

# 廃材堆肥生産技術の現状と問題点（1）

- 調査対象企業の概要・製造技術について -

高橋 弘行

## 1. はじめに

廃材堆肥が産声を上げてから、かれこれ20年になるうとしている。近年、土壌有機物の不足から農林園芸分野で廃材堆肥の需要は急速に伸びており、また、家畜のふん尿処理を始めとする公害対策技術としても木質廃材の利用は定着している。

しかし、農業の歴史と共に育ち、根を下してきた稲わら堆肥、腐葉土など従来の農業用有機資材に比較すると、現在の廃材堆肥の製造技術や施用技術等についての経験が必ずしも十分とは評価されていない。ことに理論的な裏付けの面では大きく遅れをとっており、これが指導的立場にある農業技術者や引いては農民に一まつの不安を与える要因となっている。

このような現状から、林野庁は大型プロジェクト研究課題の一つとして「家畜敷料、廃材堆肥製造利用技術に関する研究」を企画し、既に54年度から富山県、北海道等8道県の共同研究として実施されている。この研究は廃材堆肥製造にあたっての原料の適正配合比、発酵管理法、発酵促進法、熟度判定法など生産技術全般にわたる合理的な技術体系の確立を目的としている。

本調査も、この研究の一環として行ったもので、廃材堆肥の製造技術や品質管理の現状を正確に把握し、当面する試験研究のより効果的な展開を計ろうとするものである。調査は、全国の廃材堆肥メーカー45社を対象にアンケート方式で行い、35社から調査票を回収した（回収率77.8%）。

調査票の配布、回収にあたり、全国パーク堆肥工業会、日本パーク堆肥協会、北海道木質土壌改良材協会の3団体をはじめ、多くのかたがたのお手数をわずらわしたことを申し添え、謝意を表す。

なお、本号では「調査対象企業の概要」と「製造技術」について、今回は「品質管理技術・品質規格」

「廃材堆肥の用途と施用方法」等について紹介する。

## 2. 調査対象企業とその概要

調査票を回収した35社の企業名とその生産能力、従業員数など企業の概要を第1表にまとめた。所属団体別内訳は、北海道木質土壌改良材協会12社、全国パーク堆肥工業会8社、日本パーク堆肥協会9社、フリー6社、計35社である。これらの地域分布は、沖縄地方、北陸地方を除く9地方17道県に及んだ。

企業の形態は会社組織26社、組合組織9組合となっており、これらのうち堆肥生産を専業（堆肥部門を独立採算とするものも含む）とする企業は9社に過ぎず、26社は兼業又は副業である。兼業・副業の場合、その本業は、紙・パルプ5社、チップ・製材11社、林業・木材流通・緑化事業3社、農協3社、肥料製造2社、建設業1社、生花販売1社で、木材関連業が19社を占めている。

### 2.1 生産能力と生産実績

生産能力は未記入の1社を除く34社の合計が約23.7万t、1社平均約7千tである。しかし、小は5百tから3万tまで、企業による格差はいちじるしい。この内訳は2千t未満5社、2千t以上5千t未満10社、5千t以上1万t未満9社、1万t以上9社である。

一方、53年度の生産実績を見ると、約15万tであって、生産能力をいちじるしく下回っている。今、53年度生産実績のないもの及び試作段階（53年度以降生産開始）にあるものを除く29社について見ると、その生産能力は21.2万t、これに対し生産実績は14.2万tであって、生産能力の67%に過ぎない。団体別では「北海道」51%、「全国」81%、「日本」64%、「フリー」71%である。ただし、これは調査票を回収できた企業について集計した結果であって、各団体の実態とは異なるかも知れない。ちなみに、生産能力と生産実績が

第1表 調査対象企業の概要

企 業 名	工 場 所 在 地	生 産 開始年	生産能力 (t/年)	53年度 生産実績 (t)	従業員(人)		専業・ 兼業の 別	本 業
					事務	労務		
〔北海道木質土壌改良協会〕								
愛別有機肥料株式会社	北海道上川郡愛別町	50	5,000	3,000	1	10	兼業	鶏ふん乾燥
王子緑化㈱北海道支店	〃 苫小牧市高丘町	39	5,000	3,600	1	9	〃	営林・緑化他
山陽国策パルプ㈱旭川工場	〃 旭川市パルプ町				1		〃	紙・パルプ
十糸製紙株式会社釧路工場	〃 釧路市島取	48	500	0			〃	〃
谷崎木材産業株式会社	〃 沙流郡門別町	54	8,000	0	2	6	〃	チップ・製材
有限会社 十勝農芸産業	〃 中川郡池田町	48	3,000	2,000	1	5	〃	生花販売
北海道パーク株式会社	〃 〃千歳市駒里	32	5,000	5,000	1	5	専業	チップ
北陽製紙㈱名寄工場	〃 名寄市徳田	45	1,500	900	1	1	兼業	紙・パルプ
本州製紙㈱北海道山林事業部	〃 釧路市大染毛町	44	1,000	900	2		〃	〃
株式会社 南組苫小牧支店	〃 苫小牧市晴海町	57	20,000	5,400	1	2	〃	建設業
森産業株式会社	〃 上川郡清水町	51	6,000	3,000	1	6	専業	チップ
林産加工吉井木材有限会社	〃 芦別市上芦別町	53	2,000	2,800	1	3	兼業	製材
〔全国パーク堆肥工業会〕								
伊予木材株式会社	愛媛県大州市徳の森	45	3,500	3,315	4	6	兼業	チップ、流通
佐藤木材工業株式会社	岐阜県益田郡萩原町	47	7,000	5,490	3	5	〃	チップ、製材
常磐杭木株式会社	福島県磐城郡内郷高野	48	2,000	1,162	1	4	〃	チップ
有限会社 園田産業	宮崎県都城市都北町	48	2,500	1,800	2	7	専業	チップ
富士見工業株式会社	静岡県静岡市富士見台町	36	30,000	23,000	23	20	〃	〃
山北チップ工業株式会社	神奈川県足柄上郡山北町	43	12,000	9,000	6	15	〃	〃
セルフミン生産協同組合	鳥取県境港市小篠津町	49	12,000	12,000	4	12	〃	〃
上越木皮処理事業協同組合	新潟県中頸城郡三和村	53	12,000	4,862	2	8	〃	〃
〔日本パーク堆肥協会〕								
片倉チッカリン株式会社	鹿児島県曽於郡輝北町	52	10,000	4,000	2	7	兼業	複合肥料製造
上越開発㈱樹皮堆肥事業部	新潟県北魚沼郡小出町	42	2,000	1,500	1	10	〃	チップ
清水港木材産業協同組合	静岡県清水市畑込町	43	30,000	17,660	9	14	〃	製材ほか
スマリン農産工業株式会社	愛知県海部郡飛鳥村	48	6,000	1,500	4	4	専業	チップ
田辺港輸入木材協同組合	和歌山県田辺市新庄町	44	10,000	10,000	2	8	〃	チップ
東亜木材株式会社	岩手県下閉伊郡岩泉町	49	3,000	3,300	1	6	兼業	チップ・製材
富岡地区製材協同組合	福島県双葉郡富岡町	51	6,000	4,000	1	5	〃	製材
名古屋パルプ株式会社	岐阜県可児郡可児町	47	10,000	7,000	5	4	〃	紙・パルプ
本州緑化株式会社	群馬県沼田市薄根町		4,000	2,500	2	4	〃	緑化
〔その他〕								
株式会社 小林林業商事	福島県相馬郡鹿島町	46	1,500	1,300	1	4	兼業	チップ・製材
須崎市農業協同組合	高知県須崎郡神田町	52	6,000	3,400	1	3	〃	農業団体
天理市農本農協堆肥工場	奈良県天理市中之庄町	53	2,000	500	(0)	2	〃	農業団体
古屋製材株式会社	山梨県塩山市竹森	50	3,500	3,500			〃	製材
安田農協パーク堆肥工場	高知県安芸郡安田町	51	3,000	1,300	1	2	〃	農業団体
大豊町森林組合	高知県長岡郡大豊町	52	1,500	1,500	(0)	2	〃	製材生産・販売
計			236,500	150,189				

ほぼバランスしているのは29社中7社、生産実績の比率が最も低いのは25%であった。

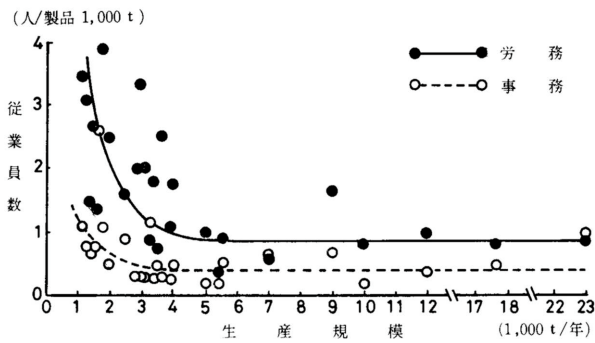
## 2.2 生産規模と従業員数

第1図は、53年度の生産実績と堆肥千tを生産するのに要する従業員数の関係を示したものである。

直接作業に従事する労務人員は、生産規模が大きくなるほど少なくなる傾向があり、4~5千tを超えるとほぼ一定となる。生産規模が4千t以上の場合、平均1.0人、5千t以上では平均0.9人である。これに対

して4千t以下の場合、0.8~3.9人の範囲にあり、平均2.2人とかかなり多くなる。一般に生産規模が小さ過ぎると設備投資が押えられるため、工程の機械化や連続化による省力化に不利であって、相対的に人力に依存する割合が高くなるのは当然である。また、兼業で生産規模が小さい場合、作業量が少いため他の業務と兼務するケースが多く、今回の調査にあたってこうした労務配分が考慮されることなく、人員が過大に記入された可能性もある。

〔林産誌月報 1981年5月〕



第1図 生産規模と製品1,000tあたりの従業員数

生産規模が4千t以下の17例について計算した，“生産規模と堆肥千tあたり労務人員”の相関係数は-0.35であって極めて低い。このことは第1図の点のパラッキによく表れており、同じ生産規模であっても個々の事例によって労務人員にはかなりの格差がある。一つには既に述べたように、一部の企業で労務人員を過大に記入した可能性があり、これが両者の相関関係をあいまいにしている原因であろう。また、いま一つの原因として、単位生産量あたりの“作業量”の違いが考えられる。たとえば、樹皮の運搬距離、粉碎・ふるい分けの有無、配合作業の方法、野積みか砕積みか、切返しの回数、製品のふるい分け・袋詰めの有無等々、工程や作業方法によって作業量はかなり異なり、必要な人数も当然異なる。実際に廃材堆肥作りの工程や作業方法は企業によってかなりの違いがある。ただ、今回の調査では“実作業時間”について回答を求めているので、工程や作業方法と労務人員の関係、ひいては工程や作業の合理化の経済効果について定量的な判断は得られなかった。

一方、管理事務、営業関係について見ると、労務人員と同様、生産規模の大きい方が堆肥千tあたりの必要人数は少なくなる傾向がある。しかし、ほとんどが1名以下であり、平均0.58人、生産規模5千t以上の平均0.45人であった。

製造業にとって、人件費は設備費と共に製造コストを支配する重要な因子である。この調査結果は、廃材堆肥の生産を専業とするメーカーが安定した経営を維

持するための生産規模として、5千t/年以上が望ましいことを示唆している。

さて、生産規模が5千t以上の場合、廃材堆肥千tを生産・販売するために、労務関係約1人、管理事務・営業関係約0.5人、計1.5人を必要とすることになる。今、人件費を1人あたり250万円/年とすれば、廃材堆肥1tあたりの人件費は3,750円となる。生産規模が5千t未満の場合、これより高くなることは言うまでもない。

### 3. 製造技術について

製造技術に関する調査結果を、第2表、第3表、第4表にまとめた。なお、調査項目によっては、同一企業で2項目以上記入された場合や記入もれがあり、調査対象企業数と回答数は必ずしも一致しない。

#### 3.1 原料廃材

原料廃材の種類を第2表-1に示した。回答数73例のうち、新鮮樹皮が54.8%と半数以上を占め、次いで腐朽樹皮が32.9%、チップ屑9.6%、のこ屑2.7%の順であった。このように販売目的で生産される廃材堆肥のほとんど(88%)は樹皮を原料として製造されており、チップ屑、のこ屑は補助的に利用されている。腐朽樹皮と言うのは、はく皮後堆積して自然に腐朽が進んだもので、ここでは6ヵ月以上経過したものを指す。ちなみに、腐朽樹皮を使用する24例中、堆積腐朽期間1年以上が19例(80%)で、このうち3年以上が8例(33%)を占めている。

新鮮な針葉樹廃材(以下N廃材)は広葉樹廃材(以下L廃材)にくらべて腐朽しにくく、しかも植物に対する生育障害作用も強いので、ともすれば“堆肥原料に向かない”とする見解を生んで来た。今回の調査でも、N廃材とL廃材の割合は25:75であって、N廃材に対する警戒心が根強く残っていることをうかがわせる。しかし、木材中の化学成分に起因する作物の生育障害は、適正な管理のもとで堆肥化することによって確実に回避できる。実際に、木材輸入港の周辺に立地する廃材堆肥メーカーの多くは、ヘムロック、エゾマ

第2表 製造技術について

調査項目		回答数	調査項目		回答数
1 原料廃材の種類	新鮮樹皮 (広葉樹)	29	5 材料の混合	連続式混合機で行う	21
	" (針葉樹)	11		回分式混合機で行う	3
	腐朽樹皮 (広葉樹)	17		ショベルローダー等	13
	" (針葉樹)	7		その他	1
	チップ屑 (広葉樹)	7		計	38
	" (針葉樹)	0	6 添加材料の	最初の混合時	30
	のこ屑 (広葉樹)	2		一部を切返した時	5
" (針葉樹)	0	計		35	
計		73	7 堆積設備	堆肥舎	11
2 剥皮機のタイプ	乾式ドラムバーカー	23		堆積砕 (含屋根付)	15
	リングバーカー	5		野積み	26
	カッターヘッドバーカー	1		計	52
	チェンバーカー	3	8 切返しの回数	1~2回	0
	不明	2		3回	3
計	34	4回		6	
3 粉碎	自社で粉碎	27		5回	9
	粉碎樹皮を購入	3		6回以上	16
	粉碎しない	5	計	34	
	計	35	9 堆積期間	3か月以下	3
4 ふるい分け	粉碎前に行う	11		3~6か月	12
	粉碎後に行う	10		6~9か月	5
	粉碎前後の2回行う	1		9か月~1年	2
	ふるい分けしない	13		1~2年	10
	計	35		2年以上	3
			計	35	

ツ, トドマツ, ベニマツ, カラマツ等の針葉樹皮を原料として堆肥を生産しており, さらに, これらの製品を含め, N廃材堆肥を施用によって, “明らかに木材成分に起因すると思われる生育障害”が観察された事例は極めてまれと言ってよいであろう。にもかかわらず, 一部の需要家や農業技術者のみならず, メーカーの中にもN廃材堆肥に対する警戒心を完全に払拭できないのは何故であろうか? これは堆肥製造技術全般について言えることであるが, 廃材堆肥の生産はローカルな産業であって, 生産技術に関する経験や研究成果が, 情報として円滑に伝達されにくい状況に置かれていることがその一つの理由である。また一つには, 生育阻害の原因物質およびその堆肥化過程での消長等について, 系統的・実証的な研究が欠落していることも影響していると考えられる。

原料廃材の入手先を見ると, 全量又は大部分を自社で発生する廃材でまかなっているメーカーは, 回答35例中20社(57%)であって, 残りの15社(43%)は原

料廃材の全量又は大部分を他の木材業者から供給してもらっている。

他社から原料廃材の供給を受けるとする15社のうち6社は有償, 7社が無償(記入もれ2社)であった。有償の場合, その価格は1m<sup>3</sup>あたり250~3000円, 平均1010円であった。廃材1m<sup>3</sup>から500kgの製品が得られるとすれば, 製品1tあたりの原料廃材コストは500~6000円, 平均2020円となる。なお, 無償7社のうち6社は先方の工場渡しなので, 堆肥場までの運賃が原料廃材費となる。

また原料樹皮の7割弱がドラムバーカーによってはく皮されたもので(第2表-2), チップ工場の樹皮が主体を占めていることが分かる。

### 3.2 樹皮の粉碎・ふるい分け

35例中, 自社で樹皮を粉碎してい

るメーカーが27社(77%)と最も多く, これに“粉碎樹皮を購入する”とする3社を加えると, 大方のメーカー(86%)が粉碎樹皮を使用している(第2表-3)。“粉碎しない”5社のうち4社は, チェンバーカーではく皮した樹皮や腐朽の進んだ樹皮など, もともと粒度の細かいものを, また1社はのこ屑, チップ屑を主に使用しており, 粗大な樹皮をそのまま利用する例は見当らなかった。

また, 樹皮の粒度を揃えるためにふるい分け作業を行っているメーカーは22社(63%)で, このうち半数がいわゆる閉回路方式を採っている(第2表-4)。ふるい分けする場合, その目開きは5~25mmの範囲にあり, 多くは10~20mm, 平均13mmである。

### 3.3 添加材料の配合

#### 3.3.1 添加材料の種類と配合比

第3表は, 所定の調査項目に記入もれのあった5社を除く30社について, 添加材料の種類と廃材1000kgあたりの配合量をまとめたものである。

第3表 添加材料の種類と配合量(1) 廃材(現物)1,000kgあたりの配合量

(単位: kg)

No.	廃材(現物)1m <sup>3</sup> の重量	添加材料の種類						No.	廃材(現物)1m <sup>3</sup> の重量	添加材料の種類														
		鶏ふん(乾)	鶏ふん(生)	硫	安	尿	素			過	石	その他	鶏ふん(乾)	鶏ふん(生)	硫	安	尿	素	過	石	その他			
1	250		300					注 a)	16	400	100													
2	400	40		10				注 b)	17	500		300	7											
3	500	125	200			20	26		18	250	140													
4	500	100							19	400	60													
5	500		50			10			20	350	80	20												
6	600	150			20	17			21	500	60													
7	500	50				10			22	700		200												注 d)
8	500	70				40			23	500	60			20										
9	770	50	120	10		5			24	500	50			5										
10	1,000	50				5	5		25	450	80			20										
11	500	100				15			26	300	50						10		10					
12	480	90				5		注 c)	27	275		150												注 e)
13	450	50				12			28	400	50													
14	500	60				20			29	700	50													注 f)
15	500	50							30	800	120													

注) a) 牛・豚の廃糞料 600, エノキタケ廃培地 100  
 b) 米ぬか 7  
 c) 米ぬか 20

d) と殺場廃棄物(血液・内臓等) 550  
 e) 生し尿・と殺場廃棄物 600, 米ぬか・骨粉等 30  
 f) 米ぬか 6

添加材料の組み合わせの基本は「鶏ふん + 化学肥料」である。鶏ふんとしては、乾燥鶏ふん27社、生鶏ふん5社、両者併用3社で、乾燥鶏ふんを使用するメーカーが圧倒的に多い。乾燥鶏ふんは流通肥料であって、いつでも、どこでも簡単に入手でき、価格も安定しているほか、おおむね粒状で流動性があり、悪臭も比較的弱いので作業性が良く、また袋詰めされているので保管や取り扱いが便利である、など種々の利点を持っており、これらの点が市販堆肥用添加材として歓迎されているのであろう。

化学肥料は、明らかに窒素の補給が主目的となっており、硫安又は尿素が用いられている。このほかには過りん酸石灰を配合しているメーカーが3社ある。ねらいはりん酸、石灰の補給とアンモニア態窒素の損失防止であろう。

「鶏ふん + 化学肥料」の基本的な組み合わせに加えて、米ぬか、骨粉等の有機質肥料や廃敷料、食用茸廃培地、生し尿、と殺場廃棄物等の有機性産業廃棄物を配合しているメーカーが6社あり、これらはいずれも北海道に所在するメーカーである。このほか北海道では、近年、豚・牛の生ふん尿、し尿処理汚泥、CSF(ステフェン廃液濃縮液 - 製糖工場廃液)、でん粉かす、水産加工場・食品工場の廃液、汚泥など種々雑多

な産業廃棄物が、主として自給堆肥の添加物として活用され始めている。これは、地域で発生する種々の廃棄物を巧みに組み合わせることによって、“脱公害”と“有機物の土壌還元”を効率的に進めようという考え方に基づいている。

一般に有機性廃棄物は、重金属等の有害物質を含まない限り、廃材堆肥の添加材料として利用可能である。これらの有機物は、単に窒素、りん酸、カリ等の主要無機栄養分の供給源としてのみならず、微量元素や生育因子の給源および易分解性炭素源として発酵促進効果が高いので、添加材料としては化学肥料よりもはるかに優れている。また、こうした廃棄物を利用することによって原料コストの軽減も期待できる。もし適当な有機物が安定して入手できる条件があれば、販売目的の堆肥生産にももっと積極的に活用することが望ましい。なお、第3表に収録しなかったメーカーの中で“アルコール発酵副産液”を配合している1例があったことを紹介しておく。

さて、今回の調査では“添加量”についての設問に続いて、“貴社では廃材1m<sup>3</sup>を何kgとしていますか”と質問して見た。第3表左欄がその結果である。廃材の1m<sup>3</sup>重は廃材の種類、粒度、含水率、測定時の充てん密度等によってかなり異なるが、粉碎樹皮の

第4表 添加材料の種類と配合量(2) 廃材(乾物)1,000kgあたりの配合量

(単位: kg)

No.	添加材料の種類						添加窒素量	No.	添加材料の種類						添加窒素量	
	鶏ふん(乾)	鶏ふん(生)	硫安	尿素	過石	その他			鶏ふん(乾)	鶏ふん(生)	硫安	尿素	過石	その他		
1		375				a)	21.9	16	200			20.0				16.0
2	80		20.0		8.0	b)	7.1	17		750	17.5					14.8
3	313	500		50.0	65.0		41.0	18	140			13.8				11.1
4	250						8.8	19	120			20.0				13.2
5		125		25.0			13.1	20	140	35		1.8				6.2
6	450		60.0	51.0			50.1	21	150		15.0	17.5				16.1
7	125			25.0			15.6	22		700					d)	
8	175			100.0			51.1	23	150		50.0					15.3
9	193	963	38.5	9.3			33.1	24	125		12.5					6.9
10	250		25.0	25.0			25.0	25	180		45.0					15.3
11	250			37.5			25.6	26	450			15.0	15.0			22.5
12	216		12.0			c)	10.9	27	124						e)	
13	113		27.0				9.4	28	100							3.5
14	150		50.0				15.3	29	175			21.0			f)	16.0
15	125						4.4	30	480							16.8

注) a) 牛・豚の廃敷料 750, エノキタケ廃培地 125  
 b) 米ぬか 14  
 c) 米ぬか 84

d) と殺場廃棄物(血液・内臓等) 1925  
 e) 生し尿・と殺場廃棄物 825, 米ぬか・骨粉等 41  
 f) 米ぬか 21

場合おおむね300~400kgの範囲にあり、一般的には350kg前後の数値で代表させることが多い。しかし今回の調査結果は、最低250kgから最高1,000kgの範囲にあり、その半数は450~500kg、平均499kgであった。この数値は、範囲、平均値とも一般的に採用されている数値とかなりかけ離れている。

廃材堆肥の生産現場では、廃材の容積からその重量を推定するのが普通である。したがって、1m<sup>3</sup>重がメーカーによってこんなに異なるということは、その実重量にいちじるしい違いのあることを示している。すなわち、第3表に記入された添加量は、それぞれのメーカーが“1,000kgと考えている”廃材量に対する添加量であって、必ずしも正しい配合比を表しているとは限らない。そこで今回は、記入された数量を一旦樹皮1m<sup>3</sup>あたりの添加量に換算し、粉碎樹皮の容積重を0.2と置いて乾物樹皮1,000kgあたりの添加量に換算した。この結果は第4表にまとめてある。

添加量はメーカーによって実に千差万別であり、しかも材料の種類や組み合わせが異なるので、このままの数値でその当否を比較検討することは困難である。筆者は、廃材堆肥の配合設計にあたり、窒素添加量(又は配合後の予想炭素率)と、添加窒素量に対する化学肥料に由来する窒素の比率を基準とすることが

多い。これは窒素量の多寡(又は炭素率)や窒素の形態が有機物の分解速度を支配する大きな要因となっているからである。そこで、今回も表の添加量から、廃材1,000kgあたりの添加窒素量を計算し、第4表右欄に示した。ただし、添加材料の窒素含有率は、硫安20%、尿素45%、乾燥鶏ふん3.5%、生鶏ふん1.5%、米ぬか2%、食用茸廃培地・廃敷料1%として計算した。この結果、添加窒素量は最低4.4kgから51.1kgと極めて広範囲にわたっており、多くは10kg以上、平均添加量は18.1%であった。では一体、適正な窒素添加量はどのくらいであろうか?。本来、添加材料の配合比は微生物の栄養要求に基づいて合理的に決定されるべきであるが、この種の研究は緒についたばかりで、残念ながらこの回答はまだ出ていない。

そこで、北海道立林産試験場では暫定的な配合基準として“廃材乾物1,000kgあたり10kg(1%)の窒素を添加する”ように指導している。これは、道内外で行われた試験例や実施例から経験的に導かれたものであるが、以下に記述するように一応の理論的根拠もある。すなわち、

配合時の炭素率R<sub>1</sub>、製品の炭素率R<sub>2</sub>は次式で表すことが出来る。

$$R_1 = (C_1 + C_2) / (n_1 + n_2) \dots \dots \dots (1)$$

$$R_2 = R_1 \cdot dc/dn \cdots \cdots (2)$$

$$R_1 = R_2 \cdot dn/dc \cdots \cdots (3)$$

但し,  $C_1$ : 廃材乾物中のC量

$C_2$ : 添加材料中のC量

$n_1$ : 廃材乾物中のN量

$n_2$ : 添加材料中のN量

dc: 堆肥化後のC残存率

dn: 堆肥化後のN残存率

まず, 製品の炭素率 ( $R_2$ ) の目標を決め, (3) 式を用いて, 配合時の炭素率 ( $R_1$ ) を推定する。

堆肥化終了後のC残存率 (dc), N残存率 (dn) は廃材の種類, 添加材料の種類, 添加量, 堆積管理方法など種々の要因によって支配される。筆者らが行った広葉樹のこ屑, 同チップ屑の堆肥化試験によれば, 400日経過後のdcは0.45~0.50, dnは0.7~0.85であったが, 樹皮を原料とする場合も含めると, おそらくdcは0.45~0.65, dnは0.65~0.85程度の範囲にあると思われる。そこで,  $R_2 = 30$ , dc=0.75, dn=0.55として(3)式に代入すると,

$$R_1 = 30 \times 0.75 / 0.55 = 40.9$$

すなわち, 炭素率30程度の製品を得るためには, 配合時の炭素率を40程度に調整すればよいことになる。

$R_1$ を40程度にするための窒素添加量 $n_2$ は(1)式を変形した次式によって求めることができる。

$$n_2 = (C_1 + C_2) / R_1 - n_1 \cdots \cdots (4)$$

廃材1,000kg中の $C_1$ は, 樹皮の場合, 普通450kg (C含有率45%)と見る。 $n_2$ は1~5kg (N含有率0.1~0.5%)の範囲にあり, 多くは1~3kgである。また, 添加材料によって持込まれる炭素 $C_2$ は, 添加物の種類や添加量によってかなり異なるが, 「鶏ふん+化学肥料」の場合, 多くても70~80kg, 普通は30~40kgである。そこで $R_1 = 40$ ,  $C_1 = 450$ kg,  $n_1 = 2$ kg,  $C_2 = 35$ kgとし, (4)式に代入すれば,

$$n_2 = (450 + 35) / 40 - 2 = 10 \text{ (kg)}$$

すなわち, 配合時の炭素率を40とするための窒素

添加量は10kgということになる。ただし, 以上の計算は多くの仮定を前提としているので, あくまで大ざっぱな目安である。

さて, この配合基準にてらして第4表の窒素添加量を検討して見る。いずれ「品質管理」の項(次回)で紹介するが, 廃材堆肥3団体の品質規準では製品の炭素率を30以下(北海道木質土壌改良材協会)又は35以下(他の2団体)するよう指示しており, 「10kg」は評価の基準としてそれなりの妥当性を持っている。

添加窒素量を記載した28例中, 基準に近いもの(8~12kg)は4例に過ぎず, 下回るもの5例, 上回るもの19例と, 概して窒素添加量が多い。ことに25~50kgに及ぶものが6例もあったことは, 窒素添加量の分布が極めて広範である点と共に, 予想をはるかに超える結果であった。これらの6例について, 既述の方法(但し, 鶏ふんの炭素率=7として $C_2$ を求めた)で配合時の炭素率を推定すると, それぞれ13.5 (No.3), 10.8 (No.6), 9.3 (No.8), 17.0 (No.9), 18.9 (No.10), 18.5 (No.11)といちじるしく低く, ことにNo.3, No.6, No.8は有機質肥料並となっている。このような配合比は現実のものとは理解しにくく, ことによると, 添加量が誤って記入されたとも考えられる。ちなみに, 基準に近い4例の場合, それぞれ47.3 (No.4), 40.1 (No.12), 41.9 (No.13), 37.0 (No.18)であった。

一般に添加窒素が多ければ, 製品中の窒素も増大し, 炭素率も低下する。しかし, 適量を大幅に超えると堆積中の窒素の消失も飛躍的に増大することが分かっている。ことに鶏ふんのように炭素率が低く, 窒素が無機化しやすい形態の場合にこの傾向が強い, 本来, 堆肥化過程における窒素の無機化は, 微生物が木質物中の炭素を同化する速度に見合って進行することが望ましい。ところが, たとえば鶏ふんのような易分解性窒素源を必要以上大量に添加すると, 無機態窒素の供給は微生物の要求をはるかに上回ることになり, これが窒素消失の原因になっていると考えられる。

また, 添加量が多過ぎることは, 単に窒素の損失だけでなく, 生成したアンモニアによるアルカリ性や塩

類による浸透圧の上昇など、生理的条件の変化が微生物活動に悪影響を与えている可能性もないとは限らない。

以上述べたように、添加材料の種類、組み合わせ、配合比は、発酵の良否、物質収支、製品の品質と極めて密接な関係があり、それだけに配合設計はより合理的に決定されなければならない。このためには、堆肥化過程を化学的に解明する研究が一層進展する必要がある。

### 3.3.2 添加材料の配合方法

第2表 - 5に示すとおり、添加材料の混合手段として最も多いのは連続混合機で、38回答中21例(55%)、次いでショベルローダー等の特殊車輛が13例(34%)となっている。このほか回分式混合機が3例あるが、いずれも連続混合機又はショベルローダーと併設され、補助的に用いられているようである。北海道の場合、調査対象12社のうち8社はショベルローダーを利用しており、連続混合機は3社に過ぎない。残りの1社はクレーン車である。これと対照的に、本州2団体に所属するメーカーの多くは連続混合機を利用している。連続混合機の利点は、省力的で、均一な混合が容易に行える点にあるが、生産規模が小さい場合、装置の稼働率が低くなるので不利である。連続混合機のタイプはスクリュ混合機又はリボンミキサーで主に前者が用いられている。

また、添加材料は最初に全量を配合するケースが圧倒的に多い(第2表 - 6)。材料の一部を切返し時に添加する分割方式は、添加量が多い場合、窒素の消失を防止するのに有効であるが、作業が繁雑になるので敬遠されるのであろう。

## 3.4 堆積と切返し

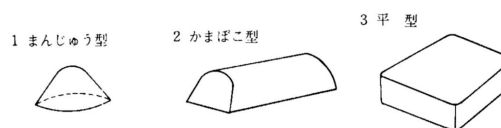
### 3.4.1 積込み

堆肥の積込みは第2表 - 7のとおり、屋外の堆肥盤に野積みするのが最も多く、次いで堆積枠、堆肥舎の順となっている。ただし、堆積の全期間を通じて野積みで通すメーカーは16社、堆積枠だけ5社、堆肥舎だけ1社で、残り13社は“野積みと堆肥舎”など2者又は3者併用である。また野積みを全くしないメーカー

は10社を数えた。また、堆積枠15例のうち、4例が屋根付き、3例が屋根付き・屋根無し併用、残りが屋根無しである。

北海道の場合ほとんどが野積みである。野積みの利点は、設備費が安上りであるほか、積込み、切返しなどの諸作業が容易で、車輛の動線に無駄が無く、作業能率が高い利点がある。野積みの欠点として、しばしば“降雨による肥効成分の流亡損失”が指摘される。筆者は、少なくとも通常の降雨であれば堆肥の品質に影響するほどのことはないと理解しているが、これも実証的なデータに欠けている。

“野積みの形”はカマボコ型が17社で最も多く、次いで平型6社、まんじゅう型2社となっている(第2図参照)。また堆積規模は、一山20~5,000m<sup>3</sup>の広範囲にわたっているが、400m<sup>3</sup>以下が72%を占めている。堆積の高さは1.5~5m、多くの場合2mである。



第2図 堆積の形

### 3.4.2 切返し回数

切返しの回数は第2表 - 8のとおり、34社中5回以上が74%、6回以上でもほぼ半数に上っている。6回以上の中には13~14回という例もあった。

最初の切返しは、積込み後早い場合は10日、最も遅い場合で150日、多くは20~30日で実施している。また、第2回以降の切返しは34例中24例(70%)が定期的実施するとしており、その間隔は短い場合で7日、長い場合で60日、平均31日であった。

切返し作業は、発酵促進や均質な堆肥を製造するために欠かすことのできない作業である。しかし、回数が多ければ多いほど良いということでもないはずである。切返しの回数の多少は、作業量の多少とイコールであって、製造コストを構成する要素の一つでもある。ただ、残念なことに、切返しのタイミングや回数と、堆肥化の速度、物質収支、製品品質等との関係は



まだ詳しく分かってはいない。これも、合理的な作業標準を確立するための重要な研究課題であろう。

### 3.4.3 堆積期間

最初の積込みから製品が完成するまでの堆積期間を第2表 - 9に示した。3ヵ月以上6ヵ月未満が最も多く(34.3%)、次いで1年以上2年未満(28.6%)、2年以上・3ヵ月未満(8.6%)、9ヵ月以上1年未満(5.8%)の順で、これまたメーカーによって千差万別である。

北海道では、自給堆肥の場合でも最低6ヵ月、できれば1年間、また販売を目的とする場合は少なくとも

1年間堆積するように助言している。販売用堆肥に対してやや厳しいのは、出荷後どのような使い方をされるのかつかめないことが多いので、少しでも熟度を進めておく方が無難だからである。

今回の調査結果を見ると、6ヵ月未満が全体の43%を占めており、予想外に堆積期間の短いのに驚いている。ことに、少数例ではあるが、3ヵ月未満で一応販売に耐える製品が仕上るといえるのは信じ難い。

- 林産化学部 化学利用科 -  
(原稿受理 昭和56.4.15)