

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13828

研究課題名(和文) 温度変化に対する地盤の構造変化と環境影響に関する研究

研究課題名(英文) Temperature effects on the mechanical and environmental behavior of the ground

研究代表者

高井 敦史 (Takai, Atsushi)

京都大学・地球環境学堂・准教授

研究者番号：30598347

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：10～50℃の温度条件では、いずれの粘土も塑性限界は大きく変化しなかったが、液性限界は温度上昇に対して低下するものと上昇するものがあり、これらの傾向にはスメクタイト含有率や堆積環境が影響していることが示唆された。間隙水の粘性係数のみに着目した圧密係数の変化は、23℃の場合と比較すると17℃、35℃、50℃ではそれぞれ0.87倍、1.27倍、1.65倍であり、圧密試験で得られた圧密係数の変化と、粘土の種類によらずよく合致する。溶出試験の結果から、20℃の時に比べ40℃では最大で10倍程度に頁岩のAs溶出濃度が高くなった。Alを含むコロイド粒子の脱離が温度上昇により進行した可能性が考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地盤温度を23℃から50℃に上昇させることで粘土の圧密係数が1.7倍程度に大きくなることから、適切に粘土地盤を加温できれば、完了までに数ヶ月要する粘土地盤の圧密期間を短縮でき、後続の工事を早期に着手できる。また、間隙水の粘性係数から、圧密係数の変化を概ね推定できる。掘削岩石は盛土材として再生利用することが考えられるが、そのような浅層地盤では地盤深部に比べ地盤温度の日変動、季節変動が大きい。さらなる検討が必要であるが、本研究で得られた成果から、我が国の岩石に広く分布しているAsの溶出量は、温度変化に対して無視し得ないほど高くなることから、利用条件を考慮して適切に溶出リスクを評価する必要がある。

研究成果の概要(英文)：Under the temperature condition of 10 to 50 Celsius, the plastic limit did not change significantly for any clay, but the liquid limit may decrease or increase with increasing temperature. These tendencies and the magnitude of the change can be determined probably by smectite content and sedimentary environment. The changes in the consolidation coefficient focusing only on the viscosity coefficient of the pore water can be calculated to 0.87, 1.27, and 1.65 times at 17, 35 and 50 Celsius, respectively, as compared with the case of 23 Celsius. These values match well with the change in coefficient of consolidation obtained from laboratory consolidation test, regardless of the type of clay. From the results of the leaching test, the As leaching concentration of crushed shale rock was up to 10 times higher at 40 Celsius than at 20 Celsius. It is probably because the desorption of colloidal particles containing aluminum was accelerated due to an increase in temperature.

研究分野：環境地盤工学

キーワード：温度効果 温度圧密 地盤環境 コンシステンシー 溶出試験 地盤改良

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

欧米諸国を中心に、地中蓄熱やエナジーパイルなどの地盤との熱交換を伴う様々な技術の研究開発が盛んに行われている。電力需要の拡大や廃熱回収等の社会的背景を受け、エネルギー地盤工学の果たす役割は今後ますます大きくなることは自明であるが、温度変化に伴う地盤環境への影響に関する議論はほとんどなされていない。もとより我が国には、自然由来で重金属等（ヒ素や鉛、フッ素など）が環境基準以上に含まれている土砂や岩石が広く分布しており、建設工事に伴い発生する基準超過土の量は膨大であるため、環境リスクを低減しつつ資源として活用するための様々な研究がこれまでなされてきた。地盤材料中の有害物質濃度の評価法として、バッチ溶出試験やカラム通水試験などの室内試験が広く採用されているが、上述のとおり深部の地盤温度がほぼ一定であることを背景に、“室温”とあるだけで温度設定に関する明確なルールは現行法では存在しない。基準超過土は盛土材や埋戻し材、嵩上げ材等として地表付近の構造物内での利用が想定されることから、深部の地盤に比べ日射による日変動や季節変動が無視できないにも関わらず、現行の試験法では温度変化を伴う影響が考慮できていないのが現状である。

また、汚染地盤や自然由来重金属を含む地盤においては、地盤と汚染物質の双方の挙動に着目する必要がある。これらの種々のパラメータは温度によって左右されることから、地下温暖化が及ぼす影響は極めて多岐にわたると予想され、各パラメータが相互に影響し合い、その結果として地盤環境への影響の大小が決定されると考えられる。すなわち、地盤材料に含まれる重金属等の移行性は、単なる対象物質の溶解度だけで一意的に決まるのではなく、構造的な変化と化学特性の変化との双方を考慮する必要がある。

このように、熱アクティブな地盤技術を推進するためにも、また低濃度汚染土の浅層部での有効活用時における環境安全性を高次に担保するためにも、温度変化に対する汚染物質の移動性は重要な要因であり、早急に解決すべき学術的課題であると言える。

### 2. 研究の目的

本研究では、(1) 温度変化に対する地盤材料の物理的・水理学的性質の変化、(2) 地盤材料に含まれる汚染物質の溶出特性に及ぼす温度の影響、を個別要素試験により明らかにする。

地盤特性に関する具体例としては、温度により間隙水の収縮膨張に伴い間隙構造が変化することに加え<sup>1)</sup>、粘度や飽和度も影響を受けるため、発生する毛管圧が変化し透水性が変化する。また、一般的な化学物質では水への溶解度と温度に正の相関があるが、一部のカルシウム化合物の溶解は発熱反応で、温度が高くなると溶解度が減少することが知られている。そのため、温度上昇とともに間隙中に化合物が析出（クローギング）し透水性を低下させることも考えられる。このように構造的・水理学的変性により、地盤特性としては主に透水性が顕著に変化すると考えられる。

一方、地盤材料から脱着して地下水流とともに移動する物質の形態としては、地下水に溶解した状態の溶存態と、微細粒子表面に静電的に付着して浮遊するコロイド態があるが、溶解度とコロイドの水中での安定性のいずれも温度の影響を大きく受ける。既往研究<sup>2)</sup>の結果からは、振とうしながら溶出操作を行った場合には、固液接触時間とともにヒ素濃度が低下したが、静置して同等の溶出操作を行った場合には、時間とともにヒ素濃度は増加した。これは、振とうに伴い $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ などの溶出量が増加し、コロイド態ヒ素の凝集や難溶性ヒ酸塩の形成に影響しているためであり、対象となる汚染物質の溶解度だけでは移動性を評価できないことを裏付けている。また、化学物質の存在形態を決定づける pH や Eh も温度の影響を受ける<sup>3)</sup>。

本研究を実施することで、環境安全性を評価する上でこれまで着目されていなかった温度の影響を明らかにでき、既存の公定法の妥当性についても検証できる。また、得られる成果は放射性廃棄物処分の適正化や地盤汚染浄化技術の高度化にも重要な示唆を与えるものであり、様々な地盤技術の応用に寄与すると考えられる。

### 3. 研究の方法

本研究では、以下の2つの事象に対し実験的検討を行った。

#### (1) 温度変化に対する地盤材料の物理的・水理学的性質の変化

温度上昇に伴う粘性土の界面特性と変形特性の変化を評価するため、コンシステンシー限界と圧密特性を異なる温度で評価した。

市販の工業粘土であるカオリン粘土（ASP200, BASF Corporation）、笠岡粘土（橘マテリアル株式会社）、自然粘土として港湾の浚渫土である大阪湾粘土、門司港粘土および徳山港粘土を対象とした。

液性限界試験と塑性限界試験は、所定温度（10°C、23°C、35°C、50°C）の恒温室内で JIS A 1205:2009 に準拠して実施した。このとき、試験に供する粘土、蒸留水、試験装置は試験温度に調整された恒温室内で12時間以上静置した。また、試験開始時および試験中には粘土の温度を測定し、予め定めた温度になっていることを確認しながら実験を行った。また、塑性限界試験では体温によって試料の温度が変化するため、その影響を軽減するために軍手を着用して作業を

行った。

圧密試験は、図-1 に示す装置を用い JIS A 1217:2009 に準拠して実施した。我が国の浚渫粘土の自然含水比は、液性指数が 1.0 以上になることも多いことが示されており、かつ高含水状態の方が試料の成形が容易であることから、各試料の初期含水比は液体限界の 1.1 倍に調整した。含水比を調整した後の試料を直径 10 cm、高さ 5 cm の円筒型セルに充填し、側方からハンマーで軽く打撃を与えて密度を高めて供試体とした。

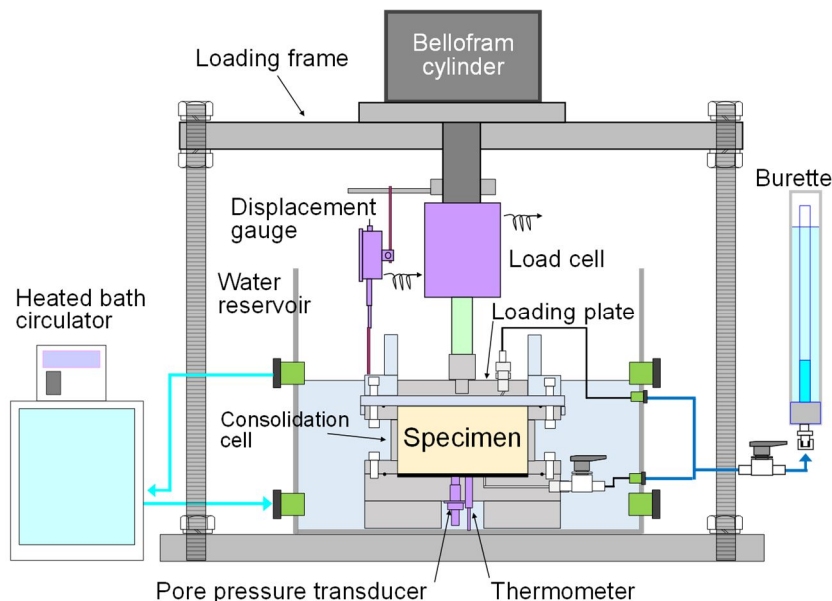


図-1 圧密試験装置の概念図

た。载荷はペロフラムシリンダーによって行い、圧密圧力 4.9 kPa で予備圧密を実施した後、荷重増分比 1 で 9.8~628 kPa の 7 段階载荷とした。このとき、それぞれの载荷時間は 24 時間である。試験中の供試体温度は、円筒型セルを浸漬した浴槽内の水温によって制御し一定温度で試験を行った。試験温度は、門司港粘土は 17°C、23°C、35°C、50°C の 4 ケース、それ以外の粘土ではさらに 65°C を加えた 5 ケースとした。また、粘土粒子間の間隙が海水である場合、温度変化によって炭酸カルシウムが析出し、それらが土粒子間の間隙を埋めることによって排水が阻害されて圧密速度が低下する可能性が考えられる。そこで、工業粘土であるカオリン粘土と笠岡粘土に対して、炭酸カルシウム溶液および人工海水を用いて含水比調整した供試体を作製し、17°C、35°C、50°C の 3 ケースで圧密試験を行った。炭酸カルシウム溶液は、17°C の条件で過飽和となるように塩化カルシウムと炭酸水素ナトリウムを用いて作成し、人工海水はマリンアート SF-1（富田製薬株式会社）を用いて塩分濃度が 3.5% になるように調整した。

## (2) 地盤材料に含まれる汚染物質の溶出特性への影響

地盤材料に含まれる汚染物質の溶出特性に及ぼす温度の影響を評価するため、バッチ溶出試験とカラム溶出試験を実施した。

バッチ溶出試験は、図-2 に示すように、所定の液固比で地盤材料と溶媒を混合し、振とうしながら反応させる試験である。本研究では 20、30、40°C の試料温度、6~216 時間の固液接触時間で実験を行った。我が国で報告件数の多いヒ素 ( $As$ ) を対象汚染物質とした。また対象試料として、地質起源で自然由来の重金属等を含む比較的硬質な頁岩試料と、軟質な泥岩試料を用いて材料種別間の差異を比較した。検液の pH、EC、ORP（酸化還元電位）と各種イオン濃度を測定することで温度と溶出ポテンシャルの関係について評価した。泥岩試料は試験後の試料に対し、異なる抽出液を用いてバッチ試験を行う逐次抽出試験を適用し、 $As$  が泥岩試料中で存在する形態を評価した。

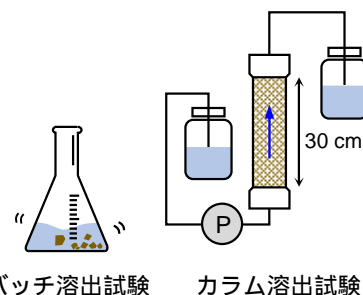


図-2 各種溶出試験の概念図

カラム通水試験は、バッチ溶出試験と比較し実環境の水理条件に近い環境で溶出特性評価を行える。本研究では ISO 21268-3 に準拠した上向流で試験を行った。直径 5 cm×高さ 30 cm の円筒型カラムを用いて締固め度約 90% で充填し、温度条件は 20°C と 40°C とした。20°C は恒温室内、40°C はラバーヒーターをカラム及び採水容器に直接巻き付け、温度調整コントローラーで自動制御した。蒸留水をカラム下端から 8 mL/h で通水した。累積液固比 (L/S) が概ね 0.1、0.2、0.5、1 L/kg に達した時点で採水し、それ以降は 1 L/kg 毎に採水を行った。採水後の検液の pH、EC、ORP 及び各種イオン濃度を測定した。

## 4. 研究成果

「3. 研究の方法」で示した検討を行い、以下に示す成果を得た。

### (1) 温度変化に対する地盤材料の物理的・水理学的性質の変化

塑性限界試験の結果、いずれの粘土でも温度変化によって大きな変化は確認できなかった。液性限界試験では、大阪湾粘土と徳山港粘土において、温度上昇とともに液性限界に低下傾向がみられた一方、笠岡粘土では温度が 30°C から 50°C に上昇する際に上昇傾向となった。このとき、液性限界の変化が単純に温度上昇とともに間隙水の粘性低下に起因するものであれば、いずれの粘土でも一様の傾向が確認されると考えられるが、粘土毎に挙動が異なったことから、間隙水



の粘性低下のみによって一意的に現象を表現できないことが分かる。また、スメクタイト含有率が36%と相対的に高い笠岡粘土では、拡散電気二重層の発達に起因して、温度上昇に伴い液性限界が増加したことが示唆された。本研究で用いた港湾の浚渫粘土のスメクタイト含有率は10~15%程度であるが、笠岡粘土やNaベントナイトのように高温時の液性限界上昇は確認されなかった。この原因は、これらの粘土は自然状態で長期間にわたって陽イオンに曝露されており、負に帯電するスメクタイト鉱物に陽イオンが吸着されて電氣的平衡状態となることで、既に水和膨潤性が損なわれているためだと推測される。

図-3に活性度と温度の関係を示す。活性度は、塑性限界を2 $\mu\text{m}$ 以下の粒子の割合で除したものであり、粘土の活性を表す指標としては、塑性指数よりもさらに粘土粒子に固有の鉱物特性も考慮できる。大阪湾粘土は10~35 $^{\circ}\text{C}$ 、徳山港粘土は、10~23 $^{\circ}\text{C}$ では活性度が1.25より大きく高活性粘土に分類されるが、前者は50 $^{\circ}\text{C}$ で後者は35 $^{\circ}\text{C}$ で1.25を下回り普通粘土程度まで活性度が低下した。一方、笠岡粘土は23 $^{\circ}\text{C}$ では活性度が0.75を下回り不活性粘土の域であったが、その後は温度上昇にともない活性度が漸増し、50 $^{\circ}\text{C}$ では普通粘土程度の活性度になった。また、カオリン粘土と笠岡粘土を比較すると、塑性指数はカオリン粘土の方が大きいですが、活性度は笠岡粘土の方が大きくなった。

本試験では、特に自然粘土において平均圧密圧力が13.9 kPa以上になると、平均圧密圧力と体積圧縮係数の関係は同一線上にプロットされた。一方、カオリン粘土や笠岡粘土では自然粘土と比較すると各温度でのばらつきがみられ、カオリン粘土の平均圧密圧力10~100 kPaの間では、試験温度が高くなるほど体積圧縮係数が大きくなった。次に、平均圧密圧力と圧密係数の関係の評価したところ、笠岡粘土以外では、圧密圧力の増大にともない圧密係数は増加した。笠岡粘土では、平均圧密圧力が111 kPaまでは同様の傾向を示したが、それよりも圧密圧力が大きくなると圧密係数は減少傾向に転じた。

笠岡粘土では、圧密圧力が小さいうちは、土粒子間にも比較的自由水が流れることができる有効間隙が確保されており、温度上昇にともなう土粒子や間隙水の膨張によって間隙水圧が高まることで動水勾配が大きくなって排水が促進されたが、圧密圧力が大きくなり土粒子同士の距離が一定以上に近くなると、土粒子周囲の吸着水層である拡散電気二重層が有効間隙を埋めてしまうことで排水速度が低下し、圧密係数が低下したものと推測できる。図-4に、圧密係数変化率と温度の関係を示す。ここでの縦軸は、圧密係数平均値の比であり、それぞれの温度における各載荷段階(4.9~628 kPaの8段階)で得られた圧密係数の平均値を23 $^{\circ}\text{C}$ の試験で得られた圧密係数の平均値で除して正規化している。実験値と計算値を比較すると、いずれの材料でも両者は17~50 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で比較的良好に一致している。このとき、温度変化による水の単位体積重量の変化率は粘性係数の変化と比べて小さいことから、圧密係数の変化率は水の粘性係数の変化率から概ね想定し得ること、また、それは工業粘土も自然粘土でも同様であることが確認できた。

## (2) 温度変化に対する地盤材料の物理的・水理学的性質の変化

図-5に頁岩試料にバッチ溶出試験結果を示す。20 $^{\circ}\text{C}$ 条件に比べ、30、40 $^{\circ}\text{C}$ 条件ではより高いAs濃度が得られ、高温条件ほど化学反応が促進されたことが推察される。特に20 $^{\circ}\text{C}$ 条件では環境基準値(10 $\mu\text{g/L}$ )を超えなかった一方、30、40 $^{\circ}\text{C}$ 条件では環境基準の2倍に近い濃度が確認された。また30、40 $^{\circ}\text{C}$ では、固液接触時間が長くなるとAs溶出量が大きくなる傾向が見られ、特に96時間振とう後の結果に着目すると30、40 $^{\circ}\text{C}$ 条件のヒ素溶出量は最大で10倍程度となった。頁岩試料からのAs溶出反応は30、40 $^{\circ}\text{C}$ 条件では瞬時に平衡に至らなかった。加温条件下では常温条件と比べて非平衡反応によってAs溶出量が増加する可能性に注意する必要がある。温度条件に関わらず、pHの値は8~10の範囲でアルカリ性を示し、低温ほどpHの値は大きくなった。これより高温条件ほど水酸化物イオン(OH $^{-}$ )の溶出は抑制されることが推測されるが、AsとOH $^{-}$ 溶出量の関係の評価することは今後の課題である。また、温度条件とORPの間に明確な傾向は確認できなかった。頁岩試料では温度条件の違いがpHやORPの値に及ぼす影響は小

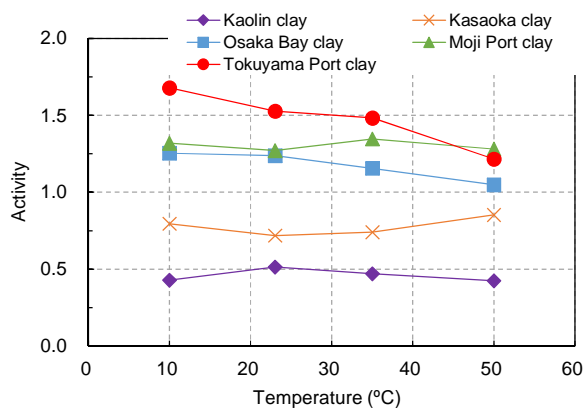


図-3 活性度と温度の関係

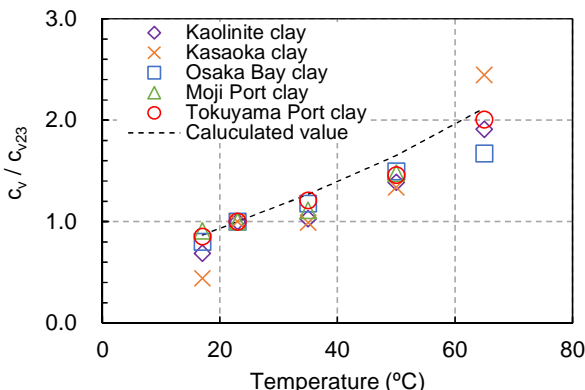


図-4 圧密係数と温度の関係

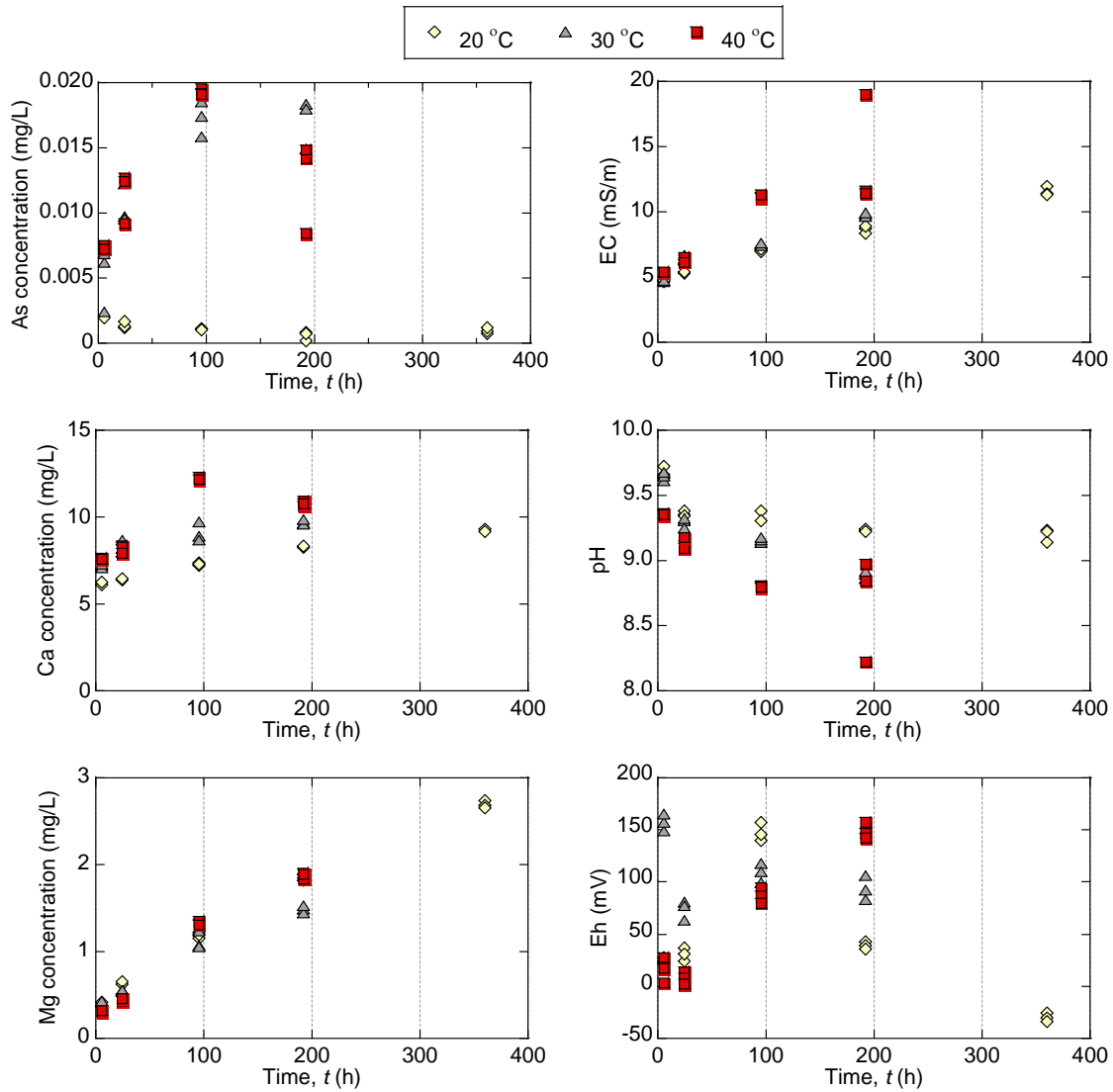


図-5 頁岩のバッチ溶出試験結果

さいと言える。Ca の溶出量は振とう時間の経過に伴って増加し、40°C のケースでは 1.5 倍程度高い濃度が得られた。Ca と As 濃度は共に 96 時間振とう後に一定となっており、Ca の溶出が平衡に至ると As 溶出も平衡に至る可能性が示された。

別途実施した逐次溶出試験からは、全含有量試験やバッチ溶出試験結果との比較から、温度上昇に伴ってイオン交換態の存在割合が 58.3% から 22.8% まで減少し、残渣が 1.7% から 51.2% まで増加することを明らかにした。

図-6 はカラム通水試験とバッチ溶出試験から得た頁岩試料からの As 溶出量と、岩石に対する通水量 (= 液固比、L/S) の関係を表している。20°C 条件では L/S = 1 まで As 溶出濃度は環境基準未満であったものの、40°C 条件では通水初期から環境基準を超える濃度で As が溶出し、20°C 条件に比べて常に高い溶出量を示した。カラム通水試験ではアルミニウム (Al) 溶出濃度が高くなると As 溶出濃度が高くなったことから、Al を含むコロイド粒子の溶脱は温度が高いほど進行した可能性があるが、化学種の存在形態や各パラメータの温度依存性について今後検討する必要がある。

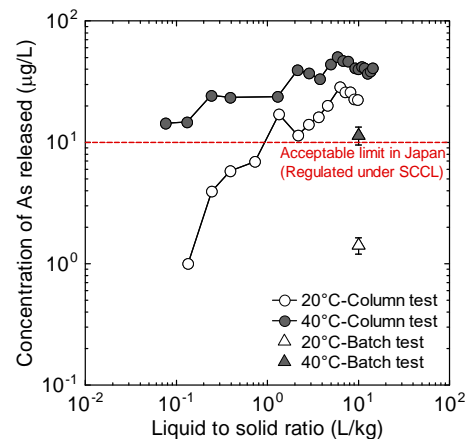


図-6 カラム試験とバッチ試験の比較

<参考文献>

- 1) Ghaaowd, I. et al., (2017): *Environmental Geotechnics*, ICE, 4(EG2), 70–78.
- 2) Takai, A. et al. (2017): *Proc. of the 2nd CPEG*, ID 41.
- 3) Vink, B.W. (1996): *Chemical Geology*, 130(1-2), 21-30.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 岩田侑祐・Lincoln Waweru Gathuka・高井敦史・勝見 武	4. 巻 -
2. 論文標題 掘削岩石に含まれる自然由来ヒ素の溶出特性の温度・時間依存性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第13回環境地盤工学シンポジウム発表論文集	6. 最初と最後の頁 23-28
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tang, J., Sakanakura, H., Nakagawa, M., Ueshima, M., Takai, A., and Katsumi, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Leaching characteristics of tsunami deposits under dry-wet cyclic condition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第13回環境地盤工学シンポジウム発表論文集	6. 最初と最後の頁 39-44
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iwata, Y., Gathuka, L.W., Takai, A., and Katsumi, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Influence of temperature and soil-water contact time on the leaching characteristics of excavated shale rock	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geo-Environmental Engineering 2019	6. 最初と最後の頁 on USB
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高井敦史・赤間拓朗・乾 徹・勝見 武・小河篤史	4. 巻 -
2. 論文標題 加温による軟弱粘土地盤の圧密促進に関する室内実験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第13回地盤改良シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 91-94
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 乾 徹・堀 睦・勝見 武・高井敦史	4. 巻 -
2. 論文標題 散水型カラム浸透試験による海成堆積物の長期溶出挙動の評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第13回地盤改良シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 305-308
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takai, A., Akama, T., Inui, T., Katsumi, T. and Ogawa, A.	4. 巻 -
2. 論文標題 Laboratory tests on thermal improvement of soft clay under elevated temperatures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Energy Geotechnics: SEG-2018	6. 最初と最後の頁 75-82
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高井敦史・乾 徹・勝見 武	4. 巻 -
2. 論文標題 掘削泥岩に含まれる自然由来ヒ素の溶出挙動に及ぼす温度と溶出時間の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Kansai Geo-Symposium 2018 - 地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム - 論文集	6. 最初と最後の頁 25-29
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Inui, T. Hori, M. Takai, A. and Katsumi, T.	4. 巻 1
2. 論文標題 Column Percolation Tests for Evaluating the Leaching Behavior of Marine Sediment Containing Non-anthropogenic Arsenic	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 8th International Congress on Environmental Geotechnics	6. 最初と最後の頁 469-477
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takai, A., Iwata, Y. Gathuka, L.W. and Katsumi, T.	4. 巻 205
2. 論文標題 Laboratory tests on arsenic leaching from excavated shale rock by elevated temperatures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2nd International Conference on Energy Geotechnics (ICEGT 2020)	6. 最初と最後の頁 9006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/e3sconf/202020509006	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 Ogawa, A., Takai, A., Shimizu, T. and Katsumi, T.	4. 巻 205
2. 論文標題 Effects of temperature on consolidation and consistency of clayey soils	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2nd International Conference on Energy Geotechnics (ICEGT 2020)	6. 最初と最後の頁 9010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/e3sconf/202020509010	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 乾 徹・堀 睦・勝見 武・高井敦史	4. 巻 69(1)
2. 論文標題 散水型カラム浸透試験による海成堆積物の長期溶出挙動の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 53-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2472/jsms.69.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小河篤史・高井敦史・山口和樹・勝見 武	4. 巻 -
2. 論文標題 温度変化が粘性土の間隙水質および圧密特性に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第14回地盤改良シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 577-582
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岩田侑祐
2. 発表標題 掘削頁岩の溶出特性に及ぼす温度と固液接触時間の影響
3. 学会等名 2019年度土木学会関西支部年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩田侑祐
2. 発表標題 自然由来ヒ素を含む掘削岩石の溶出特性に与える温度と固液接触時間の影響
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高井敦史・赤間拓朗・乾 徹・勝見 武・小河篤史
2. 発表標題 加温条件下での粘土の圧密挙動に関する実験的検討
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 乾 徹・堀 睦・高井敦史・勝見 武
2. 発表標題 カラム浸透試験による自然由来ヒ素を含む海成堆積物の溶出挙動の評価
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平岡寛星・岩田侑祐・高井敦史・勝見 武・L.W. Gathuka
2. 発表標題 カラム通水試験による異なる温度条件での掘削頁岩の溶出特性評価
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sakr, M., Ogawa, A., Takai, A. and Katsumi, T.
2. 発表標題 On-site behaviour of heating of soft clayey ground for thermally-accelerated consolidation
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平岡寛星・岩田侑祐・高井敦史・勝見 武・L.W. Gathuka
2. 発表標題 カラム試験による掘削頁岩の溶出特性に温度が与える影響の評価
3. 学会等名 2020年度土木学会関西支部 年次学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

社会基盤親和技術論分野  
<http://geotech.gee.kyoto-u.ac.jp/>

## 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
研究協力者	加藤 智大  (Kato Tomohiro)	京都大学・地球環境学舎・特別研究員 (DC1)  (14301)	
研究協力者	清水 巧巳  (Shimizu Takumi)	京都大学・地球環境学舎・元大学院生  (14301)	
研究協力者	山口 和樹  (Yamaguchi Kazuki)	京都大学・地球環境学舎・元大学院生  (14301)	
研究協力者	岩田 侑祐  (Iwata Yusuke)	京都大学・地球環境学舎・元大学院生  (14301)	
研究協力者	平岡 寛星  (Hiraoka Kansei)	京都大学・地球環境学舎・大学院生  (14301)	
研究協力者	小河 篤史  (Ogawa Atsushi)	株式会社奥村組・環境技術室	
研究協力者	勝見 武  (Katsumi Takeshi)  (60233764)	京都大学・地球環境学舎・教授  (14301)	
研究協力者	乾 徹  (Inui Toru)  (90324706)	大阪大学・工学研究科・教授  (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	ガトゥカ リンカーン ワウエル  (Gathuka Lincoln Waweru)  (70885582)	京都大学・地球環境学堂・研究員          (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関