

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文概要

論文題目

年代スケールで生じる膠結作用によるベントナイト系材料の
膨潤特性および透水特性の変化に関する研究

Study on the changes in swelling and permeability properties of
bentonite materials by the chronological time scale cementation
effects

申請者

伊藤 大知
Daichi ITO

建設工学専攻 地盤工学研究

2021年12月

ベントナイト系材料は膨潤性や低透水性を有する土質材料であり、その特性から高レベル放射性廃棄物の地層処分において、緩衝材として廃棄物周囲に締固めて施工されることが極めて有力である。放射性核種の半減期が極めて長いことから、ベントナイト系緩衝材は数万年から数十万年といった長期間にわたって、バリア性能を維持することが求められる。しかし緩衝材は、高温・高圧・塩類を含む地下水との接触など、複雑な地下環境下に長期的に置かれるため、膠結作用を受けて、粒子の集合体から岩石のように粒子間が固着した状態へと変質し、要求性能に係る膨潤特性や透水特性などの材料特性が変化する可能性が懸念される。このような長期的変質現象を室内実験のみで再現し、評価することは極めて難しいため、本研究では地質学的概念であるナチュラルアナログ（自然界から類似現象を取り出して評価する研究手法）に着想を得て、膠結作用を受けたベントナイト系緩衝材の類似材料として、自然地盤中で続成変質作用を受けてできたベントナイト原鉱石を選定した。地質年代の異なる3種類の原鉱石を選定し、それらから不攪乱供試体と、粒径をパラメータとした再構成供試体を作製し、膨潤圧・一次元膨潤変形率などの膨潤特性や透水特性を実験的に調査することで、ベントナイト系材料の膨潤特性や低透水性に対する膠結作用の影響を評価した。また、原鉱石で得られた結果をもとに、ベントナイト系緩衝材の長期的変質を考慮した自己修復性（施工後生じる損傷部を膨潤変形により充填すること）に関する性能評価方法を提案した。本研究の独創的な点は、ベントナイト系材料の長期的変質に伴う特性変化を定量的に評価し、その結果に基づいて変質を考慮した性能評価方法を提案した点である。

第1章では、高レベル放射性廃棄物の地層処分事業の概要と、ベントナイト系材料に係る研究の現状について述べた。その中で、現状として初期性能の評価が鋭意進められている一方で、地層処分では高温・高圧・塩類を含む地下水の流入など、緩衝材を含めたバリア材は複雑な地下環境下において長期的に要求性能を満たすことを照査する必要がある、変質を考慮した材料特性や性能の評価を行う必要性を述べた。そして、本研究の目的と構成を示した。

第2章では、使用したベントナイト原鉱石の基本的な性質および生成環境に関する文献調査結果について述べた。その結果、本研究で選定した、山形県月布産・アメリカ合衆国ワイオミング州 Ten Sleep 産・中華人民共和国吉林省劉房子産の3種類の原鉱石はいずれも続成変質作用により生成された可能性が高く、母岩の地質年代はそれぞれ約1000万年、約1億年、約1億5000万年であることが分かった。いずれの原鉱石も膨潤性粘土鉱物であるモンモリロナイトを約50%含有しており、そのほか含有される石英やクリストバライト、斜長石、カルサイトといった随伴鉱物の構成割合を定量的に示した。また、モンモリロナイトに吸着されている交換性陽イオンはNa⁺イオンが優勢であることが分かった。

第3章では、膨潤圧・膨潤変形特性および自己シール性（隙間充填後の発生圧

力)における膠結作用の影響を実験的に評価した。その結果、いずれの原鉱石においても、不攪乱供試体の膨潤圧は再構成供試体よりも低く、その低下割合は地質年代が古いほど大きくなる傾向が見られた。膨潤変形特性においては、地質年代の一番若い月布産原鉱石では不攪乱供試体の一次元膨潤変形率は再構成供試体とほぼ同程度であったのに対し、地質年代の古い Ten Sleep 産、劉房子産原鉱石では、不攪乱供試体の値は再構成供試体に比べて 1/2 程度に留まった。以上より、膨潤圧・膨潤変形特性において、地質年代が古くなるにつれて膠結作用の影響を強く受けることが分かった。また、供試体体積の 12.5%、25%の隙間を設けた自己シール性実験では、いずれの原鉱石の不攪乱供試体においても充填後の発生圧力が発生しており、膠結作用を受けた場合でも緩衝材体積に対して 12.5%、25%程度の隙間であれば良好な充填性が期待されることが分かった。

第 4 章では、膨潤圧発生とモンモリロナイト結晶の水和・膨潤挙動との関係性を明らかにするため、膨潤圧実験前後に XRD 測定を行う XRD・膨潤圧連携試験を実施した。その結果、XRD・膨潤圧連携試験を行うことで、膨潤圧測定前後の含水比変化とモンモリロナイト底面間隔の推移をリンクして捉えることができ、モンモリロナイト結晶層間の水和状態の変化に伴う膨潤圧の増加を確認できた。供試体中の支配的なモンモリロナイト結晶底面間隔と含水比の関係において、いずれの原鉱石においても不攪乱供試体と再構成供試体の間に大きな差異は見られなかったため、底面間隔が変わるほどの水和状態の差は生じていないものの、膨潤圧に大幅な差異が生じることが分かった。また、月布産原鉱石において同一含水比の不攪乱供試体と再構成供試体の XRD ピーク形状を比較したところ、不攪乱供試体の方がモンモリロナイト結晶層間中に存在している水分子数が少ない可能性が示された。これより、膠結作用によりモンモリロナイト結晶層間の膨潤が低下していると考えられ、これにより膨潤圧が低下したと推察された。

第 5 章では、ベントナイト原鉱石の岩片・薄片試料を作製し、前者に対して SEM による土粒子骨格観察を、後者に対して SEM・EDS 分析による鉱物同定と元素マッピングを行った。その結果、岩片の SEM 観察により、粒子のすりつぶしを経ている再構成供試体に比べて、不攪乱供試体の方が土粒子・鉱物表面の形状が複雑であることや、マクロな空隙を有することが分かった。故に、不攪乱供試体の方が膠結作用により土粒子構造が複雑であり、モンモリロナイト結晶層間の吸水・膨潤が阻害されたと推察した。また、月布産原鉱石の薄片に対して SEM・EDS 分析を行ったところ、土粒子間の膠着物質として有力なのは石英等のシリカ系鉱物であり、粗粒鉱物間の膠着においてはモンモリロナイトも寄与していると推察した。

第 6 章では、ベントナイト系材料の透水試験方法の現状について述べるとともに、新たに開発した試験期間の短縮を目的とする供試体厚さ 2 mm の変水位透水試験装置について述べた。日本国内で標準的に使用されるベントナイト試料を用

いて、厚さ 2 mm 供試体を用いた変水位透水試験装置の適用性を評価したところ、厚さ 10 mm の場合に比べて試験期間をおよそ 1/10 程度に短縮できるとともに、流速と動水勾配の関係から巨視的な水分移動はダルシー則を満たしていることが分かった。また、乾燥密度と透水係数の関係について既往検討と比較したところ、同様の傾向を示すとともに、特に圧密試験結果と比較して値のバラつきが小さいことが分かった。以上から、厚さ 2 mm 供試体を用いた変水位透水試験装置は適用性を有していると判断できた。本試験装置を用いて、3 種類の原鉱石の不攪乱供試体と再構成供試体の透水係数を測定したところ、透水係数にオーダーが変わるほどの差異が見られず、地質年代に応じた差異の増大も見受けられなかった。この理由として、膠結作用によりモンモリロナイト結晶の膨潤が阻害される一方、間隙構造の複雑化により結果として透水特性が大きく変化しないためと推察した。また、有効モンモリロナイト密度で整理したところ、共通した負の相関がみられ、透水特性を統一的に評価できた。

第 7 章では、ベントナイト系緩衝材の設計フローを参照しながら本研究成果の適用について述べるとともに、膨潤特性・自己シール性実験結果に基づく試験終了時供試体乾燥密度－拘束圧関係について整理した。その結果、いずれの原鉱石においても、不攪乱供試体・再構成供試体ともに拘束条件によらず、拘束圧と試験終了時乾燥密度は一意的な関係にあることが分かった。故に、本研究成果を適用することで、緩衝材が膠結作用を場合においても乾燥密度の変動が想定できれば、拘束圧（膨潤に伴う発生圧力）を予測できる可能性が示された。また、操業初期→再冠水→膠結作用発生→オーバーパック腐食・ガス破過といった経時的な状態変化を想定し、試験終了時乾燥密度－拘束圧関係と組み合わせることで、緩衝材の状態変化と拘束圧・乾燥密度の変化を紐づけ、ベントナイト系緩衝材の自己修復性評価手法を提案した。

以上の成果より、以下の結論を得た。

- 1) ベントナイト系材料の膨潤特性・自己シール性においては、膠結作用により年代変化が生じ、初期状態に比べて低下する。しかし、低下度合いは最大でも 1/2 程度であり、体積に対して 25% 程度の隙間や損傷が生じた場合でも、良好な充填性を期待できる。
- 2) ベントナイト系材料の透水特性においては、膠結作用を受けた場合でも初期状態と同程度の性能を期待できる。
- 3) ベントナイト系材料においては、拘束条件の差異に因らず、拘束圧と乾燥密度の間には一意的な関係が見られる。故に、膠結作用を受けた場合も、乾燥密度の変動が予測できれば拘束圧の低下を考慮した評価が可能である。また、高レベル放射性廃棄物の地層処分におけるベントナイト系緩衝材の状態変化シナリオと本研究で得られた拘束圧－乾燥密度関係を組み合わせることで、膠結作用の影響を考慮した自己修復性評価手法を構築可能である。

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名：伊藤 大知

印

(2022年 1月 現在)

種類別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
1. 論文	
○論文	<u>Daichi Ito</u> , Hideo Komine, "Experimental study to elucidate cementation effect on swelling pressure and montmorillonite basal spacing of bentonite ore", 20th International conference on soil mechanics and geotechnical engineering (20th ICSMGE), 2022, 5, Sydney, Australia (掲載決定)
○論文	伊藤大知, 小峯秀雄: ベントナイト原鉱石の測定結果に基づく膨潤特性における膠結作用の影響評価, 土木学会論文集C(地圏工学), 76, 3, 295-305, 2020, 9.
○論文	Hailong Wang, Takumi Shirakawabe, Hideo Komine, <u>Daichi Ito</u> , Takahiro Gotoh, Yuta Ichikawa, Qiao Chen, "Movement of water in compacted bentonite and its relation with swelling pressure", Canadian Geotechnical Journal, 57, 921-932, 2019, 8.
2. 講演	
○講演	伊藤大知, 貞松暁大, 小峯秀雄, 王海龍: 締固めたベントナイトの透水係数測定に向けた厚さ2mm供試体を用いた変水位透水試験の適用性評価, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), CS12-27, 2021, 9.
○講演	伊藤大知, 王海龍, 小峯秀雄: 種々の拘束条件におけるベントナイト原鉱石の拘束圧—乾燥密度関係の評価, 第56回地盤工学研究発表会(オンライン), 13-6-4-02, 2021, 7.
○講演	<u>Daichi Ito</u> , Hideo Komine, Hailong Wang, "Experimental study on effect by cementation on self-sealing capability of bentonite buffer material", E3S Web of Conferences 205, 10004, 2nd International conference on energy geotechnics (ICEGT2020), 2020, 11, San Diego, United States of America.
○講演	伊藤大知, 小峯秀雄, 王海龍, 後藤茂: モンモリロナイト底面間隔から観たベントナイト原鉱石の膨潤圧における膠結作用の影響評価, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会(オンライン), CS12-49, 2020, 9.
○講演	伊藤大知, 小峯秀雄, 王海龍, 後藤茂: 破砕により粒径を変化させたベントナイト原鉱石の膨潤圧測定結果に基づく膠結作用の影響評価, 第55回地盤工学研究発表会(オンライン), 23-7-4-02, 2020, 7.
○講演	伊藤大知, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 諸留章二, 関口高志, 北原慎也: ベントナイト原鉱石の膨潤特性測定結果に基づく緩衝材への年代変化に関する推察, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会(高松), VII-134, 2019, 9.
○講演	伊藤大知, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 諸留章二, 関口高志, 北原慎也: 固結したベントナイト系緩衝材の自己シール性能の維持に関する一考察, 第54回地盤工学研究発表会(さいたま), D-05, 1066, 2019, 7.
○講演	<u>Daichi Ito</u> , Hideo Komine, Shoji Morodome, Takashi Sekiguchi, Genta Miura, "Evaluating influence of cementation in bentonite buffer material based on the swelling properties of bentonite ore", Proceedings of the 8th International congress on environmental geotechnics, Vol.3, 97-104, Hanzhou, China, 2018, 11.
○講演	伊藤大知, 小峯秀雄, 諸留章二, 関口高志, 三浦玄太: 生成年代の異なるベントナイト原鉱石の膨潤変形特性に基づく膠結作用の定量評価, 第53回地盤工学研究発表会(高松), D-05, 1149, 2295-2296, 2018, 7.
○講演	伊藤大知, 小峯秀雄, 諸留章二, 関口高志, 三浦玄太: ベントナイト原鉱石の膨潤特性・透水特性の測定結果に基づく膠結作用による物理特性への影響評価, 第12回環境地盤工学シンポジウム発表論文集(長崎), 16-6, 547-552, 2017, 9.
○講演	伊藤大知, 小峯秀雄, 諸留章二, 関口高志, 三浦玄太: ベントナイト原鉱石の固結が高压圧密実験による透水係数測定に及ぼす影響, 土木学会第72回年次学術講演会(福岡), VII-056, 111-112, 2017, 9.
○講演	伊藤大知, 小峯秀雄, 諸留章二, 関口高志, 三浦玄太: ベントナイト原鉱石の膨潤圧特性から観た緩衝材における膠結作用の定量評価の試み, 第52回地盤工学研究発表会(名古屋), D-05, 1036, 2067-2068, 2017, 7.

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名：伊藤 大知

印

(2022年 1月 現在)

種類別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
○講演	伊藤大知, 小峯秀雄, 諸留章二, 関口高志, 三浦玄太: ベントナイト原鉱石の結晶構造分析による緩衝材の固結等長期変化の推察, 第13回地盤工学会関東支部発表会(東京), 364-367, 2016,10.
3. その他	
(研究費)	日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究C 研究代表者(2021年4月～ 3か年)
(研究費)	原子力環境整備促進・資金管理センター 放射性廃棄物の地層処分に係る萌芽的・基礎的な研究テーマに係る研究 研究代表者(2021年4月～ 2か年)
(研究費)	鹿島学術振興財団 研究助成 研究代表者(2021年4月～ 2か年)
(研究費)	環境地盤工学研究所 若手研究者研究助成金 研究代表者(2020年4月～ 1か年)
(講演)	横井亨朱, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知, 鈴木清彦, 國弘彩, 疋田貴大: 各種産業副産物によるCO ₂ 固定化に関する実験的研究～CO ₂ 固定化の反応速度に及ぼす平均粒径とCa ²⁺ 溶出量の影響～, 第14回環境地盤工学シンポジウム発表論文集(オンライン), 6-3, 195-200, 2021,9.
(講演)	國府田隆, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知, 氏家伸介, 成島誠一: 福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた超重泥水の電気比抵抗・比誘電率を用いたモニタリング技術の提案に関する基礎的研究, 第14回環境地盤工学シンポジウム発表論文集(オンライン), 5-6, 177-182, 2021,9.
(講演)	根本大志, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知, 阿部慎太郎, 鈴木忠勝, 本間美湖, 氏家伸介, 成島誠一: 超重泥水を活用した燃料デブリの収納缶付き地下式中間保管施設の試案と収納缶取り出し可能性評価のための要素試験, 第14回環境地盤工学シンポジウム発表論文集(オンライン), 5-3, 163-168, 2021,9.
(講演)	原崎智, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知, 氏家伸介, 成島誠一: 福島第一原子力発電所廃止措置に資する土質系材料「超重泥水」の処理・処分方法の構築—メチレンブルー溶液消費量の測定による超重泥水の含有粘土鉱物および構成材料の乾燥質量の定量評価方法—, 第14回環境地盤工学シンポジウム発表論文集(オンライン), 5-2, 155-162, 2021,9.
(講演)	藤縄凱, 伊藤大知, 近藤誠, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 工藤寛史, 中村洋一, 高岡一章: 膨潤性粘土鉱物を含有する地盤を模擬した混合供試体の体積膨張に及ぼすスメクタイト含有率および初期含水比の影響, 第14回環境地盤工学シンポジウム発表論文集(オンライン), 4-4, 135-138, 2021,9.
(講演)	根本大志, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知, 阿部慎太郎, 鈴木忠勝, 本間美湖, 氏家伸介, 成島誠一: 燃料デブリの中間保管状況における超重泥水からの収納缶取り出し時を想定した引き抜き抵抗測定, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), CS11-19, 2021,9.
(講演)	横井亨朱, 伊藤大知, 小峯秀雄, 王海龍, 後藤茂, 鈴木清彦, 國弘彩, 疋田貴大: 焼却炉由来の煤塵によるCO ₂ 固定化における含水比と反応速度の関係性の実験的評価, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), VII-14, 2021,9.
(講演)	工藤寛史, 中村洋一, 藤縄凱, 伊藤大知, 王海龍, 小峯秀雄, 亀谷裕志, 若林徹: 風化の影響を受けた自然地盤材料を対象とした膨潤特性の評価, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, III-321, 2021,9.
(講演)	國府田隆, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知, 氏家伸介, 成島誠一: 燃料デブリの取り出しや中間保管に資する超重泥水の状態把握における電気比抵抗の有効性に関する調査, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), III-166, 2021,9.
(講演)	山本有雅, 小峯秀雄, 王海龍, 後藤茂, 伊藤大知, 関口高志, 北原慎也: 締固めたベントナイトの自己シール性に及ぼす吸水方向および隙間幅の影響の実験的調査, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), III-345, 2021,9.
(講演)	藤縄凱, 伊藤大知, 小峯秀雄, 王海龍, 工藤寛史: スメクタイト系粘土鉱物含有地盤の体積膨張を想定した膨潤変形挙動に及ぼす初期乾燥密度および有効スメクタイト密度の影響評価, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), III-320, 2021,9.
(講演)	原崎智, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知, 氏家伸介, 成島誠一: 燃料デブリ取り出しに資する超重泥水の処理・処分方法の提案—遠心分離による超重泥水の含有粘土鉱物および構成材料の分離・回収の試み—, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), III-330, 2021,9.

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名：伊藤 大知

印

(2022年 1月 現在)

種類別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
(講演)	木全祐輔, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知: 処分孔プラグを想定した砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土の放射線遮蔽性能に関する実験的調査, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), CS12-21, 2021,9.
(講演)	近藤誠, 伊藤大知, 小峯秀雄, 王海龍, 後藤茂, 山田淳夫: ベントナイト混合土の含水比調整における締固めを想定した色調の利用可能性, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), III-167, 2021,9.
(講演)	金田舜, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知: 一次元的な熱移動を制御した熱伝導率測定方法によるNa型ベントナイトの熱伝導率の測定, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), III-335, 2021,9.
(講演)	阮坤林, 伊藤大知, 小峯秀雄, 王海龍: 限定浸潤下で異なる溶液によって飽和したナトリウムベントナイトの膨潤圧と水拡散係数, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), CS2-38, 2021,9.
(講演)	王海龍, 小峯秀雄, 伊藤大知: 締固めたベントナイトの膨潤圧発生に伴うモンモリロナイト底面間隔の遷移—その2, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), CS12-46, 2021,9.
(講演)	龍原毅, 金丸奈美, 斉藤泰久, 小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知, 渡部厚, 園田真帆, 村田航大: 高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発(その1)～教材開発の研究開発スキームの紹介～, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), CS12-01, 2021,9.
(講演)	園田真帆, 村田航大, 小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知, 渡部厚, 龍原毅, 金丸奈美, 斉藤泰久: 高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発(その2)～学生ブレインストーミングの結果に基づく必要事項抽出～, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), CS12-02, 2021,9.
(講演)	村田航大, 園田真帆, 小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知, 渡部厚, 龍原毅, 金丸奈美, 斉藤泰久: 高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発(その3)～地盤中の水分移動の可視化と定量的理解のための手段～, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会(オンライン), CS12-03, 2021,9.
(講演)	小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知, 渡部厚, 龍原毅, 金丸奈美, 斉藤泰久, 園田真帆, 村田航大: 高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための教材開発(その4)～ベントナイト系緩衝材の材質感を実感する締固めデモ実験装置の試作～, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, CS12-04, 2021,9.
(講演)	根本大志, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 伊藤大知, 阿部慎太郎, 鈴木忠勝, 本間美湖, 氏家伸介, 成島誠一: 超重泥水からの燃料デブリ収納缶取り出しを想定した引き抜き抵抗の要素測定のための実験条件の影響評価, 第56回地盤工学研究発表会(オンライン), 13-4-4-01, 2021,7.
(講演)	國府田隆, 小峯秀雄, 王海龍, 後藤茂, 伊藤大知, 氏家伸介, 成島誠一: 燃料デブリの取り出しや中間保管に資する超重泥水の電気比抵抗を用いた状態把握モデルの提案, 第56回地盤工学研究発表会(オンライン), 12-2-3-03, 2021,7.
(講演)	横井亨朱, 伊藤大知, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 鈴木清彦, 國弘彩, 疋田貴大: 遊離Caを含む産業副産物を用いたCO ₂ 固定化における攪拌の有無によるCO ₂ 固定化量の比較, 第56回地盤工学研究発表会(オンライン), 13-3-1-02, 2021,7.
(講演)	齋藤七菜子, 伊藤大知, 小峯秀雄, 後藤茂, 王海龍, 関口高志, 北原慎也: 高レベル放射性廃棄物の地層処分における隙間充填材料を想定した珪砂のベントナイトろ過特性に関する実験的研究, 第56回地盤工学研究発表会(オンライン), 12-4-2-06, 2021,7.
(総説)	王海龍, 小峯秀雄, 伊藤大知, 後藤隆弘: 締固めたベントナイトの膨潤圧特性の究明に向けたX線回折を用いた実験手法の開発, 地盤工学会誌, 69(1), 48-51, 2021,1.
	その他, 講演33件