

土壌反応から見た児島湖浚渫土の化学的挙動

武村光一郎* 足立 忠司**

Chemical Changes of Dredged Soil in Kojima Lake from the Viewpoint of Soil Reaction

Koichiro TAKEMURA*, Tadashi ADACHI**

(Received November 28, 2003)

While dredged soil is increasing, the processing problem isn't solved. So it is expected to use effectively as the soil material.

Although, to use dredged soil, the chemical characteristic must be grasped. It is because acidification cause material (pyrite) can be contained in dredged soil. It causes sulfuric ions when it touches air and has the possibility to become acidification.

In this experiment, dredged soil in Kojima Lake was made clear that it contained in pyrite and acidified under the oxidation condition.

Accordingly, when using dredged soil as ground resources, it is necessary to use as the soil material such as filling-up reclamation under the deoxidization condition.

Key words: dredged soil, pyrite, acidify, soil moisture condition

1 はじめに

人間活動の増大とともに湖沼の富栄養化が顕在化し、この富栄養化解消に向けて、いくつかの湖沼において、その原因の一つである湖沼堆積土の浚渫事業が進められている。

また同時に、環境問題に対する社会的な関心が高まり、循環型社会の実現に向けた取り組みが本格化する中、浚渫土を資源として利用することが望まれている。

しかし、浚渫土を資源として利用する際には、その特性を充分解明・把握する必要がある。なぜなら、ヘドロは特異な堆積環境にあるからである。

湖内に流入する水には多量の有機物が含まれている。また、湖内は汽水条件下にあれば硫酸根を含み、かつ湖底は還元状態にある。この条件下では、ヘドロ中にパイライトが蓄積される。すなわち、有機物が豊富に堆積する条件下

にある海岸域の泥土中では、微生物の作用により還元状態にあり、硫化物がつくられる。この硫化物は泥土中の2価の鉄と反応して硫化鉄(FeS)として沈殿し、さらに元素状イオウと反応してパイライト(黄鉄鉱, FeS₂)が蓄積されている。このパイライトを含有する土壌は、浚渫され、空気に触れると硫酸が生成されるために、強酸性土壌となる可能性を有する(久馬, 1984, 1991)。さらに、この過程において、土壌pHの低下すなわち土壌が酸性化すると、重金属の溶解度が変化するために、土壌中の重金属が析出する可能性がある。

わが国のように雨の多い地域では、表層の塩基が溶脱されるために大半の土壌が酸性に傾いている。しかし、パイライト含有土壌の場合には、その強酸性の原因が遊離の硫酸であるために酸性硫酸塩土壌と呼ばれる。

パイライト集積土壌が酸素の供給される条件下におかれると、還元条件下の泥土中に生成していたパイライトが硫酸とジャローサイトに分解され、土壌を酸性化させる。さらに、その熟成過程においてジャローサイトも硫酸を生

* 岡山大学自然科学研究科

** 岡山大学環境理工学部

成し、酸性硫酸塩土壌となる(久馬, 1984)。

従って、一般には海成由来の土壌が、自然にあるいは人為的に陸化されると、酸性硫酸塩土壌に変質する可能性を有することになる。この酸性硫酸塩土壌生成過程には、化学的酸化と微生物的酸化が共に関与するが、初期的酸化には微生物(鉄酸化細菌)の働きが極めて大きく、微生物の活性を促す土壌水分や塩分濃度が酸性硫酸塩土壌の生成に関与することになる(足立ら, 1992)。

2 児島湖における取り組み

岡山県南部に位置する人工湖児島湖においても、周辺流域における近年の都市化・混住化の影響によりその水質が悪化しており、農業用水の水質を改善し、農作物への被害を未然に防止することで農業生産の維持および農業経営の安定を図ることを目的とし、児島湖の湖底に堆積した底泥を浚渫する児島湖沿岸農地防災事業が1992年から実施されている(前田ら, 1996)。児島湖の底泥は、大部分は埋め立て等の土質材料として資源化されているが、盛土材料・土壌材料等としても利用されることが期待されている(脇谷ら, 2003)。しかし、浚渫土は一般に超軟弱であることが多いため、浚渫土の資源化には、まず、改質し利用用途により要求される品質を長期間満足させる必要がある。そのため、改質処理には安定処理・強制脱水処理が採用されている。強制脱水し含水比を適切に調整し、土壌改良資材を投与した改良土は脱水ケーキと呼ばれている。以下、脱水ケーキとは安定処理・強制脱水処理して製造された浚渫土のことを表す。

児島湖で行われている脱水ケーキの製造工程の一例を図-1に示す。

①底泥浚渫

高濃度浚渫船で浚渫

②送泥

浚渫泥を脱水プラントへ圧送

③貯泥

浚渫泥を二日間貯泥放置

その後、砂・上澄み液を分離除去

④凝集剤混合

平均55kg, 消石灰9kg添加

*添加量は乾泥1tあたりで、

底泥の性状により変化させている

⑤脱水処理

圧縮フィルタープレスにより脱水処理

⑥脱水ケーキ完成

図-1 脱水ケーキの製造工程の一例

3 検討方法ならびに結果

本研究は、児島湖底泥が浚渫され、図-1の工程に従っ

て製造された脱水ケーキの化学的挙動をパイライトの消費という観点から検討したものである。なお、児島湖湖底堆積土(採土場所により、パイライト含有量は異なるが、平均的に見て1.56%)の酸化過程も示した。

3.1 供試土の調整とその理化学性

原土の場合には、湖底から直接採土を行った堆積土を用い、一切の前処理を行っていない。脱水ケーキの場合には、土塊を形成しているため、前処理が必要であり、以下の処理を行った。まず使用するに当たり、土壌の均一化を目的として脱水ケーキに蒸留水を添加し、ペースト状になるまで混合した(加水量は土壌/水=1/5)。そして、試料の余剰水をブフナ漏斗でろ過し、残渣試料を供試した。

表-1には、脱水ケーキの、すなわち本供試土のパイライト含有量が0.8(wt.%)であり、かつpH(H₂O₂)値が3.02であることが示されているが、このことは、脱水ケーキが酸素が供給される条件下に置かれると硫酸を生成する可能性があることを意味している。

表-1 供試土の基礎理化学性

土性	SiCL(粘土割合7.5%)
土粒子密度(ρ _s , g/m ³)	2.66
初期含水比(kg/kg)	0.62
液性限界(w _L , kg/kg)	0.74
塑性限界(w _p , kg/kg)	0.50
収縮限界(w _s , kg/kg)	0.29
pH(H ₂ O)	7.07
pH(H ₂ O ₂)	3.02
EC(1:5; mS/cm)	1.14
パイライト含有量(wt.%)	0.8

ついで、含水比105%の試料の水分調整を行った。

パイライト含有土壌の酸性硫酸塩化過程において、微生物的酸化は土壌水分状態により大きく影響されるので(足立ら, 1992)、脱水ケーキの水分状態を初期含水比105%から風乾状態付近の含水比15%の間で均等に5段階(105, 82.5, 60, 37.5, 15%)に設定し、乾燥直後から4週間後、8週間後の各水分状態の化学性を測定した。なお、ここでいう化学性とはpH, EC, 水溶性陽イオン(Fe)を示し、pHならびにECの測定は土壌/水=1/5とした。

乾燥は30℃に設定したインキュベーター内で行い、試料を薄くバットに広げ、上で述べた5段階の設定含水比に到達したら、試料の水分状態を保つためにすぐチャックビニールに密閉・静置・保存した。

また、以下、乾燥直後とは、乾燥開始後所定の5段階の水分状態に全ての試料が調整できた後、一斉に測定した時期を意味し、本実験では乾燥開始後10日目である。また、4週間後、8週間後は同一水分状態で保存した初期状態からの期間を表している。

4 実験結果

4.1 原土の挙動

図-2に、原土の乾燥過程におけるpHの変化を保存期間との関係で示している。含水比290%の生土は時間の経過(乾燥による含水比の減少)とともに、土壌pHが単調に低下している。また、含水比100%以下で急激なpH低下がみられ、pH値が3程度を示すようになることが分かる。すなわち、酸性硫酸塩土壌生成過程において、土壌の含水比によりpHの低下速度が異なることが示されている。また、時間の経過と共にさらにpH値が低下するが、これは関与する鉄酸化細菌の働きによるものである。

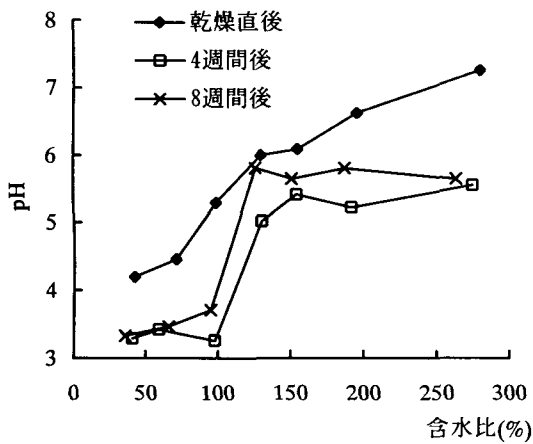


図-2 原土におけるpHの変化

4.2 脱水ケーキの挙動

図-3には脱水ケーキの乾燥過程におけるpHの変化を保存期間との関係で示している。乾燥直後の土壌pHは、どの水分状態でも中性付近にあり、含水比が低下するとともに、pHはわずかだが低下した。そして、時間の経過とともに、どの水分状態でも土壌pHの低下が示された。そして最も土壌pHが低下したのは塑性限界付近の60%であった。これは、塑性限界付近では、最も鉄酸化細菌による酸化活性が活発であったことが理由である。(足立ら,1992)

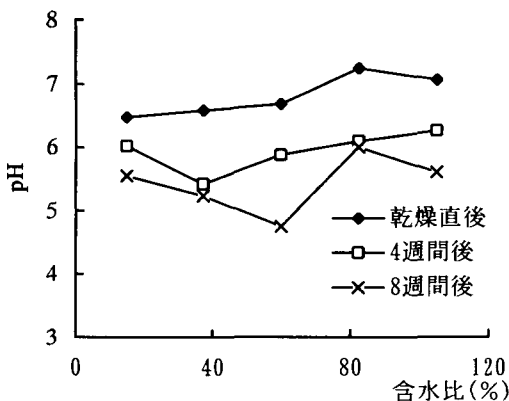


図-3 脱水ケーキにおけるpHの変化

また、図-4には脱水ケーキの乾燥過程における電気伝導度ECの変化を示している。これから、乾燥直後のEC値の変化は、どの水分状態でも1mS/cm前後であり比較的变化は少なかったが、時間の経過に伴い、どの水分状態でも増加した。さらに、土壌pHと同様に、電気伝導度ECも塑性限界付近の60%で最もEC値が増加し、60%を最上点として上に凸の型を現した。

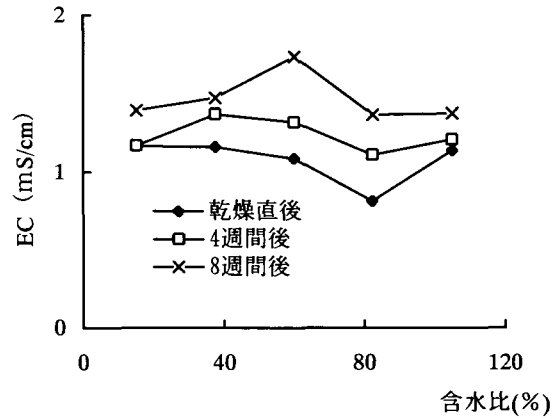


図-4 脱水ケーキにおけるECの変化

図-5には脱水ケーキの乾燥過程のpHとECの相関を示したが、これによるとpHが低下するに従い、ECが増加することが分かる。このことは、パイライトの消費が進行するにつれ、イオンが溶脱することを意味している。

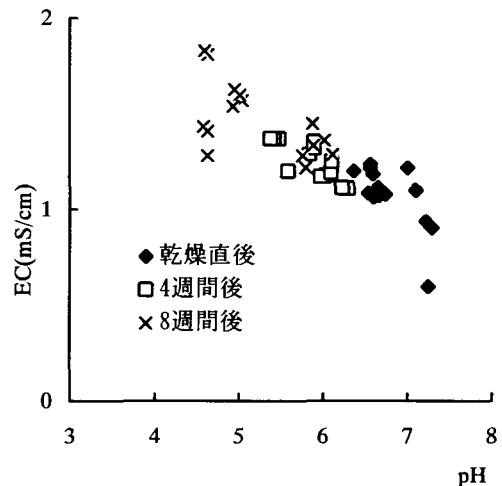


図-5 pHとECの相関

図-6にはその1例として、脱水ケーキのpHと重金属イオン濃度(Feイオン)の関係を示した。これによると、pHの低下とともにFeイオンの溶脱が生じる傾向が見られるが、顕著なものではない。一般に重金属イオンはpH4.5程度以下になると溶出するものが多い。本実験ではpHの低下は4.5程度のため、Feイオンの溶出は顕著でない理由である。

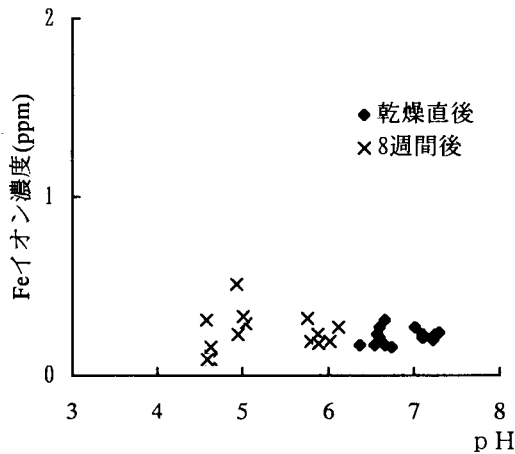


図-6 Feイオン濃度とpHとの相関

ここで脱水ケーキと原土の酸化に伴う土壌酸性化の比較を行うために、図-7を示した。本研究では、含水比60, 82.5, 105%における脱水ケーキと原土の乾燥直後から8週間後のpHの低下量を土壌の酸性化の指標として示した。これは、値が高いほど多くの酸が生成されたことを意味する。なお、原土における各含水比のpH値は、各含水比から最も近い大小の含水比におけるpH値から分配し、近似して得た。

パイライト含有量の多い原土では脱水ケーキよりも水分段階によりばらつきがあるもののpHの低下が顕著であった。脱水ケーキは、原土ほどpHの低下が顕著ではないものの、土壌水分の減少とともにpHの低下量が大きくなっていることが示されている。

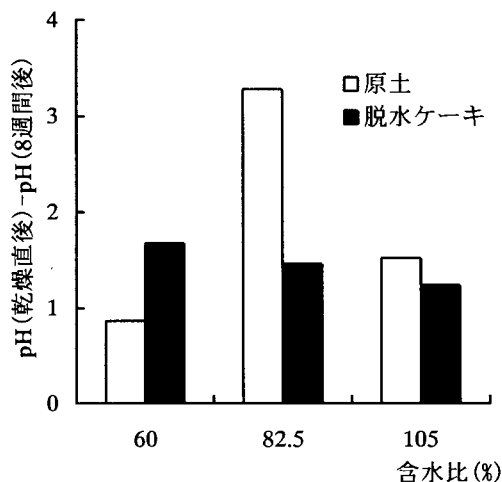


図-7 土壌pHの低下の比較

従って、脱水ケーキは、乾燥初期の段階では、化学的に安定していたが、時間経過と共に、湖底から直接採取を行った原土ほどではないが、土壌pHが低下し、酸性化した。

本研究では、脱水ケーキは酸性硫酸塩土壌が示すpH3以下といった強酸性化を示さなかった。だが、通常、パイライトの酸化反応はpH3になるまでに1000日のオーダーがかかることから(久馬ら,1986)、今後測定日数を延長する

ことにより脱水ケーキにも強酸性化の可能性も十分に推測可能である。

5 おわりに

現在児島湖で実施されている浚渫事業における底泥処理の評価を行った。実験結果から、現工程により製造されている脱水ケーキは製造初期にはそのpHは中和され、資源として利用可能である。しかし、酸性硫酸塩土壌の特性、すなわち、微生物の作用により、時間の経過とともにそのpHが低下する傾向を示した。これは、堆積土中のパイライトの存在が不均一であるために、適切な処理が困難であることも一因である。従って、脱水ケーキを空気に触れる酸化的条件で利用すると、残存パイライトが酸化し、強酸性となるとともに、重金属が溶脱して、最終的に植物などの周辺環境に悪影響を与える可能性がある。

今後、環境に配慮した、長期間放置していても品質の変化しない脱水ケーキに改良する事が大きな課題であるが、現時点では、脱水ケーキの安定処理、つまりパイライトの完全除去技術は確立されていないため、脱水ケーキを土壌資源として利用する際は、還元状態の下、埋め立てなどの土質材料として利用するのが前提となろう。

6 謝辞

本実験を実施するに際し、大林組・株木建設・農村基盤建設児島湖底泥処理JV工事事務所中本道良氏に脱水ケーキを提供いただいた。また、実験に当たり、土壌圏管理学分野の学生諸氏に補助を得た。併せ記して謝意を表す。

参考文献

- 足立忠司, 松本康夫, 原徹夫(1992): 土壌水分から見た干拓地土壌の酸性硫酸塩土壌化過程, 農土論集, 162, pp.89-96
- 足立忠司他4名(1988): タイ国南部に分布する酸性硫酸塩土壌の改良, 農土会誌, 56(2), pp.5-10.
- 久馬一剛(1984): 酸性土壌とその利用(田中明編)「第4章熱帯, 特に東南アジアにおける低湿地土壌の分布と特性」, 日本土壌肥料学会監修, 博友社, pp.101-142.
- 久馬一剛(1991): 熱帯低湿地開発の諸問題, 土壌の物理性 第63号, pp.43-50.
- 前田高広, 鈴木正彦, 大井節夫, 佐々木洋二(1996): 底泥が水質に与える影響, 農土誌, 64(4), pp.351-361.
- 脇谷芳招(2002): 強制脱水した浚渫ヘドロの圧縮特性に関する基礎的研究, 岡山大学大学院博士論文, pp.1-4.