

堆肥・生堆肥の特性理解し 長期的視点で使いこなす

目的に沿った利用方法と効果

帯広畜産大学
グローバルアグロメディシン
研究センター教授

谷 昌幸

たに まさゆき
1995年筑波大学大学院農学研究科修了。博士（農学）。同年帯広畜産大学畜産学部助手、2003年同大助教授、15年から現職。1968年大阪市生まれ。



年間約1800万トンの家畜排せつ物が発生

農業現場での堆肥の利用や効果を語る上では、好気的な発酵が行われた本当の「堆肥」なのか、水分が高くて好気的な発酵が進んでいないいわゆる「生堆肥」なのか明確に区別する必要がある。現場的にはどちらも堆肥と呼ばれているが、堆肥と生堆肥は特性や使い方が違う全くの別物で、こ

れらを混同しては話にならない。

北海道の家畜排せつ物の発生量は年間約1800万トで、このうち乳用牛由来が約7割、肉用牛由来が約2割と牛の排せつ物が約9割を占める。道外では豚や鶏などに由来する排せつ物も多いのに対し、道内では牛糞尿の発生量が圧倒的に多く、しかも酪農や畜産が盛んな地域に偏在しているのが特徴的である。

十分発酵させた堆肥と生の糞尿に近い生堆肥

堆肥とは、家畜糞尿などの有機性廃棄物と麦稈やおがくずなどの副資材を混ぜて水分を約60〜70%に調整して堆積し、定期的に切り返したり、通気や攪拌などをを行ったりして、好気性微生物と酸素の働きで発酵させてつくったものである（写真1右）。大切なのは「酸素」が十分にある状態をつくり出し、自然界の微生物に有機物を分解させることである。その際に発生する多量のエネルギーで60℃以上の高温となり、水分が減少するとともに、雑草の種子や病原性微生物などが死滅する。さらに、十分な発酵と腐熟を行った堆肥には、作物に対してさまざまな機能性を持つ腐植物質が生成される。

一方、生堆肥は乳用牛の糞尿の場合によく見られ、水分が約80%以上と高く、酸素が内部へ十分に供給されないため、好気性微生物が働くことができず、いく

ら切り返しても、通気しても発酵が起らない、いわゆる生の糞尿に近い状態のものである。特にフリーストール牛舎から排出される牛糞尿は、水分が高く敷料などが少ないため、いくらか堆肥盤に堆積して切り返しを行っても、好気的な発酵が起らない（写真1左）。さらに、酸素が不足しているため嫌気的な微生物によって有機物がゆっくりと分解され、硫化水素やメタンなど作物や環境に有害な物質が放出されることもある。

ただし、堆肥は良くて、生堆肥は悪いなどと区別するつもりはない。道内で使える重要な有機物資源として、それぞれの特性や効果を理解し、どのように活用するかが大切である。

堆肥と生堆肥では窒素の効果が異なる

堆肥や生堆肥を圃場に施用する場合、窒素、リン酸、カリなどの肥料成分がどのくらい効くのかを理解し、堆肥などから供給され



写真1 北海道の生産現場で施用される生堆肥（左）と堆肥（右）

る肥料分を考慮して、化学肥料の施用量を適切に減らすことが重要である。それを考慮しないと、当然のことながら養分が過剰となり、作物の生育や品質に悪影響を及ぼすこともある。

堆肥と生堆肥に含まれる肥料成分の中で、その効果が最も違うのは窒素である。家畜の糞尿には、糞由来するタンパク質、尿由来する尿素など、微生物



FOREX

十勝パーク & 馬力

有機物が豊富な堆肥で
収量アップ、品質向上を
目指しましょう。

十勝パーク1号・2号 容量:1,000Lフレコンバッグ入り(約425kg)
40L袋入り(約17kg)

1.十勝パークとは

●樹皮(パーク)に牛ふんを混合し、高温(70~80℃)になるように醗酵を促しながら、約1年間かけて作った堆肥です。

●土壌改良効果は高く、やわらかく肥えた土にします。

2.標準施用量

●普通畑・施設栽培(3~5t/10a)

3.施用効果

- 土壌の団粒化(好ましい腐植土壌へ)
- 保肥力・保水力の改善。
- リン酸・カルシウム・微量元素の吸収促進。
- 微生物の多様化による連作障害の回避。
- 根の伸長を促進。

馬力 容量:1,000Lフレコンバッグ入り(約400kg)
40L袋入り(約16kg)

1.馬力とは

●北海道日高地方で競走馬として飼育されたサラブレッドの馬ふんを高温(60~70℃)になるように醗酵を促しながら堆肥化した高品質堆肥です。

●土壌中の微生物の活動が活発になります。

2.標準施用量

●普通畑・施設栽培(1~3t/10a)

3.施用効果

- 土壌の団粒化(土がふかふかになる)
- 保肥力・保水力の改善。
- 土壌微生物の多様化による有害微生物の抑制。

FOREX 森産業株式会社

本社・土幌工場:河東郡土幌町字中音更基線168番地
TEL:01564-5-3191 FAX:01564-5-3111

<http://www.forex-mori.com>

から下層へと移動していくことで作物への生育促進効果などが期待できる。

なお堆肥には、原料である家畜糞尿、麦稈やおがくずなどには含まれない腐植物質が含まれることがあり、特に水に溶ける溶存腐植物質が多い場合は、作物の発根を促進したり、養分の吸収をサポートしたりする効果が期待できる。作物の養分ではないが、直接的あるいは間接的に作物の生育に影響を及ぼし、特に植

物や土壌により良い生理状態をもたらすさまざまな物質や微生物のことを「バイオスティミュラント」(生物刺激剤)と呼び、ヨーロッパを中心に世界的に注目されている。堆肥に含まれる溶存腐植物質も古くからさまざまな効果があることが報告されており、まさにバイオスティミュラントの一つである。

ただし、堆肥全てが機能性を持った溶存腐植物質を多く含むわけではない。堆

肥化過程で好気性微生物による温度上昇を伴う発酵(一次発酵)と、セルロースやリグニンなど難分解性有機物の緩やかな分解(二次発酵)が進むことで原料に含まれない腐植物質が生成される(17年6月号「土の力を引き出す・実践編」参照)。堆肥化とは、好気的発酵と腐熟化により原料の「腐植化」を短期間で促進する技術ともいえるが、堆肥化が全て腐植化につながるわけではない。

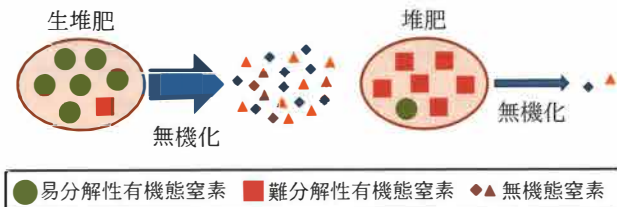
北海道十勝地域で製造された家畜糞尿堆肥42点について腐植化度を測定したところ、腐植化度は7~64の範囲で平均は19、試料により腐植化の度合いに大きな差があった(次ページ図2)。腐植化度は、堆肥からピロリン酸ナトリウム溶液中で腐植物質を抽出し、波長550nmでの吸光度を測定して求められる。これまでの研究では、腐植化度が30以上の堆肥に含まれる溶存腐植物質にバイオステイ

ミユラントとしての効果が高いことが認められている。この調査の42点の堆肥では、腐植化度が高い堆肥はたった1割ほどしかないことになる。

抽出液が黒ければ腐植化が進んでいる

堆肥の腐植化が進んでいるかどうかを確認するには、堆肥に水を加えて振り混ぜ、ろ過した液の色を見るのが一番簡単である。堆肥1に対して50倍の水を加

図1 生堆肥と堆肥に含まれる有機態窒素と無機化の違い



め、微生物によって分解されにくい難分解性有機態窒素が多量に含まれる。そのため、元のため圃場に施用しても土中の微生物による無機化はゆっくりとしか進まず、作物が吸収できるアンモニア態窒素や硝酸態窒素などの無機態窒素はわずかしか供給されない(図1)。

リン酸やカリについては、堆肥と生堆肥で窒素のよう大きな違いは見られない。特にカリは、堆肥でも糞尿でも基本的にカリウムイオンとして存在するため、その大部分は化学肥料と同等の効果が期待できる。逆に言えば、堆肥や生堆肥を多量に施用した場合、それらに含まれるカリが作物に利用できる形で供給されるため、カリウムを含む肥料を適切に減肥することや、土の交換性カリが過剰にならないよう土壌診断を定期的にチェックすることが必要となる。リン酸についても、特に堆肥では含まれるリン酸の9割以上が水溶性ないしク溶性の無機態リン酸で、作物が利用

できる可能性が極めて高いため、多量に施用した場合にはリン酸肥料を減らしていくことが必要となる。

生堆肥は春か夏に施用する生堆肥を圃場に施用する場合、易分解性有機態窒素を土の中の微生物に分解させるには高い地温が必要となる。そのため、施用する時期は春か夏が良い。施用する量は10㎡当たり4~5kgが理想で、2~3kgでは散布時にまきムラができてしまう可能性が高い(2017年7月号「土の力を引き出す・実践編」参照)。

生堆肥を10㎡当たり5kg施用すると、窒素として約15kg、リン酸として5~8kg、カリとして15~18kgが施用されることとなる。このうち窒素は60%程度、リン酸とカリは100%が肥料として効いてくるので、カリ施用量として10㎡当たり15~18kgとなり、これ以上の生堆肥を散布すると、極端なカリ過剰となってしまうので要注意

である。

施用後は、プラウなどで深い所にすき込むことは絶対に避ける。生堆肥には易分解性有機物が多く含まれるため、深さ30cm程度まですき込んでしまうと土の中で酸欠状態になり、根の生育を阻害する硫化水素などが発生してしまう危険性がある。酸素が多い深さ10cm程度までの表層に混和し、無機化されて放出される窒素を作物や緑肥などに吸収させることも窒素過剰を防ぐには重要である。

畑作の場合であれば、小麦収穫後に生堆肥を施用して表層だけに軽く混和し、えん麦などの緑肥作物を栽培して秋前に土の中にすき込むと、有機物や緑肥による土壌改良効果が期待できる。酪農や交換耕作の場合であれば、飼料用トウモロコシ作付け前に施用し、やはり表層にだけ混和して栽培するのが良い。いずれの場合にも、生堆肥から供給される肥料分を考慮し、化学肥料の施用量を最小限に抑えることが大事である。

生堆肥が土の中の微生物によって分解されることにより、土の中の微生物の活性が高まるとともに、土の中の水に溶ける有機物(溶存有機物)が増え、養分の巡りが良い土になっていく。

北海道版「土ごと発酵」と呼べる方法である。

堆肥は腐植化度により発根促進などの効果も

堆肥は、その製造過程で原料に含まれる易分解性有機物の大部分が好気性微生物によって分解されており、安定化した有機物資材になっていないので施用する時期は限定されない。施用量は10㎡当たり2~3kgが理想で、3kg以上施用するとリン酸やカリが過剰に供給される可能性が高い。施用後は生堆肥と同様、プラウなどで深い所にすき込むのではなく、深さ10cmまでの表層に混和することが望ましい。堆肥には水に溶ける腐植物質(溶存腐植物質)が多く含まれる場合があり、表層に施用すると土の中の水に溶け込み、表層

によって分解されやすい易分解性有機態窒素が多量に含まれる。そのため、元の糞尿にやや近い生堆肥を圃場に施用すると、土の中の微生物によって速やかに無機化され、作物が吸収できるアンモニア態窒素や硝酸態窒素などの無機態窒素が多量に供給される(図1)。

一方、堆肥の場合は、堆肥化の過程で易分解性有機態窒素のほとんどが好気性微生物により分解され、その一部は腐熟化に伴って腐植物質に取り込まれるた

め、微生物によって分解されにくい難分解性有機態窒素が多量に含まれる。そのため、元のため圃場に施用しても土中の微生物による無機化はゆっくりとしか進まず、作物が吸収できるアンモニア態窒素や硝酸態窒素などの無機態窒素はわずかしか供給されない(図1)。

リン酸やカリについては、堆肥と生堆肥で窒素のよう大きな違いは見られない。特にカリは、堆肥でも糞尿でも基本的にカリウムイオンとして存在するため、その大部分は化学肥料と同等の効果が期待できる。逆に言えば、堆肥や生堆肥を多量に施用した場合、それらに含まれるカリが作物に利用できる形で供給されるため、カリウムを含む肥料を適切に減肥することや、土の交換性カリが過剰にならないよう土壌診断を定期的にチェックすることが必要となる。リン酸についても、特に堆肥では含まれるリン酸の9割以上が水溶性ないしク溶性の無機態リン酸で、作物が利用

できる可能性が極めて高いため、多量に施用した場合にはリン酸肥料を減らしていくことが必要となる。

生堆肥は春か夏に施用する生堆肥を圃場に施用する場合、易分解性有機態窒素を土の中の微生物に分解させるには高い地温が必要となる。そのため、施用する時期は春か夏が良い。施用する量は10㎡当たり4~5kgが理想で、2~3kgでは散布時にまきムラができてしまう可能性が高い(2017年7月号「土の力を引き出す・実践編」参照)。

生堆肥を10㎡当たり5kg施用すると、窒素として約15kg、リン酸として5~8kg、カリとして15~18kgが施用されることとなる。このうち窒素は60%程度、リン酸とカリは100%が肥料として効いてくるので、カリ施用量として10㎡当たり15~18kgとなり、これ以上の生堆肥を散布すると、極端なカリ過剰となってしまうので要注意

である。

施用後は、プラウなどで深い所にすき込むことは絶対に避ける。生堆肥には易分解性有機物が多く含まれるため、深さ30cm程度まですき込んでしまうと土の中で酸欠状態になり、根の生育を阻害する硫化水素などが発生してしまう危険性がある。酸素が多い深さ10cm程度までの表層に混和し、無機化されて放出される窒素を作物や緑肥などに吸収させることも窒素過剰を防ぐには重要である。

畑作の場合であれば、小麦収穫後に生堆肥を施用して表層だけに軽く混和し、えん麦などの緑肥作物を栽培して秋前に土の中にすき込むと、有機物や緑肥による土壌改良効果が期待できる。酪農や交換耕作の場合であれば、飼料用トウモロコシ作付け前に施用し、やはり表層にだけ混和して栽培するのが良い。いずれの場合にも、生堆肥から供給される肥料分を考慮し、化学肥料の施用量を最小限に抑えることが大事である。

生堆肥が土の中の微生物によって分解されることにより、土の中の微生物の活性が高まるとともに、土の中の水に溶ける有機物(溶存有機物)が増え、養分の巡りが良い土になっていく。

北海道版「土ごと発酵」と呼べる方法である。

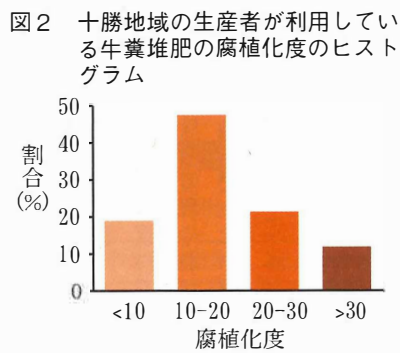
堆肥は腐植化度により発根促進などの効果も

堆肥は、その製造過程で原料に含まれる易分解性有機物の大部分が好気性微生物によって分解されており、安定化した有機物資材になっていないので施用する時期は限定されない。施用量は10㎡当たり2~3kgが理想で、3kg以上施用するとリン酸やカリが過剰に供給される可能性が高い。施用後は生堆肥と同様、プラウなどで深い所にすき込むのではなく、深さ10cmまでの表層に混和することが望ましい。堆肥には水に溶ける腐植物質(溶存腐植物質)が多く含まれる場合があり、表層に施用すると土の中の水に溶け込み、表層

え、時々振り混ぜながら一晩放置し、コーヒーフィルターなどでろ過して液体だけを取り出す。その色が真っ黒であれば、腐植化が進んでいるとともに、水に溶ける溶存腐植物質が多いと判断できる。逆に、腐植化があまり進んでいない堆肥は黄色や褐色となる（写真2）。

この黒い抽出液から分離した腐植酸やフルボ酸などの腐植物質を調べると、作物の根の発根や伸長を促進する効果が認められる。特に低温などのストレス環境下で、低濃度の溶存腐植酸が存在するとその効果が明瞭に観察できる。

また、これらの腐植酸やフルボ酸などの溶存腐植物



機能に学ぶ」という記事を書いた。その中で「腐植化の進んだ堆肥、腐葉土、ピートモスなど、フルボ酸を多く含む資材をもっと上手に活用すべき」と提案し

質は、鉄や銅など微量元素とキレートを形成することにより作物による吸収をサポートする機能（18年2月号「土の力を引き出す・実践編」参照）、作物にダメージを与える活性酸素を消去する抗酸化活性など、さまざまな機能を持っている。抗酸化活性については溶存腐植酸よりもフルボ酸

写真2 牛糞パーク堆肥から抽出した水抽出液および分離した腐植酸とフルボ酸の見た目の違い

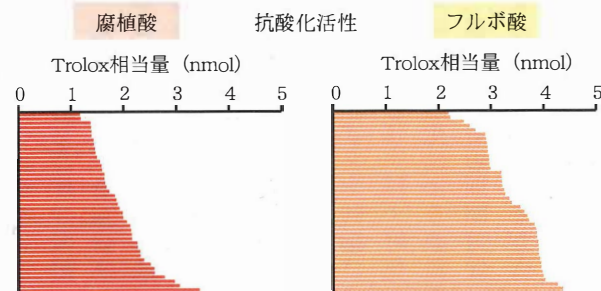


た。ただ、土を短期間で改良することは簡単ではないし、瞬間的に効果が表れる資材があるわけではない。堆肥にせよ、生堆肥にせよ、それぞれの特性を十分

でその効果が高いが、実際の農業現場でどの程度まで効果が期待できるかは未知数である（図3）。

さらに、溶存腐植物質が菌の増殖を抑える抗菌機能などを持つ場合もある。腐植酸とフルボ酸のいずれも菌の増殖を抑制する効果と促進する効果の両方が認められ、水溶性フルボ酸は菌増殖の抑制作用よりも促進作用が高い傾向にあり、全体的に効果がある万能な物質などあり得ないことを理解しておく必要がある。

図3 十勝地域の生産者が利用している牛糞堆肥から水抽出液および分離した水溶性腐植酸とフルボ酸の抗酸化活性

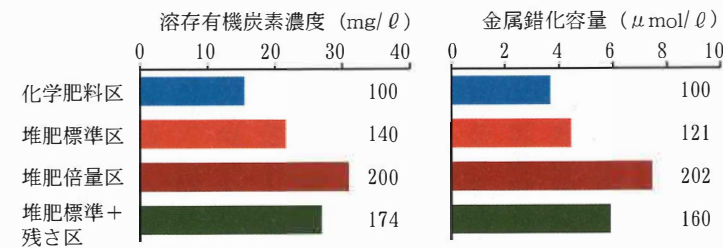


に理解し、長期的な視点で使いこなすことが必要である。適度な運動を定期的に行い、食生活にも気を配って滋養を取り、その結果とし

堆肥の効果を得るには定期的な施用が必要

堆肥は、堆肥化と腐熟化によって安定的な腐植物質を多く含む有機資材で圃場に定期的に施用することで土の中の有機物量を増やし、土の保水性や通気性などの物理性を改善したり、土の陽イオン交換容量（CEC）や緩衝力などの化学性を向上させたりするような機能が期待できる。ただ

図4 有機物連用圃場における表層土壌から水抽出した溶液の溶存有機炭素濃度と金属錯化容量



て免疫力が高い健康な体となるように、堆肥のバイオステイミュラントとしての効果は、継続的な取り組みの結果として付いてくるだけである。人気のドリンク

し、その効果は万能ではなく、どのようなタイプの土に、どのような効果を期待して、どのくらいの量と頻度で施用するかによって変わる。

20年9月号の連載（土の「基本」に立ち返る）で説明したように、堆肥を連用しても土の腐植物質を増加させCECを高めることは簡単ではない。一方、黒ボク土畑土壌で堆肥を連用すると、表層土壌から水抽出された溶液の溶存有機物濃度が著しく増加し、鉄や銅などの微量元素とのキレート力を表す「金属錯化容量」が顕著に増える（図4）。圃場に堆肥を連用したり定期的に施用したりすることで、土の中の水に含まれる溶存有機物や溶存腐植物質が増え、作物の生育を促進したり、養分吸収を支えたりするバイオステイミュラントとしての効果が発揮されることが期待できそうである。

過去の連載「土の力を引き出す」の1回目（16年4月号）で「森の土の優れたを飲んだり、評判のサプリメントを急に取ったりして一時的に元気になっても、それは見掛け倒しであって、本当の健康ではないのと同じである。」