

中性化処理した上総層群泥岩の化学特性

九州産業大学 学生会員 赤司 かがり 九州産業大学 正会員 林 泰弘
ラサテック 非会員 佐藤 市郎 MT アクアポリマー 正会員 田村 明
中道環境開発 非会員 中道 和徳 九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

首都圏にはヒ素や黄鉄鉱を含んでいる堆積岩等が幅広く存在しており¹⁾、掘削工事等で発生した残土が大気に触れる過程で酸化・酸性化する。このような現象により掘削土からのヒ素等の溶出量が増加し事後に汚染土と判定される懸念がある。本研究では、このような酸性化する土（酸性土）にアルカリ資材を添加する中性化処理によって、ヒ素が溶出しにくい環境を整えることを目指し、処理土の化学特性を検討した。

2. 試料の特性

使用した試料は横浜で採取された上総層群泥岩（土丹）で、2015 年にシールド立坑工事現場で採取された土丹 A と 2016 年に鉄道トンネル工事現場で採取された土丹 B である（表 1）。土丹 B 採取地点近傍の土丹層のヒ素の溶出量は土壌溶出量基準を超過していた。土丹 A は入手時に弱アルカリ性であったが、試験開始時までに大幅に酸性化が進んだ。土丹 B は試験開始時でもアルカリ性を示しているが入手時より酸性化が進んでいる。過酸化水素水で強制的に酸化させることで長期的な pH を把握できる酸性化可能性試験の結果より、これからさらに酸性化することが推測される。

3. 試験方法

研究の流れを図 1 に示す。土丹 A は塊状で採取されたため最大粒径 19mm 以下となるように粉砕し、コーン指数が 150 kN/m²になる含水比 39%²⁾ に加水して用いた。土丹 B は採取時から泥状であり、コーン指数が 200kN/m²程度だったためそのまま用いた。

土の酸性化材として硫酸と黄鉄鉱（スペイン産の最大粒径 32 μm）を用いた。硫酸の添加率は土丹 A に対して 0.2mol/kg、土丹 B に対しては 0.33mol/kg、黄鉄鉱の添加率は 7%とした²⁾。酸性化材を添加した土丹は 20±3℃の恒温庫で 3 日間密閉養生したのちアルカリ資材を添加して再び密閉養生した。

4. アルカリ資材の添加率の検討

酸性化材を添加した試料のうち黄鉄鉱を添加した土丹 B だけが養生 1 日目では pH はあまり下がらなかったが、養生中に徐々に pH が下がっていった。それ以外の

表 1 試料の特性

入手時	入手年度		土丹A	土丹B
	採取場所		横浜	横浜
入手時	土懸濁液試験	含水比	4.4	36.9
		pH	7.98	8.86
		電気伝導率	83	1.32
	環境省告示46号試験	ヒ素溶出量	0.007	0.046
試験開始時 2016年 9月～10月	土懸濁液試験	設定含水比	39.0	37.0
		pH	4.22	7.43
		電気伝導率	101	59
	酸性化可能性試験	pH	4.26	4.82
		電気伝導率	107	82



図 1 試験の流れ

表 2 酸性土の初期の pH

	酸性化材(添加率)	1日養生後のpH	7日養生後のpH	28日養生後のpH
土丹A	硫酸 (0.2mol/kg)	2.69	3.04	3.11
	黄鉄鉱 (7%)	3.75	3.14	3.51
土丹B	硫酸 (0.33mol/kg)	2.81	2.8	3.91
	黄鉄鉱 (7%)	7.21	7.81	4.79

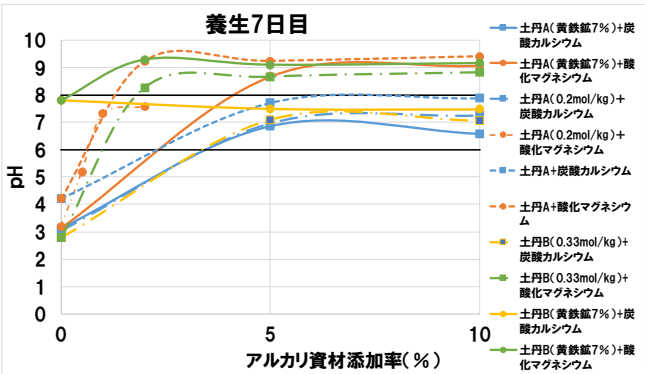


図 2 アルカリ資材添加率と pH の関係

キーワード ヒ素, 中性化処理, pH, 黄鉄鉱, 砒素酸性化, pH, アルカリ資材, 溶出抑制

連絡先 〒813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1 九州産業大学 建築都市工学部 都市デザイン工学科 TEL:092-673-5682

試料は養生 1 日目で pH が低下していた（表 2）。アルカリ資材としてヒ素を溶解度の低い化合物にするために酸化マグネシウムと炭酸カルシウムを 5, 10% 添加して均一になるように混合した²⁾。

恒温庫で密封養生後 7 日ごとに 28 日まで処理土の土懸濁液の pH 試験を実施した。炭酸カルシウムと酸化マグネシウムを添加しても 7 日以降は pH の変化はあまりみられなかった。養生 7 日でのアルカリ資材添加率以降の pH（図 2）を用い pH ≒ 6, 8 となるアルカリ資材添加率を求めた（表 3）。ただし、土丹 B において、黄鉄鉱酸性土に炭酸カルシウムを添加したものは pH>7 であったため、添加率を 4%, 10% とし長期的に中性域になるように定めた。黄鉄鉱酸性土と硫酸酸性土に酸化マグネシウムを添加した場合の添加率は 0.5%, 2% にそろえた。

5. 溶出試験結果

表 3 の条件で処理土を作製し、7 日養生後に土懸濁液試験と酸性化可能性試験で pH を測定した結果を図 3, 4 に示す。土丹 A については硫酸酸性土に酸化マグネシウム 0.6% を添加した処理土以外は中性域に収まったが、酸性化可能性試験の結果は硫酸酸性土に酸化マグネシウムを添加した場合と黄鉄鉱酸性土に炭酸カルシウムを添加したものは長期的に酸性へ移行することが予想される。土丹 B については黄鉄鉱酸性土に酸化マグネシウムを添加した場合以外はすべて中性域に達した。酸性化可能性試験は黄鉄鉱酸性土にマグネシウムを添加した場合と黄鉄鉱酸性土とに炭酸カルシウムを添加したものは長期的に酸性へ移行することが予想される。

環境省告示第 46 号試験の結果を表 4 に示す。ヒ素の溶出量測定にはデジタルパックテスト（DPM-AsD）を使用した。土丹 A についてはすべての条件でヒ素の溶出量は検出限界（0.009mg/L）以下（ND）であった。原土からもヒ素の溶出が検出されなかったため明確にはいえないが、酸化マグネシウムを添加したものは Eh が低くなっているためヒ素が溶出しにくい環境となっている。土丹 B については黄鉄鉱に酸化マグネシウム 0.5% 添加した場合のみ 0.017mg/L のヒ素が溶出したが、試料のばらつきの影響だと考えている。

6. まとめ

今回は養生 7 日での pH を用いてアルカリ資材の添加量を決めたが、黄鉄鉱酸性土は硫酸酸性土より酸性化速度が遅かったため、長期的な検討が必要であることがわかった。酸性土を中性化するためのアルカリ資材については炭酸カルシウムを添加する場合は添加率の検討が必要である。

参考文献：1) 島田允堯：自然由来重金属等による地下水・土壌汚染問題の本質：ヒ素，pp.47-48，2009 2) 長野佑希ら：アルカリ資材による黄鉄鉱を含む土の酸性化抑制の検討，平成 27 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.389-390，2016.3. 3) 赤司かがりら：シールド工事で発生する上総層群泥岩の中性化処理，平成 28 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.305-306，2017.3.

表 3 アルカリ資材添加率

試料	酸性化材		アルカリ資材		凡例	
	種類	添加率	添加率(%) (pH≒6)	添加率(%) (pH≒8)		
土丹A	—	—	2.2	6.2	●	
	硫酸	0.2mol/kg	炭酸カルシウム	3.4	6.0	●
	黄鉄鉱	7.0%	—	3.4	6.0	●
	—	—	0.6	1.3	■	
	硫酸	0.2mol/kg	酸化マグネシウム	0.6	1.2	■
	黄鉄鉱	7.0%	—	2.3	4.1	■
土丹B	硫酸	0.33mol/kg	炭酸カルシウム	4.0	10.0	●
	黄鉄鉱	7.0%	—	4.0	10.0	●
	硫酸	0.33mol/kg	酸化マグネシウム	0.5	2.0	■
	黄鉄鉱	7.0%	—	0.5	2.0	■

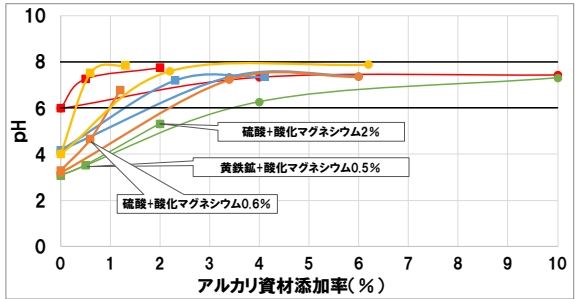


図 3 土懸濁液試験による pH の関係

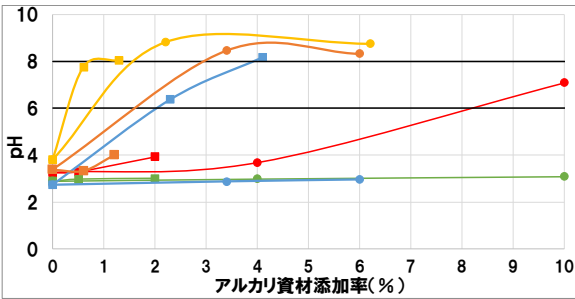


図 4 酸性化可能性試験と pH の関係

表 4 環境省告示第 46 号試験結果

配合条件	pH	Ec (mS/m)	Eh (mV)	ヒ素の溶出量 (mg/L)
土丹A	3.79	162	354	ND
土丹A(黄鉄鉱7%)	3.48	195	362	ND
土丹A(0.2mol/kg)	3.07	350	371	ND
土丹A(黄鉄鉱7%)+炭酸カルシウム(3.4%)	8.45	119	208	ND
土丹A(黄鉄鉱7%)+炭酸カルシウム(6%)	8.31	128	147	ND
土丹A(黄鉄鉱7%)+酸化マグネシウム(2.3%)	9.18	220	89	ND
土丹A(黄鉄鉱7%)+酸化マグネシウム(4.1%)	9.54	200	81	ND
土丹A(0.2mol/kg)+炭酸カルシウム(3.4%)	7.52	270	389	ND
土丹A(0.2mol/kg)+炭酸カルシウム(6%)	7.49	260	240	ND
土丹A(0.2mol/kg)+酸化マグネシウム(0.6%)	4.4	350	290	ND
土丹A(0.2mol/kg)+酸化マグネシウム(1.2%)	7.2	390	196	ND
土丹A	3.82	183	337	ND
土丹A+炭酸カルシウム(2.2%)	7.63	220	196	ND
土丹A+炭酸カルシウム(6.2%)	7.61	250	184	ND
土丹A+酸化マグネシウム(0.6%)	8.29	220	151	ND
土丹A+酸化マグネシウム(1.3%)	8.96	182	116	ND
土丹B	7.84	84	245	ND
土丹B(黄鉄鉱7%)	7.02	200	203	ND
土丹B(0.33mol/kg)	3.13	390	394	ND
土丹B(黄鉄鉱7%)+炭酸カルシウム(4%)	7.4	220	166	ND
土丹B(黄鉄鉱7%)+炭酸カルシウム(10%)	7.52	200	173	ND
土丹B(黄鉄鉱7%)+酸化マグネシウム(0.5%)	7.65	180	181	ND
土丹B(黄鉄鉱7%)+酸化マグネシウム(2%)	8.3	168	163	ND
土丹B(0.33mol/kg)+炭酸カルシウム(4%)	4.9	260	288	ND
土丹B(0.33mol/kg)+炭酸カルシウム(10%)	7.42	260	187	ND
土丹B(0.33mol/kg)+酸化マグネシウム(0.5%)	3.5	350	348	0.017
土丹B(0.33mol/kg)+酸化マグネシウム(2%)	5.18	420	291	ND