

土を鍛える！

「土壌肥料屋」後藤道場

農家のための「肥料高騰対策講座」

2

東京農業大学 土壌学研究室

教授 後藤 逸男

今回は家畜ふん堆肥を上手に使うため、具体的に牛ふん堆肥を取り上げます。その特徴、活用ポイント、肥料代の見直しなど、対策をまとめてみたいと思います。作付け前にやるべきことは、毎回お話ししている通り土壌診断です。施肥設計前に、まず土壌診断を行う癖をつけましょう。そして、家畜ふん堆肥を上手に使うことで限りある資源を節約したいものです。



筆者略歴

東京農業大学教授(応用生物科学部)。農学博士。農家のための土と肥料の研究會「全国土の会」会長。農業生産現場に密着した実践的土壌学を目指す。著書に「根こぶ病」「施肥管理と病害発生」「土壌学概論」「土壌サイエンス入門」など。

家畜ふん堆肥を上手に使う(その2)

研究事例ファイル

今から約9年前、愛知県のJAあいち知多と共同で牛ふん堆肥を活用するためのプロジェクト研究を行いました。2000年1月、愛知県知多郡東浦町に国庫補助を利用した堆肥センター(総合有機センター)が竣工し、牛ふんを主原料とする堆肥の製造を開始しました。最新の設備を備えた堆肥プラントで、スクープ型堆肥化槽にて約18日間、その後約

1カ月は堆積します。その堆肥化槽から揮散するアンモニアガスを捕集して硫酸に吸収させ、生成した硫酸液は堆肥の水分調整に使います。プラントの処理能力は日量22tです。最近の肥料高騰で家畜ふん堆肥を肥料として活用することが注目され始めていますが、私たちは当時よりこの牛ふん堆肥をリン酸肥料として使うことを前提に研究を行いました。

牛ふん堆肥の性質を とことん調べてみた

●品質は安定しているか？

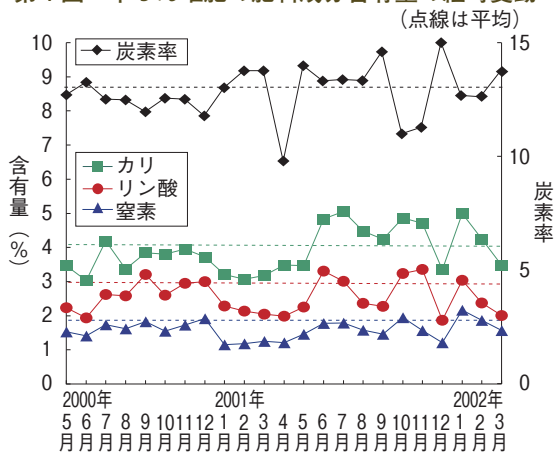
堆 肥を肥料として使う上でまず重要なことは、成分の安定性

です。堆肥の原料はJA管内の畜産農家を持ち込む牛ふんが主体ですが、生産される堆肥の成分が不安定では安心して使えません。そこで、プラントの稼働が安定した2000年5

月から2002年3月まで、1カ月ごとに堆肥の肥料成分分析を行い、品質の変動を調べました。

その結果、第1図のように多少の変動はありますが、点線で示した平均値から著しく外れる測定値はありませんでした。ただしよく見ると、2001年6、7、10、11月、2002年1月のカリ含有量が高くなっています。同じようにリン酸と窒素も高くなっているのが、その原因は堆肥に含まれる水分の違いによるものと思われます。ちなみに、それらの水分が30%程度であるのに対して、2001年12月のように三要素含有量の低い堆肥では約50%でした。多数の畜産農家から集まる牛ふんを原

第1図 牛ふん堆肥の肥料成分含有量の経時変動



料にしているので、化学肥料のように常に同一組成というわけにはいきません。しかし、第1図の程度であれば、変動の小さな堆肥と見なして

よいでしょう。私たちはほかの地域でも同じような調査を行っています。大きな堆肥化プラントほど変動の小さな堆肥が生産されているようです。なお、それでも成分含有量の違いが気になる場合には、使う堆肥の水分具合により施用量を調節すればよいでしょう。

●完全しているか？

堆肥を使う場合に、多くの人が完全しているかどうかを大変気にします。そこで、堆肥化槽から出てきた堆肥化18日目の堆肥と、その後1カ月堆積させた市販品の熱水抽出液をろ紙に染み込ませ、そこにコマツナの種子をまいて発芽率を調べてみました。

その結果、**第2図**のように、市販品では対照とした純水と全く変わらず1日後に80%以上が発芽し、2日後にはほぼ100%となりました。一方、18日目の堆肥では1日後は出遅れましたが、2日後には80%程度、3日後には市販品とほぼ同等となりました。このように、市販品だけでなく、18日目の堆肥でも発芽には悪影響のないことが分かりました。

発芽率のほかに、炭素率（炭素窒素比）も熟度のバロメーターとなっています。この堆肥では、**第1図**の

ように9・8～15・0の範囲で平均は12・7でした。堆肥の種類にもよりますが、牛ふん堆肥では通常20以下であれば完全と見なされるので、申し分のない完全堆肥です。

さ

らにダメ押しとして、この堆肥を畑に施した場合の窒素の無機化率を調べました。この堆肥には1・2～2・2、平均1・6%の窒素が含まれているので、例えば10a当たり1tを施用すれば16kgの窒素が補給されます。しかし前回お話ししたように、家畜ふん堆肥中の窒素は完全すればするほど効かなくなります。実は、**前回第2図の牛ふん堆肥**がこの堆肥でしたが、施用6週間後の無機化率はわずか6%に過ぎませんでした。分かりやすくいえば、この堆肥を10a当たり1t施用しても約1kg分の窒素しか肥料として効かないということになり、窒素はほぼ効かないと見なしてよいでしょう。これも完全を示す証となります。

●リン酸とカリは効くか？

この堆肥に含まれているリン酸とカリは、どの程度効くのでしょうか？ それを確かめるため、2001年4月産の堆肥（水分51%、窒素1・2%、リン酸2・0%、カリ3・5%）を赤黄色土に施用し、

第1表のような試験区設計でポット栽培試験を行いました。無施肥区には一切肥料を施さず、4つの堆肥区には10a当たりリン酸10、20、40、80kg相当量の堆肥を施用しました。これを堆肥施用量で表せば、10a当たり0・5、1、2、4tとなります。化学肥料区には10a当たり堆肥2t区と同量のリン酸とカリを、過リン酸石灰と塩加で施しました。また、無施肥区以外には尿素を窒素として10a当たり28kg施用し、ガラス温室内でチンゲンサイを1カ月間栽培しました。

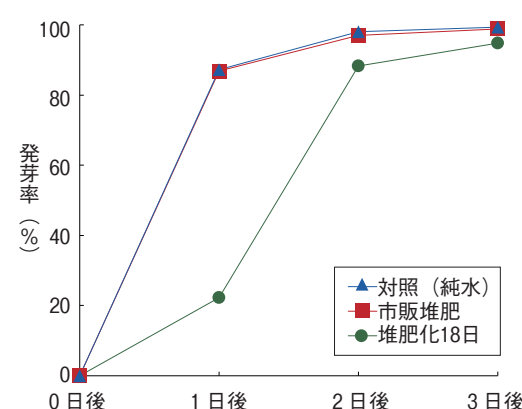
その結果、**写真1（次頁）**のように無施肥区では全く育ちませんでした。堆肥1tと2t区では化学肥料区と遜色なく育ちました。しかし、4t区では生育が劣りました。また、**第3図（次頁）**のようにチンゲンサイのリン酸吸収量は堆肥0・5tで化学肥料区を上回り、リン酸施用量が同じ堆肥2t区では化学肥料区の約1・3倍に達しました。カリ吸収量については、堆肥0・5tでは化学肥料区に劣りましたが、堆肥1tと4t区では化学肥料区と同等となりました。これらの結果から、この堆肥中のリン酸とカリは化学肥料と同等に効くことが分かりました。

第1表 ポット栽培試験の区設計と施肥量

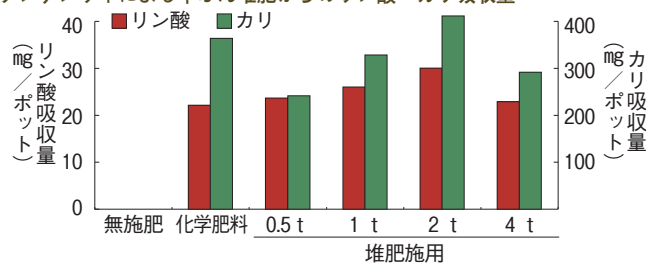
試験区設計	施肥量 (kg/10a)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無肥料区	0	0	0
化学肥料区	28	40*	70*
堆肥 0.5 t / 10a + 尿素区	28	10	17
堆肥 1 t / 10a + 尿素区	28	20	35
堆肥 2 t / 10a + 尿素区	28	40	70
堆肥 4 t / 10a + 尿素区	28	80	140

※：化学肥料区のみ過石・塩加を施用

第2図 牛ふん堆肥の発芽率の経時変化（熱水抽出法）



第3図 チンゲンサイによる牛ふん堆肥からのリン酸・カリ吸収量



第4図 キャベツ栽培試験畑の「Webみどりくん」による土壌診断レーダーチャート

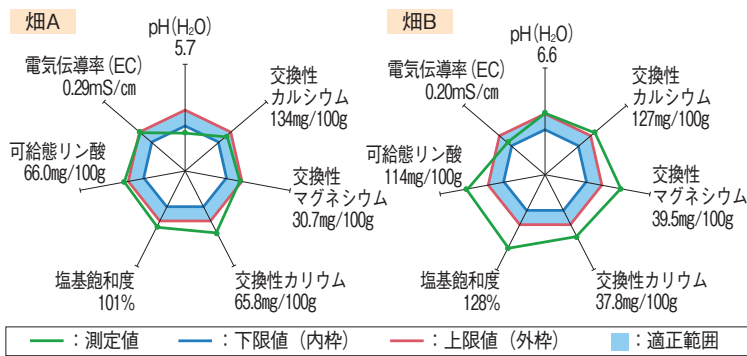
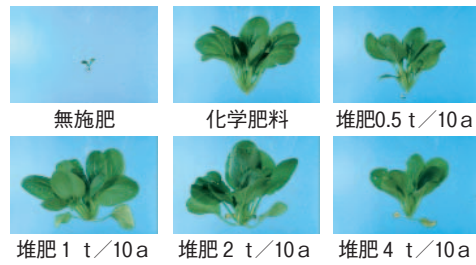


写真1



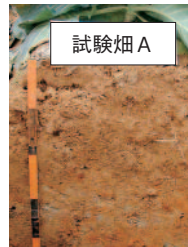
↑ポット栽培試験の結果。

写真2



↑キャベツの指定産地となっているJAあいち知多管内の畑。

写真3



↑キャベツ畑の土壌。

第2表 キャベツ栽培に要した施肥量と肥料代の比較

試験区	堆肥		元肥		追肥		施肥量 (元肥 + 追肥) kg / 10a			肥料代 (円 / 10a)	
	t/10a	費用(円)	肥料の種類 (N - P ₂ O ₅ - K ₂ O)	費用(円)	肥料の種類 (N - P ₂ O ₅ - K ₂ O)	費用(円)	窒素	リン酸	カリ	堆肥を除く	堆肥込み
慣行区	2	¥10,500	有機配合 180 kg (10 - 2 - 0)	¥22,113	有機配合 120 kg (10 - 5 - 7)	¥16,254	30	9.6	8.4	¥38,367	¥48,867
尿素区	2	¥10,500	尿素 42 kg (43 - 0 - 0)	¥4,368	尿素 28 kg (43 - 0 - 0)	¥2,184	30	0	0	¥6,552	¥17,052

牛ふん堆肥をリン酸・カリ肥料として使ってみた

●施肥設計の前には土壌診断を

肥の性質が明らかになったので、総合有機センターに近い2カ所のキャベツ畑でこの牛ふん堆肥をリン酸・カリ肥料として使ってみることにしました。ちなみに、この地域はキャベツの指定産地となっています(写真2)。

野菜を作付ける前にやるべきことは何でしょうか？それはもちろん土壌診断です。「施肥設計前にまず土壌診断」という癖をつけましょう。

この地域のキャベツ畑の土壌写真3は砂質の赤黄色土で、本来なら酸性が強く養分の少ない土壌ですが、長年にわたって野菜が作られてきたため、作土の土壌養分は第4図のような状態でした。畑AはpH(H₂O)5.7と若干低めでしたが、交換性カルシウムとマグネシウムは適量、カリは過剰となっていました。また可給態リン酸は100g当たり66mgと、野菜栽培にはちょうどよい状態でした。一方、畑BではpH(H₂O)は適正でしたが、交換性塩基類が過剰で、可給態リン酸も100g当たり114mgと畑Aの2倍近くになっていました。どちらの畑

もリン酸とカリが過剰気味だったので、あまり多量の堆肥を施すことはできません。農家の方に最初は堆肥10a当たり1tの施用をすすめたのですが、少なすぎて心配だということで、話し合いの結果2tを施用することになりました。

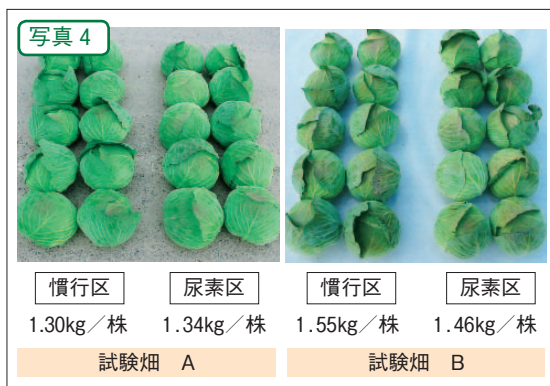
●キャベツの収量と品質を比べてみると：

10a当たり堆肥2tの中には窒素が32kg含まれています。前記のように、施用直後の野菜に吸収される窒素は10a当たり2kg程度に過ぎません。その他、リン酸52kg、カリ78kgが含まれています。私たちがこの地域で調べたキャベツ一作の養分吸収量は、10a当たり窒素約30kg、リン酸約10kg、カリ約40kgだったので、窒素は全く足りませんが、リン酸は余ります。計算上ではカリも余りますが、両方の畑ともに砂質で陽イオン交換容量(CEC)が小さな土壌なので、作付け期間中に作土から溶脱することを考えると妥当な量だと考えました。堆肥だけでは足りない窒素は、尿素で補うことにしました。

一方、畑の半分には同じ堆肥を肥料としてではなく土づくり資材と見なして10a当たり2t施し、肥料に

第3表 キャベツの収量と品質の比較

試験地	試験区	収量 t/10a	硝酸 mg/kg	ビタミンC mg/100g	還元糖 g/kg
試験畑 A	慣行区	3.3	1,000	69	40
	尿素区	3.0	1,160	61	42
試験畑 B	慣行区	4.5	750	63	48
	尿素区	4.7	791	63	49
成分表			1,000	41	-



↑キャベツの栽培試験結果。

両 試験区の施肥量は第2表のようになりまし。なお、この施肥設計ではリン酸とカリ施用量が10a当たり10kg弱となっていますが、これはこの栽培試験を行う前に2年間、農家の皆さんと畑の土壌診断調

査を行いながら年に二度ほど土と肥料の勉強会を続けたため、施肥改善意識が高まり、それ以前よりリン酸とカリを削減するようになった結果です。2002年8月に堆肥を施用して9月にキャベツを定植し、翌年1月に収穫しました。

写真4と第3表のように、収穫したキャベツの収量は両方の畑とも尿素区と慣行区間で全く変わりませんでした。また、硝酸・ビタミンC・還元糖含有量にも違いはありませんでした。野菜の命ともいえるビタミンCは食品成分表の値の1・5倍くらいが含まれ、甘くて大変おいしいキャベツでした。

●肥料代を比べてみると…

この栽培試験を行ったのは7年前ですが、現在の価格で肥料代を比べてみました。堆肥代は配達とマニュアルスプレッダーによる散布を含め、1t当たり5250円です。第2表のように、慣行区では元肥と追肥をあわせて10a当たり4万8867円でしたが、尿素区では1万7052円で、肥料代の削減率は83%となりました。堆肥代を含めても、65%の肥料代削減となりました。堆肥がいかに安い肥料であるかが分かります。また、堆肥だけで不足する

窒素成分を、単肥である尿素で施したことも肥料代削減につながっています。なお、この栽培試験では栽培途中に尿素を二度追肥していますが、今流行の被覆尿素を使えば、元肥一発でよかったかもしれません。ただし、その場合には肥料代が高くなります。尿素で追肥をするか、尿素より価格が高い被覆尿素で追肥の手間を省くかの選択は、農家の皆さん自身が決めてください。

家畜ふん堆肥は格安肥料
(リン酸を基準に施肥量を決める)

●リン酸が蓄積した野菜畑・ハウスでの家畜ふん堆肥の使い方

J Aあいち知多での栽培試験結果のように、家畜ふん堆肥と窒素単肥を組み合わせると肥料代を削減できます。しかし、すでに土壌中の可給態リン酸が100g当たり100mg程度以上に蓄積した野菜畑やハウスでは、家畜ふん堆肥を施用すると、リン酸だけでなくカリもたまってしまいます。では、どのように堆肥を使えばよいのでしょうか？

答えは簡単で、リン酸やカリが増えないように使えばよいのです。野菜は種類にもよりますが、一作で10a当たり5・10kgのリン酸を吸収します。そこで、家畜ふん堆肥をリン

酸肥料と見なして、リン酸として10a当たり10kgを含む堆肥を施し、不足分を化学肥料の単肥で補います。

例えば、ある野菜を栽培するため標準的な施肥量を10a当たり20・20・20kgとしましょう。その畑やハウス土壌の可給態リン酸が100g当たり100mg程度以上で、電気伝導率と交換性カリ含有量が適正であれば、施肥設計を10a当たり20・10・20kgに変更します。ここで、仮にJAあいち知多の平均的組成の牛ふん堆肥を使うとすると、その施用量は10a当たり385kgとなります。そんなに少ない堆肥ではまいた気がしないという農家の方が多いのですが、これからは根本的に堆肥の使い方を変えるべきなのです。堆肥だけでは不足する窒素19・6kgとカリ5kg(ともに10a当たり)を、尿素と塩化カリウム(塩加)で補給します。

この施肥設計に要する肥料代を、いくつかのパターン(化学肥料単肥の組み合わせ、化成肥料+尿素+塩加、有機配合肥料+尿素+塩加)で比べてみました。牛ふん堆肥の価格はバラ(配達料込み)で1t当たり5250円、17kg入りの袋入りで1袋420円としました。また、ほかの肥料は各地のJAに問い合わせ

第4表 牛ふん堆肥をリン酸肥料として利用した場合の肥料代の比較

肥料の種類	リン酸10kg／10a分の肥料に含まれる 成分量と肥料代				補足する肥料成分量 (kg／10a)			補足する肥料代 (円／10a)			合計肥料代 (円／10a)
	窒素	リン酸	カリ	肥料代 (円／10a)	窒素	リン酸	カリ	尿素	過石	塩加	
牛ふん堆肥バラ (385kg／10a) +尿素+塩加	0.4	10	15	¥2,021	19.6	0	5	¥4,261	¥0	¥1,167	¥7,449 (44)
牛ふん堆肥小袋 (385kg／10a) +尿素+塩加	0.4	10	15	¥9,512	19.6	0	5	¥4,261	¥0	¥1,167	¥14,940 (88)
化学肥料単肥 (尿素+過石+塩加)	0	0	0	¥0	20	10	20	¥4,348	¥5,882	¥4,667	¥14,897 (88)
輸入化成肥料 (14 - 14 - 14) +尿素+塩加	10	10	10	¥10,714	10	0	10	¥2,174	¥ 0	¥2,333	¥15,221 (90)
有機配合肥料 (12 - 12 - 12) +尿素+塩加	10	10	10	¥12,500	10	0	10	¥2,174	¥ 0	¥2,333	¥17,007(100)

せた平均的な価格で計算しました。
その結果、第4表のように牛ふん堆肥をバラで買うとほかの肥料の半額以下になり、大変格安であることが分かります。ただし、使い勝手のよい小袋で買ってしまつと、10％程度安いだけで格安とはいえなくなります。化学肥料が値上がりする以前には尿素・過リン酸石灰（過石）・硫加などの単肥は安い肥料でしたが、現状では輸入化成肥料と同等で有機配合肥料より若干安いくらいになってしまっています。

●リン酸欠乏土壌では、
家畜ふん堆肥はさらに格安

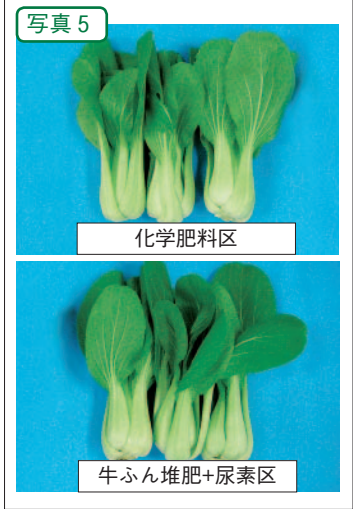
土 壤診断分析の結果、野菜畑やハウスの土壌がリン酸過剰でなければ、リン酸施肥量を10a当たり20kgとしても構わないので、牛ふん堆肥（バラ）とほかの肥料代との格差が大きくなり、さらに格安肥料となります。

リン酸が世界一効かない土壌でも、家畜ふん堆肥がリン酸肥料として使えることを証明するため、東京農大世田谷キャンパスの枠圃場^はで野菜の栽培試験を行っています。栃木県鹿沼市の山林から採取した多腐植質黒ボク土（園芸で使う黒土）を2×3m、深さ80cmのコンクリート枠圃場

に入れて、2004年からチンゲンサイなどの葉菜を栽培しています。写真5は2008年12月に収穫したチンゲンサイで、試験開始以降11作目です。化学肥料区には尿素・重焼リン・硫加を10a当たり成分で各10kg施用し、堆肥区にはJAあいち知多の牛ふん堆肥をリン酸として10a当たり10kg（リン酸含有量3・6％、堆肥現物では10a当たり278kg）、それに不足する窒素を尿素で補いました。ちなみに、栽培前土壌の可給態リン酸は、100g当たりわずかに3・5mgでした。両区でのチンゲンサイの生育と収量はほぼ同等で、リン酸吸収量も遜色ありませんでした。このように、全くのリン酸欠乏土壌でさえ、家畜ふん堆肥中のリン酸は化学肥料と同等に効くのです。

●家畜ふん堆肥には
化学肥料単肥がよく似合う

2 006年に有機農業推進法が成立し、有機質肥料や堆肥の利用促進、逆に化学肥料の削減が求められています。しかし、家畜ふん堆肥を活用すればするほど必要になるものが窒素肥料です。土壌養分バランスが崩れないように家畜ふん堆肥を上手に使うためには、どう考えても窒素だけを含む化学肥料を施用



→リン酸欠乏土壌で栽培したチンゲンサイ。

することが最も合理的なのです。世間の流れに逆行することになります。が、私たちはこの主張を決して曲げません。ただし、家畜ふん堆肥を長年にわたり施用し続けると、分解しにくい堆肥中の窒素成分が土壌中に残留し、いわゆる地力窒素が増えるので、化学肥料の施用量を徐々に減らす必要があります。どの程度減らしていくか、それは今後の課題です。家畜ふん堆肥と相性のよい化学肥料も限りある貴重な資源なので、できる限り節約し、家畜排せつ物からだけではなくほかのバイオマス資源から肥料を作ることも必要です。そこで、私たちは生ごみから窒素主体の有機質肥料を作る研究を行っています。このシリーズでは、生ごみ肥料「みどりくん」のことについてもお話しする予定です。