

機関番号：10101
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20360415
 研究課題名（和文） メゾスコピック構造の理解をベースとした地層処分バリア材料の性能発現機構の解明
 研究課題名（英文） Performances of barrier materials in geological disposal: mechanistic evaluation through mesoscopic analysis
 研究代表者
 小崎 完 (KOZAKI TAMOTSU)
 北海道大学・大学院工学研究院・准教授
 研究者番号：60234746

研究成果の概要（和文）：高レベル放射性廃棄物地層処分の安全評価のための基礎研究として、地層処分で期待されるバリア材（ベントナイトおよび堆積岩）のメゾスコピック構造を、X線回折、X線マイクロCT観察、 μ -PIXE分析の結果に基づいて検討した。また、バリア性能に及ぼすメゾスコピック構造の影響を検討するため、バリア材のバリア性能、すなわち透水係数、放射性核種の拡散係数、放射性核種の収着係数を評価した。

研究成果の概要（英文）：As a fundamental study for the safety assessment of the geological disposal of high-level radioactive waste, the mesoscopic structures of the expected barrier materials (bentonite and sedimentary rock) were characterized by X-ray diffraction analysis, X-ray micro CT observation and μ -PIXE analysis. The hydraulic conductivity, diffusivity, and distribution coefficient of radioactive tracers were determined as indicators in order to relate the barrier performance to the mesoscopic structures.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
2009年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2010年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2011年度	0	0	0
2012年度	0	0	0
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：放射性廃棄物管理

科研費の分科・細目：総合工学・原子力学

キーワード：放射性廃棄物、地層処分、メゾスコピック構造、収着、拡散

1. 研究開始当初の背景

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、緩衝材として用いられる圧縮した粘土（ベントナイト）が人工バリアの一つとして、また処分場の母岩が天然のバリアとして機能することで、放射性核種の生物圏への移行が遅延され、超長期の安全性が高められる。従って、放射性廃棄物処分の安全評価を行う上で、こうしたバリア材の諸性能、とくにそこでの物質移行、すなわち放射性核種の拡散や収着挙動ならびに透水挙動を把握する必要がある。

物質移行挙動は、媒体の構造に大きく依存する。このため、バリア材に対して、結晶構造を始めとした微視的（ナノスケールの）構造が詳しく調べられてきた。また、巨視的には、バリア材が多孔質媒体（あるいは亀裂媒体）であるとして、そこでの物質輸送モデルが検討されてきた。しかし、そうしたモデルは必ずしも十分に実際の物質輸送現象を再現できていない。これは、物質輸送に大きな影響を及ぼすと推定される、微視的体系から巨視的体系の中間に位置するメゾスコピ

ック領域（数ナノから数ミクロンサイズの領域）の構造のその場観察が困難で、十分な理解に至っていないことが一因と考えられる。また、地下処分環境下での微生物活動や炭素鋼製の放射性廃棄物容器の腐食反応などに伴ってバリア材が変質することなども、その理解を妨げる要因となっている。従って、こうした問題を解決するためには、最先端の技術を含む様々な手法で、メゾスコピック構造に関する情報を入手し、拡散や透水、あるいは収着現象との関連を多角的に議論する必要がある。

2. 研究の目的

本研究で研究対象としたのは、堆積岩、ベントナイトおよび変質させたベントナイトである。これらのメゾスコピック構造の理解を図るため、X線回折、X線マイクロCTおよびその画像の解析手法の検討、 μ -PIXE分析を実施することとした。また、バリア材料に期待される主な性能である、透水性、放射性核種に対する高収着性と低拡散性に関するデータを得るため、透水実験、収着実験、拡散実験を実施することとした。さらに、中性子共鳴吸収イメージング法に関する基礎的な実験を実施した。以上の結果を総合して、メゾスコピック構造の理解をベースに、バリア材料の性能発現機構の解明を図ることを最終目的とした。

3. 研究の方法

(1) 試料

実験に用いた堆積岩試料は、日本原燃(株)の敷地(青森県六ヶ所村)内にある調査坑(深度約80m)から採取した軽石凝灰岩である。岩試料は試験セルに接着剤で埋め込んで固定したものを透水試験及びX線CT観察に供した。また、滅菌環境で粉碎したものを収着実験に供した。

ベントナイト試料は、クニミネ工業社製クニピアFの交換性陽イオンを所定の陽イオンに精製して用いた。Na型およびCa型への精製はそれぞれNaClあるいはCaCl₂溶液中にベントナイト試料を懸濁させることで、またFe(III)型ベントナイト試料およびFe(II)型ベントナイト試料は、それぞれFeCl₃溶液あるいはニトリロ三酢酸鉄錯体(Fe(II)-NTA)溶液中の鉄イオンとのイオン交換反応によって得た。なお、Fe(II)型の調製はArガスバブリングあるいは雰囲気グローブボックス中で実施した。

(2) 微細構造観察

膨潤させた圧縮ベントナイト試料中のモンモリロナイトの底面間隔をX線回折法によって決定した。一方、ベントナイト試料および軽石凝灰岩試料の内部微細構造をX線マイクロCT装置により観察した。ベントナイト

試料にはSkyScan社製SkyScan-1172(空間分解能1.9 μ m)を、軽石凝灰岩試料には東芝ITコントロールシステム社製のTOSCANER-30000 μ hd(空間分解能5 μ m)をそれぞれ用いた。Fe型に変質させたベントナイト試料中の元素分布は、日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所のTIARAを利用した μ -PIXE法によって分析した。中性子共鳴吸収イメージング法に関する基礎的研究は、北海道大学の45MeV電子直線加速器に設置したパルス状中性子源を利用して行った。

(3) 透水実験

軽石凝灰岩試料およびFe型ベントナイト試料の透水係数を加圧定水位法による透水実験にて決定した。軽石凝灰岩試料の供試体サイズは ϕ 10mm \times H20mm、Fe型ベントナイト試料は ϕ 50mm \times H15mmである。Fe型ベントナイト試料に対する透水液にはイオン交換水を、軽石凝灰岩試料に対してはイオン交換水に加えて、0.1M及び0.5MのNaOH溶液、人工地下水の4種を用いた。動水勾配は乾燥密度に応じて100-3000の範囲とした。試料を透過した溶液は、ポリ容器で受け、定期的に電子天秤で重量を測定した。透水が確認されて以降は、ダルシー流速が成立していることを確認し、透水係数を算出した。

(4) 収着実験

収着実験は二重容器を用いたバッチ法によって行った。まず、岩石試料の一部に対してはオートクレーブ滅菌を、ベントナイト試料に対しては γ 線照射による滅菌処理を施した。次に、二重容器の内容器には軽石凝灰岩あるいはCa型ベントナイト試料と人工地下水、攪拌子を、また外容器には内容器で発生する¹⁴CO₂の捕集剤としてNaOH溶液を加えた。なお、人工地下水には所定量の酢酸および硝酸塩を添加した。同様に、岩石試料の一部から好気性環境下で単離した微生物種を所定量添加した収着実験も行った。実験温度は30 $^{\circ}$ Cとした。所定時間経過後、人工地下水およびNaOH溶液中の¹⁴C量をそれぞれ定量した。一方、同様の実験を非放射性溶液で行い、人工地下水中の硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフにて定量した。実験操作の一部は嫌気性雰囲気下で行った。

(5) 拡散実験

ベントナイト試料中の放射性核種の拡散係数を次元非定常拡散法によって決定した。拡散実験はまずベントナイト試料をサイズ ϕ 20mm \times H20mmの円柱状に所定の乾燥密度で圧縮成形し、脱イオン水で膨潤させた。次に、試料の一端に微量の放射性トレーサーを塗布し、一定温度で拡散させた。所定の期間後、試料をスライスし、スライス片中の放射能を定量して、その濃度分布から見かけの拡散係数を決定した。

4. 研究成果

(1) 内部微細構造観察

① X線回折法

塩濃度の異なる NaCl 溶液で Na 型ベントナイト試料を膨潤した際の、ベントナイト試料中のモンモリロナイトの底面間隔を X 線回折法によって決定した結果、乾燥密度 0.7 Mg m^{-3} では塩濃度が 0.05 M を超えると 3 水分子層（底面間隔 1.88 nm ）が出現すること、また、乾燥密度 $0.8 \sim 0.9 \text{ Mg m}^{-3}$ では塩濃度 0.4 M 以上で、3 水分子層に加えて、2 水分子層（底面間隔 1.56 nm ）が出現することを明らかにした。

一方、Na 型ベントナイトの交換性陽イオンを徐々に Ca^{2+} イオンに置換した試料の乾燥密度 1.0 Mg m^{-3} における底面間隔は、 Ca^{2+} イオンへの置換の程度にかかわらず、常に 3 水分子層であることを示した。

② X線マイクロ CT 法

モンテカルロ法によるコンピュータシミュレーション (EGS5) により、X 線マイクロ CT 装置による圧縮ベントナイト試料の内部微細構造観察の最適条件を検討し、 $30 \sim 50 \text{ keV}$ のエネルギー範囲の X 線が良い検出感度を有していること、また $0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ 厚の Al 製の X 線フィルターを試料前に入れることでより鮮明な画像を得ることができることを明らかにした。また、実際の観察で、乾燥状態のベントナイト試料に対して数 μm 程度の分解能の画像を得た。この画像からは、乾燥状態の試料ではベントナイト粒子の配向性が場所によって異なっていることが明らかになった。一方、膨潤したベントナイト試料の観察では、ベントナイト粒子境界は消滅し、粒子サイズを肉眼で識別することが困難となった。そこで、得られた CT 画像から、個々のベントナイト粒子を認識し、粒子形状の分布を求めるとともに、放射性核種の拡散経路に関する情報を評価する手法を検討し、コンピュータプログラムを開発した。CT 画像から求めた多孔質媒体中の物質の拡散経路の屈曲度は、膨潤した試料中の HT0 の拡散係数から得られた値よりはかなり大きいことが示された。

透水実験中の軽石凝灰岩試料に対する X 線マイクロ CT 観察では、NaOH 溶液を透水した試料において、アルカリ溶液による溶解と考えられる空隙の拡大が認められた。また、二次鉱物等の析出によると思われる微小な画像の出現が見出された。なお、人工地下水あるいはイオン交換水を透水した試料では透水試験前後で内部構造に変化はみられなかった。

③ μ -PIXE 法

膨潤前後および非放射性の Cl^- を拡散させた後の、Fe(III) 型に調製したベントナイト

試料に対して μ -PIXE 分析を行い、試料中の元素分布を決定した。この結果、いずれの試料においても鉄酸化物または鉄水酸化物の生成を示唆する Fe の凝集領域がわずかであるが認められた。これらは Cl^- を収着し、その結果として Fe(III) 型ベントナイト試料中の Cl^- の見かけの拡散係数を低下させる可能性があるが、非放射性の Cl^- を拡散させた試料に対する μ -PIXE 分析では、 Cl^- の Fe への濃集は認められなかった。

④ 中性子共鳴吸収イメージング法

北海道大学の 45 MeV 電子直線加速器に設置したパルス状中性子源を利用した、中性子共鳴吸収イメージング装置を構築し、共鳴吸収ピークを有する In および Ta の酸化物を含む Al_2O_3 粉末を円筒状にした試料に対して CT 測定を行った結果、それら元素の分布と実効温度に関する情報を得ることが可能であることを確認した。

(2) バリア性能評価

① ベントナイト中の放射性核種の拡散挙動

拡散実験で得られた Cl^- の見かけの拡散係数が乾燥密度 1.0 Mg m^{-3} 、 $T=298 \text{ K}$ において塩濃度 $0 \sim 0.1 \text{ M}$ でわずかな増加を示すこと、X 線回折で 2 水分子層が検出される 0.1 M 以上ではほぼ一定の値を示すことを明らかにした。また、塩濃度 0.05 M および 0.1 M における拡散の活性化エネルギーはそれぞれ 13.0 および 14.3 kJ mol^{-1} と自由水中の値より低いことを明らかにした。これらは、ベントナイト中の陰イオンの拡散挙動に、ベントナイトの内部微細構造が影響を及ぼしていることを示唆するものである。

一方、Na 型ベントナイトの交換性陽イオンを徐々に Ca^{2+} イオンに置換した試料において、HT0 と Ca^{2+} イオンの見かけの拡散係数を求めた結果、乾燥密度 1.0 Mg m^{-3} における HT0 の見かけの拡散係数は Ca^{2+} イオンへの置換が進むにつれてわずかに増加した。これに対して、 Ca^{2+} イオンの見かけの拡散係数とその拡散の活性化エネルギーはほぼ一定であった。これは支配的な拡散プロセスが変わらないことを示唆しており、 Ca^{2+} イオンがモンモリロナイト層間位置を選択的に移行している可能性があることを意味している。

交換性陽イオンをすべて Fe^{3+} イオンに置換した、Fe(III) 型ベントナイト試料中の乾燥密度 1.6 Mg m^{-3} における Cl^- の見かけの拡散係数は、Na 型ベントナイトに対する報告値の $1/7 \sim 1/3$ となった。また、その温度依存性から得られた拡散の活性化エネルギーは 11.4 kJ mol^{-1} となった。この値は、Na 型ベントナイト中の値 (22.0 kJ mol^{-1}) および自由水中の値 (17.4 kJ mol^{-1}) よりも低い。 μ -PIXE 分析では、 Cl^- の Fe への濃集は認められなかったことから、ごく微量の Cl^- に対して収着による

遅延が起きているか、あるいは Cl^- イオンが層間の Fe^{3+} イオンと錯形成し、 FeCl_2^+ あるいは FeCl^{2+} として粘土層間に取り込まれることで移行が遅延している可能性が考えられた。

② Fe 型ベントナイトの透水挙動

調製前のベントナイト試料の交換性陽イオン量 ($110 \text{ meq}/100\text{g}$) に対して、調製した Fe(II) 型および Fe(III) 型試料の交換性陽イオン量は、それぞれ $110 \text{ meq}/100\text{g}$ (Fe^{2+} として換算)、 $142 \text{ meq}/100\text{g}$ (Fe^{3+} として換算) であった。これは Fe(II) 型試料ではほぼ全量がイオン交換されたこと、Fe(III) 型試料では一部の鉄が非晶質の水酸化物として残存していたことを示唆する。

Fe(II) 型試料に対して得られた透水係数は、乾燥密度 0.83 Mg m^{-3} において $5.5 \times 10^{-10} \text{ m s}^{-1}$ であった。また、Fe(III) 型試料に対しては、 $6.4 \times 10^{-9} \text{ m s}^{-1}$ (乾燥密度 0.8 Mg m^{-3})、 $3.2 \times 10^{-11} \text{ m s}^{-1}$ (乾燥密度 1.0 Mg m^{-3})、 $2.0 \times 10^{-13} \text{ m s}^{-1}$ (乾燥密度 1.2 Mg m^{-3}) であった。透水実験前後においてベントナイト試料から抽出された交換性陽イオン量に大きな差はなく、また Fe(II) 型試料の Fe(II)/Fe(total) 比は実験後も 100 % であった。これは、透水実験中に、Fe(II) の酸化を含む、ベントナイト試料の変質がなかったことを示している。

Fe(II) 型試料に対して得られた乾燥密度 0.83 Mg m^{-3} における透水係数は、Fe(III) 型試料に対する値より 1 桁程度低く、Na 型に対する報告値 ($4.6 \times 10^{-13} \text{ m s}^{-1}$) より 3 桁程度高い。一方、Fe(III) 型試料の透水係数は、乾燥密度 1.2 Mg m^{-3} 付近で Na 型試料の値とほぼ同じ値となった。Fe(III) 型試料は、不純物として鉄(酸水素)酸化物を含有しているが、その量は非常に微量であるため、透水特性への影響は無視できると考えられる。従って、低乾燥密度における Fe 型試料の高い透水係数は、交換性陽イオンの置換に起因すると考えられる。このことは、Fe 型試料が Na 型試料と比較して膨潤力が小さいことなどを考慮に入れて、今後詳細に検討する必要がある。

③ 軽石凝灰岩試料の透水挙動

軽石凝灰岩試料に人工地下水やイオン交換水、 0.5 M の NaOH 溶液を透過させた際の透水量は、 0.1 M の NaOH 溶液を透過させた場合に比べて大きな値となった。また、試験開始直後から試験終了時まで透水量が線形的に増加した 0.5 M の NaOH 溶液を透過させた場合を除くと、いずれの試験においても試験開始直後から単位時間あたりの透水量が時間とともに減少する傾向がみられた。ICP-AES を用いた岩試料透過後の透水液の化学分析では、いずれの試験においても K が検出された。その他、 0.1 M 及び 0.5 M の NaOH 溶液の透水液では Al、Si の溶出が確認された。こ

れらの結果ならびに X 線マイクロ CT 装置による内部微細構造観察結果から、 0.1 M の NaOH 溶液の低い透水性は下流側での空隙の閉塞または CSH ゲルの形成に起因している可能性が示唆された。一方、 0.5 M の NaOH 溶液の高い透水性は、鉱物の溶解反応や変質が 0.1 M の場合より顕著であったことによるものと考えられる。また、人工地下水及びイオン交換水での時間経過に伴う透水性の低下はスメクタイトなどの膨潤に起因している可能性が示唆された。

④ バリア材試料への有機 ^{14}C の収着挙動

バッチ試験に二重構造容器を用いることにより、微生物の代謝によって二酸化炭素へ分解される有機 ^{14}C 量、液相及び固相の ^{14}C 濃度を同時に決定することを可能とした。未滅菌試料のバッチ試験の結果、好気性及び嫌気性条件下で酢酸 ^{14}C は微生物代謝により二酸化炭素 ($^{14}\text{CO}_2$) に分解され、気相に移行していることが明らかになった。また、微生物活動が存在する系では、主に微生物による ^{14}C の同化などのプロセスによって ^{14}C が固相へ移行していることが考えられた。滅菌条件の異なる固相試料に対して見かけの分配係数 K_d を計算した結果、初期酢酸濃度 $1.2 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ において計算された分配係数 K_d は、滅菌試料に対しては $K_d = 0.26 \pm 0.18 \text{ mL g}^{-1}$ (軽石凝灰岩)、 $K_d = -0.42 \pm 0.12 \text{ mL g}^{-1}$ (Ca 型ベントナイト) であり、未滅菌試料では $K_d = 4.6 \pm 0.48 \text{ mL g}^{-1}$ (軽石凝灰岩)、 $K_d = 95 \pm 11 \text{ mL g}^{-1}$ (Ca 型ベントナイト) と滅菌の有無で異なる値が得られた。二重構造容器を用いたバッチ試験では、従来法では考慮されていなかった微生物代謝による二酸化炭素の発生量を評価することにより、 ^{14}C の気相への移行による分配係数の過大評価を避けることが可能となった。この結果、未滅菌試料の結果から求められた分配係数 K_d には、微生物代謝によって固相に取り込まれた ^{14}C の寄与も含まれていることが明らかになった。すなわち、酢酸 ^{14}C のバッチ試験において、微生物活動が存在する系で決定された酢酸 ^{14}C の分配係数は過大評価されている可能性が示唆された。一方、軽石凝灰岩を用いたバッチ試験結果から、嫌気性条件においても微生物による酢酸 ^{14}C の速やかな分解が存在することが明らかになった。すなわち、処分環境において廃棄体から放出される酢酸 ^{14}C は天然バリア中に存在する微生物により無機化される可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

① M. Rajib, T. Sasaki, T. Kobayashi, Y.

- Miyauchi, I. Takagi, H. Moriyama, Analysis of sorption behavior of cesium and iodide ions on pumice tuff, Journal of Nuclear Science and Technology, 査読有, 48, 2011, 1-8.
- ② S. Tomioka, T. Kozaki, H. Takamatsu, N. Noda, S. Nisiyama, N. Kozai, S. Suzuki and S. Sato, Analysis of microstructural images of dry and water-saturated compacted bentonite samples observed with X-ray micro CT, Applied Clay Science, 査読有, 47, 2010, 65-71.
- ③ T. Kozaki, T. Sawaguchi, A. Fujishima and S. Sato, Effect of exchangeable cations on apparent diffusion of Ca²⁺ ions in Na- and Ca-montmorillonite mixtures, Physics and Chemistry of the Earth, 査読有, 35, 2010, 254-258.
- ④ H. Ito, N. Miyasaka, T. Kozaki and S. Sato, A Study on Hydraulic Properties of Compacted Fe(III)-montmorillonite, Journal of Nuclear Science and Technology, 査読有, 47, 2010, 1005-1010.
- ⑤ J. Manjanna, T. Kozaki and S. Sato, Fe(III)-montmorillonite: Basic properties and diffusion of tracers relevant to alteration of bentonite in deep geological disposal, Applied Clay Science, 査読有, 43, 2009, 208-217.
- ⑥ T. Kamiyama, N. Miyamoto, S. Tomioka and T. Kozaki, Epithermal neutron tomography using compact electron linear accelerator, NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS SPECTROMETERS DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, 査読有, 605, 2009, 91-94.
- ⑦ T. Kobayashi, T. Sasaki, I. Takagi, H. Moriyama, Solubility of thorium(IV) in the presence of oxalic and malonic acids, Journal of Nuclear Science and Technology, 査読有, 46, 2009, 1085-1090.
- [学会発表] (計25件)
- ① 知場一訓, 横地琢哉, 小崎完, 佐藤正知, 宮内善浩, 香西直文, 大貫敏彦, 堆積岩中の酢酸形 C-14 の分配挙動; 硝酸塩添加時の微生物影響, 日本原子力学会 2011 年秋の大会, 2011 年 3 月 28-30 日, 福井大学.
- ② 宮坂直行, 吉一仁, 小崎完, 佐藤正知, 香西直文, 佐藤隆博, 放射性廃棄物地層処分バリア材料の微細構造とそこでの物質移行に関する研究, 第 5 回高崎量子応用研究シンポジウム, 2010 年 10 月 14-15 日, 高崎市.
- ③ T. Kozaki, Current studies on diffusion behaviors of nuclides in bentonite, Bentonite Workshop on Physics and Chemistry of Bentonite for Radioactive Waste Disposal, 2010 年 9 月 18 日, 北海道大学.
- ④ I. Khalil, T. Kozaki, S. Sato, Diffusion of Cs⁺ in bentonite at high NaCl concentration, 日本原子力学会 2010 年秋の大会, 2010 年 9 月 15-17 日, 北海道大学.
- ⑤ I. Khalil, T. Kozaki, S. Sato, Migration of Cs⁺ through MX-80 bentonite under different ionic concentration, International conference on Environmental aspects of Bangladesh, 2010 年 9 月 4 日, 北九州市立大学.
- ⑥ 小林大志, 佐々木隆之, 森山裕丈, 4 価金属水酸化物の溶解度に及ぼす有機酸の影響 (4), 日本原子力学会 2010 年春の年会, 2010 年 3 月 26-28 日, 茨城大学.
- ⑦ 小池隆太郎, 宮坂直行, 小崎完, 佐藤正知, マイクロフォーカス X 線 CT による堆積岩の内部微細構造観察, 日本原子力学会 2010 年春の年会, 2010 年 3 月 26-28 日, 茨城大学.
- ⑧ 吉一仁, 宮坂直行, 小崎完, 佐藤正知, 伊藤弘志, 香西直文, 鉄-ベントナイト相互作用の研究: Fe(II)型モンモリロナイトの透水係数, 日本原子力学会 2010 年春の年会, 2010 年 3 月 26-28 日, 茨城大学.
- ⑨ T. Goto, T. Kozaki, S. Sato, Effects of dry density and salinity on Cl⁻ diffusion in compacted Na-montmorillonite, 4th International Meeting of Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement, 2010 年 3 月 29 日-4 月 1 日, ナント、フランス.
- ⑩ N. Miyasaka, K. Yoshi, T. Kozaki, S. Sato, H. Ito, N. Kozai, Modified preparation methods of Fe-type montmorillonite, 4th International Meeting of Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement, 2010 年 3 月 29 日-4 月 1 日, ナント、フランス.
- ⑪ 後藤考裕, 牛来将明, 小崎完, 佐藤正知, 圧縮ベントナイト中の Cl⁻イオンの拡散挙動に及ぼす塩濃度の影響, 日本原子力学会北海道支部第 27 回研究発表会, 2009 年 12 月 14 日, 北海道大学.

- ⑫ 宮坂直行, 小池隆太郎, 吉一仁, 小崎完, 佐藤正知, 香西直文, 佐藤隆博, 放射性廃棄物地層処分バリア材料の微細構造と元素再分配に関する研究, 第4回高崎量子応用研究シンポジウム, 2009年10月8-9日, 高崎市.
- ⑬ 野田雅紀, 佐々木隆之, 森山裕丈, 花崗岩鉱物に対する3価金属イオンの吸着分配係数の測定と解釈, 日本原子力学会2009年秋の大会, 2009年9月16-18日, 東北大学.
- ⑭ 吉一仁, 宮坂直行, 小崎完, 佐藤正知, 香西直文, 伊藤弘志, ニトリロ三酢酸鉄(II)溶液を用いたFe(II)型モンモリロナイト調製手法の改良, 日本原子力学会2009年秋の大会, 2009年9月16-18日, 東北大学.
- ⑮ 横地琢哉, 小崎完, 佐藤正知, 原彬博, 中澤俊之, 加藤博康, 宮内善浩, 長岡亨, 嫌気性条件下における有機¹⁴Cの堆積岩への吸着挙動に及ぼす微生物影響, 日本原子力学会2009年秋の大会, 2009年9月16-18日, 東北大学.
- ⑯ 後藤考裕, 牛来将明, 小崎完, 佐藤正知, 圧縮Na型モンモリロナイト中のCl⁻の拡散挙動に及ぼす塩濃度の影響, 日本原子力学会バックエンド部会「夏期セミナー」, 2009年7月29-31日, 旭川市.
- ⑰ 小池隆太郎, 高松英則, 野田菜摘子, 小崎完, 北市雅敏, 富岡智, 佐藤正知, X線マイクロCT法による圧縮ベントナイトおよび堆積岩の内部微細構造観察, 日本原子力学会バックエンド部会「夏期セミナー」, 2009年7月29-31日, 旭川市.
- ⑱ T. Kozaki, Microstructures of compacted bentonite and Diffusion of RNs, Workshop on Mechanistic Understanding of Radionuclide Migration in Compacted/Intact Systems, 2009年1月22日, 東海村.
- ⑲ T. Kozaki, N. Kozai, S. Sato, Effect of exchangeable cations on performance of bentonite buffer, International Workshop for the Iron-Bentonite Interaction, 2008年11月19日, 金沢大学.
- ⑳ 富岡智, 西山修輔, 小崎完, 佐藤正知, 圧縮ベントナイトに対して得られたX線マイクロCT画像の解析, 可視化情報学会全国講演会, 2008年10月11-12日, 釧路市.
- ㉑ 小池隆太郎, 小崎完, 高松英則, 野田菜摘子, 北市雅敏, 富岡智, 西山修輔, 佐藤正知, 高レベル放射性廃棄物地層処分バリア材料のX線マイクロCT観察, 可視化情報学会全国講演会, 2008年10月11-12日, 釧路市.
- ㉒ 香西直文, 大貫敏彦, 酒井卓郎, 佐藤隆博, 鉱物・微生物への元素吸着挙動研究におけるマイクロPIXE分析法の適用, 可視化情報学会全国講演会, 2008年10月11-12日, 釧路市.
- ㉓ 加美山隆, 池田篤司, 岩佐浩克, 鬼柳善明, 中性子共鳴吸収イメージング法による核種の拡散の観察, 可視化情報学会全国講演会, 2008年10月11-12日, 釧路市.
- ㉔ 伊藤弘志, J. Manjanna, 小崎完, 佐藤正知, 鉄型モンモリロナイトの調製とその特性評価, 第52回粘土科学討論会, 2008年9月4日, 那覇市.
- ㉕ A Hara, T. Kozaki, S. Sato, T. Nakazawa, H. Kato, The effect of microbial activities on sorption behavior of organic ¹⁴C, Goldschmidt2008, 2008年7月18日, バンクーバー, カナダ.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小崎 完 (KOZAKI TAMOTSU)
北海道大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：60234746

(2) 研究分担者

富岡 智 (TOMIOKA SATOSHI)
北海道大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：40237110
西山 修輔 (NISUYAMA SHUSUKE)
北海道大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：30333628
加美山 隆 (KAMIYAMA TAKASHI)
北海道大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：50233961
佐々木 隆之 (SASAKI TAKAYUKI)
京都大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：60314291
香西 直文 (KOZAI NAOFUMI)
日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センター・研究主幹
研究者番号：80354877