

令和 2 年 5 月 19 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01371

研究課題名(和文)核種閉じ込め機能を冠水流動場において自己発現するセメント系バリアの開発

研究課題名(英文)Development of Cement System Barrier Generating Self-confinement Function of Nuclide in a Saturated Groundwater Flow Field

研究代表者

新堀 雄一(Niibori, Yuichi)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：90180562

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,300,000円

研究成果の概要(和文)：地下水による冠水流動場において、放射性廃棄物の地下処分施設からの核種の漏出を遅延させるセメント系バリアの開発を行った。その結果、処分場の構築に必要なセメントからのカルシウムイオンの溶出により、二次鉱物としてゲル状のカルシウムシリケート水和物(CSH)が流動場に形成されること、また、ヨウ化物およびヨウ素酸イオンとともにCSHとの相互作用を持つことが明らかになった。さらに流動場におけるCSHの生成に伴う地下水の透水性の低下により、CSHはヨウ素に対して従来評価の10倍以上の閉じ込め効果を生み、淡水系地下水ではセメントの細骨材としてハイドロタルサイトの添加がその効果をさらに向上させることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果の学術的意義は、CSHが地下の冠水環境のような自由水を多く含む環境において二次鉱物として流動場に生成し、地下水の浸透性を抑え、CSHの安定化によるヨウ素との化学的な相互作用を明らかにしたことにある。その社会的意義は、本研究成果が地下冠水環境における放射性廃棄物の管理・処分システムの核種閉じ込めに大きく寄与する点にある。ヨウ素(1)の中でI-129は1,570万年の半減期を持ち、これまで地下水による移行を如何に抑えるかが課題であった。本成果では、二次鉱物のCSHがその閉じ込め性を有することに加えて、処分施設の建設時に用いるセメントの細骨材の選択とその有用性の整理にも貢献する。

研究成果の概要(英文)：A cement-based barrier that retards the leakage of nuclides from the underground disposal facility for radioactive waste in a saturated flow-field with groundwater was developed in this study. The experimental data showed that calcium silicate hydrate (hereinafter referred to as the CSH gels) forms as a secondary mineral under a highly alkaline and flow condition, due to the elution of calcium ions from the cement necessary for the construction of the repository and the dissolution of silicic acid from the groundwater flow-paths. Besides it was figured out that the CSH gels lead a confinement function against iodide and iodate ions which is ten times or more than that conventionally assigned, because of both the decrease in the permeability of groundwater associated with the formation of the CSH gels and the chemical reactions. Moreover, the addition of hydrotalcite (HT) as a fine aggregate of cement can further improve their confinement effect under a freshwater groundwater condition.

研究分野：原子力バックエンド

キーワード：原子力エネルギー バックエンド 放射性廃棄物 地下管理・処分システム セメント系材料 地下冠水環境 カルシウムシリケート水和物 ヨウ素

様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

処分システムにおけるこれまでの人工バリアは、特に陰イオンの核種(オキソ酸イオンを含む)を閉じ込める機能が脆弱であり、たとえば TRU 廃棄物(長半減期低発熱放射性廃棄物)では、ヨウ素(¹²⁹I, 半減期 1,570 万年)などの陰イオン核種の移行を如何に抑えるかが課題となっている。一方、放射性廃棄物の処分場は高・低レベルともに、その建設に多量のセメントを必要とする。そこで、本研究では、陰イオン核種の移行を抑制するために、処分場の建設に不可欠なセメント系材料の変質を考慮して、その核種閉じ込め機能を地下水流動場において明らかにする。

本研究の実施者はこれまで、セメントの主要構成物であるカルシウムシリケート水和物($x\text{CaO}-\text{SiO}_2-y\text{H}_2\text{O}$, 以下、CSH と呼称する)の安定化と核種の取り込みとの関係について、液相の核種濃度の変化、核種を含む固相(CSH)のラマンスペクトル、蛍光寿命および比表面積の変化を追跡し、その定量化を行ってきた。その結果、CSH はイオン形態の核種との接触により、自ら構造を変化させ、より安定になることが明らかになった[1]。この固有フィードバック機能はイオン交換とは異なる機構であり、これまでの国内外の研究では見出されていない。これは、既往研究における核種との相互作用の検討では溶液中で合成した CSH を一旦乾燥させており、乾燥過程に伴う自由水の排除が CSH の本来有する核種閉じ込め機能を喪失させていたことに起因する。

2. 研究の目的

実施者のこれまでの成果は、前述のように、Ca/Si モル比に依存して安定性の異なる CSH が、他のイオンを取り込みながらより安定な構造に変化することを、地下の冠水環境を考慮して乾燥過程を経ない実験系から明らかにした点にある。特に、Si-O 四面体と Ca-O 層からなる層状構造に層間水を有する CSH は冠水条件でゲル状になり、核種の取り込みにより安定化が進行する。

本研究では、深地下の処分環境のような液固比(ここでは固相の質量に対する地下水の質量)の小さい環境、かつ、淡水系や塩水系地下水が流動している状態に着目し、それらの条件のもとで、現状の 10 倍以上の核種閉じ込め機能(核種移行速度を 1/10 にする機能)を処分場周囲に発現するセメント系バリアの開発を目的とする。

3. 研究の方法

放射性廃棄物の埋設環境は地下水に飽和された「冠水地下環境」であり、セメント成分の周囲に自由水および固相が存在することを特徴とする。本研究では、冠水流動場における「核種取り込みによるセメント系材料の自己修復機能のメカニズム」と「その安定性」について、研究期間において、次の(1)~(3)を明らかにし、それらを核種閉じ込め機能の観点から総合的に評価する。

(1) セメント系バリアの流動場における核種閉じ込めの安定性

処分場周辺の流動場におけるカルシウムシリケート水和物(CSH)の形成過程と、核種との相互作用を明らかにする。ここでは、評価指標として、核種移行が地下水の流れに比較してどの程度遅延するかを表す核種移行の遅延係数 $R_d (=1+\{(1-\varepsilon)/\varepsilon\}K_d\rho_s)$ 、ここで ε は間隙率(単位体積あたりの間隙体積)、 K_d は吸着分配係数(液相中の核種濃度[mol/m³]に対する固相中の核種濃度[mol/kg])、 ρ_s は固相密度[kg/m³)を用いる。本研究では、核種の固相(CSH)への吸着分配係数 K_d の増加のみならず、形成した CSH が流路そのものを狭めることによる間隙率 ε の減少、それに伴う流動場の透水性の低下、加えて、形成した CSH の安定性について評価する。

(2) 核種閉じ込め機能のメカニズム

液固比、Ca/Si モル比および NaCl 濃度(海水系地下水と淡水系地下水を考慮)を主な実験パラメータとして、CSH とヨウ化物イオン(I⁻)およびヨウ素酸イオン(IO₃⁻)との相互作用を、溶液分析やラマン分光分析に加え、蛍光分光分析、熱量分析等により調べ、Cs や Eu などの陽イオンとの相互作用と比較しながら核種取り込みのメカニズムを明らかにする。

(3) 最適なセメント組成および細骨材の組み合わせ

(1)および(2)より得られた知見に加え、CSH の核種取り込み機能を増強させる細骨材添加の効果を検討し、高・低レベルの各廃棄体に含まれる核種と処分形態を考慮して、上述の遅延係数が現状の 10 倍以上となる核種の閉じ込めに最適な Ca/Si モル比のセメント成分と細骨材との組み合わせを明らかにする

4. 研究成果

(1) セメント系バリアの流動場における核種閉じ込めの安定性

液固比の小さい流動場を実現するために、図 1 に示すマイクロフローシステムを用いて初期 80 μm 幅の流路を構築し、そこに Ca イオン含有高アルカリ溶液を連続的に注入することにより、花崗岩表面におけるカルシウムシリケート水和物(以下、CSH と略記)の形成過程を追跡した。実験では、図 1(a)に示すようにブロック状の岩石試料(花崗岩)とテフロンブロックを重ね、両者の間に厚み 80 μm のテフロンシート(図 1(b))を挟み込んだ。テフロンシートにはスリット($x_1=60$ mm, $w=5$ mm)を入れるとともに、テフロンブロックにはスリットに溶液を導く流路と排出する流路があり、岩石試料表面に 80 μm 幅の亀裂流路を再現する(一般に岩石中の亀裂幅は 0.1 mm と言われる)。本研究では、この流路に Ca イオンを含む高アルカリ溶液(pH 12.0 以上)を連続的に注入し、図 1(c)に示すように差圧計を用いて流路の透水性をモニタリングした。注入溶液は、前述のように処分場を構築するセメント系材料によってもたらされる高アルカリ地下水を模擬してい

る。図 2 のデジタルマイクロスコブ観察結果は、(a)実験前の比較的平滑な花崗岩の局所表面と、(b)CSH が析出した実験後のその表面の状態を示している。花崗岩は石英(40 w%)、曹長石/灰長石(22.5 w%)、微斜長石(22.5 w%)、黒雲母(5 w%)および不純物からなるケイ酸塩鉱物であるため高アルカリ条件下で Si を溶出し、そこに Ca が供給されると CSH が析出する。

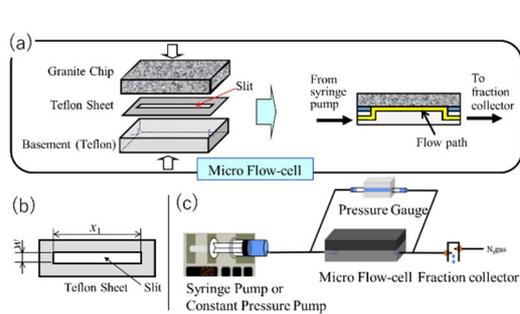


図 1 マイクロフローセルによる亀裂流動場 (a)セルの構造, (b)スリット詳細, (c)全体概要

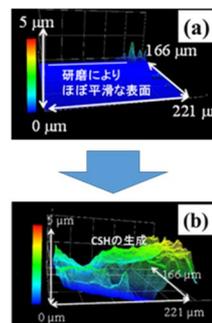


図 2 花崗岩表面の析出の様子 (a)析出前, (b)析出後

図 3(a)に、実験結果の一例として、流量 0.6 mL/h で Ca イオン含有高アルカリ溶液をマイクロフローセルへ注入した際の浸透率の減少過程を示す。ここで、浸透率はダルシー則($u_d = - (k/\mu)\partial p/\partial x$, u_d : ダルシー流体流速[m/s], k : 浸透率[m²], μ : 流体の粘度[Pa·s], $\partial p/\partial x$: 圧力勾配)を用いて求めた。図 3 から分かるように、浸透率が初期の 1/5 程度に減少し、その過程では図中に示す円の部分のように浸透率の増減がある。これは、本実験では一定流量で送液したために、浸透率が低くなると流入圧力が上昇し、ゲル状の析出物である CSH が系外に押し出されたことによる。実際の地下水の場合は圧力勾配が一定であるため、浸透率の増減は頻繁には生じず、流速は徐々に低下することが考えられる。

本研究では、これらの浸透率 k を用いて、流動場の有効亀裂幅 b_t [m] を求めた。一般に、流路が平行平板で模擬される場合、 $k = b_t^2/12$ の関係がある。例えば、図 3(a)の初期の浸透率 k を 5.0×10^{-10} m² とすると初期の有効亀裂幅 b_0 は 77 μm 程度となり、80 μm 厚のテフロンシートを挟み込んだ花崗岩およびテフロンブロックを万力で締め上げた場合に形成された流路幅と一致する。さらに、有効亀裂幅の変化($b_0 - b_t$)は、CSH の析出量[kg]と見かけの析出速度定数 k_R [m/s] を用いて、 $\rho_s S_a (b_0 - b_t) = S_a k_R C_{Ca} t$ と関連付けることができる。ここで ρ_s は CSH の密度[mol/m³]であり、ゲルに近い状態の水和物であることを考慮して、大気圧下室温における水の密度で近似する。また、 S_a は析出する花崗岩表面の面積 [m²]、 C_{Ca} は Ca イオンの濃度 [mol/m³] である。 C_{Ca} の値は、注入する溶液の Ca イオン濃度を 0.3 ~ 0.8 mM の範囲で設定した本実験において、流出口の濃度も同様であったため、Ca イオンは流路に十分多く供給されたものとして、その濃度を一定として扱う。なお、排出口での pH の値も流入溶液のそれとほぼ一致した。ここでこの関係式の意味を改めて確認すると、その左辺は亀裂幅の変化から求めた CSH の析出量であり、右辺は析出速度に時間 t を乗じて求めた析出量となる。この関係式を変形すると、図 3(b-1)のように b_t の時間変化から k_R を求めることができる。

図 3(b)は流量と見かけの析出速度定数 k_R の関係である。流量が大きくなると見かけの析出速度定数が減少するのは、前述の析出した CSH の一部が圧力の上昇によって流出する傾向が大きくなることに調和する。さらに一般化するために流量をレイノルズ数 Re で考えると、図 3(b)中の流量は $Re = 0.6 \sim 60$ に相当する。 $Re = 0.6$ の場合の見かけの析出速度定数と比較して $Re = 60$ の場合は一桁小さい値となるものの、実際の地下水流動($Re = 1.0$ 以下)において、亀裂内に CSH が安定に形成されることを確認できる。加えて、CSH の析出速度が Ca イオン濃度や pH(11)に依存しないことや、CSH 内の Ca イオンの拡散速度が花崗岩からのケイ素(Si)の溶出速度と比べて大きいことから、Si の溶出が CSH の形成を律速していることも明らかになった。このことは、形成される CSH の成長は、Ca 供給側の液相と CSH との境界からではなく、Si 供給側の花崗岩試料表面から進行することを意味する。すなわち、析出した CSH により花崗岩が覆われても、CSH の形成は継続され、亀裂内の浸透性は減少する。このことは、研究計画時に予想した以上の成果と言える。

(2) 核種閉じ込め機能のメカニズム
CSH への収着実験において、ヨウ化物イオン(I⁻)とヨウ素酸イオン(IO₃⁻)との比較では、後者の方が CSH と強い相互作用を示した。この違いは、ヨウ化物イオンが層間水に溶存する形で CSH

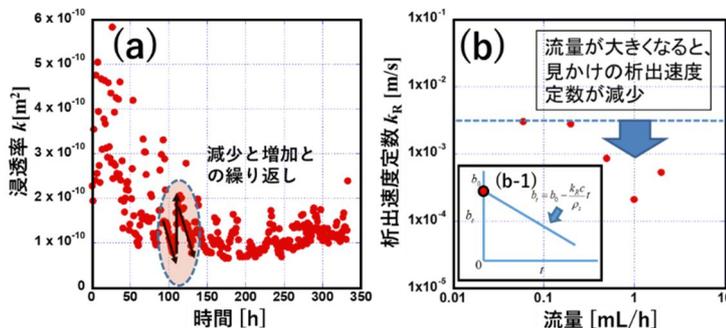


図 3 流量 0.06 mL/h の場合における浸透率の経時変化(a)と析出速度定数と流量との関係(b)

中に取り込まれるのに対し、ヨウ素酸イオンはヨウ素酸カルシウムイオンを生成して CSH 内の Si-O 四面体と相互作用するためであることが明らかになった。

図 4 に CSH の養生時間および Ca/Si モル比を実験パラメータにしたヨウ素の収着分配係数変化を示す。なお、図 4 は CSH 調整時に各イオンを加えた共沈条件の収着実験結果である。図 4(b)中の養生時間 7 日のヨウ化物イオンの収着分配係数は CSH 構造の不安定さが反映されて低下したが、その他は養生時間の依存性は生じなかった。また、図 4 から分かるように、何れの場合も収着分配係数は 1.0 ml/g 以上となり、ヨウ素酸イオンの場合

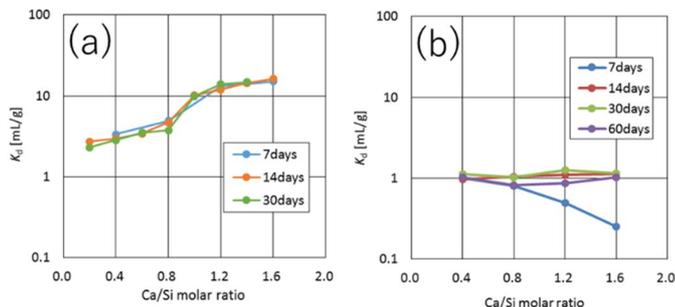


図 4 CSH の Ca/Si モル比とヨウ素の収着分配係数 K_d との関係：(a)ヨウ素酸イオン，(b) ヨウ化物イオン

には Ca/Si モル比 1.0 以上で 10 ml/g 以上を示した。従来の安全評価において天然バリア(母岩)に対する ^{129}I などヨウ素の収着分配係数は 0.1 ml/g[2]とされており、本研究の値は 10 倍以上となった。これらの傾向は塩水条件(NaCl 濃度 0.6 M まで)においても同様であった。但し、Al を含有する CSH の場合、Al 割合の増加に伴い Ca イオンが液相側へ溶出し、ヨウ素酸イオンの収着量が相対的に減少した。このことは、ヨウ素酸イオンの CSH への収着は Ca を介在した静電的な収着が主であることに調和的である。また、ヨウ化物イオンの場合には Al 添加の影響は限定的であり、これはヨウ化物イオンが層間水とともに固相側に存在することと整合する。これらの傾向は、ヨウ化物イオンの濃度(0.5 mM ~ 50 mM の範囲)で同様に確認された。なお、回分式のような閉じた実験系において見かけの収着分配係数 K_d が 1.0 mL/g 以上となっても、地下環境のような処分場の周辺に常に地下水流がある開放系では、地下水と CSH 内の層間水が置換されることも考慮する必要がある。そのような場合も、研究成果(1)に示したように、CSH は、花崗岩表面に生成し、地下水流自体を抑える核種閉じ込め機能を持つ。

他方、陽イオンである Cs および Eu と CSH との相互作用は Ca/Si モル比に顕著に依存することが明らかになった。また、Eu について、示差走査熱量およびラマン分光分析より収着に伴う CSH 構造の変化は生じないことを示すとともに、蛍光分析より Eu が加水分解による沈殿ではなく CSH へ取り込まれて安定化することを確認した。Al は CSH 構造を変化させながら取り込まれるため、Eu と同じ 3 価の陽イオンであっても CSH との相互作用は大きく異なる。

(3) 最適なセメント組成および細骨材の組み合わせ

研究成果(1)および(2)に得られた結果に加え、CSH の核種取り込み機能を増強させる細骨材の効果を検討した。本研究では、陰イオン核種に有効なハイドロタルサイト(以下、HT と略記)を細骨材の一部に添加することを想定した。HT の層間の陰イオンである炭酸成分は、加熱することによりその構造を分解しながら脱離するが、含水させると構造が復元することを X 線回折により確認した。このように調整した HT は、競合する陰イオン(Cl⁻)を含む海水系地下水に比べて、淡水系地下水において、より多くのヨウ素を収着することが明らかになった。次に、HT とヨウ素(ヨウ化物イオン)との相互作用を CSH と共存させた系で検討を行った。その結果、ラマン分光分析および X 線回折より、HT と CSH が相互作用をすることなく個々に存在すること、また、HT の pH 緩衝効果による CSH の若干の構造変化があるものの相互に大きな影響は及ぼさないことが明らかになった。さらに、実験結果は HT へのヨウ化物イオンの収着は塩素など他の陰イオンと競合することを示した。地下水が常に流動していることを考慮すると、前述のように CSH 中の層間水は容易に交換されることから、塩化物イオンが少ない淡水系地下水の場合、セメント系材料に細骨材として HT を組み合わせることが、ヨウ化物イオンの閉じ込めに効果的である。この傾向は、CSH の Ca/Si モル比 0.4 ~ 1.6 の範囲で見られ、Ca 溶脱などのセメント系材料の変質の度合いに依存しない。すなわち、特定の Ca/Si モル比を選定し、その組成を長期間保持しなくとも、HT はヨウ化物イオンの閉じ込めに有効であることを意味する。

(4) 核種閉じ込め機能の観点からの総合評価

研究成果(1)および(2)において言及したように、CSH と核種との化学的相互作用のみならず、CSH が固相として存在することによる物理的なバリアとしての効果の双方を評価する必要がある。そこで、本研究のまとめとしてこれらを統合した総合評価を行った。

核種移行の基礎方程式は、一般に、移行方向 x として 1 次元で表すと次式となる。

$$\varepsilon \frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{u}{R_d} \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{D_e}{R_d} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \lambda c \quad (1)$$

ここで、 c は着目核種の濃度[mol/m³]、 R_d は前述の遅延係数[-]、 u は亀裂内のダルシー流体流速[m/s]、 D_e は有効分散係数[m²/s]、 λ は着目核種の崩壊定数[1/s](ここでは簡単のために親核種から着目核種への崩壊は無視している)、そして t は時間[s]である。核種との化学的相互作用がない収着分配係数 $K_d=0$ の場合、前述の定義である遅延係数 $R_d=(1+(1-\varepsilon)/\varepsilon)K_d\rho_s$ の値は 1 となる。この場合、分散効果を移流項に比較して小さいとすると核種は地下水と同じ速度で移動するこ

となる。一方、 $K_d > 0$ となると $R_d > 1$ となり、見かけ上 u や D_e を 1 より大きな数値で除する形となり、核種が地下水の流動に比べて遅延して移行することになる。本研究では間隙率 ε の変化に着目していることから、遅延係数に間隙率を掛け、移行速度を支配する $u/(\varepsilon R_d)$ の値（移流項の係数）を整理する。ここでは、移流項は分散項（右辺第 2 項）の 10 倍の寄与があること、また、核種崩壊の速度は移流項や拡散項に比較して十分小さいこと、さらに、間隙率は時間によって変化するが擬定常状態近似が成立し、流れ方向では一様で有効な値で代表されるとしている。一般に、遅延効果は ε を固定して考え、遅延係数 R_d によってのみで評価されるが、 ε が時間により変化する場合、双方の変化を考慮する必要がある。

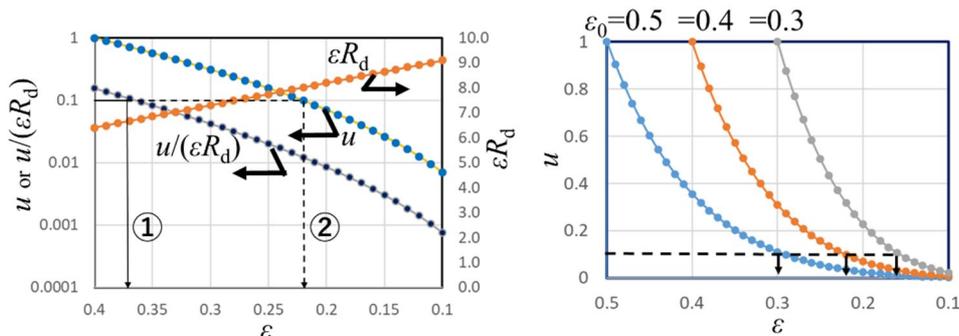


図 5 CSH 形成に起因する間隙率 ε の減少と移行速度に及ぼす各パラメータとの関係
 左図：初期間隙率 0.4, $K_d=10$ ml/g の場合、右図：初期間隙率をパラメータにした際の正規化
 流速（各初期間隙率時の流速によって正規化）と間隙率との関係

図 5 左図は、CSH に対するヨウ素酸イオン収着の場合 ($K_d=10$ ml/g, ρ_s の値はゲル状であるため前述のように水の密度 1.0 g/ml を与える)において、浸透率を Kozeny-Carman の式によって地下環境の圧力勾配一定条件下で近似し、 u , εR_d および $u/(\varepsilon R_d)$ と ε との関係を示したものである。ここでの流速 u は初期間隙率 ε_0 の流速で除して正規化された無次元流速[-]とする。仮に、固相との化学的相互作用がなく、また、間隙率の低下がない場合、核種の移行速度は流速と等しく、正規化された流速 1.0 となる。図 5 左図より、間隙率が初期間隙率 $\varepsilon_0=0.4$ から CSH の析出によって減少すると、流速 u も減少し、かつ $\varepsilon R_d(=\varepsilon+(1-\varepsilon)K_d\rho_s)$ の値が上昇することが分かる（核種は、局所平衡により液相側に εc 、固相側に $(1-\varepsilon)K_d\rho_s c$ の濃度をもって存在するため、 ε が減少するとより多く固相側に存在する）。そして、それら双方を考慮した $u/(\varepsilon R_d)$ の値が 0.1 になると核種移行速度は流速に比べ 1/10 となり、本研究の目標である 10 倍の核種閉じ込め機能を持つ。

図 5 左図中に示すように、 $K_d=10$ ml/g の場合、間隙率が 0.4 から 0.36 へと一割小さくなることにより核種移行速度は 0.1 になる（初期間隙率 0.4 においても薄膜の CSH に固相が覆われると、その時点で、化学的相互作用により $u/(\varepsilon R_d)$ の値は 0.2 となり、さらに間隙率の 1 割の低下により $u/(\varepsilon R_d)$ の値が 0.1 になる）。他方、 $K_d=1.0$ ml/g であった場合、 $\rho_s=1$ g/ml であると εR_d は $\varepsilon+(1-\varepsilon)$ となり、間隙率の変化に依存せずに一定の値になる。その場合、 $u/(\varepsilon R_d)$ の値が 0.1 になるためには、流速 u 自体が 0.1 になる必要がある。それを示すのが図 5 左図中の である。この場合も初期間隙率が 1/2 程度になると流速 0.1 を実現することができる。なお、図 5 左図は初期間隙率を 0.4 とした場合であるが、図 5 右図に示すように、初期間隙率が 0.3, 0.4 および 0.5 の場合でも、初期から 1/2 ~ 2/3 程度の間隙率低下が生じた際に流速が 0.1 となるため、 $K_d=1 \sim 10$ ml/g の範囲ではおおそ図 5 左図の傾向に従う。

さらに、亀裂を平行平板と仮定して考える場合、間隙率 ε はある時間の流路幅 b_t と初期の流路幅 b_0 により $\varepsilon=(b_0-b_t)/b_0$ で表され、初期の流速により正規化された流速 u は、前述の浸透率 $k=b^2/12$ より、圧力勾配一定条件下で $u=b_t^2/b_0^2$ となる。これらの式より $u=(1-\varepsilon)^2$ となり、間隙率が初期の値のおおよそ 2/3 に減少すると u が 0.1 となる。換言すれば、CSH が流路を完全に閉塞しなくても目標の核種閉じ込め機能を持つことを意味している。

これらの知見より、CSH による化学的および物理的なバリアは核種移行速度を 0.1 にし、核種閉じ込め機能を容易に 10 倍にすることが確認できる。なお、研究成果(3)に述べたように、ヨウ化物イオンについては、CSH 中の層間水が流動する地下水と容易に交換することから、競合する陰イオンが少ない淡水系地下水の場合、セメント系材料に細骨材として HT を組み合わせることが核種閉じ込め性能の向上に有効である。また、Cs や Eu のような陽イオン核種に対しては、CSH が二次鉱物として安定に存在する Ca/Si モル比 0.8 において K_d は 10 ml/g 以上の K_d が得られ、それらの核種の閉じ込めにも CSH は貢献する。

<引用文献>

- 新堀雄一：自己修復機能を地下冠水環境において発現する核種閉じ込めセメントバリアの創成を目指して、科研費 NEWS 2017 年度(4), (2018), 12.
- 電事連・核燃料サイクル開発機構：TRU 廃棄物処分技術検討書(2 次とりまとめ) (2005).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Tsuyoshi Sasagawa, Taiji Chida and Yuichi Niibori	4. 巻 98
2. 論文標題 Deposition rate of supersaturated silicic acid on Na-type bentonite as a tunnel backfill material	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Geochemistry	6. 最初と最後の頁 377-382
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.apgeochem.2018.08.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Taiji Chida, Masayuki Hayashi, Yuichi Niibori	4. 巻 Paper No. 19165
2. 論文標題 Alteration of Granite Surface with the Formation of Calcium-Silicate-Hydrate by Alkaline Groundwater	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of WM2019 (HLW, TRU, LLW/ILW, Mixed, Hazardous Wastes & Environmental Management)	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yayoi Taneichi, Taiji Chida, Yuichi Niibori	4. 巻 Paper No. 19222
2. 論文標題 Estimation of Sorption Behavior of Europium onto Ca-Al-Si Hydrate by Fluorescence Analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of WM2019 (HLW, TRU, LLW/ILW, Mixed, Hazardous Wastes & Environmental Management)	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Rintaro Nagahora, Yuichi Niibori, Taiji Chida	4. 巻 Paper No. 19310
2. 論文標題 Preliminary Study on Sorption Behavior of Iodine on Ca-Al-Si Hydrate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of WM2019 (HLW, TRU, LLW/ILW, Mixed, Hazardous Wastes & Environmental Management)	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Naoya Hara, Taiji Chida, Yuichi Niibori	4. 巻 Paper No. 18068
2. 論文標題 Fundamental Study on Effects of Borate on the Sorption of Cesium ions to Calcium Silicate Hydrate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of WM2018 (HLW, TRU, LLW/ILW, Mixed, Hazardous Wastes & Environmental Management)	6. 最初と最後の頁 1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hayato Onodera, Taiji Chida, Yuichi Niibori	4. 巻 Paper No. 18176
2. 論文標題 Sorption Behavior of Iodate Ions on Calcium Silicate Hydrate under a High Saline Condition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of WM2018 (HLW, TRU, LLW/ILW, Mixed, Hazardous Wastes & Environmental Management)	6. 最初と最後の頁 1~13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takenori Ozutsumi, Masayuki Kogure, Yuichi Niibori, Taiji Chida	4. 巻 5
2. 論文標題 Fundamental Study on Transport Model for Radionuclides Under Unsaturated Condition around Near-Surface Underground	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MRS Advances	6. 最初と最後の頁 223-232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/adv.2020.54	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Taiji Chida, Naoya Hara, Yuichi Niibori	4. 巻 Paper No. 20148
2. 論文標題 Influence of Borate on Sorption of Strontium and Barium to Calcium Silicate Hydrate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of WM2020 (HLW, TRU, LLW/ILW, Mixed, Hazardous Wastes & Environmental Management)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kengo Suto, Taiji Chida, Yuichi Niibori	4. 巻 Paper No. 20172
2. 論文標題 Estimation of Sorption Behavior of Europium to Calcium Silicate Hydrate by Thermal Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of WM2020 (HLW, TRU, LLW/ILW, Mixed, Hazardous Wastes & Environmental Management)	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masayuki Kogure, Takenori Ozutsumi, Yuichi Niibori, Taiji Chida	4. 巻 Paper No. 20262
2. 論文標題 Fundamental Study of Migration Behavior of Cesium under the Unsaturated Condition through One-dimensional Column Simulating Soil around the Disposal Site	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of WM2020 (HLW, TRU, LLW/ILW, Mixed, Hazardous Wastes & Environmental Management)	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 種市 やよい, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 Ca-Al-Si系水和物によるユウロピウムの固定化に関する基礎的研究
3. 学会等名 日本原子力学会「バックエンド部会」第34回バックエンド夏期セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長洞 麟太郎, 小野寺 駿斗, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 塩化物イオン共存下におけるCa-Al-Si系水和物へのヨウ素の収着挙動の評価
3. 学会等名 日本原子力学会「バックエンド部会」第34回バックエンド夏期セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山澤 真吾, 長洞 麟太郎, 小野寺 駿斗, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 地下冠水環境中のカルシウムシリケート水和物の生成とヨウ素の固定化に関する予察
3. 学会等名 第14回量子エネルギー工学フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田村 直之, 千田 太詩, 新堀 雄一, 金聖潤
2. 発表標題 高硫酸イオン濃度条件におけるCSHゲルに対するCsの収着挙動評価
3. 学会等名 日本原子力学会 2019年春の年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 種市 やよい, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 放射性廃棄物の処分環境を考慮したCa-Al-Si系水和物へのウロピウムの収着挙動に関する基礎的研究
3. 学会等名 日本原子力学会 2019年春の年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長洞 麟太郎, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 地下冠水環境におけるCa-Al-Si系水和物へのヨウ素の収着挙動の評価
3. 学会等名 日本原子力学会 2019年春の年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 種市 やよい, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 蛍光分光法によるCa-Al-Si系水和物へのユウロピウムの収着挙動の評価
3. 学会等名 第4回次世代廃炉イニシアティブカンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 須藤 健吾, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 蛍光分光分析を用いたカルシウムシリケート水和物とEuの相互作用に関する研究
3. 学会等名 第4回次世代廃炉イニシアティブカンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山澤 真吾, 長洞 麟太郎, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 Al含有カルシウムシリケート水和物へのヨウ素の収着に及ぼす温度の影響
3. 学会等名 第4回次世代廃炉イニシアティブカンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi NIIBORI
2. 発表標題 Interaction of Radionuclide with Calcium Silicate Hydrate formed as a Secondary Mineral under a Condition without Drying Processes
3. 学会等名 The Research Conference on Cementitious Composites in Decommissioning and Waste Management (RCWM2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daiki KURATA 1, Taiji CHIDA 1, Yuichi NIIBORI
2. 発表標題 Fundamental Study on Flow-path Change in Granite Matrix by Cementitious Pore Water
3. 学会等名 The Research Conference on Cementitious Composites in Decommissioning and Waste Management (RCWM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長洞 麟太郎、小野寺 駿斗、千田 太詩、新堀 雄一
2. 発表標題 カルシウムシリケート水和物へのヨウ素吸着に及ぼす塩化イオンの影響
3. 学会等名 日本原子力学会 東北支部 第41回研究交流会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 千田 太詩
2. 発表標題 放射性廃棄物処分周辺におけるカルシウムシリケート水和物生成による核種閉じ込め効果
3. 学会等名 日本保全学会 東北・北海道支部 (第9回総会 若手による発表) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長洞 麟太郎、小野寺 駿斗、千田 太詩、新堀 雄一
2. 発表標題 塩化物共存冠水環境下におけるヨウ素とCSHとの相互作用
3. 学会等名 第13回量子エネルギー工学フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 種市 やよい, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 Ca-Al-Si系水和物へのユウロピウムの収着挙動におけるAl含有率の影響
3. 学会等名 第3回次世代廃炉イニシアティブカンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長洞 麟太郎, 小野寺 駿斗, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 Ca-Al-Si系水和物に対するヨウ素の収着挙動の評価
3. 学会等名 日本原子力学会 2018年春の年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 種市 やよい, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 蛍光発光スペクトルを用いたCa-Al-Si系水和物へのユウロピウムの収着挙動の評価
3. 学会等名 日本原子力学会 2018年春の年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山澤 真吾, 新堀 雄一, 千田 太詩
2. 発表標題 Al含有カルシウムシリケート水和物とヨウ素酸イオンの相互作用に関する基礎的研究
3. 学会等名 日本原子力学会「バックエンド部会」第35回バックエンド夏期セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 須藤 健吾, 千田 太詩, 新堀 雄一
2. 発表標題 蛍光寿命測定を用いた炭酸イオン共存下におけるCSHとウランの相互作用の評価
3. 学会等名 日本原子力学会「バックエンド部会」第35回バックエンド夏期セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小暮 將之, 小堤 健紀, 新堀 雄一, 千田 太詩
2. 発表標題 不飽和な一次元カラム充填層を用いたセシウム移行挙動に関する基礎的研究
3. 学会等名 日本原子力学会 2019年秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小堤 健紀, 小暮 將之, 新堀 雄一, 千田 太詩
2. 発表標題 不飽和層の迂回流路を考慮した核種移行挙動のモデル化に関する基礎的検討
3. 学会等名 日本原子力学会 2019年秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小堤 健紀, 小暮 將之, 新堀 雄一, 千田 太詩
2. 発表標題 Multi-Path Modelによる不飽和層の核種移行挙動に関する基礎的検討
3. 学会等名 日本原子力学会 東北支部 第43回研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鹿野 悟史, 新堀 雄一, 千田 太詩
2. 発表標題 処分場閉鎖前の乾燥過程を考慮した多孔質体における物質移動と間隙分布の変化
3. 学会等名 日本原子力学会 2020年春の年会(講演要旨公開)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北大学研究者紹介 新堀 雄一 http://db.tohoku.ac.jp/whois/detail/a0f21740a16e2fd1eeab1f9ef0b882de.html
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	桐島 陽 (Kirishima Akira) (00400424)	東北大学・多元物質科学研究所・教授 (11301)	
研究分担者	千田 太詩 (Chida Taiji) (30415880)	東北大学・工学研究科・講師 (11301)	