

1 新技術情報 その3

堆肥の熟度判定器「コンポテスター」の原理とその使用上の留意点

(財)畜産環境整備機構畜産環境技術研究所
所長 古谷 修

家畜ふん尿を腐熟させて堆肥にする目的には、ふん尿の汚物感をなくし、悪臭をできるだけ出ないようにし、水分を飛ばして取り扱いやすくするなど、物理性の改善もありますが、作物に施用しても害がない程度にまで微生物によって比較的容易に分解できる有機物(易分解性有機物)を少なくし、作物の発芽や生育の阻害物質をなくすことにあります。易分解性有機物が多量に残っている未熟な堆肥を畑に施しますと、土壤中で有機物の分解が急激に起こり、作物に害を与える恐れがあります。当研究所は、このことに着目して、微生物の呼吸作用、そのうち酸素消費量から堆肥に含まれる易分解性有機物含量を簡単に推定する装置を考案しました。これについては、本誌第10号で詳しく紹介してありますが、この度、この原理にもとづく堆肥熟度判定器「コンポテスター」を富士平工業(株)との共同研究で製品化しましたので、その原理について簡単におさらいをしてから、使用上の留意点についてふれさせていただきます。

1. 堆肥熟度の簡易判定の原理と装置の概略

写真にあるような金属製のポットに堆肥のサンプル50gを入れます。容積は約500mLです。上の蓋にはパッキンがついており、蓋を閉めると密閉されるようになっています。微生物の働きを調べるわけですから温度は一定に保つ必要がありますが、この装置では35℃に設定しました。本装置の開発当初は恒温水槽で温度を保っていましたが、ここではアルミブロックのヒーターを使い携帯可能にしました。サン

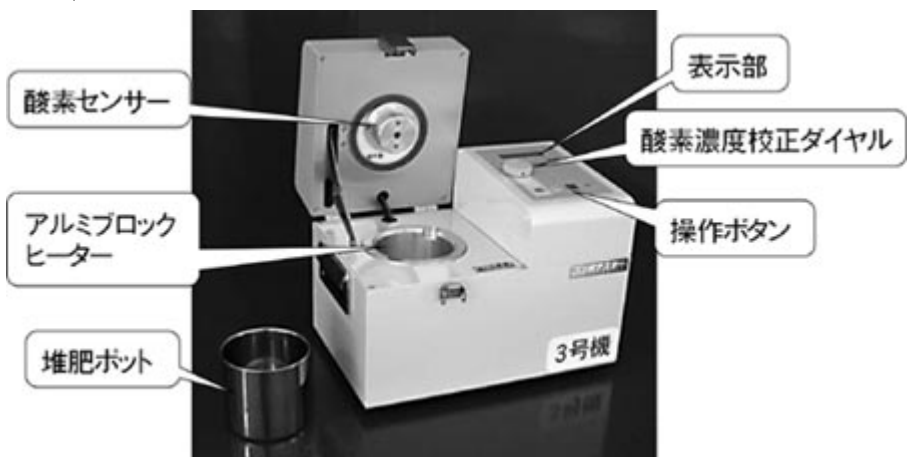


写真1. コンポテスター

プルを入れた容器をセットして蓋を閉めると、容器内の酸素濃度(大気中では約20.8%、内蔵酸素センサーで変化を連続測定)は時間とともに直線的に低下します。堆肥が未熟のうちは易分解性有機物が多量にあるため微生物の活動は活発で酸素消費量も多く、この直線の下がり方(勾配)は急ですが、堆肥の腐熟が進むと微生物のえさ(易分解性有機物)が少なくなるため勾配は緩やかになります。したがって、この勾配から堆肥の易分解性有機物の含量がわかります。本装置では、堆肥1g、1分間あたりに消費される酸素量を μg で表すことにしています。未熟堆肥では10以上の高い数値になるのが普通ですが、腐熟が進むとこの数値は下がり、極端な場合にはゼロという堆肥もあります。1サンプルの測定に要する時間は、堆肥の保温に30分、測定で30分の約1時間で、酸素消費量の結果は装置の右上の細長い窓に整数値で表示されます。「加温」、「スタート」および「リセット」(連続して測定する場合)を押すだけですから、誰がやっても同じ値が得られ、また、必要なものは堆肥サンプルだけで、薬品等は一切要らないのが特長です。

2. 「種菌」の添加は必要ないのか

酸素消費量の測定に「種菌」を添加する必要があるのではないか、とくに、土壤中で有機物が急

激に分解するかどうかの判定が目的というのであれば、土壌中の微生物を使うべきではないかとよく質問を受けます。これに対して、筆者らは、個々の堆肥の堆肥化過程では、その堆肥の基質（易分解性有機物の種類は実に様々）や固有の条件にふさわしい微生物が活躍している、あるいは活躍したのであり、外からあえて微生物を加える必要はないと考えています。それが置かれた条件に合った微生物が繁殖するのが道理であり、それに合致する微生物はどこにでもいるはずだというのが基本的な考えです。

3. 酸素消費量から堆肥熟度をどのように判定するか

堆肥の酸素消費量が正しく測定されたとして、その結果を堆肥の熟度とどう結びつけるかがもっとも重要です。酸素消費量がいくつになればもう大丈夫なのかということです。堆肥の熟度を判断する上での確立された指標があれば、それとの関係から判断することができますが、残念ながらこれまでのところそのような信頼にたる指標はほとんどなく、せいぜい、確実なのは堆肥の品温の変化ではないでしょうか。

原料を堆積してから数日以内には70℃程度の高温になるのが普通です。微生物が活発に活動して易分解性有機物を盛んに分解（燃焼）させている証拠です。少し温度が下がっても、切り返しを適切に行えばまた元の温度に戻ります。このような状況がしばらく続いた後、堆肥は切り返しても高温に戻らなくなります。高温を保持するだけの易分解性有機物が堆肥の中になくなったことを意味します。この時点で、堆肥は高温発酵から安定期（後熟期ともいいます）に移行したことになります。安定期に入っても有機物がまったく分解されないということではなく、徐々に分解されるため堆肥の品温は環境温度よりもわずかに高く推移します。しかしながら、このような安定期に入った堆肥であれば土壌に還元しても、易分解性有機物が少なくなっているわけですから、急激に有機物が分解されそれが作物に害を与えるようなことはないと考えられています。

したがって、堆肥が安定期に入ったときの酸素消費量がいくつ位になっているかを把握すれば、安全に施用できる基準ができます。図1には、当研究所で実施した、乳牛ふんにオガクズを副資材として用いた場合の堆肥化実験装置による結果を示しました。堆肥の品温は堆積後3日で70℃近くまで高まり、28日目まで70℃以上の高温が続きましたが、35日目には52℃まで急に低下しました。その後は品温が徐々に低下し、この時点で高温期から安定期に移行したと判断されます。一方、堆肥の酸素消費量は、詰め込み時に18でしたが、3日目に9まで急激に下がり、その後は緩やかに低下し、35日目では3、56日目以降は1となりました。同様に実施した豚ふんの堆肥化実験では酸素消費量が3で安定期に入ったという結果を得ています。このように、乳牛ふんと豚ふんでは、最終的に安定化した酸素消費量の値が異なっていますが、酸素消費量が3以下にまで下がった堆肥であれば、これを施用しても土壌中で急激な有機物の分解が起きることはないと考えています。

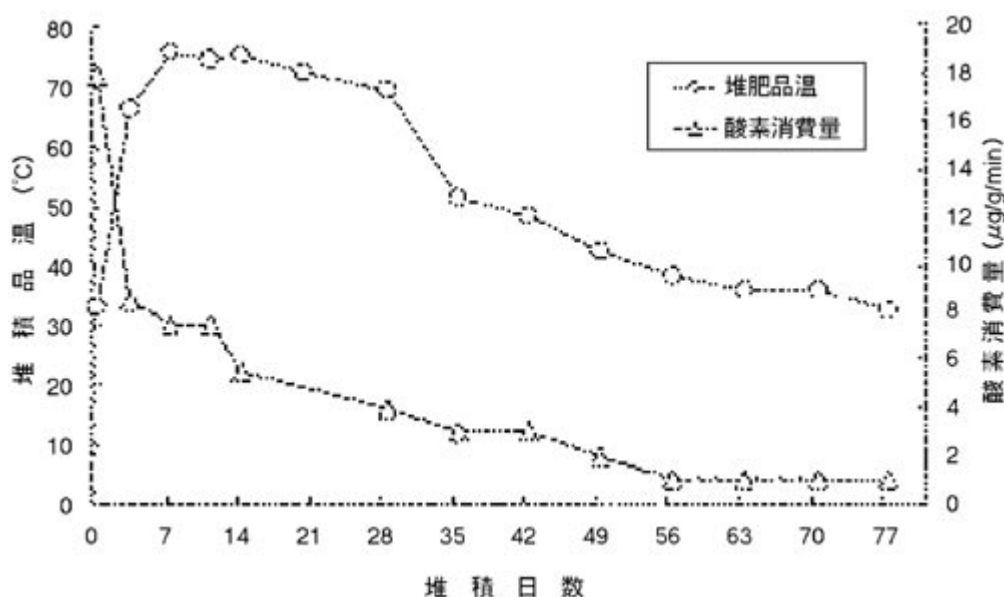


図1 牛ふん堆肥の品温と酸素消費量の経時変化

4. 堆肥熟度は酸素消費量だけで判定できるか

厳密に言えばできない、というのが結論です。前述のように、堆肥の腐熟の目的の一つは易分解性有機物を少なくするという点で、これは、酸素消費量が正しく測定されれば評価できます。しかし、もう一つの腐熟の目的である作物に対する生育阻害物質をなくすことについては、発芽試験なり幼植物試験でその存在の有無を確認する必要があります。ただ、これらの判定法は時間と労力が掛かるため、現場ではほとんど実施されていません。堆肥が安定期に入ればこれらの生育阻害物質も少なくなっているとしているのが現状です。この点で、生育阻害物質の有無の簡易判定法が望まれます。

5. コンポテスター使用上の留意点

どのような器械、器具でも、使い方が正しくなければその目的を達することができないことはいくらでもありません。コンポテスターを使用して堆肥の酸素消費量を測定する場合にもいくつかの留意点があります。ここでは主な点だけを取り上げますので、詳細は取扱説明書をご覧ください。

1) 堆肥は「生き物」、水分と空気が重要

コンポテスターでは、堆肥の酸素消費量を微生物という「生き物」の力を借りて測っています。堆肥は好気性発酵ですから、微生物の活性を最大限に高めるためには水分とともに酸素の供給を確保することが必要です。堆肥は「生き物」という点で、化学分析とは基本的に異なる点です。当研究所の成績で、測定時の水分含量は60～75%が適当という結果を得ましたが、その後、堆肥の種類によって、特に堆肥の保水性の関係で50～65%程度の水分含量が適当な堆肥もあることが分かりました。図2がそれです。水分含量が20%の堆肥に水を加え、30～80%の9段階に調整して24時間後に測定した酸素消費量です。以前の実験で適当とされた水分70%での酸素消費量は1と低く低くなっていますが、保水力が低いためどろどろの状態、通気性が悪かったのが原因です。このことは、堆肥の水分を揃えるだけではいけないことを意味します。

そこで、研究所は堆肥を握ってみる方法を提案しています。「堆肥を手で強く握って、指の間から水がにじみ出る程度」が、水分も通気性も適当と判断するわけです。乾いた堆肥はそのような状態になるまで水を加えます。人によって握る強さが違うのではないかと質問がありますが、測定値に差が出るほどの違いはないという結果が得られています。それでは、水分が多すぎる場合はどうしたらよいか、これに対しては、握って指の間から水が滴り落ちるような堆肥は、堆肥とは呼べないのではないか、測定しても無駄と答えています。

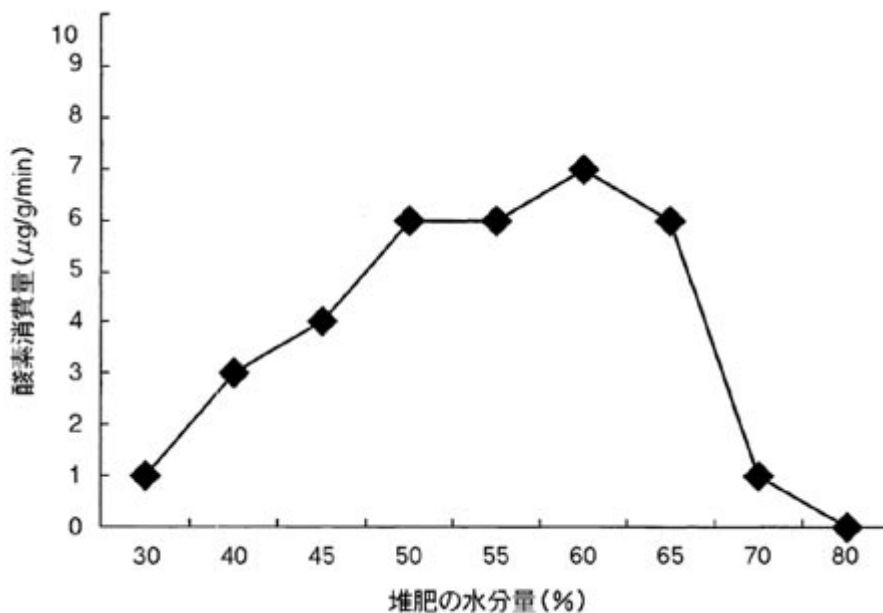


図2 堆肥の水分量と酸素消費量との関係

2) 乾燥堆肥は、水分調整後直ぐには測れない

最近、水分が20%程度とからからに乾燥した堆肥をよく見受けます。このような堆肥の酸素消費量をそのまま測りますと、どのような腐熟程度であっても、せいぜい1か2の低い値となります。水分がないために微生物の活動が休止しているためです。水を加えると再び熱を帯びることは日常経験するところです。このような堆肥では水分を60%程度、指の間から水がにじみ出る程度に調整して酸素消費量を測定することになりますが、調整後直ぐに測ると値が低くなる傾向がみられますので、1晩は置いておく方がよいようです。「生き物」ですから、それまで寝ていたものを直ぐに起きて働けというのは無理な話です。

3) 高温発酵時の堆肥の酸素消費量は測れるか

高温発酵しているわけですから未熟に決まっていますし、わざわざ測る必要もないと思いますが、図1の実験のように、どうしても測りたいということがあるかも知れません。このような堆肥を測っても酸素消費量はゼロか1です。コンポテスターは35°Cで働く中温菌が頼りですが、その中温菌は高温発酵時には死滅あるいは不活性化されていますから、いきなり35°Cに戻されても暫くは働けないわけです。高温発酵時の堆肥を35°Cに保っておきますと、徐々に活性が回復し、酸素消費量は6日目に漸くプラトーに達したという結果を得ています(古川ら、2002)。したがって、高温発酵している堆肥を無理して測定するのであれば、6日以上35°Cに保ってから測定する必要があります。この場合は、高温発酵しているわけですから水分含量は適当と考えられますが、念のため、堆肥を握って水分含量をチェックしてください。

4) 堆積してある堆肥のサンプリングは万遍なく、内部が高温の場合は留意が必要

製品になっている堆肥の酸素消費量の測定では問題ありませんが、堆積してある堆肥では代表的なサンプルが得られるように万遍なく、いろいろな部位から採取してよく混合して下さい。代表的なサンプルを二つ作り、酸素消費量を1回ずつ測るようにすればばらつきの程度が分かります。2回の数値が合えば安心です。

堆積堆肥で、外側は冷えていてもその内部はまだ発熱している場合があります。内部の温度が50°C以上あれば、前述の通り、その部分の堆肥は易分解性有機物が多いにもかかわらず酸素消費量はゼロか1ですから、外側と混ぜたとしても全体としては低い値になってしまいます。この場合は、水分調整後35°Cで2、3日置いてから測定して下さい。高温発酵の場合は6日待つ必要がありますが、それほど長くなくても構いません。外側にあった堆肥の中温菌が「種菌」として働くからです。筆者らの実験で、高温発酵堆肥に腐熟の進んだ酸素消費量が1程度の堆肥を「種菌」として5g混ぜると、中温菌の活性化が促進され、2、3日でよいことが分かっています。「種菌」の添加は全体の10%で、しかもその酸素消費量は1と低いわけですから、この分が測定値に影響する(加算される)ことはありません。

原理の所で、「種菌」の添加は必要ないと記述しました。それと矛盾するようですが、堆肥化のようにゆっくり時間をかけて微生物が変遷するのではなく、強制的に高温から中温に移行させたような場合にはその条件で働く「種菌」の添加が有効です。

6. コンポテスターの新しい使い方

コンポテスターは堆肥の易分解性有機物含量から熟度を判定しようとする装置ですが、原理的には微生物による酸素消費量を測っているわけですから、熟度判定以外にも、微生物の活動の程度を知る目的であれば幅広く使えます。

図3は、乳牛ふん(水分83%)にオガクズを約30%混合して水分を65%に調整し、酸素消費量を48時間まで経時的に測定したものです。温度は全期間を通じて35°Cに保ちました。対照区、戻し堆肥添加区(酸素消費量が1の牛ふん堆肥を重量比で10%添加したもの)および脱臭資材添加区(市販鉱物系脱臭資材2%添加区)の3処理区を設け、前2処理区では3反復、脱臭資材添加区では2反復し、図3には平均値で示しました。用いた脱臭資材は散布型で、当研究所でこの資材を豚ふん尿に1.5%添加するとアンモニアの揮散量が半分以下に低減されることが確かめられているものです(山本ら、2003)。本実験の結果をみますと、酸素消費量は、サンプル調整直後では、戻し堆肥添加区でやや高く、脱臭資材添加区でやや低くなり、その後、対照区と戻し堆肥添加区では、開始後約8時間をピークに急激に高まりました。戻し堆肥添加区は、対照区に比べて有意差は認められませんが全体的に高く推移する傾向がみられました。最近、戻し堆肥による水分調整が一般的に行われていますが、今回の添加量はわずか10%の添加でしたので、さらに添

加量(戻し量)を増やせば、堆肥化初期の発酵促進にはっきりした効果がみられるかもしれませんが。アンモニアの揮散に明らかな効果がみられた脱臭資材の添加では、初期において微生物活性の阻害が認められました。24時間後には、他の処理区よりもむしろ高い酸素消費量となりましたが、初期段階での阻害は、その後の堆肥化に影響するものと思われます。種々の脱臭資材が出回っていますが、ここで得られた結果は、脱臭資材の評価では単に脱臭効果のみではなく、同時にそれが堆肥化にどのように影響するかを評価する必要があることを意味しています。

このように、コンポテスターは堆肥の初期発酵の促進あるいは阻害を評価する上で、有力な武器になるのではないかと考えていますが、まだ、他にもいろいろな使い方があるのではないかと考えています。

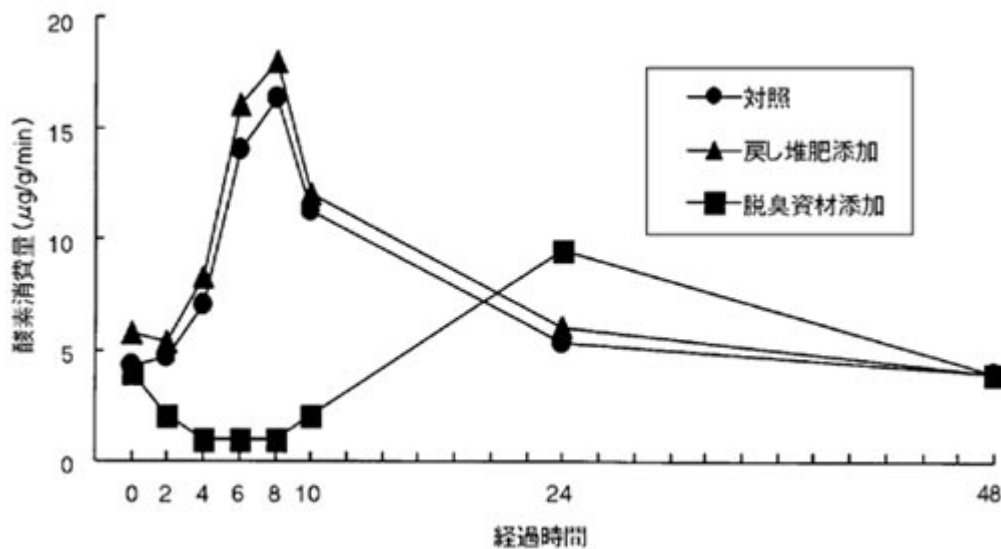


図3 戻し堆肥および脱臭資材の添加が堆肥の初期発酵に及ぼす影響

【参考文献】

- 1) 古川智子ら、微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作、畜産環境技術研究所年報、第5号、55-57(2002)
- 2) 山本朱美ら、豚糞尿混合物のpH、尿中窒素含量および脱臭資材の添加がin vitro アンモニア揮散量に及ぼす影響、日本畜産学会報、投稿中
- 3) 古谷 修、微生物の呼吸作用を利用した堆肥腐熟度の簡易判定法、畜産技術、7月号、29-33(2002)