

# 土壌改良材としての木質廃材の利用

高橋 弘行

## まえがき

戦後、化学肥料工業の発展、各種農薬の急速な進歩、それにともなう農業技術の革新などにより、我が国の農林生産は顕著に増大している反面、有機物の不足による土壌の荒廃が目立ってきている。関係諸機関では、農林経営の合理化対策の一つとして、地力回復・維持のための自給堆肥の増産を指導しているが、原料となる有機物や労力の不足のため仲々成果が上らない現状である。一方、木材産業の立場から樹皮、鋸屑等の木質廃材の高度利用は木材の完全利用に残された重要な課題の一つであり、これらが土壌有機物の給源として着目されるのは極めて自然なことといえよう。

米国では、古くからCalifornia州の植林、造園業者が落葉堆肥、松葉、鋸屑、もみガラ、泥炭などを土壌に混入し、アゼリヤ、ツバキなど酸性土壌を好む植物の栽培に成果を上げている実績があり、こうした背景に立って既に1946年 Dunn Stuart 一派により木質物の土壌改良材としての利用研究が始められている。以来 W. B. Bollen, S. A. Wild, O. R. Lunt などにより多くの成果が報告され、更に、本文に指摘するような木質物の重大な欠点の除去についても努力が払われ、着実に成功をおさめつつある。

我が国では、宮崎・大滝らが1958 - 1960年にかけて鋸屑堆肥の製造法、林業苗畑における利用について報告し、更に植村はやはり林業土壌の地力増強を目的として鋸屑堆肥の開発を行い、現在この技術に基づいて関東一円の林業試験機関が現地適用試験を行っている。この他一部の農家で鋸屑を堆肥の材料として利用している例が散見され、我が国におけるこの面での木質物の利用も、ようやくきざしを見せ始めている。

著者等は、木質廃材から工業的に粗有機質土壌改良材を製造する目的で、1961年以来調査・研究を実施しているが、現在迄得られた内外の資料をもとにして、木質物の土壌改良材としての利用について、その効果、欠点、利用の現況などをまとめてみた。今後の廃材利用の発展の一助にでもなれば幸いである。

## 土壌改良とは

土壌改良とは、一言にしていえば、作物の生育培体である土壌に作物の生育上最も都合のよい物理的、化学的な性質を与えてやることである。作物の栽培上土壌の果している役割は多岐にわたっているが、土壌の

肥沃度に関聯する最も重要な役割りは、水分・酸素・栄養の供給であり、これらの3つの要因が充足される限り、土壌がなくても作物の良好な生育が可能であると考えられている。従来小規模な栽培試験などに重用されている水耕栽培、戦後実用化され、早出蔬菜などの栽培に成功をおさめている礫耕栽培、その他、パーミキュライト・水苔・グラスウール等による園芸植物の栽培などいずれもその好例といえよう。

それでは土壌の水分、酸素、栄養供給力は、土壌のどのような性質によって支配されているのか、簡単に説明しておこう。

### 1 水分・酸素の供給

植物の生育に水が不可欠な要素であることはいうまでもない。一般畑作における水分の供給は、降雨や灌水に依存しており、第一に、限られた水を無駄なく土壌中に取り入れられたり、過剰な水分を速かに排水したりする能力が要求される。このような性質を透水性といっている。また第二に、取入れた水分を適当に貯え、作物の要求に応じて放出する能力が要求される。このような性質を保水性といっている。

透水性は重力による水分移動の尺度であり、その速度は土壌孔隙の径の二乗に比例して増加する。従って、比較的大きな孔隙 - 粗孔隙または非毛管孔隙 - が多い程透水性が大きい訳である。一般に埴質土壌は透水性が悪いため、過湿に陥入り易く、また土壌表面からの浸潤速度が遅いため、表土の浸蝕や土壌構造の悪化を招き易い。非毛管孔隙が10%以下の土壌では人工的な排水が必要とされている。

一方土壌の保水性は、重力に対抗し、毛管張力によって水分を保持する力である。従って、比較的小さい孔隙 - 毛管孔隙 - が多い土壌程保水性が高い。しかし、土壌の保水性を評価する上で重要なことは、保水された水分のうち作物に利用できる水分がどれだけあるかということで、我々はこれを有効水分と呼び、土壌の水分供給力の一つの基準と考えている。即ち、土壌孔隙が極めて小さく、根の吸収力よりも毛管張力が高くなると、も早土壌から植物への水の移動は停止する。この点の有効水分の最低限界であり、萎凋点と呼ばれている。

一般に粒径組成の大きい砂質土壌は毛管孔隙が少なく、保水性に乏しい代表的な土壌である。

水分の供給と並んで、酸素の供給が作物の生育上不

可欠の要因であることは前にも述べた通りである。根や土壌微生物は土壌中で呼吸を営み、酸素を消費して炭酸ガスを放出している。従って土壌が緻密過ぎて適当な換気が行われない場合、酸素の分圧が低下して根は窒息状態に陥入るので養分、水分の吸収が困難となる結果、甚だしい場合は枯死にいたる。また微生物活動の低下、還元状態における鉄イオンの害の増加、その他直接的間接的に悪影響をもたらすことが知られている。

こうした土壌空気更新速度は、主として拡散に支配され、土壌孔隙量が多い程その速度は速い。一般に拡散速度は土壌の自由孔隙量（気体で占められている孔隙量）の二乗に比例し孔隙の大きさは影響しないとされているが、実際には細かい孔隙程水で満されている割合が多いので、結局非毛管孔隙量の多少に支配されることになる。このような土壌空気更新の難易を通気性といい、単位土壌容積の10~30%を自由孔隙で占めていれば作物は順調な生育を遂げるものと考えられている。

以上要約すると、通気性・透水性は非毛管孔隙に、また保水性は毛管孔隙に依存しており、結局物理性の良好な土壌というのは非毛管孔隙と毛管孔隙の量と、そのバランスが適当な土壌である。理想的な土壌では、毛管・非毛管孔隙がほぼ等量に存在し、合わせて土壌容積の30~50%を占めるといわれる。このような土壌は充分な換気作用、透水性を持ち、作物の生育に最適な物理的条件を与える。

しかしながら実際にはこの様な土壌は極めて少ないし、また良好な構造を持つ土壌であっても表土の非毛管孔隙は極めて動的な性質を持ち、雨滴、風、作付、有機物の消耗等により悪化して行く。ことに我が国の耕地土壌は母材や生成過程から必然的に物理性の劣悪なものが多く、更に農業経営上からの要求も加えて土壌構造の改良は農業の近代化に不可欠の因子と考えられている。

こうした毛管・非毛管孔隙の良好なバランスは一般に単粒構造では満足されない。何故ならば単粒構造では孔隙の大きさが比較的均一で、粒子が小さければ非毛管孔隙が少なくなり、保水性はあるが、通気排水が悪く、又逆に粒子が大きいと毛管孔隙が少なくなって通気・排水はいいが保水性に乏しい。つまり二つの必要な利益が相反する関係にある訳である。構造を持たない重粘土は前者の代表的なものであり、砂土が後者の代表的なものである。これに反し、団粒構造の土壌では団粒内部に毛管孔隙を、団粒間に非毛管孔隙を形成するので、孔隙のバランスは良好である。従って

土壌改良の主眼とするには、土壌に団粒構造を与えることであるといえよう。

## 2 栄養の供給

作物は土壌中の栄養分を摂取して生育するが、これらの栄養分は、降水、灌漑水などに溶存した形で、或は微生物による窒素の固定等天然に供給される他は、堆肥、魚カス、化学肥料など人為的に供給されるものが大部分で、土壌はこれらの栄養の給源としてよりも、外部から与えられる栄養分の仲立ちをつとめると考えるのが妥当である。

つまり土壌は外部から与えられた栄養分をできるだけ吸収保持し、作物の必要に応じて適宜供給する能力が要求される。その一つの尺度が塩基置換容量で、普通土壌100gが置換吸収する陽イオンのmg当量で表わしている。塩基置換容量の大きい土壌は $\text{NH}_4^{++}$ 、 $\text{K}^+$ 等を吸収保持する力が大きい訳で一度施した肥料分はよく吸収保持され、作物の要求に応じて可吸態となる。従って肥料分の溶脱による損失は少なくなり、一時的な土壌塩類濃度の過剰による害、重金属イオンの害も軽減される。又pHの変化に対する緩衝能も大きい。塩基置換容量の小さい土壌は一般に養分に乏しく、肥料を与えても溶脱して逃げる割合も多い。従って肥効分の損失が大きいのみならず肥切が早く施肥管理も難かしい。

土壌の塩基置換容量は、粘土鉱物と土壌腐植にその大部分を依存しており、ことに腐植質の役割は大きい。腐植質の塩基置換容量は粘度の7倍といわれ、土壌の塩基置換容量の6~7割は腐植質に由来するものと考えられている。従って塩基置換容量を改善するためには、或る種の粘土、ペントナイトなど塩基置換能の高い資材、緑肥・堆肥など有機質の補給が要求される訳である。

肥料分の保持と土壌構造の関係もまた密接である。非毛管孔隙に乏しく緻密な土壌では、表面からの水の浸潤性が悪いため、ことに果樹園や畑作の相当部分を占める傾斜地などでは、雨水や流水による耕土の流亡が激しく、それにとまって失われる肥効分も無視できない。上川地方に広く分布する重粘土壌について一例を上げると、傾斜度17°の畑地で年間10a当りの肥効分の流亡はN,P,K各々15,1,1kgにも上るとみられている。このような観点から肥効分の保持に対しても適当な透水性と保水性が望まれる訳である。

土壌改良材は、以上のべた通り、瘠悪な土壌の物理・化学性を改良して肥沃性を高め、結局は作物の生産性を高めることを目的とした資材で、現在かなり多くの種類が出廻っている。これらの性状は広範でそれぞれ

第1表 土壌改良材の種類と効果

		名 称	原 料 又 は 成 分	効 果	
無 機 系	化 学 性 改 良 材	リン酸質肥料	リン 酸	酸性土壌のアルミナ抑制	
		石 灰 類	石 灰	酸性矯正, 塩基補充	
		含 鉄 質 材	鉄	鉄分欠乏改善	
	物 理 化 学 性 改 良 材	ベントナイト・ゼオ ライト・オーヤダイト	珪酸アルミナ他	塩基置換容量増大, 塩基補充, 土壌粒径組成改善	
		物 理 性 改 良 材	パーライト	真珠岩焙焼物	多孔質粒状物で, 土壌中で団粒の役割を果たす。 塩基補充。
			ベルミライト	蛭石焙焼物	
有 機 系	粗 大 有 機 質	堆 厩 肥	フミン酸・ポリウロナ イド	腐植質補充, 窒素肥料, 土壌微生物の活性化, 団 粒効果	
		糞, 麦稈, 緑肥	リグノセルロース		
	泥炭, 亜炭, 褐炭, 加工品	テンポロン・テルミン アズミン・テルナイト フミゾール	フミン酸又はその Ca, Mg, NH <sub>4</sub> 塩	同 上	
		合 成 高 分 子 電 解 質	クリリウム	ポリアクリル酸ソーダ	団粒効果
	ポパール・ソイラック・ダ ンリウム・ゴーセノール		ポリビニールアルコール		
	ドロゲン		メラミン樹脂		

れの目的によって使いわけが必要がある。第1表は比較的好く知られている土壌改良材の種類と効果をまとめたものである。それらのうち無機系の物理化学性改良材及び物理性改良材の範ちゅうに属するものは、ともにそれ自身のもっている塩基置換能, 保水性, 孔隙性などを土壌中に持込むもので, 土壌粒子との間の反応はほとんどない。そこでこのようなものを不活性改良材, その他のものを活性改良材と分類されることもある。

**木質物の土壌改良性**

団粒構造を持つ土壌が作物の生育に適当な物理性を備えていることは既に述べた。団粒は粘土粒子が一次的, 二次的に凝集してできた多孔質で吸水性, 保水性が高く, かつ必要な大きさを持つ粒子を混合した場合, 土壌構造そのものは発達しないが, 水 - 空気の間係を改善して, 団粒構造を形成したのと類似の効果をもたらすことは容易に想像できる。前項に記載したパーライト, ベルミライトはこのような効果を主眼とした土壌改良材で, 苗床, 家庭園芸などに広く利用されている。

鋸屑, 粉碎樹皮等の木質廃材もまた多孔質物質であり, 団粒代替物として利用しうる有利な性質を備えている他, 土壌改良資材としてのいくつかの利点を持っている。これら木質物の土壌改良効果は, 木質物の種類(例えば樹種, 樹皮か木部か, 粒度 etc), 施用

量, 対象となる作物, 土壌の種類などにより一様ではないが, 概ね次に述べるような共通した特質を備えている。

1. 粒状, 片状又は繊維状の Bulky material である。

このような性質は土壌の孔隙, 特に非毛管孔隙の増大をもたらし, 通気性・透水性の改善に大きな役割を果たす。これは, 密度が高く, 構造をもたない粘土質土壌の改良に適した性質といえよう。

2. 水分の吸収保持力が高い

経験的にも判るように, 粉粒状の木質物は比較的短時間に自重の4~5倍の水を吸収し, その保持力も強い。このような性質は毛管孔隙に乏しい砂質の土壌に必要な保水性を与えることができる。

以上の二つの性質は木質物の団粒代替物としての可能性を示すもので, 透水性・通気性の改善が直接作物の生育に好影響をもたらすのみならず, 副次的にイ) 透水性が増すため, 大雨や流水による表土構造の破壊や土壌浸蝕に対する抵抗性が増す, ロ) 通気性が増すため植物根の伸長が良好となり, 広い範囲から水分や栄養を吸収できる, ハ) 土壌内が好氣的になるため有用微生物の生育が盛んとなる, ニ) 土が脆軟になるため耕耘が容易となり, また雑草除去や苗の移植が容易となる等々作物生理上, 栽培管理上有利な効果が期待される。第2表は旭川市近郊の粘土質土壌に鋸屑, 樹皮粉碎物を混合し1年間放置後の物理性の一

例<sup>1)</sup>であるが、明らかに孔隙性が改善され、有効水分も増加し、木質物の混入が有益な処理であることを示している。

木質物の容積重が非常に小さいことも、利点の一つで、近年屋上庭園・屋内庭園などでの容器栽培、船舶による樹木の輸送などに軽量の栽培培体が要求され始めているが、この面での利用の可能性も当然検討されてよいであろう。

第2表 粘土質土壌の物理性に及ぼす鋸屑、粉碎樹皮混入の効果  
(混入率30vol%)

	全孔隙量	非毛管孔隙量	毛管孔隙量	容 積 重		有効水分 vol %
	vol %	vol %	vol %	湿 kg/ℓ	乾 kg/ℓ	
対 照 区 (土壌のみ)	58.2	26.8	31.4	1.31	1.00	13.46
ミズナラ 樹皮 混入区	73.3	37.3	36.0	1.02	0.66	17.49
シナノキ 樹皮 混入区	76.6	29.3	47.3	1.10	0.65	31.18
シラカンバ 樹皮 混入区	69.4	25.1	44.3	1.16	0.71	23.60
トドマツ 樹皮 混入区	71.8	32.0	39.8	1.09	0.68	21.33
ミズナラ 鋸屑 混入区	74.0	38.8	35.2	1.00	0.65	18.37
シナノキ 鋸屑 混入区	70.6	37.4	33.2	1.00	0.68	16.24
シラカンバ 鋸屑 混入区	70.9	31.6	39.3	1.07	0.69	16.95
トドマツ 鋸屑 混入区	71.1	41.3	42.8	0.95	0.68	14.39

第3表 木質物の塩基置換容量  
mg/100g 乾燥試料

試 料	塩 基 置 換 容 量	試 料	塩 基 置 換 容 量
ミズナラ 樹皮	66.4	トドマツ 鋸屑	15.9
シナノキ 樹皮	51.9	稲 藁	9.9
シラカンバ 樹皮	63.3	裸 麦 藁	15.3
トドマツ 樹皮	51.1	紫 雲 英	9.6
ミズナラ 鋸屑	12.9	ベントナイト	70~100

### 3. 栄養分の吸収保持力が強い。

木質物の保水性が高いことは当然塩類溶液の吸収保持力の高さを物語っている訳であるが、さらに特徴的なことは塩基置換容量が大きいことである。第3表はその一例<sup>2)3)</sup>で、木質物は醋酸カルシュームで、その他のものは醋酸アンモンで処理して得た値である。樹皮の塩基置換容量は、従来土壌有機質の給源として使用されてきた藁類、緑肥よりはるかに高く、化学性改良資材であるベントナイトに近い値を示している。このような性質は、吸収保持力に欠ける砂質土壌の改良に好適な性質と考えられる。

### 4. 機械的強度及び土壌中での分解抵抗が高い。

従来一般農家で土壌改良資材として利用されてきた、稲藁・麦稈・緑肥・堆肥等の粗有機質の多くは、湿った状態で粗剛性を失うため、直接土壌の孔隙性を改善する点で多くの期待は望めない。これらの資材は土壌中における分解の過程で、ポリウロナイド、フミン酸などの高分子電解質を生成し、粘土粒子を結合して土壌の団粒化をもたらすが、分解抵抗が低いため効果が持続せず、年々大量の投入が要求される。

この点木質物は湿った状態でもその強度はおとろえず、また土壌微生物に対する抵抗性も高いので、比較的持続性がある。

木質物の土壌中での分解速度についての報告はかなり多いが、その大部分は微粉碎した試料を大過剰の土

壌に添加し、一定の水分と温度のもとに培養して発生する炭酸ガス量を測定して得られたもので、この様な方法を土壌呼吸法と呼んでいる。実際に圃場に混入した場合は、木質物の粒度・形状・混入率、気象条件、施肥量などに大きく支配されるし、また炭酸ガス量から理論的に導かれた分解率は、しばしば実際と一致しない場合があるので、土壌呼吸法の結果から、圃場での木質物の寿命を推定することは困難である。

実際の圃場における木質物の分解に関する定量的なデータは残念なことに極めて乏しい。M. Salomon<sup>4)</sup>は土壌に混合して1年後に残る2mm以上の Pine チップは 24~34% で、2年後では7~16%であると報告している。同様に Oak チップでは1年後7~9%、2年後2.5~3.5%であった。又 O. R. Lunt, B. Clark<sup>5)</sup>は White fir 及び redwood の樹皮及び鋸屑は分解が緩慢で5~6年間は土壌改良効果が期待できると述べている。著者らは、邦産4樹種の樹皮・鋸屑を用いて栽培試験や土壌物理化学的な検討を行っているが、混入後1年では木質物の分解は殆んど進行していないように観察されている。ともあれ木質物の土壌中での分解抵抗が他の粗有機質に比べて卓越していることは、木質物の土壌改良材としての利用を試みた多くの試験で明らかに認められている。

### 5. 土壌腐植質の給源として好適である。

いままでは、木質物の不活性改良材としての特質を述べてきた訳であるが、さらに重要な木質物の役割の一つは土壌腐植質の給源としてである。これは木質物が土壌中で微生物によって分解を受け、腐植化することによって間接的に土壌の肥沃度を高める作用で、一種の活性改良材的役割とみなされよう。

土壌に混入された有機物のうち、植物性、動物性蛋白質は急速に分解され、さらに窒素が充分であれば、可溶性糖類、デキストリン、澱粉、ヘミセルロース等の易分解性炭水化物もまた急速な分解を受け消失す

る。セルロースは比較的緩慢であるが徐々に分解されて、最終的には水と炭酸ガスになって消散する。これらの易分解性成分は、分解の過程で土壌微生物に栄養やエネルギーを供給し、或はまた有機酸や高分子電解質に変質して、難溶性栄養分の可吸化、団粒効果を営む。

最も分解抵抗の高い有機物は、リグニンと微生物細胞の蛋白質である。これらは土壌中に蓄積され相互に反応してリグニン-蛋白質複合体を形成し、さらにこれを核として、各種陽イオン、脂肪、樹脂、微生物の遺体、微生物の代謝産物等が化学的に結合または混合して土壌腐植を構成する。

かくして生成した腐植は、窒素はもとより燐、硫黄、加里等の肥効分に富み、緩効性の栄養源として高く評価されているのみならず、前述の通り塩基置換容量が極めて高く、肥効分の吸収保持、水素イオン濃度の変化に対する緩衝性等重要な役割を受持っている。また腐植は親水性コロイドであり、水分の吸収保持力が強いので、旱魃の被害を最少限に止めることが出来る。腐植中のポリウロナイドなど膠質状態の高分子物質は、粘土と共に安定な凝集体である団粒の生成にあずかり土壌構造を改善する。このような腐植の多岐にわたる機能は、土壌の物理性・化学性の改善維持にとって不可欠の因子であり、昔から、色の黒い土壌は生産力が高いと云われるのも、腐植の効果を端的に表わしている。

腐植は比較的緩慢ではあるが徐々に分解消耗して行く。従って肥沃度の高い土壌であっても、年々有機物を施用してやらなければ地力の劣化はまぬがれない訳である。一般に腐植の適量は土壌の5~7%程度とされているが、我国の耕土中の平均含有率は2~3%とみられており、まだまだ多くの有機物の投入が要求されている。しかしながら、従来から有機質源として重要な役割を果たしてきた堆厩肥・緑肥・糞類などは、もともと量的に不充分であった上に、近年農業の機械化、労働力の不足などの社会的要因もからんで、年々生産が低下している現状で、農・林業経営上深刻な問題となってきている。

木質物の土壌中における分解については、木材の耐朽性、防腐処理に関連してかなりの報告があるが、これらは木材成分の消長、物理的強度の変化など木質物そのものの変化を捕えたものが大部分を占め、分解の結果生ずる腐植についての研究は皆無に近い。

しかし、一般に木質物は腐植の中核体の形成に不可欠なりグニン質に富み、分解もゆるやかなので、耐朽性の腐植の給源として他の粗有機質よりもはるかにす

ぐれていると考えられている。

### 木質物の逆効果

前項までに述べた通り、木質物は土壌の物理的・化学的・微生物的な諸性質を有利に改善する資質を備えており、我が国でも一部の篤農家や農業試験場で、土壌改良資材として利用された例が散見される。しかしながらこれらの結果の大半は、予期に反してみじめな失敗に終わっている。これは木質物が、土壌改良効果と同時に、作物の生育を直接・間接的に阻害する二三の重大な欠陥をあわせ持っているためである。

#### 1 窒素飢餓による作物の生育抑圧

窒素が植物の生育にとって不可欠の要素であることはいままでもない。窒素欠乏の状態下では、茎は細く側枝は少なくなり、葉は小さく、黄変して甚だしい場合は枯死にいたる。この様な現象を窒素飢餓といひ、施肥管理の誤りや緑肥の大量混入などの場合、一時的ではあるがよく見受けられる症状である。

土壌に新鮮な有機物が加えられると、土壌微生物はこれらの炭素源を無機化して行く過程で、生活と増殖のためのエネルギーを取入れ、同時に窒素を摂取して蛋白質を合成し自らの菌体を構成する。即ち、土壌中で有機物が腐植化する場合、微生物のエネルギー源となる炭素量に相当する窒素が必要とされ、それが満たされない場合は有機物の分解は停止する。いま炭素量に比べて窒素の乏しい有機物が与えられると、微生物は本

第4表 各種粗有機物の灰分及び炭素率<sup>6)7)</sup>

	灰分 %	全炭素 %	全窒素 %	炭素率
アルファルファ乾草	8.79	43.15	2.34	18
えんどう蔓	8.50	45.30		29
とうもろこし穂軸	1.58	46.87	0.45	108
稲もみがら	—	39.80	0.55	72
小麦稈	8.54	44.70	0.12	373
大麦稈	—	41.77	0.39	108
燕麥稈	—	47.16	0.28	171
ライ麦	—	47.39	0.33	144
泥炭	3.12	48.29	0.83	58
樹皮				
Douglas fir (若令)	0.69	51.66	0.17	304
" " (老令)	0.57	58.56	0.20	293
" " (コルク)	0.41	59.32	0.13	456
" " (薄皮)	0.69	54.29	0.11	494
鋸屑				
Douglas fir (新鮮物)	1.48	51.00	0.07	728
(2ヵ月放置)	1.61	49.98	0.08	625
(3年放置)	7.99	47.01	0.33	142
Red alder	1.21	49.80	0.05	996
Western redcedar	0.29	51.05	0.07	729
屑				
Western hemlock	0.35	49.74	0.04	1244
Sitka spruce	0.22	51.50	0.05	1030
Ponderosa pine	0.33	53.18	0.05	1064

来作物栄養として消費されるべき土壌中の窒素や施用された肥料中の窒素を奪取し、必然的に作物は窒素の不足になやまされることになる。このような有機物中の炭素と窒素の比率を炭素率と呼び窒素1に対する炭素の割合で表わしている。つまり炭素率の高いものほど、分解に際し外部からの窒素の供給をより多く必要とする訳で、それだけ作物に窒素飢餓をもたらす可能性も大きいことになる。(第4表)

一般に炭素率が25以上の場合窒素飢餓は激しく、20~25では分解の初期に一時的な障害をもたらす。もはや窒素の不足を示さない炭素率を限界炭素率といひ15~20であるとされている。これ以下になると窒素は微生物の要求以上となり、余剰の窒素は遊離し、植物栄養として吸収利用される。

木質物はいちじるしく窒素分に乏しく、その炭素率は300~1000と云う高率である。従って、鋸屑、樹皮等の木質廃材をそのまま土壌に混入した場合、極端な窒素飢餓による作物の生育抑圧は当然予想されることであり、多くの試験データは明らかにこの傾向をうらづけている。

窒素飢餓による作物の生育抑圧に影響する因子として、炭素率と共に、その有機物の土壌中での分解速度が問題となる。ことに種々の有機物の窒素飢餓をひき起す程度を比較しようとする場合、炭素率よりも、むしろ分解速度を比較する方がより実際的である。何故ならば、土壌中での分解が遅ければ、それだけ微生物による窒素要求も少ないので当然窒素飢餓は少ない筈であり、また有機物を構成する炭素源が難分解性のものでは、その炭素率を充分低くしても分解が促進されないからである。例えば、難分解性炭素源の代表的な物質と考えられる濃硫酸法リグニンは、窒素を殆んど含まず、極めて高い炭素率を持つにも拘らず、殆んど窒素飢餓をもたらさず、また充分に窒素を与えてもその分解は促進されない。

有機物の分解速度の比較は前述した土壌呼吸法によるのが便利で、第5表、第6表はその一例である。前者はW. B. Bollen<sup>6)</sup>等によって報告されたもので、微粉体試料をChehalissilty clay loam土壌に0.2%の割合で加え、28 50日間培養後の分解率を示している。また後者は著者等<sup>3)</sup>が北海道産の繁用樹種について行なった結果の一部で、微粉試料を沖積土壌に2.5%の割合で加え26 49日間培養後の分解率を示している。

この例からも、一般に木質物は他の粗有機質に比べ比較的分解しにくいことが解る。ことにリグニンや、リグニン質に富む褐色腐朽材の分解抵抗がいちじるし

第5表 粗有機質の分解性

	分 解 率 (%)
グルコース	55.2
アルファアルファ乾草	53.0
小麦 稈	49.6
稲もみから	33.5
Cedar 鋸屑	32.5
Douglas fir鋸屑	30.3
"  "  白色腐朽材	29.7
"  "  褐色腐朽材	4.8
Hemlock 鋸屑	29.5
Douglas fir樹皮 (若令)	26.2
"  "  (老令)	18.2
Scholler リグニン	4.3

第6表 北海道産4樹種の樹皮・鋸屑の分解性

	分 解 率 (%)
ミズナラ 鋸屑	7.8
"  "  樹皮	6.9
シナノキ 鋸屑	8.4
"  "  樹皮	7.8
シラカンバ 鋸屑	6.9
"  "  樹皮	6.6
トドマツ 鋸屑	5.0
"  "  樹皮	4.9
グ ル コ ー ス	20.6
濃硫酸法リグニン	2.0

く高いことは、窒素飢餓による害を低減させるための木質物の加工に重要な示唆を与えてくれる。

ところで実際に木質物を土壌に混合して作物を育てた場合、その生育にどの程度の影響がもたらされるものであろうか。いくつかの例を紹介しよう。

第7表 土壌に混入した各種木質廃材のとうもろこし子実収量に及ぼす影響

	とうもろこし子実収量 (泥炭混合物に対する収量%)	
	窒素無添加	窒素添加
Jeffery pine 樹皮	27	97
Sugar pine 樹皮	72	91
Ponderosa pine樹皮	28	108
Pine 鋸屑	61	84
Douglas fir 樹皮	48	88
White fir 樹皮	72	100
Red wood 樹皮	83	91
"  "  鋸屑	60	81
Incense cedar 樹皮	71	66
Red fir 樹皮	41	96
Philippine mahogany 鋸屑	67	91
泥 炭	100	100

O. R. Lunt, B. Clark<sup>5)</sup> は11種類の木質廃材を混入した土壌で、とうもろこしを栽培し、それらの窒素飢餓の程度を比較した。第7表はその結果で、比較的窒素飢餓を起しにくい泥炭を混入した場合の収量に対する百分率を示している。

S. Dunn<sup>9)</sup> は種々の作物を用い、針広両樹種の新鮮な樹皮と2, 3年堆積した腐朽樹皮の比較を行なった。キャベツの場合、腐朽樹皮は混入率10, 30%では窒素を添加しなくても対照に比べ有為増収となったが、50%ではやや減収をもたらした。一方新鮮な樹皮は混入率10%でも窒素飢餓による減収がみられ、30, 50%では殆んど生育できなかった。これは堆積樹皮が腐朽の過程で易分解成分を減少し、分解抵抗が高くなっていることを示している。しかし小麦や Wax bean の場合には腐朽樹皮でさえもすべての混入率で有為な減収をもたらした。

W. B. Bollen, D. W. Glenie<sup>6)</sup> はヒマワリ、大麦について試験を行ない、10メッシュ以下に粉碎した Douglas fir 樹皮を10t/エーカーの割合で混入した場合、窒素を添加しなくてもとくに減収とはならないが、硝安の添加により明らかに増収となった。100t/エーカーの場合は窒素の添加なしでは激しい窒素飢餓を招いたが、炭素率を50に調整すると、対照はもとより、10t/エーカーの場合にくらべてもはるかに増収となった。また Douglas fir に比べて分解しやすい Pine の場合、10t/エーカーでさえも高度の生育抑圧がみられた。ストロー・ベリーは極端に窒素要求の少ない作物で、鋸屑を80t/エーカーの高率に混入した場合ですら、窒素を加えないで増収となった。

著者等は、1961年～1963年にわたりトウモロコシ<sup>10)</sup> 二十日大根<sup>11)</sup> の生育に及ぼす樹皮混入の影響を試験し

てきた。窒素飢餓に対する作物の反応は、樹種・混入率・作物の種類などによりまちまちではあるが、ともあれ適量の窒素が与えられない限り作物の正常な生育が期待出来ない点で一致している。写真1はミズナラ樹皮を容積で40%混入した沖積土壌での二十日大根の生育を示している。この試験は30×30×28cmの木箱に充填した14lの土壌・樹皮混合物で栽培したもので、N<sub>1</sub>は標準施肥、N<sub>2</sub>・N<sub>3</sub>は夫々N<sub>1</sub>の3倍量、6倍量の窒素を施用したものである。この試験でのN<sub>3</sub>の収量は対照に比べて35%の増収をもたらした。写真2は同じくシナノキ樹皮についての結果で、ミズナラに比べ窒素要求が大きいことを示している。

以上の例からも解るように、木質物を添加した場合の窒素飢餓は、樹種・粒度・形状等木質物の種類、作物・土壌の種類栽培期間等によってかなり異なった程度を示すが、多くの場合適量の窒素を与えることにより、作物は正常な生育を遂げることができる。

窒素平衡を維持するための窒素量について、過去種々の作物や木質物について実施された栽培試験の結果を総合すると、乾燥した木質物1ton当り2～10kg程度とみられる。ちなみに著者等の試験では、二十日大根の正常な生育のため、シナノキ・ミズナラ樹皮の場合乾物1ton当り8～10kg、エゾマツ・トドマツの場合2～3kgの窒素が必要とされた。

こうして木質物の分解にともなって消費された窒素は、主として土壌微生物の菌体成分として貯蔵されるが、これらの微生物はいずれ死滅して土壌腐植の構成にあずかり、さらには徐々に分解して再び作物栄養としての窒素を放出する。従って、長い眼でみた場合の窒素の損失は殆んどないと考えられている。

次に窒素飢餓の継続期間であるが、当然木質物の種類、混合率などにより異なる。極端に大量に使用した場合数年間またはそれ以上も続くことがあるが、通常2～3年とみられている。しかし木質物は分解の過程で徐々に難分解性になって行き、一方微生物によって固定された窒素の再放出が起るので、年々窒素要求は減少する筈で、W. B. Bollen<sup>6)</sup> は2～3年目には初年度の半量の施肥で充分だといっている。

## 2 木質物中の生育阻害物質

木質物を混入した土壌での栽培試験で、窒素を充分に与えたにも拘らず、作物の生育が抑圧される例がしばしば見受けられる。これらの原因として、木質物の粒度や混入率が不適當であったり、誤った栽培管理が行われたためと考えられるものも多いが、いくつかの例は、木質物が実質的に生育を遅延・阻害するに充分な有害物質を含んでいることを示唆している。前頁に

写真1  
二十日大根の生育に及ぼすミズナラ樹皮混入の影響

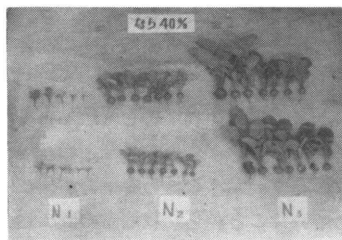
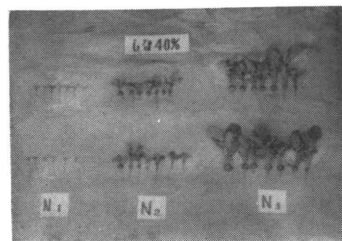


写真2  
二十日大根の生育に及ぼすシナノキ樹皮混入の影響



掲げた第7表の中で、補充窒素を添加しても収量のかなり低いものがあり、Incense cedar, Red woodなどに明らかに生育阻害性が認められる。また O. R. Lunt<sup>5)</sup>等は Walnut や Cedar の鉋屑がトマトの生育を遅延せしめ、又 Red wood の鉋屑及び鋸屑は容積で1/3混入すると生育の抑圧が始まると報告している。

著者等<sup>11) 12)</sup>の試験では、ミズナラ・エゾマツ・トドマツ樹皮が、発芽直後の幼植物の生育をかなり抑制したが、本葉発現後間もなく正常に復することを認めた。

これらの阻害物質についての詳しい報告はみあたらないが、タンニン類・テルペン類などが想定されている。森下等<sup>13)</sup>は挿木困難樹種であるクリ、ヤマモモの挿穂内に存在する発根阻害物質について研究を行ない、タンニン酸と推定される酸性物質によるものと報告している。

タンニン酸に限らず木質物中の生育阻害物質はかなり不安定なものらしく、水洗・煮沸・堆積腐朽など簡単な操作で除去または不活性化され、多くの場合、酸性矯正や十分な窒素の供給によりその作用は軽減または消滅する。また土壌微生物によっても速かに不活性化されるので、生育抑制作用の継続は短期間と考えられている。

著者等<sup>14)</sup>はミズナラ樹皮の生育阻害性を確認する目的で、二十日大根を用いて熱水抽出樹皮と無処理樹皮を比較した。熱水抽出処理区は無処理に比べ、発芽も幼植物の生育も良好であったがその後次第に両区の差はなくなり、収穫期には逆に無処理区の方がはるかに良好な生育を示した。これは抽出処理により土壌微生物に対する抵抗性が衰え、窒素飢餓が増大したためとみられるが、ともあれ阻害物質の除去が必ずしも作物の生育にとって有効な処置とはいえない訳である。

### 3 木質物の低pH

殆んどの木質物は成分中の脂肪酸、フェノール物質

等により酸性反応を呈しそのpH値は3~7の範囲に存在するようである。一般に木質物を混入した場合の土壌pHの変化は極めて小さく、実用上無視できるといわれるが、新鮮な木質物を大量に混入する場合や、酸性に鋭敏な作物を対象とする場合は、当然問題となる筈である。また前項でも述べたように、木質物中の生育阻害物質はアルカリにより不活性化されるものが多く、できれば中性附近まで中和しておくことが望ましい。第7表に各種木質別のpH及び乾物1tonを中和するに要する石灰量を示した。

#### 土壌改良材としての生の木質廃材利用

木質物の混入によってもたらされる作物の生育抑圧が、適量の窒素肥料の供給によって克服でき、泥炭や腐葉土と同様に粗有機質土壌改良材として十分な可能性を持っていることは、前項で述べたいくつかの試験例によつても説明されている。しかしながら実用の段階では、窒素平衡を維持するための肥料の大量施用は経済的に困難をとまなう場合が多くまた、必要量の肥料の施用により土壌溶液の塩類濃度が限度を越したり、肥効分の流亡割合が多くなったりする危険もあるので、肥料の配合や施肥技術に問題が残っている。このような理由から、鋸屑、樹皮等の木質廃材が適当な土壌改良性を持ち、比較的安価でしかも手軽に入手出来るにもかかわらず、実際の利用に当ってはかなりの制限を受けている。

米国では、粉碎樹皮、既成肥料を添加した鋸屑など簡単な処理を施した木質物が商品として販売されているが、これらも分解抵抗の高い特定の樹種に制限され、しかもその利用は、窒素飢餓をもたらすにくいマルチのような形態をとるか、或いは窒素要求の少ない作物を対象とする場合が多いようである。又比較的管理の行届きやすい家庭園芸向の販路も拡大されているらしい。

木質物の農業利用として最も古くから着目されて来たのは、ラン、カトレヤなどの栽培培体としての樹皮であろう。元々これらの植物が樹皮に寄生して生活をしてきたことから、栽培者の間で過去100年以上にわたって実用化の努力が続けられ、現在では樹種・粒度・使用方法などについて満足な資料が得られている。従来はゼンマイの一種である Osmunda の根を圧縮したものが栽培培体として使用されてきたが、高価な上に取扱いに熟練を要するため、この面での樹皮の利用は着実に増加している。

Weyerhaeuser社<sup>16)</sup>は1947年以来、Douglas fir樹皮を粉碎、その他の機械的加工を行って得られる製品

第8表 木質物のpH及びpH6.5迄中和するに要する石灰量<sup>8)9)</sup>

	p H	中和石灰量 kg/乾燥木質物 1ton	
		消石灰	炭カル
ミズナラ樹皮	4.80	6.1	8.3
トドマツ樹皮	4.98	5.0	6.7
シナノキ樹皮	4.91	3.7	5.0
シラカンバ樹皮	4.60	3.0	4.0
ミズナラ鋸屑	5.53	1.0	1.4
トドマツ鋸屑	5.17	0.6	0.8
White fir *	4.3	—	—
Sugar Pine *	3.3	—	—
Ponderosa Pine *	4.0	—	—

\* O. R. Lunt 等による



を「Silvacon」の商品名で売出しているが、このうちフレーク状淡褐色のコルク質である「Silvacon 383」は、マルチとして利用されている。Pacific Lumber社<sup>17)</sup>は、Red wood樹皮を粉砕し、その粗い部分と無定形粉末を「Palco pete」、長繊維部分を「Palco miracle red wood bark」と名付けて販売している。前者は園芸用土壌改良材又はランの栽培などに向けられ、後者は主として庭園用装飾カバー、マットレスの詰物、保温材など多方面に用途を持つが、高級園芸用のマルチとしても利用されている。又、この他、Dwyer Fuel社<sup>5)</sup>(Portland, Oregon)ではHemlockの粉砕物を「Bark dust」と称して販売するなど、いくつかの木材加工、燃料会社でこの種の木質物を販売しているようである。

肥効分を添加して使用を簡便化したものとしては、鋸屑に6-10-4肥料を混合した「Fertile mulch<sup>5)</sup>」(Portland, Oregon)、Alderの背板及び樹皮の粉砕物に肥料を混合した「Forest gold<sup>5)</sup>」(Eugene, Oregon)などがあり、いずれもマルチとして使用されている。

我が国では、生の木質物を土壌改良材として用いた実例は皆無に近く、またこの種の研究はほとんど行われていない現状なので、木質廃物の商品としての価値について論じられる段階ではないが、既に述べた通り、我が国の土壌は一般に有機質に乏しく、物理性も劣悪である現状から、当然土壌改良資材としての木質物の利用が開発されて然るべきであろう。ことに北海道には重粘地、火山灰地、泥炭地など特殊土壌が広く分布しており、いずれも耕地としての基盤整備が不十分で、いまだに生産性のいたって低い地域が多い。著者等は、これまでのいくつかの試験の経験から、この面での生の木質物の利用はかなり有望であると考えている。しかし、実際の利用に当ってはまだまだ問題点が多く、種々な木質廃材の土壌改良材としての特性、或いは種々な土壌や作物に対する施用方法、施用効果、経済性などについてさらに広範な試験が要求されよう。

### 土壌改良材としての木質物の加工

木質物を土壌改良材として利用する場合の問題点は、再三指摘する通り、窒素飢餓による作物の生育抑圧、生育阻害成分の含有、肥効無機成分の欠除の3点に集約される。ことに「窒素飢餓」は、この面での木質物の利用を大幅に制限してきた最大の要因である。

このような木質物の欠点を取除き、土壌改良材としての効果を助長しようとする試みは、近年米国を中心

に急速に発展し、自給堆肥としての利用はもとより、工業的な技術の開発も着実に進められている。これらの処理方法は、粉砕・篩分・既成肥料の混合など「物理的手法」、堆肥・家畜の敷糞など「生物的手法」、熱分解・肥効分の化学的結合など「化学的手法」の3つに大別でき、夫々に特徴を持っているが、出発点となっている考え方は次の通りである。

1) 窒素飢餓による生育抑圧は、土壌に混入する木質物の炭素率が高いほど大きく、又その分解速度の早いほど大きい。従って、適当な方法で窒素含量を高めて炭素率を改善するか、或は分解抵抗を高くして、分解にともなう窒素要求を減少せしめる事により窒素飢餓は克服できる。

2) 木質物は窒素のみならず、肥効無機成分に欠けているので、必要に応じて肥効分を添加する。

3) 木質物中の生育阻害物質は、微生物、熱、アルカリなどに極めて不安定なので、特にその為の処理は必要としない。

物理的な加工については前項でふれたので、生物的加工・化学的加工について現況を紹介しておく。

#### 1. 生物的加工 - 堆肥

堆肥は、野草、藁稈、落葉、動植物の廃棄物などの粗大有機物を、必要に応じて石灰、泥土、厩肥、化学肥料、醗酵促進剤などと混合堆積して腐熟させたものである。有機物の堆肥化の過程で、微生物作用により易分解性炭素源を減少し、同時に窒素も強化されるので炭素率は良好となる。従って適度に腐熟した堆肥は、窒素飢餓による作物の生育抑制を全く示さなくなる。

堆肥は、N、P、Kはもとより、Si、Mg、Ca、Mn、その他作物の必要とするあらゆる成分を多少なりとも含んだ、いわば完全肥料として高く評価されるのみならず、土壌の団粒化の促進、土壌反応の矯正、塩基置換能及び緩衝能の増大、有用微生物の増加等、土壌の物理性、化学性を改善して、作物根系の発育環境を良好にする。このような多岐にわたる効果は、他の肥料や土壌改良材の追従できない特徴といえよう。

木質物を堆肥化する場合の難点は、比較的微生物に対する分解抵抗が高いため、稲藁、野草などを原料とする既存の技術では、製造に長期間を要する事であった。しかし、現在では堆積初期の微生物活動を旺盛にするための澱粉質の添加、分解能の高い醗酵菌、醗酵促進剤の添加、栄養補強のための有機・無機質肥料 - 特に窒素肥料 - の添加など、分解促進のための手法が開発され、1~3ヶ月の速成も可能となっている。大滝<sup>18)</sup>は、馬鈴薯を煮つぶしたものに米糠、バイムフ

ード(醗酵菌-島本微研製)を加えて醗酵したものを種とし、鋸屑の堆肥化に成功している。この方法によると、鋸屑は約3ヶ月で堆肥となり、普通堆肥にくらべ製法も簡単で、しかも安価にできる(第9表)。

第9表 3700kg当り生産費(円)

作 業	普通堆肥	鋸屑堆肥
小屋入れ	600	500
切 断	1,500	750
積 込	1,500	600
きりかえし	990	150
きりかえし	750	—
きりかえし	750	—
計	6,090	2,600

又植村<sup>19)</sup>は、鶏糞、牛馬の糞尿、人糞尿などが肥料分と同時に相当数の分解菌を含むことに着目し、これらに米糠、マニン(醗酵促進剤-日本特産K K)、VS-34などを添加し、鋸屑と混合して堆積醗酵するいくつかの方法を発表している。この他一部の農家でバウムフードを用いて鋸屑堆肥を作り、果樹、蔬菜園芸などに成果を上げていく例が散見されるが、我が国の農林業全般について見るとその普及率は極めて低い。

この面での樹皮の利用については、熊井等<sup>20)</sup>が、林業苗畑の堆肥効果及び除草作業の省力化を目的として、一年間堆積した樹皮屑を使用した報告があるほか、旭川林務署管内の苗畑で、腐朽樹皮による土壌改良及び樹皮の堆肥化試験を今秋から開始している程度で、殆んど研究の対象になっていない現状である。

しかし、木質物の堆肥は、粒状であるため取扱いも容易で、効果の持続性も高いと考えられており、また製法も簡単で原料価格、生産費も安い等、自給肥料として極めて有利な条件を備えているので、この面での木質廃物の利用は、将来相当期待できると考えられる。

米国での、樹皮・鋸屑堆肥の研究は既に1940年代から実施されており、現在自給堆肥はもとより、販売肥料としても成功をおさめている。いくつかの例<sup>21)</sup>を紹介しよう。

Ivory Pine社(Dinub, Calif.)は1日60トンの粉碎樹皮にアンモニア水を散布し、屋外で6~12ヶ月堆積醗酵して、炭素率が40位になったものを「Forest Humus」と称して販売し、また Willamette Valley Lumber社(Dallas & Carleton, Oregon)でも粉碎樹皮と鋸屑の混合物を原料とす

る、類似の計画がある。Elgin, Oregonでは、鋸屑と下肥を原料としてメカニカル・サイロで日産50トンの堆肥を製造し、「Oregon Black Gold」の商品名で販売している。また Arizona Comport社(Phoenix Arizona)では鋸屑と下肥の混合物に Acco 接種体(醗酵菌)を接種し、屋外に堆積して堆肥を製造している。変わったところでは、Red wood 樹皮を下水処理の細流炉過層として用い、2~3ヶ月後取出し、更に2週間堆積して堆肥化する技術が R.Ed. Burton により開発され、現在 Willits 市の下水処理場で、パイロット・プラントによる操業が行われている。

今まで述べたいくつかの例は、栄養源として主に有機物を用い、高熱細菌により醗酵させたものであるが、S.Wild<sup>22)</sup>は鋸屑に、無水アンモニア、リン酸、硫酸カリなどの無機栄養を添加し、木材腐朽菌(ヒトヨタケ属 Coprinus ephemerus)を接種して、約4週間程度で堆肥化に成功している。

米国における自給堆肥原料としての木質物の利用の現況はよく判っていないが、主として家畜の寝糞として敷込んだものを堆積する方法が普及しているようである。

## 2. 化学的加工

化学的加工は、木質物を化学的に処理して肥効分を強化したり、或いは土壤中における分解抵抗を高くしたりするもので、現在いくつかの技術が開発されている。これらの方法は、いずれも自給堆肥とくらべてかなりのコスト高となり、また技術的にも検討の余地を残しているため、いまだパイロット・プラントの域を脱し切れない実状のようであるが、経済価値の高い、花き園芸、高級蔬菜、林木の育苗、造園など将来性の高い利用分野と考えられている。代表的な方法を紹介する。

### 1) アンモニア化<sup>5)</sup>

この方法は Oregon 州立大学林産研究所の W.B. Bollen, D.W. Glenni, S.E. Corder 等によって開発された技術で、粉碎樹皮を、蒸気または熱水で保温した円筒型スクリュー・コンベヤで送りながら、アンモニア気流と接触、反応せしめるものである。この処理により、樹皮はアンモニア態窒素を置換反応により吸収するのみならず、有機態窒素化合物を生成するので、反応物は速効性、遅効性を兼ね備えた有機質窒素肥料として高く評価されている。反応の制御は比較的簡単で、コンベヤの速度と、アンモニアの供給量を調節する事によって行われる。反応を終った樹皮は、さらに93℃で24時間加熱、未反応のアンモニア

第10表 アンモニヤ化樹皮 (Douglas fir) 分析例

	全窒素 %	炭素率 C/N	pH
原料樹皮	0.16	347	4.2
製品 I	1.68	32	6.3
製品 II	2.83	19	6.4
製品 III	3.71	15	5.9
製品 IV	4.27	13	6.4

を回収して製品となる。第10表は試製品の分析例である。

2) 熱分解法

木材をレトルト中で加熱して行くと、200 まで主として乾燥が行われ、200~260 ではヘミセルロース、260~300 ではセルロースの分解が行われるが、リグニンは熱抵抗性が最も強く、300 を越えないと分解は急速に進行しない。熱分解法は、木質物のこのような熱抵抗性の差異を利用して、易分解性炭素源である、ヘミセルロース、セルロースなどを減少し、土壌中での分解抵抗を高めることを目的とした処理で、Cam lind Reserch社 (San Anselmo, Calif.) によって開発されている。

3) Fersolin 法<sup>5)23)24)25)26)</sup>

木質物を熱分解する際、炭水化物の一部は脱水縮合を受けて芳香属化し、更にそれらの重合、リグニンとの縮合など複雑な反応を通過して耐朽性の物質に変化する。この反応は、脱水縮合触媒の存在下では、比較的低温でしかも分解反応を抑制して進行する。E. Farber は、硫酸、リン酸、硼酸などの無機酸、或は亜硫酸パルプ廃液を触媒として、木質物の脱水縮合反応について広範な研究を行ない、さらにそれを基礎にして、Fersolin 法の開発を行った。

Fersolin 法は、4つの主要な工程から成立っている。

a) 触媒の混合 - 鋸屑はあらかじめ篩分して程度を揃え、触媒として硫酸及びリン酸の水溶液を添加、Paddle mixer で混合する。

b) 主反応 - 触媒と混合した鋸屑は、Feed screw によって流動層反応塔に供給され、燃焼ガスと接触して加熱される。ここで木質物は脱水縮合を受け、耐朽性を増すと同時に、触媒の一部と結合して、有機態のリン化合物を生成する。

c) 中和反応 - 主反応を完了した反応物は Cycrone で微粉や廃ガスを分離したのち、アンモニヤで中和される。ここでも木質物はアンモニヤの一部と結合し、有機窒素化合物として安定な窒素分を固定する。

d) 補充肥効分の混合及び調湿 - カリその他必要な肥料溶液をスプレーし、混合・調湿する。

このようにして得られた製品は耐朽性の高い土壌改良材であると同時に速効性、遅効性の窒素、リン酸を主成分とし、さらにカリ、硫黄その他の肥効分を含む、バランスのとれた有機質肥料でもある。(第11表) 現在この技術にもとづいて Fersolin 社 (Santa Rosa, Calif.), Pope & Talbot 社 (Oaklige, Oregon) が、パイロット・プラント規模の操業を行っている。

第11表 ファーソリン分析値

全窒素	6.18%
有機態窒素	2.16
アンモニヤ態窒素	4.02
リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2.60
カリ (K <sub>2</sub> O)	3.86
硫黄 (S)	6.21
水分	2.47
亜鉛	10.5ppm
銅	3.1
マンガ	26.5
鉄	14.4
硼素	5.3
モリブ	0.25
カルシ	2.83
マグネ	6.4
pH	6.0

4) 蒸煮法<sup>27)</sup>

W.B. Bollen, D.W. Glennie は、粉碎した Douglas fir 樹皮に、濃アンモニヤ水、硝酸塩、尿素 - リン酸などの水溶液をスプレーし、360 °F で蒸煮する方法を発表している。現在のところ実験室規模の試験ではあるがこの処理により、炭素率は約32~42となり、pHは硝酸塩処理を除いて6以上となった。また保水力は若干増加し、塩基置換容量もかなり高くなる事が認められている。

あとがき

以上、木質物の土壌改良材としての利用について概略的に述べてみた。本文でも指摘したように、木質廃材のこの面での利用開発は、木材の完全利用の立場のみならず、農林業の体質改善にとっても、極めて重要な課題と考えられる。近年、我が国においても、ようやくこの分野の研究が端緒につき、今後の発展が楽しみであるが、仕事の性質上、我々林産関係者のみならず、農林業関係諸機関の積極的な研究への参加が望まれる。

引用文献

- 1) 小田島輝一、高橋弘行、山本勇夫：未発表
- 2) " " " "

- 3) 青木茂一：土壌化学第4編，88(1948)
- 4) Salomon M：The accumulation organic matter from wood chips, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 17, 111-118 (1953)
- 5) Lunt O. R., B. Clark：Horticultural application for bark and wood fragment, F. P. J. 9, No.4, 41A (1959)
- 6) Bollen W. B. & D. W. Glennie：Sawdust, bark and other wood wastes for soil conditioning and mulching, F. P. J. 11, No.1, 38 ('61)
- 7) Bollen W. B. & K. C. Lu：Effect of Douglas fir sawdust mulches and incorporation on soil microbial activities and plant growth, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21,35 ('57)
- 8) 小田島輝一，高橋弘行，山本勇夫：未発表
- 9) Dunn S：The influence of waste bark on plant growth, New Hamp. Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 435
- 10) 小田島輝一，高橋弘行：土壌改良材としての木質廃材の利用に関する研究(第一報)，日林学会北海道支部講演集 No. 11 ('62)
- 11) 小田島輝一，高橋弘行：未発表
- 12) 小田島輝一，高橋弘行，山本勇夫：未発表
- 13) 森下義郎，大山浪雄：発根に有害な挿穂内の物質(第一報)，日林誌 34.382 ('52)
- 14) 小田島輝一，高橋弘行：未発表
- 15) Ivory E. P.：Utilizing bark at a medium size mill-processing and merchandising bark products, F. P. J. 9, No.4,28A ('59)
- 16) 渡辺治夫：樹皮の利用北海道林業技術普及協会('62)
- 17) Pacific Lumber Co.：Catalog
- 18) 大滝勇：オガクズ堆肥の作り方. みやま No. 83. ('58)
- 19) 植村誠次：ノコクズその他廃材の堆肥化について，全木連時報 No. 61, 4 ('62)
- 20) 熊井正善，奥涼一：苗畑作業改良試験，埼玉県林指業務成績報告('61)
- 21) Burton R. Ed.：Making fertilizer-Soil conditioner from bark as a trickling-filter media, F. P. J. 9, No.4,19A ('59)
- 22) Wild S. A.：Marketable sawdust compost-Their preparation and fertilizing value, F. P. J. 8, No.11,323 ('58)
- 23) Farber, E. & R. R. Hind：Sawdust into fertilizer-Process for converting, F. P. J. 9, No.10,340 ('59)
- 24) Fertilizer from sawdust, I/EC Report 52 No.5 32A ('60)
- 25) Farber, E.：U. S. patent No.2735756
- 26) Farber, E.：U. S. patent No.2574027
- 27) Bollen, W. B. & D. W. Glennie：Fortified bark for mulching and soil conditioning, F. P. J. 13, No.6,209 ('63)

- 林指特産防腐研究室 -