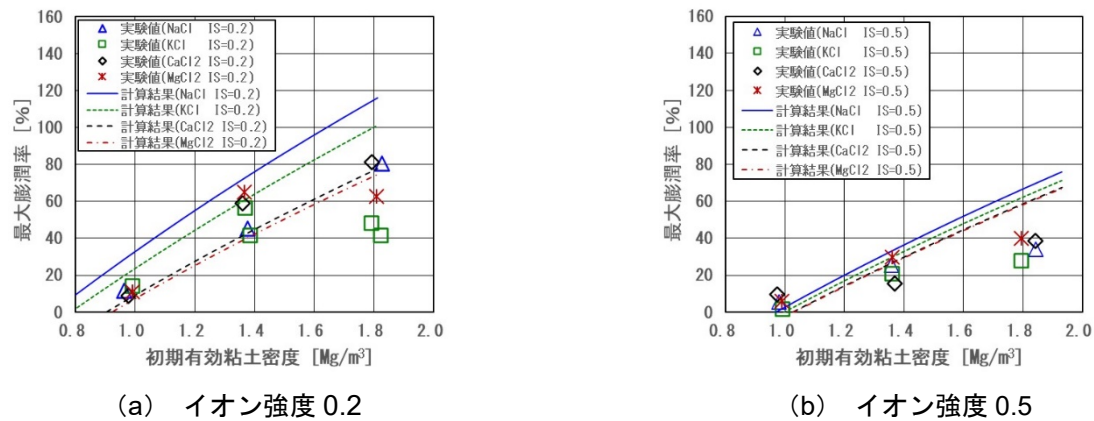
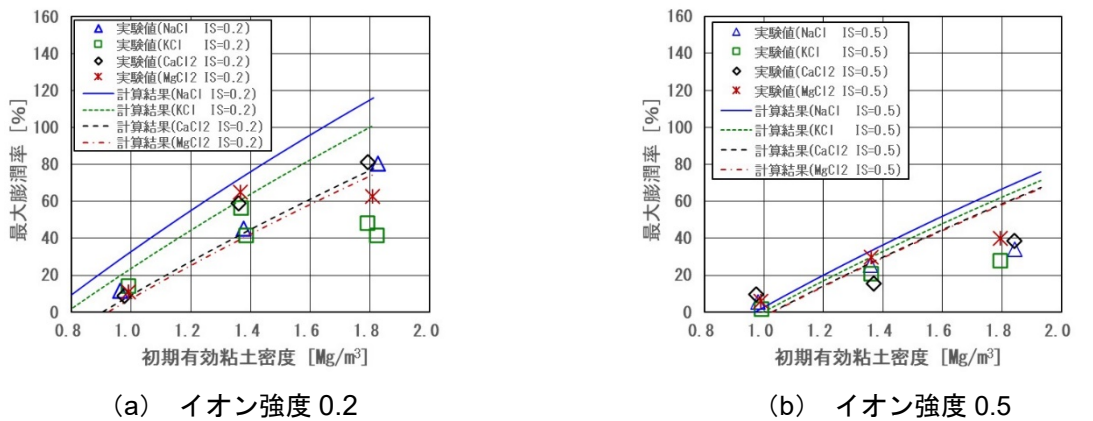


「令和 5 年度 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部処分システム評価確証技術開発）」平成 31 年度～令和 5 年度 とりまとめ報告書の記載内容に誤りがございましたので、下記のとおり訂正いたします。

ページ番号	誤	正
p.129	 (a) イオン強度 0.2 (b) イオン強度 0.5 図 4-3-11 初期有効粘土密度と最大膨潤率（評価式②） (d) イオン交換反応の予測手法を活用した緩衝材の膨潤率の評価手法への適用性の確認 複雑な化学組成の溶液における膨潤率の予測手法として、評価式①及び②の適用性を確認するため、沿岸部実地下水（FGB-2 孔_167.70 m～171.78 m、イオン強度 0.285）を通過した膨潤量試験結果の再現計算を評価式①及び②を用いて実施した。評価式①及び②に入力する層間陽イオン量には、SFSA 改良法により求めた固相の吸着陽イオン量を設定した。また、③「イオン交換反応評価のための解析方法の整備」で検討したクニピア F に沿岸部地下水を通過したイオン交換試験の再現解析で得られた吸着陽イオン量を入力値として設定した計算も実施した。計算結果と実験値を初期有効粘土密度の関係において図 4-3-12 に示す。評価式①及び②の詳細な入力パラメータに関しては、令和 5 年度報告書 Appendix-V を参照された い。 図 4-3-12 から、評価式①の計算結果は実験値の 2 倍程度、評価式②の計算結果は実験値の 2/3 倍程度となり、実験値と概ね整合する結果が得られた。また、評価式①及び②ともに吸着陽イオン量に固相分析値を設定した結果と HP1 での解析値を設定した計算結果は同等の値を示す結果となった。 以上の結果から、評価式①及び②を圧縮ベントナイトにおけるイオン交換反応の予測解析で得られた層間陽イオン量を入力値として活用することで、沿岸部における様々な組成の地下水での緩衝材の膨潤量を予測できる見通しが得られた。	 (a) イオン強度 0.2 (b) イオン強度 0.5 図 4-3-11 初期有効粘土密度と最大膨潤率（評価式②） (d) イオン交換反応の予測手法を活用した緩衝材の膨潤率の評価手法への適用性の確認 緩衝材の膨潤率の評価手法の複雑な化学組成の溶液への適用性を確認するため、(3) ③に記載した沿岸部実地下水（FGB-2 孔_167.70 m～171.78 m、イオン強度 0.285）を用いたイオン交換試験の再現解析で得られた吸着陽イオン量（HP1 解析値）と、膨潤量試験後に SFSA 改良法により取得した固相の吸着陽イオン量（固相分析値）を入力値として、おののに対して評価式①及び②を用いて最大膨潤率を求めた。 図 4-3-12 に HP1 解析値と固相分析値を入力値として評価式①及び②により求めた最大膨潤率と沿岸部実地下水を通過した膨潤量試験により得られた最大膨潤率の結果を示す。 図から吸着陽イオン量に HP1 解析値を入力値した場合の計算結果は、評価式①及び②ともに吸着陽イオン量に固相分析値を入力値した場合のそれと同等の値を示した。 また、評価式①及び②の計算結果は、実験で得られた最大膨潤率と比較して小さいことがわかった。 「評価式①の計算では、水の浸透に伴う膨潤が起こらない結果となった。この原因は、Ca²⁺や Mg²⁺が地下水に含まれることによって、図 4-3-9(a)で示したのと同様に、実験値と比較して膨潤量が小さく計算されることによるものと考えられた。」また、評価式②の計算結果は実験値の 2/3 倍程度となった。 以上の結果から、課題として、陽イオン量やイオン強度の影響等を考慮する必要はあるものの、評価式①及び②を用いて、圧縮ベントナイトにおけるイオン交換反応の予測解析で得られた収着陽イオン量を入力値として活用することで、沿岸部における様々な組成の地下水での緩衝材の膨潤量を予測できる見通しが得られた。

ページ番号	誤	正
p.130	図 4-3-12 沿岸部地下水を用いた膨潤量試験の最大膨潤率と固相分析値及びイオン交換反応の予測解析結果のそれぞれを入力値とした膨潤特性理論評価式による最大膨潤率 (3) 5 か年の成果と今後の課題 本検討では、緩衝材の設計要件（自己シール性）を満たす仕様の検討に活用することを鑑み、沿岸部の地下環境を想定した多様な組成の溶液とベントナイトの間で起きるイオン交換反応の予測解析手法を整備した（①「イオン交換選択性に関する検討」）。また、イオン交換反応の予測解手法と膨潤特性理論評価式（Komine&Ogata, 2003, Komine&Ogata, 2004；田中・中村, 2005）を併用することで、任意の地下水における緩衝材の膨潤率を予測できる見通しが得られた（②「緩衝材の膨潤率に対する溶存陽イオンの影響把握試験」）。この緩衝材の予測手法は自己シール性を満足する緩衝材の仕様検討に応用できると考えられる。以下に各検討で得られた成果を示す。 ① イオン交換選択性に関する検討 緩衝材の自己シール性に係る膨潤率は、ベントナイトの陽イオン組成に依存するため、ベントナイトの層間と間隙水との間で起きる陽イオン交換挙動を把握することが重要である。本検討では、圧縮ベントナイトにおけるイオン交換反応を予測する解析手法を整備し、解析の入力値として圧縮系のベントナイトにおけるイオン交換選択係数を取得した。 イオン交換選択係数の取得に関しては、これまで十分に調べられていない圧縮系のベントナイトにおける陽イオン交換選択係数とそれらのイオン強度及び乾燥密度との関係を把握するために、地下水の主要な陽イオン（K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}）を含む塩溶液を用いた通水試験を実施した。圧縮系の Na 型ベントナイトに塩溶液を通水するイオン交換反応試験を複数のイオン強度と乾燥密度の条件で実施し、(K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}) の Na に対するイオン交換選択係数を Gaines&Thomas の関係で算出した。圧縮系における各陽イオン種の Na に対する K_{GT} は、イオン強度が増加するほど、K_{GT} がわずかに増加する傾向が見られた。一方で乾燥密度に対しては、K の Na に対する K_{GT} は、乾燥密度が 0.88 から 1.0 Mg/m^3 でわずかに減少し、1.0 Mg/m^3 以上では変化しない傾向が見られた。また、同じイオン強度での圧縮系と分散系	図 4-3-12 沿岸部地下水を用いた膨潤量試験の最大膨潤率と固相分析値及びイオン交換反応の予測解析結果のそれぞれを入力値とした膨潤特性理論評価式による最大膨潤率 (3) 5 か年の成果と今後の課題 本検討では、緩衝材の設計要件（自己シール性）を満たす仕様の検討に活用することを鑑み、沿岸部の地下環境を想定した多様な組成の溶液とベントナイトの間で起きるイオン交換反応の予測解析手法を整備した（①「イオン交換選択性に関する検討」）。また、イオン交換反応の予測解手法と膨潤特性理論評価式（Komine&Ogata, 2003, Komine&Ogata, 2004；田中・中村, 2005）を併用することで、任意の地下水における緩衝材の膨潤率を予測できる見通しが得られた（②「緩衝材の膨潤率に対する溶存陽イオンの影響把握試験」）。この緩衝材の予測手法は自己シール性を満足する緩衝材の仕様検討に応用できると考えられる。以下に各検討で得られた成果を示す。 ① イオン交換選択性に関する検討 緩衝材の自己シール性に係る膨潤率は、ベントナイトの陽イオン組成に依存するため、ベントナイトの層間と間隙水との間で起きる陽イオン交換挙動を把握することが重要である。本検討では、圧縮ベントナイトにおけるイオン交換反応を予測する解析手法を整備し、解析の入力値として圧縮系のベントナイトにおけるイオン交換選択係数を取得した。 イオン交換選択係数の取得に関しては、これまで十分に調べられていない圧縮系のベントナイトにおける陽イオン交換選択係数とそれらのイオン強度及び乾燥密度との関係を把握するために、地下水の主要な陽イオン（K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}）を含む塩溶液を用いた通水試験を実施した。圧縮系の Na 型ベントナイトに塩溶液を通水するイオン交換反応試験を複数のイオン強度と乾燥密度の条件で実施し、(K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}) の Na に対するイオン交換選択係数を Gaines&Thomas の関係で算出した。圧縮系における各陽イオン種の Na に対する K_{GT} は、イオン強度が増加するほど、K_{GT} がわずかに増加する傾向が見られた。一方で乾燥密度に対しては、K の Na に対する K_{GT} は、乾燥密度が 0.88 から 1.0 Mg/m^3 でわずかに減少し、1.0 Mg/m^3 以上では変化しない傾向が見られた。また、同じイオン強度での圧縮系と分散系

ページ番号	誤	正
p.179	反応試験の再現解析を実施した。その結果、ベントナイトの陽イオン組成を概ね再現でき、複雑な化学組成の溶液におけるベントナイトのイオン交換反応を予測する手法として、本解析手法の適用性を確認できた。 緩衝材の膨潤率に関しては、沿岸部の地下水で想定される陽イオンを含む塩溶液を通水した際の膨潤率のデータを複数のイオン強度、乾燥密度の条件で取得し、通水溶液の溶存陽イオン種やイオン強度、乾燥密度の膨潤率に対する影響を把握した。その結果、膨潤率はイオン強度の平方根と反比例の関係があり、特に低イオン強度の範囲（イオン強度が 0.2 以下）で通水溶液の溶存陽イオン種、すなわち、ベントナイトの陽イオン組成の膨潤率に対する影響が大きくなることを把握した。一方、イオン強度が 0.2 より高くなると膨潤率のイオン強度による変化は少なく地下水の組成の影響を受けにくいことも把握した。そこで、緩衝材の膨潤率を予測する手法の検討として、ベントナイトの陽イオン組成を考慮することができる膨潤特性理論評価式（Komine&Ogata2003；Komine&Ogata, 2004；田中・中村, 2005）を用いて、沿岸部地下水の膨潤量試験の再現計算を実施した。この計算では、上記のイオン交換反応の予測解析で得られた沿岸部地下水を通水した際のベントナイトの陽イオン組成を入力値とした。再現計算の結果、膨潤量試験で得られた膨潤率を概ね再現することができた。このことから、イオン交換反応の予測解析手法と上記の膨潤特性理論評価式を併用することで、任意の化学組成、塩濃度の条件で自己シール性を評価するための緩衝材の膨潤率を予測できる見通しが得られた。 ③ 緩衝材－オーバーパックの相互作用と緩衝材仕様に関わるデータの拡充 緩衝材－オーバーパックの相互作用と緩衝材仕様に関わるデータの拡充では、沿岸部特有の地下水環境（海水）を考慮し、Na 型ベントナイトに加えて代替オプションとなり得る海水との平衡を考慮したイオン型の異なる材料（Ca 型/Ca 型化ベントナイト等）に着目し、沿岸部特有の地下水環境下であることを考慮した人工バリア（緩衝材）性能評価に資する緩衝材仕様に関するデータの拡充を行うことを目的とした。処分場の過渡期から再冠水期、力学的定常に至るまでの時空間の状態において、異なる水質や力学等の条件のもと、緩衝材は様々な場に曝される。例えば、初期の過渡期においては、ある方向から海水が流入すると想定した時、海水に曝されやすい要素や曝されにくい要素があり、こういった系全体においてオーバーパックが移動する。この様な緩衝材の予想される状態を、要素問題と境界値問題として捉え、時空間的にいくつかの状態を要素として抜き出して緩衝材の透水性を評価する要素試験の実施と、系全体の経時変化における力学的相互作用を把握するための模型実験とその数値解析を実施した。取得したデータなどを通じて、沿岸部の多様な地下水環境条件に柔軟に対応できる緩衝材の仕様に関する定量的な評価手法を整備した。	反応試験の再現解析を実施した。その結果、ベントナイトの陽イオン組成を概ね再現でき、複雑な化学組成の溶液におけるベントナイトのイオン交換反応を予測する手法として、本解析手法の適用性を確認できた。 緩衝材の膨潤率に関しては、沿岸部の地下水で想定される陽イオンを含む塩溶液を通水した際の膨潤率のデータを複数のイオン強度、乾燥密度の条件で取得し、通水溶液の溶存陽イオン種やイオン強度、乾燥密度の膨潤率に対する影響を把握した。その結果、膨潤率はイオン強度の平方根と反比例の関係があり、特に低イオン強度の範囲（イオン強度が 0.2 以下）で通水溶液の溶存陽イオン種、すなわち、ベントナイトの陽イオン組成の膨潤率に対する影響が大きくなることを把握した。一方、イオン強度が 0.2 より高くなると膨潤率のイオン強度による変化は少なく地下水の組成の影響を受けにくいことも把握した。 また、緩衝材の膨潤率の評価手法の複雑な化学組成の溶液への適用性を確認するため、上記のイオン交換反応の再現解析で得られた沿岸部実地下水（FGB-2 孔_167.70 m～171.78 m、イオン強度 0.285）の吸着陽イオン量（HP1 解析値）と膨潤量試験後に取得した固相の吸着陽イオン量（固相分析値）を入力値として、おのおのに対して膨潤特性理論評価式（Komine&Ogata2003；Komine&Ogata, 2004；田中・中村, 2005）を用いて最大膨潤率を求めた。その結果、吸着陽イオン量に HP1 解析値を入力値した場合の計算結果は、両評価式ともに吸着陽イオン量に固相分析値を入力値した場合のそれと同等の値を示した。 このことから、イオン交換反応の予測解析手法と上記の膨潤特性理論評価式を併用することで、任意の化学組成、塩濃度の条件で自己シール性を評価するための緩衝材の膨潤率を予測できる見通しが得られた。 ③ 緩衝材－オーバーパックの相互作用と緩衝材仕様に関わるデータの拡充 緩衝材－オーバーパックの相互作用と緩衝材仕様に関わるデータの拡充では、沿岸部特有の地下水環境（海水）を考慮し、Na 型ベントナイトに加えて代替オプションとなり得る海水との平衡を考慮したイオン型の異なる材料（Ca 型/Ca 型化ベントナイト等）に着目し、沿岸部特有の地下水環境下であることを考慮した人工バリア（緩衝材）性能評価に資する緩衝材仕様に関するデータの拡充を行うことを目的とした。処分場の過渡期から再冠水期、力学的定常に至るまでの時空間の状態において、異なる水質や力学等の条件のもと、緩衝材は様々な場に曝される。例えば、初期の過渡期においては、ある方向から海水が流入すると想定した時、海水に曝されやすい要素や曝されにくい要素があり、こういった系全体においてオーバーパックが移動する。この様な緩衝材の予想される状態を、要素問題と境界値問題として捉え、時空間的にいくつかの状態を要素として抜き出して緩衝材の透水性を評価する要素試験の実施と、系全体の経時変化における力学的相互作用を把握するための模型実験とその数値解析を実施した。取得したデータなどを通じて、沿岸部の多様な地下水環境条件に柔軟に対応できる緩衝材の仕様に関する定量的な評価手法を整備した。
	179	179