

# なぜ地層処分にコロイド研究が必要か

吉田 崇 宏<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

我が国では原子力産業により生じる高レベル放射性廃棄物を地下深部に埋めて処分すること(地層処分)が考えられている。高レベル放射性廃棄物はガラスと混ぜて固化処理される。地層処分ではガラス固化体を炭素鋼とベントナイトによる多重バリアにより埋められる。しかしながら、ガラス固化体、炭素鋼、緩衝材は地下水と接触することにより徐々に溶解、腐食などの変質作用を受けるため、将来的には多重バリアから放射性核種が漏洩する可能性も考えられる。放射性核種の多重バリアからの漏洩を想定し、それら核種の深部地層中の移行を把握することは、高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全評価をする上で重要である。地層中の核種移行速度は核種の溶解度、拡散、岩盤への核種の収着、地下水の酸化還元電位などの因子に支配されるが、近年コロイド粒子が地層中の核種移行に影響を及ぼすことが分かってきた。

## 2. 核種移行の研究例

ウランやプルトニウムといったアクチノイド核種は水溶液中では主に3価から6価までの電荷を持つ。その化学形は該当する核種をMとすると $+3$ ,  $+4$ ,  $+5$ ,  $+6$ の酸化状態に対して $M^{3+}$ ,  $M^{4+}$ ,  $MO_2^+$ ,  $MO_2^{2+}$ となる。これらの高電荷を有するアクチノイド核種は沈殿しやすく、また岩石鉱物の表面に強く吸着されやすい。そのため近年まではこれらアクチノイドの地層中での移行速度は非常に遅いものと考えられてきた。

しかしながら最近になってこれらアクチノイドが数十年の時間で環境中をキロメートルスケールで移行して

いることが明らかになってきた。アメリカ・ネバダ州のネバダテストサイトではこれまで数多くの核実験が行われてきた。Kersting *et al.* (1999)らはネバダテストサイトで地下水中に含まれる放射性核種の調査を行った。その結果、放射性の遷移金属元素と希土類元素、またはアクチノイド等の核種がキロメートルスケールで爆心地から移動したことが明らかになった。例えば1968年に行われた核実験に由来するプルトニウム(Pu)が爆心地から1.3キロメートル離れた地下水から検出された(Kersting *et al.*,1999)。また、爆心地から移行したこれらの核種はコロイドサイズ(1nm~1 $\mu$ m)の固相と結合していることがわかった。同様に米国・ロスアラモス研究所から排出された放射性廃液による周辺環境の核種分布調査では、Puとアメリシウム(Am)が排出場所から2~3キロメートル離れた地下水で検出された。また、移行したPuとAmはネバダテストサイトの例と同様にコロイドと結合していることが示された(Penrose *et al.*,1990)。

## 3. コロイドの重要性

上記のような天然環境中での核種移行現象が発見されたため、コロイドに結合した核種移行挙動の把握が、放射性廃棄物地層処分の安全評価上極めて重要な課題として認識されるに至った。コロイドはその大きな比表面積の性質から吸着剤や触媒などの工業化学的興味を持たれてきており、そのためコロイドの基礎的および応用的な物性解明研究が数多くなされてきた。しかしながら天然に存在するコロイドの挙動、特に地下水に含まれるコロイドが有害物質のキャリアとして及ぼす影響については、まだ研究が始まった段階であり、十分な知見が得られていない。

地層処分における核種輸送プロセスにおいて重要

1) 産総研 深部地質環境研究センター

キーワード: 地層処分, コロイド研究, 必要性

となる自然界のコロイド粒子を中心に、これに関するこれまでの知見・研究例を整理して、より深い理解と今後の研究課題を探ることが重要となっている。

#### 4. コロイドによる核種移行促進が重要になる条件

コロイドが地下深部から地表まで移行し生物圏に影響を及ぼすには、コロイドの分散安定性や核種吸着の不可逆性など様々な条件が必要になる。第1図にはコロイドにより核種が地下から地表まで移行する条件が示されている(Miller *et al.*, 2000)。

深部地層に隔離された放射性元素が、表層の生物圏まで移行するには次の要因が必要になる。

- (i) 地下水中にコロイドが存在するか
- (ii) コロイドが動きやすいかどうか
- (iii) コロイドが安定かどうか
- (iv) コロイドが核種を吸着するかどうか
- (v) 吸着が非可逆性かどうか

さらには核種がガラス固化体から溶けてオーバーパックと緩衝材を通過して天然バリアに達する前提が必要である。これらの要因が重なれば地層処分の安全評価上、コロイドが核種移行に対して重大な影響を及ぼすと考えられ、逆にこれらの条件の中で否定的な要因が一つでもあれば、コロイドによる核種移行挙動に及ぼす影響は重要ではないものと考えられる。

#### 5. おわりに

コロイドの存在量や組成は地下水や地層の性質に依存するため、最終処分地が決まっていない現在ではコロイドによる影響が地層処分の安全評価上重大であるかどうかの判断は難しい。しかしながら、最初に取り上げた天然環境でのコロイドによる核種移行促進現象がもともとは想定外の事象であったことを鑑み、あらゆる条件を想定しコロイドによる核種移行挙動を把握し、地層処分の安全評価に役立てることが今後とも重要であると考えられる。

#### 文 献

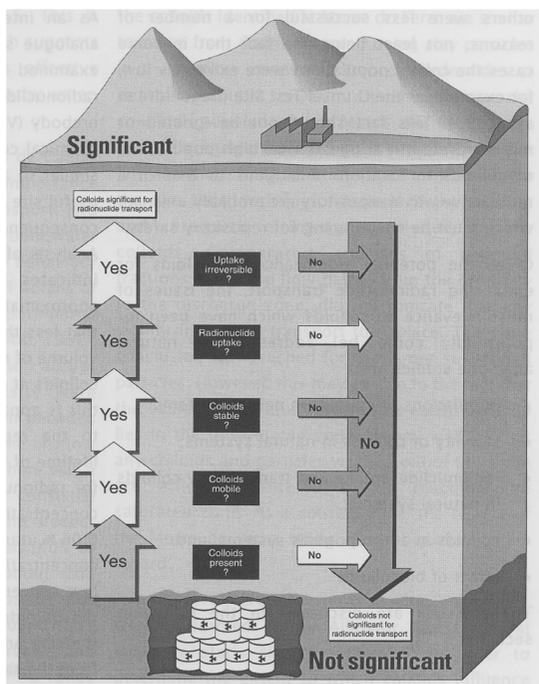
Kersting, A.B., Efurud, D.W., Finnegan, D.L., Rokop, D.J., Smith, D.K. and Thompson, J.L. (1999) : Migration of plutonium in groundwater at the Nevada Test Site: *Nature* 397, 56-59.

Miller, W.M., Alexander, W.R., Chapman, N.A., McKinley, I.G. and Smellie, J.A.T. (2000) : *Geological Disposal of Radioactive Wastes and Natural Analogues*. Waste Management Series 2, Pergamon, Amsterdam.

Penrose, W.R., Polzer, W.L., Essington, E.H., Nelson, D.M. and Orlandini, K.A. (1990) : Mobility of plutonium and americium through a shallow aquifer in a semiarid region. *Environ. Sci. Tech.* 24, 228-234.

YOSHIDA Takahiro (2007) : Why are the colloid studies necessary for the HLW geologic disposal ?

<受付：2006年11月30日>



第1図 処分場の安全性にコロイドが重要であるかどうかを示す図(Elsevier社の許諾を得てMiller *et al.* (2000) から転載)。