

水田輪換畑野菜作における有機質資材施用技術 (第2報)

ガラス繊維ろ紙筒埋設法による各種有機質資材の分解特性

宗林 正・田中康隆・北川芳雄*

**Utilization of Organic Matters for Vegetable Cultivation
under a Paddy-upland Rotation System(2)
Decomposition Process of Several Organic Matters Traced
by Glass Fiber-filter Paper Bag Method.**

Tadashi SORIN, Yasutaka TANAKA and Yoshio KITAGAWA

Summary

Six different organic matters with a C/N ratio from 16 (cow feces) to 149 (wheat straw) were investigated to determine their decomposition process in the field using the glass fiber-filter paper bag method.

The amount of carbon decreased so rapidly in rice straw, wheat straw, sweet corn residue and cow feces, but showed only a slight decrease in sawdust manure and/or bark manure. Their mineralization rates of carbon were related to easily decomposable fractions such as 80% ethanol soluble substances in the initial stage of decaying, and lignin-like substances in long range.

Though the nitrogen mineralization rate of crop residues and cow feces followed the general rules of the C/N ratio, a strong nitrogen fixation was observed on sawdust or bark manure composted with chicken waste after a runoff of contained mineral nitrogen in spite of the low C/N ratio at starting point.

To calculate the amount of mineralized nitrogen per day during the examination periods, nitrogen fixation season was also recognized in the decaying process of cow feces which showed the smoothest nitrogen release in the testing materials. For effective use of mineralized nitrogen from organic matters, partial applications were evaluated better than the whole amount application at once. Unaged sawdust and/or bark manure were considered to have to limit in open culture except for amendment of soil physical properties.

Key words: decomposition process, nitrogen mineralization rate, carbon mineralization rate, rice straw, wheat straw, sweet corn residue, cow feces, sawdust manure, bark manure

緒 言

水田の畑利用にともなう地力の消耗防止に使われている有機質資材は、多種多様であるにもかかわらず、その

使用は画一的であり、資材の施用が十分な効果を発揮しないばかりか、かえって生産性を阻害している場面が見受けられる。そこで、県内でとくに広く使用されている各種の有機質資材について、その施用による土壌改善作

用を解明し、個々の資材の持つ特性を考慮した施用技術の開発を行ってきた。ここでは、これらの有機質資材について、圃場条件での中長期的な分解特性を把握するためガラス繊維ろ紙筒埋設法により検討した結果を報告する。

材料および方法

有機質資材として、稲わら、小麦稈、スイートコーン残渣(茎葉)、乾燥牛ふん(以下牛ふん)、鶏ふん入りオガクズ堆肥(以下オガクズ堆肥)および鶏ふん入りパーク堆肥(以下パーク堆肥)の6種を使用した(第1表)。

処理は、前田・鬼鞍⁶⁾の方法に準拠して行った。すなわち、奈良農試場内の中粗粒質灰色低地土の水田輪換畑から採取した未風乾土(乾土30g相当量)に炭素1.5g(乾土に対して重量比で5%)相当量の資材を混合し、ガラス繊維ろ紙(Whatman GF/A)で作った円筒に充填した。これをサラネットで巻いた後、採土した同じ圃場の地表面下5~8cmに埋設し、地温等が作物栽培条件下に近い状態を維持できるように遮光率50%の黒寒冷紗で被覆した。埋設は昭和59年11月30日(秋)、昭和60年4月10日(春)および7月30日(夏)の3期に分けて行い、秋埋設分は最長4年間、春および夏埋設分は同じく1年間それぞれ実施した。これらの分析調査は、埋設後2カ月間は20日毎、1年目までは2カ月毎、4年目までは4カ月毎に順次掘り出し、風乾物の重量、水分を測定後、サンプルミル(平工製作所製 TI-100)で粉砕し、全炭素、全窒素をCNコーダー(柳本製作所 MT-500)で測定した。測定値から有機質資材無添加土壌の値を差し引き、添加量に対する残存率を算出した。志賀らの記

述⁷⁾に従い、添加した資材中の炭素および窒素のろ紙筒からの消失分を炭素または窒素の分解と表現し、(100-残存率)をその分解率とした。また、窒素の有機化に伴う増加を窒素の取り込みと表現した。

結 果

埋設時期別の炭素および窒素の分解は第1、2、3図に示したとおりであった。

1. 炭素の分解

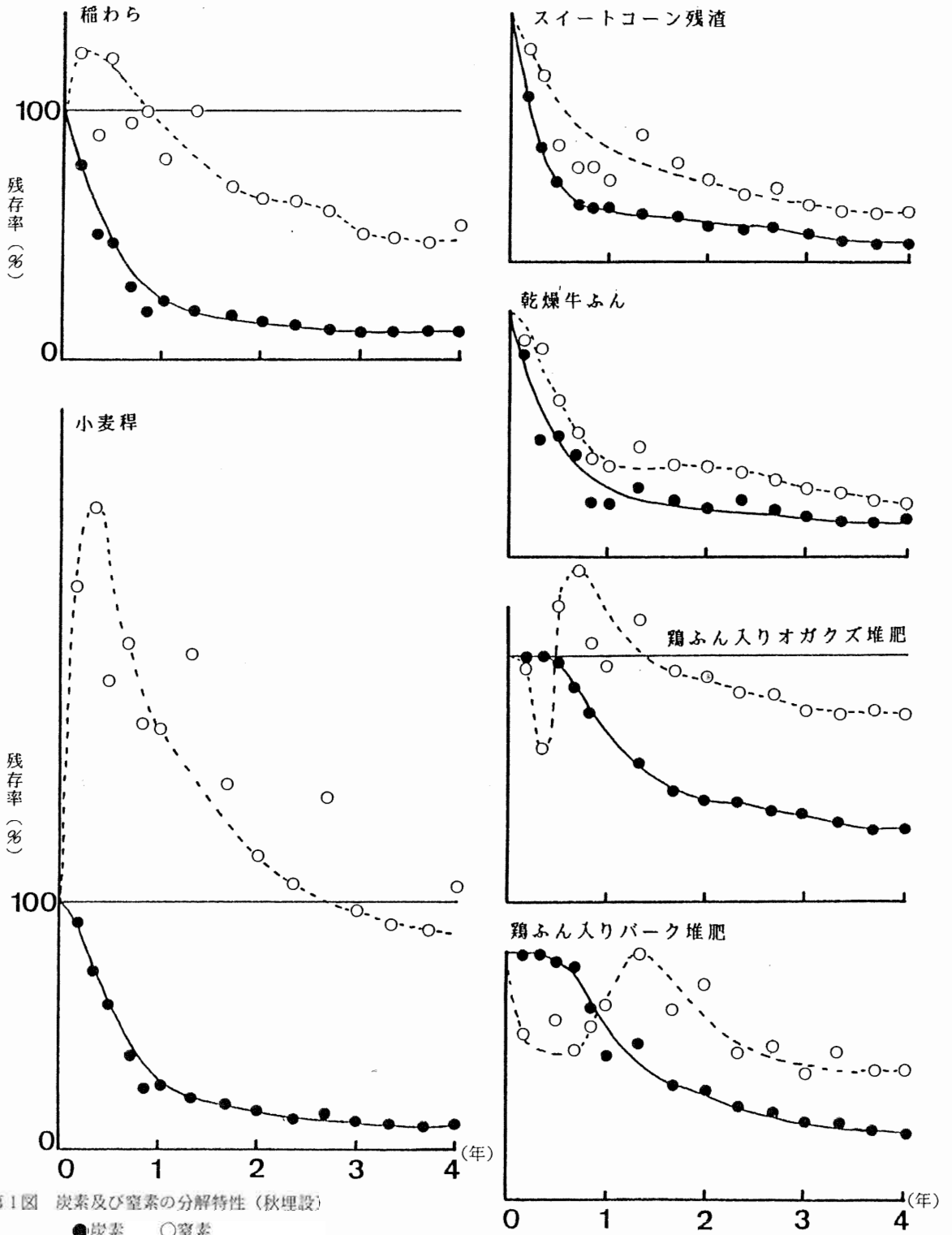
1年後の炭素の残存率を埋設時期別にみると、稲わら、小麦稈、スイートコーン残渣では秋埋設がそれぞれ23、26、21%、同じく春埋設は20、22、19%、夏埋設は12、31、27%であり、稲わらでは夏埋設、小麦稈、スイートコーン残渣では春埋設の分解が最も大きかった。また、牛ふん、オガクズ堆肥およびパーク堆肥では、秋埋設がそれぞれ29、56、55%、春埋設は同じく42、55、47%、夏埋設では48、73、69%となり、牛ふんは秋埋設、オガクズ堆肥およびパーク堆肥は春埋設の分解が大きかった。しかし、資材間で比較すると、作物残渣では約30%以下にまで急激に低下したが、木質堆肥は55%以上と高く、牛ふんは両者の中間の値を示した。

一方、秋埋設分の長期残存率調査では、作物残渣および牛ふんでは埋設2年後にはほぼ分解が終了し、残存率は3年目以降安定したが、木質堆肥は2年目以降も緩やかな減少を示した。また、最終4年目の残存率は、スイートコーン残渣が9%で最も低く、ついで小麦稈10%、稲わら12%、牛ふん17%、パーク堆肥27%、オガクズ堆肥30%の順であった。

第1表 供試有機質資材の有機組成(乾物%)

Tab.1 Organic component of organic matters.

| 資 材 | T-C % | T-N % | C/N | エーテル 抽出物% | 80%エチル アルコール 抽出物% | 熱水可溶性 有機物% | ヘミセル ロース% | セルロース % | リグニン % | 灰分 % |
|------------------|----------|----------|--------|--------------|-------------------------|---------------|--------------|------------|-----------|---------|
| 稲 わ ら | 42.25 | 0.78 | 54.17 | 2.06 | 12.01 | 7.67 | 15.83 | 31.42 | 15.07 | 12.58 |
| 小 麦 稈 | 43.10 | 0.29 | 148.62 | -1.32 | 6.93 | 4.43 | 11.88 | 35.04 | 11.34 | 9.25 |
| スイートコーン残渣 | 45.95 | 1.85 | 24.83 | 2.86 | 23.56 | 10.81 | 11.71 | 23.64 | 8.12 | 8.42 |
| 乾 燥 牛 ふ ん | 38.38 | 2.36 | 16.26 | 1.29 | 2.67 | 8.21 | 10.74 | 22.33 | 27.07 | 22.45 |
| オ ガ ク ズ 堆 肥 | 37.50 | 1.08 | 34.72 | 1.20 | 2.31 | 2.82 | 2.40 | 29.44 | 24.46 | 26.26 |
| パ ー ク 堆 肥 | 44.32 | 1.45 | 30.56 | 0.63 | 3.24 | 2.84 | 3.01 | 30.27 | 33.25 | 9.89 |



第1図 炭素及び窒素の分解特性（秋埋設）

●炭素 ○窒素

Fig.1 Decomposition process of organic matters buried in Autumn.

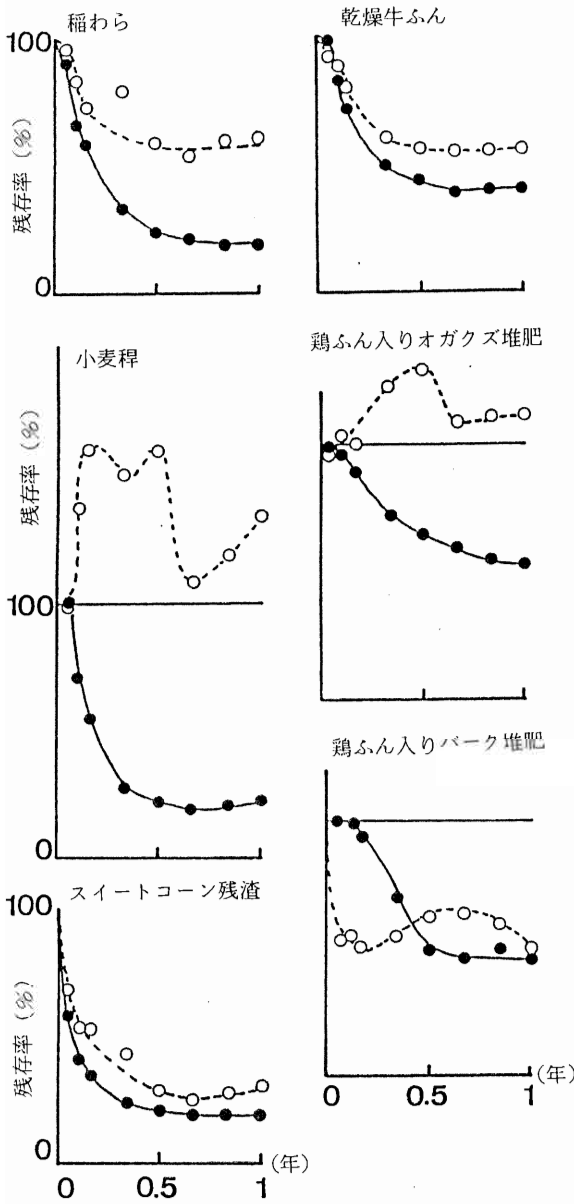


図2. 炭素及び窒素の分解特性 (春埋設)
 Fig. 2 Decomposition process of organic matters buried in Spring.

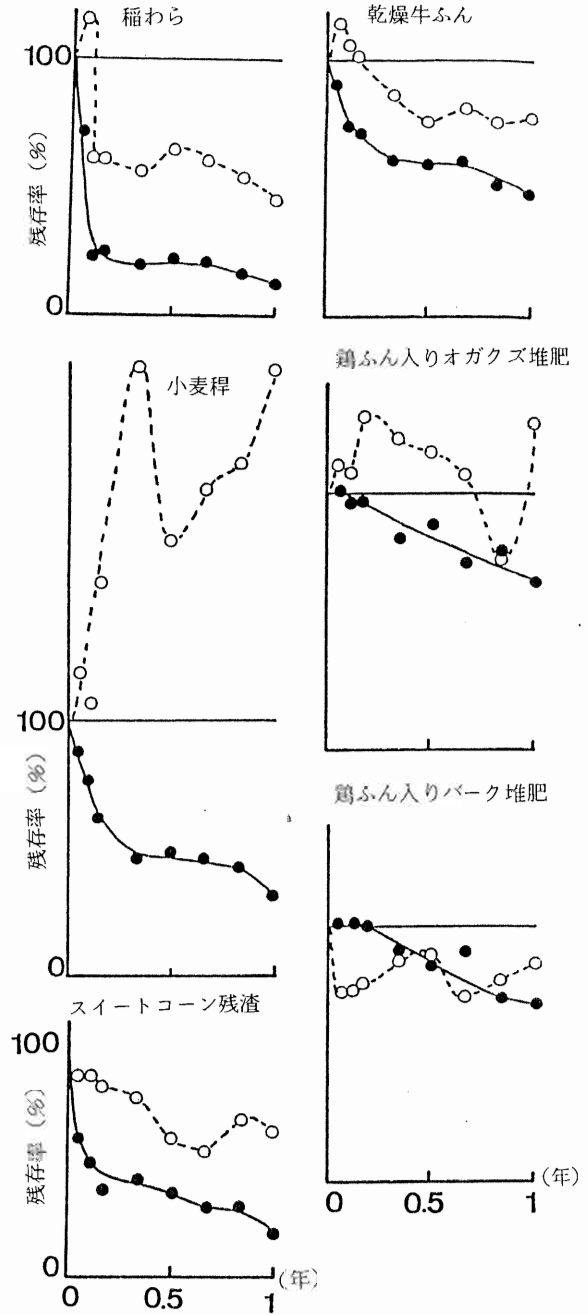
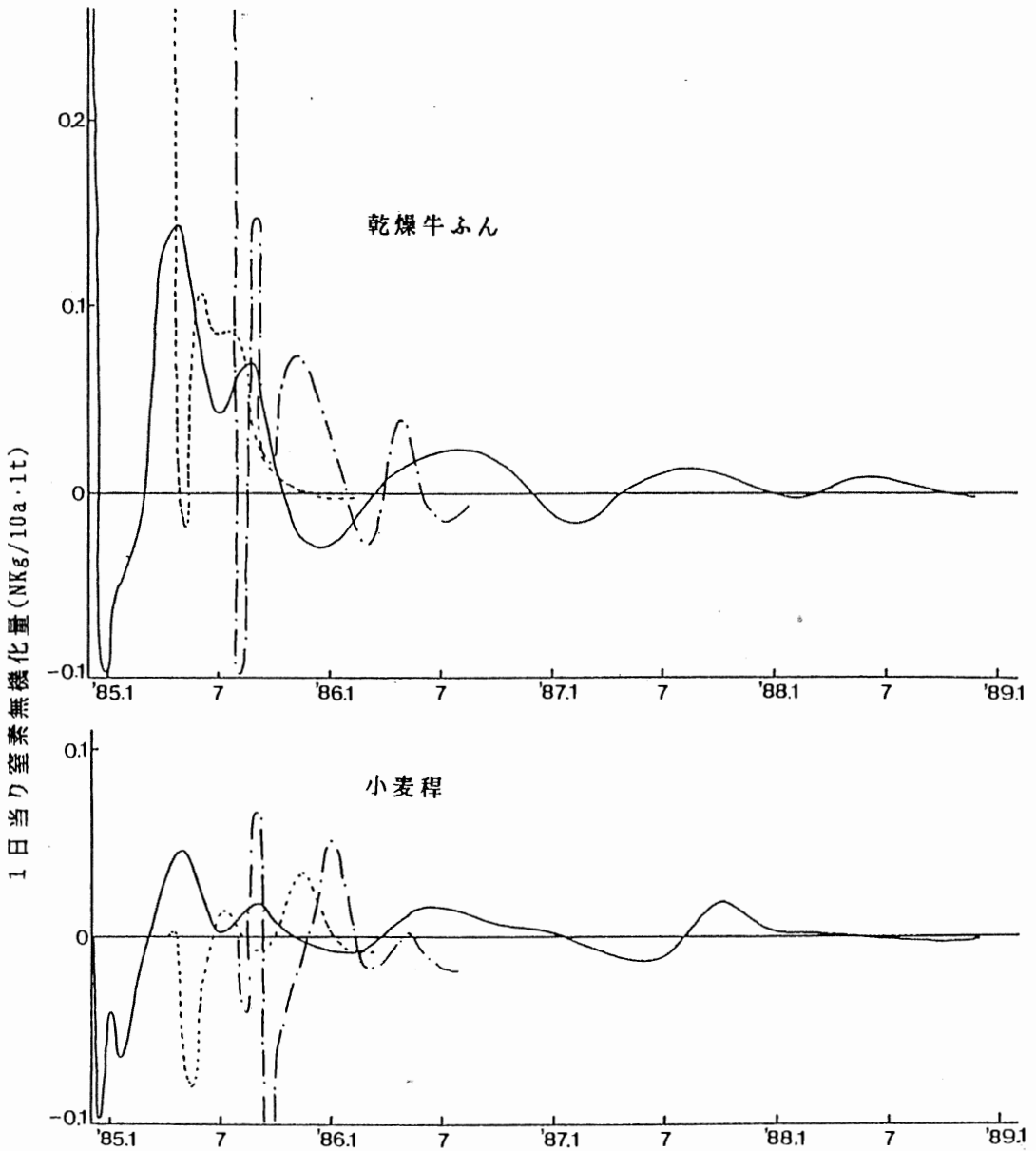


図3. 炭素及び窒素の分解特性 (夏埋設)
 Fig. 3 Decomposition process of organic matters buried in Summer.

2. 窒素の分解と取り込み

稲わらと小麦稈は、埋設当初の窒素の取り込みが激しく、秋埋設分の窒素の残存率はそれぞれ最高130%、

260%にも達した。また、1年後には秋埋設の稲わら、小麦稈はそれぞれ80、172%、春埋設は同じく63、136%、夏埋設が45、237%で、小麦稈は春埋設、稲わらは夏埋



第4図 有機質資材1t/10a施用時の1日当り窒素無機化量の予想変化
 — 秋施用 - - - 春施用 - · - 夏施用

Fig.4 Modulated daily changes of mineralized nitrogen from applied organic matters (1t/10a, DM)
 They were calculated from results of glass fiber-filter bag methods.

設の分解が最も大きかった。しかし、スイートコーン残渣と牛ふんは埋設当初から緩やかに窒素を放出し、1年後の残存率はそれぞれ秋埋設が33、36%、春埋設が19、42%、夏埋設が58、80%となり、いずれも春埋設が最も分解率が大きかった。オガクズ堆肥とパーク堆肥では、当初減少、その後増加のパターンを示し、1年後の残存率はそれぞれ、秋埋設が93、74%、春埋設が109.46%、夏埋設が126.85%となり、オガクズ堆肥では秋埋設、パーク堆肥では春埋設の分解が大きかった。

一方、秋埋設4年後の窒素残存率は牛ふん、スイートコーン残渣で最も低く、それぞれ20%強であり、ついでパーク堆肥51%、稲わら58%、オガクズ堆肥74%、小麦稈115%の順であった。

3. 窒素の増減から算出した資材施用時の1日当り無機態窒素発現量の変化

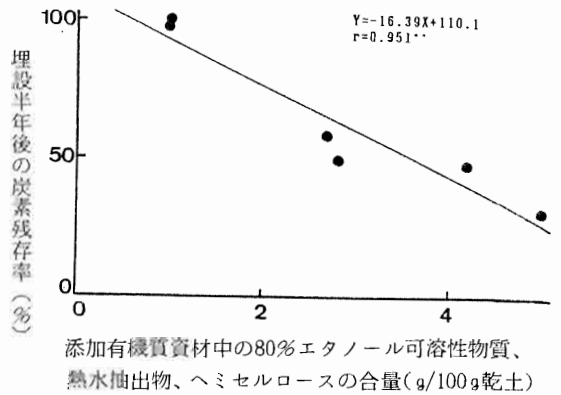
前述したる紙円筒中の窒素含量の各測定時期での増減から、各資材1t/10aを施用した場合の1日当り無機態窒素発現量(kg/10a)を便宜的に算出した(第4図)。その結果、最も窒素の分解・放出が大きかった牛ふんと最も取り込みの大きかった小麦稈を比較してもその発現パターンに大差はみられなかった。

考 察

土壤中における有機質資材の分解は、資材のC/N比、リグニン含有率などの組成によって左右されることがよく知られている^{2) 3) 5)}。本実験に供試した資材の炭素の残存率の変化は、

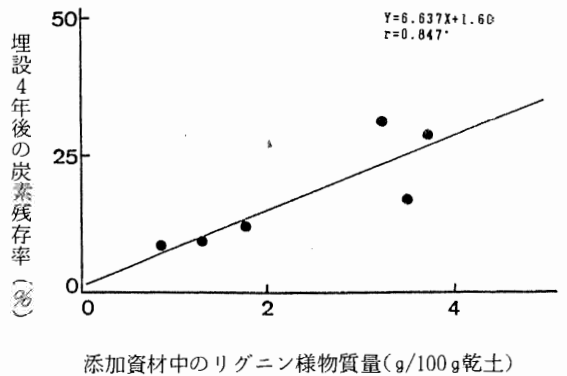
A. 施用当初から減少するもの
 B. 施用後やや時間をおいてから減少するもの

の2つのタイプに分けられる。稲わら、小麦稈、スイートコーン残渣はA型で、含有成分としてエタノール抽出物、熱水可溶物、ヘミセルロース等比較的分解し易い画分が多いのに対して、オガクズおよびパーク堆肥ではB型に属し、易分解性の画分が著しく少なく、リグニンの含有量が多い。また、牛ふんはA型であるがリグニンとともに熱水抽出物などの画分も多い。速見²⁾は施用有機物の分解の難易は有機質資材中に占める全糖、でんぷん等の易分解性画分とリグニン等の難分解性画分の含有率によって制約されると述べている。本実験においても、埋設半年後の炭素の残存率は添加された80%エタノール可溶性物質等の易分解性物質の量と(第5図)、埋設4年後の残存炭素量はリグニン等の難分解性物質とそれぞれ明らかな関係が認められる(第6図)。炭素の分解には、



第5図 埋設6ヶ月後の炭素残存率と添加易分解性炭素画分量との関係

Fig.5 Relationship between residual carbon rates at 6 months after burying and total easily decomposable fractions in organic matters.



第6図 埋設4年後の炭素残存率と添加資材中のリグニン様物質との関係

Fig.6 Relationship between residual carbon rate at 4 years after burying and rignin-like substances in organic matters.

このような組成的な要因が関与したものと考えられる。

一方、窒素の分解・放出は施用資材のC/N比に制約され、C/N比30~35が窒素の無機化・有機化の臨界値といわれ、C/N比20以下では著しく無機化が進むといわれている²⁾。供試資材のうち明らかにC/N比の高い稲わら、小麦稈は窒素を取り込み、とくに高い小麦稈で窒素の残存率が100以下になるのはおよそ3年を要し、また、スイートコーン残渣、牛ふんでは当初から緩やかな

分解・放出が認められたことから、これらの資材ではC/N比による窒素の分解・放出に関する既往の報告に合致している。一方、オガクズ、パークの木質堆肥はC/N比が当初30～34と供試した資材の中では比較的低いが、これは当初の無機態窒素含量が高いことによるもので、この放出が終わり、炭素の分解が始まるにつれて、固定型に移行した。早川¹¹⁾は豚ふんオガクズ堆肥の施用で、降雨などにより無機態窒素が消失した後、窒素飢餓が発生したことを報告し、徳橋¹⁰⁾もオガクズ牛ふん堆肥の施用で土壌中の無機態窒素が減少したことを報告しており、本実験と同様の結果である。このようなリグニン含有率の高い資材では、本来、その炭素の分解や窒素の取り込みは緩やかに進むことが知られているが⁷⁾、本実験では高温時の分解が比較的急であり、とくにオガクズ堆肥はその傾向が強い。渡辺ら¹¹⁾は木質堆肥の腐熟過程において、ヘミセルロースの分解がセルロースの分解に先行することを述べている。本実験で供試した資材はいずれも、ヘミセルロースに比べセルロース含量が高く、比較的未熟な製品だといえ、また前報⁸⁾で述べたように添加された家畜ふん由来と思われる窒素の発現が早い。露地条件では早川らの例と同じく降雨等により無機態窒素の消失が早く、気温の上昇により炭素の分解が始まると共に窒素固定が認められたものと考えられる。

埋設時期の違いによる1年後の炭素の分解率は、全体として春埋設>夏埋設>秋埋設の順であった。志賀ら⁷⁾は資材の分解が主として地温に影響されることを述べており、樋口ら⁴⁾はリグニンの分解が低温では進みにくいことを述べている。一般に、低分子の化合物の分解は細

菌と糸状菌の両者で、高分子、とくにリグニン等の分解は糸状菌によって行われ、この糸状菌の生育適温は細菌よりも高いといわれている⁹⁾。本実験の結果からも有機質資材の分解には一定期間以上の高温持続期間が必要で夏埋設のような高温期間が分断される方が年分解率は小さく表現されるものと考えられる。

資材の分解にともない無機化される窒素量の変化からみて、その分解・放出の順調な牛ふんにおいても冬期を中心に取り込みが認められる。また小麦稈でも同様であり、施用1年目の窒素取り込み量の多い時期においても窒素の分解・放出が起きているが、取り込まれる窒素の絶対量はきわめて少なく、実際には施用時に窒素を若干増施することで十分対応できるものと考えられる。また、施用時期によって当初の分解・放出と取り込みの時期が異なるが、年間を通じて多数回施用にすることによって、そのピークの分散が図れることを示している。

以上の結果から供試した資材の分解特性を総括すると第2表のとおりである。分解特性については速、中、緩、施用効果については大、中、小のそれぞれ3段階で示した。同様の総括表は水田では志賀ら⁷⁾によって提起されているが、水田輪換畑において有機質資材の施用を行う場合、稲わら、小麦稈、スイートコーン残渣では肥料的効果は極めて小さく、有機物の集積効果も少ないが多数回分施等により、窒素の分解・放出の正・負の分散を図るような施用形態が望ましく、牛ふんでも同様である。また、家畜ふん入りの木質堆肥では有機物の集積効果は高いが、同時に発現する窒素の土壌中での挙動を予測する上で、当初の見かけ上のC/N比よりも、むしろ含有

第2表 有機質資材の分解の特徴

Table 2 Evaluation of examined organic matters on their decomposition patterns.

| 有機質資材 | 分解特性 | | 施用効果 | |
|-----------|-------|--------------|-----------------|-------|
| | 炭素の分解 | 窒素の放出 | 肥料効果 | 有機物集積 |
| 稲わら | 速 | 初期取込 →中 | 初期マイナス →小 | 小 |
| 小麦稈 | 速 | 取込(多) →遅 | 初期マイナス極大 →極小 | 小 |
| スイートコーン残渣 | 速 | 中 | 極初期マイナス →小 | 小 |
| 乾燥牛ふん | 中 | 中 | 中 | 中 |
| 鳩ふんオガクズ堆肥 | 緩 | 初期大 →取込→緩 | 初期大→小 | 大 |
| 鶏ふんパーク堆肥 | 緩 | 初期大 →取込→緩 | 初期大→小 | 大 |

する無機態窒素および腐熟度（ヘミセルロース/セルロース比等）の把握が必要である。腐熟度の低い製品は、降雨等の影響を受け易い露地作物では、物理性改良目的以外の施用は制限されるべきであると考えられる。

摘 要

有機質資材の土壌中での分解特性を明らかにするため、6種の資材について、ガラス繊維ろ紙筒埋設法により検討した。

1. 炭素の分解は、稲わら、小麦稈、スイートコーン残渣、乾燥牛ふんで早く、鶏ふん入りオガクズおよびパーク堆肥の木質堆肥ではきわめて緩慢であった。施用当初の分解率は含有する80%エタノール可溶性物質などの易分解性画分と、長期的な残存率はリグニン等の難分解性物質と極めて強い関係が認められた。
2. 窒素の分解・放出は、稲わら等の作物残渣および乾燥牛ふんではC/N比の一般則に従った状態が認められたが、鶏ふん入りの木質堆肥では施用初期に発現する無機態窒素の消失後に木質部の分解が始まり、当初のC/N比にもかかわらず、強い窒素固定が認められた。
3. 1日当り窒素無機化量を算出した結果、最も窒素放出の順調な乾燥牛ふんでも、窒素固定が行われる時期が存在し、有機質資材からの発現窒素を効率的に利用するためには、資材の一時多量施用よりも少量多数回施用が効果的であり、木質堆肥は物理性改良目的以外には露地状態での使用は制限されるべきだと考えられる。

引用文献

1. 早川岩夫・有沢道雄・武井昭夫 1976. 野菜に対するおがくず混合家畜ふん堆肥の利用に関する研究 (第1報). 豚ふんコンポストの施用量がタマネギの生育収量に及ぼす影響. 愛知農試研報B 8 : 23-27.
 2. 速見和彦 1984. 各種有機物資材の分解特性、農林水産技術会議、農耕地における土壌有機物変動の予測と有機物施用基準の策定. pp20-24.
 3. 樋口太重・栗原 淳 1978. 有機物の形態と施肥窒素の行動に関する研究(第1報). 各種有機物が硫酸窒素の有機化に及ぼす影響. 土肥誌. 49 : 58-64.
 4. ———— 1978. 有機物の形態と施肥窒素の行動に関する研究(第3報). 有機構成化合物およびその組合せ施用と硫酸窒素の有機化. 同上49 : 475-481.
 5. 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. 土肥誌44:157-163.
 6. 前田乾一・鬼鞍 豊 1977. 圃場条件下における有機物の分解測定法. 土肥誌. 48 : 567-568.
 7. 志賀一一・大山信夫・前田乾一・鈴木正昭 1985. 各種有機物の水田土壌中における分解過程と分解特性に基づく評価. 農研センター研報. 5 : 1-19.
 8. 宗林 正・田中康隆 1991. 水田輪換畑における有機物施用技術(第1報). 各種有機質資材の有機・無機組成および施用後の分解生々物質がホウレンソウの生育に与える影響. 奈良農試研報 22 : 49-55.
 9. 鈴木達彦 1966. 畑土壌の微生物とその働き、土壌微生物研究会編、土と微生物、pp73-98. 岩波書店.
 10. 徳橋 伸 1978. オガクズ入り家畜ふん堆肥窒素の肥効に関する研究. 高知農技研報. 10 : 5-16.
 11. 渡辺 実・板川秀雄・矢崎仁也 1981. おがくず牛ふん堆積物の腐熟過程. 土肥誌. 52 : 339-346.
1. 早川岩夫・有沢道雄・武井昭夫 1976. 野菜に対するおがくず混合家畜ふん堆肥の利用に関する研究