

自然由来のヒ素汚染土に対するカルシウム系不溶化処理材の研究事例

㈱イーエス総合研究所 ○植松 えり子, 上松 武, 小口 智久, 常松 哲

1. はじめに

北海道には重金属、特にヒ素を含む海成泥岩類や火山岩類等が広く分布している¹⁾。そのため公共工事においても自然由来のヒ素汚染土に遭遇する事例が多く、経済性と確実性のバランスがとれた対策立案が課題となっている。

著者らは重金属汚染対策方法の中でも簡便で経済的にも優れた不溶化処理に注目し、特に自然界に多く存在するカルシウムを利用した石膏を用いたヒ素不溶化についての研究を進めてきた。過去の研究では、土壌粒子の存在下においてヒ酸カルシウムの溶解度積以上のヒ素不溶化効果が得られたことを報告しており²⁾³⁾、この反応機構には、土壌粒子が持つ特性が関与していると考えられる。そのため、試料の性質によっては効果に差が生じる場合があるが、その要因については不明な点が多かった。効果に差を与える要因を特定することができれば、安定した効果が得られ、さらに確実性の高い不溶化処理材確立の一助となる。

そこで本研究では、4種類の試料を用い、不溶化効果が相違する原因について、カルシウムイオン濃度及び土壌粒子の陽イオン吸着能力に注目し検討を行った。

2. 試料及び実験方法

2-1. 試料

試料は、北海道内の工事現場から採取したヒ素を含む岩石 TM(泥岩)、TT(泥岩)、TZ(硬質頁岩)、KP(黒雲母デイサイト)を使用した。試料の元素組成を表1に、ヒ素溶出量とpHを表2に示す。表1は蛍光X線分析(粉末プレス法)による結果であり、表2は2mm以下の風乾試料について実施した溶出試験結果(環境庁告示第46号)である。

表1 試料の元素組成

試料	TM	TT	TZ	KP
成分	[%]	[%]	[%]	[%]
Na ₂ O	1.7	2.6	1.9	0.3
MgO	4.4	3.6	2.4	10.8
Al ₂ O ₃	16.5	13.7	17.3	17.3
SiO ₂	55.1	61.1	58.8	55.8
P ₂ O ₅	6.2	0.2	0.2	0.1
SO ₃	0.9	1.9	0.8	0.6
K ₂ O	2.7	1.8	3.0	2.8
CaO	1.1	7.0	7.8	5.7
Fe ₂ O ₃	5.8	7.1	6.9	5.8

表2 試料のヒ素溶出量とpH

試料	TM	TT	TZ	KP
項目				
As [mg/L]	0.047	0.058	0.018	0.65
pH [-]	8.9	9.8	9.1	9.7

2-2. 実験方法

(1) 石膏を使用した溶出試験[実験1]

2mm以下の風乾試料に、石膏を1~10%(重量)添加し、環境庁告示第46号に基づく溶出試験を行った。ヒ素の測定には㈱日立製作所製水素化物発生装置-フレーム原子吸光計 Z-5150を使用した。

(2) 塩化カルシウムを使用した溶出試験[実験2]

2mm以下の風乾試料に、塩化カルシウムで作成したカルシウムイオン溶液(720 mg/L、1200 mg/L、2400 mg/L)を加え、環境省告示46号に基づく溶出試験を行った。

(3) 陽イオン交換容量(CEC)及びゼータ電位の測定[実験3]

陽イオン交換容量(CEC)は土壤標準分析・測定法に基づき測定した。測定には㈱日立製作所製分光光度計を使用した。ゼータ電位は試料約0.1gと蒸留水(pH5.2)を混合した土壌粒子分散液について測定した。測定には大塚電子㈱製 ELS-8000を使用した。

3. 実験結果及び考察

3-1. 実験1 石膏添加によるヒ素減少率の違い

試料に石膏を添加した際の、ヒ素溶出濃度の低減を図1に示す。また、石膏添加によるヒ素溶出濃度の減少率を表3に示す。表3の減少率は石膏を添加しない試料の溶出量を100%とした際のヒ素の減少率であり、計算には最も減少したヒ素濃度を適用した。

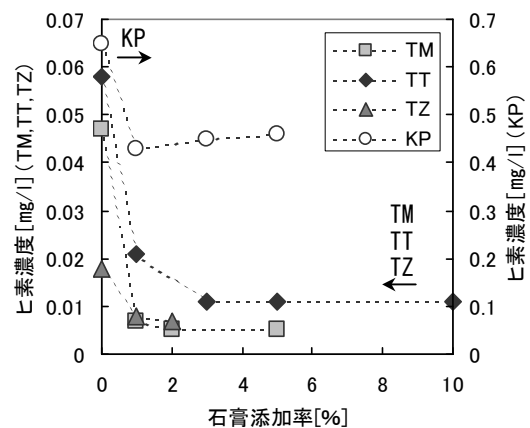


図1 石膏添加によるヒ素溶出濃度の低減

表3 石膏添加によるヒ素減少率

	TM	TT	TZ	KP
ヒ素減少率[%]	89.4	81.0	61.1	33.8

図1より、石膏添加によって全ての試料でヒ素濃度が低減し、添加量 1~3%で一定となっている。ヒ素濃度が一定となった原因のひとつとして、難溶性である石膏の添加量が飽和溶解度に達したことが考えられる。また、図3に示す通り、ヒ素減少率は試料によって差がみられた。

本不溶化の反応機構にはカルシウムイオンと土壌粒子の存在が大きく関与している。そのため、ヒ素減少率に対してもカルシウムイオンと土壌粒子が与える影響は大きいと考えられる。

3-2. 実験2 添加カルシウムイオン濃度とヒ素減少率の関係

ヒ素減少率に与えるカルシウムイオン濃度の影響を確認するため、溶解性の塩化カルシウムを用い、添加カルシウム濃度を変えた溶出試験を行った。添加カルシウムイオン濃度とヒ素減少率の関係を図2に示す。

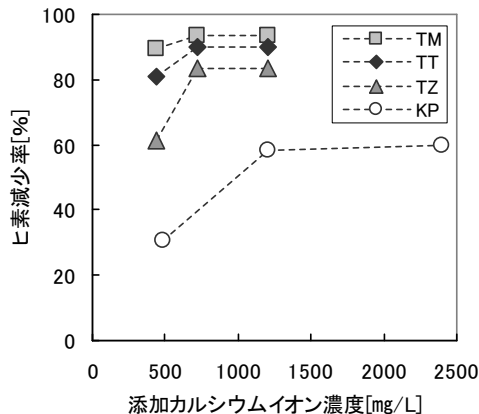


図2 添加カルシウムイオン濃度とヒ素減少率の関係

図2より、どの試料についても、添加カルシウムイオン濃度の増加に伴いヒ素減少率が向上し、ある程度で一定となった。以上より、カルシウムイオン濃度の増加によりある程度のヒ素減少率向上がみられたが、十分なカルシウムイオン濃度がある条件でも、各試料におけるヒ素減少率の最大値は異なり、試料によってカルシウムの利用特性が異なると考えられる。

3-3. 実験3 土壌粒子の陽イオン吸着能力

3-2より、試料が持つカルシウムイオンの利用特性が、ヒ素減少率に影響を与える可能性が考えられる。土壌が持つ特性としてはイオン吸着能力があり、古くから研究されている⁴⁾⁵⁾⁶⁾。そこで、イオン吸着能力がヒ素減少率に与える影響を確認するため、土壌粒子の陽イオン吸着能力の指標として考えられている陽イオン交換容量(CEC)及びゼータ

電位を測定した。ヒ素減少率と陽イオン交換容量(CEC)の関係を図3に、ヒ素減少率とゼータ電位の関係を図4に示す。

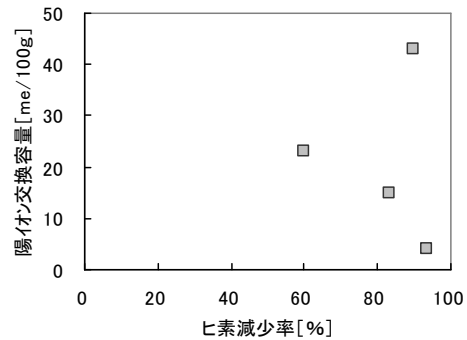


図3 ヒ素減少率と陽イオン交換容量の関係

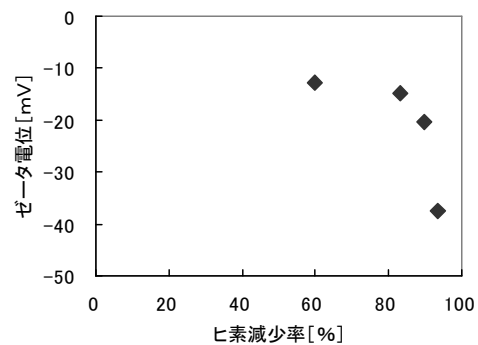


図4 ヒ素減少率とゼータ電位の関係

図3より、ヒ素減少率と陽イオン交換容量(CEC)には相関性がみられなかった。図4より、ヒ素減少率とゼータ電位の間には相関性がみられ、ゼータ電位が低い試料のほうが高いヒ素減少率を示す傾向を示した。

以上より、ヒ素減少率に与える影響は、陽イオン交換容量(CEC)よりも、ゼータ電位のほうが大きいと考えられる。

4. まとめ

本研究より、添加カルシウムイオン濃度の増加によりヒ素減少率が向上することがわかった。また、十分なカルシウムイオン存在下でも、試料によってヒ素減少率の最大値は異なる結果となり、低いゼータ電位を持つ試料のほうが高いヒ素減少率を示す傾向であった。

【参考文献】

- 1) 産業技術総合研究所: 有害元素を含む全国元素分布(地球化学図)データベース
- 2) 植松ほか: 第40回地盤工学会研究発表会講演集, p.2613-2614
- 3) 植松ほか: 第41回地盤工学会研究発表会講演集, p.2369-2370
- 4) L.D.Baver: Soil Physics, Charles E. Tuttle Company 1956, p.24-28
- 5) 麻生慶次郎: 土壌学 I, 岩波全書, 1937, p.109-143
- 6) Norman M. Comber: An introduction to the scientific study of the soil, Edward Arnold & co., 1929, p.90-104