

## 廃棄有機物を堆肥化して適切に施用する方法

石川県立大学 教授 農学博士 長谷川和久

これまで廃棄されてきた草刈、剪定枝、生ごみ、根株などの有機物は、放置・焼却・埋立・投棄などの方法で処分されていた。一方、環境保全やリサイクルの観点からは、脱水・乾燥・炭化などの軽量化したり、粉碎して容量を減らすこともおこなわれている。さらに、一歩進んで、農業や環境緑化のためには、堆肥化することが望まれる。

しかし、この堆肥化は、円滑に進んでいない。その原因は、労力不足やできた堆肥の質の低さや周辺の環境への悪影響にある。こうした障害を取り除くには、個々の施用目的別に、堆肥の質とその施用方法を明らかにすることが必要である。そして、地域ごとにコツコツと試験を重ねて実績を検証し、適切な施用方法を普及することである。

このような視点に立って、筆者らが、北陸地域でおこなった試験の事例を紹介する。

### 石灰窒素をもみがら・おからに添加する方法

#### —はくさいでの試験—

圧砕もみがらとおからを混合熟成した堆肥に、石灰窒素を添加して石灰窒素添加堆肥(以下試料とする)を試作した。

その結果、堆肥製造時にウジやハエの発生や臭気などが少なく、加えて水分含有率が相対的に少ない、窒素含有率の高い堆肥ができた。ここでは、試料の肥効の特徴を述べる。

#### 窒素成分2%を目標に

試験は現在、圧砕もみがら、おからから堆肥を企業的に製造・市販している石川県河北郡高松町の民間工場でおこなった。堆肥舎の堆肥化槽1ます(大きさ間口約4m、奥行7.2m、高さ2.5m)を利用し、堆肥原料を仕込むときに、粉末の石灰窒素を添加混合した。堆肥の製造法は既報<sup>1)</sup>に準じているが、試料は、おからと圧砕もみがらを等量で混合し、さらに石灰窒素を、窒素成分ができ上がり約2%になることを目標に加えた。なお、この堆肥化槽は、コンクリート床面に入口から奥に向かって2本の溝があり、孔のあいた送風用の樹脂製パイプが埋設しており、槽裏の送風機によりエアレーションができる構造になっている。切り返し作業は、ショベルローダーで月1回の割合でおこない、4か月間(1996年6月～9月)堆積した。石川県農業短期大学付属農場畑(土性:砂壤土、pH5.2、全炭素0.93%、全窒素0.064%、陽イオン交換容量11.6meq)において、ha当たり複合肥料を窒素成分で292kg(基肥182kg、追肥110kg)施用したのち、さらに対照区では対照品を、試料区では試料をそれぞれ35、000L基肥施用した。耕うん混合後、幅1.5mのうね立てし、ペーパーポット育苗のはくさい(品種:白栄)苗を1998年9月4日、1うね当たり2列植えで定植し、慣行栽培管理法により育て、10月28日および11月15日に収穫調査をした。試験規模は1区14m<sup>2</sup>の単連制である。

#### 施用時期に配慮が必要

従来の床端面、排水溝などにはウジやハエの発生がみられたが、石灰窒素を添加した試料の堆肥製造時にはみられなかった。加えて堆肥化過程では、堆積した山からのアンモニアなど揮発性臭気も対照品にくらべて少なく、作業には今までより快適な作業環境であった。

でき上がった堆肥の試料は、対照にくらべて外観上区別できないが、前者は後者にくらべて水分含有率で約3割少なく、全窒素で対照品1.3%、試料2.0%と、約5割増えている。

調査収穫時の生育状況を写真-1に示した。

#### 【結球率】

はくさいの収穫時期直前、10月26日に結球している株数も試料区の結球率がやや高く、また欠株率も少ない結果を示した。ちなみに、供試圃場は20周年におよぶ畑作連続利用のため、アブラナ科の良質品収穫割合が年ごとに低下していた。この良質品収穫割合向上の点では、試料の施用効果が今後期待される。

写真-1 はくさい栽培試験圃場状況



表-1 はくさいの結球率

(1999年10月26日)

試験区	調査件数	結球株数	結球率(%)	欠株率(%)
対照区	330	263	79.6	19.1
試料区	330	276	83.6	14.8

**【収量】**

収穫調査結果を表-2に示した。試料区(石灰窒素添加堆肥区)は、対照区にくらべて球高、球径、全重では明確な差はみられなかったが、結球部の個体重量では最小値、最大値、平均値からみてわずかに劣る傾向であった。しかし、結球率、欠株率を配慮して10a当たりの結球部収量を概算すると、対照区4.90t、試料区5.17tとなり、後者がやや勝る結果となった。ちなみに、本試験に供した早生種のはくさいでは、収穫時個体重2.5kgが当地域で目標とされている。

なお、試料の緩効性発現の有無も考えて、収穫時に各区20株ずつ置き、約2週間後に収穫した調査結果を表-3に示した。球高、球径では差はみられなかったが、地上部全重と結球部個体重、収量では先の収穫時にくらべて約1kg増え、さらに対照区のほうが試料区より明らかに勝った。

したがって、見かけ上、試料区では供試肥料の緩効的な効果は収穫期にはみられなかった。ちなみに、加賀平野の沖積水田転換畑で良質な露地野菜を生産している篤農 I 氏は「石灰窒素を施用する場合には、ほかの肥料を使う場合にくらべて半月から1ヵ月早く畑に施し、作業をすずめる」と述べている。

また、本試験に際し、対照品の堆肥に添加窒素成分を硫酸や尿素などほかの窒素形態で付加した試験区を設けておけば、作物への堆肥製造時に石灰窒素を添加したことの影響を解析するのにより役立つものと反省した。

筆者らは当初、石灰窒素を添加することで、窒素成分が富化された良質な改良堆肥ができ、これがすぐ栽培される作物の収量などに反映されるのではないかと予想していた。しかし、既述のように、できたものの性質を実際の生産に効果的に反映するには、現場における施用法への配慮がさらに必要であることがわかった。

表-2 はくさいの収穫調査結果 (1999年10月28日)

試験区		球高 (cm)	球径 (cm)	全重 (kg)	収量 (固体重kg)	10a当たり 結球部収量(t)
対照区	平均値	34.6	20.2	3.58	2.64	4.90
	標準偏差	1.58	0.93	0.36	0.41	
	最大値	39.0	22.0	4.15	3.94	
	最小値	32.5	18.0	2.90	2.10	
石灰窒素 添加堆肥区	平均値	34.8	20.3	3.77	2.51	5.17
	標準偏差	1.69	1.20	0.60	0.37	
	最大値	38.0	23.0	4.92	3.14	
	最小値	29.0	17.5	2.80	1.80	

表-3 はくさいの収穫調査結果 (1999年11月15日)

試験区		球高 (cm)	球径 (cm)	全重 (kg)	収量 (固体重kg)
対照区	平均値	33.2	22.0	4.99	3.59
	標準偏差	3.16	3.25	0.69	0.46
	最大値	37.5	35.5	6.60	4.52
	最小値	21.5	19.5	3.94	3.08
石灰窒素 添加堆肥区	平均値	34.0	21.0	4.49	3.16
	標準偏差	2.27	1.56	0.83	0.91
	最大値	37.5	24.0	6.10	4.56
	最小値	30.0	17.5	3.00	2.12

**普及が可能な改良堆肥**

おから、圧砕もみがらを利用し、しめじ培養残さを堆肥化する際に、前述のようにでき上がり堆肥中窒素含有量が約2%となるよう石灰窒素を加えた改良堆肥を試作した。

この製造方法では製造時、ウジやハエの発生やアンモニア臭などが少なかった。また、砂質畑土壌ではくさいの栽培に用い、試作した堆肥の肥効を対照と比較検討したところ、この堆肥は勝る効果はみられ、現場において施肥法に留意すれば使用がすすめられると考えられた。

**石灰窒素などの添加で堤防刈草を堆肥化する方法**

**要約:** 一級河川堤防の刈草を屋外で迅速に堆肥化する方法を検討した。約30m<sup>3</sup>のコンクリート広場に設けた枠内試験では、高温耐性菌で堆肥化した肥料(ピオグリーン)の添加や、石灰窒素の施用によって堆肥化が容易に促された。

## 現状は9割が県外の堆肥

耕地・緑地土壌の酸性化や酸性雨による地力低下に関連して、生物性廃棄物の焼却・投棄が規制されていることから、この対策のひとつとして堆肥化が注目されている。

石川県内で施用される良質堆肥の約9割は県外産であることから、生物性未(低)利用資源を良質な堆肥に変化させて、リユースすることが地域的に求められている。

そこで、これらの資源のうち、県内から出る堤防刈草を主とした剪定枝・葉、間伐材・根株粉碎物などを対照に堆肥化を試み、その堆肥の特徴を比較検討した。

## 各種堆肥化促進剤の利用

石川県農業短期大学附属経営農場に、コンクリート形枠用のパネル板と直管パイプを用いて、4m四方、高さ2m、容積約30km<sup>3</sup>の堆肥槽7つを屋外に設置した。

そこへ一級河川堤防刈草や、造園業から出る剪定枝・葉、能登空港建設にともなう間伐材・根株粉碎物を材料とし、腐熟促進剤として、しめじ浅さを利用したおから堆肥、名古屋市との殺場から出る家畜の内臓などを高湿耐性菌で堆肥化したバイオグリーン、農業用集落排水処理場の脱水汚泥、小麦ふすまを原料とした堆肥化促進剤のアクセルコンポ、播州竜野製麺業から出る汚泥、その他米ぬかや小麦ふすま、石灰窒素、牛ふんなどを、表-4に示した試験区構成により混合し、足で踏み込み、散水して堆肥槽内に積み上げた。

上部はビニールシートで覆う。切り返しはショベルローダーで数回おこない、その都度十分散水した。1999年6月中旬から下旬に堆肥化試験を開始し、約150日経過後、各堆肥を採集して、その理化学性を比較調査した。試験開始時のC/N比概算として、最大値は6区の90、最小値は7区の17となり、1～5区については、2区の23以外は55前後であった。

表-4 試験区構成

試験区	材 料	腐熟促進助剤等	添加窒素量 (kg)	試験開始時のC/N比
1	梯川堤防刈草	おから堆肥(1t)、米ぬか(225kg)、堆肥化促進剤(バイオグリーン)×(40kg)	66.6	54
2	〃	下水汚泥(1750kg)、米ぬか(180kg)、小麦ふすま(75kg)	155.7	23
3	〃	石灰窒素(40kg)、米ぬか(240kg)、堆肥化促進剤(バイオグリーン)×(40kg)	70.6	51
4	〃	米ぬか(300kg)、堆肥化促進剤(バイオグリーン)×(120kg)	65.9	55
5	〃	小麦ふすま(25kg)、米ぬか(240kg)、堆肥化促進剤(アクセルコンポ)×(40kg)	62.8	57
6	剪定枝葉粉碎物	牛ふん(3t)、米ぬか(240kg)	64.2	90
7	能登間伐材・樹木根株粉碎物	食品工業(製麺業)汚泥(8t)、米ぬか(135kg)、堆肥化促進剤(バイオグリーン)×(40kg)	337.0	17

※体積日：1、4、5区 6月17日、2、3、7区 6月30日、6区 6月18日

※バイオグリーン：発酵特殊肥料(N 2.44%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4.56%、K<sub>2</sub>O 1.83%)

※アクセルコンポ：堆肥化発酵促進剤(N 2.5%)

## 完熟すれば効果が上がる

図-1には足長温度計で計測した各堆肥の温度変化を示した。堆積開始直後は80℃近くまで温度が上昇し、微生物の活動が活発であったことがわかる。9月10日の観察時点で、1、2、4、5区は容積残量が2/3であったのに対し、温度低下が、ほかの区より早かった3区は1/2と、見た目の減容量化も速かった。

表-5に150日経過後の堆肥の外観を示した。色調では、1～5区がほぼ黒色、6区が褐色、7区は暗色褐色で、これらの色調から堆肥化が進んだことがわかる。表-6に各堆肥の理化学性を示した。窒素含有率についてみると、1、2区が5%と高いのが特徴的である。木材を材料とした6、7区は、難分解性のリグニンを多く含むため、2%未満と低い。堆肥の腐熟度判定基準のひとつとされている炭素率は、一般に20以下が望ましいとされている。しかし、6、7区は29と、やや高い値であったことから、まだ熟成が不十分と考えられる。炭素率の値がもっとも低かった5区、ついで1、4区の順に分解が早く進行したことがわかる。リン酸とカリ含有率についてみると、その含有率が高く、かつ両成分とも均一に含まれていた区は、4、5区、ついで3、2区の結果となった。

つぎに、この7種類の堆肥を用いて幼植物栽培実験をおこない、各堆肥の性質を間接的に比較した。表-7に示した試験区の構成により、1区2連制で1/5、000aポットでこまつなをポット当たり10粒播種し、栽培した。栽培期間は2000年12月9日から2001年3月7日までとした。

こまつなの最大草丈、ポット当たりの新鮮重を図-2に示した。化学肥料併用区(A-1～7)が、堆肥のみ施用区(B-1～7)より生育効果が顕著に現れている。

最大草丈や新鮮重の大小で比較すると、A-4、5区が地区より勝る結果であった。  
腐熟判定基準のひとつである炭素率や、栽培試験結果などから考察すると、相対的に4、5区の堆肥化方法が、腐熟がより早く進んでいたと考えられた。

また、1～5区について、試験開始時の炭素率が2区以外は55前後とほぼ同じ条件下であったにもかかわらず、相対的に4、5区の腐熟が早く進行していたことから、腐熟促進剤の構成要素や添加量、堆積状態がよかったものと考えられる。6、7区については、堆肥の熟成がまだ不十分であったため、完熟後の作物への効果が期待される。

本試験結果から、試験に用いた刈草は枝葉、間伐材など同じように、地域で十分堆肥化材料として容易に再利用できると考えられる。

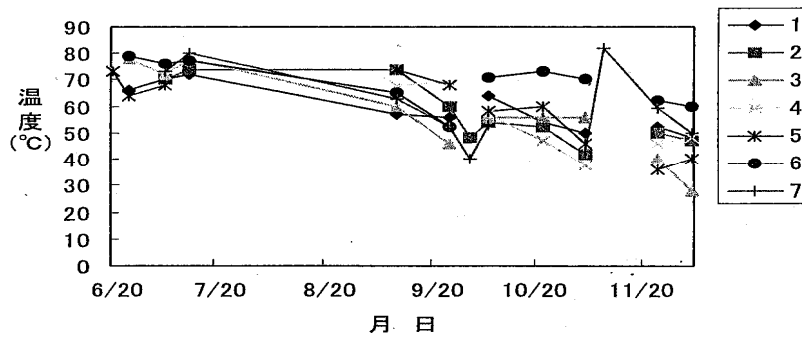


図-1 各堆肥の温度変化

表-5 堆肥の外観調査(観察日:12月4日)

試験区No	色調	植生・その他
1	7.5YR1.7/1	植物(マメ・イネ・アブラナ科)が出芽
2	7.5YR1.7/1	植物(マメ・カタバミ科)が多く出芽。キノコがわずかに生育
3	7.5YR1.7/1	植物(マメ・イネ・アブラナ科)が多く出芽
4	7.5YR1.7/1	キノコが3、4本生育。ミズが存在
5	7.5YR1.7/1	植物(マメ・イネ・アブラナ科)が出芽。ミズや蜘蛛が多く存在
6	10R1.7/1	植物(マメ科)がわずかに出芽
7	5RY3/3	植物(ナデシコ科)がわずかに出芽

※ 色調は標準土色帖による

表-6 各堆肥の理化学性

試験区No	水分含有率(%)	pH	C(%)	N(%)	C/N比	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)
1	76.3	7.6	50.6	5.06	10.0	1.32	1.90
2	78.9	7.4	65.4	5.12	12.8	1.84	2.02
3	76.8	8.9	53.0	3.02	17.6	1.80	2.34
4	72.0	8.7	30.7	2.82	10.9	2.37	2.86
5	77.3	7.9	39.6	4.01	9.9	2.12	2.55
6	77.5	8.1	52.0	1.78	29.3	2.41	1.52
7	66.4	8.9	39.6	1.34	29.6	1.80	0.55

表-7 栽培試験区の構成

試験区	施用量(g/ポット)		試験区	施用量(g/ポット)	
	窒素、リン	堆肥		窒素、リン	堆肥

		酸 力				酸 力	
		各成分				各成分	
A	三要素	0.5	0				
A-1	三要素+試作堆肥1区	0.5	100	B-1	試作堆肥 1区	0	100
A-2	" 2区	0.5	100	B-2	" 2区	0	100
A-3	" 3区	0.5	100	B-3	" 3区	0	100
A-4	" 4区	0.5	100	B-4	" 4区	0	100
A-5	" 5区	0.5	100	B-5	" 5区	0	100
A-6	" 6区	0.5	100	B-6	" 6区	0	100
A-7	" 7区	0.5	100	B-7	" 7区	0	100

### 捨てす適切に処理すれば

一級河川堤防刈草は、約6か月で完熟の堆肥となった。地域の農林業現場から出る生物性廃棄物の軽量・減容量化と堆肥化、耕緑地への還元再利用は、酸性雨被害の軽減や肥沃度低下防止、安全で高品質な農林産物を生産する上で大切なことであり、また行政や民生上も望ましいことである。ちなみに、今まで生産・加工・製造の各分野では、いずれも必要なものだけを使い、「不要なものを捨てる」発想が多く、捨てられたものは公共費用で最終的に処理される例が多かった。

周知のように、また本試験でも示したが、空気と適度なしめりで生育する好気性菌の働き、有機物を分解する環境を確保すれば、生の廃棄物は適切に有用資源に変わる。ただその際、水分の多い材料は、水分の少ないものと混合(約60%に水分調整)し、臭いのきついものは、吸臭性のある木質や炭、土などの素材と混合することに配慮し、切り返しやエアレーションを継続し、リグニンなどの多い分解しにくい(C/N比の大きい)素材を多く含むときには、窒素栄養源の追加などに留意すればよい。

2つの試験は、いずれもコンクリートの広場で、ショベルローダーによる混合で簡易に堆肥化したものである。したがって、出された素材を新鮮なうちに適切に処理すれば、良質な堆肥が得られることがわかる。

「金をかけるか手間をかけるか」。現在大量の廃棄された生物性有機物を堆肥化するために使用されている微生物菌群方式は多い。YM(山村)菌、宇山酵素、葉坂プラント(仙南工業)などは、迅速に良質の堆肥ができるとされている。これらは原体(菌、堆肥をつくる種苗)10t車1台分200万円弱、1レーン(プラント)2億円などと開発費がかかっているため高値である。本試験のような在来の土着菌を利用しても、究極には堆肥ができる。したがって、関係主体者の財力、労力環境によって望ましい堆肥化方式を選択すればよい。

生物性廃棄物の堆肥化は、生物学、化学、物理学などの基本的知見を現場で有機的に結合させて有機質肥料をつくり、生産環境に還元することが基本であるため、具体的作業者・運営者の継続的な努力が求められる。

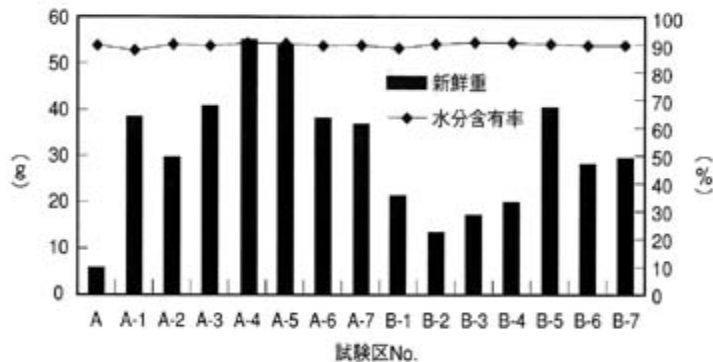


図-2 新鮮重と水分含有率

### ●参考文献

- 1)長谷川和久・上野祐子・伊藤鉄雄:新しい有機質肥料「おから、圧砕もみがら培養キノコ残渣堆肥」—その製造と果菜類に対する施用効果— 農業および園芸64巻2号、319-324 (1989)
- 2)長谷川和久:土壌と生産環境、1-204、(2002) 養賢堂
- 3)立野朋子・長谷川和久:堤防刈草堆肥および膨脹軟化粉殻の百日草に対する施用効果、農業および園芸 76巻、808-812、(2001)
- 4)奥野まゆみ・長谷川和久:地域で排出される廃棄物の肥料化・登録事例、農業および園芸 77巻、1157-1161、(2002)
- 5)長谷川和久ほか:伐採木チップ等の堆肥化 —高温耐性菌利用品の応用、日本土壌肥料学会講演要旨集44巻、189、

(1998)

- 6)長谷川和久ほか:北陸地域における生物性 廃材等の耕緑地利用1、材料の種類と堆肥化、現地施用事例、日本土壤肥料学会講演要旨集46集、175、(2000)
- 7)長谷川和久ほか:北陸地域における生物性廃材等の耕緑地利用2、間伐材、堤防刈草 などの堆肥化事例、日本土壤肥料学会講演要旨集46集、175、(2000)
- 8)長谷川和久:林産系有機資材の利用、中部土壤肥料研究89集、54-57、(2000)