

## 第2章 堆肥等有機物の利用

堆肥に代表される有機物を利用することによって、化学肥料の施用量を低減できるだけでなく、土壌をより望ましい状態にし、保つことができる。本項では農業で利用される有機物（有機質肥料および堆肥）についての説明を行う。特に堆肥については詳述する。

### I 有機物とは

農業利用される有機物は生物に由来する。たとえば動植物の遺体、殻、排泄物などである。これらの有機物を原料として有機質肥料や堆肥が作られる。

有機質肥料は、食品加工残渣、家畜の非食用部位、非食用の魚など、窒素やリン酸を多く含む有機物を乾燥・成型したものである。

堆肥は、土壌肥料用語事典（2010）によれば次のように定義されている。

『稲わらなどの収穫残渣、樹皮（バーク）などの木質、家畜のふん尿などの有機質資材を堆積し、好氣的発酵により、土壌施用後農作物に障害を与えなくなるまで腐熟させたものをいう。土壌改良や地力維持を目的として使用される。単に「有機物」と呼ばれることもある。

狭義には、わら類などの植物質資材を堆積発酵したものを「堆肥」、家畜ふん尿を堆積発酵したものを「きゅう肥」、農業系以外の有機性廃棄物を堆積発酵したものを「コンポスト」とすることもある。しかし、単独原料だけで堆肥化することは少なく、家畜ふんにわらやおが屑を混合するように複合化して堆肥化するため、「堆肥」と総称することが適切である。単独原料による堆肥は、「牛ふん堆肥」のように原料名を、複合原料による堆肥は、「おが屑混合牛ふん堆肥」のように、副原料と主原料を併記して表現する。』

大分県有機質資材生産者協議会では、堆肥を主原料およびその畜種から「牛ふん堆肥」「豚ふん堆肥」「鶏ふん堆肥」「バーク堆肥」「その他」と分類している。

### II 有機物を利用する意義

土壌の性質は物理的性質、化学的性質、生物的性質の3つに大別される。

#### 1 物理的性質

ち密度（土の締まり、固さ）、通気性、保水性（水もち）、排水性（水はけ）などで表現されることが多い。粗い粒子（砂など）だけで構成される土壌は水の通りが良い反面、水を保持することは苦手とする。肥料もちも良くない場合が多い。一方、細かい粒子（粘土）を多く含む土壌は、水もちは良いものの水はけに劣り、湿害などの危険が伴う。どちらにしろ、

土の粒子がバラバラに存在しているだけの状態（単粒構造）では作物が育ちやすい環境とは言い難い。大小様々の粒子が程よく混ざり合い、生物遺体などに由来する有機物が接着剤となって団粒構造を形成すると、団粒同士の隙間（大きい隙間）と団粒内の隙間（小さい隙間）を持つこととなる。大きい孔隙で水は比較的速やかに流れ、小さい隙間に水が保持されることによって、水はけと水もちを両立する土壌が実現する。また、大きい孔隙を持つことによって通気性が改善され、土壌に住む生物（微生物、土壌動物など）にとっても暮らしやすい環境となる。このように団粒構造の発達には耕地土壌にとって大きな意味を持つ。団粒の発達に欠かせないのりづけの材料として有機物は活躍する。

## 2 化学的性質

化学的性質としては肥料成分の含量、バランス、肥料持ちなどが挙げられる。堆肥の利用で窒素、リン酸、カリといった主要成分に加えて微量元素も供給されるため、土壌には肥料成分が総合的に添加されることになる。さらに、堆肥の施用によって、堆肥が備えている肥料成分を保持する能力（陽イオン交換容量：CEC）を土壌に添加し、土壌の保肥力を向上させることができる。未耕地の土壌に含まれるリン酸の殆どは植物が直接利用できない形になっているが、堆肥には植物が直接吸収できる形のリン酸（可給態リン酸）が含まれるため、堆肥はリン酸の給源としても機能する。耕地土壌においても、肥料として施肥されたリン酸の一部は土に固定され、植物が利用できない形になってしまうが、堆肥を施用しておくことでその働きを抑制し、植物が吸収できる形のリン酸を保つことができる。また、土壌には施肥、かん水や降雨によってもたらされる化学的変化（養分の増減、pHの変化）を緩和する機能（緩衝能）が備わっているが、堆肥の施用によって緩衝能を更に強化することが可能である。

## 3 生物的性質

土壌中に生息する生物の種類、量、およびそれらの生物が関わる生態的、化学的反応のことを指す。作物などの植物による栄養の摂取や残渣の還元、動物による摂食、排泄や遺体となつての有機物の還元、土壌動物や微生物による有機物の分解、菌類、細菌類による植物への関与（共生のほか、感染による病害）などが絡み合い、土壌における生態系は極めて複雑なものとなっている。耕地は特定の植物が集中して栽培されることが多く、施肥や土壌改良で投入される化学的成分もその作物に向けた特定のものとなることが多い。そのため、偏った化学的条件下におかれやすい。化学的に偏った土壌条件では、そこに生息できる生物の種類も制限されるようになり、それまで多くの生物が編み上げていた生態的関係が崩れることによって土壌病害の多発につながる可能性がある。したがって、土壌の生物的環境をバランスのとれたものに調整することは、持続的に作物生産をおこなっていくうえで重要である。堆肥を投入することによって、前述のように土壌の孔隙が増え、土壌微動物の生息場所が確保されるとともに十分な空気が土壌中に存在することになり、微生物の活動が活発になる。

有機物は土壤生物の栄養分としても微生物の活性化に参与する。微生物の活動が活発になることで土壤生物は多様化し、土壤の生物的條件は改善されることとなる。

以上のように、堆肥を施用することによって、様々な方面から土壤を改善する効果が期待できる。ただし、これらの効果を得るためには堆肥を適正に施用することが前提となる。施用上の注意点については事項で紹介する。

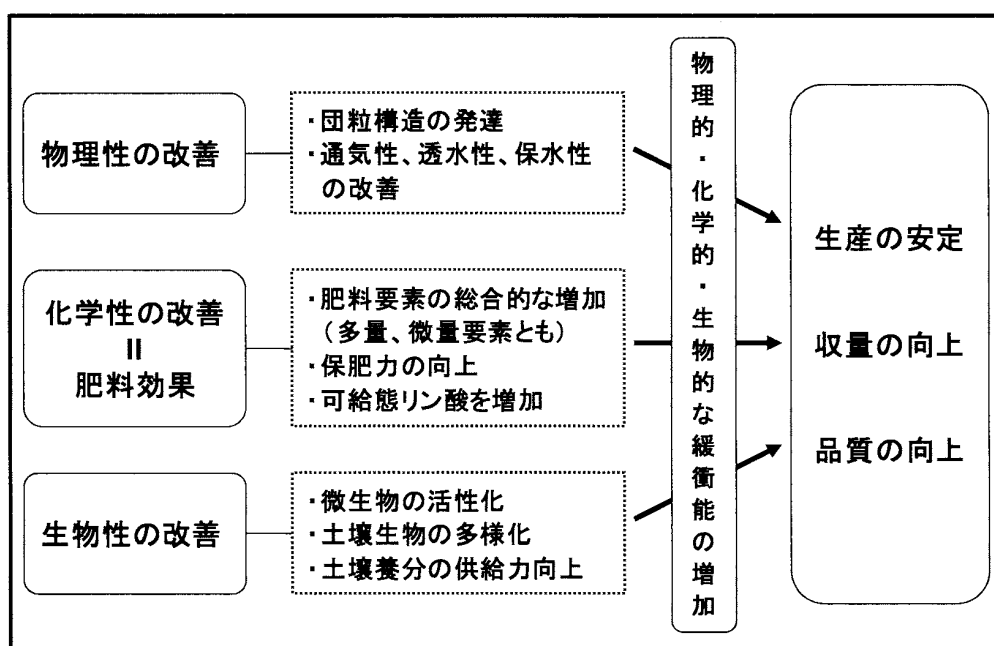


図1 堆肥施用により期待できる効果

### Ⅲ 堆肥を施用する際の注意点

堆肥の土づくり機能を最大限に活用するためには、堆肥を適正に使用することが必要である。

#### 1 目的に合った堆肥を選ぶ。

肥料成分を速やかに発現させたい場合には鶏ふん主体の堆肥、土壤物理性や生物性の改善を目的とするならば稲わらなどの植物系副資材を混合した牛ふん堆肥を、といった具合に、土壤に求める効果に応じて堆肥を選択する。

#### 2 完熟した堆肥を使用することについて

堆肥はその製造過程で 60～80℃の高温下の発酵を経る。高温発酵によって土壤病原菌や雑草の種子が死滅し、粗大な有機物が分解した状態で施用できる堆肥となる。十分に発酵温度が取れていない未熟な堆肥だと病原菌や雑草種子が生存している可能性がある。また、粗大有機物が残ったままだと窒素飢餓を引き起こすこともある。また、未熟な家畜ふん堆肥は臭気が残っていることが多い。周辺に民家等がある場合、その居住環境に配慮して、散布後は速やかに

耕耘する等の処置が必要である。堆肥も使い方である。十分に熟していない堆肥は、土と混ぜた後、十分に時間をとってから作物を植える等の工夫が必要である。

未熟堆肥を施用した場合に想定される障害とその対策を表1に示す。

表1 未熟堆きゅう肥施用による障害と対策  
(「堆きゅう肥利用の手引き書」より)

障害	対策
①窒素の取り込みによる窒素飢餓	①C/N比 20 以下の堆きゅう肥を使用する。
②急激な分解によるガスや有機酸による障害	②土壌混入後 2 週間以上経過させる。
③木質系堆肥のフェノール性酸類や樹脂による障害	③再堆積・発酵を行う。
④急激な分解による土壌の異常還元	④水田では間断灌水、中干しを徹底する。

3 季節によって、施用量の加減が必要となる。

堆肥も、多くの有機質肥料と同じように、地温に依存して肥料効果が現れるため。

4 堆肥からの養分供給を考慮して施肥量を決定する。

堆肥にも肥料成分が含まれており、特に家畜ふん尿を含む堆肥には肥料成分が思いの外多く含まれていることがある。成分量が判明している堆肥を使用し、投入した肥料成分だけ化学肥料を減肥することにより、施肥コストの低減、余剰成分による環境負荷の抑制といった効果が得られる。

5 窒素やリン酸に比べカリを多く含むものがある点に注意する。

施肥設計は窒素を基準として行うことが多いが、堆肥の施用量を計算するときに窒素を基準にすると、リン酸やカリが過剰になってしまうことが多い。リン酸またはカリを基準にして施用量を計算し、残りを化学肥料や有機質肥料で補う形をとるとよい。

#### IV 堆肥の特性

有機物にはそれぞれ特性がある。単独もしくは複数の有機物を組み合わせて作られる堆肥にもそれぞれ特徴があり、養分供給効果は高いが土壌物理性の改善効果は低いものもあれば、逆に肥料成分はあまり含まないものの土壌物理性改善に効果を発揮するものもある。

各種有機物の分解特性による群別と施用効果を、表2に示す。

表2 有機物の分解特徴による群別と施用効果（「堆きゅう肥利用の手引き書」より）

	初年目の分解の特徴	有機物の例	施用効果	乾物1t/10aの運用の場合		
				有機物の例	1年目のN放出(kg)	5年目のN放出(kg)
窒素放出群	C、Nとも速やかに分解する。 (年60～80%程度)	余剰汚泥 鶏ふん そさい残渣 クローバー など (C/N比10前後)	施用年におけるN放出効果大、有機質肥料的に考えてよい。 施用絶対量が少ないこと、残存率が低いことから、累積効果、有機物集積への効果は少ない。	余剰汚泥 ※100kg/10a 施用の場合	0.53	0.63
	C、Nとも中程度の速度で分解する。 (年40～60%程度)	牛ふん 豚ふん など (C/N比10～20)	施用年においてかなりのN放出があり、施用量によっては肥料の代替とすることもできる。 かなりの量のC、Nが土壌中に残存するので、連用すると土壌有機物の富化やN放出の増加が起こる。	乾燥牛ふん	0.62	1.35
	C、Nともゆっくり分解する。 (年20～40%程度)	通常の堆肥類 (中～完熟) (C/N比10～20)	施用年においてもある程度のN放出があるが、施肥量を減らすほどではない。 大部分のC、Nが土壌中に残存するので、連用により土壌の有機物含量が高まり、数年後から地力的窒素供給が明らかになる。	完熟堆肥	0.26	0.70
	C、Nとも非常にゆっくり分解する。 (年0～20%程度)	分解の遅い堆肥類 (バーク堆肥など) (C/N比20～30)	肥効は少ないが、C、Nのほとんどが土壌に残るので、有機物を増加させる効果大きい。地力窒素放出が明らかになるのに長期間を必要とする。	バーク堆肥	0.26	0.44
窒素取り込み群	Cの分解が速く(年60～80%)、Nの取り込みが起こる。	稲わら 麦わら トウモロコシ茎 など (C/N比50～120)	施用年におけるN取り込みが大きい、分解速度が速いもので1年以内、遅い場合には3年目に再放出が始まり、その後堆肥に類したN放出を示すようになる。 連用した場合、C/N比の高いものはN供給が始まるまでに時間がかかる。 施用量に比べCの集積は少なく、Nの集積が多い。	稲わら	-0.04	0.37
	Cの分解が中位かゆっくり(年20～60%程度)で、Nは出入りがないもの、あるいは取り込みが起こるもの。	未熟堆肥 水稲根 製紙かす など (C/N比20～140)	施用直後は土壌、作物への影響は明らかでないことが多いが、連用でわら類、堆肥類に近くなる。 土壌へのC、Nの蓄積は中程度。	未熟堆肥	0.09	0.52
	Cの分解が非常に遅く(年0～20%程度)、Nの取り込みが起こるもの。	おがくず など (C/N比200～)	Cの分解は速くないが、C/N比が高いため、Nの取り込みが大きい。Cの集積は初めの数年間とくに多い。	おがくず	-0.16	-0.33

堆肥の中でも代表的なものについて、その特性の概略を示す。

##### 1 牛ふん堆肥

牛ふん堆肥は、他の家畜ふんに比べ肥料成分含量が低く、腐植質を多く含むため、土壌物理性改善効果が高い。また、速効性ではないが養分供給効果もあり、特に、窒素の多くは地力窒素として徐々に養分を供給する。

##### 2 豚ふん堆肥

豚ふんは牛ふんに比べ窒素とリン酸の含量が多く、カリが少ない。土壌中での分解は牛ふんに比べ速く、牛ふんと鶏ふん（後述）の中間的な性質をもつ。

##### 3 鶏ふん堆肥

鶏ふんは窒素含量が高く、C/N比が低いために土壌中での分解が速い。

#### 4 その他の堆肥

##### 1) 稲わら堆肥

稲わらは C/N 比が 60 程度と高く、堆肥化する際には窒素源として家畜ふんや石灰窒素、尿素などが添加されることが多い。堆肥化は 3~4 ヶ月で完了する。できあがる堆肥の成分は、窒素添加量にもよるが、水分 75%前後、窒素、リン酸、カリがそれぞれ 1.0~2.0%、0.2~0.8%、1.5~2.5%程度、C/N 比は 20~25 程度である。肥料成分は少ないが、有機物を圃場に還元することになるため、環境負荷低減という観点からその意義は大きい。

##### 2) バーク堆肥

バーク堆肥の主な原料は針葉樹、広葉樹の樹皮である。県内では杉皮が多く流通している。バークは C/N 比が大きく腐熟しにくいいため、1~3 年屋外で野積みした後粉碎し、窒素源として鶏ふんや尿素、硫酸等を添加して堆肥化されるのが一般的である。堆積期間は原料バークの種類や野積み期間の腐熟程度にもよるが、6 ヶ月程度が必要となる。バーク堆肥の化学的特徴は陽イオン交換容量 (CEC) が高く、肥料成分の含量が家畜ふん堆肥と比べ少ないことである。また、バーク堆肥は細断されながらも樹皮の構造を残しており、土壤に施用することで粗大有機物の供給、それに伴う保肥力の向上、土壤孔隙の増加、通気性や透水性の確保が期待できる。

### V 堆肥施用を組み合わせた減肥

#### 1 堆肥の肥料成分

堆肥は有機物であるため、その肥料成分は化学肥料と同じように作物に吸収・利用されるわけではない。堆肥中の肥料成分が 1 年間に作物に利用されやすい形になる (無機化する) 割合は肥効率 (有効成分量) として表される。

家畜ふん堆肥の場合、畜種による肥効率は表 4 に示す値が使われている。窒素についてみると、牛ふん堆肥は肥効がじわじわと発現する、鶏ふんは速やかに分解され速く肥効が発現する、豚ふんはその中間であることがわかる。しかし、県下の堆肥は同一畜種によっても肥効率にかなりの差がみられる。リン酸、カリについては窒素ほど畜種による違いはなく、いずれも速やかに有効化する。

表3 大分県有機質資材生産者協議会会員堆肥の主原料別の成分  
(平成16年度から平成18年度の平均値)  
(「堆きゅう肥利用の手引き書」より)

堆肥の種類	水分		pH		EC		現物中%						C/N比	
	(%)		(1:10)		(mS/cm, 1:10)		窒素(N)		リン酸(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		カリ(K <sub>2</sub> O)			
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
牛ふん堆肥	56.2	2.2	8.5	0.2	6.7	0.5	0.85	0.0	1.18	0.1	1.65	0.2	21.1	1.0
豚ふん堆肥	40.4	5.2	8.7	0.4	7.0	0.5	1.78	0.3	4.48	1.4	2.35	0.5	14.9	2.1
鶏ふん堆肥	28.7	1.3	9.0	0.1	8.7	1.0	1.89	0.2	5.89	0.3	3.41	0.0	10.4	0.6
バーク堆肥	57.3	5.5	7.0	0.3	1.6	0.3	0.64	0.0	0.77	0.1	0.40	0.1	29.7	4.1

表4 大分県有機質資材生産者協議会会員堆肥の種類による肥効率(%)  
(「堆きゅう肥利用の手引き書」より)

	窒素	リン酸	カリ
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
牛ふん堆肥	10~40	60	90
豚ふん堆肥	15~60	60	90
鶏ふん堆肥	20~75	70	90

堆肥の施用にあたっては、成分含量はもちろん、各成分の肥効率を考慮して施用量を決定することが必要である。

## 2 堆肥の施用を組み合わせた減肥

各作物には養分吸収量から窒素、リン酸、カリの施肥基準が定められているが、その全量を堆肥で代替することは難しい。前述の通り、堆肥の窒素肥効率は化学肥料に比べて低い。成分含量から計算して窒素量を揃えても、施用年に有効化するはその一部、しかも1年かけて発現するため、初期生育が遅れるおそれがある。加えて、特に家畜ふん堆肥だと窒素に比べリン酸やカリを多く含むことが多い。堆肥だけで窒素投入量を賄おうとするとリン酸やカリが過剰に投入され、土壤中養分バランスの悪化や、地下水等への流出による周辺環境の負荷につながるものが危惧される。そのため、堆肥を施肥設計に組み込む際には肥料成分率と肥効率を合わせて考慮する。「窒素について、牛ふんでは30%、豚ふんおよび鶏ふんでは60%までを家畜ふん堆肥で代替し、残りを化学肥料で施用する」という施用法が望ましいとされている。ただし、この計算において他成分(リン酸、カリ)の代替率が100%を超える場合には、その成分が過剰とならないように施用量を減ずる。

また、施用した年に無機化しなかった堆肥中の成分は、次年度以降も引き続き無機化が起こ