

V 有機物による土づくり

V 有機物による土づくり

1 有機物施用による土づくり

(1) 有機物施用による地力維持の役割

作物栽培では、一定の耕地から最小の労力で、最大の収穫量を継続的に得ようとする。これを土壤の面からみると、作物を栽培することは土壤の持っている作物を生産し得る能力＝地力を低下させることになり、栽培を繰り返すことはこの能力を著しく低下させる。この相反した関係を維持させるために様々な対策が必要となる。これが、「土づくり」であり、「地力増進対策」である。

土づくりは古くから行われており、その方法は焼畑であり、野草の利用であり、輪作である。また、牧草・家畜の導入が行われ、土に有機物を施用すると地力が向上し、作物が作りやすくなることが経験的に広く知られるようになった。

近年、化学肥料の発展や農業機械の進歩が著しく、このために農業生産は大きな伸びを示したが、反面、土壤本来の生産能力＝地力は次第に低下し、様々な連作障害を引き起こしている。

また、土壤には作物に対する過干、過湿、高温や低温の影響を和らげる緩衝能力とか、作物が病気にかかりにくくする抵抗能力などがあり、これらの能力も地力に含まれる。

地力の内容

- | | |
|---------|--------------------|
| 1. 生産能力 | 作物の生産量を多くさせる能力 |
| 2. 緩衝能力 | 作物にとっての悪条件にも耐え得る能力 |
| 3. 抵抗能力 | 作物が病気等にかかりにくい能力 |

連作障害が多く発生している現在、これらの地力、つまり土壤が本来持っている能力が見直されてきており、地力維持及び向上対策＝土づくりが安定した農業生産に欠くことのできないものとなってきた。

地力という表現は古くから農業場面でよく用いられてきた言葉であるが、抽象的な表現であり具体的に示すことが難しい。作物を栽培している土壤によって、養分の供給の大小であったり、土の保水性であったり、土壤養分の保持力であったりする。これらの要因を整理し、更にその維持手段との関係を表1に示した。

堆肥をはじめとする有機物の施用は、地力の化学性要因、物理性要因及び生物性要因を向上させる等、地力維持に最も有効な手段といえる。

(2) 有機物施用効果

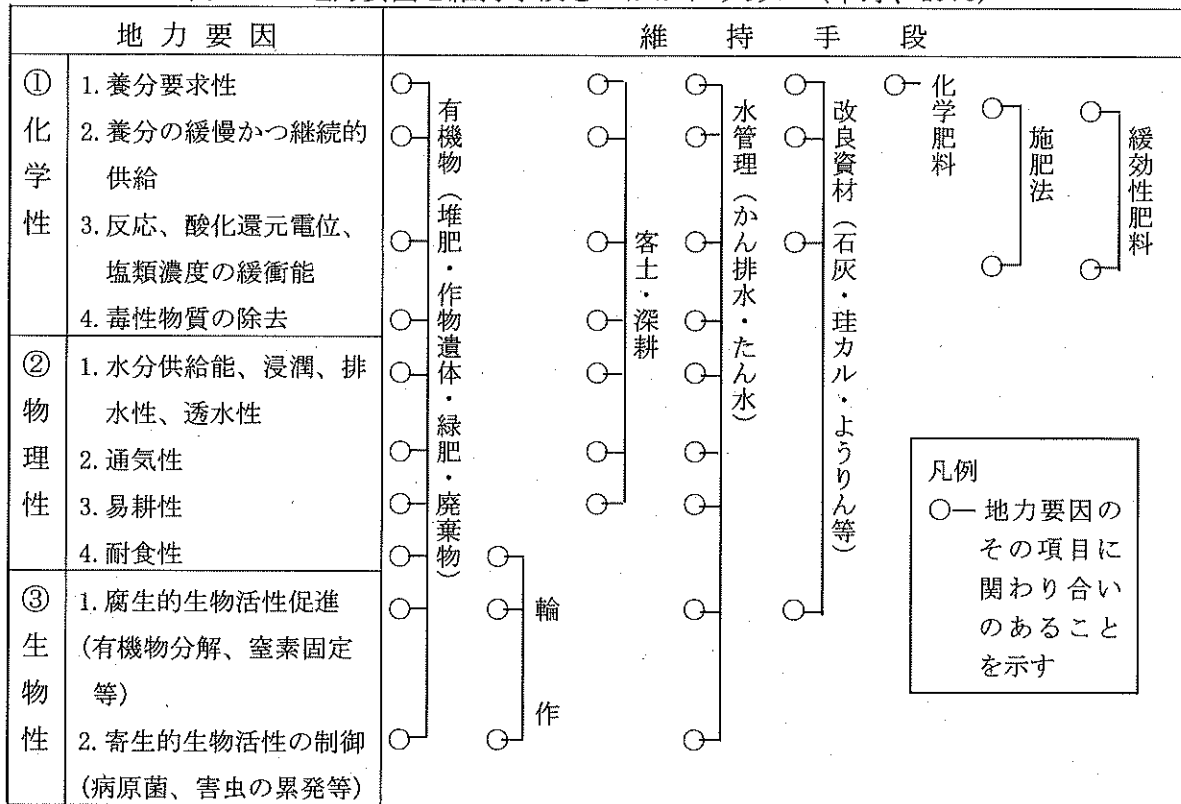
有機物の施用による具体的な効果を以下に示した。しかし、有機物の種類や連用に伴う有機物集積量や肥効などは異なるため、目的に応じた有機物の選定が重要である。

ア 緩効的な養分供給、土壤の養分量の増加

地力に基づく養分は作物生育期間中に緩効的に供給されるため化学肥料とは肥効が異なり、地力窒素と称されている。また、他のリン酸、カリ、石灰、苦土等

も堆肥等の有機物に含まれている。更に、微量元素のほう素、モリブデン等も含まれ、有機物施用によって必要量をほぼ補うことができる。

表1 地力要因と維持手段とのかかわりあい (草野、1976)



イ 腐植含量の増加

施用した有機物は微生物や動物の餌になり、次第に分解能力の低い腐植に変化して土壤中で蓄積する。

ウ 肥料成分の保持(CECの増大)

粘土や腐植の含量の少ない土壤では肥料成分の保持能力(陽イオン交換容量、CEC)が小さいので、肥料成分は土壤に保持されずにかんがい水や雨水によって流亡するが、有機物を施用すると肥料成分の保持量が大きくなり(図1)、肥料成分の損失は小さくなる。

エ キレート化効果

有機物に含まれる腐植酸、有機酸、糖類などはリン酸を固定化するアルミニウムや重金属を包み込むキレート作用により無機の物質を溶かす働きがある。このため、土壤中の鉄やアルミニウムが溶出してリン酸の吸着や固定が抑えられ、吸収しやすくなる。

オ 生育促進効果

有機物中には作物の生長を促進するような物質が含まれており、これらは植物ホルモンのような作用を持っている。これらは実験室内では確認されているが、実際のほ場ではどのような作用をしているのかはまだ明らかでない。

カ 土壤物理性の改良

有機物は比重が小さいため、土壤に施用すると固相率が減少し孔隙が増えて空気や液体の占める割合が大きくなる。また、団粒も形成されるので、土壤は膨軟になり、耕耘が容易となる。また、通気性や透水性、保水性が向上して根の伸長や発達が促進され、作物生産が向上する。

キ 土壤中での生物活動の促進

有機物施用によって、腐植や無機養分が集積することから、多くの生物が生息する。土壤中での生物の分布を図2に示したが、毛ダニ、原生動物や細菌などが有機物の少ない下層土より表層に多く、また、ミミズ等も多い。

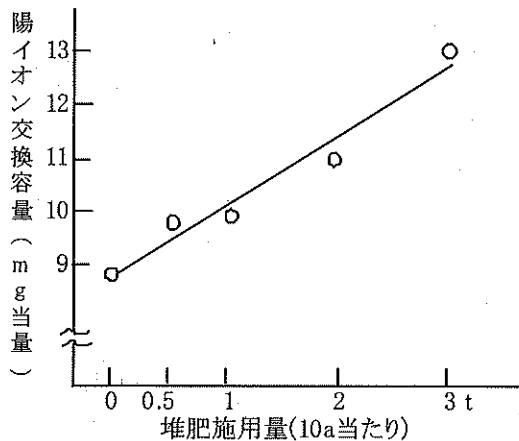


図1 堆肥施用量と陽イオン交換容量の関係
(高橋ほか)

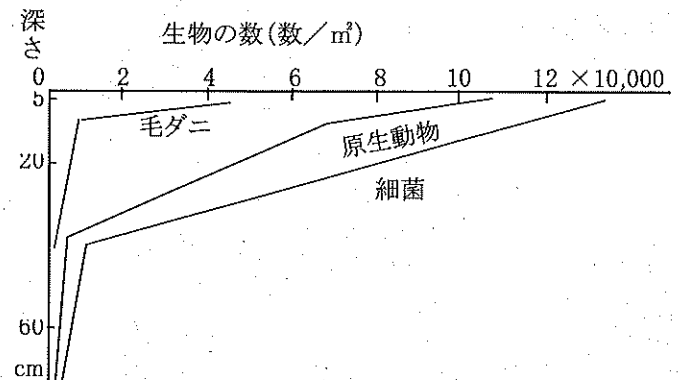


図2 土壤中での生物の分布

表2 線虫密度抑制のための有機物施用試験推進上の目安、または試験例

(農業研究センター研究叢書第5号より)

線虫	作物	有機質資材	施用量 (10 a 当り t)	備考
キタネグサレセンチュウ	ダイコン	マリーゴールド	3.5~4.5	栽培、すき込み
〃		乾燥鶏ふん	0.5	毎作施用で有効
〃		乾燥鶏ふん	0.5	
ネコブセンチュウ	果菜類	ローズグラス生茎葉	5.0	夏季たん水に加用
〃	〃	グリーンパニックグラス生茎	5.0	夏季たん水に加用
ネコブセンチュウ	果菜類	葉	5.0	夏季たん水に加用
〃	〃	脱水豚ふん	0.5	
〃	〃	乾燥鶏ふん	0.8	
〃	〃	羊発酵堆肥	10.0	
〃	コンニャク	汚泥	5.0~10.0	
ジャワネコブセンチュウ	〃	下水活性汚泥	5.0~10.0	
〃	サツキ	し尿消化汚泥	2.0	
〃	〃	生わら	3.5	
ナミイシユクセンチュウ	〃	パーク堆肥	3.5	
〃		おがくず牛ふん		
〃				

ク センチュウ害の軽減

有機物施用は土壌センチュウ害の軽減効果もあると言われている。その作用は有機物の成分、分解産物による殺虫効果の他現在種々の説がある。また、有機物の種類によってもこの効果は違う。試験例を表2に示す。

ケ 緩衝作用

有機物の総合効果として、外部からの作用に対しての抵抗力の増大がある。有機物を施用した土壌では肥料のやり方が悪くても大きな被害が出にくいし、気象条件が悪い時でもその影響を受けにくい等の緩衝作用がある。その作用は未解明の部分が多い。

(3) 有機物施用と微生物

有機物施用効果の多くは、微生物を介して発現されている。微生物の関与がなければ施用した有機物は分解されず、有機物中の養分のほとんどは供給されない。有機物が微生物により分解されて作られる腐植によって、CEC、団粒形成能力なども増大する。

また、土壌中の微生物は有機物を餌として生活することにより、必要なエネルギーと細胞成分を獲得している。微生物は有機物の中の炭素を最も多量に必要としており、有機態炭素に富む有機物が施用されることにより、それを餌にして菌体を増やしていく。

従って、有機物を施用すれば土壌中の微生物が増殖し、その過程で有機物を分解するとともに増殖した微生物は可給態養分のプールとなる。その後、死んだ微生物からは土壌有機物を上回る速度で養分が供給されることになる。有機物施用は「土づくり」の基本とされるが、その主役は微生物である。

非根圏土壌への有機物施用と微生物の増加は、根圏でも微生物を増加させ、微生物相を多様化させている。微生物相の多様化は、微生物間の相互作用（拮抗作用や拮抗作用等）の強化により根圏での微生物的緩衝能を高め、作物根の発達に好ましい微生物的環境をもたらしていると考えられる。

2 堆肥の作り方とその特徴

堆肥化は微生物を活用し、それらが高い能力を発揮できるような環境を整備する技術である。堆肥化発酵では、主として好気性微生物の活動により原料中の有機物を分解することから、良質堆肥作りでは原料中の炭素率（以下「C/N比」という。）調整（30~40）と水分調整（60%前後）及び比重調整（0.6以下）による酸素供給を意識して進める必要がある。また、原料の均一な腐熟を進め、堆肥化期間を短縮するために切り返しを行うことは重要である。これらの要件を欠くと、堆肥化が遅れるばかりか発酵熱が十分に上がらず病原菌や雑草種子を死滅できない、原料内部の嫌気性腐敗が起こり、悪臭や排汁の発生、生育阻害物質の生成等種々の問題が生じる場合があるので注意する。

堆肥作りはほ場や畜舎の周辺で行われることが多いが、周囲の環境に配慮しつつ

良質堆肥を作るためには、排水・通気及び雨よけ対策（場合によっては臭気対策）を講じた堆積場所を設ける必要がある。

(1) 稲わら堆肥

粗大有機物としては稲わら、麦稈、乾草等が原料となるが、一例として稲わら堆肥について製造方法を記す。稲わらのC/N比は約60である。

ア 仮積み

稲わらを8ツ切りか4ツ切りにして堆積する。この際、消石灰を稲わら重の5%を全層に混和し、上からかん水して踏み込み、7～10日間放置する。

かん水量は稲わら重の1.5倍程がよい。

イ 窒素添加、本積み

上記の堆積を切り崩し再堆積する。この際、稲わら100kgに対し硫安を1.4～1.9kg（Nとして0.3～0.4kg）、尿素の場合0.7～0.9kgを全層に混和しながら、仮積み時と同量の水をかん水して積み込む。湿りの程度は軽く握りしめて水の滴る程度がよい。周辺及び上部に覆いをする。本積み後4～5日で最高温度約70℃になり、以後次第に低下する。

ウ 切り返し

本積み後、4週間で切り返しを行う。堆積物の内外、上下を積み替え、この際水分が不足であればかん水する。堆積の山を縦に切り崩して再堆積するとよい。切り返しは2～4回行う。

エ 堆積期間

積み込みの季節にもよるが普通3～4か月で完了する。できあがった堆肥の水分は約70～80%で、原料稲わらの2～2.5倍量の堆肥ができる。

オ 稲わら堆肥の特徴

稲わら堆肥は各地で得られる稲わらを原料として堆肥化するものであり、その組成及び肥効は色々な堆肥の特徴や肥効を知る基準ともなっている。稲わら堆肥の成分組成は表3に示したが、C/N比は12前後である。

(2) 稲わら速成堆肥

稲わら100kgに対し石灰窒素1.9kgを加えてよく混和し、直ちに本積みとする。この場合は消石灰は施用しない。切り返しは2～3週間ごとに2回行い、その都度水分を補給する。40～60日で速成堆肥ができる。

表3 稲わら堆肥の成分組成

堆積日数	風乾物当り% * 印：現物%									
	水分*	pH*	T-C	T-N	C/N	T-P ₂ O ₅	T-K ₂ O	T-CaO	T-MgO	
稲わら			38.9	0.74	52.6	0.19	1.38	0.42	0.25	
稲わら堆肥	65日	78.3	9.50	28.4	1.92	14.8	0.54	2.43	4.08	0.40
	245日	80.4	9.60	29.6	2.31	12.8	0.54	2.44	4.42	0.36
	472日	74.9	7.30	31.3	2.73	11.5	0.67	1.56	7.30	0.43

(3) もみがら堆肥

もみがらは、そのままでは腐熟がなかなか進まないため、破碎して堆肥化する。風乾もみがらは窒素0.64%、C/N比72程度である。

ア 堆積法

(ア) 風乾、破碎したもみがら100kgに対し、鶏ふん20kg、または石灰窒素4kgを混和し、水分を補給後堆積する。3~8日で最高温度75°C前後に達し、次第に低下する。

(イ) 切り返し2~3週間毎に行ない、全体で3~4回切り返す。

(ウ) 堆積期間は100~120日以上を要する。

イ もみがら堆肥の特徴と施用上の留意点

もみがら鶏ふん堆肥は腐熟堆肥化して用いるが、C/N比の低下は他の草質堆肥より遅れる特徴がある。従って、施用量は他の堆肥より少なくする。

(4) オガ屑堆肥

製材所から安全なオガ屑を入手する。オガ屑のC/N比は約400~500である。

ア 堆積法

(ア) 堆積原材料100kgに対し、乾燥鶏ふん10kgと石灰窒素5kgを混和し、かん水しながら堆積して覆いをする。

(イ) 切り返しは3週間毎に2~4回行なう。

(ウ) 堆積期間は100~120日を要する。

イ オガ屑堆肥の特徴と施用上の留意点

オガ屑堆肥はその原料のC/N比が高いため、堆肥化には長期間を要する。完全に堆肥化されたものを施用しないと窒素飢餓を起こすこともあるので、注意する。

(5) バーク堆肥

原料バークとしてはできるだけ有効成分が多くて有害成分のないものを入手する(針葉樹バークより広葉樹バークの方が良いが、針葉樹バークでも年月を経たものは使用できる)。いずれの場合も適当な水分で長期間野積みされたものが良く、粒度も細かいことが必要である。バークのC/N比は約100~120である。

ア 堆積法

(ア) 本積み原材料100kgに対し、5~10kg相当量の乾燥鶏ふんと石灰窒素4~5kgを攪拌混合し、水分を握り締めて滴る程度に補給後、堆積して覆いをする。堆積後15日で最高温度50~60°Cに達し、以後次第に低下する。

(イ) 切り返しは3週間毎に2~4回行なう。

(ウ) 堆積期間は約100~120日を要する。

イ 特徴

バークはリグニン、セルロースなどが主体で肥料成分の含量は少ない。C/N比は120程度であり、耕地に施用する場合は堆肥化しなければならない。

ウ 肥料成分含有量

バークに鶏ふん、尿素、硫酸などを添加し、窒素分を補給して堆積したものには、窒素0.5~1.5%、リン酸0.3~1.3%、カリ0.2~0.7%が含有されている。

エ バーク堆肥施用上の留意点

畑地の地力増強を目的とする場合には、少なくとも4t以上の施用が望ましい。

柑橘園では、改植、開園時に4t全面施用、既成園では2tを毎年春肥前の1~3月頃に全面施用、または局部深耕施用とする。深耕施用の場合に苦土石灰や熔リン等を同時に混和すれば、効果的である。

バーク堆肥を、野菜育苗の鉢土に使用する場合は製品の品質に留意し、腐熟度の進んでいないものは再堆積して使用する。

(6) 生ゴミの堆肥化 (有機廃棄物資源化大事典 有機資源化推進協議会 1997 農文協より引用)

生ゴミの堆肥化は、高度経済成長期以前までは農耕地への堆肥還元を目的で行われてきたが、高度経済成長期以降は手間がかかることなどの理由から再利用されなくなった。ところが、近年資源循環型社会を目指そうとする社会的背景から生ゴミの堆肥化に対する関心が高くなり、取組みが拡大してきた。

生ゴミの堆肥化には、レストランや給食センター等で用いられているような業務用の高速発酵処理装置(加熱方式)と、家庭で用いられるような小型密閉容器が主に使用されている。この他に、粉碎した生ゴミを貯留槽内で脱水、乾燥させた後に肥料化や堆肥化する方法もある。

小規模堆積であるため、水分調整、通気、保温の技術が重要であり、発酵促進のための米ぬかや微生物資材の添加がおこなわれている。

ア 高速発酵処理装置(加熱式)

この方式で処理できる生ゴミは1日数kgから数十kg程度である。堆肥とするには、二次堆積による後熟が必要であり、期間は1ヶ月以上を必要とする。

(ア) 連続投入・加熱・通気攪拌発酵方式

- ① 水分調整と通気促進にはオガ屑を使用する。
- ② 発酵期間は、3ヶ月に一度取り出すなどかなり長期である。
- ③ 投入された生ゴミは1/15~1/20程度となる。

(イ) 連続投入・加熱・通気攪拌・装置内循環発酵方式

- ① 水分調整については加熱空気で乾燥させ60%程度の水分状態とする。
- ② 装置内の発酵期間は2~3日程度と短期間である。一次発酵をさせるものであり、取り出したコンポストは未熟であるため、腐熟度を得るためにはさらに二次堆積の必要がある。
- ③ 投入された生ゴミは1/10程度となる。

(ウ) 装置から取り出したものは、肥料成分等から堆肥として満足できる水準にある。

イ 小型コンポスト化容器

大型バケツ様の容器で、底部に水抜き穴を開けた地上に置くタイプと、底を抜いてまわりに穴を開けた埋め込みタイプがある。一般家庭用は、150ℓくらいのものが使い易い。

投入する生ゴミをできるだけ小さくカットすること、通気・水分調整・臭気・ハエ対策がポイントになる。

(ア) 地上に置くタイプ

一般家庭を対象に、専用の容器が市販されているが、普通のポリバケツに水抜き穴

を開けたものでも使用可能であり、木枠でも良い。

生ゴミを入れる前に容器の底に3皿くらい土を敷いておく。容器に入れる生ゴミはその日のうちに確実に水きりをし、新聞紙（水分調整用）に包んでから投入する。同時に米ぬか等を入れると、発酵が促進される。ときどき土をかぶせ、半分くらいまでになったら全体をよく混合して空気を供給する。再び生ゴミの投入と土かけを続け、容器が満杯になったら全体を良く混ぜてそのまま置くと、1か月ほどで腐熟した堆肥ができる。

(4) 埋め込みタイプ

無底の容器を埋め込み、満杯になったら容器を除去し、土中で腐熟させるものである。容器の壁に穴が開いており、まわりの土が水分を吸収するため、入れた生ゴミの水分が早く低下する。保温性もよいので、生ゴミの発酵は促進される。

ウ 生ゴミ堆肥施用の留意点

生ゴミ堆肥の製造は、食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律（食品リサイクル法）の施行等により、今後増加すると考えられる。しかし、生ゴミは必ずしも腐熟しやすい堆肥原料ではなく、製造された堆肥の中には低腐熟度、高油分、高塩分等により農地への施用上問題のあるものもあり、以下の点を留意する必要がある。

まず、生ゴミ堆肥を生産し流通させた場合、肥料取締法による特殊肥料（指定名：堆肥）に該当し、生産業者の県知事への届出が必要である。従って、施用する予定の堆肥が届出されているものかどうか確認（地域農業課又は農林技術研究所土壌環境科あて）する必要がある。県では届出に際して、肥料成分等の表示義務のある分析項目に加え、生ゴミ堆肥の場合は、植物に対する害に関する栽培試験（植害試験）の成績、油分及び塩素の分析結果の提出を指導している。

特殊肥料の「堆肥」に該当する生ゴミ堆肥は、肥料取締法により品質表示基準が定められており、主要な成分の含有量についても、①窒素全量、②りん酸全量、③加里全量、④炭素窒素比（C/N比）、⑤水分含有量の表示が義務付けられている。施用にあたっては表示されている成分量を参考に施用方法を判断する。

(7) 緑化剪定くず堆肥

緑化剪定くずは、公園や庭園の植栽木、街路や遊歩道の樹木等の剪定作業で発生し、焼却処分されていた。しかし、廃棄物処理の適正化の一環として、野焼きが規制されるようになり、有効利用の手段として堆肥化の事例がみられるようになった。

ア 原料の特性

緑化剪定くず堆肥は樹木の枝葉が主原料であり、木材廃棄物等を原料とした木質堆肥の一種と考えられる。従って、堆肥化しにくい原料であることを留意する。

原料の特性も、公園や街路の樹種や剪定作業の内容によって異なる。広葉樹は微生物による分解が容易なセルロースが多く、針葉樹は難分解性のリグニンが多い。竹や笹は最も分解しにくく一般に原料として適さないとされる。また、夏季の剪定くずは水分が多く柔らかい若葉が多いので分解しやすいが、冬季の剪定くずは水分が少なく硬い枝が多いので分解しにくい。

イ 堆肥化方法

(ア) 破碎

緑化剪定くずは、異物を除去したあと破碎機等によって破碎し、細かなチップ状にする必要がある。事例によると、一次破碎で 10 cm 程度、二次破碎で 2~4cm 程度の長さのチップにしている。

(イ) 堆積

堆積法は、破碎物だけを原料とする場合、副資材を添加する場合、あらかじめ野積で一次堆積してから堆肥舎で二次堆積する場合、一次堆積のみの場合等、様々な事例がある。

一つの事例では、一年間程度破碎物を野積堆積してから、窒素源となる副資材を添加の上、堆肥舎で二次堆積する。堆肥舎では散水により水分を 60% 程度に調整し、適時攪拌しつつ 6 ヶ月程度堆積する。

ウ 緑化剪定くず堆肥施用の留意点

緑化剪定くず堆肥も肥料取締法に基づく特殊肥料の「堆肥」に該当し、品質表示基準が定められている。従って、施用にあたっては C/N 比等の表示されている分量を参考に施用方法を判断するが、同じ木質堆肥であるパーク堆肥の施用方法を参考にする。今後、生産量が増加する可能性のある堆肥であるが、原料の性質上から品質が不安定な面もあるので、腐熟の程度によって使い分けるのが適当である。

表 4 粗大有機物および汚泥などを利用した堆肥の成分量

(pH 以外は乾物%)

堆肥の種類	pH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1 草質堆肥*	7.6	1.0	0.5	1.2	1.9	0.6
2 モミガラ堆肥	7.1	1.1	1.2	1.0	1.5	0.3
3 稲わら堆肥	7.6	1.6	0.8	1.8	2.0	0.6
4 パーク堆肥	8.0	1.6	1.6	1.7	1.9	0.8
5 石灰処理汚泥堆肥	8.3	2.3	3.4	0.2	20.2	0.9
6 高分子処理汚泥堆肥	7.5	2.8	2.5	0.3	1.0	0.3
7 都市ごみ堆肥	7.9	1.6	0.7	0.8	4.5	0.4

注) * 草質堆肥は、稲わら、モミガラ、土手草、落葉などを主とし、家畜ふん尿を全く添加しない自然堆肥 (分析は自然農法センター米倉による) ・ 2~4 は農水省地力保全対策資料60号

(8) 牛ふん堆肥

牛ふんの特徴として、水分が高いことが上げられる。飼養形態の違いによっても水分は違ってくるが、搾乳を行っている乳用牛では85%程度、肥育中の肉用牛でも81%程度ある。そのため、牛ふんの堆肥化では水分を調整することがポイントとなる。

一般的な水分・比重調整法としては、原料の通気性改善のためオガクズ、モミガラ、稲わら、プレナ屑、破碎された剪定枝やバーク等の樹皮など、含水率が低く、吸水性があり比重も小さい副資材を混合する方法が用いられている。送風設備がない普通の堆肥舎で堆積発酵させた場合（切り返しは1週間に1回行う）の堆肥化期間の目安は、原料が家畜ふんのみの場合で約2カ月、稲わら、麦稈等の作物収穫残さとの混合で約3カ月、オガクズ等木質系との混合で約6カ月である。また、乾燥処理や戻し堆肥で水分調整されたものは、副資材が混合されていないため、堆肥化期間は短くなる。

ア 堆肥化の方法

(ア) 堆積方式

水分を65~70%に調整し、通気性を確保したふん、またはふん敷料混合物は2m程度に堆積すると発酵熱が蓄積し発熱する。切り返しは、空気（酸素）の届かない堆積物内部の原料（ふん等）を表面に出し、表面の発酵済み堆肥を内部へ動かして堆積物全体の均一な発酵を促進する作業であることから、効率的な堆肥化および期間の短縮を図るため、1週間に1回程度行うことが望ましい。しかし、発酵熱をある程度蓄積させて品温を高く保つ（55℃以上、70~80℃以上が望ましい）ことが堆肥の安全性確保の点から重要であるため、過度の切り返しは好ましくない。適切な発酵状態が保たれば数週間で高温発酵が終了する。堆肥中の高い水分は、切り返し回数を増やせば発酵熱である程度は低水分化できるが、通気量が十分でない場合は嫌気性腐敗を示す強い悪臭や黒色の排汁が生じる。

(イ) 家畜ふんのみ連続堆肥化法（戻し堆肥利用）

最初に十分な量の副資材を混和し（副資材がオガクズの場合、容積比でふん：オガクズ=1：2）、通気性を確保した原料を発酵させ、40~45%の低水分に仕上げたタネ堆肥に、同重量の生ふん（水分85%程度）を加えて水分率を約65%に調整し、混合後1.5~2.0mの高さに堆積する。その後、週1回程度攪拌し、好気性微生物の繁殖を活発にするための通気を行うと2~3日で70℃以上まで品温が上昇し、およそ1カ月間で高温発酵は終了する。できあがった堆肥はタネ堆肥として繰り返し利用する。ただし、牛ふんは水分が多くエネルギーが小さいために、できあがった堆肥は再び水分調整に使えるほど低水分にはならない。そこで、ビニルハウス等の内部に薄く広げて乾燥させ、水分が十分に低下（40~45%）してからタネ堆肥として使用するとよい。しかし、上述の方法により高水分の乳用牛ふんを通常の堆肥舎で行なうことは難しいため、太陽熱を効率的に利用する堆肥化発酵乾燥処理ハウスの技術が開発されている。

なお、戻し回数が増えるほど、製品堆肥の塩類濃度が高くなる欠点がある。

イ 特徴

牛ふん堆肥は肥料成分濃度が低い反面、成分バランスは稲わら堆肥と同様に植物体の成分バランスに近いという特徴がある。また、腐植質を多く含むために土壌物理性の改善効果が高く、元肥や土壌改良資材として有効に施用できる。また、牛ふん堆肥は、速効性ではないが養分供給の効果もあり、たとえば牛ふん堆肥の窒素の肥効率は低い反面、土壌中に蓄積されて地力窒素となるため、地力の維持・増進には有効な資材である。

表5 乳牛および肉牛の堆肥成分（平成26、27年度静岡県良質堆肥共励会出品物の平均）

（現物中、ただし銅・亜鉛は乾物中）

		水分 %	pH	EC dS/m	窒素 %	リン酸 %	カリ %	石灰 %	苦土 %	銅 mg/kg	亜鉛 mg/kg
乳牛	平均	49.7	8.9	3.1	1.2	0.9	1.3	1.8	0.4	34	148
	バラツキ	14.4	0.9	1.5	0.5	0.5	0.7	1.0	0.2	22	94
肉牛	平均	45.6	8.7	4.5	1.4	2.0	1.8	1.5	0.6	16	182
	バラツキ	11.7	0.9	1.7	0.6	0.8	0.7	0.9	0.2	11	418

バラツキ：分析値の標準偏差、大きいほどバラツキが大きいことを示す。

ウ 使用上の留意点

- (ア) ふん尿にオガクズなどの木質を混合し堆積したものは、木質の種類やふん尿との混合割合が堆積期間に影響する。特に針葉樹由来資材、パーク等の樹皮は長期間の堆積が必要になる。
- (イ) 連続堆肥化法等で戻し堆肥を水分調整用副資材に使用した場合や、堆肥生産の過程で尿散布を行ったものは、堆肥中の塩類濃度が高まるため、堆肥中の成分量に加え塩類濃度も把握して施肥設計を行う。特に、牛ふん堆肥中のカリ濃度は、従来に比べて高い傾向にあるので、減肥はカリを中心に行うと良い。詳細は後述の5-(3)「堆肥施用に伴う基肥の化学肥料削減」を参考にされたい。
- (ウ) 牛ふん堆肥を施用して起きる障害は、未熟堆肥の施用による土壌の異常還元と、肥料成分の過剰による塩基の集積が原因であることが多い。いずれの場合も、牛ふん堆肥の品質を事前に吟味し、成分含量を考慮に入れた施肥設計を行うことで、未然に防ぐことが可能である。

2007年、国内で使用・登録されていないホルモン系除草剤「クロピラリド（成分名）」が残留した牛ふん堆肥を施用した作物に、生育異常を生じた事例が見られた。現在は混入の危険性はほとんどないが、類似の障害が発生した場合は、管轄のJA、農林事務所に相談していただきたい。なお、クロピラリドの残留を簡易に調べる方法と被害の軽減対策について、農研機構のホームページ上で公開されている。

資料名：「飼料及び堆肥に残留する除草剤の簡易判定法と被害軽減対策マニュアル」ホームページアドレス http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_rep

(エ) 輸入濃厚飼料や乾草に含まれ、スラリーや未熟堆肥等を介してほ場に侵入し、防除の難しい強害帰化雑草が発生することがある。そのため、家畜ふん尿を堆肥化するときには畜種にかかわらず、ふん中の雑草種子を殺滅するために、十分な高温（55℃以上、70～80℃が望ましい）で発酵させる必要がある。ほ場への施用にあたっては、製造過程で十分な温度上昇と堆積期間を経た堆肥を利用することが望ましい。

表6 高温処理に伴う雑草種子の生存率の変化

草 種	55℃					60℃				無処理
	処理時間 (hr)					処理時間 (hr)				
	24	48	72	96	120	3	6	24	30	
ワルナスビ	72	7	0		(%)	67	9	0	(%)	99 (%)
アメリカイヌホウズキ	79	0				84	6	0		97
イチビ	23	12	9	2	0	39	23	7	0	93
ヨウシュヤマゴボウ	0					57	3	0		94
ハリビユ	2	0				24	1	0		94
ホソアオゲイトウ	38	0				74	0			97
オオイヌタデ	0					0				83
オオクサキビ	0					46	0			96
イヌビエ	6	6	0			6	0			76
メヒシバ	0					10	0			67

(畜草研 西田ら 1999)

(9) 豚ふん堆肥

家畜ふんの堆肥化（発酵）に適した水分量は 55～65%であるが、豚ふんの水分は概ね 75%以上と高いので、スムーズに発酵を進めるためには、乾燥あるいは副資材を用いて水分を調整し、目安として比重（容積重）を 0.6 以下に調整する必要がある。現場では、10 リットルのバケツに副資材と混合した豚ふんをすりきり一杯すくい、重量を測ることで計算できる（バケツ重量抜きで 6 kg ≒ 比重 0.6）。

ふんの形状の違いから、豚ふんの発酵スタート時の水分率は牛ふんより低く、副資材なしで 55%、おがくず混合で 62%程度である。環境面への配慮からも、酸素が十分に行き渡るように調整し、嫌気発酵に起因する揮発性脂肪酸や硫化水素等の悪臭を発生させないことが重要である。

水分調整用の副資材として、おがくず、もみ殻、パーク等を利用することで、通気性が良好になり、好気発酵が活発に行われる。最近では、これらの副資材の入手が困難な場合もあり、戻し堆肥と言われる発酵済みの堆肥を水分調整材として活用する例も多いが、反復利用が進むほど塩類濃度が高くなるので注意が必要である。

ア 堆肥化の方法

(ア) 堆積方式

豚ふんの堆肥化の方法は牛ふんの堆肥化と原理的には全く同じである。

堆肥舎に水分調整済みの生ふんを 2m 以内の高さに堆積して、1 週間に 1 回程度切り返しを行い、堆肥化する。この方法では切り返しの回数を増やすことや、フロアの強制通気により酸素を十分に供給することで発酵が早まる。処理日数の目安は、ふんのみで 3～4 ヶ月、副資材を添加したものでは、前出の各資材の堆積期間を参考に、必要に応じて延長する。

通気性のある 1 m³程度のメッシュバックに水分調整済みの生ふんを詰め込み 3～6 ヶ月位静置して、堆肥化を行う方法もある。切返し作業が省略でき、それに伴う臭気発生を抑制できるメリットがある。

(イ) 攪拌方式

一般に「強制発酵（急速堆肥化）装置」と呼ばれ、開放型と密閉型に大別される。

開放型は高さ 1～2 m 程度のレール状の発酵槽に自走式の攪拌移送機を取り付けたもので、切り返しを行いながら、ふんの移動を行う。一定方向にのみ動く直線型と、陸上トラックのようにコーナーを設けてエンドレスに動く回行型に分けられる。直線型は、投入時に水分調整を行う必要がある。回行型では発酵済みの戻し堆肥の上に生ふんを投入するので水分調整の必要が少ない。フロアによる通気を併用すると処理日数が短縮できる。処理日数は 30～50 日程度で、さらに堆肥舎で堆積し、二次処理とすることが多い。

密閉型には縦型と横型がある。いずれも断熱効果を高めた金属筒で、内部で温風通気を行いながら常時攪拌されており、発酵が促進される。処理日数は 2 週間前後で、堆積による二次処理が併用される。排気口に脱臭装置を接続することで、臭気対策に対応しやすい利点がある。

イ 特徴

豚ふん堆肥の肥料成分含量は、牛ふん堆肥より多く、鶏ふんよりやや少ない。リン酸の含量が多く、その約 9 割は「く溶性」であり、ほぼ全量が化学肥料と同様に植物に利用されると考えられる。また、豚舎の構造の違いにより、ふんのみを材料とした堆肥は、尿が混合された堆肥よりカリの含量が少ない傾向にある。

表 7 豚の堆肥成分（平成26、27年度静岡県良質堆肥共励会出品物の平均）

（現物中、ただし銅・亜鉛は乾物中）

	水分 %	pH	EC dS/m	窒素 %	リン酸 %	カリ %	石灰 %	苦土 %	銅 mg/kg	亜鉛 mg/kg	
豚	平均	37.6	8.6	4.9	2.3	3.9	1.9	4.8	1.1	179.1	500.2
	バラツキ	12.0	1.2	1.5	0.8	1.6	0.7	3.4	0.4	102.1	200.2

バラツキ：分析値の標準偏差、大きいほどバラツキが大きいことを示す。

ウ 使用上の留意点

- (ア) 豚ふん堆肥の施用にあたっては、成分含量を考慮に入れた施肥設計を行う。
- (イ) 未熟な堆肥や乾燥ふんでは、窒素飢餓等の障害が発生する可能性があるため注意する。また、副資材に戻し堆肥を用いる強制発酵装置で製造した堆肥や、ふん尿混合で製造された堆肥ではカリ等の塩類濃度が高くなる傾向にあるため、特に施設作物では施肥設計に注意が必要である。
- (ロ) 密閉型強制発酵装置で製造された豚ふん堆肥は、他の製法の堆肥より易分解性有機物の含量が高い傾向があるため、作付け前に予め余裕をもって施用することが望ましい。
- (ハ) 銅、亜鉛の含量が高い（品質表示基準：現物 1 kg 当たり銅 300mg 以上、亜鉛 900mg 以上）豚ふん堆肥を長期連用する場合は、土壌蓄積に注意し、施用量を加減する。

(10) 鶏ふん堆肥

鶏ふんの C/N 比は牛や豚より低いため、有機物の分解が早く、副資材を含まない採卵鶏のふんでは、理想的な発酵がなされれば 15 日程度の発酵で分解が終了する。

ア 堆肥化の方法

鶏ふんの堆肥化の方法は牛ふん及び豚ふんの堆肥化と原理的には同じである。養鶏農家における鶏ふんの処理は、強制発酵装置と堆積発酵の併用が多い。副資材を使わずに開放型の攪拌装置で処理したものは、製品が粒状に成型される。鶏の尿は尿酸としてふんと一緒に排泄される。無窓鶏舎の新鮮な鶏ふんをすみやかに密閉型強制発酵装置で高温発酵・乾燥させると、微生物のウリカーゼ（尿酸分解酵素）の活動が抑制され、尿酸態窒素の含量が高い堆肥となる。

一部では、従来からの乾燥鶏ふんとしての処理も行われている。これは、ビニルハウス内に鶏ふんを 10~20cm 位の厚さに広げ、ロータリーなどで攪拌しながら急速に乾燥したもので、一部は発酵するが、大部分は水分の低下により発酵が停止する。そのため、発酵処理したものより窒素含量は高いが、施用時に水分が加わると生ふんと同じ状態に戻るため、臭気発生に注意し、すみやかに土壌にすきこむ等の配慮が必要である。

イ 特徴

鶏ふん堆肥の肥料成分含量は牛・豚ふんより高い。カルシウムなども高いレベルで含有されており、特に採卵鶏のふんを原料としたものはカルシウム含量が高い。

ウ 使用上の留意点

- (ア) 鶏ふん堆肥は、他の家畜ふん堆肥より速効性の窒素含量が高く、他の肥料成分も多く含まれるため、堆肥というよりは有機質肥料の性質が強いものが多い。施用にあたっては、成分含量を考慮に入れた施肥設計を行う。
- (イ) 亜鉛の含量が高い（品質表示基準：現物 1 kg 当たり 900mg 以上）鶏ふん堆

肥を長期連用する場合は、土壌蓄積に注意し、施用量を加減する。

表8 鶏の堆肥成分（平成26、27年度静岡県良質堆肥共励会出品物の平均）

（現物中、ただし銅・亜鉛は乾物中）

	水分 %	pH	EC dS/m	窒素 %	リン酸 %	カリ %	石灰 %	苦土 %	銅 mg/kg	亜鉛 mg/kg
鶏 平均	20.5	8.9	6.8	2.9	5.6	3.4	15.7	1.3	63.5	436.2
バラツキ	6.7	0.9	1.8	1.2	1.5	0.8	6.7	0.4	23.1	96.8

バラツキ：分析値の標準偏差、大きいほどバラツキが大きいことを示す。

3 堆肥、各種有機物の利用

(1) 家畜ふん堆肥の品質・成分的特徴

ア 家畜ふん堆肥の品質・成分的特徴

畜種別にみた畜産ふん堆肥の化学的特徴を表9に示した。家畜ふん堆肥の肥料成分の含有率は鶏で最も高く、次いで豚、牛の順である。また、鶏では採卵鶏で飼料由来のカルシウムの含有率が高い（牛、豚の2.8～4.8倍）。

表9 畜種別にみた家畜ふん堆肥の化学的特徴（山口・原田1996）

蓄種	項目	水分 ¹⁾	pH	EC ²⁾	T-N ³⁾	T-C ³⁾	T-P ₂ O ₅ ³⁾	T-K ₂ O ³⁾	T-CaO ³⁾	T-MgO ³⁾	C/N比
全畜種	試料数	718	746	638	803	628	803	803	718	717	737
	最大値	80.5	12.3	17.5	8.5	52.8	21.4	7.8	30.7	20.8	60.7
	最小値	4.2	5.2	0.2	0.2	6.6	0.1	0.1	0.1	0.1	2.5
	平均値	44.6	8.4	5.8	2.5	33.3	3.9	2.7	5.6	1.4	15.3
	標準偏差	19.1	0.8	2.7	1.1	9.0	2.7	1.3	5.7	1.2	7.2
牛	試料数	318	386	318	400	314	401	401	357	357	374
	最大値	80.5	10.2	13.9	5.0	52.8	21.4	7.8	24.7	2.7	41.8
	最小値	4.2	5.2	0.2	0.2	6.6	0.2	0.1	0.2	0.1	2.5
	平均値	54.8	8.4	4.7	1.9	35.3	2.3	2.4	3.0	1.0	18.9
	標準偏差	14.3	0.9	2.2	0.7	9.4	1.7	1.3	2.6	0.5	6.3
豚	試料数	187	150	129	187	130	186	186	161	161	156
	最大値	76.5	9.9	12.6	5.3	50.4	12.2	5.2	28.0	6.5	30.3
	最小値	9.0	5.2	0.8	0.6	12.0	0.6	0.2	0.1	0.2	2.6
	平均値	40.2	8.4	6.4	3.0	32.8	5.8	2.6	5.2	1.8	11.7
	標準偏差	18.0	0.8	2.2	1.0	8.3	2.3	1.1	3.1	1.1	4.7
鶏	試料数	118	116	104	121	97	121	121	108	108	114
	最大値	73.2	10.1	17.5	8.5	44.3	11.5	6.2	30.7	20.8	60.7
	最小値	7.8	6.4	2.8	0.5	14.1	0.4	0.2	0.4	0.7	3.5
	平均値	25.1	8.5	8.3	3.2	28.7	6.5	3.5	14.3	2.1	9.6
	標準偏差	15.4	0.7	2.3	1.2	8.0	2.2	1.3	7.5	2.3	6.6
その他	試料数	33	34	31	33	33	33	33	31	31	33
	最大値	71.2	12.3	16.1	5.9	44.3	8.5	4.3	25.2	2.5	43.4
	最小値	12.7	6.2	0.7	0.6	7.6	0.1	0.3	0.3	0.1	5.2
	平均値	42.6	8.2	5.2	2.7	30.9	3.2	2.0	5.3	1.0	14.2
	標準偏差	17.7	1.1	3.6	1.3	8.7	2.3	1.3	5.9	0.6	8.2

注) 1) 印は現物%、2) 印は mS/cm、3) 印は乾物%をそれぞれ示す。

イ 家畜ふん堆肥の副資材別の特徴

副資材別にみた家畜ふん堆肥の化学的特徴を表10に示した。豚ふん堆肥では副資材の添加によって、堆肥の成分組成に明瞭な差が認められ、水分とC/N比は副資材の添加により高まった。この傾向は牛及び豚ふん堆肥でも認められた。

表 10 副資材別からみた家畜ふん堆肥の化学的特徴 (山口・原田 1996)

畜種	副資材	項目	水分 ¹⁾	pH	EC ²⁾	T-N ³⁾	T-C ³⁾	T-P ₂ O ₅ ³⁾	T-K ₂ O ³⁾	T-CaO ³⁾	T-MgO ³⁾	C/N比
牛	なし	試料数	53	56	51	58	55	58	58	55	55	55
		最大値	80.5	10.2	9.9	4.0	52.8	21.4	7.8	12.9	2.3	37.6
		最小値	14.4	6.1	0.7	0.6	6.6	0.2	0.5	0.4	0.4	7.2
		平均値	49.9	8.4	4.9	2.2	34.9	2.9	2.9	4.2	1.3	16.7
	標準偏差値	14.1	1.0	2.0	0.8	8.5	2.8	1.5	2.7	0.5	6.1	
	オガクズ	試料数	130	187	158	196	179	196	196	171	171	186
		最大値	79.8	9.8	13.9	4.1	48.0	14.6	7.2	8.7	2.7	39.1
		最小値	4.2	5.2	0.2	0.4	11.5	0.4	0.5	0.2	0.2	9.7
		平均値	57.8	8.3	5.1	1.9	37.0	2.3	2.6	2.7	1.1	21.0
	標準偏差値	13.5	0.9	2.2	0.6	8.9	1.5	1.2	1.8	0.5	5.9	
	モミガラ	試料数	19	18	14	20	17	21	21	16	16	17
		最大値	72.2	9.1	6.6	5.0	37.9	7.8	6.9	15.1	1.9	32.1
最小値		13.0	6.7	0.6	1.4	10.7	0.5	0.0	0.7	0.3	10.4	
平均値		57.0	8.1	4.1	2.3	29.4	3.4	2.5	4.4	1.2	16.2	
標準偏差値	14.5	0.7	2.2	0.9	7.3	2.2	1.8	3.4	0.5	5.7		
豚	なし	試料数	49	41	40	49	48	49	49	47	47	48
		最大値	71.0	9.4	11.6	5.3	47.4	12.2	4.5	28.0	6.5	30.3
		最小値	9.0	5.7	3.8	1.4	13.0	2.0	1.3	0.9	0.6	2.6
		平均値	29.0	8.2	7.1	3.8	34.9	7.1	3.0	6.4	2.5	9.9
	標準偏差値	14.0	0.7	1.8	1.0	6.4	2.6	0.8	4.3	1.4	4.1	
	オガクズ	試料数	58	52	42	59	49	59	59	44	44	54
		最大値	76.5	9.9	12.6	4.6	50.4	10.9	4.7	10.0	3.7	29.5
		最小値	12.9	5.2	0.8	0.6	12.0	0.6	0.2	0.1	0.2	6.2
		平均値	43.8	8.4	5.9	2.5	30.7	5.4	2.6	5.1	1.6	14.2
	標準偏差値	17.1	0.9	2.5	0.8	9.3	2.1	1.1	2.3	0.8	5.1	
	モミガラ	試料数	16	11	9	16	13	16	16	11	11	13
		最大値	70.9	9.2	12.0	4.8	41.2	8.6	5.2	8.2	2.9	21.1
最小値		22.9	6.3	4.3	0.6	13.2	1.3	0.3	0.2	0.4	8.0	
平均値		52.7	8.0	7.5	2.7	28.9	4.8	1.9	4.1	1.3	12.6	
標準偏差値	14.0	0.9	2.2	1.0	9.2	2.0	1.4	2.9	0.7	4.3		
鶏	なし	試料数	51	47	46	53	50	53	53	50	50	50
		最大値	49.9	10.1	17.5	8.5	42.3	11.1	5.8	30.5	9.2	22.6
		最小値	7.8	6.5	4.3	1.8	14.1	2.7	1.9	0.6	1.0	3.5
		平均値	19.7	8.4	8.5	3.5	27.9	7.3	3.9	15.8	2.2	8.4
	標準偏差値	7.8	0.6	2.1	1.3	6.9	1.8	1.0	7.2	1.6	3.0	
	オガクズ	試料数	9	7	7	9	9	9	9	9	9	9
		最大値	62.1	8.9	11.3	4.6	40.1	11.5	4.5	17.4	20.8	21.8
		最小値	15.0	6.5	3.2	1.4	18.3	2.3	1.1	0.8	1.3	6.2
		平均値	37.1	8.6	7.2	3.7	31.3	6.1	3.1	6.3	2.7	11.0
		標準偏差値	14.8	0.8	2.8	1.1	7.6	3.0	1.0	6.1	6.6	4.8

注) 1) 印は現物%、2) 印は mS/cm、3) 印は乾物%をそれぞれ示す。

(2) 有機性廃棄物の組成

ア 有機性廃棄物の組成と重金属含有率

有機性廃棄物の農地への利用は当初、有機質資材としての有効性に重点が置かれていたが、その後汚泥中に含まれる重金属含量や汚泥の脱水過程で添加される凝集剤による影響などへの関心が高まり、ヒ素、カドミウム、水銀等の重金属は肥料取締法による公定規格の設定や総理府令による規制値が定められた。また、環境省による土壌中の亜鉛濃度の上限を 120ppm とする土壌管理基準が定められるなど、有機性廃棄物の農地還元は、汚泥中の重金属の濃度規制と汚泥を施用した土壌の重金属負荷量の上限による総量規制が行われるようになってきている。

表 11 産業系有機物の成分組成

項目	(乾物当たり%)						
	T-N	T-P ₂ O ₅	T-K ₂ O	T-CaO	T-MgO	T-C	pH
パーク堆肥	1.6	0.9	0.5	4.7	0.5	46.7	7.1
し尿汚泥	4.7	9.4	0.3	4.4	2.4	35.1	7.2
下水汚泥	3.4	2.0	0.1	9.2	0.5	27.5	8.9
水産排水汚泥	0.8	0.4	0.2	0.7	0.1	—	—

表 12 各種有機性汚泥中の重金属含有量 (ppm)

種類	項目	T-Cd	T-As	T-Hg	T-Cu	T-Zn	T-Pb	T-Ni	T-Cr
		し尿汚泥	平均値	2.15	1.39	6.69	212	1250	51.8
	変動係数	44.8	54.6	128	46.7	51.9	50.5	89.9	95.0
下水汚泥	平均値	2.43	1.23	4.24	139	848	15.7	22.9	22.1
	変動係数	49.0	51.3	86.6	36.1	45.3	98.3	66.4	58.7
食品工場汚泥	平均値	1.11	0.36	5.06	193	451	22.8	53.5	138
	変動係数	134	128	202	138	102	106	188	363

注) 環境庁再利用資源土壌還元影響調査より作成 (日本土壌肥料学会、1988)

イ 農地への還元、利用

畑土壌は水田土壌に比べ、通気・透水性が優れるため有機物の分解能が大きいことから、汚泥の施用は一般の有機質肥料や堆肥等と同様に考えてよいが、汚泥の発生源や処理法によって肥効や土壌改良効果が異なるため、使用に当たっては汚泥の性質を把握し、適正な量を適正な方法で施用しなければならない。

水田土壌への施用の場合、水稻に対し窒素含量の高い汚泥が多量に施用されると倒伏の危険が増大する。また、その多くが菌体より構成される汚泥は多量施用すると過剰な窒素を放出し、水稻の作柄を不安定にするだけでなく、土壌の酸化還元電位を低下させ、養分吸収を阻害する可能性があるため、利用に当たってはこれらの問題点を配慮しなければならない。その対策として、汚泥中の易分解性有機物をあらかじめ堆肥化処理することによって有機物を分解させた後に施用することで、水稻への悪影響を回避することが可能となる。

農地に還元利用される汚泥はヒ素、カドミウムなど重金属が肥料取締法による普通肥料の要件を満たしたものを農作物の施用適量範囲で施用することが重要であり、併せて施用後の土壌への重金属濃度の蓄積について定期的に診断することなどが必要である。

表 13 関東東海地域における有機物施用基準

単位: t/10a

種 類	水稲	普通作	野菜	飼料作	果樹	茶	桑
稲わらたい肥	0.5~2.0	0.3~4.0	0.5~5.0	1.0~5.0	1.0~7.0	1.0~7.0	1.5~4.0
汚泥肥料	0.4~0.7	0.6~2.0	0.5~1.2	1.2	0.6	0.6	0.6
都市ゴミコンポスト	—	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

現場の土づくり・施肥Q A (1996)

ウ 汚泥を施用する場合の留意点

- ・凝集剤に消石灰を使用している汚泥は石灰質資材として扱い、施用量は酸度矯正の範囲とする。ただし、汚泥の石灰含量 100kg/10a 以下とする。
- ・汚泥を連用する場合は必ず土壌の pH をチェックする。
- ・カリ含量が少ないので、塩基バランスに注意する。
- ・鉄やマンガン等微量元素の肥効が期待されるので、汚泥を連用する場合は微量元素入り肥料の施用を避ける。
- ・含水率の低い汚泥は固結しやすいため、施用後は直ちに作土と混和する。
- ・水田に施用する場合は、水稲が倒伏する危険性が高いので注意する。
- ・土壌や作物体への重金属の蓄積は、汚泥の種類や作物によって異なるため、施用土壌中の重金属濃度の追跡調査を継続的に実施する必要がある。

(「現場の土づくり・施肥Q&A」(1996)より引用)

(3) 各種有機物資材の成分組成

表 14 各種有機物資材の成分組成

種別	項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe	Mn	Zn	Cu	S
		%	%	%	%	%	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	%
水	稲わら	1>	0.356	1.94	0.278	0.225	52.5	52.3	3.9	1.00	0.020
	〃 もみぢ	1>	0.390	0.60	0.056	0.031	19.6	21.0	2.3	0.92	0.015
	〃 根株	1~2	0.233	1.62	1.112	0.296	656.0	45.0	19.0	1.76	0.155
陸	稲わら	1~2	0.316	2.16	0.334	0.285	45.0	100.0	4.5	1.80	0.140
	〃 根株	1~2	0.822	1.08	0.056	0.205	560.0	118.0	16.5	4.40	0.165
大麦(裸)	稈	1>	0.232	3.00	0.278	0.114	30.0	2.8	3.8	0.72	0.130
	〃 芒桴	1>	0.520	0.10	0.278	0.218	19.0	1.7	13.2	0.84	0.195
小	麦 稈	1>	0.118	1.24	0.112	0.056	47.5	6.4	14.0	0.96	0.065
	〃 芒桴	1~2	0.209	0.96	0.306	0.058	47.5	8.0	10.0	0.80	0.045
	〃 種子殻	1~2	0.265	0.66	0.557	0.093	39.5	6.5	7.5	1.24	0.011
イタリアン	茎葉	1~2	0.445	3.12	0.667	0.396	39.0	21.3	13.0	1.14	0.095
レン	グ茎葉	3<	0.635	0.25	1.835	0.396	40.0	7.2	16.7	1.34	0.240
	〃 根株	3<	0.650	0.25	2.002	0.396	20.0	6.5	21.2	1.32	0.240
クローバ	茎葉	3<	0.535	3.96	1.724	0.111	75.0	8.0	6.0	1.08	0.030
	〃 根株	2~3	0.557	2.04	0.667	0.417	92.5	5.1	13.0	1.80	0.105
アルファルファ	茎葉	3<	0.745	3.84	1.501	0.920	17.5	4.8	10.0	1.52	0.245
	〃 根株	2<	0.456	1.62	0.876	0.277	92.5	2.9	11.5	1.08	0.090
ブロッコリー	茎葉	2~3	0.700	3.37	1.779	0.241	10.0	8.6	20.8	0.80	0.395
	〃 根株	1~2	0.731	2.76	0.612	0.175	77.5	8.5	11.2	1.68	0.220
針葉	樹松葉	1>	0.100	0.36	0.890	0.126	10.0	103.5	8.5	2.24	0.060
	〃 杉葉	1>	0.126	0.12	0.328	0.251	87.5	5.2	12.3	0.72	0.075
落葉	樹柿葉	1~2	0.208	2.64	1.529	0.560	30.0	121.0	5.5	0.96	0.195
ミカ	ン皮	1~2	0.150	0.84	0.779	0.078	12.5	1.4	5.8	1.20	0.003
メロ	ン茎葉	2~3	0.465	8.55	3.892	1.073	20.0	8.1	17.3	1.24	0.550
ライ	麦茎葉	1~2	0.215	0.48	0.223	0.126	40.0	9.9	16.7	1.48	0.030
	〃 根株	1>	0.625	2.76	0.224	0.109	630.0	13.5	33.5	1.16	0.030
ソルガム	茎葉	1~2	0.497	3.85	0.278	0.507	27.0	3.5	21.2	1.64	0.160
	〃 根株	1>	0.322	2.76	0.111	0.264	14.9	3.6	10.7	1.32	0.245
トウモロコシ	茎葉	1~2	0.635	0.97	1.501	0.561	95.0	4.9	19.2	1.80	0.375
	〃 根株	1>	0.250	0.10	0.223	0.201	650.0	3.3	9.3	2.16	0.245
	〃 実皮	1~2	0.491	1.56	0.117	0.225	28.2	2.0	5.0	1.08	0.010
大	根葉	3<	0.715	8.84	4.837	0.287	77.5	28.3	12.5	1.16	0.730
	人 参葉	2~3	0.745	4.93	3.169	0.594	42.5	15.0	30.2	1.32	0.395
カン	ン葉内	3<	0.865	3.42	1.001	0.147	15.2	3.0	9.5	0.96	0.630
	〃 葉外	3<	0.765	5.23	4.337	0.312	35.0	18.0	25.5	1.20	1.040
	〃 根株	1~2	0.555	4.29	0.612	0.376	20.4	1.8	9.3	1.72	0.465

種別	項目	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	Fe mg/100g	Mn mg/100g	Zn mg/100g	Cu mg/100g	S %
白	さい葉外	1~2	1.060	4.86	6.338	0.876	127.5	31.0	17.0	1.12	0.930
"	根葉	2~3	1.312	3.96	1.056	0.628	70.0	4.3	14.8	1.00	0.555
ス	イカ茎葉	2~3	0.497	4.08	2.836	0.634	45.0	7.3	10.7	1.72	0.050
広	葉樹(落葉)	1>	0.145	0.36	1.459	0.225	62.5	109.0	14.0	2.22	0.125
プ	リンスメロン茎葉	2~3	0.690	5.28	9.730	0.876	142.5	87.5	17.5	2.28	0.170
キ	ュウリ茎葉	2~3	0.730	4.44	4.114	0.287	97.5	41.3	26.5	1.28	0.685
"	摘枝葉	2~3	1.010	4.86	3.975	1.023	145.0	54.5	39.0	1.64	1.130
ト	マト摘枝葉	3<	0.765	3.32	4.448	0.288	110.0	8.3	54.0	2.00	0.970
ナ	ス茎葉	1~2	0.308	0.12	1.779	0.639	180.0	23.0	14.0	2.22	0.125
"	根株	1>	0.405	2.16	1.779	0.267	550.0	10.0	18.5	10.00	0.130
サ	トイモ葉	3<	0.606	4.38	1.501	0.277	125.0	105.0	22.8	1.64	0.235
"	茎	1~2	0.750	5.76	1.001	0.198	70.0	81.3	51.5	1.36	0.005
"	茎葉(ハス)	3<	0.745	3.42	3.392	0.726	98.0	21.0	7.0	2.64	0.125
サ	ツマイモ茎葉	1~2	0.950	5.71	3.447	0.296	52.5	42.0	12.5	2.60	0.270
"	根(タ)	1~2	0.275	1.68	0.278	0.083	37.5	2.1	1.4	0.64	0.110
落	花生茎葉(マルチ)	1~2	0.408	3.12	1.946	0.489	95.5	3.4	3.3	2.04	0.040
落	花生茎葉	2~3	0.410	3.36	2.002	0.805	85.0	2.9	4.0	2.20	0.220
ソ	ラマメ茎葉	1~2	0.307	0.90	1.223	0.130	40.0	5.6	14.8	1.48	0.040
"	実皮(タ)	2~3	0.322	2.16	0.501	0.370	7.6	2.8	7.8	1.32	0.020
タ	バコ茎	1~2	0.307	1.11	0.945	0.122	95.0	4.8	8.5	1.72	0.150
"	根株	1~2	0.416	1.08	0.501	0.335	10.2	5.1	18.3	1.44	0.110
稲	わら堆肥	2~3	0.470	0.30	0.889	0.495	140.0	88.6	22.2	1.36	0.385
麦	稈堆肥	1~2	0.510	2.22	1.167	0.363	262.5	27.5	20.5	1.68	0.440
"	46年	1~2	0.610	1.32	1.279	0.347	—	—	25.0	1.08	0.430
ビ	ート(原材)三井	1>	0.030	0.78	0.167	0.125	170.0	1.6	9.5	0.48	0.230
オ	ガ屑	1>	0.030	2.52	0.056	0.247	97.5	1.0	3.5	0.20	0.085
オ	ガ屑堆肥	1>	0.825	3.54	8.896	0.792	295.0	35.0	24.5	1.04	0.230
え	ん麦茎葉	3<	1.030	4.74	0.556	0.523	80.0	22.0	16.8	1.84	0.385
"	根株	1~2	0.383	3.00	0.167	0.269	250.0	19.6	18.8	1.84	0.125

表 15 稲わら、籾殻、麦稈の成分組成 (%)

	全炭素	全窒素	C/N比	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	出 展
わら	40.8	0.62	66	0.17	2.17	0.56	0.14	8.78	吉沢ら、1983
籾がら	33.8	0.36	94	0.17	0.51	0.12	0.09	21.66	西沢ら、1978
麦稈	44.3	0.36	23	0.37	1.96	0.24	0.19	4.86	吉沢ら、1983

表 16 各種ほ場残さ、樹皮、落葉、おがくず等の炭素率

(全農肥料農薬部)

ランク C/N比	有機物資材名	C/N比	全炭素 乾物%	全窒素 乾物%
10~ 20	ベッチ茎葉	13.0	33.3	2.95
	ツルエンドウ (開花期)	16.8	45.3	2.69
	アルファルファ (乾草)	18.5	43.2	2.34
	大豆葉	19.0	44.4	2.34
	堆肥	20.3	7.9	0.39
		±6.5	±6.5	±0.17
20~ 50	ツルエンドウ (さや除く成熟期)	29	44.0	1.50
	カシワ (風乾)	26	35.1	1.36
	クルミ (風乾)	26	29.5	1.12
	野菜乾草	43	45.6	1.07
	針葉樹落葉	20~60		
50~100	針葉樹落葉	56	42.0	0.75
	ダグラスモミ葉	58	55.8	0.96
	ピートモス (平均)	52	43.3	0.83
	ススキ茎葉	62	42.0	0.68
	稲わら	67	45.0	0.63
	籾がら	72	39.8	0.55
	大麦わら	92	49.0	0.53
	裸麦わら	88	46.5	0.53
	広葉樹落葉	50~120		
100~150	小麦わら	107	41.8	0.39
	とうもろこしの穂軸	108	46.9	0.45
	とどまつ樹皮	116	50.2	0.45
	ヒッコリー樹皮	117	48.1	0.41
	ダグラスモミのまつかさ	133	49.2	0.37
	アカハンノキのおがくず	134	49.6	0.37
	ライ麦わら	144	47.4	0.33
200 以上	米マツ老皮	292	58.4	0.20
	みずなら樹皮	320	41.6	0.13
	おがくず (平均)	340	44.3	0.13
	アマ (種子を除く)	373	44.7	0.12
	ダグラスモミの樹皮	491	54.0	0.11
	米マツの薄皮	494	54.3	0.11
	ダグラスモミの木質部	548	49.4	0.09
	レッドスギのおがくず	729	51.1	0.07
	カラマツ樹皮	993	59.6	0.06
	ダグラスモミのおがくず	996	49.8	0.05
	ポンテロッサマツおがくず	1,064	53.2	0.05
	オニヒバ樹皮	1,295	51.8	0.04

4 堆肥の腐熟度判定法

(1) 堆肥の腐熟度の判定について

堆肥施用が作物生育を阻害する場合もある。それは堆肥化の過程で有機物分解が不十分な時に原料由来物質または中間代謝物である化合物やガスにより、作物の発芽や根の生育が阻害されることがある。未熟な堆肥を施用した時の障害の原因と目的を表 17 に示した。

表17 腐熟の目的 (原田)

原料資材	副資材の 混合比	障害の原因	腐熟の目的	
家畜ふんのみ	なし	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度の無機態窒素 ・土壌の異常還元 	<ul style="list-style-type: none"> ・ふん中の易分解性有機物の分解 	
家畜ふん + 作物収穫残渣	少	主	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度の無機態窒素 ・土壌の異常還元 	<ul style="list-style-type: none"> ・ふん中の易分解性有機物の分解
		副	<ul style="list-style-type: none"> ・作物収穫残渣中の生育阻害物質 	<ul style="list-style-type: none"> ・生育阻害物質の分解
	多	<ul style="list-style-type: none"> ・窒素飢餓 ・作物収穫残渣中の生育阻害物質 ・土壌の異常還元 	<ul style="list-style-type: none"> ・C/N比の低下 ・生育阻害物質の分解 ・作物収穫残渣及びふん中の易分解性有機物の分解 	
家畜ふん + 木質物	少	主	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度の無機態窒素 ・土壌の異常還元 	<ul style="list-style-type: none"> ・ふん中の易分解性有機物の分解
		副	<ul style="list-style-type: none"> ・木質物中の生育阻害物質 	<ul style="list-style-type: none"> ・生育阻害物質の分解
	多	主	<ul style="list-style-type: none"> ・木質物中の生育阻害物質 	<ul style="list-style-type: none"> ・生育阻害物質の分解
		副	<ul style="list-style-type: none"> ・窒素飢餓 ・土壌の異常還元 	<ul style="list-style-type: none"> ・木質物及びふん中の易分解性有機物の分解

家畜ふんたい肥の品質評価・利用マニュアル (平成16年)

堆肥の腐熟度 (堆肥の分解程度) の判定には難しい点が多い。以下にあげる項目は、限定された条件のもとに腐熟度の判定に利用できる方法であって、すべての有機物に適用できる方法ではないことに留意する。

従って、判定に当たっては2~3種の方法を併用したり、同種の腐熟した堆肥との相対比較を行うことにより、総合的に判断することが大切である。

参考文献

農山漁村文化協会編. 2010. 肥料土づくり資材大事典. 農文協. p689~p694

農業技術体系土壌施肥編 7-①. 資材の特性と利用. 堆肥づくりの基本と応用. 5. 堆肥の品質判定 p61~p64-1-17

表 18 各腐熟度判定法による腐熟段階の判定基準

判別法		判定基準		未 熟	中 熟	腐 熟
現場における判定法	色 別 法			原材料色	褐色	黒褐色
	臭 い に よ る 法			刺激臭 腐敗臭	上層堆肥臭 下層刺激臭腐敗臭	堆肥臭
	手 ざ わ り に よ る 法			原形	半壊	崩壊
	豚 毛 ひ っ ぱ り 法			難	中	易
	品 温 測 定 法			切り返しを行うと温度上昇	切り返ししても 温度上昇なし	
理化学分析による判定法	ネ ス ラ ー 法 (NH ₃ -N試験法)			褐色または 沈殿発生	黄褐色	黄色
	ジ フェ ニ ール ア ミ ン 法 (NO ₃ -N試験法)			無呈色	淡青色	濃青色
	水 洗 残 渣 物 重 量 測 定 法			60%以上	30~60%	30%以下
	水 洗 残 渣 物 コ ン ゴ ー レ ッ ド 染 色 法 (セ ル ロ ー ス 試 験 法)			赤色強	赤色弱	無呈色
	水 洗 残 渣 物 フ ロ ロ グ ル シ ン 染 色 法 (リ グ ニ ン 染 色 法)			赤色強	赤色弱	無呈色
	酸 素 消 費 量 測 定 法			酸素消費量多 (7μg/g・分以上)	酸素消費量少 (3~7μg/g・分)	酸素消費量なし (3μg/g・分未満)
生 物 判 定 法	ミ ミ ズ 法			死 滅 嫌己行動	胴体色調変化嫌己 行 動	明所もぐる 暗所動きまわる
	発 試 験 芽 法	発芽率 (2~3日目)		60%以下	60~80%	80%以上
		生育状況 (4~7日目)		生育不良	生育中	生育良好
		根長指数 (蒸留水対照)		50以下	50~80	80以上
	幼 試 験 植 物 法	生育状況		生育不良	生育中	生育良好
		収量指数 (無堆肥対照)		50以下	50~80	80以上
	花 粉 管 生 長 テ ス ト (培 地 法)	花粉管生長指数 (無堆肥対照)		50以下	50~80	80以上

注) 判定実施時の調査事項
 ①堆積時間 ②堆積場所 ③堆積状況 ④切り返し回数
 ⑤原材料の種類 ⑥原材料の混合割合

表 19 各種堆肥に対する腐熟度判定法の適否一覧表

腐熟度判定法		一般堆肥			家畜のふん主体の堆積物 (木質を含む)			木質繊維主体の堆積物			
		稲わら堆肥	麦わら堆肥	草木質堆肥	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥	パーク堆肥	製紙スラッジ堆肥	オガクズ堆肥	プレナクズ堆肥
現場における判定法	色別法	○	○	・	○	○	・	×	×	○	△
	臭いによる法	・	・	・	○	○	○	△	・	○	・
	手ざわりによる法	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○
	豚毛ひっぱり法	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×
	品温測定法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
理化学分析による判定法	pH測定法	・	・	・	・	・	・	(×)	・	・	・
	EC測定法	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
	ネスラー法	○	・	・	○	○	△	○	△	○	△
	ジフェニールアミン法	○	・	・	・	・	・	○	○	○	△
	水洗残渣物重量測定法	◎	◎	△	○	○	○	○	×	○	×
	水洗残渣物 コンゴレッド染色法	○	○	△	△	△	△	×	△	○	△
	水洗残渣物 フロログルシン染色法	○	○	△	△	△	△	×	×	○	△
	酸素消費量測定法	△	△	△	○	○	○	△	△	△	△
生物判定法	ミミズ法	○	○	△	○	○	○	×	△	△	△
	発芽試験法	・	・	・	○	○	○	○	○	○	○
	幼植物試験法	○	○	○	○	○	○	○	○ (×)	○	○
	花粉管生長テスト (培地法)	○	○	○	◎	◎	◎	△	○	○	○

注) ◎…適用可能な最良な方法

○…適用可能

・…判定が難しく他の方法も行う必要あり

△…適用可能と考えられるがデータ不足

×…適用不能

(○) …一部堆肥について適用可能

(×) …適用不能

(2) 腐熟度判定の要点及び注意事項

ア 色別法

堆肥化が進むと黒褐色の腐植様物質が生成し、黒色を帯びてくることを利用する。堆積物をサンプリングし、堆積による原材料の色の変化を観察する。

イ 臭いによる方法

各部位の堆積物を一握り取り、臭いを嗅ぎわける。堆肥化が進むにつれてアンモニア等の刺激臭がなくなり、いわゆる堆肥臭がする。

ウ 手触りによる方法

堆肥化の進行により原材料は分解し、細片化していくことを利用する。堆積物を指でねじって粒子のくずれ具合や長い繊維質のちぎれ具合等を観察する。堆積物によっては水洗残渣物や水洗後乾燥物のくずれ具合等を観察した方が判定しやすいものもある。

エ 豚毛ひっぱり法

堆積物の各部位から1ヶ所につき豚毛を5本程度取り出し、引っ張って切るのに要する力の感じをつかむ。容易に切れれば、腐熟が進んでいるといえる。

オ 品温測定法(堆積時)

原材料を混合し、堆積を開始したら温度計を表層(20~30cm)と下層(60cm以上)の2ヶ所に入れ、定期的に品温を測定する。切り返しを行っても品温の上昇が認められない場合には、腐熟が進んでいるといえる。

カ ネスラー法(アンモニア態窒素の簡易試験法)

堆積物中のアンモニア態窒素濃度は減少することから、ネスラー試薬による定性定量反応で調べる。ただし、アンモニア態窒素濃度は堆肥の種類により異なるので、アンモニア態窒素濃度だけで判定することは困難であるが、定期的に行えば、堆肥化の進み具合をチェックすることができる。

キ ジフェニールアミン法(硝酸態窒素の簡易試験法)

堆肥化によりアンモニア態窒素は減少し、硝酸態窒素が増加してくることから、ジフェニールアミン試薬を用いて定性定量反応で調べる。

ク pH測定法

堆肥化が進み有機物が分解していく過程で、有機酸、硝酸が生成し、pHは徐々に低下していき、6~8程度になることが多い。また、極端なpH値を持つ堆肥の除去や対策を知る上で重要である。

例：堆肥のpHが非常に高い場合、石灰施用量を減らしたり、他の堆肥に替える。

ケ EC測定法

家畜ふん堆積物のECは堆肥化に伴い増加し、完熟するにつれて安定化する。ECが高く塩類濃度障害の可能性のあるものをチェックすることができる。

コ 水洗残渣物重量測定法

堆肥化の進行により原材料は分解し、細片化したものの割合が増加する。堆積物を1mmのふるい上で洗浄後乾燥し、残渣物重量の堆積物の乾物重に対する

割合を出す。

なお、粉末状未熟物質の流出を防ぎ精度を高めるため1mmのふるいを用いるが、簡易には2mmでも可能である。

サ 水洗残渣物コンゴレッド染色法(セルロース試験法)

堆肥化により全炭素の30%程度を占めるセルロースが減少することを利用する。水洗残渣物を1.2%NaOH溶液中で5~6分間煮沸後、ろ過水洗したろ紙上の残渣物を0.1%コンゴレッド溶液で染色して、発色する赤色の強弱を観察する。

シ 水洗残渣物フロログルシン染色法(リグニン試験法)

堆肥化によりセルロースが減少することに伴い、相対的にリグニン含量が増加することを利用する。

水洗残渣物を1.5% H_2SO_4 溶液中で15分間煮沸後、ろ過水洗して得たる紙上の残渣物に1%フロログルシン溶液を浸す程加え、濃塩酸を1~2滴加えたのち発色する赤色の強弱を観察する。

ス 酸素消費量測定法

有機物が微生物により分解される時、酸素が消費されるが、堆肥化が進むにつれて有機物の分解が進み、微生物が消費する酸素量が少なくなることを利用する。「コンポテスター(富士平工業製)」を用い、堆肥を装置にセットして測定を開始すれば、およそ1時間で測定結果が得られる。測定する堆肥の水分は60%程度が望ましいので、乾燥している場合はあらかじめ吸水させ、35℃で24~48時間予備培養を行ってから測定する。

セ ミミズ法

ミミズは腐熟が不十分な堆積物に含まれるポリフェノール類やアンモニア等のガスを嫌うことを利用する。堆積物(手で強く握ると水が出るくらい湿らせたもの)をコップ1/3程度入れ、ミミズを中に落として行動、色調の変化を観察する。

[観察方法]

- | | | |
|---------------|------------|---------|
| ①コップに入れた直後の行動 | ②明所・暗所での行動 | ③1日後の状況 |
| A すぐもぐる。 | A 明所…もぐる。 | A 死滅 |
| B 多少嫌がる。 | B 暗所…動き回る。 | B 逃亡 |
| C すぐ逃亡しようとする。 | | C 動き |
| D 色調変化 | | |

*判定には7~8mmのシマミミズが良い。

ソ 発芽試験法(熱水抽出による幼植物検定法)

(ア) 風乾堆積物5g(生試料10g)に沸騰水100mlを加え、アルミホイルで密閉して1時間放置する。

(イ) ろ過した抽出液10mlをろ紙2枚を敷いたシャーレに入れる。

(ウ) 種子(小松菜またはコカブ)25粒をろ紙上には種する。

(エ) 室温(平均20℃)で2~3日間静置し、発芽を調べる。また、4~7日後、根長を測定し、併せて生育状況も観察する。

[注意点]

- ①蒸留水を用いた空試験での発芽率を確認しておく。
- ②蒸留水で行った時の根長を対照として指数で表わす。
- ③抽出液に含まれる有機物だけでなく、抽出液の塩類濃度が高いと根に障害を生じる。抽出液のECを測定し、5mS/cmを超える場合は、1mS程度に希釈した液についても併せて試験を実施する。

タ 幼植物試験法

正式には、農林水産省野菜試験場の培土資材検定法の中に幼植物検定法があるが、ここでは簡便法について述べる。

土と堆肥を容積比 2 : 1~3 : 1 の割合で混合したものを小型の植物鉢に詰めて、コマツナまたは二十日ダイコンの種子をバラマキして栽培し、収穫物重を測定し、併せて生育状態、葉色、根の状態を観察する。収量は無堆肥区を対照として指数で表わす。

[判定]

対照区と比べ生育が同等もしくは良いものは腐熟した堆肥といえる。本法は非常に客観的な判定法となる。

チ 花粉管生長テスト(培地法)

花粉管が根毛に似ていることを利用して、植物に生育障害が発生する可能性の有無を判定する方法である。

(ア) 堆肥抽出液の調整

堆肥現物に 2 倍量の蒸留水を加え、一昼夜常温で浸漬した後、ろ過する。

(イ) 実施方法

- a ショ糖 8%、寒天 1.2%、ホウ素 17ppm の培地に、堆肥抽出液を培地調整量の 1/3、1/8、1/16 濃度になるように加えてから、0.1N~0.01N HCl か NaOH で pH5.5 に調節する。
- b 測定値は、堆肥抽出液を入れない培地における花粉管長を対照として指数で表わす。
- c 1/3、1/8、1/16 という濃度は、最大許容量の 60%の水分状態で 10 a 当たり 5 t、2 t、1 t 施用した場合の表層 10cm の堆肥濃度に相当する。

(3) 現場における腐熟度評価法

上述した方法はいずれも比較的簡便な方法であるが、特定の試薬や技術と時間を必要とするものもある。一方、現在行われている堆肥化では敷料や副資材の有無、種類、混合比、堆肥化方式など多様化しており、堆肥の外観のみから腐熟度を評価することは困難である。しかし、色の形状や外観の他に、たい積期間、たい積中の最高温度、切り返し回数、強制通気の有無など、堆肥化条件等の項目を加えて総合判断すればある程度の評価は可能と考えられる。表 20 に簡易な判定法を項目別に評点化し、総合評価基準を示した。

表 20 現地における腐熟度評価基準

色	黄～黄褐色(2)、褐色(5)、黒褐色～黒色(10)
形状	現物の形状をとどめる(2)、かなり崩れる(5)、ほとんど認めない(10)
臭気	ふん尿臭強い(2)、ふん尿臭弱い(5)、たい肥臭(10)
水分	強く握ると指の間からしたたる(70%前後)(2)
	強く握ると手のひらにかなりつく(60%前後)(5)
	強く握っても手のひらにあまりつかない(50%前後)(10)
たい積中の最高温度	50℃以下(2)、50～60℃(10)、60～70℃(15)、70℃以上(20)
たい積期間	家畜ふんのみ:20日以内(2)、20日～2ヶ月(10)、2ヶ月以上(20)
	作物収穫残さとの混合物:20日以内(2)、20日～3ヶ月(10)、3ヶ月以上(20) 木質物との混合物:20日以内(2)、20日～6ヶ月(10)、6ヶ月以上(20)
切り返し回数	2回以下(2)、3～6回(5)、7回以上(10)
強制通気	なし(0)、有り(10)

注1) ()内は点数を示す

注2) これらの点数を合計し、未熟(30点以下)、中熟(31～80点)、完熟(81点以上)とする。

(家畜ふんたい肥の品質評価・利用マニュアルより引用 H16)

5 各種有機物の施用に伴う化学肥料削減法

(1) 効果からみた有機物のタイプ別区分

現在流通している有機物資材を分類し、原材料、施用効果、施用上の注意事項を表 21 に示した。施用効果は、肥料的効果（主として窒素）、化学性改良効果（主として塩基、リン酸）、物理性改良効果（孔隙、保水力等）を、大、中、小で表した。

肥料的効果が大きい有機物資材は、全窒素含量が高く C/N 比が低いもので、乾燥鶏ふん、食品産業廃棄物などが相当する。肥料的効果が大きい有機物資材は、易分解性物質に富み、微生物の活動を活発にさせるため、有機物分解が速く進み、肥料成分が放出される。

肥料的効果が少ない有機物資材は、バーク堆肥やモミガラ堆肥のような難分解性の有機物が主体のもので、分解が遅い。

化学性改良効果は、リン酸や塩基成分の含量から判定した。乾燥鶏ふん等で大きく、バーク堆肥、モミガラ堆肥などの植物系堆肥は小さい。物理性改良効果は木質混合家畜ふん堆肥やバーク堆肥、モミガラ堆肥のような繊維が多い有機物で大きく、豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥、食品産業廃棄物では小さい。

表 21 各種有機物の特性

有機物の種類	原材料	施用効果			施用上の注意
		肥料的	化学性改良	物理性改良	
堆肥	イナワラ、ムヤブおぼろ菜クワズ	中	小	中	最も安心して施用できる
乾燥鶏ふん		大	大	小	肥料効果を考慮して施用量を決定する
木質混合堆肥					未熟木質があると虫害が発生しやすい
(牛ふん尿)	牛ふん尿とオガクズ	中	中	大	
(豚ふん尿)	豚ふん尿とオガクズ	中	中	大	
(鶏ふん)	鶏ふんとオガクズ	中	中	大	
バーク堆肥	バークやオガクズを主体としたもの	小	小	大	同上
モミガラ堆肥	モミガラを主体としたもの	小	小	大	物理性の改良結果を中心に考える
都市ごみコンポスト	家庭のちゅう芥類など	中	中	中	ガラスなど異物の混入に注意する
下水汚泥堆積物	下水汚泥および水分調節剤	大	大	小	重金属や石灰の量に注意する
食品産業廃棄物	食品産業廃棄物および水分調節剤	大	中	小	肥料効果を考慮して施用量を決定する

注1 西尾道徳 他 (1988) 有機物をどう使いこなすか。農文協より引用

木質混合家畜ふん堆肥は肥料的効果が比較的高いことに加え、物理性改良効果も大きい。

豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥、食品産業廃棄物では肥料成分が多いものもあるため、施用量に注意する。

木質の多い有機物では未熟な場合、コガネムシ等の虫害が発生したり、窒素飢餓やフェノール等の有害成分の影響も考慮する必要がある。木質の多い有機物やモミガラ堆肥は物理性の改良効果が大きく、火山灰土壌などの水はけのよ

い土壤に多量に施用すると、干害の原因になることがある。

(2) 各種有機質資材の施用量

表 22 各作物に対する堆肥の施用量 (t/10a)

作物	堆肥 (わら類)	わら類		乾燥鶏ふん
		稲	麦	
水 稲	0.5~2.0	0.1~0.7		0.1~0.2
一 般 畑 作 物	0.3~4.0	0.5~1.0	0.3~0.5	0.1~0.5
野 菜	0.5~5.0	0.5~1.5		0.1~1.0
飼料作物	1.0~5.0	—	—	0.3~1.0
果 樹	1.0~7.0	0.5~3.0		0.2~0.8
茶	1.0~7.0	0.5~1.5		0.5~1.0
桑	1.5~4.0	1.0		0.3~1.0

作物	家畜ふん堆肥 (おがくず入り)			汚泥		パーク	都市ごみ コンポスト	青刈作物
	牛	豚	鶏	生	堆肥化	堆肥		
水 稲	1.0 ~2.5	0.5 ~1.5	0.5 ~1.5	0.6 ~1.2	0.4 ~0.7	—	—	—
一 般 畑 作 物	1.5 ~4.0	0.5 ~2.0	0.2 ~2.0	1.0 ~2.0	0.6 ~2.0	1.0 ~2.0	2.0	—
野 菜	1.0 ~5.0	1.0 ~4.0	1.0 ~4.0	0.8 ~2.0	0.5 ~1.2	1.0 ~3.0	2.0	4.0 ~10.0
飼料作物	4.0 ~6.0	2.0 ~4.0	1.0	2.0	1.2	—	2.0	—
果 樹	1.0 ~7.0	0.5 ~5.0	1.0	1.0 ~2.0	0.6	1.0 ~2.0	2.0	—
茶	1.0 ~10.0	0.5 ~5.0	1.0 ~4.0	1.0 ~2.0	0.6	3.0	2.0	—
桑	2.0 ~8.0	1.5 ~4.0	1.0	1.0 ~2.0	0.6	3.0	2.0	—

注) 農研センター取りまとめより (1984 農業研究叢書第 5 号)

(3) 堆肥施用に伴う基肥の化学肥料削減

堆肥を施用する場合、その有効成分量（施用後 1 年以内に有効化する成分量＝成分量×肥効率で算出）を考慮して基肥の化学肥料を削減する必要がある。各種有機質資材の肥効率は表 23 に示したように種類や連用により異なるので、これを目安に化学肥料を削減する。また、施肥窒素の全量を有機物で施用すると初期生育が遅れたり、生育障害が生じる恐れがあるので、基肥の窒素成分の 30% 程度を有機物で代替し、残りは化学肥料で施用する。また、連用すると養分が集積するので、土壌診断の結果に応じて施用量を削減する。堆肥を連用した場合の施用基準を、野菜について表 24 に示した。

表 23 堆肥種類別の成分含有率及び肥効率の目安

	堆肥の成分含有率（現物%）				肥効率（%）			
	水分	窒素	リン酸	カリ	窒素		リン酸	カリ
					非連用	連用		
稲わら堆肥	74.6	0.42	0.20	0.45	20	40	100	65
牛ふん堆肥	47.7	1.30	1.45	1.55	30	60	100	65
豚ふん堆肥	37.6	2.30	3.90	1.90	30	60	100	65
鶏ふん堆肥	20.5	2.90	5.60	3.40	30	60	100	65
パーク堆肥	60.7	0.48	0.31	0.28	20	40	100	65

- 1) 堆肥の成分含有率のうち、稲わら堆肥、パーク堆肥は土壌管理のあり方に関する意見交換会報告書（平成 20 年 7 月）より、その他は平成 26, 27 年度静岡県良質堆肥共励会出品物の平均を引用。牛ふん堆肥は乳牛と肉牛の平均
- 2) 肥効率は西尾道徳著、堆肥・有機質肥料の基礎知識（農文協）より引用。窒素の肥効率は、堆肥の乾物あたり窒素含有率が 2%未満で 20%（連用で 40%）、2~4%で 30%（連用で 60%）、4%以上で 50%（連用で 70%）となる。
- 3) 個々の堆肥の成分については、購入した製品に添付された成分表で確認する。また購入した堆肥の成分が乾物で表示されている場合には、以下の式で現物に変換する。

$$\text{現物成分\%} = \left[(100 - \text{水分\%}) / 100 \right] \times \text{乾物成分\%}$$

表 24 連用を前提とした野菜に対する家畜ふん尿の施用基準

(t/10a) (湯村 1983)

野菜の種類	牛			豚			鶏	
	牛ふん	乾燥* 牛ふん	オカサ* 牛ふん堆肥	豚ふん	乾燥* 豚ふん	オカサ* 豚ふん堆肥	鶏ふん	オカサ* 鶏ふん堆肥
少肥型	2.0~4.0	0.4~0.8	1.0~2.0	1.0~2.0	0.3~0.4	1.0~2.0	0.2~0.3	0.4~1.0
中肥型	3.0~5.0	0.6~1.2	1.3~2.5	1.3~2.5	0.4~0.6	1.2~2.5	0.3~0.4	0.6~1.5
多肥型	4.0~6.0	0.8~1.5	2.0~4.0	2.0~4.0	0.5~0.8	1.7~3.5	0.4~0.5	1.0~2.0

- 1) 化学肥料施用量は基準量の 30% 減とする。ただし、*の資材では多い側の量を施用するときはカリを 60% 減とする。
- 2) 少肥型：ダイコン、サトイモ、ジャガイモ、ホウレンソウ等（窒素、カリの基準量 20kg/10a 以下の場合）
中肥型：ショウガ、キャベツ、レタス、トマト、スイカ等（窒素、カリの基準量 25kg/10a 前後の場合）
多肥型：ナス、ピーマン、キュウリ等（窒素、カリの基準量 25kg/10a 前後の場合）
- 3) 施設栽培では鶏ふん類、豚ふん類は上記の 1/2、牛ふん類は 2/3 とする。特に周年施設では土壌診断の結果等を参考にして、養分の均衡を保つように化学肥料の減肥、資材の種類変更を行う。

基肥の窒素成分の 30%を堆肥で代替する場合の堆肥の施用量及び、堆肥の有効成分量を考慮して基肥の肥料施用量を計算した例を以下に示した。

基肥の施肥基準が窒素 20kg/10a、リン酸 20kg/10a、カリ 25kg/10a で、牛ふん堆肥（窒素 0.80%、リン酸 0.80%、カリ 1.10%：いずれの成分も現物%）を使用すると仮定した場合

〔堆肥で代替する窒素量〕 = 〔基肥窒素基準〕 20kg/10a × 〔代替率〕 30% = 6 kg/10 a

〔堆肥中肥料成分の肥効率〕 窒素 30%、リン酸 100%、カリ 65% (表 23 より)

〔堆肥現物 1 t 当たりの〕 有効成分量

窒 素 : 1000kg × 〔窒素含有率〕 0.80% × 〔窒素肥効率〕 30% = 2.4kg/t

リン酸 : 1000kg × 〔リン酸含有率〕 0.80% × 〔リン酸肥効率〕 100% = 8.0kg/t

カ リ : 1000kg × 〔カリ含有率〕 1.10% × 〔カリ肥効率〕 65% = 7.2kg/t

〔堆肥施用量 (現物) 〕 = 〔堆肥で代替する窒素量〕 6 kg/10a ÷ 〔堆肥の有効窒素成分量〕 2.4kg/t = 2.5t/10a

牛ふん堆肥 2.5 t /10a 施用による成分投入量は、以下のとおりとなる。

	窒 素	リン酸	カ リ
有効成分量 (kg/t)	2.4	8.0	7.2
	×		
堆肥施用量 (t/10a)	2.5		
	=		
堆肥由来成分量 (kg/10a)	6.0	20.0	18.0

肥料施用量は、基肥施肥基準から堆肥由来成分量を差し引いて求める。

	窒 素	リン酸	カ リ
基肥施肥基準 (kg/10a)	20	20	25
堆肥由来成分量 (kg/10a)	6	20	18
普通肥料施用量 (kg/10a)	14	0	7

← 施肥供給量

生育を観察し、肥料切れする場合は追肥時期を早めるよう注意する。

上に示した計算で、他の肥料成分が過剰になる場合には、その成分を基準として再計算する。（牛ふん堆肥ではカリ、豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥ではリン酸が制限要因になりやすい。）

上の例において、基肥の施肥基準が窒素 20kg/10a、リン酸 20kg/10a、カリ 15kg/10a の場合、カリが 3.0kg 過剰になり、施用量の制限要因になる。

この場合はカリを基準に考え、堆肥の施用量は、

〔堆肥施用量〕 = 〔堆肥で代替するカリ量〕 15 kg/10a ÷ 〔堆肥の有効カリ成分量〕 7.2kg/現物 t = 2.1t/10a となる。

牛ふんの堆肥 2.1 t/10a 施用による成分投入量の計算例

<カリが制限要因>

	窒素	リン酸	カリ
有効成分量(kg/t)	2.4	8.0	7.2
×			
堆肥施用量(t/10a)	2.1		
=			
堆肥由来成分量(kg/10a)	5.0	16.8	15.0

↓

普通肥料の施用量

	窒素	リン酸	カリ
基肥施肥基準(kg/10a)	20	20	15
堆肥由来成分量(kg//10a)	5.0	16.8	15.0
普通肥料施用量(kg/10a)	15.0	3.2	0

肥料で供給する成分量

(4) 堆肥施用量計算ソフトの活用

上記のように堆肥を施用した場合には化学肥料を削減する必要があるが、削減量を計算するパソコンソフト「堆肥投入量計算おたすけファイル」が平成 19 年度に県畜産技術研究所で作成された。本ソフトは家畜ふん堆肥（牛、豚、鶏ふん）を化学肥料の代替として施用する場合の堆肥投入量を計算するもので、エクセルが動作するパソコンがあれば耕種農家や畜産農家で簡便に使用できるように作られている。対象作物は本ハンドブックに記載されている作物である。

本ソフトの利用希望者は各農林事務所畜産担当課（園芸畜産課、生産振興課、地域振興課）または、畜産技術研究所飼料環境科まで問い合わせいただきたい。

(5) 牛ふん堆肥に含まれるリン酸・カリを活用した化学肥料施肥量の削減方法

家畜ふん堆肥の速効性窒素量を評価する方法として開発された 0.5M 塩酸抽出法（実用技術開発事業 18053）は窒素だけでなく、全量に近いリン酸やカリも抽出できるとされているが、共励会出品物を対象に調査したところ、肥料の保証成分のひとつである、く溶性成分とほぼ同量であることが明らかになっている（表 25）。全量に対する 0.5M 塩酸抽出成分割合の平均は、リン酸は乳牛 76%、肉牛 91%、カリは乳牛、肉牛ともに 94%と、多くが有効な肥料成分であり、牛ふん堆肥を施用した時には、この分の施肥量を削減できると考えられた。

そこで、冬どりキャベツ栽培において、牛ふん堆肥に含まれる窒素、リン酸、カリを 0.5M 塩酸抽出法で測定し、その分だけ化学肥料を削減して 3 年間栽培試験した

結果、同等の収量を得ることができ、肥料費が25%削減できた(表26)。

0.5M 塩酸抽出法は、従来法に比べて安価で簡易に分析できる手法で、web に分析マニュアルが公開されている(新潟県畜産研究センター生産・環境科資源循環チーム <http://www.ari.pref.niigata.jp/chikusan/Environment/taihi/>)

0.5M 塩酸抽出法での測定が困難な場合には、堆肥に表示されている分析値を参考に、最低でもリン酸のうち40%、カリのうち70%は有効な肥料成分であるとし、施肥設計を行う。ただし、カリは化学肥料同様、降雨等で流亡するため、削減は基肥のみとする。

表 25 乳牛および肉牛のリン酸、カリの形態別分析結果(平成 23, 24 年度静岡県良質堆肥共励会出品物の平均)

		リン酸			カリ		
		全量 (現物%)	全量に対する割合(%)		全量 (現物%)	全量に対する割合(%)	
			< 溶性	0.5M塩酸抽出		< 溶性	0.5M塩酸抽出
乳牛	平均	0.9	73	76	1.7	91	94
	最低~最高	0.2~2.7	48~95	41~100	0.4~4.7	69~100	77~100
肉牛	平均	2.0	87	91	2.3	94	94
	最低~最高	0.5~5.7	60~100	75~100	0.8~5.7	76~100	79~100

表 26 牛ふん堆肥の肥料分量に応じて化学肥料を削減した冬どりキャベツ栽培の収量と肥料費(3年間の平均)

試験区	堆肥施用量 (t/10a)	化学肥料の施用分量(kg/10a)			結球重 (t/10a)	肥料費 ²⁾ (円/10a)
		窒素	リン酸	カリ		
減肥実証 ¹⁾	1.1	33 (7)	0 (100)	9 (75)	5.7	20,802 (25)
化学肥料	0	36	24	36	6.0	27,657

1) 肉牛堆肥を供試、0.5M塩酸抽出成分量を化学肥料相当量としてその分の化学肥料を削減

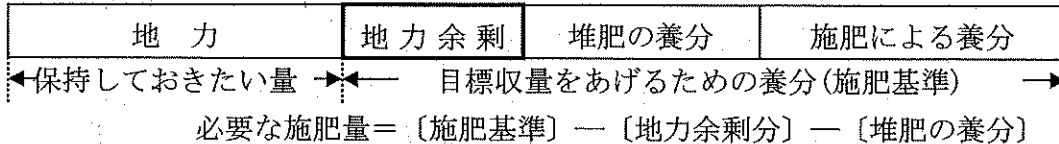
2) 苦土石灰(3,000円/10a)を除く、堆肥10,000円/t、尿素1,933円/20kg、重焼リン、苦土重焼リン3,203円/20kg、硫酸カリ2,531円/20kgで試算

※表中()内は化学肥料区に対する削減率

6 土壌診断を活用した適正施肥

作付前の土壌を分析し余剰の養分が残存していた場合は、土壌中の余剰養分量を考慮して肥料を削減する必要がある。土壌に含まれる養分量を計算するには、表 27 の土壌の種類別の容積比重と乾土重の数値を使用する。また作付前の土壌養分分析値が不明の場合でも、施肥前の土壌 EC 値がわかれば表 28 の目安により基肥を減肥する。

農耕地土壌の養分（イメージ）



(1) 土壌分析値を活用した適正施肥

土壌に含まれる養分量は以下の計算式で求められる。

$$10 \text{ a の作土 } 10 \text{ cm に含まれる養分量 (kg/10 a /10cm) =$$

$$\text{作付前の土壌分析値 (mg/乾土100g)} \times 10 \text{ a の作土 } 10 \text{ cm の乾土重 (t/10a/10cm)} / 100$$

表 27 土壌の種類別の標準的な容積比重と乾土重

土壌の種類	容積比重	10 a の作土 10cm の乾土重 (t/10 a)
黒ボク土	0.7~0.8	70~80
赤・黄色土	0.8~1.0	80~100
褐・灰色土	1.0	100
グライ土 (細粒質)	1.0	100
グライ土 (中粗粒質)	1.2	120
砂土	1.2~1.4	120~140

作付前の土壌分析値が、農耕地土壌の改善基準の上限を超えている場合は、作土中に残存している余剰の養分量（地力余剰分）を施肥基準から減じる。

地力余剰分は、以下の計算式で求められる。

$$\text{地力余剰分 (kg/10 a /10cm) =}$$

$$[\text{作付前の土壌分析値} - \text{改善基準上限値}] \text{ (mg/乾土100g)} \times 10 \text{ a の作土 } 10 \text{ cm の乾土重 (t/10a/10cm)} / 100$$

例 作付前の土壌分析値 60 (mg/乾土100g)、中粗粒質のグライ土 容積比重 1.2 のとき
 10 a の作土 10cm に含まれる養分量 = 60 (mg/乾土100g) × 120 (t/10 a) / 100 = 72 (kg/10a)
 その養分の改善基準上限値が 50 (mg/100g) であれば、10 a (作土 10cm) の施肥量は、
 (60 - 50) (mg/乾土100g) × 120 (t/10 a) / 100 = 12 (kg/10a) 減となる。

(2) 簡易分析値による施肥量の削減

表 28 元肥施用前のEC値による元肥削減の目安 (窒素、カリ) (加藤 1996)

土壌のタイプ	施肥前のEC (mS/cm)				
	0.3 以下	0.4~0.7	0.8~1.2	1.3~1.5	1.6 以上
黒ボク土	基準量	1/3 減	1/2 減	2/3 減	無施用
粘質・沖積土	基準量	1/3 減	2/3 減	無施用	無施用
砂土	基準量	1/2 減	3/4 減	無施用	無施用

- 1) ECは、重量比が土壌:水=1:5 になるように水を添加して 60 分間振とうした後、懸濁液を ECメーター (電気伝導率計) で測定する。
- 2) 硫酸イオンや塩素イオンの影響で高めの値が出る土壤があるので注意する。

生育を観察し、肥料切れする場合は追肥時期を早めるよう注意する。

例 元肥施用前のEC 0.42 mS/cm、黒ボク土のとき

元肥の基準量が 15kg/10a であるなら、 $15 \times 2/3 = 10$ kg/10a を施用

(3) チンゲンサイにおけるリン酸とカリの減肥基準

近年、世界的な人口増加等に伴い肥料需要は増大しているが、リン酸とカリ資源は偏在性が高く将来の供給不足が懸念される。一方、県内の施設土壌ではリン酸とカリが蓄積したほ場が増加している。そこで、土壌中の可給態リン酸と交換性カリ含量に応じたリン酸とカリの減肥が、作物の収量・品質に及ぼす影響を明らかにし、リン酸とカリの減肥基準を策定した。

ア 栽培前の可給態リン酸が 15mg/100g 以下では、標準施肥区と比べチンゲンサイの収量は低下する傾向を示すが、120mg/100g 以上ではリン酸無施肥または 50%減肥でも収量は低下しない (図 3)。

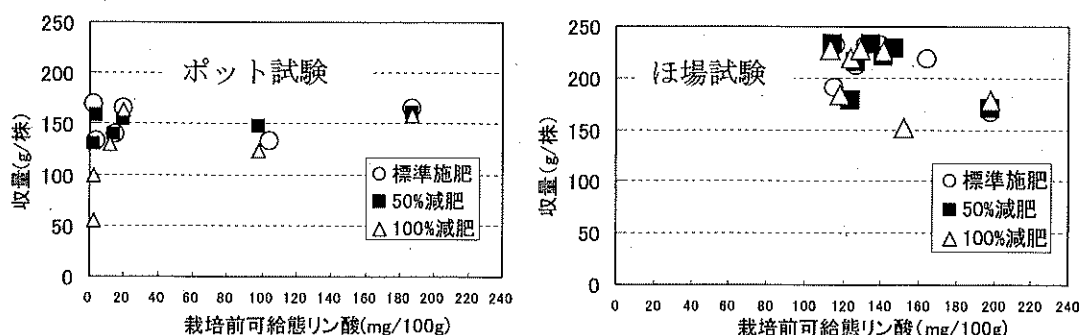


図 3 栽培前の可給態リン酸とチンゲンサイの収量

イ 栽培前の交換性カリが 15mg/100g より少ないとチンゲンサイの収量は低下する傾向を示すが、25mg/100g (カリ飽和度 3.7%) 以上では、カリ無施肥または50%減肥しても収量は低下しない (図4)。

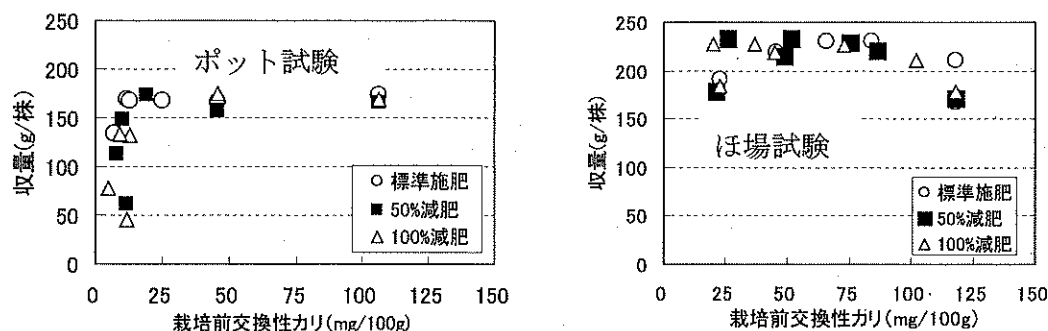


図4 栽培前の交換性カリとチンゲンサイの収量

ウ リン酸とカリの減肥基準

表 29 チンゲンサイにおけるリン酸減肥基準

栽培前の可給態リン酸 (mg/100g)	～80	80～120	120～
リン酸施肥量	標準施肥	50%減肥	100%減肥

表 30 チンゲンサイにおけるカリ減肥基準

栽培前の交換性カリ (mg/100g)	～50	50～71	71～
(カリ飽和度)	(2～7%)	(7～10%)	(10%～)
カリ施肥量	標準施肥	50%減肥	100%減肥

1) 陽イオン交換容量は15meq/100g以上。

注1 栽培前に土壌診断を行い、可給態リン酸量と交換性カリ量を把握する必要がある。

注2 チンゲンサイのリン酸とカリの標準施肥量は6kg/10aである。

注3 リン酸の減肥基準を適用する土壌は、赤色土、黄色土、褐色森林土、灰色低地土である。

注4 カリの減肥基準を適用する土壌は、陽イオン交換容量が15me/100g以上の赤色土、黄色土、褐色低地土、灰色低地土である。

7 緑肥作物の利用

(1) 緑肥作物の機能と種類

土壌を肥沃化させる目的で栽培され、土にすき込まれる作物を緑肥作物という。緑肥作物は土づくりの一環として、古くから利用されてきた。最近では「持続性の高い農業生産技術の導入の促進に関する法律施行規則」で定めるエコファーマーの認定に係わる技術の一つに位置づけられ、エコファーマーの増加に伴い、普及が図られている。緑肥作物の効果として期待できるのは物理性、化学性、生物性の改善の三つに分けられる。

ア 土壌の物理性改善

イネ科作物に代表される粗大有機物のすき込みにより、土壌が団粒化することである。緑肥作物は手軽に土壌をふかふかにすることができる。

イ 土壌の化学性改善

マメ科作物に着生する根粒菌による窒素固定、ヒマワリに代表される菌根菌によるリン酸の利用率向上、腐植の増加による保肥力向上が期待できる。

ウ 土壌の生物性改善

土壌中の微生物の種類が増加し多様性が高まることにより、土壌病害を抑制し、有害線虫密度が低下する

このほか土壌中に残存する肥料成分や過剰に蓄積した塩類の除去や雑草防除効果が大いなものもある。しかし、すべての緑肥がこれらの機能を備えているわけではないので、緑肥導入による目的を明確にすることが重要である。

表 36, 37 に緑肥作物の特性を示したので、使用目的に応じて選択する。

表31 緑肥作物すき込みによる減肥可能量の目安
(農業技術体系第5-①(緑肥作物特性表北海道用)より引用)

(2) 緑肥による減肥の目安

表 31 に緑肥すき込みによる減肥可能量の目安を示した。なお本表は北海道における減肥の目安なので、実際に行うときは適宜加減する必要がある。次に緑肥による減肥の実施方法を具体的に示した。

品名	作物名	減肥可能量(kg/10a)		すき込み時 C/N比
		窒素 N	カリ K ₂ O	
ハイオーツ	エンバク野生種	0~4	0~4	15~30
キカラシ	シロガラシ	休閑2~5	0~6	15~25
		後作4~6	0~6	12~20
まめ助	ヘアリーベッチ	3~5	0~4	10~15
まめゆたか	まめ助5kg、とち ゆたか3kg混播 セット	0~4	0~6	20~30
		2~4	0~5	15~25
ねまへらそう	スーダングラス	0~4	0~8	20~30
つちたろう	ソルガム	0	0~8	30~45
		0~4	0~6	20~40
くれない	クリムソク ローバ	2~4	0~5	15~20
アンジェリア	ハゼリソウ	0~4	0~4	15~25
とちゆたか	エンバク	0~4	0~4	15~30
R-007	ライムギ	2~3	0~5	15~20
デルソーレ	ひまわり	2~4	0~8	15~30
はるかぜ	アカクローバ	5~6	0~4	11~15
		2~4	0	10~13
緑肥用エンバク	エンバク	0~4	0~4	15~30
緑肥用トウモロコシ	トウモロコシ	0	0~10	30~35

ア 緑肥による減肥の実施方法

(ア) 窒素

緑肥の炭素率(C/N比)を表32に、肥料成分の分析値を表33に示した。マメ科のクローバやヘアリーベッチはC/N比が低く、即効性の肥料になると考えられる。イネ科だが未出穂のエンバク‘ヘイオーツ’やアブラナ科の‘シロガラシ’やチャガラシはC/N比が20前後で翌年の肥効が期待できる。イネ科のトウモロコシやソルゴー、マメ科のクロタラリアはC/N比が50前後で翌年の肥効も期待できない。これらC/N比が高い緑肥をすきこむ場合は、窒素肥料を施用して分解を促進し、窒素飢餓を防ぐ必要がある。

表32 緑肥の炭素率(C/N比)

(雪印種苗 1994)

作物	C/N比	作物	C/N比	作物	C/N比	作物	C/N比
トウモロコシ	44	エンバク(出穂)	28	アカクローバ(はるかぜ)	15	チャガラシ	18
ヘイオーツ(未出穂)	18	シロガラシ(キカラシ)	21	ヘアリーベッチ(まめ助)	12	クリムソクローバ(くれない)	16
ソルゴー	51	クロタラリア	46	イタリアンライグラス(未出穂)	18	ビートトップ	21
秋小麦稈	72	稲わら	61				

(イ) リン酸及びカリ

緑肥中のカリは分解後水に溶出するのでかなりの肥効が期待できるが、リン酸は作物体中含量が少なく肥効は小さい。VA菌根菌が着生するヒマワリ、マメ科、イネ科の緑肥作物では栽培後に菌根菌が増殖し、後作でリン酸の有効利用が期待できる。

(ロ) 減肥可能量

緑肥の肥効は収量とその成分量(表33)、また窒素の肥効は炭素率によって決まる。北海道の基準は以下のとおりである。

表33 緑肥作物の肥料成分(乾物当たり%)

(雪印種苗 1994)

作物	全窒素	リン酸	カリウム	カルシウム	マグネシウム
ヘアリーベッチ(まめ助)	3.59	0.42	3.18	1.19	0.23
エンバク(緑肥用エンバク)	1.41	0.22	2.14	0.29	0.11
エンバク野生種(ヘイオーツ)	1.43	0.24	2.73	0.42	0.11
シロガラシ(キカラシ)	2.20	0.27	2.71	1.61	0.22
アカクローバ(はるかぜ)	4.04	0.32	2.89	1.66	0.30

最も肥効が期待できるのはアカクローバの‘はるかぜ’の休閑利用で窒素 6~8kg/10a、カリ 0~4kg/10a である。後作緑肥ではマメ科のヘアリーベッチ‘まめ助’で窒素 3~5kg/10a、カリ 0~4kg/10a、アブラナ科のシロガラシ‘キカラシ’で窒素 2~5kg/10a、カリ 0~6kg/10a、イネ科のエンバク野生種‘ヘイオーツ’では窒素 0~4kg/10a、カリ 0~4kg/10a である。このように、緑肥をすきこむと窒素とカリは有効な自給肥料として期待できるので、減肥を検討できる。

イ 緑肥すきこみ後の後作における減肥の目安

窒素の減肥可能量を表 34 に示した。北海道でコムギ後作緑肥にエンバク野生種の‘へイオーツ’を栽培すると、10a 当たり生収量で 4~5t、乾物収量 500kg を確保できる。出穂しないエンバク野生種‘へイオーツ’の C/N 比は 18(表 32 参照)なので、表 34 の C/N 比 20 の行から減肥可能量を求める。乾物収量 500kg なのでの乾物重 400kg と 600kg の平均値から $(2.5+3.5) \div 2=3$ 、窒素の減肥可能量は 3kg/10a となる。マメ科のヘアリーベッチ‘まめ助’は 10a 当たり生収量で 3~4t、乾物収量 300kg を確保できる。C/N 比を 10 とすれば、同様に窒素の減肥可能量は 8.3kg/10a $((5.5+11.0) \div 2)$ となる。

表34 緑肥すきこみ条件と後作物の窒素減肥可能量(単位kg/10a) 北海道(2004)

緑肥のC/N比	(T-N%)	緑肥の乾物重(kg/10a)			
		200	400	600	800
10	4.0~4.4	5.5	11.0	16.0	-
15	2.7~2.9	2.5	5.0	7.5	9.5
20	2.0~2.2	1.0	2.5	3.5	4.5
25	1.6~1.8	0.5	1.0	1.5	2.0

注) 減肥量はテンサイ等の生育期間の長い作物を対象にした最大減肥可能量である。

カリの減肥対応を表 35 に示した。カリは土壌診断を行い、後作作付け前の交換性カリが基準値以上ならば、緑肥に含まれるカリ含量の 8 割 $((\text{収量} \times \text{緑肥のカリ含量}) \times 0.8)$ を後作のカリ施用量から減肥する。交換性カリが基準値の場合は、緑肥に施用したカリの 8 割を後作のカリ施用量から減肥する。交換性カリが基準値以下の場合は、減肥しない。

表35 緑肥すき込みに伴う後作へのカリ施肥対応(北海道2004)

交換性カリ含量	施肥対応
基準値以下	減肥しない。
基準値	緑肥へのカリ施用量の80%を評価して減肥する。
基準値以上	緑肥に含まれるカリの80%を評価して減肥する。

表37 緑肥作物特性表(府県用)(農業技術体系第5—①より引用)

品名	作物名	草丈(cm)	施肥量(目安) (kg/10a)	緑肥タイプ		緑肥効果					播種期(月旬)				利用例						
				休閑	後作	ハウス	間作	越冬	緑肥	窒素	土壌	透水性	防風	母		堆肥	寒・高冷地	一般地	西南暖地	すき込み期 英文 (播種後生育 日数)	
手ぬす	ヘアリーベッチ	30~50	無施肥または N0~2、P・K各5	◎	◎											3~5	4上~5上 8中~9上	3上~4中 9中~11上	3上~4中 9中~11上	適宜 (60)	遊林地の雑草・地方対策 カキの草生栽培、水稲、水田 裏作緑肥、積雪地帯では不適 水田裏作緑肥、緑肥美化
雪印系レンゲ	レンゲ	30~50	無施肥または N0~2、P・K各5	◎	◎											3~4	8中~9上	9上~11上	9中~10下	田植え 3週間前	
くれなゐ	クリムシクワ ーバ	30~60	無施肥または N0~2、P・K各5	◎	◎											2~3	4上~5上 8上~10上	3上~4上 9中~10中	2下~3下 9下~10下	開花期	紫葉美花、ダイズシストセン チュウ対策に
ネマキング	クロタリア	120~150	無施肥または N0~3、P・K各5	◎	◎											6~9	ハウス6~7	5中~7中	5上~7下	1.0~1.5m (65~85日)	キウウリ、トマト、メロン、スイカ、 サツマイモの緑肥対策に
ネマコロリ	クロタリア	120~150	無施肥または N0~3、P・K各5	◎	◎											6~8	ハウス6~7	5中~8中	5上~8上 2下~9下 (沖繩・奄美 群島)	1.5m (50日)	キウウリ、トマト、メロン、スイカ、 サツマイモのネコブセンチュウ 対策に
田助	セシバニア	150~200	無施肥または N0~3、P・K各5	◎	◎											400~600	6中~7中	5下~7下	5上~8中	1.5~2.0m (50~60日)	休耕地の地方対策、コムギ、 ビールムギ、野菜の間作
ダイカンドラ	ダイカンドラ	10	N・P・K各5	◎	◎											5~10	5下~6下	4中~7中	4中~7中	永年使用	果樹園の里作業場所
デルノール	ひまわり	150~170	無施肥または N・P・K各5	◎	◎											400~600	5下~6中	5中~7上	4中~8上	開花期	紫葉美化、地方向上、リン酸 有効利用
アンジェリア	ハゼリノウ	60~80	無施肥または N0~2、P・K各5	◎	◎											300~600	4上~5中	3上~4下 11上~11下	2上~3中 11中~12上	開花期	紫葉美化、地温急冷防止、長 ネギの前作緑肥
キカラシ	シロカラシ	80~120	無施肥または N0~2、P・K各5	◎	◎											300~600	4上~5中	3上~3下 11上~11下	2上~3中 11中~12上	開花期	紫葉美化、コムギの前作に
ソルクワイーン	ギニアグラス	200~250	無施肥またはN5 N0~2、P・K各5	◎	◎											600~800	6下~7上	6上~8上	5中~8中	1.5m (50~70)	ダイコン、ニンジン、キュウリ、 スイカ、メロンの緑肥列案
ナツカゼ	ギニアグラス	220~240	無施肥またはN5	◎	◎											500~800	6下~7上	6上~8上	5中~8中	1.5m (50~70)	ダイコン、ニンジン、キュウリ、 スイカ、メロンの緑肥列案
フルーツグラス AR-1	アニューラライ グラス	80~90	無施肥またはN5	◎	◎											—	4上~5下 9中~10上	3中~4上 9中~10下	3上~3下 9中~11中	種ばらみ ~出穂始 0.4~0.5m	初葉生育が旺盛、イタリアンよ り倒伏・被覆する。暖地に最適 ミカンなどの果樹園の草生栽培
ハビアグラス	ハビアグラス	30~70	無施肥またはN5	◎	◎											800~1000 年間	—	5下~7中	5上~7下	で刈払い	リンゴなどの果樹園の草生栽培
ボンサイ3000	トールフェスク	40~60	N・P・K各5	◎	◎											700~900 年間	4中~5下 8下~9下	3中~4下 9下~10中	2下~4上 10上~11上	出穂期で 刈払い	リンゴなどの果樹園の草生栽培
アワード	ケンタッキー ブルーグラス	50	N・P・K各5	◎	◎											300~500 年間	4中~5下 8下~9下	3中~4下 9下~10中	2下~4上 10上~11上	出穂期で 刈払い	リンゴなどの果樹園の草生栽培
マンモスB	イタリアンライ グラス	100~150	無施肥またはN5	◎	◎											700~900	4上~4下 9中~10中	3中~4中 9中~10下	3上~4上 9中~10下	で刈払い	ナンゴなどの果樹園の草生栽培
リベンデル	シロクローバ	10~20	無施肥または N0~2、P・K各5	◎	◎											100~200	4中~5下 8下~9下	3中~4下 9下~10中	2下~4上 10上~11上	適宜刈払い	果樹園草生栽培