

家畜改良センター 技術マニュアル 1

堆肥化処理の理論と実践

農林水産省 家畜改良センター

はじめに

家畜から排せつされた生ふんは水分が高く、取り扱いが煩わしいものである。また、生ふんをそのまま土壌に施用することは、作物の生育に悪影響を与えるばかりでなく、家畜に有害な病原菌や雑草を蔓延させることにもなる。

さらに、場合によっては悪臭、河川汚染、地下水汚染など周辺地域を巻き込んだ深刻な環境問題にまで発展することがある。

堆肥化とは、こうした問題を解決するため、酸素が十分に存在する状態で活躍する好気性微生物を利用して家畜排せつ物を処理する技術である。

「家畜改良センターだよりNo.21」に掲載された家畜改良センター本所の宮田雄一技官の体験記に次のような記述がある。

『堆肥を作り始めると「水分含有率が高いからどうのこうの。」と必ずいわれる。しかし、方法は違うが水中であっても酸素は送り込めるのである。それを考えれば、最初に私たちが行った副資材の投入も、水分調整のためではなく、実は堆肥の山の通気性を改善したものであったことが理解できる。水分含有率90%だからこれを70%に下げのために副資材を混合したわけではない。通気性の確保を充分に行おうとしたところ、結果的に70%になったのである。』

堆肥の見方が、「物質」から「生物」へと変化していったと前述したが、これは堆肥を生産する者の思い入れからである。好気性微生物が食物（ふん中の有機物）を食べ、呼吸し、発熱までやってくれる。「物質」であれば人為的に加工しようとするが、「生物」であれば自分の都合だけではどうにもならないことが多々あるはずである。飼育していると考えれば、餌もやらねばならないし、世話もしてやらねばならない。餌はふん中にたくさんあるはずであるが、それでも場合によっては足りないこともあり、その時は餌を追加してあげなければならない（副資材の投入によるエネルギー源の供給）。窒息しそうになれば、新鮮な空気を送り込んであげなければならない（切り返しや副資材の投入による酸素の供給）。このように、堆肥の生産（好気性微生物の育成）を行う者にとっては、あたかも堆肥を「生物」と考えた方が非常に都合がいいのである。

堆肥は生きているのである。』

これは、筆者が堆肥の山と連日悪戦苦闘したからこそコメントできる「実際に作業を行う者にとっての堆肥化技術理論」の真髄であるといえよう。

この小冊子は、家畜改良センターにおいて実際に堆肥化処理業務を行う者を対象に、基礎的な技術理論と実践方法を詳解しようと取りまとめたものである。

堆肥化とは、堆肥の山を何とかしようとするのではなく、堆肥の山の中に潜む微生物を何とかしようとする技術であることを理解していただきたい。

また、堆肥化処理業務が単なる家畜を飼うための末端処理業務ではなく、実は家畜管理及び飼料生産とともに牧場を健全に運営していく上で欠くことのできない重要な要素であることを理解していただければ幸いである。

家畜改良センター 技術マニュアル 1 目次

堆肥化処理の理論と実践

はじめに	1
------------	---

「堆肥化の技術理論」編

Ⅰ. 堆肥化の目的	5
Ⅱ. 堆肥化の条件	8
Ⅲ. 堆肥化における有機物の化学的变化	10
Ⅳ. 堆肥化における微生物の役割	14

「堆肥化の実践」編

Ⅰ. 牧場運営における堆肥化処理業務の位置づけ	20
Ⅱ. 堆肥材料の質・量の把握と調整	22
Ⅲ. 堆肥化促進のための攪拌・繰り返し作業	26
Ⅳ. ホイルローダー等による堆肥化処理業務のあり方	32
Ⅴ. 堆肥の腐熟度判定	42
Ⅵ. 堆肥の利用	46

おわりに	52
------------	----

「堆肥化の技術理論」編

I. 堆肥化の目的

堆肥化には多くの目的があるが、それらは次の三つに大別できる。

1. 作業者にとって取り扱いやすいものにする

堆肥化の第一の目的は、水分低下及び臭気成分の分解により、家畜ふんを作業者にとって取り扱いやすいものにするることである。

家畜ふんは悪臭が強く、粘性が高くて汚物感があり、作業者にとって極めて取り扱いがたいものであるが、堆肥化すれば悪臭や汚物感がなくなり、取り扱いやすい性状になる。

2. 衛生面で安全なものにするとともに雑草の種子等を死滅させる

堆肥化の第二の目的は、発酵温度により衛生面で安全なものにするとともに雑草の種子等を死滅させることである。

家畜ふんには病原菌、寄生虫の卵、雑草の種子などが含まれることがあるが、適正な堆肥処理を行えば発酵熱によって温度が上昇し、これらを死滅させることができる。

表1は、病原菌や寄生虫が死滅する温度と時間を示している。いずれも堆肥化による発酵温度（約70℃）で短期間に死滅させることができる。

また、表2は堆肥化中の牛ふん堆肥に雑草種子を埋設し、一定期間後の発芽率を調べた結果である。50℃未満の場合では大部分の種子が生き残ってしまうが、60℃で2日間埋設すれば全て死滅させることができる。

表1 病原菌及び寄生虫の死滅温度

種 類	温度(℃)	時間(分)
チ フ ス 菌	55～60	30
サルモネラ菌	56	60
	60	15
ヨ ー ネ 菌	60	30～60
	65	5
赤 痢 菌	55	60
ブドウ球菌	50	10
連鎖球菌	54	10
結 核 菌	66	15～20
ジフテリア菌	55	45
ブルセラ菌	61	3
条 虫	55～60	5
回 虫	60	15～20

表2 堆肥埋設後の雑草種子の発芽率(%)

	50℃未満	60℃ 2 日間
メ ヒ シ バ	96	0
ノ ビ エ	72	0
カヤツリグサ	56	0
シ ロ ザ	26	0
オオイヌタデ	8	0
スベリヒユ	85	0
イヌビユ	68	0
エノキグサ	7	0
クワクサ	26	0

3. 作物にとって安全なものにする

堆肥化の第三の目的は、あらかじめ易分解性物質を分解・安定化させるとともに生育阻害物質を分解して作物にとって安全なものにすることである。

未熟な堆肥を施用した場合に生じる障害の現れ方は、堆肥の原料となる有機質資材の種類によって大きく異なる。一般に家畜ふんから堆肥を製造する場合、混合する副資材の有無及び種類によって、①家畜ふんだけで製造する堆肥、②家畜ふんに牧草、麦稈、稲わら等の繊維質作物資材を混合して製造する堆肥、③家畜ふんにオガクズや樹皮（パーク）等の木質資材を混合して製造する堆肥の三つに大別することができる。

したがって、家畜ふんを製造する場合、①家畜ふん、②繊維質作物資材、③木質資材を原料資材の代表として考えればよい。

これらの原料資材から製造された堆肥を未熟なまま土壤に施用した場合の障害の現れ方及び堆肥化の目的は、次のように整理できる。

（1）家畜ふん

家畜ふんは一般的に窒素含有量が高く（C/N比が低く）、極めて分解されやすい資材である。これを堆肥化せずに施用すると、家畜ふん中に多量に含まれる各種の易分解性有機物が急激に分解し、有機態窒素の分解が激しく起こり、土壤中で無機態窒素の濃度が高くなる。特にアンモニウム態窒素の濃度が高くなると作物が生育障害を起こすことが知られている。

また、土壤中で活発な微生物活動が起こって易分解性有機物が急激に分解される際に、酸素が急速かつ大量に消費され、土壤中は還元状態になる。このような状態では、嫌気性微生物による有機物の分解が生じる結果、有機酸などの有害物質が生成され、作物の発芽を阻害したり生育を抑制することが知られている。

したがって、家畜ふんそのもの堆肥化の目的は、施用した後に土壤中で急激な有機物の分解が生じないように、家畜ふん中の易分解性有機物をあらかじめ分解しておくことである。

（2）繊維質作物資材

牧草、麦稈、稲わら等の繊維質作物資材は、一般に炭素含有量が高く（C/N比が高く）、しかも微生物に利用されやすい形態の炭水化物の含量が多い。このような資材を未熟のまま施用すると、微生物は土壤中でこれらの炭水化物をエネルギー源として利用しながら増殖し、その菌体成分を合成するために、資材から無機化されて出てくる窒素を体内に取り込む。この場合、土壤中に十分な無機態窒素があれば問題はないが、菌体合成に必要な量以上の無機態窒素が存在していなかったならば、微生物は作物が必要とする無機態窒素まで奪ってしまう。この結果、作物は窒素を吸収することができなくなり窒素欠乏症を起こしてしまう。このような現象を窒素飢餓という。

また、繊維質作物資材にはフェノール性酸が含まれており、土壤中にすき込まれた場合に作物の生育を阻害する可能性がある。

したがって、繊維質作物資材の堆肥化の目的は、窒素飢餓を起こさないように無機態窒素が十分に供給できる状況（窒素が多い家畜ふんと混合した状況）であらかじめ易分解性の炭水化物を分解しておくこと及びフェノール性酸などの生育阻害物質を分解しておくことである。

(3) 木質資材

オガクズや樹皮（パーク）のような木質資材には、作物の生育を阻害する物質が含まれていることが報告されている。このような阻害作用は、木質資材中に含まれるフェノール性酸、タンニン、精油等によって生じると考えられている。

したがって、木質資材の堆肥化の目的は、木質資材中に含まれる生育阻害物質をあらかじめ分解しておくことである。

木質資材のC/N比は極めて高い。また、木質資材にはかなりの量のセルロースが含まれているが、その大部分はリグニンと強固に結合し、あるいは一部は結晶化しているため微生物に分解され難くなっている。家畜ふんのような窒素源を加えた場合、木質資材の分解が促進されることもあるが、繊維質作物資材のような顕著な分解促進効果は見られない。

したがって、木質資材の場合、たとえC/N比が高くても窒素飢餓を起こす危険性はほとんどないと考えられる。

ただし、木質部は樹皮に比べて、また広葉樹は針葉樹に比べて多少分解しやすいことが示されており、これら比較的分解しやすい木質資材を未熟なまま施用した場合には、窒素飢餓が起こる可能性もあるので注意が必要である。

以上のように、原料資材の成分的特徴から、これらを施用した時に起こりうる障害の原因と堆肥化の目的について述べてきたが、管理の仕方によっては原料資材の種類にかかわらず堆肥化の過程で作物に対する生育阻害物質が生じることがある。原料資材を堆肥舎などに堆積する場合、切り返しなどの管理が不適切であると堆積物の内部が嫌気の状態になり、原料資材中に当初含まれていた量よりもはるかに多量の揮発性脂肪酸が生成される。

このような嫌気的部分は、そのまま堆積していただければ時間をかけても解消できず阻害性も強いままであるが、適切な管理を行って好气的条件に転じさせれば、揮発性脂肪酸やフェノール性酸は比較的すみやかに分解される。したがって、この場合の堆肥化の目的は生成された生育阻害物質を分解することである。しかし、最初から適切な管理を行って生育阻害物質を生成させないことが何よりも重要である。



写真1 堆肥散布

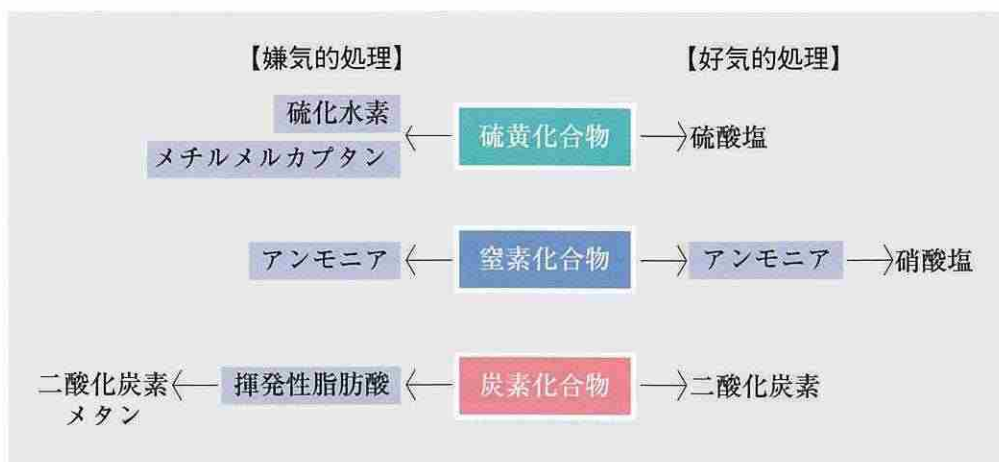
堆肥が完熟していると機械への負担が小さいため、作業効率が高く故障も少ない。また、汚物感がないため、作業者に不快感を与えない。

Ⅱ．堆肥化の条件

前述のとおり、堆肥化处理とは、好気性微生物の活動によって家畜ふんなどの堆肥原料をあらかじめ分解することにより、取り扱いを容易にし、高温発酵によって病原菌や雑草の種子などを死滅させ、作物への生育阻害作用を除去または軽減することである。

したがって、堆肥化の条件は好気性微生物の増殖に適した条件を整えることであり、その条件の主なものは、①栄養源、②温度、③水分、④酸素（空気）の供給である。なお、①～③は嫌気性微生物にも共通する条件であり、④の酸素の供給がない場合には嫌気性発酵に移行し、悪臭の発生、生育阻害物質の発生などの問題が生じるので注意する必要がある。

図1 家畜ふんの好氣的・嫌氣的処理



注： は悪臭を放つ物質であり、その他は無臭の物質である。

1. 栄養源

家畜ふん中には未吸収の栄養物が含まれている。これらは、家畜の体内である程度消化されているので分解が容易であり、微生物の栄養源として最適である。

排せつされた家畜ふんは水分と乾物から、また乾物は有機物と無機物から成り立っており、この有機物の中には易分解性有機物と難分解性有機物とがある。

堆肥化は微生物の働きによって行うものであり、微生物が活動するためのエネルギー源となる成分（炭素；C）や微生物が増殖するために菌体を構成する成分（窒素；N）が必要である。

堆肥化处理では主にこの易分解性有機物中の成分が微生物により利用される。

図2 家畜ふんの構成



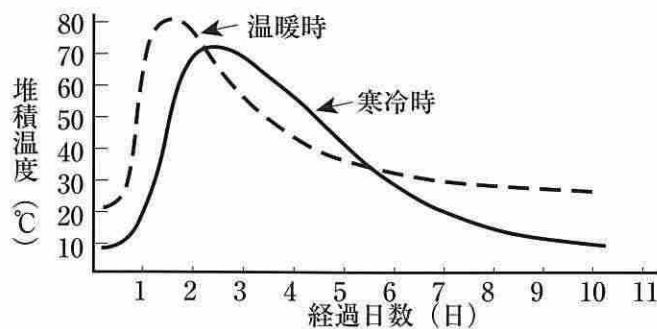
2. 温 度

堆肥化においては、易分解性有機物が好気的微生物によって分解される際に熱エネルギーが発生する。その結果、発酵熱が蓄積し、管理が適切であれば堆積物の温度は70～80℃程度まで上昇する。この発酵熱は引き続き好気性微生物の活発な活動を促すことにも役立っている。

微生物の活動は外気温の影響を受けやすく寒冷期には低下する。しかし、極端な低温でなければ、堆肥化初期の発酵温度の立ち上がりは多少遅れるものの、速効性の栄養源となる副資材の投入や放熱を少なくするための繰り返し頻度の見直しなどにより十分堆肥化は可能である。

ただし、極度の低温のために発酵温度の立ち上がりが全く不可能な場合は、温風を通気して微生物が活動を始めるまで加温することなどの工夫が必要な場合もある。

図3 環境温度が異なる場合の堆積温度の経過



3. 水 分

微生物は乾燥状態に弱く、堆肥資材の水分が40%以下になるとその増殖が抑制される。一方、高水分状態では増殖が盛んになるが、酸素の供給が十分であれば堆肥化に好ましい好気性微生物が活動し、酸素の供給が不十分であれば堆肥化に好ましくない嫌気性微生物が活動する。

一般に堆肥化する場合、堆肥資材の水分は60～65%程度が適当といわれている。これは、正確には、好気的微生物が必要とする十分な水分を供給しつつ、併せて酸素を供給できる空隙が堆肥資材中に適度に存在している場合、結果として水分が60～65%程度になっていたということであり、単に水分を60～65%程度にすると良いというわけではない。

例えば、堆肥資材の水分が60～65%程度であっても、高水分の堆肥資材を搾って水分を60～65%程度にしたのでは、酸素を供給する空隙が確保できていないため、好気性微生物の活動は期待できない。また、水分調整のため乾燥した副資材を混合して水分を60～65%程度にしても、副資材の粒子が小さい場合には酸素を供給する空隙を埋めてしまうので好気性微生物の活動は期待できない。

このように、水分含有率は堆肥資材の状況を把握するための重要な指標ではあるが、数値のみにとらわれるのは危険である。

4. 酸素の供給

堆肥化は好気性微生物の働きを活用する技術であることから、酸素の供給が不可欠である。従って、堆肥資材の通気性を確保し、繰り返しなどによって十分な酸素を供給することが必要である。

酸素を供給できない状態で堆肥資材を長期間放置しておくと、嫌気性微生物が増殖し、徐々に家畜ふん中の有機物が分解され、堆肥化処理時の熱源が減少する。また、このような条件下では、嫌気性微生物の働きによって生育阻害物質が生産され、臭気もひどくなる。

Ⅲ．堆肥化における有機物の化学的变化

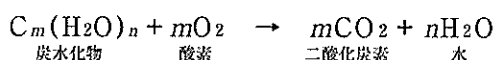
1. 堆肥化における化学反応

堆肥資材中の堆肥化可能な有機物は、炭水化物、脂肪及び蛋白質である。これらの有機物は、堆肥化の過程において好機条件の下で微生物により分解されたり、生物体に合成される。

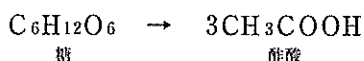
このような有機物が分解・合成する化学反応は、簡略化すると次のようになる。

(1) 炭水化物の分解

炭水化物は $C_m(H_2O)_n$ の形で表され、次の反応式のように酸素と反応して最終的には二酸化炭素と水とに分解される。この反応は、燃焼と同じであるが、堆肥化の場合は、生物が有する酵素が触媒として働いて低温で反応が進む。

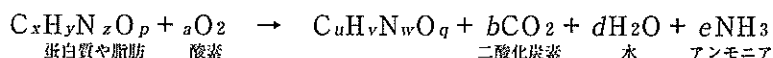


堆肥資材中への酸素の供給が不足して嫌機的な状態になると、次の反応式に示すように、有機酸が生じて pH が低下する。pH が低下すると反応速度は小さくなり、pH が 5 以下になると反応はほとんど停止してしまう。



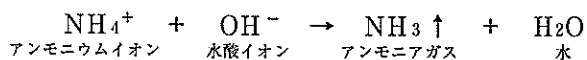
(2) 蛋白質及び脂肪の分解

蛋白質や脂肪は次の反応式のように分解して分子量の小さな物質になり、同時に二酸化炭素、水及びアンモニアを生じる。



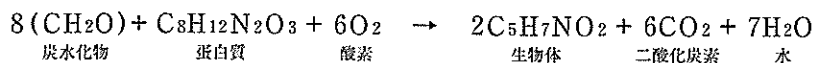
ここで生じたアンモニア NH_3 は水に溶けて水酸化アンモニウム NH_4OH になり、堆肥資材の pH を高める働きをする。このような反応により堆肥資材が弱アルカリ性になれば、堆肥化の速度が高まることとなる。

堆肥資材の pH があまり高くなりすぎると堆肥化の速度が低下することが知られているが、堆肥資材中では次の反応式に示すように、水に溶けていたアンモニウムイオン NH_4^+ はアンモニア NH_3 になって気散するので、堆肥資材の pH が 10 以上になることはほとんどない。



(3) 生物体の合成

生物は有機物を取り込んで自分の体を合成して増殖する。このとき好気性生物は次の式のように酸素を取り込み、二酸化炭素と水とを合成する。生物体を構成する蛋白質を合成するには、炭素のほかに窒素、リン及び微量元素を必要とするが、この反応式では生物体を $C_5H_7NO_2$ と簡単に表し、リンや微量元素については省略している。

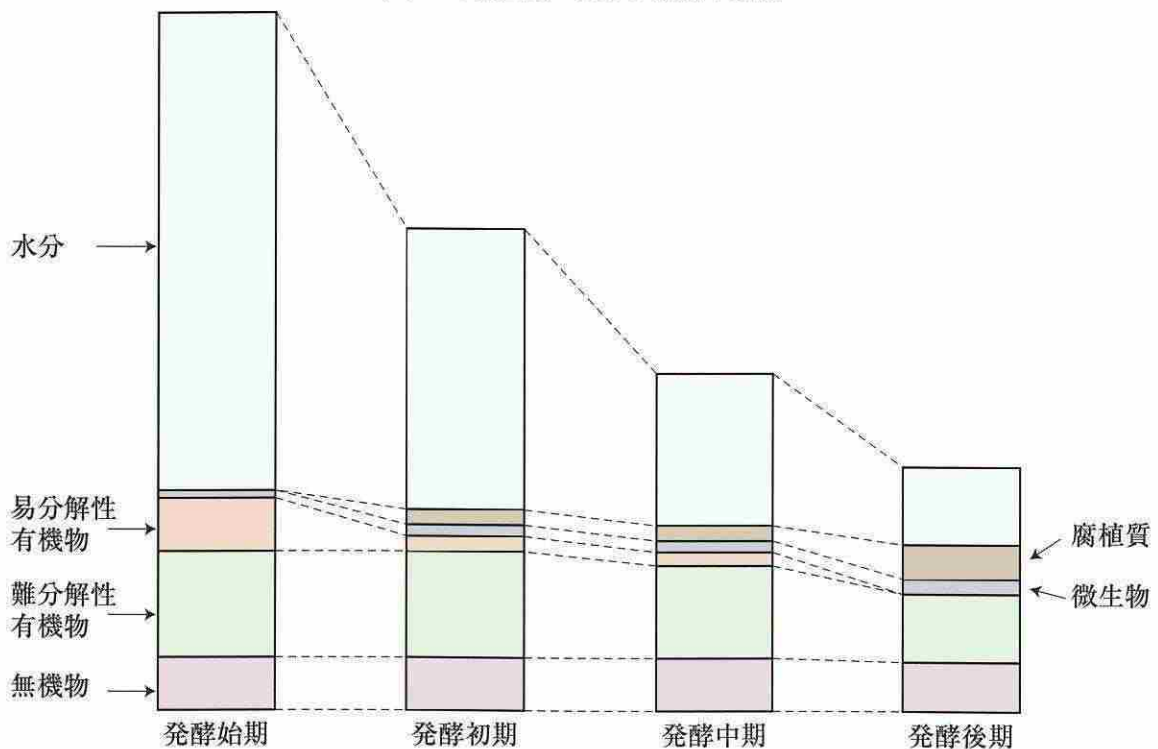


2. 堆肥化における組成変化

前述のように、堆肥化の過程において生分解可能な有機物は分解され、その一方で生物体の合成が行われる。

この場合、堆肥化の到達目標とは、「I. 堆肥化の目的」で説明したように、長期間の処理を行って有機物の大部分を分解し、ほとんど不活性に近い状態にすることではなく、作物に生育障害を起こさないで地力を維持し、作物の生産性を高めるような成分組成を持つようにすることまでである。したがって、堆肥化の過程で分解されるのは主に易分解性の有機物であり、その組成変化を図示すると図4のようになる。

図4 堆肥化における組成の変化



- 発酵初期** 分解しやすい有機物が好気性微生物の働きにより急激に分解される。
また、この際に発生した発酵熱により水分が蒸散する。
- 発酵中期** 大部分の分解しやすい有機物が好気性微生物の働きにより分解され、一部の分解しづらい有機物も分解される。
また、この際に発生した発酵熱により水分がさらに蒸散する。
この時期が、概ね「完熟」に相当する。
- 発酵後期** 分解しづらい有機物が好気性微生物の働きによりさらに分解される。
難分解性有機物の分解速度は易分解性有機物の分解速度に比べかなり緩慢である。
また、この際に発生した発酵熱により水分がさらに蒸散する。
一方、動植物遺体に由来する腐植質が増加する。
この時期は、切り返し後にストック場所で堆積されている状態に相当する。

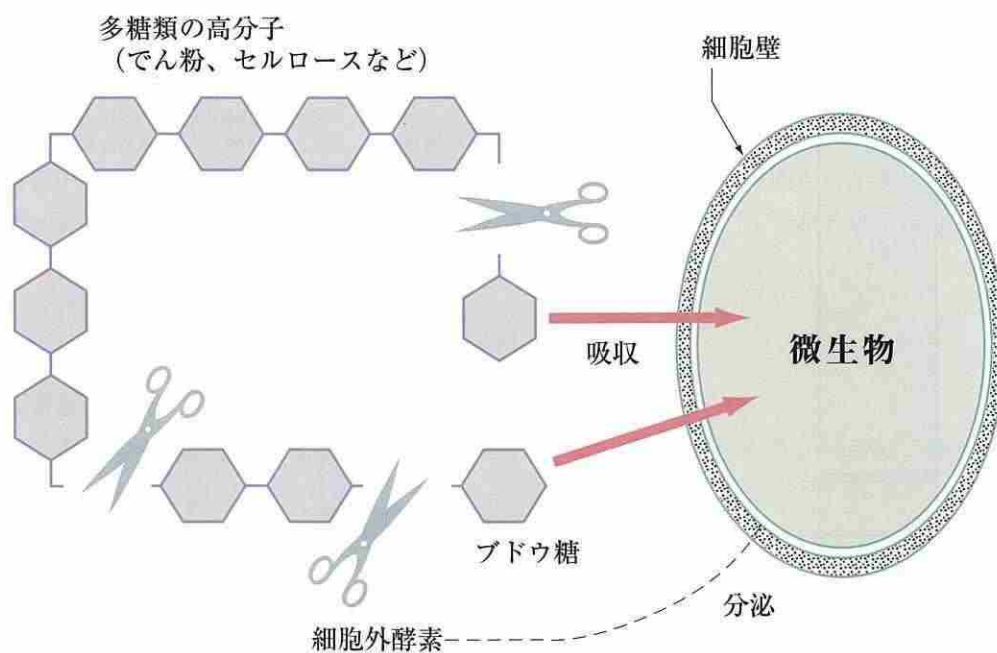
3. 微生物による有機物の分解・吸収機構

堆肥化の過程で働く主な微生物は、細菌、放線菌、糸状菌等である。

これらの微生物は、植物と同様に外側が堅い細胞壁で囲まれており、無機物やブドウ糖、アミノ酸などの低分子有機物はそのまま細胞壁を通して体内へ吸収できるが、堆肥資材中の大部分を占める高分子有機物はそのまま体内へ吸収できない。

このため、これら微生物は高分子有機物を分解するための酵素を細胞壁を通して対外へ分泌し（これを「細胞外酵素」という）、ブドウ糖やアミノ酸などの低分子有機物に分解した後で体内へ吸収している。

図5 微生物による有機物の分解と吸収



Ⅳ．堆肥化における微生物の役割

堆肥は、目に見えない細菌、放線菌、糸状菌や小動物など微小な生物の活発な活動によってつくられる。堆肥づくりのための微生物は、大部分が好気性の微生物であり、種類の異なる数多くの微生物が一定の法則をもって、現れては消えてゆく。堆肥化は、微生物的には3つの段階に分けて考えることができる。それは、堆積初期の糖分解期、発熱期のセルロース分解期、堆肥の温度が下がったところ起こるリグニン分解である。

1．糖分解期

堆肥資材中のタンパク質、アミノ酸、糖質などが分解される時期である。この時期は、好気的な分解であり、発育の速い糸状菌や細菌が主となって活動する。この過程で微生物の盛んな呼吸による熱が発生し、堆積物の温度は上昇する。

2．セルロース分解期

次の段階はセルロース分解期である。セルロース分解が堆肥化の主たる役割であるが、セルロースはリグニンやヘミセルロースで保護されるような状態になっているため、これらを除去する必要がある。なかでもヘミセルロースは、セルロースとリグニンの結合組織的役割をもっているため、これを効率よく分解する必要がある。

このセルロース分解期は発熱期であり、堆肥の温度は60～80℃になっている。このため一般の菌は活動できず、ごく限られた種類の高温菌が働く。

高温性好気性の放線菌（テルモアクチノミセスなど）が働いてヘミセルロースを分解し、セルロースをむき出しにする。このとき、酸素を盛んに吸収して自分のまわりに酸素不足の環境をつくる。そこに嫌気性のセルロース分解菌（クロストリジウム）が働く。堆肥化は全体としては好気的条件下で進行するが、このように部分的には嫌気性菌も役割を担っている。

ヘミセルロースやセルロースの分解がピークを超えると、堆肥の温度はゆっくりと下がってくる。このころからリグニン分解が始まり、次の段階へ入る。

3．リグニン分解期

これは堆肥の骨格が分解する時期であり、堆肥は黒褐色の壊れやすい性状となる。リグニン分解は、主として糸状菌の仕事であるが、この時期はセルロースなどの中間分解物も多く、堆肥の温度も低下しているため、他の微生物も非常に多くなる。多くの微生物が現われると、それを食べる小動物が現われ、さらにトビムシやミミズも見られるようになる。このように多くの微生物がこの時期に現われては死ぬ。さらに微生物同志の食いあいもある。こうして微生物の遺体が蓄積され、この微生物の遺体がやがて堆肥の窒素成分の大部分を占めるようになる。

以上のように、易分解性物質→ヘミセルロース・セルロース→リグニンの順序で分解され、それに携わる微生物もそれぞれに適合したものに変化している。すなわち、堆肥は単一種の微生物によってでなく、多くの種類の微生物によってつくられているのである。

図6 堆肥化過程における微生物相の変化

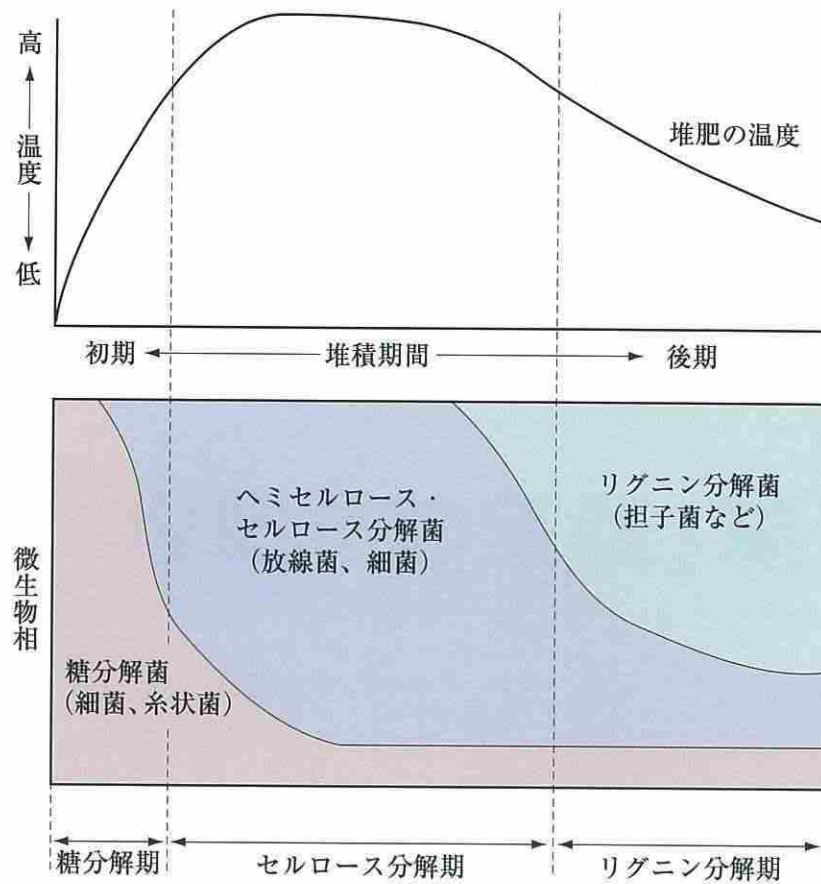


写真2 放線菌の層

堆肥が良好に発酵していると、酸素が豊富な表層部に白い放線菌の層を見ることができる。

「堆肥化の実践」編



写真 3 堆肥舎の全景

作業現場の汚れた環境は、作業者に不快感を与え、仕事への意欲を失わせる。

堆肥を処理する作業現場の環境は、常に綺麗でありたい。

I. 牧場運営における堆肥化処理業務の位置づけ

まず、堆肥化処理業務は、深刻化する畜産環境問題への対応策としてとらえなければならない。

これまでの大部分の牧場は、市街地から離れた場所に位置していることもあり、家畜ふん尿が牧場周辺の環境へ及ぼす影響をあまり気にしてこなかった。また、問題が発生しても悪臭の飛散など牧場周辺のごく一部の地域に限られるものであった。さらに、牧場周辺の住民も長年の慣習から多少の家畜ふん尿による問題は容認してきた。

しかし、最近の家畜ふん尿に起因する環境問題は、次のように随分と様相を変えてきている。

- ①牧場周辺に市街地などから新たな住民が転入してきており、これまで容認されてきたことであっても、こうした新たな住民からは問題として指摘されるようになってきている。
- ②河川や地下水の汚染により、問題が広域化している。
- ③家畜ふん尿が、人体に危害を与える大腸菌O-157やクロプトスポリジウムなどの病原性微生物の感染源とみられている。
- ④一般的な傾向として、国民の衛生意識が従来から比べるとかなり高まっており、一部には過剰とも思える状況になっている。

このようなことから、家畜ふん尿を適切に処理できなければ、牧場は多くの一般住民からの非難を受けることとなり、場合によっては牧場そのものの存在が危うくなる恐れがある。

したがって、これからの堆肥化処理業務は、牧場が地域の中で存続していくための必要条件として考えなければならない。

つぎに、堆肥化処理業務は牧場の業務全体を改善していく上での重要な業務としてとらえなければならない。

これまでの牧場における堆肥化処理業務には、単なる末端処理というイメージがあった。これは、家畜ふん尿を「飼料を生産し、家畜を飼養した結果、最終的に生じる必要悪」という考え方をしてきたためである。

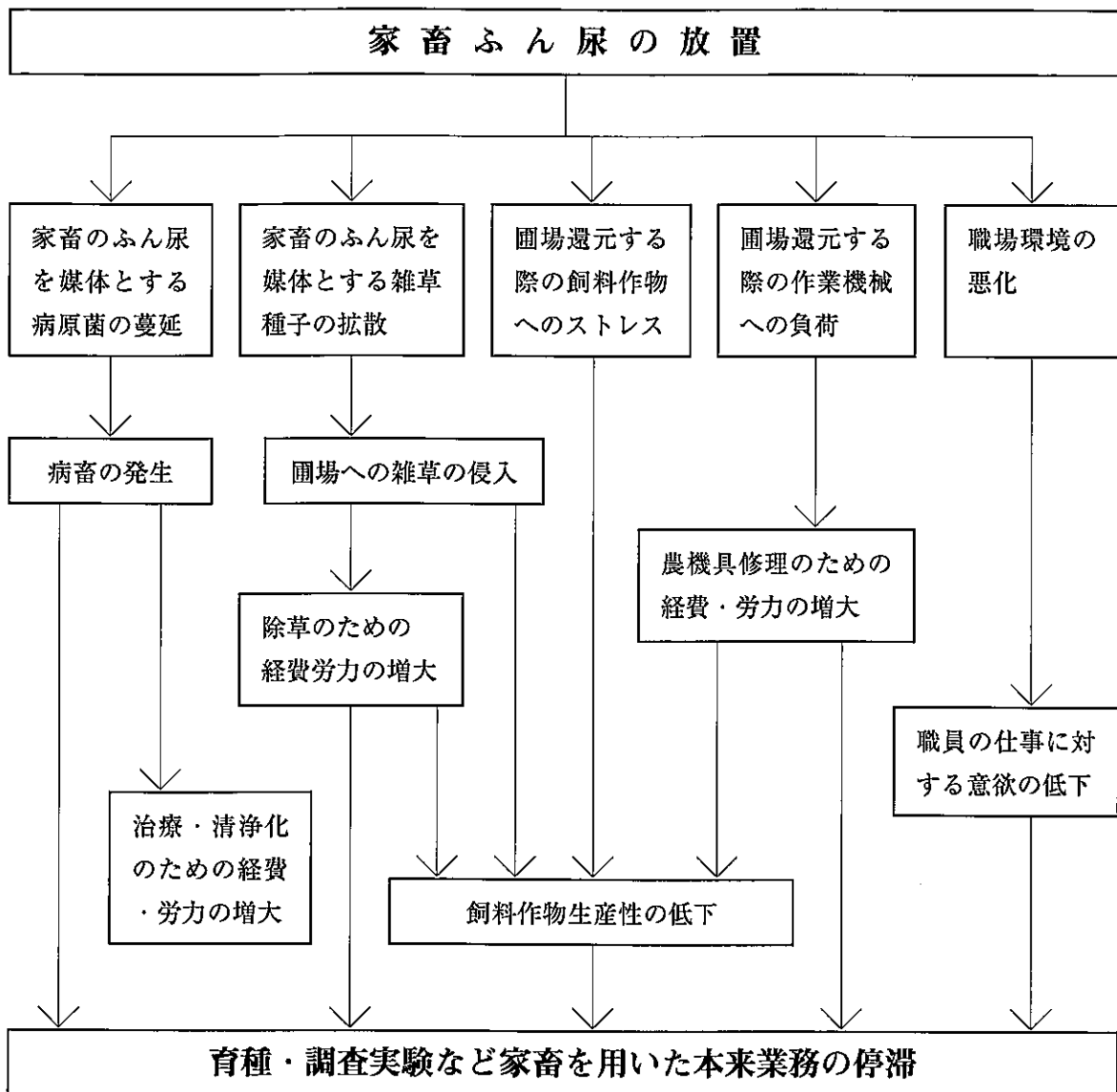
堆肥化処理はとても煩わしい作業であり、できればあまり関わりたくない業務として誰からも見られてきた。また、広大な敷地を有する牧場では、周辺住民との距離が確保されているため、堆肥の山を放置しておいても取り立てて問題視されることがなかった。

このため、堆肥化処理業務は、家畜の飼養管理業務、飼料生産業務、治療・防疫業務とは異なり、必ずしも牧場運営にとって不可欠なものとは考えられてこなかった。

しかし、こうした考え方が、図7に示したように牧場を運営する上で様々な問題を生じ、結果として育種業務や調査実験など家畜を用いた本来業務の停滞を招く一因となっていた。

したがって、堆肥化処理業務は健全な牧場運営を行うため、家畜の飼養管理業務、飼料生産業務、治療・防疫業務と同等のウエイトをもって取り組まねばならない重要な業務として考えなければならない。

図7 家畜ふん尿の未処理が牧場の業務に及ぼす悪影響



Ⅱ．堆肥材料の質・量の把握と調整

前編では、堆肥化処理の技術理論を説明してきたが、これらを理解したからといって、いきなり成果を期待できるものではない。実際に作業を行って成果を出すためには、あらかじめ準備しておかねばならない事項がある。

ここでは、より効果的に作業を進めるための準備作業について説明する。

1．堆肥材料の量の把握

堆肥化を計画的に行う場合、あらかじめ

- ①どの程度の量の堆肥材料（家畜ふん尿、敷料、副資材等）が発生するのか。
- ②堆肥化の過程でどの程度の減耗（水分の蒸散、有機物の分解等）が見込めるのか。
- ③どの時期にどの程度の堆肥の利用（圃場還元、戻し堆肥等）が見込めるのか。

を把握しておく必要がある。

堆肥化過程におけるおよその量の変化を見込んでおくことは、限られた施設で計画的に作業を行ううえで重要なことである。

特に、施設整備や機械導入をしようとする場合、この点を十分に検討しておかなければ設備不足や過剰投資を招く恐れがあるので注意する必要がある。

実際の現場では、ダンプトレーラーなどで運搬する際に、その容量からおよその発生量が把握できるのでチェックしておくといよい。また、ホイールローダーなどのバケットの容量でチェックする方法もある。こうした機材の容量から判断することができない場合には、下表のような数値を推定の算出根拠として用いることができる。ただし、最近では家畜の大型化や飼料効率の向上などから必ずしもこの数値が当てはまるわけではないので、あくまでも参考程度に止めておいた方がよいと思われる。

表3 家畜のふん尿排せつ量

畜 種	体 重 (kg)	1 日 1 頭羽あたり排せつ量(kg)		
		ふん	尿	
乳用牛	搾乳牛	700	50	15
	乾乳牛	550～650	21	6
	育成牛	40～500	16	7
肉用牛	2 歳未満	200～400	16	7
	2 歳以上	400～700	18	7
豚	子 豚	3～ 30	0.5	1.0
	肥育豚	30～110	1.9	3.8
	繁殖豚	150～300	3.0	7.0
採卵鶏	成 鶏	100 g		
肉用鶏	成 鶏	87 g		

2. 堆肥材料の質の把握と調整

堆肥化は堆肥材料がどのような状況であっても容易に行えるわけではない。場合によっては、何らかの方法により堆肥材料の質を調整する必要もある。したがって、処理前にあらかじめ堆肥材料の質について把握しておく必要がある。

この場合、チェックしておく項目には次のようなものがあげられる。

(1) 水分と通気性

技術理論編で述べたように、微生物は乾燥状態に弱く、堆肥材料の水分が40%以下になるとその増殖が抑制される。一方、高水分状態では増殖が盛んになるが、酸素の供給が十分であれば堆肥化に好ましい好気性微生物が活動し、酸素の供給が不十分であれば堆肥化に好ましくない嫌気性微生物が活動する。

一般に堆肥化する場合、堆肥材料の水分は60～65%程度が適当といわれている。ただし、これは前述のように、十分な水分を供給しつつ、併せて好氣的微生物が必要とする酸素を供給できる空隙が堆肥材料中に適度に存在している場合、結果として水分が60～65%程度になっていたということであり、単に水分を60～65%程度にすると良いというわけではない。

したがって、堆肥化処理を行う前に、堆肥材料中に水分と通気性が十分に兼ね備えられているかをチェックし、場合によっては改善する必要がある。

実際の現場では、水分は簡易水分計を用いて容易に把握することができる。

通気性は簡単に把握することが困難であるが、ある程度経験を積み、見た目や手に取った感触からその良し悪しを判断することができる。また、容積比重を通気性の目安とすることができるので活用するとよい。

この場合の容積比重は、0.5kg／リットル以下が望ましいとされている。

因みに家畜改良センター本所では、切り返しを行うたびに堆肥舎内で4リットルのプラスチック容器に堆肥材料を入れ、上皿秤で秤量し容積比重を算出している。

なお、牧場で見られる水分や通気性に関する代表的な問題の改決策には、次のようなものが考えられる。

① 水分が高く通気性に乏しい堆肥材料の場合

フリーストールから搬出される更褥物のように水分がかなり高く通気性に乏しい堆肥材料の場合には、次のような水分が低く通気性を確保しやすい副資材を添加すると効果がある。

【モミガラ】

未粉碎のモミガラは吸水性が良くないが、通気性を改善させる性質がある。一方、粉碎したモミガラは逆の性質を持っており、吸水性は良くなるが、通気性の改善は期待できない。

なお、未粉碎の場合であってもモミガラの堆肥化は十分可能であるとされている。

【乾牧草等】

乾牧草、麦稈、稲わら等の繊維質作物は、細断してもモミガラより通気性改善の効果が高く、有効な資材である。

【オガクズ】

オガクズは吸水性・保水性に富んでおり、家畜ふんに比較して分解速度は遅いが、その乾物分解による発生熱エネルギーで原料資材中の水分を蒸発させる利点がある。しかし、オガクズは作物の生育阻害物質を含有している場合があり、これらの分解に長期間が必要となるなどの問題点がある。また、粒子が細かいものは通気性を悪化させることがあるので注意する必要がある。

【戻し堆肥】

最近、堆肥化処理が完了した堆肥を副資材に用いる戻し堆肥という方法が実施されている。これには、堆肥材料の水分調整のみならず、既に繁殖した微生物の活用という一面もある。

なお、家畜ふんのみの戻し堆肥は粒子が細かいため、多量に添加した場合には通気性が低下するおそれもあるので注意が必要である。

また、畜舎によっては、次のようにその構造上の問題から更褥物の水分が高く、堆肥化処理を著しく困難にさせているものもある。

- 換気性が悪いため、床が乾きにくい。
- 給水器の配置が悪いため、零れ水が更褥物と混ざってしまう。
- 雨水が更褥物と混ざってしまう。

こうした構造上の問題を持つ畜舎は、所要の改修を行う必要がある。

また、畜舎を新設する際には、こうした過ちを繰り返さないように、設計段階で十分考慮する必要がある。

②水分が低い場合

一方、乾牧草などの敷料を多く含む更褥物のように水分がかなり低い堆肥材料の場合には、尿汚水などを添加することにより水分を補給する必要がある。また、この場合は後述するようにC/N比が高いため、窒素源の添加を伴わなければならないこともある。

牧場によっては、畜舎環境を少しでも良くしようと考え、大量に生産される乾牧草を敷料として糞尿に利用している場合が見られる。しかし、こうして得られた敷料を大量に含む更褥物は、水分が低く、C/N比が高いため、水分や窒素源を添加するという煩雑な作業を行わなければ適正に処理できないことがある。また、処理を要する更褥物そのものの発生量が無闇に増やし、余計な作業を作っていることにもなる。

畜舎環境の問題は、安易に敷料を大量に用いるのではなく、畜舎の構造そのものの改修を含めて検討すべきである。

(2) C/N比

堆肥化処理は微生物の働きによって行うものであり、微生物が活動するためのエネルギー源となる成分（炭素；C）と微生物が増殖するために菌体を構成する成分（窒素；N）の適切なバランスが必要である。

一般に、堆肥原料のC/N比が低いほど（相対的に窒素が多いほど）分解しやすく、高いほど（相対的に窒素が少ないほど）分解しづらいといわれており、実際の現場ではC/N比を30以下に調整しておく必要がある。

敷料を大量に用いた更褥物などC/N比が高い堆肥材料を処理しようとした場合、成分調整を行わねばならないこともある。

この場合、鶏ふんや硫酸などの窒素源を添加してC/N比を調整する方法もあるが、前述のように無闇に敷料を大量に使用しているのであれば、畜舎環境の改善策（例えば、換気性を高めるための改修、直下式ファンの設置など）を併用しつつ敷料の利用量を抑えるなどの方策をとる必要がある。

なお、主な原料資材のC/N比の目安は、次のとおりである。（ただし、資材中には微生物が利用しやすい易分解性部分と利用しづらい難分解性部分があるので注意を要する。）

(参 考)

各種資材のC/N比

牛 ふ ん	=	15～30（C/N比は粗飼料給与量が少ないほど低い）
豚 ふ ん	=	10～15
鶏 ふ ん	=	10以下
稲 わ ら	=	50～70
麦 稈	=	70～100
糊 が ら	=	60～72
オガクズ	=	200～1,500

Ⅲ． 堆肥化促進のための攪拌・切り返し作業

1. 攪拌・切り返しの効果

好気性微生物の増殖には酸素の供給が不可欠である。したがって、堆肥化を促進するためには、適度の攪拌または切り返しによって均一に堆肥中へ酸素を供給するとともに、余分な水分を蒸散させて通気性を高めることが必要である。

ただし、攪拌または切り返しを行った直後は一時的に堆肥材料の温度が低下する。これは材料中の内部に蓄積された熱エネルギーが飛散してしまうためであり、過度の攪拌または切り返しは逆に堆肥化を抑制する結果にもなるので注意しなければならない。

堆肥舎で行われている攪拌・切り返しは、一般にホイールローダーやフロントローダーを装備したトラクター等を用いて行われている。しかし、畜産農家の実態を見てみると、かなりの労力を必要とすることから1ヶ月に1回程度の作業に止まっているのが通例であり、その結果、堆肥化処理に長期間を要することとなっている。原料資材の状況、堆肥舎の規模、機械装備、気象条件等にもよるが、短期間に確実に処理しようとするならば、特に堆肥化初期には攪拌・切り返しをできるだけ頻繁（3日間に1回程度）に行うことが効果的である。



写真4 切り返し作業

切り返しの目的は、堆肥中へ酸素を送り込むと同時に、余分な水分を蒸散させることにある。

発酵状態がよいと、切り返す度に白い蒸気が立ち上がる。

2. 攪拌・切り返し方法の採用

これまで、堆肥化处理といえば、一般に堆肥舎や堆肥盤でのホイルローダー等による切り返しが行われてきた。

この方法は、堆肥材料の量がそれほど多くなく、担当者に技術力（知識及び機械の操作能力）が備わっていたならば、最も確実な方法ではある。

しかし、ホイルローダー等による切り返しは、①他の方法と比較すると作業効率が低く、多大な労力を要する。②ホイルローダーは飼料生産等他の業務と競合する。等の問題がある。

また、ホイルローダーで大量な堆肥の処理を行おうとすると、大規模な堆肥舎、大型ホイルローダー、大型ダンプトラックの整備のため、発酵堆肥舎の整備よりもコストが嵩むこともある。

表4に代表的な堆肥化处理方法を取りまとめた。この表を参考に各牧場に相応しい方法を検討していただきたい。

なお、一概には言えないが、多頭数の牛を飼養している牧場にあつては、発酵初期は堆肥材料の質の調整が行いやすい「ホイルローダーによる切り返し」を採用し、発酵中期からは、ロータリー式発酵処理施設を採用することが望ましいと考えられる。

また、中小家畜を多頭羽数飼養している牧場にあつては、牧場周辺への臭気の問題がなければロータリー式発酵処理施設を、牧場周辺への臭気の問題があれば密閉式発酵処理施設を採用することが望ましいと考えられる。

表4 堆肥化处理方法の比較

区 分		堆肥舎	発酵堆肥舎	
			開放式	密閉式
特 徴	処理労力	多 い	少ない	少ない
	施設必要面積	大きい	大きい	小さい
	処理に要する期間	長 い	中くらい	短 い
	副資材添加	必要性	場合によってあり	な し
		作業性	容 易	途中から添加は困難
	太陽熱	利用した方が良い	利用した方が良い	利用する必要なし
利 用 状 況	畜 種 別	悪臭対策の難易	困 難	容 易
		酪 農	◎	○
		肥 育	◎	○
		養 豚	○	○
	規 模 別	養 鶏	△	◎
		大規模	△	○
		中規模	△	○
		小規模	○	△

（注）利用状況の欄の記号の意味は次のとおりである。

◎・・・多く利用されている。 ○・・・利用されている。

△・・・一部で利用されている。 ×・・・ほとんど利用されていない。

3. 施設設計の留意事項

密閉式発酵堆肥舎の施設整備についてはメーカーに委ねるところが大きいですが、堆肥舎及び開放式発酵堆肥舎の施設整備については設計を担当する職員に委ねられるところが多い。

そこで、次に堆肥舎及び開放式発酵堆肥舎の施設整備について、留意すべき事項を挙げておくので参考にさせていただきたい。

(1) 堆肥舎の場合

① 設置方向

太陽熱を十分に利用するため、開放面は南向きとする。

② 屋根

屋根材は、太陽熱を十分に利用するため、透明ポリカーボネイトまたは透明強化プラスチックを用いる。透明ポリカーボネイトは、強度及び光の透過性から見て最も適した材質であるが透明強化プラスチックよりも高価であることが難点である。

屋根はホイルローダーの作業性を考えると高いほど良いが、あまり高すぎると雨の降り込みがあるので注意を要する。

③ 壁及び柱

大型ホイルローダーによる作業を行うことから、腰壁は比較的強度が必要である。また、作業をしやすくするためにスペースを広くとるため、余計な柱や壁は少ない方がよい。

④ エプロン

堆肥舎の前面は泥濘化しやすいので、ホイルローダーによる作業スペース分のコンクリートエプロンを確保する必要がある。

(2) 開放式発酵堆肥舎の場合

① 攪拌機

機種は、ロータリー式とスクープ式がある。スクープ式は攪拌効率は高いが、機械の故障が多く、メンテナンスが大変なので避けるべきである。ロータリー式は、未分解の乾牧草が絡むこともあるが、故障が少なく、メンテナンスも容易なので推奨できる。なお、これらの攪拌機に詳しい取り扱い業者は、必ずと言っていいほどロータリー式を勧めている。

メーカーは多々あるが、ロータリー式についてはほとんど差が見られない。したがって、メーカーを選択する場合は、価格やアフターケア（電話1本で対応できる体制）がポイントとなる。規格は、各メーカーとも、およそ攪拌幅3～6m、攪拌深度0.3～1.5mである。

② 発酵槽の大きさ

発酵槽の深さは、堆肥材料が発酵初期～中期であり確実な発酵を求める場合には、比較的深い1.0m程度のものがよい。一方、堆肥材料が発酵後期であり乾燥を併せて狙うのであれば比較的浅い0.3～0.5m程度のものがよい。

なお、最近の酪農や肉用牛経営では、図8のように、深さ1.0m程度の発酵専用施設と深さ0.3m程度の乾燥専用施設を併設し、戻し堆肥を有効に利用している事例が見られる。

発酵槽の幅と長さは、毎日投入する堆肥材料の量及び水分、搬出する際の目標水分、地域ごとの気象条件、施設の被服材の材質等から算出される。この計算については各メーカーがそれぞれ設計プログラムを持っているので依頼するとよい。

③施設の骨格

基本的に簡単に壊れないものであれば何でもかまわない。過剰投資を避けるため、できれば軽量鉄骨ハウス材や園芸用パイプハウス材を用いることを勧めたい。

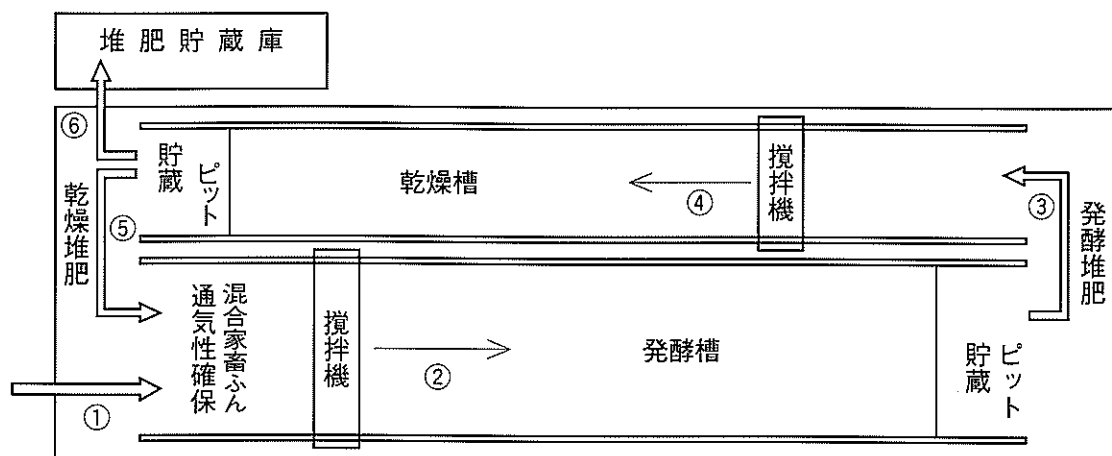
一部のメーカーでは、専用ハウスを取り扱っているので参考にするとよい。

④施設の被服材

太陽熱を十分に利用するため、堆肥舎の屋根材と同様に、透明ポリカーボネイトまたは透明強化プラスチックを用いるとよい。

ただし、ハウスの場合には、被服材の張り替えが比較的容易であり、堆肥舎ほど強度が必要なわけでもないので、園芸用ビニールを利用することも可能である。園芸用ビニールといえども、最近の商品はかなり強度があること、太陽熱の利用から見ると透明ポリカーボネイトや透明強化プラスチックに比べて効果が高いこと、割安であること等から利用価値は高いので検討してみるとよい。

図8 2槽式発酵堆肥処理施設



- ①畜舎から発生した家畜ふんを発酵槽へ投入する。
- ②適度に攪拌機で攪拌しながら、少しづつ矢印の方向へ移送する。
- ③貯蔵ピットに貯まった発酵堆肥を乾燥槽へ投入する。
- ④頻繁に攪拌機で攪拌しながら、矢印の方向へ移送する。
- ⑤貯蔵ピットに貯まった乾燥完熟堆肥の一部を調整副資材として発酵槽へ投入する。
- ⑥貯蔵ピットに貯まった乾燥完熟堆肥の一部を堆肥貯蔵庫にストックする。



写真5 ロータリー式攪拌機

ロータリー攪拌機

シンプルな構造であり、取り扱いやすく、メンテナンスをほとんど要しない。



出口から見た発酵槽の全景

発酵槽の中の堆肥は、攪拌されながら数ヶ月間かけて少しずつ出口へ向かって移動する。

処理前の堆肥

発酵槽の入口付近の堆肥は、水分が高く、塊状であり、敷料である乾牧草の形状がはっきりと見える。

処理後の堆肥

発酵槽の出口付近の堆肥は、水分が低く、粒状であり、敷料である乾牧草の形状がほとんど見えない。



写真6 スクープ式攪拌機

攪拌能力は高いが、機械の構造が複雑であり、故障しやすいという欠点がある。



写真7 2槽式発酵堆肥舎

発酵舎(右側)と乾燥舎(左側)を併設し、乾燥舎から取り出した乾燥堆肥を副資材「戻し堆肥」として有効に活用している。



写真8 軽量鉄骨ハウス

発酵舎の建物は、必ずしも頑丈である必要はない。軽量鉄骨ハウスでも十分である。

Ⅳ．ホイルローダー等による堆肥化処理業務のあり方

1. 切り返し作業の留意事項

切り返しの必要性は前述したとおりであるが、実際にホイルローダーやフロントローダーを用いて作業を行う際には、幾つかの留意すべきポイントがある。

次に掲げる事項は、いずれも実際に堆肥処理を行うオペレーターにとって不可欠な留意点であるので、十分に理解しておく必要がある。

(1) 堆肥の山は、表面積を広く、低くつくる

堆肥化は好気性微生物の働きによるものであるから、実際に堆肥化が進んでいるのは、酸素の供給が可能な表層部分のみである。また、堆肥の山を高く積み上げると自重により下層の空隙が無くなり、酸素を供給できなくなるため、嫌気性微生物の活動を促すことになる。

したがって、効果的に堆肥化を行うためには、堆肥の山の表面積をできるだけ広くとるとともに、山の高さを低くすることが望ましい。

しかしながら、現実には堆肥舎のスペース、原料資材の量、堆肥化に要する期間等の制約があることから、必ずしも十分な対応がとれるわけではない。

こうしたことから、実際に堆肥処理を行う者は、試行錯誤を繰り返しながら、それぞれの条件にあった堆肥の山の形状を見い出す必要がある。

(2) 切り返しの際には通気性の確保に気を付ける

堆肥化は好気性微生物の働きによるものであるから、堆肥の山はできるだけ酸素を供給できる空隙を多くすることが望ましい。このため、切り返しを行う際には、ローダーのバケットを小刻みに動かしながら積み替えを行うなど通気性の確保に気を配った作業が必要である。

この場合、通気性の目安となる容積比重は、0.5kg/リットル以下が望ましい。

(3) 常に温度計でチェックする

堆肥化の状況を把握するため、常に温度計でチェックする必要がある。この場合、温度を計測する位置は、堆肥の状態にもよるが、好気性微生物が活発に働いている表層から1m以内の部分が好ましい。通常、切り返した翌日には温度は70℃程度まで上昇するが、もし温度の上昇が十分でなかったならば、①既に有機物の分解がかなり進んでいる、②水分不足や酸素不足により好気性微生物の働きが抑えられている、等の理由が考えられる。

また、温度のチェックは、切り返しのタイミングをつかむために重要な役割を果たす。効率的に堆肥化を進めようとするならば、温度があまり下がらないうちに早めに切り返しを行うことが望ましい。

(4) 常に視覚でチェックする

堆肥化の状況を把握するため、常に視覚でチェックする必要がある。酸素の供給が十分で堆肥化が進むと、原料資材は黒褐色を帯びてくる。逆に、嫌気的な部分は黄緑色を呈する。特に、堆肥化初期は、堆肥化が進んだ表層と堆肥化が進んでいない部分との境界が鮮明に見える。

また、好気性微生物が盛んに活動していれば、表層付近に放線菌や糸状菌による白色の菌糸が見

られることもある。

さらに、繊維質作物資材や木質資材が混入していれば、これらの形状が壊れた様子から、堆肥化の進み具合を判断することができる。

(5) バケットで運搬した回数でおよその容積を把握する

堆肥化が進むにつれて、水分の蒸散や有機物の分解が起こるため、重量及び容積が徐々に小さくなっていく。

重量を頻繁に測定するのは困難であるが、容積は切り返しを行う度にバケットで運んだ回数を記録しておけばおよその見当はつく。また、容積を把握できれば、容積比重を乗じることによっておよその重量も推計できる。

堆肥化を行う場合、限られた堆肥舎のスペースを上手に利用することが必要である。したがって、重量や容積の変化をあらかじめ把握しておくことは、作業を計画的に進める上で非常に有効である。また、圃場への堆肥還元を計画する際にも有効である。

(6) 副資材を有効に活用する

いくら頻繁に切り返しを行っても、酸素を送り込む空隙が少なければ好気性微生物の活動は見込めない。したがって、このような場合には、細断した乾草やモミガラなどの副資材を適量投入することにより空隙を確保することが望ましい。

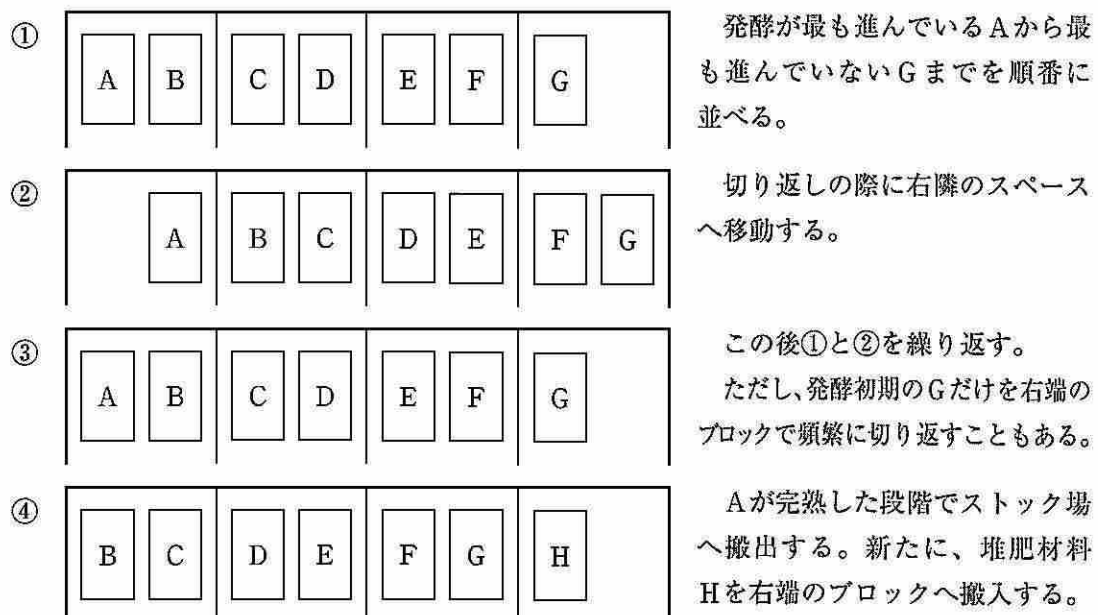
また、気温の低さ等から発酵温度の立ち上がりが行かない場合には、起爆剤として易分解性炭水化物の含有率が高い副資材（米糠やビール粕等）を投入するとよい。

(7) 発酵ステージの順に並べる

空いたスペースを利用して、次から次からと新しい堆肥材料を無秩序に堆肥舎に持ち込んでいたのでは、計画的かつ効率的な作業は見込めない。

堆肥舎内では、発酵初期、発酵中期、発酵後期の順に堆肥の山を並べ、処理状況に応じて切り返ししながら移動させていくと作業を計画的かつ効率的に進めることができる。

図9 堆肥舎内での堆肥の山の移動例



(8) 作業中は安全確保のため周囲に人を近づけない

ホイールローダーによる切り返しを行う場合、かなり頻繁に複雑な操作が求められる。したがって、オペレーターの注意は前方に集中し、周囲への注意が疎かになりがちである。このため、作業を行う時は、あらかじめ付近に人を近づけないようにしておくことが望ましい。

(9) 試行錯誤を繰り返す

堆肥化を行おうとする場合、与えられた条件下で最も効率的に処理する手段を模索することが必要である。

場合によっては、地域の食品工場などから容易に入手できる粕類等の未利用資源を副資材として投入すると良い結果につながる可能性がある。また、ホイールローダーにこだわらず、マニユアスプレッダーなどに作業機を利用して切り返しを行ってみる方法もある。

家畜改良センター本所では、初期発酵を終え、乾牧草がある程度破碎された状態になった場合にマニユアスプレッダーを用いて堆肥の切り返しを効果的に行っている。

また、新冠牧場では、使用しなくなったマニユアスプレッダーを改造し、切り返し専用機械として利用している。

このように、実際に堆肥処理を行う者には、最も効率的に処理する手段を見出すために「まずは、試しにやってみよう。」とする姿勢が必要である。



写真9 容積比重の測定

センター本所では4リットル容量のプラスチック箱に堆肥を入れて上皿秤で重さを量り、容積比重を算出している。

ここでは、堆肥の重さが1.6kgなので容積比重は $1.6 \div 4 = 0.4\text{kg/リットル}$ となる。



写真10 副資材の投入

畜舎から搬出した更褥物の水分や通気性を調整するため、堆肥化処理を行う前に副資材を投入することもある。ここでは、ビール粕を使用している。

写真11 堆肥の温度測定

この温度記録計は長期間のデータの記録が可能である。

記録されたデータは、後で表計算ソフトで整理することができる。

ここでは、右側のステンレス管の先端（深さ30cm）にチャンネル1のセンサーを取り付け、左側のステンレス管の先端（深さ70cm）にチャンネル2のセンサーを取り付け、それぞれの温度変化を記録させている。

液晶板には、写真のようにチャンネル番号と記録温度が数秒間隔で交互に表示される。

センターでは、センサー部分を設定した深さに正確に埋設したいこと、センサーが水に弱いこと等から、先端に砲金のセンサーカバーを取り付けた全長1mのステンレス管を作成し利用している。





写真12 放線菌の層

堆肥が良好に発酵していると、酸素が豊富な表層部に白い放線菌の層を見ることができる。

換言すると、放線菌が見えない部分は酸素が不足している状態であり、切り返すことによって酸素を供給する必要がある。



写真13 堆肥の形状の変化

堆肥化処理前の堆肥材料は、水分が高く、家畜ふんが塊状であり、敷き料である乾牧草の形状がはっきり見える。

堆肥化処理中の堆肥材料は、水分が低くなり、家畜ふんの塊が碎け、敷き料である乾牧草が細くなる。

長期間の堆肥化処理後の堆肥材料は、水分がかなり低く、粒状であり、敷き料である乾牧草の形状はほとんど見えない。

(参考) 新冠牧場における堆肥切り返し用マニユアスプレッダーの改造

(1) 目 的

新冠牧場では、従来からホイルローダーによる堆肥の切り返し作業を実施してきた。

しかしながら、

- ①このようなホイルローダーによる切り返し作業は、バケットを小刻みに振動させるために機械に対する負担が大きいこと。
- ②新冠牧場の場合、大量の乾牧草を細断せずに敷き料として利用しているため、バケットによる作業が行いづらいこと。

等から、廃用予定の古いマニユアスプレッダー（NH510、昭和44年導入）を改造し、堆肥中の乾牧草を細断しつつ切り返し作業を効率的に行うこととした。

(2) 改造内容

1) 後部ビーターの改造

改造に供用したマニユアスプレッダーには3本のビーターがあり、前部2本のビーターが堆肥を砕き、後部1本のビーターが掻き出した堆肥を広範囲に散布する構造となっている。

しかし、堆肥を切り返す場合、このように堆肥を広範囲に散布する後部ビーターの機能は不都合である。このため、切り返し後の堆肥をマニユアスプレッダーの後方で適当な高さに堆積できるように鋼材のアンクル（60×60 mm、厚さ5 mm）を後部ビーターに水車状に取り付けた。

2) 車高の改造

切り返し後の堆肥の堆積高を2 m程度とするため、車高を70 cm 高くし、地上から後部ビーターまでの高さを1 m50 cm とした。また、これに伴い各箇所強度が必要となったため、主フレームの補強を行った。

(3) 改造に要した資材及び経費

改造に要した資材及び経費は、下の表のとおりである。

品 目	金 額 (円)
アンクル類	22,191
鋼 板 類	25,000
平 鋼 類	3,734
丸 鋼 類	3,293
ボルト、ナット類	16,884
計	71,102

(4) 成果の概要

改造マニユアスプレッダーでの切り返し作業によって、堆肥は従来より細かく砕かれ、扇状に飛び散ることもなく、堆積高は2 m20 cm、幅1 m50 cm程度となった。

また、ホイルローダーによる切り返しに比べ自重による潰れが少ないことから、堆肥の通気性が良好であり、切り返し直後から急激な温度上昇と水分蒸散が可能となった。



写真14 改造マニアスプレッダー

作業風景

ホイルローダーで堆肥をマニアスプレッダーの荷台に載せ、後方へ切り返している。



後部ビーターの改造

鋼材アングルを後部ビーターに水車状に取り付け、堆肥の拡散を防いでいる。



2. データの収集

家畜改良センターでは、担当者が堆肥調製に係る日々の業務を現場に設置した様式1の野帳カードに記録している。

このような記帳を行うことにより、堆肥の経時的変化が的確に把握でき、作業を行う複数の担当者間の連絡に役立っている。

各牧場においても、工夫を凝らしてこのように記録を残すことが望ましい。

様式1 野帳カード（記入例）

堆肥の名称 A					
日 付	位 置	副資材	バケツ数	容積比重	備 考
4/ 1	1 E→1 W	戻し堆肥 5	30		
4/ 4	1 W→1 E		29		蓄熱状態良好
4/ 7	1 E→1 W		23	0.47	全体的に未分解
4/ 9	1 W→1 E		20	0.45	頂部に放線菌
4/11	1 E→1 W		20	0.45	
4/14	1 W→1 E		19	0.46	
4/16	1 E→1 W		19	0.42	水分が底部に滞留
4/18	1 W→2 E		17	0.47	放線菌が全体に拡散
4/21	2 E→1 W		17	0.45	
4/24	1 W→2 E		16	0.43	
4/25	2 E→1 W		15	0.41	
4/28	1 W→2 E		14	0.40	
5/ 2	2 E→2 W		14	0.40	
5/ 8	2 W→2 E		14	0.38	
5/13	2 E→2 W		13	0.40	マニュアルブレッダー利用
5/15	2 W→2 E		12	0.41	カビ臭い
5/19	2 E→2 W		11	0.41	
5/22	2 W→3 E		11	0.38	
5/23	3 E→3 W		11	0.35	

（注）1.「位置」の欄には、堆肥舎の「切り返し前の場所→切り返し後の場所」を記入する。

因みにセンター本所の堆肥舎は、1 E、1 W、2 E、2 W、3 E、3 W、4 E、4 Wの8ブロックから構成される。

2.「副資材」の欄には、投入した副資材の種類と量（フロントローダーのバケツ数）を記入する。

3.「バケツ数」の欄には、切り返し時のバケツ数を記入する。

4.「容積比重」の欄には、切り返し後の堆肥の容積比重を記入する。

5.「備考」の欄には、切り返し担当者が観察したこと等を記入する。

3. データー整理及び考察

収集したデーターは、後で整理して考察するとよい。考察することによって、これらのデーターは次の作業に活用することができる。

図10及び11は、家畜改良センター本所で平成9年4月2日に作業を開始した堆肥「A O」及び「A P」（家畜改良センターでは堆肥の山にアルファベットの名称を付けている。）の経時的変化を記録したものである。

この記録から次のようなことを読み取ることができる。

- ① 表層から30cmの深さの位置の温度変化をみると、「A O」、「A P」のいずれも、当初から切り返し直後の立ち上がりがスムーズである。これは、堆肥の表層付近では、水分及び酸素の供給が十分であったため、微生物の活性が高かったことによるものと考えられる。

また、4月半ばからは、「A O」、「A P」のいずれも、表層から30cmの深さの位置の温度変化をみると、温度低下が早くなっている。これは、堆肥全体の発酵熱による水分の蒸散が盛んであるため、表層付近の微生物への水分の供給が不十分になっていることによるものと考えられる。

- ② 表層から70cmの深さの位置の温度変化をみると、「A O」、「A P」のいずれも、当初は切り返し直後の立ち上がりがスムーズではなかったが、4月半ばから切り返し直後の立ち上がりがスムーズになっている。

当初の切り返し直後の立ち上がりがスムーズでなかった理由は、堆肥中の水分が多いため、気層が確保できず、微生物への酸素の供給が不十分であったことによるものと考えられる。また、4月半ばからの切り返し直後の立ち上がりがスムーズになっている理由は、発酵熱による水分蒸散にともない70cmの深さの位置であっても堆肥中の気層が確保でき酸素の供給が十分となったこと、堆肥中の微生物がかなり増殖していたこと等によるものと考えられる。

- ③ バケツ数の変化をみると、「A O」、「A P」のいずれも、当初30杯あった堆肥が1ヶ月後には約半分まで減少した。センター本所の場合、現行の堆肥処理体系であれば、水分蒸散や有機物の分解などにより約1ヶ月間で堆肥の体積を約半分まで縮小できるものと考えられる。

また、こうしたことから作業開始後1ヶ月後の堆肥舎内の作業スペースを見込むことができる。

- ④ 容積比重をみると、「A O」、「A P」のいずれも、概ね基準の0.5kg/リットルを下回る水準で推移している。このことから、切り返し作業は、期間中を通じて通気性の確保に気を配った適正な作業であったと考えられる。

また、容積比重とバケツ（容量1.0 m³）数から、5月22日時点でのおよその重量は、次のように算出できる。

$$\text{「A O」} = 0.44 \text{ kg/リットル} \times 17 \text{ m}^3 = 7.48 \text{ t}$$

$$\text{「A P」} = 0.32 \text{ kg/リットル} \times 11 \text{ m}^3 = 3.52 \text{ t}$$

図10 堆肥「A O」の経時的変化

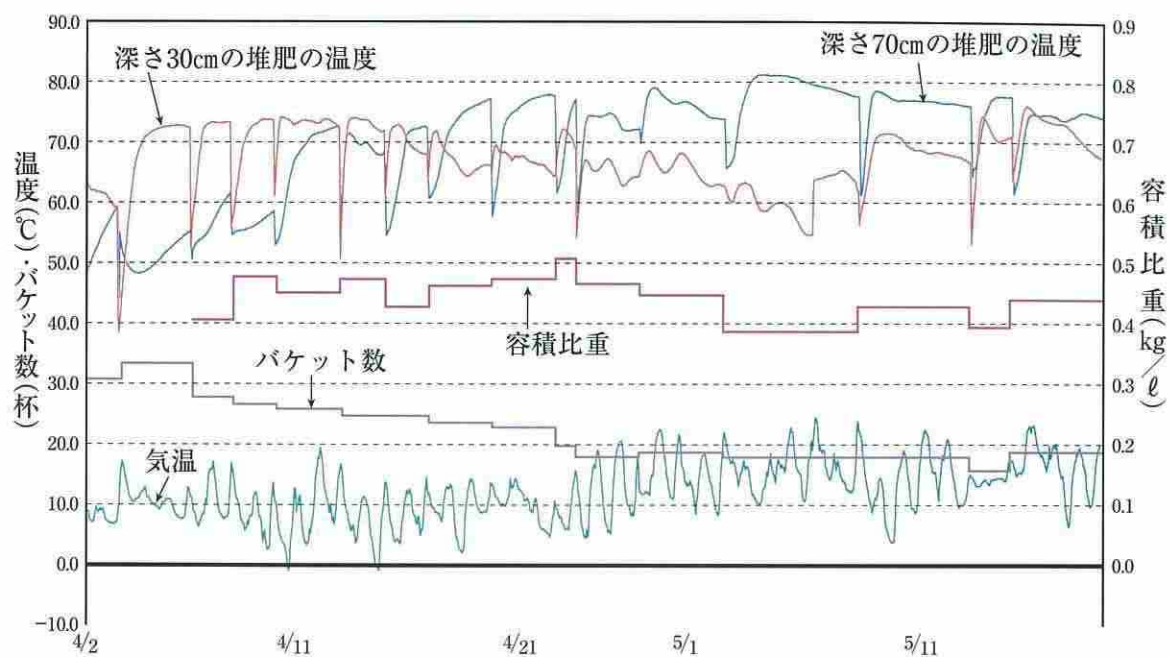
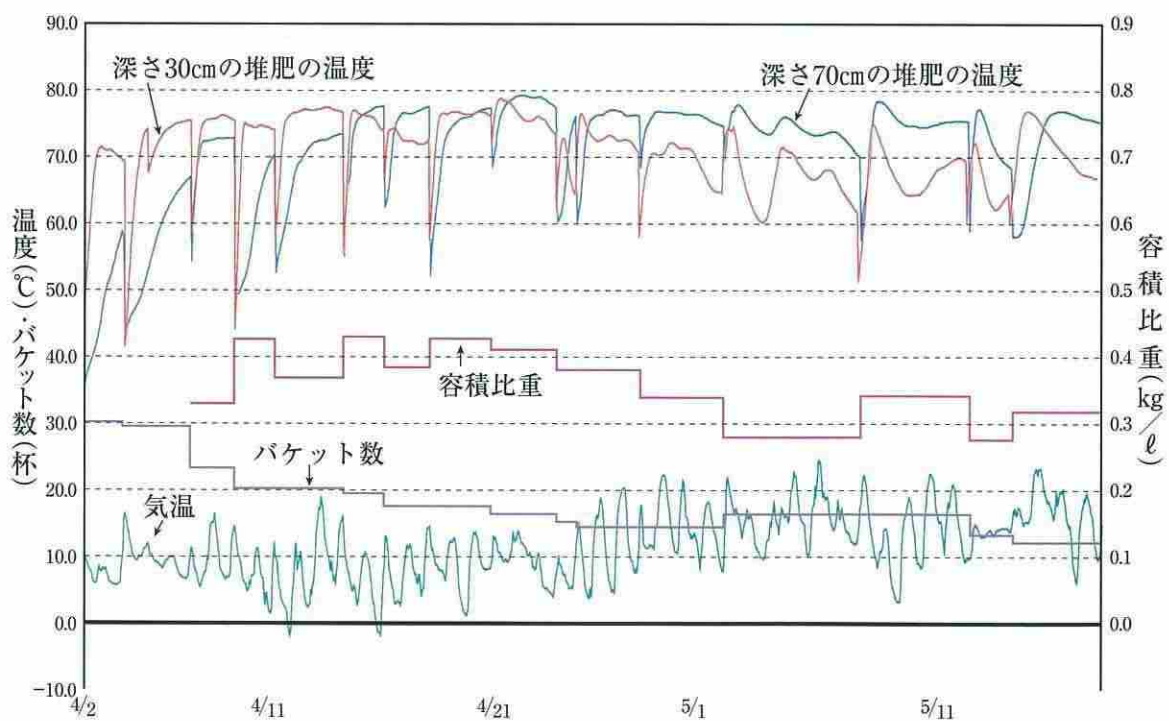


図11 堆肥「A P」の経時的変化



V. 堆肥の腐熟度判定

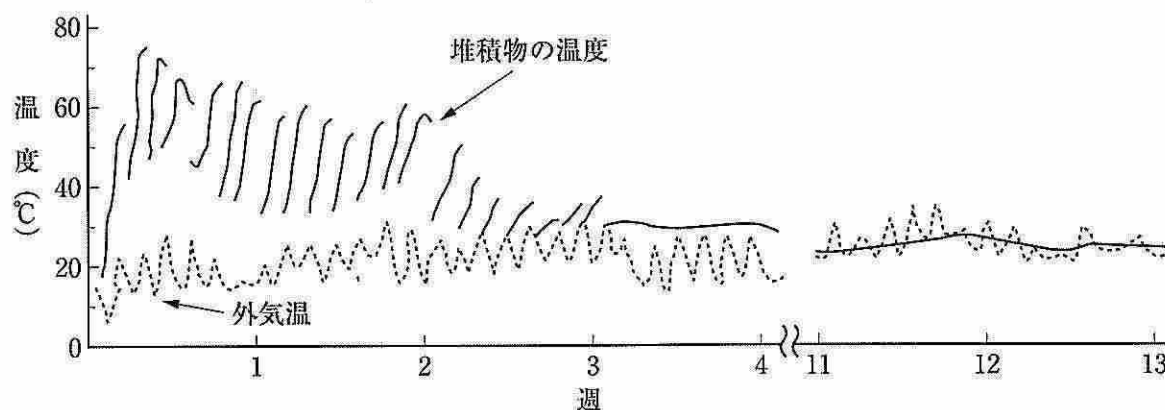
堆肥の腐熟度判定法については数多くの提案がなされているが、ここでは実用的な3つの手法について紹介する。

1. 堆積物の温度変化

堆肥化の過程では、原料資材中の易分解性有機物が微生物によって好氣的に分解される際に発熱が起こり、堆積物の温度は急速に上昇して60～70℃あるいは80℃付近にまで達する。その後、温度はしだいに低下してくるが、切り返しを行って空気を供給すれば再び上昇する。このような温度の上昇・低下は、原料資材中に易分解性有機物が存在する限り繰り返される。図12はその一例として牛ふんの堆肥化過程での温度変化を示している。このように堆積物の温度が上昇することは、堆肥化が順調に進行していることを示すものと考えられる。また、堆積物の温度が外気温とほぼ同じ程度まで下がり、切り返しを行っても発熱しなくなれば堆肥は一応安定化したものと考えられており、堆肥製造の場における実用的な指標として一般的に用いられている。

しかし、堆肥の管理が不適切であればこのような温度の上昇・低下が必ずしも腐熟の指標にならないことがある。それは、①堆肥化の過程で乾燥が進み含水率が過度に低下した場合、②切り返し作業が不適切であるため内部に酸素が供給できていない場合などでは、微生物の活動が阻害されるため、温度が低下してくるからである。このような場合には、たとえ有機成分が組成的に未熟であっても発熱しなくなるので注意する必要がある。

図12 切り返しによる堆肥の温度変化



2. 発芽試験

堆肥中の生育阻害物質の有無を調べるためには、植物の種子を用いた発芽試験が簡易である。まず、堆肥に20倍量程度の蒸留水を加えて、室温で30分間往復振とうし、濾紙を用いて濾過したものを抽出液とする。

ガラスシャーレ等の容器に脱脂綿を敷き、抽出液を十分に入れる。脱脂綿の上にコマツナ（コマツナ）の種子50粒を播種し、20℃の恒温器に静置し、対照区（抽出液の代わりに蒸留水を入れたもの）がすべて発芽した時点で発芽率を調べる。コマツナを用いる理由は、発芽が早いこと、発芽率が良いこと等である。ただし、塩類含有率が高い堆肥では抽出液の塩類濃度が高くなり、濃度障害を起こして発芽率が低下することがあるので注意を要する。

3. ジフェニルアミンによる硝酸態窒素の検出

原料資材中の窒素化合物が分解されると最初はアンモニウム態窒素が多量に生成されるが、堆肥化の進行に伴いアンモニア酸化菌及び亜硝酸酸化菌の作用によって硝酸態窒素が増加してくる。ここでの腐熟度判定法は、ジフェニルアミンを用いて定性的にこの硝酸態窒素を検出する方法である。

まず、堆肥に蒸留水を加えて攪拌し、濾過して濾液の一部を呈色反応皿にとる。これにジフェニルアミン溶液（濃硫酸25mlにジフェニルアミン30mgを溶解させたもの）を数ml加え、発現する青色を観察する。濃青色を呈した場合は、硝酸態窒素が多量に存在しており、腐熟が進んでいるものと判断してよい。

ただし、この手法は牛ふん堆肥には有効であるが、鶏ふん堆肥のように十分腐熟させてもアンモニア態窒素の蓄積が著しく、硝酸態窒素の発現がほとんど認められない場合には使用できない。



写真15 発芽試験

堆肥の抽出液を浸透させた脱脂綿の上に小松菜の種子を並べ発芽状況を調べる。

左列は蒸留水を用いたコントロール、中列は牛ふん堆肥の抽出液を用いた試験区、右列は鶏ふん堆肥を用いた試験区の発芽の経時的变化である。

コントロールと同様な発芽状態を示した牛ふん堆肥は圃場へ散布しても飼料作物に障害は与えないであろうと考えられる。

しかし、発芽状況が悪い鶏ふん堆肥は、このまま圃場へ散布すると飼料作物に障害を与える恐れがあると考えられる。

写真16 ジフェニルアミンテスト

反応前

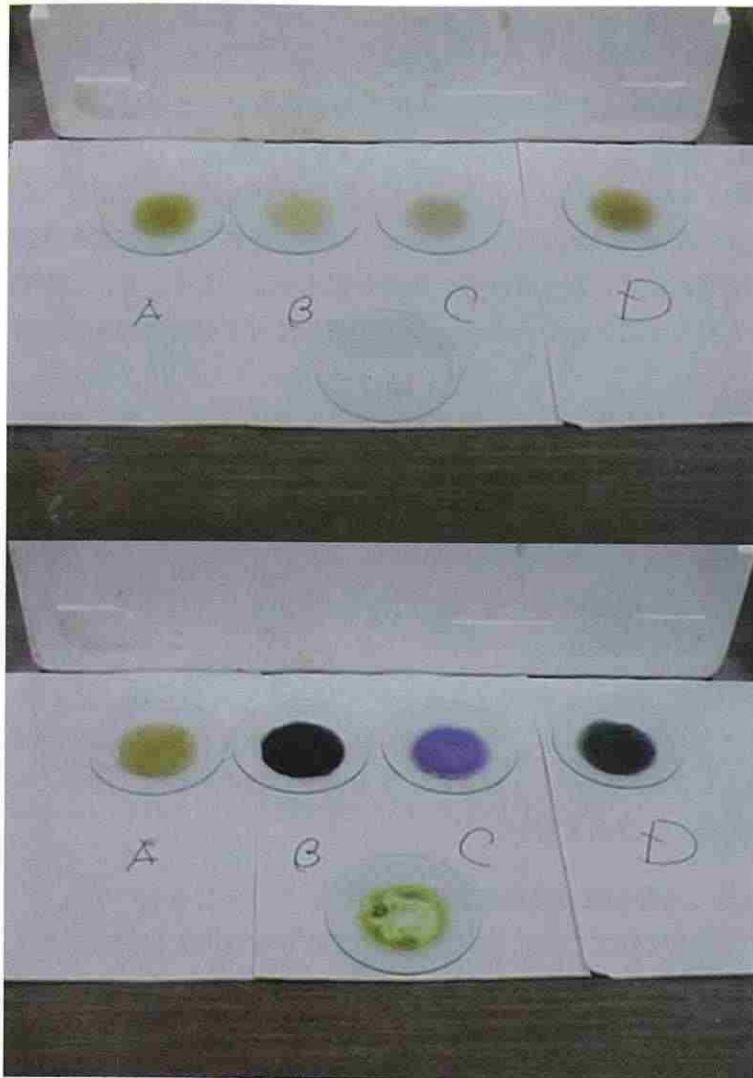
4種類(A、B、C、D)の堆肥の抽出液とコントロールである蒸留水を各々ガラス皿に入れ、ジフェニルアミンを滴下する。

反応後

濃青色を呈したBは硝酸態窒素が多く、腐熟度が進んでいると考えられる。

C及びDは硝酸態窒素が少なく、腐熟度が不十分であると考えられる。

Aは硝酸態窒素が検出されず、全く腐熟が進んでいないものと考えられる。



Ⅵ. 堆肥の利用

1. 家畜ふん尿の成分的特徴

牛ふん中には、窒素・リン酸・カリが比較的バランスよく含まれている。しかし、窒素の割合が低いと、他の家畜と比べてT-C（全炭素量）があまり変わらないにもかかわらず、C/Nが高い。また、T-Cは大部分が有機物と見なすことができるが、他の家畜に比べて難解性のものが多く、堆肥化に要する期間が長い。

牛尿は、カリの含有量が極めて高い。十分な面積の還元圃場があれば問題はないが、狭い圃場への還元を繰り返すとカリが集積して粗飼料のマグネシウム含量が低下し、牛のグラスステニー（低マグネシウム血症）を引き起こす恐れがあるので注意する必要がある。

豚ふんは、牛ふんに比べリン酸含有量が高く、窒素も比較的多い。T-Cが高いが、C/N比は牛ふんと鶏ふんの中間となっている。また、有機物の分解性や堆肥化に要する期間も牛ふんと鶏ふんの中間となっている。

鶏のふんは、実際にはふんと尿の混合物であり、窒素の含有量がかなり多い。この他、リン酸、カリ、カルシウムなども高いレベルで含有されており、肥料成分に富んだ有機質資材である。窒素が多いと、C/N比は牛ふんや豚ふんに比べてかなり小さい。また、有機物の分解は、牛ふんや豚ふんに比べて容易であり、堆肥化に要する期間も短い。

表5 家畜ふん尿の成分含有率（乾物中％）

	乾物率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O ₅	CaO	MgO	T-C	C/N
牛ふん	19.9	2.19	1.78	1.76	1.70	0.83	34.6	15.8
牛 尿	0.7	27.1		88.6	1.43	1.43		
豚ふん	30.6	3.61	5.54	1.49	4.11	1.56	41.3	11.4
豚 尿	2.0	32.5						
鶏ふん	36.3	6.18	5.19	3.10	10.98	1.44	34.7	5.6

2. 牛ふん堆肥の成分的特徴

牛ふんは概して繊維質を多く含み、肥料成分含有率は鶏ふんや豚ふんに比べて低い。また、牛ふんの肥料成分含有率は給与する飼料によって大きく変動し、粗飼料を主体とする場合には繊維質とカリの含有率が高くなり、窒素・リン酸・カルシウム・ナトリウム等の含有率が低くなる。このような牛ふん堆肥では難分解性有機物が多くなるため、肥料としてよりは土壤改良資材としての性格が強くなる。一方、濃厚飼料を主体に給与した場合には肥料成分含有率が高くなり、これらの違いは極めて顕著である。

表6 飼料の種類と牛ふんの成分含有率（乾物中％）

飼 料	N	P	K	Na	Ca	Mg	C/N比
牧草のみ	1.26	0.49	1.20	0.15	0.58	0.32	34.6
牧草+ 配合 4 kg	2.19	0.92	0.62	0.25	1.54	0.56	19.6
牧草+ 配合 8 kg	1.97	1.27	0.63	0.27	1.42	0.47	21.7
牧草+ 配合12kg	2.94	1.74	0.38	0.53	2.20	0.55	14.6

牛ふん堆肥を処理しようとする場合、副資材として、オガクズ、粕がら、乾牧草等を用いることがある。これらの副資材を混合した堆肥は肥料成分含有率が低くなり、土壤改良資材的性格がさらに強くなる。

乳用牛のふんは水分含有率が極めて高いため、これに副資材を混合して水分を調整しようとする多量の副資材が必要となる。そこで、一部にはふんを固液分離機にかけて搾り、分離液は畑に散布し、固形物を堆肥化する方式もとられている。ただし、この場合には、水溶性成分や易分解性有機物のかなりの部分が分離液に移行し、繊維質の多い堆肥となる。

一方、肉用牛においては、踏み込み式牛舎で飼養する形態が多くとられており、オガクズ・粕がらなどの敷き料にふんと尿の全量を混合した堆肥となるため、カリの含有率が比較的高くなることが考えられる。

牛ふん堆肥は、一般的に肥料成分含有率が低く、また土壌中での分解も遅いため、土壤改良資材と見られている。しかし、牛ふん堆肥の使用効果は単に土壌の物理性改善の効果だけではなく、速効性ではないが養分供給の効果も有している。すなわち、牛ふん堆肥の窒素の肥効率は低い、土壌中に蓄積されて地力窒素となり、徐々に養分を供給するようになるため、地力の維持・増強には有効な資材である。

3. 家畜ふん堆肥の施用効果

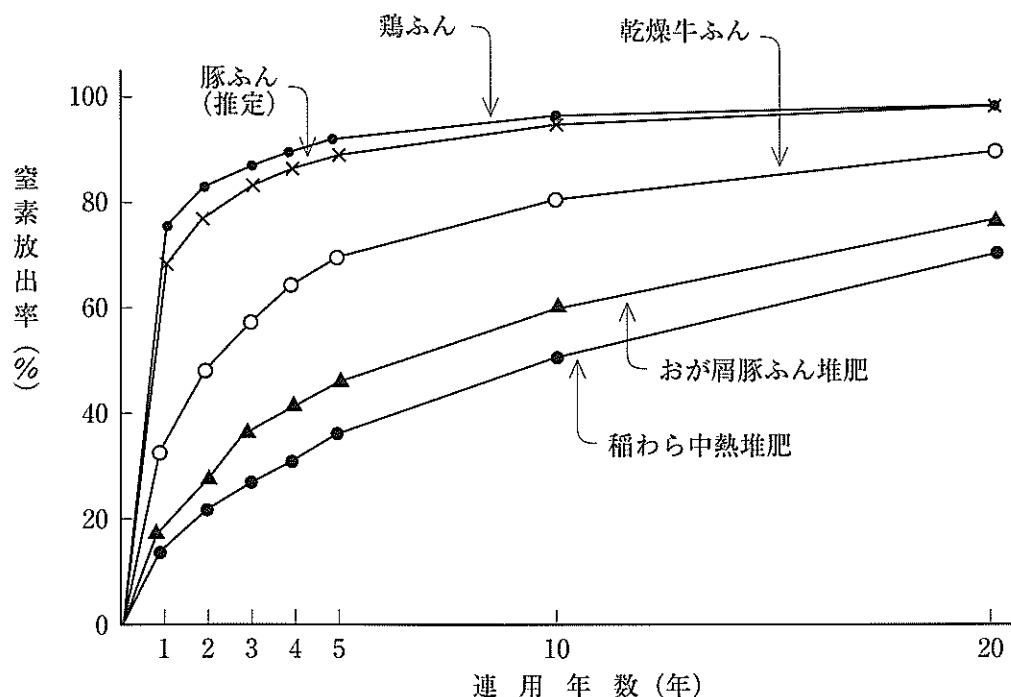
堆肥には肥料としての効果の他にも、化学肥料では代替できない多くの効果がある。堆肥の施用効果は、直接的効果（植物養分の供給）と間接的効果（土壌の化学性、物理性及び生物性の改善）に大別して考えることができる。

（1）植物養分の供給

家畜ふん堆肥には、窒素・リン酸・カリ・カルシウム・マグネシウムなどの多量要素、さらに鉄・銅・亜鉛・マンガン・ホウ素などの微量元素が含まれている。また、稲わらや粕がらを副資材として用いた堆肥では、特にケイ酸の含有率が高い。このため、家畜ふん堆肥を施用すれば、土壌中でこれら植物養分の供給源となる。

この場合、特徴的であるのは肥効が緩効的なことであり、また連年施用することによってその効果が累積していくことである。すなわち、堆肥中の有機物は土壌中でゆっくり分解されて、養分を徐々に放出する。施肥した年に分解されずに残った有機物は、翌年以降に分解されて養分を供給する。堆肥を連用するとこのような未分解の有機物が土壌中に蓄積し、土壌有機物となって土壌養分供給力がしだいに増大していく。作物が吸収する窒素のかなりの部分は、このような土壌中に蓄積された有機物から供給される窒素（これを土壌窒素あるいは地力窒素という）に依存することが知られている。

図13 堆肥連用に伴う窒素放出率の変化
(毎年施用する堆肥中の窒素を100とした場合)



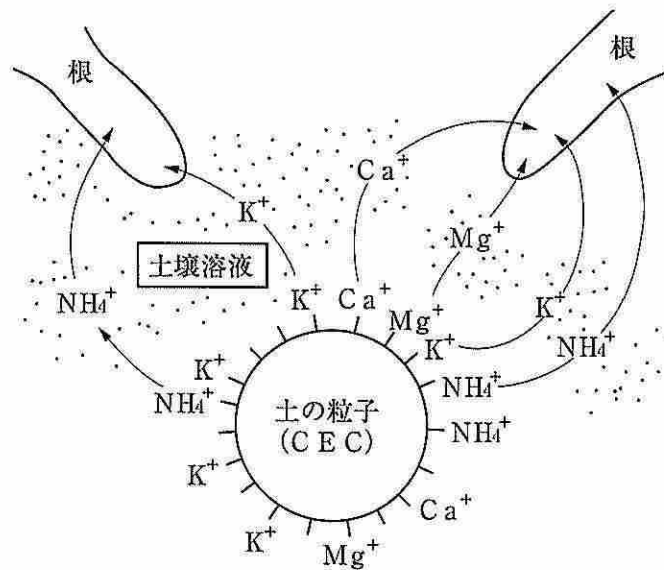
(2) 土壌の化学性の改善

堆肥中に含まれるある種の有機物、あるいは土壌中で有機物が分解される際に生成される中間分解産物にはキレート作用を有する物質が存在する。キレート作用とは、有機化合物が多価の金属イオンと結合して、その金属イオンを不活性の状態に保つことである。わが国に広く分布する火山灰土壌や酸性土壌には活性アルミニウムが多く含まれており、それによって作物の根が障害を起したり、施肥したリン酸が強く吸着（固定）されて作物が吸収できなくなったりする。しかし、堆肥を施用すればキレート作用によって活性アルミニウムと結合し、その害作用が抑えられる。また、土壌中に蓄積された有機物のあるものはアルミニウムや鉄などと結合して分解されにくい状態で存在しているが、これに堆肥を施用すると堆肥中のキレート物質がそのアルミニウムや鉄などと結合して、土壌有機物を分解されやすい状態に変える効果があるともいわれている。

また、堆肥の施用によって、土壌の陽イオン交換容量（CEC）が増大する。陽イオン交換容量は塩基置換容量とも呼ばれるが、これは土壌粒子表面に存在するマイナス荷電の量であり、土壌粒子が静電的に吸着・保持できる陽イオンの量を示している。土壌を構成する物質のうち、粘土と土壌有機物は陽イオン交換能を有し、陽イオンとして存在する養分（ NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} など）が逃げないように土壌中に保持しておく能力がある。このような静電的に吸着されたイオンは、上に述べたキレート結合やリンの固定などのように強固な結合でなく、作物根によって容易に吸収される。土壌中に養分を保持していくためには極めて重要な性質である。

さらに、堆肥の施用によって土壌の緩衝作用が増大する。緩衝作用は、酸やアルカリを添加した場合、これらの影響を打ち消してpHを大きく変化させない作用である。たとえば、硫酸などの化学肥料のみを連用すれば土壌が酸性化してくるが、堆肥を併用すればpHの変化を矯正し、酸性化を抑制することができる。また、早ばつや低温などで気象条件が悪化した場合にも、堆肥を施用した土壌ではそれらの影響をやわらげる作用があるといわれており、このような作用も広い意味で緩衝作用と考えられる。

図14 土壌中の陽イオン模式図

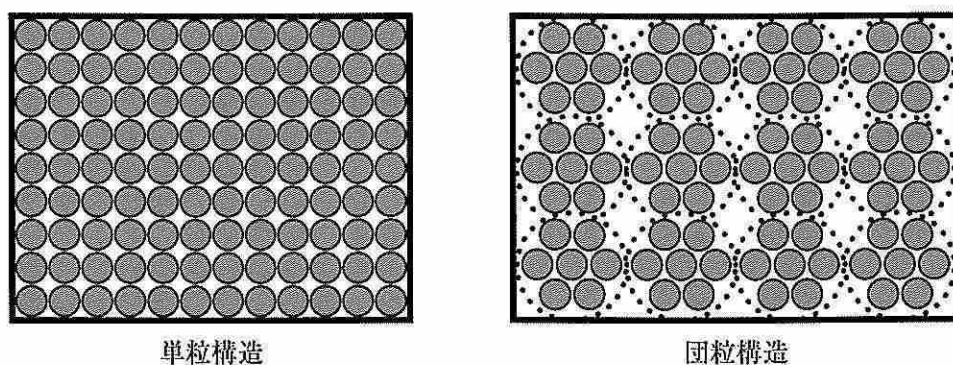


(3) 土壌の物理性の改善

堆肥を連年施用していくと土壌有機物含量がしだいに増加し、土壌の物理性が改善される。特に腐植の乏しい粘土質の土壌などではその効果が顕著である。土壌中に有機物含量が高くなると、土壌の団粒化が進んで土が膨軟になる。団粒化とは、土壌の単一粒子（一次粒子）が集合して二次粒子となり、これがさらに集合して多次の集合体を形成することである。団粒構造になると土壌中の空隙量が増加し、通気性と透水性が良好になる。図15は、堆肥を連用した土壌では空隙率（気相＋液相）が増加し、固相率が減少することを示している。

このように、団粒構造が発達して土が膨軟になれば、作物の根が良く発達して養分や水分の吸収能力が高まる。団粒構造が発達した土壌では、非毛管孔隙と毛管孔隙の両方が適当な割合で存在する。非毛管孔隙は比較的大きな孔隙であり、そこでは毛管作用はほとんど行われず排水や通気に役立つ。また、毛管孔隙は小さな孔隙であり、水を保持するのに役立つ。したがって、このような土壌では透水性が良だけでなく、保水性も増大し旱ばつの被害を受けにくくなる。また、粘着性・可塑性が減少し、乾燥しても粒子の固結性が弱まるので、耕耘が容易になる。

図15 単粒構造と団粒構造



(4) 土壌の生物性の改善

堆肥を施用すると、土壌中にミミズやダニなどの小動物の数が増加する。施用した堆肥はこれらの土壌動物の活動によって土壌中で分散され、さらに微生物によって分解されやすい状態になる。堆肥中には多くの微生物が含まれており、また、堆肥の有機物が微生物の培養基となるため土壌微生物の数は大きく増加する。

土壌の生物性を改善する目的は、生物活性を高めることによって物質循環を促進することである。堆肥などの有機物を施用すると微生物が増殖し、施用した有機物だけでなく土壌中に蓄積されていた有機物の分解も促進されるようになる。これをプライミング効果（起爆効果）とよび、これによって窒素の無機化などが促進され、多くの養分が放出される。また、無機化された窒素の一部は増殖した微生物の菌体に取り込まれ、再び土壌中に蓄積され長期間にわたって土壌窒素を発現して生産力に寄与するようになる。さらに、堆肥を施用した土壌ではアゾトバクターやクロストリジウムなどの窒素固定菌の活性が高くなり、根粒の着生も良好になるといわれている。

4. 家畜ふん堆肥の施用基準

適正施用量とは、高品質、多収、土壌改良などを目的とした施用量で、基本的には化学肥料との併用を前提としたものである。すなわち、家畜ふん堆肥には各種の肥料成分が含まれているが、そのバランスは作物が要求する養分のバランスとは必ずしも合致しているわけではない。したがって、すべての肥料成分を堆肥で供給しようとするならば、過剰施用になる成分も出てくる。そこで、堆肥中の含有率が高い成分については全量を堆肥で供給し、不足する成分については化学肥料で補うようにするのが望ましい。また、堆肥は遅効性であるため、それだけを施用したのでは作物の初期生育が不良になることがあるが、そのような場合には、速効性の化学肥料を併用することによって欠点を克服することができる。このように、堆肥と化学肥料を併用して、相互に欠点を補い合うような考え方を基本にしたものが適正施用である。

現在、各試験場や都道府県などでは、作物ごとの堆肥の施用基準を示している。しかしながら、実際の堆肥の肥料効果は、連用による有機物の累積や気象条件による有機物の分解速度などによって異なるため、確実な把握は困難である。

したがって、実際には、これらの施用基準を参考にしつつも、それぞれの圃場の条件を検討した上で施肥量を決定する必要がある。

なお、十分な検討を行おうとする場合には、土壌分析結果を利用することが望ましい。

表7 草地・飼料畑における堆肥の施用基準 (t/10a)

草 種	予想収量	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏乾燥ふん
イネ科牧草	5～6	3～4 (14-0-0)	2～3 (8-0-5)	0.5 (8-0-8)
混播牧草	5～6	3～4 (6-0-0)	2～3 (0-0-5)	0.5 (0-0-8)
トウモロコシ	5～6	3～4 (14-7-0)	2～3 (8-0-5)	0.5 (8-0-8)
イタリアンライグラス	4～5	3 (11-0-0)	2 (8-0-4)	0.4 (8-0-6)

注：下段()は、併用する化学肥料(N-P₂O₅-K₂O)の必要量(kg/10a)

おわりに

一般に、堆肥化処理業務というと、これまでは末端の処理業務というイメージがあった。このため、ややもすると目の前の堆肥の山を何とかしようとするもののみに注意が向けられがちである。

しかし、実際の現場に携わる者には、堆肥の原料となる畜舎からの更褥物の質・量をあらかじめコントロールする技術や更褥・運搬作業を含めた一連の合理的な作業体系の検討もあわせて求められる。

例えば、水分が多い更褥物を堆肥化しようとする場合、どのような副資材を投入しようかと考えがちであるが、同時に、「なぜ堆肥化しづらい高水分の更褥物が発生したのか。」を考えてみる必要がある。調べてみると、畜舎の換気性が悪いために敷き料が乾きづらい、給水器の配置や形状が悪いため牛舎内に水が零れる、何らかの原因により家畜の飲水量が多すぎる等の問題が見られることもある。こうした場合は、これらの問題を改善するため、畜舎の改修や給餌方法の見直しなどをあわせて検討する必要がある。

また、大量の堆肥を処理しようとする場合、大規模な施設や大型機械が必要となるが、こうしたものを整備・導入する前に「堆肥原料そのものの量を少しでも抑えられないか。」を考える必要がある。乾牧草が十分にあるからといって、敷き料として大量に使用していたのでは、大量の更褥物が発生し、かなり大規模な施設や多大な労力が必要となる。また、場合によっては、堆肥化に適した水分やC/N比を確保するため、余計な調整作業が必要となる。こうした場合は、先ず飼養管理スタイルそのものを見直す必要がある。

このように、現場に携わる者は、発生した堆肥の山のみを見るのではなく、堆肥が発生するプロセスもあわせて検討して欲しい。

また、前述のように、堆肥化処理業務は、

- ①家畜の防疫
- ②飼料基盤の雑草対策や地力増進
- ③上記に起因する薬品費及び資材費の削減並びに労力の軽減
- ④牧場周辺へ及ぼす環境問題の回避

等を考えると、健全な牧場運営を行うためには、家畜管理や飼料生産と並列して取り組まねばならない重要な業務である。

しかも、堆肥化処理業務は単純な機械作業ではなく、正確な技術理論を理解していなければ成果が期待できない技術である。

こうした視点から、堆肥化処理に携わる職員は技術者としてのプライドを持って業務に取り組んで欲しいものである。

人は、数値に縛られてしまいがちである。言葉は、話す人によってニュアンスが異なり、聞く人も予備知識の不足や先入観などによって誤った受け取り方をしてしまうことが多々ある。そこで、人は数値に頼ってしまう。数値は、事象を最も客観的に表現できる手段だからであろう。

センター本所では堆肥化に関して多少の技術向上が図られたこともあって、最近、関係機関や畜産農家などの来訪者が増えてきている。いずれの方々も、周辺環境への対応に苦慮され、一刻も早く適切な堆肥処理を行いたいと願っておられるようである。

このような方々から決まって尋ねられることがある。

「堆肥の切り返しは、何回行えばよいのですか。」

「堆肥の水分は何%にすればよいのですか。」

「堆肥は何ヶ月でできるのですか。」

このように数値を求めたい気持ちはよく解る。しかし、残念ながら画一的に数値で示せる答えは、どこにも無い。

この小冊子を通じて説明してきたように、堆肥処理技術とは、与えられた条件下（気象、機械、施設、労力、施肥時期等）で、如何に上手に好気性微生物を働かせるかという技術である。

こうしたことから、実際に堆肥処理を行う者に求められるものは、好気性微生物を働かせるために必要な知識と、それぞれが与えられた条件で、最も効果的な好気性微生物の飼い方を見いだそうとする探求心であろう。

決して、市販されているような袋詰めの堆肥肥料を誰もが作らなければならないわけではない。「これが私の牧場では、最も効果的な方法なのです。」と言い切れるのであれば、それはそれで立派な堆肥処理技術ではないだろうか。



家畜改良センター堆肥処理研修プロジェクトチーム

後列左から 大石 進、大竹 剛、金田修一

鈴木清一、岡部昌博

前列左から 宮田雄一、飯村 仁、戸上啓一

家畜改良センター 技術マニュアル 1

堆肥化処理の理論と実践

著 者／家畜改良センター堆肥化処理
研修プロジェクトチーム

発 行／農林水産省 家畜改良センター
企画調整室 企画調整課

発行日／平成10年3月

印刷所／不二印刷株式会社