



|                        |   |
|------------------------|---|
| Title                  | 泥質岩掘削ずりから溶出するヒ素およびセレンの化学形態を考慮した溶出・吸着特性と試験環境の影響に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]                                      |
| Author(s)              | 有馬, 孝彦  |
| Citation               | 北海道大学. 博士(工学) 甲第14245号  |
| Issue Date             | 2020-09-25  |
| Doc URL                | <a href="http://hdl.handle.net/2115/79453">http://hdl.handle.net/2115/79453</a>                         |
| Rights(URL)            | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a> |
| Type                   | theses (doctoral - abstract and summary of review)  |
| Additional Information | There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.                              |
| File Information       | Takahiko_Arima_abstract.pdf (論文内容の要旨)   |



[Instructions for use](#)

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 有馬 孝彦

### 学 位 論 文 題 名

泥質岩掘削ずりから溶出するヒ素およびセレンの化学形態を考慮した溶出・吸着特性と試験環境の影響に関する研究

(Study on leaching and adsorption behaviors of arsenic and selenium from excavated mudstones by considering their chemical species and effects of experiment environment)

本論文では,As と Se の地盤中での溶出・移行挙動の評価および吸着層工法等の適用性を高度化するために,カラム試験等による化学形態毎の溶出・吸着挙動を評価し,さらに室内カラム試験と屋外カラム試験とを比較することで試験環境が As と Se の溶出・移行挙動に与える影響を評価した。

第 1 章では,国内における自然由来重金属等を含有する掘削ずり等の対策の実情を踏まえ,コスト削減に資する合理的な対策工法の開発の必要性,合理的対策として研究が進められている吸着層工法の有効性や技術的課題,自然由来重金属等のうち,浸出水中で複数の化学形態を有する As と Se の溶出挙動や吸着挙動評価の重要性,試験方法や試験環境の影響を考慮した評価の重要性について言及した。

第 2 章では,白亜系蝦夷層群に属するトンネル建設現場から採取された 4 種類の泥質岩試料(ずり)を用いて,岩石中の As と Se の化学形態の評価と室内カラム試験およびバッチ溶出試験を実施し,試験方法の相違による As と Se の溶出形態の相違を評価した。SEM-EDX および ATR-FTIR による観察結果から,As や Se, とりわけ Se は,岩石の続成作用の過程で生成された可溶性相に含まれていることが確認された。カラム試験結果から,As および Se の主要形態はそれぞれ As(V),Se(VI) であることが同定されたが,一部試験期間では As(III) も高濃度で浸出することが確認された。バッチ溶出試験結果からは,As は As(V) が主要形態となり,Se については Se(VI) がやや高く,Se(IV) の共存も確認された。これらの結果は,Eh-pH ダイアグラムから予測された結果と一致した。カラム試験とバッチ溶出試験の結果を比較すると,カラム内の泥質岩に含まれる非晶質の Al や非晶質 Fe 等により,As(V) や Se(IV) が吸脱着を起こすと推察される。そのため,カラム試験による初期の浸出水では,As は As(III) が主要形態であり,Se は Se(VI) が主要形態で Se(IV) の浸出濃度が極めて低かったと評価される。以上の結果から,カラム試験により,化学形態を考慮した As や Se の経時的な吸脱着変化と空間的な分布特性を明らかにし,実際の盛土状態におけるずり層内の As や Se の移行現象の評価へと展開できると考えられる。

第 3 章では,前章で使用した 4 種類の泥質岩試料から溶出する As,Se の浸出濃度低減対策として,河川浚渫土を吸着層をとして敷設または不溶化材として混合した場合の As と Se の化学形態毎の吸着挙動を評価した。浚渫土に対して,バッチ吸着試験を実施した結果,浚渫土中の非晶質 Al, 非晶質 Fe, カオリナイト等の粘土鉱物への As(V) および Se(IV) の吸着が認められたが,Se(VI) に対する吸着は認められなかった。カラム溶出試験を実施した結果,累積浸出量で評価される化学形態毎の吸着量の相違について,As(V) は 73 ~ 89%,As(III) は 60 ~ 89%,Se(VI) は 36 ~ 60%,Se(IV) は 9 ~ 75% の低減が確認された。バッチ吸着試験結果からは,浚渫土による Se(VI) の吸着は認められなかったことから,カラム内では移行中の Se(IV) の一部が Se(VI) へ変化するが,Se(IV) は吸着される

ため、見かけ上、Se(VI) の累積浸出量の低減が認められたと考えられる。そのため、本研究で使用した泥質岩中の Se のように、pH や Eh のわずかな変化により化学形態が変化するような場合には、カラム試験により実際の盛土状態を模擬し、ずり層内の溶出・移行現象を評価することが重要と考えられる。

第 4 章では実際の盛土状態における泥質岩からの As や Se の浸出挙動を再現するためのカラム試験について、試験環境の影響を評価するために実施した室内カラムおよび屋外カラム試験を実施し、As と Se の溶出・吸着挙動の相違を比較した。室内カラムと屋外カラムの浸出水の As, Se, pH, EC を比較すると、概ね同様の浸出傾向や浚渫土による濃度低減傾向を示したが、As については、屋外カラム試験では初期の浸出水が回収された 5 月下旬から 8 月下旬の期間は比較的高温で酸化が進行しやすい環境であったことから、屋外カラムの方が As は浸出しやすいケースが認められた。一方、Se については、室内カラムに比べ屋外カラムでは浸出量がやや低くなった。このことは、日射によるずり層中の水分蒸発量が高かった屋外カラムの方が Se は浸出しにくかった。いずれのケースも As と Se の吸着挙動には大きな影響を及ぼさないことが確認された。pH, EC の変化については、若干ではあるが降雨成分の影響を受けることが確認された。共存イオンについては、屋外カラム試験で硫酸イオンやナトリウムイオンの浸出が促進される一方、カルシウムイオンの浸出が低減したことから、屋内外環境で二次鉱物の生成に相違が生じ、As や Se の浸出に影響を及ぼす可能性も示された。このことは、室内カラムの試験結果を実現象の再現として活用する場合には、共存イオンの挙動を評価することが重要であることを示唆する。

第 5 章では全体を総括し、盛土環境における掘削ずりからの重金属等の溶出・移行評価、対策検討の際には、おもに室内カラム試験等の各種試験により化学形態に着目した溶出・吸着挙動を評価することが重要であることを記述した。また、室内カラムと屋外カラムの試験結果の比較から、As は日射による温度上昇、蒸発にともなう水分量低下によって酸化が促進され、一方、Se は水分量の上昇により浸出が促進された。これらの成果を踏まえ、泥質岩掘削ずりの対策検討の際には、覆土による温度、水分量の極端な変化を低減することで、室内カラムの試験結果を適用可能であることを記述した。