

有機資源のたい肥化と利用促進

(財)農業技術協会参与
伊達 昇

はじめに

農畜産業においては、生物生産利用残滓である有機物の分解によって放出されるエネルギーや養分がたい肥、有機肥料、飼料として生物の再生産を支えるとともに、周辺生態系維持や環境保全に多面的な機能を果たしてきた。しかし近年は、人間の経済活動が過熱して大量の有機物を廃棄するようになり(表1)、その量は自然界の循環許容量を超える場合が少なくない。本来生物循環資源として生産と環境に寄与すべき有機物が不適切な処分により生産の衰退と環境悪化を招くという憂うべき状況を生じているのである。

その一方では、農家のたい肥自給能力の低下や畜産農家と耕種農家の連携によるたい肥利用体系の未成熟、さらには省力低コスト型農法普及のかけで、たい肥施用による持続的土づくりは必ずしも十分とは言えない状況にあり、良質で機能性の高いたい肥の供給と利用促進が強く望まれている。

資源として有機物を循環利用する方策はもちろんたい肥化だけではない。発酵によるたい肥以外の有用物質生産、飼料化、バイオガス化、炭化、燃焼発電、燃焼灰の建設資材化など多様な利用法が研究され、技術化されているが、現時点では、蓄積された技術と経験を持ち、流通利用体制も一定の成熟度に達しているたい肥化がもっとも安定しているし、上述のように農地の地力維持に良質のたい肥が求められていることから、ここでは農畜産業以外からの有機資源も含めて、たい肥化の意義とその利用促進について生物再生産と環境の両面から論じてみたい。

表1 わが国の主な有機物資源の発生量(万トン)
生物系廃棄物リサイクル研究会1999

資 源	発 生 量	N含有量
わら、もみがら	1,404	8.3
家畜排泄物等	9,435	81.7
樹皮、木くず等	784	3.1
動植物性残渣、 事業系生ごみ	940	3.7
建設発生木材	632	1.0
家庭生ごみ	1,000	3.9
汚 泥 類	13,440	27.6
合 計	27,645	129.3

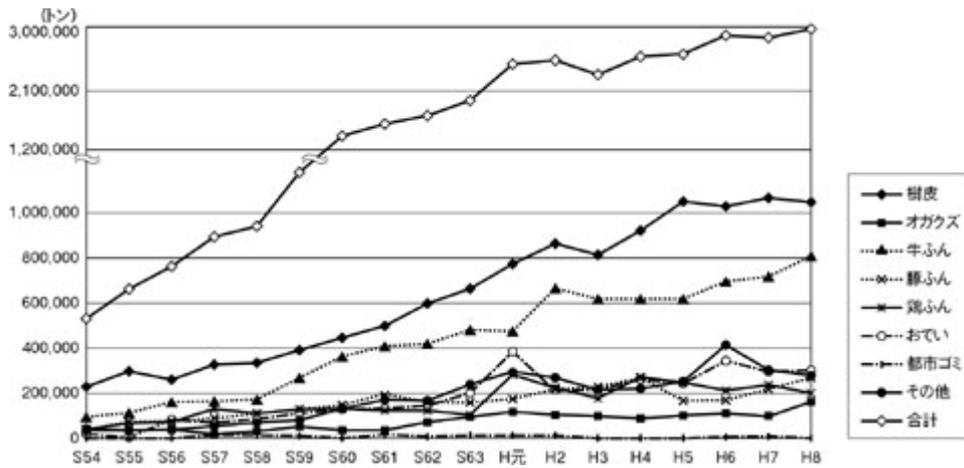
1. 有機資源のたい肥化をめぐる課題

(1) 生物資源再生産の持続と向上

たい肥施用は土壌改良と養分供給によって農畜産物や森林資源等の生物資源の再生産を支えるとともに、それら生物資源が形成する生態系や自然景観の保全に貢献するものであるが、第二次世界大戦後の食料増産時代とこれに続く高度経済成長期に化学物質への依存度を著しく高めた近代農業は、いま環境との調和という課題を負って、改めて、たい肥施用を中心とした土づくりから始まる持続的再生産のあり方を模索している。

近年の流通たい肥生産量は増加傾向にあるが(図1)、その量はたい肥全体の需要量からすれば一部であり、多くは農家の自給たい肥によって需要がまかなわれている。しかしわが国では、農

家が自力でたい肥を確保し持続的農業を発展させることは困難であり、農家の自助努力を支援するシステムづくりが緊急の課題となっている。



生物系廃棄物リサイクル研究会1999

図1 コンポスト生産量の推移

(2) 環境負荷の軽減

たい肥化することは有機物分解速度を安定的にスローダウンすることであり、それ自体が有機物分解による環境負荷を軽減する。さらに、全国各地で多くの有機性廃棄物が焼却あるいは埋め立て処分され、そこから発生する環境負荷が大きな問題となっている現状では、地域で発生するこうした有機性廃棄物の中に混在している「たい肥化に適するクリーンな有機資源」を適切な分別処理によって集め、農畜産業内部からの有機資源と融合させて良質たい肥を作り、利用促進を図れば、生物資源再生産とあわせて、環境負荷の軽減にも大きく寄与すると期待される。

(3) 生活・産業と農業を結ぶ生活の輪の形成

都市や産業から出てくる有機性廃棄物は、もとをたどれば農・畜・林・水産業に行き着く。こうした有機性廃棄物をたい肥化し良質な農産物の再生産に役立てることは、資源の循環に加えて、都市生活者、産業関係者と農畜産業関係者の「生活の輪」をつなぐ重要な意味を持つ。孤立型になりがちな社会を連帯型に再構築する道の一つが、ここから見えてくるのではないかと期待される。

2. たい肥利用促進のための問題点

(1) 素材としての有機性廃棄物の問題点

家畜排泄物や農作物収穫残滓はたい肥素材として長い歴史があり、たい肥化技術はある程度成熟し普及しているが、都市や産業からの動植物性廃棄物は、排出源により組成が違い(表2)、クリーンに分別されたものでもたい肥素材としては成分調整が必要なものも少なくない。同じ排出源でも組成の変動が大きく、しかも組成に関する基本的な情報が公開されていないケースも多い。また、概して水分過剰であり、水分調整に手間とコストがかかる。さらに排出源の排出規模が小さく、個別にたい肥化しても農業利用にはつながりにくい。このように都市や産業からの動植物性廃棄物はたい肥化素材としては扱いにくい面があるが、家畜排泄物と融合たい肥化すると物性改善や成分補完に役立つなど利点(後述)も明らかになってきており、適正に分別したものを一定規模で集積、処理できる地域たい肥化センターが持続的に機能すれば、農畜産系以外の動植物性廃棄物も取り込んだ、組成や熟度の安定した良質たい肥生産は十分に可能と考えられる。

表2 有機性廃棄物の成分例(%)
有機質資源化大事典及び筆者

資 源	含水率	全チツソ	C/N

牛ふん	約80	2~3	15~20
豚ふん	約70	3~4	10~15
鶏ふん	約65	5~6	06~10
生ごみ	70~85	3~5	10~14
せん定枝	35~40	0~1	

(2) 需要と供給のギャップ

家畜排泄物や動植物性廃棄物は毎日のように排出されるが、たい肥の需要時期はおもに春と秋に限定される。この時期的なギャップを埋めるには、製造されたたい肥の半年分のストック能力を製造サイドと利用サイドが分担して(たとえば3か月分ずつ)確保する必要がある。利用者である農家には、単にストックするだけでなく、導入したたい肥にさらに自給材料を加えて再堆積し、自らの経営に最適な完熟たい肥にして施用することを望みたい。

こうした時期的なギャップだけでなく、地域における有機性廃棄物の発生量と製造されたたい肥の需要量の量的なギャップにも留意しなくてはならない。もともとたい肥は低価格・地域自給的なものであり、輸送コストをかけて広域流通をはかれるだけの収益性が期待できるものではないため、地域の需給バランスを十分に検討したうえで製造計画をたてなくてはならない。

さらに、製造サイドと利用サイドのたい肥に対する感覚的ギャップも無視できない。たい肥と名がつけば農家からの需要があるはずと短絡的に考えてたい肥を作ったものの予期に反して売れないというケースが往々にして見られるが、農家にとってはたい肥の熟度や成分、さらには土壌や作物の汚染につながるような有害成分の有無は経営を左右する重要な要件であるから、製造サイドは農家の信頼が得られるような説明と実証ができなければ実需は掘り起こせない。

(3) 熟度評価

安心して使えるたい肥かどうかは、まず熟度によって判断される。このため熟度指標となる分析項目と数値に関する多くの研究が行われているが、多様な組成のたい肥に統一的に適用できる熟度指標はまだ確立されていない。現状では個別に分解安定度を評価するのが現実的と考えられる。分解安定度の指標となる分析項目は個別たい肥の特性に応じてそれぞれ採択すれば良く、たとえば東京都23区から収集した可燃ごみのたい肥化物では、表3のように、後熟発酵約70日でpH, COD, C/Nの経時変化が安定しており、この状態のたい肥は栽培試験でも好成績が得られ、満足できる熟度に達したと判断できる。このように、たい肥の組成に応じて3項目程度を指標に経時変化を追跡すれば、安定した時点で目標熟度に達したと評価できよう。

表3 たい肥の熟成過程での成分変化(%、ppm)
浅海ら1985

試料	pH	全チツソ	C/N	COD
一次発酵品	7.8	2.1	15	3,260
後熟14日品	8.2	2.1	14	2,510
後熟28日品	8.5	2.3	13	2,560
後熟58日品	7.8	2.5	11	1,370
後熟74日品	7.7	2.5	11	1,220

(4) 異物、有害成分、有害生物の排除

高度経済成長期以後の環境負荷増大によって、たい肥材料となる有機物も有害成分による汚染や異物混入とは無縁ではいられなくなった。いまの時点で問題となっている有害成分は、肥料取締法でたい肥中の濃度が規制されているカドミウム、ヒ素、水銀、各種溶出重金属(表4)のほか、有機肥料等推奨基準における共通品質基準(表5)として乾物あたりの銅、亜鉛の含有率がそれぞれ600mg/l、1800mg/l以下であることとされている。

プラスチックやガラス、金属片などの異物は勿論混入をさけなくてはならない。

こうした規制・基準に適合したたい肥を作るには、なによりもクリーンな材料の分別収集が必要である。

また、土壌病害菌や人畜への有害生物の繁殖を抑えるため、発酵期間中に有害生物を死滅あるいは不活性化できる温度条件(表6)を維持する必要がある。

表4 総理府令による判定基準

項 目	検液1リットル中 (mg/l以下)	項 目	検液1リットル中 (mg/l以下)
アルキル水銀化合物	検出されないこと	四塩化炭素	0.02
水銀又はその化合物	0.005	1,2-ジクロロエタン	0.04
カドミウム又はその化合物	0.3	1,1-ジクロロエチレン	0.2
鉛又はその化合物	0.3	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4
有機燐化合物	1.0	1,1,1-トリクロロエタン	3.0
六価クロム化合物	1.5	1,1,2-トリクロロエタン	0.06
砒素又はその化合物	0.3	1,3-ジクロロプロペン	0.02
シアン化合物	1.0	チウラム	0.06
PCB	0.003	シマジン	0.03
トリクロロエチレン	0.3	チオベンガルブ	0.2
テトラクロロエチレン	0.1	ベンゼン	0.1
ジクロロメタン	0.2	セレン又はその化合物	0.3

表5 有機質肥料等推奨基準(たい肥関係)

基 準 項 目		バー ク たい 肥	下水おで い たい 肥	し尿おで い たい 肥	食品おで い たい 肥	家畜ふ ん たい肥
要 表 示 項 目	有機物(乾物当たり%以上)	70	35	35	40	60
	C/N比(以下)	40	20	20	10	30
	窒素(N)全量(乾物当たり%以上)	1	1.5	2	2.5	1
	無機態窒素(乾物100mg当たりmg以上)	25	—	—	—	—
	りん酸全量	—	2	2	2	1
	アルカリ分(乾物当たり%以下)	—	25	25	25	—
	加里全量(乾物当たり%以上)	—	—	—	—	1
表 示 不 要 項 目	水分(現物当たり%以下)	60	50	50	50	70
	電気伝導率(現物につきms/cm以下)	3	—	—	—	5
	陽イオン交換容量(乾物100g当たりmeq以上)	70	—	—	—	—
	pH	—	8.5	8.5	8.5	—

共通品質基準

- 1) ひ素、カドミウム及び水銀については、「肥料取締法に基づく特殊肥料等の指定」に掲げる規制に適合すること。
- 2) 植物の生育に異常を認めないこと。なお、幼植物試験(こまつなによる)により異常の有無を検定することが望ましい。
- 3) 乾物当たりの銅及び亜鉛の含有率が、それぞれ600ppm及び1,800ppm以下(重量/重量単

位)であること。

表6 病原菌・寄生虫の致死条件(EPA)

1. コンポスト化
コンポスト化に当っては55℃以上で3日間保持しなければならない。ただし、ウインドロー型コンポスト法を用いる場合には、55℃以上で15日間以上保持し、少なくとも5回の切換しを行わなければならない。
2. 熱乾燥
熱ガスを直接的、又は間接的に汚泥へ接触させ、水分が10%以下になるまで乾燥させる方法である。この時、汚泥粒子の温度は80℃以上になるか、又は汚泥と接触した後のガスの温度が80℃以上でなければならない。
3. 熱処理
液状汚泥を180℃以上で30分間加熱処理する。
4. 加温好気性消化
液状汚泥を空気、又は酸素で損絆しながら、温度55?60℃で10日間処理する。
5. ベータ線照射
約20℃において下水汚泥に少なくとも1メガラドのベータ線を照射する。
6. ガンマ線照射
約20℃において下水汚泥にコバルト60、又はセシウム137のようなアイソトープを用いてガンマ線を照射する。
7. 低温殺菌
下水汚泥を70℃以上で30分間以上保持する。

(5) 製造されたたい肥の品質、機能の十分な説明、表示

たい肥の組成・成分や熟度は、使用農家にとっては使用法を決めるうえで必須の情報であるが、必ずしも的確な説明や表示が行われているとは言い切れない。改正肥料取締法によって、原料の種類、有効成分(チッソ、リン酸、カリウム等)ならびに一定濃度以上の有害成分(亜鉛、銅)の表示が行われることになったが(表7)、それらは必要な情報の一部に過ぎず、肥効率(含まれる成分の何%が化学肥料と同等の効果を示すか、表8参照)や植害試験データ(標準的な土壌にどのくらい混合しても作物に害を与えないか)、さらには標準的な施用効果や施用マニュアルの説明・表示が的確にできるよう、実証的試験データの蓄積が望まれる。

表7 たい肥の品質表

(表示例)

肥料取締法に基づく表示	
肥料の種類	たい肥
肥料の名称	豚ふんたい肥1号
届出を受理した都道府県	
	東京都 12肥飼検肥第〇〇〇号
表示者の氏名又は名称及び住所	
	〇〇畜産センター
	東京都千代田区大手町〇丁目〇番〇号
正味重量	20キログラム(30リットル)
生産(輸入)した年月	平成12年10月
主要な成分の含有量等(現物又は乾物あたりの別を記載)	
	窒素全量(%)

	りん酸全量(%)
	加里全量(%)
	炭素窒素比(C/N比)
	銅全量 (豚ふんを使用し、現物1キログラム当たり300ミリグラム以上含有する場合に記載) (1キログラム当たりミリグラム)
	亜鉛全量 (豚ふん又は鶏ふんを使用し、現物1キログラム当たり900ミリグラム以上含有する場合に記載) (1キログラム当たりミリグラム)
	石灰全量 (石灰を使用し、現物1キログラム当たり150ミリグラム以上含有する場合に記載)(%)
	水分含有量 (上記成分の含有量を乾物あたりで表示する場合に記載)(%)
原 料	
	牛ふん、鶏ふん、わら類、木質系残さ
	備考:生産段階における原料の使用重量割合の大きい順である。

表8 たい肥の肥効率(%)
草地試験場1983

たい肥	チツソ	リン酸	カリウム
牛ふんたい肥	30	60	90
豚ふんたい肥	50	60	90
乾燥鶏ふん	70	70	90

3. 低コスト高品質たい肥の製造・施用技術の最適化

リサイクルという大義名分があっても、作られたたい肥の品質や効果が優れていなければ需要は生まれない。良いたい肥を作的確に施用するために、素材の特性に応じた最適製造・施用システムを確立しなくてはならない。

(1) 主素材の融合たい肥化

単独にたい肥化したのではチツソ飢餓の心配がある「コーヒー粕」とたい肥化過程での悪臭が課題である「おから」を1:1に混合してたい肥化することで、チツソの肥料効果に優れ悪臭を発生しないたい肥ができる(藤原1994)。また、牛ふんに乾燥下水汚泥を30~50%混合したたい肥化すると、チツソ、リン酸、カリウムの成分バランスが良く、さらさらして取り扱いやすいたい肥ができる(渡部1997)。このように、単独素材ではなんらかの難点があるものでも、うまく組み合わせて相互補完させると新しい長所を持つたい肥ができる。このタイプのたい肥はそれぞれの素材たい肥の単なる混合物ではなく、新しい価値をもつたい肥であることから、融合たい肥という呼称が使われている。

融合たい肥化による高品質化は、たい肥需要拡大の重要な決め手の一つとして期待が高まっている。

(2) 形状改善

たい肥の需給の円滑化をはかるために、流通に最適な形状としてペレット化が試みられている。ペレット化は形状改善だけでなく、たい肥の施用効果の安定にも寄与する。例えば東京23区の可燃ごみたい肥の場合、C/N13以上のものは野菜に施用するとチツソ飢餓をおこす可能性がある

が、ペレット化したものはC/N16でもチツソ飢餓をおこすことはなかった(筆者ら1984)。ペレット化しなくても十分な熟成期間(70日以上)をとればチツソ飢餓のおそれはなくなるが、ペレット化すればより短い熟成期間で出荷でき、たい肥センターの効率的運営にも寄与できる。

たい肥の円滑な流通をはかる上で、もう一つ、地域にあった荷姿、バラかフレコンか袋詰か、を選択することも重要である。

(3) 肥効率の調整

たい肥の肥料効果は、チツソ、リン酸、カリウムの含有濃度だけでは把握できない。同じ含有濃度の化学肥料と比較してどのくらいの効果があるか、すなわち肥効率がわからないと、どの作物にはどのくらい施用すればよいか計算できない。作物のサイドからすると、多肥型の野菜と少肥型の麦では望ましい肥効率のレベルが違ってくる。主作物にあわせた肥効率のたい肥を選択することも農家にとっては重要であり、そうしたたい肥を提供することは需要拡大にとって大きな要因となる。

4. 地域流通体制の確立

たい肥は販売価格に比べて流通コストが高いため、長距離輸送や中継輸送は得策ではない。1台のトラック(2トン車でない畑道に入れず)で1日2~3回往復配送できる範囲での地域流通が、コスト面からは有利となる。さらに、たい肥の地域流通体制を確立することは、資源排出者、たい肥生産者とたい肥利用者が互いに顔の見える信頼関係を確立することにつながり、地域有機資源の利用促進に寄与するものとなる。もちろん地域流通確立のためには多くの課題を解決しなくてはならないが、循環型社会への構造改革のためにも、関係者の勇気ある挑戦が必要である。

むすび

わが国には、チツソを多く含む有機資源が大量に輸入され、国内のチツソ循環量は飽和上限に近い。このため、本来は炭素の循環を軸に考えるべき有機資源リサイクルが、チツソ循環の限界に規制される状況となっている。わが国、さらには地球規模のマクロな循環と地域単位のミクロな循環をどう組み合わせる有機資源の持続的循環体制(表9)を確立するか、筆者も含めた関係者全員に課せられた大きな宿題である。

表9 長期的視点から見たたい肥施用適量
志賀1994

	中熟たい肥t/ha	全チツソkg/ha
水 稻	5	25
畑作物	20~30	100~150
野 菜	30~40	150~200
果 樹	20~30	100~150

【引用文献】

浅海哲夫ら(1985):有機質廃棄物のコンポスト化シンポジウム講演集、下水汚泥資源利用協議会

草地試験場(1983):たい肥施用コーディネーター養成研修テキスト2、農業技術協会2002)掲載

志賀一(1994):同上

生物系廃棄物リサイクル研究会(1999):生物系廃棄物リサイクルの現状と課題、同研究会

伊達 昇ら(1984):日本土壌肥料学雑誌55巻、日本土壌肥料学会

藤原俊六郎(1994):神奈川県農業総合研究所平成5年度試験研究成績書(農業環境)

有機物資源化推進会議(1997):有機性廃棄物資源化大事典、農文協

渡部春樹(1997):同上