

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24658204

研究課題名(和文) オンライン制御泥土脱水・乾燥システムを利用した新土質・土壤材料の開発

研究課題名(英文) Development of new geotechnical and agricultural material with use of online control type dehydration and desiccation system of sludge

研究代表者

西村 伸一 (Nishimura, Shin-ichi)

岡山大学・その他の研究科・教授

研究者番号：30198501

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、多量に発生する泥土に対し、新たな脱水・乾燥および泥土資源化システムを構築した。第一に、改良型フィルタープレス機の開発を行った。このフィルタープレスは、従来の浸透圧密型の機械に、圧密・吸引・透気というサイクルを加え、脱水の効率性を高めるものである。第二に、処理土の土質・土壤新材料としての開発を行なった。乾燥処理を施した土を、土質材料として再利用する場合と、植栽土壌として使用する場合を検討し、材料としての有用性を確認した。

研究成果の概要(英文)：The recycle system for a large amount of sludge based on the dehydration and the desiccation are developed in this research. Firstly, the filter-press machine has been newly developed, in which the cycles of the consolidation, suction, and air-permeation are added to the ordinary seepage consolidation process. Secondly, the improvement method of soil for the reuse has been developed. The possibility for the practical use of desiccated soil as the construction or agricultural material, has been verified.

研究分野：農業農村工学

キーワード：底泥 乾燥処理 石灰改良 一軸圧縮強度 植栽土壌 土壤改良 液性限界 肥料分

1. 研究開始当初の背景

湖沼やため池などの水質浄化や機能保持を目的とした底泥の浚渫が実施されるケースが多い。浚渫土は、再利用に回されるが、その中で、泥土に分類されるものは低品質と見なされ、再利用率が上がらない現状がある。再利用されない場合、泥土は産業廃棄物として処分される。また、浚渫以外にも建設汚泥に分類されるものや、浄水・下水汚泥が多量に発生している。資源のリサイクルと、処分場の延命化のためには、泥土のリサイクル技術の確立が急務である。浚渫された細粒土は、運搬のために脱水する必要があり、また、再利用のために改質が必要とされる。国内では、浚渫土の脱水と再利用に関する研究は、学会論文集等において多く発表され、建設汚泥に関しては、一般的な処理指針として、建設汚泥リサイクル指針(1999)が発行されている。海外においても、シンガポールなど浚渫土を積極的に建設材料として利用せざるを得ない国においては、浚渫土の土質材料としての再利用法の研究が進められている。申請者も泥土の再利用に関する基礎研究を推進してきた¹⁾。

2. 研究の目的

本研究は、多量に発生する細粒土(泥土)に対し、実務に対応できる新たな脱水・乾燥および泥土資源化システムを構築する。

第一に、フィルタープレス機を基にした脱水・乾燥システムの開発を行う。このフィルタープレスは、従来の浸透圧密型の機械に、吸引と透気が行えるようにしたものであり、圧密→吸引→透気というサイクルを繰り返すことによって、脱水の効率性を上昇させる。第二に、処理土の土質・土壌新材料としての改良を行う。泥土を処理した場合、最大の問題は、最終的に如何に利用するかである。本研究では、乾燥処理を施した土を、更に改良を加え、土質材料として再利用する場合と、植栽土壌として使用する場合を検討している。

3. 研究の方法

(1) 改良型フィルタープレス機の開発

本試験機は、従来の浸透圧密を基本としたフィルタープレス機に、吸引と透気の機構を加えたものである。圧密→吸引→透気という過程を繰り返すことにより、フィルターが目詰まりを緩和することができ、脱水の効率を上げることができる。ここでは、最適な圧密、吸引・透気時間の設定について検討を行い、最も効率の良い脱水方法を確定する。

(2) 乾燥システムの開発

フィルタープレスから生成された脱水ケーキをさらに乾燥処理するシステムを開発する。申請者らのこれまでの研究により、泥土は、一度乾燥すると、コンシステンシーが変化し、再湿潤化しても、水を吸着しにくく、透水性の良い材料に変化することを実証している²⁾。本システムは、生石灰の発熱を利用することを考えた。反応後の石灰は、土質もしくは土壌改良材よして使用可能である。

(3) 脱水・乾燥処理土の物理・化学分析

脱水ケーキの再利用を目指して、基本的な化学試験、物理試験、力学試験を行う。EC、pH等の化学試験、さらに、全リン、全窒素量測定を行う。

(4) 脱水・乾燥処理土を用いた栽培実験

脱水・乾燥した底泥を農地客土として再利用することを目指した栽培実験を行う。申請者らは、既に基礎的な検討を行ってきた³⁾。ここでは、応用的な課題として、蔬菜および花卉について重点的に検討し、最適な施肥や配水条件を確定する。とくに、乾燥処理温度が植物の生育に与える影響について重点的に考察した。

(5) 脱水・乾燥処理土の強度特性の検討

脱水・乾燥した底泥を、生石灰で改良し、一軸圧縮試験によって、土質材料としての、性能を確かめる。

4. 研究成果

(1) 改良型フィルタープレス機の開発と性能試験

本研究で取り上げている改良型フィルタープレス機は、従来型のフィルタープレス機に新たに吸引・透気のプロセスを加えたものである。改良型フィルタープレス機を図-1に示す。従来の浸透圧密を利用した脱水システムに、未圧密泥土の吸引と圧縮空気の透気・乾燥のプロセスのサイクルを加えることによりフィルターが目詰まりを緩和し、脱水効率を飛躍的に促進させることを狙いとした。コンプレッサーの送泥圧による脱水処理でフィルターが目詰まりが起きた後、真空ポンプによりスラリータンク内を真空にし、送泥されていた土を吸引させる。さらに圧縮空気を圧送することによってフィルターまで空気が通る。再度、泥土を圧送して浸透圧密を行うことにより、目詰まりを回避したシステムを作成した。

模型試験システムの概略を写真-1に示すこととし、フィルター部の詳細を、写真-2に示す。

(2) 脱水・乾燥試験結果

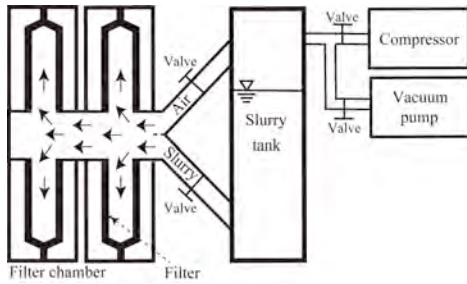


図-1 改良型フィルタープレス



写真-1 フィルタープレス模型実験装置

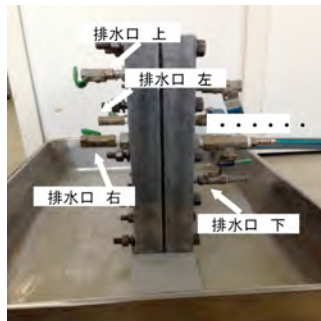


写真-2 フィルター部詳細

透気のプロセスが与える影響を確認するために、表-1 の条件で実験を行った。実験結果を表-2、写真-3 に示す。実験結果から、透気の時間を連続的に確保することで、平均含水比を 20% 近く低下させており、透気の実証ができたといえる。ただし、脱水ケーキの重量を比較すると圧密だけを行った方が効率的に見えるが、乾燥密度を比較すると、全て同程度であり、含水比が高い分脱水ケーキの重量が重くなっているとわかる。今回の実験は全て、空気圧力 300kPa で行っている。

(3) 乾燥システムの開発

生石灰の発熱によって乾燥させるシステムの開発を試みたが、エネルギー効率が悪く、不可能であることが判明した。したがって、本研究では、生石灰による乾燥を断念し、炉

表-1 脱水試験条件

①	圧密150分
②	圧密90分 透気60分
③	圧密70分 透気80分

表-2 脱水試験結果

	①	②	③
平均含水比(%)	80.33	64.20	61.86
脱水ケーキ(g)	3089.9	2839.5	2666.2
乾燥密度(g/cm ³)	0.91	0.92	0.89



写真-3 脱水された泥土

乾に依ることとした。

(4) 底泥の植栽土壌としての利用

① 試料の概略

本実験で用いている実験資材は、岡山県児島湖から浚渫（主に 2002 年および 2003 年）された後、分級され、現地においてフィルタープレスによって脱水され、脱水ケーキ状にされたものである。今回は、この試料を、自然乾燥（室温）、100°C、および 200°C で 24 時間乾燥したものを粉砕し、これを植栽実験の資材とする。

② 粒度特性

粒度は、採取試料によって粘土分とシルト

表-3 資材のコンシステンシー特性

資材	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数
未処理	86.2	62.5	23.7
100°C	62.9	47.0	15.9
200°C	54.2	46.3	7.8

表-4 溶出液の pH および EC

資材	pH	EC(mS/m)
未処理	4.86	315
100°C	4.93	291
200°C	4.91	320

表-5 底泥からの溶出イオン(mg/l)

資材	Li	Na	NH ₄	K	Mg	Ca	PO ₄
未処理	0.0155	6.64	3.30	3.32	13.8	52.5	0
100°C	0.0163	6.83	2.85	3.81	12.7	51.9	0
200°C	0.0075	5.47	5.22	2.51	11.1	49.6	0
資材	F	Cl	NO ₂	Br	NO ₃	SO ₄	
未処理	0.100	11.00	0	0	0	200	
100°C	0.334	8.69	0	0	0	187	
200°C	0.139	4.47	0	0	0	207	

分の割合にばらつきが見られるが、分級後の粒度の一例では、細砂分 2%、シルト分 66%、粘土分 32%であり、ほぼ細粒分のみで構成されている。また、強熱減量は 8.5%であった。

③ コンシステンシー

コンシステンシー試験の結果を表-3 に示す。粘性土は乾燥履歴を受けると、液性限界が大きく減少する。表によると、処理温度が高いほど液性限界が大きく減少しているのが分かる。すなわち、熱乾燥処理によって、泥土は水を吸着し難くなる。

④ 底泥の化学特性

・溶出試験

資材から溶け出す物質を明らかにするために、pH、EC 試験およびイオン分析を行っている。資材を蒸留水と混合して 6 時間振とうし、ろ過したろ液を検液とした。

・pH および EC

pH および EC 試験の結果を表-4 に示している。児島湖は、海水由来の塩分を含むため、EC が高いのが特色であり、本来農地客土としては適さない。また、湖底から浚渫されてから長時間を経ているため、海中に存在したパイライトの酸化によって生成された硫酸イオンにより、pH 値が酸性に偏っている。これらの特性に、熱乾燥処理過程は影響していない。

・イオン濃度

表-5 は、溶出イオン分析の結果を示している。パイライトの酸化によって生成された硫酸イオンが多量に検出され、また、海水由来のナトリウムイオン、塩素イオンとマグネシウムイオンが多く存在する。カルシウムイオンが多いのは、凝集剤として石灰が投入されたためと考えられる。肥料成分として、アンモニア態窒素や、カリウムは見られるが、リン酸は検出されていない。また、熱処理による相違は見られていない。

⑤ 植栽実験結果

本実験では底泥の混合がコマツナの生育に及ぼす影響を調査した。

ここでは、資材(室温, 100°C24h, 200°C24h)をパーライトとピートに混合した。対照区としてパーライト・ピートのみ供試土を用いた。パーライトは 25%一定でピートと資材を 75%-0%、50%-25%、25%-50%、0%-75%の割合で混合した。

処理区は、パーライト・ピート・資材の混合割合を変化させた 3 区と資材の熱処理温度(室温, 100°C, 200°C)を組み合わせた 9 区と、パーライト・ピートのみ供試土を用いた対照区の計 10 処理区とした。1 処理区あたり 7 ポットとした。

2013 年 4 月 10 日にコマツナを 200 穴セルに播種し 2 週間育苗したのち、4 月 24 日に混合土を 0.3L 入れた 9 cm 径ポットに定植した。2 日に 1 回、1 ポット当たり 50 mL (5 月 9 日からは 1 ポット当たり 100 mL)、それぞれ 1/3 濃度の太塚 A 処方液肥 (N:P:K:Ca:Mg =

6.2:1.7:2.5:2.7:1.2) を与え、温室で収穫適期まで生育させた。5 月 3 日 (10 日目) 葉長・草丈・葉数を、5 月 13 日 (20 日目) に葉長・草丈・葉数・SPAD・生体重・乾物重をそれぞれ調査した。

葉長、草丈、葉数、生体重、乾物重において、対照区と比較して資材区の 25%は同等の生育だったが、50%、75%となると生育が抑制され、枯死する個体も見られた。SPAD は室温、100°Cで混合割合が高くなるにつれて低くなったが、200°Cは混合割合に関係なく高かった。(写真-4)



写真-4 パーライト・ピートへの混合がコマツナの生育に及ぼす影響 (2013.5.13)

(5) 底泥の土質材料としての利用

① 試験の概要

ここでは、固化材として生石灰を底泥に加える場合について、未処理、100°C乾燥、200°C乾燥したものの、一軸圧縮強度について比較検討している。100°Cおよび200°Cで熱乾燥処理を行ったものに関しては液性限界 W_L の値をもとに調整を行った。これらの試料を軽量モールド内に締固め、恒温恒湿槽(温度 20°C、湿度 95%)にて 3 日間養生させた後に一軸圧縮試験を実施した。

② 圧縮試験結果

図-2 に M 池底泥の生石灰 10%混合時の含水比と最大圧縮応力の関係を示している。M 池においては、乾燥処理をすることにより、最大圧縮応力は大きく増加していることが分かる。100°Cにおいては生石灰との混合において、液性限界 $\times 0.9$ の含水比が練り混ぜ可能である最小の含水比だと考えられるため、より高い温度である 200°Cでの乾燥処理を行うことで、より少ない含水比でより強度の高いものを得られる、という結果を得た。

参考文献

- 1) 西村伸一・滝澤倫頭・村山八洲雄・村上章：浚渫泥土の物理・化学特性と再利用，農業土木学会材料施工研究部会報，第 44 号，pp. 69-77，2006。
- 2) 滝澤倫頭・西村伸一・村上章：乾燥によるため池底泥の物性変化と改質，農業農村工学会論文集，252，pp. 601-607，2007

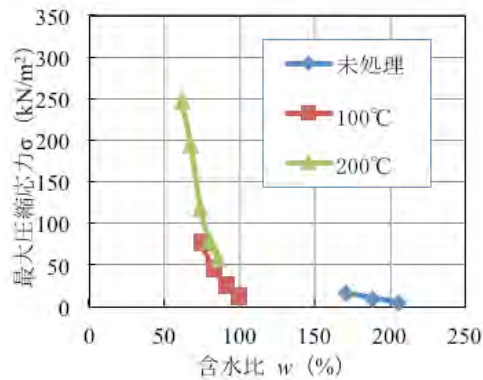


図-2 熱処理温度と一軸圧縮強度の関係

3) 滝澤倫顕・村上 章・西村伸一・村上賢治：
まさ土へのため池底泥の混合が植物の発芽・生育に及ぼす影響、農業農村工学会論文集，263，pp. 501-507，2009

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

①西村伸一、後藤丹十郎、山本千絵、村上賢治、珠玖隆行、吉田舞子、湖沼やため池底泥の植栽土壌としての利用、水土の知、査読有、82 巻、2014、pp. 535-538

②西村伸一、後藤丹十郎、山本千絵、村上賢治、珠玖隆行、震災復興資材 (分別土 C 種) の植栽土壌としての利用、地盤工学会特別シンポジウムー東日本大震災を乗り越えてー発表論文集、査読無、1 巻、2014、pp. 109-115

③西村伸一、泥土の改良型脱水乾燥システムの開発と処理土の再利用、建設事業の技術開発に関する助成事業成果報告書、査読無、1 巻、2013、pp. 238-268

[学会発表] (計 2 件)

①吉田舞子、西村伸一、後藤丹十郎、山本千絵、珠玖隆行、村上賢治、湖沼底泥の熱乾燥処理における物理化学特性の変化と植物生育に与える影響、第 69 回農業農村工学会中国四国支部講演会、2014 年 11 月 05 日、鳥取市

②吉田舞子、西村伸一、柴田俊文、珠玖隆行

乾湿繰り返しによる底泥の物理化学特性の変化、平成 26 年度農業農村工学会大会講演会、2014 年 08 月 26 日、新潟市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西村伸一 (Shin-ichi, Nishimura)
岡山大学・大学院環境生命科学研究科・教授
研究者番号：30198501

(2) 研究分担者

藤澤和謙 (Kazunori, Fujisawa)
京都大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号：30510218

村上賢治 (Kenji, Murakami)
石川県立大学・生物資源学部・教授
研究者番号：40200266

珠玖隆行 (Takayuki, Shuku)
岡山大学・大学院環境生命科学研究科・助教
研究者番号：70625053

後藤丹十郎 (Takayuki, Shuku)
岡山大学・大学院環境生命科学研究科・教授
研究者番号：40195938
(平成 25 年より研究分担者)