

立命館大学理工学部土木工学科 学生員 ○藤井 康弘
立命館大学理工学部 正会員 深川 良一
立命館大学理工学部土木工学科 学生員 宮谷 一平
立命館大学大学院理工学研究科 学生員 多島 秀司
草津造園協同組合 富家 和夫

1. はじめに

公園や街路樹の景観整備などの際に発生する剪定枝の残滓は通常バイオマスとして位置づけられ¹⁾、堆肥化など有効利用が図られている。しかし、例えば堆肥化したとしても堆肥は水分を多量に含んでいることなどから流通の際にエネルギーやコストがかかるため、剪定枝の残滓は従来は少なからず埋め立てや焼却へとまわっていた。しかし、今後環境意識の高まりや廃棄物処理法の改正により野外焼却が原則禁止されたことなどから、木質系廃棄物の再生の確立は大きな課題である。そこで、本研究では、資源の再生後、既存の市場を通じた広域流通のもとで循環が促進されることを期待して、堆肥の体積および質量低減について検討した。

2. 試験方法

本研究では、草津造園協同組合により製造された堆肥を使用する。これは、剪定枝を粉碎した後に発酵させて作られ、通常 40 L の袋に 20 kg 詰められて市販されているが、非常に重く嵩張っている。圧縮特性は、通常の一面せん断試験機を用いた一連の圧縮(圧密)試験により検討した。供試体寸法は、直径 6.0 cm、概略高さ 2.0 cm であり、スプーンで静かに試料を詰めて供試体を作製した。上載荷重の条件としては、載荷過程を 4.9, 9.8, 19.6, 39.2, 78.5, 157.0 kN/m² と計 6 段階それぞれ 20 分ずつ載荷した後に、連続して除荷過程を 78.5, 39.2, 19.6, 9.8, 4.9, 0.0 kN/m² と計 6 段階それぞれ 20 分ずつ除荷し、1 連の試験につき 4 時間計測した。

3. 堆肥の体積低減について

堆肥の体積低減については主として、時間依存性、含水比依存性、応力依存性について検討した。時間依存性については、堆肥は不飽和でかつ初期間隙比が大きいため、図 1 に示すように載荷後すぐに大きく変形しその後は緩やかに変形が進行する 2 次圧縮特性の卓越した材料であることが分かった。図 2 には除荷過程における圧縮ひずみ～時間関係を示している。

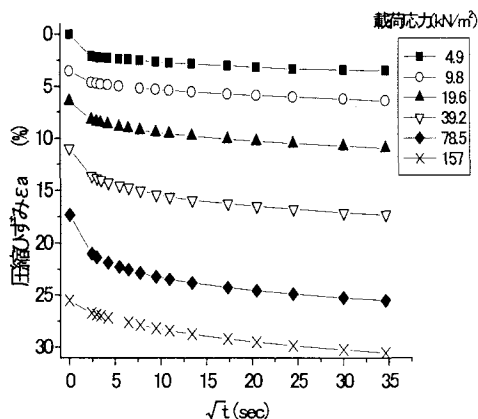


図 1 圧縮ひずみ～時間関係
載荷過程 (w=95.5%)

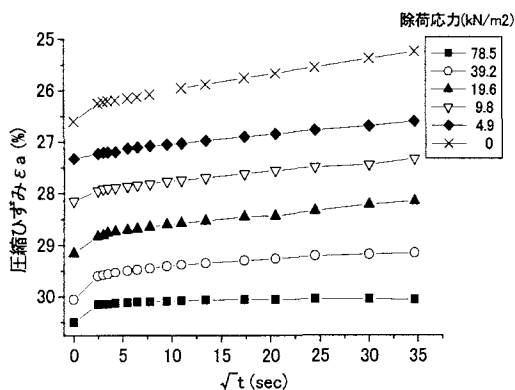


図 2 圧縮ひずみ～時間関係
除荷過程 (w=95.5%)

次に応力・含水比依存性について調べるために各載荷段階の最終圧縮ひずみ ε_{af} ~ 含水比 w 関係を図3に示した。試料が市販される際の袋入り時の含水比はおおよそ $w=150\%$ である。図3より $w=100\%$ 近傍で最も圧縮され易く、本試験での最大圧縮応力 157 kN/m^2 を載荷した状態では体積は初期状態から約35%も低減できることがわかる。次に 157 kN/m^2 から完全に除荷してやると試料はほぼ載荷応力レベルで 78.5 kN/m^2 相当のレベルまで圧縮ひずみが戻ることが分かる。また、含水比が20~110%の間は、含水比に対する圧縮ひずみの増加量は載荷応力レベルに依らずほぼ類似した傾向を示す。

以上の傾向をさらに詳細に調べるために、図4に $\varepsilon_a \sim \log p$ 関係を示す。図4は通常の $e \sim \log p$ 関係に相当するものであるが、間隙比 e を決定するためには堆肥実質部分の G_s を決定しなければならない。この G_s の決定は容易ではない。図4より以下のような傾向を指摘できる。1) 所謂 C_c に対応するような載荷過程の勾配は、初期含水比が増加するほど大きくなる。2) 所謂 C_s に対応する除荷過程では、あまり初期含水比の影響を受けず、勾配の変動は少ない。以上の傾向をまとめ、図5に示す。図5より、含水比が変動しても除荷過程における応力増分に対する圧縮ひずみ増分の変化量はさほど変動しないこと、載荷過程においては初期含水比の影響が大きく、初期含水比100%前後で最大値を取る、即ち最も圧縮されやすいことが分かる。

4. まとめおよび質量低減について

以上の結果から判断すると、堆肥の体積および質量の低減に関しては、次のように推定することができる。

- 1) 体積低減のためには、堆肥の初期含水比を市販される袋入り状態の含水比150%より若干減少させた100%前後の含水比が望ましい。また、この含水比で 157 kN/m^2 程度の載荷応力を作用させることにより35%程度の体積を低減できる。ただし、完全に除荷すると5%程度の膨張が生じる。
- 2) 質量低減は、含水比の低減と直接関係している。堆肥の乾燥密度を ρ_d 、湿潤密度を ρ_t とすると、 ρ_t は次式のように表現できる。

$$\rho_t = (1 + w/100) \cdot \rho_d$$

したがって、 ρ_d (一定)、 w が決まれば ρ_t は計算でき、 w に関してはその影響はリニアである。結局、含水比を低減すればするほど質量は低減できることになる。この場合の問題は質量低減即ち含水比低下が植生に対していかなる影響を及ぼすかである。この点に関しては、宮谷ら²⁾の研究を参照されたい。

参考文献

- 1) 環境省編：平成14年度循環型社会白書，pp.39-66，2002。
- 2) 宮谷ら：堆肥の体積および質量低減が植生工に及ぼす影響，土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，第VII部門，2003

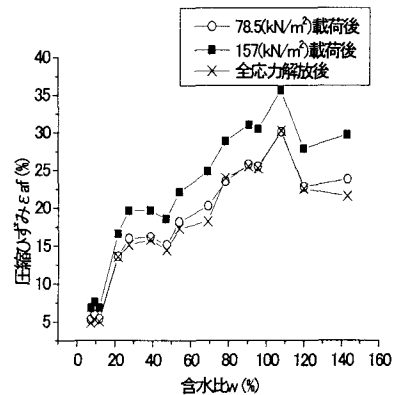


図3 $\varepsilon_{af} \sim w$ 関係

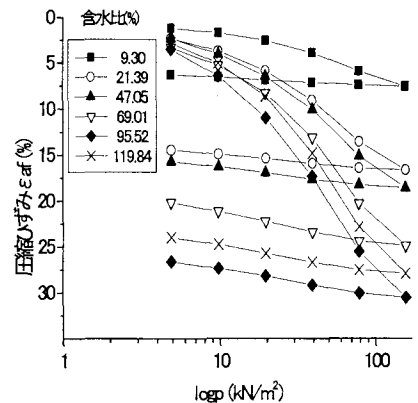


図4 $\varepsilon_a \sim \log p$ 関係

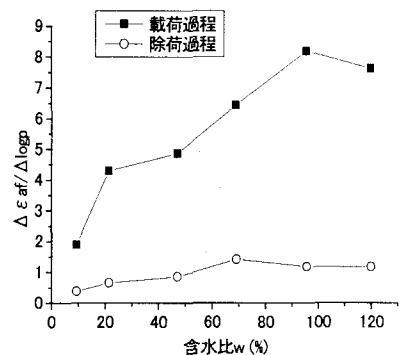


図5 $\Delta \varepsilon_{af} / \Delta \log p \sim w$ 関係