

## 堆肥を新しいバイオ製品に安全・安心への管理体制を

佐賀大学 農学部 助教授 染谷 孝

### 優等生として再評価

家畜排せつ物管理法(1999年)や食品リサイクル法(2000年)などの法的整備,また「バイオマス・ニッポン」の閣議決定(2002年)を背景に,堆肥は一躍,農業・環境問題の優等生として再評価されつつある。「資源循環」と「土づくり」という点で,堆肥の重要性はいうまでもない。

しかし,堆肥の原料となる家畜ふんや下水汚泥には,大腸菌やサルモネラ菌などの有害菌が存在することがある。しかも,わが国における近年の食生活習慣の変化,たとえば,野菜類を生食する習慣の拡大,小売店でのカット野菜の増加,農産物の大量生産・広域流通化,さらに有機農産物への志向の高まりによって,新しい形の衛生リスクが増えている。すなわち,不適切に製造された堆肥が原因で,大規模な食中毒などが起きるおそれなしとはいえない状況が出てきた。

したがって,安全で安心な農産物を生産する上で,堆肥の衛生管理はきわめて重要であるといえる。どのような微生物的問題があるか,そのリスクを軽減するには,どのような対策が考えられるか,以下にお話したい。なお,くわしくは本稿に関連した総説<sup>1)</sup>をご参照いただきたい。

### 菌は少数でも発症する

家畜ふんや生ゴミなどの堆肥原料中には,いろいろな病原菌が含まれていることがある。細菌,糸状菌,原虫,寄生虫,ウイルスなどさまざまな微生物群にわたるが,これらのなかでも,とくに大腸菌,サルモネラ菌,リステリア菌などの細菌が重要視されている。それは,少数の菌数でも感染・発症を引き起こすためである。

大腸菌に関しては,国内外の調査によると(表-1),堆肥の原料となる生ふんや下水汚泥,都市ゴミなどから,乾物1g当たり $10^5 \sim 10^9$ 個の大腸菌群数が検出されている。「大腸菌群」は,大腸菌を含む一群の細菌群で,必ずしも病原菌ばかりではないが,ふん便汚染の指標として公衆衛生学上広く使用されている。このようなデータは,堆肥原料中には,有害菌がほぼ常に存在していることを示している。

家畜ふんに含まれるヒトの病原菌として,最近,腸管出血性大腸菌O157:H7(以下,大腸菌O157)が注目されている。わが国では従来,目立たない病原菌であったが,1996年(平成8年)に8,000人以上の大量発症が起きて以来,年間約2,000~3,000人の届け出患者数があるメジャーな食中毒菌となっている。本菌による食中毒の原因食品は確定できない場合も多いが,判明している範囲では,半数以上が牛肉であり,汚染源として牛のふん便や腸管内容物が重要視されている。

表-1 コンポストの原料中の大腸菌群数

原料	大腸菌群数 (cfu or MPM/g)	地域	出典
牛ふん	$3.0 \times 10^6$	日本	梅田・他 (1999)
	$1.3 \times 10^6 \sim 3.0 \times 10^7$	日本	羽生・他 (1997)
	$2.3 \times 10^5 \sim 3.3 \times 10^5$	日本	本多 (1999)
	$3.0 \times 10^5 \sim 3.0 \times 10^7$	フィンランド	Vuorinen & Saharinen (1997)
下水汚泥	$2.0 \times 10^8 \sim 1.5 \times 10^9$	米国カリフォルニア	Greenberg et al. (1986)
	$4.0 \times 10^5 \sim 4.0 \times 10^6$	米国カリフォルニア	Pereira-Net et al. (1986)
都市ゴミ	$5.0 \times 10^9$	フランス	Deportes et al. (1998)
	$4.6 \times 10^9$	イタリア	Pera et al. (1998)
	$* 4.0 \times 10^7$	米国カリフォルニア	Pereira-Neto et al. (1986)

\* ふん便性大腸菌群数

### 海を越えてくる病原菌

欧米での調査例によると,大腸菌O157は,牛,羊から高頻度で検出されている。とくに,英国とノルウェーでは,牛から13~20%もの高い検出率で報告されている。

幸いなことに,わが国での牛の大腸菌O157保菌率は0.1~1.5%の範囲で,まだそれほど高くはない。しかし,日本と欧米の牛やヒトから分離した大腸菌O157株の遺伝子解析などから,この病原菌が海を越えてわが国に入ってきた可能性が高いと指摘されている。したがって,水際対策を含め,本菌がわが国の牛の間で,これ以上広がらないような何らかの対策をとらない限り,わが国でも欧米なみの汚染率にまで,徐々に増加するおそれは否定できないだろう。

### 病原菌の残留と汚染

通常,堆肥の製造過程では,微生物の出す発酵熱により,堆肥の温度が60~70°Cにも上昇し,病原菌や寄生虫卵,雑草の種子などが死滅するといわれている(図-1)。

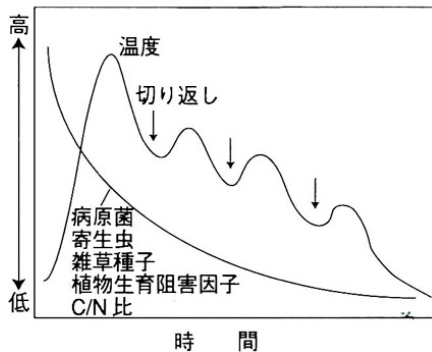


図-1 堆肥化過程の模式図<sup>2)</sup>

しかし、国内外のデータからは、たとえば大腸菌群が堆肥から消失するには、1～6週間の発酵期間が必要で、製品となった堆肥中にかなり高い菌数で残留する場合も少なくないことがわかる(表-2)。

とくに、堆肥化過程で高温の期間が短く、しかも製品堆肥の含水率が高いと、一度は消滅したかにみえる病原菌が再び検出されるようになる場合もある。これは、病原菌の再増殖現象と呼ばれ、堆肥の衛生管理上問題視されている。

また、堆肥製造施設の配置が不適切で、原料の牛ふん置場と完熟堆肥置場とが隣接している場合、牛ふんからの浸出水や作業員の靴底を介して、有害菌が堆肥を汚染する場合がある。

このように、未熟な堆肥や製造管理の悪い堆肥では、病原菌が生き残る場合があり、注意が必要である。この点に関して、堆肥が完熟したかどうかは、従来、C/N比や植物発芽阻害試験などによって判定するのが一般的であるが、病原菌の消失という観点から見直す必要があると思われる。

表-2 堆肥製造過程における大腸菌群の消失と残留<sup>1)</sup>

原料	施設数	消失までの期間	製品中の大腸菌群数 (cfu or MPM/g)	地域	出典
牛ふん	1	1週間	ND (<10 <sup>2</sup> )	日本	伊吹・他 (1996)
牛ふん・麦わら	1	7日	ND (<10 <sup>2</sup> )	フィンランド	Vuorinen & Saharinen (1997)
牛ふん	6	2週間	ND (<10 <sup>2</sup> )	日本	渡辺・他 (1998)
牛ふん	1	2～6週間	ND (<10 <sup>2</sup> )	日本	本多 (1999)
牛ふん・オカクス	1	9～12日	ND (<10 <sup>3</sup> )～10 <sup>4</sup>	日本	羽生・他 (1997)
牛ふん・オカクス	1	消失せず	ND (<10 <sup>3</sup> )～10 <sup>7</sup>	日本	梅田・他 (1999)
オリブ絞りかす	1	消失せず	7×10 <sup>2</sup>	イタリア	Siancalepore et al. (1996)
活性汚泥	1	10日	ND (<10 <sup>2</sup> )	米国カリフォルニア	Greenberg et al. (1986)
活性汚泥	16	消失せず	10 <sup>1</sup> ～10 <sup>8</sup>	米国マサチューセッツ	Soares et al. (1995)
都市ゴミ	1	7日	ND (<10 <sup>2</sup> )	フランス	Deportes et al. 1998
都市ゴミ	1	7日	6.2×10 <sup>3</sup>	イタリア	Pera et al. (1991)

ND : 不検出、( )内に検出限界を示す

### 策定された管理の要点

高温の堆肥化過程を経た堆肥でも病原菌が残存する場合があります、その理由としては、①高温期間の不足②堆肥温度の不均一性(内部は高温だが、表面は低音)③製品堆肥保管中の病原菌の再増殖④堆肥原料からの製品堆肥への汚染——などがあげられる。

堆肥製造過程での温度管理や作業機械の衛生管理、製品堆肥の水分調節は、堆肥の安全性を確保する上できわめて重要である。

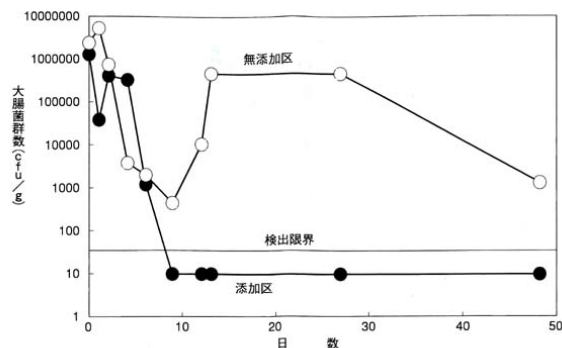


図-2 牛ふんの堆肥化過程における大腸菌群に対する石灰窒素の添加効果(文献4より作図)

(株)日本施設園芸協会では、「生鮮野菜衛生管理ガイド」<sup>2)</sup>を策定し、生産から流通・消費に至るまでの一貫した衛生管理を強調している(このガイドは農水省のホームページ<sup>3)</sup>でも閲覧できる)。このなかで、堆肥製造の衛生管理の要点としては、「60℃以上の堆肥温度を3週間以上維持すること」「製品堆肥の水分は30%以下が好ましいこと」「作業機械・道具類を堆肥原料用と製品堆肥用とで明確に区別すること」「製造施設の整理整頓を励行し、原料が製品に混入しないようにすること」などをあげている(表-3)。

表-3 堆肥化過程における病原微生物対策の要点<sup>2)</sup>

項目	対策	原理・要点
施設・設備	原料と製品の厳密な物理的隔離 原料区画の下流・風下への設置 床からの強制通気設備の設置 耐熱材の使用	製品への汚染防止 製品への汚染防止 発酵促進による高温の確保 発酵熱の散逸を防ぎ、品温を高める
温度管理	石灰窒素の添加 廃食用油の添加	中和・養分補給による微生物活性の増進 易分解性有機物による発酵熱の増加
発酵温度	60℃以上を3週間以上保持すること	熱による病原菌の殺菌
作業工程	ローダー等作業用具の原料用と製品用の区別	製品への汚染防止
製品水分	30%以下とする	病原菌の再増殖の防止
製品完熟度	完熟させる (コマツナの発芽抑制がないこと、堆肥抽出液のBODが低いこと)	病原菌の再増殖の防止

### 石灰窒素と加熱処理機

管理ガイドのなかでも、とくに発酵温度の管理は重要で、それには、まず堆肥の水分調節が決め手となる(温度が低下した場合、水を散布すると発酵が活発になり温度が上昇することが多い)。また、廃食用油や石灰窒素を添加すると堆肥温度が上昇する。石灰窒素はシアナミド態窒素を含むアルカリ性肥料で、約20%の窒素成分を含むため、窒素の補給による微生物活性の増進作用がある。また、石灰窒素の微生物的分解によって生成するシアナミドには殺菌効果があるので、発熱誘導作用と相まって、有害菌制御には有効な手段である。図-2はその一例で、寒冷地のために生ふん堆肥の品温があまり上がらず20～65℃の範囲で推移している発酵過程でも、石灰窒素添加による大腸菌群減少効果が現れている<sup>4)</sup>。

最近、原料となる畜ふんなどを閉鎖型の加熱処理機を用いて殺菌する技術が開発された(特願2004-76750、佐賀県白石町玄甫興業)。これは、牛ふんなどを60℃程度の比較的低温で数時間処理するもので、大腸菌やサルモネラ菌などの有害菌は死滅するが、各種の有機物分解菌などの有用菌への影響は少ないため、発酵への悪影響はない。いわば生ふんのパスチャライズ(低温殺菌)である。この方法を用いれば、有害菌の再増殖の心配もなく、安心して堆肥化を進めることができる。

### 適正管理は国際的な流れ

堆肥自体は古くから農家が自家製造していた伝統的な有機肥料である。しかし近年では、堆肥センターなど施設の大型化、処理の集中化が進んでいる。この点、近代的な手法による適正な管理のもとに、高品質で安全な堆肥を製造できる基盤が整ってきたともいえる。まさに、堆肥は資源循環を促進する新しいバイオ製品として見直されるべき時期にあるといえよう。

食品の安全性に関わる国際的な機関であるコーデックス委員会(FAO/WHO合同食品規格委員会)では、「生鮮果実・野菜衛生管理規範」が採択された(2003年7月)。

安全な農産物とそれに向けた適正管理への関心は国際的な流れになっている。この面でも、わが国が国際的にリードできる体制を早く整備したいものである。それには安全・安心な堆肥の製造が欠かせない。

#### 引用文献

- 1) 染谷孝・井上興一(2003):堆肥施用と病原菌汚染、農業技術体系、土壤肥料編 追録14号、第7—①巻、資料64の84—98、農文協、東京
- 2) 社団法人日本施設園芸協会(2003):生鮮 野菜衛生管理ガイド、社団法人日本施設園芸協会、東京
- 3) 農水省ホームページ「野菜の衛生管理について、平成16年4月2日更新」[http:// www.maff.go.jp/soshiki/seisan/yasai/yasai.html](http://www.maff.go.jp/soshiki/seisan/yasai/yasai.html)
- 4) 長野県南信農業試験場(1997):石灰窒素 による牛ふん堆肥の腐熟促進と環境浄化効果、牛ふん堆肥の腐熟促進と環境浄化効果試験成績報告書