

## 複数のアルカリ資材を用いた酸性土の中性化処理

九州産業大学 学生会員 佐々木 隆成  
ラサテック 非会員 佐藤 市郎  
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  
MT アクアポリマー 正会員 田村 明  
九州産業大学 正会員 松尾 雄治

### 1. はじめに

建設発生土中に自然由来の重金属等が含まれている事がある。重金属の存在形態や溶出の過程に着目すると、中性状態の土からは重金属類が溶出しにくい<sup>1)</sup>とされることから中性化処理に取り組んでいる<sup>2)</sup>。中性化処理の過程で使用するアルカリ資材の中性化処理効果を発現するタイミングや必要な添加量等はそれぞれ異なる特性を有する。本研究では、酸性土にアルカリ資材を複数混合する事で、それぞれの特性を生かし、より効果的かつ、低コストでの中性化処理を行う事を目指した。

### 2. アルカリ資材の特性

アルカリ資材は重質炭酸カルシウム (Ca 材)<sup>2)</sup>、マグネシウム系固化材 (Mg 材)<sup>2)</sup>、製鋼スラグ (SS 材)<sup>2)</sup>の3種を使用した。Ca 材は坑排水処理の分野で中性化処理の実績<sup>2)</sup>があり、Mg 材はヒ素の不溶化に効果<sup>4)</sup>があり、SS 材は添加後溶出するカルシウムによりヒ素の溶脱が抑制<sup>5)</sup>される。Ca 材と SS 材は中性化処理効果が発現されるまで養生が必要であるが、Mg 材は添加後すぐに中性化処理効果を発現する。SS 材は中性化処理効果にばらつきがある為、もともと最大粒径 5mm 程度であったものを 0.85mm 以下に粉碎し使用<sup>2)</sup>した。

### 3. 試験方法

試料には新門司土砂処分場で採取された浚渫土と千葉県 の地山で採取された関東ローム B を使用した。試料の特性を表-1 に示す。中性化処理土の作製方法を図-1 に示す。浚渫土は pH=3、関東ローム B は pH=4 になるように 1.8mol/L に希釈した希硫酸を添加し酸性土を作製した。この酸性土に対しアルカリ資材を混合したものを中性化処理土とした。養生 1 日目、7 日目、28 日目で酸性化可能性試験の検液で pH (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)、土懸濁液試験の検液で pH (H<sub>2</sub>O) と電気伝導率 EC (H<sub>2</sub>O) を測定した。なお、ばらつきを考慮して検液は同一試料から 3 つ作製した。中性化処理の判断基準として生活環境基準の保全に関する環境基準<sup>6)</sup>に沿い、pH=6.5~8.5 をグリーンゾーン、優良な中性化処理が施されたものとして pH=7.8~8.3 をブルーゾーン、中性化処理が不十分なものとしてそれ以外をレッドゾーンとした。

### 4. アルカリ資材の添加率と中性化処理効果

図-2 は中性化処理した浚渫土のアルカリ資材添加率と pH (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) の関係である。SS 材添加土は SS 材=8% でも酸性域 (レッドゾーン) に入っている。Mg 材添加土は Mg 材=2% でもアルカリ域 (レッドゾーン) に入っている。Ca 材添加土は Ca 材≧4% の養生 7 日目

表-1 試料の特性

| 試料名称                                | 単位                | 関東ローム B        | 浚渫土               |
|-------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 初期含水比                               | %                 | 109            | 86.9              |
| 土粒子の密度                              | g/cm <sup>3</sup> | 2.796          | 2.604             |
| 礫分                                  | %                 | 4.8            | 0                 |
| 砂分                                  |                   | 30.4           | 7.6               |
| 細粒分                                 |                   | 64.7           | 92.4              |
| 均等係数 U <sub>c</sub>                 |                   | 374.2          | 4.5               |
| 曲率係数 U <sub>c'</sub>                |                   | 7.85           | 0.68              |
| 液性限界 w <sub>L</sub>                 | %                 | 109.2          | 88.1              |
| 塑性限界 w <sub>P</sub>                 | %                 | 69.8           | 34.9              |
| 塑性指数 I <sub>p</sub>                 |                   | 39.4           | 53.2              |
| 分類名                                 |                   | シルト<br>(高液性限界) | 砂まじり粘土<br>(高液性限界) |
| 分類記号                                |                   | MH             | CH-S              |
| 強熱減量 Li                             | %                 | -              | 7.54              |
| pH (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) |                   | 7.34           | 7.43              |
| pH (H <sub>2</sub> O)               |                   | 7.17           | 7.2               |

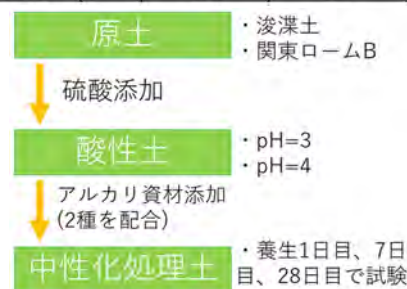


図-1 中性化処理土の作製

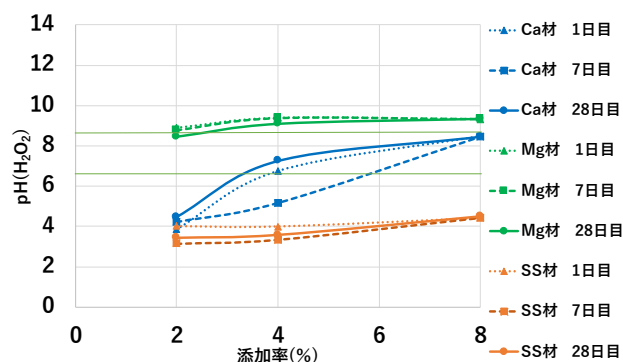


図-2 アルカリ資材の添加率と pH の関係

以降で中性域に入っているが、Ca 材=2%ではレッドゾーンとなっている。また、Ca 材は養生によって pH が変動している。複数のアルカリ資材の混合に関して、アルカリ資材の混合の割合を表-2 に示す。図-2 より Mg 材単体では Mg 材 $\leq$ 2%にする必要がある点と、Ca 材:Mg 材=70:30 (C7M3 材) が中性を示すと考えられる添加率を検討し、CM 材=4% (Mg 材=1.2%、Ca 材=2.8%) とした。SS 材は pH を高くする効果が小さい為、MS 材=10%、CS 材=10%とした。

## 5. 混合資材を用いた中性化処理

図-3 は CM 材=4%の浚渫土の pH ( $H_2O$ ) である。中性域内に収まると予測して混合した C7M3 材=4%は、養生 1 日目は pH ( $H_2O$ ) 7.6 でグリーンゾーンであったが、養生 7 日目で pH ( $H_2O$ ) =8.61 となり、以降もアルカリ側のレッドゾーンとなった。しかし養生による pH の変動は抑制されている。図-4 は MS 材=10%の浚渫土の pH ( $H_2O$ ) である。M1S9 材=10%は養生 1 日目で pH ( $H_2O$ ) =7.55 となり、養生 7 日目で pH ( $H_2O$ ) =7.32、養生 28 日目で pH ( $H_2O$ ) =7.42 で中性域内に収まっており、養生による pH の変動もほとんど無い。CM 材にも当てはまるように、中性化処理効果の発現のタイミングが異なる 2 種のアルカリ資材を混合した為、養生に伴う pH の変動が抑制されたと思われる。

図-5 では十分な中性化処理を施す事が出来た混合資材を例に添加率と中性化処理にかかる費用の関係を示す。M1S9 材=10%は 0.23 円/kg、C7M3 材=4%は 1.22 円/kg と添加率が高いが、処理費用は低い。

## 6. まとめ

CM 材 MS 材のような中性化処理効果の発現のタイミングが異なるアルカリ資材を混合すると、養生に伴う pH の変動が抑えられる事が分かった。また、中性化処理効果の増大を狙う場合処理費用の面からも、添加率を上げるよりも混合材を用いる方が効率的である事が分かった。現在、混合の割合を改良した再実験と Ca 材と SS 材の混合材である CS 材の実験を行っており、結果は研究発表会当日に発表する。

**謝辞：**本研究は JSPS 科研費 JP17K06566 の助成を受けた研究の一部である。

**参考文献** 1) 乾徹ら：不溶化処理による汚染土中の砒素の存在形態と変化と炭酸化が及ぼす影響，第 12 回地盤改良シンポジウム発表論文集，pp. 269-272，2016. 10. 2) 木原聡ら母材の異なる酸性土の中性化処理に及ぼすアルカリ資材の効果：土木学会西部支部研究発表会 pp243-244、2018. 3) Ali Bekin ら：抗排水処理における中和剤としての MgO の適用性について，資源と素材，Vol. 114，No. 8，pp. 553-559，1998. 4) 天本優作ら：掘削ずりの粒径が不溶化効果に及ぼす影響，第 22 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，pp. 141-146，2016. 6. 5) 鎌田明秀ら：鉄鋼スラグ混合によるアルカリ性掘削岩・土砂からのヒ素溶脱抑制，第 22 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，pp. 234-238，2016. 6. 6) 環境庁告示 65 号：水質汚濁に係る環境基準について pp. 10-11，1993.

表-2 混合の割合

| 混合種別 | Ca材 | Mg材 | SS材 |
|------|-----|-----|-----|
| C10  | 10  | 0   | 0   |
| M10  | 0   | 10  | 0   |
| S10  | 0   | 0   | 10  |
| C5M5 | 5   | 5   | 0   |
| C7M3 | 7   | 3   | 0   |
| C3M7 | 3   | 7   | 0   |
| M1S9 | 0   | 1   | 9   |
| M2S8 | 0   | 2   | 8   |
| M3S7 | 0   | 3   | 7   |
| C1S9 | 1   | 0   | 9   |
| C2S8 | 2   | 0   | 8   |
| C3S7 | 3   | 0   | 7   |

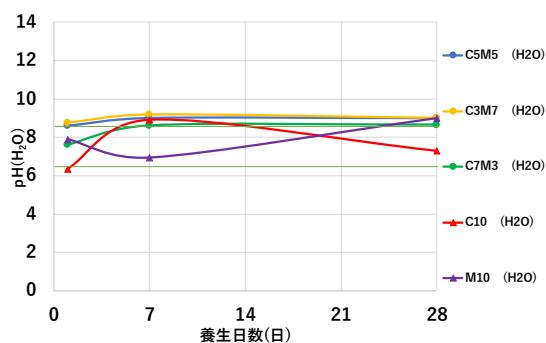


図-3 CM 材の養生日数と pH( $H_2O$ )の関係

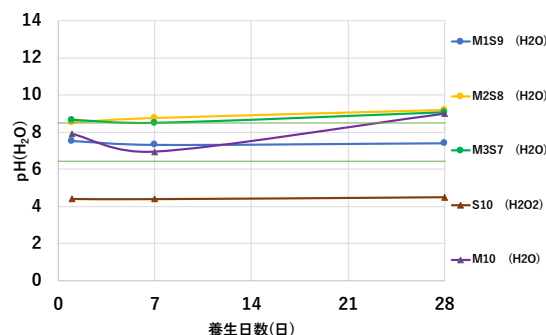


図-4 MS 材の養生日数と pH( $H_2O$ )の関係

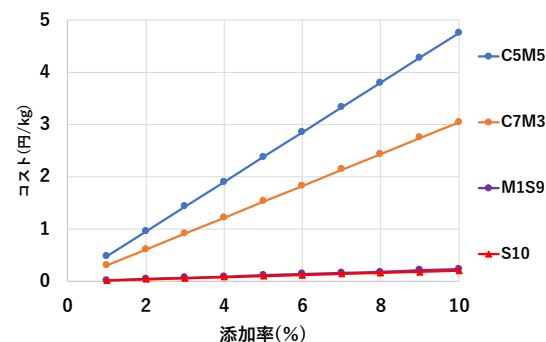


図-5 費用対効果