



(1) 貯泥した貯水池底泥土



(2) 貯水池底泥土



(3) 排出された改質土



(4) 土壌用改質土



(5) 改質後 2 カ月間浸漬した改質土

写真 1. 7－8 土壌用に改質した貯水池底泥土（新潟貯水池）

(2) 改質土の品質

1) 土木用改質土

搬送用ベルコン末端部で採取した農業土木用改質土は、ポリ袋に詰めて試験室に送り、材齢 7 日目に解砕し、「建設汚泥処理土利用技術基準」に基づきコーン指数を確認した。

図 1. 7-3 はため池底泥土（山口）を実機で改質した時の締固め特性とコーン指数を示す。

一般に、細粒分を多く含む土ほど最大乾燥密度は低く、最適含水比は高くなり、締固め曲線はなだらかになって右下に移行する。室内配合試験の処理土③（SFG）は、ため池底泥土（CH）に比べて粗粒分が卓越するにもかかわらず、締固め曲線が平坦になって右下に移行した。しかし、実機処理土は室内配合試験の処理土③に比べて、最大乾燥密度が高く、最適含水比は低下して、ため池底泥土の締固め曲線に近づいた。また、改質材の添加量が異なるため単純に比較はできないが、コーン指数は目標値の $q_c=800\text{kN/m}^2$ （原泥含水比 $w=111.1\%$ ，改質材総添加量 $p=127\text{kg/m}^3$ ，半水石膏 63.5kg/m^3 ，高炉セメント B 種 63.5kg/m^3 ）に対して、実機処理土においては $q_c=7,721\sim 8,076\text{kN/m}^2$ （原泥含水比 $w=71.4\%$ ，改質材総添加量 $p=180\text{kg/m}^3$ ，半水石膏 90kg/m^3 ，高炉セメント B 種 90kg/m^3 ）と大きく増加した。

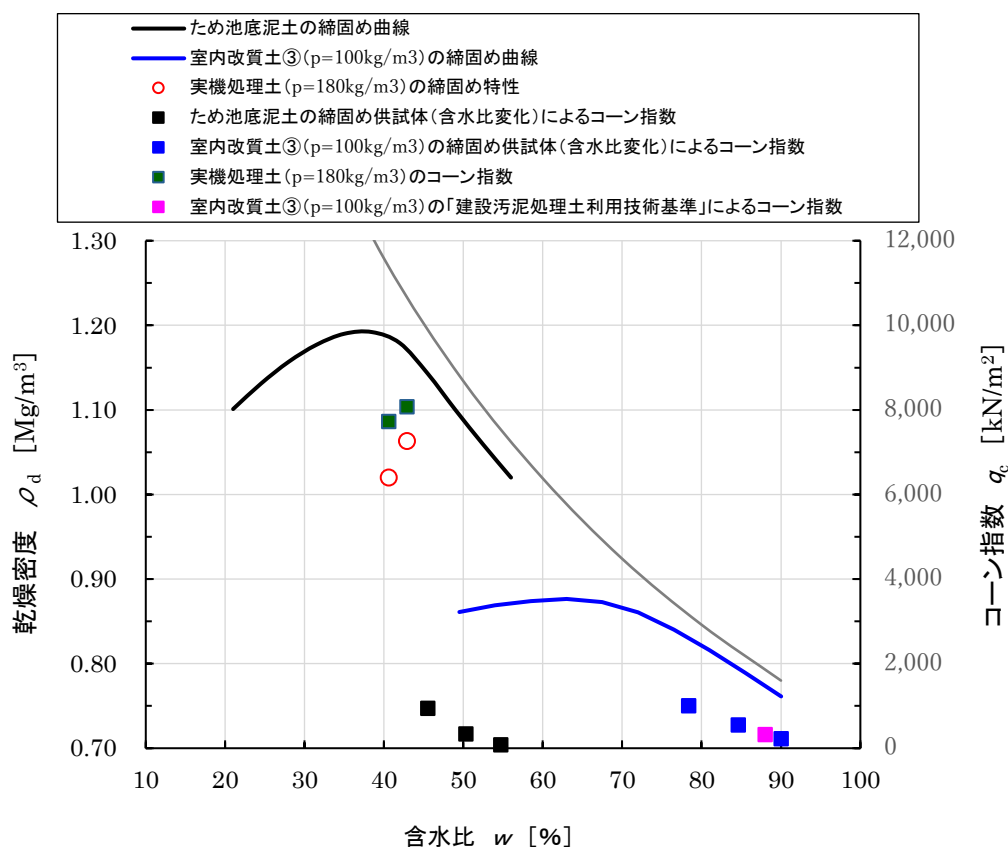


図 1. 7-3 実機処理土の締固め特性とコーン指数（山口ため池）

図 1. 7-4 は貯水池底泥土（新潟）を実機で改質した時の締固め特性とコーン指数を示す。

貯水池底泥土も、ため池底泥土同様、室内配合試験による改質土③（MH）は、貯水池底泥土（ML）に比べて粗粒分が卓越するにもかかわらず右下に移行し、締固め曲線の形状もなだらかになった。また、改質土のコーン指数は、室内と実機とでは底泥土の含水比や改質材の添加量が異なるため単純に比較はできないが、目標値の $q_c=800\text{kN/m}^2$ に対して、室内配合試験では $q_c=823\text{kN/m}^2$ （原泥含水比； $w_b=56.7\%$ ，改質材総添加量 $p=$

150kg/m³, 半水石膏 75 kg/m³, 高炉セメント B 種 75 kg/m³, 改質土含水比 ; $w_a=43.2\%$) であったのに対して, 実機処理土においては $q_c=6,903\sim7,243\text{kN/m}^2$ (採取時原泥含水比 ; $w_b=65.4\%$, 処理時原泥含水比 ; $w_c=49.7\%$, 改質材総添加量 $p=200\text{kg/m}^3$, 半水石膏 100kg/m³, 高炉セメント B 種 100kg/m³, 改質土含水比 ; $w_a=35.2\sim36.6\%$) と大きく増加した.

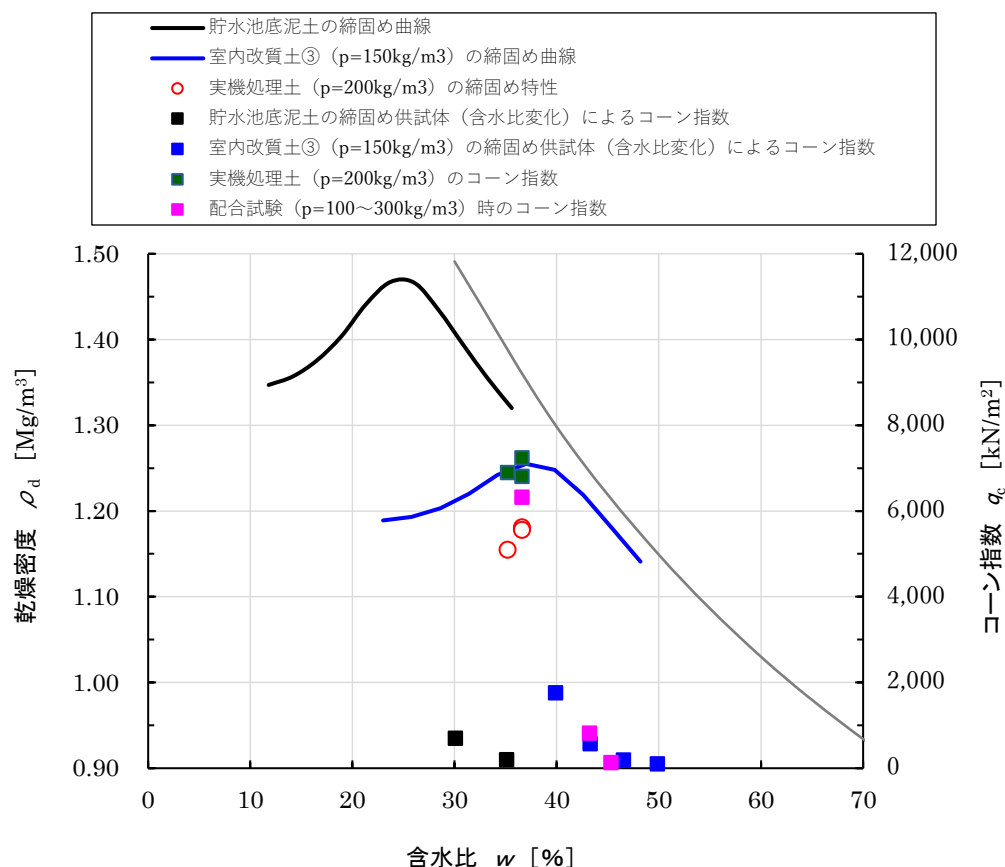


図 1. 7-4 実機処理土の締固め特性とコーン指数 (新潟貯水池)

コーン指数が増加した理由としては, 室内配合試験に対して, 実証試験の方が改質材の添加量が多いことが第 1 に挙げられる. 図 1. 7-5 (山口ため池) 及び図 1. 7-6 (新潟貯水池) に示したように, 同一配合の場合, 改質材の添加量が増加するに従ってコーン指数が増加していることが分かる.

また, 図 1. 6-49 及び図 1. 6-50 に示すように, 底泥土及び室内改質土のコーン指数は含水比に依存し, 含水比の増加に伴って低下しているが, 実際, 実機処理土についても同様の挙動を示しており, 含水比の低下が第 2 の理由として考えられる. なお, 実機処理土の含水比が室内改質土の含水比より低いのは, 改質材添加量が多いことだけではなく, 底泥土そのものの含水比が室内配合試験時 (山口ため池底泥土 ; $w=111.1\%$, 新潟貯水池底泥土 ; $w=56.7\%$) よりも実証試験時 (山口ため池底泥土 ; $w=71.4\%$, 新潟貯水池底泥土 ; $w=49.7\%$) の方が低いことも関係している.

今回の場合, 原泥の含水比は室内配合試験より実証試験の方が小さかったため, 改質土のコーン指数は想定より大きな値を示したが, 室内配合試験時よりも実証試験時の方が大

きい場合もありうるため、実際の処理に際しては事前の含水比測定が不可欠となる。

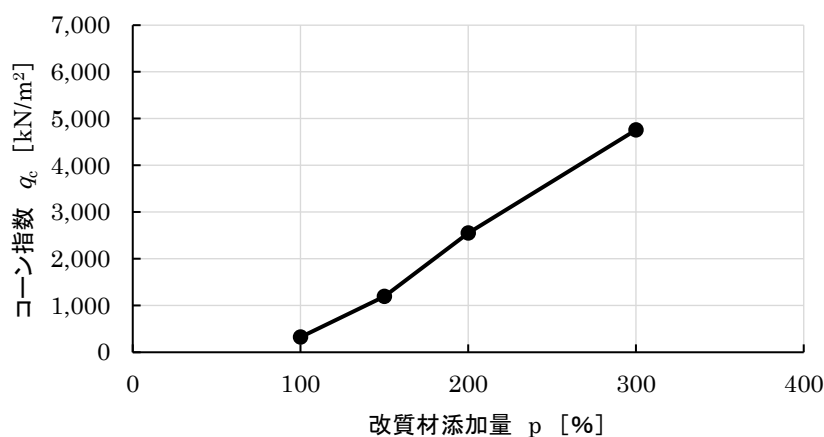


図 1. 7-5 土木用改質土の改質材添加量とコーン指数（山口ため池）

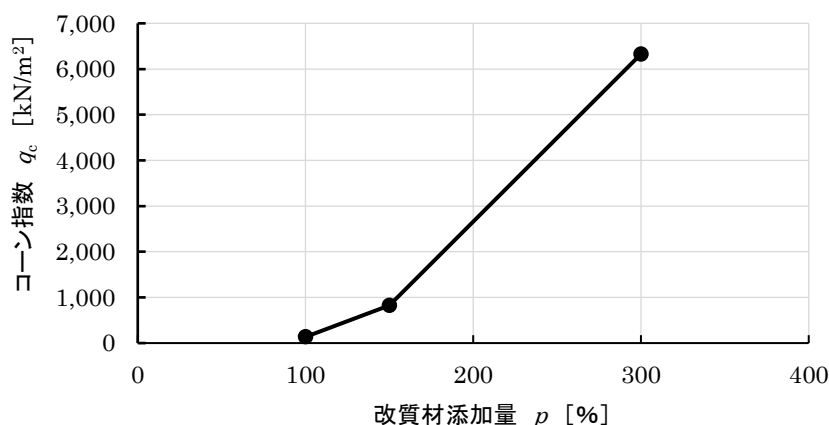


図 1. 7-6 土木用改質土の改質材添加量とコーン指数（新潟貯水池）

2) 土壌用改質土

現地における農地土壌用改質土の品質は、コンシステンシーと指頭法による土性で判定した。

改質前のため池底泥土は、写真 1. 7-9 (a) (山口ため池) 及び写真 1. 7-10 (a) (新潟貯水池) に示すように非ニュートン流体の擬塑性体のような性状を示したが、処理土は写真 1. 7-9 (b) (山口ため池) 及び写真 1. 7-10 (b) (新潟貯水池) に示すように半固体状（粒状）になった。

なお、新潟貯水池底泥土の改質においても処理土を造粒（ほぼ均一な形状と大きさを持つ粒を作る操作）できたが、団粒化材である高分子凝集剤を添加していないため、“粒”が完全に独立した団粒状ではなく団塊状になった。しかし、実際に改質土を農地土壌として適用する場合には、起耕、耕耘により塊は解砕されるため、特に支障はないと判断した。



(a) ため池底泥土



(b) 実機処理土

写真 1. 7－9 土壤用改質土（山口ため池）



(a) 貯水池底泥土

(b) 実機処理土

写真 1, 7－10 土壤用改質土（新潟貯水池）

また、指頭法による土性判定の結果、写真 1. 7－11（山口ため池）及び写真 1. 7－12（新潟貯水池）に示すように砂壤土（SL：伸ばすと太紐のようになるが、さらに伸ばすと千切れる）と壤土（L：伸ばすとひも状になるが、さらに伸ばすと千切れる）の間の性状を示した。

配合試験時の団粒分析結果が砂壤土（SL）（山口ため池）及び壤土（L）（新潟ため池）だったことを踏まえれば、概ね妥当な判定といえよう。



写真 1. 7-11 指頭法による土壤用改質土の土性判定（山口ため池）



写真 1. 7-12 指頭法による土壤用改質土の土性判定（新潟貯水池）

（3）環境安全性

実機処理土の環境安全性確認は、山口のため池底泥改質土について行った。

土木用改質土の土壤溶出量を表 1. 7-5 に、土壤含有量を表 1. 7-6 にそれぞれ示す。石膏及びセメントを添加したことでふっ素及び六価クロムの溶出量及び含有量が底泥土に比べて増加しているが、これらも含めていずれも基準値以内で、問題はなかった。

表 1. 7-5 実機による土木用改質土の溶出量（山口ため池）

平成3年環境庁告示第46号

計量の対象	単位	計量結果			基準値	判定
		ため池底泥土	室内改質土	実機処理土		
カドミウム	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	≤0.01 [※]	O. K.
鉛	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	≤0.01	O. K.
六価クロム	mg/L	<0.01	0.02	0.02	≤0.05	O. K.
ひ素	mg/L	0.005	0.007	0.010	≤0.01	O. K.
総水銀	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	≤0.0005	O. K.
セレン	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	≤0.01	O. K.
ふっ素	mg/L	0.25	0.47	0.49	≤0.8	O. K.
ほう素	mg/L	<0.02	0.04	<0.01	≤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2021年1月に実施）

表 1. 7-6 実機による土木用改質土の含有量（山口ため池）

平成15年環境省告示第19号

計量の対象	単位	計量結果			基準値	判定
		ため池底泥土 [※]	室内改質土	実機処理土		
カドミウム	mg/kg	0.28	<10	<15	150	O. K.
鉛	mg/kg	25	10	20	150	O. K.
六価クロム	mg/kg	<2	<20	<25	250	O. K.
ひ素	mg/kg	32	<10	<15	150	O. K.
総水銀	mg/kg	0.081	<1	<1.5	15	O. K.
セレン	mg/kg	0.5	<10	<15	150	O. K.
ふっ素	mg/kg	330	100	<400	4,000	O. K.
ほう素	mg/kg	30	<100	<400	4,000	O. K.

※ため池底泥土は底質調査法（環水大水発120725002号）に基づく

土壌用改質土の土壌溶出量を表 1. 7-7 に、土壌含有量を表 1. 7-8 にそれぞれ示す。石膏を添加したことでふっ素の溶出量及び含有量が底泥土に比べて増加しているが、これも含めていずれも基準値以内で、問題はなかった。

表 1. 7-7 実機による土壌用改質土の溶出量（山口ため池）

平成3年環境庁告示第46号

計量の対象	単位	計量結果			基準値	判定
		ため池底泥土	室内改質土	実機処理土		
カドミウム	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	≤0.01※	O.K.
鉛	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	≤0.01	O.K.
六価クロム	mg/L	<0.01	<0.01	<0.02	≤0.05	O.K.
ひ素	mg/L	0.005	0.010	0.008	≤0.01	O.K.
総水銀	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	≤0.0005	O.K.
セレン	mg/L	<0.002	<0.002	<0.005	≤0.01	O.K.
ふっ素	mg/L	0.25	<0.08	0.77	≤0.8	O.K.
ほう素	mg/L	<0.02	<0.02	<0.10	≤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2021年1月までに実施）

表 1. 7-8 実機による土壌用改質土の溶出量（山口ため池）

平成15年環境省告示第19号

計量の対象	単位	計量結果			基準値	判定
		ため池底泥土※	室内改質土	実機処理土		
カドミウム	mg/kg	0.28	<10	<15	150	O.K.
鉛	mg/kg	25	10	18	150	O.K.
六価クロム	mg/kg	<2	<20	<25	250	O.K.
ひ素	mg/kg	32	10	<15	150	O.K.
総水銀	mg/kg	0.081	<1	<1.5	15	O.K.
セレン	mg/kg	0.5	<10	<15	150	O.K.
ふっ素	mg/kg	330	100	<400	4,000	O.K.
ほう素	mg/kg	30	<100	<400	4,000	O.K.

※ため池底泥土は底質調査法に基づく

1. 7. 3 実証試験の課題

(1) ため池底泥土を用いた実証試験

表 1. 7-9 に、山口で行った実証試験の検証結果について示す。

表 1. 7-9 ため池底泥土を用いた実証試験の検証項目と結果（山口ため池）

区 分	検証事項	検証結果
泥土 供給装置	・ 振動ふるいにより異物を除去し、底泥土がスムーズにホッパーに落ちるか	・ 底泥土に混入した礫や流木片を除外し、底泥土のみをホッパーに貯留した
	・ ホッパー内の底泥土が内壁を滑り落ち、供給装置（スクリーフィーダー）開口にスムーズに落下するか	・ 底泥土の粘性が高く、ホッパー内壁に付着して供給装置開口にスムーズに落下しないことが散見した
	・ スクリーフィーダーにより底泥土が連続的に安定供給できるか	・ 底泥土はスクリーコンベア内に充満されるわけではなく、連続に近い形ではあるが、断続的に供給された
改質材 供給装置	・ ホッパー内の改質材が、アーチアクションを生ずることなく供給装置（スクリーフィーダー）開口に落下するか	・ ホッパー内部の点検に基づき、時折ホッパー壁面を叩いて自立している改質土を崩したが、概ね安定して開口に落下した
	・ スクリーフィーダーにより改質材が連続的に安定供給できるか	・ 閉塞もなく、ほぼ一定間隔で改質材を供給できた
	・ スクリーフィーダー吐出口で閉塞（ジャミング）を起こさないか	・ 連続ミキサーとの接続部である改質材吐出口に混練している底泥土が付着して管口を閉塞することがあった
連続混練 ミキサー	・ スクリーミキサーによる混練は適切か	・ 問題なく混練，移動ができた

ため池底泥土には木の枝や根，岩塊等が混入していたが，写真 1. 7-13 に示すように，振動ふるいによって除外して改質土中への異物混入を防ぎ，品質を確保した．ため池底泥土は自然堆積地盤と異なり異物の混入が想定されるため，異物除去装置は必須といえる．