

マルチドレーン真空脱水法による諏訪湖底泥の脱水減容化と底質改善効果

信州大学工学部 正会員 梅崎健夫, 正会員 河村 隆
信州大学工学部 学生会員 ○田口隆治

1. はじめに 富栄養化や悪臭の原因となる窒素やリンなどの栄養塩類が蓄積した底泥の除去のために浚渫工事が実施されるが、浚渫された底泥の処分場確保の問題や公共事業の削減などによって、現在では、ほとんど実施されていない。梅崎ら¹⁾は、図-1に示すように、浚渫した底泥を脱水・浄化して、湖底に還元する方法（浚渫工事のゼロエミッション）を提案している。

本文では、その端緒として、諏訪湖湖底より採取した底泥を用いて、脱水のみによる減容化と底質改善効果について検討した。

2. 実験概要 試料は、グラブ浚渫を想定して採泥器を用いて諏訪湖湖底より採取した底泥（土粒子密度 $\rho_s=2.428\text{g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L=152.0\%$ 、塑性限界 $w_p=92.3\%$ 、強熱減量 $L_t=23.5\%$ 、初期含水比 $w_0=274.1\%$ ）である。

脱水はマルチドレーン真空脱水法²⁾により実施した。実験装置を図-2(a)～(c)に示す。詳細は文献 2)を参照されたい。ドレーンは、プラスチックボードドレーン (PD) を濾布で覆って作製したものである (図-2(a))。ドレーン表面を粘着テープでシールし、排水面を $16\text{ cm} \times 14\text{ cm}$ (両面の排水面の面積: 0.0448 m^2) に設定した (図-2(a))。排水パイプの一端をシールし、もう一端をウォータートラップを介して真空ポンプに接続した。脱水槽は電子天秤の上に設置されており、その質量の変化から排水量を算定する (図-2(b), (c))。

脱水槽内にドレーンを設置した後、十分に攪拌した底泥を投入した。底泥中で $20\sim 60$ 分間真空圧 $p_v=-80\text{ kPa}$ を負荷した後 (図-2(b))、ドレーンを脱水槽から引上げ空気中でさらに 30 分間真空圧を負荷した (図-2(c))。実験中は、脱水槽の質量および真空圧の経時変化を測定した。実験終了後に、付着土の質量および含水比を測定した。さらに、脱水前の底泥および脱水後の付着土の EC (電気伝導度)、pH、ORP (酸化還元電位)、DO (溶存酸素量) および排出水の EC、pH、ORP、DO、濁度も測定した。

3. 実験結果および考察 写真-1(a)～(c)に排出水の一部を示す。排出水は、脱水開始直後においては茶色く濁っているものの、脱水時間が長くなると、ドレーン表面に付着した粘土粒子がフィルターとなって、濁りが少なくなる。

図-3(a)～(c)に真空圧 p_v とドレーン単位面積 (両面) 当たりの脱水量 ΔM および脱水速度 v の経時変化の一例を示す。図-3(a)に示すように、ドレーンを底泥から引き上げた後においても、今回は、付着土にクラックは発生せず、 $p_v=-80\text{ kPa}$ の真空圧が保たれている。図-3(b)に示すように、脱水量は時間の経過とともに収束する傾向を示す。図-3(c)に示すように、脱水速度は、真空圧を負荷した直後に最大となった後に、時間の経過とともに徐々に減少する。効率よく脱水作業を進めるためには、底泥中および空気中におけるそれぞれの真空圧負荷の時間を適切に決定することが重要である。

図-4に、底泥中の脱水時間とドレーン単位表面積 (両面) 当たりの脱水後の付着土量 M_{d2} 、付着土の平均厚さ $\bar{d}_s$ 、付着土の平均含水

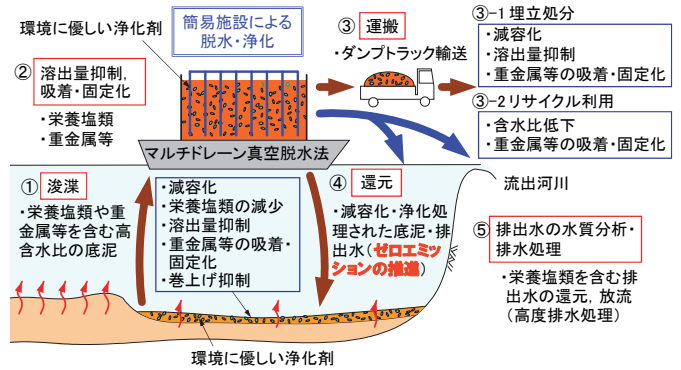
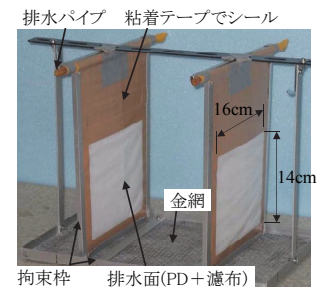
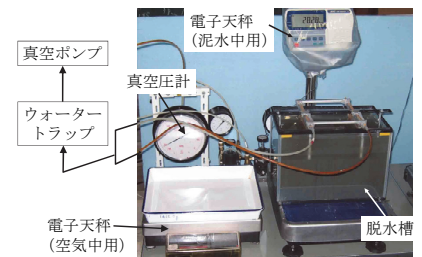


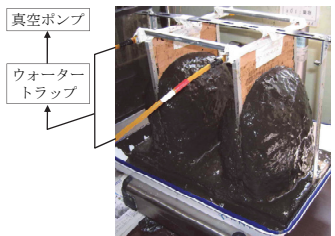
図-1 浚渫・脱水・浄化・還元による浚渫工事のゼロエミッション¹⁾



(a) ドレーンの小型模型の一例

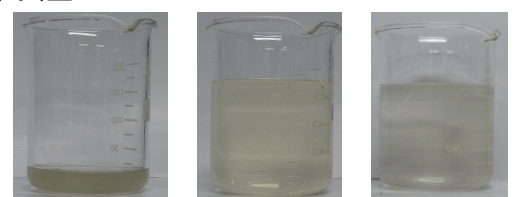


(b) 泥水中での真空負荷の一例



(c) 空気中での真空負荷の一例

図-2 室内実験の概要



(a) 1 分後 (b) 20 分後 (c) 60 分後
写真-1 排出水の一部

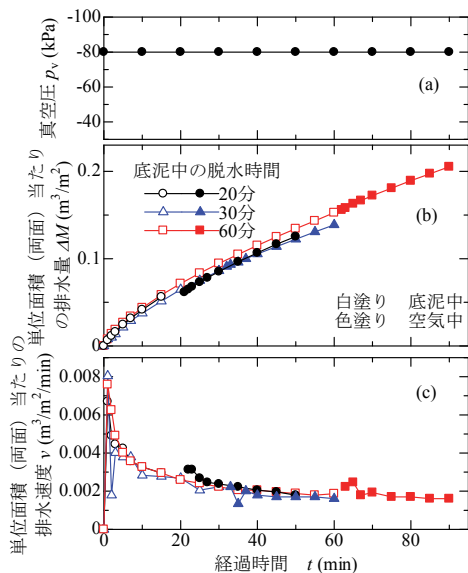


図-3 真空圧，脱水量，脱水速度の経時変化

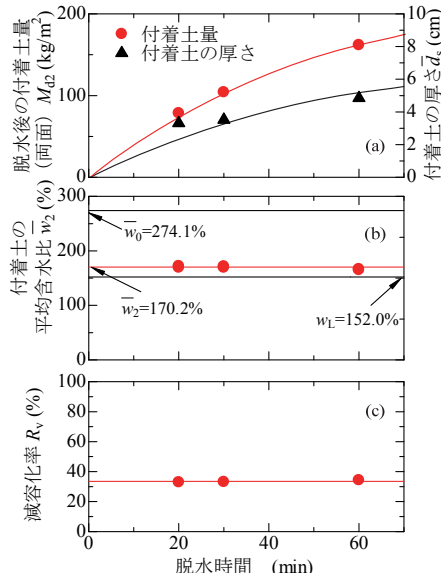


図-4 付着土の量，厚さ，含水比，減容化率

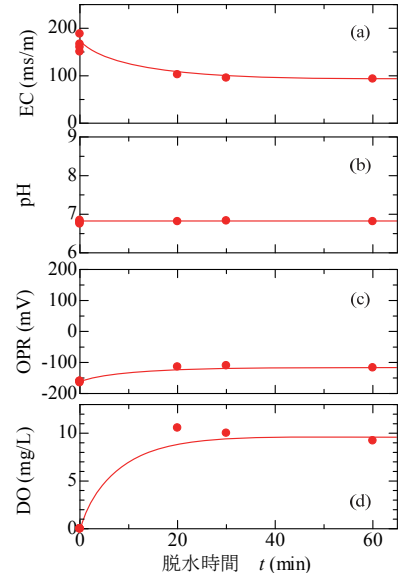


図-5 付着土の EC，pH，ORP，DO

比 $\bar{w}_2$ ，減容化率 $R_v (= (\Delta V_d / V_{d0}) \times 100\%)$ の関係を示す。ここで， V_{d0} (m^3/m^2) はドレーン単位表面積（両面）あたりの付着土の w_0 に対応する体積， ΔV_d (m^3/m^2) はドレーン単位表面積（両面）あたりの排出水量に相当する体積である。 M_{d2} と $\bar{d}_s$ は時間の経過とともに増加し，脱水時間が長くなると一定値に収束する傾向を示す。 $\bar{w}_2$ と R_v は，脱水時間に関わらず， $\bar{w}_2 = 170.2\%$ ($\approx 1.1w_L$)， $R_v = 33.5\%$ でほぼ一定である。

図-5 に底泥中の脱水時間と付着土の EC，pH，ORP および DO の関係を示す。脱水時間 $t=0\text{min}$ の値は，脱水開始直前の底泥の値である。EC は 160mS/m 程度の初期値から減少して 100mS/m 程度に収束している。EC はイオン量を表しており，底泥中のアンモニアやリン酸などのイオンが減少していると考えられる。pH は脱水によって変化していない。ORP は -160mV 程度から -110mV 程度まで還元側に变化している。DO は初期において 0mg/L の無酸素状態から， 10mg/L 程度の富酸素状態に移行している。これは，空気中での真空圧の負荷により付着土中の酸素が増加したためであると考えられる。底泥は，一般に 3mg/L 以下の貧酸素状態であることが多く，マルチドレーン真空脱水法による脱水処理土を湖底に還元することにより，貧酸素状態の底泥の改質効果が期待される。

図-6 に底泥中の脱水時間と排出水の EC，pH，ORP，DO，濁度の関係を示す。開始直後 1 分間の排水と底泥の採取地点近傍の水面付近で測定した諏訪湖水の代表的な値も示している。EC は，1 分後において 30mS/m であり，湖水とほぼ等しい。時間の経過とともに 190mS/m まで増加している。このことから，底泥から排水とともに多量の栄養塩類が除去されていると考えられる。pH は，湖水よりも少し高いが，8 程度でほぼ一定である。ORP は湖水よりも低い 100mV 程度に収束する。DO は 6mg/L 程度であり，湖水よりも少し低い値である。濁度は，1 分後では 90 程度と濁った状態であるが，時間経過とともに減少し透明度は高くなる（写真-1(c) 参照）。

4. まとめ マルチドレーン真空脱水法を諏訪湖底泥に適用し，以下に示すような主な知見が得られた。①1 時間以内の短時間で $R_v=30\%$ 程度まで減容化することができる。②排水とともに多量の栄養塩類を除去することができる。③無酸素状態の底泥の DO を 10mg/L 程度まで増加させることができ，脱水処理土を湖底に還元することにより，貧酸素状態の底泥の改質効果が期待される。

【参考文献】1) 梅崎健夫，河村隆，河野剛，河崎彰，野村忠明，細野武久，境大学：マルチドレーン真空脱水法による閉鎖性水域底泥の脱水・浄化システムの開発，ジオシンセティックス論文集，第 22 巻，pp.177-184，2007。2) 梅崎健夫，河村 隆，河崎 彰，大寺正志，西田健吾，志方洋介：高含水比土の脱水減容化と濁水の濾過処理におけるマルチドレーン真空脱水法の開発，環境科学年報 第 33 号，pp.5-19，2011。

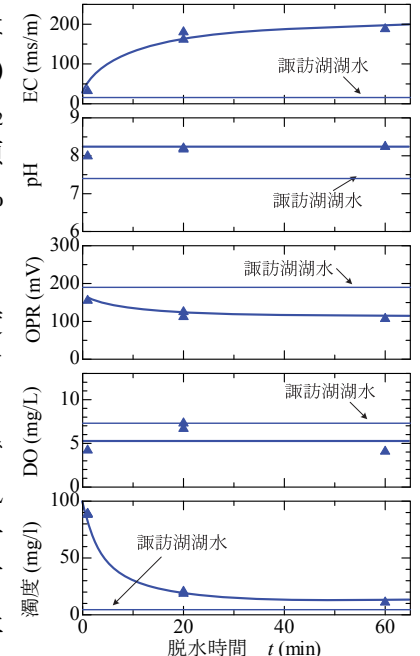


図-6 排水の EC，pH，ORP，DO，濁度