

JNC TJ8400 2001-053

地下水中に存在するコロイドの特性評価に関する研究：概要版
（核燃料サイクル開発機構 業務委託報告書）

2002年2月

三菱マテリアル株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1184,
Japan

© 核燃料サイクル開発機構(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2002

地下水中に存在するコロイドの特性評価に関する研究：概要版
(核燃料サイクル開発機構 業務委託報告書)

上田真三*、黒澤進*

要旨

処分予定地が選定され、処分場としての成立性を審議する過程では、種々の原位置データの取得が行われる。したがって、核種移行評価の観点からは、地下水中に天然に存在するコロイドに関する適切なデータ取得手法の開発およびその蓄積が不可欠である。本研究では、核種移行評価上必要とされるコロイドの種類や存在量といった特性評価項目に着目しながら、データ取得方法の検討や実地下水を試料として用いることによって手法の検証を行った。

1. 地下水コロイドの採取と特性評価手法に関する検討

本研究では、サイト固有な地下水コロイドに関する特性データ収集を行うため、必要とされる地下水コロイドの採取方法について検討を行った。

2. 地下水中に存在するコロイドの特性評価

地下水中のコロイドの特性評価として、コロイド濃度、粒径分布および化学組成について測定を行った。その結果、地下水中のコロイドの成分は地質成分とほぼ同様であり、地下水中のイオン成分もコロイドに吸着され擬似コロイドを形成していることが認められた。また、地下水中コロイドと核種の分配係数を測定した結果、分配係数は核種濃度に依存する可能性が示唆された。

本報告書は、三菱マテリアル株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した研究成果に関するものである。

機構担当課室：東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 処分バリア性能研究グループ

*三菱マテリアル株式会社

Characteristic Assessment of Colloids Present in Groundwater

S. Ueta * and S. Kurosawa *

Abstract

Specific data will be collected in process which is considered essential factors of repository after make selection of predetermined repository. Examination of the role is necessary to collect for characteristic data of nature colloids in groundwater from viewpoint of safety assessment. In this study aimed at type and concentration of groundwater colloid relevant to colloid character to safety assessment, investigation of methods for collecting colloid data and verification of the methods carried out by using natural groundwater.

1. Examination on sampling and character assessment of groundwater colloids

Sampling methods of groundwater were examined to collect of characteristic data on groundwater colloids at specific site.

2. Characteristic assessment of colloids in groundwater

Concentration, size distribution and chemical components of groundwater colloids were measured for characteristic assessment of colloids in groundwater. The results indicate that components of groundwater colloid depended stratum components, and ions in groundwater might form pseudocolloid by sorption to colloids. Also, in this study, distribution coefficients were measured between colloid and radionuclide. The results indicated that distribution coefficients will be depended radionuclide concentration.

This work was performed by Mitsubishi Materials Corporation under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison: Barrier Performance Group, Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works.

* Mitsubishi Materials Corporation

目 次

| | |
|-----------------------------|----|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 実施項目 | 1 |
| 3. 実施内容 | 1 |
| 3.1 地下水コロイドの採取と特性評価手法に関する検討 | 1 |
| 3.1.1 地下水コロイドの採取方法 | 1 |
| 3.1.2 コロイド特性評価の方法 | 2 |
| 3.2 地下水中に存在するコロイドの特性評価 | 2 |
| 3.2.1 実地下水採取場所 | 2 |
| 3.2.2 コロイドの特性評価の結果 | 3 |
| 3.2.3 地下水コロイドの核種移行への影響評価 | 7 |
| 4. まとめ | 10 |
| 5. おわりに | 12 |

図目次

| | | |
|-----------|-----------------------|---|
| 図 3.2.2-1 | A 鉱山地下水の成分の粒度分布(採取直後) | 4 |
| 図 3.2.2-2 | 明延鉱山地下水の成分の粒度分布(採取直後) | 6 |

表目次

| | | |
|-----------|-------------------------------|---|
| 表 3.2.2-1 | A 鉱山地下水の成分濃度の分析結果 | 3 |
| 表 3.2.2-2 | 明延鉱山地下水の成分濃度の分析結果 | 5 |
| 表 3.2.3-1 | 地下水中コロイドと Am-241 のバッチ式吸着試験の条件 | 7 |
| 表 3.2.3-2 | A 鉱山地下水中コロイド - Am-241 の吸着試験結果 | 8 |
| 表 3.2.3-3 | 明延鉱山地下水中コロイド - Am-241 の吸着試験結果 | 9 |

1. はじめに

処分予定地が選定され、処分場としての成立性を審議する過程では、種々の原位置データの取得が行われる。したがって、核種移行評価の観点からは、地下水中に天然に存在するコロイドに関する適切なデータ取得手法の開発およびその蓄積が不可欠である。ここでは、核種移行評価上必要とされるコロイドの種類や存在量といった特性評価項目に着目しながら、データ取得方法の検討や実地下水を試料として用いることによって手法の検証を行った。

2. 実施項目

- (1) 地下水コロイドの採取と特性評価手法に関する検討
- (2) 地下水中に存在するコロイドの特性評価

3. 実施内容

3.1 地下水コロイドの採取と特性評価手法に関する検討

本研究では、サイト固有な地下水コロイドに関する特性データ収集を行うため、必要とされる地下水コロイドの採取方法について検討を行った。

また、核種移行評価の観点からは、採取されたコロイドについては、コロイド濃度や組成等に関するデータ取得が必要と考えられる。本研究では、地質媒体を起源として生成すると考えられる無機系コロイドを主な研究対象とし、地下水中の浮遊物を除去するための濾過等の手法や、ICP 発光分光分析 / 質量分析(ICP-AES / -MS)、イオンクロマト法、全有機炭素測定法(TOC)といった液相分析、また透過型電子顕微鏡(TEM)、エネルギー分散 X 線分光分析(EDS)といった固相分析について、コロイドの特性データを取得するための適切な分析方法について検討を行った。

3.1.1 地下水コロイドの採取方法

本研究では、地下水採水の方法として、現存する坑道から湧水を採取することとした。この際、本研究では、地下水試料の採取して分析に供するまでの間の経時的なコロイドの特性変化の有無について検討を行うことを目的として、採取した坑道湧水については、坑道内で濾過処理を行い後述する分析供試料を作製するとともに、湧水は別に気密性の高い採水管に採取して実験室に移送したのち分析供試料を作製した。

3.1.2 コロイド特性評価方法

既往の研究では、地下水中のコロイドの特性評価として、コロイド濃度、粒径分布および化学組成について測定が行われている。本研究では、コロイドの濃度および粒径分布は、採取した地下水を孔径の異なるフィルタ用いて分画処理し、各々のフィルタを通過したコロイド相の濃度を測定することにより評価した。コロイドの化学組成を評価するにあたっては、TEM/EDX によりコロイド相の定性分析を行った。

3.2 地下水中に存在するコロイドの特性評価

地下水中に存在するコロイドの特性データを取得、蓄積することは、核種移行に及ぼすコロイドの影響評価の観点から重要な課題である。本研究では、坑道内で採取される湧水等の実地下水を試料に供することにより、3.1 項で検討した地下水コロイドの採取や特性評価手法について検証を行うとともに、地下水コロイドに関する特性データを取得した。

3.2.1 実地下水採取場所

本研究では、坑道かぶりの地質が異なる次の二つの坑道湧水を採取して、地下水コロイドに関する特性データを取得することとした。

(1) A 鉱山

A 鉱山付近の地質は、八溝層群(三畳紀～白亜紀)に属する砂岩、頁岩、チャートから成る。鉱床は主として砂岩中に発達した割れ目を充填した錫・タングステン・石英脈である。本研究では、坑道地下水として、入口から約 300 m 入った地点の坑道湧水を採取し、地下水コロイドの特性評価に供した。

(2) 明延鉱山

明延鉱山付近の地質は、二畳紀の舞鶴層群と貫入岩類から成る。舞鶴層群は、層厚 1,000 m 以上の塩基性火山岩類を主とし、貫入岩類は、夜久野岩類、珪長岩、変質安山岩等である。本研究では、坑道地下水として、坑道入口から約 150 m 入った地点の坑道湧水を採取し、地下水コロイドの特性評価に供した。

3.2.2 コロイドの特性評価の結果

(1) A 鉱山地下水中のコロイドの特性

(a) コロイドの濃度および粒径分布

表 3.2.2-1 に、濾過前後の地下水試料の分析結果を示す。また、図 3.2.2-1 には、コロイド成分の濃度値の粒径分布を示す。その結果、地下水中の主要な成分である Na、Mg、Al、Si および Ca に加えて、Cu および Zn も他の地下水成分と比較してコロイドとして存在することが認められる。Cl⁻および SO₄²⁻についても比較的コロイドとして存在することが見てとれる。その他の成分もわずかではあるがコロイドとして存在することが認められる。C(有機)もコロイドとして存在することが認められており、地下水がフミン物質等の有機物を含んでいることが推測される。

また、採取した地下水を 1 週間放置した後、同様の分析を実施した。その結果、地下水中のコロイド成分は、時間経過とともにコロイドの凝集があったことが認められた。

表 3.2.2-1 A 鉱山地下水の成分濃度の分析結果

| | 地下水成分 ($\mu\text{g/l}$) | イオン状成分 ($\mu\text{g/l}$) | コロイド状成分 ($\mu\text{g/l}$) | コロイド状成分 の存在率(wt.%) |
|-----------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| pH | 5.8 | - | - | - |
| organic | 2.59E+04 | N.D. | 2.59E+04 | 100.0 |
| carbonate | N.D. | N.D. | N.D. | - |
| Na | 3.41E+03 | 3.31E+03 | 1.00E+02 | 2.9 |
| Mg | 7.02E+03 | 6.30E+03 | 7.20E+02 | 10.3 |
| Al | 1.95E+03 | 1.35E+03 | 6.00E+02 | 30.8 |
| Si | 1.53E+04 | 1.41E+04 | 1.25E+03 | 8.2 |
| K | 1.32E+03 | 1.11E+03 | 2.10E+02 | 15.9 |
| Ca | 7.25E+03 | 6.00E+03 | 1.25E+03 | 17.2 |
| Mn | 7.40E+02 | 7.20E+02 | 2.00E+01 | 2.7 |
| Fe | N.D. | N.D. | N.D. | - |
| Co | 3.43E+01 | 3.10E+01 | 3.30E+00 | 9.6 |
| Ni | 1.20E+02 | 1.06E+02 | 1.44E+01 | 12.0 |
| Cu | 2.60E+02 | 1.70E+02 | 9.00E+01 | 34.6 |
| Zn | 7.40E+02 | 4.40E+02 | 3.00E+02 | 40.5 |
| Sr | 3.15E+01 | 2.54E+01 | 6.14E+00 | 19.5 |
| Cd | 1.28E+01 | 7.80E+00 | 5.02E+00 | 39.2 |
| Cs | 2.95E+01 | 2.71E+01 | 2.32E+00 | 7.9 |
| Ce | 5.29E+00 | 4.29E+00 | 1.00E+00 | 18.9 |
| Pb | 1.01E+01 | 4.62E-01 | 9.60E+00 | 95.4 |

N.D.: 検出限界以下

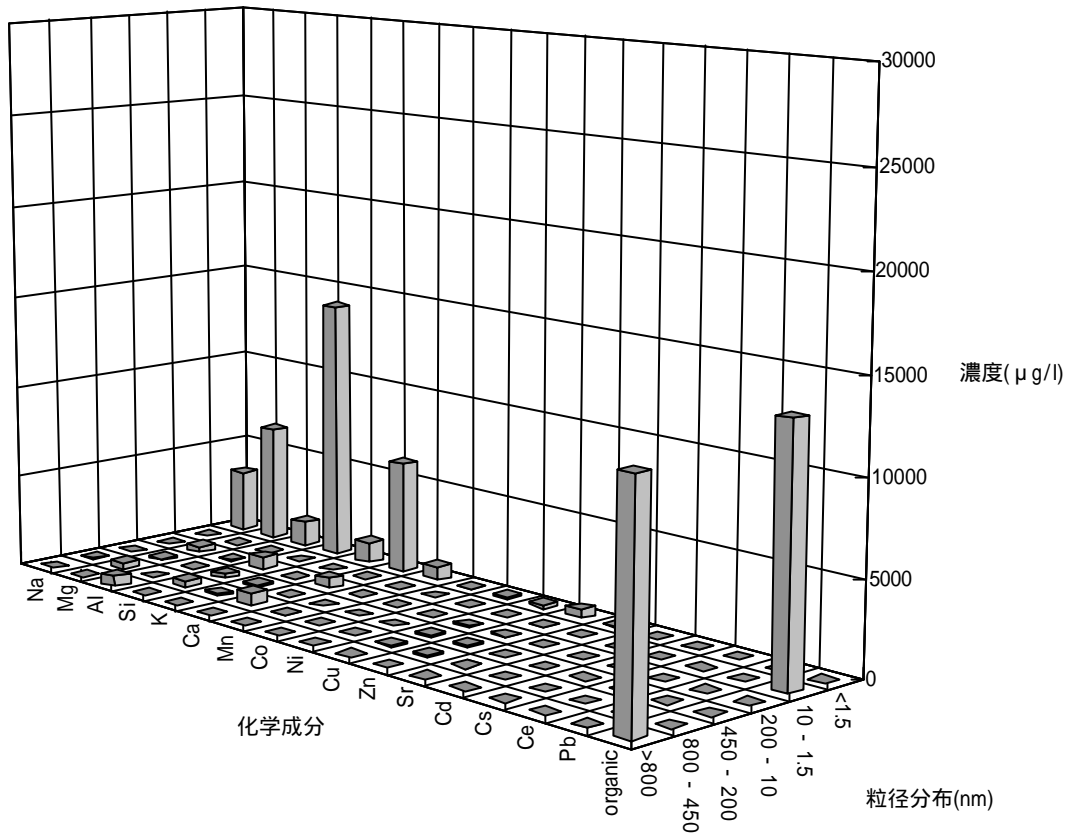


図 3.2.2-1 A 鉱山地下水の成分の粒径分布(採取直後)

(b) コロイド相の化学組成

地下水中コロイドについて TEM 観察を行った結果、針状の粒子が凝集していることが認められた。EDX 分析では、その粒子を対象に化学組成の定性分析を行った。その結果、検出された成分は、C、O、Fe、Si、S および Cu であった。このうち、O は地下水コロイドの TEM 観察および EDX 分析を行うにあたって用いたマイクログリッド(有機膜)の成分であるため、検出されたものと考えられる。また、Fe については、地下水中のコロイド成分濃度を ICP-AES より分析を行った際は検出されなかったが、EDX 分析の結果においては検出されている。これについては、ICP-AES の Fe に対する検出下限値が 0.1 ppm と高いことから、その分析感度により検出されなかったものと考えられる。したがって、A 鉱山地下水中的コロイドを構成する主要な成分は、次の各成分であると考えられる。

C、Fe、Si、S および Cu

これに対して、前述した地下水中コロイドの濃度および粒径分布の測定結果では、上記コロイド成分以外の成分もコロイド状成分として認められた。このことは、上記成分以外の成分はコロイドに吸着して擬似コロイドを形成しているため、見かけ上粒径分布をもって測定されたものと推測される。

(2) 明延鉱山地下水中のコロイドの特性

(a) コロイドの濃度および粒径分布

表 3.2.2-2 に、濾過前後の地下水試料の分析結果を示す。また、図 3.2.2-2 には、コロイド成分の濃度値の粒径分布を示す。その結果から、地下水成分の定性分析において検出された C(無機)、Mg、Si、Ca、F⁻、Cl⁻および SO₄²⁻の成分は全てコロイドとして存在することが認められる。

また、採取した地下水を 1 週間放置した後の粒径分布を測定した結果、地下水中のコロイド成分は、A 鉱山地下水コロイドの分析結果と同様に、時間経過とともにコロイドの凝集があったことが認められた。したがって、地下水中のコロイドの特性評価を行うにあたっては、A 鉱山および明延鉱山から採取した地下水中のコロイド分析結果を勘案すれば、採取後迅速な評価が必要であると判断される。

表 3.2.2-2 明延鉱山地下水の成分濃度の分析結果

| | 地下水成分 (μg/l) | イオン状成分 (μg/l) | コロイド状成分 (μg/l) | コロイド状成分 の存在率(wt.%) |
|-----------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| pH | 8.0 | - | - | - |
| organic | N.D. | N.D. | N.D. | - |
| carbonate | 2.63E+04 | 2.61E+04 | 2.00E+02 | 0.8 |
| Na | 6.96E+03 | 6.96E+03 | 0.00E+00 | 0.0 |
| Mg | 8.04E+03 | 6.98E+03 | 1.06E+03 | 13.2 |
| Si | 8.59E+03 | 7.72E+03 | 8.70E+02 | 10.1 |
| Ca | 4.19E+04 | 3.94E+04 | 2.52E+03 | 6.0 |
| Fe | N.D. | N.D. | N.D. | - |

N.D.: 検出限界以下

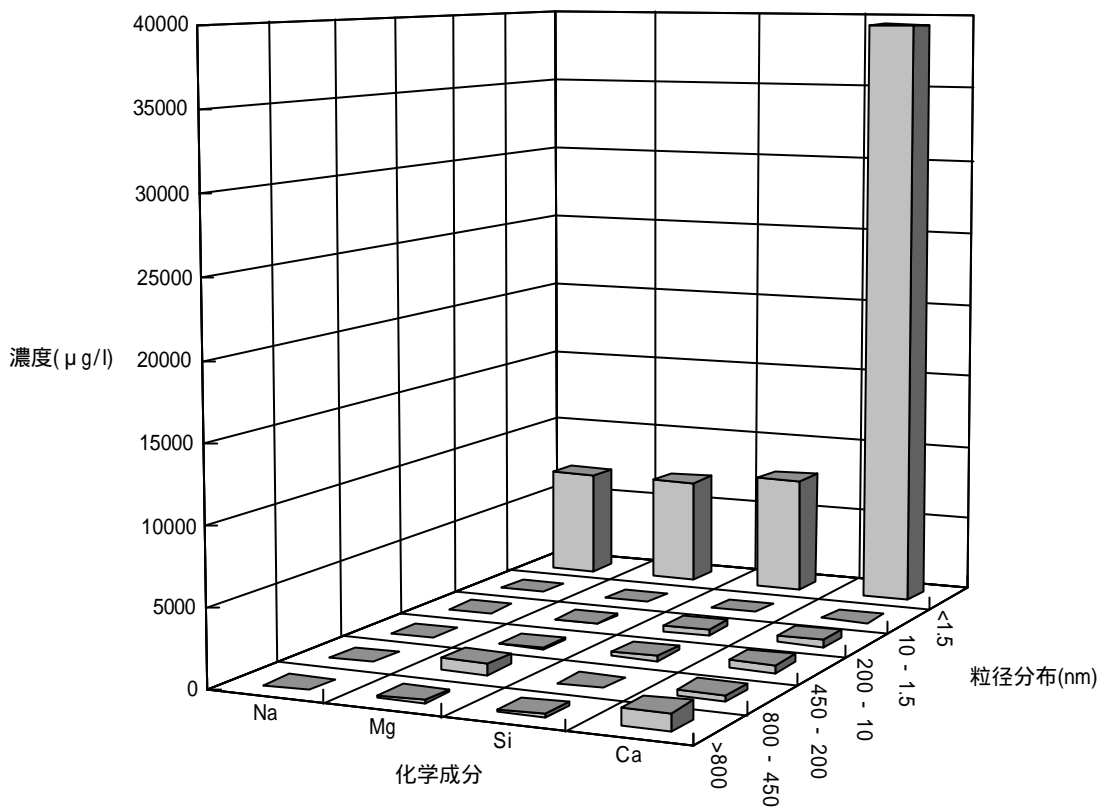


図 3.2.2-2 明延鉍山地下水の成分の粒径分布(採取直後)

(b) コロイド相の化学組成

地下水中コロイドの TEM 観察の結果、A 鉍山地下水中コロイドの TEM 観察結果と比較して粒径が小さく、とくに凝集していることは見られなかった。EDX 分析では、それら粒子を対象に化学組成の定性分析を行った。その結果、検出された成分は、C、O、Ca、Cu、Si および S であった。このうち、O は地下水コロイドの TEM 観察および EDX 分析を行うにあたって用いたマイクログリッド(有機膜)の成分であるため、検出されたものと考えられる。また、Cu については、地下水中のコロイド成分濃度を ICP-MS より分析を行った際は検出されなかったが、EDX 分析の結果においては検出されている。これについては、上記と関連してマイクログリッドの支持台として銅製のメッシュを用いていることから、その成分が検出されたものと推測される。したがって、明延鉍山地下水中のコロイドを構成する主要な成分は、次の各成分であると考えられる。

C、Ca、Si および S

これに対して、前述した地下水中コロイドの濃度および粒径分布の測定結果では、上記コロイド成分以外に Na、F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻の成分がコロイド状成分として認められた。このことは、これら成分はコロイドに吸着して擬似コロイドを形成しているため、見かけ上粒径分布をもって測定されたものと推測される。

3.2.3 地下水コロイドの核種移行への影響評価

本研究では、事例研究として地下水コロイドと核種の収着性に関して評価を行った。表

3.2.3-1 に、本試験の条件をまとめて示す。

表 3.2.3-1 地下水コロイドと Am-241 のバッチ式収着試験の条件

| 項目 | 内容 |
|----------|--|
| 固相 | A 鉱山地下水中のコロイド(5.00×10^{-5} g/ml) 明延鉱山地下水中のコロイド(6.65×10^{-4} g/ml) |
| 液相 | 上記コロイドが分散する地下水 |
| トレーサ元素 | Am-241(AEA Technology: AE9155, in 2M HCl) |
| トレーサ初期濃度 | 1.64×10^{-13} mol/ml(5 Bq/ml) 3.27×10^{-13} mol/ml(10 Bq/ml) 1.64×10^{-12} mol/ml(50 Bq/ml) 3.27×10^{-12} mol/ml(100 Bq/ml) |
| 試験期間 | 7 日間 |
| 固液分離 | 限外濾過: 分画分子量: 10,000 (ADVANTEC TOYO, USY-1) |
| 試験雰囲気 | 大気下 |
| 試験温度 | 室温 |
| 分析項目 | Am-241 濃度: 液体シンチレーションカウンタ (PACKARD TRI-CARB 2750TR/LL) pH: pH 計(横河電機製 PH-82 型) |
| 試験数 | 3 |

(2) 試験結果

表 3.2.3-2 および表 3.2.3-3 には、実核種を用いた場合の液相中の放射線計測結果を示す。また、表中には、放射線計測の結果を元に分配係数を算出した結果を併せて示した。その結果、A 鉱山の地下水中コロイドについては、核種の濃度が変化しても分配係数はほぼ一定した値を示しているものと考えられる。一方、明延鉱山の地下水中コロイドについては、本試験において設定した核種の濃度範囲では、分配係数は濃度依存性を示していることが認められた。

表 3.2.3-2 A 鉱山地下水中コロイド-Am-241 の吸着試験結果

| 試験開始前 濃度条件 (mol/ml) | 試験 番号 | 試験後の溶液の放射能分析結果 | | | | | | 限外濃過あり | | | kd(ml/g)*1 | | | |
|---------------------------|----------|----------------|---------------------------|--------------------------|----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|------------|------|---------------------|---------------------|
| | | 限外濃過なし | | | 限外濃過あり | | | 試料計数値 -BG 計数値 (cpm) | 計数誤差 (σ ,cpm) | 液相(濾液)の Am-241 濃度 | | ① | ② (-1 σ) | ③ (+1 σ) |
| | | 試料計数値 (cpm) | 試料計数値 -BG 計数値 (cpm) | 計数誤差 (σ ,cpm) | 試料計数値 (cpm) | 試料計数値 -BG 計数値 (cpm) | 計数誤差 (σ ,cpm) | | | Bq/ml | mol/ml | | | |
| 1.64×10 ⁻¹³ | 1 | 372.00 | 345.80 | 13.44 | 370.80 | 344.60 | 13.42 | 6.32 | 2.07E-13 | 71 | 73 | 70 | | |
| | 2 | 402.00 | 375.80 | 13.99 | 392.80 | 366.60 | 13.83 | 6.70 | 2.19E-13 | 512 | 523 | 502 | | |
| | 3 | 376.00 | 349.80 | 13.52 | 375.60 | 349.40 | 13.51 | 6.38 | 2.09E-13 | 23 | 24 | 23 | | |
| 3.27×10 ⁻¹³ | 1 | 745.40 | 719.20 | 19.17 | 740.60 | 714.40 | 19.11 | 12.49 | 4.09E-13 | 137 | 139 | 135 | | |
| | 2 | 763.40 | 737.20 | 19.40 | 724.20 | 698.00 | 18.89 | 12.18 | 3.99E-13 | 1146 | 1163 | 1131 | | |
| | 3 | 741.00 | 714.80 | 19.11 | 714.00 | 687.80 | 18.76 | 11.99 | 3.92E-13 | 801 | 813 | 790 | | |
| 1.64×10 ⁻¹² | 1 | 3548.20 | 3522.00 | 42.06 | 3516.80 | 3490.60 | 41.87 | 58.73 | 1.92E-12 | 184 | 185 | 182 | | |
| | 2 | 3516.80 | 3490.60 | 41.87 | 3509.80 | 3483.60 | 41.83 | 58.64 | 1.92E-12 | 41 | 41 | 41 | | |
| | 3 | 3552.80 | 3526.60 | 42.09 | 3476.00 | 3449.80 | 41.63 | 58.00 | 1.90E-12 | 454 | 457 | 452 | | |
| 3.27×10 ⁻¹² | 1 | 7133.20 | 7107.00 | 59.68 | 6982.40 | 6956.20 | 59.04 | 116.50 | 3.81E-12 | 442 | 444 | 441 | | |
| | 2 | 7150.40 | 7124.20 | 59.75 | 6974.60 | 6948.40 | 59.01 | 116.41 | 3.81E-12 | 516 | 519 | 514 | | |
| | 3 | 7022.20 | 6996.00 | 59.21 | 6959.20 | 6933.00 | 58.94 | 116.16 | 3.80E-12 | 185 | 186 | 185 | | |

*1: ① $kd = (C_0 - C) / C \times V / m$ (3.2.3-2 式) に従って求めた分配係数

ここで、 C_0 : 限外濃過なし - 試料計数値 - BG 計数値、

C : 限外濃過あり - 試料計数値 - BG 計数値、

V : 50 ml および m : 0.00245g

② 3.2.3-1 式で求めた計数誤差(σ)を考慮して求めた分配係数(上端値)

③ 3.2.3-1 式で求めた計数誤差(σ)を考慮して求めた分配係数(下端値)

表 3.2.3-3 明延鉱山地下水中共コロイド-Am-241 の吸着試験結果

| 試験開始前 pH-濃度条件 (mol/ml) | 試験 番号 | 試験後の溶液の放射能分析結果 | | | | | | kd(ml/g)*1 | | | | |
|------------------------------|----------|----------------|---------------------------|------------------|----------------|---------------------------|------------------|------------|------------|------------|-------|--------------------------------|
| | | 限外濾過なし | | | 限外濾過あり | | | ① | ② (-1σ) | ③ (+1σ) | | |
| | | 試料計数値 (cpm) | 試料計数値 -BG 計数値 (cpm) | 計数誤差 (σ, cpm) | 試料計数値 (cpm) | 試料計数値 -BG 計数値 (cpm) | 計数誤差 (σ, cpm) | | | | Bq/ml | 液相(濾液)の Am-241 濃度 mol/ml |
| 1.64×10 ⁻¹³ | 1 | 288.20 | 262.00 | 11.78 | 38.80 | 12.60 | 3.76 | 0.80 | 2.63E-14 | 30372 | 41913 | 24140 |
| | 2 | 305.20 | 279.00 | 12.14 | 77.80 | 51.60 | 5.80 | 1.41 | 4.60E-14 | 6762 | 7407 | 6248 |
| | 3 | 291.60 | 265.40 | 11.86 | 49.20 | 23.00 | 4.40 | 1.00 | 3.29E-14 | 16172 | 19382 | 13992 |
| 3.27×10 ⁻¹³ | 1 | 615.40 | 589.20 | 17.39 | 484.00 | 457.80 | 15.39 | 8.16 | 2.67E-13 | 440 | 449 | 433 |
| | 2 | 564.20 | 538.00 | 16.64 | 306.00 | 279.80 | 12.16 | 5.23 | 1.71E-13 | 1416 | 1455 | 1381 |
| | 3 | 554.20 | 528.00 | 16.49 | 330.00 | 303.80 | 12.64 | 5.72 | 1.87E-13 | 1132 | 1161 | 1106 |
| 1.64×10 ⁻¹² | 1 | 3203.00 | 3176.80 | 39.95 | 1582.00 | 1555.80 | 28.03 | 26.50 | 8.67E-13 | 1599 | 1616 | 1582 |
| | 2 | 3237.80 | 3211.60 | 40.17 | 3200.20 | 3174.00 | 39.94 | 53.42 | 1.75E-12 | 18 | 18 | 18 |
| | 3 | 3133.60 | 3107.40 | 39.52 | 3021.40 | 2995.20 | 38.80 | 50.50 | 1.65E-12 | 57 | 58 | 57 |
| 3.27×10 ⁻¹² | 1 | 6600.60 | 6574.40 | 57.40 | 6528.60 | 6502.40 | 57.09 | 108.96 | 3.57E-12 | 17 | 17 | 17 |
| | 2 | 6647.00 | 6620.80 | 57.60 | 6546.60 | 6520.40 | 57.17 | 109.29 | 3.58E-12 | 24 | 24 | 24 |
| | 3 | 6874.60 | 6848.40 | 58.58 | 6602.00 | 6575.80 | 57.41 | 110.18 | 3.61E-12 | 64 | 64 | 63 |

*1: ① $kd = (C_0 - C) / C \times V / m$ (3.2.3-2 式) に従って求めた分配係数

ここで、 C_0 : 限外濾過なし-試料計数値-BG 計数値、

C : 限外濾過あり-試料計数値-BG 計数値、

V : 50 ml および m : 0.032565 g

② 3.2.3-1 式で求めた計数誤差(σ)を考慮して求めた分配係数(上端値)

③ 3.2.3-1 式で求めた計数誤差(σ)を考慮して求めた分配係数(下端値)

4. まとめ

処分分野におけるコロイド関連研究については、図 3.2.3-1 に示した検討フローが重要である。その検討フローでは、次の 4 項目が着眼点として挙げられる。

コロイドの存在

コロイドの安定性

コロイドの可動性

コロイドの核種収着

このうち、 および は主に分析、測定などコロイドの特性把握の観点の着眼点である。また、 および はコロイドを性能評価上どのように扱っていくかといったコロイド移行モデルのあり方と関連する着眼点である。本研究の成果を、ここで二分した“コロイドの特性把握”および“コロイド移行モデルへの反映性”の観点から、次のように整理した。

(1) コロイドの特性把握について

- ・地下水試料を分画処理し、TEM、EDX、ICP-MS/AES 等を利用することで、地下水中的コロイドの粒径分布や濃度を把握できることが判明した。また、地下水中には、上記方法で分析可能な濃度のコロイドを含有することが判明した。
- ・地下水中には Fe、Si が無機コロイドとして存在することが認められるが、それらの定量に際しての微量分析が難しい。
- ・坑道のかぶり厚くない A 鉱山地下水には有機物コロイドが含まれており、比較的坑道のかぶり厚い明延鉱山には有機コロイドは含まれていないことが認められた。ただし、有機物コロイドの存在と地下深度の関連性については、本研究の範囲では不明である。
- ・本研究では、コロイドの粒径分布が経時的に変化することが認められた。この結果に基づけば、コロイドの特性評価においては地下水採取後の速やかな分析、もしくは In-situ な分析が重要であることが示唆される。
- ・なお、本試験では採取した地下水中の浮遊懸濁物を全てコロイドとして扱ったため、粒径が 1 μm 以上の粒子も含めて特性評価が行われた。ただし、一般的には、コロイド粒子は 1 μm 以下と定義されることから、この粒径を超える粒子が地下水中で易動性を有するか否かについては本研究の範囲では不明である。

(2) コロイド移行モデルへの反映性

本研究では、コロイドを考慮した核種移行評価において重要なコロイドと核種間の相互作用に関する知見を得るため、Am-241 を使って地下水コロイドとの分配係数測定を実施した。その結果、核種が地下水中的コロイドに有意に収着することが認められた。しかしながら、本研究の範囲では、分配係数とコロイド粒径分布との関連性や、得られた分配係数の濃度依存の傾向性などについてはまだ検討できる情報が得られていない。また、その収着の可逆性や、コロイドの岩盤への収着性については実験では扱っていない。

5. おわりに

本研究を通して得られた結果から、今後必要な研究課題を以下のように挙げる。

(1) コロイドの特性把握について

- ・コロイドの特性評価を行うにあたっては、Fe、Si の微量分析や、有機コロイドの分析などが課題として挙げられる。
- ・地下水の取り扱いについては、岩盤の表面に大気を排除した雰囲気を通じて地下水を採取した場合のコロイドの特性や、採取後の経時的なコロイドの特性変化を把握することが、地下水試料の取扱方法の検討のため重要と考えられる。また、その検討結果を受けて、過度に複雑でない合理的な地下水の採取、取扱方法を検討していくことが必要と考えられる。
- ・地下水中に存在するコロイドの岩盤中で易動性について評価を行う必要がある。

(2) コロイド移行モデルへの反映性

- ・地下水コロイドと核種の収着性に関するデータを収集し、その収着のメカニズム把握することが必要である。
- ・コロイドの岩盤への吸着性についても検討を行う必要がある。ただし、実環境下では、岩盤を起源としたコロイドの生成が生じるものと推測されることから、この際の試験ではコロイドの生成も勘案し、コロイドの岩盤への吸着性について評価し得る実験系を検討することが重要と考えられる。