

ソイルセメント排泥改良土の植物生長に関わる有効性の確認

杉本 英夫 山本 義己
(九州支店土木工事部)

Verification of Growth Efficacy of Cement-Blended Soil by Neutralizer Improvement

Hideo Sugimoto Yoshimi Yamamoto

Abstract

The soil cement is used for the construction of groundwater dam that concerned a method of waterproof wall. As for the Cement-Blended Soil, surplus mud excavated with this construction becomes industrial waste, then a method for various profits is developed. We had developed a technology to using surplus mud for greening, but its mechanism was not clear with a past research. Then we used surplus mud and examined X-Ray diffraction analysis, X-Ray fluorescence analysis, soil analysis, germination & growth and checked the improvement stage of surplus mud in detail. As a result, there disappeared the cement hydrate by the stage of carbonation treatment and the stage of neutralization treatment, it were confirmed that the crystal to including carbonic acid increased. The processed surplus mud improved the soil of field in tropical area, and clear that was effective to growth of the plants.

概要

ソイルセメントは、地下ダム建設など遮水壁工法で使用されている。この工事で排出される泥土（以下、排泥）は、産業廃棄物となるので、様々な利用方法が開発されている。筆者は、排泥が緑化利用できる技術を開発したが、排泥を改良するメカニズムは未解明であった。そこで、排泥を利用して、X線回折分析、蛍光X線分析、一般土壌分析、発芽・生育試験を行い、排泥の改良過程を詳しく調べた。その結果、排泥は、炭酸化処理および中和処理の過程で、セメント水和物が無くなり、炭酸を含む結晶が増えることを確認した。改良された排泥は、熱帯性の畑土壌を改良して、植物の生育に有効であることを明らかにした。

1. はじめに

一般に、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、ベントナイトを含むため、産業廃棄物となる。しかし、排泥は、地中の岩石を砕いた残渣を含み、自然由来のミネラルに富んでいる。ミネラルは、雨が多い我国の土壌に不足する成分なので、農作物の生産などには欠かせない。そのため、排泥は、有用資材として農業分野に有効利用を期待できる。また、廃棄物処分場の収容力が限界に近づいて、将来の不足が懸念されている。工事現場から遠く離れた処分場までは、トラックなどを利用することで運搬に化石燃料を使い、かつ道路の交通量を増やす一因になっている。工事で排出される部材は、発生場所の近くで有効利用することができれば、資源循環型の社会づくりに役立つことに加え、廃棄物の運搬に要するエネルギーを少なくし、二酸化炭素の発生を減らすことにも貢献できると考える。

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。過去の研究では、排泥改良土を利用した小規模圃場を作り、植物栽培の実証試験を行った。

その結果、ミネラルが豊富であること、炭酸・中和改良処理をすると植物が枯れずに生育することが明らかにされた^{1) 2)}。しかし、排泥が改良される過程の科学的変化は、未確認であった。

そこで、本報告では、工事現場の排泥を採取し、X線回折分析による結晶物の同定と、蛍光X線および理化学的性状の分析を行い土の成分を定量して、結晶鉱物の変化など排泥の改良過程を明らかにすることを試みた。そして、理化学的分析と栽培試験を行い、改良した排泥の有効性を確認した結果を報告する。

2. 試料

2.1 排泥

調べる対象の排泥は、ソイルセメント壁（SMW連壁）工事で発生したものである。試料は、沖縄県うるま市の与勝半島および伊江村の伊江島の工事現場から採取した。Fig. 1に採取地点を示す。Photo 1とPhoto 2に工事状況を示す。与勝半島の工事現場は、既報¹⁾で実証試験した場所である。表層は畑土であるが、深層は何れも石灰岩の風化層を含む地質である。Photo 3に石灰岩層を示す。

工事では、現位置の土に、セメントミルク、ベントナイト液等の固化液を攪拌混合してコンクリート壁体を造



Photo 1 ソイルセメント工事
Construction for Using Soil Cement



Photo 2 掘削前の地盤
Ground before Excavation



Photo 3 石灰岩地層 (断面)
Soil Profile (Limestone)

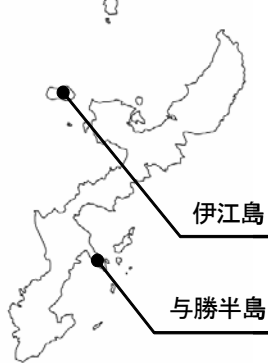


Fig. 1 セメント排泥採取位置図
Points of Sample Collection

成する。その際、あらかじめ掘削した空間が壊れないように、空間の中に泥水を満たした条件で工事を進める。排泥は、その工事中に上澄みとして残る残渣混じりの泥水である。排泥の土粒子には、地中10m以上の深度まで柱状のコンクリート壁体を作るため、石灰岩層の粉砕物も混じる。試料用に採取した排泥は、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。採取時期は、与勝地区は2003年、伊江地区は2006年である。

2.2 排泥改良土

排泥の改良方法は、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、排泥を砕き、空気に触れさせて、砕いた土塊の表面を中性化する。中和処理は、特殊肥料を混合し、難溶性の塩を形成させることで、中性化した土塊の中性化を促進させる。

分析用試料の製作時、炭酸化処理では、採取した排泥を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、炭酸化処理の過程で、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。

2.3 畑土

ソイルセメント壁を作る工事現場周辺は、畑地である。畑地の表層土は、排泥による土壤改良の効果を調べるために採取した。土の種類は、勝連地区がジャーガル、栽培作物は芋である。そして、伊江地区が島尻マージ、栽培

Table 1 理化学性の分析方法
Analysis Methods of Physics and Chemistry

含水比	110°C 炉乾燥法
pH	1:5水浸出液-ガラス電極法
電気伝導率 (EC)	1:5水浸出液-白金電極法
水溶性Ca, Mg, Na, K	1:5水浸出液-原子吸光法
陽イオン交換容量	1M酢酸アンモニウム抽出-インドフェノール法
交換性Ca, Mg, Na, K	1M酢酸アンモニウム抽出-原子吸光法
リン酸吸収係数	1:2リン酸アンモニウム液法 ※与勝地区の排泥は、土と液の比を1:10とした
有効態リン酸	トルオーグ法
可給態リン酸	2.5%酢酸抽出法
全リン酸	濃塩酸浸出法
全窒素 (T-N)	NCアナライザー法
全炭素 (T-C)	NCアナライザー法
真比重	ピクノメーター法

作物はタバコとキクである。採取時期は、与勝地区は2003年、伊江地区は2006年である。

ジャーガルは、泥岩が風化土で、比較的肥沃性が高い土壌で、農作に適している。試料採取した畑地では、周辺のクチャ（灰色の風化泥岩）を土壤改良材として混ぜており、中性から弱アルカリ性の土壌である。

マージは、熱帯地帯と同様に強い風化作用を受け、土の鉱物の結晶成分からシリカの溶脱が進み、カオリン鉱物あるいは鉄・アルミニウム酸化物を含む。カオリン鉱物は、カオリナイトやメタハロイサイトである。鉄・アルミニウム酸化物は、ギブサイトやゲータイトである。これらが原因で、土の酸性化が進み、土の肥沃性が劣り、栄養分の少ないやせた土壌である。例えば、畑地は、美しく花を咲かせて多くの実を収穫するため、堆肥やサンゴ粉砕品を含む資材で土壤改良が行われる。

3. 分析方法

3.1 X線回折分析

試料は、未処理の排泥と排泥改良土、および畑土を用いた。分析用の試料は、2mmフルイを通過させてメノウ乳鉢ですりつぶし、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 α 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、鉱物同定のため、700° 加熱処理、エチレングリコール処理、塩酸処理を行った。

3.2 蛍光X線分析

試料は、3.1と同様の操作で粉末にした。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 8deg \cdot min⁻¹）で行った。定量値は、FP法で算出した。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[CO₂]で示した。

3.3 理化学性分析

試料は、未処理の排泥と排泥改良土、および畑土を用いた。分析項目は、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）、全リン酸、全窒素、全炭素、真比重とした。分析法は、Table 1に示す。2mmフルイを通過させた風乾土で分析した。

3.4 発芽・生育試験

排泥の効果を調べるため、畑土に混ぜて植物の反応を観察する。改良効果をもっとも現れやすい中和処理した排泥改良土を使用した。排泥改良土の混合割合を変えて、生育を比較する。試験では、畑土および排泥改良土は2mmふるいに通した。排泥改良土の混合割合は、重量比で0%、10%、20%、40%、50%とした。対照には、中和処理による排泥改良土100%と未処理の排泥を用いた。

粒度調整した試料は、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。給水は、3日間行い、その後は止めた。3日後に発芽数、7日後に生存数を測定した。

4. 結果および考察

4.1 X線回折分析

Fig. 2に伊江地区の排泥のX線回折図、Table 2に解析した結果を示す。

(1) 排泥 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[Ca₄Al(OH)₇·3H₂O]、11.7° のピークはカーボアルミネート水和物類[Ca₄Al₂(OH)₁₂(CO₃)·6H₂O]、15.8° のピークはエトリンガイト[Ca₆A₁₂(OH)₁₂(SO₄)₃·26H₂O]を示す。

(2) 排泥改良土 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[CaCO₃]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[CaSO₄·2H₂O]、25.4° に無水石膏[CaSO₄]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、セメント水和物の結晶構造が変化して、中性化していくことが分かった。

(3) 畑土 伊江島地区は、石英、長石、雲母粘土鉱物、カオリナイト、メタハロイサイトに加えて、ギブサイト[Al(OH)₃]、ゲーサイト[α -FeO(OH)]の酸化物が確認されたため、作物栽培時にはリン酸欠乏が推測された。また、キク栽培畑の試料はカルサイト[CaCO₃]が存在しているが、タバコ栽培畑の試料では確認されなかった。

これより、品質の良い作物を作る畑地には、中和材が必要で、石灰系資材が使用されることが推測された。

Table 2 X線回折分析の結果
Result of X-Ray Diffraction

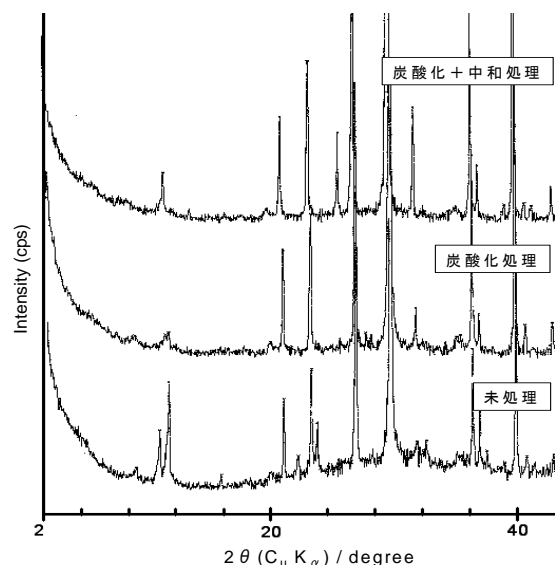


Fig. 2 伊江地区の排泥のX線回折
X-Ray Diffraction of Cement-Blended Soil

鉱物名	伊江地区				与謝地区		
	農地の表土		セメント混じりの排泥				
	畑土 (タマ)	畑土 (キク)	未処理	炭酸化 (風乾)	炭酸化・ 中和	炭酸化 (風乾)	炭酸化・ 中和
Quartz (石英)	++	++	+	+	+	+	+
Feldspars (長石)	+	+	(±)	(±)		+	+
Mica Clay Minerals (雲母粘土鉱物)	+	+		+		+	+
Kaolinite (カオリナイト) Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	+	(±)				+	+
Malloysite, dehydrated (メタハロイサイト)	+	+					
Gibbsite (ギブサイト/ギブス石) Al(OH) ₃	+	+					
Goethite (ゲーサイト/針鉄鉱) α -FeO(OH)	+	+					
Calcite (カルサイト/方解石) CaCO ₃		+	+	+	++	++	++
Aragonite (アロゴナイト/霏石) CaCO ₃						+	+
C ₄ A H ₂ (カルシウムアルミネート水和物類) Ca ₄ Al(OH) ₇ ·3H ₂ O			++				
C ₃ A Ca CO ₃ H ₂ (カーボアルミネート水和物類) Ca ₄ Al ₂ (OH) ₁₂ (CO ₃)·6H ₂ O			++	+		+	
Etringite (エトリンガイト) Ca ₆ A ₁₂ (OH) ₁₂ (SO ₄) ₃ ·26H ₂ O			++	(±)		+	
Anhydrite (アンハイドライト/無水石膏) CaSO ₄					+		+
Gypsum (ギプサム/二水石膏) CaSO ₄ ·2H ₂ O					+		+

※凡例: 多い=++, 有り=+, 含む可能性=+, 無し=空欄

4.2 蛍光X線分析

Table 3に化学組成, Fig. 3にシリカと各成分の比較を示す。

(1) 排泥 畑土に比べ, シリカ[SiO₂]とアルミナ[Al₂O₃]が少なく, 炭酸[CO₂]と酸化カルシウム[CaO]が多い。これは, セメント成分に由来する。

(2) 排泥改良土 炭酸化処理の排泥は, 未処理の排泥に比べ, シリカ[SiO₂]が減少し, 炭素量が微増している。これは, 炭酸化の影響で, 空気中の炭酸ガスに由来する。中和処理の排泥は, リン酸[P₂O₅]と三酸化硫黄[SO₃]が増している。これは, 特殊肥料の成分に由来する。

(3) 畑土 キク栽培とタバコ栽培を比べると, キク栽培の条件の方がアルミナと酸化鉄が少なく, 酸化カルシウムと炭酸が増えている。これは, 4.1のX線回折で確認されたカルサイトの影響と考える。

4.3 理化学性分析

Table 4に分析結果, Fig. 4に陽イオン交換容量と交換性陽イオンの比較を示す。

(1) 排泥 未処理の排泥は, 伊江地区および与勝地区のいずれも, pH12以上の高アルカリ性を呈した。これは, 1M酢酸アンモニウム抽出のカルシウム量がCECを大きく上回るため, 遊離性のカルシウムが多量に存在する影響であることが分かった。

(2) 排泥改良土 中和処理の排泥は, 伊江地区でpH8.9, 与勝地区でpH10.5を呈し, 未処理の排泥に比べて低いpHであることが確認された。そして, 1M酢酸アンモニウム抽出のカルシウムが, 未処理の排泥に比べて低くなることから, pHの低下は遊離性のカルシウムが減ることに関係することが分かった。

Table 4 理化学性分析の結果
Result of Physics and Chemistry Analysis

試験項目	伊江地区				与勝地区				単位
	排泥		畑土		排泥(圃場試験地)		畑土		
	未処理	炭酸化・中和	(タバコ)	(キク)	未処理	炭酸化	炭酸化・中和	(イモ)	
自然含水比	0.76	0.04	0.17	0.37	0.96	0.71	0.82	0.42	kg・kg ⁻¹
pH	12.2	8.9	6.9	7.3	12.3	12.1	10.5	7.6	-
電気伝導率(EC)	280	124	4	11	170	100	81	22	mS・m ⁻¹
1:5水浸出液	水溶性Ca	5	8	0	0	5	2	5	1
	水溶性Mg	0	0	0	0	0	0	0	0
	水溶性Na	1	1	0	0	-	-	-	-
	水溶性K	1	0	0	0	-	-	-	-
陽イオン交換容量	35	22	17	25	36	24	20	12	cmol _c ・kg ⁻¹
1M酢酸アンモニウム浸出液	交換性Ca	222	197	10	21	377	212	182	74
	交換性Mg	3	3	3	5	3	2	1	2
	交換性Na	2	1	0	0	0	0	0	1
	交換性K	2	1	2	2	0	0	1	1
真比重	2.65	-	2.70	2.58	2.68	2.69	2.71	2.70	10 ⁻³ kg・m ⁻³
リソ酸吸収係数	27	27	10	10	95	85	79	13	-
有効態リソ酸	<0.001	1.90	0.18	1.40	<0.01	0.02	0.03	0.05	g・kg ⁻¹
可給態リソ酸	0.35	3.40	0.18	1.40	0.00	0.34	1.60	0.36	-
全リン酸	-	-	-	-	1.10	1.40	19	2.9	-
全窒素(T-N)	0.02	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-
全炭素(T-C)	6.3	-	1.2	1.9	-	-	-	-	10 ² kg・kg ⁻¹

(3) 畑土 伊江地区のタバコ栽培地はpH6.9で, キク栽培地はpH7.3を呈した。与勝地区では, pH7.6のアルカリ性を呈した。それぞれの土のpH値を1M酢酸アンモニウム抽出のカルシウムと比べると, pHが高いとカルシウムも多いことが分かった。

Table 3 蛍光X線分析 (XRF) の結果
Result of X-Ray Fluorescence Analysis

化学組成		伊江地区						与勝地区	
		農地の表土		セメント混じりの排泥					
		畑土(タバコ)	畑土(キク)	未処理	炭酸化(風乾)	炭酸化・中和	炭酸化(風乾)	炭酸化・中和	
SiO ₂	シリカ	54	51	27	25	24	30	28	
Al ₂ O ₃	アルミナ(酸化アルミニウム)	24	19	6.8	6.6	5.6	10	7.7	
CO ₂	炭酸	11	14	18	22	22	18	18	
Fe ₂ O ₃	酸化鉄	6.3	4.8	1.3	1.2	1.1	1.8	1.7	
K ₂ O	酸化カリウム	1.8	1.6	0.4	0.4	0.4	0.7	0.6	
TiO ₂	二酸化チタン(酸化チタン)	0.8	0.7	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	
MgO	酸化マグネシウム	0.8	1.1	2.3	2.2	2.0	2.4	2.3	
P ₂ O ₅	リン酸	0.4	0.7	0.1	0.1	1.0	0.1	1.3	
CaO	酸化カルシウム	0.5	6.5	43	41	42	35	37	
MnO	酸化マンガン	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	
Na ₂ O	酸化ナトリウム	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	
SO ₃	三酸化硫黄(硫酸黄酸化物)	0.1	0.1	0.7	0.6	1.5	1.2	2.2	

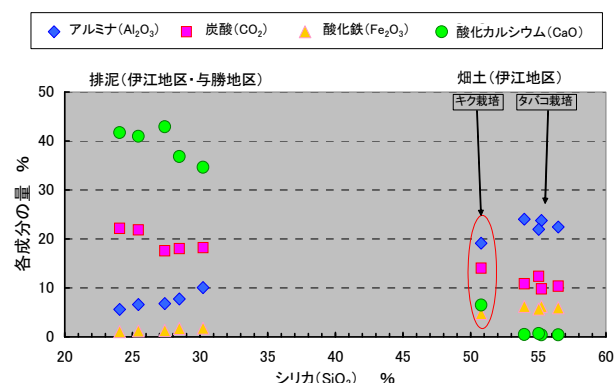


Fig. 3 シリカと各成分の比較
Comparison of Silica and the Constituent Elements

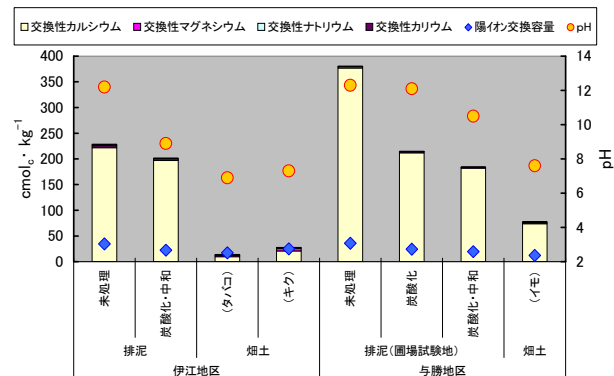


Fig. 4 陽イオン交換容量 (CEC) と交換性イオンの比較
Comparison of CEC and the Exchangeable Cations

4.4 発芽・生育試験

4.4.1 発芽率 発芽率は、播種してから3日後に測定した。その結果、中和処理された排泥を50%混合した条件では、発芽率90%を示した。排泥改良土の混合率を変えると発芽率は低下傾向であったが、混合率20%の条件までは、畑土だけの条件と同程度の状態であった。排泥改良土の混合率40%以上に高めると、生長高さに差が見られた。茎の長さが、畑土だけの条件に比べて、短くなる傾向があった。なお、対照の排泥改良土100%の条件は発芽率85%、未改良の排泥土は発芽率0%であった。

これより、排泥改良土は畑土に比べて少し遅れて発芽する状態になるが、畑土に排泥改良土を混ぜた条件では、健全な状態で発芽することが確認された。

4.4.2 生存率 生存率は、播種してから7日後に測定した。生存率を確認できたのは、排泥改良土の混合率40%と混合率50%の条件、畑土を混ぜない排泥改良土100%の条件であった。排泥改良土の40%混合および50%混合の条件は、播種3日後の時点より茎長が伸びており、生存率80%以上の高い状態で、平均の茎長は約3cmを示した。しおれ状態を比べると、40%混合の方がしおれている状態で、50%混合の方が健全であった。この結果、排泥混合量が多い条件では、発芽時点の生長はやや後れても、水ストレスに耐えられる個体が増えることが分かった。

一方、畑土の割合が高い条件は、土が乾燥した影響で植物は衰退した。植物の衰退状態は、最も衰退が激しいのが畑土100%と排泥改良土10%混合、次に悪いのが改良土20%混合で、畑土の割合が多いほど衰退が激しい。見かけの植物の生育状態を、生存率・茎長・しおれの3点で評価し、良い順に並べると、改良土50%>改良土40%>改良土100%>改良土20%>畑土100%および改良土10%であった。この原因は、改良土の方が畑土より保水性が良いために、土の乾燥が抑制されたためと考える。

これより、排泥改良土は、畑土の保水性を改善して、植物が枯れにくい状態にすることが確認された。

4.5 考察

4.5.1 カルシウムと肥沃性 4.3で述べたように、排泥のpHが下がる原因は、1M酢酸アンモニウム溶液に溶け出す交換性カルシウムが減ることと関係している。セメント由来の成分の溶け出しやすい遊離性のカルシウムが、炭酸化処理および中和処理で結晶化されるので、確実に減る。それは、土の中には残るが、溶出量が減るという変化を生じる。

一般的に土にカルシウム成分が多いと、その影響で土の中のリン酸が難溶化されることが知られている。そのため、リン酸吸収係数を土の肥沃性の良否の指標に使うことができる。しかし、リン酸吸収係数が高い条件でも、リン酸を肥料として供し、植物が利用できる有効態リン酸を増やすと植の生産性は改良される。今回調べた伊江地区の未処理の排泥と中和処理の排泥は、どちらもリン酸吸収係数は $27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ という高い値であった。与勝地区

も傾向は同じである。しかし、中和処理の条件は、何れの排泥も有効態リン酸および可給態リン酸は増えている。

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。その原因は、溶解性カルシウムが減り、結晶化するためである。また、排泥はリン酸吸収係数が高いが、中和処理により有効態リン酸が増え土壌改良されていることを確認した。

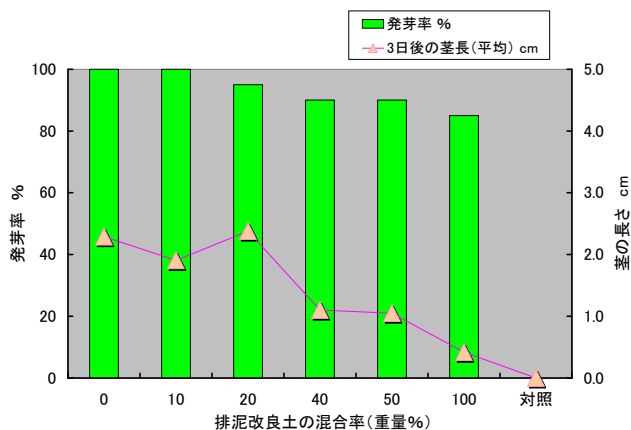


Fig. 5 発芽率の結果
Result of Germination Rate

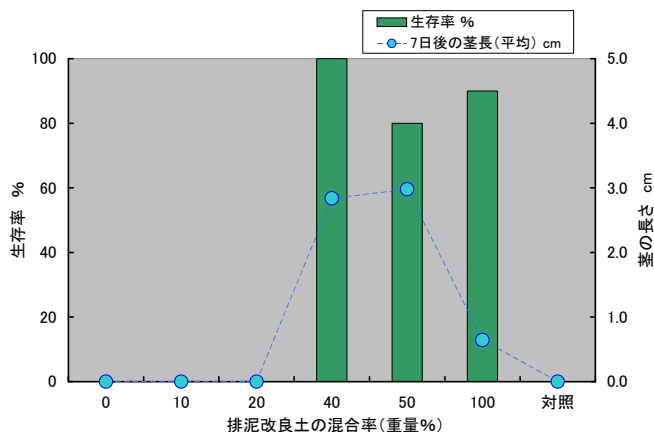


Fig. 6 生存率の結果
Result of Survival Rate

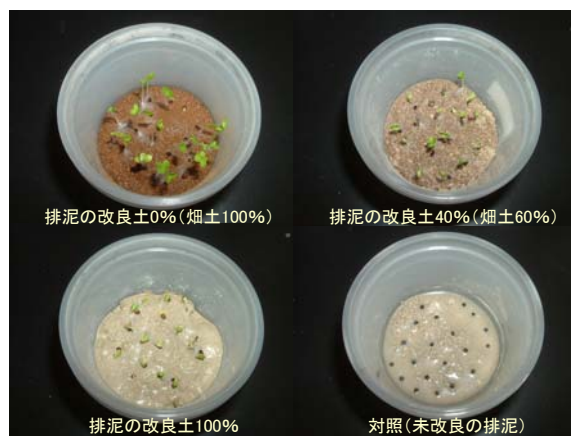


Photo 4 ポットの発芽状況
Situation of Germination in the Pots

4.5.2 塩基飽和度とpHの関係 塩基飽和度は、交換性陽イオン（カルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム）の合計値を、陽イオン交換容量で除した値を百分率で示す値である。一般の土壌では、100%以下で、pH7以下を示す。排泥は、交換性カルシウムが異常に多いため、塩基飽和度が高く、塩類土壌と同じ状態を示す。したがって、排泥のpHを下げるためには、カルシウムの溶出を抑制することが有効であり、同時に塩類の濃度も下げることが必要とされる。

これを解決する方法のひとつが、土の表面に炭酸化した結晶を作ることである。これに関わる物質は、カルシウムアルミネート水和物類であることが、4.1で述べた X線回折より確認された。セメント由来の水和物で、炭酸化しやすい結晶である。この物質は、空気に触れることで容易に炭酸化する性質があり、炭酸カルシウムやエトリンガイトに変わる。中和処理が加わると、石膏にも変化する。セメント由来の水和物が炭酸化、中性化する仕組みは、コンクリートの劣化現象に似ている。炭酸化によるpH低下のメカニズムは、次のように考える。

炭酸ガスが水に溶解して炭酸イオンとなり、土塊の内部に浸透する。溶液は、浸透する過程で土からカルシウムイオンを遊離する。このカルシウムイオンは、炭酸イオンと反応し炭酸カルシウムとして土の微細間隙に沈積する。炭酸カルシウムに変化すると溶解度が低くなるので、交換性陽イオンとしては溶出しにくくなる。これにより、溶液中のカルシウム濃度は下がるため、塩基飽和度が低下し、pHは低下して、電気伝導度（EC）も低減する。

4.5.3 肥料成分の特徴と改良効果 熱帯地方の土壌では、作物生産の時にリン酸欠乏の問題がある。その理由は、鉄やアルミニウム酸化物を含む影響で、リン酸がアルミニウム酸化物に吸着されてしまい、植物では吸えない状態になるためである。さらに、スコールのような強い雨が繰り返されると、肥料成分が流され、土の養分の溶出が激しい。一般的な改良方法は、熱帯土壌に石灰系資材を施用することで、土の電解質が増加し、pH上昇による負荷電増加により、リン酸イオンの吸着が抑制されることが知られている³⁾。

伊江地区の畑土のリン酸吸収係数は $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ で、本土の火山灰土壌に比べると低い値である。しかし、熱帯性の土壌の特徴であるアルミニウム酸化物を含むこと、さ

らに降水の状況から、リン酸肥料の効果は出にくいと考える。また、その改良には、サンゴ粉砕物などの石灰系資材が利用されている。排泥は、カルシウムを豊富に含むため、土の塩類を増やすことができる。そして、有効態リン酸に比べて可給態リン酸を豊富に含むので、降水が多い条件でもリン酸保持性が高い。さらに、畑土に混ぜた条件では、植物の生育が良くなることも確認された。

これより、排泥はカルシウムとリン酸を補給することができるため、伊江地区の畑土や熱帯地帯の土壌で問題となる肥料不足を補う土壌改良材としての利用法が考えられる。

5. まとめ

排泥は、炭酸化処理と中和処理によって、理化学的性質が変化する。溶出しやすいカルシウムが、炭酸化し、不可逆で安定した結晶になることで、塩類の溶出が抑制される。これは、X線回折および蛍光X線分析の実施で確認された。改良後は、セメント成分と深層の未風化岩の粉砕物を含むため、ミネラルが豊富で酸化アルミニウムが少なく、カルシウムが豊富でリン酸を含む資材になる。

伊江地区の畑土は、リン酸が特異吸着されやすい性質で、pHはアルカリ性を示すが、土壌改良にはアルカリ塩類を含む石灰系肥料が使用されている。排泥の改良土は、この畑土の生産性を高める性質がある。

したがって、排泥は、炭酸化処理及び中和処理による改良を施すことで、植物に必要な養分を持つ資材となり、畑土の土壌改良に有効であると判断された。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, 小宮, 伊藤, 辻: 建設発生土の緑化利用に関する研究(その5) - SMW連壁発生土の改良と圃場試験, 大林組技術研究所報 No. 67, (2003)
- 2) 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)
- 3) 久馬一剛: 熱帯土壌学, pp. 128-129, (2001)