

木質廃材堆肥に関する研究 第1報

ヘムロックパーク堆肥について

河 田 弘⁽¹⁾Hiroshi KAWADA : Studies on Woody Waste Composts Part 1
On the hemlock bark composts

要 旨 : この研究の主目的は、野外における堆積貯蔵期間の異なるヘムロックパーク、副原料の鶏糞、主な市販品を含めた各種のヘムロックパーク堆肥の性質および組成を明らかにして、ヘムロックパーク堆肥についての全般的な知見を把握するとともに、堆肥化過程における熟成度の指標を求めることにあった。

化学的質および組成については、C, N, 水溶性 C, 全 K_2O , Na_2O , CaO および MgO , 水溶性 P_2O_5 , 2.5% 酢酸可溶 P_2O_5 , 全 P_2O_5 , 水溶性 Cl, pH, CEC, EC を、N の形態については、 NH_4-N および NO_3-N , 有機態 N の組成として加水分解性 N, アンモニアアミド態 N, アミノ糖態 N, アミノ酸態 N および未同定 N を、腐植の形態については、腐植酸およびフルボ酸の腐植の組成、腐植酸の吸収スペクトル、その他の光学的性質を明らかにした。

以上の結果、次の諸点が明らかにされた。

- 1) 現在市販のパーク堆肥の一般的な製法である 鶏糞および無機態 N 添加によるヘムロックパーク堆肥の各肥料成分濃度は、慣行のワラ堆肥よりかなり高いが、これらは大部分が副原料に由来するものである。
- 2) N の形態については、原料パークの野外堆積中における分解および鶏糞添加堆肥の堆肥化過程の進行にともなって、加水分解性 N およびアミノ酸態 N の全 N に対する比率の減少が明りように認められた。鶏糞添加パーク堆肥製品の無機態 N は大部分が NO_3-N で占められ、 NO_3 化能力が著しく強いことが認められた。
- 3) 腐植の形態については、パーク堆肥製品の腐植の組成および腐植酸の光学的性質は、原料パークの性質を強く反映し、堆肥化過程における変化は少なかった。また、腐植酸の光学的性質はいずれも土壌の腐植酸とはかなり異質な特異性が見られた。

1. は じ め に

わが国の木材工業における残廃材—パーク (樹皮), オガクズ, チップダスト, その他では年間約 800 万 ton に達すると推定されているが、大部分は焼却ないし放棄され、公害源として大きな問題になりつつある。一方農業方面では戦後から農耕地における化学肥料の多用と有機質肥料の施用の減少傾向が続き、そのために最近では地力の減退が目立つ場合が多くなってきたために、有機質肥料の重要性が再認識されるに至った。

わが国における木質廃材堆肥の生産は日が浅く、1955 年頃から始められた。当時はオガクズを主原料とした林業用苗畑の自家用堆肥の生産が主体であった。その後 1969 年頃からパークを主原料とした木質廃材堆肥の大規模な工場生産が開始され、その後生産工場および生産量も年々増加の一端をたどり、1976 年には 26 万 ton (推定) に達し、現在ではパーク堆肥が木質廃材堆肥の大部分を占めるに至っている。

これらのバーク堆肥は、葉タバコ、グリーンハウスにおける野菜、花類の栽培、果樹園、茶園、林業用苗畑、芝生、都市における緑地および公園など多方面で利用されている。

これらの残廃材を有機質肥料（堆肥）の原料としてみると、今まで農業関係で自給堆肥の原料として用いられているワラ、野草、落葉などと比べると、一般に C/N 比が著しく大きく、リグニン、アルコールベンゾール可溶物などの難分解性成分の濃度も高く、微生物の分解活動に対する抵抗力が大きいといえる。さらに、樹種によって異なるが、フェノール酸などの植物の生育阻害物質を含む場合も少なくない。以上のように、木質廃材は堆肥製造に当たっての問題点も少なくない。

最近バーク堆肥の製造が全国各地に拡大し、生産量が飛躍的に増大するにつれて、不良製品による農作物の被害などが主要な使用者側の農業関係者の間で問題となることが多くなってきた。同時にこのような状況を反映して、木質廃材堆肥全般についての規格化を望む声が高くなってきた。

木質廃材堆肥に関する今までの研究は、主として製法の開発と利用面に集中され、製品の性質、組成などについての研究はきわめて少なく、初期のオガクズ堆肥については 2, 3 の報告が見られるが、現在の木質廃材堆肥の主体をなしているバーク堆肥についてはほとんど見当たらない。

筆者はこのような状況に対応して、木質廃材堆肥の規格化を前提として、先ず各種の木質廃材堆肥について、性質、組成、堆肥化過程などを明らかにするとともに、併せて熟成度の指標などを求めることを計画した。現在廃材堆肥の主体をなしているバーク堆肥は、主原料の面から見ると、外材ヘムロックバークと国産広葉樹バークを原料とするものが主流をなしている。今回は先ず外材ヘムロックバークを主原料とするバーク堆肥についての結果を報告する。

2. 供 試 試 料

今回供試したヘムロックバークおよび一部のバーク堆肥試作品は、静岡県清水市の清水港木材産業協同組合のご厚意によって提供されたものである。同組合に対して心からの感謝を表する次第である。

2-1. ヘムロックバーク

今回供試したヘムロックバークは、輸入後海中貯蔵された材をリングバーカーで剥皮し、その際に排出されたバークを野外に堆積貯蔵中のものである。現在同組合で製造しているバーク堆肥は、約 3～4 年間野外貯蔵したものを主原料としている。

これらのバークは高さ約 6 m のブロック状にそれぞれ数千 ton の規模で堆積されていた。各バーク堆積ブロックは堆積完了までに 2～3 か月を要するといわれている。以下に示す供試バークの野外の貯蔵期間は堆積終了時から起算した。試料の採取はバークの堆積ブロックの側面を崩して、内部の新鮮な面から約 3～4 kg を採取し、全量を細切して風乾後よく混合し、一部を粉碎（1 mm 以下）して分析に供した。これらのバークは木質部（材部）が多少付着しているものが多かったが、木質部の分離は行わず、そのまま供試した。

供試したバーク試料の概要は次のとおりである。

HB-1*：貯蔵期間約 2 か月。新鮮バーク。高さ約 6 m の堆積の高さ約 4 m の箇所から採取した。

HB-2：貯蔵期間 1 年。別の堆積ブロックで HB-1 と同様の位置で採取した。

* HB：Hemlock bark の略。

HB-2a および HB-2b : HB-2 と同じ堆積ブロックの下部の高さ 1～2 m の箇所に、部分的であったが、周囲と比べると黒変が著しく、肉眼的な観察ではとくに腐朽が進んでいると認められる部分が存在していた。この黒変の理由は不明であるが、この部分は周囲よりかなり含水率が高く、過湿な状態に保たれていたことが推定された。この部分の黒変と腐朽はきわめて肉厚なヘムロックパークの表面に近い部分にとどまり、内部は未だほとんど腐朽が進んでいなかった。

採取した試料は二分して、一方は全量を他の試料と同様に処理して HB-2a とし、他方は細切し風乾後軽く圧碎して 2 mm で篩別し、容易に粉状にはく離した腐朽のとくに進んでいた部分だけを集めて HB-2b とした。

HB-3 : 貯蔵期間は約 3 年強、HB-1 および HB-2 とは異なる堆積ブロックの高さ約 2 m の箇所で採取した。以下のヘムロックパーク堆肥の試作品および製品はこの堆積ブロックのパークである。

2-2. 鶏 糞 (C-1*)

当场で購入した風乾鶏糞（採卵用）を参考として供試した。

2-3. ヘムロックパーク堆肥

ヘムロックパーク堆肥は次の 8 点を供試した。これらの供試ヘムロックパーク堆肥の副原料の配合比は

Table 1. 供試ヘムロックパーク堆肥の副原料の配合比
Ratios of auxiliary raw materials of the selected hemlock bark composts
(ヘムロックパーク 1 ton 当り : 1 ton hemlock bark basis)

試 料 名 Name of sample*	鶏 糞 Chicken droppings (air-dried)	尿 素 Urea	バーミキュライト Vermiculite	アルコール 醗酵廃液 Waste solution of alcohol fermentation	消 石 灰 Calcium hydroxide
HB-C ₁	—	—	—	20 kg	—
HB-C ₂	—	—	—	—	15 kg
HB-C-C ₁	50 kg	10 kg	5 kg	—	—
HB-C-C ₂	72.5 kg	7.5 kg	—	—	—
HB-C-C ₃	30 kg	10 kg	—	15 kg	—
HB-C-C ₄	50 kg	10 kg	5 kg	—	—
HB-C-C ₅	1,000 kg	—	—	—	—
HB-C-C ₆	1,000 kg	—	—	—	—

注) * 試料名の略号は本文参照

HB-C-C₄ は市販品、他はいずれも試作品（本文参照）

Remark) * The abridgements of sample names are stated in summary.

HB-C-C₄ is one of the composts on the market and others are the trial products.

* C : Chicken droppings の略。

Table 1 に示すとおりである。これらの試作品および製品はいずれも屋内ないし屋根付の堆積場で製造されたものである。

HB-C₁~C₂*¹ および HB-C-C₁~C₈*²：これらは清水港産業協同組合において試作された製品である。このうち HB-C-C₁~C₂ は現在市販されているパーク堆肥の一般的な配合比に準じている。これらの試作品は原料パーク 1 ton の規模で、堆積期間は 4 か月、切り返し 2 回、その後後熟期間約 1 か月を経過した段階で供試した。

HB-C-C₄：市販のヘムロックパーク堆肥、製法は当該工場のヘムロックパーク堆肥と同様であるが、完熟後粉碎篩別してとくに細粒として出荷した製品である。

HB-C-C₅~C₆：農林水産技術会議の特別研究“農林水産業における環境保全的技術に関する研究”の中の“家畜糞尿およびその処理技術に関する研究”において、鶏糞の配合比をとくに高くして、パーク：鶏糞（風乾）比（重量比）を 1：1 とし、清水港木材協同組合に委託して生産した製品である。製造規模はパーク約 1 ton 堆積期間 3 か月、切り返し 2 回、HB-C-C₅ は 1975 年の製品で、製造後袋詰めとした後当場で 1 年間貯蔵したもの、HB-C-C₆ は 1976 年の製品で、後熟期間約 1 か月を経過した段階で供試した。

3. 分 析 方 法

3-1. 分析方法の検討

3-3-1. 新鮮堆肥の風乾にともなう無機態 N 濃度の変化および無機態 N の定量法としての MgO 蒸留法と CONWAY の微量拡散分析法¹⁾ の比較

試料の風乾は無機態 N 濃度に影響を及ぼすために、無機態 N の定量には新鮮な試料を供試することが望ましい。分析用の均一な試料を調整するために、試料の粉碎および篩別を必要とする場合—とくに粗粒な堆肥の場合—も少なくないが、水分の多い新鮮試料の粉碎は一般にきわめて困難な場合が多い。

したがって、無機態 N の定量には特別な場合を除いて風乾試料を粉碎して供試することにしたが、風乾にともなって無機態 N 濃度がどのように変化するかを検討することにした。

同時に、無機態 N の定量のためのパーク堆肥の 10% KCl 浸出液は有機物による着色が強い。MgO 蒸留法の場合には有機物の分解による NH₄-N の生成によって、誤差を生ずる可能性も予想された。この点を検討するために、同じ浸出液を用いて MgO 蒸留法と CONWAY 法との比較を試みた。

供試試料としては、粒径の細かいヘムロックパーク—鶏糞堆肥 4 点および広葉樹オガクズ—豚糞堆肥 1 点、計 5 点を用い、それぞれ新鮮物および風乾物について分析を行った。

分析方法は、MgO 蒸留法は下記 (3-2.) の無機態 N の定量法と同様に行い、CONWAY 法は MgO 蒸留法と同じ KCl 浸出液を用いて定量した。

分析結果は Table 2 に示すとおりである。

各供試試料の NH₄-N および NO₃-N 濃度は MgO 蒸留法と CONWAY 法ではほとんど相違が見られなかった。したがって、MgO 法蒸留法の場合に有機物の分解による NH₄-N の生成は認められなかった。

NH₄-N および NO₃-N 濃度はいずれの試料も風乾によって増加した。新鮮試料の NH₄-N 濃度の低い

*1 HB-C：Hemlock bark compost (without addition of chicken droppings).

*2 HB-C-C：Hemlock bark-chicken droppings compost の略。

Table 2. 新鮮および風乾堆肥の $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の比較Comparison of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations of fresh and air-dried composts

(乾物当 ppm : ppm on dry basis)

試 料 名 Name of compost	NH ₄ -N				NO ₃ -N				新鮮堆肥 の 水 分 Moisture content of fresh compost (%)
	新 鮮 Fresh		風 乾 Air-dried		新 鮮 Fresh		風 乾 Air-dried		
	A *2	B *2	A	B	A	B	A	B	
H B-C-C ₁	22.4 (100)	21.4	82.7 (369)	84.0	2,530 (100)	2,550	3,110 (122)	3,080	65.9
H B-C-C ₄	8.5 (100)	—	30.8 (362)	—	1,400 (100)	—	1,480 (106)	—	56.5
H B-C-C ₅	15.7 (100)	14.6	32.5 (207)	31.9	230 (100)	235	303 (132)	298	58.1
H B-C-C ₆	5.2 (100)	—	26.2 (504)	—	990 (100)	—	1,080 (109)	—	57.1
B S-H-C ₄ *1	1,340 (100)	1,430	1,800 (134)	1,810	942 (100)	950	1,240 (132)	1,230	55.2

注) *1 BS-H-C は広葉樹オカズー豚糞堆肥の略。

*2 分析方法, A…MgO 蒸留法, B…CONWAY 法。

Remarks) *1 BS-H-C is an abridgement of "Broad-leaved deciduous tree sawdust-hog droppings compost"

*2 Analytical method : A…MgO distillation method, B…CONWAY method.

ヘムロックパークー鶏糞堆肥の場合は、風乾による $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加率（風乾試料/新鮮試料，パーセント）は著しく高く 2.1～5.0 倍に達したが，増加量は大きいものではなかった。新鮮試料で高濃度を示した広葉樹オカズー豚糞堆肥の $\text{NH}_4\text{-N}$ および全試料の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の風乾後の増加率は，約 134% および 106～132% に過ぎなかったが，増加量はかなり大きかった。

以上の結果は，パーク堆肥の無機態 N 濃度の定量には新鮮試料が望ましいとしても，化学的組成の概要を把握する目的の場合には，とくに大きな問題はないと考えられた。

3-1-2. 2% クエン酸可溶 P_2O_5 と 2.5% 酢酸可溶 P_2O_5 の比較

パーク堆肥の肥料効果を検討する場合に， P_2O_5 の形態は重要な問題点の一つであろう。無機質リン酸質肥料の場合に準じて，速効性 P_2O_5 として水溶性 P_2O_5 を，緩効性 P_2O_5 として 2% クエン酸可溶 P_2O_5 の定量を企画した。

モリブデンブルー比色法による P_2O_5 の定量の場合に，比色液中にクエン酸が存在する場合にはモリブデン酸アンモニウムと可溶性の錯塩を形成するために，リンモリブデンブルーの発色が阻害される。筆者の予備テストの結果では，比色液 50 ml 中に 2% クエン酸溶液の添加量が 0.5 ml 以下の場合には発色阻害は見られなかったが，1 ml ではわずかに阻害が見られ，1.5 ml 以上では添加量の増大にともなって阻害程度は急速に増大する。対応策として，モリブデン酸アンモニウムの添加量を増大させて発色阻害の回避を試みたが，満足すべき結果は得られなかった。堆肥の浸出液中のクエン酸を HNO_3 ないし HClO_4 を用いて除去する方法は，分析操作の煩雑さを招き，ルーティンワークには好適とはいえない。さらに，もし浸出液中に有機態 P_2O_5 が存在する場合には誤差の原因となる。

Table 3. 2% クエン酸溶液および 2.5%
酢酸溶液抽出による P_2O_5 の比較
Comparison of P_2O_5 concentrations
of compost by 2% citric acid and
2.5% acetic acid extraction
(乾物当 % : Per cent on dry basis)

試料名 Name of compost	2% クエン酸可溶 2% citric acid soluble	2.5% 酢酸可溶 2.5% acetic acid soluble
C-1*	2.53	2.80
HB-C-C ₁	1.30	1.26
HB-C-C ₂	1.26	1.25
HB-C-C ₃	0.51	0.52
HB-C-C ₅	3.76	3.79
BS-H-C ₁	5.46	5.52
BS-H-C ₄	6.24	5.97

注) * C は鶏糞の略

Remark) * C is an abridgement of "chicken droppings".

他の場合にはいずれもきわめて良く一致した結果が得られた。2.5% 酢酸溶液の場合にはモリブデンブルーの発色阻害は見られない利点があるので、今後はこの方法を用いることにした。

3-1-3. Ca 型腐植について

副原料として鶏糞を添加して製造した木質廃材堆肥は一般に pH が高く、微酸性～微塩基性を呈し、Ca 濃度が高い場合が多い。このような場合には Ca 型腐植が多い可能性が予想されたので、この点について予備的な検討を加えることにした。

供試試料はヘムロックバーク堆肥 (HB-C₂)、ヘムロックバークー鶏糞堆肥 (HB-C-C₅) および広葉樹オガクズー豚糞堆肥 (BS-H-C₄)*¹ の計 3 点である*²。

分析方法は筆者の森林土壌の腐植の場合⁴⁾と同様の方法を用いて、遊離および Ca 型腐植の定量を行った。

分析結果は Table 4 に示すとおりである。

供試試料の Ca 型腐植はきわめて少なかった。Ca 型腐植酸の遊離腐植酸に対する比率は、HB-C₂ では約 12%、HB-C-C₅ では約 9% に過ぎず、BS-H-C₄ の場合には Ca 型腐植酸は認め難かった。

以上の結果から、木質廃材堆肥の腐植の形態の検討に当たって、Ca 型腐植の分析はとくに重要な意義

筆者の供試したヘムロックバークー鶏糞堆肥の場合には、1g/100 ml の 2% クエン酸浸出液 0.5 ml/比色液 50 ml で十分に比色可能であったが、鶏糞無添加のバーク堆肥ないし原料バークの場合には不可能であった。

したがって、Ca および Mg 型 P_2O_5 の定量法として、土壌の P_2O_5 の分画法⁷⁾¹⁴⁾で用いられている 2.5% 酢酸可溶 P_2O_5 の適用を考慮して、2% クエン酸法との比較を試みた。

試料は鶏糞、ヘムロックバークー鶏糞堆肥および広葉樹オガクズー豚糞堆肥など 7 点を供試した。

分析方法は試料 1g にそれぞれ浸出液 100 ml を加え、常法通り 2% クエン酸溶液の場合は 1 hr、2.5% 酢酸溶液の場合は 2 hrs 振とう後遠心分離し、透明な上澄み液を用いて、 $SnCl_2$ 還元モリブデンブルー法 (HCl 系) で比色した。

分析結果は Table 3 に示すとおりである。

これらの結果は、鶏糞および一部の豚糞堆肥の場合には約 5～10% の相違が見られたが、その

*¹ BS-H-C₄ : Broad-leaved deciduous tree sawdust-hog droppings compost の略。

*² HB-C₂ および HB-C-C₅ の化学性は Table 5 参照、BS-H-C₄ の化学性は次報に示す予定であるが、pH 7.10, CaO 3.06%, MgO 2.33% である。

を有するとは考え難かったので、ルーティンワークからは除外することにした。

3-2. 分 析 方 法

今回用いた分析方法は次のとおりである。

色調：一般にパーク堆肥の色調は不均一な場合が少なくない。また、堆肥化過程はパーク粒子の表面から進行するために、外観が黒色味の強い色調を呈し、かなり堆肥化過程が進行しているように見える場合でも、内部は原料パークとほとんど変わらない未熟な状態のものも少なくない。したがって、色調は粉碎

Table 4. 腐 植 の 形 態
Humus form

1. 腐 植 の 組 成 Humus composition

試 料 名 Name of compost	抽出腐植 Extract- able humus	腐 植 酸 Humic acid			フ ル ボ 酸 Fulvic acid				C_h/C_f
		(h-1)	(h-2)	Total	f-1a+ f-1	f-2	Na ₂ SO ₄ soluble C	Total	
HB-C ₂	15.8	9.5	1.1	10.6	4.5	0.7	(1.0)	5.2	2.04
HB-C-C ₅	14.7	8.6	0.8	9.4	4.6	0.7	(0.9)	5.3	1.77
BS-H-C ₄	32.9	21.3	tr.	21.3	10.7	0.9	(5.8)	11.6	1.84

2. 腐植酸の光学的性質 Optical property of humic acid

試 料 名 Name of compost	h-1			h-(1+2)		
	$\Delta \log K_1$	$\Delta \log K_2$	Rf	$\Delta \log K_1$	$\Delta \log K_2$	Rf
HB-C ₂	0.890	0.967	0.279	0.886	0.945	0.283
HB-C-C ₅	0.915	1.010	0.284	0.908	1.002	0.280
BS-H-C ₄	1.019	0.929	0.109	0.995	0.908	0.113

注) 腐植の組成は各 fraction carbon の全 carbon に対する % で示した。

h-1 : Fraction-1 (遊離型腐植) の腐植酸

f-1a : 酸可溶腐植

f-1 : Fraction-1 のフルボ酸

h-2 : Fraction-2 (Ca 型腐植) の腐植酸

f-2 : Fraction-2 のフルボ酸

$\Delta \log K_1 = \log K_{400} - \log K_{600}$

$\Delta \log K_2 = \log K_{650} - \log K_{850}$

Rf : 腐植酸溶液 carbon 100 mg/l 濃度における K_{600} で示した。

Remarks) Humus composition is expressed by the carbon amount of every fraction as per cent of total soil organic carbon.

h-1 : Humic acid in Fraction-1 (free humus).

f-1a : Acid soluble humus.

f-1 : Fulvic acid in Fraction-1.

h-2 : Humic acid in Fraction-2 (humus combined with Ca).

f-2 : Fulvic acid in Fraction-2.

$\Delta \log K_1 = \log K_{400} - \log K_{600}$.

$\Delta \log K_2 = \log K_{650} - \log K_{850}$.

Rf is K_{600} of Na-humate solution containing carbon 100 mg per liter.

した風乾試料について、標準土色帖¹³⁾による MUNSELL 方式の色名を用いて示した。

Total C : $K_2Cr_2O_7$ を用いる 酸化滴定法²⁾ を用いた。供試試料は Cl を多量に含む場合が多いので、 Ag_2SO_4 0.2 g を添加した。

Total N : KJELDAHL 法を用いて定量した N に、別途に定量した NO_3-N を加算して示した。

水溶性 C : 試料 10 g に純水 100 ml を加えて 1 hr 振とう後遠心分離し、上澄み液 5 ml に 0.5N $K_2Cr_2O_7$ 溶液 5 ml, H_2SO_4 10 ml および Ag_2SO_4 0.2 g を加えて、Total C と同様の方法で分析した。未消費の $K_2Cr_2O_7$ の定量は 0.1N 硫酸第 1 鉄アンモニウム溶液を用いた。

CEC : 試料 5 g について PEECH 法を用いた。

K_2O , Na_2O , CaO および MgO : 試料 0.5 g を HNO_3-HCl_4 混液 (10 ml—5 ml) で湿式灰化後、1 : 3 HCl 10 ml に溶解し、 SiO_2 をろ過洗浄後一定量とし、適宜希釈して原子吸光法を用いて定量した。

Total P_2O_5 : 上述の湿式灰化後 SiO_2 を除去したろ液を用いて、 $SnCl_2$ 還元モリブデンブルー (HCl 系) による比色定量を行った。

水溶性 P_2O_5 : 試料 1~5 g に水 100 ml を加えて 1 hr 振とう後、遠心分離し、上澄み液を用いて Total P_2O_5 と同様に定量を行った。

2.5% 酢酸可溶 P_2O_5 : 試料 1~5 g に 2.5% 酢酸 100 ml を加えて 2 hrs 振とう後、遠心分離し、上澄み液を用いて Total P_2O_5 と同様に定量を行った。

Cl : 試料 1 g に水 100 ml を加えて 1 hr 振とう後、遠心分離し、上澄み液を用いてチオシアン酸水銀法¹⁸⁾を用いて比色定量した。

pH : 1 : 5 のけん濁液について、1 hr 振とう後、ガラス電極を用いて測定した。

EC (電気伝導度) : 原料パークは 1 : 10、パーク堆肥は 1 : 5 のけん濁液について、1 hr 振とう後測定し、25°C mili mho/cm で示した。

N の形態 : 筆者の森林土壌および落葉の N の形態⁷⁾と同様の方法を用いて、有機態 N の分画を行った。

NH_4-N および NO_3-N : 風乾試料 10 g に 10% KCl 溶液 200 ml を加えて 1 hr 振とう後、遠心分離し、上澄み液を適量を用い、必要に応じて水を添加して全量を 150 ml とし、 MgO 2 g を加えて蒸留し、2% H_3BO_3 溶液を NH_3 の捕集液として留液 70 ml について Brom-cresol-green および methyl red 混合指示薬を用い、1/100N H_2SO_4 で滴定して NH_3-N を定量した。蒸留残液に留液相当量の水を補給し、DAVARDA 合金 0.4 g を加えて、 NH_4-N の場合と同様の方法で NO_3-N を定量した。

腐植の形態 : 森林土壌の場合と同様の方法⁴⁾を用いて、遊離腐植 (F-1) の分析を行った。

4. 原料パークおよび鶏糞の化学的性質および組成について

(結果および論議-1)

4-1. 原料パークの野外貯蔵中の変化

供試したヘムロックパークの分析結果は Table 5 に示すとおりである。

C 濃度は 48~56% を示した。

N 濃度は貯蔵期間が永くなるほど順次増大し、それとともに C/N も順次低下した。新鮮パークの C/N 比は 255、3 年後も 161 に過ぎず、かなり腐朽が進んでいたと考えられた HB-2b でも約 140 にとど

まった。これらの C/N 比は今までの慣行堆肥の原料のわら、草本類、落葉などと比べると著しく大きいといえる。

水溶性 C 濃度は新鮮パークでは 3.9% を示したが、貯蔵中に順次減少を示し、3 年後はわずかで 0.6% に過ぎなかった。

CEC は新鮮パークでは約 41 me/100 g を示し、各種オガクズ¹⁷⁾ の約 10~15 me/100 g と比べると著しく高かった。また、貯蔵中 CEC は順次増大を示し、3 年後には約 69 me/100 g に達した。さらに、腐朽がかなり進んでいたと考えられた HB-2b では 78 me/100 g に達した。このようにヘムロックパーク自体の CEC がかなり高いことは注目に値するといえよう。

K₂O, Na₂O, CaO および MgO 濃度は、K₂O 以外は貯蔵期間が長くなるにつれて順次増大した。K₂O は植物体から溶脱されやすい成分であるが、今回のように野外できわめて厚く堆積中のパークの場合には、K₂O 濃度の変化は単純ではないように思われた。パークの堆積ブロックの上部で採取した試料では 1 年後 (HB-2) では新鮮パークより K₂O 濃度は明りように減少を示した。しかし、同じブロックの下部の HB-2a では K₂O 濃度の減少は上部と比べると少なく、同様に他のブロックではあるが下部で採取した 3 年後の試料 (HB-3) では、新鮮パークより K₂O 濃度の多少の増大が見られた。これらの結果は同一試料について経年的な変化を追ったものではないので厳密にはいえないし、また、貯蔵中における有機物 (C 化合物) の分解消失にともなう無機成分濃度の相対的な増加も考慮に入れなければならないと思われるが、きわめて厚く堆積している場合には、下部における K₂O の溶脱は上部よりは少なく、また、上部から溶脱した K₂O の一部が下部に集積する可能性も考えられる。

水溶性 P₂O₅、2.5% 酢酸可溶 P₂O₅ および全 P₂O₅ 濃度は、新鮮パークに比べると 1 年後には多少減少したが、3 年後には明りように増大した。2.5% 酢酸可溶 P₂O₅ の全 P₂O₅ に対する比率は、野外堆積中に有機物の分解が進むにつれて増大することを示しているが、3 年後には全 P₂O₅ の約 1/3 強に過ぎなかった。2.5% 酢酸不溶 P₂O₅ はおそらく有機態 P₂O₅ が主体であろうと推定される。有機物の分解が進むにつれて有機態 P₂O₅ の無機化の進行が予想されるが、ヘムロックパークの場合には 3 年後もなお全 P₂O₅ の多くの部分は有機態 P₂O₅ として残存しているものと推定される。

ヘムロック材は輸入後海中貯蔵されるために、海水に由来するパークの Cl 濃度がしばしば問題視されている。一般に Cl は溶脱されやすい成分の一つと考えられ、また、海中貯蔵されたヘムロックのパーク中の Cl は野外貯蔵中に急速に溶脱されるといわれている¹⁷⁾。今回の結果は上述の K₂O と同様に、パークがきわめて厚く堆積されている場合には Cl の溶脱過程は単純ではないことを示していた。すなわち、きわめて厚く堆積したヘムロックパークの場合には、堆積 1 年後の (HB-2) は新鮮パーク (HB-1) より Cl 濃度が激減し、容易に溶脱されることを示していた。しかし、堆積ブロックの下部では貯蔵 1 年後 (HB-2a および 2b) および 3 年後 (HB-3) は、新鮮パークと比べると Cl 濃度はかなりの増大を示していたことは、上部から溶脱された Cl が下部へ集積することを示唆するものといえよう。

EC は新鮮パークおよび貯蔵 1 年後の HB-2 では小さかったが、他はいずれもかなり大きかった。この点は上述の Cl その他水溶性無機成分濃度と関連性を有するものと思われる。

pH は 5 前後ないしそれ以下の値を示し、かなり強い酸性を示した。

4-2. 鶏 糞

供試した鶏糞の化学的性質および組成は Table 5 に示すとおりである。

Table 5. ヘムロックバーク, 鶏糞および
Chemical property and composition of hemlock barks,

試料名 Name of compost	色 Color	pH (H ₂ O)	C (%)	N*1 (%)	C/N	水溶性C Water soluble C (%)	CEC (me/100 g)
ヘムロックバーク							
HB-1	2.5 YR 3/6 Dark reddish brown	4.75	53.5	0.21	255	3.89 (7.3)*2	41.4
HB-2	10 YR 3/4 Dark brown	5.25	56.2	0.27	208	2.20 (3.9)	44.0
HB-2a	2.5 YR 3/3 Dark reddish brown	4.20	56.6	0.29	195	0.35 (0.61)	54.5
HB-2b	5 YR 2/3 Very dark reddish brown	4.20	48.2	0.35	138	0.95 (2.0)	77.8
HB-3	2.5 YR 3/3 Dark reddish brown	4.90	51.6	0.32	161	0.58 (1.1)	68.6
鶏糞							
C-1	10 YR 7/4 Dull yellow orange	7.25	36.5	5.20	7.0	4.53 (12.4)	60.4
ヘムロックバーク堆肥 (鶏糞無添加)							
HB-C ₁	5 YR 2/4 Very dark reddish brown	6.10	49.2	0.44	117	0.28 (0.57)	73.2
HB-C ₂	5 YR 2/3 Ibid.	7.40	45.9	0.48	95.6	0.19 (0.40)	85.1
ヘムロックバーク鶏糞堆肥							
HB-C-C ₁	2.5 YR 2/3 Ibid.	5.85	41.8	2.22	18.8	0.16 (0.37)	93.4
HB-C-C ₂	Ibid. Ibid.	6.60	45.7	1.72	26.6	0.26 (0.57)	86.4
HB-C-C ₃	Ibid. Ibid.	5.30	45.8	1.71	26.8	0.15 (0.32)	86.3
HB-C-C ₄	5 YR 2/3 Ibid.	5.40	48.4	1.44	33.6	0.14 (0.29)	93.9
HB-C-C ₅	Ibid. Ibid.	6.90	38.5	1.66	23.2	0.19 (0.50)	85.6
HB-C-C ₆	Ibid. Ibid.	6.95	42.3	1.57	26.9	0.25 (0.55)	94.2

注) *1 全 N は NO₃-N を含む。

*2 全 C に対する %。

*3 全 P₂O₅ に対する %。

*4 2.5% 酢酸可溶 P₂O₅ は水溶性 P₂O₅ を含む。

ヘムロックバーク堆肥の化学的性質および組成

chicken droppings and hemlock bark composts

(乾物当り : On dry basis)

K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	P ₂ O ₅ (%)			Cl (ppm)	EC mili- mho/cm (25°C)
				Water soluble	2.5% acetic acid soluble*4	Total		
Hemlock bark								
0.093	0.11	0.55	0.10	0.0038 (10.0)*3	0.0061 (16.1)*3	0.038	2,240	0.67
0.037	0.25	0.72	0.17	0.0022 (6.7)	0.0039 (11.8)	0.033	458	0.41
0.066	0.60	0.79	0.17	0.010 (25.0)	0.014 (35.0)	0.040	6,430	2.31
0.090	0.53	0.75	0.23	0.014 (28.6)	0.021 (42.9)	0.049	3,920	2.02
0.11	0.62	0.88	0.20	0.010 (13.7)	0.026 (35.6)	0.073	6,450	2.62
Chicken droppings								
3.14	0.59	4.40	1.06	1.09 (21.0)	2.80 (54.1)	5.18	10,600	9.60
Hemlock bark compost (without addition of chicken droppings)								
0.24	0.20	1.20	0.25	0.027 (22.5)	0.053 (44.2)	0.12	624	0.55
0.11	0.22	4.68	0.28	0.016 (14.5)	0.063 (57.3)	0.11	268	0.68
Hemlock bark-chicken droppings compost								
1.01	0.34	4.24	0.79	0.24 (16.3)	1.26 (85.7)	1.47	1,680	3.04
0.81	0.22	4.32	0.58	0.20 (13.7)	1.25 (85.6)	1.46	1,590	2.46
0.44	0.19	2.32	0.35	0.24 (38.0)	0.52 (82.5)	0.63	1,630	2.68
0.37	0.35	2.80	0.48	0.17 (32.1)	0.42 (79.2)	0.53	1,790	2.92
1.12	0.35	9.38	1.06	0.35 (8.4)	3.79 (90.9)	4.17	4,380	2.70
1.31	0.39	9.33	0.96	0.39 (12.8)	2.58 (84.9)	3.04	3,710	3.86

Remarks) *1 Total-N includes NO₃-N.

*2 Per cent of total carbon.

*3 Per cent of total P₂O₅.*4 2.5% acetic acid soluble P₂O₅ includes water soluble P₂O₅.

鶏糞の N, P_2O_5 , K_2O , CaO および MgO は高濃度を示したが、とくに N および P_2O_5 の高濃度は注目価値するといえよう。また、CEC もかなり高い値を示した。とくに、Cl 濃度がきわめて高いことは注目価値する。ヘムロックバーク堆肥の場合には、ヘムロック材の海中貯蔵による Cl 濃度について関心が示される場合も少なくないが、鶏糞を副原料とするバーク堆肥の場合には、鶏糞に由来する Cl 濃度の影響も見逃すことのできない重要な問題点であろう。

5. ヘムロックバーク堆肥の化学的性質および組成 (結果および論議-2)

供試した各種のヘムロックバーク堆肥製品の化学的性質および組成は前述の Table 5 に示すとおりである。

5-1. HB-C₁~C₂

これらの鶏糞無添加のヘムロックバーク堆肥は N, P_2O_5 , K_2O , CaO および MgO などの諸成分の濃度は、消石灰添加の HB-C₂ の Ca 濃度を除くと原料バーク (HB-3) よりは増大していたが、いずれもきわめて低いレベルに過ぎなかった。有機物の分解過程を示す指標と考えられる C/N 比は、いずれも原料バークより減少を示したが、100 前後を示し、著しく高いレベルにとどまった。この点は HB-C₁~C₂ はいずれも堆肥としては未熟な階段にあることを示唆するものといえる。

色調は HB-C₁ は他の試料と比べるとやや淡色であったが、HB-C₂ は他の鶏糞添加堆肥と同様の著しい暗色を呈していた。この点は、ヘムロックバークの場合には石灰の添加によって微アルカリ性に保つことによって黒変が著しく進行することは、色調と品質の間に必ずしも関連性を見だし難いことを示すものといえよう。

Cl 濃度が低かったこととくに HB-C₂ で一の原因は明らかでないが、前述 (4) のように、原料バークの堆積ブロックの位置によって Cl 濃度はかなりの相違が見られたので、このようなことが原因ではないかと予想された。

5-2. HB-C-C₁~C₄

これらのヘムロックバーク鶏糞堆肥は N, P_2O_5 , K_2O , CaO および MgO などの諸成分は高濃度を示していたが、これらは主として副原料の鶏糞および尿素などの N 源に由来するものである。これらの各成分濃度および各成分相互の比率は試料ごとにかなりの相違が見られた。この点は N は NH_3 として揮散することによる損失も考えられるが、各無機成分濃度およびその相互の比率の大きな相違は、原料の配合比の相違から説明することは難しいように思われる。あるいは副原料の配合の不均一性ないし使用した鶏糞の各成分濃度の相違によるものかもしれない*。

全 P_2O_5 に対する比率は、水溶性 P_2O_5 は約 15~30%, 2.5% 酢酸可溶 P_2O_5 は 80~85% に達した。供試試料の P_2O_5 の大部分は速効性ないし緩効性の無機態 P_2O_5 によって占められていると考えられる。残りの 2.5% 酢酸不溶の P_2O_5 の主体は有機態 P_2O_5 と推定すると、主原料のバーク [HB-3] および鶏糞は半ば以上が有機態であるが、堆肥化過程においてかなりの部分が無機態 P_2O_5 に変化するものと考えられる。

* 試作品は工場生産の場合と異なり、副原料の混合および切り返しは手作業で行われた。

水溶性 C 濃度はいずれの試料も小さく、また、Total C に対して 0.6% 以下に過ぎなかった。COD の減少は堆肥化過程の進行の指標になり得るといわれている。COD の測定には KMnO_4 法と $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法が行われているが、今回は有機物に対する酸化力に選択性が大きいという欠点を有する KMnO_4 法をさけて、酸化力に一般性の大きい $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法に準ずるものとして、水溶性 C の定量を行った。上述の鶏糞無添加の HB-C₁~C₂ および次に述べる鶏糞多用の HB-C-C₅~C₆ も含めて、各試料の水溶性 C 濃度はきわめて小さく、明りょうな相違は見られなかった。後述の N および腐植の形態は HB-C₁~C₂ と他の試料の間に腐植化過程の進行にかなりの相違を示唆していたことを考慮に入れると、ヘムロックパークの場合には水溶性 C は堆肥化過程の進行の指標になり難いと思われる。

CEC は 86~94 me/100 g に達し、かなり大きいといえるが、原料パーク (HB-3) がすでに約 70 me/100 g に達していたことを考えると、堆肥化過程における CEC の増加はとくに大きいとはいえない。佐藤ら¹⁵⁾はオガクズ-鶏糞堆肥の場合には、CEC の変化 (増加) が堆肥の熟成の指標になり得るとしている。新鮮オガクズの CEC が約 10~15 me/100 g でオガクズ-鶏糞堆肥 (製品) が約 70~80 me/100 g に達することを考えれば、このような見解も妥当であろう。しかし、上述のようにヘムロックパークを主原料とする堆肥の場合には CEC の変化の幅が小さいので、このような考え方を適用することは難しい。今後も堆肥の熟成の指標として CEC を用いる場合には、各原料ないし製法別にそれぞれの基準を具体的に設定する必要があるだろう。各試料の pH は 5.40~6.60 を示した。EC はいずれもかなり高い値を示したが、Cl その他の水溶性塩類濃度の影響によるものであろう。

5-3. HB-C-C₅~C₆

鶏糞をとくに、多用した試作品の P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO および Cl 濃度が高い値を示したことは鶏糞多量添加の影響によるものである。しかし、N 濃度は上述の HB-C-C₁~C₄ と同程度のレベルにとどまった。このような鶏糞の配合比から予想される N 濃度より著しく低い値を示したことは、鶏糞中の N のかなりの部分が製造工程において失われたことを意味する。事実この試作品の製造中、とくに切り返し時に、強い NH_3 臭の発生が認められたことは、鶏糞中の N のかなりの部分が NH_3 として揮散したことを推定せしめるものである。しかし、堆積完了時 (袋詰め) 以後は NH_3 臭はほとんど認められなかった。これらの点は、副原料として鶏糞を多用することは、N の収支の面からは N の多量の損失を招き有利な条件とはいえないように思われる。

また、pH はほぼ中性に近かった。その他の性質および組成は HB-C-C₁~C₄ と同様であった。

6. ヘムロックパーク、鶏糞および各種ヘムロックパーク堆肥の N の形態 (結果および論議-3)

供試したヘムロックパーク、鶏糞および各種のヘムロックパーク堆肥の N の形態は Table 6 に示すとおりである。

6-1. 無機態 N

ヘムロックパークの $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は、とくに腐朽が進んだと見られる HB-2a の $\text{NH}_4\text{-N}$ が約 10 ppm であったが、その他はいずれも 2~3 ppm 以下で、全 N の 0.1% 以下に過ぎなかった。

鶏糞の無機態 N はきわめて大きく、全 N の約 5% に達した。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ に比べると $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率がきわめて高かった。

Table 6. ヘムロックバーク、鶏糞およびヘムロックバーク堆肥の N の形態

Nitrogen form of hemlock barks, chicken droppings and
hemlock bark composts

(乾物当り : On dry matter basis)

試 料 名 Name of compost	有機態N Organic N*1 (%)	有機態 N の組成 : Organic N composition*2						無 機 態 N Inorganic N (ppm)		
		加水分解性 N : Hydrolyzable N					非加水分解性N Non- hydro- lyzable N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Total
		Am- monia- amide N	Amino- sugar N	Amino- acid N	Un- identi- fied N	Total				
ヘムロックバーク : Hemlock bark										
HB-1	0.213	8.5	1.5	47.4	22.9	80.3	19.7	2.2 (0.1)*3	0.84 (0.04)*3	3.0 (0.1)*3
HB-2	0.267	7.7	1.6	44.4	27.9	81.6	18.4	2.3 (0.09)	0.29 (0.01)	2.6 (0.1)
HB-2a	0.286	4.5	2.8	31.2	32.8	71.3	28.7	11.9 (0.4)	2.0 (0.07)	13.9 (0.5)
HB-3	0.321	9.3	1.6	36.2	21.4	68.4	31.6	3.4 (0.1)	2.2 (0.07)	5.6 (0.2)
鶏 糞 : Chicken droppings										
C-1	5.18	23.9	1.5	31.0	35.0	91.4	8.6	2,500*4 (4.8)	202 (0.4)	2,700 (5.2)
ヘムロックバーク堆肥 (鶏糞無添加) : Hemlock bark compost (without addition of chicken droppings)										
HB-C ₁	0.444	8.7	3.2	38.6	23.0	73.4	26.6	15.3 (0.3)	0.22 (0.005)	15.5 (0.3)
HB-C ₂	0.483	9.8	3.9	34.6	17.7	65.9	34.1	9.3 (0.2)	0.57 (0.01)	9.9 (0.2)
ヘムロックバーク-鶏糞堆肥 : Hemlock bark-chicken droppings compost										
HB-C-C ₁	1.91	16.6	2.1	19.6	10.9	44.7	55.3	82.7 (0.4)	3,110 (14.0)	3,190 (14.4)
HB-C-C ₂	1.62	19.8	0.94	15.3	16.7	52.8	47.2	49.6 (0.3)	980 (5.7)	1,030 (0.6)
HB-C-C ₃	1.56	18.5	2.2	19.1	15.0	51.4	48.6	74.5 (0.4)	1,540 (9.0)	1,610 (9.4)
HB-C-C ₄	1.29	16.6	2.4	16.1	18.8	53.9	46.1	30.8 (0.2)	1,480 (10.3)	1,510 (10.5)
HB-C-C ₅	1.63	17.8	2.6	21.4	12.1	54.0	46.0	32.5 (0.2)	303 (1.8)	336 (2.0)
HB-C-C ₆	1.46	17.1	0.92	19.5	11.6	49.0	51.0	26.2 (0.2)	1,080 (6.9)	1,110 (7.1)

注) *1 有機態 N はケルダール法で定量した。

*2 有機態 N の組成は各 fraction の有機態 N に対する % で示した。

*3 全 N (第 5 表参照) に対する % で示した。

*4 MgO 蒸留の際の尿素態 N の分解による NH₄-N を含むと思われる。(尿素態 N は未定量)

Remarks) *1 Organic N is determined by KJELDAHL method.

*2 Organic N composition is expressed by the N amount of every fraction as per cent of organic N.

*3 Figures in parentheses are the N amount as per cent of total N (See Table 5).

*4 NH₄-N of chicken droppings may include the NH₄-N from urea by MgO distillation. Urea-N was undetermined.

ヘムロックバーク堆肥（鶏糞無添加）の $\text{NH}_4\text{-N}$ は原料バークに比べるとかなり増大したが約 10~15 ppm に過ぎず、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は同様にきわめて低く、1 ppm 以下に過ぎなかった。

ヘムロックバーク—鶏糞堆肥（HB-C-C₁~C₆）は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は約 30~80 ppm、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は約 300~3,000 ppm（多くは 1,000~3,000 ppm）に達し、 NO_3 化成作用が著しく強いことを示していた。また、無機態 N の全 N に対する比率は多くの場合かなり高かった（6~14%）ことは注目に価しよう。これらの点は鶏糞に由来する微生物の作用によるものと考えられるが、同時にヘムロックバーク—鶏糞堆肥の特徴といえるように思われる。

佐藤¹⁵⁾はヘムロックバーク—鶏糞堆肥の製造工程において、初期には NH_4 化成作用が強く、後半~終了時には NO_3 化成作用が盛んになることを認めている。今回のヘムロックバーク—鶏糞堆肥では、無機態 N は $\text{NO}_3\text{-N}$ が主体を占め、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が著しく高いことは同様の傾向を示しているといえる。いずれにせよ、ヘムロックバーク—鶏糞堆肥では $\text{NO}_3\text{-N}$ が無機態 N の主体を占めることは、堆肥化過程の進行の指標になり得るのではないかと思われる。

6-2. 有機態 N

新鮮バークは加水分解性 N は全有機態 N の 80% に達し、アミノ酸態 N は約 50% に近かった。野外堆積中に分解が進むにつれて、漸減し、3年後（HB-3）には前者は 70%、後者は 36% にそれぞれ減少した。加水分解性 N の各 fraction はいずれの場合も、アミノ酸態 N に次いで未同定 N、アンモニアアミド態 N、アミノ糖態 N の順に減少したが、アミノ糖態 N はきわめて少なかった。また、各 fraction の全 N に対する比率はアミノ酸態 N 以外は変化の幅は小さく、一定の傾向は見られなかった。

このような新鮮バークの N の形態および野外貯蔵中の変化は、筆者が先に報告した森林土壌の A₀ 層の場合⁷⁾と比べると、加水分解性 N およびアミノ酸態 N は同様の傾向を示していたといえるが、アンモニアアミド態 N およびアミノ糖態 N の増加が見られない点で相違が見られた。

鶏糞は加水分解性 N は全 N の 90% に達し、著しく大きかった。新鮮バークと比べると、アミノ酸態 N は少なく、アンモニアアミド態 N および未同定 N が多いことが特徴といえよう。

HB-C₁ および C₂ の鶏糞無添加のヘムロックバーク堆肥の有機態 N 各 fraction の組成は原料バーク（HB-3）と明りょうな相違が見られなかった。

ヘムロックバーク—鶏糞堆肥（HB-C-C₁~C₆）の有機態 N 各 fraction の組成は、原料バークおよび鶏糞と比べると著しい相違が見られた。すなわち、全 N に対する比率では可水分解性 N は 45~55% とかなりの減少を示し、アミノ酸態 N も 11~19% と著しい減少を示した。アンモニアアミド態 N は 16~20% で著しい増加を示し、未同定 N は 11~19% で全般的に多少の減少を示したが、アミノ糖態 N は明りょうな変化が見られなかった。

以上の結果は、ヘムロックバーク—鶏糞堆肥の場合には、有機物の分解の進行過程における加水分解性 N の減少、アミノ酸態 N の減少およびアンモニアアミド態 N の増大という一般的な傾向とよく一致するといえる。各 N fraction 中アミノ酸態 N がもっとも無機化されやすい fraction であるといわれているが⁹⁾、N の無機化がきわめて盛んな HB-C-C₁~C₆ においてアミノ酸態 N の比率の減少が著しいことは同様結果を示しているといえよう。

以上の結果から、ヘムロックバーク—鶏糞堆肥では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が無機態 N の主体を占めること、有機態 N fraction の組成の面では加水分解性 N およびアミノ酸態 N の全 N に対する比率の著しい減少な

Table 7. ヘムロックバークおよびヘムロックバーク堆肥の腐植の形態

Humus form of hemlock barks and hemlock bark composts

試料名 Name of compost	腐植の組成 : Humus composition				腐植酸の光学的性質 Optical property of humic acid		
	腐植酸 Humic acid (h-1)	フルボ酸 Fulvic acid (f-1a+f1)	抽出腐植 Extract- able humus	C_h/C_f	$\Delta \log K_1$	$\Delta \log K_2$	Rf
ヘムロックバーク : Hemlock bark							
HB-1	16.1	17.3	33.4	0.93	0.810	0.894	0.321
HB-2	22.2	11.9	34.1	1.87	0.841	0.914	0.282
HB-2a	13.4	6.6	20.0	2.03	0.857	0.895	0.286
HB-2b	10.5	7.4	17.9	1.42	0.818	0.936	0.356
HB-3	10.9	6.5	17.4	1.68	0.884	0.966	0.283
ヘムロックバーク堆肥 (鶏糞無添加) : Hemlock bark compost (without addition of chicken droppings)							
HB-C ₁	10.5	6.5	17.0	1.62	0.867	0.962	0.272
HB-C ₂	9.5	4.9	14.4	1.94	0.928	1.030	0.278
ヘムロックバーク-鶏糞堆肥 : Hemlock bark-chicken droppings compost							
HB-C-C ₁	12.5	5.2	17.7	2.40	0.916	1.004	0.337
HB-C-C ₄	13.4	6.6	20.0	2.03	0.908	0.995	0.344
HB-C-C ₈	10.3	5.4	15.7	1.90	0.924	1.020	0.323

注) 腐植の組成は各 fraction-C の全 C に対する % で示した。

h-1 : Fraction-1 (遊離型腐植) の腐植酸

f-1a : 酸可溶腐植

f-1 : Fraction-1 のフルボ酸

 $\Delta \log K_1 = \log K_{400} - \log K_{600}$ $\Delta \log K_2 = \log K_{650} - \log K_{850}$ Rf は腐植酸溶液 C 100 mg/l の濃度における K_{600} で示した。

Remarks) Humus composition is expressed by the carbon amount of every fraction as per cent of total soil organic carbon.

h-1 : Humic acid in Fraction-1 (free humus).

f-1a : Acid soluble humus.

f-1 : Fulvic acid in Fraction-1.

 $\Delta \log K_1 = \log K_{400} - \log K_{600}$. $\Delta \log K_2 = \log K_{650} - \log K_{850}$.Rf is K_{600} of Na-humate solution containing carbon 100 mg per liter.

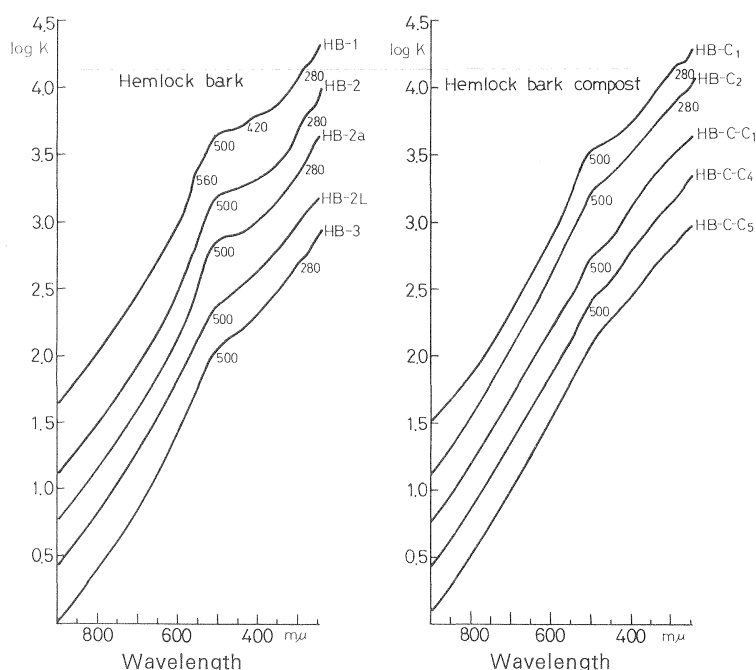


Fig. 1 ヘムロックバークおよびヘムロックバーク堆肥の腐植酸の吸収スペクトル
(濃度は適宜, 数字は吸収帯の波長を示す $m\mu$)

Absorption spectra of humic acids of hemlock barks and hemlock bark composts (Concentrations of humic acids are arbitrarily chosen. Figures express the wavelength of absorption band).

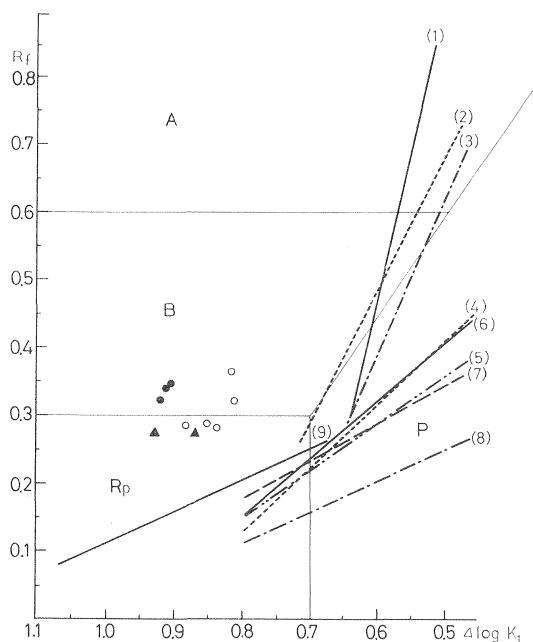


Fig. 2 腐植酸の区分図
Classification diagram of humic acids.

Example

○...Hemlock bark, ▲...Hemlock bark compost (without addition of chicken dropping), ●...Hemlock bark-chicken droppings compost. The lines express the regression curves between $\Delta \log K_1$ and R_f values of humic acids (h-1) of representative forest soils. (1) Black soils, (2) Light colored black soils (degraded black soils), (3) Dark red soils, (4) Wet podzols, (5) Dry podzols, (6) Brown forest soils (moderately moist type of soil), (7) Ibid. (Dry type of soil), (8) Red and yellow soils, (9) A_0 layers.

どは、堆肥化過程の進行を示す指標になり得るのではないかと思われる。

7. ヘムロックバークおよび各種のヘムロックバーク堆肥の腐植の形態（結果および論議-3）

供試したヘムロックバークおよび各種のヘムロックバーク堆肥の腐植の組成および腐植酸の光学的性質は Table 7 に、腐植酸の吸収スペクトルは Fig. 1 に、腐植酸の分類は Fig. 2 に示すとおりである。

ヘムロックバークなどの植物体を構成している有機物と、土壌の有機物の微生物による分解ないし代謝生成物の重合や縮合によって生成された土壌の腐植¹⁰⁾を同様の手法を用いて腐植酸およびフルボ酸として扱うことは論議の余地が大きいと思われる。厳密に言えば、腐植酸類似物質ないしフルボ酸類似物質として扱うべきであろう。しかし、ヘムロックバークの堆肥化過程においては、それぞれの階段に応じて、植物体を構成している有機物とそれが微生物の分解および代謝生成物から二次的に生成された有機物の両者の混合物といえる。したがって、この報告では広義に解釈して、土壌の腐植の場合と同様の方法で区分されたものを腐植酸およびフルボ酸として扱うことにした。

7-1. ヘムロックバークの腐植の形態

腐植の組成の面では、新鮮バーク（HB-1）と比べると、1年貯蔵後（HB-2）は抽出腐植は相違が見られなかったが、腐植酸の増加とフルボ酸の減少が見られ、 C_h/C_f 比は大幅に増大した。3年貯蔵後（HB-3）は1年後と比べると、腐植酸およびフルボ酸はほぼ半減したが、 C_h/C_f 比には大きな変化は見られなかった。また、堆積ブロック下部の腐朽がとくに進行していると推定された黒変部（HB-2a および 2b）では、野外貯蔵1年であったが、3年貯蔵の場合と類似した腐植の組成を示した。

腐植酸の吸収スペクトルは、いずれも土壌の腐植酸の場合と同様に長波長側から短波長側に向かって吸収係数の増大を示した。

新鮮バーク*の腐植酸の吸収スペクトルは 560 m μ 付近に微弱な肩状の吸収帯、500 m μ 付近に幅の広い肩状の吸収帯、420 m μ および 280 m μ 付近に弱度の肩状の吸収帯が見られた。分解が進むにつれて、1年後（HB-2）には 560 m μ および 420 m μ の肩状の吸収帯は消失し、3年後（HB-3）には1年後と同様に 500 m μ 付近の幅の広い肩状の吸収帯および 280 m μ の肩状の吸収帯が認められたが、いずれも1年後よりさらに微弱であった。1年後の堆積下部の黒変部では HB-2 と同様の傾向が見られたが、さらに HB-2a, HB-2b の順に分解が進むほど 500 m μ 付近の肩状の吸収帯は弱くなり、280 m μ の肩状の吸収帯は HB-2a ではきわめて弱く、HB-2b では消失していた。

このように野外堆積にともなう腐植酸の吸収スペクトルの変化は一定の傾向を示していたが、ヘムロックバークの腐植酸の吸収帯の位置は土壌の腐植酸に見られる 610 m μ , 570 m μ , 450 m μ とはかなり異質であるといえる。

今回の試料中の HB-2b を除く各試料の腐植酸の吸収スペクトルに見られた 280 m μ 付近の肩状の吸収帯は、リグニンに由来するものと思われる。また、500 m μ 付近の幅の広い肩状の吸収帯は、熊田¹²⁾が A₀ 層の腐植酸、とくにピロリン酸ナトリウム溶液抽出の場合に認めた R_p 4 型ないし P₀ 4 型腐植酸に見ら

* 新鮮バークの場合には、腐植酸の沈殿を 1:100 の H₂SO₄ で洗浄の際に、他の腐植酸の場合と異なり、洗浄液は容易に無色ないし淡黄色になり難く、8~10 回洗浄後も洗浄液はなお黄色を呈していたが、この段階で洗浄を打ち切った。

れるものに相当するものと考えられる。

吸収スペクトルの傾斜を示す $\Delta \log K_1$ ($\log K_{400} - \log K_{600}$) および $\Delta \log K_2$ ($\log K_{650} - \log K_{850}$) は野外の堆積期間が長くなるにつれて増加の傾向を示していたが、上述の堆積ブロック下部の黒変部の腐植酸の $\Delta \log K_1$ についてはこのような傾向は明らかでなかった。

Rf は新鮮パーク (HB-1) に比べると、1年後 (HB-1) は明りように低下し、3年後 (HB-3) は1年後と同様であった。堆積ブロック下部の黒変部では HB-2a は1年および3年後と同様の値を示したが、HB-2b では顕著な増加が見られた。

土壌の腐植の場合には、腐植化の進行は腐植酸の $\Delta \log K_1$ の減少と Rf の増大が指標となるが⁵⁾¹¹⁾、とくに Rf の増大によって明りように示される⁶⁾。しかし、上述のように、ヘムロックパークの野外堆積中には前述の化学的組成に示されるように、時日の経過とともに分解の進行が認められる。したがって、それにもなって腐植化過程の進行が予想されたが、上述の $\Delta \log K_1$ および Rf の変化は土壌腐植の場合とはかなり異質なものであることを示しているといえる。

土壌の腐植酸の分類方式⁶⁾にしたがってヘムロックパークの腐植酸を区分すると、HB-1 および HB-2b は B 型腐植酸、他はいずれも R_p 型腐植酸の領域に含まれる。Fig. 2 に示した A₀ も含めた森林土壌の腐植酸の $\Delta \log K_1$ と Rf との相関関係を示す回帰式⁶⁾と比べると、ヘムロックパークの腐植酸は $\Delta \log K_1$ が大きいにもかかわらず、Rf も大きく、土壌の腐植酸とはかなり異質な性質を有することが認められた。

7-2. ヘムロックパーク堆肥 (HB-C₁~C₂)

鶏糞無添加のヘムロックパーク堆肥 (HB-C₁~C₂) の腐植の組成および腐植酸の光学的性質は、主原料の HB-3 と比べると、HB-C₂ が腐植酸およびフルボ酸の比率が多少少なく、 $\Delta \log K_1$ および $\Delta \log K_2$ が多少大きかった以外は明りような相違は見られなかった。腐植酸の型は HB-3 と同様に 280 m μ 付近に微弱な肩状の吸収帯が見られたが、500 m μ 付近の幅の広い肩状の吸収帯から熊田¹²⁾ の R_p Δ 型に属すると考えられる。

以上の諸点は、鶏糞無添加のヘムロックパーク堆肥の場合には、堆肥化過程において腐植の形態的な変化はきわめて緩慢なことを示すものといえる。

7-3. ヘムロックパーク—鶏糞堆肥 (HB-C-C₁, C₄, C₅)

ヘムロックパーク—鶏糞堆肥の腐植の組成は、主原料の HB-3 と比べると、HB-C-C₁ および C₄ では多少腐植酸の比率が高く、フルボ酸の比率は多少低かった。鶏糞多用の HB-C-C₅ では腐植酸およびフルボ酸の比率は多少低かった。また、C_h/C_f 比はいずれも HB-3 より増加を示していた。

腐植酸の吸収スペクトルは、いずれも HB-3 で見られた 280 m μ 付近の肩状の吸収帯は消失し、500 m μ 付近の幅の広い肩状の吸収帯は HB-C-C₁ および HB-C-C₄ ではわずかに認められたが、HB-C-C₅ では消失していた。 $\Delta \log K_1$ および $\Delta \log K_2$ はいずれも HB-3 より増大したが、Rf も同様に増大した。腐植酸の型は 500 m μ 付近の幅の広い肩状の吸収帯の有無によって、HB-C-C₁ および HB-C-C₄ は熊田¹²⁾ の B Δ 型に、HB-C-C₅ は B 型として区分した。

以上のように、ヘムロックパーク鶏糞堆肥の場合も、前述のヘムロックパークおよびヘムロックパーク堆肥の場合と同様に、Rf の増大にもかかわらず、 $\Delta \log K_1$ の増大が見られたこと、腐植酸の分類の Diagram 上の位置が土壌の腐植酸と比べるとかなり異質なことなど、多くの面で特異性が見られるといえる。

8. ま と め

この研究は木質廃材堆肥の規格化を主目的として行われているが、ヘムロックパークを主原料とする堆肥についての検討が終わった階段に過ぎないので、木質廃材堆肥全般についての規格の設定は今後の問題である。

筆者は堆肥の熟成は微生物の作用による有機物の分解、再合成の結果として示される有機物の変化を中心に追求すべきであろうと考えている。N および各種の無機成分濃度、pH などはこれらの微生物活動を支配する因子として、また、製品を土壤に施用する場合に植物に対する肥効という面から考慮すべきものであろう。

このような考え方に立てば、微生物活動による腐植化過程の進行にともなう色調の黒変（黒褐色化）、CEC の増大、腐植酸の $\Delta \log K_1$ の減少および Rf の増大に示される腐植化過程の進行、N の形態の変化などに、堆肥の熟成の指標が求められるであろうと予想された。

しかし、今回の結果は色調は熟成の基準になり難いこと、CEC は熟成にともなって増大するが、野外に長期貯蔵したパークを原料とする場合には変化の幅が小さく、指標としては多少難点があること、腐植の形態的な変化も土壤の腐植とはかなり異質な性質を示し、また、腐植酸の Rf の増大も変化の幅が小さく、指標としては難点があることなどが認められた。また、N の形態の変化については、加水分解性 N およびアミノ酸態 N の全 N に対する比率の低下がけんちょであったが、この点は副原料として添加した鶏糞および尿素の N の変化によるものではないかと考えられる。さらに、 NO_3^- 化成分が盛んで、無機態 N が多く、 NO_3^- -N が主体を占めることも同様に鶏糞および尿素の N の変化によるものと考えられる。

以上のように、作業仮説の段階で有力視されたいいくつかの因子は、ヘムロックパークの場合には熟成の指標として用いる場合には、なお検討の余地が多いように思われる。

その他有機物の組成の変化については、森林土壤の A_0 層の分解過程において Hemicellulose および Lignin は微生物によって再合成されるために、その変化は一定の傾向を示さないが、Cellulose は分解過程の進行にともなって減少し、分解過程の進行の指標となり得ることが明らかにされている⁹⁾。パーク堆肥の熟成の過程においても同様の変化が予想されたが、一般にパーク、とくに針葉樹パークの場合には、樹皮フェノール酸およびスベリンが多量に含まれ、セルロースの真の定量値を求める場合の大きな障害とされている。したがって、有機物組成の変化の検討は方法論の検討も含めて別の機会に譲ることにした。

文 献

- 1) 土壤養分分析法委員会：肥沃度測定のための土壤養分分析法，微量拡散分析法，186～191，養賢堂，(1970)
- 2) 河田 弘 (KAWADA, H.)：TYURIN 法による有機炭素の定量法の検討およびその改良法について (An examination of the TYURIN's method for determination of soil organic carbon and a proposed modification of the chromic acid titration method)，林野土調報 (Forest Soils of Japan)，8，67～80，(1957)
- 3) 同 上 (Ibid.)：落葉の有機物組成と分解にともなう変化について (A study on approximate organic matter composition of leaf litters and their transformation during decomposing process)，林試研報 (Bull. Gov. Forest Exp. Stat.)，128，115～144，(1961)

- 4) 同 上 (Ibid.): 森林土壌の腐植に関する研究 (第1報) 腐植の形態の分析方法の検討および新しい分析方法の提案 (Studies on humus form of forest soil. Part 1 On the examination of analytical method for the determination of humus form and a proposed improved method), 同上 (Ibid.), 248, 15~68, (1972)
- 5) 同 上 (Ibid.): 同 上, 第2報 褐色森林土の腐植の形態 (Ibid., Part 2 Humus form of the brown forest soil), 同上 (Ibid.), 270, 89~110, (1975)
- 6) 同 上 (Ibid.): 同 上, 第4報 乾性および湿性ポドゾル, 暗赤色土, 泥炭土および泥炭の腐植の形態 (Ibid., Part 4 Humus form of the dry and wet podzols, dark red soil, peaty soil and peat), 同上 (Ibid.), 284, 57~80, (1976)
- 7) 同 上 (Ibid.): 森林土壌のNの形態について (Nitrogen forms of representative Japanese forest soils), 同上 (Ibid.), 297, 105~131, (1977)
- 8) 河田 弘・西田豊昭 (KAWADA, H. and NISHIDA, T.): 森林土壌のリン酸の形態について (Phosphorus forms in representative Japanese forest soils), 同上 (Ibid.), 250, 1~34, (1973)
- 9) KEENEY, D. R. and BREMNER, J. M.: Characterization of mineralizable nitrogen in soils. Soil Sci. Amer. Proc., 30, 714~719, (1966)
- 10) KONONOVA, M. M.: Soil organic matter. Pergamon Press, Oxford, (1966)
- 11) KUMADA, K.: Studies on the color of humic acid. Part 1 On the concept of humic substances and humification. Soil Sci. and Plant Nutr., 11, 151~156, (1965)
- 12) 熊田恭一: ペドロジーと腐植, ペドロジスト, 10(2), 104~108, (1966)
- 13) 農林水産技術会議編: 標準土色帳, 富士平工業, (1970)
- 14) 関谷宏三: リン酸 (肥沃度のための土壌養分分析法, p. 229~245, 土壌養分分析法委員会編), 養賢堂, (1970)
- 15) 佐藤 俊・植村誠次: 木質廃材の醗酵堆肥化に関する研究 (II) 堆肥の熟成度について, 第79回日林講集, 331~333, (1968)
- 16) 佐藤 俊: 同 上 (IV) 堆肥化に伴うN形態の変化, 第80回日林講集, 154~155, (1969)
- 17) 植村誠次: 廃材堆肥, p. 25, p. 37, 全国林業改良普及協会, (1968)
- 18) 内海 喩: チオシアン酸塩を用いる新比色定量法 (第1~2報), 第1報 チオシアン酸水銀と鉄明ばんを使用する塩化物の新比色定量法 (その1), 第2報 同 上 (その2), 日化会誌, 73, 835~841, (1952)

Studies on Woody Waste Composts Part 1**On the hemlock bark composts**Hiroshi KAWADA⁽¹⁾**1. Introduction**

Wood residues in the lumber industry in Japan amount to more than 8×10^6 tons annually, including bark, sawdust and chip dust, etc. Most of them are burnt or abandoned, causing a source of public nuisance. On the other hand, as the heavy application of chemical fertilizer and the decrease of compost or stable manure supply has continued since the War, soil deterioration and reduced fertility has become a serious problem in recent years, with a renewed recognition of the importance of organic fertilizer.

It is only a short time since the first production of sawdust compost was begun in the forest nurseries for their private use in about 1955 and gradually spread into agriculture. The production of bark compost has come to be undertaken on a large scale in paper manufacturing, pulp and chip factories, as well as sawmills since about 1969. It has increased from year to year, and in 1976 it reached about 26×10^4 tons in a score of factories and it took the most part of the woody waste composts.

At present, the bark compost is widely used in tobacco cultivation, greenhouse culture of vegetables and ornamental plants, orchards and tea gardens for basal dressing in new planting trees and mulching. In addition, it is used as the material for soil dressing in lawns of golf courses and parks, and soil amendment material to tree lands newly established in and outskirts of big cities. Thus the usefulness of the bark compost is being expanded.

As a general trend, the barks are extremely high in C/N ratio, reaching to more than 200, and they are abundant in hardly decomposable organic matters, such as lignin and alcohol-benzol soluble matter, etc. They also contain the growth inhibiting substances for plants like phenolic acids, etc. Those facts are serious problems for compost production.

According to the wide distribution of factories all over the country and the rapid increase of production of bark compost in recent times, the damages of plants by the deteriorous compost frequently caused serious trouble by the users. Subsequently, the standardization of bark compost is strongly requested from the users.

As the works on the woody waste compost up to the present were concentrated on the manufacture of sawdust compost and its application in agriculture and forestry, so its properties and compositions, especially those of the bark compost, were vague.

The author sought to throw light on the properties, compositions and ripening process of woody waste composts for their standardization. At present, one of the principal raw materials of bark composts is the bark of imported hemlock logs, and the rest is that of domestic broad-leaved deciduous trees. At the outset of the study, he stated the information on the hemlock barks and their composts in this paper.

Received July 13, 1978

(1) Forest Soil Division

2. Selected materials

The selected hemlock barks and their composts were offered by the courtesy of Shimizu Lumber Industry Cooperative Association.

2-1. Hemlock barks

The imported hemlock logs were peeled off in a factory after their storage in a marine timber yard. The discharged barks were heaped in an open heap yard on a large scale, reaching to several thousand tons and about 6 m in height in every heap. The raw material of the hemlock bark compost in this factory is about 3-year-old bark.

Demolishing the side of heap, 3~4 kg of sample was taken from its fresh face. Without stripping the xylem stuck to the bark, it was chopped, air-dried and mixed. A portion of it was ground to pass 1 mm sieve for analysis.

A brief description of the selected hemlock barks is as described hereunder.

HB*1-1 : Fresh barks. Only about 2-month-old. They were taken out of the fresh face of heap 4 m in height.

HB-2 : 1-year-old barks. They were taken out of the same position as HB-1 on a separate heap.

HB-2a and -2b : A portion of the lower part of the same heap as HB-1, 1~2 m in height, was extraordinarily dark colored. Its strongly blackish hue suggested an extremely advanced rotting process. Its more moist condition than its vicinity suggested that it was under a moist regime all the time. However, the blackish hue and rottenness were limited to only the surface thin layer of bark, and its central portion was almost unaffected. The sample was divided into two parts. The entire lot of one-half was prepared in the same way as the above-mentioned and named HB-2a. The rest was air-dried, tapped and 2 mm sieved, and its fragile fraction was named HB-2b.

HB-3 : 3-year-old barks. They were taken out of the lower part, 2 m in height, of a separate heap. The barks in the same heap were the raw material of the selected bark compost described hereunder.

2-2. Chicken droppings

C*2-1 : Chicken droppings stored in the author's laboratory.

2-3. Hemlock bark composts

The eight composts described hereunder were selected. Their mixing ratios of auxiliary raw materials were stated in Table 1. Those composts were heaped indoors or in a yard heap with roof.

HB-C₁~C₂ and HB-C-C₁~C₃ : They were the trial products. The mixing ratios of auxiliary raw materials of HB-C-C₁~C₂ were the same as those of the merchandised products. Their manufacturing process was as follows : Scale ; 1 ton of hemlock bark basis. Heaping ; 4 months. Remixing ; 2 times. After ripening ; 1 month.

HB-C-C₄ : One of the hemlock bark composts on the market. It is fine granulated by grinding and sieving after ripening.

HB-C-C₅~C₆ : They were the trial products entrusted with their production to Shimizu

*1 HB is an abridgement of hemlock bark.

*2 C is an abridgement of chicken dropping. HB-C is an abridgement of hemlock bark compost (without addition of chicken droppings). HB-C-C is an abridgement of hemlock bark-chicken droppings compost.

Lumber Industry Cooperative Association. Their extremely high mixing ratio of chicken droppings is requested from the stock-raising industry. Their manufacturing process was the same as that of the abovementioned trial products. HB-C-C₅ was stored for about 1 year in packages and HB-C-C₆ was a fresh compost just after ripening for 1 month.

3. Analytical method

3-1. Examination of analytical method

The author made some examinations on the analytical methods prior to his routine work.

3-1-1. The effect of air-dryness of fresh compost on its inorganic N concentrations and the comparison of them by MgO distillation method and CONWAY micro diffusion method.

The author wished to use the air-dried compost for its chemical analysis in his routine work. Even if the grinding and sieving were necessary for the preparation of homogeneous sample, their practice was almost not feasible on the moist fresh composts. Subsequently he examined the effect of air-dryness on the inorganic N concentrations of fresh compost.

The brown hue of 10% KCl extract of compost for the determination of inorganic N suggested the elution of abundant organic matter and subsequent NH₃ generation at MgO distillation by the decomposition of organic matter. He also made a comparison of inorganic N determined by MgO distillation method and CONWAY micro diffusion method.

The four hemlock bark-chicken droppings composts and broad-leaved tree sawdust-hog droppings compost which were fine granular were selected. Their inorganic N in fresh and after air-dried condition was extracted by 10% KCl solution and it was determined by the above-mentioned methods.

The results were expressed in Table 2.

As the difference of NH₄-N and NO₃-N concentrations by both methods, respectively, was negligible, he adopted the MgO distillation method in his routine work.

NH₄-N and NO₃-N concentrations of every compost increased by air-dryness. The rates of increase by air-dryness (air-dried/fresh, per cent) of NH₄-N were extremely high, and they reached 2.1~5.5 times, but their amounts of increase were fairly small on the hemlock bark-chicken dropping composts which were very low in NH₄-N concentration. On the other hand, the changes of NH₄-N of BS-H-C₄* and NO₃-N of every hemlock bark-chicken droppings compost were vice versa, and their rates of increase were only 134% and 106~132%, respectively.

In the author's opinion, the data on the air-dried materials would be available to grasp the general situation of chemical composition of the composts.

3-1-2. Comparison of 2% citric acid soluble P₂O₅ and 2.5% acetic acid soluble P₂O₅

The phosphorus form of compost is one of the important factors from the point of view of fertilizer. The author wished to determine the slowly available P₂O₅ of the selected samples by 2.5% acetic acid extraction instead of by 2.0% citric acid extraction which is the official method for phosphorus fertilizer. As the abundant existence of citric acid in test solution interferes with the color development at the spectrophotometric determination of P₂O₅ by molybdo-phosphoric blue color method because of the formation of soluble complex of citric acid and NH₄-molybdate, the direct determination of P₂O₅ with 2.0% citric acid extractant was limited to only the phosphorus rich samples. On the other hand, acetic acid, even if it is

* BS-H-C is an abridgement of broad-leaved deciduous tree sawdust-hog droppings compost.

abundant, does not interfere with the development of the molybdo-phosphoric blue color.

The analytical method was as follows: 1 g of sample was extracted on a shaker with 100 ml of 2% citric acid or 2.5% acetic acid for 1 or 2 hours, respectively. The suspension was centrifuged and the supernatant solution was analysed by molybdo-phosphoric blue method (SnCl_2 -HCl system).

As stated in Table 2, the P_2O_5 concentration of every sample with both extractants well agreed, and subsequently the author adopted 2.5% acetic acid soluble P_2O_5 in his routine work.

3-1-1. On the humus combined with Ca

The woody waste composts with addition of chicken droppings were slightly acidic~slightly basic in their reaction and they were rich in Ca in general. Those factors suggested the possibility of abundant existence of humus combined with Ca, and subsequently the author examined those problems prior to his routine work.

The analytical method of humus was the same as that on forest soils by the author⁴⁾. The pH value of BS-H-C₄ was 7.10 and its CaO and MgO concentrations were 3.06% and 2.33 % respectively, and its detailed chemical property and composition will appear in Part 2 of the study. Those of HB-C-C₂ and -C₅ were stated hereunder in Table 5.

As stated in Table 4, the humic acid combined with Ca (h-2) was only about 10% of the free humic acid (h-1) on HB-C-C₂ and -C₅, and it was negligible on BS-H-C₄. Subsequently the author omitted the determination of humus combined with Ca (f-2) in his routine work.

3-2. Analytical method

The analytical methods of routine work were as follows:

Color; It was expressed by the color chart of MUNSELL system on the ground and sieved air-dried sample.

Total organic C; It was determined by the chromic acid titration method²⁾, adding 0.2 g of Ag_2SO_4 to eliminate the interference of Cl in the sample.

Total N; Organic N was determined by KJELDAHL method and NO_3 -N, separately determined, was added.

Water soluble C; 10 g of sample with 100 ml of water was on the shaker for 1 hour and centrifuged. 5 ml of supernatant solution, 5 ml of 0.5 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ solution and 10 ml of H_2SO_4 were mixed and the following procedure was same as that of total C. The unconsumed $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ was titrated with 0.1 N ferrous-ammonium sulfate solution.

CEC; It was determined by PEECH method.

Total K_2O , Na_2O , CaO, MgO and P_2O_5 ; K_2O , Na_2O , CaO and MgO were determined by atomic absorption spectrometry and P_2O_5 spectrophotometrically by molybdo-phosphoric acid blue method (SnCl_2 -HCl system) after the digestion of sample with HNO_3 - HClO_4 mixture.

Water soluble P_2O_5 and 2.5% acetic acid soluble P_2O_5 ; 1~5 g of sample with 100 ml of water or 2.5% acetic acid was on the shaker for 1 or 2 hours, respectively, and centrifuged. The supernatant solutions were analysed with the same method as total P_2O_5 .

Cl; 1 g of sample with 100 ml of water was on the shaker for 1 hour and centrifuged. The supernatant solution was analysed spectrophotometrically by mercuric-thiocyanate method.

pH; It was measured with 1:5 suspension.

EC; It was measured with 1:5 suspensions on chicken droppings and bark composts, and 1:10 suspension on barks.

Organic N fraction; Organic N was fractionated into amide-N, aminosugar-N, amino acid-N, unidentified-N and unhydrolyzable-N after hydrolyzation with 6 N HCl for 24 hours

at 110°C⁷⁾.

Inorganic N; 10 g of sample with 200 ml of 10% KCl solution was on the shaker for 1 hour and filtrated. $\text{NH}_4\text{-N}$ was determined by MgO distillation method and $\text{NO}_3\text{-N}$ by the same method with addition of DAVARDA alloy.

Humus form; Fraction-1 of humus was determined by the same method as the forest soil⁴⁾.

4. The chemical property and composition of hemlock barks and chicken droppings (Result and discussion-1)

4-1. The change of hemlock barks during the storage in the open yard heap

The analytical results were expressed in Table 5.

Total organic C concentration of every bark was 48~56%.

Total N concentration increased with the lapse of storage term and subsequently C/N ratio decreased in the same order. The C/N ratio of HB-1 (fresh bark) was 255 and that of HB-3 (3-year-old bark) decreased to 161. That of HB-2b which seemed to be under extremely rotting process yet remained only 141. Those C/N ratios of barks were extremely greater than those of straw and litter, etc., the raw materials of habitual composts.

The water soluble C concentration was 3.9% in HB-1 and it reached to 0.6% in HB-3, decreasing with the lapse of storage term.

CEC of HB-1 was 41 me/100 g and it is extremely greater than that of fresh sawdust which is about 10~15 me/100 g. It increased during storage and reached 69 me/100 g in HB-3 and 78 me/100 g in HB-2b. Those high CEC of hemlock barks was worthy of note.

Total Na_2O , CaO and MgO concentrations gradually increased with the lapse of storage term, too. But the mode of change of K_2O concentration during storage in open yard heaps seemed to be different from that of other inorganic ingredients. Comparing with the barks in the upper parts of heaps, the remarkably less K_2O concentration of HB-2 (1-year-old bark) than that of HB-1 gave the rapid leaching of K_2O out of the plant materials. But its less decrease in the lower part (HB-2a and -2b) than that in the upper part (HB-2) in the same heap, and its distinct increase in HB-3 (lower part of the separate heap) than that of HB-1 were noticeable. Although those facts were not the successive changes on the same samples, they seemed to suggest that the leaching of K_2O would be less in the lower part of the very thick heap than in its upper part, or a part of K_2O leached out of the upper part may accumulate in the lower part.

Total water soluble and 2.5% acetic acid soluble P_2O_5 slightly decreased after 1 year, but they distinctly increased after 3 years. The rate of 2.5% acetic acid soluble P_2O_5 to the total P_2O_5 gradually increased with the lapse of storage term but it reached only about one-third after 3 years. In the author's opinion, the most part of acetic acid insoluble P_2O_5 would be organic form. Generally speaking, though it was forecasted that the mineralization of organic P_2O_5 increased according to the advance of rotting process of organic matter, the greater part of total P_2O_5 yet remained as organic form after 3 years.

The Cl concentration of hemlock bark from marine water was frequently paid serious attention as the imported hemlock logs were stored in a marine timber yard. It is generally conceived that Cl is one of the ingredients easily leached out by water, and subsequently Cl in the hemlock bark from marine water is rapidly lost during their storage in an open heap yard. However, the obtained result verified that the mode of leaching of Cl in the very

thickly heaped barks was complicated. Although the remarkably less Cl concentration in HB-2 than that in HB-1 seemed to prove this, the distinct increase in HB-2a, -2b and HB-3 which were in the lower part of heap suggested the accumulation of Cl leached out of the upper part of heap into its lower part.

EC values of the selected barks seemed to relate to the water soluble ingredient, such as Cl and so on, and they were fairly high except HB-1 and HB-2.

The selected barks were acidic in their reaction and their pH value were about 5.0 or less.

4-2. Chicken droppings

The chemical property and composition of chicken droppings were stated in Table 5.

The remarkably high concentrations of N, P_2O_5 , K_2O , CaO and MgO, especially those of P_2O_5 , were worthy of note. The author also attached importance to its remarkably high Cl concentration. Although the Cl concentration of the hemlock barks from marine water was frequently attached importance as above-mentioned, the Cl from chicken droppings in the bark compost with addition of them as an auxiliary raw material is also the point to mark.

5. Chemical property and composition of hemlock bark composts (Result and discussion-2)

The chemical property and composition of the selected hemlock bark composts were stated in Table 5.

5-1. HB-C₁ and -C₂ (Hemlock bark compost without addition of chicken droppings)

Their C/N ratios distinctly decreased compared with HB-3 but they still remained in a high level, about 100. Those values suggested that those composts were in a rather immature stage.

HB-C₁ was more light colored than the selected hemlock bark-chicken droppings composts but HB-C₂ was very dark colored. The blackening of hue of hemlock bark by keeping in slightly alkaline reaction with addition of calcium hydroxide as HB-2 verified that the hue of hemlock bark compost had no close correlation to its quality or advance of composting process.

Their low Cl concentrations were unexplainable; perhaps it may be attributable to the above-mentioned unevenness of Cl concentration of old bark according to its position in the heap.

5-2. HB-C-C₁~C₄ (Hemlock bark-chicken droppings compost)

Their high concentrations of N, P_2O_5 , K_2O , CaO and MgO were from the auxiliary raw materials, i. e. chicken droppings and urea. The differences of nutrient concentrations and their mutual ratios among the selected composts were unexplainable with their mixing ratios of auxiliary raw materials expressed in Table 1. Perhaps it may be attributable to the uneven mixing of auxiliary raw materials*.

The most part of P_2O_5 of the selected composts was rapidly and slowly available P_2O_5 as expressed by their ratios of 2.5% acetic acid soluble P_2O_5 to total P_2O_5 that reached 80~85%. More than half of total P_2O_5 in HB-3 and chicken droppings was organic form and a greater

* The mixing of auxiliary raw materials and the remixing of compost was done by hand on the trial products, HB-C-C₁~C₃.

part of it changed into inorganic form during the composting process.

Water soluble C concentrations were extremely low and they were only 0.6% and less of total C. It was said that COD (chemical oxygen demand) would be an index of advance of composting process. The author applied the water soluble C concentration to the compost instead of COD by $K_2Cr_2O_7$ method. Including HB-C₁~C₂ above-mentioned and HB-C-C₅~C₆ described hereunder, the water soluble C concentrations of the selected composts were extremely low and no clear difference was seen among them. Considering the difference of maturity between HB-C₁~C₂ and HB-C-C₁~C₆ which was suggested by their N and humus forms described hereunder, the author was of the opinion that the water soluble C concentration would not be necessarily an adequate index of maturity in composting process on the hemlock bark compost.

The Cl concentrations of the selected composts were pretty high.

Their CEC were fairly large and they reached 86~94 me/100 g but their increase during the composting process was not distinguished. It was thought that the increase CEC would be an index of maturing on the sawdust-chicken droppings compost. Considering the extremely low CEC of fresh sawdust, reaching only 10~15 me/100 g, and high CEC of its matured compost, reaching 70~80 me/100 g, such view would be appropriate on the sawdust compost. However, the author was of the opinion that the increase of CEC would be rather inadequate on the hemlock bark compost because of its narrow range. Though it is a problem left for the future, the separate standards corresponding to the raw materials or manufacturing processes will be indispensable if CEC is to be adopted as an index of maturity of compost.

Their pH values were 5.40~6.60 and their EC values were fairly high and reached 2.0~3.0 m mho/cm.

5-3. HB-C-C₅~C₆ (Hemlock bark-chicken droppings compost with addition of extremely abundant chicken droppings)

Their extremely high concentrations of P_2O_5 , K_2O , CaO and MgO were due to the high mixing ratio of chicken droppings. However, their extremely low N concentrations than the expected values suggested their remarkable loss of N during the composting process. As a matter of fact, the strong scent of ammonia during the composting process, especially at the remixing, suggested the abundant loss of N as ammonia. However, the scent of ammonia was almost lost after ripening. From those results, the heavy mixing of chicken droppings does not pay from the viewpoint of N economy.

Their pH values were nearly neutral and their other properties and compositions were similar to those of HB-C-C₁~C₄.

6. Nitrogen forms of the hemlock barks, chicken droppings and hemlock bark composts (Result and discussion-3)

The nitrogen forms of the selected hemlock barks, chicken droppings and hemlock bark composts were stated in Table 6.

6-1. Inorganic N

The inorganic N concentrations of hemlock barks were extremely scanty and they reached only a few ppm in NH_4 -N and NO_3 -N respectively except NH_3 -N of HB-2a reached 12 ppm. They were only 0.1% and less of their total N concentrations.

Inorganic N concentration of chicken droppings was extremely high and it reached 2,700

ppm and about 5% of total N. The most part of it was $\text{NH}_4\text{-N}$.

$\text{NH}_4\text{-N}$ concentrations of HB- $\text{C}_1\sim\text{C}_2$ reached only about 10~15 ppm, though they increased comparing with HB-3 and their $\text{NO}_3\text{-N}$ yet remained on the similar level to that of HB-3.

The inorganic N concentrations of HB- $\text{C-C}_1\sim\text{C}_6$ were about 30~80 ppm in $\text{NH}_4\text{-N}$ and 300~3,000 ppm, most of them were 1,000~3,000 ppm, in $\text{NO}_3\text{-N}$. Their extremely strong nitrification and high ratio of inorganic N to their total N, reaching to 6~14%, were worthy of note and they were one of the characteristic features of the hemlock bark-chicken droppings composts.

6-2. Organic N

The hydrolyzable N of HB-1 reached 80% of its total organic N and its amino acid-N to nearly a half; the former decreased to 70% and the latter to 35% in HB-3.

On the fractions of hydrolyzable N, the unidentified-N ranked next to amino acid-N and followed in the order as amide-N, amino sugar-N in every stage of rotting process during storage. The latter two fractions were remarkably less than the former two, and especially the extremely low rate of amino sugar-N was noticeable.

The change of every fraction except amino acid-N during the storage limited within a narrow range and it has no certain trend. The trend that hydrolyzable N and amino acid-N decreased according to the advance of rotting process of bark was quite similar to that of the litter decomposing process in A_0 layer of forest soil but no distinct increase of amide-N and amino sugar-N was disagreed.

The hydrolyzable N of chicken droppings was more abundant than that of fresh bark (HB-1) and it reached 90%. The less amino acid and more amide-N and unidentified-N in chicken droppings than those of fresh bark was noticeable.

The organic N compositions of HB- $\text{C}_1\sim\text{C}_2$ and HB-3 were similar but those of HB- $\text{C-C}_1\sim\text{C}_6$ were quite distinct from those of chicken droppings, HB-3 and HB- $\text{C}_1\sim\text{C}_2$. The remarkable decrease of hydrolyzable N and amino acid-N of HB- $\text{C-C}_1\sim\text{C}_6$, reaching only 45~55% and 11~19% respectively, were worthy of note. Their amide-N also was distinctly increased but unidentified-N was slightly decreased as a whole, and the changes of amino sugar-N were vague.

The above-mentioned results showed that the trend of change of organic N composition during the composting process of hemlock bark-chicken droppings composts well agreed with the general trend of organic matter decomposing process, i. e. the decrease of hydrolyzable N and amino acid-N and the increase of amide-N.

It is said that amino acid-N is the most mineralizable fraction among the organic N fractions⁹⁾. Considering the strong nitrification of HB- $\text{C-C}_1\sim\text{C}_6$, their distinguished decrease of amino acid-N had a similar trend.

The above-mentioned results showed that the strong nitrification, decrease of the rate of hydrolyzable N and amino acid-N to total organic N would be the indexes of advance of composting process on the hemlock bark-chicken droppings composts.

7. Humus forms of hemlock bark composts (Result and discussion-3)

The humus compositions and optical properties of humic acids of hemlock barks and hemlock bark composts were stated in Table 7. Their absorption spectra of humic acid were

expressed in Fig. 1 and their classification in Fig. 2.

In the author's opinion, it may be a much debated point that the fractionated organic matter from plant materials by the same method as soil humus were named humic acid and fulvic acid on their same response to acid and alkaline as soil humus. As the soil humus is a resynthesized organic matter by polymerization or condensation of the decomposed or metabolized products by microorganisms, he has to give the name humic acid-like substance and fulvic acid-like substance in a strict sense. However, he uses the term of humic acid and fulvic acid in a broad sense.

7-1. Humus form of the hemlock barks

The following facts were observed on the humus composition: The increase of humic acid and the decrease of fulvic acid, and subsequently the increase of C_h/C_f ratio in HB-2 (1-year-old bark) comparing with those of HB-1 (fresh bark) were recognized. The humic acid and fulvic acid were reduced by half, but C_h/C_f ratio was comparable in HB-3 (3-year-old) in comparison with those of HB-2. The humus composition of HB-2a and -2b was similar to that of HB-3.

The absorption spectrum of humic acid of HB-1 expressed no distinct peak of absorption band but a very weak shoulder at $560\text{ m}\mu$, broad shoulder at $500\text{ m}\mu$ and weak shoulders at 420 and $280\text{ m}\mu$. According to the advance of rotting process during storage, the shoulders at 560 and $420\text{ m}\mu$ disappeared in HB-2, and the shoulders at 500 and $280\text{ m}\mu$ were yet recognized in HB-2 and -3 but they were more faint in HB-3 than HB-2. HB-2a and -2b expressed a similar trend to HB-2 on the whole, but the broad shoulder at $500\text{ m}\mu$ became more faint in the order as HB-2a, HB-2b. The shoulder at $280\text{ m}\mu$ was extremely faint in HB-2a and it disappeared in HB-2b.

The above-mentioned changes of absorption spectrum of humic acid of hemlock bark according to the advance of its rotting process expressed a certain trend. But the wavelength of absorption band was quite distinct from those of humic acid of soil humus where 610 , 570 and $450\text{ m}\mu$ if they appeared.

The shoulder at $280\text{ m}\mu$ in the humic acid of every bark except HB-2b would be due to lignin. The broad shoulder at $500\text{ m}\mu$ seemed to correspond to that in R_p^d and P_0^d type humic acids after KUMADA¹²⁾ which he found in the humic acid of A_0 layer, especially in its Na-pyrophosphate extract.

$\Delta \log K_1 (\log K_{400} - \log K_{600})$ and $\Delta \log K_2 (\log K_{650} - \log K_{850})$ which are the indexes of inclination of spectrum had a trend to increase according to the advance of rotting process in every bark except $\Delta \log K_1$ of HB-2a and -2b.

Rf value distinctly decreased in HB-2 comparing with that in HB-1 and remained in the similar level in HB-3 and -2a, but it increased extremely in HB-2b.

It is known that the decrease of $\Delta \log K_1$ and increase of Rf value, especially the latter, are the index of proceeding of humifying process of soil humus⁵⁾¹¹⁾. But the above-mentioned changes of $\Delta \log K_1$ and Rf value of the humic acids of the selected hemlock barks was quite different from those of soils.

According to the classification diagram of humic acid expressed in Fig. 2, HB-1 and -2b belonged to B type humic acid and the rest to R_p type humic acid.

Compared with the regression curves between $\Delta \log K_1$ and Rf value of humic acid of the representative forest soils including A_0 layers in Fig. 2, the singularity of every humic acid of the selected barks that its Rf value was large notwithstanding its large $\Delta \log K_1$ was

distinct.

7-2. Hemlock bark compost (without addition of chicken droppings)

The humus compositions and optical properties of humic acids of HB-C₁~C₂ were similar to those of HB-3 except a little less humic acid and fulvic acid and a little larger $\Delta \log K_1$ and $\Delta \log K_2$ of HB-C₂ than those of HB-3.

Those facts showed that their proceeding of humifying process was extremely slow.

Their humic acids had a weak shoulder at 280 m μ and a broad shoulder at 500 m μ , and subsequently they belonged to R_p^d type humic acid.

7-3. Hemlock bark-chicken droppings composts (HB-C-C₁, -C₄ and -C₅)

Compared with the humus composition of HB-3, a little more humic acid a little less fulvic acid in HB-C-C₁ and -C₄, a little less humic acid and fulvic acid in HB-C-C₅ and more C_h/C_f ratio in every hemlock bark-chicken droppings compost were recognized.

On the absorption spectra of their humic acids the weak shoulder at 280 m μ in HB-3 disappeared, and the broad shoulder at 500 m μ was more faint in HB-C-C₁ and -C₄ than that in HB-3 and it disappeared in HB-C-C₅.

Their $\Delta \log K_1$ and $\Delta \log K_2$ increased and Rf values also increased in comparison with those of HB-3.

The humic acids of HB-C-C₁ and -C₄ were classified into B^d type humic acid and that of HB-C-C₅ into B type of humic acid according to the existence of a broad shoulder at 500 m μ .

As above-mentioned, their increase of Rf value notwithstanding their increase of $\Delta \log K_1$ and their singularity of the position on the classification diagram expressed in Fig. 2 in comparison with that of the humic acid of soil humus were quite similar to those in the selected hemlock barks and hemlock bark composts.

8. Summary

The main object of the studies is the standardization of woody waste composts. At present the only information on the hemlock barks and their composts was obtained and the standardization on the whole woody waste composts is a problem awaiting future studies.

The author was of the opinion that the maturity of compost should be expressed as the result of the decomposition and resynthesization of organic matter by microorganisms, i. e. the change of organic matter. The concentration of N and some fertilizer elements and pH, etc. should be regarded from the point of view that they are the effective factors for the activity of microorganisms and plants.

From such point of view, the darkening of hue, increase of CEC, proceeding of humifying process expressed with the decrease of $\Delta \log K_1$ and the increase of Rf value of humic acid and change of N form should be expected to be the likely indexes of maturity, i. e. proceeding of composting process, of compost in the stage of working hypothesis.

However, the above-mentioned results give the following prospects on the hemlock bark composts: The blackening of hue was not always the index of maturity. Though CEC increases according to the advance of maturity, its narrow range of increase is a defect for the index of maturity. The changes of humus form are singular to those of soil humus, and the narrow range of increase of Rf value of humic acid is also a defect. The changes of N form, i. e. the decrease of the rate of hydrolyzable N and amino acid-N to total organic N

and the strong nitrification were due to the change of N form of chicken droppings and urea, though it may be an index of the maturity of compost.

The author was of the opinion that those factors seemed to be effective in the stage of the working hypothesis but there is room for further examination. Besides, it is known that the decrease of cellulose is an index of proceeding of decomposing process of A_0 layer of forest soil, as hemicellulose- and lignin-like substances were resynthesized but cellulose was not by microorganisms³⁾. Although a similar trend was forecast in the composting process of bark, the abundant so-called bark phenolic acids and suberine in the barks, especially in the coniferous barks, checked the true determination of cellulose and subsequently the author left the examination of their organic matter composition, including its analytical method, for future study.