

有機質資材の分解特性とその指標

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	小柳, 涉 安藤, 義昭 棚橋, 寿彦
巻/号	78巻4号
掲載ページ	p. 407-410
発行年月	2007年8月



有機質資材の分解特性とその指標*1

小柳 渉*2・安藤義昭*3・棚橋寿彦*4

キーワード 有機質資材, 分解特性, デタージェント分析法

1. はじめに

土壌改良効果や地力増進などを目的に、昔から農地には家畜ふん堆肥など様々な有機質資材が施用されている。近年はリサイクル機運の高まり、焼却規制、食品リサイクル法などにより生物系廃棄物や製造副産物を原料とする様々な有機質資材が製造・利用されている。しかし一方で農耕地土壌の養分の過剰集積およびその弊害が指摘されている^{1,2)}。そのため有機質資材を農地施用する際、環境に負荷を与えることなく有効に利用するためには、各資材の特徴を把握し化学肥料などと組み合わせて適切に利用することが重要である。

有機質資材の施用効果は土壌改良効果と肥料効果の2つであるが、このうち土壌改良効果は土壌中での有機物の分解および残存によりもたらされる物理性・化学性・生物性の改良効果³⁾である。しかし前述したように有機質資材は様々な原料により製造されており、資材の種類により有機物の分解性および残存性やそれに伴うこれらの土壌改良効果は大きく異なると考えられる。したがって有機質資材の特徴を生かした利用法を策定するためには、様々な有機質資材について土壌中での分解特性を解明するとともにその評価法を示すことが重要である。また、このことは多種多様な生物系廃棄物の評価および有効利用法の開発にもつながる。そこで、我々は、① 生物系廃棄物を含めた多種の

有機質資材70点について、ガラス繊維濾紙埋設法⁴⁾を用い1カ月間および3カ月間土壌に埋設することで分解特性の比較を行い、② 畜産分野で高橋ら⁵⁾以来家畜ふん堆肥中有機物の評価法として広く用いられているデタージェント分析法⁶⁾を有機質資材全般に適用し、分析値を分解・残存性と比較検討することで分解性の評価指標の策定を試み、③ さらにデタージェント分析法の活用法の1つとしてガラス繊維濾紙埋設法で得られる窒素分解量とデタージェント分析値との関係について検討した。

2. 材料と方法

1) 供試有機質資材

牛ふん堆肥15点、豚ふん堆肥14点、鶏ふん堆肥6点、その他堆肥(キノコ廃床堆肥、パーク堆肥、汚泥堆肥、生ごみ堆肥)7点、有機質肥料(なたね油かす、米ぬか、大豆油かす、乾燥鶏ふん、市販有機質肥料)7点、乾燥生ごみ3点、生物系廃棄物を含むその他有機質資材(牛ふん、豚ふん、下水汚泥、ピートモス、牧草や配合飼料原料等各種家畜飼料、豆腐かす、もみがら、稲わら、おがくず、剪定枝、桜チップ、市販腐葉土)18点を用いた。これらを風乾または凍結乾燥後、1~2mmメッシュに粉碎し、以下の分析や測定に供した。乾物率は135°C 2時間の熱乾燥法⁷⁾、炭素含量と窒素含量は乾式燃焼法⁸⁾(スミグラフNC-90A)、粗灰分は乾式灰化法⁷⁾でそれぞれ測定した。

2) ガラス繊維濾紙埋設法⁴⁾による土壌中での分解・残存量測定

風乾した黒ボク土の乾土20g相当量に有機質資材を4g混合し、ガラス繊維円筒濾紙(φ35×120mm)に入れ、防虫網に包み、新潟県農業総合研究所畜産研究センターの黒ボク土土壌の10cm深に6連で埋設した。埋設は全試料のうち2001年に14点、2002年に19点、2003年に13点、2005年に12点、2006年に12点の5回に分けて行い、いずれの年も6月14日に埋め込み、7月13日(1カ月目)と9月13日(3カ月目)に3連ずつ取り出した。なお、各年度の埋設1カ月間(3カ月間)の日積算地温(日平均地温×埋設日数)は、2001年:706°C(2,391°C)、2002年:672°C(2,283°C)、2003年:659°C(2,136°C)、2005年:694°C(2,272°C)、2006年:658°C(2,275°C)と同程度であった。

1 ないし3カ月後に取り出した試料を風乾し、乾式燃焼

Wataru Oyanagi, Yoshiaki Ando and Toshihiko Tanahashi: Decomposition Property of Organic Matters in Soil and Its Indicators

*1 本報告の一部は先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「農業環境規範に適合する家畜ふん堆肥の肥効評価システムの確立」において実施した。また、一部を2006年9月、日本土壤肥料学会秋田大会において発表した。

*2 新潟県農業総合研究所畜産研究センター(955-0143 三条市大字棚鱗178)

*3 現新潟県畜産課(950-8570 新潟市新光町4-1)

*4 岐阜県農業技術センター(501-1152 岐阜市又丸729)

2007年2月14日受付・受理

日本土壤肥料学雑誌 第78巻 第4号 p.407~410 (2007)

法により混合物中の炭素・窒素量を定量し、対照（土のみ）との差し引きから混合物中に残存している有機質資材由来の炭素・窒素量を求めた。さらに混合した有機質資材中の炭素・窒素量で除して残存率を求め、有機質資材の炭素・窒素含量を乗ずることによって乾物あたりの炭素・窒素残存量および分解量を算出した。

本研究では有機質資材の分解特性を概念的に示すために、1カ月間炭素分解量は土壤中で急激に分解する易分解性有機物³⁾量に相当し、3カ月間炭素残存量は分解しにくく土壤中に集積する難分解性有機物量に相当すると仮定した。

3) デタージェント分析

飼料分析の手法⁷⁾で ADF (酸性デタージェント繊維), ADL (酸性デタージェントリグニン), AD 可溶有機物 (酸性デタージェント溶液可溶有機物) を測定した。有機質資材を 100 倍量の酸性デタージェント溶液 (0.5 mol L⁻¹ 硫酸 1,000 mL に臭化セチルトリメチルアンモニウム 20 g を溶解したもの) で 1 時間煮沸後濾過・洗浄・乾燥・秤量 (a) し、さらに 12 mol L⁻¹ 硫酸で処理し水を加え煮沸後、濾過・洗浄・乾燥・秤量 (b) し、灰化後秤量 (c) した。c はケイ酸であり、ADF は a と c の差、ADL は b と c の差で求めた。AD 可溶有機物は ADF 以外の有機物であるので、乾物重 1,000 (mg g⁻¹ 乾物) より粗灰分 (mg g⁻¹ 乾物) と ADF (mg g⁻¹ 乾物) を差し引き算出した。NDF (中性デタージェント繊維) および ND 可溶有機物含量の測定も試料分析の手法⁷⁾で同様に行った。

本研究ではさらに酸性デタージェント溶液で煮沸後の乾燥残さ中の炭素および窒素を乾式燃焼法により測定し、ケイ酸含量を考慮して ADF として有機質資材中に含まれる炭素含量 (以下 ADF-C) と窒素含量を求め、それぞれ有機質資材中の炭素含量および窒素含量と差し引くことにより、AD 可溶有機物として有機質資材中に含まれる炭素含量と窒素含量 (以下それぞれ AD 可溶 C, AD 可溶 N) を算出した。

3. 結果と考察

1) 各有機質資材の分解特性

供試した有機質資材の 1 カ月間炭素分解量 (易分解性有機物) と 3 カ月間炭素残存量 (難分解性有機物) はほぼ負の相関の関係にあった (図 1)。各資材についてみると、木質系やバーク堆肥や牛ふん堆肥は図 1 の左上方に位置して易分解性有機物は少なく難分解性有機物が多く土壤中に集積しやすいことがわかる。対照的に有機質肥料や飼料や乾燥生ごみは右下方に位置しており易分解性有機物が多く難分解性有機物は少なかった。豚・鶏ふん堆肥は牛ふん堆肥に近いものから有機質肥料に近いものまで幅広く分布した。これは畜種より製造法の違いによるもので、堆積方式で製造された堆肥は図 1 の左上方に、密閉縦型方式で製造された堆肥は右下方に位置していた (データ略)。その他有機質資材については、ピートモスや木質系のように分解しにくいもの、豆腐かすのように極めて分解しやすいもの、

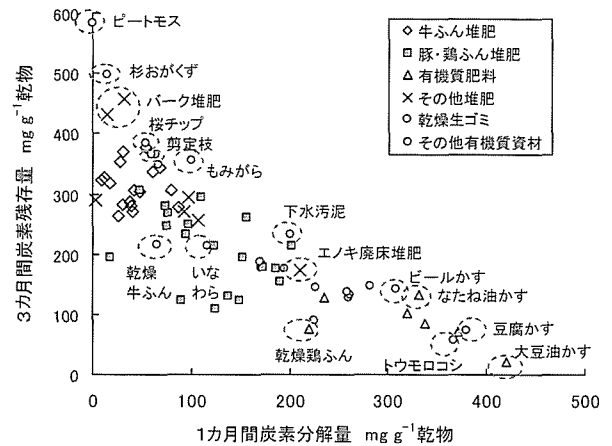


図 1 各有機質資材の 1 カ月間炭素分解量と 3 カ月間炭素残存量

表 1 デタージェント分析値と 1 カ月間炭素分解量, 3 カ月間炭素残存量の関係

a. 1 カ月間炭素分解量 (y) との関係

x	決定係数	回帰式	n
ND 可溶有機物	0.722**	y = 0.405 x	47
AD 可溶有機物	0.859**	y = 0.470 x - 52	70
C/N 比 ¹⁰⁾	0.098*	y = -2.50 x + 183	67

b. 3 カ月間炭素残存量 (y) との関係

x	決定係数	回帰式	n
NDF	0.627**	y = 0.491 x	47
ADF	0.885**	y = 0.581 x	70
ADL	0.795**	y = 0.812 x + 96	69

¹⁰⁾ C/N 比 100 以上の資材を除く。* 5%水準で有意。
** 1%水準で有意。

の、稲わらや下水汚泥のように分解性が中程度のものなど分解特性は様々であった。このように分解特性は種類により大きく異なることから、有機質資材や生物系廃棄物を有効利用するにはそれぞれの分解特性を把握することが重要であると考えられる。

2) 分解特性とデタージェント分析値の関係

有機質資材の分解特性の指標を検索するために、デタージェント分析で得られた数値と炭素分解量および炭素残存量を比較した。なお、デタージェント分析は主に飼料分析の分野で用いられており、分析結果は飼料成分とはほぼ対応している⁹⁾ (図 2)。概ね、NDF は全繊維成分、ND 可溶有機物は繊維成分以外の有機物、ADF はセルロース+リグニン、AD 可溶有機物は ADF 以外の有機物、ADL はリグニンに相当する。

供試した有機質資材についての炭素分解・残存量とデタージェント分析値や C/N 比の関係を一次回帰式で表 1 a に示した。1 カ月間炭素分解量 (易分解性有機物) との関係では AD 可溶有機物含量との決定係数 (R²) が 0.859 と高く、有機質資材共通の易分解性有機物の指標になると考えられた。さらに両者の関係を詳しく解析するために、1 カ月間炭素分解量と AD 可溶有機物に含まれる炭素すなわち AD 可溶 C 含量の関係を検討した (図 3)。決定係数

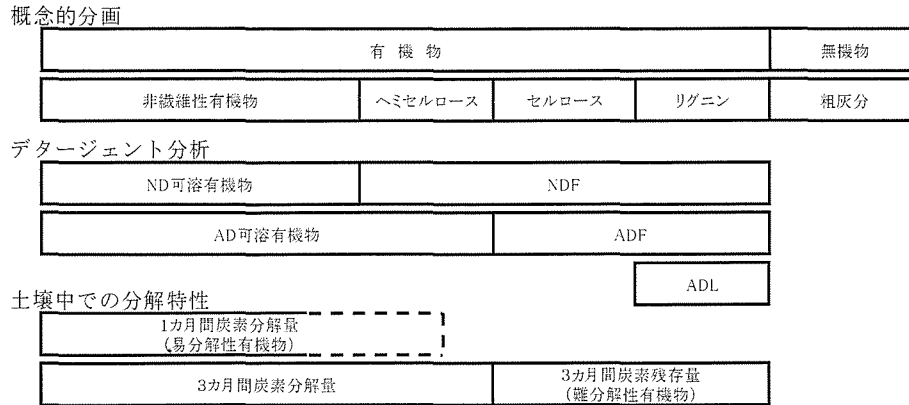


図2 有機質資材を各手法で分画した成分の関係 (模式図)

ND：中性デタージェント溶液，NDF：中性デタージェント繊維，AD：酸性デタージェント溶液，ADF：酸性デタージェント繊維，ADL：酸性デタージェントリグニン。

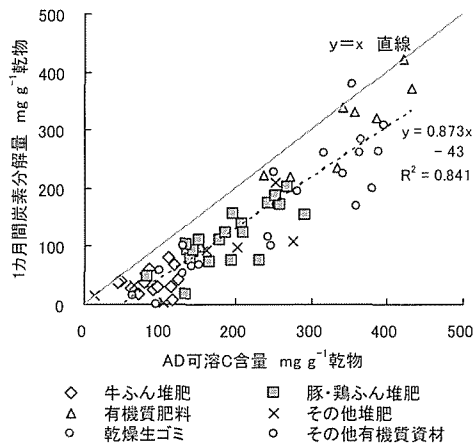


図3 AD可溶C含量と1か月間炭素分解量の関係

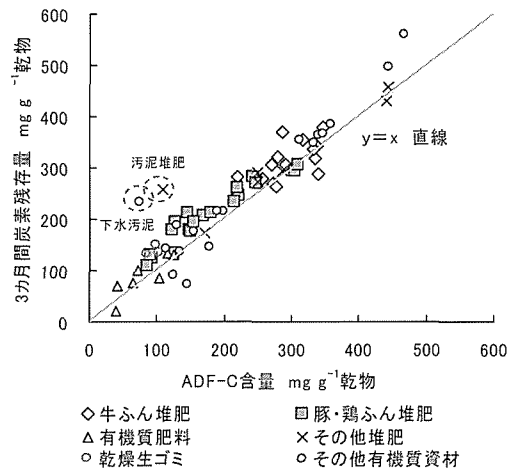


図4 ADF-C含量と3か月間炭素残存量の関係

はAD可溶有機物含量との関係と同程度であったが、回帰式は原点を通らずプロットは $y=x$ 直線の右下方に位置しており、AD可溶有機物は1か月間炭素分解量(易分解性有機物)以外の炭素も含まれていた。後ほど述べるが3か月炭素分解量とAD可溶Cは一致する(図2, 図4)ので、この炭素(AD可溶Cと1か月間炭素分解量の差)は1~3か月間の間に分解する比較的分解しやすい炭素であると考えられる。この比較的分解しやすい炭素は全試料の平均で 42 mg g^{-1} 乾物と1か月間炭素分解量(平均で 134 mg g^{-1} 乾物)に比べ少なかった。したがってAD可溶有機物は易分解性有機物と少量の比較的分解しやすい有機物を評価しており、AD可溶有機物は易分解性有機物の指標に適していると考えられる。

3か月間炭素残存量(難分解性有機物)との関係(表1b)では、ADFは決定係数が0.885と高くかつ原点を通る回帰式を示すことから、難分解性有機物の指標として適していると考えられた。さらに、3か月間炭素残存量とADFに含まれる炭素すなわちADF-C含量の関係を検討したところ、両者は汚泥を含む資材を除きほぼ一致した(図4)。これはADF-Cは3か月間炭素残存量そのものであり、さらにADFは難分解性有機物そのものであること

を強く示唆する(汚泥を含む資材が直線から外れるのは高分子凝集材の影響であると思われる)。このことを検証するには更なるデータが必要であるが、少なくともADFは難分解性有機物の指標になると考えられた。

このようにデタージェント分析法は生物系廃棄物を含めたさまざまな有機質資材の分解特性を統一的に評価するための手法として有用であると結論づけられる。図3に示すように有機質資材共通の易分解性有機物の指標は精度はやや劣るがAD可溶有機物が適していると考えられ、また3か月間炭素残存量とADF-Cが一致することから難分解性有機物の指標はADFが最適であると考えられる。

現在のところデタージェント分析には高いコストが必要であり農業改良普及センター等現場で行うのは難しい。この解決方向として我々は特別な機器を必要としない低コストで汎用性の高いADF・粗灰分・水分の簡易測定法を開発した^{9,10)}。これらの活用により有機質資材ひいては生物系廃棄物が有効活用されることが望まれる。

3) 窒素分解量とデタージェント分析値の関係

3か月間炭素残存量がADF-C含量と一致することは3か月間炭素分解量とAD可溶C含量が一致することも意

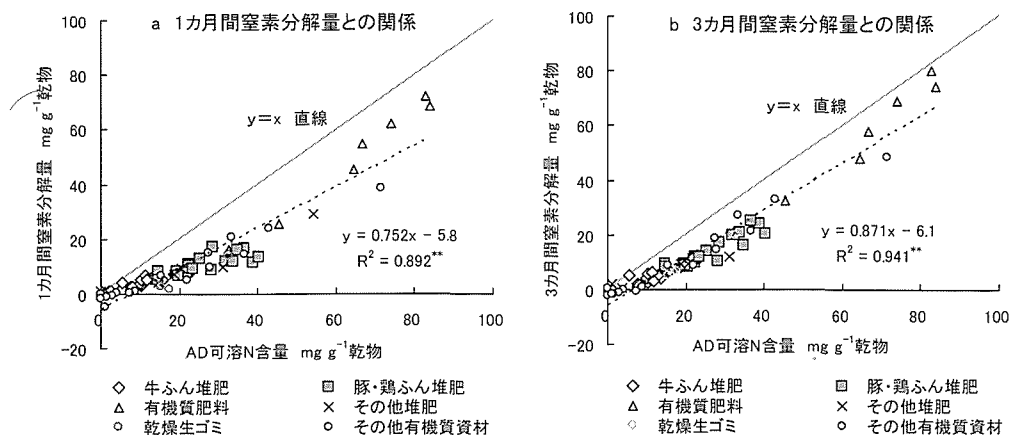


図5 AD可溶N含量と窒素分解量の関係

味する (図2, 図4). 窒素の分解 (無機化) には炭素の分解が関与していると考えられるので, 有機質資材を利用するにあたって重要な窒素についても同様に評価できる可能性が考えられる. そこで, 1カ月間および3カ月間窒素分解量とAD可溶N含量との関係について検討し図5に示した. 両者とも高い相関関係がみられたが, 特に3カ月間窒素分解量との関係 (図5b) は $y=x$ 直線上より若干右下に外れていたものの, 決定係数0.941の極めて高い相関関係であった.

3カ月間窒素分解量を1作程度の窒素無機化量と仮定すると, AD可溶Nは有機質資材共通の窒素無機化量を評価する指標になり得ると考えられる. 松村・佐藤¹¹⁾は7種の有機質資材について非ADF-N (本研究ではAD可溶N)の割合と窒素利用率の間に高い相関を認め, 窒素無機化率の評価には非ADF-Nの割合が有用な指標になることを示唆している. これは本研究の結果とはほぼ一致し, AD可溶Nが窒素分解特性の指標となることを強く示唆する. 確実なものにするためにはインキュベーション試験や栽培試験など更なる検討が必要であるが, デタージェント分析法は有機質資材の炭素の分解特性のみならず窒素の分解特性を評価する手法として有用であると考えられる.

文 献

- 1) 小原 洋: 定点調査データの概要と農耕地土壌の全国的

な傾向, ベトロジスト, 44, 134~142 (2000)

- 2) 後藤逸男: 家畜ふん堆肥の園芸利用にあたって, 平成18年度課題別研究会資料 野菜生産における家畜排泄物利用の現状と課題, 52~62 (2006)
- 3) 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎: 新版 土壤肥料用語辞典, p.106~111, 農文協, 東京 (1998)
- 4) 土壤環境分析法編集委員会編: 土壤環境分析法, p.120~123, 博友社, 東京 (1997)
- 5) 高橋朋子・山田正幸・鈴木睦美・浦野義雄: 易分解性有機物による堆肥の品質評価, 群馬畜試研報, 6, 90~99 (1999)
- 6) 高野信雄・佳山良正・川鍋裕夫: 粗飼料・草地ハンドブック, p.772~774, 養賢堂, 東京 (1989)
- 7) 自給飼料品質評価研究会編: 改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック, p.7~13, (社)日本草地畜産種子協会, 東京 (2001)
- 8) 植物栄養実験法編集委員会編: 植物栄養実験法, p.159~162, 博友社, 東京 (1990)
- 9) 安藤義昭・小柳 渉: 酸性デタージェント繊維 (ADF) の簡易迅速測定法, 関東東海北陸農業研究成果情報 平成16年度I, 206~207 (2005)
- 10) 安藤義昭・小柳 渉: 有機質資材中の水分簡易測定法 (改良法) および粗灰分簡易測定法, 関東東海北陸農業研究成果情報 平成16年度I, 232~233 (2005)
- 11) 松村昭治・佐藤拓也: 有機質資材窒素の無機化特性評価項目としての酸性デタージェント繊維の有用性, 土肥誌, 76, 645~648 (2005)