

イモゴライトによる臭素酸の吸着除去特性に関する検討 Adsorptive removal of bromate by imogolite

○竹下 千裕*、颯田 尚哉**、立石 貴浩**、小林 幹佳***

Chihiro Takeshita*, Naoya Satta**, Takahiro Tateishi**, Motoyoshi Kobayashi***

1. はじめに

私たちに一番身近で、人間が生活を営む上で避けては通れない問題としてゴミ問題が挙げられる。廃棄物の最終処分場の不足や処理処分費用上昇のため引き起こされる不法投棄の中で、青森・岩手県境不法投棄事件は日本最大級である。現在は廃棄物の撤去は完了しているが、岩手県側でのモニタリングが続く現場内地下水の一部においては、各種塩類に加え、VOCや1,4-ジオキサンが一般的な河川等に比べ、今も高濃度で検出されている。臭素酸は、1,4-ジオキサンを促進酸化処理法で処理する際に、非意図的な副生成物として無害な臭化物から生成される有害物質であり、現場での臭素酸の生成と環境への放出が確認されている¹⁾。また、現在の浄水処理技術では臭素酸の有効な除去方法は確立されていない。

そこで、本研究では、青森岩手県境不法投棄現場の臭素酸の排出実態と汚染状況を把握するため、現地環境水の調査を実施した。また、環境水中から臭素酸を除去するため、イモゴライトなどの土壌による臭素酸の吸着特性について検討した。

2. 現場調査及び実験方法

2.1 現場調査及び分析方法

岩手県側の現場周辺において、2016年は4月から12月までに月に一度、計9回採水を行うとともに、岩手県庁の行うモニタリング試料(月1回：計10回)の分析も行った。採水した試料は、浮遊物や沈殿物を除去するために、フィルター(0.45 μ m)によりろ過した。その後、採水試料中に含まれる、塩化物イオン(Cl⁻)、臭化物イオン(Br⁻)、硝酸態窒素(NO₃⁻N)、硫酸イオン(SO₄²⁻)を、イオンクロマトグラフィーにより測定した。また、ハロゲン酸化物は高速液体クロマトグラフィーにより測定した。

2.2 臭素酸と土壌との吸着特性の検討

臭素酸は水溶液中で陰イオンである。土壌の中でも、赤玉土、鹿沼土、イモゴライトは、鉄やアルミニウムなどのプラス電荷をもつ物質を多く含んでいるとされる。そのためこれらの土壌は、臭素酸吸着除去に有効であると考え、吸着材として選定した。また、赤玉土、鹿沼土は、天然資材であり、ホームセンターなどで安価で容易に大量に手に入るという利点もある。イモゴライトは、ナノチューブ状という粘土としては特殊な形態をしており、この形態が臭素酸吸着除去に効果的であると考えた。ポリ製の遠心管(13mL)に各土壌試料0.8gと各濃度、各pHに調整した臭素酸ナトリウム溶液(以下臭素酸溶液)を8mL(固液比1:10)入れ、手で1分間混合し、1時間振とう機(TAITEC RECIPRO SHAKER NR-10)で振とう後、所定時間25℃で静置した。その後、遠心管に入った土壌と溶液の分

*筑波大学大学院 生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

**岩手大学 農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University

***筑波大学 生命環境系 Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

キーワード: 吸着, 臭素酸, イモゴライト

離・濾過を行い、濾過後の溶液中の臭素酸イオン濃度を測定した。また、固液接触前後の臭素酸イオン濃度から吸着率を計算した。

3. 結果と考察

青森岩手不法投棄現場周辺の沢である、境沢の上流における臭素酸濃度の経時変化をFig.1に示す。Fig.1からわかるように、臭素酸は、現在も高い頻度で水道水質基準の $10\mu\text{g/L}$ を超えて検出されており、好ましい状況ではないことがわかる。

濃度を $200\mu\text{g/L}$ に調整した臭素酸溶液と風乾土壌を用いて臭素酸吸着実験を行った結果をFig.2に示す。Fig.2から、どの土壌も吸着は短時間で終了し、その後の吸着率の変化はほとんどなく、1日で吸着平衡に到達する。また、三種の土壌の中でイモゴライトが最も高い吸着率を示した。

濃度を $200\mu\text{g/L}$ 、初期pHを3に調整した臭素酸溶液と風乾土壌を用いて臭素酸吸着実験を行った結果をFig.3に示す。Fig.3からも吸着は短時間で終了し、1日で吸着平衡に到達することがわかる。またFig.2とFig.3から、初期pHの低下により、赤玉土と鹿沼土では吸着率が明確に上昇したことがわかる。

絶乾させた各土壌と濃度 $200\mu\text{g/L}$ 、pH調整なしの臭素酸溶液を用いて、臭素酸吸着実験を行った結果をFig.4に示す。Fig.2とFig.4から各土壌全てにおいて、土壌を絶乾させると吸着率が上昇したことがわかる。これは水分が吸着していた土壌の吸着サイトに、臭素酸が吸着することができたためと考えられる。

4. まとめ

青森岩手県境不法投棄現場周辺では、臭素酸は水道水質基準を超える値で継続して検出されている地点がある。今後も水質モニタリングを継続し、臭素酸の環境水中の挙動を検討する必要がある。

土壌(イモゴライト、赤玉土、鹿沼土)による臭素酸の吸着は比較的短時間で平衡に到達することがわかった。3つの中ではイモゴライトの吸着率が最も大きかった。また、全ての土壌において溶液のpHを下げることで、臭素酸吸着率は上昇した。pHによる吸着率の増加は、鹿沼土で顕著であった。また、土壌は風乾させた場合よりも、絶乾させた場合の方が吸着率は上昇した。

引用文献

1)大規模不法投棄現場東側におけるハロゲン化物の経時変化, 颯田尚哉, 立石貴浩, 浦野友貴, 河村達哉, 第22回地下水・土壤汚染とその防止策に関する研究集会講演集, Vol.22, 88-93, 2016

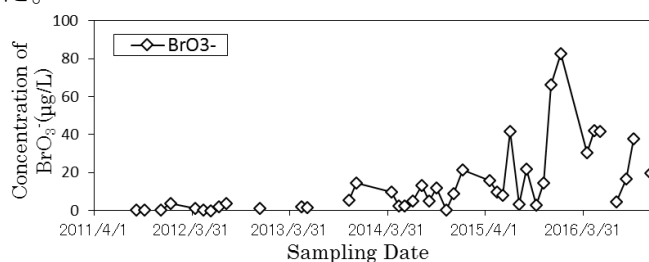


Fig.1 Bromate concentration change with time at upstream of Sakaisawa

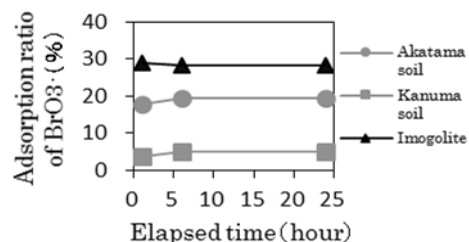


Fig.2 Adsorption ratio of BrO_3^- for soils. Concentration of bromate solution which contact the soil is $200\mu\text{g/L}$.

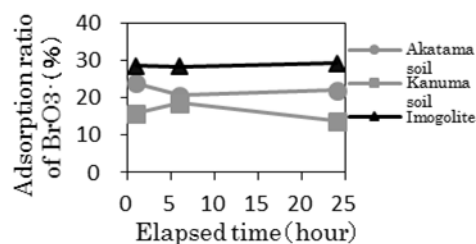


Fig.3 Adsorption ratio of BrO_3^- for soils. Initial pH of bromate solution($200\mu\text{g/L}$) is 3.

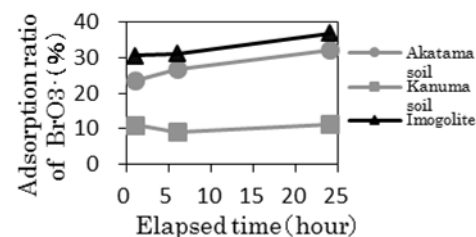


Fig.4 Adsorption ratio of BrO_3^- for oven-dried soils (105°C) with bromate solution ($200\mu\text{g/L}$).