

農家が望む家畜ふん堆肥と環境にやさしい 家畜ふん堆肥の施用法

千葉県農業試験場地力保全研究所
室長 安西徹朗

1. はじめに

生物系廃棄物リサイクル研究会資料(1999、表1)によれば、家畜排せつ物の発生量は9,430万トンで、近年は減少傾向にあるものの生物系廃棄物のなかでは最も多く、特に窒素成分は年間の窒素肥料生産量を上回る量となっている。

表1 主な有機性廃棄物の発生量及び成分含有量
(生物系廃棄物リサイクル研究会資料 1999より抜粋)

種 類	発生量 (万トン)	近年の 増加傾向	成分含有量(万トン)		
			窒 素	リン酸	加 里
生ゴミ(家庭、事業系)	2,028	横ばい	8.0	3.0	3.2
食品産業廃棄物	1,504		5.3	3.0	0.6
下水汚泥	8,550	増加	8.9	9.2	0.6
木竹類(せん定枝を含む)	247	増加	1.9	0.5	0.9
家畜排せつ物	9,430	減少	74.9	27.4	51.9
合 計	21,759		99.0	43.1	57.2

こうした状況の中で、1999年7月12日に制定された新農業基本法の第32条に「国は、農業の自然循環機能の維持増進を図るため、農薬及び肥料の適正な使用の確保、家畜排せつ物等の有効利用による地力の増進その他必要な施策を講じるものとする」と記され、その16日後に実行法としてのいわゆる環境三法が公布された。これらの法律のうち、「持続性農業法」では土づくりと化学肥料・農薬の低減を一体的に行うなかで有機物資源として堆肥の施用が推奨され、「家畜排せつ物法」では家畜排せつ物の適正な管理と資源としての有効利用の促進が唱われ、「肥料取締法の一部改正法」では堆肥の品質表示制度が義務付けられた。

この背景にあるものは「貴重な有機物資源としての家畜ふん堆肥の適正な農地への施用」に他ならない。しかし、現実には家畜ふん堆肥の生産者である畜産農家と利用者である耕種農家の堆肥に対する意識の差は大きく、また生産された堆肥がある地域に偏在することや堆肥を使用する季節が限られることから、流通面が大きな問題となるなど、両者の関係は必ずしも十分なものではない。また、家畜ふん尿は環境汚染源としての側面を合わせ持っていることから、その処理・利用の問題はこれからますます重要になる。本稿ではこれらの観点から、「家畜ふん堆肥」について述べる。

2. よい堆肥とは何か

千葉県では1998年度まで堆肥コンクールが行われ、優良な堆肥を表彰してきた。その中で、最近入賞した家畜ふん堆肥の事例を紹介し、よい堆肥とは何かを考えてみる。

(1) 長生村のH堆肥生産組合は5軒の畜産農家と8軒の耕種農家で組織されている。畜産農家から排出された乳牛のふん尿は長さ88mの発酵槽をもつ処理施設(開放回行型、埼玉式)に持ち込まれ、4~5ヶ月ほど攪拌発酵乾燥が行われる。発酵槽から堆肥舎へ移す際は1週間ほど新し

いふん尿を入れないで攪拌乾燥させて、全部を取り出す。この時点で出来た堆肥は発酵処理施設でよく攪拌されて粒状化しており、大きさもよく整ってハンドリングの良いものに仕上がっている。これを袋詰めして農協などへ出しているが、90%は組合の耕種農家や近隣農家の水田で使われており、出来た米は無化学肥料栽培米として売られている。(1998年度知事賞)

(2) 館山市のE・K畜産環境保全組合E支部は3戸の畜産農家から排出される約200頭の乳牛ふんを天日乾燥処理施設(岡田式)に持ち込み、1ヶ月から1ヶ月半ほど攪拌乾燥した後、堆肥舎へ移して月1回のわりで切り返しをしながら6~10ヶ月積み込み、十分に腐熟乾燥したものを袋詰めして販売している。堆肥舎の屋根の高さが従来よりかなり高くなっていたり、乾燥処理施設と堆肥舎がT字型になっているなど、作業しやすいような工夫がみられる。(1996年度知事賞)

(3) 関宿町のU氏は約1000頭の肥育豚から出るふん尿を堆肥舎で6ヶ月間堆積して豚ふん発酵堆肥を作っている。ハウス養豚のため、おがくずが20%ほど混ざっているのので、豚ふん堆肥にありがちな成分のアンバランスもみられず、安心して農家が使える堆肥として仕上がっている。(1997年度優秀賞)

(4) 袖ヶ浦市のS養鶏場は独自に攪拌機の付いた発酵施設に鶏ふんを入れ、攪拌・混合すると、40日後に出口へ来る頃には丸く固まって出てくる。これをさらに天日乾燥させて水分を飛ばし、扱いやすい形にして製品化している。(1994年度畜ふん肥料の部1等)

これらの堆肥作りに共通することは、(1)発酵乾燥処理を十分に行う、(2)堆肥舎で1~2ヶ月に1回のわりで切り返しをしながら半年以上積み込む、(3)十分に腐熟乾燥させ、ハンドリングの良いものにする、(4)環境・衛生面が配慮されている、などである。

3. 耕種農家が望む堆肥とは

結局のところ、耕種農家が望む堆肥というのは前項で紹介したような堆肥であるが、これを一般的に述べれば以下のようになる。

(1) 見た目にも使いやすいような堆肥

1.)異物がなく、見た目にきれいなもの；
ビニールや紐、プラスチック片、木片、石などが入っていると、機械に絡まったり、破損したりする。形状もさらさらしているものが扱いやすい。
2.)悪臭のないもの；
悪臭は施用する農業者本人だけでなく、周辺の民家にも迷惑がかかる。悪臭をなくすには、原料の水分調整を行い、空気を十分に送りながら時間をかけて発酵させる。
3.)軽くも重くもないもの；
堆肥を取り扱ううえで、重さや撒きやすさは意外に大きな問題である。農家段階ではすべて機械で撒くわけではなく、人力も使われる。重すぎると施用する際に負担がかかるし、軽すぎると風で飛ばされたり、雨によって流される。

(2) 有効性と安全性が高い堆肥

1.)安全性が高いもの；
水銀、ヒ素、鉛、カドミウム、クロム、銅、亜鉛などの重金属や病原菌、寄生虫、雑草の種子、未熟な有機物を含まない。これらの重金属が混入しないような管理と堆肥化にあたって十分に発酵させて、温度を60~70℃以上に高めることが重要である。
2.)土壌や作物に有効なもの；
土壌に対しては持続的な改良効果が期待され、作物に対してはバランスのとれた緩効的な肥料効果が期待されなければならない。

3.)腐熟度が安定しているもの；
腐熟度にバラツキがあるものは安心して使えない。
4.)製造法や成分含有量がわかっているもの；
先に述べたように、肥料取締法の一部改正によって堆肥の品質表示が義務づけられた。具体的には、(a)種類・名称、(b)成分の含有量(窒素、リン酸、カリ、腐熟度のめやすとして炭素率(C/N比)、ただし、環境保全の観点から、含有量が多い場合には銅、亜鉛、石灰の全量)、(c)原料の種類(牛ふん、オガクズなど)、(d)正味重量、生産年月、生産業者氏名あるいは名称と住所、などが明記される。これらがわかれば耕種農家としては大変使いやすくなる。
5.)施用方法、施用効果の明記；
これらがわかると安心して使える。

(3)適正価格での安定供給

1.)ストックヤードの確保；
農家の需要は春と秋に限定されがちであるので、需要期の安定供給を確保するためにはストックが必要である。このストックヤードの確保が生産・流通コストを押し上げてしまいかねない。ストックを含めて流通をどう合理化するかが、適正価格維持の大きなポイントである。
2.)農家の需要に応じた荷姿；
農家が望む荷姿を的確に把握する。バラ積みは畑に機械散布するような大規模農家に適し、袋詰めは小規模農家、都市部の農家、一般家庭などで喜ばれる。
3.)運搬・散布まで；
堆肥の利用拡大を図るには、堆肥を製造するだけでなく、できれば運搬まで手がけたい。最近では耕種農家も高齢化が進んでいるので、ほ場への散布までできればということはない。

4. 土づくりに向く堆肥と有機質肥料的堆肥の見分け方

以前は稲わらなどの作物残さに窒素分を加え堆積腐熟したものが堆肥といわれたが、最近ではきゅう肥や発酵装置で短期間に発酵乾燥したのもも堆肥と言っている。従来、牛ふん堆肥は肥効が低いので、土づくりに向き、豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥は肥効が高く、肥料的であると考えられてきた。しかし、牛ふん堆肥の中でも発酵乾燥されたものには、鶏ふん堆肥や豚ふん堆肥と同程度の肥料分を含むものもあり、また豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥の中でも、おがくずやもみがらなど副資材を加えたものには、肥料分の少ないものもある。

そこで、土づくりに向く堆肥と有機質肥料的堆肥とを見分けるために、コマツナの発芽試験と成分分析、外観形状の関係を検討した結果、以下のことがわかった。

- (1)窒素含量が1%以下の堆肥の92%が発芽良好で、窒素含量の多いものほど発芽率が不良になる(図1)。
- (2)同様に、加里含量が1%以下、EC(電気伝導度:測定条件現物:水=1:10)が2mS/cm(25℃)以下で発芽が良好(図は省略)となる。
- (3)不快臭の少ない堆肥ほど、発芽が良い(図2)。

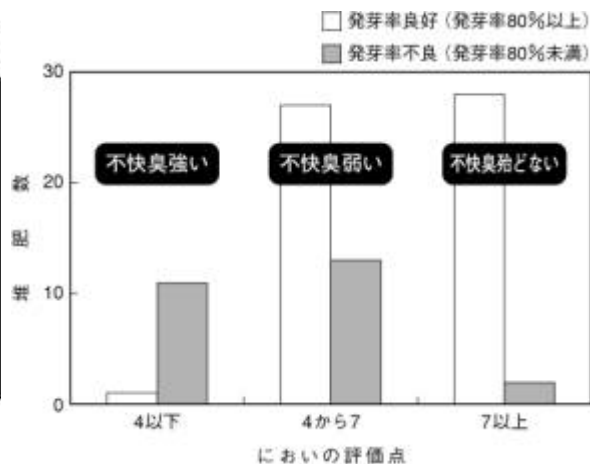
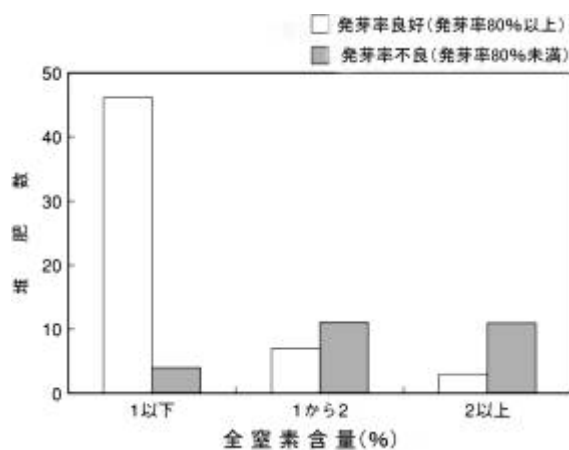


図1 発芽試験における発芽良好な堆肥と不良な堆肥の全窒素含量の分布

図2 発芽試験における発芽良好な堆肥と不良な堆肥のにおいの評価点の分布

以上から、土づくり的堆肥の見分け方を「窒素含量と加里含量が1%以下、かつEC2mS/cm(現物:水=1:10、25℃)以下、ただし不快臭のないもの」とした。なお、発芽試験は堆肥と黒ボク土(火山灰土)を容量比で1:1に混ぜたポットにコマツナを25粒蒔き、発芽率80%以上のものを良好と判定した(→発芽率が良好な堆肥は有機物が分解して出てくる養分の濃度障害を受けず、比較的多く施用が可能な土づくり的堆肥と考えられる)。

今後は堆肥の成分含量が表示されるので、土づくりに向く堆肥なのか、有機質肥料的堆肥なのかを簡単に区別することが可能である。

5. 堆きゅう肥利用促進ネットワークシステムについて

「はじめに」でも述べたように、堆肥の流通はなかなかスムーズにいかない場合が多い。そこで、千葉県では耕種農家への堆肥の情報提供による流通の促進と、地域の有機物資源を活用した「土づくり」による環境保全型農業の推進をめざして「千葉県堆きゅう肥利用促進ネットワークシステム」の運用を1995年度から開始した。このシステムでは畜産農家で生産された堆きゅう肥の生産販売状況、原料・製法、成分分析結果などがデータベース化されており、2001年1月現在の登録数は503件となっている。このシステムで最も特徴的なのは成分分析結果をビジュアルに示したクオリティチャートである。図3のように、各成分の多少が亀の甲型に示される。このうち内径の線が土づくりに向く堆肥と有機質肥料的堆肥を区分する線となっており、容易に土づくりに向く堆肥かどうかを判断することができる。この図の例では窒素が1%を超えており、有機質肥料的堆肥に区分されている。併せて、リン酸、加里、石灰含量が多いので、これらの成分量を考慮した施肥を行うような指示がなされている。このような情報は耕種農家が堆肥を入手するうえで非常に有用であるが、残念ながらこのネットワークシステムがまだ耕種農家に十分浸透していない実状にある。今後、大いにPRを図り、畜産・耕種農家ともに利用してもらうようにしなければならない。なお、このシステムの紹介は同誌第9号p37～42に詳しいので、参照されたい。

◎チャートは外側に広がるほど肥料成分が多い傾向を表す。(水分とC/N比は逆目盛り)



項目	外 枠	内 枠	中 心
水分 (%)	25	50	75
窒素全量 (%)	5	1	0.1
リン酸全量 (%)	10	1	0.1
加里全量 (%)	5	1	0.1
石灰全量 (%)	10	1	0.1
苦土全量 (%)	5	1	0.1

C/N比	3	10	25
EC(ms/cm(25°C))	5	2	0.1

成分値から見た堆肥利用の目安
(核当欄には○が入る)

	窒素含量が少ない、土づくり的堆肥(但し、不快臭の強い場合は脚注1参照)
	ECが高いので施用量に注意する。
○	窒素含量が多い、有機質肥料的堆肥 (施用量により窒素の効果が期待できる。 施肥設計等で堆肥中の窒素分を考慮し使用する。)
○	りん酸含量が多いので、施肥設計等で堆肥中のりん酸分を考慮し使用する。
○	加里含量が多いので、施肥設計等で堆肥中の加里分を考慮し使用する。
○	石炭含量が多いので、施肥設計等で堆肥中の石炭分を考慮し使用する。
	苦土含量が多いので、施肥設計等で堆肥中の苦土分を考慮し使用する。
	C/N比が高いので、更に堆積するか窒素飢餓等に注意して使用する。

注1)不快臭の強い堆肥は、更に堆積するか施用後2~3週間置いて作付けする。

図3 堆肥クオリティチャートの表示例(H生産組合)

6. 家畜ふん堆肥の施用にあたって 知っておくべきこと

家畜ふん堆肥を上手に施用するためには次の2点を知っておく必要がある。1つは家畜ふん堆肥の分解特性である。表2に示したように、有機物を土壤に施した時の分解特性は、炭素率(C/N比)によって異なる。C/N比30以下の有機物は分解速度が無機態窒素の取り込み速度を上回るため、施用した年から窒素の放出があり、肥料的性質が強い。C/N比30以上の有機物は土壤有機物の蓄積に寄与し、土壤を膨軟にするなど物理性を改善するが、施用当初は窒素の取り込みが起こり、作物が窒素飢餓による生育不良となることがある。家畜ふん堆肥は一般にC/N比8~20のものが多く、窒素放出型であるが、なかにはおがくずなどの副資材が多く入っているものもあるので、C/N比をよく確かめるようにする。

表2 有機物を土壤に施した時の窒素(N)分解特性

区分	C/N比	土壤中での分解	主な有機物
窒素放出型	10前後	施用年のN放出が多く、有機質肥料的。土壤有機物の蓄積効果は少ない。	乾燥鶏ふん、野菜残渣など
	10~20	施用年にN放出があり、肥料の減肥が必要。	乾燥牛ふん、豚ふんなど
	10~20	施用年にある程度N放出がある。土壤有機物の増加がある。	通常の中~完熟堆肥
	20~30	肥効は少ないが、土壤有機物が増加。	バーク堆肥など
窒素取り込み型	50~120	施用年のN取り込みが大きい、数年後からNが再放出される。	稲わら、麦わら、トウモロコシ茎など
	20~140	連用で堆肥に近くなる。	未熟堆肥、水稻根など
	200以	Nの取り込みが大きい。	オガクズなど

もう一つは家畜ふん堆肥の窒素肥効率である。今までは家畜ふん堆肥の成分がばらばらだったこともあって、肥効率を出すことが難しく、さしあたり牛ふん30%、豚ふんおよび鶏ふん70%という数値が参考とされてきた。しかし、ごく最近、斉藤ら(2001)がコマツナ栽培試験および家畜ふん堆肥埋設試験の結果から、黒ボク土(火山灰土)露地畑における窒素肥効率は家畜の種類と堆肥中の窒素含有率によって異なることを明らかにした(表3)。これは家畜ふん堆肥を適正施用するうえで、非常に重要な知見である。

表3 家畜ふん堆肥の肥効率のめやす(斉藤ら、2001)

家畜ふん堆肥の種類	堆肥の窒素含有率(%)		堆肥の肥効率		
	乾物あたり	(現物あたり)*	窒素	リン酸	加里
牛ふん堆肥、豚ふん堆肥	0~2	(0~1)	10	80	90
	2~4	(1~2)	30	80	90
	4~	(2~)	40	80	90
鶏ふん堆肥	0~2	(0~1)	20	80	90
	2~4	(1~2)	50	80	90
ブロイラー鶏ふん堆肥	4~	(2~)	60	80	90

- 1) 窒素の肥効率は黒ボク土露地畑の場合である。
- 2) 窒素以外の肥効率は化学分析値から推定したものである。
すなわち、リン酸; 可溶性リン酸/全リン酸、加里; 水溶性加里/全加里
- 3) *水分を50%としたときの参考値

7. 環境にやさしい家畜ふん堆肥の施用法

水田や畑に施用された家畜ふん堆肥は微生物の働きによって分解され、堆肥中の有機態窒素が無機態窒素(アンモニア)に変化(無機化)する。家畜ふん堆肥や土壌有機物から無機化したアンモニアと施肥窒素中のアンモニアは畑のような酸化条件下では硝酸に変化する。農作物はアンモニアや硝酸を吸収するが、家畜ふん堆肥や施肥窒素を過剰に投入した場合には、吸収されなかった硝酸が土壌浸透水とともに下層に流亡し、地下水中の硝酸濃度を高める可能性がある(図4)。

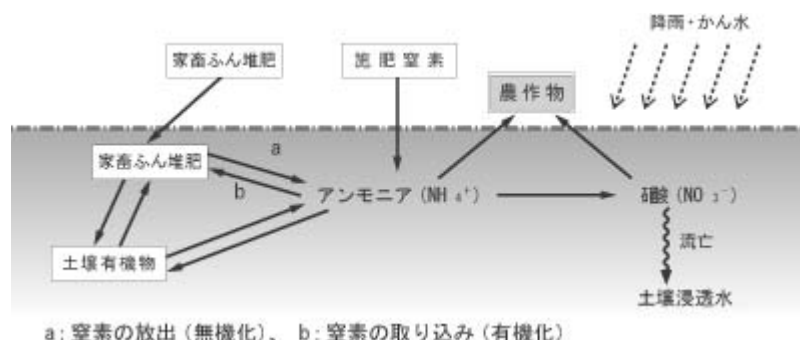


図4 家畜ふん堆肥に含まれる窒素と施肥窒素の畑土壌中での動き

また、土壌中の塩基、特に加里やリン酸も過剰となる。このため、家畜ふん堆肥の施用に当たっては、以下の2点を守るように努める。

- (1) 家畜ふん堆肥(C/N比30以下)施用の際は、窒素の肥料的効果を考慮して施用量を決め、その分施肥窒素量を減らす。またリン酸、加里、苦土、石灰についても肥料的効果を考慮する。
- (2) 施肥窒素と家畜ふん堆肥窒素の合計窒素施用量は、当面年間30kg/10a以下、土壌残存窒素

量は10kg/10a以内をめやすとする(算定の根拠:年間の降雨による土壌浸透水量を1000mmと仮定すると、10kg/10aの硝酸態窒素の溶脱で浸透水中の硝酸態窒素含量が環境基準値である10mg/Lとなる。この場合、土壌からの溶脱率を30%と仮定すると、年間の投入窒素量は約33kg/10aとなる)。

なお、これらは家畜ふん堆肥に限らず、有機質資材すべてにあてはまるものである。

実際は以下の計算式(農耕地の有機物受け入れ容量と畜産廃棄物:志賀一著より引用)によって、肥料的効果(窒素)が期待できる家畜ふん堆肥の施用量を算出する。なお、窒素以外の肥料成分についても考え方は同様である。

$$\text{家畜ふん堆肥施用量 (kg/10a)} = \frac{\text{必要基肥窒素量 (kg/10a)} \times \text{代替率 (\%)} \times \frac{100}{\text{堆肥の窒素含有率 (\%)} \times \frac{100}{\text{肥効率 (\%)}}$$

- 必要基肥窒素量 : 化学肥料だけで作物を栽培した場合の好適な窒素施用量であり、「主要農作物等施肥基準」に示されている「基肥窒素」である。
- 代替(だいたい)率 : 「必要窒素施用量」の内の何割を家畜ふん堆肥からの窒素で置き換えるかということで、代替率0%は化学肥料のみ施用、代替率100%は有機質資材のみ施用ということになる。
一般的には基肥窒素施用量の30%を代替することを目安とし、その分化学肥料の基肥窒素施用量は30%減肥する。
- 堆肥の窒素含有率 : 現物当たりの窒素含有率で、堆肥に「窒素」または「窒素全量(%)」と表示されている。
- 肥 効 率 : 家畜ふん堆肥の肥料としての効果を化学肥料と比較した指数で、化学肥料と同等ならば100%、化学肥料の半分ならば50%となる。たとえば、化学肥料で窒素8kg/10a施用した場合と同等の収量を得るために、家畜ふん堆肥を窒素成分として20kg/10a施用する必要があるれば、その家畜ふん堆肥の肥効率は40%(8÷20×100)となる。

今、基肥窒素の30%を家畜ふん堆肥で代替した場合、農耕地に投入される窒素全量(家畜ふん堆肥と施肥窒素の合計窒素施用量)は、表4のとおりである。施肥窒素全量が30kg/10aの作物の場合には、農耕地に投入される窒素全量が30kg/10aを越えてしまうため、肥料的効果のない炭素率30以上の有機質資材を利用することが望ましい。また、施肥窒素全量が20kg/10a以下の作物の場合には、家畜ふん堆肥の肥効率を考慮して施用量を決めれば、農耕地に投入される窒素全量が30kg/10aを超えないですむ。

表4 施肥窒素量と代替率の違いによる家畜ふん堆肥の合計窒素施用量の試算

施肥N全量 (kg/10a) (A)	基肥N (kg/10a)	基肥N代替率 (%)	代替基肥N (kg/10a)	家畜ふん堆肥			合計N施用量 (kg/10a) (A)+B	備 考
				N肥効率 (%)	施用量 (現物kg/10a)	N施用量 (kg/10a) B		
20(16.4)	12(8.4)	30	3.6	10	7200	36	52.4	×
				30	800	12	28.4	○
				60	133	6	22.4	○
30(24.0)	20(14.0)	30	6.0	10	12000	60	84.0	×
				30	1333	20	44.0	×
				60	222	10	34.0	△

- 基肥Nは、施肥N全量の2/3とした。
- 施肥N全量と基肥Nの()内の数値は、有機質資材で基肥の30%を代替した場合の施肥量。
- N肥効率の区分と現物当たりN%の算出にあたっては以下の堆肥を施用例とした。
N肥効率 10%: 現物当たりN0.5%の豚ふん・牛ふん堆肥。
N肥効率 30%: 現物当たりN1.5%の豚ふん・牛ふん堆肥。
N肥効率 60%: 現物当たりN4.5%ブロイラー乾燥鶏ふん。

4) 備考; ○環境に負荷がかからない。△環境に負荷がかかる可能性がある。×環境に負荷がかかる恐れが高い。

8. おわりに

千葉県では牛尾ら(2001)が「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」を開発した。このシステムは家畜ふん堆肥の肥料成分含有率などからその堆肥が一般流通している堆肥と比べてどのような成分特性にあるかを図表化して示すとともに、先に示した計算式に基づき、肥料的効果が考慮された施用量が簡単に算出できるようになっている。しかも施肥基準が組み込まれているので、次作で栽培される作物の施肥量に合わせた家畜ふん堆肥の適正な施用量が算出できる優れたものである。このシステムの詳細は今後に譲りたい。

これまで述べてきたことでわかるように、千葉県でもようやく家畜ふんをいかに処理するかという段階から、農地を危めることなくいかに上手に利用するかという段階にたどり着いたと言えよう。家畜ふんのリサイクルはこれからが正念場である。

【参考資料など】

1. 安西徹郎(2001)環境保全と土づくり. (財)日本土壌協会土づくり推進研究会資料.
2. 齊藤研二・牛尾進吾・吉村直美(2001)未発表.
3. 茅野充男(2000)生物系廃棄物リサイクルの現状と課題. 畜産環境情報第9号.