼ばれる金属製の容器に入れ、さらにその外側を緩衝材と呼ばれる粘土(ベントナイト)で覆う。このベントナイトは、水を吸着すると約10倍に膨潤する性質があるため水を通しにくくする性質を有するとともに、放射性物質を吸着するため放射性物質を外部の地層へと移行することを遅延することができる。それゆえ処分場から地下水流動によって地層中へと移行する際には、このベントナイトに放射性核種が吸着されたものがコロイドとなって移行することが考えられ、上述のような実験がなされたのである。

3. 天然における無機コロイド

天然の無機コロイドにおける報告がいくつかなされているが、カナダにおける調査においては、湧泉におけるコロイドの濃度は0.34 μ g/ml(コロイド分画サイズは10~450nm)であり、コロイド物質は粘土および有機物あるいは炭酸塩を含む鉄酸化物であった(Vilks *et al.*, 1991)。またスウェーデンの花崗岩地域におけるボーリング孔では、濃度は0.35 μ g/ml(コロイド分画サイズは50~450nm)で、粘土と石英から構成されていたと報告している(Laaksoharji, 1990)。

その一方で地下水のコロイドの濃度はとても低く、

1) 産総研 深部地質環境研究センター

キーワード: 無機コロイド, 核種移行

フランスの花崗岩地域における地下水中のコロイド濃度は100ng/ml以下(コロイド分画サイズは100~1,000 nm)であり, シリカあるいは有機物から構成されていたと報告している(Billon *et al.*, 1991). 同様にスペインにおける花崗岩サイトでも, コロイドの濃度は低く100ng/ml以下であると報告されている(Dearlove *et al.*, 1990; Gomez *et al.*, 1992). このように天然コロイドの存在についての検討は行われているが, 今後天然のコロイドにおいて核種の吸着は行われるのか, またその吸着は可逆か非可逆かについての研究が必要になると思われる.

4. おわりに

無機コロイドに関する研究について紹介させて頂いたが, 無機コロイドについては今後さらなる研究が必要であると思われる. ベントナイトコロイドについては, ベントナイトブロックからどのような条件でコロイドが生成するか, またその生成速度はどの程度かなどについて現在研究が進められているが, その他にも人工バリアから天然バリアへ移行する過程でのpHやEhなど地下水の環境変化などを考慮したベントナイトコロイドの研究も必要になると推測される. また天然における無機コロイドにおいても, 総量だけでなくコロイドの種類の識別が必要である. 極くわずかにしか含まれない地下水中のコロイドを, どのようにして

存在種類を分けた上で核種移行に寄与するコロイドを定量化するかなど, 分析技術を伴った研究開発が必要となるであろう.

文 献

- Billon, A., Caceci, M., Della Mae, F., Dellis, T., Dran, J.C., Moulin, V., Nicholson, S., Petit, J.C., Ramsay, J., Russel, P. and Theyssier, M. (1991) : The role of colloids in the transport of radionuclides in geological formations. CES report, EUR 13506 EN, Commission of the European Community, Brussels.
- Dearlove, J., Longworth, G. and Ivanovich, M. (1990) : Improvement of colloid sampling techniques in groundwater and actinide characterization of the groundwater system at Gorleben (FRG) and El Berrocal (E). AEA technical report AERE-0066, AEA Harwell, UK.
- Gomez, P., Turrero, M.J., Moulin, V. and Magonthier, M.C. (1992) : Characterization of natural colloids in groundwaters of El Berrocal, Spain. Proceeding of the conference. Water-Rock Interaction, (eds. Kharaka Y. F. and Maes A.), Balkema, Rotterdam, 797-800.
- Laaksoharji, M. (1990) : Colloidal particles in deep Swedish granitic groundwater. SKB report, AR-90-37, SKB, Stockholm, Sweden.
- NAGRA (2004) : Grimsel Test Site Investigation Phase V, The CRR final project report series I: Description of the Field Phase - Methodologies and Raw data. NAGRA Technical report NTB 03-01, NAGRA Wetingen, Switzerland.
- Vilks, P., Miller, H. and Doren, D. (1991) : Natural colloids and suspended particles in the Whiteshell Research Area, Manitoba, Canada, and their potential effect on radicolloid formation. *Appl. Geochem* 6, 565-574.

SUZUKI Masaya (2007) : Inorganic colloidal materials in environment.

<受付: 2006年11月30日>