

緩詰め厩肥混合土の炭素貯留能力と力学特性および植物生育下での透水特性の把握

土壌 一軸圧縮試験 透水試験

名古屋大学 国際会員 ○中野 正樹 酒井 崇之
名古屋大学 特別会員 水野 良亮
名古屋大学 村瀬 潤

1. はじめに

文献 1)では土壌有機物への土壌微生物の活動が土の挙動に及ぼす影響を示した．その活動は，植物との共生関係の中で植物の育成を助ける機能も有している 2)．植物生育下での炭素貯留と土の挙動の把握は，カーボンニュートラルの新たなアプローチと考える．そこで本研究では，速報的ではあるが，厩肥を混合した土に対し，その物理特性をとともに締固めの有無が炭素貯留能力に与える影響を示す．そして炭素貯留に伴う緩詰め混合土のせん断特性，さらに植物生育下での厩肥混合土の透水特性を把握する．

2. 試験に用いた試料

土試料は名古屋大学大学院生命農学研究科附属センターの東郷フィールド内の農場で採取した土で，ここでは母材と呼ぶ．地質図 Navi³⁾によるシームレス地質図から，母岩は，新第三紀／非海成層砂岩／砂岩泥岩互層ないし砂岩・泥岩とのことである．また，土壌図インベントリー⁴⁾での土壌分類として，細粒質普通風化変質赤黄色土にあたる．写真 1 は農場での土試料の採取の様子である．おおよそ縦10m，横20mの農場から，偏りがないように等間隔に採取場所を決め，土のう袋 25 袋に土試料を採取した．採取した土試料の全重量は約 400kg となった．採取した土試料は，室内実験棟にて，ブルーシートの上に均質になるよう広げて放置した．乾燥を促すために日中は大型扇風機による風乾を実施し，時折「天地返し」を行った．風乾期間は約30日で，含水比は14.2％から2.05％まで減少した．風乾後の母材は，全試料を19，9.5，2mmのふるいでふるい分けを行い，全試料で粒度が等しくなるよう9.5～2mmを41.9%，2mm以下を58.1％の割合で調整した．母材に混入する厩肥は，牛糞を堆肥舎に積み上げ，3～4週間ごとにかき混ぜて発酵を促して作製している．また植物はベチパーという東南アジア原産のイネ科の多年生草本を購入し，用いた．



写真 1 東郷フィールドの農場

3. 試験方法

試験で用いる土試料は，母材のみ，母材乾燥質量に対し厩肥 1%，厩肥 5％の割合で均質に混合し，それぞれ F0，F1，F5 とした．物理試験として液性・塑性限界試験（JIS A 1205），力学試験として締固め試験（JIS A 1210，A-a 法）を実施し，締固め試験結果を参考に，Dc75％程度の緩詰めの締固め供試体を作製し，それぞれ F0(L)，F1(L)，F5(L)とし（表 1），恒温室養生を 0 日（養生せず）と 2 ヶ月に対し，一軸圧縮試験（JIS A 1216）を実施した．さらに F1，F5 それぞれに対し，締固め前，緩詰め（Dc75％）および密詰め（Dc93％）の締固め供試体からの炭素排出量を経時的に測定し，測定値を比較した．詳細は文献 1)に示す．

植物生育下での厩肥混合土の透水特性については，透水円筒に F1 混合土を初期乾燥密度 1.33g/cm³（締固め度 Dc75％）になるように準備し，ベチパー苗木を埋めた（写真 2）．透水円筒は名大校内のガラスハウスで 2 ヶ月栽培した後，透水円筒内の供試体は，地表面より上の苗の部分を取り落とし，変水位透水試験（JIS A 1218）を実施した．

表 1 一軸圧縮供試体の諸量		
供試体	締固め度 Dc(%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)
F0(L)	74	1.30
F1(L)	75	1.29
F5(L)	78	1.27



写真 2 ベチパー苗木を埋めた透水円筒

4. 厩肥混合土の試験結果

4.1 液性・塑性限界試験結果

表 2 に示すように，厩肥を混入させるほど液性限界 w_L は高くなった．同様に塑性限界 w_P も厩肥の混入率が高いほど高くなった．厩肥は保水性が高いことが要因の 1 つであると考えている．

表 2 液性限界・塑性限界および締固め試験結果					
供試体	w_L (%)	w_P (%)	I_p	ρ_{dmax} (g/cm ³)	w_{opt} (%)
F0(母材)	35.3	19.7	15.6	1.77	15.3
F1(厩肥 1%)	39.2	22.0	17.2	1.73	16.8
F5(厩肥 5%)	42.0	25.9	16.1	1.65	20.3

4.2 締固め試験結果

図1はF0, F1, F5の締固め曲線を示している。厩肥を混入させても締固め曲線は上に凸、明確なピーク値を示し、厩肥を加えるほど最大乾燥密度 ρ_{dmax} は小さくなり、最適含水比 w_{opt} は大きくなる。これは厩肥密度が小さいこと、厩肥保水性が高いことが要因の1つと考えている。

4.3 一軸圧縮試験結果

図2は養生0日の厩肥混入量の違う一軸圧縮試験結果を示している。一軸圧縮強さは20kPaで小さい値であり、厩肥混入率の影響は少ない。しかし厩肥混入率が高くなると変形係数は小さくなる。図3は、養生0日と養生2ヶ月の一軸圧縮試験結果である。養生2ヶ月経過しても、一軸圧縮強さはほとんど変わらず、わずかに変形係数が上昇する。

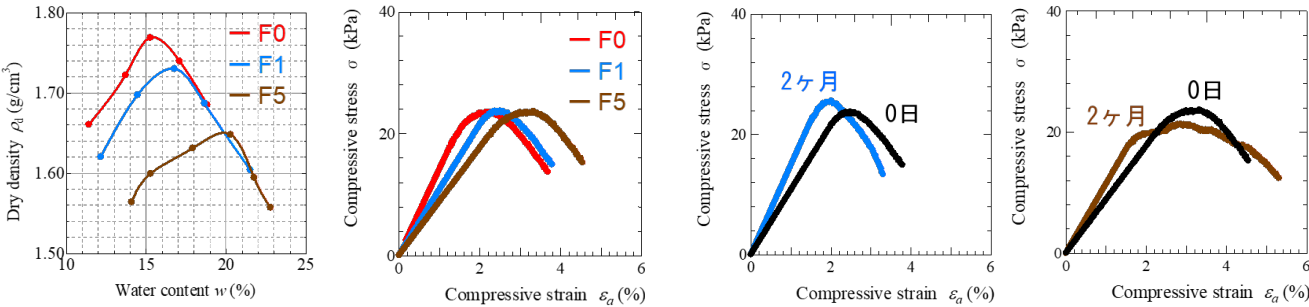


図1 締固め曲線(厩肥混入率)

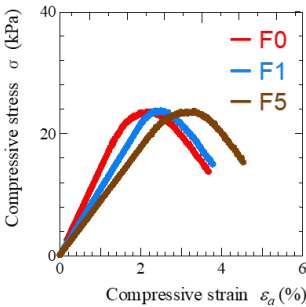


図2 厩肥混入率の違うせん断挙動

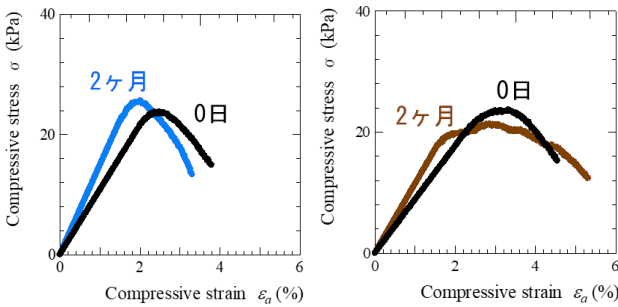


図3 養生0日と2ヶ月の一軸圧縮試験 左:F1(L), 右:F5(L)

4.4 炭素排出量測定結果

図3は締固め前、緩詰め(L)と密詰め(D)供試体1gあたりから排出される炭素排出量の経時変化を示している。時間経過とともに、どの試料も炭素排出量が増加している。厩肥などの土壌有機物が土壌微生物の活動によって分解されているからである。排出量は締固め前が一番多く、締固め度が增加するにつれて減少する。締固めることにより炭素排出を抑えることができる。

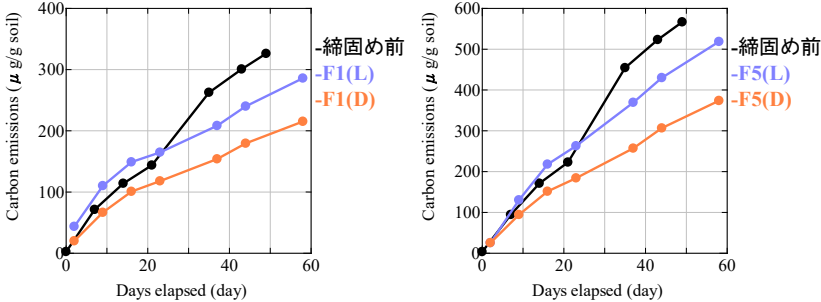
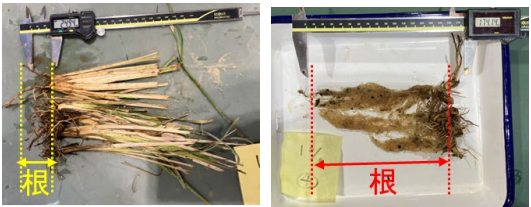


図3 締固めの異なる炭素排出量の経時変化 左:F1, 右:F5

5. 植物生育下での緩詰め厩肥混合土の透水特性

ベチバー生育による厩肥混合土の透水特性は、ベチバー無しのそれと比較する。写真3に示すように、ベチバーの根は2ヶ月の生育で本数が増え、長さが150mm以上となった。そのため厩肥混合土の乾燥密度は初期密度よりも増加していると考えられる。しかし現時点でその密度計測は困難なため、ベチバー無しの乾燥密度を初期密度と同じか低いかの2つの乾燥密度を設定し、透水係数を比較した。表3に示すように、密度が低い土よりも、密度の高いベチバーの方が透水性が高くなった。



(a) 初期 計測値 24.9mm (b) 2ヶ月 計測値 174.1mm

写真3 初期と2ヶ月後の根の成長の様子

6. おわりに

土壌微生物の働きが地盤構造物に及ぼす影響については、文献1)の密な地盤を対象とするものと、植物との共生を考慮する密度の小さい表層地盤を対象とするものとが挙げられると思う。カーボンニュートラル実現に向け、地盤構造物に限らず土に関わる「構造物」全体を考えてゆくことも重要と考える。

参考文献

1) 水野良亮他(2025): 密に締め固めて作製した厩肥・粉炭混合土の炭素貯留能力と力学特性の把握, 第60回地盤工学研究発表会, 投稿中

2) 犬伏和之, 白鳥豊(2020): 改訂 土壌学概論, 朝倉書店

3) 産総研 HP: 地質図 Navi, <https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php#15,35.11385,137.08063>(2025年1月18日閲覧)

4) 農研機構 HP: 日本土壌インベントリ, <https://soil-inventory.rad.naro.go.jp/figure.html>(2025年1月18日閲覧)

表3 植物生育下での緩詰め混合土の透水係数

初期乾燥密度(Dc)	透水係数(m/sec)
植物有: 1.33 g/cm³(75%)	5.04×10 ⁻⁵
植物無: 1.33 g/cm³(75%)	4.78×10 ⁻⁷
植物無: 1.24 g/cm³(70%)	6.28×10 ⁻⁶