【 論 文 】

高温条件下でのコンポスト化における初期の昇温速度と
種菌の添加が有機物の分解におよぼす影響

中 崎 清 彦*・片 岡 稔*・倉 富 英 一*

【要 旨】 コンポスト化初期の昇温速度の変化と添加する種菌（3種類）の違いがコンポスト化過程における有機物分解速度におよぼす影響を定量的に検討した。昇温速度として、室温から設定温度の60℃まで20時間をかけて昇温させる緩速昇温と5時間で昇温させる急速昇温の2通りを設定した。昇温速度の影響は種菌の種類によって異なり、昇温速度にかかわらず有機物が良好に分解して、コンポスト化を促進する種菌、いずれの昇温速度でも有機物の分解が中断して、促進効果が見られない種菌、急速昇温では有機物が良好に分解するが、緩速昇温では有機物の分解を中断する種菌の存在が認められた。

また、それぞれの種菌は微生物相が異なり、コンポスト化過程における微生物相の変化も異なっていた。コンポスト化促進の効果が見られる場合には、コンポスト化初期に好熱性細菌が速やかに増殖し、コンポスト化全般に渡って 10^9 cfu/g-ds 付近の高密度に存在すること、コンポスト化後半には好熱性放線菌が 10^7 cfu/g-ds 程度にまで増えていたことを確かめた。

キーワード：廃棄物処理、コンポスト化、有機物分解、種菌効果、微生物

1. は じ め に

都市ごみ中の生ごみ、家畜糞、農産廃棄物、食品加工残渣などの有機質廃棄物は、コンポスト化処理による土壌還元が可能であり、資源リサイクル、地球環境問題への対処の観点から、コンポスト化処理への期待が高まっている。コンポスト化については今までに数多くの研究がおこなわれており^{1,2,5-16)}、1993年には藤田によってこの分野の研究がまとめられた¹⁷⁾。

コンポスト化においては、製品の一部を還流して原料の有機質廃棄物と混合し、種菌の役割をもたせる方法が一般的に行われているが、コンポスト化促進を目的とした種菌も数多く市販されている。種菌の効果に関する定量的評価は、1954年都市ごみのコンポスト化実験を行った Golueke ら¹⁾が最初である。しかしながら、この研究では使用する種菌ごとにコンポスト原料が異なることに加えて、原料が不均質で、不均質な試料の含水率を

もとに計算した乾燥重量の変化から有機物の分解率を求めているので、十分な定量性を持った方法とはいえなかった。その後、同様の試みが多く研究者によってなされ、それらの結果は総説にまとめられている^{3,4)}。

1985年、Nakasaki らは、下水汚泥コンポスト化における種菌の効果を定量的に評価するために、新しいコンポスト化システムと二酸化炭素発生速度および炭素変化率の考え方を提案した⁸⁾。二酸化炭素発生速度、および炭素変化率は、それぞれ有機物分解速度と有機物分解程度に対応する。種菌の添加量を変化させた実験から、下水汚泥のコンポスト化においては有機物分解に大きく寄与する好熱性微生物は種菌の添加量が少なくても速やかに増殖するので、種菌の添加量を多くすることによるコンポスト化促進の効果は見られないことを明らかにした⁸⁾。また、同様の手法を厨芥⁹⁾を原料としたコンポスト化に適用し、種菌の添加量が異なることによって二酸化炭素発生速度の変化パターンには差が見られるが、一次発酵終了時の有機物分解量に差がないことを報告している。

Nakasaki らの手法は、その後、種類の異なる種菌のコンポスト化促進効果¹³⁾や種菌を繰り返し使用したとき

原稿受付 1995. 11. 29

* 静岡大学工学部物質工学科 助教授

連絡先：〒432 浜松市城北3-5-1 中崎 清彦

のコンポスト化促進効果に与える影響¹⁵⁾についての研究に展開されてきた。種菌の種類に関する研究では、コンポスト化促進効果は原料の pH に依存することを見いだしている¹¹⁾。原料の pH を 8.5 に調整した場合には一次発酵終了時の有機物分解量に差はなく促進効果に差は見られなかったが、原料の pH を 7 にした場合には有機物分解が中断する種菌と、有機物が良好に分解する種菌の 2 通りがあった¹³⁾。一方、種菌の繰り返し使用についての研究から、始めに異なった種類の種菌を用いても、繰り返し使用することによって微生物相はコンポスト化条件に適したものに変化して、一次発酵終了時の有機物分解量のみならず分解速度のパターンも一致してくることを見いだしている¹⁵⁾。また、羽賀らはイナワラを原料としたコンポスト化において、発熱量¹¹⁾や、排気中のガス成分を測定することによって¹²⁾種菌の効果を検証する新しい方法を考案し、種菌の種類によるコンポスト化促進効果の差について検討している^{11, 12)}。

以上述べてきたように種菌の効果については多くの研究が行われてきたが、コンポスト化初期の昇温速度が種菌の効果に与える影響を明らかにしようとした研究はこれまで報告が見られない。コンポスト化初期の温度上昇期の微生物相変化を測定し、温度変化にともなう中温性微生物と好熱性微生物の遷移を観察した興味深い研究が木村ら¹⁶⁾によって報告されているが、種菌の種類と昇温速度が異なれば、微生物の遷移に影響が現れコンポスト化促進の効果も異なると考えられた。本研究ではコンポスト化初期の昇温速度が有機物の分解に与える影響を、種菌の種類を変えて検討することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 コンポスト原料

コンポスト化における種菌の効果を明確にするために、性状が均質で再現性のあるデータを得ることができるという利点を考えて、市販のドッグフード（日本ペットフード株式会社、NEW VITA-ONE SOFT）を用いた。ドッグフード中に含まれる炭素と窒素の割合はそれぞれ 46.6% と 5.3% で C/N 比は 8.8 であった。ドッグフードを挽肉機で磨砕し、通気性改良材であるおがくずと種菌を混合してコンポスト原料とした。種菌は当研究室で厨芥を原料として作成したコンポスト製品（種菌 A）と、市販の 2 種類の微生物資材、種菌 B と種菌 C を用いた。なお、種菌 A は容積 120 ℓ の特大型の装置（コンポスト化操作は後述する Run A-2 と同様）を用いて一時に大量に作成し、その品質を一定に維持するために -24℃ のフリーザーに保存して、使用する毎に自然

解凍して用いた。ドッグフード、おがくずおよび種菌の混合割合は乾燥重量で 10 : 9 : 1 とし、種菌を加えることでコンポスト原料中の有機物の質にできるだけ差が生じないようにした。このようにして調整したコンポスト原料に消石灰を添加して原料の pH を 7 付近とし、蒸留水を加えて含水率を約 55% に合わせてコンポスト化を開始した。

2.2 大型反応装置を用いたコンポスト化操作

容積 27 ℓ の円筒型、耐熱性塩化ビニール製で周囲にリボンヒータを巻き、発泡スチロールの断熱材に埋め込んだ大型反応装置を用いた¹³⁾。コンポスト原料を反応装置中に湿重量で 2,800 g 投入し底部より通気する。有機物の分解にともなう自己発熱とリボンヒータの加熱によってコンポスト化物の温度を上昇させ、設定温度である 60℃ に達した後は通気量を増減してその温度を維持した。昇温速度として、室温から 60℃ までおよそ 20 時間をかけて昇温させる緩速昇温と、約 5 時間で急速に昇温させる急速昇温の 2 通りを設定した。緩速昇温の時間は、従来から研究室で行っているコンポスト化で 60℃ に達するのに平均して 20 時間かかっていることを参考に決定した。20 時間で昇温するのは緩速昇温の一例で、本論文中には詳細を示さないが 35 時間で昇温しても同じ結果の得られることを確かめている。一方、急速昇温では、あらかじめコンポスト原料に加える蒸留水と反応装置を加温して、できるだけ速やかに昇温させたが、本実験システムでは 5 時間より短い時間で昇温させることはできなかった。実験は、種菌 A を用いて緩速昇温させた Run A-1 と急速昇温させた Run A-2、種菌 B および種菌 C を用いて、それぞれ緩速昇温と急速昇温させた Run B-1, Run B-2, Run C-1, Run C-2 の計 6 通りを行った。

コンポスト化における有機物の分解速度は、排気ガス中の二酸化炭素濃度と通気速度の連続測定値から二酸化炭素発生速度として定量した¹³⁾。短時間のうちに易分解性有機物を分解することを目的にした一次発酵ではコンポスト原料に含まれるおがくずはほとんど分解せず、また種菌の混合量も少ないので、有機物分解量は原料中のドッグフードの炭素量に対し二酸化炭素として外部に揮散した炭素の比と定義した炭素変化率で定量した¹³⁾。おがくずと種菌 B を乾燥重量で 9 : 1 に混合した 2,800 g の混合原料から 144 時間で発生する二酸化炭素量は 0.46 mol であり、Run B-1 と B-2 の二酸化炭素発生量が約 18 mol なので、ドッグフード、おがくず、および種菌の混合割合が 10 : 9 : 1 であることを考慮するとおがくずと種菌に由来する二酸化炭素は全発生量のわずか

1.4%に過ぎない。なお、コンポスト化装置と操作についての詳細は著者らの前報に示されている¹³⁾。

コンポスト化を均一に進行させるために1日に1度反応装置のふたを開けて、固相を切り返すと同時に約50 gのサンプルを採取して、pH、含水率、および微生物相を測定した。pHおよび含水率の測定は常法に従った⁷⁾。なお、サンプルを採取した後に適当量の蒸留水を加えて、コンポスト化物の含水率が低下し過ぎないように留意した。コンポスト化開始後6日間(144時間)をめどに実験を終了させた。

2.3 微生物の測定

ドッグフード、おがくず、種菌、および経時的に採取したコンポスト試料の中温性および好熱性細菌、放線菌、糸状菌を次のように分離計数した⁷⁾。それぞれの試料10 gを滅菌水90 mlに懸濁し、 10^4 rpmで10分間ホモジナイズした懸濁液を適宜希釈して寒天平板上に塗抹した。微生物の分離培地には、細菌：Trypticase-soy agar medium、放線菌：Yeast extract-malt extract agar medium、糸状菌：Potato-dextrose agar mediumを用い、好熱性菌は60℃、中温性菌は30℃で7日間培養した⁷⁾。なお、各微生物の密度は、単位乾燥試料重量あたりのコロニー形成数(colony forming unit/g-ds)として整理した。

2.4 小型反応装置を用いたコンポスト化操作

内径40 mm、高さ80 mmの円筒型ガラス製小型反応装置(ミニリアクタ)内に、コンポスト原料を12 g充填した。原料の乾燥を防ぐためにバブラーを通過させた空気をミニリアクタ底部より0.62 l/h/g-dsの速度(先に述べた大型反応装置の平均的通気速度に相当する値)で通気し好気的条件を維持した。このミニリアクタをインキュベータ内に入れて昇温速度を次のように5通りに変化させた。種菌Aを用いたRun a-1では20時間をかけて室温から60℃まで漸次昇温させた。また、Run a-2、Run a-3、Run a-4ではRun a-1の昇温時間のそれぞれ3/4、2/3、1/2の時間で、Run a-5では約1時間で昇温させた。なお、種菌B、種菌Cについても種菌Aと同様の昇温速度でRun b-1からRun b-5、Run c-1からRun c-5の実験を行った。コンポスト化時間は72時間とし、原料、24、48、および72時間後に採取したサンプルについてpHの変化を測定した。

3. 結果と考察

3.1 種菌中の微生物相の比較

種菌A、B、C、およびおがくず中の微生物相をTable 1に比較する。種菌Aは好熱性細菌と好熱性放線菌の密度が他の種菌よりも高く、好熱性微生物の密度が高いことに特徴がある。これは、種菌Aが高温コンポスト化の過程を経ているためである。ただし、種菌AはRun A-2の製品コンポストに比べて、好熱性微生物の密度が低くなっているが、これは種菌Aを作成した装置が特大型で温度分布が大きく、空気が流入する装置底部で温度が低かったことと、作成後フリーザー中で保存したためと考えられた。なお、種菌Aの微生物の密度は冷凍された直後に低下するが、その後は長く保存しても変化しないことを確かめている。種菌Bは、中温性細菌と中温性放線菌の密度が高く、中温性糸状菌の存在も確認された。種菌Cは、好熱性微生物、中温性微生物の密度がともに低く放線菌は検出されなかった。また、これらの種菌中に見られる微生物は密度が異なるだけでなく、寒天平板上に形成されるコロニーの形態も明らかに異なっており、種類も異なることが確認された。なお、コンポスト原料として用いたドッグフードからはいずれの微生物も検出されなかった。

Table 1 Concentration of microorganisms isolated from inoculating seeds and saw dust (colony forming unit/g-dry solid)

	Seed A	Seed B	Seed C	Saw dust
Thermophile				
Bacteria	2.09×10^7	1.48×10^6	3.30×10^4	N. D.
Actinomycetes	3.55×10^5	1.78×10^4	N. D.	N. D.
Fungi	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Mesophile				
Bacteria	9.55×10^7	3.24×10^9	5.20×10^5	1.00×10^8
Actinomycetes	5.25×10^4	8.51×10^5	N. D.	N. D.
Fungi	N. D.	1.78×10^4	1.20×10^4	5.40×10^5

N. D.: Not detected

3.2 大型反応装置を用いた場合のコンポスト化

種菌Aを用いて昇温速度を変化させたRun A-1およびA-2の二酸化炭素発生速度、炭素変化率、温度、pHの経時変化をFig. 1に比較する。Run A-1においては、二酸化炭素の発生はコンポスト化初期のみ見られたが、その発生速度は遅かった。炭素変化率は、コンポスト化終了時にわずかに3%程度となった。この結果はRun A-1のコンポスト化過程では有機物の分解が中断したことを示している。pHは実験開始後すみやかに低下し、最終的に5付近となった。アンモニアガスの発生は全く見られなかった。一方、急速に昇温させたRun A-2では、二酸化炭素の発生がコンポスト化期間中活

Fig. 1 Comparison of the courses of CO_2 evolution rate (r_{CO_2}), temperature (T), conversion of carbon (X_c) and pH during composting in Runs A-1 and A-2.

発に見られ、最終的な炭素変化率も73%にまで達した。pHはコンポスト化進行にともなって8以上に達し、アンモニアガスも盛んに発生した。Run A-2は緩速昇温させたRun A-1とは異なり、有機物が良好に分解することが明らかとなった。また、Run A-2のコンポスト化前後の乾燥重量変化から乾燥重量の減量率（有機物分解率）を計算したところ、69%となり炭素変化率とよく一致した。これは、コンポスト原料が均質でしかも分解減少量が大きかったのでも有機物分解率を精度よく求めることができたためと考えられた。

Run A-1とA-2の微生物相変化を比較してFig. 2に示す。Run A-1では中温性細菌は昇温期に増殖したが、60°Cに達すると減少した。また、本コンポスト化システムで高温コンポスト化の主役を担う好熱性細菌はコンポスト化物の温度上昇にともなって増殖したが、コンポスト化物のpHが6以下になると減少して、最終密度は 10^6 cfu/g-ds付近の低い値になった。なお、中温性糸状菌はコンポスト化初期には観察されたが、温度上昇にともない速やかに死滅し検出されなくなった。Run A-1ではコンポスト化初期に有機酸が生成、蓄積してコンポスト化物のpHが低下するため（Fig. 1参照）に、微生物の活性が阻害され有機物分解反応が中断したものと考えられた。

一方、Run A-2では好熱性細菌がコンポスト化初期に急激に増殖し 10^9 cfu/g-dsにまで達した。また、コンポスト化後半には好熱性放線菌が 10^7 cfu/g-ds程度にまで増えていた。好熱性放線菌がコンポスト化前半に測定されないのは、好熱性放線菌密度が好熱性細菌に比べて圧倒的に低いためである。本実験で用いた Yeast extract-malt extract agar medium は放線菌に対して

Fig. 2 The courses of temperature, and isolated microorganisms during composting in Runs A-1 and A-2. Keys for the cell number, ● mesophilic bacteria (MB), ○ thermophilic bacteria (TB), △ thermophilic actinomycetes (TA) and ■ mesophilic fungi (MF). The cfu and ds refer to colony forming units and g-dry solid of compost, respectively.

選択性はあるが細菌も増殖することができるので、試料中に細菌が高密度に存在するとき放線菌は寒天平板上で計数することができない。なお、中温性細菌密度は昇温期に一旦減少したが、温度が60°Cに達してから再び増加した。そこで、この細菌を寒天平板上に画線し30°Cおよび60°Cで培養した結果、いずれの温度でも増殖可能であることが確かめられた。すなわち、好熱性細菌のうち30°Cでも増殖できる増殖温度範囲の広い細菌を中温性細菌としても計数したためにこのような現象が観察された。Run A-1とRun A-2における微生物相変化と二酸化炭素発生速度、および炭素変化率の結果を考えると、急速昇温により好熱性細菌の増殖が促進されてコンポスト化促進効果が見られたといえる。

種菌Bを用いて昇温速度を変化させたRun B-1およびB-2の二酸化炭素発生速度、炭素変化率、温度、pHの経時変化をFig. 3に比較する。Run B-1の二酸

Fig. 3 Comparison of the courses of CO_2 evolution rate (r_{CO_2}), temperature (T), conversion of carbon (X_c) and pH during composting in Runs B-1 and B-2.

化炭素発生速度は、コンポスト化物の温度が 60°C に達してから速くなり、活発な二酸化炭素の発生が確認された。炭素変化率もコンポスト化終了時に 68% にまで達し、活発な有機物分解が起こっていることが裏付けられた。コンポスト化物の pH は 8.5 付近まで上昇し、アンモニアガスの発生も見られた。種菌 B を用いた場合には、種菌 A と異なり緩速昇温させても有機物が良好に分解されることが確かめられた。

一方、Run B-2 ではコンポスト化初期の二酸化炭素発生速度は Run B-1 よりも遅かったが、後半には速くなり、異なる二酸化炭素の発生パターンを示したが最終的な炭素変化率は 73% と Run B-1 とほぼ同じ値となった。pH の上昇も Run B-1 に比べて遅れたが、pH 8 以上からアンモニアガスの発生も見られた。Run B-1 および B-2 のいずれもコンポスト化における有機物分解が良好に進んだことを示す結果となった。なお、Run B-1 および B-2 の有機物分解率は、69 および 76% となりいずれも炭素変化率とよく一致した。

Run B-1 と B-2 の微生物相変化を Fig. 4 に比較する。Run B-1 の好熱性細菌は温度上昇にともない速やかに増殖し、最終的には 10^9 cfu/g-ds 付近となった。また、中温性糸状菌はコンポスト化初期に死滅し、好熱性放線菌は後半に増えていたことが確認された。一方、Run B-2 においては好熱性細菌の増殖は Run B-1 に比べて遅れたもののコンポスト化後半にはほぼ同一の密度にまで達した。Run B-1 のコンポスト化初期の好熱性細菌密度が、Run B-2 よりも高かったことは、二酸化炭素発生速度とも (Fig. 3 参照) よく対応している。また、昇温速度が速い Run B-2 ではコンポスト化初期に中温性細菌がほとんど増殖できないために、初期に 1

Fig. 4 The courses of temperature, and isolated microorganisms during composting in Runs B-1 and B-2. For symbols, see legend to Fig. 2.

Fig. 5 Comparison of the courses of CO_2 evolution rate (r_{CO_2}), temperature (T), conversion of carbon (X_c) and pH during composting in Runs C-1 and C-2.

オーダ程度増殖する Run B-1 に比べてコンポスト化全般に渡って低い値となった。

種菌 C を用いて昇温速度を変化させた Run C-1 および C-2 の二酸化炭素発生速度、炭素変化率、温度、pH の経時変化を Fig. 5 に比較する。Run C-1 におけ

Fig. 6 The courses of temperature, and isolated microorganisms during composting in Runs C-1 and C-2. For symbols, see legend to Fig. 2.

る二酸化炭素の発生は実験開始 15 時間目から 80 時間目の間に見られたが、その発生速度は著しく遅くコンポスト化後半には全く発生しなくなった。また、炭素変化率も最終的にわずか 6 % となりコンポスト化が中断したことを示す結果となった。pH は実験開始後、速やかに 5 付近まで低下した。

一方、Run C-2 では二酸化炭素は 20 ~ 30 時間目でもわずかに発生し、最終的な炭素変化率も 3 % にすぎなかった。また、pH は速やかに低下した。種菌 C では、緩速、急速いずれの昇温速度でも炭素変化率はわずか数 % となり、昇温速度によらずコンポスト化における有機物分解反応は中断した。

Run C-1 と C-2 の微生物相変化を Fig. 6 に比較する。いずれの実験でも好熱性細菌がコンポスト化初期に増殖したが、やがて pH の低下にともなって減少した。なお、昇温速度の速い Run C-2 では温度が 60°C に達したときの中温性細菌の減少が著しく 10^5 cfu/g-ds 程度の低密度になった。

3.3 昇温速度を変えたコンポスト化における pH 変化

大型実験装置を用いた実験から、コンポスト化におい

Fig. 7 Changes of pH during composting in Runs a-1 ~ a-5.

て有機物分解が良好に進行したか否かは、コンポスト化物の pH を測定することで容易に判定することが可能で、しかも測定はコンポスト化開始後 72 時間も行えば十分であることがわかる。そこで、昇温速度を任意に調節できるミニリアクタを用いて、昇温速度の影響をさらに詳細に検討した。

種菌 A を用いて昇温速度を変化させた Run a-1 ~ Run a-5 の結果を Fig. 7 に示す。昇温速度の遅い Run a-1、および Run a-2 では pH は 72 時間後には 5 付近の値にまで低下し、コンポスト化において有機物分解が中断する pH の変化パターンとなった。一方、Run a-3 およびそれよりも昇温速度が速い Run a-4、および Run a-5 では 48 時間目から pH の上昇が見られ、72 時間目には 8.5 付近の値に達してコンポスト化において有機物が良好に分解する pH の変化パターンとなった。種菌 A を用いた場合、昇温速度によって pH の変化パターンが異なることが確かめられ、pH が上昇してコンポスト化が良好に進行するか、pH が低下してコンポスト化が中断するかの境界が昇温時間で 13.3 から 15 時間の付近にあることがわかった。また、この結果は大型反応装置を用いた実験で急速昇温を 5 時間、緩速昇温を 20 時間としたときに両方で差が見られたこととよく対応する。

Fig. 8 Changes of pH during composting in Runs b-1 ~ b-5.

Fig. 9 Changes of pH during composting in Runs c-1 ~ c-5.

種菌 B を用いた実験結果を Fig. 8 に示す。昇温速度を変えた場合の pH の変化パターンは全く同一とはいえなかったが、いずれも pH が最終的に 8 以上に上昇するという傾向は変わらなかった。種菌 B を用いた場合には昇温速度によらずコンポスト化が良好に進行することがわかった。

種菌 C を用いた実験結果を Fig. 9 に示す。種菌 C を用いた場合には、いずれの昇温速度の場合でも pH が最終的に 5 付近まで低下した。種菌 C を用いた場合には昇温速度を種々変化させても、コンポスト化における有機物分解を促進することができないことが確かめられた。

4. ま と め

添加する種菌の種類によって昇温速度の影響は異なり、コンポスト化における有機物分解の促進効果が昇温速度に強く依存するものとほとんど依存しないものがあることがわかった。なお、研究室種菌の有機物分解促進の効果は昇温速度に強く依存し、分解促進のためには急速に昇温させ好熱性微生物の増殖を促進する必要があることが明らかになった。また、コンポスト化において有機物分解が良好に進行したか否かは微生物相変化とよく対応することがわかった。有機物分解が中断した場合には pH 低下とそれとともに微生物活性の低下が見られ、好熱性細菌密度が最終的に 10^8 cfu/d-gs 以下となった。一方、コンポスト化が良好に進行した場合には好熱性細菌密度が 10^9 cfu/g-ds となり、コンポスト化後半には好熱性放線菌が増えていたことも確認された。

本研究で得られた知見は、現在多く開発されてきているヒータを備えた家庭用あるいはレストランなどで用いる小・中規模のコンポスト化装置の操作に役立つ可能性がある。一方、実際的大型設備を用いたコンポスト化では加熱のためのヒータを備えておらず、経済性の観点からしても加熱することはないので、本研究で示したような急速に昇温することでコンポスト化促進の効果を持つ種菌が存在しても、その種菌を有効に使うことはできない。大型設備のコンポスト化では有機物分解の初期に pH が低下すると、微生物活性も低下して高温を維持することができなくなるが、このようなコンポスト化でも、時間さえかければ微生物は自らが生成するアンモニアのようなアルカリ性物質によって次第に pH を上昇させ、再び高い活性と高温を達成することができる。しかしながら、コンポスト化初期の pH 低下を抑制できればそれだけ短時間でコンポスト化できると考えられるので、昇温速度の制御ができない大型設備のコンポスト化では昇温速度によらず pH 低下を抑制できる種菌の使用が効果

的と思われる。

参 考 文 献

- 1) C. G. Golueke, B. J. Card, P. H. McGauhey : A Critical Evaluation of Inoculums in Composting, *Appl. Microbiol.*, Vol. 2, pp. 45 - 53 (1954)
- 2) C. G. Golueke : Biological reclamation of solid waste, Rodale Press Inc., Emmaus, PA (1977)
- 3) M. S. Finstein, M. L. Morris : Microbiology of municipal solid waste composting. *Advances in Applied Microbiology*, Vol. 19, pp. 113 - 151 (1975)
- 4) M. de Bertoldi, G. Vallini, A. Pera : The biology of composting : a review. *Waste Manage. Res.*, Vol. 1, pp. 157 - 176 (1983)
- 5) P. D. Bach, M. Shoda, H. Kubota : Rate of Composting of Dewatered Sewage Sludge in Continuously Mixed Isothermal Reactor. *J. Ferment. Technol.*, Vol. 62, pp. 285 - 292 (1984)
- 6) 藤田賢二, 費田義朗, 北脇秀敏 : コンポスト化過程と pH, *都市と廃棄物*, Vol. 15, No. 4, pp. 31 - 39 (1985)
- 7) K. Nakasaki, M. Sasaki, M. Shoda, H. Kubota : Change in Microbial Numbers during Thermophilic Composting of Sewage Sludge with Reference to CO₂ Evolution Rate, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 49, pp. 37 - 41 (1985)
- 8) K. Nakasaki, M. Sasaki, M. Shoda, H. Kubota : Effect of seeding during Thermophilic Composting of Sewage Sludge, *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 49, pp. 724 - 726 (1985)
- 9) K. Nakasaki, T. Akiyama : Effects of Seeding on Thermophilic Composting of Household Organic Waste, *J. Ferment. Technol.*, Vol. 66, pp. 37 - 42 (1988)
- 10) 金子栄廣, 藤田賢二 : コンポスト化過程における通気量, 酸素濃度および反応効率の相互関係について, *都市清掃*, Vol. 43, pp. 383 - 390 (1990)
- 11) 川崎 晃, 羽賀清典, 新井重光 : 微生物利用土壌改良材による農業廃棄物の分解促進の判定—微少熱量計によるイナワラ分解効果の判定, *廃棄物学会第1回研究発表会講演論文集*, pp. 85 - 87 (1990)
- 12) 羽賀清典, 川崎 晃, 新井重光, 斉藤貴之 : 微生物利用土壌改良材による農業廃棄物の分解促進の判定—小型発酵槽によるイナワラ分解効果の検討, *廃棄物学会第2回研究発表会講演論文集*, pp. 73 - 76 (1991)
- 13) 中崎清彦, 渡辺 淳, 末原憲一郎, 久保田宏 : 種菌がコンポスト化速度に与える影響の評価, *廃棄物学会論文誌*, Vol. 3, No. 4, pp. 78 - 85 (1992)
- 14) 森 忠洋, 蔡 恵良 : 都市と農山村を結ぶ有機物の総合処理, 資源化システムの構築(3) 下水汚泥の高品質コンポスト化, 第4回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 241 - 244 (1993)
- 15) 中崎清彦, 渡辺 淳, 片岡 稔, 久保田宏 : コンポスト化における種菌の繰り返し使用の効果, 用水と廃水, Vol. 35, pp. 518 - 523 (1993)
- 16) 木村俊範, 岩瀬勝則, 前川孝昭, 岩瀬和則 : 生物系廃棄物のコンポスト化初期過程におけるミクロ, マクロ現象の解析(I), *廃棄物学会第5回研究発表会講演論文集*, pp. 237 - 239 (1994)
- 17) 藤田賢二 : コンポスト化技術—廃棄物有効利用のテクノロジー, 技報堂出版 (1993)

Effects of Raising Temperature in Early Stage of Thermophilic Composting on Composting Stimulation with Various Kinds of Seeds

Kiyohiko Nakasaki, Minoru Kataoka and Hidekazu Kuratomi

* Department of Materials Science & Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Shizuoka University

*Correspondence should be addressed to Kiyohiko Nakasaki :
(3-5-1 Johoku, Hamamatsu 432 Japan)

Abstract

Quantitative analysis on the effects of rising temperature speed in the early stage of composting on the degradation rate of organic materials was made for three kinds of seeds added to the materials. Temperature raise was conducted in two ways. One was a slow raise which took 20 hours from room temperature to 60°C and the other was a quick raise which took only 5 hours. The effects of raising the speed were found to be dependent on the kind of seeds used for composting. Based on effects on composting, those seeds were assigned to the following 3 types : The first one showed a stimulatory effect on composting since it led to satisfactory degradation of organic materials independent of the temperature raise. The second was that giving rise to no significant effects since the degradation of the organic materials was discontinued at any rising speed of temperature. And the third one indicated that the effects of seeding are varied depending on the rising speed of temperature.

The microflora in the seeds as well as the changes in microflora in the progress of composting were significantly different among the seeds. Stimulatory effects of seeding were also observed. Thermophilic bacteria quickly proliferated at an early stage of composting and existed at a high concentration around 10^9 cfu/g-ds throughout composting. The concentration of thermophilic actinomycetes reached approximately 10^7 cfu/g-ds in the later stage of composting.

Key words : waste treatment, composting, organic matter degradation, seeding effect, microorganisms