

バーク堆肥の窒素肥効と畑作物の 生育収量に及ぼす影響

今野 一男* 平井 義孝** 東田 修司***

バーク堆肥の窒素形態は、普通堆肥と比較して易分解性窒素画分が少なく、難分解性窒素画分は多かった。バーク堆肥窒素の無機化は、針葉樹バークでは C/N 比30~35以下、広葉樹バークでは C/N 比20~25以下で認められた。窒素無機化率は両樹種とも C/N 比15~16の場合 4~5%であった。バーク堆肥の窒素肥効は、無機態窒素+無機化窒素 (30°C, 12週間培養) と密接な関係を示した。針葉樹バーク堆肥 (C/N 比18~25) の窒素の利用率は 0~4%程度であり、広葉樹バーク堆肥や普通堆肥よりも小さい。バーク堆肥の施用が作物生育に及ぼす影響は窒素肥効によって相違し、概ね C/N 比の低いものほど増収効果は高かった。初期生育促進効果は両樹種とも共通して認められ、吸収窒素の生産効率も高まる傾向であった。また、バーク堆肥の施用効果は窒素肥効のほか、土壤の理化学性の改善効果も期待することができる。

I 結 言

近年、農耕地の地力維持対策として樹皮やおが屑などの木質資材を原料とした堆肥づくりが進められている。しかし、木質資材は C/N 比が高く、難分解性であり、またフェノール性酸のような生育阻害物質を多量に含むものがあるので、作物生育に及ぼす影響は樹種、添加物および堆積期間などによって著しく相違するものと考えられる。

一方、このような木質資材堆肥は、樹皮などを主体に長期間 (6ヶ月~数年間) 堆積して作られるバーク堆肥と、家畜糞尿におが屑などを混合し、比較的短期間の堆積により作られる木質混合家畜糞堆肥に区分される^{8,10)}。これまで木質資材堆肥が作物生育や土壤に及ぼす影響を検討した事例は多いが、大部分は木質混合家畜糞堆肥に関するものであり、かつ土壤も野菜畑に限定されている。これに対して、バーク堆肥に関する検討は十分行わ

れておらず、とりわけ普通畑に対する施用法や施用効果等については不明な点が多い。

筆者らは木質資材の堆肥化による農業への有効利用を目的として、前報¹⁰⁾ではバーク堆肥の腐熟過程における化学成分の変化を樹種および添加物の種類別に検討し、2, 3の腐熟度指標を明らかにした。本報では、引続き樹種、添加物および堆積期間の異なるバーク堆肥の窒素肥効と、輪作体系下における畑作物の生育収量に及ぼす針葉樹バーク堆肥の施用影響を、普通堆肥と対比し検討した結果を報告する。

II 試験方法

1. 供試バーク堆肥

針葉樹および広葉樹の樹皮 (木質部分も含む) を原料とし、鶏糞、尿素および鶏糞+尿素を窒素源として添加し、C/N 比を約40に調整して堆積したものを供試した。これらの堆積方法と堆積過程での主な化学成分の変化は前報で示した。なお、比較のために供試した普通堆肥は、麦稈などの収穫残渣に牛糞尿を添加し、1年程度堆積して作ったものである。

2. インキュベーション実験

風乾粉碎して2mmの篩を通したバーク堆肥を供試し、北見農試作土 (多腐植質黒ボク土) に

1986年6月24日受理

* 北海道立北見農業試験場, 099-14 常呂郡訓子府町

** 同上(現北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町)

*** 同上(現北海道立十勝農業試験場, 082 河西郡芽室町)

対し炭素として1%相当量を添加, 水分を最大含水量の60%とし, 30°Cで0~12週間培養した。経時的に無機態窒素を測定し, 以下の方法でバーク堆肥窒素の無機化量 (mg/乾物100g) と無機化率 (%) を算出した。

$$\text{窒素無機化量} = (\text{添加土壤中の無機態窒素量}) - (\text{無添加土壤中の無機態窒素量}) - (\text{添加試料中の無機態窒素量})$$

$$\text{窒素無機化率} = (\text{窒素無機化量}) / (\text{添加試料中の有機態窒素量}) \times 100$$

3. ポット試験

乾土 2 kg 相当量の北見農試下層土 (腐値に乏しい壤土) に乾物で 2%相当量の生のバーク堆肥を添加し, 1/5,000a のワグネルポットに充填し

た。作物はエンバクを供試し, 連続して2回栽培した (1作目: 1982年5月17日~7月15日, 2作目: 同7月29日~9月17日)。共通肥料として1作目 N, P₂O₅, K₂O 各0.5g/ポット, 2作目は P₂O₅, K₂O のみ各0.5g/ポットを硫酸, 過石, 硫酸で施用した。2連制で実施し, 収穫後2作分の合計窒素吸収量から, 以下の方法でバーク堆肥窒素の利用率 (%) を算出した。

$$\text{窒素利用率} = \{(\text{施用区の窒素吸収量}) - (\text{無施用区の窒素吸収量})\} / (\text{添加試料中の全窒素量}) \times 100$$

4. 圃場試験

1) C/N 比の異なるバーク堆肥の施用試験

樹種, 添加物および堆積期間の相違するバーク

表1 供試バーク堆肥の性状

供試資材	堆積方法			堆積期間 (年)	バーク堆肥の成分		
	添加物 (N kg/バーク・t)				T-C (乾物中%)	T-N (乾物中%)	C / N 比
	鶏糞	尿素					
針葉樹 A	0	10		3	41.7	0.86	48.5
" B	5	5		1	38.9	1.36	28.6
" C	5	5		2	26.5	1.22	21.7
" D	10	0		3	28.4	1.45	19.6
広葉樹 A	5	5		1	38.5	1.98	19.4

堆肥を供試し (表1), 北見農試圃場に 4 t/10a ずつ1982年5月10日に施用した。供試作物はばれいしょ (男しゃくいも) で, 同5月11日播種, 9月7日収穫した。栽植密度は70×37cm とし, 共通肥料として N10, P₂O₅15, K₂O13 (kg/10a) を化成肥料 (SO53) で施用した。試験規模は1区21m², 3連制で実施した。

2) 輪作体系下でのバーク堆肥施用試験

針葉樹バーク堆肥を供試し, 訓子府 (表層多腐植質黒ボク土), 南網走 (淡色黒ボク土), 常呂 (灰色台地土) の各試験地で1980~1982年の3ヶ年にわたり施用試験を実施した。供試バーク堆肥はいずれも北見農試で1年間堆積したものであるが, 施用時の C/N 比は1年目41, 2年目30, 3年目29と年次によって相違した。処理内容は, 1年目0, 2, 4, 6 t/10a 施用区を設置し, 2, 3年目には2 t ずつの施用系列と無施用系列とに分割した。また, 比較のために普通堆肥の2 t/10a の連用区を設置した。試験規模は1区22.5~25m²,

3連制で実施した。各年次の供試作物および耕種概要については表2に示すとおりである。

5. 分析方法

バーク堆肥の化学成分分析は前報に示すとおりである。土壌および作物体分析は常法により行った。

III 試験結果

1. バーク堆肥の C/N 比と窒素成分組成

樹種および堆積期間の異なるバーク堆肥の C/N 比と2, 3の窒素成分を表3に示した。供試資材はいずれも鶏糞+尿素を添加し, 3ヶ月~4年間堆積したものである。なお, 比較のために普通堆肥の分析結果も示した。

C/N 比は, 堆積期間の長いもの程低く, また堆積期間が同じ場合には広葉樹バークが針葉樹バークより低かった。一方, 普通堆肥はいずれのバーク堆肥よりも低い C/N 比を示した。このことから, 針葉樹バーク堆肥の C/N 比が広葉樹バーク

表2 供試作物と耕種概要

年次	試験地	供試作物種	施肥量(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O, kg/10a)	播種または移植期(月・日)	収穫期(月・日)	栽植密度(畦巾×株間)
1980	訓子府	てん菜(モノヒル)	15-25-16	5. 13	10. 22	60cm×24cm
	南網走	" (ハイラーベ)	23-32-19	5. 12	10. 14	"
	常呂	" (カーベメガモノ)	23-35-30	5. 17	10. 15	66cm×18cm
1981	訓子府	ばれいしょ(男しゃくいも)	10-15-13	5. 15	9. 7	65cm×40cm
	南網走	" (紅丸)	11-22-15.4	5. 5	9. 7	65cm×36.5cm
	常呂	" (トヨシロ)	10-20-14	5. 7	9. 2	71cm×37cm
1982	訓子府	春播小麦(北見春42号)	8 -14.4-9.6	5. 6	8. 18	30cm, 350粒/m ²
	南網走	" (")	8 -14.4-9.6	5. 7	—	"
	常呂	秋播小麦(タクネコムギ)	11-25-12	9. 12*	7. 22	18cm

* 1981年

表3 樹種および堆積期間の異なるバーク堆肥のC/N比と窒素成分

樹種	堆積期間	C/N比	T-N(乾物中%)	無機態N(mg/乾物100g)	無機化N*(mg/乾物100g)	無機態N+無機化N
針葉樹	3ヶ月	43.1	1.11	13	-82	-69
	6ヶ月	38.2	1.19	6	-15	-9
	1年	30.8	1.31	6	22	28
	2年	23.9	1.31	8	54	62
	3年	18.4	1.44	10	57	67
	4年	17.4	1.47	12	67	79
広葉樹	3ヶ月	35.5	1.22	15	-409	-394
	6ヶ月	22.3	1.70	10	-38	-28
	1年	18.9	1.98	64	41	105
	2年	16.0	2.12	84	95	179
普通堆肥		11.6	1.68	63	69	132

* 30℃, 12週間培養中に無機化した窒素量

堆肥や普通堆肥と同水準まで低下するには、相当長期の堆積期間を必要とすることが認められた。

バーク堆肥の無機態窒素は、針葉樹バークの場合いずれも10mg/乾物100g程度と少なかったが、広葉樹バークでは1年堆積することによって64mg/乾物100gと高まり、普通堆肥と大差ない含量を示した。また、30℃, 12週間培養中に無機化する

窒素は両樹種とも1年間の堆積によりマイナスからプラスに転じ、さらに堆積期間が長くなると針葉樹バークよりも広葉樹バークで多くなった。したがって、無機態窒素+無機化窒素は、1年以上堆積したもので比較すると、明らかに針葉樹バークよりも広葉樹バークで大きく、広葉樹バークの場合は普通堆肥と大差ない水準を示すことが認め

表4 有機態窒素の形態組成

供試資材	有機態N組成(%)			熱水可溶性N*(105℃, 1時間)	72% H ₂ SO ₄ 不溶性N*
	酸可溶抽出性N	酸可溶非抽出性N	酸不溶性N		
針葉樹バーク堆肥	16.4	41.0	42.6	7.0	64.3
広葉樹バーク堆肥	16.9	45.3	37.8	8.4	52.7
普通堆肥	16.9	61.3	21.8	13.1	46.3

* 全窒素に対する%

られた。

一方、有機態窒素の形態組成では、両樹種とも堆積期間が6ヶ月以上経過したものには差異が認められなかったため、1年間堆積したバーク堆肥の分析値を表4に示した。樹種間の比較では、針葉樹バークは広葉樹バークよりも酸可溶非留出性窒素画分小さく、酸不溶性窒素画分で大きい傾向であった。しかし、普通堆肥との比較では両樹種とも酸可溶非留出性窒素画分が小さく、酸不溶性窒素画分の大きいことが特徴的であった。また、有機態窒素の中で易分解性窒素とみなされる熱水可溶性窒素の割合は普通堆肥>広葉樹>針葉樹の順に大きく、これに対して難分解性窒素である72%硫酸不溶性窒素の割合は針葉樹>広葉樹>普通堆肥の順に大きい傾向であった。

2. バーク堆肥窒素の無機化特性

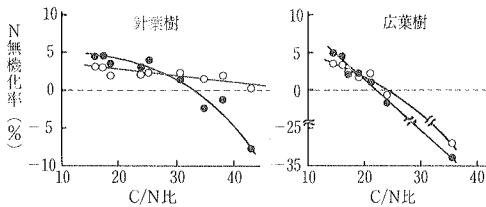


図1 バーク堆肥のC/N比と窒素無機化率の関係

○30°C, 2週間培養 ●30°C, 12週間培養

次にC/N比の異なる各種バーク堆肥を供試し、C/N比と窒素無機化率との関係について樹種別に整理したのが図1である。窒素無機化率はインキュベーション2週間目および12週間目の結果を示したものである。

両樹種とも、窒素無機化率はC/N比の高い場合にはマイナス（有機化）を示し、C/N比の低下に伴ってプラス（無機化）に転じた。マイナスからプラスに転じるときのC/N比は樹種間で相違し、針葉樹バークは30~35であるのに対し、広葉樹バークは20~25であった。このような樹種間差は前報の結果とも一致するものである。なお、針葉樹25以上、広葉樹20以上の場合2週間目から12週間目にかけて窒素無機化率の低下が認められた。このことは、当初無機化が進むものでも長期的には有機化傾向が優ることを示すものである。

一方、C/N比の低下に伴う窒素無機化率の増加は、針葉樹バークよりも広葉樹バークで顕著であ

った。針葉樹バークはC/N比20程度で窒素無機化率の頭打ち傾向がみられたのに対し、広葉樹バークの場合はほぼ直線的な増加を示した。しかし、本試験で得られた窒素無機化率の最大値は、両樹種（C/N比15~16）とも4~5%程度であり、樹種間の差は小さいものであった。このような結果から、針葉樹バークは5%程度が窒素無機化率の上限と推測されたが、広葉樹バークについてはC/N比の更なる低下に伴う無機化率の増加が予測された。

3. バーク堆肥窒素の作物による吸収利用

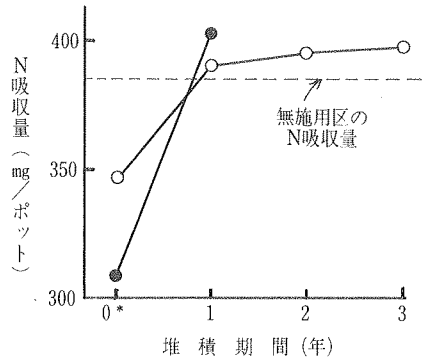


図2 樹種および堆積期間の異なるバーク堆肥の施用がエンバクの窒素吸収量に及ぼす影響 (ポット試験)

○——○ 針葉樹 ●——● 広葉樹

* 原料バークを供試

樹種および堆積期間の異なるバーク堆肥の施用がエンバクの窒素吸収量に及ぼす影響を図2に示した。原料バークは明らかにエンバクの窒素吸収を抑制し、その影響は針葉樹よりも広葉樹で顕著であった。一方、1年以上堆積したバーク堆肥を施用した場合には、両樹種とも窒素吸収量の増加傾向が認められた。窒素吸収量の増加は針葉樹バークよりも広葉樹バークで大きく、また、堆積期間が長い程大きくなる傾向を示した。

以上のようなエンバクの窒素吸収量は、図3に示すように、バーク堆肥の無機態窒素+無機化窒素(30°C, 12週間培養)と密接な関係が認められた。すなわち、窒素吸収量は、樹種や堆積期間等の相違にかかわらず、無機態窒素+無機化窒素が多くなるにしたがって等しく増加する傾向であった。このことは、無機態窒素+無機化窒素がバーク堆肥窒素の肥効評価に有効な指標となりうることを

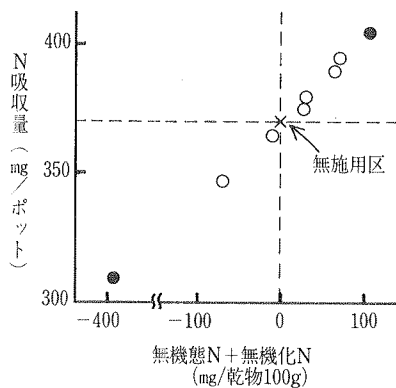


図3 バーク堆肥の無機態窒素+無機化窒素と窒素吸収量の関係
○；針葉樹 ●；広葉樹

示すものである。

一方、無機化窒素はC/N比との間に密接な関係があることから(図1)、無機態窒素の変動が小さい場合には、作物の窒素吸収量に及ぼすC/N比の影響が大きいものと推察された。そこで、無機態窒素の比較的小さい針葉樹バーク堆肥を供試し、C/N比と窒素利用率との関係について検討した。その結果、図4に示すように、両者の間には

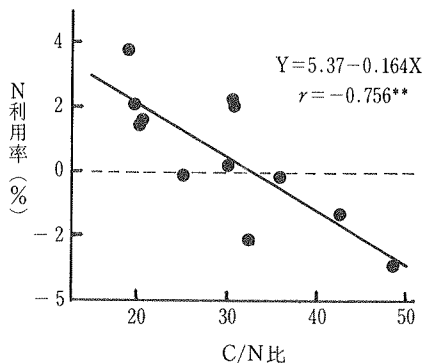


図4 針葉樹バーク堆肥のC/N比と窒素利用率との関係

比較的高い負の相関が認められ、窒素利用率はC/N比18~25で0~4%、C/N比25~35で-2~2%、C/N比35~50で-4~0%の範囲を示した。これは、先に示したC/N比と窒素無機化率の関係とも符合するものであり、C/N比が無機態窒素とともにバーク堆肥窒素の肥効評価に重要な指標であることを示すものである。

4. C/N比の異なるバーク堆肥の畑地施用と作物生育

表5 C/N比の異なるバーク堆肥がばれいしよの生育収量に及ぼす影響

供試資材	C/N比	開花期調査		収穫期調査					
		乾物重	N吸収量	上いも数	上いも平均一個重	上いも重	でんぷん価	でんぷん重	塊茎N含有率
針葉樹 A	48.5	105	105	102	93	95	106	100	87
B	28.6	106	109	106	92	98	102	100	99
C	21.7	112	111	106	95	100	102	102	94
D	19.6	111	108	105	98	103	102	105	94
広葉樹 A	19.4	108	113	108	95	102	106	108	96
無施用区		240 (kg/10a)	7.8 (kg/10a)	361 (x10 ² /10a)	130 (g)	4.71 (t/10a)	13.7 (%)	645 (kg/10a)	1.07 (乾物中%)

注) 無施用区を100とする指数で示す。

各種バーク堆肥の畑地への施用効果を明らかにするため、樹種、添加物および堆積期間の異なるバーク堆肥を供試し、これらのC/N比と作物生育との関係を圃場試験により検討した。

表5は、ばれいしよの生育収量を無施用区との対比で示したものである。供試バーク堆肥はいずれも発芽障害などの生育阻害作用を示さず、むしろ

初期生育を良好にし、開花期の乾物重や窒素吸収量を増大させた。窒素吸収量の増加は、C/N比48.5の針葉樹Aでも認められることから、その要因は主として施肥窒素の吸収促進によるものと考えられた。一方、収穫期の塊茎の窒素含有率は、バーク堆肥施用区がいずれも無施用区より低い傾向であり、特に針葉樹A区で顕著であった。この

ことから、生育後期における窒素吸収量は、無施用区と同程度かやや少ないものと推察された。

このような窒素吸収経過を反映して、パーク堆肥施用区は、無施用区と比較して上いも数では多かったが、平均一個重が小さく、上いも重では15～3%の増減にとどまった。しかし、でんぷん価は塊茎の窒素含有率が低いこともあって無施用区より高い傾向を示し、でんぷん重では0～8%の増加が認められた。

以上の結果をC/N比との関係でみると、C/N比の低いもの程上いも重、でんぷん重は高まる傾向が認められた。さらに無施用区との比較では、C/N比20程度のものを施用した場合に増収する

傾向を示し、C/N比29以上のものを施用した場合には平均一個重の低下が大きく、上いも重はやや減収するようであった。

5. 輪作体系下での針葉樹パーク堆肥施用と作物生育

網走管内の代表的な作付方式であるてん菜一ばれいしょ一小麦の3年輪作体系の中で、パーク堆肥の施用方法を初年目のてん菜だけに重点施用する単用系列と各作物に施用する連用系列とに区分し、その施用効果を検討した。本試験の主な結果は、2t連用区と6t単用区および比較のために設けた普通堆肥2t連用区について示した。

表6 針葉樹パーク堆肥の単用・連用および普通堆肥の連用が畑作物の収量と窒素吸収量に及ぼす影響

試験地	処理内容	収 量				N 吸 取 量			
		1 作	2 作	3 作	平均	1 作	2 作	3 作	平均
訓子府	パーク堆肥2t連用	97	97	99	98	91	93	97	94
	" 6t単用	98	100	101	100	94	91	94	93
	普通堆肥2t連用	96	89	114	100	103	107	119	110
	無施用区	5.93	3.86	373	—	31.4	10.5	11.3	—
南網走	パーク堆肥2t連用	103	102	—	103	104	104	101	103
	" 6t単用	97	108	—	103	104	101	88	98
	普通堆肥2t連用	101	99	—	100	109	105	134	116
	無施用区	6.87	4.09	—	—	23.7	8.0	7.7	—
常呂	パーク堆肥2t連用	96	102	107	102	96	100	105	100
	" 6t単用	96	104	97	99	95	103	93	97
	普通堆肥2t連用	98	97	104	100	97	103	105	102
	無施用区	5.96	3.55	414	—	22.1	7.3	10.7	—

注) 無施用区を100とする指数で示す。

1作：てん菜根重 (t/10a), 2作：ばれいしょ上いも重 (t/10a)

3作：小麦子実重 (kg/10a)

N吸収量 (kg/10a) は茎葉部も含む。

まず、表6に各作物の収量と窒素吸収量に及ぼす影響を無施用区との対比で示した。パーク堆肥施用区は、1作目のてん菜収量が総体的にやや低かった。これは供試パーク堆肥のC/N比が41と高いものであったため、主に窒素吸収抑制によるものと判断された。また2、3作目においても、6t単用区の場合は窒素吸収量が少ない傾向であり、このことから、窒素吸収抑制の期間は2～3年継続しているものと推察された。一方、2t連用区の場合は、2、3作目には無施用区と大差ない窒素吸収量を示した。パーク堆肥施用区の2、3作目における収量は、試験地や施用法の相違によ

り一定の傾向は認められなかったが、全体としては無施用区と同程度ないし、若干上まわるものであった。

また、パーク堆肥と普通堆肥との比較では、3作物の平均収量では大きな差異は認められなかったが、窒素吸収量では明らかにパーク堆肥施用区で少なかった。これは両資材間での窒素肥効の差異を反映したものとみなされる。

次に、パーク堆肥施用区における窒素吸収量と収量との関係を作物別に整理し図5に示した。その結果、パーク堆肥施用区での減収事例はほとんどが窒素吸収抑制の認められたものであり、一方

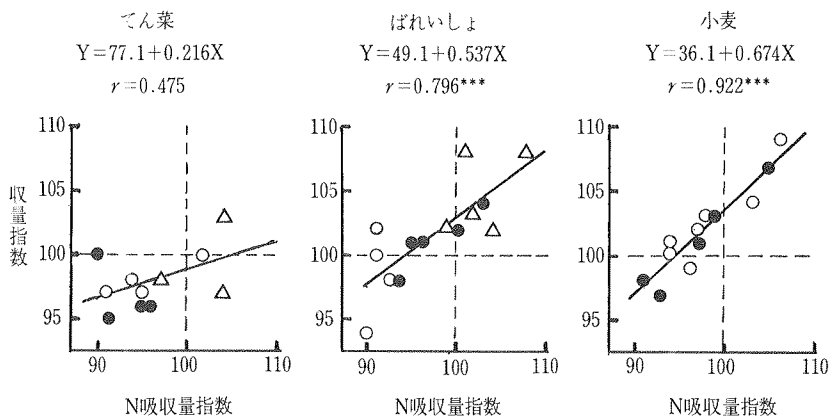


図5 針葉樹パーク堆肥施用区の窒素吸収量と収量の関係

○；調子府 △；南網走 ●；常呂

窒素吸収量が無施用区と同程度の場合には、1作目のてん菜を除き、いずれも2～5%程度の増収が認められた。このことは、パーク堆肥施用が吸収窒素の生産効率を高めるのに効果的に作用したことを示すものである。

以上のことから、パーク堆肥の施用効果には窒素以外の要因も関係していると考えられた。そこ

で、表7には3作目跡地土壌の一般的な理化学性を示した。パーク堆肥施用区は、化学性の面では全炭素、全窒素、CEC、置換性塩基が高まる傾向であり、物理性の面では容積重が減少し、気相率の増加と固相率の低下が認められた。しかし、可給態窒素の増加はほとんど認められなかった。一方、普通堆肥との比較では、可給態窒素の少ない

表7 3作目収穫跡地土壌の理化学性

項目	調子府			南網走			常呂		
	無施用	パーク堆肥2t連用	普通堆肥2t連用	無施用	パーク堆肥2t連用	普通堆肥2t連用	無施用	パーク堆肥2t連用	普通堆肥2t連用
pH (H ₂ O)	5.9	6.0	5.9	6.2	6.2	6.2	6.3	6.4	6.3
T-C (%)	7.38	7.99	7.86	2.87	3.27	3.36	2.41	2.60	2.62
T-N (%)	0.51	0.55	0.55	0.21	0.24	0.24	0.16	0.18	0.18
C/N比	14.5	14.5	14.3	13.7	13.6	14.0	15.1	14.4	14.6
CEC (me)	34.6	34.7	33.8	18.0	18.5	18.8	19.9	20.0	20.0
置換性塩基									
CaO	488	496	452	226	241	222	318	349	320
MgO	67	65	60	27	25	28	41	44	44
K ₂ O	17	26	30	74	62	80	23	24	32
Truog P ₂ O ₅	30	29	29	8	9	9	40	38	36
可給態N*	9.1	8.6	9.3	6.6	6.0	7.6	7.9	7.7	8.3
容積重(g/100ml)	68	65	68	75	72	75	114	111	116
三相分布(pF1.5)									
気相	14.7	17.1	15.8	21.7	21.2	21.4	17.0	19.9	16.3
液相	59.7	58.1	58.7	52.3	53.6	52.2	37.7	37.6	39.1
固相	25.6	24.8	25.5	26.0	25.2	26.4	45.3	42.5	44.6

注) 成分含量はmg/乾土100g

* 30℃, 12週間培養後の無機態窒素量

ことが特徴的であったが、その一方で、三相分布など物理性の改善に及ぼす効果の大きいことがわかった。

IV 考 察

1. バーク堆肥の窒素肥効

木質資材堆肥は、原料のC/N比が高いため窒素飢餓の危険が大きい反面、窒素過剰の問題も指摘され、作物への影響は窒素肥効によって著しく相違するものと考えられる。このため、各種木質資材堆肥の施用基準を設定し、かつ適正な肥培管理を行うためには、窒素肥効の評価が不可欠とみなされる。本試験では、バーク堆肥の窒素肥効は無機態窒素と30°C、12週間培養により生成した無機化窒素との含量と密接な関係が認められた。したがって、ここではまず無機態窒素と土壤中で無機化する窒素について考察する。

バーク堆肥中の無機態窒素は、前報でも指摘したように、堆積直後窒素の有機化等で急激に低下するが、その後徐々に増加する傾向となる。しかし、針葉樹バークについては長期間堆積したのもでも10mg/乾物100g程度であり、広葉樹バークや普通堆肥との比較で著しく少ないことが認められた。一方、広葉樹バークについては堆積過程で普通堆肥と同水準まで高まる傾向が示され、作物に対する窒素供給源として無機態窒素は無視できないものと推察された。なお、現地生産バーク堆肥の中には、樹種や堆積期間に関係なく無機態窒素の著しく高いものがあるが、これらはいずれも家畜糞尿などの窒素源を多量に添加したものであり、むしろ木質混合家畜糞堆肥として区別する必要があるであろう。

土壤中で無機化する窒素は、資材のC/N比と密接な関係が認められた。しかし、窒素無機化量がマイナス(有機化)からプラス(無機化)に転じるときのC/N比は樹種によって著しく相違した。すなわち、30°C、12週間の培養中に無機化傾向を示したのは針葉樹30~35以下、広葉樹20~25以下であった。広瀬^{5,6)}によると、未分解の植物遺体ではC/N比10以上、稲わら堆肥ではC/N比17以上の場合最初に有機化が先行するとしている。また、伊達ら²⁾は、都市ごみコンポストについて窒素有機化・無機化の分岐点となるC/N比は約12であるとしている。このような有機物資材と比較し

て、バーク堆肥は相当高いC/N比でも(特に針葉樹バークの場合)当初から無機化傾向を示すことが特徴的といえよう。

バーク堆肥窒素の無機化率は、両樹種とも堆積過程でC/N比が15~16まで低下したものは4~5%程度を示した。この無機化率は、C/N比を同じくする未分解の植物遺体⁵⁾や家畜糞堆肥¹⁹⁾と比較すると著しく低いものであった。Suzukiら¹⁸⁾は、腐朽した植物遺体と未分解の植物遺体を比較し、C/N比が同じ場合でもその窒素無機化率は腐朽したもので低くし、さらに腐朽したもので植物遺体の種類によって相違するとしている。バーク堆肥窒素の無機化率の低い原因は、リグニンと結合した難分解性窒素成分(72%硫酸不溶性窒素)が多く、かつ有機態窒素の形態組成で酸可溶非留出性窒素画分の少ないことによるものと推察された^{7,13)}。

このような窒素成分組成と無機化特性に対応して、バーク堆肥窒素の利用率は、針葉樹バーク(C/N比18~25)で0~4%程度を示した。これは、橋元ら⁴⁾の報告による堆きゅう肥窒素の利用率20~30%と比較すると著しく低いものである。一方、針葉樹バーク堆肥窒素の利用率から、圃場におけるバーク堆肥窒素の吸収量を推定すると、通常の施用量(2~3 t/10a)では、1 kg/10a以下となり、窒素肥効は僅かなものと推察された。このことは圃場試験の結果(表5, 6)でも明らかであり、窒素肥効の発現はC/N比20以下のものを多量施用した場合に限られるようであった。

以上の結果から、針葉樹バーク堆肥は長期間堆積し、十分腐熟したのもでも窒素肥効は一般に小さいことが明らかとなった。これに対して、広葉樹バークの場合は針葉樹バークよりも無機態窒素が多く、またC/N比も低いのでその窒素肥効は針葉樹バークに比較して大きいものと推察された。このことは、関谷ら¹⁷⁾や松口ら¹²⁾の報告でも認められており、ばれいしょやてん菜に対して多量施用した場合には窒素過剰による弊害も生じてしている。したがって、広葉樹バークの施用に際しては、施用量に対応し適正な窒素施肥が必要であり、窒素肥効の評価が不可欠と考えられる。本試験では、バーク堆肥の窒素肥効は無機態窒素含量とC/N比から推定できることを明らかにした。しかし、基準値の設定等については、さらに詳細

な検討が必要と思われる。

2. バーク堆肥の施用が畑作物の生育収量に及ぼす影響

未熟なバーク堆肥の施用は、発芽、初期生育の抑制や窒素飢餓などの生育障害を起す危険が大きいとされている。しかしながら、本試験では、一部に窒素不足に由来する生育抑制が認められたものの、大部分のものは初期生育においてはむしろ無施用区よりも良好であった。これは、供試バーク堆肥が1年以上堆積したものであり、pH、EC、水溶性フェノールなどの腐熟度指標¹⁰⁾が目標値に達していたためと考えられる。

バーク堆肥施用が初期生育に及ぼす効果については、これまで土壤の物理性改善や生理活性物質の作用などが指摘されている。大崎ら¹⁵⁾は、バーク堆肥の多量施用が地温上昇と有効水分領域の拡大をもたらし、大豆の発芽、初期生育を良好にすると報告している。また、新田¹⁴⁾はバーク堆肥の施用量に応じて根量の増加を認め、このような根の発達促進効果にはエチレンなどの生理活性物質が関与している可能性を示唆した。本試験においても、

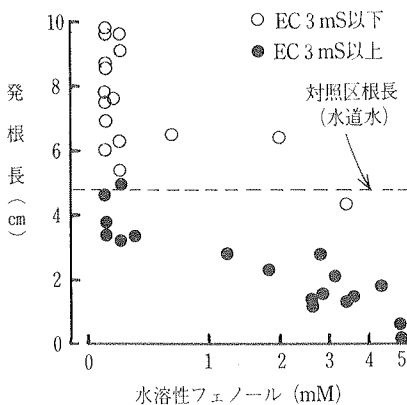


図6 バーク堆肥のEC、水溶性フェノールとダイコン発根長の関係
(1:5水抽出液、シャーレ試験)

バーク堆肥施用は土壤の理化学性改善の傾向を示し(表7)、また図6に示すように、バーク堆肥の水抽出液を発芽試験に供試した場合、EC 3 mS以下、フェノール物質2 mM以下のものについては根の伸長促進効果の高いことが認められた。このことが圃場条件でどの程度関与しているかは不

明であるが、初期生育の促進には何らかの役割を果たしているものと推察された。

一方、バーク堆肥の施用が作物収量に及ぼす影響は、窒素吸収量の増減と密接に対応しており、減収事例の大部分は窒素不足によるものであった(図5)。したがって、バーク堆肥の施用効果は一般にC/N比の低いもの程大きい傾向であった(表5)。しかし、窒素肥効の僅かな針葉樹バーク堆肥でも、5%程度を上限とする増収効果が認められた。これは、前述のような初期生育促進によって吸収窒素の生産効率が高められた結果と判断される。

Cook¹¹⁾によると、有機物施用は土壤物理性の改良を通して発芽や初期生育を良好にするが、そのことが栽培期間の長い作物にとって必ずしも有利とはいえず、穀物や根菜類などに多収をもたらすことはないとしている。しかし、北海道のような寒冷地では夏期の生育期間が限定されるので、初期生育を良好にすることは各作物共通して重要なことである。大崎ら¹⁵⁾によると、各作物に対するバーク堆肥の施用効果は春播小麦や大豆のような子実作物で大きく、根菜類で小さいとしている。このことは、初期生育の重要性が高い作物程増収効果が大きいことを示すものである。一方、根菜類についても、本試験ではばれいしやてん菜の品質を高める可能性が示された。しかし、この点についてはバーク堆肥の窒素肥効との関連もあり、さらに検討が必要と思われる。

畑輪作体系下におけるバーク堆肥の施用法としては、3~4年に一度てん菜に集中して施用する方式が一般に行なわれている。しかし、一度に多量施用した場合は、窒素不足による生育抑制や窒素過剰による品質低下を助長することがあり、また、残効についても不明な点が多い。したがって、単年度の多量施用よりは2~3 t/10a ずつ連用した方が効率的と思われる。これまで木質資材堆肥の連用効果を検討した事例は野菜畑に限定されているが、木質混合家畜糞堆肥については3年以上、またバーク堆肥については4年以上の連用(1作3~6 t/10a、年1~2作)で効果が大きくなるとされている^{3,9,11)}。本試験では、施用量や試験期間が限定されたこともあって連用効果を十分確認しえなかった。

以上、バーク堆肥の施用効果は樹種や堆積期間

の長短などによる窒素発現様式によって異なるものである。パーク堆肥は一般的には土壤改良資材としての性格が強く、土壤環境の改善効果を通して作物生産に反映するものといえよう。したがって、土壤の種類とその管理来歴によってパーク堆肥の施用効果は異なるものと考えられる。本試験では、土壤の理化学性に格別の欠陥が認められない熟畑圃場を供試して実施したものであり、土壤の理化学的環境が不良になりやすい新規造成畑や勾配修正畑などにおいてはより効果の高いことが予測される。

謝 辞

本報告の取りまとめに当たり、御指導、御校閲をいただいた道立北見農試後木利三場長、道立中央農試大崎玄佐雄環境保全部長、道立中央農試高尾欽弥化学部長、道立北見農試菊地晃二土壤肥料科長に心から謝意を表する。

引用文献

- 1) Cook, G. W. "The roles of organic manures and organic matter in managing soils for higher crop yields — A review of the experimental evidence—". Proceeding of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture, The Society of the Science of Soil and Manure, Japan. 1977, p.53-64.
- 2) 伊達 昇, 都田紘志, 浅海哲夫. "東京都ごみコンポストの炭素率と黒ボク土野菜畑への施用効果". 土肥誌, **55**, 206-212 (1984).
- 3) 古谷扶美枝. "野菜に対するオガクズきゅう肥の利用. (第2報)オガクズきゅう肥の連用が葉菜類の収量および土壤に及ぼす影響". 山口農試研報, **37**, 77-83 (1985).
- 4) 橋元秀教, 石川 実. "堆肥の成分組成に関する研究, 第2報大麦の生育・収量との関係". 土肥誌, **40**, 309-314 (1969).
- 5) 広瀬春郎. "各種植物遺体の有機態窒素の畑状態土壤における無機化について". 土肥誌, **44**, 157-163 (1973).
- 6) 広瀬春郎. "稲わらおよび稲わら堆肥の分解とアンモニア態窒素の有機化過程". 土肥誌, **44**, 211-216 (1973).
- 7) Kai, H.; Ahmad, Z.; Harada, T. "Factors affecting immobilization and release of nitrogen in soil and chemical characteristics of the nitrogen newly immobilized, III Transformation of the nitrogen immobilized in soil and its chemical characteristics". Soil Sci. Plant Nutr. **19**, 275-286 (1973).
- 8) 河田 弘. "木質廃棄物の農業利用—とくにパーク堆肥について—". 農業および園芸, **57**, 191-196 (1982).
- 9) 北川芳雄, 若山 譲, 田中康隆, 水田昌宏. "各種有機物資材の連用における土壤理化学性の変化, (第1報)おがくず堆肥の連年施用について". 奈良農試研報, **17**, 62-73 (1986).
- 10) 今野一男, 平井義孝, 東田修司. "パーク堆肥の腐熟過程における化学成分変化と腐熟度指標". 北海道立農試集報, **52**, 31-40 (1985).
- 11) 栗山雅夫, 伏原淳良, 小野善助. "木質資材堆肥の有効利用, (第2報)野菜に対する連用効果". 和歌山農試研報, **9**, 45-56 (1982).
- 12) 松口龍彦, 新田恒雄. "テンサイ作への有機物施用の問題点". てん菜研究会報, **24**, 104-114 (1982).
- 13) 三木和夫, 森 哲郎. "畑土壤の窒素供給力に関する研究, 第4報生わら施用に伴う肥料窒素の有機化ならびに有機化窒素の作物に対する有効性". 東海近畿農試研報, **17**, 61-67 (1968).
- 14) 新田恒雄. "有機物施用による根圏微生物の制御". 有機物研究の新しい展望. 博友社, 1986, p.43-84.
- 15) 大崎玄佐雄, 関谷長昭. "十勝地方の畑土壤に対する有機物管理法に関する試験, 第1報パーク堆肥の施用が土壤の理化学性と収量に及ぼす影響". 土肥誌講演要旨集, **29**, 239 (1983).
- 16) 佐藤 俊. "木質堆肥および家畜ふん尿木質きゅう堆肥製造の手引き". 農業および園芸, **53**, 425-428 (1978).
- 17) 関谷長昭, 赤城仰哉. "畑土壤の有機物管理方式, 第1報, 数種のパーク堆肥の施用が畑作物の生育に及ぼすえいきょう". 土肥誌講演要旨集, **28**, 136 (1982).
- 18) Suzuki, M.; Kumada, K. "Mineralization of physically fractionated rotten plant residues under upland conditions". Soil Sci. Plant Nutr. **22**, 373-385 (1976).
- 19) 徳橋 伸. "オガクズ入り家畜ふん堆肥窒素の肥効に関する研究". 高知農林研報, **10**, 5-16 (1977).

The Availability of Nitrogen from Bark Composts and Effects of Their Application on Growth and Yields of Upland Crops

Kazuo KONNO*, Yoshitaka HIRAI** and Shuji HIGASHIDA***

Summary

Bark composts containing different wood species, auxiliary raw materials and having different composting periods were tested for their nitrogen availability and effects of application on the growth and yields of upland crops under a rotation system.

In the percentage composition of organic nitrogen in bark composts was observed smaller nondistillable acid-soluble nitrogen fraction and larger acid-insoluble nitrogen fraction in comparison with wheat straw composts. Relative order in 72% H₂SO₄-insoluble nitrogen fraction was softwood bark composts > hardwood bark composts > wheat straw composts. Mineralization of nitrogen in bark composts amended soils occurred in the case of C/N ratio of below 30-35 for softwood bark composts or below 20-25 for hardwood bark composts. The rate of nitrogen mineralization was 4-5 % in the case of C/N ratio of 15-16 for both wood species .

Utilization by crops of nitrogen from bark composts was closely related to the content of mineral nitrogen plus mineralizable nitrogen (12-week incubation at 30°C) in bark composts. The recoveries of nitrogen by crop growth from incorporated softwood bark composts (C/N ratio of 15-16) were only 0-4 % and considered to be smaller than those from incorporated hardwood bark composts or wheat straw composts.

The effects of application of bark composts on the growth and yields of crops depended on the nitrogen availability and the yields were approximately increased in proportion to the decrease of C/N ratio of bark composts amended soils. On the other hand, application of bark composts accelerated crop growth in the early stage irrespective of the nitrogen availability and increased the crop yields corresponding to the amount of nitrogen taken up. The results indicated that the major effects of application of bark composts were due to not only the nitrogen availability but also improvement of the physico-chemical properties of the soils.

*Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, 099-14 Japan.

**Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan.

***Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro, Hokkaido, 082 Japan.