

家畜ふんを施用しても微生物汚染の懸念をクリアできる 石灰窒素による生ふん中大腸菌殺菌効果を確認 北海道立畜産試験場 環境草地部 畜産環境科 湊 啓子

資源循環による微生物汚染の危険性

近年、循環型社会の形成が求められるなか、農畜産業においても、持続的発展が可能な資源循環型畜産への移行が推進されている。その一環として、畑作物の浅さを家畜の餌や敷料として利用し、家畜のふん尿を畑地で肥料として利用する、耕畜連携の取り組みが各地で進められている。

しかしながら、家畜ふん中には病原性大腸菌やサルモネラをはじめとする、人と家畜の両者に感染する病原性微生物が含まれる場合がある。このため、それらの病原体が資源循環の環に入り込んで、環の内外に拡散する危険性がある。

牛は病原性大腸菌の保菌動物として知られ、その保菌率はきわめて高く、乳牛の70%が病原性大腸菌を保菌しているという報告²⁾もあり、生ふん堆肥による生鮮野菜の汚染が懸念されている。

これまでに、国内では、家畜ふん堆肥が汚染源と特定された食中毒事例はないが、海外では、リステリア菌⁵⁾や病原性大腸菌¹⁾に汚染された家畜ふん堆肥が原因となった食中毒の報告がある。

発酵温度が上がらぬと菌は残る

牛ふんは、十分量の敷料と混合して堆積すると、ふん中に含まれている養分を餌に微生物が増殖して好気性発酵が始まる。しばらくすると、微生物の呼吸熱によって堆肥の品温は60℃、ときには80℃以上に上昇し、この熱により病原性微生物は死滅する。

生鮮野菜衛生管理ガイド³⁾では、堆肥化過程における病原性微生物対策の要点として、発酵温度は60℃以上を2週間以上保持することを求めている。

しかしながら、十分量の副資材(麦稈、もみがら、オガコなど)が確保できないために、水分調整が不十分であったり、外気温の低い冬季間など、発酵温度が十分に上がらずに大腸菌が残存する危険性が指摘される。

石灰分によるアルカリ化の影響

石灰窒素は塩基性の窒素肥料であり、主成分のカルシウムシアナミド(CaCN₂)が動植物に対し殺菌作用を持ち、農薬効果を持つ肥料として利用されている⁴⁾。

殺菌成分であるシアナミドは、尿素に分解されて肥料養分として利用されるため、殺菌成分として残留する危険性はない。また、石灰窒素は消石灰と同程度の石灰分を含み強アルカリ性の殺菌作用も併せ持つ。この石灰窒素の殺菌作用を牛ふん中大腸菌の殺菌に利用できないかどうか検討した。

まず、乳牛ふん(水分88%)に石灰窒素を0、0.5、1.0および2.0%添加して常温におき、添加直後、24時間および48時間後に大腸菌数を計数した。

その結果、表-1に示すように、牛ふん中大腸菌は2%添加区では添加直後、1%添加区では24時間後に検出されなくなり、石灰窒素の添加は牛ふん中大腸菌の殺菌に有効であることがわかった。

しかしながら、生ふんのpHは0、0.5、1.0および2.0%で、それぞれ6.8、9.9、10.8および11.8となり、石灰窒素の添加により著しく上昇した。大腸菌の死滅は石灰窒素中の石灰分によるアルカリ化の影響も大きいものと考えられた。

また、堆肥化の至適pHは中性～弱アルカリ性であることから、石灰窒素の添加によって堆肥化が阻害される可能性が懸念された。

表-1 石灰窒素添加牛ふん中大腸菌数の消長

時間	石灰窒素添加割合			
	0	0.5%	1%	2%
0	1.0 × 10 ⁶	8.0 × 10 ⁶	6.0 × 10 ⁶	ND
24	—	2.5 × 10 ⁷	ND	ND
48	1.5 × 10 ⁵	3.0 × 10 ⁶	ND	ND

ND : 検出限界(102cfu/g)

発酵温度が上がらなくても大腸菌は死滅

そこで、石灰窒素の殺菌作用が堆肥化におよぼす影響を大腸菌の殺菌効果と合わせて検討した。

試験は肉用牛肥育牛舎から排出された牛ふん尿敷料(オガコ)混合物に石灰窒素を1～3%添加して堆積・切り返しにより堆

肥化を進め、発酵温度、pHおよび大腸菌数の変化を調査した。同じ試験を2回繰返した。

第1回試験(4月2日～7月27日)での発酵温度の推移を図-1に示した。無添加区では堆積後速やかに品温上昇が始まったが、石灰窒素を添加した堆肥では添加量が増すにつれて発酵の立ち上がりが著しく遅れた。

堆肥化期間中の有機物分解率は1%添加区では無添加区と同程度であったが、2%および3%添加区では無添加区を大きく下回った。大腸菌数は無添加区においても2回目の切り返し時(堆積20日目)には検出されなくなったが、石灰窒素添加区では品温上昇前の1回目の切り返し時(堆積12日目)においてすでに検出されず、石灰窒素による殺菌効果が確認された(図-2)。

開始時pHは無添加区で8.5、1%、2%および3%添加区ではそれぞれ9.9、10.9、11.6となり、石灰窒素の添加により著しく上昇した。日数の経過にともない石灰窒素添加区のpHはしだいに低下し、品温上昇の開始時までpH9まで低下した(図-3)。

発酵温度は上昇し分解率は下降

第2回試験(8月3日～10月6日)における発酵温度の推移を図-4に示した。

発酵温度は第1回試験(図-1)でみられたような石灰窒素の添加による発酵立ち上がりの遅れはみられず、むしろ最高温度は石灰窒素添加区で高まった。とくに、1%および2%添加区では70℃を超え、無添加区を10℃近く上回った。しかしながら、堆肥化期間中の有機物分解率は石灰窒素添加区においていずれも無添加区を下回った。

大腸菌数は第1回試験と同様に、無添加区でも2回目の切り返し時(堆積36日目)には検出されなくなったが、石灰窒素添加区では1回目の切り返し時(堆積21日目)においてすでに検出されなかった(図-5)。pHは第1回試験と同様に石灰窒素の添加により顕著に高まったが、21日後の切り返し時にはいずれもpH9まで低下した(図-6)。

外気温と材料で変わる堆肥化速度

石灰窒素の添加が堆肥化におよぼす影響が2回の試験間で異なったのは、試験開始時の外気温と材料の温度の影響を受けた可能性が考えられる。石灰窒素の主成分であるシアナミドの分解速度は温度が高いほど速まる。第1回試験では外気温が0℃前後で、堆積直後の品温も約10℃と低かった。一方で、第2回試験では外気温は30℃前後と高く、堆積直後の品温もすでに40℃と高かった。このため、第1回試験では殺菌作用のあるシアナミドの分解速度が遅く、殺菌効果が長期間持続したことにより発酵の立ち上がりが遅れた可能性が示唆された。また、第2回試験では堆積直後の品温が高く、すでに発酵が始まっていたことが推察される。このため、発酵によって生じた炭酸ガスによって石灰分が速やかに中和されて、堆肥化至適pH域まで低下したことが考えられ、そのために、堆積後速やかに品温上昇が始まったことも示唆された。

殺菌作用で堆肥化が遅れることも

以上の結果、石灰窒素1%～3%の添加は牛ふん中大腸菌の殺菌に有効であるが、その殺菌作用によって堆肥化が遅れる場合があることが明らかになった。

一方、石灰窒素を添加しない場合でも、発酵温度の上昇により大腸菌の殺菌が可能であることを確認することができた。

また、今回結果は示さなかったが、石灰窒素添加区ではアルカリ分と窒素分の付加により堆肥化過程で著しいアンモニア揮散が生じた。それらの点を考慮すると、石灰窒素の添加は、水分調整材の混合が不十分な高水分の堆肥や、速やかな殺菌を必要とする場面などでの利用が望ましいものと考えられた。石灰窒素を添加した堆肥は窒素含量が高まるため、その利用にあたっては成分含量に留意が必要である。

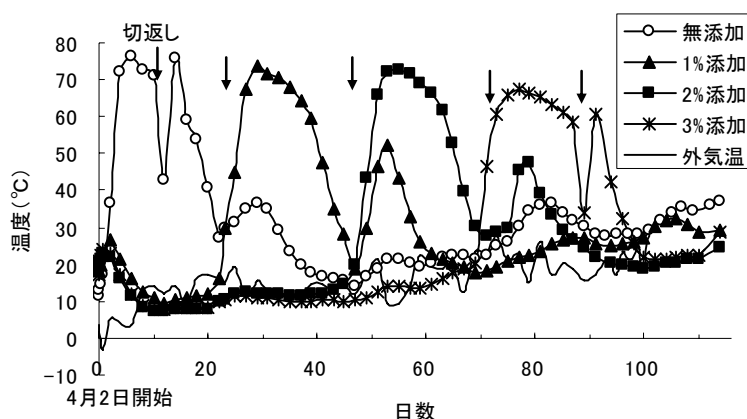


図-1 石灰窒素の添加が牛ふんオガコ混合物の発酵温度推移におよぼす影響(第1回)
肉牛ふん尿オガコ混合物(水分72%)に石灰窒素を1、2および3%添加、各200kgを0.6m³の断熱材製箱形容器に詰め、適宜切り返しをして堆肥化。

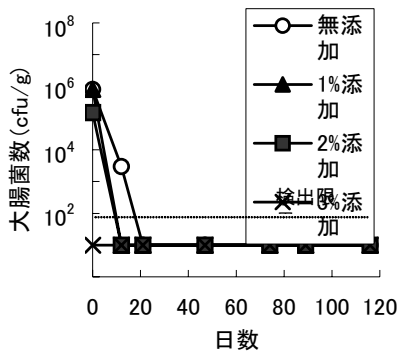


図-2 石灰窒素添加牛ふんオガコ混合物の堆肥化過程における大腸菌数の変化(第1回)

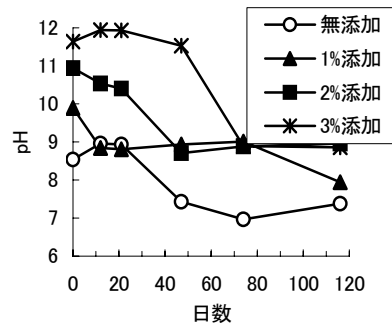


図-3 堆肥化過程におけるpH変化(第1回)

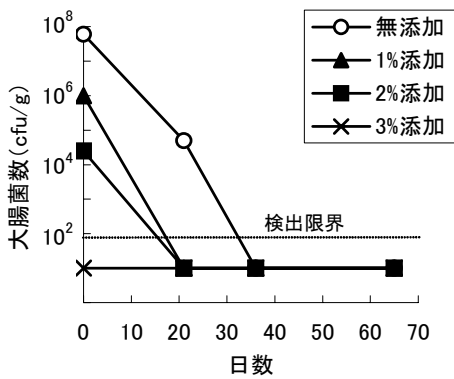
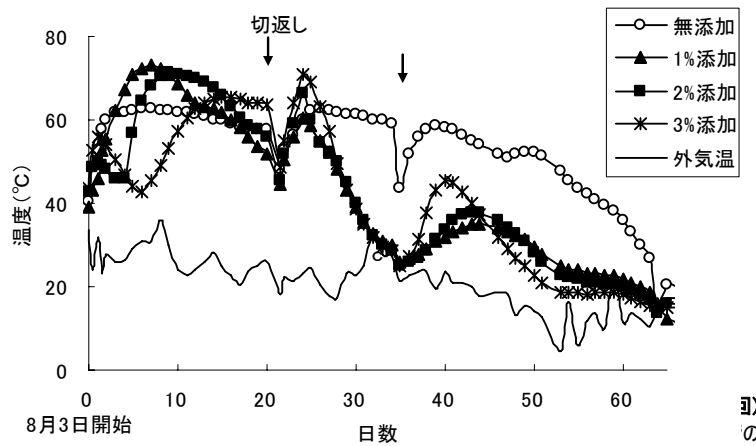


図-5 石灰窒素添加牛ふんオガコ混合物の堆肥化過程における大腸菌数の変化(第2回)

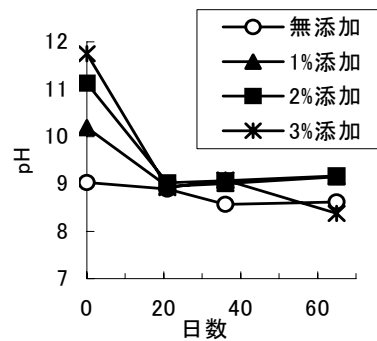


図-6 堆肥化過程におけるpH変化(第2回)

引用文献

- 1) Cieslak, P. R., Barrett, T. J., Griffin, P. M., Gensheimer, K. F, Beckett, G., Buffington, J. and Smith, M. G.: Escherichia coli O157:H7 infection from a manured garden, The Lancet, 342: 367.1993
- 2) Kobayashi H, Shimada J, Nakazawa M, Morozumi T, Pohjanvirta T, Pelkonen S, and

- Yamamoto K. : Prevalence and Characteristics of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* from Healthy Cattle in Japan. *Appl. Environ. Microbiol.* 67(1):484-489、 2001
- 3) 日本施設園芸協会 : 生鮮野菜衛生管理ガイド-生産から消費まで、2003
 - 4) 日本石灰窒素工業会 : 石灰窒素 Q & A、1997
 - 5) Schlech、W.F.et al. : Epidemic listeriosis—evidence for or transmission by food. *N. Engl. J. Med.* 308、 203-206、 1983