植物性発生材を原料とする堆肥の人の感覚をもとにした評価に関する研究

Study of Value of Compost Made from Plant Waste Based on the Human Senses

石井 匡志* 荻野 淳司* 原田 秀樹** 山田 拓広*** 岩波美保子****
八色 宏昌***** 桜井 忠***** 鳥越 昭彦*****

Masashi ISHII Junji OGINO Hideki HARADA Takuhiro YAMADA
Mihoko IWANAMI Hiromasa YAIRO Tadashi SAKURAI Akihiko TORIGOE

Abstract : The purpose of this study is to compare the subjectivity judgement of the condition of compost made from plant waste with the result of the analysis of ingredients(carbon, nitrogen, C/N, moisture content, humus, EC, pH(H₂O), microbia activity). We showed 5 kinds of compost taken from the different factories to 76 subjects who work as a landscape architecture and asked them those condition in seven grades. Our results show that the compost that contain a lot of nitrogen or humus and the lower C/N compost are considered available. On the other hand there is compost that is considered unavailable, though it has the available result of the analysis of ingredients. And career have little effect on the judgement of compost condition.

Keywords: *compost, quality standard, pruned branch, fallen leaf, mowed weed*

キーワード : 堆肥, 品質基準, 剪定枝葉, 落ち葉, 刈り草

1. はじめに

剪定枝や刈り草などの、公園緑地などから発生する植物性発生材のリサイクルは、周知されるようになり、資源として様々な活用がされている。中でも、剪定枝のチップ化とそのチップや刈り草の堆肥化は、一般的なリサイクル手法の一つとして多くの地方自治体、民間企業等で行われている。また、国営公園などの大規模公園では、園内にリサイクルヤードを設置し、園内循環できる仕組みを構築している。

筆者らのこれまでの調査(未発表)や経験から、堆肥の状態を適切に判断できないために、山積みのまま放置されるものや、適切に使用できない例が把握されており、堆肥の品質基準および熟度判定手法の開発は、リサイクル推進の一助となると考えられる。

既往の研究等では、チップ材やその堆肥について、製造方法や分解特性に関する報告^{1)~3)}がされている。客観的な数値判断としての堆肥の品質基準や熟度判定については、家畜の糞を原料とした堆肥についての報告^{4), 5)}、植物性発生材を原料とした堆肥についての報告⁶⁾、C/N比の影響についての報告^{7), 8)}がされているほか、微生物活性や腐植濃度を指標とする判定手法⁹⁾についての報告がみられる。また、造園施工の現場で使用されているパーク堆肥では、特定非営利活動法人パーク堆肥協会が定める品質基準が参考値¹⁰⁾として用いられる場合がある。一方で、公園等で行われる堆肥化製造の現場では、人の感覚による主観的な判断によって製造が進められる場合が少なくない。人の感覚による評価手法については、いくつかの報告^{11), 12)}があるが、化学的評価手法と人の感覚による評価の関係についての報告はみられない。

以上から、化学的評価と人の感覚による評価の相互の関係性について比較を試みることにした。

2. 調査の方法

(1) 堆肥の選定

製造されている堆肥が実際に現場に使用されていること、原料が公園等の造園施工・管理から発生する剪定枝と刈り草などが主原料となっていること、主原料が同じであっても製造方法の異なることを選定条件とし、5種類の堆肥を選定した。

(2) サンプルの採取と化学性および製造方法

サンプルは、各堆肥の製造者の判断で堆肥化が終了していると判断しているものを対象とした。採取は、堆積された堆肥の任意の数点から、表層より30cm程度の深さの部分で行った。2008年12月5日から12月8日の間に採取し、速やかにその化学性を測定した。測定項目は、炭素量、窒素量、腐植含有量、pH(H₂O)、EC、含水率と、微生物活性の指標として、FDA活性¹³⁾、ATP(アデノシン三リン酸)の8項目とした。また、堆肥の製造方法や履歴等について製造者からヒアリングし、記録(表-3)した。FDA活性は乾燥させていない試料を、その他の項目は80℃で3日間乾燥させた試料を、粉砕して均一化し測定した。

腐植の測定は鈴木・熊田¹⁴⁾の方法を一部改変した次の方法で行った。アルカリ溶媒を50mL入れ、35℃の恒温槽内で3分間振とうし、90分静置した。その後フラスコ内の溶液をろ過し、そのろ液を波長600nmの吸光度を測定し、腐植含有量の指標とした。

なお、化学分析に用いた残りの堆肥は、土嚢に充填し、屋根のある風通しのよい日陰で保存。その後アンケート調査に使用した。

(3) 堆肥を評価するアンケートの概要

アンケートは、造園会社に勤務する職員76人を対象として対面式で行った。有効回答数は75件(98.6%)であった。

最初に、回答者の属性に関して、年齢、業務内容、造園業務の経験年数、堆肥の製造経験年数について回答を求めた。

次に採取した5種類のサンプルを提示し、各堆肥毎に、堆肥に関する一切の情報を与えない状態で、人の感覚のみを手掛かりとして7段階で評価を求めた上で「主な判断基準を記入してください」という設問を設け、「ニオイ」、「色」、「手触り」、「その他」

*アグラ造園(株) **株日比谷アメニス ***花豊造園(株) ****(株)立山エンジニアリング *****(株)グラック *****(株)近代造園さくらい
***** (財)都市緑化技術開発機構

の4項目について複数回答で求めた。以下、アンケート1とする。次に、化学性の測定値と製造場所、商品名、原料、投入資材、製造期間、製造方法を紙面にて示したあと、再度評価を求めた。評価を変更するかどうかは回答者の判断に任せ、評価を変更した場合には、提示したデータのうちのデータが変更の基準となったか記入を求めた。以下、アンケート2とする。

なお、7段階評価は、図-1に示した回答欄を示し、5種類の堆肥の相対評価でなく、それぞれの絶対評価として回答を求めた。

3. 調査の結果

(1) 回答者の属性

回答者75名の属性を表-1に示す。堆肥の製造経験ありと答えた回答者は21人で28.0%であった。その他は、堆肥製造経験はなかった。「事務職・その他」の12人のうち8人は、造園業務

使用できない	注意すれば使用できる					全てに使用できる	
↓	1	2	3	4	5	6	7
1	↓	2	3	4	5	6	7
2	1	↓	3	4	5	6	7
3	1	2	↓	4	5	6	7
4	1	2	3	↓	5	6	7
5	1	2	3	4	↓	6	7

図-1 回答欄と回答例

表-1 回答者の属性 n=75

堆肥製造経験	職種	回答者数	回答者が所属する会社		経験年数			
					平均値	標準偏差	最大値	最小値
あり	堆肥製造職	21	施工 資材メーカー	15 6	9.23	10.76	45	1
なし	現場技術職	23	施工	23	15.64	10.97	35	1
なし	営業職	10	施工 コンサル	9 1	13.90	13.09	39	1
なし	調査設計職	9	コンサル 施工	8 1	18.50	14.12	45	3
なし	事務職・その他	12	施工 コンサル	11 1	11.42	14.89	47	0

表-2 各堆肥の分析値

No.	採取場所	含水率 %	C %	N %	C/N	腐植	EC mS/m	pH H ₂ O
1	都市公園A	65.70	36.07	1.16	31.10	0.43	53.30	7.91
2	民間ヤードA	65.70	29.50	1.46	20.20	1.21	69.40	8.39
3	都市公園B	55.10	27.32	0.68	40.20	0.36	64.40	7.80
4	民間ヤードB	52.70	38.34	1.63	23.50	1.35	124.50	8.34
5	民間ヤードB	55.60	23.02	1.76	13.10	1.28	110.00	7.89

表-3 各堆肥の製造方法

No.	製造場所	原材料	副資材	堆肥化期間	施設	製造方法
1	都市公園A	園内落ち葉	なし	半年	屋根付ビッド 舗装有り	完成していると製造者が判断した堆肥を種菌として混入し（混入量は不明）、月1回程度の切返し、その後保管。作業は、屋根付き、舗装されたビッドにて行い、保管は未舗装の露天
2	民間ヤードA	剪定枝	なし	1週間	屋根なし 舗装有り	種菌として、完成していると製造者が判断した堆肥を体積比で3割混入し、1週間程度は毎日切り返し、その後保管。すべて露天
3	都市公園B	伐採材	汚泥 コンポスト	半年	シート掛け 舗装なし	堆肥原料1m ³ 当たり、汚泥コンポスト40kgと粒状苦土石灰2kgを約60%に水分調整した原料によく混ぜ込みブルーシートと黒いシートを掛け付けた状態で2ヶ月程度、堆積保管後、均一化のために切り返し。その後更に、4~6ヶ月程度ブルーシートおよび黒いシートを掛け付けた状態で堆積保管。すべて露天
4	民間ヤードB	剪定枝	なし	1年以上	屋根なし 舗装有り	水分調整をしながら、積み込み堆積保管。様子を見ながら1~2ヶ月に1回程度の頻度で切り返しを行う。すべて未舗装の露天
5	民間ヤードB	刈り草	なし	1年以上	屋根なし 舗装なし	水分調整をしながら、積み込み堆積保管。様子を見ながら1~2ヶ月に1回程度の頻度で切り返しを行う。すべて未舗装の露天

の経験年数に回答があったが、造園会社への勤続年数であるか、現職が事務職で、以前は技術職であったのか不明である。他の4名は事務職で経験年数0年である。

(2) 堆肥の化学性と製造方法

堆肥の化学性について表-2に、製造方法について表-3に示す。pHはNo.2とNo.4で8.0以上の高い値を示した。また、ECはNo.4で124.5(mS/m)をNo.5で110.0(mS/m)と高い値を示した。これらは、製造方法のヒアリングにより副資材等の添加物による直接的な影響とは考えられないことから、製造方法や保管方法による影響と考えられる。

(3) 経験年数および職種別の評価得点

アンケート1の評価得点の結果を図-2に示す。なお、「堆肥製造」、「現場技術職」に分類された回答者については、その経験年数の平均値以上の経験者とそれ以下の経験者に分けて示した。各堆肥毎の職種間での比較で、No.1の堆肥において営業職と経験年数で平均値以下の現場技術職の組み合わせと、No.4の堆肥で経験年数平均値以上の現場技術職と調査設計職の組み合わせで有意な差がみられた。その他では有意な差はみられなかった。また、最も堆肥に接している時間が長い、経験年数平均値以上の堆肥製造職や、様々な堆肥を利用してきたと考えられる平均年数以上の現場技術職と他の回答者間の差はみられなかった。

アンケート2の評価得点の結果を図-3に示す。No.2の堆肥について経験年数平均値以下の堆肥製造職と経験年数平均値以上の現場技術職の組み合わせで有意な差(Steel-Dwass)がみられアンケート1とは異なる結果であった。また、アンケート1同様に、堆肥製造職、現場技術職の平均年数以上の経験者と他の回答者間の差はみられなかった。

(4) 分析値と評価得点の関係

表-4にアンケート1の各分析値と評価得点の相関について示した。また、高い相関のみられたC/N比、窒素、腐植について図-4に示した。

表-5にアンケート2の各分析値と評価得点の相関について示した。アンケート1と同じ3項目で、高い相関を示していた。

(5) アンケート1における評価得点の基準

評価の基準について、図-5に示す。回答者のうち半数以上が「色」と「手触り」を基準としていた。「その他」では、粒度、木質の有無を判断基準とした回答があった。また、水分状態という回答が1件あった。

(6) アンケート1および2の評価点の比較

図-6にアンケート1および2の評価得点につ

図-2 評価得点 (アンケート1)

図-3 評価得点 (アンケート2)

表-4 分析値と評価得点の相関係数
アンケート1

分析値	相関係数 r	p 値
C/N	-0.6126	p < 0.01
N	0.5356	p < 0.01
腐植	0.4644	p < 0.01
C	0.3202	p < 0.01
EC	0.2915	p < 0.01
pH	0.1605	p < 0.05

表-5 分析値と評価得点の相関係数
アンケート2

分析値	相関係数 r	p 値
C/N	-0.5575	p < 0.01
N	0.5462	p < 0.01
腐植	0.5253	p < 0.01
C	-0.1658	p < 0.01
EC	0.4471	p < 0.01
pH	0.2045	p < 0.05

いて全回答者の平均を示す。No. 3 と No. 4 について、それぞれ 5%, 1% 未満で有意差 (ウィルコクソンの対応のある順位と検定) が見られ、回答者はアンケート1より2で高い評価得点をつけていた。

(7) 評価を変更した基準

アンケート1の評価をアンケート2で変更させた回答者 (n=56) が、変更する理由とした項目について図-7に示す。製造期間で最も高い割合を示した。

(8) 堆肥の化学性による分類

堆肥の分析値のうち、評価と相関係数の高かった C/N, N, 腐植の3項目について、クラスター分析を行った (図-8)。その結果、堆肥1と3および堆肥2, 4, 5の2グループに分けられた。

4. 考察

(1) アンケート1

検定の結果、2つの組み合わせで有意な差がみられたが、規則性や特別な理由のある組み合わせとは考えられないことから、堆肥の評価には経験や職種の影響は小さいと考えられた。このことから、堆肥の評価は経験が浅くても妥当な判断ができる可能性が示唆される。

評価した際の判断基準とした項目について、色、手触りを半数以上の回答者が基準としており、「その他」の項目で、粒度に関すること、木質の程度・有無についての記述がみられた。評価得点と各堆肥の成分との相関では、C/N, 窒素, 腐植の3項目で高い相関を示していた。

樹木の枝葉の構成成分は、炭素の割合は部位によ

図-4 C/N, N, 腐植の値と評価得点の相関 (アンケート1)

図-5 評価の基準とした項目

図-6 評価得点の比較

図-7 評価変更理由の項目

図-8 堆肥の化学性による分類

てそれほど変わらないが、窒素の割合が大きく異なり、枝より葉が多い¹⁵⁾。また、C/N比が低い枝葉が分解しやすく、C/N比が高い樹皮や芯材は分解しにくい¹⁶⁾。木質資材は多量のリグニンを含んだ固い組織で、C/N比が高く、分解が遅い¹⁷⁾。

今回、回答者は、手触りや目視によって木質物の状態を判断し、未分解の木片の入った堆肥に低い評価得点を付けた結果、C/N比との相関が上がり、木片の入っていない落葉由来の堆肥に高い評価得点を付けた結果、窒素の割合の多いものを選択していたと考えられる。

腐植については、腐植とは、暗色（黒色）の高分子有機物の混合物¹⁸⁾である。今回の回答者は、色の黒い堆肥を選択することで、結果的に腐植の多い堆肥を選び、相関に現れたと考えられる。

(2) アンケート2

堆肥についての化学性などの諸情報を与えて再評価してもらった結果、堆肥3と4で評価得点が増加した。評価を変更するに至る基準は、製造期間、原材料、C/N比の順で多かった。

堆肥4では、評価点で1.2点増加し、アンケート1と比較して、1%未満で有意差がみられた。堆肥4のC/N比は23であり、加えて製造期間が1～2年であったことの2項目から評価が増加したと考えられた。

(3) 堆肥の成分と評価の関係

クラスター分析の結果、堆肥1、3と堆肥2、4、5の二つのグループに分類された。7段階評価で点数4を境とすれば、アンケート2では、堆肥1、3のグループは評価の低いグループ、堆肥2、4、5は評価の高いグループと考えられる。

一方で、アンケート1の結果に当てはめると、堆肥4について、そのグループと整合しない。

このことは、人の感覚による評価と数値による分類は、必ずしも一致しないことを示している。

5. まとめ

本調査により以下のことがわかった。

- ① 豊富な経験がなくても、人の感覚による直観的な判断が有効である可能性が示唆された。
- ② C/N比、窒素量、腐植量については、人の感覚による評価から、分析値を推測できる可能性が示唆された。
- ③ 分析値による分類と人の感覚による評価は必ずしも一致しないことがあり、人の感覚による評価の限界があると推測された。

6. 今後の課題

本調査の結果から、以下の課題が残され、下記の追調査が必要と考えられた。

- ・ 化学性の分析結果と人の感覚による評価が一致しなかったことの原因を明らかにするため、供試体の種類、アンケートの設問を絞った、もしくは、増やした調査の実施。
- ・ 色について点数評価をしてもらうなど、人の感覚に係る判断基準を点数化する調査を実施し、化学分析値と人の感覚による評価の関係についての精度向上。

- ・ 堆肥の使用目的を明確にし、その目的に対して必要な品質を設定することで、化学分析値と比較した場合、どのような堆肥、条件、項目であれば、人の感覚評価が有効であるかについての調査実施。
- ・ 堆肥製造や堆肥使用の経験年数の長い技術者に対象を絞ったヒアリングの実施による、人の感覚評価における重要な項目と、その見方の絞り込み、および経験の浅い経験者との比較。

謝辞：本調査にあたりご指導いただいた千葉大学園芸学研究科高橋輝昌准教授、試料提供いただいた財団法人公園緑地管理財団昭和管理センター、および社団法人東京都造園緑化業協会海の森みどりの資源化センターに厚く御礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 三星暢公・伊藤梓美・桑原茜・高橋輝昌・朝野義人・小林達明(2001)：植物発生材の分解特性に及ぼす諸要因の影響：日本緑化工学会誌 27(1), 312-315
- 2) 高橋輝昌・米田伸吾・石井匡志・荻野淳司(2008)：堆肥添加と頻繁な切り返しによる剪定枝葉の堆肥化特性：ランドスケープ研究(オンライン論文集) 1, 40-43
- 3) 高橋輝昌・伊藤香那子・野口敬記・浅野義人・小林達明(2002)：植物性発生材の粒径および窒素施肥が分解特性・土壌の性質・植物生育に及ぼす影響：日本緑化工学会誌 28(1), 263-266
- 4) 熊谷千冬・齋藤公夫・畑中篤(2005)：二酸化炭素放出速度を基にした家畜ふん堆肥の簡易腐熟度判定法：日本土壌肥科学雑誌 76(4), 435-440
- 5) 間藤徹・沢田こずえ・藤井孝夫(2002)：呼吸測定による堆肥腐熟度の判定法：日本土壌肥科学雑誌 73(4), 427-431
- 6) 藤原俊六郎・鎌田春海(1986)：街路樹剪定屑の堆肥化について：神奈川県農業総合研究所研究報告 128, 67-80
- 7) 広瀬春朗(1973)：各種植物遺体の有機態窒素の畑状態土壌における無機化について：日本土壌肥科学雑誌 44, 157-163
- 8) 藤原俊六郎(1987)：有機物分解と窒素の発現 農業技術体系土壌施肥編 3, 13-16
- 9) 高橋輝昌・米田伸吾・石井匡志・荻野淳司(2009)：堆肥添加と頻繁な切り返しによる剪定枝葉の堆肥化特性：ランドスケープ研究 72(5), 948-951
- 10) 日本パーク堆肥協会：http://www.nihonbark.jp/products2.html：2009年12月1日参照
- 11) 道路緑化保全協会(1998)：植物発生材堆肥化の手引き：丸善, 62
- 12) 興水肇・吉田博宣編(1998)：緑を創る植栽基盤：ソフトサイエンス社, 127
- 13) 市川貴大・高橋輝昌・浅野義人・小林達明(2002)：FDA(フルオレセイン・ジアセテート)加水分解活性を用いた森林土壌の微生物活性の簡易測定：森林立地 44(2), 15-22
- 14) 鈴木正昭・熊田恭一(1973)：腐植の簡易定量法に関する一考察：日本土壌肥科学雑誌 44, 144-145
- 15) 岩田進午・喜田大三(1997)：土の環境圏：フジテクノシステム, 529
- 16) 道路緑化保全協会(1998)：植物発生材堆肥化の手引き：丸善, 17
- 17) 西尾道徳(2007)：堆肥・有機質肥料の基礎知識：農山漁村文化協会, 32
- 18) 松中照夫(2003)：土壌学の基礎：農山漁村文化協会, 48