

廃材堆肥の熟度って何んだらう(1)

高橋 弘行

害作用が無くなれば、まず合格ライン突破だ

堆肥も今や商品となった

かつては、どの農家にも1頭や2頭の家畜がいた。家畜は労働力の主役であると共に、地力維持のためのきゅう肥の供給者でもあった。作物を収穫して残った不要部分は、それぞれの種類に応じて堆肥になったり、家畜の敷料や飼料になった。飼料は栄養供給の役割を終えるとふん尿となり、そのふん尿を吸収した敷料は堆積発酵して農地に還元されるのである。しかしその後農作業の機械化につれて有畜農業は姿を消し、多労的な堆きゅう肥の生産は減少の一途をたどることになる。

昔、手作りだった堆肥も、今やレッキとした商品として流通している。商品は一定の品質が保証されなくてはならない。したがって製品の熟度判定は大変重要な問題である。

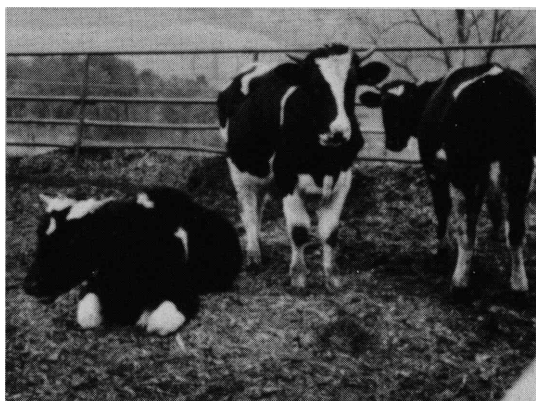
稲わら堆肥のような昔ながらの堆肥では、あとで紹介するように、農家の人がちよっと手にとって見るだけで、腐熟の度合を簡単に見分けることができる。したがって農業の現場で、堆肥の熟度

が問題になることはほとんど無かった。ところが、昭和30年代後半から50年代にかけて、廃材堆肥をはじめ、都市ごみコンポスト、各種汚泥肥料など、新しい有機資材が続々と登場するにおよんで、あらためて堆肥の熟度や品質が問題視されはじめたのである。家畜の敷料にもものこくずや樹皮が進出し、このきゅう肥の熟度も問題となった。これらのことは新しい資材が、本当に土や作物に害を与えないだろうか、そして一部の人が宣伝するほどの効果が期待できるのだろうか、といった不安の表れであろう。あるいは、一時的な害作用がないとしても、長年連用していった場合、重金属の蓄積や土壌病害のように、回復の難しい傷跡を残さないか、と心配する人も多かった。土は駄目になったからといって、壊れた工場の機械のように、簡単に入れ替えることはできないからである。

当時の廃材堆肥に対する農業技術者の態度は、きわめて冷淡であったし、多くは批判的であった。一見してのこくずや樹皮とわかるくらい原形をとどめており、粘り気もなくさらさらしていて、色も浅い。この、どうみても“堆肥らしくない堆肥”に、農業関係者が一様に警戒の眼を向けたのも無理からぬことであった。

しかし、この廃材堆肥も20年の歳月を経て、評価は大きく変わった。今、廃材堆肥メーカーは、自社の製品の品質に強い自信を持っている。これは長年の堆肥作りの経験と、自社の製品がユーザーの手を通して沢山の作物に施用され、効果を上げてきた実績によるものである。しかし、いちまつの不安もある。やはり、自分の経験だけではなく、誰にでも論理的に納得してもらえる、熟度や品質の指標が欲しいと望んでいる。





理論的な裏付けという点で基礎研究の未熟さは否定できないが、実用的に見れば、廃材堆肥の製造技術はほぼ完成の域に達しているといつて良い。たとえ不十分ではあっても、そろそろこの辺りで、熟度の定義や当面の測定方法を整理しておく必要がある。

熟度の“熟”は“ほどよくなる”ということである

“熟”のつく言葉はいろいろある。「熟練する」「熟達する」のは技が高いレベルに到達することであり、「熟睡する」のは深い眠りにつくことである。また、果物が「熟す」のはちょうど食べ頃になることであり、機が「熟す」のは待ちかねたチャンスが突くことである。「熟成する」といえば豊醇な酒を、「成熟する」といえば豊満な女性を想い浮べるのは、不惑を超えてなお「未熟」ということになる。

このように、“熟す”という言葉には、物事が“一定以上の水準に達する”とか“ころあいになる”、“ほどよくなる”といった意味があり、そこにはいつも到達すべき目標が存在している。では堆肥が熟すというのはどんな現象で、その到達目標はどこにあるのだろうか。

農林水産省農業技術研究所の井ノ子昭夫氏によれば、堆肥化や熟度の定義は次のようになる。

「地力維持のために施用される有機物の腐熟(=堆肥化)とは、当該有機物を土壤に施用

した場合、作物の生育に対して全く障害性がなく、その施用により、微生物にエネルギーを与えて活動を活発にさせること等により、直接、間接的に地力維持に結びつき、かつ土壌環境、人間環境の悪変を招かない程度に、有機物を腐朽させることである。そしてこの目標に到達するまでのさまざまな腐熟の程度を腐熟度(=熟度)という。」

この定義は、堆肥化の目標や熟度がどんなものか、短い文章で巧みに整理されている。しかし、これはあくまで概念であって、熟度を知るために何を測定し、どう判断すればよいかまで、具体的に教えてはくれない。

このあと、井ノ子氏の定義を出発点として、廃材堆肥の熟度の指標を導き出して行くことになるが、その前に、稲わら堆肥の熟度を、農家の人現場でどのように判断しているのか、簡単に触れておくことにしよう。

稲わら堆肥の熟度

稲わら堆肥では、その熟度を、“未熟”とか“中熟”、“完熟”といった風に表現する。決して熟度が“ % ”とか“ 度 ”とは言わない。熟度には単位がないのである。

少し横道にそれるが、果物が“熟す”という現象を考えて見よう。果物が熟すというのは、生物学的には果肉に包まれた種子が成熟することなのだが、ここではもちろん、“ちょうど食べ頃になる”という意味である。

たとえば、みかんは、短い花の季節が終ると、はじめ硬くて濃緑色をした小さな実をつける。これがだんだんと大きくなり、やがて果皮の一部が黄色に色づいたと思うと、急速にその面積を広げながらダイダイ色に変わって行く。全体がダイダイ色に覆われる頃には手触りも軟かくなり、おそらくこの頃がおいしさも一番であろう。人は、経験的にこのことをよく知っていて、その時期を待って収穫する。つまり、果物の熟度にも単位はないが、果実の色や手触りを目安にして“ちょうど食べ頃になる”時期を知ることができる。これは、

みかんの“おいしさ”と、果実の“色や手触り”の関係がよくわかっているからである。

稲わら堆肥の“未熟”、“中熟”、“完熟”というも、長年の経験から生れた熟度の表現である。これらの区別は、次のような外見的特徴によって判定する。

- 未熟： 暗黄色～暗褐色を示し、材料の原形がまだ半分以上残っているもの
- 中熟： 黒褐色になってはいるが、材料の原形がまだいくらか残っているもの
- 完熟： 黒褐色～黒色になっていて、材料の原形をほとんど止めず、やや粘りけを持っているもの

近年は、コンパインの普及によって、稲わらの回収が難しくなり、生わらをそのまますき込むのが普通になっている。生わらでも、使い方次第では堆肥並の効果を上げられるくらいだから、未熟な堆肥を使いこなすのはさほど難しいことではない。しかしよく熟したもののほうが、いろいろな意味で安全であり、総合的に見て効きめのよいことは言うまでもないことである。

廃材堆肥も手触りで熟度がわかる

廃材堆肥も、稲わら堆肥と同じように、外観や手触りなど、人の感覚による熟度判定ができるようになっている。人の感覚に頼る熟度判定法は、“作ってみる”“施してみる”といった素朴な経験の積み重ねの中で産まれた知恵である。だから



大げさにいえば、その方法も人さまざまである。ここでは、筆者が現場での熟度判定法の目安として採用している、6項目の指標を紹介しておくことにする。

〔指標1〕 堆積層の温度が低くなる

堆肥の発酵熱は、有機物中の比較的分解しやすい炭素化合物が微生物分解を受けるさいに発生する。したがって堆積層が高温を維持しているとなれば、これらの易分解成分が沢山残っていて、まだ発酵が盛んに進行している証拠である。

〔指標2〕 色が黒っぽくなる

最初明るい白黄色～黄赤色だったのこくずや、明るい茶色～褐色だった樹皮くずも、堆肥化が進むにつれて次第に黒褐色～黒色に変わる。微生物の働きで、木材成分の一部が変化し、腐植酸のような黒色の物質を生成するからである。ただ、堆肥の色は原料廃材の種類によってかなり異なるので、多少の経験を要するが、あまり色の淡いものは要注意である。一般に、針葉樹のこくず、広葉樹のこくず、樹皮の順に黒っぽくりにくい。

〔指標3〕 木質物特有の芳香が消える

〔指標4〕 悪臭が消える

針葉樹皮には独特の芳香をもつものが多い。広葉樹皮やのこくずも、おだやかだが新鮮で清潔な香りをもっている。また、家畜のふん尿はいうまでもなく強い悪臭をもっている。正しく管理された堆肥作りでは、これらの臭気は普通3カ月以内、遅くとも6カ月以内に完全に消失し、木の朽ちたにおいになる。悪臭が長続きするのは、何らかの原因で堆肥化が順調に進んでいない証拠である。

〔指標5〕 手触りが軟らかくなる

〔指標6〕 指先で簡単にねじ切れる

廃材堆肥は、わら堆肥のように、1年で材料の原形を失ってしまうほどこなれることはない。しかし、はじめ剛直で強じんだ木材質も、堆肥化が進むにつれてだんだんもろくなり、手触りも軟かくなって来る。お互いにしっかり手を結び合って強固な骨格を作っていたセルロースやリグニンが微生物に分解され、組織が崩壊するからである。まず、堆肥の中から2～3cmの木片を拾い出

し、両端をつまんで逆方向にねじって見よう。簡単にねじ切れるようなら、ほぼ完熟と判断して良い。さらに熟度の進んだものは、指先きでもむだけで粉々に砕けるくらいもろくなる。

以上の6項目は、一つ一つ独立してみるとかなりあいまいなものである。“たとえば、黒っぽくなる”といっても、人によって思い浮かべる“黒さ”には微妙な違いがあるだろう。また“簡単にねじ切れる”とはどのくらいの力で切れることなのだろうか。このように、一つ一つはあいまいな指標でも、三人寄れば文珠の知恵のたとえどおり、いくつかを総合して眺めると、その堆肥がおよそ使いものにならないくらい未熟なものでどうか、十分判断できるものである。実際に正しい管理のもとで製造された堆肥の多くは、ここに挙げた条件をよく満たしている。ただ感覚的な判定は、人の経験を土台にしているだけに、ある程度の修練が必要なことはいうまでもない。

なお、筆者は堆肥の熟度判定を求められると、必ず製造方法と経過を聴くことにしている。たとえば、廃材の種類、添加材料の種類と配合量、繰り返し作業の回数、発熱経過、堆積期間などである。実は、この段階でおよその熟度又は品質の見当がついてしまうことが多い。やはり、正しい堆肥作りの技術こそが、製品の品質を保証してくれるのである。

熟度を数値で表すための考え方

堆肥の熟度を数値で表すことはできないだろうか。そうなれば、熟度はより客観的、普遍的なものになり、廃材堆肥の商品としての信頼も一層高まるはずである。もともと“熟”のつく言葉は人の感性に訴える言葉で、その到達目標を数値で表すことはあまりない。しかし必要があれば、工夫次第である程度数値化できるものである。

たとえば、みかんの“おいしさ”は、適度の甘さと酸味、そしてさわやかな香りが生命である。もし、“甘さ”と“酸度”で、みかんの“おいしさ”を代表させられるとすれば、“糖度”と“酸

度(pH)”を測定することで、熟度を数値化できそうである。本当は、“おいしさ”というのは大変複雑なもので、味や香りだけでなく、時には“舌ざわり”“歯ざわり”“歯ごたえ”が決め手になることもある。NHKのテレビ番組で見かけた話だが、フグ刺しのうまさの秘密は、あのコリコリした“歯ごたえ”にあるのだそうである。ここでは、切り身を切断するとき、刃物の受ける抵抗を測定し、フグとカレイの“歯ごたえ”の違いをグラフで見せてくれた。数値というものは説得力のあるものである。

さて、廃材堆肥の場合はどうであろうか？

堆肥が“熟す”というのは、材料の発酵が進んで、“作物や土にとって都合の良い状態まで達する”ことである。したがって堆肥の熟度を数値で表すためには、まず次の点を具体的に把握しておかなければならない。

1. 作物や土にとって都合の良い状態とは、どのような“状態”なのか(到達目標の具体化)
2. その“状態”を代表させることのできる、“堆肥の性質(測定項目)”は何か(到達目標の指標化)

この問題は、みかんの熟度ほど単純ではない。土にすき込まれた有機物は、土壤微生物や小動物によって分解され、複雑な化学的、物理的な過程を通して安全な腐植に変わる。有機物はこの過程で土の生物活性を高め、肥料分を放出したり、土を団粒化したりして、土の健康や作物の生育にさまざまな影響を与えている。時として作物に害作用をもたらすのも、主にこの期間である。

とかく、現象が複雑になると、その現象を支配している因子の数が多くなり、引いては測定項目も多くなりがちなものである。しかし実用技術として見ると、測定項目はいろいろな意味で少ない方が良い。そこで、熟度を数値で表すためには、その内容をできるだけ整理、単純化し、測定項目を最少限にしぼり込むのも大切なことである。

次項では、このような考え方にしたがって、廃材堆肥の熟度を検討して見ることにしよう。



害作用があるから効果が表に出ない

井ノ子氏の定義を要約すると、完熟とは、「堆肥を運用したとき、作物に障害を与えず、地力の維持・増強に効果があり、公害源とならない程度に腐朽の進んだ状態」である。この定義はすでに述べたように概念的ではあるが、熟度を考える出発点として重要な意味をもっている。

まだ廃材堆肥が今ほど普及しない頃の話だが、ある農家で、パーク（樹皮）が土壌改良に良いというので、ために玉ねぎ畑の一部にすき込んで見た。ところが結果は案に相違して、むしろパークを入れない畑よりも大幅に収量が落ちてしまった。次の年も、その次の年もそうであった。それから何年かたって、ひどい早ばつに見舞われたその地域では、軒並みひどい減収に泣いていた。この年最もよい成績を上げたのは、なんと、パークをすき込んで恥をかいだあ畑だったのである。

このように、天然に生産される有機物は、もともと、土の微生物性、物理性、化学性を改善し、地力を維持・増進させる能力を持っている。ことに、わら類や禾本科の雑草、木質物のようにリグニンやセルロースに富む有機物は、腐植の集積量が多く土壌改良効果も高い。しかし、これらの有機物を生のまま施用すると、前記の例のように、作物の生育に悪影響を及ぼすことも少なくない。このような害作用は、新鮮な有機物がもともと含有している“生育阻害物質”による場合もあるが、

むしろ有機物中の易分解成分（糖、でん粉、ヘミセルロース、セルロースの一部など）が、土壌微生物によって急激に分解されるさいに起こることが多い。この理由は次回に詳しく説明する。

新鮮な有機物の、この害作用を回避するにはどうしたらよいのだろうか。いうまでもなく、土にすき込む前に、易分解成分を発酵して取り除いておけばよい。これが堆肥化である。つまり、堆肥化は、土にすき込まれた有機物が自然に分解され、腐植に変わって行く過程の一部を、あらかじめ地上で、適切な管理のもとに終了させておく処理である。また別な表現をすれば、発酵という手段を用いて、新鮮な有機物の“害作用を取り除き”、有機物が本来持っている“土壌改良材としての機能を引き出す処理”だと言ってもよいであろう。

このように考えて来ると、井ノ子氏の定義でいう、「作物に障害を与えない」とこと、「地力の維持・増強に効果がある」とことは、実は一枚の紙の表と裏の関係にあって、堆肥の熟度からみれば、結局同じ意味だと理解しても良さそうである。

廃材堆肥が環境を汚染するか？

残った定義の一つ「公害源にならない」というのは、堆肥を施すことによって、土壌環境や人間環境を悪化させてはならない、ということである。廃材堆肥の場合、作物に対する一過性の障害例は少なくないが、土壌汚染、環境汚染の原因となった事例はまだ耳にしていない。おそらく、この定義では“重金属汚染”や“土壌病害（微生物汚染）”のように、一たん汚染されてしまうと完全な回復が不可能であったり、あるいは対策の大変難しい害作用を指しているのではなからうか。

足尾銅山の鉱害、イタイタイ病のカドミウム汚染は、重金属公害としてあまりにも有名である。重金属による土壌汚染は、直接作物の生育に害を及ぼすほど進行していなくても、作物体内で濃縮されて、これを食べる人間の健康に害を与える。農業関係者が、下水汚泥の農地還元を神経をとがらせているのも、下水汚泥が重金属を含有してい

るおそれが大きいからに外ならない。しかしこの問題は堆肥の熟度とはあまり関係なさそうである。というのは、廃材堆肥中の重金属含有量は添加材料の種類と添加量によってほとんど決まってしまう、一般的に言えば、腐熟の進行につれて、むしろ濃縮される傾向があるからである。また重金属以外の有害元素や、ガラス片、鉄片などの異物についても同じである。

土壌病害菌による汚染は、作物に病気を起こさせる菌が異常に増え、優勢化する現象である。第2次大戦後、果樹園の造成のために大量のソダ、ササ、落葉が施され、これが原因となって造成直後に紫紋羽病が、引き続いて白紋羽病が発生して大きな被害を与えたことがある。これも、紫紋羽菌、白紋羽菌による土壌病害である。紫紋羽菌、白紋羽菌はそれぞれペクチン質、セルロース分解能の高い菌で、これがたまたますき込まれたソダ、ササなどを宿主として増殖したのであろう。ソダやササは木質系の材料であるから、廃材堆肥もそうではないかと不安を持っている人もいる。しかし廃材堆肥の施用によって、実際に紋羽病を引き起こした例はないようである。これは廃材堆肥に限ったことではなく、一般に堆肥化したものは土壌病害を起こさないとされている。土壌病害菌の多くは糸状菌類であって、主として有機物中の糖



類、多糖類を主要な栄養源としている。これらの成分は堆肥化によって容易に変質、消失したり、いちじるしく量を減ずるので、堆肥になったものは土壌病害菌の生育を助長しないのである。このように土壌病害の発生と、施用する有機物の腐熟の程度(熟度)は無関係ではない。しかし廃材堆肥に限って言えば、今までこの種の被害例がないことなどから、土壌病害菌の栄養源となる成分の多くは、堆肥化のかなり初期の段階で失われるのではないかと考えられている。したがって、今回廃材堆肥の熟度を考える上で、井ノ子氏の定義にはあまり重きを置かないことにしたい。

害作用が無くなれば、合格ライン突破だ

井ノ子氏の定義から出発して、堆肥の熟度を整理してみた。この結果、堆肥が熟するという現象は、いささか乱暴に過ぎるくらいはあるが、次のように定義できる。

「完熟とは、通常の栽培管理のもとで、作物の生育に全く障害を与えない段階まで発酵が進むことである。」

これが今回の結論である。

では、この“害作用が無くなったこと”を、どうやって証明し、どんな数値で表現したらよいのだろうか？ このためには、未熟な堆肥を施用したさい、作物にどんな障害が、何故起こるのか、よく知っておく必要がある。

そこで、今回は未熟な廃材堆肥の害作用とその原因を探り、熟度の数値化に挑戦してみることにする。

また、既に廃材堆肥メーカーの多くは製品の品質基準を設けていて、窒素、りん酸、カリをはじめ、いろいろな項目について分析、測定を行っている。しかしこれらの測定値の示す実用的な意味や、熟度との関係については、必ずしも正確に理解されていないようである。この点も次回に論じてみたい。

(今回は12月号)

(林産試験場 特別研究員)