

木くず混入による黒ボク土の硬度・保水性変化のモデリング
Modeling of changes in soil hardness and water retentivity
of Andisol by sawdust incorporation

戸部岳志*, 菅田麻由実**, 藤井克己***, 飯山一平***

TOBE Takeshi, SUGATA Mayumi, FUJII Katsumi, IYAMA Ippei

1. はじめに

本研究は畑への未利用バイオマスの有効活用を目的とし、木くずを土壌へ混入することに伴う硬度と保水性の変化をモデル化した。土壌硬度の変化を、木くず混入率および気相増加率を変数としたモデルと実測による硬度変化との比較により、また、保水性を水分特性曲線の形状変化によりそれぞれ検討した。

2. 実験方法

2.1 実験試料の準備・物性試験

試料には岩手大学構内の下台圃場で採取した黒ボク土、および盛岡近郊の製材所産のカラマツの木くずの混合物を供試体とした。黒ボク土・木くずの自然含水比・粒子密度はそれぞれ、土：33.737%・2.574g/cm³, 木くず：16.744%・1.504g/cm³であった。木くずは、供試土体積当たりの混入率が0.0, 1.3, 2.5, 3.3%の4通りとなるように混入した。

2.2 木くず混入土の硬度測定

内径 10cm 容積 1L のモールドに、質量 2.5kg のランマーを高さ 10cm から落下させ、試料を 3 層 25 回突き固め、山中式硬度計を用いて硬度を測定した。

2.3 保水試験

供試体を 100cc サンプラー内に突き固め、24 時間毛管飽和させて作製し、吸引法・遠心法・炉乾法を用いて保水試験を行った。

3. 実験結果・考察

3.1 硬度測定

木くずを混ぜるほど硬度の値は下がった。

Table.1 木くず固相率と硬度の関係
sawdust fraction and soil hardness

| 固相率(%) | 0.0 | 1.3 | 2.5 | 3.3 |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 硬度(kPa) | 694.12 | 673.05 | 598.22 | 533.54 |

硬度を全平均値で評価し、混入土の硬度変化を予測した。木くず混入土を複合材料とみなしモデル化を行い、相対弾性式を導入した。

HopkinsとChamisの複合モデル(*)に基づく弾性式(A)を示し、木くず固相率と気相率の増加を考慮した相対弾性式(B)を仮定した。今回は硬度を圧縮応力と見なし、フックの法則により圧縮応力と弾性率の間に比例関係を仮定し弾性式を応用した。ここで E_c :木くず混入土の弾性率(kPa), E_m :土の弾性率(kPa), E_f :木くずの弾性率(kPa), V_f :木くずの固相率(-), E_a :空気の弾性率(kPa), V_a :気相の増加率(-)とする。

$$E_c = E_m \left[(1 - \sqrt{V_f}) + \frac{E_f \sqrt{V_f}}{E_f - \sqrt{V_f}(E_f - E_m)} \right] \dots (1)$$

$$\text{相対弾性率 } C = \frac{E_c}{E_m} = \left\{ 1 - (\sqrt{V_f} + \sqrt{\Delta V_a}) + \right.$$

$$\left. \frac{E_f \sqrt{V_f}}{E_f - \sqrt{V_f}(E_f - E_m)} + \frac{E_a \sqrt{\Delta V_a}}{E_a - \sqrt{\Delta V_a}(E_a - E_m)} \right\} \dots (2)$$

本研究では気相の増加率 V_a と空気の弾性率 E_a について、(a):式(2)で $V_a=0$, (b): $V_a=0$, $E_a=0$, (c): $V_a=0$, $E_a=0.5E_m$ の3つを想定し、実測に近い動向を示すパラメーターの組み合わせを検討した。

*(財)北海道農業近代化技術研究センター Foundation of Hokkaido Agriculture Modernization Center

東日本高速道路(株) East Nippon Expressway Co., Ltd. *岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate Univ.

キーワード: 土壌構造, 保水性, バイオマス利用

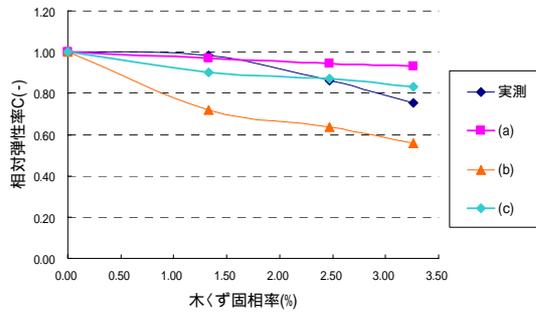


Fig.1 木くず混入による硬度変化の再現
Calculation of Change in soil hardness with sawdust incorporation

(a)から(b)の各折れ線の動きを見ると、(c)の場合が最も実測に近い変化を示した。また式(B)の各変数の変化が相対弾性率に与える影響では、 V_f より V_a が大きかった。

3.2 保水試験

木くず混入率が水分特性曲線に与える影響を検討したところ(Fig.2), pF0.00 から pF1.98 では混入率増加により体積含水率は増加した。しかし、pF2.70 以上では混入率の増加は体積含水率を減少させた。Fig.2 の結果を用いて、木くずの保水性を予測する。

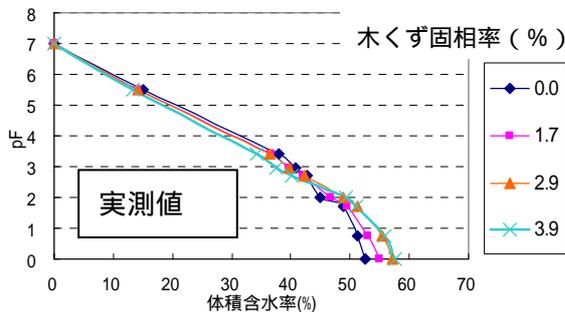


Fig.2 木くず混入土の水分特性曲線
Effect of sawdust incorporation on SWRC

混入土の保水性が、土と木くずの保水性の体積割合に比例した重みづけ線形和によって、木くず混入土の水分特性曲線は土と木くずの水分特性曲線の和であると仮定する。各 pF 値における木くず混入土の含水量を非混入土の含水量で引くことによって木くずの含水量を求め、木くずの水分特性曲線を Fig.3 に描いた。また、Fig.3 より各 pF に対応した毛管上昇高とそれに対応する最大間隙径を求め、Fig.4 に示した。

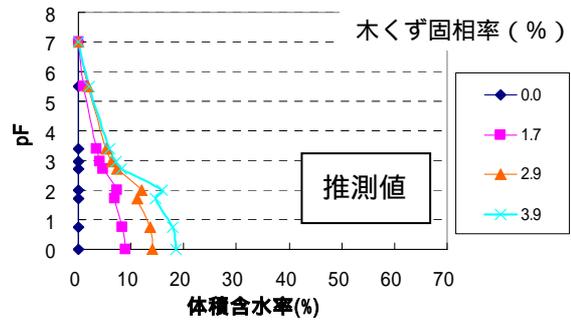


Fig.3 木くずの水分特性曲線 (推測)
Calculated SWRC on sawdust

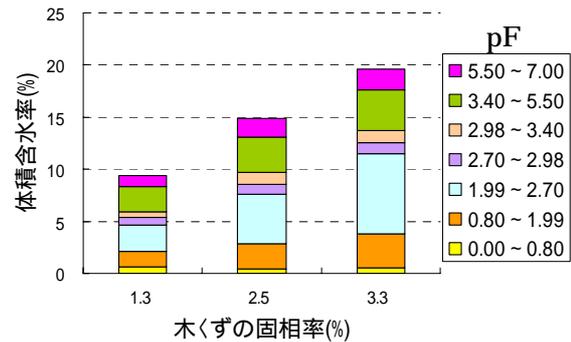


Fig.4 木くずの体積含水率と間隙径の関係
Relationship between water content and diameter of porosity on sawdust

木くず混入体積が増加するほど、木くずの水分は pF0.80 から 2.70 で大幅に増加、pF0.80 から 1.99 までで微増した。大幅に増加した pF 範囲に対応する間隙径は $6.74 \times 10^{-2} \text{cm}$ から $1.01 \times 10^{-2} \text{cm}$ と、木くずの平均粒径 ($6.8 \times 10^{-2} \text{cm}$) よりも小さかった。このことから増加した水分は木くずの表面、特に木くずと土との間の空隙に存在すると推測される。

4. まとめ

今回は硬度変化の予測には混入による気相増加を考慮する必要があること、木くずの保水性は、木くずの水分特性曲線算出に基づく間隙径分布を知ることによって予測可能である、という結論を得た。今後は、それらの妥当性を検証するため、硬度は圧縮試験で正確な弾性率を測ること、保水性は顕微鏡で木くず混入土の空隙を実際に観察することが必要となる。

引用文献：Bunsell, A.R. and Renard, J. ed. : Fundamentals of Fibre Reinforced Composite Materials, p204, 2005