

物理性に着目した堆肥の新指標に関する 基礎的検討

多島 秀司¹・深川 良一²・鳥崎 麻衣³

¹学生会員 工修 立命館大学大学院 総合理工学専攻(〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

E-mail:gr019023@se.ritsumei.ac.jp

²正会員 工博 立命館大学教授 理工学部(〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

³学生会員 京都大学大学院 地球環境学舎(〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

堆肥の施用効果の一つに、土壌物理性の改善が挙げられる。これは土壌に堆肥を施用することにより適度な空気量を与え、土を軟らかくする効果で、膨軟化と呼ばれている。一般に膨軟化に関する指標は貫入抵抗で示されることが多いが、貫入抵抗の低い堆肥のものに適用することは難しい。そこで、土質試験に用いられる圧密試験機を利用し堆肥に荷重をかけ、堆肥の圧縮を行った。

堆肥を圧縮したところ、圧縮によって生じる歪は堆肥の含水比に依存することがわかった。また、一度乾燥させた堆肥に水を加えた場合、圧縮した際絞りだされる水の量が多くなった。これらの結果より、圧縮試験とその結果による、堆肥の物理性改善に関する指標化の検討を行った。

Key Words : Yard Waste Compost, consolidation test, air content

1. はじめに

リサイクル法の施行以降、建設現場などにおける副産物の再利用化が急速に進められている。特に、造成現場などによって発生する伐採残滓の堆肥化は産業廃棄物の削減だけでなく、緑化技術の推進に寄与することから、堆肥化の研究の重要性および堆肥に対する需要の増加が予想される。

従来、堆肥の熟成度や土壌改良効果の指標としてC/N比が用いられてきた。しかしながらC/N比は、堆肥化の程度や窒素の供給源としての指標としては有効である一方、物理性の改善効果については間接的指標となりうるのみである。また、C/N比の測定にはC/Nコーダが用いられるが、用途が限定され、かつ高価な計測器であるため通常の工事現場などで常設することは難しく、一般的な利用は困難な状況にある。そのため外注による計測が現実的な手段となっている。

そこで、比較的簡易な原理で堆肥の施肥効果、特に土壌物理性の改善効果に着目した指標について検討を行った。

堆肥の指標化については土木工学のみならず、農学、廃棄物学など広い観点からの議論と、リサイク

ル法との関連などの行政との関連などもあり、社会システムとしての観点が必要となる。また、本研究で検討を行った物理性に着目した指標が確立されることにより、堆肥の効率的な管理と効果的な施用が可能となる。これは結果的に伐採残滓のリサイクルの向上への寄与が見込まれる。

なお、本研究では上記の背景により堆肥の種類のなかでも主として伐採残滓を基にして作られるヤードウェイストコンポストを主な対象とする。

2. 既往の指標と提案する指標との比較

(1) 堆肥と土壌物理性

堆肥の効能として藤田は著書コンポスト化技術¹⁾の中で、腐食質の供給と土壌構造の改善、微生物の供給と病害虫の抑制、肥効成分の保持、緩衝能の増大、有害物の阻止、肥効成分と微量元素の供給、を挙げている。これらのうち、特に重要な効能としては腐食質の供給と土壌構造の改善であり、堆肥中の腐食質が団粒構造を作り、土壌の物理性を改善することを記している。

堆肥の物理性改善効果に着目した研究の例として、相馬らの研究²⁾があげられる。相馬らは、土壌物理

性は土壌の生産能力増進をはかる上で特に重要な指標と位置付け、パーク堆肥の圃場への投入効果について報告している。その中で、パーク堆肥の投入は土壌間隙が新たに形成されることによる膨軟化、保水性および透水性の増大など、土壌物理性の面における効果が即効的であり、重要であるとしている。

このように、堆肥投入の目的としては土壌物理性の改善が挙げられるが、堆肥の物理性は透水係数や硬度など圃場との土との関係に依存する指標で評価されることが多い。これは既往の研究では堆肥化のメカニズムや堆肥化の高速化に関する研究が多く、C/N 比が有効な指標であったことも一因として考えられる。

土壌物理性の改善効果を調査した研究では、実際の圃場に投入し、施用効果を検証することが多い。この場合、施用される圃場の土と堆肥の混合土としての評価となる。前述の透水係数や硬度などは混合する土との関係に大きく依存するため、堆肥そのものの評価よりも、混合土としての評価として考えた方が妥当と思われる。

このような理由から、土壌物理性の改善が堆肥の重要目的である一方、物理性の改善に関しては定性的な議論に留まっていることが多い。

(2) 既往の指標と提案する指標との比較

堆肥の物理性の改善効果に関し、“膨軟化”あるいは“膨軟性”という言葉が頻繁に用いられる。膨軟とは造園用語で空気含をみ軟らかい様子を示した言葉³⁾で、指標としては貫入抵抗で示されることが多い。貫入試験はポータブルコーン貫入試験や山中式硬度計のように、先端の尖った試験機を対象とする地盤に貫入させ、その抵抗によって地盤の硬さを調べる方法である。この方法を用いた場合、現位置試験であるため圃場の土の硬軟が直接計測できるという利点がある。しかしながらこれらの試験機は土を対象としているため、堆肥に用いた場合は反発力が小さく、山中式硬度計では検出できないことも多い。また、貫入試験であるため気相の割合を間接的に評価することが難しい。

そこで、堆肥の軟らかさと空気量を土質試験における圧密試験機を用いることにより評価し、その指標化についての検討を行った。

試験方法については次章で述べるものとし、圧密試験の概念と堆肥の膨軟性についての概略を次節にまとめる。

(3) 粘性土の圧密現象と堆肥の膨軟性

圧密試験機は試料に天秤を通して載荷し、積載荷

重を段階的に変化させ、その際の土の変形量と積載時間との関係を調べる試験器具である。写真-1に本研究で用いた圧密試験機を示す。

一般的に圧密試験は粘性土などの軟弱地盤を対象とし、設計時の工学的利用のみならず、斜面の安定や基礎の安定など防災面からも重要な試験となる。

土に荷重が加わることによって土粒子がつくる土骨格が縮む現象を圧縮という。圧縮には間隙中の空気や水が抜けて体積が減少して密度が増加する場合と、体積はそのままで形状が変化する場合がある⁴⁾。本研究で対象とするのは前者のうち、空気が抜けて体積が減少することによって生じる圧縮である。また、圧密とは空気や水が抜けることによって生じる体積変化の中で、静的荷重によって間隙水を排出して圧縮する場合を言う。通常、飽和粘性土が静的荷重を受け、時間遅れを伴って密度を増加する現象を圧密と呼ぶ⁵⁾。

堆肥の土壌改良効果については既に述べた。堆肥の施用時に空気を多く含んだ状態で施用されたほうが気相量を確保しやすく、作物の生産能力の向上につながる。そこで、堆肥に静的な荷重をかけて圧縮し、その圧縮量を調べれば堆肥の物理性、特に膨軟性に関する目安が得られるのではないかと考えた。圧縮量は土の場合、含水比に依存する。事前に行った予備実験でも圧縮量が含水比に依存する傾向が認められた。

そこで、堆肥の膨軟性について圧密試験機を用いて調査するにあたり、含水比との関係に特に着目して行った。

3. 実験方法

(1) 実験概要

次節に述べる2種類の堆肥を用い、圧縮試験を行った。実験は表に示す実験1～実験4までを行った。

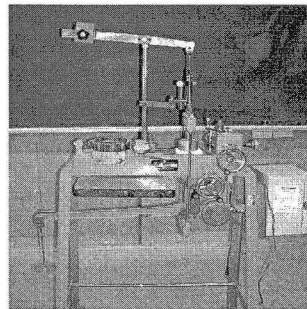


写真-1 圧密試験機

表-1 実験項目

	調査事項	概要
実験1	含水比依存性	圧縮膨張量の把握と、含水比の影響調査
実験2	C/N依存性	C/N比の違いによる圧縮量への影響
実験3	乾燥履歴による影響	乾燥による影響
実験4	応力依存性	載荷荷重を低減させたときの影響

含水比依存性を調べるにあたり、堆肥は実験室内で気乾燥させた後よくかき混ぜ、試験に用いた。このため、実験1の実施にあたっては10日間を要した。

(2) 使用材料

使用した材料は草津造園組合製造の堆肥を用いた。公園などの剪定枝を主原料とするヤードウェイストコンポストである。C/N比との関係を調べるため、完熟の堆肥と半熟の堆肥の2種類を用意した。(以下それぞれ完熟堆肥、半熟堆肥と表記) これら2種類の堆肥のC/N比の分析を(財)林業科学技術振興所に依頼した。NCアナライザーによる分析結果を表-2に示す。

(3) 試験方法

実験には土質試験に用いられる圧密試験で堆肥を加圧した。圧密試験機は粘性土などの土を対象としているため、堆肥用の改良を行った。

そこで土と異なる点について a)に本研究のために準備した実験器具を b)に供試体の作成方法について述べる。

a) 準備した実験器具

圧密試験に用いる圧密リングとガイドリングを参考にして、高さ38mm、内径60mmのアルミ製圧縮リングを加工した。これは通常の圧密リングを用いた場合、端面処理に技術的な慣れを要することから、規格外のものを用いることにした。

図-1に示したように、加圧板は加圧力が直接堆肥に伝わるように、平坦にかつ、圧縮リングに沿うようにして挿入する必要がある。そこで、供試体作製時に加圧板が納まる厚み分のスペースを取ることにした。その際のスペーサーは、一面せん断試験に用いるせん断箱の付属品を使用した。外径59mm、厚さ12mmの多孔板で中にスチールが埋め込まれ、それを手で摘み上げることが可能な構造となっている。

また、通常の圧密リングは前述の多孔板とはやや異なる多孔板を取付けて使用するが、その厚み分に近い、厚さ22mm、縦90mm、横70mmに加工したポーラストーンを用いて全体の厚みを調整した。

b) 供試体の作製

試料とする堆肥をスプーンで軽めに詰め、上面をクレイナイフで平坦に仕上げた後、質量を計測した。

概念図を図-2に示す。詰め方によって圧縮性は異なってくるため、同じ含水比で実験を行う際は湿潤密度で管理した。また、詰める際、大きな木片な取り除いた。押し込むように密に詰めすぎたり、木片を取り除きすぎると、施用時の堆肥の状態を室内で反映できなくなる。今回の実験では詰める際はスプーンで均等に詰め、木片については縦5~10mm程度、幅5mm程度を目安に除去した。

質量計測後、ろ紙とポーラストーンを上面に軽くあて、上下を反転させ、スペーサーを取りはずした。スペーサーによって確保された12mmの凹面に加圧板を挿入し、試験機に設置した。

c) 圧縮試験

JGSの基準に準拠した圧密試験の場合、圧密の圧力として9.8、19.6、39.2、78.5、157、314、628、1256kN/m²までの8段階で重錘を増やしながら圧力を増加させてゆく。1段階24時間が標準時間であるが、その場合8日間かかるため、便宜的に時間が短縮されることも多い。

特に堆肥の場合、圧密のように粘性土の水が抜けて圧縮されるのではなく、空気が抜けて圧縮される量が多い。この場合の圧縮は後に示すように短時間

表-2 材料のC/N比

試料	N(%)	C(%)	C/N比
半熟堆肥	1.14	26.4	23
完熟堆肥	1.69	22.8	13

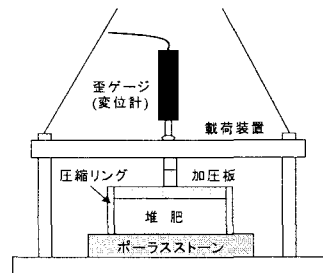


図-1 供試体の加圧概要図

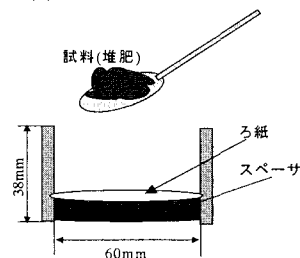


図-2 供試体の作製概念図

で収束する。そのため予備実験を行い、実験 1、実験 3 については 60 分を標準とした。また、载荷応力についても構造物のような大きな荷重はかからないため、作業時の踏圧を目安に、 78.5 kN/m^2 を標準とした。その際まず試料の前調整として 9.8 kN/m^2 の圧力をかけ 30 分間圧縮し、 78.5 kN/m^2 で圧縮を行った。圧密試験機は重錘を天秤に載せ、それを圧力として伝える機構となっている。特に一つ目の重錘を乗せる際はこの天秤調整に時間がかかるほか、変位量についても変動が大きい。そこで、 9.8 kN/m^2 の圧力は試料の前調整として位置付け、圧縮量については 78.5 kN/m^2 载荷後 60 分経過後の圧縮量から、 9.8 kN/m^2 载荷後 30 分経過後の圧縮量を差し引いて評価を行った。

通常の圧密試験の場合、時間を要することや、圧密曲線の形状から試験精度が確認できるため、一度の試験結果から判定されることが多い。しかしながら本研究の場合、指標化と試験方法の確立を目的としていることから、実験 1 と実験 3 については同じことをそれぞれ 2 回行い、圧縮量と膨張量については平均値を採用した。

d) C/N 比依存性

C/N 比と圧縮膨張の関係を調べるにあたり、前調整用の加圧力を 4.9 kN/m^2 に、圧縮用の加圧力を 14.7 kN/m^2 にして実験を行った。この実験で得られた圧縮量と膨張量の比を復元率(=膨張量/圧縮量×100)と定義した。

次に、通常の圧縮試験に近い方法で圧縮曲線の作成を行った。通常の圧縮試験は 9.8, 19.6, 39.2, 78.5 , 157, 314, 628, 1256 kN/m^2 の加圧力に対応する重錘を天秤に乗せながら増やしてゆく。堆肥の場合、圃場で施用されるため構造物のような大きな加圧力がかからないため、 $19.6\sim157\text{ kN/m}^2$ までの加圧力をそれぞれ 20 分づつかけた。得られた結果を加圧力の対数をとったものを x 軸に、体積変化量を y 軸にとった圧縮曲線を作成した。

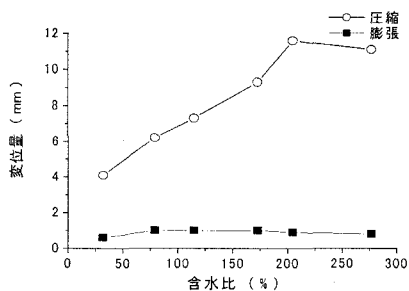


図-3 圧縮膨張と含水比の関係(完熟)

e) 乾燥履歴

堆肥を室内で 2 週間程度かけて乾燥させ、含水比を 10%程度にまで下げた。その試料に水を含ませ、205%~220%程度までを目安に含水比調整した。その試料を実験 1 と同じ方法で加圧し、圧縮、膨張性について調査した。その際、圧縮前後で水が抜けることによって生じる質量差が大きかったため、排水量と圧縮された体積の比をとり、排水率(=排水量/圧縮体積)と定義した。

4. 結果と考察

(1) 含水比依存性と時間依存性

a) 含水比依存性

堆肥投入による土壌改良目的は保水性を高めるとともに、土壌に適度な気相を与え、排水性通気性の改善にあることは既に述べた。また、通常の土の場合、圧縮性は含水比に依存する。そのためまず、含水比と圧縮性の関係についての調査を行った。含水比調整は乾燥法により行い、バットに広げた完熟堆肥および半熟堆肥を実験室内で気乾燥させながら、実験を行った。図-3, 4 に完熟堆肥および半熟堆肥の結果を示す。

完熟・半熟ともに含水比によって圧縮量が変化していることが分かる。完熟堆肥の場合は 205%をピークに、半熟堆肥の場合は 136%をピークに含水比の低下と伴に、圧縮量が単調減少している。乾燥に伴い粒子間の結合や、団粒化に必要な水分が失われたことが減少の原因と考えられる。以上のことから、含水比と圧縮量が密接に関わっていることが示された。この結果を実際の圃場の施用にあてはめると、乾燥した試料を用いると、気相量が低下し、物理性の改善効果に対する影響が生じるものと考えられる。

次に完熟堆肥に着目し、含水比 205%と含水比 277%を比較すると、277%の方が圧縮量は減少している。水分量の増加に伴う気相量の減少、間隙水圧の

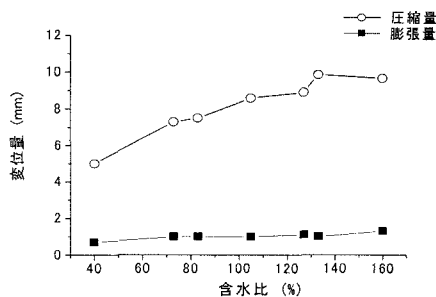


図-4 圧縮膨張と含水比の関係(半熟)

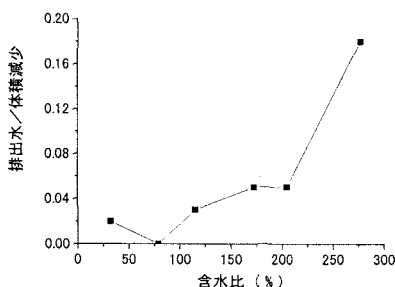


図-5 排水量と体積変化の関係

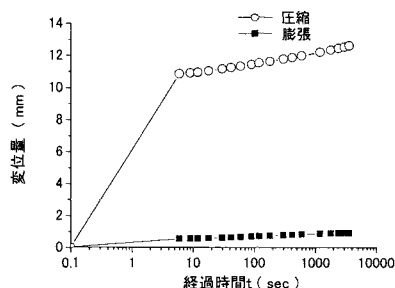


図-6 経過時間と圧縮量との関係

発生および水分による結合力の増加などが原因として考えられる。しかしながら微小な減少であり、施用に大きな影響はないものと考えられる。

荷重を除荷した際の膨張量と含水比の関係については、最大で1mm程度の差となり、顕著な差は見られなかった。

次に、図-5に体積減少に占める水の割合を示す。排水量は加圧前の試料から試験終了後の質量差をとり、体積減少は試験終了後のひずみ量を高さとして体積を計算した。

277%と205%で急激に変化している。277%の場合、水が抜けることによる圧縮量が205%の場合より高いことを示している。

完熟堆肥の場合、荷重に対して安定した含水比が205%であり、その含水比を超えると圧縮による体積減少に占める排水の割合が高くなるものと考えられる。

b) 圧縮・膨張の時間依存性

図-3において、最も圧縮量の大きかった含水比205%における圧縮経過時間と圧縮・膨張量との関係を図-6に示す。経過時間は対数を取っているため、便宜上経過時間0.1秒を圧縮・膨張量の起点とした。

最初の6秒間までに圧縮は大きく進み、以降は暫増している。水が抜けることによって生じる体積の

減少や、変形によって生じる体積の減少は土の場合、ゆっくり進行する。そのことを考慮すると、この6秒間の変形の主要な要因は空気が抜けるためであると考えられる。以降の暫増は水が抜ける、空気が抜ける、堆肥の構造が変化している、などが混在している領域であると考えられる。なお、この6秒間は天秤の調整を終えてから計測までに要する時間で、実際の空気減少に起因する体積の減少は、さらに短い時間で収束している可能性が高い。

膨張についても同様の傾向は見られるが、圧縮時ほど明瞭な変化はみられない。堆肥中の空気が抜けることによって生じる変形が、塑性変形であることに起因しているものと思われる。また、堆肥そのものが変形して生じる体積変化は弾性変形のため、除荷した際、リバウンドによって膨張が生じているものと考えられ、膨張に際してはこの力が卓越しているものと考えられる。

(2) C/N比依存性

a) C/N比の違いによる比較

C/N比と圧縮量との関係

が確認されれば、堆肥の熟成度の目安とすることが可能となる。圧縮量だけを比較すると、完熟205%と半熟133%の場合、1mm程度の差が生じた程度である。しかしながら触った感触および黙視による観察では半熟堆肥の粒子の方が荒く、またさらさらとして乾燥している。この違いが変形特性に現れるか、調査を行った。205%と133%を比較した場合、圧縮量と膨張量との比をとると完熟7%に対し、半熟10%となる（以下第3章で定義した復元率を用いる）。半熟堆肥における復元率の増加傾向は予備実験などの際にも見られた。その傾向は加圧力が低い場合に良く見られたため、加圧力を減らして復元率の変化を見ることにした。結果を表-3に示す。半熟堆肥の方が高い復元率を示した。この結果は半熟堆肥の場合、除荷後加圧板を押し上げる力が強いことを示している。完熟堆肥と半熟堆肥の加圧による変形において、空気が抜ける塑性変形と堆肥が変形する弾性変形の割合が異なることに起因すると考えられる。

b) 軟らかさの目安

膨軟性が空気を多く含み、軟らかいことを示す用語であることは既に述べた。これまでの結果は空気

表-3 復元率の違い

	圧縮量 (mm)	膨張量 (mm)	復元率 (%)
完熟	4.1	0.3	7
半熟	3.5	0.4	11

量に関する考察が中心となってきた。

ここで軟らかさについて検討してみる。通常の圧密試験の場合、間隙比もしくは体積比と圧力の関係を示す圧縮曲線を描く。圧縮曲線は圧縮降伏応力を求めるのに利用される。そこで、 $9.8 \sim 157 \text{ kN/m}^2$ までの加圧力を 20 分間ずつかけ、その体積変化と加圧力の関係に着目した。ただし、堆肥の場合は圃場に用いられ、大きな荷重はかからず、降伏点を求める必要はないためグラフの外形を図-7 に示すにとどめる。また、縦軸は体積変化量とした。

完熟堆肥はその C/N 比が示すように良好な状態にある。この圧縮と除荷した際の膨張にともなう体積変化の勾配が一般的な堆肥の軟らかさの指標となり得るものと考えた。しかしながら、圧密用の加圧力では堆肥には高すぎるため、半熟堆肥と比較してその勾配に明瞭な差を示すことはできなかった。しかしながら、ここでも半熟堆肥の方が膨張の際の勾配が高いことが確認できる。

(3) 乾燥履歴

堆肥の減量化および減容化はストックヤードの確保が用意となること、運搬コストの削減が可能となることから堆肥化の促進につながり、求められる技術でもある。減量化および減容化には乾燥させることが最も簡便な方法であるが、乾燥による影響についてはこれまでも述べた。

著者が所属する研究室でも堆肥の減容化に取り組む⁶⁾、乾燥させた堆肥の C/N 比を調査したが、乾燥による大きな変化は見られなかった。ところが、室内で含水比 10%程度にまで乾燥させた堆肥に水を含ませても水が分離してしまう傾向が見られた。そのことは堆肥の保水性をはじめとする物理性には乾燥履歴による非可逆性があることの一例と考えられる。実際、高有機質土には乾燥履

歴によって締固め曲線に変化があることが報告され⁷⁾、堆肥にも非可逆性があることは容易に予想される。この堆肥の乾燥による影響については著者らが調べたところ、従来経験則に基づく定性的な議論に留まっていることが多く、定量的な評価が行われている事例は少ない。また、堆肥の乾燥は保存状態に大きく影響するため、単に含水比を調べただけでは分からないことも多い。

そこで堆肥を室内で乾燥させ、一度 10%程度にまで含水比を低下させた堆肥に水を加えた試料を用い、実験 1 と同様の方法で圧縮、膨張性を調べた。

図-8 は一度乾燥させた後、水を含ませた堆肥と、非乾燥の堆肥との圧縮膨張性について比較したグラフである。このグラフの x 軸は経過時間の平方根をとっている。圧密試験では時間を短縮した上で沈下予測を行うために用いられる方法に、 $\sqrt{t}$ 法と呼ばれる方法がある。乾燥させた堆肥と乾燥させていない堆肥における、経過時間と変位の関係が明確であることからこの方法を採用した。X 座標の 10 は 100 秒を示し 60 は 3600 秒を示している。この図から乾燥させた堆肥は圧縮性が低下することが分かる。一方、膨張量は増加している。これは抜けた水の量が多いことから、自由水の増加に伴う間隙水圧の発生によって加圧板が押し上げられた可能性が高い。

次に、この供試体における体積減少に占める排水水の比(第 3 章 4 節で定義した排水率)を取ると 0.81 となり、図-5 に比べると際立って大きくなっている。この結果から明らかに保水性が低下していることがわかる。また、復元率を取ると、乾燥させない 205%の比が 7%であったのに対し、17%となった。

以上の結果より、堆肥を長時間乾燥させ含水比を大きく低下させると、保水性や圧縮性に影響があることが確認された。

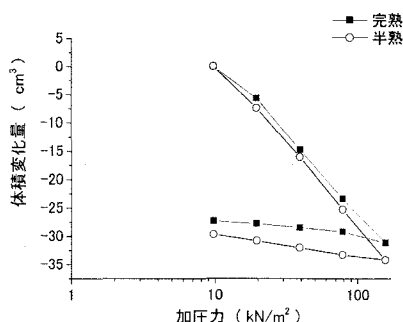


図-7 圧縮曲線

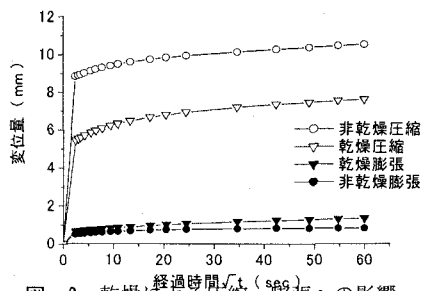


図-8 乾燥による圧縮・膨張への影響
(含水比：非乾燥 205%，乾燥 210%)

5. 得られた結果の利用とその指標化

これまでに圧縮する際の含水比や圧縮方法を変化させた場合、その結果に差が生じていることを示した。ここで得られた結果とその利用可能性について検討を行った。

(1) 膨軟性の指標化

堆肥を天日乾燥などの方法で徐々に乾燥させ含水比調整を行い、含水比と圧縮量を調べることでより施用する際の効果的な含水比の目安を得ることができる。指標として圧縮量(mm)を提案する。加圧時間と加圧力により圧縮量は変化するため、加圧力は本研究で行ったように、圃場で見込まれる荷重を加圧力とする。また、加圧時間については結果の安定性と作業効率を考慮し、10分～1時間程度とする。加圧力については前調整を行うと、より結果の安定性が向上する。

(2) 乾燥による影響

堆肥を乾燥させると、保水性が低下することを示した。また、一度含水比を10%程度にまで低下させた堆肥は圧縮させると水が抜け、排水率に差が生じる。乾燥履歴によって生じる非可逆性を定量的に示すことが可能となった。この結果は単に含水比を調べただけでは降雨などによって一時的に含水比が増加している場合や、減容化を目的として乾燥やさせる場合などで利用可能となる。この調査結果より、堆肥のマルチング材への用途の転用や、荷重の少ないプランターボックスでの利用など、利用方法の検討材料となり得る。指標としては非乾燥の堆肥の排水量/体積減少量(=排水率)と、乾燥させた堆肥の排水量/体積減少量(=排水率)を比較することを提案する。

6. 指標化への課題

(1) 供試体の作製

圧縮特性には圧縮リングへ詰める際の密度も影響を及ぼす。詰める際の方法を統一する必要がある。検討課題となる。その際の方法として①ランマーなどによって動的に締固める際の締固め仕事量により規定する方法、②重錘の載荷による静的に締固める際の荷重と載荷時間により規定する方法、などが挙げられるが、室内試験の標準状態をどのように定めるかに帰結する。

今回はスプーンで軽く詰める方法を取り、

9.8kN/m²の加圧力を前調整として位置付けた。前調整として位置付けることにより、初期調整が原因と思われる誤差を減らすことができる。また、堆肥は嵩が張る割に軟らかい。そのため、一度管理すべき湿潤密度を定めると、2度目以降は詰めるべき質量を先に計量し、計量した分を圧密リングに詰めるようにすると、変化の少ない湿潤密度を得ることができる。

(2) 試験方法

圧密試験の加圧力は粘性土の圧密を評価対象としているため、堆肥の圧縮性を評価するには加圧力が高く、9.8kN/m²以下の加圧力で評価したほうがより感度が高くなることが予想される。また、圧縮リングなど特別に作製しているものや一面せん断試験に用いる器具を転用しているものもあり、試験器具の規格化が必要である。

(3) 指標と堆肥の効果の関係

今回の実験により、含水比や加圧力、前後の質量差(抜けた水の量)に依存する指標を得ることができた。しかしながら今回の実験では、得られた指標から堆肥の施用効果に影響を与える閾値を示すまでには至っていない。施用に効果的な含水比やC/N比などの範囲、もしくは影響が現れる閾値が評価できると、指標の有効性は高くなる。C/N比の水準を多くし、5段階程度で同様の実験を行う、市販の試料などを用いるなどして効果的な範囲や閾値などを調べる必要がある。

(4) C/N比との比較

本研究では堆肥を一度圧縮し、除荷した際の膨張量の比を復元率と定義した。半熟堆肥と完熟堆肥の復元率を比較すると、半熟堆肥のほうが高い値を示した。しかしながら、顕著な差ではなく、また、熟成度についても2種類だけの比較である。本報告で示したような簡単な原理で熟成度との関係に相関性を見出すことができると、より有効な指標化が可能となる。

(5) 土と混合させた場合の評価

本研究では堆肥の物理性評価に対する重要性から、堆肥の膨軟性の指標化を試みた。堆肥と土を混合させた場合も同様な方法で指標化が可能となると、実際の施用や圃場の管理に有益となる。混合させた場合の実験方法の確立が課題となる。

7. おわりに

東京都や兵庫県における屋上緑化の条例化や、国土交通省における補助金の給付などに見られるように、都市の緑化が推進されている。同時にリサイクル法の施行などにより、伐採残滓の再利用が勧められ、堆肥は堆肥そのものだけでなく、堆肥化技術やその利用法などハード、ソフト面からの研究開発に対する要求が高まっている。

堆肥の良否を示す指標は窒素供給効果と熟成度の面から C/N 比が用いられてきた。しかしながら前述の理由などから堆肥の適用性の拡大や、リサイクル率の向上に対する要求が高まりつつある現状を考えると、施用効果や物理性に着目した指標が必要であると考えられる。

同時に堆肥については多角的な観点から検討を行う必要があり、また、指標化に至っては多くの意見を必要とする。本研究に対し多くの意見を頂ければ、より要求に見合う指標化が可能となり、結果としてリサイクル率の向上に寄与するものと考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、立命館大学大学院生の藤井康弘君より貴重なご意見をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 藤田 憲二：コンポスト化技術，技報堂出版，p. 9，1993. .
- 2) 相馬 尅之，前田 隆，藤原 幸彦，能代 昭，滝沢 一喜：パーク堆肥投入による土壌・土層改良に関する一考察，農業土木学会北海道支部研究発表会講演要旨集，Vol. 37，pp. 67-70，1988.
- 3) 実用造園用語辞典 第25版
<http://www02.upp.sonet.ne.jp/tsuri/jiten.html>
- 4) 地盤工学会編：土質試験 ー基本と手引きー，地盤工学会，p. 103，2001.
- 5) 地盤工学会編：土質試験 ー基本と手引きー，地盤工学会，p. 103，2001.
- 6) 藤井 康弘：堆肥の体積および質量低減に関する基礎的研究，立命館大学卒業論文，2003.
- 7) 相馬 尅之，前田 隆：クロボク土の突固め効果，農土論集，Vol. 103，pp. 54-61，1983.

THE BASIC STUDY OF THE NEW INDEX OF A COMPOST WHICH PAID ITS ATTENTION TO THE SOIL PHYSICAL PROPERTY

Shuji TAJIMA, Ryoichi FUKAGAWA and Mai TORISAKI

It is required that the Compost should be soft enough and it should be included with air. There is no Index, by which this characteristic can precisely be evaluated. There are only few indirect and qualitative methods. In order to introduce the new Index, the authors have tried to perform the compression examinations. When the Compost was pressurized using the compressor, the difference in the result was due to the water content and water content hysteresis. The validity of the Index was performed from that differences observed in those results.