

# ソイルセメント排泥の改良土の理化学的性状

## Physical and Chemical Character of Cement-Blended Soil by Neutralizer Improvement

○杉本 英夫\*                      山本 義己\*\*  
Hideo Sugimoto                  Yoshimi Yamamoto

### 1. はじめに

セメント系材料と原位置土とを混合攪拌して得られるソイルセメントは、遮水壁工法を採用する地下ダム建設などで使用されている。この工事で排出される泥土（以下、排泥）は、pH11~12の高アルカリ性を呈し、産業廃棄物となる。

筆者らは、排泥を緑化事業に利用するため土壌改良技術を開発している。しかし、過去の研究では、排泥が改良される過程のメカニズムは未解明であった<sup>1)</sup>。そこで、地下ダム建設を進めている某工事現場の排泥を採取して、理化学的性状を分析し、土壌改良時の変化を調べた結果を述べる。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 試料の概要

排泥の工事現場の地質・地目は、深部が石灰岩層、表層はその風化土壌で、畑地である。試料とする排泥は、泥水貯留槽で1週間経ち、硬化した固形物を採取した。採取時に100~200mm程度の塊に砕いて、ビニル袋に密閉して空気に触れないように保管した。排泥の改良には、土の乾燥による炭酸化処理と中和処理がある。炭酸化処理では、セメント水和物に空気を触れさせて、中性化する。試験では、排泥を30mm以下に砕き、薄く広げ、室内で7日間乾燥した。中和処理では、リン酸を含む特殊肥料を添加し、難溶性の塩を形成させる。試験では、乾燥3日目に、特殊肥料を3% (W/W) 混ぜ、合計7日間乾燥した。また、これらの処理土の比較のために、未処理の排泥と現場周辺の畑土（葉たばこ栽培、キク栽培）を試料とした。分析用の試料は、全て2mmフルイ通過分を使用した。

#### 2. 2 分析方法

##### (1) X線回折分析

試料は、メノウ乳鉢で塊をすりつぶし、粉末にした。なお、排泥の未処理の試料は、風乾すると結晶の変化が予想されるため、常に湿らせておく必要がある。そこで、試料調整では、試料の表面を乾燥させないように霧吹きで湿らせてから、メノウ乳鉢で塊をすりつぶした。各条件の試料は、密閉容器に保管し、分析に供した。分析は、X線回折装置（リガク製 型番 RINT-1500V,  $K\alpha 2$  線およびバックグラウンド除去）で行った。分析では、粉末法とガラス板法を用いた。畑土は、鉍物同定のため、700° 加熱処理、エチレングリコール処理、塩酸処理も行った。

##### (2) 蛍光 X線分析

試料は、(1) 同様に行った。分析は、蛍光分析装置（島津製作所製 XRF-1700, スキャンスピード  $8\text{deg}\cdot\text{min}^{-1}$ ）で行った。定量値は、F P法で算出する。試料には、炭酸カルシウムや有機炭素が存在するため、全ての分析結果に炭素(C)量を補正し、二酸化炭素[CO<sub>2</sub>]で示した。

##### (3) 理化学性分析

試料は風乾し、2mmフルイ通過の土を用いた。分析は、pH (1:5 水浸出)、電気伝導率 (1:5 水浸出)、水溶性陽イオン (Ca, Mg, Na, K)、陽イオン交換容量 (CEC)、交換性陽イオン (Ca, Mg, Na, K)、リン酸吸収係数、有効態リン酸 (トルオーグ)、可給態リン酸 (2.5% 酢酸)、全窒素および全炭素 (NC アナライザ)、真比重を測定した。

##### (4) 発芽・生育試験

風乾した畑土を 2mm ふるいに通し、中和処理の土を混合する。畑土への混合割合は、重量比で 0%、10%、20%、40%、50%とした。対照には、中和処理の排泥 100%と未処理の排泥を用いた。

各試料は、容器に 50g 入れて、コマツナ種子を 20 粒まいて、25°Cの恒温室で養生した。給水は、下面からゆっくり行い、土の表面まで冠水させた後、自然排水して、圃場用水量の状態とした。3 日後に発芽数、7 日後に生存数を確認した。

(株) 大林組技術研究所都市・居住環境研究室\* Obayashi Corporation Technical Research Institute Urban and Indoor Environment Department, (株) 大林組九州支店\*\* Obayashi Corporation Kyushu Branch Office, セメント、理化学性、土壌改良

### 3. 分析結果

#### (1) X線回折分析

図-1に排泥の異なる処理条件の結果を示す。未処理の排泥は、セメント水和物が含まれている。10.9°のピークはカルシウムアルミネート水和物類[Ca<sub>4</sub>Al(OH)<sub>7</sub>·3H<sub>2</sub>O]、11.7°のピークはカーボアルミネート水和物類[Ca<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>(OH)<sub>12</sub>(CO<sub>3</sub>)·6H<sub>2</sub>O]、15.8°のピークはエトリンガイト[Ca<sub>6</sub>Al<sub>2</sub>(OH)<sub>12</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·26H<sub>2</sub>O]と確認された。炭酸化処理された排泥は、セメント水和物類のピークが減少し、カルサイト[CaCO<sub>3</sub>]が増加する。中和処理の排泥は、セメント水和物のピークが無くなり、11.6°のピークに二水石膏[CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O]、25.4°に無水石膏[CaSO<sub>4</sub>]のピークが現れる。

これより、排泥が炭酸化および中和処理されると、結晶鉱物は変化して、セメント水和物が無くなるのが分かった。

畑土は、石英、長石、雲母粘土鉱物、カオリナイト、メタハロイサイト、ギブサイト[Al(OH)<sub>3</sub>]、ゲーサイト[α-FeO(OH)]が確認された。キク栽培地では、カルサイト[CaCO<sub>3</sub>]が確認された。

これより、畑土は強い風化作用を受けており、鉄・アルミニウム酸化物が増えていることが推測された。畑地の土壌改良材には、カルシウムを含む資材を使用していることが分かった。

#### (2) 蛍光X線分析

表-1に化学組成を示す。炭酸化処理の排泥は、未処理の排泥に比べてシリカ[SiO<sub>2</sub>]が減少し、炭素量が微増している。中和処理の排泥は、炭酸化処理に比べてリン酸と硫酸化物が微増(数%)している。これは、特殊肥料の成分に由来する。

これより、炭酸化処理および中和処理の証拠として、炭素量の増加分と中和に有効な特殊肥料の成分が確認された。

#### (3) 理化学性分析

表-2に理化学性を示す。中和処理の排泥は、pH8.9、EC124mS·m<sup>-1</sup>を示し、未処理の排泥に比べて低い。そして、リン酸吸収係数の値が未処理の排泥と同程度で、有効態リン酸および可給態リン酸は増える。また、畑土は、リン酸吸収係数10g·kg<sup>-1</sup>で、有効態リン酸をほとんど含まないため、作物栽培時にリン酸欠乏が予想される。

これより、排泥が炭酸化および中和処理されると、pHおよびECが低下する。中和処理の排泥は、畑土に不足する成分である、リン酸とカルシウムに富むことが確認された。

#### (4) 発芽・生育試験

観察3日後の発芽率は、中和処理の排泥20%の条件で95%、50%の条件で90%、100%の条件で85%、対照は0%を示した。観察7日後の生存率は、畑土への混合率40%の条件で100%を示し、平均茎長3cmであった。これより、排泥は適切な処理により、畑土の土壌改良に利用できると考えた。

### 4. まとめ

排泥は、炭酸化処理と中和処理をすれば、理化学的性質が確実に変化する。そして、処理された排泥は、植物に必要な養分を持ち、畑土へ混合しても植物が生育すると考える。

今後は、排泥を処理した改良土を用いて実証試験を行い、現場に適用する土壌改良の技術・工法の完成に努めたい。

#### 参考文献

1) 杉本, 伊藤, 小宮: セメント混合土の緑化利用に関する研究, 平成15年度農業土木学会大会講演要旨集(7-23), (2003)

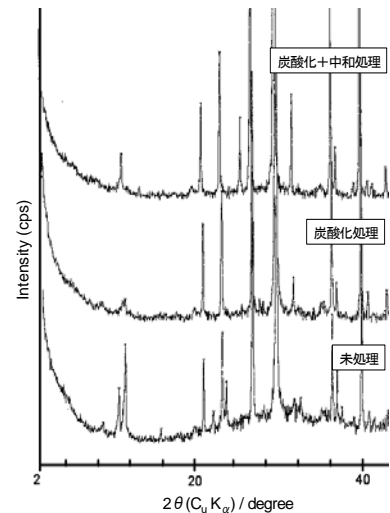


図-1 X線回折(粉末法)の結果  
Fig. 1 Result of X-Ray diffraction

表-1 蛍光X線分析(XRF)の結果  
Table 1 Result of X-ray fluorescence analysis

化学組成	排泥			畑土	
	未処理	炭酸化処理 (風乾処理)	炭酸化処理 +中和処理	タバコ栽培	キク栽培
				単位: %	
SiO <sub>2</sub>	27	25	24	55	51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7	7	6	24	19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.3	1.2	1.1	6.3	4.8
K <sub>2</sub> O	0.4	0.4	0.4	1.9	1.6
TiO <sub>2</sub>	0.3	0.3	0.2	0.9	0.7
MgO	2.3	2.2	2.0	0.8	1.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1	0.1	1.0	0.4	0.7
CaO	43	41	42	0.4	6.5
MnO	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2
Na <sub>2</sub> O	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
SO <sub>3</sub>	0.7	0.6	1.5	0.1	0.1
CO <sub>2</sub>	18	22	22	10	14

表-2 理化学性分析の結果  
Table 1 Result of chemical analysis

試験項目	排泥		畑土	単位	
	未処理	炭酸化処理 +中和処理	タバコ栽培		
自然含水比	0.76	0.04	0.17	kg·kg <sup>-1</sup>	
pH	12.2	8.9	6.9	-	
電気伝導率(EC)	280	124	4	mS·m <sup>-1</sup>	
1:5 水浸出液	水溶性Ca	5	8	0	cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup>
	水溶性Mg	0	0	0	
	水溶性Na	1	1	0	
	水溶性K	1	0	0	
陽イオン交換容量	35	22	17	cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup>	
1M 酢酸 NaAc で 抽出液	交換性Ca	222	197		10
交換性Mg	3	3	3		
交換性Na	2	1	0		
交換性K	2	1	2		
リン酸吸収係数	27	27	10	g·kg <sup>-1</sup>	
有効態リン酸	0.001未満	1.90	0.18		
可給態リン酸	0.35	3.40	0.18		
全窒素(T-N)	0.02 × 10 <sup>-2</sup>	-	0.16 × 10 <sup>-2</sup>	kg·kg <sup>-1</sup>	
全炭素(T-C)	6.3 × 10 <sup>-2</sup>	-	1.2 × 10 <sup>-2</sup>	kg·kg <sup>-1</sup>	
真比重	2.65 × 10 <sup>-3</sup>	-	2.70 × 10 <sup>-3</sup>	kg·m <sup>-3</sup>	