

ため池底泥土を農耕地土壌に改質する技術の開発

Development of Technology to Modification Irrigation Pond Bottom Mud into Soil for Agricultural Land

○鶴田 稔*, 筒井 雅行**, 平田 貴博*, 小島 淳一*
野口 真一***, 西川 美穂***

○TOKITA Minoru*, TSUTSUI Masayuki**, HIRATA Takahiro*, KOJIMA Jun-ichi*
NOGUCHI Shin-ichi***, NISHIKAWA Miho***

1. はじめに

ため池とは、農業用水を確保するために人工的に築造された池である。ため池の約7割は江戸時代以前に築造、或いは築造年度が不明とされ、底泥土堆積に伴う貯水容量の低下や、堤体が現行耐震基準を満足しないことなどにより、頻発する集中豪雨や大地震に対する安全性が指摘されている。本文は、ため池の改修や補強に際して発生する底泥土の物理特性を、廃石膏ボード由来の再生二水石膏によって改質し、農耕地土壌として活用するための技術開発のうち、室内試験について述べるものである。

2. 農地土壌に求められる品質と判定指標

農地土壌に求められる品質は物理特性、理化学特性、生物特性に大別できるが、その内容は多岐にわたり、物理特性だけをとっても改質の適否を一つの指標だけで判定することは難しい。いま、畑の作土を対象とすると、求められる物理的特性は土壌が団粒化して膨軟であることに総括されることから、改質土の物理的な品質を土性（粒度）、コンシステンシー、三相分布（気相）の3つから評価した。

3. 試料土及び改質材

試験に供した底泥土は、山口県の農業用ため池から採取したもので、その物理特性及び化学特性は改質土と併せて後述する。改質材には、団粒化促進効果があることに加え、改質土を作土等の農耕地土壌に適用することに鑑み、pHが中性域の石膏を主材とし、改質土の品質や性能を安定或いは向上させることを目的として安定材や助材を添加する配合も検討した。

4. 試験結果

表-1は改質材の化学特性を示す。主材である再生二水石膏のpHは中性域を示したが、安定材の消石灰及び助材のクリンカアッシュはアルカリ性を示した。表-2は改質材の環境安全性（溶出量）を示す。再生二水石膏のふっ素が土壤環境基準を超過（但し、改質材単味には土壤環境基準は適用されない）した。

*（株）アイコ， AICO Co., Ltd, **飛島建設（株）， Tobishima Corporation, ***（一社）泥土リサイクル協会， Mud Recycling Association キーワード：底泥土， 再生二水石膏， 改質， 団粒化， 膨軟， 土性， コンシステンシー， 三相分布

表-1 改質材の化学特性
Chemical properties of modified materials

区分	項目	単位	再生二水石膏粉 (G)	消石灰 (SL)	クリンカアッシュ (CA)
水分	水分の付着率	%	0.3	—	—
	化合水の含有率	%	19.5	—	—
水素イオン濃度	pH	—	7.8	12.7	9.8
	ナトリウム (Na)	mg/g	0.17	0.017	0.002
水溶性成分等	カリウム (K)	mg/g	0.33	0.016	0.010
	カルシウム (Ca)	mg/g	8.0	8.8	0.11
	マグネシウム (Mg)	mg/g	0.094	<0.001	0.014
	塩化物イオン	mg/g	0.031	0.032	0.001
	硫酸物イオン	mg/g	19	0.54	0.012

表-2 改質材の環境安全性（溶出量）
Environmental safety of modified materials(leaching)

項目	単位	基準値	再生二水石膏粉 (G)	消石灰 (SL)	クリンカアッシュ (CA)
カドミウム	mg/L	(≦0.01) [※]	0.002	<0.001	<0.001
鉛	mg/L	(≦0.01)	<0.005	<0.005	<0.005
六価クロム	mg/L	(≦0.05)	<0.01	0.02	<0.01
ひ素	mg/L	(≦0.01)	<0.005	<0.005	<0.005
総水銀	mg/L	(≦0.0005)	<0.0005	<0.0005	<0.0005
セレン	mg/L	(≦0.01)	0.002	0.002	<0.002
ふっ素	mg/L	(≦0.8)	8.2	0.05	<0.05
ほう素	mg/L	(≦1)	0.04	0.08	0.08

※カドミウムは2021年4月1日より、基準値が0.003mg/Lに見直された（本分析は2020年12月に実施）。

図-1は配合試験における改質材の組成を示す。配合試験は改質材総添加量を $p=200\text{kg/m}^3$ に固定し、組成比率を変えて6ケース実施した。図-2は、改質土の土性（三角図表）を示す。普通畑において、土性に関する改良目標は赤枠で囲ったSL（砂壤土）～LiC（軽埴土）とされているが、原泥土性がSiC（シルト質埴土）だったため池底泥土は、改質により団粒化（砂質土化）し、Case6を除いてSL（砂壤土）に移行した。表-3は、改質土のコンシステンシー特性を示す。Case1及び2の液性限界 w_L 以外はいずれの配合も改善効果が認められる。図-3は、改質土の三相分布を示す。三相分布の理想的な比率は土壌種別によっても異なるが、一般には固相が45～50%、液相が20～30%、気相は20%以上といわれ、いずれの配合も固相と液相の比率は理想に対して逆転しているが、Case3、5及び6の3配合は気相比率が20%以上を示した。以上より、配合試験の結果、改質効果が高いのはCase3及び5であるが、廃石膏ボードの処理問題や天然資源の枯渇問題を踏まえ、再生二水石膏の組成比率が高いCase5を設計配合とした。表-4は、改質土の化学特性を示す。再生二水石膏の添加により硫化物イオン濃度が、再生二水石膏及び消石灰の添加により水溶性カルシウムの濃度が高くなった。表-5は、改質土の環境安全性（溶出量）を示す。改質材単味では、再生二水石膏のふっ素が土壌環境基準を超過していたが、改質土の溶出量は基準値以内であり、消石灰による重金属等の溶出抑制効果が機能していると考えられる。

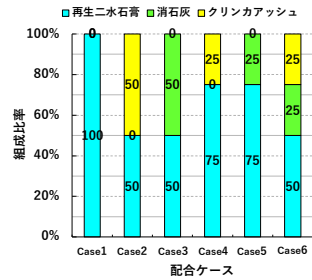


図-1 改質材の組成
Composition of modified materials

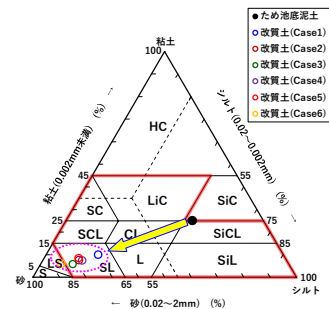


図-2 改質土の土性（三角図表）
Soil texture of modified soil (triangular chart)

表-3 改質土のコンシステンシー特性
Consistency properties of modified soil

項目	ため池底泥土	改質土					
		配合 Case1	配合 Case2	配合 Case3	配合 Case4	配合 Case5	配合 Case6
G:SL:CA	-	100:0:0	50:0:50	50:50:0	75:0:25	75:25:0	50:25:25
w(%)	111.1	88.9	87.3	84.6	87.3	86.8	85.8
w_L (%)	124.0	125.1	127.9	118.5	122.1	115.3	118.1
w_p (%)	46.4	62.1	59.6	68.7	59.0	62.1	67.9
I_p	77.6	63.0	68.3	49.8	63.1	53.2	50.2
I_c	0.17	0.57	0.59	0.68	0.55	0.54	0.64
I_u	0.83	0.43	0.41	0.32	0.45	0.46	0.36

※コンシステンシーの改善として、1) 含水比 w 低下、2) 液性限界 w_L 低下、3) 塑性限界 w_p 増加、4) 塑性指数 I_p 減少、5) コンシステンシー指数 I_c が増加して1に近づく、6) I_u が減少してゼロに近づく、を評価

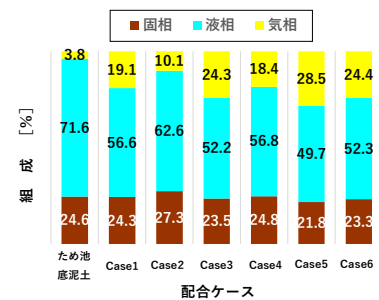


図-3 改質土の三相分布
Three-phase distribution of modified soil

5. まとめ

ため池底泥土を農耕地土壌に活用するため、物理特性の改善に取り組んだ結果、概ね農耕地土壌に適合する性状に改質できた。一方、pHやカルシウム濃度は改良目標値を大幅に上回り、化学特性については課題が残った。今後はこれらの課題を解決していきたい。なお、本研究は農林水産省の補助（官民連携新技術研究開発事業、2農振第2166号、3農振第2049号）を受けて実施したものである。

表-4 改質土の化学特性
Chemical properties of modified soil

化学試験項目	単位	ため池底泥土	改質土 Case5
土懸濁液のpH	-	9.1	12.6
土懸濁液の電気伝導率	mS/m	26.8	794
土の水溶性成分	ナトリウム	mg/g	0.023
	カリウム	mg/g	0.034
	カルシウム	mg/g	0.53
	マグネシウム	mg/g	0.012
	塩化物イオン	mg/g	0.011
	硫酸イオン	mg/g	0.072
陽イオン交換容量 (CEC)	Cmol(+)/kg	9.0	17

表-5 改質土の環境安全性（溶出量）
Environmental safety of modified soil (leaching)

項目	単位	ため池底泥土	改質土 Case5	基準値	判定
カドミウム	mg/L	<0.001	<0.001	$\leq 0.01^*$	O.K.
鉛	mg/L	<0.005	<0.005	≤ 0.01	O.K.
六価クロム	mg/L	<0.01	<0.01	≤ 0.05	O.K.
ひ素	mg/L	0.005	0.010	≤ 0.01	O.K.
総水銀	mg/L	<0.0005	<0.0005	≤ 0.0005	O.K.
セレン	mg/L	<0.002	<0.002	≤ 0.01	O.K.
ふっ素	mg/L	0.25	<0.08	≤ 0.8	O.K.
ほう素	mg/L	<0.02	<0.02	≤ 1	O.K.

※カドミウムは2021年4月1日より0.003mg/Lに基準値が見直された（本分析は2020年12月に実施）